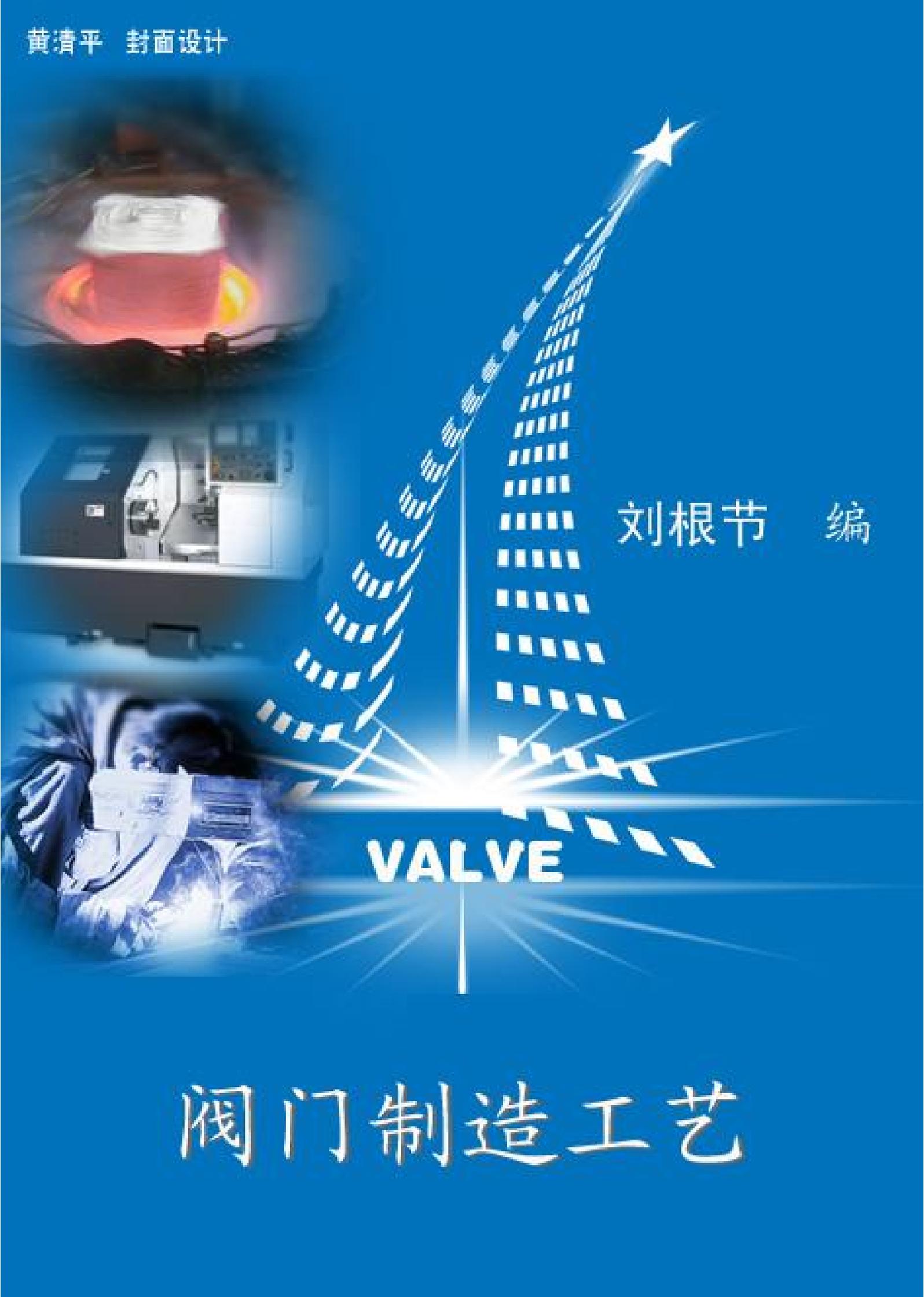


黄清平 封面设计



刘根节 编

VALVE

# 阀门制造工艺

## 绪论

阀门的种类繁多，规格大小相差很大（公称通径小至1mm，大至几米），零件材料的种类也较多，加之个阀门厂的生产条件和工艺人员的经验和习惯的不同，因此阀门零件的加工过程也千差万别。即使是同样一个阀门零件，在生产条件大体相同的两个工厂里的工艺过程往往也有较大差别，所花费的劳动量和所取得的技术经济效果也不一样，这里就存在着一个合理的工艺过程的问题。

合理的工艺过程不仅能保证产品的质量，还能提高劳动生产率，降低产品成本。编制合理的工艺规程是一项较复杂的工作。因为除了要在满足产品设计图纸要求的前提下，确定毛坯种类、加工方法及选用设备和工装外，还要做多种工艺方案的对比分析。此外，编制的工艺规程是否合理往往取决与工艺人员的技术水平和经验。因此，就要求从事技术工作的人员必须认真学习和汲取前人的宝贵经验，熟悉工厂的设备性能、工艺装备和加工能力，在对产品的综合性能的分析后设计出最优化，最节约的工艺方案。编制成合理的工艺文件，指导生产。

# 目录

第一章 阀门制造工艺概论	1
第一节 阀门制造工艺过程	1
第二节 阀门工艺规程与工艺文件	1
第三节 阀门制造工艺特点与工艺要求	2
第二章 阀门毛坯制造工艺	5
第一节 阀门毛坯的选择	5
第二节 毛坯及机械加工余量	7
第三章 阀门机械加工工艺	31
第一节 金属切削刀具	31
第二节 机械加工机床	58
第三节 阀门机械加工的基准与切削用量	66
第四节 阀门加工工艺路线	69
第四章 阀门焊接工艺	80
第一节 金属焊接概念	80
第二节 合金结构钢及铸铁的焊接方法	82
第三节 焊接应力和变形的形成过程	91
第四节 喷焊与堆焊	99
第五章 阀门热处理工艺	113
第一节 阀体常用材料的热处理	113
第二节 热处理工序的安排	114

第三节 固溶处理工艺与稳定处理工艺·····	114
第四节 热处理缺陷的消除·····	115
第六章 阀门表面处理工艺·····	125
第一节 磨削特点及磨床·····	125
第二节 磨削常识·····	128
第三节 研磨·····	134
第四节 热喷涂·····	145
第五节 电镀·····	146
第六节 发黑和磷化(略)·····	146
附录一 阀门制造工艺文件编制示例·····	153
附录二 机械加工工艺装备基本术语(GB 1008)·····	171
附录三 主要阀类的配合精度和表面粗糙度·····	192
第一节 闸阀与截止阀·····	192
第二节 止回阀与减少压阀·····	210
第三节 安全阀与蒸汽疏水阀·····	222
第四节 调节阀·····	237
附录四 部分工艺术语的工厂日常通俗称谓·····	244

## 第一章 阀门制造工艺概论

### 第一节 阀门制造工艺过程

#### 一、机械制造工艺

各种机械制造方法和过程的总称为机械制造工艺

#### 二、工艺过程

工艺过程是指用机械加工方法直接改变毛坯的形状、尺寸和相对位置等,使之变为成品或半成品的那一部分生产过程。

工艺过程包括工序、安装、工位、工步四个部分。

①工序,指一个(或一组)工人在一台机床(或固定的工作地点)对一个或几个工件所连续完成的工艺过程的一部分。

②安装,工件在机床上每装夹一次所完成的那部分工序。一道工序可以包括一次或几次安装。

③工位,工件装夹在回转夹具或回转工作台上,使工件在一次安装中先后处于几个不同的位置进行加工。此时,在一个位置上所完成的那部分工序。

④工步,工序可细分为工步。当加工表面、切削刀具和切削用量中的转速和进给量都保持不变时,所完成的一部分工序。一道工序包括一个或几个工步。

#### 三、阀门生产过程

阀门的生产过程是指由原材料或半成品到成品之间的各种劳动过程的总和。它包括:原材料或半成品的运输和保存、生产的准备工作、毛坯制造、机械加工、焊接、热处理、装配、试验、涂漆和包装等。

生产过程是由主要过程和辅助过程两部分组成的。由原材料变为成品直接有关的过程为主要过程(或称工艺过程),如毛坯制造、机械加工、热处理及装配等。辅助过程是与原材料改变为成品间接有关的过程,如运输、刃磨、编制工艺、设计与制造工装、计划与统计等。

### 第二节 阀门工艺规程与工艺文件

#### 一、阀门零件工艺规程编制的原则

由于编制工艺规程是实现产品优质、高效、低耗辩证统一的关键性技术准备工作,因此,编制阀门工艺规程就成为阀门制造厂生产技术准备工作中的一个重要环节。

编制阀门零件工艺规程应遵循如下原则:即,在一定的生产条件下,以最少的生产费用及最

高的劳动生产率可靠地加工出合乎图纸要求的零件。

编制工艺规程时,首先应选择能够可靠地保证零件的加工质量的工艺方案。要尽可能地依靠采用新工艺和新技术,依靠机床设备和工艺装备,而较少依靠工人的技术来保证零件的质量,以减少废品和提高加工质量的稳定性。

在保证加工质量的前提下,应选择最经济的加工方案。一般来讲,高效率的加工方法是比较经济的,但也不能盲目地追求高效率。当生产批量很小时,选用昂贵的高效率机床和采用复杂的高效夹具在经济上并不合理。在这种情况下,选用普通万能机床和简单的工装反而会降低产品的成本。通常是以几个工艺方案进行经济性分析,对比的办法来选择经济上最合理的工艺方案。

编制的工艺规程还应保证工人具有良好的、安全的劳动条件。

## 二、阀门零件工艺规程编制的方法

阀门零件工艺规程编制的方法有:

- ①进行零件的工艺分析;
- ②确定工序的具体内容;
- ③填写工艺文件。

在编制工艺规程时,首先必须对零件的结构和技术要求进行分析,并结合工厂具体的生产条件和零件的生产类型来选择零件的毛坯种类、拟订各加工表面的加工方法和加工顺序及确定零件的装夹方法等。这些过程的总和在阀门生产厂里习惯称为零件的工艺分析。

进行工艺分析时,不仅要选择毛坯和制定工艺路线,以便于确定工序具体内容和填写工艺文件,而且要提出工艺分析单和工装设计任务书,以作为编制零件铸、锻、热处理及焊接工艺和编制材料消耗定额的依据并作为设计工装的依据。工艺分析是制订机械加工工艺规程的重要阶段,也是零件整个工艺准备工作中的首要环节。

经工艺分析后,零件的机械加工工艺路线已确定下来,这时就必须具体确定零件在每道工序中使用的机床、夹具、刀具和量具,确定各工序的加工尺寸及公差,以便填写工艺文件。

工艺文件是指导生产和进行生产准备工作的依据。阀门厂常用的工艺文件有五种:零件周转路线单、过程卡片、工艺卡片、工序卡片和工装综合明细表。

## 三、工艺文件的内容

完整的工艺文件应包括指导工人操作和用于生产、工艺管理的两大部分。有关标准对常用工艺文件的完整性作了规定(共 57 种工艺文件)。但各企业可根据产品生产性质,生产类型和产品的复杂程度及各自的工艺条件自行确定。

一般应有机械加工工艺过程卡片、机械加工工序卡片、工艺装备综合明细表(包括工具卡片)、产品材料工艺定额明细表。

注:根据产品质量控制及产品上等级创优,应强化质量保障,增作检验卡片、质量分析表、质量控制点等管理用工艺文件。

# 第三节 阀门制造工艺特点与工艺要求

## 一、阀门制造工艺的特点

与其他机械制造工艺相比,阀门制造工艺有以下特点。

1. 阀门毛坯的制造工艺及检验工艺比较复杂。阀门的铸件毛坯是结构较复杂的薄壁壳体

件。铸件要求表面光洁、铸字清晰,特别是要有致密的组织,并不允许出现气孔、缩孔、裂纹夹砂等缺陷。为了满足上述要求,铸造时需采取一系列工艺措施,如选用高耐火度的造型材料并控制型砂水份、造型时应分层打实以保证砂型硬度,采用合理的浇冒口系统及严格控制浇注速度和温度等。由于技术要求较高,阀门毛坯的铸造工艺远较一般铸件复杂。

此外,阀门毛坯除检查尺寸、位置精度及外观外,有的还要作金相组织、力学性能、耐腐蚀性能及无损探伤等多种检验,故阀门的检验工艺也较复杂。

2. 机械加工难度大。由于阀门材料的种类繁多,除各种铸铁、碳素钢外,其大部分高强、耐蚀和高硬材料的切削性能都很差,很难使零件达到规定的加工精度和表面粗糙度。而阀门密封面的几何形状精度和表面粗糙度的要求很高,因此更增加了阀门机械加工的难度。

同时,阀门材料的切削性能差,又给零件的加工方法、刀具角度和几何形状、刀具材料、切削用量、工艺装备等方面带来了许多新的问题。

3. 阀门零件在机床上安装比较困难。阀门主要零件的结构、形状比较复杂,有些零件属薄壁、细长件、刚性差。在机床上加工时,定位和装夹都比较困难,因此往往需要复杂的专用夹具。

有的阀门零件,定位基面的精度较低和表面粗糙度较高,有时甚至采用非加工表面定位。而被加工的密封等部位的精度和表面粗糙度要求都很高,故很难保证加工质量。因此,为满足工艺上的需要,往往须提高定位基面的精度和降低表面粗糙度。或在非加工表面上加工出定位基面,这就增加了阀门制造工艺的复杂性。

## 二、阀门制造工艺对阀门设计提出的工艺性要求

由于阀门制造过程中的工艺性问题是产品设计工作的重要内容之一,故阀门制造工艺必须对阀门设计提出一些工艺性的要求。主要的工艺性要求如下。

### (1) 铸件

① 应根据不同材料的特性考虑合理的结构。例如,由于可锻铸铁件的体积收缩大和需要韧化热处理,因此铸件尺寸和厚度应尽量小;而不锈钢铸件的流动性差,设计选用的厚度应适当加大,形状要尽量简单。

② 壁厚应尽量均匀,节点处应有圆弧和必要的斜度保证圆滑过渡,并应尽量避免金属过多地积聚,免得产生缩孔、疏松、裂纹等缺陷。

③ 阀体底部的空刀不应过窄、过深,为了使砂芯有一定的强度,空刀圆弧半径尽量不小于6mm(按阀门通径决定),以免浇注时冲碎芯砂给加工造成困难。

④ 确定阀体最小壁厚时,不仅要根据强度和刚度计算,还要考虑制造厂的铸造条件和铸造方法,做到质量好、重量轻、省材料。

⑤ 必须考虑起模方便。

### (2) 锻件

① 锻件形状应尽量简单,对于批量大的零件应该采用模锻件。

② 应有适当的拔模斜度,并尽量避免锐角、锐边。

### (3) 热处理

① 对热处理的要求应根据材料的特性合理选择,如硬度和力学性能的高低等并规定一个合理的范围。

② 对热处理过程中容易产生变形的零件应适当增强零件的刚性。

### (4) 堆焊、机械加工和装配

① 堆焊件应考虑基件与堆焊材料的可焊性,以免产生裂纹等缺陷;同时,还应选择适当的毛

坯尺寸。

- ②要有定位基准,便于装夹、加工。
- ③要便于测量,并尽可能使设计基准和加工的测量基准一致。
- ④设计时要为选用标准刀具、标准工夹具、标准量具创造条件,以减少自制的工艺装备。
- ⑤便于研磨和装配。

### 三、阀门企业常用的工艺文件的种类和用途

阀门企业常用的工艺文件有五种:零件周转路线单、过程卡片、工艺卡片、工序卡片和工装综合明细表。

1.零件周转路线单:零件周转路线单是编制生产作业计划和组织生产的依据。它反映一种产品的所有自制零件从毛坯到加工完成所经过的路线(包括毛坯制造、热处理、检验、机械加工、工序外协等),并反映产品的外协零件和外购零件。无论生产规模的大小,所有的阀门产品均需填写零件周转路线单。

2.过程卡片:过程卡片是制定工序卡片的基础,也是帮助车间管理人员掌握零件加工过程的主要文件。它列出了零件机械加工所经过的路线,并注明毛坯种类、机械加工各工序(包括中间热处理等工序)的工序内容、每一工序使用的设备及工装等。在单件或小批生产时,过程卡片则用来指导工人进行生产。

3.工艺卡片:工艺卡片主要用来指导工人进行生产。工艺卡片中详细地说明了各道工序的具体内容和要求,并注明了零件的工艺特性(材料、重量、加工表面及其精度和粗糙度要求等)。为了便于说明工序的具体内容,在工艺卡片上附有零件草图,并将各加工表面编注加工表面号。成批生产时,对重要的零件需编制工艺卡片。

4.工序卡片:工序卡片是用来具体指导工人进行生产的一种工艺文件,它是根据过程卡片对零件每个工序制定的。工序卡片中详细记载了该工序加工时所需的资料,如安装方法、工序尺寸及公差、切削用量、设备、夹具、量具、刀具、辅具等。工序卡片上一般均绘有加工草图,并标明零件的定位面和加工表面。在大批量生产中,零件除编制过程卡片外,尚需编制工序卡片。

5.工装综合明细表:工装综合明细表是生产准备工作的重要依据之一。它列出了一种阀门产品所有自制零件加工时所需的全部工装,包括专用工具、通用及标准工具、外购工具等。工具准备人员根据工装综合明细表提出外购工具计划、专用工装制作计划以及查核库存通用及标准工装。每种阀门产品均需编制工装综合明细表。

## 第二章 阀门毛坯制造工艺

### 第一节 阀门毛坯的选择

#### 一、阀门毛坯的选择原则

机械加工常用的毛坯有铸件、锻件、型材及焊接件。不同的毛坯种类以及毛坯的精度、粗糙度和硬度等对机械加工工艺过程有着直接的影响。

选择阀门毛坯时应考虑如下的一些因素。

① 零件的材料及对材料的组织和性能要求。设计图上规定的零件材料,大体上就决定毛坯的种类。例如,零件材料为铸铁就必须用铸造方法来制造毛坯。对于钢制零件,在选择毛坯时应考虑对材料的力学性能要求。例如,制造高压阀门的零件一般应尽量选用锻件或焊接件,以保证材料具有良好的力学性能。

② 零件的结构形状和外形尺寸。零件的结构形状是影响毛坯选择的重要因素,例如,结构形状复杂的阀体可选用铸件。尺寸大的阀体可选用砂型铸造;尺寸小的则采用熔模铸造。

③ 生产纲领的大小。零件的生产纲领愈大,采用高精度和高效率的毛坯制造方法经济效果愈好。

④ 毛坯制造的条件。应根据现场的设备状况和工艺水平来选择毛坯,并考虑到发展前景,而逐步采用先进的毛坯制造方法。

#### 二、毛坯的制造与工艺特点

表 8-2-1 常用毛坯的制造方法与工艺特点

毛坯制造方法	最大重量 (kg)	最小壁厚 (mm)	形状复杂程度	适用材料	生产类型	精度等级 (CT)	毛坯尺寸公差 (mm)	表面粗糙度 ( $\mu\text{m}$ )	加工余量等级	生产率	其他	
铸 造	木模手工砂型	无限制	3~5	最复杂	铁碳合金 有色金属 及其合金	单件及小 批生产	11~13	1~8	$\nabla$	H	低	表面有气孔、砂眼、结砂、硬皮,废品率高
	金属模机械砂型	至 250	3~5	最复杂	铁碳合金 有色金属 及其合金	大批大量 生产	8~10	1~3	$\nabla$	G	高	设备复杂 工人水平 可能低
	金属型浇注	至 100	1.5	一般	铁碳合金 有色金属 及其合金	大批大量 生产	7~9	0.1~0.5	Ra12.5~6.3	F	高	结构细密, 能承受较大压力

(续)

毛坯制造方法		最大重量 (kg)	最小壁厚 (mm)	形状复杂程度	适用材料	生产类型	精度等级 (CT)	毛坯尺寸公差 (mm)	表面粗糙度 (μm)	加工余量等级	生产率	其他
铸 造	离心铸造	至 200	3~5	回转体	铁碳合金 有色金属及其合金	大批大量生产		1~8	R <sub>a</sub> 12.5		高	力学性能好 砂眼少, 壁厚均匀
	压铸	10~16	0.5(锌) 10 (其他合金)	取决于 模具	有色金属合金	大批大量生产	6~8	0.05~ 0.15	R <sub>a</sub> 6.3 ~3.2	E	最高	直接出成品 设备昂贵
	熔模铸造	小型零件	0.8	较复杂	难加工材料	单件及成 批生产	5~7	0.05~ 0.2	R <sub>a</sub> 12.5 ~3.2	E	一般	铸件性能好, 便于组织流水 生产, 直接出 成品
壳模铸造	至 200	1.5	复杂	铁和有色 金属	小批至大 批生产	8~10		R <sub>a</sub> 12.5 ~6.3	G	一般		
锻 造	自由锻造	不限制	不限制	简单	碳素钢合 金钢	单件及小 批生产	14~16	1.5~ 10	▽	3~5	低	技术水平高
	模锻 (锤锻)	模锻 至 100	2.5	由锻模 制造难易 而定	碳素钢合 金钢	成批及大 量生产	12~14	0.2~2	R <sub>a</sub> 12.5		高	锻件力学性 能好, 强度高
	精密模 锻	至 100	1.5	由锻模 制造难易 而定	碳素钢合 金钢	成批及大 量生产	11~12	0.05~ 0.1	R <sub>a</sub> 6.3 ~3.2		高	要增另精压 工序, 锻模精 度高, 加热条 件好, 变形小
冷挤压	小型零件		简单	碳钢合金 钢有色金属	大批量	6~7	0.02~ 0.05	R <sub>a</sub> 1.6 ~0.8		高	用于精度较 高的小零件, 不需机械加工	
板料冷冲 压	(板料厚度0.2~60)		复杂	各种板材	大批量	9~12	0.05~ 0.5	R <sub>a</sub> 1.6 ~0.8		高	有一定的尺 寸、形状精度 可满足一般的 装配使用要求	
型	热轧	(圆钢直径范围 φ10 ~φ250)	圆、 方、扁、 角、槽等 形状	碳素钢、 合金钢	各种批量	4~15	1~2.5	R <sub>a</sub> 12.5 ~6.3		高	普通精度, 采用热轧	
材	冷轧	(圆钢直径范围 φ3 ~φ60)	圆、 方、扁、 角、槽等 形状	碳素钢、 合金钢	大批量	9~12	0.05~ 1.5	R <sub>a</sub> 3.2 ~1.6		高	精度高, 价 格贵, 适于自 动及转塔车床	
粉末冶金	(尺寸范围宽 5~ 120, 高3~40)		简单	铁基、铜 基	大批量	6~9	0.02~ 0.05	R <sub>a</sub> 0.4 ~0.1			成形后可不 切削, 设备简 单, 成本高	

(续)

毛坯制造方法	最大重量 (kg)	最小壁厚 (mm)	形状复杂程度	适用材料	生产类型	精度等级 (CT)	毛坯尺寸公差 (mm)	表面粗糙度 ( $\mu\text{m}$ )	加工余量等级	生产率	其他
焊 接	熔化焊	气焊 1 电 弧焊 2 电 渣焊 40	简单	碳素钢 合金钢	单件及成 批生产	14~16	4~8	0 ▽		一般	制造简单, 生产周期短, 结构轻便, 抗震性差, 热变形大, 需时效消除内应力
	压焊										

## 第二节 毛坯及机械加工余量

### 一、加工余量及其确定方法

#### (一) 基本概念

##### 1. 加工总余量和工序余量

(1) 加工总余量(毛坯余量  $z_{b0}$ ) 毛坯尺寸与零件图的设计尺寸之差。

(2) 工序余量( $z_{bi}$ ) 相邻两工序的尺寸之差。

(3) 基本余量 毛坯基本尺寸与零件图上相应的基本尺寸之差, 相邻两工序的基本尺寸之差, 分别称为基本加工总余量( $z_{b0j}$ )与基本工序余量( $Z_{bj}$ )。

(4) 加工总余量与工序余量的关系

$$z_{b0} = \sum_{i=1}^n z_{bi}$$

式中  $n$ ——工序或工步数目。

##### 2. 单面余量与双面余量

(1) 对于回转表面加工 单面余量系指相邻两工序的半径差, 双面余量系指相邻两工序的直径差, 以  $z_b$ 、 $2z_b$  表示。一般多采用双面(直径)余量。回转表面加工余量如图 8-2-1 所示。

对于外圆表面  $2z_b = d_a - d_b$ 。

对于内孔表面  $2z_b = D_b - D_a$ 。

式中  $d_a$ 、 $D_a$ ——上工序直径尺寸;

$d_b$ 、 $D_b$ ——本工序直径尺寸。

(2) 对于平面加工 单面余量系指以一个表面为基准加工另一个表面时相邻两工序的尺寸差。双面余量系指以加工表面的对称平面为基准同时加工两表面时相邻两工序的尺寸差, 如图(8-2-2)所示。

对于外表面 单面余量  $z_b = a - b$ (图 8-2-2)

双面余量  $2z_b = a - b$ (图 8-2-2)

对于内表面 单面余量  $z_b = b - a$ (图 8-2-2)

双面余量  $2z_b = b - a$ (图 8-2-2)

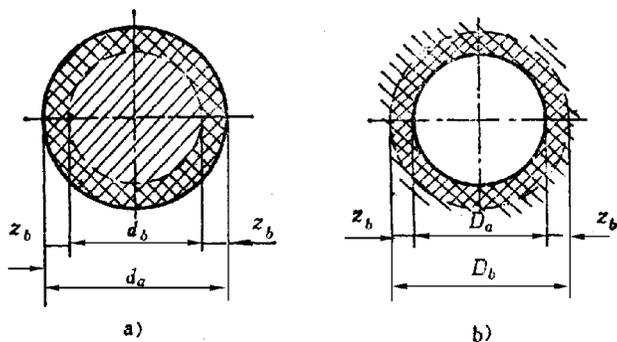


图 8-2-1 回转表面加工余量

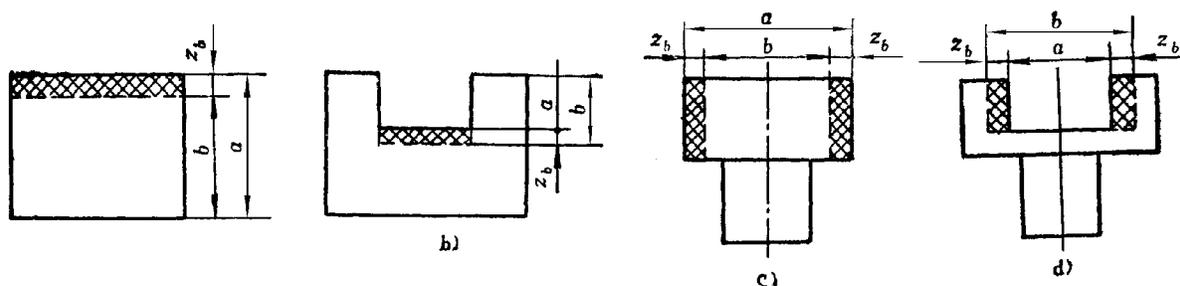


图 8-2-2 平面加工余量

式中  $a$ ——上工序的工序尺寸；

$b$ ——下工序的工序尺寸。

### 3. 最大余量、最小余量、余量公差

由于设计尺寸、毛坯尺寸、工序尺寸都有公差，所以加工余量不是一个固定值，有最大余量，最小余量之分，余量的变动范围亦称余量公差。

最大余量与最小余量的计算有“极值计算法”、“误差复映计算法”两种。调整法加工时采用“误差复映计算法”较适宜，通常均采用“极值计算法”。

(1)极值计算法 根据极值法原理，对于外表面加工，最大余量是上工序的最大极限尺寸与本工序的最小极限尺寸之差；最小余量是上工序的最小极限尺寸与本工序的最大极限尺寸之差，如图 8-2-3 所示。内表面加工则相反。由于工序尺寸公差是按“偏差入体”原则标注的，即对于外表面最大极限尺寸就是基本尺寸，对于内表面最小极限尺寸就是基本尺寸，故最大、最小加工余量可分别表示如下。

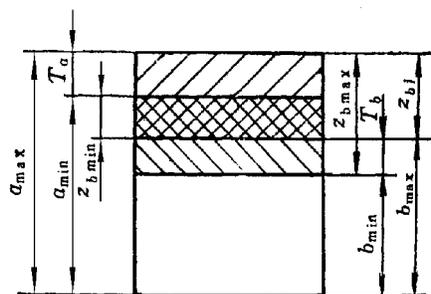


图 8-2-3 极值法工序尺寸、余量关系图

对于外表面加工

$$\begin{aligned} z_{b\max} - a_{\max} - b_{\min} &= z_{bj} + T_b \\ z_{b\min} &= a_{\min} - b_{\max} = z_{bj} - T_a \\ Tz_b &= z_{b\max} - z_{b\min} = a_{\max} - a_{\min} + b_{\max} - b_{\min} = T_a + T_b \end{aligned}$$

对于外圆加工

$$\begin{aligned} 2z_{b\max} &= d_{a\max} - d_{b\min} = 2z_{bj} + T_b \\ 2z_{b\min} &= d_{a\min} - d_{b\max} = 2z_{bj} - T_a \\ 2Tz_b &= T_a + T_b \end{aligned}$$

对于内表面加工

$$\begin{aligned} z_{b\max} &= b_{\max} - a_{\min} = z_{bj} + T_b \\ z_{b\min} &= b_{\min} - a_{\max} = z_{bj} - T_a \\ Tz_b &= z_{b\max} - z_{b\min} = b_{\max} - b_{\min} + a_{\max} - a_{\min} = T_a + T_b \end{aligned}$$

对于内圆加工

$$\begin{aligned} 2z_{b\max} &= D_{b\max} - D_{a\min} = 2z_{bj} + T_b \\ 2z_{b\min} &= D_{b\min} - D_{a\max} = 2z_{bj} - T_a \\ 2Tz_b &= T_a + T_b \end{aligned}$$

式中

- $z_{b\max}$ 、 $z_{b\min}$ ——本工序最大、最小单面余量；
- $Tz_b$ ——本工序单面余量公差；
- $a_{\max}$ 、 $d_{a\max}$ 、 $D_{a\max}$ ——上工序最大极限尺寸；
- $a_{\min}$ 、 $d_{a\min}$ 、 $D_{a\min}$ ——上工序最小极限尺寸；
- $b_{\max}$ 、 $d_{b\max}$ 、 $D_{b\max}$ ——本工序最大极限尺寸；
- $b_{\min}$ 、 $d_{b\min}$ 、 $D_{b\min}$ ——本工序最小极限尺寸；
- $T_a$ 、 $T_b$ ——上工序、本工序尺寸公差，对于回转表面系指直径公差。

无论内、外表面，余量公差均等于上工序尺寸公差与本工序尺寸公差之和。

(2) 误差复映计算法 根据误差复映规律，当上工序的工序尺寸是最大时，本工序亦将是最大尺寸，反之亦然；如图 8-2-4、图 8-2-5 所示。图 8-2-4、图 8-4-5 中  $C$  为工序调整尺寸  $y_{\max}$ 、 $y_{\min}$  为工艺系统最大、最小弹性变形量，最大、最小加工余量可表示如下。

外表面加工

$$\begin{aligned} z_{b\max} &= a_{\max} - b_{\max}, \\ z_{b\min} &= a_{\min} - b_{\min}, \end{aligned}$$

内表面加工

$$\begin{aligned} z_{b\max} &= b_{\min} - a_{\min}, \\ z_{b\min} &= b_{\max} - a_{\max}, \end{aligned}$$

外圆加工

$$\begin{aligned} 2z_{b\max} &= d_{a\max} - d_{b\max}, \\ 2z_{b\min} &= d_{a\min} - d_{b\min}, \end{aligned}$$

内孔加工

$$\begin{aligned} 2z_{b\max} &= D_{b\min} - D_{a\min}, \\ 2z_{b\min} &= D_{b\max} - D_{a\max}, \end{aligned}$$

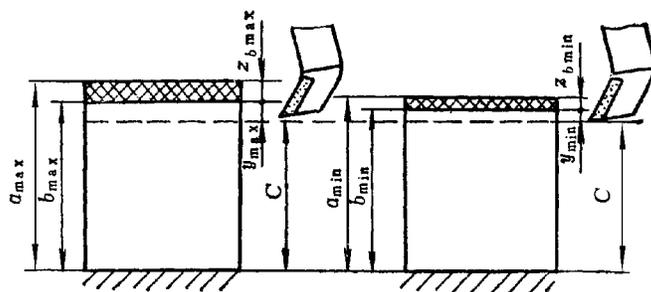


图 8-2-4 加工外表面时的最大、最小余量

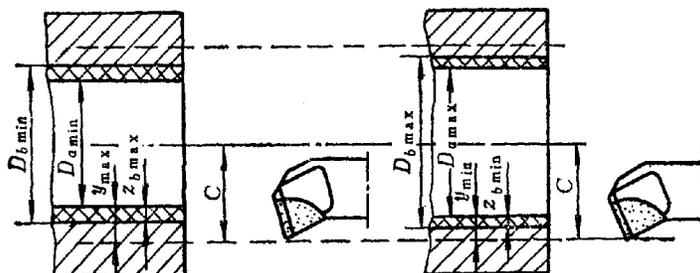


图 8-2-5 加工内表面时的最大、最小余量

由于工序尺寸的偏差按“入体原则”标注,故误差复映法计算的最大余量就是基本余量。余量公差与工序尺寸公差的关系为:

对于外表面加工

$$\begin{aligned} z_{bj} &= z_{bmax} = a_{max} - b_{max} \\ &= (a_{min} + T_a) - (b_{min} + T_b) = z_{bmin} + T_a - T_b \\ T_{zb} &= z_{bmax} - z_{bmin} = T_a - T_b \end{aligned}$$

对于内表面加工

$$\begin{aligned} z_{bj} &= z_{bmax} = b_{min} - a_{min} \\ &= (b_{max} - T_b) - (a_{max} - T_a) = z_{bmin} + T_a - T_b \\ T_{zb} &= z_{bmax} - z_{bmin} = T_a - T_b \end{aligned}$$

对于外圆加工

$$\begin{aligned} 2z_{bj} &= 2z_{bmax} = d_{amax} - d_{bmax} = 2z_{bmin} + T_a - T_b \\ 2T_{zb} &= T_a - T_b \end{aligned}$$

对于内孔加工

$$\begin{aligned} 2z_{bj} &= 2z_{bmin} = D_{amax} - D_{amin} = 2z_{bmin} + T_a - T_b \\ 2T_{zb} &= T_a - T_b \end{aligned}$$

(3)加工余量、工序尺寸及公差关系图 以外表面加工为例,分别用极值计算法和误差复映计算时,加工余量、工序尺寸与公差间的关系如图 8-2-6 所示。

(二)工序尺寸、毛坯尺寸及总余量的计算

计算每一工序(工步)的尺寸时,可根据图 8-2-7 所示的加工余量、工序尺寸及其公差分布图,由最终尺寸逐步向前推算,便可得到每一工序的工序尺寸,最后得到毛坯尺寸。

1. 基本余量、最小余量的确定

图 8-2-7 中  $z_{bj1}$ 、 $z_{bj2}$ 、 $z_{bj3}$  为粗加工、半精加工、精加工的基本余量。对于极值计算法,  $z_{bj} =$

$z_{bmin} + T_a$ , 对于误差复映计算法  $z_{bj} = z_{bmin} + T_a - T_b$ 。最小加工余量可由查表法或分析计算法确定。

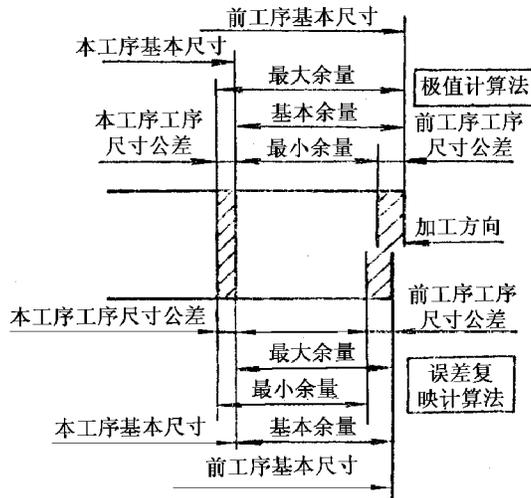


图 8-2-6 加工余量、工序尺寸及公差关系图

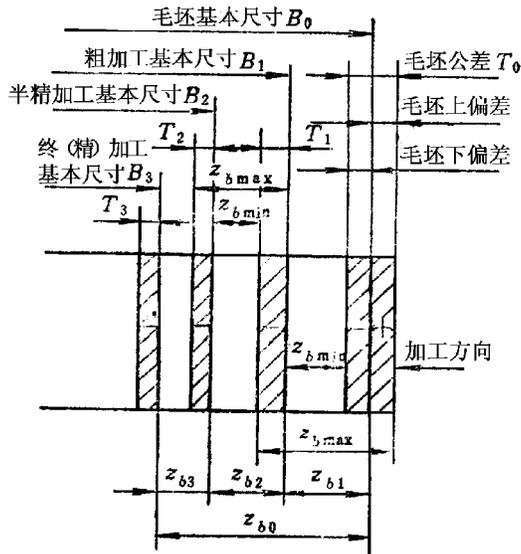


图 8-2-7 加工余量、工序尺寸及公差分布图

分析计算法确定最小加工余量的公式如下：

对于平面加工

$$z_{bmin} = R_a^z + H_a + \sqrt{\rho_a^2 + \epsilon_b^2}$$

对于回转表面加工

$$2z_{bmin} = 2(R_a^z + H_a) + \sqrt{\rho_a^2 + \epsilon_b^2}$$

式中  $R_a^z$ ——上工序表面粗糙度数值；

$H_a$ ——上工序表面缺陷层深度；

$\rho_a$ ——上工序表面形状和位置误差；

$\epsilon_b$ ——本工序工件装夹(定位和夹紧)误差。

计算最小余量的特殊情况:试切法加工平面时不考虑  $\epsilon_b$ ;加工孔所用定位基准是用该孔定位加工时不考虑  $\rho_a$ ;用拉刀及浮动铰刀、浮动镗刀加工孔时,不考虑  $\rho_a$  和  $\epsilon_b$  研磨、超精加工时不考虑  $H_a$ 、 $P_a$ 、 $\epsilon_b$ ,抛光时仅考虑  $R_a$ 。

上述计算公式中没有计入热处理后的变形与扩张量。前者会造成形状误差,后者会造成尺寸误差,在计算最小加工余量时必须予以考虑。

## 2. 工序尺寸公差的确

图中 8-2-7 中  $T_1$ 、 $T_2$  为粗加工、半精加工的工序尺寸公差,通常根据各种加工方法的经济精度等级确定。 $T_3$  为精加工(终加工)尺寸公差,由零件图规定。 $T_0$  为毛坯尺寸公差。

## 3. 第一道工序的最大余量

毛坯尺寸的偏差一般是双向的。第一道工序的基本余量是毛坯的基本尺寸与第一道工序的基本尺寸之差,不是最大余量。对于外表面加工,第一道工序的最大余量是其基本余量与毛坯尺寸上偏差之和,对于内表面加工则是其基本余量与毛坯尺寸下偏差绝对值之和。

## 4. 工序尺寸及毛坯尺寸的计算

当各工序的基本余量和公差确定后,可按下述顺序计算各工序尺寸及毛坯尺寸:

终加工(精加工)工序尺寸  $B_3$ 、尺寸公差  $T_3$  由零件图规定。

半精加工的工序尺寸  $B_2 = B_3 + z_{bj3}$ , 尺寸公差  $T_2$ 。

粗加工的工序尺寸  $B_1 = B_2 + z_{bj2} = B_3 + z_{bj3} + z_{bj2}$  尺寸公差为  $T_1$ 。

毛坯尺寸  $B_0 = B_1 + z_{bj1} = B_3 + z_{bj3} + z_{bj2} + z_{bj1}$  尺寸公差为  $T_0$ 。

加工总余量为  $z_{b0} = z_{bj1} + z_{bj2} + z_{bj3}$ 。

## 二、毛坯尺寸公差与加工余量

### (一)铸件尺寸公差与加工余量

#### 1. 铸件的尺寸公差(GB1464-86)

铸件尺寸公差(代号“CT”)分为 16 级,见表 8-2-2。壁厚尺寸公差可比一般尺寸公差降一级公差带应对称于铸件基本尺寸设置。

错型(错箱)值必须位于表 8-2-2 规定的公差之内,当需进一步限制错型值时,其值应从表 8-2-3 中选取。成批、铸件尺寸公差等级见表 8-2-4。

#### 2. 铸件机械加工余量(GB/T11351-89)

。铸件加工余量(代号“MA”)分为 A、B、C、D、E、F、G、H 和 J9 个等级。加工余量的数值见表 8-2-5。对成批和大量生产的铸件加工余量等级按表 8-2-6 选取。

选定铸件机械加工余量的说明:

(1)基本尺寸应按有加工要求的表面上最大基本尺寸和该表面距它的加工基准间尺寸中较大的尺寸确定。旋转体基本尺寸取其直径或高度(长度)中较大尺寸。

(2)表 8-2-5 中每栏有两个加工余量数值,上面的数值是以一侧为基准、进行单侧加工的加工余量值。下面的数值为进行双侧加工时每侧加工余量值。单、双侧加工示意图见图 8-2-8、图 8-2-9。

表 8-2-2 铸件尺寸公差数值

(mm)

铸件基本尺寸		公差等级 CT															
大于	至	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
—	10	—	—	0.18	0.26	0.36	0.52	0.74	1.0	1.5	2.0	2.8	4.2	—	—	—	—
10	16	—	—	0.20	0.28	0.38	0.54	0.78	1.1	1.6	2.2	3.0	4.4	—	—	—	—
16	25	—	—	0.22	0.30	0.42	0.58	0.82	1.2	1.7	2.4	3.2	4.6	6	8	10	12
25	40	—	—	0.24	0.32	0.46	0.64	0.90	1.3	1.8	2.6	3.6	5.0	7	9	11	14
40	63	—	—	0.26	0.36	0.50	0.70	1.0	1.4	2.0	2.8	4.0	5.6	8	10	12	16
63	100	—	—	0.28	0.40	0.56	0.78	1.1	1.6	2.2	3.2	4.4	6	9	11	14	18
100	160	—	—	0.30	0.44	0.62	0.88	1.2	1.8	2.5	3.6	5.0	7	10	12	16	20
160	250	—	—	0.34	0.50	0.70	1.0	1.4	2.0	2.8	4.0	5.6	8	11	14	18	22
250	400	—	—	0.40	0.56	0.78	1.1	1.6	2.2	3.2	4.4	6.2	9	12	16	20	25
400	630	—	—	—	0.64	0.90	1.2	1.8	2.6	3.6	5	7	10	14	18	22	28
630	1000	—	—	—	—	1.0	1.4	2.0	2.8	4.0	6	8	11	16	20	25	32
1000	1600	—	—	—	—	—	1.6	2.2	3.2	4.6	7	9	13	18	23	29	37
1600	2500	—	—	—	—	—	—	2.6	3.8	5.4	8	10	15	21	26	33	42
2500	4000	—	—	—	—	—	—	—	4.4	6.2	9	12	17	24	30	38	49
4000	6300	—	—	—	—	—	—	—	—	7.0	10	14	20	28	35	44	56
6300	10000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11	16	23	32	40	50	64

注：1. 没有规定 CT1 和 CT2 级的公差值，是为将来可能要求更精密的公差保留的。

2. 表中 CT13 至 CT16 级小于 16mm 的铸件基本尺寸，其公差需单独标注，可提高 2~3 级。

3. 表中数据适用于砂型铸造、金属型铸造、低压铸造、压力铸造和熔模铸造等铸造工艺方法生产的各种铸造金属及合金铸件。

表 8-2-3 错型值

(mm)

公差等级 CT	错型值
3~4	表 2.2-1 的公差以内
5	0.3
6	0.5
7~8	0.7
9~10	1.0
11~13	1.5
14~16	2.5

表 8-2-4 成批和大量生产铸件的尺寸公差等级

铸造方法	公差等级 CT								
	铸钢	灰铸铁	球墨铸铁	可锻铸铁	钛合金	锌合金	轻金属合金	镍基合金	钴基合金
砂型手工造型	11~13	11~13	11~13	11~13	10~12	—	9~11	—	—
砂型机器造型及壳型	8~10	8~10	8~10	8~10	8~10	—	7~9	—	—
金属型	—	7~9	7~9	7~9	7~9	7~9	6~8	—	—
低压铸造	—	7~9	7~9	7~9	7~9	7~9	6~8	—	—
压力铸造	—	—	—	—	6~8	4~6	5~7	—	—
熔模铸造	5~7	5~7	5~7	—	4~6	—	4~6	5~7	5~7

表 8-2-5 铸件机械加工余量

(mm)

尺寸公差等级 CT		1	2	3	4	5		6		
加工余量等级 MA		A	B	C	D	D	E	D	E	F
基本尺寸		加 工 余 量 数 值								
大于	至									
—	100	—	—	0.5	0.6	0.8	0.9	0.8	1.0	1.5
		0.4	0.5	0.6	0.8	0.6	0.8	1.5	2.0	
100	160	—	—	0.6	0.9	1.0	1.5	1.0	1.5	2.0
		0.5	0.8	0.8	1.5	0.9	1.5	2.0	3.0	
160	250	—	—	0.8	1.5	1.5	2.0	1.5	2.0	2.5
		0.7	1.0	1.0	1.5	1.5	2.0	2.5	3.5	
250	400	—	—	0.9	1.5	1.5	2.0	2.0	2.5	3.5
		0.8	1.5	1.5	2.0	1.5	2.0	2.5	4.0	
400	630	—	—	—	2.0	2.0	2.5	2.0	2.5	4.0
		1.5	1.5	2.5	1.5	2.5	3.0	3.0	4.5	
630	1000	—	—	—	—	2.5	3.0	2.5	3.0	4.5
		2.0	2.5	2.0	3.0	2.0	3.0	4.0	5.0	
1000	1600	—	—	—	—	—	—	2.5	3.5	5.0
		2.0	3.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	

尺寸公差等级 CT		7			8				
加工余量等级 MA		D	E	F	D	E	F	G	H
基本尺寸		加 工 余 量 数 值							
大于	至								
—	100	1.0	1.5	2.0	1.5	1.5	2.0	2.5	3.0
		0.7	0.9	1.5	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5
100	160	1.5	2.0	2.5	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0
		0.9	1.5	2.0	1.5	1.5	2.0	2.5	3.5
160	250	1.5	2.0	3.0	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
		1.5	2.0	2.5	1.5	2.0	2.5	3.5	4.5
250	400	2.0	2.5	3.5	2.5	3.0	4.0	5.0	6.5
		1.5	2.0	3.0	2.0	2.5	3.5	4.5	6.0
400	630	2.5	3.0	4.0	2.5	3.5	4.5	5.5	7.5
		2.0	2.5	3.5	2.0	2.5	4.0	5.0	7.0
630	1000	2.5	3.5	4.5	3.0	4.0	5.0	6.5	8.5
		2.0	3.0	4.0	2.5	3.0	4.5	6.0	8.0
1000	1600	3.0	4.0	5.5	3.5	4.5	6.0	7.5	1.0
		2.5	3.5	5.0	2.5	3.5	5.0	6.5	9.0

(续)

尺寸公差等级 CT		9					10			
加工余量等级 MA		D	E	F	G	H	E	F	G	H
基本尺寸		加工余量数值								
大于	至									
—	100	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	2.5	3.0	3.5	4.0
		1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	1.5	2.0	2.5	3.0
100	160	2.0	2.5	3.0	3.5	4.5	3.0	3.5	4.0	5.0
		1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	2.0	2.5	3.0	4.0
160	250	2.5	3.0	3.5	4.5	5.5	3.5	4.0	5.0	6.0
		1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	2.5	3.0	4.0	5.0
250	400	3.0	3.5	4.5	5.5	7.0	4.0	5.0	6.0	7.5
		2.0	2.5	3.5	4.5	6.0	3.0	4.0	5.0	5.5
400	630	3.0	4.0	5.0	6.0	7.5	4.5	5.5	6.5	8.5
		2.5	3.0	4.0	5.0	7.0	3.5	4.5	5.5	7.5
630	1000	3.5	4.5	5.5	7.0	9.0	5.5	6.5	8.0	10
		2.5	3.5	4.5	6.0	8.0	4.0	5.0	6.5	8.5
1000	1600	4.0	5.0	6.5	8.0	11	6.0	7.5	9.0	12
		3.0	4.0	5.5	6.5	9.5	4.5	6.0	7.5	10

尺寸公差等级 CT		11				12			
加工余量等级 MA		E	F	G	H	F	G	H	J
基本尺寸		加工余量数值							
大于	至								
—	100	3.0	3.5	4.0	4.5	4.0	4.5	5.0	6.0
		2.0	2.5	3.0	3.5	2.5	3.0	3.5	4.5
100	160	3.5	4.0	4.5	5.5	5.0	5.5	6.5	7.5
		2.5	3.0	3.5	4.5	3.5	4.0	5.0	6.0
160	250	4.5	5.0	6.0	7.0	6.0	7.0	8.0	9.5
		3.0	3.5	4.5	5.5	4.0	5.0	6.0	7.5
250	400	5.0	6.0	7.0	8.5	7.0	8.0	9.5	11
		3.5	4.5	5.5	7.0	5.0	6.0	7.5	9.0
400	630	5.5	6.5	7.5	9.5	8.0	9.0	11	14
		4.0	5.0	6.0	8.0	5.5	6.5	8.5	11
630	1000	6.5	7.5	9.0	11	9.0	11	13	16
		4.5	5.5	7.0	9.0	6.5	8.0	10	13
1000	1600	7.0	8.5	10	13	11	12	15	18
		5.0	6.5	8.0	10	7.5	9.0	12	15

(续)

尺寸公差等级 CT		13				14		15		16	
加工余量等级 M A		F	G	H	J	H	J	H	J	H	J
基本尺寸		加 工 余 量 数 值									
大于	至										
—	100	5.5 3.5	6.0 4.0	6.5 4.5	7.5 5.5	7.5 5.0	8.5 6.0	9.0 5.5	10 6.5	11 6.5	12 7.5
100	160	6.5 4.0	7.0 4.5	8.0 5.5	9.0 6.5	9.0 6.0	10 7.0	11 7.0	12 8.0	13 8.0	14 9.0
160	250	7.5 5.0	8.5 6.0	9.5 7.0	11 8.5	11 7.5	13 9.0	13 8.5	15 10	15 9.5	17 11
250	400	8.5 5.5	9.5 6.5	11 8.0	13 10	13 9.0	15 11	15 10	17 12	18 12	20 14
400	630	10 6.5	11 7.5	13 9.5	16 12	15 11	18 13	17 12	20 14	20 13	23 16
630	1000	12 7.5	13 9	15 11	18 14	17 12	20 15	20 14	23 17	23 15	26 18
1000	1600	13 8.5	15 10	17 13	20 16	20 14	23 17	23 16	26 19	27 18	30 21

注：1. 表中每栏有两个加工余量数值，上面的数值是以一侧为基准，进行单侧加工的加工余量值。下面的数值为双侧加工时，每侧的加工余量值。

2. 表中略去基本尺寸大于 1600 ~ 10000mm 的加工余量数值。

表 8-2-6 成批和大量生产的铸件机械加工余量等级

工艺方法 尺寸公差 加工余量	加 工 余 量 等 级									
	铸 钢	灰铸铁	球墨铸铁	可锻铸铁	铜合金	锌合金	轻金属 合金	镍基合金	钴基合金	
砂型手工造型	CT	11~13	11~13	11~13	10~12	10~12	—	9~11	—	—
	MA	J	H	H	H	H	—	H	—	—
砂型机器造型及壳型	CT	8~10	8~10	8~10	8~10	8~10	—	7~9	—	—
	MA	H	G	G	G	G	—	G	—	—
金属型	CT	—	7~9	7~9	7~9	7~9	7~9	6~8	—	—
	MA	—	F	F	F	F	F	F	—	—
低压铸造	CT	—	7~9	7~9	7~9	7~9	7~9	6~8	—	—
	MA	—	F	F	F	F	F	F	—	—
压力铸造	CT	—	—	—	—	6~8	4~6	5~7	—	—
	MA	—	—	—	—	E	E	E	—	—
熔模铸造	CT	5~7	5~7	5~7	—	4~6	—	4~6	5~7	5~7
	MA	E	E	E	—	E	—	E	E	E

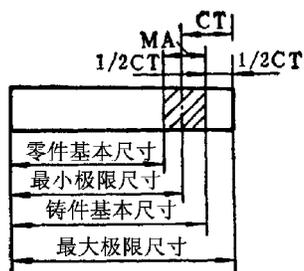


图 8-2-8 单侧加工示意图

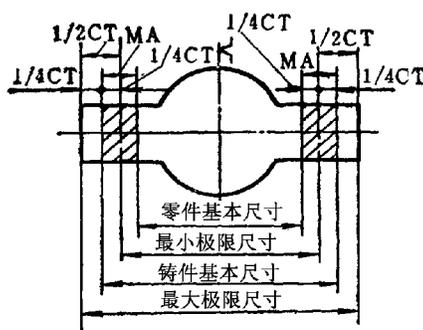


图 8-2-9 双侧加工示意图

(3)砂型铸造的铸件,顶面(相对浇注位置)的加工余量等级,比底、侧面的加工余量等级需降低一级选用。例:尺寸公差为 CT10 级,加工余量底、侧面为 MA-G 级,顶面则为 MA-H 级。

(4)砂型铸造铸件的底、侧面所采用加工余量等级为选定的尺寸公差等级所对应的全部加工余量等级中最粗级时,其顶面的加工余量等级则需选用尺寸公差降一级所对应的与底、侧面相同的加工余量等级。例:底、侧面加工余量为 CT10 级, MA-H 级,顶面加工余量则为 CT11 级、MA-H 级。

(5)砂型铸造孔的加工余量等级可选用与顶面相同的等级。

### 3. 铸造毛坯图

铸造毛坯图一般包括以下内容:铸造毛坯的形状、尺寸及公差、加工余量与工艺余量、铸造斜度及圆角、分型面、浇冒口残根位置、工艺基准及其他有关技术要求。

铸造毛坯图上技术条件一般包括下列内容:

- ①合金牌号。
- ②铸造方法。
- ③铸造的精度等级。
- ④未注明的铸造斜度及圆角半径。
- ⑤铸件综合技术条件。
- ⑥铸件的检验等级。
- ⑦铸件交货状态:如允许浇冒口残根大小等。
- ⑧铸件是否进行气压或液压试验。
- ⑨热处理硬度。

铸造毛坯图实例见图 8-2-10。

(1)铸造孔的最小尺寸 在铸造工艺上为制造方便,一般当铸造孔径小于表 8-2-7 上尺寸时可不铸出,零件上的孔如难以机械加工,最小孔径也可放宽到表中特殊情况数值。

(2)铸造壁的最小厚度 各种铸造方法铸件的最小壁厚见表 8-2-8。

(3)铸造斜度 对于砂型及硬型铸件常选用  $3^\circ$ , 压铸件常选用  $1^\circ 30' \sim 2^\circ$ 。待加工表面的斜度数值可以大一些,非加工表面斜度数值可适当减小。一般参照表 8-2-9 选取。为便于模具制造及造型,各面斜度数值应尽量一致。

(4)圆角半径 各种铸造方法的铸造圆角计算公式及所允许的最小半径数值见表 8-2-10。算出数值后,应选取与其接近的机械制造业常用的标准尺寸(详见 GB2822-81)。为便于制造,应取统一值。对于砂型及金属型铸件一般统一用 R3 或 R5,对压铸件用 R1 或 R2。

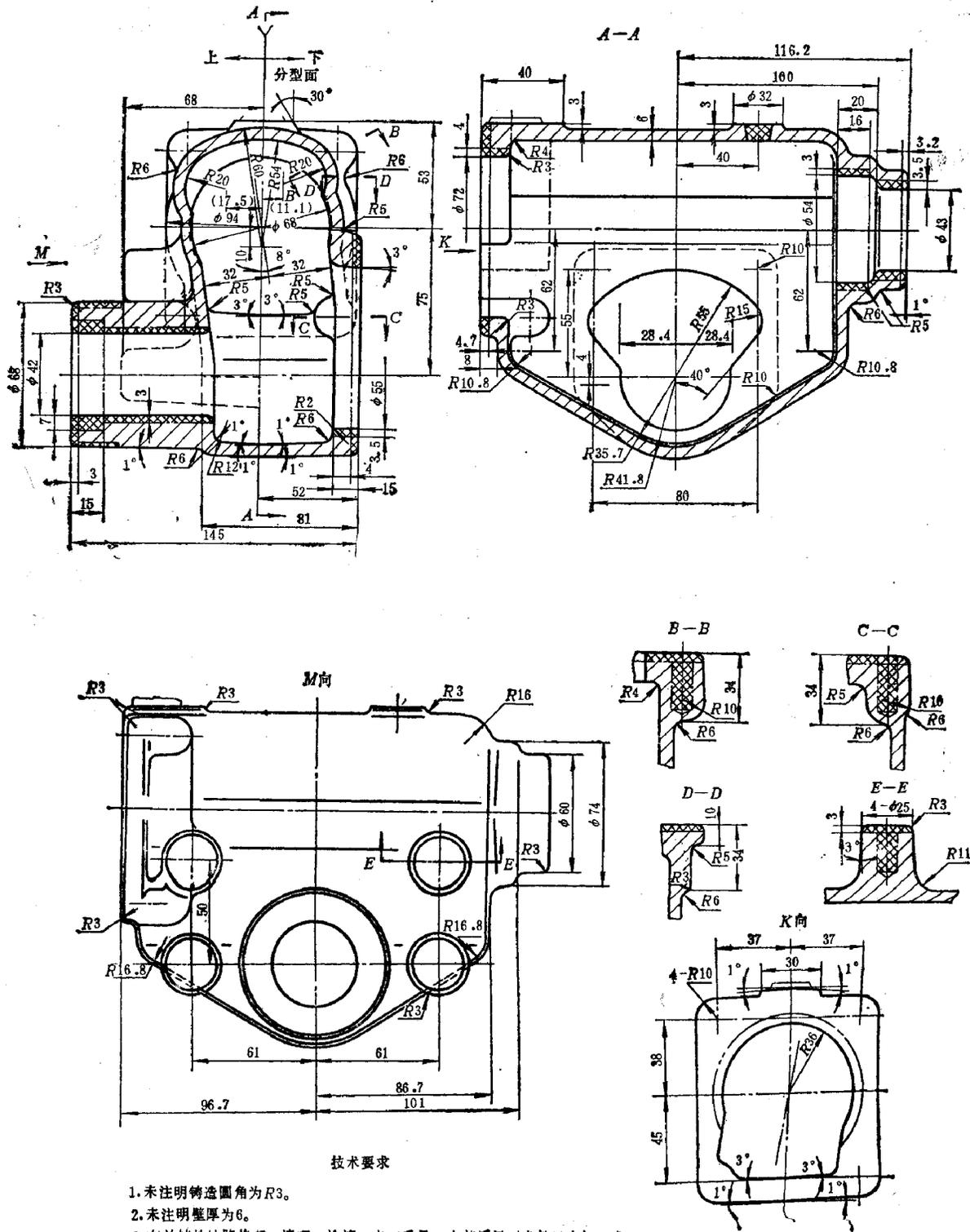


图 8-2-10 铸造毛坯图实例

表 8-2-7 铸造孔的最小尺寸

铸 造 方 法	合 金 种 类	一 般 最 小 孔 径	特 殊 最 小 孔 径
砂型及壳型铸造	全 部	30	8~10
金属型铸造	有 色	10~20	5
压力铸造	锌 合 金	5~10	1
	铝 合 金		2.5
	镁 合 金		2
	铜 合 金		3
熔模模铸造	有 色	5~10	2
	黑 色		2.5

表 8-2-8 各种铸造方法的铸件最小壁厚

铸件的表 面 积 ( $cm^2$ )	铸 件 最 小 壁 厚 (mm)															
	砂型铸造			金属型铸造			壳型铸造				压力铸造					熔模 铸造
	铝硅 合金	ZM-5 ZL-201 ZL-301	铸 造	铝硅 合金	ZM-5 ZL-201 ZL-301	铸 造	铝镁 合金	铜 合金	铸 铁	钢	铝锡 合金	锌 合金	镁 合金	铝 合金	铜 合金	钢
~25	2	3	2	2	3	2.5	2	2	2	2	0.6	0.8	1.3	1	1.5	1.2
25~100	2.5	3.5	2.5	2.5	3	3	2	2	2	2	0.7	1	1.8	1.5	2	1.6
100~225	3	4	3	3	4	3.5	2.5	3	2.5	4	1.1	1.5	2.5	2	3	2.2
225~400	3.5	4.5	4	4	5	4	3	3.5	3	4	1.5	2	3	2.5	3.5	3
400~1000	4	5	5	4	6	4.5	4	4	4	5	—	—	4	4	—	—
1000~1600	5	6	6	—	—	—	4	4	4	6	—	—	—	—	—	—
1600以上	6	7	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 8-2-9 各种铸造方法的最小铸造斜度

斜 度 位 置	铸 造 方 法			
	砂 型	金 属 型	壳 型	压 铸
外 表 面	0°30'	0°30'	0°20'	0°15'
内 表 面	1°	1°	1°20'	1°30'

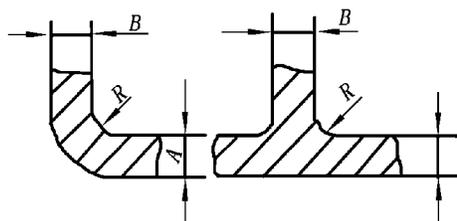
(二)钢质模锻件公差与加工余量(摘自 JB3834—85, JB3835—85)

1. 确定锻件公差与加工余量的主要因素

(1)锻件重量 根据锻件图的基本尺寸进行计算。

(2)锻件形状复杂系数  $S$

表 8-2-10 铸造圆角



铸造方法	铸 造 圆 角 计 算 公 式	最小圆角半径(mm)				
		铝合金	镁合金	铜合金	锌合金	黑色金属
砂型铸造	$R = \frac{1}{5} \sim \frac{1}{10}(A+B)\text{mm}$	2	3	3	2	3
金属型铸造	$R = \frac{1}{4} \sim \frac{1}{6}(A+B)\text{mm}$	1	2	2	—	2
壳型铸造	$R = \frac{1}{3} \sim \frac{1}{5}(A+B)\text{mm}$	1	1.5	1.5	—	2
压力铸造	$R = \frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}(A+B)\text{mm}$	1	1	1.5	1	2
熔模铸造	$R = \frac{1}{3} \sim \frac{1}{5}(A+B)\text{mm}$	1	—	1	—	1

$$S = \frac{m_{\text{锻件}}}{m_{\text{外廓包容体}}}$$

式中  $m_{\text{锻件}}$ ——锻件重量。

$m_{\text{外廓包容体}}$ ——锻件外廓包容体的重量。

锻件形状复杂系数 S 分级见表 8-2-11

表 8-2-11 锻件形状复杂系数 S 分级表

级 别	S 数值范围	级 别	S 数值范围
简 单	$S_1 > 0.63 \sim 1$	较复杂	$S_3 > 0.16 \sim 0.32$
一 般	$S_2 > 0.32 \sim 0.63$	复 杂	$S_4 \leq 0.16$

注：当锻件为薄形圆盘或法兰件，其厚度径之比  $\leq 0.2$  时，直接确定为复杂级。

(3)分模线形状 分为两类：平直分模线 and 对称弯曲分模线；不对称弯曲分模线。

(4)锻件的材质系数 分为  $M_1$  和  $M_2$  两级见表 8-2-12

(5)零件加工表面粗糙度 本标准适于机械加工表面粗糙度  $R_a \geq 1.6\mu\text{m}$  的表面，当加工表面粗糙度  $R_a < 1.6\mu\text{m}$  时，其余量要适当增大。

表 8-2-12 锻件材质系数

级 别	钢的最高含碳量	合金钢的合金元素最高总含量
M <sub>1</sub>	<0.65%	<3.0%
M <sub>2</sub>	>0.65%	≥3.0%

(6)加热条件 见表 8-2-13。

表 8-2-13 加热条件与公差及余量值

加 热 条 件	公 差 及 余 量 值
油或煤气(含天然气)	标准规定数值
中频感应加热、接触电加热	提高一档
煤辊热或二火加热	视实际条件适当增加

## 2. 钢质模锻件公差

(1)长度、宽度和高度公差 长度、宽度和高度公差是指在分模线一侧同一块模具上沿长度、宽度、高度方向的尺寸公差。例如图 8-2-11a 为一块模具中的锻件长度方向尺寸；图 b8-2-11 为一块模具中的锻件宽度方向尺寸；图 8-2-11c 为一块模具中的锻件高度方向尺寸；h 为跨越分模线的厚度尺寸。

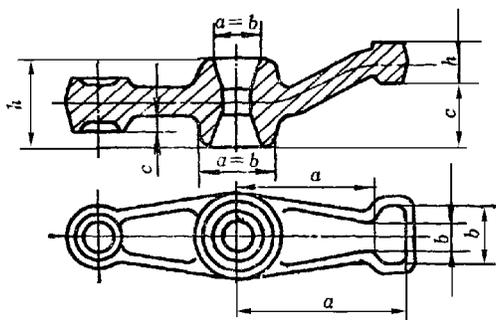


图 8-2-11 锻件长、宽、高尺寸

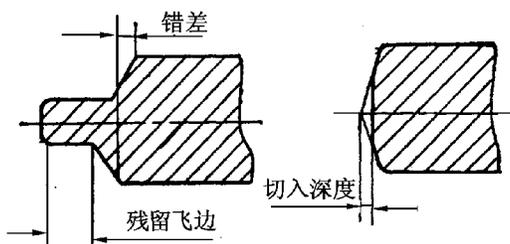


图 8-2-12 错差、残留飞边及切入深度

当锻件形状复杂系数为 S<sub>1</sub> 级和 S<sub>2</sub> 级，且长宽比小于 3.5 时，其公差可按最大外形尺寸查表确定同一公差值，以简化工作量。

长度、宽度、高度公差见表 8-2-14 和表 8-2-15。偏差分配见表 8-2-16。

落差公差是高度公差的一种形式，偏差值按 ± $\frac{1}{2}$  比例分配。它应比高度公差放宽一档。





(2) 错差 模具上、下模的对应点间所容许不对准的范围(图 8-2-12), 错差值由表 8-2-14 和表 8-2-15 查得, 其应用与其他公差无关。

(3) 横向残留飞边公差及切入锻件深度 由于初边条件变化, 在锻件四周可能存在横向残留飞边或切入锻件图(8-2-12)。横向残留飞边的允许值由表 8-2-14 和表 8-2-15 查得。切入深度取横向残留飞边允许值之半。其应用与其他公差无关。

(4) 冲孔公差 按孔径尺寸在表 8-2-14 或表 8-2-15 中查得偏差算出总公差。其上、下偏差按 +1/4 和 -3/4 比例分配。若要严格地限制冲孔尺寸公差, 则应作为特殊公差标注在锻件图的相应尺寸上。

表 8-2-16 偏差分配表

尺寸分类	上、下偏差比例分配
外表面尺寸	+2/3 和 -1/3
内表面尺寸	+1/3 和 -2/3
高度台阶尺寸	$\pm \frac{1}{2}$
中心到边缘尺寸	$\pm \frac{1}{2}$ 总公差

(5) 厚度公差 跨越分模线的厚度尺寸的公差。其值按锻件的最大厚度尺寸在表 8-2-17 和表 8-2-18 中查得。其上、下偏差一般按 +3/4、-1/4 或 +2/3、-1/3 比例分配。

(6) 锻件预料杆压痕公差 具有顶料机构的模具, 在锻件上产生一定深度和高度的压痕, 其公差由表 8-2-17 和表 8-2-18 中查得。压痕公差与其他公差无关。

(7) 表面缺陷深度 锻件的表面缺陷包括凹坑、麻点、碰伤、凹凸不平、折叠和裂纹等。其深度系指从锻件实际表面测量所得的局部凹陷或凸起的尺寸数值。表面缺陷深度允许值见表 8-2-19。

(8) 直线度和平面度公差 见表 8-2-20 和表 8-2-21。

(9) 中心距尺寸偏差 见表 8-2-22。

(10) 内、外圆角半径的数值 锻件上内、外圆角半径的定义见图 8-2-13。凸角圆角半径为外圆角半径  $r$ , 凹角圆角半径为内圆角半径  $R$ 。圆角半径通常按表 8-2-23 所示的公式计算。计算所得数值应考虑余量大小加以修正, 并圆整为下列标准系列: 1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、4.0、5.0…。为保证锻件凸角处的最小余量  $r_1 = \text{余量} + \text{零件的倒角值}$ , 若无倒角  $r_2$  余量(图 8-2-14)。

(11) 内、外起模角的数值 锻件在冷缩时, 趋向离开模壁的部分为外起模角, 用  $\alpha$  表示; 反之, 为内起模角, 用  $\beta$  表示(见图 8-2-13)。起模角的数值见表 8-2-24。

### 3. 模锻件机械加工余量

确定模锻件机械加工余量时, 根据估算锻件重量、加工精度及锻件复杂系数由表 8-2-25、表 8-2-26 查得。表中余量值为单面余量。

### 4. 锻造毛坯图

(1) 锻造毛坯图的设计步骤 阅读零件图样, 了解零件材料、结构特点、使用要求; 审核零件结构的模锻工艺性, 协调基准, 工艺凸台等冷、热加工工艺要求; 选择锻造方法和分模位置; 绘制图形, 加放余量、确定起模角、圆角、孔腔形状; 校核壁厚。

#### (2) 锻件技术条件

① 锻件热处理及硬度要求, 测定硬度的位置。

② 需要取样检查试件的金相组织和机械性能时, 应注明取样位置。





③未注明的起模角、圆角半径、尺寸公差。

表 8-2-19 表面缺陷深度允许值

加工面缺陷深度(不大于)		非加工面缺陷深度 (不大于)
锻件实际尺寸等于基本尺寸	锻件实际尺寸大于(或小于)基本尺寸	
基本加工余量一半	基本加工余量/2+(-)单边实际偏差值	最大厚度公差的 1/3

表 8-2-20 模锻件非加工面的直线度公差 (mm)

锻 件 长 度 L		直 线 度 公 差
大 于	至	
0	120	0.7
120	250	1.1
250	400	1.4
400	630	1.8
630	1000	2.2
1000		0.22%

注:对中心线不是直线的锻件不采用本表数值,应适当加大。

表 8-2-21 模锻件加工面的直线度、平面度公差 (mm)

中心距尺寸	大于 至	0	30	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
		30	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1000	2000	2500
一般锻件 $N_1$ 有一道校正呀压印工序 $N_2$ 有时有校正和压印工序 $N_3$		(此处为斜线填充区域)														
锻件精度	普通级	±0.3	±0.4	±0.5	±0.6	±0.8	±1.0	±1.2	±1.6	±2.0	±2.5	±3.2	±4.0	±5.0	±6.0	
	精密级	±0.25	±0.3	±0.4	±0.5	±0.6	±0.8	±1.0	±1.2	±1.6	±2.0	±2.5	±3.2	±4.0	±5.0	

注:1.对带有落差的弯曲锻件,直线度和平面度公差不能采用本表数值,应适当放宽或由供需又主协商确定。

2.精密级不适用于平锻件。

例:锻件长度为 240mm 的调质件时,直线度和平面度公差普通级 1.2mm,精密级为 0.8mm。

表 8-2-22 模锻件中心距尺寸偏差 (mm)

轮廓尺寸	大于 至	0	30	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
		30	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1000	2000	2500
正火件 1 调质锻件 2		(此处为斜线填充区域)														
锻件精度	普通级	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.2	
	精密级	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	

注:1.本表适用于在热模锻压力机、模锻锤、平锻机及螺旋机压力机上生产的模锻件,但精密级不适用于平锻级。

例:当锻件长度尺寸为 300mm,只有一道校正压印工序,其中心距尺寸的普通公差为 ±1.0mm,模级公差为 ±0.8mm。

2.本表数据仅适用于平面直线分模,并在同一半模距离尺寸。

表 8-2-23 圆角半径计算表

H/B	r	R
$\leq 2$	$0.05H + 0.5$	$2.5r + 0.5$
$> 2 \sim 4$	$0.06H + 0.5$	$3.0r + 0.5$
$> 4$	$0.07H + 0.5$	$3.5r + 0.5$

表 8-2-24 锤上锻件外起模角  $\alpha$  的数值

L/B		H/B				
		$\leq 1$	$> 1 \sim 3$	$> 3 \sim 4.5$	$> 4.5 \sim 6.5$	$> 6.5$
$\leq 1.5$	$\alpha$	$5^\circ$	$7^\circ$	$10^\circ$	$12^\circ$	$15^\circ$
$> 1.5$		$5^\circ$	$5^\circ$	$7^\circ$	$10^\circ$	$12^\circ$

注: 1. 内起模角  $\beta$  可按表中数值加大  $2^\circ$  或  $3^\circ$ 。

2. 在热模锻压力机和螺旋压力机上使用预料机构时, 起模均可比表中数值减少  $2^\circ$  或  $3^\circ$ 。

3. 当上、下模模膛深度不相等时, 应按供梁较深一侧计算起

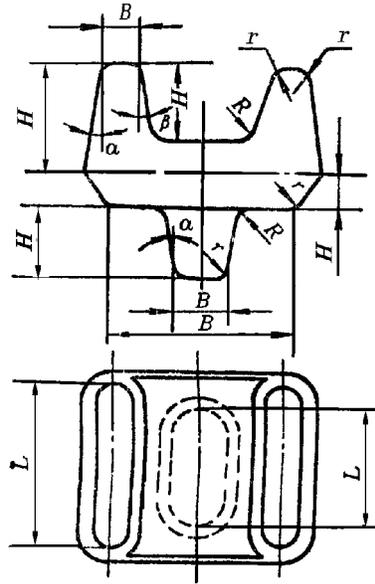


图 8-2-13 内、外圆角半径

表 8-2-25 锻件内孔直径的机械加工余量

(mm)

孔 径		孔 深				
大于	到	大于 0	63	100	140	200
		到 63	100	140	200	280
	25	2.0	—	—	—	—
25	40	2.0	2.6	—	—	—
40	63	2.0	2.6	3.0	—	—
63	100	2.5	3.0	3.0	4.0	—
100	160	2.6	3.0	3.4	4.0	4.6
160	250	3.0	3.0	3.4	4.0	4.6

表 8-2-26 模锻件内外表面加工余量

锻件重量 (kg)		一般加工精度 $F_1$	磨削加工精度 $F_2$	锻件形状复杂系数 $S_1$ $S_3$		锻件单边余量									
						厚度 (直径) 方向	水平方向								
							大于 0 至 315	315 400	400 630	630 800	800 1250	1250 1600	1600 2500		
0	0.4					1.0~1.5	1.0~1.5	1.5~2.0	2.0~2.5						
0.4	1.0					1.5~2.0	1.5~2.0	1.5~2.0	2.0~2.5	2.0~3.0					
1.0	1.8					1.5~2.0	1.5~2.0	1.5~2.0	2.0~2.7	2.0~3.0					
1.8	3.2					1.7~2.2	1.7~2.2	2.0~2.5	2.0~2.7	2.0~3.0	2.5~3.5				
3.2	5.0					1.7~2.2	1.7~2.2	2.0~2.5	2.0~2.7	2.5~3.5	2.5~4.0				
5.0	10.0					2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.5	2.3~3.0	2.5~3.5	2.7~4.0	3.0~4.5			
10.0	20.0					2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.7	2.3~3.0	2.5~3.5	2.7~4.0	3.0~4.5			
20.0	50.0					2.3~3.0	2.0~3.0	2.5~3.0	2.5~3.5	2.7~4.0	3.0~4.5	3.5~4.5			
50.0	150.0					2.5~3.2	2.5~3.5	2.5~3.5	2.7~3.5	2.7~4.0	3.0~4.5	3.5~4.5	4.0~5.5		
150.0	250.0					3.0~4.0	2.5~3.5	2.5~3.5	2.7~4.0	3.0~4.5	3.0~4.5	3.5~5.0	4.0~5.5	4.5~6.0	
						3.5~4.5	2.7~3.5	2.7~3.5	3.0~4.0	3.0~4.5	3.5~5.0	4.0~5.0	4.5~6.0		
						4.0~5.5	2.7~4.0	3.0~4.0	3.0~4.5	3.5~4.5	3.5~5.0	4.0~5.5	4.5~6.0		

注：本表适用于在热模锻压力机、模锻锤、平锻机及螺旋压力机上生产的模锻件。

例：锻件重为 3kg，在 1600t 热模锻压力机上生产，零件无磨削加工工序，锻件复杂系数为  $S_3$ ，长度为 480mm，查出该零件余量是：厚度方向为 1.7~2.2mm，水平方向为 2.0~2.7mm。

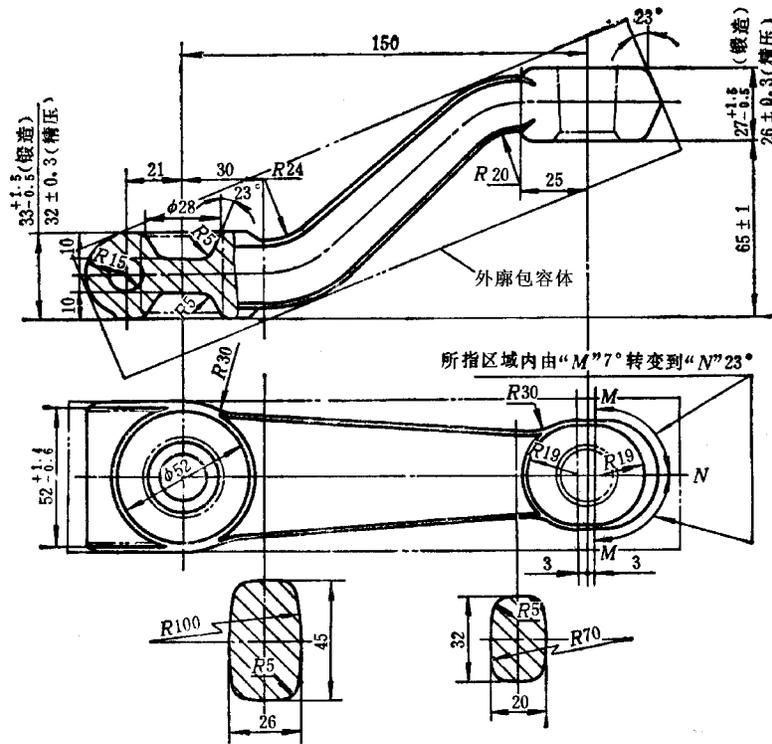


图 8-2-15 转向垂臂锻造毛坯图

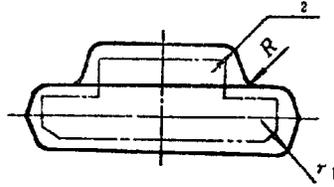


图 8-2-14 圆角半径与余量

- ④锻件表面质量要求,清理氧化皮方法,表面允许缺陷深度等。
  - ⑤锻件外形允许的偏差,分模面上,上、下凝允许的错差,允许的残留飞过宽度,锻件允许的弯曲和翘曲量,允许的壁厚等。
  - ⑥锻件重量。
  - ⑦锻件内在质量要求。
  - ⑧锻件检验等级及验收的技术条件。
  - ⑨打印零件号和熔批号的位置等。
- 锻件毛坯图实例见图 8-2-15。其尺寸允许偏差见表 8-2-27。

表 8-2-27 转向垂臂锻件的尺寸允许偏差

锻件重量(kg)	包容体重量(kg)	材 质 系 数	稍 度 等 级		
1.86	1.51	S <sub>2</sub>	40MnB	M <sub>1</sub>	普 通
尺寸种类(mm)		允许偏差(mm)	根 据	附 注	
长 度	208	+1.9 -0.9	表 2.2-13		
宽 度	52	+1.4 -0.6	表 2.2-13		
厚 度	33	+1.5 -0.5	表 2.2-16		
落 差	65	±1	表 2.2-13	按表 2.2-13 公差值对称分布	
错 差	—	1.0	表 2.2-13		
残留飞边	—	1.0	表 2.2-13		
余 量	—	0.5		稍 压 件	

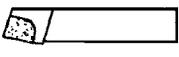
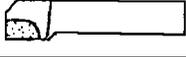
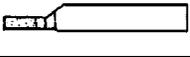
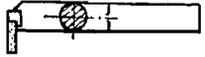
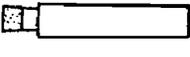
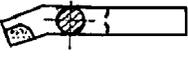
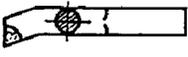
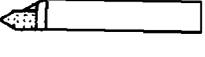
## 第三章 阀门机械加工工艺

### 第一节 金属切削刀具

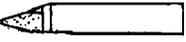
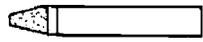
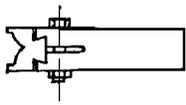
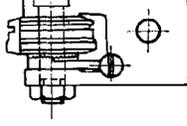
#### 一、车刀

车刀的种类繁多,按用途可分为:外圆车刀、端面车刀、镇孔刀、切断刀、切槽刀、螺纹车刀和成形车刀等(见表 8-3-1)。按制造方法可分为:整料车刀、焊接车刀和机械夹固车刀。

表 8-3-1 车刀的类型和用途

名 称	简 圆	用 途
45°外圆车刀		能车削外圆、端面和内外倒角,使用方便、通用性强
70°外圆车刀		适用于车削外圆
90°外圆车刀		车削时径向力较小,适用于车台阶轴及细长工件
90°外圆车刀		用于车削端面
割断刀		用于切断工件和在件上切出沟槽
内割槽刀		用于在内孔中切出沟槽
宽头精车刀		刀刃宽度比较宽,工作时可选择较大的进给量,可获得较高的表面光洁度。用于阗精车或精车外圆
通孔镗刀		用于车一般通孔
不通孔镗刀		用于车削台阶孔或不通孔
60°外螺纹车刀		用于车削普通外螺纹

(续)

名 称	简 圆	用 途
60°内螺纹车刀		用于车削普通内螺纹
30°外螺纹车刀		用于车削梯形螺纹
36°三角皮带槽车刀		用于车削皮带轮槽
平体成形车刀		用于加工各种外成形表面
棱体成形车刀		用于加工各种外成形表面
圆形成形车刀		用于加工各种内外成形圆表面

## 二、麻花钻

麻花钻用于在实体材料上加工低精度的孔,有时也用于扩孔。

### (一)麻花钻的结构

#### 1. 麻花钻的组成部分

如图 8-3-1 所示,麻花钻的各组成部分名称及功能如下:

(1)装夹部分 装夹部分用于与机床的连接并传递动力,包括钻柄与颈部。小直径钻头用圆柱柄,12mm 以上的做成莫氏锥柄。锥两端部做成扁尾,以供使用斜铁将钻头从钻套中击出。颈部直径略小,上面印有厂标、规格等标记。

(2)工作部分 工作部分用于导向、排屑,也是切削部分的后备部分。外圆柱上两条螺旋形棱边也称刃带,可保持孔形和钻头进给方向。两条螺旋刃沟是排屑的通道。钻体心部称钻心,联结两条刃瓣。

(3)切削部分 切削部分是指钻头前端有切削刃的部分。切削部分由两个前面、后面、副后面组成。前面是螺旋沟形成的螺旋面。后面的形状由刃磨机床或夹具的运动决定。一般用锥磨法刃磨夹具磨出的是圆锥面;有的钻头磨床磨出的是螺旋面;有些专用的或数控钻头磨床可产生复杂的运动磨出某些特殊曲面。小钻头可用简单的夹具磨出平面形后面。副后面就是刃带棱面。前后面相交为主切削刃,两主后面相交为横刃,两条刃沟与刃带棱面相交的两条螺旋线是副切削刃。

普通麻花钻共有三条主切削刃、即左、右切削刃和横刃两条副切削刃(棱边)。

#### 2. 麻花钻的结构参数

麻花钻的结构参数是指钻头在制造中控制的尺寸与角度,它们都是确定钻头几何形状的独立参数。包括以下几项:

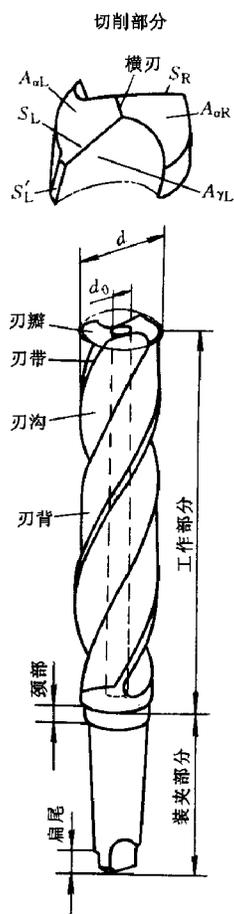


图 8-3-1 麻花钻的组成

(1)直径  $d$  直径  $d$  指在切削部分测量的两刃带间距离。直径选用标准系列尺寸。

(2)直径倒锥 远离切削部分的直径逐渐减小,形成倒锥,以减少刃带与孔壁的摩擦,相当于副偏角。中等直径钻头的倒锥量小于  $0.03 \sim 0.12\text{mm}/100\text{mm}$ 。

(3)钻心直径  $d_0$  钻心直径  $d_0$  指与两刃沟底相切圆的直径。它影响钻头的刚性与容屑截面。直径大于  $13\text{mm}$  的钻头,  $d_0 = (0.125 \sim 0.15)d$ 。钻心做成  $1.4 \sim 2\text{mm}/100\text{mm}$  的正锥度,以提高钻头的刚度。

(4)螺旋角  $\omega$  螺旋角  $\omega$  指钻头刃带棱边螺旋线展开成的直线与钻头轴线的夹角。

如图 8-3-2 所示,前面上  $x$  点(半径为  $r_x$ )的螺旋角  $\omega_x$  可用下式计算:

$$\tan \omega_x = \frac{2\pi r_x}{L} = \tan \omega \left( \frac{r_x}{r} \right) \quad (3-1)$$

式中  $r_x$  ——钻头选定点半径;

$L$  ——螺旋槽导程。

式(3-1)说明钻头愈近中心处,螺旋角愈小。刃带处的螺旋角  $\omega$  一般为  $25^\circ \sim 32^\circ$ 。增大螺旋角可使前角增大,有利于排屑,并使切削轻快,但钻头刚性变差。小直径的钻头为了提高钻头的刚性,螺旋角做得略小一些。

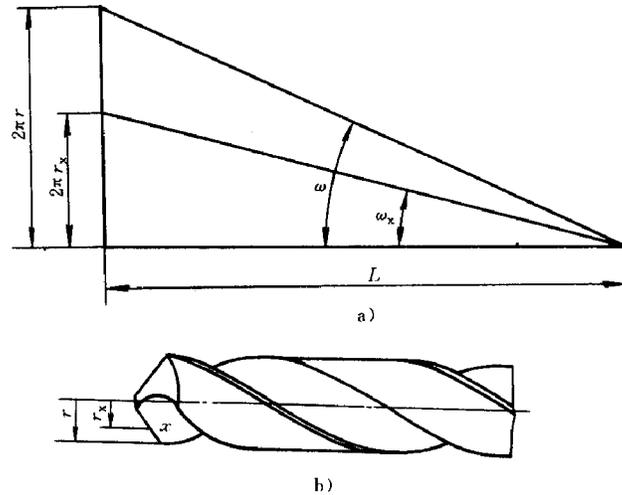


图 8-3-2 麻花钻的螺旋角

a)螺旋角展图 b)麻花钻

## (二)麻花钻的几何参数

### 1. 钻头的参考系

确定钻头角度需要建立参考系。钻头参考系平面及测量平面如图 8-3-3 所示。

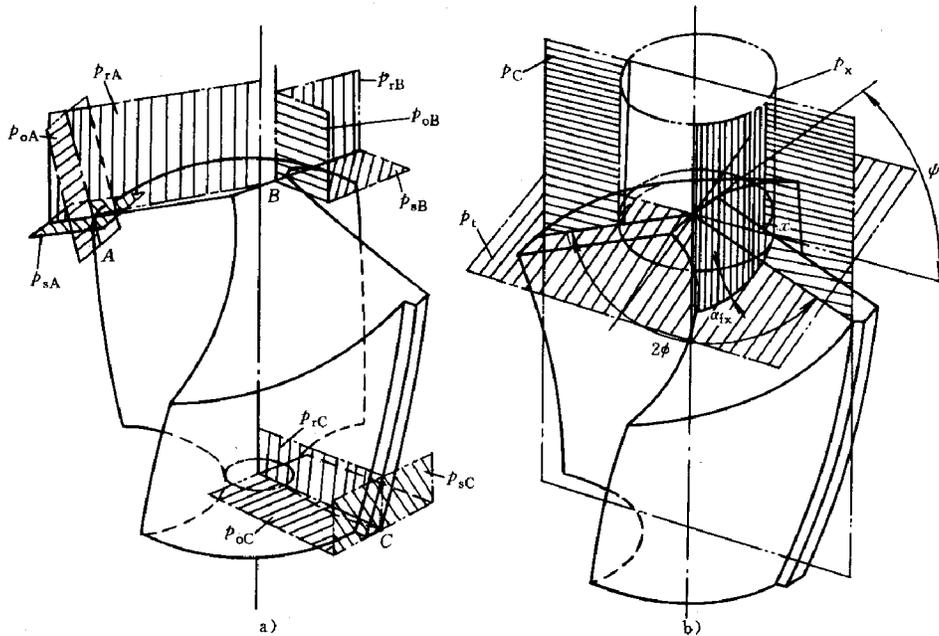


图 8-3-3 麻花钻正交平面参考系及测量平面

图中标注了基面  $p_r$ 、切削平面  $p_s$ 、上交平面  $p_o$ 、假定工作平面  $p_f$  和背平面  $p_{po}$  它们的定义与车削中的规定相同。

由于钻头切削刃上各点都是绕中心旋转的,与切削刃上任一点切线速度垂直的平面均通过钻头心。所以基面  $p_r$  可理解为过切削刃某点包含钻头轴线的平面。同时钻头切削刃上各点基面方位均不相同。

度量钻头几何角度还需以下几个测量平面:

端面  $p_r$ : 与钻头轴线垂直的投影面。

中剖面  $p_e$ : 过钻头轴线与两主切削刃平行的平面。

柱剖面  $p_z$ : 过切削刃选定点作与钻头轴线平行的直线, 该直线绕钻头轴线旋转形成的圆柱面。

## 2. 钻头的刃磨角度

普通麻花钻只需刃磨两个后面, 控制三个角度:

(1) 顶角  $2\phi$  顶角  $2\phi$  是指两主切削刃在中剖面投影中的夹角。普通麻花钻的顶角  $2\phi$  中 =  $116^\circ \sim 118^\circ$ 。

(2) 外缘后角  $\alpha_f$  外缘后角  $\alpha_f$  是指主切削刃靠刃带转角处在柱剖面中表示的后角。可用工具显微镜投影的方法测量外缘后角。中等直径钻头的外缘后角  $\alpha_f = 8^\circ \sim 20^\circ$ 。直径愈小, 钻头后角愈大, 以利于改善横刃的锋利程度。

(3) 横刃斜角  $\psi$  横刃斜角  $\psi$  是指端面测量的中剖面与横刃的钝夹角(注: 横刃斜角  $\psi$  在国际标准 ISO5419—1982 的麻花钻术语中规定用钝角表示)。普通麻花钻的横刃斜角  $\psi = 133^\circ \sim 125^\circ$ , 其中直径小的钻头,  $\psi$  角允许较大。横刃斜角  $\psi$  的数值与钻头近中心处切削刃后角的大小有关, 由于近中心处后角不易测量, 通常通过测量  $\psi$  角就可控制中心刃后用。

刃磨钻头后面时, 越接近钻头中心处的后角需磨得越大些。其目的有二: 一是使横刃能获得较大的前角, 增加横刃的锋利程度。因为  $|\gamma_{\alpha\psi}| + \alpha_{\alpha\psi} = 90^\circ$ 。增大  $\alpha_{\alpha\psi}$ , 就使  $\gamma_{\alpha\psi}$  负值减小; 二是使切削刃各点的工作后角相差较少。如图 8-3-4 所示, 钻孔的过渡表面是圆锥螺旋面, 在同一进给量下, 近钻头中心处直径较小 ( $d_x > d_0$ ), 螺旋升角大 ( $N_x > N$ ), 工作后角减小得多 ( $\alpha_{xe} = \alpha_x - N_x$ )。为使内外切削刃工作后角相差不多, 钻心处后角应磨得大些。通常钻心主切削刃后角等于横刃后角  $\alpha_{\alpha\psi}$ , 约为  $36^\circ$ 。

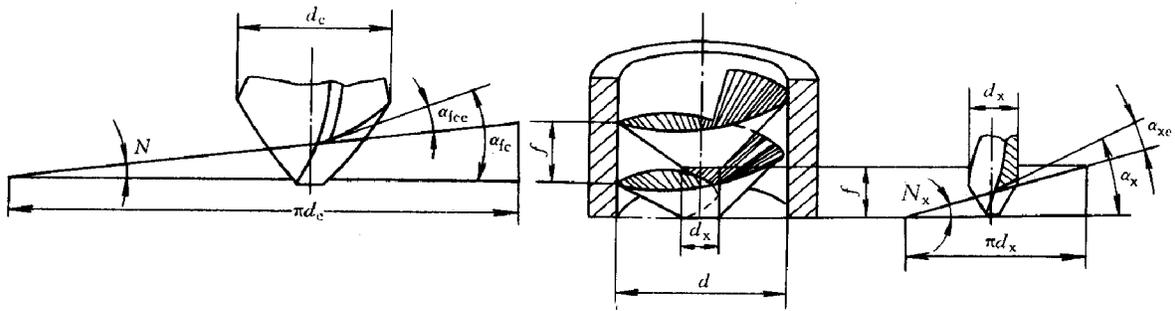


图 8-3-4 钻孔时的工作角

## 3. 横刃角度

横刃由两后面相交形成, 普通麻花钻横刃近似直线。若以钻头轴线为界, 可将横刃分为两段四个区, 如图 8-3-5 所示。过横刃  $OM$  段作正交平面  $p_{\alpha\psi}$  时, 则 II 区是前面, 前角为负  $\gamma_{\alpha\psi}$ , I 区是后面, 后角为  $\alpha_{\alpha\psi}$ , 同理在横刃  $ON$  段中, III 区是后面。

如图 8-3-6 所示, 设横刃两侧后面为近似平面, 横刃  $MN$  为近似直线已垂直于钻头轴线。图中:  $\triangle OBC$  属中剖面,  $\angle MOB = \angle MNF = (180^\circ - \phi)$ ,  $\angle OCB = \phi$ ,  $MED$  围成的面即为过  $M$  点作的柱剖面的一部分。其展开平面为  $\triangle MBC$ ,  $\angle BMC = \alpha_M = \alpha_{\alpha\psi}$ , 既是  $M$  点主切削刃后角, 又是横刃  $M$  点主剖面后角。从图中几何关系知:

$$\tan_{\alpha\psi} = \frac{BC}{BM} = \frac{OB \cot \phi}{OB \sin \phi}$$

由上式得

$$\sin\psi = \frac{1}{\tan\psi \tan\alpha_{\psi}} \quad (3-2)$$

横刃长度

$$b_{\psi} = MN = \frac{d_o}{\sin\psi} \quad (3-3)$$

式中(3-2)表明,横刃斜角  $\psi$ 、顶角  $\phi$ 、钻头后角  $\alpha_{\psi}$  是相互制约的。钻头刃磨后可通过检验  $\psi$  角来控制钻头后角  $\alpha_{\psi}$ 。  $\psi$  愈大,  $\alpha_{\psi}$  愈大,横刃愈锋利。但  $\psi$  愈大,横刃愈长,钻头引钻时不易定中心。

横刃的前角、主偏角、刃倾角等均为派生角,可由刃磨角度换算得出。普通麻花钻  $\phi = 58^{\circ} \sim 59^{\circ}$ ,  $\psi = 130^{\circ} \sim 120^{\circ}$ , 由式(3-2)计算得  $\alpha_{\psi} = 36.8^{\circ}$ 。若钻头直径  $d_o = (0.15)d$ , 则横刃长  $b_{\psi} = (0.18)d$ 。横刃楔角的  $\beta_{\psi} = 180^{\circ} - 2\alpha_{\psi}$ 。横刃前角  $\gamma_{\psi} = -(90^{\circ} - \alpha_{\psi})$ 。普通麻花钻横刃呈直线。横刃主偏角为  $90^{\circ}$ , 横刃刃倾角为  $0^{\circ}$ , 图中不再标注。

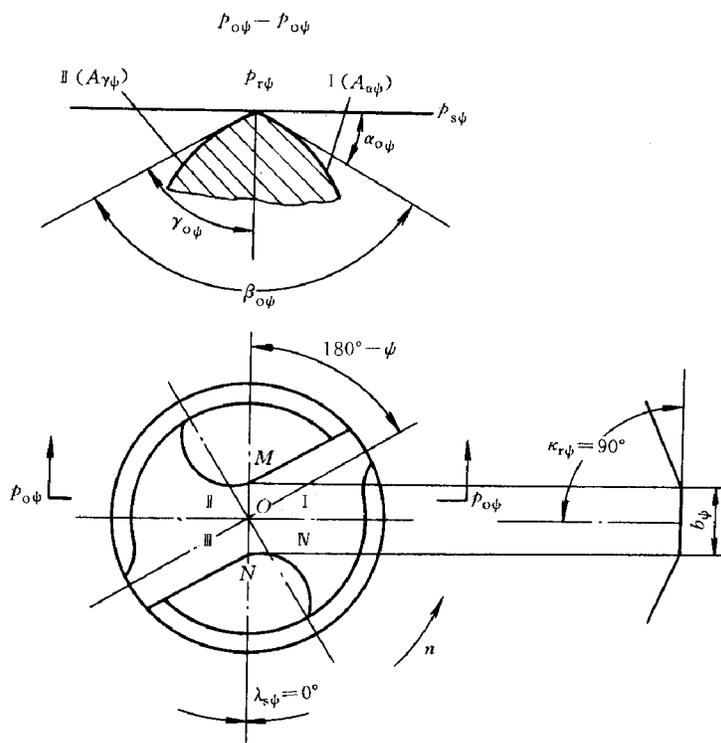


图 8-3-5 横刃前、后面及角度

#### 4. 主切削刃角度

钻头的两条主切削刃是由前、后面相交构成的。前面就是螺旋形的刃沟面,后面是刃形成的,它们都是曲面。

用正交平面参考系标注的切削刃上的前角、后角、主偏角都是派生角,如图 8-3-7 所示。由于前面不通过钻头,刃沟前面螺旋角的大小与观察点的半径有关,所以钻头切削刃各点的螺旋角、刃倾角、前角、主偏角都是不同的。

麻花钻几何参数小结见表 8-3-2 及图 8-3-8。

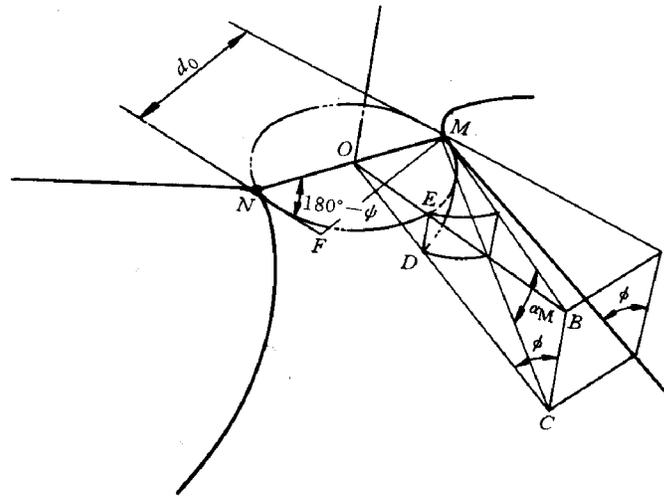


图 8-3-6 横刃斜角

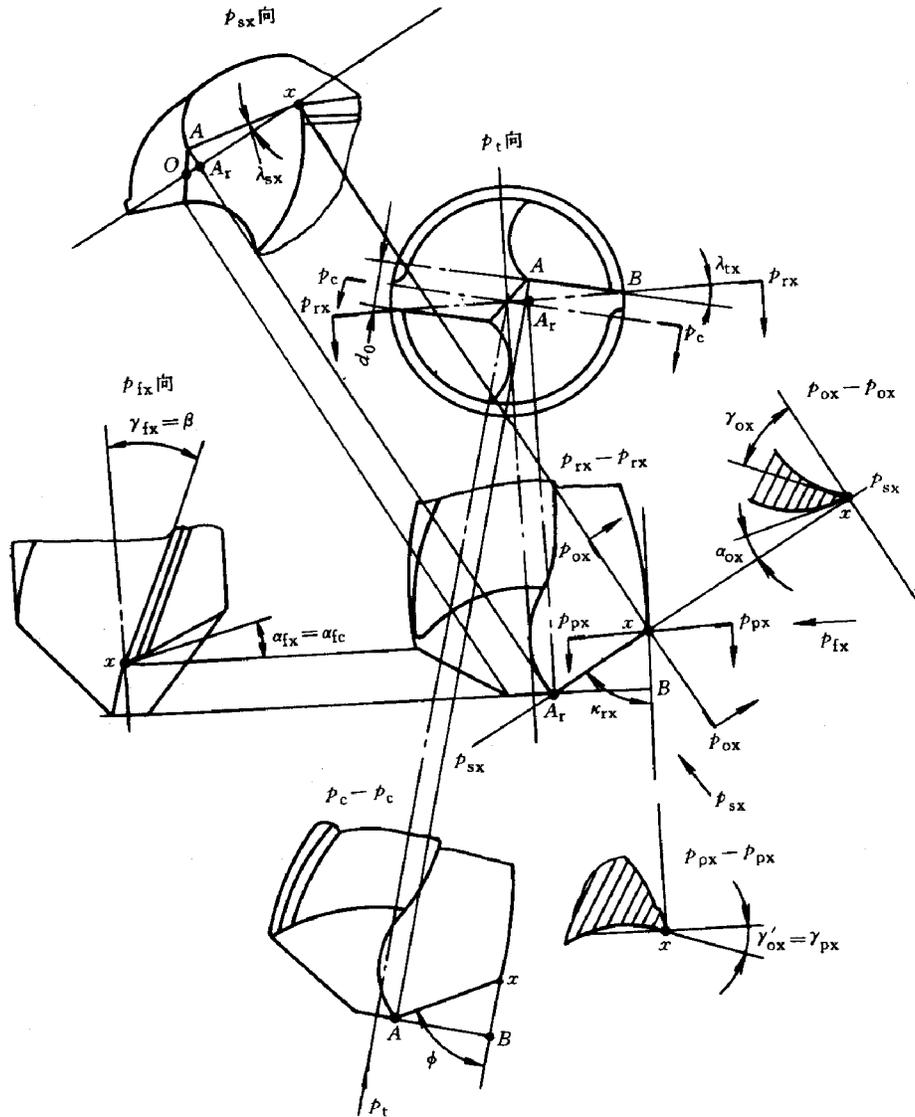


图 8-3-7 麻花钻主切削刃角度

表 8-3-2 普通麻花钻的几何参数( $d > 18mm$ )分类、代号与数值

类别		名称	代号	计算公式	标准值	
独立参数	直径	直径	d	—	—	
		钻心直径	$d_b$	—	$(0.12 \sim 0.15)d$	
	副切削刃参数	副刃前角(刃沟端剖面前角)	$\gamma'_o$	—	—	$\approx 22.3^\circ$
		副刃后角(刃带后角)	$\alpha'_o$	—	—	$0^\circ$
		副刃偏角(直径倒锥)	$\kappa'_r$	—	—	$0.03 \sim 0.12mm/100mm$
		副刃倾角(螺旋角)	$\omega$	$\tan \omega_x = \tan \omega (d/d_x)$		$15^\circ \sim 32^\circ$
	刃带	刃带宽	$b_f$	—	—	$1.3 \sim 3.4$
		刃带高	c	—	—	$0.65 \sim 2.8$
	刃磨角度	顶角	$2\phi$	—	—	$116^\circ \sim 118^\circ$
		外缘后角	$\alpha_{fc}$	—	—	$8^\circ \sim 20^\circ$
横刃斜角		$\psi$	—	—	$125^\circ$	
派生角度(正交平面参考系)	主切削刃角度	端面刃倾角	$\lambda_{fx}$	$\sin \lambda_{fx} = d_f/d$	$8.5^\circ \sim 55^\circ$	
		主偏角	$\kappa_{rx}$	$\tan \kappa_{rx} = \tan \phi \cos \lambda_{fx}$	$58.6^\circ \sim 43.7^\circ$	
		刃偏角	$\lambda_{sx}$	$\tan \lambda_{sx} = \tan \lambda_{fx} \sin \kappa_{rx}$	$7.3^\circ \sim 44.6^\circ$	
		前角	$\gamma_{ox}$	$\tan \gamma_{ox} = \frac{\tan \beta_x}{\sin \kappa_{rx}} + \tan \lambda_{fx} \cos \kappa_{rx}$	$30^\circ \sim 54^\circ$	
		后角	$\alpha_{ox}$	$\cot \alpha_{ox} = \frac{\cot \alpha_{fx}}{\sin \kappa_{rx}} + \tan \lambda_{fx} \cos \kappa_{rx}$	$5^\circ \sim 18^\circ$	
	横刃角度	横刃后角	$\alpha_{\phi}$	$\tan \alpha_{\phi} = \frac{1}{\tan \psi \sin \phi}$	$36^\circ$	
		横刃前角	$\gamma_{\phi}$	$\gamma_{\phi} = -(90^\circ - \alpha_{\phi})$	$-54^\circ$	
		横刃偏角	$\kappa_{\phi}$	—	$90^\circ$	
		横刃倾角	$\lambda_{\phi}$	—	$0^\circ$	

### 三、扩孔钻、铰钻和镗刀

#### (一) 扩孔钻

扩孔钻是用于扩大孔径、提高孔质量的刀具。它可用于孔的最终加工或铰孔、磨孔前的预加工。扩孔钻的加工精度为 IT10 ~ IT9, 表面粗糙度为  $R_a 6.3 \sim 3.2 \mu m$ 。如图 8-3-9 所示, 扩孔钻与麻花钻相似。但齿数较多, 一般有 3 ~ 4 齿, 因而导向性好。扩孔余量较小, 所以扩孔钻无横刃, 改善了切削条件。且容屑槽较浅, 钻心较厚, 扩孔钻的强度和刚度较高, 可选择较大切削用量。扩孔钻的加工质量和生产率均比麻花钻高。国家标准规定, 高速钢扩孔钻  $\phi 7.8 \sim \phi 50mm$  做成锥柄,  $\phi 25 \sim \phi 100mm$  做成套式。在实际生产中, 许多工厂也使用硬质合金扩孔钻和可转位扩孔钻。

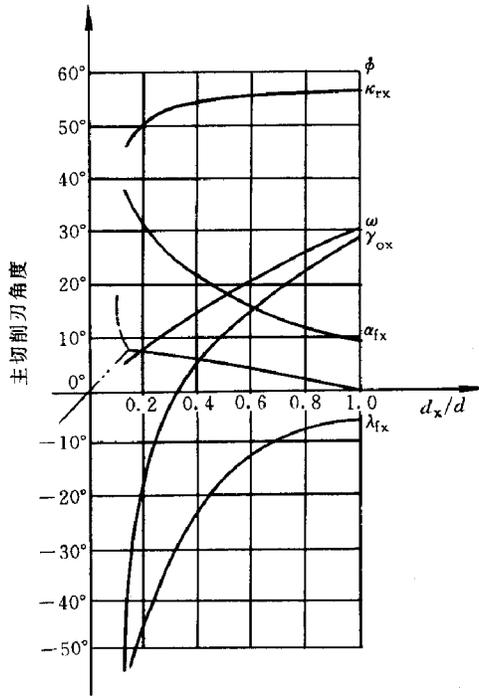


图 8-3-8 麻花钻主切削刃角度的分布

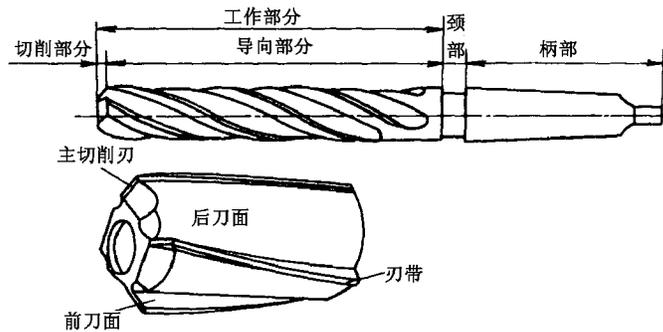


图 8-3-9 扩孔钻

## (二) 铰钻

铰钻用于加工各种埋头螺钉沉孔、锥孔和凸台面等。图 8-3-10a 为带导柱平底铰钻, 适用于加工圆柱形沉孔。它在端面和圆周上都有刀齿, 前端有导柱, 使沉孔和圆柱孔保持同心。导柱尽可能做成可拆卸的, 以利于制造和刃磨。

图 8-3-10b 为带导柱 90° 锥面铰钻, 适用与加工锥形沉孔。图 8-3-10c 为锥面铰钻, 它的钻尖角有 60°、90° 和 120° 三种, 用于加工中心孔或孔口倒角。图 8-3-10d 为端面铰钻, 它仅在端面上有切削齿。为了减小摩擦, 外圆做成锥面。工作时, 以刀杆  $d_1$  圆柱部分来导向, 以保证已加工平面和孔垂直。铰钻可制成高速钢铰钻、硬质合金铰钻、可转位铰钻。在单件小批生产时, 常把麻花钻改制成铰钻来使用。

## (三) 镗刀

镗刀是广泛使用的孔加工刀具。一般镗孔达到精度  $\text{IT}9 \sim \text{IT}8$ , 精细镗孔时能达到  $\text{IT}6$ , 表面粗糙度为  $R_a 1.6 \sim 0.8 \mu\text{m}$ 。镗孔能纠正孔的直线性误差, 获得高的位置精度, 特别适合于箱体零件的孔系加工。镗孔是加工大孔的唯一精加工方法。镗刀种类很多, 可分为单刃镗刀和双刃镗刀。

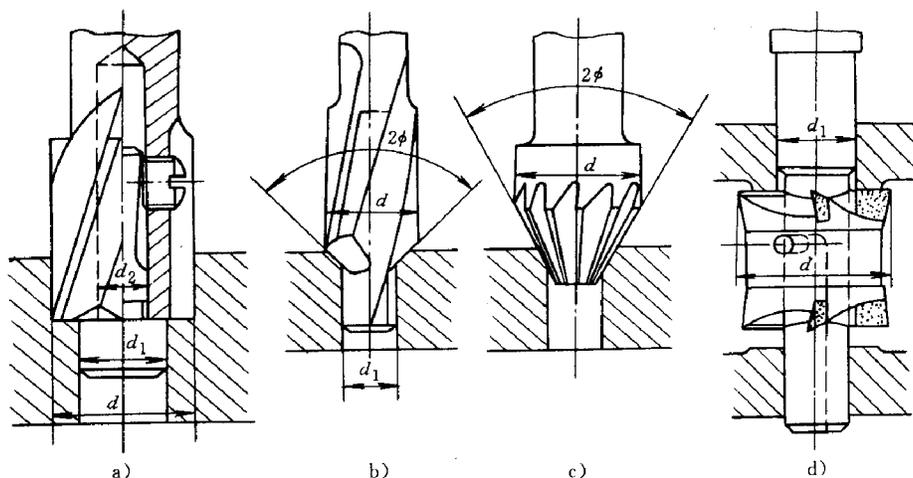


图 8-3-10 铰钻

a)带导柱平底铰钻 b)带导柱 90°锥面铰钻

c)不带导柱锥钻 d)端面铰钻

## 1. 单刃镗刀

图 8-3-11 为镗床上用的机夹式单刃镗刀。它具有结构简单、制造方便、通用性好等优点。为了使镗刀头在镗杆内有较大的安装长度,并具有足够的位置安置压紧螺钉和调节螺钉,在镗盲孔或阶梯孔时,镗刀头在镗杆内的安装倾斜角  $\delta$  一般取  $10^\circ \sim 45^\circ$ ; 镗通孔时取  $\delta = 0^\circ$ 。在设计盲孔镗刀时,应使压紧螺钉不妨碍镗刀进行切削。通常镗杆上应设置调节直径的螺钉。镗杆上装刀孔通常对称于镗杆轴线,因而镗刀头入刀孔后,刀尖高于工件中心,使切削时工作前角减小、后角增大。所以在选择镗刀的前、后角时要相应增大前角、减小后角。

上述镗刀尺寸调节较费时,调节精度不易控制。随着生产发展需要,开发了许多新型微调镗刀。图 8-3-12 所示为在坐标镗床和数控机床上使用的一种微调镗刀。它具有调节尺寸容易、调节精度高、能用于粗精加工等优点。

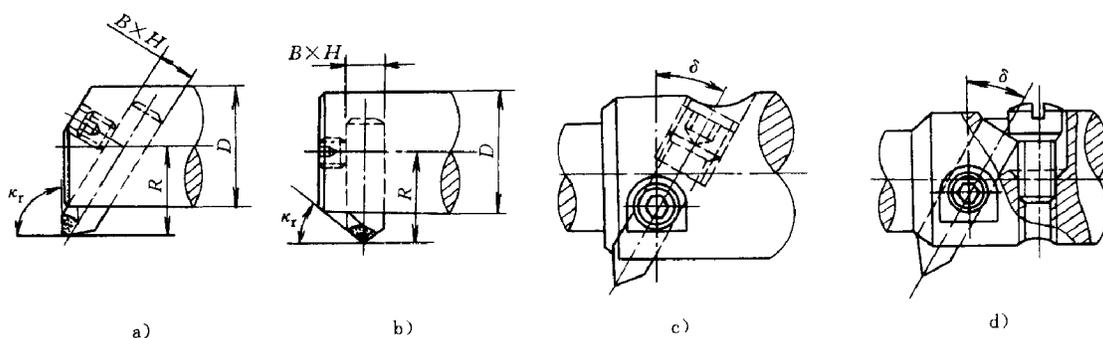


图 8-3-11 镗床上用的单刃镗刀

微调镗刀是用螺钉 3 通过固定座套 6、调节螺母 5 将镗刀头 1 连同微调螺母 2 一起压紧在镗杆上。调节时,转动带刻度的微调螺母 2,使镗刀头径向移动达到预定尺寸。镗盲孔时,镗刀头在镗杆上倾斜  $53^\circ 8'$ 。微调螺母的螺距为 0.5mm,微调螺母上刻线 80 格,调节时,微调螺母每转过一格,镗刀头沿径向移动量为

$$\Delta R = [(0.5/80)\sin 53^\circ 8'] \text{mm} = 0.005 \text{mm}$$

旋转调节螺母 5,使波形垫圈 4 和微调螺母 2 产生变形,用以产生预紧力和消除螺纹副的轴向间隙

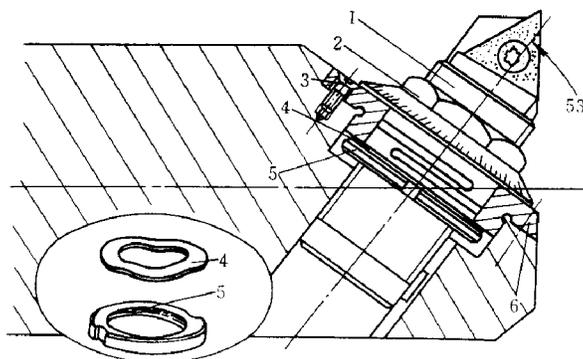


图 8-3-12 微调镗刀

1-镗刀头 2-微调螺母 3-螺钉  
4-波形垫圈 5-调节螺母 6-固定座套

## 2. 双刃镗刀

双刃镗刀有两个切削刃参加切削,背向力互相抵消,不易引起振动。常用的有固定式镗刀块、滑槽式双刃镗刀和浮动铰刀(浮动镗刀)等。

### (1) 固定式镗刀块

如图 8-3-13 所示,它可制成焊接式或可转位式。适用于粗镗、半精镗直径  $d > 40\text{mm}$  的孔。工作时,镗刀块可通过楔或在两个方向上倾斜的螺钉夹紧在镗杆上。安装时,镗刀块对轴线的不垂直、不平行与不对称度,都会使孔径扩大。所以镗刀块与镗杆上方孔的配合要求很高(H7/h6),方孔对轴线的垂直度、对称度误差不大于  $0.01\text{mm}$ 。镗刀块刚性社,容屑空间大,因而它的切削效率高。加工时,可连续地更换不同错刀块,对孔进行粗镗、半精镗、铤沉孔或端面等。镗刀块适用于小批生产加工箱体零件孔系。

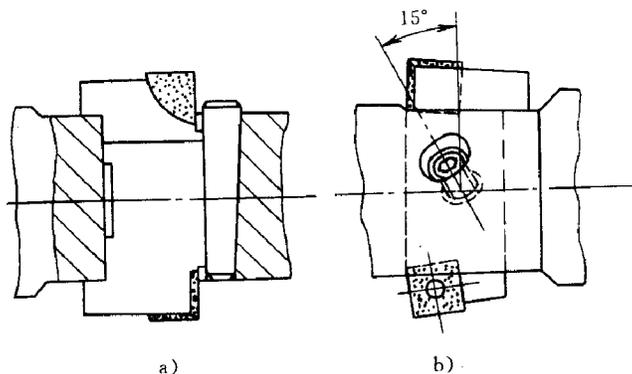


图 8-3-13 固定式镗刀块及其装夹

a)用楔夹紧 b)用双向倾斜的螺钉夹紧

### (2) 滑槽式双刃镗刀

图 8-3-14 为滑槽式双刃镗刀。镗刀头 3 凸肩置于刀体 4 凹槽中,用螺钉 1 将它压紧在刀体上。调整尺寸时,稍微松开螺钉 1,拧动调整螺钉 5,推动镗刀头上销子 6,使镗刀头 3 沿槽移动

来调整尺寸。其镗孔范围为  $\phi 25 \sim 250\text{mm}$ 。目前广泛用于数控机床。

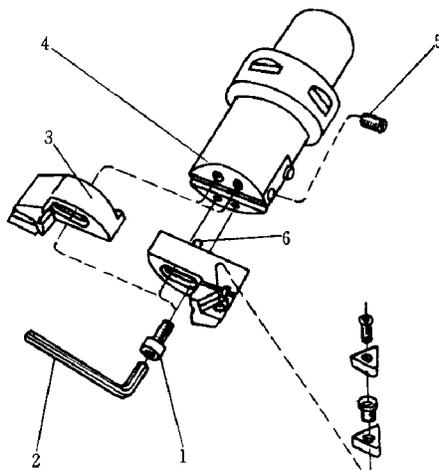


图 8-3-14 滑槽式双刃镗刀

1-螺钉 2-内六角扳手 3-镗刀头  
4-刀体 5-调整螺钉 6-销

### (3) 浮动铰刀(浮动镗刀)

图 8-3-15 为可调式硬质合金浮动铰刀。它在调节尺寸时,稍微松开紧固螺钉 2,转动调节螺钉 3 推动刀体,可使直径增大。目前生产的浮动铰刀直径为  $20 \sim 330\text{mm}$ ,其调节量为  $2 \sim 30\text{mm}$ 。铰孔时,将浮动铰刀装入镗杆的方孔中,无需夹紧,通过作用在两侧切削刃上的切削力来自动定心,因此它能自动补偿由于刀具安装误差和机床主轴偏差而造成的加工误差,能达到加工精度  $\text{IT}7 \sim \text{IT}6$ ,表面粗糙度  $R_a 1.6 \sim 0.2\mu\text{m}$ 。浮动铰刀无法纠正孔的直线性误差和位置误差,故要求预加工孔的直线性好,表面粗糙度  $\leq R_a 3.2\mu\text{m}$ 。浮动铰刀结构简单,刃磨方便,但操作费事,加工孔径不能太小,镗杆上方孔制造困难,切削效率低,因此适用于单件、小批生产中加工直径较大的孔。

## 四、铰刀

铰刀用于中小直径孔的半精加工和精加工。铰刀的加工余量小,齿数多,刚性和导向好,铰孔的加工精度可达  $\text{IT}7 \sim \text{IT}6$  级,甚至  $\text{IT}5$  级。表面粗糙度可达  $R_a 1.6 \sim 0.4\mu\text{m}$ ,以得到广泛使用。

### (一) 铰刀的种类与用途

铰刀结构如图 8-3-16 所示。铰刀由工作部分,颈部和柄部组成。工作部分有切削部分和校推分,校准部分有圆柱部分和倒锥部分。铰刀的主要结构参数有直径  $d$ 、齿数  $z$ 、主偏角  $\kappa_r$ 、背前角  $\gamma_p$ 、后角  $\alpha$ 。和槽形角  $\theta$ 。

铰刀种类很多,如图 8-3-17 所示。按使用方式可分为手用铰刀和机用铰刀。

图 8-3-17d 为手用铰刀,其主偏角  $\kappa_r$  小,工作部分较长。常用直径尺寸为  $1 \sim 71\text{mm}$ 。适用于单件小批生产或在装配中铰削圆柱孔。图 8-3-17e 为可调节手用铰刀。铰刀刀片装在刀体的斜槽内,并靠两端有内斜面的螺母来夹紧。旋转两端螺母,推动刀片在斜槽内移动,使其直径有微量伸缩。常用直径尺寸为  $\phi 6.5 \sim \phi 100\text{mm}$ 。常用在机器修配中。

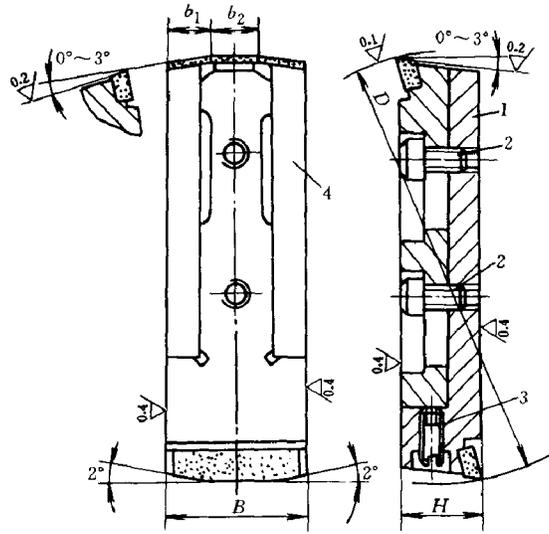


图 8-3-15 可调节硬质合金浮动铰刀  
1-上刀体 2-紧固螺钉 3-调节螺钉 4-下刀体

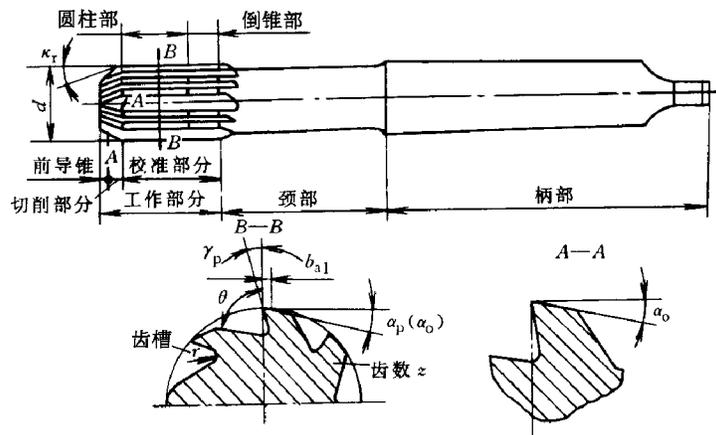


图 8-3-16 铰刀结构

机用铰刀又可分为高速钢机用铰刀和硬质合金机用铰刀。直径  $d = 1 \sim 20\text{mm}$  时做成直柄(图 8-3-17a)  $d = 5.5 \sim 50\text{mm}$  时做成锥柄(图 8-3-17b), 直径  $d = 25 \sim 100\text{mm}$  时做成套式(图 8-3-17f)。它们用于成批生产时在机床上低速铰削孔。硬质合金机用铰刀直径  $d = 6 \sim 20\text{mm}$  时做成直柄(图 8-3-17a),  $d = 8 \sim 40\text{mm}$  时做成锥柄(图 8-3-17c), 它用于成批生产时在机床上铰削普通材料、难加工材料的孔。图 8-3-17g 为莫氏锥度铰刀, 它共有 0~6 号 7 种规格, 分别适用于铰削 0~6 号莫氏锥度孔。由于加工余量较大, 一般由两把组成一套。其中有分屑槽的莫氏锥度铰刀为粗铰刀。图 8-3-17h 为 1:50 锥度销子铰刀, 常用直径尺寸为  $\phi 0.6 \sim \phi 50\text{mm}$ , 适用于铰削 1:50 圆锥孔。

铰刀按精度分为三级, 分别适用于铰削 H7、H8、H9 级的孔。

### (二) 铰削过程特点

铰削时余量较小, 一般为  $0.05 \sim 0.2\text{mm}$ 。通常铰刀的主偏角  $\kappa_r < 15^\circ$ , 故切削厚度  $h_D$  很薄, 此时, 在切削刃与校准刃之间的倒角刀尖处, 形成一段极薄切削厚度的区域。由于铰刀切削刃存

在一定钝圆半径  $r_n$ , 所以往往在  $h_D < r_n$  情况下进行切削, 如图 8-3-18 所示。此时起切削作用的前角为负, 因而产生挤刮作用。经受挤刮作用的已加工表面弹性恢复, 又受到校准部分后角为  $0^\circ$  的刃带挤压与摩擦, 所以铰削过程是个非常复杂的切削、挤压、和摩擦过程。

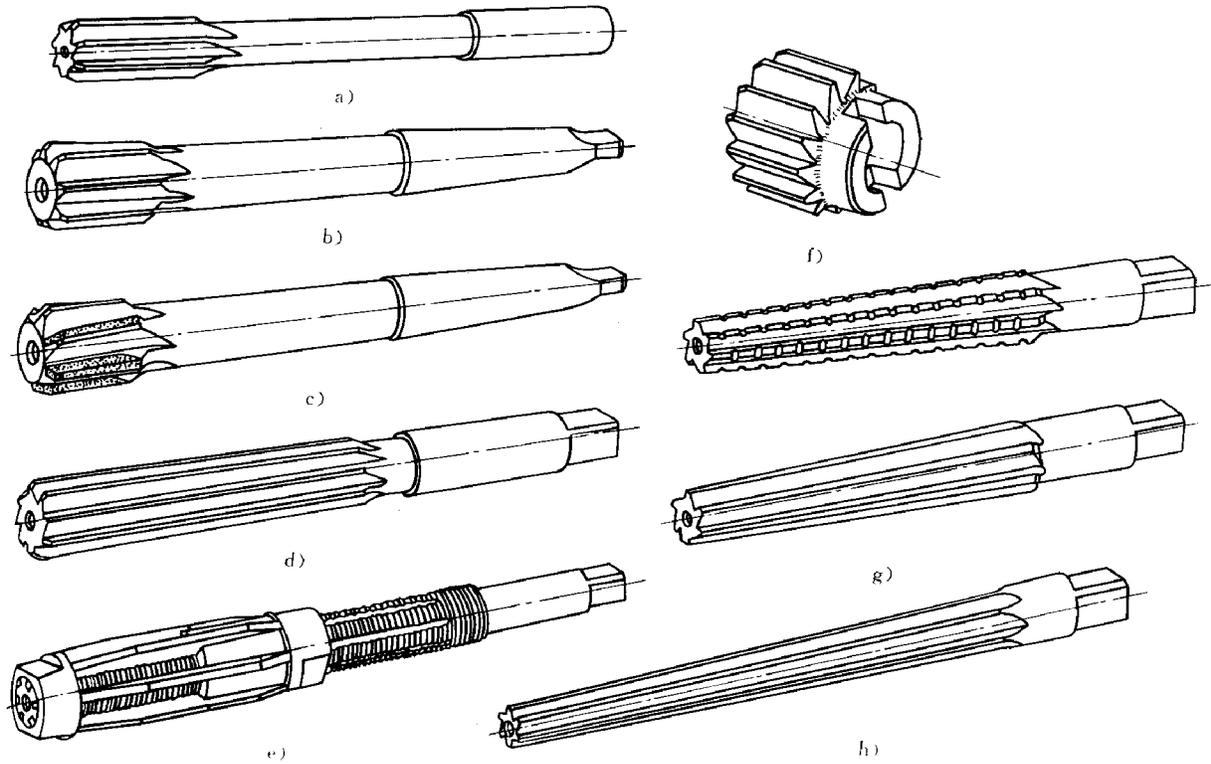


图 8-3-17 铰刀基本类型

- a) 直柄机用铰刀 b) 锥柄机用铰刀 c) 硬质合金锥柄机用铰刀
- d) 手用铰刀 e) 可调节手铰刀 f) 套式机用铰刀 g) 直柄莫氏锥度铰刀
- h) 手用 1:50 锥度销子铰刀

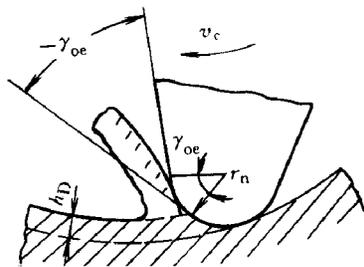


图 8-3-18 铰削时挤刮作用

试验表明, 铰削时使用切削液, 因  $h_D$  很小, 受到切削液润滑的切削刃无法切入工件, 只能在加工表面上滑动, 使加工表面挤压摩擦加剧, 铰出的孔径缩小, 铰刀的磨损增大。

铰削时, 为了避免颤振, 通常取  $v_c < 10m/min$ , 此时极易产生积屑瘤, 使孔径扩大, 内孔表面产生螺旋沟。

## 五、拉刀

### (一)拉刀的分类

通常按被加工表面部位、拉刀结构和使用方法对拉刀分类。下面介绍拉刀的种类与用途。

#### 1. 按被加工表面部位分

按被加工表面部位可分为内拉刀与外拉刀。

图 8-3-19 所示为常用的拉刀,其中有圆拉刀、花键拉刀、四方拉刀、键槽拉刀和平面拉刀等。

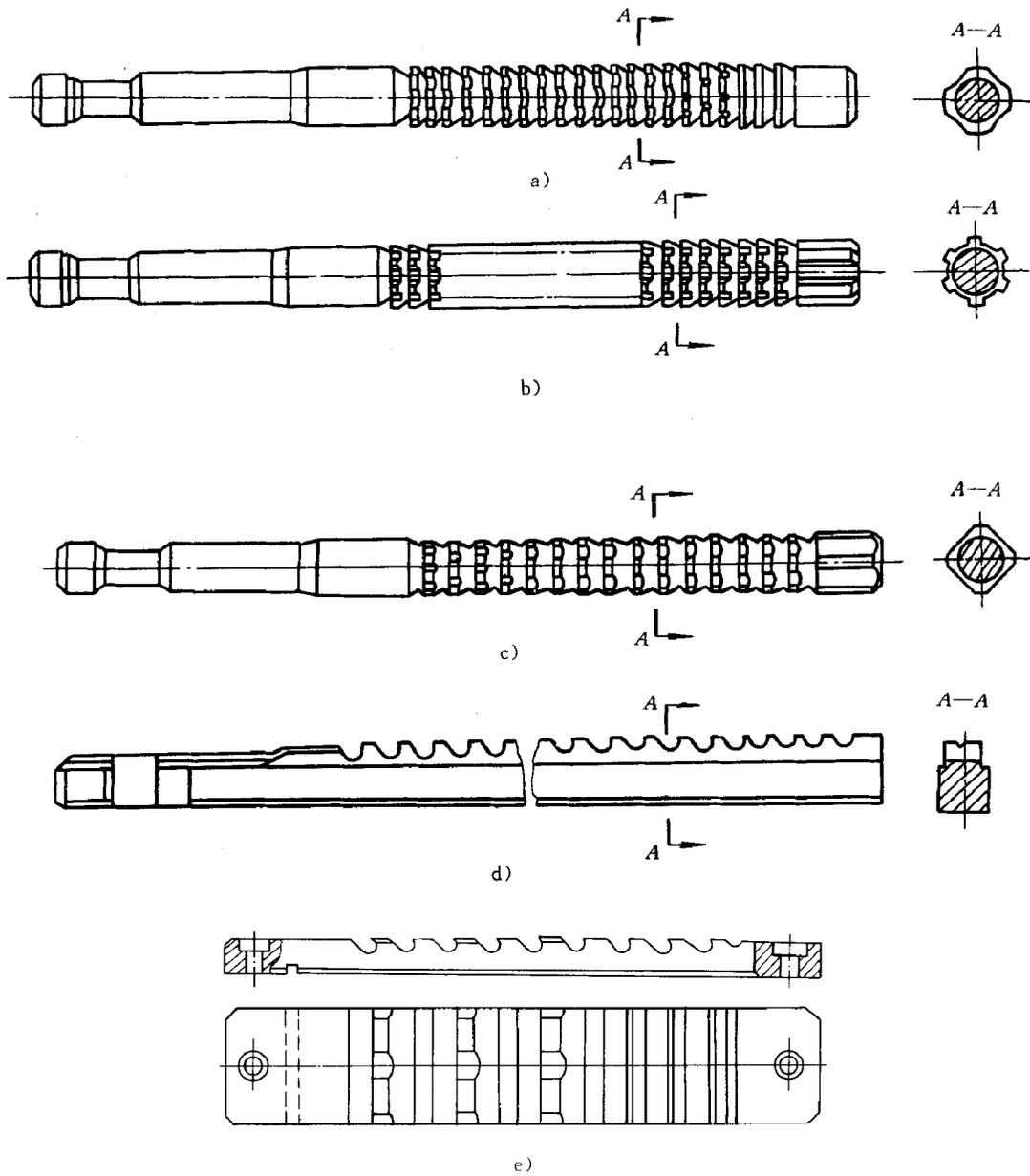


图 8-3-19 各种内拉刀和外拉刀

a)圆拉刀 b)花键刀 c)四方拉刀 d)键槽拉刀 e)平面拉刀

#### 2. 按拉刀结构分

按拉刀结构可分为整体拉刀、焊接拉刀、装配拉刀和镶齿拉刀。

加工中、小尺寸表面的拉刀,常制成高速钢整体形式。加工大尺寸、复杂形状表面的拉刀,则可由几个零部件组装而成。对于硬质合金拉刀,利用焊接或机械镶装的方法将刀齿固定在结构钢刀体上。

图 8-3-20 列举了组合直角平面拉刀、装配式内齿轮拉刀和拉削气缸体平面的镶齿硬质合金拉刀。

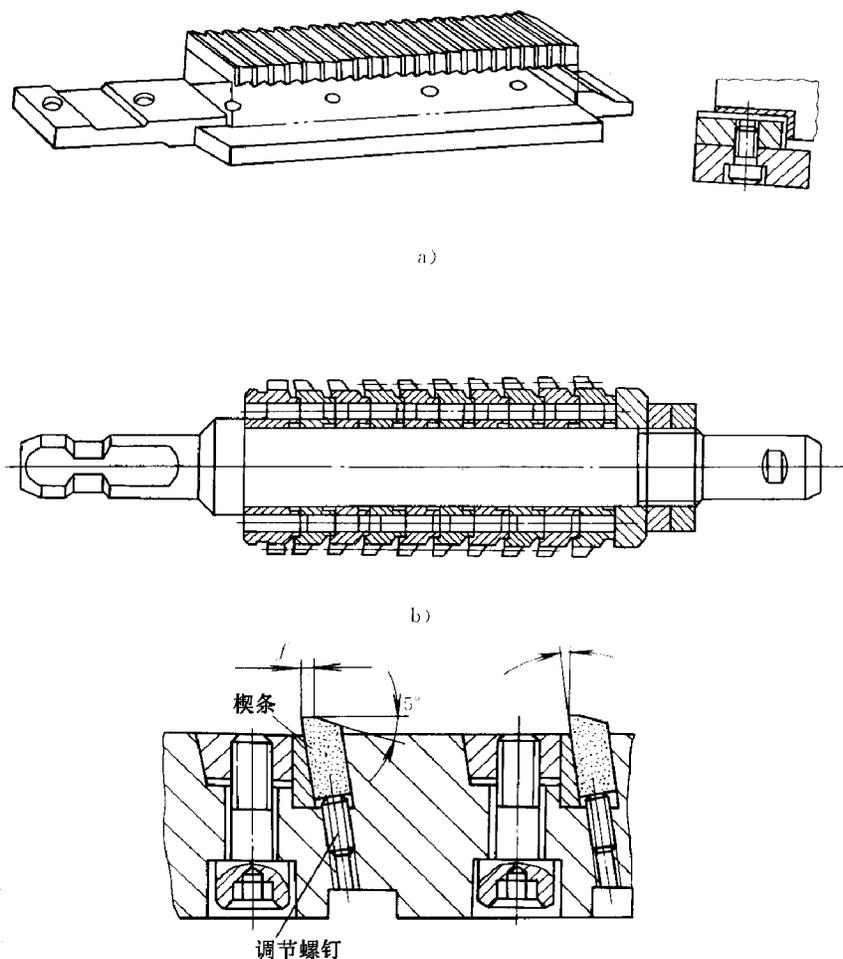


图 8-3-20 装配拉刀和镶齿拉刀

a)组合直角平面拉刀 b)装配式内齿轮拉刀 c)镶齿硬质合金拉刀

### 3. 按使用方法分

按使用方法可分为拉刀、推刀和旋转拉刀。

如图 8-3-21 所示为常用的圆推刀和花键推刀。推刀是在推力作用下工作的。推刀主要用于校正与修光硬度低于  $45HRC$  且变形量小于  $0.1mm$  的孔。

推刀的结构与拉刀相似,它的齿数少,长度短。

旋转拉刀是在转矩作用下,通过旋转运动而切削工件的。

拉刀的组成与拉削方式。

#### (二)拉刀的组成与拉削方式

##### 1. 拉刀的组成

以圆拉刀为例,拉刀的组成如图 8-3-22 包括前柄  $l_1$ 、颈部  $l_2$ 、过渡锥  $l_3$ 、前导部  $l_4$ 、工作部  $l_5$ , 和后导部  $l_6$ 。对于长而重的拉刀还必须作出支承用的后柄  $l_7$ 。

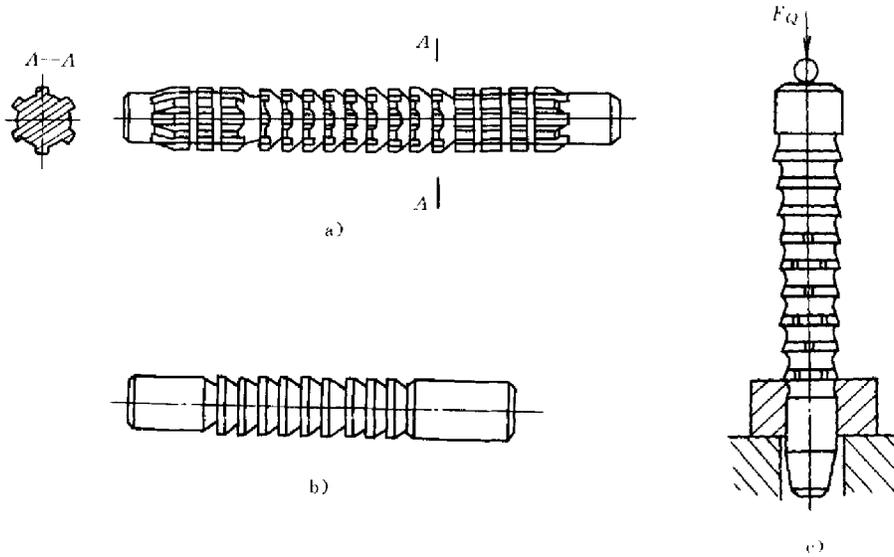


图 8-3-21 推刀

a)花键推刀 b)圆推刀 c)推刀工作示意图

拉刀工作部分的结构参数主要有:齿升量  $f_z$ ,它是相邻刀齿半径差,用以达到每齿切除金属层的作用,每齿上具有前角  $\gamma_o$ ,后角  $\alpha_o$  及后角为  $0^\circ$ 的刃带宽  $b_{\alpha 1}$ 。相邻齿间作出容屑槽。

切削层尺寸有:拉削长度  $L$ 、切削厚度  $h_D$  和切削宽度  $b_D$ 。

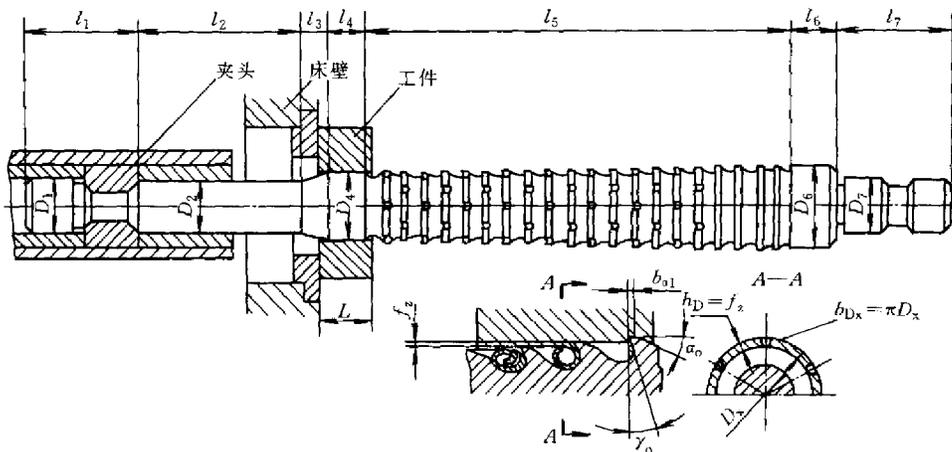


图 8-3-22 拉刀组成与拉刀工作状态示意图

## 2. 拉削方式

拉削方式是指拉刀逐齿从工件表面上切除加工余量的方式。

如图 8-3-23 所示,拉削方式主要分为:分层式、分块式和组合式三种。

### (1) 分层式

如图 8-3-23a 所示,分层式是每层加工余量各用一个刀齿切除。在分层式中,根据工件表

面最终廓形的形成过程不同,又分成:

①同廓式 同廓式指各刀齿廓形与加工表面最终廓形相似,最终廓形是经过最后一切削齿切削后而形成的。

②渐成式 渐成式指工件表面最终廓形是经各刀齿上部分切削刃切削后衔接而形成的

(2)分块式(轮切式)

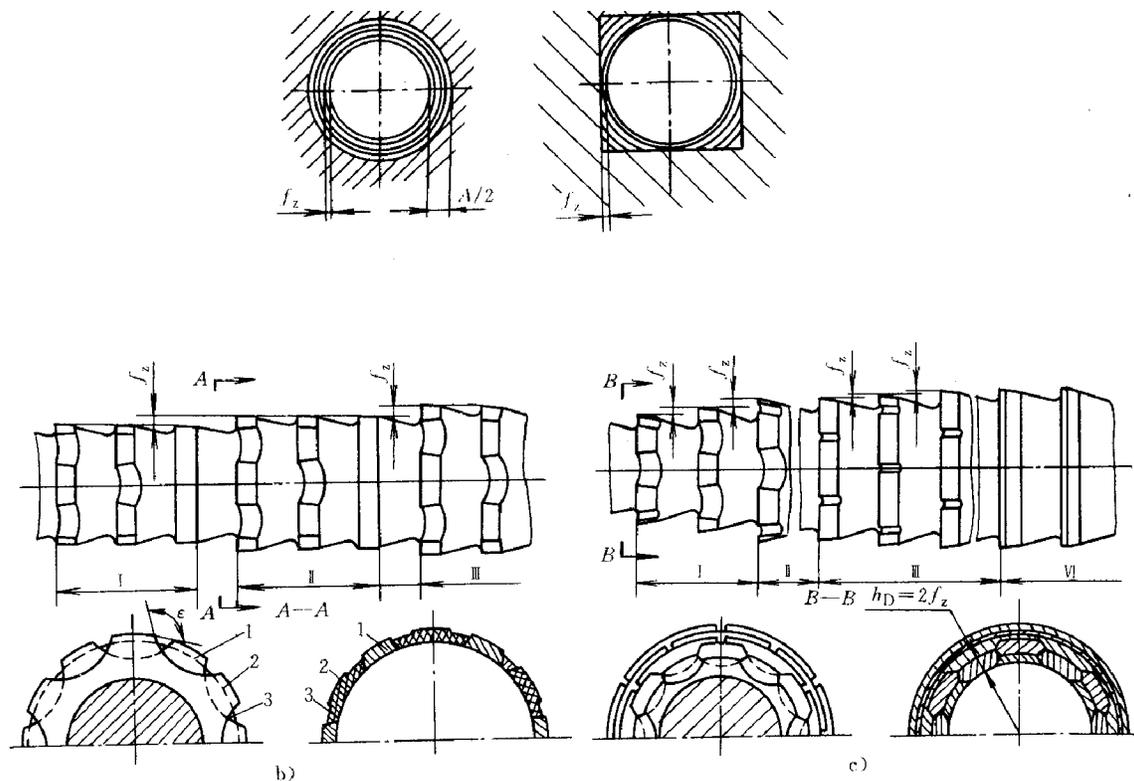


图 8-3-23 拉削方式

a)分层式 b)分块式 c)组合式

1,2,3-刀齿

如图 8-3-23b 所示,分块式是每层加工余量经一组若干刀齿切除。例如,一层加工余量被三个刀齿切除,前两齿交错切除 1、2 块,第三个圆形齿起修光作用。此外,可不分肯组,各切削齿均有较大齿升量,相邻刀齿上切削刃交错分布以进行交错分块拉削。

上述两种拉削方式的主要特点是,分层式拉刀的拉削余量少,齿升量小,拉削质量高。使用渐成式拉刀不易提高拉削质量,但用于拉削成形表面,拉刀制造较易;分块式拉刀的齿升量大,拉削余量多,拉刀长度较短,效率高,拉削质量较差。分块式拉刀可用于拉削大尺寸、多余量工件,也能拉削带氧化皮、杂质的毛坯面。

(3)组合式

组合式是分层式与分块式组合而成的拉削方式。如图 8-3-23c 所示,组合式拉刀的前部刀齿作成分块式,后部刀齿作成分层式,因此,组合式拉刀具有分层与分块式的优点,目前加工余量较多的圆孔,常使用组合式圆拉刀。

由上可知,选用不同的拉削方式对拉刀的结构和长度、拉削质量、生产效率和制造拉刀的难

易程度均产生不同影响。研究先进的拉削方式,对提高拉削水平,改革拉刀结构起着重要的促进作用。

## 六、铣刀

铣削被广泛应用的一种切削加工方法,如图 8-3-24 所示。它用于加工平面、台阶面、沟槽、成形表面以及切断等。铣刀是多齿刀具双进行断续切削,因此,铣削过程具有一些特殊规律。

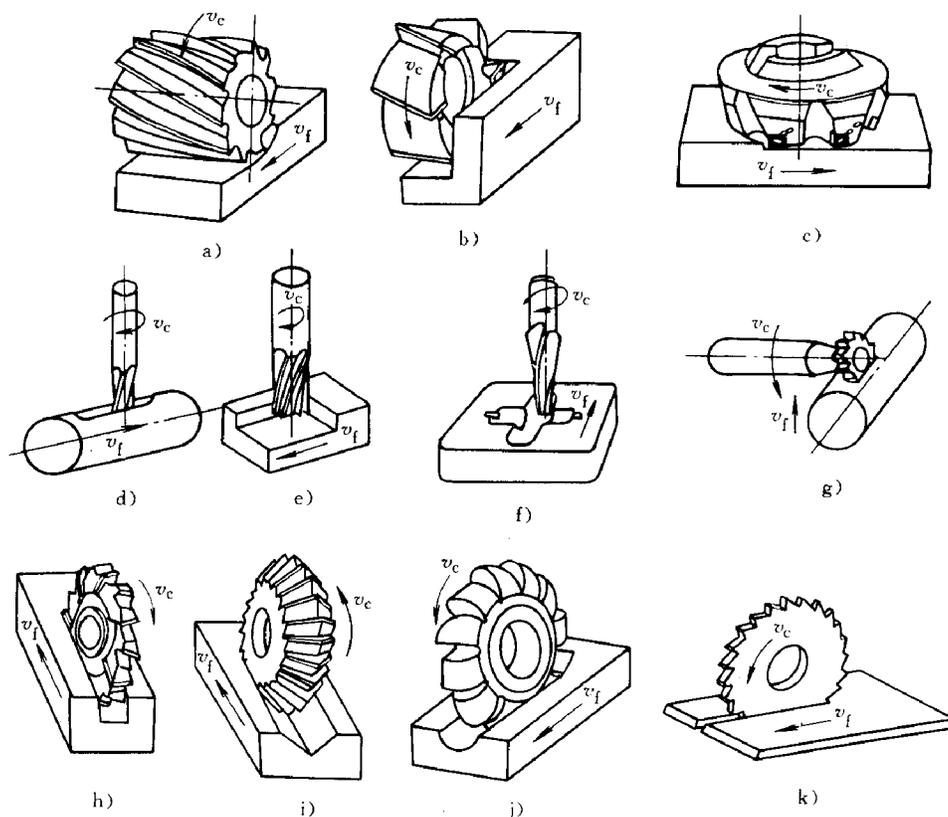


图 8-3-24 铣削用途

### (一) 铣刀的几何参数

#### 1. 圆柱形铣刀的几何角度

研究圆柱形铣刀的几何角度,应首先建立铣刀的静止参考系。圆周铣削时,铣刀旋转运动是主运动,工件的直线运动是进给运动。圆柱形铣刀的正交平面参考系由  $P_r$ 、 $P_s$  和  $P_o$  组成,如图 8-3-25 所示,它们的定义可参考车削中规定。

由于设计与制造需要,还采用法平面参考系来规定圆柱形铣刀的几何角度。

#### (1) 螺旋角

螺旋角  $\omega$  是螺旋切削刃展开成直线后,与铣刀轴线间的夹角。显然,螺旋角  $\omega$  等于圆柱形铣刀的刃倾角  $\lambda_s$ 。它能使刀齿逐渐切入和切离工件,能增加实际工作前角,使切削轻快平稳;同时形成螺旋形切屑,排屑容易,防止切削堵塞现象。一般细齿圆柱形铣刀  $\omega = 30^\circ \sim 35^\circ$ ,粗齿圆柱形铣刀  $\omega = 40^\circ \sim 45^\circ$

#### (2) 前角

通常在图纸上应标注  $\gamma_n$ ,以便于制造。但在检验时,通常测量正交平面内前角  $\gamma_o$ 。可按下式,根据  $\gamma_n$  计算出  $\gamma_o$ :

$$\tan \gamma_n = \tan \gamma_o \cos \omega \quad (3-4)$$

前角  $\gamma_n$  按被加工材料来选择, 铣削钢时, 取  $\gamma_n = 10^\circ \sim 20^\circ$ ; 铣削铸铁时, 取  $\gamma_n = 5^\circ \sim 15^\circ$ 。

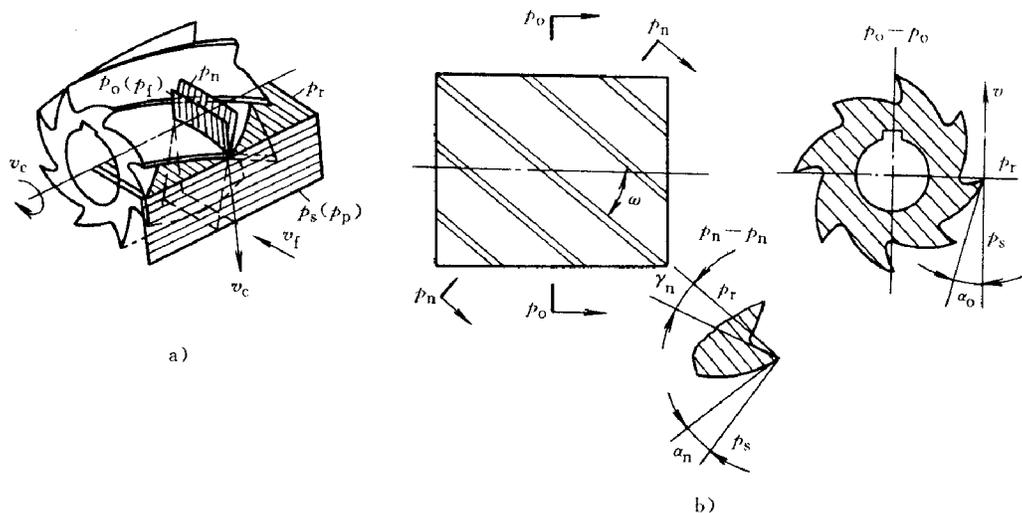


图 8-3-25 圆柱形铣刀的几何角度  
a) 圆柱形铣刀静止参考系 b) 圆柱形铣刀几何角度

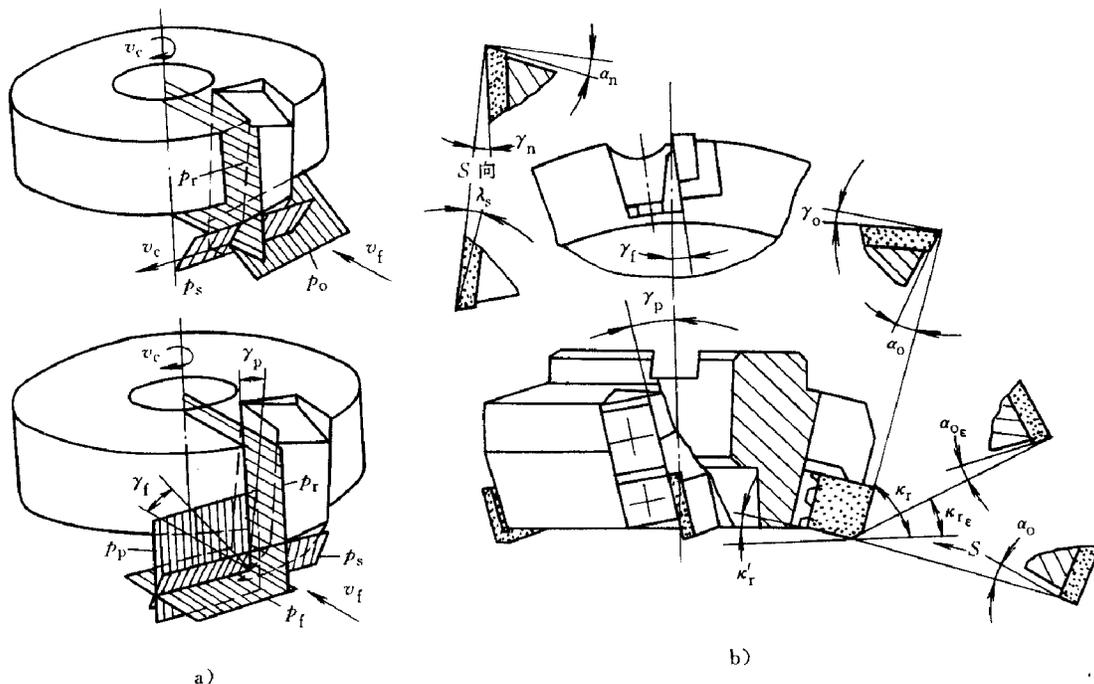


图 8-3-26 面铣刀的几何角度  
a) 面铣刀的静止参考系 b) 面铣刀的几何角度

### (3) 后角

圆柱形铣刀后角规定在  $p_o$  平面内度量。铣削时, 切削厚度  $h_D$  比车削小, 磨损主要发生在后面上, 适当地增大后角  $\alpha_o$ , 可减少铣刀磨损。通常取  $\alpha_o = 12^\circ \sim 16^\circ$ , 粗铣时取小值, 精铣时取大值。

### 2. 面铣刀的几何角度

面铣刀的静止参考系如图 8-3-26a 所示,面铣刀的几何角度除规定在正交平面参考系内度量外,还规定在背平面、假定工作平面参考系内表示,以便于面铣刀的刀体设计与制造。

如图 8-3-26b 所示,在正交平面参考系中,标注角度有  $\gamma_n$ 、 $\alpha_n$ 、 $\lambda_s$ 、 $\kappa_r$ 、 $\kappa'_r$ 、 $\alpha_o$ 、 $\alpha_{oe}$  和  $\kappa_{re}$ 。

机夹面铣刀每个刀齿安装在刀体上之前,相当于一把  $\gamma_o$ 、 $\lambda_s$  等于零的车刀,以利于刀齿集中制造和刃磨。为了获得所需的切削角度,使刀齿在刀体中径向倾斜  $\gamma_f$  角、轴向倾斜  $\gamma_o$  角。若已确定  $\gamma_o$ 、 $\lambda_s$  和  $\kappa_r$  值,则换算出  $\gamma_f$  和  $\gamma_o$  并将它们标注在装配图上,以供制造需要。

硬质合金面铣刀铣削时,由于断续切削,刀齿经受较大的机械冲击,在选择几何角度时,应保证刀齿具有足够强度。一般加工钢时取  $\gamma_o = 5^\circ \sim -10^\circ$ ,加工铸铁时取  $\gamma_o = 5^\circ \sim -5^\circ$  通常取  $\lambda_s = -15^\circ \sim -7^\circ$ 、 $\kappa_r = 45^\circ \sim 75^\circ$ 、 $\kappa'_r = 5^\circ \sim 15^\circ$ 、 $\alpha_o = 6^\circ \sim -12^\circ$ 、 $\alpha_{oe} = 8^\circ \sim 10^\circ$ 。

## (二) 铣削用量和切削层参数

### 1. 铣削用量

如图 8-3-27 所示,铣削用量有:

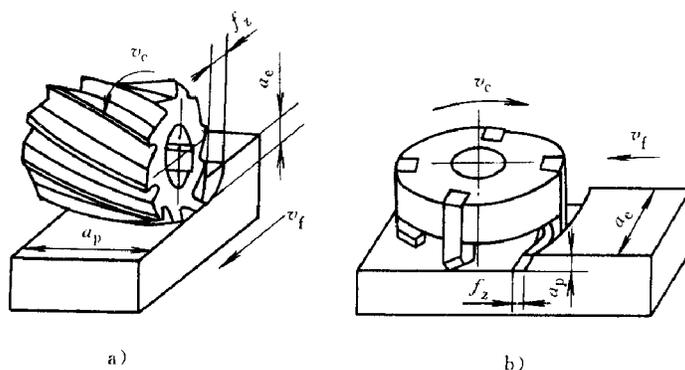


图 8-3-27 铣削用量

a) 圆铣削 b) 端铣

#### (1) 背吃刀量 $\alpha_p$ 。

指垂直于工作平面测量的切削层中最大的尺寸。端铣时,  $\alpha_p$  为切削层深度;圆周铣削时,  $\alpha_p$  为被加工表面的宽度。

#### (2) 侧吃刀量 $\alpha_e$

指平行于工作平面测量的切削层中最大的尺寸,端铣时,  $\alpha_e$  为被加工表面宽度;圆周铣削时,  $\alpha_e$  为切削层深度。

#### (3) 进给运动参数

铣削时进给量有三种表示方法:

① 每齿进给量  $f_z$  指铣刀每转过一齿相对工件在进给运动方向上的位移量,单位为  $mm/z$ 。

② 进给量  $f$  指铣刀每转过一转相对工件在进给运动方向上的位移量,单位为  $mm/r$ 。

③ 进给速度  $v_f$  指铣刀切削刃选定点相对工件的进给运动的瞬时速度,单位为  $mm/min$ 。

通常铣床铭牌上列出进给速度,因此,首先应根据具体加工条件选择  $f_z$ ,然后计算出  $v_f$ ,按  $v_f$  调整机床,三者之间关系为:

$$v_f = fn = f_z zn \tag{3-5}$$

式中  $v_f$ ——进给速度,单位为  $mm/min$

$Z$ ——铣刀齿数。

(4) 铣削速度  $V_c$

指铣刀切削刃选定点相对工件的主运动的瞬时速度, 可按下式计算:

$$v_c = \pi dn / 100 \quad (3-6)$$

式中  $v_c$ ——瞬时速度, 单位为 m/min 或 m/s

$d$ ——铣刀直径, 单位为 mm;

$n$ ——铣刀转速, 单位为 r/min 或 r/s。

## 2. 切削层参数

铣削时的切削层为铣刀相邻两个刀齿在工件上形成的过渡表面之间的金属层, 如图 8-3-28 所示。切削层形状与尺寸规定在基面内度量, 它对铣削过程有很大影响。切削层参数有以下几个。

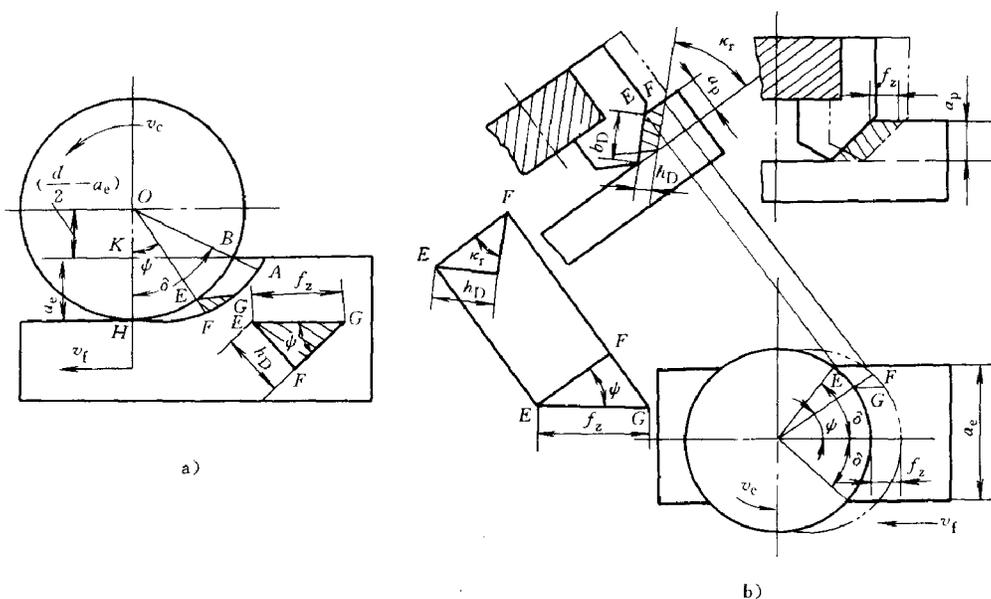


图 8-3-28 铣刀切削层参数

a) 圆柱形铣刀 b) 面铣刀

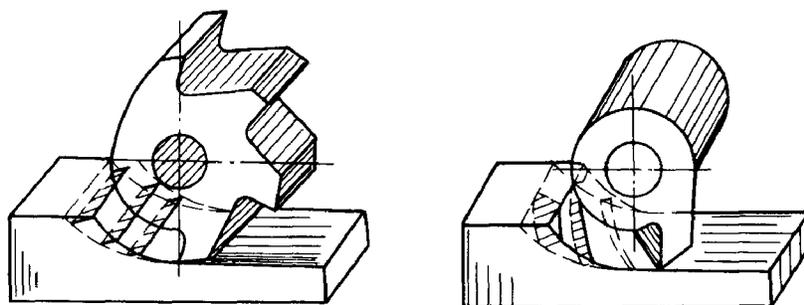


图 8-3-29 圆柱形铣刀切削层数

(1) 切削厚度  $h_D$ 。

指相邻两个刀齿所形成的过渡表面间的垂直距离, 图 8-3-28a 为直齿圆柱形铣刀的铣削厚望。当切削刃转到 F 点时, 其切削厚度为

$$h_D = f_z \sin \psi \quad (3-7)$$

式中  $\psi$ ——瞬时接触角，它是刀齿所在位置与起始切入位置间的夹角。

由式 3-7 可知，切削厚度随刀齿所在位置不同而变化。刀齿在起始位置  $H$  点时， $\psi = 0$ ，因此  $h_D = 0$ 。刀齿转到即将离开工件的  $A$  点时， $\psi = \delta$ ，切削厚度  $h_D = f_z \sin \delta$ ，为最大值。

由图 8-3-29 可知，螺旋齿圆柱形铣刀切削刃是逐渐切入和切离工件的，切削刃上各点的瞬时接触角不相等，因此切削刃上各点的切削厚度也不相等。

图 8-3-28b 所示为端铣时切削厚度  $h_D$ ，刀齿在任意位置时的切削厚度为：

$$h_D = \overline{EF} \sin \kappa_r = f_z \cos \psi \sin \kappa_r \quad (3-8)$$

端铣时，刀齿的瞬时接触角由最大变为零，然后由零变为最大。因此，由式(3-8)可知，刀齿刚切入工件时，切削厚度为最小，然后逐渐增大。到中间位置时，切削厚度为最大，然后逐渐减小。

### (2) 切削宽度 $b_D$

$b_D$  指切削刃参加工作长度。由图 8-3-29 可知，直齿圆柱形铣刀的  $b_D$  等于  $a_D$ ；而螺旋齿圆柱形铣刀的  $b_D$  是随刀齿工作位置不同而变化的。刀齿切入工件后， $b_D$  由零逐渐增大至最大值，然后又逐渐减小至零，因而铣削过程较为平稳。

如图 8-3-28b 所示，端铣时每个刀齿的切削宽度始终保持不变，其值为：

$$b_D = a_p / \sin \kappa_r \quad (3-9)$$

### (3) 平均总切削层横截面积 $A_{D_{av}}$

简称平均总切削面积，指铣刀同时参与切削的各个刀齿的切削层横截面积之和。铣削时，切削厚度是变化的，而螺旋齿圆柱形铣刀的切削宽度也是随时变化的，此外铣刀的同时工作的齿数也在变化，所以铣削总切削面积是变化的。铣刀的平均总切削面积可按下式计算：

$$A_{D_{av}} = \frac{Q_w}{V} = \frac{a_p a_e v_f}{\pi d n} = \frac{a_p a_e a_f z n}{\pi d n} = \frac{a_p a_e v_f z}{\pi d n} \quad (3-10)$$

## 七、丝锥

### (一) 丝锥的结构与几何参数

丝锥的基本结构是一个轴向开槽的外螺纹。图 8-3-30 所示是最常用的普通螺纹丝锥。它的切削部分铲磨出锥角  $2\phi$ ，以使切削负荷分配到几个刀齿上。校正部分有完整的齿形，以控制螺纹参数并引导丝锥沿轴向运动。柄部方尾供与机床连接，或通过扳手传递扭矩。丝锥轴向开槽以容纳切屑，同时形成前角。切削锥顶刃与齿形侧刃经铲磨形成后角。丝锥的中心部是锥芯，用以保持丝锥的强度。

攻螺纹的主运动是丝锥的旋转与轴向移动组合成的螺旋运动。当切出一般螺纹后，丝锥齿侧就能受螺纹螺旋面的导引，自动攻入。丝锥的切削部分可理解为一把螺旋拉刀。切削顶刃按螺旋面展开，其半径递增形成齿升量，校正部分肯形无齿升量，相当于拉刀的校正齿。

丝锥的参数包括螺纹参数与切削参数两部分。螺纹参数如大径  $d$ 、中径  $d_2$ 、小径  $d_1$ 、螺距  $P$  及牙形角  $\alpha$  等，由被加工的螺纹的规格来选择。切削参数如锥角  $2\phi$ 、端剖面前角  $\gamma_p$ 、后角  $\alpha_p$ 、槽数  $z$  等，由被加工的螺纹的精度、尺寸来选择。

如图 8-3-31 可知，锥角  $2\phi$ 、切削部分长度  $l_1$ 、原始三角形高度  $H$  之间的关系为

$$\tan \phi = \frac{H}{l_1} \quad (3-11)$$

刀齿径向齿升量

$$\alpha f = \frac{p \tan \phi}{z}$$

(3-12)

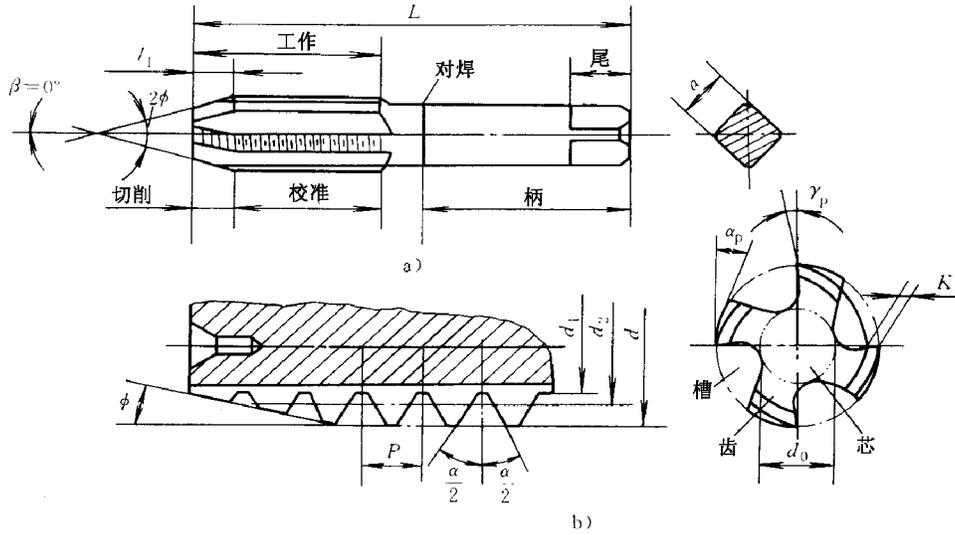


图 8-3-30 丝锥的结构

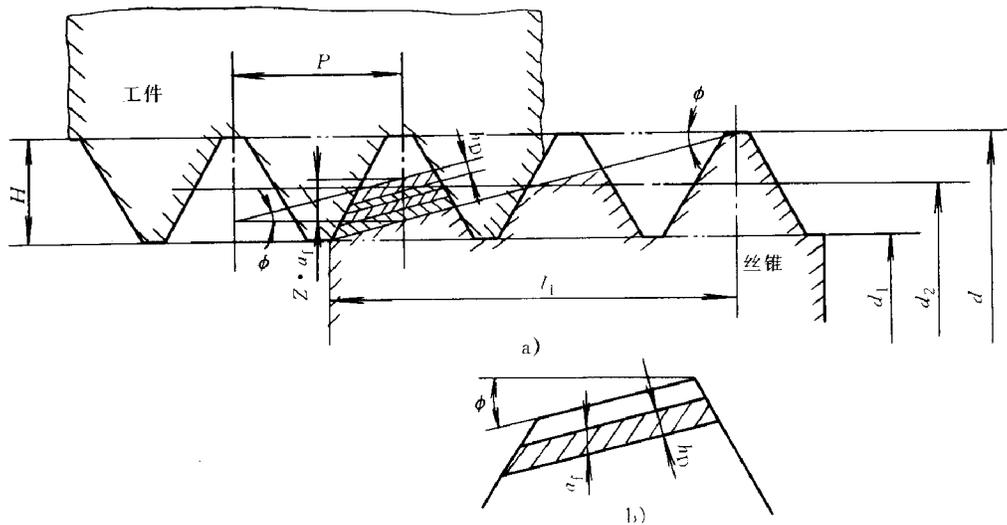


图 8-3-31 丝锥的切削参数

a)结构图 b)齿形放大图

式(3-11)、式(3-12)表明,在螺距、槽数不变的情况下,切削锥角愈大,齿升量与切削厚度也愈大,而切削部分长度就愈小。这就使攻螺纹时导向性变差,加工表面粗糙度增大。如果切削锥角磨得过小,则齿升量与切削厚度也减小,使切削变形增大,扭矩增大,切削部分长度增长,使攻螺纹时间延长。

为解决以上的矛盾,丝锥标准中推荐手用成套丝锥是 2~3 支为一组,成套丝锥的锥半角  $\phi$  值如下:

- 头锥: 锥半角  $\phi$  中较小,约  $4^{\circ}30'$ ,切削部分长度为 8 牙。
- 二锥: 锥半角  $\phi$  中约  $8^{\circ}30'$ ,切削部分长度为 4 牙。
- 精锥: 锥半角  $\phi$  约  $17^{\circ}$ ,切削部分长度为 2 牙。

一般材料攻通孔螺纹时,往往直接使用二锥攻螺纹。在加工较硬材料或尺寸较大的螺纹时,就用2~3支成组丝锥,依次分担切削工作量,以减轻丝锥的单齿负荷。攻盲孔螺纹时,最后必须采用精锥。

成组丝锥切削图形有两种设计方案,如图8-3-32所示。其中:图8-3-32a如是等径设计。每支丝锥大、中、小径相等,仅切削锥角不等。头锥 $\phi$ 角最小,精锥 $\phi$ 角最大。等径设计制造简单,利用率高。精锥磨损后可改为二锥、头锥使用;图8-3-32b是不等径设计。每支丝锥大、中、小径不等,只有精锥才具有工件螺纹要求的廓形与尺寸。不等径设计负荷分配合理,齿顶、齿侧均有切削余量,适用于高精度螺纹或梯形螺纹丝锥。

普通丝锥做成直槽。如需控制排屑方向,可选用螺旋槽丝锥,或将切削部分磨出槽斜角。加工通孔右旋螺纹用左旋槽,使切屑从孔底排出。加工盲孔右旋螺纹用右旋槽,使切屑从孔口排出。比外螺旋槽的丝锥尚可有效的增大切削前角,降低扭矩,提高螺纹加工表面质量。

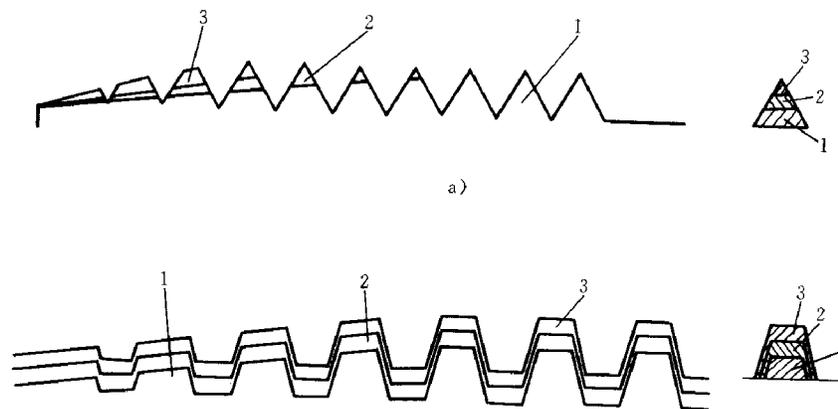


图8-3-32 成组丝锥切削图形的设计

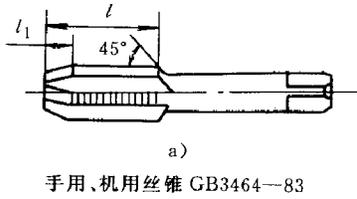
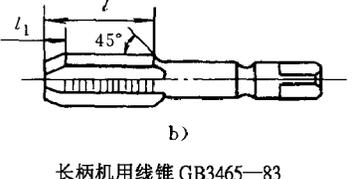
a)等径设计 b)不等径设计

1-头锥 2-二锥 3精锥

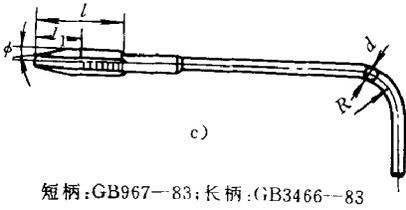
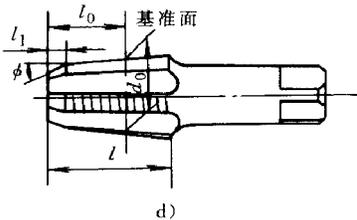
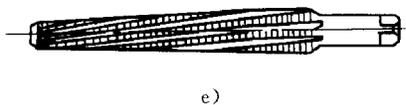
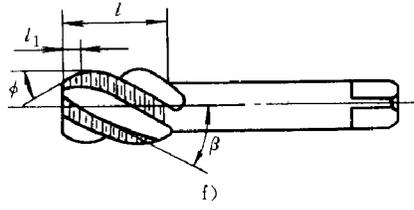
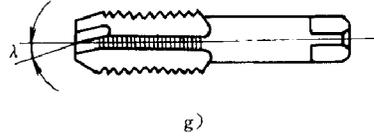
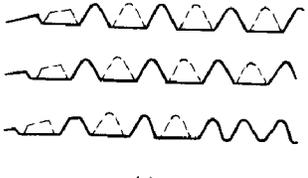
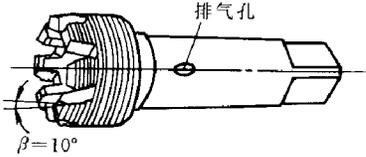
## (二)丝锥的结构类型与应用范围

丝锥按加工螺纹的形状、切削方式及本身的结构可分为许多类型。表8-3-3列举了几种丝锥的名称、特点和应用范围。

表8-3-3 丝锥的结构特点与就用范围

类型	简图及国标代号	特点	适用范围
手用丝锥	 <p>a) 手用、机用丝锥 GB3464-83</p>	手动攻螺纹,常用两把成组使用。用合金工具钢制造	单件小批生产 通孔、盲孔螺纹
机用丝锥	 <p>b) 长柄机用线锥 GB3465-83</p>	用于钻、车、镗。铣床上,切削速度较高,经铲磨齿形。用高速钢制造	成批大量生产 通孔、盲孔螺纹

(续)

类型	简图及国标代号	特点	适用范围
<p style="text-align: center;">螺母丝锥</p>	 <p style="text-align: center;">c)</p> <p style="text-align: center;">短柄:GB967-83;长柄:GB3466-83</p>	<p>切削锥较长,攻螺纹完毕工件从柄尾流出,丝锥不需倒转。分短柄、长柄、弯柄三种结构</p>	<p>大量生产专供螺母攻螺纹(M2—M52)</p>
<p style="text-align: center;">锥形丝锥</p>	 <p style="text-align: center;">d)</p>	<p>切削锥角与螺纹锥角相等,无校准部分。攻螺纹时要强迫做螺旋运动,并控制攻螺纹长度</p>	<p>专供锥管螺纹攻螺纹</p>
<p style="text-align: center;">板牙丝锥</p>	 <p style="text-align: center;">e)</p>	<p>切削锥加长,齿槽数增多</p>	<p>板牙攻螺纹</p>
<p style="text-align: center;">螺旋槽丝锥</p>	 <p style="text-align: center;">f)</p>	<p>螺旋槽排屑效果好,并使切削实际前角增大,降低转矩</p>	<p>中小尺寸螺孔,不锈钢、铜铝合金材料攻螺纹</p>
<p style="text-align: center;">刃倾角丝锥</p>	 <p style="text-align: center;">g)</p>	<p>将直槽丝锥切削部分磨出刃倾角(<math>\lambda_s = 10^\circ \sim 30^\circ</math>)。具有螺旋槽丝锥优点,而且制造简单</p>	<p>通孔螺纹</p>
<p style="text-align: center;">跳牙丝锥</p>	 <p style="text-align: center;">h)</p>	<p>奇数槽丝锥将工作部分刀齿沿螺旋线间隔磨去。改善切削变形与摩擦条件,防止齿形拉毛、烂牙、崩齿</p>	<p>韧性材料细牙螺纹</p>
<p style="text-align: center;">内贮屑丝锥</p>	 <p style="text-align: center;">i)</p>	<p>丝锥芯部有贮屑孔,切削锥部开有若干不通槽,形成前角与刃倾角。改善精锥导向与排屑性能</p>	<p>用于大直径高精度螺孔的精锥</p>

### (三)拉削丝锥

拉削丝锥可以加工梯形、方形、三角形单间与多头内螺纹。在卧式车床上一次拉削成形,效率很高,操作简单,质量稳定。

拉削丝锥的工作情况如图 8-3-33 所示。先将工件套入丝锥的前导部,再将工件夹紧,用插销把拉刀与刀架连接,防止拉刀转动。拉削右旋螺纹时工件由车床主轴带动反向旋转,拉刀同时沿螺纹导程向尾架方向移动。丝锥拉出工件后,螺孔就加工完毕。

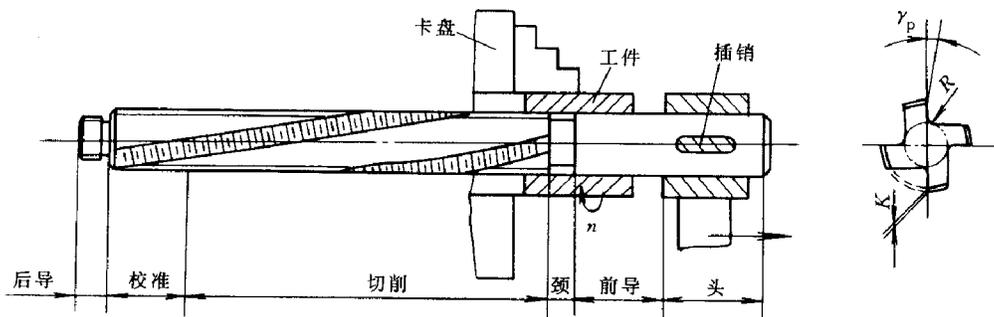


图 8-3-33 拉削丝锥及其工作示意

拉削丝锥实质上是一把螺旋拉刀。它的结构与几何参数是综合了丝锥、铲齿成形铣刀及拉刀三种刀具的结构。其中螺纹部分的参数、切削锥角、校准部分的齿形等都属于梯形丝锥参数。后角、铲削量、前角及齿形角修正都按铲齿成形铣刀设计方法计算。头、颈和引导部分的设计均类似拉刀。

拉削丝锥一般齿升量是  $0.01 \sim 0.02\text{mm}$ , 端剖面前角  $\gamma_p = 10^\circ \sim 20^\circ$ , 后角  $\alpha_p = 4^\circ \sim 5^\circ$ 。当选定槽数  $z$  后, 即可计算出锥角  $2\phi$  中、切削部分长度  $l_1$ 、铲削量  $K$  等切削参数。校准部分长度为  $(4 \sim 5)$  倍螺距。为提高精度, 丝锥中径做出微量正锥度(约  $0.5\text{mm}$ ), 切削锥部分的切削图形如图 8-3-34 所示。每个刀齿侧刃均有微小的切削余量, 以保证齿形精度与齿侧面的表面粗糙度。这是拉削丝锥设计的重要特点之一。

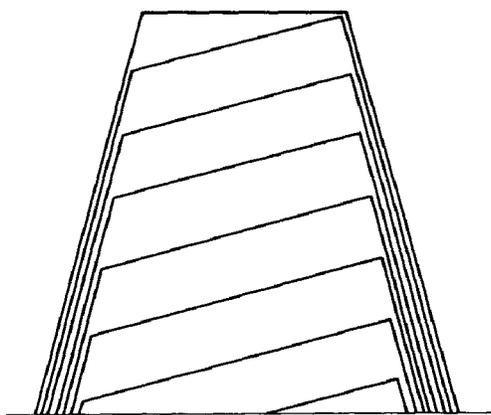


图 8-3-34 拉削丝锥切削图形

### (四)挤压丝锥

挤压丝锥不开容屑槽, 也无切削刃。它是利用塑性变形的原理加工螺纹的, 可用于加工中小

尺寸内的螺纹。它的主要优点是：

1. 挤压后的螺纹表面组织紧密，耐磨性提高。攻螺纹后扩张量极小，螺纹表面被挤光，提高了螺纹的精度。

2. 可高速攻螺纹，无排屑问题，生产率高。

3. 丝锥强度高，不易折断，寿命长。

挤压丝锥主要适用于加工高精度、高强度的塑性材料，适合在自动线上使用  $n$

图 8-3-35 所示为挤压丝锥的结构。工作部分的大径、中径、小径均作出正锥角，攻螺纹时先是齿尖挤入，逐渐扩大到全部齿，最后挤压出螺纹齿形。挤压丝锥的端截面呈多棱形，以减少接触面，降低扭矩。

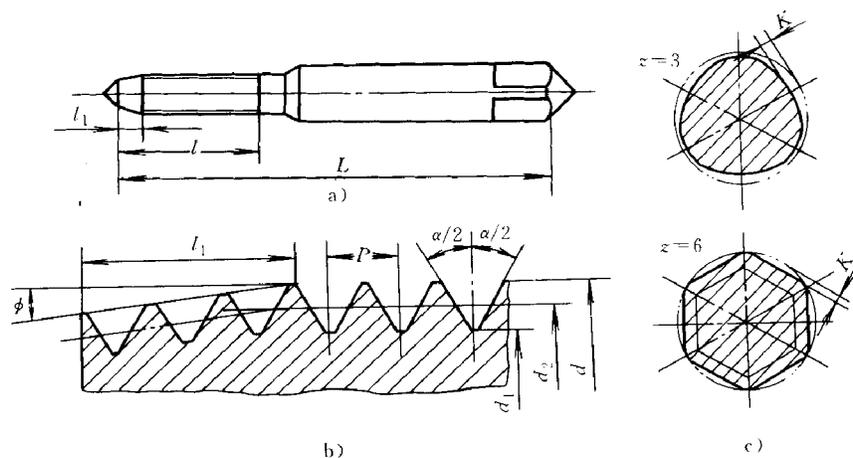


图 8-3-35 挤压丝锥

a) 结构图 b) 齿形放大图 c) 端截面放大图

挤压丝锥的直径应比普通丝锥增加一个弹性恢复量，常取  $0.01P$ 。挤压丝锥的直径、螺距等参数制造精度要求较高。

选用挤压丝锥时，预钻孔直径可取螺纹小径加上一个修正量。修正量的数值与工件材料有关，需通过工艺试验决定。

## 第二节 机械加工机床

### 一、车 床

#### (一) 车床的用途和运动

车床是切削加工的主要技术装备，它能完成的切削加工任务最多，因此，在机械制造业中，车床是一种应用最广泛的金属切削机床。

车床主要是用各种车刀来车削各种回转表面和回转体端面，还可以进行螺纹面以及孔加工。

车床中以卧式车床的用途最为广泛，它适用于加工各种轴类、套筒类和盘类零件上的各种回转表面，如车削内外圆柱面、圆锥面、环槽和成形回转表面；车削端面及各种螺纹；还可用钻头、扩孔钻和铰刀进行内孔加工；还能用丝锥、板牙加工内外螺纹以及进行滚花等工作。图 8-3-36 为卧式车床的典型加工工序。

卧式车床加工范围广泛，但结构复杂而且自动化程度低，所以只适用单件、小批量生产及机

修车间使用。

为了加工出各种表面,机床刀具与工件之间要保持必要的相对运动。车床的主运动由工件随主轴旋转来实现,而进给运动由刀架的纵、横向移动来完成。其中,与工件旋转轴线平行的进给运动为纵向进给运动,与工件旋转轴线垂直的进给运动称为横向进给运动。

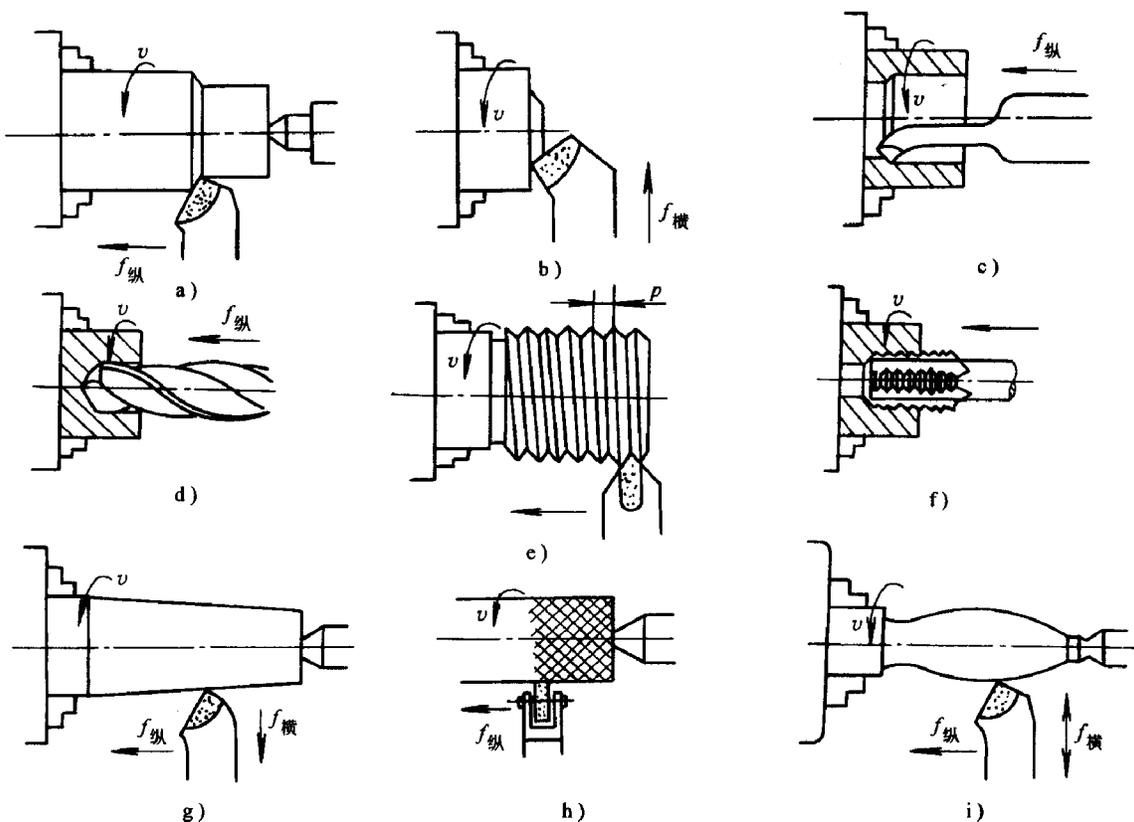


图 8-3-36 卧式车床典型加工工序

a)车外圆柱面 b)车端面 c)镗内孔 d)钻孔 e)车螺纹  
f)攻螺纹 g)车圆锥面 h)滚花 i)车成形面

## (二)车床的分类

车床的种类很多,按其用途和结构不同,主要分为仪表车床、卧式车床、落地车床、回轮车床、转塔车床、立式车床、仿形及多刀车床、单轴自动车床、多轴自动或半自动车床等。此外还有各种专门化车床,如曲轴及凸轮轴车床、铲齿车床等。在大批大量生产中还使用各种专用车床。

## 二、铣床

### (一)铣床的用途

铣床的用途十分广泛,在铣床上可以加工平面、沟槽、分齿零件(齿轮、链轮、棘轮、花键轴等)、螺旋形表面(螺纹、螺旋槽)及各种成形和非成形曲面。此外,还可以加工内外回转表面,以及进行切断工作等(图 8-3-37)。

### (二)铣床的分类及特点

铣床的类型很多,根据铣床的控制方式可以将其分为通用铣床和数控铣床两大类;根据布局 and 用途又可分为卧式铣床和立式铣床等。常见的通用铣床和数控铣床的类型、特点和应用如表 8-3-4 所示。

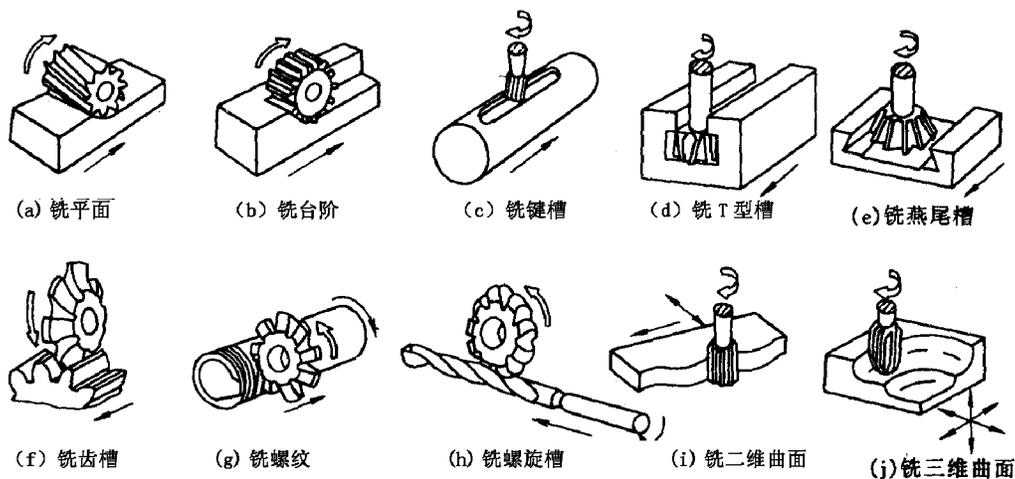


图 8-3-37 铣床的典型加工表面

表 8-3-4 常见通用铣床和数控铣床的类型、特点和应用

类 型	特 点 及 作 用	
通用铣床	工作台不升降台式铣床	工作台不能升降,可作纵向和横向进给运动和快速移动;主轴可沿轴线方向作轴向进给或调位移动;可加工大、中型工件的平面和导轨面
	卧式万能升降台式铣床	主轴水平布置,工作台可作纵向、横向垂直三个方向的进给运动或快速移动,亦可在水平面内作 $-45^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 的回转;适用于加工平面、斜面、沟槽、成型表面和螺旋面等
	立式铣床	主轴垂直布置,工作台可作纵向、横向和垂直三个方向的进给运动或快速移动,主轴可作轴向进给或调位移动,且能在垂直平面内调整一定角度;适用于加工平面、斜面、沟槽、台阶和封闭轮廓表面
	工具铣床	有两个互相垂直的主轴;其中之一能作横向移动;工作台不作横向移动,但能在三个垂直平面内回转一定角度;适用于加工形状复杂的各类刀具的刀槽、刀齿,工具,夹具和模具等
	龙门铣床	横梁和立柱上分别安装铣头,各铣头都有独自的主运动、进给运动和调位移动,工作台可作纵向进给,适用于加工大、中型工件的平面和成型表面
	仿形铣床	利用靠模可加工立体成型表面,如锻模、压模、叶片、螺旋桨的曲面等
数控铣床	数控仿型铣床	通过数控装置将靠模移动量数字化后,可得到高的加工精度,可进行较高速度的仿型加工
	数控立式和卧式铣床	采用数控装置可提高效率和加工精度,可以加工手动铣床难以加工的零件
	数控万能工具铣床	有手动指令简易数控型、直线点位系统数控型和曲线轨迹系统数控型,操作方便、便于调试和维修
	数控龙门铣床	采用数控装置,能铣大工件平面

## 三、钻床和镗床

钻床和镗床都是用途广泛的孔加工机床。钻床可以用钻头直接加工出精度要求不太高的孔,也可以通过钻孔-扩孔-铰孔的工艺手段加工精度要求较高的孔,利用夹具还可以加工要求一定相互位置精度的孔系。另外,钻床还可以进行螺纹加工,铰孔和铰端面等工作。钻床在加工时,工件一般不动,刀具则一面作旋转主运动,一面作轴向进给运动。镗床主要用于加工尺寸较大、精度要求较高的孔,特别适用于加工分布在不同位置上的孔,且孔距精度、相互位置精度要求很严格的孔系。除镗孔外,镗床还可以完成钻孔、扩孔、铰孔等工作,大部分镗床还具有铣削的功能。睡床在加工时,以刀具的旋转为主运动,而进给运动则根据机床类型和加工情况由刀具或由工件来完成。

钻床的主要类型有:台式钻床、立式钻床、摇臂钻床、深孔钻床和中心孔钻床等。钻床的主参数一般为最大钻孔直径。

镗床的主要类型有:立式镗床、卧式铣镗床、坐标镗床等。镗床的主参数根据机床的类型不同,由镗轴直径、工作台宽度或最大镗孔直径来表示。

目前,数控钻床和数控镗铣床的应用也十分广泛。

### (一)Z3040 型摇臂钻床

#### 1. 主要组成部件

图 8-3-38 所示为 Z3040 型摇臂钻床的外形图,其主要组成部件为:底座、立柱、摇臂、主轴箱等。工件和夹具可安装在底座 1 或工作台 8 上。立柱为双层结构,内立柱 2 安装于底座上,外立柱 3 可绕立柱 2 转动,并可带着夹紧在其上的摇臂 5 摆动。主轴箱 6 可在摇臂水平导轨上移动。通过摇臂和主轴箱的上述运动,可以方便地在一个扇形面内调整主轴 7 至被加工孔的位置。另外,摇臂 5 可沿着立柱 3 轴向上下移动,以调整主轴箱及刀具的高度。

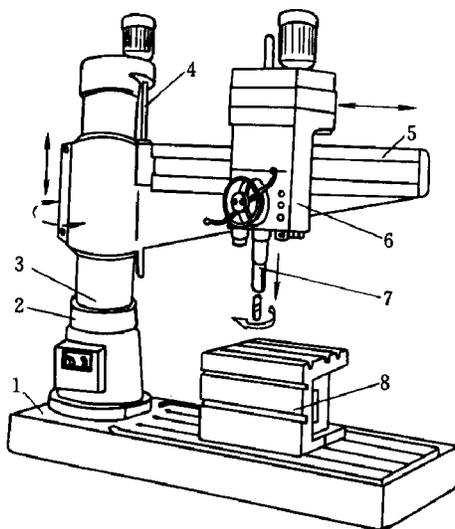


图 8-3-38 Z3043 型摇臂  
钻床外形图

- 1-底座;2-内立柱;3-外产柱;  
4-摇臂升降丝杠;5-摇臂;6-主轴箱;  
7-主轴;8-工作台

## 2. 机床的传动系统

摇臂钻床具有主轴旋转、主轴轴向进给、主轴箱沿导轨的移动、摇臂的摆动及摇臂沿立柱的升降等五个运动。前两个运动为表面成形运动,后三个运动为调整位置的辅助运动,图 8-3-39)所示为 Z3040 型摇臂钻床的传动系统图。

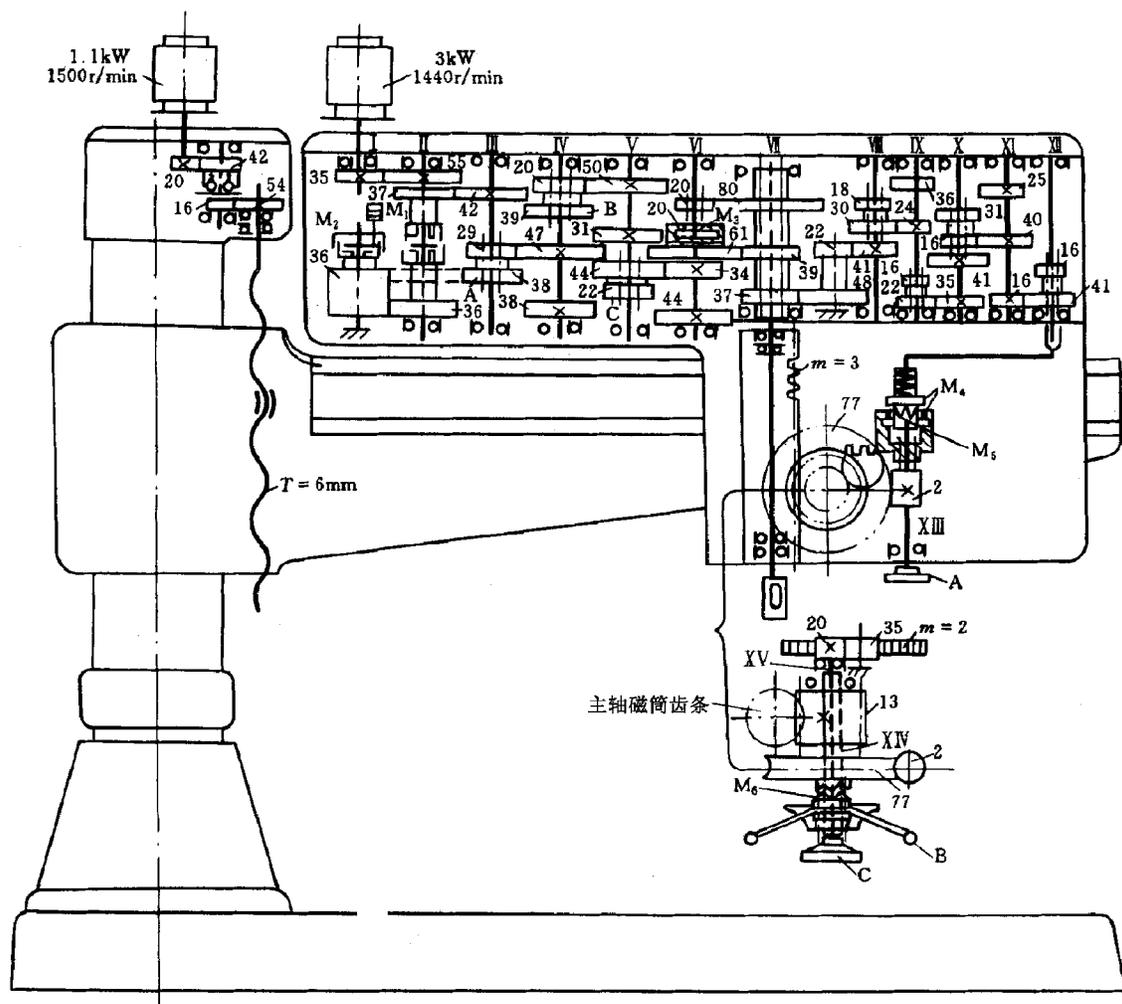


图 8-3-39 Z3040 型摇臂钻床传动系统图

Z3040 型摇臂钻床传动系统中,主传动系统及进给系统共用一个电动机驱动,主变速机构及进给变速机构均装在主轴箱内。

### (1) 主运动

主电动机由轴 I 经齿轮副  $\frac{35}{55}$  传至轴 II,并经过轴 II 上的双向多片式摩擦离合器  $M_1$ ,使运动由  $\frac{37}{42}$  或  $\frac{36}{36} \times \frac{36}{38}$  传至轴 III,从而控制主轴正转或反转。轴 III - IV 间有三组由液压操纵机构控制的双联滑移齿轮组;轴 IV - 主轴 IV 之间有一内齿式离合器( $M_3$ )变速组,运动可由轴 IV 通过齿轮副  $\frac{20}{80}$  或  $\frac{61}{39}$  传至轴 VII,从而使主轴获得 16 级转速,转速范围为 25 ~ 2000r/min。当轴 II 上摩擦离合器  $M_1$  处于中间位置而切断主传动联系时,通过多片式液压制动器  $M_2$  可使主轴制动。主运动传动

路线表达式为

$$\text{电动机}(144\text{r}/\text{min}) - \text{I} - \frac{35}{55} - \text{II} - \begin{pmatrix} \text{M1} - \frac{37}{42} \\ \text{(换向)} \\ \text{M1} - \frac{36}{36} \times \frac{36}{38} \end{pmatrix} - \text{III} - \begin{pmatrix} \frac{29}{34} \\ \frac{38}{38} \end{pmatrix} - \text{IV} - \begin{pmatrix} \frac{20}{50} \\ \frac{39}{31} \end{pmatrix} - \text{V} - \begin{pmatrix} \frac{20}{80} \\ \text{M}_3 \text{合} \frac{61}{49} \end{pmatrix} - \text{VII}(\text{主轴})$$

### (2) 进给运动

进给运动主轴的旋转运动由齿轮副  $\frac{37}{48} \times \frac{22}{41}$  传至轴 VIII, 再经 VIII - XII 间四组双联滑移齿轮变速组传至轴 XII。轴 XII 经安全离合器  $M_5$ (常合), 内齿式离合器  $M_4$ , 将运动传至轴 XIII, 然后经蜗杆蜗轮副  $\frac{2}{77}$ 、离合器  $M_6$  使空心轴 XIV 上的  $z = 13$  小齿轮传动齿条, 从而使主轴套筒连同主轴一起实现轴向进给运动。传动路线表达式如下

$$\text{主轴 VII} \frac{37}{48} \times \frac{22}{41} - \text{VIII} - \begin{pmatrix} \frac{18}{36} \\ \frac{20}{24} \end{pmatrix} - \text{IX} - \begin{pmatrix} \frac{16}{41} \\ \frac{31}{35} \end{pmatrix} - \text{X} - \begin{pmatrix} \frac{16}{40} \\ \frac{31}{25} \end{pmatrix} - \text{XI} - \begin{pmatrix} \frac{16}{41} \\ \frac{40}{16} \end{pmatrix} - \text{XII} - M_5 - M_4 \text{合} - \text{XIII} - \frac{2}{77} - M_6$$

合 - 13/齿条 - 主轴轴向进给

脱开离合器  $M_4$ , 合上离合器  $M_6$ , 可用手轮 A 使主轴作微量轴向进给; 将  $M_6$  脱开, 可用手柄 B 操作, 使主轴作手动粗进给, 或使主轴作快速上下移动。

主轴箱沿摇臂导轨水平移动由手轮 C 操作。转动手轮 C, 经  $\frac{20}{35}$  齿轮副, 使  $z_{35}$  齿轮在固定手摇臂上的齿条上滚动而带动主轴箱水平移动。

摇臂的升降由装在立柱顶部的 1.1kW 电动机驱动, 经减速齿轮副传动升降丝杠旋转, 使固定在摇臂上的螺母连同摇臂一起沿立柱的圆柱表面作升降移动。

### 3. 主轴部件结构

摇臂钻床的主轴在加工时既作旋转主运动又作轴向进给运动, 所以, 它的主轴部件结构不同于通用车床和铣床的主轴部件。如图 8-3-40 所示, 主轴 1 由深沟球轴承和推力轴承支承在主轴套筒 2 内, 而主轴套筒则安装在箱体的镶套中。主轴套筒 2 铣有齿条, 通过小齿轮 4 带动主轴套筒连同主轴一起作轴向进给运动; 主轴 1 的尾部有一段很长的花键, 主轴箱内的运动经花键使主轴获得旋转运动; 主轴箱内和主轴花键相配的齿轮通过轴承支承在主轴箱体上(图 8-3-39), 因此, 既能使主轴卸荷, 又能让主轴作旋转运动和轴向运动。

钻床加工时, 主轴承受较大的轴向力, 但径向力并不大, 且对旋转精度要求不高, 因此, 主轴的前支承采用两个深沟球轴承和一个推力轴承, 分别承受径向力和向上的轴向力; 主轴后端的推力球轴承主要承受空转时主轴的重量或某些加工方法中产生的向下的切削力。推力轴承的间隙可由后支承上面的螺母 3 进行调整。

主轴前端有一 4 号莫氏锥孔, 用以安装和紧固刀具。在这部位还开有两个横向扁尾孔, 上面一个可与刀柄相配, 以传递扭矩, 并可用专用的卸刀扳手插入孔中旋转, 从而卸下刀具; 下面的一个用于在特殊加工方式下固定刀具, 如倒刮端面时, 需将楔块穿过扁尾孔将刀具锁紧, 以防止刀具在向下切削力作用下从主轴承孔中掉下。

为了防止主轴因自重下落, 以及使操纵升降轻便, 在摇臂钻床内设有一圆柱弹簧凸轮平衡机构(见图 8-3-40)。该装置主要由弹簧 8、链轮 6、链条 5、平板凸轮 9 及齿轮 10、4 等组成。弹簧 8 的弹力通过套 11、链条 5、凸轮 9、齿轮 10、4 作用在主轴套筒 2 上, 与主轴的重量相平衡。主轴

上下移动时,改变弹簧 8 的压缩量,使弹簧力改变了力臂大小,也改变了链条至凸轮 9 的力臂,从而使力矩保持不变。例如主轴上下移动时,齿轮 10 及凸轮 9 顺时针转动,通过链条 5 使弹簧 8 缩短,从而加大了弹力,但同时,由于链条 5 与凸轮 9 回转中心靠近而缩小了力臂,从而使平衡力矩保持不变。平衡力大小可通过螺钉 12 调整弹簧压缩量来调节。

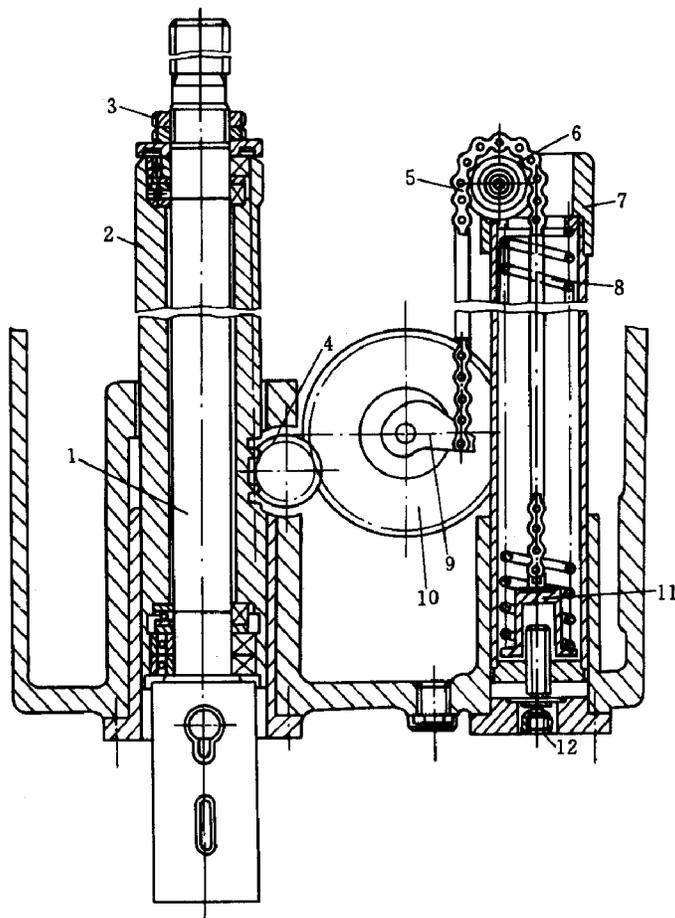


图 8-3-40 Z3040 型摇臂钻床主轴部件

1- 主轴;2- 主轴套筒;3- 螺母;4- 小齿轮;5- 链条;6- 链轮;  
7- 弹簧座;8- 弹簧;9- 凸轮;10- 齿轮;11- 套;12- 螺钉

## (二)TP619 型卧式铣镗床

卧式铣镗床的工艺范围十分广泛,除镗孔外,还可钻孔、扩孔和铰孔;可铣削平面、成形面及各种沟槽;还可在平旋盘上安装车刀车削平面、短圆柱面、内外环形槽及内外螺纹等。因此,工件安装在卧式铣镗床上,往往可完成大部分,甚至于全部加工工序。卧式铣镗床特别适合于加工形状复杂和位置要求严格的孔系,因此常用来加工尺寸较大、形状复杂、具有孔系的箱体、机架、床身等零件。

TP619 型卧式铣镗床的主参数为镗轴直径,直径值为 90mm,工作台工作面积为 1100mm × 950mm,主轴最大行程 630mm,平旋盘径向刀架最大行程为 160mm。

### 1. 主要组成部件及其运动

TP619 型卧式铣镗床由床身 1、主轴箱 9、工作台 5、平旋盘 7 和前后立柱 8、2 等组成(见图 8-3-41)。主轴箱 9 安装在前立柱垂直导轨上,可沿导轨上下移动。主轴箱装有主轴部件、平旋盘、主运动和进给运动的变速机构及操纵机械等。机床的主运动为主轴 6 或平旋盘 7 的旋转运

动。根据加工要求,镗轴可作轴向进给运动或平旋盘上径向刀具溜板在随平旋盘旋转的同时,作径向进给运动。工作台由下滑座3、上滑座4和上工作台5组成。工作台可沿床身导轨作纵向移动,也可随上滑座沿下滑座顶部导轨作横向移动。工作台还可沿下滑座4的环形导轨绕垂直轴线转位,以便加工分布在不同面上的孔。后立柱2的垂直导轨上有支承架用以支承较长的镗杆,以增加镗杆刚性。支承架可沿后立柱导轨上下移动,以保持与镗轴同轴;后立柱可根据镗杆长度作纵向位置的调整。

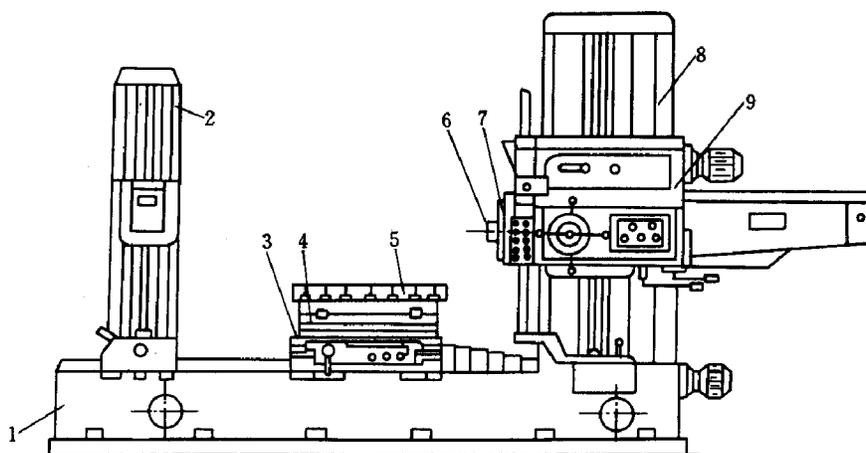


图 8-3-41 TP619 型卧式铣镗外形图

1-床身;2-后立柱;3-下滑座;4-上滑座;5-工作台;  
6-主轴;7-平旋盘;8-前立柱;9-主轴箱

由此可见,卧式铣镗床可根据加工情况,作以下工作运动:镗轴和平旋盘的旋转主运动,镗轴的轴向进给运动,平旋盘刀具溜板的径向进给运动,主轴箱的垂直进给运动,工作台纵、横向进给运动。机床还可以作以下辅助运动:工作台纵、横向及主轴箱垂直方向的调位移动,工作台转位,后立柱的纵向及后支承架的垂直方向的调位移动。图 8-3-42 所示为卧式铣镗床的典型加工工序。

## 2. 平旋金刀具溜板的径向进给

利用平旋盘车大端面及较大内外环形槽时,需要刀具一面随平旋盘绕主轴轴线旋转,一面随刀具溜板作径向进给。图 8-3-43 所示为平旋盘刀具溜板径向进给原理。

平旋盘由安装在其上的齿轮  $z_{72}$  带动旋转,其本身又可通过两条传动路线,经合成机构合成后,由合成机构输出轴左端齿轮  $z_{20}$  传动空套在平旋盘上的大齿轮  $z_{164}$ 。这两条传动路线分别为:一条由齿轮  $z_{72}$  经进给传动链,最后由齿轮  $z_{21}$  传至合成机构输入轴及右中心轮  $z_{23}$ ;另一条由齿轮  $z_{72}$  经合成机构壳体上的齿轮  $z_{20}$ ,传至合成机构。大齿轮  $z_{164}$  通过安装在平旋盘上的齿轮  $z_{16}$ 、圆锥齿轮副 16/16、齿轮副 16/16、丝杠及安装在刀具溜板上的半螺母与刀具溜板保持传动联系。如果大齿轮  $z_{164}$  的转速及转向与齿轮  $z_{72}$  相同,即大齿轮  $z_{164}$  相对于平旋盘不转动,  $z_{16}$  小齿轮不自转,此时刀具溜板就不作径向进给运动。如果大齿轮  $z_{164}$  相对平旋盘转动,并使  $z_{16}$  小齿轮作自转,从而通过圆锥齿轮副 16/16 及丝杠螺母副使刀具溜板作径向进给。

图 8-3-43 中的合成机构是一行星轮系。设齿轮  $z_{20}$  的转速为  $n_0$ ,右中心轮  $z_{23}$  的转速为  $n_R$ ,左中心轮  $z_{18}$  转速为  $n_L$ ,由行星轮系运动关系可知

$$(n_L - n_0)/(n_R - n_0) = (-1)^3 \times (23 \times 18 \times 22)/(18 \times 22 \times 18) = -23/18$$

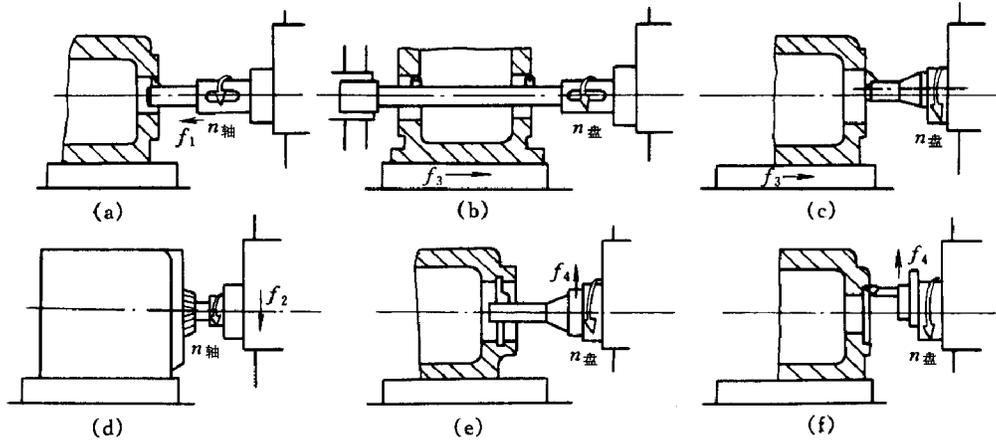


图 8-3-42 卧式铣镗床的典型加工工充

- (a)用镗轴上的刀杆镗孔;(b)用后支架支承长刀杆镗削两同轴孔;  
 (c)用平旋盘上的刀杆握大直径孔;(d)用镗轴上的端面铣刀铣平面;  
 (e)用平旋盘刀具溜板上的车刀车内沟槽;(f)用平旋盘刀具溜板上的车刀车端面

若  $n_R = 0$ , 则  $n_L/n_0 = u' = 41/18$

若  $n_R = 0$ , 则  $n_L/n_0 = u'' = -23/18$

当进给运动链断开, 即右中心轮不转时(即  $n_R = 0$ ), 在平旋盘的转速为  $n_{平}$  时的大齿轮  $z = 164$  的转速为

$$n_{164} = n_{平} \times (720/20) \times u' \times (20/164) = n \times (72/20) \times (41/18) \times (20/164) = n_{平}$$

而进给运动链接通时, 根据以上分析可以看出: 平旋盘齿轮  $z = 72$ , 合成机构壳体齿轮  $z = 00$ , 再经合成机构传动大齿轮  $z = 164$  的这条传动链的作用是使大齿轮与平旋盘同步转动; 另一条传动链, 即进给传动链才能使大齿轮与平旋盘产生转速差, 从而使刀具溜板得到径向进给。所以刀具溜板径向进给量, 可由进给传动链计算得到。计算刀具溜板径向进给量的运动平衡式为

$$f_{溜板} = 1 \times u_c u_f u'' \times (20/164) \times (164/16) \times (16/16) \times 12$$

式中  $f_{溜板}$ ——刀具溜板径向进给量, mm/r;

$u_c$ ——径向进给链中定比机构传动比;

$u_f$ ——径向进给链中变速机构传动比;

$u''$ ——合成机构传动比,  $u'' = -23/8$ 。

对照机床传动系统图, 并经整理后可得

$$f_{溜板} = 3.81 u_f$$

## 第三节 阀门机械加工的基准与切削用量

### 一、定位基准与定位基准的选择

在加工中用作定位的基准称定位基准。

定位基准的选择:

选择粗基准时应注意使加工表面对不加工表面具有一定的位置精度,并使各加工表面具有合理的加工余量。粗基准只能用一次。

在选择精基准时,为了避免基准不重合误差,应选择加工表面的设计基准作为定位基准(基准重合原则)。当零件上有几个相互位置精度要求较高的表面,而这些表面又不能在一次安装中加工出来时,为了保证其精度要求,在加工过程的各次安装中应采用同一个定位基准(基准统一原则)。此外,所选择的定位基准应便于工件的装夹与加工,并使夹具的结构简单。

## 二、粗基准

工件在机械加工中第一道工序用未加工的毛坯表面做定位基准,这种定位表面称为粗基准。粗基准的选择如下。

①如果必须首先保证工件上加工表面与不加工表面之间的位置要求,应以不加工表面作为粗基准。如果在工件上有很多不需加工的表面,则应以其中与加工面的位置精度要求较高的表面作粗基准。

②如果必须首先保证工件某重要表面的余量均匀,应选择该表面作粗基准。

③选作粗基准的表面,应平整,没有浇、冒口或飞边等缺陷,以便定位可靠。

④粗基准一般只能使用一次,特别是主要定位基准,以免产生较大的位置误差

## 三、精基准

用工件的已加工表面做定位基准称精基准。

精基准的选择如下。

①用工序基准作为精基准,实现“基准重合”,以免产生基准不重合误差。

②当工件以某一组精基准定位可以较方便的加工其他各表面时,应尽可能在多数工序中采用此组精基准定位,实现“基准统一”,以减少工装设计制造费用、提高生产率、避免基准转换误差。

③当精加工或光整加工工序要求余量尽量小而均匀时,应选择加工表面本身作为精基准,即遵循“自为基准”原则。该加工表面与其他表面间的位置精度要求由先行工序保证。

④为了获得均匀的加工余量或较高的位置精度,可遵循互为基准、反复加工的原则。

## 四、在加工阀门零件时机床的选择原则

在加工阀门零件时机床的选择原则如下。

①机床的规格尺寸应与加工的阀门零件的轮廓尺寸相适应。小型零件选用小机床;大型零件选用大机床,要避免“大马拉小车”的现象,做到设备的合理使用。加工阀体、阀盖等回转直径大、长度短的零件,应优先选择立式车床。即使采用普通车床,也应安排在床身短的机床上加工。此外,夹具的回转直径往往比工件的回转直径大,选择机床时应予以注意,否则可能出现夹具与床身干涉的情况。

②机床的精度应与工序要求的精度相适应。阀体、阀盖、阀瓣等零件大多为铸、锻件、加工余量较大,粗加工时要选用精度低的机床。精加工密封面时,要在的几何形状精度高,应选用精度高的机床。不要使用精度高的机床来进行粗加工,否则将破坏机床的精度。

③机床的生产率要与工件的生产类型相适应。单件小批生产时对选用普通万能机床;大、中批生产时选用高效率的自动或半自动机床。

## 五、工装的选择原则

在加工阀门零件时,工装的选择原则如下。

①单件小批生产时,在保证加工精度要求的前提下要尽量选用机床备有的通用夹具(如卡盘、虎钳、回转台等)或组合夹具。

②要尽量采用标准刀具,只有在不能使用标准刀具和为了提高生产率时才使用专用刀具。

③量具的精度应与加工精度相适应。在单件小批生产时应采用游标卡尺、千分尺等通用量具;在大批大量生产中,可使用极限量规和一些高效率的专用量具。

## 六、切削用量三要素

切削用量三要素是指切削深度、进给量和切削速度。

①切削深度的选择:切削深度  $a_p$  应根据加工余量确定。粗加工时,除留下精加工的余量外,应尽可能一次走刀切除全部粗加工余量。这样不仅能在保证一定耐用度的前提下使切削深度、进给量  $f$ 、切削速度  $v$  的乘积大,而且可以减少走刀次数。在中等功率的机床上,粗车时切削深度可达  $8 \sim 10\text{mm}$ ;半精车时,切削深度可取为  $0.5 \sim 2\text{mm}$ ;精车时,切削深度可取为  $0.1 \sim 0.4\text{mm}$ 。

在加工余量过大或工艺系统刚度不足或刀片强度不足等情况下,应分成两次以上走刀。这时,应将第一次走刀的切削深度取大些,可占全部余量的  $2/3 \sim 3/4$ ;而使第二次走刀的切削深度小些,以使精加工工序获得较小的表面粗糙度参数值及较高的加工精度。

切削零件表层有硬皮的铸、锻件或不锈钢等冷硬较严重的材料时,应使切削深度超过硬皮或冷硬层,以避免使切削刃在硬皮或冷硬层上。

②进给量的选择:切削深度选定之后,应进一步尽量选择较大的进给量。进给量其合理数值的选择应保证机床、刀具不致因切削力太大而损坏;切削力所造成的工件挠度不致超出工件精度允许的数值;表面粗糙度参数值不致太大。粗加工时,限制进给量的主要是切削力;半精加工和精加工时,限制进给量的主要是表面粗糙度。

③切削速度的选择:当切削深度  $a_p$  与进给量  $f$  选定后,在此基础上再选最大的切削速度  $v$ ,切削速度的计算式为:

$$v = \frac{C_r}{T^m \cdot f^{y_v} \cdot v^{x_v}} (\text{m/min})$$

式中:  $T$  为耐用度,系数  $C_r$  及指数  $m$ 、 $y_v$ 、 $x_v$  随切削条件而变化。

## 七、切削力

切削力产生的因素有两个方面:一是切屑形成过程中弹性变形及塑性变形产生的抗力;二是刀具与切屑及工件表面之间的摩擦阻力。克服这两方面的力就构成了切削合力,它作用于前刀面和后刀面上(对于锐利的刀具及正常磨损的刀具,作用在后刀面上的力所占的比例很小,作用在前刀面上的切削力是主要的)。

影响切削力的因素是材料的硬度韧性、切削用量、刀具的几何角度和切削时的润滑冷却等条件。

## 第四节 阀门加工工艺路线

### 一、铸钢楔式闸阀阀体的加工工艺过程

铸钢楔式闸阀阀体,其主要加工表面见图 8-3-44 所示,是旋转面。因此,除导向筋部位在插或刨床上加工外,其余表面均采用削。

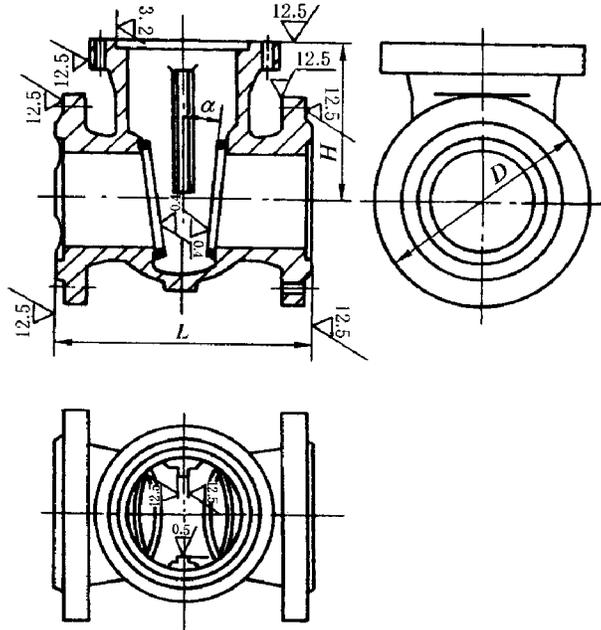


图 8-3-44 铸钢楔式闸阀阀体主要加工表面

在批量生产中,铸钢楔式闸阀阀体可按下列两种工艺过程加工:

①先加工端法兰,再以端法兰为精基准,依次加工中法兰、导向筋、密封面部位及法兰螺栓孔等。表 8-3-5 是铸钢楔式闸阀阀体典型工艺过程(1)。

表 8-3-5 铸钢楔式闸阀阀体典型工艺过程(1)

序号	工序名称	工序内容	定位基准	夹紧方法
1	钳	以导轨中心为准,划出端法半、中法兰的中心十字线及面加工线		
2	车	车端法兰端面、外圆及倒角、子口	端法兰外圆	四爪夹盘找正夹紧

(续)

序号	工序名称	工序内容	定位基准	夹紧方法
3	车	翻面,车另一端法兰端面、外圆及倒角、止口	端法子口端面及外圆	花盘、螺栓、压板
4	车	车中法兰端面、外圆、止口、背面及倒角	两端法兰外圆和中法兰外圆及一端法兰端面	压板压正,顶紧螺钉压牢
5	插或刨	插(刨)导向筋	两端法兰外圆和中法兰外圆(或端法兰端面和中法兰止口及端面)	压板压正,顶紧螺钉压牢
6	车	把工件安装在斜度盘上,对线压紧,车密封面	端法兰端面及外圆或止口	压板压正拧紧螺母
7	车	翻面、安装同上,车另一密封面	端法兰端面及外圆止口	压板压正拧紧螺母
8	钻	钻中法兰螺栓孔	中法兰钻模对工件中心线	找正压紧压板螺母
9	钻	钻中法兰螺栓孔	端法兰钻模对工件中心线	找正压紧压板螺母
10	钻	翻面,钻另一端法兰螺栓孔	端法兰钻模对工件中心线	找正压紧压板螺母
11	钳	钳工去毛刺		

注

- 1 堆焊形成的密封面粗加工后堆焊,焊后进行精加工。
- 2 如为螺纹孔,则钻后机动攻螺纹。

该工艺过程中,两密封面的角度主要由夹具来保证,此外,为保证密封面的对称性和档宽,需提高阀体全长的制造精度(一般提高到 II7 ~ 8 级)以便控制半长尺寸。全档宽用专用档宽量具来控制。

这种工艺过程,其工艺装备比较简单,有利于夹具的标准化和通用化。但两密封面部位的加工需经过两次安装来完成。而两次安装所取的定位基准并不统一,因此易产生定位误差。而且,两端法兰平面不平行或磕碰划伤,也会影响两密封面角度的精度。所以,该种加工工艺应有相应的组织和工艺措施。

②以阀体三颈部外锥面为粗基准,先加工中法兰,再以中法兰为精基准加工两端法兰、导向筋和密封面部位。法兰螺栓孔的加工,以端法兰为基准。表 8-3-6 是铸钢楔式阀阀体典型工艺过程(2)。

表 8-3-6 铸钢楔式闸阀阀体典型工艺过程(2)

序号	工序名称	工序内容	定位基准	夹紧方法
1	车	中法兰端面、外圆、止口及倒角	三颈部外圆表面	专用工装
2	车	两端法兰端面、外圆及倒角	中法兰端面及止口	压板压正拧紧螺母
3	刨 或插	刨(插)导向筋	两端法兰外圆(或中法兰外圆端面)	压板压正顶紧螺母
4	车	两密封面部位	中法兰端面及止口	压板压正拧紧螺母
5	钻	钻中法兰螺栓孔	中法兰钻模对工件中心线	找正压紧压板螺母
6	钻	钻两端法兰螺栓孔	端法兰钻模对工件中心线	找正压紧压板螺母

注：\* 同表 8-3-5 注 1。

该工艺两密封面的加工一般采用回转夹具在车床上进行。使用统一的定位基准，两密封面的加工在一次安装下完成，角度的精度由夹具保证。密封面的对称度和裆定由机床挡铁配合半长卡板和专用裆宽量具来控制，但因回转决具的结构比较复杂和笨重，这种工艺方案只适用于公称通径 DN100mm 以下阀体的加工。

## 二、铸钢楔式闸阀阀盖的典型工艺路线

铸钢楔式闸阀阀盖，其主要加工表面见图 8-3-45 所示，是旋转面。因此，通常采用车削方法加工。

在批量生产中，铸钢楔式闸阀阀盖可按下列两种结构型式的典型工艺过程加工。

①框梁式铸钢阀盖，见图 8-3-45a。先加工小端及内孔，然后以小端的内孔及法兰背面为定位基准，采用专用夹具安装来加工法兰等。表 8-3-7 是框梁式铸钢阀盖的典型工艺过程。

②盔式铸钢阀盖，见图(8-3-45b)。先加工不法兰端面及内孔，然后以小法兰端面及内孔或外圆表面为定位基准，依次加工大法兰端面、小法兰各部位等。表 8-3-8 是盔式铸钢阀盖的典型工艺过程。

表 8-3-7 框梁式铸钢阀盖的典型工艺过程

充号	工序名称	工序内容	定位基准	夹紧方法
1	粗车	粗车小端平面、内孔及法兰背面(内孔按 IT11 级精度加工)	法兰外圆表面	四爪夹持找正夹紧
2	车	车法兰外圆、端面、钻孔、扩孔及车上密封锥面部位	小端内孔、法兰背面	压板压正顶紧螺钉压牢
3	精车	精车小端各部	法兰端面及止口	花盘、螺栓、压板
4	钳	划法兰十字线, 铰链螺钉槽及销轴孔线		
5	铣	铣铰链螺钉槽	法上端面及止口	压板压正顶紧螺钉压牢
6	钻	钻销轴孔		
7	钻	钻法兰螺栓孔	法兰螺栓钻模对工件中心线	找正拧紧螺母

表 8-3-8 盔式铸钢阀盖典型工艺过程

序号	工充名称	工序内容	定位基准	夹紧方法
1	粗	粗车小法兰端面、钻孔、车内孔(或外圆)、大法兰背面	大法兰外圆表面	压板压正拧紧螺母
2	车	车大法兰端面、外圆、倒角、钻孔、车内孔、倒角	小法兰端面及内孔或外圆表面	压板压正拧紧螺母
3	车	车小法兰各部至尺寸	大法兰端面及止口	压板压正拧紧螺母
4	钳	划铰链螺钉槽, 销轴孔及法兰十字线		
5	铣	铣铰链螺钉槽	大法兰端面及止口	压板压正顶紧螺钉压牢
6	钻	钻销轴孔	钻模	压板压正拧紧螺母
8	钻	钻大法兰螺栓孔	钻模	压板压正拧紧螺母

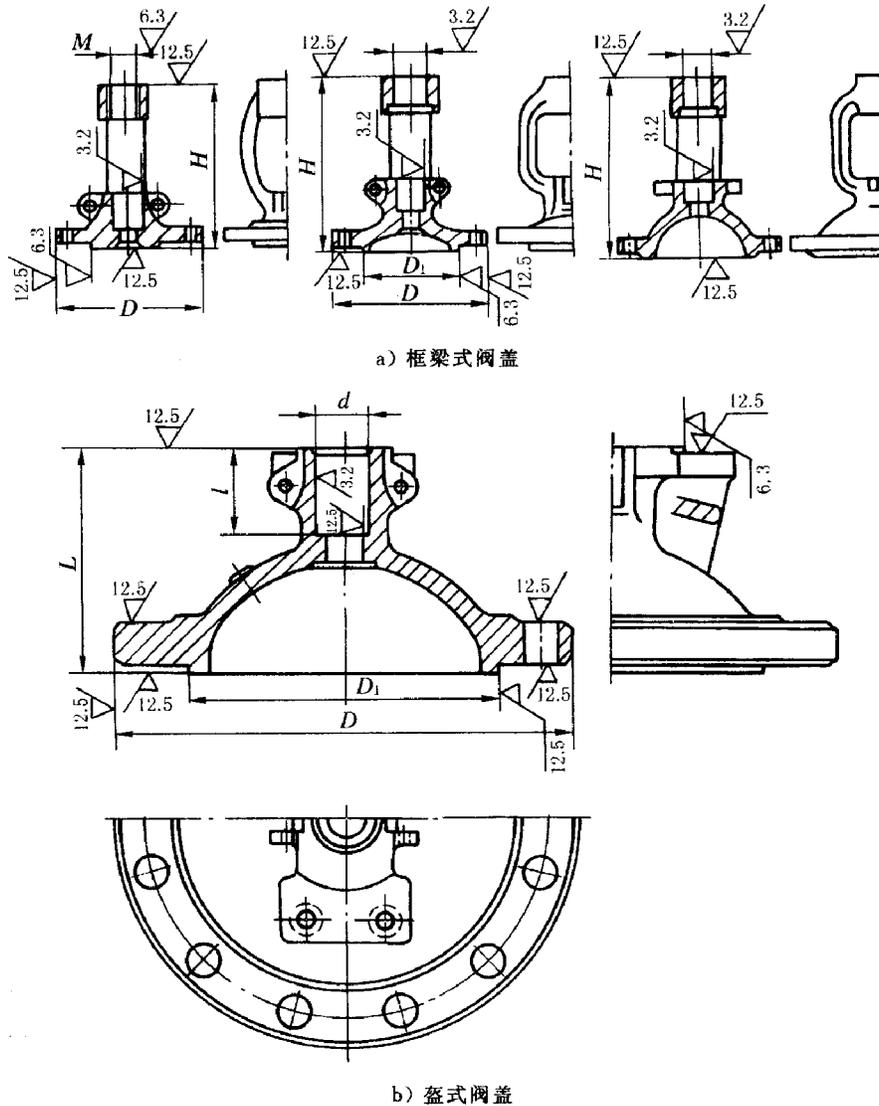


图 8-3-45 铸钢楔式闸阀阀盖主要加工表面

### 三、加工不锈钢的“群钻”的特点

加工不锈钢的“群钻”见图 8-3-46 所示,其特点是:

- ①磨出月牙槽,形成凹圆弧刃。由于加大了各点的主偏角而使前角增大,因此有利于对不锈钢进行切削。
  - ②月牙槽能起分层作用,使不易卷曲的不锈钢切屑能较容易地切离和变形。
  - ③月牙槽形成新的横刃,其高度有所降低并较锋利,而且槽刃尖部能起定心作用,使钻屑稳定。
  - ④修磨横刃,形成内刃,缩短了横刃长度,从而减少了钻孔时的轴向力,使得钻削比较轻快。
- 加工不锈钢的“群钻”的有关尺寸见表 8-3-9 所示。

表 8-3-9 加工不锈钢的“群钻”的有关尺寸

钻头直径范围	圆弧半径 R	尖高 h	外刃宽度 b	横刃长度 l
3~5	0.5~0.75	0.4~0.5	0.8~1.0	0.4~0.6
>5~10	0.75~2.0	0.5~0.8	1.0~1.7	0.6~0.8
>10~15	2.0~3.0	0.8~1.0	1.7~2.5	0.8~1.0
>15~20	3.0~5.0	1.0	2.5~3.5	0.8~1.0
>20~25	5.0~6.0	1.0	3.5~4.5	1.0~1.2
>25~30	6.0~7.0	1.0~1.2	4.5~5.0	1.2~1.4
>7.0~8.0	7.0~8.0	1.2	5.0~6.0	1.2~1.4

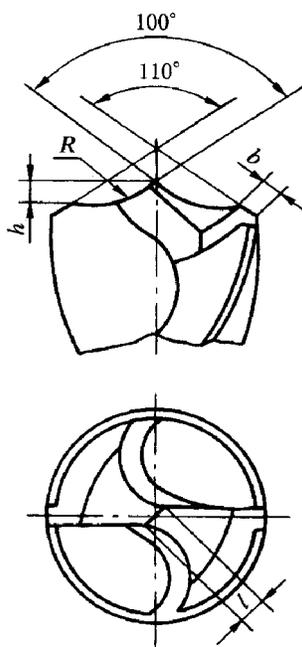


图 8-3-46 加工不锈钢的“群钻”

## 四、铸钢楔式闸阀闸板的典型工艺路线

铸钢楔式闸阀闸板是外缘带凸块的圆盘，两端面为对称于中心面的倾斜密封面，在其厚端凸出部位有与阀杆连接的 T 形槽或螺纹。为使闸板能在阀体中顺利的启、闭，在闸板外缘的两侧面上有导向槽或导向筋。楔式闸板分为弹性和非弹性的两大类，其主要加工表面见图 8-3-47 所示。

在批量生产中，铸钢楔式闸阀闸板可按如下典型工艺路线(见表 8-3-10 所示)。先粗加工密封面部位，然后以它为定位基准加工 T 形槽、导向筋，最后精加工密封面。

表 8-3-10 铸钢楔式闸阀闸板的典型工艺过程

序号	工序名称	工序内容	定位基准	夹紧方法
1	车	一端堆焊基面及工艺止口	外缘面	
2	车	另一端堆焊基面	堆焊基面及工艺止口	
3	钳	划导向槽及 T 形槽线		
4	铣	粗铣导向槽	堆焊基面及工艺止口	

(续)

序号	工序名称	工序内容	定位基准	夹紧方法
5	铣(或插)	铣(插)T形槽	堆焊基面及工艺止口	
6		堆焊		
7		热处理		
8	车	车密封面(留磨量)	导向槽及T型槽端面	
9	车	车另一密封面(留磨量)	密封面及内径	
10	铣	精铣导向槽两密封面		
11	磨(或车)	磨(精车)两密封面	密封面及内径	

- 注:1 如用精铸毛坯,可省去划线、精洗导向槽铣T形槽工序,但在加工前需清除这些部位的毛刺。  
 2 此工艺一般适用于中等尺寸的闸板的加工。  
 3 大尺寸闸板堆焊后,车第一面密封面时一按平面找平加工,导向槽无需分粗精两道工序。

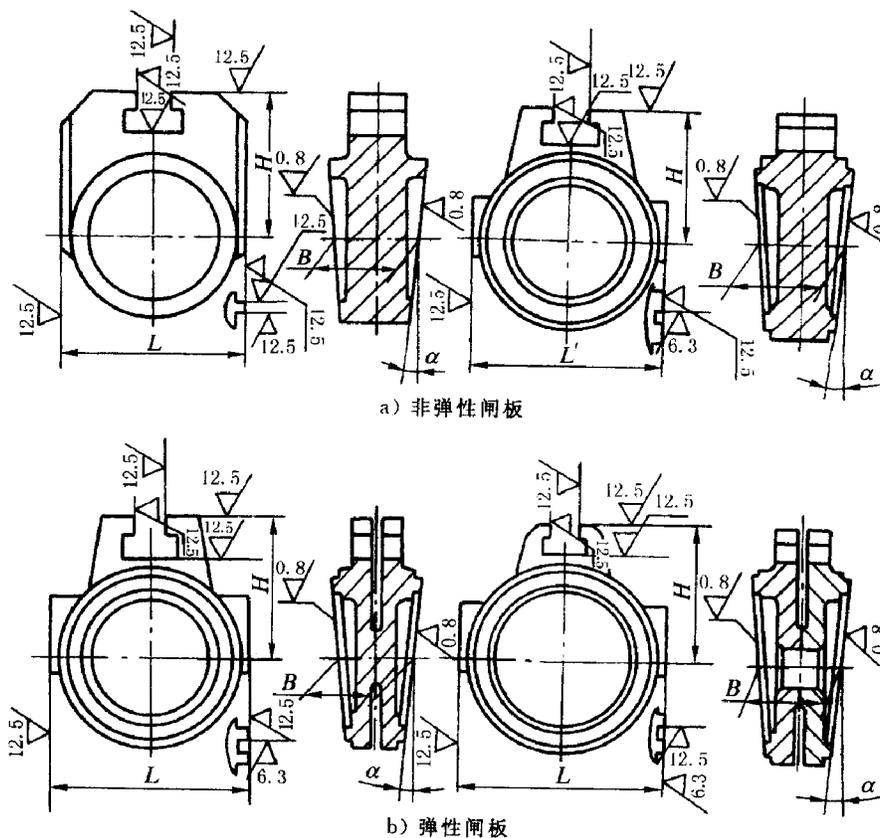


图 8-3-47 铸钢楔式闸阀闸板主要加工表面

该工艺过程中使用的夹具结构比较简单。

### 五、旋启式止回阀摇杆的典型工艺路线

摇杆是截面为长方形的细长杆,刚性较差。其主要加工表面为销轴孔、连接阀瓣孔及其垂直

的几个端面,图 8-3-48 是旋启式止回阀摇杆的主要加工表面。

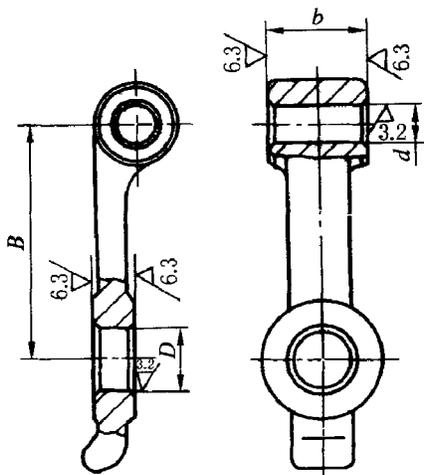


图 8-3-48 旋启式止回阀摇杆  
的主要加工表面

在批量生产中,旋启式止回阀摇杆可按下列典型工艺路线,见表 8-3-11。采用销轴孔端的圆柱凸台作为粗基准,先将销轴孔及一侧端面车好,然后的各道工序均以销轴孔及端面作为定位基准进行加工。

表 8-3-11 旋启式止回阀摇杆典型工艺过程

序号	工序名称	工序内容	定位基准	夹紧方法
1	钳	划销轴孔、阀瓣孔中心线及端面线		
2	车	车端面及销轴孔至尺寸	销轴孔部圆柱凸台	
3	车	车另一端面、倒角	销轴孔及端面	
4	车	车端面及阀瓣孔至尺寸	销轴孔及端面	
5	车	车另一端面及倒角	销轴孔及端面	

注:由于大尺寸的摇杆因回转直径较大,在车床上不便加工,故,一般在镗床上加工销轴孔及阀瓣孔,端面采用铣削或刨削。其装夹和定位方法与摇杆的典型工艺过程基本相同。

## 六、铸钢楔式闸阀支架的典型工艺路线

支架是用来支承阀杆的,电动、气动等阀门的驱动装置也用它来支承。支架上端的圆柱孔与阀杆螺母相接合,下端与阀盖的上法兰连接。支架的主要加工表面是内止口和上端的螺纹孔。图 8-3-49 是铸钢楔式闸阀支架的主要加工表面。

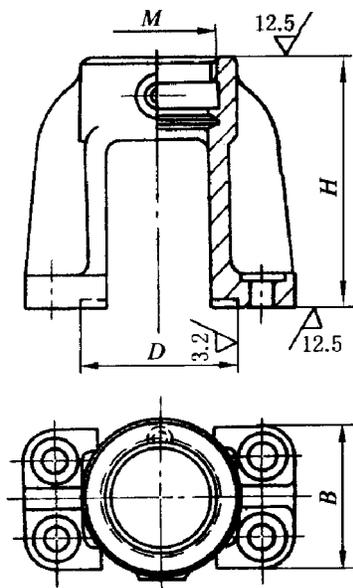


图 8-3-49 铸钢楔式闸阀  
支架的主要加工表面

在批量生产中,铸钢楔式闸阀支架可按下述典型工艺路线,见表 8-3-12。以上端外圆柱作粗基准,在车床上加工下端面及止口,然后以止口及端面作为定位基准车上端内孔。

表 8-3-12 铸钢楔式闸阀支架的典型工艺过程

序号	工序名称	工序内容	定位基准	夹紧方法
1	车	车下端面及止口至尺寸	上部外圆柱	
2	车	车上端面、内孔及螺纹孔	止口、下端面	
3	钳	钻下端螺栓孔	上端面	
4	钳	镗鱼眼坑	上端面	
5	钳	钻、镗没杯孔		
6	钳	配钻、攻螺纹孔		

该工艺过程由于在车削支架的下端面时、工件的刚性差而不能采用较大的切削用量,效率低,故大批量生产此支架时可采用组合机床来加工。

## 七、球体加工的典型工艺路线

球阀的关闭件——球体,从结构上看,有带支承轴和不带支承轴的两种。图 8-3-50 是不带支承轴的球体的主要加工表面;b)是带支承轴的球体的主要加工表面。

在批量生产中,球体可按下述两种工艺过程加工。

①不带支承轴的球体,其球面是主要加工表面,加工顺序可按表 8-3-13 工艺要求先车出通孔,再以通孔为定位基准加工球面。

表 8-3-13 不带支承轴的球体的典型工艺过程

序号	工序名称	工序内容	定位基准	夹紧方法
1	车	车球体的端面及内孔	外圆柱表面	
2	车	车球体的端面及内孔	外圆柱表面	
3	车	车另一端端面	内圆柱表面	
4	车	精车球面	内圆柱表面	
5	车	倒通孔圆角	内圆柱表面	
6	铣	铣圆弧槽	内圆柱表面	

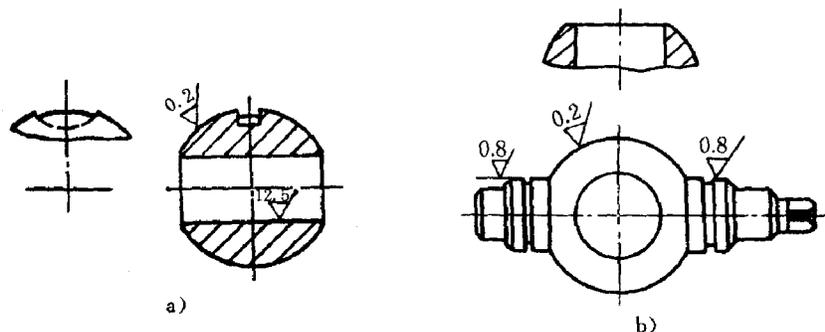


图 8-3-50 球体的主要加工表面

②带支承轴的球体,除球面是加工表面外,其支承轴的外圆柱也是主要加工表面,这些加工表面可采用顶尖孔为定位基准进行加工。表 8-3-14 是带主承轴的球体的典型工艺过程。

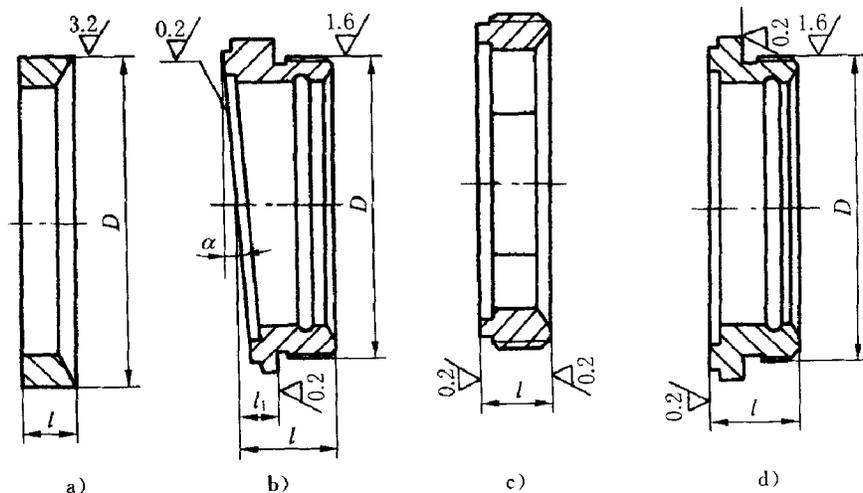
表 8-3-14 带支承轴的球体的典型工艺过程

序号	工序名称	工序内容	定位基准	夹紧方法
1	钳	划两端中心孔线		
2	钳	钻两端中心孔		
3	车	粗车一端外圆	中心孔	
4	车	粗车另一端外圆	中心孔	
5	车	粗车球面	中心孔	
6	车(或镗)	车(镗)通孔	两端外圆	
7	车	精车一端外圆	中心孔	
8	车	精车另一端外圆	中心孔	
9		安装通孔堵盖		
10	车	精车球面	中心孔	
11		珩磨球面	中心孔	
12		拆掉堵盖		

注:由于此种球的通孔垂直于两端轴颈轴线,加工球面时有一定困难。所以,在加工过程中须采取必要的措施,以保证质量。

## 八、马蹄形阀座的典型工艺过程

阀座由内外圆柱面、端面及螺纹面组成,属套类零件。阀座有四种型式。见图 8-3-51。



a)铜密封圈;b)马蹄形阀座;c)带螺纹的阀座;d)环形阀座

图 8-3-51 阀座

根据阀门的用途,其阀座又分为金属阀座和非金属阀座。非金属阀座结构简单,属环形阀座。

马蹄形阀座、见图 8-3-51 所示,通常用于 DN150mm 以下的楔式闸阀。在批量生产中,马蹄形阀座(堆焊形成的密封面)可按如下典型工艺过程,见表 8-3-15。

表 8-3-15 马蹄形阀座的典型工艺过程

序 号	工序名称	工 序 内 容	定 位 基 准	夹 紧 方 法
1	车	粗车大端外圆	外圆表面	
2	车	粗车小端外圆,车内孔	大端外圆	
3	车	车堆焊基面	小端外圆及大外圆端面	
4	焊	堆焊		
5	热处理	热处理		
6	车	粗车密封面(内外圆车好)	小端外圆及大外圆端面	
7	车	精车大端外圆和內孔	小端外圆	
8	车	精车小端外圆		
9	车(或)磨	精车(磨)密封面		

该工艺过程,其密封面部位堆焊前的粗车和堆焊后的加工均在车床上完成。

## 第四章 阀门焊接工艺

### 第一节 金属焊接性概念

金属材料能否进行焊接,焊接之后能否保持材料的原有性能(如强度、塑韧性、耐蚀性等),即金属焊接性问题。

#### 一、金属焊接性的定义

金属焊接性是指金属材料对焊接加工的适应性。主要指在一定的焊接工艺条件下,获得优质焊接接头的难易程度。它包括两方面的内容:其一是结合性能,即在一定焊接工艺条件下,被焊金属形成焊接缺陷(裂纹、夹渣、气孔等)的敏感性;其二是使用性能,即在一定焊接工艺条件下,被焊金属的焊接接头对使用性能要求的适应性。简而言之,焊接性就是指金属材料“好焊不好焊”以及焊成的接头“好用不好用”。

焊接性这两方面的内容有时又称为工艺焊接性和使用焊接性。工艺焊接性是指在一定的工艺条件(包括焊接方法、焊接材料、焊接工艺参数和结构形式等)下焊接时,产生焊接缺陷的倾向性和严重性,在各种焊接工艺缺陷中,以裂纹的危害性最大,产生的原因多而复杂,所以通常将工艺焊接性重点放在分析材料的抗裂性能上;使用焊接性是指焊接接头或整体结构是否满足技术条件所规定的各种使用性能的要求,如常规力学性能、低温韧性、高温蠕变、持久强度、疲劳性能以及耐蚀性和耐磨性能等。

#### 二、金属焊接性的影响因素

焊接性是金属材料的一种工艺性能,它既和材料本身的性质有关,又和工艺条件、结构因素和使用条件密切相关。

##### (一)材料因素

材料本身的化学成分、组织状态和力学性能等对其焊接性起着决定性的作用。比如:铝和钛的化学性质很活泼,容易氧化和烧损,所以它们的焊接比铁要困难得多。两种不同金属材料的焊接,则与它们各自的性能有关,一般说来,理化性能、晶体结构接近的金属材料比较容易实现焊接。

焊接加工后,材料的组织性能变化对其焊接性也有着重大影响。例如:低碳钢焊接时,它的热影响区(HAZ)组织对焊接热输入量不敏感,焊接工艺简单,焊接性好;而中碳调质钢的HAZ组织对焊接热输入量很敏感,过小的热输入量可能造成HAZ的淬硬脆化和冷裂纹,过大的热输入量又可能造成HAZ的过热脆化和软化,所以中碳调质钢焊接时不仅要控制焊接热输入量,而且要采用预热、缓冷等措施,工艺复杂,焊接性差。

应当指出,焊接材料对母材的焊接性也有很大的影响。通过调整焊接材料的成分和变化熔合比,可以在一定程度上改善母材的焊接性。例如:硬铝LY12使用同质焊丝难以焊接,但使用含 $w_{Si}=5\%$ 的SAISi—1铝合金焊丝则可有效地防止结晶裂纹。

## (二)工艺因素

工艺因素包括所采用的焊接方法和焊接工艺规程,如焊接线能量、预热、后热、焊接顺序和焊后热处理等,它们都会影响材料的焊接性。

焊接方法对焊接性的影响主要体现在如下两个方面:即能量密度和保护条件。采用功率密度较大的焊接工艺方法,例如激光焊、电子束焊、等离子弧焊等,可以大大减小 HAZ 的宽度,从而大大减少各种 HAZ 的焊接缺陷,改善金属的焊接性;采用良好的保护方法,更是实现正常焊接过程的必要手段。在氩弧焊发明之前,Al、Ti 等活泼金属的焊接很困难,可是采用保护良好的氩弧焊后,使它们的高质量焊接成为可能。

## (三)结构因素

焊接接头的结构设计直接影响到它的刚度、拘束应力的方向和大小,而这些又影响到焊接接头的各种裂纹倾向。尽量减小焊接接头的刚度,减少交叉焊缝,减少各种造成应力集中的因素是改善焊接性的重要措施之一。

## (四)使用条件

焊接接头所承受载荷的性质和工作温度的高低、工作介质的腐蚀性等均属于使用条件,使用条件的苛刻程度也必然影响到金属材料的焊接性。

焊接接头在高温下工作,必须考虑到某些合金元素的扩散和整个结构的蠕变问题;在低温下工作或承受冲击的焊接接头要考虑脆性断裂的可能性;在腐蚀介质中工作的焊接接头要考虑各种腐蚀破坏的可能性。总之,使用条件越苛刻,对焊接接头的质量要求越高,焊接性也就越难保证。

综上所述,金属焊接性与材料、工艺、结构和使用条件等因素都有密切的关系,是一个相对的概念,所以不应脱离这些因素而单纯从材料本身的性能来评价焊接性。很难找到一项技术指标就可以概括金属材料的焊接性,只能通过多方面的研究对其进行综合评定。

## 三、金属焊接性评定方法

影响金属焊接性因素是多方面的,因此新材料、结构或工艺方法在正式使用之前,均要进行焊接性评定,估计在焊接过程中可能存在的问题,由此制订出最佳的焊接工艺,以获得优质焊接接头。评定焊接性方法很多,从内容来看,都是从工艺焊接性和使用焊接性两方面进行评价。

### (一)工艺焊接性评定

主要是评定形成焊接缺陷的敏感性,特别是裂纹倾向,可分为直接法和间接性两大类。

1.直接模拟试验 它是按照实际焊接条件,通过焊接过程观察是否发生某种焊接缺陷或发生缺陷的程度,来直观地评价焊接性的优劣。主要有:焊接冷裂纹试验、热裂纹试验、再热裂纹试验,层状撕裂试验、应力腐蚀试验、脆性断裂试验等。

2.间接推算法 这类评定方法一般不需要焊出焊缝,而是根据材料的化学成分、金相组织、力学性能之间关系,联系焊接热循环过程评定焊接性优劣。主要有:各类抗裂性判据、焊接 SHC-CT 图、焊接热—应力模拟等。

### (二)使用焊接性评定

这类焊接性评定方法最为直观,它是将实际焊接的接头甚至产品在使用条件下进行各方面的性能试验,以试验结果评定其焊接性。主要方法有:常规力学性能试验、高温力学性能试验、低温脆性试验、耐腐蚀及耐磨性试验、疲劳试验等;直接用产品作的试验有水压试验、爆破试验等。

## 第二节 合金结构钢及铸铁的焊接方法

### 一、合金结构钢的焊接方法

#### (一)合金结构钢的分类

合金结构钢是在普通碳素钢的基础上添加某些合金元素,以满足各种工作条件和性能等要求的钢种。用于焊接的合金结构钢通常分为如下两大类。

##### 1. 强度用钢

强度用钢也称高强钢,其屈服强度不低于 1290MPa,抗拉强度不低于 440MPa。按照屈服点的高低及热处理状态,强度用钢又可分为热轧正火钢、低碳调质钢和中碳调质钢三种。热轧正火钢属于非热处理强化钢,一般在热轧或正火状态下供货,主要靠团溶强化、增加珠光体的相对量、细化晶粒及沉淀强化来保证强度。低碳调质钢是依靠淬火、高温回火热处理工艺(调质处理)来强化的优质合金结构钢,其含碳量一般  $w_c < 0.25\%$ ,有强度高、塑韧性好,可直接在调质状态下进行焊接等特点。中碳调质钢的含碳量高  $w_c > 0.3\%$ ,屈服强度可达 880MPa 以上,也是热处理强化钢。调质处理后具有很高的强度和硬度,而韧性低,因此焊接性较差。

##### 2. 特殊用钢

按使用的环境条件或使用性能的要求可分为珠光体耐热钢、低合金耐蚀钢和低温钢三种。珠光体耐热钢的  $w_c \leq 5\%$ ,以铬和钼为基的亚共析钢。它具有良好的热强性和热稳定性。其特殊点是在高达 500~600℃ 的温度下仍具有一定的强度和抗氧化性能。主要用于制造热动力设备和石油化工设备中的高温构件。低合金耐蚀钢包括用于石油化工设备的含铝耐蚀钢和用于耐海水或大气腐蚀的含磷、铜耐蚀钢。这类钢除了满足综合力学性能外,还要有在相应介质中的耐蚀性。它一般在热轧或正火状态下使用,属于非热处理强化钢。低温钢主要用于在 -40~196℃ 低温工作的设备及结构件,主要要求低温韧性,对强度的要求不高。它通常分为无镍钢和含镍钢两类,一般在正火或正火口火状态下使用,属于非热处理强化钢。

#### (二)合金结构钢的焊接性

##### 1. 钢的成分、组织和性能

(1)热轧、正火钢热轧钢( $\sigma_s = 294 \sim 343\text{MPa}$ )含  $w_c < 0.12\%$  以下,含合金元素总的质量分数不超过 3%,基本上属于 C-Mn 系和 Mn-Si 系,含  $w_{\text{Mn}} \leq 1.8\%$ ,含  $w_{\text{Si}} < 0.6\%$ 。加入 Si、Mn 不仅可固溶强化铁素体,还可使铁-碳相图的共析点向低碳方向移动,从而增加珠光体的相对量,以提高钢的强度。由于冶炼时加入铝作为镇静剂,生成的则可以细化晶粒。因此在室温下可得到细晶粒铁素体加珠光体组织。此类钢一般在热轧状态下使用。

应用最广的热轧钢是 Q345(16Mn),它具有良好的综合性能。在 Q345(16Mn)钢基础上加入少量的 V( $w_v = 0.04\% \sim 0.12\%$ )和 Nb( $w_{\text{Nb}} = 0.015\% \sim 0.05\%$ ),能与钢中的碳和氮形成碳化物,使钢的晶粒进一步细化,并具有沉淀强化作用,进一步改善钢的综合性能,如 Q345(14MnNb)、Q390(15MnV)、390(16MnNb)等。

当钢的强度要进一步提高时( $\sigma_s > 390\text{MPa}$ ),除固溶强化外,必须通过沉淀强度进一步提高钢的强度。因此在热轧钢的基础上再加入某些沉淀强化的合金元素,如 V、Nb、Ti、Mo 等。如 Q390(15MnTi)、Q4120(15MnVN)、14MnMoV、18MnMoNb 均属此类钢。这类钢一般都要在正火状态下使用。因为在热轧状态下,碳化物和氮化物不能充分析出,分布也不均匀,只有在正火状态下才能充分发挥沉淀强化的效果,因而统称正火钢。

对含  $M_o$  钢,正火后还须进行回火才能具有良好的塑性和韧性。这是因为:含  $M_o$  钢在正火状态下的组织为上贝氏体和少量铁素体,因此必须回火后才能保证获得良好的综合性能。典型热轧钢和正火钢的化学成分及力学性能见表 8-4-1。

微合金控轧钢是以微合金化(加微量的 Nb、V、Ti)和控制轧制等新技术获得细晶等轴铁素体基体及高度弥散的碳化物的钢种。这类钢在轧制状态下就具有较高的强度,塑韧性和良好的焊接性,主要用于制造石油和天然气的输油管线,如 X60、X65 和 X70。

(2)低碳调质钢 当钢的强度要求进一步提高时,单靠固溶强化、沉淀强化已达到不到强度水平,而且强度越大,钢材的塑性和韧性严重降低。因此,屈服强度  $\sigma_s = 490 \sim 980\text{MPa}$  的高强钢必须通过淬火、高温回火的调质处理进行强化并获得良好综合性能。

低碳调质钢一般  $w_c \leq 0.22\%$ ,添加一些提高钢的淬透性和马氏体回火稳定性的元素如 Mn、Cr、Ni、Si、V、Mo、Ti、Nb、B 等,可推迟珠光体和贝氏体的转变,使产生马氏体转变的临界冷却速率降低,从而提高淬透性和抗回火性。由于含碳量低,淬火后得到低碳马氏体,并且会发生自回火现象,脆性倾向小,因而焊接性很好。焊前母材即使是调质状态,焊后也可以不经热处理直接使用。

国外研制的低碳调质钢一般都加入 Ni 和 Cr 为主要合金元素。强度级别越高,含 Ni 量也越高。元素 Cr 的上限为  $w_{Cr} = 1.6\%$ 。如用于工程结构、压力容器的 T-1 钢,用于舰艇外壳的 HY-80,以及宇航业的 HY-130、HP9-4-20 等。

(3)中碳调质钢 当屈服强度要求高于  $880\text{MPa}$  时,必须增加  $w_c$  达  $0.125\% \sim 0.45\%$ ,并进行淬火加回火处理。淬火后得到马氏体组织,经高温回火或低温回火分别可得到回火索氏体或回火马氏体。

焊接用的中碳调质钢的合金系统主要有 Cr-Mo 系、Cr-Ni-Mo 系和 Cr、Mn-Si 系、合金元素总的质量分数约  $3\% \sim 7\%$ 。

中碳调质钢,由于碳和其他合金元素含量比低碳调质钢高,铁素体的固溶强化和合金渗碳体的弥散强化效果较显著,因此同为回火索氏体组织,强度可达更高水平。30CrMnSiA 是典型的 Cr-Mn-Si 系中碳调质钢,应用较广。其  $w_c = 0.28\% \sim 0.35\%$ ,属亚共析钢,通过淬火加高温回火可得到回火索氏体组织,  $\sigma_s$  不低于  $833\text{MPa}$ ,抗拉强度高不低于  $1078\text{MPa}$ ,冲击韧度不低于  $49\text{J}/\text{cm}^2$  叶,因此广泛用于飞机的重要构件和高压鼓风机叶片、阀门等。该钢具有回火脆性倾向,因此选择回火温度时必须避免第一类回火脆性的温度范围( $30 \sim 400^\circ\text{C}$ ),通常选择  $200 \sim 1260^\circ\text{C}$  回火。为避免第二类回火脆性,温回火时必须快冷(水冷、油冷)。

35CrMoA 和 35CrMoVA 是 Cr-Mo 系中碳调质钢,它具有一定热强性,可用于汽轮机的叶轮、主轴和转子等。

40CrNiMoA 钢和国外的 4340 钢均属 Cr-Ni-Mo 系。由于加入 Ni 和 Mo,提高了钢的淬透性和回火能力,因此具有良好的综合性能,主要用于飞机起落架、火箭发动机壳体、燃轮机轴等。典型低碳调质钢的化学成分和性能以及典型的中碳调质钢的成分及性能,读者可参阅有关金属材料手册。

## 2. 高强钢的焊接性分析

高强钢焊接性的主要问题有:结晶裂纹、液化裂纹、冷裂纹、再热裂纹及热影响区的性能变化等。

(1)结晶裂纹 焊缝中的结晶裂纹是在焊接凝固后期,由于低熔点共晶在晶界形成液态薄膜,在抗伸应力作用下沿晶界开裂而形成的。它的产生与焊缝中的杂质(如硫、磷、碳等)含量有关。这些杂质均为促使结晶裂纹产生的元素,应严格加以控制。锰具有脱硫作用,从而可提高焊

表 8-4-1 典型热轧钢及正火钢的化学成分和力学性能

钢 号	化学成分(质量分数)(%)							
	C	Mn	Si	V	Mo	Nb	Ti	N
09MnV	≤0.12	0.8~1.2	0.2~0.6	0.04~0.12				
09MnNb	≤0.12	0.8~1.2	0.2~0.6			0.015~0.050		
14MnNb	0.12~0.18	0.8~1.2	0.2~0.6			0.015~0.050		
16Mn	0.12~0.20	1.2~1.6	0.2~0.6					
15MnV	0.12~0.18	1.0~1.6	0.2~0.6	0.04~0.12				
15MnTi	0.12~0.18	1.2~1.6	0.2~0.6				0.12~0.20	
15MnVN	0.12~0.20	1.2~1.7	0.2~0.5	0.16~0.25				0.014~0.022
14MnMoV	0.10~0.18	1.2~1.6	0.2~0.5	0.05~0.15	0.4~0.65			
18MnMoNb	0.17~0.23	1.35~1.65	0.17~0.37		0.45~0.65			
14MnMoVBRé	0.10~0.16	1.1~1.7	0.17~0.37	0.04~0.10	0.30~0.60	稀土 0.15~0.20		B 0.0015~0.006
18Mn2CrMoBA	0.16~0.21	1.6~1.9	≤0.30	Cr 1.00~1.30	0.45~0.60			B 0.001~0.004
钢 号	热处 理 状 态	力学性能						
		$\sigma_s$ /MPa	$\sigma_b$ /MPa	$\delta$ (%)	$a_k$ /J·cm <sup>-2</sup>			
09MnV	热 轧	≥294	≥431	≥22	≥59			
09MnNb	热 轧	≥294	≥412	≥22	≥59			
14MnNb	热 轧	≥343	≥490	≥20	≥59			
16Mn	热 轧	≥343	≥490	≥21	≥59			
15MnV	热 轧	≥392	≥529	≥18	≥59			
15MnTi	正 火	≥392	≥529	≥19	≥69			
15MnVN	正 火	≥441	≥588	≥17	≥59			
14MnMoV	正火+回火	≥490	≥637	≥16	≥69			
18MnMoNb	正火+回火	≥490	≥637	≥16	≥69			
14MnMoVBRé	正火+回火	≥490	≥637	≥16	≥59			
18Mn2CrMoBA	正火+回火	≥833	≥1078	≥10	≥69			

缝的抗结晶裂纹性。为了防止硫引起的结晶裂纹,随含碳量的增加, $Mn/S$ 的比值也随之增加。 $w_C \leq 0.1\%$   $Mn/S \geq 22\%$ ;  $w_C = 0.11\% \sim 0.125\%$ 时,  $Mn/S \geq 30$ ;  $w_C = 0.126\% \sim 0.155\%$ 时,  $Mn/S \geq 59$ 。

热轧正火钢的含碳量较低,而且钢中的  $Mn/S$  比值一般都能满足抗裂要求。因此,在母材成分符合标准,焊接材料及工艺参数选择恰当的情况下,一般不会出现结晶裂纹。但如母材的含碳量偏高,焊缝的硫、磷含量控制不严,也可能引起结晶裂纹。在这种情况下,必须从工艺上来采取措施,例如通过选择含碳、硫、磷低的焊接材料,并减小熔合比。

低碳调质钢含碳量较低,并严格控制了硫、磷等杂质,所以这类钢的结晶裂纹的敏感性较小。

中碳调质钢的含碳量及合金元素的较高,结晶区较宽,会引起较大的偏析,因此,这类钢具有较大的结晶裂纹倾向,尤其在焊接弧坑及焊缝凹陷部位更易形成结晶裂纹。为了提高焊缝的抗裂性,应尽量选择含碳低,硫、磷杂质少的焊接材料,工艺上要注意填满弧坑和保证焊缝具有良好的成形。

(2)液化裂纹 焊接热影响区液化裂纹是在多层焊情况下,由于焊接热循环作用,近缝区金属晶界的低熔共晶发生局部熔化,在拉伸应力下而产生的。

在一般的低合金高强钢中,液化裂纹的敏感性主要取决于  $Mn/S$  比和含碳量。此外,在高镍低锰的高强钢中,液化裂纹倾向不容忽视。如 10CrNi 4MoV、HY-80 钢等。但钢中含碳、硫很低,且有很高的  $Mn/S$  比,因此,它对液化裂纹并不敏感。

除了从成分上控制 C、S 的含量,保证有足够的  $Mn/S$  比,此外,还必须注意工艺因素的影响。实践证明,液化裂纹倾向随焊接热输入的增加而增大。一般液化裂纹常出现在高焊条焊接时(如埋弧焊)。焊条电弧焊时,只有对液化裂纹敏感性很大的母材中才会出现。此外,熔池的形状对液化裂纹的敏感性也有关,如焊缝呈蘑菇形,则在凹进部位过热更为严重,很容易出液化裂纹。

(3)冷裂纹 高强钢焊接时,冷裂纹是最常见的缺陷,随着钢种强度级别的提高,产生冷裂纹的倾向越大。产生冷裂纹的主要因素是:焊缝中的扩散氢含量、接头的拘束程度以及金属的淬硬组织。

在低合金高强钢中,热轧钢的淬硬倾向最小。只有在快冷条件下才可能出现冷裂纹随着强度级别的提高,淬硬倾向逐渐增大。如强度较高的热轧钢, Q390(15MnV)钢,焊接时一般要求预热,才能防止冷裂纹。

正火钢中合金元素含量较多,强度级别也较高,冷裂纹倾向不尽相同。例如,强度级别较低的 Q390(15MnTi)与 Q390(15MnV)热轧钢性能相近,冷裂纹倾向不大。但强度级别高的正火钢,如 18MnMoNb,由于含碳量稍高,合金元素也较多,焊接热影响区较易产生硬脆的贝氏体和马氏体组织,冷裂纹敏感性增大。因此,正火钢应根据钢种的成分及焊件的拘束条件,采取相应的工艺措施预防冷裂纹的产生。

低碳调质钢是一种热处理强化钢,由于钢中加入了多种合金元素,因此淬透性较大,焊接时热影响区较易得到马氏体或贝氏体组织。但由于钢中的含碳量低,所以得到的是低碳马氏体组织。而低碳马氏体的开始转变温度  $M_s$  点较高(约  $390^\circ\text{C}$ ),若在  $M_s$  点附近冷速较慢,可以使生成的  $M_s$  来得及进行一次“自回火”过程,形成韧性较好的回火马氏体,即可避免产生冷裂纹。但是若在  $M_s$  点附近的冷却速度很快,来不及“自回火”,则冷裂纹倾向就会增大。因此,低碳调质钢虽焊接冷裂纹敏感性较大,但只要配合合理的工艺,冷裂纹是可以避免的。

中碳调质钢的含碳量较高,合金元素较多,故具有明显的淬硬倾向,因而冷裂纹敏感性较大。而中碳调质钢的马氏体转变温度较低,难以产生“自回火”效应,同时由于马氏体中含碳量较高,碳的过饱和程度大,点阵畸变也更严重,硬度和脆性更大,对冷裂纹就更为敏感。因此,为防止中

碳调质钢的焊接冷裂纹,焊接时必须预热,并在焊后要及时进行回火处理。

(4)再热裂纹 不少低合金高强钢的构件要求在焊后进行消除应力处理,以减小脆性破坏倾向,降低焊接应力。但在消除应力处理过程中,含有沉淀强化相元素如:Cr、Mo、V、Nb等钢就有可能在热影响区的粗晶区产生再热裂纹。因此,在焊接含有沉淀化元素的钢时,必须采取措施以防再热裂纹,如提高预热温度、选择合适的焊接规范、减少焊接残余应力等。

(5)层状撕裂 层状撕裂常发生于厚板结构中正向拘束应力大的角接接头、T形、十字形接头中。层状撕裂产生主要是由于母材中冶炼及轧制过程中,在板层状厚方向上形成非金属夹杂物,这些层状非金属夹杂物在焊接的正向拘束应力作用下发生开裂而形成的。因此对于厚板结构钢( $\delta \geq 20\text{mm}$ )要检测母材成分中含硫量及进行二向拉伸试验的断面收缩率测定,判断正向的塑性。并从结构设计和工艺方面采取措施,如改变接头形式、预堆软质焊道、采用低氢型焊条等。

(6)热影响区脆化 焊接热影响区可分为熔合区、过热区、重结晶区和不完全重结晶区。在这四个区,除重结晶区由于晶粒细小,具有较好的综合力学性能外,不重结晶区、过热区及熔合区的脆化严重。不同种类的钢,引起热影响区的脆化原因也不同。

①热轧钢 热轧钢过热区的脆化原因与含碳量有关。当含碳量偏低时,如采用大热输入焊接,由于过热区的奥氏体晶粒粗大,冷却时会形成粗大的魏氏组织而发生脆化。而采用小热输入时,可避免减小晶粒粗化现象,并且由于含碳量偏低,即使快冷形成的马氏体也是韧性好的低碳马氏体,可避免热影响区脆化。当含碳量偏高时( $w_C \geq 0.12\%$ ),大的热输入会形成魏氏组织脆化,小的热输入会形成淬硬马氏体而发生脆化。

②正火钢 正火钢的强化方式是固溶强化加沉淀强化。在焊接热循环作用下,近缝区加热温度高,母材中沉淀相如:TiC、VC、VN等将溶入奥氏体中,沉淀相的钉扎晶界作用消失,奥氏体晶粒显著粗化。在冷却过程中,由于Ti、V扩散能力很低,来不及充分析出,而固溶在铁素体硬度升高,韧性下降。如图8-4-1母材中Ti量越高,脆化越严重。并且,当含Ti量一定时,随热输入的增大,高温停留时间越长,Ti的溶解越充分,铁素体脆化越严重,如图8-4-2所示。

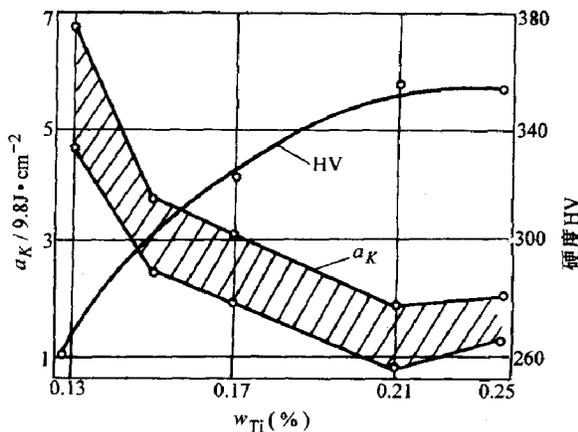


图 8-4-1 15MnTi 钢过热区 -40°C 冲击韧度、铁素体显微硬度与含 Ti 量的关系

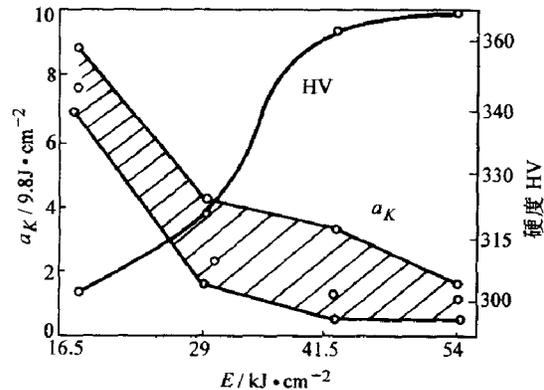


图 8-4-2 15MnTi 钢过热区冲击韧度、铁素体显微硬度与焊接热输入的关系

③低碳调质钢 低碳调质钢的  $w_C \leq 0.18\%$ ,合金化原理是通过提高淬透性来保证获得高强度和高韧性的低碳马氏体和下贝氏体,所以强度高、韧性好。但当冷却速度不当时,热影响区也会发生脆化,如图8-4-3所示,当冷却时间  $t_{8,5}$  增加时,韧性降低,脆性增大,其原因除奥氏体晶粒粗化引起脆化外,主要是由于形成上贝氏体 M-A 组元而引起的。

④中碳调质钢中碳调质钢由于含碳量较高( $w_C = 0.25\% \sim 0.45\%$ )合金元素较多,有相当大的淬硬性,因而过热区很容易形成脆硬高碳马氏体,冷速越大,生成的高碳马氏体越多,脆化严重。因此,为了减小脆化,应尽量减慢冷速,但如果采用高热输入来降低冷速时,不但不能避免马氏体的产生,而且由于热输入增大,近缝区晶粒粗化,形成粗大的马氏体使过热区脆化更为严重。为此,一般采用预热、缓冷及合适的热输入来降低过热区脆化程度。

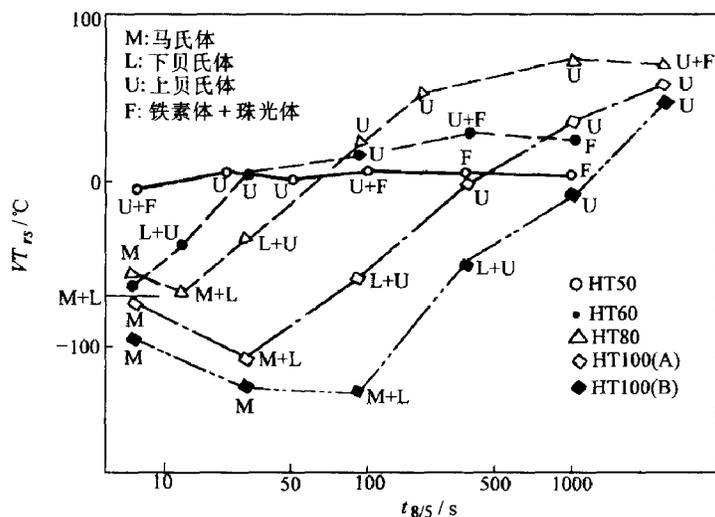


图 8-4-3 几种高强钢的模拟热影响区脆性转变温度与  $t_{8/5}$  之间的关系

(7)热影响区的软化焊接调质钢时,在  $A_{c1}$  温度以下,热影响区中加热的峰值温度超过母材调质处理时的回火温度就会出现软化现象,软化程度大小与焊前母材的回头温度有关。母材调质时,回头温度越低,软化区就越宽,软化越严重。如焊前母材为退火状态,就不存在软化问题。热影响区软化程度还与热输入和预热温度有关,热输入越大,预热温度越高,其软化程度越大。对低质钢,采用小热输入既可减轻软化程度又有利于防止脆化。但对中碳调质钢用小热输入可减小过热区脆化,但同时要注意过热区的脆化和冷裂纹问题。

### 3. 高强钢的焊接工艺

焊接工艺包括焊接方法和焊接材料的选择、焊接规范的确定、热处理工制定及焊接装配、焊接顺序的制定。合理的焊接工艺对保证产品质量,提高效率,降低成本有重要意义。

(1)闷热轧及正火钢的焊接工艺热轧正火钢有良好的焊接性,只有在焊接工艺不当时会出现接头性能问题。

①焊接方法及工艺参数 热轧、正火钢适合于各种焊接方法,主要根据材料的厚度、产品结构、焊缝位置和具体施工条件而定。通常可采用焊条电弧焊、埋弧焊、二氧化碳气体保护焊和电渣焊等方法进行焊接。为避免过热区脆化,宜选用小热输入。在焊接厚大工件、母材合金元素较多的钢种时,可采用偏小热输入及预热措施,控制层间温度以防止产生裂纹。

②焊接材料的选择 选择焊接材料的目的是有两个:一是避免焊缝出现各种缺陷,二是和母材匹配的力学性能。由于焊缝结晶的特殊性,其化学成分通常与母材不完全相同。

采用焊条电弧焊时,可以选择强度级别和母材相对应的焊条,也就是根据母材的  $\sigma_b$  对应来选择。焊接强度较低,裂纹倾向不大的热轧钢可以选工艺性能好的钛钙型焊条,也可选低氢型焊条。对强度级别高的钢,一般应选择低氢型焊条。

采用埋弧焊时,对强度级别不大,接头厚度不大的热轧、正火钢,可选择高硅高锰焊剂,如 HJ431 配合相应焊丝(不含或含少量锰、硅焊丝)。对钢的强度级别较高,或接头厚度较大的接头,应选择中硅焊剂如 HJ350、HJ1250。并配合含 Mn 合金焊丝,以保证足够的强度。热轧、正火钢常用的焊接方法及焊接材料如表 8-4-2。

表 8-4-2 热轧钢和正火钢常用的焊接材料示例

强度等级 /MPa		钢 号	焊条 电弧 焊	埋 弧 焊		埋 弧 焊		CO <sub>2</sub> 保护焊
				焊 丝	焊剂	焊 丝	焊剂	焊 丝
$\sigma_s$	$\sigma_b$							
294	412	09Mn2	J422	H08A H08MnA	HJ431			H10MnSi H08Mn2Si
		09Mn2Si	J423					
		09MnV	J426					
			J427					
343	490	16Mn 14MnNb		不开坡口对接 H08A	HJ431	H08MnMoA	HJ431 HJ360	H08Mn2Si
			J502	中板开坡口对接 H08Mn2				
			J503	H10Mn2				
			506	H10MnSi				
			507	厚板深坡口 H10Mn2	HJ350			
393	529	15MnV 15MnTi 16VnNb		不开坡口对接 H08MnA	HJ431	H08Mn2MoVA	HJ431 HJ360	H08Mn2Si
			J502	中板开坡口 H08Mn2				
			J503	H10MnSi				
			J506	H08MnSi				
			J507	厚板深坡口 H08MnMoA	HJ350			
			J556		HJ250			
J557								
442	588	15MnVA	J606	H08MnMoA H04MnVTiA	HJ431 HJ350	H10Mn2MoVA	HJ431 HJ360	
		15MnVTiRe	J557					
			J606					
			J607					
491	637	14MnMoV	J606	H08Mn2MoA H08Mn2MoVA	HJ250 HJ350	H10Mn2MoA H10Mn2MoVA	HJ431 HJ360 HJ350 HJ250	
		18MnMoNb	J607					
			J707					
			J707 铌					

③焊接接头热处理 热轧钢焊接头可以在焊态下使用,不必进行焊后热处理,正火钢的焊接接头焊接后应及时进行消除应力处理,以防止裂纹。电渣焊接头的焊缝和热影响区存在严重魏氏组织,通常均需要经过正火、回火处理,以细化组织。对含 Mo、V 的焊接接头进行消除应力处理时,要防止再热裂纹的形成,要确定合适的回火热处理规范。

(2)低碳调质钢的焊接工艺 低碳调质钢焊接性主要问题是冷裂纹、热影响区组织脆化及软化。

①焊接方法及工艺参数的选择 低碳调质钢在调质状态下焊接时,选择焊接方法和参数的原则是一方面尽可能降低热影响的脆化、软化及液化裂纹的产生;另一方面需在防止冷裂纹的产生。因此,为了减小热影响区的脆化、软化及液化裂纹产生,应选择能量密度高,热源集中的焊接方法,如钨极和熔化极气体保护焊。如选择焊条电弧焊和埋弧焊方式,其焊接热输入应偏小些。为防止冷裂纹产生,尤其延迟裂纹,还需控制接头中,原含氢量和采取预热、控制多层焊缝层间温度等措施。

②焊接材料的选择 由于低碳调质钢焊后一般不再进行热处理,因此选择焊接材料时,必须使焊缝的性能接近于母材。焊条电弧焊时选用低氢型焊条,埋弧焊时应选择中硅焊剂。

③焊后热处理 正常情况下,低碳调质钢焊后不必再进行热处理。对于电渣焊接头或热输入较大的埋弧焊接头,为消除应力、改善组织和性能,焊后应进行调质处理。

(3)中碳调质钢的焊接工艺中碳调质钢含碳量较高,合金元素较多,淬硬倾向严重。焊接这类钢的主要问题是焊缝的热裂纹,过热区的冷裂纹及热影响区的脆化。此类钢一般在退火状态下进行焊接,焊后整体进行调质处理。此种情况下,一般常用的焊接方法均能适用。在选择焊接材料时,要保证焊缝和母材调质处理后具有相同的性能,并严格控制焊缝中的杂质及有害元素(如 C、Si、S、P 等)。

为防止冷裂纹,热输入不能太大,提高预热温度、层间温度,焊后及时进行调质处理。如不能及时调质处理,可及时进行一次中间退火或回火。

必须在调质状态下焊接时,焊接主要问题是防止冷裂纹和避免接头软化。首先,必须正确选择预热温度及焊后及时回火处理,以消除过热区碎硬组织,预热和层间温度及焊后回火温度均应比母材的回火温度低  $50^{\circ}\text{C}$  以下。其次,为减少热影响区的软化,应采用热源集中,能量密度大的焊接热源,而且以小热输入量为宜。最好采用氩弧焊。

#### 4. 特殊用钢的焊接性

(1)珠光体耐热钢的焊接 珠光体耐热钢是以 Cr-Mo 为基的低中合金钢,其合金总量  $w_{\text{总}} \leq 5\%$ ,属亚共析钢,在  $600^{\circ}\text{C}$  以下具有很好的抗氧化性和热强性,并具有一定抗硫腐蚀性能和抗氢腐蚀性能。

珠光体耐热钢一般在正火回火或碎火回火状态下焊接,在热影响区中会出现硬化和软化现象。此外,还有冷裂纹和再热裂纹倾向。

目前珠光体耐热钢常采用的方法有:焊条电弧焊、埋弧焊、电渣焊等方法,有时还用  $\text{CO}_2$  气体保护焊。采用焊条电弧焊时,一般用钼和铬钼耐热钢焊条,这样可保证焊缝的合金系统和性能与母材保持一致。埋弧焊焊丝的选择原则与焊条电弧焊时相同,常用低锰中硅 HJ1250 或中锰中硅 HJ350 配 H08CrMoA、H10CrMo、H08CrMoVA 等焊丝。

为了减少软化区,改善热强性,并同时考虑到冷裂倾向,尽可能选择小热输入和预热的方法。

低温钢的焊接低温钢主要用于工作温度在  $-40 \sim -196^{\circ}\text{C}$  时用钢。其重要的力学性能是满足低温工作下的缺口韧性。影响低温韧性的因素有化学成分。显微组织、晶粒度和热处理状态。碳、硫、磷等元素是增大钢的脆性有害元素,因此低温钢中  $w_{\text{C}} \leq 0.12\%$ ,并需严格控制硫、磷含量。元素锰、镍有利于提高金属的低温韧性。此外,凡是能细化晶粒的合金元素都可改善低温韧性。

低温钢分为无镍钢和含镍钢两大类。无镍钢的碳当量和杂质含量均较低,焊接接头一般不会产生裂纹和硬化现象。焊接主要问题是焊缝和近缝区的晶粒粗化而使韧性降低。

焊接材料的选择原则是保持焊缝中有足够的锰和铜,同时还渗入 Mo、W、Nb、V、Ti 等元素,使晶粒细化。对  $w_{\text{Ni}} = 12.5\% \sim 3.5\%$  的低温用钢,焊接材料的成分应与母材相同,另添加 Ti 元素

来细化晶粒,并降低含碳量。加入 Mo 可控制回火脆性。对  $w_{Ni} = 9\%$  的钢属低碳马氏体钢,可采用高 Ni 合金焊丝或 Cr16 ~ Ni13 型的奥氏体钢焊丝,但要注意防止结晶裂纹。

焊接低温钢时希望选择小热输入和快速多道焊工艺,以细化晶粒,提高韧性。

(3)耐蚀钢的焊接分为含铝低合金耐蚀钢和含磷低合金耐蚀钢。

①含铝低合金耐蚀钢的焊接这类钢主要用于石油化工工业,按含铝量和耐蚀性的不同,含铝耐蚀钢可分为三大类:第一类  $w_{Al} \leq 0.5\%$ ,具有抗石油腐蚀性能。第二类。 $w_{Al} \approx 1\%$ ,抗蚀性更好;第三类  $w_{Al} = 12\% \sim 3\%$ ,同时加入 Cr、MO、W、Nb 等元素,在高温高压下具有良好的耐蚀性。第一类含铝钢具有良好的焊接性,第二类、三类钢焊接时主要问题是铝的过渡和近缝区铁素体带脆化问题,因此,对合铝低的耐蚀钢,常选用不含铝的 E5015(J507)、E5515G(J557)钼钒焊条,对含铝较高的耐蚀钢选 Cr-Ni 系焊条和 Mn-Al 系焊条。为防止铁素体带,可采用调整成分的措施。但对合铝较多的钢,调整成分仍无法避免铁素体带,只能采取小热输入和多层多道焊,避免接头过热,减少铁素体带倾向。

②含磷低合金耐蚀钢的焊接在钢中加入 Cu、P 可提高钢耐大气及海水腐蚀性能。如我国常用 09MnCuPTi、09CuPCrNi 等。由于这类钢的碳当量很低,焊接冷裂纹敏感性小。但铜、磷在焊接接头的半熔化区晶界偏析可能增加脆化和液化裂纹倾向,所以宜选用热输入较小焊接参数。

## 二、铸铁焊接方法简介

### (一)电弧热焊

电弧热焊主要适合于厚度大于 10mm 以上的工件补焊。将工件整体或有缺陷的局部位置预热到 600 ~ 700℃,然后进行焊补,焊后缓冷的工艺称为“热焊”。工件预热到 600 ~ 700℃时,不仅有效地减少了焊接接头的温差,而且使铸铁有一定的塑性,其伸长率可达 12% ~ 3%,再加以焊后缓冷,可使石墨化过程进行比较充分,有利于消除白口及防止淬硬组织的产生,从而有效地防止裂纹的产生。

我国目前采用电弧热焊焊条有两种:一种为  $\phi 6\text{mm}$  以上的铸铁芯加石墨药皮(Z248);另一种是  $\phi 5\text{mm}$  以下钢芯加石墨型药皮(铸 208)。热焊时采用大直径铸铁芯焊条,配合大电流可加快补焊速度,缩短工人劳动时间,因而受到工人人们的喜欢。但铸铁芯焊条制造工艺复杂,成本较高。国外目前发展了多根药芯焊丝的半自动焊工艺,其焊丝熔化量可达 30kg/h,大大提高了电弧热焊的生产率。

### (二)电弧冷焊

为了改善工人劳动条件,降低成本,提高补焊效率,研究工作者又提示了对铸件不预热的方法,即电弧冷焊。

1. 同质焊缝电弧冷焊 用同质焊缝焊首先要解决的是防止焊接接头白口组织及淬硬组织。解决此问题可从两方面看手:一是提高焊缝石墨化能力,即焊缝的  $w_c$  控制在 4.0% ~ 5.5%、 $w_{Si}$  为 3.5% ~ 4.5%时,可有效地防止白口组织。另外,可向焊缝中加入少量的铝、钡、钙,使石墨细化,这些元素含量少时还有一定的促进石墨化能力。二是提高焊接热输入量,如采用大直径焊条,大电流连续焊工艺,以减慢焊接接头冷速。

由于焊缝为灰铁组织,强度低、无塑性,加之采用大电流连续焊工艺,因而焊缝应力状态较严重,故焊补大刚度缺陷时仍易出现焊缝裂纹。但对焊补刚度不大的中、大型缺陷时,可获得满意的结果。

2. 异质焊缝电弧冷焊 异种焊缝是采用异质的焊接材料,用这些焊接材料时,即使焊缝中含碳量较高,由于改变了碳的存在形式,采用小的热输入量焊接,因此也不会出现淬硬组织,且焊缝

还有较高塑性。电弧冷焊常用的焊接材料有：

(1)镍基焊条 采用纯镍、镍铁合金和镍铜合金作为焊芯的焊条。

(2)铜基焊条 钢的塑性优良,含有大量钢的焊缝可松弛焊接应力,减小裂纹倾向。铜与碳不形成碳化物,又是弱石墨化元素,对减少半熔化区的白口组织有一定作用。但铜对电弧的稳定性差,在焊条中加入一定数量的铁,铜铁比为 8:2,这样可使电弧稳定,焊缝致密。常用的有铜芯铁皮焊条、低碳钢芯外缠铜皮焊条等。

(3)高钒焊条 高钒铸铁焊条以 H08 为焊芯,在药皮中加入适量的钒铁,钒是强烈碳化物形成元素,钒在焊缝中与碳形成细小弥散分布的碳化钒。钒是铁素体形成元素,余下的钒将溶于铁素体中,形成合金铁素体。焊缝组织为铁素体基体加弥散的碳化钒组织。

### (三)气焊

气焊由于火焰温度较低  $< 3400^{\circ}\text{C}$ ,热量不集中,很适合于薄壁件的补焊。而且气焊时,由于温度低,加热时间长,加热面积大,冷速较慢,有利于石墨化过程的进行,焊缝易得到灰铸铁组织,而焊接热影响区也不易产生白口及淬硬组织。但由于气焊加热时间长,工件受热面积较大,焊接热应力较大,因而补焊刚度较大缺陷时,比热焊更易产生冷裂纹,所以一般气焊主要适用于刚度小的薄壁件的缺陷补焊。铸铁气焊的焊丝成分见表 8-4-3。

表 8-4-3 铸铁气焊的焊丝的成分

序号	焊丝成分(质量分数)(%)					用途
	C	Si	Mn	S	P	
R <sub>1</sub> C-1	3.2~3.5	2.7~3.0	0.5~0.8	≤0.08	0.15~0.4	热焊
R <sub>2</sub> C-2	3.5~4.5	3.0~3.8	0.5~0.8	≤0.08	0.15~0.4	一般气焊

气焊时宜采用中性焰或弱碳化焰。采用氧化焰焊接铸铁是不恰当的,因为这样会增大熔池中碳、硅的氧化烧损,对焊接质量不利。

## 第三节 焊接应力和变形的形成过程

### 一、内应力与内部变形的基本概念

焊接结构的产生,一种是在自由状态下焊接,另一种是在受拘束的状态下(通过工装夹具的紧固)焊接。不论采用哪一种方式生产,焊接结构在不承受外载的情况下,其内部一般会有应力和变形的存在。为了与外载作用产生的应力相区别,这种应力称为内应力。

#### (一)内应力及产生的原因

1.内应力 在没有外力的条件下平衡于物体内部的应力。其主要特点是在物体内部构成平衡的力学系统,即内力之和与内力矩之和为零。

2.内应力产生的原因 内应力产生的原因可用金属框架模型予以说明。如图 8-4-4 所示金属框架,若去给框架的中心杆件加热,两边的杆件温度保持不变,中心杆件由于温度上升而伸长,但它会受到两边杆件的约束不能自由伸长。因此中心杆件受压而产生压应力。两边杆件受到中心杆件的反作用受拉而产生拉应力。这种应力是没有外力作用下产生的,且拉应力和压应力在框架中相互平衡,这就是内应力产生的原因。

判断结构中的应力是否是内应力,与所选取的研究对象有关。如果研究对象是中心杆件而

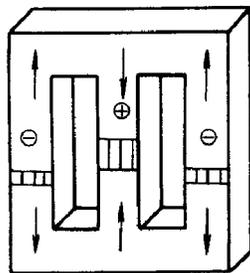


图 8-4-4 金属框架模型

不是整个框架,那么中心杆件中的应力是由周围的金属框架对其约束而产生的,因此中心杆件中的应力不属于内应力。

内应力产生的原因很多,如焊接、轧制、铸造和锻压等热加工过程;剪切、弯曲、磨削等冷加工过程和其他的机械加工过程。

3. 内应力的分类 内应力按照其分布的尺度范围可分为三类:

(1) 第一类内应力 也称为宏观内应力,其分布范围较大,与物体尺寸大小相当,是主要的研究对象。

(2) 第二类内应力 也称为微观内应力。内应力在其微观(一个或几个晶粒)范围内平衡。这种应力主要因金相组织的变化而引起。

(3) 第三类内应力 也称为超微观内应力。内应力在其超微观(金属晶格)范围内平衡。

另外,根据内应力的存在方式又可分为:瞬时内应力和残余内应力。

(二) 内部变形

由于内应力是在没有外力的条件下产生的,因此在研究与内应力对应的变形时,需要将物体产生的变形分成几个部分进行分析。

(1) 自由变形 物体在某些因素(温度等)的作用下,如果没有受到外界的任何阻碍而自由进行的变形称为自由变形。即图 8-4-5a 中的  $\Delta L_T$  部分。

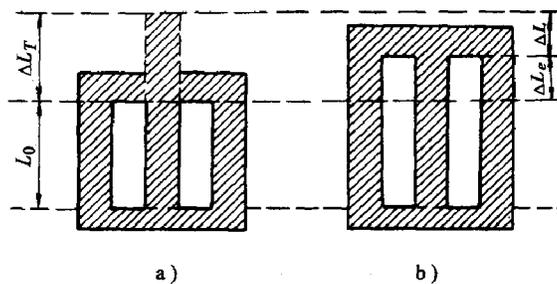


图 8-4-5 自由变形、外观变形和内部变形  
a) 自由变形 b) 外观变形

$$\Delta L_T = a \cdot L_0 (T_1 - T_0)$$

单位长度上的自由变形,称为自由变形率,用  $\epsilon_T$  表示。

$$\epsilon_T = \frac{\Delta L_T}{L_0} = a(T_1 - T_0)a \cdot \Delta T$$

式中  $a$ ——材料的热膨胀系数;

$L_0$ ——杆件的原始长度;

$T_0$ ——杆件的原始温度;

$T_1$ ——杆件加热后温度。

(2)外观变形 体的自由变形受到外界的阻碍而只能部分表现出来的变形部分称为外观变形。即图 8-4-5b 中的  $\Delta L_e$  部分。单位长度上的外观变形称为外观变形率,用  $\epsilon_e$  表示。

$$\epsilon_e = \frac{\Delta L_e}{L_0}$$

(3)内部变形 物体的自由变形受到外界的阻碍而没有表现出来的变形部分称为内部变形。即图 8-4-5b 中的  $\Delta L$  部分。单位长度上的内部变形称为内部变形率,用  $\epsilon$  表示。

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

(4)自由变形、外观变形与内部变形之间的关系 按材料力学的规定,拉伸变形为正,压缩变形为负。从图 8-4-5b 中可以看出:

$$\Delta L = -(\Delta L_T - \Delta L_e) = \Delta L_e - \Delta L_T$$

$$\epsilon = \epsilon_e - \epsilon_T$$

(三)内应力与内部变形间的关系

由上面的分析可知,与内应力对应的变形部分是内部变形。在弹性范围内内应力与内部变形满足虎克定律,即:

$$\sigma = E \cdot \epsilon = E(\epsilon_e - \epsilon_T)$$

## 二、热循环中的应力与变形的演变过程

前面的金属框架模型,只分析了加热和冷却这两种静止状态下的应力与变形的分布情况,为了分析即时应力与变形的分布情况,下面以受拘束金属杆件的模型,来分析在热循环过程中应力与变形的演变过程。

为了分析简便,设金属杆件为单位长度的低碳钢棒,固定在绝热的刚性壁之间。经历均匀加热然后均匀冷却至原始温度的热循环。假定在热循环过程中低碳钢的热膨胀系数为常数,低碳钢的屈服应变在  $500^\circ\text{C}$  以下为常数,在  $500 \sim 600^\circ\text{C}$  范围内近似为温度的线性函数。下面分以下几种情况进行讨论。

(一)内部应变小于屈服应变( $|\epsilon| < \epsilon_s$ )。

如图 8-4-6,在整个热循环过程中金属棒被刚性固定,外观变形量  $\epsilon_e = 0$ ,内部变形量  $\epsilon = \epsilon_e - \epsilon_T$ 。

在  $0 \sim t_1$  间:随着温度上升,压缩的内部变形量不断增加,压应力不断上升。

在  $t_1$  时刻:温度达到最大值,内部变形和压应力也达到最大值。

在  $t_1 \sim t_2$  间:温度逐渐降低,内部变形不断减小,压应力不断下降。

在  $t_2$  时刻:温度恢复到原始值,内部变形降为零,压应力为零。

在此情况下经历了一次热循环以后,金属棒内部不会出现残余变形和残余应力。变形和应

力的大小随时间而变化,变形和应力是瞬时性的。

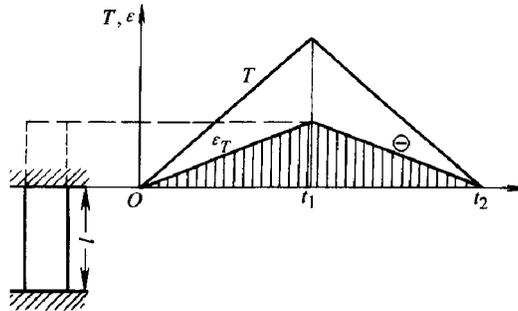


图 8-4-6 受拘束低碳钢棒加热及冷却过程中的应力变形  $|\epsilon| < \epsilon_s$

(二)内部应变大于屈服应变( $|\epsilon| > \epsilon_s$ ),  $T_{max} < 500^\circ\text{C}$

在  $0 \sim t_1$  间:分析同上。

在  $t_2$  时刻:应变达到屈服应变即最大弹性应变  $\epsilon_s$ ,应力达  $\sigma_s$  屈服点。(见图 8-4-7)

在  $t_1 \sim t_2$  间:温度继续升弹性变形量和应力值维持不变而继续增加的变形量为压缩,变形量。此阶段,内部变形弹性变形和塑性变形两部分组成。

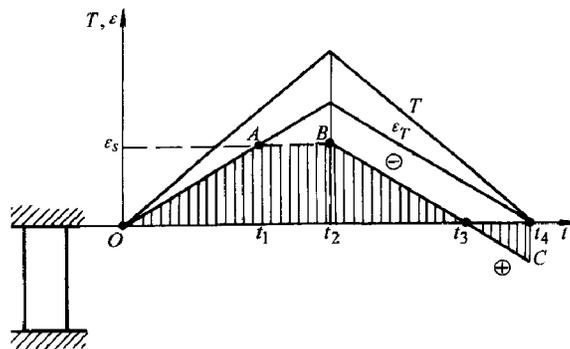


图 8-4-7 受拘束低碳钢棒加热及冷却过程的应力和变形  $|\epsilon| < \epsilon_s$

在  $t_{时}$  时刻:温度达到了最大压缩塑性变形量也达到最大值。

如果此时解除对杆件的约束,杆件因压缩弹性变形的释放而伸长,端面将伸点到 A 的位置。而压缩塑性变形是不可恢复的变形部分,保留在杆件中。

在  $t_3 \sim t_4$  间:从  $t_2$  时刻开始,温度下降,杆件的端面以 B 点为起点开始收缩弹性变形量不断减少,压应力也不断的降低。

在  $t_3$  时刻:弹性变形量降低到零,压应力也降低到零。如果此时解除对杆件的约束,杆件既不伸长也不会缩短。

在  $t_3 \sim t_4$  间:从  $t_3$  时刻开始,随着温度继续下降,杆件的收缩会受到约束而不能自由地进行,出现了拉伸弹性变形和拉应力。

在  $t_4$  时刻:温度恢复到原始状态,杆件中保留着残余变形和残余应力。残余应力的大小取决于  $t_2$  时刻的最高温度  $T_{max}$ 。如果此时解除对杆件的约束,杆件会因弹性变形的释放而缩短至

B 点的位置,但是压缩塑性部分不可恢复,保留在杆件中。此时拉应力消失,只有残余变形存在。杆件的缩短量即为压缩塑性变形部分,其大小取决于  $t_2$  时刻的最高温度。

(三)最高温度大于热塑性温度( $T_{max} > 600^{\circ}\text{C}$ )

在  $0 \sim t_1$  间:情况同前。

在  $t_2$  时刻:温度达到  $500^{\circ}\text{C}$ ,低碳钢的屈服应变开始下降(见图 8-4-8)

在  $t_2 \sim t_3$  间:温度的升高,压缩塑性变形继续增加。同时由于屈服应变的降低,一部分压缩弹性变形转化压缩塑性变形,弹性变形量不断减少,因而压应力不断降低。

在  $t_3$  时刻:屈服应变  $\epsilon_s$  降低至零,压应力消失。此时的变形全部为压缩塑性变形。

在  $t_3 \sim t_4$  间:压缩塑性变形继续增加,此时属于塑性压缩过程

在  $t_4$  时刻:温度值达到了最大值  $T_{max}$ ,压缩塑性变形量也达到了最大值。

假如此时解除对杆件的约束,由于杆件内没有弹性变形而只有塑性变形,所以它的长度不会发生变化,等于原始长度。

在  $t_4 \sim t_5$  间:从  $t_4$  时刻开始,温度下降,杆件的端面将从图中 A 的位置开始收缩。此阶段材料的应变  $\epsilon_s$  仍然为零,材料还没有恢复弹性,处于热塑性状态。杆件在收缩过程中受到约束而被拉伸,产生拉伸塑性变形。原来的压缩塑性变形量将因被不断的拉伸而减少。此阶段属于(热)塑性拉伸过程。

在  $t_5$  时刻:材料的应变  $\epsilon_s$  从零开始上升,材料开始恢复弹性。

在  $t_5 \sim t_6$  间:随着温度降低,材料的应变  $\epsilon_s$  不断升高,拉伸弹性变形量由零逐渐增大,拉应力不断增大。

值得注意的是,在这个阶段会不产生拉伸塑性变形,同  $a(T - T_0)$  与  $\epsilon_s(T)$  之间大小有关。如果前者大于后者,则会产生拉伸塑性变形,属于弹塑性拉伸过程;反之,只产生拉伸弹性变形。

在  $t_6$  时刻:材料的屈服应变达到室温下的  $\epsilon_s$ (最大值),此时的弹性变形量也达到了最大值,拉应力达到了室温下的  $\epsilon_s$ 。

在  $t_6 \sim t_7$  间:此时拉应力已经达到了室温下屈服应变(最大值),杆件继续收缩将产生拉伸塑性变形。直到温度恢复到原始状态。此阶段又属于塑性拉伸过程。

如果金属杆件没有被刚性固定而具有一定的自由度。在上述的热循环情况下,其内部的应力和变形过程,可以采用同样的方法进行分析。从图 8-4-9a 中可以看出:假定加热时产生了塑性变形,那么在同样条件下,杆件中的残余变形比完全刚性固定时的残余变形要小。对于图 8-4-9b,金属杆件中的残余应力比完全刚性固定时的残余应力要小。

### 三、焊接过程中应力和变形的形成

焊接过程中应力和变形的形成的机理和规律与前面的受拘束金属杆件的模型相似,只是在焊接条件下情况更为复杂。

(一)焊接热过程的特点

焊接热过程比一般热处理的过程复杂得多,它的特点主要表现在三个方面:

(1)加热的局部性 热源仅作用在焊件上的焊接接头部位,焊件上受到热源直接作用的范围很小。由于焊接加热的局部性,焊件上的温度分布很不均匀,特别是在焊缝附近,温差很大。

(2)热源的移动性 焊接热源沿着一定方向移动而形成焊缝。金属被连续加热熔化,随后又不断冷却凝固。移动热源在焊件上所形成的是一种准稳定温度场,对它作理论计算也比较困难。

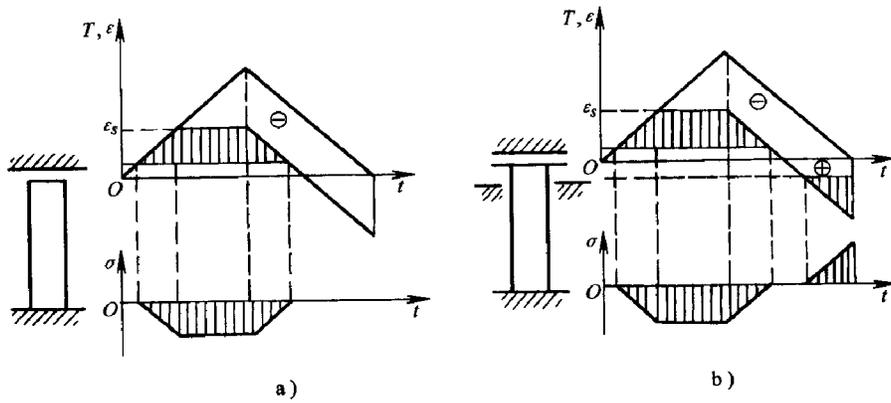


图 8-4-9 非完全刚性固定时金属棒中的应力和与变形

(3)极高的加热速度和冷却速度焊接热源可使加热区在极短时间内加热到熔化温度。如电弧焊时加热速度可达  $1500^{\circ}\text{C}/\text{s}$  以上,热源离开后,热温度又很快下降。

图 8-4-10 为低碳钢的力学性能与温度的关系。因此,焊接过程中应力和变形的分析十分复杂,为了简化分析,假设金属的热膨胀系数、热导率、比热容等热物理参数不受温度影响,低碳钢屈服点  $\delta_s$  与温度的关系简化为两条直线段,如图 8-4-11 虚线所示。

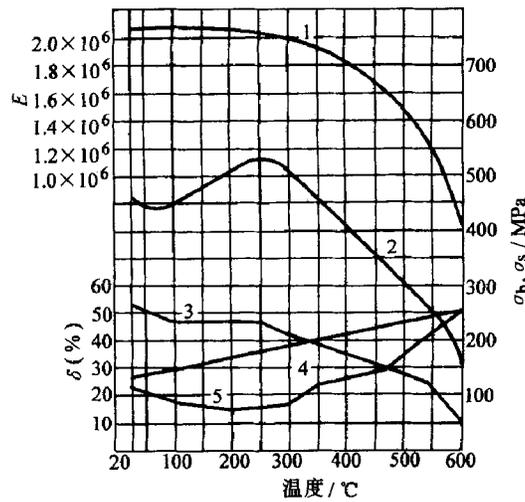


图 8-4-10 低碳钢的力学性能  
与温度的关系

1-弹性模量 E 2-抗拉强度点  $\delta_b$  3-屈服点  $\delta_s$   
4-膨胀系数  $\alpha$  5-伸长率  $\delta$

### (二)焊接条件下的应力和变形的分布

以低碳钢为例,沿着低碳钢长板条中心焊一条纵向焊缝,如图 8-4-12 所示为接近热源处的一个横截面上的温度分布情况。根据应力和变形的分析方法,可找出该截面附近单元体的自由变形  $\epsilon_T$ , 和外观变形  $\epsilon_e$ 。

假如端面从  $AA'$  平移到  $A_1A_1'$ , 则  $AA_1$  为  $\epsilon_e$ , 在  $DD'$  区域内温度超过  $600^{\circ}\text{C}$ ,  $\sigma_s$  可认为是零,不产生应力。该区域不参与内应力平衡。 $D$  和  $D'C'$  区域的温度从  $600^{\circ}\text{C}$  降至  $500^{\circ}\text{C}$ , 屈服应变  $\epsilon_s$ 。

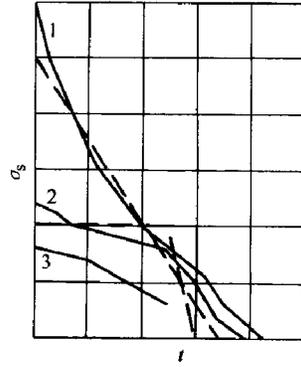


图 8-4-11 金属屈服点  $\sigma_s$  与温度的关系

1- 钛合金 2- 低碳钢 3- 铝合金

从零上升到室温时的数值。这两个区域里的内应力的的大小是随屈应变  $\sigma_s$  限的增加而增加。在  $AB$  和  $A'B'$  区域内  $|\epsilon_e - \epsilon_T| \leq \epsilon_s$ ，故内应力为室温时的  $\sigma_s$ ，保持不变。 $AB$  和  $A'B'$  区域内金属完全处于弹性状态，内应力正比于内部应变值。

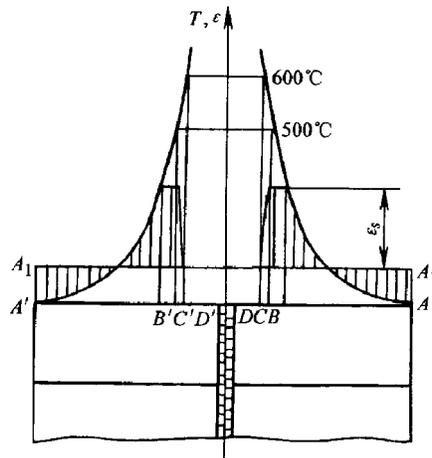


图 8-4-12 低碳钢长板条中心焊接的温度及应力分布

(三)焊接热循环中的应力和变形的演变

焊接结构中的残余应力和残余变形的分布，取决于焊接热循环中的应力和变形的演变结果。

图 8-4-13 为薄板对接焊时的一个典型温度场。

由焊接传热学的理论可知，该温度场是一个准稳定温度场，如果将坐标系的原点建立在热源中心并随热源一起移动，在动坐标系中各点的温度将不随时间而变化。图 8-4-13 中  $A$  点所经历的热循环可以看作热源不动， $A$  点以热源移动的速度沿着直线  $AA_6$  穿过该温度场时所经历的温度变化。 $B$  点也是如此。显然，同一直线上的点经历相同的热循环，只是时间的先后不同。不同直线上的点经历不同的热循环。焊接热循环中的应力和变形的分析方法，同前面的受拘束金属杆件的分析方法类似。

1. 热循环中不发生相变时的应力和变形的演变 以图 8-4-13 中的  $A$  点进行分析。在  $A$  点处取一单元体。

在  $0 \sim t_1$  间：自由变形  $\epsilon_T$  大于外观变形  $\epsilon_e$  此阶段受压，压应力不断上升。在  $t_1$  时刻，压应力

达到了屈服点  $\sigma_s$ ，出现了压缩塑性变形量，如图 8-4-14 所示。

在  $t_1 \sim t_2$  间：弹性变形和压应力维持不变，压缩塑性变形继续增加。在  $t_2$  时刻，屈服点开始下降。

在  $t_2 \sim t_3$  间：弹性变形和压应力不断下降，压缩塑性变形继续增加。在  $t_3$  时刻，达到塑性温度  $T_p$ ，屈服应变下降到零，弹性变形和压应力也下降到零。

在  $t_3 \sim t_4$  间：热塑性压缩塑性过程。

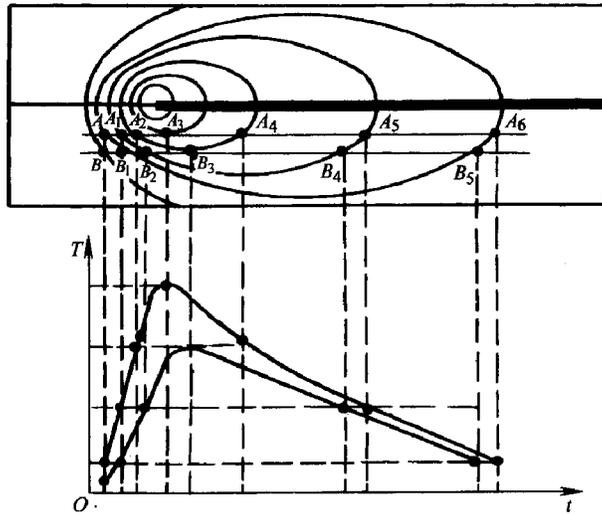


图 8-4-13 不同点处的热循环

在  $t_4 \sim t_5$  间：在  $t_4$  时刻，压缩塑性变形达到最大值。从  $t_4$  时刻开始，温度下降，此时若允许 A 点处单元体自由变形，其上端面位于此时的外观变形曲线上。因此，该点为冷却收缩的起点。将自由变形曲线向下平移与外观变形曲线相交，这两条曲线之间的差值为拉伸应变量。此阶段为热塑性拉伸。

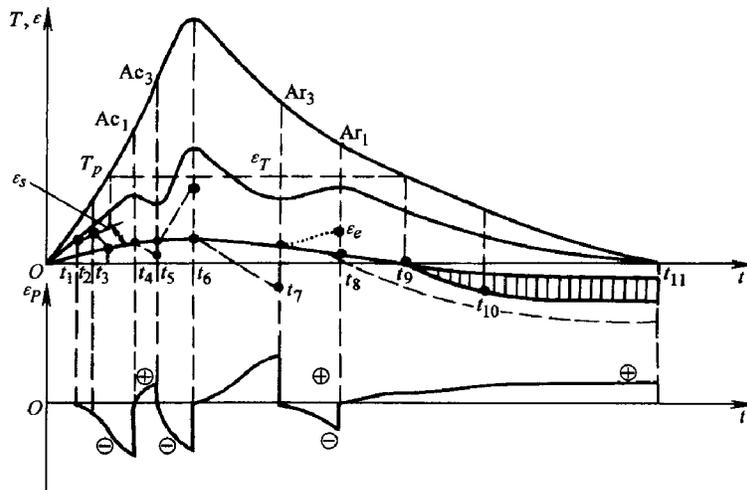


图 8-4-14 不发相变时的应力、应变循环



喷焊工艺过程主要按焊前预处理、喷焊以及后处理三步进行。

喷焊前基材表面状态对喷焊质量有很大影响，表面必须清洁干净，必要时要进行喷砂处理，见本书的第三章。

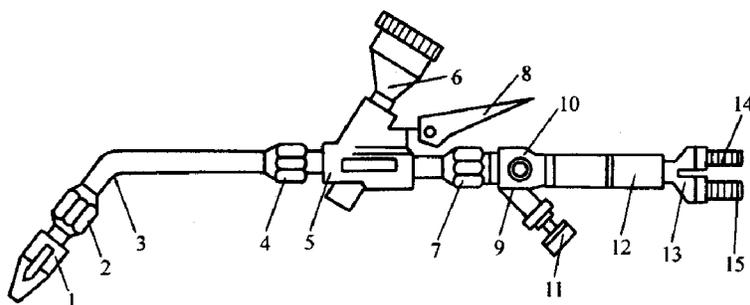


图 8-4-16 喷焊枪外形结构图

- 1- 喷焊嘴 2- 喷焊嘴接头 3- 混合气管 4- 混合气管螺母 5- 粉阀体
- 6- 粉斗 7- 气接头螺母 8- 粉阀开关 9- 中部主体 10- 乙炔开关阀
- 11- 氧气开关阀 12- 手柄 13- 后部接体 14- 乙炔接头 15- 氧气接头

喷焊过程包括预热、喷粉和重熔。预热的目的是使工件表面湿气蒸发，产生适当的热膨胀，减少焊层应力，提高喷粉沉积效率。钢材和铸铁的预热温度一般为 200~300℃，不锈钢和高合金钢为 300~400℃。喷粉和重熔过程又分“一步法”或“二步法”。“一步法”就是边喷粉边熔化、填充粉末，其特点是粉末沉积率高，但涂层厚度完全由手工掌握、不均匀，主要用于工件局部修复；“二步法”是先将粉末喷涂在工件表面，再将涂层熔化形成喷焊层。重熔温度控制在涂层材料的固相线和液相线之间，这时熔融的喷涂材料表面呈“镜面”反光，表明沉积粉达到了颗粒熔化、颗粒间间隙封闭、与基体润湿以及氧化物造渣的最佳效果，并同时保持了熔化涂层的粘度，防止熔化涂层流淌。

喷焊后处理也很关键。如果焊层与基体的热膨胀系数相差较大，喷焊后应采取缓慢冷却的措施，以免焊层开裂。一般的零件在喷焊后已经回火，机械强度有所降低，这时应按退火态的力学性能进行强度校核。如强度不能达到要求，还需进行适当的热处理。

喷焊时基材很少熔化，这与喷涂工艺相似；而涂层合金经过重熔，基材受热较高，这又与堆焊相类似（见本章第三节）。因此，氧-乙炔火焰喷焊层既像热喷涂层那样，表面光滑平整，其厚度可在 0.12~3mm 之间任意控制，又与堆焊层类似，无气孔，无氧化物夹杂。同时喷焊层互溶区窄（约 0.005mm），稀释率低，焊层性能好。因此，常认为氧-乙炔火焰喷焊技术是介于热喷涂和堆焊技术之间的一项“中间”技术。

氧-乙炔火焰喷焊简单易学，在各类工模具修复方面显示了极大的优越性，另外，由于氧-乙炔火焰喷焊层与基材结合强度高，耐冲蚀磨损的性能比热喷涂涂层要好，因此在风机叶片等工件表面强化方面得到了很好的应用。

## （二）等离子喷焊

等离子喷焊技术是采用等离子弧作为热源加热基体，使其表面形成熔池，同时将喷焊粉末材料送入等离子弧中，粉末在弧柱中得到预热，呈熔化或半熔化状态，被焰流喷射至熔池后，充分熔化并排出气体和熔渣，喷枪移开后合金熔池凝固，形成喷焊层的工艺过程。

等离子喷焊采用的等离子弧与等离子喷涂的有区别。等离子喷涂时，等离子弧建立在喷枪内钨阴极与铜阳极喷嘴之间，工件不带电，称为非转移弧。而等离子喷焊则采用非转移弧和转移弧的联合弧（如图 8-4-17 所示），所谓转移弧是建立在喷焊枪钨阴极头和工件（阳极）之间的等离子弧，

它对工件的加热能力比非转移弧强,是喷焊过程中的主要热源,因此称为主弧。在工作时首先引燃非转移弧,然后借助弧在钨的非转移极和工件之间形成的等离子体导电通道,建立转移弧。

等离子喷焊设备与等离子喷涂设备基本类似,但用单电源同时供应非转移弧和转移弧不太稳定,因此通常采用两台电源分别向非转移弧和转移弧供电。等离子喷焊枪与等离子喷涂枪结构也有所不同,主要区别在于喷嘴中等离子弧通道的长度和直径比(称为压缩比)比较小,通常在1~1.4之间。这样等离子弧比较柔软,熔池小,稀释率低。

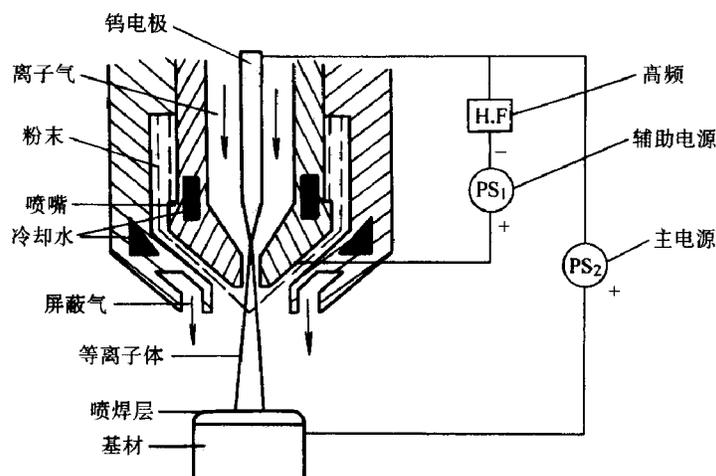


图 8-4-17 等离子喷焊示意图

等离子喷焊的前、后处理工艺及注意事项与氧-乙炔火焰喷焊相同,只是喷焊过程中需控制的工艺参数更复杂一些,如转移弧电压和电流,非转移弧电流、喷焊速度、送粉量、离子气和送粉气、喷焊枪摆动频率和幅度,喷焊嘴距工件距离等。只要经过预先分析和试验,确定最佳工艺参数,就可精确控制喷焊过程,重复性比氧-乙炔火焰喷焊好。

等离子喷焊的材料范围比较宽,特别是可以喷焊难熔材料。它所用粉末的粒度与氧-乙炔火焰喷焊的一样,比热喷涂用粉末粒度要稍大一些。

与其它涂层技术相比,等离子喷焊技术的主要特点如下:

(1) 生产效率高 因为等离子喷焊温度高、传热率大,因此喷焊速度快,生产率也较高,并能顺利地进行难熔材料的喷焊。

(2) 稀释率低 为保持喷焊层的性能,要求基体材料熔入喷焊层的比例少,即稀释率低。等离子弧温度高、能量集中、弧稳定性和可靠性好,因此可以在保证稀释率低(控制到5%)的同时,保持较高的熔敷率。

(3) 工艺稳定性好,易实现自动化。

(4) 喷焊层成分、组织均匀 喷焊层平整光滑,尺寸可以得到较精确地控制,可获得在0.125~8mm之间任意厚度的喷焊层。

等离子喷焊适宜对大批量零件的表面强化处理,在冶金工业中的工模具和各类阀门的表面强化方面,应用越来越广泛。例如内燃机排气阀密封面,工作温度800℃左右,一方面氧化铅、SO<sub>2</sub>和SO<sub>3</sub>腐蚀气体对密封面产生高温腐蚀,同时排气阀的高速启闭,使密封面因高温磨损而产生“麻坑”,导致漏气,使发动机的功率和效率降低。对内燃机排气阀密封面进行等离子喷焊镍基和钴基自熔性合金粉末,涂层高温硬度高,耐氧化铅腐蚀能力比现用的21—4N排气阀专用钢提高两倍多,且成品率达90%以上。现在等离子喷焊工艺已成为内燃机排气门表面喷焊耐磨涂层

的专用工艺。

### (三)常用热喷焊材料

热喷焊常用材料一般都是以粉末形式使用的,其粒径比热喷涂用粉末稍粗大。热喷焊材料分为合金粉末和金属陶瓷复合粉末。合金粉末通常采用雾化制粉的方法制造,而金属陶瓷复合粉末可采用金属与陶瓷直接混合、包覆型陶瓷粉末与合金粉末混合以及喷雾过程加入陶瓷粉末雾化制造而成。为保证焊接性能,陶瓷含量一般不能大于 50%(体积分数)。

喷焊层材料的熔点要求比基体熔点低,有自脱氧造渣性能(也称为自熔性)。一般通过添加硼、硅元素达到这些目的。例如为了提高合金粉末的焊接性能,在镍、钴、铁基合金中加入了硼、硅元素,在铜基合金中加入硅、锡、磷、硼等合金元素,这类合金称为自熔性合金。加入这些合金元素的作用是:①降低熔点,扩大液固两相区;②脱氧还原作用和造渣;③硬化、强化喷焊层;④改善喷焊工艺性能。常用热喷焊材料见表 8-4-4

表 8-4-4 常用热喷焊材料

常用热喷焊材料种类		熔点/℃	常用喷焊工艺	功 能
镍基自熔性合金	<i>NiCrBSi</i>	950 ~ 1100	火焰、等 离子喷焊	耐磨、耐热、耐蚀及气蚀焊层
	<i>NiCrBSi - WC</i>		电弧、火焰、等 离子喷涂	耐冲蚀焊层
钴基自熔性合金	<i>CoCrBSi</i>	1050 ~ 1150	等 离子喷焊	高温耐磨层
	<i>CoCrBSi - WC</i>		等 离子喷焊	耐高温冲蚀焊层
铁基自熔性合金	铸铁型	1100 ~ 1200	火焰等 离子喷焊	耐磨焊层
	不锈钢型		火焰、等 离子喷焊	耐磨、耐蚀、耐高温 2 损、阀门密封焊层
铜基自熔性合金	硅锰青铜型	1900 ~ 1050	火焰、等 离子喷焊	耐磨减摩焊层及尺寸恢复
	磷青铜型	850	火焰、等 离子喷焊	耐磨减摩焊层及低压阀门密封面焊层

自熔合金的发明与使用是热喷涂和热喷焊技术的一个重要里程碑。由于自熔合金的熔点较低,工艺性能与使用性能都很优良,因此在工业上得到广泛的应用。

### (四)喷焊层质量评定

喷焊层质量评定与喷涂层类似,主要指标包括硬度、结合强度、界面和涂层显微结构、稀释率以及涂层厚度等,性能测定可以参考喷涂层质量评定方法。

## 二、堆焊工艺及特点

堆焊是在零件表面熔敷上一层耐磨、耐蚀、耐热等具有特殊性能合金层的技术。根据所采用的工艺不同,堆焊层厚度可以为 0.8 ~ 15mm,可用于零件修复或制造特殊表面性能的新零件。堆焊工艺对合理使用材料、节约贵金属、提高产品使用寿命、降低制造成本等具有十分重要的意义。

堆焊的物理本质和冶金过程与一般的熔焊工艺没有什么区别。几乎所有的熔焊方法都可以用于堆焊。只是堆焊的目的不是为了起连接作用,而是为了发挥堆焊层的优良性能。因此在堆焊时必须控制尽可能低的稀释率,有足够高的生产效率,并保证焊层的冶金质量。

实际上,热喷焊技术也属于堆焊技术的范畴,只是热喷焊采用的是粉末填充材料,而常规堆焊一般采用线材或焊条。堆焊的优势在于熔敷效率比热喷焊要高,但是稀释率比热喷焊大得多。

堆焊技术比热喷涂、热喷焊技术更加成熟,已广泛应用到矿山、冶金、农机、建筑、电站、石油、化工等各个部门的产品制造和维修上。

## (一)堆焊层的形成和控制

### 1. 堆焊层的形成

与喷焊类似,堆焊过程中堆焊层材料与基体材料的相容性非常重要。同时,由于堆焊层材料与基体材料成分不同,在堆焊时必定会产生一层组织和性能与基材或堆焊层都不相同的过渡层。该过渡层如果是脆性的,将恶化堆焊层性能。

### 2. 相容性

堆焊材料和基材在冶金学上是否相容取决于它们在液态和固态时的互溶性以及在堆焊过程中是否产生金属间化合物(即脆性相)。在选择堆焊层材料时不仅要考虑使用性能要求,更要满足相容性要求。材料的相容性很容易从合金相图手册中查到。

堆焊材料和基材的物理相容性也很重要,即两者之间的熔化温度、膨胀系数、热导率和比电阻等物理性能的差异应尽可能小。因为这些差异将影响堆焊的热循环过程和结晶条件,增加焊接应力,降低结合质量。例如当堆焊材料和基材的熔点和沸点相差太悬殊(如铁与锌、钨与铅等),堆焊就会发生困难。

### 3. 熔合区

所谓熔合区就是堆焊层与基体之间的分界区,一般包括熔合线和具有结晶层和扩散层的过渡区段,该区段内成分是不固定的,它与基体之间的界线称为熔合线。实践证明熔池结晶就是从未熔化的基体金属晶粒开始长大。因为堆焊层和基体之间晶格类型有差别,容易导致过渡层中晶格畸变,产生各种晶体缺陷。此外,由于熔焊区内各层的结晶特点不同,可能由于成分的变化形成性能不良的过渡层,影响焊层质量。例如,在低碳钢上堆焊合金钢焊层,经回火后过渡层中的含碳量大大超过基体金属和堆焊层中的平均碳含量另外,对于那些与基体只能有限互溶而易形成金属间化合物的堆焊层材料,也必须注意熔合区中过渡层内由于成分偏析形成大量脆性金属间化合物,导致焊层开裂。

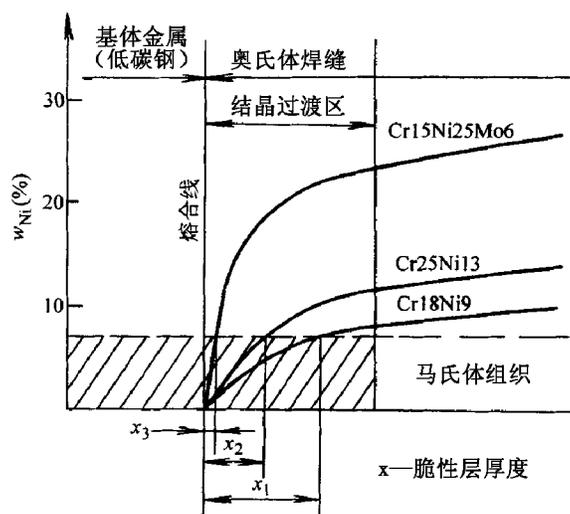


图 8-4-18 堆焊材料对脆性层厚度的示意图

综上所述,堆焊过程中应尽量避免或控制过渡层的产生和长大。根据基体材料合理选用堆焊材料是最有效的控制过渡层的方法之一。因此要分析基体材料和堆焊材料之间可能进行的合

金化和反应过程,尽量避免使用可能诱发脆性相的元素,或采用能抑制脆性相产生的元素。如图 8-4-18 所示,在普通低碳钢表面堆焊 Cr18Ni9 材料时,由于过渡层的成分偏析,产生厚度很大的脆性马氏体区( $x_1$ )。当选用含有大量的奥氏体形成元素的奥氏体堆焊材料时,则与上述情况大不相同,熔合区中的马氏体层明显变窄( $x_1$  和  $x_2$ )。如果改用镍基合金堆焊,就根本不会生成脆性马氏体层。为避免产生碳扩散脆性层,最好的办法是尽量选用镍基合金材料堆焊,而不要选用不锈钢类材料在低碳钢表面堆焊。另外,尽量降低稀释率也可以控制熔合区中的成分变化,减小过渡层厚度。对于那些易形成金属间化合物的堆焊材料,必须采用适当工艺防止堆焊层开裂。

#### 4. 稀释率

稀释率强烈地影响堆焊层的成分和性能。因此必须考虑在各种焊接方法时所获得的稀释率大小,以便选择合适的填充材料和堆焊方法。稀释率主要通过控制堆焊工艺参数,如堆焊功率、堆焊速度、焊道间距等。另外,在堆焊过程中向熔池中补加填充金属,也可以降低稀释率。

#### 5. 内应力

一个堆焊产品成功与否有时取决于内应力大小。由于堆焊操作而产生的残余应力会叠加或抵消使用中产生的应力,从而可增强或减轻堆焊层开裂倾向。堆焊耐磨层通常不作消除应力处理,所以在堆焊过程中由于热膨胀或收缩引起的残余应力可能是难以克服的。这些应力是否引起变形或开裂,在很大程度上取决于堆焊金属和基材的强度和塑性。对工件进行焊前预热和焊后缓冷以及采用堆焊底层方法,可以减少堆焊层内应力。

### (二)堆焊工艺方法

各种焊接方法都可以用来进行堆焊。常用堆焊工艺方法可分为氧-乙炔焰堆焊、手工电弧堆焊、钨极氩弧堆焊、熔化极气体保护电弧堆焊、埋弧堆焊、等离子弧堆焊和电渣堆焊等。堆焊材料通常呈棒状、管状、带状,焊剂可以装在管芯内或作为焊条药皮包覆在外层使用。而采用粉末堆焊材料的氧-乙炔焰喷焊和等离子弧喷焊在上一节中已做了介绍。

堆焊工艺方法不同,特点也不同。通过选择合理的堆焊工艺方法,可以保证堆焊层得到符合要求的性能及获得最好的经济效益。稀释率、熔敷速度和堆焊层厚度是代表堆焊方法特点的最重要指标,可供选择堆焊工艺方法时参考。各种堆焊方法稀释率差别很大(见表 8-4-5)。氧-乙炔焰堆焊稀释率最低,甚至可低到 1%。等离子弧堆焊稀释率可低到 5%;而单丝埋弧堆焊的稀释率则高达 60%,但如果采用多带极埋弧堆焊,稀释率可降到 8%。随着稀释率的加大,堆焊层性能通常要下降。最大可允许的稀释率取决于使用要求,一般选择堆焊工艺方法时应控制稀释率低于 20% 为佳。手弧堆焊与自动或半自动电弧堆焊比较,除了熔敷速度较低外,电弧燃烧时间占总的堆焊工作时间比例也低,因而实际堆焊生产率得更多。一般随着熔敷速度的加大,稀释率也增高。理想的堆焊工艺方法应是在允许的稀释率水平下具有最高的熔敷速度。堆焊层厚度也是选择堆焊工艺方法的重要依据之一,最小堆焊厚度表明了能堆焊出最薄的、符合要求的表面保护层能力。

表 8-4-5 几种堆焊工艺方法比较

堆焊工艺方法		稀释率(%)	熔敷速度/(kg·h <sup>-1</sup> )	最小堆焊层厚度/mm	熔敷效率(%)
氧-乙炔 焰堆焊	手工送丝	1~10	0.5~1.8	0.8	100
	自动送丝	1~10	0.5~6.8	0.8	100
手工电弧焊		30~50	0.5~4.5	3.2	65
钨极氩弧堆焊		10~20	0.5~4.5	2.4	98~100

(续)

堆焊工艺方法	稀释率(%)	熔敷速度/(kg·h <sup>-1</sup> )	最小堆焊层厚度/mm	熔敷效率(%)	
熔化极气体保护电弧堆焊其中, 自保护电弧堆焊	10~40	0.9~5.4	3.2	90~95	
	15~40	2.3~11.3	3.2	80~85	
堆弧堆焊	单丝	30~60	4.51~1.3	3.2	95
	多丝	15~25	11.3~27.2	4.8	95
	串夹电弧	10~25	11.3~15.9	4.8	95
	单带极	10~20	12~36	3.0	95
	多极	8~15	22~68	4.0	95
等离子弧堆焊	手工送丝	5~15	0.5~3.6	2.4	98~100
	自动送丝	5~15	0.5~3.6	2.4	98~100
	双热丝	5~15	13~27	2.4	98~100
电渣堆焊	10~14	15~75	15	95~100	

### (三)堆焊材料

堆焊材料可归纳为铁基、镍基、钴基、铜基和碳化钨复合堆焊材料等几种类型。铁基堆焊合金性能变化范围广,韧性和耐磨性配合好,能满足许多不同的要求,而且价格较低,所以使用最广泛。镍基、钴基堆焊合金价格较高,由于高温性能好,耐腐蚀,主要在要求高温磨损、高温腐蚀的场合使用,所以品种较少。铜基合金由于耐腐蚀性能好,并能减少金属间的摩擦系数,也是常用的堆焊材料。而碳化钨金属陶瓷堆焊层,虽然价格较贵,但在耐严重磨料磨损和工具堆焊中占有重要地位。

堆焊材料的形状与其可加工性有关。实心焊丝限于拉拔性能好的材料,如低合金钢、不锈钢、铝青铜、锡青铜和镍基合金等都容易拔成丝。许多堆焊合金能廉价地制成粉末,能填充制成管状焊丝(带),使许多高合金的脆性堆焊材料能实现各种形式的自动或半自动堆焊。很多堆焊合金较容易小批量制成堆焊焊条,用于手工电弧堆焊。有些堆焊材料由于加工困难只能以铸棒形式使用。

### (四)几种常见的堆工艺

#### 1. 铬 13 型堆焊焊条的堆焊金属化学成分和堆焊层硬度

铬 13 型堆焊焊条常用来堆焊使用温度在 450℃ 以下、使用压力为 1.6~16MPa、基体材料为 WCB 及 ZG35 的电站、石油化工阀门密封面。铬 13 型堆焊焊条的堆焊金属化学成分及堆焊层硬度等见表 8-4-6。

表 8-4-6 铬 13 型堆焊焊条的堆焊金属化学成分及堆焊层硬度

焊条 牌号	名 称	堆 焊 层 金 属 化 学 成 分, %	堆 焊 层 硬 度 HRC	主要用途	符合国标
堆 502	1 铬 13 型阀门堆焊电焊条	0.12C 13Cr	≥40	堆焊碳主合金钢的轴及中压阀门等	TDCr-1(40)
堆 507	1 铬 13 型阀门堆焊电焊条	0.12C 13Cr	≥40	堆焊碳主合金钢的轴及中压阀门等	TDCr-1(40)

(续)

焊条牌号	名称	堆焊层化学成分, %	堆焊层硬度 HRC	主要用途	符合国标
堆 512	2 铬 13 型阀门堆焊电焊条	0.12C 13Cr	≥45	堆焊碳主合金钢的轴及过热蒸汽用阀门, 搅拌机浆, 螺旋输送机叶片等	TDCr-1(45)
堆 517	2 铬 13 型阀门堆焊电焊条	0.12C 13Cr	≥45	堆焊碳主合金钢的轴及过热蒸汽用阀门, 搅拌机浆, 螺旋输送机叶片等	TDCr-1(45)
堆 527	3 铬 13 型阀门焊电焊条	0.3C 13Cr	40~49	堆焊碳主合金钢的轴及过热蒸汽用阀门, 搅拌机浆, 螺旋输送机叶片等	

阀门中的阀体和闸板(阀瓣)最好采用硬度稍有差别的焊条。通常, 阀体(阀座)宜采用 1 铬 13 型堆焊焊条; 闸板(阀瓣)采用硬度稍高的 2 铬 13 型堆焊焊条。

铬 13 型焊条堆焊的工艺方法如下。

①工件焊前必须进行粗车或喷砂清除氧化皮, 工件表面不允许有裂纹、气孔、砂眼、疏松等缺陷及油污、铁锈等。焊条使用前应按焊条使用说明书进行烘干。

②用 1 铬 13 和 2 铬 13 焊条堆焊前, 工件一般不需预热(除大件堆焊 2 铬 13 外), 而用 3 铬 13 焊条堆焊时, 工件一般要经 35℃ 左右预热。

③堆焊表面应保持水平位置, 整个密封面的堆焊过程不应中断。堆焊层数一般为 3~5 层以满足焊层高度、堆焊层化学成分和硬度的要求。

④为防止产生裂纹, 除采取适当的焊前预热外, 仍须注意焊后缓冷。

## 2. 钴基硬质合金的堆焊工艺

在基体材料为低碳钢、中碳钢、低合金结构钢、铬 18 镍 9 型奥氏体不锈钢和铬 13 型不锈钢上堆焊钴基硬质合金, 通常采用氧炔焰堆焊、手工电弧焊、氩弧堆焊和等离子弧堆焊。通常工件需按如下规定进行焊前准备、焊前预热和焊后缓冷措施,

焊前准备: 工件表面粗糙度应在  $\sqrt{6.3}$  以下, 并应严格清除表面铁锈、油、水等污物, 不得有裂纹、剥落、孔穴、凹坑等缺陷, 棱角处应倒圆角。对于已磨损的阀件的修复, 应将原堆焊层全部车掉, 并用与母材相同的材料进行堆焊打底层。

焊前预热及焊后缓冷: 为防止堆焊合金和基体金属产生裂纹和减少变形, 零件在堆焊前需进行预热。堆焊过程中, 工件温度不应低于预热温度, 焊后应采取适当的热处理。

不同材料的焊前预热温度和焊后热处理规范见表 8-4-7、图 8-4-19 和表 8-4-8

## 3. 合金粉末等离子堆焊的工艺及规范

合金粉末等离子弧堆焊出现于 60 年代初, 近几年来在我国阀门制造、交通和矿山机械等行业应用较广泛, 是一项较重要的堆焊新工艺。它除了具有钨极氩弧堆焊的堆焊质量高、冲淡率低等优点外, 还有堆焊过程易于实现机械化、堆焊层光滑、平整, 厚度对准确控制和生产效率高等特点。在适当的条件下, 冲淡率可控制在 5% 以内。堆焊层厚度可在 0.25~6mm 之间任意调整。生产率为 0.5~6kg/h。

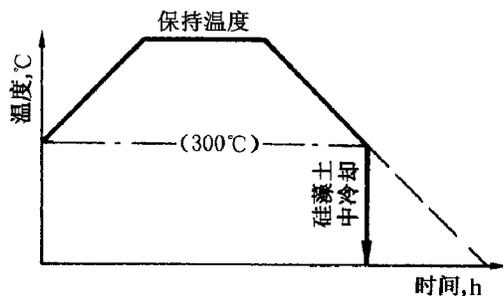


图 8-4-19 堆焊后热处理工艺曲线

表 8-4-7 工件堆焊前预热温度

母材种类	预热温度, °C	
	氧炔焰堆焊	手工电弧堆焊
低碳钢	400 ~ 450	300 ~ 350
45 钢	400 ~ 450	300 ~ 350
低合金耐热结构钢	450 ~ 500	300 ~ 400
奥氏体不锈钢	300 ~ 350	250 ~ 300
马氏体不锈钢	450 ~ 500	300 ~ 350

表 8-4-8 堆焊后热处理加热温度

母材种类	预热温度, °C
低碳钢	620 ~ 650
45 钢	620 ~ 650
低合金耐热结构钢	680 ~ 720
奥氏体不锈钢	525 ~ 575
马氏体不锈钢	700 ~ 750

保温时间以工件有效厚度每 25mm 加热 1h 计算

### (1) 等离子弧燃烧方式

①联合型等离子弧：非转移弧主要用于加热合金粉末；转移弧既可加热合金粉末，又可熔化母材表面。对于自熔性合金粉末堆焊，由于粉末熔点低，非转移弧的作用不明显；当堆焊熔点较高的粗粉时，非转移弧的作用就明显了。薄小零件的堆焊，多采用联合型等离子弧。

②转移型等离子弧：鉴于非转移弧并不起重要作用，在很多场合只是使用转移弧进行堆焊，这样可省去一套电源。

③串联电弧的联合型等离子弧：它的主要优点是在喷嘴与工件间产生的离子弧不会增大气流对熔池的吹力，能有效地限制熔深。虽然这个离子弧加热比较分散，却仍能维持足够的方向

性。使用这种方式的等离子弧须控制离子弧电流,若电流增大,则喷嘴烧损严重,但是进步增强水冷,这个问题可以得到改善。国内使用这种等离子弧方式的不多。

### (2)送粉方式

目前应用两种送粉方式:嘴内送粉和嘴外送粉。

在嘴内送粉等离子堆焊枪中,粉末受到较充分的加热,还未减少粉末的飞溅,可得到较高的熔敷率。嘴内送粉枪的主要缺点是容易发生熔化的合金粘附嘴角的现象。熔化的合金粘附在嘴壁或出口处聚集到一定的数量后则落入熔池,形成淌熔滴现象,严重时则堵塞嘴孔。为防止出现上述现象,钨极与喷嘴内孔应具有较高的同心度,以保证合金粉末从喷嘴均匀送出。此外,送粉气体的流量应合适,不应引起气流骚动。

在嘴外送粉等离子堆焊枪中,合金粉不从喷嘴外送入等离子弧中,从根本上解决了淌熔滴及喷嘴堵塞问题。在相似的规范下熔深比嘴内送粉小,这是由于嘴内送粉时,送粉气流在喷嘴内受到了强烈加热,并直接吹向熔池,造成较大的附加吹力;而嘴外送粉时,送粉气造成的附加吹力大大降低。嘴外送粉枪的主要缺点是粉末飞散程度大,合金堆敷率较低。

### (3)等离子堆焊气体及合金粉末

通常使用纯氩做工作气(亦称离子气、稳弧气)、送粉气及保护气。氩等离子弧电压低、燃烧稳定、钨极及喷嘴烧损小。

国外有的使用 70%氩加 30%氦做工作气或送粉气,它使等离子弧电压升高,从而具有较高的功率和生产率。用氦气做保护气效果也很好,但氦气很稀缺,成本甚高。

工作气及送粉气在保证等离子弧有足够的方向性及均匀送出合金粉末的前提下,应尽量限制其流量,以降低气流吹力。保护气则必须有足够的流量才有效果。由于等离子弧堆焊的合金粉末多是自熔性的,不采用保护气并不会对堆焊质量发生明显的影响,但喷嘴很容易被熔池飞溅出来的金属细粒沾污。

堆焊用合金粉末的粒度愈细愈易于熔化,但过细的粉末增加送粉的困难。太粗的粉末既不易熔化,又容易飞出堆焊区,从而使粉末损失严重。比较合适的粒度范围是 0.06 ~ 0.112mm(120 ~ 230 目/英寸)。为防止粉末在喷嘴内熔化造成堵嘴现象,国内也有使用粗粉(40 ~ 120 目/英寸)堆焊。

某阀门制造厂使用 LU-150 等离子弧粉末堆焊机,采用联合型等离子弧、震动式送粉器、嘴内送粉,其堆焊工艺如下:

#### (1)堆焊前的准备工作

堆焊前应严格清除工件表面的锈蚀和油污,使其具有金属光泽。较大的低、中碳钢和低合金钢阀件要进行预热。对于珠光体耐热钢和马氏体不锈钢,即使是较小零件也须预热,以防产生裂纹。若采用的合金粉末具有较高的硬度,堆焊面积又较大时,则在堆焊过程中也须使工件保持预热的温度,以防止焊接应力过大而产生裂纹。

#### (2)主要工艺参数的调整

①粉末送给系统的调整。欲使堆焊顺利进行,粉末送给装置的可靠而正常工作是十分重要的。粉末必须均匀、稳定和流畅地输出,因此合金粉末应进行干燥处理(一般在 100℃干燥箱内烘焙 1h)。在开始使用送粉器时,为防止在管道中存有潮气而产生粉末堵塞等现象,必须用灼热的粉末和较大流量的送粉气流做清洗性的吹送,以便将潮气吸干。

此外,还需调节电磁阀的灵敏度及开启、关闭性能,以防止阀杆被卡死。然后,根据粉末粒度及送粉量选用适当的漏粒塞块。最后,由尼龙管把送粉装置与焊枪连接,通上送粉气,打开电磁阀。当观察到粉末在焊枪下均匀分布的小孔中(或圆环中)射出并交于一点并碰撞分散开时为最

佳。粉末的交点距离枪口一般控制在 3~5mm;若采用自熔性好的粉末,该距离为 4~6mm 左右。

合金粉末(特别是自熔性较好、熔点较低的粉末)应进行过筛,以便按粒度分档使用。通常在等离子弧堆焊中使用的合金粉末,其粒度范围均在 50~150 目/英寸之间。

②非转移弧的调节。在联合型等离子弧中,非转移弧在引弧、加热、熔化合合金粉末以及电流均匀衰落等都起了稳定、调节作用。因此,非转移弧的正常与否直接影响到堆焊工作的顺利进行和堆焊的质量,故在焊前对非转移弧的调节和测定就显得非常重要了。

非转移弧应稳静,且有清晰的外形。使非转移弧尖端伸出喷嘴 5~8mm,观察其无明显差别,此时非转移弧即属正常。

调整钨极与喷嘴孔的同心度,一般用高频电火花检视。钨极尖端与喷嘴压缩孔小端面的距离为 1.5~2.2mm 最佳。

非转移弧不正常(如跳动、偏向)即形成“双弧”。当叠加转移弧时,若电弧对粉末加热不均匀会出现淌熔滴现象,使送粉失去平衡,严重时必须中断堆焊工作。

③转移弧的调节。转移弧既能加热和熔化合合金粉末,又能使工件表面受热形成熔池。因此,转移弧电流的大小是决定堆焊过程的稳定及堆焊层质量的主要因素,电流大则熔敷率高。但电流过大会对合金粉末吹入离子弧造成困难,飞溅严重,反而降低了合金粉末的熔敷率。另外,电流增大,离子弧的刚度大,熔深大,冲淡率也随之增大。为了有高的熔敷率,又要有低的冲淡率,必须适当选择转移弧电流。

在其他参数不变的情况下,离子气的流量对等离子弧的“刚”、“柔”弧性有着很大的影响。在堆焊中、小零件时,离子气流量一般控制在 5~7L/min 之间;堆焊较大零件时( $D_g$  300,焊道宽 25mm 以上)离子气流量以 7~9L/min 为佳。同时,送粉气也由原来的 3~3.5L/min 增大到 4~4.5L/min。

④送粉量。在堆焊正常进行的情况下,适当的调整送粉量可减少堆焊过程中粉末的飞溅,使合金粉末熔化良好。送粉量过大,造成粉末的不完全熔化或堆焊层金属与工件熔合不良,对于熔点较高的合金粉末尤为严重。

⑤焊枪与工件的距离。焊枪与工件的距离会直接影响弧柱的稳定性。距离过大时,弧柱稳定性下降,电弧发生飘移,保护效果也显著下降;距离过小时,熔深大,冲淡率增加,飞溅严重,破坏等离子弧的完整性,易出现“虚弧”和淌熔滴现象。一般此距离取 10~18mm 为宜。

⑥工件移动速度和焊枪摆动频率的调整。工件移动速度快,堆焊高度降低,冲淡率低,堆焊层与工件结合强度下降。摆动频率过高,粉末严重失散,熔敷率下降。故工件移动速度与焊枪摆动频率要配合恰当。表 8-4-9 为几种典型产品的堆焊规范。

表 8-4-9 堆焊工艺规范

堆焊产品	规格	DN50 安全阀	DN100 截止阀	DN80 止回阀
	材料	低碳钢	1Cr18Ni9Ti	2Cr13
合金粉末	种类	铁基	镍基	钴基
	化学成分, %	0.5C, 2.5Si, 13~16Cr, 3~5Ni, 1.5~2.5B, 其余 Fe	0.9C, 3.5B, 3.5Si, 8~11Cr, 其余 Ni	0.5~1.0C, 26Cr, 1.5Si, 6.0W, 0.5~1.0B 其余 Co

(续)

堆焊产品	规格	DN50 安全阀	DN100 截止阀	DN80 止回阀
	材 料	低碳钢	1Cr18Ni9Ti	2Cr13
非转移弧	电压, V	23	21	24
	电流, A	100	78	130
转移弧	电压, V	43	45	43
	电流, A	100	100	90~100
氩气流量	离子气, L/min	26	5	7
	送粉气, L/min	3.2	3	3.5
摆动频率	频率, 次/min	—	50	60
	摆幅, mm	—	12	8
送粉量, g/min		24	26	25
喷嘴与工件距离, mm		12	15	13
堆焊层	焊层高 mm	5	5	5.2
	焊层宽 mm	6	13	9

#### 4. 灰铸铁零件堆焊铜合金密封面的热处理工艺。

由于灰铸铁零件的密封面一般堆焊铜合金,其堆焊后热处理的目的是消除焊接应力,故其热处理工艺及工艺因素应根据基体材料灰铸铁来选定,一般采用热时效处理。

热时效处理工艺为:热时效加热温度一般选择 550~620℃。保温时间根据零件有效厚度及装炉量确定,一般为 3~6h。保温后炉冷,冷却速度最好控制在 30~60℃/h,当炉冷至 200~250℃时,即可出炉空冷。

采用该工艺可以基本上消除焊接应力。热时效工艺曲线如图 8-4-20 所示。

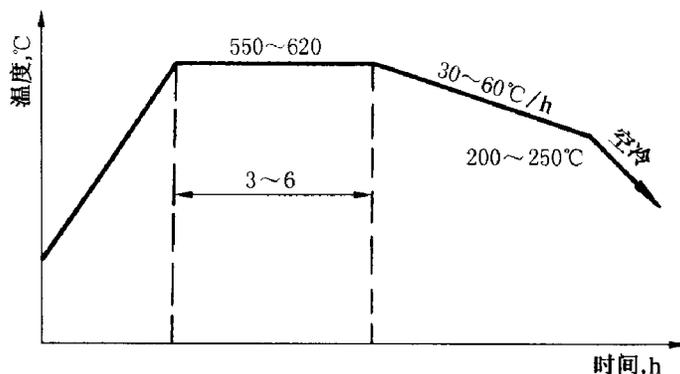


图 8-4-20 灰铸铁件堆焊铜合金密封面的热时效工艺曲线

#### 5. 钴铬钨硬质合金密封面堆焊后的热处理工艺

堆焊钴铬钨硬质合金密封面的阀门(其基体为碳素钢),适用于酸性天然气介质。钴铬钨硬质合金密封面的硬度一般不能用热处理来改变,而只能由堆焊材料本身来保证。

钴铬钨硬质合金密封面堆焊后的热处理工艺为：钴铬钨硬质合金密封面堆焊后要进行高温回火，其主要目的是消除焊接应力，改善机械加工性能。

高温回火加热温度根据基体材料选定，一般采用  $600 \sim 650^{\circ}\text{C}$ 。保温时间取决于零件有效厚度及装炉量，一般为  $2 \sim 5\text{h}$ ，保温后出炉空冷。高温回火工艺曲线如图 8-4-21 所示

## 6. 铬 13 型不锈钢密封面堆焊后的热处理工艺

堆焊铬 13 型不锈钢密封面的阀门（其基体为碳素钢），适用于水、蒸汽、石油及其产品的介质。铬 13 型密封面的硬度可以用热处理来改变。堆焊铬 13 型密封面材料的牌号大部分选用 2Cr13，由于 2Cr13 属马氏体型不锈钢，堆焊后的冷却，尤其对较大的零件足以使堆焊层硬化。

铬 13 型密封面堆焊后的热处理工艺为：铬 13 型(2Cr13)密封面堆焊后要进行退火。退火的目的在于消除应力，软化堆焊层，改善机械加工性能。同时，堆焊层经退火处理进行重结晶，尚能使晶粒细化，组织均匀，为以后淬火做好组织准备。

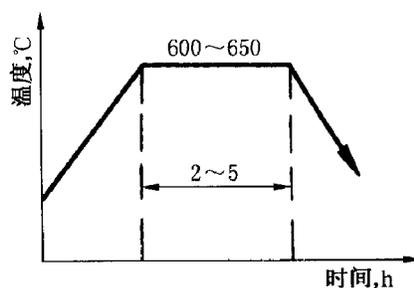


图 8-4-21 碳素钢零件堆焊  
钴铬钨硬质合金密封面的  
高温回火工艺曲线

退火加热温度一般采用  $840 \sim 860^{\circ}\text{C}$ 。保温时间根据零件的有效厚度及装炉量选定，一般为  $1 \sim 3\text{h}$ 。保温后炉冷，当炉冷至小于等于  $500^{\circ}\text{C}$  时可以出炉空冷。

退火工艺曲线如图 8-4-22 所示。

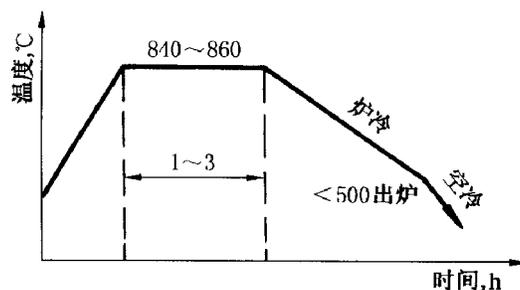


图 8-4-22 2Cr13 密封面堆焊后  
退火工艺曲线

由于铬 13 型(2Cr13)密封面的硬度一般要求 HRC38 ~ 44，故在加工后要进行局部淬火。局部淬火的目的是保证硬度要求，并获得良好的耐擦伤性及耐腐蚀性能。

局部淬火的加热设备最好选用高频感应加热炉。高频淬火加热温度比普通淬火加热温度要高些，通常采用  $10120 \sim 1100^{\circ}\text{C}$ 。加热时要尽量使整个密封面烧透，冷却时可采用整个零件油冷或空冷。

高频淬火后要进行整体回火。回火温度根据要求的硬度选定，并要高于阀门最高使用温度。

当 2Cr13 密封面硬度要求 HRC38 ~ 44 时,回火温度可以采用 500 ~ 550℃。保温时间取决于零件的有效厚度及装炉量,一般为 2 ~ 4h。保温后出炉空冷。

## 7. 奥氏体不锈钢密封面堆焊后的热处理工艺

奥氏体型不锈钢耐酸钢零件的密封面一般堆焊钴铬钨硬质合金,根据阀门使用条件及基体材料牌号的不同要选用不同的工艺进行热处理。

### (1) ZG1Cr18Ni9(1Cr18Ni9)钢零件密封面堆焊后的热处理

采用这类密封面的阀门一般都使用在腐蚀介质中或超低温条件下。

基体材料为 ZG1Cr18Ni9 的阀门在堆焊密封面时,由于焊接热的影响,不可避免的有碳化铬(Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub>)析出在晶界上,同时使热影响区域奥氏体的马氏体点上升。为了消除焊接应力,改善耐腐蚀性能及低温韧性,堆焊后通常应重新进行固溶处理。但是在某些情况下,如当阀门适用弱腐蚀性介质或采用热影区极小的喷焊法形成密封面时,并且进行同溶处理又有困难时,可只进行除应力热处理。此时的高热温度也应低些,一般选用 880 ~ 400℃

除应力热处理工艺曲线如图 8-4-23 所示

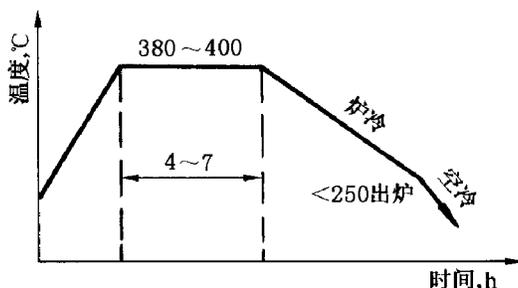


图 8-4-23 ZG1Cr18Ni9 钢零件密封面堆焊后的除应力热处理工艺曲线

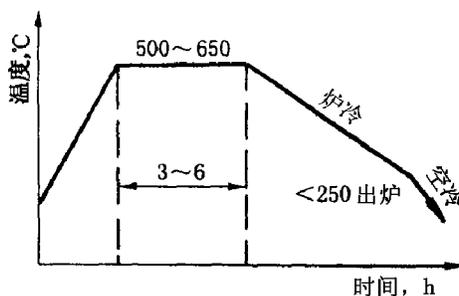


图 8-4-24 ZG1Cr18Ni9Ti 钢密封面堆焊后的除应力热处理工艺曲线

### (2) ZG1Cr18Ni9Ti(1Cr18Ni9Ti)钢零件密封面堆焊的热处理

采用这类密封面的阀门一般都使用在腐蚀介质中或高温条件下。

基体材料为 ZG1Cr18Ni9Ti 的阀门在堆焊密封面时,由于焊接热的影响,有时也有碳化铬析出在晶界上。为消除焊接应力,改善耐腐蚀性能及高温性能,在堆焊后要进行适当的热处理。

如果阀门使用于腐蚀性介质,堆焊后最好重新进行稳定处理;如果阀门使用在高温条件下,堆焊后进行除应力热处理。其加热温度高些,一般选用 500 ~ 650℃。除应力热处理工艺曲线如图 8-4-24 所示

## 第五章 阀门热处理工艺

### 第一节 阀体的常用材料的热处理

阀体的材料种类繁多,适用于各种不同的工况。

一、阀体的常用材料如下九种。

①灰铸铁,适用于工作温度在  $-15 \sim 200^{\circ}\text{C}$  之间,公称压力  $\text{PN} \leq 1.6\text{MPa}$  的低压阀门。

②黑心可锻铸铁,适用于工作温度在  $-15 \sim 250^{\circ}\text{C}$  之间,公称压力  $\text{PN} \leq 2.5\text{MPa}$  的中低压阀门。

③球墨铸铁,适用于工作温度在  $-30 \sim 350^{\circ}\text{C}$  之间,公称压力  $\text{PN} \leq 4.0\text{MPa}$  的冲低压阀门。

④碳素钢(WCA, WCB, WCC),适用于工作温度在  $-129 \sim 425^{\circ}\text{C}$  之间的中高压阀门,其中 16Mn、30Mn 工作温度为  $-40 \sim 450^{\circ}\text{C}$  之间,常用来代替 ASTM A105。

⑤低温碳钢(LCB),适用于工作温度在  $-46 \sim 345^{\circ}\text{C}$  之间的低温阀门。

⑥合金钢(WC6、WC9),适用于工作温度在  $-29 \sim 595^{\circ}\text{C}$  之间的非腐蚀性介质的高温高压阀门; C5、C12 适用于工作温度在  $-29 \sim 650^{\circ}\text{C}$  之间的腐蚀性介质的高温高压阀门。

⑦奥氏体不锈钢,适用于工作温度为  $-196 \sim 600^{\circ}\text{C}$  的腐蚀性介质的阀门。

⑧蒙乃尔合金,主要适用于含氢氟介质的阀门中。

⑨铸铜合金,主要适用于工作温度在  $-273 \sim 200^{\circ}\text{C}$  之间的氧气管路用阀门中。

以上例举的是阀体常用材料中的大类,具体每类材料中,又有很多不同牌号,各种不同牌号又适用于各种不同的压力等级。因此,在选择阀门的阀体材料时,可根据不同的用途和不同的压力等级,确定适合于工况需要的阀体材料。

此外,阀体材料还有钛合金(钛阀);铝合金(铝阀);塑料(塑料阀);陶瓷(陶瓷阀)等等。

阀体毛坯的热处理工艺主要根据选用的材料、采用的毛坯状态和热处理后的技术要求。此外,还要考虑阀门的使用条件、热处理设备和工艺状况等因素。

二、阀体毛坯的热处理工艺按不同的材料分别介绍如下。

①灰口铸铁的热处理。为了达到不同的目的,灰口铸铁在铸造后可以进行不同的热处理。阀门生产中对灰口铸铁阀体等零件在铸造后常选用的热处理工艺有:消除铸造应力的热时效和消除自由渗碳体的高温退火。热时效是必经的一道工序。高温退火只有在铸造时由于化学成分和铸造冷却速度控制不当,造成铸造后组织中存在初生渗碳体时才用它来代替热时效。

②碳素铸钢的热处理。铸钢件在铸造后具有较大的铸造残留应力,有时铸钢件的组织粗大,甚至出现过热组织。这些都影响铸钢件的尺寸稳定性,降低钢的力学性能和不利于切削加工的进行。为了消除铸造应力、细化组织、提高机械性能和改善切削加工性等目的,阀门生产中对碳素钢阀体等零件在铸造后常选用退火或正火+回火工艺。

③奥氏体型不锈钢耐酸钢的热处理。奥氏体型不锈钢耐酸钢的主要缺陷是容易产生晶间腐蚀,

克服晶间腐蚀一般可采取对钢施以一定的热处理的防止措施。阀门生产中对奥氏体型不锈钢耐酸钢阀体等零件常选用的热处理工艺有:固溶处理(又称淬火)、稳定处理和深冷处理。

④马氏体型耐热钢的热处理。马氏体型耐热钢在铸造后要及时退火,防止产生裂纹并且退火保温时间要充足(一般为4~8h)。马氏体型耐热钢退火的目的在于消除应力,进行重结晶,细化晶粒,降低硬度,改善切削加工性能并为最终热处理做好组织准备。

马氏体型耐热钢最终热处理采用正火(相当于淬火)+回火工艺。

⑤优质碳素钢的热处理。优质碳素钢的热处理以35号锻钢阀体为例,35号钢阀体锻造后要进行正火,而其最终热处理要根据阀门制造技术文件的规定执行,一般要进行调质处理。

## 第二节 热处理工序的安排

热处理工序的安排如下。

一、退火与正火:属于毛坯预备性热处理,应安排在机械加工之前进行。

二、时效:为了消除残余应力,对于尺寸大、结构复杂的铸件需在粗加工前、后各安排一次时效处理:对于一般铸件在铸造后或粗加工后安排一次时效处理;对于精度要求高的铸件,在半精加工前、后各安排一次时效处理;对于精度高、刚度差的零件,在粗车、粗磨、半精磨后各需安排一次时效处理。

三、淬火:淬火后工件硬度提高且易变形,应安排在精加工阶段的磨削加工前进行。

四、渗碳:渗碳易产生变形,应安排在精加工前进行。为控制渗碳层厚度,渗碳前需要安排精加工。

五、氮化:一般安排在工艺过程的后部、该表面的最终加工之前,氮化处理前应调质。

## 第三节 固溶处理工艺与稳定处理工艺

### 一、固溶处理工艺

固溶处理(又称淬火)是奥氏体型不锈钢耐酸钢的基本热处理方法。固溶处理是将钢加热到一定的温度,使钢中已析出的碳化铬溶于奥氏体中并保温一段时间;然后急冷,从而避免已溶解的碳化铬在冷却过程中重新析出,使钢获得过饱和奥氏体组织的工艺方法。所以,固溶处理是克服奥氏体型不锈钢耐酸钢产生晶间腐蚀倾向的重要手段。

固溶处理其工艺特点是:将工件加热至  $A_{c3}$  或  $A_{c1} + 20 \sim 30^{\circ}\text{C}$ , 保温一定时间而后快速冷却,获得均匀细小的马氏体组织或均匀细小马氏体和粒状渗碳体混合组织。

在阀门生产中,ZG1Cr18Ni9的固溶处理加热温度一般采用  $1000 \sim 1050^{\circ}\text{C}$ ,图8-5-1是ZG1Cr18Ni9固溶处理工艺曲线

### 二、稳定处理工艺

为确保奥氏体型不锈钢耐酸钢无晶间腐蚀倾向,除了向钢中添加稳定元素(钛和铌等)外,还要向钢施以稳定处理。稳定处理是将钢加热到高于碳化铬的溶解温度,最好加热到稳定元素的碳化物(如碳化钛等)几乎全部析出的温度,并保温一段时间,然后空冷。稳定处理的目的是促进稳定元素的碳化物充分析出,从而发挥它们的稳定作用。

稳定处理其工艺特点是:将钢加热到高于碳化铬的溶解温度并保温一段时间,然后出炉空冷。

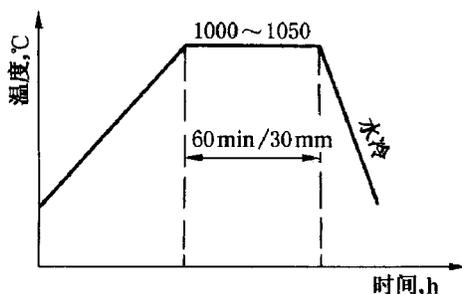


图 8-5-1 ZG1Cr18Ni9 固溶化  
处理工艺曲线

在阀门生产中, ZG1Cr18Ni9Ti 的稳定处理加热温度一般采用 940 ~ 960℃, 图 8-5-2 是 ZG1Cr18Ni9Ti 稳定处理工艺曲线。

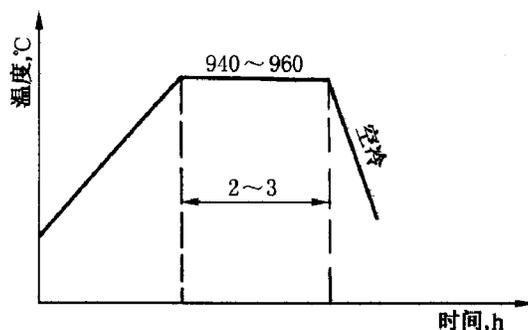


图 8-5-2 ZG1Cr18Ni9Ti 稳定  
处理工艺曲线

## 第四节 热处理缺陷的消除

### 一、热处理变形的校正

工件的热处理变形可以在一定程度上加以控制和减小,但是不能够完全避免,实践上往往需要对变形的工件进行校正。常用的校正方法可分为机械校正法和热处理校正法两类。

#### 1. 机械校正法

机械校正法是采用机械或局部加热的方法使变形工件产生局部微量塑性变形,同时伴随着残余内应力的释放和重新分布达到校正变形的目的。常用的机械校正法有冷压校正、淬火冷却至室温前的热压校正、加压回火校正、使用氧-乙炔火焰或高频对变形工件进行局部加热的“热点”校正、锤击校正等。机械校正的零件在使用、放置过程中或进行精加工时,由于残余应力的衰减和释放可能部分地恢复原来的变形和产生新的变形。因此,对于承受高负荷的工件和精密零件,最好不要进行机械校正。必须进行机械校正时,校正达到的塑性应变应该超过热处理变形的塑性应变,但校正塑性变形量必须控制在很小的范围内,一般应大于弹性极限应变的 10 倍,小于条件强度极限的十分之一。校正要尽可能在淬火后立即进行,校正后应进行消除残余应力处理。热处理变形工件的校正,要求操作者具有熟练的技术并很费工时,因此,校正自动化是热处理工

作者的一项重要任务。

## 2. 热处理校正法

对于因热处理胀大或收缩变形而尺寸超差的工件,可以重新使用适当的热处理方法对其变形进行校正。常用的热处理校正法有在  $A_{c1}$  温度下加热急冷法对胀大变形的工件进行收缩处理和淬火胀大法对收缩变形的工件进行胀大处理。在  $A_{c1}$  温度下加热在水中急冷,工件不发生组织比体积变化的相变,因此,不会产生组织应力,只产生因心部和表面热收缩量不同而形成的热应力。急冷时工件表面急剧收缩对温度较高塑性较好的心部施以压应力,使工件沿主导应力方向产生塑性收缩变形,这是热处理收缩处理法的机理。钢的化学成分不同,其热传导和热膨胀系数不同,在  $A_{c1}$  温度下加热后,钢的塑性和屈服强度也不相同,靠热应力所能达到的塑性收缩变形效果不尽相同,一般碳素钢和低合金钢的收缩效果比较明显,高碳高合金钢的收缩效果则比较差。

收缩处理的加热温度应根据  $A_{c1}$  选择,以保证在水中激冷时不淬硬为原则。对奥氏体稳定性差的碳钢可采用稍高于  $A_{c1}$  的温度,以利用相变温度区的相变超塑性达到最大的收缩效果。各类钢的加热温度是:

碳素钢  $A_{c1}-20 \sim A_{c1} + 20^{\circ}\text{C}$

低合金钢  $A_{c1}-20 \sim A_{c1} + 10^{\circ}\text{C}$

低碳高合金钢(1Cr13、2Cr13、18Cr2Ni4WA 等)  $A_{c1}-30 \sim A_{c1} + 10^{\circ}\text{C}$

奥氏体型耐热耐蚀钢  $850 \sim 1000^{\circ}\text{C}$

加热时间应保证工件充分热透,冷却以食盐水激冷为最好。 $A_{c1}$  温度下加热急冷收缩处理法,可以收缩处理各种不同形状的工件,如环形工件的内孔和外圆,扁方工件的孔、孔距尺寸及外形尺寸,轴类工件的长度以及某些需要局部尺寸收缩的工件等。

使用淬火胀大法校正工件的收缩变形主要适用于形状简单的工件。其原理是利用淬火时工件表层发生马氏体相变时比体积增大,对尚未发生马氏体相变或未淬透的心部施以拉应力,通过心部拉伸塑性变形达到使工件沿主导应力方向胀大的目的。对于低中碳钢和低中碳合金结构钢制造的工件,使用常规淬火加热温度的上限温度加热水淬时,在工件淬透或半淬透的情况下,可使主导应力方向胀大  $0.20\% \sim 0.50\%$ 。形状简单的工件可以在稍高于  $A_{c1}$  温度下加热正火后,重复淬火  $1 \sim 12$  次。CrMn、9CrSi、GCr15、CrWMn 等过共析合金工具钢件,在原来未淬透的情况下,可按常规热处理规范的上限加热温度加热,并尽可能淬透或获得较深淬硬层,可使工件沿主导应力方向胀大  $0.15\% \sim 0.20\%$ 。淬火后应经  $240 \sim 1280^{\circ}\text{C}$  回火。这类钢的淬火胀大变形主要靠淬火时马氏体相变的比体积增大,故胀大变形量有限,并有淬裂的危险。

## 二、残余应力的调整和消除

通过热处理的方法或机械作用法可以消除工件的残余应力或使其重新分布。退火和回火能够部分地或完全地消除残余应力,是最常用的方法。但是退火和回火还会引起材料的组织变化、硬度下降和其他力学性能的变化。

机械作用法包括静态应力处理法、冲击应力处理法、振动处理法等。其原理是在机械力的作用下,使工件产生局部塑性变形,以达到降低和调整残余应力的目的。机械作用法一般不会改变材料的微观组织和力学性能,但是只能部分地消除残余应力或使其重新分布,不可能使残余应力完全消除。

### (一) 热处理对消除残余应力的作用

#### 1. 消除应力退火

消除应力退火的主要目的是消除铸造、锻造、焊接及机械加工等工序所造成的内应力。其工艺是将工件加热至  $A_{c1}$  以下  $50 \sim 200^\circ\text{C}$ ，保温后空冷或炉冷至  $200 \sim 300^\circ\text{C}$ ，再出炉空冷。消除应力退火中不发生组织转变，去除内应力的机理是局部塑性变形和蠕变引起的应力松弛。残余应力超过材料的屈服强度，就会使材料发生塑性变形，因此，残余应力总是低于材料的屈服强度。通常材料的屈服强度随温度的升高而降低。如图 8-5-3 所示，温度升高到  $620^\circ\text{C}$ ，3%NiCr 钢的弹性及限降低到约 160MPa，也就是说，在  $620^\circ\text{C}$  退火时，3%NiCr 钢的残余应力不会超过 160MPa。考虑到蠕变变形的影响，残余应力还会进一步降低。

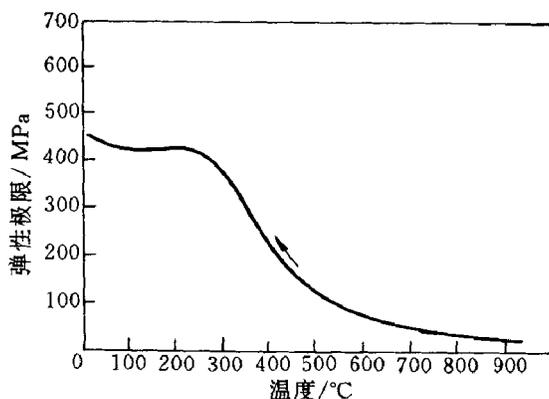


图 8-5-3 3%NiCr 钢弹性极限  
随温度的变化

## 2. 回火与残余应力的去除

回火的作用之一是消除淬火钢中的残余应力。淬火马氏体是一种不稳定的组织，具有高的硬度和大的淬火应力。钢淬火后，往往得不到单纯的淬火马氏体，而是形成含有像残余奥氏体、贝氏体等组织的混合组织。这些不稳定组织在回火过程中，因发生分解而引起残余应力的消除或重新分布。由于回火加热，金属内部原子的热振动加剧，钢的屈服强度降低，塑性增大，也会导致残余应力因局部塑性变形而降低。

残余应力消除的程度取决于回火工艺和淬火组织的不稳定程度。在各个工艺参数中，回火温度对消除残余应力的影响最大。图 8-5-4 所示为 30 钢的淬火应力随回火温度的变化。由图可见， $450^\circ\text{C}$  以下，淬火应力随回火温度的升高缓慢下降，超过  $450^\circ\text{C}$  回火，残余应力去除的效果较明显。但是，只有回火温度达到  $500 \sim 600^\circ\text{C}$  甚至更高时，残余应力才能接近全部去除。应当指出的是，随回火温度的升高，淬火钢的硬度伴随马氏体的分解而降低。因此，为消除淬火应力而选择回火温度时，应注意在保证力学性能的条件下进行。例如，冷变形工模具钢，为保持淬火状态的高硬度，常采用低温回火，只能使部分淬火应力得以消除。而对要求高强度、高韧度的结构钢，往往采用中温和高温回火，残余应力消除的就比较充分。对于  $M_s$  点较高的低碳马氏体钢，淬火应力较低，低碳马氏体具有优良的综合力学性能，加上自回火的作用，可以在淬火态使用。

回火时间对残余应力的影响如图 8-5-5 所示。残余应力主要是在回火开始阶段去除的，过分延长回火时间对去除残余应力意义不大。

大锻件回火冷却不当，会产生大的残余应力，这是由于高温回火后，在高塑性和低弹性的高温区（碳钢和低合金钢  $> 400^\circ\text{C}$ ，合金钢  $> 450^\circ\text{C}$ ）快冷时，表面产生了剪切变形的缘故。为了缩短回火时间，提高劳动生产率，在低温弹性区域内（ $< 300^\circ\text{C}$ ），可以采用较快的冷却速度。

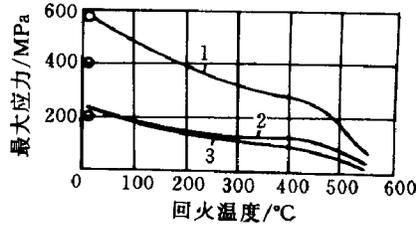


图 8-5-4 回火温度对最大淬火应力的影响  
1-轴向应力 2-切向力  
3-径向应力

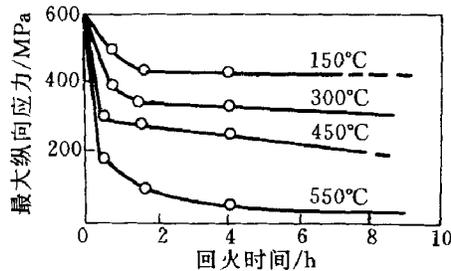


图 8-5-5 回火时间对淬火的应力的影响

调质处理大锻件中的残余应力属于热残余应力，表面受压，心部受拉，其表面的残余应力可用下式近似估算

$$\left. \begin{aligned} \sigma_z &= 0.48\Delta t \\ \sigma_t &= 0.42\Delta t \end{aligned} \right\}$$

式中  $\sigma_z$ 、 $\sigma_t$ ——分别为锻件表面的轴向和切向残余应力；

$\Delta t$ ——锻件在高温阶段冷却时，工件中的最大温差。

由于回火过程是不稳定组织趋向稳定化的过程，而这正是残余应力消除的原因之一，因此，组织愈不稳定，则在回火加热时内应力去除的效果愈明显。应当指出的是，在回火加热去除残余应力时，要注意防止钢的回火脆性和工件的变形。

### 三、回火脆性

钢淬火成马氏体后，在回火过程中，随着回火温度的升高，硬度和强度降低，塑性和韧性提高。但是有些情况下，在某一温度区间回火时，韧性指标随回火温度的变化曲线存在低谷，出现回火脆性现象，如图 8-5-6 所示。钢在回火过程中，可能发生两种类型的脆性：一种脆性通常发生在淬火马氏体于 200~400°C 回火温度区间，这类回火脆性在碳钢和合金钢中均会出现，它与回火后的冷却速度无关，即使回火后快冷或重新加热至该温度范围内回火，都无法避免，这种回火脆性称为第一类回火脆性（也称不可逆回火脆性、低温回火脆性或回火马氏体脆性）。另一种脆性发生在某些合金结构钢中，这些钢在下面两种情况下发生脆化：①高于 600°C 温度加热回火，在 450~550°C 温度区间缓慢冷却；②直接在 450~550°C 温度区间加热回火。这种脆性可以采用重新加热至 600°C 以上温度，随后快速冷却的方法予以消除，这种脆性为第二类回火脆性（也称可逆回火脆性、高温回火脆性或回火脆性）。

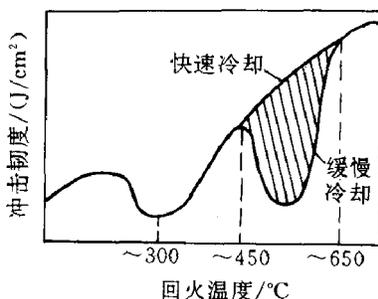


图 8-5-6 结构钢的回火脆性示意图

## 1. 第一类回火脆性

淬火钢的夏比冲击吸收功随回火温度的变化曲线在第一类回火脆性温区出现低谷，相应的塑—脆转变温度出现峰值，其脆性程度用夏比冲击吸收功曲线的低谷大小进行评定。应该指出的是钢的力学性能指标对第一类回火脆性具有不同的敏感程度，并与加载方式有关。主要反映钢的强度的性能指标对回火脆性敏感程度较小，反映塑性的性能指标对回火脆性敏感程度较大。扭转与冲击载荷对回火脆性敏感程度大，而拉伸和弯曲应力对回火脆性敏感程度小。因此，对于应力集中比较严重、冲击载荷较大或承受扭转载荷的工件，要求较大的塑性和韧度与强度相配合时，第一类回火脆性的产生极大地增大了工件脆性开裂的危险性，应该避免在该温区回火。在这种情况下，第一类回火脆性应作为一种热处理缺陷对待。但是对于应力集中不严重，承受拉伸、压缩或弯曲应力的工件，例如，某些冷变形工模具，其使用寿命主要取决于疲劳裂纹的萌生而不是裂纹扩展抗力，选择材料和制订热处理工艺时，主要应该考虑在保证材料具有适当的塑性和韧度条件下，追求高的强度，并不一定把第一类回火脆性视为一种必须避免的热处理缺陷，有时甚至可以利用该温区回火出现的强度峰值，来达到充分发挥材料的强度潜力延长工件使用寿命的目的。

### (1) 第一类回火脆性机理

现已发现，钢的第一类回火脆性与残余奥氏体的转变、马氏体分解沿晶界和亚晶界析出薄膜状渗碳体以及 S、P、N 等杂质元素在晶界的偏聚等因素有关。产生第一类回火脆性时，往往伴随着晶间断裂倾向的增大，但是有些钢在第一类回火脆性温区也观察到以穿晶解理或马氏体板条间解理的方式发生断裂。这些事实表明，第一类回火脆性机理随具体钢种而异。可能的第一类回火脆性机理如图 8-5-7 所示。当钢的杂质和残余奥氏体量较少时，破坏起始于渗碳体的断裂、渗碳体附近铁素体膜的开裂或渗碳体与基体界面的脱开，最终的断裂方式主要为穿晶解理断（见图 8-5-7a）；如果钢中的残余奥氏体量较多，回火过程中，由于马氏体的分解和外加载荷的作用，残余奥氏体将因热和机械失稳转变为新鲜马氏体薄层而成为导致钢脆化的主要因素，其断裂方式为马氏体板条间解理断裂（见图 8-5-7b）；在杂质含量较高的钢和对脆性断裂特别敏感的粗晶粒钢中，由于 S、P 等杂质元素在奥氏体化加热期间向晶界偏聚以及在回火期间渗碳体薄膜在晶间析出的综合作用，导致晶界弱化使钢脆化，其主要的断裂方式为晶间断裂（见图 8-5-7c）。上述三种机理对第一类回火脆性的产生共同起作用，其中主要的一种决定了最终的断裂方式。已经提出的第一类回火脆性机理都肯定了沿晶界和亚晶界形成的薄膜状渗碳体的作用，这一点在对中碳钢和中碳合金钢的第一类回火脆性的研究中得到了证实，研究发现第一类回火脆性的出现总是伴随着  $\epsilon$  碳化物向渗碳体的转变。但是，上述机理在解释某些工模具钢的第一类回火脆性时遇到了困难。因为某些冷变形工模具钢的回火脆性温区较低，例如，GCr15、9CrSi

和 9Mn2V 等钢的第一类回火脆性温区为 190~250℃, 在这样低的温度下回火,  $\epsilon$  碳化物尚未开始向渗碳体转变; 由于高碳钢淬火温度较低, 晶粒细小, 杂质元素在晶界的偏聚也不大可能成为产生第一类回火脆性的控制因素, 诱发这些钢脆化的主导因素可能是残余奥氏体的热失稳和机械失稳引起的马氏体转变, 但其脆化机理尚有许多不明之处, 仍有待于进一步研究澄清。

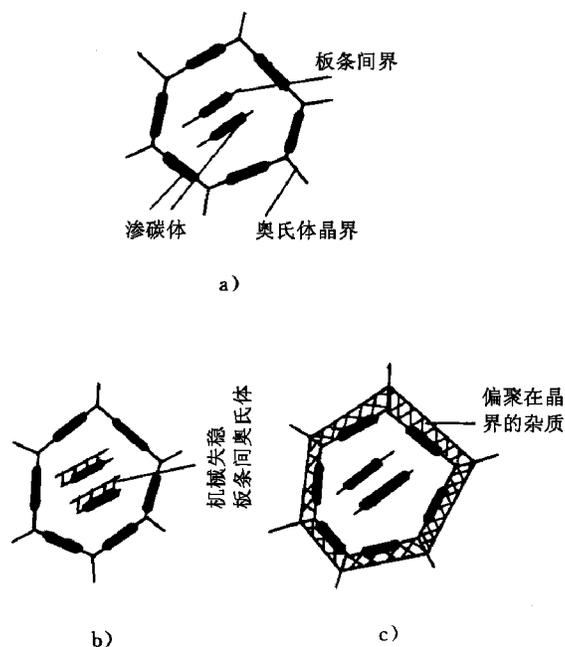


图 8-5-7 第一类回火脆性机理示意图

## (2) 第一类回火脆性的抑制和防止

合理的选材和热处理可以抑制或防止第一类回火脆性的产生。从减少杂质元素在晶界偏聚的角度, 冶炼上可采用真空熔炼、电渣重熔等技术以便从根本上减少钢中磷、硫等有害杂质的含量, 也可以通过加入合金元素将有害杂质固定在基体晶内的方法以避免杂质向晶界偏聚。例如, 加入钙、镁和稀土元素, 能够减少硫向晶界的偏聚。为了扩大高强度钢的使用范围, 可以通过加入硅的方法推迟马氏体的分解, 提高第一类回火脆性的温区。工艺上采用形变热处理、亚临界淬火和循环热处理等措施减小晶粒度, 降低晶界的平均杂质含量, 能够减小钢的第一类回火脆性。

采用工艺手段改变回火过程中析出的  $Fe_3C$  形态, 可以减小钢的第一类回火脆性。例如, 40CrNi 钢(3140 钢)炉内回火和感应加热回火试验结果表明, 炉内回火在 270℃ 左右出现明显的第一类回火脆性, 韧脆转化温度为 -50℃ 感应加热回火没有明显的第一类回火脆性, 韧脆转化温度降低到 -135℃。电子显微镜和 X 射线分析发现, 270℃ 炉内回火的碳化物为长片状, 感应加热回火的碳化物为均匀细球状。

## 2. 第二类回火脆性

图 8-5-8 为淬火镍铬钢在 400~650℃ 温度区间回火时, 回火后冷却速度对其冲击吸收功的影响。可以看出, 回火后炉冷的钢在 500~550℃ 附近发生了明显的脆化。钢发生第二类回火脆性时, 其室温冲击韧度大幅度降低的同时, 韧脆转变温度显著提高, 如图 8-5-9 所示。

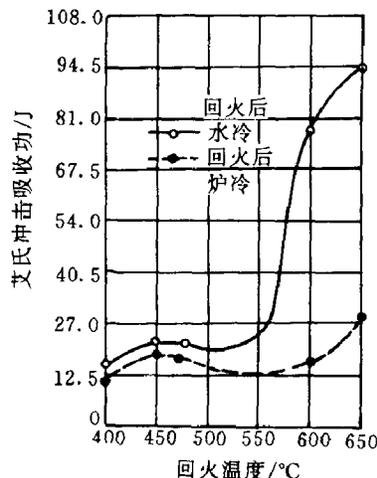


图 8-5-8 镍铬钢的第二类回火脆性

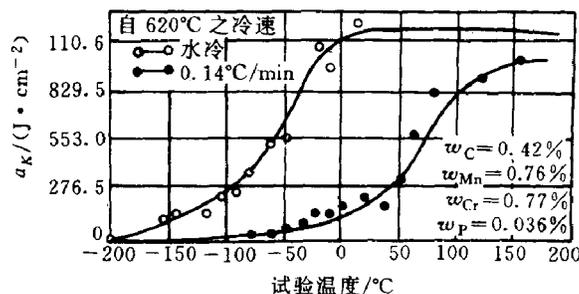


图 8-5-9 第二类回火脆性对韧脆转变温度的影响

## (1) 影响第二类回火脆性的因素

### ① 化学成分的影响

第二类回火脆性主要发生在 Cr-Mn 或 Cr-Ni、Cr-Mn 等合金钢中。含 Mn 的质量分数少于 0.5% 的碳钢不发生这类回火脆性。Ni、Cr、Mn 不论单独加入还是复合加入钢中，均会促进钢的回火脆性，其影响按 Ni、Cr、Mn 的顺序增大，当它们复合加入时影响更大。钢中 Cr 和 Mn 质量分数的总量超过 1% 时，即会发生明显的高温回火脆性。Ni 单独存在时对钢的回火脆性倾向影响很小，但在 Cr-Mn 钢中加入 Ni 却显著增大了钢的高温回火脆性敏感性。研究表明，高纯合金钢对回火脆性不敏感，因此，工业用钢的回火脆性与杂质元素密切相关。P、As、Sb 和 Sn 是引起钢出现第二类回火脆性的主要杂质元素。图 8-5-10 为杂质元素对 Ni-Cr 钢脆化度的影响。图中纵坐标为脆化度，定义如下：使用更比冲击试验测出钢在无脆化状态和脆化状态下的韧-脆断口形貌转变温度 FATT，然后取其差值。由图可见，Sb、P 的影响最大，Sn 次之，As 的影响相对较小。Mo 能够有效的抑制第二类回火脆性的产生。图 8-5-11 为含 Mo 量对钢的脆化度的影响。质量分数为 0.2%~0.5% 的 Mo 对回火脆性的抑制作用最大，超过 0.5% 反而增大了钢的回火脆性倾向。W 和 Ti 也是抑制钢的回火脆性元素。

### 2. 其他因素的影响

并非只有马氏体组织在回火过程中才产生高温回火脆性，其他原始组织在高温回火脆性区回火也会发生不同程度的回火脆性。对第二类回火脆性的敏感程度按铁素体-珠光体、贝氏体、

马氏体的顺序增大。另外,钢的回火脆性倾向随奥氏体晶粒的增大而增大。

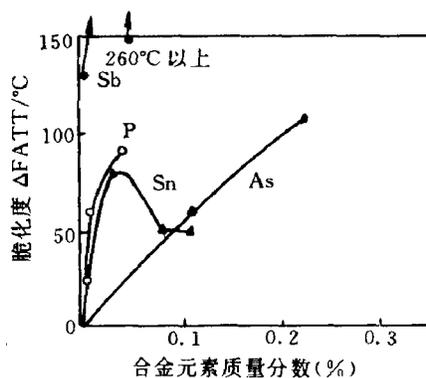


图 8-5-10 杂质元素 Ni-Cr 钢脆化度的影响  
脆化处理:450°C × 168h

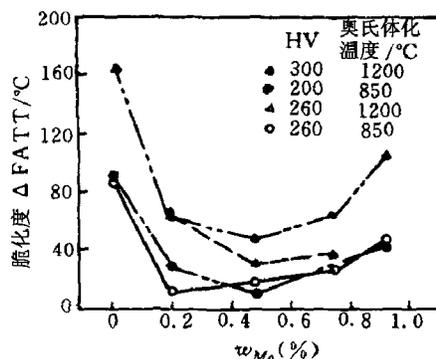


图 8-5-11 含 Mo 量对脆化度的影响  
试验用钢的(质量分数):  
C0.3% - Ni3% - Cr1% - P0.025%  
脆化处理 500°C × 100h

回火后冷却速度对高温回火脆性的影响很大。图 8-5-12 为回火冷却速度对 30CrNi3A 钢 (SNC631 钢)的脆性的影响。若规定出现 50% 脆性断口的对应温度为韧脆转变温度 FATT, 则用 0.33°C/min 的速度缓慢冷却使钢的 FATT 升高了 100°C 以上。

### (2) 第二类回火脆性机理

关于高温回火脆性机理仍有争论。被广泛接受的观点是由于 P、Sb、Sn、As 等杂质元素和 Cr、Ni、Mn 石等合金元素在奥氏体晶界偏聚所引起。俄歇谱仪分析表明,回火脆性与奥氏体晶粒边界附近杂质浓度的升高有直接的关系。杂质元素在晶界的偏聚属于平衡偏析。杂质元素以固溶的方式存在于钢中时,由于其原子与铁原子间存在尺寸错配,从减小晶格畸变能的角度,杂质原子将优先占据晶界和位错等缺陷部位,导致晶界的弱化和脆性的增大。随着温度的升高,这种平衡偏析受到原子热运动的干扰,温度足够高时(高于 600°C),平衡偏析消失。这种平衡偏析在碳素钢中很小,不足以引起回火脆性。Cr、Mn 和 Ni 等合金元素与杂质元素的亲合力大,促进了杂质元素在晶界上的这种偏析,因而显著增大了钢的高温回火脆性。回火加热温度高于 600°C,然后快速冷却,抑制了杂质元素向晶界的偏聚,因而减少或防止了回火脆性的发生。在有些合金钢中,随着碳含量的增加,钢的回火脆性倾向增大,表明杂质元素在晶界的偏聚也与碳化物沉淀有关。

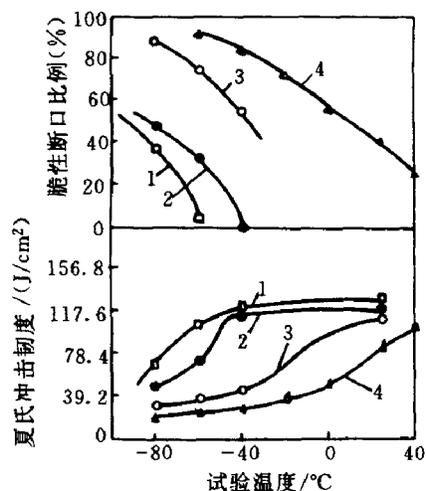


图 8-5-12 30CrNi3A 钢的回火  
冷却速度与脆性  
1-4800°C/min 2-62°C/min  
3-1.7°C/min 4-0.33°C/min

迄今为止,关于第二类回火脆性的本质仍有一些问题有待于澄清。例如,为什么 Ni 单独在钢中存在时对钢的回火脆性影响较小,而在 Ni - Cr、Cr - Mn 钢共同存在时会显著增大钢的回火脆性? Mo 和 W 为什么能有效的延缓杂质元素向晶界的偏聚,从而抑制了回火脆性的发生? 这些问题仍然缺乏合理的令人信服的解释。也有的研究表明,合金结构钢的高温回火脆性系由钢中  $\alpha$  固溶体在回火过程中,时效沉淀出的 FeC(N)对位错质点型“强钉扎”作用引起的,而与杂质元素晶界的偏聚无关。

### (3) 第二类回火脆性的抑命和防止

为了抑制和防止第二类回火脆性,可采取如下措施:

①提高钢水纯净度,尽量减少钢中 P、Sb、Sn、As 等有害杂质元素的含量,从根本上消除或减小杂质元素在晶界的偏聚。

②钢中添加  $M_0$  ( $\omega_{Mo} = 0.2\% \sim 0.5\%$ ) 或 W ( $\omega_W = 0.4\% \sim 1.0\%$ ) 以延缓 P 等杂质元素向晶界的偏聚。这种方法在生产上得到了广泛的应用,如汽轮机主轴、叶轮和厚壁压力容器广泛采用含 Mo 钢制造。但是这种合金化的方法有其局限性,对于那些在回火脆性温度下长期使用的工件,仍不能避免回火脆性问题的发生。

③高温回火后快速冷却。对于大型工件,由于心部冷速达不到要求使这种方法受到限制;另一方面即使能够通过快冷抑制了回火脆性的发生,但又会在工件中产生很大的残余内应力,故对于大型锻件,往往需要采用低于回火脆性温度(450°C)进行补充回火。

④采用两相区淬火,以便使组织中保留少量的细条状过剩铁素体,这些铁素体在加热时往往在晶粒内杂质处形核析出,使杂质元素集中于铁素体内,避免了它再向晶界偏聚;另外,两相区淬火可以获得细小的晶粒,从而减轻和消除了回火脆性。

⑤细化奥氏体晶粒。

⑥采用高温形变热处理可以显著减小甚至消除钢的回火脆性。图 8-5-13 为高温形变热处理对 40CrNi4 钢冲击韧度的影响。可以看出,采用高温形变热处理,该钢的回火脆性可以基本上得到消除。

⑦渗氮需要在 500℃左右的温度下长时间加热,容易产生回火脆性问题。渗氮钢应当尽量选择对回火脆性敏感程度较低的含钼钢,如 38CrMoAl 钢等。

⑧做焊接构件焊接后往往需要进行去应力退火。由于退火必须缓慢冷却,所以对于含 Mn、Cr、Ni、Si 等合金元素的高强度钢,必须考虑去应力退火引起的回火脆性问题。对于这类构件,也应选用含钼的钢制造。

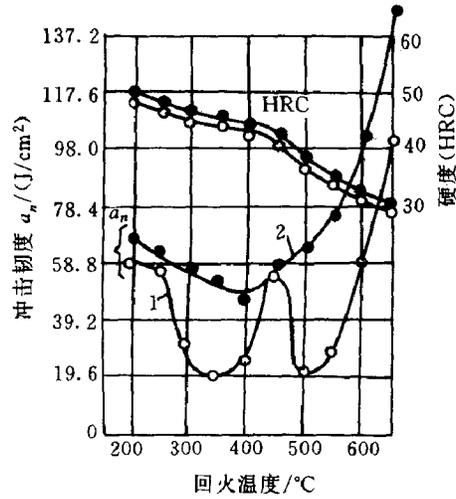


图 8-5-13 40CrNi4 钢冲击韧度随回火温度的变化  
1- 常规淬火工艺 2 高温形变热处理

## 第六章 阀门表面处理工艺

### 第一节 磨削特点及磨床

#### 一、磨削特点

- 1)能获得很高的尺寸精度,一般可达 II5 ~ II7 级精度;
- 2)加工材料范围广泛,如黑色金属、有色金属、非金属等材料;
- 3)能获得较低的表面粗糙度,普通磨削为 Ra1.6 ~ 0.2 $\mu$ m,精密磨削为 Ra0.12 ~ 0.05 $\mu$ m,超精磨削为 Ra0.05 ~ 0.012 $\mu$ m,镜面磨削为 Ra0.01 $\mu$ m。
- 4)加工面广,如:外圆、内圆、平面、成形面、螺纹、花键、齿轮、刀具、曲轴、凸轮、钢材切断等;
- 5)磨削的比能(切除单位体积所消耗的功)大;
- 6)切削刃多、硬度高、耐热性好、脆性大,切削刃的形状不规则。每一个切削刃切下的切屑很小;
- 7)磨削速度和磨削区温度高,磨削热大部分传入工件。

#### 二、磨床的主要技术性能

表 8-6-1 常用圆磨床及万能外圆磨床

技术规格	型 号					
	M1312	M1332B	M1420	M1420B	MG1432A	M1450B
磨削直径 <sup>外圆</sup> <sub>内孔</sub> (mm)	$\frac{5 \sim 125}{—}$	$\frac{8 \sim 320}{—}$	$\frac{8 \sim 200}{18 \sim 80}$	$\frac{8 \sim 320}{30 \sim 100}$	$\frac{8 \sim 320}{16 \sim 125}$	$\frac{25 \sim 500}{30 \sim 200}$
磨削长度 <sup>外圆</sup> <sub>内孔</sub> (mm)	$\frac{250}{—}$	$\frac{500}{—}$	$\frac{500}{90}$	$\frac{1000}{125}$	$\frac{1000}{125}$	$\frac{1250}{320}$
加工工件重量 (kg)	10	150	30	150	150	1000

(续)

技术规格		型 号					
		M1312	M1332B	M1432	M1432B	MG1432A	M1450B
回 转 角 度 (°)	工作台	± 10	+ 3 - 7	± 7	+ 3 - 7	+ 3 - 6	+ 3 - 6
	头架	+ 10 - 90	—	360	- 90	- 90	- 90
	砂轮架	± 180	—	360	± 30	± 30	± 30
加 工 精 度 (mm)	圆度	0.003	0.003	0.003	$\frac{0.003(\text{外})}{0.005(\text{内})}$	$\frac{0.0005(\text{外})}{0.002(\text{内})}$	$\frac{0.003(\text{外})}{0.005(\text{内})}$
	柱度	0.006	0.005/320	0.006	$\frac{0.008(\text{外})}{0.01(\text{内})}$	$\frac{0.005(\text{外})}{—}$	$\frac{0.008(\text{外})}{0.015(\text{内})}$
	表面粗 糙度 Ra ( $\mu\text{m}$ ) 外 内	$\frac{\leq 0.32}{—}$	$\frac{\leq 0.32}{—}$	$\frac{\leq 0.32}{\leq 0.63}$	$\frac{\leq 0.4}{\leq 0.63}$	$\frac{\leq 0.01}{\leq 0.04}$	$\frac{\leq 0.32(\text{外})}{\leq 0.63(\text{内})}$
外形尺寸 长×宽×高 (mm)		1550 × 1160 × 1300	2180 × 1810 × 1665	2270 × 1600 × 1790	3180 × 1810 × 1665	3215 × 1670 × 1420	5320 × 2680 × 1560
重量(t)		1.5	3	2.5	3.3	3.8	8.6
制造厂		济南第四 机床厂	上 海 机床厂	上海第三 机床厂	上 海 机床厂	上 海 机床厂	上 海 机床厂

表 8-6-2 四种型号内圆磨床

技术规格		型 号			
		MD215	MBD215	M2110	M2120
加工直径×深度 (mm)		3~50×80	3~50×80	12~100×130	50~200×200
最大 工件 旋径 (mm)	罩 内	180	150	240	400
	无 罩	260	250	500	650
工作台最大行程 (mm)		200	350	330	650
主轴最大回转角度 (°)		30	30	8	30

(续)

技术规格		型 号			
		MD215	MBD215	M2110	M2120
加工精度 (mm)	圆度	0.002	0.002	0.003	0.003
	柱度	0.003	0.003	0.005	0.005
	表面粗糙度 Ra( $\mu\text{m}$ )	$\leq 0.63$	$\leq 0.63$	$\leq 0.63$	$\leq 0.63$
外形尺寸长×宽×高 (mm)		1550×1100 ×1485	2100×1250 ×1700	2025×1205 ×1525	3100×1464 ×1470
重量(t)		1.3	2.5	1.75	3.35
制造厂		无锡机床厂	无锡机床厂	成都机床厂	无锡机床厂

表 8-6-3 四种型号平面磨床

技术规格		型 号			
		M7120D	M7130	MM7132A	M7150A
工作尺寸 宽×长(mm)		200×560	300×1000	320×1000	500×2000
加工范围 长×宽×高 (mm)		630×200 ×320	100×300 ×400	100×320 ×400	2000×500 ×600
工作如行程(mm)	纵 向	730(滚动) 780(手动)	200~1100	1150	3200
	横 向	—	—	350	—
磨头移量 (mm)		横向: 235(液动) 250(手动) 垂直:345	横向:350 垂直:400	垂直:450	横向:580 垂直:630
工作精度	平行度(mm)	0.005/300	0.15/1000	0.01/1000	0.03/2000
	表面糙度 Ra( $\mu\text{m}$ )	$\leq 0.63$	$\leq 0.63$	$\leq 0.16$	$\leq 0.63$
外形尺寸长× 宽×高(mm)		2170×1300 ×2050	3150×1525 ×2085	6600×2300 ×3000	
重量(t)		2.5	4	5	18
制 造 厂		上海机床厂	杭州机床厂	杭州机床厂	上海机床厂

表 8-6-4 四种型号工具磨床

技术规格		型 号			
		M6025C	MQ6025A	M612K	M15MD
磨(mm) 削尺寸	直 径	250	250	8 40	200
	长 度	400	480	320	716

(续)

技术规格			型 号			
			M6025C	MQ6025A	M612K	M15MD
回转角度	工 作 台		± 60	± 60	± 45	± 45
	砂轮架	垂 直	± 15	± 15	—	—
		水 平	360	360	90	90
加工精度	圆度 柱度(mm)		$\frac{—}{0.005/200}$	$\frac{—}{0.005/200}$	$\frac{0.005}{0.01}$	$\frac{0.005}{0.05}$
	表面粗糙度 Ra(μm)		≤0.63	≤0.63	≤0.32	0.32(外圆) ≤0.63(内圆) 0.25(平面)
外形尺寸长 × 宽 × 高(mm)			1375 × 1384 × 1231	1480 × 1102 × 1215	1570 × 1160 × 1600	1586 × 1155 × 1562
重 量(t)			1	1	1.18	1.4
制 造 厂			武汉机床厂	武汉机床厂	济南第六 机床厂	新乡机床厂

## 第二节 磨削常识

### 一、磨削的运动方式

磨削时,砂轮高速旋转,工件根据磨削方式不同作旋转、直线或其它更复杂的运动。常用的磨削方式见表 8-6-5。

### 二、磨削力、磨削热及磨削温度

#### (一)磨削力和磨削功率

磨削力是在磨削时产生的作用力。磨削力可分为切向分力  $F_c$ 、法向分力  $F_p$  和轴向分力  $F_t$ ; ,见图 8-6-1。

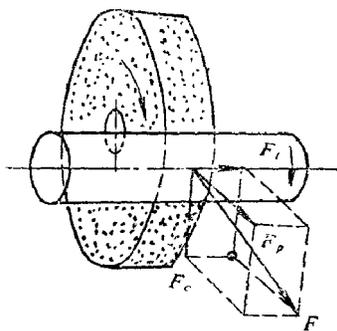
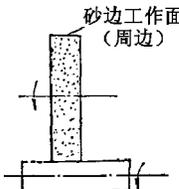
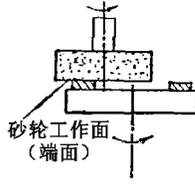
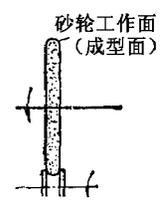


图 8-6-1 磨削力

轴向分力甚小,一般不需考虑。法向分力通常为切向分力的 1.5~3 倍。

表 8-6-5 常用的磨削方式

磨削方式	简 图	实 例	砂轮运动方式	工件运动方式
周 边 磨 削		外圆纵磨 (M1432B)	旋转和横向切入	旋转和纵向移动
		外圆径向切入磨 (M1332B)	旋转和横向切入	旋转
		端面外圆切入磨 (MB1632)	旋转和斜向切入	旋转
		无心外圆磨削 (M1040)	旋转	由导轮带动旋转和纵向移动, 横向进给运动
		内圆纵磨(M2110)	旋转	旋转, 往复纵向移动
		平面磨削 (M7120D)	旋转、纵向移动和垂直切入	往复移动
端 面 磨 削		平面磨削 (M7475B)	旋转、垂直进给	旋转
		双端面磨削 (MY7650)	旋转和横向进给	直线移动
成 形 磨 削		轴承滚道磨削 (3MZ1320)	旋转和横向切入	旋转
		花键磨削(M8612)	旋转和垂直切入	往复移动, 旋转作分度运动
		螺纹磨削 (SA7332)	旋转和横向切入	按螺距作旋转和纵向移动

磨削功率与切向分力有关,

且 
$$P_m = \frac{F_c v_s}{1000} \quad (11-1)$$

式中  $F_c$ ——切向磨削力(N)  
 $v_s$ ——砂轮速度(m/s)  
 $P_m$ ——磨削功率(kW)

## (二)磨削热和磨削温度

在磨削过程中,大部分能量转变为热能,并传入工件,而传入砂轮和周围介质的热量却很少。磨削热会使工件受热、变形,影响工件的磨削精度和表面质量。

磨削温度分为磨削瞬时温度和工件平均温度。磨削瞬时温度是指砂轮和工件在接触区内磨粒切削工件的瞬间所产生的温度,它可达 1000℃,甚至更高。工件平均温度是指工件表面所测得的平均温度。平均温度很低,当用切削液时,仅比室温高几至十几摄氏度。

## 三、磨削余量与用量的选择

### (一)磨削余量及其选择

工件在磨削中应切除的金属量称为磨削余量(表 8-6-6)。

### (二)磨削用量的选择

磨削用量包括砂轮速度  $v_3$ 、工件速度  $v_w$ 、工作台速度  $v_{ft}$ 、切削深度  $\alpha_p$ 、单位磨削宽度金属切除率  $z'_w$  等。磨削用量选择得是否合适将直接影响生产效率、工件质量和生产成本。

#### 1. 选择合理磨削用量的一般原则

1)粗磨时,加工精度和表面粗糙度要求较低,为了提高生产率,可采用较大的  $\alpha_p$ 、 $v_{ft}$ 。但必须配合使用粘度较粗或修整得比较粗糙的砂轮,否则磨削效率不易提高。

2)精磨时,为了获得较高的加工精度和较低的表面粗糙度,必须采用较小的  $\alpha_p$ 、 $v_{ft}$ 、 $v_w$ 。

3)工件尺寸大、刚性好受磨削力作用不易变形和产生振动时,可用较大的  $\alpha_p$ 、 $v_{ft}$ 。磨削细长、薄壁、刚性差的工件时,工件易产生弹性变形和热变形,故应采用较小的  $\alpha_p$ 、 $v_{ft}$ 。

4)强度和硬度高或导热性差的材料,在磨削时发热量大,传热慢,应采用较小的  $\alpha_p$  而  $v_w$ 。可适当加大一些,以免工件烧伤。

5)使用切削性能良好的砂轮,如大气孔砂轮、微晶刚玉砂轮等, $\alpha_p$  可增大一些。

表 8-6-6 外圆磨削余量(直径工余量) (mm)

工件直径	余量 限度	磨 削 前							
		示经热处理的轴				经热处理的轴			
		轴 的 长 度							
		100 以下	101 ~ 400	201 ~ 400	401 ~ 700	100 以下	101 ~ 300	301 ~ 600	601 ~ 1000
≤10	最大	0.20	—	—	—	0.25	—	—	—
	最小	0.10	—	—	—	0.15	—	—	—
11 ~ 18	最大	0.25	0.30	—	—	0.30	0.35	—	—
	最小	0.15	0.20	—	—	0.20	0.25	—	—
19 ~ 30	最大	0.30	0.35	0.40	—	0.35	0.40	0.45	—
	最小	0.20	0.25	0.30	—	0.25	0.30	0.35	—
31 ~ 50	最大	0.35	0.35	0.40	0.45	0.40	0.50	0.55	0.70
	最小	0.20	0.25	0.30	0.35	0.25	0.35	0.40	0.50
51 ~ 80	最大	0.35	0.40	0.45	0.55	0.45	0.55	0.65	0.75
	最小	0.20	0.25	0.30	0.35	0.30	0.35	0.45	0.50
81 ~ 120	最大	0.45	0.50	0.55	0.60	0.55	0.60	0.70	0.80
	最小	0.25	0.35	0.35	0.40	0.35	0.40	0.45	0.45
121 ~ 180	最大	0.5	0.55	0.60	—	0.70	0.75	0.85	—
	最小	0.30	0.35	0.40	—	0.50	0.55	0.60	—
181 ~ 260	最大	0.60	0.60	0.65	—	0.70	0.75	0.85	—
	最小	0.40	0.40	0.45	—	0.50	0.55	0.60	—

表 8-6-7 内圆磨削余量(直径工余量) (mm)

工件孔径	余量限度	磨 削 前							
		示经热处理的孔				经热处理的孔			
		孔 的 长 度							
		50 以下	50 ~ 100	100 ~ 200	200 ~ 300	50 以下	50 ~ 100	100 ~ 200	200 ~ 300
≤10	最大 最小	— —							
11 ~ 18	最大 最小	0.22 0.15	0.25 0.13	— —	— —	0.25 0.15	0.28 0.18	— —	— —
19 ~ 30	最大 最小	0.28 0.15	0.28 0.15	— —	— —	0.30 0.18	0.30 0.22	0.35 0.25	— —
31 ~ 50	最大 最小	0.30 0.15	0.30 0.15	0.35 0.20	0.40 0.35	0.40 0.25	0.40 0.28	0.45 0.30	0.50 0.35
51 ~ 80	最大 最小	0.30 0.15	0.32 0.18	0.35 0.20	0.40 0.35	0.40 0.25	0.40 0.28	0.45 0.30	0.50 0.35
120 ~ 180	最大 最小	0.40 0.25	0.42 0.25	0.45 0.25	0.50 0.30	0.55 0.35	0.60 0.40	0.65 0.45	0.70 0.50
181 ~ 260	最大 最小	0.40 0.25	0.48 0.28	0.50 0.30	0.55 0.35	0.60 0.40	0.65 0.45	0.70 0.50	0.75 0.55

6)磨削细长工件时,工件易产生振动, $v_w$  应适当降低些。

### 2. 砂轮线速度 $v_3$ 。

砂轮线速度增大,工件表面粗糙度可相应降低,见图 8-6-2。砂轮耐用度也增高。这是由于单位时间内参加切削的磨粒增多。在采用高速磨削时一定要采用相应的高速砂轮。在高速磨削时,应注意磨削振动和工件表面的烧伤问题。在普通磨削时,一般常  $v_3 = 35\text{m/s}$ 。

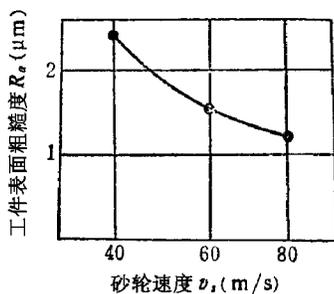


图 8-6-2 砂轮速度与工件表面粗糙度的关系  
(磨削方式:切入磨;工作材料:45 钢调质 250HBW;砂轮:PA80MV)

### 3. 工件速度 $v_w$ 。

工件速度对工件表面粗糙度影响较小,选用较高的工件速度  $v_w$ 。可减轻工件表面的烧伤,但工件表面波纹度将增大。工件速度一般由速比  $q$  ( $q = \frac{v_3}{v_w}$ ) 来决定。外圆磨削时,取  $q = 60 \sim 150$ ,内圆磨削时,取  $q = 40 \sim 80$ 。

## 4. 工作台速度 $v_{f1}$

工作台速度  $v_{f1}$  的大小直接影响工件表面质量和生产率,  $v_{f1}$  增大, 磨削力和磨削热增加, 工件表面粗糙度降低, 生产率提高。一般外圆磨削取  $v_{f1} = 1.12 \sim 3\text{m/min}$  内圆磨削取  $v_{f1} = 12.3\text{m/min}$ 。

## 5. 磨削深度 $\alpha_p$

磨削深度是指纵磨时每次行程的横向进给量。当磨削深度  $\alpha_p$  大时, 每颗磨粒的切削负荷也大, 使磨削力和磨削热增加, 工件表面粗糙度增高, 砂轮耐用度降低, 但生产率较高。一般外圆纵磨时  $\alpha_p = 0.02 \sim 0.05\text{mm}$ , 内圆纵磨时  $0.005 \sim 0.01\text{mm}$ 。

## 6. 光整磨削次数

光整磨削即无进给磨削。光整磨削的作用是消除工艺系统在磨削中的变形, 从而提高工件的精度和降低工件的表面粗糙度。光整磨削越充分, 工件的几何精度越好, 表面粗糙度越低, 但生产率降低。一般外圆磨削时, 光整磨削次数为  $1 \sim 2$  次, 内圆磨削时, 光整磨削次数为  $2 \sim 4$  次。

## 7. 金属切除率 $Z'_\omega$ (表 8-6-8)

表 8-6-8 金属切除率  $Z'_\omega$  的选择

$v_g(\text{m/s})$	40	60	80
$Z'_\omega(\text{mm}^2/\text{s})$	6~7.5	8~10	11~13

在切入式磨削时, 单位时间内单位磨削宽度砂轮所切除的金属体积称单位磨削宽度金属切除率  $Z'_\omega$ 。  $Z'_\omega$  是切入磨削的基本工艺参数, 它的大小反映生产效率的高低, 也直接影响工件磨削质量和砂轮切削性能。  $Z'_\omega$  可根据工件表面粗糙度、砂轮耐用度等因素来选取。外圆磨削时  $Z'_\omega$  的又可参照表 8-6-8 选用。若材料强度大、硬度高,  $Z'_\omega$  应选小些, 砂轮直径比较大(大于  $400\text{mm}$ ),  $Z'_\omega$  可选得较大些。

根据金属切除率  $Z'_\omega$ , 按(6-1)式可算出磨削时的横向切入进给速度

$v_{fp}$ 。

$$v_{fp} = \frac{60Z'_\omega}{\pi d_\omega} \quad (\text{mm/min}) \quad (6-1)$$

式中  $d_\omega$ ——工件直径(mm)

## 8. 磨削比 $G$

在砂轮耐用度期间, 金属切除体积与砂轮磨耗体积之比称个别比。磨削比大, 说明砂轮的耐用度较高。磨削比的大小与磨削用量、砂轮特性和工件材料等因素有关。磨削用量大、砂轮硬度软、工件材料强度高、硬度高, 则磨削比较小。

## 四、切削液及其净化

### (一) 切削液的作用

具有冷却、清洗工件、润滑磨削区等作用。

### (二) 切削液的选择

切削液的种类很多, 基本上可分为两大类。一类是水溶液如乳化液、电解质水溶液等; 另一类为油类如矿物油、矿物油和动、植物脂肪的混合油等。为了改善切削液的润滑性能, 可加入极压添加剂, 组成极压性切削液。

选择适宜的切削液可以提高生产效率、减少砂轮消耗、降低磨削力和磨削热、降低工件表面

粗糙度。

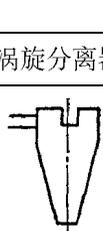
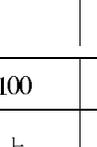
### (三) 切削液使用要点

- 1) 喷嘴尽量靠近磨削区, 切削液要浇在磨削区。
- 2) 切削液流量要充分, 一般而言, 砂轮每毫米宽度上不少于 0.5L/min。
- 3) 切削液箱容量一般为每分钟流量的 1.5~3 倍。
- 4) 切削液应保持清洁并装有过滤或沉淀装置。
- 5) 为了减少磨削热, 和提高砂轮耐用度, 可采用高压力切削液或高压和大流量切削液装置。

### (四) 切削液的净化

磨削时, 切削液需要经常保持清洁, 以避免混入切削液中的杂质进入磨削区而划伤工件。各种净化装置及其性能见表 8-6-9。

表 8-6-9 各种切削液净化装置性能对比

	过 滤 器 型 式 型 号			
	涡旋分离器	磁性过滤器	低质过滤器	离心过滤器
对 比 指 标				
	φ48	TQ-25		
净化能力 Q (L/min)	12.5~100	25~100	不大于 25	不大于 50
净化效率 (η)	99%以上	搅动 99% 不搅动 87%	-	-
粒度(μm)	最小 1.5~3 最大 20~40	74	-	-
耗电 (kW)	0.6~1.1	0.12	0.12	1.7
切削液的使用期	长	较长	-	-
消耗过滤介质	不消耗	-	消耗大	-
设备成本	较低	较高	较高	较高
占地面积	不占地	不占地	-	较少
噪 声	无	轻微	无	较大
非导磁性杂质 过滤的可能性	可	不可	可	可
介质粘度极大时 过滤的可能性	不可	可	可	可
连 续 性	可	可	不可	每班清洗一次
结构复杂性	简单	复杂	较复杂	复杂
流量损失	较大	-	大	-

## 第三节 研磨

### 一、研磨常识

#### 1. 研磨作用

研磨是一种精密的加工方法。一般情况下表面粗糙度可达到  $R_a 0.8 \sim 0.05$ , 最细可达到  $R_a 0.006$ 。尺寸精度可达到  $0.001 \sim 0.005\text{mm}$ 。故只有当零件允许形状误差小于  $0.005\text{mm}$ , 尺寸公差小于  $0.01\text{mm}$  时, 才用研磨方法加工。

#### 2. 研磨余量(表 8-6-10~表 8-6-12)。

表 8-6-10 研磨轴的加工余量 (mm)

直 径	直 径 余 量	直 径	直 径 余 量
$\leq 10$	0.005 ~ 0.008	51 ~ 80	0.008 ~ 0.012
11 ~ 18	0.006 ~ 0.008	81 ~ 120	0.010 ~ 0.014
19 ~ 30	0.007 ~ 0.010	121 ~ 180	0.012 ~ 0.016
31 ~ 50	0.008 ~ 0.010	181 ~ 260	0.015 ~ 0.020

注: 经过精磨的工件的手工研磨余量  $3 \sim 8\mu\text{m}$ ; 机械研磨余量  $8 \sim 15\mu\text{m}$ 。

表 8-6-11 平面的研磨余量 (mm)

平面长度	平 面 宽 度		
	$\leq 25$	26 ~ 75	76 ~ 150
$\leq 10$	0.005 ~ 0.007	0.007 ~ 0.010	0.010 ~ 0.014
11 ~ 18	0.007 ~ 0.010	0.010 ~ 0.014	0.014 ~ 0.020
19 ~ 30	0.010 ~ 0.014	0.014 ~ 0.020	0.020 ~ 0.024
31 ~ 50	0.014 ~ 0.018	0.020 ~ 0.024	0.024 ~ 0.030

注: 经过精磨的工件的手工研磨余量, 每面  $3 \sim 5\mu\text{m}$ ; 机械研磨余量每面  $5 \sim 10\mu\text{m}$ 。

表 8-6-12 研磨孔的加工余量 (mm)

加工孔的直径	铸 铁	钢
25 ~ 125	0.020 ~ 0.100	0.01 ~ 0.040
150 ~ 275	0.080 ~ 0.160	0.020 ~ 0.050
300 ~ 500	0.120 ~ 0.200	0.040 ~ 0.060

注: 经过精磨的工件的手工研磨直径余量为  $5 \sim 10\mu\text{m}$ 。

#### 3. 研磨用量

##### (1) 研磨压力

研磨的单位压力不超过  $150 \sim 1200\text{kPa}$ 。

##### (2) 研磨速度

手工推磨往复运动速度约为  $8 \sim 15\text{m}/\text{min}$ 。

手工与机器相配合的研磨, 一般工件的转速在直径小于  $80\text{mm}$  时为  $100\text{r}/\text{min}$ , 直径大于

100mm 时为 50r/min。

#### 4. 研磨面缺陷的分析(表 8-6-13)

表 8-6-13 研磨面缺陷分析

缺陷形式	缺陷产生原因
表面不光洁	1. 磨料过粗 2. 研磨液不当 3. 研磨剂涂得薄而不匀
表面拉毛	研磨剂中混入杂质
平面成凸形或孔口扩大	1. 研磨剂涂得太厚 2. 孔口或工件边缘被挤出的研磨剂未及时擦去仍继续研磨
孔成椭圆形或有锥度	3. 研磨棒伸出孔口太长 1. 研磨时工件(或研具)没有转换方向 2. 研磨时没调头研
薄形工件拱曲变形	1. 工件发热温度超过 50℃ 仍继续研磨 2. 装夹不正确或太紧引起变形

## 二、研磨剂

### 1. 磨料

研磨采用细颗粒的磨料,磨粉,研磨膏。磨粒材料有白刚玉、棕刚玉,氧化铬;研磨硬质合金工具则用绿碳化硅,碳化硼等。

磨料的系列与用途具体见磨削加工一节。

常用的研磨磨料的粒度以及选择,见表 8-6-14 至表 8-6-5。

表 8-6-14 常用粒度

加工方法	粒 度	应 用
粗研磨 精研磨	100~200 号 220 号 ~ W14	一般产品零件的研磨
粗研磨 半精研 精研磨	W14 ~ W10 W7 ~ W5 ≤ W5	精密零件、量具、刀具的密研 磨

表 8-6-15 粒度的选择

粒 度	能达到表面粗糙度
100~120 号	$R_a 0.8$
120~320 号	$R_a 0.8 \sim 0.2$
W28 ~ W14	$R_a 0.2 \sim 0.1$
≤ W14	$> R_a 0.1$

### 2. 研磨膏

一般研磨时常用成品研磨膏。研磨膏是用研磨粉加入粘结剂和润滑剂调制而成。使用时将研磨膏加以添加剂稀释后即可进行研磨。研磨膏的成分及其应用见表 8-6-16。

### 3. 研磨液(润滑剂,表 8-6-17)

表 8-6-16 研磨膏的成分及其应用

加工种类	研 磨 粉			油 酸	混合脂	凡士林	煤油
	规 格	名 称	%	%			
粗 研	W14 ~ W10	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	52	7	26	15	-
半精研	W7	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	45	22.4	31.5	-	1.1
精 研	W14 ~ W10	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40.8	20.5	36.7	-	2
			19.4	29	45.1	-	6.5
抛 光	2 ~ 5μm	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.4	29	45.1	-	6.5
	1 ~ 3μm		11.6	31	54	-	3.4
	1 ~ 3μm		19.4	32.2	45.1	-	3.3
	1 ~ 3μm		56	8	12	24	-
	2 ~ 5μm		23.3	26.7	46.7	-	3.3

注:煤油的加入视气候而定,天暖少放些,天冷可多加些,油酸与混合脂的比例总值不变,例如油酸少放 5%,则混合脂应多增加 5%。

表 8-6-17 常用的研磨液(润滑剂)

研磨液名称	适用范围	配 调 方 法
机油(10号、20号)	半粗,精密研磨	以一份机油和三份煤油混合使用
煤油	粗研磨	
猪 油	极粗密研磨	把熟猪油和磨料拌成糊状,再加约 30 倍煤油调匀
水	玻璃,水晶	

注:如煤油中加入硬脂酸能加快工作速度。

## 三、研磨工具

### 1. 研具的材料

研具的材料应比工件材料软,使磨料可嵌在研具表面对工件进行研磨,但不可太软。常用的研具材料,见表 8-6-18。

### 2. 研磨环和研磨棒的尺寸确定

研磨环如图 8-6-3 所示,其内径比工件的外径略大。0.0125 ~ 0.05mm,长度一般为孔径的 1 ~ 2 倍。

研磨棒如图 8-6-4 对所示,其外径应比工件内径小 0.01 ~ 0.0125mm。

表 8-6-18 研具的材料

研具材料	适用范围
灰铸铁	精细研磨
软钢	螺纹或小孔( $\phi 8\text{mm}$ 以下)的研磨
铜	研磨余量大的粗研
铅	研磨或抛光软钢或其它软金属
木、皮革、毛毡	抛光工件表面
沥青	玻璃、水晶或其它透明材料的抛光

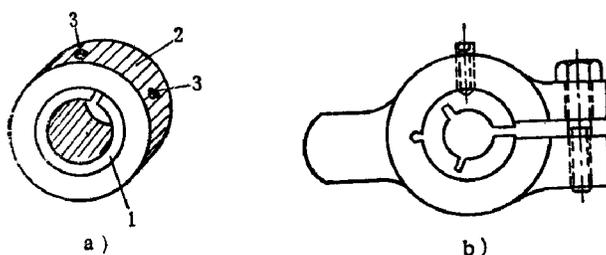


图 8-6-3 研磨环

a)整体的外圈研磨环 b)弹性的外圈研磨环  
1-研磨套 2-外圈 3-调节螺钉

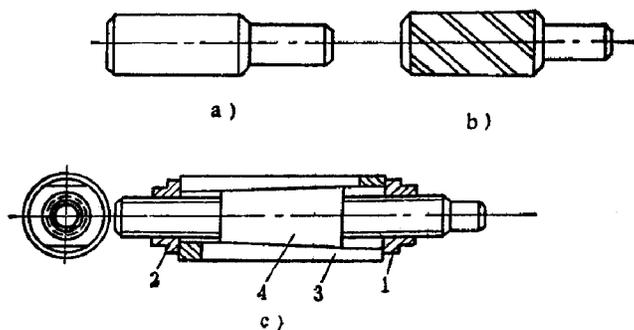


图 8-6-4 研磨棒形式

a、b)固定式 c)可调节式  
1、2-调节螺母 3-套 4-两端带有螺杆的圆锥体

## 四、封面研磨的基本原理

研磨,在阀门制造过程中是其密封面常用的一种光整加工方法。研磨可以使阀门密封面获得很高的尺寸精度、几何形状精度及表面粗糙度,但不能提高密封面各表面间的相互位置精度。研磨后的阀门密封面通常可达到的尺寸精度为  $0.001 \sim 0.003\text{mm}$ ;几何形状精度(如不平度)为  $0.001\text{mm}$ ;表面粗糙度为  $0.1 \sim 0.08 \mu\text{m}$ 。

密封面研磨的基本原理包括研磨过程、研磨运动、研磨速度、研磨压力及研磨余量五个方面。

①研磨过程:研具与密封圈表面很好地贴合在一起,研具沿贴合表面作复杂的研磨运动。研

具与密封圈表面间放有研磨剂,当研具与密封圈表面相对运动时,研磨剂中的部分磨粒在研具与密封圈表面间滑动或滚动,切去密封圈表面上很薄的一层金属。密封圈表面上的凸峰部分首先被磨去,然后渐渐达到要求的几何形状。

研磨不仅是磨料对金属的机械加工过程,同时还有化学作用。研磨剂中的油脂能使被加工表面形成氧化膜,从而加速了研磨过程。

②研磨运动:研具与密封圈表面相对运动时,密封圈表面上每一点对研具的相对滑动路程都应该相同。并且,相对运动的方向应不断变更。运动方向的不断变化使每一磨粒不会在密封圈表面上重复自己运动的轨迹,以免造成明显的磨痕而增高密封圈表面的粗糙度。此外,运动方向的不断变化还能使研磨剂分布得比较均匀,从而较均匀地切去密封圈表面的金属。

研磨运动尽管复杂,运动方向尽管在变化,但研磨运动始终是沿着研具与密封圈表面的贴合表面进行的。无论是手工研磨或机械研磨,密封圈表面的几何形状精度则主要受研具的几何形状精度及研磨运动的影响。

③研磨速度:研磨运动的速度越快,研磨的效率也越高。研磨速度快,在单位时间内工件表面上通过的磨粒比较多,切去的金属也多。

研磨速度通常为  $10 \sim 1240\text{m}/\text{min}$ 。研磨精度要求高的工件,研磨速度一般不超过  $30\text{m}/\text{min}$ 。阀门密封面的研磨速度与密封面的材料有关,铜及铸铁密封面的研磨速度为  $10 \sim 45\text{m}/\text{min}$ ;淬硬钢及硬质合金密封面为  $125 \sim 80\text{m}/\text{min}$ ;奥氏体不锈钢密封面为  $10 \sim 125\text{m}/\text{min}$ 。

④研磨压力:研磨效率随研磨压力的增大而提高,研磨压力不能过大,一般为  $0.01 \sim 0.4\text{MPa}$ 。

研磨铸铁、铜及奥氏体不锈钢材料的密封面时,研磨压力为  $0.1 \sim 0.3\text{MPa}$ ;淬硬钢和硬质合金密封面为  $0.15 \sim 0.4\text{MPa}$ 。粗研时取较大值,精研时取较小值。

⑤研磨余量:由于研磨是光整加工工序,故切削量很小。研磨余量的大小取决于上道工序的加工精度和表面粗糙度。在保证去除上道工序加工痕迹和修正密封圈几何形状误差的前提下,研磨余量愈小愈好。

密封面研磨前一般应经过精磨。经精磨后的密封面可直接精研,其最小研磨余量为:直径余量为  $0.008 \sim 0.0120\text{mm}$ ;平面余量为  $0.006 \sim 0.015\text{mm}$ 。手工研磨或材料硬度较高时取小值,机械研磨或材料硬度较低时取大值。

阀体密封面不便磨削加工,可采用精车。精车后的密封面须粗研后才能进行精研,其平面余量为  $0.012 \sim 0.050\text{mm}$ 。

## 五、研具材料的要求

在研磨加工中,对研具材料的要求有两条:一是研具材料要容易嵌入磨粒;二是研具材料要能较长久地保持研具的几何形状精度。

为使磨粒能容易嵌入,研具材料应比工件材料软。但也不可太软,否则磨粒会大部或全部嵌没而大大降低或失去切削作用;而巨材料过软也会使研具的磨耗增快。为使研具不致因很快磨耗而丧失其几何形状精度,研具材料需具有较好的耐磨性,它的组织也应均匀。组织均匀的材料磨耗也较均匀,有利于保持研具的几何形状精度。

研磨阀门密封面时,研具的材料习惯采用灰铸铁。灰铸铁研具适合研磨各种金属材料的密封面,它能获得较好的研磨质量和较高的生产率。研磨铸铁、铜、奥氏体不锈钢密封面一般采用 HB 120 ~ 160 的灰铸铁做研具;研磨硬质合金、淬硬钢密封面通常使用 HB 150 ~ 190 的灰铸铁,常用的灰铸铁牌号为 HT150 及 HT1200。

## 六、研磨剂的选用

由于研磨剂是磨料和研磨液组成的一种混合剂,而研磨液又仅是一般的煤油和机油。因此,正确地选用研磨剂最关键的一环是正确地选用磨料。

常用磨料有下列几种。

①氧化铝( $Al_2O_3$ )。氧化铝又称刚玉,其硬度较高,使用很普遍。一般用来研磨铸铁、铜、钢及不锈钢等材料的工件。

②碳化硅( $SiC$ )。碳化硅有绿色及黑色两种,其硬度比氧化铝高。绿色碳化硅适用于研磨硬质合金;黑色碳化硅用于研磨脆性材料及软材料的工件,如铸铁、黄铜等。

③碳化硼( $B_4C$ )。硬度仅次于金刚石粉末而比碳化硅硬,主要用来代替金刚石粉末研磨硬质合金,研磨镀硬铬的表面。

④氧化铬( $Cr_2O_3$ )。氧化铬是一种硬度高和极细的磨料,淬硬钢精研时常常使用氧化铬,一般也用它来抛光。

⑤氧化铁( $Fe_2O_3$ )。氧化铁亦是一种极细的磨料,但硬度及研磨效果均较氧化铬差,用途与氧化铬相同。

⑥金刚石粉末。即结晶碳 C,它是最硬的磨料,切削性能较好,特别适用于研磨硬质合金。常用磨料的分类及应用范围见表 8-6-19。

表 8-6-19 磨料的分类及应用范围

系列	磨料名称	代号	特 点	应用范围
氧化铝系	棕刚玉	GZ	棕褐色,硬度较高,韧性好价格低	适于粗研铸铁、青铜、钢及不锈钢等(要求不高时也可作精研用)
	白刚玉	GB	白色,硬度较棕刚玉高,韧性较差	
	单晶刚玉	GD	浅黄色或白色,颗粒呈球状,硬度和韧性均较白刚玉高	
	铬刚玉	GG	玫瑰红或紫红色,韧性比白刚玉好	
碳化物系	黑碳化硅	TH	黑色有光泽,硬度比白刚玉高,韧性较差	适用于磨铸铁、黄铜、青铜
	绿碳化硅	TL	绿色,硬度仅次于碳化硼和金刚石	适于研磨硬质合金
	碳化硼	TP	黑色,硬度仅次于金刚石,耐磨性好,价格贵,可部分代替金刚石	适于研磨质合金及镀硬铬表面
金刚石系	人造金刚石	JR	浅绿色、黑色或白色,硬度高,价格贵	适于研磨硬质合金及玻璃等高硬材料
	天然金刚石	JT	浅绿色,硬度最高,价格昂贵	
	氧化铬		深绿色,硬度较高	适于钢、不锈钢的精研及抛光
	氧化铁		深红色,较氧化铬软	

此外,磨料粒度(磨料的颗粒尺寸大小)的粗细对研磨效率及研后表面粗糙度有显著的影响。粗研时,工件表面粗糙度要求不高,为提高研磨效率宜选用粗粒度的磨料;精研时研磨余量小,工件表面粗糙度的要求高,可采用细粒度的磨料。

密封面粗研时磨料的粒度一般为回 120# ~ 120#;精研为 W40 ~ 14。

调制研磨剂,通常是往磨料里直接加入煤油和机油。用 1/3 煤油加 2/3 机油与磨料调合成的研磨剂适用于粗研;用 2/3 的煤油加 1/3 机油与磨料调合成的研磨剂可用于精研。当研磨硬

度较高的工件时,使用上述研磨剂的效果就不够理想。这时,可采用三份磨料加一份加热的猪油调合起来,冷却后形成糊状,使用时再适当加些煤油或汽油调匀。

## 七、阀门密封面的研磨方法

阀门密封面分平面和锥面两种密封面,是阀门制造中必须进行研磨的对象。

阀门密封面的研磨方法有手工研磨和机械研磨两种。

### (1) 阀门密封面的手工研磨

阀门密封面的手工研磨只使用简单的研磨工具。手工研磨时一般均采用湿研磨,在湿研磨的过程中要经常添加稀薄的研磨剂,以便把磨钝了的磨粒从工作面上冲去,并不断地加入新的磨粒,从而得到较高的研磨效率。对于精度和光洁度要求特别高的密封面,有时也使用压砂平板进行干研磨。

① 阀体密封平面的手工研磨。阀体密封平面位于阀体内腔,研磨比较困难。通常使用带方孔的圆盘状研具,放在内腔的密封面上,再用带方头的长柄手把来带动研磨盘作研磨运动。研磨盘上有圆柱凸台或引导垫片,以防止在研磨过程中研具局部离开环状密封面而造成研磨不匀的现象。图 8-6-5 为闸阀、截止阀的阀体手工研磨的示意图。

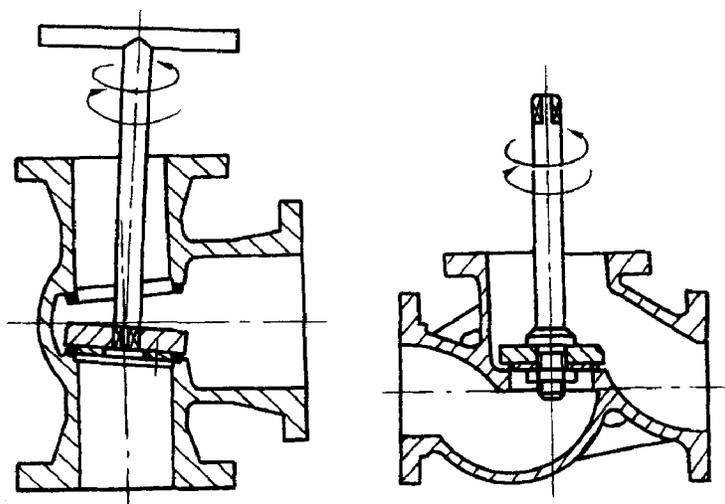


图 8-6-5 阀体平面的手工研磨

阀体密封平面手工研磨前,应将研具工作面用煤油或汽油擦净,并去除阀体密封面上的飞边、毛刺,再在密封面上涂敷一层研磨剂。研具放入阀体内腔时,要仔细地贴合在密封面上,然后采用长柄手把使研盘作正、反方向的回转运动。先顺时针回转  $180^\circ$ ,再反时针回转  $90^\circ$ ,如此反复地进行。一般,回转十余次后研磨剂中的磨粒便已磨钝,故应经常抬起研盘来加添新的研磨剂。

研磨的压力要均匀,且不宜过大。粗研时压力可大些;精研时应较小。应注意不要因施加压力而使研具局部脱离密封平面。

研磨一段时间后,要检查工件的不平度。此时可将研具取出,用煤油或汽油将密封面擦净,再将圆盘形的检验平盘轻放在密封面上并用手轻轻拖动,取出平盘后就可观察到密封面上出现的接触痕迹。当环状密封面上均匀地显出接触痕迹,而径向最小接触宽度与密封面宽度之比(即密封面与检验平盘的吻合度)达到工艺上规定的数值时,不平度就可认为合格。

② 闸板、阀瓣密封平面的手工研磨。闸板、阀瓣和阀座的密封平面可使用研磨平板来手工研

磨。工作前,先在于净的平板上均匀地涂上一层研磨剂,将工件贴合在平板上后可用手一边旋转一边作直线运动,见图 8-6-6 所示,或作 8 字形运动。由于研磨运动方向的不断变更使磨粒不断地在新的方向起磨削作用,故可提高研磨效率。

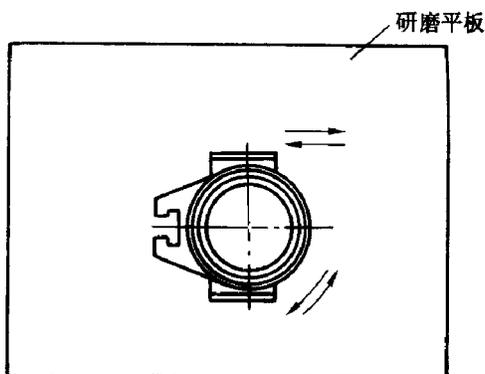


图 8-6-6 闸板密封面的手工研磨

为了避免研磨平板的磨耗不均,不要总是在平板的中部研磨,而应在平板的全部表面上不断变换部位,否则研磨平板将很快失去平面精度。

闸板及有些阀座呈楔状,密封平面圆周上的重量不均,研磨时应在其薄端(又称“小头”)加稍大的压力,使环状密封平面上的压力均匀,以免引起工件楔角的改变。

节流阀阀瓣研磨时可使用带孔的环状圆盘研具,其研磨方法与阀体密封面基本相同。

③锥形密封面的手工研磨。研磨锥形密封面需使用带有锥度的研杆或研套。研杆与研套的锥度应分别与阀体密封面或阀瓣密封面的锥度相一致。研磨旋塞体和塞子的研杆及研套的锥面上要开有螺旋状的浅槽,以积存多余的研磨剂。研磨截止阀阀体时,由于密封锥面太短,稳定性差,故通常在阀体中法兰内止口处增加一个导向盘,使研杆保持平稳。图 8-6-7 为锥形密封面的手工研磨示意图。

研锥形密封面时,先在擦净了的研具上均匀地涂上一层研磨剂,轻放在工件表面上后用手加压并旋转研具;旋转 3~4 周后,可将研具拔出一些改变圆周位置后再进行研磨。在研磨过程中应经常加添研磨剂。

研旋塞体的研杆与研塞子的研套锥度应一致,否则研后锥形密封面间将容易发生渗漏。

## (2) 阀门密封面的机械研磨

由于机械研磨的效率高、质量稳定,故阀门制造厂家主要使用机械来研磨密封面。在机械研磨密封面的过程中,我们首先要考虑的是研磨轨迹复杂、运动合理的问题,其次才是研磨效率。

常用的阀门密封面研磨机有如下五种。

①轴摆式研磨机。轴摆式研磨机是专为研磨阀体密封平面而设计的,也可用来研磨闸板、阀座、阀瓣的密封面。该机的研磨轨迹较理想,特别适合小型阀门厂及阀门维修部门使用。日本、德国、法国等普遍采用该机来研磨阀门。图 8-6-8 为轴摆式研磨机的外观及轨迹。

如用轴摆式研磨机研磨大型阀门的阀体密封面时,可先在阀体相应端的法兰端面安一长方形钢板,而后将研磨机的主轴箱卸下直接安装在该钢板上,用“蚂蚁啃骨头”的办法来进行研磨。

②行星式研磨机。行星式研磨机适用于研磨阀瓣、阀座和闸板等零件的密封平面。该机使用方便,可同时研磨几个工件,效率较高,研后工件的几何形状精度及表面质量较好。图 8-6-9 是行星式研磨机的工作原理图。

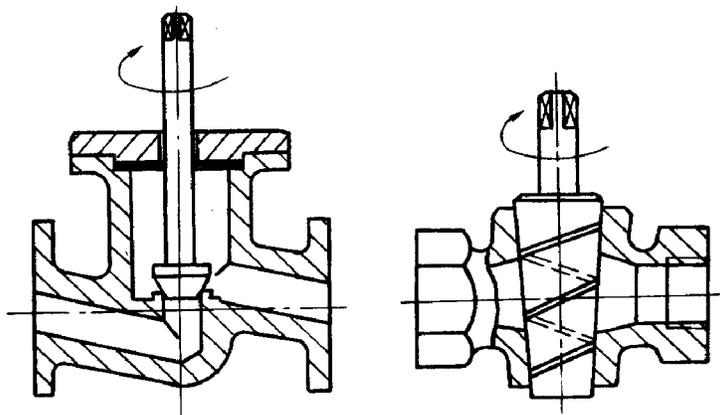


图 8-6-7 锥形密封面的手工研磨

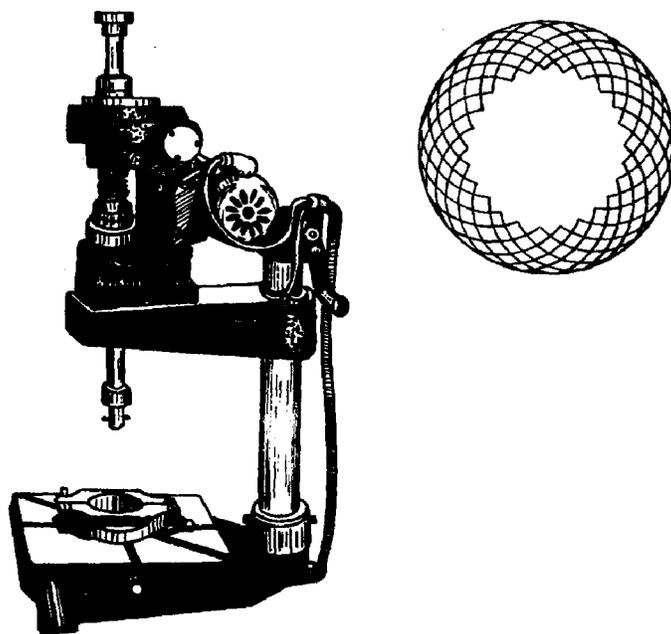


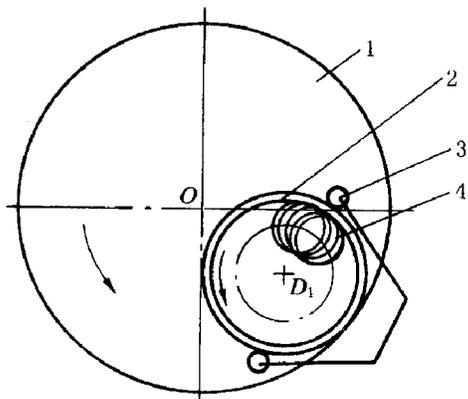
图 8-6-8 轴摆式研磨机的外观及轨迹

行星式研磨机圆环内的工件在研盘及圆环的拖动下自转的同时并绕圆环中心  $D_1$  摆动, 故这样得到的研磨轨迹就较复杂。如在圆环内同时置放几个圆形工件, 由于工件间互相碰撞和干扰, 得出的研磨轨迹将更为复杂。

行星式研磨机研磨压力一般是靠工件的自重获得, 由于楔式闸阀闸板的重量在密封面圆周上分布不均, 为避免产生研磨不均的现象可使用图 8-6-10 所示的工具。

③振动研磨机。振动研磨机适合研磨中、小型截止阀、止回阀阀瓣的密封平面。该机可一次研磨几十个零件, 具有较高的生产效率。此外, 由于该机研盘振动的频率高, 振幅小, 工件与研盘相对运动的方向在不断变更, 因而不仅工件研后的几何形状精度及光洁度好, 研盘的磨耗也比较均匀。图 8-6-11 为振动研磨机的示意图。

振动式研磨机, 自由放置在研盘上的工件因其自身的惯性与振动的研盘间产生了短促的相对滑动。工件在研盘上的滑动是没有规律的, 加之工件间常常发生碰撞而使研磨轨迹更加复杂, 但工件的研磨和研盘的磨耗却比较均匀。



1-研盘;2-圆环;3-滚柱;4-工件  
图 8-6-9 行星式研磨机的工作原理

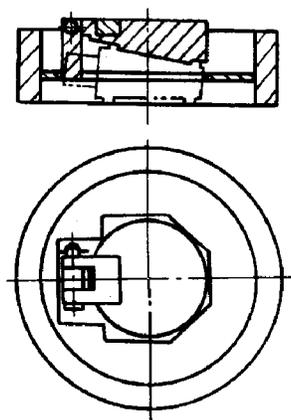


图 8-6-10 研磨楔式闸板的工具

振动式研磨机不适于研磨重心高或在圆周上重量分布不匀的工件。

④多轴阀体研磨机。多轴阀体磨机适于研磨小型截止阀的密封平面。

多轴阀体研磨机见图 8-6-12,其主轴的上部与端面凸轮相接合。主联每正反向回转一次,端面凸轮就迫使主轴作一次轴向跳动,受主轴跳动的影响工件亦瞬时与研盘跳离。由于研盘仍在继续回转,当工件落在开盘上时已不是原来的位置了。

多轴阀体研磨机的研磨运动是模仿手工研磨的。由于研磨过程自动进行,并能同时研磨 120 个阀体,因此它具有较高的效率。

⑤旋塞研磨机。旋塞研磨机适用于研磨塞子和旋塞体的锥形密封面。旋塞研磨机利用塞子和旋塞体进行配研,结构简单,操作方便,其研磨运动与手工研磨相似。由于该研磨机效率高,研磨质量好,其应用比较普遍。

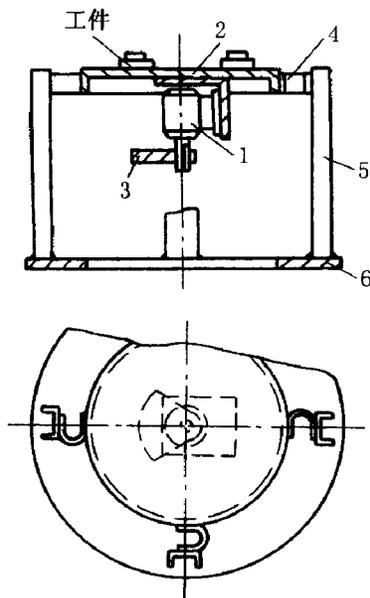
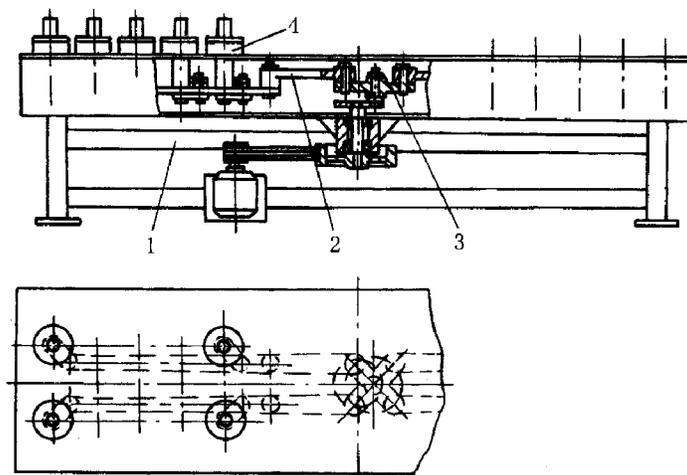


图 8-6-11 振动研磨机示意图  
1-电机;2-研盘;3-偏心轮;  
4-弹簧;5-支架;6-底座



1- 机座; 2- 曲柄边杆机构; 3- 传动盘; 4- 研磨主轴

图 8-6-12 多轴阀体研磨机

## 八、阀门密封面滚动珩磨的基本原理

近十多年来,经过反复实践和不断总结提高,滚动珩磨工艺有了较快的发展。滚动珩磨可以在普通万能机床上进行,珩磨的工具简单,操作方便,对工件预加工表面粗糙度要求不高(精车后的工件也可粗磨)。滚动珩磨不仅能加工内圆柱面,还可以加工外圆柱面、圆锥面、球面及面。

图 8-6-13 为滚动珩磨的工作原理。工件装夹在卡盘或顶尖上,倾斜安装着的珩磨轮以一定的压力与工件表面接触。当工件以  $V_{\text{工}}$  的线速度旋转时,由于摩擦力的作用珩磨轮以  $V_{\text{轮}}$  的速度绕自身的轴线转动。同时珩磨轮还沿工件的轴线方向作往复进给运动。因珩磨轮轴线与工件轴线有交角  $\alpha$ ,故在工件与珩磨轮旋转的同时,它们之间产生相对滑动,其滑动速度为  $V_{\text{滑}}$ 。珩磨轮与工件表面相对滑动时,磨粒就在工件表面上切去极薄的一层金属。珩磨轮沿工件轴向往复运动使工件表面得到交叉重叠的网状痕迹,故滚动珩磨也能获得  $\nabla_{0.4} \sim \nabla_{0.02}$  的表面粗糙度。

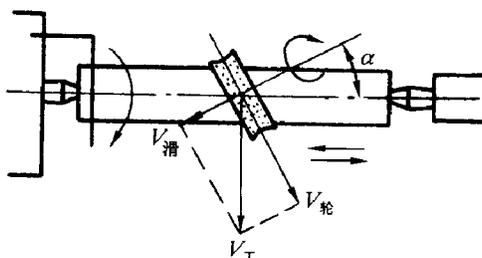


图 8-6-13 滚动珩磨的工作原理

从图 8-6-13 可知:

$$V_{\text{轮}} = V_{\text{工}} \cos\alpha; V_{\text{滑}} = V_{\text{工}} \sin\alpha$$

珩磨轮倾角  $\alpha$  愈大,相对滑动速度  $V_{\text{滑}}$  愈大,效率也愈高。但  $\alpha$  角过大将会产生自锁现象,故一般  $\alpha$  取  $10^\circ \sim 35^\circ$ 。

## 第四节 热喷涂

随着热喷涂技术的不断发展,越来越多的喷涂新材料、新工艺技术不断出现,涂层的性能多种多样并不断提高,使其应用领域迅速遍及航空、航天、汽车、机械、造船、石油、化工、铁道、桥梁、矿山、冶金以及电子等诸多行业,以满足人们对耐磨、耐蚀、抗高温氧化、耐热循环、热传导及电特性等特殊功能要求。

热喷涂工艺方法种类繁多,其各自采用的设备、技术特点以及最终获得的涂层的性能均有所不同,热喷涂方法应依据机件服役条件对涂层性能所提出的要求、机件的大小、形状、材料、批量和施工条件等来加以确定。

(1)对于承载低的耐磨涂层和以提高机件抗蚀性的耐蚀涂层,当喷涂材料的熔点不超过 $2500^{\circ}\text{C}$ 时,可采用设备简单、成本较低的火焰喷涂。

(2)对于涂层性能要求较高或较为贵重的机件,特别是喷涂高熔点陶瓷材料时,宜采用等离子喷涂。

(3)工程量大的耐蚀、耐磨金属涂层,宜采用电弧喷涂。

(4)要求高结合力、低孔隙率的金属或合金涂层可采用气体火焰超音速喷涂,要求结合强度高、孔隙率低的金属和陶瓷涂层可采用超音速等离子喷涂。

喷涂材料种类繁多,从金属、合金、陶瓷到复合材料,所获得的涂层性能存在很大差异,涂层的设计主要由机件的使用环境、服役条件等来确定。

### 一、耐蚀涂层

Zn、Al、Zn—Al 合金涂层对钢铁具有良好的防护作用,这不仅与阴极保护作用有关,涂层本身也具有良好的抗腐蚀作用。处于室外工业气氛中钢件,若气氛呈碱性,则可采用 Zn 涂层;若气氛中硫或硫化物含量高,则可采用 Al 涂层;如桥梁、输电线、钢结构件、高速公路护栏、照明高杆等喷涂 Zn 或 Al 涂层进行长效防腐。处于盐气雾中的钢件,如海岸附近金属构件、甲板、发射天线、海上吊桥等均可喷涂 Al、Zn 或其合金进行长效防腐,一般二三十年不需要维护。长期处于盐水中的钢件,如船体、钢体河桩及桥墩等可喷涂 Al 进行长期防腐。耐饮用水的涂层可用 Zn, 涂层不需封孔,如淡水储器、输送器等。耐热淡水的涂层可用 Al, 但涂层需封孔,如热交换器、蒸汽净化设备及处于蒸汽中的钢件。

### 二、耐磨涂层

在机械零部件表面喷涂耐磨涂层的主要目的为:提高性能和延长寿命,其基本出发点是机件表面的强化;修旧利废,恢复因磨损或腐蚀磨损而造成的尺寸超差,并赋予机件更好的耐磨性;提高产品质量,对于设备中的某些零部件,通过喷涂耐磨涂层,将会提高整机的性能和技术指标,从而提高产品的质量。由于机械的工作环境和服役条件不同,其磨损机制也不尽相同,因此应有针对性的选择合适的涂层。

(1)抗磨料磨损涂层 许多机件如各种破碎机、泥浆泵、农用机械及混凝土搅拌机等工程机械,往往因遭受矿物、岩石、泥沙等磨料的磨损而失效。在此类机件表面喷涂某些铁基、镍基、钴基材料或在这些喷涂材料中加入 WC、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZnO}_2$  等陶瓷颗粒获得复合涂层,可显著提高其抗磨料磨损性能。

(2)抗粘着磨损涂层 在机件表面喷涂铁基、镍基或钴基的 WC、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZnO}_2$  复合涂

层,或喷涂陶瓷,将增大或改变摩擦副间的物理、化学及晶体结构的差异和性质,从而提高机械的抗粘着磨损性能。另外,在边界润滑条件下,钼涂层具有优异的耐粘着磨损性。

(3)耐微动磨损涂层 凸轮随动件、汽缸衬套、导叶、涡轮叶片等机件常因微动磨损而失效,喷涂自熔合金、氧化物或碳化物金属陶瓷、某些 Ni、Fe、Co 基材料可显著提高机件的抗微动磨损性能。

(4)耐热磨损涂层 各种热作模具、轧管定径穿孔机、压铸模具以及粉末冶金模具等,其不仅服役在较高的温度环境下,而且遭受磨损、挤压、冲击及冷热疲劳作用,可喷涂某些钴基自熔合金、Ni/Al 以及陶瓷来提高耐热磨损性能。

(5)耐冲击磨损和耐气蚀磨损涂层 各种风机、水电阀等的失损主要是由于冲蚀磨损而引起的。而水轮机叶片、喷头及各种汽缸衬套常因气蚀磨损而失效,可喷涂 Ni 基自熔合金。自熔合金加铜粉、不锈钢、超细  $\text{Al}_3\text{O}_2$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、WC 复合粉末显著提高机件的耐冲蚀磨损和耐气蚀磨损能力。

### 三、耐熔融金属涂层

耐熔融 Zn 浸蚀涂层:可喷涂  $\text{Al}_3\text{O}_2 + \text{TiO}_2$ 、 $\text{MgO} + \text{ZnO}$  及纯白钨等,如浸 Zn 槽、浇铸槽等。

耐熔融 Cu 浸蚀涂层:可喷涂  $\text{Al}_3\text{O}_2$ 、 $\text{TiO}_2$  及  $\text{ZnO}_2 + 24\% \text{MgO}$  及 Mo 等。如锭模。

耐熔融 Al 浸蚀涂层:可用  $\text{Al}_3\text{O}_2$ 、 $\text{TiO}_2$  及  $\text{ZnO}_2 + 24\% \text{MgO}$  涂层,如模具、输送槽等。

耐熔融钢铁浸蚀涂层:可喷涂及  $\text{ZnO}_2 + 24\% \text{MgO}$  及 Mo 等,如风口、连铸模等。

### 四、恢复尺寸涂层

热喷涂用于修复因磨损、加工不当造成尺寸超差的工件,涂层要与基体有相同或更好的性能。如齿轮、轴颈、键槽、机床导轨等,多用铁基合金、镍基合金、铜基合金修复,用与钢轨热膨胀系数相近的  $\text{Fe}_3\text{O}$  对粉热喷涂修复钢轨磨损部位便是一个典型的成功的修复范例。

综上所述,涂层的设计和喷涂材料的选择主要依据工件的服役条件,但同时要考虑工艺性、经济性和实用性。如钴基合金性能优异,但国内资源较匮乏,因而应尽量少用;我国镍资源尽管较为丰富,但镍基合金价格较高,所以在满足性能要求的前提下也应尽量采用铁基合金。对于某些特殊重要的工件的喷涂应以获得最优的涂层性能为准则,而对于大多数工件的喷涂则以获得最大经济效益为准则。

## 第五节 电镀

电镀的历史较早,这项表面处理技术的开发最初主要是为满足人们防腐和装饰的需要。近些年来,随着现代工业和科学技术的发展,不断开发出新的工艺技术方法,尤其是一些新的镀层材料和复合镀技术的出现极大地拓展了这项表面处理技术的应用领域,并使其成为现代表面工程技术的重要组成部分。

### 一、电镀的基本原理

电镀是金属电沉积技术之一,是通过电解方法在固体表面上获得金属沉积层的过程,其目的在于改变固体材料的表面特性,改善外观,提高耐蚀、抗磨损、减摩性能,或制取特定成分和性能的金属覆层,提供特殊的电、磁、光、热等表面特性和其它物理性能等。一般来说,阴极上金属电沉积的过程是由下列步骤组成的:

(1)传质步骤 在电解液中的预镀金属的离子或它们的络离子由于浓度差而向阴极(工件)表面或表面附近迁移;

(2)表面转化步骤 金属离子或其络离子在电极表面上或表面附近的液层中发生还原反应的步骤,如络离子配位体的变换或配位数的降低;

(3)电化学步骤 金属离子或络离子在阴极上得到电子,还原成金属原子;

(4)新相生成步骤 即生成新相,如生成金属或合金。

电镀槽中有两个电极,一般工件作为阴极,电源接通后便在两极间建立起电场,在电场作用下金属离子或络离子向阴极迁移,并在靠近阴极表面处形成所谓的双电层,此时阴极附近离子浓度低于远离阴极区域的离子浓度,从而导致离子的远距离迁移。金属离子或络离子释放掉络合物,通过双电层而到达阴极表面放电发生还原反应生成金属原子。离子在阴极表面上各点的放电难易程度是不同的,在晶体的结点、棱边处,电流密度和静电引力比晶体的其它部位大得多,同时位于晶体结点和棱边处的原子最不饱和,有较高的吸附能力,因而,到达阴极表面的离子会沿表面扩散到结点、棱边等位置,并在这些位置放电生成原子进入金属的晶格,这些离子优先放电位置即是镀层金属晶体的生长点。当这些生长点沿晶面扩展时,就生成了由微观台阶连接的单原子生长层。由于阴极金属的晶格表面存在一个由晶格力延伸而成的应力场,开始沉积在阴极表面的原子只能占据与基体金属(阴极)晶体结构相连续的位置,不论基体金属与镀层金属的晶格几何形态和尺寸的差异如何。如果镀层金属的晶体结构和基体相差甚远,则生长的晶体在开始时会和基体的晶体结构一样,而后逐渐向自身稳定的晶体结构转变。电沉积层的晶体结构取决于沉积金属本身的晶体学特性,而其组织形态在很大程度上决定于电结晶过程的条件,沉积层的致密度主要取决于离子浓度、交换电流及表面活性剂,电结晶晶粒的尺寸则在很大程度上取决于表面活性剂的浓度。

## 二、单金属电镀

单金属电镀是指镀液中只含有一种金属离子,镀后形成单一金属镀层的方法。常用的单金属电镀主要有镀锌、镀铜、镀镍、镀铬、镀锡和镀银等,不仅可作为钢铁机件等的防腐,还具有装饰功能和改善可焊性的特性。

锌的标准电极电位为 $-0.76\text{V}$ ,对钢铁基体来说锌镀层属于阳极性镀层,主要用于防止钢铁的腐蚀。电镀锌工艺分为氰化物镀锌和无氰镀锌两类。氰化物镀锌的特点是溶液均镀能力好,镀层光滑细致,应用较广,镀液分微氰、低氰、中氰和高氰几种。但由于氰化物属剧毒物,近年来已趋向采用微氰和无氰镀液。无氰镀液有碱性锌酸盐镀液、按盐镀液、硫酸盐镀液及无铈氯化物镀液等。

### 1. 碱性氰化物镀锌

碱性氰化物镀锌的镀层结晶细致、光泽好,镀液的均镀能力和深镀能力均好,允许使用的电流密度和温度范围较宽,对设备腐蚀性小。适用于电镀形状复杂和镀层厚度 $120\mu\text{m}$ 以上的零件,但镀液的电流效率较低并且有剧毒。

碱性氰化物镀锌液配方及电镀工艺见表8-6-20。镀液配制及电镀过程中应注意以下几点:

表 8-6-20 碱性氰化物镀锌工艺规范

含量(g/L) / 配方号	1	2	3	4	5	6
组成和操作条件						
氧化锌(ZnO)	35~45	17~22	10~12	9~10	14	9.5
氰化钠(NaCN)	80~90	38~55	10~12	10~13	5	7.5
氢氧化钠(NaOH)	80~85	60~75	100~120	75~80	110	75
硫化钠(Na <sub>2</sub> S)	0.5~5	0.5~2				
甘油(C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> O <sub>3</sub> )	3~5					
HT 光亮剂 <sup>①</sup> /(mL/L)		1~1.2		0.5~1		
CKZ-840 <sup>②</sup> /(mL/L)					5~6	
“505” <sup>③</sup> /(mL/L)			4~6			
硫脲((NH) <sub>2</sub> CS)					5	
Zn-AP <sup>④</sup> /(mL/L)					4	
温度/(°C)	10~35	室温~40	10~40	15~32	15~45	20~43
阴极电流密度/(A/dm <sup>2</sup> )	1~3	1~4	0.5~6	1~4	2~6	0.5~5

- ① 浙江黄岩萤光化学厂产品。  
 ② 河南开封电镀化工厂产品。  
 ③ 江西省科技情报所“505”研制推广产品。④ 美国 Udylite 公司产品。

1) 严格控制镀液中各成分的浓度范围。高氰镀锌溶液中各成分浓度(mol/L)应保持为: NaCN = (4.0~6.4):1、NaOH: NaCN = (0.9~1.1):1。

2) 注意镀液中氰化物、氢氧化钠与空气有关成分的反应。当碳酸盐含量超过 50~100g/L 时, 镀液电导下降, 阳极钝化, 必须采用冷冻法(冷冻温度在 -5°C 以下, 时间 8h 以上, 使碳酸钠浓度降至 30~40g/L), 或沉淀法(在镀液中加入氢氧化钙或氢氧化钡沉淀)进行处理。

3) 阳极使用锌板(含锌量 99.97%)时应注意用阳极套, 防止阳极泥渣悬浮在镀液中, 使镀层粗糙。

4) 氰化物镀锌溶液对杂质敏感性较小, 其允许含量为: 铜 0.075~0.2g/L, 铅 0.02~0.04g/L, 镉 0.05~0.15g/L, 锡 0.05~0.1g/L, 铬 0.015~0.025g/L, 铁 0.15g/L。镀液中的杂质可采用如下的方法处理: 加入 12.5~3g/L 硫化钠, 使之与铁、铅等重要金属离子生成硫化物沉淀除去; 加入少量锌粉, 可使铜、铅置换于槽底除去; 还可通电处理, 阴极电流密度为 0.1~0.2A/cm<sup>2</sup>。

## 2. 碱性锌酸盐镀锌

碱性锌酸盐镀锌的镀液成分简单, 使用方便, 镀层细致光亮, 钝化膜不易变色, 对设备腐蚀性小, 废水处理也比较容易。但镀液的均镀能力和深镀能力较氰化物镀液差, 电流效率低(70%~80%), 镀层超过一定厚度时脆性增加。

碱性锌酸盐镀锌液配方及电镀工艺见表 8-6-21 镀液配制及电镀时应注意:

表 8-6-21 碱性锌酸盐镀锌工规范

含量/g(L)	配方号	1	2	3	4	5	6
组成和操作条件							
氧化锌(ZnO)		12~20	10~15	10~12	10~15	12	6~12
氢氧化钠(NaOH)		100~160	100~130	100~120	100~150	120	75~110
碳酸钠(Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )						20	15~30

(续)

含量/g ( /L) 组成和操作条件	配方号	1	2	3	4	5	6
DE 添加剂 <sup>①</sup> /(mL/L)		4~5					
DPE - II 添加剂 <sup>①</sup> /(mL/L)			4~6				
三乙醇胺/( mL/L ) ( N (CHC <sub>2</sub> H <sub>2</sub> HO) <sub>2</sub> )			12~30				
混合光亮剂 <sup>②</sup> /(mL/L)		0.1~0.5					
香豆素(C <sub>9</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> )		0.4~0.6					
DE-81 光亮剂 <sup>③</sup> /(mL/L)				3~5			
ZBD-81 光亮剂 <sup>③</sup> /(mL/L)				2~5			
BW-901 <sup>④</sup> /(mL/L)					4~6		
CKZ-840 <sup>⑤</sup> /(mL/L)						6~7	
OCA99 <sup>⑥</sup> /(mL/L)							10
温度/°C		10~45	10~40	5~45	10~40	15~45	24~35
阴极电流密度/(A/dm <sup>2</sup> )		0.5~4	0.5~3	0.5~6	1~5	2~6	挂镀 1~2 滚镀 0.5~1

- ① 由浙江黄岩荧光化学厂生产。
- ② 混合光亮剂为三乙醇胺、乙醇胺和茴香醛的混合物，其重量比为 1:1:0.45。
- ③ 由广州电器科学研究所研制。
- ④ 由辽宁省本溪市合成化工厂生产。
- ⑤ 由河南开封市电镀化工厂生产。
- ⑥ 美国 Vbylite 公司产品。

1) 必须严格控制对镀层质量影响较大的铅、铁、铜等杂质含量。

2) 定期分析锌和氢氧化钠的含量。一般挂镀应控制氢氧化钠: 锌(重量比) = 10:1; 滚镀控制氢氧化钠: 锌(重量比) = 12:1。

3) 该工艺使用的阳极板面积应比氰化镀锌大一些。通常, 阳极面积: 阴极面积 = (1.5 ~ 12): 1, 并锌阳极不能装在铁篮子里使用。

4) 镀液杂质允许最高含量为: 铅 0.003 ~ 0.015g/L, 铜: 0.025 ~ 0.03g/L, 铁: 0.05 ~ 0.1g/L, 镍: 0.1g/L, 铬: 0.003 ~ 0.05g/L, 硫: 0.01 ~ 0.075g/L。重金属离子的去除可加锌粉 1.5 ~ 2g/L 或试剂铝粉 0.5g/L 进行处理。

5) 有机添加剂等的分解产物长期在镀液中不断积累。因此, 要用活性炭处理。

除上述碱性氰化物镀锌和碱性锌液酸盐外, 还应有铵盐镀锌。铵盐镀锌镀层结晶细致、光亮, 镀液电流效率高, 深积速度快, 其均镀能力和深镀能力随镀液类型不同而有差别: 氯化铵——氨三乙酸镀液较好, 氯化铵——柠檬酸镀液次之, 氯化铵镀液较差。氯化铵镀液只适用于电镀几何形状较为简单的零件, 而后两种镀液可用于几何形状复杂零件。铵盐镀锌液对钢铁设备腐蚀严重, 废水处理较难。

### 3. 镀锌层的后处理

镀锌层的后处理包括去氢和钝化两部分。

去氢一般采用镀后加热处理, 使氢逸出。去氢的效果与处理的温度和时间有关。通常在烘烤箱内进行, 温度 200 ~ 250°C, 时间 2h。温度的高低应由基体材料决定。去氢后钝化若有困难,

可在钝化前先用 10% 硫酸等活化。

钝化处理工艺有彩色钝化、白色钝化、黑色钝化、草绿色钝化等,其中白色钝化、黑色钝化和草绿色钝化工艺规范分别见表 8-6-22~表 8-6-24。该工艺规范亦适合镀其它有色金属的后处理。

表 8-6-22 低铬白色钝化工艺规范

组成和操作条件	氯化铬 <sup>①</sup> (CrCl <sub>2</sub> ·26H <sub>2</sub> O)	铬酐 <sup>②</sup> (CrO <sub>3</sub> )	氟化钠 (NaF)	硝酸 (H <sub>2</sub> NO <sub>3</sub> ) (d = 1.41)	硫酸 (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) d = 1.84	温度	时间/s	
							溶液中	空气中
含量	2~5g/L	2~5g/L	2~4g/L	30~50mL/L	10~15mL/L	室温	2~10	5~15

① 氯化铬在新配制时加入,以后不再补加。

② 钝化前必须先出光。钝化后用含 0.~0.5g/L 铬酐的热溶液(60~80℃)封闭,以提高耐腐蚀性。

表 8-6-23 黑色钝化工艺规范

含量/g ( / L )	配方号	1	2	3	4 <sup>③</sup>	5	6
		组成和操作条件					
钼酸铵		300				40	
氨水/(mL/L)(NH <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O)		600					
硫酸镍(NiSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O)							40
硫酸锌(ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O)							20
硫代硫酸钠(Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O)							12
醋酸铵(NH <sub>4</sub> AC)							20
醋酸铅(Pb(AC) <sub>2</sub> )							4
铬酐(CrO <sub>3</sub> )			15~30			5.5~7.5	
硫酸钾(K <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> )				1.5~2			
醋酸(36%, mL/L)(HAC)			70~125	2			
铬酸钾(K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> )				2~3			
硝酸银(AgNO <sub>3</sub> )				1.5~2			
ZB-82A <sup>①</sup> /(mL/L)					80~120		
ZB-82B <sup>①</sup> /(mL/L)					8~12		
YDZ-3 钝黑剂 <sup>②</sup> /(mL/L)						25~30	
硫酸铜(CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O)~			30~50				
甲酸钠(HCOONa·2H <sub>2</sub> O)			20~30				
pH 值			2~3	1.5~2	1~2	1~1.3	20~40
温度/℃		30~40		20~30	20~30		
时间/min		10	2~3	0.3~0.5	钝化 1~2 空气中 < 1/3 水冲洗 < 1/5	0.75~1	10~25

① 武汉材料保护研究所研制的产品。

② 上海通讯设备厂产品。

③ 补充钝化液时采用 ZB-82℃(武汉村保所研制),配方中均用蒸馏水配制。

表 8-6-24 五酸草绿色钝化工艺规范

组成和操作条件	铬酐 (CrO <sub>3</sub> ) (/g/L)	磷酸 (H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) (/mL/L)	硫酸 (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) (d = 1.84) (/mL/L)	到 (HNO <sub>3</sub> ) (d = 0.41) (/mL/L)	盐酸 (HCl) (d = 1.19) (/mL/L)	pH 值	钝化时间 /min	老化温度 /℃	老化时间 /min
含量	305~0	10~15	5~8	5~8	5~8	0.5~2	1~3	60~70	5~10

### 三、合金电镀

现代科学与工业技术的发展对材料表面性能提出了多种多样的要求,仅靠单一金属镀层已不能解决。由各种单金属组成的合金镀层虽可以满足各种特殊表面性能的要求,但没有合金种类繁多,可供选择的范围小。因此,近年来合金电镀的研究与应用日益为人们所重视。采用电沉

积方法获得一定组成和结构的合金较冶炼方法要困难得多,因为电沉积合金的基本出发点不是金属而是水离子或络离子,它们还原到金属原子的过程是不可逆的,电解液组成与析出合金的组成之间没有简单的关系,决定电沉积合金组成的是两种金属离子的还原速度,而支配还原速度的主要因素是过电位、电解液中金属离子浓度、络合剂浓度、pH 值、添加剂、温度、搅拌速度以及电极表面性质等。只有很好地控制这些因素才能获得一定组成的合金。据报道迄今已获得的电沉积合金超过 230 余种,大致可分为 4 种类型<sup>[1]</sup>: A 型——生成连续固溶体的合金; B 型——生成有限固溶体的合金; C 型——生成低共熔混合物的合金; D 型——生成金属间化合物的合金。具体见表 8-6-25。

表 8-6-25 二元合金电镀层平衡状态图的分类

分类	A 型		B 型		C 型	D 型			
	连接固溶体		有限固溶体		低共熔混合物	金属间化合物			
状态图									
电 镀 二 元 合 金	Ag-Au	Au-Cu	Ag-Cu	Ag-Pt	Ag-Bi	Ag-Cd	Cd-Cu	Cu-S	Mn-SC
	Ag-Pd	Au-Ni	Ag-Pb	Au-Fe	Ag-Co	Ag-In	Cd-In	Cu-Sb	Mn-Zn
	An-Pd	Co-Pd	Ag-Rh	Cd-Sn	Ag-Ni	Ag-Sb	Cd-Ni	Cu-Se	Mo-Ni
	Au-P	Co-Pd	Ag-Tl	Co-Cu	Ag-Re	Ag-Se	Cd-Pt	Cu-Sn	Nb-Ni
	Bi-Sb	Co-Rh	Au-Co	Co-Mn	Ag-W	Ag-Sn	Cd-Sb	Cu-Te	Ni-P
	Co-Ni	Cr-Fe	Au-Mo	Cu-Fe	As-Pb	Ag-Zn	Cd-Se	Cu-Zn	Ni-Pt
	Cr-W	Cr-Mo	Au-Rh	Fe-Mo	Bi-Cu	Al-Co	Cd-Te	Fe-Ge	Ni-S
	Cu-Ni	Cr-V	Bi-Sn	Fe-Ni	Cr-Sn	Al-Fe	Cd-Ti	Fe-Mo	Ni-Sb
	Cu-Pd	Cu-Mn	Cd-Pb	In-Tl	Cu-Mo	Al-Ni	Co-Bi	Fe-P	Ni-Sn
	Cu-Pt	Pd-Rh	Cd-Zn	Ni-Re	Cu-Pd	As-Cu	Au-Sn	Co-Sn	Fe-Pt
	Ir-Pt	Pt-Rh	Cr-Ni	Ni-Ru	Co-Tl	As-Co	Au-Zn	Co-Tl	Fe-Re
	Ir-Pb	Se-Te	Ga-In	Pb-Tl	Fe-Pb	As-In	Bi-In	Co-V	fe-Sn
	Mo-W	Ni-Pd	Ge-Sb	Pd-Ru	Ga-Ge	As-Ni	Bi-P	Co-W	Fe-Ti
	Pd-Pt	Pb-Sb	Pt-Re	Ca-Re	Ga-Zn	Au-Bi	Bi-Se	Co-Zn	Fe-V
			Pb-Sn		Ge-Sn	Au-Cd	Co-Cr	Cr-Mn	Fe-W
					Ge-Zn	Au-In	Co-Ge	Cr-P	Fe-Zn
					In-Zn	Au-Mn	Co-Fe	Cr-Re	Ge-Ni
					Mn-Pb	Au-Pb	Co-P	Cu-In	In-Pb
					Ni-Pb	Au-Sb	Co-P	Cu-In	In-Pb
					Ni-Tl	In-Sn	CO-Sb	Fe-Pb	In-Sb
					Pb-Zn	Mn-Ni	Pt-Sn	Se-Zn	Sb-Zn
					Sn-Zn	Ni-Ti	Pt-Zn	Zn-Zr	Sb-Sn
					Ti-Zn	Ni-W	Re-W	Sb-Se	
						Ni-Zn	Rh-W		

合金电镀具有如下系列特点:

- 1) 可制取高熔点金属与低熔点金属组成的合金;
- 2) 可制取平衡相图没有的、与冶炼合金明显不同的物相。如过饱和固溶体、高温相、混合相或金属间化合物等,例如 Cu—Sb 冶炼合金  $\alpha$  相中含 Sb 仅 5%,而电镀合金中含 Sb 可达 13%,Cu—Sb 电镀合金中出现了状态图中约 350℃ 以上稳定的  $\delta$  高温相,再如 Ni—Sn 电镀合金中出现了状态图中没有的 1:1 金属间化合物等等;
- 3) 电镀法可获得近年来引起人们广泛关注的非晶态合金,如 Ni—P 合金等;
- 4) 单独从水溶液中不能析出的金属如 W、Mo、Ti 等金属可以合金形式析出,如 Ni—MO、Ni—W、Cd—Ti 等;
- 5) 合金电镀中还出现电位较负的金属优先析出的特异现象,如 Zn—Fe、Zn—Ni 等。

### 1. 电镀锌合金

电镀锌合金主要有 Zn—Ni、Zn—Co、Zn—Fe 和 Zn—Sn 等合金,锌合金镀层抗蚀性能大大优于锌镀层,因而锌基合金电镀的研究与应用受到国内外的普遍重视。电镀 Zn—Ni 合金对于钢铁

具有优异的保护作用,尤其是含 13%Ni 的 Zn—Ni 合金镀层是最理想的高抗蚀性镀层,其抗蚀性是纯锌的 5 倍,镀层硬度可达 250 ~ 310HV,有较高的耐磨性,而且使用温度可达 204℃。Zn—Co 合金镀层具有较高的耐蚀性,且随 Co 含量增加而增大。Zn—Co 合金镀层经钝化处理后,在海洋大气和 SO<sub>2</sub> 气体中的耐蚀性大大提高,含 0.6%Co 的 Zn—Co 合金镀层的耐蚀性为纯锌镀层的 3 倍,含 20%Co 的 Zn—Co 合金镀层光亮致密,可作为装饰代铬镀层使用<sup>[2]</sup>。含 125%Zn 的 Zn—Sn 合金镀层对钢铁具有良好的阳极保护作用,其具有抗 SO<sub>2</sub> 和高温度环境浸蚀的能力,是优良的代铬镀层。含 70% ~ 80%Sn 的 Zn—Sn 合金镀层呈银白色,镀层光亮致密,韧性好,易于焊接。

## 2. 电镀锡合金

Sn—Ni 合金镀层致密,外观似亮银,在盐水中具有较高的耐蚀性,含 0.1% ~ 0.5% 的 Sn—Ni 合金具有特别优异的焊接性和流动性,适于电子元件低温焊接。Sn—Sb 合金镀层的韧性、耐蚀性、可焊性及抗氧化性能良好,尤其是含 2% ~ 10%Sb 的 Sn—Sb 合金镀层能避免在电流和电场作用下晶须生长,因此在电子工业中可代替银镀层。含 33% ~ 35%Ni 的 Sn—Ni 合金镀层的硬度较高、耐磨性较高,其表面容易钝化,具有耐强酸和大气腐蚀的能力,甚至在相当浓度的 SO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S 气氛中也具有优良的耐蚀性。Sn—Ni 镀层对印刷线路板的抗蚀应用来说,是唯一低成本、高性能的镀层,而且使用温度可达 343℃。Sn—Co 合金镀层色泽类似铬镀层,因而可替代装饰性镀铬而主要用于塑料产品的表面装饰。

## 3. 电镀镍合金

电镀磁性合金薄膜,较热扩散法容易,对复杂形状的工件较易涂覆和调节厚度,现已开发出矫顽力大于 100 奥斯特的 Ni—Fe 合金为主的镀层。Ni—Fe 合金镀层作为计算机储存装置的铁磁性薄板的研究报告很多,含 80%Ni 的 Ni—Fe 为基础的三元合金磁性薄膜现已用于信息储存装置中,如 Ni—21%Fe—28%Co。

Ni—Zn 合金镀层和 Ni—Mo 合金镀层称为黑镍,它们主要用于光学仪器内部元件的消光和其它黑色精饰。近年来,根据市场的需要,常在铜或黄铜镀层上电镀黑镍,然后抛除部分铜或黄铜,形成明暗相间的仿古铜色。

采用电镀技术可获得非晶态镍基合金镀层,其硬度高,耐磨性和耐蚀性好,而且具有较好的热稳定性。

## 4. 电镀贵金属合金

电镀贵金属合金的研究与应用主要围绕装饰性、功能性和经济性三个方面的要求。

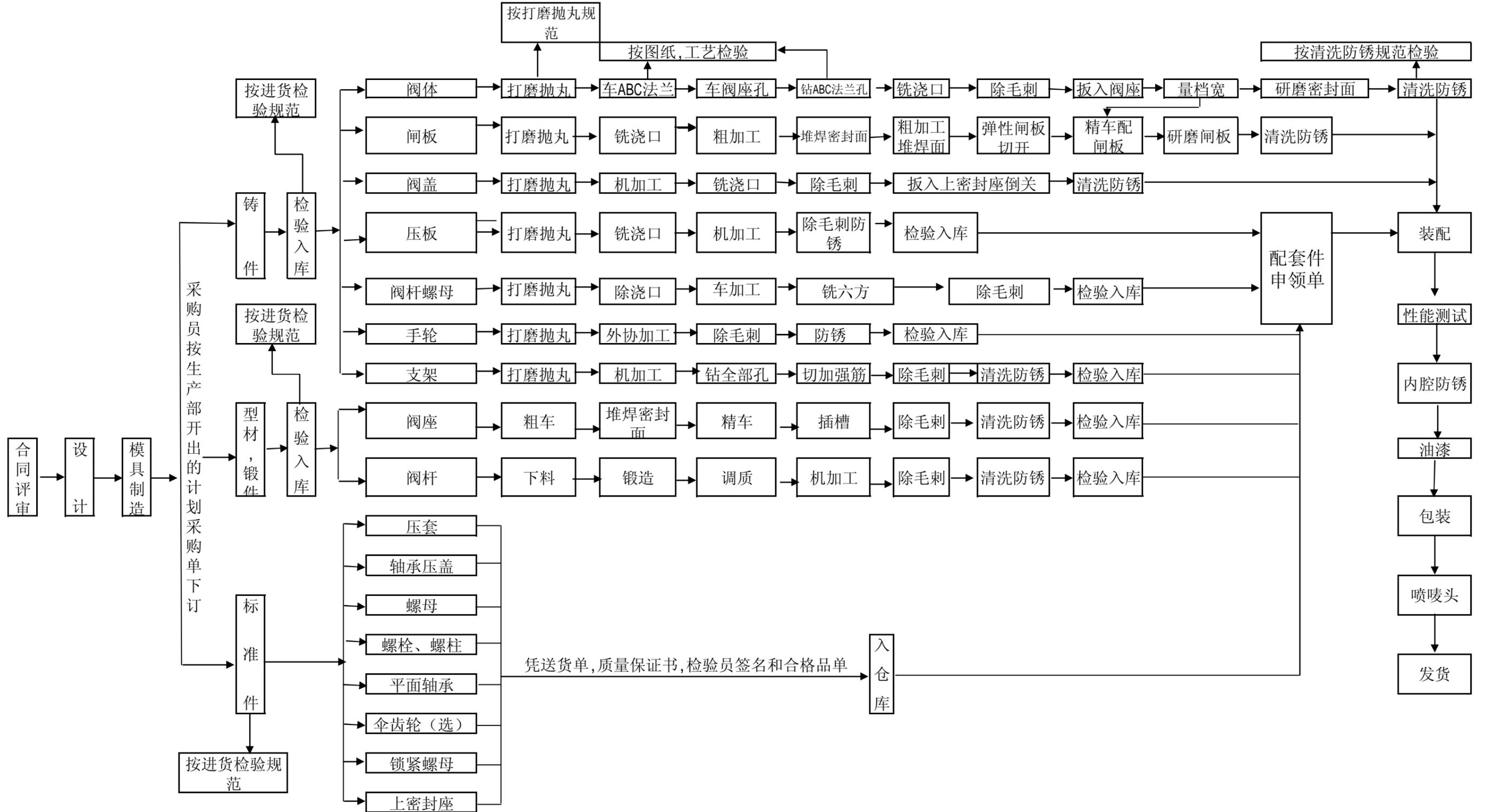
在电镀装饰性贵金属合金方面,为了适应不同消费者的要求和发展不同色调合金,开发出 18K 或 14K 金的 Au—Co、Au—Ni 和 Au—Ni—Co 等合金镀层,还有电镀绿色的 Au—Ag—Pb 等合金镀层等;在电镀功能性贵金属合金镀层方面,在不锈钢表面电镀 Au—Ag、Au—Cu、Au—Pd 等合金,提高了不锈钢的可焊性,含 10%Pd 的 Ag—Pd 合金镀层具有稳定的低接触电阻,Ag—Sn 合金镀层具有硬度高、耐磨性高和耐蚀性好等特点;从节约贵金属的经济角度出发,开发了许多种低 K 合金电镀,如 44%Au、36%Cu 和 9%Cd 三元合金,镀层光亮、均匀、呈粉红色,低 K 的 Au—Cu—Zn 三元合金镀层的颜色可从黄色至玫瑰色变化。

附录一：

# 阀门制造工艺文件 编制示例

美标楔式闸阀工艺流程及工艺卡片

# 美标闸阀典型工艺流程图



# 机械加工(装配)工艺过程卡片

产品名称 美标楔式闸阀

GY10" Z40H-150Lb

设计 \_\_\_\_\_

审核 \_\_\_\_\_

标准化 \_\_\_\_\_

批准 \_\_\_\_\_

浙江 XX 阀门有限公司

200 年 月 日

# 机械加工工艺过程卡片

产品型号	10°Z40H-150L B	零件图号	10°Z40H-150L B-01	共 1 页
产品名称	阀 阀	零件名称	阀 体	第 1 页

材料牌号	ASTM A216-WCB	毛坯种类	铸 件	毛坯外形尺寸	设备	工 艺 装 备			工时	
						每毛坯件数	1	每台件数		1
工序号	名称	工 序 内 容			设 备	工 具	夹 具	量 具	准 终 单 件	
1	钳	划固体中心线, 两侧法兰中心线及找廓线, 中心高线, 结构长度线		(抽)	平台	划 针	千斤顶	高规尺		
2	车	车一端法兰外圆, 按照车另一端法兰外圆 $\phi 405$ 及端面 $\phi 323.8$ , 保证法兰厚度 $30.6_{+2.0}^0$ 及突面高度 $2$ ; 车水线, 倒角 $2 \times 45^\circ$ 。		(抽)	C5112A	车 刀	圆锥量规	卡 尺		
3	车	调头车法兰端面及外圆 $\phi 406$ , 保证结构长度 $330 \pm 2.0$ ; 车端面 $\phi 324$ , 高 $1.6$ ; 保证法兰厚度 $31_{+3.0}^0$ , 车水线, 倒角 $2 \times 45^\circ$ 。		(抽)	C5112A	车 刀	圆锥量规	卡 尺		
4	车	车中口端面保证结构高度尺寸 $293$		(抽)	C5112A	车 刀	中口车胎	卡 尺		
5	车	车两法兰螺孔 $\phi 280H9 (0^{+0.130})$ 及深度 $19$ , 保证尺寸 $89.8 \pm 0.10$ ; 倒 $6.5 \times 45^\circ$ 角。		(抽)	C5112A	车 刀	$5^\circ$ 斜面胎	卡 尺		
6	钻	钻两法兰螺孔 $12-\phi 25$ 并修平 $\phi 42$		(抽)	Z3050	钻 头	侧法兰螺孔模板			
7	钻	钻中口螺孔 $16-\phi 18$ 并修平 $\phi 30$		(抽)	Z3050	钻 头	中口螺孔模板			
8	钳	镗两内孔		(抽)						
9	焊	焊接两内孔		(抽)						
10	车	精车密封面		(抽)	C5112A	车 刀	$5^\circ$ 斜面胎	卡 尺		
11	磨	研磨密封面		(抽)	研磨盘		$5^\circ$ 斜面胎	卡 尺		
		去毛刺、飞边、清洗并装配								
底图总号					编 制 (日期)		审 核 (日期)		审 定 (日期)	
签字										
日期										
标记		处数	更改文件号	签字	日期	标记	处数	更改文件号	签字	日期

借(通)用件登记

图 样

批 依

旧底图总号

底图总号

签字

日期

标记









XX 阀门有限公司		装配工艺过程卡片		产品型号	Z2 (3) 6RJ102	零件图号	全部零件	备注：一体式阀盖	
				产品名称	闸 阀	零件名称	整机装配	共 5 页	第 1 页
工 序 号	工序名称	工序内容		装 配 部 门	设备及工艺装备		辅助材料		工 时 定 额 (min)
00	领料	将阀门的全部配套零部件由库房领出分发 至装配车间各班组		班组	行车 推车				
05	清洁	去除零部件的油污，毛刺等.使工件的内表 面清洁光滑		班组	锉刀		洗涤剂、砂布		
10	检验	检查清洁度		质检部					
15	组装	一、阀体总成							
		1、配装阀座		班组					
		1)、将螺纹阀座装入阀体座槽内，然后用 风动扳手及特制的工装夹具将阀座扳紧。			专用夹具、扳手				
		2)、将镶焊阀座装入阀体座槽内，然后装 入工艺闸板，并用工艺装备将闸板固定， 最后在转胎上焊接阀体和阀座，2 个阀座 与阀体都焊接好后，清理焊渣并松开固定 闸板的工艺装备，取出闸板。			夹具、扳手、转胎、电焊机				
		2、配装闸板							
		用“闸板位置导向卡板”使闸板 T 型槽处 于阀体中心，用手槌震击阀体（非加工面） 使闸板和阀座的密封面吻合（以密封副间							
编制		审核		审定		日期			

XX 阀门有限公司		装配工艺过程卡片		产品型号	Z2 (3) 6RJ102	零件图号	全部零件	备注：一体式阀盖	
				产品名称	闸阀	零件名称	整机装配	共 5 页	第 2 页
工 序 号	工序名称	工序内容		装 配 部 门	设备及工艺装备		辅助材料		工 时 定 额 (min)
		无光隙为标识，其理想状态是阀座密封面的最低点和闸板密封面的最低点重合)			手槌				
		二、阀盖总成							
		1、配装上密封座							
		将上密封座旋入阀盖上密封座螺孔内并紧固。			专用工具				
		2、配装活节螺栓、销轴、开口销，穿入的开口销必须沿 180 度方向分辟，单侧分辟							
		角度不得小于 90 度（以工作位置计起）							
		3、按照相应型号规格的明细表要求的数量							
		加装填料及编织填料							
		4、配装阀杆螺母、轴承（对于装配图上有安装轴承要求的）及轴承压盖，按装配图的尺寸配钻轴承压盖和阀盖并攻丝，旋入							
		紧定螺钉并紧固。			手电钻、钻头、丝锥、一字改锥				
		5、从油杯孔注入润滑脂并旋紧油杯			注脂枪、扳手		润滑脂		
		6、配装手轮，旋入锁紧螺母并用紧定螺钉							
		紧定锁紧螺母，使之相对于手轮无转动为							
编制		审核		审定		日期			

XX 阀门有限公司		装配工艺过程卡片		产品型号	Z2 (3) 6RJ102	零件图号	全部零件	备注：一体式阀盖	
				产品名称	闸阀	零件名称	整机装配	共 5 页	第 3 页
工 序 号	工序名称	工序内容		装 配 部 门	设备及工艺装备		辅助材料		工 时 定 额 (min)
		准。			扳手、一字改锥				
		7、将阀杆旋入上密封座，并小心通过填料组部位，待阀杆头部超过填料函 30mm 时按装配图示的要求装入填料压套、填料压板，并将阀杆的螺纹部分旋入阀杆螺母，以阀杆的光杆部位超出填料 15mm 为准。							
		8、将活节螺栓穿过填料压板并装入垫圈、旋入并紧固螺母。			扳手				
		三、阀体、阀盖总成							
		1、装入中口垫片并将阀杆挂入闸板的 T 型槽内，转动手轮，使阀杆上升 1 / 2 行程（1 个行程为相应规格阀门的 DN 值）并调整中口垫片，使之内边缘距阀体中口内腔为 4mm 为宜。							
		2、将全螺纹螺柱穿入阀体和阀盖连接的各螺栓孔，并在全螺纹螺柱的两端旋入螺母，用手槌震击阀盖法兰的外边缘，使阀体和阀盖中法兰的错位度不大于 2mm 为宜，按							
编制		审核		审定			日期		

XX 阀门有限公司		装配工艺过程卡片		产品型号	Z2 (3) 6RJ102	零件图号	全部零件	备注：一体式阀盖	
				产品名称	闸阀	零件名称	整机装配	共 5 页	第 4 页
工 序 号	工序名称	工序内容		装 配 部 门	设备及工艺装备		辅助材料		工 时 定 额 (min)
		对角及顺时针紧定螺母。			手槌、电动扳手				
20	标记	在规定部位打印组别代码		质检部 班组	手锤 钢字码				
25	试验	1、阀门启闭试验							
		在闸板的升降过程中要求动作灵活，无卡阻现象。							
		2、上密封试验			试压机				
		试验方法及保压时间按照 API 6D《管线阀门》及公司《阀门性能试验规程》进行。							
		3、强度试验			试压机				
		试验方法及保压时间按照 API 6D《管线阀门》及公司《阀门性能试验规程》进行。							
		4、密封试验			试压机				
		试验方法及保压时间按照 API 6D《管线阀门》及公司《阀门性能试验规程》进行。							
		5、气密封试验			试压机				
		试验方法及保压时间按照 API 6D《管线阀门》及公司《阀门性能试验规程》进行。							
35	油漆防护	1、清洁阀门外表面		班组					
编制		审核		审定		日期			

XX 阀门有限公司		装配工艺过程卡片		产品型号	Z2 (3) 6RJ102	零件图号	全部零件	备注：一体式阀盖	
				产品名称	闸阀	零件名称	整机装配	共 5 页	第 5 页
工 序 号	工序名称	工序内容		装 配 部 门	设备及工艺装备		辅助材料		工 时 定 额 (min)
		2、连接处，密封面，流道孔等处涂防锈					洗涤剂、保养中		
		油脂					防锈油、脂		
		3、其余裸露外表面油漆防护。			空气压缩机、喷枪		油漆、刷子		
		4、风干（烘干）油漆防护层。							
40	标记	1、装订铭牌		班组	手电钻、手锤		铆钉		
		2、按要求打印标记，进行出厂编号			手锤、钢字码				
45	终检	对整机（体）阀门进行出厂检验		质检部					
50	封堵	清除试验滞留的积水，擦净内腔，涂防锈							
		油并在通径两端用闷盖盖住，防止脏物进							
		入。			抹布，刷子				
55	装箱								
60	入库			车间	行车、推车				
编制		审核		审定			日期		

XX 阀门有限公司		装配工艺过程卡片		产品型号	Z2 (3) 6RJ102	零件图号	全部零件	备注: 分体式阀盖	
				产品名称	闸 阀	零件名称	整机装配	共 5 页	第 1 页
工 序 号	工序名称	工序内容		装 配 部 门	设备及工艺装备		辅助材料		工 时 定 额 (min)
00	领料	将阀门的全部配套零部件由库房领出分发至装配车间各班组		班组	行车 推车				
05	清洁	去除零部件的油污, 毛刺等.使工件的内表面清洁光滑		班组	锉刀		洗涤剂、砂布		
10	检验	检查清洁度		质检部					
15	组装	一、阀体总成							
		1、配装阀座		班组					
		1)、将螺纹阀座装入阀体座槽内, 然后用风动扳手及特制的工装夹具将阀座扳紧。			专用夹具、扳手				
		2)、将镶焊阀座装入阀体座槽内, 然后装入工艺闸板, 并用工艺装备将闸板固定, 最后在转胎上焊接阀体和阀座, 2 个阀座与阀体都焊接好后, 清理焊渣并松开固定闸板的工艺装备, 取出闸板。			夹具、扳手、转胎、电焊机				
		2、配装闸板							
		用“闸板位置导向卡板”使闸板 T 型槽处于阀体中心, 用手槌震击阀体 (非加工面) 使闸板和阀座的密封面吻合 (以密封副间							
编制		审核		审定		日期			

XX 阀门有限公司		装配工艺过程卡片		产品型号	Z2 (3) 6RJ102	零件图号	全部零件	备注: 分体式阀盖	
				产品名称	闸阀	零件名称	整机装配	共 5 页	第 2 页
工 序 号	工序名称	工序内容		装 配 部 门	设备及工艺装备		辅助材料		工 时 定 额 (min)
		无光隙为标识, 其理想状态是阀座密封面的最低点和闸板密封面的最低点重合)			手槌				
		二、阀盖总成							
		1、配装上密封座							
		将上密封座旋入阀盖上密封座螺孔内并紧固。			专用工具				
		2、配装活节螺栓、销轴、开口销, 穿入的开口销必须沿 180 度方向分辟, 单侧分辟							
		角度不得小于 90 度 (以工作位置计起)							
		3、按照相应型号规格的明细表要求的数量							
		加装填料及编织填料							
		三、支架总成							
		1、配装阀杆螺母、轴承 (对于装配图上有安装轴承要求的) 及轴承压盖, 按装配图的尺寸配钻轴承压盖和阀盖并攻丝, 旋入							
		紧定螺钉并紧固。			手电钻、钻头、丝锥、一字改锥				
		2、从油杯孔注入润滑脂并旋紧油杯			注脂枪、扳手		润滑脂		
		3、配装手轮, 旋入锁紧螺母并用紧定螺钉							
编制		审核		审定		日期			

XX 阀门有限公司		装配工艺过程卡片		产品型号	Z2 (3) 6RJ102	零件图号	全部零件	备注: 分体式阀盖	
				产品名称	闸阀	零件名称	整机装配	共 5 页	第 3 页
工 序 号	工序名称	工序内容		装 配 部 门	设备及工艺装备		辅助材料		工 时 定 额 (min)
		紧定锁紧螺母, 使之相对于手轮无转动为							
		准。			扳手、一字改锥				
		四、阀盖、支架总成							
		1、将支架的止口安装在阀盖的突台上, 穿							
		入螺栓, 旋入螺母并紧固。			扳手				
		2、将阀杆旋入上密封座, 并小心通过填料							
		组部位, 待阀杆头部超过填料函 30mm 时							
		按装配图示的要求装入填料压套、填料压			扳手				
		板, 并将阀杆的螺纹部分旋入阀杆螺母,							
		以阀杆的光杆部位超出填料 15mm 为准。							
		3、将活节螺栓穿过填料压板并装入垫圈、							
		旋入并紧固螺母。							
		五、阀体、阀盖总成							
		1、装入中口垫片并将阀杆挂入闸板的 T							
		型槽内, 转动手轮, 使阀杆上升 1 / 2 行程							
		(1 个行程为相应规格阀门的 DN 值) 并							
		调整中口垫片, 使之内边缘距阀体中口内							
		腔为 4mm 为宜。							
编制		审核		审定		日期			

XX 阀门有限公司		装配工艺过程卡片		产品型号	Z2 (3) 6RJ102	零件图号	全部零件	备注: 分体式阀盖	
				产品名称	闸阀	零件名称	整机装配	共 5 页	第 4 页
工 序 号	工序名称	工序内容		装 配 部 门	设备及工艺装备		辅助材料		工 时 定 额 (min)
		2、将全螺纹螺柱穿入阀体和阀盖连接的各							
		螺栓孔,并在全螺纹螺柱的两端旋入螺母,							
		用手槌震击阀盖法兰的外边缘,使阀体和							
		阀盖中法兰的错位度不大于 2mm 为宜,按							
		对角及顺时针紧定螺母。			手槌、电动扳手				
20	标记	在规定部位打印组别代码		质检部 班组	手锤 钢字码				
25	试验	1、阀门启闭试验							
		在闸板的升降过程中要求动作灵活,无卡							
		阻现象。							
		2、上密封试验			试压机				
		试验方法及保压时间按照 API 6D《管线阀							
		门》及公司《阀门性能试验规程》进行。							
		3、强度试验			试压机				
		试验方法及保压时间按照 API 6D《管线阀							
		门》及公司《阀门性能试验规程》进行。							
		4、密封试验			试压机				
		试验方法及保压时间按照 API 6D《管线阀							
		门》及公司《阀门性能试验规程》进行。							
编制		审核		审定		日期			

XX 阀门有限公司		装配工艺过程卡片		产品型号	Z2 (3) 6RJ102	零件图号	全部零件	备注: 分体式阀盖	
				产品名称	闸阀	零件名称	整机装配	共 5 页	第 5 页
工 序 号	工序名称	工序内容		装 配 部 门	设备及工艺装备		辅助材料		工 时 定 额 (min)
		5、气密封试验			试压机				
		试验方法及保压时间按照 API 6D《管线阀门》及公司《阀门性能试验规程》进行。							
35	油漆防护	1、清洁阀门外表面		班组					
		2、连接处, 密封面, 流道孔等处涂防锈油脂					洗涤剂、保养中 防锈油、脂		
		3、其余裸露外表面油漆防护。			空气压缩机、喷枪		油漆、刷子		
		4、风干(烘干)油漆防护层。							
40	标记	1、装订铭牌		班组	手电钻、手锤		铆钉		
		2、按要求打印标记, 进行出厂编号			手锤、钢字码				
45	终检	对整机(体)阀门进行出厂检验		质检部					
50	封堵	清除试验滞留的积水, 擦净内腔, 涂防锈油并在通径两端用闷盖盖住, 防止脏物进入。			抹布, 刷子				
55	装箱								
60	入库			车间	行车、推车				
编制		审核		审定		日期			

# 机械加工工艺装备基本术语

GB 1008—89

General terminology of  
machining tooling

## 1 主题内容与适用范围

本标准规定了机械加工的工艺装备基本术语和定义。  
本标准适用于机械工业的教学、生产、科研等。

## 2 引用标准

- GB 4863 机械制造工艺基本术语
- GB 6477 金属切削机床术语
- GB 8127 拉刀术语
- GB 8845 冲模术语
- GB 8846 塑料成型模具术语
- GB 8847 压力铸造模具术语

## 3 一般术语

### 3.1 工艺装备(工装)

tooling

见 GB 4863。

### 3.2 专用工艺装备

special tooling

见 GB 4863。

### 3.3 通用工艺装备

universal tooling

见 GB 4863。

### 3.4 标准工艺装备

standard tooling

见 GB 4863。

### 3.5 切削加工工艺装备

cutting tooling

切削加工过程中所用的工艺装备。

### 3.6 冷压力加工工艺装备

cold-compacting tooling

冲压、冷镦、冷挤、拉丝等冷压力加工过程中所用的工艺装备。

### 3.7 组合工艺装备

built up tooling

由可循环使用的标准零部件(或专用零部件)组装成易于联接和拆卸的工艺装备。

### 3.8 成组工艺装备

set of tooling

根据成组技术原理设计的用于成组加工的工艺装备。

### 3.9 可调工艺装备

adjustable tooling

通过调整或更换个别零部件,能适用于多种工件加工的工艺装备。

### 3.10 夹具

jigs

fixtures

见 GB 4863。

### 3.11 辅具

accessories

见 GB 4863。

### 3.12 刀具

cutting tool

见 GB 4863。

### 3.13 钳工工具

bench-work tool

见 GB 4863。

### 3.14 计量器具

measuring instruments

见 GB 4863。

### 3.15 工位器具

station facilities

见 GB 4863。

## 4 金属切削刀具术语

### 4.1 切刀

tools (single-point cutting tools)

用于车削、镗削、插削、刨削加工的一类单刃刀具。

### 4.2 钻头

drills

用于钻削加工的一类刀具。

### 4.3 铰刀

reamers

用于铰削加工的一类刀具。

### 4.4 铣刀

milling cutters

用于铣削加工的一类刀具。

### 4.5 螺纹刀具

thread tools

用于加工螺纹的一类刀具。

#### 4.6 齿轮刀具

gear cutters

用于加工齿轮、链轮、花键等齿形的一类刀具。

#### 4.7 拉削刀具

broaches

见 GB 8127。

#### 4.8 磨削工具

abrasive tools

用磨料为主制造而成的一类切削工具。

### 5 模具术语

见 GB 8845~8847。

### 6 金属切削机床夹具术语

#### 6.1 专用夹具

special jig

special fixture

专为某一工件的某一工序而设计的夹具。

#### 6.2 通用夹具

universal jig

universal fixture

加工两种或两种以上工件的同一夹具。

#### 6.3 组合夹具

built up jigs

built up fixtures

由可循环使用的标准夹具零部件(或专用零部件)组装成易于联接和拆卸的夹具。

#### 6.4 可调夹具

adjustable jigs

adjustable fixture

通过调整或更换个别零部件,能适用多种工件加工的夹具。

#### 6.5 成组夹具

modular jig

modular fixture

根据成组技术原理设计的用于成组加工的夹具。

#### 6.6 标准夹具

standard jig

standard fixture

已纳入标准的夹具。

#### 6.7 手动夹具

manual jig

manual fixture

以人力产生夹紧力的夹具。

- 6.8 气动夹具  
pneumatic jig  
pneumatic fixture  
以压缩空气产生夹紧力的夹具。
- 6.9 液压夹具  
hydraulic jig  
hydraulic fixture  
以压力油产生夹紧力的夹具。
- 6.10 电动夹具  
electric jig  
electric fixture  
以电力产生夹紧力的夹具。
- 6.11 磁力夹具  
magnetic jig  
magnetic fixture  
以磁力产生夹紧力的夹具。
- 6.12 自夹紧夹具  
self-clamping jig  
self-clamping fixture  
用离心力或切削力自动夹紧工件的夹具。
- 6.13 真空夹具  
vacuum jigs  
vacuum fixture  
以真空产生的负压夹紧工件的夹具。
- 6.14 液性塑料夹具  
liquid plastic jig  
liquid plastic fixture  
以液性塑料作为传递夹紧力介质的夹具。
- 6.15 车床夹具  
lathe fixture  
在车床上使用的夹具。
- 6.16 铣床夹具  
fixture of milling machine  
miller jig  
在铣床上使用的夹具。
- 6.17 镗床夹具  
boring machine jig  
在镗床上使用的夹具。
- 6.18 钻床夹具  
fixture of drilling machine  
在钻床上使用的夹具。
- 6.19 刨床夹具  
fixture of planing machine

- planer jig  
在刨床上使用的夹具。
- 6.20 插床夹具  
fixture of slotting machine  
在插床上使用的夹具。
- 6.21 磨床夹具  
fixture of grinding machine  
grinder fixture  
在磨床上使用的夹具。
- 6.22 齿轮加工机床夹具  
fixture of gear cutting machine  
在齿轮加工机床上使用的夹具。
- 6.23 拉床夹具  
fixture of broaching machine  
在拉床上使用的夹具。
- 6.24 组合机床夹具  
auxiliaries of modular machine  
在组合机床上使用的夹具。
- 6.25 随行夹具  
workholding pallet  
following jig  
见 GB 6477.2。
- 6.26 定位件  
locating piece or element  
在夹具上,起定位作用的零部件。
- 6.27 夹紧件  
clamping element  
在夹具上,起夹紧作用的零部件。
- 6.28 导向件  
guiding element  
在夹具上,起引导刀具作用的零部件。
- 6.29 对刀件  
elements for aligning tool  
在夹具上,起对刀作用的零部件。

## 7 辅具术语

- 7.1 刀夹  
tools holder  
夹持刀具或刀杆并与机床刀架连结的工具。
- 7.2 刀杆  
arbor  
装在机床主轴孔或刀架上,用以夹持刀具的杆状工具。
- 7.3 拉杆

tension bar

在机床上,用以拉紧刀具的工具。

7.4 接杆

extension bar

用于接长刀杆或刀柄的工具。

7.5 夹头

collet chuck

用卡爪的移动或夹持件的弹性变形夹紧刀具的工具。

7.6 车床辅具

lathe accessories

连接刀具与车床的工具。

7.7 钻床辅具

accessories of drilling machine

连接刀具与钻床的工具。

7.8 铣床辅具

accessories of milling machine

连接刀具与铣床的工具。

7.9 镗床辅具

accessories of boring machine

连接刀具与镗床的工具。

7.10 刨床辅具

accessories of planing machine

连接刀具与刨床的工具。

7.11 插床辅具

accessories of slotting machine

连接刀具与插床的工具。

7.12 磨床辅具

accessories of grinding machine

连接磨具与磨床的工具。

7.13 齿轮加工机床辅具

accessories of gear cutting machine

连接刀具与齿轮加工机床的工具。

7.14 拉床辅具

accessories of broaching machine

连接刀具与拉床的工具。

7.15 组合机床辅具

accessories of modular machine

连接刀具与组合机床的工具。

7.16 数控机床辅具

accessories of CNC machine tool

连接刀具与数控机床的工具。

## 8 钳工工具术语

### 8.1 划针

scriber

用以在工件上划线的工具。

### 8.2 划线盘

tosecan

带有划针的可调划线工具。

### 8.3 划规

scribing compass

圆规式划线工具。

### 8.4 划线方箱

scribing hander

夹持工件,能根据需要转换位置的划线工具。

### 8.5 样冲

anvil

用以在工件上打出样冲眼的工具。

### 8.6 划线尺架

scratch ruler support

用以夹持钢直尺的划线工具。

### 8.7 锉刀

file cutter

用以锉削的工具。

### 8.8 錾子

chisel

用以錾削的工具

### 8.9 刮刀

scraper

用以刮削的工具

### 8.10 锤子

hammer

带柄的锤击工具。

### 8.11 扳手

spanner

wrench

扳紧或松开螺钉、螺母等的工具。

### 8.12 一字(或十字)旋具

screw-driver

旋紧或松开头部带一字或十字槽螺钉的工具。

### 8.13 拔销器

pin puller

取出带内螺纹的销的工具。

### 8.14 手锯

- handsaw  
手工锯削的工具。
- 8.15 顶拔器  
thruster  
用于拆卸皮带轮、轴承等的工具。
- 8.16 挡圈装卸钳  
spring pliers for mounting  
用以装卸弹性挡圈的工具。
- 8.17 铰杠  
tap wrench  
用以夹持丝锥、铰刀的手工旋转工具。
- 8.18 板牙架  
die handle  
用以夹持圆板牙的工具。
- 8.19 台虎钳  
bench vice  
装在钳工台上,用钳口夹持工件的工具。
- 8.20 断锥起爪  
handle for dismounting broken tap  
用以取出残留在工件中的折断丝锥的工具。
- 8.21 平板  
flat pallet  
surface plate  
用以检验或划线的平面基准器具。
- 8.22 研板  
lapping plate  
研磨平面的工具。
- 8.23 研棒  
lapping bar  
研磨内圆表面的工具。
- 8.24 研套  
lapping housing  
研磨外圆表面的工具。
- 9 计量器具术语
- 9.1 量具  
material measure  
measuring implement  
以固定形式复现量值的计量器具。
- 9.2 计量仪器  
measuring instrument  
将被测的量转换成可直接观测的指示值或等效信息的计量器具。
- 9.3 计量装置

measuring apparatus

为确定被测量值所必需的计量器具和辅助设备的总体。

9.4 钢直尺

steel rule

不可卷的钢质板状量尺。

9.5 钢卷尺

tape

可卷钢质带状量尺。

9.6 游标卡尺

vernier caliper

vernier calliper

带有测量卡爪并用游标读数的量尺。

9.7 游标深度尺

vernier depth gauge

用游标读数的深度量尺。

9.8 游标高度尺

vernier height gauge

用游标读数的高度量尺。

9.9 量块

gauge block

以两端平面间的距离来复现或提供给定的一个或多个已知长度量值的量具。

9.10 百分表

dial gauge

dial indicator

刻度值为0.01 mm, 指针可转一周以上的机械式量表。

9.11 千分表

dial gauge

dial indicator

刻度值为0.001 mm, 指针可转一周以上的机械式量表。

9.12 千分尺

micrometer

percentage indicator

用微分筒读数的示值为0.001 mm 的量尺。

9.13 粗糙度样板

roughness sample plate

用比较法评定工件表面粗糙度的样块。

9.14 角度块

angular gauge block

复现或提供给定的一个或多个已知角度量值的量具。

9.15 90°角尺

90°-square

right angle ruler

检验直角用非刻线量尺。

- 9.16 正弦规  
sine bar  
根据正弦原理设计的用于精密测量角度的计量器具。
- 9.17 万能角度尺  
universal bevel protractor  
用游标读数,可测任意角度的量尺。
- 9.18 刀口形直尺  
knif edge straight edge  
用光隙法检验直线度或平面度的量尺。
- 9.19 塞尺  
thickness gage  
plug gauge  
测量间隙的薄片量尺。
- 9.20 光滑极限量规  
measuring smooth extreme gauge  
用通端和止端,检验光滑工件极限尺寸的量具。
- 9.21 检验平尺  
examine flat ruler  
主要用于作为平面基准的量尺。
- 9.22 圆锥量规  
conical gauge  
用以综合检验圆锥的量具。
- 9.23 螺纹量规  
screw gauge  
用通端和止端综合检验螺纹的量具。
- 9.24 花键综合量规  
spline gauge  
用以综合检验花键的量具。
- 9.25 位置量规  
gauge for measuring position  
用以检验位置误差的量具。
- 9.26 三针  
three needles  
用以测量外螺纹中径的三根一套的精密量针。

## 10 工位器具术语

- 10.1 工具箱(柜)  
tool box  
tool kit  
用以存放工具的箱(柜子)。
- 10.2 工件箱  
work piece box  
用以存放半成品、成品的箱子。

## 10.3 料箱

material or blanks box

material or blank bin

用于存放原材料、毛坯等的箱子。

## 10.4 工具架

tool rack

用以存放工具的架子。

## 10.5 工件架

work rest

work piece support

用以存放半成品、成品的架子。

## 10.6 料架

work or material rest

用以存放原材料、毛坯的架子。

## 10.7 运输小车

travelling bogie

用以搬运原材料、毛坯、半成品、成品等的小型车子。

## 10.8 托盘

holding tray

用以存放轻小的工具或工件等,形状似盘形的器具。

## 11 工艺装备的管理术语

## 11.1 专用工艺装备使用说明书

service manual for special tooling

用以说明专用工艺装备的使用、保养、维修以及安全等注意事项的技术文件。

## 11.2 工艺装备返修通知单

re-repairing information for tooling

不合格的工艺装备返修时,所用的联系单或凭证。

## 11.3 工艺装备档案

files of tooling

用以记载工艺装备从入库到报废,每次使用、修理等情况的技术资料。

## 11.4 工艺装备报损单

record of discarded tooling

工艺装备损坏、报废时,所填写的凭证。

## 11.5 工艺装备事故报告单

accident voucher of tooling

在使用工艺装备过程中,发生事故时,所填写的凭证。

## 11.6 专用工艺装备设计任务书

design job document for special tooling

见 GB 4863。

## 11.7 工艺装备验证

proof record for tooling

见 GB 4863。

- 11.8 工艺装备验证书  
certificate for tooling  
见 GB 4863。
- 11.9 工艺装备计算成本  
costing of tooling  
按工艺装备设计、制造定额计算的费用
- 11.10 工艺装备额定费用  
tooling specified fee  
在产品的试制阶段和正式生产阶段,所规定的工艺装备费用。
- 11.11 工艺装备周期检定  
periodic inspection of tooling  
按规定周期对工艺装备进行的检定。
- 11.12 工艺装备返库检定  
inspecting record after used tooling  
工艺装备使用后,返还工具库时进行的检定。
- 11.13 工艺装备负荷率  
tooling load rate  
在产品生产计划期内,工艺装备实际工作时间与总的有效时间的比值。
- 11.14 工艺装备折旧率  
depreciation rate of tooling  
工艺装备的折旧费与其成本的比值。
- 11.15 工艺装备设计费用系数  
coefficient (coef) of design cost for tooling  
工艺装备设计费用与其成本的比值。
- 11.16 工艺装备维修管理费用系数  
coefficient (coef) of maintenance control for tooling  
工艺装备维修管理费用与其成本的比值。
- 11.17 工艺装备准备周期  
preparatory period of tooling  
工艺装备从设计(包括外购)到入库所经过的日历时间。
- 11.18 专用工艺装备设计定额  
design quota of special tooling  
设计专用工艺装备所规定的工时定额。
- 11.19 工艺装备储备定额  
max/min storage of tooling  
对工艺装备所规定的最高和最低储备量。

## 中文索引

B	F
百分表..... 9.10	辅具..... 3.11
标准工艺装备..... 3.4	
标准夹具..... 6.6	G
刨床夹具..... 6.19	工艺装备(工装)..... 3.1
刨床辅具..... 7.10	工艺装备验证..... 11.7
扳手..... 8.11	工艺装备验证证书..... 11.8
板牙架..... 8.18	工艺装备计算成本..... 11.9
拔销器..... 8.13	工艺装备额定费用..... 11.10
	工艺装备周期检定..... 11.11
C	工艺装备返库检定..... 11.12
车床夹具..... 6.15	工艺装备返修通知单..... 11.2
车床辅具..... 7.6	工艺装备负荷率..... 11.13
成组工艺装备..... 3.8	工艺装备折旧率..... 11.14
成组夹具..... 6.5	工艺装备设计费用系数..... 11.15
齿轮加工机床夹具..... 6.22	工艺装备维修管理费用系数..... 11.16
齿轮加工机床辅具..... 7.13	工艺装备准备周期..... 11.17
齿轮刀具..... 4.6	工艺装备档案..... 11.3
插床夹具..... 6.20	工艺装备报损单..... 11.4
插床辅具..... 7.11	工艺装备事故报告单..... 11.5
锉刀..... 8.7	工艺装备储备定额..... 11.19
磁力夹具..... 6.11	工位器具..... 3.15
锤子..... 8.10	工件箱..... 10.2
粗糙度样板..... 9.13	工件架..... 10.5
	工具箱(柜)..... 10.1
D	工具架..... 10.4
刀具..... 3.12	钢直尺..... 9.4
刀夹..... 7.1	钢卷尺..... 9.5
刀杆..... 7.2	光滑极限量规..... 9.20
刀口形直尺..... 9.18	刮刀..... 8.9
定位件..... 6.26	
导向件..... 6.28	H
对刀件..... 6.29	划针..... 8.1
电动夹具..... 6.10	划线盘..... 8.2
断锥起爪..... 8.20	划线方箱..... 8.4
顶拔器..... 8.15	划线尺架..... 8.6
挡圈装卸钳..... 8.16	划规..... 8.3



游标高度尺 .....	9.8	组合机床辅具.....	7.15
		组合夹具 .....	6.3
<b>Z</b>		钻头 .....	4.2
专用夹具 .....	6.1	钻床辅具 .....	7.7
专用工艺装备 .....	3.2	钻床夹具.....	6.18
专用工艺装备设计任务书.....	11.6	真空夹具.....	6.13
专用工艺装备使用说明书.....	11.1	自夹紧夹具.....	6.12
专用工艺装备设计定额 .....	11.16	正弦规.....	9.16
组合工艺装备 .....	3.7	量子 .....	8.8
组合机床夹具.....	6.24		

## 英文索引

## A

abrasive tools .....	4.8
accessories .....	3.11
accessories of broaching machine .....	7.14
accessories of boring machine .....	7.9
accessories of CNC machine tool .....	7.16
accessories of drilling machine .....	7.7
accessories of slotting machine .....	7.11
accessories of gear cutting machine .....	7.13
accessories of grinding machine .....	7.12
accessories of milling machine .....	7.8
accessories of modular machine .....	7.15
accessories of planing machine .....	7.10
accident voucher of tooling .....	11.5
adjustable jig .....	6.4
adjustable fixture .....	6.4
adjustable tooling .....	3.9
angular gauge block .....	9.14
anvil .....	8.5
arbor .....	7.2
auxiliaries of modular machine .....	6.24

## B

bench vice .....	8.19
bench-work tool .....	3.13
boring machine jig .....	6.17
broaches .....	4.7
built up jigs .....	6.3
built up fixture .....	6.3
built up tooling .....	3.7

## C

certificata for tooling .....	11.8
chisel .....	8.8
clamping element .....	6.27
coefficient(coef) of design cost for tooling .....	11.15
coefficient(coef) of maintenance control for tooling .....	11.16

cold-compacting tooling .....	3.6
collet chuck .....	7.5
costing of tooling .....	11.9
conical gauge .....	9.22
cutting tool .....	3.12
cutting tooling .....	3.5

## D

depreciation rate of tooling .....	11.14
design job document for special tooling .....	11.6
design quota of special tooling .....	11.18
dial gauge .....	9.10, 9.11
die handle .....	8.18
dial indicator .....	9.10, 9.11
drills .....	4.2

## E

electric jig .....	6.10
electric fixture .....	6.10
elements for aligning tool .....	6.29
examine flat ruler .....	9.21
extension bar .....	7.4

## F

file cutter .....	8.7
fixture of broaching machine .....	6.23
fixture of drilling machine .....	6.18
fixture of gear cutting machine .....	6.22
fixture of grinding machine .....	6.21
fixture of planing machine .....	6.19
fixture of slotting machine .....	6.20
fixture of milling machine .....	6.16
files of tooling .....	11.3
flat pallet .....	8.21
following jig .....	6.25
gauge block .....	9.9
gauge for measuring position .....	9.25
gear cutters .....	4.6
grinder fixture .....	6.21
guiding element .....	6.28

## H

handle for dismounting broken tap .....	8.20
---	------

handsaw .....	8.14
hammer .....	8.10
holding tray .....	10.8
hydraulic fixture .....	6.9
hydraulic jig .....	6.9

## I

inspecting record after used tooling .....	11.12
jigs and fixtures .....	3.10

## K

knif edge straight edge .....	9.18
-------------------------------	------

## L

lapping bar .....	8.23
lapping housing .....	8.24
lapping plate .....	8.22
lathe accessories .....	7.6
lathe fixture .....	6.15
liquid plastic jig .....	6.14
liquid plastic fixture .....	6.14
locating piece or element .....	6.26

## M

magnetic fixture .....	6.11
magnetic jig .....	6.11
manual fixture .....	6.7
manual jig .....	6.7
material measure .....	9.1
material or blank bin .....	10.3
material or blanks box .....	10.3
max/min storage of tooling .....	11.19
measuring apparatus .....	9.3
measuring implement .....	9.1
measuring instrument .....	9.2
measuring instruments .....	3:14
measuring smooth extreme gauge .....	9.20
micrometer .....	9.12
milller jig .....	6.16
milling cutters .....	4.4
modular fixture .....	6.5
modular jig .....	6.5

## P

percentage indicator .....	9.12
periodic inspection of tooling .....	11.11
pin puller .....	8.13
planer jig .....	6.19
plug gauge .....	9.19
pneumatic jig .....	6.8
pneumatic fixture .....	6.8
preparatory period of tooling .....	11.17
proof record for tooling .....	11.7

## R

reamers .....	4.3
record of discarded tooling .....	11.4
re-repairing information for tooling .....	11.2
right angle ruler .....	9.15
roughness sample plate .....	9.13

## S

scraper .....	8.9
scratch ruler support .....	8.6
screw-driver .....	8.12
screw gauge .....	9.23
scriber .....	8.1
scribing hander .....	8.4
service manual for special tooling .....	11.1
set of tooling .....	3.8
self-clamping jig .....	6.12
self-clamping fixture .....	6.12
sine bar .....	9.16
spanner .....	8.11
spring pliers for mounting .....	8.16
90°-square .....	9.15
standard fixture .....	6.6
standard jig .....	6.6
standard tooling .....	3.4
steel rule .....	9.4
station facilities .....	3.15
scribing compass .....	8.3
special fixture .....	6.1
special jig .....	6.1
special tooling .....	3.2

spline gauge .....	9.24
surface plate .....	8.21

## T

tape .....	9.5
tap wrench .....	8.17
tension bar .....	7.3
thickness gage .....	9.19
thread tools .....	4.5
three needles .....	9.26
thruster .....	8.15
tool box .....	10.1
tooling .....	3.1
tooling load rate .....	11.13
tool kit .....	10.1
tool rack .....	10.4
tooling specified fee .....	3.20
tools .....	4.1
tools holder .....	7.1
tosecan .....	8.2
travelling bogie .....	10.7

## U

universal bevel protractor .....	9.17
universal fixture .....	6.2
universal jig .....	6.2
universal tooling .....	3.3

## V

vacuum fixture .....	6.13
vacuum jig .....	6.13
vernier caliper .....	9.6
venier calliper .....	9.6
vernier depth gauge .....	9.7
vernier height gauge .....	9.8

## W

wrench .....	8.11
workholding plat .....	6.25
work or material rest .....	10.6
work piece box .....	10.2
work piece support .....	10.5
work rest .....	10.5

---

**附加说明：**

本标准由中华人民共和国机械电子工业部提出。

本标准由机械电子工业部标准化研究所归口。

本标准由机械电子工业部标准化研究所等单位负责起草。

本标准主要起草人朱奇志、唐玉茹、李荣年、李志仁、关菊芳、于光欧、黄克诚。

## 附录三 :主要阀类的配合精度和表面粗糙度

### 第一节 闸阀与截止阀

#### 一、闸阀

##### 1. 明杆楔式单闸板闸阀(图 3-3-1)

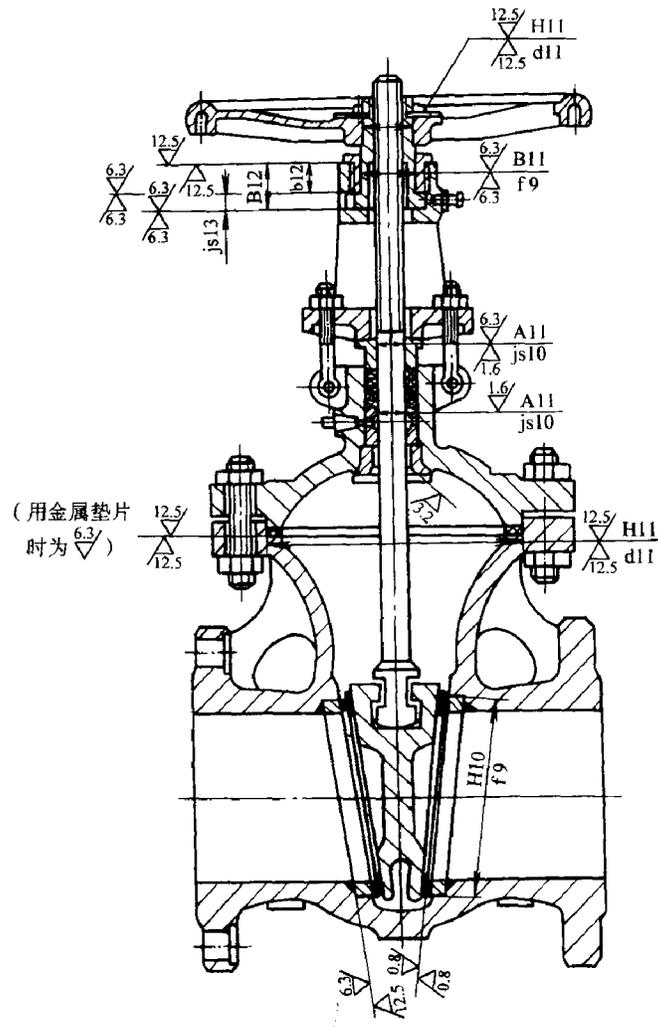


图 3-3-1 明杆楔式单闸板闸阀

## 2. 明杆楔式双闸板闸阀(图 3-3-2)

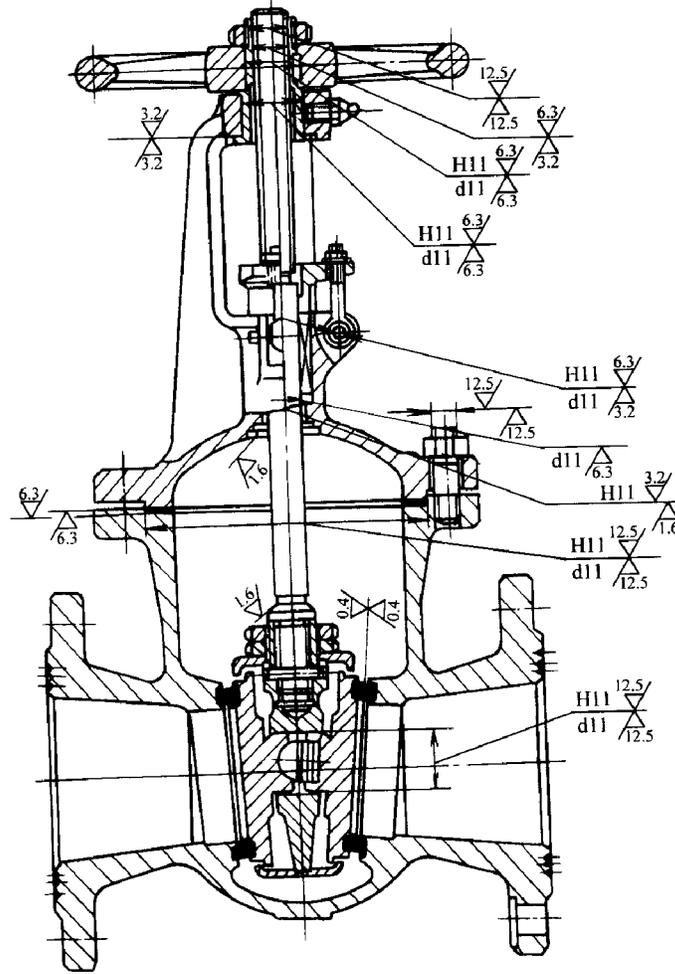


图 3-3-2 明杆楔式双闸板闸阀

## 3. 暗杆楔式单闸板闸阀(图 3-3-3)

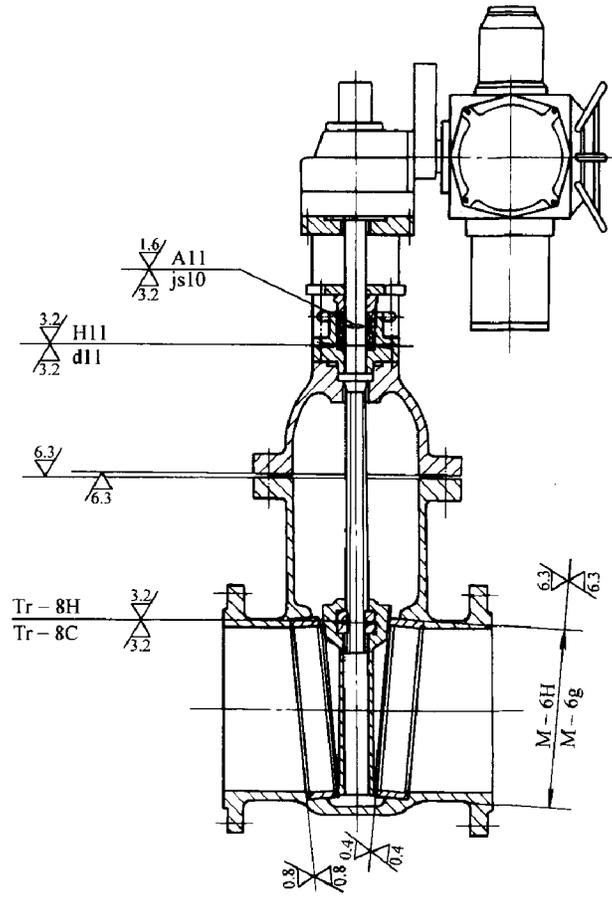


图 3-3-3 暗杆楔式单闸板闸阀





## 6. 明杆平行双闸板带导流孔闸阀: API 6D—2002 标准闸阀(图 3-3-6)

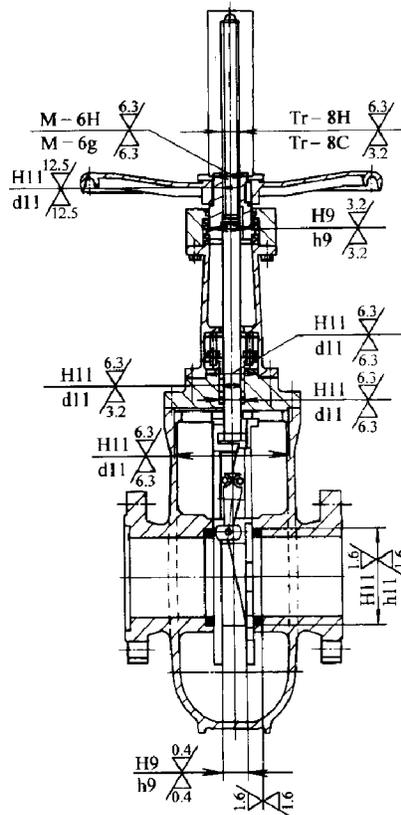


图 3-3-6 明杆平行双闸板带导流孔闸阀

7. 明杆平行双闸板无导流孔弹簧撑开式闸阀: API 6D—2002 标准闸阀(图 3-3-7)

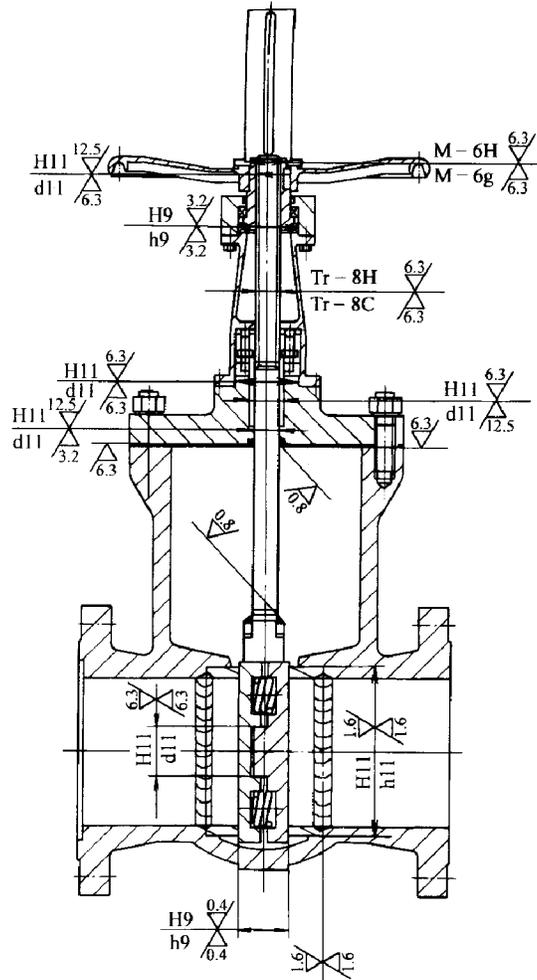


图 3-3-7 明杆平行双闸板无导流孔弹簧撑开式闸阀



9. 明杆平行单闸板无导流孔闸阀: API 6D—2002 标准闸阀(图 3-3-9)

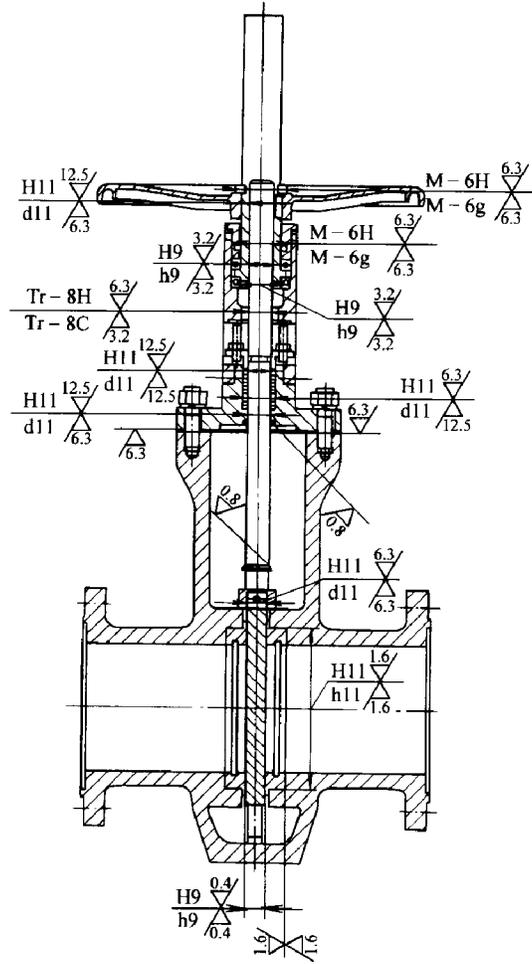


图 3-3-9 明杆平行单闸板无导流孔闸阀

10. 明杆平行双闸板无导流孔弹簧撑开式螺柱连接式内压自紧密封阀盖闸阀：API 6D—2002 标准阀门(图 3-3-10)

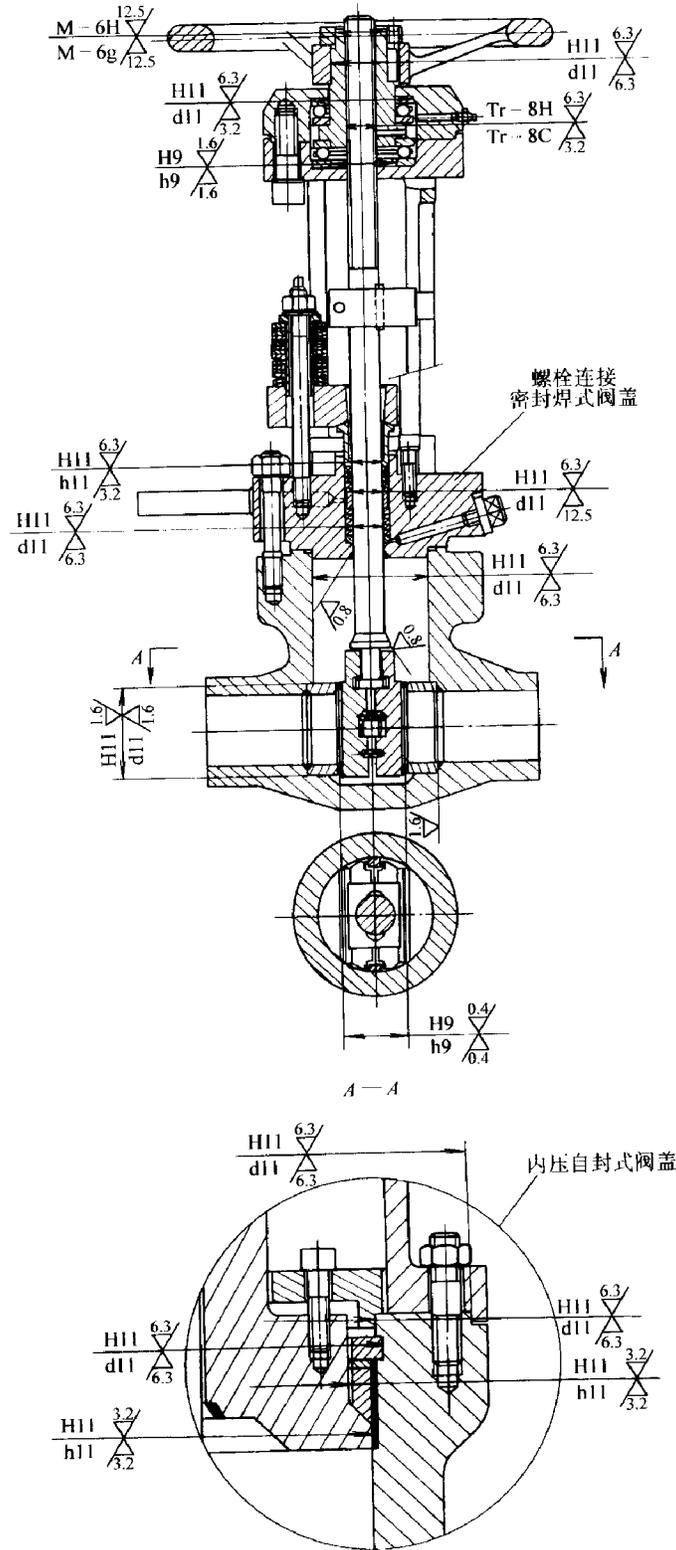


图 3-3-10 明杆平行双闸板无导流孔弹簧撑开式内压自紧密封阀盖闸阀

11. 暗杆楔式单闸板橡胶密封闸阀; DIN 3352—1999 标准闸阀(图 3-3-11)

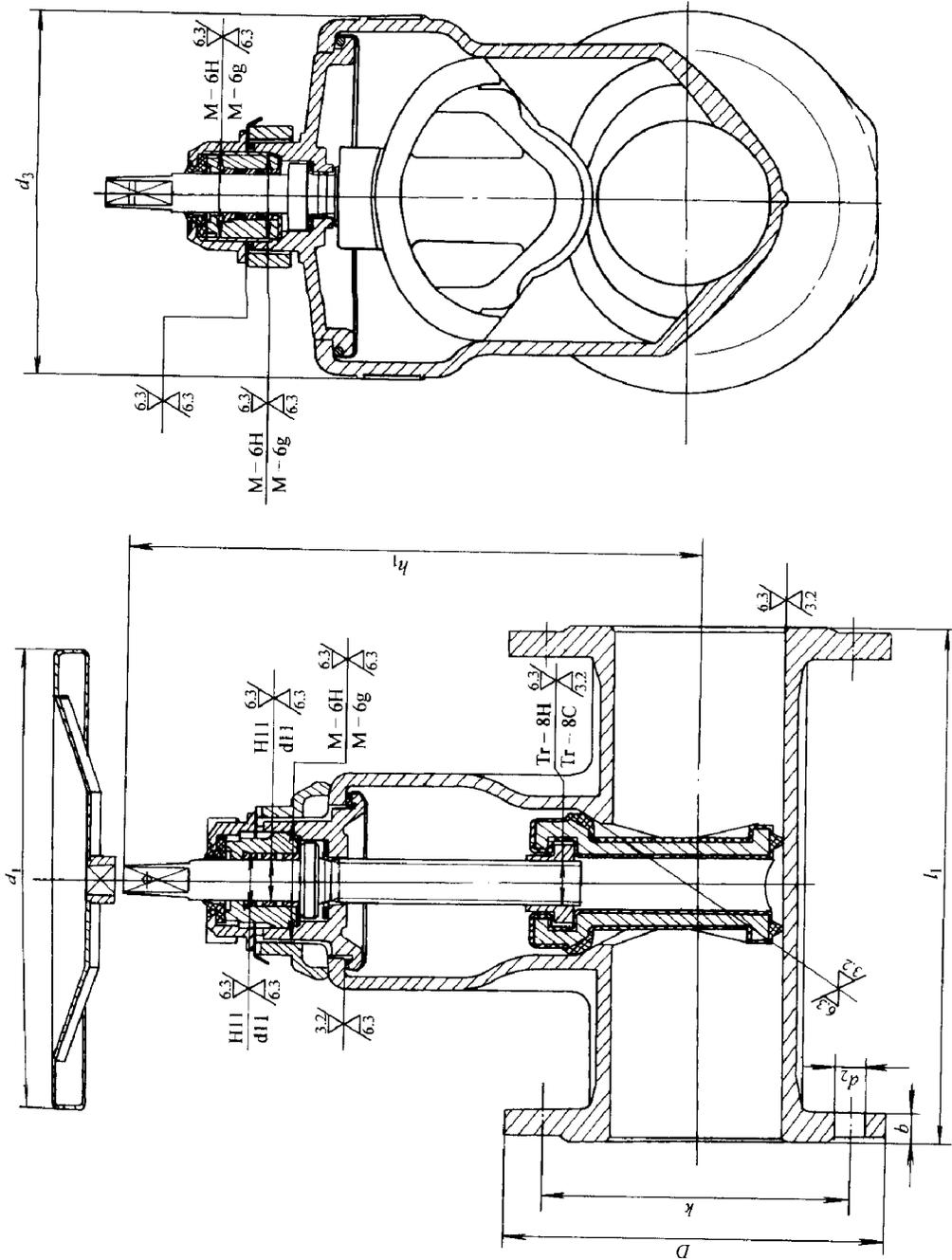


图 3-3-11 暗杆楔式单闸板橡胶密封闸阀

## 二、截止阀

1. 承插焊连接锻钢截止阀: 参考 AP 1602—1993 标准锻钢阀门(图 3-3-12)

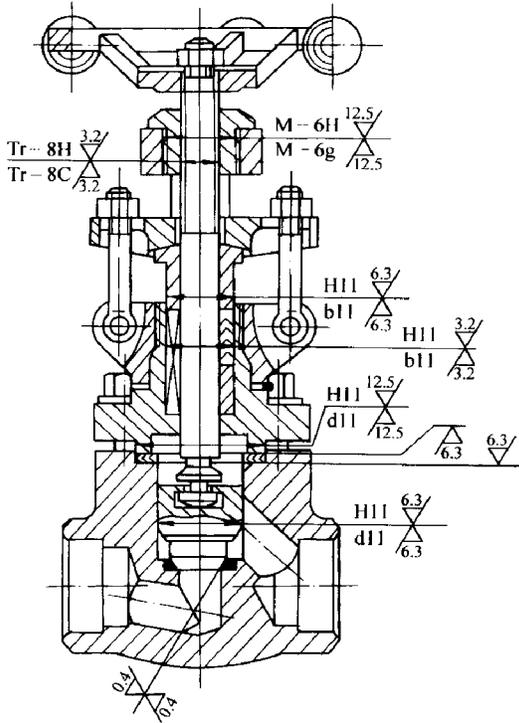


图 3-3-12 承插焊连接锻钢截止阀

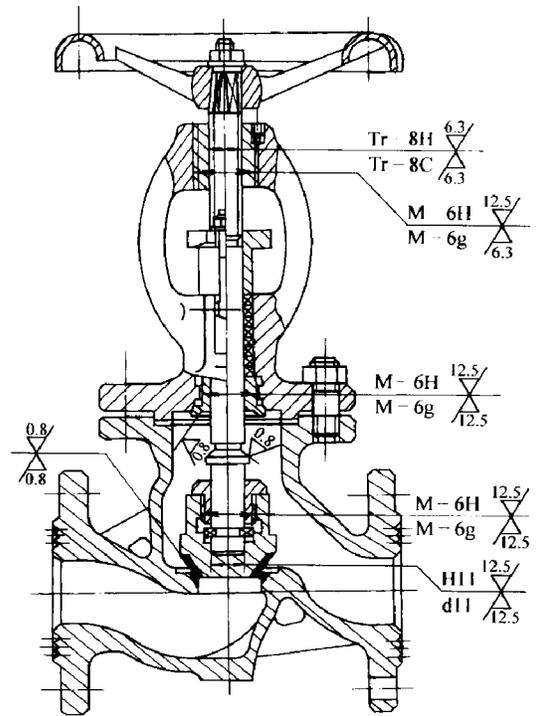


图 3-3-13 法兰连接铸钢截止阀

2. 法兰连接铸钢截止阀: GB/T12235 - 1989 标准铸钢截止阀(图 3-3-13)

3. 法兰或对接焊连接内压自封式阀盖钢先式高压截止阀(图 3-3-14)

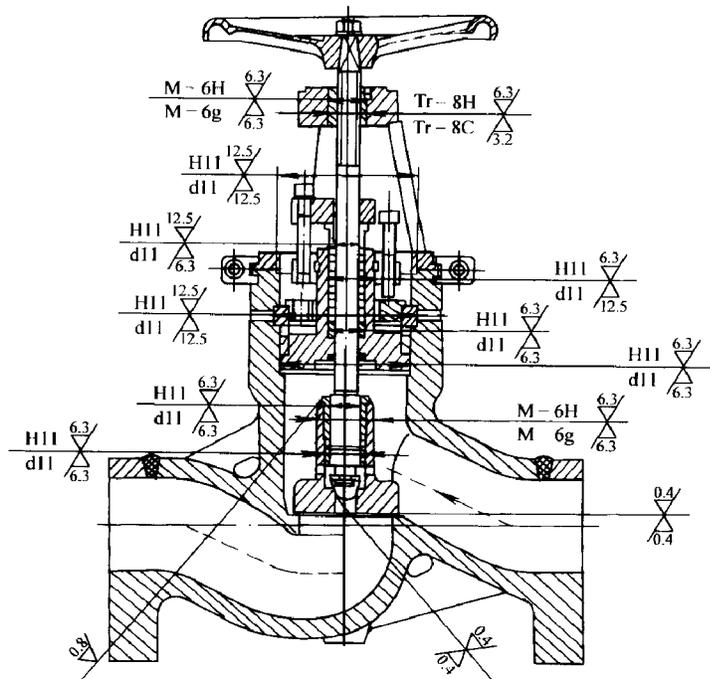


图 3-3-14 法兰或对接焊连接内压自封式阀盖钢制先式高压截止阀



## 5. 承插焊连接锻钢波纹管密封直流式截止阀(图 3-3-16)

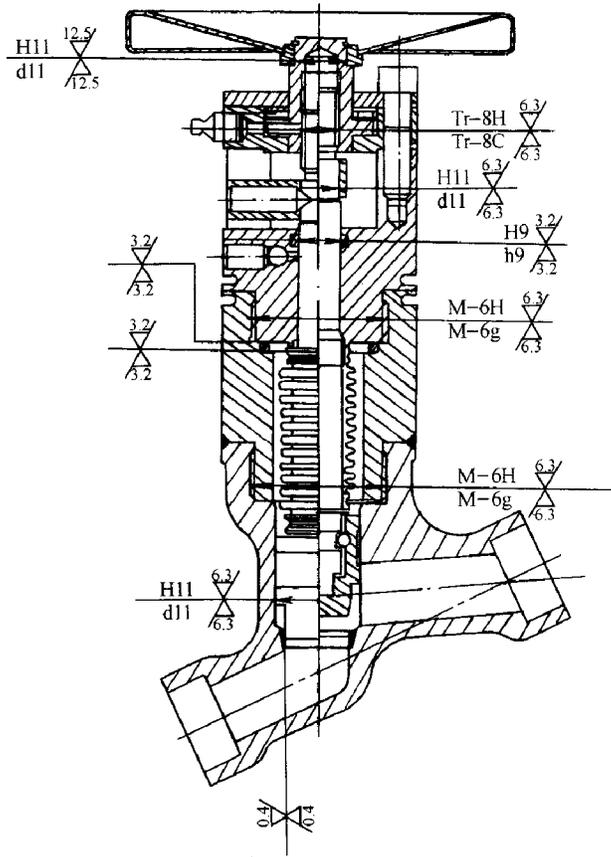


图 3-3-16 承插焊连接锻钢波纹管密封直流式截止阀

## 6. 法兰连接铸钢双阀体对夹阀座直流式截止阀(图 3-3-17)

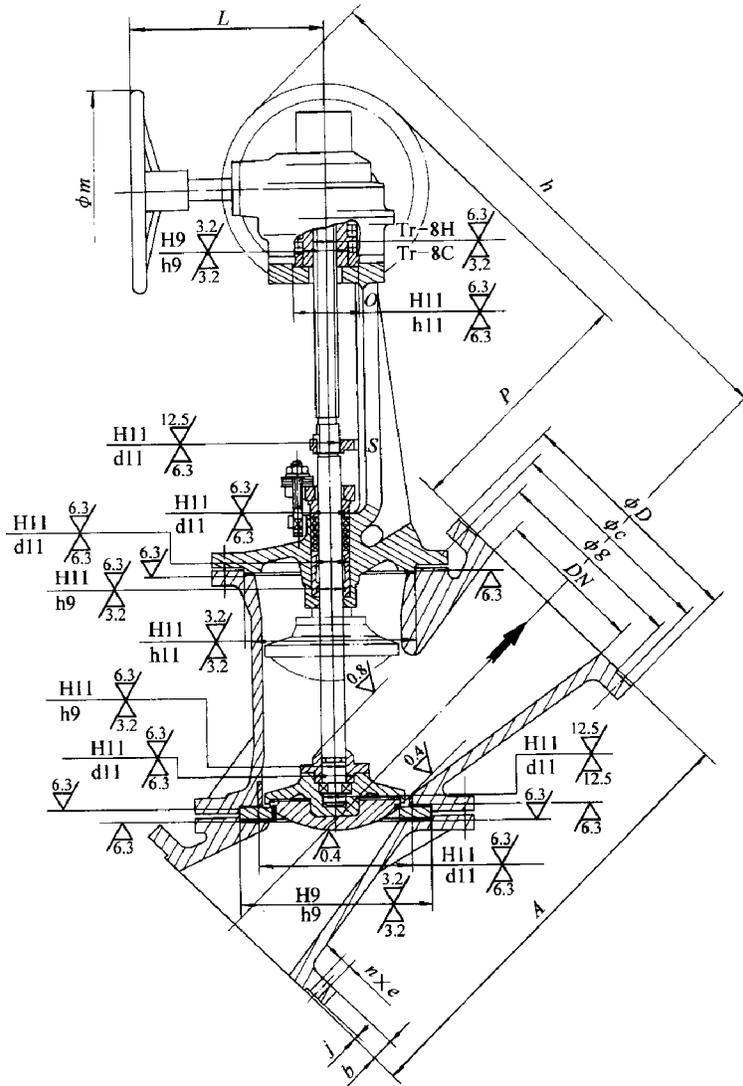


图 3-3-17 法兰连接铸钢双阀体对夹阀座直流式截止阀

## 7. 法兰连接铸钢或锻钢角式截止阀(节流阀)(图 3-3-18)

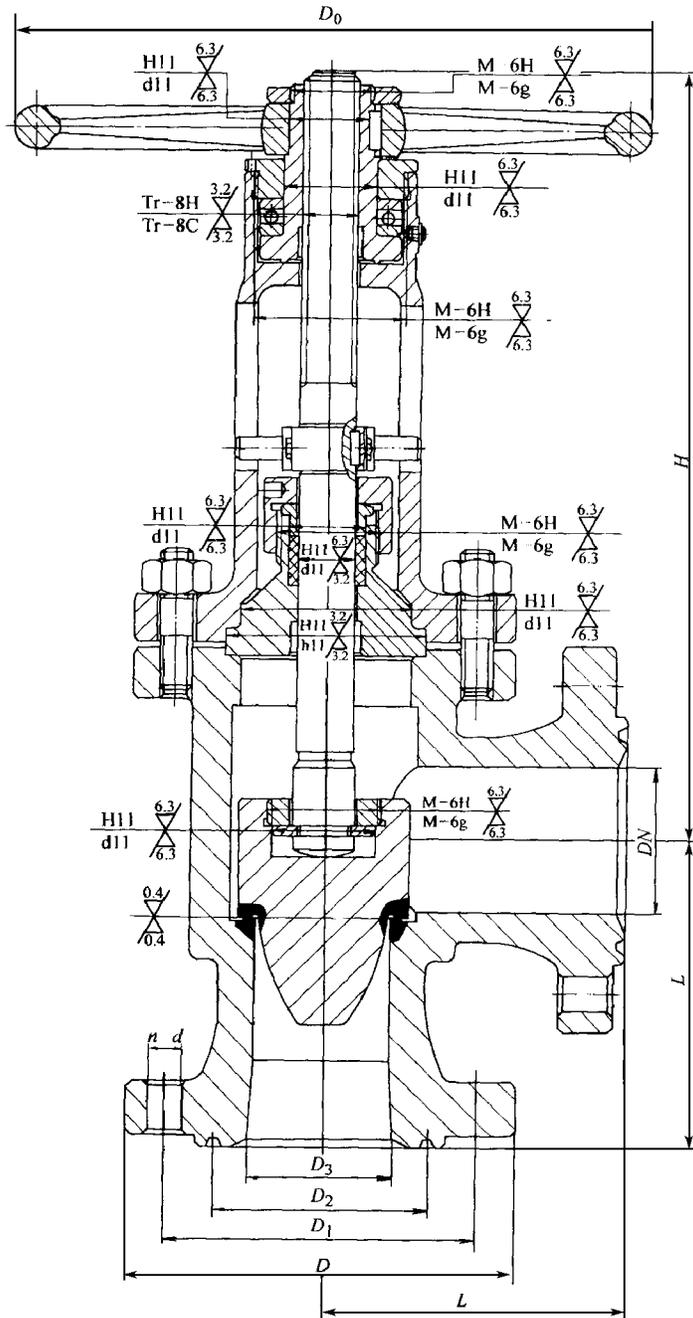


图 3-3-18 法兰连接铸钢或锻钢角式截止阀(节流阀)

## 8. 法兰连接锻钢套筒式角式截止阀(节流阀)(Choke Valve)(图 3-3-19)

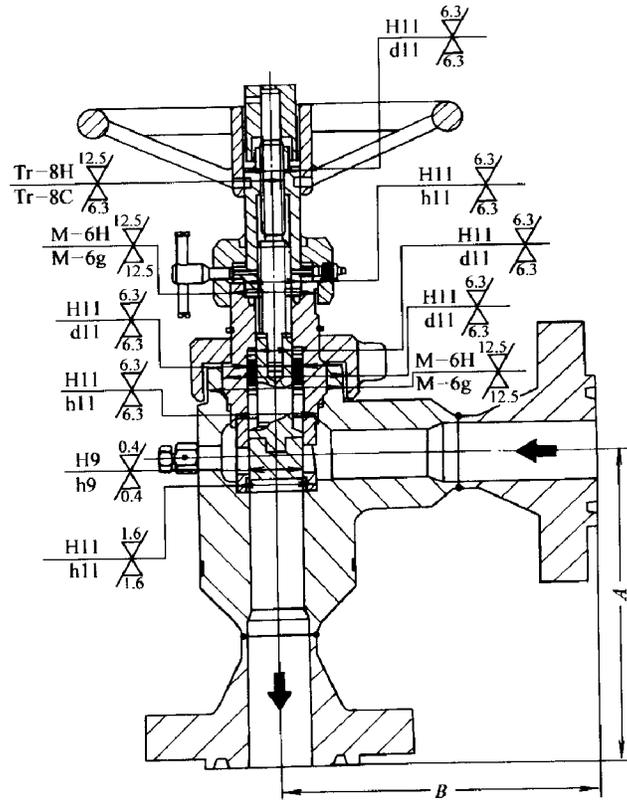


图 3-3-19 法兰连接锻钢套筒式角式截止阀(节流阀)(Choke Valve)

## 9. 螺纹法兰连接锻钢角式内压自封阀盖截止阀(节流阀)(图 3-3-20)

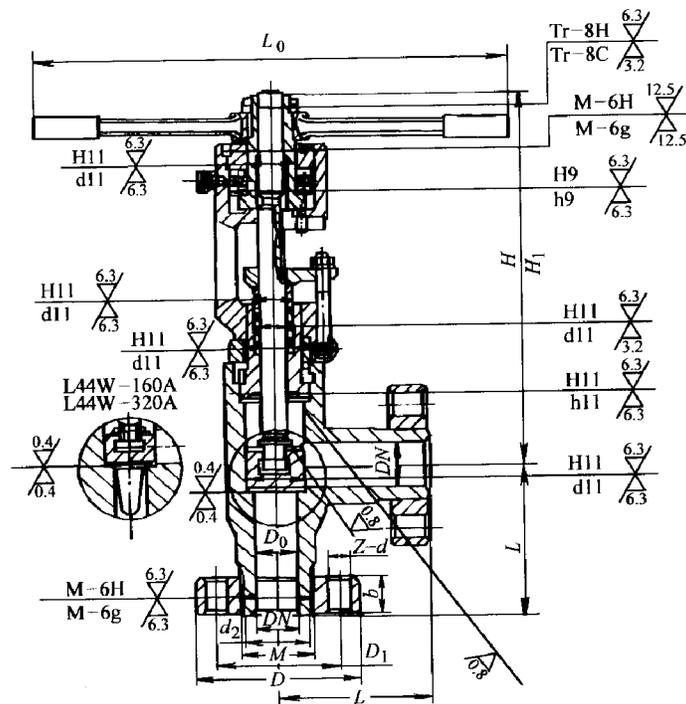


图 3-3-20 螺纹法兰连接锻钢角式内压自封阀盖截止阀(节流阀)

## 10. 法兰连接锻钢平衡角式截止阀(节流阀)(图 3-3-21)

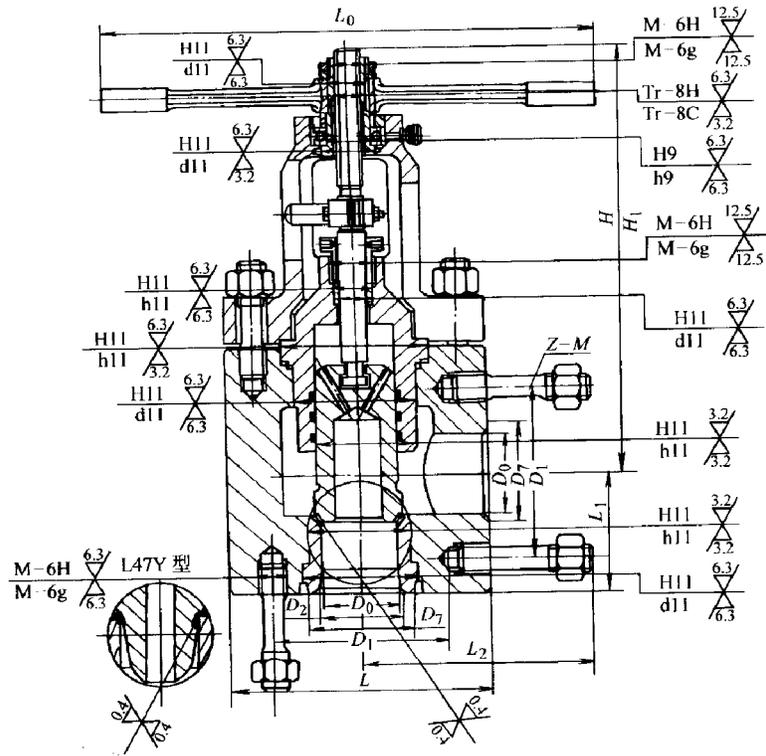


图 3-3-21 法兰连接锻钢平衡式截止阀(节流阀)

## 11. 对焊连接锻钢螺纹焊接阀盖直通式电站截止阀(图 3-3-22)

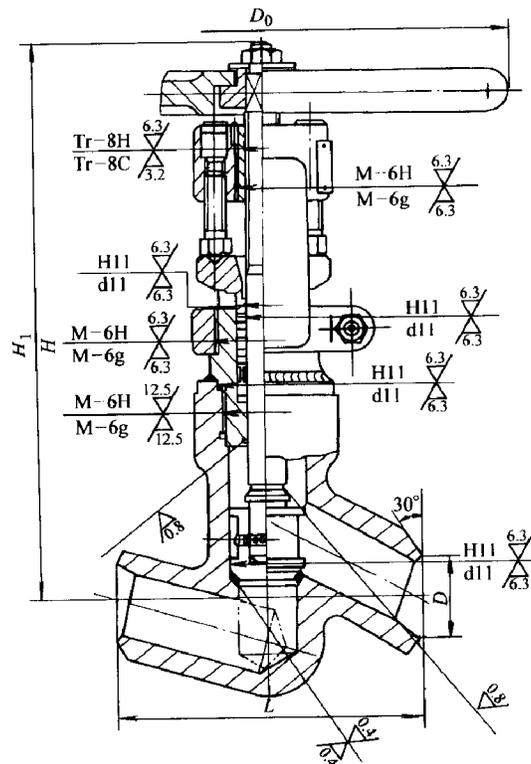


图 3-3-22 对焊连接锻钢螺纹焊接阀盖直通式电站截止阀

## 12. 对焊连接锻钢螺纹焊接阀盖直通式高温高压电站截止阀(图 3-3-23)

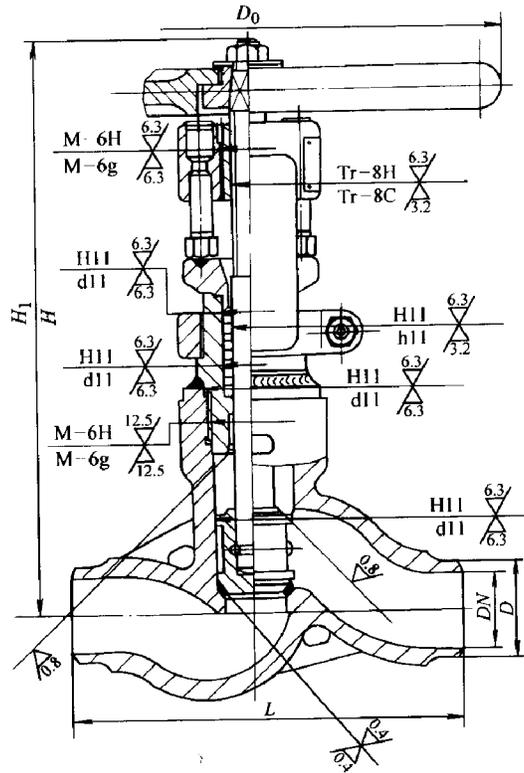


图 3-3-23 对焊连接锻钢螺纹焊接阀盖直通式高温高压电站截止阀

## 第二节 止回阀与减压阀

### 一、止回阀

#### 1. 立式升降止回阀(图 3-3-24)

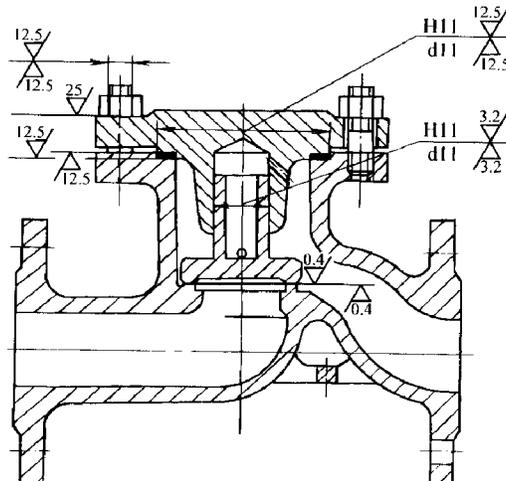


图 3-3-24 立式升降止回阀

## 2. 焊接连接锻钢高压立式升降止回阀(图 3-3-25)

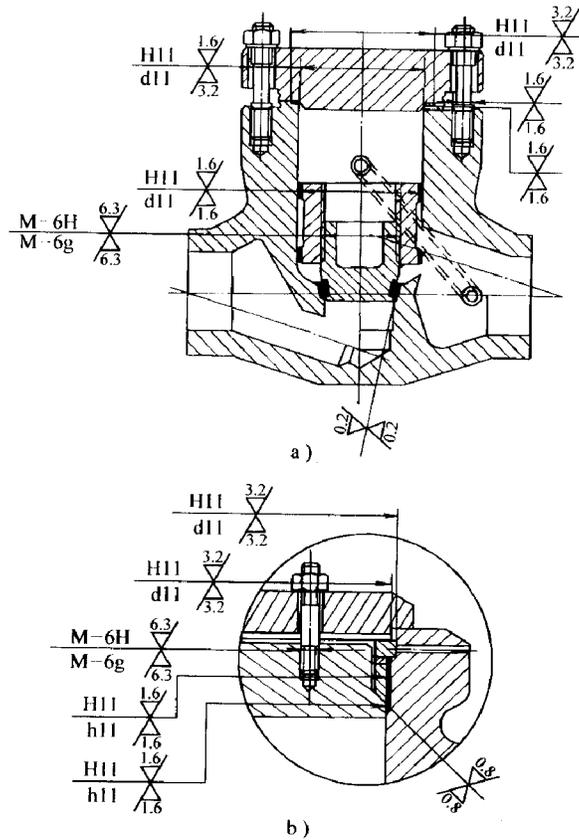


图 3-3-25 焊接连接锻钢高压立式升降止回阀

a) 焊接密封式阀盖 b) 内压自封式阀盖

## 3. 法兰连接铸钢旋启式止回阀(图 3-3-26)

## 4. 法兰连接铸钢直板旋启式止回阀(图 3-3-27)

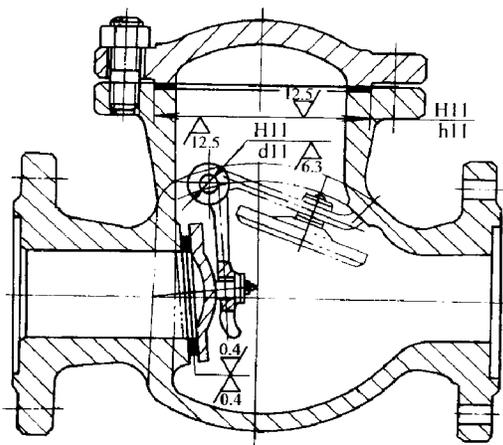


图 3-3-26 法兰连接铸钢旋启式止回阀

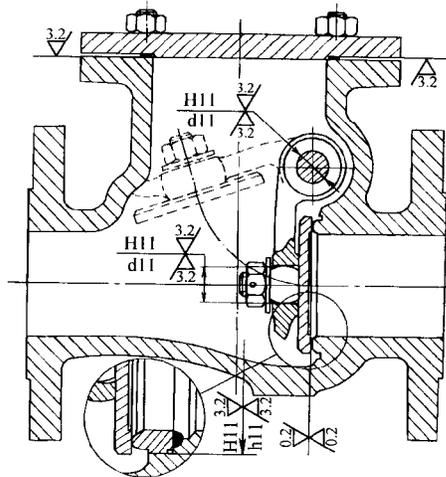


图 3-3-27 法兰连接铸钢直板旋启式止回阀

## 5. 焊接连接锻钢斜板旋启式止回阀(图 3-3-28)

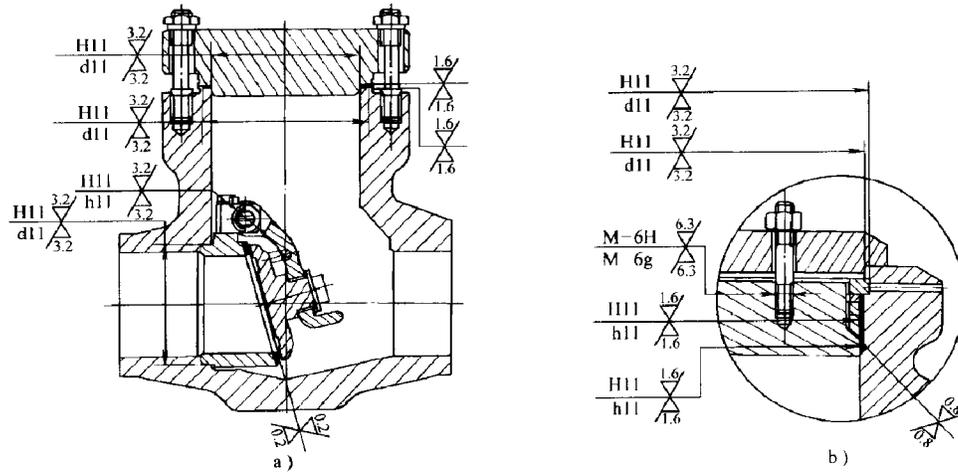


图 3-3-28 焊接连接锻钢斜板旋启式止回阀

a) 焊接密封式阀盖    b) 内压自封式阀盖

## 6. 底阀(图 3-3-29)

## 7. 法兰连接单球无磨损球形止回阀(图 3-3-30)

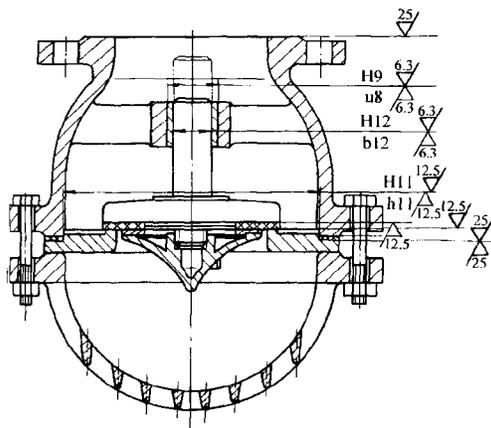


图 3-3-29 底阀

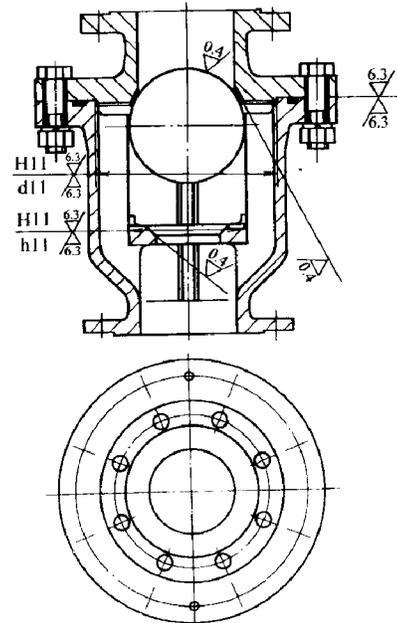


图 3-3-30 法兰连接单球无磨损球形止回阀

8. 法兰连接多球无磨损球形止回阀(图 93-3-31)

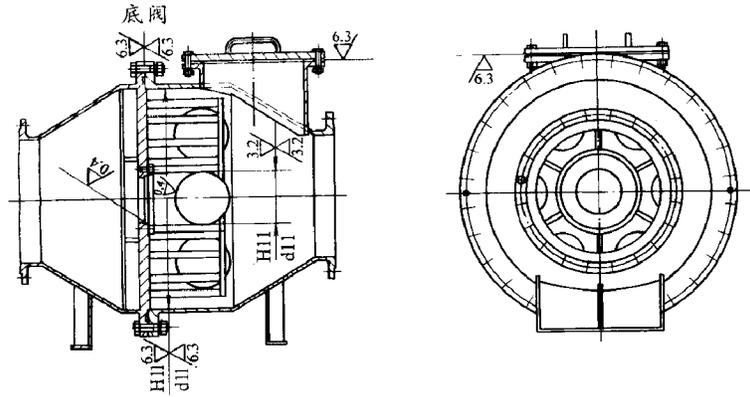


图 3-3-31 法兰连接多球无磨损球形止回阀

9. 长系列对夹连接单瓣旋启式止回阀(图 3-3-32)

10. 短系列对夹连接单瓣旋启式止回阀(图 3-3-33)

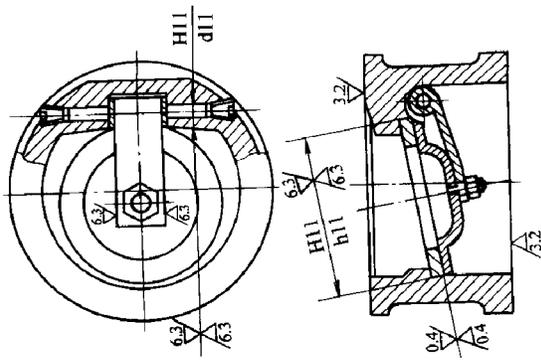


图 3-3-32 长系列对夹连接单瓣旋启式止回阀

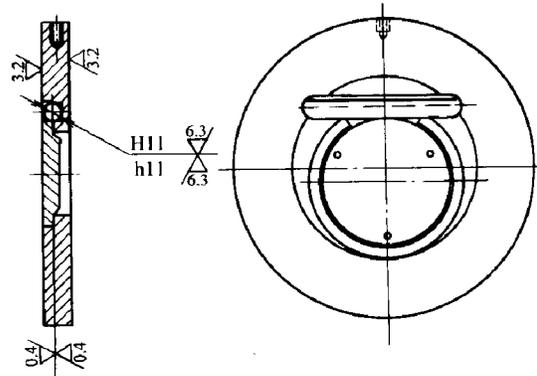


图 3-3-33 短系列对夹连接单瓣旋启式止回阀

11. 对夹连接升降式止回阀(图 3-3-34)

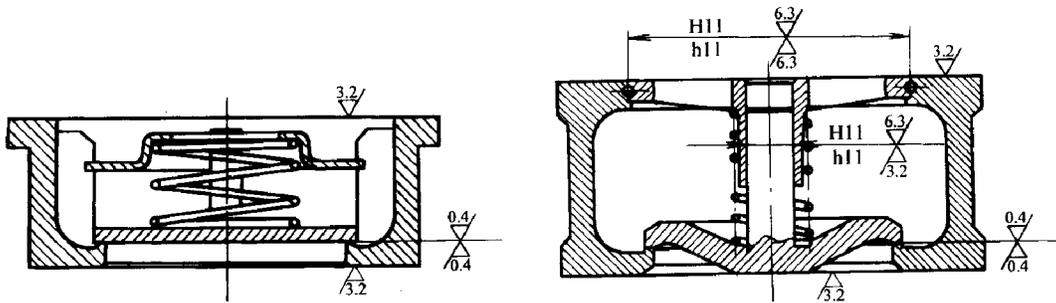


图 3-3-34 对夹连接升降式止回阀

12. 对夹连接蝶式止回阀(图 3-3-35)

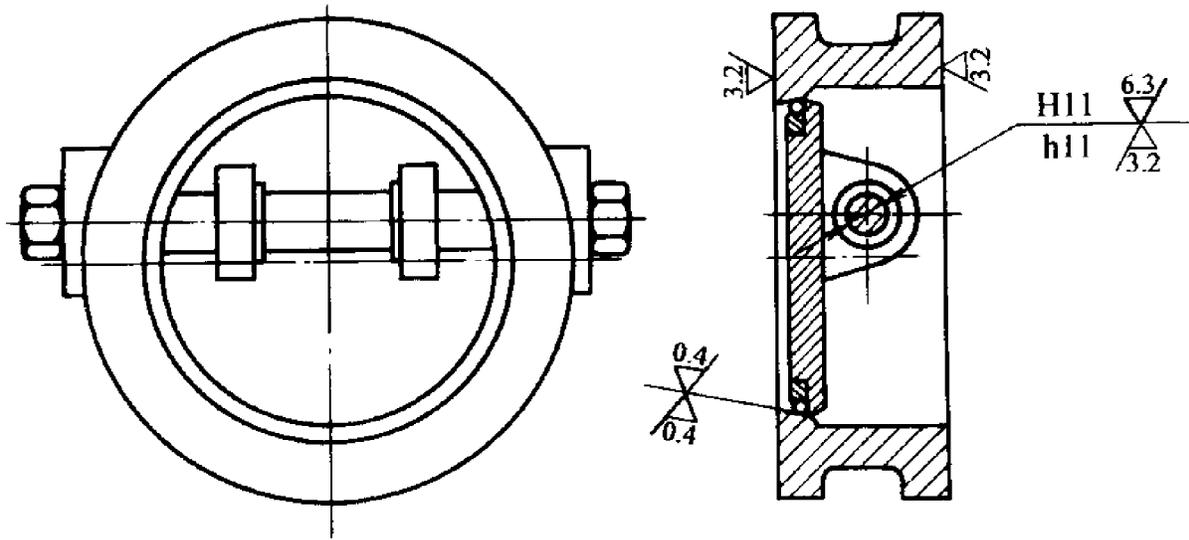


图 3-3-35 对夹连接蝶式止回阀

## 二、减压阀

### 1. 夹箍连接双阀座隔膜式减压阀(图 3-3-36)

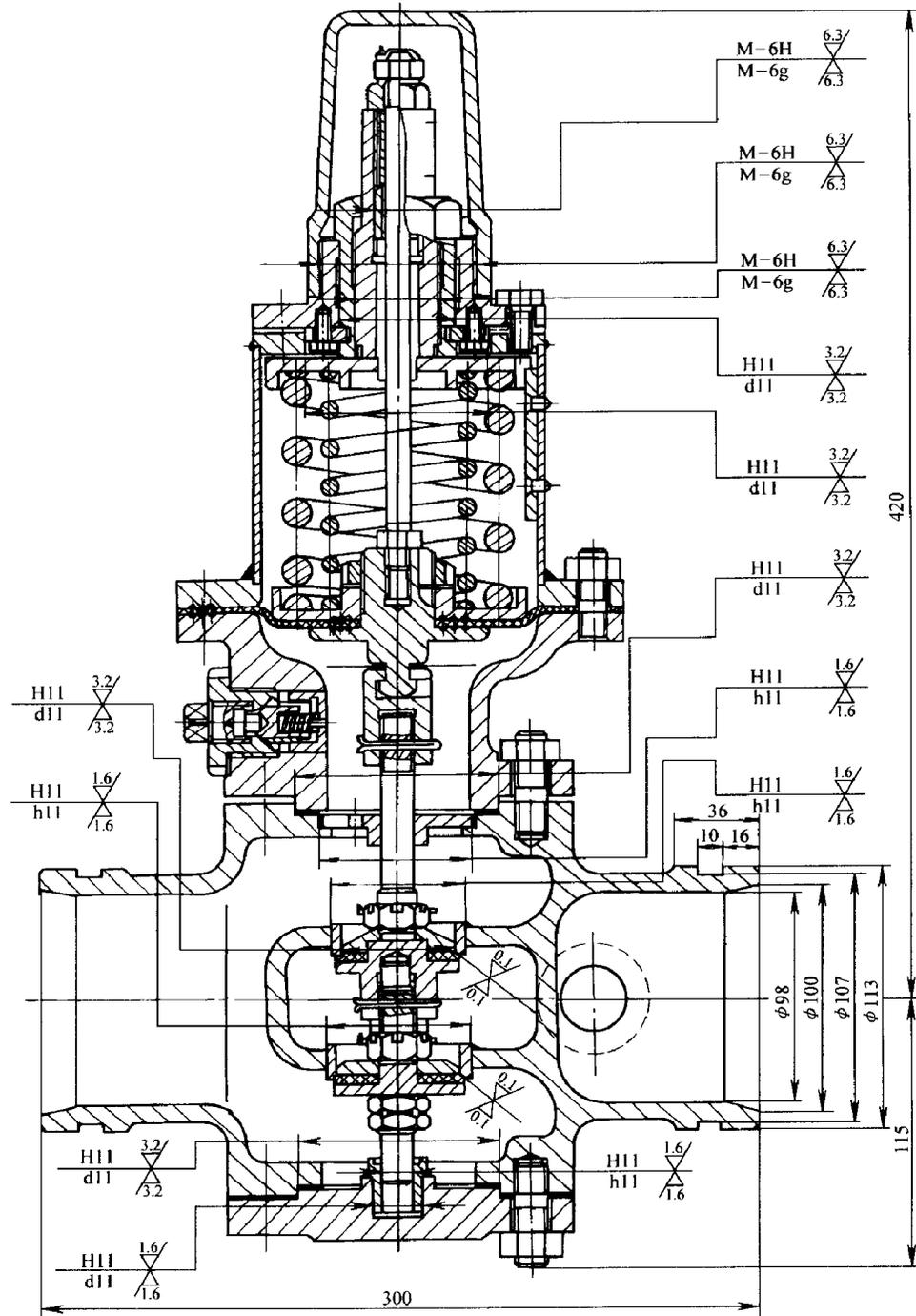


图 3-3-36 夹箍连接双阀座隔膜式减压阀

## 2. 法兰连接先导薄膜活塞式减压阀(图 3-3-37)

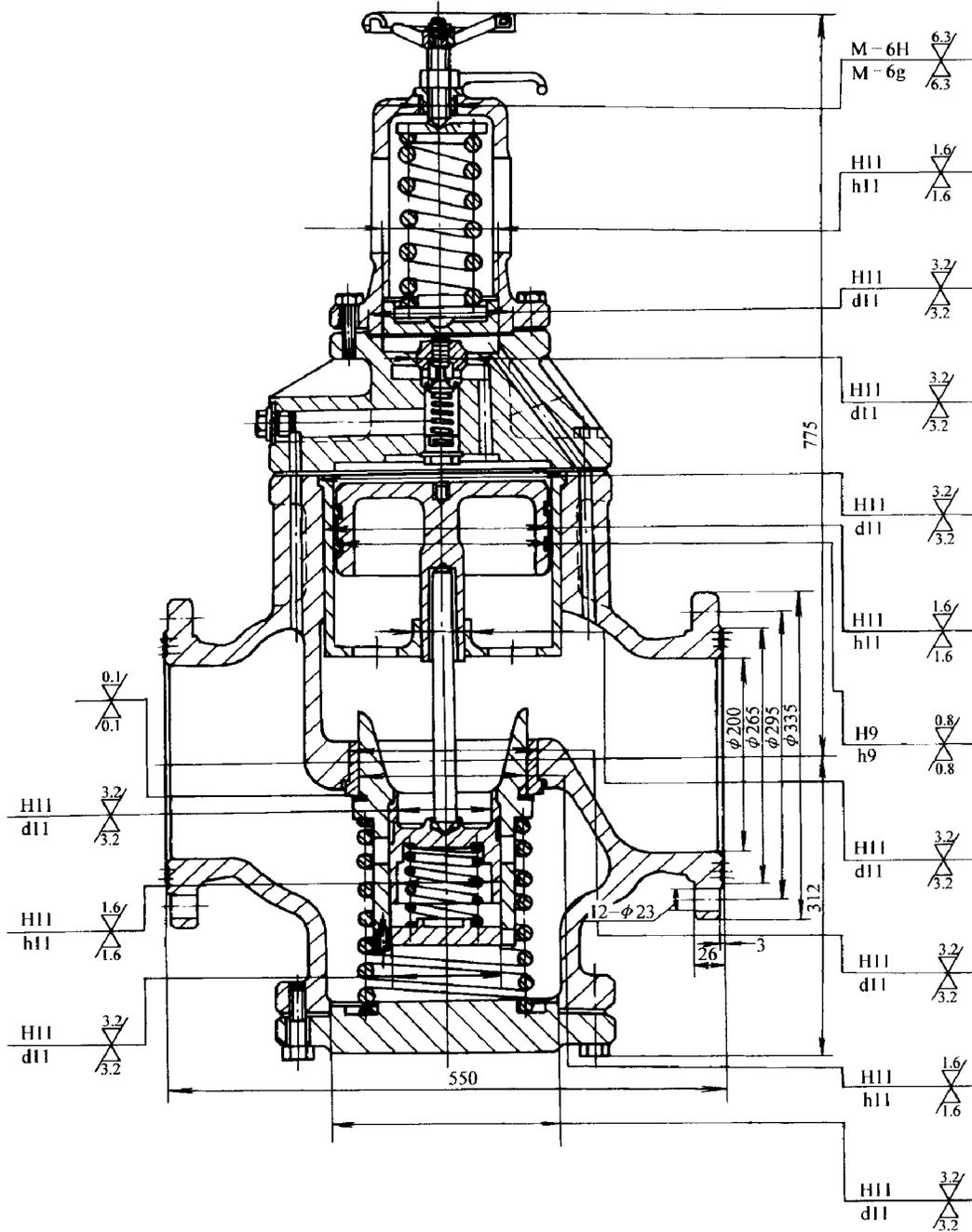


图 3-3-37 法兰连接先导薄膜活塞式减压阀

## 3. 法兰连接双阀座杠杆式减压阀(图 3-3-38)

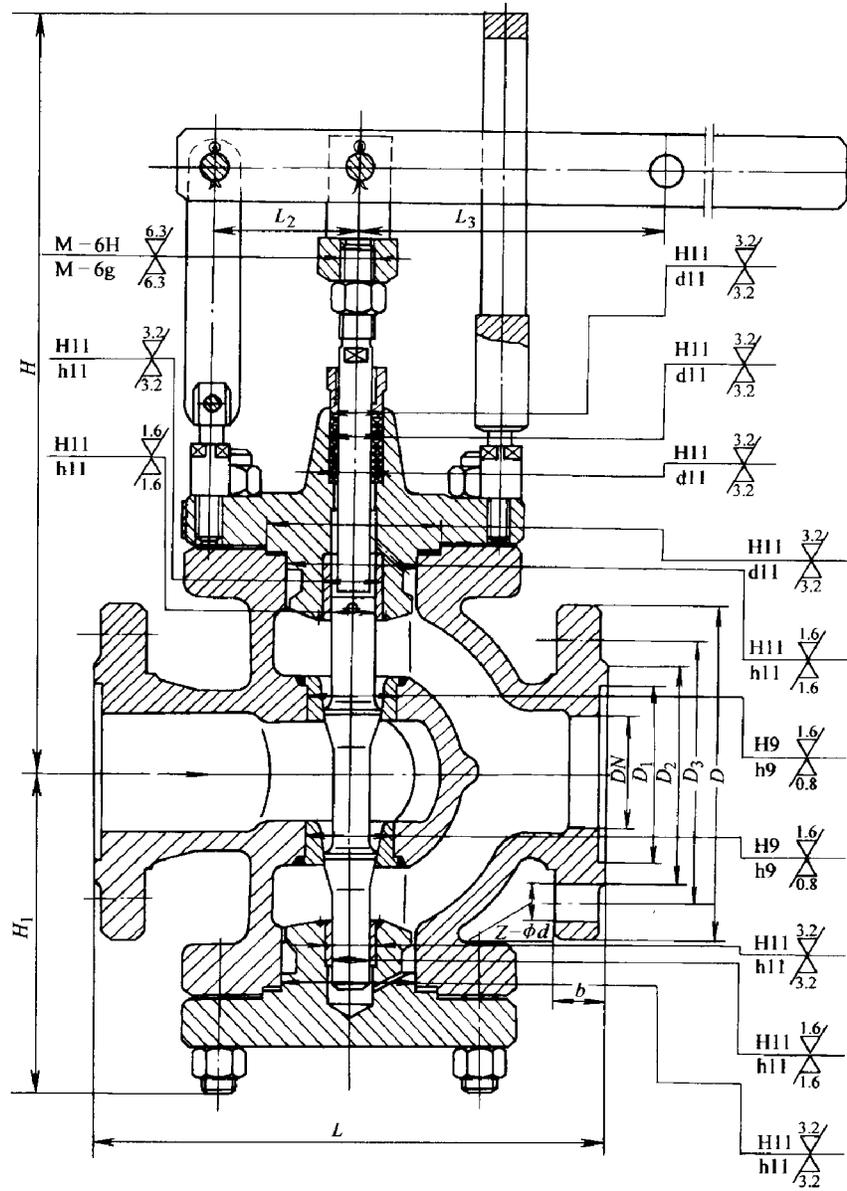


图 3-3-38 法兰连接双阀座杠杆式减压阀

## 4. 法兰连接直接作用薄膜式减压阀(图 3-3-39)

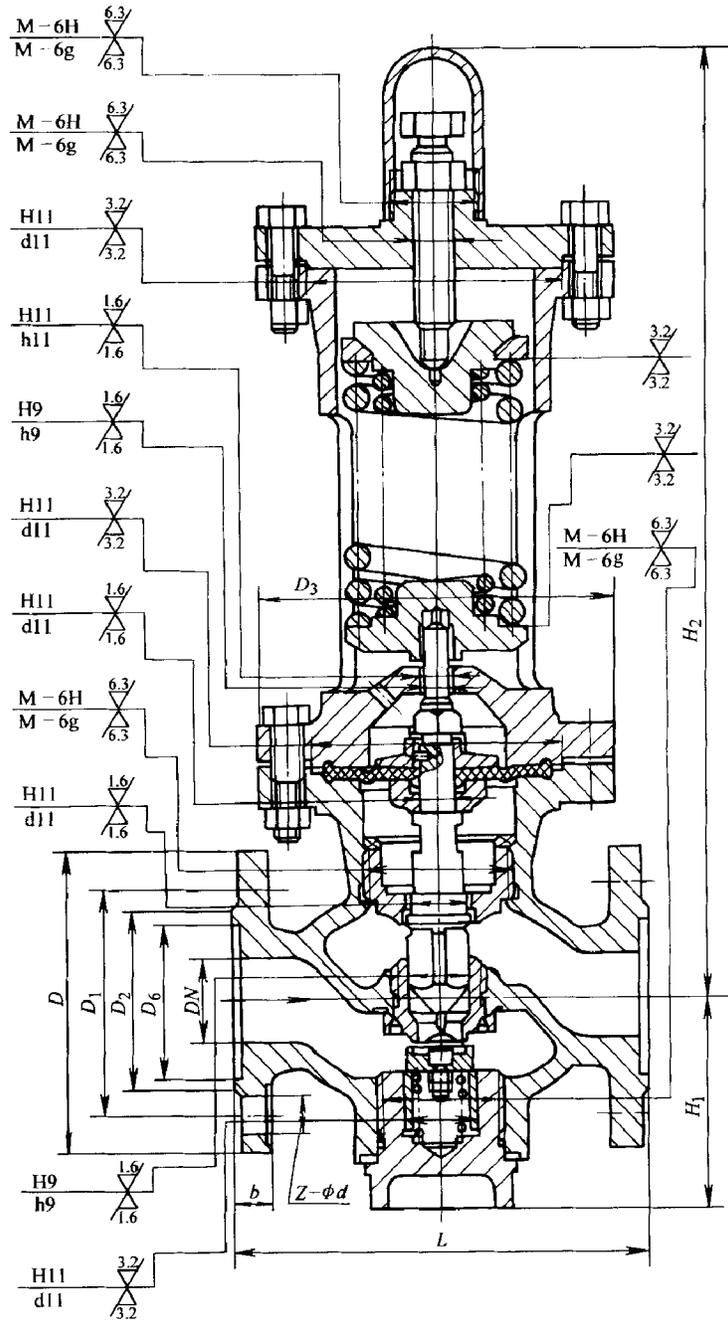


图 3-3-39 法兰连接直接作用薄膜式减压阀

## 5. 法兰连接先导活塞式减压阀(图 3-3-40)

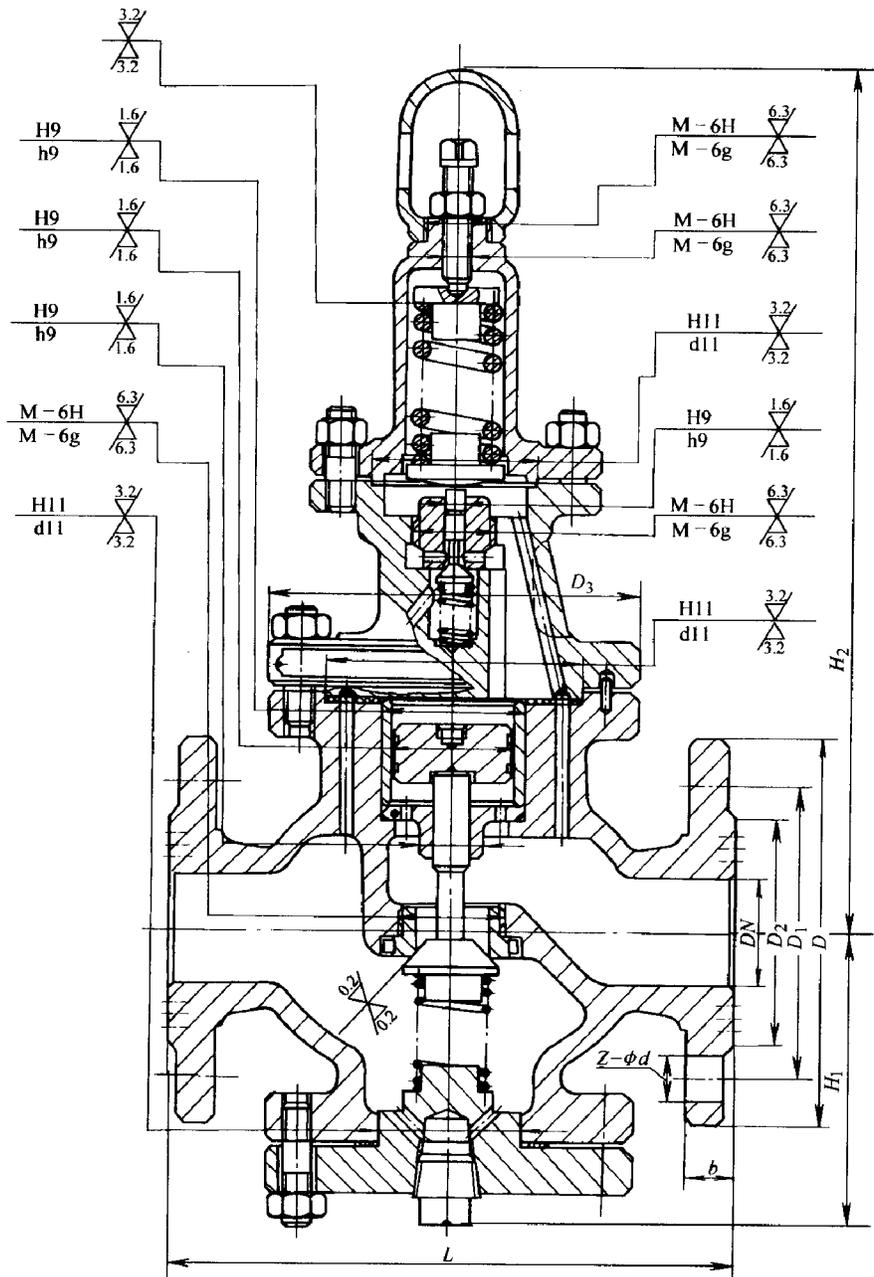


图 3-3-40 法兰连接先导活塞式减压阀

## 6. 法兰连接先导薄膜式减压阀(图 3-3-41)

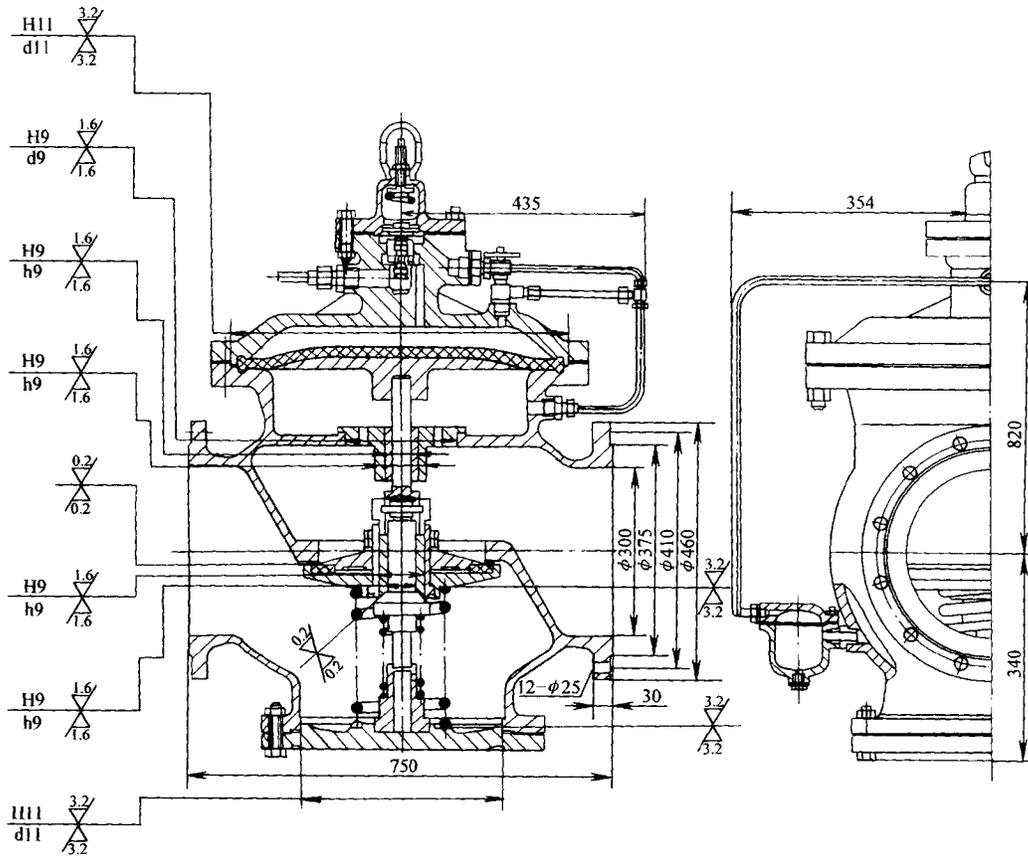


图 3-3-41 法兰连接先导薄膜式减压阀

7. 法兰连接先导活塞式减压阀(图 3-3-42)

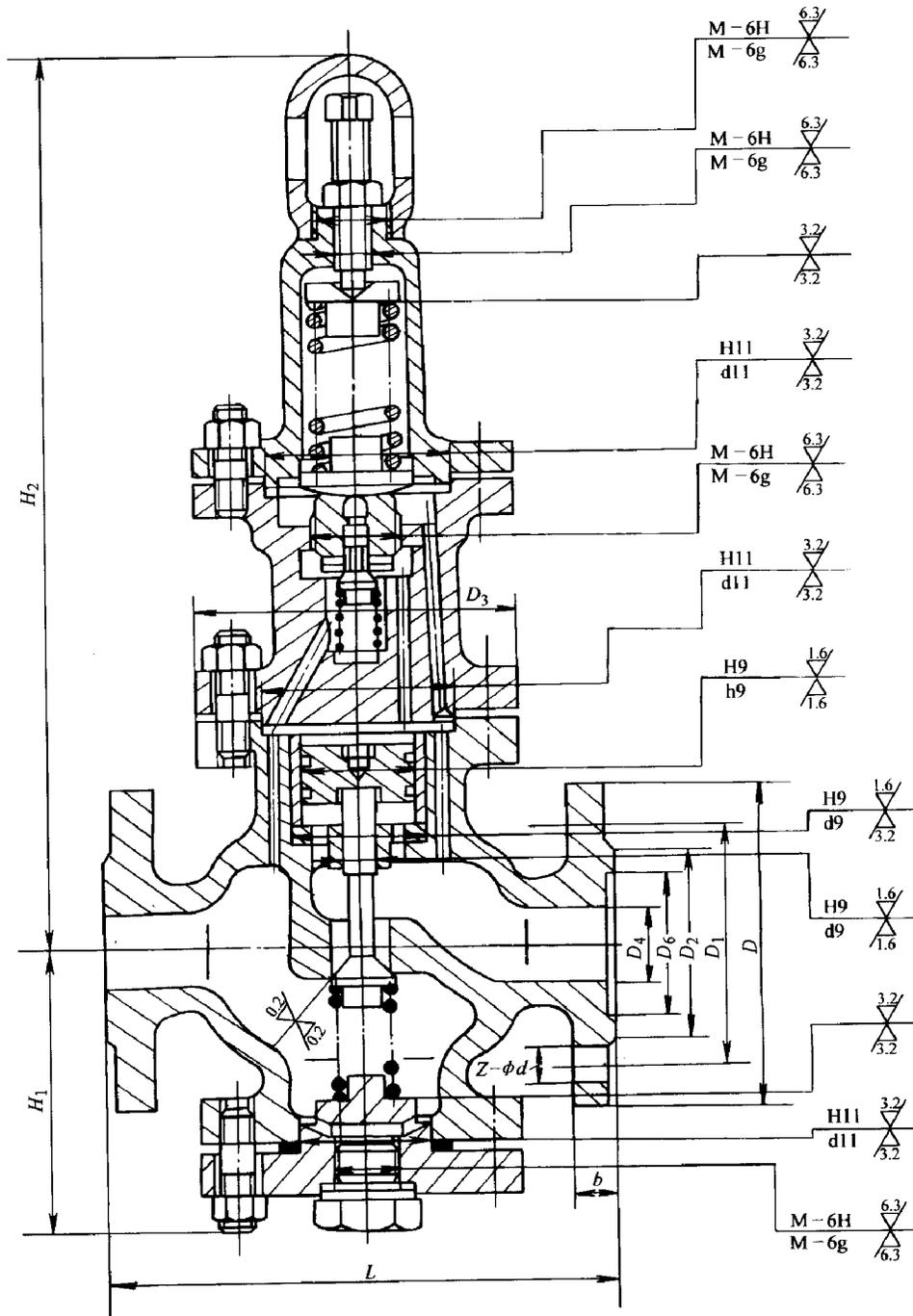


图 3-3-42 法兰连接先导活塞式减压阀



## 3. 法兰连接气动全启式弹簧安全阀(图 3-3-45)

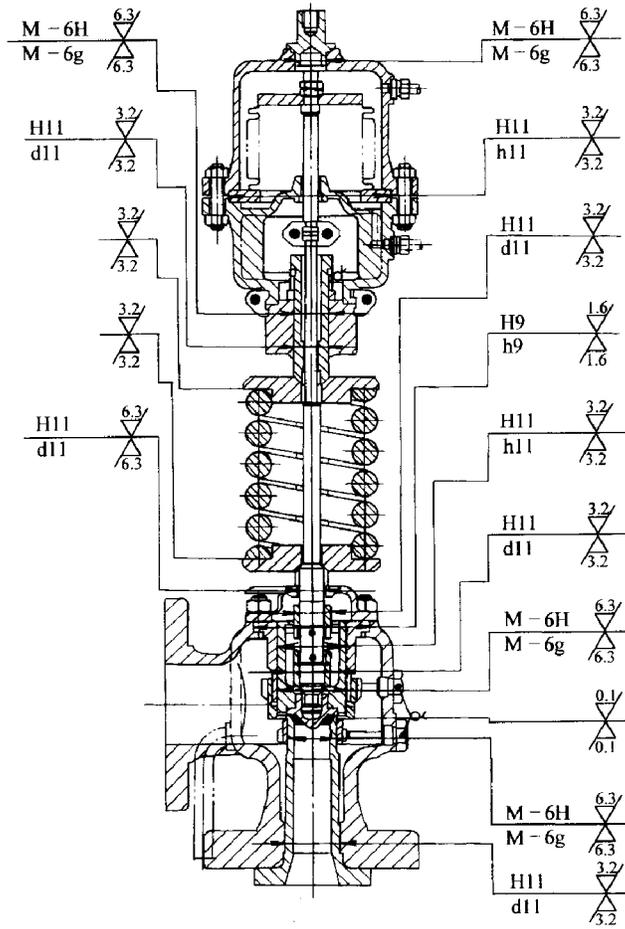


图 3-3-45 法兰连接所动全启式弹簧安全阀

## 4. 法兰连接全启式带手动弹簧安全阀(图 3-3-46)

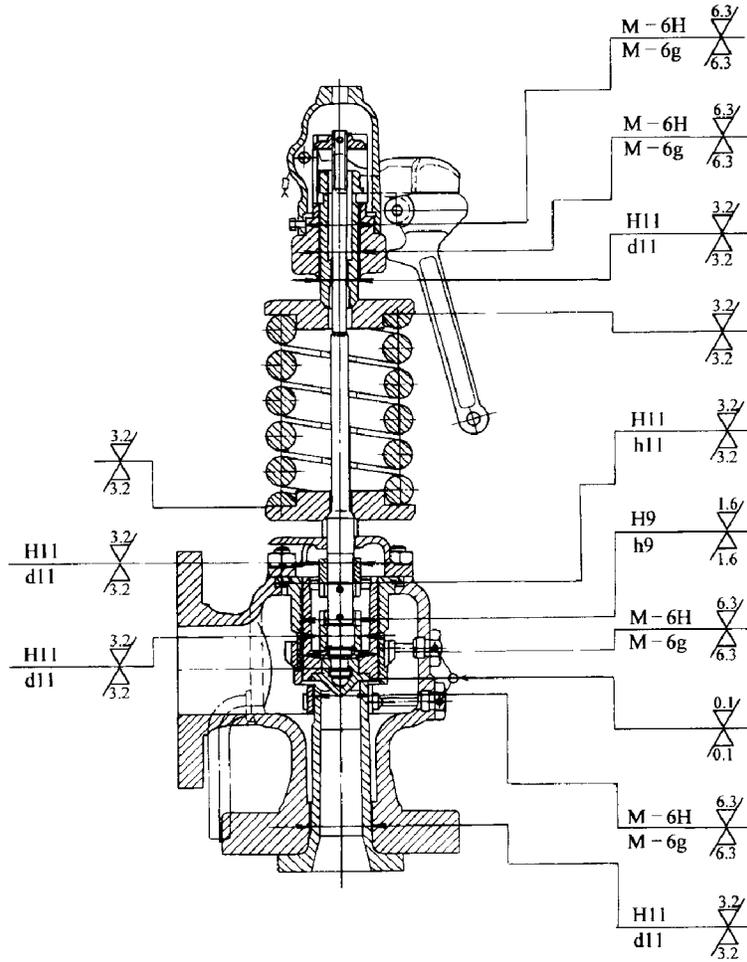


图 3-3-46 法兰连接全启式带手动弹簧安全阀

## 5. 法兰连接高压微启式带手柄弹簧安全阀(图 3-3-47)

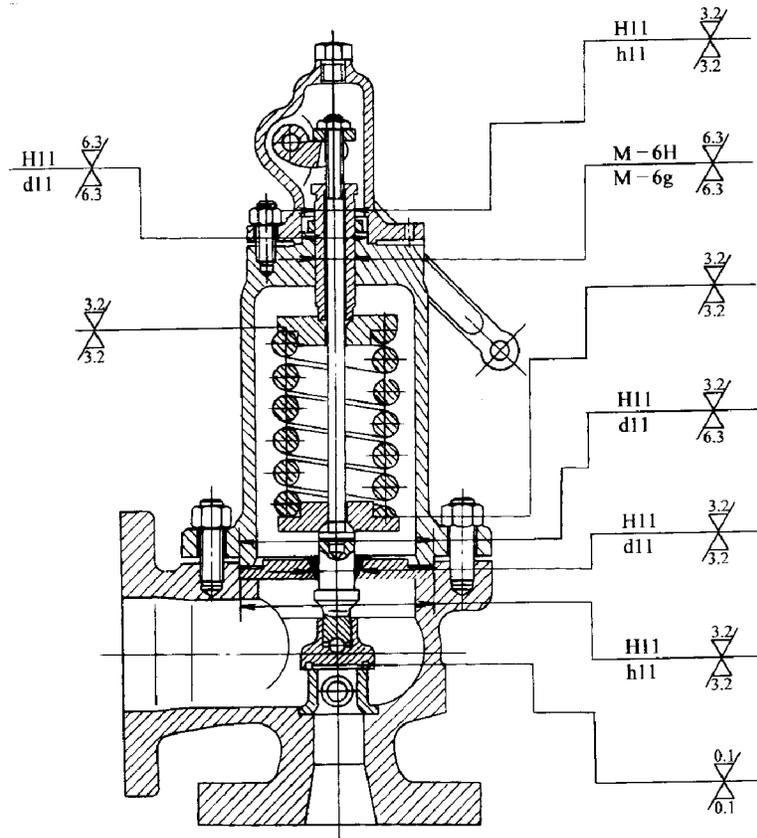


图 3-3-47 法兰连接高压微启式带手柄弹簧安全阀

## 6. 法兰连接高压全启式弹簧安全阀(图 3-3-48)

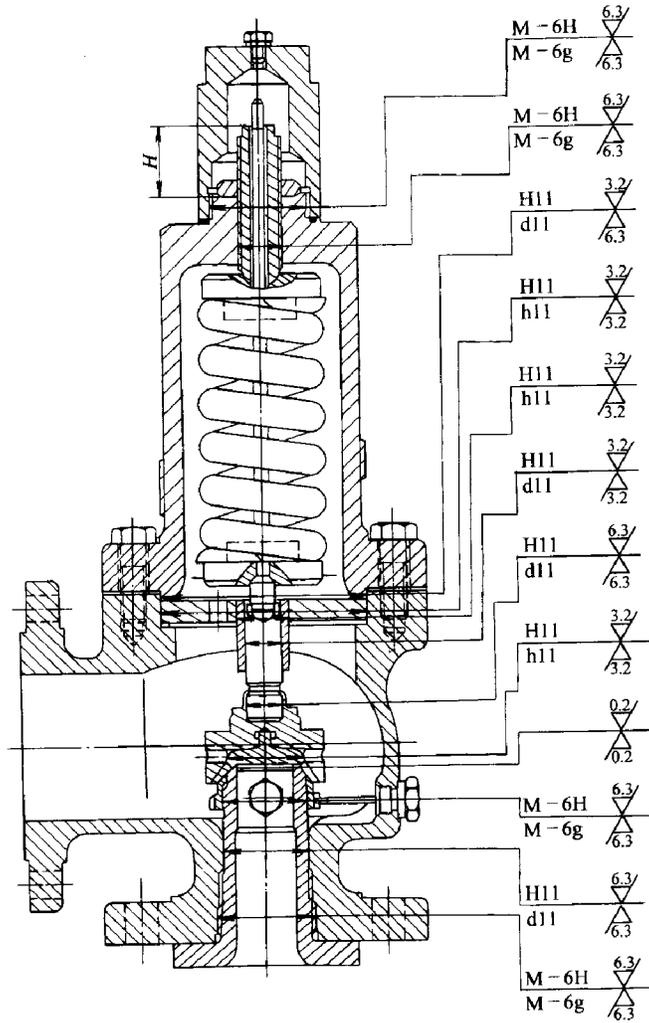


图 3-3-48 法兰连接高压全启式弹簧安全阀



## 9. 法兰连接先导呼吸阀(图 3-3-51)

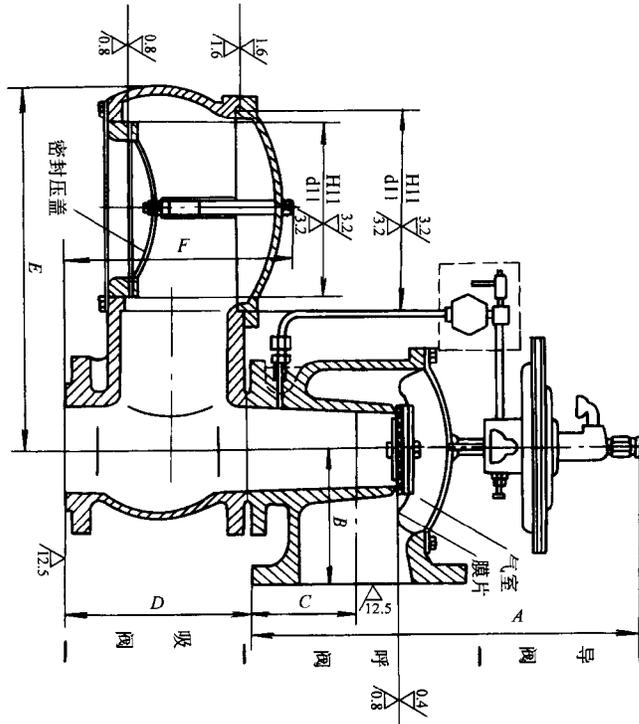


图 3-3-51 法兰连接先导呼吸阀

## 二、蒸汽疏水阀

### 1. 法兰连接机械型自由浮球式蒸汽疏水阀(图 3-3-52)

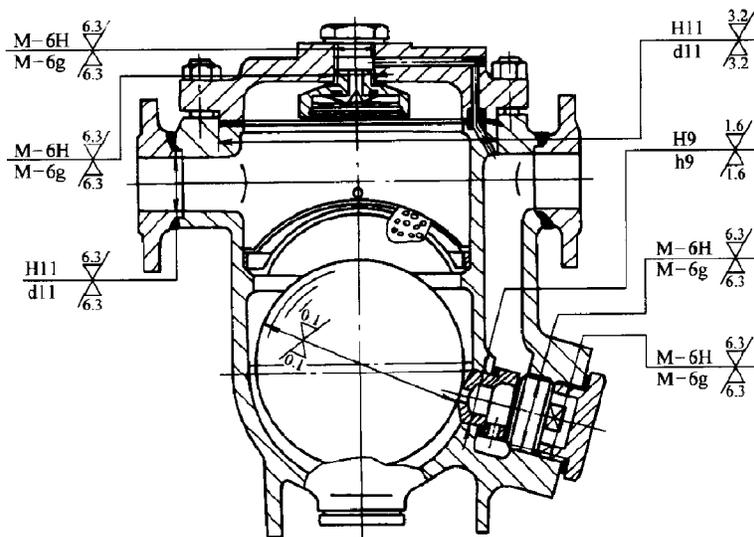


图 3-3-52 法兰连接机械型自由浮球式蒸汽疏水阀

## 2. 法兰连接机械型杠杆浮球式蒸汽疏水阀(图 3-3-53)

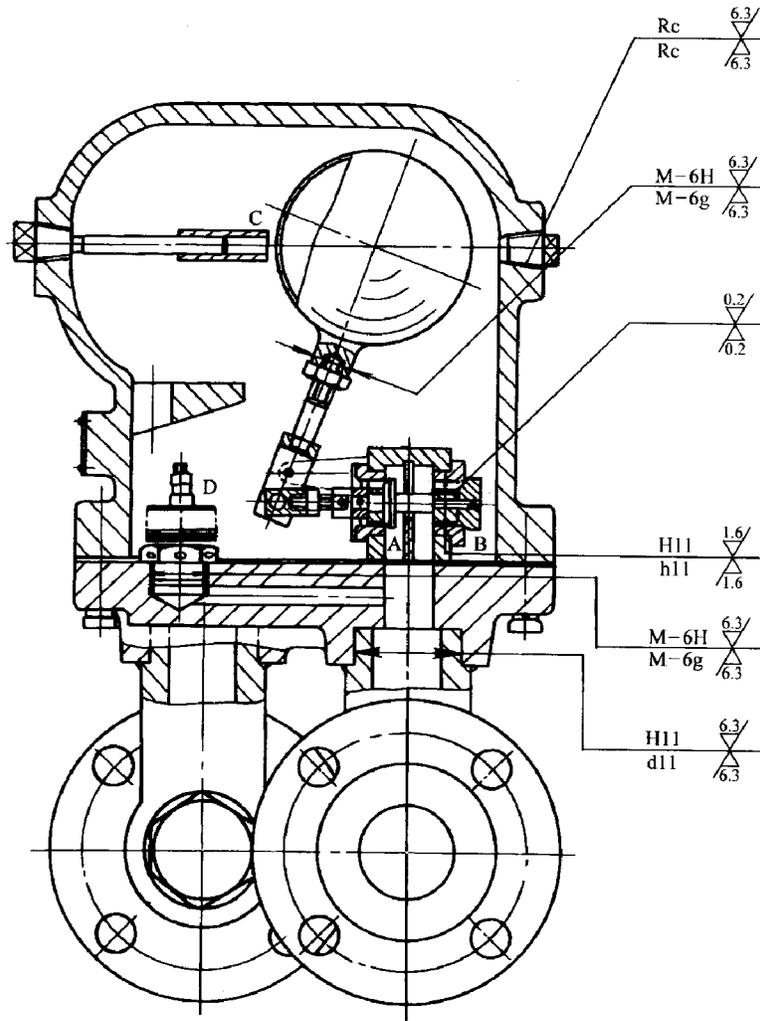


图 3-3-53 法兰连接机械型杠杆浮球式蒸汽疏水阀

## 3. 螺纹连接机械型自由半浮球式蒸汽疏水阀(图 3-3-54)

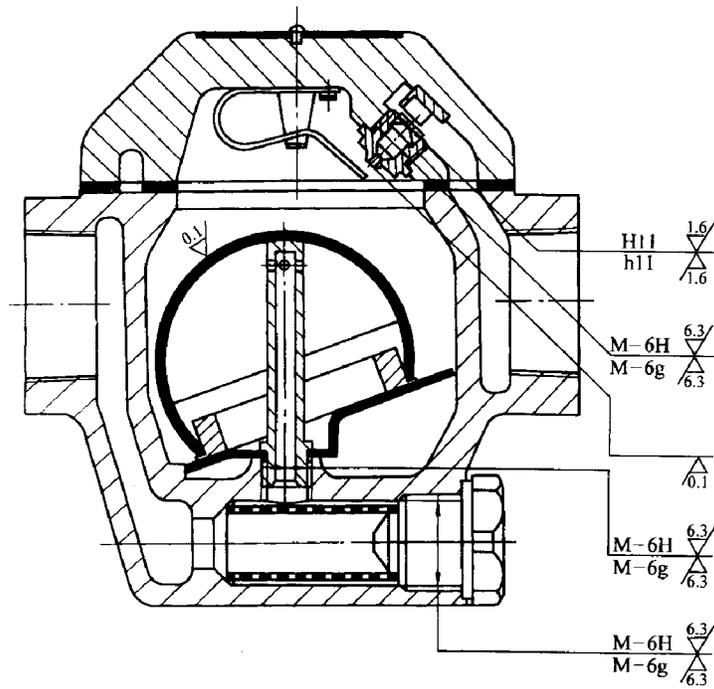


图 3-3-54 螺纹连接机械型自由半浮球式蒸汽疏水阀

## 4. 法兰连接机械型杠杆浮球式蒸汽疏水阀(图 3-3-55)

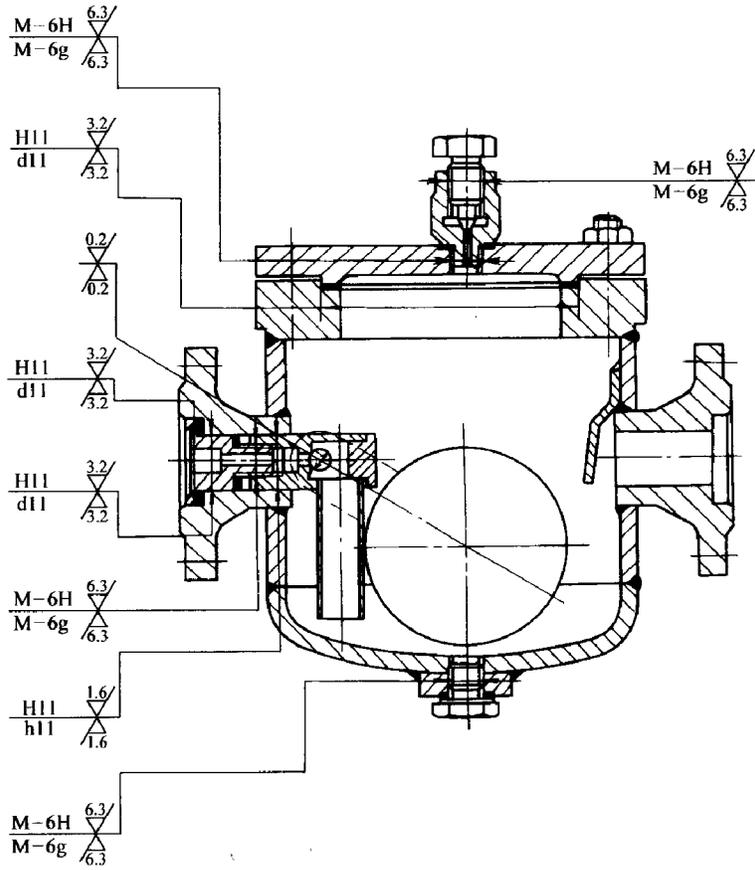


图 3-3-55 法兰连接机械型杠杆浮球式蒸汽疏水阀

## 5. 螺纹连接机械型杠杆浮球式蒸汽疏水阀(图 3-3-56)

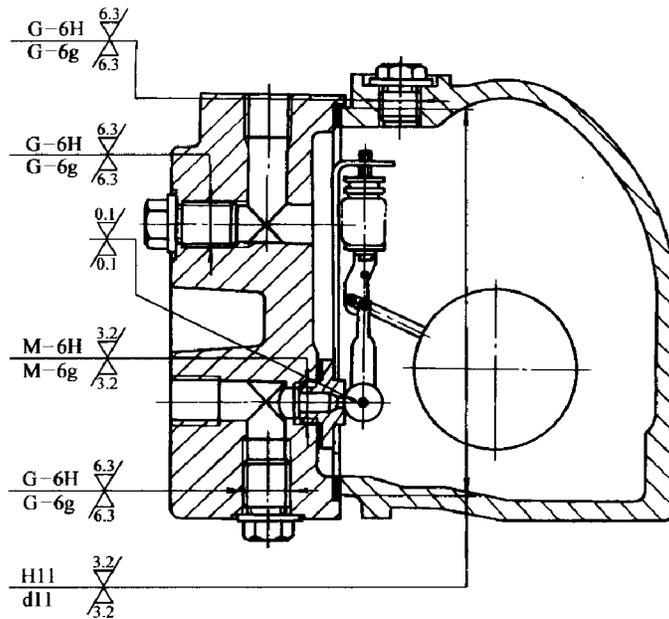


图 3-3-56 螺纹连接机械型杠杆浮球式蒸汽疏水阀

6. 螺纹连接角式机械型杠杆浮球式蒸汽疏水阀(图 3-3-57)

7. 螺纹连接角式机械型敞口向上浮水蒸汽疏水阀(图 3-3-58)

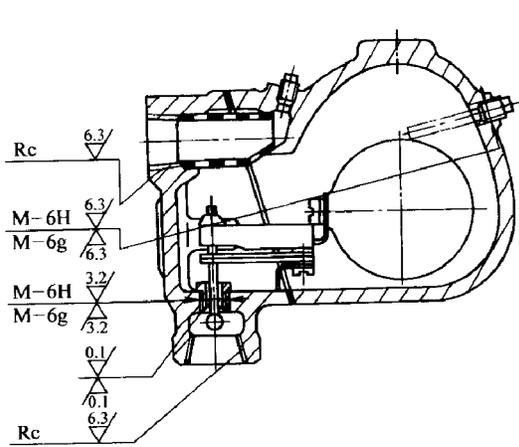


图 3-3-57 螺纹连接角式机械型杠杆浮球式蒸汽疏水阀

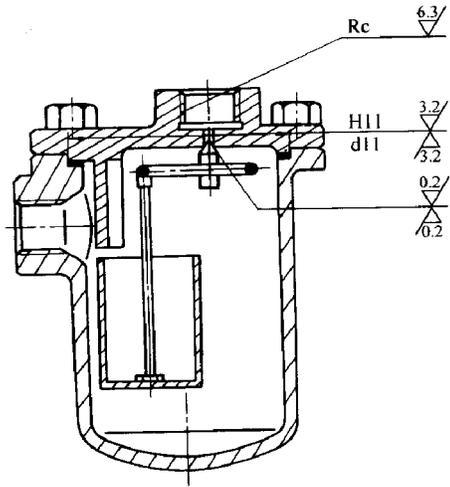


图 3-3-58 螺纹连接角式机械型敞口向上浮子式蒸汽疏水阀

8. 法兰连接机械型敞口向上浮子式蒸汽疏水阀(图 3-3-59)

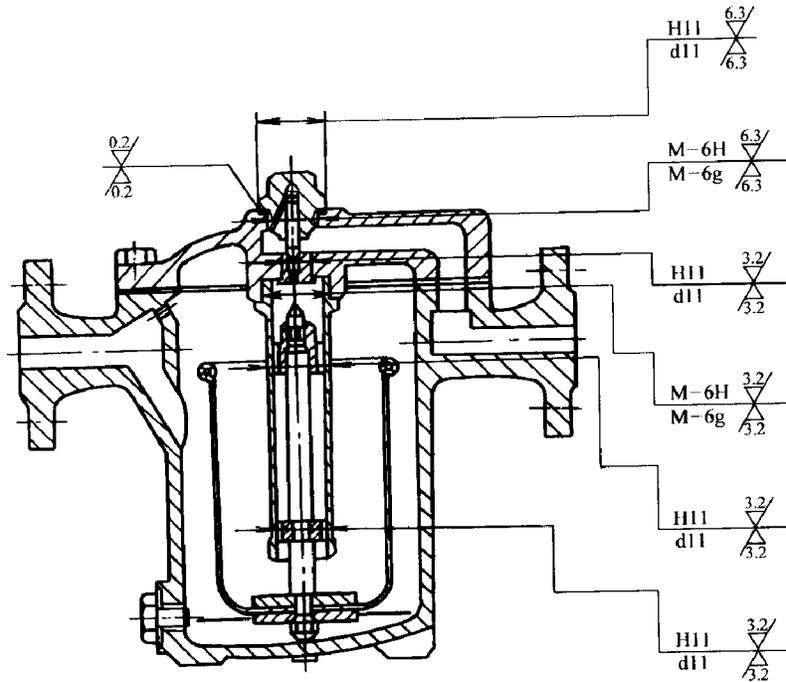


图 3-3-59 法兰连接机械型敞口向上浮子式蒸汽疏水阀

9. 法兰连接垂直安装机械型敞口向下浮子式蒸汽疏水阀(图 3-3-60)

10. 螺纹连接机械型敞口向下浮子式蒸汽疏水阀(图 3-3-61)

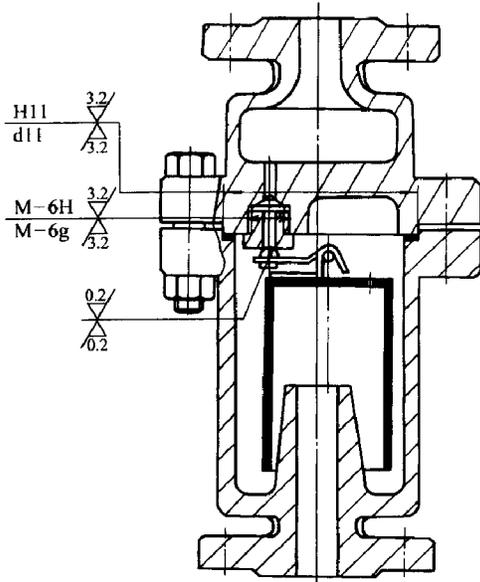


图 3-3-60 法兰连接垂直安装机械型敞口向下浮子式蒸汽疏水阀

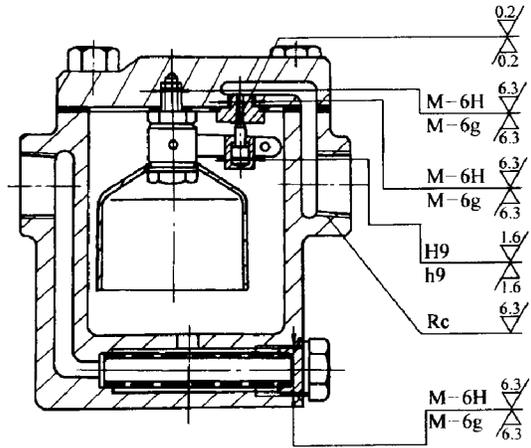


图 3-3-61 螺纹连接机械型敞口向下浮子式蒸汽疏水阀

11. 法兰连接机械型差压双阀瓣敞口向下浮子式蒸汽疏水阀(图 3-3-62)

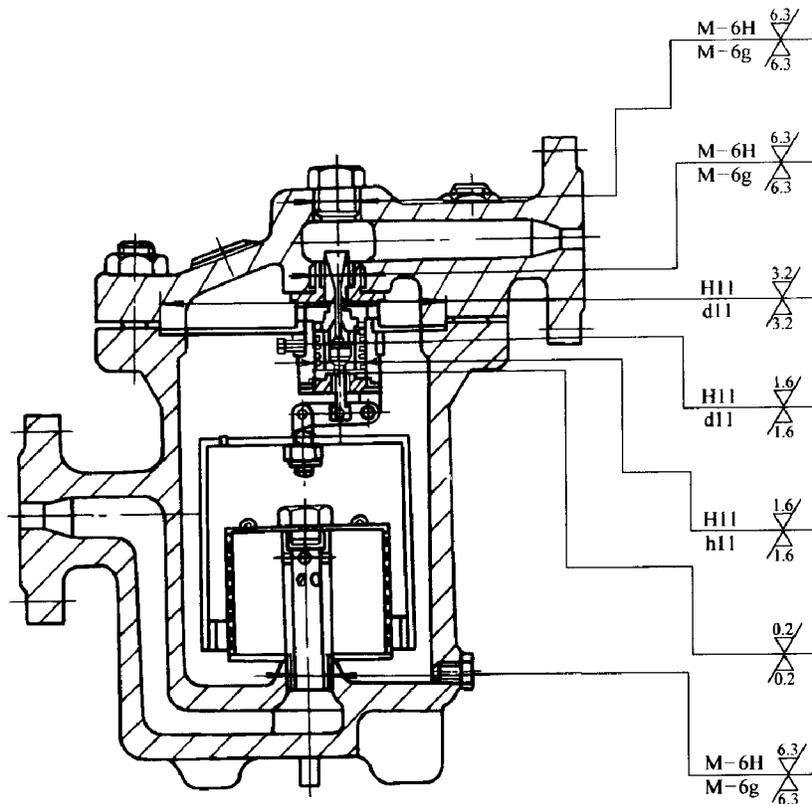


图 3-3-62 法兰连接机械型差压双阀瓣敞口向下浮子式蒸汽疏水阀

12. 螺纹连接热静力型棱形双金属片式蒸汽疏水阀(图 3-3-63)

13. 螺纹连接热静力型圆形双金属片式蒸汽疏水阀(图 3-3-64)

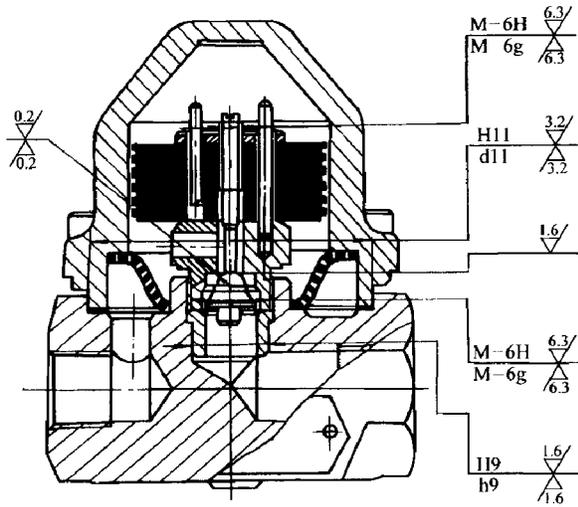


图 3-3-63 螺纹连接热静力型  
棱形双金属片式蒸汽疏水阀

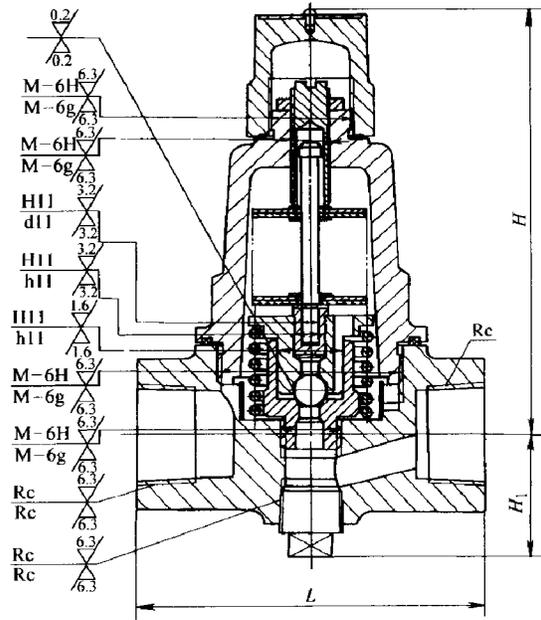


图 3-3-64 螺纹连接热静力型圆  
双金属片式蒸汽疏水阀

14. 螺纹连接热静力型矩形双金属片式蒸汽疏水阀(图 3-3-65)

15. 法兰连接热静力型单双金属片式蒸汽疏水阀(图 3-3-66)

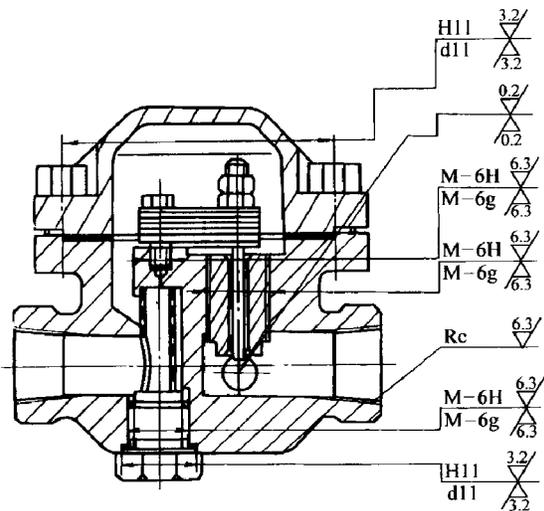


图 3-3-65 螺纹连接热静力型  
矩形双金属片式蒸汽疏水阀

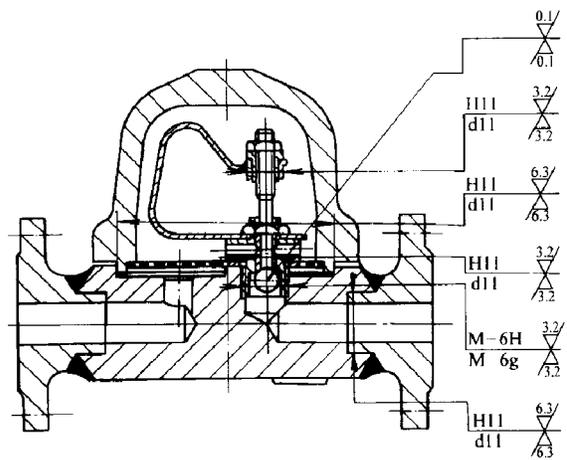


图 3-3-66 法兰连接热静力型单  
双金属片式蒸汽疏水阀

16. 螺纹连接热静力型波纹管式蒸汽疏水阀(图 3-3-67)

17. 螺纹连接热静力型蒸汽压力式蒸汽疏水阀(图 3-3-68)

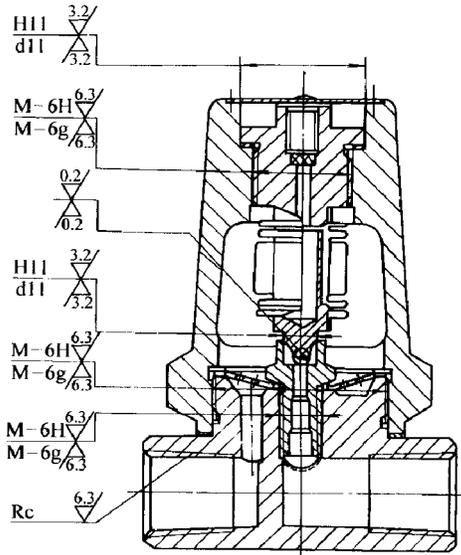


图 3-3-67 螺纹连接热静力型  
波纹管式蒸汽疏水阀

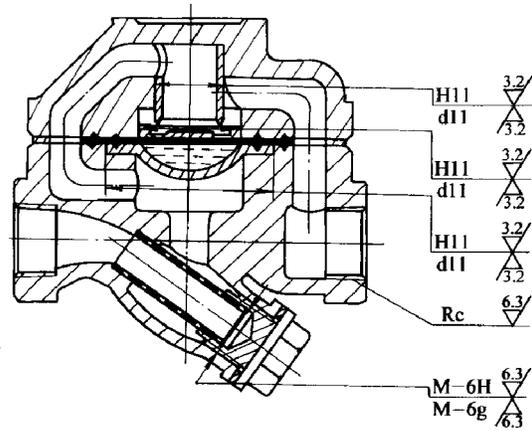


图 3-3-68 螺纹连接热静力型  
蒸汽压力式蒸汽疏水阀

18. 螺纹连接热动力型圆盘式蒸汽疏水阀(图 3-3-69)

19. 螺纹连接热动力型活阀座圆盘式蒸汽疏水阀(图 3-3-70)

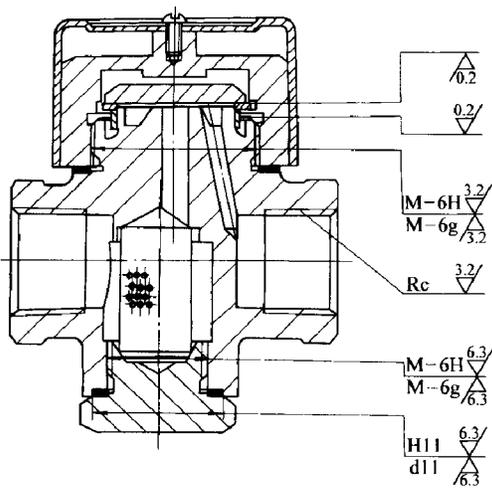


图 3-3-69 螺纹连接热动力型  
圆盘式蒸汽疏水阀

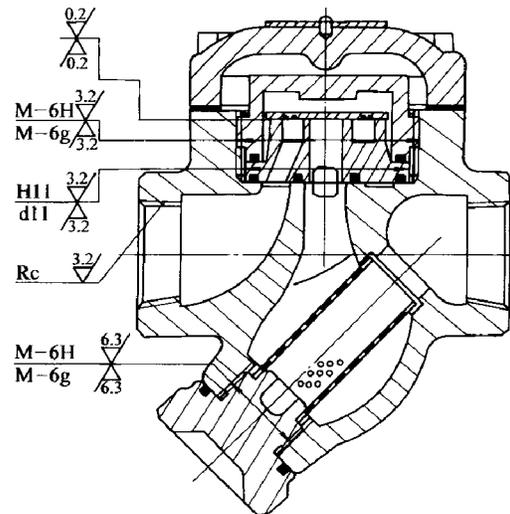


图 3-3-70 螺纹连接热动力型活  
阀座圆盘式蒸汽疏水阀

20. 承插焊连接热动力型高压圆盘式蒸汽疏水阀(图 3-3-71)

21. 螺纹连接热动力型脉冲式蒸汽疏水阀(图 3-3-72)

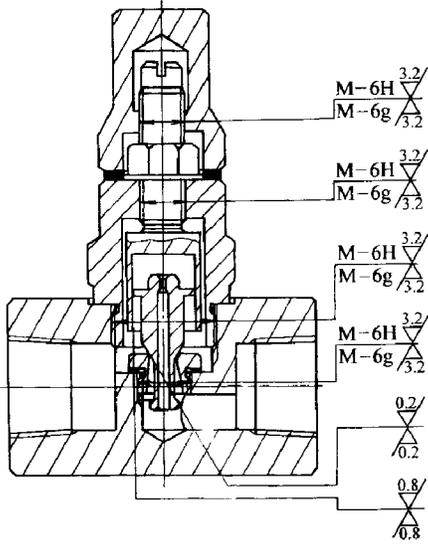


图 3-3-71 承插焊连接热动力型  
高压圆盘式蒸汽疏水阀

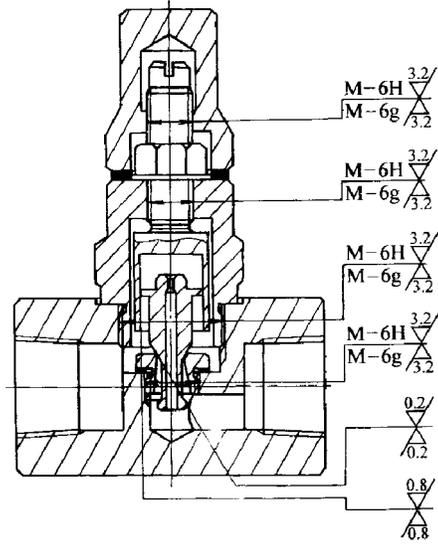


图 3-3-72 螺纹连接热动力型  
脉冲式蒸汽疏水阀

22. 螺纹连接热动力型孔板式蒸汽疏水阀(图 3-3-73)

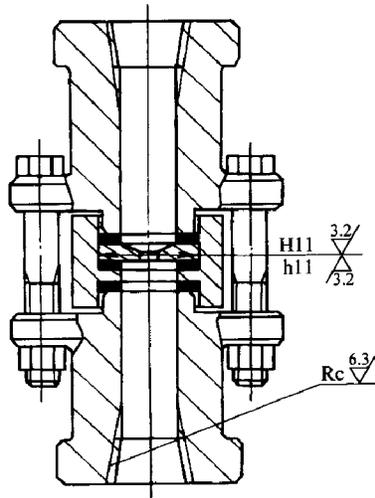


图 3-3-73 螺纹连接热动力型孔板式蒸汽疏水阀

## 第四节 调节阀

### 1. CVS-A 型减温减压阀(图 3-3-74)

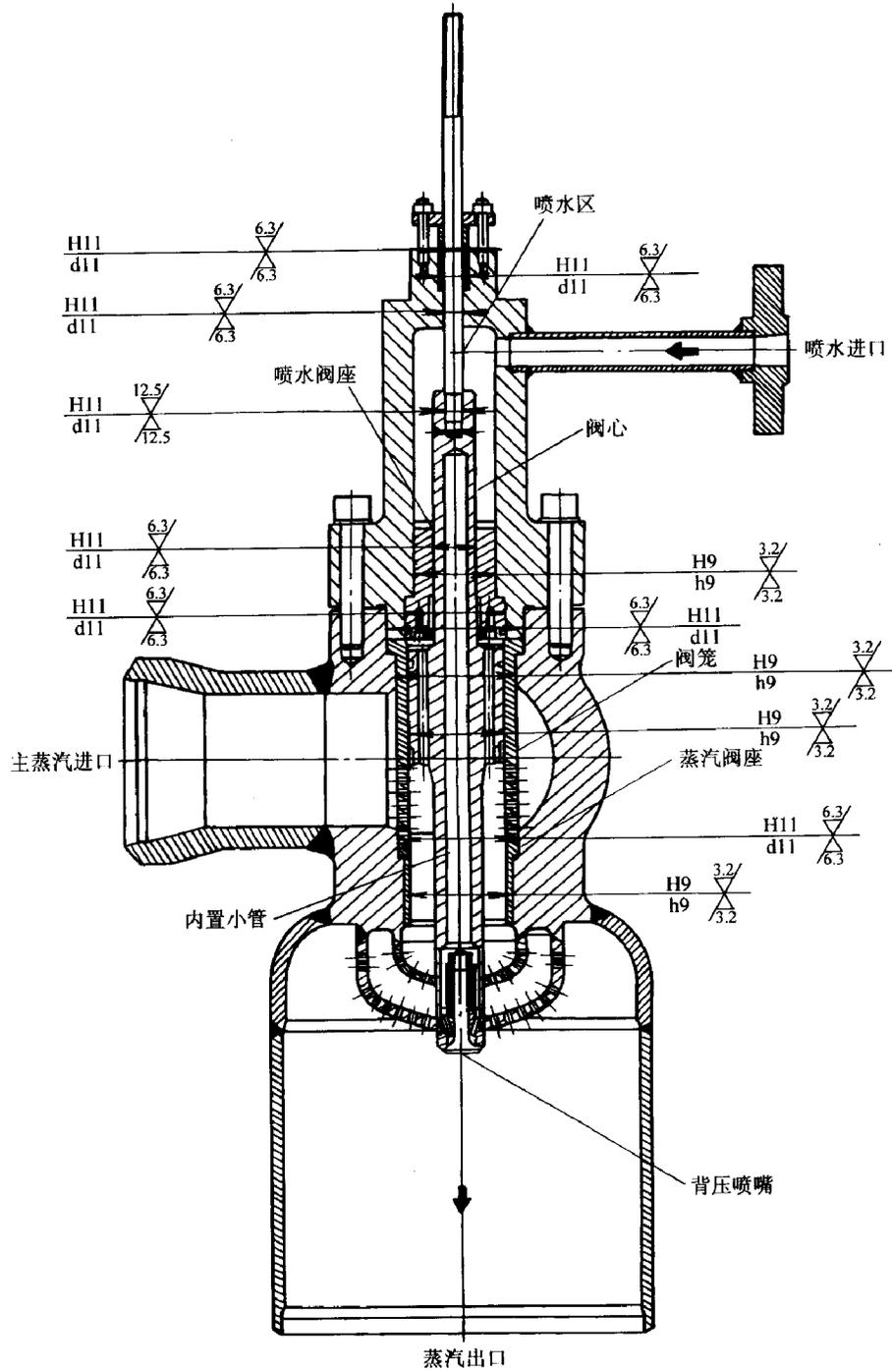


图 3-3-74 CVS-A 型减温减压阀

## 2. CVS-C 型减温减压阀(图 3-3-75)

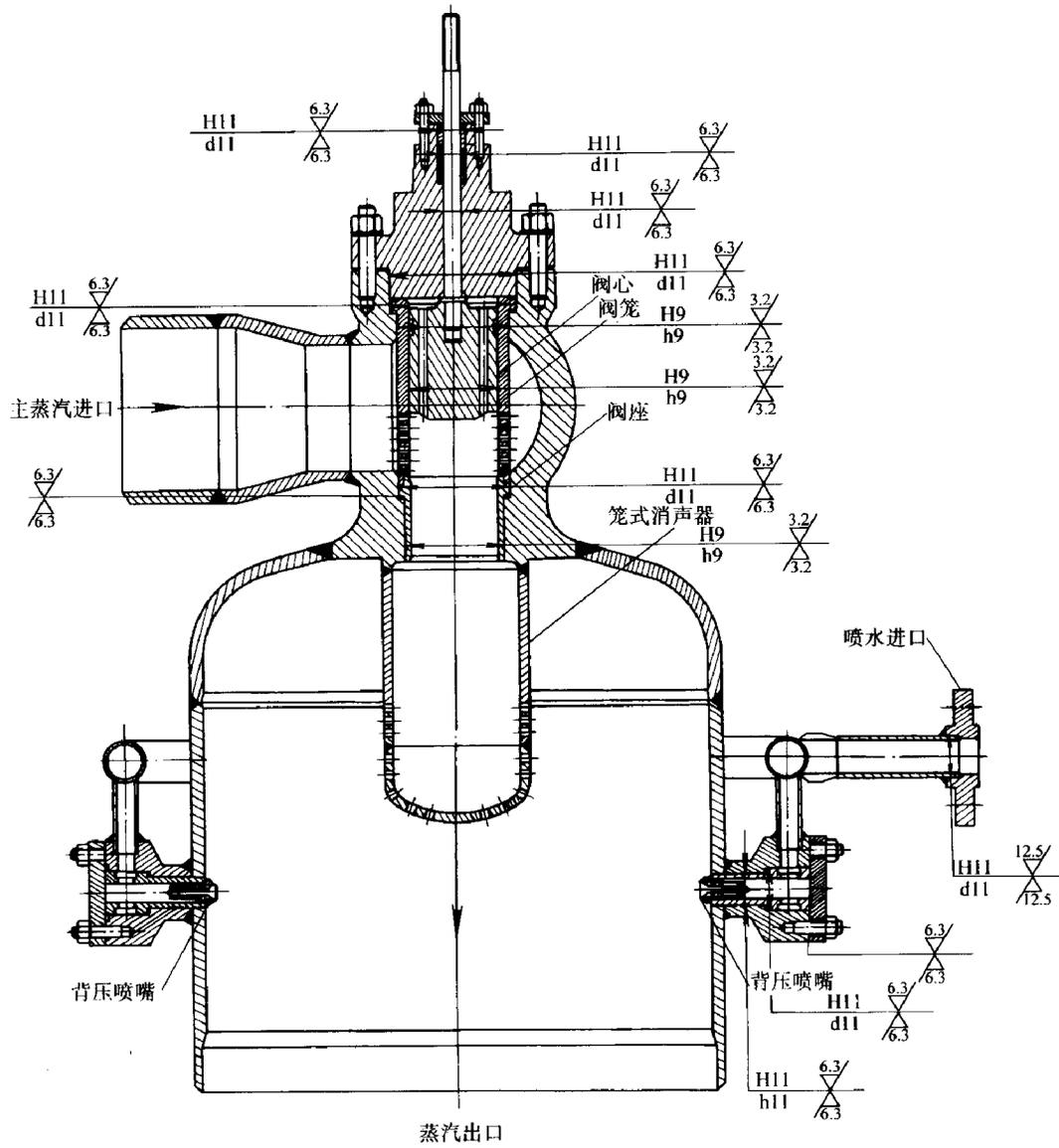


图 3-3-75 CVS-C 型减温减压阀

表 3-2-7 和表 3-2-8 分别列出了表面粗糙度值选用实例和孔、轴配合表面的表面粗糙度推荐值,供类比法选用时参考。

表 3-2-7 表面粗糙度值的选用实例

R <sub>a</sub> /μm	R <sub>z</sub> /μm	表面微观特征		应用举例
> 50 ~ 100	> 200 ~ 400	粗糙表面	明显可见刀痕	表面粗糙度值很大的加工面,一般很少选用
> 25 ~ 50	> 100 ~ 200		可见刀痕	
> 12.5 ~ 25	> 50 ~ 100		微见刀痕	
> 6.3 ~ 12.5	> 25 ~ 100	半光表面	可见加工痕迹	粗加工面。用于非配合表面,如轴配合表面,如轴端面、倒角、螺钉、铆钉也表面,垫圈的接触面等。
> 3.2 ~ 6.3	> 12.5 ~ 25		微见加工痕迹	半精加工。支架、轴、衬套端面、带轮、凸轮侧面等非接触的自由表面;所有轴和孔的退刀槽;不重要的铰接配合表面等
> 1.6 ~ 3.2	> 6.3 ~ 12.5		看不清加工痕迹	半精加工面。箱体、箱盖、支架、套筒等和其他零件结合而无配合要求的表面;定心的轴肩,键和键槽,低速工作的滑动轴承的轴颈的工作;张紧链轮,导向滚轮壳孔与轴的配合表面
> 0.8 ~ 1.6	> 3.2 ~ 6.3	光表面	可辨加工痕迹的方向	衬套、滑动轴承和定位销的压入孔表面;花键的定心表面;带轮槽,一般低速传动的轴颈;电镀前金属表面等
> 0.4 ~ 0.8	> 1.6 ~ 3.2	光表面	微辨加工痕迹的方向	中型机床(普通精度)滑动导轨面、圆柱销、圆锥销和滚动轴承配合的表面;中速转动的轴颈;内、外花键的定心表面等
> 0.2 ~ 0.4	> 0.8 ~ 1.6		不可辨加工痕迹的方向	要求配合性质稳定的配合表面,如夹具定位元件和钻套的主要表面,曲轴和凸轮轴等高速转动的轴颈;工作时受交变应力的重要零件;中型机床(提高精度)滑动导轨面和/P5级滚动轴承配合的表面
> 0.1 ~ 0.2	> 0.4 ~ 0.8	极光表面	暗光泽面	精密机床主轴锥孔、顶尖圆锥面;高精度齿轮工作表面;和/P4级滚动轴承配合的表面;液压油缸和柱塞的表面;曲轴、凸轮轴的工作表面等
> 0.05 ~ 0.1	> 0.2 ~ 0.4		亮光澤面	精密机应主轴箱与套筒配合的孔;仪器中在受摩擦的表面,如导轨、槽面等;液压传动用孔的表面;阀的工作面,气缸内表面,活塞销的表面等
> 0.025 ~ 0.05	> 0.1 ~ 0.2		镜状光泽面	特别精密的滚动轴承套圈滚道、钢球滚子表面;量仪中的中等精度间隙配合零件的工作表面;工作量规的测量表面;摩擦离合器的摩擦表面等

(续)

R <sub>a</sub> /μm	R <sub>z</sub> /μm	表面微观特征		应用 举 例
>0.012~0.025	>0.05 ~ 0.1	极 光 表 面	雾状镜面	特别精密的滚动轴承套圈滚道、钢球及滚子表面；量仪中的中、高精度间隙配合零件的工作表面；高压轴泵中柱塞和柱塞套的配合表面；保证高度气密的结合表面等
0.012	0.05		镜面	量块的工作表面；高精度测量仪器的测量面；光学测量仪器中的金属镜面等

表 3-2-8 孔和轴的表面粗糙度推荐值

表面特征			R <sub>a</sub> 不大于/μm			
经常装拆零件的配合表面(如挂轮滚刀等)	公差等级	表面	基本尺寸 /mm			
			≤50	> 50 ~ 500		
	5	孔	0.4	0.8		
		轴	0.2	0.4		
	6	孔	0.4~0.8	0.8~1.6		
		轴	0.4	0.8		
	7	孔	0.8	1.6		
		轴	0.4~0.8	0.8~1.6		
	8	孔	0.8~1.6	1.6~3.2		
		轴	0.8	1.6		
过渡配合表面 1. 装按机械压入法 2. 装按热处理法	公差等级	表面	基本尺寸 /mm			
			≤5	> 50 ~ 120	> 120 ~ 500	
	5	孔	0.2~0.4	0.8	0.8	
		轴	0.1~0.2	0.4	0.4	
	6~7	孔	0.8	1.6	1.6	
		轴	0.4	0.8		
	8	孔	1.6	1.6~3.2		1.6~3.2
		轴	0.8	0.8~1.6		
	-	孔	1.6~3.2			
		轴	1.6			
精密定心的配合零件表面	表面	径向跳动公差/μm				
		2.5	4	6	10	16
	孔	R <sub>a</sub> 不大于 /μm				
	轴	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6
滑动轴承的配合表面	表面	公差等级				液体湿摩擦条件
		6~9	10~12			
	R <sub>a</sub> 不大于 /μm					
	孔	0.8~1.6	1.6~3.2		0.2~0.8	
轴	0.4~0.8	0.8~3.2		0.1~0.4		

## 三、表面粗糙度符号、代号及其标注

确定了表面粗糙度的评定参数及数值以后,应按 GB/T131—1993《机械制图 表面粗糙度符号、代号及其注法》的规定,把表面粗糙度要求正确地标注在零件图样上。

1.表面粗糙度的符号 表面粗糙度符号及其说明见表 3-2-9。如果零件表面需要加工(采用去除材料的方法或不去除材料的方法),但没有表面粗糙度的其他要求时,允许只标注表面粗糙度符号。

表 3-2-9 表面粗糙度符号

符号	说 明
	基本符号,单独标注在图纸上无意义
	表示表面是用去除材料的方法获得的,例如:车、铣、刨、磨、钻、抛光、腐蚀、电火花加工、气割等
	表示表面是用不去除材料的方法获得的。例如:铸、锻、冲压、热轧、冷轧、粉末冶金等或者是用于保持原供应状况的表面(包括保持上道工序的状况)
	在上述符号的长边上均可加一横线,用于标注有关参数和说明
	在上述符号上均可加一小圈,表示所有表面具有的表面粗糙度要求

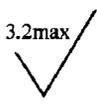
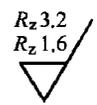
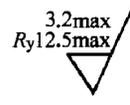
2.表面粗糙度的代号及其注法 有关表面粗糙度的评定参数及数值和对零件表面的其他要求在表面粗糙度符号中标注的位置如图 3-2-11 所示,它们和表面粗糙度符号构成了表面粗糙度代号。

(1)表面粗糙度高度参数的标注  $a_1$  处的高度参数值为上限值或最大值(最大值后加 max);  $a_2$  处的高度参数值为下限值或最小值(最小值后加 min)。当  $a_2$  省略不标注时,则将  $a_1$  注写在  $a_2$  的位置上,高度参数  $R_a$  的符号可省略,而  $R_z$  和  $R_y$  的符号需注出。表面粗糙度高度参数的各种标注方法及其意义见表 3-2-10

当允许在表面粗糙度参数的所有实测值中超过规定值的个数少于总数的 16%时,应在图样上标注表面粗糙度参数的上限值或下限值。

当要求在表面粗糙度参数的所有实测值中不得超过规定值时,应在图样上标注表面粗糙度参数的最大值或最小值。

表 3-2-10 表面粗糙度高度参数的标及意义

代号	意义	代号	意义
	用任何方法获得的表面的 $R_a$ 的最大值为 $3.2\mu\text{m}$		用去除材料方法获得的表面的 $R_z$ 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$ , $R_z$ 的下限值为 $1.6\mu\text{m}$
	用不去除材料方法获得的表面的 $R_a$ 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$		用去除材料方法获得的表面的 $R_a$ 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$ , $R_y$ 的上限值为 $12.5\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面的 $R_a$ 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$		用去除材料方法获得的表面的 $R_a$ 的最值为 $3.2\mu\text{m}$ , $R_a$ 的最小值为 $1.6\mu\text{m}$
	用不去除材料方法获得的表面的 $R_z$ 的最大值为 $200\mu\text{m}$		用去除材料方法获得的表面的 $R_a$ 的最大值为 $3.2\mu\text{m}$ , $R_y$ 的最大值为 $12.5\mu\text{m}$

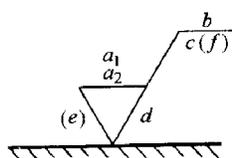


图 3-2-11 表面粗糙度的代号及其注

$a_1, a_2$ —粗糙度高度参数符号及其数值( $\mu\text{m}$ )  $b$ —加工要求、  
 镀涂或其他表面处理  $c$ —取样长度( $\mu\text{m}$ )  $d$ —加工纹理  
 方向符号  $e$ —加工余量( $\text{mm}$ )  $f$ —粗糙度间距参数或形  
 特征参数的符号、数值( $S, S_m$  的单位为( $\text{mm}$ )), 加括号表示

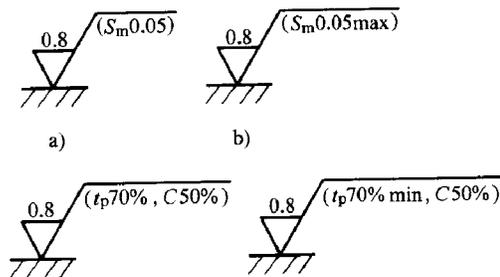


图 3-2-12 表面粗糙度附加参数的标注

(2)表面粗糙度附加参数的标注 表面粗糙度的间距参数  $S_m, S$  和形状特征参数  $t_p$  为附加参数,在高度参数未标注时,附加参数不能单独标注。如图 3-2-12a 所示,表示  $S_m$  上限值为  $0.05\text{mm}$ ;图 3-2-12b 表示  $S_m$  最大值为  $0.05\text{mm}$ ;图 3-2-12c 表示水平截距  $c$  在  $R_y$  的  $50\%$  上,  $t_p$  下限值为  $70\%$ ;图 3-2-12d 表示水平截距  $c$  在  $R_y$  的  $50\%$  上,  $t_p$  最小值为  $70\%$ 。 $S_m, S$  的下限值、最小值和  $t_p$  的上限值、最大值一般不注写。

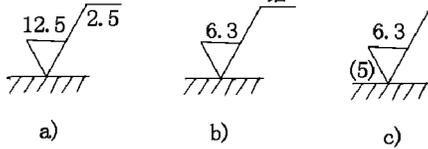


图 3-2-13 表面粗糙度其他要求的标注

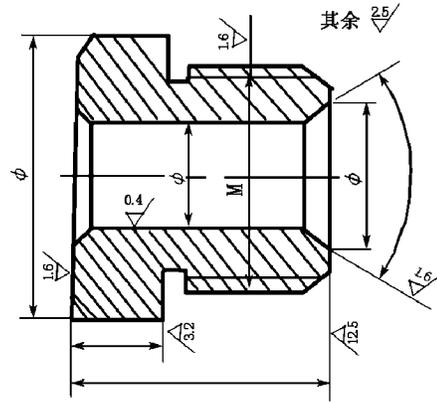


图 3-2-14 表面粗糙度代号标注示例

(3)表面粗糙度其他要求的标注 若按规定选用取样长度  $l$  时,在图样上则可省略标注,否则应按图 3-2-13a 所示作注(表示取样长度为 2.5mm)。

若最后用磨削方法来满足表面粗糙度要求时,可用文字标注,如图 3-2-13b 所示。

图 3-2-13c 表示表面加工表余量为 5mm。

3.表面粗糙度在图样上的标注方法 在零件图样上,表面粗糙度符号、代号的尖端指向可见轮廓线、尺寸线、尺寸界线或它们的延长线,并且必须从实体外指向实体表面,标注示例如图 3-2-14 所示;

## 部分工艺术语的工厂日常通俗称谓

1mm—1 个—1 米哩（我国北方习惯称谓）

0.01mm—1 丝—1 道（我国北方习惯称谓）

锥度—推把

螺丝刀—改锥（我国北方习惯称谓）

锤子—榔头

螺纹—丝扣

车螺纹—挑扣（我国北方习惯称谓）

旋风铣—飞刀

管螺纹中的“分”为英寸的八分进制

例如：一分为八分之一英寸

二分为四分之一英寸

三分为八分之三英寸...