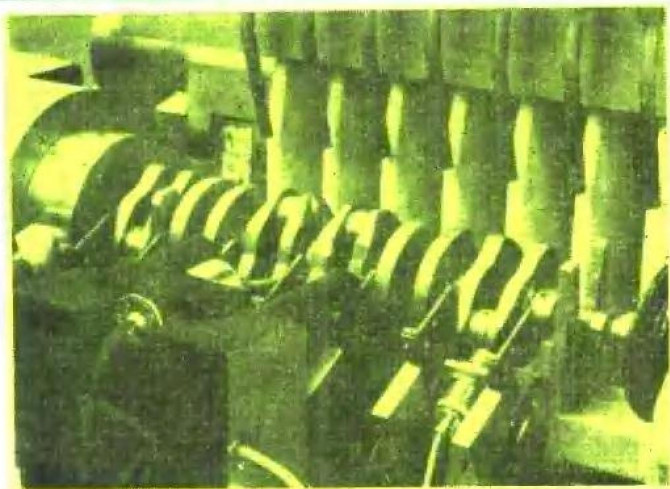


典型零件制造工艺

吉林工业大学 于骏一 主编



机械工业出版社

前 言

本书是根据高等学校机械制造工艺与设备专业教学指导委员会审定通过的“七五”教材编审规划编写的辅助教材，旨在丰富学生的实际加工知识，帮助学生消化理解机械制造工艺学的讲课内容，指导学生做机制工艺课程设计和进行生产实习。本书供高等工科院校机械制造工艺与设备专业、机械设计及制造专业作辅助教材用，也可供其它机械产品类专业组织学生生产实习用。

根据机械制造工艺与设备专业人才规格的基本要求以及多数院校选择机床制造厂、汽车制造厂、拖拉机制造厂、柴油机制造厂等具有一定生产规模的机械制造工厂作为生产实习工厂的具体情况，本教材在机床制造和汽车制造行业里分别选择主轴、丝杠、床身、床头箱、汽车变速箱体、活塞、连杆、曲轴以及齿轮等九个零件作为典型零件编写教材。这样取材，学生在工厂实习期间均可有五个实习零件有教材可参考。

在所编写的每个典型零件工艺中，既有现场工艺过程的全面介绍与分析，又有主要工序某些关键问题的深入讨论；在教材篇幅许可范围内，本书还注意介绍有代表性的工装结构。

由于本书是一本配合机械制造工艺学教学编写的辅助教材，因此，有关机械制造工艺学的一般原理，本书概不复述；有关名词、术语、概念亦力求与主教材衔接。

本书由吉林工业大学于骏一主编。第一章、第四章、第九章由哈尔滨工业大学李益民编写，第二章、第三章由于骏一编写，第五章、第六章由湖南大学曹正铨编写，第七章、第八章由吉林工业大学包善斐编写。全书由大连理工大学王小华、西安交通大学陈人亨、华中理工大学黄奇葵审稿，由王小华主审。

限于编者水平，书中难免有缺点、错误，欢迎广大读者批评指正。

编者

1989年1月于北京

目 录

第一章 主轴加工	1
§ 1-1 概述	1
一、主轴的功用和结构特点	1
二、主轴的技术要求	1
三、主轴的材料、毛坯与热处理	4
§ 1-2 主轴加工工艺过程	5
一、主轴加工的主要问题和工艺过程设计所应采取的相应措施	5
二、主轴加工定位基准的选择	6
三、主轴主要加工表面加工工序安排	6
四、主轴加工工艺过程	8
§ 1-3 主轴加工主要工序分析	18
一、主轴深孔加工	18
二、主轴外圆表面加工	21
三、顶尖孔的修研	23
四、主轴锥孔的精加工	24
§ 1-4 主轴的检验	26
第二章 丝杠加工	28
§ 2-1 概述	28
§ 2-2 丝杠加工工艺过程	32
一、丝杠加工的主要问题和工艺过程设计所应采取的相应措施	32
二、螺纹表面粗、精加工方案的分析比较	33
三、丝杠加工工艺过程	34
§ 2-3 丝杠加工主要工序分析	41
一、车螺纹	41
二、旋风铣螺纹	44
三、丝杠校直工艺	47
四、丝杠的接长工艺	48
§ 2-4 丝杠的检验	50
一、丝杠加工的终检项目	50
二、螺纹牙形半角的检验	50
三、螺纹中径的检验	50
四、螺距的检验	51
第三章 床身加工	53
§ 3-1 概述	53
一、床身的功用和技术要求	53
二、床身的材料、毛坯与热处理	53
§ 3-2 床身加工工艺过程	57

一、床身加工的主要问题和工艺过程设计所应采取的相应措施	57
二、床身加工定位基准的选择	59
三、床身导轨加工方案的选择	59
四、床身加工工艺过程	60
§ 3-3 床身加工主要工序分析	68
一、底面加工	68
二、导轨面的粗加工和半精加工	70
三、时效处理	70
四、导轨表面淬火	72
五、磨导轨	74
§ 3-4 床身的检验	76
一、床身的检验项目	76
二、用水平仪检验导轨面在垂直面内的直线度和两导轨的平行度	76
三、用光学平直仪测量导轨的直线度	77
四、用钢丝和读数显微镜检验导轨在水平面内的直线度误差	79
第四章 床头箱加工	80
§ 4-1 概述	80
一、床头箱的功用和结构特点	80
二、床头箱的技术要求	80
三、床头箱的材料与毛坯	81
§ 4-2 床头箱加工工艺过程	81
一、床头箱加工的主要问题和工艺过程设计所应采取的相应措施	81
二、床头箱加工定位基准的选择	85
三、床头箱加工工艺过程	83
§ 4-3 床头箱加工主要工序分析	96
一、平面加工	96
二、孔系加工	97
三、主轴孔的精加工	99
§ 4-4 床头箱的检验	102
一、床头箱的检验项目	102
二、孔距精度的检验	102
三、各加工面间相互位置精度的检验	102
第五章 变速箱体加工	104
§ 5-1 概述	104
一、变速箱体的功用及结构特点	104
二、变速箱体的技术要求	104
三、变速箱体的材料与毛坯	104
§ 5-2 变速箱体加工工艺过程	108
一、变速箱体加工的主要问题和工艺过程设计所应采取的相应措施	108
二、变速箱体加工定位基准的选择	109
三、变速箱体加工主要工序安排	109
四、变速箱体加工工艺过程	110

§ 5-3 变速箱体加工主要工序分析	123
一、精基准加工	123
二、平面加工	126
三、孔系加工	127
四、自动线加工	129
§ 5-4 变速箱体的检验	130
一、变速箱体的终检项目	130
二、孔系位置精度的检验	130
第六章 活塞加工	132
§ 6-1 概述	132
一、活塞的功用及结构特点	132
二、活塞的技术要求	135
三、活塞的材料、毛坯与热处理	136
§ 6-2 活塞加工工艺过程	137
一、活塞加工的主要问题和工艺过程设计所应采取的相应措施	137
二、活塞加工定位基准的选择	138
三、活塞加工主要加工表面的工序安排	139
四、活塞加工工艺过程	140
§ 6-3 活塞加工主要工序分析	152
一、辅助基准面加工	152
二、环槽加工	152
三、活塞椭圆裙部加工	153
四、活塞销孔加工	157
§ 6-4 活塞的检验	159
一、活塞的终检项目	159
二、活塞裙部直径和椭圆度的检验	160
三、销孔中心线对裙部轴线偏移量的检验	160
四、销孔中心线对裙部轴线垂直度的检验	160
五、销孔直径的检验	161
第七章 连杆加工	163
§ 7-1 概述	163
一、连杆的功用和结构特点	163
二、连杆的技术要求	163
三、连杆的材料和毛坯	169
§ 7-2 连杆加工工艺过程	171
一、连杆加工的主要问题和工艺过程设计所应采取的相应措施	171
二、连杆加工定位基准的选择	171
三、连杆加工主要加工表面的工序安排	172
四、连杆加工工艺过程	172
§ 7-3 连杆加工主要工序分析	197
一、粗磨连杆两端面	197
二、最终加工连杆小头孔	199

三、连杆体和盖的侧面、半圆面和结合面的拉削	200
四、螺栓孔的加工	202
五、连杆大头孔的珩磨	203
§ 7-4 连杆的检验	206
第八章 曲轴加工	208
§ 8-1 概述	208
一、曲轴的功用和结构特点	208
二、曲轴的技术要求	208
三、曲轴的材料和毛坯	208
§ 8-2 曲轴加工工艺过程	211
一、曲轴加工的主要问题和工艺过程设计所应采取的相应措施	211
二、曲轴加工定位基准的选择	212
三、曲轴加工主要加工表面的工序安排	213
四、曲轴加工工艺过程	213
§ 8-3 曲轴加工主要工序分析	232
一、主轴颈和连杆轴颈的粗车加工	232
二、主轴颈和连杆轴颈的铣削加工	234
三、主轴颈和连杆轴颈的磨削加工	237
四、主轴颈和连杆轴颈的光整加工	238
五、曲轴的校直	238
六、曲轴的平衡	239
§ 8-4 曲轴的检验	242
一、曲轴加工的终检项目	242
二、连杆轴颈位置的检验	244
第九章 圆柱齿轮加工	245
§ 9-1 概述	245
一、齿轮的结构特点和技术要求	245
二、齿轮的材料、毛坯与热处理	245
§ 9-2 齿轮加工工艺过程	248
一、齿轮加工定位基准的选择	248
二、齿坯加工方案的分析比较	248
三、轮齿加工方案的分析比较	249
四、齿轮加工工艺过程	252
§ 9-3 齿轮加工主要工序分析	257
一、滚齿	257
二、插齿	258
三、剃齿	258
四、珩齿	259
五、磨齿	260
六、挤齿	261
七、齿端加工	262

八、精基准的修正	262
§ 9-4 齿轮的检验	263
一、齿坯精度的检验	263
二、齿圈精度的检验	264
三、齿轮副接触斑点的检查	264
主要参考文献	264

第一章 主轴加工

§ 1-1 概 述

一、主轴的功用和结构特点

主轴的功用为支承传动零件（齿轮、离合器、皮带轮等）、承受载荷、传递转矩，并在保证一定的回转精度的情况下，将回转运动通过主轴端部的夹具传递给工件或刀具。

图 1-1 所示为车床主轴部件图，图 1-2、图 1-3 所示为两种类型车床主轴零件图。由图可知，主轴呈阶梯状，其上有安装支承轴承、传动件圆柱、圆锥面，安装滑动齿轮的花键面，安装卡盘及顶尖的内外圆锥面，连接紧固螺母的螺旋面，通过棒料的深孔等。

二、主轴的技术要求

主轴的技术条件是根据主轴的功用、工作条件以及主轴在床头箱中的位置制定的。主轴的技术条件综合起来，可归纳为下列几个方面：

1. 尺寸精度

主轴在床头箱中是以图 1-2、1-3 中两支承轴颈 *A*、*B* 与相应的轴承内孔配合，从而确定其径向位置，故其尺寸精度要求较高，一般按尺寸公差等级 IT5 制造。此外，主轴上套装齿轮的几个轴颈，尺寸公差等级也为 IT5。因为在主轴颈上套装的这几个齿轮，是机床传动链中的最后一环，它们的制造精度与安装精度，对机床的传动精度影响较大，故亦需相应地对轴颈尺寸精度提出较高的要求。主轴的长度尺寸要求并不严。

2. 形状精度

主轴形状精度主要指支承轴颈及莫氏锥孔的圆柱度、圆度、倾斜度等。因为这些方面的误差直接影响与其配合零件的接触质量。与主轴轴颈相配合的轴承内环是薄壁件，主轴轴颈的形状误差会使内环滚道变形，降低主轴的回转精度。

3. 位置精度

在主轴两支承轴颈 *A*、*B* 上将分别安装轴承，而轴承又将分别装在床头箱的两个支承孔中，为保证主轴回转精度及轴承使用寿命，应对两支承轴颈提出同轴度要求。套装齿轮的轴颈对支承轴颈也有同轴度要求，否则会降低齿轮的传动精度并产生噪声。

主轴锥孔是用来安装顶尖或工具锥柄的，其轴心线必须与支承轴颈的轴心线严格同轴，

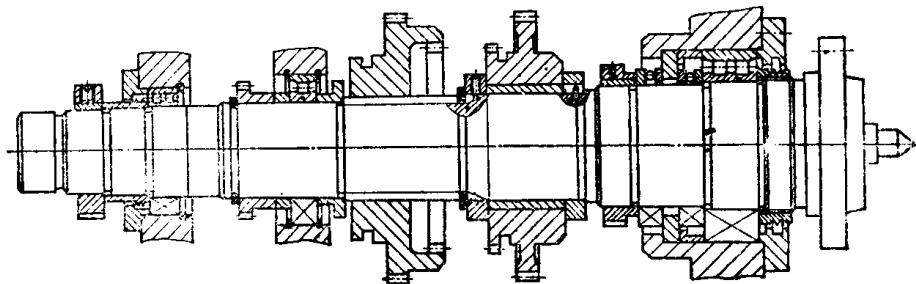


图 1-1 车床主轴部件图

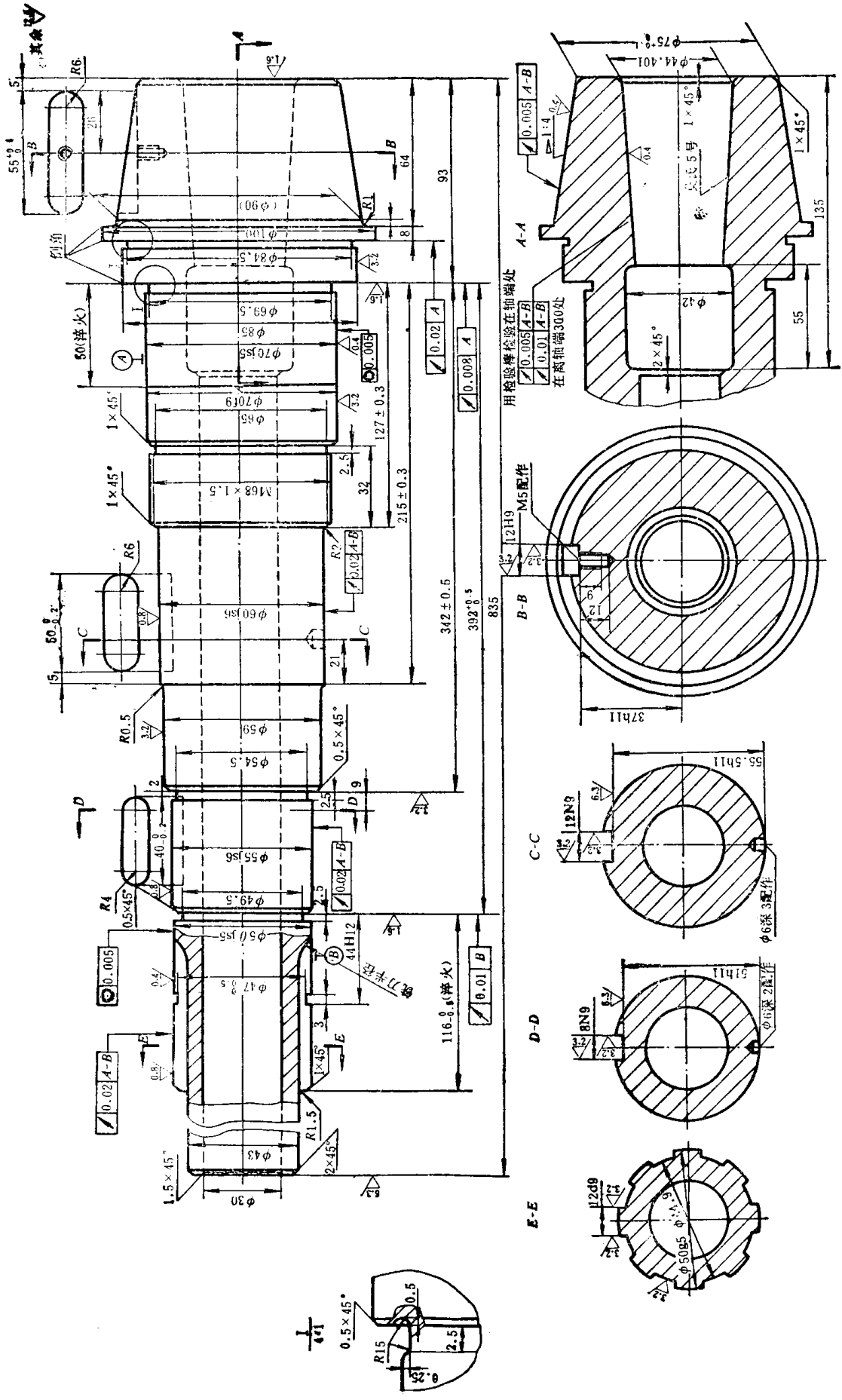


图 1-3 车床主轴零件图

否则会使工件（或工具）产生同轴度误差。主轴前端圆锥面 *C* 和端面 *D*（见图1-2、1-3）是安装卡盘的定位表面。为了保证卡盘的定心精度，圆锥面必须与支承轴颈同轴，端面必须与主轴的回转轴心线垂直。

4. 表面粗糙度

为提高轴颈的耐磨性与配合质量，规定支承轴颈的表面粗糙度 Ra 为 $0.4\mu\text{m}$ ，配合轴颈的表面粗糙度 Ra 为 $0.8\mu\text{m}$ 。

5. 螺纹表面的技术要求

当主轴上压紧螺母的端面圆跳动量过大时，会使被压紧的滚动轴承内环的轴心线产生倾斜，从而引起主轴的径向圆跳动。主轴上螺旋面的误差是造成压紧螺母端面圆跳动的原因之一，因此主轴上螺纹的精度一般规定为 6 级，且应控制其轴心线与支承轴颈的同轴度。

机床主轴加工精度要求的具体数值详见表1-1。

表1-1 机床主轴加工精度要求

项 目		普通机床	提高精度机床	精密机床
支承轴颈的尺寸公差等级		IT 5、IT 6	IT 5	IT 5
支承轴颈的圆柱度公差/mm		0.008	0.005	0.0035
支承轴颈的圆度公差/mm		0.005	0.0035	0.002
支承轴颈的同轴度公差/mm		0.010	0.006	0.004
主轴锥孔对支承轴颈的径向圆跳动/mm	近轴端处	0.006	0.004	0.0025
	离轴端 300mm 处	0.015	0.010	0.004
轴向定位支承面对支承轴颈的同轴度/mm		0.008	0.004	0.002
装卡盘的端面对支承轴颈的垂直度/mm		0.008	0.004	—
螺纹表面对支承轴颈的径向圆跳动/mm		0.0025	0.0025	0.0025
主轴前端锥孔的接触面积比		65%~75%	75%~80%	80%~85%
其他配合轴颈的尺寸精度等级		IT 6	IT 5~IT 6	IT 5
表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$	支 承 轴 颈	滑动轴承	0.2	0.05~0.1
		滚动轴承	0.4	0.2
	主轴前端锥孔		0.4~0.8	0.05~0.1
	与齿轮孔配合的表面		0.4~0.8	0.2~0.4
	一般表面		1.6~6.3	0.8~3.2

三、主轴的材料、毛坯与热处理

1. 主轴的毛坯

主轴属于外圆直径相差较大的阶梯轴，为了节约材料和减少机械加工的劳动量，毛坯常采用锻件。在热锻过程中金属纤维按轴向排列，组织细密，具有较高的抗拉、抗弯和抗扭强度。

锻件在制造方法上又分自由锻与模锻两种。自由锻使用的设备比较简单，但毛坯精度较低、余量较大、生产率低，只适用于单件、小批生产。

模锻一般在模锻压力机上进行，设备比较昂贵，并需专用锻模，但毛坯精度高、加工余

量小、生产率高。目前国内精锻毛坯公差外径可达 $\pm 0.3\text{mm}$ ，内径达 $\pm 0.1\text{mm}$ ，表面粗糙度 Ra 可达 $3.2\sim 1.6\mu\text{m}$ 。它适于在大批生产条件下锻造形状复杂、精度要求高的主轴。

图 1-4 所示为模锻主轴毛坯示意图。

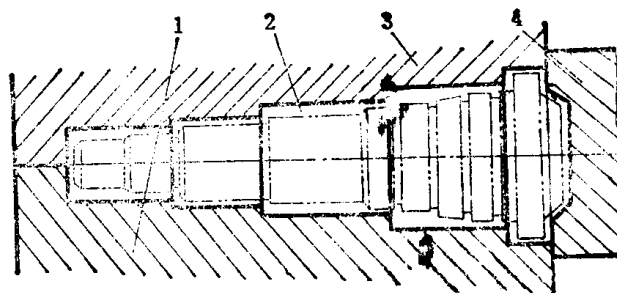


图 1-4 模锻主轴毛坯示意图

1—活动模 2—毛坯 3—固定模 4—凸模

2. 主轴的材料和热处理

根据主轴的功用，主轴应具有良好的机械强度和刚度；主轴工作表面应具有高的耐磨性与加工后尺寸精度的稳定性。这些都与主轴的材料与所选用的热处理方法有关。

(1) 主轴材料 45钢是主轴常用的材料，价格较便宜。它经过调质(或正火)、局部加热淬火后回火，表面硬度可达 HRC45~52，一般能满足普通机床主轴要求。但与 65Mn、40Cr 等合金钢比较，45 钢淬透性差、淬火后变形大、加工后尺寸稳定性差，故高精度主轴常用合金钢。

40Cr 是含碳量为 0.37%~0.45% 的合金结构钢，经调质及淬火后，具有较高的综合机械性能。

38CrMoAlA 是中碳合金氮化钢，由于氮化温度 (540~550℃) 比淬火温度低，变形小。此类材料硬度高 (中心硬度大于 HRC28)，并具有优良的耐疲劳性能、尺寸稳定性好，是制造高精度主轴的理想材料。

(2) 主轴热处理

1) 改善切削加工性能、消除锻造残余应力的热处理 主轴毛坯在锻造过程中，若温度过高，则将使金属组织的晶粒粗大；若锻造温度过低，则造成组织不均匀和过大的残余应力，甚至出现裂纹。这两种情况在主轴锻造过程中往往同时存在，致使主轴强度降低，并由于表面冷硬而不易切削。因此在粗加工前需进行热处理，以改善切削性能，消除锻造残余应力，细化晶粒，并使金属组织均匀。通常采用退火或正火处理。

2) 预备热处理 主轴在粗加工后，最终热处理以前常进行预备热处理，通常为调质或正火。调质处理是淬火后高温回火 (回火温度为 500~650℃)，调质后可得到均匀细密的回火索氏体组织，使主轴获得较高的强度和韧性等综合机械性能。调质时由于回火温度高，故主轴容易变形并产生较多的氧化皮。

3) 最终热处理 主轴最终热处理包括局部加热淬火后回火 (铅浴炉加热淬火、火焰加热淬火、电感应加热淬火等)、渗碳淬火、氮化等。其目的是在保持心部韧性的同时提高表面硬度，使主轴各工作表面获得较高的耐磨性和抗疲劳强度，以保持主轴的工作精度和提高使用寿命。最终热处理一般放在半精车之后，因局部淬火后总会有些变形，故需在淬火后安排磨削加工工序以消除淬火变形。

§ 1-2 主轴加工工艺过程

一、主轴加工的主要问题和工艺过程设计所应采取的相应措施

主轴加工的主要问题是保证主轴支承轴颈的尺寸、形状、位置精度和表面粗糙度，

主轴前端内、外锥面的形状精度、表面粗糙度以及它们对支承轴颈的位置精度。

主轴支承轴颈的尺寸精度、形状精度以及表面粗糙度要求,可以采用精密磨削方法保证,磨前应提高精基准的精度。

保证主轴前端内、外锥面的形状精度、表面粗糙度同样应采用精密磨削的方法。为了保证外锥面相对支承轴颈的位置精度,以及支承轴颈之间的位置精度,通常采用组合磨削法,在一次装夹中加工这些表面。

主轴锥孔相对于支承轴颈的位置精度是靠采用支承轴颈 A 、 B 作为定位基准,而让被加工主轴装夹在磨床工作台上(不是装夹在磨床头架主轴上)加工保证的。以支承轴颈作为定位基准加工内锥面,符合“基准重合”原则。让被加工主轴装夹在磨床工作台上而不装夹在磨床头架主轴上,可以避免磨床主轴回转误差对锥孔形状精度的影响;因为磨床头架主轴与被加工主轴零件只是柔性连接,磨床头架主轴只起带动工件回转的作用,而工件的回转轴心,则取决于定位基准面 A 、 B 与定位元件的精度。在精磨前端锥孔之前,应使作为定位基准的支承轴颈 A 、 B 达到一定的精度。

主轴外圆表面的加工,应该以顶尖孔作为统一的定位基准。如果主轴上有通孔,一旦通孔加工完毕,就要用带顶尖孔的工艺锥堵塞到主轴两端孔中,让锥堵的顶尖孔起附加定位基准的作用。既然工艺锥堵要起定位作用,所以工艺锥堵的精度以及工艺锥堵与主轴锥孔的配合质量就十分重要了。随着被加工主轴加工精度的逐步提高,也要相应提高工艺锥堵的精度。

主轴上的通孔,虽然加工精度要求不高,但深孔的加工比较困难,如工艺措施不当会影响生产效率,因此深孔钻头的材料与结构、钻孔时的冷却、排屑方式都是不可忽视的问题。主轴深孔的加工属于粗加工,应安排在工艺过程的前部。

二、主轴加工定位基准的选择

主轴加工中,为了保证各主要表面的相互位置精度,选择定位基准时,应遵循“基准重合”与“互为基准”的原则,并能在一次装夹中尽可能加工出较多的表面。

由于主轴外圆表面的设计基准是主轴轴心线,根据基准重合的原则考虑应选择主轴两端的顶尖孔作为精基准面。用顶尖孔定位,还能在一次装夹中把许多外圆表面及其端面加工出来,有利于保证加工面间的位置精度。所以实心轴在粗车之前均先打顶尖孔。对于空心轴则以外圆定位,加工通孔,并在两端孔口加工出 60° 倒角或内锥孔(工艺锥面),用两个带顶尖孔的锥堵或带锥堵的心轴装夹工件。

为了保证支承轴颈与主轴内锥面的同轴度要求,宜按“互为基准”的原则选择基准面。例如车小端 $1:20$ 锥孔和大端莫氏6号内锥孔时,与前支承轴颈相邻而它们又是用同一基准加工出来的外圆柱面为定位基准面(因支承轴颈系外锥面不便装夹);在精车各外圆(包括两个支承轴颈)时,以前、后锥孔内所配锥堵的顶尖孔为定位基准面;在粗磨莫氏6号内锥孔时,又以两圆柱面为定位基准面;粗、精磨两个支承轴颈的 $1:12$ 锥面时,再次用锥堵顶尖孔定位;最后精磨莫氏6号锥孔时,直接以精磨后的前支承轴颈和另一圆柱面定位。定位基准每转换一次,都使主轴的加工精度提高一步。

三、主轴主要加工表面加工工序安排

图1-2所示主轴,其主要加工表面是 $\phi 75h5$ 、 $\phi 80h5$ 、 $\phi 90g5$ 轴颈,两支承轴颈及大头锥孔。它们的加工公差等级都在 $IT5\sim IT6$ 之间,表面粗糙度 Ra 为 $0.8\sim 0.4\mu m$ 。要达到

这样高的精度要求，其一般加工路线应是：粗车（IT11， $Ra12.5\mu\text{m}$ ）→半精车（IT9~IT10， $Ra6.3\sim3.2\mu\text{m}$ ）→精车（IT8， $Ra1.6\mu\text{m}$ ）→粗磨（IT7， $Ra0.8\mu\text{m}$ ）→精磨（IT5~IT6， $Ra0.4\mu\text{m}$ ）。

在机械加工工序中间尚需插入必要的热处理工序，这就决定了主轴加工各主要表面总是循着以下顺序进行的，即粗车→调质（预备热处理）→半精车→精车→淬火（最终热处理）→粗磨→精磨。

主轴加工工艺过程可划分为三个加工阶段，即粗加工阶段（包括铣端面打顶尖孔、粗车外圆等）；半精加工阶段（半精车外圆，钻通孔，车锥面、锥孔，钻大头端面各孔，精车外圆等）；精加工阶段（包括精铣键槽，粗、精磨外圆、锥面、锥孔等）。

图 1-2 所示车床主轴主要表面的加工顺序有如下几种方案：

（1）钻通孔（以毛坯外圆定位，加工后配锥堵）→外圆表面粗加工（以锥堵顶尖孔定位）→锥孔粗加工（以半精加工后外圆定位，加工后配锥堵）→外圆精加工（以锥堵顶尖孔定位）→锥孔精加工（以精加工后的外圆定位）。

（2）外圆表面粗加工（以顶尖孔定位）→外圆表面半精加工（以顶尖孔定位）→钻通孔（以半精加工后外圆定位，加工后配锥堵）→外圆表面精加工（以锥堵顶尖孔定位）→锥孔粗加工（以精加工后外圆表面定位）→锥孔精加工（以精加工后外圆表面定位）。

（3）外圆表面粗加工（以顶尖孔定位）→外圆表面半精加工（以顶尖孔定位）→钻通孔（以半精加工后外圆表面定位）→锥孔粗加工（以半精加工后外圆表面定位）→锥孔精加工（以半精加工后外圆表面定位，加工后配锥堵）→外圆表面精加工（以锥堵顶尖孔定位）。

（4）外圆表面粗加工（以顶尖孔定位）→外圆表面半精加工（以顶尖孔定位）→钻通孔（以半精加工过的外圆表面定位）→锥孔粗加工（以半精加工过的外圆表面定位，加工后配锥堵）→外圆表面精加工（以锥堵顶尖孔定位）→锥孔精加工（以精加工外圆表面定位）。

上述四种加工方案各有优缺点，现简要分析如下：

方案 1：钻通孔放在外圆表面粗加工之前，则需在钻通孔后增加配锥堵的工作；另外，粗加工外圆表面时，加工余量大，切削力、夹紧力也相应较大，所以用锥堵顶尖孔定位不如用实心轴顶尖孔定位稳定可靠。故此方案对毛坯是实心轴的情况则不适宜，对于空心轴在成批生产情况下是可行的。

方案 2：锥孔粗加工在外圆表面精加工之后，锥孔粗加工时以精加工外圆表面定位，会破坏外圆表面的精度，故此方案不可行。

方案 3：锥孔精加工放在外圆精加工之前，锥孔精加工时以半精加工外圆表面定位，这会影响锥孔加工精度（内孔磨削条件比外圆磨削条件差）；另外精加工外圆时以锥堵顶尖孔定位，有可能破坏锥孔精度，同时锥堵的加工误差还会使外圆表面和内锥面产生较大的同轴度误差，故此方案也不可行。

方案 4：锥孔精加工放在外圆精加工之后，锥孔精加工时以精加工过的外圆定位，锥孔精加工工序的加工余量小，磨削力不大，故不会破坏外圆表面的精度。此外，以外圆表面定位，定位稳定可靠，相比之下此方案最佳。

当主要表面加工顺序确定后，就要合理地插入非主要表面加工工序。对主轴来说非主要表面指的是螺孔、键槽、螺纹等。这些表面的加工一般不易出现废品，所以尽量安排在后边进行，主要表面加工一旦出了废品，非主要表面就不需加工了，这样可以避免工时的浪费。

但是也不能放在主要表面精加工后，以防在加工非主要表面过程中损伤已精加工过的主要表面。

对凡是需要在淬硬表面上加工的螺孔、键槽等，都应安排在淬火前加工完毕，否则表面淬硬后就不易加工。当然经淬火后会产生一定的变形，所以还需要安排修整加工。在非淬硬表面上的螺孔、键槽等一般在外圆精车之后精磨之前进行。如果在精车之前就加工出这些表面，精车就将在断续表面上进行，容易产生振动，影响表面质量，还容易损坏车刀，加工精度也难以保证。至于主轴螺纹，因它与主轴支承轴颈之间有一定的同轴度要求，所以螺纹应安排在最终热处理之后的精加工阶段进行，这样半精加工后残余应力重新分布所引起的变形和热处理后的变形，就不会影响螺纹的加工精度了。

检验工序的合理安排是保证产品质量的重要措施。每道工序除操作者自检外，还必须安排单独的检验工序。一般在粗加工结束后安排检验工序以检查主轴是否出现气孔、裂纹等毛坯缺陷。对重要工序前后安排检验工序，以便及时发现废品。在主轴从一个车间转到另一个车间时要安排检验工序，使后续车间内产生的废品不致误认为是前车间产生的。在主轴全部加工结束之后要经全面检验方可入库。

四、主轴加工工艺过程

主轴加工工艺过程制订的依据是主轴的结构、技术要求、生产批量和设备条件等。

表 1-2 列出了大批生产类型工厂加工图 1-2 所示车床主轴的工艺过程。

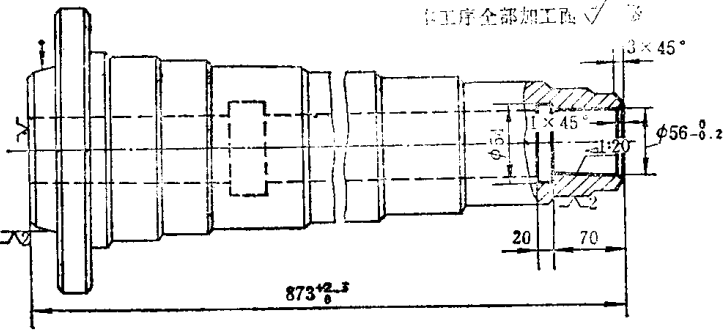
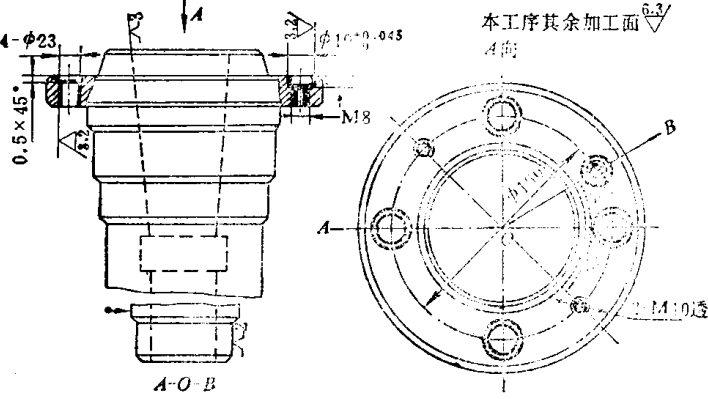
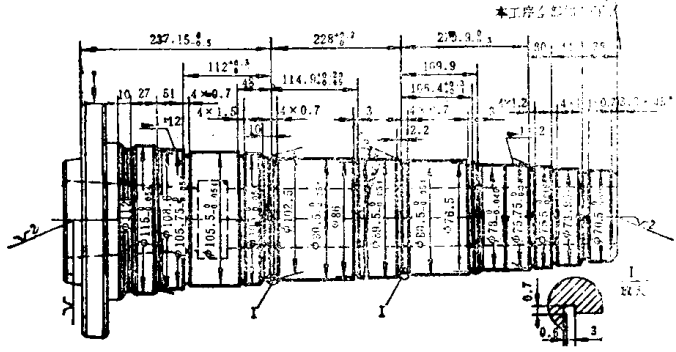
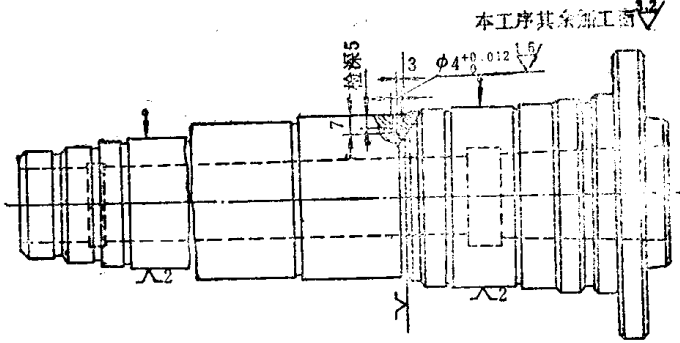
表1-2 大批生产类型工厂加工图1-2所示车床主轴工艺过程

工序号	工序名称	工 序 简 图	设备
1	铣端面打中心孔	<p>本工序全部加工面 $\sqrt{6.3}$</p>	铣端面打中心孔机床
2	粗车外圆	<p>本工序全部加工面 $\sqrt{12.5}$</p>	普通车床

非理...
...
...

(续)

工序号	工序名称	工 序 简 图	设备
3	热处理 (调质)		
4	车大端各部	<p>本工序全部加工面 $\sqrt{6.3}$</p> <p>238.5$^{+0.5}$</p> <p>倒角1×45°</p> <p>φ19.7</p> <p>φ107.5$^{+0.2}$</p> <p>26.0$^{+0.2}$</p> <p>16.1$^{+0.2}$</p>	普通车床
5	车小端各部	<p>本工序全部加工面 $\sqrt{6.3}$</p> <p>240±0.5</p> <p>40</p> <p>46</p> <p>112.2$^{+0.5}$</p> <p>115$^{+0.5}$</p> <p>110</p> <p>30</p> <p>44</p> <p>(39)</p> <p>φ116.25$^{+0.15}$</p> <p>φ106.30$^{+0.15}$</p> <p>φ106.25$^{+0.15}$</p> <p>φ91.25$^{+0.15}$</p> <p>φ90.25$^{+0.15}$</p> <p>φ91.25$^{+0.15}$</p> <p>φ76.75$^{+0.15}$</p> <p>φ76.4$^{+0.15}$</p> <p>φ76.35$^{+0.15}$</p> <p>φ75.95$^{+0.15}$</p> <p>φ71.25$^{+0.15}$</p>	仿形车床
6	钻深孔	<p>本工序全部加工面 $\sqrt{6.3}$</p> <p>φ52</p>	深孔钻床
7	精车莫氏6号前 锥孔和7°7'30" 大头	<p>本工序全部加工面 $\sqrt{6.3}$</p> <p>200</p> <p>25.6$^{+0.2}$</p> <p>15.85</p> <p>40</p> <p>φ56</p> <p>φ289.8</p> <p>φ106.9$^{+0.1}$</p> <p>7°7'30"</p> <p>1.2×45°</p> <p>莫氏6号锥度</p> <p>技术条件：6号锥孔和7°7'30"短锥用涂色法检查接触率大于或等于50%</p>	普通车床

工序号	工序名称	工序简图	设备
8	精车 1:12 后 锥孔	 <p>本工序全部加工面</p> <p>技术条件：1:12锥孔用涂色法检查接触率≥50%以上</p>	普通车床
9	钻、铰、攻丝大 端面各孔	 <p>本工序其余加工面</p>	立式钻床
10	精车小头外圆并 切槽	 <p>本工序其余加工面</p>	数控车床
11	钻、铰 φ4 H7 孔	 <p>本工序其余加工面</p>	立式钻床