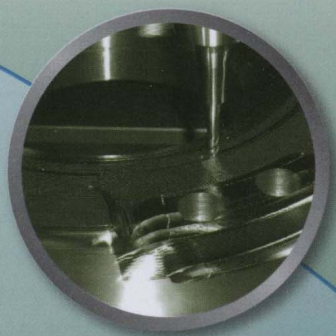


张宝珠 编著



★ 工艺分析透彻 实例典型实用

# 典型精密零件 机械加工工艺分析 及实例



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

# 典型精密零件机械加工 工艺分析及实例

张宝珠 编著



机械工业出版社

本书系统地介绍和分析了各类典型精密零件的机械加工工艺,主要内容包括轴类零件、套类零件、活塞类零件、盘类零件、圆柱齿轮类零件、锥齿轮类零件、端齿盘类零件、蜗杆蜗轮类零件、箱体类零件共9章。对于每类零件,首先介绍了零件的结构特点与技术要求、加工工艺分析和定位基准选择、材料及热处理、检测等内容;然后以机械加工工艺过程为主线,通过零件图样分析、工艺分析、机械加工工艺过程三个方面介绍了一些典型加工实例。本书可使读者对各类典型精密零件的机械加工工艺有较全面的认识,由此可在生产实践中举一反三地应用,具有极强的实用性和针对性。

本书可供机械加工技术人员、技师使用,也可供相关专业的在校师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

典型精密零件机械加工工艺分析及实例/张宝珠编著. —北京:机械工业出版社,2012.1(2013.2重印)

ISBN 978-7-111-36872-4

I. ①典… II. ①张… III. ①机械元件—金属切削—工艺 IV. ①TH13

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第270847号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:陈保华 责任编辑:陈保华

版式设计:张世琴 责任校对:李婷

封面设计:姚毅 责任印制:乔宇

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市胜利装订厂装订)

2013年2月第1版第2次印刷

169mm×239mm·14.75印张·284千字

3001—5000册

标准书号:ISBN 978-7-111-36872-4

定价:33.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

# 前 言

机械加工工艺是实现产品设计、保证产品质量、节约能源、降低消耗的重要手段。其中，工艺规程的编制是直接指导产品或零部件制造工艺过程和操作方法的工艺文件，它直接对企业的产品质量、效益、竞争能力起着重要的作用。为此，为了帮助读者学习各类典型精密零件机械加工工艺，更好地掌握相关工艺规程的编制，我们从多年的生产实践中，精选了不同类型的典型精密零件，编写了这本《典型精密零件机械加工工艺分析及实例》。

全书共分为9章，主要介绍了轴类零件、套类零件、活塞类零件、盘类零件、圆柱齿轮类零件、锥齿轮类零件、端齿盘类零件、蜗杆蜗轮类零件、箱体类零件的机械加工工艺。对于每类零件，首先介绍了零件的结构特点与技术要求、加工工艺分析和定位基准选择、材料及热处理、检测等内容；然后以机械加工工艺流程为主线，通过零件图样分析、工艺分析、机械加工工艺流程三个方面介绍了一些典型加工实例。

本书内容新颖，大部分内容来源于实际生产，有较高的实用价值。本书可使读者对各类典型精密零件的机械加工工艺有较全面的认识，由此可在生产实践中举一反三地应用，具有极强的实用性和针对性。

在本书编写过程中，参考了国内外有关技术资料，一些生产一线的高级技师、技术人员对本书的编写提出了许多宝贵的意见，在此谨向这些技术资料的作者及提出宝贵意见的人员表示最诚挚的谢意。郭秀英、于春平参与了本书书稿及图样的整理工作，在此表示感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中可能存在一些错误和不妥之处，敬请专家和读者朋友批评指正。

作 者

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 轴类零件</b> .....	1
1.1 一般轴类零件 .....	1
1.1.1 一般轴类零件的结构特点与技术要求 .....	1
1.1.2 一般轴类零件加工工艺分析和定位基准选择 .....	1
1.1.3 一般轴类零件的材料及热处理 .....	2
1.1.4 一般轴类零件的检测 .....	3
1.1.5 一般轴类零件加工实例 .....	4
实例 1 花键轴 .....	4
实例 2 轴 .....	6
实例 3 偏心轴 .....	10
实例 4 电动机轴 .....	11
实例 5 细长轴 .....	15
1.2 主轴类零件 .....	19
1.2.1 主轴类零件的结构特点与技术要求 .....	19
1.2.2 主轴类零件加工工艺分析和定位基准选择 .....	19
1.2.3 主轴类零件的材料及热处理 .....	20
1.2.4 主轴类零件的检测 .....	20
1.2.5 主轴类零件加工实例 .....	21
实例 1 数控铣床主轴 .....	21
实例 2 数控镗床主轴 .....	25
实例 3 磨床主轴 .....	30
实例 4 滚齿机主轴 .....	33
实例 5 数控车床主轴 .....	37
实例 6 立式加工中心主轴 .....	42
<b>第 2 章 套类零件</b> .....	48
2.1 套类零件的结构特点与技术要求 .....	48
2.2 套类零件加工工艺分析和定位基准选择 .....	49
2.3 套类零件的材料及热处理 .....	51
2.4 套类零件精度检测 .....	52
2.5 套类零件加工实例 .....	53
实例 1 衬套 .....	53

实例2 套 (1)	55
实例3 套筒	57
实例4 冷却套	60
实例5 内齿套	62
实例6 套 (2)	65
实例7 小套筒	67
实例8 轴承套	69
实例9 钻床主轴套筒	71
<b>第3章 活塞类零件</b>	<b>74</b>
3.1 活塞类零件的结构特点	74
3.2 活塞类零件加工工艺分析和定位基准选择	74
3.3 活塞类零件的材料及热处理	77
3.4 活塞类零件的检测	77
3.5 活塞类零件加工实例	78
实例1 活塞 (1)	78
实例2 活塞 (2)	80
实例3 数控车床活塞	82
实例4 活塞杆 (1)	85
实例5 活塞杆 (2)	88
实例6 活塞齿盘	90
<b>第4章 盘类零件</b>	<b>94</b>
4.1 盘类零件的结构特点与技术要求	94
4.2 盘类零件加工工艺分析和定位基准选择	94
4.3 盘类零件的材料及热处理	95
4.4 盘类零件的检测	95
4.5 盘类零件加工实例	98
实例1 轴承盘	98
实例2 端盖	100
实例3 压盖	102
<b>第5章 圆柱齿轮类零件</b>	<b>104</b>
5.1 圆柱齿轮类零件的结构特点与技术要求	104
5.2 圆柱齿轮类零件的加工工艺分析和定位基准选择	104
5.3 圆柱齿轮类零件的材料及热处理	105
5.4 圆柱齿轮类零件的检测	108
5.5 圆柱齿轮类零件加工实例	112
实例1 圆柱齿轮 (1)	112
实例2 圆柱齿轮 (2)	114

实例 3 圆柱齿轮 (3)	116
实例 4 离合器齿轮	118
实例 5 鼠牙盘齿轮	121
实例 6 齿轮轴	123
实例 7 主轴齿轮	126
实例 8 双联齿轮	130
<b>第 6 章 锥齿轮类零件</b>	<b>133</b>
6.1 锥齿轮类零件的结构特点与技术要求	133
6.2 锥齿轮类零件加工工艺分析和定位基准选择	133
6.3 锥齿轮类零件的材料及热处理	134
6.4 锥齿轮类零件的检测	137
6.5 锥齿轮类零件加工实例	140
实例 1 弧齿锥齿轮轴	140
实例 2 等高齿弧齿锥齿轮 (1)	145
实例 3 等高齿弧齿锥齿轮 (2)	147
实例 4 弧齿锥齿轮 (1)	150
实例 5 弧齿锥齿轮 (2)	153
实例 6 双联弧齿锥齿轮	156
实例 7 直齿锥齿轮	160
<b>第 7 章 端齿盘类零件</b>	<b>163</b>
7.1 端齿盘类零件的结构特点与技术要求	163
7.2 端齿盘类零件加工工艺分析和定位基准选择	163
7.3 端齿盘类零件的材料及热处理	164
7.4 端齿盘类零件的检测	164
7.5 端齿盘类零件加工实例	165
实例 1 数控铣床鼠牙盘	165
实例 2 数控车床分齿盘	168
实例 3 齿块	172
实例 4 端面齿盘	175
实例 5 下齿盘	178
<b>第 8 章 蜗杆蜗轮类零件</b>	<b>181</b>
8.1 蜗杆蜗轮类零件的结构特点与技术要求	181
8.2 蜗杆蜗轮类零件的加工工艺分析和定位基准选择	181
8.3 蜗杆蜗轮类零件的材料及热处理	182
8.4 蜗杆蜗轮类零件的检测	182
8.5 蜗杆蜗轮类零件加工实例	185
实例 1 蜗杆	185

实例 2 夹紧蜗杆·····	188
实例 3 圆环砂轮包络成形蜗杆·····	191
实例 4 蜗轮·····	195
实例 5 大蜗轮·····	197
<b>第 9 章 箱体类零件</b> ·····	<b>200</b>
9.1 箱体类零件的结构特点与技术要求·····	200
9.2 箱体类零件加工工艺分析和定位基准选择·····	201
9.3 箱体类零件的材料及热处理·····	205
9.4 箱体类零件的检测·····	206
9.5 箱体类零件加工实例·····	206
实例 1 齿轮传动箱体·····	206
实例 2 铣头箱体·····	209
实例 3 车床主轴箱体·····	211
实例 4 箱体·····	214
<b>附录</b> ·····	<b>217</b>
附录 A 布氏、洛氏、维氏硬度换算表·····	217
附录 B 车轴类工件的留磨余量表·····	218
附录 C 精车和磨端面的加工余量表·····	219
附录 D 粗镗孔进给量表·····	220
附录 E 攻普通米制螺纹前钻底孔的钻头直径选择表·····	220
附录 F 车梯形螺纹的刀尖宽度尺寸表 (牙型角 30°)·····	221
附录 G 车模数蜗杆的刀尖宽度尺寸表 (牙型角 40°)·····	221
附录 H A 型中心孔的尺寸·····	222
附录 I B 型中心孔的尺寸·····	222
附录 J C 型中心孔的尺寸·····	223
附录 K 测量齿轮用的圆柱直径·····	223
附录 L 公法线长度及跨齿数表 ( $m = 1\text{mm}$ , $\alpha_0 = 20^\circ$ )·····	224
<b>参考文献</b> ·····	<b>227</b>

# 第1章 轴类零件

## 1.1 一般轴类零件

### 1.1.1 一般轴类零件的结构特点与技术要求

一般轴类零件按其结构特点分为光轴、阶梯轴、空心轴和异形轴（包括曲轴、半轴、凸轮轴、偏心轴、十字轴和花键轴等）四类。若按轴的长度和直径的比例来分，又可分为刚性轴（ $L/d \leq 12$ ）和挠性轴（ $L/d \geq 12$ ）两类。

#### 1. 一般轴类零件的结构特点

轴类零件是旋转体零件，其长度大于直径，通常由外圆柱面、圆锥面、螺纹、花键、键槽、横向孔、沟槽等表面构成。

#### 2. 一般轴类零件的技术要求

##### (1) 加工精度

1) 尺寸精度。轴类零件的主要表面常分为两类：一类是与轴承的内圈配合的外圆轴颈，即支承轴颈，用于确定轴的位置并支承轴，尺寸公差等级要求较高，通常为 IT5 ~ IT7；另一类是与各类传动件配合的轴颈，即配合轴颈，其公差等级稍低，常为 IT6 ~ IT9。

2) 形状精度。主要指轴颈表面、外圆锥面、锥孔等重要表面的圆度、圆柱度，其误差一般应限制在尺寸公差范围内；对于精密轴，需在图样上另行规定其几何形状精度。

3) 相互位置精度。包括内、外表面、重要轴面的同轴度、圆的径向跳动、重要端面对轴心线的垂直度、端面间的平行度等。

(2) 表面粗糙度 轴的加工表面都有表面粗糙度要求，一般根据加工的可能性和经济性来确定。支承轴颈的表面粗糙度常为  $Ra0.2 \sim 1.6\mu\text{m}$ ，传动件配合轴颈为  $Ra0.4 \sim 3.2\mu\text{m}$ 。

### 1.1.2 一般轴类零件加工工艺分析和定位基准选择

#### 1. 一般轴类零件加工工艺分析

对精度要求较高的零件，其粗、精加工应分开，以保证零件的质量。轴类零件加工一般可分为三个阶段：粗车（粗车外圆、钻中心孔等），半精车（半精车

各处外圆、台阶和修研中心孔及次要表面等),粗、精磨(粗、精磨各处外圆)。各阶段划分大致以热处理为界。

### 2. 一般轴类零件的定位基准选择

一般轴类零件的定位基面,最常用的是两中心孔。因为轴类零件各外圆表面、螺纹表面的同轴度及端面对轴线的垂直度是相互位置精度的主要项目,而这些表面的设计基准一般都是轴的中心线,采用两中心孔定位就能符合基准重合原则;而且由于多数工序都采用中心孔作为定位基面,能最大限度地加工出多个外圆和端面,这也符合基准统一原则。但下列情况不能用两中心孔作为定位基准:

1)粗加工外圆时,为提高工件刚度,则采用轴外圆表面为定位基面,或以外圆和中心孔同作定位基面,即一夹一顶。

2)当轴为通孔零件时,在加工过程中,作为定位基面的中心孔因钻出通孔而消失,为了在通孔加工后还能用中心孔作为定位基面,工艺上常采用三种方法:

①当中心通孔直径较小时,可直接在孔口倒出宽度不大于2mm的 $60^\circ$ 内锥面来代替中心孔。

②当轴有圆柱孔时,可采用锥堵,锥度为1:500。当轴孔锥度较小时,锥堵锥度与工件两端定位孔锥度相同。

③若轴孔为锥度孔,当轴通孔的锥度较大时,可采用带锥堵的心轴,简称锥堵心轴。

使用锥堵或锥堵心轴时应注意,一般中途不得更换或拆卸,直到精加工完各处加工面,不再使用中心孔时才能拆卸。

### 1.1.3 一般轴类零件的材料及热处理

#### 1. 一般轴类零件的材料

(1)一般轴类零件材料 常用45钢,精度较高的轴可选用40Cr、轴承钢GCr15、弹簧钢65Mn,也可选用球墨铸铁;对高速、重载的轴,选用20CrMnTi、20Mn2B、20Cr等渗碳钢或38CrMoAl氮化钢。

(2)一般轴类零件毛坯 常用圆棒料和锻件;大型轴或结构复杂的轴采用铸件。毛坯经过加热锻造后,可使金属内部纤维组织沿表面均匀分布,获得较高的抗拉强度、抗弯强度及抗扭强度。

#### 2. 一般轴类零件的热处理

1)锻造毛坯在加工前,均需安排正火或退火处理,使钢材内部晶粒细化,消除锻造应力,降低材料硬度,改善切削加工性能。

2)调质一般安排在粗车之后、半精车之前,以获得良好的综合力学

性能。

3) 表面淬火一般安排在精加工之前,这样可以纠正因淬火引起的局部变形。

4) 精度要求高的轴,在局部淬火或粗磨之后,还需进行低温时效处理。

#### 1.1.4 一般轴类零件的检测

##### 1. 加工中的检验

自动测量装置作为辅助装置安装在机床上。这种检验方式能在不影响加工的情况下,根据测量结果,主动地控制机床的工作过程,如改变进给量,自动补偿刀具磨损,自动退刀、停车等,使之适应加工条件的变化,防止产生废品,故又称为主动检验。主动检验属在线检测,即在设备运行、生产不停顿的情况下,根据信号处理的基本原理,掌握设备运行状况,对生产过程进行预测、预报及必要调整。在线检测在机械制造中的应用越来越广。

##### 2. 加工后的检验

轴类零件通常在专用检验仪器上进行检验,如图1-1所示。单件小批生产中,尺寸精度一般用外径千分尺检验;大批大量生产时,常采用光滑极限量规检验,长度大而精度高的工件可用比较仪检验。表面粗糙度可用粗糙度样板进行检验;要求较高时则用光学显微镜或轮廓仪检验。圆度误差可用千分尺测出的工件同一断面内直径的最大差值之半来确定,也可用千分表借助V形块来测量,若条件许可,可用圆度仪检验。圆柱度误差通常用千分尺测出同一轴向断面内最大值与最小值之差的方法来确定。轴相互位置精度检验一般以轴两端顶尖孔或工艺锥堵上的顶尖孔为定位基准,在两支承轴颈上方分别用千分表测量。

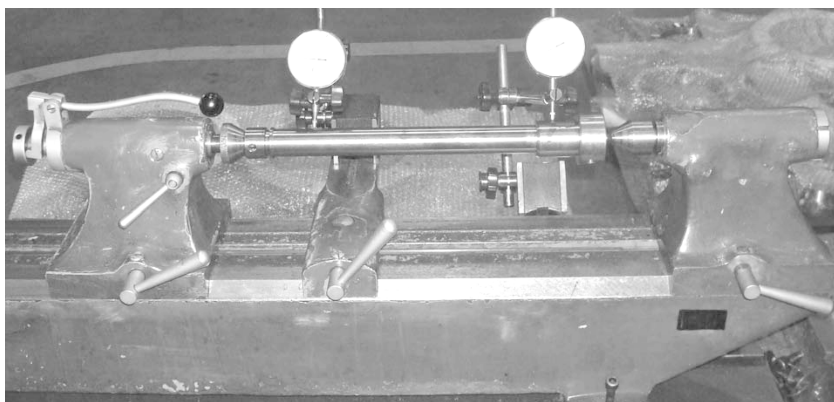


图 1-1 轴专用检验仪器



## 3. 机械加工工艺过程 (见表 1-1)

表 1-1 花键轴机械加工工艺过程

(单位: mm)

零件名称		毛坯种类	材 料	生产类型	
花键轴		圆钢	45 钢	小批量	
工序	工步	工 序 内 容		设 备	刀具、量具、 辅具
10		下料 $\phi 60 \times 325$		锯床	
20		粗车		卧式车床	
	1	夹坯料的外圆, 车端面, 见光即可			45°弯头车刀
	2	钻一端中心孔 A2.5/5.3			中心钻
	3	调头, 夹坯料的外圆, 车端面, 保证总长 322			45°弯头车刀
	4	钻另一端中心孔 A2.5/5.3			中心钻
	5	夹坯料左端外圆, 另一端用顶光顶住中心孔, 粗车 $\phi 45js5$ 外圆至 $\phi 47$ , 长度至 35			90°外圆车刀
	6	车 $\phi 53.55g6$ 外圆至 $\phi 56$			90°外圆车刀
	7	调头。用自定心卡盘夹 $\phi 45js5$ 外圆处, 另一端用顶尖顶住中心孔, 夹紧, 车 $\phi 45js5$ 外圆至 $\phi 47$ , 长度至 35			90°外圆车刀
30		热处理: 调质处理 235HBW		箱式炉	
40		精车		卧式车床	
	1	用自定心卡盘夹 $\phi 45js5$ 外圆处, 另一端用顶尖顶住中心孔, 夹紧, 在 $\phi 53.55g6$ 外圆车一段架位, 表面粗糙度 $Ra3.2\mu m$			90°外圆车刀
	2	在 $\phi 53.55g6$ 外圆架位处装上中心架, 找正, 移去顶尖。车端面, 保证总长 321			45°弯头车刀
	3	修中心孔至 A3.15/6.7			中心钻
	4	调头, 用自定心卡盘夹 $\phi 45js5$ 外圆处, 另一端用顶尖顶住中心孔, 夹紧, 在 $\phi 53.55g6$ 架位处装处中心架, 找正, 移去顶尖。车端面, 保证总长 320			45°弯头车刀
	5	修中心孔至 A3.15/6.7			中心钻
	6	顶住中心孔, 夹紧, 移去中心架, 车 $\phi 45js5$ 外圆留磨削余量 0.25, 长至 35			90°外圆车刀
	7	车 $\phi 53.55g6$ 外圆, 留磨削余量 0.25			90°外圆车刀
	8	车 35 尺寸, 左面留磨削余量 0.10			45°弯头车刀
	9	切 $3 \times 0.5$ 退刀槽至要求			切槽刀
	10	车外圆倒角 C1			45°弯头车刀
	11	调头, 用自定心卡盘夹 $\phi 45js5$ 外圆, 另一端用顶尖顶住中心孔, 夹紧, 车 $\phi 45js5$ , 留磨削余量 0.25			45°弯头车刀

(续)

工序	工步	工序内容	设备	刀具、量具、辅具
	12	车 35 尺寸, 右面留磨削余量 0.10		45°弯头车刀
	13	切 3 × 0.5 退刀槽至要求		切槽刀
	14	车外圆倒角 C1		45°弯头车刀
50		铣外花键至图样要求	立式加工中心	
60		钳工去刺	钳工台	
70		磨两端中心孔	中心孔磨床	
80		磨外圆	外圆磨床	
	1	磨左端 $\phi 45\text{js}5$ 外圆至要求, 表面粗糙度 $Ra0.8\mu\text{m}$		
	2	靠磨 35 尺寸右面至要求, 表面粗糙度 $Ra0.8\mu\text{m}$		
	3	磨右端 $\phi 45\text{js}5$ 外圆至要求, 表面粗糙度 $Ra0.8\mu\text{m}$		
	4	靠磨 35 尺寸左面至要求, 表面粗糙度 $Ra0.8\mu\text{m}$		
	5	磨 $\phi 53.55\text{g}6$ 外圆至要求, 表面粗糙度 $Ra0.8\mu\text{m}$		
90		检验: 检验各部尺寸、几何公差及表面粗糙度等	检验站	
100		涂油、包装、入库	库房	

## 实例 2 轴 (见图 1-3)

### 1. 零件图样分析

1) 图 1-3 中以  $\phi 60\text{js}6$ 、 $\phi 50\text{h}6$  两轴颈的公共轴线为基准,  $\phi 80_{-0.02}^{-0.005}$  外圆、 $\phi 60\text{js}6$  外圆 (中间位置)、 $\phi 50\text{h}6$  外圆对基准轴线同轴度公差为 0.005mm。

2) 零件材料为 45 钢。

3) 调质处理 235HBW。

### 2. 工艺分析

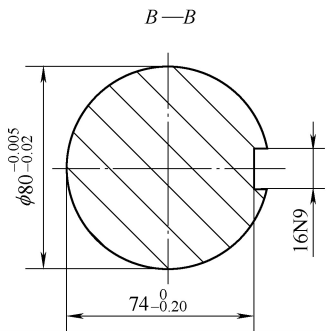
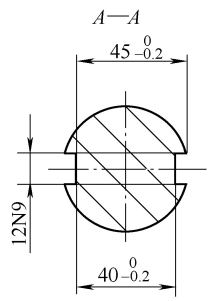
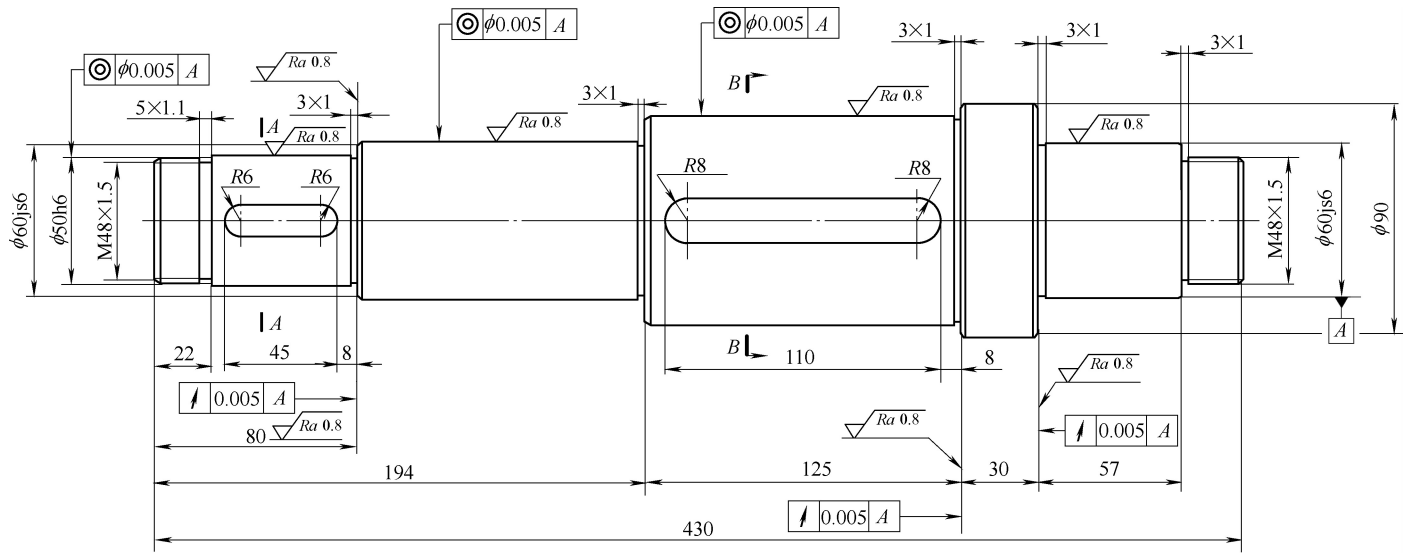
1) 该零件为阶梯光轴,  $\phi 80_{-0.02}^{-0.005}$  外圆、 $\phi 60\text{js}6$  外圆、 $\phi 50\text{h}6$  外圆尺寸精度、表面质量及几何公差要求都很高。

2) 在加工工艺过程中, 粗加工后整体进行调质处理, 再精加工。

3) 在单件或小批生产时, 采用普通车床加工, 粗、精车可在一台车床上完成; 批量较大时, 粗、精车应在不同的车床上完成。

4)  $\phi 80_{-0.02}^{-0.005}$  外圆、 $\phi 60\text{js}6$  外圆、 $\phi 50\text{h}6$  外圆精度要求较高, 精车工序留磨削磨量, 最后用外圆磨床来磨削。

5) 为了保证两端中心孔同心, 该轴中心孔在开始时仅作为临时中心孔。最后在精加工时, 修研中心孔或磨中心孔, 再以精加工过的中心孔定位。



$\sqrt{Ra\ 3.2}$  (✓)

技术要求

1. 材料: 45钢。
2. 热处理: 调质 235HBW。
3. 全部倒角 C1。

图 1-3 轴

## 8 典型精密零件机械加工工艺分析及实例

### 3. 机械加工工艺过程（见表 1-2）

表 1-2 轴机械加工工艺过程

（单位：mm）

零件名称		毛坯种类	材 料	生产类型	
轴		圆钢	45 钢	小批量	
工序	工步	工 序 内 容		设 备	刀具、量具、 辅具
10		下料 $\phi 100 \times 435$		锯床	
20		粗车		卧式车床	
	1	夹坯料的外圆，车端面，见光即可			45°弯头车刀
	2	钻一端中心孔 A3.15/6.7			中心钻
	3	调头，夹坯料的外圆，车端面，保证总长 432			45°弯头车刀
	4	钻另一端中心孔 A3.15/6.7			中心钻
	5	夹坯料左端外圆，另一端用顶尖顶住中心孔，车 $M48 \times 1.5$ 外圆至 $\phi 50$ ，长度至 24			90°外圆车刀
	6	车 $\phi 60js6$ 外圆至 $\phi 62$ ，长度至 57			90°外圆车刀
	7	车 $\phi 90$ 外圆至 $\phi 92$ ，长度至 32			90°外圆车刀
	8	车 $\phi 80_{-0.02}^{0.005}$ 外圆至 $\phi 82$ ，长度至 125			90°外圆车刀
	9	调头。用自定心卡盘夹 $M48 \times 1.5$ 外圆处，另一端用顶尖顶住中心孔，夹紧，车 $M48 \times 1.5$ 外圆至 $\phi 50$ ，长度至 22			90°外圆车刀
	10	车 $\phi 50h6$ 外圆至 $\phi 52$ ，长度至 58			90°外圆车刀
	11	车 $\phi 60js6$ 外圆至 $\phi 62$ ，长度至 114			90°外圆车刀
30		热处理：调质处理 235HBW		箱式炉	
40		精车		数控车床	
	1	用自定心卡盘夹 $M48 \times 1.5$ 外圆处，另一端用顶尖顶住中心孔，夹紧，在 $\phi 60js6$ 外圆车一段架位，表面粗糙度 $Ra3.2\mu m$			35°外圆车刀
	2	在 $\phi 60js6$ 外圆架位上装上中心架，找正，移去顶尖。车端面，保证总长 431			35°外圆车刀
	3	修中心孔至 A4/8.5			中心钻
	4	调头，用自定心卡盘夹 $M48 \times 1.5$ 外圆处，另一端用顶尖顶住中心孔，夹紧，在 $\phi 60js6$ 外圆架位上装上中心架，找正，移去顶尖。车端面，保证总长 430			35°外圆车刀
	5	修中心孔至 A4/8.5			中心钻
	6	顶住中心孔，夹紧，移去中心架，车 $M48 \times 1.5$ 螺纹成			螺纹车刀
	7	车 $\phi 50h6$ 外圆，留磨削余量 0.25			35°外圆车刀
	8	车 $\phi 60js6$ 外圆，留磨削余量 0.25			35°外圆车刀

(续)

工序	工步	工序内容	设备	刀具、量具、 辅具
	9	车 $\phi 80_{-0.02}^{-0.005}$ 外圆, 留磨削余量 0.25		35°外圆车刀
	10	车 80 尺寸, 右面留磨削余量 0.10		35°外圆车刀
	11	车 194 尺寸成, 表面粗糙度 $Ra3.2\mu\text{m}$		35°外圆车刀
	12	车 125 尺寸, 右面留磨削余量 0.10		35°外圆车刀
	13	车 $5 \times 1.1$ 退刀槽至要求		切槽刀
	14	切 $3 \times 1$ 的退刀槽至要求		切槽刀
	15	车外圆倒角 C1		35°外圆车刀
	16	铣 $2 \times 12N9$ 键槽至要求, 表面粗糙度 $Ra3.2\mu\text{m}$		键槽铣刀
	17	铣 16N9 键槽至要求, 表面粗糙度 $Ra3.2\mu\text{m}$		键槽铣刀
	18	调头, 用自定心卡盘夹 $M48 \times 1.5$ 外圆, 另一端用顶尖顶住中心孔, 夹紧, 车 $M48 \times 1.5$ 螺纹成		螺纹车刀
	19	车 $\phi 60js6$ 外圆, 留磨削余量 0.25		35°外圆车刀
	20	车 $\phi 90$ 外圆至要求, 表面粗糙度 $Ra3.2\mu\text{m}$		35°外圆车刀
	21	车 57 尺寸右面成, 表面粗糙度 $Ra3.2\mu\text{m}$		35°外圆车刀
	22	车 57 尺寸, 左面留磨削余量 0.10		35°外圆车刀
	23	切 $3 \times 1$ 的退刀槽至要求		切槽刀
	24	车外圆倒角 C1		35°外圆车刀
50		磨两端中心孔	中心孔磨床	
60		磨外圆、靠端面	外圆磨床	
	1	磨 $\phi 50h6$ 外圆至要求, 表面粗糙度 $Ra0.8\mu\text{m}$		
	2	磨左端 $\phi 60js6$ 外圆至要求, 表面粗糙度 $Ra0.8\mu\text{m}$		
	3	磨 $\phi 80_{-0.02}^{-0.005}$ 外圆至要求, 表面粗糙度 $Ra0.8\mu\text{m}$		
	4	靠磨 80 尺寸右面至要求, 表面粗糙度 $Ra0.8\mu\text{m}$		
	5	靠磨 125 尺寸右面至要求, 表面粗糙度 $Ra0.8\mu\text{m}$		
	6	调头。磨右端 $\phi 60js6$ 外圆至要求, 表面粗糙度 $Ra0.8\mu\text{m}$		
	7	靠磨 57 尺寸左面至要求, 表面粗糙度 $Ra0.8\mu\text{m}$		
70		检验: 检验各部尺寸、几何公差及表面粗糙度等	检验站	
80		涂油、包装、入库	库房	