

国家示范性建设院校课程改革成果教材

# 金属切削加工技术

主编 李会荣 殷雪艳  
主审 黄雨田



西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

国家示范性建设院校课程改革成果教材

# 金属切削加工技术

---

主编 李会荣 殷雪艳

参编 李俊涛 郭 峰 王玉民

主审 黄雨田

西安电子科技大学出版社

## 内 容 简 介

本书以典型零件切削加工为主线,详细介绍了从读图、技术条件分析到工艺工装选择与实施、设备操作和质量保障方面的知识应用,重点讲解了金属切削刀具、切削过程的规律理论、切削条件的合理选择等知识。全书共有五个项目,内容包括车削输出轴、尖齿铣刀铣削箱体结合面、钻削箱体孔、滚削圆柱齿轮和钻削枪管孔。

本书可作为高职院校机械制造与自动化专业的教材,也可供工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

金属切削加工技术 / 李会荣, 殷雪艳主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2017.2

ISBN 978-7-5606-4406-6

I. ① 金… II. ① 李… ② 殷… III. ① 金属切削—加工工艺 IV. ① TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 014314 号

策 划 云立实

责任编辑 杨 璠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 [www.xduph.com](http://www.xduph.com) 电子邮箱 [xdupfb001@163.com](mailto:xdupfb001@163.com)

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2017 年 2 月第 1 版 2017 年 2 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 13.5

字 数 316 千字

印 数 1~3000 册

定 价 25.00 元

ISBN 978-7-5606-4406-6/TG

**XDUP 4698001-1**

\*\*\* 如有印装问题可调换 \*\*\*

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

# 前言

本书是陕西国防工业职业技术学院“国家示范骨干高职院校建设机械制造与自动化专业子项目”成果之一，是以就业为导向的能力本位职业教育新理念在专业课程体系建设过程中的一次实践。

本书主要有以下特点：

(1) 重点突出。本书重点介绍了回转零件的切削加工技术问题，从读图、技术条件分析到工艺工装选择与实施、设备操作和质量保障，既加强了先修课程内容，又突出了车削加工技能，而对其他切削加工方法则有较大的弱化。

(2) 项目集成。本书由五个制造项目组成。重视对学生能力的培养，也就是重视过程教学，而项目化是过程化和规范化的典范。本书将课程对知识和能力的需求巧妙地组织在五个不同的制造项目之中，并详细叙述了项目管理的规范和项目开展的路径，并把完成项目所需的专业知识以知识链接形式给出，供以后备查，对开发学生的自主学习习惯和终生学习的能力有积极的作用。

(3) 做学一体。本书共有五个项目、15个任务，每个任务均包含任务描述、知识目标、能力目标、教学组织方法、教学过程和知识链接，融知识、学习于工作过程中。通过任务驱动，强化过程控制能力，实现基于工作过程的做学一体化。

(4) 繁简得当。本书以动力换挡变速器输出轴切削加工为主线，重点引出了金属切削刀具、切削过程规律理论、切削条件的合理选择等知识，而对其他标准刀具的选择等具体实践性内容及专用刀具的设计大胆删减，做到了繁简得当。

(5) 操作方便。每个项目由多个任务组成，每项任务的完成有规范的路径流程及监控，突出以学生为主，又避免了盲目无序。反复的任务完成过程，对学生的能力培养有举一反三的固化作用，而知识的隐含特点又符合人的寻知欲望，实现了学习过程中不知不觉的知识能力的长进，且学习过程易于操作。

本书由五个项目组成，项目1由殷雪艳编写，项目2由郭峰编写，项目3由李俊涛编写，项目4、5由李会荣编写，附录由王玉民设计，全书由李会荣统稿，由黄雨田审核，黄跃先等对全书提出了宝贵的意见，在此一并表示诚挚的感谢。

本书作为基于工作过程教学的“吃螃蟹式”教材改革的成果，虽经几番实践和经验总结，反复修改，但由于编者水平有限，不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者  
2017 年 1 月

# 目 录

|                                         |                                             |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------|
| 项目 1 车削输出轴..... 1                       | 1.4.2 计划与决策..... 32                         |
| 任务 1.1 分析输出轴结构工艺性, 拟定<br>加工方法及顺序..... 2 | 1.4.3 任务实施..... 32                          |
| 1.1.1 资讯..... 3                         | 1.4.4 检查与考评..... 32                         |
| 1.1.2 计划与决策..... 3                      | 1.4.5 车刀的安装..... 33                         |
| 1.1.3 任务实施..... 4                       | 1.4.6 车刀的工作角度..... 34                       |
| 1.1.4 检查与考评..... 5                      | 1.4.7 调整车床并对刀..... 35                       |
| 1.1.5 分析轴类零件的结构工艺性..... 5               | 任务 1.5 车削输出轴..... 36                        |
| 1.1.6 轴类零件的材料、毛坯及热处理..... 6             | 1.5.1 资讯..... 37                            |
| 1.1.7 轴类零件表面加工方法的选择..... 7              | 1.5.2 计划与决策..... 37                         |
| 任务 1.2 选用车刀..... 8                      | 1.5.3 任务实施..... 37                          |
| 1.2.1 资讯..... 8                         | 1.5.4 检查与考评..... 39                         |
| 1.2.2 计划与决策..... 9                      | 1.5.5 CA6140 型卧式车床..... 39                  |
| 1.2.3 任务实施..... 9                       | 1.5.6 工件的装夹..... 40                         |
| 1.2.4 检查与考评..... 10                     | 1.5.7 车外圆..... 42                           |
| 1.2.5 车削加工概述..... 10                    | 1.5.8 车端面..... 44                           |
| 1.2.6 切削运动..... 11                      | 1.5.9 车台阶..... 45                           |
| 1.2.7 切削用量三要素..... 12                   | 1.5.10 切槽..... 46                           |
| 1.2.8 切削层横剖面参数..... 13                  | 1.5.11 切断..... 47                           |
| 1.2.9 切削方式..... 14                      | 1.5.12 车圆锥..... 48                          |
| 1.2.10 车刀的种类与用途..... 15                 | 1.5.13 车床上钻孔..... 50                        |
| 1.2.11 刀具材料..... 16                     | 1.5.14 车孔..... 51                           |
| 任务 1.3 刃磨并测量车刀的基本角度..... 19             | 1.5.15 车螺纹..... 52                          |
| 1.3.1 资讯..... 20                        | 1.5.16 操作规程及文明生产..... 56                    |
| 1.3.2 计划与决策..... 20                     | 1.5.17 切削过程中的切削规律..... 58                   |
| 1.3.3 任务实施..... 20                      | 1.5.18 切屑的控制..... 70                        |
| 1.3.4 检查与考评..... 21                     | 1.5.19 材料的切削加工性..... 71                     |
| 1.3.5 车刀几何角度的标注..... 22                 | 1.5.20 切削液的合理选择..... 73                     |
| 1.3.6 刀具几何角度的合理选择..... 26               |                                             |
| 1.3.7 车刀的刃磨..... 27                     | 项目 2 尖齿铣刀铣削箱体结合面..... 74                    |
| 任务 1.4 安装车刀、调整车床并对刀..... 31             | 任务 2.1 分析箱体零件图, 拟定合适的<br>加工方案, 选用铣刀..... 75 |
| 1.4.1 资讯..... 32                        | 2.1.1 资讯..... 76                            |

|        |                           |     |        |                                    |     |
|--------|---------------------------|-----|--------|------------------------------------|-----|
| 2.1.2  | 计划与决策.....                | 76  | 3.2.2  | 计划与决策.....                         | 131 |
| 2.1.3  | 任务实施.....                 | 77  | 3.2.3  | 任务实施.....                          | 131 |
| 2.1.4  | 检查与考评.....                | 77  | 3.2.4  | 检查与考评.....                         | 131 |
| 2.1.5  | 箱体零件的功用与结构特点.....         | 78  | 3.2.5  | 钻床.....                            | 132 |
| 2.1.6  | 箱体材料及毛坯.....              | 78  | 3.2.6  | 钻头的装夹.....                         | 133 |
| 2.1.7  | 铣削加工工艺的范围与特点.....         | 78  | 任务 3.3 | 钻削箱体孔.....                         | 134 |
| 2.1.8  | 铣刀的种类、用途、特点.....          | 79  | 3.3.1  | 资讯.....                            | 135 |
| 2.1.9  | 铣刀的材料.....                | 85  | 3.3.2  | 计划与决策.....                         | 136 |
| 任务 2.2 | 安装铣刀、调整铣床并对刀.....         | 85  | 3.3.3  | 任务实施.....                          | 136 |
| 2.2.1  | 资讯.....                   | 86  | 3.3.4  | 检查与考评.....                         | 137 |
| 2.2.2  | 计划与决策.....                | 86  | 3.3.5  | 钻削用量与切削层参数.....                    | 137 |
| 2.2.3  | 任务实施.....                 | 87  | 3.3.6  | 钻削过程与钻削力.....                      | 138 |
| 2.2.4  | 检查与考评.....                | 87  | 3.3.7  | 钻削用量的选择.....                       | 140 |
| 2.2.5  | 常用铣床的型号及其参数.....          | 88  | 3.3.8  | 钻孔加工.....                          | 140 |
| 2.2.6  | 铣床的调整.....                | 88  |        |                                    |     |
| 2.2.7  | 安装、拆卸铣刀.....              | 89  | 项目 4   | 滚削圆柱齿轮.....                        | 143 |
| 2.2.8  | 铣削对刀.....                 | 92  | 任务 4.1 | 分析齿轮零件图, 选择齿面加工<br>方法, 拟定加工顺序..... | 144 |
| 任务 2.3 | 铣削变速器箱体上结合面.....          | 92  | 4.1.1  | 资讯.....                            | 145 |
| 2.3.1  | 资讯.....                   | 93  | 4.1.2  | 计划与决策.....                         | 145 |
| 2.3.2  | 计划与决策.....                | 93  | 4.1.3  | 任务实施.....                          | 145 |
| 2.3.3  | 任务实施.....                 | 94  | 4.1.4  | 检查与考评.....                         | 146 |
| 2.3.4  | 检查与考评.....                | 94  | 4.1.5  | 圆柱齿轮概述.....                        | 147 |
| 2.3.5  | 铣削用量及其选择方法.....           | 95  | 4.1.6  | 齿轮材料、热处理与毛坯.....                   | 147 |
| 2.3.6  | 铣削层参数.....                | 98  | 4.1.7  | 齿轮加工的工艺过程分析.....                   | 148 |
| 2.3.7  | 铣削力.....                  | 100 | 任务 4.2 | 选用滚刀、安装滚刀、调整<br>滚齿机并对刀.....        | 151 |
| 2.3.8  | 铣削方式.....                 | 103 | 4.2.1  | 资讯.....                            | 151 |
| 2.3.9  | 铣削时切削液的合理选用.....          | 104 | 4.2.2  | 计划与决策.....                         | 152 |
| 项目 3   | 钻削箱体孔.....                | 106 | 4.2.3  | 任务实施.....                          | 152 |
| 任务 3.1 | 拟定孔加工方法, 选用孔<br>加工刀具..... | 107 | 4.2.4  | 检查与考评.....                         | 152 |
| 3.1.1  | 资讯.....                   | 108 | 4.2.5  | 齿轮加工刀具分类.....                      | 153 |
| 3.1.2  | 计划与决策.....                | 108 | 4.2.6  | 齿轮铣刀.....                          | 155 |
| 3.1.3  | 任务实施.....                 | 109 | 4.2.7  | 滚刀.....                            | 156 |
| 3.1.4  | 检查与考评.....                | 109 | 4.2.8  | 插齿刀.....                           | 161 |
| 3.1.5  | 常见的钻孔加工以及钻削运动.....        | 110 | 4.2.9  | 蜗轮滚刀与飞刀.....                       | 162 |
| 3.1.6  | 常用的孔加工刀具.....             | 111 | 任务 4.3 | 滚削圆柱齿轮.....                        | 164 |
| 任务 3.2 | 安装麻花钻、调整钻床并对刀.....        | 130 | 4.3.1  | 资讯.....                            | 165 |
| 3.2.1  | 资讯.....                   | 130 | 4.3.2  | 计划与决策.....                         | 165 |

|                          |     |                                |     |
|--------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| 4.3.3 任务实施.....          | 165 | 5.1.5 深孔的定义.....               | 179 |
| 4.3.4 检查与考评.....         | 166 | 5.1.6 深孔加工的特点.....             | 179 |
| 4.3.5 齿轮加工机床的类型及其用途..... | 166 | 5.1.7 深孔加工系统.....              | 179 |
| 4.3.6 滚齿机.....           | 167 | 5.1.8 深孔加工刀具(深孔钻).....         | 180 |
| 4.3.7 插齿机.....           | 170 | 5.1.9 针对深孔加工中常见问题采取的措施.....    | 187 |
| 4.3.8 磨齿机.....           | 171 |                                |     |
| 4.3.9 剃齿机.....           | 172 |                                |     |
| 4.3.10 齿坯安装.....         | 174 |                                |     |
| 项目 5 钻削枪管孔.....          | 175 | 附录 1 可转位刀片相关标准.....            | 188 |
| 任务 5.1 钻削枪管孔.....        | 176 | 附录 2 数控刀具圆锥柄部的形式与尺寸(7:24)..... | 191 |
| 5.1.1 资讯.....            | 177 | 附录 3 镗铣类数控机床用工具系统相关标准.....     | 193 |
| 5.1.2 计划与决策.....         | 177 | 附录 4 车工中级工职业标准.....            | 205 |
| 5.1.3 任务实施.....          | 178 | 参考文献.....                      | 208 |
| 5.1.4 检查与考评.....         | 178 |                                |     |

# 项目 1 车削输出轴

## 【项目导入】

工作对象：图 1.1 所示为输出轴零件图，中批量生产。

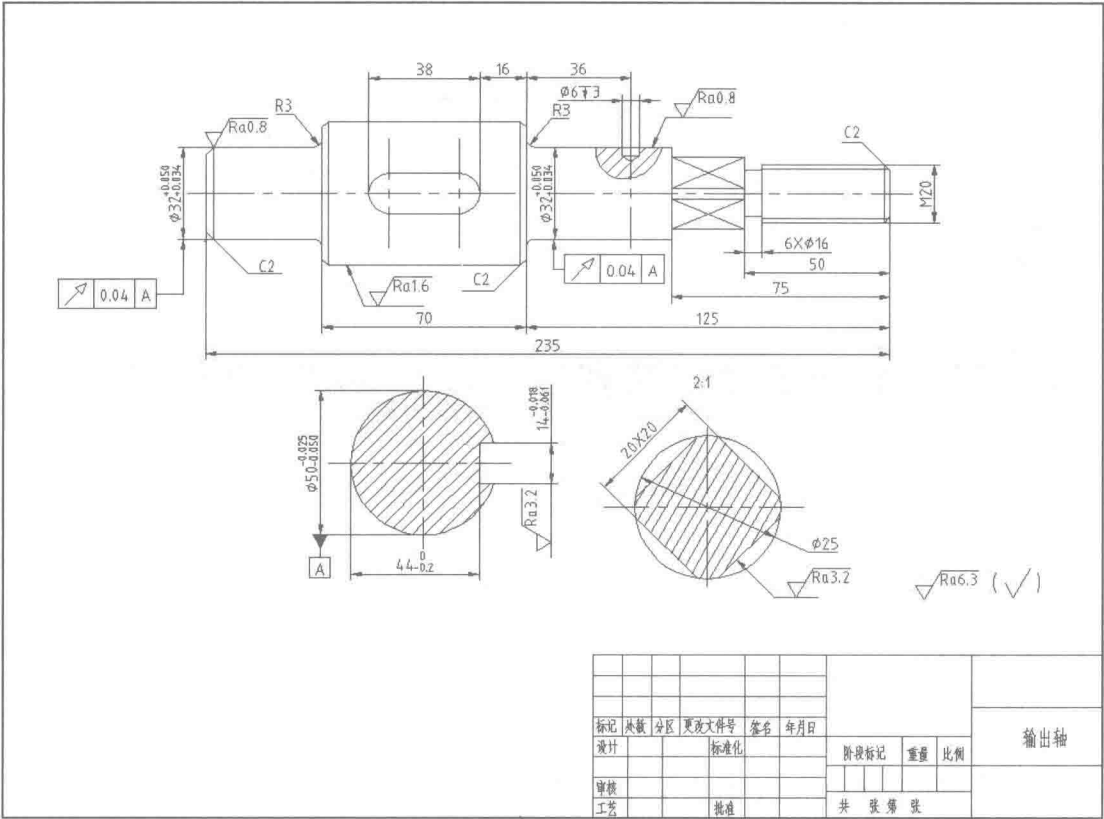


图 1.1 输出轴零件图

轴类零件是机器中的主要零件之一，它的主要功能是支承传动件(齿轮、带轮、离合器等)和传递转矩。本项目的主要内容是完成输出轴的车削加工，具体包括分析输出轴结构工艺性，拟定加工方法及顺序；车刀选用；刃磨及测量车刀的基本角度；安装车刀、调整车床并对刀；车削输出轴等五个任务单元。

**【知识目标】**

- (1) 了解机械加工工艺的基础知识。
- (2) 掌握切削运动及切削参数的概念。
- (3) 掌握车刀的结构及基本角度的概念及标注。
- (4) 掌握刀具常用材料及种类的基本知识。
- (5) 掌握车削输出轴的安全知识。

**【能力目标】**

- (1) 具备正确选用车刀、刃磨车刀、测量车刀和装刀的能力。
- (2) 具备车削输出轴的能力。
- (3) 具备车床操作与维护的能力。
- (4) 具备查资料、综合分析问题等一定程度的自学能力。

**【项目任务】**

- (1) 分析输出轴的结构工艺性，拟定加工方法及顺序。
- (2) 车刀的选用及刃磨。
- (3) 测量车刀的基本角度。
- (4) 车刀安装、车床调整与操作。
- (5) 车削输出轴。

## 任务 1.1 分析输出轴结构工艺性，拟定加工方法及顺序

**【任务描述】**

读图、识图、输出轴结构工艺性分析，初步拟定加工方法及顺序。

**【知识目标】**

- (1) 了解机械加工工艺的基础知识。
- (2) 熟悉制图、识图的基本知识。
- (3) 了解输出轴的功用、特点及结构工艺性分析要点。
- (4) 了解输出轴加工方法及加工顺序的基本知识。

**【能力目标】**

- (1) 初步具备审核零件图的能力。
- (2) 初步具备分析输出轴结构工艺性的能力。
- (3) 初步具备拟定输出轴加工方法及顺序的能力。

【教学组织方法】

教学组织方法见表 1.1。

表 1.1 任务 1.1 教学组织方法

|       |                                                                                                 |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 资 讯   | 1. 准备知识：零件结构工艺性分析；<br>2. 教学参考书：《机械制造工艺学》、《机械制造技术综合实训教程》、《公差配合与技术测量》；<br>3. 讲解知识要点和案例            |
| 计划与决策 | 1. 分组讨论，明确任务要求；<br>2. 编写任务实施计划和实施方案；<br>3. 讨论、分析实施计划的可行性(教师参与)，确定可行的实施计划和方案；<br>4. 按计划分配任务到每一个人 |
| 实施与检查 | 分组，按实施方案及计划步骤进行零件结构工艺性分析(教师指导)                                                                  |
| 评 估   | 1. 零件结构特点分析的准确性、正确性和全面性；<br>2. 零件结构工艺性评价的准确性                                                    |

【教学过程】

1.1.1 资讯

- (1) 明确任务要求：此输出轴的作用是传递力和力矩，材料是 45# 钢，中批量生产，根据这些条件，分析输出轴的结构工艺性，拟定加工方法及顺序。
- (2) 准备知识：零件结构工艺性分析、毛坯及热处理、表面加工方法的选择。
- (3) 教学参考书：《机械制造工艺学》、《机械制造技术综合实训教程》、《公差配合与技术测量》。
- (4) 讲解知识要点和案例。

1.1.2 计划与决策

1. 计划
- (1) 学生分组讨论，明确任务要求。
- (2) 每组进行零件结构工艺性分析并拟定车削输出轴的多种加工方法及顺序。
2. 决策
- 确定一种分析零件结构工艺性及车削输出轴的加工方法及顺序的实施方案：
- 审核输出轴零件图→分析轴类零件的功用与结构特点→分析零件的技术要求→分析轴类零件的结构工艺性→拟定输出轴的加工方法及顺序。

### 1.1.3 任务实施

#### 1. 审核零件图

零件图画法正确、表达完整，技术要求合理。

#### 2. 分析零件功用与结构特点

功用：轴类零件主要起传递力和力矩的作用。

结构特点：

(1) 加工表面：3 段外圆柱面；1 段 M20 外螺纹面；四方面、 $\phi 6$  孔、退刀槽和键槽各 1 个，其余为倒角和圆角。

(2) 加工刚性： $L/d=235/20=11.75<12$ ，为刚性较差轴。

#### 3. 分析零件技术要求

(1) 尺寸精度分析。两段外圆  $\phi 32_{+0.034}^{+0.05}$  (r6)；外圆  $\phi 50_{-0.05}^{-0.025}$  (f7)；键槽  $14_{-0.061}^{-0.018}$  (IT9)； $20\times 20$  四方面、 $\phi 6$  孔、M20 外螺纹以及倒角为自由公差。

(2) 形位精度分析。两段外圆  $\phi 32_{+0.034}^{+0.05}$  轴对  $\phi 50_{-0.05}^{-0.025}$  轴线的圆跳动为 0.04。

(3) 表面粗糙度分析。两段  $\phi 32_{+0.034}^{+0.05}$  外圆柱面的 Ra 为  $0.8\text{ }\mu\text{m}$ ； $\phi 50_{-0.05}^{-0.025}$  外圆柱面的 Ra 为  $1.6\text{ }\mu\text{m}$ ；键槽  $14_{-0.061}^{-0.018}$  和  $20\times 20$  四方面的 Ra 为  $3.2\text{ }\mu\text{m}$ ；其余表面的 Ra 为  $6.3\text{ }\mu\text{m}$ 。

#### 4. 分析轴结构工艺性

工艺性评价的经验性原则如下：

(1) 尺寸精度以 IT7 为参考，高于 IT7 时工艺性变差，低于 IT7 时工艺性变好；此外，还要考虑是包容面还是被包容面等因素。

(2) 形状和位置精度参考尺寸精度。

(3) 表面粗糙度 Ra 以  $1.6\text{ }\mu\text{m}$  为参考，小于、等于  $1.6\text{ }\mu\text{m}$  时工艺性变差，大于  $1.6\text{ }\mu\text{m}$  时工艺性变好；此外，还要考虑是包容面还是被包容面等因素。

(4) 加工要素的结构复杂程度及刚性等因素。

结论：该轴的结构工艺性较差。

#### 5. 拟定输出轴的加工方法及顺序

##### 1) 表面加工方法

(1) 两段外圆  $\phi 32_{+0.034}^{+0.05}$  (IT6, Ra  $0.8\text{ }\mu\text{m}$ )：采用粗车(IT11, Ra  $12.5\text{ }\mu\text{m}$ )→半精车(IT9, Ra  $3.2\text{ }\mu\text{m}$ )→磨(IT6, Ra  $0.8\text{ }\mu\text{m}$ )。

(2) 外圆  $\phi 50_{-0.05}^{-0.025}$  (IT7, Ra  $1.6\text{ }\mu\text{m}$ )：采用粗车(IT11, Ra  $12.5\text{ }\mu\text{m}$ )→半精车(IT9, Ra  $3.2\text{ }\mu\text{m}$ )→磨(IT7, Ra  $1.6\text{ }\mu\text{m}$ )。

(3) M20 螺纹、 $\phi 25$  外圆、退刀槽以及倒角为自由公差，选取 IT13 级，Ra 为  $6.3\text{ }\mu\text{m}$ ，采用粗车→半精车。

(4)  $\phi 6$  孔为自由公差，选取 IT13 级，Ra  $6.3\text{ }\mu\text{m}$  采用钻孔的方法。

(5) 20×20 四方面和键槽  $14_{-0.061}^{-0.018}$  (IT9、Ra 3.2 μm)，采用铣削方法。

2) 加工顺序

锻造→正火→铣端面、钻中心孔→粗车外圆→半精车外圆、切槽、倒角→车螺纹→铣键槽→铣四方面→钻孔→磨削→去毛刺→清洗→检验→入库。

1.1.4 检查与考评

1. 检查

- (1) 学生自行检查工作任务的完成情况。
- (2) 小组间互查，进行方案的技术性、经济性和可行性分析。
- (3) 教师专查，进行点评，组织方案讨论。
- (4) 针对问题进行修改，确定最优方案。
- (5) 整理相关资料，归档。

2. 考评

考核评价按表 1.2 中的项目和评分标准进行。

表 1.2 任务 1.1 考核评价表

| 序号 | 考核评价项目   |      | 考核内容                         | 学生<br>自检 | 小组<br>互检 | 教师<br>终检 | 配分 | 成绩 |
|----|----------|------|------------------------------|----------|----------|----------|----|----|
| 1  | 过程<br>考核 | 专业能力 | 相关知识点的学习                     |          |          |          | 50 |    |
|    |          |      | 能分析输出轴的结构工艺性                 |          |          |          |    |    |
|    |          |      | 能拟定输出轴加工方法及顺序                |          |          |          |    |    |
| 2  | 过程<br>考核 | 方法能力 | 信息搜集、自主学习、分析解决问题、归纳总结及创新能力   |          |          |          | 10 |    |
| 3  |          | 社会能力 | 团队协作、沟通协调、语言表达能力及安全文明、质量保障意识 |          |          |          | 10 |    |
| 4  | 常规<br>考核 | 自学笔记 |                              |          |          |          | 10 |    |
| 5  |          | 课堂纪律 |                              |          |          |          | 10 |    |
| 6  |          | 回答问题 |                              |          |          |          | 10 |    |

【知识链接】

1.1.5 分析轴类零件的结构工艺性

1. 轴类零件的功用与结构特点

轴类零件是机器中的主要零件之一，它的主要功能是支承传动件(齿轮、带轮、离合器等)和传递转矩。从轴类零件的结构特征来看，它们都是长度  $L$  大于直径  $d$  的旋转体零件，若  $L/d \leq 12$ ，通常称为刚性轴，而  $L/d > 12$  则称为挠性轴，其加工表面主要有内外圆柱面、

内外圆锥面、螺纹、花键、沟槽等。

## 2. 轴类零件的技术要求

(1) 尺寸精度。轴类零件的支承轴颈一般与轴承配合,是轴类零件的主要表面,它影响轴的旋转精度与工作状态。通常对其尺寸精度要求较高,为 IT5~IT7,装配传动件的轴颈尺寸精度要求可低一些,为 IT6~IT9。

(2) 形状精度。轴类零件的形状精度主要是指支承轴颈的圆度、圆柱度,一般应将其限制在尺寸公差范围内,对精度要求高的轴,应在图样上标注其形状公差。

(3) 位置精度。保证配合轴颈(装配传动件的轴颈)相对支承轴颈(装配轴承的轴颈)的同轴度或跳动量,是轴类零件位置精度的普遍要求,它会影响传动件(齿轮等)的传动精度。普通精度轴的配合轴颈对支承轴颈的径向圆跳动一般规定为 0.01~0.03 mm,高精度轴为 0.001~0.005 mm。

(4) 表面粗糙度。一般与传动件相配合的轴颈的表面粗糙度 Ra 值为 2.5~0.63  $\mu\text{m}$ ,与轴承相配合的支承轴颈的表面粗糙度 Ra 值为 0.63~0.16  $\mu\text{m}$ 。

## 1.1.6 轴类零件的材料、毛坯及热处理

### 1. 轴类零件的材料

轴类零件应根据不同工作条件和使用要求选用不同的材料和不同的热处理,以获得一定的强度、韧性和耐磨性。

45# 钢是一般轴类零件常用的材料,经过调质可得到较好的切削性能,而且能获得较高的强度和韧性等综合力学性能,重要表面经局部淬火后再回火,表面硬度可达 45~52HRC。40Cr 等合金结构钢适用于中等精度而转速较高的轴,这类钢经调质和表面淬火处理后,具有较高的综合力学性能。轴承钢 GCr15 和弹簧钢 65Mn 可制造较高精度的轴,这两类钢经调质和表面高频感应加热淬火后再回火,表面硬度可达 50~58HRC,并具有较高的耐疲劳性。对于在高转速、重载荷等条件下工作的轴,可选用 20CrMoTi、20Mn2B 等低碳合金钢或 38CrMoAl 中碳合金渗氮钢,低碳合金钢经正火和渗碳淬火处理后可获得很高的表面硬度和较软的芯部,因此耐冲击、韧性好,但缺点是热处理变形较大;而对于渗氮钢,由于渗氮温度比淬火低,经调质和表面渗氮后,变形很小而硬度却很高,具有很好的耐磨性和耐疲劳强度。

### 2. 轴类零件的毛坯

轴类零件最常用的毛坯是圆棒料和锻件,只有某些大型或结构复杂的轴(如曲轴),在质量允许时才采用铸件。由于毛坯经过加热锻造后,能使金属内部纤维组织沿表面均匀分布,可获得较高的抗拉、抗弯及抗扭,所以除光轴、直径相差不大的阶梯轴可使用热轧棒料或冷拉棒料外,一般比较重要的轴大都采用锻件,这样既可改变力学性能,又能节约材料、减少机械加工量。

根据生产规模的大小,毛坯的锻造方式有自由锻和模锻两种。自由锻设备简单,容易投产,但所锻毛坯精度较差,加工余量大且不易锻造形状复杂的毛坯,所以多用于中小批量生产;模锻的毛坯制造精度高、加工余量小、生产率高,可以锻造形状复杂的毛坯,但

模锻需昂贵的设备和专用锻模，所以只适用于大批量生产。

另外，对于一些大型轴类零件，例如低速船用柴油机曲轴，还可采用组合毛坯，即将轴预先分成几段毛坯，经各自锻造加工后，再采用组套等过盈连接方法拼装成整体毛坯。

3. 轴类零件的热处理

轴的质量除与所选钢材种类有关外，还与热处理有关。轴的锻造毛坯在机械加工之前，均需进行正火或退火处理(碳的质量分数大于 0.7%的碳钢和合金钢)，使钢材的晶粒细化(或球化)，以消除锻造后的残余应力，降低毛坯硬度，改善切削加工性能。

凡要求局部表面淬火以提高耐磨性的轴，需在淬火前安排调质处理(有的采用正火)。当毛坯加工余量较大时，调质放在粗车之后、半精车之前，使粗加工产生的残余应力能在调质时消除；当毛坯余量较小时，调质可安排在粗车之前进行。表面淬火一般放在精加工之前，可保证淬火引起的局部变形在精加工中得到纠正。

对于精度要求较高的轴，在局部淬火和粗磨之后，还需安排低温时效处理，以消除淬火及磨削中产生的残余应力和残余奥氏体，控制尺寸稳定；对于整体淬火的精密主轴，在淬火粗磨后，要经过较长时间的低温时效处理；对于精度更高的主轴，在淬火之后，还要进行定性处理，定性处理一般采用冰冷处理方法，以进一步消除加工应力，保持主轴精度。

1.1.7 轴类零件表面加工方法的选择

轴类零件表面加工方法与加工的经济精度和经济表面粗糙度等因素有关，选择加工方法时常常根据经验或查表来确定，再根据实际情况或通过工艺试验进行修改。

各种加工方法所能达到的经济精度和经济表面粗糙度等级，以及各种典型表面的加工方法均已制成表格，在各种机械加工的手册中都能查到。表 1.3 摘录了外圆表面的加工方法及其经济精度和经济表面粗糙度，供选用时参考。

表 1.3 外圆柱面加工方法

| 序号 | 加工方法                   | 经济精度<br>(IT) | 经济表面粗糙度<br>Ra/μm | 适用范围                       |
|----|------------------------|--------------|------------------|----------------------------|
| 1  | 粗车                     | IT11~IT13    | 12.5~50          | 适用于淬火钢以外的各种金属              |
| 2  | 粗车→半精车                 | IT8~IT10     | 3.2~6.3          |                            |
| 3  | 粗车→半精车→精车              | IT7~IT8      | 0.8~1.6          |                            |
| 4  | 粗车→半精车→精车→滚压(或抛光)      | IT7~IT8      | 0.025~0.2        |                            |
| 5  | 粗车→半精车→磨削              | IT7~IT8      | 0.4~0.8          | 主要用于淬火钢，也可用于未淬火钢，但不宜加工有色金属 |
| 6  | 粗车→半精车→粗磨→精磨           | IT6~IT7      | 0.1~0.4          |                            |
| 7  | 粗车→半精车→粗磨→精磨→超精加工      | IT5          | 0.012~0.1        |                            |
| 8  | 粗车→半精车→精车→精细车(金刚车)     | IT6~IT7      | 0.025~0.4        | 主要用于要求较高的有色金属加工            |
| 9  | 粗车→半精车→粗磨→精磨→超精磨(或镜面磨) | IT5 以上       | <0.05            | 极高精度的外圆加工                  |
| 10 | 粗车→半精车→粗磨→精磨→研磨        | IT5 以上       | <0.1             |                            |

还需指出，经济精度的数值不是一成不变的，随着科学技术的发展、工艺的改进和设备及工艺装备的更新，加工经济精度会逐步提高。

任务1.2 选用车刀

【任务描述】

根据输出轴的加工要求，正确选用车刀的种类及材料。

【知识目标】

- (1) 掌握车削运动、车削用量、切削层参数的基本概念。
- (2) 掌握车刀的种类及用途。
- (3) 掌握车刀常用材料的类型及用途。

【能力目标】

能正确选用车刀的种类及材料。

【教学组织方法】

教学组织方法见表 1.4。

表 1.4 任务 1.2 教学组织方法

|       |                                                                                                 |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 资 讯   | 1. 知识准备：见“知识链接”；<br>2. 教学参考书：《金属切削原理与刀具》、《金属加工实训》、《切削加工技术实训教程》；<br>3. 讲解知识要点、现场操作、观看视频、参观工厂     |
| 计划与决策 | 1. 分组讨论，明确任务要求；<br>2. 编写任务实施计划和实施方案；<br>3. 讨论、分析实施计划的可行性(教师参与)，确定可行的实施计划和方案；<br>4. 按计划分配任务到每一个人 |
| 实施与检查 | 分组，按实施方案及计划步骤进行车刀选用及刃磨(教师指导)                                                                    |
| 评 估   | 1. 正确标注车削运动、车削用量、切削层参数；<br>2. 正确选用车刀的种类及用途；<br>3. 正确选用车刀材料                                      |

【教学过程】

1.2.1 资讯

- (1) 明确任务要求：此输出轴长径比约为 7，刚性一般，材料是 45# 钢，中批量生产，

90°阶梯轴, 根据以上条件, 正确选用车刀。

(2) 知识准备: 车刀的种类及用途; 车刀材料。

(3) 教学参考书: 《金属切削原理与刀具》、《金属加工实训》、《切削加工技术实训教程》。

(4) 讲解知识要点、现场操作、观看视频、参观工厂。

## 1.2.2 计划与决策

### 1. 计划

(1) 学生分组讨论, 明确任务要求。

(2) 每组制订选用车刀的多种实施方案。

### 2. 决策

确定一种车刀选用及刃磨的实施方案: 选用加工设备→选用车刀。

## 1.2.3 任务实施

### 1. 选用加工设备

根据输出轴的加工要求, 正确选择加工设备: 根据输出轴的最大直径为 $\phi 50$ , 再根据车床的加工范围及结构特点, 选择 CA6140 车床。

### 2. 选用车刀

此输出轴材料为 45# 钢,  $L/d$  比值约为 11.75, 90° 的阶梯轴, 两段  $\phi 32_{+0.034}^{+0.05}$  (IT6, Ra 0.8  $\mu\text{m}$ ) 和  $\phi 50_{-0.05}^{-0.025}$  (IT7, Ra 1.6  $\mu\text{m}$ ) 外圆均采用粗车→半精车→磨削的加工方法, 其余表面尺寸精度为自由公差, Ra 为 6.3  $\mu\text{m}$ , 采用粗车→半精车达到加工要求。根据以上分析和查阅《切削加工技术实训教程》中刀具的种类、材料及用途的相关知识, 车刀的具体选择如下:

(1) 两处  $\phi 32_{+0.034}^{+0.05}$  和  $\phi 50_{-0.05}^{-0.025}$  外圆柱表面。

粗车选用: 车刀类型(90° 外圆车刀、焊接式); 刀片材料(YT5)、刀片型号(A116); 刀杆材料(45# 钢), 刀杆截面形状选为矩形, 断面  $B \times H$  中,  $B$  为 16 mm,  $H$  为 25 mm, 长度为 150 mm。

半精车选用: 车刀类型(90° 外圆车刀、焊接式); 刀片材料(YT15)、刀片型号(A116); 刀杆的结构和材料与粗车刀相同。

(2)  $\phi 25$ 、 $\phi 20$  外圆表面。

采用粗车和半精车的加工方法。刀具选用与加工外圆柱表面时相同。

(3) M20 外螺纹面。

采用粗车和半精车的加工方法, 刀具选用如下:

螺纹车刀: 车刀类型(普通螺纹车刀、整体式); 刀具材料(高速钢 W6Mo5Cr4V2)。

(4)  $6 \times \phi 16$  退刀槽。

切槽刀: 车刀类型(切槽刀、整体式); 刀具材料(高速钢 W6Mo5Cr4V2)。