高等学校教材

过程装备制造技术

朱振华　邵泽波　主编

化学工业出版社

高等学校教材

过程装备制造技术

朱振华　邵泽波　主编
曹国华　审

化学工业出版社
·北京·

本书共分绪论、过程机器制造和过程设备制造三部分，第1～第4章介绍了过程机器制造部分，内容包括机械加工质量、机械加工工艺规程、典型零件的加工和过程机器的装配工艺。第5～第8章介绍了过程设备制造部分，内容包括过程设备零件的主要制造工序、过程设备的焊接、典型过程设备的制造工艺和过程设备的质量检验。

本书结合过程装备的特点全面系统地介绍了过程机器和过程设备制造中的基本问题和技术，可作为高等院校过程装备与控制工程及相关专业的教材，也可供有关工程技术人员学习参考。

图书在版编目（CIP）数据

过程装备制造技术/朱振华，邵泽波主编．—北京：化学工业出版社，2011.8

高等学校教材

ISBN 978-7-122-11770-0

Ⅰ．过…　Ⅱ．①朱…②邵…　Ⅲ．化工过程-化工设备-机械制造工艺-高等学校-教材　Ⅳ．TQ051.06

中国版本图书馆CIP数据核字（2011）第133423号

责任编辑：金玉连　程树珍

责任校对：边　涛　　装帧设计：杨　北

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街13号　邮政编码100011）

印　　装：三河市延风印装厂

787mm×1092mm　1/16　印张17½　字数457千字　2011年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686）　售后服务：010-64518899

网　　址：http：//www.cip.com.cn

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定　　价：38.00元

安徽理工大学 藏書 图書馆

版权所有　违者必究

前　言

“过程装备制造技术”是过程装备与控制工程专业一门非常重要的专业课程，通过学习该门课程，要求学生掌握“过程装备制造技术”的基本知识和基本理论，为其他专业课的学习和进行毕业设计打下基础，也为学生毕业后从事过程装备的制造和维护等工作打下坚实的基础。

过程装备是过程机器和过程设备的统称。过程机器主要指过程装备中的动设备，如泵、压缩机、分离机等；过程设备主要指过程装备中的静设备，如塔设备、反应釜、换热器、各种储罐等。过程装备的制造包括过程机器的制造和过程设备的制造。由于很多过程机器是过程装置中的关键设备，它们的结构非常复杂，制造工艺和要求也非常高，因此，过程机器的制造比一般机械的制造要求更加严格。很多过程设备都属于压力容器，它们的工作条件非常严酷，比如高温、高压、极低温等；它们处理的介质很多都是易燃、易爆、具有强腐蚀性的介质，这就对过程设备的制造提出了更高的要求。

过程装备的制造涉及一系列紧密结合的课程体系。“工程材料”课程主要介绍金属材料的基础知识和过程装备设计、制造时的材料选用；“金属工艺学”课程主要介绍机械零件毛坯的制造方法和为进一步提高零件精度和质量而进行的切削加工方法和装备。本教材内容主要包括机械加工质量，机械加工工艺规程，典型零件的制造、装配工艺、过程设备制造的主要工序，过程设备的焊接，典型过程设备的制造和过程设备的质量检验等内容，是金属工艺学课程的延续和深化，与前面两门课程形成完整而严密的课程内容体系。

“过程装备制造技术”是一门实践性很强的课程，须有相应的实践性教学环节与之配合。学习本课程前，学生须经“金工实习”环节的培训，学习本课程前后，学生要到过程装备制造厂进行生产实习。

本书由朱振华、邵泽波主编，长春理工大学曹国华教授主审。朱振华负责全书的统稿工作。其中绪论、第1章、第2章由朱振华编写、第3章由时黎霞编写，第4章由孟宪宇编写，第5章由尚春民编写，第6章由黄根哲编写，第7章、第8章由邵泽波编写。在本书编写过程中，刘昊、袁军、于建辉等同学在本书制图、校对等方面付出了辛勤劳动，在此一并表示衷心的感谢。

限于编者的水平，书中错误或不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编　者

2011.5

目　　录

0　绪论 …… 1
0.1　过程装备制造的内涵 …… 1
0.2　过程机器的制造 …… 1
0.2.1　毛坯制造 …… 1
0.2.2　机械加工 …… 2
0.2.3　装配与调试 …… 2
0.3　过程设备的制造 …… 2
0.3.1　压力容器分类 …… 2
0.3.2　过程设备的制造过程及特点 …… 3
习题 …… 5
1　机械加工质量 …… 6
1.1　机械加工精度 …… 6
1.1.1　机械加工精度的概念 …… 6
1.1.2　获得规定加工精度的方法 …… 6
1.1.3　影响机械加工精度的因素 …… 8
1.2　机械加工表面质量 …… 26
1.2.1　机械加工表面质量的概念 …… 26
1.2.2　机械加工表面质量对零件使用性能的影响 …… 27
1.2.3　影响机械加工表面质量的因素 …… 28
1.3　提高机械加工质量的途径与方法 …… 32
1.3.1　提高机械加工精度的途径 …… 32
1.3.2　提高机械加工表面质量的方法 …… 33
习题 …… 36
2　机械加工工艺规程 …… 37
2.1　机械加工工艺过程 …… 37
2.1.1　机械加工工艺过程的组成 …… 37
2.1.2　生产纲领及生产类型 …… 38
2.2　机械加工工艺规程 …… 40
2.2.1　机械加工工艺规程的作用 …… 40
2.2.2　制订机械加工工艺规程的原则 …… 40
2.2.3　机械加工工艺规程的格式 …… 41
2.2.4　制订机械加工工艺规程所需的原始资料 …… 43
2.2.5　制订机械加工工艺规程的步骤 …… 43
2.3　零件的工艺分析 …… 43

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

2.3.1 分析部件装配图，审查零件图…… 43
2.3.2 零件的技术要求分析…… 43
2.3.3 零件的结构工艺性分析…… 44
2.4 毛坯的选择…… 46
2.4.1 毛坯的种类…… 46
2.4.2 毛坯的选择原则…… 47
2.5 加工工艺路线的拟订…… 47
2.5.1 工件的定位基准及其选择…… 47
2.5.2 工件的定位和夹紧…… 51
2.5.3 表面加工方法的选择…… 63
2.5.4 加工阶段的划分…… 64
2.5.5 工序集中和工序分散…… 65
2.5.6 加工顺序的安排…… 66
2.6 机床和工艺装备的选择…… 67
2.7 加工余量和工艺尺寸链…… 67
2.7.1 加工余量及其影响因素…… 67
2.7.2 工艺尺寸链…… 70
2.8 切削用量和时间定额的确定…… 78
2.8.1 粗加工切削用量的选择…… 78
2.8.2 精加工切削用量的选择…… 78
2.8.3 时间定额…… 79
习题 …… 79
3 典型零件的加工…… 81
3.1 轴类零件的加工…… 81
3.1.1 概述…… 81
3.1.2 离心机主轴的加工…… 82
3.2 轮盘类零件的加工…… 87
3.2.1 概述…… 87
3.2.2 活塞式压缩机活塞的加工…… 88
3.3 杠杆类零件的加工…… 91
3.3.1 概述…… 91
3.3.2 往复式压缩机连杆的加工…… 91
3.4 箱体类零件的加工 …… 100
3.4.1 概述 …… 100
3.4.2 L 型活塞式压缩机机身的加工 …… 101
习题…… 106
4 过程机器的装配工艺 …… 107
4.1 装配和装配精度 …… 107
4.1.1 装配的概念 …… 107
4.1.2 装配工作的基本内容 …… 107

4.1.3 装配精度与零件精度的关系 …… 108
4.2 装配尺寸链 …… 109
4.2.1 装配尺寸链的概念 …… 109
4.2.2 装配尺寸链的建立 …… 110
4.2.3 装配尺寸链的计算 …… 112
4.3 装配方法及选择 …… 116
4.3.1 完全互换装配法 …… 116
4.3.2 部分互换装配法 …… 117
4.3.3 选择装配法 …… 118
4.3.4 修配装配法 …… 120
4.3.5 调整装配法 …… 124
4.4 装配工艺规程的编制 …… 125
4.4.1 概述 …… 125
4.4.2 装配工艺规程的编制方法和步骤 …… 125
习题 …… 128
5 过程设备零件的主要制造工序 …… 129
5.1 原材料的准备 …… 129
5.1.1 原材料的验收和管理 …… 129
5.1.2 钢材的净化 …… 129
5.1.3 钢材的矫形 …… 132
5.2 划线 …… 136
5.2.1 零件的展开计算 …… 136
5.2.2 号料 …… 140
5.2.3 标记和标记移植 …… 143
5.3 切割及边缘加工 …… 143
5.3.1 机械切割 …… 143
5.3.2 氧气切割 …… 144
5.3.3 等离子切割 …… 146
5.3.4 碳弧气刨 …… 148
5.3.5 边缘加工 …… 149
5.4 弯曲 …… 150
5.4.1 筒体的弯曲 …… 150
5.4.2 锥型封头的弯曲 …… 157
5.4.3 管子的弯曲 …… 158
5.5 成形 …… 163
5.5.1 封头的成形 …… 163
5.5.2 膨胀节的成形 …… 174
习题 …… 174
6 过程设备的焊接 …… 175
6.1 焊接工艺基础 …… 175

6.1.1 焊接的冶金过程 …… 175
6.1.2 焊接接头 …… 180
6.1.3 焊接应力与变形 …… 185
6.1.4 焊接缺陷及检验 …… 191
6.2 过程设备常用焊接方法 …… 196
6.2.1 焊条电弧焊 …… 196
6.2.2 埋弧自动焊 …… 200
6.2.3 气体保护焊 …… 205
6.2.4 电渣焊 …… 212
6.3 过程设备常用钢材的焊接 …… 214
6.3.1 金属材料的焊接性 …… 214
6.3.2 碳素钢的焊接 …… 216
6.3.3 低合金钢的焊接 …… 218
6.3.4 不锈钢及高合金耐热钢的焊接 …… 222
6.3.5 有色金属及合金的焊接 …… 225
6.3.6 异种钢的焊接 …… 227
6.4 焊后热处理 …… 229
6.4.1 压力容器进行焊后热处理的条件 …… 229
6.4.2 焊后热处理方法 …… 230
6.4.3 焊后热处理工艺和规范 …… 231
习题 …… 232
7 典型过程设备的制造工艺 …… 233
7.1 压力容器的组对 …… 233
7.1.1 组对技术要求 …… 233
7.1.2 组对工艺装备 …… 234
7.2 列管式换热器的制造 …… 236
7.2.1 列管式换热器的制造过程 …… 236
7.2.2 管子在管板上的固定方式 …… 238
7.2.3 机械化穿管简介 …… 243
7.3 高压容器制造 …… 244
7.3.1 高压容器制造综述 …… 244
7.3.2 热套式高压容器制造 …… 247
习题 …… 253
8 过程设备的质量检验 …… 254
8.1 质量检验的目的、内容及方法 …… 254
8.1.1 质量检验的目的 …… 254
8.1.2 质量检验的内容和方法 …… 254
8.2 无损检测 …… 255
8.2.1 无损检测的概念和种类 …… 255
8.2.2 常用的无损检测方法简介 …… 256

8.2.3 无损检测的对比和选用 …… 261
8.2.4 无损检测的反馈 …… 268
8.3 过程设备的试压及密封性检查 …… 268
8.3.1 液压试验 …… 268
8.3.2 气压试验 …… 269
8.3.3 煤油试验 …… 270
习题 …… 271
参考文献 …… 272

0 绪　　论

0.1　过程装备制造的内涵

过程工业是加工制造流程性材料产品的现代国民经济的支柱产业之一，所谓流程性材料是指以流体形态为主的材料，气体、液体和粉体，是典型的三类流程性材料。过程工业涵盖了诸如化工、石化、石油、能源、轻工、环保、医药、食品、冶金、机械等许多工业门类和行业部门，几乎包含了国民经济中的所有重要领域。

据统计，美国财富的68%来自制造业，2000年我国财政收入的三分之一来自制造业。在整个制造业中，过程工业的产值与增值税均在50%左右，占我国GDP的16%左右。

过程装备是指过程工业中所使用的装备。从过程装备制造角度可将过程装备大致分为两大类：以机械加工为主要制造手段的过程机器部分，如泵、压缩机、离心机等；以焊接为主要制造手段的过程设备部分，如换热器、塔器、反应设备、储存容器及锅炉等；过程设备与过程机器统称为过程装备。过程装备制造就是指过程机器和过程设备这两类装备的制造。

0.2　过程机器的制造

过程机器的制造与一般机械（如汽车、拖拉机、车床等）的制造过程基本相同。任何机械都是由机械零件装配组合而成的，一般情况下，机械零件的制造过程都是先将原材料经过铸造、锻造、冲压、焊接等方法制成毛坯，再由毛坯经机械加工制成。在毛坯制造和机械加工的过程中，为便于切削和保证零件的力学性能，还需在某些工序之间对零件进行热处理。因此，一般的机械生产过程可简要归纳为：毛坯制造——机械加工——装配和调试。

0.2.1　毛坯制造

常用的毛坯制造的方法主要有以下几种。

① 铸造　铸造是将金属融化后浇注到具有一定形状和尺寸的铸型中，冷却凝固后得到所需毛坯的方法。用这种方法得到毛坯称为铸件。

② 锻造　锻造是将坯料加热后，在锻压设备及工（模）具的作用下，使金属产生塑性变形，从而得到具有一定形状和尺寸的毛坯的方法。用这种方法得到的毛坯称为锻件。

③ 冲压　冲压是在压力机上利用冲模对板料施加压力，使板料产生分离或变形，从而获得一定形状、尺寸的产品的方法。通过这种方法得到的毛坯称为冲压件。冲压件具有足够的精度和表面质量，只需进行很小的机械加工或不用进行机械加工就可以直接使用。

④ 焊接　通过加热或加压，使分离的两部分金属在原子或分子间建立联系而实现结合的加工方法。

用以上毛坯制造方法得到的毛坯，其外形与零件相近，但毛坯的尺寸与零件的尺寸有一定的差值，这个差值称为毛坯的加工余量。

0.2.2 机械加工

机械加工的目的是使零件达到精确的尺寸和光洁的表面，为此，应将毛坯上的加工余量经机械加工切削掉。

常用的机械加工方法主要有以下几种：车削、铣削、刨削、磨削、钻削和镗削等。一般毛坯要经过若干道机械加工工序才能成为合格的成品零件。

0.2.3 装配与调试

加工完毕并检验合格的各个零件，按照整台机器的技术要求，用钳工或钳工与机械相结合的方法，按一定的顺序组合连接、固定起来，就成为整台机器，这一过程为装配。装配好的机器再经过调试和试运转，合格以后，整台机器的制造才算完成。

过程机器制造过程中毛坯的制造方法以及机械加工过程中各种具体的切削加工方法（如车削、铣削、刨削、磨削、钻削和镗削等）在金属工艺学课程中已经介绍。因此本书主要介绍过程机器制造过程中涉及的内容，包括机械加工质量、机械加工工艺规程、典型零件的加工、装配工艺四部分。

0.3 过程设备的制造

过程设备主要指过程工业中使用的静设备。绝大多数的过程设备都属于压力容器。因此首先介绍压力容器的分类。

0.3.1 压力容器分类

（1）按压力等级分类

按承压方式分类，压力容器可分为内压容器与外压容器。

内压容器又可按设计压力的大小分为四个压力等级。

① 低压（代号 L）容器　$0.1\text{MPa} \leqslant p < 1.6\text{MPa}$；

② 中压（代号 M）容器　$1.6\text{MPa} \leqslant p < 10.0\text{MPa}$；

③ 高压（代号 H）容器　$10\text{MPa} \leqslant p < 100\text{MPa}$；

④ 超高压（代号 U）容器　$p \geqslant 100\text{MPa}$。

外压容器中，当容器的内压力小于一个绝对大气压（约 0.1MPa）时又称为真空容器。

（2）按容器在生产中的作用分类

根据压力容器在生产工艺过程中的作用，可分为反应压力容器、换热压力容器、分离压力容器、储存压力容器四种。

① 反应压力容器（代号 R）　主要是用于完成介质的物理、化学反应的压力容器。如反应器、反应釜、聚合釜、高压釜、合成塔、煤气发生炉等。

② 换热压力容器（代号 E）　主要是用于完成介质的热量交换。如管壳式余热锅炉、热交换器、冷却器、冷凝器、蒸发器、加热器等。

③ 分离压力容器（代号 S）　主要是用于完成介质的流体压力平衡缓冲和气体净化分离的压力容器。如分离器、过滤器、集油器、缓冲器、干燥塔等。

④ 储存压力容器（代号 C，其中球罐代号 B）　主要是用于储存、盛装气体、液体、液化气体等介质的压力容器。如液氨储罐、液化石油气储罐等。

（3）按安装方式分类

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

根据安装方式可分为固定式压力容器和移动式压力容器。

① 固定式压力容器　有固定安装和使用地点，工艺条件和操作人员也较固定的压力容器。如生产车间内的卧式储罐、球罐、塔器、反应釜等。

② 移动式压力容器　移动式压力容器也称为经常搬运的压力容器，诸如汽车槽车、铁路槽车、槽船等。

(4) 按安全技术管理分类

《压力容器安全技术监察规程》采用既考虑容器压力与容积乘积大小，又考虑介质危害程度以及容器品种的综合分类方法对压力容器进行分类。该方法将压力容器分为三类。

① 第三类压力容器　具有下列情况之一的，为第三类压力容器。

ⅰ. 高压容器；

ⅱ. 中压容器（仅限毒性程度为极度和高度危害介质）；

ⅲ. 中压储存容器（仅限易燃或毒性程度为中度危害介质，且 pv 乘积大于等于 10 MPa·m³）；

ⅳ. 中压反应容器（仅限易燃或毒性程度为中度危害介质，且 pv 乘积大于等于 0.5 MPa·m³）；

ⅴ. 低压容器（仅限毒性程度为极度和高度危害介质，且 pv 乘积大于等于 0.2 MPa·m³）；

ⅵ. 高压、中压管壳式余热锅炉；

ⅶ. 中压搪玻璃压力容器；

ⅷ. 使用强度级别较高（指相应标准中抗拉强度规定值下限大于等于 540MPa）的材料制造的压力容器；

ⅸ. 移动式压力容器，包括铁路罐车（介质为液化气体、低温液体）、罐式汽车［液化气体运输（半挂）车、低温液体运输（半挂）车、永久气体运输（半挂）车］和罐式集装箱（介质为液化气体、低温液体）等；

ⅹ. 球形储罐（容积大于等于 50m³）；

ⅺ. 低温液体储存容器（容积大于 5m³）。

② 第二类压力容器　具有下列情况之一的，为第二类压力容器。

ⅰ. 中压容器；

ⅱ. 低压容器（仅限毒性程度为极度和高度危害介质）；

ⅲ. 低压反应容器和低压储存容器（仅限易燃介质或毒性程度为中度危害介质）；

ⅳ. 低压管壳式余热锅炉；

ⅴ. 低压搪玻璃压力容器。

③ 第一类压力容器　除上述规定以外的低压容器为第一类压力容器。

不同类别的压力容器在材料选用、制造要求和检验检测等方面都有较大的差别。压力容器的级别越高，相应的要求就越严格。

0.3.2　过程设备的制造过程及特点

(1) 过程设备的制造过程

过程设备大都由一个压力容器和内件组成，压力容器又都由筒体、封头、法兰、接管、支座等零件组成。压力容器和不同内件组合形成不同类型的过程设备，如换热器由一个压力容器外壳和管板、管束、折流板等内件组成；板式塔由一个压力容器外壳和塔板、浮阀、液体分布器、降液管等内件组成。过程设备的制造主要包括压力容器外壳和各种内件的制造。过程设备很多内件的制造过程跟一般机械零件的制造过程基本相同，例如换热器的管板由锻

造毛坯经机械加工制成，折流板由冲压毛坯经机械加工制成。因此在过程设备的制造中，压力容器（即承压壳体）的制造是核心问题。

图 0-1 所示的卧式储罐为一个典型的压力容器。压力容器的基本的制造工艺流程大致为：选择材料→复检材料→净化处理→矫形→划线（包括零件的展开计算、留余量、排料）→切割→成形（包括筒节的卷制、封头的加工成形、管子的弯曲等）→组对安装→焊接→热处理→检验（无损检测、耐压实验等）。

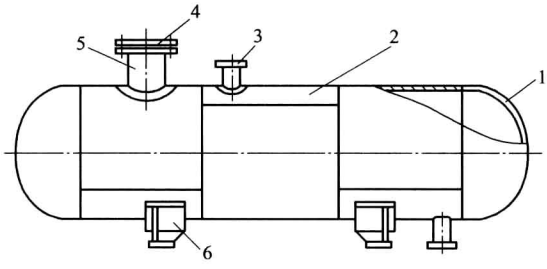

图 0-1　卧式储罐

1—封头；2—筒体；3—接管；4—人孔盖；5—人孔

上述制造工艺流程可用图 0-2 表示。

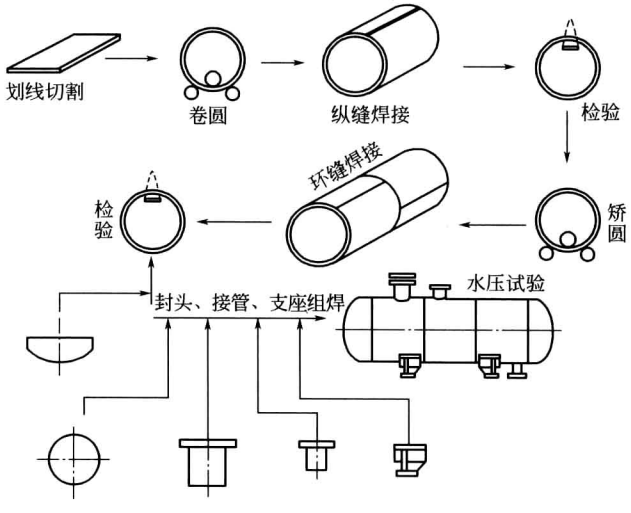

图 0-2　卧式储罐制造工艺流程图

（2）过程设备制造的特点

各种钢制过程设备的制造工艺主要有以下特点。

ⅰ. 制造过程的主要工序顺序基本上是固定的。例如，对每一个容器，从钢板的划线、切割、坡口加工、成形、组对焊接、总装到试压等各工序的顺序基本上是固定的，各道工序的检验一般放在该工序之后。而且各种设备制造中，相同工序的基本原理，所用工艺装备和操作也都相同。

ⅱ. 过程设备制造大都属于单件和小批生产性质。当前对零件制造的几何尺寸和形状精度虽无类似机器零件的公差配合标准，但对一些典型设备，在国家和部颁标准中，对其主要的组装精度和其他质量要求都做了规定，并以技术条件的形式标注于施工图中。这些规定是以保证设备运行的安全性、过程工艺要求以及考虑到制造的可能性等条件提出来的。因此，

不论设计者或制造者都应熟悉并遵守这些标准。

此外，在标准中所规定的一些技术条件，往往是对零件制造和装配误差的综合限制。例如筒体环缝的对口错边量，不但与组对时两边缘的对合准确度有关，而且在很大程度上取决于两筒节对口的直径误差和椭圆度。而筒节直径误差又与划线尺寸的准确度、卷圆工序中钢板伸长量的大小、纵焊缝组对间隙及其收缩量等因素有关。因此为了限制对口错边量，就必须限制各工序的误差。了解和掌握设备制造的整个过程，不但利于设计出合理的结构，而且对提出恰当的制造技术要求也是十分重要的。

过程设备制造部分主要介绍过程设备零件的主要制造工序、过程设备的焊接、典型过程设备制造工艺和过程设备制造检验等内容。

习　题

0-1　过程装备主要包括哪些典型的设备和机器？

0-2　压力容器有几种分类方法，具体是如何划分的？

0-3　简述过程机器的制造过程？

0-4　简述压力容器的制造过程？

0-5　过程设备的制造有哪些特点？

1 机械加工质量

保证机械产品的质量是一个企业得以生存和发展的关键。产品的制造质量包括零件的制造质量和产品的装配质量两个方面。零件的制造质量将直接影响产品的性能、效率、寿命及可靠性等质量指标，它是保证产品制造质量的基础。产品的装配质量将在第 3 章讨论。

机械加工质量指标包括两方面的参数：一方面是宏观几何参数，指机械加工精度；另一方面是微观几何参数和表面物理-力学性能等方面的参数，指机械加工表面质量。

1.1 机械加工精度

1.1.1 机械加工精度的概念

机械加工精度是指零件加工后的实际几何参数（尺寸大小、几何形状、表面间的相互位置）与图纸规定的理想几何参数的符合程度。零件的理想几何参数对表面几何形状而言主要指绝对正确的圆柱面、平面和锥面等；对表面之间的相互位置而言主要为绝对的平行、垂直和同轴等；对尺寸而言为零件的公称尺寸。公称尺寸是指由设计计算所决定，并经圆整后的尺寸。由于机械加工中的种种原因，不可能把零件做得绝对符合理想值，总会产生偏差，这种偏差即加工误差。实际生产加工中加工精度的高低用加工误差的大小来表示。生产实践证明，采用同一种加工方法，公称尺寸越大，产生的加工误差就越大，加工精度越低。反之，公称尺寸越小，产生的加工误差就越小，加工精度越高。

1.1.2 获得规定加工精度的方法

机械加工是为了使工件获得规定的尺寸精度、形状精度、位置精度及表面质量要求。机械加工中获得这些精度的主要方法有以下几种。

（1）获得尺寸精度的方法

① 试切法　该法是通过试切——测量——调整刀具——再试切的反复过程来获得尺寸精度。

试切法生产效率低，加工精度取决于工人的技术水平，但能获得较高的尺寸精度，且不需复杂的装置。主要用于单件小批生产。

例如图 1-1 所示的阶梯轴，要求车到 $\phi d_{-\delta d}^{0}$。加工时先试切一段，量其直径为 d_1，根据 d_1 与 d 的差值调整刀具的位置，再试切，再测量，如此反复，直到试切的尺寸合格为止。

② 调整法　加工前先按要求的尺寸调整好刀具相对于工件的位置，并在一批零件的加工过程中始终保持这个位置不变，以获得规定的加工尺寸。

调整法比试切法加工精度的保持性好，且具有较高的生产率，多用于六角车床、多刀半自动车床以及自动机床的加工。调整法对操作工人要求不高，但对调整工要求较高，在成批及大量生产中广泛应用。

如图 1-2 所示，六角刀架的纵向位置是用事先调整好位置的挡块配合机械机构来控制，以保证工件的轴向尺寸。

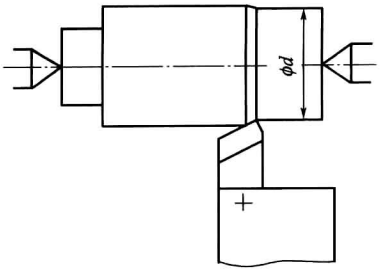

图 1-1　用试切法获得尺寸

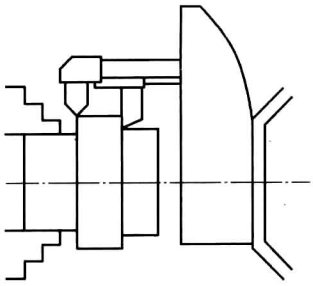

图 1-2　用调整法获得尺寸

③ 定尺寸刀具法　该法是用具有一定尺寸精度的刀具来保证工件的加工尺寸。如钻头、扩孔钻、铰刀、拉刀、槽铣刀等。这种方法具有较高的生产率，尺寸精度较稳定。加工精度主要取决于刀具的精度及刀具与工件的位置精度。

④ 自动控制法　该法是将测量装置、进给装置和控制系统组成一个自动加工系统。加工过程中由自动测量装置测量工件的加工尺寸，并与所要求的尺寸进行比较后发出信号，信号通过转换、放大后控制机床或刀具作相应调整，直到达到规定的加工尺寸要求。这种方法一般用在数控机床上，用来加工精度较高，形状复杂的零件，适应于单件、小批和中批生产。

(2) 获得表面形状精度的方法

在机械加工中，工件的表面形状主要依靠刀具与工件作相对的成形运动来获得。为了保证形状精度，必须首先保证成形运动本身和其相互关系的准确性。

工件在加工时获得形状精度的方式有以下三种。

① 轨迹法　这种加工方法是利用非成形刀具刀尖的运动轨迹来形成被加工表面的形状。普通的车削、铣削、刨削和磨削等均属于刀尖轨迹法。用这种方法得到的形状精度主要取决于成形运动的精度。例如图 1-3 用工件的回转和车刀按靠模所作的曲线运动来车削成形表面。

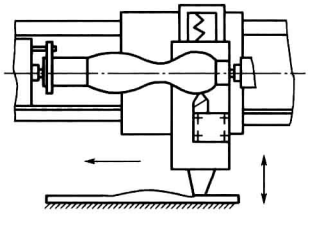

图 1-3　用轨迹法获得工件形状

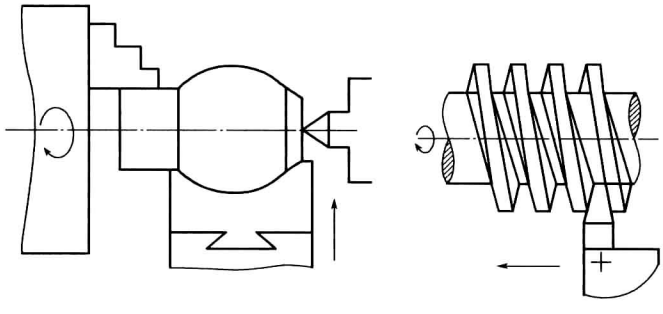

图 1-4　用成形法获得工件形状

② 成形法　成形法加工是利用成形刀具的几何形状来代替机床的某些成形运动而获得加工表面形状，如图 1-4 所示。成形法所获得的形状精度主要取决于成形刀具刀刃的形状精度和安装精度。

③ 展成法　该法利用刀具和工件作展成运动所形成的包络面来得到加工表面的形状，如滚齿、插齿、磨齿等均属展成法。这种方法所获得的形状精度主要取决于刀刃的形状精度和展成运动精度等。

(3) 获得位置精度的方法

获得位置精度的方法主要有三种：ⅰ按照工件加工过的表面进行找正的方法；ⅱ用夹具安装工件，工件的位置精度由夹具来保证；ⅲ划线法，根据工件上所划线来进行找正。

1.1.3 影响机械加工精度的因素

1.1.3.1 原始误差概述

机械加工时，刀具与工件之间在切削运动过程中的相对移动形成所需要的加工表面。如车削时，工件夹持在夹具上，随车床主轴作旋转运动；刀具装夹在刀架上，相对于工件作横向或纵向移动。因此，在机械加工过程中，由机床、刀具、夹具和工件等组成的一个完整的系统，称为机械加工工艺系统。工艺系统中各方面的误差都可能造成工件的加工误差。通常，将工艺系统的误差称为原始误差。

原始误差的存在，使工艺系统各组成部分之间的位置关系或速度关系偏离了理想状态，致使加工后的零件产生了加工误差。

加工时，由于需要对工件进行定位和夹紧而产生工件装夹误差。

由于加工前必须对机床、刀具和夹具进行调整，而产生了调整误差。

工艺系统在加工过程中受到切削力、切削热和摩擦而产生的受力变形、受热变形和磨损，都会造成加工误差，这类在加工过程中产生的原始误差称为工艺系统的动误差，而把在加工前就已经存在的机床、刀具、夹具本身的制造误差称为工艺系统的几何误差，或工艺系统的静误差。

在加工完毕，对工件进行测量时，由于测量方法和量具本身的误差而产生度量误差。有时由于采用了近似的成形方法进行加工，还会产生加工原理误差。

此外，工件在毛坯制造、切削加工和热处理时，由于力和热的作用而产生的内应力，也会引起工件变形而产生加工误差。

综上所述，原始误差可归纳分类如下。

- 原始误差
  - 加工原理误差
  - 工件装夹误差
  - 工艺系统的静误差
    - 机床误差
    - 夹具误差
    - 刀具制造误差
  - 调整误差
  - 工艺系统的动误差
    - 工艺系统受力变形
    - 工艺系统受热变形
    - 刀具磨损
    - 工件内应力引起的变形
  - 测量误差

1.1.3.2 加工原理误差

加工原理误差是指由于采用了近似的加工运动或者近似的刀具廓形进行加工而产生的误差。

为了获得规定的加工表面，刀具和工件之间必须作相应的成形运动。如螺旋面和渐开线齿面的形成要求刀具与工件间分别完成准确的螺旋运动和渐开线展成运动。从理论上讲，应采用完全正确的刀刃形状并作相应的成形运动，以获得准确的零件表面。但是，这往往会使机床、夹具和刀具的结构变得复杂，造成制造上的困难；或者由于机构环节过多，增加运动中的误差，结果反而得不到高的精度。因此，在生产实际中常采用近似的加工原理来获得规

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com