



21世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

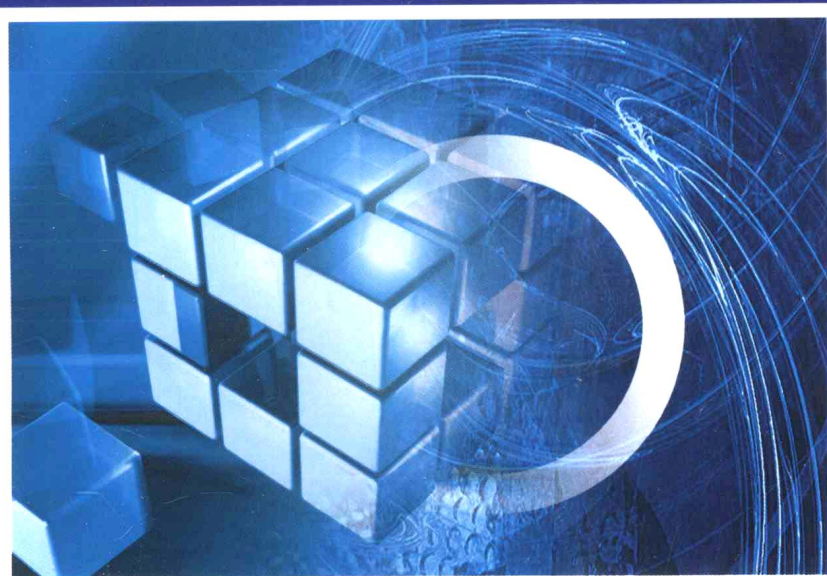
模具制造技术

muju zhizao jishu

「第2版」

■ 主 编 涂序斌

■ 副主编 罗晓明 潘桂根 王 强



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

模具制造技术

(第 2 版)

主 编 涂序斌

副主编 罗晓明 潘桂根 王 强

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是以模具制造技术及其工艺方法为主线,阐述了模具机械加工基础、模具基本表面的机械加工方法、模具电火花加工技术、模具成型表面的无屑加工技术、模具光整加工、模具典型零件的加工、模具的装配等。重点介绍了模具机械加工、模具基本表面的机械加工方法和模具典型零件的加工等。书中的模具典型零件加工实例基本上来源于工程中常用零件的实例。

本书适合高等院校机械制造类专业学生学习使用,同时也可作为模具制造工程技术人员的培训教材和参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

模具制造技术/涂序斌主编. —2版. —北京:北京理工大学出版社, 2009.8

ISBN 978-7-5640-1269-4

I. 模… II. 涂… III. 模具-制造-高等学校-教材 IV. TG76

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第123038号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/天津武清高村印装厂

开 本/710毫米×1000毫米 1/16

印 张/18.75

字 数/352千字

版 次/2009年8月第2版 2009年8月第4次印刷

印 数/10001~14000册

定 价/30.00元

责任校对/陈玉梅

责任印制/边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

21 世纪是科技全面创新和社会高速发展的时代,面临这个难得的机遇和挑战,本着“科教兴国”的基本战略,我国已着力对高等学校进行了教学改革。为顺应国家对于培养应用型人才的要求,满足社会对高校毕业生的技能需要,北京理工大学出版社特邀一批知名专家、学者进行了本系列规划教材的编写,以期能为广大读者提供良好的学习平台。

本系列规划教材面向机电类相关专业。作者在编写之际,广泛考察了各校应用型学生的学习实际,本着“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精炼、可操作”的编写风格,以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点,力求提高学生的实际运用能力,使学生更好地适应社会需求。

一、教材定位

- ✚ 以就业为导向,培养学生的实际运用能力,以达到学以致用为目的。
- ✚ 以科学性、实用性、通用性为原则,以使教材符合机电类课程体系设置。
- ✚ 以提高学生综合素质为基础,充分考虑对学生个人能力的提高。
- ✚ 以内容为核心,注重形式的灵活性,以便学生易于接受。

二、编写原则

- ✚ 定位明确。本系列教材所列案例均贴合工作实际,以满足广

大企业对于机电类专业应用型人才实际操作能力的需求，增强学生在就业过程中的竞争力。

- ✦ 注重培养学生职业能力。根据机电类专业实践性要求，在完成基础课的前提下，使学生掌握先进的机电类相关操作软件，培养学生的实际动手能力。

三、丛书特色

- ✦ 系统性强。丛书各教材之间联系密切，符合各个学校的课程体系设置，为学生构建牢固的知识体系。
- ✦ 层次性强。各教材的编写严格按照由浅及深、循序渐进的原则，重点、难点突出，以提高学生的学习效率。
- ✦ 先进性强。吸收最新的研究成果和企业的实际案例，使学生对当前专业发展方向有明确的了解，并提高创新能力。
- ✦ 操作性强。教材重点培养学生的实际操作能力，以使理论来源于实践，并最大限度运用于实践。

北京理工大学出版社

前 言

本书按照教育部颁布的高等院校模具设计与制造专业《模具制造技术》教学大纲编写，是高等院校模具设计与制造专业、数控专业和机械制造专业的教学用书，也可供有关工程技术人员参考。

本课程的教学时数为 70 ~ 80 学时，全书共由 7 章组成，分别是模具机械加工基础、模具基本表面的机械加工方法、模具电火花加工技术、模具成型表面的无屑加工技术、模具光整加工、模具典型零件的加工、模具装配工艺。本书内容是编者根据二十多年从事模具设计与制造的经验，并结合目前高等院校学生的学习现状以及在本课程教学过程中出现的一些新情况、新特点编写的。

本书编写分工为：涂序斌副教授、潘桂根老师编写第 1、2、4、5、6、7 章；王强教授、罗晓明副教授编写第 3 章。

本书以模具制造为主线，对传统的教学内容和课程体系进行了重组和整合，从模具制造工艺实施的生产实际出发，将机械加工工艺和模具制造进行结合，将模具的传统加工方法同模具现代加工方法进行比较介绍。在课程内容上以实际操作为重点，注重培养学生的基本操作技能，以适应培养模具制造生产一线技术应用型人才的需要。

由于编者水平有限，书中难免会有不妥之处，恳切希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 模具机械加工基础	(1)
1.1 基本概念	(1)
1.1.1 生产过程	(1)
1.1.2 工艺过程及其组成	(2)
1.1.3 生产纲领和生产类型	(4)
1.1.4 工艺规程	(7)
1.2 零件的工艺分析	(9)
1.2.1 零件的技术要求分析	(9)
1.2.2 零件结构的工艺分析	(9)
1.3 毛坯的选择	(12)
1.3.1 模具材料的类别	(12)
1.3.2 模具零件的几何形状特征和尺寸关系	(12)
1.4 定位基准的选择	(14)
1.4.1 基准及其分类	(14)
1.4.2 工件的安装方式	(16)
1.4.3 定位基准的选择	(17)
1.5 工艺路线的拟定	(23)
1.5.1 表面加工方法的选择	(23)
1.5.2 工艺阶段的划分	(30)
1.5.3 工序的划分	(32)
1.5.4 加工工序的安排	(32)
1.6 加工余量的确定	(33)
1.6.1 加工余量的概念	(33)
1.6.2 影响加工余量的因素	(35)
1.6.3 确定加工余量的方法	(36)
1.7 工序尺寸及其公差确定	(37)
1.7.1 工艺基准与设计基准重合时工序尺寸及其公差确定	(37)
1.7.2 工艺基准与设计基准不重合时工序尺寸及其公差确定	(38)
1.8 基本工艺文件	(49)
1.8.1 机械加工工艺过程卡片	(49)

1.8.2	机械加工工艺卡片	(50)
1.8.3	机械加工工序卡片	(50)
1.9	机械加工质量分析	(51)
1.9.1	机械加工精度	(52)
1.9.2	机械加工的表面质量	(59)
1.10	习题练习	(68)
第2章	模具基本表面的机械加工方法	(71)
2.1	切削加工方法及其选择	(71)
2.1.1	模具零件的常用加工方法	(71)
2.1.2	选择模具表面加工方法的原则	(72)
2.2	圆柱面的加工	(73)
2.3	平面加工	(77)
2.4	孔加工	(80)
2.4.1	一般孔的加工方法	(80)
2.4.2	深孔加工	(85)
2.4.3	精密孔加工	(87)
2.5	孔系加工	(87)
2.5.1	单件孔系加工	(87)
2.5.2	相关孔系的加工	(89)
2.6	习题练习	(90)
第3章	模具电火花加工技术	(91)
3.1	概论	(91)
3.1.1	概述	(91)
3.1.2	工艺方法分类	(91)
3.1.3	发展状况	(92)
3.2	电火花成形加工	(93)
3.2.1	电火花成形加工的工作原理	(93)
3.2.2	电火花加工工艺特点	(96)
3.2.3	电火花加工的基本工艺规律	(96)
3.2.4	模具电火花加工工艺	(99)
3.2.5	工具电极的设计制造	(102)
3.2.6	电火花加工的电规准的选择	(108)
3.2.7	液体介质的选择	(109)

3.3 电火花线切割加工	(110)
3.3.1 概述	(110)
3.3.2 线切割加工工艺参数的选择	(112)
3.3.3 数控线切割编程	(115)
3.3.4 线切割自动编程简介	(124)
3.4 习题练习	(125)
第4章 模具成型表面的无屑加工技术	(127)
4.1 型腔的冷挤压加工	(127)
4.1.1 冷挤压方式	(128)
4.1.2 冷挤压的工艺设备	(128)
4.1.3 冷挤压时的润滑	(132)
4.2 超塑成型工艺	(132)
4.2.1 超塑性合金 ZnAl22 的性能	(132)
4.2.2 超塑性成型工艺	(133)
4.3 铸造制模技术	(136)
4.3.1 锌合金模具的制造	(136)
4.3.2 铍铜合金模具	(140)
4.3.3 陶瓷型铸造	(141)
4.4 合成树脂模具的制造	(145)
4.4.1 制造模具的树脂	(146)
4.4.2 树脂模具的制造工艺	(146)
4.5 熔模铸造	(147)
4.6 电铸成型	(150)
4.6.1 电铸成型的原理和特点	(150)
4.6.2 电铸设备	(151)
4.6.3 电铸成型的加工工艺过程	(152)
4.6.4 电铸的种类	(155)
4.6.5 模具型腔电铸实例	(157)
4.7 三维逆向工程与快速成型制造工艺	(158)
4.7.1 三维数字化检测及逆向工程	(158)
4.7.2 逆向工程及其在模具制造中的应用	(163)
4.8 快速成型制造工艺	(165)
4.8.1 光固化成型工艺	(166)
4.8.2 叠层实体制造工艺	(168)
4.8.3 熔融沉积快速成型工艺	(171)

4.8.4 选择性激光烧结工艺	(173)
4.8.5 其他快速成型工艺	(175)
4.9 习题练习	(176)
第5章 模具光整加工	(177)
5.1 研磨与抛光	(178)
5.1.1 研磨的机理	(178)
5.1.2 研磨抛光的分类	(179)
5.1.3 研磨抛光的加工要素	(180)
5.1.4 研磨抛光剂	(180)
5.1.5 研磨抛光工具	(182)
5.1.6 研磨抛光工艺过程	(185)
5.2 电化学抛光	(186)
5.2.1 电化学抛光的基本原理和特点	(186)
5.2.2 影响电化学抛光质量的因素	(187)
5.2.3 抛光方式	(187)
5.3 超声波抛光	(189)
5.3.1 基本原理	(189)
5.3.2 特点	(189)
5.3.3 设备简介	(190)
5.3.4 抛光工艺	(192)
5.3.5 影响抛光效率的因素	(192)
5.3.6 影响抛光表面质量的因素	(193)
5.4 挤压研磨抛光	(193)
5.4.1 基本原理	(193)
5.4.2 特点	(193)
5.4.3 黏弹性研磨抛光剂与设备	(194)
5.4.4 工艺参数	(195)
5.5 其他光整加工	(195)
5.5.1 喷丸抛光	(195)
5.5.2 程序控制抛光	(196)
5.6 照相腐蚀	(196)
5.6.1 特点	(196)
5.6.2 对模具成型零件的要求	(197)
5.6.3 照相腐蚀应用实例	(197)
5.7 习题练习	(198)

第6章 模具典型零件的加工	(199)
6.1 杆类零件的加工	(199)
6.1.1 导柱的加工	(199)
6.1.2 模杆与顶杆的加工	(202)
6.2 套类零件的加工	(202)
6.3 板类零件的加工	(204)
6.3.1 板类零件加工质量的要求	(204)
6.3.2 冲压模座的加工	(205)
6.3.3 模板孔系的坐标镗削加工	(207)
6.3.4 模板零件的坐标磨削	(211)
6.4 滑块加工	(213)
6.4.1 滑块加工方案的选择	(213)
6.4.2 滑块加工工艺过程	(214)
6.4.3 导滑槽的加工	(216)
6.5 凸模的加工	(216)
6.5.1 制造凸模、型芯的工艺过程	(217)
6.5.2 凸模的刨削加工	(218)
6.5.3 凸模、型芯的成型磨削	(219)
6.5.4 数控成型磨削	(224)
6.6 凹模的加工	(225)
6.6.1 型孔的压印锉修加工	(225)
6.6.2 型孔的电火花加工	(227)
6.6.3 镶拼型孔的加工	(228)
6.7 塑料模型腔的加工	(233)
6.7.1 回转曲面型腔的车削	(234)
6.7.2 非回转曲面型腔的铣削	(238)
6.7.3 型腔的电化学加工技术	(243)
6.8 习题练习	(247)
第7章 模具装配工艺	(248)
7.1 装配尺寸链	(249)
7.1.1 装配尺寸链的概念	(249)
7.1.2 用极值法解装配尺寸链	(250)
7.2 装配方法及其应用范围	(250)
7.2.1 互换装配法	(250)
7.2.2 分组装配法	(251)

7.2.3	修配装配法	(253)
7.2.4	调整装配法	(254)
7.3	冲裁模的装配	(256)
7.3.1	冲裁模装配的技术要求	(256)
7.3.2	模架的装配	(258)
7.3.3	凹模和凸模的装配	(260)
7.3.4	低熔点合金和黏结技术的应用	(262)
7.3.5	总装	(266)
7.3.6	试模	(268)
7.4	弯曲模和拉深模装配的特点	(271)
7.4.1	弯曲模	(271)
7.4.2	拉深模	(272)
7.5	塑料模的装配	(274)
7.5.1	型芯的装配	(274)
7.5.2	型腔的装配	(275)
7.5.3	浇口套的装配	(277)
7.5.4	导柱和导套的装配	(278)
7.5.5	推杆的装配	(279)
7.5.6	滑块抽芯机构的装配	(280)
7.5.7	总装	(282)
7.5.8	试模	(284)
参考文献		(288)

第1章

模具机械加工基础

学习完本章内容，应该掌握如下内容：

- ◆ 掌握机械零件生产基本概念
- ◆ 掌握机械零件生产前期准备与工艺制定
- ◆ 掌握机械零件加工余量及工序尺寸的计算
- ◆ 了解机械加工质量组成及影响因素

1.1 基本概念

1.1.1 生产过程

将原材料转变为成品的全过程称为生产过程。它主要包括：

- 1) 产品投产前的生产技术准备工作。包括产品的试验研究和设计、工艺设计和专用工艺装备的设计及制造、各种生产资料和生产组织等方面的准备工作。
- 2) 毛坯制造。如毛坯的锻造、铸造和冲压等。
- 3) 零件的加工过程。如机械加工、特种加工、焊接、热处理和表面处理等。
- 4) 产品的装配过程。包括部件装配、总装配、检验和调试等。
- 5) 各种生产服务活动。包括原材料、半成品、工具的供应、运输、保管以及产品的油漆和包装等。

在现代生产中，为了便于组织专业化生产和提高劳动生产率，一种产品的生产往往由许多工厂联合起来共同完成，所以一个工厂的生产过程往往是整个产品生产全过程的一部分。一个工厂的生产过程又分散在若干个车间中进行，各车间的生产过程都具有不同的特点，同时又互相联系。某一车间所用的毛坯（半成品），可能是另一个车间的成品，而它的成品（半成品）又可能是供其他车间进行加工用的生产对象。例如，机械加工车间的毛坯是铸造车间或锻造车间的成品，而机械加工车间的成品又是装配车间进行产品装配的材料。

1.1.2 工艺过程及其组成

生产过程中为改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等,使其成为成品或半成品的过程称为工艺过程。若采用机械加工方法来完成上述过程,则被称为机械加工工艺过程。

机械加工工艺过程是由一个或若干个按顺序排列的工序所组成,毛坯依次经过这些工序后变为成品。

1. 工序

工序是一个或一组工人,在一个工作地点对同一个或同时对几个工件进行加工,所连续完成的那一部分工艺过程。它是组成工艺过程的基本单元,又是生产计划和经济核算的基本单元。划分工序的依据是工作地(设备)、加工对象(工件)是否变动以及加工是否连续完成。如果其中之一有变动或者加工不是连续完成,则应另外划分一道工序。

如何判断一个工件在一个工作地点的加工过程是否连续呢?现以一批工件上某孔的钻、铰加工为例说明。如果每一个工件在同一台机床上钻孔后就接着铰孔,则该孔的钻、铰加工过程是连续的,应算作一道工序。若在该机床上将这批工件都钻完孔后再逐个铰孔,对一个工件的钻、铰加工过程就不连续了,钻、铰加工应该划分成两道工序。

图1-1所示的阶梯轴,其机械加工工艺过程划分为五道工序,如表1-1所示。

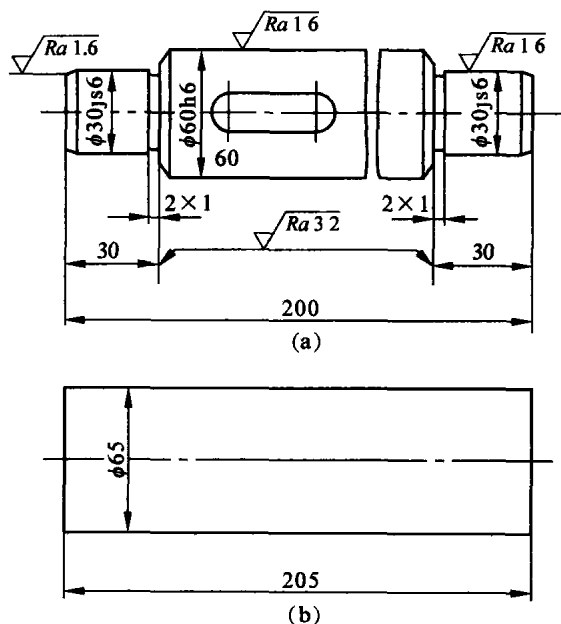


图1-1 阶梯轴

(a) 零件图; (b) 毛坯图

表 1-1 阶梯轴的工艺过程

工序编号	工序内容	工作地点
1	车两端面、打中心孔	车床
2	车外圆、切槽并倒角	车床
3	铣键槽	铣床
4	去毛刺	钳工台
5	磨外圆	外圆磨床

2. 安装

工件经一次装夹后所完成的那一部分工序称为安装。在一道工序中，有时工件需要进行多次装夹，如表 1-1 中的工序 1，当车削第一个端面、打中心孔时要进行一次装夹，调头车另一端面、打中心孔又需要重新装夹工件，所以完成该工序，工件要进行两次装夹。多一次装夹，不单增加了装卸工件的辅助时间，同时还会产生装夹误差。因此，在工序中应尽量减少装夹次数。

3. 工位

为了完成一定的工序部分，一次装夹工件后，工件与夹具或设备的可动部分一起，相对于刀具或设备的固定部分所占据的每一个位置称为工位。为了实现工位的转换，在生产中常用一些不需要重新装卸就能改变工件位置的夹具或其他机构来装夹工件。图 1-2 所示是利用回转工作台换位，使一个工件依次处于装卸工件（工位Ⅰ）、钻孔（工位Ⅱ）、扩孔（工位Ⅲ）和铰孔（工位Ⅳ）四个工位的加工实例。

4. 工步

为了便于分析和描述工序内容，有必要把工序划分为工步。工步是在加工表面和加工工具不变的情况下，所连续完成的那一部分工序。一个工序可以包含几个工步，也可能只有一个工步。如表 1-1 中工序 1 可划分成四个工步（车端面、打中心孔、车另一端面、打中心孔）。

· 决定工步的两个因素（加工表面、加工工具）之一发生变化，或者这两个因素虽然没有变化，但加工过程不是连续完成，一般应划分为另一工步。当工件在一次装夹后连续进行若干个相同的工步时，为了简化工序内容的叙述，在工艺文件上常将其填写为一个工步。如图 1-3 所示零件，对四个 $\phi 10\text{ mm}$ 的孔连续进行钻削加工，在工序中可以写成一个工步，钻 $4 \times \phi 10\text{ mm}$ 孔。

为了提高生产率，用几把刀具或者用复合刀具同时加工同一工件上的几个表面，称为复合工步。在工艺文件上，复合工步应视为一个工步。图 1-4 所示是用一把钻头和三把车刀同时加工内孔和外圆的复合工步。图 1-5 所示是用复合

刀具钻孔、铤锥面的复合工步。

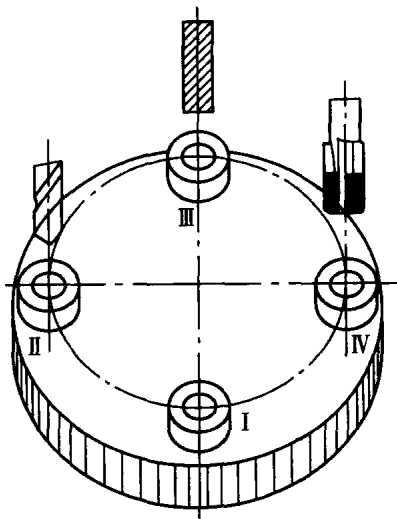


图 1-2 多工位加工

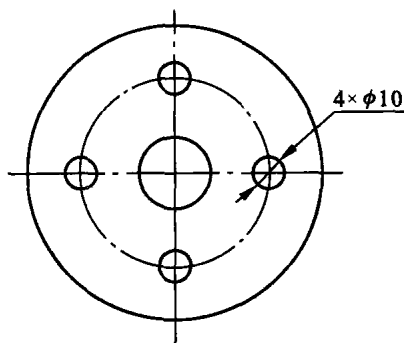


图 1-3 具有四个相同孔的工件

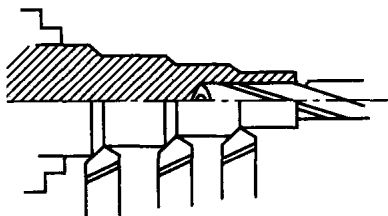


图 1-4 阶梯轴的多刀加工

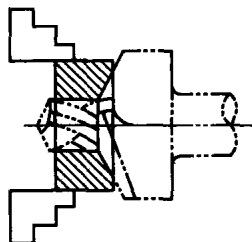


图 1-5 钻孔、铤锥面复合工步

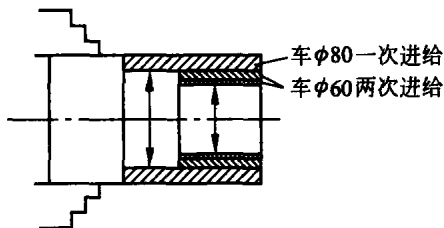


图 1-6 车削不同直径的外圆柱面

5. 进给

有些工步，由于需要切除的余量较大或其他原因，需要对同一表面进行多次切削，刀具从被加工表面上每切下一层金属层即称为一次进给。如图 1-6 所示为车削两个不同直径的外圆柱面时应划分为两个工步，第一工步车 $\phi 80$ mm 外圆仅一次进给，第二工步车 $\phi 60$ mm 外圆为两次进给。

1.1.3 生产纲领和生产类型

1. 生产纲领

企业在计划期内应生产的产品产量（年产量）和进度计划称为生产纲领。

某种零件的年产量可用以下公式计算：

$$N = Qn(1 + \alpha + \beta)$$

式中 N ——零件的年产量，件/年；

Q ——产品的年产量，件/年；

n ——每台产品中该零件的数量，件/台；

α ——零件的备品率；

β ——零件的平均废品率。

年产量的大小对工厂的生产过程和生产组织起决定性的作用。不同的生产纲领对于各工作地的专业化程度、所用工艺方法、机床设备和工艺装备也各不相同。

2. 生产类型

企业（或车间、工段、班组、工作地）生产专业化程度的分类称为生产类型。按产品的年产量将生产类型划分为以下三种：

（1）单件生产

单件生产的基本特点是产品品种繁多，每种产品仅生产一件或数件，各个工作地的加工对象经常改变，而且很少重复生产。例如，重型机械产品的制造、新产品的试制等多属于这种生产类型。一般工厂的工具车间所进行的专用模具、夹具、刀具、量具的生产也多属于单件或小批生产。

（2）成批生产

成批生产的基本特点是产品品种多，同一产品有一定的数量，能够成批进行生产，或者在一段时间之后又重复某种产品的生产。例如，机床制造、机车制造等多属于成批生产。一次投入或生产的同一产品（或零件）的数量称为生产批量。按照批量的大小，成批生产又分为小批生产、中批生产和大批生产。小批生产在工艺方面接近单件生产，二者常常相提并论。中批生产的工艺特点介于单件生产和大量生产之间。大批生产在工艺方面接近大量生产。

（3）大量生产

大量生产的基本特点是产品品种单一而固定，同一产品产量很大。大多数工作地长期进行一个零件某道工序的加工，生产具有严格的节奏性。例如，汽车、自行车、缝纫机、轴承制造等，常常以大量生产的方式进行的。

生产类型不同，产品制造的工艺方法、所采用的设备和工艺装备以及生产的组织形式等均不相同。各种生产类型的工艺特征如表1-2所示。

表1-3所列是按产品年产量划分的生产类型，供确定生产类型时参考。