



主编 • 费从荣 尹显明 副主编 • 夏重 赖天华

# 机械制造工程

JIXIE ZHIZAO GONGCHENG  
XUNLIAN JIAOCHENG

## 训练教程



# 机械制造工程

机械工业出版社

机械工业出版社



# 机械制造工程训练教程

主 编 费从荣 尹显明

副主编 夏 重 赖天华

西南交通大学出版社

·成 都·

## 内 容 提 要

本书是以教育部课程指导委员会“机械制造实习教学基本要求”及“普通高校工程训练中心建设规范与验收标准”为指导,总结工程实践教学内容及课程体系改革研究与实践的成果编写而成。

全书共十四章,主要有机械制造生产过程、金属材料及选用、金属成型与热加工工艺、金属切削加工工艺、数控加工和特种加工工艺、非金属材料加工工艺、机械产品开发及职业健康安全等内容。本书以机械制造工艺系统为主线,辅之以必要的产品开发设计和管理知识,强调培养学生制造工程的实践能力和创新能力,突出实践性和先进性。

本书可作为高等工科院校机械工程类“机械制造实习”课程教材,也可供近机类、非机类、职业大学、职工大学、电视大学有关专业选用,还可供工程技术人员、企业管理人员及技术工人参考。

---

### 图书在版编目(CIP)数据

机械制造工程训练教程 / 费从荣, 尹显明主编. — 成都: 西南交通大学出版社, 2006.8

ISBN 7-81104-016-6

I. 机... II. ①费...②尹... III. 机械制造工艺—高等学校—教材 IV. TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第084325号

---

## 机械制造工程训练教程

主编 费从荣 尹显明

\*

责任编辑 黄淑文 王 旻

责任校对 李 梅

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段111号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

\*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 21.375

字数: 532千字 印数: 1—4 500册

2006年8月第1版 2006年8月第1次印刷

**ISBN 7-81104-016-6**

定价: 32.00元

图书如有印装问题 本社负责退换  
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

# 前 言

在机械制造工程领域中，装备与工艺技术的发展既由制造技术的进步所推动，又为市场需求所拉动。近年来，在机械制造装备与工艺技术方面，如驱动技术、测量系统、刀具以及控制技术、计算机辅助设计与制造、柔性制造与计算机集成制造技术等发展极为迅速，推动着机械制造工程从技术到管理都发生了质的变化；在市场需求方面，如高强度材料、高复杂形状、高加工质量、超大件、超微件、超精密等加工市场增长强劲，不断推动着机械加工装备与工艺技术的发展与创新。20世纪后期以来，随着微处理机和廉价储存器的发展，信息技术大量渗入机械制造工程领域，计算机广泛地应用于产品开发与设计、机械制造加工装备与工艺技术，不仅涉及设计、加工与工艺技术，而且涉及生产过程的组织管理和技术，对包括过程的信息流程、物料流程和价值流程都产生了空前的影响，导致了大量的变革和创新。全球化、信息化、绿色化、服务化已成为机械制造业的发展趋势，数字化、柔性化、系统化、集成化和网络化则已经成为机械制造装备与工艺技术的制高点。

机械制造“工程教育与训练”(Engineering Education and Training)教学课程体系的核心在于通过开发设计、工艺技术和经营管理的综合工程实践，培养工程意识，提高工程素质，培养和提高工程实践和创新能力。《机械制造工程训练教程》一书以此为宗旨，以我国制造装备与工艺技术的现实和发展趋势为背景，从制造企业对工程技术人才的知识、能力和技能的需求出发，以教育部课程指导委员会“机械制造实习教学基本要求”及“普通高校工程训练中心建设规范与验收标准”为指导，总结西南几所高校近年来工程实践的教学内容及课程体系改革研究与实践的成果，由各校直接从事机械制造工程实践教学的老师编写。

参加编写的人员有：西南交通大学费从荣（第一章、第十三章、第十四章）、阳晓（第二章）、崔可庆（第六章）；西南科技大学尹显明（第十章）、张立红（第九章）、王勇（第十一章）、郭磊（第四章、第十二章）；西南石油大学刘德明（第八章）；西华大学夏重（第七章）、蔡擎（第三章、第五章）。本书由费从荣、尹显明任主编，夏重、赖天华任副主编。编者对在编写过程中所用参考文献的原作者和出版社表示衷心感谢。

由于编者的知识水平和实践经历所限，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

费从荣

2006年6月

# 目 录

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| <b>第一章 机械制造生产过程</b> ..... | 1   |
| 第一节 机械制造生产过程概述.....       | 1   |
| 第二节 机械制造生产过程的组织.....      | 7   |
| 第三节 机械制造生产过程的质量管理.....    | 13  |
| 第四节 机械制造企业的成本费用管理.....    | 20  |
| <b>第二章 金属材料及其选用</b> ..... | 24  |
| 第一节 机械工程常用金属材料.....       | 24  |
| 第二节 钢铁热处理.....            | 29  |
| 第三节 金属材料的选用.....          | 33  |
| <b>第三章 铸 造</b> .....      | 37  |
| 第一节 铸造成型基础.....           | 37  |
| 第二节 砂型制造.....             | 40  |
| 第三节 合金的熔炼和浇注.....         | 51  |
| 第四节 铸件的清理及铸件质量分析.....     | 57  |
| 第五节 特种铸造.....             | 59  |
| 第六节 零件铸造工艺与经济性分析.....     | 61  |
| 第七节 铸造生产安全操作规程与环境保护.....  | 66  |
| <b>第四章 锻 压</b> .....      | 68  |
| 第一节 锻坯加热与锻件冷却.....        | 68  |
| 第二节 自由锻造.....             | 70  |
| 第三节 特种锻压工艺.....           | 76  |
| 第四节 板料冲压.....             | 79  |
| 第五节 锻压生产安全操作规程与环境保护.....  | 84  |
| <b>第五章 焊 接</b> .....      | 85  |
| 第一节 手工电弧焊.....            | 85  |
| 第二节 气焊与切割.....            | 93  |
| 第三节 其他焊接方法.....           | 99  |
| 第四节 焊接件结构工艺性与经济性分析.....   | 103 |
| 第五节 焊接生产安全操作规程.....       | 107 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| <b>第六章 切削加工基本知识</b> .....    | 108 |
| 第一节 概 述.....                 | 108 |
| 第二节 切削加工零件的技术要求.....         | 111 |
| 第三节 切削加工工艺方案.....            | 114 |
| 第四节 常见表面切削加工工艺.....          | 117 |
| 第五节 金属切削机床.....              | 121 |
| 第六节 刀具材料.....                | 124 |
| 第七节 常用量具.....                | 127 |
| <b>第七章 车削加工</b> .....        | 133 |
| 第一节 概 述.....                 | 133 |
| 第二节 普通车床.....                | 134 |
| 第三节 车 刀.....                 | 137 |
| 第四节 车床附件及工件的装夹.....          | 140 |
| 第五节 车床操作.....                | 145 |
| 第六节 车削加工的基本方法.....           | 147 |
| <b>第八章 铣削及其他切削加工方法</b> ..... | 161 |
| 第一节 铣削加工.....                | 161 |
| 第二节 刨削加工.....                | 168 |
| 第三节 齿轮齿形曲面的加工方法.....         | 171 |
| 第四节 钻削加工.....                | 173 |
| 第五节 镗削加工.....                | 178 |
| 第六节 磨削加工.....                | 181 |
| <b>第九章 钳 工</b> .....         | 190 |
| 第一节 划 线.....                 | 190 |
| 第二节 锯切和錾削.....               | 195 |
| 第三节 锉 削.....                 | 201 |
| 第四节 攻螺纹和套螺纹.....             | 205 |
| 第五节 装 配.....                 | 208 |
| 第六节 铁 艺.....                 | 211 |
| <b>第十章 数控加工</b> .....        | 216 |
| 第一节 数控加工基本知识.....            | 216 |
| 第二节 数控车削加工.....              | 228 |
| 第三节 数控铣削加工.....              | 241 |
| 第四节 其他数控加工简介.....            | 250 |
| 第五节 机械制造工程中的计算机技术简介.....     | 252 |
| 第六节 数控加工生产安全操作规程.....        | 256 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| <b>第十一章 特种加工</b> .....    | 257 |
| 第一节 电火花加工.....            | 257 |
| 第二节 电火花线切割加工.....         | 260 |
| 第三节 其他特种加工.....           | 273 |
| 第四节 电火花加工生产安全规程.....      | 274 |
| <b>第十二章 非金属材料加工</b> ..... | 276 |
| 第一节 塑 料.....              | 276 |
| 第二节 橡 胶.....              | 281 |
| 第三节 陶 瓷.....              | 285 |
| 第四节 复合材料简介.....           | 288 |
| <b>第十三章 机械产品开发</b> .....  | 292 |
| 第一节 产品开发基本理论.....         | 292 |
| 第二节 新产品概念化.....           | 297 |
| 第三节 新产品设计与鉴定.....         | 303 |
| 第四节 新产品制造工艺开发及设计.....     | 312 |
| 第五节 综合训练实例.....           | 319 |
| <b>第十四章 职业健康安全</b> .....  | 324 |
| 第一节 危险源辨识与风险评价.....       | 324 |
| 第二节 职业健康安全事故预防.....       | 329 |
| <b>参考文献</b> .....         | 334 |



# 第一章 机械制造生产过程

## 第一节 机械制造生产过程概述

### 一、机械产品

制造业作为国民经济的物质基础和产业主体，以各种产品满足人民的物质文化生活和社会经济发展的需要。在国际标准中，“产品”被定义为“过程的结果”，分为四个通用类别。

(1) 服务。服务是企业为了满足顾客需要而与顾客之间的接触活动以及企业内部活动所产生的结果，是在服务的供方和需方接触面上至少需要完成一项活动的结果。服务通常是无形产品，可以在顾客提供的有形产品上完成的活动，如机床调试；也可以是在顾客提供的无形产品上完成的活动，如工艺修订；还可以是无形产品的交付，如企业管理咨询；或者为顾客创造氛围，如促销。

(2) 软件。软件是通过承载媒体表达的信息所组成的一种知识产物，通常是无形产品，可以以方法、记录、论文或程序的形式存在，如计算机程序、概念、观点等。

(3) 硬件。硬件是指具有特定形状的可分离的有形产品，通常由制造的、建造的或装配的零件、部件和（或）组件组成，其量具有计数的特性，如机床、刀具、机械零件等。

(4) 流程性材料。流程性材料是指通过将原材料转化为某一预定形态所形成的有形产品，其量具有连续的特性，如机床润滑油、冷却液。

机械产品作为机械制造工程这个过程的结果，一般由流程性材料、硬件、软件、服务和（或）它们的组合构成。一个完整的机械产品的硬件可以解体为若干零部件和元器件。而在生产制造机械产品时则先分别加工制造零部件，再装配为一个完整的机械产品。为了制造品种繁多、形状尺寸各异、性能质量不同的零部件和产品，需要根据不同的设计，选用不同的材料，由掌握了相应技能的人员使用不同的设备和工艺方法制造。

机械制造企业生产的产品既可能是具备一定功能和质量的、完整的、交付给顾客的最终产品，也可能只是最终产品的一部分，例如毛坯、零件、组件、部件、配件或其他半成品，但它们都是预期提供给顾客或顾客所要求的产品。在生产制造预期产品的过程中，有时伴有例如废液、废气、废料等非预期产物，国际标准约定非预期产物不属于“产品”的范畴。

### 二、机械制造工程

机械制造工程是机械制造企业从最初识别机械产品市场需求到最终满足用户需求的全过程中所进行的一系列过程的总和，它包括企业在市场调研和开发研究的基础上，设计机械产品、制造工艺与装备，策划市场营销，制造产品实体，实施市场营销，使机械产品在性能、质量、数量、价格和交货期等方面满足用户的需求或符合对用户的市场协议，同时获得企业

满意的经济效益的全部工程活动。这些活动将直接涉及产品的形成过程，例如市场营销调研、产品开发设计、过程策划和开发、采购、生产或服务提供、验证、包装和储存、销售和分发、安装和投入运行、技术支持和服务、售后、使用寿命结束的处置或再生利用等。

按照系統工程的观点，企业是一个开放系统（见图 1.1），而机械制造工程就是企业系统一系列转换过程的总和。过程是一组将输入转化为输出的相互关联或相互作用的活动。一个过程的输出将直接成为下一个过程的输入。企业将输入的各种生产要素（包括土地、资本、劳动力等），转换成性能、质量、数量、价格和交货期均让用户满意的机械产品和服务并输出。机械制造工程作为劳动转换过程，是企业全体人员在劳动分工和协作的条件下，按照一定的标准、方法和步骤（例如技术标准、工作标准、工作程序和工艺规程等），使用一定的劳动工具（例如厂房、机床、设备和工具、能源）或借助于自然力的作用（例如自然冷却、时效、自然干燥等），作用于劳动对象（例如原材料、毛坯、零部件、信息），生产和销售具有一定使用价值的机械产品。企业是盈利性组织，要盈利才能生存发展，因而机械制造工程作为转换过程还必须是价值的增值过程，只有产出的价值（实现销售收入）高于投入与转换的总价值（总成本费用），才有盈利的基础。因此，机械制造工程是劳动转换过程和价值增值过程的总和。

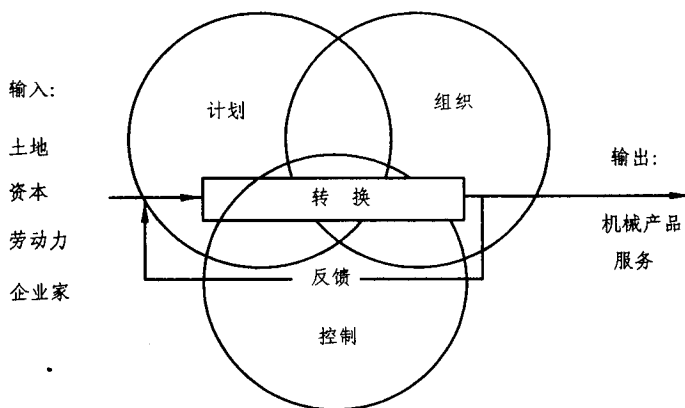


图 1.1 机械制造工程系统

### 三、机械制造生产过程及工艺过程

#### 1. 机械制造生产过程

制造业生产过程有流程式生产过程和加工装配式生产过程两种基本类型。在流程式生产过程中，原材料投入生产线后顺序而下，经过连续的作业和一定的程序后即产出产品，如钢铁冶炼。在加工装配式生产过程中，先由原材料生产毛坯，制造零件，然后装配成组件、部件、总成及最终产品。机械产品结构、制造工艺和生产组织复杂，所需要的工艺装备和设备繁多，具有多品种、多零件、多工艺阶段、多工种、多工序、社会化大生产和专业化协作的特点，以加工装配式生产过程为主。

对机械制造生产过程有狭义和广义两种理解。狭义而言，机械制造生产过程是通过各种

生产手段对加工对象的形状、尺寸和性能进行改变，使之转化成为机械产品的一组相互关联、相互作用的活动。国际生产加工技术研究会（CIEP）曾提出将“制造”的概念作为广义的“生产”概念：制造是企业的产品设计、原材料选择、计划、加工、质量保证、管理、销售等一系列活动，是产品的直接生产过程和与产品生产过程有关的其他生产活动和过程的总和。

机械制造生产过程一般由以下几部分组成：

(1) 生产技术准备过程。生产技术准备过程是指机械产品在投入生产前所进行的各种技术准备工作。例如产品开发、产品设计、工艺设计、工艺装备的设计制造、标准化、材料定额和工时定额、劳动组织、厂房与设备的配置、市场营销策划等。

(2) 基本生产过程。基本生产过程是指机械制造企业生产市场销售的产品即基本产品的过程。机械制造企业的基本生产过程一般包括下料、铸造、锻压、切削加工、热处理、表面处理、电化学处理、铆焊、钳工、装配、油漆等工艺与作业。

(3) 辅助生产过程。辅助生产过程是为保证基本生产过程的正常进行所必需的各种辅助产品的生产过程。例如各种动力（压缩空气、蒸汽、供水、发电等）、专用设备、工具、夹具、量具、模具、刃具的生产，厂房维修，设备的安装、维修等。

(4) 生产服务过程。生产服务过程是为基本生产过程和辅助生产过程所做的各种生产服务活动。例如供应、运输、包装、储存、检验、试验、发送、售后服务等。

(5) 附属生产过程。附属生产过程是指机械制造企业在基本生产过程和辅助生产过程以外，为进行综合利用和提高效益而进行的其他生产过程。例如铁屑的烧结回用。

生产技术准备过程是整个机械制造生产过程是否有效率和有效益的前提，而基本生产过程则是其核心，其他过程都应服从和服务于生产技术准备过程和基本生产过程。当然，并非每一个机械制造企业的生产过程都必须完整地包括以上所有的过程，这与产品复杂程度、企业生产规模和能力、装备的技术水平与工艺方法、专业化生产及社会化协作的能力及水平、企业经营管理水平以及经济市场化的水平等都有关系。近年来，传统的“高投入、高消耗、高污染”的生产模式已被否定。依靠技术创新，提高资源利用率和能源效率，降低对自然资源和生态环境的破坏，技术、经济与环境协调可持续发展成为生产过程的发展趋势，现代信息技术和现代制造技术融合而出现的高级制造技术（Advanced Manufacturing Technology，简称AMT），更是使机械制造生产过程愈益突破传统模式，并发生了前所未有的变化。

在机械制造生产过程中，原材料等有形物的形态转换、空间转换和时间转换是物质的流动，称为生产过程的物质流。信息等无形物的形态转换、空间转换和时间转换称为生产过程的信息流。价值形态的转换和增值，称为生产过程的价值流。对机械制造生产过程中的物质流、信息流和价值流需要进行策划和有效的管理，使之受控制地运行。管理是为了适应市场需求，实现企业的经营目标，提高企业经济效益，对机械制造生产过程的计划、组织、指挥、协调和控制（见图1.1）。广义生产管理包括对生产过程的全部物质流、信息流和价值流的管理，一般包括经营战略与计划、市场营销、组织人事与劳动工资、生产、产品开发与技术、质量、教育培训、设备基建、物资、资本及财务、成本、安全技术与环境保护、后勤保障等管理。狭义生产管理只涉及生产计划、生产过程组织、劳动组织与定额、物资定额与供应、工艺技术、设备工具、质量、安全生产与环境保护、成本及生产服务等过程的管理。

## 2. 机械制造工艺过程

“工艺”即“工作技艺”，如技术、技巧、手艺、操作方法、诀窍等，是生产者利用各种生产设备和工具对各种原材料、毛坯、半成品或零部件等劳动对象进行加工和处理制造产品的方法和技艺的总称。机械制造生产过程中典型的工艺有：

- (1) 变态加工。改变原材料的性质。如熔炼钢铁、有色金属等。
- (2) 成型加工。在不改变原材料的量的情况下，改变其形态、形状或结构，如铸造、锻压等成型加工。
- (3) 连接加工。使不同的材料或工件结合成为一体。如焊接、粘结、电镀、涂覆等。
- (4) 分离加工。从材料或工件上切除一部分，使之成为形状、尺寸、精度及表面粗糙度符合要求的零件，如切削加工、切割等。
- (5) 热处理。通过加热、冷却及化学处理改变材料的组织、性能或表面成分与质量。
- (6) 装配。把零件组装成组件、部件及产品。

机械制造生产过程因企业的产品、生产能力和组织机构的不同而不同，但都必须包含工艺过程，或由工艺过程和非工艺过程（辅助工艺过程和非工艺过程）组成。直接使用各种工艺和装备改变劳动对象的几何形态、尺寸精度、物理化学性能及组合关系等生产毛坯、零部件和产品的过程称为工艺过程。辅助工艺过程是为实现基本工艺过程而进行的辅助性生产工艺过程。非工艺过程有对各道工序的毛坯、零件、半成品及产成品进行检查、试验；原材料、工件、半成品及产成品的运输和移动；凝固、时效、冷却、干燥等自然过程；因工艺、技术或经营理念等原因必须的零部件和产成品的工序间等待、包装、储存等。

机械制造工艺过程一般按工艺流程顺序分为准备阶段、加工阶段和装配阶段三个工艺阶段。准备阶段主要是用下料及熔炼、铸造、锻压、切割等变态、成型和分离等工艺技术为后续生产阶段提供铸件、锻件等毛坯和材料。工艺加工阶段主要是用切削加工、冲压、铆焊、电镀等连接和分离加工以及热处理、表面处理等工艺对毛坯或材料加工，获得必要的几何形状、尺寸、精度、表面粗糙度及各种性能的零件。装配阶段则是按照装配工艺将各种零件装配调试成组件、部件及最终产品。

机械加工工艺过程的各工艺阶段由若干道按一定顺序排列的不同工种的工序、装夹、工位、工步和走刀组成。工序是指在一个工作地，由一个或一组操作人员，对一定的劳动对象（例如工件）连续进行的工艺过程作业（例如加工、装配）。装夹是工序的组成部分，是一个工件在一次夹持下所完成的工作。在一道工序中应采取适当的夹具，尽量减少装夹次数。工位是指一次装夹后，工件在机床上所占的每个位置。在机械制造工艺中采用多工位加工，可以减少装夹次数及时间，提高加工精度与质量。工序还可以进一步细分为工步。工步是指加工表面、切削刀具和切削用量中的转速和走刀量不变时所完成的那部分工艺过程，如车削加工工序就可分为粗车外圆、精车外圆等工步。在一个工步内被加工表面的切削余量较大时，需要分几次切削，每进行一次切削就称为一次走刀。

工序是工艺过程的基本组成单位。在机械产品生产过程中，每个零件按照工艺规程顺次经过各道工序才能生产出来。例如图 1.2 所示轮坯零件，其工艺过程分为四道工序：

工序 1：在锯床上按毛坯图下料。

工序 2: 在车床上车削端面 C, 镗孔, 内孔倒角, 车削  $\phi 223$  外圆。

工序 3: 在车床上车削端面 A, 内孔倒角, 车削平面 B。

工序 4: 在钻床上钻削六个  $\phi 20$  的小孔。

工序也是以下各项工作的基础: 制订劳动定额, 配备人员, 核定工作量和劳动报酬; 制定物资定额, 核定各类主辅材料的消耗; 核定生产能力, 确定生产组织形式, 安排生产作业计划; 进行产品质量检验, 建立质量管理和质量保证体系; 成本核算等。工序的划分取决于产品和零件的技术质量要求、采用的工艺方法和设备以及生产的类型及组织等因素。一般地说, 产品及零件的技术质量要求愈高, 加工工序特别是精加工工序数目愈多; 生产工艺方法和设备的技术水平和专用化程度愈低, 工序的划分愈粗; 大批量生产条件下劳动分工细, 设备和工艺专用化程度高, 工序划分细。机械加工工序划分粗细特点如表 1.1 所示。

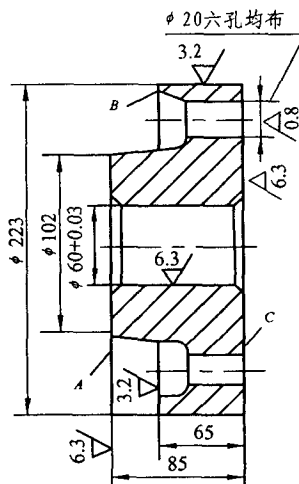


图 1.2 轮坯

表 1.1 工序分散和工序集中

|    | 工 序 分 散   | 工 序 集 中   |
|----|---|---|
| 优点 | <ul style="list-style-type: none"> <li>·使用通用机床和工具, 调整方便;</li> <li>·对工人技术水平要求低, 操作容易熟练;</li> <li>·便于工序平行加工</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>·减少工件装卸次数, 节约时间, 提高生产效率;</li> <li>·采用多工位、多刀多刃工艺、高效和专用机床;</li> <li>·便于组织管理</li> </ul> |
| 缺点 | <ul style="list-style-type: none"> <li>·多次装卸工件, 辅助时间多;</li> <li>·基本时间不能重合, 辅助时间多, 效率低;</li> <li>·工序数目多, 组织管理复杂</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>·工艺装备技术要求高, 数量多, 投入大;</li> <li>·工人技术水平要求高, 不易提高操作熟练程度;</li> <li>·不便组织平行加工</li> </ul> |

## 四、机械制造生产过程的要求

### 1. 机械制造生产类型

机械制造生产因产品的品种、产量和生产条件不同而分为不同的类型。例如, 按照产品的使用性能分为通用产品生产和专用产品生产; 按照产品的结构复杂程度分为简单产品生产和复杂产品生产; 按照产品生产工艺特征分为工艺过程连续的流程型生产和工艺过程离散的加工装配型生产; 按照产品生产的重复稳定性分为单件生产、成批生产和大量生产等。后者又可按照工作地所担负的工序作业的数目和按照机械加工零件的大小和产量来划分 (见表 1.2、表 1.3)。

表 1.2 按工作地担负的工序数划分生产类型

| 工作地类型 | 固定于工作地的工序数 |
|-------|------------|
| 大量生产  | 1~2        |
| 大批生产  | 2~10       |
| 中批生产  | 10~20      |
| 小批生产  | 2~40       |
| 单件生产  | 40 以上      |

表 1.3 按机械加工零件大小和产量划分生产类型

| 生产类型 |    | 年 产 量 (件/年)         |                         |                   |
|------|----|---------------------|-------------------------|-------------------|
|      |    | 重型零件 (> 2 000 kg/件) | 中型零件 (100 ~ 2 000 kg/件) | 轻型零件 (< 100 kg/件) |
| 单件生产 |    | < 5                 | < 10                    | < 100             |
| 批量生产 | 小批 | 5 ~ 100             | 10 ~ 200                | 100 ~ 500         |
|      | 中批 | 100 ~ 300           | 200 ~ 500               | 500 ~ 5 000       |
|      | 大批 | 300 ~ 1 000         | 500 ~ 5 000             | 5 000 ~ 50 000    |
|      | 大量 | > 1 000             | > 5 000                 | > 50 000          |

不同的生产类型，在生产工艺、设备、生产组织形式和经营管理的各方面有着不同的特点和要求，生产产品的工艺装备和作业方法往往也不同。大批量生产时，每个工作地承担的工序数较少，作业任务较稳定，可采用高效率、专用化的自动化或半自动化机器设备和专用的工、夹、量具及辅助设备，尽管存在专用设备和专用资产比例高、柔性差、设备投资大、产品换代和生产转型难度大、市场适应能力差的缺点，但自动化程度高，操作简单，工人容易熟练，产品质量稳定，互换性好，容易实现专业化生产和社会化协作，组织管理较为规范，生产效率高，成本低，有较好的规模效益，因而是现代机械制造的主要生产类型。

## 2. 机械制造生产过程的要求

机械制造生产分为不同的类型，保证产品的数量、质量和交货期，以最小的劳动消耗和物质消耗取得最大的经济效益，是其生产过程共同的基本要求，具体体现为生产过程的连续性、比例性、平行性和均衡性。

生产过程的连续性是指生产过程的各个环节、各个工序在时间和空间上紧密衔接和连续，不出现不合理的等待、停顿和中断，加工对象始终在工艺过程或非工艺过程控制的流程中运动。例如工件始终处于加工、运输、时效、检验和装配之一。保持生产过程的连续性，可以缩短零部件和产品的生产周期，减少在产品积压的数量、减少库存量及库存期，减少运输量和缩短运程、加快企业的资金周转，充分利用生产能力，减少零部件和在产品的数量损失和质量损失。为此，必须按照产品工艺流程，合理地进行工厂布置和安排工序，充分做好生产技术准备和组织生产，保证各种非基本生产过程围绕基本生产过程进行。

生产过程的比例性是指基本生产过程与辅助生产过程之间、各生产单元之间、各工艺阶段之间、各工序之间在生产能力上应有适合产品制造要求的比例关系，它以一定的产品品种数量的构成为依据，为制造产品的技术和工艺过程所决定，是实现连续性的必要条件，使生产顺利进行和资源得到优化配置及充分利用。为此必须按照生产纲领合理地、按比例地配置各个生产单元和工序的生产能力，不断地进行“填平补齐”和综合平衡以消除“瓶颈”。

生产过程的平行性是指生产过程的各个阶段、各个工序实行平行交叉作业。它既可以是组成产品的零部件同时各个生产环节平行交叉地生产，也可以在大批量生产时将同种产品、零件同时分散在各个生产环节平行交叉生产。保持和提高生产过程的平行性可以大大缩短产品的生产周期。生产的平行度愈高，成批等待的时间愈少。但是平行生产是有限度的，它取决于产品零件的工艺及工序结构、企业生产能力及组织管理水平。

生产过程的均衡性是指在正常的条件下，整个生产过程按计划有节奏地进行，保持各种

资源投入和产品产出的均衡，保持各生产单元的人员和设备负荷的均衡。保持生产过程的均衡性能够充分地、合理地利用企业的人力资源和物力资源，有利于保证和提高产品质量，有利于缩短生产周期、降低生产成本。为此，要科学制定生产计划，按照产品台套数投料和组织生产，在整个生产过程的各个组成部分和各个阶段按计划有节奏地工作。

连续性、比例性、平行性和均衡性在合理组织机械制造生产过程中相互联系又相互制约。生产过程的比例性和平行性是实现连续性的前提，而生产过程的均衡性又是通过比例性、平行性与连续性来保证的。

## 第二节 机械制造生产过程的组织

生产过程是在一定时间和一定空间中进行和实现的。机械制造生产过程的组织包括生产过程的空间组织和生产过程的时间组织。生产过程的空间组织是指工厂的总体规划布置、生产单位的设置、机器设备设施的配备和布置等，形成一个相互分工和密切协作，保证生产过程高质高效进行的空间布局。生产过程的时间组织指生产对象按照工艺规程在生产过程的运动中，在时间上相互配合和衔接，保证生产过程的连续性和节奏性，提高设备利用率，缩短产品的生产周期，保证对用户的交货期。

### 一、机械制造企业生产单位的组成

机械制造企业需要将拥有的人员和设施等资源要素有机地组合为“生产单位”，使人员的职责、权限和相互关系得到有序的安排，以实现一定的功能，保证生产过程按照预期进行。

机械制造企业的生产单位按管理层级有工厂（公司）、分厂（分公司）、车间、工段、班组等。我国传统国有制造企业生产单位一般按直线职能制设立，如图 1.3 所示。厂长是企业法定代表人，对全厂生产经营统一决策指挥，可有若干副职协助厂长分管有关工作。职能部门对内按管理职能分工，组织执行最高管理层的决定，对最高决策层起参谋作用；对外受厂长委托，代表企业进行经营活动。车间是企业内部基本的生产作业组织和经济核算单位，按照工厂的计划和指令组织生产。

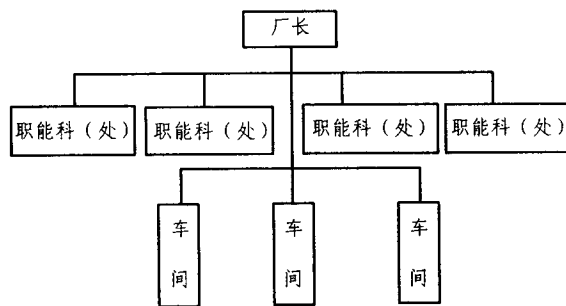


图 1.3 直线职能制企业组织

机械制造企业生产单位按其在生产过程中的职能和作用分为生产技术准备单位、基本生产单位、辅助生产单位、生产服务单位和附属生产单位。

基本生产单位是直接进行基本产品生产、实现基本生产过程的生产单位。如备料、铸造、锻压等准备车间或工段，切削加工、冲压、铆焊、热处理、表面处理等加工车间或工段，部件装配、总装配等装配车间或工段。

生产技术准备单位为生产过程提供各种技术文件，进行新产品新工艺的开发、试制和鉴

定，规划厂房、设备、工夹量具及制定各种消耗定额等技术支撑。一般包括开发、设计、工艺、设备、工具、物资、质量管理、劳动工资和定额等部门和试制车间。

辅助生产单位为基本生产过程提供支撑产品和服务，实现辅助生产过程。如机修、电修、工具、模具、模型等辅助车间，水、电、气供应等动力部门。生产服务单位为基本生产过程和辅助生产过程服务。如运输部门，各类仓库，试验、计量与检测部门。附属生产单位如“三废”综合利用车间等。

生产单位的组成要考虑企业的产品线结构、生产的专业化和协作水平、生产规模、设备和工艺特点、工厂总体布置、企业的经营环境及发展态势等，按照“精简、效能”的原则设置和动态地调整。

## 二、机械制造企业的厂区布置

机械制造企业选择厂址和布置厂区时，应该综合考虑基础设施、资源供应、市场、劳动力、配套、技术支持、政治文化、地理、环境、竞争以及发展前景等诸多因素。厂区布置指由原材料的接收到成品的制造完成以及销售发运的全部生产过程中，按照合理组织生产对人员、设备、物料所需空间的要求，在厂区全部平面面积和空间中，对生产单位进行布置和有效组合，保证生产过程高效率和经济效益最大化。厂区布置基本原则如下：

(1) 生产厂房和设备设施的布置力求满足生产过程的要求，保证生产按照工艺过程的顺序流程通畅。原材料、在产品 and 产成品的运输线路尽可能短，避免交叉、往返和重复，以缩短生产周期，节约运输及生产费用。

(2) 按照工艺过程顺序，有密切联系和协作关系的生产单位尽量相互靠近，辅助生产部门和生产服务部门尽量靠近主要服务的基本生产部门，使厂区紧凑合理。

(3) 充分利用现有公共基础设施，如道路、港口、管线和社区生活供应保障体系等。

(4) 综合考虑物料、动力等的供需与周转，安全与环境等因素，按功能合理规划利用厂区，整体协调。例如把厂区划分为热加工车间区、冷加工车间区、木材加工车间区、动力设施区、仓库区和厂前区等。

(5) 努力提高厂区布置的建筑系数（厂房建筑占地面积与工厂总面积的比），高效率利用立体空间，尽量有效地用于生产。

(6) 综合考虑当前需要和长远发展、企业资源和经济效益、生产经营的相对稳定性和适应市场需求变化的灵活性，总体规划，适度留有余地。

图 1.4 为一个机械制造企业厂区生产系统布置示意图。

## 三、机械制造企业生产车间的设立与布置

### 1. 生产车间的设立与布置原则

机械制造企业的车间和工作地集中了厂房、设备与工艺装备、操作人员、材料和产品等主要有形资源，是制造产品实体的主要场所。车间和工作地的设立和布置是否合理，直接影响企业内的分工协作关系、工艺过程的流向、在产品的运输路线和运量、过程能否有效进行以及企业效益的好坏，其设立和布置的专业化原则有以下三种基本形式。

(1) 工艺专业化原则。工艺专业化原则按照生产过程的各个工艺阶段的工艺特点，集中



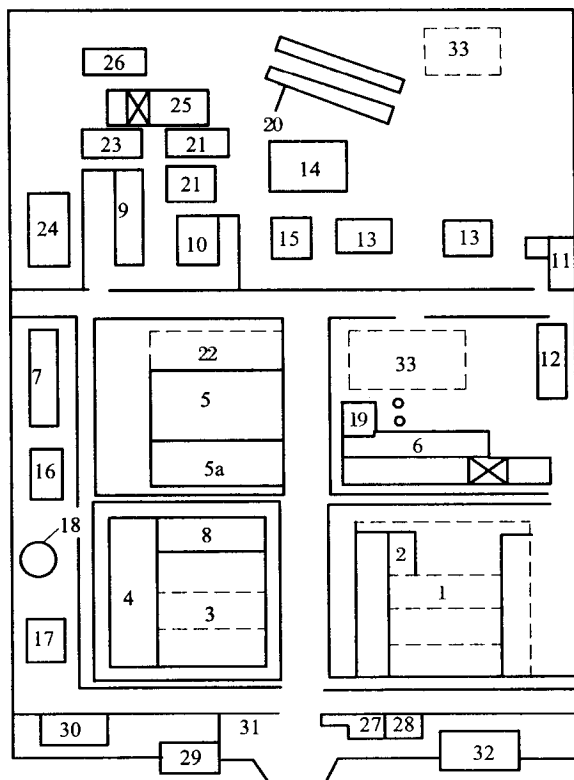


图 1.4 机械制造工程系统

- 1—铆焊车间；2—热处理车间；3—机械加工车间；4—装配车间；5—铸钢车间；5a—铸钢车间；6—锻压车间；7—机修车间；8—辅助生产车间；9—总仓库；10—建筑耐火材料库；11—变电站；12—成品、备品库；13—金属材料库；14—锅炉房；15—煤气站；16—设备配件工具库；17—水泵房；18—水池；19—压缩空气站；20—煤场；21—铸铁、有色金属料场；22—炉料料场；23—非金属材料库；24—木模车间；25—废金属处理车间；26—危险品库；27—办公楼；28—中央试验室、中央计量室；29—食堂；30—汽车电瓶车库；31—警卫室、保健站等；32—俱乐部；33—扩建预留地

同类型机器设备、同工种工人和相同工艺方法，设立和按机床类型布置生产单位，生产制造各种不同的产品对象。按照工艺专业化原则组建和布置生产单位，较能适应多品种、多变换的生产，工艺管理集中方便，有利于提高工艺质量，有利于生产设备和工作面积的充分利用。但是不同工艺之间联结和协作关系复杂，交叉重复运输和周转增加，在产品工序间的等待时间增长。

(2) 对象专业化原则。对象专业化原则集中了不同的机器设备、不同工种的工人和不同的工艺方法，把生产制造相同产品对象的全部或大部分工艺过程集中设立，并按工艺流程布置生产单位。按照对象专业化原则组建和布置生产单位，可以大大地缩短产品加工路线，减少交叉重复运输及周转，减少车间之间的联系协作和等待时间，提高生产过程的连续性和比