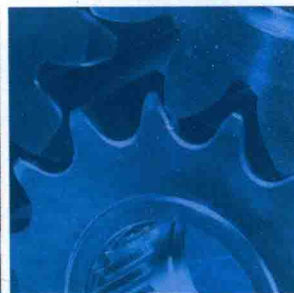




普通高等教育“十三五”规划教材
普通高等院校工程实践系列规划教材

工程训练简明教程

左时伦 姜占平 主编



科学出版社

普通高等教育“十三五”规划教材
普通高等院校工程实践系列规划教材

工程训练简明教程

主 编 左时伦 姜占平
副主编 胡 林 李 亮
主 审 何高法

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是根据教育部工程训练教学指导委员会的最新指导精神和工程训练学科发展前沿等要求,并结合多年的实践教学经验编写而成。全书共分为10章,内容包括:绪论、机械产品分析、切削加工技术、钳工技术、热加工技术、机械CAD/CAM技术、数控加工技术、特种加工技术、机电控制技术和机器人技术等,基本涵盖了现代工程训练和传统金工实习教学的所有内容。

本书可作为高等学校本科机械类、近机械类和非机械类专业的工程训练教材,也可作为专科和高职院校的金工实习教材,各学校在使用本书时可根据各专业和自身设备情况进行调整。本书还可供有关工程技术人员和技术工人参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程训练简明教程/左时伦,姜占平主编. —北京:科学出版社,2016.12
普通高等教育“十三五”规划教材·普通高等院校工程实践系列规划教材
ISBN 978-7-03-048342-3

I. ①工… II. ①左…②姜… III. ①机械制造工艺—高等学校—教材
IV. ①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第111640号

责任编辑:邓 静 张丽花 / 责任校对:桂伟利

责任印制:霍 兵 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年12月第一版 开本:787×1092 1/16

2016年12月第一次印刷 印张:13 1/4

字数:339 000

定价:39.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

“教育回归工程，教学回归实践”已成为国际高等工程教育发展的共识，各国都在探索符合自身国情的改革道路和对策。

从“金工实习”发展到“工程训练”，不仅仅是教学内容和教学手段的简单拓展，更是教学理念和教学目的的时代升华。正是基于以上理念，本书坚持以“理论够用，实践为主”的原则进行组编。本书在内容组织上力求突出体系先进性、内容实用性和技术综合性，为培养学生的工程实践能力和工程综合应用能力提供有效指导。

本书作为普通高等工科院校和中、高等职业技术学院的工程技能训练教材，具有体系新颖、内容精练、图文并茂等特点，可读性极强；内容组织上力求突出实用性、应用性和综合性，各工种操作技能讲解简明扼要；示例结合训练内容和工程实际，学以致用。通过本书的学习，能培养学生的工程实践能力和工程综合应用能力，为其后继课程的学习和综合创新训练，以及今后的工作奠定良好的基础。

本书由左时伦、姜占平任主编；由胡林、李亮任副主编；参加编写的人员还有廖勇、羊健、陈渝、张罡、谭逢友、张晓蓉、廖智勇、苏卫东、吴圣洁、钟家森、杜晓林、李蓬等；本书由何高法最终审定。

在本书的编写过程中，得到重庆科技学院机械与动力学院领导、重庆市金工学会专家、教研室同仁及实习指导老师的大力支持和热忱帮助，特此表示感谢！本书在编写过程中参考和引用了相关手册、教材、学术杂志等文献资料上的有关内容，借鉴了许多同行专家的教学成果，在此一并表示真诚的谢意。

由于编者水平所限，书中难免有许多疏漏和不足，恳请读者批评指正，以便再版时更正、完善。

编 者
2016年3月

目 录

第 1 章 绪论	1	3.4.5 铣削实训	52
1.1 机械发展简史	1	3.5 磨削	53
1.2 机械类别与构成	3	3.5.1 磨床	54
1.3 机械发展前景	5	3.5.2 砂轮	56
第 2 章 机械产品分析	7	3.5.3 工件安装	57
2.1 概述	7	3.5.4 磨削工艺	58
2.2 产品设计与制造	7	3.5.5 磨削实训	60
2.2.1 产品设计	7	复习思考题	61
2.2.2 产品制造	9	第 4 章 钳工技术	62
2.3 产品拆卸与装配	11	4.1 概述	62
2.3.1 产品拆卸	11	4.2 钳工设备与工具	62
2.3.2 产品装配	16	4.2.1 钳工设备	62
2.4 零部件测绘与技术处理	19	4.2.2 钳工工具	64
2.4.1 零部件测绘	19	4.3 钳工基本操作	65
2.4.2 技术处理	27	4.3.1 划线	65
2.5 产品分析实训	28	4.3.2 锯割	66
复习思考题	29	4.3.3 锉削	66
第 3 章 切削加工技术	30	4.3.4 钻、扩、铰孔	68
3.1 概述	30	4.3.5 攻螺纹和套螺纹	72
3.2 切削加工基础	30	4.4 钳工实训	73
3.2.1 切削运动	30	复习思考题	75
3.2.2 切削三要素	31	第 5 章 热加工技术	76
3.2.3 刀具	32	5.1 概述	76
3.3 车削	34	5.2 热加工基础	76
3.3.1 车床	34	5.2.1 金属液态成形	76
3.3.2 车刀	36	5.2.2 金属塑性成形	77
3.3.3 工件安装	37	5.2.3 金属连接成形	78
3.3.4 车削工艺	39	5.3 铸造	79
3.3.5 车削实训	41	5.3.1 铸造方法	80
3.4 铣削	43	5.3.2 造型与制芯	81
3.4.1 铣床	43	5.3.3 合金的熔炼与浇注	87
3.4.2 铣刀	45	5.3.4 铸造实训	89
3.4.3 工件安装	48	5.4 锻造	92
3.4.4 铣削工艺	49	5.4.1 锻造设备	92

5.4.2 锻造工艺	95	8.2.1 特点及应用	144
5.4.3 自由锻造和模锻	97	8.2.2 技术基础	145
5.4.4 锻造实训	99	8.2.3 电火花成形	147
5.5 焊接	102	8.2.4 线切割	150
5.5.1 电弧焊设备	103	8.2.5 电火花加工实训	155
5.5.2 电弧焊工艺	104	8.3 3D 打印	157
5.5.3 气焊与气割	106	8.3.1 特点及应用	157
5.5.4 焊接实训	109	8.3.2 技术基础	158
复习思考题	112	8.3.3 SLS 成型	160
第 6 章 机械 CAD/CAM 技术	113	8.3.4 FDM 成型	162
6.1 概述	113	8.3.5 3D 打印实训	163
6.2 三维造型技术	117	8.4 激光雕刻	164
6.2.1 几何造型方法	117	8.4.1 特点及应用	164
6.2.2 实体造型方法	118	8.4.2 技术基础	165
6.3 自动编程技术	120	8.4.3 激光雕刻实训	167
6.3.1 基本概念	120	复习思考题	169
6.3.2 基本步骤	121	第 9 章 机电控制技术	170
6.4 CAD/CAM 实训	122	9.1 概述	170
复习思考题	127	9.2 用电安全技术	171
第 7 章 数控加工技术	128	9.3 常用电器组件	175
7.1 概述	128	9.3.1 非自动控制电器	175
7.2 数控加工基础	129	9.3.2 自动控制电器	176
7.2.1 数控机床组成	129	9.3.3 主令电器	181
7.2.2 典型数控系统	130	9.4 基本电气电路	183
7.3 数控编程基础	131	9.4.1 门电路	183
7.3.1 数控编程方法	131	9.4.2 基本回路	183
7.3.2 数控编程指令	132	9.5 交流电机控制	184
7.3.3 编程坐标系	134	9.5.1 接线运行	184
7.4 数控车削	136	9.5.2 测定测量	185
7.4.1 数控车床	136	9.6 机电控制实训	187
7.4.2 数控车削实训	137	复习思考题	189
7.5 数控铣削	139	第 10 章 机器人技术	190
7.5.1 数控铣床	139	10.1 概述	190
7.5.2 数控铣削实训	140	10.2 机器人技术基础	191
复习思考题	142	10.2.1 机器人定义	191
第 8 章 特种加工技术	143	10.2.2 机器人分类	191
8.1 概述	143	10.2.3 机器人构成	194
8.2 电火花加工	144	10.3 慧鱼机器人设计	195
		10.3.1 基本构件	195

10.3.2	模型组合包	196
10.3.3	控制软件	198
10.3.4	接口板	200

10.4	机器人实训	202
	复习思考题	203
	参考文献	204

第1章 绪 论

1.1 机械发展简史

机械是机器和机构的总称。如用于交通运输的汽车是机械，用于修路的挖土机、压路机是机械，用于织布的纺织机是机械，用于耕地的拖拉机是机械；而用于撬石头的杠杆、用于吊起货物的滑轮也是机械。总之，机械时时刻刻包围在我们身边，机械就在我们的生活和工作中。

在远古时代，人类就创造并使用了杠杆、车轮、滑轮、斜面、螺旋等简单机械。公元前3000年埃及在修建金字塔的过程中就使用了滚木来搬运巨石。阿基米德用螺旋将水提升至高处，那就是今天的螺旋式输送机的始祖。13世纪以后，机械钟表在欧洲发展起来。在中世纪的欧洲就出现了用脚踏板驱动的加工木棒的车床和利用曲轴的研磨机，如图1-1所示。

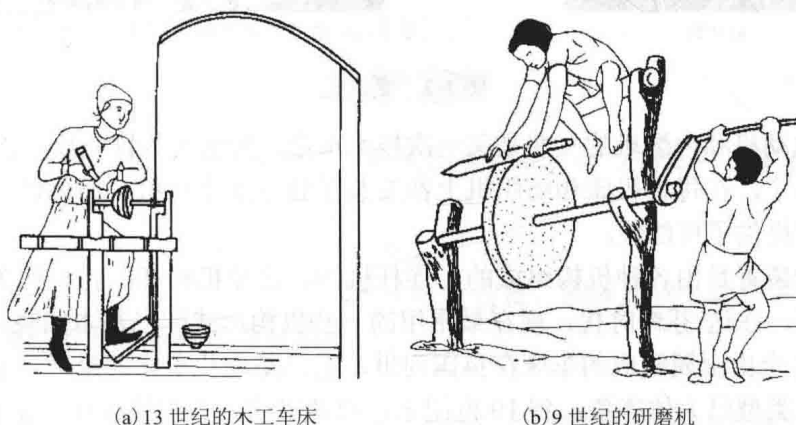


图 1-1 欧洲古代机械

有着悠久文明史的中华民族，也曾有不少机械方面的巧妙发明。图1-2(a)为公元1世纪东汉时发明的用水力鼓风炼铁的“水排”，其中应用了齿轮和连杆机构。图1-2(b)为晋代发明的用一头牛驱动八台磨盘的“连磨”，其中应用了齿轮系。

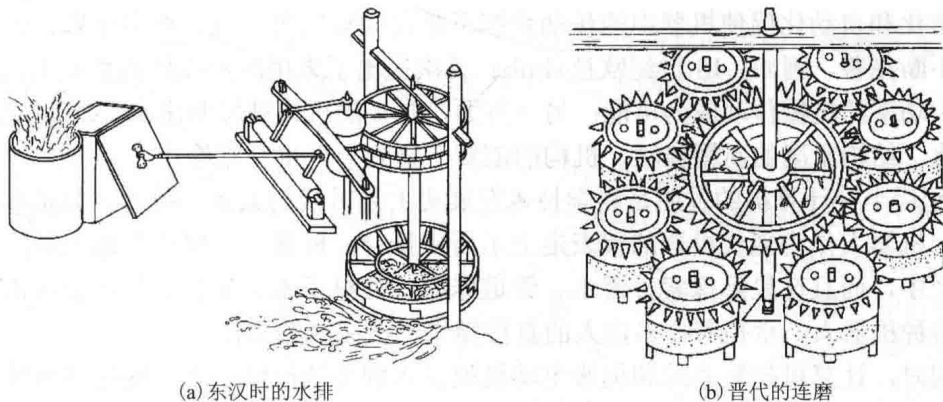
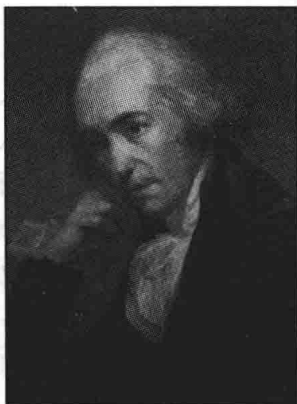


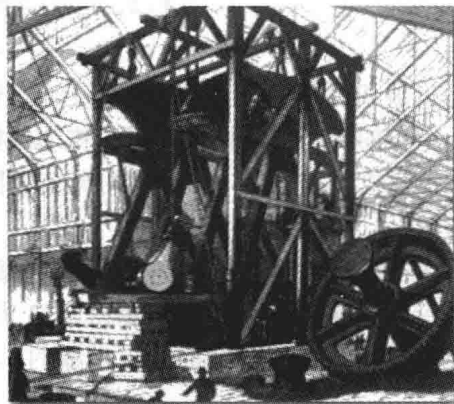
图 1-2 中国古代机械

古代的机械仅用人力、畜力和水力来驱动，是动力制约了机械的发展。而近数百年来，同样也首先是动力的变革推动了机械的飞速发展和广泛应用。

18 世纪，瓦特(Watt)改良了蒸汽机，如图 1-3 所示。蒸汽机广泛应用于生产，揭开了工业革命的序幕。蒸汽机给人类带来了强大的动力，各种由动力驱动的产业机械——纺织机、车床等如雨后春笋般出现。



(a) 瓦特



(b) 1876 年美国费城博览会上展出的蒸汽机

图 1-3 蒸汽机

19 世纪，电动机和内燃机的发明是又一次技术革命。在绝大多数场合，电力代替了蒸汽。集中驱动被抛弃了，在每台机床和纺织机上都安装了独立的电动机。而内燃机的发明则为汽车、飞机的出现提供了可能性。

机器的传动装置是由各种机构组成的。连杆机构、齿轮机构和凸轮机构等在古代机械中就已经有所应用。在达·芬奇时代，现在最常用的一些机构形式即已基本知晓。

1797 年，完全由金属制成的车床在英国问世，它已是现代车床的雏形。到 19 世纪中叶，通用机床的各种类型已大体齐备；到 19 世纪末，自动机床、大型机床也已出现。

为了满足日益增长的社会需求，20 世纪初以美国福特汽车的生产为标志，机械制造进入了大批量生产模式的时代。

在工业革命发生以后，基于动力的变革，大幅度提高机器的速度成为可能。由于不断提高生产率的需要，机器速度的提高是几百年来未曾停遏的发展趋势。由于提高产品质量和进行大批量生产的要求，机器的精密化和自动化成为机器发展的另外两个重要趋势。机器的高速化、精密化和自动化促使机器中的传动系统不断发展和完善。近三百多年来，一方面，已有的机构不断完善，例如，18 世纪欧拉(Euler)首次提出了采用渐开线作为齿轮的齿廓，从而使高速、大功率的机械传动成为可能；另一方面，更多的机构被发明出来，20 世纪出现了各种大传动比、结构紧凑的新型传动，机构的创新一直到今天也没有停止。

20 世纪后半叶计算机的发明是科学技术发展史上划时代的大事。随着计算机和伺服电动机的出现，机器人作为现代机器的代表走上了历史舞台。机器人不仅正在越来越广泛地应用于工业生产中，而且在星际探索、潜水、管道修理、外科手术、生物工程等领域也应用着不同形式的特种机器人，承担着许多由人的直接操作无法完成的工作。

与此同时，计算机控制系统和伺服电动机被引入到传统机械中来，使这些机械的组成、性能发生了革命性的变化，数控机床的出现就是一个最典型的例子。现代机械向主动控制、信息化和智能化方向发展。

1.2 机械类别与构成

1. 机械类别

机械的种类繁多，可以按几个不同方面进行分类，例如，按功能可分为动力机械、物料搬运机械、粉碎机械等；按服务的产业可分为农业机械、矿山机械、纺织机械、包装机械等；按工作原理可分为热力机械、流体机械、仿生机械等。中国机械行业的主要产品包括以下12类。

- (1) 农业机械：拖拉机、播种机、收割机械等。
- (2) 重型矿山机械：冶金机械、矿山机械、起重机械、装卸机械、工矿车辆、水泥设备等。
- (3) 工程机械：叉车、铲土运输机械、压实机械、混凝土机械等。
- (4) 石化通用机械：石油钻采机械、炼油机械、化工机械、泵、风机、阀门、气体压缩机、制冷空调机械、造纸机械、印刷机械、塑料加工机械、制药机械等。
- (5) 电工机械：发电机械、变压器、高低压开关、电线电缆、蓄电池、电焊机、家用电器等。
- (6) 机床：金属切削机床、锻压机械、铸造机械、木工机械等。
- (7) 汽车：载货汽车、公路客车、轿车、改装汽车、摩托车等。
- (8) 仪器仪表：自动化仪表、电工仪器仪表、光学仪器、成分分析仪、汽车仪器仪表、电料装备、电教设备、照相机等。
- (9) 基础机械：轴承、液压件、密封件、粉末冶金制品、标准紧固件、工业链条、齿轮、模具等。
- (10) 包装机械：包装机、装箱机、输送机等。
- (11) 环保机械：水污染防治设备、大气污染防治设备、固体废物处理设备等。
- (12) 矿山机械：岩石分裂机、顶石机等。

2. 机械构成

机械是一种人为的实物构件的组合，各部分之间具有确定的相对运动，用来完成有用的机械功或转换机械能或处理信息，以替代或减轻人的劳动。机械主要由以下几个部分构成。

1) 驱动装置

驱动装置常称为原动机，它是机械的动力来源，常用的有电动机、内燃机、液压缸和气动缸等，以各种电动机的应用最为普遍。

2) 执行装置

执行装置处于整个传动路线的终端。按照工作要求完成指定的运动，是直接完成机械功能的部分。如工业机器人的手部。执行装置随机械的用途不同而不同。

3) 传动装置

传动装置介于驱动装置与执行装置之间，它将原动机的运动和动力传递给执行装置，并实现运动速度和运动形式的转换。电动机大都是作回转运动，而机械的输出执行部分则有各种形式：回转(低速)、往复摆动、往复移动、间歇运动等，这就需要通过实现运动形式或速度转换的各种机构。极少数机械直接由原动机带动执行装置，中间没有传动装置，如鼓风机。

随着20世纪后半叶以来现代科学技术的发展，特别是控制理论的发展和计算机在工业上的广泛应用，机械的组成更复杂了。许多现代机械除了上述三部分，又包含了控制装置。

4) 控制装置

控制装置的作用是控制机械各部分的运动。如在工业机器人中，要让机械手完成一定的夹持动作，要确定它的动作轨迹(不与周围机械发生动作干涉)和速度规律运动，要计算出六个伺服电动机相应的运动规律。要使伺服电动机按这个运动规律运动，就需要控制。同时还要有传感器，它的作用是测量机器人各运动构件的真实运动情况，并将测量结果随时反馈给控制系统，控制系统根据运动要求和真实运动情况发出指令，对伺服电动机的运动加以调节。

如果将传统机械的三个组成部分比作人的心脏、躯干、手，那么现代机械设备就有了控制装置和传感器，就是增添了大脑和眼睛，“智能机械”的说法由此而来。

3. 常用机械

1) 内燃机

图 1-4 所示为单缸四冲程内燃机，它的功能是将汽油燃烧的热能转化为机械能，是汽车或摩托车的动力源。其主要运动系统由气缸 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 5 组成。当活塞处于上止点，随后向下动作，进气阀处于打开状态，吸进可燃混合气体，此为吸气冲程；活塞越过下止点向上动作，进气阀关闭，可燃气体被压缩，此为压缩冲程；活塞运动到了上止点，火花塞点火，使混合可燃气体迅速燃烧，燃烧产生的高压气体推动活塞向下动作，活塞通过连杆带动曲轴转动从而向外输出力矩，将热能转化为机械能，此为做功冲程；活塞越过下止点向上动作，进气阀，排气阀打开，将废气排出，此为排气冲程。

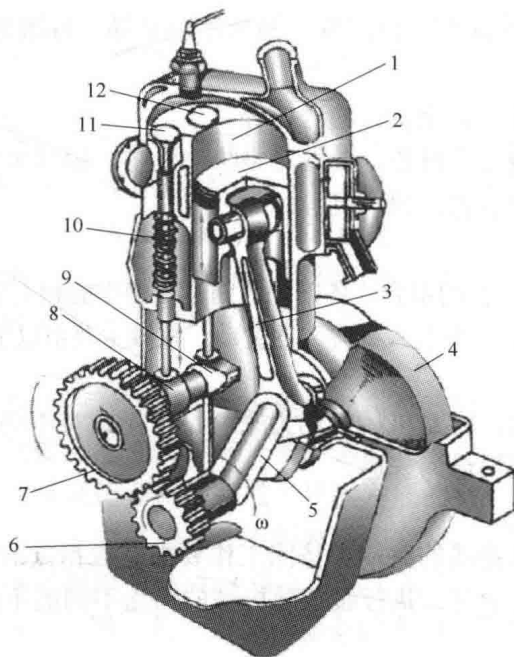


图 1-4 单缸内燃机结构示意图

1-气缸；2-活塞 3-连杆；4-飞轮；5-曲轴；6-小齿轮；7-大齿轮；8、9-凸轮门；10-弹簧；11-进气阀；12-排气阀

2) 空气压缩机

图 1-5 所示为空气压缩机。它的功能是将机械能转换为气体的势能，提供有一定压力的空气。

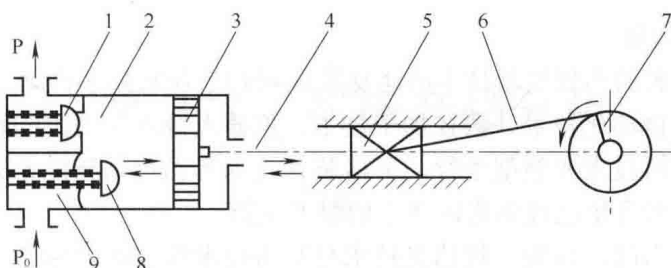


图 1-5 空气压缩机

1-排气阀；2-气缸；3-活塞；4-活塞杆；5-滑块；6-连杆；7-曲柄；8-吸气阀；9-阀门弹簧

它的主体部分是一个和内燃机中相同的连杆机构。通过曲轴 7、连杆 6 带动活塞 3 往复运动，将气体压缩。它也有吸气阀和排气阀配合活塞的运动，控制气体的进入和排出。

3) 工业机器人

图 1-6 所示为通用工业机器人。图中只画出了它的机械结构执行部分—机械操作机构。机器人操作机构由多个构件组成，各构件间均用可相对转动的活动铰链连接，通常称为机器人的“关节”。图中立柱 2 可在机座 1 中绕垂直轴线转动，这个连接处称为“腰关节”。大臂 3 和立柱 2 之间、前臂 4 和大臂之间的连接处分别称为“肩关节”和“肘关节”。当这三个关节相连两构件间的三个相对转角各自确定时，前臂的前端点在空间内便达到机器人要确定的夹取位置。在臂的前端，安装有腕部和 5 和手部 6。腕部由 3 个小的杆件组成，也有 3 个关节转角。手部通常称为末端执行器，它可以是一个夹持器，可以根据使用场合的不同可夹持不同的工具或工件。例如，可夹持零件进行装配，也可以夹持焊枪进行焊接。这 6 个关节运动需要 6 个伺服电动机来分别驱动。电动机在计算机的控制下按设计好的运动规则转动，这 6 个关节变量连续变化，末端执行器就按照一定的运动规律运动。工业机器人除了机械结构部分，还有计算机控制系统和传感装置。传感装置的作用是测量各关节的真实转角，并将测量结果随时反馈给控制系统，然后控制系统发出指令对伺服电机的运动加以调节。

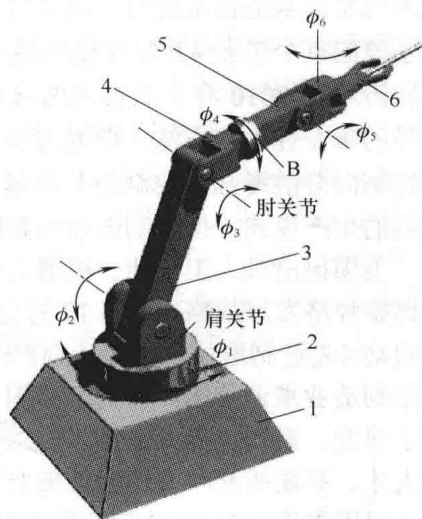


图 1-6 工业机器人执行装置

1-机座；2-立柱；3-大臂；4-前臂；5-腕部；6-手部

1.3 机械发展前景

1. 发展趋势

机械工业素有“工业的心脏”之称。它是其他经济部门的生产手段，也可说是一切经济部门发展的基础。它的发展水平是衡量一个国家工业化程度的重要标志。21 世纪，世界机械工业进入前所未有的高速发展阶段，发达国家重视装备制造业的发展，不仅在本国工业中所占比重、积累、就业、贡献均占前列，更在于装备制造业为新技术、新产品的开发和生产提供重要的物质基础，是现代化经济不可缺少的战略性产业，即使是迈进“信息化社会”的工业化国家，也无不高

度重视机械制造业的发展。

以信息技术为代表的当代高新技术的迅猛发展对制造业起到了推动、提升和改造的作用。信息装备技术、工业自动化技术、数控加工技术、机器人技术、先进的发电和输配电技术、电力电子技术、新材料技术和新型生物、环保装备技术等当代高新技术成果开始广泛应用于机械工业，其高新技术含量已成为市场竞争取胜的关键。

从产业规律看，当前，以新一代信息技术与制造技术深度融合为特征的智能制造模式，正引发新一轮产业变革；从生产方式看，数字化、虚拟化、智能化技术将贯穿产品全生命周期；从生产模式看，柔性化、网络化、个性化生产将成为制造模式新趋势；从生产组织看，全球化、服务化、平台化将成为产业组织新方式。从供给要求看，当前，产品市场需求总体不旺，但附加值高、功能齐全、性价比高的产品供不应求，说明市场过剩是相对的，产品质量、性能、品牌竞争力才是关键。产品的质量和性能，除了研发、设计等因素，还取决于制造产品的装备水平，而且研发、设计理念能否得以体现关键也在于装备水平的高低，企业制造装备升级正是供给侧结构性改革的一个重要抓手。

2. 发展战略

随着新一轮工业革命的孕育兴起，德国将通过互联网、高科技、大数据、虚拟制造信息技术与实体制造技术融合，以实现智能制造。2013年年底，德国电气电子和信息技术协会发布了德国首个工业4.0标准化路线图，以加强德国作为技术经济强国的核心竞争力。工业4.0是德国政府2010年正式推出的《高技术战略2020》十大未来项目之一，它是以智能制造为主导的革命性生产方法，即通过充分利用信息通信技术和网络物理系统等手段，实现由集中式控制向分散增强型控制的基本模式转变，目标是建立高度灵活的个性化和数字化的产品与服务的生产模式，推动制造业向智能化转变。

美国提出以人工智能、机器人和数字制造为核心，重塑制造业竞争力。2009年初美国开始调整经济发展战略，同年12月公布《重振美国制造业框架》，2011年6月和2012年2月相继启动《先进制造技术伙伴计划》与《先进制造国家发展战略计划》，并通过积极的工业政策，鼓励制造业重返美国。目前，美国已经正式启动高端制造计划，积极在生物制造、新一代微电子研发、高端机器人、纳米技术、高端电池、能源材料等领域加强攻关，这将推动美国高端人才、高端要素和高端创新集群发展。

中国制造业在2010年即接近世界产量的20%，成为第一制造大国。目前，制造业产量占世界的25%。然而，我国制造业“大而不强”，制造业整体竞争力排名第十三位，在对占世界制造业总产值70%以上的15个国家中，仅高于泰国和印度，与瑞士、日本、德国、美国等主要发达国家差距极大，原因在于我国制造业水平不高，总体上还只是“世界工厂”，处于价值链的低端。为了实现从制造大国向制造强国的转变，我国提出了“三步走”战略。“中国制造2025”也就是“三步走”第一个十年的行动纲领。而“中国制造2025”是李克强总理2015年3月5日在《政府工作报告》中首次提出的，他说：“要实施‘中国制造2025’，坚持创新驱动、智能转换、强化基础、绿色发展，加快从制造大国转向制造强国。”

“中国制造2025”以制造业创新发展为主题，以提质增效为中心，以加快新一代信息技术与制造业深度融合为主线，以推进智能化制造为主攻方向，以满足紧急社会发展和国防建设对重大技术装备的需求为目标，强化工业基础能力，提高综合集成水平，完善多层次多类型人才培养体系，促进产业转型升级，培育有中国特色的制造文化，实现制造业由大变强的历史跨越。

第2章 机械产品分析

2.1 概述

机械产品分析是对机械产品进行分析研究,掌握其功能原理、组成结构、运动方案以及零部件的组成结构、设计参数、工艺参数、质量参数等关键技术,从而完成机械相关知识系统化的学习,或进一步进行相关机械产品的开发设计。包括设计思想分析、功能原理及结构分析、零部件的设计分析、工艺分析、质量参数分析等。

产品分析的内容主要包括以下几个方面:第一,分析机械产品整机的功能及原理、结构组成、结构原理、结构特征、技术性能和技术参数指标。第二,分析产品的控制原理、控制方法和控制电路。第三,分析产品的拆卸、装配工艺方法和一般过程,对关键零部件进行测试,分析其功能结构、尺寸精度、材料选择方法、制造加工工艺以及其他特殊要求等。第四,分析产品的测试项目、测试方法、测试工艺、测试指标及测试仪器仪表,数据收集、记录、分析、处理,得出产品分析结果报告。

产品分析的作用首先在于通过对机械产品进行分析,可以系统地掌握机械产品和常用机构的应用、设计、计算、机械制造工艺等相关知识,是学习机械相关专业知识的一种有效方法。机械相关知识内容很广,常用机构、动力系统、传动系统、连接系统、执行系统、送料系统、机器总装、CAD以及零部件的加工制造与装配等知识,而这些知识往往是孤立的,抽象的,通过对机械产品的分析,可以将这些知识进行系统化,具体化。其次,产品分析是逆向工程工作的基础,特别适用机械产品的集成设计和变型设计等。对现有产品进行分析研究,可以对产品进行创新改造,从而开发出功能更强、结构更合理、工艺更先进、产品质量更高的新产品。最后,通过对产品的分析还可以指导产品的安装、使用与维护维修等。

2.2 产品设计与制造

2.2.1 产品设计

1. 产品的开发流程与方式

产品的开发是一个决策的过程,从人们的需求出发,形成规划和设计,再形成产品进入市场,经销售、使用后最终报废或回收。在产品的整个开发过程中应遵循从市场到市场的规律,切实了解市场的需求,然后再进行分析、规划、设计、制造和展开市场营销,其开发过程如图2-1所示。

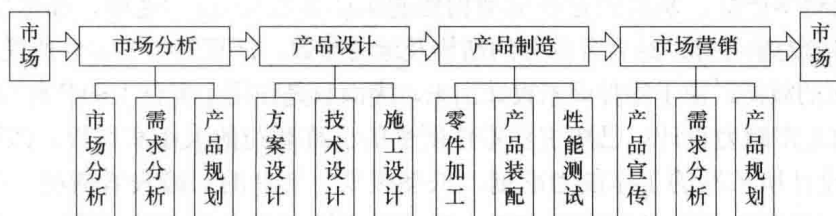


图2-1 产品开发流程

产品开发主要有以下三种方式。

1) 独立研制

依靠本企业的力量独立完成产品开发和研制,使企业拥有自主知识产权;也可借用别人的基础理论研究成果进行应用研究和产品开发。

2) 协作开发

当产品开发涉及较广泛的学科领域时,需要各类人才、先进的仪器设备和实验手段,比如企业、科研单位和高校之间可集中优势共同开发。

3) 技术引进

在充分掌握国内外技术状况和市场需求的情况下,可通过购买专利引进先进技术,也可将其与自己的研究成果相结合以开发新产品。

2. 产品设计阶段

产品的质量主要取决于设计质量。制造过程对产品质量所起的作用就在于实现设计时所规定的质量。因此,产品的设计阶段是决定产品质量好坏的关键,产品设计一般包括以下几个阶段。

1) 计划阶段

在根据生产或生活的需要提出所要求的设计产品后,计划阶段只是一个准备阶段。此时,对所要求的产品仅有一个模糊的概念。在此阶段中,应充分了解用户或市场对产品的需求,并进行系统的调查研究和分析。通过分析,进一步明确产品应具有的功能,为以后的决策提出由环境、经济、加工以及时限等各方面所确定的约束条件,并在此基础上,明确设计任务,并撰写设计任务书。设计任务书大体上应包括:产品的功能,经济性估计,制造要求方面的大致估计,以及基本使用范围等。

2) 方案设计阶段

本阶段对设计的成败起关键作用。在这一阶段中充分表现出设计工作有多种方案的特点。本阶段,首先进行产品的功能分析,就是对设计任务书提出的功能中必须达到的要求、最低要求及希望达到的要求进行综合分析,确定出功能参数,作为进一步设计的依据。在这一步骤中,要恰当处理需要与可能、理想与现实、发展目标与当前目标之间可能产生矛盾问题。确定出功能参数后,即可提出可能的解决方案。机械产品一般从原动部分、传动部分及执行部分进行讨论。

3) 技术设计阶段

技术设计阶段的目标是产生总装配草图及部件装配草图。通过草图设计确定出各部件及其零件的外形及基本尺寸,包括各部件之间的连接零、部件的外形及基本尺寸。

为了确定主要零件的基本尺寸,必须做以下工作。

(1) 产品的运动学设计:根据确定的结构方案,确定原动件的参数(功率、转速、线速度等)。然后做运动学计算,从而确定各运动构件的运动参数(转速、速度、加速度等)。

(2) 机器的动力学计算:结合各部分的结构及运动参数,计算各主要零件所承载荷的大小及特性。此时求出的载荷,由于零件尚未设计出来,因而只是作用于零件上的公称(或名义)载荷。

(3) 零件的工作能力设计:已知主要零件所受的公称载荷的大小和特性,即可做零、部件的初步设计。设计所依据的工作能力准则,须参照零、部件的一般失效情况、工作特性、环境条件等合理地拟定,一般有强度、刚度、振动稳定性、寿命等准则。通过计算或类比,即可决定零、部件的基本尺寸。

(4) 部件装配草图及总装配草图的设计: 根据已定出的主要零、部件的基本尺寸, 设计出部件装配草图及总装配草图。草图上需对所有零件的外形及尺寸进行结构化设计。在此步骤中, 需要很好地协调各零件的结构及尺寸, 全面地考虑所设计的零、部件的结构工艺性, 使全部零件有最合理的构形。

(5) 主要零件的校核: 有一些零件, 在上述第(3)步中由于具体的结构未定, 难以进行详细的工作能力计算, 所以只能做初步计算及设计。在绘出部件装配草图及总装配草图以后, 所有零件的结构及尺寸均为已知, 相互邻接的零件之间的关系也为已知。只有在这时, 才可以较为精确地定出作用在零件上的载荷, 决定影响零件工作能力的各个细节因素。只有在此条件下, 才有可能并且必须对一些重要的或者外形及受力情况复杂的零件进行精确的校核计算。根据校核的结果, 反复地修改零件的结构及尺寸, 直到满意。

4) 技术文件编制阶段

技术文件的种类较多, 常用的有产品的设计计算说明书、使用说明书、标准件明细表等。编制设计计算说明书时, 应包括方案选择及技术设计的全部结论性的内容。编制供用户使用的产品使用说明书时, 应向用户介绍产品的性能参数范围、使用操作方法、日常保养及简单的维修方法、备用件的目录等。其他技术文件, 如检验合格证、外购件明细表、验收条件等, 视需要与否另行编制。

3. 零部件设计步骤

机械零部件的设计是实现产品设计的基础, 主要包括机器机构结构设计, 机器动力装置设计, 机器传动系统(带传动、齿轮传动、蜗轮蜗杆传动、链传动等)设计, 机器轴系系统设计, 机器连接系统(螺纹连接、键连接等)设计, 机器执行系统分析设计, 机器送料系统分析设计和机器总装 CAD 辅助设计分析等。机械零件的设计大体上要经过以下几个步骤:

- (1) 根据零件的使用要求, 选择零件的类型或结构。
- (2) 根据零件的工作条件及对零件的特殊要求, 选择合适的材料和热处理方法。
- (3) 根据零件的工作情况, 确定作用于零件上的载荷(包括建立力学模型、进行载荷分析和计算、考虑各种因素对载荷的影响及确定零件的计算载荷)。
- (4) 根据零件可能出现的失效形式, 确定计算准则, 并计算和确定出零件的基本尺寸。
- (5) 根据工艺性和标准化等要求进行零件的结构设计。
- (6) 必要时应对零件进行校核计算。
- (7) 绘出零件的工作图, 并写出计算说明书。

2.2.2 产品制造

1. 工艺过程

将原材料转变为成品的全过程称为生产过程。生产过程一般包括原材料的运输、仓库保管、生产技术准备、毛坯制造、机械加工(含热处理)、装配、检验、喷涂和包装等。而在生产过程中, 凡是改变生产对象的形状、尺寸、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。工艺过程是生产过程的主要部分, 其他过程则称为辅助过程。工艺过程包括: 毛坯的制造工艺过程, 零件的加工过程, 机械装配工艺过程, 以及检验和包装工艺过程。辅助过程有工量夹具的制造和维修、运输和储存以及动力提供过程等。

机械加工工艺过程是由一个或若干个顺序排列的工序组成的, 毛坯依次通过这些工序, 就被加工成合乎图样规定要求的零件。而工序又由安装、工位、工步、走刀等组成。

1) 工序

工序是指一个(或一组)工人在一个工作地(如一台机床)对一个(或若干个)劳动对象连续完成的生产活动的总和。它是组成生产过程的最小单元。同一工序的操作者、工作地和劳动对象是固定不变的, 如果有一个要素发生变化, 就构成另一道新工序。

2) 工步

在同一个工位上, 要完成不同的表面加工时, 其中加工表面、切削速度、进给量和加工工具都不变的情况下, 所连续完成的那一部分工序内容称为一个工步。

一个工序可以用一个工步, 也可以有几个工步。图 2-2 所示为在卧式车床上进行的一道工序, 该工序由 4 个工步组成: 第一个工步为车端面 1, 第二个工步为钻孔 2, 第三个工步为车孔 3, 第四个工步为车槽 4。

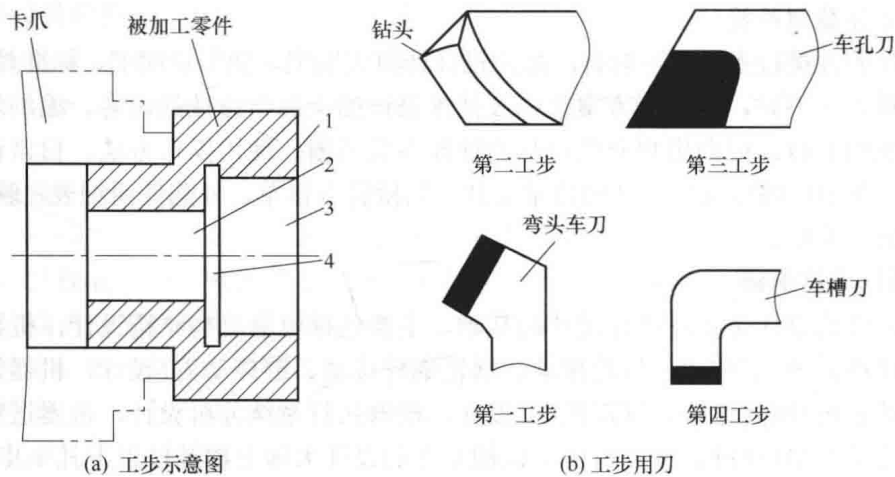


图 2-2 工艺过程的工步

3) 走刀

走刀是工步的一部分。如果在一个工步内, 因余量较大而不能一次切完, 则应分几次切除, 每切一次就是一次走刀。一个工步可以只有一次走刀, 也可以有几次走刀。

4) 安装

就安装通常的含义而言, 是指被加工零件在夹具或机床上先占据正确的几何位置, 然后通过夹紧将其固定下来的过程。

5) 工位

被加工零件在机床上的一次安装中, 由于换位会先后在不同的几个位置上进行加工, 所以每一个加工位置称为一个工位。例如, 在多轴自动机床上, 自动机床的轴座每隔一定时间就转动一定的角度, 被加工零件也随之被带到一个新的工位进行加工, 加工结束之后再转到下一个工位, 直至完成一个循环。

2. 工序类型

把毛坯变为成品零件, 在多数情况下都要经过若干道加工工序。由于每道工序在工艺过程中所起的作用不同, 因而就有了不同类型的加工工序。

1) 粗加工工序

在每一道机械加工工序中, 总要从零件的被加工表面上切除一层金属, 这些被切除的金属称为加工余量。由于毛坯的尺寸误差、形状误差、各表面间的位置误差, 以及表面缺陷深