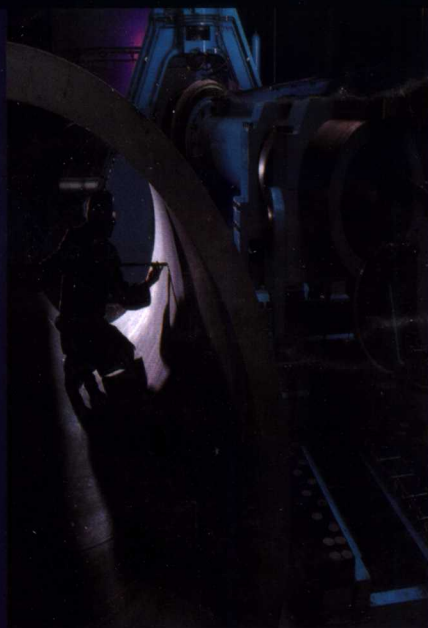


WUTP

普通高等学校机械设计制造
及其自动化专业新编系列教材



主编 蔡兰 冠子明 刘会霞

机械工程概论

Jixie Gongcheng Lailun

武汉理工大学出版社

普通高等学校机械设计制造及其自动化专业新编系列教材

机械 工 程 概 论

主 编	蔡 兰
	寇子明
	刘会霞
参 编	任乃飞
	高传玉
	王 霄

武汉理工大学出版社

· 武汉 ·

内 容 提 要

本书是一本供高等学校机械工程类专业开设机械工程概论课程所用的教科书,也是对学生进行专业素质教育的教材。书中简明介绍了机械工程的概况、机械工程基础、机械设计及现代设计方法、机械制造系统与先进制造技术、面向新世纪的先进制造系统模式、适应 21 世纪机械工程发展的人才教育与培训等内容。

本书的作用是指导新生对机械工程建立一个初步概念,了解、认识、热爱自己的专业,了解自己今后的从业范围,并引导他们适应大学生活,遵循学习规律,掌握学习方法,为今后积极主动地掌握知识,培养自主学习能力打下思想基础。

本书可作为高等工程院校机械学科各专业学生的专业素质教育教材及与机械工程相关学科学生的选修教材,也可作为机械工程类专业教师的教学参考书和相关专业学生的课外读物。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程概论/蔡兰,寇子明,刘会霞主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2004.

ISBN 7-5629-2071-0

I. 机…

II. ①蔡… ②寇… ③刘…

III. 机械工程-高等学校-教材

IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据(2004)第 048763 号

出版者:武汉理工大学出版社(地址:武汉市武昌珞狮路 122 号 邮编:430070)

印刷者:武汉理工大印刷厂

发行者:各地新华书店

开 本:880×1230 1/16

印 张:14.5

字 数:466 千字

版 次:2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月第 1 次印刷

书 号:7-5629-2071-0/TH·62

印 数:1~3000 册

定 价:21.80 元

(本书如有印装质量问题,请向承印厂调换)

普通高等学校
机械设计制造及其自动化专业新编系列教材
编审委员会

顾问:陈心昭 王益群 蔡 兰 束鹏程 孙宗禹
洪迈生

名誉主任:杨叔子

主任:张福润 高鸣涵

副主任:杨海成 李永堂 周彦伟 杨明忠

委员:(按姓氏笔画顺序排列)

王建中	王贵成	王益群	司徒忠	刘玉明
吕 明	许明恒	孙宗禹	孙树栋	朱喜林
陈心昭	李永堂	李 言	李杞仪	陈作柄
杨叔子	杨明忠	陈奎生	陈统坚	严拱标
杨海成	张福润	束鹏程	罗迎社	周彦伟
洪迈生	钟志华	赵 韩	钟毓宁	陶文铨
夏 季	高鸣涵	殷国富	董怀武	曾志新
韩荣德	傅祥志	谭援强	蔡 兰	魏生民

总责任编辑:刘永坚 田道全

秘 书 长:蔡德明

前 言

《机械工程概论》是供机械工程学科相关专业学习用的教材,也是一本用系统工程方法论对学生进行知识与素质教育于一体的教科书。全书共分6章。首先介绍了机械工程的基本概念和一些工程名词术语、机械工程与社会发展、机械工程涵盖的内容以及机械工程在国民经济中的作用和地位;并把一台机械作为一个系统,把机械系统作为描述机械工程学科中机械学与机械制造两大学科分支的集合体。接着介绍了机械工程基础知识,从认识机器开始,逐步了解机器的功能、组成、机构、形状、材料、互换性与公差、成型、加工及装配等的过程,使同学们对机器的设计制造过程有比较全面的了解。其次介绍了系统设计、制造的思路、方法和步骤。对整个机械系统从构思到实现乃至面向社会的市场营销、售后服务、回收等所涉及到的知识、所需要学习的主要课程及整个知识、能力素质体系的培养目标与要求都在本书做了介绍。并对新世纪的机械工程发展进行了展望。旨在希望初学者能对机械工程建立一个初步概念,对自己所学的专业有所认识,对自己今后从业的范围能有所了解,激发同学们的志趣与热情,增强同学们的自信心,热爱自己的专业,明确自己将来的奋斗目标。

参加本书编写的人员有:蔡兰、刘会霞、任乃飞、高传玉、王霄。蔡兰、寇子明、刘会霞为主编。

在本书编写过程中,自始至终得到了各有关院校领导的大力支持和帮助,同时也得到了武汉理工大学出版社各位老师的指导和帮助,在此一并表示衷心感谢!

书中吸取和参考并引用了许多专家和学者的研究成果,谨致谢意!

鉴于本书涉及的知识面非常广泛,加之编者水平有限,编写中难免有欠妥之处,恳切希望广大读者多提宝贵意见,以求改进。

编 者

2003年11月

目 录

1 机械工程概述	1
1.1 机械工程基本概念	1
1.1.1 引言	1
1.1.2 机械工程基本概念	1
1.2 机械的服务领域与工作内容	5
1.2.1 机械的服务领域	5
1.2.2 机械的工作内容	6
1.3 机械的特征和机械的种类	6
1.3.1 机械的特征	6
1.3.2 机械的种类	6
1.4 社会发展与机械工程发展	8
1.4.1 社会发展与机械工程	8
1.4.2 机械工程的发展	9
1.4.3 中国机械工业的发展	15
1.5 制造业发展概况及其在国民经济中的地位、作用	15
1.5.1 制造业发展概况	15
1.5.2 中国制造业发展现状	18
1.5.3 制造业在我国国民经济中的地位和作用	19
1.6 我国制造业面临的机遇、挑战和战略	21
1.6.1 我国制造业面临的机遇和挑战	21
1.6.2 国际上几个国家和地区发展制造业的启示	22
1.6.3 我国制造业发展的相对优势	23
1.6.4 我国制造业的发展战略	23
2 机械工程基础	27
2.1 系统与机械系统	27
2.1.1 系统	27
2.1.2 机械系统	28
2.2 机器的用途、功能与性能	29
2.2.1 机器的用途	29
2.2.2 机器的功能与性能	29
2.3 机器的组成与结构	31
2.3.1 机器的功能与结构的关系	31
2.3.2 从机器功能的角度看机器的组成	32
2.3.3 从机器制造、装配的角度看机器的组成	35
2.4 机电一体化系统的概念与基本结构要素	36
2.4.1 机电一体化的概念	36
2.4.2 机电一体化技术的主要特征	36
2.4.3 机电一体化系统的基本结构要素	37

2.4.4	机电一体化的技术体系	38
2.5	机器的表达	39
2.6	机器的功能与机构	41
2.6.1	工程中常用机构的基本类型	41
2.6.2	机械运动形态与变换	44
2.6.3	机、电、液机构组合的运动及控制	53
2.6.4	机械运动与控制	57
2.7	功能与材料	60
2.7.1	工程材料概述	61
2.7.2	金属材料	63
2.7.3	高分子材料	66
2.7.4	陶瓷材料	70
2.7.5	复合材料	71
2.7.6	材料的改性技术	72
2.7.7	材料的回收与再利用	73
2.8	零件的几何形状	74
2.8.1	零件的分类	74
2.8.2	零件的几何形状特征	75
2.9	零件的互换性与公差	77
2.9.1	互换性与公差的概念和作用	77
2.9.2	有关尺寸、公差、配合术语和示例	78
2.9.3	形状和位置公差	81
2.9.4	表面粗糙度	83
2.10	制造工艺	84
2.10.1	毛坯件成型工艺	85
2.10.2	外形加工	91
2.10.3	快速激光原型制造技术	100
2.11	装配	101
2.11.1	装配过程	101
2.11.2	装配的工艺方法	102
2.11.3	典型组件与部件的装配	102
2.12	创新、创造与发明	103
2.12.1	走进思维的新区	103
2.12.2	创造与发明并不神秘	104
2.12.3	创造发明的奥秘	106
2.12.4	创新设计方法	108
2.12.5	创新设计实例	109
2.12.6	21世纪的机电产品	110
3	机械设计及现代设计方法	112
3.1	机械设计概述	112
3.1.1	机械设计的基本概念	112
3.1.2	设计的任务及设计的主要类型	113
3.1.3	设计的基本原则及要求	114
3.1.4	设计中的思考	116
3.1.5	机械设计的一般程序	118

3.1.6	产品设计过程中的方法和理论	119
3.1.7	设计面临的形势与机械设计发展简史	119
3.2	现代设计方法与技术	122
3.2.1	优化设计	122
3.2.2	并行设计	124
3.2.3	生态化设计(Design for Environment)	127
3.2.4	逆向工程(Reverse Engineering, RE)	129
3.2.5	虚拟设计(Virtual Design)	134
3.2.6	智能设计(Intelligent Design)	134
4	机械制造系统与先进制造技术	136
4.1	概述	136
4.1.1	制造的定义和分类	136
4.1.2	制造的制约因素	136
4.1.3	制造系统	143
4.1.4	制造系统的三流结构	147
4.2	制造系统的物流系统	149
4.3	制造系统的物能资源流	149
4.4	制造系统的信息流	150
4.5	机械制造管理系统	150
4.5.1	管理概述	150
4.5.2	企业管理的职能	152
4.5.3	企业管理的组织形式	153
4.5.4	企业工作的基本系统	154
4.5.5	企业改革与管理现代化	157
4.6	制造系统的评价指标	158
4.7	先进制造技术	159
4.7.1	计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)技术	159
4.7.2	数控加工技术	164
4.7.3	精密与超精密加工技术	169
4.7.4	超高速切削、磨削技术	170
4.7.5	新一代制造装备技术	170
4.7.6	微细制造与纳米技术	171
5	面向新世纪的先进制造系统模式	176
5.1	新世纪市场分析与产品特征	176
5.1.1	新世纪市场分析	176
5.1.2	新世纪产品的特征	177
5.2	先进制造系统模式	178
5.2.1	先进制造系统模式的特点	178
5.2.2	CIMS	181
5.2.3	并行工程	183
5.2.4	精良生产	185
5.2.5	敏捷制造	186
5.2.6	虚拟制造系统	188
5.2.7	先进制造系统模式的发展趋势	190
6	适应 21 世纪机械工程发展的人才教育与培训	194

6.1	机械工程人才的需求分析	194
6.1.1	现代制造环境下的人的工作变化	194
6.1.2	现代制造对人的素质和技能的需求	195
6.2	适应机械工程发展的高等工程教育	196
6.2.1	先进制造技术对高等工程教育的挑战	196
6.2.2	中国机械工程教育	197
6.3	中国机械工程的教育与培训	206
6.3.1	教育和培训的战略性的	206
6.3.2	继续教育培训体系	207
附录 1	机械技术史年表	208
附录 2	名词术语英汉对照表	214
参考文献	216

1 机械工程概述

1.1 机械工程基本概念

制造是人类所有活动的基石。

1.1.1 引言

制造是人类最古老的生产活动。远古时代,人类的祖先从地上站立起来,并用手工磨制的石斧、石锤作为工具,采集和狩猎借以维持生存,从此人猿分道扬镳,拉开了人类历史的序幕。正如已故毛泽东主席在《贺新郎·读史》一首词中所描述:“人猿相揖别,只几个石头磨过,小儿时节。”

人类为与生俱来的寒热而衣、渴饮饥餐的生存所需以及不断改善、提高的需求,促使了工具制造的不断精细、不断创新。于是人类在通向文明的漫长的征途中,手工工具发展为简单机械,简单机械发展为先进机械设备,原始实践与经验发展为科学实验、科学技术以及创新,个体手工作坊发展为现代制造业。

人类历史经历了石器时代,铜、铁器时代,工业革命,经历了采集和狩猎经济、农业经济、工业经济时代。每一个时代都有工具和生活用品的独特的制造技术和工艺水平。而新的、更高水平的制造技术的出现和制造业的发展,又可以开创一个新的时代,促进新的社会结构的形成。19世纪末,蒸汽机制造技术获得突破性进展,由此引发了工业革命,导致了现代工业的出现和发展,以及现代社会和现代文明的建立。进入20世纪下半叶,微电子技术与信息产业的出现和迅速普及,使人类的生产活动、技术开发和社会生活开始进入信息化和智能自动化时代,极大地减轻体力劳动,延伸和增强了脑功能,提高了社会劳动生产率。在今天,现代制造业已成为实现现代化的基石,是现代社会和现代文明发展的动力。

1.1.2 机械工程基本概念

1.1.2.1 机械工程名词

(1) 机械

我国是世界上最早给机械下定义的国家。公元前5世纪,春秋时代的子贡就给机械下过定义:机械是使人用力寡而成功多的器械。后来的韩非子也有类似定义:舟车机械之利,用力少,致功大,则人多。到公元前1世纪古罗马建筑师 Vitruvius 把机械定义为:机械是由木材制造且具有相互联系的几部分可组成的一个系统,它具有强大的推动物体的力量。直到公元1724年,法国人 Leopolod 给机械的定义是:机械是一种人造的设备,用来产生有利的运动,在不能用其他方法节省时间和力量的地方,它能做到节省。Leopolod 提出了机械运动、时间和省力的概念。

现代机械的概念:现代社会进行生产和服务的五大要素(即人、资金、能量、材料和机械)之一,并且材料和能量的生产必须有机械的参与。

又定义:机械是机器和机构的统称。

当今社会,人们的生存、生活、工作与机械密切相关。衣服是用纺织机织成布,用缝纫机制成的;粮食是用机械播种、收割、加工的;楼房是用机械盖的;电是用机械发的;汽车、火车、飞机、照相机、电视机、洗衣机、

空调器、吸尘器等是机械,也是用机械制造出来的。概言之,组成国民经济结构的农业、工业、服务业以及国防军工一切部门所需装备的设计、制造、批量生产都要靠机械,机械给人类带来幸福,现代人离不开机械。

(2) 机构

各组成部分间具有一定的相对运动的装置。能传递、转换运动与动力,或实现某种特定的运动。

机构可以由刚体组成,也可以由气体、液体以及特定条件下的可变形体和挠性体组成,直接参与运动的变换,为区别机械式机构,称之为液动机构或气动机构。

图 1.1 为内燃机机构,活塞 2 在汽缸 1 内做直线往复运动,通过连杆 3 带动曲轴 4 作回转运动,输出动力;同时通过齿轮 5、6 带动凸轮轴 7 旋转,凸轮轴推动顶杆 8 作上下运动,开启或关闭进、排气门。

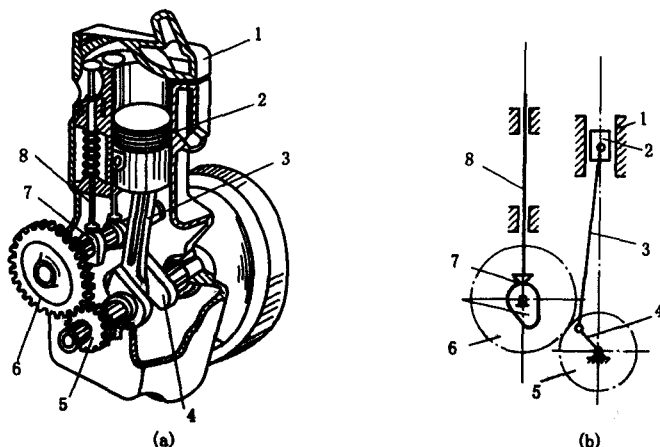


图 1.1 内燃机

1—缸体;2—活塞;3—连杆;4—曲轴;5、6—齿轮;7—凸轮轴;8—顶杆

图 1.2 为液压千斤顶的工作原理图。工作时向上提起杠杆 1,活塞 3 被带动上升,油腔 4 密封容积增大,于是油箱 6 中的油液在大气压力的作用下,推开单向阀 5(钢球)并沿着吸油管道进入油腔 4。当用力压下杠杆 1 时,活塞 3 下移,油腔 4 的油压迫使单向阀 5 关闭,并使单向阀 7 打开,压力油注入油腔 10,推动活塞 11 连同重物 G 一起上升。反复提压杠杆 1,就能不断地将油液压入油腔 10,使活塞 11 与重物 G 不断上升,达到举起重物的目的。做完功,扭转放油阀 8,压力油流回油箱 6,活塞 11 回复到原位置。由此可见,液压千斤顶是以油为介质,依靠压力油传递运动和动力。

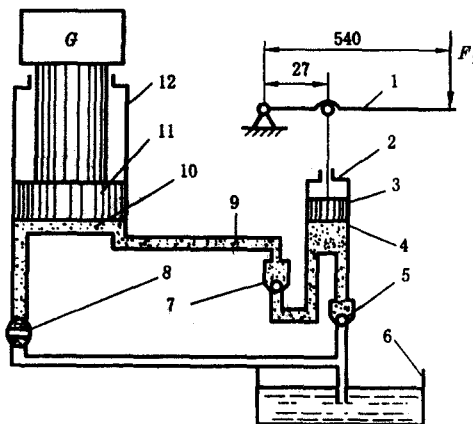


图 1.2 液压千斤顶的工作原理图

1—杠杆;2—泵体;3—小活塞;4、10—油腔;5—单向阀;
6—油箱;7—单向阀;8—放油阀;9—油管;11—活塞;12—缸体

在机构中,组成机构彼此间具有一定的相对运动关系的基本单元。如图 1.1 中,活塞-连杆-曲轴机构中的构件为活塞、连杆、曲轴。

(4) 机器

执行机械运动,以变换和传递能量、物料和信息的装置。其中把机械能转变为其他能量,或由其他能量转换为机械能的列为动力机械,如内燃机、发电机等;搬运物料机器如汽车、起重机等;处理和储存信息的机器如打字机、绘图机等。

(5) 零件

组成机械的不可拆的基本单元,也是制造过程中的单个制件,如图 1.1 中的齿轮 5、6 等。

机械中的零件按其应用的范围可分为两类:一类是通用件,它在各种机械中都能用到,且具有同一功能,

如螺栓、螺母、齿轮、链条、皮带、键等；另一类是专用零件，它仅适用于一定类型的机械中，并能表示此种机械的特点，如内燃机曲轴，纺织机械上的纺锭，汽轮机的叶片，农业机械中耕地的犁、铧等。

(6) 部件

机械的一部分，为若干可以完成同一功能，而在结构上连接在一起、能协同工作的零件的组合物。如图 1.3 中活塞连杆部件，由 17 种零件组成，它的功能就是把活塞的往复运动通过连杆转换为曲轴的旋转运动。

(7) 工件

机械加工中的加工对象。它可以是单个零件，也可能是固定在一起的几个零件的组合。如图 1.3 中，连杆身 12 与连杆轴承盖 16，它们在分开加工时分别为单个的加工工件，合成后，则由连杆身 12、连杆轴承盖 16、连杆螺栓 17 以及连杆螺母 15 装配组合为一个工件，加工连杆大头孔。

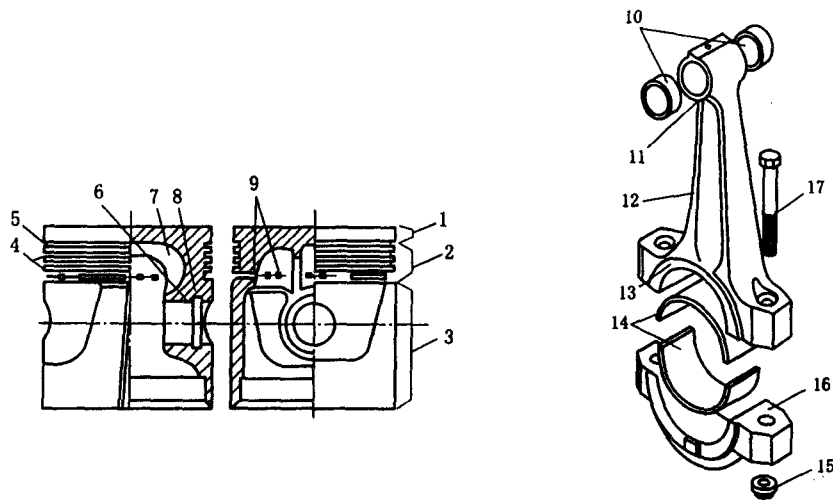


图 1.3 活塞和连杆结构

1—顶部；2—环槽部；3—裙部；4—环岸；5—环槽；6—销座；7—加强肋；
8—卡环槽；9—泄油孔及泄油槽；10—活塞销套；11—连杆小头；12—连杆身；
13—连杆大头；14—连杆轴承；15—连杆螺母；16—连杆轴承盖；17—连杆螺栓

(8) 装配

按机械设计时的要求，将零件和部件连接成机械产品的过程。机械装配是在机械制造过程中最后决定机械产品质量的重要工艺过程，即使全部零件合格，如果装配不当，往往也不能形成合格产品。

简单产品可由零件直接装配而成。复杂的产品则须先将若干零件装配成组件或部件，称为组件装配或部件装配；然后将若干组件和部件以及另外一些零件装配成完整的产品，称为总装配。装配过程，特别是装配完成后必须进行相关检验和试验。

(9) 其他概念

①设备 生产或生活中所需要的各种器械用品，如用于加工产品零件的机床设备，用于各类试验、测试、分析的仪器仪表设备等。

②装备 为生产、军事、生活等配备的设备、装置、器材乃至技术力量等。如为军队配备的武器、军装、夜视镜、雷达等为军事装备；为机械制造配备的工具、夹具、量具等为工艺装备；为发电、冶金、石化、汽车生产配备的重大装备；为微电子、光电子制造、微机电系统和生物工程等配备的新型的高技术装备等。在通常情况下，人们把设备与装备等同使用。

1.1.2.2 制造业与机械工业

(1) 制造与制造业

“制造”是指人类按照所需目的运用主观掌握的知识和技能，借助于手工或可以利用的客观物质工具装置或设备，采用有效的方法，将原材料转化为最终物质产品，并投放市场的全过程。

“制造业”是将制造资源(物料、能源、设备工具、资产、技术、信息和人力等)通过制造过程，转化为可供人们使用或利用的工业品或生活消费品的行业。制造业一般有消费品制造业和装备制造业、轻型制造业和重

型制造业、民用制造业和军用制造业、传统制造业和现代制造业之分。

随着制造技术与制造科学的不断发展,随着生产力的不断发展,在今天,“制造”已不是指单独的加工过程,其概念和内涵在范围、过程和基础三个方面大大地拓展。在范围方面,制造涉及的工业领域远非局限于机械制造,它包括了机械、汽车、电子、化工、仪器仪表、航空航天设备、交通运输设备、旅游设备、机床、轻工、食品设备、家电等国民经济的大量行业;在过程方面,包括市场调研、分析与预测、产品设计、材料选择、工艺设计、生产加工、质量保证、生产过程管理、营销、售后服务等产品寿命周期过程;在基础方面,把基本原理、基础理论、基础技术应用到工农业生产、信息服务、国防建设等部门的制造中,形成了涵盖各种工程学科(如机械工程、电子工程、机电工程等)的广义“大工程”观。所以,制造、制造业均是一个广义的概念,是一个“大制造”的概念。

我们接触到的典型制造业及其产品见表 1.1。制造的产品大致分为生活资料(也称消费品)和生产资料,前者如电视机、洗衣机等,后者如机床、钢铁等。

表 1.1 典型制造业及其产品举例

工 业	产品举例	工 业	产品举例
汽车工业	小轿车、卡车	冶金工业	钢铁
航空工业	飞机	金属制品	加工零件
计算机工业	工作站	重型机械	机床
耐用消费品	洗衣机	橡胶工业	轮胎
电子工业	电视机		

(2) 机械工业

机械工业是指制造业中从事机械设备或机械装置生产的行业。它包括各种机械、机床、工具、仪器、仪表等行业,目的为国民经济、国防建设以及科学技术的进步和发展提供先进的手段和装备。

机械工业是制造机械产品的工业部门,本身就是机械制造业,它是制造业的基础。人们把机械工业称为国民经济的装备部门,通常把机械工业称为机械制造业。

1.1.2.3 机械工程

机械工程以有关的自然科学和技术科学为理论基础,结合生产实践中积累的基础经验,研究和解决在开发、设计、制造、安装、应用和修理各种机械中的全部理论和实际问题。

机械工程科学由机械学和机械制造组成。

机械学是对机械进行功能综合并定量描述及控制其性能的基础技术学科。它的主要任务是把各种知识、信息注入到设计中,加工成机械制造系统能接受的信息并输入到机械信息系统。

机械制造是接受设计输出的指令和信息,并加工出合乎设计要求的产品的过程。因此,机械制造科学是研究机械制造系统、机械制造过程手段的科学。

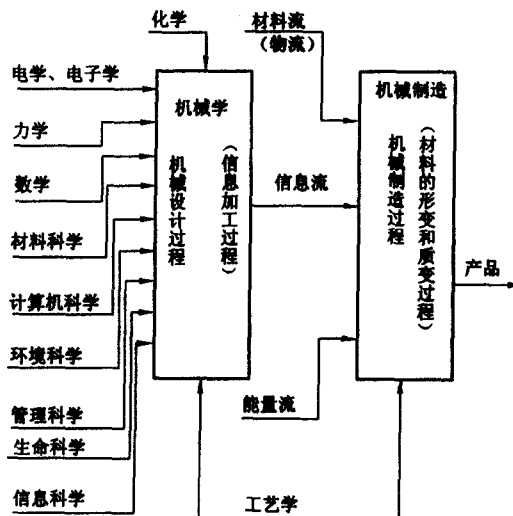


图 1.4 机械工程科学的组成

如图 1.4 所示,从图中可以看到,设计与制造是两个不可分的统一体,忽视了这一点就有可能出现以下

问题:若轻制造,用先进的设计技术,就可能出“质量不高的先进产品”;反之,若轻设计,用先进制造技术,又可能出“落后的高质量产品”。只有用先进设计技术设计出适应社会需求的产品,以先进制造技术制造,才能形成对市场的快速响应。

机械学的研究对象主要有:机械工程中图形的表示原理和方法;机械运动中运动和力的变换与传递规律;机械零件与构件中的应力、应变和机械的失效;机械中的摩擦行为;设计过程中的思维活动规律及设计方法;机械系统与人、环境的相互影响等内容。所以它应用到的基础学科及相关学科如图 1.4 所示。它所面向的研究学科分支见图 1.5 所示。

机械制造包括机械制造冷加工学和机械制造热加工学两大部分。机械制造发展至今,正逐步由一门技艺成长为一门科学。机械加工的根本目的是以一定的生产率和成本在零件上形成满足一定要求的表面。为此,正在逐步形成研究各种成型方法及其运动学原理的表面几何学;研究材料分离原理和加工表面质量的材料加工物理学;研究加工设备的机械学原理和能量转换方式的机械设备制造学;研究机械制造过程的管理和调度的机械制造系统工程学等。

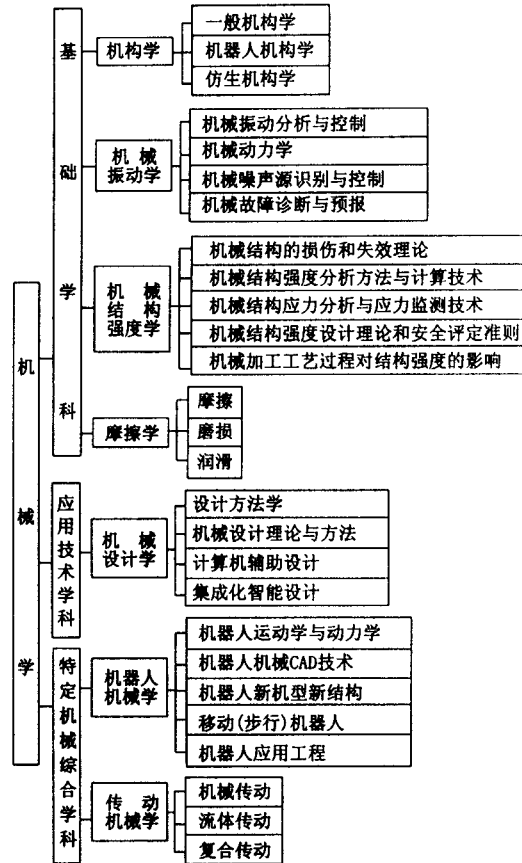


图 1.5 机械学所包含的分学科

1.2 机械工程的服务领域与工作内容

各个工程领域的发展都要求机械工程有与之相适应的发展,都需要机械工程提供所必需的机械。

1.2.1 机械工程的服务领域

机械工程的服务领域广阔而多面,凡是使用机械、工具,以至能源和材料生产的部门,无不需要机械工程的服務。概括说来,现代机械工程有五大服务领域。

(1) 研制和提供能量转换机械,包括将热能、化学能、原子能、电能、流体压力能和天然机械能转换为适合于应用的机械能的各种动力机械,以及将机械能转换为所需要的其他能量(电能、热能、流体压力能、势能等)的能量变换机械。

(2) 研制和提供用于生产各种产品的机械,包括应用于第一产业的农、林、牧、渔业机械和矿山机械,以及应用于第二产业的各种重工业机械和轻工业机械。

(3) 研制和提供从事各种服务的机械,包括交通运输机械,物料搬运机械,办公机械,医疗器械,通风、采暖和空调设备,除尘、净化、消声等环境保护设备等。

(4) 研制和提供家庭和个人生活中应用的机械,如洗衣机、冰箱、钟表、照相机、运动器械等。

(5) 研制和提供各种机械武器。

1.2.2 机械工程的工作内容

不论服务于哪一领域,机械工程的工作内容基本相同,按其工作性质可分为六个方面。

(1) 建立和发展可以实际的和直接的应用于机械工程的工程理论基础。这方面主要有:研究力和运动的工程力学及流体力学;研究金属和非金属材料的性能及其应用的工程材料学;研究材料在外力作用下的应力、应变等的材料力学;研究热能的产生、传导和转换的燃烧学、传热学和热力学;研究摩擦、磨损和润滑的摩擦学;研究机械中各构件间的相对运动的机构学;研究各类有独立功能的机械元件的工作原理、结构、设计和计算的机械原理及机械零件学;研究金属和非金属的成型及切削加工的金属工艺学与非金属工艺学等。

(2) 研究、设计和发展新的机械产品,不断改进现有机械产品和生产新一代机械产品,以适应当前和将来的需要。这方面包括:调研和预测社会对机械产品新的要求;探索应用机械工程和其他工程技术中出现的新理论、新技术、新材料、新工艺,进行必要的新产品试验、试制、改进、评价、鉴定和定型;分析正在试用的和正式使用的机械存在的缺点、问题和失效情况,并寻求解决措施。

(3) 机械产品的生产包括:生产设施的规划和实现;生产计划的制定和生产调度;编制和贯彻制造工艺;设计和制造工具、模具;确定劳动定额和材料定额;组织加工、装配、试车和包装发运;对产品质量进行有效的控制。

(4) 机械制造企业的经营和管理。机械一般是由许多各有独特的成型、加工过程的精密零件组装而成的复杂的制品,生产批量有单件和小批,也有中批、大批,直至大量生产,销售对象遍及全部产业和个人、家庭,而且销售量在社会经济状况的影响下可能出现很大的波动。因此,机械制造企业的管理和经营特别复杂和困难。企业的生产管理、规划和经营等的研究也是多始于机械工业。生产工程、工业工程等成为独立学科之前,都曾为机械工程的分支。

(5) 机械产品的应用。这方面包括选择、订购、验收、安装、调整、操作、维护、修理和改造各产业所使用的机械和成套机械装备,以保证机械产品在长期使用中的可靠性和经济性。

(6) 研究机械产品在制造过程中,尤其是在使用中所产生的环境污染和自然资源过度耗费方面的问题及其处理措施。这是现代机械工程的一项特别重要的任务,而且其重要性与日俱增。

1.3 机械的特征和机械的种类

机械种类包罗万象,机械制造产品遍及人们的生活、生产、社会活动的方方面面。

1.3.1 机械的特征

机械的种类繁多,不同的机械,其构造、用途也各不相同,但各种机械又具有共同特征。

(1) 都是多个实体装配在一起的组合。

(2) 各实体间具有确定的相对运动和力的传递。例如图 1.1 单缸内燃机中活塞 2 相对汽缸体 1 做往复运动,曲轴 4 相对汽缸体 1 作相对转动。

(3) 能进行能量转换(如内燃机把热能转换成机械能),或完成有效机械功(如起重机提升重物)。

还有一些装置或器械,其组成件间没有相对运动,也没有机械能的转换和利用,如蒸汽发生器、凝汽器、换热器、反应塔、精馏塔、压力容器等,但由于它们是通过机械加工而制成的产品,也被认为属于机械范畴。

1.3.2 机械的种类

当今,机械已广泛地进入到人类活动的几乎一切领域,从简单小巧的剃须刀到复杂庞大的航天飞机,门类繁多、结构不同、用途各异。分类的方法也有多种类别。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、纺织机械等；按工作原理可分为热力机械、流体机械、仿生机
械等。相同的工作原理，相同的功能或服务于同一产业的机械有相同的问题和特点，因而机械又出现了各种
各样不同的分类体系。但是，这些按不同方面分成的多种机械类型往往互相交叉、互相重叠。如船用汽轮机
是动力机械，也是热力机械、流体机械和透平机械，它属于船用动力装置，可能也属于核动力装置。研究合理
分类有知识意义，反而在实用中没有很大的价值。

考虑到分类的科学性和通用于多个行业，以及科学原理应用于多个行业的共性，这里以“大工程”为背
景，参照《中国大百科全书·机械工程卷》，采用混合分类法，具体分类见表 1.2。

表 1.2 机械的种类

动力机械	原动机	热力发动机(柴油机、汽油机、煤气机)、燃气轮机、风力机、水力机等
		电动机、电动液压机等
工艺类机械	机床	车床、铣床、刨床、磨床、钻床、镗插床、拉床、锯床，以及特种加工机床；电火花、超声波、激光束、离子束、电子束、爆炸成型、化学加工(光刻、照相制版)、挤压成型等
	压力加工机械	锻锤、压力机、冲压设备、轧机等
	铸造焊接机械	造型机、焊接机、切割机
	热处理设备	各种热处理装置及热处理成套设备
	起重机械	起重机、吊车等
	交通运输机械	汽车、无轨电车、摩托车、自行车、机车、船舶、输送机、仓储设备、装卸机等
	化工机械	化工反应设备(压力容器等)、物料输送设备(泵、压缩机、通风机、鼓风机)、分离设备(各类塔设备)、橡胶机械、塑料机械等
产业机械	农业机械	耕作机械、水井钻机、种植机械、收获机械、植保机械、施肥机械、农田排灌机械、饲料加工机械、农产品加工机械等
	林业机械	营林机械(挖坑机、作床机、插条机、越苗机、植树机)、油锯、伐区作业联合机、林业起重输送机械等
	矿山机械	采矿机械(采掘机械、掘进机械)、采煤机械、石油钻采机械、选矿机械(破碎机械、粉磨机械、筛分机械、分选机械、脱水机械等)
	冶金机械	炼铁机械、炼钢机械、轧钢机械等
	纺织机械	纺纱机械(开清棉机、梳棉机)、织选机械、染整机械等
	工程机械	推土机、挖土机等
	建筑机械	混凝土机等
	食品机械	粮食机械、调味品加工机械、蛋品加工机械、果蔬加工及保鲜机械、制糖机械、制盐机械、罐头机械、酿酒机械、饮料机械、乳制品加工机械、食品和冷冻食品加工机械、包装机械、肉类加工机械等
	轻工机械	烟草机械、印刷机械、饮食炊事机械、制革机械、文体用品机械等
其他机械	信息机械(计算机、打印机、复印机、传真机、绘图机)、仿生机械、机器人等	

1.4 社会发展与机械工程发展

制造是人类历史文明进步的动力。
了解技术发展的历程,才能预测技术发展的未来,创造出更加辉煌灿烂的科学技术的历史。

1.4.1 社会发展与机械工程

在人类历史的长河中,发生了几次决定人类命运的大革命。

第一次革命发生在大约 200 万年前,由于自然条件的突然变化,生活在树上的类人猿被迫到陆地上觅食,为了和各种野兽抗争,他们学会了用天然的木棍和石块——天然工具保卫自己,并用之猎取食物。使用天然工具,锻炼了他们的大脑和手指。

第二次革命发生在大约 50 万年前,古猿人学会了制造和使用简单的木制和石制工具,从事劳动,继而发现了火,并学会了钻木取火。烘熟的食物不仅让古猿人感到好吃,且熟食利于吸收,也为提高他们的体力和脑力创造了条件,进而使古猿人的生活质量有了改善和提高。使用工具,携带食物,甚至“拖儿带女”都需要他们的前肢从支撑行走中解脱出来,于是他们从地上站立起来,开启了从古猿到古人类的新纪元。

第三次革命发生在大约 15000 年前,古人类学会了制作和使用简单的机械,开始了农耕与畜牧。此后,大约 5000 年前,古人类进入新石器时代。4000 年前,发现金属,并学会了冶炼技术。金属器械逐步取代了石制、骨制的器械。继而约 2000 年前发现了铁金属,进入铁器时代,各种复杂的工具和简单机械相继发明出来。

第四次革命发生在 1750 年到 1850 年之间,蒸汽机的发明导致了一场工业革命。公元 16 世纪欧洲进入文艺复兴时期,其代表人物:意大利的著名画家达·芬奇(Leonardo da Vinci)设计了变速器、纺织机、泵、飞机、车床、锉刀制作机、自动锯、螺纹加工机等大量机械,并画了印刷机、钟表、压缩机、起重机、卷扬机、货币制造机等大量机械草图。一场大规模的工业革命在欧洲发生,大批的发明家涌现出来。各种专科学校、大学、工厂纷纷建立。机械代替了大量的手工业,生产迅速发展。1760 年,在英国格拉斯哥大学工作的瓦特(Jame Watt)经过 10 余年的努力和不断改进,在爱丁堡制造出第一台蒸汽机。1804 年英国人特莱维茨克发明并制造出第一台蒸汽机车。1830 年在法国修筑了从圣亚田到里昂的铁路。蒸汽机车与铁路的普及,促进了西方工业生产的发展,促进了西方的机械文明,奠定了现代工业的基础。

战争的爆发与持续,加速了枪炮等武器的研制和生产。欧洲战争、英美战争、美墨战争、南北战争、掠夺印第安人土地战争以及第一次世界大战等战事不断,对兵器的配件要求导致了互换性的问世。良好的互换性又必须有高精度的测量工具和加工机床来保证,因此,19 世纪的机床和测量工具的发明与革新进展很快。同时,钢铁工业也获得很快发展。

在这一阶段,机械及机械制造通过不断扩大的实践,从分散性的、主要依赖匠师们个人才智和手艺的一门技艺,逐渐发展成为一门有理论指导的系统和独立的工程技术。机械工程是促进 18~19 世纪的工业革命以及资本主义大生产的主要技术因素。

第五次革命是计算机的发明导致了一场现代工业革命。计算机正在改变人类传统的生活方式和工作方式。

当前世界正在进行着一场新的技术革命,以集成电路为中心的微电子技术的广泛应用给社会生活和工业结构带来了巨大的影响。机械工程与微处理机结合诞生了“机电一体化”的复合技术。这使机械设备的结构、功能和制造技术等提高到了一个新的水平。机械学、微电子学和信息科学三者的有机结合,构成了一种优化技术,应用这种技术制造出来的机械产品结构简单、轻巧、省力和高效率,并部分代替了人脑的功能,即实现了人工智能。机电一体化产品必将成为今后机械产品发展的主流。