

高等学校工业工程专业教材

机械工程概论

JIXIE GONGCHENG GAILUN

王丽莉 主编

第2版



★ 机械工业出版社

高等学校工业工程专业教材

机械 工 程 概 论

第 2 版

主 编 王丽莉
副主编 宗培言
主 审 铁维麟



机 械 工 业 出 版 社

本书以高等学校机械工程类学生的专业素质教育需要为目的, 简明介绍了机械与机械工程、机械工程的应用领域、机械工业与制造业、机械设计 & 现代设计方法、工程材料、材料成形技术、机械制造技术、先进制造技术、先进制造模式等内容。

本书可作为高等院校机械工程专业学生的专业素质教育教材及与机械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/王丽莉主编. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2011. 2
高等学校工业工程专业教材
ISBN 978-7-111-34278-6

I. ①机… II. ①王… III. ①机械工程—高等学校—教材 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 073369 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑: 朱 华 责任编辑: 朱 华 张振勇 张丹丹
责任校对: 刘 岚 封面设计: 路恩中 责任印制: 李 妍
高等教育出版社印刷厂印刷

2011 年 7 月第 2 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 17.75 印张 · 438 千字

0001 - 4000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 34278 - 6

定价: 35.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010)68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010)88379649

读者购书热线: (010)88379203

封面无防伪标均为盗版

序

机械工程是关于研究、设计、制造和运用各类机器和机械设备的工程科学，涉及范围极其广泛。近年来，随着现代科学的发展，尤其是微电子技术、信息科学、材料科学迅猛发展，机械工业发生了深刻变化，机械制造技术不断更新改造，机械工程学科与高新科技融为一体，浑然天成。为顺乎如此强大的潮流，培养高层次的人才，高教界开始学科调整，院校资源共享，改进知识结构……色彩纷呈，恰有“忽如一夜春风来，千树万树梨花开”之感。

“加强基础，拓宽专业，重在素质教育”作为指导思想提出来了，各项措施必须跟上。教材建设理所应当地摆在了重要位置。为此，该书作者作了大胆尝试，编写了这本教材，旨在解决学生专业教育、学习方向问题，从现代机械工程学科性质、知识结构、涵盖内容直到发展方向作了全面的介绍。

该书试图作为一本学习指导手册，使学生从入学教育、基础课学习、专业课学习等各环节直到实践教学，一直有的放矢，避免盲从。

过去，作为教材一直是编织大纲，现在要给学生以网“纲”，让学生提“纲”张目，牵动学科知识的构建，提高兴趣，易于接受。建议本书的读者在学习时要“博学之、审问之、笃行之”，主动学习，主动掌握。

由于该书无成熟经验可借鉴，只是探索工作，肯定有很多问题，希望能引起各界同仁的共鸣，逐渐完善。

铁维麟

第2版前言

本书是为机械工程学科各专业学生编写的一本专业素质教育教材，旨在通过本书的学习，使学生对机械工程的相关知识有一个较为全面的了解，增加对专业学习的兴趣和积极性。

全书共分九章，第一章简要介绍机械工程的概况、定义和发展前景；第二章介绍机械工程的应用领域；第三章介绍机械工业与制造业在国民经济中的地位和概况；第四章介绍机械设计的基本方法和现代设计方法；第五章介绍常用和新型工程材料；第六章介绍材料成形技术；第七章介绍机械制造技术；第八章介绍几种制造业应用的先进制造技术；第九章介绍制造业新近发展起来的先进制造模式；附录部分介绍了机械工程人物简介及大事年表。

机械工程学科各专业使用本教材时，可有所侧重。其他专业选用本教材时，视具体需要选择章节及作内容删减。

本书第2版维持原有的结构体系，对原教材的不足之处进行修改，对某些章节进行补充和完善，为了使本教材更加全面反映工业企业生产模式的巨大变化，本书增加了装备制造、工程机械、网络化制造等章节的内容，并对一些章节内容进行了补充与完善。

参加本书编写的有：王丽莉（第二章、第八章），宗培言（第五章、第六章），董海（第九章），梁迪（第四章），张凤荣（第三章），王艳敏（第七章），祁宁（第一章、附录）等同志。王丽莉主编，宗培言副主编，铁维麟教授主审。

在本书的编写过程中，自始至终得到了铁维麟教授的指导和帮助，并为本书作序，在此，谨向铁维麟教授致以衷心的感谢。

本书吸取和参考了许多有名专家和学者的研究成果，有些文献并未直接引用，为方便读者寻源，亦将其列入参考文献中，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，不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

第 1 版前言

本书是为机械工程学科各专业学生编写的一本专业素质教育教材，旨在通过本书的学习，使学生对机械工程的相关知识有一个较为全面的了解，增加对专业学习的兴趣和积极性。

全书共分十章，第一章简要介绍机械工程的概况、定义和发展前景；第二章介绍机械工程的涉猎领域；第三章介绍机械工业在国民经济中的地位、发展概况；第四章介绍机械设计的基本方法和现代设计方法；第五章介绍常用和新型工程材料；第六章介绍材料成形基本方法和先进技术；第七章介绍机械加工基本方法和特种加工技术；第八章介绍几种制造业应用的先进制造技术；第九章介绍制造业新近发展起来的先进生产方式和管理模式；第十章介绍现代机械工程教育的学科体系和我国的机械工程教育状况；附录部分介绍了机械工程发展简史、人物简介及大事年表。

机械工程学科各专业使用本教材时，可有所侧重。其他专业选用本教材时，视具体需要选择章节及作内容删减。

参加本书编写的有：宗培言（第五章、第六章、第七章、第九章），丛东华（第一章、第十章、附录），王丽莉（第二章、第八章），吴洁（第三章、第四章）等同志。宗培言、丛东华主编，铁维麟教授主审。

在本书的编写过程中，自始至终得到了铁维麟教授的指导和帮助，并为本书作序，在此，谨向铁维麟教授致以衷心的感谢。张卫民副教授、贾向义副教授为本书提供了许多宝贵的建议和资料，在此一并表示诚挚的谢意。

书中吸取和参考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，不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

序	
第 2 版前言	
第 1 版前言	
第一章 机械与机械工程	1
第一节 社会生产与机械	1
第二节 机械工程概况	2
第三节 21 世纪的机械工程	5
思考题	7
第二章 机械工程的应用领域	8
第一节 农业机械	8
第二节 林业机械	14
第三节 矿山机械	17
第四节 冶金机械	21
第五节 动力机械	27
第六节 化工机械	28
第七节 纺织机械	32
第八节 工程机械	36
第九节 汽车	41
思考题	45
第三章 机械工业与制造业	46
第一节 概述	46
第二节 机械工业在国民经济中的地位	47
第三节 机械工业生产的社会化	49
第四节 生产方式的变革与现代制造技术	55
第五节 中国机械工业的发展概况	60
第六节 装备制造业	67
思考题	70
第四章 机械设计 & 现代设计方法	71
第一节 机械设计基本方法	71
第二节 现代设计方法	77
思考题	107
第五章 工程材料	108
第一节 工程材料分类及应用	108
第二节 新型工程材料	122
思考题	142
第六章 材料成形技术	143
第一节 材料成形基本方法	143
第二节 材料成形先进技术	154
思考题	162
第七章 机械制造技术	163
第一节 机械加工基本方法	163
第二节 特种加工技术	173
思考题	186
第八章 先进制造技术	187
第一节 机电一体化	187
第二节 CAD/CAM	192
第三节 数控技术	197
第四节 柔性制造技术	203
第五节 绿色制造	208
第六节 快速成形制造	211
思考题	217
第九章 先进制造模式	218
第一节 概述	218
第二节 工业工程	223
第三节 计算机集成制造系统	228
第四节 并行工程	234
第五节 精益生产	239
第六节 敏捷制造	243
第七节 虚拟制造	252
第八节 智能制造	256
第九节 网络化制造	260
思考题	263
附录	264
附录 A 机械工程人物简介	264
附录 B 机械工程大事年表	268
参考文献	276

第一章 机械与机械工程

人类成为“现代人”的标志是制造工具。石器时代的各种石斧、石锤，木质、皮质简单粗糙的工具是后来出现的机械的先驱。从制造简单工具演变到制造由多个零件、部件组成的现代机械，经历了漫长的过程。

人类发展的历史证明，社会生产创造着人类的社会物质文明，推动了人类社会的发展。据统计，发达国家 60% ~ 70% 的财富来源于制造业生产的产品，而制造业的主要支柱是机械。

第一节 社会生产与机械

几千年前，人类已创制了用于谷物脱壳的臼和用于谷物粉碎的磨，用来提水的桔槔和辘轳，装有轮子的车，航行于江河的船及其桨、橹、舵等。所用的动力，从人自身的体力，发展到利用畜力、水力和风力。所用的材料从天然的石、木、土、皮革，发展到人造材料。最早的人造材料是陶瓷。制造陶瓷器皿的陶车，已是具有动力、传动和工作三个部分的完整机械。

人类从石器时代进入青铜时代，再到铁器时代，用以吹旺炉火的鼓风机的发展起了重要作用。有足够强大的鼓风机，才能使冶金炉获得足够高的炉温，才能从矿石中炼得金属。在中国，公元前 1000 年就已有了冶铸用的鼓风机，逐渐从人力鼓风发展到畜力鼓风和水力鼓风。

15 ~ 16 世纪以前，机械工程发展缓慢。但在以千年计的实践中，在机械发展方面还是积累了相当多的经验和知识，成为后来机械工程发展的重要基础。17 世纪以后，资本主义在英、法和西欧诸国出现，商品生产开始成为社会的中心问题。许多高才艺的机械匠师和有生产观念的知识分子致力于改进各产业所需的工作机械和研制新的动力机械——蒸汽机。18 世纪后期，蒸汽机的应用从采矿业推广到纺织、面粉、冶金等行业。制作机械的主要材料逐渐从木材改用更为坚韧，但难以用手工加工的金属。机械制造工业开始形成，并在几十年中成为一个重要产业。机械工程经过不断扩大的实践，从分散性的、主要依赖匠师们个人才智和手艺的一种技艺，逐渐发展成为一门有理论指导的、系统的和独立的工程技术。机械工程是促成 18 ~ 19 世纪工业革命以及资本主义机械大生产的主要技术因素。

在当今社会，任何现代生产和工程领域都需要应用机械，例如农业、林业、矿山等需要农业机械、林业机械、矿山机械；冶金和化学工业需要冶金机械、化工机械；纺织和食品加工工业需要纺织机械、食品加工机械；房屋建筑和道路、桥梁、水利等工程需要工程机械；电力工业需要动力机械；交通运输业需要各种车辆船舶、飞机等；各种商品的计量、包装、储存、装卸需要各种相应的工作机械。即使是人们的日常生活，也越来越多地应用各种机械了，如汽车、自行车、缝纫机、钟表、照相机、洗衣机、冰箱、空调机、吸尘器等。

各个工程领域的发展也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。某些机械的发明和完善，又导致新的工程技术和新的产业出现和发展，例如大型动

力机械的制造成功,促成了电力系统的建立;机车的发明促进了铁路工程和铁路事业的兴起;内燃机、燃气轮机、火箭发动机等的发明和进步以及飞机和航天器的研制成功促进了航空、航天工程,航空、航天事业的兴起;高压设备(包括压缩机、反应器、密封技术等)的发展促成了许多新型合成化学工程的成功。机械工程就是在各方面不断提高需求的压力下获得发展的动力,同时又从各个学科和技术的进步中得到改进和创新的能力。

机械为机器和机构的泛称,是将已有的机械能或非机械能转换成便于利用的机械能,以及将机械能变换为某种非机械能或用机械能来做一定工作的装备或器具。前一类机械包括风力机、水轮机、汽轮机、内燃机、电动机、气动马达、液压马达等,统称为动力机械。第二类机械包括发电机、热泵、液压泵、压缩机等,这些机械统称为能量变换机械。第三类机械是利用人、畜或动力机械所提供的机械能用以改变工作对象(原料、工件或工作介质)的物理状态、性质、结构、形状、位置等的机械,例如制冷装置、造纸机械、粉碎机械、物料搬运机械等,这类机械统称为工作机械。

各种机械的共同特征是:

- 1) 都是人类制造的实体组合。
- 2) 其组成件之间有确定的相对运动和力的传递。
- 3) 进行机械能的转换或机械能的利用。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。

机械是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,并且能量和材料的生产还必须有机械的参与。

机械工程是以有关的自然科学和技术科学为理论基础,结合在生产实践中积累的技术经验,研究和解决在开发、设计、制造、安装、运用和修理各种机械中的全部理论和实际问题的一门应用学科。

第二节 机械工程概况

一、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务。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)的能量转换机械。

2) 研制和提供用以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。

二、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都基本相同，按其工作性质可分为六个方面。

1) 建立和发展可以实际地和直接地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和流体力学；研究金属和非金属材料性能及其应用的工程材料学；研究材料在外力作用下应力、应变等的材料力学；研究热能产生、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相对运动的机构学；研究各类有独立功能的机械元件工作原理、结构、设计和计算的机械原理和机械零件学；研究金属和非金属成形，以及切削加工的金属工艺学和非金属工艺学等。

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；生产计划的制订和生产调度；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成形、加工过程的精密零件组装而成的复杂制品，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多是肇始于机械工业。生产工程、工业工程等成为独立学科之前，都曾是机械工程的分支。

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。

三、机械工程的发展

1. 动力机械的发展

纵观机械工程发展史，动力成为发展生产的重要因素。17世纪后期，各种机械不断改进和发展，煤和金属矿石的需要量逐年增加，依靠人力和畜力已不能进一步提高生产力水平。英国的纺织、磨粉等产业越来越多地在河边设场，利用水轮来驱动工作机械。但仍存在一些颇具规模的煤矿、锡矿、铜矿，依然沿用大量畜力在地下矿井中排水和提水。18世纪初出现了T. 纽科门的大气式蒸汽机，用以驱动矿井排水泵。但这种蒸汽机的燃料消耗巨大，所以只应用于煤矿。1765年J. 瓦特发明了有分开凝汽器的蒸汽机，降低了燃料消耗。1781年J. 瓦特又创制出回转动力蒸汽机，扩大了蒸汽机的应用范围。蒸汽机的发明和完善带来了工业革命，矿业和工业生产、铁路和航运都实现了机械动力化。蒸汽机几乎成为19世纪唯一的动力源。但是蒸汽机及其锅炉、凝汽器、冷却水系统等体积庞大、笨重，应用很不方

便。19世纪末,电力供应系统和电动机开始应用和发展。20世纪初,电动机在工业生产中慢慢取代了蒸汽机,成为驱动各种工作机械的基本动力。机械化与电气化相互促进又相互发展。

发电站初期应用蒸汽机为原动机。20世纪初期,高效率、高转速、大功率的汽轮机出现了,随之出现了适应各种水力资源的大、小功率水轮机,使电力供应系统得以快速发展。

19世纪后期发明的内燃机经过逐年改进,成为小巧、轻便、高效、操纵简单、便于起动的原动机。它先被用在没有电力供应的陆地工作机械上,逐渐又用于汽车、移动机械(如拖拉机、挖掘机械等)和轮船上,到20世纪中期开始用于铁路机车。在汽轮机和内燃机的排挤下,蒸汽机逐渐退出历史舞台。内燃机、燃气轮机、喷气发动机的发展还为日后飞机、航天器等奠定了坚实技术基础。

2. 机械加工技术的发展

工业革命以前,机械大都是木结构的,由木工用手工制成。金属(主要是铜、铁)仅用以制造仪器、锁、钟表、泵和木结构机械上的小型零件。金属加工主要靠机匠的精工细作,以达到需要的精度。蒸汽机动力装置的推广,以及随之出现的矿山、冶金、轮船、机车等大型机械的发展,使需要成形加工和切削加工的金属零件越来越多,越来越大,要求的精度也越来越高。应用的金属材料从铜、铁发展到以钢为主。机械加工包括铸造、锻压、钣金工、焊接、热处理等技术及其装备,以及切削加工技术和机床、刀具、量具等,已得到迅速发展,保证了各产业发展生产所需的机械装备的供应。

社会经济的发展,对机械产品的需求猛增。生产批量的增大和精密加工技术的进展,促进了大量生产方法(零件互换性生产、专业分工和协作、流水加工线和流水装配线等)的形成。

简单的互换性零件和专业分工协作生产,在古代就已出现。在机械工程中,互换性最早体现在H. 莫兹利于1797年利用其创制的螺纹车床所生产的螺栓和螺母。同时期,美国工程师E. 惠特尼用互换性生产方法生产火枪,显示了互换性的可行性和优越性。这种生产方法在美国逐渐推广,形成了所谓“美国生产方法”。20世纪初期,H. 福特在汽车制造上又创造了流水装配线。大量生产技术加上F. W. 泰勒在19世纪末创立的科学管理方法,使汽车和其他大批量生产的机械产品的生产效率很快达到了过去无法想象的高度。

20世纪中、后期,机械加工的主要特点是:

- 1) 不断提高机床的加工速度和精度,减少对手工工艺的依赖。
- 2) 发展少无切削加工工艺。
- 3) 提高成形加工、切削加工和装配的机械化和自动化程度,自动化从机械控制的自动化发展到电气控制的自动化和计算机程序控制的完全自动化,直至无人车间和无人工厂。
- 4) 利用数字控制机床、加工中心、成组技术等,发展柔性加工系统,使中小批量、多品种生产的生产效率接近于大量生产的水平。
- 5) 研究和改进难加工的新型金属和非金属材料的成形和切削加工技术。

3. 机械工程基础理论的发展

18世纪以前,机械匠师全凭经验、直觉和手艺进行机械制作,与科学几乎不发生联系。到18~19世纪,在新兴的资本主义经济的促进下,掌握科学知识的人士开始注意生产,而直接进行生产的匠师则开始学习科学文化知识。他们之间的交流和互相启发取得很大的成

果。在这个过程中，逐渐形成一整套围绕机械工程的基础理论。

动力机械最先与当时的先进科学相结合。蒸汽机的发明人 T. 萨弗里和 J. 瓦特应用了物理学家 D. 帕潘和 J. 布莱克的理论。在蒸汽机实践的基础上，物理学家 S. 卡诺、W. J. M. 兰金和开尔文建立起一门新的科学——热力学。内燃机最重要的理论基础是法国的 A. E. B. 罗沙在 1862 年创立的，1876 年 N. A. 奥托应用罗沙的理论，彻底改进了他原来创造的粗陋笨重、噪声大、热效率低的内燃机而奠定了内燃机的地位。其他如汽轮机、燃气轮机、水轮机等都在理论指导下得到发展，而理论也在实践中得到改进和提高。

早在公元前，中国已在指南车上应用复杂的齿轮系统，在被中香炉里应用了能永保水平位置的十字转架等机件。古希腊已有圆柱齿轮、锥齿轮和蜗杆传动的记载。但是，关于齿轮传动瞬时速比与齿形的关系和齿形曲线的选择，直到 17 世纪之后方有理论阐述。手摇把和踏板机构是曲柄连杆机构的先驱，在各文明古国都有悠久历史，但是曲柄连杆机构的形式、运动和动力的确切分析和综合，则是近代机构学的成就。机构学作为一个专门学科迟至 19 世纪初才第一次列入高等工程学院（国立巴黎工艺美术学院）的课程。通过理论研究，人们方能精确地分析各种机构，包括复杂空间连杆机构的运动，并能按需要综合出新的机构。

机械工程的工作对象是动态的机械，它的工作情况会发生很大的变化。这种变化有时是随机的而不可预见；实际应用的材料也不完全均匀，可能存在各种缺陷；加工精度有一定的偏差，等等。与以静态结构为工作对象的土木工程相比，机械工程中各种问题更难以用理论精确解决。因此，早期的机械工程只运用简单的理论概念，结合实践经验进行工作。设计计算多依靠经验公式；为保证安全，都偏于保守。结果，制成的机械笨重而庞大，成本高，生产率低，能量消耗很大。

从 18 世纪起，设计计算从两个方面不断提高精确度：

1) 在材料强度方面，从早期按静强度除以安全系数（考虑一切不精确性和分散性因素的经验系数）的粗糙计算，提高到考虑材料的疲劳（19 世纪后半期）；从一律按材料的无限疲劳寿命进行设计，改为按照实际要求的寿命进行有限寿命设计（20 世纪前半期）；从认为材料原则上不能有裂纹，发展到以断裂力学理论为依据，考虑裂纹材料的强度和寿命。

2) 在机械结构的力学分析方面，从应用经验公式和简化的力学分析来确定各种受力和力矩，发展到应用复杂的力学分析和数学计算方法。进入 20 世纪，又出现各种实验应力分析方法。人们已能用实验方法测出模型和实物上各部位的应力，在发现应力过高或过低时，便可能作出必要的调整。20 世纪后半叶，人们开始应用有限元法和电子计算机迅速可靠的数值计算，对复杂机械及其零件、构件进行力、力矩、应力、应变等的分析和计算。对于掌握有充分的实践或实验资料的机械或其元件，已经可以运用统计技术，按照要求的可靠度科学地进行机械设计，或者按机械的实际情况（实际质量、实际使用条件等）科学地判断其可靠度和寿命。但在许多机械工程中，仍还应用一些经验方法、经验公式和经验系数等，不过其中的科学成分在不断增加，经验成分则不断减少。

第三节 21 世纪的机械工程

一、机械工程与人类的生存环境

工程技术的发展在提高人类物质文明和生活水平的同时，也对自然环境起了破坏作用。

20 世纪中期以来,暴露出来的严重问题有两个方面:资源(其中最严重的是能源)的大量消耗和环境的严重污染。能源方面,在近期改进核裂变动力装置,发展太阳能、地热、潮汐能、海水温差能等,可以减少对非再生化石能源的依赖。从长远的观点看,核聚变是很有希望的和几乎无穷尽的未来能源。以核物理学的现在和将来的成就为基础,机械工程与其他工程技术一起,在 21 世纪中完成核聚变动力装置的开发和推广可能彻底解决世界的能源问题。使用这种新能源可同时消除对大气的二氧化碳污染。

地壳中和海水中的金属矿藏的蕴藏量极为丰富。只要改进采矿和选矿的工艺和提高采矿、选矿机械的性能,以提高可以经济利用的矿石品位,并充分回收金属废料,在有足够能量供应的条件下,金属材料资源就不愁匮乏。在煤、石油、天然气等不再被大量地用作燃料而主要作为合成材料的原料之后,非金属材料的供应也可得到长远的保证。

化学工程、冶金工程等生产流程中所产生的废气、废水等环境污染源,通过改进流程、增加净化机械和设施并提高其净化效率,在技术上是能够加以消除的。

机械工程一向以增加生产、提高劳动生产率、提高生产的经济性,即以提高人类的近期利益为目标来研制和发展新的机械产品。在未来的时代,新产品的研制将以降低资源消耗,发展洁净的再生能源,治理、减轻以至消除环境污染作为超经济的目标任务。

二、机械能与人工智能

机械工程是传统的工程技术。机械可以完成人用双手、双目双足以及双耳直接完成和不能直接完成的工作,而且完成得更快、更好。现代机械工程创造出越来越精巧和越来越复杂的机械和机械装置,使过去的许多幻想成为现实。人类现在已能上游天空和宇宙,下潜大洋深层,远窥百亿光年,近察细胞和分子。新兴的电子计算机硬、软件科学使人类开始有了加强并部分代替人脑的科技手段,这就是人工智能。这一新的发展已经显示出巨大的影响,而在未来它还将不断地创造出人们无法想象的奇迹。

人类智慧的增长并不减小双手的作用,相反地却要求手做更多、更精巧、更复杂的工作,从而更促进手的功能。手的实践反过来又促进人脑的智慧。在人类的整个进化过程以及在每个人的成长过程中,脑与手是互相促进和平行进化的。人工智能与机械工程之间的关系近似于脑与手之间的关系,其区别仅在于人工智能的硬件还需要利用机械制造出来。过去,各种机械离不开人的操作和控制,其反应速度和操作精度受到进化很慢的人脑和神经系统的限制。人工智能消除了这个限制,机械工程可以充分利用这个新出现的巨大可能性。计算机科学与机械工程之间的互相促进,平行前进,将使机械工程在更高的层次上开始新一轮大发展。

三、机械能的专业化和综合化

19 世纪时,机械工程的知识总量还很有限,在欧洲的学院中,它一般还与土木工程综合为一个学科,被称为民用工程,19 世纪后期才逐渐成为一个独立学科。进入 20 世纪,随着机械工程技术的发展和知识总量的增长,机械工程开始分解,陆续出现了专业化的分支学科。这种分解的趋势在 20 世纪中期,即在第二次世界大战结束的前后期间达到了最高峰。由于机械工程的知识总量已扩大到远非一个人所能全部掌握,一定的专业化是必不可少的。但是过度的专业化造成知识过分分割,视野狭窄,不能统观和统筹稍大规模工程的全貌和全局,并且缩小技术交流的范围,阻碍新技术的出现和技术整体的进步,对外界条件变化(新技术、新材料和新产品的出现,新的环境保护法规,原材料和能源供应及价格的变

动, 以及个人的工作调动、职务提升等) 的适应能力很差。封闭性专业的专家们掌握的知识过狭, 考虑问题过专, 在协同工作时配合协调困难, 也不利于继续自学提高。因此自 20 世纪中、后期开始, 又出现了综合的趋势。人们更多地注意了基础理论, 拓宽专业领域, 合并分化过细的专业。

综合→专业分化→综合的反复循环, 是知识发展合理和必经的过程。但是, 综合的恢复, 不能是现有专业的简单合并, 而是在更高一级上的综合, 其目的是能更好地发挥专业知识的作用。不同专业的专家们各具有精湛的专业知识, 又具有足够的综合知识来认识、理解其他学科的问题和工程整体的面貌, 才能形成协同工作的有力集体。正确地而不是教条主义地处理知识的综合与专业的关系, 是新技术革命时代中培养机械工程人才的主要课题。

思 考 题

1. 机械在人类发展历史中起到哪些作用?
2. 机械的共同特征是什么?
3. 机械工程的服务领域有哪些?
4. 机械工程的工作内容有哪些?
5. 人工智能是如何促进机械工程的发展的?
6. 21 世纪机械工程研究的重点领域有哪些?
7. 如何辩证地看待机械工程专业化和综合化?

第二章 机械工程的应用领域

任何现代产业和工程领域都需要应用机械，机械工程应用领域十分广泛，下面仅就机械工程在农业、林业、矿山、冶金、动力、化工、纺织、工程和汽车等方面的应用加以介绍。

第一节 农业机械

农业机械是在作物种植业和畜牧业生产过程中，以及农、畜产品初加工和处理过程中所使用的各种机械。农业机械包括农用动力机械、农田建设机械、土壤耕作机械、种植和施肥机械、植物保护机械、农田排灌机械、作物收获机械、农产品加工机械、畜牧业机械和农业运输机械等。

一、农业机械发展简史

农业机械的起源可以追溯到原始社会使用简单农具的时代。在中国，早在新石器时代的仰韶文化时期（约公元前 13 世纪）就已使用铜犁头进行牛耕。到公元前 8 ~ 3 世纪的春秋战国时代，已经拥有耕地、播种、收获、加工和灌溉等一系列铁、木制农具。19 ~ 20 世纪初，是发展和大量使用新式畜力农业机械的年代。1836 年出现了第一台马拉的谷物联合收获机，随后制造并推广使用了谷物播种机、割草机和玉米播种机等。20 世纪初，以内燃机为动力的拖拉机开始逐步代替牲畜，作为牵引动力广泛用于各项田间作业，并用以驱动各种固定作业的农业机械。20 世纪 40 年代起，欧美各国的谷物联合收获机逐步由牵引式转向自走式。20 世纪 60 年代，水果、蔬菜等收获机械得到发展。自 20 世纪 70 年代开始，电子技术逐步应用于农业机械作业过程的监测和控制，逐步向作业过程的自动化方向发展。

中华人民共和国成立初期，为了适应农业生产发展的需要，首先从国外引进一批拖拉机和农业机械，并积极推广各种新式畜力农具，如步犁、双轮双铧犁、播种机等，以推动农业生产的发展。从 1959 年起，便开始生产各种类型轮式和履带式拖拉机，并逐步确定了我国拖拉机的系列型谱。为了适应各地区农业机械化的发展，在研究单位及有关工厂的共同努力下，我国农业生产需要的新产品和新系列的研制取得了很大成绩。如研制了机耕船、水稻拔秧机和插秧机；设计出了适应我国旱作地区需要的北方系列犁、系列耙、系列播种机，适应水田地区的南方系列犁、系列耙、系列旋耕机以及植物保护机械用的系列三缸泵等许多系列产品，在农业生产中发挥了很大作用。目前还有许多新产品正在研制中，将逐步形成符合我国农业生产需要的农业机械系统。

二、农业机械的类型

农业机械一般按用途分类。其中，大部分机械是根据农业的特点和各项作业的特殊要求而专门设计制造的，如土壤耕作机械、种植和施肥机械、植物保护机械、作物收获机械、畜牧业机械以及农产品加工机械等；另一部分农业机械则与其他行业通用，可以根据农业的特点和需要直接选用，如农用动力机械、农田排灌机械中的水泵等；或者根据农业的特点和需要把这些机械进行农用变型，如农业运输机械中的农用汽车、挂车和农田建设机械中的土、

石方机械等。

1. 农用动力机械

农用动力机械是为各种农业机械和农业设施提供动力的机械。农用动力机械主要有内燃机和装备内燃机的拖拉机，以及电动机、风力机、水轮机和各种小型发电机组等。柴油机有热效率高、燃料经济性好、工作可靠和防火安全性好等优点，在农用内燃机和拖拉机中应用最广。汽油机的特点是轻巧、低温起动性能好且运转平顺，大多用于小型农业机械，如水稻插秧机、背负机动式植物保护机械和采茶机等。

电动机大多用于驱动固定作业或室内作业的各种农业机械，如农产品加工机械和水泵以及温室、库房、禽畜舍内各种作业机械等。在拥有水力或风力资源的地区，用风力机和水轮机驱动各种固定作业机械可节约石油燃料，装备提水装置的风力机可为草原牧区提供人畜用水。用内燃机、风力机或水轮机与发电机配套组成的小型发电机组，为偏远地区提供农业生产和农村生活用电。太阳能和利用农村废弃物产生的沼气，也可通过太阳能发电装置、沼气发电机组、沼气—柴油双燃料发电机组等提供电能。

2. 农田建设机械

农田建设机械是用于平整土地、修筑梯田和台田、开挖沟渠、敷设管道和开凿水井等农田建设的施工机械。其中包括推土机、平地机、铲运机、挖掘机、装载机、开沟机、鼠道犁、铲抛机、水井钻机等。

(1) 铧式开沟机 铧式开沟机工作部件是带有犁铧式切土部件的开沟犁体，由拖拉机牵引，一次行程即可完成开沟作业，生产率较高，但牵引阻力大，须与大功率拖拉机配套，适用于较小沟渠的开挖作业。

(2) 旋转开沟机 旋转开沟机用旋转的铧抛盘铧切并抛掷土壤，可与中等功率的拖拉机配套使用，经一次或多次行程完成开沟作业。其作业速度低，一般为 50 ~ 400m/h。旋转开沟机结构较复杂，同铧式开沟机相比生产率较低，单元土方的能耗较大。

(3) 鼠道犁 鼠道犁工作部件为类似炮弹形的锥端圆柱体，带有立柱和牵引装置，由拖拉机牵引在农田中开挖排水暗渠。

(4) 铲抛机 铲抛机由挖土铲将土铲起后送往抛土部件，带抛土板的旋转圆盘式或向上倾斜的环形胶带式抛土部件将土壤向一侧横向抛掷，抛土距离可达 15 ~ 18m，可用于修筑梯田和开挖沟渠等土方运移作业。

(5) 水井钻机 水井钻机有回转式、冲击式和复合式 3 大类。回转式钻机应用较广，它由钻进装置和循环洗井装置两部分组成；冲击式钻机是使上下往复运动的钻头冲击、破碎岩层，可用于较硬岩层和卵石层的钻井作业；复合式钻机是在回转式钻机上加装冲击机构，以回转钻进为主，当遇到卵石层时用冲击机构钻进通过，因而适应性较强。

3. 土壤耕作机械

土壤耕作机械是对土壤进行翻耕、松碎或深松、碎土所用的机械，包括铧式犁、圆盘犁、凿式犁和旋耕机等。

(1) 铧式犁 铧式犁是土壤耕作最常用的机具。它的主要工作部件是由犁铧、犁壁等组成的犁体。犁铧和犁壁的工作面为连续、光滑的犁体曲面，其形状和参数根据不同的土壤和耕作要求选取，并与机组的行进速度有关。图 2-1 为悬挂六铧犁。20 世纪 80 年代初出现的调幅犁是铧式犁传统结构的一个较大突破。调幅犁的调幅程度通过改变主梁与机器前进方

向的夹角大小而变化,以适应在各种土壤条件下耕作时的不同阻力。

(2) 圆盘犁 圆盘犁的工作部件是与铅垂面约成 20° 倾角,而与前进方向成 $40^\circ \sim 50^\circ$ 偏角的凹面圆盘。圆盘犁能切碎干硬土块,切断草根和小树根。它适用于多石、多草和潮湿黏重的土壤以及高产绿肥田的秸秆还田后的耕翻作业,但在一般土壤条件下,其翻土、碎土和覆盖性能均不如铧式犁。

(3) 凿式犁 凿式犁的工作部件是1~3列带刚性铲柱的凿形松土铲,适用于干旱、多石和水土流失严重地区土壤的基本耕作。

(4) 旋耕机 工作部件旋耕刀滚是在一根水平横轴上按多线螺纹均匀配置的一组切土刀片,由拖拉机动力输出轴通过传动装置驱动,旋转切土和碎土,一次作业即可达到种床准备要求。它主要用于水田、蔬菜地和果园的耕作。

4. 表土耕作机械

表土耕作机械包括圆盘耙、钉齿耙、水田耙、镇压器和中耕机等。

(1) 圆盘耙 圆盘耙由成组排列的凹面圆盘配置而成。圆盘的刀口平面与地面垂直,而与前进方向成一偏角(作业状态)。它用于翻耕后的碎土平整、收获后的浅耕灭茬和果园的松土除草等作业。

(2) 钉齿耙 钉齿耙工作部件为等距、间隔配置在耙架上的若干排钉齿,可用于松碎耕地后的土壤、破碎雨后地表形成的硬壳和作物苗期除草等作业。

(3) 水田耙 水田耙由圆盘耙组、缺口圆盘耙组、星形耙组和轧滚等工作部件前后配置而成,用于水田翻耕后的碎土、平整作业。

(4) 镇压器 镇压器用于耙后或播种后的表层碎土和压实作业,工作部件为镇压轮。镇压轮有圆筒形、环形和V形等,工作时活套在轮轴上。

(5) 中耕机 中耕机用于作物生长期间的松土、除草、开沟和培土等作业,常用的工作部件有除草铲、松土铲、通用铲和培土器等。在中耕机上加装施肥装置,可在中耕除草的同时施加肥料。水稻田的中耕可采用人力手推齿滚式水田中耕机,或由动力驱动的除草轮式水田中耕机。

(6) 联合耕作机械 联合耕作机械能一次完成土壤的基本耕作和表土耕作——耕地和耙地。其形式可以是两台不同机具的组合,如铧式犁—钉齿耙、铧式犁—旋耕机等;也可以是两种不同工作部件的组合,如由铧式犁犁体与立轴式旋耕部件组成的耕耙犁等。

5. 种植和施肥机械

种植机械按照种植对象和工艺过程的不同,可分为播种机、栽种机和秧苗栽植机3大类。

(1) 播种机 播种机种植的对象是作物的种子或制成丸粒状的包衣种子。它按播种方式可分为撒播机、条播机和穴播机3类。若在播种的同时进行施肥,则所用的机具称为播种

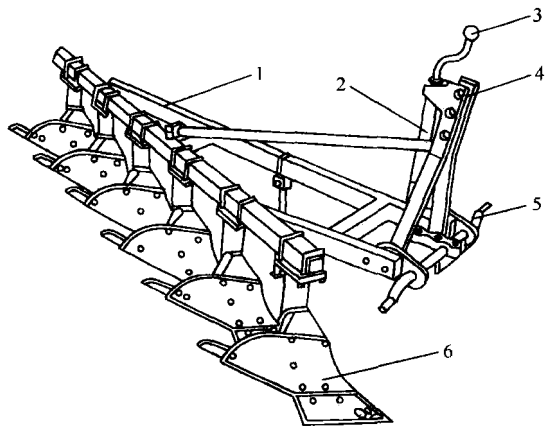


图 2-1 悬挂六铧犁

1—犁架 2—耕宽调整装置 3—调节手柄
4—悬挂架 5—悬挂轴 6—犁体