

中国大百科全书

机械工程

I

中国大百科全书

机械工程 I

中國大百科全書出版社

北京

1998.10



七一九所 ZZ00547

图书在版编目(CIP)数据

中国大百科全书/中国大百科全书总编辑委员会
—北京:中国大百科全书出版社,2002.9
ISBN 7-5000-5997-3

I. 中… II. 中… III. 百科全书—中国—现代
IV. Z227

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 072041 号

中国大百科全书

中国大百科全书总编辑委员会

中国大百科全书出版社 出版发行

(北京阜成门北大街 17 号 邮政编码:100037)

新华书店经销 长沙鸿发印务实业公司印装

开本 787×1092 1/16 印张 3336 插页 2271 字数 120,000,000

2002 年 9 月第 1 版第 6 次印刷

ISBN 7-5000-5997-3 / Z·103

定价:19800.00 元(74 卷)



中国大百科全书

中国大百科全书出版社



中国大百科全书总编辑委员会

主任 胡乔木

副主任 (按姓氏笔画顺序)

于光远	贝时璋	卢嘉锡	<u>华罗庚</u>	刘瑞龙	严济慈
吴阶平	沈 鸿	宋时轮	张友渔	陈翰伯	陈翰笙
武 衡	茅以升	周 扬	周培源	姜椿芳	夏征农
钱学森	梅 益	裴丽生			

委 员 (按姓氏笔画顺序)

丁光训	于光远	马大猷	<u>王 力</u>	<u>王竹溪</u>	王绶琯
王朝闻	牙含章	贝时璋	艾中信	叶笃正	卢嘉锡
包尔汉	冯 至	司徒慧敏	吕 骥	吕叔湘	朱洪元
朱德熙	任新民	<u>华罗庚</u>	刘开渠	<u>刘思慕</u>	刘瑞龙
许振英	许涤新	孙俊人	<u>孙毓棠</u>	<u>杨石先</u>	杨宪益
苏步青	李 珩	李国豪	李春芬	严济慈	肖 克
吴于廑	吴中伦	吴文俊	吴阶平	吴作人	<u>吴学周</u>
吴晓邦	邹家骅	沈 元	沈 鸿	宋 健	宋时轮
张 庚	张 震	张友渔	张含英	<u>张钰哲</u>	陆 达
陈世骧	陈永龄	<u>陈维稷</u>	陈虞孙	陈翰伯	陈翰笙
武 衡	林 超	茅以升	罗竹风	季 龙	季羨林
周 扬	周有光	周培源	孟昭英	柳大纲	胡 绳
胡乔木	<u>胡愈之</u>	荣高棠	赵朴初	侯外庐	侯祥麟
段学复	俞大绂	宦 乡	姜椿芳	费孝通	贺绿汀
夏 衍	<u>夏 鼐</u>	夏征农	钱令希	钱伟长	钱学森
钱临照	<u>钱俊瑞</u>	倪海曙	殷宏章	<u>翁独健</u>	唐长孺
唐振绪	陶 钝	梅 益	黄秉维	曹 禺	董纯才
程裕淇	傅承义	曾世英	曾呈奎	谢希德	裴丽生
潘 菽	潘念之				

机械工程编辑委员会

主任 沈 鸿

副主任 (按姓氏笔画顺序)

冯子珮 宋矩之 张大奇 陶亨咸 曹维廉

委员 (按姓氏笔画顺序)

王良楣 史绍熙 冯子珮 朱伯欣 朱良漪 李 徽 杨廷藩
杨锦山 沈 鸿 宋矩之 张大奇 范宏才 周世德 施泽均
费安顺 姚洪朴 桂立丰 夏安世 徐 灏 陶令桓 陶亨咸
曹维廉 韩云岑 韩丙告 雷天觉

各分支编写组主编、副主编、成员

机 械 工 程 史

主 编 周世德
副主编 谢焕章 李永新
成 员 华觉明 阎康年 林文照 何堂坤 杨谷芬

机械工程基础理论

主 编 徐 灏
副主编 傅梦莲 邱宣怀 崔广椿

热加工工艺和设备

主 编 韩丙告
副主编 缪 良 程秉恒 朱沅浦 苏 毅
成 员 王秉铨 栗 滋

冷加工工艺和设备

主 编 范宏才
副主编 宋剑行 汪星桥 朱广颐
成 员 马克洪 余云俊 尹洁华 高上品 卫凤午

动力机械

主 编 史绍熙

副主编 武善谋 金德年

蒸汽动力机械

主 编 杨锦山

副主编 王兆华 陈之航 熊大纪

成 员 王 鑫 王孟浩 杨光海

通用机械

主 编 费安顺

副主编 杨绍侃 吴 炯 奚启棣

成 员 黄慕之 柳曾典 陈有章 王淑清 樊 力 尤兆玮

黄崇贤 吴爱琳

物料搬运机械

主 编 李 徽

副主编 裘家驹 洪致育 燕 棠

成 员 沈静宝 黄文林 陈之立 陈树国 芦 媛

仪器仪表

主 编 王良楣

副主编 罗命钧

成 员 唐 华 迟宏达

交通运输机械和各类产业机械

主 编 夏安世

副主编 孙凯南 尉迟斌 盛景方

机械工程材料

主 编 桂立丰

副主编 章文纶 徐祖耀

机械工程管理

主 编 朱良漪

副主编 程东志 周省言

成 员 潘大连 陶惟勤 徐佳瑞

前言

《中国大百科全书》是我国第一部大型综合性百科全书。

中国自古以来就有编辑类书的传统。两千年来曾经出版过四百多种大小类书。这些类书是我国文化遗产的宝库，它们以分门别类的方式，收集、整理和保存了我国历代科学文化典籍中的重要资料。较早的类书有些已经散佚，但流传或部分流传至今的也为数不少，这些书受到中国和世界学者的珍视。各种类书体制不一，多少接近百科全书类型，但不是现代意义的百科全书。

十八世纪中叶，正当中国编修庞大的《四库全书》的时候，西欧法、德、英、意等国先后编辑出版了现代型的百科全书。以后美、俄、日等国也相继出版了这种书。现代型的百科全书扼要地概述人类过去的知识和历史，并且着重地反映当代科学文化的最新成就。二百多年来，各国编辑百科全书积累了丰富的经验，在知识分类、编辑方式、图片配备、检索系统等方面日益完备和科学化。今天，百科全书已经在人类文化活动中起着十分重要的作用，各种类型的和专科的百科全书几乎象辞典那样，成为人们日常生活的必需品。

一向有编辑类书传统的中国知识界，也早已把编辑现代型的百科全书作为自己努力的目标。本世纪初叶就曾有人试出过几种小型的实用百科全书，包括近似百科型的辞书《辞海》。但是，这些书都没有达到现代百科全书的要求。

中华人民共和国成立之初，当时的出版总署曾考虑出版中国百科全书，稍后拟定的科学文化发展十二年规划也曾把编辑出版百科全书列入规划，1958年又提出开展这项工作的计划，但都未能实现。

直到1978年，国务院才决定编辑出版《中国大百科全书》，并成立中国大百科全书出版社，负责此项工作。

因为这是中国第一部百科全书，编辑工作的困难是可想而知的。但是，由于读书界的迫切要求，不能等待各门学科的资料搜集得比较齐全之后再行编辑出版；也不能等待各学科的全部条目编写完成之后，按照条目的汉语拼音字母顺序，混合编成全书，只能按门类分别邀请全国专家、学者分头编写，按学科分类分卷出版，即编成一个学科（一卷或数卷）就出版一个学科的分卷，使全书陆续问世。这不可避免地要带来许多缺点，但是在目前情况下不得不采取这种做法。我们准备在出第二版时，再按现在各国编辑百科全书一般通行的做法，全书的条目不按学科分类，

而按字母顺序排列，使读者更加便于寻检查阅。《中国大百科全书》第一版按学科分类分卷，每一学科的条目还是按字母顺序排列，同时附加汉字笔画索引和其他几种索引，以便查阅。

《中国大百科全书》的内容包括哲学、社会科学、文学艺术、文化教育、自然科学、工程技术等各个学科和领域。初步拟定，全书总卷数为80卷，每卷约120~150万字(包括插图、索引)。计划用十年左右时间出齐。全书第一版的卷数和字数都将超过现在外国一般综合性百科全书，但与一些外国百科全书最初版本的篇幅不相上下。我们准备在第二版加以调整和压缩。

《中国大百科全书》按学科分卷出版，不列卷次，每卷只标出学科名称，如《哲学》、《法学》、《力学》、《数学》、《物理学》、《化学》、《天文学》等等。

全书各学科的内容按各该学科的体系、层次，以条目的形式编写，计划收条目10万个左右。各学科所收条目比较详尽地叙述和介绍各该学科的基本知识，适于高中以上、相当于大学文化程度的广大读者使用。这种百科性的参考工具书，可供读者作为进入各学科并向其深度和广度前进的桥梁和阶梯。

中国大百科全书出版社，除编辑出版《中国大百科全书》之外，还准备编辑出版综合性的中、小型百科全书和百科辞典，与专业单位共同编辑出版各种专业性的百科全书，以适应不同读者的需要。

《中国大百科全书》的编辑工作是在全国各学科、各领域、各部门的专家、学者、教授和研究人员的积极参加下进行的，并得到国家各有关部门、全国科学文化研究机关、学术团体、大专院校，以及出版单位的大力支持。这是全书编辑工作能够在困难条件下进行的有力保证。在此谨向大家表示诚挚的感谢，并衷心希望广大读者提出批评意见，使本书在出第二版的时候能有所改进。

《中国大百科全书》编辑部

1980年9月6日

凡 例

一、编 排

1. 本书按学科(知识门类)分类分卷出版。一学科(知识门类)辑成一卷或数卷,或几个学科(知识门类)合为一卷。

2. 本书条目按条目标题的汉语拼音字母顺序并辅以汉字笔画、起笔笔形顺序排列。同音时按汉字笔画由少到多的顺序排列,笔画数相同的按起笔笔形一(横)、丨(竖)、ノ(撇)、丶(点)、一(折,包括乚、乚、乚等)的顺序排列。第一字相同时,按第二字,余类推。条目标题以拉丁字母开头的,排在汉语拼音相应字母部的开头部分;条目标题以希腊字母开头的,按希腊字母的习惯发音,分别排在汉语拼音字母部的相应位置。

3. 各学科(知识门类)卷在条目分类目录之前一般都有一篇介绍本学科(知识门类)内容的概观性文章。

4. 各学科(知识门类)卷均列有本学科全部条目的分类目录,以便读者了解本学科的全貌。分类目录还反映出条目的层次关系,例如:

动力机械.....147

 热力发动机.....655

 内燃机.....515

 压缩比.....826

 内燃机动力学.....520

5. 学科(知识门类)与学科(知识门类)之间相互交叉的知识主题在有关学科卷中均设有条目,例如“汽车”、“退火”、“燃烧学”,在《交通》、《矿冶》和《航空航天》卷均设有条目,但释文内容分别按各该学科的要求有所侧重。

二、条目标题

6. 条目标题多数是一个词,例如“机床”、“投影仪”;一部分是词组,例如“气体保护电弧焊”、“汽轮机旁路系统”。

7. 条目标题上方加注汉语拼音,多数的条目标题附有对应的外文,例如 ^{zidong chechuang} 自动车床 (automatic lathe)。无通用译名的纯属中国内容的条目标题,例如“被中香炉”、“记里鼓车”,一般不附外文名。

三、释 文

8. 本书条目的释文力求使用规范化的现代汉语。条目释文开始一般不重复条目标题。

9. 较长条目设置释文内标题。标题层次较多的条目,在释文前列有本条释文内标题的目录。

10. 一个条目的内容涉及其他条目并需由其他条目的释文补充的,采用“参见”的方式。所参见的条目标题在本条释文中出现的,用楷体字排印,例如“内燃机不仅包括往复活塞式内燃机、旋转活塞式发动机和自由活塞式发动机,也包括旋转叶轮式的燃气轮机、喷气式发动机等”;所参见的条目标题未在本条释文中出现的,另用括号加“见”字标出,例如“在花键磨床上成形磨削花键(见花键加工机床)”。

11. 条目释文中出现的外国人名、地名,不附原文。外国人名和著作名一般在“内容索引”中注出原文。释文中的外国人名,在姓的前面加上外文名字的缩写,即名字的第一个字母,例如 J. 瓦特, R. 狄塞尔。

四、插图

12. 本书在条目释文中配有必要的插图。

13. 彩色图汇编成插页,并在有关条目释文中注明“(参见彩图插页第××页)”。

五、参考书目

14. 在重要的条目释文后附有参考书目,供读者选读。

六、索引

15. 本书各学科(知识门类)卷均附有全部条目的汉字笔画索引、外文索引和内容索引。

七、其他

16. 本书所用科学技术名词以各学科有关部门审定的为准,未经审定和尚未统一的,从习惯。地名以中国地名委员会审定的为准,常见的别译名必要时加括号注出。

17. 本书所用数字,除习惯用汉字表示的以外,一般用阿拉伯数字。

附录目录

文 释 三

机 械 工 程

沈 鸿 冯子珮 宋矩之 施泽均

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。任何现代产业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。就是人们的日常生活,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,等等。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。

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。某些机械的发明和完善,又导致新的工程技术和新的产业的出现和发展,例如大型动力机械的制造成功,促成了电力系统的建立;机车的发明导致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导致了航空、航天工程和航空、航天事业的兴起;高压设备(包括压缩机、反应器、密封技术等)的发展导致了許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的需求的压力下获得发展动力,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。

机械工程的服务领域和工作内容

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)的能量变换机械。

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。

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和机械零件学;研究金属和非金属的成形和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的新的要求;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的成形、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都是肇始于机械工业。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。

机械工程学科分支

机械的种类繁多,可以按几个不同方面分为各种类别,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,因此机械工程就有几种不同的分支学科体系。另外,全部机械在其研究、开发、设计、制造、运用等过程中都要经过几个工作性质不同的阶段,按这些不同阶段,机械工程又可划分为互相衔接、互相配合的几个分支系统,如机械科研、机械设计、机械制造、机械运用和维修等。这些按不同方面分成的多种分支学科系统互相交叉,互相重叠,从而使机械工程可能分化成上百个分支学科。例如按功能分的动力机械,它与按工作原理分的热力机械、流体机械、透平机械、往复机械、蒸汽动力装置、核动力装置、内燃机、燃气轮机,以及与按行业分的中心电站设备、工业动力装置、铁路机车、船舶轮机工程、汽车工程等有复杂的交叉和重叠关系。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,它属于船舶动力装置、蒸汽动力装置,可能也属于核动力装置。驱动时钟用的发条和重锤装置是动力机械,但不是热力机械、流体机械、透平机械或往复机械。其他分支之间也有类似的重叠、交叉关系。分析这种复杂关系,研究机械工程最合理的分支系统,有一定的知识意义,但没有很大的实用价值。

考虑到分类的科学性和读者查找条目的方便,本卷的分类目录采用混合分类法。本卷的内容则着重在介绍通用于整个机械工程的技术知识,其次介绍通用于多个行业的或专用而重要的机械的技术。

机械工程的发展过程

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

几千年前,人类已创制了例如用于谷物脱壳和粉碎的臼和磨,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,再进而到铁器时代,用以吹旺炉火的鼓风器的发展起了重要作用。有足够强大的鼓风器,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~前900年就已有了冶铸用的鼓风器,并渐从人力鼓风发展到畜力和水力鼓风。

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技術知识,成为后来机械工程发展的重要潜力。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。机械制造业开始形成,并在几十年中成为一个重要产业。机械工程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世纪的工业革命以及资本主义机械大生产的主要技术因素。

动力机械的发展 动力是发展生产的重要因素。17世纪后期,随着各种机械的改进和发展,随着煤和金属矿石的需要量的逐年增加,人们感到依靠人力和畜力不能将生产提高到一个新的阶段。在英国,纺织、磨粉等产业越来越多地将工场设在河边,利用水轮来驱动工作机械。但当时已有一定规模的煤矿、锡矿、铜矿矿井中的地下水,仍只能用大量畜力来提升和排除。在这样的生产需要下,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。但是这种蒸汽机的燃料消耗率很高,基本上只应用于煤矿。1765年J.瓦特发明了有分开的凝汽器的蒸汽机,降低了燃料消耗率。1781年瓦特又创制出提供回转动力的蒸汽机,扩大了蒸汽机的应用范围。蒸汽机的发明和发展,使矿业和工业生产、铁路和航运都得以机械动力化。蒸汽机几乎是19世纪唯一的动力源。但蒸汽机及其锅炉、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发展和推广。20世纪初,电动机已在工业生产中取代了蒸汽机,成为驱动各种工作机械的基本动力。生产的机械化已离不开电气化,而电气化则通过机械化才对生产发挥作用。

发电站初期应用蒸汽机为原动机。20世纪初期,出现了高效率、高转速、大功率的汽轮机,也出现了适应各种水力资源的大、小功率的水轮机,促进了电力供应系统的蓬勃发展。

19 世纪后期发明的内燃机经过逐年改进,成为轻而小、效率高、易于操纵、并可随时启动的原动机。它先被用以驱动没有电力供应的陆上工作机械,以后又用于汽车、移动机械(如拖拉机、挖掘机械等)和轮船,到 20 世纪中期开始用于铁路机车。蒸汽机在汽轮机和内燃机的排挤下,已不再是重要的动力机械。内燃机和以后发明的燃气轮机、喷气发动机的发展,还是飞机、航天器等成功发展的基础技术因素之一。

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,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,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帽。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,减少对手工技艺的依赖;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提高到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。

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、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。内燃机的最重要的理论基础是法国的 A. E. B. de 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,在被中香炉中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、圆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(巴黎的工艺学院)的课程。通过理论研究,人们方能精确地分析各种机构,包括复杂的空间连杆机构的运动,并进而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,可能存有各种缺陷;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了精确度: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的迅速可靠的数值计算,对复杂的机械及其零件、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(实际的质量、实际的使用条件等)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。

展 望

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,可以减少对非再生的化石能源的依赖。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、选矿机械的性能,以降低可以经济利用的矿石品位,并充分回收金属废料,在有足够的能量供应的条件下,金属材料资源不愁匮乏。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。

机械工程与人工智能 机械工程是传统的工程技术。机械可以完成人用双手和双目以及双足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,而在未来年代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少双手的作用,相反地却要求手作更多、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中,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。

机械工程的专业化和综合化 19世纪时,机械工程的知识总量还很有限,在欧洲的大学院校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世纪下半叶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的工程的全貌和全局,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-再综合的反复循环,是知识发展的合理的和必经的过程。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,其目的是为了能更好地发挥专业知识作用。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,才能形成互相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,是新的技术革命时代中培养机械工程人才的主要课题。

综合与专业是多层次的。在机械工程内部有综合与专业的矛盾;在全面的工程技术中也同样有综合和专业问题。在人类的全部知识中,包括社会科学、自然科学和工程技术,也有处于更高一层、更宏观的综合与专业问题。