



普通高等教育机电类规划教材

机械设计基础

第2版

朱龙英 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育机电类规划教材

机 械 设 计 基 础

第2版

主 编 朱龙英
副主编 顾 玲 陈伟明
参 编 杨玉萍 郁 倩
主 审 欧阳祖行



机 械 工 业 出 版 社

本书是根据国家教育部批准印发的高等工科学校“机械设计基础课程教学基本要求”和最新颁布的有关国家标准而修订的,力求充分反映学科前沿的最新发展动态和教学改革成果。

全书除绪论外共十六章,内容包括:平面机构运动简图及其自由度,平面连杆机构,凸轮机构,齿轮机构,轮系,间歇运动机构,机械的调速与平衡,带传动,链传动,联接,轴,滚动轴承,滑动轴承,联轴器和离合器,弹簧,机械传动系统设计。各章均附有一定的思考题及习题。书末附有学习指导光盘1张,以利读者学习。

本书可作为高等学校近机械类和非机械类专业机械设计基础课程的教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/朱龙英主编. —2版. —北京:机械工业出版社, 2009.1
普通高等教育机电类规划教材
ISBN 978-7-111-26312-8

I. 机… II. 朱… III. 机械设计—高等学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第157823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:高文龙 责任编辑:刘小慧 白刚 责任校对:李秋荣

封面设计:姚毅 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2009年2月第2版第1次印刷

184mm×260mm·16印张·395千字

标准书号:ISBN 978-7-111-26312-8

ISBN 978-7-89482-980-1(光盘)

定价:32.00元(含1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 68351729

封面无防伪标均为盗版

普通高等教育机电类规划教材编审委员会

主 任：邱坤荣

副主任：黄鹤汀 左健民

高文龙 章 跃

王晓天 周建方

沈世德

秘 书：周骥平

委 员：(排名不分先后)

周骥平 徐文宽

唐国兴 邓海平

戴国洪 李纪明

蒋同洋 鲁屏宇

葛士恩 赵连生

芮延年 王 萍

乔 斌 李建启

葛友华

第 2 版 序

20 世纪末、21 世纪初，在社会主义经济建设、社会进步和科技飞速发展的推动下，在经济全球化、科技创新国际化、人才争夺白炽化的挑战下，我国高等教育迅猛发展，胜利跨入了高等教育大众化阶段，使高等教育理念、定位、目标和思路等发生了革命性变化，正在逐步形成以科学发展观和终身教育思想为指导的新的高等教育体系和人才培养工作体系。在这个过程中，一大批应用型本科院校和高等职业技术学院异军突起，超常发展，1999 年已见端倪。当时我们敏锐地感到，这批应用型本科院校的崛起，必须有相应的应用型本科教材来满足她的教学需求，否则就有可能使她回到老本科院校所走过的学术型办学路子。2000 年下半年，我们就和机械工业出版社、扬州大学工学院、南京工程学院、河海大学常州校区、淮海工学院、南通工学院、盐城工学院、淮阴工学院、常州工学院、江南大学等 12 所高校在南京工程学院开会，讨论策划编写出版机电类应用型本科系列教材问题，规划出版 38 种，并进行了分工，提出了明确的规范要求，得到江苏省各方面的支持和配合。2001 年 5 月开始出书，到 2004 年 7 月已出齐 38 种，还增加了 3 种急需的教材，总册数已达 45 万册。每种至少有 2 次以上印刷，最多的印刷了 5 次、发行量达 2.5 万册。据调查，用户反映良好，并反映这个系列教材基本上体现了我在序言中提出的四个特点，符合地方应用型工科本科院校的教学实际，较好地满足了一般应用型工科本科院校的教学需要。用户的评价使我们很高兴，但更是对我们的鞭策和鼓励，实际上这一轮机电类教材存在的问题还不少，需要改进的地方还很多。我们应当为过去取得的进步和成绩而高兴，同时，我们更应当为今后这些进步和成绩的进一步发展而正视自己，我们并不需要刻意去忧患，但确实存在值得忧患的现实而不去忧患，就很难有更美好的明天。今后怎么办？这是大家最关注的问题，也是我们亟待研讨和解决的问题。我们应该以对国家对人民对社会对受教育者高度负责的精神重新审视这一问题，以寻求更好的解决方案。我们认为，必须在总结前一阶段经验教训的新起点上，坚持以国家新时期教育方针和科学发展观为指导，坚持高标准、严要求，坚持“质量第一、多样发展、打造精品、服务教学”的方针，坚持高标准、严要求，把下一轮机电类教材修订、编写、出版工作做大、做优、做精、做强，为建设有中国特色的高水平的地方工科应用型本科院校做出新的更大贡献。

一、坚持用科学发展观指导教材修订、编写和出版工作

应用型本科院校是我国高等教育在推进大众化过程中崛起的一种新的办学类型，它除恪守大学教育的一般办学基准外，还应有自己的个性和特色，就是要在培养具有创新精神、创业意识和创造能力的工程、生产、管理、服务一线需要的高级技术应用型人才方面办出自己的特色和水平。应用型本科人才的培养既不能简单“克隆”现有的本科院校，也不能是原有专科培养体系的相似放大。应用型人才的培养，重点仍要思考如何与社会需求的对接。既要从学生的角度考虑，以人为本，以素质教育的思想贯穿教育教学的每一个环节，实现人的全面发展；又要从经济建设的实际需求考虑，多类型、多样化地培养人才，但最根本的一

条还是坚持面向工程实际,面向岗位实务,按照“本科学历+岗位技术”的双重标准,有针对性地进行人才培养。根据这样的要求,“强化理论基础,提升实践能力,突出创新精神,优化综合素质”应当是工作在一线的本科应用人才的基本特征,也是本科应用型人才的总体质量要求。

培养应用型人才的关键在于建立应用型人才的培养模式。而培养模式的核心是课程体系与教学内容。应用型的人才培养必须依靠应用型的课程和内容,用学科型的教材难以保证培养目标的实现。课程体系与教学内容要与应用型的人才的知识、能力、素质结构相适应。在知识结构上,科学文化基础知识、专业基础知识、专业知识、相关学科知识等四类知识在纵向上应向应用前沿拓展,在横向上应注重知识的交叉、联系和衔接。在能力结构上,要强化学生运用专业理论解决实际问题的实践能力、组织管理能力和社会活动能力,还要注重思维能力和创造能力的培养,使学生思路清晰、条理分明,有条不紊地处理头绪纷繁的各项工作,创造性地工作。能力培养要贯彻到教学的整个过程之中。如何引导学生去发现问题、分析问题和解决问题应成为我们应用型本科教学的根本。

探讨课程体系、教学内容和培养方法,还必须服从和服务于大学生全面素质的培养。要通过形成新的知识体系和能力延伸以促进學生思想道德素质、文化素质、专业素质和身体心理素质的全面提高。因此,要在素质教育的思想指导下,对原有的教学计划和课程设置进行新的调整和组合,使学生能够适应社会主义现代化建设的需要。我们强调培养“三创”人才,就应当用“三创教育”、人文教育与科学教育的融合等适应时代的教育理念,选择一些新的课程内容和新的教学形式来实现。

研究课程体系,必须看到经济全球化与我国加入世界贸易组织以及高等教育的国际化对人才培养的影响。如果我们的课程内容缺乏国际性,那么我们所培养的人才就不可能具备参与国际事务、国际交流和国际竞争的能力。应当研究课程的国际性问题,增设具有国际意义的课程,加快与国外同类院校的课程接轨。要努力借鉴国外同类应用型本科院校的办学理念和培养模式、做法来优化我们的教学。

在教材编、修、审全过程中,必须始终坚持以人的全面发展为本,紧紧围绕培养目标和基本规格进行活生生的“人”的教育。一所大学使得师生获得自由的范围和程度,往往是这所大学成功和水平的标志。同样,我们修订和编写教材,提供教学用书,最终是为了把知识转化为能力和智慧,使学生获得谋生的手段和发展的能力。因此,在修订、编写教材过程中,必须始终把师生的需要和追求放在首位,努力提供教的方便和学的便捷,努力为教师和学生留下充分展示自己教和学的风格和特色的发展空间,使他们游刃有余,得心应手,还能激发他们的科学精神和创造热情,为教和学的持续发展服务。教师是课堂教学的组织者、合作者、引导者、参与者,而不应是教学的权威。教学过程是教师引导学生,和学生共同学习、共同发展的双向互促过程。因此,修订、编写教材对于主编和参加编写的教师来说,也是一个重新学习和思想水平、学术水平不断提高的过程,决不能丢失自我,决不能将“枷锁”移嫁别人,这里“关键在自己战胜自己”,关键在自己的理念、学识、经验和水平。

二、坚持质量第一,努力打造精品教材

教材是教学之本。大学教材不同于学术专著,它既是学术专著,又是教学经验之理性总结,必须经得起实践和时间的考验。学术专著的错误充其量只会贻笑大方,而教材之错误则会遗害一代青年学子。有人说:“时间是真理之母”。时间是对我们所编写教材的最严厉的

考官。目前,我们的教材才使用了几年,还很难说就是好教材,因为前一阶段主要是解决有无问题,用户还没有来得及去总结和反思,所以有的问题可能还没有来得及暴露。我们必须清醒地看到这一点。今后,更要坚持高标准、严要求,用航天人员“一丝不苟”、“一秒不差”的精神严格要求我们自己,确保教材质量和特色。为此,必须采取以下措施:第一、高等教育的核心资源是一支优秀的教师队伍,必须重新明确主编和参加编写教师的标准和要求,实行主编招标和负责制,把好质量第一关;第二,教材要从一般工科本科应用型院校实际出发,强调实际、实用、实践,加强技能培养,突出工程实践,内容适度简练,跟踪科技前沿,合理反映时代要求,这就要求我们必须严格把好教材编写或修订计划的评审关,择优而用;第三、加强教材编写或修订的规范管理,确保参编、主编、主审以及交付出版社等各个环节的质量和标准,实行环节负责制和责任追究制;第四、确保出版质量;第五、建立教材评价制度,奖优罚劣。对经过实践使用,用户反映好的教材要进行修订再版,切实培育一批名师编写的精品教材。出版的精品教材必须和多媒体课件配套,并逐步建立在线学习网站。

三、坚持“立足江苏、面向全国、服务教学”的原则,努力扩大教材使用范围,不断提高社会效益

下一轮教材编写和修订工作,必须加快吸收有条件有积极性的外省市同类院校、民办本科院校、独立学院和有关企业参加,以集中更多的力量,建设好应用型本科教材。同时,要相应调整编审委员会的人员组成,特别要注意充实省内外的优秀的“双师型”教师和相关企业专家。

四、建立健全用户评价制度

要在使用这套教材的省市有关高校建立教材使用质量跟踪调查,并建立网站,以便快速、便捷、实时地听取各方面的意见,不断修改、充实和完善我们的教材编写和出版工作,实实在在地为教师和学生提供精品服务,实实在在地为培养高质量的应用型本科人才服务。同时也努力为造就一批工科应用型本科院校高素质高水平的教师提供优良服务。

本套教材的编审和出版一直得到机械工业出版社、江苏省教育厅和各主编、主审和参加编写高校的大力支持和配合,在此,一并表示衷心感谢。今后,我们应一如既往地更加紧密地合作,共同为工科应用型本科院校教材建设作出新的贡献,为培养高质量的应用型本科人才作出新的贡献,为建设有中国特色社会主义的应用型本科教育作出新的努力。

普通高等教育机械工程及自动化专业

机电类规划教材编审委员会

主任 教授 邱坤荣

第2版前言

《机械设计基础》(第2版)是根据高等学校近机械类及非机械类专业机械设计基础教学基本要求,以培养应用型人才为指导思想,结合几年来各校使用本教材的实践经验和教学改革成果以及同行和读者的建议而修订的。

编者对原书作了较全面、系统的修改和补充,力求使其更加充实、完善,重点突出,通俗易懂。与第1版相比,本次修订主要更新和增补的内容有:

- 1) 对各章的结构和基本概念进行了推敲和更新,力求严谨、确切,便于教学;
- 2) 增加了新技术、现代设计方法等内容,如优化设计、有限元等设计思想,连杆机构运动分析和设计的解析法,以适应时代的发展要求,反映学科发展的前沿动态;
- 3) 根据最新颁布的国家标准,对带传动、链传动、螺纹联接、滚动轴承、弹簧和金属材料等内容予以更新;
- 4) 对基本理论及有关公式的论证与推导予以简化和删减,着重于其在设计中的应用,如螺纹的形成、带传动的几何关系及欧拉公式和连杆机构设计的实验法等内容,使其更加清晰、明确;
- 5) 增补了一些习题,以加强对学生的训练。

参加本书编写的有:盐城工学院朱龙英(绪论、第七章、第十五章和第十六章)、扬州大学顾玲(第十一章、第十二章、第十三章和第十四章)、江南大学陈伟明(第一章、第二章、第三章和第六章)、南通大学杨玉萍(第八章、第九章和第十章)和盐城工学院郁倩(第四章和第五章)。本书仍由朱龙英任主编,顾玲和陈伟明任副主编。

由于编者水平有限,殷切希望广大同仁和读者在使用过程中对本书的错误和欠妥之处提出批评指正。

编 者

第1版前言

本书是根据国家教育委员会批准印发的《高等工业学校机械设计基础教学基本要求》和江苏省地方一般工科院校机电类专业教改协作组张家港会议精神以及新近颁布的有关国家标准编写而成的。

本书在满足“机械设计基础教学基本要求”规定内容的条件下，力求做到精选内容，联系实际，叙述简明，便于教学。在突出本课程所必需的基本知识、基本理论和基本方法的前提下，适当拓宽知识面，反映学科新成就，注重对学生基本技能的训练和综合能力的培养，尽量在培养应用型人才上下功夫。

考虑到教材的先进性，本书各章内容、图表均采用新颁布的国家标准。

本书各章均有例题，并在各章末附有习题。书中摘录了部分必要的资料，以供例题和求解习题时使用。

参加本书编写的有：盐城工学院朱龙英（绪论、第七、十五、十六章）、郁倩（第四、五章）；扬州大学顾玲（第十一、十二、十三、十四章）；江南学院陈伟明（第一、二、三、六章）；南通工学院杨玉萍（第八、九、十章）。本书由朱龙英担任主编，顾玲、陈伟明担任副主编。

本书承南京航空航天大学欧阳祖行教授的细心审阅，提出了很多宝贵意见，编者对此深表感谢。

由于编者水平有限，缺点、错误在所难免，恳请使用本书的教师、读者批评指正。

对本书的意见请寄：（邮编 224003）盐城工学院机械基础教研室。

编 者

目 录

第2版序	
第2版前言	
第1版前言	
绪论	1
第一节 本课程研究的对象和内容	1
第二节 机械设计的基本要求和一般过程	3
第三节 机械零件的常用材料及选择	5
第四节 机械零件的计算准则及一般设计步骤	9
第五节 机械零件的结构工艺性及标准化	10
第六节 现代机械设计方法简介	11
习题	13
第一章 平面机构运动简图及其自由度	14
第一节 运动副及其分类	14
第二节 平面机构运动简图	16
第三节 平面机构的自由度	17
习题	21
第二章 平面连杆机构	24
第一节 铰链四杆机构的基本类型及其演化	24
第二节 平面四杆机构的运动特性	29
第三节 平面连杆机构的运动设计	32
习题	36
第三章 凸轮机构	37
第一节 凸轮机构的应用和分类	37
第二节 从动件常用的运动规律	39
第三节 凸轮机构的压力角和基圆半径	43
第四节 图解法设计凸轮轮廓	45
第五节 解析法设计凸轮轮廓	48
习题	49
第四章 齿轮传动	51
第一节 渐开线齿轮	52
第二节 标准渐开线直齿圆柱齿轮啮合传动	58
第三节 轮齿的切削加工与变位齿轮的概念	59
第四节 直齿圆柱齿轮的强度计算	63
第五节 斜齿圆柱齿轮传动	74
第六节 直齿锥齿轮传动	80
第七节 蜗杆传动	84
习题	89
第五章 轮系及其设计	91
第一节 轮系及其分类	91
第二节 定轴轮系的传动比计算	93
第三节 周转轮系的传动比计算	95
第四节 轮系的功用	99
习题	101
第六章 间歇运动机构	103
第一节 棘轮机构	103
第二节 槽轮机构	105
第三节 凸轮式间歇运动机构	107
第四节 不完全齿轮机构	108
习题	109
第七章 机械的调速与平衡	110
第一节 机械的速度波动与调节	110
第二节 机械平衡	112
习题	117
第八章 带传动	119
第一节 带传动的类型、特点和	

应用	119	选择	189
第二节 带传动的工作原理	123	第二节 滚动轴承的失效形式及选择 计算	194
第三节 普通 V 带传动的设计 计算	127	第三节 滚动轴承的组合设计	199
第四节 带传动的使用和维护	136	习题	204
习题	137	第十三章 滑动轴承	206
第九章 链传动	138	第一节 滑动轴承的主要类型、结构 和材料	206
第一节 链传动的类型、特点和 应用	138	第二节 非液体摩擦滑动轴承的设计 计算	210
第二节 链传动的结构、主要参数 及几何尺寸	138	第三节 滑动轴承常用的润滑剂和润 滑装置	212
第三节 链传动的设计	142	第四节 液体摩擦滑动轴承简介	214
第四节 链传动的布置和润滑	148	习题	215
习题	149	第十四章 联轴器和离合器	217
第十章 联接	150	第一节 联轴器	217
第一节 概述	150	第二节 离合器	221
第二节 螺纹的主要参数	150	习题	223
第三节 螺纹副的受力分析、效率 和自锁	153	第十五章 弹簧	224
第四节 螺纹联接的类型、特点和 应用	155	第一节 弹簧的功用、类型和特点	224
第五节 螺纹联接的拧紧和拧紧力矩	157	第二节 弹簧的材料和许用应力	225
第六节 螺纹联接的强度计算	158	第三节 圆柱螺旋压缩（拉伸）弹 簧的设计计算	227
第七节 设计螺纹联接时应注意的几 个问题	163	第四节 其他弹簧简介	231
第八节 螺旋传动	166	习题	233
第九节 轴毂联接	168	第十六章 机械传动系统的设计	234
第十节 其他联接简介	174	第一节 机械传动方案的设计	234
习题	176	第二节 机械传动的运动和动力 计算	237
第十一章 轴	179	习题	241
第一节 轴的分类和材料	179	附录	242
第二节 轴的结构设计	181	参考文献	244
第三节 轴的设计计算	183	读者信息反馈表	
习题	187		
第十二章 滚动轴承	189		
第一节 滚动轴承的类型、代号及			

绪 论

第一节 本课程研究的对象和内容

一、本课程研究对象

本课程研究的对象是机械，机械是机器和机构的总称。机器是人类在生产和生活中用以代替或减轻人的劳动的重要工具，也是用来完成人类无法从事或难以从事的各种复杂或危险劳动的重要工具。在现代生活和工作中，广泛地使用各种机器，如电动机、内燃机、汽车、机器人、缝纫机和洗衣机等都是机器。机器的设计、制造及应用水平是衡量一个国家技术水平和现代化程度的重要标志。

图 0-1 所示为单缸四冲程内燃机，它是由气缸体 1、曲轴 2、连杆 3、活塞 4、进气阀 5、排气阀 6、顶杆 7、凸轮 8、齿轮 9 和 10 等组成。燃气推动活塞作往复运动，经连杆转变为曲轴的连续转动，从而把燃气的热能转变成机械能。

图 0-2 所示为一送料机械手，它由电动机通过减速装置（图中未画出）减速后，通过齿轮 1 带动分配轴 2 转动，通过齿轮 17、16、凸轮 19、杆 20、9、10、11、12 和连杆 13 使手指 14 张开，以夹持工件。手指 14 的复位夹紧由弹簧实现。凸轮 5 转动通过摆杆 21 和圆筒 7 使大臂 15 绕 O_3 轴上、下摆动（ O_3 支承在转盘座 8 上）。此外，圆柱凸轮 3 通过齿轮传动使转盘座 8 往复回转。以上各部分协同动作，便能使机械手代替人送料而作有用的机械功。

从以上两例可以看出，尽管机器的构造、用途和性能各不相同，但都具有以下几个共同的特征：

- 1) 都是许多人为实物的组合。
- 2) 各实物之间具有确定的相对运动。

3) 能完成有用的机械功（如机械手代替人工作）或转换机械能（如内燃机将热能转换成机械能）。

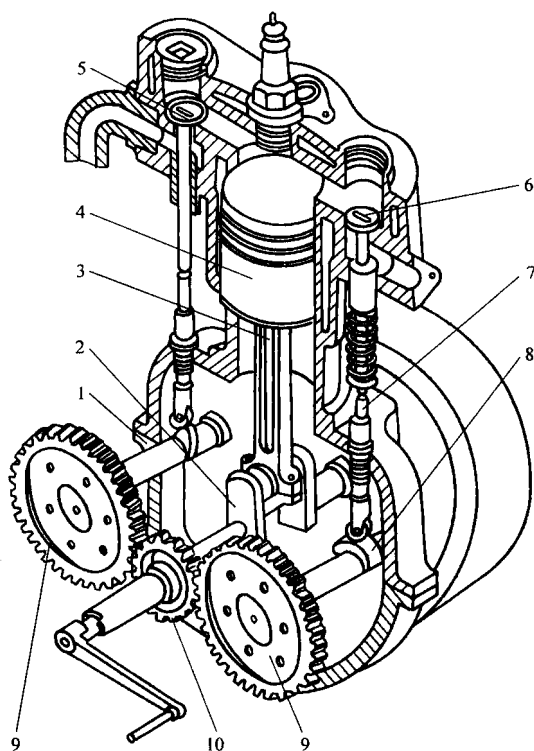


图 0-1 单缸内燃机

- 1—气缸体 2—曲轴 3—连杆 4—活塞
5—进气阀 6—排气阀 7—顶杆
8—凸轮 9、10—齿轮

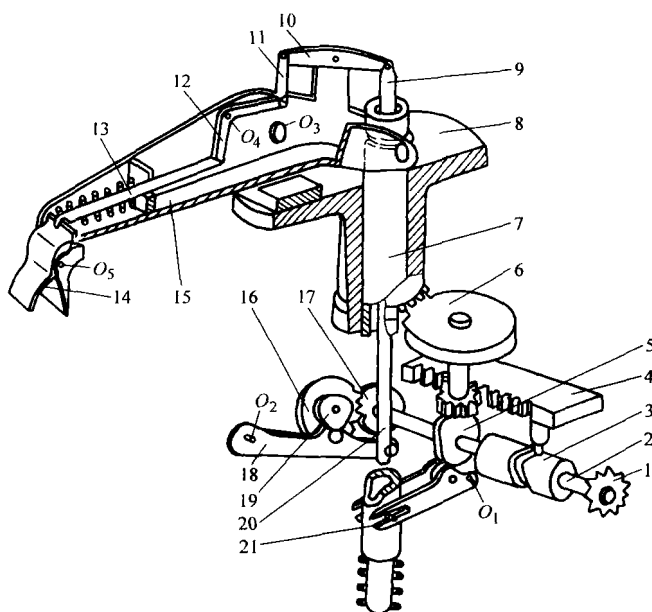


图 0-2 送料机械手

- 1—齿轮 2—分配轴 3、5、19—凸轮 4—齿条 6、16、17—齿轮
7—圆筒 8—转盘座 9、10、11、12、13、20—杆件
14—手指 15—大臂 18、21—摆杆

凡同时具有上述三个特征的实物组合体称为**机器**。仅有前两个特征的称为**机构**。从结构和运动的观点看，两者并无区别。机器是由机构和动力源组成的。一部机器可以由多个机构组成（如内燃机由连杆机构、齿轮机构、凸轮机构组成），也可以由一个机构组成（如电动机由双杆机构组成）。机构在机器中起着改变运动形式、改变速度大小和改变运动方向的作用。

机器中普遍使用的机构称为**常用机构**，如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系等。

组成机构的各个人为实物称为**构件**。构件可以是单一的整体，如图 0-3 所示的曲轴；也可以是几个零件的刚性组合，如图 0-4 所示的连杆，它是由连杆体 1、连杆盖 5、螺栓 2 及螺母 3、开口销 4、轴瓦 6 和轴套 7 等多个零件组成的刚性结构，是一个构件。因此，构件是运动的基本单元，而零件是制造的基本单元。

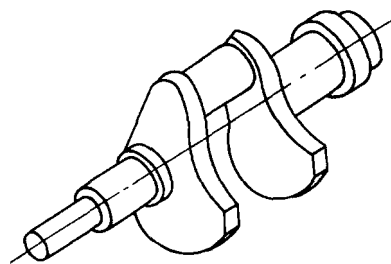


图 0-3 曲轴

机械中的零件按其用途可分为两类。凡是在各种机械中都经常使用的零件，称为**通用零件**，如齿轮、轴、螺钉等；只出现在某些专用机械中的零件，称为**专用零件**，如曲轴、连杆、活塞等。此外，工程中还把完成同一使命、由企业独立加工装配的零件组合体称为**部件**，如滚动轴承、联轴器、减速器等。

随着近代科学技术的发展，机器和机构的概念也有了相应的变化。在某些情况下，机构中除刚体外，液体或气体也参与实现运动的传递和变换。作为一部完整的机器，除具有机械系统外，有些机器还包含了使其内部各机构正常动作的控制系统和信息处理与传递系统等。

因此，一部完整的机器常由动力系统、传动系统、执行系统、辅助系统以及控制系统等组成（如图 0-5 所示）。现代机器不仅可以代替人的体力劳动，而且还可以代替人的脑力劳动（如智能机器人）。

二、本课程研究的内容和性质

机械设计基础课程主要研究机械中常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、基本设计理论和计算方法，同时简单介绍与本课程有关的国家标准和规范。

三、本课程的学习方法

本课程是一门实践性和综合性很强的课程，它涉及多门先修课程的知识。因此，学习中要注意以下几点：

- 1) 随时复习和巩固有关先修课程，注意提高自己综合应用各门课程知识的能力。
- 2) 理论联系实际，重视用所学的理论知识解决工程实际问题。
- 3) 注意设计原理和公式的适用条件，抓住重点、难点及分析问题的思路和方法。
- 4) 及时复习并按时完成作业。

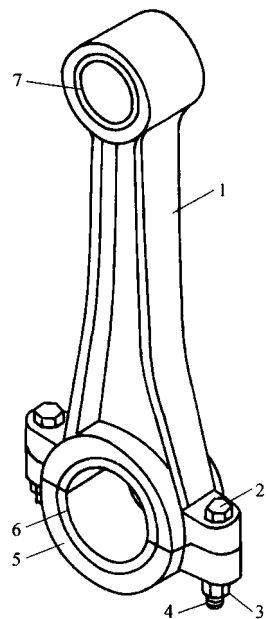


图 0-4 连杆

1—连杆体 2—螺栓 3—螺母 4—开口销
5—连杆盖 6—轴瓦 7—轴套

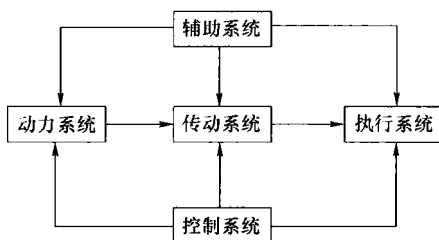


图 0-5 机器的组成

第二节 机械设计的基本要求和一般过程

一、机械设计的基本要求

机械设计一般应满足如下要求：

1. 功能要求

机械产品必须满足预定的功能。预定的功能是设计之初由设计者或用户提出并确定的，如机器工作部分的运动形式、速度、运动精度、平稳性、需要传递的功率，以及某些使用上的特殊要求（如高温、防潮等）。这主要靠正确选择机器的工作原理（即正确地选择原动机、传动机构和执行机构）以及合理地配置辅助系统来保证。

2. 可靠性要求

产品的可靠性是指产品在规定的使用条件和规定的时间内，完成规定功能的能力。规定条件一般指的是使用条件或环境条件，包括应力、温度、湿度、尘砂、腐蚀等条件，也包括

操作技术、维修方法等条件。在市场竞争日益激烈的今天，可靠性高的产品，不仅可为用户节省开支，巩固产品的信誉和品牌知名度，而且有助于提高市场的竞争力。产品的可靠性已成为企业生存和持续发展的最重要因素。

3. 经济性要求

在产品整个设计周期中，必须把产品设计、销售及制造三方面作为一个系统工程来考虑，用价值工程理论指导产品设计，正确使用材料，采用合理的结构尺寸和工艺，以降低产品的成本。设计机械系统和零部件时，应尽可能标准化、通用化、系列化，以提高设计质量、降低制造成本。

4. 社会要求

为使产品具有市场竞争力，机械产品应有大方宜人的外形和色彩，便于操作和维修，同时产品应符合国家环境保护等有关法律法规的要求。

二、机械设计的一般过程

机械产品设计是一个复杂的过程，一般可分为：产品规划、方案设计、技术设计以及样机试制四个阶段。

1. 产品规划阶段

产品设计是一项为实现预定目标而开展有目的的活动，因此正确地决定设计目标是设计成功的基础。明确设计任务包括定出产品的总体目标和各项具体的技术要求是产品设计、优化、评价、决策的依据。

产品规划包括分析所设计产品的机械系统的用途、功能、各种技术经济性能指标、参数范围和预期的成本范围等，并对同类或相近产品的技术经济指标、同类产品的不完善性、用户的意见和要求、目前的技术水平以及发展趋势，认真进行调查研究、收集材料，以进一步明确设计任务。

2. 方案设计阶段

机械系统总体方案设计是根据机器要求进行功能的设计研究。方案设计包括确定机器的工作原理、工作部分的运动和阻力，选择原动机的种类和功率，选择传动系统，确定机械系统的运动和动力计算，确定各级传动比和各轴的转速、转矩和功率。方案设计时要考虑到机械产品的操作、维修、安装、外廓尺寸等要求，确定机械系统各主要部件之间的相对位置关系及相对运动关系，人一机一环境之间的合理关系。方案设计对机械系统的制造和使用都有很大的影响，为此，常需作出几个方案加以分析、比较，通过优化求解得出最佳方案。

3. 技术设计阶段

技术设计又称结构设计。其任务是根据方案设计的要求，确定机械系统各零部件的材料、形状、数量、空间相对位置、尺寸、加工方法和装配方式，并进行必要的强度、刚度、可靠性设计等相关的测试，当有几种方案时，需进行评价决策最后选择最优方案。技术设计时还要考虑加工条件、现有材料、各种标准零部件、相近机器的通用件等情况。技术设计是实现保证质量、提高可靠性、降低成本的重要工作。技术设计还需绘制总装配图、部件装配图、编制设计说明书等。技术设计是从定性到定量、从抽象到具体、从粗略到详细的一个设计过程。

4. 样机试制阶段

样机试制阶段是通过样机制造、样机试验，检查机械系统的功能及整机或零部件的强

度、刚度、运转精度、振动稳定性、噪声等方面的性能，根据样机的试验、使用、测试、鉴定过程中所暴露的问题，进一步修正设计，以保证完成系统功能，同时验证各工艺的正确性，以提高生产率，降低成本，提高经济效益。

产品设计过程是创造性活动过程，它体现了设计人员的创新思维活动，设计过程是逐步逼近解答方案并逐步完善的过程。在设计过程中还应注意以下几点：

1) 设计过程要有全局观点，不能只考虑设计对象本身的问题，而要把设计对象看作一个系统，处理人一机一环境之间的关系。

2) 善于运用创造性思维和方法，注意考虑多方案解，避免解答的局限性。

3) 设计的各阶段应有明确的目标，注意各阶段的评价和优选，以求出既满足功能要求又有最大实现可能的方案。

4) 要注意反馈及必要的工作循环。解决问题要由抽象到具体，由局部到全面，由不确定到确定。

上述设计过程的各个阶段是相互联系、相互影响的，常需要相互交叉进行，并且往往要多次反复，不断修正，有时甚至推翻重来，才能使设计达到最佳。即使产品投入市场后，也要进行跟踪调查，根据用户反馈的信息，对产品不断进行改进完善。

随着科学技术的发展，新的设计方法不断涌现，如计算机辅助设计（CAD）、优化设计、可靠性设计等，尤其是 CAD 技术发展迅速。CAD/CAM/CAE 系统使机械产品可以直接在计算机上进行仿真模拟，而不需要样机试制，就可以通过分析计算出各项技术指标，这不仅大大缩短了设计周期，而且取得了巨大的经济效益和社会效益。

第三节 机械零件的常用材料及选择

一、机械零件的常用材料

机械零件的常用材料可分为金属材料和非金属材料两类。金属材料又分为黑色金属（如钢、铸铁等）和有色金属（如铜、铝及其合金）两类，其中以黑色金属材料用得最多。

1. 黑色金属

黑色金属材料是指含铁的金属材料，常称为钢铁材料。常用钢铁材料的牌号及性能见表 0-1。

(1) 钢 钢和铸铁都是铁碳合金。它们的主要区别是碳的质量分数不同。碳的质量分数小于 2% 的称为钢，碳的质量分数大于 2% 的称为铸铁。

钢是机械工业中应用最广的材料，其强度、韧性、塑性都比铸铁高，并能用热处理方法来改善其加工性能和力学性能。

钢的类型很多，按用途分，钢可分为结构钢、工具钢和特殊用途钢。结构钢可用于加工一般机械零件和各种工程结构。工具钢可用于制造各种刀具、模具等。特殊用途钢（不锈钢、耐热钢、耐腐蚀钢）主要在特殊的工况条件下使用。

按化学成分，钢可分为碳素钢和合金钢。碳素钢包括普通碳素结构钢和优质碳素结构钢。普通碳素结构钢（如 Q235、Q275）一般只保证机械强度而不保证化学成分，不宜进行热处理，通常用于不太重要的零件和机械结构中。优质碳素结构钢（如 30 钢、45 钢）的性能主要取决于其碳的质量分数。低碳钢是碳的质量分数低于 0.25% 的钢，其强度极限和屈

服极限较低，塑性较高，可焊性好，通常用于制造冲压件和焊接件。碳的质量分数在 0.1% ~ 0.2% 之间的低碳钢零件可通过渗碳淬火使其表面硬而心部韧，一般用于要求表面耐磨而且耐冲击的零件。中碳钢是碳的质量分数在 0.25% ~ 0.6% 之间的钢，它的综合力学性能较好，因此可用于制造受力较大的零件。碳的质量分数高于 0.6% 的钢是高碳钢，具有高的强度，通常用于制造强度要求较高的零件。

表 0-1 常用钢铁材料

材 料		力学性能		
名 称	牌 号	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服强度 σ_s /MPa	硬 度 HBW
普通碳素结构钢	Q215	335 ~ 410	215	—
	Q235	375 ~ 460	235	—
	Q255	410 ~ 510	255	—
	Q275	490 ~ 610	275	—
优质碳素结构钢	20	410	245	156
	35	530	315	197
	45	600	355	220
合金结构钢	18Cr2Ni4W	118	835	260
	35SiMn	785	510	229
	40Cr	981	785	247
	40CrNiMo	980	835	269
	20CrMnTi	1079	834	≤ 217
	65Mn	735	430	285
铸钢	ZG230-450	450	230	≥ 130
	ZG270-500	550	270	≥ 143
	ZG310-570	570	310	≥ 153
灰铸铁	HT150	145	—	150 ~ 200
	HT200	195	—	170 ~ 220
	HT250	240	—	190 ~ 240
球墨铸铁	QT450-10	450	310	160 ~ 210
	QT500-7	500	320	170 ~ 230
	QT600-3	600	370	190 ~ 270
	QT700-2	700	420	225 ~ 305

合金钢（如 40Cr、42SiMn）是在碳钢中加入某些合金元素冶炼而成。加入不同的合金元素可改变钢的力学性能并具有各种特殊性质。例如铬能提高钢的硬度，并在高温时防锈耐酸；镍使钢具有良好的淬透性和耐磨性。但合金钢零件一般都需经过热处理才能提高其力学性能；此外，合金钢较碳素钢价格高，对应力集中较敏感，因此只有碳素钢难于胜任工作时