



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

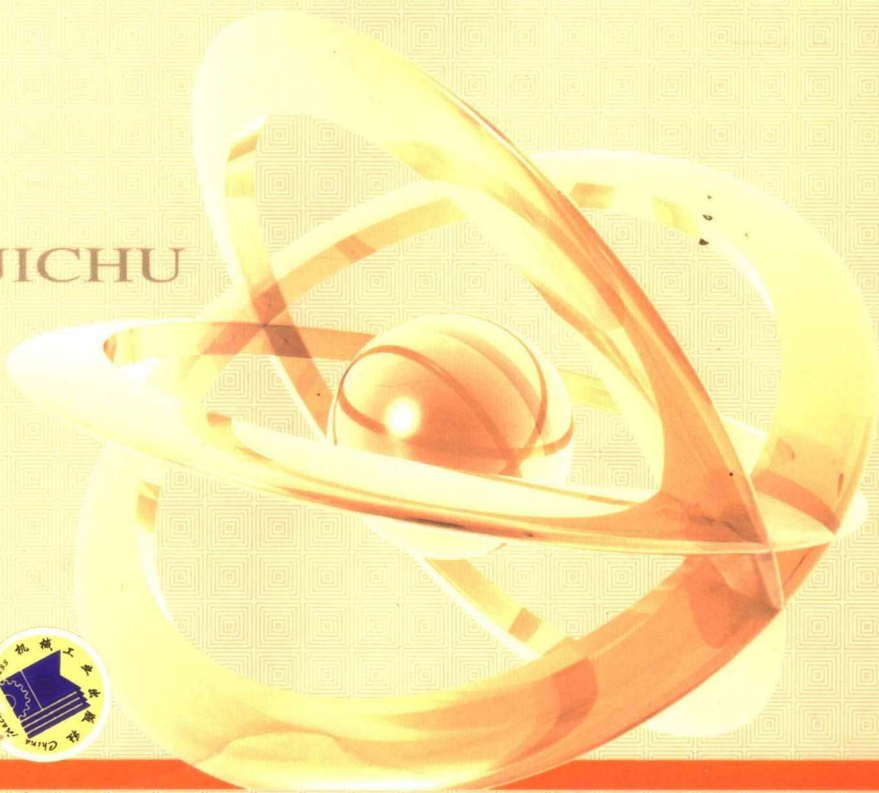
第
4
版

机械设计基础

(多学时)

范顺成○主编

JIXIE SHEJI JICHU





机械工业出版社

机械设计基础

(第2版)

机械工业出版社

机械工业出版社



机械工业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

机械设计基础

(多学时)

第4版

主 编	范顺成		
副主编	李春书	金清肃	
参 编	杨建伟	范晓珂	郭聚东
	吴晓龙	关志刚	李 兰
	王晓慧	李洪来	娄晨辉
主 审	张 策	来新民	

机械工业出版社

本书是根据普通高等教育“十一五”国家级规划教材的要求进行修订的。为满足培养学生工程实践能力和创新意识的需要,本次修订工作突出了各类机构和零部件的系统性,注重机械设计基本理论和方法的讲述。对于连杆、凸轮等非匀速传动机构,在分析运动关系的基础上,增补了材料选择和结构设计内容;在带传动中,介绍了同步带的设计计算;各章还增加了实践教学环节的内容。如此编排的目的在于培养学生的工程意识和机械设计能力。

全书除绪论外,共十九章,内容包括:平面机构的结构分析,平面连杆机构,凸轮机构,齿轮机构,轮系,间歇运动机构、组合机构,回转体的平衡,机器速度的波动及调节,机械零件设计概论,联接,带传动,链传动,齿轮传动,蜗杆传动,轴,滑动轴承,滚动轴承,联轴器和离合器,弹簧。

本书为高等工科院校近机类、机械类(专科)专业机械设计基础课程的教材,较适宜的授课学时为70学时左右,也可供大、中专相关专业师生及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/范顺成主编.—4版.—北京:机械工业出版社,2007.5
普通高等教育“十一五”国家级规划教材(多学时)

ISBN 978-7-111-06593-7

I. 机… II. 范… 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(2007)第061378号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:赵爱宁 版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉

封面设计:王伟光 责任印刷:杨曦

北京朝阳展望印刷厂印刷

2007年8月第4版第1次印刷

184mm×260mm·21.25印张·524千字

标准书号:ISBN978-7-111-06593-7

定价:30.00元

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)88379712

封面无防伪标均为盗版

第4版前言

本教材是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，适用于高等学校近机类（本科）、机械类（专科）专业机械设计基础课程的教学。

本书是在第3版基础上，根据高等工程教育的发展和各校使用本教材的意见和建议进行修订的。

修订后的教材基本保留了第3版的体系结构和基本内容。除了对各章内容进行了必要的调整、增删外，重点完成了以下几方面工作：

- 1) 在第二章平面连杆机构和第三章凸轮机构中，增加了材料选择和机构的结构设计内容，既保证了内容的系统性、完整性，又突出了工程设计。
- 2) 在第四章齿轮机构中适当删减了齿廓啮合理论的内容，使整章内容更加简洁、易懂。
- 3) 在带传动中，增加了同步带传动的设计与计算，以适应工程实际的需要。
- 4) 对第3版的插图作了调整和更换，使其与内容更加协调，插图更清晰。
- 5) 各章增加了实践教学环节的内容，以加强理论与工程实践的结合。

另外，本次修订力求基本概念准确，术语规范，表格数据准确，重点突出，难点适中。全书采用最新标准和规范，注重对学生工程设计能力、创新意识和创新思维的培养与锻炼。

参加本书修订工作的有：河北工业大学范顺成（绪论），河北科技大学金清肃（第一章、第二章），石家庄铁道学院范晓珂（第三章、第十九章），河北科技大学郭聚东（第四章、第五章），河北工业大学李春书（第六章、第十三章），河北工业大学吴晓龙（第七章、第八章），河北工程大学关志刚（第九章、第十四章），河北科技大学李兰（第十章），河北工业大学王晓慧（第十一章、第十二章），河北工业大学李洪来（第十五章、第十八章），太原科技大学杨建伟（第十六章）河北科技大学姜晨辉（第十七章）。

本书由范顺成担任主编，李春书、金清肃担任副主编。全书由天津大学张策教授、上海交通大学来新民教授担任主审。他们对本书的修订工作提出了很多宝贵意见和建议，全体编者对此表示衷心感谢。同时也恳请广大读者对书中错误和不妥之处提出批评指正。对本书的意见请寄天津市红桥区丁字沽河北工业大学机械学院（300130）。

编者

2007年3月

第3版前言

本书是在第2版的基础上根据两年来各校试用本教材的意见和建议进行修订的。

修订后的教材基本保留了第2版的体系和基本内容。为适应高等工科教育内容及课程体制改革的要求,在总结多年教学经验的基础上,本版教材对基本内容作了更进一步的精选,以满足实际教学需要。这次修订对第三、四、十、十八章等的內容作了适当删减或更换,力求内容更加精炼和完善;考虑到本教材与《机械设计课程设计》一书配套使用,故本版教材删去了一些与该书重复的标准、规范和数据等内容。

参加本书修订工作的有:范顺成(绪论、第十三、十六章),马治平(第一、二章),王光林(第三、十九章),陆正德(第四、五章),李春书(第六、七、八章),马洛刚(第九、十四章),张秀兰(第十章),来新民(第十一、十二章),彭炜(第十五、十八章),白春林(第十七章)。本书由范顺成、马治平、马洛刚担任主编。

在本书修订工作中,河北工业大学钱寿铨同志认真审阅了全部书稿,提出了很多宝贵意见和建议,编者对此表示衷心感谢。

编者欢迎广大读者对书中错误和不妥之处提出批评指正。

编者

1998年3月

第2版前言

本书第1版在天津大学、河北省十余所高等院校及其他一些院校使用后，得到了广大师生的欢迎和好评，认为第1版较好地贯彻了国家教委颁发的《机械设计基础（原机械原理及机械零件）教学基本要求（多学时）》。原书具有内容精炼，深广度适宜，组织、编排恰当，反映了新科技、新标准，适用面广，便于教学等特点。

为使第1版的内容不断更新和完善，以适应高等教育改革的发展和需要，系列教材编委会根据各方面的意见和建议决定对第1版进行修订。

修订后的教材保留了第1版的体系和基本内容。修订的主要方面和内容如下：

(1) 删去了第1版“现代设计方法简介”一章，而在本书第二、三章分别增补了连杆机构、凸轮机构设计计算的计算机程序框图，以便有助于结合教学过程培养学生应用计算机的能力。

(2) 接近年来新颁布的有关国家标准修订了第1版中采用的相应旧标准，并按新标准重新编写了“滚动轴承”一章。

(3) 更换和增、删了第1版中的部分插图。

(4) 对第1版中某些叙述较为繁琐及非主要内容部分作了删减，以使内容更为精炼和切合实际。

与第1版一样，修订本书时，编者在贯彻《机械设计基础（原机械原理及机械零件）教学基本要求》的基本精神前提下，力求做到精选内容，联系实际，叙述简明，便于教学。

本书中带有*号的内容为选学内容，可视学时多少和专业需要而作取舍。

本书第1版的全部编审人员按原有分工参加了本书的修订工作。

最后，欢迎广大读者对本书中错误和不妥之处提出批评。

编者

1995年11月

第1版前言

本书是由天津大学和河北省机械设计教学研究会合作编写的机械设计系列教材之一。本系列教材包括：机械设计（机械类专业用）、机械设计基础（近机类专业用）、机械设计基础（非机类专业用）、机械设计习题集（与机械设计配套使用）和机械设计课程设计等共5种。

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（原机械原理及机械零件）教学基本要求（多学时）》和天津大学及河北省十余所高等学校多年来试行该教学基本要求的教改实践经验编写而成的。

编写本书时，编者在贯彻《机械设计基础（原机械原理及机械零件）教学基本要求》的基本精神前提下，力求做到精选内容，联系实际，叙述简明，便于教学。

为便于教学，本书按两大部分编写。第一章至第八章为第一部分（机械原理），主要叙述常用机构的工作原理、运动特点、机构设计和机器动力学的基本知识；第九章至第十九章为第二部分（机械设计），主要叙述通用机械零部件的工作原理、特点、基本设计理论和基本设计方法。另外，为反映科技新成就、拓宽知识面和有助于适当结合教学过程培养学生应用计算机的能力，本书第二十章对现代设计方法作了简要介绍。

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，以供例题及求解习题使用。其他数据资料可参阅系列教材中《机械设计课程设计》一书。

本书中带有*号的内容为选学内容，可视学时多少和专业需要而作取舍。

近年来有关机械设计标准有较多的更新，本书采用新颁布的国家标准。

参加本书编写工作的有：钱寿铨（绪论、第十三章），马治平（第一、二章），王光林（第三、十九章），陆正德（第四、五章），李春书（第六、七、八章），马洛刚（第九、十四章），张秀兰（第十章），李洪德（第十一、十二章），彭炜（第十五、十八章），范顺成（第十六章）、白春林（第十七、二十章）。全书由钱寿铨、白春林担任主编。

本书由天津大学郭芝俊、李文禄担任主审，他们提出了许多有助于提高本书质量的宝贵意见；唐山工程技术学院李国柱同志在本书出版、印刷过程中做了大量工作，编者对此深表感谢。

限于编者水平，书中错误和不当之处在所难免，希望广大读者批评、指正。

编者

1992年11月

目 录

第 4 版前言	
第 3 版前言	
第 2 版前言	
第 1 版前言	
绪论	1
第一节 引言	1
第二节 本课程研究的对象和内容	1
第三节 本课程的性质和任务	3
第四节 机械设计的基本要求和一般程序	3
第一章 平面机构的结构分析	6
第一节 平面机构的组成	6
第二节 平面机构的运动简图	7
第三节 平面机构具有确定运动的条件	9
实践教学环节	13
习题	13
第二章 平面连杆机构	15
第一节 平面连杆机构的应用和类型	15
第二节 四杆机构的基本特性	22
第三节 平面连杆机构的设计	26
第四节 平面连杆机构的结构设计	29
实践教学环节	33
习题	33
第三章 凸轮机构	35
第一节 凸轮机构的应用和分类	35
第二节 从动件常用运动规律	38
第三节 图解法设计盘形凸轮轮廓	41
* 第四节 用解析法设计凸轮轮廓的基本方法	45
第五节 凸轮机构设计中的几个问题	46
实践教学环节	53
习题	53
第四章 齿轮机构	55
第一节 齿轮机构的分类	55
第二节 渐开线及渐开线齿廓	56
第三节 标准直齿圆柱齿轮各部分名称及尺寸计算	58
第四节 渐开线标准齿轮的啮合传动	60
第五节 渐开线齿廓的切制原理	66
第六节 渐开线齿廓的切齿干涉和标准齿轮的最少齿数	69
* 第七节 渐开线变位齿轮概述	70
第八节 渐开线斜齿圆柱齿轮机构	72
第九节 锥齿轮机构	77
实践教学环节	81
习题	81
第五章 轮系	82
第一节 轮系的分类	82
第二节 齿轮系传动比的计算	83
第三节 行星轮系传动比的计算	85
第四节 混合轮系传动比的计算	88
第五节 轮系的功用	89
* 第六节 K-H-V 型行星轮系简介	91
实践教学环节	94
习题	94
第六章 间歇运动机构及组合机构	96
第一节 棘轮机构	96
第二节 槽轮机构	99
第三节 其他间歇运动机构	101
第四节 组合机构	103
实践教学环节	104
习题	104
第七章 回转体的平衡	105
第一节 回转体不平衡的原因及影响	105
第二节 静不平衡与动不平衡	106
* 第三节 回转体的平衡计算	107
第四节 回转体平衡的实验法简介	110
实践教学环节	112
习题	112
第八章 机器速度的波动及调节	113
第一节 机器速度波动的原因及影响	113
第二节 机器速度波动的类型及调节方法	113

第三节 飞轮设计的基本原理·····	115	第一节 渐开线齿轮传动强度设计	
实践教学环节·····	119	计算基础·····	201
习题·····	119	第二节 直齿圆柱齿轮传动的强度计算·····	205
第九章 机械零件设计概论 ·····	121	第三节 载荷系数及许用应力·····	210
第一节 机械零件设计的基本准则及一般设计步骤·····	121	第四节 直齿圆柱齿轮传动设计计算顺序及有关设计参数的选择·····	214
第二节 机械零件的疲劳强度·····	123	第五节 平行轴斜齿轮传动的强度计算·····	219
第三节 机械零件的常用材料及选择·····	128	第六节 直齿锥齿轮传动的强度计算·····	223
第四节 机械零件的结构设计工艺性及标准化·····	131	第七节 齿轮结构·····	225
实践教学环节·····	132	第八节 齿轮传动的润滑·····	226
习题·····	132	实践教学环节·····	228
第十章 联接 ·····	133	习题·····	228
第一节 螺纹·····	133	第十四章 蜗杆传动 ·····	230
第二节 螺旋副的受力分析、效率及自锁·····	135	第一节 蜗杆传动的特点和类型·····	230
第三节 螺纹联接·····	137	第二节 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算·····	232
第四节 螺栓联接的强度计算·····	143	第三节 蜗杆传动强度设计计算基础·····	236
第五节 螺纹联接的结构设计·····	148	第四节 蜗杆传动的强度计算·····	238
第六节 螺旋传动·····	152	第五节 蜗杆传动的效率、润滑和散热计算·····	240
第七节 键联接与花键联接·····	155	第六节 蜗杆、蜗轮的结构·····	244
第八节 销联接及其他联接·····	158	实践教学环节·····	249
实践教学环节·····	160	习题·····	249
习题·····	160	第十五章 轴 ·····	250
第十一章 带传动 ·····	162	第一节 轴的分类和设计要求·····	250
第一节 带传动的工作原理、类型和几何关系·····	162	第二节 轴的材料·····	251
第二节 带传动的基本理论·····	163	第三节 轴的基本直径的估算·····	253
第三节 V带及V带轮·····	166	第四节 轴的结构设计·····	253
第四节 V带传动的设计计算·····	170	第五节 轴的强度校核计算·····	257
第五节 带传动的张紧装置·····	176	第六节 轴的刚度计算·····	265
第六节 同步带传动及其他带传动简介·····	179	第七节 轴的振动稳定性概念·····	265
实践教学环节·····	185	实践教学环节·····	265
习题·····	185	习题·····	266
第十二章 链传动 ·····	186	第十六章 滑动轴承 ·····	267
第一节 链和链轮·····	186	第一节 滑动轴承的摩擦状态及应用特点·····	267
第二节 链传动的运动分析和受力分析·····	190	第二节 滑动轴承的结构及材料·····	268
第三节 链传动的设计计算·····	193	第三节 边界和混合摩擦滑动轴承的计算·····	274
第四节 链传动的布置、张紧及润滑·····	198	第四节 润滑剂及润滑装置·····	275
实践教学环节·····	199	第五节 流体动压润滑的基本原理·····	280
习题·····	200	第六节 流体摩擦径向滑动轴承的	
第十三章 齿轮传动 ·····	201		

计算·····	282	第一节 概述·····	311
第七节 其他轴承简介·····	286	第二节 常用联轴器类型及选择·····	311
实践教学环节·····	289	第三节 常用离合器类型及选择·····	315
习题·····	289	实践教学环节·····	316
第十七章 滚动轴承 ·····	290	习题·····	316
第一节 滚动轴承的结构·····	290	第十九章 弹簧 ·····	317
第二节 滚动轴承的主要类型、 代号及选择·····	291	第一节 弹簧的类型和应用·····	317
第三节 滚动轴承的计算·····	296	第二节 弹簧的材料和许用应力·····	319
第四节 滚动轴承部件的结构设计·····	305	第三节 圆柱螺旋弹簧的设计计算·····	319
实践教学环节·····	309	实践教学环节·····	327
习题·····	309	习题·····	327
第十八章 联轴器和离合器 ·····	311	参考文献 ·····	328

绪 论

第一节 引 言

人类在长期的生产实践中创造和发展了机械。早在古代,人类就将杠杆、楔和滚子等工具和简单机械用于建筑和运输。16世纪的第一次工业革命和19世纪欧洲的产业革命形成了机械工业并使之得到迅猛发展。

在我国,机械的创造、发展和使用有着悠久的历史。三千年前就出现了简单的纺织机。两千年前已把绳轮、凸轮等用于生产作业器具。汉代以后的指南车及记里鼓车中利用了齿轮和轮系传动。东汉张衡将杆机构巧妙地使用在人类第一台地震仪——候风地动仪上。元朝有利用曲柄、滑块和飞轮的纺织机。可是,由于我国长期的封建制度以及近代历史上长年战乱和帝国主义的入侵,使我国的机械工业和其他科学技术领域一样长期得不到应有的发展而处于落后状态。

1949年新中国诞生后,我国的工农业生产、科学技术取得了前所未有的巨大发展,机械工业和机械科学水平相应有了很大提高。目前,我国不但能自行设计制造大型、精密、成套和高新技术设备,而且在为数不少的科技门类中已接近和赶上先进工业国家水平,有的已处于领先地位。同时,还建立了学科齐全、装备精良的机械科学设计和研究部门。

机械化是社会生产率发展水平的重要标志。在各个生产部门实现机械化、自动化,利用机械来代替和减轻人们的体力劳动乃至脑力劳动,不断提高生产率,这对我国进行社会主义建设,发展国民经济和逐步实现四个现代化有着极其重要的意义。因此,对高等工科院校一些与机械工业密切相关的专业的学生,学习《机械设计基础》等机械学科的课程是十分必要的。

第二节 本课程研究的对象和内容

机械通常是机器和机构的总称。

在生产实践和日常生活中,广泛地使用了各种机器。经常见到的如电动机、内燃机、汽车、起重机和洗衣机等都是机器。它们的作用是实现能量的转换,或完成有用的机械功,以代替人的劳动。随着生产的发展,机器的种类、形式和功能将越来越多。

为便于研究机器的工作原理、分析运动特点和设计新机器,通常又将机器视为是由若干机构组成的。

如图0-1所示的单缸内燃机,它由气缸体(机架)1、曲柄2、连杆3、活塞4、进气阀5、排气阀6、推杆7、凸轮8及齿轮9、10组成。当燃气推动活塞4作往复移动时,通过连杆3使曲柄2作连续转动,从而将燃气的压力能转换为曲柄的机械能。齿轮、凸轮和推杆的作用是按一定的运动规律按时启闭阀门,以吸入燃气和排出废气。这种内燃机可视为由三种

机构组成：①由活塞 4、连杆 3、曲柄 2 和机架 1 构成的曲柄滑块机构，它将活塞的往复移动转变为曲柄的连续转动。②由齿轮 9、10 和机架 1 构成的齿轮机构，其作用是改变转速的大小和转动的方向。③由凸轮 8、推杆 7 和机架 1 构成的凸轮机构，它将凸轮的连续转动转变为推杆的往复移动。

由此可见，所谓机构乃是若干具有确定相对运动的构件的组合，它在机器中起着改变运动形式、改变速度大小或改变运动方向的作用。组成机构的构件，可以是单一的零件，也可以是由几个零件固结而成的运动单元体。如图 0-1 中的内燃机连杆，就是由如图 0-2 所示的连杆体 1、连杆盖 5、螺栓 2、螺母 3、开口销 4、轴瓦 6 和轴套 7 等多个零件构成的一个构件；又如图 0-1 中的齿轮-凸轮轴，则是由如图 0-3 所示的凸轮轴 1、齿轮 2、键 3、轴端挡圈 4 和螺钉 5 等零件构成的又一个构件。显然，构件是运动基本单元，而零件是制造基本单元。

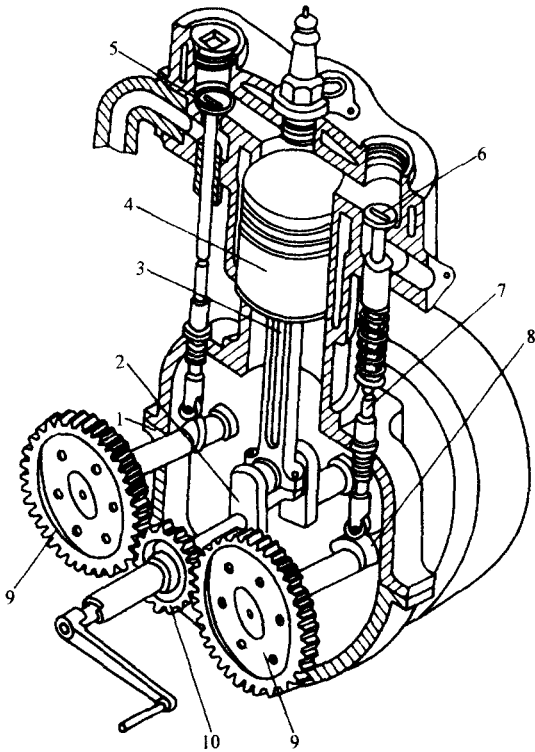


图 0-1 单缸内燃机

- 1—机架 2—曲柄 3—连杆 4—活塞
5—进气阀 6—排气阀 7—推杆
8—凸轮 9、10—齿轮

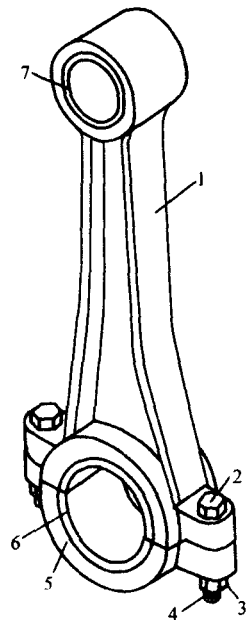


图 0-2 内燃机连杆

- 1—连杆体 2—螺栓 3—螺母
4—开口销 5—连杆盖
6—轴瓦 7—轴套

各种机械中普遍使用的机构称为常用机构，如平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构和间歇运动机构等。

各种机械中普遍使用的零件称为通用零件，如螺钉、齿轮、轴和弹簧等；只在某一类型机械中使用的零件称为专用零件，如汽轮机中的叶片、内燃机中的活塞等。

本课程作为机械设计的基础，主要介绍机械中的常用机构和通用零件的工作原理、运动特性、结构特点、使用和维护、标准和规范以及设计计算的基本理论和方法。这是因为这些机械设计的基本内容，在各种机械设计中是普遍适用的。在很小或很大的机械中，在精度要求很高或精度要求较低的机械中……，它们所用的同类型机构和零件，虽然其尺寸大小、具体结构形状、工作条件等有很大差异，但其工作原理、运动特点、设计计算的基本理论和方法是类同的。

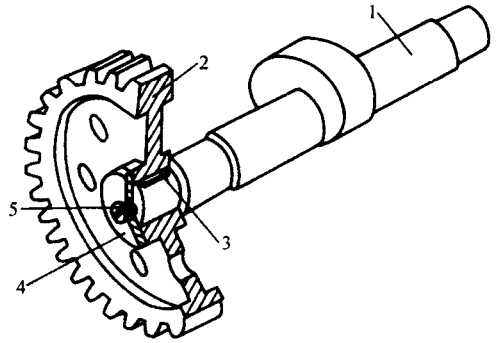


图 0-3 齿轮 - 凸轮轴
1—凸轮轴 2—齿轮 3—键
4—轴端挡圈 5—螺钉

第三节 本课程的性质和任务

“机械设计基础”课程是一门培养学生具有一定机械设计能力的技术基础课。

为加速社会主义建设步伐，应对现有机械设备进行技术改造，以充分挖掘企业潜力，同时应当设计出各种高质量的成套设备来装备各个生产部门，以逐步实现生产过程的自动化。因此，除机械制造部门外，动力、采矿、冶金、石油、化工、土建、轻纺、食品工业等各部门的工程技术人员也应具有一定的有时甚至是较深入的机械及机械设计基础知识。本课程正是为适应这一需要而设置的。

本课程的主要任务是：

- 1) 掌握机构的结构、运动特性和机械动力学的基本知识，初步具有分析和设计基本机构的能力，并对机械运动方案的确定有所了解。
- 2) 掌握通用机械零件的工作原理、特点、维护和设计计算的基本知识，并初步具有设计机械传动装置和简单机械的能力。
- 3) 具有运用标准、规范、手册、图册等有关技术资料的能力。

“机械设计基础”课程与许多学科密切相关。其主要先修课有工程制图、金属工艺学、理论力学和材料力学、金属材料及热处理、互换性及技术测量、工程数学和算法语言等；后续课则均为专业课。因此，它在教学计划中起着承上启下的作用。

第四节 机械设计的基本要求和一般程序

一、机械设计的基本要求

机械产品的功能、成本等很大程度上取决于设计工作的优劣。因此，不论是设计新产品还是对现有设备进行技术改造，设计人员都必须满腔热情并负责地对设计过程的每个细节作周密、细致和深入的考虑。

用户希望能得到物美价廉的产品。物美价廉是产品获得市场、经济效益和社会效益的先决条件，也是机械设计的基本要求。设计人员不仅有责任使产品具有良好的功能和优越的质

量，同时也有责任使产品价格便宜、合理。

对机械设计而言，物美就是指所设计的机械能有效地执行预期的全部职能，在预定的工作期限内安全可靠的工作、操作简便、维护方便、效率高、不易造成环境和产品污染及引起人身伤害、外形美观大方等。

价廉就是要尽量降低成本，同时又要降低维护费用。这就要求设计人员合理的选择材料；使机械及其零件有良好的工艺性和适当的精度和表面质量；在产品中推行标准化、系列化、通用化等以尽可能地降低材料、能源、劳动力的消耗，从而提高经济效益。

二、机械设计的一般过程

机械设计是机械工业中的一个重要环节。任何机械设备从设计任务的提出到制成并投入使用都必须经历设计过程。机械设计的过程无一定模式，需视具体设计任务而定。但一般设计过程可简化成如图 0-4 所示的几个阶段。

(1) 明确设计任务 机械设计任务通常是为实现某种功能（如满足生产要求）而提出的。提出任务时，应首先分析实现机械要求的可能性，然后根据对所设计机械的工作要求确定功能范围、各项技术性能指标等，以明确设计任务。

(2) 方案构思 根据设计任务，设计人员应调查同类产品的设计、开发、制造和使用情况；用户意见和要求；有关的理论研究和应用成果；技术资料 and 专利；市场情况和发展动态；承制单位的技术水平和设备条件等。在此基础上进行设计方案构思。必要时，可将几个构思方案平行地进行设计，最后择优选用。

(3) 初步设计 按所构思出的方案并经必要的计算后，即可初步确定机械的总体布置，并绘制机构的运动简图和传动系统示意图。然后，进行运动、动力分析和强度计算，以确定机构和零件的主要参数和尺寸。

(4) 技术设计 技术设计是使初步设计具体化的过程。本阶段应根据初步设计阶段已确定的主要参数和尺寸，并考虑如生产批量、材料供应情况、毛坯类型、加工和装配工艺、有关标准和规范等方面的因素，绘制总装配图、部件装配图、零件工作图和编制技术文件等。

(5) 样机试制、试验 样机试制、试验是验证设计是否合理以及能否转入生产准备的重要阶段。同时，也为进行设计评价提供了依据。样机试制、试验中发现的不合理处，应及时加以修改，以使设计达到最优状态。

(6) 评价 评价内容主要包括技术和经济两方面。

技术上需对设计是否满足各项技术指标、是否安全可靠、操纵和维护是否方便等作出评价。

经济上则需进行成本预测、利润预测等，以评定设计的经济价值。

(7) 提供设计方案 经评价确认设计的技术价值和经济价值均优时，即可向承制部门提

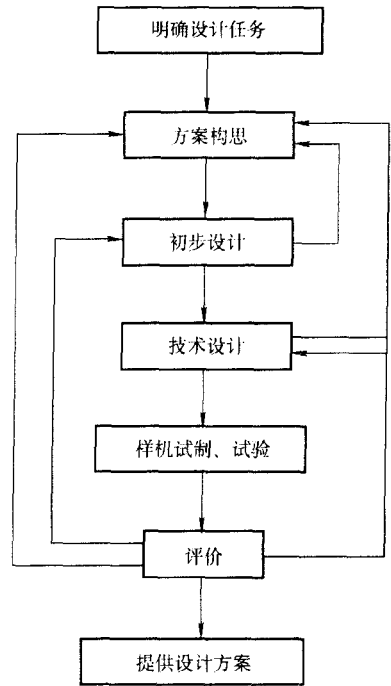


图 0-4 机械设计一般过程示意

供设计方案。提供的设计方案应包括完整的设计图样以及各种技术文件，如总装配图、零（部）件图、计算说明书、使用说明书、样机试验报告、技术经济评价报告、有关工艺文件等。

必须指出，以上设计过程的各个阶段并不是截然分开的，而常常是相互联系、相互影响和相互制约的。因此，设计过程各阶段往往需交叉进行。而且，经常还由于某种原因而使设计过程出现反复，甚至推翻重来，图 0-4 所示各阶段间的返回箭头指向即示意设计过程的反复，有时要经过多次反复，才能提供出一个良好的设计方案。

第一章 平面机构的结构分析

各运动构件均在同一平面内或相互平行平面内运动的机构，称为平面机构。平面机构应用广泛。

前已述及，机构是若干具有确定相对运动的构件组合，但是若干构件的任意组合，并不一定能成为机构。如图 1-1 所示，设计者意欲由凸轮 1 推动杠杆 2 而使冲头 3 上下运动，以完成冲压工作。但不难看出，实际上构件 2、3 和机架 4 是不能运动的构件组合。

由此可见，构件组合必须具备一定的条件才能成为机构。因此对平面机构进行结构分析，即①了解机构的组成；②绘制机构运动简图；③讨论机构具有确定运动的条件，对设计新机械或对已有机械进行分析都是十分重要的。

本章将主要讨论上述三个问题。

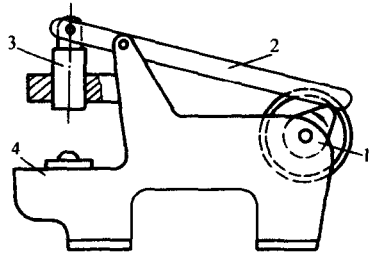


图 1-1 不能运动的构件组合

1—凸轮 2—杠杆
3—冲头 4—机架

第一节 平面机构的组成

一、构件及其自由度与约束

如前所述，机构是由若干具有确定相对运动的构件组成的，构件是运动的基本单元。

构件的运动是指构件的位置在空间的变化。如图 1-2 所示，在 xOy 坐标系中，构件 S 有三个独立运动的可能性，即沿 x 轴、 y 轴方向移动和绕其上任一点 A 的转动。构件的这种可能出现的独立运动称为自由度。因此，一个作平面运动的自由构件有三个自由度。

当一构件与其他构件相互连接时，其相对运动将受到限制，对构件独立运动所加的限制称为约束。约束增多、构件的自由度将减少，约束的数目与构件的连接形式有关，构件每增加一个约束，便失去一个自由度。

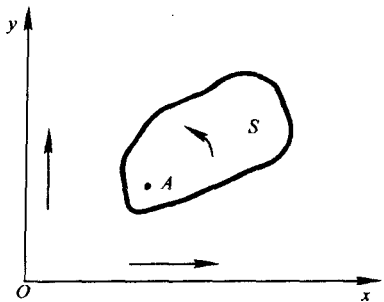


图 1-2 平面构件的自由度

二、运动副及其分类

构件组成机构时，每个构件都以一定的方式与其他构件相连接。两构件直接接触并能产生一定相对运动的连接称为运动副。组成运动副的两构件只能相对作平面运动的运动副称为平面运动副。

两构件不外乎通过点、线或面来实现接触。按照接触情况和两构件接触后的相对运动形式的不同，通常把平面运动副分为低副和高副两类。

1. 低副 两构件通过面接触所构成的运动副称为低副。低副又有转动副和移动副之分，如图 1-3 所示。