



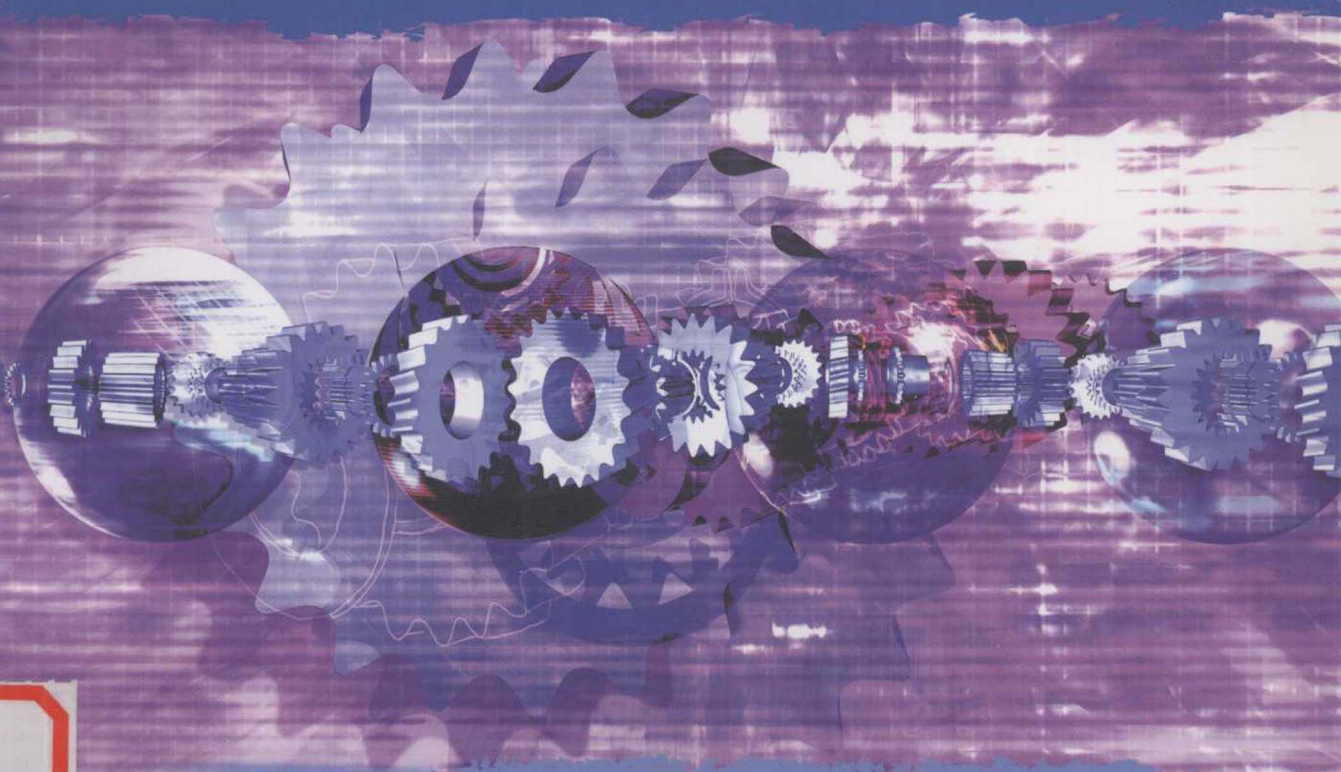
高职高专
数控技术应用类课程规划教材

机械设计基础

(第二版)

新世纪高职高专教材编审委员会组编

总主编 戴裕崴 主编 黄杉 吕天玉 主审 莫解华



大连理工大学出版社

1205070



高职高专数控技术应用类课程规划教材

机械设计基础

(第二版)

新世纪高职高专教材编审委员会组编

主 审 莫解华

总主编 戴裕崴 主 编 黄 杉 吕天玉 副主编 霍苏萍 李 敏

JIXIE SHEJI JICHU



准阴师院图书馆1205070

大连理工大学出版社

DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 / 黄杉, 吕天玉主编. —2 版. —大连: 大连理工大学出版社,
2008. 2

高职高专数控技术应用类课程规划教材

ISBN 978-7-5611-3242-5

I. 机… II. ①黄…②吕… III. 机械设计—高等学校: 技术学校—教材
IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 071463 号

大连理工大学出版社出版

地址: 大连市软件园路 80 号 邮政编码: 116023

发行: 0411-84708842 邮购: 0411-84703636 传真: 0411-84701466

E-mail: dutp@dutp.cn URL: <http://www.dutp.cn>

大连日升印刷厂印刷

大连理工大学出版社发行

幅面尺寸: 185mm×260mm 印张: 18.25 字数: 401 千字

印数: 8001~14000

2006 年 8 月第 1 版

2008 年 2 月第 2 版

2008 年 2 月第 3 次印刷

责任编辑: 刘芸 吴媛媛 康云霞 责任校对: 张营川

封面设计: 季强

ISBN 978-7-5611-3242-5

定 价: 29.00 元

总 序

我们已经进入了一个新的充满机遇与挑战的时代，我们已经跨入了 21 世纪的门槛。

20 世纪与 21 世纪之交的中国，高等教育体制正经历着一场缓慢而深刻的革命，我们正在对传统的普通高等教育的培养目标与社会发展的现实需要不相适应的现状作历史性的反思与变革的尝试。

20 世纪最后的几年里，高等职业教育的迅速崛起，是影响高等教育体制变革的一件大事。在短短的几年时间里，普通中专教育、普通高专教育全面转轨，以高等职业教育为主导的各种形式的培养应用型人才的教育发展到与普通高等教育等量齐观的地步，其来势之迅猛，发人深思。

无论是正在缓慢变革着的普通高等教育，还是迅速推进着的培养应用型人才的高职教育，都向我们提出了一个同样的严肃问题：中国的高等教育为谁服务，是为教育发展自身，还是为包括教育在内的大千社会？答案肯定而且惟一，那就是教育也置身其中的现实社会。

由此又引发出高等教育的目的问题。既然教育必须服务于社会，它就必须按照不同领域的社会需要来完成自己的教育过程。换言之，教育资源必须按照社会划分的各个专业（行业）领域（岗位群）的需要实施配置，这就是我们长期以来明乎其理而疏于力行的学以致用问题，这就是我们长期以来未能给予足够关注的教育目的问题。

如所周知，整个社会由其发展所需要的不同部门构成，包括公共管理部门如国家机构、基础建设部门如教育研究机构和各种实业部门如工业部门、商业部门，等等。每一个部门又可作更为具体的划分，直至同它所需要的各种专门人才相对应。教育如果不能按照实际需要完成各种专门人才培养的目标，就不能很好地完成社会分工所赋予它的使命，而教育作为社会分工的一种独立存在就应受到质疑（在市场经济条件下尤其如此）。可以断言，按照社会的各种不同需要培养各种直接有用人才，是教育体制变革的终极目的。



随着教育体制变革的进一步深入,高等院校的设置是否会同社会对人才类型的不同需要一一对应,我们姑且不论。但高等教育走应用型人才培养的道路和走研究型(也是一种特殊应用)人才培养的道路,学生们根据自己的偏好各取所需,始终是一个理性运行的社会状态下高等教育正常发展的途径。

高等职业教育的崛起,既是高等教育体制变革的结果,也是高等教育体制变革的一个阶段性表征。它的进一步发展,必将极大地推进中国教育体制变革的进程。作为一种应用型人才培养的教育,它从专科层次起步,进而应用本科教育、应用硕士教育、应用博士教育……当应用型人才培养的渠道贯通之时,也许就是我们迎接中国教育体制变革的成功之日。从这一意义上说,高等职业教育的崛起,正是在为必然会取得最后成功的教育体制变革奠基。

高等职业教育还刚刚开始自己发展道路的探索过程,它要全面达到应用型人才培养的正常理性发展状态,直至可以和现存的(同时也正处在变革分化过程中的)研究型人才培养的教育并驾齐驱,还需要假以时日;还需要政府教育主管部门的大力推进,需要人才需求市场的进一步完善发育,尤其需要高职教学单位及其直接相关部门肯于做长期的坚忍不拔的努力。新世纪高职高专教材编审委员会就是由全国100余所高职高专院校和出版单位组成的旨在以推动高职高专教材建设来推进高等职业教育这一变革过程的联盟共同体。

在宏观层面上,这个联盟始终会以推动高职高专教材的特色建设为己任,始终会从高职高专教学单位实际教学需要出发,以其对高职教育发展的前瞻性的总体把握,以其纵览全国高职高专教材市场需求的广阔视野,以其创新的理念与创新的运作模式,通过不断深化的教材建设过程,总结高职高专教学成果,探索高职高专教材建设规律。

在微观层面上,我们将充分依托众多高职高专院校联盟的互补优势和丰裕的人才资源优势,从每一个专业领域、每一种教材入手,突破传统的片面追求理论体系严整性的意识限制,努力凸现高职教育职业能力培养的本质特征,在不断构建特色教材建设体系的过程中,逐步形成自己的品牌优势。

新世纪高职高专教材编审委员会在推进高职高专教材建设事业的过程中,始终得到了各级教育主管部门以及各相关院校相关部门的热忱支持和积极参与,对此我们谨致深深谢意,也希望一切关注、参与高职教育发展的同道朋友,在共同推动高职教育发展、进而推动高等教育体制变革的进程中,和我们携手并肩,共同担负起这一具有开拓性挑战意义的历史重任。

新世纪高职高专教材编审委员会

2001年8月18日

第二版前言

《机械设计基础》(第二版)是新世纪高职高专教材编委会组编的数控技术应用类课程规划教材之一。

《机械设计基础》(第一版)是在全面贯彻以培养学生应用能力、创新能力、工程意识为目标的基础上,采用最新的项目教学法,并以独具特色的编写形式受到用书单位和广大读者的一致好评。

《机械设计基础》(第二版)是在本着编写原则不变、力求精益求精、统筹规划、适当调整的原则上进行修改的。

修订后的教材具有如下特色:

1. 第二版教材新增了“机械工程材料及热处理”一章,本章是机械工程的基础,详细讲述了材料种类、性能及应用,金属材料的热处理原理及方法,非金属材料的特性及用途,使教材知识的涵盖面更广,更能满足不同专业的需求。

2. 内容广博、注重实用、强调广泛的基础知识。教材大量使用插图,文字简练,有些内容用图形替代文字,形象直观,生动易懂。

3. 第二版教材不仅修订了各章节的部分内容,而且重新调整了各个章节的顺序,以便更好地适应教学需求。

4. 第二版教材作了认真细致的改版,大方面从内容结构进行了适当修改;小方面从一个用词、一条图线进行仔细的斟酌。重点更突出,文字更简明扼要,结构更完善更合理。

5. 为了方便教师授课,本教材还配备了电子课件。

本教材共分13章,分别是:机械设计概论;机械工程材料及热处理;平面连杆机构;其他常用机构;挠性传动;齿轮传动;蜗杆传动;轮系;螺纹联接和螺旋传动;轴;轴承;联接;刚性回转件的平衡及速度波动的调节。

4 / 机械设计基础 □

本教材由黄杉、吕天玉任主编,霍苏萍、李敏任副主编。具体编写分工如下:黄杉老师修订了第1~5章;吕天玉老师修订了第6~10章;霍苏萍老师修订了第11、12章;李敏老师修订了第13章。全书由黄杉老师负责统稿。广西工业职业技术学院莫解华老师、兰州石化职业技术学院贾汝民老师审阅了全书稿,并提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢!

尽管我们在探索《机械设计基础》(第二版)教材特色建设的突破方面作出了许多努力,由于作者的水平有限,教材修订时难免存在疏漏之处,恳请各教学单位和读者在使用本教材的过程中给予关注,并将意见及时反馈给我们,以便下次修订时改进。

所有意见和建议请发往:gzjckfb@163.com

联系电话:0411-84707492 84706104

编者
2008年2月

第一版前言

随着社会的发展、科技的进步,机械工业对专业人才的需求在不断发生变化。特别是随着数控技术、机电一体化等先进技术的应用和先进设备的急剧增加,对既有扎实专业理论基础,又会动手操作的高等职业技术人才需求越来越多。《机械设计基础》是机械类专业必修的一门技术基础课,对于培养机械类工程技术人才具有增强学生的机械理论基础、提高学生对机械技术工作的适应性及培养其开发创新能力的作用。本书围绕着对学生进行应用能力、创新能力、工程意识培养的教学目标,以“项目教学法”的形式编写而成,是新世纪高职高专教材数控系列的配套教材,也适用于高职高专机械类(80~100学时)各专业。

项目教学法是通过“项目”的形式来进行教学,它能较地将理论和实践结合在一起,是典型的以学生为中心的教学方法。本书包含工程力学、机械原理、机械零件等课程的主要知识,编写上打破了传统的课程体系,着眼于教学内容的整体规划、优化组合,将原来自成体系的力学的内容分散到机械原理和机械零件内容中,形成整体协调的新型课程体系。理论力学部分突出力系的平衡方程及其应用,安排在第1章。材料力学部分不再划分成独立的章节,而是把它分散到机械零件以及与之相关的内容中,形成理论与实践紧密结合的一体化模式。以上的整合,使力学部分和机械零件两个学科的知识相互融合,相互渗透,形成一个有机的整体;使课程的针对性更强,目的性更明确,知识点的串接更为紧密,解决了课程的连续性问题,从而达到“形散而神不散”的效果。

本教材每一章都分为A、B两部分。A部分主要是针对每章的主题提出工程实际问题,通过分析问题,推出感性认识的现象和知识;B部分再进一步深入介绍相关知识点,重点介绍设计计算的内容和方法。全书编写的原则是:简化理论叙述,突出职业教育“理论以必须、够用为度,注重能



力培养”的特点,精简理论推导,加强基础内容,注重应用性和实用性。

本教材由莫解华任主编,吕天玉、李敏、王丽芬任副主编。此外,黄杉、李娜、陈远华也参与了部分章节的编写。具体编写分工如下:莫解华编写第1、4章;吕天玉编写第2章;黄杉编写第3章;陈远华编写第5、6章;王丽芬编写第7、11章;李娜编写第8、12章;李敏编写第9、10章以及第4章的第4.10~4.12节。全书由莫解华负责统稿。大连轻工业学校戴淑雯、耿健老师及大连理工大学毛范海老师审阅了全书并提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心感谢!

尽管我们在探索教材建设方面做出了许多努力,但由于作者水平有限,教材中仍可能存在一些缺点和错误,恳请各教学单位和读者在使用本教材时批评指正,以便下次修订时改进。

所有意见和建议请发往:gzjckfb@163.com

联系电话:0411-84707492 0411-84706104

编 者

2006年8月



第 1 章 机械设计概论	1
A 机器的组成、功能及机械设计的基本要求	1
B 相关理论	3
1.1 机械零件设计的标准化、系列化及通用化	3
1.2 力的基本概念	3
1.3 构件的静力分析	10
思考题与习题	26
第 2 章 机械工程材料及热处理	30
A 机械工程材料的性能及选用	30
B 相关理论	34
2.1 铁碳合金的成分和组织	34
2.2 钢的热处理	38
2.3 铁碳合金的种类和牌号	41
2.4 铸铁	49
2.5 有色金属	51
2.6 非金属材料	53
思考题与习题	55
第 3 章 平面连杆机构	57
A 平面连杆机构的应用及类型	57
B 相关理论	64
3.1 平面机构运动副及自由度	64
3.2 平面机构的自由度计算	67
3.3 杆件的轴向拉压变形及强度计算	71
3.4 四杆机构的基本特性	80
3.5 平面四杆机构的图解法设计	82
思考题与习题	84
第 4 章 其他常用机构	89
A1 牛头刨床工作台的横向进给机构(棘轮机构)	89
A2 槽轮机构	91
A3 凸轮机构	92
B 相关理论	96
4.1 槽轮机构的运动特性和运动设计	96
4.2 凸轮机构从动件常用运动规律	97
4.3 盘形凸轮轮廓的设计	100
4.4 凸轮机构基本尺寸的确定	101
思考题与习题	103

第5章 挠性传动	105
A 挠性传动的类型、特点及应用	105
B 相关理论	113
5.1 带传动的传动能力分析	113
5.2 带传动的运动分析	114
5.3 带传动的应力分析	114
5.4 普通V带传动设计	116
思考题与习题	122
第6章 齿轮传动	123
A 齿轮传动的应用与概述	123
B 相关理论	125
6.1 齿廓啮合基本定律	125
6.2 渐开线及渐开线齿廓的啮合特性	126
6.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数和几何尺寸计算	128
6.4 渐开线齿轮的啮合传动	130
6.5 渐开线齿轮的切制原理与根切现象	134
6.6 变位齿轮传动简介	136
6.7 轮齿的失效形式及齿轮材料	137
6.8 齿轮常用材料及齿轮传动的精度等级简介	140
6.9 渐开线标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	142
6.10 斜齿圆柱齿轮传动	150
6.11 直齿圆锥齿轮传动	156
6.12 齿轮结构设计及齿轮传动的润滑	160
思考题与习题	163
第7章 蜗杆传动	165
A 蜗杆传动的应用与概述	165
B 相关理论	167
7.1 蜗杆传动的主要参数、几何尺寸计算及蜗杆蜗轮的结构	167
7.2 蜗杆传动的失效形式及材料选择	171
7.3 蜗杆传动的受力分析	172
7.4 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	173
7.5 蜗杆传动的安装和维护	175
思考题与习题	176
第8章 轮系	177
A 机器中齿轮系的应用	177
B 相关理论	179
8.1 定轴轮系传动比计算	179
8.2 周转轮系传动比计算	181
8.3 混合轮系传动比计算	183
8.4 齿轮减速器简介	184
思考题与习题	185

第 9 章 螺纹联接和螺旋传动	187
A 螺纹联接和螺旋传动的应用	187
B 相关理论	195
9.1 螺栓联接的受力分析	195
9.2 单个螺栓联接的强度计算	198
9.3 受剪螺栓联接的强度计算	199
9.4 螺纹联接件常用材料及许用应力	199
9.5 螺旋机构的工作原理和类型	201
思考题与习题	202
第 10 章 轴	204
A 轴的应用与概述	204
B 相关理论	207
10.1 传动轴的强度和刚度计算	207
10.2 心轴的弯曲强度计算	212
10.3 转轴的弯扭组合变形强度计算	219
10.4 轴的设计	221
思考题与习题	228
第 11 章 轴承	231
A 轴承的应用与概述	231
B 相关理论	239
11.1 滚动轴承的工作情况分析和寿命计算	239
11.2 滑动轴承的摩擦状态	249
* 11.3 非液体摩擦滑动轴承的设计计算	250
11.4 轴承的润滑和密封	251
思考题与习题	254
第 12 章 联接	255
A1 键联接	255
B1 相关理论	260
12.1 平键联接的选择	260
12.2 平键联接的强度计算	260
A2 联轴器和离合器	261
B2 相关理论	268
12.3 联轴器的选择	268
思考题与习题	269
第 13 章 刚性回转件的平衡及速度波动的调节	270
A 回转件的平衡问题	270
B 相关理论	271
13.1 回转件的静平衡	271
13.2 回转件的动平衡	272
13.3 机械速度波动的调节	274
思考题与习题	276
参考文献	278

第1章

机械设计概论

A 机器的组成、功能及机械设计的基本要求

如图 1-1 所示的加工中心,其功能为:将零件加工程序输入机床的数控装置中,数控装置控制伺服驱动系统和其他驱动系统,再驱动机床的工作台、主轴、自动换刀装置等,从而完成零件的加工。



图 1-1 加工中心

如图 1-2 所示的机器人,其功能为:采用步进电动机经谐波减速器和同步带轮驱动立式关节,通过编程实现轨迹控制机器人作业,在柔性生产线上完成工件的搬运和安装工作。



图 1-2 机器人

如图 1-3 所示的台式计算机,其功能为:主机和显示器接通电源,用键盘(或鼠标、扫描仪)输入信息,通过主机中的微处理器、内存及与处理信息有关的辅助芯片和电路对信息进行处理,由显示器(或打印机、绘图仪等)输出信息。



图 1-3 台式计算机

问题 什么是机器? 机器由几部分组成? 它对人类的生产和生活有什么影响? 机械设计应怎样进行? 有哪些基本要求?

分析问题

1. 机器

机器在人类生活与生产中占有非常重要的地位,它是执行机械运动的装置,用来变换

2 / 机械设计基础 □

或传递能量、物料与信息。它可以减轻或替代人类的体力和脑力劳动,甚至可以做一些人类难以完成的工作。

由此可知,机器具有以下三大特征:(1)各类机器都是人工的实物组合;(2)机器的各部分之间形成相对的确定的运动;(3)机器能完成有用的机械功或实现能量的转换。

凡具有上述三大特征的实物组合称为机器。仅具备前两个特征的称为机构。

例如:数控机床可以通过人的编程来控制操作系统进行一系列的动作,从而完成对工件的各种复杂的加工;机器人能代替人进行一些危险作业和强度较大的劳动;计算机可以快速地处理各种信息和传递、存储信息等。

2. 机器的分类

按照构造、用途、性能等不同,可将机器分为以下几类:

(1)动力机器 如电动机、发电机、内燃机等,主要用来实现机械能与其他形式能量间的转换。

(2)加工机器 如数控机床、加工中心、工业机器人等,主要用来改变物料的结构形状、性质和状态。

(3)运输机器 如汽车、飞机、输送机等,主要用来改变人或物料的空间位置。

(4)信息机器 如计算机、摄像机、复印机、传真机等,主要用来获取或处理各种信息。

机器一般由三大部分组成:

(1)原动部分 即动力的来源,如电动机。

(2)执行部分 即直接完成任务的部分,如刀具、机械手、微处理器。

(3)传动部分 即将运动和动力传到执行部分的中间环节,如齿轮、V形带等,它可改变运动速度的大小和运动形式,这部分也可称为机构。传动机构是各种机械中普遍使用的机构,如齿轮机构、连杆机构等。

一般可把机器和机构统称为机械。

机构是由构件组成,构件是指机构中形成相对运动的独立运动单元,可以是刚性联接的几个零件,也可以是一个零件。零件是机械中不可拆的制造单元。零件可分为两类:一类是通用零件,指一般机械中普遍使用的零件,如螺栓、螺母、垫圈等;另一类是专用零件,指仅在特定类型机器中使用的零件,如活塞、曲轴等。

机械设计包括两种:一是应用新技术、新方法开发创造新机械;二是在原有机机械的基础上重新设计或进行局部改造,从而提高或改变原有机机械的性能。设计质量的高低直接关系到机械产品的性能、价格及经济效益。

3. 机械设计应满足的基本要求

(1)使用要求 设计的机器必须完成规定的功能,在规定的条件下和预定的寿命期间内能可靠地工作,并且操作简单、维护方便。

(2)经济性要求 经济性指标是一项综合性指标。所设计的机械产品应在满足使用要求的前提下,尽量使得产品的设计制造成本低、能源材料耗费少、维护管理费用低,而生产率和机械效率高。

(3)其他要求 如要求机械产品外形美观、装拆容易、运输方便、噪音较小等。

4. 机械零件的设计步骤

机械零件的设计方法很多,如理论设计法、类比法、实验法、计算机辅助设计法(CAD)等,一般设计步骤如下:

- (1)根据使用要求,选择零件的类型及结构形式;
- (2)按工作情况,确定作用在零件上的载荷;
- (3)根据工作要求,合理地选择零件材料;
- (4)分析零件的主要失效形式,按照相应的设计准则,确定零件的基本尺寸;
- (5)设计零件的结构及尺寸,并进行必要的强度、刚度校核计算;
- (6)绘制零件图,拟定技术要求。

B 相关理论

1.1 机械零件设计的标准化、系列化及通用化

机械零件设计中,会涉及很多通用零件的设计。部分通用零件应用广泛,用量大,已经高度标准化而成为标准件。设计时只需根据它的承载情况和工作条件在设计手册或产品目录上选择规格型号,直接购买,不需再进行结构设计。

按规定标准生产的零件称为标准件。标准化给机械设计、制造和使用都带来很大的好处:

- (1)由专业化工厂大量生产标准件,能保证质量、降低成本、提高生产率。
- (2)选用标准件可以简化设计工作,缩短产品的生产周期。
- (3)选用参数标准化的零件,在制造中可以减少刀具和量具的规格数量,降低加工成本。
- (4)使用标准件便于机器的安装和维修,缩短检修期。

有的零件使用范围广泛,工作条件多种多样,对标准件的材料、尺寸、结构等方面都会有不同的要求。为了解决这一问题,把某些基本参数规定为标准的系列化数列。例如:齿轮的模数有规定的系列;同一型号、同一内径的滚动轴承可以有不同的宽度和直径系列。

通用化是指在不同类型产品或不同规格产品中采用具有相同结构尺寸的零、部件。在生产过程中可减少新零部件的加工,简化生产管理过程,缩短生产周期。

机械设计中应大力推广标准化、系列化和通用化,贯彻采用国家标准、行业标准、专业标准,并尽量向国际标准化组织(ISO)的标准靠拢。

1.2 力的基本概念

机器是由若干构件组成,构件之间形成一定的相对运动,并通过力来传递运动。任何物体受力后都会产生变形,对这种变形可有两种处理方法:

- (1)在对构件进行受力分析时,如果物体的变形对所研究的问题影响不大,可不考虑,此时将物体视为刚体。

(2)在研究构件的承载能力时,必须考虑物体的变形,此时物体称为变形固体(即变形体)。

1.2.1 平衡

物体相对于地面保持静止或做匀速直线运动的状态称为平衡。例如,静止在地面上的房屋、桥梁,在直线铁路上匀速行驶的列车等。

在一个物体上同时作用的几个力,称为力系。当一个力系满足一定的条件时,物体处于平衡状态。这个条件称为力系的平衡条件,这个处于平衡状态的力系称为平衡力系。

1.2.2 力

力是物体间的相互机械作用,这种作用使物体的运动状态发生变化或使物体产生变形。例如,物体相互吸引的万有引力,相互接触物体之间的挤压力,有相对运动或运动趋势的物体间的摩擦力等,都是物体之间产生的相互作用。也就是说,物体的机械运动状态发生的变化,都是由于其他物体对该物体所施加力的作用结果。

力的作用效果取决于三个要素,即力的大小、方向和作用点。

力是既有大小又有方向的矢量,在图上用带有箭头的有向线段表示,如图 1-4 所示,箭头的指向表示力的方向,线段的起点表示作用点。矢量的模即为力的大小。力用大写字母表示,如 F 、 P 、 W 、 G 。

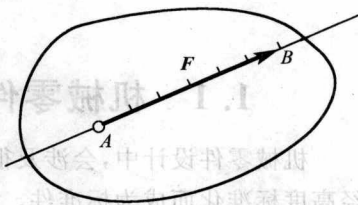


图 1-4 力的表示

在国际单位中,力的单位是牛顿(N)或千牛顿(kN)。

力的基本性质(静力学的基本公理,所谓公理就是人类经过长期的经验积累和反复实践再加以概括和总结而提出的,公理的正确性又为大量的实践所证实。)

性质 1(二力平衡公理) 作用于刚体的两个力平衡的充要条件是这两个力大小相等、方向相反、作用线相同。

如图 1-5(a)所示,物体受到两个共线力 F_1 和 F_2 作用而处于平衡状态时,则必须有

$$F_1 = -F_2$$

F_1 和 F_2 称为作用在同一物体上的一对平衡力。二力平衡公理是最简单也是最基本的原理,是研究物体在受力复杂情况下平衡条件的基础。

对于变形体,这个条件是必要的,但是不充分。如柔索受两个等值、反向、共线的压力作用但不能平衡。

当一个物体不计自重和摩擦力,只受两个力而保持平衡时,称之为二力杆件,如图 1-5(b)所示,这两点所受力的作用线必定是沿着两个力作用点的连线。

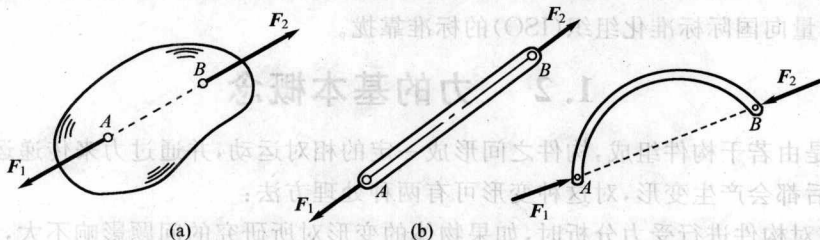


图 1-5 二力平衡及二力杆件

性质2 (加减平衡力系公理) 在刚体上增加或减去一组平衡力系并不改变原力系对刚体的作用效应。

根据性质2可导出力的可传性原理:作用在刚体上的力可沿其作用线任意滑移,而不改变该力对刚体的作用效应,如图1-6所示。

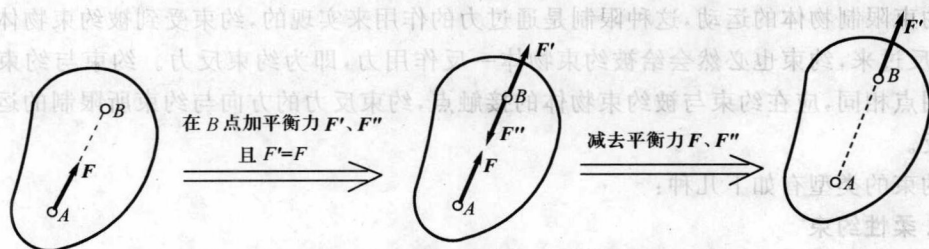


图1-6 力的可传性原理推导

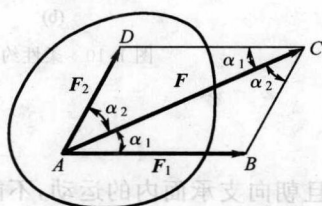
由此可知,力对刚体的效应与力的作用点在作用线上的位置无关。因此,力的三要素也可认为是力的大小、方向和作用线。

性质3 (力的平行四边形法则) 作用在物体上同一点的两个力可以合成一个合力,合力的作用点仍在该点,合力的大小和方向由这两个力为邻边构成的平行四边形的对角线来确定,即合力矢等于这两个分力矢的矢量和,如图1-7(a)所示。

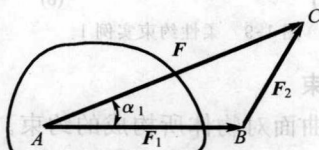
图中 F 表示合力, F_1 、 F_2 表示分力,它们的矢量表达式为

$$F_1 + F_2 = F$$

由上式可知,力的加减是矢量的合成与分解,必须遵循平行四边形法则。为了作图方便,只需画出平行四边形的一半,即可简化为力的三角形法则,其作图方法为:从 A 点作一矢量 $AB = F_1$,过 B 点再画矢量 $BC = F_2$,连接 F_1 的起点 A 与 F_2 的终点 C ,矢量 AC 就是力 F_1 、 F_2 的合力 F ,如图1-7(b)所示。



(a)



(b)

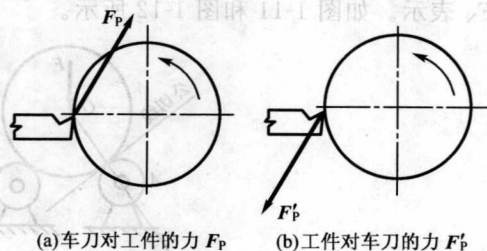
图1-7 力的平行四边形法则和三角形法则

性质4 (作用力与反作用力公理) 两物体间的作用力与反作用力总是大小相等,方向相反,且沿同一直线分别作用在这两个物体上。

力总是成对出现,有作用力就有反作用力,二者同时出现且同时消失,如图1-8所示。

1.2.3 约束和约束反力

构件是机构中具有相对运动的基本单元,



(a)车刀对工件的力 F_p (b)工件对车刀的力 F'_p

图1-8 作用力与反作用力