



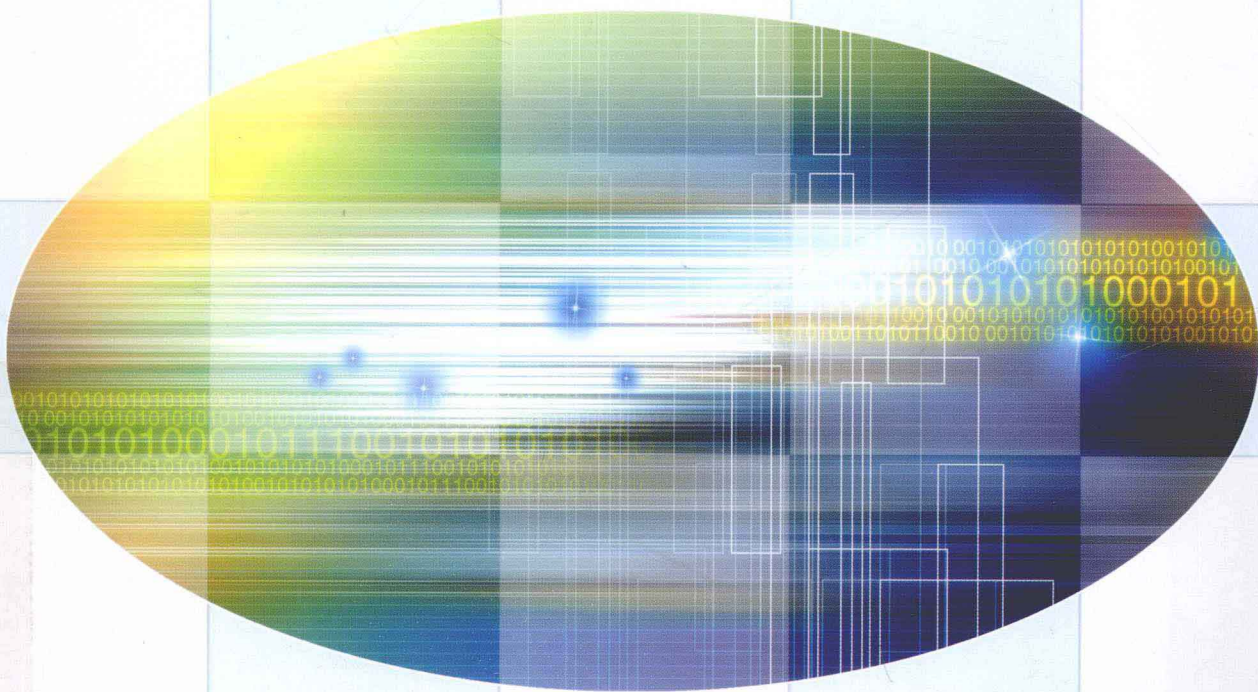
新世纪高职高专
机电类课程规划教材

机械基础

JIXIE JICHU

新世纪高职高专教材编审委员会 组编

主编 李恒菊 李 丰 赵 亮



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



新世纪高职高专
机电类课程规划教材

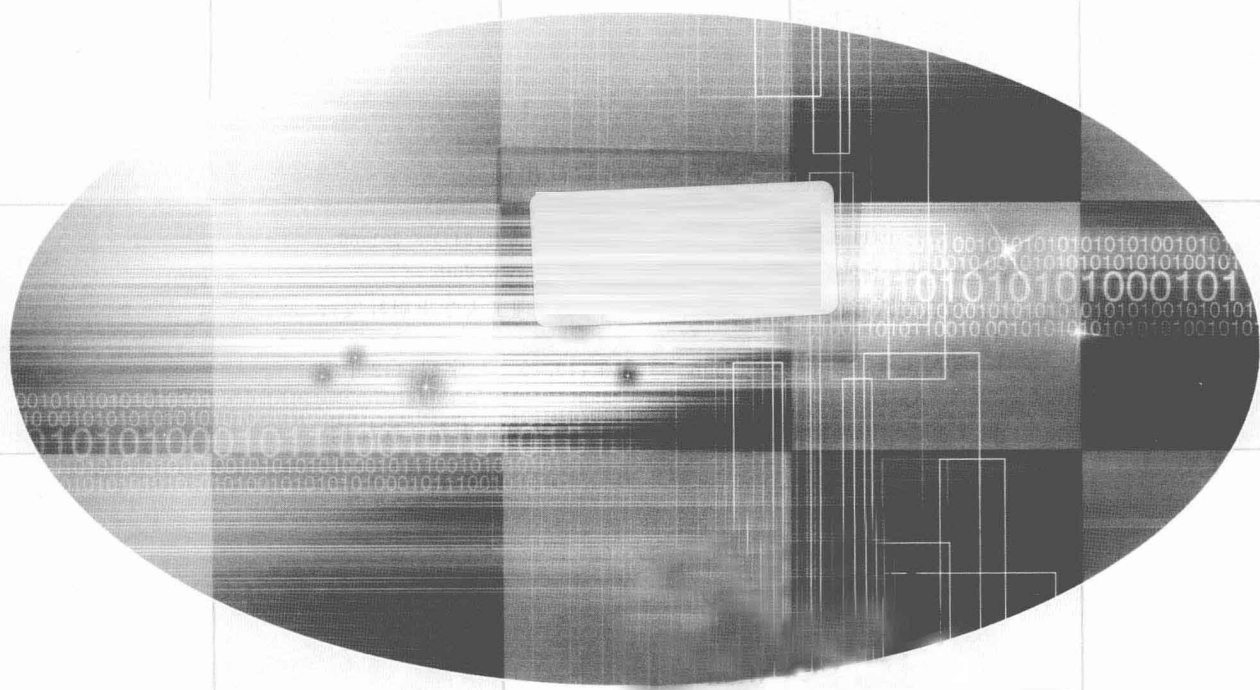
机械基础

JIXIE JICHU

新世纪高职高专教材编审委员会 组编

主编 李恒菊 李 丰 赵 亮

副主编 李培丽 张红利 王江林



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

机械基础 / 李恒菊, 李丰, 赵亮主编. — 大连 :
大连理工大学出版社, 2012. 1
新世纪高职高专机电类课程规划教材
ISBN 978-7-5611-6719-9

I. ①机… II. ①李… ②李… ③赵… III. ①机械学
— 高等职业教育 — 教材 IV. ①TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 010009 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

大连美跃彩色印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:19.75 字数:442 千字

印数:1~3000

2012 年 1 月第 1 版

2012 年 1 月第 1 次印刷

责任编辑:赵晓艳

责任校对:兰东升

封面设计:张莹

ISBN 978-7-5611-6719-9

定 价:40.00 元

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?答案肯定而且唯一,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

前 言

《机械基础》是新世纪高职高专教材编审委员会组编的机电类课程规划教材之一。

本教材是根据国家教育部有关高等职业院校机械基础课程的教学基本要求,并结合编者多年教学实践经验编写而成的。通过本课程的学习,为学生学习后续课程和其他相关科学技术提供必备的准备知识,同时为学生在今后的工作中解决机械设计方面的问题打下一定基础。作为机械类专业的一门技术基础课教材,本教材在编写中突出以下特色:

1. 本教材整合了工程材料、工程力学、机械原理、机械零件和液压传动等五门课程,各部分内容相互渗透、交叉,具有一定的宽度和突出应用性的特点。针对高职高专院校学生所需的知识结构、能力结构、素质目标等,以必需、够用为度,强调机械基础的基本知识、基本理论和基本设计方法的基本教学内容,不强调公式推导,较好地符合学生的认知规律。

2. 每节前面都列出了学习该任务要达到的知识目标、能力目标和素质目标,较好地为学生指明了学习的方向和目标。每节完成后都做了总结,再次为学生清晰地列出该节的学习要点。每章后面都给出了多样化的练习题,包括选择、填空、问答、计算等题型。

3. 本教材涉及的知识面广,综合性强,实践性强。学习时注重理论联系实际,强调提出问题、分析问题、解决问题的方法和能力,并在技能性较强的任务中配备了技能训练。

4. 本教材尽可能采用最新的有关国家标准、规范和成熟的设计资料;使用国家标准规定的名词术语和符号。

5. 为联系实际和便于自学,教学内容采用图文并茂、以图优先的形式,文字表达力求深入浅出。

6. 本书适用于高职高专机械类、近机械类专业,特别适用于机、电结合的应用技术类专业。也可供成人高校、中职学校选用。参考学时 90~110 课时。

本教材由黄冈职业技术学院李恒菊、长江工程职业技术学院李丰、仙桃职业学院赵亮担任主编,随州职业技术学院李培丽、张红利,鄂州职业大学王江林任副主编。具体编写分工如下:李培丽编写绪论和第6章,张红利、赵亮编写第1章,李丰编写第2章、第4章中的4.1~4.4节和第7章,李恒菊编写第3章,王江林编写4.5~4.6节和第5章。全书由李恒菊负责统稿。

在编写本书的过程中,编者参考了众多专家、学者的教材、设计手册等研究成果,并得到了黄冈职业技术学院刘良瑞(副教授、高级工程师)、倪涛(副教授、高级工程师)的指导和帮助,大连理工大学崔长德教授审阅了全书,并提出了许多宝贵的意见和建议,在此一并表示感谢!

由于编者水平有限,书中缺点和错误等不妥之处在所难免,恳请各位读者批评指正。

所有意见和建议请发往:dutpgz@163.com

欢迎访问我们的网站:<http://www.dutpbook.com>

联系电话:0411-84707424 84706676

编 者

2012年1月



绪 论	1
0.1 本课程的性质、内容和任务	1
0.2 机械零件设计的基本准则及设计步骤	3
本章小结	5
练习题	5
第 1 章 机械工程材料及其选用	6
1.1 金属材料基础知识	6
1.2 铁碳合金	12
1.3 工业用钢和铸铁	24
1.4 有色金属及粉末冶金材料	39
1.5 非金属材料	44
1.6 机械零件材料的选用	48
本章小结	51
练习题	53
第 2 章 构件的静力分析	56
2.1 静力学基础	57
2.2 受力分析与受力图	61
2.3 平面力系的合成和分析	64
2.4 空间力系	74
本章小结	77
练习题	78
第 3 章 常用机构	80
3.1 平面机构及自由度计算	80
3.2 平面连杆机构	89
3.3 凸轮机构	102
3.4 其他常用机构	113
本章小结	117
练习题	118

第4章 减速器的结构设计	125
4.1 减速器的结构和零件	125
4.2 连接设计	127
4.3 轴的设计	156
4.4 滚动轴承	171
4.5 齿轮传动	189
4.6 蜗杆传动	214
本章小结	224
练习题	225
第5章 铣床主轴传动系统	229
5.1 分析铣床主轴传动系统	229
5.2 轮系传动比计算	234
本章小结	245
练习题	245
第6章 带传动和链传动	247
6.1 带传动的设计	247
6.2 链传动的设计	262
本章小结	268
练习题	269
第7章 组合机床动力滑台液压系统	270
7.1 分析液压系统的工作原理	271
7.2 认识常用液压元件及其液压基本回路	273
本章小结	297
练习题	297
附 录 常用液压与气压传动元件图形符号	299
参考文献	306

0 绪论

【知识概要】 机器 机构 构件 零件 机械零件的失效 机械零件的设计准则

0.1 本课程的性质、内容和任务

【知识目标】 了解本课程的性质、内容、任务和学习方法;掌握机器、机构、构件、零件等几个概念。

【能力目标】 会区分机器和机构、构件和零件。

【素质目标】 培养学生分析机械组成的能力。

人类通过长期的生产和生活实践,逐渐创造了机器。在现代日常生活和生产中,广泛使用着各种机器,如生产中用到的各种机床、电动机、内燃机以及生活中用到的洗衣机、汽车等。

如图 0-1 所示的单缸内燃机,它是由气缸体、活塞、进气阀、排气阀、推杆、凸轮、连杆、曲轴和大、小齿轮等组成。当燃气推动活塞作往复运动时,通过连杆使曲轴连续转动,凸轮和推杆是用来启闭进气阀和排气阀的,这样,当燃气推动活塞运动时,进、排气阀有规律地开启关闭,就将燃气燃烧的热能转换成曲轴转动的机械能。再如,洗衣机是由电动机经带传动带动叶轮回转,搅动洗涤液来进行工作的。

通过以上例子可以看出,机器具有以下特征:

- (1)它们都是人为的实物组合;
- (2)各个运动单元之间具有确定的相对运动;
- (3)能够实现能量的转换或完成有用的机械功。

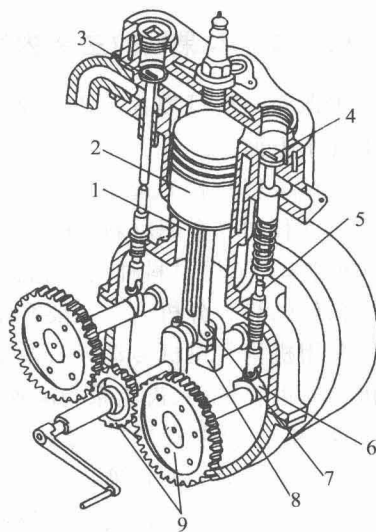


图 0-1 单缸内燃机

1—气缸体;2—活塞;3—进气阀;
4—排气阀;5—推杆;6—凸轮;
7—连杆;8—曲轴;9—大、小齿轮

图 0-1 单缸内燃机又可以看作是由三种机构组合而成,即曲柄滑块机构(由机架、活塞、连杆和曲轴组成,作用是将活塞的往复运动转换为曲轴的连续转动)、齿轮机构(由机架和大、小齿轮组成,作用是改变转速的大小和转动的方向)和凸轮机构(由凸轮、推杆和机架构成,作用是将凸轮的连续转动转化为推杆的间歇往复运动)。由此可见,机构的特征是:

- (1)它们都是人为的实物组合;
- (2)各个运动单元之间具有确定的相对运动。

因此,机器是由各种机构组成,可以完成能量的转换或做有用的机械功,而机构只是起着运动的传递和运动形式的转换作用,但是撇开机器在做功和能量转换方面的作用,仅从结构和运动观点来看,机器和机构并无区别,所以习惯上用“机械”一词作为机器和机构的总称。

组成机构的各个相对运动的部分称为构件。构件可以是单一的零件(如活塞),也可以是几个零件组成的刚性连接。如曲轴和小齿轮作为一个整体作转动,它们构成一个构件,但在加工时是两个不同的零件。由此可知,构件是运动的基本单元,而零件是制造的基本单元。

机械中的零件可以分为两类。一类是各种机械中经常都能用到的零件,称为通用零件,如螺钉、齿轮、带轮等。另一类是特定类型机械中才能用到的零件,称为专用零件,如内燃机中的曲轴,船舶的螺旋桨,纺织机中的织梭、纺锭等。本课程研究的机械零件,是普通条件下工作的一般尺寸与参数的通用零件。

0.1.2 本课程的主要内容

本课程是机械类各专业课程的基础,务求为学生打下一个良好的基础,主要包括以下几个方面:

机械工程材料的选用——主要介绍机械工程材料,也就是制造机械零部件的材料,包括金属材料和非金属材料,介绍了金属材料的力学性质、金属热处理的基本知识和金属材料的种类,非金属材料种类、性能等。

构件的静力分析——主要介绍静力学基础知识以及常见的静力分析方法。

常用机构与机械传动——主要介绍常用机构(平面连杆机构、凸轮机构、间歇机构、螺旋机构)、齿轮传动、齿轮系与减速器、带传动与链传动以及各种连接方式(轴毂连接、螺纹连接等)和支撑零部件(轴、滚动轴承、滑动轴承)等。

组合机床动力滑台液压系统的设计——介绍液压传动与气压传动的基本原理与基本知识、主要元件、基本回路,应用在组合机床上的典型液压系统与气压系统分析等。

0.1.3 本课程的主要任务

本课程的任务是使学生具备所必需的机械基础知识和基本技能,为后续专业课程的学习打下基础,初步形成解决实际问题的能力,并获得必要的基本技能训练,同时培养学生正确的设计思想和严谨的工作作风。通过本课程的教学,应使学生达到下列基本要求:

- (1)掌握常用的机械工程材料类型、牌号、力学性能及选择方法;

(2)熟悉常用机构的工作原理、组成及其特点,掌握通用机构的分析和设计的基本方法;

(3)熟悉通用机械零件的工作原理、结构及其特点,掌握通用机械零件的选用和设计的基本方法;

(4)具有对机构分析设计和零件计算的能力,并具有运用机械设计手册、图册及标准中有关技术资料的能力;

(5)掌握基本的液压与气动基本知识;

(6)具有综合运用所学知识和实践的技能,设计简单机械和简单传动装置的能力。

0.2 机械零件设计的基本准则及设计步骤

【知识目标】 了解机械设计的一般程序;了解机械零件的主要失效形式和设计准则。

【能力目标】 会分析机械零件的失效形式。

【素质目标】 培养学生分析问题的能力。

0.2.1 机械零件的失效及主要失效形式

机械零件丧失预定功能或预定功能指标降低到许用值以下的现象称为失效。

机械零件常见的失效形式有:

(1)断裂

在工作荷载的作用下,特别是冲击荷载的作用下,脆性材料的零件会由于某一危险截面上的应力超过其强度极限而发生断裂。在循环变应力作用下,工作时间较长的零件容易发生疲劳断裂,这是大多数机械零件的主要失效形式之一。断裂是严重的失效,有时会导致严重的人身和设备事故。

(2)过量变形

零件承受荷载工作时,会发生弹性变形,而严重过载时,塑性材料的零件会出现塑性变形。变形造成零件的尺寸、形状和位置发生改变,破坏零件之间的位置或配合关系,导致零件乃至机器不能工作。过大的弹性变形还会引起零件振动,如机床主轴的过大弯曲变形不仅产生振动,而且会造成工件加工品质降低。

(3)表面失效

在机器中,大多数零件都与其他零件发生接触,荷载作用在表面上,摩擦发生在表面上,周围介质又与表面接触,从而造成零件表面破坏。表面破坏主要包括腐蚀、磨损和点蚀(接触疲劳)。零件表面破坏会导致能量消耗增加、温度升高、振动加剧、噪声增大,最终使得零件无法正常工作。

(4)破坏正常工作条件引起的失效

机械零件在实际工作中,可能会同时发生几种失效形式,设计时应根据具体情况,确定避免同时发生失效的设计方案。在进行零件的设计计算时,必须考虑防止零件出现失效。因此,零件的设计计算准则应根据零件失效的原因来制定。

0.2.2 机械零件的设计准则

同一零件对于不同失效形式的承载能力也各不相同。根据零件产生失效的形式及原因建立起来的工作能力判断条件,称为设计计算准则。主要包括以下几种:

(1) 强度准则

强度准则是设计机械零件首先要满足的一个基本要求。为保证零件工作时有足够的强度,设计计算时应使其危险截面或工作表面的工作应力不超过零件的许用应力,即

$$\sigma \leq [\sigma], \tau \leq [\tau] \quad (0-1)$$

式中, σ 为正应力; $[\sigma]$ 为许用正应力; τ 为切应力; $[\tau]$ 为许用切应力。

(2) 刚度准则

刚度准则要求零件在荷载作用下产生的弹性变形量应小于或等于机器工作性能允许的极限值。刚度准则的设计表达式为

$$y \leq [y], \theta \leq [\theta], \varphi \leq [\varphi] \quad (0-2)$$

式中, y 、 θ 、 φ 分别为零件的挠度、偏转角和扭转角; $[y]$ 、 $[\theta]$ 、 $[\varphi]$ 分别为允许的挠度、允许的偏转角和允许的扭转角。

(3) 耐磨性准则

耐磨性准则针对的是零件的表面失效,它要求零件在正常条件下工作的时间能达到零件的寿命。腐蚀和磨损是影响零件耐磨性的两个主要因素。目前,关于材料耐腐蚀和耐磨损的计算尚无实用有效的方法。因此,在工程上对零件的耐磨性只能进行下述条件性计算:

$$P \leq [P] \quad (0-3)$$

$$Pv \leq [Pv] \quad (0-4)$$

式中, P 为工作表面上的压强; $[P]$ 为材料的许用压强; v 为工作表面线速度; $[Pv]$ 为 Pv 的许用值。

(4) 振动准则

振动准则针对的是高速机器中零件出现的振动、振动的稳定性和共振,它要求零件的振动应控制在允许的范围内,而且是稳定的,对于强迫振动应使零件的固有频率与激振频率错开。高速机械中存在着许多激振源,如齿轮的啮合,滚动轴承的运转,滑动轴承中的油膜振荡,柔性轴的偏心转动等。设计高速机械的运动零件除满足强度准则外,还要考虑满足振动准则。对于强迫振动,振动准则的表达式为

$$f_x < 0.85f \text{ 或 } f_x > 1.15f \quad (0-5)$$

式中, f 为零件的固有频率; f_x 为激振频率。

(5) 可靠性准则

可靠性是指系统、机器或零件在规定的时间内能稳定工作的程度。可靠性通常用可靠度 R 表示。可靠度是指系统、机器或零件在规定的时间内能在预定的工作环境下正常工作的概率。如,有一批某种被试零件 N_t 个,在一定条件下进行试验,在预定时间内,剩下 N_s 个能继续工作,则其可靠度为

$$R = N_s / N_t \quad (0-6)$$

0.2.3 机械零件设计的一般步骤

机械零件的设计过程大致可以分为以下几个步骤:

- (1)根据机器零件的使用要求,选择零件的类型与结构;
- (2)根据机器的工作要求,分析零件的工作情况,确定作用在零件上的荷载;
- (3)根据零件的工作条件,考虑材料的性能、供应情况、经济因素等,合理选择零件的材料;
- (4)根据零件可能出现的失效形式,确定计算准则,并通过计算确定零件的主要尺寸;
- (5)根据零件的主要尺寸和工艺性、标准化等要求进行零件的结构设计;
- (6)绘制零件图,制订技术要求。

以上这些内容可在绘制总装配图、部件装配图及零件图的过程中交错、反复进行,并同时进行润滑设计。然后编写设计说明书、有关的技术文件、外购件的明细表等。

本章小结

【0.1 内容总结】

1. 机构的特征、机器的特征。
2. 本课程要学习的内容:机械工程材料的选用;构件的静力分析;常用机构与机械传动;组合机床动力滑台液压系统。
3. 学习本课程要达到的目标。

【0.2 内容总结】

1. 机械零件常见的失效形式:断裂、过载变形、表面失效、破坏正常工作条件引起的失效。
2. 机械零件的设计准则:强度准则、刚度准则、耐磨性准则、振动准则、可靠性准则。
3. 机械零件设计的一般步骤。

练习题

1. 构件和零件有何区别?
2. 机械零件常见的失效形式有哪几种?失效形式与设计计算准则有何联系?
3. 机械零件设计通常有哪几个步骤?

第1章

机械工程材料及其选用

【知识概要】 金属材料 力学性能 铁碳合金 有色金属 非金属材料

机械工程材料是指用于制造机械零件并主要要求力学性能的材料。按化学组成的不同可分为金属材料、高分子材料、陶瓷材料和复合材料四大类。金属材料是用量最大、应用最广泛的机械工程材料。机械工程材料详细分类如下:



1.1 金属材料基础知识

【知识目标】 掌握金属材料的主要力学性能指标及含义,理解影响金属材料性能的因素。

【能力目标】 能较熟练地对实际材料在各种工作情况的性能作出评价。

【素质目标】 培养学生具备较强的分析材料性能的能力。

1.1.1 金属材料的力学性能

任何机械零件或工具,在使用过程中,往往要受到各种形式外力的作用。如起重机上的钢索,受到悬吊物拉力的作用;柴油机上的连杆在传递动力时,不仅受到拉力的作用,而且还受到冲击力的作用;轴类零件要受到弯矩、扭力的作用等。这就要求金属材料必须具有一种承受机械荷载而不超过许可变形或不被破坏的能力。这种能力就是材料的力学性能。金属材料的力学性能指标主要有强度、硬度、塑性和韧性等。

1. 强度

强度是指金属材料在静荷载作用下抵抗变形和断裂的能力。由于荷载的作用方式有拉伸、压缩、弯曲、剪切等形式,所以强度也分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度等。强度指标一般用单位面积材料所承受的荷载即应力表示,公式为

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

工程中常用的强度指标有比例极限 σ_p 、屈服强度 σ_s 、抗拉强度 σ_b 。比例极限 σ_p 是应力与应变保持正比关系的应力最高限;屈服强度是指金属材料在外力作用下,产生屈服现象时的应力,或开始出现塑性变形时的最低应力值,用 σ_s 表示。抗拉强度是指金属材料在拉力的作用下,被拉断前所能承受的最大应力值,用 σ_b 表示。

金属材料在拉伸和压缩时的力学性能通常由拉伸试验测得。把一定尺寸和形状的金属试样装在拉伸试验机上,然后对试样逐渐施加拉伸荷载,直至把试样拉断,如图 1-1 所示。根据拉伸过程中试样承受的应力 σ 和产生的应变 ϵ 之间的关系,可绘出该金属的 $\sigma\epsilon$ 曲线,如图 1-2 所示。

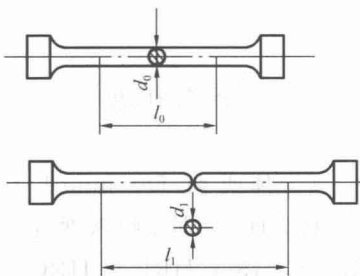


图 1-1 拉伸试样

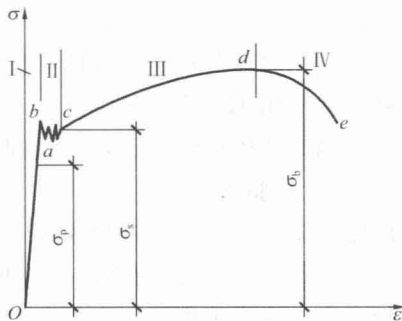


图 1-2 低碳钢拉伸试验曲线

通过对低碳钢的 $\sigma\epsilon$ 曲线分析可知,试样在拉伸过程中经历了弹性变形(Oab 段)、塑性变形($bcde$ 段)和断裂(e 点)三个阶段。

在弹性变形阶段,试样的变形与应力呈线性关系,去除应力,试样的变形随即消失。当零件实际应力低于比例极限时,应力与应变成正比,符合胡克定律。图 1-2 中直线 Oa 的斜率就是材料的弹性模量 E 。

在塑性变形阶段,试样产生的变形是不可恢复的永久变形。根据变形发生的特点,该阶段又分屈服阶段(bc 段,塑性变形迅速增加)、强化阶段(cd 段,材料恢复抵抗能力)和颈缩阶段(de 段,试样局部出现颈缩)。当零件实际应力达到抗拉强度应力值时,将会出现

破坏。

上述比例极限 σ_p 、屈服强度 σ_s 、抗拉强度 σ_b 分别是材料处于弹性比例变形、塑性变形和断裂前能承受的最大应力,称为极限应力。不同材料的极限应力值可查有关手册获得。

对于大多数机械零件,工作时不允许产生塑性变形,所以屈服强度 σ_s 是零件强度设计的依据;对于因断裂而失效的零件,应用抗拉强度 σ_b 作为其强度设计的依据。

2. 硬度

硬度是表征材料软硬程度的一种性能。它反映了在外力作用下,材料表面局部体积内抵抗变形或破坏的能力。硬度的测试方法很多,生产中常用的硬度测试方法有布氏硬度试验法和洛氏硬度试验法两种,如图 1-3 所示。

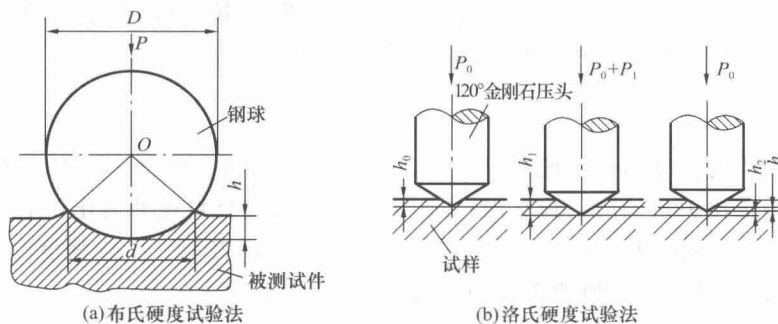


图 1-3 硬度试验原理

(1) 布氏硬度试验法

布氏硬度试验法是用一直径为 D 的硬质合金球作为压头,在荷载 P 的作用下压入被测金属表面,保持一定时间后卸载,测量金属表面形成的压痕直径 d ,以压痕的单位面积所承受的平均压力作为被测金属的布氏硬度值。

布氏硬度指标用 HBW 表示。

布氏硬度测试法因压痕较大,故不宜测试成品件或薄片金属的硬度。

(2) 洛氏硬度试验法

洛氏硬度试验法是用一锥顶角为 120° 的金刚石圆锥体或 $\phi 1.588 \text{ mm}$ (1/16 英寸) 的淬火钢球为压头,以一不定的荷载压入被测试金属材料表面,根据压痕深度可直接在洛氏硬度计的指示盘上读出硬度值。常用的洛氏硬度指标有 HRA、HRB 和 HRC 三种。

采用 120° 金刚石圆锥体为压头,施加压力为 600 N 时,用 HRA 表示,其测量硬度值范围为 $60 \text{ HRA} \sim 85 \text{ HRA}$,适于测量合金、表面硬化钢及较薄零件。

采用 $\phi 1.588 \text{ mm}$ 淬火钢球为压头,施加压力为 1000 N 时,用 HRB 表示,其测量硬度值范围为 $25 \text{ HRB} \sim 100 \text{ HRB}$,适于测量有色金属、退火和正火钢及锻铁等。

采用 120° 金刚石圆锥体为压头,施加压力为 1500 N 时,用 HRC 表示,其测量硬度值范围为 $20 \text{ HRC} \sim 67 \text{ HRC}$,适于测量淬火钢、调质钢等。

洛氏硬度测试,操作迅速、简便,且压痕小不损伤工件表面,故适于成品检验。

硬度是材料的重要力学性能指标。一般材料的硬度越高,其耐磨性越好。材料的强度越高,塑性变形抗力越大,硬度值也越高。