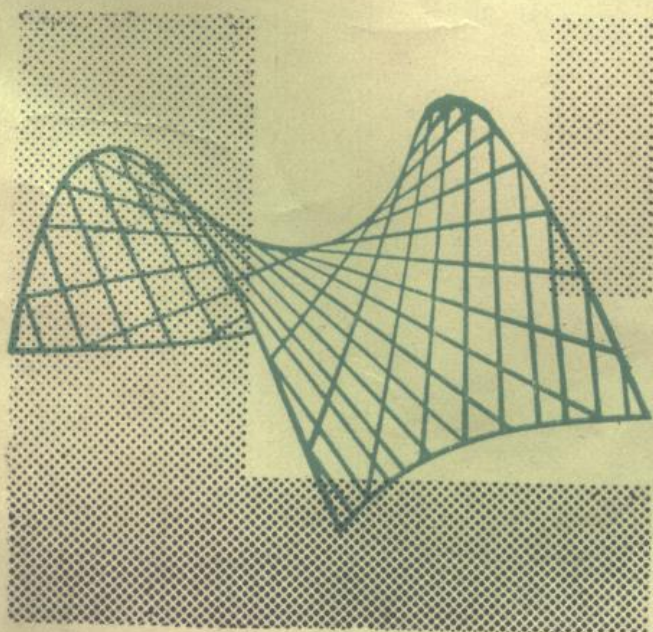


高等学校试用教材

机械基础

刘泽深 郑贵臣 孙鼎伦 主编

● 中国建筑工业出版社



12
高等学校试用教材

机械基础

刘泽深 郑贵臣 孙鼎伦 主编

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

本书是根据高等工业学校本科四年制供热通风与燃气专业教育计划所制订的《机械基础》教学大纲编写的。全书内容适用于课堂讲授时数80~100学时。可供不同情况和相近专业(近机类或非机类)选用。

内容主要包括:机械工程材料(含金属热处理)及其加工(含公差配合与形位公差)、常用机构、机械设计等基础知识;同时简要介绍金属材料在高温条件下的机械性能和压力容器设计的基础知识。

本书在内容上力图结合专业的特点与需要,在阐述方面力求简洁明了,并有利于加强自学。

高等学校试用教材

机械基础

刘泽深 郑贵臣 孙鼎伦 主编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市顺义县板桥印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 33³/₈ 字数: 809千字

1989年12月第一版 1993年11月第三次印刷

印数: 7,931—10,030册 定价: 15.35元

ISBN 7-112-00852-2/TU·605

(5937)

中国建设

12

TH11

2060/34

前 言

本书是根据高等工业学校本科四年制供热通风及燃气专业教育计划(1985年)所制订的《机械基础》教学大纲编写的。

全书内容适用于课堂讲授时数80~100学时,可供不同情况和相近的专业(近机类或非机类)选用。其中机械制造基础部分可结合金工实习中讲授,则课堂讲授时数可进一步减少。

内容主要包括:机械工程材料(含金属热处理)及其加工(含公差配合与形位公差)、常用机构、机械设计等基础知识;同时简要介绍了金属在高温条件下的机械性能和压力容器设计的基础知识。

本书在内容上力图结合专业的特点与需要,将机械工程材料、机械制造和机械设计基础知识有机地结合在一起,同时将金工的基础知识与实习内容适当统一安排,兼顾了某些不单独开设金属材料及热处理、机械制造基础等课程的近机类或非机类专业所需教材的选用与配套。本书在阐述方面力求简洁明了。

参加本书编写的有:哈尔滨建筑工程学院刘泽深(绪论、9、13章);吉林建筑工程学院郑贵臣(1章);沈阳建筑工程学院孙连山(2章)、李莉(16、17、20章);河北建筑工程学院孙永海(3章);重庆建筑工程学院熊运枢(4章)、陈宏毅(12、21章);同济大学张庆云(5章);西北建筑工程学院李元钊(6、8章);山东建筑工程学院孙明瑗(2章)、楼东(7章)、邢芬如(17、19章);青岛建筑工程学院袁和光(10章);上海城市建设学院钱丽清(11章);北京建筑工程学院李国璋(14、16、18章);太原工业大学张仲余(15章);海南大学陈保青(16章);西安冶金建筑学院吴连恕(22、23、24章)。

全书由刘泽深、郑贵臣、孙鼎伦(同济大学)主编。

西安交通大学来虔教授、范全福教授;西北工业大学濮良贵教授;吉林工业大学苏玉林教授;天津大学唐蓉城副教授;太原工业大学张仲余;同济大学张庆云等对本书提出许多宝贵意见。

本书由清华大学吴宗泽教授主审。

全体编者对他们表示由衷感谢。

由于编者水平所限,书中欠妥、不足与错误之处,请读者指正。

编 者

1989.1.

目 录

绪论	1	§ 6-4 表面粗糙度	134
第一章 机械基础概论	2	第七章 金属切削加工	143
§ 1-1 机械设计基础与金属工艺学	2	§ 7-1 金属切削加工的基础知识	143
§ 1-2 机械设计的基本准则	6	§ 7-2 车削加工	152
第二章 工程材料	9	§ 7-3 钻削和镗削加工	165
§ 2-1 金属的性能	9	§ 7-4 铣削和刨削加工	170
§ 2-2 金属和合金的晶体结构	14	§ 7-5 磨削加工	178
§ 2-3 铁碳合金状态图	18	§ 7-6 切削加工零件的结构工艺性	182
§ 2-4 碳钢	24	第八章 钳工及钣金加工	187
§ 2-5 钢的热处理	28	§ 8-1 划线	187
§ 2-6 合金钢	38	§ 8-2 錾削	190
§ 2-7 铸铁	41	§ 8-3 锯切	192
§ 2-8 有色金属及其合金	45	§ 8-4 锉削	193
§ 2-9 非金属材料	50	§ 8-5 攻丝和套扣	196
第三章 铸造	55	§ 8-6 刮削	199
§ 3-1 砂型铸造	55	§ 8-7 装配	200
§ 3-2 合金的铸造性能和铸造特点	67	§ 8-8 通风管道的钣金加工	202
§ 3-3 铸件结构工艺性	70	第九章 机械强度计算基础知识	213
§ 3-4 特种铸造	73	§ 9-1 金属材料的疲劳强度	213
第四章 锻造和冲压	78	§ 9-2 零件表面接触强度	214
§ 4-1 金属的塑性变形	79	§ 9-3 钢材的蠕变现象	215
§ 4-2 金属的加热	84	§ 9-4 应力松弛	217
§ 4-3 锻造	85	§ 9-5 高温元件的脆性	218
§ 4-4 薄板冲压	94	§ 9-6 温度应力与热疲劳	219
第五章 焊接	102	第十章 平面机构组成的基本原理	221
§ 5-1 手弧焊	102	§ 10-1 机构组成要素	221
§ 5-2 气焊和气割	108	§ 10-2 平面机构运动简图	222
§ 5-3 其它焊接方法	113	§ 10-3 平面机构具有确定运动的条件	225
§ 5-4 常用金属材料的焊接	117	第十一章 平面连杆机构	230
§ 5-5 焊接应力与变形	120	§ 11-1 铰链四杆机构具有曲柄的条件及基本形式	230
§ 5-6 焊接结构工艺性	121	§ 11-2 铰链四杆机构的演化	233
§ 5-7 焊接缺陷及检验	123	§ 11-3 曲柄摇杆机构的基本特性	236
第六章 公差与配合	126	* § 11-4 平面连杆机构的几种作图设计方法	239
§ 6-1 互换性的基本概念	126	第十二章 螺纹连接与焊接	243
§ 6-2 光滑圆柱体的公差与配合	126		
§ 6-3 形状与位置公差	133		

§ 12-1 螺纹参数.....	243	算.....	341
§ 12-2 机械制造中常用的螺纹.....	244	第十五章 轮系及减速器.....	347
§ 12-3 螺旋副的受力分析、效率及自锁.....	246	§ 15-1 概述.....	347
§ 12-4 螺纹连接的基本类型及螺纹连接件.....	249	§ 15-2 轮系的种类及定轴轮系传动比计算.....	347
§ 12-5 螺纹连接的拧紧和防松.....	251	§ 15-3 周转轮系及其传动比的计算.....	350
§ 12-6 螺栓组连接的受力分析.....	256	§ 15-4 轮系的功能.....	355
§ 12-7 螺栓连接的强度计算.....	259	§ 15-5 减速器.....	358
§ 12-8 提高螺栓连接强度的措施.....	272	第十六章 带传动和链传动(附绳传动).....	365
§ 12-9 高温条件下工作的螺栓连接.....	275	§ 16-1 带传动概述.....	365
§ 12-10 焊缝的强度计算.....	276	§ 16-2 带传动的工作状态分析.....	368
§ 12-11 影响焊缝强度的因素和提高焊缝强度的结构措施.....	278	§ 16-3 单根三角胶带的许用功率.....	371
第十三章 齿轮传动.....	283	§ 16-4 三角胶带传动的设计计算.....	373
§ 13-1 齿轮传动概述.....	283	§ 16-5 三角带轮的结构.....	376
§ 13-2 渐开线齿轮传动的原理.....	284	§ 16-6 链传动的主要类型、特点和应用.....	380
§ 13-3 渐开线齿轮的参数和几何尺寸.....	286	§ 16-7 滚子链的结构和规格.....	381
§ 13-4 渐开线标准齿轮的啮合传动.....	289	§ 16-8 链传动的运动分析.....	382
§ 13-5 渐开线齿轮的切齿原理.....	290	§ 16-9 滚子链传动的设计计算.....	383
§ 13-6 渐开线齿廓的根切现象和最少齿数.....	292	§ 16-10 链传动的布置和润滑.....	387
§ 13-7 斜齿圆柱齿轮传动.....	294	§ 16-11 钢丝绳传动.....	390
§ 13-8 轮齿的受力分析与计算载荷.....	297	第十七章 轴、轴毂连接及联轴器.....	399
§ 13-9 齿轮传动的失效形式及设计准则.....	300	§ 17-1 轴的分类与材料.....	399
§ 13-10 标准圆柱齿轮传动的强度计算.....	301	§ 17-2 轴的结构设计.....	401
§ 13-11 齿轮材料及其热处理.....	307	§ 17-3 轴的强度计算.....	405
§ 13-12 齿轮的许用应力.....	309	§ 17-4 轴的刚度计算.....	411
§ 13-13 齿轮传动的精度等级与齿轮的结构设计.....	312	§ 17-5 轴的临界转速计算.....	413
§ 13-14 圆锥齿轮传动.....	327	§ 17-6 轴毂连接.....	418
§ 13-15 齿轮传动的润滑和效率.....	328	§ 17-7 联轴器.....	422
第十四章 蜗杆传动.....	330	第十八章 滑动轴承.....	428
§ 14-1 概述.....	330	§ 18-1 滑动轴承的种类、特点和应用.....	428
§ 14-2 圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算.....	331	§ 18-2 非液体摩擦滑动轴承的结构.....	429
§ 14-3 蜗杆和蜗轮的材料及结构.....	337	§ 18-3 轴瓦结构和轴瓦材料.....	431
§ 14-4 蜗杆传动的受力分析和强度计算.....	338	§ 18-4 润滑剂和润滑装置.....	432
§ 14-5 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计		§ 18-5 非液体摩擦滑动轴承的计算.....	435
		§ 18-6 液体动压润滑油膜的形成原理.....	437
		第十九章 滚动轴承.....	439
		§ 19-1 滚动轴承的类型及代号.....	439
		§ 19-2 滚动轴承类型的选择.....	443
		§ 19-3 滚动轴承的计算准则和寿命计算.....	444
		§ 19-4 滚动轴承静载荷计算.....	451

§ 19-5 滚动轴承的组合结构设计.....	452	§ 21-5 容器的压力试验及密封性试验....	487
§ 19-6 滑动轴承与滚动轴承主要性能比较.....	458	§ 21-6 容器的开孔及其补强.....	489
§ 19-7 各类轴承的额定动载荷 C 和额定静载荷 C_0 。(见书末附表).....	458	§ 21-7 容器制造的基本知识.....	491
第二十章 弹簧	460	第二十二章 凸轮机构	495
§ 20-1 概述.....	460	§ 22-1 凸轮机构的应用与分类.....	495
§ 20-2 弹簧的制造、材料和许用应力....	461	§ 22-2 从动件常用运动规律.....	496
§ 20-3 普通圆柱形螺旋弹簧的设计计算.....	463	§ 22-3 盘形凸轮轮廓曲线设计.....	499
第二十一章 压力容器	470	§ 22-4 设计凸轮机构应注意的问题.....	502
§ 21-1 容器的构造、分类及基本要求....	470	§ 22-5 圆柱凸轮简介.....	504
§ 21-2 内压薄壁容器的应力分析.....	472	第二十三章 间歇机构	507
§ 21-3 内压薄壁圆筒与球壳的强度计算.....	481	§ 23-1 棘轮机构.....	507
§ 21-4 内压薄壁容器封头的强度计算....	486	§ 23-2 槽轮机构.....	510
		§ 23-3 不完全齿轮机构.....	512
		第二十四章 平衡与调速	513
		§ 24-1 回转件的平衡.....	513
		§ 24-2 机械速度波动的调节.....	517

绪 论

人类从利用天然石块作为最原始的工具开始，到今天使用各种机器从事生产和征服自然的的活动，经历了极其漫长的历史进程。机器的出现及其后来的发展，都标志着人类文明的一次次飞跃。没有现代化的机器生产，就没有现代的人类文明。

机械工业是国民经济的基础工业之一，它直接担负着向所有生产部门、科研机构和国防建设提供机械装备的重要任务。机械工业的发展水平是社会生产力发展水平的重要标志之一。因此，它在实现我国社会主义现代化的进程中占有非常重要的地位。

一、本课程的性质和主要内容

任何生产部门都离不开机械装备。从事各种专业工作的工程技术人员和科研人员都必须了解和熟悉这些机械装备，从而才能够正确使用、管理、维护以及设计和制造这些机械装备。

本课程主要传授机械科学与机械工程方面一些重要的基本知识和基本理论，培养和训练基本的技能。因此，本课程是培养各类高级工程技术人员的重要技术基础课程之一。

本课程主要包括三部分内容：

1. 介绍一般机械制造中常用金属材料的组织、性能及其热处理方面的基本知识，介绍金属材料的各种加工方法及其工艺性能；
2. 讨论机械设计中常用机构的原理、特点、应用及其基本的设计方法；
3. 讨论机械设计中一般参数的通用零部件的工作原理、失效形式及其设计计算方法。

二、本课程的主要任务是：

1. 使学生熟悉常用金属材料的各种性能；了解金属材料热处理方面的基本知识；了解金属材料的各种加工方法的原理和加工工艺性，从而能够较合理地选用金属材料及热处理要求，较正确地选择毛坯和掌握零件的结构工艺性；
2. 熟悉和掌握常用机构的原理、特点及应用方面的基本知识，培养具有分析、选用和设计常用机构的基本能力；
3. 使学生基本掌握通用零部件的工作原理、失效形式等方面的基本知识和基本设计计算方法，培养初步运用手册和规范进行设计的能力。

在学习本课程前，学生应掌握〈机械制图〉、〈理论力学〉和〈材料力学〉等课程的基本内容。

第一章 机械基础概论

§1-1 机械设计基础与金属工艺学

一、机械制造的一般过程

各种机器制造的步骤由于其用途、性能要求和生产条件的不同，因而不尽一样，但大体说来，它们由设计到生产的一般过程和主要内容基本上是一致的。

（一）机械设计的主要内容

1. 选择机器的工作原理

机器的工作原理是实现预期职能的根本依据。同样的预期职能，可以采用不同的工作原理来实现，例如加工齿轮，我们可采取用刀具将齿轮的齿一个一个地切削出来的工作原理；而在某些情况下，也可以采取用压力加工的办法将齿轮所有的齿一次冲压出来的工作原理。显然，采用的工作原理不同，设计出来的机器也就根本不同。机器的工作原理是随着生产和科学技术的发展而不断发展的。人们不断探索与创造更先进的工作原理，一台机器是否先进，在很大程度上决定于所采用的工作原理是否先进。选定机器的工作原理，需要广泛的基础知识、专业知识和实践经验。

2. 机器的运动设计

机器运动设计的任务是根据选定的工作原理，妥善地选择所需要的机构，拟定机器的机构组合方案，并进行机构的运动设计，把原动机的运动转变为执行部分预期的机械运动。

3. 进行机器的动力设计

机器的运动设计完成后，即可进而根据其所受载荷、工作速度以及机构运动简图中各构件的运动及动力参数对机器进行动力分析，以便确定出各构件所受的力、以及机器所需的驱动功率，作为机器零件进行强度设计和为机器选择合适的原动机的依据。

4. 进行机械零部件的工作能力设计及结构设计

为了使设计的机器能够实现预期的使用目的，要进行工作能力设计，并且还要根据零件的受力情况、装配关系、工艺要求等确定出各零件的具体结构形状和尺寸。通过机械零部件的工作能力设计及结构设计，将机构运动简图改变为具体的装配图进而设计出全部零件图。

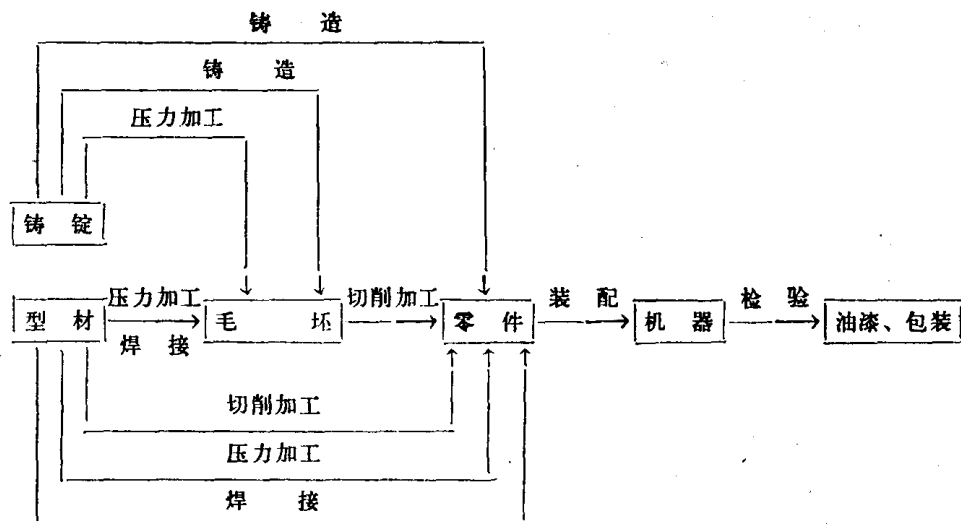
5. 工艺设计

机器及零件的结构、装配图纸全部完成后，要根据制造单位的生产条件，设计每个零件的加工工艺路线及各分部和总装配工艺。除此之外，还要设计出各加工过程的操作工艺规程（包括通用的和专用的），以及加工过程所必须的工艺装备，主要为工、量、卡具等。

（二）机械的生产过程

一台机器的生产过程是指机器由原材料到成品之间的各个相互联系的劳动过程的总和。主要包括所需材料的购入、保管，生产准备工作，毛坯的制造，零件的加工，部件和机器的装配，检验，油漆以及包装等。

机械制造基础即金属工艺学是研究金属材料加工工艺的一门综合性科学。属于这些加工工艺的有金属学及热处理、铸造、压力加工、焊接和切削加工等。机械生产中的主要加工过程如下：



组成机器的多数零件是先用铸造、压力加工或焊接等方法制成毛坯，再经切削加工而成；为了改善金属材料的某些性能，常需要进行热处理。最后将制成的各种零件加以装配，即成为机器。

在不同的机械制造工业中，各种金属加工方法所占地位及其产品比重，有很大不同。例如金属结构和锅炉、船舶等，主要由钢板的焊接结构件组成，焊接就是主要的加工方法；机床的制造业中，铸件所占比重很大，铸造是主要的加工方法。

各种金属加工方法都在向着高质量、高生产率和低成本的方向迅速发展。因而机械零件的制造工艺也将随之发生变化。例如球墨铸铁的出现，可用一些铸件代替一部分锻件，电火花、激光切割等无切削、少切削加工新工艺的发展，已使愈来愈多的零件改变了传统的制造工艺，节省了大量金属和加工工时，提高了劳动生产率。

二、机械设计基础与金属工艺学的关系

金属工艺学的主要内容是以零件加工方法和机械制造过程以及零部件结构工艺性为中心，具有很强的实践性。对学生而言，是一门工艺入门课，此门课程必须具有感性知识的实习，熟悉了主要的金属加工方法、所用设备和工具，并具有一定的操作技能，再通过课堂讲授和其他教学手段，为以后学习有关学科特别是机械设计基础打下必要的工艺基础。

机械设计基础和金属工艺学有着紧密的联系，在设计机器及零件时，必须预知并熟悉其制造工艺，才能设计出工艺性良好的零件结构。机械设计与金属工艺学之间没有明显的界限，设计一台机器或一个零部件往往又有设计问题，又有工艺问题，例如为解决加工工艺的工艺装备的设计。因而机械设计师在一定程度上也应该是机械制造工艺师。

三、机器的合理设计及工艺性

(一) 设计工艺性

衡量一项机械设计的设计质量，一般从两个方面评定，首先是使用质量，其次是工艺性。使用质量是指机器设备应具有较高的效能，良好的耐用性，较轻的自重，以及操作简便而安全等等；工艺性是指机器的设计不仅要保证其有良好的工作性能，而且还要注意它们能否制造，是否便于制造。在设计中对于制造工艺、使用维修方面各种技术问题的考虑和反映就是所称的设计工艺性。它具体体现在它们的结构中，机器及零部件结构的合理与否，反映了它们设计工艺性的优劣程度，故又称设计工艺性为结构工艺性。例如一台机器单从工作原理看比较合理，但所设计的结构与制造工艺水平不相适应，甚至无法制造，或者非常费工、费料很不经济。又如机器的结构设计得过分复杂，或提出不合理的过高技术条件，难以保证制造精度，或者对某些零部件的标准化、系列化缺乏考虑，只能进行单件小批量生产等等。这些就是缺乏设计工艺性观念。所以设计工艺性的好坏是衡量设计质量的主要标志之一。

（二）影响设计工艺性的因素

影响设计工艺性的因素主要有三个方面：

1. 生产类型

生产批量小时，大都采用一般的制造方法以及生产率较低、通用性较强的设备和工艺装备。机器和零件的结构必须与这类工艺及工艺装备相适应。大批量生产时其结构必须与高生产率的设备及专用设备相适应。单件小批生产中认为具有良好工艺性的结构，在大批量生产中其工艺性结构则不一定良好，反之亦然。

2. 现有生产条件

机器和零件结构必须与现有的生产设备、技术人员和生产工人的技术水平相适应。例如机器和零件所要求的加工精度、毛坯最大尺寸的确定等与机械加工车间现有设备有关。

3. 工艺技术的发展

随着新技术、新设备、新工艺的不断涌现，对原先不便加工制造的结构可能会转变为可以加工制造，例如激光加工、超声波加工的出现和不断完善，在那些高硬度、有特殊形状和精度要求的材料上的加工已成为可能。

（三）设计工艺性内容

按照主要目的和作用的不同，设计工艺性大体包括三方面的内容：

1. 提高产品的质量和劳动生产率

包括机器和零件的结构工艺性，结构设计的标准化、系列化、通用化等。

2. 符合制造工艺要求

机械零件毛坯的选择和制造，零件的加工，机器的装配、维修的工艺性。

3. 节约材料、降低消耗

即机器和零件结构的省料性、省工性等。

四、机器、机构和零件

在人们的日常生活和工作中，经常接触和使用机器，例如汽车、拖拉机、内燃机、各种风机以及洗衣机、缝纫机等。这些机器用途不一，具有不同的构造和型式，例如图1-1所示的鼓风机，由电动机、带及带轮、主轴、轴承、叶轮（未画）、外壳、螺钉、螺母等组成。电动机经带和主轴系带动叶轮回转，达到鼓风作用。又如图1-2所示的内燃机，由气缸、活塞、连杆、曲轴、齿轮、凸轮、气阀、气阀杆、弹簧、销钉、螺母、垫圈等组

成。燃气推动活塞作往复移动，经连杆转变为曲轴的连续转动。当燃气推动活塞运动时，进排气阀有规律地启闭，把燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。从上述两个实例进行归纳，品类繁多的机器均具有下述共同特征。

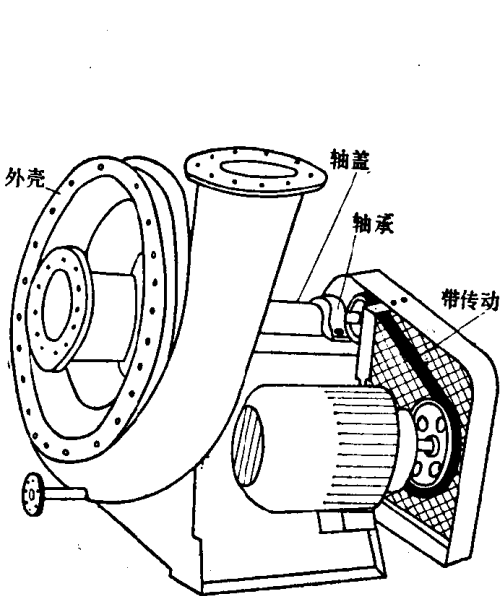


图 1-1 鼓风机

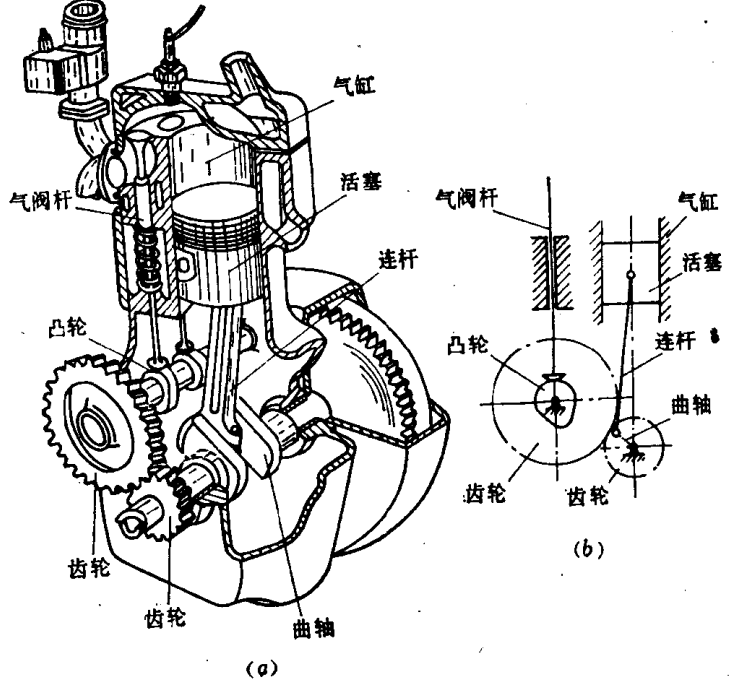


图 1-2 内燃机

- (1) 任何机器都是人为的实物组合体；
- (2) 机器各部分之间具有确定的相对运动，例如上述的内燃机中，连杆与活塞之间，曲轴与连杆之间，风机中的主轴和带轮之间；
- (3) 机器在工作时能代替人类完成机械功或能量转换，例如内燃机将热能转化为机械能，风机则利用电机将电能转变为机械能完成有益的功。

通常机器由三个基本部分组成：动力部分、传动部分和工作部分。

无论分解哪一台机器，它的机械系统总是由一些机构组成；每个机构又是由许多零件组成。所以，机器的基本组成要素就是机械零件。

机构也是人为的实物组合，其各部分之间具有确定的相对运动。机构具有机器的前两个特征，只是不考虑能否完成机械功或能量转换的问题。例如，在内燃机中，凸轮、气阀杆和气缸体组成凸轮机构，将凸轮的连续转动变为气阀杆的有规律的往复移动；鼓风机中的两带轮与机架组成带传动机构，使两带轮按一定传动比转动。

由此可见，若撇开机器完成机械功或

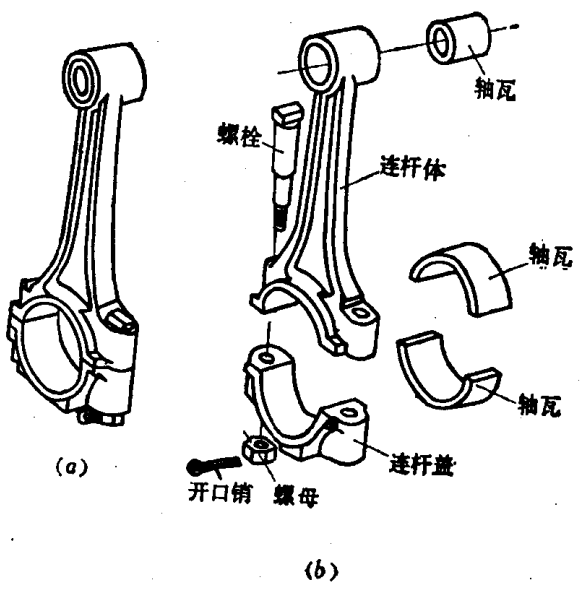


图 1-3 内燃机连杆

转化能量的作用，而仅从结构和运动的角度来看，机构与机器并没有什么区别。因此，习惯上用“机械”一词作为它们的总称。

组成机构的各个相对运动部分称为构件。构件可以是单一的零件，也可以是几个零件组成的刚性联接体。如图1-3所示内燃机的连杆是一个构件，它由连杆体、连杆盖、轴瓦、螺栓以及开口销、螺母等几个零件组成，这些零件组成一个刚性体进行运动。由上述可知，零件和构件的区别在于：零件是单独加工出来的加工单元体，而构件则是一个运动单元体。

机构中，均有一个固定的构件作为机架，在活动构件中，至少有一个原动件，其余为从动件。当原动件的运动规律给定后，其余从动件的运动规律也随之确定。

在机器中由一些零件组成的实体，具有特定的功能，称为部件，如轴承、联轴器、离合器等。

除机器外，另有一些静止的实物组合体有贮存或转化能量的作用，则称为装置，例如压力容器等。

机械中的零件可以分为两类，一类称通用零件，是在各种机械中都能遇到的具有同一功用及性能的零件，如齿轮、轴、螺栓、键、弹簧等。另一类称为专用零件，只出现在一些特定的机械中，如曲轴、风机的叶片、内燃机的活塞等。

§1-2 机械设计的基本准则

一、机械设计的基本要求

设计的机器、机构，虽然各自的工作条件不一。但均应满足下述基本要求：

（一）满足使用要求

所设计的机械要有效地完成人们预期的目的，这包括执行职能的可能性和可靠性。例如汽车在规定行驶里程内正常行驶，通风机在工作期限内有效进排风量。这些要以正确设计和选择机构组合以及机械的零、部件来保证。

（二）满足经济性的要求

机器力求结构简单，具有良好的结构工艺性能，使用中效率高、消耗低。尽量采用标准的零、部件，便于维修。

（三）满足安全性要求

这一要求应包括人身和机器设备两个方面。

（四）满足其他特殊要求

有些机器和机构各自还有一些特殊要求，如经常搬动的机器要便于拆、装和运输；高温下工作的机器要有耐热的性能。

二、机械零件工作能力计算准则

机械零件的工作能力，是零件在保证给定参数，完成规定功能所处的状态。给定的参数，是根据零件的用途和对零件提出的不同要求而制定的各种特性指标。例如，用于传递动力的轴必须不发生疲劳断裂；高速轴运转时不发生共振等等。机械零件满足工作能力的要求，这一项设计内容需要依机械零件各自的主要失效形式、确定设计准则来加以保证。主要是：

（一）强度

机械零件强度不足而发生破坏，是目前大多数零件的主要失效形式。应保证零件在规定的使用情况下，不致发生断裂和永久变形。强度计算是本课程内容的重要组成部分。

（二）刚度

刚度是指零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力。其弹性变形量超过了许用值，就会因刚度不够而失效。例如，齿轮轴的弯曲挠度过大会破坏齿轮的正确啮合；机床主轴的刚度过小将影响工件的加工质量。刚度校核可以计算指定点的线位移 y ，或计算角位移 θ ，对于受扭转工作的可以计算扭转角 φ 。以上只是对有刚度要求的进行刚度计算，对于一般机器及零件如无必要，则可不进行此项计算。

（三）振动稳定性

当作用在零件上的周期性载荷频率等于机械系统或零件的固有频率时，将发生共振，这时零件的振幅将急剧增大，这种现象称为失去振动稳定性。因此对于高速运转的机械，例如高速风机的主轴应进行稳定性计算，以控制工作转速，确保机械或零件的稳定性。

（四）寿命

有的机械零件在工作初期虽能满足各种要求，但工作一定时间后由于某种原因而失效。大部分机械零件均在变应力条件下工作，因而疲劳破坏是引起零件失效的主要原因。关于疲劳寿命，通常是求出使用寿命时的疲劳极限来作为计算的依据。

三、机械零件毛坯（材料）及其选用原则

机械零件所用毛坯材料种类繁多，其中金属材料特别是黑色金属材料应用得最广泛。

（一）毛坯的种类

1. 型材

普通碳素钢及优质碳素钢通常用热轧、冷轧和冷拉等方法制成型材供应，按截面形状分为：圆钢、方钢、六角钢、角钢、工字钢、槽钢、钢板、钢带、钢丝、钢管、异型型钢等。用于制造机械零件的多为圆钢。

热轧型材尺寸较大，精度低，多用于一般零件的毛坯。冷轧和冷拉型材尺寸较小，精度较高，多用于毛坯精度要求较高的中小型零件，冷轧和冷拉型材价格较高。

2. 铸件

形状复杂的毛坯，宜采用铸造方法制造。目前生产中的铸件大多数是用砂型铸造的，少数尺寸较小的优质铸件可采用特种铸造，例如离心铸造、熔模铸造、压力铸造等。

3. 锻件

锻件有自由锻锻件和模锻锻件两种。自由锻造锻件是在各种锻锤和压力机上由手工操作而成型的，精度低、加工余量大、生产率不高、且结构简单，适用单件和小批量生产以及大型锻件。

模锻件是采用专用锻模，在吨位较大的锻锤或压力机上锻出的锻件，精度高、表面质量好、机械强度高、生产率高，适用于产量较大的中小型锻件。

4. 焊接件

用型材以小拼大，或有时可用板材冲压成零件或半成品，然后焊接成型。焊接毛坯，生产周期短、节省材料、制造方便。

（二）毛坯选择

毛坯的选择应考虑下列一些因素的影响:

1. 零件材料的工艺性能(如铸造性、可锻性)及对材料组织和性能的要求

零件的材料选定后,毛坯的种类大体可确定。例如材料为铸铁与青铜的零件不能锻造,只能选用铸件。重要的钢质零件,为保证良好的机械性能,不论结构形状简单或复杂,均不宜直接选取轧制型材,而应选用锻件。

2. 零件的结构形状与外形尺寸

机械零件的结构形状是影响毛坯选择的重要因素。例如,常见的各种阶梯轴,如各台阶直径相差不大,可直接选取圆棒料,如各台阶直径相差较大,为节约材料和减少机加工时,则宜选取锻件;一些非旋转体的板条形钢质零件,多为锻件。零件的外形尺寸对毛坯选择也有较大影响,大型零件,目前只能选择毛坯精度和生产率都比较低的砂型铸造和自由锻造以及焊接毛坯。中小型零件则可选模锻及各种特种铸造的毛坯。

3. 生产量的大小

产量较大时,应采用精度与生产率都比较高的毛坯制造方法。反之亦然。这是由于毛坯制造所用设备及装备费用虽然较高,但可以由材料消耗的减少和机械加工费用的降低来补偿。

4. 现有生产条件

选择毛坯时,还要考虑现场毛坯制造的实际工艺水平,设备状况及外协的可能性和经济性。

第二章 工程材料

材料、能源与信息是现代技术的三大支柱。工程材料是研究工程上常用材料的成分、组织和性能之间的关系，为工程结构和机器零件的设计和使用提供必要的基础知识。

工程材料可分为金属材料和非金属材料两大类。金属材料主要指黑色金属，如碳钢、铸铁等和有色金属，如铝及其合金、铜及其合金等。非金属材料主要包括无机材料，如水泥、陶瓷、玻璃及石棉制品等和有机材料，如塑料、木材、橡胶及皮革等。

§ 2-1 金属的性能

金属材料有优良的性能，故得到广泛的应用。金属的性能包括使用性能和工艺性能两方面，使用性能是指在使用条件下表现的性能，如机械性能（又称力学性能）、物理性能和化学性能；工艺性能是指在加工过程中表现出的性能，如铸造性、可锻性、可焊性和切削加工性等。

本节重点介绍金属的机械性能，对其物理、化学和工艺性能只作简要介绍。

一、金属的机械性能

金属的机械性能是金属在外力作用下抵抗变形和断裂的能力。衡量金属机械性能的主要指标有强度、塑性、硬度、冲击韧性、疲劳强度、蠕变强度等。

（一）强度

强度是指材料在常温、静载下抵抗产生塑性变形或断裂的能力。根据承受的外力不同，强度可分为拉伸、压缩、扭转、弯曲、剪切等几种。各种强度间有一定的联系。我们常以拉伸强度作为最基本的强度值，手册与规范上所标出的强度值，一般都指拉伸强度。

抗拉强度由拉伸试验测定。将金属按国家标准制成如图2-1所示的标准拉伸试样，在材料试验机上进行拉伸试验。试验结果可以画出以绝对伸长量 ΔL 为横坐标，以拉伸载荷 F 为纵坐标的拉伸图。图2-2所示为退火低碳钢拉伸图。

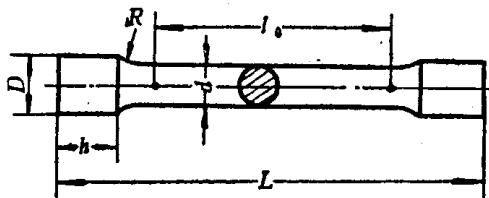


图 2-1 标准拉伸试样示意图

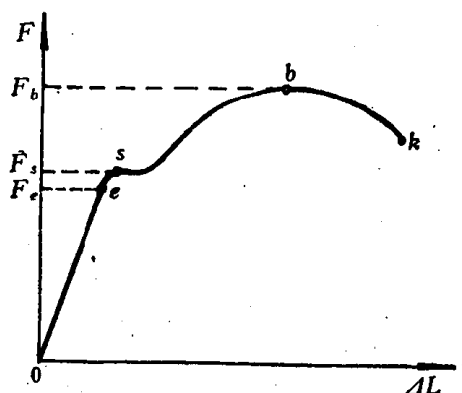


图 2-2 退火低碳钢拉伸图

图中, $0e$ 为弹性变形阶段, 当载荷 F_e 去除后, 试样可恢复到原来的形状和尺寸。过 e 点后, 即载荷超过 F_e 时, 试样除发生弹性变形外, 还发生部分塑性变形, 此时, 载荷去除后, 试样不能完全恢复到原有长度。当载荷增加到 F_s 时, 拉伸图在 S 点出现水平线段, 即表示载荷不增加, 试样继续伸长, 这种现象称为屈服。屈服现象过后, 试样又随载荷增加而逐渐伸长。在拉伸图 b 点, 载荷为 F_b 时, 试样出现局部变细的缩颈现象。试样出现缩颈后, 变形集中在缩颈处。由于截面缩小, 继续变形所需的载荷也减小, 当载荷达到 F_k 时, 试样在缩颈处断裂。

根据拉伸图, 可以求出金属的拉伸强度指标值。强度指标通常以“应力”表示。当金属受载荷作用而未引起破坏时, 其内部产生与载荷相平衡的内力, 单位面积上的内力, 称为应力, 用符号 σ 表示。常用的拉伸强度指标有屈服强度和抗拉强度。

1. 屈服强度

屈服强度是金属产生屈服现象的应力, 用符号 σ_s 表示。

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0} \quad \text{MPa}$$

式中 F_s ——试样产生屈服现象时的拉伸载荷, N;

A_0 ——试样拉伸前的横截面积, mm^2 。

有些金属材料(如高碳钢)无明显屈服现象, 它们的屈服强度很难测定。通常规定产生 0.2% 塑性变形时的应力作为条件屈服强度, 用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

2. 抗拉强度

抗拉强度是金属在断裂前所能承受的最大拉力, 用符号 σ_b 表示。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0} \quad \text{MPa}$$

式中 F_b ——试样在断裂前的最大应力, N;

A_0 ——试样拉伸前的横截面积, mm^2 。

屈服强度 σ_s 和抗拉强度 σ_b 是零件强度设计的重要依据。若是要求零件在使用时不断裂, 如钢丝绳等, 以 σ_b 来计算; 若零件在使用时不允许产生塑性变形, 如内燃机气缸盖螺栓等, 以 σ_s 来计算。

(二) 塑性

塑性是指金属在载荷作用下产生塑性变形而不破坏的能力。常用的塑性指标有延伸率

(δ) 与断面收缩率 (ψ)。

1. 延伸率

延伸率用下式表示:

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中 l_0 ——试样受拉前原标距长度, mm;

l_1 ——试样拉断后标距长度, mm。

由于总伸长是均匀伸长与产生局部缩颈后的伸长之和, 所以 δ 值的大小与试样长度有关。为了便于比较, 试样必须标准化, 规定试样的标距长度为其直径 d 的 5 倍或 10 倍, 则延伸率分别以 δ_5 和 δ_{10} 表示。一般 δ_{10} 以 δ 示意。