

782423

575

1192.1

机械设计原理

高等学校教材



(公路与城市
道路、桥梁工程专业用)

张少名 主编
人民交通出版社



高等学校教材

机械设计原理

Jixie Sheji Yuanli

(公路与城市道路、桥梁工程专业用)

张少名 主编

人民交通出版社

高等学校教材
机械设计原理
(公路与城市道路、桥梁工程专业用)

张少名 主编

人民交通出版社出版
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售
人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 15.25 字数: 371 千

1986年6月 第1版

1986年6月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—2,700 册 定价: 2.20元

内 容 提 要

本书共分十七章。主要介绍机械原理、机械零件、金属材料及热处理、公差与配合、液压与气压传动的基本知识。
本书可作为高等学校公路与城市道路、桥梁工程专业的教材，也可供非机械类专业的工程技术人员参考。

序 言

本书是根据1982年4月全国高等学校公路与桥梁专业教材编委扩大会议审定的60学时《机械设计原理教学大纲》编写的。该大纲集中了各兄弟院校多年来讲授非机械类专业的《机械原理及机械零件》和《机械设计基础》课程的经验,增补了金属材料与热处理、公差与配合、液压与气压传动等内容的基本知识,以适应非机械类专业对本课程安排的学时较少和没有选修课的特点。而这些内容对学习本课程是必要的基础。目前液压传动和气压传动在生产部门,尤其是在工程机械中得到了广泛的应用。因此,非机械类专业的学生,在将来工作中也需要有关这方面的基本知识。

由于增补了上述内容,本书在广度方面超越了机械类专业的《机械设计》课程,而在深度方面限于学时,不可能超越该书,仅着重叙述基本原理和基本方法。鉴于以上原因,书名改为《机械设计原理》。

本书主要章节均有必要的例题和习题。

本书可作为高等学校非机械类专业《机械原理及机械零件》或《机械设计基础》课程的教材,也可供中等专业学校师生和有关工程技术人员参考。书中有星号(*)的章节,可根据各自的专业需要选用。

本书由张少名主编,参加编写工作的有:张少名(第一、十二章)、沈正言(第二、三、十七章)、金德林(第四、五、六、七、九章)、张任远(第八、十、十一章)、田树森(第十三、十四、十五、十六章)。

本书经喻怀正同志细心审阅,提出不少宝贵意见,谨致谢忱。

本书在编写过程中得到各兄弟院校和本院兄弟教研室的大力支持和帮助,承蒙我院机械零件教研室有关同志帮助抄录和绘图,在此一并致谢。

由于编写时间仓促,谬误不妥之处在所难免,殷切希望使用本书的教师和读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 绪论	1
§1-1 引言.....	1
§1-2 本课程的研究对象.....	1
§1-3 机械设计的基本要求.....	3
§1-4 机械设计的指导思想和一般步骤.....	3
第二章 金属材料及热处理	5
§2-1 金属材料的机械性能.....	5
§2-2 黑色金属的分类、特点及应用.....	7
§2-3 黑色金属常用热处理及化学热处理方法.....	9
§2-4 常用有色金属及非金属材料.....	12
第三章 公差与配合	16
§3-1 互换性概念.....	16
§3-2 加工误差与公差.....	16
§3-3 光滑圆柱体的公差与配合.....	16
§3-4 表面粗糙度及形状、位置公差简介.....	23
§3-5 技术测量基本知识及常用量具.....	29
习题.....	31
第四章 平面机构运动简图及其自由度	32
§4-1 运动副及其分类.....	32
§4-2 平面机构运动简图.....	34
§4-3 平面机构具有确定运动的条件.....	35
§4-4 计算机构自由度时应注意的事项.....	37
习题.....	38
第五章 平面连杆机构	39
§5-1 平面连杆机构的类型及应用.....	39
§5-2 连杆机构的性质.....	42
§5-3 四杆机构的设计.....	45
§5-4 多杆机构简介.....	50
习题.....	50
第六章 凸轮机构	52
§6-1 凸轮机构的应用及分类.....	52
§6-2 从动件常用的运动规律.....	54
§6-3 凸轮轮廓曲线的设计方法.....	56
§6-4 凸轮机构压力角及凸轮的基圆半径.....	58

习题	59
第七章 间歇运动机构	61
§7-1 棘轮机构	61
§7-2 槽轮机构	63
第八章 螺纹联接及铆钉联接	66
§8-1 螺纹联接概述	66
§8-2 螺纹的形成和主要参数	66
§8-3 螺旋副的传力、效率和自锁	68
§8-4 螺纹联接和螺纹联接件	71
§8-5 螺纹联接的防松装置	74
§8-6 螺纹联接的强度计算	75
§8-7 铆钉联接	81
习题	82
第九章 挠性件传动	84
§9-1 带传动的主要类型、特点和应用	84
§9-2 带传动的工作能力分析	86
§9-3 三角带传动的设计计算	94
§9-4 三角带轮	95
§9-5 三角带传动的张紧装置、安装与维护	96
§9-6 链传动	97
习题	103
第十章 圆柱齿轮及圆锥齿轮传动	104
§10-1 齿轮传动的特点及分类	104
§10-2 齿廓啮合基本定律	105
§10-3 渐开线的性质	106
§10-4 渐开线齿廓的啮合特点	107
§10-5 渐开线标准直齿圆柱齿轮各部分名称和尺寸	107
§10-6 渐开线齿轮正确啮合和连续传动的条件	110
§10-7 渐开线齿轮加工方法简介	111
§10-8 渐开线齿轮的根切现象和最少齿数	113
§10-9 变位齿轮简介	113
§10-10 齿轮的失效形式	114
§10-11 齿轮常用的材料	115
§10-12 直齿圆柱齿轮的强度计算	116
§10-13 斜齿圆柱齿轮传动	123
§10-14 直齿圆锥齿轮传动	129
习题	133
第十一章 蜗杆传动	135
§11-1 蜗杆传动的特点和种类	135
§11-2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	136

§11-3	蜗杆的材料和结构及传动的失效形式	139
§11-4	蜗杆传动的强度计算	140
§11-5	蜗杆传动的效率、润滑和散热计算	142
	习题	144
第十二章	轮系和减速器	145
§12-1	轮系的分类	145
§12-2	定轴轮系的应用和传动比计算	146
§12-3	行星轮系	147
§12-4	普通减速器	150
	习题	154
第十三章	轴及联轴器	155
§13-1	概述	155
§13-2	轴的结构设计	157
§13-3	轴的强度计算	161
§13-4	轴的刚度计算	163
§13-5	轴的周向固定	163
§13-6	联轴器	168
§13-7	离合器简介	170
§13-8	制动器	173
	习题	177
第十四章	轴承	178
§14-1	滑动轴承的摩擦和润滑状态	178
§14-2	常用滑动轴承的结构和材料	178
§14-3	半液体润滑滑动轴承的校核计算	181
§14-4	滚动轴承的结构、类型和代号	183
§14-5	滚动轴承的选择	187
§14-6	滚动轴承的寿命和承载能力计算	188
§14-7	滚动轴承的组合设计	192
	习题	195
第十五章	弹簧	196
§15-1	弹簧的功用和类型	196
§15-2	弹簧的材料、制造和许用应力	198
§15-3	压缩(拉伸)螺旋弹簧的设计原理	201
	习题	206
第十六章	起重机械零件	207
§16-1	钢丝绳	207
§16-2	滑轮及滑轮组	210
§16-3	卷筒	213
§16-4	吊钩	215
	习题	216

第十七章 液压与气压传动.....	217
§17-1 概述	217
§17-2 液压传动的基本知识	217
§17-3 液压泵、液压缸和阀的分类及特点	222
§17-4 油压传动的密封装置	230
参考文献.....	233

第一章 绪 论

§1-1 引 言

随着公路和桥梁等土木工程建设事业的发展和施工机械化程度的提高,要求工程师对常用机械,如拖拉机、推土机、平地机、起重机、打夯机、压路机、通风机、水泵、输送机、掘进机、搅拌机和各种机床等,有一定了解,这对于权衡设计方案和拟定施工方法是至关重要的。

机械是人类用以转换能量和借以减轻体力劳动、提高生产率的主要工具,也是社会生产力发展水平的重要标志。十八世纪中叶,蒸气机的发明促进了欧洲的产业革命,随后,出现了各种各样的机械。到十九世纪逐渐形成研究机械设计的学科。科学理论的提高又进一步促进了生产的发展。

我国古代在机械研制方面有许多杰出的发明创造。五千年前已开始使用简单的纺织机械;晋朝时在连机碓和水碓中应用了凸轮原理;西汉时应用轮系传动原理制成了指南车和记里鼓车;东汉张衡发明的候风地动仪是世界上第一台地震仪。目前许多机械中仍在采用的青铜轴瓦和金属人字圆柱齿轮,在我国东汉年代的文物中都可以找到它们的原始型态。

新中国成立以来,我国工农业生产、国防建设和科学技术有了飞速的发展。第一个五年计划的胜利完成,为建立一个独立、完整和现代化的经济体系奠定了初步基础。三十余年来,与其他建设一样,我国的机械工业也取得了巨大成就。在机械设计方面,我国已从过去的模仿设计逐步进入自行设计阶段,还制订了许多机械零、部件和成套设备的国家标准或部颁标准。

在各个生产部门实现机械化,对于发展国民经济具有十分重要的意义。为了加速公路、桥梁等土木工程建设步伐,急需扩大筑路和建桥等土木工程机械的使用范围。对现有机械设备进行全面的技术改造,挖掘设备的潜力与研究、设计和制造高生产率的机械设备,二者缺一不可。为了适应新形势的需要,促进上述工作的开展,在高等工业院校公路、桥梁等土木工程专业设置机械设计原理课程是十分必要的。

§1-2 本课程的研究对象

在工农业生产和科学实验中使用着多种多样的机械。

图1-1为一内燃机,它由曲轴1、连杆2、活塞3和气缸体4等组成。此外还有其他辅助机构,例如:由凸轮9、气阀7等组成的配气机构。燃气推动活塞3在气缸体4中作直线移动,通过连杆2使曲轴1作连续转动,从而将燃气的热能转换为机械能。

图1-2所示为汽车或工程机械用3M9060型制动鼓车磨机简图。电动机1经由机箱2内的传动系统(传动系统由齿轮及蜗轮蜗杆传动组成)将回转运动传至刀架3,并将回转运动转化为主轴4的轴向运动,从而带动支承架5及工件(如点划线所示)轴向移动。刀架3回转

时使刀具或磨具完成切削或磨削运动。

图 1-3 所示颚式破碎机由机架 1、偏心轴 2、动颚 3、肘板 4、定颚板 5、飞轮 6、三角带轮 7 和电动机（图中未画出）等组成。电动机通过三角带驱动轮 7，轴 2 随着转动，于是使动颚 3 摆动，将置于 3 和 5 两颚之间的物料压碎。

剖析上述三种机械，可以看出它们的共同特征是：（1）都是由若干个人为的实体组合而成；（2）各实体间具有确定的相对运动；（3）能转换机械能或做有效的机械功。

凡同时具有上述三个特征的机械称为机器；仅有前两个特征的机械称为机构。机械是机器和机构的统称。尽管各种机器的构造和用途不同，但它们都是由许多机构所组成。例如上述内燃机中就包含有：齿轮机构（齿轮传动），连杆机构和凸轮机构等。因而就结构和运动来说，机器与机构并无区别。

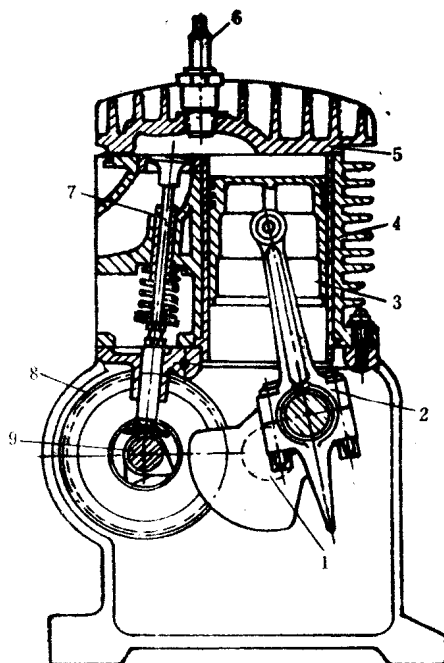


图 1-1

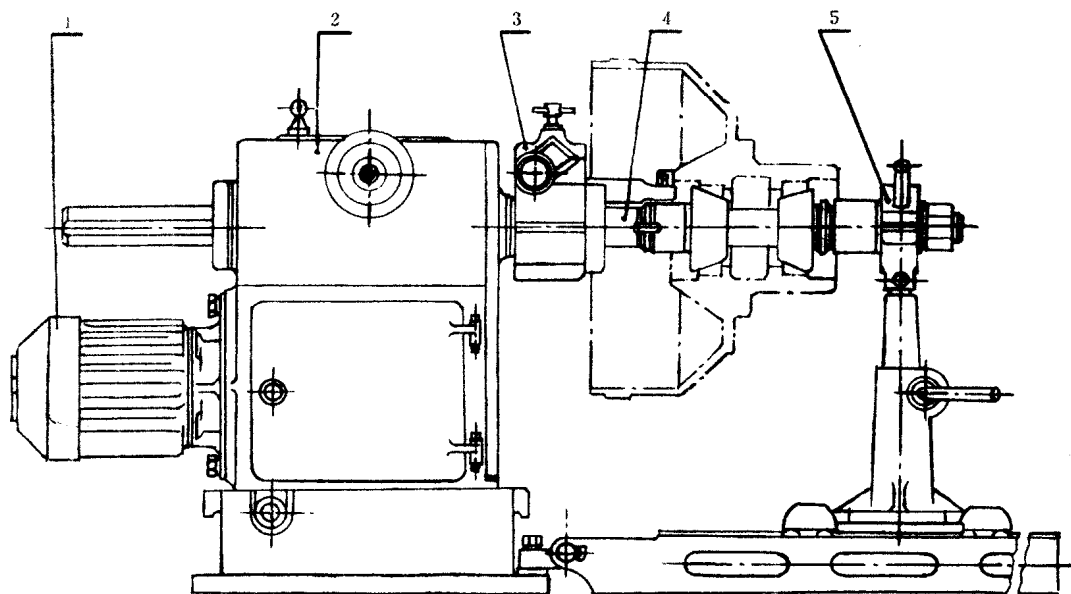


图 1-2

组成机械的各个人为的实体，叫做构件。构件可能是单一的零件，也可能是几个零件组成的刚性结构。在机械中，构件是运动的单元，零件是制造的单元。

机械中的零件可以分为两类：一类叫做通用零件，系指在各种机械中经常遇到的零件，如螺钉、齿轮、轴、键等。另一类叫做专用零件，系指只能在某些特殊机械中才能遇到的零件，如内燃机中的曲轴和活塞，汽轮机中的叶片等。

《机械设计原理》课程是高等工业学校的一门技术基础课程。本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、设计原理和设计方法，并扼要介绍有关规范和国家标准以及某些零件的选用原则。此外，根据专业需要，本课程还要简单介绍气液传动、公差配合和起重机械零件的基本知识。

通过本课程的学习和设计实践，培养学生初步具备借助手册设计简单机械的能力，获得使用机械设备、分析设备事故和从事技术革新所需要的基本知识。

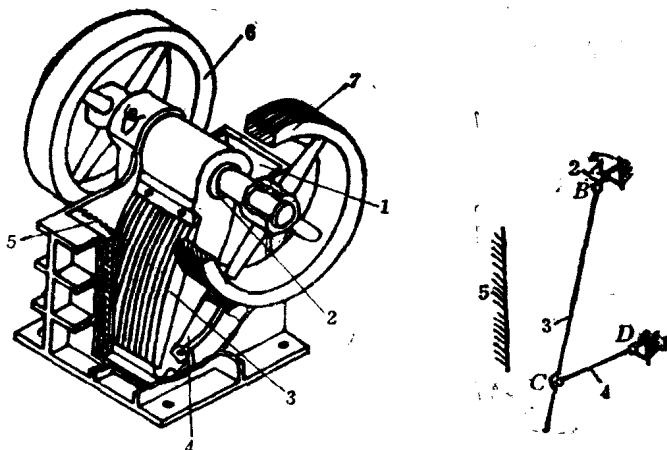


图 1-3

§1-3 机械设计的基本要求

设计任何机械都必须满足技术和使用两方面要求。机械的种类繁多，功能各异，但设计的基本要求却往往相同，主要有以下几个方面：

- 一、使用要求：所设计的机械必须能实现预期的运动规律和承受预定的载荷。
- 二、可靠性要求：在预定的使用期限内，所设计的机械应具有足够的可靠性。即在使用中不发生破坏，不因个别零件的失效（允许定期更换零件）而影响机械的正常运行，不因机械自身产生的振动而影响工作质量。
- 三、经济性要求：所设计的机械应具有造价低、效率高、维修费用低、消耗能源少等特点。
- 四、操作安全方便要求：在设计机械时，必须确保操作人员的安全，并力求改善劳动条件和降低劳动强度。
- 五、其他特殊要求：不同机械往往有不同的特殊要求。例如，机床应长期保持其精度不变；再如，经常变更使用地点的机械（塔式起重机、钻探机、移动式打夯机等）应便于拆装和运输；食品、医药、印刷和纺织机械应保持外部清洁，不污染产品。

上述要求可以简单概括为重量轻、体积小、质量好、效率高、成本低、使用安全和操作维修方便。

为了使所设计的机械满足上述各项要求，尤其是满足可靠性要求，在设计机械零件时必须根据它们在机械整体中的作用，分别提出相应的要求。例如：工作能力（强度、刚度、振动、稳定性、耐热性、耐磨性）、加工工艺、机械损失、制造成本、零件重量以及运输方法等。

§1-4 机械设计的指导思想和一般步骤

机械设计应该在正确的设计思想指导下进行，而正确的设计思想只能从不断地努力学习

和生产实践中获得。实践是检验真理的唯一标准。事实证明，辩证唯物主义思想是机械设计的唯一正确的指导思想。有了正确的设计思想，才能在设计工作中把敢于创新的革命精神与严谨的科学态度紧密地结合起来，把虚心学习国外先进经验与我国国情紧密地结合起来。坚持实事求是、一切从实际出发、理论联系实际的原则，积极发展我国的科学技术，为早日实现祖国的四个现代化而奋勇前进。

机械设计的一般步骤如下：

一、根据机械的工作要求，调查现有产品，查阅技术资料，经分析比较后确定机械的工作原理和拟定总体设计方案。

二、设计机构运动简图和绘制机械传动示意图，通过运动分析，动力分析、强度计算和刚度计算确定有关技术参数。

三、拟定各部分结构，绘制总装配图、各部件装配图、零件图，编写技术说明书。

上述步骤是相互联系、有机结合的，往往是边设计、边修改，多次反复直至符合要求。必要时，还应在符合要求的各个设计方案中选择最佳者。设计人员要注意在机械制造、装配、调试和鉴定过程中出现的问题，如有必要应随时修改图纸，或机械制成并试用后进一步修改图纸，使设计臻于完善。

第二章 金属材料及热处理

金属材料的品种很多，工程上常用的金属材料有钢、铁、有色金属及其合金等。各种材料的成分不同，性能各异，特别是热处理以后，性能变化很大。金属材料的性能主要指使用性能（材料的物理、化学和机械性能）和加工工艺性能（铸造性能、压力加工性能、焊接性能、热处理性能、切削加工性能等）。

§2-1 金属材料的机械性能

金属材料的机械性能是指金属材料在外力的作用下抵抗变形或破坏的能力。衡量金属材料机械性能的指标有弹性、刚性、塑性、强度、硬度、韧性、抗疲劳性和蠕变性等。这些性能一般是通过将金属材料制成一定规格的试样，在拉伸试验机上进行拉伸而获得。试样在试验过程中应力 σ 与应变 ϵ 之间的关系如图2-1所示。

一、弹性与刚性 材料在外力作用下产生变形，当外力去除后能恢复原状的能力称为弹性。材料在弹性范围内，应力 σ 与应变 ϵ 成正比。即 $\sigma = E\epsilon$ 。

衡量弹性大小的指标是弹性极限 σ_e 。（见表2-1）。

金属材料受力时抵抗弹性变形的能力称为刚性。衡量材料刚性的指标是弹性模数（ E ）。

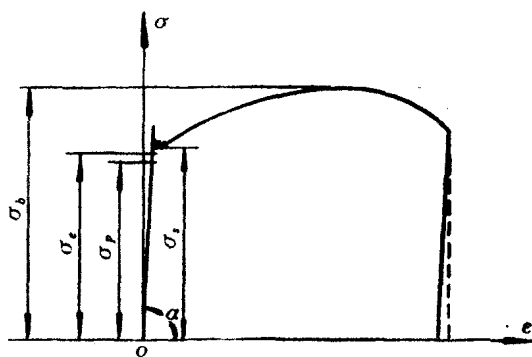


图 2-1

二、塑性 金属材料在外力作用下，产生不致破坏的永久变形的能力称为塑性。衡量塑性好坏的指标是延伸率 δ 和断面收缩率 ψ （见表2-1）。延伸率与断面收缩率愈大，则材料的塑性愈好。工程上通常按延伸率大小把材料分成两大类： $\delta > 5\%$ 的材料称为塑性材料，如钢、铜和铝等； $\delta < 5\%$ 的材料称为脆性材料，如铸铁、玻璃和陶瓷等。

三、强度 材料在外力作用下，抵抗明显的塑性变形或破坏的最大能力称为强度。由于材料所受的外力有拉力、压力、弯曲力、剪切力和扭转力等，故与之相应的强度就有抗拉强度、抗压强度、抗弯强度……。

衡量金属材料强度的指标有两种，一种是屈服强度极限 σ_s ，另一种是强度极限 σ_b 。（见表2-1）。

四、硬度 金属材料抵抗被压陷的能力称为硬度。硬度反映了材料局部塑性变形的能力，按测定硬度值方法不同将硬度分为布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度三种（见表2-1）。

各种不同硬度值之间的对照关系可参见《机械零件设计手册》。需经热处理的零件，在其零件工作图中都应注有零件的硬度要求。

金属材料机械性能代号及其名词解释

表2-1

代 号	名 称	单 位	解 释
σ_s	弹性极限	MPa	材料能保持弹性变形的最大应力。真实的弹性极限难以测定, 实际规定用永久变形为原长的0.005%时的应力值表示
δ δ_5 δ_{10}	伸 长 率 (延伸率)	%	材料试样被拉断后, 标距长度的增加量与原标距长度的百分比 试样的标距长度等于5倍直径时的伸长率 试样的标距长度等于10倍直径时的伸长率
ψ	断面收缩率	%	材料试样在拉断后, 其断裂处横截面积的缩减量与原横截面积的百分比
σ_s	屈 服 点	MPa	材料试样在拉伸过程中, 负荷不增加或开始有所下降, 而变形继续发生的最小应力
σ_b σ_{bs} σ_{bb}	抗拉强度 抗压强度 抗弯强度	MPa	材料试样受拉力时, 在拉断前所承受的最大应力 材料试样受压力时, 在压坏前所承受的最大应力 材料试样受弯曲时, 在破坏前所承受的最大应力
HB	布氏硬度	MPa	用规定直径(10、5、2.5mm)的淬硬钢球压入试样表面, 并在规定的载荷作用下保持一定时间, 以其压痕面积除载荷所得值。 $HB = \frac{P}{F}, F = \frac{\pi D^2}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})$ 式中D表示钢球直径, d表示压痕表面处直径。 它用于测定硬度小于HB450的试件
HRA HRB HRC	洛氏硬度		利用顶角为120°金刚石圆锥(或直径为1.5875mm淬硬钢球)在一定压力下压入试样表面, 然后根据压痕深度来衡量材料的硬度。洛氏硬度又根据压印器和负荷不同分为HRA、HRB、HRC三种。常用HRC检验调质钢、淬火钢等较硬金属。它用于测量HB较大的试件
HV	维氏硬度	MPa	用夹角 α 为136°的金刚石四角锥体压入试样, 以单位压痕面积所受载荷表示材料的硬度
α_k	冲 击 值 (冲击韧性)	J/cm ²	试样受冲击负荷折断时, 试样刻槽处单位横截面上所消耗的冲击功
σ_{-1}	疲劳极限	MPa	材料试样在对称弯曲应力作用下, 经受一定的应力循环次数N而仍不发生断裂时所能承受的最大应力。对钢常采用 $N = 10^7$ 为基数, 对有色金属采用 $N = 10^8$ 为基数来确定其疲劳极限
$\sigma_1/10^4$ $\sigma_1/10^5$ $\sigma_{0.1}/200$	蠕变极限	MPa	在一定的温度和恒定载荷作用下, 材料在规定时间内蠕变变形量或蠕变速度不超过某一规定值的最大应力。 $\sigma_1/10^4$ 表示在10000小时产生1%变形量时的应力

五、韧性 金属材料在冲击负荷的作用下, 抵抗破坏的能力称为韧性。衡量韧性的指标是冲击值 α_k (见表2-1)。

六、疲劳破坏和疲劳极限 金属材料在长期反复、交变载荷的作用下发生破坏的现象称为疲劳破坏。衡量疲劳破坏的指标是疲劳极限 σ_{-1} (见表2-1)。

七、蠕变和蠕变强度极限 金属和合金在高温下长期工作时, 负荷小于 σ_s 而仍产生缓慢塑性变形的现象称为蠕变。衡量蠕变的指标是蠕变极限 (见表2-1)。

金属材料各种机械性能的名称、代表符号和含义见表2-1。

§2-2 黑色金属的分类、特点及应用

黑色金属按含碳量多少分为铸铁和钢两大类。

一、钢

(一)钢的分类

钢的分类方法很多,按化学成分分为碳钢和合金钢;按质量分为普通钢、优质钢和高级优质钢;按用途分为结构钢、工具钢和特殊用途钢等。

(二)常用碳钢的特点、编号和应用

钢的品种很多,为了在生产、加工和使用过程中不致造成混乱,将各种钢材加以命名和编号。

1.普通碳钢 这种钢又分成甲类钢(A类钢)、乙类钢(B类钢)和特类钢(C类钢)三类。

(1)甲类钢 只保证钢的机械性能,而不保证化学成分。因此一般不需进行热处理就可使用。其钢号以“甲”或“A”字加上阿拉伯顺序数字表示,如A1、A2、…、A7。数字愈大的甲类钢,机械性能愈好,但延伸率却愈小。这类钢材主要用以轧制薄板、型钢、钢筋等,用作桥梁建筑、钢结构和制作普通螺钉。

(2)乙类钢 这类钢只保证化学成分,不保证机械性能,使用前可通过适当的热处理以提高材料的强度和硬度。其钢号以“乙”(或“B”)字加上阿拉伯顺序数字表示,共分1~7级,即B1、B2、…、B7。数字愈大的含碳量愈高。乙类钢的性能和用途与数字对应的甲类钢相同。

(3)特类钢 这类钢根据用户提出的要求供应,既保证化学成分又保证机械性能。其钢号以“C”后加阿拉伯数字表示,如C3、C5等。这类钢应用不多。一般常被优质碳素钢代替。

2.优质碳素结构钢 优质碳素结构钢与普通碳素钢的区别在于必须确保钢的化学成分和机械性能。含杂质硫(S)、磷(P)量较少,塑性和韧性较好。

根据钢中含锰量不同,优质碳素结构钢又分为普通含锰量钢和较高含锰量钢两类。

(1)普通含锰量的优质碳素结构钢含锰量在0.35~0.80%之间。

这类钢的钢号用两位数字表示。这两位数字为钢的平均含碳量的万分数。例如“45”代表平均含碳量为0.45%的优质碳素结构钢。

普通含锰量的优质碳素结构钢应用最广,其钢号从10、15、25、…、65。其中25以下为低碳钢,用作冲压、焊接、渗碳零件。30~45为中碳钢,用于要求机械性能高的经调质后使用的结构零件,如轴、螺栓、齿轮等。含碳量大于0.5%的为高碳钢,具有较高的强度和弹性,多用来制作高强度的轴类和弹簧等。

(2)较高含锰量的优质碳素结构钢,含锰量在0.7~1.2%之间。这类钢虽含锰量较高,但其中的锰是在冶炼时残留下来的,不是作为合金元素加入的,故不将其作为锰钢。

此类钢的表示方法是在表示含碳量两位数字后面加“Mn”,如30Mn、65Mn等。它的使用情况同上。

3.碳素工具钢 这类钢的表示法是在汉语拼音字母“T”的后面加数字来表示。若为高级优质碳素工具钢,则在钢号末尾加“A”字,如T12A。

这类钢用以制作各种量具、刀具、模具等。

(三)合金钢的特点及应用

为了提高钢的机械性能、工艺性能或物理化学性能，有意识地在钢中加入一些合金元素，这种钢称为合金钢。

在合金钢中经常加入的合金元素有锰(Mn)、硅(Si)、铬(Cr)、镍(Ni)、钼(Mo)、钨(W)、钒(V)、钛(Ti)、铌(Nb)、锆(Zr)和稀土元素等。合金元素在钢中的作用是非常复杂的，各种合金元素对钢性能的影响可参见“金属材料及热处理”一书。

合金钢的种类较多。按含合金元素量的多少分为：低合金钢(含合金元素总量 $<2.5\%$)；中合金钢(含合金元素总量为 $2.5\sim 10\%$)；高合金钢(含合金元素总量 $>10\%$)。按用途分为：合金结构钢、合金工具钢和特殊性能钢。

1.合金结构钢 合金结构钢具有高的强度和硬度，耐腐蚀性和耐磨性，高的淬透性以及良好的工艺性等，故用以制造承受较大载荷的机器结构和零件。

2.合金工具钢 工具钢的含碳量一般较高，在 $0.65\sim 1.5\%$ 的范围内。主要合金元素有Cr、Mn、W、Mo、V和Si等。按用途分为刃具钢、模具钢和量具钢三类。

工具钢应视制做工具的不同要求而有着不同的化学成分和机械性能，但对工具钢的总体来说，一般要求有高的硬度和耐磨性，良好的淬透性、热硬性以及足够的韧性及较小的变形等。

3.特殊性能钢 特殊性能钢是指不锈钢、耐热钢和耐磨钢等一些具有特殊化学物理性能的钢。

(1)不锈钢 不锈钢是指具有抵抗空气、水、酸、碱和盐类等介质腐蚀能力的钢。常用的不锈钢有铬不锈钢和镍铬不锈钢。镍铬不锈钢的强度、硬度均较低，无磁性，其塑性、韧性及耐蚀性优于铬不锈钢，但切削加工性能较差。常用来作抗蚀容器、管道、抗磁仪表和医疗器械等。

(2)耐热钢 耐热钢是指在高温下不发生氧化，并具有较高机械抗力的钢。

这类钢用于制造高温下工作的零件，如汽车发动机的排气阀，燃气轮机的燃烧室、转子、叶片及高温下工作的螺栓和弹簧等。

(8)耐磨钢 耐磨钢是指具有较高抗磨损能力的钢。常见的耐磨钢主要是高锰钢，如Mn13等。

高锰钢广泛用于制做既耐磨损又耐冲击的零件，如挖掘机的铲齿，破碎机的齿板，挖掘机、拖拉机和坦克等的履带板、主动轮、从动轮以及铁道道叉等。

二、铸 铁

含碳量大于 2.06% 的铁碳合金称为铸铁。工业上常用铸铁成分范围是： $2.5\sim 4.0\%C$ ， $1.0\sim 3.0\%Si$ ， $0.5\sim 1.4\%Mn$ ， $0.01\sim 0.50\%P$ ， $0.02\sim 0.20\%S$ 以及少量的合金元素。铸铁和钢的主要区别是碳和硅的含量较高，杂质元素硫和磷等较多。

(一)铸铁分类

根据铸铁在结晶过程中的石墨化程度不同分为灰口铸铁、白口铸铁、麻口铸铁三类。其中石墨是指呈游离状态的碳，而石墨化是指铸铁组织中碳以石墨形式析出的过程。

根据铸铁中石墨结晶状态的不同铸铁又分为灰口铸铁、可锻铸铁和球墨铸铁三类。

(二)铸铁的特点、编号及应用