

957755

机械基础与建筑机械

JIXIE JICHU YU JIANZHU JIXIE

主编

王慰椿



东南大学出版社

高等学校试用教材

机械基础与建筑机械

(工业与民用建筑专业用)

主 编 王慰椿

副主编 张家聪 赵中燕

东南大学出版社

内 容 提 要

全书共分两篇二十章。第一篇机械基础, 主要介绍机械制造中常用的材料, 常用机构的组成及工作原理, 各种通用零件、机械传动的简单设计计算方法及液压传动等机械基础知识; 第二篇建筑机械, 主要介绍在建筑施工中常用建筑机械的类型、特点、基本构造、工作原理以及使用 and 选择等知识。

本书可作为高等学校工业与民用建筑专业或土建类其它相近专业本科或专科的教材, 也可供有关专业技术人员或成人高等学校学生作参考书。

责任编辑 张新建

东南大学 南京建筑工程学院 安徽建筑工业学院 东北林业大学 合编
西北建筑工程学院 四川工业学院 江汉石油学院

机械基础与建筑机械

王慰椿 主编

东南大学出版社出版

南京四牌楼2号

江苏省新华书店发行 阜宁印刷厂印刷

开本787×1092毫米1/16 印张19.5 字数511千字

1989年5月第1版 1990年3月第2次印刷

印数: 8001—11000册

ISBN7-81023-133-2

TH·3 定价: 5.75元

前 言

本书是根据1982年建设部制定的工业与民用建筑专业《机械零件与建筑机械》教学大纲的要求,并结合参编各院校多年来的教学实践而编写的。

在编写时,充分考虑了土建专业学习机械课程的特殊要求,除阐述某些基本理论和必要的计算外,删去了繁琐的公式推导和一些不必要的内容,力求少而精,并尽量结合专业实例,以利于更好地联系实际。

与1982年《大纲》的要求相比,本书编写时在内容上作了相应的调整:

删去了有关识图、公差与配合等内容;考虑到建筑施工中的实际需要,补充了有关“螺旋连接与螺旋传动”的内容;由于目前“液压传动”已成为建筑机械中广泛采用的传动方式,为使学生更好地掌握这方面知识,编写时加强了“液压传动”的内容;内燃机和工程机械底盘是各种建筑机械的共同性问题,故把内燃机和工程机械底盘专门在第十二章叙述;近年来建筑机械发展很快,各种新型建筑机械不断涌现,老产品相继被淘汰。为适应当前建筑机械的发展水平,本书在编写时尽可能地介绍新技术、新标准和新机型。选择有代表性的、较先进的近代建筑机械,如自升塔式起重机、液压挖掘机、强制式混凝土搅拌机等作典型介绍,对某些目前仍然应用很广泛的陈旧传统产品只作简单说明。

参加本书编写工作的有:东南大学王慰椿(绪论、第十四章)、南京建筑工程学院赵中燕(第五章、第六章)和潘经春(第四章、第七章)、安徽建筑工业学院张家聪(第八章、第九章、第十章、第十一章)、西北建筑工程学院殷桂林(第十二章第二节及第三节、第十五章)、郭树平(第十三章、第十六章)和何斌(第十八章)、四川工业学院陶学明(第三章、第二十章)、江汉石油学院胡盛祥(第一章、第二章)、东北林业大学金光裕(第十二章第一节、第十七章、第十九章)等。

本书由王慰椿任主编,张家聪、赵中燕任副主编。

全书由国家教委机械零件课程教学指导小组成员、西北工业大学濮良贵教授、机械电子部工程机械课程教学指导小组成员、西安公路学院孙树仁教授、淮南矿业学院陶昇元教授及吉林建筑工程学院郑贵臣副教授主审。

由于时间仓促,水平有限,书中难免出现错误和缺点,热忱希望读者批评指正。

编者1988年4月

目 录

绪论	(1)
----------	-------

第一篇 机 械 基 础

第一章 常用金属材料及热处理简介	(6)
第一节 金属材料的机械性能	(6)
第二节 常用金属材料	(7)
第三节 热处理简介	(12)
第四节 材料的选择	(14)
第二章 常用机构	(15)
第一节 运动副及机构运动简图	(15)
第二节 平面四杆机构	(16)
第三节 凸轮机构	(20)
第四节 间歇运动机构	(24)
第三章 螺纹联接与螺旋传动	(26)
第一节 螺纹	(26)
第二节 螺纹联接	(30)
第三节 螺旋传动	(33)
第四章 带传动与链传动	(34)
第一节 带传动	(34)
第二节 链传动	(48)
第五章 齿轮传动	(56)
第一节 概述	(56)
第二节 渐开线	(56)
第三节 直齿圆柱齿轮主要参数及几何尺寸计算	(60)
第四节 渐开线齿轮的啮合传动	(63)
第五节 渐开线齿廓的切削加工	(64)
第六节 齿轮的失效	(66)
第七节 齿轮的材料	(68)
第八节 直齿圆柱齿轮的强度计算	(69)
第九节 斜齿圆柱齿轮传动	(80)
第十节 圆锥齿轮传动	(86)
第十一节 齿轮的结构	(88)
第六章 蜗杆传动	(91)
第一节 概述	(91)
第二节 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	(92)
第三节 蜗杆传动的强度计算	(95)
第四节 蜗杆、蜗轮的材料选择和结构	(97)
第五节 蜗杆传动效率和润滑	(98)
第七章 轮系与减速器	(100)

第一节	轮系	(100)
第二节	减速器	(105)
第八章	轴及轴毂联接	(109)
第一节	概述	(109)
第二节	轴的结构设计	(110)
第三节	轴的设计计算	(112)
第四节	轴毂联接	(115)
第九章	轴承	(118)
第一节	轴承的功用与分类	(118)
第二节	滑动轴承	(118)
第三节	滚动轴承的结构和代号	(124)
第四节	滚动轴承类型的选择	(127)
第五节	滚动轴承尺寸的选择计算	(127)
第六节	滚动轴承的组合设计	(134)
第七节	滚动轴承的润滑与密封	(136)
第十章	联轴器与离合器	(138)
第一节	概述	(138)
第二节	联轴器	(138)
第三节	离合器	(141)
第十一章	液压传动	(144)
第一节	概述	(144)
第二节	油泵和油马达	(150)
第三节	油缸	(156)
第四节	控制阀	(163)
第五节	液压辅助装置	(169)
第六节	基本回路和液压系统实例	(172)

第二篇 建筑机械

第十二章	内燃机与工程机械底盘	(176)
第一节	内燃机的一般构造与工作原理	(176)
第二节	工程机械行驶的基本原理	(181)
第三节	工程机械底盘的基本构造	(185)
第十三章	挖掘机械	(190)
第一节	单斗机械挖掘机	(190)
第二节	单斗液压挖掘机	(194)
第三节	轮斗式挖掘机	(201)
第十四章	起重机械	(203)
第一节	概述	(203)
第二节	起重零、部件	(206)
第三节	起重机械的工作机构	(217)
第四节	简单起重装置	(223)
第五节	自行式动臂起重机	(232)
第六节	塔式起重机	(235)

第七节	起重机的稳定性	(246)
第八节	起重机的选用	(246)
第十五章	铲土运输机械	(247)
第一节	装载机	(247)
第二节	推土机	(254)
第三节	铲运机	(257)
第四节	平地机	(259)
第十六章	桩工机械	(260)
第一节	概述	(260)
第二节	预制桩施工桩工机械	(261)
第三节	灌注桩成孔机械	(265)
第十七章	钢筋机械	(268)
第一节	钢筋冷拔机械	(268)
第二节	钢筋调直机	(269)
第三节	钢筋弯曲机	(270)
第四节	钢筋切断机	(272)
第五节	钢筋焊接机械	(273)
第十八章	混凝土机械	(275)
第一节	混凝土搅拌机	(275)
第二节	混凝土搅拌输送车与混凝土泵	(280)
第三节	混凝土成形机械	(283)
第四节	混凝土喷射机	(283)
第十九章	压实机械	(289)
第一节	蛙式打夯机	(289)
第二节	静力式压路机	(290)
第三节	振动压路机	(293)
第二十章	升板滑模装置	(295)
第一节	升板法施工装置	(295)
第二节	滑升模板施工装置	(298)
主要参考文献		(303)

绪 论

一、课程设置目的

机械是人类进行生产斗争的重要武器，是用来减轻体力劳动和提高生产力的工具，也是衡量社会生产发展的重要标志。在古代，人们就知道用杠杆或绞盘等简单的省力工具去从事生产劳动；18世纪中叶，随着蒸气机的发明，各种机械相继产生。机械工业的不断发展，促进了有关机械研究理论相应地发展和完善，而机械研究理论的发展和完善又反过来促进机械工业不断向前发展。目前，机械学科已达到了相当的水平，机械工业已成为国民经济的重要部门。

建筑行业在世界各国都是一种不可缺少的大行业，它在国民经济中举足轻重。要多快好省地完成建筑施工任务，必须努力使施工过程达到基本机械化和完全机械化。所谓施工机械化是指在整个施工过程中，使用机械来代替手工劳动以节省人力、减轻劳动强度；同时，利用机械扩大施工范围、加快建设速度、提高施工质量、降低材料消耗和成本等。世界上工业发达国家的施工速度较快，如美国建设一座130万kW的火电厂只用四年时间，日本建设一座240万kW的火电厂也只用四年半，苏联建造一栋9000m²的九层大楼仅化一个月时间。而我国的施工速度一般都比较慢，其主要原因之一就是机械化程度不高。因此，施工机械化是加快施工速度的根本出路。

为了实现施工机械化，在现代建筑工地上，广泛地应用各种建筑机械和设备。每一个从事设计和施工的工程技术人员必须掌握建筑机械的主要工作原理和常用建筑机械的基本性能及特点，能正确地选择建筑机械，并能对它们进行科学的管理和合理地使用，充分发挥它们的作用，这就是本课程的设置目的。

二、课程基本内容

工业与民用建筑专业学习机械的目的不是去设计和制造机械设备，仅仅是使用和管理这些机械设备，因此不必要（也不可能）全面掌握机械领域的一切知识，而只要求了解各种常用建筑机械的基本构造、工作原理、性能特点和使用情况等。根据这个要求，本课程内容包

括以下两大部分：

（一）机械基础知识

主要介绍机械的基本概念；机械制造中常用材料的特性及选用方法；常用机构及通用零部件的一般计算和选择；液压传动基本概念等，为学习建筑机械奠定基础。

（二）常用建筑机械

主要介绍建筑施工中最常用的各种建筑机械和设备的类型、性能、基本构造、使用方法及选型要求等。

三、机械的基本概念

（一）机器、机构与机械

什么是机械？机器和机械有何不同？这是每个初学者都会提出的问题，下面举例说明。

图0-1所示为建筑工地上常用的电动摩擦式卷扬机，它由电动机1、卷筒2、摩擦离合器3及传动

机构（带传动和齿轮传动）和制动器、棘轮停止器等操纵机构等组成，这就是一台机器。当卷扬机工作时，电动机接通电源后，把电能转变为机械能（使转子转动）。再通过传动机构把电动机的转动和动力传递给卷筒，使卷筒按一定的速度和方向转动，从而使卷筒上的钢丝绳绕进或放出，以完成起重或牵引工作。由卷扬机的工作原理可知，机器具有下面三个基本特征：（1）任何机器都是由许多人工制造的实体按一定的规律组合而成（如卷扬机中的齿轮、卷筒等）；（2）各实体间都有确定的相对运动（如齿轮、卷筒等的转动）；（3）能实现能量的转换和传递（如卷扬机中的电能转变为机械能及运动的传递）。换句话说，凡符合上述特征的组合体都叫做机器。卷扬机是构造较简单的机器，汽车、推土机、起重机等是构造较为复杂的机器。

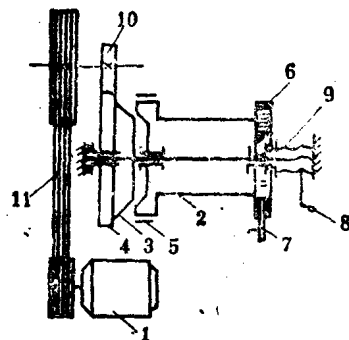


图0-1 电动摩擦式卷扬机
1—电动机；2—卷筒；8—摩擦离合器；4—大齿轮；5—带式制动器；6—棘轮；7—棘爪；8—合闸手柄；9—螺母；10—小齿轮；11—带传动

如果把机器中的动力部分（如卷扬机中的电动机）去掉，则就无法实现能量的转换，那末余下的部分就不成为机器了，我们把这部分称作机构。由此可见，机构是机器的一部分，它只具有机器的第一和第二特征，而不具备第三个特征。因此机构虽然也是具有确定相对运动的实体按一定规律组合而成的组合体，但不能实现能量转换。一台最简单的机器至少包含一个机构（如电动机），大多数机器包含许多机构（如上述卷扬机中就有几个机构）。

在机械学中，通常把机器和机构统称为机械，因此机械学研究的对象可以是整台机器，也可以是个别机构的构造和运动规律。

（二）构件和零件

1. 构件 前面谈到机构是由许多实体按一定规律组合而成的组合体，我们把机构中独立的、具有确定运动的实体称为构件。如上述卷扬机中的齿轮机构是由小齿轮10和大齿轮4两个独立的物体组合而成，大、小齿轮都有确定的相对运动规律（一定的转速和转向）。因此，大、小齿轮都是构件，齿轮机构由两个构件组合而成。由于各构件之间有确定的相对运动，所以构件是机器中运动的基本单元，整台机器的运动规律取决于各构件的基本运动规律。

2. 零件 上述卷扬机的齿轮机构中，小齿轮10和大齿轮4都是构件，但它们的构造却不一样。小齿轮10因尺寸较小，一般和轴做成一体，是单一的实体；大齿轮4却因运动的需要，和锥形摩擦离合器的摩擦盘联接在一起，空套在卷筒轴上。因此构件可以是单一的实体，也可以是几个实体的组合。我们把组成机器的最小的、不可分割的实体称作零件。因此，构件可以由一个零件组成（如小齿轮10），也可以由几个零件组合而成（如大齿轮4），所以零件是组成机器的最小制造基本单元，通常称作机械零件。由几个零件组成的独立体（如机器中常用的滚动轴承、轴承座等）常称为部件，因此一台机器（或机构）是由许多独立的零件和部件按一定的规律组合而成的。机械零件的种类很多，一般按其用途可分为专用零件和通用零件两大类。其中专用零件是指在某些机器中负有特殊使命的零、部件，如发动机中的曲轴、推土机中的铲刀以及钢丝绳、卷筒等某些起重零件，一般专用零件都由专业人员去研究，而通用零件是指任何机械中都用得着的零、部件，如联接螺栓、螺母、齿轮、轴承等。由于通用零件应用广泛，大量的零、部件均已标准化，只有少量零件（如轴等）还需专门设

计。本书将对部分常用的通用零件和专用零件的选择和计算作适当的介绍。

(三) 机器的基本构造

通过对图示卷扬机的分析可知,任何机器主要由四部分组成。

1. 动力装置 是机器中产生动力、实现能量转换的部分,如卷扬机中用电动机作为动力装置,将电能转变为机械能使卷筒旋转。也可用内燃机、液压马达等代替电动机作为动力装置,人力和畜力亦可作为动力源(如手动卷扬机),动力装置是任何机器中不可少的。

2. 传动装置 用来传递运动和动力的装置称传动装置,如卷扬机中的带传动11和由小齿轮10及大齿轮4所组成的齿轮机构可把电动机1的高速旋转变为卷筒的慢速旋转,并把电动机的动力传递给卷筒,使卷筒上的钢丝绳能实现起重或牵引工作。传动装置不但可传递运动和动力,还可以改变运动的形式(如使旋转运动变为直线运动或摆动等)和方向(正、反向转动和往复直线运动等)。实现传动的方式是多种多样的,图示卷扬机中是利用机械零件来传动的,称为机械传动,也可以用液压、气压和电气元件来实现传动,称为液、气压传动和电气传动等。机械传动构造简单,工作可靠,应用十分广泛;液压传动结构紧凑,能无级变速,具有独特的优点,是近代机械中常用的传动方式。本书中将对机械传动和液压传动基本知识作必要的介绍。

3. 工作装置 是直接完成机器主要工作的部分,如卷扬机中的卷筒、钢丝绳滑轮组及吊钩等,不同的机器有各自的工作装置。

4. 操纵控制装置 是用来操纵和控制机器按一定规律运动的设施,如卷扬机中的制动器、操纵把手等。这些装置对机器的工作性能起着决定性的作用,是任何机器都不能缺少的。

把上述四种主要机构按一定的要求装在机架上,再加上必要的联接和辅助设施,就组成了机器。

(四) 机械的主要工作参数

机械的主要工作参数,如工作装置的作用力、运动速度、功率等是表示机械工作性能的重要指标,也是设计和选择机械的主要依据。

1. 作用力 与机械的工作能力有关,不同的机械中,其工作装置作用力的计算方法是不同的。如起重机械工作装置的作用力是由起重量来确定,挖掘机械的铲斗在挖土时,其工作装置的作用力必须在不同的位置对不同种类的土壤进行大量挖掘试验后经计算来确定。

2. 工作速度 根据机械实际工作的要求来决定,它对生产率有重大影响,但由于实际工作条件的限制,对工作速度有一定的要求。如起重机的起升速度太快会引起失稳,混凝土搅拌机转速太高会使搅拌失效。因此,必须选用合适的工作速度。

3. 功率 当机械的作用力和工作速度已知时,就可用下式求出机械所需的功率(消耗能量的多少),即

$$P = \frac{Q \cdot v}{1000} (\text{kW})$$

式中 P ——功率(kW),

Q ——作用力(N),

v ——工作速度(m/s)。

4. 机械效率 上述功率是不考虑摩擦损失时的理论值,而实际上因为机械各部分在运动时必然存在摩擦损失,故实际所需的功率比理论功率大,我们把理论功率 P 和实际功率 P_0 。

之比值称机械效率，以 η 表示，即

$$\eta = \frac{P}{P_0} < 1$$

各种机械的机械效率将在有关章节中讲解。

5. 传动比与轴上的扭矩

一台机器（如卷扬机）中，各运动部分的运动要求不一定都相同，因此不同部位轴的转速和扭矩也是不同的。若轴1的转速为 n_1 ，轴2的转速为 n_2 ，我们把不同轴的转速之比值称为两轴间的传动比，用 i_{12} 表示，即

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2}$$

每根轴上所传递的扭矩可按下式计算，即

$$T = 9.55 \times 10^6 \cdot \frac{P}{n} \quad (\text{N} \cdot \text{mm})$$

式中 T ——轴上所传递的扭矩（ $\text{N} \cdot \text{mm}$ ），

P ——该轴上所传递的功率（ kW ），

n ——该轴的转速（ r/min ）。

各种工作参数的具体计算，将在有关章节中讲解。在选择和设计机械时，通常要按机械承受载荷的大小和运动的要求选择恰当的工作机构和传动类型以满足机械的使用要求；同时，为了使机械能在规定的期限内可靠地工作，在选用和设计时必须从各个机械零件的各项工作能力（如强度、刚度、耐磨性等）去衡量和计算；并且要考虑经济性和安全操作等问题，采取必要的劳动保护措施。

四、建筑机械概况

建筑机械是机械工业的一个分支，是用于各种建设工程的机械设备。建筑机械从问世到大量使用，大约有一百多年历史。19世纪末，国外先进国家首先出现了蒸气驱动的压路机、挖掘机等，直到本世纪初，内燃机和电动机才在建筑机械中采用。50年代后，随着国民经济的发展，建筑机械也迅速发展，产品不断更新换代。从60年代开始，液压传动等新技术也逐渐在建筑机械中得到应用。目前，国外技术发达的国家，建筑机械产品已达到很先进的水平。解放前，我国建筑机械十分落后，不能自行设计和制造建筑机械产品，只有少量修配厂用以维修国外进口的设备。新中国成立后，我国的建筑机械事业从无到有，从小到大不断地发展。目前，我国不仅能自行设计和制造各种建筑机械产品，而且许多产品已逐步形成了自己的标准和体系，达到国际先进水平。国产的许多机械设备不仅在国内广泛使用，而且还远销国外。

建筑机械在各国的含义不同，产品范围也有所不同。美国称作建筑机械的产品包括碎石机械、空气压缩机和自卸汽车等；日本所谓的建设机械，包括挖泥船、钻坑机、凿岩机等；苏联称为建筑和筑路机械，包括石料加工机械、水泥制品和钢筋混凝土工艺设备及机械工具等；在我国，不同历史时期和不同行业对建筑机械的内容、范围和编号方法等是不同的，因此机械产品的型号五花八门，极不统一。城乡建设和环境保护部颁发的JJ28—85标准，统一了建筑机械产品类、组、型的划分办法，把产品分为挖掘机械、起重机械、铲土运输机械、

压实机械、路面机械、桩工机械、混凝土机械、钢筋和预应力机械及装修机械等九类70组271型，并统一了建筑机械产品型号的编制方法（参见JJ29-85标准）。尽管如此，目前国内各种建筑机械产品的型号及编号方法仍然很不统一，在选用时应根据具体情况决定。

五、课程的特点和要求

根据本课程的基本内容可知，这是一门多学科的综合性课程。它既包括了建筑机械方面的专业知识，又包括了某些机械基础课程的内容，同时，就课程本身来说，它又是《建筑施工》等专业课的先修课程。在学习过程中，应理论联系实际，不但要掌握基本理论和计算方法，更重要的是在生产实践中能合理选择和正确使用各种常用建筑机械，解决实际问题。

科学技术不断发展，建筑机械水平也将不断提高。创造和使用各种先进的建筑机械，改进机械化施工的组织管理工作，努力实现施工机械化，加速祖国的四化建设，是每一个建筑工程技术人员的义务和责任。

第一篇 机械基础

第一章 常用金属材料及热处理简介

各种机械中绝大部分零件是用金属材料制成。金属材料的种类很多,其性能各不相同。金属材料基本性能包括机械性能,物理、化学性能和加工工艺性能等。其中机械性能是进行机械零件设计、选择金属材料的主要依据。

第一节 金属材料的机械性能

金属材料的机械性能是指在外力作用下材料本身表现出来的抵抗能力,它包括强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。

一、强度

强度是金属材料在外力作用下抵抗塑性变形或破坏的能力,抵抗能力愈大,强度愈高。根据外力作用方式不同,有抗拉强度、抗压强度、抗弯强度和疲劳强度等。

二、塑性

塑性是指金属材料在载荷作用下产生塑性变形而不破坏的能力。衡量塑性好坏的指标是延伸率(δ)和断面收缩率(ϕ)。一般来说塑性材料的 δ 和 ϕ 较大,而脆性材料的 δ 和 ϕ 较小。

金属材料的塑性和它的加工工艺性能有关,如低碳钢塑性好,锻、压性能也好,但铸造性能较差。其次,塑性材料还可承受一定的冲击能力。一般 δ 达5%或 ϕ 达10%即能满足绝大多数零件的塑性要求,过高的塑性是没有必要的,而且会导致强度下降等不良后果。

三、硬度

硬度是金属材料抵抗比它更硬物体压入的能力。常用的硬度指标有:布氏硬度(HBS或HBW)、洛氏硬度(HRC、H_{KL})和维氏硬度(HV)等,用以表示材料的坚硬程度。通常布氏硬度用来表示较软材料的硬度,洛氏硬度用来表示较硬材料(如淬火钢)的硬度,而维氏硬度常用来表示氮化处理后材料表面的硬度。一般来说硬度高的材料强度也比较高,材料的耐磨性也较好。

四、冲击韧性

有些金属材料在外力(拉伸或压缩)缓慢增加的情况下,显示出较高的强度,但是在冲击力的作用下,却表现出异常的脆弱性;相反,也有不少材料,它们的强度并不高,但在冲击力作用下,反而表现出很高的坚韧性。属于前者的金属如高碳钢和铸铁;属于后者的金属如软钢、纯铜等。由此看来,金属在冲击力作用下所表现的坚韧性,是金属机械性能的又一重要特性。

冲击韧性是金属材料抵抗冲击载荷作用而不破坏的能力。材料的冲击韧性用试验后测出的冲击值 α_K 表示, α_K 愈大,材料的冲击韧性愈好。

五、疲劳强度

金属材料在周期性的变载荷作用下,经过一段时间产生破坏的现象,称为疲劳。金属材料抵抗疲劳破坏的能力称之为疲劳强度。疲劳最容易发生在旋转或往复运动时受载的机械零件和部件。尽管所受的应力还低于材料的静力强度,也会因疲劳而引起断裂的,因此,为使零件在变载荷下工作安全、可靠和耐久,提高材料的疲劳强度就成为不容忽视的问题。

第二节 常用金属材料

在机械制造中常用的金属材料是钢和铁;其次是某些有色金属及其合金。此外,有些机械零件也可用非金属材料制成。

一、钢

钢和铁都是铁碳合金。一般把含碳量低于2.11%并含有少量硅、锰、硫、磷杂质的铁碳合金称为碳钢。工业上应用的碳钢含碳量一般不超过1.40%,这是因为含碳量超过此量后,钢表现出很大的硬脆性,并且锻造、切削等工艺性能也很差,失去生产和使用价值。

当碳钢在冶炼时有目的地加入一定量的合金元素后,改善了碳钢的某些性能,这类钢称为合金钢。

钢的种类很多,其分类情况见表1-1。

表1-1 钢 的 分 类	
(1) 按化学成分分类	碳素钢 - 工业纯铁 (碳含量$\leq 0.04\%$) - 低碳钢 (碳含量$\leq 0.25\%$) - 中碳钢 (碳含量$> 0.25 \sim 0.60\%$) - 高碳钢 (碳含量$> 0.60\%$) 合金钢 - 低合金钢 (合金元素总含量$\leq 5\%$) - 中合金钢 (合金元素总含量$> 5 \sim 10\%$) - 高合金钢 (合金元素总含量$> 10\%$)
(2) 按品质分类	普通钢 (磷含量$\leq 0.045\%$, 硫含量$\leq 0.055\%$ (或磷、硫含量均$\leq 0.050\%$)) 优质钢 (磷、硫含量均$\leq 0.040\%$) 高级优质钢 (磷含量$\leq 0.035\%$, 硫含量$\leq 0.030\%$)
(3) 按用途分类	建筑及工程用钢 - 普通碳素钢——主要是低碳的甲、乙、特殊钢 - 低合金高强度钢——包括部分普通低合金钢 - 钢筋钢 结构钢 - 机械制造用钢 - 调质结构钢 - 表面硬化结构钢——包括渗碳钢、渗氮钢、感应加热表面淬火用钢 - 易切结构钢 - 冷塑性成形用钢——包括冲压用钢、冷墩用钢、冷挤用钢 - 弹簧钢 - 轴承钢 工具钢 - 碳素工具钢 - 合金工具钢 - 高速工具钢 - 刃具用钢 - 量具用钢 - 模具用钢 特殊性能钢 - 专业用钢——如船舶用钢、桥梁用钢、压力容器用钢、锅炉用钢等等。 - 不锈钢 - 耐酸钢 - 耐热钢 (包括抗氧化钢和热强钢) - 电热合金 - 耐磨钢 - 低温用钢 - 电工用钢

(一) 碳素钢的牌号、性能及用途

1. 普通碳素结构钢 按不同的技术条件要求分为三类:

(1) 甲类钢 这类钢在供应时只保证机械性能, 而不保证化学成分。在其牌号前加注“A”, 其后为顺序号“A1”至“A7”共七种。随着顺序的增加钢的含碳量增加, 钢的强度也增加而塑性降低。这类钢应用很广泛, 它不再经热处理可以直接使用, 一般用作不重要的机械结构材料和建筑材料。甲类钢的机械性能及用途见表1—2。

表1-2 甲类钢的机械性能及用途

牌 号	抗拉强度 σ_b (MPa)	延伸率 δ_{10} (%)	应 用 举 例
A1	320~400	28	用作受力不大的零件, 如钢筋、地脚螺钉、钩子、垫片、拉杆、铆钉、油盘、罩盖、焊接件及冲压件等
A2	340~420	26	
A3	380~470	22	
A4	420~500	20	用作承受中等负荷零件, 如螺钉、螺栓、小轴、链轮、连杆、销子、农机零件等
A5	500~620	16	
A6	600~720	12	
A7	720以上	8	

(2) 乙类钢 这类钢在供应时只规定化学成分而不保证机械性能。其编号是在钢号前加注“B”, 其后为顺序号从“B1”至“B7”也有七种。随着顺序号的增加钢的含碳量也相应增加。这类钢和甲类钢实际上是比较接近的。在生产中主要是用甲类钢, 有时也可用乙类钢代替相应的甲类钢。

(3) 特类钢 这类钢在供应时既保证化学成分又保证机械性能。但实际上很少见到用这类钢, 因为, 如果要热处理或性能要求较高时, 就直接采用优质碳素结构钢了。

2. 优质碳素结构钢 优质碳素结构钢供应时必须同时保证钢的化学成分和机械性能。钢中含硫、磷较少, 多用于制造重要零件。根据含碳量的多少, 可分低碳钢(含碳量低于0.25%)、中碳钢(含碳量为0.25%~0.60%)和高碳钢(含碳量高于0.60%)三种。

优质碳素钢的牌号用其平均含碳量的万分之几的两位数字表示, 如20号钢表示平均含碳量为0.2%左右; 如果牌号后有“A”字的, 则表示高级优质钢(含有害杂质更少); 如果钢中含锰量较高(含锰量在0.7~1.2%), 则在牌号后加Mn, 如20Mn、40Mn等。

优质碳素结构钢一般要经过热处理后使用, 所以钢的机械性能与热处理工艺有关。这类钢的硫、磷含量较低, 与相同含碳量的普通碳素钢相比, 其塑性和韧性均较高, 常用来制造重要的机器零件。常用优质碳素钢的热处理规范、机械性能与典型用途见表1-3。

3. 碳素工具钢 碳素工具钢的钢号用钢的平均含碳量的千分之几的数字表示, 并在数字前面加注“碳”或“T”, 如T8钢表示平均含碳量为0.80%的碳素工具钢。常用的碳素工具钢有T7~T14八种, 牌号后如加有“A”或“Mn”则分别表示高级优质或含锰量较高的碳素工具钢, 如T10A、T8Mn等。这类钢主要用来制造刀具、量具和模具等。

(二) 合金结构钢

合金结构钢的编号是在钢号前用两位数字表示平均含碳量的万分之几, 合金元素用国际化学元素符号表示, 其后的数字表示该元素平均含量的百分之几。当合金元素的含量少于1.5%时, 牌号中只表明元素符号而不标其含量。如12CrNi3A表示平均含0.12%C, 含1%Cr, 含3%Ni的高级优质合金结构钢。

合金工具钢、特殊用途钢的牌号前面的数字表示平均含碳量的千分之几, 其后的合金元素符号及其含量表示方法同合金结构钢, 如9SiCr表示平均含0.9%C, 1%Si, 1%Cr的

表1-3

常用优质碳素结构钢热处理规范及机械性能

牌号	热处理工艺	机 械 性 能					工艺性能特点	典型用途
		σ_b (MPa)	$\sigma_{s.}$ (MPa)	δ (%)	ψ (%)	硬 度		
25	880℃退火或正火	≥ 460	≥ 280	≥ 23	≥ 50	$\leq 170\text{HBS}$	塑性尚可, 电焊性好, 气焊性可, 切削性合格。	受力不大的结构零件(如不淬火的螺钉、轴以及铸钢件, 渗碳或氮化零件)。
	渗碳后790℃淬火, 180℃回火	—	—	—	—	表 层 $\text{HRC} \geq 58$		
20MnA	890℃退火	500~700	—	> 19	—	—	塑性好, 焊接性好。	重要零件上的铆钉(应淬火高温回火)。
	890℃淬火, 600~620℃回火	—	(抗剪) 550~700	—	—	—		
35	850℃退火或正火	≥ 540	≥ 320	≥ 20	≥ 40	$\leq 187\text{HBS}$	可以焊接, 切削性好。	螺钉、垫圈及受力不大的结构件。
	850℃淬火, 560℃回火	—	—	—	—	HRC 22~28		
45	850℃正火	700~760	42~48	18~22	58~64	$\text{HRC} \leq 20$	切削性优良, 电弧焊接性合格, 气焊性差。	一般的受力零件, 如小轴、齿轮、销子、杆件、螺钉等。要求不高时不热处理, 要求强度、硬度时, 可热处理到所列不同状态。
	840℃淬火, 200℃回火	1550~1800	1350~1600	2~3	10~12	$\text{HRC} 48 \sim 53$		
	840℃淬火, 250℃回火	1400~1700	1250~1500	3~4	15~20	$\text{HRC} 44 \sim 49$		
	840℃淬火, 300℃回火	1300~1600	1050~1350	4~5	25~30	$\text{HRC} 40 \sim 60$		
	840℃淬火, 400℃回火	1050~1300	900~1100	6~7	40~50	$\text{HRC} 32 \sim 40$		
	840℃淬火, 450℃回火	950~1160	800~1100	6~8	45~55	$\text{HRC} 29 \sim 36$		
	840℃淬火, 500℃回火	950~1150	800~900	7~9	50~65	$\text{HRC} 26 \sim 31$		
	840℃淬火, 550℃回火	900~1000	750~850	8~12	55~65	$\text{HRC} 25 \sim 27$		
	840℃淬火, 600℃回火	800~900	650~750	12~14	60~66	$\text{HRC} 23 \sim 25$		
	840℃淬火, 650℃回火	750~850	600~700	15~16	63~67	$\text{HRC} 18 \sim 21$		
65Mn	供应状态, (热轧)	≥ 750	≥ 440	≥ 9	≥ 30	$\text{HRC} \leq 30$		弹簧及其他要求弹性的零件。
	820℃淬火, 400℃回火	1750	1580	2	4	$\text{HRC} 46$		
	820℃淬火, 500℃回火	1450	1300	4	10	$\text{HRC} 44$		
	820℃淬火, 600℃回火	1250	1120	7	16	$\text{HRC} 40$		

合金工具钢。而Cr13表示平均含0.2%C, 13%Cr的不锈钢。

合金结构钢按照用途分为普通低合金结构钢和机械制造结构钢。普通低合金结构钢又称低合金高强度钢, 它是一种低碳结构用钢, 合金元素含量较少, 但强度却比同等含碳量的碳素结构钢要高得多, 并具有良好的焊接性和耐蚀性。用它来做机械零件和结构, 在相同受载条件下可使结构重量减轻20~30%。表1-4列出了几种常用普通低合金钢的成分、性能及用途。

机械制造用结构钢大多数需要进行热处理, 根据热处理方法不同, 又可分为渗碳钢和调质钢。其它还有弹簧和轴承钢等。

合金工具钢用以制造各种工具, 如刀具、量具和模具。这类钢要求硬度比较高(多在HRC60以上), 所以含碳量一般也较高。特殊性能钢是具有特殊物理和化学性能的钢的总称, 分为不锈钢、耐热钢和耐磨钢等, 一般都含有较高的合金元素。

二、铸铁

一般把含碳量大于2.11%的铁碳合金称为铁。由于铁多用铸造的方法制成机械零件, 故又称为铸铁。铸铁具有良好的机械性能, 较好的耐磨性、消振性, 而且生产简便, 成本低廉,

表1-4

普通低合金钢的牌号、成分及用途

钢 号	化 学 成 份 (%)				钢材 厚度 (mm)	机 械 性 能			冷 弯 试 验 α —试件厚度 d —心棒直径	用 途
	C	Si	Mn	其 他		σ_b (MPa)	σ_s (MPa)	δ		
09Mn2	≤ 0.12	0.20~ 0.40	1.40~ 1.80	—	4~10	460	310	21	180°($d=2a$)	油船, 油槽, 机车车辆, 油罐, 梁柱等焊接结构
10MnSiCu	≤ 0.12	0.80~ 1.10	1.30~ 1.60	0.15~0.30Cu	≤ 16	500	350	26	180°($d=2a$)	锅炉容器, 铁路车辆, 石油井架, 油罐
16Mn	0.1~ 0.20	0.40~ 0.60	1.30~ 1.60	—	≤ 16	520	360	26	180°($d=2a$)	桥梁建筑, 汽车纵横梁, 船舶
16MnCu	0.12~ 0.20	0.30~ 0.50	1.25~ 1.50	0.20~0.35Cu	≤ 16	520	360	26	180°($d=2a$)	同16Mn
15MnTi	0.12~ 0.18	0.30~ 0.53	1.25~ 1.50	0.12~0.20Ti	≤ 25	540	400	19	180°($d=3a$)	储油罐, 高中压容器, 起重运输设备, 焊接桥梁
15MnV	0.12~ 0.18	0.30~ 0.50	1.25~ 1.50	0.04~0.14V	≤ 25	540	400	18	180°($d=3a$)	锅炉汽包, 化工容器, 造船钢板, 大型厂房结构

因此在机械制造中得到广泛应用。但是铸铁含碳量高(一般为2.5~4%),并含有较高的硫磷杂质,故铸铁的强度比钢低,韧性和塑性也很差,一般用来制造形状较复杂或工作时主要是承受压力或受到摩擦的零件。

根据碳在铸铁中存在的形式不同,铸铁可分为白口铸铁、灰口铸铁和球墨铸铁等多种。白口铸铁中的碳以化合物形式存在,其断口呈亮白色,性能硬而脆,切削加工极困难,机械制造中很少直接使用。

(一) 灰口铸铁

灰口铸铁中碳以自由状态片状石墨存在,断口为暗灰色。它具有良好的铸造性能和切削加工性能,其应用最广泛,在各种铸铁零件中灰口铸铁占80%以上。灰口铸铁的牌号、性能、用途见表1-5。

(二) 球墨铸铁

球墨铸铁是通过向一定成分的铁水中加入球化剂(镁或镁合金),使铸铁中石墨呈球状。球状石墨和片状石墨相比,它具有最小的表面积,使石墨割裂基体组织和应力集中的现象大为减轻,因此球墨铸铁的强度、塑性和韧性都较高。常用来代替钢材制造曲轴、齿轮连

表1-5

灰口铸铁的牌号、性能及用途

类别	牌 号	σ_b (MPa)	用 途 举 例
普通灰口铸铁	HT100	100	用于负荷低的零件,如盖、支架、手轮等
	HT150	150	用于中等负荷零件,如齿轮箱、底座、工作台、滑板、阀体、管路附件等
	HT200 HT250	200 250	用于较大负荷的零件,如床身、齿轮、飞轮、气缸、活塞、油缸、轴承座、泵体等
孕育铸铁	HT300 HT350	300 350	用于高弯曲应力的零件,如齿轮、凸轮、车床卡盘、压力机机身、曲轴、高压泵、滑阀壳体等