

内容全 材料新 重基础 重实用

工程机械概论

主 编 杜海若

副主编 黄松和 管会生 黄长礼

主 审 周春华

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 提 要

本书介绍了工程机械的工作原理、构造、运用及管理,内容包括土方工程机械、压实机械、通用石方工程机械、盾构机与全断面掘进机、石料破碎筛分机械、工程起重机、桥梁工程机械、混凝土机械、桩工机械、公路施工机械、铁路施工机械与养路机械,以及工程机械的运用管理和设备管理;还介绍了机械基础、内燃机及液压等内容。本书内容新颖,简明扼要,注重系统性、实用性,可作为高校土木工程类专业工程施工机械的教学用书,也可作为业务培训教材及供从事土木建筑工程机械化施工的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程机械概论 / 杜海若主编. — 成都: 西南交通大学出版社, 2004.10
ISBN 7-81057-997-5

. 工... . 杜... . 工程机械 - 概论 - 教材
. TU6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 094131 号

工 程 机 械 概 论

主 编 杜海若

*

责任编辑 王 旻

封面设计 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbsxx@swjtu.edu.cn

四川森林印务有限责任公司印刷

*

开本: 787 mm × 1092 mm 1/16 印张: 25.5

字数: 628 千字 印数: 1—3000 册

2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 7-81057-997-5/TU · 359

定价: 34.00 元

图书如有印装问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: (028) 87600562

前 言

现代化工程机械在土木建设工程中的广泛运用，对促进工程建设水平的提高、保证工程质量、降低施工成本、减轻繁重劳动起着极大的作用。工程机械的拥有量和装备率、机械技术的先进性与管理水平、机械设备的完好率和利用率，以及机械化施工水平的高低，是施工企业资质和能力的重要标志。随着国产工程机械不断的更新换代和国外先进工程机械的引进，新的机械品种不断增多，水平不断提高。了解和熟悉各种工程机械，正确掌握机械的选用方法已是高等工科院校土木、建筑专业学生和工程技术人员的重要业务知识。本书编写的目的，就是让读者了解国内常用工程机械的类型、基本工作原理、施工中应用和选用的方法。

根据土木、建筑类专业学生和工程技术人员的特点，本书包括工程机械、机械基础与工程机械管理等内容，其中以介绍工程机械为主。

工程机械基础部分包括机械材料、机械机构与零件、液压传动、内燃机及工程机械底盘。本部分涉及工程机械的一般基础。该篇首先介绍机械材料和热处理过程、常见机构、机械零件及通用机械传动；液压传动部分主要以液压元件和基本回路为主；内燃机和工程机械底盘知识与多数工程机械都有密切联系，本部分重点介绍了内燃机和底盘的基本构造、工作原理及应用保养。

典型工程机械篇分章阐述了通用土方工程机械及压实机械、通用石方工程机械、盾构机与全断面掘进机、工程起重机、桥梁工程机械、混凝土机械、桩工机械、公路施工机械、铁路线路施工机械与养路机械的主要类型、基本工作原理、适用范围、典型结构、技术特点、型号编制和主要技术规格选用方法。

由于工程机械涉及面广，类型繁多，为了便于教学，编写时力求突出重点、简明扼要，着重叙述基本概念、基本原理、性能特点和工作中选用的方法，并尽量反映国内应用较多的主流设备及新机种、新技术，介绍国外一些先进机械和技术性能。对部分机械门类，还讨论了其发展方向。

为了适应工程机械管理工作的需要，本书专列了工程机械的运用与设备管理篇，内容包括工程机械的运用管理与工程机械的设备管理。掌握工程机械的管理知识，对提高工程机械运用效率和完好率，使其发挥最佳效益，将产生直接影响。

本书由西南交通大学和中南大学联合编写，参加编写的人员有：董大伟（2.1*~2.2，第4章，5.3，5.5.1）、杜海若（第13章，14.2~14.4）、管会生（7.1，第8章）、黄长礼（第11章，第12章，第15章）、黄松和（6.2，第10章，14.1）、吴向东（第3章，5.4，5.5.2，5.6）、徐菱（第1章，2.3~2.5，第9章）、叶贤东（5.1~5.2，6.4~6.6，7.2）、钟建国（6.1，6.3，

注：为本书第二章第一节（以此类推）。

第 16 章)。本书由西南交通大学杜海若主编、中南大学周春华主审。

在本书编写过程中，得到了西南交通大学出版社的大力支持，在此表示衷心感谢。
由于编者水平有限，疏忽、错误在所难免，恳请读者批评指正。

编 者
2004 年 7 月

目 录

第一篇 工程机械基础知识

| | |
|----------------------|----|
| 第一章 材料的机械性能指标与常用工程材料 | 1 |
| 第一节 材料的主要机械性能 | 1 |
| 第二节 黑色金属材料 | 3 |
| 第三节 有色金属材料 | 9 |
| 第四节 其他工程材料 | 11 |
| 第二章 机械结构和机械零件 | 13 |
| 第一节 机械的基本概念 | 13 |
| 第二节 机械机构 | 14 |
| 第三节 机械传动与典型传动方式 | 18 |
| 第四节 常用零件及应用 | 22 |
| 第五节 典型机械传动装置 | 29 |
| 第三章 液压传动 | 31 |
| 第一节 液压传动基础知识 | 31 |
| 第二节 液压元件 | 36 |
| 第三节 液压基本回路 | 46 |
| 第四节 工程机械典型液压系统 | 50 |
| 第五节 液压系统的使用与保养 | 52 |

第二篇 内燃机与底盘系统

| | |
|-----------------|----|
| 第四章 内燃机原理与运用 | 54 |
| 第一节 内燃机的工作原理 | 54 |
| 第二节 内燃机的基本构造 | 57 |
| 第三节 内燃机的性能指标及型号 | 71 |
| 第四节 内燃机的运行材料 | 74 |
| 第五章 工程机械底盘 | 85 |
| 第一节 工程机械底盘的基本构造 | 85 |
| 第二节 传动系统的功用及组成 | 86 |

| | | |
|-----|------------|-----|
| 第三节 | 主离合器与机械变速器 | 89 |
| 第四节 | 液力机械变速系统 | 94 |
| 第五节 | 驱动桥 | 101 |
| 第六节 | 车架与行驶系统 | 112 |

第三篇 典型工程机械与应用

| | | |
|------|-------------------|-----|
| 第六章 | 土方工程机械概述 | 128 |
| 第一节 | 推土机及其运用 | 128 |
| 第二节 | 铲运机及其运用 | 139 |
| 第三节 | 单斗挖掘机及其运用 | 144 |
| 第四节 | 装载机及其运用 | 158 |
| 第五节 | 平地机及其运用 | 167 |
| 第六节 | 压实机械及其运用 | 176 |
| 第七章 | 通用石方工程机械 | 186 |
| 第一节 | 凿岩机械与配套设备 | 186 |
| 第二节 | 石料破碎和筛分机械 | 196 |
| 第八章 | 盾构机与全断面掘进机 | 204 |
| 第一节 | 盾构机与全断面掘进机概述 | 204 |
| 第二节 | 盾构机构造及工作原理 | 207 |
| 第三节 | 盾构的施工和运用 | 219 |
| 第四节 | 全断面掘进机 | 222 |
| 第五节 | 隧道施工中的机械化钻爆法与掘进机法 | 230 |
| 第九章 | 工程起重机 | 233 |
| 第一节 | 起重机械的基本参数及其确定 | 233 |
| 第二节 | 起重机械零部件及主要机构 | 235 |
| 第三节 | 典型工程起重机械结构 | 244 |
| 第十章 | 桥梁工程机械 | 253 |
| 第一节 | 概述 | 253 |
| 第二节 | 架桥机 | 256 |
| 第三节 | 造桥机 | 267 |
| 第四节 | 缆索起重机 | 270 |
| 第五节 | 跨缆起重机 | 272 |
| 第十一章 | 混凝土设备 | 276 |
| 第一节 | 混凝土拌合机械 | 276 |
| 第二节 | 混凝土输送机械 | 287 |

| | | |
|------|---------------|-----|
| 第三节 | 混凝土振捣压实机械 | 292 |
| 第十二章 | 桩工机械 | 296 |
| 第一节 | 桩工机械的功能与类型 | 296 |
| 第二节 | 预制桩施工机械 | 298 |
| 第三节 | 灌注桩机与施工法 | 309 |
| 第十三章 | 公路施工机械 | 314 |
| 第一节 | 道路工程物料拌合设备 | 314 |
| 第二节 | 沥青混合料摊铺机 | 323 |
| 第三节 | 水泥混凝土摊铺机 | 331 |
| 第四节 | 公路路面维修机械 | 336 |
| 第十四章 | 铁路线路施工机械与养路机械 | 339 |
| 第一节 | 铺轨机 | 339 |
| 第二节 | 铁路线路与机械化养路 | 351 |
| 第三节 | 几类铁路线路机械 | 353 |
| 第四节 | 两种新型线路机械 | 361 |

第四篇 工程机械的运用管理与设备管理

| | | |
|------|----------------|-----|
| 第十五章 | 工程机械的运用管理 | 364 |
| 第一节 | 工程机械的运用管理与效益 | 364 |
| 第二节 | 机械化工程的计划编制 | 366 |
| 第三节 | 机械施工组织设计 | 371 |
| 第四节 | 机械化施工进度计划 | 373 |
| 第五节 | 机械化施工流水作业法组织原理 | 378 |
| 第十六章 | 工程机械的设备管理 | 383 |
| 第一节 | 工程机械的设备管理的内容 | 383 |
| 第二节 | 设备的折旧与更新 | 385 |
| 第三节 | 工程机械的维修管理体制 | 389 |
| 参考文献 | | 399 |

第一篇 工程机械基础知识

第一章 材料的机械性能指标与常用工程材料

工程机械的机构零件、金属结构、连接件均由黑色金属、有色金属和非金属等材料加工制成，设计工程机械时，应考虑材料的机械性能和使用要求，合理选择材料。

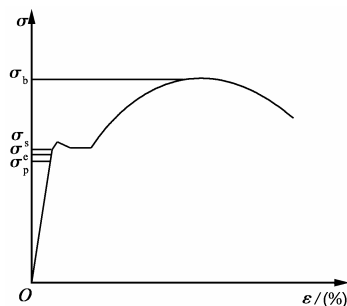
第一节 材料的主要机械性能

材料的主要机械性能指标有强度（抗拉强度、屈服强度）、塑性、韧性、硬度和可焊性。

一、强度（抗拉强度、屈服强度）

图 1.1.1 是常用碳素结构钢的应力—应变曲线图。

由图可知，当应力值小于比例极限 σ_p 时，应力与应变之间成正比例关系，其比值即为钢材的弹性模量 E 。当应力不超过弹性极限 σ_e 时， σ_s 卸载后不出现残余变形。应力在弹性极限与屈服强度之间时，开始出现塑性变形，卸载后有残余变形。当应力到达屈服点 σ_s 时，应力即使不再增加，应变却会继续增加，应力—应变曲线成水平段，称为屈服台阶。常用 Q235 钢的 $\sigma_s = 240\text{MPa}$ ，16Mn 钢的 $\sigma_s = 340\text{MPa}$ 。屈服点 σ_s 低于 460 MPa 的钢，其比例极限、弹性极限和屈服点往往很接近，实用上可不加区分。可近似地认为钢材在应力达到屈服点之前是弹性体，而在屈服点之后是塑性体。这样，可将钢材视为理想的弹塑性材料进行分析。 σ_s 是说明钢材强度的主要指标。



应变超过屈服台阶之后，钢由于应变硬化，应力—应

图 1.1.1 钢材的应力—应变图

变曲线开始上升，但应力与应变之间不再呈线性关系，而应变增加较快，最后达到曲线的最高点 σ_b ，材料出现颈缩而破坏， σ_b 称为极限强度，也是钢材的主要强度指标之一。常用 Q235 钢的 $\sigma_b = 420 \text{ MPa}$ ，16Mn 钢的 $\sigma_b = 500 \text{ MPa}$ 。

二、钢材的塑性和韧性

钢材的塑性用静力拉伸试验中的延伸率 δ 和截面收缩率 ψ 来衡量。若试件原标距为 l_0 ，拉断时总伸长量为 Δl ，则其延伸率 δ 为：

$$\delta = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\% \quad (1.1.1)$$

延伸率是说明钢材塑性的指标，延伸率大则钢的塑性好，加工容易，承载时虽出现较大变形而并不被破坏。

钢材的韧性表征材料破坏前吸收机械能量的能力。测定冲击韧性的试件带有缺口，试件各部分尺寸如图 1.1.2 所示。我国目前用带 U 形缺口的梅氏试件，国外则用却贝 V 形缺口试件，却贝试件的缺口较尖锐。试验时将试件放在试验机的支架上，让摆锤冲击没有缺口的一面。用却贝试件时，摆锤冲断试件所耗的功 ($\text{N} \cdot \text{m}$) 即为材料的冲击韧性 C_u ；用梅氏试件，则用此功除以试件缺口截面面积所得的商为钢材的冲击韧性 a_k ($\text{N} \cdot \text{m}/\text{mm}^2$)。

根据对工程机械金属结构材料所进行的研究和实验，在低温下 (-20°C 以下) 工作的工程机械金属结构材料，其冲击韧性不得低于 $30 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{mm}^2$ 。

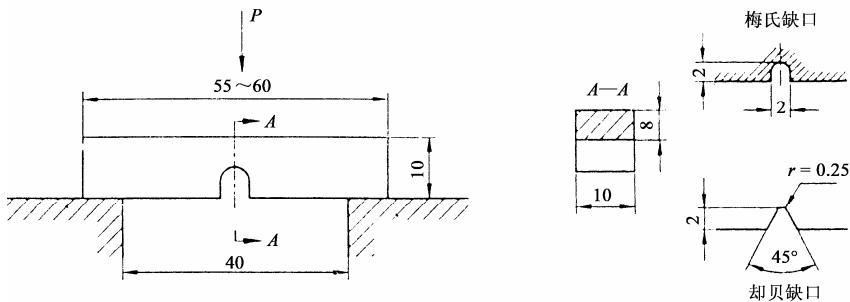


图 1.1.2 钢材的韧性试验

三、硬 度

硬度表征材料表面抵抗硬物压入或刻画的能力。硬度试验的方法很多，常用的有布氏硬度和洛氏硬度。

(一) 布氏硬度

以一定压力 F 将直径为 D 的淬硬钢球或硬质合金球压入表面，并保持一段时间 ($10 \sim 30 \text{ s}$)，在试样表面形成直径为 d 的压痕，再以压痕单位面积上承受的压力值来衡量材料的硬度。目前，人们已制定了布氏硬度试验数据表，根据 F 、 D 和 d 值，查表就能得到布氏硬度值。布氏硬度的优点是测量准确性较高。但因采用的压力较大，压痕也较大，故不宜用来测

试成品零件和较薄的试样，通常用来测试硬度较低的原材料，如退火钢和铜、铝等。

（二）洛氏硬度

洛氏硬度也是一种压入式硬度试验法，但其测量原理与布氏硬度不同，所用的压头和压力大小也不同。洛氏硬度是以压痕深度来衡量材料的硬度。

为了使一台洛氏硬度试验机能适应测试不同的材料，常把不同的压头和荷载相结合，形成几种洛氏硬度的测量标尺，常用的有 HRA、HRB 和 HRC 三种。它们的压头、荷载及适用范围见表 1.1.1。应当注意，不同标尺表示的硬度值之间无直接的可比性。例如，不能认为 65HRC 和 65HRA 表示相同的硬度，但经过查表换算成同一标尺后，就可以相互比较了。

表 1.1.1 常用洛氏硬度标尺及适用范围

| 标尺 | 压头 | 荷载 (kgf) * | 硬度值有效范围 | 适用范围 |
|-----|---------------|------------|----------|--------------|
| HRA | 120 圆锥金刚石 | 60 | 60 ~ 85 | 硬质合金、钢的表面硬化层 |
| HRB | φ 1.588 mm 钢球 | 100 | 25 ~ 100 | 退火钢、铜合金等 |
| HRC | 120 圆锥金刚石 | 150 | 20 ~ 67 | 经淬火、回火的钢片 |

洛氏硬度的优点是压痕小，测试简便迅速，特别适合在生产现场测试零件硬度，但其测量的准确性不及布氏硬度。

四、钢材的可焊性

工程机械结构大多为焊接结构，钢材的可焊性是衡量钢材焊接工艺好坏的指标。人们通常用焊缝及其相邻基本金属的抗裂性和使用性能来说明材料可焊性的优劣。

碳素结构钢的可焊性，可以粗略地用碳物质的量来表示， $n_c < 0.45\%$ 时，则认为钢材的可焊性良好。计算碳物质的量的经验公式为：

$$n_c = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{40} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14} \quad (1.1.2)$$

式中 C、Mn、Si、Cr、Ni、Mo、V —— 钢材的化学成分。

第二节 黑色金属材料

一、钢与铸铁

（一）钢及分类

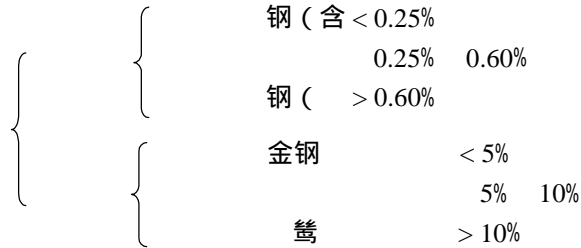
钢是含碳量在 0.021 8% ~ 2.11% 之间的铁碳合金。有些钢除了含有铁和碳这两种必备元素外，还含有其他种类的合金元素，这些钢称为合金钢。不含合金元素的钢称为碳素钢。钢

注：*kgf 为非国际单位，1 kgf = 9.806 65 N (准确值)。

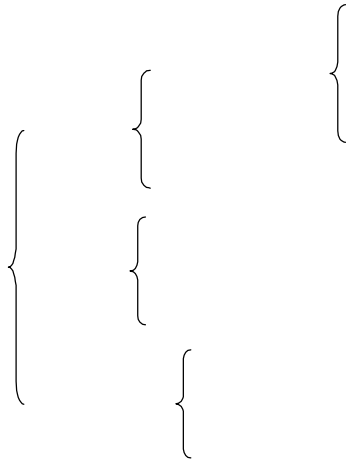
中常见的合金元素有铬 (Cr)、锰 (Mn)、硅 (Si)、镍 (Ni)、钨 (W)、钼 (Mo) 等。此外，钢中还含有少量杂质元素。杂质元素是炼钢原料中带来的，有硅、锰、硫、磷等，其中硫和磷会使钢的性能降低，因此高品质的钢都要严格限制硫和磷的含量。

钢的种类很多，为了便于使用，可以从不同角度对钢进行分类。

1. 按化学成分分类



2. 按用途分类



(二) 铸铁及分类

铸铁是含碳量大于 2.11% 的铁碳合金。在常用的铸铁中，硅也是一种重要元素。

灰口铸铁一般含有 2.8% ~ 3.8% 的碳，1.0% ~ 3.0% 的硅，组织中存在片状石墨。灰口铸铁的牌号用“灰铁”二字的汉语拼音及一组数字表示，数字代表抗拉强度的最低值。灰口铸铁的强度、塑性和韧性都较低，但有良好的铸造性、吸振性和可切削性，且成本低廉。

球墨铸铁有类似于灰口铸铁的优良特征，而且力学性能明显优于灰口铸铁，与钢接近。但铸造性能不及灰口铸铁，成本也稍高。用球墨铸铁代替钢制造曲轴、连杆等机械零件，可取得良好的效益。球墨铸铁的牌号由“QT”及两组数字组成，第一组数字代表抗拉强度的最低值，第二组代表延伸率的最低值。

(三) 工程机械中常用钢和铸铁的分类、特点和表示方法

工程机械大都以泥沙、岩石为作业对象，工作环境恶劣，在作业中承受较大的冲击荷载，因此工程机械金属结构的主要失效形式为疲劳破坏。而走行机构和工作装置的零部件，特别

是推土机的履带板链轨节、驱动轮、松土齿，挖掘机的斗齿、斗刃等，受到强烈磨料磨损，因此，工程机械用材要求具有耐疲劳性、耐磨性、耐冲击性、低温韧性、耐腐蚀性和良好的可焊性。大部分材料采用碳钢和低合金钢，经淬火、低温回火而成，特殊零件采用高级合金钢制成。铸铁件可用于发动机部件中。

工程机械的结构件采用普通碳素钢和低合金钢，其中高强度低合金钢以其高强度（尤其疲劳强度高），延伸性、耐磨性、低温韧性和可焊性良好而得到越来越广泛的应用。在节省材料，减轻自重，提高耐磨性方面起到了很好的作用。如美国卡特皮勒公司 992B 装载机铲斗选用的低合金钢，屈服强度达到 990 MPa；而日本大型推土机推土板采用的 KN360 钢板，屈服强度达到 1 460 MPa；德国采用 700 ~ 800 MPa 的高强度钢制造起重机吊臂和底架。近年来，工程机械用钢的强度逐年提高，但设计选材时要注意，在结构杆件或构件的强度、刚度和稳定性三大问题中，强度是决定因素，选用低合金钢才能达到节省材料、减轻自重的目的。国内工程机械常用钢和铸铁的分类和表示方法见表 1.2.1。

表 1.2.1 工程机械常用钢和铸铁的分类、特点和表示方法

| 产品名称 | | 牌号举例 | 牌号表示方法说明 |
|---------------------|--------|--|---|
| 碳素结构钢 (GB700—88) | | Q215-B Q235-A Q235-B Q235-C Q235-D Q255-A | <p>Q 235-A · F</p> <p>代表“屈服点”</p> <p>屈服点数值 (MPa)</p> <p>质量等级代号，共分 A、B、C、D 四等</p> <p>脱氧方法</p> <ul style="list-style-type: none"> 不标此符号表示镇静钢(Z)或特殊镇静钢(TZ) 标注 b 表示半镇静钢 标注 F 表示沸腾钢 |
| 合金钢 | 低合金结构钢 | 16Mn 15MnV | <p>数字或符号</p> <p>元素代号</p> <p>按质分量分</p> <ul style="list-style-type: none"> I级：含 P.S 0.04% 高级铸件 II级：含 P.S 0.05% 优质铸件 III级：含 P.S 0.06% 普通铸件 <p>最后标有符号“A”的钢号，表示磷和硫含量较低的高级优质钢</p> |
| | 合金结构钢 | 30CrMnSi 38CrMoAlA | |
| 铸钢 | 铸造碳钢 | ZG230-450 ZG310-570 | <p>ZG 230—450</p> <p>↓ 铸钢</p> <p>抗拉强度</p> <p>屈服极限 (MPa) (MPa)</p> <p>ZG 40—450</p> <p>↓ 铸钢</p> <p>合金锰含量 1.6% ~ 1.8%</p> <p>含碳 0.35% ~ 0.45%</p> |
| | 合金铸钢 | HT200 HT300 | |

的热处理工艺。为了获得足够快的冷却速度，淬火时通常是将钢件置于水或油中冷却。水的冷却能力比油强，因此水冷速度比油冷快。由于马氏体具有高硬度（高碳马氏体）或高强度（低碳马氏体），所以淬火是使钢强化最有效、最重要的方法之一。

钢在淬火后并非肯定能得到马氏体，因而不一定会获得明显的强化效果，这与钢的淬透性及零件截面尺寸大小有关。钢的淬透性是指在一定的冷却条件下淬火时，钢获得马氏体组织的能力。一般地说，碳素钢的淬透性较差，合金钢的淬透性优于碳素钢。淬透性差的钢必须以极快的速度冷却才能得到马氏体，而淬透性好的钢可在较缓慢的冷却速度下得到马氏体。因此碳素钢淬火多用水冷，合金钢则常采用油冷。截面尺寸大的零件散热困难，最好选用稳定性高的合金钢来制造大零件，这样有利于淬火后得到马氏体的组织。

4. 回 火

钢在淬火后强度和硬度将显著提高，但韧性往往降低很多。此外，淬火时急剧冷却将使钢产生很大的内应力，内应力可能导致零件变形甚至开裂，因此钢件在淬火后必须及时进行回火。所谓回火，就是将淬水后的钢加热到临界点以下某一温度，保温一段时间后冷却到室温的热处理工艺。回火加热时不会（也不允许）有奥氏体出现。回火的作用是使淬火马氏体发生转变，从而起到调整钢件的力学性能和消除内应力的作用。

回火温度越高，强度、硬度越低，塑性、韧性就越高。

根据回火温度的高低，回火工艺可分为以下三种：

（1）低温回火。温度为 $150^{\circ}\text{C} \sim 250^{\circ}\text{C}$ ，可减小钢件的内应力，使韧性有所改善，同时保持高的硬度和强度。低温回火适用于要求硬度高、耐磨性好的零件，如刀具、量具、冷冲模、滚动轴承等。

（2）中温回火。温度为 $350^{\circ}\text{C} \sim 500^{\circ}\text{C}$ ，可显著减小钢件淬火后的内应力，提高弹性，适用于弹簧。

（3）高温回火。温度为 $500^{\circ}\text{C} \sim 650^{\circ}\text{C}$ ，可消除内应力，使钢件获得较好的韧性和较高的强度，亦即通常所说的获得良好的综合力学性能。钢的这种淬火和高温回火的工艺又称为调质。调质处理适用于中碳钢和中碳合金钢制造的且要求具有良好综合力学性能的零件，如轴、螺栓、连杆、曲轴等。

（三）钢的表面热处理

有些机构零件如齿轮、活塞销、凸轮轴等，在工作时表面易磨损，整体又受较大的动负荷。这些零件的表面应具备高的硬度和耐磨性，心部应有足够的强度和韧性。采用普通热处理难以使钢件兼顾到这些表里不一致的性能要求，而钢的表面热处理却能解决这个问题。

1. 表面淬火

表面淬火是对钢件加速加热，在热量来不及传到心部的情况下，表面温度就升到临界温度以上，产生奥氏体组织。随即快速冷却，使表面获得马氏体组织，从而提高表面硬度和耐磨性，而钢件心部仍保持原来的组织和性能。

2. 化学热处理

钢的化学热处理，是将钢件置于某种化学介质中加热并保温，使介质中的某些化学元素渗入钢件表面，以改变表面的化学成分，从而改变表层组织和性能的热处理工艺。常用的化

学热处理工艺有渗碳、渗氮、渗硼、渗铝和渗铬等，还有同时渗入两种以上元素的二元共渗、三元共渗等。

渗碳是将钢件置于渗碳剂（富含碳元素的介质）中加热保温，再利用渗碳剂分解出活性碳原子渗入钢件表层，从而提高表层含碳量的方法。渗碳一般在 920°C 左右进行。要渗碳的零件一般用低碳钢制造，渗碳后零件表层含碳量可达 $0.8\% \sim 1.0\%$ ，但还必须淬火并低温回火，才能使钢件表面有高的硬度和耐磨性，心部有良好的综合力学性能。渗碳层厚度一般为 $0.5 \sim 2 \text{ mm}$ ，淬火后硬度可达 HRC60 左右。常用的渗碳方法有气体渗碳和固体渗碳等。

渗氮是向钢件表层渗入氮原子的工艺，又称氮化。氮气（ NH_3 ）是常用的渗氮剂，可在高温下分解出氮原子渗入钢件。钢件渗氮后不再淬火，表层便可达很高的硬度（ $> \text{HRC}70$ ），而且具有一定的抗腐蚀性，耐磨性也很高。但渗氮层很薄（ $< 0.55 \text{ mm}$ ），而且呈脆性。要渗氮的零件一般用中碳合金钢制造，渗氮之前先要进行调质处理。

三、型材及应用特点

由钢材轧制成的钢板和型钢是制造工程机械最基本的元件。钢板及型钢按其规格尺寸及截面特性列成的表格，称为型钢表。各种型钢的截面如图 1.2.2 所示。

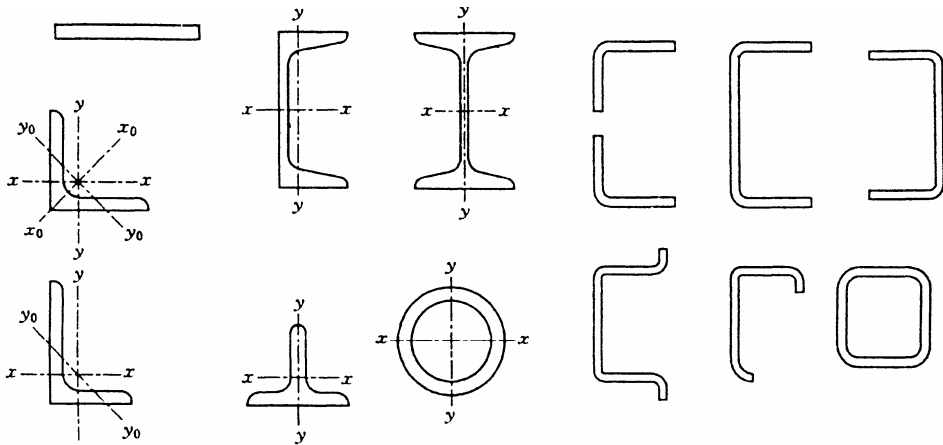


图 1.2.2 轧制和模压型钢

（一）厚钢板

按国标 GB706—88 规定，厚度为 $0.5 \sim 200 \text{ mm}$ ，宽度为 $600 \sim 3800 \text{ mm}$ ，长度为 $1.2 \sim 12 \text{ m}$ 。厚钢板由 Q215A、Q235、16Mn、15MnTi 等材料轧成。

（二）薄钢板

冷轧薄钢板应符合 GB708—88 的规定，厚度为 $0.2 \sim 5 \text{ mm}$ ，宽度为 $600 \sim 2000 \text{ mm}$ ，长度为 $6 \sim 12 \text{ m}$ 。由 Q195F、Q215F、Q215、Q235、16Mn、15MnTi 等材料轧成。薄钢板中还有一种花纹钢板（GB3277—82），厚度为 $2.5 \sim 8 \text{ mm}$ ，宽度为 $600 \sim 1800 \text{ mm}$ ，长度为 $0.6 \sim 12 \text{ m}$ 。花纹钢板由 Q195F 轧成，用作走台板和围护结构。

(三) 扁 钢

轧制扁钢符合 GB704—88 的规定,这种钢板的边缘比较平直,宽度较准确,用于金属结构时可减少制造工时。轧制扁钢的厚度为 3~60 mm,宽度为 10~200 mm,长度为 3~9 m。由 Q215、Q235、16Mn、15MnTi 等材料轧制。

钢板的表示方法为:

$$\text{钢板} \frac{\times \times \text{GB}\times\times\times}{\text{GB}\times\times\times}$$

在设计图中,“钢板”可简化用符号“—”表示。例如:厚 20 mm,宽 600 mm,长 1 000 mm 的热轧钢板可表示为—20×600×1 000 一样。

(四) 型 钢

包括等边角钢(GB9787—88)、不等边角钢(GB9788—88)、槽钢(GB707—88)、普通工字钢(GB706—88)、丁字钢和薄壁型钢。角钢多用作承受轴向力杆件和支撑杆件,槽钢和工字钢主要用于承受横向弯曲的杆件。钢管由于截面对称,截面积分布合理,是中心受压杆件的理想截面。丁字钢近年来被用作导轨箱形梁的承轨构件,大大提高了梁的承载能力,减轻了结构自重。目前国内尚不能轧制这种型钢。在设计中,角钢常用简化符号“∠”表示。如:∠100×100×10—1 000 表示边宽为 100 mm,厚为 10 mm,长为 1 000 mm 的等边角钢。槽钢的简化符号为“[”。如:[40b—2000 表示槽钢截面积为 40 b,长度为 2 000 mm 的精钢。工字钢的简化符号为“ ”。薄壁型钢不是轧制而成的,是用厚度为 2~6 mm 的薄钢板或扁钢模压或冷弯而成。它可设计成任意截面形状,是一种很有发展前途的构件截面。

第三节 有色金属材料

有色金属是指除钢铁(黑色金属)以外的其他金属。有色金属具有某些特殊的性能,所以也是工业上的重要材料。常用的有铝、铜、镁、钛及其合金。但有色金属一般价格昂贵,只有在需满足某些特殊性能要求时才采用。有色金属在中型推土机中约占 1.5%。采用轻金属制造金属结构,也是减轻结构自重的有效方法之一。国外用铝合金制造轮式起重机动臂,使起重机金属结构自重下降 40% 以上。

一、铝及铝合金

(一) 纯 铝

纯铝呈白色,密度小(2.7 g/cm³),熔点低(865°C),导电性和导热性仅次于银和铜,在大气中有良好的抗腐蚀性。

（二）铝合金

在铝中加入铜、镁、锰和硅等元素制成的铝合金，强度较纯铝有大幅度提高，成为重要的结构材料。铝合金具有容重小（ $26\,500 \sim 2\,800\text{ N/m}^3$ ），强度不比其他钢材低，低温冲击韧性好，耐腐蚀等优点，在工程机械金属结构中是一种有发展前途的材料。

铝合金的缺点是弹性模量小（ $E = 0.71 \times 10^5\text{ MPa}$ ），只有钢的 $1/3$ ，因此，用它制造的结构，其弹性变形大；线膨胀系数高， $\alpha = 22 \times 10^{-6} \sim 24 \times 10^{-6}$ ，约为钢的 2 倍，因此，温度增高时易变形；而且铝合金的可焊性较差，疲劳强度低，价格昂贵。

（三）铝合金的性能与用途

铝合金的强度虽然比纯铝高，却仍然低于钢。但由于铝合金的密度小，因此具有很高的比强度——抗拉强度与密度的比值（ σ_b / ρ ）。比强度高的材料可以制成重量轻又能承受较高负荷的零件，这对于飞行器具有重要的意义，所以铝合金是一种重要的航空结构材料，也用于工程机械金属结构中，可降低自重。铝合金还具有比一般钢材优良的抗腐蚀性。

二、铜及铜合金

（一）纯 铜

纯铜呈红色，又称紫铜，密度为 8.9 g/cm^3 ，熔点为 $1\,083^\circ\text{C}$ ，具有优良的导电性和导热性；化学性质较稳定，有一定的耐腐蚀性，塑性好（ $\delta = 40\% \sim 50\%$ ），但强度低（ $230 \sim 250\text{ MPa}$ ）。纯铜不宜用作结构材料，主要用于制造导电器材和配制各种合金。纯铜的牌号用“铜”字汉语拼音的字首“T”加顺序号表示，有 T1、T2、T3、T4 四个牌号，数字越大，纯度越低。

（二）铜合金

铜合金按照化学成分及外观色泽的特点分为黄铜、青铜和白铜三大类。机械工程上常用的是黄铜和青铜。按照成型工艺的特点，铜合金又可分为压力加工铜合金和铸造铜合金。前者有良好的塑性，一般经压力加工制成棒、板、箔、丝、管等形状供应用户；后者铸造性能好，用于铸造零件或毛坯。与其他金属材料相比较，铜合金具有良好的导电性、导热性和无磁性的特点。

1. 黄 铜

黄铜是以锌为主要合金元素的铜合金。黄铜的机械性能主要取决于含锌量，含锌量超过 40%，强度和韧性都很低，因此实用的黄铜含锌量限制在 45% 以下。黄铜的机械性能、抗腐蚀性和工艺性能都比较好并有美观的金黄色光泽，价格较纯铜和其他铜合金便宜，因此是应用较广泛的铜合金。

压力加工黄铜用“H”加数字作为牌号，数字表示铜含量。例如 H80 表示含铜量为 80%，其余 20% 为锌的黄铜。如果除锌以外还含有其他合金元素，则在牌号中标明该元素的符号及含量。

2. 青 铜

青铜泛指除黄铜（铜锌合金）和白铜（铜镍合金）以外的其他铜合金。常用的有锡青铜、