

建筑安装技工学校试用教材

安装铆工工艺学

高 崇 主 编



中国建筑工业出版社

本书系统地讲述铆工工艺及容器、罐体制作和安装的基础知识，并介绍了铆工工序和操作方法以及相应的注意要点，详细讲述了各种钢结构和贮罐的正装、倒装和大板拼装的安装工艺。

本书除作为技工学校教学用书外，还可供铆工技术培训和自学参考。

建筑安装技工学校试用教材

安装铆工工艺学

高 崇 主编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：23½ 字数：570 千字

1986年12月第一版 1986年12月第一次印刷

印数：1—7,200册 定价：2.90元

统一书号：15040·5108

前 言

为了满足技工学校教学的需要，我们委托辽宁省建筑工程局组织编写了铆工专业课教材《安装铆工工艺学》。本书作为建筑安装技工学校的补充教材，将纳入安装技工学校教学规划中。

本书由于编写时间仓促和限于编者水平，难免有这样或那样的缺点和不当处，希望在教学使用中，发现和提出宝贵意见，予以指正。

本书由辽宁省建筑工程局教育处组织，辽宁省工程质量监督站大力支持，并责成高崇主编，辽宁省建筑工程局总工程师田仁寿和辽宁省安装工程公司焊接工程师傅万新、沈阳市安装工程公司李明给予支持，中国建筑一局王守明等对全稿做了审核，使全书得以在较短时期内完成，特表谢意。

城乡建设环境保护部劳资局

1986.3.7

目 录

第一章 钢结构的基本知识	1
第一节 我国钢结构发展史概述	1
第二节 钢结构的分类及其应用	2
第三节 钢结构的生产程序	3
第二章 钢材的基本知识	5
第一节 金属材料的机械性能	5
第二节 钢的分类	10
第三节 内外因素对钢材的影响	13
第四节 钢材的工艺性能	16
第五节 钢材的种类、规格、用途和质量要求	23
第三章 钢结构识图	25
第一节 图面的基本知识	25
第二节 怎样识读三视图	27
第三节 截交线和相贯线	29
第四节 剖视、剖面的种类及其画法	30
第五节 工程图的分类	33
第六节 施工图	34
第七节 识图方法和步骤	37
第四章 钢结构下料	44
第一节 放样、下料	44
第二节 放样工具使用和检验	48
第三节 几何图形的画法和应用	52
第四节 重量计算	60
第五节 合理用料	63
第六节 下料基准	65
第五章 型钢下料计算	70
第一节 型钢以中心位置下料计算	70
第二节 型钢以重心位置下料计算	77
第三节 型钢切口及接头的处理	86
第六章 展开	92
第一节 平行线法展开	93
第二节 放射线法展开与旋转法求实长	97
第三节 三角形法展开	102
第四节 不可展曲面及展开和计算法	106
第七章 冷加工	121
第一节 冷加工的基本知识	121
第二节 剪切	122

第三节	铲边、刨边	129
第四节	钢板卷圆制作	132
第五节	型钢冷弯曲	139
第六节	冲孔、钻孔和扩孔	146
第八章	钢材和钢结构的矫正	158
第一节	矫正概念	158
第二节	机械矫正	159
第三节	手工矫正	162
第四节	火焰矫正	166
第五节	钢结构的混合矫正	169
第九章	热加工	175
第一节	热加工的基本知识	175
第二节	加热炉和烧火操作	179
第三节	型钢热弯胎具制作	182
第四节	型钢热弯	184
第五节	压延基本知识	190
第六节	椭圆封头、球形封头的压延模具制作	200
第七节	椭圆封头和球形封头的压延装置	202
第八节	各类封头压延	205
第九节	封头、球体分瓣压制	209
第十节	压延质量缺陷分析及预防措施	215
第十章	锻造基本知识	220
第一节	锻造的种类及工具使用	220
第二节	锻造工作法	222
第三节	热处理简介	225
第十一章	焊接、铆接、螺栓连接	229
第一节	焊接的基础知识	229
第二节	手工电弧焊的操作	230
第三节	手工电弧焊机的使用及维护	234
第四节	气焊	236
第五节	焊接变形的原因及防变形的措施	238
第六节	焊接质量及检验	241
第七节	铆接	242
第八节	螺栓连接	251
第十二章	钢结构拼装	259
第一节	拼装的基本知识	259
第二节	拼装机具及使用	260
第三节	钢结构拼装方法	264
第四节	钢板结构拼装	268
第五节	容器和其它板件拼装	270
第六节	型钢连接	276
第七节	型钢结构拼装	281
第八节	钢屋架拼装	284

第九节	容器试压和防腐	288
第十节	脱脂与吹洗	292
第十三章	钢结构安装	296
第一节	安装准备工作	296
第二节	安装标高	299
第三节	安装基础的验收	300
第四节	吊装机具的选择和应用	303
第五节	吊装索具和卡具	308
第六节	脚手架的搭设	314
第七节	钢结构厂房安装	317
第八节	桥式起重机安装	323
第九节	网架安装	326
第十节	金属贮油罐安装	331
第十一节	拱顶油罐充气顶升安装	340
第十二节	拱顶油罐的正装	343
第十三节	球罐组装	346
第十四节	球罐安装	350
附 表		357
附表-1	长度单位换算表	357
附表-2	面积单位换算表	357
附表-3	重量单位换算表	357
附表-4	常用面积计算公式表	357
附表-5	常用体积和表面积计算公式表	359
附表-6	型材理论重量的计算基本公式	360
附表-7	钢材断面积的计算公式表	360
附表-8	常用材料比重参考表	360
附表-9	钢材每平方米面积的理论重量表	360
附表-10	热轧圆钢、方钢及六角钢的尺寸及重量表	361
附表-11	热轧扁钢的重量表	362
附表-12-1	热轧等边角钢的规格	364
附表-12-2	热轧不等边角钢的规格	366
附表-13	热轧普通槽钢的规格	368
附表-14	热轧工字钢的尺寸及重量表	369

第一章 钢结构的基本知识

第一节 我国钢结构发展史概述

我国是世界上最早采用铁结构做为承重结构国家之一。远在公元前246年~210年的秦代，人们曾以土铁做为桥墩使用（见水经注）。

铁索结构的悬吊式桥梁在我国发展较早，多用于建造跨越深山峡谷的铁链悬桥。最早的铁链跨越悬桥是在汉明帝（公元465~472年）时代建造的（见小方壶斋与地丛钞、云南略考）。以后在明清两代又相继建造了许多的铁链跨越悬桥。这些桥梁不论是在材料的使用、结构上，艺术造型上和经济上，都达到极高的技术水准。至今保留的有：云南的元江桥、贵州的盘江桥、大渡河上的铁索桥。这些著名的桥梁不但为研究我国的钢结构发展史提供了重要的依据，而且也为中华民族的灿烂的历史文化增添了光彩。

从国外的钢结构发展情况来看，用铁建造承重结构都是从建桥开始的，但是其年代要比我国晚。英国在十八世纪才用铁作为承重结构建造了一座跨度为30米的桥梁。这座桥，不仅是在时间上比我国的铁索桥晚了许多年，而且其跨度也仅是铁索桥的三分之一。

但是到了十八世纪的末叶和十九世纪的初叶，由于“工业”革命大大地推动了钢结构技术向前发展。首先是用熟铁结构代替了生铁结构，接着发明了用铆钉作为连接方式的铆接结构，并得到了广泛的应用。从而更加促进了工业的发展。后来又发明了焊接，这样就给钢结构向前发展带来了新的生机。

我国钢结构的发展，从前面提到的例证中可以说明我国的古代就有过伟大的成就。当然也必须看到在长期封建制度、半封建半殖民地制度下，解放前的旧中国在钢结构方面的发展和提高是缓慢的。

解放以后的三十六年来，我国人民在中国共产党的领导下，随着社会主义建设事业的蓬勃开展，金属结构技术发展速度特别迅速，并在社会主义建设中发挥了重要作用。先后自行设计、建造了许多的大型工程，如人民大会堂的钢桁架、首都体育馆的悬索结构屋架、大型纯氧顶吹转炉、万吨级巨轮和举世闻名的南京长江大桥等等。这些成就不但填补了我国钢结构的空白，而且有些项目已接近和超过世界先进水平。

特别是十一届三中全会以后，实行了开放政策，根据我国的实际情况，学习了国外的先进技术经验，我国的金属结构技术又有了新的发展。近年来，又先后建设了许多规模庞大的钢结构工程，如上海化纤总厂、悬索结构的黄河大桥，尤其是具有世界先进水平的长江葛洲坝水利枢纽的建成、并投入使用，它标志着我国的钢结构制造与安装技术有了新的突破。正如一位权威人士参观葛洲坝水利枢纽之后所说：“只有掌握世界一流技术的设计人员和训练有素的钢结构制作与安装人员的密切合作，才能使蓝图上的符号，变成为人类服务的现实”。

工业安装技术是在建筑业的基础上衍生而来的，是为生产建设、国防、科研服务的新

兴的学科。一切新的科技成果都将通过它来付诸实现。工业安装企业中的钢结构制作与安装工作大都是通过铆工来完成的。因此要求每个从事铆工的工作人员，不仅要具有良好的专业技术素质，还要掌握相关学科如建筑结构学、力学、化学、焊接等方面的基础知识。

综上所述，虽然我国在钢结构方面已得到了迅速发展，并且已取得了巨大的成就，但总的来说，与世界先进国家相比，还有一定的差距，如工艺技术落后、设备笨重等。如果不尽快地解决这些问题，就很难适应四化建设的需要。这就要求我们新一代从事钢结构制作与安装的同志们，更加努力钻研技术，开拓前进，为不断提高业务技术水平，为社会主义祖国的兴旺发达，作出应有的贡献。

第二节 钢结构的分类及其应用

钢结构是金属结构的一种，这种结构不仅具有良好的工艺性能，也具有较高的可靠性和稳定性。由于它具有强度高、制作方便、成本低、用途广等优点，因此世界各国都十分重视钢结构的生产和应用。事实证明，广泛应用钢结构，对现代化的工业、农业和国民经济建设，具有重要的意义。

钢结构的分类方法很多，由于分类方法的不同，类别也不一样，在这里简介如下：

1. 按用途分类

钢结构按用途分类可分为：建筑结构、冶金设备结构、化工设备结构、机械设备结构、吊运起重设备结构和交通运输设备结构等。

2. 按所用材料分类

在工程建设中，任何一种钢结构都是由各种构件组合而成的，而制造这些构件所需的材料大体上有两大类，一种是板材，另一种是型材。那些以板材构件为主体制成的构件，称为板材结构。而用型材构件为主体制造的构件，称为型材结构。用板材和型材混合制造的结构称为混合结构。

3. 按连接方法分类

按连接方式的不同，可将钢结构分为三大类，即铆接结构、焊接结构和铆、焊、螺栓连接等混合结构。

（1）铆接结构

铆接结构是钢结构生产中最早采用的连接形式，在桥梁、厂房设备、船舶和锅炉制造方面都有广泛的应用。铆接结构是指结构的装配和铆接过程。铆接结构的应用虽然是越来越多地被焊接结构所代替，然而一些特殊钢结构还需用铆钉来连接，如震动性较大、冲击力较强的动力厂房和桥梁仍然用铆接结构。它具有变形小、强度高、便于拆卸更换、抗震等优点。与焊接比较，它的速度慢、造价高、施工烦琐。

（2）焊接结构

焊接结构由于它生产速度快，质量好，造价低，施工方便，不受其它外界条件限制等优点，所以被广泛采用。

（3）铆、焊、螺栓混合结构

铆焊混合结构是一种综合性连接方式的结构，对有特殊技术要求的结构部分采用焊接、铆接和螺栓连接，以满足特殊的技术要求，确保工程质量。

第三节 钢结构的生产程序

钢结构的生产厂属综合性的生产加工厂，由各类加工车间组成，除拥有良好加工设备、焊接设备、安全设施外，还必须配备各类专业工程技术人员和管理人员及一定素质的技术工人。

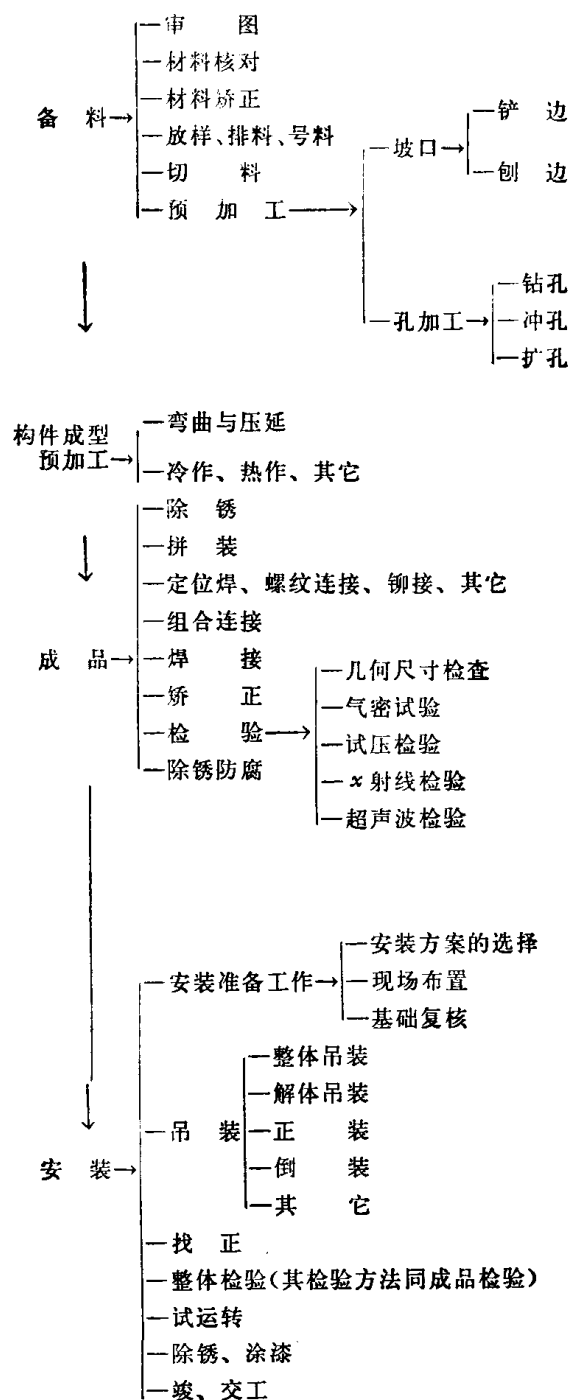


图 1-1 钢结构制作与安装生产工艺流程图

一批构件（产品）从投料开始到成品出厂，必须经过许多道加工工序和一定的生产周期。影响生产周期的因素较多，但其中加工顺序和生产流水线的布置是否合理是十分重要

的。所以在每一构件（产品）加工前，应根据构件的特点和技术要求，制订合理的加工程序和生产流水线的布置。这样才能避免在施工时造成工序倒置、构件重复往返等混乱现象。现将一般的钢结构产品的生产程序简述如下：

1.识图 熟悉图纸，对所加工的工件和装配总成有个整体的概念，对有特殊技术要求的部位、尺寸都要牢记。

2.放样 按图纸上的技术要求、尺寸，放成大样并作好样板。

3.加工 根据样板的尺寸，在符合要求的材料上进行下料、剪切、冲孔或气割等。经必要的冷热加工，制成各种零件，并按号分类堆放。

4.装配 将加工的零件按图纸的技术要求进行拼装。

5.铆焊 将已装配好的构件进行焊接或铆接（根据图纸要求而定）。

6.矫正 把构件在生产加工过程中产生的变形予以矫正，使其符合要求。

7.产品检验 将产品进行几何尺寸检测、气密性试验、压力试验或无损检验。

8.除锈、刷油 将已经检验合格的产品进行除锈，然后刷上保护油漆。

对于生产程序切不可生搬硬套，应根据其具体要求、生产条件合理的正确的进行安排。图1-1是一座中型的钢结构制造厂生产工艺流程示意图。

复 习 题

- 1.简述我国钢结构的发展史和今后的工作任务？
- 2.什么叫钢结构？钢结构有哪些特点？
- 3.钢结构的连接方法可分哪几类？各类有什么特点？
- 4.钢结构的制作和安装的施工程序怎样安排比较合理？各工序又包括哪些内容？
- 5.正确的施工程序在生产上有什么意义？

第二章 钢材的基本知识

钢结构是金属结构中的一种,主要是制造大小型的钢结构成品,其中包括装配与安装工作。为了掌握好钢结构的制造与加工,首先必须了解常用钢材的基本知识,以便正确进行选材和加工,充分发挥钢材的性能,达到节约材料、又保证产品质量的目的。

第一节 金属材料的机械性能

金属材料可分为有色金属和黑色金属两种。钢结构常用黑色金属中的钢材。钢铁是以铁和碳组成的合金,由于含碳量不同和合金所处的温度的不同,钢和碳的原子在晶粒内部排列的规律也就不同。因此,原子按不同规律排列的晶粒就组成了钢和铁的不同组织结构。晶粒内部的原子按一定的次序有规律地排成空间的几何形状叫做晶格。钢铁中主要的成分是铁、少量的碳和其它元素,故钢铁的晶格是以铁的晶格为基础。纯铁的晶格有两种:一种叫做体心立方晶格,另一种叫做面心立方晶格。如图2-1(a)、(b)所示。由于晶体的不同,因而其性能就不同。

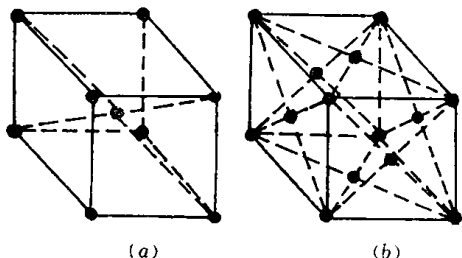


图 2-1 晶格排列示意图

(a)体心立方晶格; (b)面心立方晶格

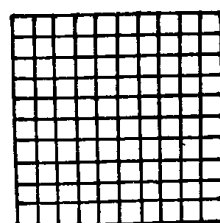


图 2-2 平面晶格

体心晶格和面心格晶是在高倍显微镜下切片观察得到的。晶格分为立体状和空间的立体状。如果是平面观察还有平面晶格。如图2-2所示。

金属材料在外力的作用下抵抗变形或破坏的能力,称为金属的机械性能。钢通常在钢结构上所受到的外力可分:拉伸、压缩、剪切、扭转和弯曲等。

机械性能的基本指标有强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。当金属材料受到外力作用时,这种外力称为载荷(或称负荷、负载)。物体承受外力后形状改变称为变形。载荷因其作用性质的不同,可分为静载荷、冲击载荷和交变载荷等。

图2-3为低碳钢的拉伸曲线图。从图中我们可

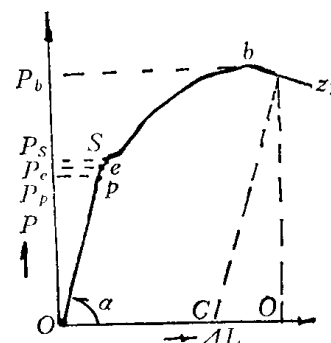


图 2-3 低碳钢的拉伸曲线图

以看到，低碳钢试件受拉伸时，其变形过程可以分为三个阶段：

OP_e 为弹性变形阶段。当作用在试件上的载荷在一定限度 P_p 之内时，载荷与伸长量成正比，外力去除后，试样能恢复原来的形状和尺寸。当载荷超过 P_p 而不大于 P_s 时，试样继续伸长，但试样的伸长量不再与外力成线性关系，但是还属于弹性变形阶段，即外力去除后变形可立即消失。

eSb 为弹性塑性变形阶段。 S 点出现的水平线段表示在载荷不变的情况下，试件继续伸长，即试件材料丧失了抵抗塑性变形的能力，称为屈服。发生了塑性变形后，由于材料内部结构变化，产生了加工硬化，要使金属继续变形，必须增加载荷，载荷继续增加，试件则均匀地伸长。达到 b 点后，开始出现“缩颈”现象，则变形集中到缩颈处。

bZ_1 为断裂阶段。由于缩颈出现后，试件截面积剧烈地减小，不足以抵抗外力的作用，因此在 Z_1 点产生了断裂。

一、弹性与刚性

1. 弹性

材料在外力的作用下产生变形，当外力去除后能恢复原状的能力称为“弹性”，如图2-4所示。材料在弹性范围内，外力 p 与形变量 ΔL 保持直线关系，即外力与变形成正比关系，金属材料能保持弹性变形的最大应力（图2-3中曲线上的 e 点）称“弹性极限”，用 σ_e 来表示。

$$\sigma_e = \frac{P_e}{F_0} \text{ (兆帕)}$$

式中 P_e ——保持弹性时的最大外力（牛）；

F_0 ——试件原有截面积（毫米²）。

弹性极限值越大，说明该材料的弹性愈好，能承受较大的应力，而不致于产生永久性变形。

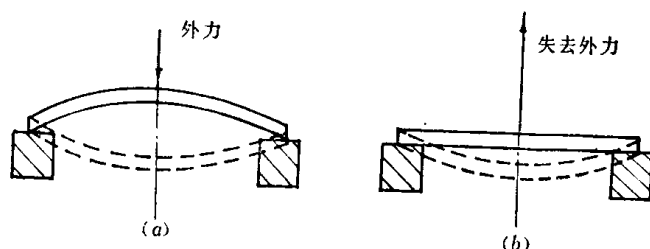


图 2-4 钢材弹性变形与塑性变形示意图
(a)弹性变形；(b)塑性变形

2. 刚性

金属材料受力时能抵抗弹性变形的能力，称为刚性。反映材料刚性好坏的指标是“弹性模数”。弹性模数是指材料在弹性极限的范围内，应力与应变（与应力相对应的单位变形量）的比值，即：

$$E = \frac{\sigma}{\delta} = \operatorname{tg} \alpha$$

式中 E ——弹性模数；

σ ——应力；

δ ——应变；

α ——拉伸曲线 Oe 与水平线 Ox 轴的夹角。

二、强度

所谓强度，是指金属材料在外力的作用下，抵抗变形和破坏的能力。为便于比较各种

材料的强度，常用单位面积上材料的抗力表示，称为应力。应力的计算公式为：

$$\sigma = \frac{P}{F} \text{ (兆帕)}$$

式中 σ ——应力（兆帕）；

P ——外力（牛）；

F ——横断面积（毫米²）。

1. 抗拉强度

材料受拉而致破裂的最大应力称为抗拉强度极限（ σ_b ）。

计算公式如下：

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0}$$

式中 P_b ——试样能承受的最大载荷（牛）；

F_0 ——拉伸前试样的截面积（毫米²）；

σ_b ——强度极限（兆帕）。

构件在选用金属材料时，不允许超过它的强度极限。材料的强度极限越高，能承受的应力就越大。

2. 比例极限

材料承受外力的作用，载荷与变形成正比的最大应力，称为比例极限，符号为 σ_p 。

计算公式如下：

$$\sigma_p = \frac{P_p}{F_0} \text{ (兆帕)}$$

式中 P_p ——试样荷载与变形成正比状态下的最大载荷（牛）；

F_0 ——拉伸前试样的截面积（毫米²）；

σ_p ——比例极限。

3. 屈服极限

金属材料受拉时，在载荷不增加的情况下，仍能发生明显塑性变形时的应力，称为屈服极限，用 σ_s 表示。

计算公式如下：

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} \text{ (兆帕)}$$

式中 P_s ——屈服时的载荷（牛）；

F_0 ——拉伸前试样的截面积（毫米²）；

σ_s ——屈服极限（兆帕）。

但有许多种的金属材料，并没有明显的屈服现象发生，为表明这些材料的屈服极限，规定以试样产生伸长量为试样长度的0.2%时的应力作为材料的“条件屈服极限”，用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

计算公式如下：

$$\sigma_{0.2} = \frac{P_{0.2}}{F_0}$$

屈服极限是选用金属材料重要的机械性能指标。构件所受的应力，一般都应小于屈服

极限, 否则就会产生明显的塑性变形。

三、塑性

金属材料受力时产生明显的变形而不破裂的性能, 称为塑性。如图2-4(b)所示。试样在拉伸试验时产生塑性变形, 使试样伸长, 断面收缩, 以此衡量材料的塑性。常用延伸率和断面收缩率来表示。

1. 延伸率

延伸率是试样拉断后标距增长量与原始标距长度的比值的百分率, 即:

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \cdot 100\%$$

式中 L_0 ——试样原始标距长度(毫米);

L_1 ——试样拉断后标距长度(毫米);

δ ——延伸率(%)。

2. 断面收缩率

断面收缩率是试样断口面积的缩减量与原始截面积的百分比值。即:

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0}$$

式中 F_0 ——拉伸前试样的断面积(毫米²);

F_1 ——断后细颈处最小截面积(毫米²);

ψ ——断面收缩率。

延伸率和断面收缩率用以衡量材料的塑性。数值越大, 表示塑性越好。具有良好的塑性材料有利于进行冷弯曲、冷冲和冷拔等成型工艺。

3. 冷弯试验

冷弯试验是在船舶、锅炉等制造业, 由于需要进行大量的弯曲和冲压等冷变形加工,

因此用冷弯法衡量材料在室温时的塑性。一般根据试样在规定的条件下冷弯一定的角度, 观察其弯曲表面有无裂纹或折断等破坏情况来评定材料的质量。

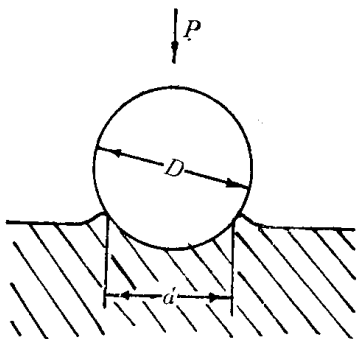


图 2-5 布氏硬度测定示意图

四、硬度

金属材料抵抗磨损和变形能力的大小称为硬度。它表示金属材料的坚硬程度。测定硬度的方法很多, 最常用的有布氏硬度试验法、洛氏硬度试验法和维氏硬度试验法三种。

1. 布氏硬度

布氏硬度试验是以已知直径的淬过火的小钢球, 在一定载荷作用下压入受试金属材料表面并保持一定的时间, 然后除去载荷, 使金属表面留下一个压痕, 如图2-5所示。压痕单位面积上所受的平均压力, 即为布氏硬度值, 符号为HB。布氏硬度虽然有单位, 但在实际应用上只是表明硬度的数值, 而不标明单位(例HB = 40)。

$$HB = \frac{P}{F} \text{ (兆帕)}$$

式中 P ——压力载荷(牛);

F ——压痕面积(毫米²)；

HB——布氏硬度值。

压痕面积的计算公式如下：

$$F = \pi D \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}$$
$$HB = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

由于压力载荷 P 和淬火的钢球直径 D 是一定的，故测出压痕直径 d 即可求出 HB 的值。

2. 洛氏硬度

洛氏硬度的试验原理和布氏硬度相同，但它并不是测量压痕的面积，而是测量压痕的深度，压痕越深，则硬度越低。它的压头是用金刚石制成的 120°圆锥体，或是用直径为 1.5875 毫米(1/16 英寸)的淬火钢球，在一定的载荷作用下压入试样表面，除去载荷后，根据试样表面压痕的深度，确定洛氏硬度数值。

在测定洛氏硬度时，根据压头和载荷的不同，将洛氏硬度分为三种，它们的符号分别为：HRA、HRB、HRC、其中 HRC 采用较多。洛氏硬度数值也没有单位，它和布氏硬度值关系大致如下：

$$HRC \approx \frac{1}{10} HB$$

3. 维氏硬度

维氏硬度的试验原理和布氏硬度基本相同，也是以压痕表面积上平均应力作为硬度值。其载荷可根据不同的要求加以选择，从 10~1200 牛范围内变化。压头是两面夹角为 136° 的金刚石四棱角锥体。

因为维氏硬度有各种载荷可供选择且得到的压痕较小，故可以测量比较薄的材料。

五、韧性

金属材料抵抗冲击载荷而不致破坏的性能，称为韧性。

许多的机械零件如锤杆、锤头、冲模和锻模等，都在冲击载荷下工作，因此使用材料就不能用静载荷下的性能衡量，而必须以韧性为指标。

冲击韧性 a_K ：金属材料冲击韧性的大小是以冲断试样时，在试样单位面积上所消耗的最大冲击功来表示。如图 2-6 所示。

试验时把标准试样安放在试验机的两支点中间，使试样的缺口背向摆锤的冲击方向，然后将摆锤抬到一定的高度 h_1 ，摆锤由高处落下，将试样击断，并自由摆回高度为 h_2 。根据摆锤的重量和冲击前后的高度差可以计算出冲断试样时所消耗的功。

计算公式如下：

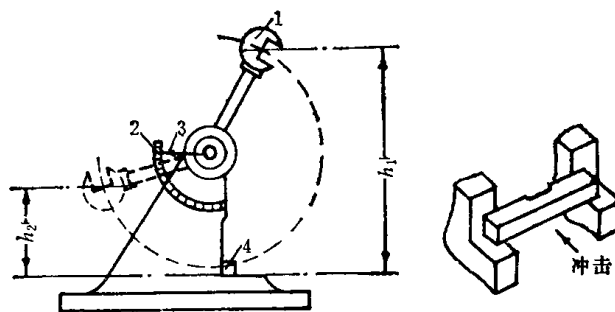


图 2-6 冲击韧性试验示意图

1—摆锤；2—刻度盘；3—指针；4—试样

$$A_K = G(h_1 - h_2) \text{ (焦耳)}$$

式中 h_1 ——冲击前摆锤上升高度(米)；

h_2 ——冲断试件后摆锤上升的高度(米)；

G ——摆锤的重量(牛)；

A_K ——冲击功(焦耳)。

冲击韧性的计算公式为：

$$a_K = \frac{A_K}{F} \text{ (焦耳/厘米}^2\text{)}$$

应注意的是，冲击韧性与试验温度有一定的关系。有些材料在室温20°C左右试验时，并不显示脆性，而在较低的温度下可能会发生低温脆性断裂。使材料的冲击韧性值急剧降低的温度叫做“脆性转变温度”。脆性转变温度越低的金属，越能在较低的温度下承受冲击载荷。因此脆性转变温度的高低也是金属材料的质量指标之一。

六、疲劳

有许多的机械零件，虽然其工作载荷在屈服极限、比例极限以内，但经过相当时间的服役也会发生断裂。例如轴类在旋转时，它的横截面自中性线的两侧，一面受拉应力，另一面受压应力，转动半周后，原来受拉应力的一面变为受压应力，原来受压应力的一面则变为受拉应力。随着不断的旋转，所受的就是这种大小和方向周期性改变的交变载荷。在交变载荷的长期作用下，材料发生破裂的现象叫做金属疲劳。

金属材料在无数次重复的交变载荷的作用下不致破裂的最大应力，称为疲劳强度，或称疲劳极限。

各种牌号的钢都具有一定的机械性能，这些性能可参阅冶金工业部所制定的标准和有关规定。

普通碳素钢、优质碳素结构钢和低合金结构钢的机械性能可见表2-2、表2-5和表2-7。

第二节 钢 的 分 类

钢号表示方法和钢的分类方法有着密切关系，世界各国的钢材表示方法大都是在钢的分类的基础上发展起来的。

钢的分类方法很多，最常用和常见的有以下四种：

一、按冶炼方法分类

按照冶炼方法和设备的不同，工业上用钢可分为平炉钢、转炉钢和电炉钢三大类，每一大类还可按其炉衬材料的不同，分为酸性和碱性两类。

1. 平炉钢——一般大都是碱性钢，只有在特殊的情况下，才在酸性平炉里炼制。

2. 转炉钢——除可分为酸性和碱性转炉钢外，还可分为底吹、侧吹、顶吹转炉钢。这两种分类，又经常混合起来使用。

3. 电炉钢——分为电弧炉钢、感应电炉钢、真空感应电炉钢和电渣电炉钢等。工业上大量生产的，主要是碱性电弧炉钢。

按脱氧程度和浇注制度的不同，碳素钢又可分为沸腾钢、镇静钢、半镇静钢三类。合金钢一般都是镇静钢。

二、按化学成分分类

按化学成分，可以把钢分为碳素钢和合金钢两大类。

1. 碳素钢

根据含碳量不同^①，大致可分为：

低碳钢——含碳量小于0.25%的钢。

中碳钢——含碳量在0.25~0.60%之间的钢。

高碳钢——含碳量大于0.60%的钢。

此外含碳量小于0.04%的钢又称工业纯钢。

2. 根据钢中合金元素的总含量^②不同，大致可分为如下三种合金钢。

低合金钢——合金元素总含量小于5%的钢。

中合金钢——合金元素总含量在5~10%的钢。

高合金钢——合金元素总含量大于10%的钢。

根据钢中所含合金元素的种类，又可分为二元合金钢、三元合金钢以及多元合金钢等类，如锰钢、铬钢、硅锰钢、铬锰钼钢、铬钼钨钒钢等很多类。

三、按品质分类

根据钢中所含有害杂质的多少，工业上用钢通常分为普通钢、优质钢和高级优质钢三大类：

1. 普通钢——一般含硫量不超过0.050%，但对酸性转炉钢的硫含量允许适当放宽，属于这类的如普通碳素钢。普通碳素钢按技术条件又分为：

甲类钢——只保证机械性能的钢。

乙类钢——只保证化学成分，但不必保证机械性能的钢。

特类钢——即保证化学成分又保证机械性能的钢。

2. 优质钢——在结构钢中，含硫量不超过0.045%，含磷量不超过0.040%，在工具钢中含硫量不超过0.030%，含磷量不超过0.035%。对于其它杂质如铬、镍、铜等的含量都有一定的限制。

3. 高级优质钢——属于这一类一般都是合金钢。钢中含硫量不超过0.020%，含磷量不超过0.030%，对其它杂质的含量更加严格。

除以上三种外，对于具有特殊要求的钢，还可列为特级优质钢，从而形成四大类。

四、按用途分类

根据用途的不同，工业用钢可分为以下三大类：

1. 结构钢

按照其不同用途又可分为：

建造用钢——如用来建造格栅钢结构、船舶、厂房结构及其它建筑用的各种型钢以及普通用钢。

机械制造用钢——主要用于制造机器或其它机械零件用钢。这类钢中，对含碳量在0.1~0.3%的并需经表面渗碳处理后可使用的钢，称渗碳钢。对于含碳量在0.3~0.6%的

^{①②} 碳素钢根据不同的含碳量分类和合金钢根据不同的合金元素总含量分类，都没有一个明确而一致的界线，因此只提供一个大致范围。