



闽西职业技术学院

MINXI VOCATIONAL & TECHNICAL COLLEGE

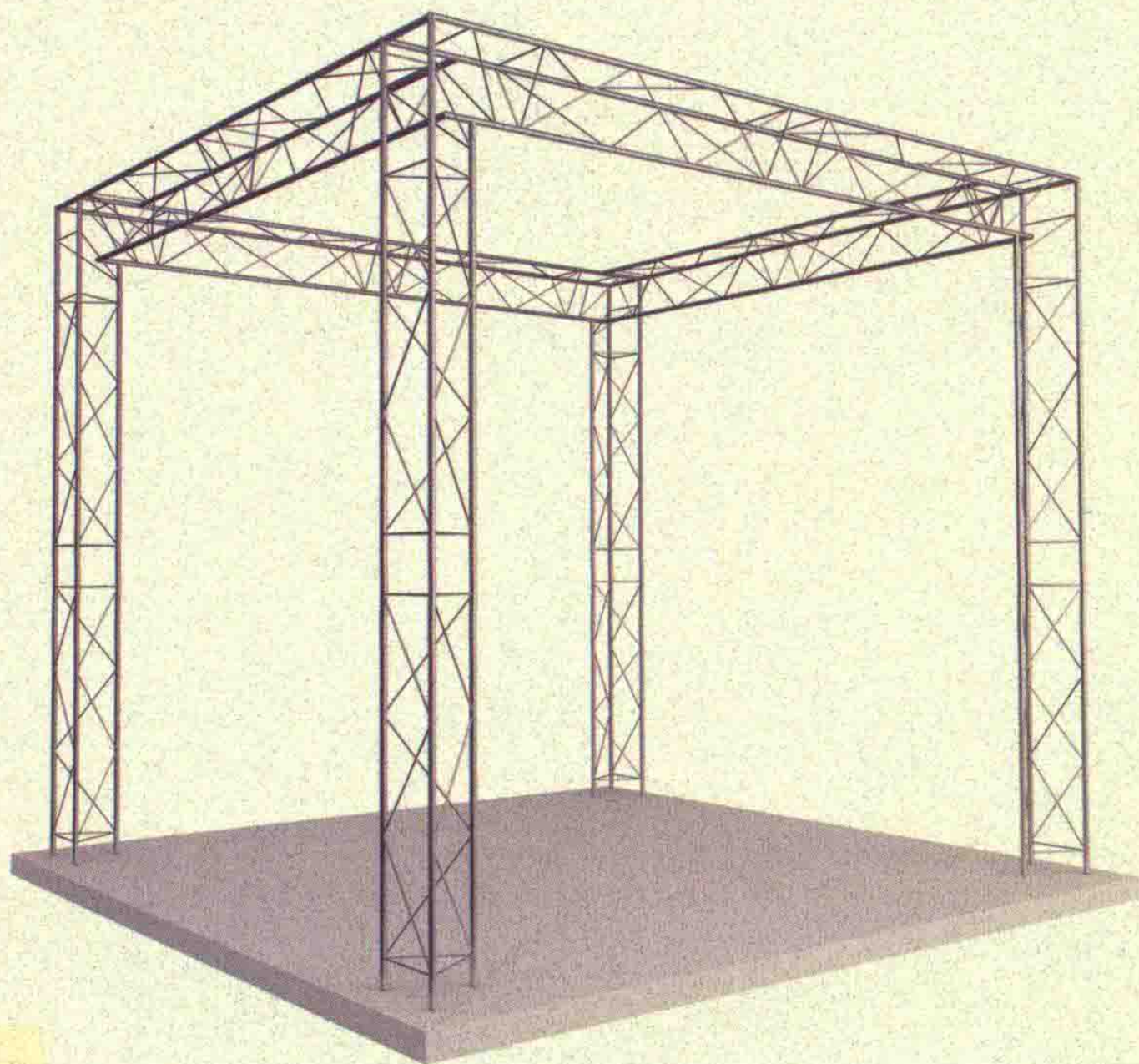
国家骨干高职院校项目建设成果
——建筑工程技术专业

陈小娟 王秋丽 © 主编



钢结构施工

ANG JIEGOU SHIGONG



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位



闽西职业技术学院
MINXI VOCATIONAL & TECHNICAL COLLEGE

国家骨干高职院校项目建设成果
——建筑工程技术专业

钢结构施工

主 编 ◎ 陈小娟 王秋丽

副主编 ◎ 徐小康 刘 星



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

图书在版编目(CIP)数据

钢结构施工/陈小娟,王秋丽主编. — 厦门:厦门大学出版社,2015.12
(闽西职业技术学院国家骨干高职院校项目建设成果.建筑工程技术专业)
ISBN 978-7-5615-5882-9

I.①钢… II.①陈…②王… III.①钢结构-工程施工-高等职业教育-教材
IV.①TU758.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 310572 号

出 版 人 蒋东明
责任编辑 郑 丹
装帧设计 李嘉彬
责任印制 许克华

出版发行 厦门大学出版社
社 址 厦门市软件园二期望海路 39 号
邮政编码 361008
总 编 办 0592-2182177 0592-2181253(传真)
营销中心 0592-2184458 0592-2181365
网 址 <http://www.xmupress.com>
邮 箱 xmupress@126.com
印 刷 厦门市万美兴印刷设计有限公司印刷

开本 787mm×1092mm 1/16
印张 19.5
插页 9
字数 476 千字
版次 2015 年 12 月第 1 版
印次 2015 年 12 月第 1 次印刷
定价 49.00 元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换



厦门大学出版社
微信二维码



厦门大学出版社
微博二维码

总 序

国务院《关于加快发展现代职业教育的决定》指出,现代职业教育的显著特征是深化产教融合、校企合作、工学结合,推动专业设置与产业需求对接、课程内容与职业标准对接、教学过程与生产过程对接、毕业证书与职业资格证书对接、职业教育与终身学习对接,提高人才培养质量。因此,校企合作是职业教育办学的基本思想。

产教融合、校企合作的关键是课程改革。课程改革要突出专业课程的职业定向性,以职业岗位能力作为配置课程的基础,使学生获得的知识、技能满足职业岗位(群)的需求。至2014年6月,我院各专业完成了“基于工作过程系统化”课程体系的重构,并完成了54门优质核心课程的设计开发与教材编写。学院以校企合作理事会为平台,充分发挥专业建设指导委员会的作用,主动邀请行业、企业“能工巧匠”参与学院专业规划、专业教学、实践指导,并共同参与实训教材的编写。教材是实现产教融合、校企合作的纽带,是教和学的主要载体,是教师进行教学、搞好教书育人工作的具体依据,是学生获得系统知识、发展智力、提高思想品德、促进人生进步的重要工具。根据认知过程的普遍规律和教学过程中学生的认知特点,学生系统掌握知识一般是从对教材的感知开始的,感知越丰富,观念越清晰,形成概念和理解知识就越容易;而且教材使学生在过程中获得的知识更加系统化、规范化,有助于学生自身素质的提高。

专业建设离不开教材,一流的教材是专业建设的基础,它为课程教学提供与人才培养目标相一致的知识与实践能力的平台,为教师依据教学实践要求,灵活运用教材内容,提高教学效果,完成人才培养要求提供便利。由于有了好的教材,专业建设水平也不断提高,因此在福建省教育评估研究中心汇总公布的福建省高等职业院校专业建设质量评价结果中,我院有26个专业全省排名进入前十名,其中有15个专业进入前五名。麦可思公司2013年度《社会需求与培养质量年度报告》显示,我院2012届毕业生愿意推荐母校的比例为68%,比全国骨干院校2012届平均水平65%高了3个百分点;毕业生对母校的满意度为94%,比全国骨干院校2012届平均水平90%高了4个百分点,人才培养质量大大提升。



闽西职业技术学院院长、教授

2015年5月

前 言

本书根据《钢结构设计规范》(GB 50017-2003)和《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205-2001)编写,是依据“建筑工程技术专业工作任务与职业能力分析表”中的能正确地按照国家施工规范组织施工、能运用国家验收统一标准组织验收,控制施工质量等工作项目设置的。全面系统地介绍了钢结构的基本原理、钢结构构造形式及其施工方法。内容包括4个学习单元。分别是单元一:钢结构基础知识;单元二:轻钢门式刚架工程施工;单元三:钢框架结构工程施工;单元四:网架结构工程施工。

课程内容突出对学生职业能力的训练,理论知识的选取紧紧围绕工作任务完成的需要来进行,同时又充分考虑了高等职业教育对理论知识学习的需要,并融合了相关职业资格证书对知识、技能和态度的要求。

本教材由闽西职业技术学院陈小娟、王秋丽主编,龙岩杰新钢结构工程有限公司徐小康及闽西职业技术学院刘星任副主编,黄晓丽等参与编写。在编写过程中,参阅了国内现行施工技术规范。由于时间紧促,限于水平,书中错漏与缺点在所难免,恳请广大师生批评指正。

编 者

2015年10月



目 录

单元 1 钢结构基础知识	1
1.1 材 料	1
1.1.1 钢材的性能指标与影响因素	1
1.1.2 钢材的品种、规格和选用	6
1.2 钢结构的连接	10
1.2.1 钢结构对连接的要求及连接方法	10
1.2.2 焊接连接	11
1.2.3 普通螺栓连接	23
1.2.4 高强度螺栓连接	28
1.3 钢结构的基本构件	31
1.3.1 轴心受力构件	31
1.3.2 受弯构件	41
1.3.3 拉弯与压弯构件	50
1.4 钢结构识图基础	54
1.4.1 钢结构施工图的内容	54
1.4.2 钢结构制图标准	56
1.4.3 钢结构施工图的阅读技法及注意事项	67
1.4.4 钢结构节点详图	68
思考题	77
单元 2 轻钢门式刚架结构工程施工	79
2.1 轻钢门式刚架基本知识与图纸识读	79
2.1.1 结构组成	79
2.1.2 结构特点	80
2.1.3 结构形式	81
2.1.4 建筑尺寸	82
2.1.5 结构布置	82
2.1.6 结构构造	85
2.1.7 图纸识读	97
2.2 轻钢门式刚架的加工与制作	99
2.2.1 生产准备	99
2.2.2 放样、画线(号料)	104



2.2.3 切割	107
2.2.4 制孔	110
2.2.5 边缘加工和端部加工	110
2.2.6 组装	111
2.2.7 焊接	111
2.2.8 摩擦面的处理	112
2.2.9 校正	113
2.2.10 涂装、编号	113
2.2.11 堆放	115
2.2.12 运输	115
2.3 轻钢门式刚架的安装	115
2.3.1 施工准备	115
2.3.2 安装的基本知识	118
2.3.3 主体钢结构安装	123
2.4 轻钢门式刚架的验收	132
2.4.1 基本规定	133
2.4.2 原材料及成品进场	133
2.4.3 焊接工程	135
2.4.4 紧固件连接工程	136
2.4.5 钢零件及钢部件加工工程	137
2.4.6 钢构件组装工程	138
2.4.7 安装工程	139
2.4.8 钢结构涂装工程	141
2.4.9 钢结构分部工程竣工验收	141
思考题	142
单元3 钢框架结构工程施工	143
3.1 钢框架结构基本知识与图纸识读	143
3.1.1 钢框架结构基本知识	143
3.1.2 钢框架结构的组成	144
3.1.3 钢框架结构施工图识读	151
3.2 钢框架结构的加工与制作	164
3.2.1 钢框架结构加工制造前的准备工作	164
3.2.2 零件加工	170
3.2.3 质量检查与验收	176
3.2.4 钢结构制作的安全	176
3.3 钢框架结构的安装	177
3.3.1 钢框架结构安装准备	177
3.3.2 钢框架结构的安装	178
3.3.3 安装作业要求	188

3.4 钢框架结构的验收	192
3.4.1 基本规定	192
3.4.2 一般规定	193
3.4.3 基础和支承面验收	194
3.4.4 预拼装	195
3.4.5 安装和校正	196
3.4.6 竣工资料	199
思考题	200
单元4 网架结构工程施工	201
4.1 网架结构基本知识与图纸识读	201
4.1.1 网架结构的组成与特点	201
4.1.2 结构形式	202
4.1.3 节点构造与杆件	207
4.1.4 图纸识读	213
4.2 网架结构的加工与制作	213
4.2.1 杆件加工制作	213
4.2.2 节点加工制作	216
4.3 网架结构的安装	221
4.3.1 网架结构拼装	221
4.3.2 网架结构安装	226
4.4 网架结构的验收	234
4.4.1 网架结构加工验收	234
4.4.2 网架结构安装验收	236
4.4.3 网架结构安装质量控制与验收要点	239
思考题	242
附 录	243
附录1 钢材和连接的强度设计值	243
附录2 梁的整体稳定系数	246
附录3 轴心受压构件的稳定系数	250
附录4 各种截面回转半径的近似值	255
附录5 常用型钢规格及截面特性	255
附录6 锚栓和螺栓规格	298
参考文献	302

附 图



单元 1

钢结构基础知识

【学习内容】

单元一主要讲述钢结构常用材料的力学性能,建筑钢材的种类、规格;钢结构常用的连接方式的基本构造及计算方法;钢结构基本构件的计算要点;钢结构的识图等内容。

【学习目标】

- 掌握常用钢材的机械性能及化学成分等对钢材力学性能的影响;
- 掌握建筑钢材的种类、规格及选择;
- 掌握焊接、普通螺栓连接、高强螺栓连接的基本构造及计算方法;
- 掌握受弯构件、轴心受力构件、偏心受力构件的计算要点;
- 熟悉钢结构制图标准、图纸表达规定及组成,会高效地识读钢结构图纸。

1.1 材 料

1.1.1 钢材的性能指标与影响因素

1. 钢材的主要性能指标

(1) 强度和塑性

建筑钢材的强度和塑性一般由常温静载下单向拉伸试验曲线表明(图 1.1.1)。钢材在单向均匀受拉时的工作性能表现为 4 个阶段,即弹性阶段、屈服阶段、强化阶段和颈缩阶段。由此曲线获得的有关钢材力学性能指标如下:

①比例极限 f_P 。图 1.1.1 中 σ - ϵ 曲线 OP 段为直线,表示钢材具有完全弹性性质,称为线弹性阶段,这时应力可由弹性模量 E 定义,即 $\sigma = E\epsilon$,而 $E = \tan\alpha$, P 点应力 f_P 称为比例极限。

②屈服点 ϵ 。应变 ϵ 在 f_P 之后不再与应力成正比,应力-应变间成曲线关系,一直到屈服点 S 。图 1.1.1 为碳素结构钢材的应力-应变曲线。

这一阶段,是图 1.1.1 中的弹塑性阶段 SC 。 S 点的应力为屈服点 f_y ,在此之后应力基本保持不变而应变持续发展,形成水平线段即屈服平台 SC 。这是塑性流动阶段。在开始进入塑性流动范围时,曲线波动较大,以后逐渐趋于平稳,其最高点和最低点分别称为上屈

服点和下屈服点。上屈服点和试验条件(加荷速度、试件形状、试件对中的准确性)有关;下屈服点则对此不太敏感,设计中以下屈服点为依据。因此,钢材的屈服强度(或屈服点)是衡量结构的承载能力和确定强度设计值的重要指标。

③抗拉强度 f_u 。超过屈服台阶,材料出现应变硬化,曲线上升,直至曲线最高处的 B 点,这点的应力 f_u 称为抗拉强度或极限强度。当应力达到 B 点时,试件发生颈缩现象至 D 点而断裂。因此钢材的抗拉强度是衡量钢材抵抗拉断的性能指标,它不仅是一般的强度指标,而且直接反映钢材内部组织的优劣。当以屈服点的应力 f_y 作为强度限值时,抗拉强度 f_u 成为材料的强度储备。

④伸长率 δ_5, δ_{10} 。试件被拉断时的绝对变形值与试件原标距之比的百分数,称为伸长率。当试件标距长度与试件直径 d (圆形试件)之比为 10 时,以 δ_{10} 表示;当该比值为 5 时,以 δ_5 表示。钢材的伸长率是衡量钢材塑性性能的指标。伸长率代表材料断裂前具有的塑性变形的能力。

屈服点、抗拉强度和伸长率,是钢材的三个重要力学性能指标。组合结构中所采用的钢材都应满足钢结构设计规范对这三项力学性能指标的要求。

(2)冷弯性能

根据试样厚度,按规定的弯心直径将试样弯曲 180° ,其表面及侧面无裂纹或分层则为“冷弯试验合格”(见图 1.1.2)。通过冷弯试验不仅能直接检验钢材的弯曲变形能力或塑性性能,还能暴露钢材内部的冶金缺陷,如硫、磷偏析和硫化物与氧化物的掺杂情况,在一定程度上也是鉴定焊接性能的一个指标。结构在制作、安装过程中要进行冷加工,尤其是焊接结构焊后变形的调直等工序,都需要钢材有较好的冷弯性能。

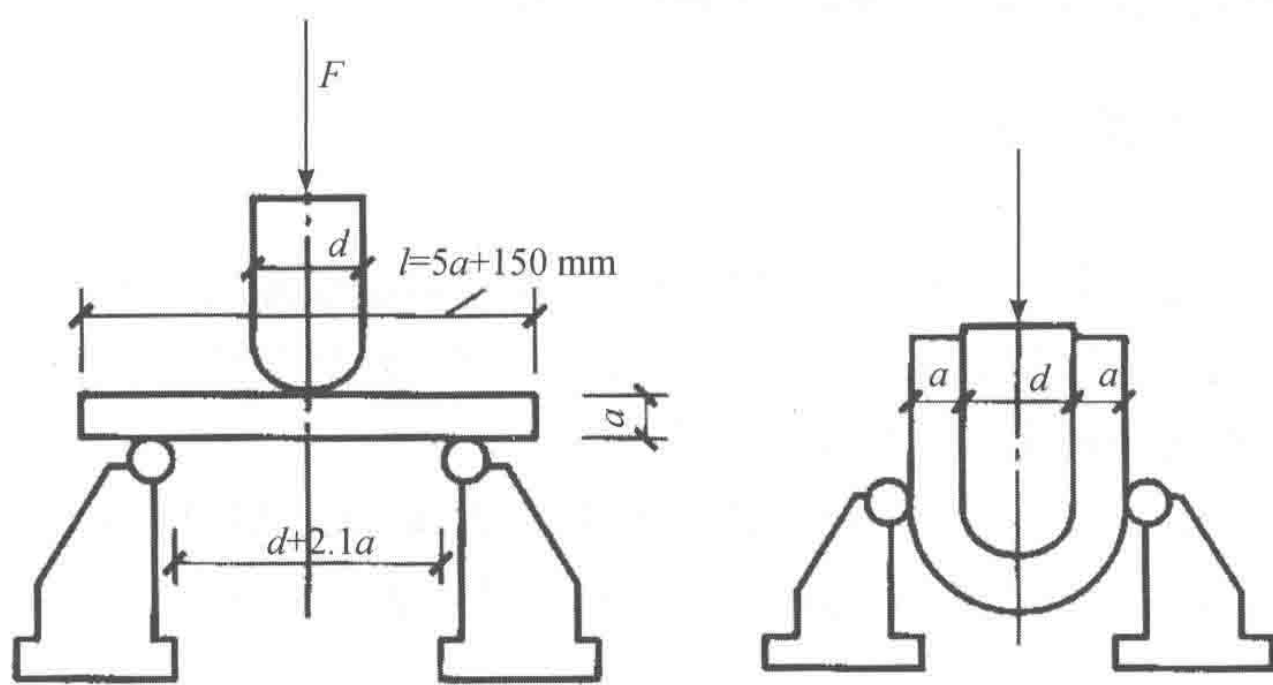


图 1.1.2 钢材的冷弯试验示意图

(3)冲击韧性

韧性是钢材断裂时吸收机械能能力的量度。吸收较多能量才断裂的钢材,是韧性好的钢材。钢材在一次拉伸静载作用下断裂时所吸收的能量,用单位体积吸收的能量来表示,其

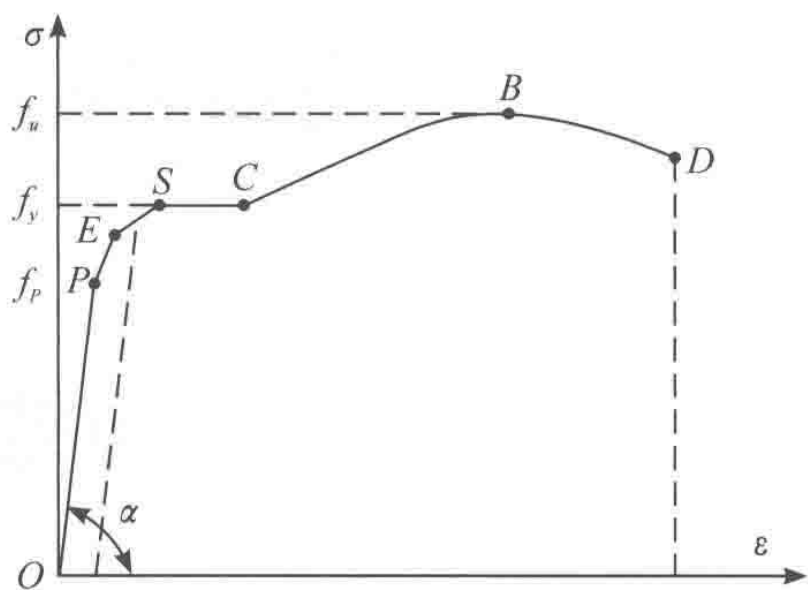


图 1.1.1 碳素结构钢材的应力—应变曲线

值等于应力-应变曲线下的面积。塑性好的钢材,其应力-应变曲线下的面积大,所以韧性值大。冲击韧性随钢材金属组织和结晶状态的改变而急剧变化,是钢材强度和塑性的综合指标。钢中的非金属夹杂物、带状组织、脱氧不良等都将给钢材的冲击韧性带来不良影响。冲击韧性是钢材在冲击荷载或多向拉应力下具有可靠性能的保证,可间接反映钢材抵抗低温、应力集中、多向拉应力、加荷速率(冲击)和重复荷载等因素导致脆断的能力。材料的冲击韧性数值采用夏比(Charpy)V形缺口试件(图1.1.3)在夏比试验机上进行,冲击韧性以所消耗的功 CV 表示,单位为J。

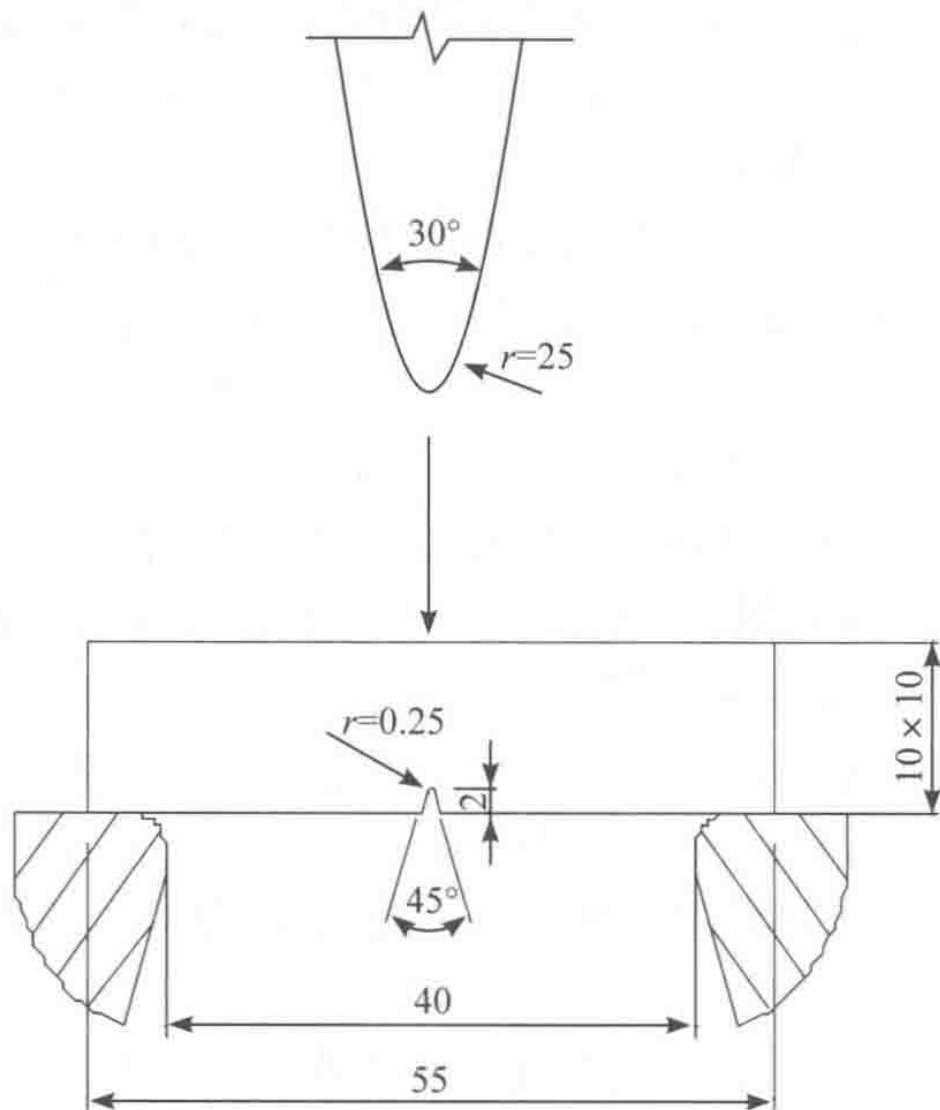


图 1.1.3 冲击韧性试验

在寒冷地区建造的结构不但要求钢材具有常温(20℃)冲击韧性指标,还要求具有负温(0℃、-20℃或-40℃)冲击韧性指标,以保证结构具有足够的抗脆性破坏能力。

(4) 可焊性

钢材的可焊性指在一定的焊接工艺和结构条件下,钢材经过焊接后能够获得良好的焊接接头性能。评定可焊性好的标志:①在一定的焊接工艺条件下,焊缝金属和近缝区钢材均不产生裂纹(施工上的可焊性)。②焊接接头和焊缝的冲击韧性及近缝区塑性不低于母材性能(使用性能上的可焊性)。

2. 影响钢材性能的因素

影响钢材性能的因素很多,如化学成分、生产过程、钢材硬化、复杂应力、应力集中、温度及荷载等。

(1) 化学成分的影响

建筑结构中所用的钢材为碳素结构钢和低合金结构钢,铁(Fe)是钢材的基本元素。在低碳钢中铁(Fe)约占99%,碳(C)和其他元素约占1%,其他元素包括硅(Si)、锰(Mn)、硫(S)、磷(P)、氮(N)、氧(O)等。低合金钢中除上述元素外,还含有总量通常不超过3%的合金元素,如铜(Cu)、钒(V)、钛(Ti)、铌(Nb)、铬(Cr)、镍(Ni)等。组成钢材的化学成分及其含量对钢材的性能特别是力学性能有着重要的影响。

① 碳

在低碳钢中,碳是仅次于纯铁的主要元素,碳含量直接影响钢材的强度、塑性、韧性和可焊性等。碳含量增加,钢的强度提高,而塑性和韧性下降,同时恶化钢的可焊性和抗腐蚀性。因此,对碳的含量要加以限制,一般不应超过0.22%,在焊接结构中还应低于0.20%。

② 硫和磷

硫是钢中的有害成分,它可降低钢材的塑性、韧性、可焊性和疲劳强度。在800~1000℃高温下加工时,硫使钢材变脆,可能出现裂纹,称为热脆。因此,对硫的含量必须严格控制,一般硫的含量应不超过0.045%。磷既是杂质元素也是可利用的合金元素。在低

温时,磷使钢变脆,称为冷脆。在低碳钢中,磷的含量也应严格控制在 0.045% 以下。磷作为可利用的合金元素,能够提高钢材的强度和抗锈蚀能力。若使用磷含量在 $0.05\% \sim 0.12\%$ 的高磷钢,则应减少钢材中的含碳量,以保持一定的塑性和韧性。

③氧和氮

氧和氮也是钢中的有害杂质。氧的作用和硫类似,使钢热脆;氮的作用和磷类似,使钢冷脆。由于氧、氮容易在熔炼过程中逸出,一般不会超过极限含量,故通常不要求作含量分析。

④硅和锰

硅和锰是钢中的有益元素,它们都是炼钢的脱氧剂。它们使钢材的强度提高,含量不过高时,对塑性和韧性无显著的不良影响。在低碳钢中,硅的含量应控制在 0.3% 以下,锰的含量为 $0.3\% \sim 0.8\%$ 。对于低合金高强度结构钢,锰的含量为 $1.0\% \sim 1.6\%$,硅的含量应控制在 0.55% 以下。

⑤铬、镍、钒、铌和钛

铌和钛是钢中的合金元素,能提高钢的强度,又不显著降低钢的塑性和韧性。

⑥铜

铜在低碳钢中属于杂质成分。它可以显著地提高钢的抗腐蚀性能,也可以提高钢的强度,但对可焊性有不利影响。

(2) 钢材生产过程的影响

结构用钢需经过冶炼、浇铸、轧制和矫正等工序才能成材,每道工序对钢材的材性都有一定影响。

①冶炼

炼钢炉有三种形式:转炉、平炉和电炉。转炉钢是利用高压空气或氧气使炉内生铁熔液的碳和其他杂物氧化,在高温下使铁液变为钢液。特点是生产周期短、效率高、质量好、成本低,已经成为国内外发展最快的炼钢方法。

平炉钢是利用煤气和其他燃料供应热能,把废钢、生铁熔液或铸铁块和不同的合金元素等冶炼成各种用途的钢。特点是生产周期长、效率低、成本高,现已逐步被转炉钢所取代。

电炉钢是利用电热原理,在电弧炉内冶炼。特点是质量好,但耗电量大、成本高,一般只用来冶炼特种用途的钢材。

②浇铸、脱氧

浇铸是指把熔炼好的钢液做成钢锭或钢坯。钢液中残留的氧将使钢材晶粒粗细不均匀并发生热脆,降低钢材的力学性能,所以需要向钢罐中投入脱氧剂。按照钢液在炼钢炉中进行脱氧的方法和程度不同,碳素结构钢可分为沸腾钢、半镇静钢、镇静钢和特殊镇静钢。

沸腾钢仅用脱氧能力较弱的锰进行脱氧,钢材结晶构造粗细不匀、偏析严重,常有夹层,塑性、韧性及可焊性相对较差。镇静钢除了用锰脱氧外,还用脱氧能力较强的硅,因而脱氧比较充分,钢材结晶构造细密、杂质气泡少、偏析程度低,因而塑性、冲击韧性及可焊性比沸腾钢好。特殊镇静钢在用锰和硅脱氧外,再用铝或钛进行补充脱氧,能明显改善各种力学性能,提高钢材的可焊性。

③轧制

轧制是将钢锭热轧成钢板或型钢,它不仅改变钢的形状和尺寸,而且改善了钢材的内部

组织,从而改善钢材的力学性能。轧制钢材时,在轧机作用下,钢材的结晶晶粒会变得更加细密均匀,钢材内部的气泡、裂缝可以得到压合。因此,轧制钢材的性能比铸钢优越。

(3)冶金缺陷的影响

钢材在冶炼、轧制过程中常常出现的缺陷有偏析、非金属夹杂、夹层、裂纹等。偏析是指金属结晶后化学成分分布不均匀的现象。主要是硫、磷偏析,其后果是偏析区钢材的塑性、韧性、可焊性变坏。非金属夹杂是指钢材中的非金属化合物,如硫化物、氧化物,它们使钢材性能变脆。浇铸时的非金属夹杂,在轧制后可能造成钢材的分层。浇铸时由 FeO 和 C 作用所生成的 CO 气体不能充分逸出而滞留在钢锭,气泡被压扁延伸,形成了夹层。偏析、非金属夹杂、夹层、裂纹等缺陷都会使钢材性能变差。

(4)钢材硬化的影响

①冷作硬化

在冷加工或一次加载使钢材产生较大的塑性变形的情况下,卸载后再重新加载,钢材的屈服点提高,塑性和韧性降低的现象。

冷硬提高了钢材的弹性范围,被广泛用于提高承载力。冷拉、冷弯、冲孔、机械剪切等冷加工使钢材产生很大塑性变形,强度提高,但却使钢材变脆,牺牲了塑性。对于承受动力荷载重要构件,不应使用经过冷硬的钢材。

②时效硬化

随着时间的增加,纯铁体中有一些数量极少的碳和氮的固熔物质析出,使钢材的屈服点和抗拉强度提高,塑性和韧性下降的现象。

在交变荷载、重复荷载和温度变化等情况下,会加速时效硬化的发展。

(5)复杂应力的影响

复杂应力是指钢材受到二向或三向应力作用时,其屈服应力需用折算应力进行判断。通过实验可知,复杂应力状态对钢材性能的影响为同号复杂应力(强度提高,塑性降低,性能变脆)和异号复杂应力(强度降低,塑性提高)。

(6)应力集中的影响

在钢结构构件中不可避免地存在着孔洞、槽口、凹角、裂缝、厚度变化、形状变化和内部缺陷等,引起截面中的应力分布不均匀,出现局部高峰应力的现象——应力集中现象。如图 1.1.4 所示。

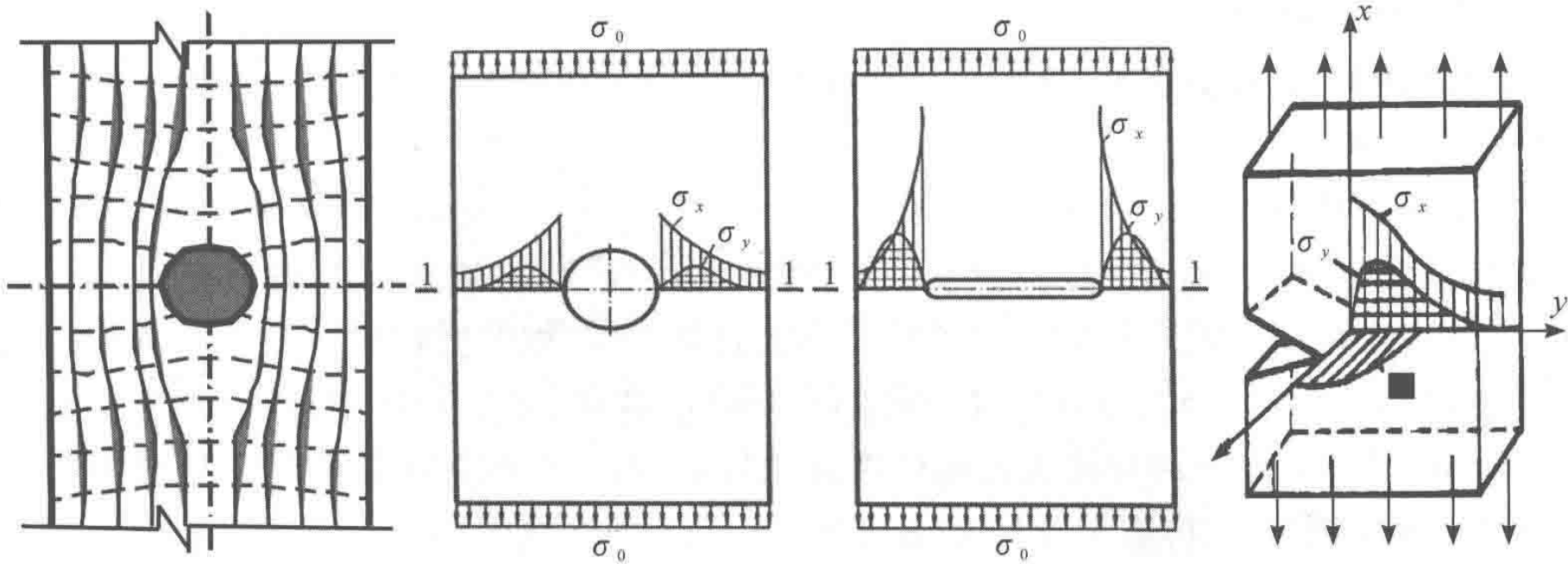


图 1.1.4 应力集中现象

有应力集中的钢材,材性变脆。应力集中处常产生三向的同号拉应力,易使钢材开裂时没有明显的塑性变形。应力集中对塑性良好的钢结构静力强度影响不大,但降低疲劳强度。

(7) 温度的影响

① 高温的影响

在 150 °C 以内,钢材强度、弹性模量和塑性均变化不大,耐热。在 250 °C 左右,抗拉强度有局部性提高,伸长率和断面收缩率均降至最低,出现了所谓的蓝脆现象(钢材表面氧化膜呈蓝色)。热加工应避开这一温度区段。在 300 °C 以后,强度和弹性模量均开始显著下降,塑性显著上升,达到 600 °C 时,强度几乎为零,塑性急剧上升,处于热塑性状态。

② 低温的影响

温度越低,钢材的冲击韧性越差,端面晶粒区所占面积越大,越表现为脆性破坏。在直接承受动力作用的钢结构设计中,应使钢材的脆性转变温度低于工作温度,从而选择具有不同冲击韧性指标的钢材。

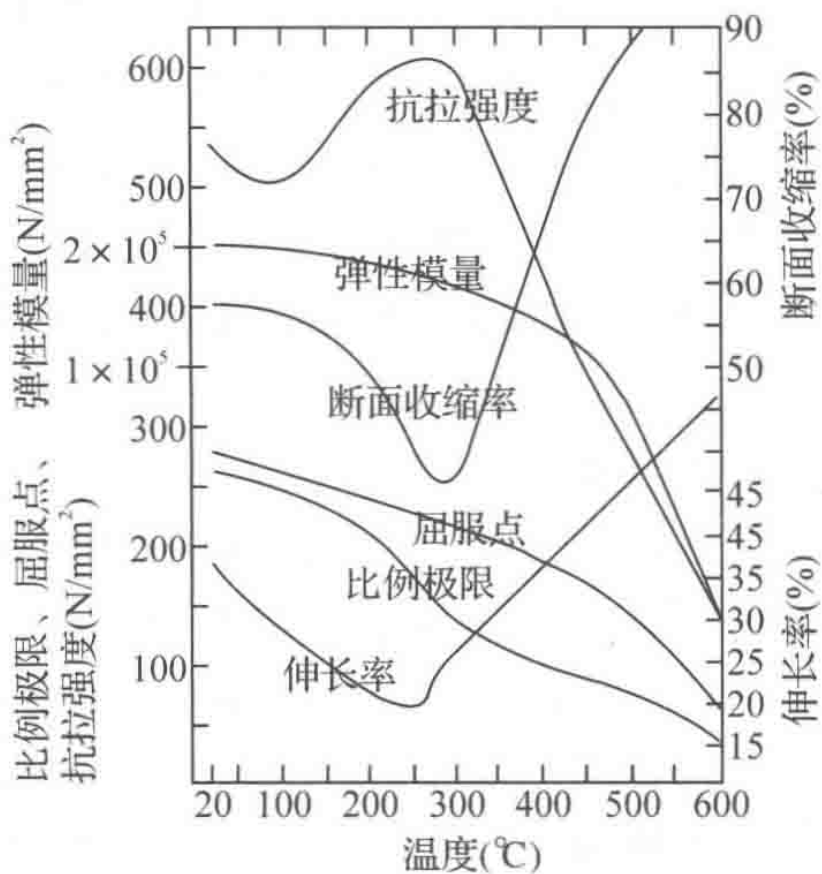


图 1.1.5 温度对钢材性能的影响

(8) 荷载的影响

① 加荷速度的影响

这是加载过程中出现的问题。加荷速度过快,构件来不及变形,得到的屈服点也高,且呈脆性。特别在低温时对钢材性能的影响要比常温下大得多。

因此,试验时需规定加载速度;静力加载试验一般应加载 5 分钟后再读数据。

② 循环荷载的影响

钢材在连续交变荷载作用下,会逐渐累积损伤,产生裂纹及裂纹逐渐扩展,直到最后破坏(疲劳破坏)。疲劳破坏的特点是强度降低,材料转为脆性,破坏突然。

1.1.2 钢材的品种、规格和选用

1. 建筑钢材的种类

钢材品种繁多,性能各异,在钢结构中采用的钢材主要有两种类型,一是碳素结构钢,二是低合金结构钢。

(1) 碳素结构钢

现行国家标准《碳素结构钢》(GB 700-2006)将碳素结构钢按屈服点数值分为 Q195、Q215、Q235 及 Q275 等四个牌号,其中“Q”为屈服强度中“屈”的拼音首字母,后面的数值表示屈服强度值,单位为“N/mm²”。数值越大,含碳量越高,强度和硬度越高,塑性降低。其中 Q235 钢在使用、加工和焊接方面的性能都比较好,是钢结构常用的钢材品种之一。

碳素结构钢供应时应有力学性能的质保书,保证屈服强度(f_y)、极限强度(f_u)和伸长率(δ_5 或 δ_{10}),还要提供化学成分质保书,保证碳(C)、锰(Mn)、硅(Si)、硫(S)和磷(P)等的含量。

碳素结构钢按质量等级将钢分为 A、B、C、D 四级, A 级钢只保证抗拉强度、屈服点、伸长率,必要时尚可附加冷弯试验的要求,化学成分对碳、锰可以不作为交货条件。B、C、D 级钢均保证抗拉强度、屈服点、伸长率、冷弯和冲击韧性等力学性能。其中, B 级要求常温 (20 °C) 冲击韧性冲击值不小于 27 J, C 级和 D 级则分别要求 0 °C 和 -20 °C 的冲击值不小于 27 J, 且对碳、硫、磷等化学成分的极限含量也有严格要求。

钢的牌号由代表屈服点的字母 Q、屈服点数值 (N/mm^2)、质量等级符号 (A、B、C、D)、脱氧程度符号等四个部分按顺序组成。根据钢水在浇铸过程中脱氧程度的不同, 钢分为沸腾钢 (代号为 F)、半镇静钢 (代号为 b)、镇静钢 (代号为 Z) 和特殊镇静钢 (代号为 TZ), 镇静钢和特殊镇静钢的代号可以省去。对 Q235 钢来说, A、B 两级钢的脱氧程度可以是 Z、b 或 F, C 级钢只能是 Z, D 级钢只能是 TZ。用 Z 和 TZ 表示牌号时也可省略。例如:

Q235—A, 代表的意义是屈服强度为 235 N/mm^2 、A 级、镇静钢。

Q235—BF, 代表的意义是屈服强度为 235 N/mm^2 、B 级、沸腾钢。

Q235—C, 代表的意义是屈服强度为 235 N/mm^2 、C 级镇静钢。

Q235—D, 代表的意义是屈服强度为 235 N/mm^2 、D 级特殊镇静钢。

(2) 低合金结构钢

标准采用与碳素结构钢相同的钢的牌号表示方法, 仍然根据钢材厚度 (或直径) $\leq 16 \text{ mm}$ 时的屈服点大小, 分为 Q295、Q345、Q390、Q420 和 Q460。其中 Q345、Q390 和 Q420 是钢结构设计规范规定采用的钢种。

低合金钢供应时应有力学性能的质保书, 保证屈服强度 (f_y)、极限强度 (f_u)、伸长率 (δ_5 或 δ_{10}) 和冷弯试验, 还要提供化学成分质保书, 保证碳 (C)、锰 (Mn)、硅 (Si)、硫 (S)、磷 (P)、钒 (V)、铌 (Nb) 和钛 (Ti) 等的含量。

钢的牌号仍有质量等级符号, 除与碳素结构钢 A、B、C、D 四个等级相同外, 还增加一个等级 E, 主要是要求 -40 °C 的冲击韧性。钢的牌号如: Q345-B、Q390-C 等等。低合金高强度结构钢一般为镇静钢, 因此钢的牌号中不注明脱氧方法。冶炼方法也由供方自行选择。

2. 建筑钢材的规格

钢结构采用的钢材品种主要为热轧钢板、型钢以及冷弯薄壁型钢和压型板。

(1) 钢板

钢板分厚钢板、薄钢板和扁钢, 其规格用符号“—”和“宽度 $\times$ 厚度 $\times$ 长度”的毫米数表示。如: —300 $\times$ 10 $\times$ 3000 表示宽度为 300 mm, 厚度为 10 mm, 长度为 3000 mm 的钢板。

厚钢板: 厚度 4.5 ~ 60 mm, 宽度 600 ~ 3000 mm, 长度 4 ~ 9 m;

特厚板: 厚度 $> 60 \text{ mm}$, 宽度 600 ~ 3800 mm, 长度 4 ~ 12 m;

薄钢板: 厚度 $< 4 \text{ mm}$, 宽度 500 ~ 1500 mm, 长度 0.5 ~ 4 m;

扁钢: 厚度 4 ~ 60 mm, 宽度 12 ~ 200 mm, 长度 3 ~ 9 m。

特厚板用于高层钢结构箱型柱等。厚钢板用作梁、柱、实腹式框架等构件的腹板、翼缘以及桁架中节点板等。薄钢板用来制作冷弯薄壁型钢。扁钢用于组合梁的翼缘板、各种构件的连接板、桁架的节点板和零件等。

(2) 热轧型钢

常用的热轧型钢有 H 型钢、T 型钢、工字钢、槽钢、角钢和钢管 (图 1.1.6)。

H 型钢和 T 型钢 (全称为剖分 T 型钢, 因其由 H 型钢对半分割而成, 故得名) 是近年来

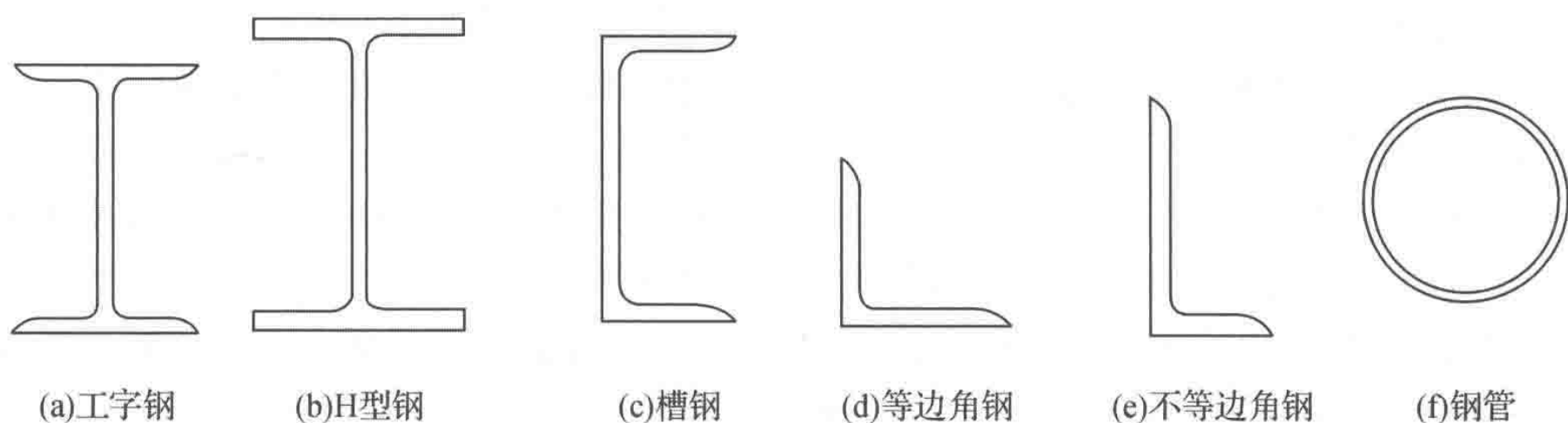


图 1.1.6 热轧型钢

我国推广应用的新品种热轧型钢。由于其截面形状较之于传统型钢(工字钢、槽钢、角钢)合理,使钢材能更好地发挥效能,且其内、外表面平行,便于和其他构件连接,因此只需少量加工,便可直接用作柱、梁和屋架杆件。H型钢和T型钢均分为宽、中、窄三类,其代号分别为HW、HM、HN和TW、TM、TN。H型钢和T型钢的规格标记均采用:高度 $H\times$ 宽度 $B\times$ 腹板厚度 $t_1\times$ 翼缘厚度 t_2 ,H型钢见附表5.9,T型钢见附表5.10。

工字钢型号用符号“ I ”及号数表示,见附表5.5,号数代表截面高度的厘米数。20号和32号以上的普通工字钢,同一号数中又分a、b和a、b、c类型,同类的普通工字钢宜尽量选用腹板厚度最薄的a类,这是因其重量轻,而截面惯性矩相对较大。我国生产的最大普通工字钢为63号,长度为5~19 m。工字钢由于宽度方向的惯性矩和回转半径比高度方向的小得多,因而在应用上有一定的局限性,一般宜用于单向受弯构件。

槽钢型号用符号“ $[$ ”及号数表示,见附表5.7,号数也代表截面高度的厘米数。14号和25号以上的普通槽钢,同一号数中又分a、b和a、b、c类型,我国生产的最大槽钢为40号,长度为5~19 m。

角钢分等边角钢和不等边角钢两种,见附表5.1及附表5.2,等边角钢的型号用符号“ $\angle$ ”和肢宽 $\times$ 肢厚的毫米数表示,如 $\angle 100\times 10$ 为肢宽100 mm、肢厚10 mm的等边角钢。不等边角钢的型号用符号“ $\angle$ ”和“长肢宽 $\times$ 短肢宽 $\times$ 肢厚”的毫米数表示,如 $\angle 100\times 80\times 8$ 为长肢宽100 mm、短肢宽80 mm、肢厚8 mm的不等边角钢。

钢管分无缝钢管和电焊钢管两种,见附表5.11、5.12。型号用“ Φ ”和外径 $\times$ 壁厚的毫米数表示。我国生产的最大无缝钢管为 $\Phi 630\times 16$,最大电焊钢管为 $\Phi 152\times 5.5$ 。

(3)冷弯型钢和压型钢板

建筑中使用的冷弯型钢常用厚度为1.5~5 mm薄钢板或钢带经冷轧(弯)或模压而成,故也称冷弯薄壁型钢(图1.1.7)。另外,还有用厚钢板(大于6 mm)冷弯成的方管、矩形管、圆管等称为冷弯厚壁型钢。压型钢板是冷弯型钢的另一种形式,它是用厚度为0.3~2 mm的镀锌或镀铝锌钢板、彩色涂层钢板经冷轧(压)成的各种类型的波形板,冷弯型钢和压型钢板分别适用于轻钢结构的承重构件和屋面、墙面构件。冷弯型钢和压型钢板都属于高效经济截面,由于壁薄,截面几何形状开展,截面惯性矩大,刚度好,故能高效地发挥材料的作用,节约钢材。

3. 钢材的选用

钢材的选用原则是:保证结构安全可靠,同时要经济合理,节约钢材。考虑的因素有:

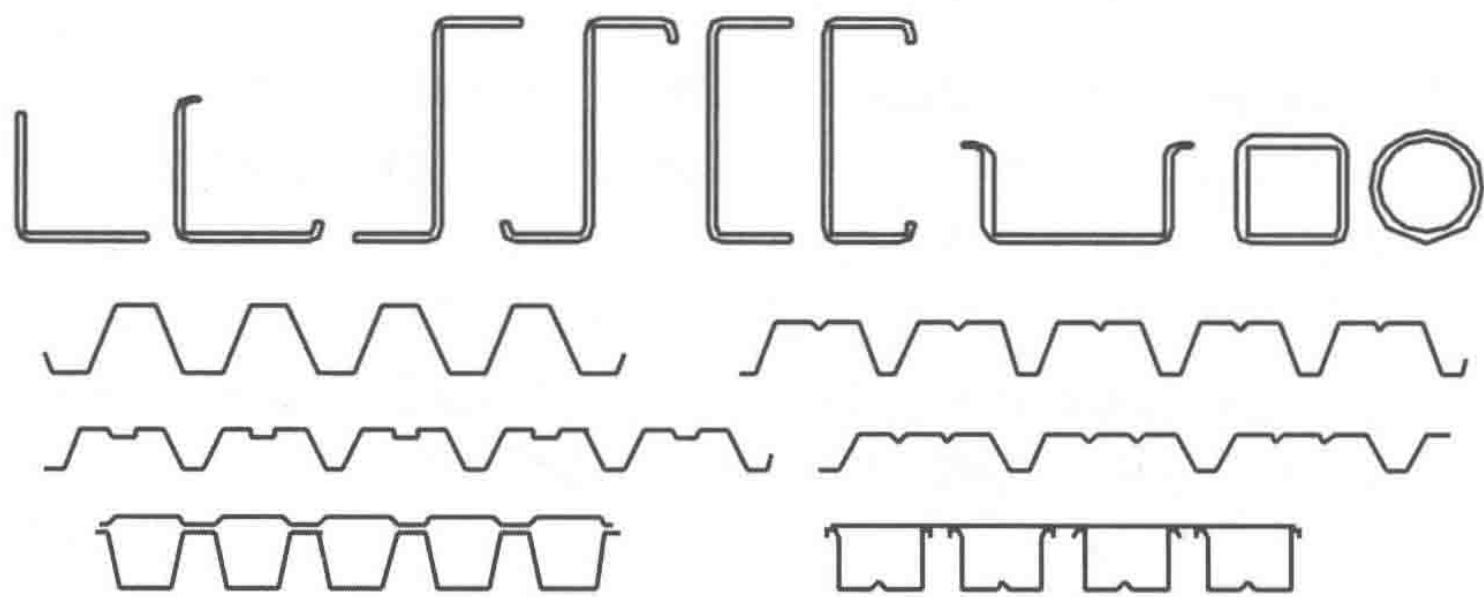


图 1.1.7 冷弯薄壁型钢和压型钢板

(1)结构的重要性

按照《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068-2001)的规定,建筑结构按其破坏可能产生的后果(危及人的生命、造成经济损失、产生社会影响等)的严重性分为重要的、一般的和次要的,其相应的安全等级为一、二、三级。安全等级高者(如重型工业建筑或构筑物、大跨度结构、高层民用建筑等)应选用较好的钢材;对一般工业与民用建筑结构,可按工作性质分别选用普通质量的钢材。这是选材的一项重要原则。同时,构件破坏造成对整个结构的后果也是考虑的因素之一。当构件破坏导致整个结构不能正常使用时,则后果严重;如果构件破坏只造成局部性损害而不致危及整个结构的正常使用,则后果就不十分严重。两者对材质要求也应有所区别。

(2)荷载情况

结构所受的荷载可为静态或动态的,经常作用、有时作用或偶然出现(如地震)的,经常满载或不经常满载等。应根据荷载的上述特点选用适当的钢材,对直接承受动力荷载的构件应选用综合性能(主要指塑性和韧性)较好的钢材,其中需要进行抗疲劳验算的构件对钢材的综合性能要求更高,对承受静力荷载或间接承受动力荷载的结构构件可采用一般质量的钢材。

(3)连接方法

钢结构的连接可分为焊接或非焊接(螺栓或铆钉)。对于焊接结构,焊接时的不均匀加热和冷却常使构件内产生很高的焊接残余应力;焊接构造和很难避免的焊接缺陷常使结构存在裂纹性损伤;焊接结构的整体连续性和刚性较好的特点易使缺陷或裂纹互相贯穿扩展;此外钢材中碳和硫的含量过高会严重影响钢材的焊接性。因此,焊接结构钢材的质量要求应高于同样情况的非焊接结构钢材,碳、硫、磷等有害元素的含量应较低,塑性和韧性应较好。

(4)结构的工作环境温度

钢材的塑性和韧性随温度的降低而降低,处于较低负温下工作的钢结构容易发生脆性断裂,尤其是焊接结构,故应选用化学成分和力学性能质量较好和脆性转变温度低于结构工作温度的钢材。

(5)结构的应力状态

拉应力容易使构件产生断裂破坏,危险性较大,所以对受拉和受弯的构件应选用质量较好的钢材,而对受压或受压弯的构件就可选用一般质量的钢材。