

“工学结合、校企合作” 职业教育改革创新教材

焊接结构零件 制造技术

H ANJIE JIEGOU LINGJIAN ZHIZAO JISHU

戴建树 叶克力 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

赠教学资源

职业教育改革创新教材

焊接结构零件 制造技术



机械工业出版社

本书为职业院校焊接及相关专业学生的基本技能训练教材,是根据国家职业技能鉴定标准要求和特种作业(焊工类)人员的专业技术和安全技术水平要求编写的。

全书共分为五个单元,依次讲述了金属材料的检验、划线与放样、下料与边缘加工、卷板与旋压成形、常用零件的机械加工等。内容上采用了模块式的编排,以基本知识和技能训练为重点,结合企业生产实际,按“空气储罐零件的生产制造技术”的要求进行项目操作训练,在实际训练模块的内容和要求上有所扩展。为便于教学,本书配备了电子教案和资源库,选择本书作为教材的教师可来电索取(010-88379201),或登录 www.cmpedu.com 网站注册、免费下载。

本书可作为职业院校焊接相关专业教学用书,也可作为相关企业技术人员培训和参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

焊接结构零件制造技术/戴建树,叶克力主编. —北京:机械工业出版社, 2010. 8

“工学结合、校企合作”职业教育改革创新教材

ISBN 978-7-111-31470-7

I. ①焊… II. ①戴…②叶… III. ①焊接结构—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TG44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 151164 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:齐志刚 责任编辑:齐志刚

版式设计:霍永明 责任校对:张薇

封面设计:王伟光 责任印制:乔宇

三河市国英印务有限公司印刷

2010 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·8.75 印张·211 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-31470-7

定价:19.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821 封面无防伪标均为盗版

前言

本课程的开发以典型焊接结构（压力容器中的空气储罐）为项目载体，体现了“以实际生产工作过程中岗位所需的职业技能和职业素质为导向”的工学结合教学改革思路，即以典型的焊接结构——空气储罐零件的生产制造为主线，按照实际生产任务，以“材料的检验→划线与放样→下料与边缘加工→成形（卷板、旋压与机械加工）”的工艺路线，通过分析各个生产任务所必需的知识、能力以及素质要求，形成了“实践、理论与知识”一体化的教学内容，并融入了相应的职业素质方面的要求，以指导“教学做”一体化的教学，培养学生综合职业能力。本书是焊接技术及自动化专业新开发的特色教材，该教材的开发为后续“焊接结构装焊技术”等课程打下基础。

本书共五个单元，张婉云编第一单元；龙昌茂、韦汉玲、肖勇合编第二单元；张婉云、邓火生、杨浩佩合编第三单元；龙昌茂编第四单元；叶克力、马吉建、李家琼合编第五单元。本书由广西机电职业技术学院戴建树、叶克力担任主编并统稿，张婉云、龙昌茂担任副主编；由柳州工程机械股份有限公司王国安、北京电子科技职业技术学院王云鹏主审。

在本书编写过程中，编者曾多次与企业有关人员进行座谈和讨论，南宁广发重工集团有限公司谢中视、苏雪梅、黄景星，南宁市化工集团有限公司韦刚亮等工程技术人员给予了编者很大的支持和帮助，并提供了空气储罐的相关资料。本书的编写还参阅了许多相关的书籍，在参考文献中已一一列出，在此特向有关作者及在本书编写过程中给予过帮助的行业、企业人士一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中疏漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正，以利于今后修改完善。

编者

目 录

前言	模块一 划线	35
绪论	一、划线的常用工具	35
一、焊接方法的分类	二、矩形的划线技能	38
二、焊接的应用与发展	三、环形的划线技能	42
三、本课程的主要内容	四、型钢的划线技能	43
四、学习的目的与方法	模块二 常见结构件的划线与放样	45
第一单元 金属材料的检验	一、筒体划线与放样任务	45
模块一 化学成分分析取样	二、法兰划线与放样任务	48
一、钢铁五大元素及作用	三、椭圆形封头划线与放样任务	50
二、钢化学成分分析取样的一般规定	四、接管划线与放样任务	52
三、钢板的化学分析取样	模块三 划线与放样的管理	55
模块二 金属材料的力学性能	一、安全管理	55
一、力学性能试样类型及切取样坯的方法	二、环保管理	56
二、钢材的拉伸试验——强度与塑性检测	三、质量管理	56
三、钢材的冲击试验——冲击韧性检测	四、经济管理	56
四、钢材的弯曲试验	模块四 划线与放样的职业意识	57
模块三 原材料的管理	一、安全意识	57
一、钢材的订货	二、质量意识	58
二、钢材的检验	三、成本意识	58
三、钢材的复验	四、创新意识	58
四、钢材的堆放	模块五 拓展技能	58
五、钢材的发放	一、等分线段的划法	58
六、钢材的标记	二、平行线的划法	58
模块四 职业意识	三、已知三点作圆弧的划法	59
一、安全意识	四、天圆地方接管的展开	59
二、责任意识	五、两节等径任意角弯头的计算展开	59
第二单元 划线与放样	第三单元 下料与边缘加工	62
模块一 划线的常用工具	模块一 下料的常用方法	62
模块二 矩形的划线技能	一、剪切下料	62
模块三 环形的划线技能	二、手工气割下料	65
模块四 型钢的划线技能	三、机械气割下料	75

四、等离子弧切割下料	76	一、旋压原理	93
五、砂轮切割下料	79	二、旋压机	94
模块二 边缘加工的常用方法	79	三、冷旋压封头工艺	95
一、氧乙炔焰切割坡口	79	四、封头旋压检验项目和规定	96
二、机械加工坡口	80	模块五 设备维护与生产管理	96
三、碳弧气刨	81	一、设备维护管理的具体内容	96
模块三 下料及边缘加工质量控制	81	二、安全生产规程	98
一、切割质量检验	81		
二、剪切质量检验	81	第五单元 常用零件的机械加工	99
三、边缘加工质量检验	81	模块一 金属切削机床	99
模块四 下料的技术经济性优化	82	一、金属切削机床的分类	99
一、对原有技术进行革新	82	二、机床型号的编制	99
二、采用技术经济性高的下料方法	82	模块二 常用零件的加工	103
三、采用新技术	82	一、金属轴、销加工	103
四、制订合理的下料工艺	82	二、法兰加工	111
		三、接管坡口加工	115
		四、试板坡口加工	118
第四单元 卷板与旋压成形	83	模块三 钻床操作技术	121
模块一 卷板设备	83	一、钻床	121
一、工作原理	83	二、台式钻床附件	123
二、卷板机	83	三、钻床操作方法	123
模块二 卷板工艺	85	四、钻孔的安全注意事项	125
一、预弯	86	五、法兰螺纹孔的钻孔任务	125
二、对中	87	模块四 现场生产管理	130
三、卷弯	87	一、提高生产效率	130
四、矫正	89	二、生产质量管理	131
五、卷板操作	89	三、生产环境管理	131
模块三 卷板检验	91	四、安全文明生产管理	131
一、筒体检验项目和规定	91		
二、卷板常出现的缺陷	91	参考文献	132
三、筒体角度和同心度的测量	92		
模块四 封头旋压	93		

二、焊接的应用与发展

焊接技术历来都是随着科学技术的整体进步而发展和变革的。在 19 世纪初的电气产业革命中,电弧用于焊接,开始了电弧焊的新纪元。20 世纪前期发明和推广了焊条电弧焊,20 世纪中期发明和推广了埋弧焊和气体保护焊;随着现代科学的发展和进步,各种高能束

绪 论

焊接是金属连接的一种工艺方法，也是一门综合性应用技术。

焊接是通过加热或加压，或两者并用，并且用或不用填充材料，使焊件间达到原子结合的一种金属加工方法。焊接与其他金属连接方法根本区别在于：通过焊接，两个焊件不仅在宏观上建立了永久性的连接，而且在微观上形成了原子间的结合。

焊接结构是将各种经过轧制的金属材料及铸、锻件等坯料采用焊接方法制成能承受一定载荷的金属结构。

一、焊接方法的分类

为使金属接触表面达到原子间结合的目的，必须从外部给被连接的金属以很大的能量，按焊接过程中金属所处的状态不同，可以把焊接方法分为熔焊、压焊和钎焊三大类。

1. 熔焊

熔焊是指在焊接过程中，将待焊处的母材金属熔化以形成焊缝的焊接方法。在加热的条件下，增强了金属的原子动能，促进原子间的相互扩散，当被焊金属加热至熔化状态形成液态熔池时，原子之间可以充分扩散和紧密接触，冷却凝固后就可以形成牢固的焊接接头。熔焊是金属焊接中最主要的一种方法，常用的有焊条电弧焊、埋弧焊、气焊、电渣焊、气体保护焊等。

2. 压焊

压焊就是在焊接过程中，无论加热与否，必须对焊件施加一定压力以形成焊接接头的焊接方法。这类连接有两种方式：一是将两块金属的接触部位加热到塑性状态，然后施加一定的压力。这就增加了母材金属表面的接触面积，促使金属的有效接触，最终形成牢固的焊接接头。常见的压焊方法主要有电阻焊、摩擦焊、锻焊等；二是不进行加热，仅在被焊金属的接触面上施加足够的压力，借助于压力所形成的塑性变形，使原子间相互靠近而形成牢固接头，这种压焊方法有冷压焊、爆炸焊等。

3. 钎焊

钎焊是采用比母材熔点低的金属材料作钎料，在低于母材熔点和高于钎料熔点的温度下，借助于液态钎料润湿母材的作用以填满母材的接头间隙并与母材相互扩散，最后冷却凝固形成牢固的焊接接头的方法。常用的钎焊方法有电烙铁钎焊、火焰钎焊等。

二、焊接的应用与发展

焊接技术历来都是随着科学技术的整体进步而发展和变革的。在 19 世纪初的电气产业革命中，电弧用于焊接，开始了电弧焊的新纪元。20 世纪前期发明和推广了焊条电弧焊，20 世纪中期发明和推广了埋弧焊和气体保护焊；随着现代科学的发展和进步，各种高能束

(电子束、激光束)也在焊接领域中得到应用。到了20世纪70年代,在世界范围内,焊接技术已经成为机械制造业中的关键技术之一。特别是20世纪后期,随着电子技术及自动控制技术的进步,焊接产业开始向高新技术方向发展,焊接技术更加突出地反映了整个国家的工业生产水平和机械制造水平。

焊接生产几乎渗透到国民经济的各个领域,如工业中的石油与化工机械、重型与矿山机械、起重与吊装设备、冶金建筑、各类锻压机械等;交通运输业中的汽车、船舶、车辆、拖拉机的制造;兵器工业中的常规兵器、火箭、深潜设备;航空航天技术中的人造卫星和载人飞船等。甚至对于许多产品,为了确保使用性能和后期的可靠性,除了采用焊接结构外,难以找到比焊接更好的制造技术。例如,核电站的工业设备以及开发海洋资源所必需的海上平台、海底作业机械或潜水装置等。

三、本课程的主要内容

本书为职业院校焊接专业学生的基本技能训练教材,是根据国家技能鉴定规范的要求和特种作业焊工类作业人员的安全技术和专业技术水平编写的。共分为五个单元,依次讲述了金属材料的检验、划线与放样、下料与边缘加工、卷板与旋压成形、常用零件的机械加工等。内容上采用了模块式的编排,以基本知识和技能训练为重点,结合企业实际产品“空气储罐零件的生产制造技术”的要求进行操作训练,在实际训练模块的内容和要求上有所扩展。

本课程的开发以典型焊接结构(压力容器中的空气储罐)为项目载体,体现了“以实际生产工作过程中岗位所需的职业技能和职业素质为导向”的工学结合的教学思路,即以空气储罐零件的生产制造技术为项目,按照其生产任务,以“材料的检验→划线与放样→下料与边缘加工→成形(卷板、旋压与机械加工)”的工艺路线,通过分析各个生产任务所必需的知识、能力以及素质要求,形成了“实践、理论与知识”一体化的教学内容,并融入了相应的职业素质方面的要求,以指导“教学做”一体化的教学,培养学生综合职业能力。本书是焊接技术及自动化专业新开发的特色教材。该教材的开发为后续“焊接结构装焊技术”等课程打下基础。

四、学习的目的与方法

本课程学习的目的把培养和提高学生的职业能力放在突出的位置,贯彻以全面素质为基础,以能力为本位的教育教学指导思想,有利于培养学生的职业道德、创新精神和实践能力,使学生掌握必备的焊接结构零件的制造工艺知识和技能。

学习本教材时应注意掌握学习方法。本教材是一门实践性较强的基础课程,要注意理论联系实际,善于综合运用专业知识去认识和分析实习中的实际问题。学习本课程前,应使学生对焊接结构生产的全过程有一定程度的感性认识,通过组织学生进行现场教学和参观,加深对理论与实际关系的正确认识,还可结合多媒体教学的方式开阔学生的视野,培养学生分析和解决问题的能力。

金属材料的检验

焊接结构所使用的金属材料种类很多，即使同种类的金属材料也有不同的牌号，使用时应根据金属材料的牌号和等级、出厂质量检验证明书（合格证）加以鉴定。同时，还需要做外部检查和抽样复核，用以检查在运输过程中产生的外部缺陷和防止牌号错乱。对于有严重外部缺陷的材料应挑出不用；对于没有出厂合格证或新使用的材料必须进行化学成分分析、力学性能试验等，检验合格后方能投产使用；对于重要的焊接结构件可根据其重要性安排材料进厂后的化学成分复检。几种常用焊接结构用钢的化学成分见表 1-1。

表 1-1 几种常用焊接结构用钢的化学成分

牌 号	等 级	化学成分⊖（%），不大于				
		C	Mn	Si	S	P
Q235	A	0.22	1.4	0.35	0.050	0.045
	B	0.20			0.045	
	C	≤0.17			0.040	0.040
	D				0.035	0.035
Q345 (旧 16Mn)	A	0.20	1.7	0.5	0.035	0.035
	B				0.035	0.035
	C				0.030	0.030
	D	0.18			0.025	0.030
	E				0.020	0.025
Q345R (旧 16MnR)		0.20	1.60	0.55	0.015	0.025

注：Q235、Q345、Q345R 分别摘自 GB/T 700—2006、GB/T 1591—2008、GB/T 713—2008。

模块一 化学成分分析取样

一、钢铁五大元素及作用

钢铁的化学成分中，最主要的成分当然是铁（Fe），一般要占 90% 以上。除此以外，还

⊖ 如无特殊说明，本书中的元素含量均指元素的质量分数。——编者注

有很多化学成分,其中碳(C)、锰(Mn)、硅(Si)、硫(S)、磷(P)对钢铁的性能影响较大,通称钢铁五大元素。此外,还有氮(N)、氢(H)、氧(O)等有害杂质,以及微量的镍(Ni)、铬(Cr)、铜(Cu)等。

1. 碳(C)

碳是钢铁材料的基本元素,对钢铁的力学性能起着决定性的作用,是五大元素中最主要的一种。

2. 硅(Si)

硅是炼钢时加入硅铁脱氧而残留在钢中的。硅的脱氧能力比锰强,在室温下硅能溶入铁素体,提高钢的强度和硬度。因此,硅也是有益元素,但作为杂质存在时,其含量一般小于0.4%,对钢的性能影响不大。

3. 锰(Mn)

锰是炼钢时加入锰铁脱氧而残留在钢中的。锰的脱氧能力较好,能清除钢中的氧化亚铁(FeO),降低钢的脆性;锰还能与硫形成硫化锰(MnS),以减轻硫的有害作用,所以锰是一种有益元素。但作为杂质存在时,其含量一般小于0.8%,对钢的性能影响不大。

4. 硫(S)

硫是炼钢时由矿石和燃料带入钢中的。硫在钢中与铁形成硫化亚铁(FeS),FeS与铁则形成低熔点(985℃)的共晶体(FeS+Fe)_{共晶}分布在奥氏体晶界上。当钢材加热到1100~1200℃进行锻压加工时,晶界上的共晶体熔化,造成钢材在锻压加工过程中开裂,这种现象称为“热脆”。因此,硫是有害元素,其含量一般应严格控制为0.03%~0.05%。

钢中加入锰,可以形成高熔点(1620℃)的MnS,MnS呈粒状分布在晶粒内,且在高温下有一定塑性,从而避免热脆。

5. 磷(P)

磷是炼钢时由矿石带入钢中的。磷可全部溶于铁素体,产生强烈的固溶强化,使钢的强度、硬度增加,但塑性、韧性显著降低。这种脆化现象在低温时更为严重,故称为“冷脆”。其含量须严格控制在0.035%~0.045%。

在硫、磷含量较多时,由于脆性较大,对焊接不利,易产生焊接裂纹,所以焊接结构用钢特别强调硫、磷的检验。

二、钢化学成分分析取样的一般规定

金属材料化学成分的分析包括炉前分析和成品分析。炉前分析是指在冶炼过程中,不同时期的取样,并对试样所作的化学成分分析。根据其结果,及时调整成分,以将钢的成品成分控制在合格范围内。取样方法是將钢液浇注在金属模中,快速冷却后,立即钻取样屑。成品分析是指在经过加工的成品钢材(包括钢坯)上采取试样,然后对其进行的化学分析。成品分析主要用于验证化学成分,又称验证分析。

这里主要学习成品分析取样,即按照规定在不同位置取样,并将等量样屑混合均匀,供分析之用。

注意事项:

1) 取样前要清除原材料表面的油污、水分、锈蚀物等影响化学成分检验结果的异物,避免影响检验数据的正确性。

2) 原材料的表面 1/10 部分不能作为检验样品, 特殊情况可以和原材料的供应商协商确定。

3) 取样时的样品量必须大于检验量的 2 倍, 以备复查。

成品分析用的试样样屑应按下列方法之一采取, 不能按下列方法采取时, 由供需双方协议。

1. 大断面钢材化学分析取样

(1) 大断面的初轧坯、方坯、扁坯、圆钢、方钢、锻钢取样 此类钢件样屑应从钢材的整个横断面或半个横断面上刨取; 从钢材横断面中心到边缘的中间部位 (或对角线 1/4 处) 平行于轴线钻取, 如图 1-1a、b 所示。从钢材侧面垂直于轴中心线钻取, 直至样屑量满足取样要求为止。

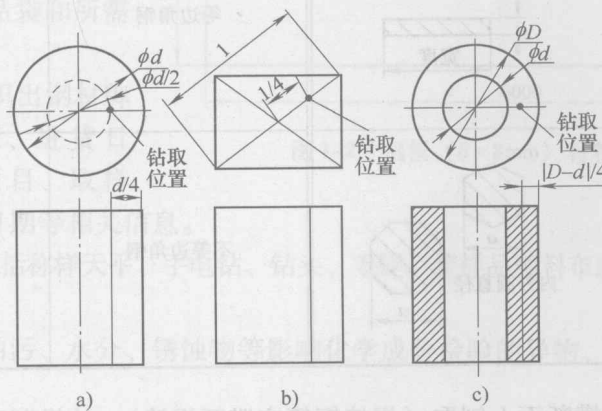


图 1-1 大断面钢材料钻取样屑位置

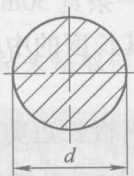
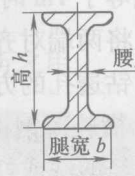
a) 圆钢 b) 方钢 c) 钢管

(2) 大断面的中空锻件或管件取样 此类钢件应从壁厚内外表面的中间部位钻取, 或在端部整个横断面进行刨取, 如图 1-1c 所示。

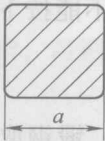
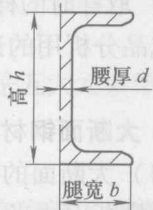
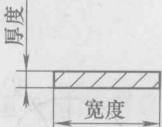
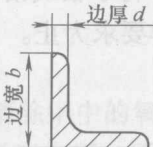
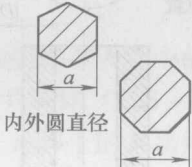
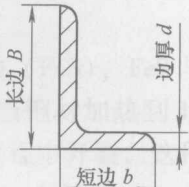
2. 小断面钢材化学分析取样

小断面钢材见表 1-2, 包括圆钢、方钢、扁钢、工字钢、槽钢、角钢、复杂断面型钢、钢管、盘条钢带、钢丝等。不适用上述大断面规定取样时, 可按下列规定取样。

表 1-2 常用型钢断面形状及规格

型钢名称	断面形状及尺寸	型钢名称	断面形状及尺寸
圆钢		工字钢	

(续)

型钢名称	断面形状及尺寸	型钢名称	断面形状及尺寸
方钢		槽钢	
扁钢		等边角钢	
六角钢 八角钢		不等边角钢	

1) 从钢材的整个横断面上刨取(焊接钢管应避免焊缝);从横断面上沿轧制方向钻取,钻孔应对称均匀分布;从钢材外侧面的中间部位垂直于轧制方向用钻通方法钻取。切记去除内外表面影响检验结果的部分材料,取样不足时可以另外选取取样点取样。

2) 当按上述规定无法取样时,如钢带、钢丝,应从弯折叠合或捆扎成束的样块横断面上刨取,或从不同根钢带、钢丝上截取。

3) 钢管可围绕其外表面在几个位置钻通管壁钻取,薄壁钢管可压扁叠合后在横断面上刨取或用车削等方法取样。

3. 钢板化学分析取样

钢板按厚度分为薄板和厚板两类。薄钢板是用热轧或冷轧方法生产的厚度在 0.2 ~ 4mm 之间的钢板,厚钢板则是厚度在 4mm 以上的钢板的统称。

(1) 纵轧薄钢板 钢板宽度小于 1m 时,沿钢板宽度剪取一条宽 50mm 的试料;钢板宽度大于或等于 1m 时,沿钢板宽度自边缘到中心剪切一条宽 50mm 的试料。经酸洗或打磨洁净以后,将两端对齐,折叠 1~2 次或多次,然后在其长度的中间,沿剪切的内边刨取,或自表面用钻透孔的方法采取样屑。

(2) 横轧薄钢板 自钢板长边与中央之间,沿钢板长边剪取一条宽 50mm、长 500mm 的试样,经酸洗或打磨洁净以后,将两端对齐,折叠 1~2 次或多次,并压紧弯折处,然后在其长度的中间,沿剪切的内边刨取,或自表面用钻通的方法采取样屑。

(3) 厚钢板 不能按上述方法折叠时,则按以上 (1) (2) 所述从相当于折叠 2 次的位置钻取或刨取样屑。

4. 沸腾钢化学分析取样

除在技术条件中有特殊规定外，沸腾钢一般不作验证分析。沸腾钢验证分析用样屑，必须用刨取方法采取。

三、钢板的化学分析取样

图 1-2 所示为压力容器筒体制造所用钢板，材料为 Q235B，板厚 $\delta = 8\text{mm}$ ，要求对其进行化学分析取样。

结合现场实训条件，具体操作如下：

1. 准备工作

取样前需准备样品袋和所需要的取样工具。

(1) 样品袋 标识出钢材牌号、型号、生产厂家、进货日期、订单号、检验项目、取样人、取样日期、完成日期等相关信息。

(2) 取样工具 包括称样天平、手电钻、钻头、毛刷、接样品塑料布或纸、清洗剂（纸）。

2. 清洁

清除取样表面的油污、水分、锈蚀物等影响化学成分检验的异物，避免影响检验数据的正确性。

3. 划线

1) 确定取样范围，沿钢板宽度自边缘到中心划出一个 $500\text{mm} \times 50\text{mm}$ 的区域作为取样区，如图 1-3 所示。

2) 划线以确定具体钻取位置（相当于折叠 2 次的位置），如图 1-4 所示。



图 1-2 钢板 ($\delta = 8\text{mm}$) 材料: Q235B



图 1-3 划线以确定取样区

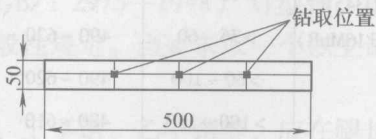


图 1-4 划线以确定钻取位置

4. 钻取样屑

用手电钻，采用 6mm 的钻头钻取样屑，将等量样屑混合均匀，供分析之用。

分析取样时要严格按照规定执行，做到认真、仔细，有强烈的责任意识；要保证所取试样均匀而有代表性，否则会使供需双方的检验结果造成较大的差异。

模块二 金属材料的力学性能

力学性能是指金属材料在各种不同形式的载荷作用下所表现出来的抵抗变形和破坏的能力，包括材料的强度、硬度、塑性与韧性等。表 1-3、表 1-4 为几种常用焊接结构用钢的力学性能和形状、尺寸。

表 1-3 几种常用焊接结构用钢的力学性能（拉伸与冲击）

钢 号	钢材厚度 或直径/mm	拉 伸 试 验			冲 击 试 验			
		抗拉强度 R_m /MPa	屈服强度 /MPa	断后伸长率 A (%)	等级	温度 /℃	冲击吸收 能量/J (V 形 纵向)	冲击韧度 a_{KV} /(J/cm ²)
			不小于	不小于				
Q235	≤16	370 ~ 500	235	—	A	—	27	33.75
	> 16 ~ 40		225	26				
	> 40 ~ 60		215	25	B	20		
	> 60 ~ 100		205	24	C	0		
	> 100 ~ 150		195	22	D	-20		
	> 150 ~ 200		185	21				
Q345 (旧 16Mn)	≤16	470 ~ 630	345	20	A	—	34	42.5
	> 16 ~ 40		335	20	B	20		
	> 40 ~ 63		325	19	C	0		
	> 63 ~ 80		315	19	D	-20		
	> 80 ~ 100		305	19	E	-40	27	33.75
	Q345R (旧 16MnR)		3 ~ 16	510 ~ 640	345	21	—	0
> 16 ~ 36		500 ~ 630	325	21				
> 36 ~ 60		490 ~ 620	315	21				
> 60 ~ 100		490 ~ 620	305	20				
> 100 ~ 150		480 ~ 610	285	20				
> 150 ~ 200		470 ~ 600	265	20				

表 1-4 几种常用焊接结构用钢的形状、尺寸（冷弯）

材 料	冷弯试验 180°			
	钢板厚度或直径/mm	试样方向	弯心直径 d /mm	试样宽度 b /mm
Q235	≤60	纵	a	规定 $b = 2a$
		横	$1.5a$	
	> 60 ~ 100	纵	$2a$	
		横	$2.5a$	

(续)

材 料	冷弯试验 180°			
	钢板厚度或直径/mm	试样方向	弯心直径 d/mm	试样宽度 b/mm
Q345	≤16	—	2a	按 GB/T 232—1999
	>16~100	—	3a	
Q345R	3~16	—	2a	规定 b=2a
	>16~200	—	3a	

注：1. a 为试样厚度或直径。
2. 钢材厚度（或直径）超出表中尺寸时，弯曲试验由供需双方协商确定。

一、力学性能试样类型及切取样坯的方法

力学性能试验的试样可分为三种类型。

- (1) 从原材料中直接取样 即从原材料上直接切取样坯，然后加工成标准规定的试样。如型材、棒材、板材、管材和线材等，根据有关标准，在一定的部位取出一定尺寸的样坯，加工成所需的拉伸、弯曲、冲击试样。这种方法常用于材料的进货检验。
- (2) 从产品（结构或零部件）的一定部位上取样 即从产品（结构或零部件）的一定部位（一般是最薄弱、最危险的部位）上切取样坯，加工成一定尺寸的试样。通过对这些试样进行力学性能试验，并和实验应力（应力是指单位横截面积上的内力——作用力）分析相配合，可进一步校正设计计算的正确性，同时在失效分析和安全评估中有重要的作用。这种方法常用于金属结构件市场质量反馈的失效分析，查找失效原因。
- (3) 把实物作为样品 即把结构或零部件作为样品，直接进行力学性能试验，如弹簧、螺栓、齿轮、轴承等。这种方法常用于特殊材料的力学性能检验。

二、钢材的拉伸试验——强度与塑性检测

1. 拉伸样坯取样位置

《钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备》（GB/T 2975—1998）对型钢、条钢、钢板和钢管的拉伸、冲击和弯曲试验的取样位置作了一般性规定。当要求取一个以上试样时，可在规定位置相邻处取样。

(1) 型钢 对于型钢，即常指的 L 型钢、槽钢、T 型钢、工字钢、乙字钢等，应在腿长 1/3 处取拉伸样坯；但对于腿部有斜度的型钢（如工字钢、槽钢），应在腰部 1/4 处取样（经协商认同，也可在腿部取样），如图 1-5 所示。

型钢中切取拉伸样坯时，应尽可能取腿部全截面样坯。如试验机能力不够时，则在其样坯中心线为厚度 1/4 或距底部 12.5mm 处取样，取两者数字较大者，如图 1-6 所示。

(2) 条钢 条钢包括圆钢、矩形截面钢等。条钢取拉伸样坯时，如试验机能力允许时，应尽可能取全截面做拉伸试验；如试验机能力不够时，分别按图 1-7、图 1-8 所示取样。

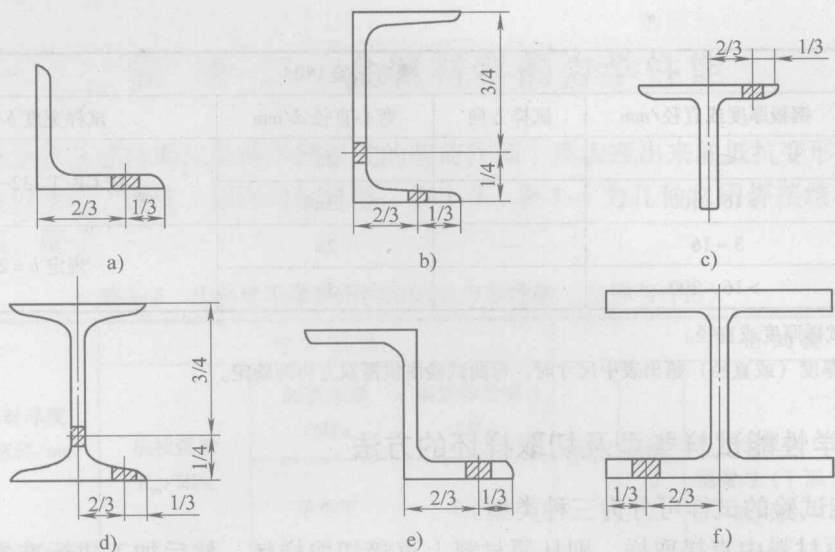


图 1-5 在型钢腿部宽度方向切取样坯的位置

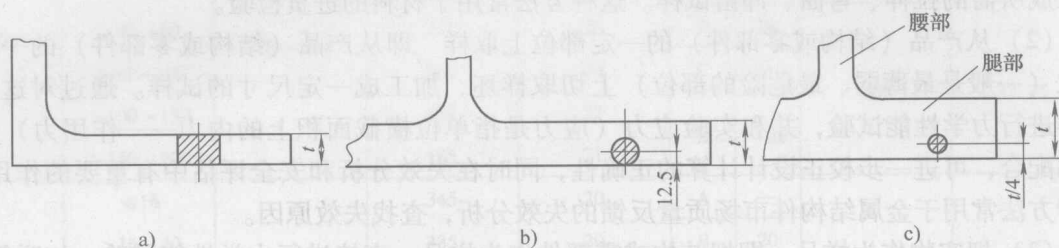


图 1-6 在型钢腿部厚度方向切取拉伸样坯的位置

a) $t \leq 50\text{mm}$ b) $t \leq 50\text{mm}$ c) $t > 50\text{mm}$

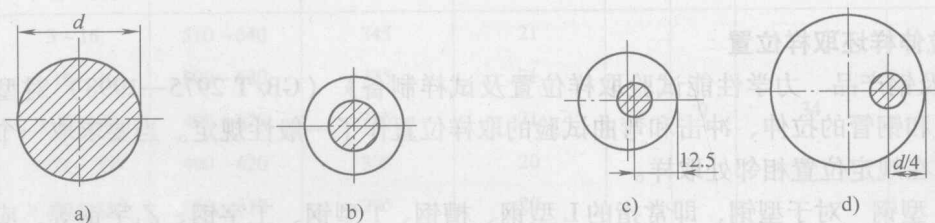


图 1-7 在圆钢上切取拉伸样坯的位置

a) 全横截面试样 b) $d \leq 25\text{mm}$ c) $d > 25\text{mm}$ d) $d > 50\text{mm}$

(3) 钢板 应在钢板宽度 $1/4$ 处切取拉伸、弯曲或冲击样坯，如图 1-9 所示。对于纵轧钢板，当产品标准没有规定取样方向时，应在钢板宽度 $1/4$ 处切取横向样坯，如钢板宽度不足时，样坯中心可以内移。如试验机能力允许时，应尽可能取全截面做拉伸试验。

(4) 钢管 对于钢管，其拉伸和弯曲的取样位置如图 1-10 所示，其中对于焊管，当取横向试样检验焊接性时，焊缝应在试样中部。如试验机能力允许时，应尽可能取全截面试样做拉伸试验。

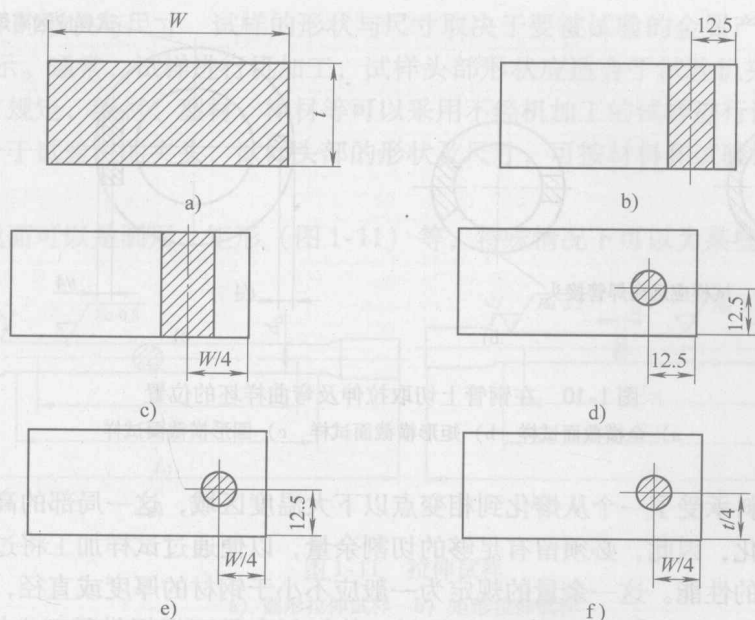


图 1-8 在矩形截面条钢上切取拉伸样坯的位置

- a) 全横截面试样 b) $W \leq 50\text{mm}$ c) $W > 50\text{mm}$ d) $W \leq 50\text{mm}$ 和 $t \leq 50\text{mm}$
e) $W > 50\text{mm}$ 和 $t \leq 50\text{mm}$ f) $W > 50\text{mm}$ 和 $t > 50\text{mm}$

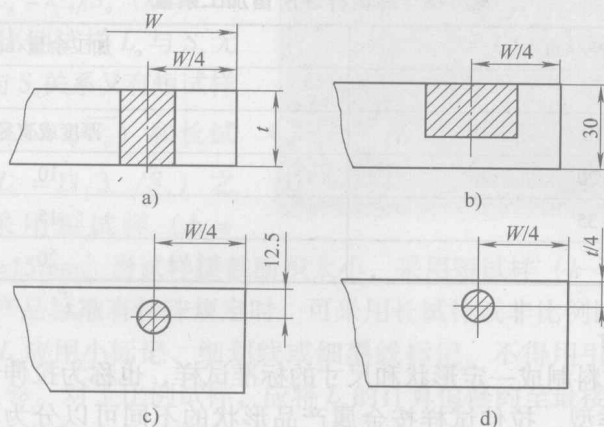


图 1-9 在钢板上切取拉伸样坯的位置

- a) 全截面试样 b) $t > 30\text{mm}$ c) $25\text{mm} < t \leq 50\text{mm}$ d) $t \geq 50\text{mm}$

2. 拉伸样坯切取方法及加工余量

常用的样坯切取方法有冷剪法、火焰切割法、砂轮片切割法、锯切法等，无论采取哪种方法，都应遵循以下原则：

- 1) 样坯都应在外观及尺寸合格的钢材上切取。
- 2) 切取样坯时，应防止因过热、加工硬化等影响其力学及工艺性能的现象。
- 3) 取样时，应对样坯和试样作出不影响其性能的标记，以保证始终能识别取样的位置 and 方向。

采用火焰切割法取样时，由于材料是在火焰喷嘴下熔化而使样坯从整体中分离出来，在