



项目引领 任务驱动

示范性高等职业院校课改规划教材



钢结构焊接工艺及实施

主编 蔡志伟 主审 曾 平 陶迺淳

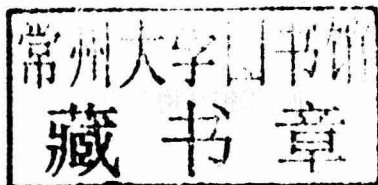
HEUP 哈尔滨工程大学出版社

高等职业院校提升专业服务产业发展能力国家级项目创新教材

钢结构焊接工艺及实施

主 编 蔡志伟

主 审 曾 平 陶迺淳



HEUP 哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书是高等职业专业教育服务产业发展的改革创新教材。教材内容直接体现岗位要求,把学习内容与生产任务或工程项目衔接起来,充分体现高职教育“五个对接”的改革要求。全书按7个项目展开,论述了钢结构工程的焊接工艺,并介绍了典型钢结构工程焊接工艺的案例。7个项目分别是:项目1,钢材及相关金属材料的焊接;项目2,小型钢结构件的焊条电弧焊;项目3,中薄板的CO₂气体保护焊;项目4,中厚板的埋弧自动焊;项目5,大型钢结构的焊接;项目6,非钢金属结构件的焊接;项目7,钢结构焊接工艺分析与工艺编制。每个项目都有学习要求,包括知识内容与教学要求,技能训练内容与教学要求以及素质要求,还有工程实例和思考、讨论题及作业等,书后还附有参考资料等内容。

本书可作为高职高专钢结构类及其他成人高校相应专业的教材,也可作为建筑、机械、修造船等行业相关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构焊接工艺及实施/蔡志伟主编. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社,2015. 1
ISBN 978 - 7 - 5661 - 0999 - 6

I. ①钢… II. ①蔡… III. ①钢结构 - 焊接工艺
IV. ①TG457. 11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 026202 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 19. 25
字 数 489 千字
版 次 2015 年 2 月第 1 版
印 次 2015 年 2 月第 1 次印刷
定 价 42. 00 元
<http://www.hrbeupress.com>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

“以服务为宗旨，以就业为导向”已经成为全社会对高职教育发展的共识，如何提高高职院校专业建设服务产业发展的能力，建立适应中国经济社会发展的高职教育模式成为当前高职院校改革的重大课题。而高职教育的“五个对接”的改革要求提出了解决这一重大课题的途径。高职教育正在创新，各专业都在探索一种适应我国社会经济建设需要的高素质应用型技能人才培养模式。

能否培养出适合企业或行业需求的高素质应用型技能人才，专业是否适销对路成为关键，而构成专业的课程又是主要因素，因此，课程开发是人才培养模式的核心内容。课程开发必须围绕职业能力这个核心，以工程项目或任务为导向，以专业技术应用能力和岗位工作技能为主线，对课程进行优化衔接、定向选择、有机整合和合理排序，课程的设置应打破学科界限，本着强化能力、优化体系、合理组合、尊重认知规律、缩减课时的原则进行。不必过分考虑内容的系统性、完整性，而应突出课程的针对性、实用性、先进性和就业岗位群的适应性。

为了适应上述需求，本教材着力针对钢结构、船舶行业，满足企业对人才培养的需求，从岗位能力要求，到完成工作任务所需要的知识和技能以及素质要求，基于钢结构的工作过程，从编制钢结构焊接工艺到组织实施，让学生通过学习和训练达到岗位要求。

为了保证本教材的编写质量，船海学院组织了企业专家，院校的“双师型”骨干教师及部分青年教师等参加编写工作，具体分工如下：

曾平，教授，湖北武汉焊接协会理事，国家级精品课程负责人，担任主审。

陶迺淳，高级工程师，中船总公司长航集团青山船舶重工，焊接专家，担任副主审。

蔡志伟，副教授，高级工程师，副研究员，“双师型”骨干教师，专业负责人兼课程负责人，担任主编。

叶东南，副教授，“双师型”骨干教师，担任本书校对。

韩喆，讲师，武汉理工大学硕士研究生，担任部分校正工作。

涂琳，助教，武汉理工大学硕士研究生，担任部分校正工作。

在本教材的编写过程中，听取了中交集团二航局、中建三局、武昌造船

厂、中铁大桥局桥梁重工、长航宜昌船厂等企业的有关专家和技术人员的意见和建议，在此一并表示衷心的感谢。

本教材从公开发表的有关杂志、书籍、网站中引用了大量的相关资料，在此对涉及的原文作者，表示衷心的感谢！

由于编写时间仓促，加之作者水平有限，书中难免有不当之处，敬请读者提出宝贵意见。

编 者

2015年2月

目 录

绪论	1
0.1 钢结构焊接概述	1
0.2 钢结构焊接技术的发展历史及展望	4
0.3 焊接技术的含义及其特点	7
0.4 本课程的内容	9
项目 1 钢材及相关金属材料的焊接	11
1.0 项目导论	11
1.1 常用钢材类别、型号和性能	12
1.2 钢材的焊接性及实验方法	28
1.3 钢材及相关金属的焊接工艺	31
项目 2 小型钢结构件的焊条电弧焊	39
2.0 项目导论	40
2.1 焊条电弧焊的基本理论	40
2.2 常用焊接材料	48
2.3 钢板焊条电弧焊工艺	54
2.4 小型钢构件焊条电弧焊焊接工艺	63
项目 3 中薄板的 CO ₂ 气体保护焊	72
3.0 项目导论	72
3.1 中薄板的焊接特点及气体保护焊的应用	73
3.2 CO ₂ 气体保护焊过程、分类及特点	75
3.3 CO ₂ 气体保护焊的冶金特点	77
3.4 CO ₂ 气体保护焊的焊接材料	81
3.5 CO ₂ 气体保护焊的焊接设备	83
3.6 CO ₂ 气体保护焊的工艺参数	86
3.7 CO ₂ 气体保护半自动焊的操作技术	90
3.8 CO ₂ 气体保护自动焊工艺方法	101
3.9 药芯 CO ₂ 气体保护焊自动焊	111
3.10 CO ₂ 气体保护焊焊接质量及安全操作	114
项目 4 中厚板的埋弧自动焊	121
4.0 项目导论	121
4.1 埋弧焊的实质及其优越性	122
4.2 常用埋弧自动焊设备与维修	124
4.3 埋弧焊常用焊接材料	130
4.4 埋弧焊工艺	141

4.5	单面焊双面成型埋弧焊工艺	151
4.6	埋弧焊的安全操作技术	155
项目 5	大型钢结构的焊接	158
5.0	项目导论	158
5.1	大型钢结构焊接工程的特征	159
5.2	大型钢结构厚板焊接工艺	163
5.3	海洋钢结构的焊接	191
项目 6	非钢金属结构件的焊接	200
6.0	项目导论	200
6.1	非钢有色金属结构件焊接	202
6.2	惰性气体保护焊	220
项目 7	钢结构焊接工艺分析与工艺编制	227
7.0	项目导论	228
7.1	钢结构焊接工艺分析与工艺审查	228
7.2	钢结构焊接应力与变形处理	237
7.3	钢结构焊接生产工艺过程分析	256
7.4	钢结构焊接工艺方案的制订	261
7.5	钢结构焊接工艺的编写	268
7.6	典型钢结构焊接工艺编制	274
附录	《建筑钢结构焊接技术规程》	294
参考文献		300

绪 论

0.1 钢结构焊接概述

随着我国改革的深入和经济的飞速发展,钢结构行业得到快速发展,这也促使焊接新技术、新工艺、新设备、新材料得以广泛应用。焊接技术的进步又为钢结构行业的快速发展提供了技术支撑和保证。特别是进入 21 世纪以来,我国国民经济继续保持快速平稳发展。在发展沿海、开发西部和振兴东北老工业基地战略部署的指引下,西气东输、西电东送、南水北调、铁路建设与提速等国家重大工程,以及北京 2008 奥运工程和上海世博工程全面展开,我国钢结构技术发展迎来了崭新的局面。

钢结构是指以钢材为主的金属材料,经过加工、连接构成满足人们需要的建筑物或构筑物。狭义的钢结构是指由钢材(包括型材)组成的结构物;广义的钢结构通常是指由钢板、钢管、型钢(包括与钢丝、钢绳、钢绞线、钢棒)等,通过焊接、螺栓、铆钉、黏结等连接方式组成房屋、桥梁、塔桅、采油平台、容器管道、装备、家具等结构。目前焊接钢结构是广泛采用的钢结构的主要类型。

0.1.1 钢结构的焊接及其他连接

钢结构构件或部件之间的互相连接的方法较多,常用连接方法有:焊缝连接、螺栓连接、铆钉、黏结连接。其中螺栓连接又分普通螺栓连接和高强度螺栓连接。普通螺栓连接使用最早,约从 18 世纪中叶开始。19 世纪 20 年代开始采用铆钉连接。19 世纪下半叶又出现了焊缝连接。20 世纪中叶,高强度螺栓连接又得到了发展。与此同时,焊接技术的应用也得到飞速发展。

1. 焊缝连接

(1)电弧焊连接 钢结构中的焊缝连接,主要是采用电弧焊,即在构件连接处,借电弧产生的高温,将置于焊缝部位的焊条或焊丝金属熔化,而使构件连接在一起。电弧焊又分手工焊条电弧焊、自动焊和半自动焊。自动焊和半自动焊,可采用埋弧焊(使用焊剂)或气体(采用二氧化碳等气体)保护焊。

(2)焊缝的基本形式 钢结构的焊缝分为对接焊缝(图 0-1)和角焊缝(图 0-2)。对接焊缝也称坡口焊缝,构造简单,传力直接简捷;但在施焊之前,焊件边缘需根据不同厚度进行加工,做成各种坡口形式,以保证焊透。角焊缝用于不在同一平面内两个焊件的相连,如两块钢板搭接,焊缝堆成接近三角形截面,贴附于被连接焊件的搭接边缘处或端头。搭接的贴角焊缝平行于作用力方向的称为侧面角焊缝,垂直于作用力方向的称为正面角焊缝。焊缝的形式有对接、搭接、T 型连接和角型连接(含任意角连接),不同连接形式焊缝的表现形式不同,以确保焊缝连接的传力可靠。

(3)焊缝连接受力特点 对接焊缝当采用与主体金属相适应的焊条或焊丝,施焊合理,质量合格时,其强度与主体金属强度相当。角焊缝的截面形状,一般为等腰直角三角形,其

直角边长称为焊脚 h_f , 斜边上的高 ($0.7 h_f$) 称为有效厚度或计算厚度, 见图 0-2(a)。用侧面角焊缝连接承受轴向力时, 焊缝主要承受剪切力, 计算时, 假设剪应力沿着有效厚度的剪切面均匀分布, 只验算其抗剪强度。正面角焊缝受力复杂, 同时存在弯曲、拉伸 (或压缩) 和剪切应力, 见图 0-2(b) ~ (e), 其破坏强度比侧面角焊缝高。关于焊缝的构造要求, 施工验收规范均有专门规定。

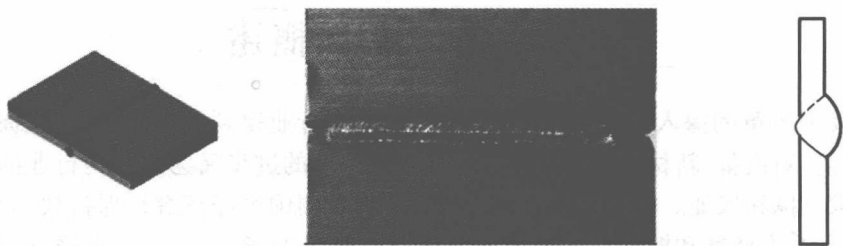


图 0-1 对接焊缝

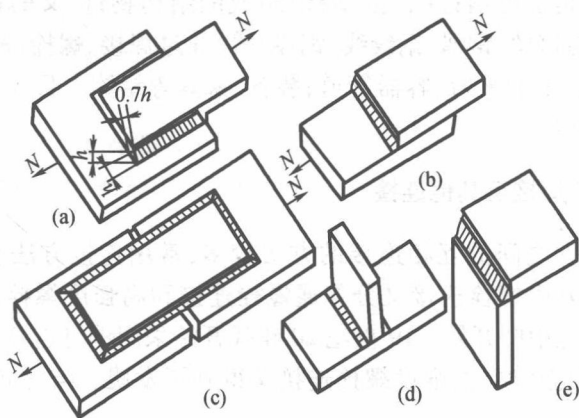


图 0-2 角焊缝

(a)(b) 搭接; (c) 对接; (d) T 型连接; (e) 角型连接

(4) 焊接应力和变形 焊接过程中, 由于被连接构件局部受热和焊后不均匀冷却, 将产生焊接残余应力和焊接变形, 其大小与焊接构件的截面形状、焊缝位置和焊接工艺等有关。焊接残余应力高的可达到钢材屈服点, 对构件的稳定和疲劳强度均有显著影响。焊接变形可使构件产生初始缺陷。设计焊接结构以及施工过程都应采取措施, 减少焊接应力和焊接变形。

2. 螺栓连接

(1) 普通螺栓连接 普通螺栓连接的连接件包括螺栓杆、螺母和垫圈。普通螺栓用普通碳素结构钢或低合金结构钢制成; 分粗制螺栓和精制螺栓两种。粗制螺栓由未经加工的圆杆制成, 螺栓孔径比螺栓杆径大 $1.0 \sim 1.5 \text{ mm}$, 制作简单, 安装方便, 但受剪切时性能较差, 只用于次要构件的连接或工地临时固定, 或用在靠螺栓传递拉力的连接上。精制螺栓由棒钢在车床上切削加工制成, 杆径比孔径小 $0.3 \sim 0.5 \text{ mm}$, 其受剪力的性能优于粗制螺

栓,但由于制作和安装都比较复杂,很少应用。

普通螺栓连接按受力情况可分为抗剪连接和抗拉连接,也有同时抗剪和抗拉的。抗剪连接又有单面受剪和双面受剪以及多面受剪等不同情况。在普通螺栓抗剪连接中,当拧紧螺母时,螺栓内产生的预拉力不大;连接受力时,被连接的板件之间的摩擦力克服后,产生滑移,螺栓杆与孔壁接触,此时主要靠螺栓杆剪切和螺栓杆与孔壁互相挤压传力,见图 0-3(a),(b)。当螺栓杆直径相对较小时,螺栓沿受剪面剪断,称剪切破坏,见图 0-3(c)。当板件相对较薄时,孔壁被挤压而破坏或板件端部被螺栓冲开,见图 0-3(d),(e),称承压破坏。当被连接板件截面较小,也可能在有螺栓的截面处被拉断而破坏。螺栓抗拉连接的受力情况,则随着被连接构件的刚度不同而有较大的区别。当被连接构件的刚度较大且螺栓对称布置时,则每个螺栓将平均承担作用在连接处的拉力,见图 0-4(a)。当被连接构件的刚度较小时,则连接处翼缘会发生弯曲变形,产生杠杆力,见图 0-4(b)。杠杆力比较复杂,一般采用适当降低螺栓的抗拉设计强度加以考虑。螺栓的抗拉连接破坏是在螺纹处拉断。考虑施工方便和受力要求,螺栓要按一定规定排列。

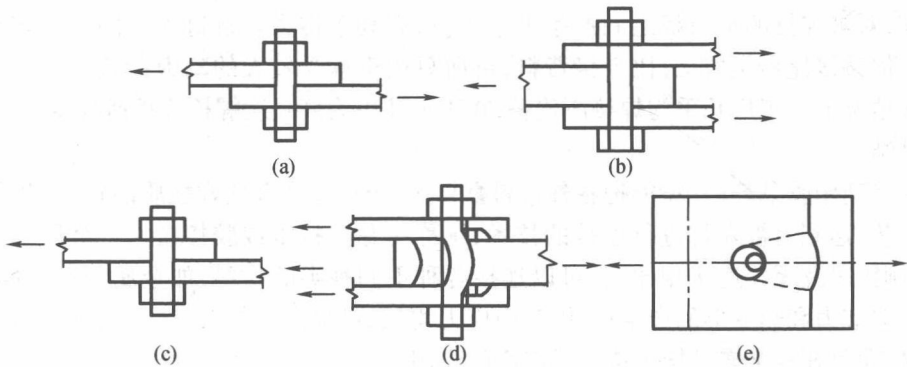


图 0-3 普通螺栓抗剪连接

(2) 高强度螺栓连接 高强度螺栓连接件也由螺栓杆、螺母和垫圈组成。由强度较高的钢(如 20 号锰钛硼、40 号硼、45 号钢)经过热处理制成。高强度螺栓连接用特殊扳手拧紧高强度螺栓,对其施加规定的预拉力。

高强度螺栓抗剪连接,按其传力方式分为剪压型(或称承压型)和摩擦型两类。剪压型高强度螺栓抗剪连接,则假设金属接触面间的摩擦力被克服后,栓杆与孔壁(孔径比杆径大 1.0~1.5 mm)接触,靠螺栓抗剪和孔壁承压来传力,见图 0-3(a)。而摩擦型高强度螺栓抗剪连接,见图 0-5,依靠被夹紧板束接触面的摩擦力传力,一旦摩擦力被克服,被连接的构件发生相对滑移,即认为达到破坏状态。因为摩擦型高强度螺栓抗剪连接的承载力取决于高强

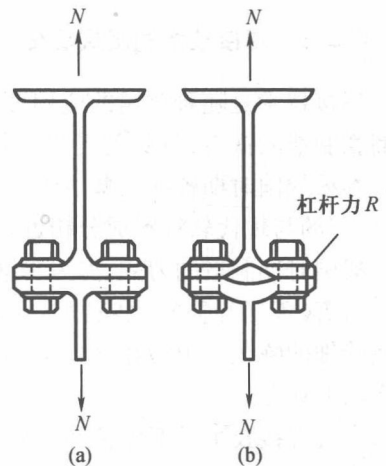


图 0-4 普通螺栓抗拉连接

度螺栓的预拉力和钢板接触面间的摩擦系数(亦称滑移系数)的大小,除采用强度较高的钢材制造高强度螺栓并经热处理,以提高预拉力外,常对板件接触面进行处理(如喷砂)以提高摩擦系数。高强度螺栓的预拉力并不降低其抗拉性能,其抗拉连接与普通螺栓抗拉连接相似,当被连接构件的刚度较小时,应计入杠杆力的影响。每个螺杆所受外力不应超过预拉力的80%,以保证板与板之间保持一定的压力。高强度螺栓连接的螺栓排列,也有一定的构造规定。

3. 铆钉连接

铆钉是由顶锻性能好的铆钉钢制成。铆钉连接的施工程序,是先在被连接的构件上,制成比钉径大1.0~1.5 mm的孔。然后将一端有半圆钉头的铆钉加热到呈樱桃红色,塞入孔内,再用铆钉枪或铆钉机进行铆合,使铆钉填满钉孔,并打成另一铆钉头。铆钉在铆合后冷却收缩,对被连接的板与板之间产生夹紧力,这有利于传力。铆钉连接的韧性和塑性都比较好。但铆接比栓接费工,比焊接费料,目前只用于承受较大的动力荷载的大跨度钢结构。一般情况下在工厂几乎为焊接所代替,在工地几乎为高强度螺栓连接所代替。

4. 黏结

黏结是利用胶黏剂(一种能把各种材料黏合在一起,并具有良好性质的物质)以及有效的黏合工艺,达到对被黏物进行连接的技术,统称为黏接技术或胶接技术。金属黏接技术与焊接、铆接以及螺栓连接相比,它可以连接各种不同种类的材料,如金属与非金属等;零件可避免热应力和热变形的产生;又因其内应力均匀,可提高结构疲劳寿命;同时可减轻结构的质量,尤其在轻金属结构中得到了广泛的应用。

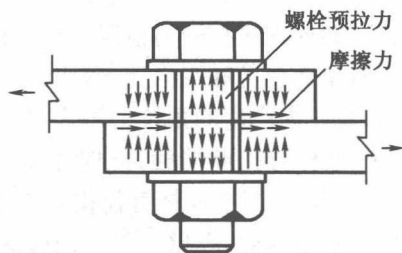


图 0-5 高强度螺栓连接

0.2 钢结构焊接技术的发展历史及展望

0.2.1 焊接技术的发展历史

焊接技术是随着金属的应用而出现的,古代的焊接方法主要是铸焊、钎焊和锻焊。中国商朝制造的铁刃铜钺,就是铁与铜的铸焊件,其表面铜与铁的熔合线蜿蜒曲折,接合良好。春秋战国时期曾侯乙墓中所建的鼓铜座上有许多盘龙,是分段钎焊连接而成的。经分析,所用的与现代软钎料成分相近。

战国时期制造的刀剑,刀刃为钢,刀背为熟铁,一般是经过加热锻焊而成的。据明朝宋应星所著《天工开物》一书记载:中国古代将铜和铁一起入炉加热,经锻打制造刀、斧;用黄泥或筛细的陈久壁土撒在接口上,分段锻焊大型船锚。中世纪,在叙利亚大马士革也曾用锻焊制造兵器。

古代焊接技术长期停留在铸焊、锻焊和钎焊的水平上,使用的热源都是炉火,温度低、能量不集中,无法用于大截面、长焊缝工件的焊接,只能用以制作装饰品、简单的工具和武器。

19世纪初,英国的戴维斯发现电弧和氧乙炔焰两种能局部熔化金属的高温热源;

1885~1887年,俄国的别纳尔多斯发明碳极电弧焊钳;1900年又出现了铝热焊。

20世纪初,碳极电弧焊和气焊得到应用,同时还出现了薄药皮焊条电弧焊,电弧比较稳定,焊接熔池受到熔渣保护,焊接质量得到提高,使手工电弧焊进入实用阶段,电弧焊从20世纪20年代起成为一种重要的焊接方法。在此期间,美国的诺布尔利用电弧电压控制焊条送给速度,制成自动电弧焊机,从而成为焊接机械化、自动化的开端。1930年美国的罗宾诺夫发明使用焊丝和焊剂的埋弧焊,焊接机械化得到进一步发展。20世纪40年代,为适应铝、镁合金和合金钢焊接的需要,钨极和熔化极惰性气体保护焊相继问世。

1951年苏联的巴顿电焊研究所创造电渣焊,成为大厚度工件的高效焊接法。1953年,苏联的柳巴夫斯基等人发明二氧化碳气体保护焊,促进了气体保护电弧焊的应用和发展,如出现了混合气体保护焊、药芯焊丝气渣联合保护焊和自保护电弧焊、氩弧焊接等。

1957年美国的盖奇发明等离子弧焊;20世纪40年代德国和法国发明的电子束焊也在20世纪50年代得到实用和进一步发展;20世纪60年代又出现激光焊。等离子、电子束和激光焊接方法,标志着高能量密度熔焊的新发展,大大改善了材料的焊接性,使许多难以用其他方法焊接的材料和结构得以焊接。

其他的焊接技术还有1887年,美国的汤普森发明电阻焊,并用于薄板的点焊和缝焊;缝焊是压焊中最早的半机械化焊接方法,随着缝焊过程的进行,工件被两滚轮推送前进;20世纪20年代开始使用闪光对焊方法焊接棒材和链条。至此电阻焊进入实用阶段。1956年,美国的琼斯发明超声波焊;苏联的丘季科夫发明摩擦焊;1959年,美国斯坦福研究所研究成功爆炸焊;20世纪50年代末苏联又制成真空扩散焊设备。焊接技术几乎每10年就有新技术出现。

0.2.2 现代焊接技术的发展趋势

现代焊接技术随着国民经济的发展而发展,在交通、能源、航空航天、建筑业等领域表现突出,以建筑业为例足以说明钢结构焊接技术发展的趋势。

1. 建筑钢结构的发展推动焊接技术的发展

建筑钢结构具有自重轻、建设周期短、适应性强、外形多样、维护方便等优点,其应用越来越广泛。

从20世纪80年代以来,中国建筑钢结构得到了空前的发展,2005年,我国已成为世界上最大的产钢国和用钢国,年钢铁消耗量已突破3亿吨,而其中钢结构的产量高达1.4亿吨,包括了能源、交通及基础设施建设等的钢结构产业已成为国民经济建设的支柱。

建国以来,我国钢结构经历了困难期、低潮期、发展期、成熟期四个阶段。目前我国的钢结构进入了成熟期。进入成熟期的主要标志就是“鸟巢”钢结构焊接工程顺利竣工,这一项世纪工程的顺利建成,极大地推动了我国的钢结构施工技术和钢铁产业的飞速发展,更推进了焊接技术的发展,标志我国的焊接施工技术和钢铁产业进入世界先进行列。与此同时,一大批设计新颖、用料考究的钢结构工程应运而生。使我国钢结构产业出现了欣欣向荣、蓬勃发展的大好局面。

2. 建筑钢结构焊接技术发展的方向

从“鸟巢”钢结构焊接工程可看建筑钢结构焊接技术的发展方向,目前建筑钢结构焊接方式通常有以下几种:

(1) SMAW(焊条电弧焊),主要用于钢结构制作中辅助焊缝的焊接;

(2)SAW(埋弧焊),主要用于钢结构制作中主焊缝的焊接工作;

(3)GMAW(CO_2 实焊丝气体保护焊),主要用于现场安装工程、制作工程的主、次焊缝的焊接;

(4)FCAW - G(CO_2 药芯焊丝气体保护焊),主要用于现场安装工程、制作工程主、次焊缝的焊接;

(5)电渣焊(ESW),主要用于 BOX 构件筋板的焊接;

(6)栓钉焊(SW),主要用于劲性构件的栓焊和楼层板的穿透焊。

“鸟巢”钢结构焊接工程中全部采用了上述方式,在现场的安装工程中主要采用了以下 14 种技术:

a. Q460 - Z35 焊接性试验研究新技术;

b. 大规模采用电加热预(后)热技术;

c. 厚板采用 SMAW - GMAW - FCAW - G 复合新工艺技术;

d. 大面积采用仰焊技术;

e. GMAW、FCAW - G 大流量防风技术;

f. 钢结构低温焊接技术;

g. 铸钢及其异种钢焊接技术;

h. 防止冷、热裂纹技术;

i. 层状撕裂防止和处理技术;

j. 特殊焊缝处理技术;

k. 焊接机器人(FCAW - SS)焊接技术的应用;

l. 钢筋 T 型焊接接头压力埋弧焊新工艺;

m. 复杂钢结构应力应变控制技术;

n. 特殊钢结构合龙技术。

“鸟巢”钢结构焊接工程所用的 14 项焊接技术是十分典型的,基本代表了建筑钢结构焊接技术的发展方向。

3. 我国建筑钢结构焊接工程的特点

到目前为止,我国已建成上百幢高层焊接钢结构建筑;大跨度空间钢结构已在各种体育馆、展览中心、大剧院、候机楼、飞机库和一些工业厂房中应用;桥梁钢结构方兴未艾;钢结构住宅在我国经过近几年的深入研究和开发后,也已进入一个新的发展阶段。

建筑钢结构设计越来越先进、焊接施工技术越来越成熟,使建筑钢结构形成了以下特点:

(1)在外观造型上,结构形状新颖独特,标新立异,不与人雷同,体现了这个时代个性张扬的特点;

(2)在材料的选用上,趋向于越来越多的使用高强度、大厚度钢材,而且随着材料制造工艺水平的不断提高,铸钢、奥氏体不锈钢、复合钢板也得到越来越多的应用。

(3)在建造规模上,越来越多的超高层、大跨度世界级超大规模建筑在国内诞生,大大地促进了焊接技术的进步;

(4)在施工技术上,焊接作为构建钢结构的一种主要的连接方法,在建筑钢结构中发挥了重要的作用。据统计,约 50% 以上的钢材在投入使用前需要经过焊接加工处理。因此,焊接水平的提高是实现钢结构建筑安装技术快速发展的关键所在。

随着科学技术的发展,焊接设备、焊接材料和高效焊接方法获得了新的进步和发展。高效,其核心是高速和机械化自动化。所以,研发高速焊接电源、焊接材料(焊丝、保护气体)、焊接工艺是不变的主题。世界先进工业国家钢结构的机械化、自动化焊接普遍占到70%~80%,有的甚至更高;我国有部分大企业的机械化、自动化焊接占到了70%~80%,但在整体上还存在差距。多元气体高速焊、多头多丝的埋弧焊或 CO_2 气体保护焊、等离子弧复合电源、搅拌摩擦焊在国内有些企业才刚刚起步。高层、超高层建筑钢结构的梁、柱,除采用轧制H型钢外,工厂制作时焊接H型钢一般都采用高效的埋弧自动焊,厚板往往采用双丝或多头多丝。而日本广泛采用埋弧贴角焊工艺,可同时焊接两条焊缝,基本上淘汰了船形位置焊;隔板则采用管焊条电渣焊或丝极电渣焊;中、薄板采用 CO_2 气体保护焊(实芯焊丝或药芯焊丝)。而小巧的 CO_2 药芯焊丝自动焊爬行焊接机可实现高效化焊接。日本钢结构生产的自动化程度很高,现场管理也十分严格,特别是日立造船工场的钢结构生产“4C”控制,即“CAD”(计算机辅助设计)、“CAM”(计算机辅助加工)、“CAT”(计算机辅助检测)、“CAE”(计算机辅助评价),科技水平很高。虽然“CAT”目前只能检测钢结构的几何尺寸,但已经能够很大程度地提高钢结构的生产效率和产品质量。

0.3 焊接技术的含义及其特点

0.3.1 焊接技术的基本概念

1. 焊接定义

通过加热或加压或两者并用,并且用或不用填充材料,使焊件达到结合的一种方法叫焊接。

焊接不仅可以解决各种钢材的连接,而且还可以解决铝、铜等有色金属及钛、锆等特种金属材料的连接,因而已广泛应用于机械制造、造船、海洋开发、汽车制造、石油化工、航天技术、原子能、电力、电子技术及建筑等行业。据工业发达国家统计,每年仅需要进行焊接加工之后使用的钢材就占钢总产量的45%左右,而且比例还在增加。

2. 焊接方法的分类

随着生产和科学技术的发展,目前钢结构焊接的种类很多。按焊接过程的特点来分,可归纳为两大类:

(1)熔焊 这一类焊接方法的共同特点是:利用局部热源将焊件的接合处及填充金属材料(不用填充金属材料也可以)熔化,并相互熔合,冷却凝固后而形成牢固的接头。电弧焊,电渣焊和气体保护焊均属于这一类。

(2)压焊 这一类焊接方法的共同特点是:焊件不论加热与否均施加一定的压力,使两结合面紧密接触产生结合作用,从而使两焊件连接在一起。接触焊和摩擦焊都属于这一类。

还有一种连接方法叫钎焊,它与熔焊相似,却又有本质的区别。当连接件进行局部适当加热后(但不到熔化状态),随之将熔化状态的钎料金属(熔点低于被连接件的熔点)填充到连接件表面的空隙里,液态钎料与固态连接件的表面由于分子或原子间的互相扩散与结合作用从而形成接头。

钢结构焊接方法的分类,见图0-6。

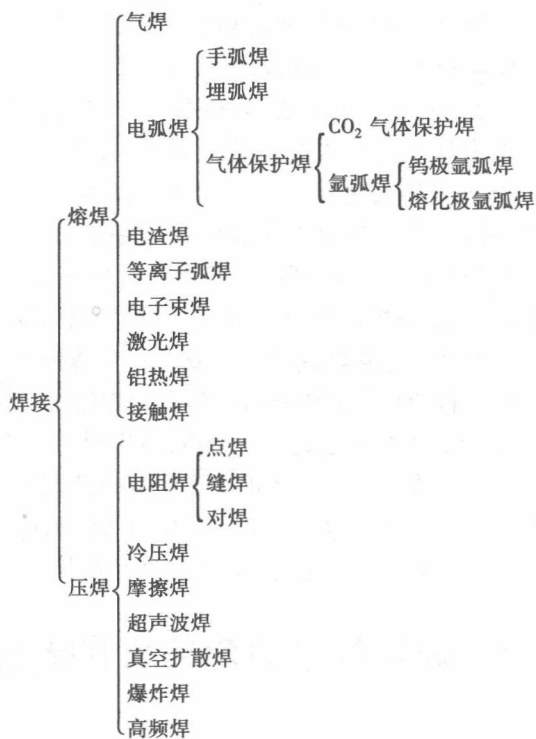


图 0-6 焊接方法的分类

3. 焊接钢结构工程的优越性及其不足

由于焊接技术先进,经济效益好,所以发展迅速。现在焊接已成为现代工业的主要加工手段。

(1) 钢结构焊接工程的优越性

- a. 结构形式合理,节省材料 1% ~ 15%。
- b. 结构强度高。
- c. 焊接接头密性好。
- d. 投资省、设备少。
- e. 扩大了作业面,车间内可制作,改善了劳动条件。便于机械化和自动化作业,因而生产率高。

(2) 钢结构焊接工程的不足之处

焊接结构的刚性较大,整体性强,易出现应力集中区域,产生裂纹,一旦出现裂纹就会蔓延和扩展,导致整体结构的严重破坏。

因此,设计建筑时,采用合理的结构,建造钢结构工程时,采用正确的工艺,才能扬长避短,发挥焊接技术的优越性。这也是学习本课程的目的所在。

0.4 本课程的内容

焊接技术几乎在所有的工业部门都要采用,涉及面甚广,内容也极为丰富。“钢结构焊接工艺与实施”这门课主要通过介绍典型钢结构工程引出钢结构常用的焊接方法、工艺及设备、进而介绍钢结构焊接应力与变形的处理、焊接结构的生产工艺等有关知识,具体内容通过工程项目引导出所需的焊接知识。

0.4.1 引导的工程项目

1. 钢材及相关金属材料的焊接;
2. 小型钢结构的焊接;
3. 薄板的焊接;
4. 中厚板的焊接;
5. 大型钢结构厚板的焊接;
6. 非钢金属材料的焊接;
7. 典型钢结构焊接工艺分析及工艺编制。

0.4.2 有关学习的焊接知识

1. 金属材料的焊接,主要介绍常用金属材料,各种型材,金属焊接性的概念及其试验方法,重点讲述低合金钢及其相关材料焊接中产生裂纹的问题,还讲述了不锈钢材料及其焊接问题。

2. 以小型钢结构焊接工程为载体介绍电弧焊的基本理论,包括焊接电弧,焊缝的形成过程和焊接接头的金相组织及性能。重点介绍焊条电弧焊工艺。

3. 以常见钢结构工程中的薄板、中厚板、大厚板为例介绍各种焊接方法的应用,包括手工焊条电弧焊、埋弧自动焊、CO₂ 气体保护焊及其他焊接方法,介绍它们的焊接工艺,焊接材料和焊接设备以及焊接冶金中的一些基本理论知识。另外,还根据钢结构制作的特点讲述一些先进焊接工艺的应用知识。

4. 非钢有色金属结构件的焊接,铝及其合金的焊接、铜及其合金的焊接,钛及其合金的焊接及其惰性气体保护焊。

5. 焊接工艺分析及工艺编制,包括焊接工艺分析与工艺审查,焊接应力与变形的分析与处理,焊接工艺过程及工艺方案的制订,焊接工艺评定及焊接工艺的编制。

【思考、讨论题】

1. 你对钢结构连接的特点有何认识?
2. 钢结构工程中常见的连接形式有哪几种?
3. 什么是钢结构工程中的焊缝连接?
4. 为什么说焊接水平的提高是实现钢结构建安技术快速发展的关键所在?
5. 建筑钢结构工程中常用哪些焊接方法?
6. 简要说明建筑钢结构的发展方向。
7. 焊接技术的基本含义是什么?

8. 焊接方法分哪几类?
9. 焊接技术有何特点?
10. 本课程的教学目的是什么? 它包括哪些内容?
11. 本课程学习哪些方面的焊接知识?
12. 如何学好本课程?