

Training Course For International Welding Technology

- 内容全面简约，技术丰富，涵盖合格焊工必须掌握的全部基础知识
- 技术应用理论简单化，深入浅出，图文并茂
- 知名专家教授把关定向

国际焊接技术 培训教程

蒋景革 主编



化学工业出版社

Training
Course
For
International
Welding
Technology



国际焊接技术
培训教程

蒋景革 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书从“课程基础知识”、“电弧焊安全知识”、“术语和定义”、“焊接方法”中的“SMAW、GMAW、FCAW-G、TIG、SAW”广泛知识到“焊接耗材”的各种阐述,涵盖合格焊接人员必须掌握的全部基础知识。

本书语言简练、通俗易懂、实用性强,适合不同层面的焊工;实践操作更注重对焊工职业素养、安全防护意识、过程细节控制以及对标准执行态度的培养。本书是 CIWT 公司焊工培训的正式教材,但适用面广,可供大专(高职)院校、中专(技工)学校、企业培训中心做焊接培训教材使用,也可供焊接技术管理、质量控制检验、科研工作者、自学焊接人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

国际焊接技术培训教程 / 蒋景革主编. — 北京: 化学工业出版社, 2012. 4

ISBN 978-7-122-13698-5

I. 国… II. 蒋… III. 焊接-技术培训-教材 IV. TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 034916 号

责任编辑: 马燕珠

文字编辑: 陈 喆

责任校对: 陶燕华

装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张 9¼ 字数 185 千字 2012 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究

■ 编 委 会

主 任： 刘景凤 张振书

副主任： 戴为志 马德志

委 员： 刘景凤 张振书 戴为志 马德志 蒋景革
王庆民 孙俊生 徐明辉 王景志 李振兴

CIWT 是中国国际焊接技术培训认证有限公司 (China International Welding Technology Training and Certification Co., Ltd) 的英文缩写, 是一家在香港注册、运营总部设在北京 (CECWA)、英国 TWI 在中国大陆授权的专业技术公司。

本公司致力于中国工程建设、机械装备制造等焊接技术领域的科技进步; 以“为大国崛起提升焊接从业人员职业素养, 提高中国焊接质量”为使命, 推行“质量提升、标准先行、创造价值、合作共赢”的理念, 结合中国国情, 向国内各行业提供国际焊接检验师 (CSWIP3.0、CSWIP3.1)、国际标准焊工培训认证服务; 同时提供质量控制检验、工程技术、人力资源及人才数据库服务; 近期在全国各地开办了一系列认证培训班, 为国内企业提高焊接质量、走出国门做了一定工作, 取得了较好成绩, 收到了良好效果, 得到了国内焊接界的认同和好评。

本书是本公司针对我国焊工实际, 正式出版的第一部教材; 本书根据国内外最新标准: BS EN 2871-1 2004《焊工技能评定 熔焊》(欧洲标准国际焊工); AWS D1.1/D1.1M2008《美国钢结构焊接规范》(钢结构焊工); ASME IX2007《焊接和钎焊评定标准》(美国锅炉压力容器焊工); API 1104《管道及相关附件的焊接标准》(美国石油管道焊工); IWI《焊工培训教材》和 CECWA《焊工培训考试规程》组织编写。特别适合我国焊工水平的迅速提高和涉外工程的急迫需求。

本书具有以下特点:

1. 内容全面、简约, 全书共分三章, 但涉及技术十分丰富, 本书从“课程基础知识”、“电弧焊安全知识”、“术语和定义”、“焊接方法”中的“SMAW、GMAW、FCAW-G、TIG、SAW”广泛知识到“焊接耗材”

的各种阐述，涵盖合格焊工必须掌握的全部基础知识，完全可以作为国内外焊工培训的技术支撑。

2. 本书把复杂的焊接技术应用理论简单化，深入浅出，图文并茂，有些在国内复杂的、难以阐述和讲解的技术问题在本书中达到“一目了然”的效果，且一改文字累赘冗长之弊，犹如迎面春风，使读者有“为之一振”的感觉，其文风和写作技巧值得发扬光大。

3. 本书编写过程中，由国内焊接界工程和培训经验丰富的知名专家、教授把关定向，保证了本书技术观点的准确性，通过本书纠正和澄清了国内焊接界中一些不准确甚至是错误的技术观点，为我国焊接界理论和应用上的迅猛发展起到一定的作用。

本书出版的原意是本公司焊工培训的正式教材，由于本书资料丰富，照片珍贵，内容可繁可简，适应面相当广，特别适合焊工和自学焊接技术的工程技术人员阅读、收藏。

可以预言：随着时间的推移，本书的社会影响将会愈来愈大！

戴为志

2012年2月于北京

随着全球一体化进程的加速，中国的企业正在逐步走向世界，参与到全球竞争当中。但由于中国焊接技术人员培训认证体系与国际通用标准体系还存在很大的差异，中国的焊接技术工人培养理念相对国际先进理念还有一定的差距，我国的焊工培训教材大都是一些通用教材，理论表述较多，实用性不是太强。而在我国从事焊接操作层面的人员较少具备非常高的学历及理论水平，通过焊接教材真正学到的知识并不是太多，焊工是一门操作性非常强的职业，所学知识更应该切合实际。

目前国内有关国际标准焊工培训的书籍和教材非常少，而社会发展和工程应用迫切需要一些关于国际标准体系焊接技术人员培训的书籍及教程。本书从“课程基础知识”、“电弧焊安全知识”、“术语和定义”、“焊接方法”中的“SMAW、GMAW、FCAW-G、TIG、SAW”广泛知识到“焊接耗材”的各种阐述，涵盖合格焊接人员必须掌握的全部基础知识。

本书语言简练、通俗易懂、实用性强，适合不同层面的焊工；实践操作更注重对焊工职业素养、安全防护意识、过程细节控制以及对标准执行态度的培养。本书是 CIWT 公司焊工培训的正式教材，但适用面广，可供大专（高职）院校、中专（技工）学校、企业培训中心做焊接培训教材使用，也可供焊接技术管理、质量控制检验、科研工作者、自学焊接人员参考。

本书的撰写得到了国内焊接业内专家刘景凤院长、张振书主任、戴为志教授、马德志教授、孙俊生教授等的悉心指导和帮助，参加本书编写的还有王庆民、任江、王景志、徐明辉、李振兴等。本书还参考了相关的国际标准，在此一并表示感谢。

书中存在的不足之处，恳请广大读者批评指正。

编者

第 1 章 基础知识 /1

1.1 电弧焊安全知识 /2

1.1.1 概述 /2

1.1.2 触电 /2

1.1.3 灼伤和弧光辐射 /4

1.1.4 焊接烟尘和有害气体 /6

1.1.5 噪声 /7

1.1.6 总结 /8

习题 /8

1.2 术语和定义 /9

1.2.1 焊缝形式 /10

1.2.2 完整接头的特征 /12

1.2.3 焊缝坡口加工 /14

1.2.4 对接焊缝的尺寸 /17

1.2.5 角焊缝 /20

1.2.6 焊接位置、焊缝倾角和焊缝转角 /23

1.2.7 按焊接手法分类 /25

习题 /26

1.3 焊接缺欠 /27

1.3.1 定义 /27

1.3.2 裂纹 /27

1.3.3 孔洞 /33

1.3.4 固体夹杂 /37

1.3.5	未熔合和未焊透	/40
1.3.6	外形和尺寸缺欠	/44
1.3.7	其他缺陷	/52
1.3.8	验收规范	/55
习题 /56		
1.4	焊缝符号	/56
1.4.1	绘制焊缝符号的标准	/57
1.4.2	基本符号	/57
1.4.3	组合符号	/57
1.4.4	辅助符号	/59
1.4.5	焊缝符号的标注位置	/60
1.4.6	箭头线和焊缝的关系	/60
1.4.7	基准线和焊缝符号的位置	/61
1.4.8	基准实线和虚线的位置	/62
1.4.9	焊缝的尺寸	/63
1.4.10	焊接方法代号	/65
1.4.11	基准线尾端的其他信息	/67
1.4.12	美国焊接协会 AWS 2.4 中的焊缝符号	/67
习题 /68		
1.5	焊接工艺评定和焊工认证	/69
1.5.1	合格的焊接工艺规程	/69
1.5.2	焊工评定	/72
习题 /81		
1.6	焊接残余应力和变形	/81
1.6.1	变形产生原因	/81
1.6.2	变形主要类型	/82
1.6.3	影响变形的因素	/82
1.6.4	防止变形的措施	/84
1.6.5	从设计方面防止变形	/88

- 1.6.6 通过加工技术防止变形 /92
 - 1.6.7 变形的矫正方法 /96
 - 习题 /100
-

第2章 焊接方法 /101

- 2.1 SMAW 方法 /102
 - 2.1.1 概述 /102
 - 2.1.2 生产率 /102
 - 2.1.3 焊接参数 /102
 - 2.1.4 焊条电弧焊 /104

习题 /107

- 2.2 GTAW 方法 /107
 - 2.2.1 工艺 /107
 - 2.2.2 氩弧焊工艺的优势 /108
 - 2.2.3 TIG 焊工艺的缺点 /109
 - 2.2.4 焊接参数 /109

习题 /110

- 2.3 MIG/MAG 方法 /110
 - 2.3.1 工艺 /110
 - 2.3.2 MIG/MAG 焊接工艺的优势 /112
 - 2.3.3 MIG/MAG 焊接工艺的缺点 /112
 - 2.3.4 焊接参数 /112

习题 /113

- 2.4 SAW 方法 /113
 - 2.4.1 工艺 /113
 - 2.4.2 材料焊接 /115

习题 /115

第3章 焊接耗材 /117

- 3.1 焊接耗材 /118
 - 3.1.1 简介 /118
 - 3.1.2 手工电弧焊 (MMA) 焊材 /118
 - 3.1.3 药皮焊条的制造 /118
 - 3.1.4 焊条药皮 /119
 - 3.1.5 MMA 焊接材料的检验项目 /120
 - 3.1.6 纤维素型焊条 /120
 - 3.1.7 氧化钛型焊条 /122
 - 3.1.8 碱性焊条 /122
 - 3.1.9 焊条分类 /124
- 3.2 氩弧焊 (TIG) 焊丝 /127
 - 3.2.1 氩弧焊保护气体 /128
 - 3.2.2 氩弧焊背部充气保护 /128
- 3.3 熔化极氩弧焊/金属极活性气体电弧焊 (MIG/MAG) 焊丝 /129
 - 3.3.1 MIG/MAG 气体保护焊 /130
 - 3.3.2 不锈钢 /132
 - 3.3.3 铝、锰、铜、镍以及它们的合金 /132
 - 3.3.4 总结 /134
- 3.4 埋弧焊焊丝 /134
 - 3.4.1 埋弧焊焊剂类型 /135
 - 3.4.2 埋弧焊焊剂碱度 /137
- 习题 /137

参考文献 /138

CIWT

国际焊接技术 培训教程

第**1**章 基础知识

1.1 电弧焊安全知识

1.1.1 概述

在任何焊接操作中，不管是在室内还是室外，工作的安全性都是应该考虑的重要因素。每个人都要有安全责任意识，不仅为了自己的安全，也为了他人的安全。监督员/检验员在确保工作环境和实践操作的安全性方面发挥着重要的作用。检验员要在焊接前对焊接设备进行安全检查，完成风险评估/工作要求许可，他们也会在焊接过程中监管特殊任务的作业安全性。

检验员在检测时可以参考一系列的文件：

- 政府法规——健康与安全生产法；
- 健康和安全执行委员会——COSHH（健康有害物质控制条例）、法定文书；
- 作业指导书或工地指令——作业许可、风险评估文件等；
- 地方当局要求。

监督员/检验员需要从以下四个方面考虑电弧焊的安全性：

- 触电；
- 灼伤和弧光辐射；
- 焊接烟尘和有害气体；
- 噪声。

1.1.2 触电

触电危险是焊接过程中焊接作业人员面临的严重危害之一。

触电或者触电后的跌倒等反应以及与炙热金属接触时会导致灼伤或死亡。

电弧焊中触电的危害可划分为两大类：

- 初级电压触电——230V 或 460V；
- 次级电压触电——60~100V。

初级电压触电危害极大，因为它的电压比焊接设备的次级触电的电压高很多。初级电压触电（输入）常发生在开启焊接设备时，焊工接触到设备的内部导线或者焊接设备运行时，身体或手可能接触到通电的焊接设备或其他接地金属件。与断路器相连的漏电保护装置（RCDs）可以有效地帮助焊工和其他人员避免初级触电的危害。

次级电压触电是由于身体的某个部位触及电路的带电部分（可能是焊接电缆的损坏部位），身体的另一部分同时触及焊接电路的两端（电极和工件，或设备接地端）。

绝大多数焊接设备的空载电压不会超过 100V。即使这样，触电的伤害也会很严重，因此焊接电路应安装低压安全保护装置，以减少次级触电的可能性。

正确安全的焊接电路应包含三根导线：

- 焊接电缆，从电源终端到电焊钳或焊炬；
- 焊接电缆的返回线，从工件到电源的另一终端；
- 保护地线，从工件到接地点，弧焊电源也应该接地。

三根导线都应该足以承载焊接所需要的最大电流。

为了确保作业中载流设备的任何部件都具备相应能力，监督员/检验员可参考设备负载持续率。

所有焊接设备的载流能力可以通过负载持续率评级。

负载持续率：所有载流导体在焊接电流流过时都会发热。负载持续率表示焊接设备的负载能力，即负载持续率用焊接时间与总时间的比值来衡量，可以表示为：

$$\text{负载持续率} = \frac{\text{焊接时间}}{\text{总时间}} \times 100\%$$

按照负载持续率工作，载流设备的温度就不会被加热到允许

值以上。负载持续率是基于 10min 的时间来确定的。

例如，某电源额定输出电流为 350A，其负载持续率是 60%。则表示这种电源每 10min 中有 6min 可以输出 350A 的电流（额定输出），并且不会导致焊机过热。

如果不遵守设备零件的负载持续率，可能会超过零件的负荷能力，引起焊接设备过热，导致设备性能不稳定和触电危险。

1.1.3 灼伤和弧光辐射

1.1.3.1 灼伤

在电弧焊中，电能转化为热能和光能，这两者对健康都有极大的危害。

焊接电弧产生的火花，可能引燃焊接区域附近的易燃材料造成火灾，所以必须把焊接区域的所有易燃材料清理干净。一旦引起火灾，检验员应该知道最近的灭火器在什么地方，应选择和使用正确的灭火器类型，这是检验员应该具备的基本常识。

焊接火花可能严重灼伤人体，因此在焊接作业时，焊接人员都应该穿戴防护用品，如绝缘手套、阻燃工作服和绝缘鞋，以避免灼伤。

1.1.3.2 弧光辐射

焊接电弧的弧光辐射包括三种形式：红外线（热），波长 $>700\text{nm}$ ；可见光，波长 $400\sim 700\text{nm}$ ；紫外线，波长 $<400\text{nm}$ 。

紫外线辐射（UV）：所有弧焊过程都会产生紫外线。长期暴露在紫外线下可导致皮肤炎症，甚至引发皮肤癌或永久性视力伤害。总体来说，对于焊工和检验员，紫外线主要的危害是引起眼角膜和结膜的炎症，称为“电光性眼炎”或“打眼”。

紫外线会导致电光性眼炎。它损伤了眼角膜，受损细胞逐渐死亡并脱离角膜，内层角膜的高度敏感神经就会暴露在粗糙的眼睑内部。症状是眼睛剧烈疼痛，通常称为“沙眼”。如果暴露在强光下，这种疼痛会更加剧烈。

电光性眼炎通常在照射数小时后发觉，开始可能不被注意。“好像有沙子在眼中”和疼痛的症状通常持续 12~24h，严重的情况下会持续更长时间。通常情况下，电光性眼炎通常是暂时性的。但是在长时间并且多次暴露的情况下，会导致永久性损伤。

电光性眼炎的治疗很简单：在黑暗的屋子里休息。医疗人员或医院急症室应能提供舒缓的眼药水，这些药水可暂时减轻症状。但是预防胜于治疗，戴防护眼镜和防护罩将大大减少这种风险。

紫外线对皮肤的影响：焊接电弧的紫外线不会像日晒一样产生褐斑，但是会在短时间内让受到刺激的皮肤表面变红。严重情况下，皮肤会被严重灼伤并形成水泡。发红的皮肤可能会坏死，一天左右后会呈片状脱落。如果长期或经常暴露在强紫外线下，会引发皮肤癌。

可见光：强烈的可见光，非常接近紫外线或“蓝光”的波长，通过眼角膜和晶状体时会有耀眼炫目的感觉，在严重的情况下，会损伤视网膜上光敏感神经网络。接近红外线波长的可见光的影响略微不同，但会产生相同的症状。其影响的大小取决于暴露的时间和可见光的强度，有时也取决于个人排除强光入射的能力和自然反应。通常这种耀眼不会导致长期不良影响。

红外线：红外线辐射的波长比可见光大，对人体的危害主要是引起组织的热作用。眼部受到强烈红外线辐射时，立即感到强烈的灼伤和灼痛，发生闪光幻觉，长期接触可能造成红外线白内障，视力减退，严重时能导致失明。不过，焊接电弧释放的红外线辐射造成的危害仅限于离电弧相当近的范围内。当眼部皮肤暴露在电弧热下时，立即会有一种灼热感，人的自然反应是立即躲

开或者遮掩起来，避免皮肤过热，这样也减少了眼睛在红外线辐射下的暴露时间。

标准 BS EN 169 详细给出了一系列具有递进光学密度的滤光片的说明，佩戴它们就可控制在不同焊接方法、不同焊接电流下的辐照程度。必须指出的是，该标准中滤光片的号码和相应的电流范围只供参考。

1.1.4 焊接烟尘和有害气体

1.1.4.1 焊接烟尘

因为烟尘的浓度及成分取决于焊接方法和焊接规范（比如焊接工艺参数和焊条种类、母材、母材表面情况和空气中的其他杂质），这里对焊接烟尘的危害只作一般性的描述。由于烟尘成分和个人反应不同，导致的健康问题也各种各样，但是下列影响对于绝大多数焊接烟尘都适用。

烟尘源于包括焊条、母材、母材表面涂层在内的各种固体颗粒。对工人的影响程度取决于暴露在这些烟尘中的时间长短，绝大多数急性炎症都是暂时的，包括眼睛和皮肤灼伤、头晕、恶心和发烧等症状。

例如，锌烟尘可导致金属烟雾病，临时病症与流感相似。长期暴露在铬烟尘中可导致尘肺（肺部金属沉积），可能影响肺功能。

然而，镉不同。这种有毒金属会出现在钢材涂层或金属银中。即使短时间接触镉的烟雾，其危害也可能是致命的，症状很像金属烟热病，但这两者不应混淆。在镉下焊接 20min 就足以致命，1h 内可见症状，五天后死亡。

1.1.4.2 有害气体

电弧焊接过程中产生的气体也可能有一定的危害。绝大多数