

建筑安装工程焊接实用手册

程训义 主编

中国建筑工程出版社

(京)新登字 035 号

本书介绍了与焊接工程有关的焊接方法,焊接设备及工具,金属材料焊接,大型圆筒形贮罐、气柜、球罐、钢结构、管道工程焊接,焊接质量检验,焊接试验及无损检测,焊接安全,以及焊接基础资料等内容,还包括与工程焊接密切相关的建筑安装工程结构、材料、制作、组装、检查及验收等方面的资料。

本手册可供从事建筑安装工程焊接专业工程技术人员和涉及工程焊接的其他工程技术人员和管理人员使用,也可供工程设计和科研人员,以及各级院校焊接专业和建筑安装专业师生参考。

建筑安装工程焊接实用手册

程训义 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

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:73 字数:1777千字

1996年3月第一版 1996年3月第一次印刷

印数:1—5,100册 定价:86.00元

ISBN 7-112-02669-5

TU·2039 (7766)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

工程焊接是建筑安装工程施工的一个极为重要的关键环节。可以说工程质量的优劣常常取决于工程焊接工作。

我国建筑安装工程焊接技术发展是比较迅速的,取得的成果十分显著。但是,建筑安装行业工程焊接存在的问题也不容忽视,信息闭塞、人才缺乏长期困扰工程焊接技术的发展。

因此,编制一部适于建筑安装行业使用的焊接手册,汇集建筑安装工程中与焊接有关的技术资料,使施工现场工程技术人员能方便的查阅,得到必要的知识补充,帮助年轻同志更快地掌握工程焊接知识,促进工程焊接技术的发展,是十分必要的。

手册编制依据下列原则:

1. 手册是供从事建筑安装工程的焊接专业工程技术人员和涉及工程焊接的其他专业工程技术人员和管理人员使用的,也可供设计和科研人员,以及各级院校焊接专业和建筑、安装专业的师生参考。

2. 手册包含了建筑安装焊接工程有关的焊接基础资料,焊接方法、设备及工具,金属材料焊接,建筑安装工程(如大型圆筒形贮罐、气柜、球罐、钢结构、管道)施工焊接,焊接质量,焊接检验,焊接试验与无损检测,焊接安全等内容。

手册中还有与工程焊接密切相关的建筑安装工程结构、材料、制作、组装、检查、验收等方面的资料。

3. 手册资料中涉及的各项国内标准都力求采用最新版本(如手册中收录了1994年底颁发的CECS70:94和CECS71:94标准)。对于目前正在修订的有关工程焊接的重要标准(如国标《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收标准》等),手册中介绍了报批稿或审查稿的内容供读者参考,请在使用时注意对照正式颁发文本。

4. 国外涉及建筑安装工程的标准中,对于结构细节、工作质量、工程的经营管理等方面有更为细致、更为具体的要求,更方便于实施操作。这些标准对于正在转向市场经济的我国建筑安装行业不仅在技术上,同时在经营管理上也是很好的参考资料。因此手册中重点地介绍了美国钢结构焊接规范和钢制油罐建造标准。

5. 涉及建筑安装工程焊接的实例。原则上取自国内已建成投产的工程,要求资料准确,施工方法实用可靠,简便易行。

手册是由中国安装协会焊接技术专业委员会建议编写的,并曾在1993年年会上讨论了编者的编制提纲,提出了修改建议。

中国工程建设标准化协会和中国工程建设标准化协会结构焊接委员会对手册的编制也提供了支持和帮助。

中国核工业第23建设公司马安国同志,中建一局李忠同志和杨学谦同志,上海宝钢舒

新阁同志，哈尔滨焊接研究所余乃明同志，化工部第八设计院张福林同志，中国化学工程第三建设分司鲁爱琴同志，化工部施工标准化管理中心站芦天同志为手册的编制和资料收集工作提供了帮助。

化工部石家庄管理干部学院王书常及其他领导同志为手册编制提供了支持。

对于以上帮助和支持在此表示衷心的感谢。

手册由程训义主编。

张正先（高级工程师）参加了建筑安装工程焊接部分的编写；莫胜珪（高级工程师）参加了焊接质量与焊接试验和检验部分的编写；宋胜英（高级工程师）参加了金属材料焊接部分的编写；史春生（副教授）编写了管道焊接部分。

刘大凯描绘了手册大部分的插图；李建兰、程实、程李参加了手册表格的整理和稿件的抄校工作。

手册全稿由张正先审阅。

目 录

前言

1 工程焊接基础资料

1.1 焊接名词术语及符号	1
1.1.1 焊接名词术语	1
1.1.2 焊缝符号表示法	42
1.1.3 焊缝符号的尺寸、比例及简化表示法	60
1.1.4 金属焊接及钎焊方法在图样上的表示代号	75
1.2 焊缝坡口的基本型式与尺寸	80
1.2.1 气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本型式与尺寸	80
1.2.2 埋弧焊焊缝坡口的基本型式和尺寸	89

2 焊接方法、设备及工具

2.1 电弧焊	97
2.1.1 手工电弧焊	97
2.1.1.1 手工电弧焊工作原理及特点	97
2.1.1.2 手工电弧焊的设备及工具	98
2.1.2 钨极气体保护焊	111
2.1.2.1 钨极气体保护焊原理及特点	111
2.1.2.2 钨极气体保护焊设备及保护气体	114
2.1.3 熔化极气体保护焊	126
2.1.3.1 熔化极气体保护焊原理及特点	126
2.1.3.2 熔化极气体保护焊设备及工具	136
2.1.4 其他的电弧焊方法	144
2.1.4.1 药芯焊丝电弧焊	144
2.1.4.2 气电立焊	147
2.1.4.3 埋弧焊	149
2.2 其他的焊接方法	154
2.2.1 氧燃气焊接(附气割)	154
2.2.1.1 氧燃气焊接与切割的原理及特点	154
2.2.1.2 氧燃气焊接与切割的设备及工具	159

3 焊 接 材 料

3.1 电焊条	174
---------------	-----

3.1.1 电焊条的组成	174
3.1.1.1 焊芯	174
3.1.1.2 药皮	175
3.1.2 电焊条的分类	177
3.1.2.1 按药皮的构成分类	177
3.1.2.2 按熔渣的酸碱度分类	178
3.1.2.3 按焊条用途分类	179
3.1.3 电焊条的型号	180
3.1.3.1 碳钢焊条的型号	180
3.1.3.2 低合金钢焊条的型号	181
3.1.3.3 不锈钢焊条的型号	183
3.1.3.4 堆焊焊条的型号	190
3.1.3.5 铸铁焊条的型号	191
3.1.3.6 铜及铜合金焊条型号	193
3.1.3.7 铝及铝合金焊条的型号	193
3.1.4 电焊条的牌号	194
3.1.4.1 结构钢焊条牌号	194
3.1.4.2 钼和铬钼耐热钢焊条牌号	196
3.1.4.3 低温钢焊条牌号	197
3.1.4.4 不锈钢焊条的牌号	197
3.1.4.5 堆焊焊条牌号	198
3.1.4.6 铸铁焊条牌号	199
3.1.4.7 有色金属焊条的牌号	200
3.1.4.8 特殊用途焊条的牌号	201
3.1.4.9 焊条牌号与焊条新、旧型号对照	202
3.1.5 各种牌号焊条的性能及用途	208
3.1.5.1 碳钢焊条的性能及用途	208
3.1.5.2 低合金高强钢焊条的性能及用途	211
3.1.5.3 耐腐蚀用低合金钢焊条的性能及用途	216
3.1.5.4 钼和铬钼耐热钢焊条的性能与用途	217
3.1.5.5 不锈钢焊条的性能及用途	222
3.1.5.6 低温钢焊条的性能与用途	228
3.1.5.7 堆焊焊条的性能与用途	229
3.1.5.8 铸铁焊条的性能及用途	233
3.1.5.9 有色金属焊条的性能及用途	234
3.1.5.10 特殊用途焊条的性能及用途	236
3.1.6 国外电焊条	237
3.1.6.1 国际标准化组织及国外焊条型号	237
3.1.6.2 国内外焊条型号及牌号对照	255
3.1.7 电焊条的技术要求及试验方法	270
3.1.7.1 碳钢焊条的技术要求及试验方法	270
3.1.7.2 低合金钢焊条的技术要求及试验方法	283
3.1.7.3 不锈钢焊条的技术要求及试验方法	294
3.1.7.4 堆焊焊条的技术要求及试验方法	299
3.1.7.5 铸铁焊条的技术要求及试验方法	305
3.1.7.6 铝及铝合金焊条技术要求及试验方法	307

3.1.7.7 铜及铜合金焊条技术要求及试验方法	308
3.2 焊丝	314
3.2.1 碳素结构钢、合金结构钢及不锈钢焊丝	314
3.2.1.1 碳素结构钢及合金结构钢用实芯焊丝	314
3.2.1.2 二氧化碳气体保护焊用钢焊丝	317
3.2.1.3 碳钢药芯焊丝	322
3.2.1.4 焊接用不锈钢丝	328
3.2.2 有色金属焊丝	329
3.2.2.1 铜及铜合金焊丝	329
3.2.2.2 铝及铝合金焊丝	333
3.2.2.3 国外铜及铜合金焊丝	337
3.2.2.4 国外铝及铝合金焊丝	343
3.2.2.5 国外其他有色金属焊丝	349
3.3 焊剂	356
3.3.1 碳素钢、低合金钢埋弧焊用焊剂	356
3.3.1.1 碳素钢埋弧焊用焊剂	356
3.3.1.2 低合金钢埋弧焊用焊剂	362

4 金属材料焊接

4.1 钢的焊接	366
4.1.1 碳素钢的焊接	366
4.1.1.1 工程中使用的碳素钢	366
4.1.1.2 低碳钢的焊接	376
4.1.1.3 中碳钢的焊接	379
4.1.2 合金结构钢的焊接	383
4.1.2.1 热轧及正火钢的焊接	384
4.1.2.2 含碳量 0.25% 以下的淬火和回火高强度合金钢的焊接	392
4.1.2.3 低温用钢的焊接	401
4.1.2.4 低中合金耐热钢的焊接	422
4.1.3 不锈钢的焊接	444
4.1.3.1 工程中使用的不锈钢	444
4.1.3.2 奥氏体不锈钢的焊接	464
4.1.3.3 马氏体不锈钢的焊接	480
4.2 有色金属焊接	482
4.2.1 铝及铝合金的焊接	482
4.2.1.1 工程中常用的铝及铝合金	482
4.2.1.2 铝及铝合金焊接	486
4.2.2 铜及铜合金的焊接	507
4.2.2.1 常用铜及铜合金	507
4.2.2.2 铜及铜合金的焊接	512
4.2.3 耐热合金的焊接	525
4.2.3.1 常用耐热合金	525
4.2.3.2 常用耐热合金的焊接	532
4.2.4 钛及钛合金的焊接	540

4.2.4.1 常用钛及钛合金	540
4.2.4.2 钛及钛合金的焊接	543
4.2.5 其他有色金属的焊接	545
4.2.5.1 锆及锆合金的焊接	545

5 建筑安装工程焊接

5.1 立式圆筒形大型贮罐焊接	548
5.1.1 立式圆筒形大型贮罐分类	548
5.1.1.1 固定顶贮罐	548
5.1.1.2 浮顶贮罐	549
5.1.1.3 其他类型贮罐	554
5.1.2 立式圆筒形大型贮罐结构	557
5.1.2.1 罐底板	557
5.1.2.2 罐壁结构	560
5.1.2.3 罐壁开孔	563
5.1.2.4 抗风圈和加强圈	583
5.1.2.5 固定顶罐顶	586
5.1.2.6 固定顶罐顶开孔接管	591
5.1.2.7 浮顶结构	593
5.1.2.8 内浮顶结构	602
5.1.2.9 贮罐的平台、走道和梯子	605
5.1.3 立式圆筒形大型贮罐预制、组装及焊接	613
5.1.3.1 贮罐材料验收	613
5.1.3.2 预制的一般要求	614
5.1.3.3 罐体部件及附件预制	615
5.1.3.4 贮罐基础检查	618
5.1.3.5 贮罐的组装	619
5.1.3.6 贮罐的焊接	623
5.1.3.7 贮罐的检查及验收	627
5.1.3.8 国外标准规范有关大型圆筒形立式贮罐施工焊接的要求	632
5.1.4 立式圆筒形大型贮罐施工焊接实例	641
5.1.4.1 50000m ³ 浮顶油罐的建造实例	641
5.1.4.2 20000m ³ 拱顶罐的建造实例	656
5.2 钢制气柜的焊接	677
5.2.1 钢制湿式气柜组装及焊接	677
5.2.1.1 钢制湿式气柜结构	677
5.2.1.2 钢制湿式气柜的组装及焊接	689
5.2.1.3 150000m ³ 湿式螺旋气柜建造实例	697
5.2.2 低压干式气柜简介	705
5.3 球形贮罐的焊接	708
5.3.1 球罐的结构	709
5.3.1.1 球壳	709
5.3.1.2 球罐支座及附件	712
5.3.2 球罐现场组装及焊接	719
5.3.2.1 球罐的组装	719

5.3.2.2 球罐的焊接	725
5.3.3 球罐建造标准	727
5.3.3.1 《钢制球形储罐》GB12337-90 有关施工焊接的规定	727
5.3.4 球罐建造组装焊接实例	755
5.3.4.1 8250m ³ 液氨球罐的组装与焊接	755
5.3.4.2 400m ³ 与 200m ³ 球罐整体热处理	770
5.4 钢结构焊接	775
5.4.1 钢结构焊接接头	775
5.4.1.1 钢结构的连接计算	775
5.4.1.2 《钢结构设计规范》GBJ17—88 对构造的要求	778
5.4.1.3 国外钢结构焊接标准中对接头的细节要求	784
5.4.2 钢结构的制作、安装及焊接	831
5.4.2.1 钢结构构件制作	831
5.4.2.2 钢结构的安装	846
5.4.2.3 国外钢结构焊接标准对焊接工作质量要求	857
5.5 管道焊接	869
5.5.1 管道的安装与焊接	869
5.5.1.1 工业管道的安装与焊接	869
5.5.2.2 火力发电厂管道的焊接	904
5.5.2.3 水利及水电工程压力钢管制造、安装焊接	920
5.5.2.4 石油、天然气长输管道加工组装与焊接	933
5.5.2.5 夹套管预制、安装及焊接	940

6 焊接质量与焊接试验和检验

6.1 焊接质量保证	958
6.1.1 质量管理的主要术语	958
6.1.2 焊接质量保证	959
6.1.2.1 焊接质量保证的一般原则	959
6.1.2.2 焊接质量保证对企业的要求	963
6.1.2.3 焊接接头的质量要求、质量评定和级别	965
6.1.2.4 焊接结构长度和角度的自由公差	968
6.1.2.5 焊接结构形状和位置的自由公差	970
6.2 焊接试验	972
6.2.1 焊接性试验	972
6.2.1.1 斜 Y 型坡口焊接裂纹试验方法	972
6.2.1.2 搭接接头 (CTS) 焊接裂纹试验方法	976
6.2.1.3 压板对接 (FISCO) 焊接裂纹试验方法	980
6.2.1.4 T 型接头焊接裂纹试验方法	982
6.2.1.5 焊接热影响区最高硬度试验方法	983
6.2.2 焊接接头性能试验方法	985
6.2.2.1 焊接接头机械性能试验取样方法	986
6.2.2.2 焊接接头、焊缝及熔敷金属拉伸试验方法	990
6.2.2.3 焊接接头弯曲及压扁试验方法	994
6.2.2.4 焊接接头冲击试验方法	998

6.2.2.5 焊接接头及堆焊金属硬度试验方法	1000
6.3 焊接评定	1004
6.3.1 焊接工艺评定	1004
6.3.1.1 钢材焊接工艺评定	1004
6.3.1.2 焊接工程要求的焊接工艺评定	1025
6.3.2 焊工和焊接操作工的技能评定	1029
6.3.2.1 锅炉压力容器焊工考试	1030
6.4 工程焊接缺陷及其检验方法	1044
6.4.1 工程焊接缺陷	1044
6.4.1.1 金属熔化焊焊缝缺陷的分类	1044
6.4.2 焊接缺陷的检验方法	1053
6.4.2.1 目视检验	1053
6.4.2.2 磁粉探伤检验	1056
6.4.2.3 渗透探伤检验	1069
6.4.2.4 超声波探伤检验	1076
6.4.2.5 射线照相探伤检验	1104
6.4.3 焊接工程的检查及验收	1134

7 焊接与切割安全

7.1 《焊接与切割安全》GB9448—88 主要内容	1143
7.1.1 气焊与气割设备及操作安全	1143
7.1.2 电焊设备的操作安全	1149
7.1.3 焊接切割劳动保护	1152
7.1.4 焊接作业场所通风与防火	1155
参考文献	1158

1 工程焊接基础资料

1.1 焊接名词术语及符号

1.1.1 焊接名词术语

焊接名词术语摘自《焊接名词术语》GB3375-82。

一、一般名词术语

1. 焊接 (welding)

通过加热或加压，或两者并用，并且用或不用填充材料，使焊件达到原子结合的一种加工方法。

2. 焊接技术 (welding technique)

各种焊接方法、焊接工艺、焊接材料以及焊接设备等及其基础理论的总称。

3. 焊接过程 (welding process)

从焊接开始到焊接结束形成优良（合格）接头的整个过程。

4. 焊接工艺 (welding technologic)

焊接过程中的一整套技术规定，其中包括焊前准备、焊接材料、焊接设备、焊接方法、焊接顺序，焊接操作的最佳选择以及焊后热处理等。

5. 焊接操作 (welding operation)

按照给定的焊接工艺完成焊接过程的各种动作的统称。

6. 焊接顺序 (welding sequence)

焊件上各焊接接头和焊缝的焊接次序。

7. 焊接方向 (direction of welding)

焊接热源相对于焊件移动的方向，或在整条焊缝长度上的焊缝增长方向。

8. 焊接回路 (welding circuit)

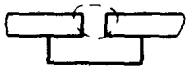
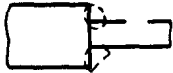
焊接电源输出的焊接电流流经焊件的导电回路。

9. 坡口 (groove)

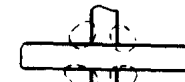
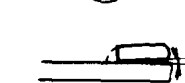
根据设计或工艺需要，在焊件的待焊部位加工的一定几何形状的沟槽。各种坡口形式见表 1.1-1。

坡 口 形 式

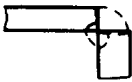
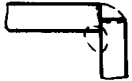
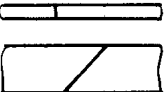
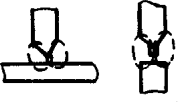
表 1.1-1

序 号	简 图	坡 口 形 式	接 头 形 式	焊 缝 形 式
1		I 形	对接接头	对接焊缝
2		I 形	对接接头	对接焊缝
3		I 形 (有间隙带垫板)	对接接头	对接焊缝
4		I 形	对接接头	对接焊缝 (双面焊)
5		V 形 (带钝边)	对接接头	对接焊缝
6		V 形 (带垫板)	对接接头	对接焊缝
7		V 形 (带钝边)	对接接头	对接焊缝 (有根部焊道)
8		X 形 (带钝边)	对接接头	对接焊缝
9		V 形 (带钝边)	对接接头	对接焊缝和角焊缝
10		X 形 (带钝边)	对接接头	对接焊缝
11		I 形	对接接头	角 焊 缝
12		单边 V 形 (带钝边)	对接接头	对接焊缝
13		单边 V 形 (带钝边、厚板削薄)	对接接头	对接焊缝
14		单边 V 形 (带钝边)	对接接头	对接和角接 的组合焊缝

续表

序 号	简 图	坡 口 形 式	接 头 形 式	焊 缝 形 式
15		单边 V 形 (带钝边)	对接接头	对接和角接 的组合焊缝
16		单边 V 形	T 形接头	对接焊缝
17		I 形	T 形接头	角 焊 缝
18		K 形	T 形接头	对接焊缝
19		K 形	T 形接头	对接和角接 的组合焊缝
20		K 形 (带钝边)	T 形接头	对接焊缝
21		单边 V 形	T 形接头	对接焊缝
22		K 形	十字接头	对接焊缝
23		I 形	十字接头	角 焊 缝
24		I 形	搭接接头	角 焊 缝
25		—	塞焊搭接接头	塞 焊 缝
26		—	槽焊搭接接头	角 焊 缝
27		单边 V 型 (带钝边)	角接接头	对接焊缝
28		—	角接接头	角 焊 缝

续表

序 号	简 图	坡 口 形 式	接 头 形 式	焊 缝 形 式
29		—	角接头	角焊缝
30		—	角接头	角焊缝
31		—	端接头	端接焊缝
32		—	套管接头	角焊缝
33		—	斜对接接头	对接焊缝
34		—	卷边接头	对接焊缝
35		U 形 (带钝边)	对接接头	对接焊缝
36		双 U 形 (带钝边)	对接接头	对接焊缝
37		J 形 (带钝边)	T 形接头(A) 对接接头(B)	对接焊缝
38		双 J 形	T 形接头(A) 对接接头(B)	对接焊缝
39			锁底接头	对接焊缝
40		喇叭形		

10. 开坡口 (beveling of the edge)

用机械、火焰或电弧等加工坡口的过程。

11. 单面坡口 (single groove)

只在焊件一面加工的坡口。

12. 双面坡口 (double groove)

在焊件的两面均加工的坡口。

13. 坡口面 (groove face)

焊件上的坡口表面, 见图 1.1-1。

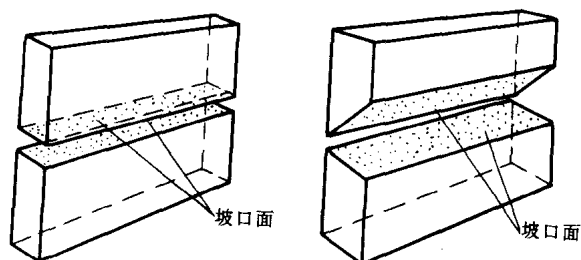


图 1.1-1 坡口面

14. 坡口角度 (groove angle)

两坡口面之间的夹角, 见图 1.1-3。

15. 坡口面角度 (bevel angle、angle of preparation)

焊件表面的垂直面与坡口面之间的夹角, 见图 1.1-2。

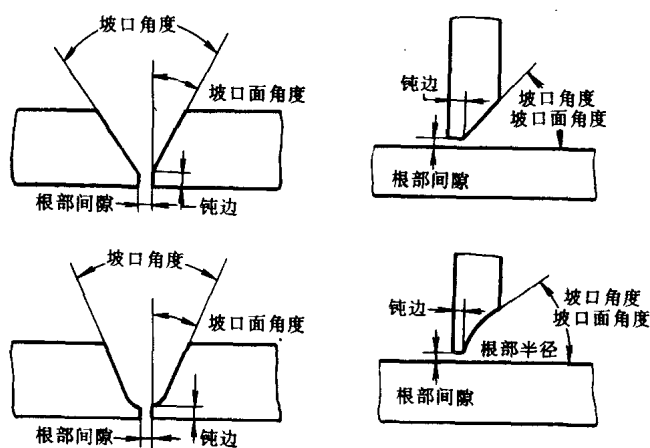


图 1.1-2 坡口角度

16. 接头根部 (root of joint)

焊件接头彼此最接近的那一部分, 见图 1.1-4。

17. 根部间隙 (root gap、root opening)

焊前, 在接头根部之间预留的空隙, 见图 1.1-2。

18. 根部半径 (root radius、groove radius)

在 J 形, U 形坡口底部的半径, 见图 1.1-2。

19. 钝边 (root face)

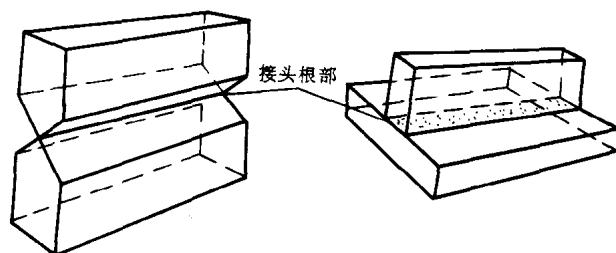


图 1.1-3 接头根部

焊件开坡口时，沿焊件厚度方向未开坡口的端面部分，见图 1.1-2。

20. 接缝 (joint gap)

由焊件装配的准备进行焊接的一条缝隙。焊接时，焊枪、焊矩或焊接机头相对这条缝隙移动而形成焊道。

21. 焊接接头 (welding joint)

用焊接方法连接的接头 (简称接头)。焊接接头包括焊缝、熔合区和热影响区。

22. 接头设计 (joint design)

根据工作条件所确定的接头形式、坡口形式和尺寸及焊缝尺寸等。

23. 对接接头 (butt joint)

两焊件端面相对平行的接头，见图 1.1-1。

24. 角接接头 (corner joint)

两焊件端面间构成大于 30° ，小于 135° 夹角的接头，见表 1.1-1。

25. T 形接头 (T-joint)

一焊件之端面与另一焊件表面构成直角或近似直角的接头，见表 1.1-1。

26. 搭接接头 (lap joint)

两焊件部分重叠构成的接头，见表 1.1-1。

27. 十字接头 (cross shaped joint)

三个焊件装配成“十”字形的接头，见表 1.1-1。

28. 端接接头 (edge joint)

两焊件重叠放置或两焊件表面之间的夹角不大于 30° 构成的端部接头，见表 1.1-1。

29. 卷边接头 (edge-flange joint)

焊件端部预先卷边的接头，见表 1.1-1。

30. 套管接头 (muff joint、sleeve joint)

将一根直径稍大的短管套于需要连接的两根管子的端部构成的接头，见表 1.1-1。

31. 斜对接接头 (scarf butt joint)

接缝在焊件平面上倾斜布置的对接接头，见表 1.1-1。

32. 锁底对接接头 (lock butt joint)

一个焊件端部放在另一焊件预留底边上所构成的对接接头，见表 1.1-1。

33. 母材 (base metal、parent metal)