

AWS

美国国家标准

AWS D1.3/D1.3M:2008

薄钢板结构焊接规范

Structural Welding Code- Sheet Steel

版权为美国焊接学会所有
经 AWS 许可由 IHS 提供
未经 IHS 许可不得复制或进行网络传播

美国国家标准

美国国家标准

薄钢板结构焊接规范

Structural Welding Code- Sheet Steel

翻译单位 上海晨辉公司

翻译 潘志刚

校对 王允金

编辑 陈君

2015 年 3 月

中文版

薄钢板结构焊接规范

美国焊接协会 (AWS) 的所有标准（法规、规范、建议操作规程、方法、分类和指南）均为自愿同意的标准，这些标准均按照美国国家标准学会 (ANSI) 的规则制定。当 AWS 美国国家标准包含在联邦或州法律和法规或其他政府机构法规文件的正文之中或成为这些文件的一部分时，其条款具有完全的法律法令效力。在这种情况下，AWS 标准的任何更改在其能够成为这些法律和法规的一部分之前，必须由具有法定管辖权的政府机构批准。在所有情况下，这些标准在采用 AWS 标准的合同或其他文件中具有完全的法律效力。如果存在该契约关系，则对 AWS 标准要求的更改或偏离必须由合同各方达成协议。

AWS 美国国家标准是通过多数人同意的标准制定程序制定的，结合了代表不同观点和不同利益的志愿者们，以达成共识。美国焊接协会管理该过程并建立规则以推进共识制定的公平性，它不独立对其标准中所含任何信息的准确性或任何判断的合理性进行试验、评价或验证。

美国焊接协会拒绝承担任何因本标准发行、使用或信赖而产生的特殊、间接、因果关系或者直接或间接有偿性的人身或财产伤害或其他自然损害的责任。美国焊接协会也不对本文件中公布的任何信息的正确性或完整性作任何保证或担保。

在发行和使用本标准期间，美国焊接协会没有承诺为任何个人或实体的利益提供专业或其他服务，也没有承诺为任何个人或实体执行任何义务。任何使用这些文件的人应当依赖于他或她的独立判断，或者适当地寻求有能力的专业人员对确定任何特定情况下的实施和合理的注意事项以忠告。应该说，本标准及其条款的使用要依赖于那些有适当资格和能力的人员。

本标准可能为新版的发行所取代。用户应确保其拥有最新版本。

本标准的发行不意味着可以侵犯任何专利或商标权。本标准的使用者要承担违反任何专利和商标权事务的任何或全部责任。美国焊接协会拒绝因使用本标准而违反任何专利或产品商标权的责任。

最后，美国焊接协会不能监视、管辖和强迫对于本标准的符合性，它也没有权力这样做。

标准的正文、表格或图形印刷偶尔会有错误，构成勘误表。一经发现，我们会在美国焊接协会的网页 (www.aws.org) 上发布这一勘误表。

仅通过向适当的技术委员会递交书面请求，才可获得本标准任何技术要求的正式解释。此类请求应当寄给美国焊接协会技术服务部主任，抬头应注明：Managing Director, Technical Services Division, 550 N.W. LeJeune Road, Miami, FL 33126（见附录 C）。有关对于美国焊接协会标准的技术质询和口头意见也可呈递。此类意见仅用于向本标准使用者提供方便，而不构成专业的建议。此类意见仅代表特定个体对标准的个人意见。此类个人并不代表美国

焊接协会，此类口头意见也不构成美国焊接协会的正式或非正式意见或解释。此外，口头意见是非正式的，不应视为代替正式解释。

本标准在任何时候都可能被 AWS D1 结构焊接委员会修订。必须每五年修订本标准一次，并且如未修订，则必须重新确认或撤销。需要可用于完善本标准的注释（建议、增补或删除）和任何相关数据，并应将其寄送至 AWS 总部。这些注释将会受到 ASW D1 结构焊接委员会的仔细考虑，注释的作者也会得到委员会对于注释反馈的通知。AWS D1 结构焊接委员会的所有会议也会要求客人出席以便口头上表述他们的注释。有关所有这些注释相反决议的诉求程序，参见技术活动委员会运行规则。本规则的副本可以从美国焊接协会得到，地址为 550 N.W. LeJeune Road, Miami, FL 33126。



美国焊接学会

550 N.W. LeJeune Road, Miami, FL 33126

题献

DI 结构焊接委员会将本版本的 AWS D1.3/D1.3M 《薄钢板结构焊接规范》献给 R. D. "Rollie" Block, DIH 薄钢板分委员会的前任主席和副主席。分委员会非常感谢 Block 先生在修订 DI.3 方面的不懈努力、巨大投入和无限热情。DI 和 DIH 成员希望真诚地说声“谢谢您，Rollie！”

人员

AWS D1 结构焊接委员会

D. D. Rager, 主席	<i>Rager Consulting, Incorporated</i>
D. K. Miller, 第一副主席	<i>The Lincoln Electric Company</i>
A. W. Sindel, 第二副主席	<i>Alstorm Power</i>
J. L. Gayler, 秘书	<i>American Welding Society</i>
N. J. Altebrando	<i>STV, Incorporated</i>
F. G. Armao	<i>The Lincoln Electric Company</i>
E. L. Bickford	<i>Acute Technological Services</i>
F. C. Breismeister	<i>Strocal, Incorporated</i>
B. M. Butler	<i>Walt Disney World Company</i>
H. H. Campbell III	<i>Technip USA</i>
L. E. Collins	<i>Team Industries, Incorporated</i>
R. B. Corbit	<i>Exelon Nuclear Corporation</i>
R. A. Dennis	<i>Consultant</i>
M. A. Grieco	<i>Massachusetts Highway Department</i>
C. R. Hess	<i>High Steel Structures, Incorporated (Retired)</i>
C. W. Holmes	<i>Modjeski and Masters, Incorporated</i>
J. H. Kiefer	<i>ConocoPhillips Company</i>
V. Kuruvilla	<i>Genesis Quality Systems</i>
J. Lawmon	<i>American Engineering & Manufacturing, Incorporated</i>
D. R. Lawrence II	<i>Butler Manufacturing Company</i>
D. R. Luciani	<i>Canadian Welding Bureau</i>
S. L. Luckowski	<i>Department of the Army</i>
P. W. Marshall	<i>MHP Systems Engineering</i>
M. J. Mayes	<i>Mayes Testing Engineers, Incorporated</i>
D. L. McQuaid	<i>D L McQuaid and Associates, Incorporated</i>
R. D. Medlock	<i>High Steel Structures, Incorporated</i>
J. Merrill	<i>MACTEC, Incorporated</i>
T. L. Niemann	<i>Minnesota Department of Transportation</i>
D. C. Phillips	<i>Hobart Brothers Company</i>
J. W. Post	<i>J. W. Post and Associates, Incorporated</i>
T. Schlafly	<i>American Institute of Steel Construction</i>
D. R. Scott	<i>PSI</i>
D. A. Shapira	<i>Washington Group International</i>
R. E. Shaw, Jr.	<i>Steel Structures Technology Center, Incorporated</i>
R. W. Stieve	<i>Greenman-Pederson, Incorporated</i>
P. J. Sullivan	<i>Massachusetts Highway Department (Retired)</i>
M. M. Tayarani	<i>Massachusetts Turnpike Authority</i>
K. K. Verma	<i>Federal Highway Administration</i>
B. D. Wright	<i>Advantage Aviation Technologies</i>

AWS D1 结构焊接委员会顾问

W. G. Alexander	<i>WGAPE</i>
E. M. Beck	<i>MACTEC, Incorporated</i>
O. W. Blodgett	<i>The Lincoln Electric Company</i>
M. V. Davis	<i>顾问</i>

AWS D1 结构焊接委员会顾问（续）

G. L. Fox	顾问
A. R. Fronduti	<i>Rex Fronduti and Associates</i>
G. J. Hill	<i>G. J. Hill and Associates, Incorporated</i>
M. L. Hoitomt	<i>Hoitomt Consulting Services</i>
W. A. Milek, Jr.	顾问
J. E. Myers	顾问
D. L. Sprow	顾问

AWS D1H 薄钢板分委员会

D. R. Lawrence, 主席	<i>Butler Manufacturing Company</i>
D. G. Yantz, 副主席	<i>Canadian Welding Bureau</i>
J. L. Gayler, 秘书	<i>American Welding Society</i>
U. W. Aschemeier	<i>H C Nutting</i>
R. B. Corbit	<i>Exelon Nuclear Corporation</i>
M. D. Fender	<i>The McIntyre Company</i>
J. A. Grewe	<i>Omaha Public Power District</i>
W. Jaxa-Rozen	<i>Bombardier Transportation</i>
J. B. Pearson	<i>LTK Engineering Services</i>
J. L. Uebele	<i>Waukesha City Tech College</i>
B. D. Wright	<i>Advantage Aviation Technologies</i>

AWS D1H 薄钢板分委员会顾问

O. W. Blodgett	<i>The Lincoln Electric Company</i>
J. D. Duncan	<i>Bechtel Corporation</i>
D. R. Luciani	<i>Canadian Welding Bureau</i>
T. Pekoz	<i>Cornell University</i>
C. W. Pinkham	<i>S. B. Barnes Associates</i>

前言

本前言不是 AWS D1.3/D1.3M:2008《薄钢板结构焊接规范》的一部分，仅出于参考目的纳入本规范中。

1978 年编制并发布 AWS D1.3《焊接薄钢板结构规范》第一版时，预期随着对薄钢板焊缝的进一步研究需进行更改。在用户使用规范并且研发新薄钢板之后，分别在 1981、1989、1998 和 2008 年进行了修订。此外，在 1981 版中，该标准的标题变为 AWS D1.3《薄钢板结构焊接规范》，以符合 AWS D1 结构焊接委员会编制标准的当前统一标题。本文件中的许多变更反映了规范使用过程中积累的经验以及由美国钢铁协会薄钢板分委员会负责进行的研究结果。

本规范的主要目标之一在于规定在发生计算负载转移时薄钢板应用中使用的容许容量。该类应用的最主要示例包括钢甲板、面板、存放架以及螺栓和托架框架构件。本规范的共同目标在于利用工艺、技术和评定要求，以便一致影响这些类别焊接的正确执行。

某些屏蔽金属弧焊、气体金属保护焊、钨电极气体保护焊、气体金属保护焊以及与某种类型焊缝一同使用的药芯焊丝电弧焊工艺规程 (WPS) 已由用户进行测试并附有满意度性能历史记录。这些 WPS 在预定条件下指定，可在无进一步证据的情况下应用并且包含通常使用的大部分内容。但是，规定资格预审的 WPS 目的不在于妨碍其他合格 WPS 的使用。

然后将推荐其他工艺、WPS 或焊缝，且以本规范适用的规定为准并应通过试验进行鉴定。承包商有义务编制 WPS 并在生产前对其进行鉴定。

所有 WPS（经资格预审和鉴定）必须包括填充金属的分类、尺寸以及各种焊缝的熔化速率或其他熔化速率当前指示控制的适当方式（如适用）。另外还给出了焊工和自动焊工的资格要求。焊工资格鉴定试验要求每位焊工证明其具有可使用上述经资格预审或资格鉴定 WPS 制造合格焊缝的能力。

尽管本规范主要说明用于传输负载的接点，但是在强度不是主要考虑因素时，焊缝质量应满足可保持支撑结构完整性的质量标准。焊缝不用于承载重量时，第 2 条的容许容量规定可忽视。

子条款、表格或附图中有下划线的正文表明对 1998 版做了编辑或技术上的更改。附图或表格旁页边空白处的竖线表明对 1998 版作了修订。

以下内容概括了包含在 D1.3/D1.3M:2008 中最重要的技术修订：

- (1) 添加了新规范性附录，列明了将 D1.3 薄钢板焊接至其他 D1.1 钢产品形式时的要求。
- (2) 添加了第 2、4、5 条和附录 A 的新注释。
- (3) 对表 1.2、4.1 和 4.2 进行扩展修订。
- (4) 在表 4.3 中添加了新的基本变量。
- (5) 添加了表 1.1、3.1 和 A.1。
- (6) 对图 2.7、3.1、3.2、3.3、4.1 和 C-2.1 进行了修订。
- (7) 提供了 SMAW 熔化速率的新公式。
- (8) 删除了第 7 条螺栓焊接。

(9) 在焊接验收标准中添加了焊缝/基底金属熔融限制。

(10) WPS 温度条件从 60°F [16°C] 或更高变为 100°F [38°C] 或更低。

注释。注释为非强制性并仅用于为规定基本原理提供重要信息。

勘误表。 AWS D1 结构焊接委员会的政策是本规范的用户可看到所有错误。因此，AWS 《焊接杂志》的社会新闻部分和已注明的错误（主要编辑性更改）将在七月和十一月版的《焊接杂志》中出版并发布在 AWS 网站上。

建议。欢迎提供本标准的改进意见和建议。应将其发送至美国焊接协会 AWS D1 结构焊接委员会秘书，地址：550 N.W. LeJeune Road, Miami, FL 33126。

目录

	页码
题献	4
人员	5
前言	4
表目录	4
图目录	5
表格目录	6
1. 一般规定	7
1.1 范围	7
1.2 薄钢板基底金属	7
1.3 焊接工艺	7
1.4 焊接金属要求	7
1.5 焊缝类型	8
1.6 术语和定义	9
1.7 焊接符号	9
1.8 安全注意事项	9
1.9 标准计量单位	9
2. 焊接连接设计	14
A 部分 容许承载力	14
2.1 基底金属应力	14
2.2 焊缝接头的容许承载力	14
B 部分 焊接连接详情	17
3. WPS 的初步鉴定	24
3.0 范围	24
3.1 概述	24
3.2 接头详情	24
4. 鉴定	29
A 部分 一般要求	29
4.1 编制 WPS 和 PQR	29
4.2 工程师批准	29
4.3 职责	29
4.4 WPS 要求	29
B 部分 焊接工艺规程 (WPS)	29
4.5 基本变量限制	29
4.6 试验数量、试验方法和 WPS 鉴定的验收标准	29
C 部分 焊工技术鉴定	34

4.7	基本变量.....	34
4.8	焊工技术鉴定的试验次数和方法.....	35
4.9	资格鉴定期限.....	35
5.	制造.....	49
5.1	概述	49
5.2	材料制备.....	49
5.3	装配.....	49
5.4	低温 WPS 容许偏差, 使用附录 A 注释 1	50
6.	检查.....	50
部分 A 验收标准		50
6.1	生产焊缝验收标准	50
部分 B 承包商责任		50
6.2	WPS 和焊工资格评定	51
6.3	工作检查.....	51
附录 A (规范性附录) 有关将 D1.3 薄钢板焊接至 D1.1 其他钢制产品形态的适用条款要求		52
附录 B (资料性附录) 焊接表格样本.....		54
附录 C (资料性附录) 结构焊接委员会技术问询准备指南.....		58
附录 D (资料性附录) 条款和定义		60
附录 E (资料性附录) 量规数量和等效厚度		65
附录 F (资料性附录) 安全规程		66
附录 G (资料性附录) 参考文件.....		69
薄钢板结构焊接规范注释		70
AWS 结构焊接文件列表		78

表目录

表	页码
表 1.1 D1.3 和 D1.1 编码的编码应用矩阵 基于连接材料厚度（参见 1.1）	10
表 1.2 匹配填充金属要求（参见 1.4.1）	11
表 1.3 焊接位置 ^a 和 WPS 限制（参见 1.5.3）	13
表 3.1 初步鉴定的 WPS 要求.....	25
表 4.1 WPS 鉴定试验 ^a （参见 4.6）	36
表 4.2 PQR 基本变量变更 ^a , 针对 SMAW、GMAW、FCAW、GTAW 和 SAW 的要求 WPS 重新鉴定（参见 4.5）	38
表 4.3 焊条类别小组	39
表 4.4 焊工技术鉴定试验a（参见 4.8）	40
表 A.1 有关将 D1.3 薄钢板焊接至 D1.1 其他钢制产品形态的适用条款要求	52
表 E.1 热轧和冷轧薄钢板量规数量和等效厚度	65
表 E.2 镀锌钢板量规数量和等效厚度.....	65

图目录

图	页码
图 2.1 — 对接接头中的方形坡口焊缝 (参见 2.2.1 和 2.3.2)	19
图 2.2 — 角焊缝 (参见 2.2.2)	19
图 2.3A — 单面喇叭坡口焊缝 [参见 2.2.3(1)]	19
图 2.3B — 喇叭形坡口焊缝中的单一剪切力 [参见 2.2.3(2)]	20
图 2.3C — 喇叭形坡口焊缝中的双剪切力 [参见 2.2.3(2)]	20
图 2.4 — 电弧点焊缝 (参见 2.2.4)	20
图 2.5 — 电弧缝焊缝 (参见 2.2.5)	21
图 2.6 — 电弧塞焊缝 (参见 2.2.6)	21
图 2.7 — 搭接接头中的角焊缝 (参见 2.3.3.2)	22
图 2.8 — T 形接头中的角焊缝 (参见 2.3.3.2)	22
图 2.9 — 单面喇叭坡口焊缝 (参见 2.3.4.1)	22
图 2.11A — 电弧点焊缝的边缘距离 (参见 2.3.5.2)	22
图 2.10 — 单面 V 形坡口焊缝 (参见 2.3.4.2)	23
图 2.11B — 使用垫圈的电弧点焊缝 (参见 2.3.5.3)	23
图 2.11C — 典型焊接垫圈 (参见 2.3.5.3)	23
图 2.12 — 沿拱肋的电弧缝焊缝 (参见 2.2.5)	23
图 2.13A — 电弧缝焊缝的边缘距离 (参见 2.3.6.3)	24
图 2.13B — 电弧塞焊缝的边缘距离 (参见 2.3.7.3)	24
图 3.1A — 带钢衬垫的对接接头方形坡口焊缝 (参见 3.2.1)	25
图 3.1B — 带钢衬垫的对接接头或角接接头中的方形坡口焊缝 (参见 3.2.1)	26
图 3.2A — 角接接头角焊缝 (参见 3.2.2)	26
图 3.2B — 搭接接头角焊缝 (参见 3.2.2)	26
图 3.2C — T 形接头角焊缝 (参见 3.2.2)	27
图 3.3A — 对接接头斜喇叭坡口焊缝 (参见 3.2.3)	27
图 3.3B — 角接接头斜喇叭坡口焊缝 (参见 3.2.3)	28
图 3.3C — 对接接头 V 形喇叭坡口焊缝 (参见 3.2.3)	28
图 3.3D — 搭接接头斜喇叭坡口焊缝 (参见 3.2.4)	29
图 4.1 — 对接接头方形坡口焊缝试验 [参见 4.6.1.2(1)]	42
图 4.2A — 角焊缝试验 [参见 4.6.2.2(1)]	43
图 4.2B — 角焊缝认证的有效程度 (参见 4.2.2.3)	44
图 4.3A — 斜喇叭坡口焊缝 (薄钢板对薄钢板) 试验 [参见 4.6.3.2(1) (a)]	44
图 4.3B — 斜喇叭坡口焊缝 (薄钢板对支撑结构构件) 试验 [参见 4.6.3.2(1) (b)]	45
图 4.3C — V 形喇叭坡口焊缝试验 [参见 4.6.3.2(2)(b)]	45
图 4.3D — 喇叭坡口焊缝认证的有效程度 (参见 4.6.3.3)	46
图 4.4 — 电弧点焊缝试验 [参见 4.6.4.2(1)]	46
图 4.5A — 电弧缝焊缝 (薄钢板对支撑结构构件) 试验 [参见 4.6.5.2(1)]	47
图 4.5B — 电弧缝焊缝 (薄钢板对薄钢板) 试验 [参见 4.6.5.2(2)]	47
图 4.6 — 电弧塞焊缝试验 [参见 4.6.6.2(1)]	48
图 C-2.1 — 角焊缝容许应力	73
图 C-2.2 — 角焊缝负载容量	73
图 C-2.3 — 电弧点焊缝	73

图 C-2.4 — 支撑板中的电弧缝焊缝	74
图 C-4.1 — 图解熔化速率测量.....	75
图 C-5.1 — 焊接位置	76

表格目录

表格	页码
<u>B-1</u> 焊接工艺评定试验记录 (PQR) 表格样本.....	55
<u>B-2</u> 焊接工艺规程 (WPS) 表格样本.....	56
<u>B-3</u> 焊工和焊接操作员鉴定试验表格样本	57

1. 一般规定

1.1 范围

本规范包含结构薄钢板/钢带（包括冷压成型元件，下文统称为“薄钢板”，标称厚度等于或小于 $3/16$ in (0.188 in) [4.8 mm]）的电弧焊要求。合同文件中对本规范进行规定时，则要求符合其所有规定（工程师或合同文件特别修改或免除的规定除外）。

与 AWS D1.1 结合使用时，须符合 AWS D1.3 附录 A 的适用规定（另请参见表 1.1）。本规范纳入了薄钢板、电弧点焊和电弧缝焊独有的两种焊缝类型。

1.1.1 适用材料。本规范适用于将结构薄钢板焊接至其他结构薄钢板或支撑结构钢构件。

1.1.2 总体规定。本规范的基本前提是提供适用于任何情况的总体规定。制造与规范中规定的焊缝不同的焊缝之验收标准应允许用于特定装置，其前提是由提议者编制适当文件并经工程师批准。其他验收标准应基于利用过去经验、实验证据或考虑材料类型、运行负载影响和环境因素进行的工程分析之运行适用性评估。

1.1.3 批准。批准所需的所有参考应解释为需经工程师批准，该工程师是指为代表并以业主名义处理本规范范围内所有事宜的正式指定人员。与规范要求发生偏离时，须经过工程师批准。

1.2 薄钢板基底金属

1.2.1 规定的基底金属。本规范中需焊接的薄钢板基底金属须符合表 1.2 中所列规范之一最新版本的要求或为符合 1.2.2 要求之合格薄钢板。上述钢板的任意组合可焊接在一起。这些钢材可焊接成 AWS D1.1《钢结构焊接规范》最新版本中所列的任意钢制品。

1.2.2 其他基底金属。根据项目或产品规范规定批准 1.2.1 以外的钢材并且此类钢材建议用于焊接结构时，此类钢材的可焊性及其焊接的 WPS 均应符合第 4 条要求和工程师规定的此类其他要求。

1.2.3 最低屈服点。本规范的规定用于规定最低屈服点等于或小于 80 ksi [550 MPa] 的薄钢板。

1.3 焊接工艺

1.3.1 批准工艺。本规范提供了保护金属电弧焊 (SMAW)、气体金属电弧焊 (GMAW)、药芯焊丝弧焊 (FCAW)、钨电极气体保护焊 (GTAW) 或埋弧焊 (SAW) 焊接工艺。（注：气体金属电弧焊 (GMAW) 的任意变化（包括短路过渡）均可接受。）

1.3.2 螺栓焊接。通过薄钢板盖板或盖面的平滑部分进行螺栓焊接至其他产品形式时，WPS、螺栓和质量控制要求均须符合 AWS D1.1 规范中的适用规定。

1.3.3 其他工艺。其他焊接工艺可经工程师批准采用。在上述情况下，工程师须根据需要规定任意其他鉴定要求以确保用于预定用途的接点合格。

1.4 焊接金属要求

1.4.1 匹配填充金属。使用指定焊接工艺时，表 1.2 中所列的填充金属可提供具有与该基底金属相匹配强度的焊缝。

1.4.2 其他基底金属 — 填充金属组合。除 1.4.1 所述内容之外的基底金属 — 填充金

属组合均须经工程师评估和批准之后允许使用。焊接强度不同的基底金属时，填充金属抗拉强度须等于或大于基底金属的最低抗拉强度。

1.4.3 制造商认证。工程师要求时，承包商须提供焊条制造商声明其焊条满足分类要求的认证。

1.4.4 保护金属电弧焊 (SMAW) 用焊条

1.4.4.1 AWS 规范。SMAW 用焊条须符合 AWS A5.1/A5.1M《保护金属电弧焊用碳钢焊条规范》最新版本的要求或 AWS A5.5/A5.5M《保护金属电弧焊用低合金钢焊条规范》的要求。

1.4.4.2 低氢焊条控制。本控制须适用于焊接至厚度大于 $1/4$ in [6.4 mm] 的一次结构构件之钢板（本控制权限如 AWS D1.1 的规定）。

1.4.5 埋弧焊 (SAW)

1.4.5.1 AWS 规范。SAW 中组合使用的裸焊条和焊剂须符合 AWS A5.17/A5.17M《埋弧焊用碳钢焊条和焊剂规范》最新版本的要求或 AWS A5.23/A5.23M《埋弧焊用低合金钢焊条和焊剂规范》最新版本的要求。

1.4.5.2 焊剂。埋弧焊用焊剂须干燥且未受灰尘、轧屑、油脂或其他杂质污染。所有焊剂均应按包采购，可在正常条件下储存至少六个月且不会影响其焊接性能或焊接特性。破损包装内的焊剂须弃用或在使用前在最低 250°F [120°C] 温度条件下干燥一小时。包装打开后，须立即将焊剂置于分配系统中；使用已打开包装的焊剂时，顶部 1 in [25 mm] 厚的焊剂须弃用。已受潮的焊剂不得使用。

1.4.6 气体金属电弧焊、药芯焊丝弧焊 (FCAW) 和钨电极气体保护焊 (GTAW) 填充金属

1.4.6.1 AWS 规范。GMAW、FCAW 或 GTAW 用填充金属和保护须符合 AWS A5.18/A5.18M《气体金属电弧焊用碳钢焊条和焊棒规范》或 AWS A5.28/A5.28M《气体保护焊用低合金钢焊条和焊棒规范》、AWS A5.20/A5.20M《药芯焊丝弧焊碳钢焊条规范》或 AWS A5.29/A5.29M《药芯焊丝弧焊低合金钢焊条规范》（如适用）的最新版本的要求。

1.4.6.2 保护介质。GMAW、FCAW（如需）或 GTAW 过程中所使用的保护气体或气体混合物须满足 AWS A5.32/ A5.32M《焊接保护气体规范》的要求。工程师要求时，气体制造商须提供气体或气体混合物满足 AWS A5.32/A5.32M 要求的证明。

1.5 焊缝类型

1.5.1 对接接头方形坡口焊缝。这种类型的焊缝仅限所有焊接位置下薄钢板与薄钢板之间的焊接。

1.5.2 角焊缝。这种类型的焊缝可用于所有涉及薄钢板与薄钢板之间或薄钢板与支撑结构构件之间的焊接位置。

1.5.2.1 搭接接头和 T 形接头的角焊缝。搭接接头和 T 形接头内的角焊缝可用于所有涉及薄钢板与薄钢板之间或薄钢板与支撑结构构件之间的焊接位置（参见表 1.3）。

注：对薄钢板与支撑结构构件之间进行角焊时，须采取措施防止焊道下开裂。

1.5.3 喇叭形坡口焊缝。这种类型的焊缝可用于涉及以下方面的所有位置：

(1) V 形喇叭坡口焊缝和斜喇叭坡口焊缝的两块薄钢板

(2) 适用于斜喇叭坡口的钢板和支撑结构构件（参见表 1.3）

1.5.4 电弧点焊。这种类型的焊缝是通过电弧焊接工艺执行的点焊，在该过程中未在各构件上打孔。这类焊缝仅限在平坦位置对薄钢板与支撑结构构件进行焊接（参见表 1.3）。

注：单块钢板的厚度或焊接至更厚支撑结构构件的两块钢板的组合厚度均不得超出 0.15 in [3.7 mm]。

1.5.5 电弧缝焊缝。电弧缝焊缝在不在任一构件上开槽的情况下制成。

这类焊缝仅限包含以下方面的接点焊接：

- (1) 平坦或水平位置上钢板与钢板之间
- (2) 平坦位置上钢板与更厚支撑结构构件之间（参见表 1.3）

1.5.6 电弧塞焊缝。电弧塞焊缝通过填充外部一个或多个构件内的圆孔来制成。

这类焊缝可用于涉及以下方面的所有位置：

- (1) 薄钢板多层之间
- (2) 薄钢板与更厚支撑结构构件多层之间

1.6 术语和定义

本规范中使用的焊接术语须根据最新版 AWS A3.0《标准焊接术语和定义》（通过本规范的附录 D 进行补充）中给出的定义解释。

1.7 焊接符号

本规范中使用的焊接符号应为最新版本的 AWS A2.4《焊接、铜焊和无损检测用标准符号》中所示的符号。特殊情况应另加附注或详图以充分说明。

1.8 安全注意事项

安全注意事项须符合美国焊接协会出版的最新版 ANSI Z49.1《焊接、切割和相关工艺中的安全》。

注：根据本规范进行的操作可能涉及危险操作和材料，例如来自焊接消耗品、基底金属和基底金属上涂层的烟气和固体颗粒。此规范并非旨在处理所有与其使用相关的安全问题。用户有责任建立适当的安全和健康规范。用户应在使用前确定规章限制条件的适用性。

有关电弧焊工艺之安全基本构件的其他信息，参见附录 E。

1.9 标准计量单位

本标准采用美国惯用单位制和国际单位制 (SI)。国际单位制显示在方括号 [] 中或表格和图的适当行里。测量值可能并非精确的同等值；因此，必须独立采用各个系统。在本标准中，规格等值或小数点在圆括号里注明。

表 1.1
D1.3 和 D1.1 编码的编码应用矩阵
基于连接材料厚度（参见 1.1）

材料厚度	$t_2 < 1/8 \text{ in} [3 \text{ mm}]$	$1/8 \text{ 英寸} \leq t_2 \leq 3/16 \text{ 英寸}$ $[3 \text{ mm} \leq t_2 \leq 5 \text{ mm}]$	$t_2 > 3/16 \text{ in} [5 \text{ mm}]$
$t_1 < 1/8 \text{ in} [3 \text{ mm}]$	D1.3	D1.3 或附录 A	附录 A
$1/8 \text{ in.} \leq t_1 \leq 3/16 \text{ in} [3 \text{ mm} \leq t_1 \leq 5 \text{ mm}]$	D1.3 或附录 A	D1.3 或附录 A 或 D1.1	附录 A 或 D1.1
$t_1 > 3/16 \text{ in} [5 \text{ mm}]$	附录 A	附录 A 或 D1.1	D1.1

注：如果应用满足注 1 要求，则可在不移除涂层或镀锌的情况下采用附录 A 注 1。

表 1.2
匹配填充金属要求 (参见 1.4.1)

组别编号	ASTM 钢材规范	最低屈服点		最小拉伸强度		AWS 填充金属规范
		ksi	MPa	ksi	MPa	
I	A109	回火度 4		48	330	SMAW AWS A5.1
	A570/A570M	30 级	30	205	49	E60XX. E70XX
		33 级	33	230	52	360
		36 级	36	250	53	365
		40 级	40	275	55	380
	A572/A572M	45 级	45	310	60	415
		42 级	42	290	60	415
		45 级	45	310	65	450
		A 级	25	170	42	290
		B 级	30	205	45	310
	A611	C 级 1 型	33	230	48	330
		D 级 1 型	40	275	52	360
		33 级	33	230	45	310
		37 级	37	255	52	360
		40 级	40	275	55	380
II	A653/A653M SS	50 级 A 型和 B 型	50	340	60	410
	A715	50 级	50	345	60	415
		33 级	33	230	45	310
		37 级	37	255	52	360
		40 级	40	275	55	380
	A792/A792M	25 级	25	170	42	290
		30 级	30	205	45	310
		33 级 1 型	33	230	48	330
		40 级 1 型	40	275	52	360
		45 级 1 类和 2 类	45	310	55/60	380/410
III	A1008/A1008M SS	50 级	50	340	60	410
	A1008/A1008M HSLAS	GMAW/GTAW AWS A5.18				
		33 级	33	230	45	310
		37 级	37	255	52	360
		40 级	40	275	55	380
	A1008/A1008M HSLAS-F	ER70S-X. E70C-XC, E70C-XM				
		25 级	25	170	42	290
		30 级	30	205	45	310
		33 级 1 型	33	230	48	330
		40 级 1 型	40	275	52	360
IV	A1011/A1011M MSS	GMAW/GTAW AWS A5.28				
	A1011/A1011M HSLAS	ER70S-XXX, E70C-XXX (注 a)				
		45 级 1 级	45	310	55/60	380/410
		30 级	30	205	49	340
		33 级	33	230	52	360
	A1011/A1011M HSLAS-F	FCAW AWS A5.20 E7XT-X, E7XT-XC, E7XT-XM				
		36 级 1 型	36	250	53	365
		40 级	40	275	55	380
		45 级	45	310	60	410
		45 级 1 类和 2 类	45	310	55/60	380/410
V	A109	FCAW AWS A5.29 E6XTX-X. E6XTX-XC, E7XTX-X, E7XTX-XC, E6XTX-XM. E7XTX-XM (注 a)				
	A529/A529M	50 级	50	345	70	485
		55 级	55	380	70	485
		50 级	50	345	65	450
		55 级	55	380	70	480
	A570/A570M	SAW AWS A5.5 E70XX-X (注 a)				
		50 级	50	345	65	450
		55 级	55	380	70	480
		A572/A572M				
		50 级	50	345	65	450
		55 级	55	380	70	480

(续)

表 1.2 (续)
匹配填充金属要求 (参见 1.4.1)

组别编 号	ASTM 钢材规范	最低屈服点		最小拉伸强度		AWS 填充金属规范
		ksi	MPa	ksi	MPa	
	A606		45/50	310/340	65/70	450/480 SAWAWSA5.23
	A607	50 级	50	340	65	F7AX-EXXX-XX
		55 级	55	380	70	F7AX-ECXXX-XX (注 a)
	A653/A653M HSLAS	60 级 A 型和 B 型	60	410	70	480
	A653/A653M HSLAS-F	60 级	60	410	70	GMAW/GTAW AWSA5.18
	A715	60 级	60	415	70	485 ER70S-X, E70C-XC,
	A1008/A1008M HSLAS	50 级 1 类和 2 类	50	340	65/60	450/410 E70C-XM
		55 级 1 类和 2 类	55	380	70/65	480/450 GMAW/GTAW
II (续)		60 级 2 类	60	410	70	AWSA5.28
	A1008/A1008M HSLAS-F	60 级	60	410	70	480 ER70S-XXX, E70C-XXX (注 a)
	A1011/A1011M MSS	55 级	55	380	70	480
	A1011/A1011M HSLAS	55 级 1 类和 2 类	55	380	70/65	480/450 FCAAWSA5.20
		60 级 1 类和 2 类	60	410	75/70	520/480 E7XT-X, E7XT-XC, E7XT-XM
	A1011/A1011M HSLAS-F	60 级	60	410	70	480 FCAAWSA5.29 E7XTX-X, E7XTX-XC, E7XTX-XM (注 a)
	A572/A572M	60 级	60	415	75	520 SMAAWSA5.5
		65 级	65	450	80	550 E80XX-X (注 a)
	A607	60 级	60	415	75	515 SAWAWSA5.23
		65 级	65	380	82	570 F8AX-EXXX-XX, F8AX-ECXXX-XX (注 a)
	A653/A653M HSLAS	70 级 A 型和 B 型	70	480	80	550
	A715	70 级	70	480	80	550
III	A1008/A1008M HSLAS	60 级 1 类和 2 类	60	410	75/70	520/480 GMAW/GTAW AWSA5.28
		65 级 1 类和 2 类	65	450	80/75	550/520 ER80S-XXX, E80C-XXX (注 a)
	A1008/A1008M HSLAS-F	70 级	70	480	80	550
	A1011/A1011M MSS	36 级 2 型	36	250	58-80	400/550 FCAAWSA5.29 E8XTX-X, E8XTX-XC, E8XTX-XM (注 a)
	A607	70 级 1 类或 2 类	70	480	85/80	590/550 SMAAWSA5.5
	A611	E 级	80	550	82	565 E90XX-X (注 a)
	A653SS	80 级	80	550	82	570 SAWAWSA5.23
	A653/A653M HSLAS	80 级 A 型和 B 型	80	550	90	620 F9AX-EXXX-XX, F9AX-ECXXX-XX (注 a)
	A715	80 级	80	550	90	620
IV	A792	80 级	80	550	82	520
	A1008/A1008M MSS	80 级 A 型和 B 型	80	550	82	565 GMAW/GTAW AWSA5.28
	A1008/A1008M HSLAS	70 级 1 类和 2 类	70	480	85/80	585/550 ER90S-X, E90C-XXX (注 a)
	A1008/A1008M HSLAS-F	80 级	80	550	90	620
	A1011/A1011M HSLAS-F	80 级	80	550	90	620 FCAAWSA5.29 E9XTX-X, E9XTX-XC, E9XTX-XM (注 a)

(续)

表 1.2 (续)
匹配填充金属要求 (参见 1.4.1)

^a 由于只有焊接状态适用，因此只有符合下列填充金属规范的焊条分类满足本表格的标准：

1. SMAW: A5.1/A5.1M:2004; 带下列后缀的 A5.5/A5.5M:2006 焊条: -C3, -C3L, -C4, -PI, -NM1, -WI, -W2, -G, -M (采购商和供应商同意合金以“焊接”状态使用)。
2. 仅 SAW A5.17-97; 被分类为以“焊接”状态使用的 A5.23-97 焊剂/焊条组合。
3. GMAW: A5.18/A5.18M:2005; 带有下列分类后缀的 A5.28/A5.28M:2005 焊条: -Nil, -D2, -G (采购商和供应商同意合金以“焊接”状态使用)。
4. FCAW: A5.20/A5.20M:2005; 带下列分类后缀的 A5.29/A5.29M:2005 焊条: -Nil (EXXT5-NU除外)、-NilM (EXXT5-NilM 除外)、-NilC (EXXT5-NilC 除外)、-Ni2 (EXXT5-Ni2 除外)。-Ni2M (EXXT5-Ni2M 除外)、-Ni2C (EXXT5-Ni2C 除外)、-Ni3 (EXXT5-Ni3 除外)、-DI、-DIM、-D3、-D3M、-KI、-KIM、-K2、-K2M、-K6"、-K6M、-K8、-W2、-W2M、-G (采购商和供应商同意合金以“焊接”状态使用)。

注:

1. AWS D1.1 要求时，应使用低氢焊条。
2. 公制 MPa 值和 ksi 值采用单独 AWS 填充金属规范中规定的数值。
3. 本材料是包含在之前准则中的非现行 ASTM。现有材料可用作列出材料。

表 1.3
焊接位置^a和 WPS 限制 (参见 1.5.3)

对接接头方形坡口焊缝		斜喇叭坡口焊缝		V 形喇叭坡口焊缝		
		角焊缝	缝	电弧点焊缝	电弧缝焊缝	电弧塞焊缝
薄钢板对薄钢板	F	F	F	—	F	F
	H	H	H	—	H	H
	V	V	V	—	—	V
	OH	OH	OH	—	—	OH
薄钢板对支撑构件	—	F	F	—	F	F
	—	H	H	—	—	H
	—	V	V	—	—	V
	—	OH	OH	—	—	OH

^a 焊接位置: F = 平直, H = 水平, V = 垂直, OH = 架空。

2. 焊接连接设计

A 部分 容许承载力

注：对于并非设计用于承载外部负载的焊缝，工程师可忽略本条要求。

设计公式中将要使用要素

P = 容许承载力（千磅）

F_u = 规定的薄钢板最小极限抗拉强度 (ksi)

F_y = 规定的薄钢板最小屈服强度 (ksi)

F_{xx} = 规定的 AWS 焊条分类的最小抗拉强度 (ksi)

F_w = 容许焊缝剪切应力 $0.3 F_{xx}$ (ksi)

t = 薄钢板较薄构件的厚度(不包括涂层) (单片或薄钢板的多层组合厚度) (英寸) [mm]

t_w = 焊缝厚度或尺寸 (有关角焊缝的实际厚度、有效厚度和理论厚度以及坡口焊缝尺寸的定义, 请参见图 2.2、2.3B、2.3C 以及附录 D) (英寸) [mm]

L = 焊缝的长度 — 对于角焊缝、斜坡口焊缝或电弧缝焊缝 (英寸) [mm]

注：对于电弧缝焊缝，尺寸 L 并不包含圆形末端 (参见图 2.5)。

h = 边缘高度 — 对于斜坡口焊缝 (参见图 2.3B 和 2.3C) (英寸) [mm]

d = 电弧点焊缝或电弧塞焊缝焊接面的可视直径 (参见图 2.4 和 2.6) 或电弧缝焊缝的可视宽度 (参见图 2.5) (英寸) [mm]

d_a = 电弧点焊缝或电弧塞焊缝的平均合成直径 (参见图 2.4 和 2.6) 或电弧缝焊缝的平均宽度 (参见图 2.5) (英寸) [mm]

d_e = 电弧点焊缝或电弧塞焊缝的有效直径或接合面上电弧缝焊缝的有效宽度 (参见图 2.4、2.5 和 2.6) (英寸) [mm]

注：如果通过分割和测量证明 WPS 始终在接合面提供较大的有效直径 (d_e)，那么在使用此特定 WPS 时可以采用该值。

2.1 基底金属应力

容许基底金属应力应采用最新版本的美国钢铁协会《冷成型钢结构构件设计规范》中规定的值或者采用适用合同规范中规定的其他数值。

2.2 焊缝接头的容许承载力

2.2.1 对接接头方形坡口焊缝。如果焊缝尺寸等于基底金属厚度，对接接头 (从一侧或两侧焊接) 的坡口焊缝匹配焊条和基底金属组合的容许单位承载力 (参见表 1.2) 应为接头中较低强度的基底金属的容许单位承载力 (参见图 2.1)。

2.2.2 角焊缝。如果 t_w 至少等于薄钢板的厚度，搭接接头和 T 形接头 (对于匹配填充金属基底金属组合 (参见表 1.2)，焊接位置 (参见图 2.2) 为任意位置) 中角焊缝的容许承载力由薄钢板的厚度决定。容许承载力如下所示：

(1) 对于横向于加载方向的角焊缝

$$P = 0.4(t)L(F_u) \quad (1)$$

(2) 对于纵向上加载方向的角焊缝

$$P = 0.4 \left(1 - 0.01 \frac{L}{t}\right) t(L) F_u \text{ for } \frac{L}{t} < 25 \quad (2)$$

$$P = 0.3(t)L(F_u), \text{ for } \frac{L}{t} \geq 25 \quad (3)$$

(3) 当 $t_w < r$ 时, 容许承载力不得超过下列 P 值:

$$P = 0.3 t_w L F_{xx} \quad (4)$$

其中

t_w = 理论厚度

t_w 不得超过较薄基底材料的厚度。

2.2.3 喇叭形坡口焊缝。对于匹配填充金属、基底金属组合（参见表 1.2），如果焊缝尺寸至少等于根据 WPS 鉴定获得的薄钢板厚度，那么在任意位置焊接的喇叭形坡口焊缝的容许承载力被视为由靠近焊缝的薄钢板的厚度决定。该承载力可通过下列适用公式之一计算得出：

(1) 负载横向施加于焊缝轴线上

(a) 斜喇叭坡口焊缝（参见图 2.3A）

通过以下公式计算焊接接头的承载力：

$$P = \frac{t(L)F_u}{3} \quad (5)$$

(b) V 形喇叭坡口焊缝。不考虑横向施加于焊缝轴线的负载。

(2) 负载纵向施加于焊缝轴线（参见图 2.3B 和 2.3C）

如果焊缝尺寸 (t_w) 等于或大于 (t) 但小于 ($2t$)，或者如果边缘高度 (h) 小于焊缝长度 (L)，那么

$$P = 0.3(t)L(F_u) \quad \frac{\text{单一剪切力}}{\text{参见图 2.3B}} \quad (6)$$

如果 (t_w) 等于或大于 ($2t$) 并且边缘高度 (h) 等于或大于 (L)，那么

$$P = 0.6(t)L(F_u) \quad \frac{\text{双剪切力}}{\text{参见图 2.3C}} \quad (7)$$

2.2.4 电弧点焊缝。电弧点焊缝应被规定为接合面的最小有效直径 (d_e)。最小容许有效直径为 3/8 in [9 mm]。薄钢板与支撑结构构件之间各空气点焊缝的容许负载不得超过：

(1) 对于标称剪切负载

$$P = 0.88(t)d_a F_u, \text{ for } \frac{d_a}{t} \leq \frac{140}{\sqrt{F_u}} \quad (8)$$

$$P = 0.112 \left[1 + \frac{960t}{d_a \sqrt{F_u}} \right] t(d_a) F_u, \quad (9)$$

对于 $\frac{140}{\sqrt{F_u}} < \frac{d_a}{t} < \frac{240}{\sqrt{F_u}}$

$$P = 0.56(t)d_a F_u, \text{ for } \left(\frac{d_a}{t} \geq \frac{240}{\sqrt{F_u}} \right) \quad (10)$$

但是，承载力不得超过

$$P = \frac{(d_e)^2 F_{xx}}{4} \quad (11)$$

(2) 对于标称张力（提升）负载

对于 $F_u < 55 \text{ ksi}$

$$P_a = (2.64 - 0.043 \text{ in}^2/\text{kip} \times F_u) t d_a F_u$$

但是 $P_a < 0.58(t)d_a F_u$

对于 $F_u > 55 \text{ ksi}$

$$P_a = 0.28 t d_a F_u \quad (12)$$

2.2.5 电弧缝焊缝。用于薄钢板与支撑结构构件之间的搭接接头的空气缝焊缝（在平直位置焊接）的容许承载力或者薄钢板与薄钢板之间的搭接接头的空气缝焊缝（在水平或平直位置利用匹配填充金属焊接）的容许承载力（参见表 1.2、图 2.5 和图 2.12）不得超过：

$$P = \left(\frac{d_e^2}{4} + \frac{L d_e}{3} \right) F_{xx} \quad (13)$$

$$P = (t)F_u (0.25L + 0.96d_a) \quad (14)$$

出于计算容许承载力之目的

$$L \leq 3 d_a$$

2.2.6 电弧塞焊缝。电弧塞焊缝（参见图 2.6）应被规定为接合面的最小有效直径 (d_e)。最小容许有效直径为 $3/8 \text{ in}$ [9 mm]。薄钢板与支撑结构构件之间各电弧塞焊缝的容许负载不得超过：

(1) 对于标称剪切负载

$$P = 0.88(t)d_a F_u, \text{ 且 } \frac{d_a}{t} \leq \frac{140}{\sqrt{F_u}} \quad (15)$$

$$P = 0.112 \left[1 + \frac{960t}{d_a F_u} \right] t(d_a) F_u, \quad (16)$$

$$\text{且 } \frac{140}{\sqrt{F_u}} < \frac{d_a}{t} < \frac{240}{\sqrt{F_u}}$$

$$P = 0.56(t)d_a F_u, \text{ 且 } \frac{d_a}{t} \geq \frac{240}{\sqrt{F_u}} \quad (17)$$

但是，承载力不得超过

$$P = \frac{(d_e)^2 F_{xx}}{4} \quad (18)$$

(2) 对于标称张力（提升）负载

对于 $F_u < 55 \text{ ksi}$

$$P_a = (2.64 - 0.043 \text{ in}^2/\text{kip} \times F_u) t d_a F_u$$

但是 $P_a < 0.58(t)d_a F_u$

对于 $F_u \geq 55 \text{ ksi}$

$$P_a = 0.28 t d_a F_u \quad (19)$$

B 部分 焊接连接详情

2.3.1 概述。只要处于 2.3.2 至 2.3.5 规定的适用限值范围内，可以在对接接头中采用方形坡口焊缝，在搭接接头中采用电弧点或空气缝焊缝，或者在搭接接头或 T 形接头中采用角焊缝，在对接接头、搭接接头或 T 形接头中采用单面喇叭坡口焊缝或单面 V 形喇叭坡口焊缝。

2.3.2 方形坡口焊缝。按照表 13 所示在对接接头中采用方形坡口焊缝（参见图 2.1）。

2.3.3 角焊缝

2.3.3.1 最小长度。最小长度应为 3/4 in [19 mm]。

2.3.3.2 焊脚尺寸。搭接接头角焊缝的焊脚尺寸应等于较薄的薄钢板厚度（参见图 2.7）。T 形接头角焊缝的焊脚尺寸应等于最薄的薄钢板厚度 (t)（参见图 2.8）。

2.3.4 喇叭形坡口焊缝。

2.3.4.1 单面喇叭形坡口焊缝。单面喇叭坡口焊缝的位置如表 1.3 所示。最小长度应为 3/4 in [19 mm]（参见图 2.9）。

2.3.4.2 单面 V 形坡口焊缝。单面 V 形坡口焊缝的位置如表 1.3 所示。最小长度应为 3/4 in [19 mm] (参见图 2.10)。

2.3.5 电弧点焊缝

2.3.5.1 单层或双层厚度。通过将单层或双层薄钢板焊接至支撑构件上而制成的电弧点焊缝的位置应如表 1.3 所示。电弧点焊缝仅限于平直位置 (参见图 2.4)。(熔接面的 WPS 焊接金属直径 (d_e) 应至少为 3/8 in [9 mm])。

2.3.5.2 最小边缘距离。电弧点焊缝中心到薄钢板任何一边的最小距离应不小于:

$$e_{\min} = \frac{P}{0.5F_u t}, \text{ for } \frac{F_u}{F_y} \geq 1.15 \quad (20)$$

或

$$e_{\min} = \frac{P}{0.45F_u t}, \text{ for } \frac{F_u}{F_y} < 1.15 \quad (21)$$

但不小于 $1.5d$ (参见图 2.11A)。

2.3.5.3 焊接垫圈。使用焊接垫圈电弧在厚度小于 0.028 in [0.7 mm] 的薄钢板中焊接电弧点焊缝, 防止复燃 (参见图 2.11B 和 2.11C)。焊接垫圈应采用 1.2.1 所列薄钢板之一制成, 其厚度应为 0.05 in 至 0.08 in [1.3 mm 至 2.1 mm] 之间, 最小预打孔径为 3/8 in [9 mm]。

2.3.6 电弧缝焊缝

2.3.6.1 位置。薄钢板与薄钢板之间或者薄钢板与支撑构件之间的电弧缝焊缝应如表 1.3 所示。

2.3.6.2 最小宽度。空气缝焊缝接合面处的焊接金属的最小宽度应为 3/8 in [9 mm]。

2.3.6.3 最小边缘距离。测量空气缝焊缝至薄钢板边缘的距离时应从焊缝圆形部分的中心处开始测量 (参见图 2.13A)。自电弧缝焊缝纵向轴线或电弧缝焊缝端部至薄钢板边缘的最小距离应不小于通过 2.3.5.2 所述公式计算得出的值, 但也不得小于 $1.5d$ (参见图 2.5 和 2.12)。

2.3.7 电弧塞焊缝

2.3.7.1 位置和 WPS 直径。电弧塞焊缝的位置应如表 1.3 所示 (参见图 2.6)。熔接面的 WPS 焊接金属直径 (d_e) 应至少为 3/8 in [9 mm]。

2.3.7.2 最小孔径。对于等于或小于 20 ga [0.912 mm] 的薄钢板厚度, 最小孔径应为 1/4 in [6.4 mm]; 如果厚度大于 20 ga, 则孔径应为 5/16 in [8.0 mm]。如果通过电弧塞焊缝而组合多个厚度, 那么可能必须扩大孔, 从而使接合面的焊接金属最小直径 (d_e) 达到 3/8 in [9 mm]。

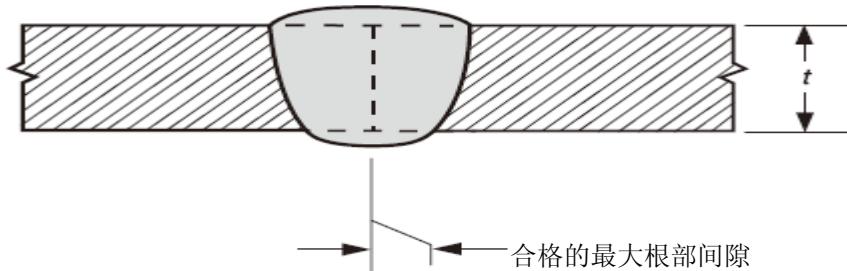
2.3.7.3 最小边缘距离。电弧塞焊缝中心到薄钢板任何一边的最小距离应不小于:

$$e_{\min} = \frac{P}{0.5F_u t}, \text{ for } \frac{F_u}{F_y} \leq 1.15 \quad (22)$$

或

$$e_{\min} = \frac{P}{0.45F_u t}, \text{ for } \frac{F_u}{F_y} < 1.15 \quad (23)$$

但不小于 **1.5 d** (参见图 2.13B)。



注：坡口焊缝尺寸等于厚度 t 。

图 2.1 — 对接接头中的方形坡口焊缝 (参见 2.2.1 和 2.3.2)

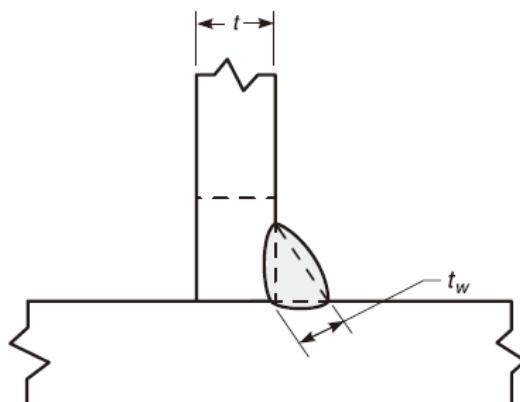


图 2.2 — 角焊缝 (参见 2.2.2)

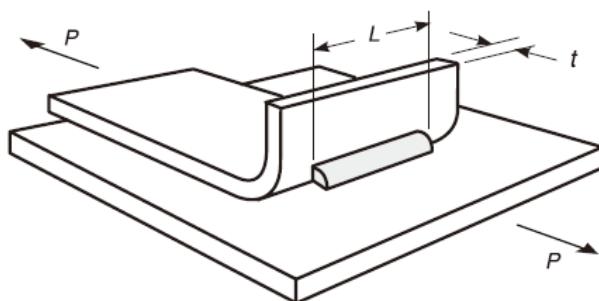


图 2.3A — 单面喇叭口坡口焊缝 [参见 2.2.3(1)]

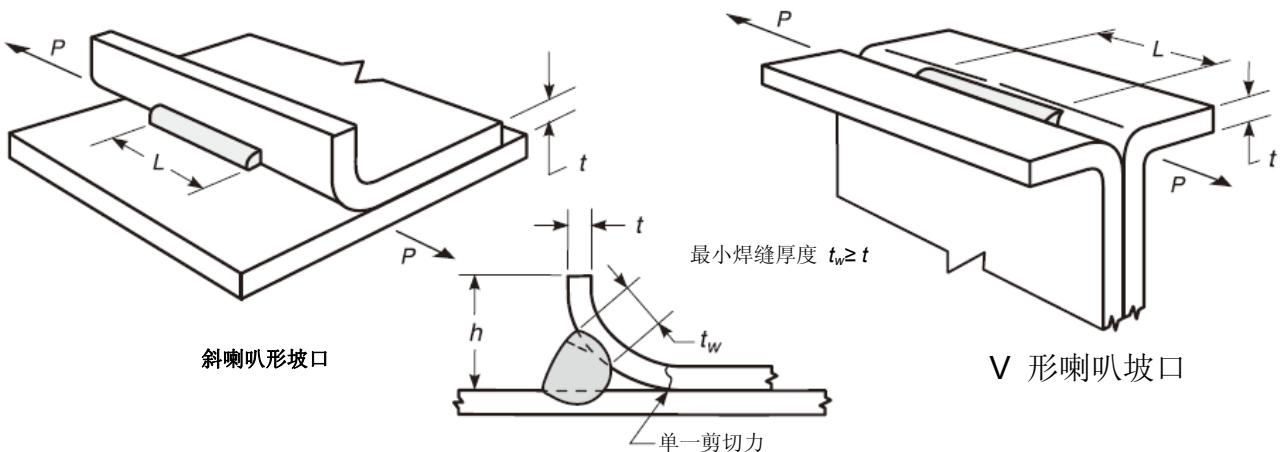


图 2.3B — 喇叭形坡口焊缝中的单一剪切力 [参见 2.2.3(2)]

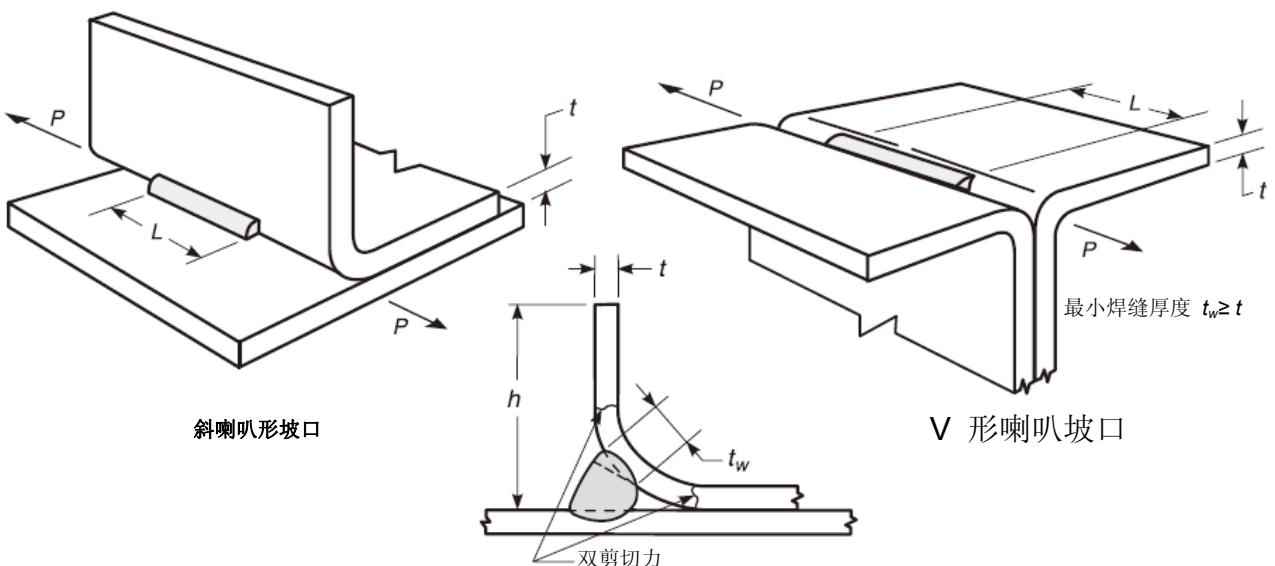


图 2.3C — 喇叭形坡口焊缝中的双剪切力 [参见 2.2.3(2)]

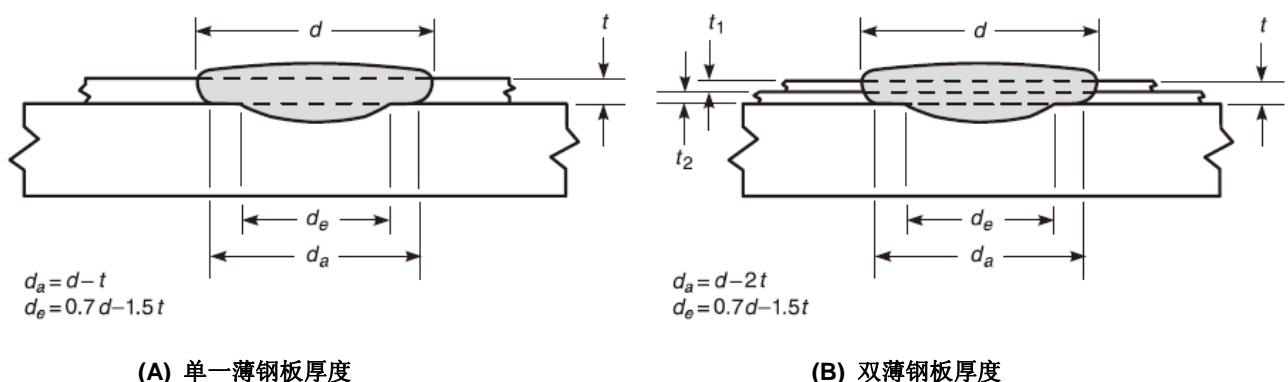
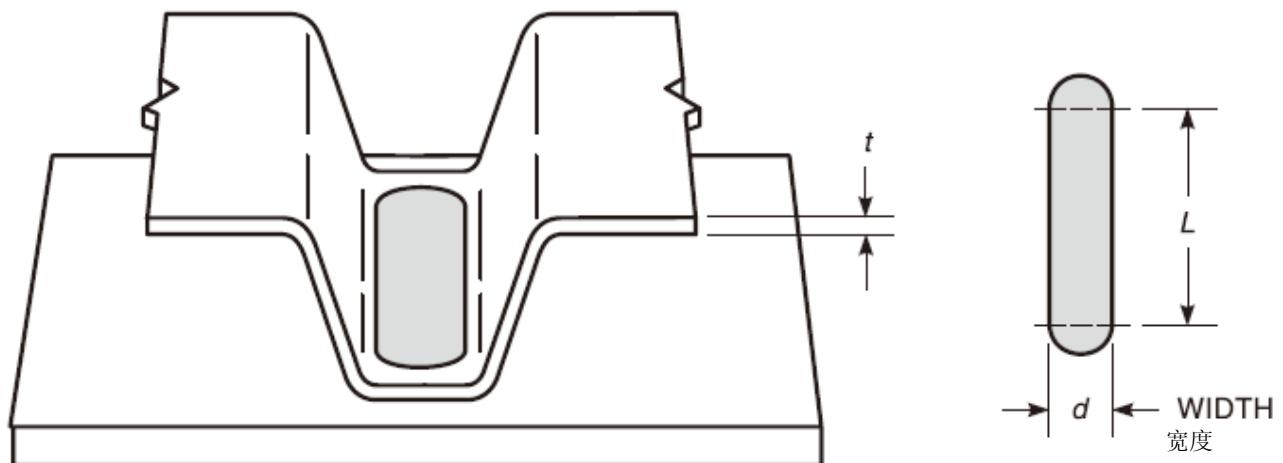


图 2.4 — 电弧点焊缝 (参见 2.2.4)

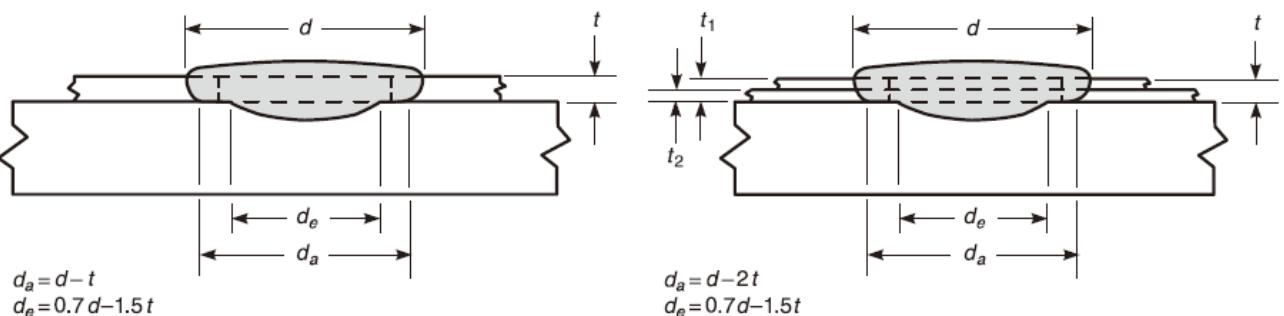


(A)



(B) 双薄钢板厚度

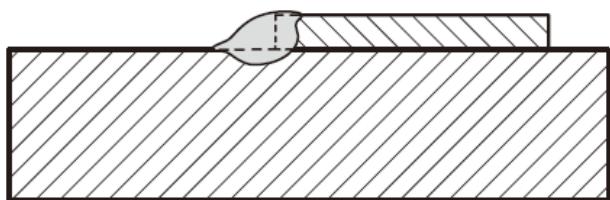
图 2.5 — 电弧缝焊缝 (参见 2.2.5)



(A) 单一薄钢板厚度

(B) 双薄钢板厚度

图 2.6 — 电弧塞焊缝 (参见 2.2.6)

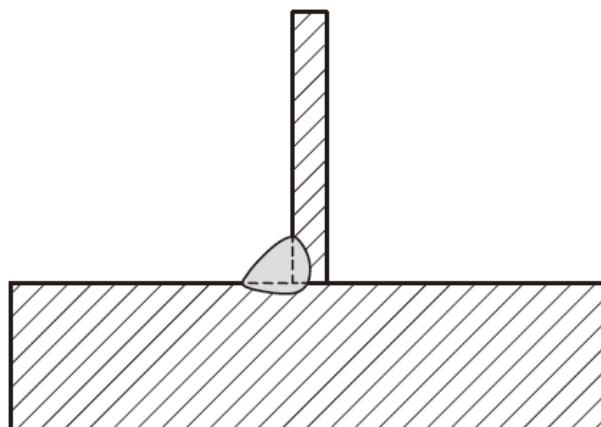


(A) 薄钢板对结构构件

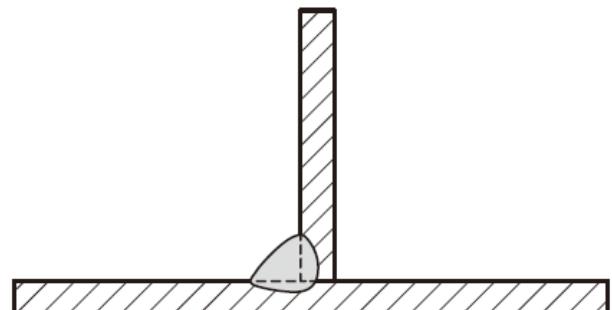


(B) 薄钢板对薄钢板

图 2.7 — 搭接接头中的角焊缝 (参见 2.3.3.2)



(A) 薄钢板对结构构件



(B) 薄钢板对薄钢板

图 2.8 — T 形接头中的角焊缝 (参见 2.3.3.2)

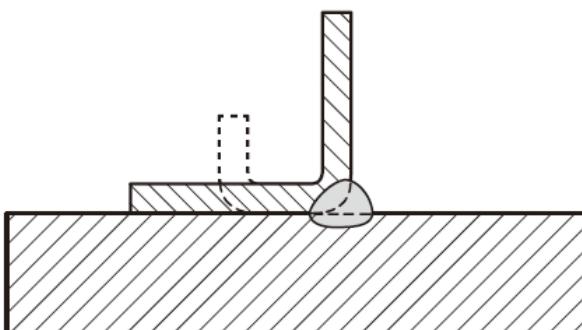


图 2.9 — 单面喇叭坡口焊缝
(参见 2.3.4.1)

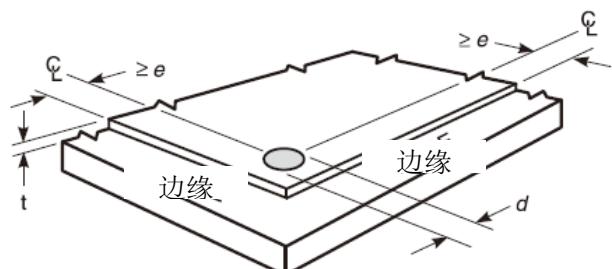


图 2.11A — 电弧点焊缝的边缘距离
(参见 2.3.5.2)

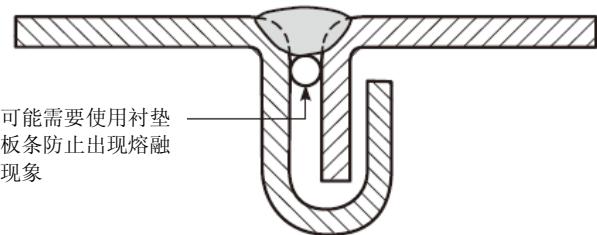


图 2.10—单面 V 形坡口焊缝
(参见 2.3.4.2)

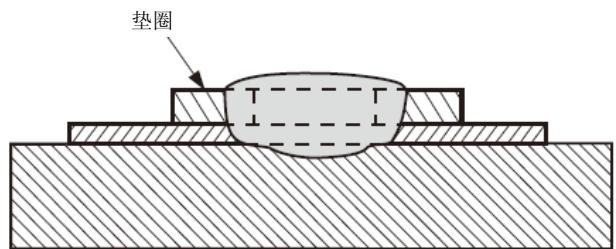


图 2.11B — 使用垫圈的电弧点焊缝
(参见 2.3.5.3)

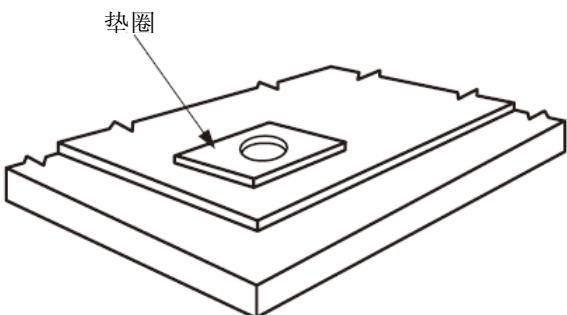


图 2.11C—典型焊接垫圈（参见 2.3.5.3）

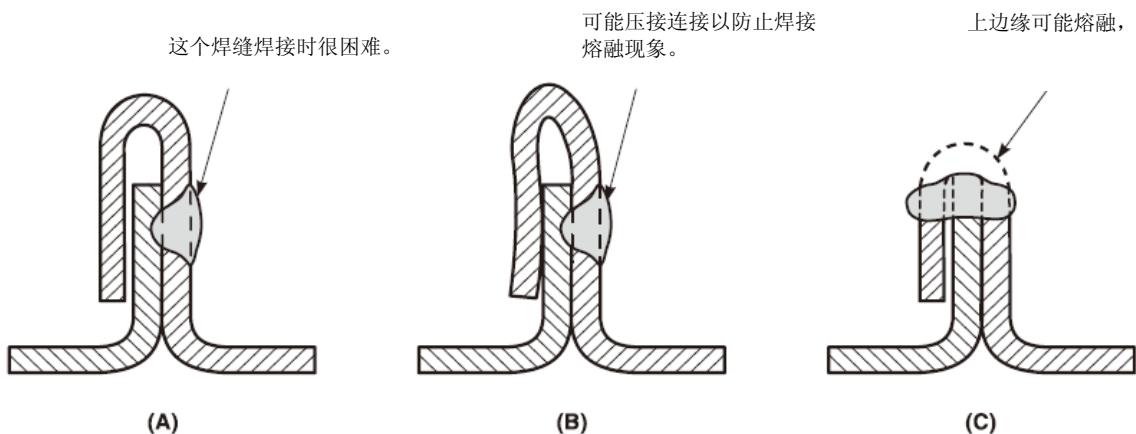


图 2.12 — 沿拱肋的电弧缝焊缝 (参见 2.2.5)

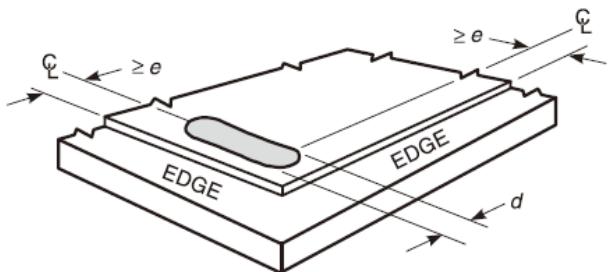


图 2.13A — 电弧缝焊缝的边缘距离
(参见 2.3.6.3)

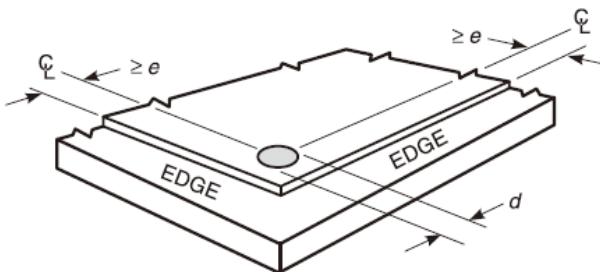


图 2.13B — 电弧塞焊缝的边缘距离
(参见 2.3.7.3)

3. WPS 的初步鉴定

3.0 范围

按照条款 4 的要求, 将 WPS (焊接工艺规程) 的初步鉴定从 WPS 鉴定试验中免除。所有初步鉴定的 WPS 均应采用书面形式。为对 WPS 进行初步鉴定, WPS 必须满足条款 3 中的所有适用要求。条款 3 的规定仅适用于薄钢板与薄钢板之间的焊接连接或薄钢板与支撑结构构件之间的焊接连接, 并且基底金属厚度要等于或小于 $3/16$ in [5 mm]。

3.1 概述

3.1.1 要求。包含各可变性要求 (如表 3.1 所示) 的记录值的书面 WPS 被指定为经过初步鉴定: 本书面 WPS 可以采用任何方便的格式 (参考附录 A)。如果更改本 WPS 中的任何记录值, 必须编写一份新的或修订后的 WPS。

3.2 接头详情

如果与图 3.1A 至 3.3D 所述接头详情存在差异, 承包商应向工程师提交建议的 WPS 以供审批, 并证明该 WPS 充分满足条款 4 和条款 5 的适用规定。

3.2.1 对接接头方形坡口焊缝。图 3.1A 和 3.1B 中详细说明了对接接头或角接接头中通过 SMAW、GMAW、GTAW 或 FCAW 工艺制成的完全熔透坡口焊缝 (CJP), 这些焊缝在使用前可能未经过 WPS 鉴定试验。

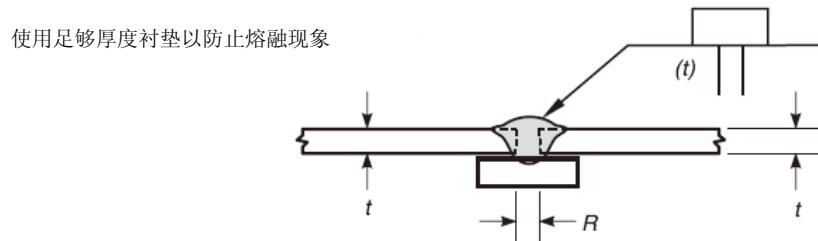
3.2.2 角焊缝。图 3.2A、3.2B 和 3.2C 详细说明了通过 SMAW、GMAW、GTAW 或 FCAW 工艺制成且使用前可能未经过 WPS 鉴定试验的角焊缝。

3.2.3 对接接头或角接接头喇叭坡口焊缝。图 3.3A、3.3B 和 3.3C 详细说明了通过 SMAW、GMAW、GTAW 或 FCAW 工艺制成且使用前可能未经过 WPS 鉴定试验的喇叭坡口焊缝。

3.2.4 搭接接头斜喇叭坡口焊缝。图 3.3D 详细说明了通过 SMAW、GMAW、GTAW 或 FCAW 工艺制成且使用前可能未经过 WPS 鉴定试验的斜喇叭坡口焊缝。

表 3.1 初步鉴定的 WPS 要求

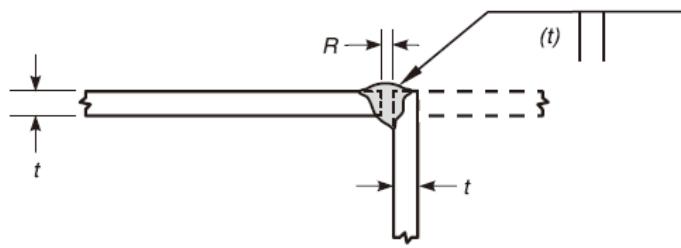
变量	初步鉴定的图								
	3.1A	3.1B	3.2A	3.2B	3.2C	3.3A	3.3B	3.3C	3.3D
厚度 (t)	X	X	X					X	
厚度 (t_1 和 t_2)				X	X	X	X		X
根部间隙 (R)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
弯曲半径 (C)						X	X	X	
焊接面宽度 (W)							X	X	
(t)	X	X							
厚度			X	X	X				
E						X			
ET							X		
焊接工艺 (参见 1.3.1)									
焊接参数	SMAW	GMAW	FCAW-G	FCAW-S	GTAW				
电流类型	X	X	X	X	X				
极性		X	X	X	X			X	
焊条分类	X	X	X	X	X				
基底金属 (参见表 1.2)	X	X	X	X	X				
匹配填充金属 (参见表 1.2)	X	X	X	X	X				
焊接位置 (参见表 1.3)	X	X	X	X	X				
垂直位置的焊接方向 (上坡/下坡)	X	X	X	X	X				
填充金属直径	X	X	X	X	X				
安培数	X	X	X	X	X				
送丝速度		X	X	X	X				
电压	X	X	X	X	X				
行走速度		X	X	X	X				
保护气体 — 成分		X	X						
保护气体 — 流速		X	X						



焊接工艺	厚度	$R = \text{根部间隙}$	位置
全部	最小值 18 Ga.; 最大值 16 Ga. 最小值 15 Ga.; 最大值 7 Ga.	最小值 0; 最大值 $\frac{3}{4}t$ 最小值 $\frac{3}{4}t$; 最大值 $1\frac{1}{4}t$	全部

注：有关美国惯用单位制的米制等值，请参见附录 D。

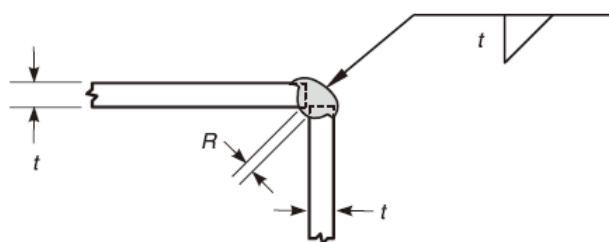
图 3.1A — 带钢衬垫的对接接头方形坡口焊缝 (参见 3.2.1)



焊接工艺	厚度	$R = \text{根部间隙}$	位置
全部	最小值 18 Ga.; 最大值 12Ga. 最小值 11 Ga.; 最大值 7 Ga.	最小值 0; 最大值 $t/2$ 最小值 $t/2$; 最大值 t	全部

注: 有关美国惯用单位制的米制等值, 请参见附录 D。

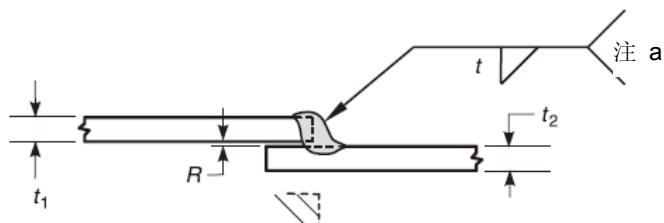
图 3.1B — 带钢衬垫的对接接头或角接接头中的方形坡口焊缝 (参见 3.2.1)



焊接工艺	厚度	$R = \text{根部间隙}$	位置
全部	最小值 18 Ga.; 最大值 11Ga.	最小值 0; 最大值 $t/4$	全部

注: 有关美国惯用单位制的米制等值, 请参见附录 D。

图 3.2A — 角接接头角焊缝 (参见 3.2.2)

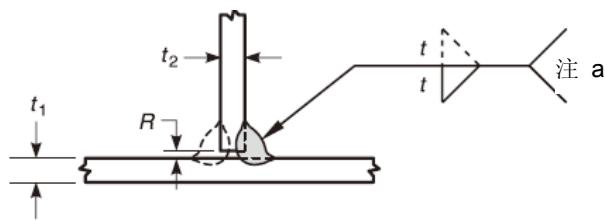


焊接工艺	厚度	$R = \text{根部间隙}$	位置
全部	最小值 $t_1, t_2 = 18 \text{ Ga.};$ 最大值 7 Ga. 以及最小值 $t_2 = t_1/2;$ 最大值 $2t_1$	最小值 0; 最大值 $t/2$ (参见注 a)	全部

^a $t = t_1$ 或 t_2 , 以较小值为准。

注: 有关美国惯用单位制的米制等值, 请参见附录 D。

图 3.2B — 搭接接头角焊缝 (参见 3.2.2)

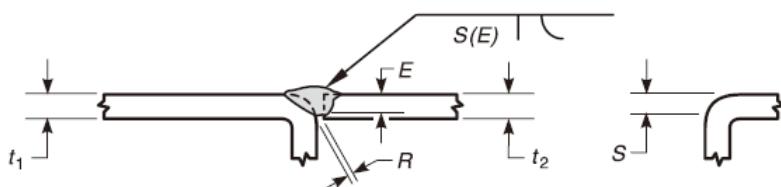


焊接工艺	厚度	$R =$ 根部间隙	位置
全部	最小值 $t_1, t_2 = 18 \text{ Ga.}$, 最大值 7 Ga. 以及最小值 $t_2 = t_1/2$; 最大值 $2t_1$	最小值 0; 最大值 $t/2$ (参见注 a)	全部

^a $t = t_1$ 或 t_2 , 以较小值为准。

注: 有关美国惯用单位制的米制等值, 请参见附录 D。

图 3.2C — T 形接头角焊缝 (参见 3.2.2)



焊接工艺	厚度	$R =$ 根部间隙	位置
全部	最小值 $t_1, t_2 = 18 \text{ Ga.}$, 最大值 7 Ga. 以及最小值 $t_2 = t_1/2$; 最大值 $2t_1$	最小值 0; 最大值 $t/2$ (参见注 a)	全部

^a $t = t_1$ 或 t_2 , 以较小值为准。

注:

1. E (焊缝尺寸) = $0.5t_2$ (对于 $\geq 13 \text{ ga}$)

$0.6t_2$ (对于 11 和 12 ga)

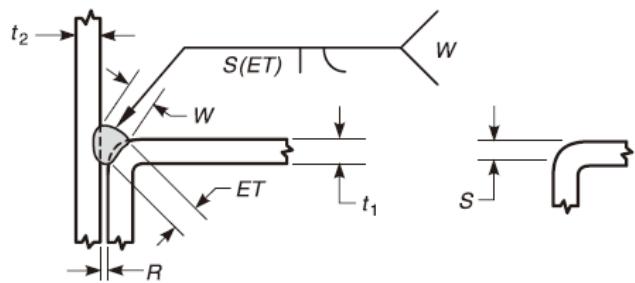
$0.7t_2$ (对于 7 至 10 ga)

2. S (外部弯曲半径) = $2t_1$ (最小值)

3. 随着半径的增加, "S" 尺寸也会增加。焊角可能并非是与两侧成切线的四分圆。焊角尺寸 "S" 可能小于焊角半径。

4. 有关美国惯用单位制的米制等值, 请参见附录 D。

图 3.3A — 对接接头斜喇叭坡口焊缝 (参见 3.2.3)



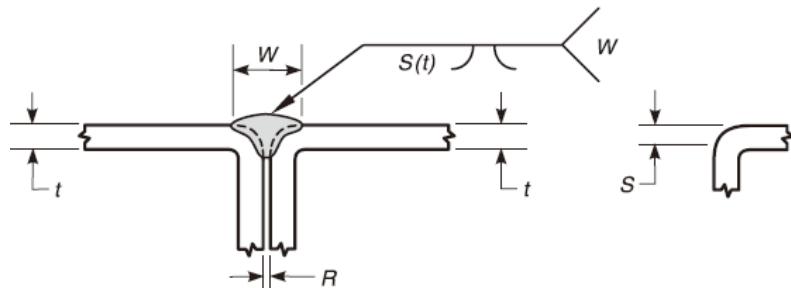
焊接工艺	厚度	$R =$ 根部间隙	位置
全部	最小值 $t_1, t_2 = 18 \text{ Ga.}$; 最大值 7 Ga. 以及最小值 $t_2 = t_1/2$; 最大值 $2t_1$	最小值 0; 最大值 $t/2$ (参见注 a)	全部

^a $t = t_1$ 或 t_2 , 以较小值为准。

注:

1. W (焊接面宽度) = $2t_1$ (对于 $\geq 16 \text{ ga.}$)
 $1.5 t_1$ (对于 11 至 15 ga.)
 T_1 (对于 7 至 10 ga.)
2. ET (有效厚度) = $1.5t_1$ (对于 $\geq 11 \text{ ga.}$)
 t_1 (对于 7 至 10 ga.)
3. S (外部弯曲半径) = $2t_1$ (最小值)
4. 随着半径的增加, "S" 尺寸也会增加。焊角可能并非是与两侧成切线的四分圆。焊角尺寸 "S" 可能小于焊角半径。
5. 有关美国惯用单位制的米制等值, 请参见附录 D。

图 3.3B — 角接接头斜喇叭坡口焊缝 (参见 3.2.3)



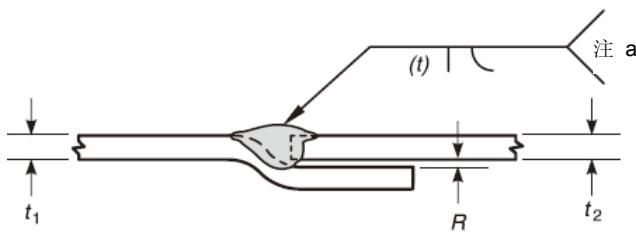
焊接工艺	厚度	$R =$ 根部间隙	位置
全部	最小值 18 Ga.; 最大值 11Ga.	最小值 0; 最大值 $t/2$	全部

^a $t = t_1$ 或 t_2 , 以较小值为准。

注:

1. W (焊接面宽度) = $2t$ (最小值)
2. S (外部弯曲半径) = $2t$ (最小值)
3. 随着半径的增加, "S" 尺寸也会增加。焊角可能并非是与两侧成切线的四分圆。焊角尺寸 "S" 可能小于焊角半径。
4. 有关美国惯用单位制的米制等值, 请参见附录 D。

图 3.3C — 对接接头 V 形喇叭坡口焊缝 (参见 3.2.3)



焊接工艺	厚度	$R = \text{根部间隙}$	位置
全部	最小值 $t_1, t_2 = 18 \text{ Ga.}$; 最大值 7 Ga. 以及最小值 $t_2 = t_1/2$; 最大值 $2t_1$	最小值 0; 最大值 $t/2$ (参见注 a)	全部

^a $t = t_1$ 或 t_2 , 以较小值为准。

注: 有关美国惯用单位制的米制等值, 请参见附录 D。

图 3.3D — 搭接接头斜喇叭坡口焊缝 (参见 3.2.4)

4. 鉴定

A 部分 一般要求

4.1 编制 WPS 和 PQR

应为表 4.1 所示各种类型的焊缝编写焊接工艺规程 (WPS) (第 3 条另有规定的情况除外), 并且经制造商或承包商鉴定符合条款 4 的规定。应编写记录用于鉴定 WPS 的实际值的工艺评定记录 (PQR)。附录 B 给出了建议的非强制性 WPS 和 PQR 格式。注: SMAW 焊条的融化速率数据 (参见注释 C-4.6.4.2) 可用于为 WPS 和 PQR 测量焊接电流。

4.2 工程师批准

经工程师批准, 可接受适当记录的先前 WPS 鉴定证明。工程师可接受即将采用的适当记录的先前 WPS 鉴定证明。工程师还负责根据特定结构或使用条件或特定条件和使用条件, 接受符合其他标准的鉴定。以此种方式符合标准焊接工艺规程的 AWS B2.1.XXX-XX 系列允许在本规范中使用。

4.3 职责

各制造商或承包商应负责检验和测试 WPS 鉴定试验组件是否符合条款 4 的规定。

4.4 WPS 要求

对于 4.5 中列出的基本变量变更, 应对 WPS 进行鉴定。

B 部分 焊接工艺规程 (WPS)

4.5 基本变量限制

表 4.2 中列出的基本变量变更均要求重新鉴定 WPS。

4.6 试验数量、试验方法和 WPS 鉴定的验收标准

4.6.1 对接接头方形坡口焊缝

4.6.1.1 鉴定试验。对于对接接头方形坡口焊缝, 如果 WPS 不符合 3.2 规定的要求,

需要进行鉴定试验，确认是否满足表 4.2 项目 (10)(b)或表 4.2 项目 (10)(c)。

4.6.1.2 试验组件和检验。试验组件应符合下列要求：

- (1) 薄钢板应焊接在一起，如图 4.1 所示。
- (2) 焊缝外观应均匀且不存在下列各项：
 - (a) 裂纹
 - (b) 不符合 6.1.1.2 要求的加固
 - (c) 不符合 6.1.1.3 要求的切口
- (3) 应捶打焊接试验薄钢板并将其弯曲 180°（参见表 4.1），弯曲轴线与焊缝轴线保持一致。如果仅从一侧焊接接合，则焊缝根部应当处于弯曲表面上。
- (4) 如果满足下列标准，则焊缝符合要求：
 - (a) 弯曲后未目视检测到任何裂纹；或
 - (b) 目视检测到焊缝金属裂纹并且：
 - (i) 断裂面未显示出任何可目视检测到的间断（例如，熔渣、空隙）；以及
 - (ii) 焊缝尺寸等于或大于薄钢板厚度

注：应忽略基底金属裂纹。

4.6.1.3 鉴定范围。当任一基本变量变更超出 4.5 所规定之限制因素时，需要重新鉴定。

4.6.2 角焊缝

4.6.2.1 鉴定试验。对于角焊缝，如果 WPS 不符合 3.3 规定的要求，需要进行鉴定试验，确认是否满足表 4.2 项目 (10)(b)或表 4.2 项目 (10)(c)。

4.6.2.2 试验组件和检验。应使用薄钢板对薄钢板或薄钢板对支撑结构构件准备、焊接、目视检查和测试两个试验组件，如下文 (1) 或 (2) 所述：

- (1) **薄钢板对薄钢板。**各试验组件应符合图 4.2A 的要求。
- (2) **薄钢板对支撑结构构件。**各试验组件应符合图 4.2A 的要求。
- (3) **检查。**如果满足下列标准，则焊缝符合要求：
 - (a) 弯曲后未目视检测到任何焊缝金属裂纹；或
 - (b) 弯曲后目视检测到焊缝金属裂纹并且：
 - (i) 断裂面未显示出任何可目视检测到的间断（例如，熔渣、空隙）；以及
 - (ii) 焊缝尺寸 tw 等于或大于薄钢板厚度

注：应忽略基底金属裂纹。

- (c) 对可接受的焊缝进行目视检查后，应通过弯曲薄钢板或捶打楔子（参见图 4.2A）直到焊缝或薄钢板金属掉落的方式将两个工件彻底分开。
- (d) 断裂面应表明接头根部完全接合。

4.6.2.3 鉴定范围。鉴定的有效性如下所示（参见图 4.2B）：

- (1) T 形接头应符合搭接接头和 T 形接头要求。

- (2) 薄钢板对支撑结构构件符合薄钢板对支撑结构构件要求，并且具有指定的焊接位置和薄钢板厚度。
- (3) 薄钢板对薄钢板符合薄钢板对薄钢板要求，并且薄钢板对支撑结构构件焊接具有指定的焊接位置和薄钢板厚度。如果薄钢板有两种厚度，以较薄的薄钢板的厚度为准。

4.6.3 喇叭形坡口焊缝

4.6.3.1 鉴定试验。对于喇叭形坡口焊缝，如果 WPS 不符合 3.4 规定的要求，需要进行鉴定试验，确认是否满足表 4.2 项目(10)(b)或表 4.2 项目 (10)(c)。

4.6.3.2 试验组件和检验。应满足下列要求：

- (1) **斜喇叭坡口焊缝。**需要两个试验组件，符合薄钢板对薄钢板或薄钢板对支撑结构构件的要求，如下所示：
 - (a) **薄钢板对薄钢板。**每个组件应包含两块矩形薄钢板，宽度至少为 $2\frac{1}{2}$ in [65 mm]，长度至少为 3 in [75 mm]。应将一块薄钢板弯曲 90° 并形成不超过 $3t$ 的内侧半径，其中 t 是薄钢板的厚度；另一块应为平直的。将上述两块薄钢板装配到一起，形成斜喇叭坡口焊缝。使用适当类型和尺寸的焊条以及焊接电流制成长 1 in [25 mm] 的斜喇叭坡口焊缝。试验组件如图 4.3A 所示。
 - (b) **薄钢板对支撑结构构件。**每个试验组件应包含一块矩形薄钢板，宽度至少为 $2\frac{1}{2}$ in [65 mm]，长度至少为 3 in [75 mm]。应将一块薄钢板弯曲 90° 并形成不超过 $3t$ 的内侧半径，其中 t 是薄钢板的厚度。应将该薄钢板压接到横梁的法兰顶部或单独的板上，厚度至少为 $1\frac{1}{2}$ in [13 mm]。使用适当类型和尺寸的焊条以及焊接电流制成长 1 in [25 mm] 的斜喇叭坡口焊缝。试验组件如图 4.3B 所示。
- (2) **V 形喇叭坡口焊缝。**应按照如下所示准备、焊接、目视检查和测试两个试验组件：
 - (a) 每个组件应包含两块矩形薄钢板，宽度至少为 $2\frac{1}{2}$ in [65 mm]，长度至少为 3 in [75 mm]；弯曲 90° 并形成不超过 $3t$ 的内侧半径，其中 t 是薄钢板的厚度；然后装配到一起，形成 V 形喇叭坡口焊缝。
 - (b) 使用适当类型和尺寸的焊条以及焊接电流制成长 1 in [25 mm] 的 V 形喇叭坡口焊缝。试验组件如图 4.3C 所示。
- (3) **检查**
 - (a) 焊缝外观应均匀且无重叠、裂纹和过多切口
 - (b) 冷却后，应对质量可接受的焊缝进行试验，试验时可向前和向后弯曲薄钢板，或者在两块钢板之间楔入冷錾直到焊缝或薄钢板掉落（参见图 4.3A、4.3B 或 4.3C）。
 - (c) 最小焊缝尺寸应等于 tw 。

4.6.3.3 鉴定范围。斜喇叭坡口焊缝的鉴定应符合 V 形喇叭焊缝的要求，反之亦然；然其前提是采用相同的基本变量（参见图 4.3D）。

- (1) 薄钢板对支撑构件符合薄钢板对支撑结构构件要求，并且具有指定的焊接位置和薄钢板厚度。
- (2) 薄钢板对薄钢板符合薄钢板对薄钢板要求，并且薄钢板对支撑结构构件焊接具有指

定的焊接位置和薄钢板厚度。

4.6.4 电弧点焊缝

4.6.4.1 鉴定试验。将各单层和双层厚度的薄钢板电弧点焊至支撑结构构件上时需要制定 WPS，并且 WPS 必须处于 4.5 规定之基本变量限制范围内。

4.6.4.2 试验组件和检验。各 WPS 需要两个试验组件（参见表 4.1 中的详图 4.4），并且应按照如下所示准备、焊接和检验各组件：

- (1) 将一块（对于双厚度，使用两块）2-1/2 in [63 mm] 或更宽的薄钢板压接至法兰顶部、剩余横梁或厚度至少为 1/2 in [13 mm] 的单独的板上以构成试验组件（参见图 4.4）。对于厚度小于 0.028 in [0.7 mm] 的薄钢板，应使用厚度至少为 0.060 in [1.5 mm] 且由 1.2.1 所列薄钢板之一制成的焊接垫圈（参见 2.3.5.3）。
- (2) 应制成具有 WPS 规定之可视直径 (d) 且直径不小于 1/2 in [13 mm] 的电弧点焊缝。缺口必须填补并提供尺寸至少为 1/32 in [1 mm] 的加固。
- (3) 扭动伸出的薄钢板部分（参见图 4.4）直到电弧点焊缝从任何一个构件上脱离。
- (4) 如果满足下列标准，则焊缝符合要求：
 - (a) 制成焊接块的测量直径 de 不得小于 3/8 in [9 mm] 或规定的 WPS 直径，以较大的为准。
 - (b) 断裂面未显示出任何可目视检测到的间断（例如，熔渣、空隙）。
 - (c) 焊接金属未显示出任何可目视检测到的裂纹。

注：应忽略基底金属裂纹。

4.6.4.3 鉴定范围。当任一基本变量变更超出 4.5 所规定之限制因素时，需要重新鉴定。

4.6.4.4 SMAW 熔化速率。使用 SMAW 焊条制造合格的电弧点焊缝时，特定焊条分类和直径的熔化速率根据下列公式测定：

$$M = \frac{\text{焊条熔化的尺寸 (单位: in [mm])}}{\text{时间 (单位: 分钟)}}$$

应在各 PQR 上记录熔化速率。

4.6.4.5 电弧缝选项。特定电弧点焊缝 WPS 用 PQR 还应符合宽度等于电弧点直径 (d) 的电弧缝焊缝 WPS 的要求。

4.6.5 电弧缝焊缝

4.6.5.1 鉴定试验。应满足下列要求：

- (1) **薄钢板对支撑构件的单层厚度或双层厚度。**将各单层和双层厚度的薄钢板电弧缝焊至支撑结构构件上时需要制定 WPS，并且 WPS 必须处于 4.5 规定之基本变量限制范围内。
- (2) **薄钢板对薄钢板单层厚度。**通过电弧缝焊在平直或水平位置将单层厚度的薄钢板焊接至另一薄钢板（参见图 2.6 中的典型接头配置）时要求制定 WPS，并且 WPS 必须处于 4.5 规定的基本变量范围内。

4.6.5.2 试验组件和检验。应满足下列要求：

- (1) **薄钢板对支撑构件的单层厚度或双层厚度。**各 WPS 需要两个试验组件（参见表 4.1 中的详图 4.5A），并且应按照如下所示准备、焊接各组件：

将一块（对于双厚度，使用两块） $2\frac{1}{2}$ in [63 mm] 或更宽的薄钢板压接至法兰顶部、剩余横梁或厚度至少为 $\frac{1}{2}$ in [13 mm] 的单独的板上以构成试验组件（参见图 4.5A）。应制成具有 WPS 规定之可视宽度 (d) 且宽度不小于 $\frac{1}{2}$ in [13 mm] 或长度不小于 1 in [25 mm] 的电弧缝焊缝。缺口必须填补并提供尺寸至少为 $\frac{1}{32}$ in [1 mm] 的加固。

- (2) **薄钢板对薄钢板单层厚度。**应为各 WPS 准备和焊接具有实际接头配置的试验组件（参见图 4.5B 中的典型接头配置）。应制成具有 WPS 规定之可视宽度 (d) 且宽度不小于 $\frac{1}{2}$ in [13 mm] 或长度不小于 1 in [25 mm] 的电弧缝焊缝。缺口必须填补并提供尺寸至少为 $\frac{1}{32}$ in [1 mm] 的加固。
- (3) **检查。**应将薄钢板的突出部分撬起或弯曲 180° 或者同时撬起并弯曲 180° ，使弯曲轴线与焊缝轴线保持一致（参见图 4.5A 或图 4.5B）直到电弧缝焊缝从任一构件上脱离。
- (a) 制成焊接块的测量宽度 (d_a) 不得小于 $\frac{1}{2}$ in [13 mm] 或规定的 WPS 宽度，以较大的为准。
 - (b) 断裂面未显示出任何可目视检测到的间断（例如，熔渣、空隙）。
 - (c) 焊接金属未显示出任何可目视检测到的裂纹。

注：应忽略基底金属裂纹。

4.6.5.3 鉴定范围。当任一基本变量变更超出 4.5 所规定之限制因素时，需要重新鉴定。

4.6.5.4 SMAW 熔化速率。使用 SMAW 焊条制造合格的电弧缝焊缝时，应在各 PQR 上测量（参见 4.6.4.4）和记录特定焊条分类和直径的熔化速率。

4.6.5.5 电弧点选项。特定电弧点焊缝 WPS 用 PQR 还应符合宽度等于电弧点直径 (d) 的电弧缝焊缝 WPS 的要求。

4.6.6 电弧塞焊缝

4.6.6.1 鉴定试验。应满足下列要求：

- (1) **薄钢板对支撑构件的单层厚度或多层厚度。**将各单层和多层厚度的薄钢板电弧塞焊至支撑结构构件上时需要制定 WPS，并且 WPS 必须处于 4.5 规定之基本变量限制范围内。
- (2) **薄钢板对薄钢板多层厚度。**将各多层厚度的薄钢板电弧塞焊至另一薄钢板上时需要制定 WPS，并且 WPS 必须处于 4.5 规定的基本变量范围内。

4.6.6.2 试验组件和检验。应满足下列要求：

- (1) **薄钢板对支撑构件的单层厚度或多层厚度。**各 WPS 需要两个试验组件（参见表 4.1 中的详图 4.6），并且应按照如下所示准备、焊接各组件：将一块（对于多层厚度，使用多块） $2\frac{1}{2}$ in [63 mm] 或更宽的薄钢板压接至法兰顶部、剩余横梁或厚度至少为 $\frac{1}{2}$ in [13 mm] 的单独的板上以构成试验组件（参见图 4.6）。应制成具有 WPS 规定之可视直径 (d) 且直径不小于 $\frac{1}{2}$ in [13 mm] 的电弧塞焊缝。缺口必须填补并提供尺寸至少为 $\frac{1}{32}$ in [1 mm] 的加固。

- (2) **薄钢板对薄钢板多层厚度。**应为各 WPS 准备和焊接具有实际接头配置的两个试验组件（参见表 4.1 中的图 4.6）。应制成具有 WPS 规定之可视直径 (d) 且直径不小于 $1/2$ in [13 mm] 的电弧塞焊缝。缺口必须填补并提供尺寸至少为 $1/32$ in [1 mm] 的加固。
- (3) **检查。**扭动伸出的薄钢板部分（参见图 4.6）直到电弧塞焊缝从任何一个构件上脱离。
- (a) 制成焊接块的测量直径 (d_e) 不得小于 $3/8$ in [9 mm] 或规定的 WPS 直径，以较大的为准。
 - (b) 断裂面未显示出任何可目视检测到的间断（例如，熔渣、空隙）。
 - (c) 焊接金属未显示出任何可目视检测到的裂纹。

注：应忽略基底金属裂纹。

4.6.6.3 鉴定范围。当任一基本变量变更超出 4.5 所规定之限制因素时，需要重新鉴定。

C 部分 焊工技术鉴定

4.7 基本变量

4.7.1 概述

4.7.1.1 基底金属。如果钢材上没有涂层或具有鉴定所用的相同涂层，关于本规范许可的任何一种钢材而通过技术鉴定，应视为具有焊接任何其他钢材的技术资质。

4.7.1.2 工艺。焊工应关于 WPS 中规定的各焊接工艺而通过鉴定。

4.7.1.3 SMAW 焊条。具有使用表 4.3 所认可之焊条进行 SMAW 资质的焊工应视为具有使用同一组别的任何其他焊条以及较低组别所列焊条而焊接的资质。

4.7.1.4 焊条和保护介质。具有使用经批准焊条和保护介质组合资质的焊工应视为具备使用适用于 WPS 所用焊接工艺的任何其他经批准焊条和保护介质组合的资质。

4.7.1.5 位置。焊接位置更改为焊工未经鉴定的其他位置时，该焊工必须进行重新鉴定。

4.7.1.6 垂直焊接。在垂直位置焊接时，焊接方向的改变需要重新鉴定。

4.7.2 特殊条件。除 4.8.2 修订内容外，应让所有焊工针对施工中使用的每一种焊接接头类型（参见表 4.1）以及下列条件而制造试验焊件：

- (1) 如果制造过程中使用电弧点焊缝或电弧缝焊缝，适用于各种厚度（规格）的薄钢板。
- (2) 如果使用角焊缝、斜喇叭坡口焊缝和 V 形喇叭坡口焊缝，则适用于最小厚度的钢板。
- (3) 下述方形坡口焊缝薄钢板厚度的变化需要对焊工或焊接操作员进行重新鉴定。
 - (a) 薄钢板厚度变化小于 $0.5t$ 或大于 $2t$ ，其中 t 是较薄的合格钢板的厚度。
 - (b) 作为 4.7.2(3)(a) 的可接受替代方案，可利用下列鉴定试验涵盖所有薄钢板厚度范围：
 - (i) 18 ga 薄钢板的焊接资质要求焊工或焊接操作员具备焊接 16 ga 或更薄薄钢板的资质。

- (ii) 10 ga 薄钢板的焊接资质要求焊工或焊接操作员具备焊接 16 ga 或更厚的薄钢板的资质。

(4) 有关适用焊接位置, 请参见表 4.4。

4.8 焊工技术鉴定的试验次数和方法

4.8.1 概述。本条款所规定的鉴定试验是专门为确定焊工是否具有能进行合格焊接能力所设计的试验。应按照 WPS 的要求执行焊接操作并在类似于附录 B 的 PQR 表格上进行相应的记录。

4.8.1.1 WPS 状态。焊工鉴定中使用的 WPS 应为经鉴定或预先鉴定的 WPS。试验组件的数量和类型、试验方法以及试验结果应与 WPS 鉴定相同 (参见表 4.4)。

4.8.1.2 焊工鉴定到 WPS 鉴定。成功完成 WPS 的焊工应视为通过焊接工艺、焊接位置、焊缝类型和适用类型的涂层薄钢板鉴定。对于角焊缝或喇叭坡口焊缝或者对于两者而言, 焊工还应视为通过等于或大于试验所用材料厚度的厚度鉴定。对于电弧点焊缝、电弧缝焊缝和方形坡口焊缝, 鉴定仅限于本实验所用厚度 (规格) (参见表 4.4)。

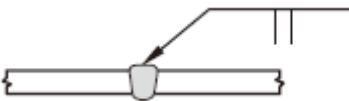
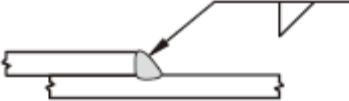
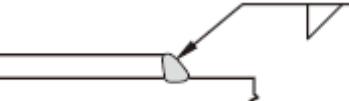
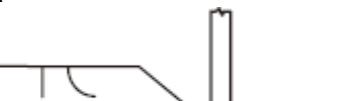
4.8.1.3 记录。制造商或承包商应保存试验结果的记录, 并供有关单位审查。可以使用与附录 B 所用表格类似的表格。

4.8.2 特殊条件。焊接镀锌薄钢板或覆有其他涂层的薄钢板时需要单独的焊工鉴定。

4.9 资格鉴定期限

焊工的资格鉴定应视为无限期保持有效, 除非: (1) 焊工没有参与给定的焊接过程, 对此焊工的有效期不超过六个月; 或 (2) 具有怀疑焊工的某些特定原因。

表 4.1
WPS 鉴定试验^a (参见 4.6)

图中所示试验组件:	受试焊接接头类型	试验类型	位置		经鉴定的焊接接头
			受试位置	经鉴定位置	
4.1 	对接接头中的方形坡口焊缝 — 薄钢板对薄钢板	弯曲试验	F H V OH	F H V OH	对接接头中的方形坡口焊缝 — 薄钢板对薄钢板
4.2A 	搭接接头中的角焊缝 — 薄钢板对薄钢板	弯曲试验	F H V OH	F, H E, H V OH	搭接接头或角接接头中的角焊缝 — 薄钢板对薄钢板, 以及薄钢板对支撑结构构件
4.2B 	搭接接头中的角焊缝 — 薄钢板对支撑结构构件	弯曲试验	F H V OH	F, H E, H V OH	搭接接头或角接接头中的角焊缝 — 薄钢板对支撑结构构件
4.2C 	T形接头中的角焊缝 — 薄钢板对薄钢板	弯曲试验	F H V OH	F, H E, H V OH	T形接头、搭接接头或角接接头中的角焊缝 — 薄钢板对薄钢板, 以及薄钢板对支撑结构构件
4.2D 	T形接头中的角焊缝 — 薄钢板对支撑结构构件	弯曲试验	F H V OH	F, H E, H V OH	T形接头、搭接接头或角接接头中的角焊缝 — 薄钢板对支撑结构构件
4.3A 	斜喇叭坡口焊缝 — 薄钢板对薄钢板	弯曲试验	F H V OH	F, H E, H V OH	斜喇叭坡口焊缝 — 薄钢板对薄钢板以及薄钢板对支撑结构构件, V形喇叭坡口焊缝 — 薄钢板对薄钢板

(续)

表 4.1 (续)
WPS 鉴定试验a (参见 4.6)

图中所示试验组件:	受试焊接接头类型	试验类型	位置		经鉴定的焊接接头
			受试位置	经鉴定位置	
4.3B	斜喇叭坡口焊缝 — 薄钢板对支撑结构构件	弯曲试验	F H V OH	F E, H V OH	斜喇叭坡口焊缝 — 薄钢板对支撑结构构件
4.3C	V形喇叭坡口焊缝 — 薄钢板对薄钢板	弯曲试验	F H V OH	F H V OH	V形喇叭坡口焊缝 — 薄钢板对薄钢板, 斜喇叭坡口焊缝 — 薄钢板对薄钢板以及薄钢板对支撑结构构件
4.4	电弧点焊缝 — 薄钢板对支撑结构构件	扭矩试验	F	F	电弧点焊缝和电弧缝焊缝 — 薄钢板对支撑结构构件
4.5A	电弧缝焊缝 — 薄钢板对支撑结构构件	弯曲试验	F	F	电弧缝焊缝 — 薄钢板对支撑结构构件
4.5B	电弧缝焊缝 — 薄钢板对薄钢板	弯曲试验	H	H	电弧缝焊缝 — 薄钢板对薄钢板
4.6	电弧塞焊缝 — 薄钢板对支撑结构构件	扭矩试验	F H V OH	F H V OH	电弧塞焊缝 — 薄钢板对薄钢板以及薄钢板对支撑结构构件

^a每一焊接位置、厚度和涂层类型都需要进行两次试验（有关基本变量限制的信息，请参见 4.5）。

表 4.2

PQR 基本变量变更^a, 针对 SMAW、GMAW、FCAW、GTAW 和 SAW 的要求 WPS 重新鉴定 (参见 4.5)

PQR 要求重新鉴定的基本变量变更	SMAW	GMAW	FCAW	GTAW	SAW
(1) 焊条分类变更 (例如, 从 E6010 变更至 E6012)	X				
(2) AWS A5.18 或 AWS A5.28 (GMAW/GTAW)、AWS A5.20 或 AWS A5.29 (FCAW) 或 AWS A5.17 或 AWS A5.23 (SAW) 中未涵盖的填充金属或焊条/焊剂分类变更		X	X	X	X
(3) 钨极类型变更到符合 AWS A5.12				X	
(4) 导致填充金属强度水平增加 (例如, 从 E70XX 变更至 E80XX-X, 但不能反过来) 发生变更	X	X	X	X	X
(5) 焊条的直径变更	X	X	X	X	X
(6) 填充焊丝的标称直径变更超过 1/16 in [1.6 mm]				X	
(7) 添加或取消填充金属				X	
(8) 熔化速率、安培数或送丝速度变更超过 10% 以上或以下; 对于电弧点焊缝或电弧缝焊缝, 熔化率、焊接电流或送丝速度减少 5% 以上。	X	X	X	X	X
(9) 焊接电流 (交流或直流) 类型或极性变更	X	X	X	X	X
(10) 如下所列的薄钢板厚度变更:					
(a) 对于电弧点焊缝和电弧缝焊缝, 薄钢板基底金属厚度变更超过 10%	X	X	X	X	X
(b) 对于除 (10)(a) 所述接头以外的接头, 薄钢板厚度变更小于 0.5t 或大于 2t, 其中 t 是较薄的合格钢板的厚度	X	X	X	X	X
(c) 作为 (10)(b) 的可接受替代方案, 可利用下列鉴定试验 (d 和 e) 涵盖所有薄钢板厚度范围:					
(d) 在 18 ga 薄钢板上制成的合格焊缝应对焊接 16 ga 或更薄薄钢板提供该 WPS 的鉴定。	X	X	X	X	X
(e) 在 10 ga 或更厚的薄钢板上制成的合格焊缝应对焊接 16 ga 或至多 2t 厚度的薄钢板提供该 WPS 的鉴定	X	X	X	X	X
(11) 方形喇叭焊缝的根部间隙增加	X	X	X	X	X
(12) 涂料类型的种类变更, 或者添加涂装材料到基底金属上, 而非减少 (注: 不可将防溅化合物视作涂装材料。)	X	X	X	X	X
(13) 薄钢板涂层厚度增加量超过 30%	X	X	X	X	X
(14) 位置变更不符合表 4.1	X	X	X	X	X
(15) 在垂直位置焊接中, 从上到下逐渐变化或从下到上逐渐变化	X	X	X	X	
(16) 保护气体变更		X	X	X	

(续)

表 4.2 (续)

PQR 基本变量变更a, 针对 SMAW、GMAW、FCAW、GTAW 和 SAW 的要求 WPS 重新鉴定 (参见 4.5)

PQR 要求重新鉴定的基本变量变更	SMAW	GMAW	FCAW	GTAW	SAW
(17) 清除而不是添加背部保护气		X	X	X	
(18) 清除而不是添加永久性或可拆卸衬垫	X	X	X	X	X
(19) 变更 AWS 焊剂/焊条分类					X
(20) 变更所用焊条直径的指定平均 PQR 电弧电压, 使其大于或小于上述电弧电压 10% 以上		X	X		X
(21) 增加或减少流量或保护气体或混合物, 增加或减少幅度分别为 25% 或以上或 10% 或以上		X	X	X	
(22) 变更划过电弧的金属过渡形式		X			
(23) 将冷送丝变更为热送丝, 反之亦然				X	
(24) 对于对接接头中的方形坡口焊缝, 将从两侧进行焊接变更为从一侧进行焊接, 但反之不成立	X	X	X	X	X
(25) 对于电弧点焊缝和电弧缝焊缝, 减小尺寸 d 的焊缝设计	X	X	X	X	X
(26) 对于电弧点焊缝, 缩短焊接时间。	X	X	X	X	X
(27) 对于电弧缝焊缝, 提高行走速度	X	X	X	X	X

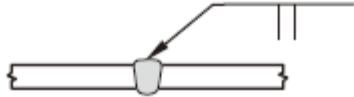
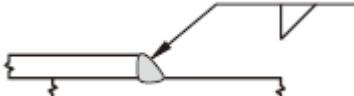
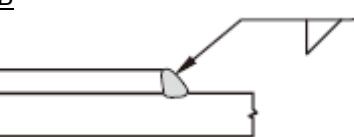
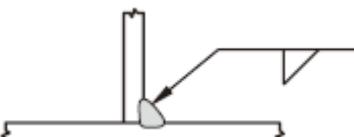
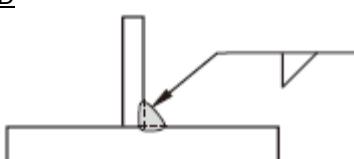
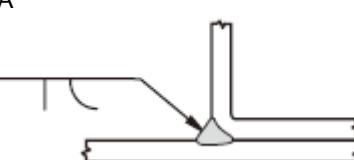
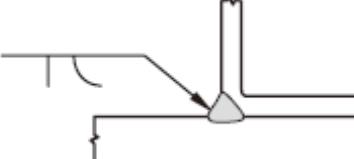
^a“X”指示过程适用：阴影区域指示不适用。

**表 4.3
焊条类别小组**

分组名称	AWS 焊条类别
F4	EXX15、EXX16、EXX18、EXX15-X、EXX16-X、EXX18-X
F3	EXX10、EXX11、EXX10-X、EXX11-X
F2	EXX12、EXX13、EXX14、EXX13-X

注：上表类别名称中所用的字母 XX 表示焊条的各种强度等级（例如 60、70 等）。

表 4.4
焊工技术鉴定试验a (参见 4.8)

图中所示试验组件:	受试焊接接头类型	试验类型	位置	合格		
			受试位置经鉴定位置	焊接接头	厚度	
4.1		对接接头中的方形坡口焊缝 — 薄钢板对薄钢板	弯曲试验	F H V OH F F, H F, H, V F, H, OH	对接接头中的方形坡口焊缝 — 薄钢板对薄钢板	试验厚度 [4.7.2(3)修改后厚度除外]
4.2A		搭接接头中的角焊缝 — 薄钢板对薄钢板	弯曲试验	F H V OH F F, H F, H, V F, H, OH	搭接接头或角接接头中的角焊缝 — 薄钢板对薄钢板, 以及薄钢板对支撑结构构件	试验厚度以及更大厚度
4.2B		搭接接头中的角焊缝 — 薄钢板对支撑结构构件	弯曲试验	F H V OH F F, H F, H, V F, H, OH	搭接接头或角接接头中的角焊缝 — 薄钢板对支撑结构构件	试验厚度以及更大厚度
4.2C		T形接头中的角焊缝 — 薄钢板对薄钢板	弯曲试验	F H V OH F F, H F, H, V F, H, OH	T形接头、搭接接头或角接接头中的角焊缝 — 薄钢板对薄钢板, 以及薄钢板对支撑结构构件	试验厚度以及更大厚度
4.2D		T形接头中的角焊缝 — 薄钢板对支撑构件	弯曲试验	F H V OH F F, H F, H, V F, H, OH	T形接头、搭接接头或角接接头中的角焊缝 — 薄钢板对支撑构件	试验厚度以及更大厚度
4.3A		斜喇叭坡口焊缝 — 薄钢板对薄钢板	弯曲试验	F H V OH F F, H F, H, V F, H, OH	斜喇叭坡口焊缝 — 薄钢板对薄钢板以及薄钢板对支撑结构构件, V形喇叭坡口焊缝 — 薄钢板对薄钢板	试验厚度以及更大厚度
4.3B		斜喇叭坡口焊缝 — 薄钢板对支撑结构构件	弯曲试验	F H V OH F F, H F, H, V F, H, OH	斜喇叭坡口焊缝 — 薄钢板对支撑结构构件	试验厚度以及更大厚度

(续)

表 4.4 (续)
焊工技术鉴定试验a (参见 4.8)

图中所示试验组件:	受试焊接接头类型	试验类型	位置		合格	
			受试位置	经鉴定位 置	焊接接头	厚度
4.3C	V形喇叭坡口焊缝 — 薄钢板对薄钢板	弯曲试验	F H V OH	F F, H F, H, V F, H, OH	V形喇叭坡口焊缝 — 薄钢板对薄钢板, 斜喇叭坡口焊缝 — 薄钢板对薄钢板以及薄钢板对支撑结构构件	试验厚度以及更大厚度
4.4	电弧点焊缝 — 薄钢板对支撑结构构件	扭矩试验	F	F	电弧点焊缝和电弧缝焊缝 — 薄钢板对支撑结构构件	试验厚度
4.5A	电弧缝焊缝 — 薄钢板对支撑结构构件	弯曲试验	F	F	电弧缝焊缝 — 薄钢板对支撑结构构件	试验厚度
4.5B	电弧缝焊缝 — 薄钢板对薄钢板	弯曲试验	H	H	电弧缝焊缝 — 薄钢板对薄钢板	试验厚度
4.6	电弧塞焊缝 — 薄钢板对支撑结构构件	扭矩试验	F H V OH	F F, H F, H, V F, H, OH	电弧塞焊缝 — 薄钢板对薄钢板以及薄钢板对支撑结构构件	试验厚度

^a 应要求对各组件进行以上两种试验。

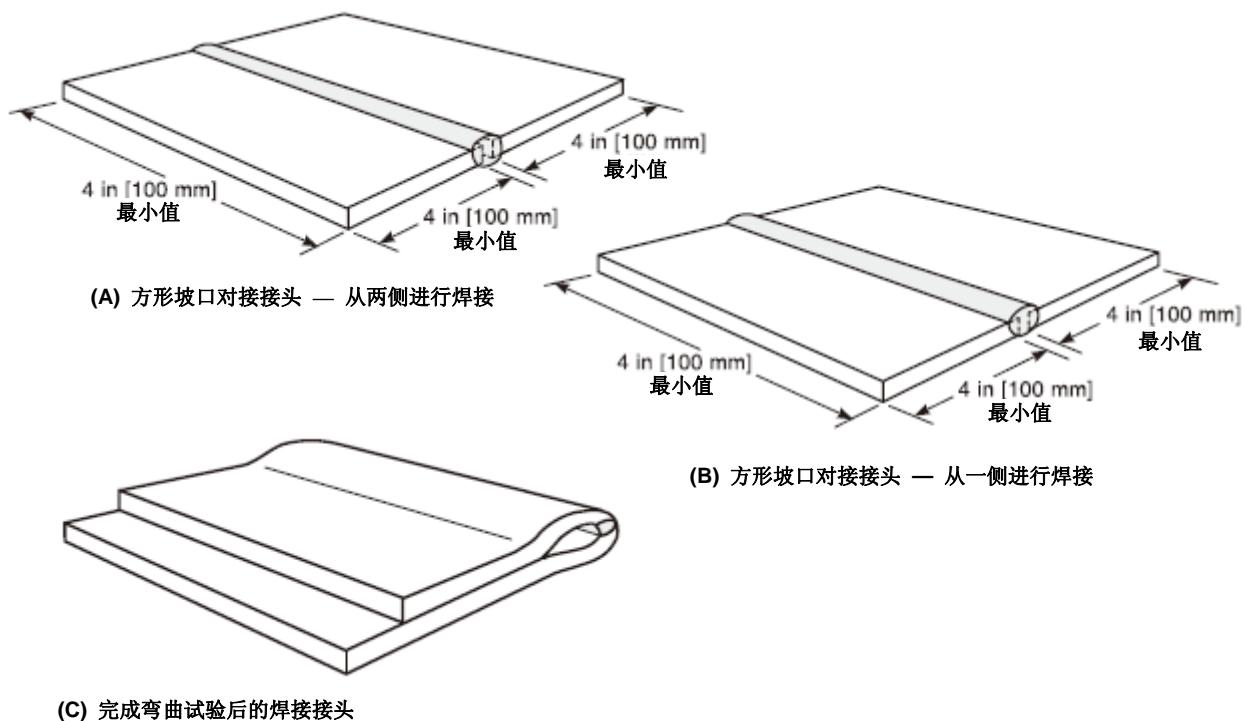


图 4.1 — 对接接头方形坡口焊缝试验 [参见 4.6.1.2(1)]

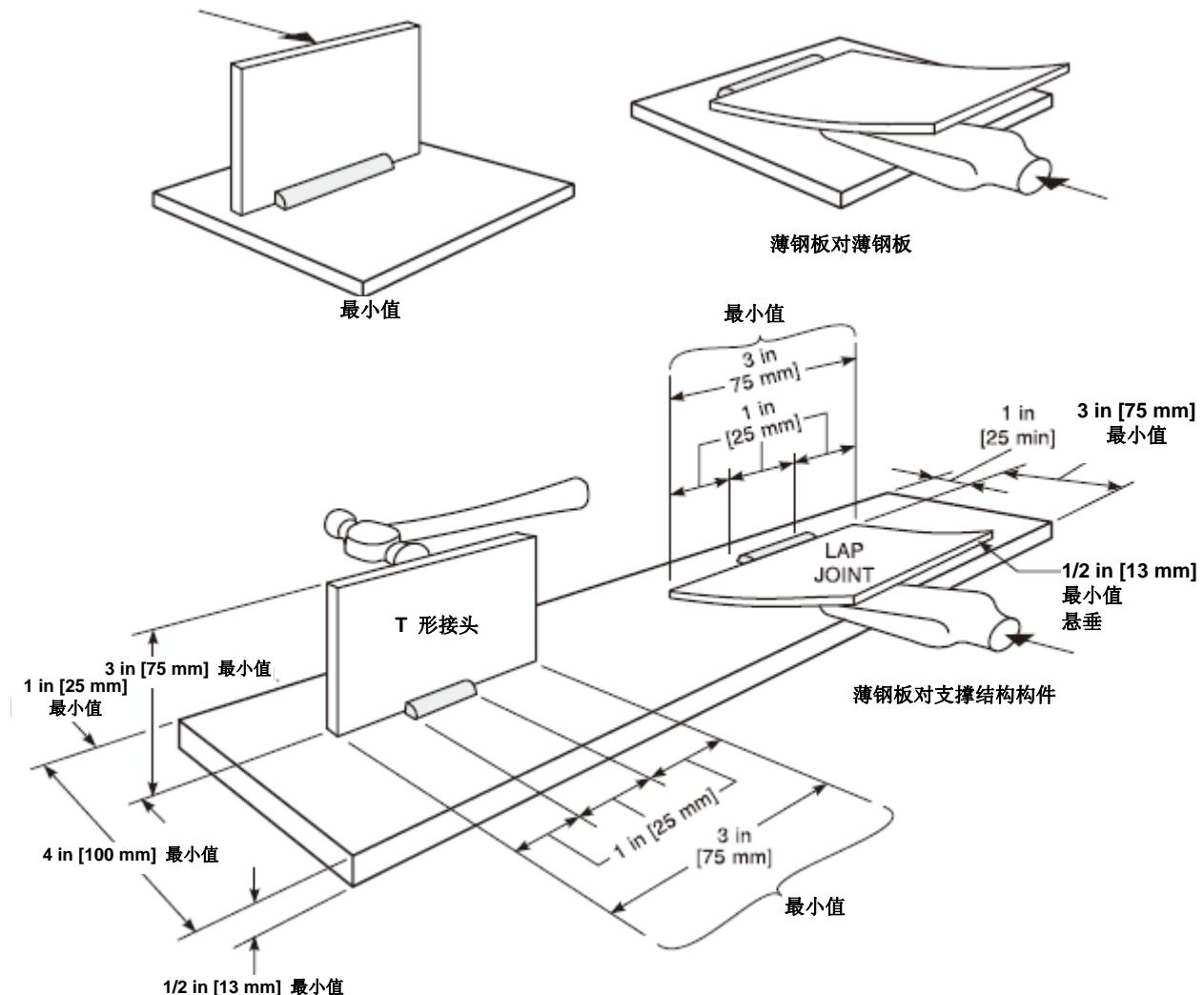


图 4.2A — 角焊缝试验 [参见 4.6.2.2(1)]

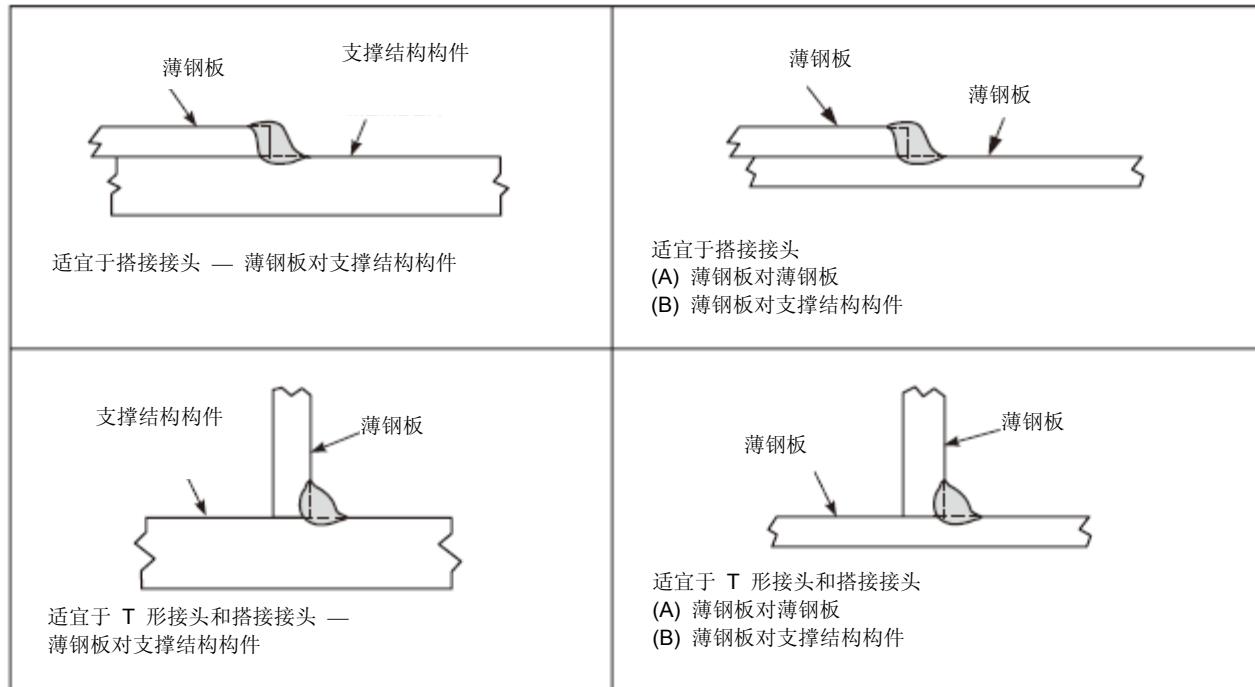


图 4.2B — 角焊缝认证的有效程度 (参见 4.2.2.3)

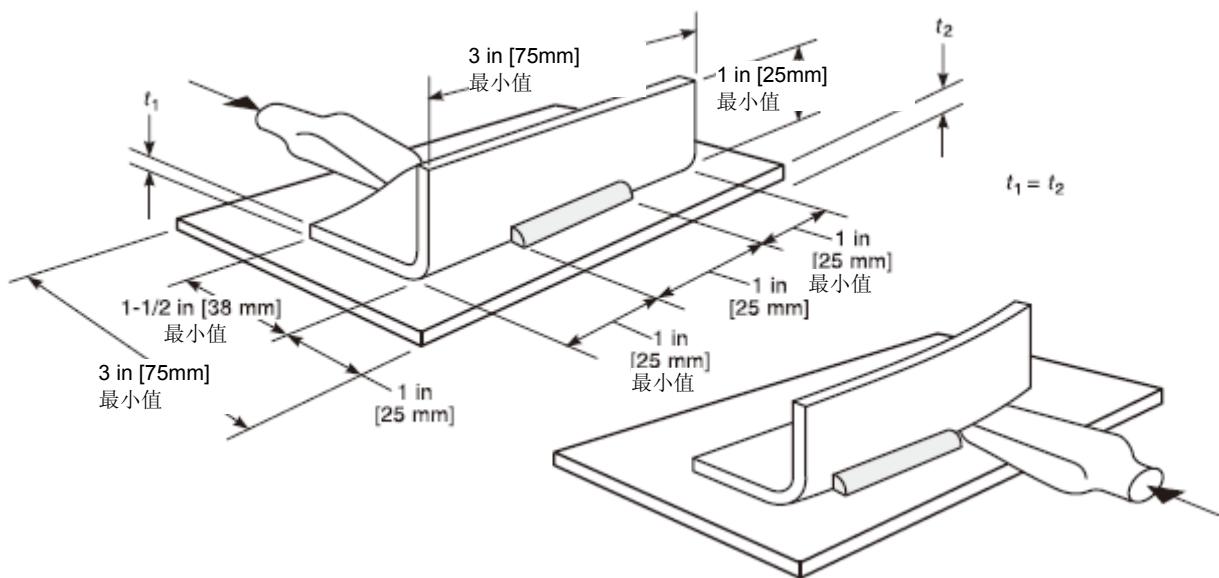


图 4.3A — 斜喇叭坡口焊缝 (薄钢板对薄钢板) 试验 [参见 4.6.3.2(1) (a)]

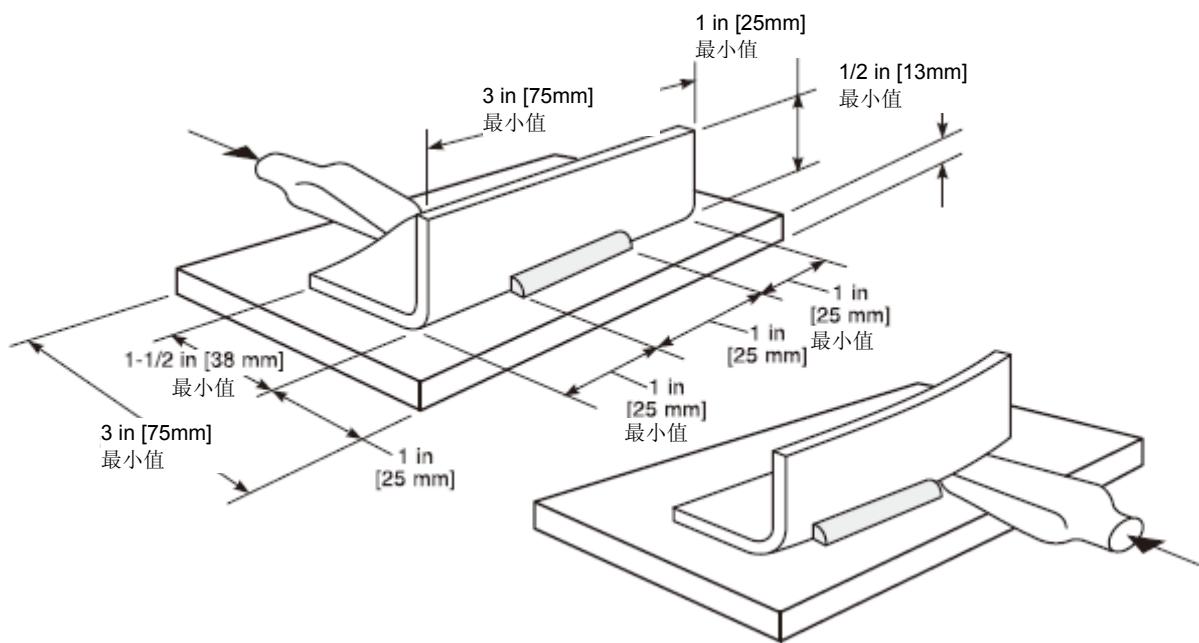


图 4.3B — 斜喇叭坡口焊缝（薄钢板对支撑结构构件）试验 [参见 4.6.3.2(1)(b)]

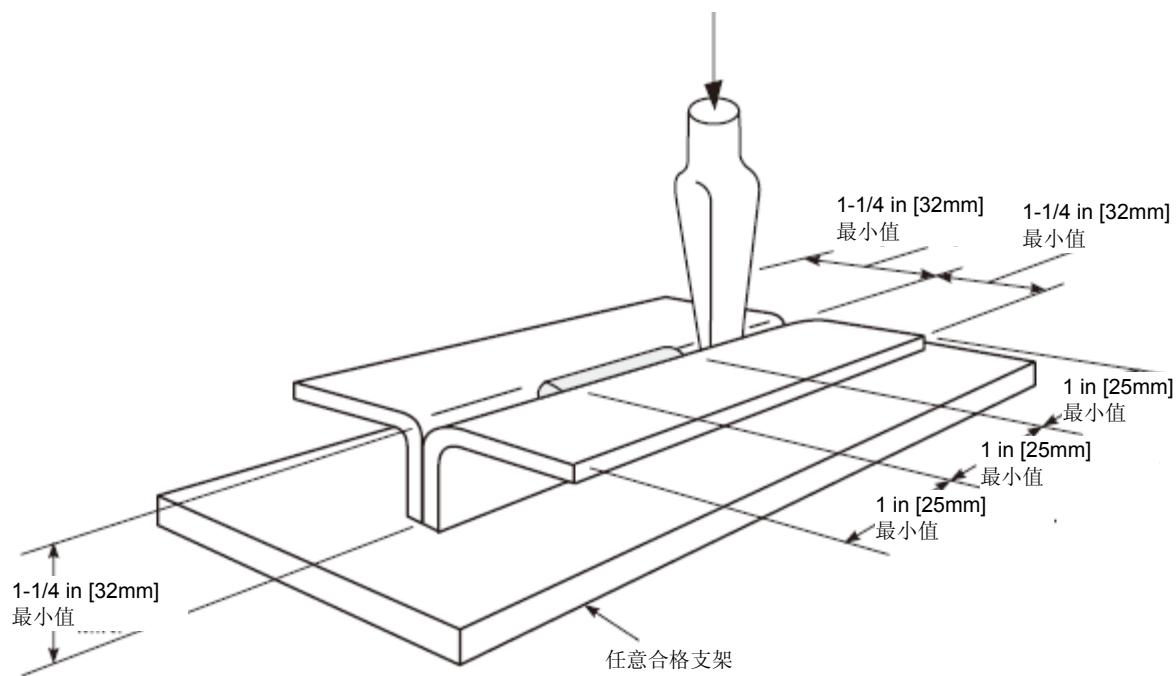


图 4.3C — V 形喇叭坡口焊缝试验 [参见 4.6.3.2(2)(b)]

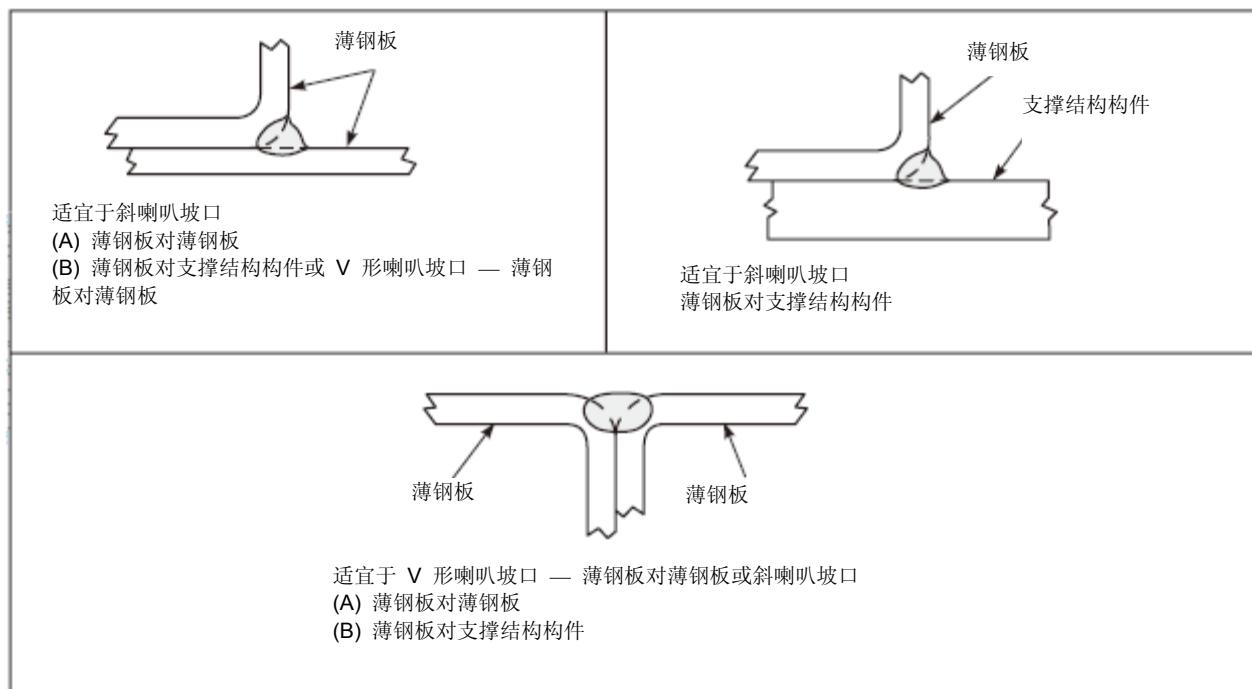


图 4.3D — 喇叭坡口焊缝认证的有效程度 (参见 4.6.3.3)

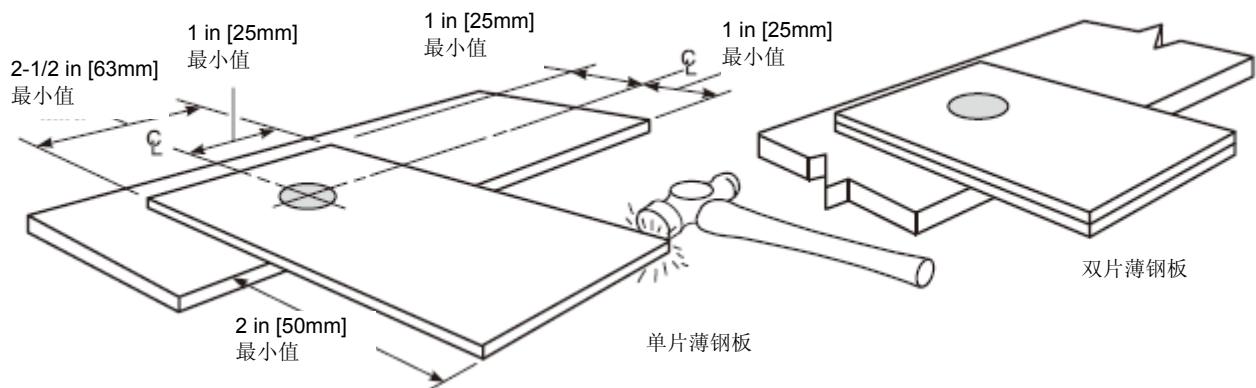


图 4.4 — 电弧点焊缝试验 [参见 4.6.4.2(1)]

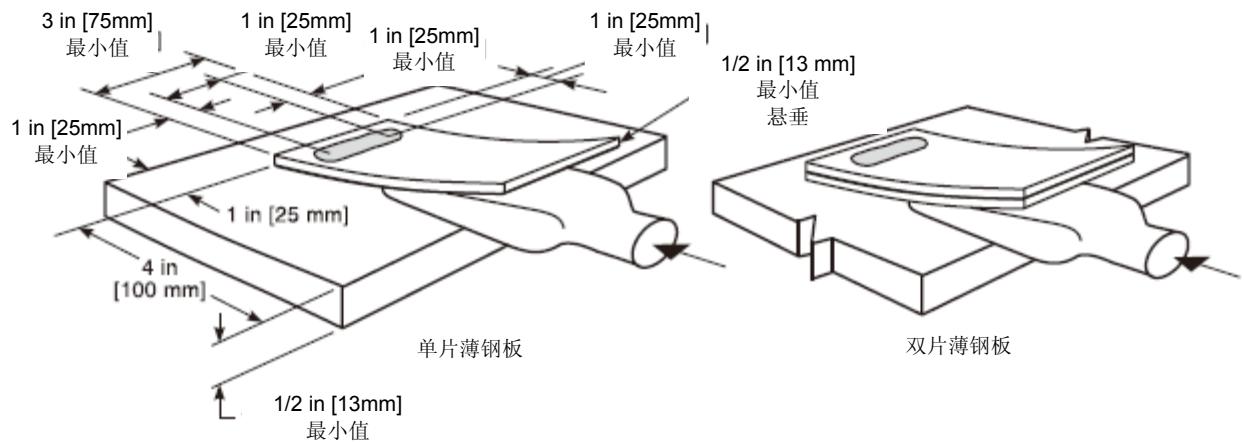
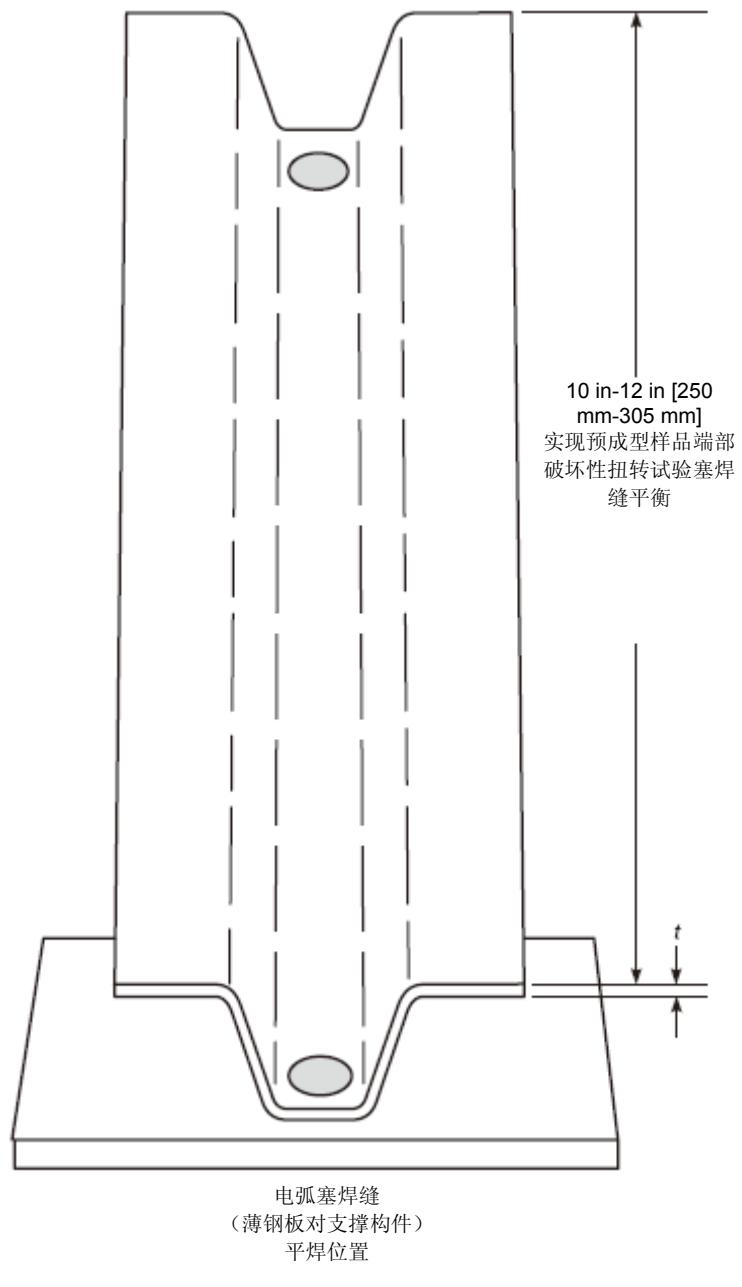


图 4.5A — 电弧缝焊缝（薄钢板对支撑结构构件）试验 [参见 4.6.5.2(1)]



图 4.5B — 电弧缝焊缝（薄钢板对薄钢板）试验 [参见 4.6.5.2(2)]



详图 (B)

常用于多层薄钢板对支撑结构构件或薄钢板对薄钢板 — 还用于水平、垂直和仰焊位置。

图 4.6 — 电弧塞焊缝试验 [参见 4.6.6.2(1)]

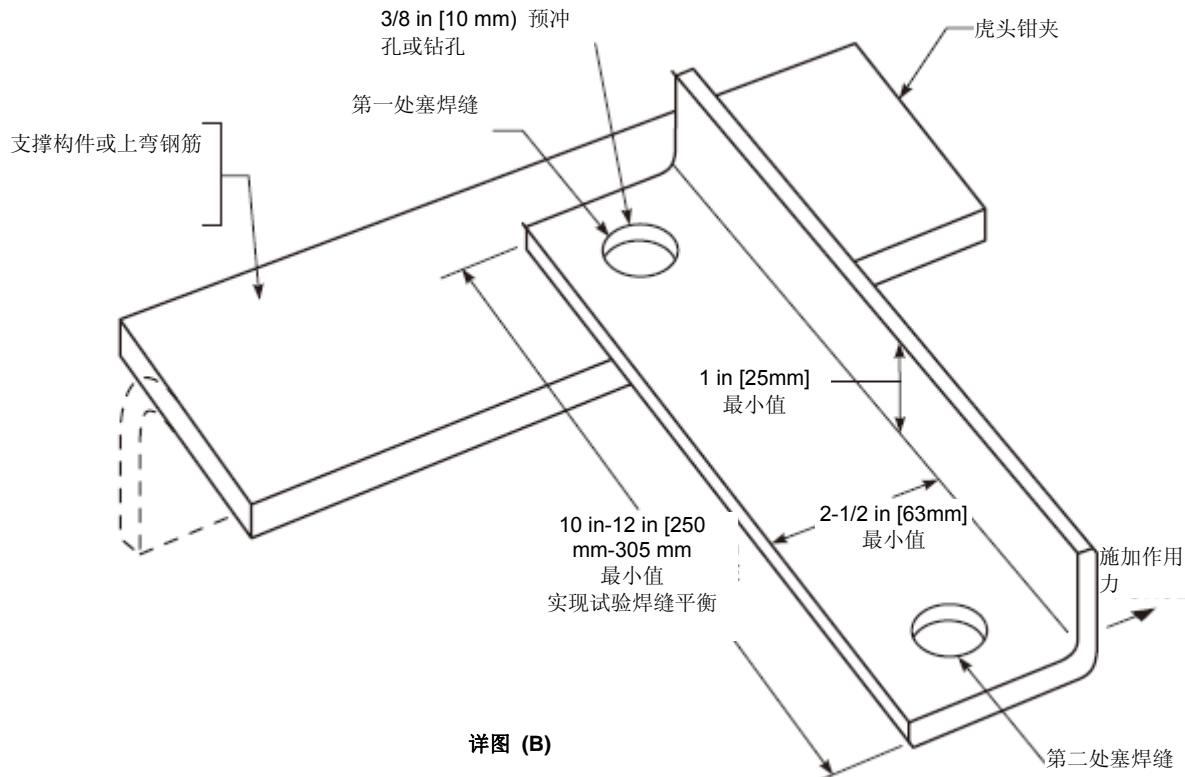


图 4.6 (续) — 电弧塞焊缝试验 [参见 4.6.2.2(1)]

5. 制造

5.1 概述

除非提供充分的气候防护，否则在以下条件下不得进行生产焊接：

- (1) 环境空气温度低于 0°F [-18°C]；或
- (2) 待焊基底金属接触湿气（例如雪、雨等）；或
- (3) 对于 GMAW、FCAW-G 和 GTAW，风速大于 5 mph [8 km/hr]。

5.2 材料制备

待焊表面应平滑、均匀且不含任何翅片、热裂、裂纹或其他将对焊缝质量或强度产生不利影响的缺陷。此外，待焊表面与邻近焊缝的表面必须没有疏松或较厚的氧化皮、焊渣、锈、潮气、油脂或其他妨碍正常焊接或产生有害烟雾的异物。承受剧烈钢丝刷洗、较薄防锈涂层、镀锌涂层或防溅剂的轧屑可能会依然存在。

5.3 装配

5.3.1 接头详图位置。 应对接头详图进行安排以便提供最佳焊接位置（有关焊接位置的定义，参见附录 D）。

5.3.2 紧密接触。 应确保待通过焊接连接的部件紧密接触，以便完成部件之间的完全熔接。

5.3.3 衬垫。 可能会使用符合 ASTM A 109 回火度为 3 或 4 的钢制衬垫且无需进行 WPS 基底金属鉴定试验。

5.4 低温 WPS 容许偏差, 使用附录 A 注释 1

5.4.1 电弧点焊缝。对于电弧点焊缝, 应允许在 32°F [0°C] 温度条件下, 通过将焊接时间延长 20% 或将安培数设置增加 10% (相比鉴定试验过程中确定和记录的数字) 进行 WPS 鉴定 (在基底金属温度为 100°F [38°C] 或更低温度条件下)。应允许在 32°F [-0°C] 至 0°F [-18°C] 温度条件下, 通过将焊接时间延长 30% 或将安培数设置增加 15% (相比鉴定试验过程中确定和记录的数字) 进行 WPS 鉴定 (在基底金属温度为 100°F [38°C] 或更低温度条件下)。对于电弧点焊缝, 缩短焊接时间要求进行重新鉴定。

注: 参见参考文献“电弧点焊缝的计算冷却速率”。

5.4.2 电弧缝焊缝。对于电弧缝焊缝, 应允许在 32°F [0°C] 温度条件下, 通过将行走速度降低 20% 或将安培数设置增加 10% (相比鉴定试验过程中确定和记录的数字) 进行 WPS 鉴定 (在基底金属温度为 100°F [38°C] 或更低温度条件下)。应允许在 32°F [0°C] 至 0°F [-18°C] 温度条件下, 通过将行走速度降低 30% 或将安培数设置增加 15% (相比鉴定试验过程中确定和记录的数字) 进行 WPS 鉴定 (在基底金属温度为 100°F [38°C] 或更低温度条件下)。

5.4.3 电弧塞焊缝。对于电弧塞焊缝, 应允许在 32°F [0°C] 温度条件下, 通过将焊接时间延长 20% 或将安培数设置增加 10% (相比鉴定试验过程中确定和记录的数字) 进行 WPS 鉴定 (在基底金属温度为 100°F [38°C] 或更低温度条件下)。应允许在 0°F [-18°C] 温度条件下, 通过将焊接时间延长 30% 或将安培数设置增加 15% (相比鉴定试验过程中确定和记录的数字) 进行 WPS 鉴定 (在基底金属温度为 100°F [38°C] 或更低温度条件下)。

注: 有关更多信息和参考数据, 参见注释。

6. 检查

部分 A 验收标准

6.1 生产焊缝验收标准

6.1.1 目视检查。如果满足以下标准, 则焊缝应可通过目视检查进行验收:

6.1.1.1 无裂纹。焊缝不得出现裂纹。

6.1.1.2 焊缝/基底金属熔焊。焊道焊趾不得出现未焊透的现象。

6.1.1.3 最小钢筋。对于所有方形坡口、电弧点焊缝和电弧缝焊缝而言, 焊缝应采用尺寸为 $1/32$ in [1 mm] 的最小钢筋。

6.1.1.4 咬边。如果焊缝金属与基底金属之间存在熔焊, 则咬边的累计长度不得大于 $L/8$, 其中 L 为焊缝的指定长度或圆周 (采用电弧点焊缝时)。咬边深度不在检查范围内, 无需进行测量。致使形成小孔的熔融现象不可接受。

6.1.1.5 角焊缝表面。角焊缝表面应平整或略微凸起。

6.1.1.6 合同文件一致性。焊缝的位置、尺寸和长度应符合图纸或其他合同文件要求。

部分 B 承包商责任

6.2 WPS 和焊工资格评定

6.2.1 检查人员应确保根据本规范开展作业的过程中仅使用合格或资格预审合格的 WPS 并且所有焊工均合格。

6.2.2 如果工程师批准，则可能会使用由制造商或承包商先前评定合格或预审合格的 WPS。然而，如果工程师不接受此类证据，则承包商应根据本规范对 WPS 进行评定。完成合同要求的任何永久性焊接之前，应成功完成承包商焊缝试验。

6.3 工作检查

6.3.1 要求。在任何时候，尤其是进行电弧点焊缝或电弧缝焊缝时，检察人员可能会要求焊条的熔化速率、送丝速度或焊接电流与 WPS 鉴定试验过程中确定的数值相当。如果上述熔化速率较指定速率小 5% 或更多，则应在使用不足电流制作的焊缝附近使用正确电流制作出新焊缝。

6.3.2 工作质量。如果检查人员判定焊工作业质量低于本规范要求，则可能会要求对焊工进行重新评定。

附录 A (规范性附录)
有关将 D1.3 薄钢板焊接至 D1.1 其他钢制产品形态的适用条款要求

本附录是标准 AWS D1.3/D1.3M:2008《薄钢板结构焊接规范》的一部分并包括使用本标准的强制性要求。

表 A.1
有关将 D1.3 薄钢板焊接至 D1.1 其他钢制产品形态的适用条款要求

	D1.3:2008	D1.1:2006
条款 1 — 一般条款		
SMAW — 低氢焊条控制		5.3.2 至 5.3.2.5
SAW — 焊条和焊剂		5.3.3
GMAW/FCAW — 焊条		5.3.4
GTAW		5.3.5
保护气体	1.4.6.2	
角焊缝	1.5.2	
斜喇叭坡口焊缝	1.5.3(2)	
电弧点焊缝	1.5.4	
电弧缝焊缝	1.5.5(2)	
电弧塞焊缝	1.5.6(2)	
条款 2 — 焊接连接设计		
对接接头方形坡口焊缝	不适用	不适用
角焊缝	2.2.2/2.3.3	
喇叭形坡口焊缝	2.2.3/2.3.4	
电弧点焊缝	2.2.4/2.3.5	
电弧缝焊缝	2.2.5/2.3.6	
电弧塞焊缝	2.2.6/2.3.7	
条款 3 — WPS 资格预审	不适用	不适用

(续)

表 A.1 (续)
有关将 D1.3 薄钢板焊接至 D1.1 其他钢制产品形态的适用条款要求

	D1.3:2008	D1.1:2006
条款 4 — 鉴定		
WPS 鉴定试验		
对接接头方形坡口焊缝	不适用	不适用
角焊缝	4.6.2 — 表 4.1 和 4.4、图 4.2A(2) 和 4.2A(4)	
喇叭形坡口焊缝	4.6.3 — 表 4.1 和 4.4、图 4.3B	
电弧点焊缝	4.6.4 — 表 4.1 和 4.4、图 4.4	
电弧缝焊缝	4.6.5 — 表 4.1 和 4.4、图 4.5A	
电弧塞焊缝	4.6.6 — 表 4.1 和 4.4、图 4.6	
基本变量	表 4.2 (8)、(10)、(12)、(13)、(25)	表 4.2, 项目 (27) 除外
条款 5 — 制造		
电弧点焊缝	5.4.1	
电弧缝焊缝	5.4.2	
电弧塞焊缝	5.4.3	
预热和层间温度	注 1	5.6 (有关 D1.1, 5.6 的例外情况, 参考附录 1 注 1)
热量输入 — Q & T 钢		5.7
条款 6 — 检查		
目视检查		
最小钢筋 — 电弧点焊缝和电弧缝焊缝	6.1.1.2	
咬边 — 除电弧点焊缝和电弧缝焊缝外		表 6.1(7)
咬边 — 电弧点焊缝和电弧缝焊缝	6.1.1.3	
焊缝剖面 — 角焊缝表面	6.1.1.4	
检查时间		表 6.1(5)
条款 7 — 螺柱焊接		
螺柱焊接	7	

注:

1. 使用电弧点焊缝、电弧缝焊缝、电弧塞焊缝或电弧点焊缝和电弧塞焊缝组合在平整位置焊接“铺面”或屋顶时, 满足以下任一要求时, D1.1 子条款 5.6 中的规则不适用: (1) 1A、2、3 和 4, 或 (2) 1B、2、3 和 4。
如果资质满足 D1.3 表 4.2(12) 中的要求, 则这些规则可用于焊接至涂层、镀锌或未涂层结构材料 (D1.1) 的涂层、镀锌或未涂层薄钢板 (D1.3)。AWS D1.1 子条款 5.15 中的要求不适用 (参考 2)。
1A. WPS 已使用非低氢 SMAW 焊条在环境温度 $\geq 32^{\circ}\text{F}$ (0°C) 的条件下根据 AWS D1.3 条款 4 中的相关规定进行评定。
1B. WPS 已使用低氢焊接焊条或 GTAW、GMAW、FCAW 和 SAW 在环境温度 $\geq 0^{\circ}\text{F}$ [-18°C] 的条件下根据 AWS D1.3 条款 4 中的相关规定进行评定。
2. 生产 WPS 已根据 AWS D1.3 条款 5.4 (参见注释参考文献 “Blodgett, O. W.—Calculated cooling rates of arc spot welds”, 该论文发布于第 68 届年度 AWS 会议, 伊利诺斯州芝加哥市, 1987 年 3 月) 对低于工艺评定温度的温度、 32°F [0°C] 的温度或温度低于 32°F [0°C] 至 0°F [-18°C] 的 180 号 CSICC 工业研究项目进行调整。
3. 电弧点焊缝和电弧塞焊缝组合已作为组合进行评定, 以便确保满足所需电弧点焊缝尺寸要求。
4. AWS D1.1 表 3.1 中列出了支撑结构构件, 作为 I 或 II 组基底金属。

附录 B (资料性附录) 焊接表格样本

本附录不是 AWS D1.3/D1.3M:2008《薄钢板结构焊接规范》的一部分，仅出于参考目的纳入本规范中。

本附录中包含三张表格，AWS D1 结构焊接委员会已针对本规范要求的焊接工艺评定试验记录 (PQR)、焊接工艺规程和焊工或焊接操作员鉴定试验记录数据记录批准这三张表格。

建议向本规范要求的资质信息记录在上述表格或用户准备的类似表格中。允许对上述表格进行变更，以便满足用户需要。

焊接工艺评定试验记录 (PQR) 表格样本

公司名称_____

工艺评定试验记录编号_____ 日期_____

焊接工艺规程编号_____ 修订本_____ 日期_____

焊接工艺_____ 类型_____

(自动、手动等)

GMAW 过渡形式_____

(短路、喷射等)

接头 (表 4.1)

焊接接头类型_____

衬垫 是□ 否□

衬垫材料类型_____

坡口焊接方法：
一侧_____ 两侧_____**位置 (表 1.3)**

坡口位置_____

角焊缝位置_____

焊接方向_____

气体 (1.4.6.2)

保护气体_____ 流量_____

混合百分比_____

焊剂 (1.4.5.2)

填充金属 (表 1.2) :

规格_____

分类_____

涂层

类型_____

厚度_____

基底金属 (1.2)

材料规格、类型和等级：

薄钢板 _____ 至 _____

厚度_____

支撑钢板_____

厚度_____

基底金属准备_____

目视检查结果 (4.6)

接头详情草图

试样 1_____

试样 2_____

电弧点焊熔核直径_____

试验执行人_____

试验执行标准_____

实验室试验编号 _____

试验日期_____

技术

焊道编号	焊条尺寸	焊接电流		行走速度 (或电弧点 焊缝的焊接时间)	熔化速率	送丝速度
		电流 (安培)	电压 (伏特)			

焊工或焊接操作员姓名_____

身份证号码_____ 鉴定日期_____

焊工社会保险编号_____

签署人证明，本记录中的声明正确且试验焊缝的准备、焊接和试验均符合 AWS D1.3 (_____)《薄钢板结构焊接规范》4.6 节中的要求。
(年份)

授权人_____ 日期_____

表 B-1

焊接工艺规程 (WPS) 表格样本

公司名称 _____ 编制人 _____
 焊接工艺规程编号 _____ 修订本 _____ 日期 _____
 支持工艺评定试验记录编号 _____
 焊接工艺 _____ 类型 _____
 (自动、手动等)

GMAW 过渡形式 _____ (短路、喷射等)

接头 (表 4.1)	涂层
焊接接头类型 _____	类型 _____
衬垫 是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>	厚度 _____
衬垫材料类型 _____	接头详情草图
坡口焊接方法: 一侧 _____ 两侧 _____	

基底金属 (1.2)
材料规格、类型和等级:
薄钢板 _____ 至 _____
支撑钢板 _____
厚度范围:
薄钢板 _____
支撑钢板 _____
厚度 _____
基底金属准备 _____

填充金属 (表 1.2)
规格 _____
分类 _____

位置 (表 1.3)
坡口位置 _____
角焊缝位置 _____
焊接方向 _____

预热 (1.1.1 和 5.1)
最低预热温度 _____
最高预热温度 _____

气体 (1.4.6.2)
保护气体 _____
混合百分比 _____

流量 _____

焊剂 (1.4.5.2)

技术					
焊道编号	焊条尺寸	焊接电流		行走速度 (或电弧点 焊缝的焊接时间)	熔化速率
		电流 (安培)	电压 (伏特)		

由于 AWS D1.3 (_____) 《薄钢板结构焊接规范》中给定变量限制范围内的制造顺序、安装、焊道尺寸等，该工艺可能会有所不同。
(年份)

授权人 _____ 日期 _____

表 B-2

焊工和焊接操作员鉴定试验表格样本

焊工或焊接操作员姓名_____ 身份证号码_____ 鉴定日期_____
 焊工社会保险编号_____ 符合 WPS 编号_____ 修订本_____
 焊接工艺_____ 类型_____ (自动、手动等)
 GMAW 过渡形式_____ (短路、喷射、球形焊)

变量	鉴定试验过程中使用的实际变量	鉴定范围
接头		
接头类型		
衬垫材料类型		
坡口焊接方法: 一侧或两侧		
基底金属 (4.7.1.1)		
材料规格		
薄钢板	至	至
支撑钢板		
薄钢板厚度 (4.7.2)		
坡口焊缝		
角焊缝		
电弧塞焊缝		
电弧点焊缝		
电弧缝焊缝		
涂层		
类型		
厚度		
位置 (4.7.1.5 和 4.7.1.6)		
坡口焊缝		
角焊缝		
电弧塞焊缝		
电弧点焊缝		
电弧缝焊缝		
焊接方向		
气体 (4.7.1.4)		
焊条 (4.7.1.3 和 4.7.1.4)		
尺寸		
分组名称		
目视检查结果 (4.6)		
试样 1	试样 2	
外观	裂纹	咬边
钢筋	电弧点焊熔核直径	
试验执行人	试验执行标准	
实验室试验编号	试验日期	
签署人证明，本记录中的声明正确且试验焊缝的准备和试验均符合 AWS D1.3 (_____) 《薄钢板结构焊接规范》4.6 节中的要求。 (年份)		
公司	授权人	

表 B-3

附录 C (资料性附录)

结构焊接委员会技术问询准备指南

本附录不是 AWS D1.3/D1.3M:2008《薄钢板结构焊接规范》的一部分，仅出于参考目的纳入本规范中。

C1. 简介

美国焊接协会 (AWS) 董事会采纳了一项政策，据此应以正式方式对 AWS 标准所有官方说明进行处理。根据该项政策，负责标准的委员会做出了所有说明。有关说明的官方沟通直接通过与委员会合作的 AWS 成员。政策要求以书面形式提交有关说明的所有请求。应尽可能快地处理此类请求，但是由于工作的复杂性以及必须遵循的程序，一些说明的处理可能会要求相当长的时间。

C2. 程序

所有问询均应发送至：Managing Director

Technical Services Division
American Welding Society
550 N.W. LeJeune Road
Miami, FL 33126

所有问询均应包含问询者的姓名、地址和所属机构，同时还应向委员会提供充分的信息，以便了解问询重点。如果问询重点未明确指定，则将返回咨询以便进行说明。为了进行有效处理，所有问询均应以下文指定格式用打印机打印。

C2.1 范围。除非问询重点涉及两项或更多相关条款，否则问询应对规范中的各项条款进行说明。条款应在问询范围以及规范（包含问询者当前进行说明的条款）版本范围内进行识别。

C2.2 问询目的。问询目的应在问询部分进行说明。问询目的包括获取规范要求说明或请求对规范特定条款进行修改。

C2.3 问询内容。问询应简明、完整，以便确保委员会能够快速且完全了解问询重点。适当时应使用草图，同时应引用问询中包含的所有段落和图表（或附录）。如果问询重点在于对规范进行修订，那么问询必须提供用于修订的技术证明。

C2.4 建议回复。问询者应对作为问询重点的条款说明或建议修订措辞（问询者力求实现）进行说明，作为建议回复。

C3. 规范条款说明

将由结构焊接委员会对规范条款进行说明。委员会秘书将所有问询提交至特别小组委员会主席（其管辖范围涵盖问询说明的规范部分）。小组委员会对问询和建议回复进行审核，以便确定其应对问询作出何种响应。小组委员会作出响应后，应向整个结构焊接委员会提交问询和响应以供审批。委员会批准后，说明即代表协会的官方说明。秘书应将响应发送给问询者以及《焊接杂志》以便出版。

C4. 说明出版

所有官方说明均应发表在《焊接杂志》中，同时将放在 AWS 网站上。

C5. 电话问询

就《结构焊接规范》向 AWS 总部进行的电话问询内容应仅限一般性问题或与规范用途直接相关的问题。AWS 董事会政策要求所有 AWS 成员对有关任何 AWS 标准官方说明的电话问询作出响应，同时包含相关信息，即说明仅可通过书面请求的形式获取。总部人员无法提供咨询服务。然而，总部人员可将呼叫者转至顾问（其姓名包含在 AWS 总部文件中）。

C6. 结构焊接委员会

根据新数据或技术，结构焊接委员会有关说明的活动严格限制在规范条款说明或现有条款修订注意事项。AWS 人员或委员会均不会就以下内容提供说明或咨询服务：(1) 具体工程问题；或 (2) 用于规范范围外制造的规范要求或规范未特别涵盖的各点。在此类情况下，问询者应从在特定专业领域具备丰富经验的合格工程师处寻求帮助。

附录 D (资料性附录)

条款和定义

本附录不是 AWS D1.3/D1.3M:2008《薄钢板结构焊接规范》的一部分，仅出于参考目的纳入本规范中。

注：本术语表中的术语和定义分为以下两种：(1) AWS 定义和符号委员会编制的一般焊接术语；以及 (2) 其他术语（术语前标有星号），由于上述术语与本规范有关，由此进行规定。

A

实际厚度。焊件剖口与角焊缝表面之间的最短距离。

电弧缝焊缝。通过电弧焊工艺产生的缝焊缝（参见图 2.5）。

电弧点焊缝。通过电弧焊工艺产生的点焊缝（参见图 2.11A）。

自动焊接。使用无需焊接操作员控制调整开展焊接作业设备进行的焊接。这种设备可能会或可能不会承载和卸载工件。另请参见**机械化焊接**。

焊缝轴线。参见**焊缝轴线**。

B

***炉衬烧损。**当薄钢板回熔且不再作为焊件组成部分时，将产生这一情况，致使焊接金属与薄钢板之间形成一定空隙。

对接接头。相同平面中两个适当对准构件之间的接头（参见图 2.1）。

对接焊缝。一个有关对接接头焊缝的非标准术语。

C

***涂层。**薄薄的一层，等于或小于材料 0.004 in [0.1 mm]，出于防锈、耐高温结垢、耐磨损、制造或其他目的，通过表面堆焊对材料进行处理。

完整熔焊。对整个基地金属焊接表面和所有相邻焊缝之间表面开展的焊接。

接头完全熔透。焊接金属完全熔透，熔透程度为接头（含有坡口焊缝）中基地金属的完整厚度。

角接接头。适当定位且对角适当的两个构件之间的接头。

焊口。焊缝端部的凹槽。

D

双面方形坡口焊缝。一种坡口焊缝。

俯焊。平焊位置的非标准术语。

E

边缘接头。两个或多个平行或近平行构件之间的接头。

焊缝有效长度。存在焊缝适当比例横截面的长度。在曲线焊缝中，焊缝有效长度应沿着焊缝轴线进行测量。

有效厚度。 焊件剖口与角焊缝表面之间的最短距离减去任何凸度。

F

搭接表面。 与其他连接构件接触或邻近构件的配合表。

填充金属。 制造焊接接头、铜焊接头或软钎焊接头过程中将添加的金属。

角焊缝尺寸。 对于拥有相同焊脚的角焊缝，最大等腰直角三角形的焊脚长度（可铭刻在角焊缝横截面内）。对于拥有不同焊脚的角焊缝，最大直角三角形的焊脚长度（可铭刻在角焊缝横截面内）。

角焊缝焊脚。 接头焊根与角焊缝焊趾之间的距离。

平焊位置。 用于从接头上侧进行焊接的焊接位置，焊缝表面基本水平。

药芯焊丝电弧焊 (FCAW)。 在连续填充金属焊条与焊池之间使用电弧的电弧焊工艺。管状焊条中包含的熔剂提供保护。可能会或不会从外部供应气体或气体混合物中获取附加保护。

熔焊。 填充金属和基底金属（基底）的熔融或仅基底金属的熔融，这一工艺将产生焊缝。

熔焊区。 经确定，基底金属在焊缝横截面熔化的区域。

G

熔化极气体保护电弧焊 (GMAW)。 在连续填充金属焊条与焊池之间使用电弧的电弧焊工艺。可完全从外部供应气体获取保护。

坡口焊缝。 在工件之间坡口中形成的焊缝。

坡口焊缝尺寸。 坡口焊缝的接头完全熔透。

***坡口焊缝尺寸。** 对于薄钢板焊接，假定坡口焊缝尺寸为薄钢板厚度。

H

水平位置 (角焊缝)。 在基本水平面和基本垂直面上侧进行焊接的位置。

水平位置 (坡口焊缝)。 焊缝轴线位于基本水平面且焊缝表面位于基本垂直面的焊接位置。

I

断续焊缝。 被重复发生的未焊间隔阻断了连续性的焊缝。

J

接头。 构件接头或待连接或已连接构件边缘。

接头焊根。 待焊接接头部分，在该部分构件之间的距离最小。在横截面中，接头焊根可能会指一个点、一条线或一个区域。

***接头焊接工艺。** 特定接头焊接过程中所使用的材料、详细方法和规程。

L

搭接接头。 平行平面内两个重叠构件之间的接头。

角焊缝焊脚。 参见角焊缝焊脚。

M

机械焊接。机械化焊接的非标准术语。

手动焊接。完全用手进行和控制的焊接操作。另请参见**自动焊接、机械焊接和半自动电弧焊**。

机械化焊接。使用要求对设备控制装置进行手动调整以对焊接目视观察作出响应的焊接，使用火炬、焊枪或机械化装置持有的焊条夹钳。

***熔化速率。**一分钟内焊条熔化的长度。

N

***熔核尺寸（电弧焊）。**在连接件之间接口平面中测量的熔核直径或宽度。

O

仰焊位置。从接头下侧开始进行焊接的位置（参见图 **C-5.1**）。

搭接。焊接金属伸出焊趾或焊根的部分。

P

接头部分熔透。接头完全熔透以外的接头熔透。

塞焊缝。在接头其中一个构件圆孔中形成的焊缝，将一个构件与另一个构件熔融在一起。角焊孔不得视为符合该定义。

定位焊缝。在置于特定位置以便形成焊缝的接头中形成的焊缝。

工艺评定。证明经特定工艺形成的焊缝能够满足指定标准的过程。

***水坑焊缝。**电弧点焊缝的非标准术语。

R

焊缝补强。参见**焊缝补强**。

钝边。邻近接头焊根的坡口表面部分。

接头焊根。参见**接头焊根**。

根部间隙。工件之间接头焊根分离。

焊根。参见**焊根**。

S

缝焊缝。重叠构件之间或重叠构件上形成的连续焊缝，在此情形中接合面上可能会开始聚结反应或可能会从一个构件外表面上开始。连续焊缝可能会由一个单一焊道或一系列搭接点焊缝组成。

半自动电弧焊。使用能够自动控制一种或多种焊接条件的设备进行的手动焊接。

气体保护金属电弧焊 (SMAW)。使用电弧加热涂敷焊条与工件之间的金属以便产生金属聚结反应的电弧焊工艺。保护气体可通过涂敷焊条分解获取。无需使用压力，即可从焊条中获得填充金属。

单面斜喇叭坡口焊缝。拥有曲线表面的构件（与平面构件接触）形成坡口中的焊缝（参见图 **2.3A**）。

单面 V 形喇叭坡口焊缝。两个拥有曲线表面的构件形成坡口中的焊缝（参见图 **2.10**）。

焊缝尺寸。 参见焊缝尺寸。

飞溅。 熔焊过程中排出的金属颗粒，将不会形成焊缝的任何部分。

方形坡口焊缝。 一种坡口焊缝（参见图 2.1）。

螺柱电弧焊 (SW)。 在金属螺柱或类似部件与其他工件之间使用电弧的电弧焊工艺。待连接表面进行适当加热后，在压力条件下将会聚在一起。在螺柱周围使用陶瓷套圈可能会提供部分保护。可能会或可能不会使用保护气体或熔剂。

埋弧焊 (SAW)。 在一个裸金属焊条或多个焊条与焊池之间使用一个或多个电弧的电弧焊工艺。电弧和熔融金属将由工件上的一层颗粒易熔材料进行保护。无需使用压力，即可从焊条中获取填充金属，有时可从补充材料（焊条、熔剂或金属颗粒）中获取填充金属。

T

点焊。 一种焊缝，旨在确保焊件部件处于适当对准状态直至形成最终焊缝。

理论厚度。 距离接头焊脚（垂直于最大直角三角形斜边）开端的距离，可铭刻在角焊缝横截面内。该尺寸以根部间隙等于零的假定为基础。

T 形接头。 放置位置约呈直角的两个构件之间的接头，该接头的形状呈 T 形（参见图 2.8B）。

角焊缝厚度。 参见实际厚度、有效厚度和理论厚度。

***角焊缝厚度。** 对于薄钢板焊接，假定坡口焊缝尺寸为薄钢板厚度。

坡口焊缝厚度。 坡口焊缝尺寸的非标准术语。

焊趾。 参见焊趾。

U

咬边。 熔成基底金属的坡口，与焊趾或焊根相邻，并且尚未使用焊接金属进行填充。

V

垂直位置。 焊缝轴线基本呈垂直状态的焊接位置。

W

***焊接垫圈。** 用于将电弧点焊缝固定在金属薄板（厚度小于 0.028 in [0.7 mm]）上的垫圈。

焊缝。 通过施加或不施加压力将材料加热至焊接温度或通过使用或不使用填充金属仅施加压力产生的金属或非金属局部聚结。

***焊缝。** 如在金属薄板焊接过程中所采用的工艺，通过使用或不使用填充金属将材料加热至适当温度产生的具备聚结。填充金属的熔点与基底金属的熔点基本相同。

焊缝轴线。 一条贯穿整个焊缝长度的线，与焊缝横截面垂直，位于焊缝横截面几何中心。

焊工。 负载执行手动或半自动焊接操作的人员。

焊工技术鉴定。 证明焊工能够生产满足所述标准焊缝的过程。

焊机。 用于执行焊接操作的设备：例如，点焊机、电弧焊机和缝焊机。

焊接操作员。 负责操作机器或自动焊机的人员。

焊接工艺。 焊件生产过程中涉及的详细方法和规程。另请参见焊接工艺规程。

焊接工艺规程 (WPS)。详细提供特定应用程序所需变量以确保经适当培训焊工和焊接操作员可重复性的文件。

焊件。构件通过焊接连接的组件。

焊缝补强。数量超出填充接头所需数量的焊接金属。另请参见**焊面补强**和**焊根补强**。

焊根。相关部位，在该部位焊缝背面与基底金属表面相交，如横截面所示。

焊缝尺寸。参见**坡口焊缝尺寸**和**角焊缝尺寸**。

焊趾。焊面和基底金属的接合处。

附录 E (资料性附录)

量规数量和等效厚度

本附录不是 AWS D1.3/D1.3M:2008《薄钢板结构焊接规范》的一部分，仅出于参考目的纳入本规范中。

表 E.1
热轧和冷轧薄钢板量规数量和等效厚度

制造商标准量规数量	等效厚度	
	in	mm
3	0.2391	6.073
4	0.2242	5.695
5	0.2092	5.314
6	0.1943	4.935
7	0.1793	4.554
8	0.1644	4.176
9	0.1495	3.800
10	0.1345	3.416
11	0.1196	3.038
12	0.1046	2.657
13	0.0897	2.278
14	0.0747	1.900
15	0.0673	1.709
16	0.0598	1.519
17	0.0538	1.366
18	0.0478	1.214
19	0.0418	1.062
20	0.0359	0.912
21	0.0329	0.836
22	0.0299	0.759
23	0.0269	0.660
24	0.0239	0.607
25	0.0209	0.531
26	0.0179	0.455
27	0.0164	0.417
28	0.0149	0.378

注：表 E.1 仅供参考。该产品通常指定为十进制厚度，而不是量规数量。

表 E.2
镀锌钢板量规数量和等效厚度

镀锌薄钢板量规数量	等效厚度	
	in	mm
8	0.1681	4.270
9	0.1532	3.891
10	0.1382	3.510
11	0.1233	3.132
12	0.1084	2.753
13	0.0934	2.372
14	0.0785	1.993
15	0.0710	1.803
16	0.0635	1.613
17	0.0575	1.460
18	0.0516	1.311
19	0.0456	1.158
20	0.0396	1.006
21	0.0366	0.930
22	0.0336	0.853
23	0.0306	0.777
24	0.0276	0.701
25	0.0247	0.627
26	0.0217	0.551
27	0.0202	0.513
28	0.0187	0.475
29	0.0172	0.437
30	0.0157	0.399
31	0.0142	0.361
32	0.0134	0.340

注：表 E.2 仅供参考。该产品通常指定为十进制厚度，而不是量规数量。

附录 F (资料性附录)

安全规程

本附录不是 AWS D1.3/D1.3M:2008《薄钢板结构焊接规范》的一部分，仅出于参考目的纳入本规范中。

本附录涵盖电弧焊工艺的诸多安全基本构件。本附录还包括众多（但不是所有）与结构焊接相关的安全方面。将在此处对可能会遇到的危险以及最大程度地减少人员伤害和财产损失的规程进行审核。

F1. 电气危险

电击将产生致命危险。然而，电击可予以避免。不得触碰带电部件。阅读并了解制造商说明和推荐安全规程。电气设备安全错误、接地不当以及操作和维护不当均将引起危险。

应对所有电气设备和工件进行接地。对工件进行接地时，要求进行单独连接。生铅不得误用作接地连接。

应始终确保工作区域、设备和衣物保持干燥，以防电击。应穿戴干燥的手套和胶底鞋。焊工应站在干燥的主板或绝缘平台上。

电缆和连接器应保持良好状态。不得使用磨损、受损或裸电缆。发生电击时，应立即关闭电源。如果援救者必须从带电触点上拉出伤着，则必须使用非导电材料。应就医并继续 CPR，直至伤着恢复呼吸或直至医师到达（参见引用文献 8、7 和 10）。

F2. 烟雾和气体

诸多焊接、切割和相关工艺均将产生可能会影响人身健康的有害烟雾和气体。基底金属上将存在源于焊接消耗品、基底金属和任何涂层的烟雾和固体颗粒。焊接过程中将产生或工艺辐射对周围环境的影响可能会产生气体。任何与焊接操作有关的人员均应熟悉上述烟雾和气体的影响。

过度暴露在烟雾和气体中可能产生的影响包括眼睛、皮肤和呼吸道系统刺激和更加严重的并发症。上述影响可能会立即发生或后期发生。烟雾可导致以下若干症状，例如恶心、头痛、头晕和金属烟雾病。

应在电弧处进行充分通风或排风或通风和排风，以防烟雾和气体进入呼吸区和常规工作区域。

更多有关各种焊接工艺产生之烟雾和气体的详细信息，参见引用文献 1、4 和 11。

F3. 噪音

过度噪音是一种已知的健康危害。暴露于过度噪声环境中将致使听力减退。听力减退可指完全减退或部分减退，临时减退或永久减退。过度噪音将对听觉能力产生不利影响。此外，有证据表明过度噪音还将对其他身体机能和行为产生影响。

可能会使用个人防护设备，例如耳罩或耳塞。通常，仅当工程控制装置不具备完全有效性时方可使用上述个人防护设备（参见引用文献 1、5 和 11）。

F4. 烧伤保护

焊接、切割和相关工艺将产生熔融金属、火花、熔渣和热工作表明。如果未采取预防措施，则将造成烧伤危害。

工人应穿戴采用防火材料制成的防护服。不得穿戴卷边裤子或带有平袋或其他可能挡住并保留熔融金属或火花部位的衣物。应穿戴高帮鞋或皮裤和防火手套。裤腿应放在高帮靴外部。应穿戴为脸部、颈部和耳朵提供保护的头盔或手持面罩以及头罩，以便保护头部。

衣物不得含有油脂和机油。衣物口袋中不得含有易燃材料。如果任何可燃物质溅到衣物上，使用开弧或火焰进行工作前应使用干净的防火衣物进行更换。

应始终使用适当的护目用具。同时，还应佩戴护目镜或等效物品，以便提供额外眼部保护。

接触热部件或处理电气设备时，应始终穿戴绝缘手套。

更多有关个人防护的详细信息，应参见引用文献 2、3、8 和 11。

E5. 防火

焊接、切割和相关工艺将产生熔融金属、火花、熔渣和热工作表明。如果未采取预防措施，则将造成火灾或爆炸危害。

在包含可燃气体、蒸汽、液体或灰尘的部位进行焊接或切割时发生了爆炸。应从工作区域清除所有易燃材料。如若可行，应将工作移至远离易燃材料的位置。如若不可采取任何措施，则应在易燃材料上涂覆一层防火材料。应清除所有易燃材料或在工作区域方圆 35 ft [11 m] 半径范围内进行安全防护。

不得在含有危险活性或可燃气体、蒸汽、液体或灰尘的大气环境下进行焊接或切割。不得对含有未知物质或易燃材料（含有一旦加热即产生可燃或爆炸性蒸汽的成分）的容器进行加热。应在工作区域提供充分通风，以防可燃气体、蒸汽或灰尘积聚。加热前，应对容器进行清洁和吹扫。

更多有关焊接和切割操作引起火灾危害的详细信息，参见引用文献 6、8、9 和 11。

E6. 辐射

焊接、切割和相关操作可能会产生对人身健康有害的辐射能（辐射）。任何人员均应熟悉该辐射能的影响。

辐射能可能会电离（例如 X 射线）或不会电离（例如紫外线、可见光或红外线）。如果过度暴露于辐射环境，则辐射可产生各种影响，例如皮肤烧伤和眼部损伤。

一些工艺（例如电阻焊接和冷压焊）通常产生少量辐射能。然而，大部分电弧焊和切割工艺（正确使用时，埋弧除外）、激光焊、气焊、切割、铜焊或软钎焊可产生大量不电离辐射，因此必须采取预防措施。

针对可能存在的有害辐射影响的保护包括以下方面：

(1) 除非通过焊接滤板，否则不得对焊弧进行查看（参见引用文献 2）。透明焊接帘不作为焊接滤板，但是旨在防止过路人偶然接触。

(2) 根据相关规定，裸露皮肤应通过穿戴充分手套和衣物进行保护（参见引用文献 8）。

(3) 偶然经过焊接操作的过路人应通过使用电焊遮光罩、焊接帘或远离过道、走道等进行保护。

(4) 配备紫外线侧护板的护目镜经证明能够起到阻隔焊弧产生紫外线辐射的作用。

引用文献

1. 美国政府工业卫生学家联合会 (ACGIH)，《工作室环境下化学物质和物理因素阈限值》。俄亥俄州辛辛那提：美国政府工业卫生学家联合会 (ACGIH)。
2. 美国国家标准学会，《职业性和教学性眼睛和面部防护的方法》，ANSI/ASC Z87.1。纽约：美国国家标准学会。
3. ——。《个人防护设备 — 安全鞋》，ANSI/ASC Z41.1。纽约：美国国家标准学会。
4. 美国焊接协会，《焊接环境下烟雾和气体》，AWS 报告。佛罗里达州迈阿密：美国焊接协会。
5. ——。《手工电弧焊和手工切割声级测量方法》，ANSI/AWS F6.1。佛罗里达州迈阿密：美国焊接协会。
6. ——。《容器和管道焊接和切割准备的推荐安全规程》，ANSI/AWS F4.1。佛罗里达州迈阿密：美国焊接协会。
7. ——。《安全规程》。（复制自《焊接手册》，第 1 卷，英文版）。佛罗里达州迈阿密：美国焊接协会。
8. ——。《焊接、切割和相关工艺中的安全》，ANSI Z49.1。佛罗里达州迈阿密：美国焊接协会。
9. 美国消防协会，《切削和焊接工艺的防火措施》，NFPA 标准 51B。马萨诸塞州昆西：美国消防协会。
10. ——。《国家电气规程》，NFPA 编号 70。马萨诸塞州昆西：美国消防协会。
11. 职业安全及健康管理局，《联邦法规》，标题 29 劳动力，第 XVII 章，子标题 B，第 1910 部分：职业安全及健康标准。华盛顿特区：美国政府印刷办公室。

附录 G (资料性附录)

参考文件

本附录不是 AWS D1.3/D1.3M:2008《薄钢板结构焊接规范》的一部分，仅出于参考目的纳入本规范中。

以下适用一般规范和期刊论文仅供参考。

1. 美国混凝土协会 — 《钢筋混凝土建造规程要求 ACI 318》。
2. 美国钢铁协会 — 《冷成型钢结构构件设计规范》。
3. 美国钢结构协会 — 《建筑用结构钢设计、制造、装配规范》。
4. AWS《焊接杂志》，1987 年 12 月，第 17–31 页，“Calculated Cooling Rates of Arc Spot Welds”（电弧点焊缝的计算冷却速率），作者：Omer Blodgett。

薄钢板结构焊接规范注释

第 4 版

编制方: AWS D1 结构焊接委员会

指导方: AWS 技术活动委员会

批准方: AWS 董事会

薄钢板结构焊接规范注释

注：除非另有说明，否则有关已编号子条款、表格和附图的所有参考，参见 AWS D1.3/D1.3M:2008《薄钢板结构焊接规范》中的子条款、表格或附图。本注释中子条款、表格或附图的参考均加有前缀 **C-**。

C-1. 一般要求

本注释的目的在于提供支持本规范一些条款规定的信息和背景数据。这类条款已经正式确认。

C-1.1 范围

在焊缝类型方面，本规范包含以下内容：

- (1) 通常在生产作业中使用的焊缝
- (2) 测量尺寸常规方法不可用时的焊缝。

注：非常鼓励本规范涵盖的各个区域用户（设计者、制造者等）提供具有建设性的响应。

下文将对上述内容进行具体说明。

根据定义，塞焊焊缝是通过构件的一个孔制作搭接接头的环形焊缝。在本规范中，还对电弧点焊缝做出了同样的规定；电弧点焊缝是通过不使用孔将一块薄钢板熔化在支撑材料上形成的环形焊缝。为在两种材料之间实现适当的渗透和熔合，需使用充足的焊接电流。

同样，T 形接头或较厚材料中搭接接头内角焊缝的尺寸可使用适当的量规测量，并且容许承载力将根据理论喉长（接头根部与图示焊缝表面之间的最短距离）确定。在这种情况下，由于渗透相对较深，需假设焊缝强度与其附着材料的强度一样；因此，接头的容许承载力主要取决于材料厚度、强度和焊缝长度。

C-1.4.4.1 AWS 规范。 AWS A5.1/A5.1M 和 AWS A5.5/A5.5M 规范包含软钢和低合金焊条。

可使用不同类型的焊条制成合格的薄钢板焊缝。但是，一些焊条类型较之其他类型具有更好的渗透率并可在制作电弧点焊缝和电弧缝焊缝时提供自然协助。其他焊条类型因其有限的渗透率和较少的底切倾向性而可在更薄材料上更好地制作角焊缝和喇叭坡口焊缝。

C-2. 焊接连接设计

C-2.2.2 角焊缝。 目前，静态应用（薄钢板除外）中角焊缝的容许应力根据焊接金属的最小规定抗拉强度 $0.30 (0.30 F_{xx})$ 确定。假定该应力施加于角焊缝 (t) 的喉部（不考虑施加负载的方向）。对于坡口角度为 90° 的坡口面而言，焊缝喉部 (t) 等于焊脚尺寸 (w) 的 0.707 倍。焊缝喉部的容许剪切应力为 $F_w = 0.30 (F_{xx})$ （参见图 C-2.1）。但是，AWS D1.1《钢结构焊接规范》中还指出不得超出连接板的容许应力。

但是，薄钢板中角焊缝接头的性能明显不同。焊缝强度通常不会影响接点的容量，其原因除了焊缝强度通常高于薄钢板强度。这是由于焊接金属的强度一般高于薄钢板的强度，大量的渗透率（T 形接头）和典型的凸状焊缝剖面。因此，薄钢板中角焊缝接点的负载容量计算根据厚度和与焊缝相邻的薄钢板规定最小抗拉强度确定（参见图 C-2.2 和公式 (1)、(2) 和 (3)，其中给出了该类接点的负载容量）。公式 (1)、(2) 和 (3) 已根据对镀锌钢板搭接接头执行的研究确定，其中盖板的最大厚度为 12 Ga. (0.108 in) [2.74 mm]。

研究数据已在纵向负载角焊缝中指出，较短角焊缝的单位负载容量大于公式(3)中计算的容量，并且获得经验公式(2)。公式(4)涵盖了接头容量受焊缝强度控制的情况。 $tw < t$ 的关系可发生在 T 形接头和搭接接头中，尤其是盖板厚度大于 12 Ga. (0.108 in) [2.74 mm] 且采用单道焊缝的情况。

C-2.2.4 电弧点焊缝。正如已在 C1.1 中说明，电弧点焊类似于板上的塞焊，钢板材料未穿孔且焊接金属通过钢板熔入支撑材料或构件的情况除外。对于平板焊接，塞焊缝的强度取决于与支撑构件表面熔合的焊缝横截面积。对于薄钢板焊接，焊缝直径与板材厚度的比率是适用于平板焊接中塞焊缝的数倍。该面积基础之上的任意强度计算均将大于接头的实际强度，其原因在于从焊缝撕开板材时可能发生故障。出于这一原因，薄钢板中电弧点焊的负载容量基于焊缝直径测量、以及薄钢板的厚度和强度。这一事实已通过焊缝实际测试确认。

电弧电焊周边的薄钢板需在存在阻力的情况下承受不同应力。材料的应力是前沿的拉伸应力，沿侧边成为剪切应力并最终在焊缝后沿成为压缩应力。随着负载的逐渐增加，前沿的拉伸应力将导致焊缝旁的材料发生横向撕裂并将使其沿材料延伸，导致最终故障的发生 [参见图 C-4 (A)]。

如果薄钢板足够薄，则其倾向于在电弧电焊后沿附近扣住。这将降低接头的阻力，并且故障将在前沿位置首先出现，接着，沿两侧切线撕裂 [参见图 C-2.3 (B)]。根据从已执行试验获得的证据，说明这种扣住条件在以下关系存在时发生：

$$\frac{d}{t} \geq \frac{240}{F_u}$$

有三个公式可进行转化：

$$\frac{d}{t} = \frac{140}{F_u} \text{ 和 } \frac{d}{t} = \frac{240}{F_u}$$

支撑材料面焊缝熔合部分的直径 (d_e) 小于电弧点焊的表面直径 (d)。尽管焊缝表面为仅可进行测量的部分，但是计算焊缝负载容量时必须对测量值进行一定减小。

影响这一缩减（显示与试验结果的较好相关性）的简便方式是从焊缝外径 (d) 中减去单次厚度 (t) [参见图 C-2.3 (C)]。

如果材料存在双厚度，则焊缝外径 (d) 缩减量为材料组合厚度 (t) 的两倍[参见图 C-2.3 (D)]。该次缩减可在焊缝顶部形成 45° 的斜度。

对于给定的总厚度，从双层钢板传输的热量要少于从单层钢板传输的热量。

出于上述原因，使用双层钢板时，平均直径 (d_a) 和有效直径 (d_e) 将更小。

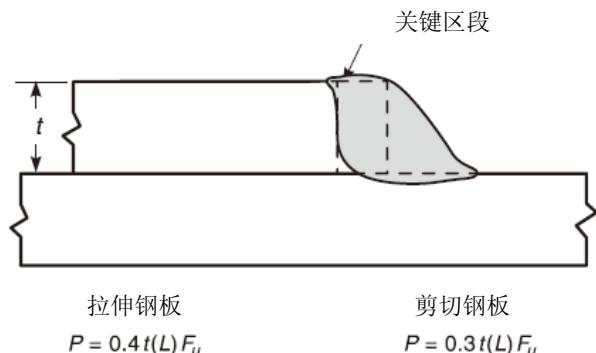
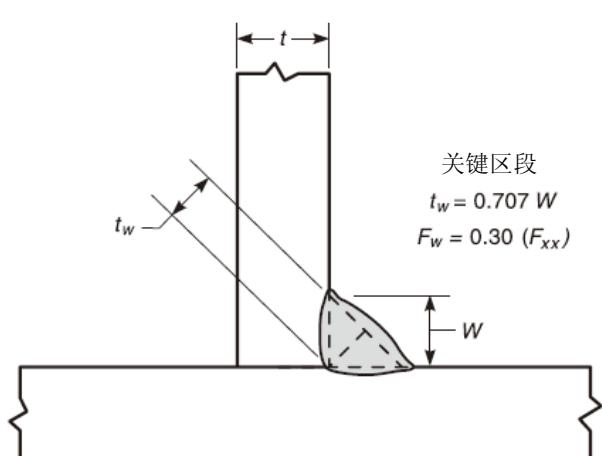
如果薄钢板镀锌，则应从钢板的总厚度中减去镀锌层的厚度。如果未显示镀锌层的厚度，则各钢板厚度均应减去估算值 0.0015 in [0.04 mm]。

如图 C-2.4 所示，如果电弧缝焊缝的有效宽度过小，则可从焊缝上剪切基底金属。以下公式提供了下限，可用于消除故障。

$$P = \left[\frac{(d_e)^2}{4} + \frac{Ld_e}{3} \right] F_{xx}$$

其中

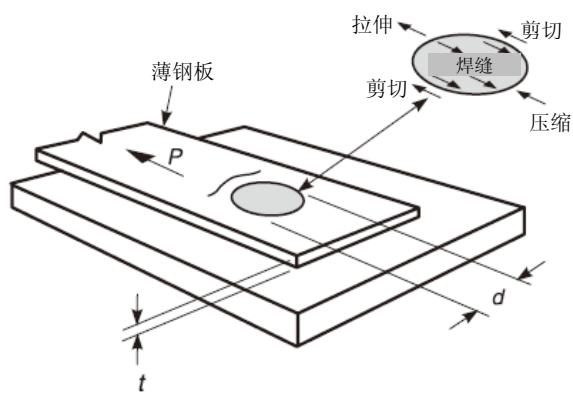
$$d_e = 0.7d - 1.5t$$



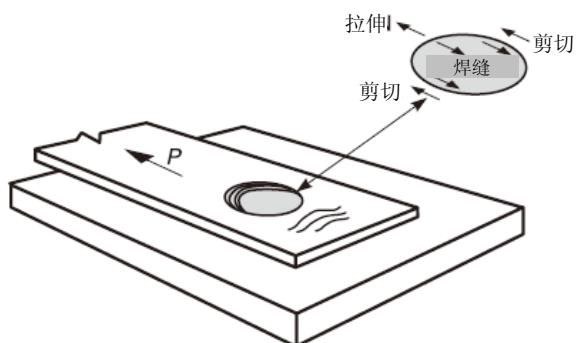
其中：
 t = 薄钢板厚度 (in) [mm]
 L = 焊缝长度 (in) [mm]
 F_u = 规定的薄钢板最小极限抗拉强度 (ksi) [MPa]

图 C-2.1 — 角焊缝容许应力

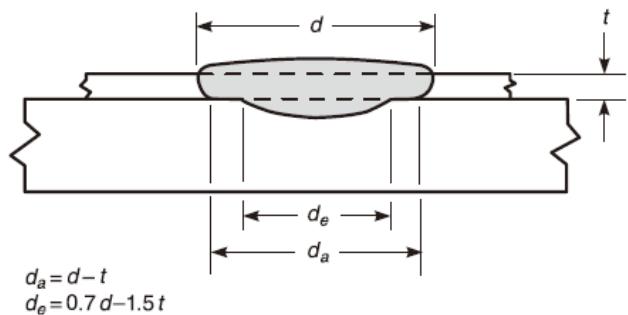
图 C-2.2 — 角焊缝负载容量



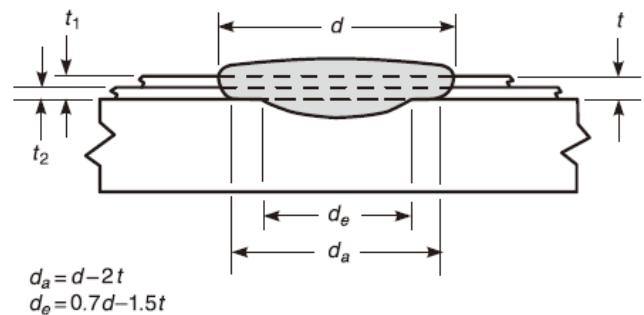
(A) 拉伸、压缩和剪切应力



(B) 拉伸和剪切应力



(C) 单层钢板厚度



(D) 双层钢板厚度

图 C-2.3 — 电弧点焊缝

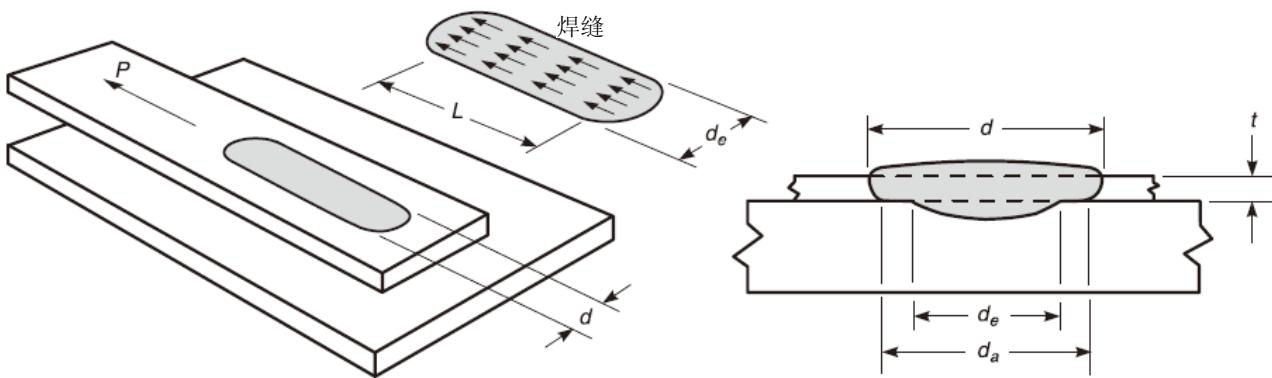


图 C-2.4 — 支撑板中的电弧缝焊缝

C-4. 工艺

C-4.5 基本变量限制

注：此时其他变量的变化允许范围未纳入本规范。上述省略是因为支持上述范围的数据不充分。预期本规范的使用将导致信息流，最终可为正确修改提供依据。

C-4.6.4 电弧点焊。 4.6.4 要求的目标在于检查焊条在点焊过程中电流上升时快速连续地制造优质焊缝的能力。在相对较高的电流条件下，一些包覆焊条的涂层可能损坏，导致制造出的渗透率较之要求的更浅。这一趋势可通过限制使用一根焊条连续制造的焊缝数量来进行调整。

所需的电流水平应已在工艺评定试验项目中建立。电流应用于测量此处所述的焊条熔化速率，从而用于证明在焊接过程中使用合适的电流水平。

C-4.6.4.4 SMAW 熔化速率。 作为测量焊接电流方法的熔化速率已使用很长时间。许多已出版的气体保护金属电弧焊 (SMAW) 程序仍包含熔化速率 (M) 和焊接电流以及其他所需数据。

一旦确定给定尺寸和类别 SMAW 焊条的焊接电流，焊工应夹钳内放置一根新的焊条。焊工应在此电流水平下继续焊接一分钟 (60 秒)，然后测量此时间间隔内熔化的焊条长度。如图 C-4.1 所示，上述情况可通过将钢卷尺放置于焊条残头上来轻易完成。放置钢卷尺是为了便于使代表焊条初始长度的数字与夹钳内焊条端部 (位置 1) 的数字对齐。然后读取与焊条熔化端相反一侧的数字 (位置 2)。该数字为焊条熔化速率 (单位: in/min) 并标有 (M)。

对于大多数薄钢板焊接程序，熔化焊条所需时间均小于 60 秒。在这种情况下，应采用较短的焊接时间。例如，焊条熔化需 30 秒，则焊条熔化部分的长度应乘以二。20 秒钟时需乘以三，15 秒钟时需乘以四。

此处的熔化速率 (M)

对于 14 in [645 mm] 长的焊条, 将焊条端部置于 14 in [645 mm] 位置处

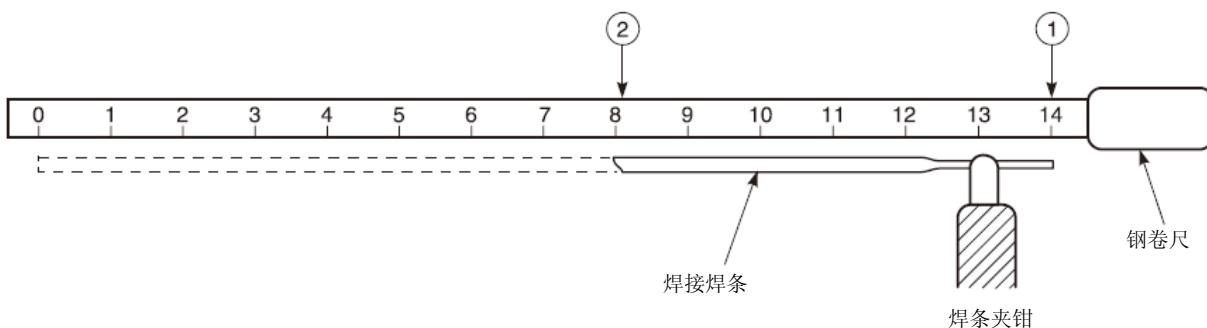


图 C-4.1 — 图解熔化速率测量

C-5. 技术

C-5.3.1 接头详图位置。焊接位置。图 C-5.1 中的简图可帮助正确理解焊接位置。

C-5.3.3 从市场上可买到的垫环通常由 ASTM A 109 回火度 3 或 4 制成。

C-5.4 低温 WPS 容许偏差, 使用附录 A 注释 1。在室温鉴定并在更低温度下应用的 WPS 调节均基于 Omer Blodgett 计算的“电弧点焊缝的计算冷却速率”。在加拿大执行的参考工作中, 发现通常不太可能增加给定焊接焊条尺寸的焊接电流, 低温时, 为达到所需焊接电流, 需增大尺寸。扩大应用温度范围时应考虑上述情况。对于电弧点焊缝或电弧塞焊缝, 最佳解决方案是增加电流和增加焊接时间相结合。对于电弧缝焊缝, 最佳解决方案是增加焊接电流和降低行走速度相结合。

C-5.4.1 和 C-5.4.2 电弧点焊缝和电弧缝焊缝。电弧点焊和电弧缝焊接通常用于将薄钢板材料(如屋顶铺面和地板铺面)连接至更厚的结构构件。通常不进行预热。加拿大钢板行业建设委员会、加拿大钢板建筑研究所和加拿大焊接研究所已对电弧电焊进行大量研究¹, 以确定焊缝强度及其对下面结构钢的强度和抗断裂性的影响。

计算机分析²显示通过降低 20% 的焊接时间或增加 10% 的电流设置可使相同的冷却速率降至 32°F [0°C]。

¹ Thorn, K. 等《电弧点焊缝断裂试验》。加拿大钢板建筑研究所 RC163 报告。安大略省奥克维尔: 加拿大焊接研究所, 1986 年 5 月。

² Blodgett, O. W.《电弧点焊缝的计算冷却速率》。本论文发布于第 68 届年度 AWS 会议, 伊利诺斯州芝加哥市, 1987 年 3 月。

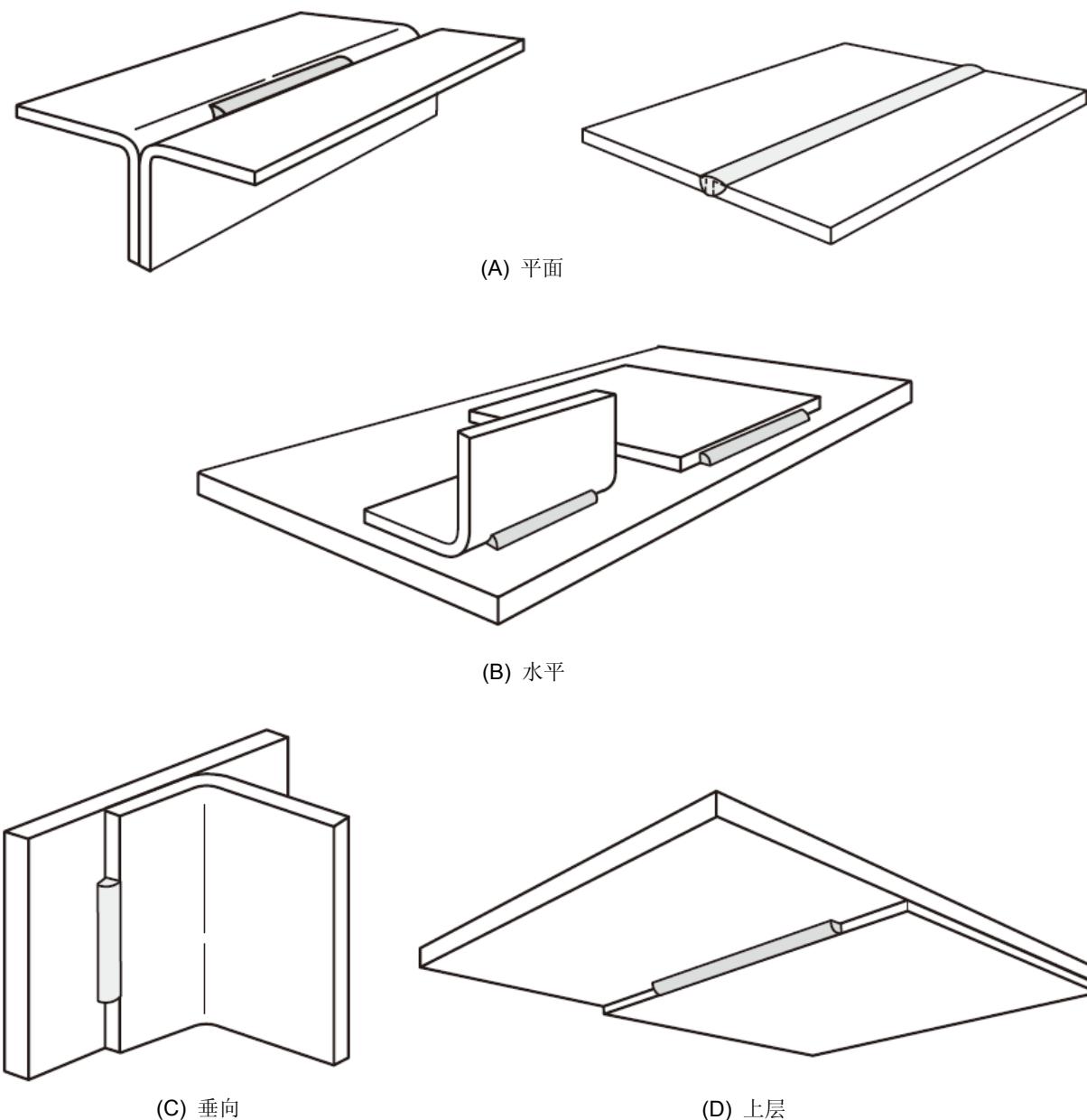


图 C-5.1 — 焊接位置

C-附录 A**C-A. 有关将 D1.3 薄钢板焊接至 D1.1 其他钢制产品形态的适用条款要求**

子条款 1.1 和附录 A 指出同时应用 AWS D1.1 和 AWS D1.3 规范来将薄钢板焊接至结构钢。子条款 1.1 和附录 A 明确规定了 AWS D1.1 与 AWS D1.3 之间的关系。对 AWS D1.1 的免除条件进行明确规定并基于特定连接试验（参考工作）和现有装配式结构多年运行确定。上述特定连接试验指出，如果焊接程序保持在附录 A 的允许范围之内，环境温度 $\geq 0^{\circ}\text{F}$ [-18°C] 下的焊接将制成完好的焊缝。上述程序和控制的经验表明，上述温度足以避免局部开裂或过硬，并且添加预热不合理（参见参考文件 1、2、3 和 4）。

参考文件

1. Blodgett, O. W. 《电弧点焊缝的计算冷却速率》。本论文发布于第 68 届年度 AWS 会议，伊利诺斯州芝加哥市，1987 年 3 月。
2. 《薄钢板构造过程中电弧点焊缝的强度》— CISCC 工业研究项目 175 (1978)。
3. 《电弧点焊缝的硬度和冷却速率研究》— 加拿大钢板建筑研究所 (1980)。
4. 《电弧点焊缝断裂试验》— 报告 RC163 — 加拿大钢板建筑研究所 (1983)。

AWS 结构焊接文件列表

名称	文件
D1.1/D1.1M	钢结构焊接规范
D1.2/D1.2	铝结构焊接规范
D1.3/D1.3M	薄钢板结构焊接规范
D1.4/D1.4M	钢筋结构焊接规范
D1.5/D1.5M	桥焊规范
D1.6/D1.6M	不锈钢结构焊接规范
D1.8/D1.8M	地震增补结构焊接规范
D1.9/D1.9M	钛结构焊接规范