

中国公路建设行业协会标准

T/CHCA XXX—2025

钢结构 EXC4 焊接应用 技术规程

Technical Specification for
Steel Structure EXC4 Welding

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

中国公路建设行业协会 发布

中国公路建设行业协会标准

钢结构 EXC4 焊接应用技术规程

Technical Specification for Steel Structure EXC4 Welding

T/CHCA XXX—2025

主编单位：中交路桥建设有限公司

批准部门：中国公路建设行业协会

实施时间：2025 年 X 月 X 日

人民交通出版社

中国公路建设行业协会

公 告

2025年第XX号

关于发布《钢结构 EXC4 焊接应用技术规程》 的公告

现发布《钢结构 EXC4 焊接应用技术规程》（T/CHCA XXX—2025），自 2025 年 X 月 XX 日起施行。

《钢结构 EXC4 焊接应用技术规程》（T/CHCA XXX—2025）的管理权和解释权归中国公路建设行业协会，日常解释和管理工作由主编单位中交路桥建设有限公司负责。各有关单位如在执行实践中发现问题或有修改意见，请函告本规程日常管理组，联系人：赵继文（地址：北京市东城区东中街 9 号东环广场 A 座 5 层，邮编：100027，电话：010-64182161，电子邮箱：zjljhwkjb@163.com），以便修订时参考。

中国公路建设行业协会

2025 年 XX 月 XX 日

前 言

根据中国公路建设行业协会《关于下达〈高海拔地区公路路域草皮移植施工规范〉等 7 项协会标准的编制通知》文件要求，由中交路桥建设有限公司为主编单位，承担《钢结构 EXC4 焊接应用技术规程》（以下简称“本规程”）的制定工作。

本规程制定过程中，编写组开展了大量研究工作，吸取了公路、水运等行业标准的编写经验；参考、借鉴了国家标准和《工程建设标准编写规定》的要求。在初稿编写完成后，广泛征求了设计、施工、建设、管理等有关单位和个人的意见，并经过反复讨论、修改、定稿。

本规程包含 11 章和 9 个附录，主要内容包括：1 总则、2 术语、3 基本规定、4 材料、5 技术评审、6 焊接工艺评定、7 焊接工艺、8 焊接检验、9 焊接补强与加固、10 EXC4 等级认证要求。

本规程日常解释和管理工作由中交路桥建设有限公司负责。请各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见，函告本办法日常管理组，联系人：赵继文（地址：北京市东城区东中街 9 号东环广场 A 座 5 层，邮编：100027，电话：010-64182161，电子邮箱：zjljhwkjb@163.com），以便修订时研用。

主 编 单 位： 中交路桥建设有限公司

参 编 单 位： 南通振华重型装备制造有限公司

中国路桥工程有限责任公司

中交路桥建设有限公司海外分公司

主 编： 卢冠楠

主要参编人员： 肖向荣 侯学军 祝长春 赵继文 曹长伟 郭 强
虞 辉 鲜正洪 赵聪明 卞 佳 刘丹娜 王学才
陈天怡 周 维 鞠小刚 许金明 田盛德 张朝贵
闫文亮 邵文泽 周环宇 李 红 张 岩

主 审： XXX

参与审查人员： XXX

目 录

1 总则	1
2 术语	1
3 基本规定	3
4 材料	3
4.1 母材	3
4.2 剪力钉	5
4.3 焊接材料	5
5 技术评审	6
5.1 总则	6
5.2 要求评审	7
5.3 技术评审	7
6 焊接工艺评定	8
6.1 概述	8
6.2 针对焊接方法	8
6.3 其他焊接方法的焊接工艺评定	10
6.4 焊接工艺评定的有效期	10
7 焊接工艺	11
7.1 焊接工艺要求	11
7.2 焊工及焊接操作工	12
7.3 焊接责任人员	12
7.4 焊接施工和准备	13
8 焊接检验	17
8.1 焊缝质量常规要求	17
8.2 疲劳要求	18
8.3 检验	18
9 焊接补强与加固	23
9.1 钢结构焊接补强与加固	23

10 EXC4 等级认证要求	25
10.1 认证检查内容	25
10.2 设备要求	25
10.3 人员要求	25
10.4 有效期	26
附录 A EXC4 使用要求	28
附录 B WPQR 使用样表	30
附录 C WPS 使用样表	35
附录 D 焊缝目视检测报告	36
附录 E 超声波检测报告	38
附录 F 射线检测报告	41
附录 G 磁粉检测报告	43
附录 H 渗透检测报告	44
附录 I 焊缝返修记录	45

1 总则

1.0.1 为统一钢结构 EXC4 级焊接工作的材料准备、设备选择、焊接环境控制、质量控制等要求，做到技术先进、安全可靠、经济合理、节能环保，特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于欧标下钢结构 EXC4 级焊接工作的实施，适用于 S690 及以下钢级的热轧结构钢制品。

1.0.3 钢结构 EXC4 级焊接工作施工除应执行本规范外，尚应符合其他欧洲标准的相关规定。

2 术语

2.0.1 母材 base material

母材指的是在焊接工程中被焊接的一种材料，适用领域是焊接工程。

2.0.2 焊接材料 welding consumables

焊接材料是指焊接时所消耗材料的通称，例如焊条、焊丝、金属粉末、焊剂、气体等。

2.0.3 焊接环境温度 temperature of welding circumstance

焊接环境温度的定义是焊接构件所处位置的周围温度。

2.0.4 焊接工艺评定 welding procedure qualification

一种制作可接受的验证焊件的焊接参数的记录，以及为验证预焊接工艺规程的正确性而对焊件进行验证结果的一种评价。

2.0.5 WPS Welding procedure specification

为焊接工艺程序或焊接工艺规程，焊接过程中的一整套工艺程序及其技术规定。

2.0.6 施工等级 execution class

已分等级的一组要求，依据整个工程、单个部件或一个部件的零件的施工规定。

2.0.7 服务类别 service category

依据部件的使用环境划分的类别

2.0.8 生产类别 production category

依据部件施工使用的方法划分的类别

2.0.9 构成制品 constituent product

用于制造部件并作为部件组成部分的材料和制品，如：结构钢制品、不锈钢制品、机械紧固件、焊接消耗品。

2.0.10 附加 NDT（无损检测） additional NDT (non destructive testing)

目视检查之外附加的 NDT 技术，包括磁粉检测、渗透检测、涡流检测、超声波检测或射线检测。

2.0.11 工厂生产控制认证 FPC factory production control

在钢/铝结构生产工厂现有体系（如 ISO9001）基础上主要针对钢/铝焊接生产控制要求的审核。通过了 EN1090 标准 CE 认证，证明钢/铝结构生产工厂满足欧盟 CE 认证要求，可在认可范围内加贴 CE 标志，出具 DOP 性能声明文件，产品可合法进入欧盟市场。

3 基本规定

3.0.1 以资源节约、安全高效和技术先进为原则进行技术经济比选，满足设计规范要求的先进性、合理性和经济性要求。

3.0.2 EXC4 级焊接应遵守《EN1090-2 钢结构施工技术要求》、《ISO5817》、《ISO3834》等规范，应由拥有相关资质的单位及经过专业培训、取得相应资质证件的人员采用符合要求的焊件及焊接材料实施，过程所采用的焊接方法、工作环境等应符合规范规定。

3.0.3 应根据工程技术特点和现场条件编制焊接方案以及评定报告，内容应包括材料选择、准备工作、焊接方法、质量保证措施、检测方法、安全措施等。

4 材料

4.1 母材

4.1.1 总体来讲，钢结构实施过程中的使用的材料都应从欧洲相关标准中进行选取。

如果所用的材料不在这些欧洲标准的覆盖范围内，应规定其性能。相关的性能要求如下：

强度(屈服强度和抗拉强度)；延伸率；区域应力降低的要求(STRA)，如要求；尺寸和形状公差；冲击强度或韧性，如要求；热处理供货要求；厚度方向性能(Z 向性能)，如要求；需焊接区内部的裂纹或不连续性限制，如要求；

另外，如果钢材需要焊接，焊接性的数据应明确，要求如下：

根据 CEN ISO/TR 15608 的材料分组体系的分组类别；或钢的最大碳当量限制；或标明计算碳当量所需要的所有化学成分。

4.1.2 标识、检验证明书和可追溯性

所提供的材料的性能应有文件记录，应有 3.2 的检验证书，母材材质单需由材料生产厂家独立于生产部门之外的质量检验部门出具，内容包含该原材料按照炉批进行的试验结果(即符合 EN10204 要求，见 EN1090-2 5.2)。对于 EXC3 和 EXC4，所用材料在施工过程中的每一阶段，从接收到转到下一工序，都应保证可追溯。

材料标识应能追溯到材料证明书的生产批号和炉号，并应及时对标识进行转移；需保证标识的永久性，不同规格和材质的板材、型材应根据类别分别存放，废料存放应有专门区域，余料如还用于生产则应有完整的标识，并注意标识的转移。

这样的可追溯性可以是基于材料批号记录的通用生产程序，除非特别要求追溯到具体的结构材料。

对于 EXC2、EXC3 和 EXC4，如果有不同强度等级和/或质量等级的结构材料一起使用，每种材料都应区别标识它们的强度和质量等级。

制造过程中每一阶段的每一零件或部件都应通过合适的系统标识追溯。

可以通过批次、部件的形状与尺寸、或耐磨与区别标记的使用(以不造成损坏的方式)进行识别，不可使用凿凹槽。

除非另有规定，否则以下要求适用于硬印、冲孔标记或钻孔标记-标记单个部件或类似组件：

- a)仅钢级为 S355 及以下的可使用；
- b)不锈钢不可用；
- c)冷成型部件的带涂层材料不可用；
- d)只有在标识方法不影响疲劳寿命的特定区域才可用。

若不可用硬印、冲孔标记或钻孔标记，软压印或低应力钢印是否可用应予规定。

除非另有规定，否则不锈钢可用软压印或低应力钢印。

不允许做识别标记或完工后不应看到识别标记的区域应予规定。

如果要求标记，没有标记的材料按不合格处理。

如果提供的文件资料不包括供货商一致性声明，产品将视为不符合产品，直至能够证明产品满足检验和试验计划的要求。

如果产品先被认定为不符合项产品，在随后的试验和复检中才满足要求，应

保留试验和复检记录。

4.1.3 厚度公差

除非另有规定，对于结构钢板的厚度公差应满足 A 级(热轧钢板 EN 10029 和热轧不锈钢板 EN ISO 18286)。

4.2 剪力钉

焊接用的剪力钉应根据 EN ISO 13918 的要求。

4.3 焊接材料

焊材的类别应与焊接方法、母材和焊接工艺相匹配。所用焊材应符合表 4.3-1 中相应标准的要求。

表 4.3-1 焊材产品标准

焊材	产品标准
电弧和切割用保护气体	EN ISO 14175
非合金和细晶粒的气体保护焊焊丝和熔敷金属	EN ISO 14341
非合金和细晶粒钢的埋弧焊焊丝、焊丝焊剂组合和药芯焊丝焊剂组合	EN ISO 14171
高强钢焊条电弧焊焊条	EN ISO 18275
非合金和细晶粒钢药芯焊丝	EN ISO 17632
埋弧焊焊剂	EN ISO 14174
不锈钢和热强钢焊条电弧焊焊条	EN ISO 3581
非合金和细晶粒钢钨极惰性气体保护焊焊丝	EN ISO 636
非合金和细晶粒钢焊条电弧焊焊条	EN ISO 2560
不锈钢和热强钢电弧焊焊丝	EN ISO 14343
高强钢气体保护焊焊丝	EN ISO 16834
高强钢埋弧焊焊丝、药芯焊丝	EN ISO 26304
不锈钢和热强钢药芯焊丝	EN ISO 17633
高强钢药芯焊丝	EN ISO 18276

如果焊接 EN 10025-5 的材料，焊材应能够保证焊缝有不低于母材的耐大气

腐蚀性能。除非另有规定，应使用表 4.3-2 中的某一选项。

表 4.3-2 对于 EN10025-5 中钢材、焊材的选择

焊接方法	选项 1	选项 2	选项 3
111	匹配	2.5%Ni	1%Ni 0.5%Mo
135	匹配	2.5%Ni	1%Ni 0.5%Mo
121/122	匹配	2%Ni	1%Ni 0.5%Mo
匹配：0.5%Cu 和其他元素			

对于不锈钢，焊材应能够保证熔敷金属有不低于母材的耐腐蚀性能。

EN1090 认证需使用 CE 认证焊丝，每一批次焊材采购，均要向供货商索要 EN10204 材质证明单。材料标识应能追溯到材料证明书的生产批号和炉号。存放区域应有温湿度计，存放条件满足焊材供应商的要求，或按厂家推荐的要求执行。每天都应有记录，如不满足应采取相应措施；所有焊材包括焊丝要求入库，不得存放在现场。要求焊材存放应离墙、离地至少 300mm，焊材包装应完好，开包的焊材未使用完应封好，并保持标识的完整；领用记录需详细，以避免误领用，且应有库存台帐等。

5 技术评审

5.1 总则

当结构由制造商设计时，制造商应对合同要求和所有其它要求，会同用户提出的所有设计数据或内部数据进行评审。制造商应建立一套机制，确保在工作开始前，进行生产操作所需的信息是完整的、可用的。制造商应确认其满足所有要求的能力，保证全部质量相关活动具有合适的计划。

制造商应进行要求评审，并确认：

工作内容处于其操作能力范围内；

具有足够的资源保证及时供货；

而且文件是清晰的、无争议的。

制造商应保证合同与先前报价文件之间的变化易于识别，让用户了解可能引发的程序、成本或工程方面的所有变化。

条款 5.2 中列出了在要求评审时或之前应考虑的典型款项。5.3 条中的款项为技术评审的一般内容，应在计划的开始阶段考虑。

在非合同环境下，这些款项应做备用，制造商在进行技术评审时应考虑 5.2 条中的要求（参见 5.3）。

5.2 要求评审

应考虑的方面包括下列：

- a) 将采用的产品标准及所有附加要求；
- b) 法定及常规要求；
- c) 制造商确定的所有附加要求；
- d) 制造商满足描述要求的能力。

5.3 技术评审

考虑的技术要求应包括：

- a) 母材技术条件及焊接接头性能；
- b) 焊缝的质量及合格要求；
- c) 焊缝的位置，可达性及次序，包括试验和无损检测的可达性；
- d) 焊接工艺规程、无损检验规程及热处理规程；
- e) 焊接工艺评定所使用的方法；
- f) 人员的认可；
- g) 选择、标识及(或)可追溯性，（如材料、焊缝）；
- h) 质量控制管理，包括某个独立检验机构的介入；
- i) 试验及检验；
- j) 分承包；
- k) 焊后热处理；
- l) 其它焊接要求，如焊接材料的批量试验、焊缝金属的铁素体含量、时效、氢含量、永久衬垫、喷丸、表面加工、焊缝外形；

- m) 特殊方法的使用，如单面焊时不加衬垫获得全焊透；
- n) 坡口及焊缝的尺寸、细节；
- o) 在车间或其它地方施焊的焊缝；
- p) 有关工艺方法应用的环境条件，如很低的大气温度条件或任何有必要提供保护的有害气候条件；
- q) 不符合项的管理。

6 焊接工艺评定

企业在项目钢结构施工时首次采用的母材、焊接材料、接头形式、焊接位置、焊后热处理制度以及焊接工艺参数、预热和后热措施等各种参数的组合条件，应在钢结构构件制作及安装施工之前对上述工艺、方法及参数的正确性而进行试验，该过程及对试验结果的评价，称为焊接工艺评定。

6.1 概述

焊接应根据经过评定认可的 WPS 执行，WPS 应符合 EN ISO 15609、EN ISO 14555、EN ISO 15620 或 EN ISO 17660 系列标准的要求。

如有规定，对于点固焊的实施规定应在包括在 WPS 中。对于空心型材桁架结构的接头，WPS 应规定起弧和收弧的区域，以及从角接到对接焊缝变化位置的处理方法。

焊接工艺评定和焊接工艺规程应根据 EN ISO 15607。

6.2 针对焊接方法

111、114、12、13 和 14 的焊接工艺评定

焊接工艺评定基于执行等级，母材和机械化程度，见表 6.2.

表 6.2 焊接方法 111、114、12、13、14 的焊接工艺评定的方式

评定方式		EXC4
基于焊接试验	EN ISO 15614-1a ISO 17660-1/ISO 17660-2b	允许

基于预生产	EN ISO 15613 ISO 17660-1/ISO 17660-2b	允许
基于标准焊接工艺	EN ISO 15612	允许 C
基于之前经验	EN ISO 15611	不允许
基于焊接填充材料	EN ISO 15610	不允许

a 焊接工艺评定根据 ISO 15614-1: 2017 的等级 2
b 仅适合钢筋和其他钢部件之间的焊接。只针对强度≤S355 的材料和手工及半自动的焊接工艺。
c 如果制造规程允许。

如评定钢材等级 $\geq S460$ 的角焊缝，应根据 EN ISO 9018 进行十字拉伸试验。或者如果制造规程允许，对于钢材等级 $\geq S460$ 的角焊缝，作为试验(根据 EN ISO9018)的代替，如果选择超强匹配的焊接填充材料焊接的角焊缝，以提高部件强度，应进行全焊缝金属的拉伸试验，其与焊接填充材料实际的名义拉伸强度比较。

关于十字拉伸试验，须进行三个十字拉伸试样的试验。如断裂于母材，应达到母材的最小名义抗拉强度。如断裂于焊缝金属，实际焊接横截面抗拉强度应计算。对于深熔角焊缝，应考虑实际熔入深度。计算的平均抗拉强度应 $\geq 0.8 R_m$ (R_m =母材名义抗拉强度)。

对于使用全机械化焊接的深熔角焊缝(多道焊或单道焊的第一道焊缝)，焊接工艺评定试验应根据 EN ISO15614-1 执行，对于名义焊缝厚度的范围基于实际的产品。检验应包括三个低倍金相试样，一个取自起试样弧部分，一个取自试样中间，一个取自试样的收弧部分。最小熔深值应根据实际低倍金相试样确认。

如果在车间带底漆焊接，应在最大允许的底漆厚度(名义+公差)情况下进行焊接工艺试验。车间底漆应根据 EN ISO 17652-1 到 EN ISO 17652-4 验证其焊接性。试件的缺欠在 EN IS05817 B 级的限制范围内，则焊接工艺评定合格，气孔应满足以下要求：

- a)非线性气孔(气孔区域中气孔之间的距离 \leq 气孔直径)；
- b)根据 EN ISO5817: 2014 附录 A 最大 8%，对于一般部件或对于受疲劳的部件应满足最大 4% 的要求。

对于不锈钢，焊接工艺评定应根据 ISO15614-1 执行，但材料的编号 1.4301.

1.4307、1.4541、1.4401、1.4404、1.4571 的非加工硬化不锈钢以及这些材料之间和它们和结构用碳钢之间的混合焊缝除外。

除非另有规定，则依据 EN ISO 15613 或 EN ISO 15614-1 进行工艺评定，应符合下列条件：

1)如果 EN ISO15614-1 要求冲击试验，则 EN ISO 15613 也要求，若规定要进行冲击实验，应在所连接的材料中要求的最低温度下进行冲击试验，包括存在不同夏比冲击要求中的最低试验温度要求。

2)对于根据 EN 10025-6 的钢件，一个微观金相是必须的，金相照片应包括焊接金属、熔合线和 HAZ 区域的。不允许微观裂纹。

6.3 其他焊接方法的焊接工艺评定

在 6.2 中未涉及的焊接过程焊接工艺评定应依照表 6.3 执行。

表 6.3 焊接方法 21、22、23、24、42、52、783、784 的焊接工艺评定方式

焊接方法（根据 ISO 4063）		焊接工艺规程	焊接工艺评定
代码	名称		
21	点焊	EN ISO 15609-5	EN ISO 15612
22	缝焊		
23	凸焊		
24	闪光焊	EN ISO 15609-5	EN ISO 15614-13
42	摩擦焊	EN ISO 15620	EN ISO 15620
52	激光焊	EN ISO 15609-4	EN ISO 15614-11
783	瓷环或气体保护的拉弧 螺柱焊	EN ISO 14555	EN ISO 14555
784	短周期拉弧螺柱焊		
786	尖端引弧储能式螺柱焊		

6.4 焊接工艺评定的有效期

焊接工艺的有效性取决于所用评定标准的要求，如有需要，焊接工作试件必须依据相关评定标准执行，如 EN ISO 14555、EN ISO 11970、EN ISO 17660-1、

EN ISO 17660-2 和 EN ISO 17652-2.

7 焊接工艺

焊接应该根据 EN ISO 3834 和 EN ISO 14554 系列标准相关要求执行，钢筋与结构钢的焊接应根据 ISO 17660 系列标准执行。

铁素体钢和不锈钢的弧焊应该遵从 EN 1011-1, EN 1011-2, EN 1011-3(7.7 章节)的相关要求和推荐。基于不同的执行等级，EXC4 应按照 EN ISO 3834-2 的要求执行。

7.1 焊接工艺要求

焊接工艺应包含以下内容：

- a)通过相应焊接工艺评定鉴定的焊接工艺规程，其应包括焊接填充材料、预热温度和层间温度以及焊后热处理的要求；
- b)为避免焊中和焊后出现变形应采取的措施；
- c)焊接顺序，对起弧和收弧位置的限制或指定，包括中间停弧和起弧位置，在这些位置因接头几何形状异常导致的焊接无法连续进行；
- d)中间检查要求；
- e)与焊接顺序相关的，焊接过程中部件的翻转；
- f)变形控制的细节；
- g)避免层状撕裂应采取的措施；
- h)控制热输入，以避免在小尺寸焊道时的局部硬化；
- i)焊接填充材料的专用设备(低氢、空调等)；
- j)不锈钢的焊缝外形和修整；
- k)根据章节 8 提出的焊缝验收标准要求；
- L)焊缝标识要求；

如果焊接或组装会重叠或掩盖先前的焊缝，须特别注意考虑首先焊接哪些焊缝，并且可能需要在焊接后续焊缝之前或在组装被掩盖部件之前对焊缝检验。

可使用的焊接工艺及其相关代码，定义见 EN ISO 4063。

7.2 焊工及焊接操作工

焊工应该取得 ISO 9606-1 资格，操作工应取得 ISO 14732 资格。

所有焊工和操作工的资格考试的记录应保存以确保资格有效性。

7.3 焊接责任人员

对于 EXC4，考虑焊接责任人应具备适合的资质、相关的焊接经验，焊接责任人应有的责任根据 EN ISO 14731。

由于焊接操作过程要求监督，焊接责任人应具备表 7.3-1 和表 7.3-2 规定的技术知识，其中分别为 B（基础）、S（专业）、C（全面）的专业知识，规定见 EN ISO 14731。

注：钢材的分组依据 CEN ISO/TR 15608，不同标准及钢材牌号的对应，可查询 CEN ISO/TR 20172。

对于钢筋焊接的焊接责任人的专业知识应根据 EN ISO 17660-1。

焊接责任人员负责相应焊接方法的焊工/操作工的资格。焊接责任人员可以作为考官。如果资格由外部的考官或考试机构进行，它应根据 EN ISO/IEC 17024 或 EN ISO/IEC 17020 要求的程序进行。

表 7.3-1 焊接责任人的专业知识-结构用碳钢

EXC	钢材组别	相关标准	专业等级
EXC4	S235 到 S355 (1.1、1.2、1.4)	EN 10025-2 EN 10025-3 EN 10025-4 EN 10025-5 EN 10149-2 EN 10149-3 EN 10210-1 EN 10219-1	C
	S420 到 S700 (1.3、2.3)	EN 10025-3 EN 10025-4 EN 10025-5 EN 10149-2 EN 10149-3 EN 10210-1 EN 10219-1	

表 7.3-2 焊接责任人的专业知识-不锈钢

EXC	钢材组别	相关标准	专业等级
-----	------	------	------

EXC4	奥氏体 (8)	EN 10088-2: 2005、表 3 EN 10088-3: 2005、表 4	C
	铁素体 (7.1)	EN 10296-2: 2005、表 1 EN 10297-2: 2005、表 2	
	奥氏体-铁素体 (10)	EN 10088-2: 2005、表 4 EN 10088-3: 2005、表 5 EN 10296-2: 2005、表 1 EN 10297-2: 2005、表 3	C

7.4 焊接施工和准备

7.4.1 接头准备

7.4.1.1 概述

接头准备应适合相应的焊接方法。

WPS 中应规定了接头准备与组对的公差范围。

EN ISO 9692-1 和 EN ISO 9692-2 给出了推荐的焊接准备细节。桥面板的焊接准备细节可参见 EN1993-2: 2006 的附录 C。

为确保工艺孔焊接的可达性，除非另有规定，其半径至少 40mm。

接头准备时不能有可见裂纹。强度大于 S460 的钢材时，切割区域应打磨，并进行外观检查、着色渗透或磁粉，检测确保没有裂纹。打磨去除可见裂纹，必要时矫正接头几何形状。

较大缺口或其它几何尺寸问题修复时需要使用经过认可的焊接工艺规程，上述区域应及时打磨并与加工平滑。

焊接表面应保持干燥，清除影响焊接质量的材料(锈、有机物或锌层)。

对于 EXC1，仅当预处理底漆不会对焊接造成影响时，可以焊前不用打磨。

对于 EXC3 和 EXC4，只有在有底漆条件下，按照 EN ISO 15614-1 或 EN ISO 15613 进行的焊接工艺评定后，才可以应用预涂底漆，否则预处理底漆焊前必须打磨。

注：EN ISO 17652-2 描述了用于测试预涂底漆对可焊性的影响的试验。

7.4.2 焊接填充材料的储存和流转

焊接填充材料的存储、流转及使用应依据制造厂商的推荐。

焊条和焊剂的烘干和存放时，应依据制造厂商的推荐。

焊接填充材料有受损迹象应拒绝使用。

注：受损或变质的情况包括焊条药皮出现裂纹或涂层破损、焊丝生锈或脏污以及镀铜层已破损或损坏。

7.4.3 大气防护

焊工和工作区都应做好防护，免受风、雨、雪的影响。

注意气保焊特别易受风力影响。

应使需要焊接的表面干燥且无冷凝物。

当待焊接的材料低于 5°C，应适当加热(见 EN1011-1)。

7.4.4 焊接装配

在初次焊接之前，为保证焊接部件尺寸及变形控制，焊前用点固焊或外部设备固定位置。装配时接头装配和部件的最终尺寸应在规定的公差内，应为收缩或变形预留变形量。

焊接部件装配和定位时，焊缝应具有可达性和使焊工易于观察。

不能增加额外焊缝，如无规定，不能改变焊缝的位置。

7.4.5 预热

如有预热要求，预热应按照 EN ISO 13916、EN1011-2 和/或 EN 1011-3 进行。如果要求，预热应按照适用的 WPS 进行，包括点焊、临时附件的焊接。

7.4.6 临时附件

如果组装或安装过程需要使用临时焊接附件，附件所处位置应便于去除，且附件的去除不能对钢结构部件造成破坏。临时附件焊接应依照 WPS 进行。不允许焊接临时附件的区域要做出规定。

EXC4 使用的临时附件可能产生的拘束应在施工规程中做出规定。

临时焊接附件经切割、刨削或凿削后，母材表面不能损伤且随后即仔细打磨平滑。移除位置应进行外观检验，对于钢材等级 $\geq S355$ 等级，应进行 NDT。除非另有规定，对于钢材等级 $\geq S355$ 等级或受疲劳的部件，不允许使用刨削和凿削。

临时构件清除后，检验应确保结构材料在临时构件焊接处无裂纹。

7.4.7 定位焊

对于 EXC4，定位焊应使用经过评定的焊接工艺。除非试验证明点固焊长度

可以更短，否则焊缝的最小长度应是较厚部件壁厚的四倍或者 50mm 中较小的一个。

所有不进入最终焊缝的定位焊焊缝都应清除。进入最终焊缝中的定位焊焊缝的成型应恰当、并由有资质的焊工焊接。定位焊焊缝不能有熔合缺陷，最终焊接前应清理干净。有缺欠(比如裂纹)的定位焊焊缝要清除。

7.4.8 角焊缝

7.4.8.1 概述

所有已熔敷的角焊缝，焊缝厚度和/或焊脚长度应不小于规定尺寸，以下事项应考虑：

- a) WPS 规定的焊缝厚度，适用于深熔工艺或部分焊透工艺；
- b)若间隙 h 超过限定值，可以通过增加焊缝厚度 $a = a_{nom} + 0.7h$ 加以弥补，这里 a_{nom} 指名义焊缝厚度。

7.4.8.2 连接部件的角焊缝

部件端部或侧面的角焊缝应围绕拐角进行连续焊接，长度不应小于焊脚长度的两倍，除非可达性差或结构限制。在没有其他规定时，要完成角焊缝的包角焊。

角焊缝焊道最小长度，不包括端部包角，应至少为焊脚长度的四倍。

由于毛细现象导致生锈的位置，不能使用断续角焊缝。端部角焊缝应延伸至连接部件的端部。

对于搭接接头，其最小搭接长度应不小于较薄连接部件厚度的四倍。如果不能阻止接头的开口，单面角焊缝不能使用。

如果部件端部仅与纵向角焊缝相连，每个焊缝的长度(L_{we}) 不应小于两个隔板距离(b)的 75% (见图 1)。

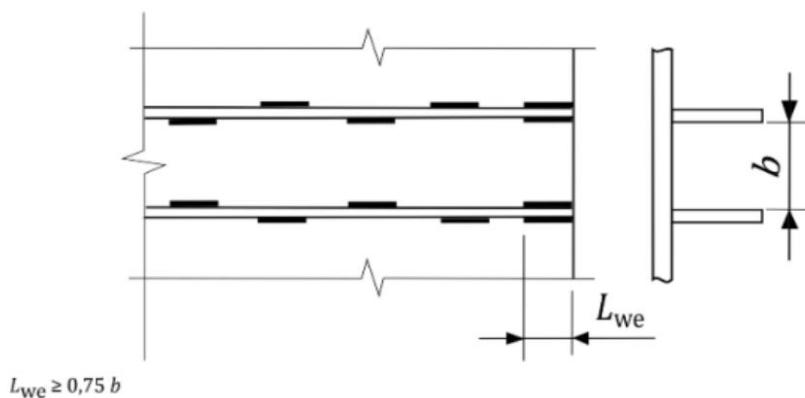


图 7.4.8.2 断续角焊缝

7.4.9 对接焊缝

7.4.9.1 概述

当结构材料是由对接焊缝拼接而成，应确认该位置和长度是否满足设计要求。

注：确认应包括在设计报告中。

保证对接焊缝端部焊缝厚度是有效的。

对于 EXC4，横向连接的全熔透对接焊缝应使用引弧板和收弧板。对于 EXC4，如有规定，纵向连接的全熔透对接焊缝和部分熔透焊缝(横向连接或纵向连接)也应使用引弧板和收弧板。引弧板和收弧板的可焊性应不低于母材。

焊后应清除所有引弧板、收弧板和其它辅助材料，清除应符合条款 7.4.6。

如果焊缝余高需要打磨平滑，应在建造规程中规定。

7.4.9.2 单面焊缝

单面全熔透焊缝可使用或不使用金属或非金属衬垫。

除非另有规定，否则可以使用永久钢制衬垫。它应包含在 WPS 中。

如果使用钢制衬垫，其碳当量(CEV)不能超过 0.43%或与焊缝所连接材料中可焊性最好的材料相同。

背面衬垫应牢固的与母材连接，应优先使用连续的全长度的接头。对于 EXC4，永久性衬垫应与接头具有相同的长度，意味着是全熔透的对接焊缝。定位焊缝应包含在对接焊缝中。

除非另有规定，不允许在没有衬垫的情况下对中空截面之间的接头中的单面对接焊缝进行打磨。只有焊缝全熔透时，才可能磨平至与母材表面轮廓平滑过渡的程度。

7.4.9.3 背面清根

背面清根要有足够深度，才能完全清除焊缝金属中缺陷。背面清根要形成一个单面 U 型坡口，使其易于之后的焊接。

7.4.10 螺柱焊

螺柱焊应根据 EN ISO 14555 进行。

按照 EN ISO 14555 进行焊接工艺评定与实际应用一致。

注意：例如工艺评定时可以根据需要在镀锌板上进行螺柱焊。

7.4.11 槽焊和塞焊

槽焊和塞焊的孔应比例适当，为焊接留有足够的可达性。尺寸应做规定。尺寸应为：

- a) 宽度：大于塞焊部件的厚度至少 8 mm；
- b) 长形孔长度：70 mm 或是板厚的五倍中较小的一个。

在孔中角焊缝检查合格后，在槽焊缝上进行塞焊。如没有其它规定，先槽焊，再塞焊。

7.4.12 焊后热处理

部件焊接后如需要热处理，应当有适当的工艺，热处理质量要求详见 ISO/TR 17663。

7.4.13 焊接施工

应采取措施避免出现电弧擦伤，若在焊接熔合面以外出现电弧擦伤，钢件表面适当打磨并检查。对于钢等级 $\geq S460$ ，应进行外观检查，并辅以渗透检测或磁粉检测，如果有规定，其它等级也适用。

应采取措施避免发生焊接飞溅。除非另有规定，对于钢等级 $\geq S460$ 时，应清除焊接飞溅。

在每一焊道焊接前，应将前面焊道中可见的裂纹、孔穴以及其它不允许的缺欠清除。

在每一焊道焊接前，应将前面焊道表面的熔渣清除，盖面焊道表面的熔渣也应清除。应特别注意焊缝与母材之间的连接处。

应对焊接完成之后的打磨和修整要求做出规定。

7.4.14 不锈钢的焊接

应规定不锈钢(包括同种和不同类型不锈钢之间或与碳钢之间)的焊接要求。

焊接责任人应考虑选择合适的焊接工艺、焊接方法和焊接填充材料。应仔细考虑不锈钢被污染和电化学腐蚀的问题。

8 焊接检验

8.1 焊缝质量常规要求

除非另有规定，对于 EXC1、EXC2 和 EXC3，焊接缺欠的验收标准见 EN ISO

5817: 2014, “焊趾不良”(505)和“微观未熔合”(401)不做评判外, 所有焊缝几何形状和轮廓的附加要求都必须遵照执行。

- a) EXC1 质量等级 D 级, “焊缝厚度不足”(5213)满足质量等级 C 级;
- b) EXC2 质量等级 C 级, 但“焊瘤”(506)、“电弧擦伤”(601)和“弧坑”(2025)满足质量等级 D 级, “焊缝厚度不足”(5213)满足质量等级 B 级;
- c) EXC3 质量等级 B 级;

注: 焊缝连接根据 EN 1993-1-8 设计, 通常的质量等级可定义为 EXC2。

对于 EXC4, 焊缝应满足 EXC3 的最低要求, 在此基础上应规定相应焊缝的附加要求 C。

8.2 疲劳要求

除非另有规定, 根据 EN 1993-1-9 设计的承受疲劳载荷的焊缝, 建造规程应规定相关的验收要求, 验收要求基于焊接接头的细节类别 (DC)。

对于 EXC4, 附加的要求见条款 8.1, 焊缝的验收要求根据 EN ISO 5817: 2014 规定, 附录 C 规定如下:

- a) DC (细节类别)不超过 63 质量等级 C 63;
- b) DC (细节类别)大于 63 和不超过 90 质量等级 B 90;
- c) DC (细节类别)大于 90 和不超过 125 质量等级 B 125。

8.3 检验

8.3.1 概述

根据 EN ISO 3834 相关部分的要求, 检验和试验计划应包括焊前、焊中和焊后的检验和试验。

检验和试验计划应包括类型试验(见 8.3.3)、常规检验和试验(见 8.3.4)和项目规定的检验和试验(8.3.5)。检验和试验计划应明确需要规定装配检验的接头, 因检验很可能在装配方面存在困难。

非破坏性检验方法(NDT)应根据 EN ISO 17635 选择, 作为焊接计划要求的检验和试验计划的基础。

NDT, 特殊规定的外观检验应由有资质(根据 EN ISO9712)的人员执行。

8.3.2 焊后检查

一般来说，焊后附加 NDT 在表 8.3.2 所示的焊后最短等待时间后才进行。当规定焊接之后检验母材和邻近热影响区的层状撕裂，表 8.3.2 中的等待时间也应遵守。

表 8.3.2 最短等待时间

		等待时间 (h) a			
根据 EN 1011-2: 2001 附录 C 的方法 A 进行预热					
焊缝尺寸 (mm) b	热输入 Q(KJ/mm)	S235 至 S460	S460 以上		
a 或 s≤6	所有	仅冷却周期	24		
6< a 或 s≤12	≤3	8	24		
	>3	16	40		
a 或 s>12	≤3	16	40		
	>3	24	48		
根据 EN 1011-2: 2001 附录 C 的方法 B 进行预热					
焊缝尺寸 (mm) b	S235 至 S690		S690 以上		
a 或 s≤20	仅冷却周期		24		
a 或 s>20	24		48		
完成焊接到开始 NDT 的时间应记录在 NDT 报告中。“自然冷却”表示焊后达到 NDT 所需要的冷却程度的时间。					
采用的尺寸为：角焊缝的焊缝厚度 a 或全熔透焊缝的焊缝厚度 s。对于单个全熔透对接焊缝，是标称焊缝深度，但对于部分熔透对接焊缝，它是标称焊缝厚度的总和。					

对于预热的焊缝，若在焊后进行热处理，最短等待时间可以缩短。

如果焊缝在后续无法进入，则在后续工作之前执行检验。

焊接区域进行变形校正后，应进行再次检查。

8.3.3 类型试验

根据新的 WPQR 或新引进的 WPQR 编写的 WPS (根据 EN ISO 15609 相关部分)完成的前 5 个部件检验，应满足下列要求：

- a)在生产条件下，为验证 WPS，质量等级要求应为 B 级；
- b)检验的最小长度是 900 mm。

若检查发现不符合，应进行调查，找出问题原因。后续措施的建议见 EN ISO 17635。

注：上述检验是为了证明按照 WPS 能生产出质量合格的产品。

8.3.4 常规检验和试验

所有焊缝都要进行全长度的外观检测。若发现表面缺陷，应增加渗透或磁粉检验进行确认。

对于 EXC1、EXC2、EXC3 中的焊缝，附加 NDT 的要求见表 8.3.4。

对于 EXC4 中的焊缝，应对每一个识别的焊缝规定 NDT 的范围。

如果适用，附加 NDT 应包括表面检验和内部检验。

附加 NDT 方法应由 8.3.7 中规定的相应的焊接责任人选择。

如根据 8.3.3，证明按照 WPS 能生产出质量合格的产品，附加 NDT 的规定范围可根据表 8.3.4 的要求，相同 WPS 相同焊缝接头作为后续检查。检查范围比例可按照每批次产品的比率进行。

除非另有规定，部件的 NDT 比例(%)应符合表 8.3.4，根据下列要求执行：

- a) 检验批次中的每个焊缝的检验长度都应大于单一焊缝最小要求的长度；
- b) 检验批次中，如果所有焊缝总的检验长度小于 900mm，其中至少一条焊缝应整个长度内进行检验，而不考虑 P %；
- c) 如果检验批次由几个长度小于 900 的相同的焊缝组成，检验批次中，所有总长度最低 P % 长度条件下随机选择的焊缝进行检验，应检查其整个长度。

根据表 8.3.4 进行的常规检验的选择应确保所检验部分应尽可能具有广泛的代表性：接头类型、不同种类的结构材料、焊接设备和焊工操作。表 8.3.4 的检验范围与产品的实际年度生产变化相关联。

如果每年在给定的车间进行试验或使用电子方法监测焊接参数，表明特定类型的焊缝质量(例如接头类型、不同种类的结构材料、焊接设备)始终可接受，那么只要三个月的生产计划，该车间 NDT 的范围可减少到低于百分比。只要提供证明三个月的生产审核试验计划并记录。

表 8.3.4 常规附加 NDT 检验的范围

焊缝类型	现场和车间		
	EXC1	EXC2	EXC3

横向对接焊缝和部分熔透对接焊缝	0% ^b	10%	20%
横向对接焊缝和部分熔透焊缝: ——十字接头 ——T型接头	0% ^b 0%	10% 5%	20% 10%
横向角焊缝 C: $a > 12\text{mm}$ 或 $t > 30\text{mm}$ $a \leq 12\text{mm}$ 或 $t \leq 30\text{mm}$	0% 0%	5% 0%	10% 5%
腹板和起重机轨道梁上翼缘之间的纵向的全熔透焊缝 d	0%	10%	20%
其他纵向焊缝、加强肋板和腹板之间的焊缝 (施工规程定义其受压)	0%	0%	5%
<p>a 对于 EXC4, 检验范围至少达到 EXC3 的要求。</p> <p>b 对于等级 $\geq S420$ 的钢材, 每条焊缝至少 10%</p> <p>c a 和 t 是指焊缝厚度和所连接板材中最厚度的厚度。</p> <p>d 纵向焊缝是指这些焊缝与部件纵向平行。其他焊缝为横向焊缝。</p>			

如果检验出现不符合, 应进行调查以找到产生的原因。推荐见 EN ISO 17635: 2016 附录 C.

8.3.5 项目规定的检验和试验

对于 EXC1、EXC2 和 EXC3, 施工规程可以明确产品试验要求和指定接头的检验包括范围。

对于 EXC4, 施工规程应明确指定接头的检验包括范围, 其规定至少达到 EXC3 的要求。

8.3.6 焊缝的外观检验

外观检验应在焊接完成之后, 其它附加 NDT 之前进行。

外观检验包括:

- a)所有焊缝是否存在和位置是否正确;
- b)根据 EN ISO 17637 要求进行检验;
- c)电弧擦伤和飞溅的检查。

对中空型材的支管连接焊缝进行形状和表面检验时, 应特别注意下列位置:

- a)圆管：正面的中部、正面与侧面的拐角和侧面的中间两侧；
- b)方管和矩形型材：四个拐角位置。

8.3.7 附加 NDT 方法

附加 NDT 方法应根据 EN ISO 17635 中规定的一般原则进行实施，具体标准要求如下：

- a)渗透检测(PT)依照 EN ISO 3452-1 进行；
- b)磁粉检测(MT)依照 EN ISO 17638 进行；
- c)超声波检测(UT) 依照 EN ISO17640 和 EN ISO 23279 或 EN ISO 13588；
- d)射线检测(RT) 依照 EN ISO 17636 系列进行。

NDT 方法的适用领域在相应标准中进行了规定。

8.3.8 焊缝的返修

对于 EXC2、EXC3 和 EXC4 焊缝的返修应按照认可的焊接工艺规程进行。

8.3.9 焊接的工作试件

如有规定，对于 EXC3 和 EXC4，应按如下要求焊接工作试件：

a)每种用于焊接强度大于 S460 级别的钢材的焊接工艺都应该用工作试件来验证。检测包括外观检验、渗透检验或磁粉检验、超声波检验或射线检验(对接焊缝)、硬度试验和低倍金相。检测和结果应符合相应焊接工艺评定的相关标准；

b)对于深熔角焊缝，应检查焊缝熔深，并记录实际熔深尺寸；

c)正交异性结构的桥面板：

1)对于全机械化焊接的与桥面板连接的加强部件，应焊接一定数量(见下面
2))工作试件并检查，对于桥梁，至少焊接一个工作试件，检验采用低倍金相。

低倍金相检验的位置是起弧或收弧和中间位置；

2)与桥面板连接的加强部件工作试件的数量和选取位置：小于 1000m² 桥面板面积的选取三个位置，每增加 1000m² 增加两个试验位置或不足，最大面积 5000m²。超过 5000m²，每增加 1000m² (或不足)增加一个试验位置。

3)加强部件使用拼接板连接，也需要工作试件。

9 焊接补强与加固

9.1 钢结构焊接补强与加固

钢结构焊接补强与加固的方案应由设计、施工和业主等各方共同研究确定。

9.1.1 编制补强与加固技术资料

原结构的设计计算书和竣工图，当缺少竣工图时，应测绘结构的现状图；

原结构的施工技术档案资料及焊接性资料，必要时应在原结构构件上截取试件进行检测试验；

原结构或构件的损坏、变形、锈蚀等情况的检测记录及原因分析，并应根据损坏、变形、锈蚀等情况确定构件(或零件)的实际有效截面；

9.1.2 待加固结构的实际荷载资料

钢结构焊接补强或加固设计，应考虑时效对钢材塑性的不利影响，不应考虑时效后钢材屈服强度的提高值。

对于特殊腐蚀环境中钢结构焊接补强和加固问题应作专门研究确定。

9.1.3 钢结构的焊接补强或加固方式

卸载补强或加固：在需补强或加固的位置使结构或构件完全卸载，条件允许时，可将构件拆下进行补强或加固；

负荷或部分卸载状态下进行补强或加固：在需补强或加固的位置上未经卸载或仅部分卸载状态下进行结构或构件的补强或加固。

9.1.4 负荷状态下进行补强与加固工作规定

应卸除作用于待加固结构上的可变荷载和可卸除的永久荷载。

应根据加固时的实际荷载(包括必要的施工荷载)，对结构、构件和连接进行承载力验算，当待加固结构实际有效截面的名义应力与其所用钢材的强度设计值之间的比值符合下列规定时应进行补强或加固：

β 不大于 0.8(对承受静态荷载或间接承受动态荷载的构件)；

β 不大于 0.4 (对直接承受动态荷载的构件)。

轻钢结构中的受拉构件严禁在负荷状态下进行补强和加固。

在负荷状态下进行焊接补强和加固时，可根据具体情况采取下列措施：

a 必要的临时支护；

b 合理的焊接工艺。

9.1.5 负荷状态下焊接补强或加固施工应符合下列要求

对结构最薄弱的部位或构件应先进行补强或加固；

加大焊缝厚度时，必须从原焊缝受力较小部位开始施焊。道间温度不应超过200°C，每道焊缝厚度不宜大于3mm；

应根据钢材材质，选择相应的焊接材料和焊接方法。应采用合理的焊接顺序和小直径焊材以及小电流、多层多道焊接工艺；

焊接补强或加固的施工环境温度不宜低于10°C。

对有缺损的构件应进行承载力评估。当缺损严重，影响结构安全时，应立即采取卸载、加固措施或对损坏构件及时更换；对一般缺损，可按下列方法进行焊接修复或补强：

对于裂纹，应查明裂纹的起止点，在起止点分别钻直径为12mm~16mm的止裂孔，彻底清除裂纹后并加工成侧边斜面角大于10°的凹槽，当采用碳弧气刨方法时，应磨掉渗碳层。预热温度宜为100°C~150°C，并应采用低氢焊接方法按全焊透对接焊缝要求进行。对承受动荷载的构件，应将补焊焊缝的表面磨平；

对于孔洞，宜将孔边修整后采用加盖板的方法补强；

构件的变形影响其承载能力或正常使用时，应根据变形的大小采取矫正、加固或更换构件等措施。

9.1.6 焊接补强与加固应符合下列要求：

原有结构的焊缝缺欠，应根据其对结构安全影响的程度，分别采取卸载或负荷状态下补强与加固，具体焊接工艺应按本规范第7章节的相关规定执行。

角焊缝补强宜采用增加原有焊缝长度(包括增加端焊缝)或增加焊缝有效厚度的方法。当负荷状态下采用加大焊缝厚度的方法补强时，被补强焊缝的长度不应小于50mm。

用于补强和加固的零件宜对称布置。加固焊缝宜对称布置，不宜密集、交叉，在高应力区和应力集中处，不宜布置加固焊缝。

用焊接方法补强铆接或普通螺栓接头时，补强焊缝应承担全部计算载荷。

10 EXC4 等级认证要求

10.1 认证检查内容

FPC 负责人, 焊接责任人的资料: 中英文简历、学历证书资质证书;

组织机构文件: 焊接质量手册、中英文焊接组织机构图(体现焊接责任人的独立性)、中英文职责分工表;

针对项目的文件评审: 要求评审、技术评审、图纸审核、工艺文件、分包商资料、工作试件、无损检测人员资质、母材和焊材的材质书;

相关工艺规程: 焊接工艺规程、热切割及下料加工工艺规程、无损检测工艺规程、火焰校正工艺规程、涂装工艺规程、机械连接工艺规程、预热及层间温度测量工艺规程等;

质量记录文件: 要求/技术评审报告、材料检验文件、焊接材料检验文件、焊接工艺规程、设备维护报告、焊接工艺评定报告、焊工或焊接操作者证书、生产计划报告、修复记录及其它不符合项的报告、客户要求的其他文件;

企业焊接质量手册规定, 相关质量记录文件保存至少 5 年。如合同对质量记录的保存期超过此要求, 应按合同要求执行。

10.2 设备要求

建立焊接设备清单台账: 计量校验台账及检定证书、焊接设备日常点检制度, 设备台账、维护保养计划及记录需规范, 焊接设备必须定期校验。

10.3 人员要求

10.3.1 焊工证/焊接操作工证

EN1090 认证中对于焊工(手工焊)及焊工操作人员(自动焊机操作人员)要求按照 ISO 标准进行人员考核及认证。一般需由欧盟公告机构签发。EN1090 认证中焊工证/焊接操作工证涉及的主要标准如下:

ISO9606-1 焊工考试熔化焊第一部分 钢

ISO9606-2 焊工考试熔化焊第二部分 铝及铝合金

ISO14732 焊接操作工技能评定

10.3.2 焊接协调员

申请 EN1090 认证的焊接企业应该具备焊接责任人员，企业应通过人员证书或文件方式表明焊接责任人员具备的技术水平：

ISO14731 焊接协调员-任务和职责

(常见的证明焊接协调员满足相应要求的证书即：(IWE/IWS/IWT)

10.3.3 无损检测人员资格认定证书

申请 EN1090 认证的焊接制造工厂往往需要对焊缝进行无损检测，常见的无损检测方法包括：VT（目视）、PT（渗透探伤）、UT（超声波探伤）、RT（射线探伤）、MT（磁粉探伤）。申请 EN1090 认证，申请方无损检测人员按照如下标准取得焊缝检验的 2 级证书：

ISO 9712 无损检测人员资格鉴定与认证

检验人员、焊工需持证上岗，焊接技术人员、NDT 人员必须持相应资格证书，根据项目情况配置 1~2 名 IWE 焊接工程师。定期对检验人员、焊接操作人员进行内部培训，需保留培训记录。焊接质量监督人员要加强监督及检验工作，强化工艺纪律检查，以确保焊接产品质量满足图纸及相关技术要求。根据生产规模及产品要求，焊接监督应在焊接生产现场履行监督职责。

10.4 有效期

10.4.1 概述

应在初始评估一年后执行首次评审。如无重大纠正措施，则可降低检验频率，但出现以下任一情况时除外：

- a)更新或更改基本设施；
- b)焊接协调员负责人更换；
- c)新的焊接方法、母材金属类型和相关的焊接工艺评定报告（WPQR）；
- d)新的基本设备。

10.4.2 如无 10.4.1 中 a)至 d)之中的情况发生，则两次评审的间隔期和初次评审后的间隔期应按照表格 10.4.2 执行。

表格 10.4.2 例行评审周期

施工等级	初始型式试验（ITT）后对制造商 FPC 的评审周期（年）
EXC3 和 EXC4	1-1-2-3-3

10.4.3 制造商声明

如果检验周期为 2 年或 3 年，则制造商需每年做出声明，证明无 10.4.1 中 a) 至 d) 之中的情况发生。

10.4.4 检验不合格后操作

在发生重大不符合标准问题及对不合格品纠正后，评估的频率应恢复为初始监测后的状态，表格 10.4.2 中规定的条款再次适用。

附录 A EXC4 使用要求

序号	要求	EXC4
1	要求评审	要求评审
		要求报告
2	技术评审	要求评审
		要求报告
3	分包商	就特定的分承包产品、服务及活动按照制造商对待，但制造商最终对质量负责
4	焊工及焊接操作工	要求考核
5	焊接责任人员	要求
6	试验及检验人员	要求考核
7	生产及试验设备	按要求配备合适的制备、工艺实施、试验、运输、抬升设备，并且有安全、防护功能
8	设备维护	要求提供并维持设备的有效性
		要求书面计划和报告
9	设备描述	要求明细
10	生产计划	要求
		要求书面计划和报告
11	焊接工艺规程	要求
12	焊接工艺评定	要求
13	焊接材料的批量试验	如果有要求
14	焊接材料的保管	要求符合供应商建议的程序
15	母材的储存	要求保护免受环境影响：存放期间应保持标识
16	焊后热处理	确认产品标准或规范要求得到满足
		要求规程、报告和报告相对产品的可追溯性
17	焊前、焊接过程中和焊后的试验和检验	要求

18	不符合项及纠正	采取控制措施，要求修复及或纠正程序
19	测量、试验、检验设备的校准	要求
20	过程中的识别	如果有要求
21	可追溯性	如果有要求
22	质量报告	如果有要求

附录 B WPQR 使用样表

制造商:	地址:				
制造商焊接工艺编号:					
试验标准及编码:	焊接日期:				
评定范围					
焊接方法:					
接头类型:					
层或多层:					
焊接电流类别:					
焊接位置:					
母材:	材料组别:				
材料厚度:					
外径:					
角焊缝厚度:					
填充材料类别:					
保护气体/焊剂:					
根部保护:					
预热温度:					
层间温度:					
热输入(kJ/ mm)	最大值:		最小值:		
焊后热处理(°C):					
评定覆盖范围:					
其它内容:					
根据上面所示标准, 焊接准备、焊接、试验都符合标准要求。					
检测单位:					
编制		审核		批准	

附录 B-1 现场焊接工艺参数记录

地点:			制造商焊接工艺编号:								
焊接方法:			坡口准备和清理:								
接头类型:			焊接设备:								
母材规格(mm):			焊接位置:								
母材质保书:			焊工姓名:								
焊材质保书:			焊材烘干规定:								
焊接坡口准备(图):											
焊接接头形式(mm)			焊接顺序(mm)								
保护气体/焊剂	电弧保护	/	气体流量 (L/min)	电弧保护		/					
	根部保护	/		根部保护		/					
钨极种类/直径(mm):		/	其它说明:			/					
干伸长度(mm):		/	基值电流/峰值电压:			/					
焊枪角度(°):		/	脉冲频率(Hz):			/					
金属过渡形态:		/	脉冲时间(ms):			/					
背面清根/衬垫详述:		/	弧长/微调:			/					
焊后热处理:		/	摆动(焊道的最大宽度)(mm):			/					
时间、温度、方法:		/	振动(振幅、频率、停留时间):			/					
焊接工艺参数											
焊道	工艺方法	焊材规格(mm)	电流强度(A)	电弧电压(V)	电流种类/极性	送丝速度(m/min)	焊接速度(mm/s)	温度/(°C)		热输入(kJ/mm)	摆动(g/mm)
								热	层间		
1											
2											
3											

4											
5											
6											
编制:			审核:				批准:				

附录 B-2 焊接工艺评定试验结果

编号[No.]		焊接工艺评定试验结果							
检验项目		报告号			结果				
外观检验					<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格			
PT/MT 检验					<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格			
超声波检验					<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格			
射线检验					<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格			
拉伸试验									
报告号:									
编号	拉伸方向	屈服强度 N/mm ²	抗拉强度 N/mm ²	试样尺寸	断口位置	结果			
/	横向 纵向	/	/	/	母材[B.M.] 焊缝[W.M.]	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格			
/	横向 纵向	/	/	/	母材[B.M.] 焊缝[W.M.]	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格			
弯曲试验									
报告号:									
编号	弯曲类型			弯曲条件					
/	<input type="checkbox"/> 侧弯	<input type="checkbox"/> 面弯	<input type="checkbox"/> 背弯	角度: 压头 长度:	<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格			
/	<input type="checkbox"/> 侧弯	<input type="checkbox"/> 面弯	<input type="checkbox"/> 背弯		<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格			
/	<input type="checkbox"/> 侧弯	<input type="checkbox"/> 面弯	<input type="checkbox"/> 背弯		<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格			
/	<input type="checkbox"/> 侧弯	<input type="checkbox"/> 面弯	<input type="checkbox"/> 背弯		<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格			

附录 B-3 焊接工艺评定试验结果

		焊接工艺评定试验结果								编号[No.]		Rev.		
检验项目		报告号								结果				
宏观腐蚀试验		检测依据:												
报告号:														
试样编号		试样照片								结论				
硬度试验														
报告号:		测试方法:		维氏硬度试验 (HV10)										
验收标准:														
硬度测试位置				母材(L)			热影响区(L)					焊缝		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				C										
				R										
				母材(R)			热影响区(R)					母材:		
				1										
H1≤2mm; H2≤2mm				C										
				R										
结论		<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格												
备注:														
编制		审核		批准										

附录 C WPS 使用样表

	焊接工艺规程 (WPS)	编号: 编制: 批准:																																				
制造厂商: _____																																						
工艺评定报告编号: _____ 钢号及组别: _____																																						
板厚覆盖: _____ 焊缝厚度: _____																																						
焊接方法: _____ 手工或机械: _____																																						
焊接位置:																																						
填充金属技术条件:																																						
填充金属:	焊剂:																																					
焊材烘干条件:																																						
气体/焊剂保护:	气体流率:	<input type="checkbox"/> 单焊道 <input type="checkbox"/> 多焊道 <input type="checkbox"/> 单弧 <input type="checkbox"/> 多弧																																				
焊接电流:	极性:																																					
摆动 (焊道的最大宽度) (mm):	金属过渡方式:																																					
接头类型:																																						
背面衬垫及清根情况:																																						
最低预热和道间温度:																																						
最高预热和道间温度:	焊后热处理温度(°C)	保温时间 (最少) (h)																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">连接设计</th> <th colspan="6">焊接顺序</th> </tr> <tr> <th>焊道</th> <th>焊接方法</th> <th>焊材规格</th> <th>电流强度 A</th> <th>电弧电压 V</th> <th>电流极性</th> <th>送丝速度 m/min</th> <th>焊接速度 mm/s</th> <th>热输入 kJ/mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> </tr> </tbody> </table>			连接设计			焊接顺序						焊道	焊接方法	焊材规格	电流强度 A	电弧电压 V	电流极性	送丝速度 m/min	焊接速度 mm/s	热输入 kJ/mm																		
连接设计			焊接顺序																																			
焊道	焊接方法	焊材规格	电流强度 A	电弧电压 V	电流极性	送丝速度 m/min	焊接速度 mm/s	热输入 kJ/mm																														
备注:																																						

附录 D 焊缝目视检测报告

焊缝目视检测报告														
项目名称							图号							
材料		检测比例			100%		报告编号							
接头类型		对接 角接 端接 T型接头 搭接					检测阶段							
							焊前 焊中 焊后 返修							
检验标准		EN ISO 17637: 2016					验收标准				EN 1090-2-2018			
检验工具		手电筒 间隙尺 焊脚尺 镜子 放大镜 钢直尺												
检测详情及结果														
焊缝号 / 探伤部分	焊接工 艺规程	缺陷 位置	板厚	缺陷描述 (EN ISO 6520-1)								结论		备注
				101	102	301	401	402	504	515	601	其他	接受	

编制:				审核:												
日期:				日期:												

附录 E 超声波检测报告

		超声波检测报告					
		产品编号					
		报告编号					
产品名称		部件名称		检测比例	%	检测地点	<input type="checkbox"/> 车间 <input type="checkbox"/> 工地
接头类型	<input type="checkbox"/> 对接 <input type="checkbox"/> 角接 <input type="checkbox"/> T 接 <input type="checkbox"/> 其他	焊接方式	<input type="checkbox"/> 埋弧焊 <input type="checkbox"/> 手工焊 <input type="checkbox"/> 气保焊 <input type="checkbox"/> 其他		坡口型式	<input type="checkbox"/> 单 V <input type="checkbox"/> 单 U <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> 双 V <input type="checkbox"/> 双 U <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> 其他	
热处理	没有	表面状态	<input type="checkbox"/> 焊接面 <input type="checkbox"/> 磨平焊缝 <input type="checkbox"/> 砂轮打磨	材质		工艺编号	

耦合剂	<input type="checkbox"/> 浆糊 <input type="checkbox"/> 机油 <input type="checkbox"/> 水 <input type="checkbox"/> 其他	仪器型号/编号	<input type="checkbox"/> EPOCH XT <input type="checkbox"/> EPOCH 650 <input type="checkbox"/> CTS-9008 ZTC-JW-UT-	传输修正值	dB	母材检测	<input type="checkbox"/> 接受 <input type="checkbox"/> 有问题				
试块/编号	<input type="checkbox"/> IIW <input type="checkbox"/> CSK-IA <input type="checkbox"/> CTR-B-1 <input type="checkbox"/> CTR-B-2 <input type="checkbox"/> CTR-B-3 <input type="checkbox"/> T= mm Φ= 3 mm 横孔 (编号:)			基准灵敏度		检测灵敏度	Φ 3+ dB				
检测区域	焊缝及热影响区	检测时机	焊后: <input type="checkbox"/> >24 小时 <input type="checkbox"/> >48 小时 <input type="checkbox"/> >72 小时 <input type="checkbox"/> 冷却至室温	检测部位温度	°C	时基线范围					
检验标准/等级		验收标准/等级		扫查方式	<input type="checkbox"/> 锯齿形扫查 <input type="checkbox"/> 平行扫查 <input type="checkbox"/> 斜平行扫查						
坐标系	超声检测布置图: (图示说明: 1-探头, 2-构件)				头	编号	类型	频 率	晶片尺寸	角度	前沿
			MHz	mm		°	mm				
			MHz	mm		°	mm				

														MHz	mm	°	mm
序号 No.	焊缝 编号	母材厚度/ 规格	焊缝 长度	检测 面	实测折 射角	缺陷 编号	缺陷位置 (mm)					回波高度		评定结论		备注	
							S	D	L	X	Y	当量 ($\Phi \pm \text{dB}$)		拒收	接受		
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
备注: ①X, Y: 显示; S: 声程 D: 深度 L: 长度																	
检测:		资格:		ISO 9712 UT 级			复核人:			资格:			ISO 9712 UT 级				
		日期:											日期:				

附录 F 射线检测报告

	射线检测报告						产品名称				产品编号							
							报告编号				产品编号							
委托单位			工件名称			检测部位				检测比例 / 数量								
热处理状况	没有		材质			焊接方式 / 坡口型 式		<input type="checkbox"/> 埋弧焊 <input type="checkbox"/> 手工焊 <input type="checkbox"/> 气保焊 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/> 单V <input type="checkbox"/> 单U <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> 双V <input type="checkbox"/> 双U <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> 其他										
检测时机	焊后: <input type="checkbox"/> >24h <input checked="" type="checkbox"/> >48h <input type="checkbox"/> >72h <input type="checkbox"/> 冷却至室温		工艺卡编号			表面状态		<input type="checkbox"/> 焊接面 <input type="checkbox"/> 磨平焊缝 <input type="checkbox"/> 砂轮打磨										
射线源种类	<input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> Ir192 <input type="checkbox"/> Co60		射线源型号			焦点尺寸 (mm)				胶片牌号 / 等级								
胶片规格	× mm		增感方式	<input type="checkbox"/> Pb <input type="checkbox"/> Fe <input type="checkbox"/> 前 mm <input type="checkbox"/> 后 mm		要求底片黑度				检验标准/等级								
显影液配方			显影条件	时间 min 温度 °C		冲洗条件		<input checked="" type="checkbox"/> 自动 <input type="checkbox"/> 手工		验收标准/等级								
焊缝/底片编号	公称厚度 mm	像质计型号/ 显示丝号 IQI. No. /	透照方式	像质计位置	F	f	b	源强度	管电压 KV	管电流 mA	曝光时间 min	底片黑度	缺陷			评定结论		
													位置	数量	类型	长度	级别	拒收
													1					
													1					
													1					

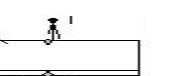
--

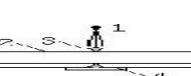
备注: ① F-焦距(mm) f-射线源至工件距离(mm) b-工件至胶片距离(mm)

② 检测布置图: (图示说明 1-射线源, 2-构件, 3-像质计 IQI, 4-胶片)

单壁透照 中心法透照 双壁透照 小径管椭圆成像 小径管垂直成像 其它







检测人员:	(资格: RT 级)	日期:
评片人员:	(资格: RT 级)	日期:
审核人员:	(资格: RT 级)	日期:

附录 G 磁粉检测报告

		磁粉检测报告															
							产品编号										
							报告编号										
检测机构		产品名称			部件名称		检测地点		<input type="checkbox"/> 车间 <input type="checkbox"/> 工地								
焊接方式		<input type="checkbox"/> 埋弧焊 <input type="checkbox"/> 手工焊 <input type="checkbox"/> 气保焊 <input type="checkbox"/> 其他		接头类型	<input type="checkbox"/> 对接 <input type="checkbox"/> 角接 <input type="checkbox"/> T 接 <input type="checkbox"/> 其他	坡口形式	<input type="checkbox"/> 单 V <input type="checkbox"/> 单 U <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> 双 V <input type="checkbox"/> 双 U <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> 其他										
表面状态		<input type="checkbox"/> 焊接面 <input type="checkbox"/> 砂轮打磨	热处理		母材和焊材		检测部位										
仪器型号/编号			检测时机	>焊后: h	观察条件	> 1000 Lx	检测比例		%								
检测方法		<input type="checkbox"/> 磁轭法 <input type="checkbox"/> 连续法 <input type="checkbox"/> 交流电 AC <input type="checkbox"/> 直流电 DC <input type="checkbox"/> 干法 <input type="checkbox"/> 湿法 <input type="checkbox"/> 荧光 <input type="checkbox"/> 纵向 <input type="checkbox"/> 周向 <input type="checkbox"/> 复合			检测部位温度	°C	灵敏度试片										
检测介质施加		<input type="checkbox"/> 喷 <input type="checkbox"/> 浇 <input type="checkbox"/> 洒	磁化电流		磁悬液浓度	<input type="checkbox"/> mL/100g <input type="checkbox"/> g/100mL	磁化时间										
检测介质		<input type="checkbox"/> 水基 <input type="checkbox"/> 油基 <input type="checkbox"/> 红 <input type="checkbox"/> 黑 <input type="checkbox"/> 黄	工艺编号		检验标准		验收标准/验收等级										
检 测 部 位 缺 陷 情 况	焊接接头 (工件)部 位编号	母材厚度/ 规格	焊缝长 度	缺陷 编 号	缺陷 类 型	缺陷迹痕 尺寸(mm)	缺陷处理方式及结果				评定结论						
							打磨后复检缺陷		补焊后复检缺陷								
							性质	迹痕尺寸 (mm)	性质	迹痕尺寸(mm)							

检测人员: (资格: MT 级 I) 日期: 年 月 日 复核人员: 日期: 年 月 日

附录 H 渗透检测报告

		渗透检测报告					产品名称					
							产品编号					
							报告编号					
委托单位				部件名称		检测比例	%	检测地点	<input type="checkbox"/> 车间 <input type="checkbox"/> 工地			
焊接方式		<input type="checkbox"/> 埋弧焊 <input type="checkbox"/> 手工焊 <input type="checkbox"/> 气保焊 <input type="checkbox"/> 其他		接头类型	<input type="checkbox"/> 对接 <input type="checkbox"/> 角接 <input type="checkbox"/> T 接 <input type="checkbox"/> 其他	焊接方式/坡口形式	<input type="checkbox"/> 单 V <input type="checkbox"/> 单 U <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> 双 V <input type="checkbox"/> 双 U <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> 其他					
表面状态		<input type="checkbox"/> 焊接面 <input type="checkbox"/> 砂轮打磨		热处理	没有	母材和焊材		检测部位				
检测时机		焊后: <input type="checkbox"/> >24 小时 <input type="checkbox"/> >48 小时 <input type="checkbox"/> >72 小时 <input type="checkbox"/> 冷却至室温		检测方法	溶剂去除型 着色渗透检测	对比试块类型		观察条件	> Lx			
检测介质施加		<input type="checkbox"/> 喷 <input type="checkbox"/> 浇 <input type="checkbox"/> 洒		光照射度		渗透剂牌号/批号		渗透/干燥温度	°C			
预清洗、去除方式		溶剂去除		渗透时间		清洗剂牌号/批号		检验标准/检验等级				
工艺编号				显像时间		显像剂牌号/批号		验收标准/验收等级				
检测部位缺陷情况	焊接接头 (工件) 部位编号	母材厚度/规格	焊缝长度	缺陷 编号	缺陷 类型	缺陷迹痕尺寸 (mm)	缺陷处理方式及结果			评定结论		
							打磨后复检缺陷		补焊后复检缺陷			
							性质	迹痕尺寸 (mm)	性质			迹痕尺寸 (mm)
											级别	拒收.
检测部位示意图												
备注:												

附录 I 焊缝返修记录

焊接返修记录															
总承包商:				监理单位:				钢梁加工单位:				记录编号:			
工程名称						项目编号									
节段号						板单元号									
焊缝编号	焊接 工艺 规程 编号	焊前检验												焊后检验	
		焊材	接头准备	点焊质量	日期	预热温度 (°C)	焊接设备编号	焊工编号	焊接电压 (V)	焊接电流 (A)	焊接速度 (mm/s)	热输入量 (KJ/mm)	日期	外观检查/ 焊缝尺寸 检查	日期
												(合格/不 合格)			
以下空白															
编制:					审核:										
日期:					日期:										