

团 体 标 准

T/FJAS 015—2025

工业化装配式桥梁技术规范

Technical specifications for industrialized prefabricated bridge

2025 - 4 - 14 发布

2025 - 4 - 20 实施

目 次

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 施工准备	3
5 材料	4
6 零件制造	7
7 组装	15
8 焊接与矫正	15
9 焊缝质量检验	28
10 预拼装与试拼装	38
11 涂装	39
附 录 A	43
附 录 B	50
附 录 C	52
附 录 D	53
附 录 E	54
附 录 F	60

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中铁二十二局集团第三工程有限公司提出。

本文件由福建省标准化协会归口。

本文件起草单位：中铁二十二局集团第三工程有限公司、浙江交工集团股份有限公司、中国建筑第五工程局有限公司、中交鹭建有限公司、中铁一局集团有限公司、福建路港(集团)有限公司。

本文件主要起草人：刘四德、胡永刚、任焯军、蔡庆宋、徐建宁、王巧艺、白子斌、文奇福。

工业化装配式桥梁技术规范

1 范围

1.1

为适应工业化装配式桥梁建设需要，规范装配式桥梁制造方法和工艺，统一检验标准，提升装配式桥梁整体技术水平，特制定本文件。

1.2

本文件由 11 章和 6 个附录组成，内容为：1.范围；2.规范性引用文件；3.术语和定义；4.施工准备；5.材料；6.零件制造；7.组装；8.焊接与矫正；9.焊缝质量检验；10.预拼装与试拼装；11.涂装；附录 A 资料性附录；附录 B 钢材焊接工艺评定；附录 C 圆柱头焊钉焊接工艺评定；附录 D 钢材及加工缺陷的修补；附录 E 涂装材料复检要求；附录 F 高强度螺栓连接抗滑移系数试验方法。

1.3

本文件适用于工业化装配式桥梁的工厂制造及质量检验。

1.4

工业化装配式桥梁的制造除执行本文件外，尚应执行国家、行业和本省有关标准规定。

2 规范性引用文件

本文件附录 A 中的文件内容通过文中的规范性引用构成本文必不可少的条款，各文件的最新版本适用于本文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

零件 part

组成装配式桥梁的最小元件。

3.2

板单元 panel unit

由若干零件组成的基本单元。包括顶板单元、底板单元、腹板单元、横隔板单元、纵隔板单元、风嘴单元等。

3.3

构件 member

由零件、板单元组成的钢结构基本单元。

3.4

制造节段 manufacturing segment

钢结构在工厂加工制造时划分形成的块体。

3.5

首制件 first member

钢桥首制构件或首轮制造构件。

3.6

预拼装 assembled in advance

在安装施工前, 为保证构件的安装精度进行的连续匹配拼装。

3.7

试拼装 test assembling

在安装施工前, 为检查构件的制造精度, 全部构件或选取有代表性的部分构件进行的拼装。

3.8 安装节段 install segment

钢结构在现场分段架设时的构件块体。

3.9

钢锚箱 steel box for cable anchor

一种拉索箱式锚固结构, 由锚垫板、承压板、两块侧向支撑板、一个前支撑板、一个后支撑板、一个钢套管以及焊接于支撑板的加劲肋等组成。

3.10

钢锚梁 steel beam for cable anchor

一种用于锚固一对拉索的轴力平衡式的梁式拉索锚固结构, 由一对锚垫板、一对承压板、一对上支撑板、一对下支撑板、平衡梁的腹板和顶底板、一对钢套管以及焊接于锚梁的加劲肋等组成。

3.11

一般钢箱梁 general steel box girder

钢箱连续桥、钢箱简支梁桥、钢箱组合梁桥等桥梁的钢箱梁, 以及系杆拱桥的钢箱系梁、钢箱横梁等的统称, 有单箱单室、单箱多室、多箱单室、多箱多室等结构形式。

3.12

大型扁平钢箱梁 large aerodynamic steel box girder

大型斜拉桥、悬索桥等桥梁的大型扁平形状钢箱梁, 通常采用单箱结构, 两侧设置风嘴。

3.13

高强度大六角头螺栓连接副 heavy-hex high strength bolt assembly

由一个高强度大六角头螺栓, 一个高强度大六角螺母和两个高强度平垫圈组成一副的连接紧固件。

3.14

扭剪型高强度螺栓连接副 twist-off-type high strength bolt assembly

由一个扭剪型高强度螺栓, 一个高强度大六角螺母和一个高强度平垫圈组成一副的连接紧固件。

3.15

摩擦面 faying surface

高强度螺栓连接板层之间的接触面。

3.16

摩擦型连接 friction-type joint

依靠高强度螺栓的紧固，在被连接件间产生摩擦阻力以传递剪力而将构件或板单元连成整体的连接方式。

3.17

抗滑移系数 mean slip coefficient

高强度螺栓连接摩擦面滑移时，滑动外力与连接中法向压力(等同于螺栓预拉力)的比值。

3.18

扭矩系数 torque-pretension coefficient

高强度螺栓连接中，施加于螺母上的紧固扭矩与其在螺栓导入的轴向预拉力(紧固轴力)之间的比例系数。

3.19

栓焊混用连接 joint with combined bolts and welds

在梁、柱、支撑构件的拼接及相互间的连接节点中，翼缘采用熔透焊缝连接，腹板采用摩擦型高强度螺栓连接的连接接头形式。

4 施工准备**4.1 一般规定**

4.1.1 制造单位应建立健全质量保证体系和制造质量检验制度，确保制造全过程的质量管理和控制。

4.1.2 制造单位应建立健全安全生产管理体系，明确安全责任，严格执行安全操作规程，对制造过程中存在的各种风险源进行分析、评估，并制定防范对策和相应的突发事件应急预案。

4.1.3 制造单位应建立健全环境保护管理体系，遵守国家环境保护的有关法律法规，减少污染，保护环境。

4.1.4 制造单位应对使用计量器具进行检定，合格后方可使用，并按有关规定进行操作。

4.1.5 制造单位应编制装配式桥梁制造施工组织、制造工艺、焊接工艺、涂装工艺等施工方案，绘制工厂制造图纸，制定材料采购计划、材料运输、存储和管理制度。

4.2 主要准备工作**4.2.1 设计图的制造工艺审查**

制造单位应对钢结构图纸进行制造工艺审查，如果设计图存在无法制造或制造困难的构造，应及时与设计单位联系，如果需要对设计图进行调整和变更，应取得原设计单位同意。

4.2.2 制造单位应按本文件 4.1.5 的规定编制钢结构制造施工组织方案和相关工艺方案，各种施工方案具体要求如下：

a) 钢结构制造施工组织方案应明确钢结构制造与运输总体方案，质量与安全管理体系和保证措施，人员安排与资质管理，场地与设备安排，进度安排等。

b) 钢结构制造工艺方案应明确钢结构厂内加工制造的流程、工艺、工装、设备。根据运输、安装条件，合理划分构件的工厂制造单元、运输单元。明确材料复验、钢材预处理、板单元加工工艺与装备、构件组拼工艺与装备、焊接与螺栓连接施工工艺、变形矫正、构件与焊缝的返修、预拼装

或试拼装，以及各道工序的质量检测方法和质量验收要求。

c) 涂装工艺方案应明确涂装的涂层方案、工艺流程、材料品种、规格和性能指标，材料复验内容、方法与验收标准，钢结构表面处理工艺，涂装工艺，钢结构制造与运输中对涂装的保护措施，涂装施工场地安排与作业环境，质量与安全管理体系和保证措施，环境保护管理体系和保证措施，人员安排与资质管理，设备安排，进度安排等。

4.2.3 专家评审

钢结构制造施工组织方案、制造工艺方案和焊接工艺试验报告等应进行专家评审，由监理单位审批后报请相关单位。

4.2.4 绘制钢结构工厂制造图

钢结构制造单位，应根据设计图纸和经监理单位审批的钢结构制造工艺方案，绘制工厂加工图，并符合以下要求：

- a) 钢结构工厂制造图包括：加工制造零件图、板单元组拼图、构件组拼图、钢结构总拼图、厂内试装简图、工地拼装简图、构件汇总表等。
- b) 钢结构工厂制造图应考虑桥梁纵断线形、平面线形、横坡、预拱度、焊接变形、边缘加工余量、切割余量、制造温度、施工方法的影响。
- c) 板单元和构件划分时，焊缝宜避开结构重要受力位置和车轮经常直接作用位置。空间几何形状复杂的构件，或采用平面图难以确定其几何尺寸的构件宜绘制三维图，或采用 BIM 建模。

5 材料

5.1 一般规定

5.1.1 制造单位应根据审批的钢结构制造施工组织方案和制造工艺方案、焊接工艺方案等，制定材料采购计划和材料存放与管理制度。

5.1.2 材料应符合设计文件和合同文件的要求，以及标准的规定。材料应有材料生产厂家的质量证明文件。钢材、焊接材料、高强螺栓、圆柱头焊钉和涂装材料应按相关规范和本文件的规定进行抽样复验，复验合格后方可使用。

5.2 钢材

5.2.1 钢材应符合表 1 的规定。

表 1 钢材等级规定

钢材种类			标准名称及编号
钢级	质量等级	轧制方法和交货状态	
Q355、Q390	B,C,D	热轧	《低合金高强度结
Q420	B,C		
Q460	B		

Q355N Q390N、Q420N Q460N	B,C,D,E,F B,C,D,E B,C,D	正火轧制或正火交货	构钢》 GB/T 1591
Q355M Q390M、Q420M Q460M、Q500M、 Q550M、Q620M、 Q690M	B,C,D,E,F B,C,D,E B,C,D	热机械轧制	
Q195		热轧、控轧、或正火	《碳素结构钢》 GB/T 700
Q215	A,B		
Q235、Q275	A,B,C,D		
Q345q、Q370q	C,D,E	热轧或正火	《桥梁用结构钢》 GB/T 714
Q500q、Q550q、 Q620q、Q690q	D,E,F	调质	
35 号优质钢、45 号优质钢	热轧或热锻	《优质碳素结构钢》 GB/T 699	
Z15、Z25、Z35	/	《厚度方向性能钢板》 GB/T 5313	
ZG200-400、 ZG230-450、 ZG270-500、 ZG310-570、 ZG340-460	/	《一般工程用铸造碳 钢 件》GB/T 11352	

- 5.2.2 进口钢材应进行进口商检及按规定检验其化学成分和力学性能，产品的质量应符合设计和合同规定的要求。
- 5.2.3 钢板厚度允许偏差应符合《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》(GB/T 709)的规定。
- 5.2.4 钢板厚度大于或等于 8mm 时，不得采用卷料及开平板。
- 5.2.5 钢材在加工过程中发现缺陷需要修补时，应符合本文件附录 D 的规定。
- 5.2.6 钢材应采用喷码或色带标识，色带标识的每种色带宽度不宜小于 50 mm。
- 5.3 焊接材料
- 5.3.1 焊接材料应与母材相匹配，其型号及规格应根据焊接工艺评定确定。
- 5.3.2 焊接材料应具有生产厂家提供的质量证明书，并进行抽样检验。
- 5.3.3 焊接材料质量管理应符合《焊接材料质量管理规程》(JB/T 3223)的规定。焊接材料应储存在干燥、

通风良好的室内，由专人保管、烘焙、发放和回收，并详细记录。对储存期超过一年的焊接材料，使用前应重新按标准检验。

5.4 圆柱头焊钉

5.4.1 圆柱头焊钉的外形尺寸、机械性能应符合《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》(GB/T 10433)的规定，化学成分应符合《冷镦和冷挤压用钢》(GB/T 6478)的规定。

5.4.2 圆柱头焊钉用瓷环型式与尺寸应符合《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》(GB/T 10433)的规定。

5.4.3 圆柱头焊钉应按 1‰的比例进行抽样复验，当同一批次的焊钉数量少于 8000 个时抽取 8 个焊钉进行复验，复验项目和性能应符合《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》(GB/T 10433)的规定。

5.5 螺栓连接副

5.5.1 高强度螺栓连接副应符合 GB/T 1228、GB/T 1229、GB/T 1230、GB/T 1231、GB/T 3632 的规定。

5.5.2 普通螺栓连接副应符合 GB/T 5780、GB/T 5781、GB/T 5782、GB/T 5783 的规定。

5.5.3 高强度大六角螺栓连接副和扭剪型高强度螺栓连接副应按如下要求进行紧固轴力复验，试验螺栓应从施工现场待安装的螺栓中随机抽取，每批抽取 8 套连接副进行复验。

5.5.4 作为永久性连接的普通螺栓，当设计有要求或对其质量有疑义时应进行螺栓实物最小拉力载荷复验，其试验方法和结果应符合《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》(GB/T 3098.1)的规定。

5.6 涂装材料

5.6.1 涂装材料的品种、规格、技术性能指标应符合设计图和合同文件的要求，有完整的出厂质量合格证明文件和出厂检验证明资料。

5.6.2 涂装材料应性能可靠、防蚀性强、耐候性好，其防护年限应满足设计图纸规定。

5.6.3 涂装材料应符合设计文件、《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》(JT/T 722)以及本文件附录 A 相关规范的要求。

5.6.4 涂装材料应具有生产厂家提供的质量证明书和质量检验试验资料，并进行复验。

5.7 高强度螺栓

5.7.1 大六角头高强度螺栓连接副由一个螺栓、一个螺母和两个垫圈组成，使用组合应按表 2 规定。扭剪型高强度连接副由一个螺栓、一个螺母和一个垫圈组成。高强度螺栓连接副应按批配套进场，并附有出厂质量保证书。高强度螺栓连接副应在同批内配套使用。

表 2 大六角头高强度螺栓连接副组合

序号	螺栓	螺母	垫圈
1	10.9s	10H	(35~45)HRC
2	8.8s	8H	(35~45)HRC

5.7.2 高强螺栓连接副的运输和场内保存应符合下列要求：

- a) 高强螺栓连接副在安装使用前不得随意开箱；
- b) 高强螺栓连接副在运输、保管过程中，应防雨、防潮，轻装、轻卸、防止损坏螺纹；
- c) 高强度螺栓连接副应按包装箱上注明的批号、规格分类保管；室内存放，堆放应有防止生锈、潮湿及沾染脏物等措施，工地存储高强螺栓连接副时，应存放在干燥、通风、防雨、防潮的仓库内。

d) 高强度螺栓连接副的保管时间不应超过 6 个月。当保管时间超过 6 个月后使用时，应按要求重新进行扭矩系数或紧固轴力试验，检验合格后方可使用；

- e) 高强螺栓连接副使用前应进行外观检查，表面应油膜正常、无污物；
 - f) 高强螺栓连接副开箱使用时，应核对螺栓直径、长度；
 - g) 高强螺栓连接副使用过程中，不得淋雨，不得接触泥土、油污等脏物。
- 5.7.3 高强螺栓连接分项工程验收应按国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 和本文件的规定执行。
- 5.7.4 高强螺栓连接分项工程检验批合格质量标准应符合下列规定：
- a) 主控项目必须符合国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 中合格质量标准的要求；
 - b) 一般项目其检验结果应有 80%及以上的检查点(值)符合国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 中合格质量标准的要求，且允许偏差项目中最大超偏差值不应超过其允许偏差限值的 1.2 倍；
 - c) 质量检查记录、质量证明文件等资料应完整。
- 5.7.5 当高强螺栓连接分项工程施工质量不符合国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 和本文件的要求时，应按下列规定进行处理：
- a) 返工或更换高强螺栓连接副的检验批，重新进行验收；
 - b) 经有资质的检测单位检测鉴定能够达到设计要求的检验批，应予以验收；
 - c) 经有资质的检测单位检测鉴定达不到设计要求，但经原设计单位核算认可能够满足结构安全的检验批，可予以验收；
 - d) 经返修或加固处理的检验批，如满足安全使用要求，可按处理技术方案和协商文件进行验收。
- 5.7.6 高强螺栓连接分项工程检验批宜与钢结构安装阶段分项工程检验批相对应，其划分宜遵循下列原则：
- a) 单层结构按变形缝划分；
 - b) 多层及高层结构按楼层或施工段划分；
 - c) 按独立刚度单元划分。
- 5.7.7 高强螺栓连接副进场验收检验批划分宜遵循下列原则：
- a) 与高强螺栓连接分项工程检验批划分一致；
 - b) 按高强螺栓连接副生产出厂检验批批号，宜以不超过 2 批为 1 个进场验收检验批，且不超过 6000 套；
 - c) 同一材料(性能等级)、炉号、螺纹(直径)规格、长度(当螺栓长度 $\leq 100\text{mm}$ 时，长度相差 $\leq 15\text{mm}$ ；当螺栓长度 $> 100\text{mm}$ 时，长度相差 $\leq 20\text{mm}$ ，可视为同一长度)、机械加工、热处理工艺及表面处理工艺的螺栓、螺母、垫圈为同批，分别由同批螺栓、螺母及垫圈组成的连接副为同批连接副。

6 零件制造

6.1 一般规定

6.1.1 桁架构件的盖板、腹板，箱形梁（钢箱梁桥）、工形梁、槽形梁、钢箱拱以及钢塔等的顶板、底板、腹板、纵隔板、横隔板、风嘴的板单元、锚箱（锚固耳板、锚管等），板单元的面板，纵肋(含 U 形肋)、横肋、拼接板、节点板、圆柱头焊钉等为主要零件；其余为次要零件。

6.1.2 钢材进场经材料复验合格后，钢板应进行辊平、抛丸或喷砂除锈、涂防锈底漆等预处理。预处理后应移植钢板的牌号、规格等信息。

6.1.3 相同的构件，制造精度宜达到互换要求；设计文件有要求时，按设计文件执行。

6.2 放样与号料

6.2.1 对于形状复杂、在图中不易确定尺寸的零部件应通过作样校对，或利用计算机模拟校对。

6.2.2 放样、号料前应检查钢材的牌号、规格和质量，并记录保存依据，由监理工程师确认。

6.2.3 钢材不平整、锈蚀、油污等影响号料或切割质量时，应矫正和清理后再号料。

6.2.4 主要零件下料时，钢材的轧制方向应与结构主要受力方向相同。

6.2.5 放样及号料时，应根据工厂加工图和加工制造工艺文件要求，预留制造和安装时的焊接收缩余量、切割和边缘加工等的加工余量、以及调整制造和安装误差的配切余量等。

6.2.6 钢板工厂拼板或对接时，接缝应距离其它焊缝圆弧起点、高强度螺栓拼接板端等部位 100 mm 以上，钢板焊接的圆弧端部应打磨匀顺。对板厚相差 4 mm 以上的拼板或对接焊应按设计文件要求做成斜坡过渡；设计文件对斜坡没有规定时，过渡斜坡的坡度不应大于 1:4。

6.3 切割

6.3.1 首次采用的切割工艺，以及切割设备发生变化或设备大修后应进行切割工艺评定试验，并根据评定试验结果编制切割工艺文件，按工艺文件要求进行切割，其切割质量应满足以下要求：

- a) 钢材切割面应符合本文件 6.3.3 的规定；
- b) 精密切割后不进行边缘加工的零件应符合本文件 6.3.4 的规定；
- c) 剪切质量应满足表 4 的要求；
- d) 手工焰切尺寸容许偏差应符合本文件 6.3.6 的规定。

6.3.2 主要零件和钢箱梁的横隔板应采用精密切割（数控、自动、半自动）或等离子切割。剪切仅适用于次要零件或剪切后再进行机加工的主要零件。手工焰切仅适用于工艺特定或焰切后再进行加工的零件，切割时钢板应放平、垫稳，割缝下面留有空隙。

6.3.3 钢材切割面应无裂纹、夹渣、分层。

6.3.4 精密切割后不进行边缘加工的零件应符合下列要求：

- a) 尺寸偏差应符合本文件 6.7 的规定。
- b) 切割面的硬度不超过 HV350。
- c) 精密切割表面质量应符合表 3 的规定。

表3 精密切割边缘表面质量要求

序号	项目	主要零件	次要零件	备注
1	表面粗糙度 Ra	25 μ m	50 μ m	GB/T 1031 用样板检测
2	崩坑	不允许	1000mm 长度内，允许有 1 处	

			$\leq 1\text{mm}$	
3	塌角	圆角半径 $\leq 0.5\text{mm}$		
4	切割面垂直度	$\leq 0.05t$, 且 $\leq 2\text{mm}$		t 为板厚
注: 《产品几何技术规范 (GPS) 表面结构 轮廓法 表面粗糙度参数及其数值》(GB/T 1031)				

6.3.5 采用剪切工艺时钢板厚度不宜大于 12mm, 剪切边缘应整齐、无毛刺、反口、缺肉等缺陷。需 要进行边缘机加工的板单元尺寸应考虑机加工余量的要求。不进行边缘机加工的板单元, 剪切的反口应 修平, 切割的挂渣应铲净。剪切质量应满足表 4 的要求。

表4 剪切质量技术要求

检验项目	规定值或允许偏差
板单元尺寸	$\pm 2\text{mm}$
板边垂直度	$\leq 0.05t$ (t 为板厚), 且不大于 2mm
板切割直线度	$\leq L/1000$, L 为板的切割长度
型钢(构件)长度	$\pm 1\text{mm}$
型钢端头垂直度	$\leq 2\text{mm}$

6.3.6 手工焰切尺寸容许偏差应小于等于 $\pm 2\text{mm}$ 。

6.3.7 切割后的零件圆弧部位应修磨匀顺, 零件非焊接边的切割边均应倒 R2mm 圆角。

6.3.8 焰切边缘的缺口或崩坑的修补应符合本文件附录 D 的规定。

6.3.9 切割完毕后, 应对零件进行标识, 标识信息包括工号、图号、件号、板厚、材质、炉批号等。

6.4 零件弯曲

6.4.1 主要零件冷作弯曲时, 环境温度不宜低于 -5°C , 内侧弯曲半径不宜小于板厚的 15 倍 (U 肋弯 曲加工除外), 内侧弯曲半径小于板厚的 15 倍者 (U 肋弯曲加工除外) 应热煨, 热煨加温温度、 高温 停留时间、冷却速率应与加工钢材的性能相适应, 上述弯曲后的零件边缘不得产生裂纹。

6.5 零件矫正

6.5.1 在进行制孔、机加工、弯曲加工等工序前, 零件应进行矫正。

6.5.2 零件的矫正宜采用冷矫。零件需要采用加热矫正时, 加热温度应控制在 $600^{\circ}\text{C}\sim 800^{\circ}\text{C}$, 设计 文 件对矫正方法有要求时, 按设计文件规定执行。

6.6 零件机加工

6.6.1 加工面的表面粗糙度 Ra 不应大于 $25\ \mu\text{m}$, 零件边缘的加工深度不应小于 3 mm。零件边 缘硬 度不超过 HV350。

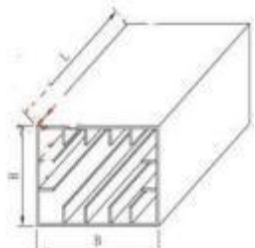
6.6.2 顶紧传力面的表面粗糙度 Ra 不应大于 $12.5\ \mu\text{m}$, 顶紧加工面与板面垂直度偏差不应大于 $0.01t$ (t 为板厚), 且不应大于 0.3 mm。检验方法为: 观察检查, 比照样块检查, 用塞尺检查间隙。

6.6.3 应根据预留加工量及平面垂直度要求, 对零件均匀加工, 并应磨去边缘的飞刺、挂渣, 使端面 光 滑匀顺。

6.6.4 采用机加工或精密切割进行坡口加工,过渡段坡口应打磨匀顺,坡口尺寸及允许误差依据工艺评定确定。

6.6.5 钢塔节段端面机加工应符合表 5 规定

表5 钢塔节段端面机加工质量要求



序号	名称		允许偏差	检测工具和方法	简图
1	构件长度 L		±2mm	钢尺	
2	平面度	面积≤40m ²	≤0.08mm/m 且全平面≤0.25mm	精密激光测量	
		面积>40m ²	全平面≤0.4mm	精密激光测量	
3	两端面的倾斜度		≤0.5	精密激光测量	
4	节段端面对轴线的垂直度 (顺桥向、横桥向)		≤1/10000	精密激光测量	
5	表面粗糙度		Ra≤12.5 μm	粗糙度测量仪 或样块 对比法	

6.7 检验

6.7.1 钢板零件加工允许偏差应符合表 6 的规定。

表6 钢板零件加工允许偏差


单位 mm

序号	名称	允许偏差		简图	
1	平面度	每米范围	f ₁		
2	直线度	全长范围	L≤8000	f ₂	
			L>8000	f ₃	

6.7.2 型钢零件加工允许偏差应符合表 7 的规定。

表7 型钢零件加工允许偏差

单位 mm

序号	名称	允许偏差		简图
1	直线度	每米范围	$f \leq 0.5$	
2	角钢肢垂直度	栓接联结部位	$\Delta \leq 0.5$	
		其余部位	$\Delta \leq 1$	
3	角钢、槽钢肢平面度	栓接联结部位	$\Delta \leq 0.5$	
		其余部位	$\Delta \leq 1$	
4	工字钢、H型钢、槽钢腹板平面度	栓接联结部位	$\Delta \leq 0.5$	
		其余部位	$\Delta \leq 1$	
5	工字钢、H型钢、槽钢翼缘垂直度	栓接联结部位	$\Delta \leq 0.5$	

6.7.3 钢管零件加工允许偏差应符合表 8 的规定。

表8 钢管零件加工允许偏差

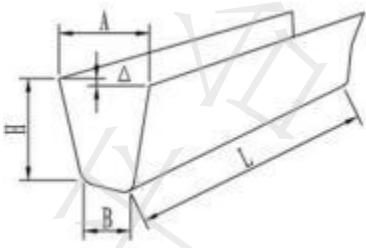
单位 mm

序号	名称	允许偏差	简图
1	钢管纵向直线度	$f/L \leq 1/1000$, 且 $f \leq 10\text{mm}$	
2	钢管椭圆度	$\delta/d \leq 3/1000$	
3	端面平面度	$\delta/d \leq 1/500$, 且 $\delta \leq 3\text{mm}$	

6.7.4 U形肋加工允许偏差应符合表 9 的规定。

表9 U形肋尺寸允许偏差

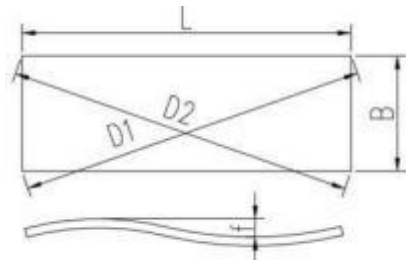
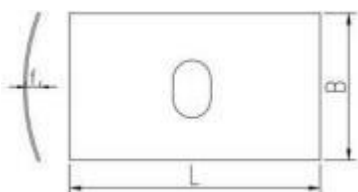
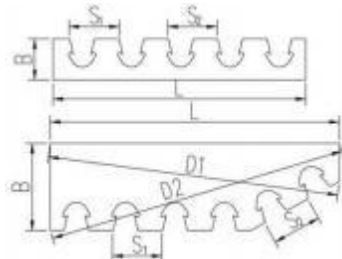
单位 mm

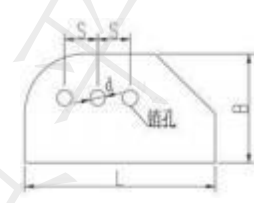
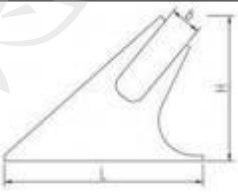
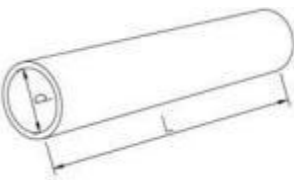
序号	名称	允许偏差	简图
1	上宽 A	+3, -1	
2	下宽 B	±1.5	
3	高度 H	±2	
4	两肢高差 Δ	≤2	
5	长度 L	±2	
6	旁弯、竖弯	≤L/1000 且≤6mm	
7	扭曲	≤3	

6.7.5 钢箱梁零件加工的偏差应符合表 10 的规定。

表 10 钢箱梁零件加工尺寸允许偏差

单位mm


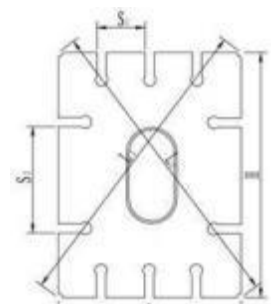
序号	名称	允许偏差	简图	
1	顶底板	长度 L	±2	
		宽度 B	±2	
		对角线差 D1-D2	≤4	
		平面度 f	≤1 (1000 范围)	
2	腹板、 纵隔板	长度 L	±2	
		宽度 B	±1	
		平面度 f _i	≤2 (1000 范围)	
3	横隔板	长度 L	±2	
		宽度 B	±2	
		对角线 L ₃ , L ₄	±4	
		面板平面度 f	≤3 (1000 范围)	
		孔距 d ₂	±3	
		弧形缺口棱边打	≤3	

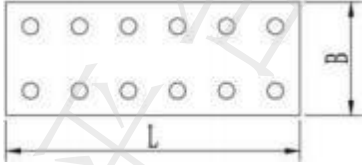
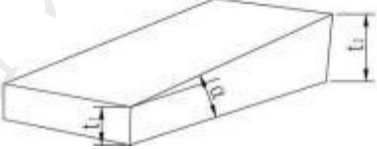

		磨倒圆角半径		
		任意两槽口中心距 S_1	± 2	
		相邻两槽口中心距 S_2	± 1	
4	吊索锚固	长度 L	± 2	
		宽度 B	± 2	
		孔间距 S	± 2	
		孔直径 d	$+2, 0$	
5	锚拉板	长度 L 、高度 H	± 2	
		槽口宽度 b	$0, +2$	
6	锚管	长度 L	± 3	
		内径 d	$+2, 0$	

6.7.6 钢桁梁零件加工的偏差应符合表 11 的规定；

表 11 钢桁梁零件加工的偏差

单位mm

序号	名称		允许偏差	简图	
1	桁梁的弦、斜、竖杆，横梁，纵梁，连接系构件，板梁主梁	盖板长度 L	± 2		
		盖板宽度 B	箱形		$+2, 0$
			工形		± 2
	腹板宽度 B	$0, -1$			
2	箱形构件内隔板	宽度 B	$B \leq 1000$	$+0.5, 0$	
			$B > 1000$	$+1, 0$	
		高度 H	$0, -1$		
		对角线	≤ 1		
		板边垂直度	$H \leq 1000$	≤ 0.5	
			$H > 1000$	≤ 1	

		槽口中心距 S_1, S_2	± 1	
3	拼接板	长度 L 、宽度 B	± 2	
4	楔形板（支座垫板等）	厚度 t_1, t_2	± 2	
		斜角	≤ 0.05	
5	其它零件长度 L 、宽度 B		± 2	
注：1)长度留二次切割量的正差可根据工艺文件确定。 2)如工艺有特殊要求，可根据工艺文件确定。				

6.7.7 钢塔零件加工的偏差应符合表 12 的规定。

表 12 钢塔零件加工的偏差

单位mm

序号	名称	允许偏差	简图	
1	壁板	长度 L 、宽度 B		
2		板边垂直度 f		≤ 2
3	隔板	长度 L 、宽度 B		
4		槽口中心距 S_1, S_2		± 1
5		对角线		≤ 4
6		平面度		$\leq 2/1000$

7 组装

- 7.1 组装前应熟悉施工图和工艺文件,按图纸核对零件编号、外形尺寸、坡口方向及尺寸,确认无误后方可组装。
- 7.2 胎架外应设置测量三角网和固定水准点,地面应设置构件组装定位线。
- 7.3 采用先孔法的构件,组装时应以孔定位,用胎架组装时每一孔群定位不应少于 2 个冲钉,冲钉直径不应小于设计孔径 0.1 mm。
- 7.4 需要接料的钢板,应在构件组装前接料。
- 7.5 设置加劲肋的构件,宜先将加劲肋与板单元组拼成加劲板单元,然后进行构件总体拼装。
- 7.6 拉索、吊索的锚固结构等,受力集中、制造空间小的复杂结构,宜先进行单元件制造,然后进行构件总体拼装。
- 7.7 大型构件在露天进行组装时,胎架、构件的测量应考虑日照和温差的影响。
- 7.8 应在焊缝的端部连接引弧板或熄弧板(以下将引弧板和熄弧板统称为引板);引板的材质、坡口应与所焊件相同。
- 7.9 进行产品试板检验时,应在焊缝端部加装试板。当无法在焊缝端部加装试板时,应在相同的环境条件下施焊。试板的材质、厚度、轧制方向及坡口应与焊材相同,不同板厚对接时,采用较薄侧板厚作为产品试板。产品试板的长度应大于 400 mm,焊缝两侧的宽度不应小于 150 mm。
- 7.10 组装完成后应做好标识,标识应至少包括构件名称、工件号、图号、负责人等信息。涂装结束后应重新做好标识,并做好涂装标识和信息记录,涂装标识至少包括表面处理清洁度和粗糙度、涂装体系及膜厚、已经完成的涂层、未完成的涂层、负责人等信息。

8 焊接与矫正

8.1 一般规定

- 8.1.1 焊接施工单位应具有焊接质量管理体系,以及与所承担的焊接工程相适应的焊接、检验和试验设备,仪器、仪表应经计量检定、校准合格且在有效期内。
- 8.1.2 焊接技术人员应接受过专门的焊接技术培训,进行技术资格考试,并取得相应的资格证书;焊工应根据所持钢结构资格证书的范围按照焊接工艺文件的要求施焊。
- 8.1.3 焊接工程相关人员的安全、健康及作业环境应遵守国家安全健康相关标准的规定。
- 8.1.4 钢材焊接应按本文件附录 B 的要求进行钢材焊接工艺评定试验。圆柱头焊钉焊接按本文件附录 C 的要求进行圆柱头焊钉焊接工艺评定试验。
- 8.1.5 焊接施工前,制造单位应制定焊接工艺文件用于指导焊接施工,工艺文件应根据焊接工艺评定试验报告和设计文件进行制定,焊接工艺文件至少应包括下列内容:
- 焊接方法及焊接方法的组合;
 - 母材的规格、牌号、厚度;
 - 填充金属的规格、类别和型号;
 - 焊接接头形式、坡口形式、尺寸及其允许偏差;
 - 焊接位置;

- f) 焊接电源的种类和电流极性;
 - g) 清根处理, 或衬垫形式及规格;
 - h) 焊接工艺参数, 包括焊接电流、焊接电压、焊接速度、焊层和焊道分布等;
 - i) 预热温度及焊道间温度范围;
- 8.1.6 施焊前应按加工图及工艺文件检查坡口尺寸、根部间隙等, 如不满足要求应进行处理和修正, 使其满足焊接工艺要求。
- 8.1.7 施焊前应检查并确认所使用设备的工作状态正常, 仪表良好, 齐全可靠, 方可施焊。宜使用信息化、自动化程度高、高效的焊接设备。
- 8.1.8 施焊前应彻底清除待焊区域内的有害物, 焊接时不应在母材的非焊接部位引弧; 焊接过程中, 宜彻底清除每一焊道间的熔渣和飞溅; 焊接后应清理焊缝表面的熔渣及两侧的飞溅。
- 8.1.9 主要构件应在组装后 24h 内焊接。
- 8.1.10 焊前预热温度应通过焊接工艺评定确定; 预热范围为焊缝每侧 50 mm~80 mm, 在距离焊缝 30 mm~50mm 范围内测温。
- 8.1.11 多层焊接时宜连续施焊, 且应控制道间温度, 每一道焊接完后应及时清理、检查, 应清除药皮、熔渣、溢流和其他缺陷, 检查合格后方可进行下一道焊接。
- 8.1.12 对接焊缝宜在焊缝两端装配焊缝引板, 埋弧焊时引板长度不应小于 80mm, CO₂ 气体保护焊或手工焊时引板长度不应小于 25mm。焊后应割除引板, 并磨平切口, 不得损伤母材。
- 8.1.13 正交异性钢桥面板纵肋与顶板的焊缝宜采用自动化焊接设备进行施工, U 肋与顶板的焊缝宜熔透。
- 8.1.14 不设衬垫的全熔透焊缝应从反面进行清根, 清根后的凹槽应形成不小于 10°的 U 形坡口。碳弧气刨清根应符合下列规定:
- a) 碳弧气刨工的技能应满足清根操作技术要求;
 - b) 刨槽表面应光洁, 无夹碳、粘渣等;
 - c) 强度大于 370MPa 的钢材及调质钢在碳弧气刨后, 应使用砂轮打磨刨槽表面, 去除渗碳淬硬层及残留熔渣。
- 8.1.15 焊工施焊时, 应严格按焊接工艺文件的要求施焊, 不得随意改变焊接工艺参数。焊接后应做焊接记录, 记录的内容包括构件号、焊缝部位、焊缝编号、焊接参数、操作者、焊接日期等。
- ## 8.2 焊接工艺评定
- 8.2.1 应由钢结构制造单位根据焊接接头形式, 钢材类型、规格, 采用的焊接方法, 焊接位置等, 按本文件附录 B 和本文件附录 C 的规定制定焊接工艺评定方案, 拟定相应的焊接工艺评定指导书。
- 8.2.2 焊接工艺评定的环境应反映工程施工现场的条件。
- 8.2.3 焊接工艺评定所用设备、仪表的性能应处于正常工作状态, 焊接工艺评定所用的钢材、焊钉、焊接材料应能覆盖实际工程所用材料并应符合相关标准要求, 并应具有生产厂出具的质量证明文件。
- 8.2.4 焊接工艺评定试件, 应由该工程钢结构制造单位中持证的实际焊接人员按焊接工艺评定方案要求施焊, 监理工程师应全过程见证施焊作业。
- 8.2.5 应按本文件附录 B.3 的规定进行焊接质量试验和评定, 监理工程师应全过程见证试样的取样和送检, 由具有相应资质的检测单位进行检测试验和出具检测报告。

8.2.6 钢结构制造单位应根据设计文件、焊接工艺评定方案、检测试验报告等编制焊接工艺评定报告，对于制造工艺较复杂的工程宜组织焊接工艺评定专家评审，焊接工艺评定报告应报请监理单位审批。

8.3 焊接环境

8.3.1 工厂焊接宜在室内进行，室外焊接时应采取防风、防雨措施。施焊环境相对湿度不应大于 80%。当焊接作业处于下列情况之一时不得焊接：

- a) 焊接作业区的相对湿度大于 80%；
- b) 焊件表面潮湿或暴露于雨、冰、雪中；
- c) 焊接作业条件不符合《焊接与切割安全》(GB9448)的有关规定。

8.3.2 焊条电弧焊和自保护药芯焊丝电弧焊，其焊接作业区最大风速不宜超过 8m/s，气体保护电弧焊不宜超过 2m/s。如果超出上述范围，应采取有效措施以保障焊接电弧区域不受影响。

8.3.3 焊接环境温度不应低于焊接工艺评定试验时试件焊接的环境温度，否则应采取加热或防护措施，在焊接过程中确保接头焊接处各方向不小于 2 倍板厚且不小于 100mm 范围的母材温度不应低于工艺文件要求的最低预热温度，且不应低于 20℃。

8.4 定位焊

8.4.1 应由持相应资格证书的焊工或自动定位焊接机进行定位焊的施焊，所用焊接材料应与正式焊缝的焊接材料相匹配。

8.4.2 定位焊缝至设计焊缝端部的距离不宜小于 50mm，定位焊的焊缝长以 50mm~100mm 为宜，间距 400mm~600mm，定位焊缝的焊脚尺寸不宜小于 3mm，且不应大于设计焊脚尺寸的 1/2。

8.4.3 定位焊缝不应有裂纹、气孔、夹渣、焊瘤等缺陷，否则应处理。如有焊缝开裂应查明原因，然后再清除开裂的焊缝并在保证构件尺寸正确的条件下重焊。

8.4.4 采用钢衬垫的焊接接头，定位焊宜在接头坡口内进行；定位焊焊接时预热温度宜高于正式施焊预热温度 20℃~50℃；定位焊缝与正式焊缝应具有相同的焊接工艺和焊接质量要求。

8.5 自动埋弧焊

8.5.1 焊剂的烘焙应符合下列要求：

- a) 使用前应按厂家推荐的温度进行烘焙，已受潮或结块的焊剂不得使用；
- b) 烘焙后在大气中放置时间不应超过 4h，当焊剂从烘焙箱中取出超过 4 小时，应重新烘焙方可使用，烘焙次数不宜超过 2 次。

8.5.2 焊丝表面应无油污、锈蚀。

8.5.3 自动埋弧焊应在引弧板上引弧和在熄弧板上熄弧，引弧或熄弧点距设计焊缝端部不宜小于 60mm。

8.5.4 自动埋弧焊焊接过程中不宜断弧，如有断弧则应将停弧处刨成 1:5 斜坡，并搭接 50mm 引弧施焊，焊后搭接处应修磨匀顺。

8.5.5 自动埋弧焊焊接过程中，应待焊缝冷却后清除熔渣。采用细丝或粗丝焊接的焊缝，埋弧自动焊清除熔渣位置至熔池的距离分别不应小于 0.5m 和 1m。

8.6 气体保护焊

8.6.1 焊丝表面应无油污、锈蚀。

8.6.2 CO₂ 气体保护焊的 CO₂ 气体纯度应大于 99.5%。

8.6.3 气体保护焊应在引弧板上引弧和在熄弧板上熄弧，引弧或熄弧点距设计焊缝端部不宜小

于 15mm。

8.7 手工焊条焊

8.7.1 焊条的保存、烘焙应符合下列要求：

- a) 酸性焊条保存时应有防潮措施，受潮的焊条使用前应在 100℃~150℃范围内烘焙 1h~2h；
- b) 低氢型焊条应符合下列要求：
 - 1) 焊条使用前应在 300℃~430℃范围内烘焙 1h~2h，或按厂家提供的焊条使用说明书进行烘焙。焊条放入时，烘箱的温度不应超过规定最高烘焙温度的一半，烘焙时间以烘箱达到规定最高烘焙温度后开始计算；
 - 2) 烘焙后的低氢焊条应放置于温度不低于 120℃的保温箱中存放、待用；使用时应置于保温筒中，随用随取；
 - 3) 焊条烘焙后在大气中放置时间不应超过 4h，当焊接材料从烘烤箱中取出超过 4 小时，应重新烘焙方可使用，烘焙次数不宜超过 2 次。

8.7.2 手工焊应在引弧板上引弧和在熄弧板上熄弧，引弧或熄弧点距设计焊缝端部不宜小于 25mm。

8.8 圆柱头焊钉焊接

8.8.1 应通过焊接工艺评定确定圆柱头焊钉焊接工艺。焊接工艺评定应符合本文件附录 C 的规定，并应编制焊接工艺指导书。施焊时，应严格按照焊接工艺指导书进行，不得随意更改焊接工艺参数。

8.8.2 圆柱头焊钉的焊接应由经过圆柱头焊钉焊接培训、考试合格的焊工担任。

8.8.3 焊接前应清除圆柱头焊钉头部及钢板待焊部位（大于 2 倍圆柱头焊钉直径）的铁锈、氧化皮、油污、水分等有害物，露出金属光泽。

8.8.4 瓷环应按规定要求烘焙使用，受潮的瓷环在使用前应在 150℃的烘箱中烘焙 2h。

8.8.5 圆柱头焊钉的焊接宜采用焊钉专用焊接设备焊接，施焊前应检查所用设备和工具，确保设备能正常工作。采用焊钉专用焊接设备无法施焊的少量焊钉可采用手工焊接。

8.8.6 圆柱头焊钉宜平位施焊，在焊缝金属完全凝固前不应移动焊枪。当环境温度低于 0℃，或相对湿度大于 80%，或钢板表面潮湿时，不得焊接圆柱头焊钉。

8.9 正交异性钢桥面板 U 肋与顶板的焊接

8.9.1 宜采用自动化生产线进行正交异性钢桥面板 U 肋与顶板的组拼和焊接，应根据焊缝形式合理选择自动化生产组拼和焊接的设备和工艺。U 肋与顶板的单侧部分熔透焊可采用气体保护焊或者埋弧焊焊接工艺。U 肋与顶板的双侧部分熔透焊和双侧全熔透焊可采用“内侧埋弧焊+外侧埋弧焊”、“内侧气体保护焊+外侧埋弧焊”、“内侧气体保护焊+外侧气体保护焊（深熔焊）”的焊接工艺。

8.9.2 U 肋与顶板的单侧部分熔透焊自动化生产线应满足以下要求：

- a) U 肋与顶板的装配应在自动化 U 肋装配流水线上进行，采用 U 肋焊接机器人自动焊接。
- b) 流水线宜配置两个装配焊接工位，集底板除尘打磨、划线、液压定位、装配点焊、烟尘回收为一体，对称施焊，确保 U 肋装配精度。
- c) 流水线宜配置液压翻转反变形胎架或自动焊接机器人专业反变形胎架。
- d) U 肋焊接机器人应具备如下功能：
 - 1) 宜采用三维模型离线编程，模拟运行焊接程序，建立焊接专家数据库，提高焊接机器人效率。
 - 2) 具有高性能电弧跟踪功能，对焊缝左右和上下两个方向进行跟踪和跟踪结果的记忆。

- 3) 具有接触传感功能,以焊嘴为检测工具,能够实现焊接起始点传感和终点传感,并能在坡口内部进行传感功能,检测坡口幅宽变化并能自动调整焊枪摆动幅度及熔敷量。
- 4) 控制系统能够实时对各个环节检测,当由于误操作或者程序异常时,能够立即终止程序,把错误信息及时地反映到显示屏中。
- e) 在首件组装前应对 U 肋板单元组装专用胎架进行检验,合格后方可使用。
- f) 顶板铺设在平台上后,需对线并检查其平面度,然后用临时定位装置在两端固定。
- g) U 形加劲肋与顶板间应采用坡口角焊缝焊接。横隔板与顶板宜采用角焊缝焊接或坡口角焊缝焊接。横隔板与 U 肋宜采用角焊缝焊接。横隔板与顶板以及横隔板与 U 肋的焊缝,从顶板到 U 肋应连续施焊至弧形缺口端部,在 U 肋与顶板交接处 80mm 范围内不应起熄弧。横隔板与 U 肋间焊缝在距离弧形缺口 50mm 范围,宜在横隔板上开双面坡口,按 1:8 的坡度平顺过渡,在弧形缺口端部围焊,同时应打磨匀顺。

8.9.3 U 肋与顶板的双侧部分熔透焊自动化生产线应满足以下要求:

- a) 加劲肋与顶板的双面焊,应采用自动化焊接设备进行焊接。U 肋与顶板内侧应采用内焊机器人进行焊接,外侧采用焊接机器人、门式多头自动焊接机或角焊缝小车进行焊接。
- b) U 肋内焊机器人应满足以下要求:
 - 1) 应具有板单元自动定位及中心线对齐功能,连续焊接焊缝长不小于板单元长度,可进行多根 U 肋可同时焊接。
 - 2) 适用零件规格:U 肋中心间距 $\geq 400\text{mm}$,内部高度 $\geq 240\text{mm}$,内部底宽 $\geq 260\text{mm}$,内部顶宽 $\geq 160\text{mm}$ 。
 - 3) 应具有除烟尘功能,以及内焊缝在线视频监控功能,并能存储焊缝监控视频。
- c) 焊接机器人应满足以下要求:
 - 1) 应具有 U 肋板单元、腹板单元、隔板单元主要焊缝的自动化焊接功能。
 - 2) 应配有行走轨道组件、液压翻转反变形胎架、机器人焊接机。胎架翻转角度范围不小于 $\pm 30^\circ$,单个胎架承重能力不小于 30 吨。焊接机器人宜具备多把独立焊枪,焊枪应可 720° 旋转。
- d) 门式多头自动焊接机应满足以下要求:
 - 1) 应具有 U 肋板单元、板肋板单元主要焊缝的自动化焊接功能。
 - 2) 门式多头自动焊接机可以采用“翻转斜胎架门式多头自动焊接机”或“固定平胎架门式多头自动焊接机”。应具有焊缝自动跟踪功能,宜具有多根加劲肋同时焊接功能。
 - 3) 适用零件规格:工件长度 $\leq 20\text{m}$,工件宽度 $\leq 4\text{m}$,工件高度 100~400mm。
- e) 角焊缝小车应具有 U 肋板单元、腹板单元、隔板单元角焊缝的自动化焊接功能。
- f) 焊接材料和工艺,应由焊接工艺评定试验确定。焊接时应严格执行焊接工艺,不得随意改变焊接工艺参数。

8.9.4 U 肋与顶板的“内侧气体保护焊+外侧深熔焊”全熔透焊接自动化生产线应满足以下要求:

- a) “内侧气体保护焊+外侧深熔焊”全熔透焊接工艺的主要设备包括 U 肋内焊专用机和外侧深熔焊机。U 肋与顶板内侧应采用内焊专用机进行焊接,外侧采用深熔焊机进行焊接。
- b) 板单元 U 肋内焊专用机性能要求如下:

- 1) 板单元 U 肋内焊专机龙门驱动采用伺服电机驱动精密减速机 要求行走定位准确,速度无级可调,运行过程可靠、平稳、无爬行。
 - 2) 板单元 U 肋内焊专用机气保焊机头主要由水冷焊枪、焊枪调整装置、机械跟踪机构、粗跟踪机构、支撑机构等组成。气保焊机头经过特殊设计可进入到 U 肋内部,通过跟踪机构和上下、左右两个方向的机械跟踪机构,使枪尖始终对准工件焊缝。
 - 3) U 肋内焊机器人宜配备多把焊枪,可对 U 肋内部双侧角焊缝进行同步焊接,内置高清摄像头的视频监控系统可实时观测内部焊缝成形,形成焊接图像文件,供随时查阅。
 - 4) 焊接过程中推丝机与拉丝机协同动作,保证稳定可靠的送丝,进而保证焊接质量。
 - 5) 具有短路保护、过热保护、电网异常保护等功能。可通过数显报警号识别报警原因,并能记录报警履历;
 - 6) 具有故障错误代码报警显示功能,方便诊断故障类型。
- c) 板单元 U 肋外侧深熔焊机性能要求如下:
- 1) 应具有焊接波形自动控制功能,并且具有抗干扰能力,保证整体系统可靠性。
 - 2) 具备脉冲弧长控制 (ALC) 功能,要求脉冲周期均匀、电弧稳定。
 - 3) 具有焊接参数记忆功能,可保存焊接参数库,焊接时可直接调用。
 - 4) 电弧强度多档可调,可进行大熔深焊接。
 - d) 焊接材料应通过焊接工艺试验确定。
 - e) 宜采用数控火焰切割机或等离子切割机精切进行 U 肋下料,下料后用矫正机矫正。坡口宜采用机加工制造,两端螺栓孔需按中心线划线后机加工钻孔。
 - f) 板单元 U 肋内侧焊缝应采用 U 肋内焊专机进行焊接,焊前调节焊丝角度,保证内侧焊丝与底板夹角为 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$,采用三元混合气体焊接。
 - g) 宜采用深熔焊焊接设备和金属粉芯焊丝进行 U 肋外侧打底焊接。焊前应检查深熔焊设备,确保稳定焊接。焊接时焊枪与底板夹角为 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 。
 - h) 宜采用 U 肋焊接机器人和药芯焊丝进行 U 肋外侧焊缝盖面焊接。
- 8.9.5 U 肋与顶板的“内侧气体保护焊+外侧埋弧焊”全熔透焊接自动化生产线应满足以下要求:
- a) U 肋与顶板的“内侧气体保护焊+外侧埋弧焊”焊接工艺的主要设备包括 U 肋内焊专用机和外侧埋弧焊机。U 肋与顶板内侧应采用内焊专用机进行焊接,外侧采用埋弧焊机进行焊接。
 - b) 板单元 U 肋内焊专用机性能应满足本文件 8.9.4 b) 的要求。
 - c) U 肋外侧埋弧焊机设备性能应满足以下要求:
 - 1) U 肋顶板外侧焊缝自动焊接设备主要由行走龙门、可升降焊臂横梁、焊臂装置、单丝埋弧焊机头、埋弧焊机、焊剂输送回收系统、焊缝跟踪装置、焊接渣壳清扫装置、和电气控制系统等组成。
 - 2) 宜具有多把埋弧焊枪对 U 肋外侧焊缝进行同步船位埋弧焊焊接,可连续焊接的长度不小于板单元长度。
 - 3) 设备各部分之间可协调动作,采用 PLC 可编程序控制器集中控制方式,对龙门行走、焊接系统等动作进行一体控制。

d) U 肋外侧焊缝采用埋弧焊接工艺, 保证 U 肋焊缝熔透。外侧埋弧焊机器人应具有激光跟踪系统, 保证焊缝质量稳定可靠。

8.9.6 U 肋与顶板的“内侧埋弧焊+外侧埋弧焊”全熔透焊接自动化生产线应满足以下要求:

a) U 肋与顶板的“内侧埋弧焊+外侧埋弧焊”全熔透焊接工艺有 U 肋内外侧焊缝分步焊接和 U 肋内外侧焊缝同步焊接两种, 其焊接工艺流程如下:

1) U 肋内外侧焊缝分步装焊工艺流程: 桥面板吊至生产线打磨区辊道上→打磨机对面板的焊缝区域进行打磨→桥面板输送到装配区辊道→桥面板对齐定位→吊运 U 肋至桥面板上→U 肋端口与桥面板精确定位→辅助车夹紧桥面板输送单元过焊接龙门到达焊接区→牵引车与桥面板组合定位→埋弧焊焊接 U 肋内部角焊缝→检验修补→U 肋板单元上摇摆胎架夹具定位夹紧→板单元倾斜 45°多根 U 肋一侧同时焊接→板单元反方向倾斜 45°多根 U 肋另一侧同时焊接→检验修补→U 肋板单元机械矫正→报检转序。

2) U 肋内外侧焊缝同步装焊工艺流程: 桥面板吊至生产线打磨区辊道上→打磨机对面板的焊缝区域进行打磨→桥面板输送到装配区辊道→桥面板对齐定位→吊运 U 肋至桥面板上→U 肋端口与桥面板精确定位→辅助车夹紧桥面板输送单元过焊接龙门到达焊接区→牵引车与桥面板组合定位→埋弧焊焊接 U 肋内外侧焊缝→检验修补→U 肋板单元机械矫正→报检转序。

b) U 肋与顶板的“内侧埋弧焊+外侧埋弧焊”全熔透焊接工艺的主要焊接设备为内外分步或内外同步 U 肋板单元自动装焊生产线, 要求设备具有组拼、定位焊和 U 肋内外侧自动焊接功能, 可连续焊接的长度不小于板单元长度, 焊接质量稳定可靠。

c) 在焊接前应检查设备, 应对设备进行定期检测, 确保焊接设备完好。

d) 应根据焊接工艺评定试验确定焊接材料和工艺, 焊接时应严格执行焊接工艺, 不得随意改变焊接工艺参人数。

8.10 不等厚度钢板焊接

8.10.1 不同厚度及宽度的材料对接时, 应作平缓过渡, 并应符合下列规定:

a) 不同厚度的板材或管材对接接头受拉时, 其允许厚度差值 (t_1-t_2) 应符合表 13 规定。当厚度差值 (t_1-t_2) 超过表 13 规定时应将焊缝焊成斜坡状, 如图 1(b) 所示, 其坡度最大允许值应为 1:2.5, 或将较厚板的一面或两面及管材的内壁或外壁在焊前加工成斜坡, 如图 1(a) 所示, 其坡度最大允许值应为 1:2.5。

表 13 不同厚度钢材对接的允许厚度

单位 mm

较薄钢材厚度 t_z	$5 \leq t_z \leq 9$	$9 < t_z \leq 12$	> 12
允许厚度差 t_a-t_z	2	3	4

b) 不同宽度的板材对接时, 应根据施工条件采用热切割、机械加工或砂轮打磨的方法使之平缓过渡, 如图 1(c) 所示, 其连接处最大允许坡度值应为 1:2.5。

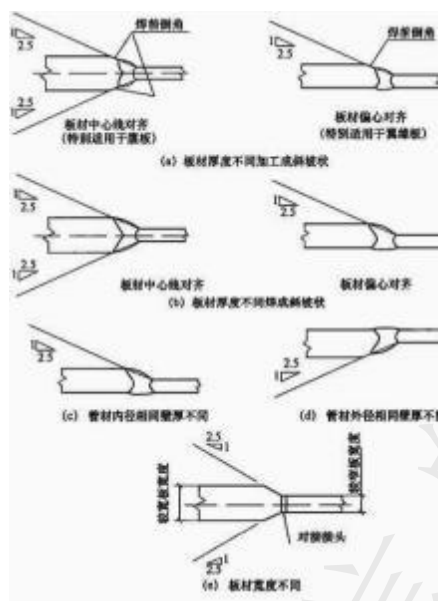


图 1 不同厚度、不同宽度板材对接过渡形式

8.11 焊缝修磨和返修

8.11.1 焊缝的返修应按下列要求进行：

- a) 返修前，应清洁修复区域的表面。
- b) 焊缝凹陷或弧坑、焊缝尺寸不足、咬边、未熔合、焊缝气孔或夹渣等焊缝缺陷的返修，应先采用砂轮打磨、碳弧气刨、铲凿或机械加工等方法完全清除缺陷，在清除缺陷时应刨出利于返修的坡口，并采用砂轮磨掉坡口表面的氧化皮，露出金属光泽。
- c) 焊接裂纹的返修，应由焊接技术人员对裂纹产生的原因进行调查和分析，制定专门的返修工艺方案。
- d) 焊接返修的预热温度应比相同条件下正常焊接的预热温度提高 $30^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，并应采用低氢焊接材料和焊接方法进行焊接，厚板返修焊宜采用消氢处理。
- e) 返修部位应连续焊接，焊接中断时，应采取后热、保温措施，防止产生裂纹。
- f) 使用埋弧焊返修焊缝时，宜将焊缝清除部位的两端刨成 1:5 的斜坡。
- g) 同一部位返修不应超过两次。

8.11.2 焊脚尺寸、焊波或余高等超出表 21 定上限值的焊缝、小于 1mm 的超差的咬边应修磨匀顺。所有表面的修磨均应沿主要受力方向进行。

8.11.3 焊缝咬边超过 1mm 或焊脚尺寸不足时，可采用手工电弧焊、 CO_2 气体保护焊或埋弧焊进行返修。

8.12 矫正

8.12.1 变形超允许偏差的构件宜采用机械方法进行冷矫正或局部加热的方法进行热矫正。

8.12.2 零件冷矫时应缓慢加力，冷矫时环境温度不应低于 -12°C 。构件冷矫总变形量不应大于变形部位原始长度的 2%。

8.12.3 采用热矫时，加热温度宜控制在 $600^{\circ}\text{C}\sim 800^{\circ}\text{C}$ ，且不得过烧。不宜在同一部位多次重复加热；矫正后宜自然冷却，温度降至室温前，不得锤击钢材和用水急冷。如果设计文件有要求，按设计文件规定

执行。

8.12.4 矫正后应进行观察检查，矫正后的构件表面不应有凹痕和其他损伤。

8.12.5 顶底板及腹板单元矫正后的变形偏差应满足表 14 要求：

表 14 底板及腹板单元矫正后的主要尺寸允许偏差

单位mm

序号	名称		允许偏差	简图
1	平面度 f	横向	$\leq S/250$	
		纵向	≤ 5	
2	四角平面度 f		≤ 5	
3	板边直线度 f		≤ 3	
4	加劲肋垂直度 Δ		≤ 2	
5	角变形 δ		$\delta \leq b/150$	

8.11.6 横隔板、纵隔板和横肋矫正后的变形偏差应满足表 15 要求：

表 15 隔板、纵隔板和横肋单元矫正后的主要尺寸允许偏差

单位mm

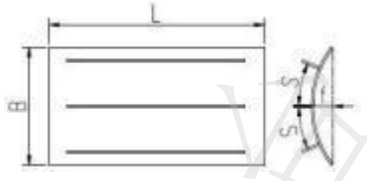
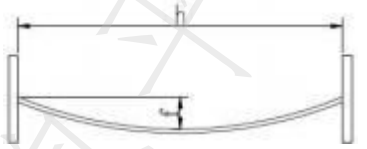
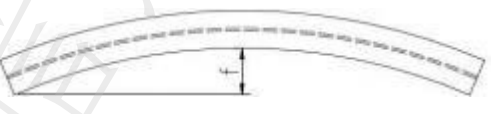
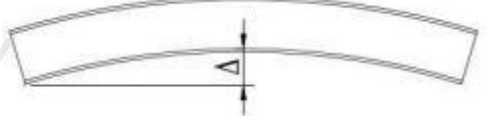
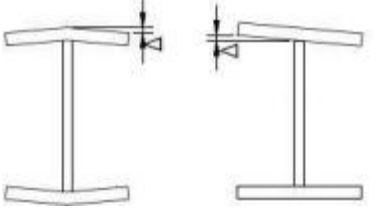
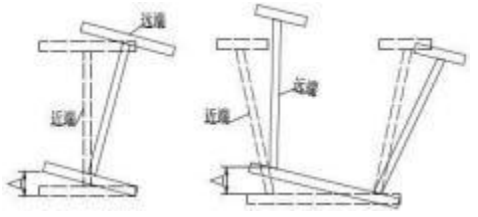
序号	名称	允许偏差	简图
1	板边直线度 f	$\leq b/150$ 且 ≤ 6 (b 为板边 长度)	
2	横向平面度 f	≤ 2	
3	纵向平面度 f	$\leq 4/4000$ 范围	
4	加劲肋垂直度 Δ	± 2	

8.11.7 工形梁和槽形梁矫正后的变形偏差应满足表 16 要求：

表 16 形梁和槽形梁矫正后的主要尺寸允许偏差

单位mm

序号	名称	允许偏差	简图
----	----	------	----

1	顶底板平面度 f	≤ 5		
2	腹板平面度 f	$\leq h/350$, 且 ≤ 8		
3	旁弯 f (拉线测量)	$\leq L/5000$, 且 ≤ 3 (L 为梁长)		
4	拱度 Δ (拉线测量)	不设预拱度	+3, 0	
		设预拱度	+10, 3	
5	顶板及底板对腹板的垂直度 Δ	有孔位置	≤ 1	
		无孔位置	≤ 1.5	
6	扭曲 Δ	≤ 3		

8.11.8 一般钢箱梁节段矫正后的变形偏差应满足表 17 要求:

表 17 一般钢箱梁桥梁段基本尺寸允许偏差

单位 mm

序号	名称	允许偏差 (mm)	简图
	横桥向	$\leq S1/250$	

1	顶底板平面度 f	纵桥向	$\leq S2/500$	
2	腹板平面度 f		$\leq h/350$, 且 ≤ 8 (h 为腹板高度)	
3	旁弯 f		$\leq L/5000$, 且 ≤ 3 (L 为节段长度)	
4	拱度(拉线测量)	不设预拱度	+3, 0	
		设预拱度	+10, 3	
5	桥面横坡 i		0.15%, 0	
6	扭曲 Δ (以两边隔板为基准)		每米 ≤ 1.0 , 且 每段 ≤ 10	

8.11.9 大型扁平钢箱梁矫正后的变形偏差应满足表 18 要求:

表 18 型扁平钢箱梁矫正后主要尺寸允许偏差

单位:mm


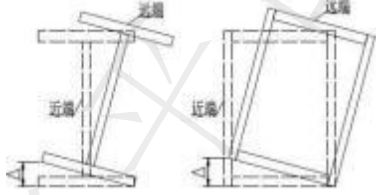
序号	名称	允许偏差	简图
	横桥向	$\leq S1/250$	

1	顶板、底板 平面度 f	纵桥向	$\leq S2/500$	
2	横坡 i		0.1%, 0	
3	旁弯 f		≤ 5	
4	预拱度 Δ		+10, -5	
5	扭曲 Δ (以两边隔板为基准)		每米 ≤ 1 , 且每 段 ≤ 8	

8.11.10 钢桁梁主桁构件矫正后的变形偏差应满足表 19 要求:

表 19 桁梁主桁构件矫正后的主要尺寸允许偏差 单位mm



序号	名称	允许偏差	简图
1	盖板平面度 f	≤ 5	
2	腹板平面度 f	$\leq h/500$, 且 ≤ 5	
3	旁弯 f	$\leq L/5000$, 且 ≤ 3	

4	盖板对腹板的垂直度 Δ	有孔位置	≤ 1	
		无孔位置	≤ 1.5	
5	扭曲 Δ		≤ 3	

8.11.11 钢塔节段的矫正后的变形偏差应满足表 20 要求:

表20 塔段矫正后的主要尺寸允许偏差

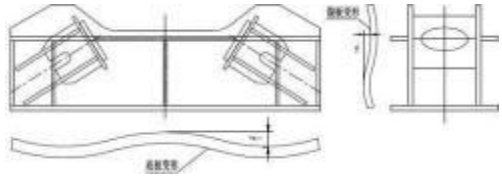
单位:mm

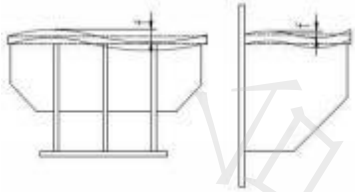
序号	名称	允许偏差	简图
1	壁板平面度 f	≤ 2	
2	钢塔节段旁弯	≤ 3	
3	扭曲	≤ 3	

8.11.12 钢锚梁及牛腿矫正后的变形偏差应满足表 21 要求:

表21 锚梁及牛腿矫正后的尺寸允许偏差

单位:mm

序号	检验项目	允许偏差	简图
1	底板平面度 f	≤ 1	
2	腹板平面度 f	≤ 2	
3	旁弯 f	≤ 3	

4	钢牛腿座板平面度 f	≤ 1	
---	------------	----------	--

9 焊缝质量检验

9.1 一般规定

9.1.1 焊接检验应按下列要求分为两类：

- a) 自检，是制造单位在制造、安装过程中，由本单位具有相应资质的检测人员或委托具有相应检验资质的检测机构进行的检验；
- b) 监检，是业主或其代表委托具有相应检验资质的独立第三方检测机构进行的检验。

9.1.2 焊接检验的一般程序包括焊前检验、焊中检验和焊后检验，并应符合下列规定：

a) 焊前检验应至少包括下列内容：

- 1) 按设计文件和相关标准的要求对工程中所用钢材、焊接材料的规格、型号(牌号)、材质、外观及质量证明文件进行确认；
- 2) 焊工合格证及认可范围确认；
- 3) 焊接工艺技术文件及操作规程审查；
- 4) 坡口形式、尺寸及表面质量检查；
- 5) 组拼后构件的形状、位置、错边量、角变形、间隙等检查；
- 6) 焊接环境、焊接设备等条件确认；
- 7) 定位焊缝的尺寸及质量认可。

b) 焊中检验应至少包括下列内容：

- 1) 实际采用的焊接电流、焊接电压、焊接速度、预热温度、层间温度及后热温度和时间等焊接工艺参数与焊接工艺文件的符合性检查；
- 2) 多层多道焊焊道缺欠的处理情况确认；
- 3) 采用双面焊清根的焊缝，应在清根后进行外观检查及规定的无损。

c) 焊后检验应至少包括下列内容：

- 1) 焊缝的外观质量与外形尺寸检查；
- 2) 焊缝的无损检测；
- 3) 焊接记录检查及检验报告审查。

9.1.3 焊接检验前应根据施工详图及技术文件规定的焊缝质量等级要求编制检验和试验方案，由制造单位技术负责人批准并报监理工程师备案。检验方案宜包括检验项目工程概况、检测依据、检验批的划分和抽样检验的抽样方法、检验项目、检验方法、检验人员和设备、检验时机及相应的验收标准、检验中的安全措施和环保措施等内容。

9.1.4 检测人员应符合以下要求：

- a) 从事钢结构无损检测的人员应按《无损检测 人员资格鉴定与认证》(GB/T 9445)进行相应级别的培训、考核,并持有相应考核机构颁发的资格证书;
- b) 取得不同无损检测方法的各技术等级人员不得从事超过该方法和技术等级的无损探伤工作;
- c) 焊缝无损检测报告签发人员应持有《无损检测 人员资格鉴定与认证》(GB/T 9445)规定的 2 级或 2 级以上无损检测人员资格证书;
- d) 从事射线检测的人员上岗前应进行辐射安全知识的培训,并应取得放射工作人员证;
- e) 超声波相控阵检测人员除应持有常规超声检测Ⅱ级及以上资质外,还应经中国船级社培训超声波相控阵检测的理论和实际操作,并取得合格证书;
- f) 现场检测工作应由两名或两名以上检测人员承担;
- g) 从事磁粉、渗透检测的人员应具有相应的资格证书。

9.1.5 检测人员的职责要求如下:

- a) 无损检测人员应按设计文件或相应规范规定的探伤方法及标准,对受检部位进行探伤,出具无损检测报告。
- b) 焊接检验人员负责对焊接作业进行全过程的检查和控制,出具检测报告。

9.1.6 钢结构检测所用的仪器、设备和量具应有产品合格证、计量检定机构出具的有效期内的检定(校准)证书,仪器设备的精度应满足检测项目的要求。检测所用检测试剂应标明生产日期和有效期,并应具有产品合格证和使用说明书。

9.1.7 检测报告应对所检测的项目作出是否符合设计文件要求或相应验收规范的规定。检测报告应包括下列内容:

- a) 委托单位名称;
- b) 工程概况,包括工程名称、结构类型、规模、施工日期及现状等;
- c) 建设单位、设计单位、施工单位及监理单位名称;
- d) 检测原因、检测目的,以往检测情况概述;
- e) 检测项目、检测方法及依据的标准;
- f) 抽样方案及数量;
- g) 检测日期,报告完成日期。

9.2 焊缝的外观检验

9.2.1 焊接完毕、且焊缝应冷却到环境温度后,应对所有焊缝进行外观检测。

9.2.2 采用目测方法进行外观检测,直接目视检测时,眼睛与被检工件表面的距离不应大于 600mm,视线与被检工件表面所成的夹角不应小于 30°,并从多个角度对工件进行观察。

9.2.3 对细小缺陷进行鉴别时,可使用 2 倍~6 倍的放大镜。裂纹的检查,宜采用不低于 5 倍的放大镜并在合适的光照条件下进行,必要时可采用磁粉探伤或渗透探伤检测。

9.2.4 对焊缝的外形尺寸可用焊缝检验尺进行测量。

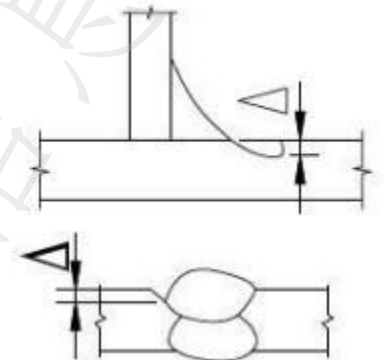
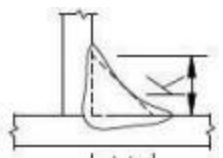
9.2.5 被测工件表面的照明亮度不宜低于 160 lx;当对细小缺陷进行鉴别时,照明亮度不应低于 540 lx。

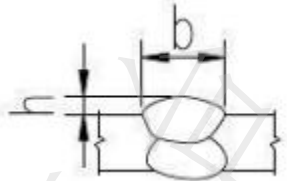
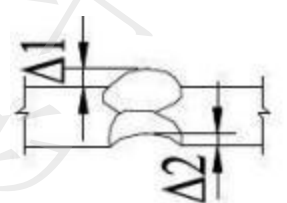
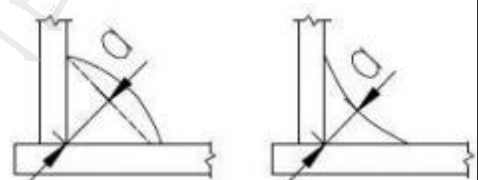
9.2.6 焊缝的外观质量应满足表 22 规定。外观检查不合格的焊缝,应按本文件 8.11 的要求进行修磨或返修。

表22 缝外观质量标准

单位mm

序号	项目	焊缝种类	质量要求
----	----	------	------

1	气孔	对接焊缝	不允许		
		熔透角焊缝、棱角焊缝等主要角焊缝	直径小于 1.0	每米不多于 3 个，间距不小于 20。但焊缝端部 10mm 范围内不允许有气孔	
		其他焊缝	直径小于 1.5		
2	咬边	横、纵向受拉对接焊缝 U 形肋角焊缝翼板侧受拉区	不允许		
		纵梁、加劲肋角焊缝的翼板侧			
		受压部件横向对接对接焊缝 熔透角焊缝			≤ 0.3
		纵向对接焊缝、棱角缝等 主要角焊缝			≤ 0.5
其他焊缝	≤ 1.0				
3	焊脚尺寸	主要角焊缝	$K_0^{+2.0}$		
		一般角焊缝	$K_{-1.0}^{+2.0}$		
		手工焊每条焊缝总长的 10% 范围内	$K_{-1.0}^{+3.0}$		
4	焊波	角焊缝	$h \leq 2.0$ (任意 25 mm 范围高低差)		

5	余高	不铲磨余高的对接焊缝	$h \leq 2.0$ $(b \leq 20)$ $h \leq 3.0 (b > 20)$	
6	对接焊缝余高铲磨	横向对接焊缝 (桥面板除外)	$\Delta 1 \leq 0.5$	
			$\Delta 2 \leq 0.3$	
			表面粗糙度 Ra50 μm	
7	有效厚度	T形角焊缝	凸面角焊缝: 不小于规定值 2.0, 凹面角焊缝: 不小于规定值 0.3	

9.3 焊缝的无损检验

9.3.1 应根据无损检测方法的适用范围以及结构状况和检测条件按表 23 选择合适的无损检测方法。表 23 无损检测方法的选用

序号	检测方法	适用范围
1	磁粉检测	铁磁性材料表面和近表面缺陷的检测
2	渗透检测	表面开口性缺陷的检测
3	超声波检测	内部缺陷的检测, 主要用于平面型缺陷的检测
4	射线检测	内部缺陷的检测, 主要用于体积型缺陷的检测

9.3.2 焊缝经外观检查合格后方可进行无损检测, 无损检测应在焊接 24 小时后进行。

9.3.3 超声波焊缝无损检测质量等级、检测等级和验收等级应满足《焊缝无损检测 超声检测 验收等级》(GB/T 29712)的要求。

9.3.4 磁粉探伤应符合《焊缝无损检测 磁粉检测》(GB/T 26951)、《焊缝无损检测 焊缝磁粉检测 验收等级》(GB/T 26952)的规定。

9.3.5 射线探伤应符合《金属熔化焊焊接接头射线照相》(GB/T 3323)的规定。

9.3.6 渗透探伤应符合《无损检测 渗透检测 第 1 部分: 总则》(GB/T 18851.1)、《无损检测 渗透检测 第 2 部分: 渗透材料的检验》(GB/T 18851.2)、《无损检测 渗透检测 第 3 部

分：参考试块》(GB/T 18851.3)、《无损检测 渗透检测 第4部分：设备》(GB/T 18851.4)的要求，其质量等级应符合《焊缝无损检测 焊缝渗透检测 验收等级》(GB/T26953)规定的焊缝质量 II 级要求。

9.3.7 进行局部超声波(UT)、磁粉(MT)或渗透(PT)探伤的焊缝，当发现有裂纹或其他超标缺陷较多时，应扩大该条焊缝的探伤范围，每一次扩大探伤的范围不小于前次探伤范围的 2 倍，直至焊缝全长。对局部射线(RT)探伤的焊缝，当发现超标缺陷时，应增加检测。每一次探伤的数量不小于前次探伤数量的 2 倍。

9.3.8 焊缝返修区域，应按原检测方法和质量要求重新进行质量检验。

9.3.9 用射线(RT)、超声波(UT)、磁粉(MT)、渗透(PT)等多种方法检验的焊缝，应达到各自的质量要求，该焊缝方可认为合格。

9.3.10 探伤比例低于 100%的抽检项目，按规定的探伤比例进行检测的结果全部合格，则认为该批次焊缝判定为合格。如果同一批次中出现不合格的焊缝，应增加探伤比例，每一次探伤比例不小于前次探伤比例的 2 倍，直到 100%检测合格。

9.3.11 正交异性钢桥面板的焊缝无损检验的检验部位、检测方法、检测比例、检测范围、检验等级和验收标准应符合表 24 规定：

表 24 异性钢桥面板焊缝无损检验要求及探伤范围

序号	焊缝部位	检测方法	检测比例	检测范围	检验等级	验收标准
1	顶板横向、纵向对接焊缝	超声波	100%	焊缝全长	GB/T 11345B 级	GB/T29712 2 级
		X 射线	10%	两端各 250mm~300mm；长度大于 1200mm 时，中间加探 250mm~300mm	GB/T 3323 B 级	GB/T 3323 II 级
2	开口加劲肋与顶板全熔透 T 型焊缝	超声波	10%	两端各 1000mm；长度大于 3000mm 时，中间加探 1000mm；连续焊缝断弧处加探 1000mm	GB/T 11345 B 级	GB/T29712 2 级
3	开口加劲肋与顶板部分熔透 T 型焊缝	磁粉	10%	两端各 1000mm；长度大于 3000mm 时，中间加探 1000 mm；连续焊缝断弧处加探 1000mm	GB/T 26951	GB/T 26952 2 级
4	开口加劲肋与顶板角焊缝	磁粉	10%	两端各 1000 mm；连续焊缝断弧处加探 1000mm	GB/T 26951	GB/T 26952 2 级
5	闭口加劲肋与顶板熔透 T 型焊缝	磁粉	30%	闭口肋外侧两端各 1000mm；长度大于 3000mm 时，中间加探 1000mm；连续焊缝断弧处加探	GB/T 26951	GB/T 26952 2 级

				1000 mm		
6	闭口加劲肋与顶板 单侧或双侧部分 熔透 T 型焊缝	超声波	30%	闭口肋外侧两端各 1000mm；长度 大于 3000mm 时，中间加探 1000mm；连续焊缝断弧处加探 1000 mm	GB/T 11345 B 级	GB/T29712 2 级
7	横隔板或横肋与 顶板或纵肋全熔 透 T 型焊缝	超声波	30%	两端各两个纵肋间距；纵肋数量 多于 6 根的中间加探两个纵肋间 距	GB/T 11345 B 级	GB/T29712 2 级
8	横隔板或横肋与 顶板或纵肋部分 熔透 T 型焊缝	磁粉	30%	两端各两个纵肋间距；纵肋数量 多于 6 根的中间加探两个纵肋间 距	GB/T 26951	GB/T26952 2 级
注：检测比例指检测接头数量与全部接头数量之比。						

9.3.12 钢箱梁、槽形梁焊缝无损检验的检验部位、检测方法、检测比例、检测范围、检验等级和验收标准应符合表 25 规定：

表 25 箱梁、钢槽梁焊缝无损检验要求及探伤范围

序号	焊缝部位	检测方法	检测比例	检测范围	检验等级	验收标准
1	顶板、底板、腹板、横隔板的横向对接焊缝	超声波	100%	焊缝全长	GB/T 11345 B 级	GB/T29712 2 级
		X 射线	10%	两端各 250mm~ 300mm；长度大于 1200mm 时，中间加探 250mm~300mm	GB/T 3323 B 级	GB/T 3323 II 级
2	梁段间横向对接焊缝十字交叉或 T 形交叉处	超声波	100%	焊缝全长	GB/T 11345 B 级	GB/T29712 2 级
		X 射线	顶板 100% 底板 30% 腹板 10%	交叉处 250mm~ 300mm	GB/T 3323 B 级	GB/T 3323 II 级
		超声波	100%	焊缝全长	GB/T 11345 B 级	GB/T29712 2 级

3	顶板、底板、腹板、横隔板的纵向对接焊缝	X 射线	10%	顶板两端和中间各 250mm~300mm; 底板、腹板、横隔板两端各 250mm~300m	GB/T 3323 B 级	GB/T 3323 II 级
4	横隔板立位横向对接焊缝	超声波	100%	焊缝全长	GB/T 11345 B 级	GB/T29712 2 级
5	横隔板立位纵向对接焊缝	超声波	100%	两端各 1000mm	GB/T 11345 B 级	GB/T29712 2 级
6	风嘴、腹板与顶底板熔透角焊缝, 斜底板与底板熔透角焊缝	超声波	100%	焊缝全长	GB/T 11345 B 级	GB/T29712 2 级
		磁粉	100%	焊缝全长	GB/T 26951	GB/T 26952
7	其它 T 型接头和角接头熔透焊缝, 腹板与顶底板部分熔透焊缝, 脚长大于 12mm 的腹板与顶底板贴脚焊缝	超声波	100%	焊缝全长	GB/T 11345 B 级	GB/T29712 2 级
8	非支座横隔板以及纵隔板与顶底板部分熔透焊缝	磁粉	100%	焊缝全长	GB/T 26951	GB/T 26952
9	其它 T 型接头部分熔透焊缝	磁粉	100%	两端各 1000mm	GB/T 26951	GB/T 26952
10	腹板及开口加劲肋与顶底板贴脚角焊缝	磁粉	100%	焊缝全长	GB/T 26951	GB/T 26952
11	其他贴脚角焊缝	磁粉	100%	两端各 1000mm	GB/T 26951	GB/T 26952
12	焊接试板	超声波	100%	焊缝全长	GB/T 11345 B 级	GB/T29712 2 级
13	需要拆除的临时连接件焊缝	磁粉	100%	焊缝全长	GB/T 26951	GB/T 26952

注: 检测比例指检测接头数量与全部接头数量之比。

9.3.13 钢桁梁、钢桁拱、钢板梁焊缝无损检验的检验部位、检测方法、检测比例、检测范围、检验等级和验收标准应符合表 26 规定:

表 26 桁梁、钢桁拱、钢板梁焊缝无损检验要求及探伤范围

序号	焊缝部位	检测	检测	检测范围	检验	验收标准
----	------	----	----	------	----	------

		方法	比例		等级	
1	主要构件受拉的对接焊缝	超声波	100%	焊缝全长	GB/T 11345 B 级	GB/T29712 2 级
		X 射线	10%	两端各 250mm~ 300mm; 长度大于 1200mm 时中间加探 250mm~300mm	GB/T 3323 B 级	GB/T 3323 II 级
2	主要构件受压的对接焊缝	超声波	100%	横向: 焊缝全长; 纵向: 两端各 1000mm	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级
3	工地对接焊缝	超声波	100%	焊缝全长	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级
4	节点板处和支座处 T 型熔透焊缝	超声波	100%	焊缝全长	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级
5	T 型接头和角接头部分熔透焊缝	超声波	100%	两端螺栓孔范围并各 延长 500mm; 两端最 小长度各不少于 1000 mm	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级
6	非支座横隔板与顶底板和腹板的部分熔透焊缝	超声波	100%	焊缝全长	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级
7	非支座横隔板与顶底板和腹板的贴脚角焊缝	磁粉	100%	焊缝全长	GB/T 26951	GB/T 26952
8	T 型接头贴脚角焊缝	磁粉	100%	两端螺栓孔范围并各 延长 500mm, 两端最 小长度各不少于 1000mm	GB/T 26951	GB/T 26952
9	焊接试板	超声波	100%	焊缝全长	GB/T 11345 B 级	GB/T 29712 2 级

10	需要拆除的临时连接件焊缝	磁粉	100%	焊缝全长	GB/T 26951	GB/T 26952
注：检测比例指检测接头数量与全部接头数量之比。						

9.3.14 钢塔、钢箱拱焊缝无损检验的检验部位、检测方法、检测比例、检测范围、检验等级和验收标准应符合表 27 规定：

表 27 钢塔、钢箱拱焊缝无损检验要求及探伤范围

序号	焊缝部位	检测方法	检测比例	检测范围	检验等级	验收标准
1	钢板工厂对接焊缝	超声波	100%	焊缝全长	GB/T 11345 B 级	GB/T29712 2 级
		X 射线	10%	两端 250mm~300mm；长度大于 1200mm 时，中间加探 250mm~300mm	GB/T 3323 B 级	GB/T 3323 II 级
2	工地对接焊缝	超声波	100%	焊缝全长	GB/T 11345 B 级	GB/T29712 2 级
		X 射线	10%	焊缝全长	GB/T 11345 C 级	GB/T29712 1 级
3	T 型接头和角接头熔透焊缝	超声波	100%	焊缝全长	GB/T 11345 B 级	GB/T29712 2 级
		磁粉	100%	焊缝全长	GB/T 26951	GB/T 26952
4	T 型接头和角接头部分熔透焊缝	超声波	100%	焊缝全长	GB/T 11345 B 级	GB/T29712 2 级
5	T 型接头贴脚角焊缝	磁粉	100%	焊缝全长	GB/T 26951	GB/T 26952
6	焊接试板	超声波	100%	焊缝全长	GB/T 11345 B 级	GB/T29712 2 级

9.4 圆柱头焊钉焊缝检验

9.4.1 圆柱头焊钉焊完之后，应及时敲掉圆柱头焊钉周围的瓷环，焊缝冷却到环境温度后，应进行外观检验。采用焊钉专用焊接设备焊接的焊钉焊接接头焊缝外观质量应符合表 28 的要求。采用电弧焊方法

焊接的焊钉焊接接头最小焊脚尺寸应符合表 29 的要求。

表 28 焊钉焊接接头外观检验合格标准

序号	外观检验项目	合格标准	检验方法
1	外形尺寸	360°范围内焊缝饱满； 拉弧式焊钉焊：焊缝高度 $K1 \geq 1\text{mm}$ ，焊缝宽 $K2 \geq 0.5\text{mm}$ 电弧焊：最小焊脚尺寸应符合表 51 的规定	目测、钢尺、 焊缝量规
2	焊缝缺陷	无气孔、夹渣、裂缝等缺陷	目测、放大镜 (5 倍)
3	焊缝咬边	咬边深度 ≤ 0.5 ，且最大长度不应大于 1 倍的焊 钉直径	钢尺、焊缝量 规
4	焊钉焊后高 度	高度偏差 $\leq \pm 2.0\text{mm}$	钢尺、焊缝量 规
5	焊钉焊后倾 斜角	倾斜角度偏差 $\leq 5^\circ$	钢尺、量角器

表 29 采用电弧焊方法焊接的焊钉焊接接头最小焊脚尺寸 单位mm

焊钉直径	角焊缝最小焊脚尺寸	检验方法
10, 13	6	焊缝检验尺
16, 19, 22	8	焊缝检验尺
25	10	焊缝检验尺

9.4.2 按本文件 9.4.1 的要求外观质量检验合格后，应进行焊钉弯曲试验检查，以单个制造节段为一个检验批次，检查数量不应小于焊钉总数的 1%，且不少于 10 个焊钉。检验方法，可采用锤击或用弯曲套筒把焊钉从原来轴线弯曲 30°。当焊钉弯曲至 30°时，焊缝和热影响区没有肉眼可见的裂纹为该焊钉的焊缝合格。当一个检验批次焊钉的焊缝全部合格，则判定该批次焊钉的焊缝合格。若该检验批次发现有不合格焊钉的焊缝，则在该批次剩余的焊钉中加倍抽样检验，如第二次抽样检验焊钉的焊缝全部合格，则判定该批次剩余焊钉的焊缝合格。若第二次抽样检验批次发现有不合格焊缝，则在该批次剩余的焊钉中再加倍抽样检验。如第三次抽样检验焊钉的焊缝全部合格，则判定该批次剩余焊钉的焊缝合格。若第三次抽样检验批次发现有不合格焊钉的焊缝，则该批次焊钉的焊缝不合格。

9.4.3 对不合格的焊钉应从工件上拆除，将移去焊钉的地方整平磨光，如遇到底面金属有损伤的，应补焊磨平，然后焊上替代焊钉，并应检查替代焊钉的焊接质量。

9.5 产品试板

9.5.1 焊缝应按表 30 规定的焊缝类型和接头数量确定产品试板数量进行产品试板检验，接头数量少于表中数量时应做一组产品试板。

表30 产品试板数

序号	焊缝类型		接头数量	产品试板数量
1	受拉横向对接焊缝	接头长度 ≤ 1000 mm	32 条	1 组
		接头长度 > 1000 mm	24 条	1 组
2	桥面板横向对接焊缝		10 条	1 组
3	桥面板纵向对接焊缝		30 条	1 组
4	全断面对接焊缝		10 个断面	平、立、仰焊缝各 1 组
5	U 形肋与顶板焊缝		1 个梁段	1 组, 取 4 个试样

9.5.2 焊接试板应满足如下要求:

- a) 自动焊焊接试板长度不应小于 600mm, 手工焊、CO₂ 气体保护焊不应小于 400mm;
- b) 产品试板焊接完成后, 应对供取样用的焊接试板做出标记, 并记录所在产品部位。

9.5.3 产品试板焊缝的外观应符合产品焊缝的外观质量要求。

9.5.4 产品试板的焊缝经探伤合格后进行接头拉伸、弯曲和焊缝金属低温冲击试验 (U 形肋与顶板焊缝除外), 试样数量和试验结果应符合本文件附录 B 的规定。

9.5.5 U 形肋与顶板焊缝仅进行宏观断面试验, 试样数量应符合本文件 9.5.1 的要求, 其熔深应满足设计要求。当设计未规定熔深时, 允许 1 个宏观断面试样的熔深不小于板厚的 70%, 其余试样的熔深不小于板厚的 80%。

9.5.6 若产品试板的试验结果不合格, 则应先查明原因, 然后对该试板代表的接头进行处理, 并重新进行检验。

9.6 焊后消应力处理

9.6.1 设计或合同文件对焊后消除应力有要求时, 需经疲劳验算的动荷载结构中承受拉应力的对接接头或焊缝密集的节点或构件, 宜采用电加热器局部退火和加热炉整体退火等方法进行消除应力处理; 如仅为稳定结构尺寸, 可采用振动法消除应力。

9.6.2 焊后热处理应符合行业标准《碳钢、低合金钢焊接构件焊后热处理方法》JB/T6046 的有关规定。当采用电加热器对焊接构件进行局部消除应力热处理时, 尚应符合下列要求:

- a) 使用配有温度自动控制仪的加热设备, 其加热、测温、控温性能应符合使用要求;
- b) 构件焊缝每侧面加热板(带)的宽度应至少为钢板厚度的 3 倍, 且不应小于 200mm;
- c) 加热板(带)以外构件两侧宜用保温材料适当覆盖。

9.6.3 用锤击法消除中间焊层应力时, 应使用圆头手锤或小型振动工具进行, 不对根部焊缝、盖面焊缝或焊缝坡口边缘的母材进行锤击。

9.6.4 用振动法消除应力时, 应符合行业标准《焊接构件振动时效工艺参数选择及技术要求》JB/T10375 的有关规定。

10 预拼装与试拼装

10.1 预拼装和试拼装应在构件涂装前进行, 用于预拼装和试拼装的构件均应检验合格。

- 10.2 预拼装和试拼装应在胎架上进行。
- 10.3 预拼装、试拼装施工时，应符合起重吊装、高空作业安全管理的相关规定。
- 10.4 预拼装、试拼装时，应模拟构件在现场拼装时的受力状态。
- 10.5 磨光顶紧处应有 75%以上的面积密贴，用 0.2mm 塞尺检查，其塞入面积不应超过 25%。
- 10.6 当实际构件的测试精度可以满足预拼装精度要求时，也可采用计算机模拟预拼装。

11 涂装

11.1 一般规定

11.1.1 桥梁钢结构的涂装分为工厂涂装和工地涂装，应尽可能减少工地涂装工作量。箱形构件的内表面涂装、以及构件外表面的底漆和中间漆应在工厂施工，除外表面最后一道面漆之外的其余面漆宜在工厂施工。工地焊接的焊缝区域，焊缝两侧各 50mm 范围在工厂不做涂装，喷砂后用胶带保护，工地焊接完成后，按其所在部位涂装要求在工地修补各涂层。

11.1.2 涂料供应商和施工单位应获得《质量管理体系》(GB/T 19001(ISO9001))、《环境管理体系》(GB/T 24001(ISO14001))和《职业健康安全管理体系》(GB/T 28001(OHSAS18001))认可证书。具备提供技术服务和履约能力。

11.1.3 涂装施工单位应具有防腐保温二级及以上资质或国家一级及以上企业，具备保证工程安全、质量的能力。

11.1.4 涂装施工人员应通过涂装专业培训。关键施工工序(喷砂、喷漆、质检)的施工人員应获得涂装中级工及以上证书。特种作业人员应具备相应资格。

11.1.5 涂料材料品种、规格、技术性能指标，应符合设计文件和本文件附录 A.4 相关技术规范的要求。选用的涂装材料应性能可靠、防蚀性好、耐候性好，防护年限应满足设计图纸规定的年限要求，色彩满足设计文件的景观要求。涂料材料应具有完整的出厂质量证明书。

11.1.6 涂装施工前应完成以下工作：

- a) 应按本文件附录 E 的要求进行涂装材料复验，经复检合格后方可使用。
- b) 应进行涂装工艺试验，监理工程师应见证试验全过程。
- c) 应按本文件附录 F 的要求进行高强度螺栓连接摩擦面的抗滑移系数试验。
- d) 应进行钢材表面处理。

11.1.7 涂装施工应符合以下安全、卫生要求：

- a) 涂装作业安全、卫生应符合《涂装作业安全规程 涂漆工艺安全及其通风净化》(GB 6514)、《涂装作业安全规程_安全管理通则》(GB/T 7691)、《涂装作业安全规程 涂漆前处理工艺安全及其通风净化》(GB/T 7692)和《建筑防腐蚀工程施工规范》(GB/T 50212)的有关规定；
- b) 涂装作业场所空气中有害物质不超过最高容许浓度；
- c) 施工现场应远离火源，不允许堆放易燃、易爆和有毒物品；
- d) 涂料仓库及施工现场应有消防水源、灭火器和消防工器具，并应定期检查。消防道路应畅通；
- e) 密闭空间涂装作业应使用防爆灯、器具，安装防爆报警装置；作业完成后油漆在空气中的挥发物消散前，不得电焊修补作业；

- f) 施工人员应正确穿戴工作服、口罩、防护镜等劳动保护用品；
- g) 所有电器设备应绝缘良好，临时电线应选用胶皮线，工作结束后应切断电源；
- h) 工作平台的搭建应符合有关安全规定，高空作业人员应具备高空作业资格。

11.1.8 涂装施工应符合以下环境保护要求：

- a) 涂料产品的有机挥发物含量（VOC）应符合国家有关法律法规要求；
- b) 保持施工现场清洁，产生的垃圾等应及时收集并妥善处理。

11.2 表面处理

11.2.1 构件在喷砂除锈前应进行如下的结构预处理：

- a) 粗糙焊缝打磨光滑，焊接飞溅物用刮刀或砂轮机除去。焊缝上深为 0.8 mm 以上或宽度小于深度的咬边应补焊处理，并打磨光滑；
- b) 锐边用砂轮打磨成曲率半径为 2 mm 的圆角；
- c) 切割边的峰谷差超过 1 mm 时，打磨到 1 mm 以下；
- d) 表面层叠、裂缝、夹杂物，须打磨处理，必要时补焊。

11.2.2 喷砂前应按表 31 的要求进行钢结构表面清理。

表31 喷砂前钢结构表面清理要求

序号	类别	清理方法	检测方法	检验标准	
1	油污	专用清洗剂清洗 (或擦洗)	/	无可见油迹	洒水法检验或按 GB/T 13312 (验油试纸法) 检验
2	可溶性盐份	高压淡水冲洗	盐份测试仪	可溶性氯化物含量 $\leq 7 \mu\text{g}/\text{cm}^2$	GB/T 18570.6 和 GB/T 18570.9、ISO 8502-9: 1998 (水溶性盐电导率测量法)
3	表面灰尘	真空吸尘器或无油、无水的压缩空气		表面灰尘清洁度 \leq 3级	GB/T 18570.3
4	粉笔记号、涂料等附着物	人工清除	/	无可见杂物	目测

11.2.3 涂装施工前，应采用喷砂或抛丸等方法进行除锈，除锈等级和粗糙度应符合设计文件要求，并应符合《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》(JT/T 722)的规定。

11.2.4 在已涂无机硅酸锌、无机富锌或其他类车间底漆的钢结构外表面再涂装油漆前，应根据涂装体系设计要求采用喷砂或机械打磨方法进行二次表面处理，并应满足以下要

求:

- a) 无机硅酸锌、无机富锌车间底漆完好的部位,可采用扫砂拉毛方法除去表面锌盐,并对焊缝、锈蚀处喷砂除锈至 GB/T 8923 (“涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定:第 1、2、3 部分”)规定的 Sa2.5 级;或采用打磨拉毛方法除去表面锌盐,并对焊缝、锈蚀处进行打磨,除锈清洁度达到 GB/T 8923 规定的 St3 级;
- b) 对需要热喷涂的钢结构焊缝预留部分,应采用喷砂方法进行二次表面处理,除锈清洁度达到 GB/T 8923 规定的 Sa3.0 级。

11.2.5 除锈磨料应符合以下要求:

- a) 磨料应存放于通风干燥的室内,应清洁、干燥、无油污等,必要时应采取烘焙措施,以确保所使用磨料的清洁、干燥及性能。
- b) 根据表面粗糙度要求,选用合适粒度的磨料,喷砂用磨料宜采用多棱角钢砂和钢丸。
- c) 喷射清理用金属磨料应符合《涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理用金属磨料的技术要求导则和分类》(GB/T 18838.1)的规定。
- d) 高碳铸钢丸、铸钢砂应符合《涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理用金属磨料的技术要求第 3 部分:高碳铸钢丸、铸钢砂》(GB/T 18838.3)的规定,其性能指标应符合表 32 的要求。
- e) 低碳铸钢丸应符合《涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理用金属磨料的技术要求第 4 部分:低碳铸钢丸》(GB/T 18838.4)的规定;
- f) 喷射清理用非金属磨料应符合《涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理用非金属磨料的技术要求导则和分类》(GB/T 17850.1)的规定。

表 32 钢砂和钢丸性能指标

磨料型号	高碳钢丸砂筛分等级规格 (%)—筛网孔径 (mm)							化学成分 (%) (质量分数)						维氏硬度 (HV)	表观密度
	1.40	1.18	1.00	0.85	0.71	0.425	0.300	C	Mn	Si	S	P	H ₂ O		
S30	0	<5	/	>85	>96	/	/	0.8~1.2	0.35~1.2	≥0.4	≤0.05	≤0.05	≤0.2	390~530	≥7.0kg/d m ³
G25	/	0	/	/	>70	>80	/							470~610	
G40	/	/	0	/	/	>70	>80							570~710	
检	《涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理用金属磨料的技术要求第 3 部分:高碳铸钢丸、铸钢砂》(GB/T 18838.3)							ISO	ISO	ISO	ISO	ISO	GB/T1	GB/T	GB/T
验标准	属磨料的技术要求第 3 部分:高碳铸钢丸、铸钢砂》(GB/T 18838.3)							9556	629	439	4935	10714	9816.7	19816.3	19816.4

11.3 工厂涂装

11.3.1 涂装施工环境应符合以下要求:

- a) 施工环境温度 5℃~38℃,空气相对湿度不大于 85%,并且钢材表面温度应高于露点温度 3℃ 以上;

- b) 在有雨、雾、雪、大风和较大灰尘的条件下，禁止户外施工；
 - c) 施工环境温度为 $-5^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$ 时，应采用低温固化产品或采用其它措施；涂料本身的温度需符合产品说明书的规定；
 - d) 涂装后 4 小时内不得受雨淋。
- 11.3.2 外表面在涂装底漆前应采用喷射方法进行二次表面处理；内表面无机硅酸锌车间底漆基本完好时，可不进行二次表面处理，但要除去表面盐分、油污等，并对焊缝、锈蚀处打磨至 GB/T 8923 规定的 St3 级。
- 11.3.3 厂内焊缝两侧每道涂层向内递减 50mm~80mm，便于现场修补。
- 11.3.4 涂装前应仔细确认油漆的种类、名称、质量标准。对双组份油漆要明确混合比例，并搅拌均匀、熟化后使用。涂料配制和使用时间应符合以下要求：
- a) 涂料应充分搅拌均匀后方可施工，推荐采用电动或气动搅拌装置。对于双组分或多组分涂料应先将各组分分别搅拌均匀，再按比例配制并搅拌均匀；
 - b) 混合好的涂料按照产品说明书的规定熟化；
 - c) 涂料的使用时间按产品说明书规定的适用期执行，超过使用时间涂料不得使用。
- 11.3.5 应按照设计要求和材料工艺进行底涂、中涂和面涂施工。每道涂层的间隔时间应符合材料供应商的有关技术要求。超过最大重涂间隔时间时，进行拉毛处理后涂装。
- 11.3.6 施工中随时检查湿膜厚度以保证干膜厚度满足设计要求。湿膜厚度检测按 GB/T 13452.2 的规定执行。
- 11.3.7 电弧喷涂应符合以下要求：
- a) 电弧喷涂施工时，应在受喷面积上连续喷涂到规定厚度；
 - b) 喷涂用气体应清洁、干燥，喷涂气体压力应不低于 0.5 MPa；
 - c) 喷涂距离宜控制在 150 mm~300mm；
 - d) 喷涂时，喷涂微颗粒应尽可能垂直冲击基体表面，喷枪与被喷涂面的夹角应不小于 60° ；
 - e) 喷涂过程中，应经常对喷枪进行清洁，避免积聚金属粉尘；喷枪移动速度应均匀；当发现基体表面温度过高时，可暂停喷涂；
- 11.3.8 工厂涂装完成后应进行保护，防止运输和安装过程中损伤涂装。

附 录 A
(资料性附录)
编制依据文件单

A.1 钢材

钢材编制依据文件清单见表 A.1。

表 A.1 钢材编制依据文件清单

标 准 名 称	编 号
钢板和钢带包装、标志及质量证明书的一般规定	GB/T 247
优质碳素结构钢	GB/T 699
碳素结构钢	GB/T 700
热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差	GB/T 709
桥梁用结构钢	GB/T 714
低合金高强度结构钢	GB/T 1591
厚度方向性能钢板	GB/T 5313
冷镦和冷挤压用钢	GB/T 6478
电弧螺柱焊用圆柱头焊钉	GB/T 10433
热轧钢板表面质量的一般要求	GB/T 14977

A.2 焊材

焊材编制依据文件清单见表 A.2。

表 A.2 焊材编制依据文件清单

标 准 名 称	编 号
非合金钢及细晶粒钢焊条	GB/T 5117
热强钢焊条	GB/T 5118
埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求	GB/T 5293
熔化极气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝	GB/T 8110
非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝	GB/T 10045
埋弧焊用热强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求	GB/T 12470
热强钢药芯焊丝	GB/T 17493

焊接材料质量管理规程	JB/T 3223
陶质焊接衬垫	CB/T 3715

A.3 制造紧固件

紧固件编制依据文件清单见表 A.3。

表 A.3 紧固件编制依据文件清单

标准名称	编号
紧固件 验收检查	GB/T 90.1
钢结构用高强度大六角头螺栓	GB/T 1228
钢结构用高强度大六角螺母	GB/T 1229
钢结构用高强度垫圈	GB/T 1230
钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件	GB/T 1231
紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱	GB/T 3098.1
钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副	GB/T 3632
六角头螺栓 C 级	GB/T 5780
六角头螺栓 全螺纹 C 级	GB/T 5781
六角头螺栓	GB/T 5782
六角头螺栓 全螺纹	GB/T 5783

A.4 涂装

涂装编制依据文件清单见表 A.4。

表A.4 涂装编制依据文件清单

标准名称	编号
产品几何技术规范 (GPS) 表面结构 轮廓法 表面粗糙度参数及其数值	GB/T 1031
色漆、清漆和塑料 不挥发物含量的测定	GB/T 1725
漆膜一般制备法	GB 1727
漆膜腻子膜干燥时间测定法	GB/T 1728
色漆和清漆 摆杆阻尼试验	GB/T 1730
漆膜耐冲击性测定法	GB/T 1732

漆膜耐水性测定法	GB/T 1733
色漆和清漆 耐热性的测定	GB/T 1735
色漆和清漆 涂层老化的评级方法	GB/T 1766
色漆和清漆 耐磨性的测定 旋转橡胶砂轮法	GB/T 1768
色漆和清漆 耐中性盐雾性能的测定	GB/T 1771
色漆和清漆人工气候老化和人工辐射暴露 滤过的氙弧辐射	GB/T 1865
色漆、清漆和色漆与清漆用原材料取样	GB/T 3186
磁性基体上非磁性层覆盖层厚度测量 磁性法	GB/T 4956
色漆和清漆 拉开法附着力试验	GB/T 5210
表面粗糙度比较样块 第3部分：电火花、抛(喷)丸、喷砂、研磨、锉、抛光加工表面	GB/T 6060.3
涂装作业安全规程 涂漆工艺安全及其通风净化	GB/T 6514
色漆和清漆 弯曲试验(圆柱轴)	GB/T 6742
船用车间底漆	GB/T 6747
色漆和清漆—用流出杯测定流出时间	GB/T 6753.4
色漆、清漆和印刷油墨 研磨细度的测定	GB/T 1724
涂装作业安全规程_安全管理通则	GB/T 7691
涂装作业安全规程 涂漆前处理工艺安全及其通风净化	GB 7692
涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级	GB/T 8923.1
涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级	GB/T 8923.1
热喷涂 金属和其他无机覆盖层 锌、铝及其合金	GB/T 9793
产品几何技术规范 表面结构 轮廓法评定表面结构的规则和方法	GB/T 10610
涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理后的钢材表面粗糙度特性 第1部分：用于评定喷射清理后钢材表面	GB/T 13288.1

面粗糙度的 ISO 表面粗糙度比较样块的技术要求和定义	
涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理后的钢材表面粗糙度特性 磨料喷射清理后钢材表面粗糙度等级的测定方法 比较样块法	GB/T 13288.2
涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理后的钢材表面粗糙度特性 第 3 部分: ISO 表面粗糙度比较样块的校准和表面粗糙度的测定方法 显微镜调焦法	GB/T 13288.3
涂覆涂料前钢材表面处理喷射清理后的钢材表面粗糙度特性第 4 部分:ISO 表面粗糙度比较样块的校准和表面粗糙度的测定方法 触针法	GB/T 13288.4
涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理后的钢材表面粗糙度特性 第 5 部分:表面粗糙度的测定方法 复制 带法	GB/T 13288.5
色漆和清漆 漆膜厚度的测定	GB/T 13452.2
涂料产品包装通则	GB/T 13491
涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理用非金属磨料的技术要求 第 1 部分: 导则和分类	GB/T 17850.1
涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第 3 部分: 涂覆涂料前钢材表面的灰尘评定(压敏粘带法)	GB/T 18570.3
涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第 6 部分:可溶性杂质的取样 Bresle 法	GB/T 18570.6
涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第 9 部分: 水溶性盐的现场电导率测定法	GB/T 18570.9
涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理用金属磨料的技术要求 导则和分类	GB/T 18838.1
涂覆涂料前钢材表面处理喷射清理用金属磨料的技术要求 第 2 部分: 冷硬铸铁砂	GB/T 18838.2
涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理用金属磨料的技术要求 第 3 部分: 高碳铸钢丸、铸钢砂	GB/T 18838.3
涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理用金属磨料的技术要求 第 4 部分: 低碳铸钢丸	GB/T 18838.4
涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理用金属磨料的技术要求 第 5 部分: 钢丝切丸	GB/T 18838.5
涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理用金属磨料的试验方法 第 3 部分 硬度的测定	GB/T 19816.3
涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理用金属磨料的试验方法 第 4 部分 表观密度的测定	GB/T 19816.4
涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理用金属磨料的试验方法 第 7 部分: 含水量的测定	GB/T 19816.7

钢结构工程施工质量验收规范	GB 50205
建筑防腐蚀工程施工规范	GB 50212
公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件	JT/T 722
涂料产品检验、运输和贮存通则	HG/T 2458
富锌底漆	HG/T 3668
交联型氟树脂涂料	HG/T 3792

A.5 钢材和焊接接头试验

钢材和焊接接头试验编制依据文件清单见表 A.5。

表 A.5 钢材和焊接接头试验编制依据文件清单

标准名称	编号
钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验方法	GB/T 226
金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法	GB/T 228.1
金属材料 夏比摆锤冲击试验方法	GB/T 229
金属材料弯曲试验方法	GB/T 232
焊接接头冲击试验方法	GB/T 2650
焊接接头拉伸试验方法	GB/T 2651
焊缝及熔敷金属拉伸试验方法	GB/T 2652
焊接接头弯曲试验方法	GB/T 2653
焊接接头硬度试验方法	GB/T 2654

A.6 无损检测

无损检测编制依据文件清单见表 A.6。

表 A.6 无损检测编制依据文件清单

标准名称	编号
------	----

厚钢板超声检测方法	GB/T 2970
焊缝无损检测射线检测第1部分: X和伽马射线的胶片技术	GB/T 3323.1
无损检测 人员资格鉴定与认证	GB/T 9445
焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定	GB/T 11345
无损检测磁粉检测第2部分检测介质	GB/T 15822.2
无损检测 磁粉检测 第3部分:设备	GB/T 15822.3
无损检测 渗透检测 第1部分: 总则	GB/T 18851.1
无损检测 渗透检测 第2部分: 渗透材料的检验	GB/T 18851.2
无损检测 渗透检测 第3部分: 参考试块	GB/T 18851.3
无损检测 渗透检测 第4部分: 设备	GB/T 18851.4
无损检测 超声检测用试块	GB/T 23905
焊缝无损检测 磁粉检测	GB/T 26951
焊缝无损检测 焊缝磁粉检测 验收等级	GB/T 26952
焊缝无损检测 焊缝渗透检测 验收等级	GB/T 26953
焊缝无损检测 超声检测 验收等级	GB/T 29712
承压设备无损检测 第5部分 渗透检测	NB/T 4730.5
无损检测 渗透试块通用规范	JB/T 6064
无损检测 渗透检测用材料	JB/T 7523
无损检测 线型像质计通用规范	JB/T 7902
工业射线照相底片观片灯	JB/T 7903
无损检测 A型脉冲反射式超声检测系统工作性能测试方法	JB/T 9214

A.7 制造与验收

制造与验收编制依据文件清单见表 A.7。

表 A.7 设计、制造与验收编制依据文件清单

标准名称	编号
气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口	GB/T 985.1
埋弧焊的推荐坡口	GB/T 985.2
焊接与切割安全	GB/T 9448
钢结构工程施工及验收规范	GB/T 50205
钢结构工程施工规范	GB/T 50755
钢结构焊接规范	GB/T 50661
城市桥梁工程施工与质量验收规范	CJJ 2
公路桥涵施工技术规范	JTG/T F50
公路工程质量检验评定标准	JTG/T F80/1
铁路桥梁钢结构设计规范	TB 10091
铁路桥涵工程施工质量验收标准	TB 10415
铁路钢桥制造规范	Q/CR 9211

A.8 其他

其他编制依据文件清单见表 A.8。

表 A.8 其他编制依据文件清单

标准名称	编号
质量管理体系	GB/T 19001(ISO9001)
环境管理体系	GB/T 24001(ISO14001)
职业健康安全管理体系	GB/T28001(OHSAS18001)

附录 B

钢材焊接工艺评定

B.1 一般规定

B.1.1 钢材焊接工艺评定（以下简称“评定”）是编制焊接工艺的依据。

B.1.2 评定条件应与产品焊接条件相对应，评定应使用与产品相同牌号和等级质量的钢材及焊接材料。

B.1.3 制造单位应根据钢材类型、结构特点、接头形式、焊接方法、焊接位置等制定评定方案，拟定评定指导书，按本文件的相关要求进行评定。

B.1.4 制造单位首次采用的钢材和焊接材料应进行评定；在同一制造单位已评定并批准的工艺，可不再评定。

B.2 试板

B.2.1 试板宜选用碳当量偏标准上限的母材制备，其试验条件应考虑约束状态。

B.2.2 对接接头试板应根据设计图，按表 B.1 选择代表性板厚的试板进行评定试验。

表 B.1 对接焊缝试板代表的板厚 单位 mm

序号	试板厚度	产品板厚	备注
1	$t \leq 16$	$0.5t \leq \delta \leq 1.5t$	δ —产品厚度 t —试板厚度
2	$16 < t \leq 25$	$0.75t \leq \delta \leq 1.5t$	
3	$25 < t \leq 80$	$0.75t \leq \delta \leq 1.3t$	

B.2.3 T形接头埋弧自动焊试板可按焊脚尺寸，在表 B.2 中选择相应厚度组合的盖板与腹板焊接试件进行评定试验。

表 B.2 T形角焊缝埋弧自动焊试板厚度 单位 mm

序号	焊脚尺寸	试板厚度	
		腹板	盖板
1	6.5×6.5	8~12	12~16
2	8×8	10~16	16~24
3	10×10	14~24	20~40
4	12×12	>20	>28

B.2.4 熔透或部分熔透的角接接头和 T形接头试板应根据设计图选择有代表性的板厚进行评定试验。试板代表的板厚范围按表 B.3 执行。

表 B.3 熔透或部分熔透的角接接头和 T形接头试板代表的板厚 单位 mm

序号	试板厚度(腹板)	产品板厚(腹板)	备注
----	----------	----------	----

1	$t \leq 16$	$0.5t \leq \delta \leq 1.5t$	δ —产品厚度 t —试板厚度
2	$16 < t \leq 25$	$0.75t \leq \delta \leq 1.5t$	
3	$25 < t \leq 80$	$0.75t \leq \delta \leq 1.3t$	

B.2.5 T形角焊缝试板可按每一焊脚尺寸选定一种板厚组合进行评定试验，对已评定合格的焊缝有效厚度（喉厚） $< 10\text{mm}$ 的角焊缝，认可产品角焊缝有效厚度（喉厚） $0.75 \sim 1.5$ 倍；对已评定合格的焊缝有效厚度（喉厚） $\geq 10\text{mm}$ 的角焊缝，认可产品的焊缝有效厚度（喉厚） $\geq 10\text{mm}$ 的所有角焊缝。

B.2.6 试板长度应根据样坯尺寸、数量（含附加试样数量）等因素予以综合考虑，自动焊不应小于 600mm ，手工焊、 CO_2 气体（混合气体）保护焊不应小于 400mm 。宽度应根据板厚、试样尺寸、探伤要求确定。

附 录 C

圆柱头焊钉焊接工艺评定

C.1 一般规定

C. 1.1 试验用焊接圆柱头焊钉的钢板材质应与生产用钢板相同，按较厚板选用。

C. 1.2 圆柱头焊钉的力学性能和化学成分应符合设计文件和《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》(GB/T10433)规定。

C. 1.3 瓷环应符合《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》(GB/T 10433)的规定。

C. 1.4 试验用焊接设备应与生产用焊接设备相同；采用不同焊接方法焊接的焊钉应分别评定。

C.2 试验与检验

C. 2.1 试验时应记录施焊参数。

C. 2.2 圆柱头焊钉评定试验数量为6个，一组3个进行敲击30°弯曲检验；另一组3个进行拉伸检验。

C.3 弯曲与拉伸检验

C. 3.1 弯曲试验采用锤击圆柱头焊钉的方法，弯曲角度为30°。当焊钉焊脚未出现肉眼可见裂缝时，该焊钉焊缝判为合格，否则为不合格。弯曲试验的3个焊钉全部合格，则该组弯曲评定试验合格，若出现2个不合格，该组弯曲评定试验为不合格。若出现1个不合格，加倍补做，加倍补做的全部合格后，该组弯曲评定试验合格。

C. 3.2 焊钉拉伸试验断裂在焊钉部位，且拉力载荷满足《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》(GB/T 10433)的规定，则焊钉焊缝合格，否则为不合格。当3个焊钉焊缝全部合格时，则该组拉伸评定试验合格。若拉伸试验出现2个不合格，该组拉伸评定试验为不合格。若出现1个不合格，加倍补做试验，加倍补做的全部合格后，该组拉伸评定试验合格。

C.4 焊接工艺评定报告应包括下列内容：

- a) 钢板、焊钉规格、化学成分和力学性能等；
- b) 试件的焊接条件及施焊工艺参数；
- c) 焊缝外观检验结果；
- d) 焊钉弯曲试验结果；
- e) 焊钉拉伸试验结果；
- f) 结论。

附 录 D

钢材及加工缺陷的修补

D. 1 一般规定

D. 1.1 钢材局部表面的麻坑或伤痕深度为 0.3mm~1mm 时,可磨修匀顺;深度超过 1 mm 时,应在补焊后磨修匀顺。

D. 1.2 深度不超过 20 mm 钢材局部边缘的夹层缺陷,可按本文件的相关规定清除缺陷后补焊并磨修。

D. 1.3 当气割边缘的切口或崩坑深度 ≤ 2 mm 时,可磨修匀顺,当深度 > 2 mm 时,应在铲磨出坡口后补焊、磨修匀顺。

D. 1.4 对于弯曲加工时产生的边缘裂纹,在查明原因后按本文件的相关规定处理。

D. 1.5 补焊的预热温度应较正常要求的预热温度提高 $30^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。

附 录 E

(规范性附录)

涂装材料复验要求

E.1 一般规定

E.1.1 涂装材料应在保质期，并有完整的出厂质量证明书。

E.1.2 涂装材料品种、规格、技术性能指标应符合图纸和相关技术规范的要求。

E.1.3 涂装材料经复检合格后方可使用。涂装材料复检除应符合本附录要求外，尚应符合国家有关标准的规定，

E.1.4 涂装材料复验应按《涂料产品的取样》(GB/T 3186)的规定采取抽样法取样。对于每批涂料，取样品 A、B 两份，A、B 样分别装入取样罐中(预留 5%的空隙)按不同组别进行分别密封，A 样送检，送检全过程应有见证人。B 样密封保存，封条上应有监理单位、业主单位、分包单位、涂料供应单位等的代表共同签字。

E.1.5 涂装材料复验送样检验应符合以下要求：

- a) 涂装材料应由国家认可具有 CMA 认证及其以上资质、信誉好的检测机构检测，并出具检测报告；
- b) 涂装材料送验前，委托人须填写《委托检验协议书》，委托书填写应详尽具体，包括试验项目、试验要求及试验标准等，若有特殊要求，须在备注栏中加以注明。《委托检验协议书》由双方确认并签字认可后交试验接样人；
- c) 从事检测工作的所有人员经过培训并取得相应的资格证书，检测人员应掌握一定的基础知识和专业理论知识，具有承担检验检测工作的能力，能较熟练地按操作规程、规范进行操作；
- d) 材料复检接样人根据委托检验协议书内容核对试验样品，确认无误后，进行登记、编制本室编号，并将试验委托单交试样加工组进行加工，委托单同时送达相关专业室。

E.1.6 面漆色板的制造应符合表 E.1 的要求。

表 E.1 面漆色板制造要求

序号	色板种类	规格	数量	制造标准	用途
1	标准色卡、厂家色卡	/	3 套	/	用于色漆颜色选择
2	标准色板(金属底板)	50×120×0.2~0.3mm	6 块	GB 1727	涂料入厂验收

E.2 磨料

E.2.1 磨料应符合本文件 11 涂装的规定。

E.3 涂料

E.3.1 涂料复检原则如下：

- a) 主体涂装材料应逐批复验。批次为：底漆 6000L 为一批，中间漆 15000L 为一批，面漆 12000L 为一批；其它涂装材料按《铁路钢桥保护涂装及涂料供货技术条件》(TB/T 1527)规定每 10t 为一批。
- b) 涂装材料应提供如下资料(包括但不限于)：能进行外加固化涂层的固化时间，能进行工件搬运时的固化时间，完全固化时间等。

- c) 涂装材料复验试样应随机抽取。
d) 检验结果如有某项指标存在争议时, 允许在该批涂装材料中随机抽取一个样品, 重新进行检验。

E.3.2 涂料复检必检项目如下:

- a) 无机硅酸锌车间底漆: 干燥时间、附着力;
b) 环氧磷酸锌底漆: 附着力、干燥时间、不挥发物含量。
c) 环氧富锌底漆: 附着力、金属锌含量、干燥时间、不挥发物含量。
d) 环氧磷酸锌封闭底漆: 附着力、干燥时间、不挥发物含量。
e) 环氧云铁中间漆、环氧(厚浆)漆: 附着力、干燥时间、不挥发物含量、弯曲性。
f) 氟碳面漆: 氟含量、附着力、不挥发物含量、干燥时间、耐冲击性、细度。
g) 无机富锌防锈防滑涂料: 附着力、不挥发物含量、干燥时间。
h) 环氧沥青涂料: 不挥发物含量、耐冲击性、附着力;
i) 铝丝: 化学成分。

E.3.3 车间底漆 钢桥用车间底漆技术要求和试验方法应符合表 E.2 的要求。

表 E.2 钢桥用车间底漆技术要求和试验方法

序号	项目	技术指标		试验方法和标准
		含锌车间底漆	不含锌车间底漆	
1	在容器中状态	搅拌后无硬块, 呈均匀状态		目测
2	不挥发物含量, %	40~60	35~55	GB/T 1725
3	不挥发份中的金属锌含量, %	30~50	—	HG/T 3668
4	表干时间, min	≤5		GB/T 1728
5	焊接与切割	合格		GB/T 6747
6	弯曲与成型	合格		GB/T 6747

E.3.4 防锈底漆 钢桥用防锈底漆技术要求和试验方法应符合表 E.3 的要求。

表 E.3 钢桥用防锈底漆技术要求和试验方法

序号	项目	技术指标			试验方法和标准
		无机富锌底漆 ^a	环氧富锌底漆 ^b	环氧磷酸锌底漆	
1	在容器中状态	搅拌均匀后无硬块, 呈均匀状态; 粉料呈微小均匀粉末状态			目测

2	不挥发份中的金属锌含量, %		≥80	≥70	—	HG/T 3668
3	耐热性 ^d , °C		400°C, 1h 漆膜完整	250°C, 1h 漆膜完	—	GB/T 1735
4	不挥发份含量, %		≥75 ^e	≥75	—	GB/T 1725
5	干燥时间	表干, h	≤0.5	≤2	—	GB/T 1728
		实干, h	≤8	≤24		
6	附着力, 拉开法, MPa		≥3	≥5	—	GB/T 5210
7	耐冲击性, cm		—	50	—	GB/T 1732
8	抗滑移系数 ^e	初始时	≥0.55	—	—	GB/T 50205
		安装时 (6 个月内)	≥0.45			
a 无机富锌底漆包括醇溶型无机富锌底漆和水性无机富锌底漆。						

E. 3.5 环氧封闭漆技术要求和试验方法应符合表 E.4 的要求。

表 E.4 环氧封闭漆技术要求和试验方法

序号	项目		技术指标		试验方法和标准
1	在容器中状态		搅拌后无硬块, 呈均匀状态		目测
2	不挥发物含量, %		50~70		HG/T 3668
3	粘度, ISO-4 杯, 秒		≤60		GB/T 6753.4
4	细度 μm		≤60		GB/T 6753.1
5	干燥时间	表干, h	≤2		GB/T 1728
		实干, h	≤12		
6	附着力, MPa		≥5		GB/T 5210

E. 3.6 环氧中间漆技术要求和试验方法应符合表 E.5 的要求。

表 E.5 环氧中间漆技术要求和试验方法

序号	项目	技术指标			试验方法和标准
		环氧(厚浆)漆	环氧(云铁)漆	环氧玻璃鳞片漆	
1	在容器中状态	搅拌后无硬块, 呈均匀状态			目测

2	不挥发物含量, %		≥75	≥75	≥80	GB/T 1725
3	干燥时间	表干, h	≤4	≤4	≤4	GB/T 1728
		实干, h	≤24	≤24	≤24	
4	弯曲性, mm		≤2	≤2	/	GB/T 6742
5	附着力, MPa		≥5			GB/T 5210
6	耐冲击性, cm		50	/		GB/T 1732
7	人工加速老化(变色1级、失光1级, 涂层无生锈、起泡剥落、开裂、粉化等异常现象)		/	/	5 000 h	GB/T 1865

E.3.7 耐候面漆技术要求和试验方法应符合表 E.6 的要求。

表 E.6 耐候面漆技术要求和试验方法

序号	项目	技术指标			试验方法和标准
		丙烯酸酯 肪族聚氨酯 面漆	氟碳面漆	聚硅氧烷面漆	
1	不挥发物含量, %	≥60	≥55	≥70	GB/T 1725
2	细度, μm	≤35	≤35	≤35	GB 6753.1
3	溶剂可溶物氟含量, %	/	≥24(优等品) ≥22(一等品)	/	HG/T 3792
4	干燥时间	表干, h	≤2	≤2	GB/T 1728
		实干, h	≤24	≤24	
5	弯曲性, mm	≤2	≤2	≤2	GB/T 6742
6	耐磨性 500r/500g, g	≤0.06	≤0.05	≤0.04	GB 1768
7	附着力, MPa	≥5			GB/T 5210
8	耐冲击性, cm	50			GB/T 1732
9	硬度	≥0.6			GB/T 1730 B 法

10	适用期, h	≥ 5		HG/T 3792-2006 中 5.11	
11	人工加速老化(变色 1 级、失光 1 级、涂层无生锈、起包、剥落、开裂、粉化等异常现象)	/	5000h	/	GB/T 1865-2009
12	重涂性	重涂无障碍		HG/T 3792-2006 中 3.12	

E.3.8 无机富锌防锈防滑涂料技术要求和试验方法应符合表 E.7 的要求。

表 E.7 无机富锌防锈防滑涂料技术要求和试验方法

序号	名称	技术参数	试验方法和标准
1	在窗口中状态	均匀无异常	目测
2	不挥发物含量(重量) %	≥ 80	GB/T 1725
3	不挥发份中的金属锌含量 %	≥ 70	HG/T 3668
4	表干时间 min	≤ 30	GB/T 1728

E.4 试验方法

E.4.1 涂层

E.4.1.1 耐水性按《漆膜耐水性测定法》(GB/T 1733)的规定进行。

E.4.1.2 耐盐水性按《色漆和清漆 耐液体介质的测定》(GB/T 9274)的规定进行。

E.4.1.3 耐化学品性能按《色漆和清漆 耐液体介质的测定》(GB/T 9274)的规定进行,使用溶液为 5%NaOH 和 5%H₂SO₄ 水溶液。

E.4.1.4 附着力按《涂层附着力的测定法,拉开法》(GB/T 5210)的规定进行。

E.4.1.5 耐盐雾性能按《色漆和清漆 耐中性盐雾性能的测定》(GB/T 1771)的规定进行。

E.4.1.6 人工加速老化性能按《色漆和清漆人工气候老化和人工辐射暴露》(GB/T 1865)的规定进行。

E.4.1.7 涂层体系试验后,漆膜表面缺陷评判按《色漆和清漆 涂层老化的评级方法》(GB/T 1766)的规定进行。

E.4.1.8 涂料的技术要求和试验方法见本文件 E.3.3~E.3.8。

E.4.2 表面处理

E.4.2.1 除锈等级评判按照《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分:未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》(GB/T 8923.1)的规定进行。

E.4.2.2 表面粗糙度按照 GB/T 13288(“涂覆涂料前钢材表面处理喷射清理后的钢材表面粗糙度特性”

第 1 部分~第 4 部分)或《产品几何技术规范 表面结构 轮廓法评定表面结构的规则和方法》(GB/T 10610)的规定进行。

E. 4.2.3 表面油污检查可采用以下两种方法:

- a) 粉笔试验法——适用于非光滑的钢结构表面 对于怀疑有油污污染的区域,用粉笔划一条直线贯穿油污区域。如果在该区域内,粉笔线条变细或变浅,说明该区域可能被油污污染;
- b) 醇溶液试验法——适用于所有钢结构表面 对于怀疑有油污污染的部位,用蘸有异丙醇的脱脂棉球擦拭,并将异丙醇挤入透明的玻璃管中。加入 2~3 倍的蒸馏水,振荡混合约 20min。以相同体积的异丙醇蒸馏水溶液为参照,如果溶液呈混浊状,表明钢结构表面有油污污染。

E. 4.2.4 表面灰尘清洁度按《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第 3 部分:涂覆涂料前钢材表面的灰尘评定(压敏粘带法)》(GB/T 18570.3)的规定进行。

E. 4.2.5 表面可溶性氯化物按《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第 6 部分:可溶性杂质的取样 Bresle 法》(GB/T 18570.6)和《涂装油漆和有关产品前钢材预处理 表面清洁度的评定试验第 9 部分:水溶性盐的现场电导测定法》(ISO 8502.9)的规定进行。

E. 4.3 涂层

E. 4.3.1 涂层湿膜和厚度干膜测试方法按《色漆和清漆 漆膜厚度的测定》(GB/T 13452.2)的规定

E. 4.3.2 涂层附着力试验方法如下:

- a) 涂料涂层附着力按《色漆和清漆 漆膜的划格试验》(GB/T9286)或《涂层附着力的测定法,拉开法》(GB/T 5210)的规定执行。
- b) 锌、铝涂层附着力按《热喷涂 金属和其他无机覆盖层 锌、铝及其合金》(GB/T 9793)中的栅格试验法规定执行。

E.5 检验

E. 5.1 取样

E. 5.1.1 现场取样应使用专用的样品取样罐。确保现场取样罐的清洁,没有灰尘、水等杂质。

E. 5.1.2 抽检的产品包装完整,标志清晰。

E. 5.1.3 采用电动或气动搅拌装置,确保抽检产品均匀一致。

E. 5.2 检验项目

E. 5.2.1 涂层性能的检测项目见第 E.3.2~E.3.8 条。

E. 5.2.2 现场涂层检测项目应包含外观、厚度和附着力。

E. 5.3 判定原则

E. 5.3.1 进场涂料检测结果全部符合本文件的要求为合格。检测结果有一项指标不符合要求时,允许对不符合要求的项目进行复验,复验结果仍不符合要求,则判该批产品为不合格。

E.6 检测报告

E. 6.1 涂料检测报告由应具有国家涂料监督检测中心出具。

E. 6.2 报告包括但不限于涂料的 VOC 含量、重金属含量、耐酸性、耐碱性、耐水性、耐湿热性、耐盐雾性、耐人工加速老化性能、抗渗性、抗菌性、疲劳性、耐黄变性、冻融性能、兼容性、耐候性、贮存期、适用期、配套性能及施工性能,并附上各涂料主剂和固化剂各自的表面能、密度、主要成分等基本信息。

附录 F

(规范性附录)

高强度螺栓连接抗滑移系数试验方法

F.1 基本要求

F.1.1 高强度螺栓生产单位和钢结构制造单位应分别以钢结构制造批为单位进行抗滑移系数试验。制造批可按单位工程划分；桁架梁、桁架拱每 2000t 为一批，不足 2000 t 的可视为一批；钢箱梁每 5000t 为一批，不足 5000t 的可视为一批。选用两种及两种以上表面处理工艺时，每种处理工艺应单独检验。每批三组 试件。

F.1.2 测定抗滑移系数的试件应由钢桥制造单位加工，试件与所代表的钢桥应为同一材质、同批制造、同一摩擦面处理工艺和具有相同的表面状态，使用同一性能等级和同一直径的高强度螺栓连接副，并在相同条件下运输、存放。

F.1.3 抗滑移系数试验应采用双摩擦面的两栓或三栓接的拉力试件(图 F.1)试件的设计应考虑摩擦面在滑移之前，试件钢板的净截面仍处于弹性状态。

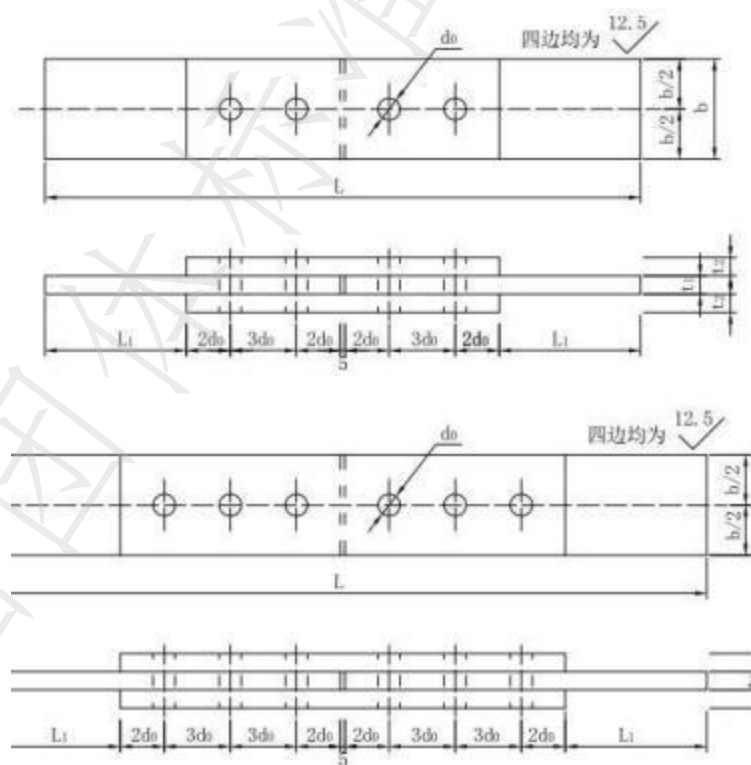


图 F.1 抗滑移系数试件的形式和尺寸

F.1.4 试件的钢板厚度 t_1 、 t_2 应根据钢桥中有代表性的板材厚度来确定，同时应考虑在摩擦面滑移之前，试

件钢板的净截面始终处于弹性状态；宽度 b 可参照表 F.1 规定取值， L_1 应根据试验机夹具的要求确定。

表 F.1 试件板的宽度

项目	试件板宽度					
	16	20	22	24	27	30
螺栓直径 d (mm)	16	20	22	24	27	30
板宽 b (mm)	100	100	110	110	120	120

F.1.5 试件板面应平整，无油污，孔和板的边缘无飞边、毛刺。

F.2 试验方法

F.2.1 试验用的试验机误差不应大于 1%。

F.2.2 在试验前采用试验机对贴有电阻片的试验用高强度螺栓、压力传感器和电阻应变仪应进行标定，其误差不应大于 2%。

F.2.3 试件的组装顺序应符合：先将冲钉打入试件孔定位，然后逐个换成装有压力传感器或贴有电阻应变片的高强度螺栓，或换成同批经预拉力复验的扭剪型高强度螺栓。

F.2.4 紧固高强度螺栓应分初拧、终拧。初拧应达到螺栓预拉力标准值的 50%左右。终拧后，螺栓预拉力应符合下列规定：

- a) 对装有压力传感器或贴有电阻应变片的高强度螺栓，采用电阻应变仪实测控制试件每个螺栓的预拉力值应在 $0.95 P \sim 1.05 P$ (P 为高强度螺栓设计预拉力值) 之间；
- b) 不进行实测时，扭剪型高强度螺栓的预拉力（紧固轴力）可取同批复验预拉力的平均值。

F.2.5 将组装好的试件置于拉力试验机上，使试件的轴线应与试验机夹具中心严格对中，并在试件侧面画直线。应采用电阻应变仪测高强螺栓实际预拉力，然后进行试件加荷。先加抗滑移设计荷载值 10% 的荷载，停 1 分钟后，再平稳加荷，加荷速度为 $3\text{kN/s} \sim 5\text{kN/s}$ 。直拉至滑动破坏，测得滑移荷载 N 。

F.2.6 在试验中当发生以下情况之一时，所对应的荷载可定为试件的滑移荷载：

- a) 试验机发生回针现象；
- b) X-Y 记录仪中变形曲线发生突变；
- c) 试件侧面画线发生错动；
- d) 试件突然发生“嘣”的响声。