

DB32

江苏省地方标准

DB32/T 4761—2024

大跨径钢桁梁制造规范

Specification for manufacturing of super large span steel truss beams

2024-05-16 发布

2024-06-16 实施

江苏省市场监督管理局 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号 3

5 基本规定 3

6 材料和材料管理 3

7 零件制造 4

8 组装 9

9 焊接 13

10 焊接检验 14

11 矫正 23

12 匹配制造 25

13 试装 29

14 表面清理和涂装 31

15 成品尺寸检验 33

16 包装、存放和运输 37

附录 A（规范性） 原材料复验规程 38

附录 B（规范性） 钢材和加工缺陷的修补 40

附录 C（规范性） 钢材焊接工艺评定 41

附录 D（规范性） 圆柱头焊钉焊接工艺评定 45

附录 E（规范性） 焊接接头超声波探伤质量要求 46

附录 F（规范性） 焊接接头射线探伤质量要求 48

附录 G（规范性） 抗滑移系数试验 50

参考文献 52

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。

本文件由江苏省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：江苏省交通工程建设局、中铁武汉大桥工程咨询监理有限公司、中铁山桥集团有限公司、中铁宝桥集团有限公司。

本文件主要起草人：李镇、夏鹏飞、毛学明、王强、刘春风、王建国、马增岗、李海峰、蒋伟平、沈孔健、谈发帮、刘志刚、彭晔丹、李超、尹东亚、关勇、李彦国、沈波、解长远、马浩鹏、魏兆桢、陆荣伟、李潜、金龙君、梁志雯、单亚廷、陈凯、周建国、王李威、韩味茗、王钦国、顾彦华、薛军。

大跨径钢桁梁制造规范

1 范围

本文件给出了大跨径钢桁梁制造的基本规定,规定了材料和材料管理、零件制造、组装、焊接、焊接检验、矫正、匹配制造、试装、表面清理和涂装、成品基本尺寸、包装存放和运输。

本文件适用于大跨径钢桁梁的建设。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 226 钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法
GB/T 2650 金属材料焊缝破坏性试验 冲击试验
GB/T 2651 金属材料焊缝破坏性试验 横向拉伸试验
GB/T 2652 金属材料焊缝破坏性试验 熔化焊接头焊缝金属纵向拉伸试验
GB/T 2653 焊接接头弯曲试验方法
GB/T 2654 焊接接头硬度试验方法
GB/T 2970 厚钢板超声检测方法
GB/T 3323.1 焊缝无损检测 射线检测 第1部分:X和伽玛射线的胶片技术
GB/T 5313 厚度方向性能钢板
GB/T 6060.3 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 8165 不锈钢复合钢板和钢带
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 10433 电弧螺柱焊用圆柱头焊钉
GB/T 11345 焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定
GB/T 11373 热喷涂 金属零部件表面的预处理
GB/T 26951 焊缝无损检测 磁粉检测
GB/T 26952 焊缝无损检测 焊缝磁粉检测 验收等级
GB/T 29712 焊缝无损检测 超声检测 验收等级
JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

零件 part

组成杆件和板单元的最小单元。

注：其中主要杆件的盖板、底板、腹板、隔板、接头板、锚拉板、桥面板单元的面板、纵肋、横肋、拼接板、节点板和圆柱头焊钉为主要零件，其余为次要零件。

3.2

板单元 steel panel

包含杆件板单元、桥面板单元。杆件板单元由杆件的盖板、底板、腹板和其纵肋、横肋组成；桥面板单元由桥面板和其纵肋、横肋组成。

3.3

杆件 member

组成钢桁梁的基本单元。

注：其中整体节点、弦杆、斜杆、竖杆、纵梁、横梁、横隔板、桥门、锚箱、独立编号的拼接板和节点板等为主要杆件，其余为次要杆件。

3.4

联结系 connecting system

包含平联、横联杆件。

3.5

桁片 truss

由上弦杆、下弦杆、斜杆、竖杆组成。

3.6

桥面板块 deck assemblage

由桥面板单元、横梁、横隔板、纵梁和其连接件组成。

3.7

桁梁节段 truss beam segment

由桁片、上层桥面板块、下层桥面板块、横联等组成。

3.8

匹配制造 matching manufacturing

采用不少于三段进行连续拼装工艺，进行桁片、桥面块体、桁梁节段的拼焊作业。

3.9

试装 trial assembly

在所有制造工序完成后（涂装除外），批量加工生产前，选取有代表性的杆件进行拼装的作业。

3.10

产品试板 product test panel

为验证产品焊接接头质量而制作的焊接试板。

3.11

破坏性试验 destructive test

为验证工艺的稳定性，按本文件要求进行破坏性实验。

3.12

主要角焊缝 main fillet weld

主要杆件的盖板和腹板的连接焊缝，锚拉板和上水平板连接焊缝，锚箱座板、承压板和腹板连接焊缝，横梁接头板和斜杆腹板连接焊缝，桥面板和 U 形肋连接焊缝，横、纵梁和桥面板连接焊缝等。

3.13

首制件 first artical

根据产品结构特点和设计文件要求确定的首次制造的构件单元或轮次等，用于验证厂内设备加工能力及工艺装备的可行性，检验制造方案和工艺的合理性，评判产品质量的可靠性。

4 符号

下列符号适用于本文件。

a	间距
B	宽度
b	宽度
d	直径
f	拱度、弯曲矢高
H	高度
h	高度
K	焊脚尺寸
L	长度
l	间距
S	间距
t	厚度
α	角度
β	角度
Δ	偏差、增量
δ	偏差、增量

5 基本规定

- 5.1 制造单位应对设计图进行制造工艺性审查,当需要修改设计时应取得原设计单位同意。
- 5.2 制造单位应将设计文件深化为加工图并编制制造工艺等文件,并按文件执行。
- 5.3 对钢桁梁产品的各构件都应进行全面的质量管理,零件制造、组装、焊接、焊接检验、矫正、匹配制造、表面清理和涂装等应具有可追溯性,并得到监理工程师的确认。
- 5.4 钢桁梁制造和验收应使用经国家二级及以上资质的计量机构定期检定合格的计量器具。
- 5.5 制造单位应根据钢桥的结构形式,在杆件批量生产前进行首制件制造。首制件通过验收后方可进行杆件和节段的生产。
- 5.6 钢桁梁在制造完成后,制造单位应对其质量进行检验验收。结构相同的杆件在制造精度上宜达到互换要求。
- 5.7 无损检测人员应持国家相关部门颁发的二级以上的证书。

6 材料和材料管理

6.1 材料

- 6.1.1 钢材应符合设计文件的要求和现行标准的规定。
- 6.1.2 焊接材料应通过焊接工艺评定试验确定,焊接材料原则上应和设计选用的钢材相匹配,并符合设计文件的要求。
- 6.1.3 剪力钉(圆柱头焊钉)应符合 GB/T 10433 的规定。
- 6.1.4 防腐涂装材料应符合涂装设计文件的要求和相关标准的规定。

6.2 材料管理

- 6.2.1 材料除应有生产厂家的质量证明书外,制造单位还应按相关标准抽样复验,复验合格方能使用。材料进场复验按附录 A 的规定进行。
- 6.2.2 钢板应涂色带标识,色带标识中每种颜色的宽度不宜小于 50 mm。
- 6.2.3 在加工过程中发现的钢材缺陷需要修补时,应符合附录 B 的规定。
- 6.2.4 焊接材料的质量管理应符合 JB/T 3223 的规定。

7 零件制造

7.1 切割和剪切

- 7.1.1 钢板在下料前应进行辊平处理。
- 7.1.2 Q420q 及以上强度等级钢材切割面的硬度不应超过 380HV10;其他钢材切割面的硬度不应超过 350HV10。
- 7.1.3 切割工艺应根据其评定试验结果编制,切割表面不应产生裂纹。所有零件应优先采用精密(数控、自动、半自动)切割下料,切割面质量应符合表 1 的规定。

表 1 精密切割边缘表面质量要求

项目	用于主要零件	用于次要零件	备注
表面粗糙度/ μm			用样板检查
崩坑	不准许	1 m 长度内允许有一处 1 mm	深度小于 2 mm 时,可磨修匀顺,当深度超过 2 mm 时,应先补焊,然后磨修匀顺
塌角	允许有半径不大于 1 mm 的塌角		—
切割面垂直度	$\leq 0.05t$,且不大于 2.0 mm		t 为钢板厚度

- 7.1.4 采用普通切割机或手工焰切下料时,应根据加工图和工艺文件先作样(样板、样条、样杆),作样时应预留焊接收缩量、加工余量等。用样号料前,应对钢料进行矫正,除锈并清理其表面的油漆等污物。
- 7.1.5 手工气割仅用于工艺特定或切割后仍需机加工的零件,切割后不应再进行机加工的零件表面质量应符合表 2 的规定。

表 2 手工气割切割面质量(切割波纹)要求

单位为毫米

项目	构件分类	允许偏差	备注
自由边缘	主要构件	0.20	接头有顶紧要求时除外
	次要构件	0.50	
焊接边缘	主要构件	0.30	
	次要构件	0.60	

- 7.1.6 零件的剪切边缘应整齐、无毛刺、反口等缺陷,缺棱不应大于 1.0 mm。
- 7.1.7 崩坑缺陷的修补应符合附录 B 的规定。

7.2 零件矫正

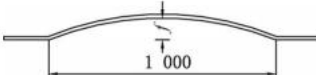
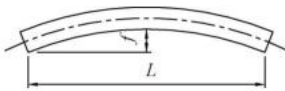
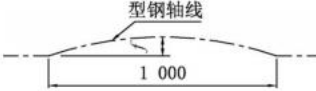
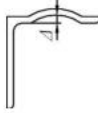
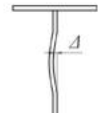
7.2.1 零件矫正宜采用冷矫,冷矫时的环境温度不应低于—12℃。矫正后的钢材表面不应有明显的凹痕或损伤。

7.2.2 采用热矫时,Q370q 及以下材质钢板加热温度不应超过 800℃;Q420q 钢热矫温度应控制在 750℃以下;Q500q 及以上材质钢热矫温度应控制在 700℃以下。温度降至室温前,不应锤击钢材和用水急冷。设计有要求时,按设计文件规定执行。

7.2.3 零件矫正允许偏差应符合表 3 的规定。

表 3 零件矫正允许偏差

单位为毫米

零件	名称	简图	说明		允许偏差
钢板	平面度		每米范围		$f \leq 1.0$
	直线度		全长范围	$L \leq 8\text{ m}$	$f \leq 2.0$
				$L > 8\text{ m}$	$f \leq 3.0$
型钢	直线度		每米范围		$f \leq 0.5$
	角钢肢垂直度		全长	连接部位 ^a	$\Delta \leq 0.5$
				其余部位	$\Delta \leq 1.0$
	角钢肢平面度		连接部位		$\Delta \leq 0.5$
			其余部位		$\Delta \leq 1.0$
	H型钢腹板平面度		连接部位		$\Delta \leq 0.5$
			其余部位		$\Delta \leq 1.0$
	H型钢翼板垂直度		连接部位		$\Delta \leq 0.5$
			其余部位		$\Delta \leq 1.0$
^a 用角式样板卡样时,角度不应大于 90°。					

7.3 弯曲加工

7.3.1 钢材可通过冷、热加工弯曲或压制成形。加工后其边缘不应产生裂纹,力学性能不应低于其标准规定。

7.3.2 主要零件冷作弯曲时,环境温度不宜低于—5℃,内侧弯曲半径不宜小于板厚的 15 倍(U 形肋除外);次要零件热煨温度应控制在 900℃~1 000℃以内。弯曲后的零件边缘不应产生裂纹。

7.4 零件边缘、端头加工

7.4.1 零件的边缘、端头可保留锯切、剪切或焰切状态,也可进行刨铣加工。经锯切、剪切或焰切后不应再进行机加工的零件应磨去边缘的飞刺、挂渣,切割面应光滑匀顺。

7.4.2 焊接坡口的形状、尺寸和允许偏差应由焊接工艺评定确定。

7.5 零件基本尺寸

零件尺寸的允许偏差应符合表 4 的规定。

表 4 零件尺寸允许偏差

单位为毫米

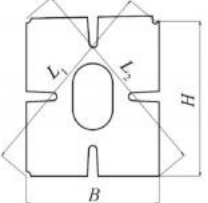
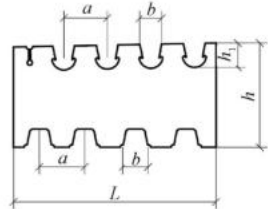
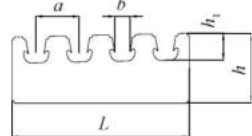
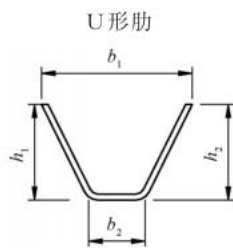
名称		项目		允许偏差
钢桁梁杆件、 联结系、 横联	上弦杆、下弦杆、斜杆、竖杆、平联、横联	盖板宽度	工形	± 2.0
			箱形(嵌入式)	$+1.0$ 0
			箱形(其他)	$+2.0$ 0
		腹板宽度 ^a		工艺量
	拼接板	长度、宽度		± 2.0
	焊接接头板	孔至焊接边距离		根据焊接收缩量确定
	上弦杆、下弦杆、拱上弦杆、 拱下弦杆内隔板 	宽度 B		$+1.0$ 0
		高度 H		0 -1.0
		板边垂直度		≤ 1.0
		对角线差的偏差 $ L_1 - L_2 $		≤ 2.0
	锚管	长度		± 3.0
	锚垫板、承压板、锚箱腹板	长度、宽度		± 2.0
	楔形板 	厚度 t_1, t_2		± 1.0
		斜度 α		$\leq 0.2^\circ$

表 4 零件尺寸允许偏差（续）

名称		项目		允许偏差
钢桁梁桥面 板块	横梁(肋)盖板	宽度		± 2.0
		槽口间距 a	任意	± 2.0
			相邻	± 1.0
		槽口宽度 b		$+2.0$ 0
		开口深度 h_1		± 2.0
		高度 h		$+1.5$ 0
		长度 L	焊接 ^a	工艺量
			栓接	± 5.0
	上、下层桥面板、下层桥面底板	长度 ^a		工艺量
		宽度 ^a		工艺量
		开口宽度 b_1		$+2.0$ -1.0
		底宽度 b_2		± 1.5
		肢高 h_1, h_2		± 1.5
		两肢差 $ h_1 - h_2 $		≤ 2.0
		旁弯、竖弯		$< l/1\,000$ 或 6 , 取较小值 (l 为肋长)
		长度 L^a		± 2.0
其余零件		长度、宽度		按工艺要求, 如工艺无 要求 ± 2.0
^a 根据工艺要求确定。				

7.6 制孔

7.6.1 螺栓孔应钻制成正圆柱形,孔壁表面粗糙度 Ra 不应大于 $25\,\mu\text{m}$,孔缘平整,无损伤、刺屑。不应采用冲孔、气割孔。

7.6.2 高强度螺栓孔的孔径允许偏差应符合表 5 的规定。

表 5 高强度螺栓孔的加工允许偏差

单位为毫米

序号	螺栓直径	螺栓孔径	允许偏差	
			孔径	孔壁垂直度
1	M12	14	+0.5 0	板厚 $t \leq 30$ 时,不大于 0.3; 板厚 $t > 30$ 时,不大于 0.5
2	M16	18	+0.5 0	
3	M20	22	+0.7 0	
4	M22	24	+0.7 0	
5	M24	26	+0.7 0	
6	M27	29	+0.7 0	
7	M30	33	+0.7 0	
8	>M30	>33	+1.0 0	

7.6.3 高强度螺栓孔的孔距允许偏差应符合表 6 的规定,当设计对孔距偏差有特殊要求时,应符合设计文件的规定。

表 6 螺栓孔距允许偏差

单位为毫米

序号	项目		允许偏差	
			主要杆件	次要杆件
1	两相邻孔距离		±0.4	±0.4(±1.0) ^a
2	同一孔群任意两孔距		±0.8	±0.8(±1.5) ^a
3	多组孔群两相邻孔群中心距		±0.8	±1.0(±1.5) ^a
4	两端孔群中心距	$l \leq 11\text{ m}$	±0.8	±1.5
		$l > 11\text{ m}$	±1.0	±2.0
5	孔群中心线和杆件中心线的横向偏移	腹板不拼接	2.0	2.0
		腹板拼接	1.0	—
6	杆件任意两面孔群纵、横向错位		1.0	—
^a 括号内数值为附属结构的允许偏差。				

7.6.4 采用不同的工装、工艺钻制出的第一根杆件或零件,均应经专检人员检查合格后方可继续钻制。

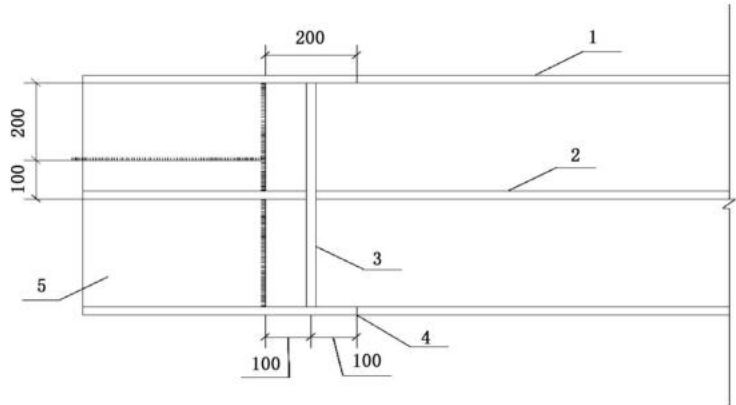
8 组装

8.1 一般要求

8.1.1 钢板接料应在杆件组装前完成,并应符合下列规定:

- a) 盖、腹板接料长度不宜小于 1000 mm,宽度不得小于 200 mm,横向接料焊缝轴线距孔中心线不宜小于 100 mm;
- b) 腹板接料焊缝可为 T 字形或十字形,焊缝交叉点间距不得小于 200 mm;腹板纵向接料焊缝宜布置在受压区;
- c) 节点板应避免纵、横向同时接料,接料焊缝应距其他焊缝、圆弧起点、高栓拼接面 100 mm 以上;
- d) 杆件组装时应将相邻焊缝错开,错开最小距离应符合图 1 的规定。

单位为毫米



标引序号说明:

- 1——盖板;
- 2——水平肋;
- 3——竖肋;
- 4——盖板对接焊缝;
- 5——腹板。

图 1 焊缝错开的最小距离

8.1.2 组装前应按图纸和工艺文件检查各零件的编号、几何尺寸、坡口方向及大小,确认无误后方可组装。

8.1.3 组装前应清除待焊区域的铁锈、氧化铁皮、油污、水分等物质,使其表面显露出金属光泽。清除范围应符合图 2 的规定。

单位为毫米

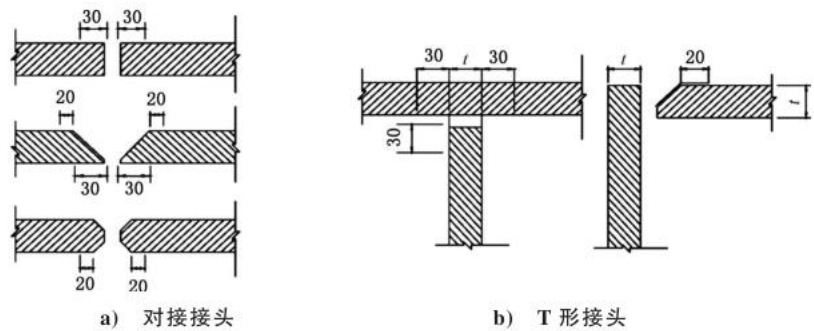


图2 组装前的清除范围

- 8.1.4 采用定位冲钉组装的杆件,组装时应以孔定位,用胎型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;杆件和桥面板块在胎型上组装,胎型需具有足够的刚度,且检测合格后方可使用;主要杆件首件组装检验合格并通过监理工程师检查认可后,方可进行后续杆件的组装。
- 8.1.5 采用埋弧焊焊接的焊缝,需在焊缝端部80 mm以外的引、熄弧板(引板)上起、熄弧;引板的材质、厚度、坡口应和所焊件相同。
- 8.1.6 产品试板应在焊缝端部连接,试板材质、厚度、轧制方向和坡口应和所焊对接板材相同,其长度不应小于400 mm,宽度每侧不应小于150 mm。
- 8.1.7 组装允许偏差一般规定应符合表7的规定。

表7 组装允许偏差一般规定

单位为毫米

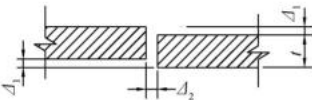
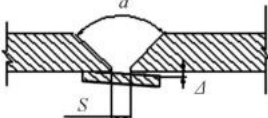
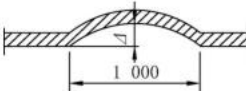
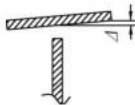
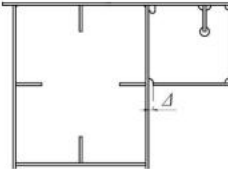
序号	项目		允许偏差		简图
1	对接高低差 Δ_1	$t<25$	≤ 0.5		
		$t\geq 25$	≤ 1.0		
	对接间隙 Δ_2		≤ 1.0		
2	钢衬垫或陶质衬垫对接焊接头 组装		α°	$\pm 5^{\circ}$	
			Δ	0.5	
			S°	+6.0 -2.0	
3	盖板中心和腹板中心线的偏移 Δ		≤ 1.0		
4	腹板的局部平面度 Δ		连接部位 1.0		
5	盖板倾斜 Δ		≤ 0.5		

表 7 组装允许偏差一般规定（续）

单位为毫米

序号	项目	允许偏差	简图
6	组装间隙 Δ	≤ 1.0	
7	接头板组装间隙 Δ	≤ 2.0	
8	磨光顶紧局部缝隙	≤ 0.2	
* 根据工艺取值。			

8.2 板单元、杆件组装

- 8.2.1 所有板单元和杆件应在胎架上组装,每次组装前应对胎架进行检查,确认合格后方可组装。
- 8.2.2 在组装板单元时应以板件的边缘和端头(非二次切头端)作为定位基准,组装时有孔群,应以孔群中心定位。
- 8.2.3 板单元和杆件组装尺寸允许偏差应符合表 8 的规定。

表 8 杆件、板单元组装尺寸允许偏差

单位为毫米

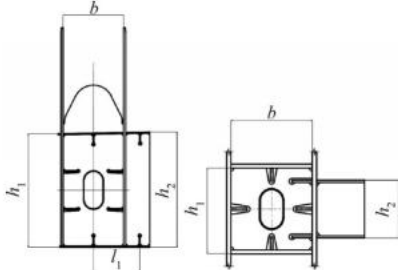
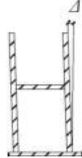
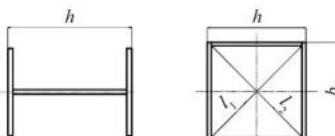
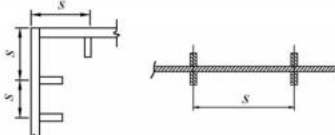
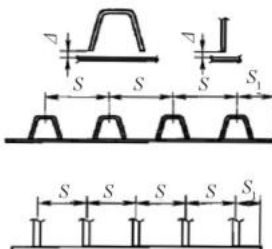
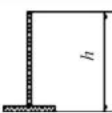
序号	项目		允许偏差		简图
1	弦杆	整体节点弦杆节点板 内侧宽度 b	节点板处 ^a	+2.5 +0.5	
2			接口处	+1.5 0	
3		弦杆箱型高度 h_1 、 h_2	+1.5 0		
4		接头板组装尺寸 l_1 、 l_2	+1.5 0		
5		相邻接头板间距	± 2.0		
6		整体节点弦杆节点板垂直 度 Δ	≤ 1.5		

表 8 杆件、板单元组装尺寸允许偏差 (续)

单位为毫米

序号	项目		允许偏差		简图
7	弦杆	整体节点内隔板的位置	和斜竖杆中心线 Δ	0.5	
隔板内距 B^a			+1.0 0		
8		锚拉板角度	0.1°		顺桥向和水平面的夹角;横向和弦杆轴线的偏角偏差值换算
9		锚点位置	± 2.0		锚点距相邻节点中心各向位置
10		锚管角度	≤ 1.0		锚管测量长度 1 m 范围投影尺寸偏差值
11	斜、竖杆	主桁插入式斜、竖杆高度 h^a	0 -1.5		
12		主桁对拼式斜、竖杆高度 h^a	+1.0 -0.5		
13	联结系	插入式杆件高度 h	0 -1.5		
14		对拼式杆件高度 h	+1.5 0		
15	箱形杆件对角线差 $ l_1 - l_2 $		≤ 2.0		
16	箱型杆件宽度 b		± 1.0 (腹板有拼接) ± 2.0 (腹板无拼接)		
17	箱型杆件隔板间距		± 2.0		
18	纵肋间距 S		± 1.0 (有拼接时)		
19			± 2.0 (无拼接时)		
20	加劲肋垂直度		≤ 2.0		
21	桥面板单元	U形肋、板肋组装间隙 Δ	≤ 0.5 局部允许 ≤ 1.0		
		S_1, S	± 1.0 端部和横梁(肋)处		
			± 2.0 其他部位		
		板肋垂直度	1.0		
22	纵梁、横梁	高度 h	+1.5 0		

^a 可根据坡口深度、焊角尺寸和工艺方法调整。

^a 可根据坡口深度、焊角尺寸和工艺方法调整。

8.3 横联组装

横联组装尺寸允许偏差见表 9。

表 9 横联组装尺寸允许偏差

单位为毫米

序号	项目		允许偏差	简图
1	桁高	H	$0\sim+3.0$	
2	全长	L (焊接)	$-3.0\sim+1.0$	
3		L_0 (栓接)	$0\sim+4.0$	
4	节点间距	$L_1、L_2$	± 2.0	
5	斜杆盖板接口横向错位	—	≤ 2.0	
6	平面度	—	≤ 3.0	

9 焊接

9.1 一般要求

- 9.1.1 在钢梁制造开工前,应按照设计和附录 C 的规定进行焊接工艺评定。
- 9.1.2 焊接材料应通过焊接工艺评定确定;焊剂、焊条应按产品说明书烘干使用;焊剂中的脏物、焊丝上的油锈等应清除干净; CO_2 气体纯度不应低于 99.5%;Ar 气体纯度不应低于 99.9%。
- 9.1.3 焊前预热温度和道间温度应按焊接工艺评定试验确定;预热范围一般为焊缝每侧 100 mm 以上,距焊缝 30 mm~50 mm 范围内测温。
- 9.1.4 焊接前应彻底清除待焊区(包括定位焊)域内的有害物;焊接时不应在母材的非焊接部位引弧,焊接后应清理焊缝表面的熔渣和两侧的飞溅。
- 9.1.5 焊接工作宜在室内进行,施焊环境湿度应小于 80%;环境温度不应低于 5℃;主要杆件宜在组装后 24 h 内焊接。
- 9.1.6 焊工施焊时应做焊接记录,记录的内容包括杆件号、焊缝部位、焊缝编号、焊接参数、操作者、焊接日期。

9.2 定位焊

- 9.2.1 定位焊使用焊材、焊接工艺与焊接工艺评定保持一致。
- 9.2.2 定位焊缝应距设计焊缝端部 30 mm 以上,其长度为 50 mm~100 mm;间距为 400 mm~600 mm;厚板(50 mm 以上)和薄板(不大于 8 mm)应缩短定位焊间距;定位焊缝的焊脚尺寸不应大于设计焊脚尺寸的 1/2;U 形肋定位焊长度为 40 mm~50 mm,间距为 300 mm~400 mm。
- 9.2.3 定位焊缝不应有裂纹、夹渣、焊瘤等缺陷,对于开裂的定位焊,应先查明原因,然后再清除开裂的焊缝,并在保证杆件尺寸正确的条件下补充定位焊。

9.3 焊接过程

- 9.3.1 粗丝埋弧自动焊应在距设计焊缝端部 80 mm 以外的引板上起、熄弧,手工电弧焊、 CO_2 气体保护焊和细丝埋弧焊应在距设计焊缝端部 25 mm 以外的引板上起、熄弧。

- 9.3.2 在埋弧焊焊接过程中,应待焊缝稍冷却后再敲去熔渣。其中,用细丝或粗丝焊接的焊缝,敲渣部位到熔池的距离应分别大于 500 mm 和 1 000 mm。
- 9.3.3 在自动焊过程中不宜断弧,如有断弧则应将停弧处刨成 1:5 斜坡,并搭接 50 mm(粗丝焊)或 25 mm(细丝焊)再引弧施焊,焊后搭接处应修磨匀顺。
- 9.3.4 单面焊双面成型的焊缝应在坡口背面贴严、贴牢工艺规定的陶质衬垫。

9.4 圆柱头焊钉的焊接

- 9.4.1 圆柱头焊钉的焊接应按附录 D 的规定进行焊接工艺评定。
- 9.4.2 焊接前应清除焊钉头部和钢板待焊部位(大于 2 倍焊钉直径)的铁锈、氧化皮、油污、水分等有害物。受潮的瓷环使用前应在 150 ℃的烘箱中烘干 2 h。
- 9.4.3 每台班开始焊接前应按焊接工艺在试板上试焊两个焊钉,焊后锤击 30°弯曲检验,合格后方可进行正式焊接;若检验不合格,应分析原因重新施焊,直到合格为止。
- 9.4.4 应在平位施焊焊钉,在焊缝金属完全凝固前不应移动焊枪;少量平位、立位和其他位置也可采用手工焊接;当环境温度低于 0 ℃,或相对湿度大于 80%,钢板表面潮湿时,不应焊接焊钉。

9.5 焊缝磨修和返修焊

- 9.5.1 杆件焊接后,两端的引板、工艺板或产品试板应用气割切掉,并磨平切口,不应损伤杆件。
- 9.5.2 焊脚尺寸、焊波或余高等超出本文件表 10 规定的上限值的焊缝和小于 1 mm 的咬边应修磨匀顺。
- 9.5.3 焊缝咬边超过 1 mm 或焊脚尺寸不足时,可采用手工焊进行返修焊。
- 9.5.4 应采用碳弧气刨或其他机械方法清除焊接缺陷,在清除缺陷时应刨出利于返修焊的坡口,并用砂轮磨掉坡口表面的氧化皮,露出金属光泽。
- 9.5.5 焊接裂纹的清除长度应由裂纹端各外延 50 mm。
- 9.5.6 用埋弧焊返修焊缝时,应将焊缝清除部位的两端刨成 1:5 的斜坡。
- 9.5.7 返修焊的预热温度应较正常要求的预热温度提高 30 ℃~50 ℃。
- 9.5.8 返修焊应按原焊缝质量标准要求检验;同一部位的返修焊不应超过两次。

10 焊接检验

10.1 焊缝的外观检验

- 10.1.1 所有焊缝应在全长范围内进行外观检查,焊缝不应有裂纹、未熔合、焊瘤、夹渣、未填满和漏焊等缺陷,并应符合表 10 的规定。
- 10.1.2 产品试板焊缝的外观应符合产品焊缝的外观质量规定。
- 10.1.3 焊缝外观质量应依据设计要求,确定铲磨焊缝;对不开坡口的角焊缝,当采用船位埋弧自动焊时,焊缝的有效厚度允许比规定值小 1 mm。

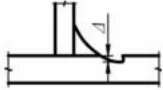
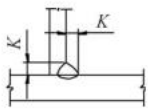
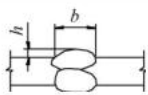
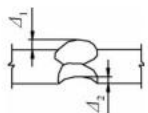
表 10 焊缝外观质量标准

单位为毫米

项目	焊缝种类	质 量 要 求	
项目	焊缝种类	质量要求	
气 孔	横向、纵向对接焊缝	不准许	
	熔透角焊缝、棱角焊缝等主要角焊缝	直径小于 1.0	且每米不多于 3 个,间距不小于 20
	其他焊缝	直径小于 1.5	

表 10 焊缝外观质量标准（续）

单位为毫米

项目	焊缝种类	质 量 要 求	
咬边	横向对接焊缝、横梁竖向加劲肋角焊缝、横梁接头板和弦杆角焊缝	不准许	
	U形、T形加劲肋角焊缝(桥面板侧)		
	纵向对接焊缝、棱角缝等主要角焊缝	≤ 0.5	
	其他焊缝	≤ 1.0	
焊脚尺寸	主要角焊缝	K_0^{+2}	
	其他焊缝	K_0^{+2a}	
焊趾	U形肋焊缝焊趾和面板角度	$\alpha \geq 110^\circ$	
焊波	对接焊缝和角焊缝	$h \leq 2.0$ (任意 25 mm 范围高低差)	
余高	其余不铲磨余高的对接焊缝	$h \leq 2(b \leq 20)$ $h \leq 3(b > 20)$	
有效厚度	T形角焊缝	凸面角焊缝有效厚度不应大于规定值 2.0,凹面角焊缝不应小于规定值 0.3	
余高铲磨后的表面	横向对接焊缝和其余铲磨余高的对接焊缝	$\Delta_1 \leq 0.5$	
		$\Delta_2 \leq 0.3$	
* 手工焊每条焊缝总长的 10% 范围内 $K_{-1.0}^{+3.0}$ 。			

10.2 焊缝的无损检验

10.2.1 箱形构件棱角焊缝,坡口角焊缝的探伤最小有效厚度按设计要求执行。

10.2.2 经外观检查合格的焊缝方能进行无损检验,无损检验应在焊接 24 h 后进行。焊缝内部质量分级和超声波探伤范围和检验等级符合表 11 的规定,表中探伤比例为焊缝条数的比例。

表 11 钢桁梁焊缝无损检测范围和检验等级

焊缝部位	质量等级	探伤方法	探伤比例	探伤部位	检验等级	执行标准	
						检测标准	验收规范和评定要求
a)杆件焊缝无损检测范围和检验等级							
主要杆件受拉和疲劳控制的横向对接焊缝	I 级	超声波	100%	焊缝全长	B	GB/T 11345	附录E I 级
		板厚≤30 mm时X射线	10%	焊缝两端250 mm~300 mm,焊缝长度大于1 300 mm时,中部加探250 mm~300 mm	B	GB/T 3323.1	附录F

表 11 钢桁梁焊缝无损检测范围和检验等级 (续)

焊缝部位	质量等级	探伤方法	探伤比例	探伤部位	检验等级	执行标准	
						检测标准	验收规范和评定要求
主要杆件受拉和疲劳控制的横向对接焊缝	I 级	板厚>30 mm 时超声波	10%	焊缝两端 500 mm, 焊缝长度大于 1 500 mm 时, 中部加探 500 mm	C	GB/T 11345	附录 E I 级
其他对接焊缝	I 级	超声波	100%	焊缝全长	B	GB/T 11345—2013	附录 E I 级
节点板穿出水平板围焊缝	I 级	超声波	100%	焊缝全长	B	GB/T 11345	附录 E I 级
		磁粉	100%	焊缝端部圆弧段并延长 500 mm	—	GB/T 26951	GB/T 26952 2X
锚拉板熔透角焊缝	I 级	超声波	100%	焊缝全长	B	GB/T 11345	附录 E I 级
		磁粉	100%	焊缝全长	—	GB/T 26951	GB/T 26952 2X
接头板等熔透角焊缝	I 级	超声波	100%	焊缝全长	B	GB/T 11345	附录 E I 级
其他熔透角焊缝	I 级	超声波	100%	焊缝全长	B	GB/T 11345	附录 E I 级
弦杆、腹杆棱角焊缝	II 级	超声波	100%	两端螺栓孔部位并延长各 500 mm(无螺栓孔的焊缝端部 1 000 mm), 节点板范围全长	A	GB/T 11345	附录 E II 级
接头板坡口角焊缝	II 级	超声波	100%	焊缝全长	A	GB/T 11345	附录 E II 级
b) 桁片焊缝无损检测范围和检验等级							
腹杆盖板和节点板间对接焊缝	I 级	超声波	100%	焊缝全长	B	GB/T 11345	附录 E I 级
		板厚≤30 mm 时 X 射线	10%	焊缝两端 250 mm~300 mm, 焊缝长度大于 1 300 mm 时, 中部加探 250 mm~300 mm	B	GB/T 3323.1	附录 F
		板厚>30 mm 时超声波		焊缝两端 500 mm, 焊缝长度大于 1 500 mm 时, 中部加探 500 mm	C	GB/T 11345	附录 E I 级
腹杆腹板和节点板熔透焊缝	I 级	超声波	100%	焊缝全长	B	GB/T 11345	附录 E I 级
腹杆腹板和节点板坡口焊缝	II 级	超声波	100%	焊缝全长	A	GB/T 11345	附录 E II 级
横联桁片节点板对接焊缝	I 级	超声波	100%	焊缝全长	B	GB/T 11345	附录 E I 级

表 11 钢桁梁焊缝无损检测范围和检验等级（续）

焊缝部位	质量等级	探伤方法	探伤比例	探伤部位	检验等级	执行标准	
						检测标准	验收规范和评定要求
c)桥面系焊缝无损检测范围和检验等级							
桥面板纵横向对接焊缝	Ⅰ级	超声波	100%	焊缝全长	B	GB/T 11345	附录E Ⅰ级
		超声波	100%	两端各 500 mm	C	GB/T 11345	附录E Ⅰ级
		X射线	10%	纵向对接焊缝中间 250 mm~300 mm	B	GB/T 3323.1	附录F
			十字接头 100%	横向对接焊缝应以十字接头为中心检测每个十字接头处 250 mm~300 mm	B		附录F
弦杆之间顶板对接焊缝	Ⅰ级	超声波	100%	焊缝全长	B	GB/T 11345	附录E Ⅰ级
		板厚≤30 mm时 X射线	10%	焊缝两端 250 mm~300 mm,焊缝长度大于 1 300 mm时,中部加探 250 mm~300 mm	B	GB/T 3323.1	附录F
		板厚>30 mm时 超声波		焊缝两端各 500 mm,焊缝长度大于 1 500 mm时,中部加探 500 mm	C	GB/T 11345	附录E Ⅰ级
其他对接焊缝	Ⅰ级	超声波	100%	焊缝全长	B	GB/T 11345	E Ⅰ级
横联节点板熔透角焊缝	Ⅰ级	超声波	100%	焊缝全长	B	GB/T 11345	附录E Ⅰ级
节点加劲熔透角焊缝	Ⅰ级	超声波	100%	焊缝全长	B	GB/T 11345	附录E Ⅰ级
横梁(肋)主角焊缝	Ⅱ级	磁粉	100%	焊缝两端各 1 000 mm,中间加探 1 000 mm	—	GB/T 26951	GB/T 26952 2X
横梁(肋)腹板和桥面板、底板间角焊缝	Ⅱ级	磁粉	100%	行车道内 20%	—	GB/T 26951	GB/T 26952 2X
桥面板U形肋部分熔透单面焊焊缝	Ⅱ级	磁粉	100%	焊缝两端各 1 000 mm	—	GB/T 26951	GB/T 26952 2X
桥面板U形肋部分熔透熔透双面焊外侧焊缝	Ⅱ级	磁粉	100%	焊缝两端各 1 000 mm	—	GB/T 26951	GB/T 26952 2X
桥面板U形肋部分熔透双面焊内侧焊缝	Ⅱ级	磁粉	100%	焊缝两端各 1 000 mm	—	GB/T 26951	GB/T 26952 2X

表 11 钢桁梁焊缝无损检测范围和检验等级 (续)

焊缝部位	质量等级	探伤方法	探伤比例	探伤部位	检验等级	执行标准	
						检测标准	验收规范和评定要求
桥面板 U 形肋双面焊全熔透焊缝	I 级	超声波	100%	焊缝两端和中部各 1 000 mm	A	GB/T 11345	GB/T 29712 2
	II 级	磁粉	100%	焊缝两端各 200 mm	—	GB/T 26951	GB/T 26952 2X
桥面板、底板 U 形肋角焊缝	II 级	磁粉	100%	焊缝两端各 1 000 mm	—	GB/T 26951	GB/T 26952 2X
桥面板板肋角焊缝；	II 级	磁粉	10%	焊缝两端各 1 000mm；	—	GB/T 26951	GB/T 26952 2X
U 形肋嵌补段对接焊缝	II 级	超声波	100%	焊缝全长	—	GB/T 11345	附录 E II 级
板肋嵌补段对接焊缝	I 级	超声波	100%	焊缝全长	B	GB/T 11345	附录 E I 级
U 形肋嵌补段熔透角焊缝	I 级	超声波	100%	焊缝全长	B	GB/T 11345	附录 E I 级
U 形肋、板肋嵌补段角焊缝	II 级	磁粉	100%	焊缝全长	—	GB/T 26951	GB/T 26952 2X
拆除临时连接件(含工艺板)的部位	II 级	磁粉	100%	焊缝全长	—	GB/T 26951	GB/T 26952 2X 级

10.2.3 超声波(UT)检测应按照 GB/T 11345 的规定；焊缝的射线探伤(RT)应按照 GB/T 3323.1 的规定；焊缝的磁粉探伤(MT)应按照 GB/T 26951 和 GB/T 26952 的规定，且应符合以下要求：

- 当探伤人员能够判定为裂纹等危害性缺陷时，将不应受上述各条的限制均判为不合格。
- 进行局部超声探伤的焊缝，当发现裂纹缺陷或较多其他缺陷时，应扩大该条焊缝探伤范围，必要时可延长至全长。进行射线探伤的焊缝，当发现超标缺陷时，应在不合格部位相邻两端 250 mm~300 mm 范围各增加一处射线照相拍片；若仍不合格时，不合格端应延长至另一射线照相拍片抽探部位。
- 经超声波和射线两种方法检查的焊缝，当评定结果不一致时，两种方法应达到各自的质量标准方可认为合格。
- 焊缝不合格部位应进行返修，返修次数不宜超过两次，所有返修部位仍按原探伤方法进行 100% 的无损检测，并应达到相应焊缝的内部质量要求。

10.3 班前试板焊接检验

10.3.1 桥面板单元 U 形肋部分熔透单面焊和双面焊焊缝应进行班前试板焊接检验。

10.3.2 班前试板取样位置确定：由监理工程师确定取断面位置，每个试板取 2 个宏观断面，从 U 形肋的两条焊缝各取一个见图 3。

单位为毫米

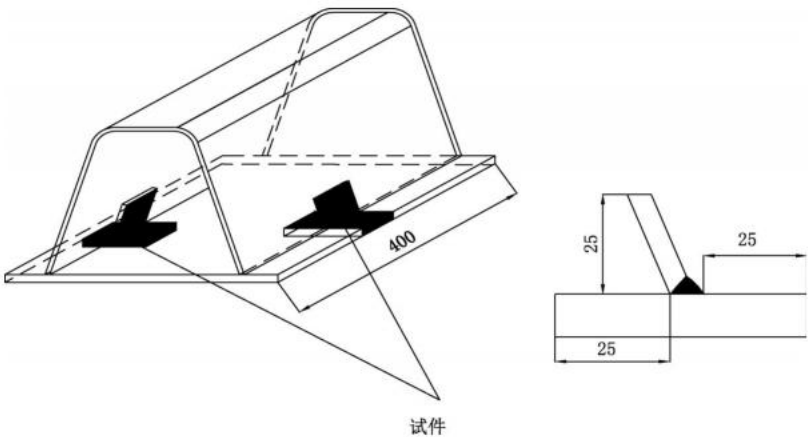


图3 班前试板取样位置示意图

10.3.3 班前试板检测频率如下：

- a) 首轮次板单元U形肋角焊缝每天焊接前应焊接班前试板；
- b) 其余板单元U形肋角焊缝每周第一个生产日焊接班前试板,监理工程师根据产品检测情况,可要求增加检测频率。

10.3.4 班前试板检测要求如下：

- a) 所有焊缝应在全长范围内进行外观检查,不应有裂纹、未熔合、夹渣、未填满弧坑和焊瘤等缺陷。
- b) 应进行宏观断面熔深检测,检测要求详见表12。

表 12 宏观断面熔深检测要求

熔透深度	判定和要求		
$\geq 80\%$	合格,可以焊接正式焊缝		
$75\% \sim < 80\%$	再取两个断面	其中一个熔透深度 $\geq 80\%$,且另一个熔透深度 $\geq 75\%$	合格,可以焊接正式焊缝
		其中任意一个熔深 $< 75\%$	停止焊接,检查焊接设备,核对焊接参数,然后焊接另一块班前试板
$< 75\%$	停止焊接,检查焊接设备,核对焊接参数,然后焊接另一块班前试板		

10.4 产品试板检验

10.4.1 按表 13 规定的数量制作焊接产品试板。产品试板按对接焊缝要求进行超声波探伤。对接焊缝产品试板经外观和探伤检验合格后进行接头拉伸、侧弯和焊缝金属低温冲击试验,试验结果应符合焊接工艺评定的有关规定。

表 13 焊接产品试板数量

焊缝类型	产品试板数量	说明
受拉和疲劳控制的主桁杆件对接焊缝	每 24 条 1 组	—
腹杆盖板和弦杆整体节点板对接焊缝	每 24 条 1 组	—

表 13 焊接产品试板数量（续）

焊缝类型	产品试板数量	说明
桥面板纵向对接焊缝	每 30 条 1 组	—
桥面板横向对接焊缝	每 10 个断面 1 组	—
U 形肋角焊缝焊接	每 2 个节段一组	—

10.4.2 工厂应从构件上引接,总拼和桥址产品试板可单独施焊,但应和构件焊缝同材质、同工艺、同设备、同操作者,在同一地点施焊,不应异地施焊产品试板。

10.4.3 若试验结果不合格,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。

10.5 破坏性试验

10.5.1 工厂应采用破坏性试验的方法,检测部分熔深 U 形肋桥面板单元单面焊或双面焊工艺的稳定性。

10.5.2 需检测桥面板单元应由业主、监理、施工三方从本文件规定的桥面板单元批次中抽取,被抽检的板单元批次应已经完成制造并检验合格。

10.5.3 桥面板单元 U 形肋焊缝试件取样位置应由业主、监理、施工三方商议决定,每条桥面板 U 形肋焊缝抽取不少于 10 件试件,并在取样位置做好标记。

10.5.4 桥面板单元破坏性试验检验流程见图 4,抽检批次的规定具体如下:

- a) 首批制造完成并检验合格的 10 块桥面板单元,为第一检查批次 A,抽取检测板单元,编号为 A1,若 A1 检测合格,则试验通过;
- b) 若 A1 检测不合格,在检查批次 A 中再次抽取检测板单元,编号为 A2,若 A2 检验合格,则试验通过;
- c) 若 A2 检测不合格,则试验不通过,且本检查批次 A 所覆盖的全部板单元均判为不合格;需在检验基础上总结经验,进行工艺调整,调整完成后进行制造并检验合格的 10 块桥面板单元,为第二检查批次 B,重复检查批次 A 检验过程,直至合格,合格后方可批量生产。

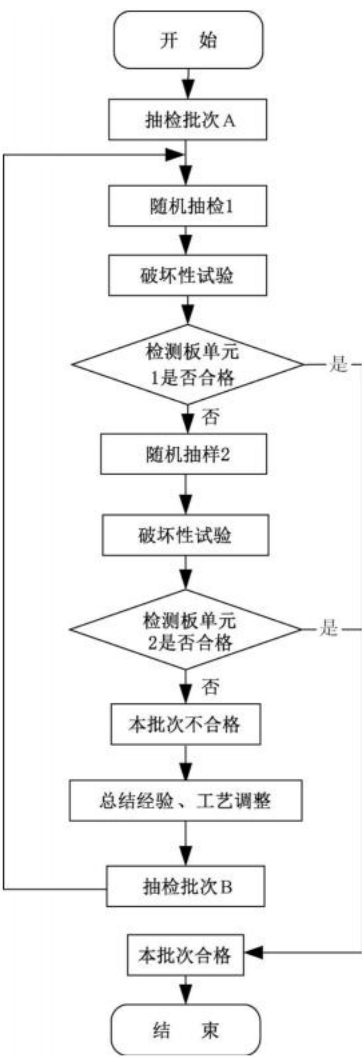


图4 破坏性试验检验流程示意图

10.5.5 试件应进行宏观断面熔深检测,判定流程见图 5,试件合格判定标准如下:

将检测板单元上取到的宏观断面总数作为分母,各等级熔深断面数作为分子,依据所得结果进行熔深比例判定。宏观断面检测熔深达到 80% 比例 $\geq 75\%$,且熔深达到 75% 比例 $\geq 90\%$,且熔深达到 70% 比例为 100%,判为合格;当未满足上述要求时,可在熔深 $<70\%$ 的试件位置,前后错开 50 mm 处各增加 1 件试件,若都合格,则判为合格。试件出现焊穿、焊漏时判定为不合格。

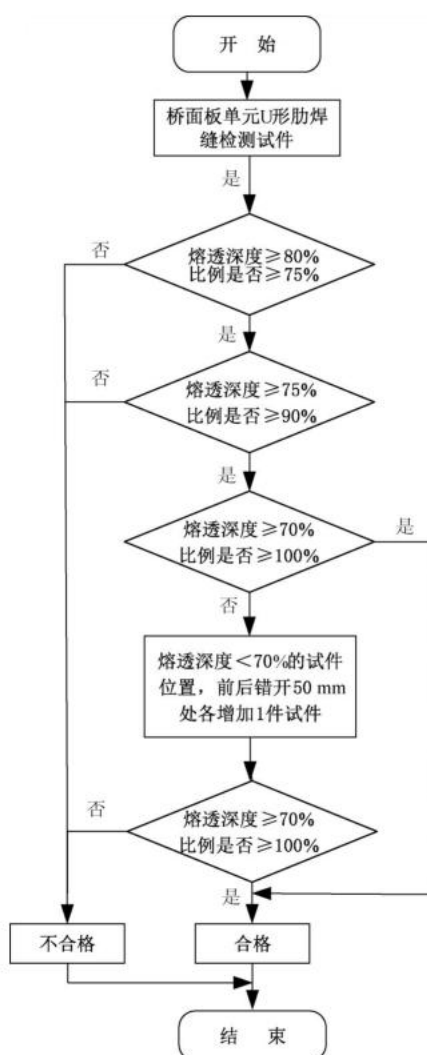


图5 宏观断面熔深检测试验判定流程示意图

10.5.6 制造过程中,出现以下情况时,应暂停生产,再进行破坏性桥面板单元试验:

- a) 设备更新改造后,选取新设备生产并检验合格的前10块桥面板单元为一检查批次,按10.5相关要求试验及判定;
- b) 重大设备事故维修后,选取维修后设备生产并检验合格的前10块桥面板单元为一检查批次,按上述要求进行试验及判定。

10.6 圆柱头焊钉焊缝检验

10.6.1 每日台班开始生产前或更改一种焊接条件时,应按规定的焊接工艺试焊2个圆柱头焊钉,进行外观和弯曲30°角检验,检验合格后方可进行正式焊接;若检验不合格,应分析原因重新施焊,直到合格为止。焊完之后,应及时敲掉圆柱头焊钉周围的瓷环进行外观检验,焊钉底角应保证360°周边挤出焊脚。当不满足要求时,应进行补焊。

10.6.2 每100个圆柱头焊钉至少抽一个进行弯曲检验,方法是用锤打击圆柱头焊钉,使焊钉弯曲30°时,其焊缝和热影响区没有肉眼可见的裂缝为合格;若不合格则加倍检验。

10.6.3 圆柱头焊钉的补焊:对有缺陷的焊钉焊缝可采用手工焊进行补焊,补焊长度应自缺陷两端外延10 mm,焊角尺寸为6 mm;当钢板厚度达到手工焊要求预热的厚度时应预热,预热温度和手工焊要求的

预热温度相同。当焊钉焊缝不合格时,应将焊钉从杆件上切除,且不应伤及母材,切除圆柱头焊钉的部位应打磨平整,然后用原焊接方法重新焊上圆柱头焊钉。

10.7 焊缝超声锤击

10.7.1 应按设计文件要求对相关焊缝进行超声锤击,需要锤击的焊缝应在外观检查并探伤合格后进行。钢桁梁桥通常要求超声锤击的结构部位包括:

- a) 下弦杆节点板穿出上水平板围焊缝端部 150 mm 范围内;
- b) 弦杆横梁接头板角焊缝端部 150 mm 范围内;
- c) 腹杆腹板和弦杆节点板间角焊缝端部 150 mm 范围内;
- d) 横联接头板和横梁、腹杆间熔透角焊缝端部 150 mm 范围内;
- e) 锚箱部位锚拉板主要受拉焊缝端部 150 mm 范围内。

10.7.2 检验人员和监理工程师应现场检查 and 确认。

11 矫正

11.1 一般要求

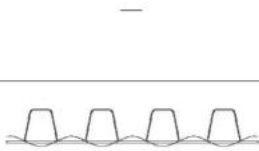
- 11.1.1 矫正后的杆件表面不应有凹痕和其他损伤。
- 11.1.2 杆件采用冷矫时应缓慢加力,环境温度不宜低于 5℃,总变形量不应大于 2%。
- 11.1.3 采用热矫时,Q370q 及以下钢板加热温度不应超过 800℃;Q420q 钢热矫温度不应超过 750℃;Q500q 钢热矫温度不应超过 700℃。不宜在同一部位多次重复加热,严禁过烧,且不应锤击钢材和用水急冷。加热时应控制温度控制和测量。整体节点宜采用热矫。

11.2 板单元矫正

板单元矫正后的尺寸允许偏差应符合表 14 的规定。

表 14 板单元矫正允许偏差

单位为毫米

序号	名称	项目		允许偏差	图例	说明
1	桥面板单元	长 度 ^a		根据工艺要求确定	—	—
2		宽 度		±2.0		—
3		对角线差		≤3.0		—
4		平面度	横 向	≤2.0		—
5			纵 向	≤3.0		—
6		四角不平度		≤4.0	—	—
a根据工艺取值。						

11.3 杆件矫正

桁梁杆件矫正后的允许偏差应符合表 15 的规定。

表 15 桁梁杆件矫正允许偏差

单位为毫米

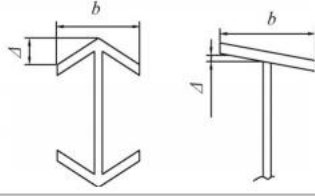
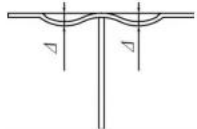
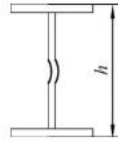
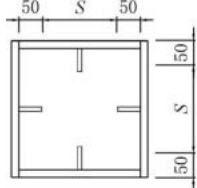
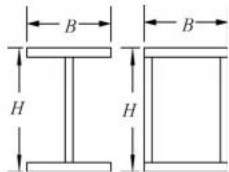
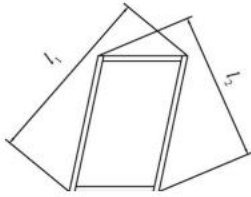
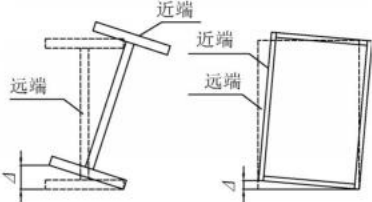
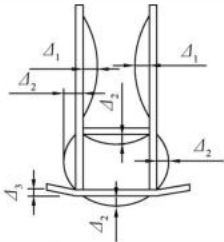
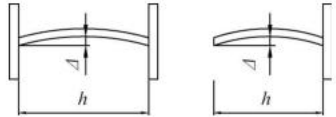
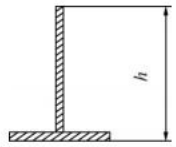
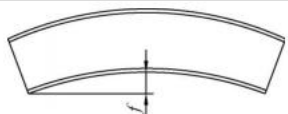
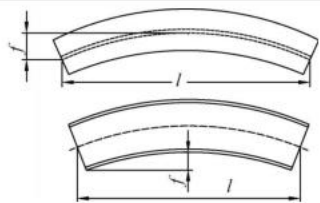
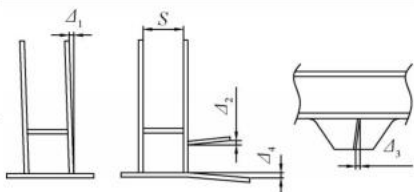
序号	名称	项目	允许偏差	图例	说明
1	钢桁梁杆件	盖板对腹板的垂直度 Δ	有孔部位 当 $b \leq 600$ $\Delta \leq 0.5$ 当 $b > 600$ $\Delta \leq 1.0$		
			其余部位 1.5		
2	钢桁梁杆件	盖板平面度	有孔部位 0.5		
			其余部位 1.0		
3	钢桁梁杆件	工形杆件腹板平面度	$h/500$ 且不大于 2.0		
4	钢桁梁杆件	箱形杆件盖腹板平面度	工地孔部位: $\leq S/750$ 且 ≤ 1.0 ; 其余部位: $\leq S/250$		
5	主桁杆件	工型杆件高度、箱型杆件高度和宽度	± 1.0		
6	主桁杆件	箱形杆件对角线差 $ l_1 - l_2 $	2.0(边长 $< 1\ 000$) 3.0(边长 $\geq 1\ 000$)		
7	主桁杆件	工形、箱形杆件的扭曲	3.0		
8	弦杆	整体节点杆件节点板平面度	$\Delta_1 \leq 1.0$ $\Delta_2 \leq 1.0$ $\Delta_3 \leq 1.5$ (栓孔部位)		

表 15 桁梁杆件矫正允许偏差（续）

单位为毫米

序号	名称	项目	允许偏差	图例	说明
9	纵梁 横梁	纵梁(肋)、横梁(肋)腹板 平面度 Δ	$h/500$ 且不大于 5.0		
10		高度 h	± 2.0		测量两端腹板处 高度
11		盖板宽度 b	± 2.0		
12		长度 l	± 2.0		
13		上拱度 f	+5.0 0		梁卧置时,在下 盖外侧拉线测量
14	钢桁 梁杆 件	T形、工形、箱形杆件的弯 曲,横梁的旁弯 f	2.0($l \leq 4\,000$) 3.0($4\,000 < l \leq 15\,000$) 5.0($l > 15\,000$)		
15	弦杆	节点板、接头板垂直度	$\Delta_1 \leq 1.5$ $\Delta_2 \leq 1.0$ $\Delta_3 \leq 1.0$		
		整体节点下盖板平面度 Δ_4	2.0		

12 匹配制造

12.1 一般要求

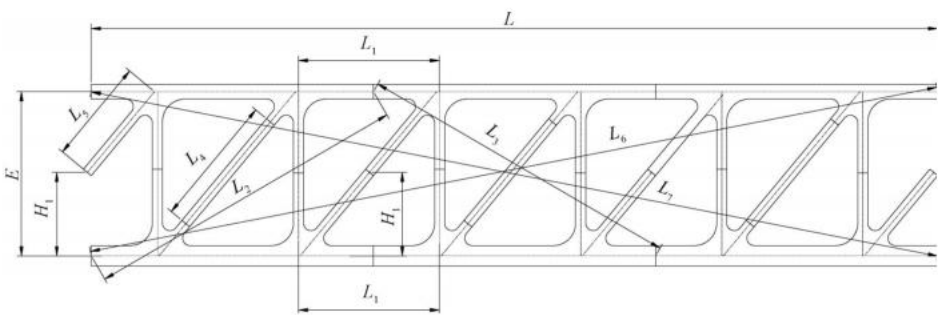
- 12.1.1 提交匹配制造的钢桁梁构件应是经验收合格的产品,且将构件飞刺、电焊熔渣和飞溅清理干净。
- 12.1.2 匹配制造应具备足够面积的拼装场地和配套的起吊设备,拼装场地应平整、坚实。
- 12.1.3 在匹配制造过程中不应发生支点下沉。
- 12.1.4 匹配制造应按加工图纸进行,每次匹配制造不应小于连续的 3 个节段,且制造后留下一个节段参与下一轮次匹配制造。
- 12.1.5 构件匹配制造时,栓接处应使板层密贴。所用冲钉不宜少于螺栓孔总数的 10%,螺栓不宜少于螺栓孔总数的 20%,栓焊位置加倍。
- 12.1.6 匹配制造过程中应检查拼接处有无相互抵触情况,有无不易施拧螺栓处。
- 12.1.7 用试孔器检查所有螺栓孔。用于主桁弦杆竖板平面内,且用于主桁间连接的螺栓孔应 100% 自由通过较设计孔径小 0.75 mm 的试孔器;其他螺栓孔应 100% 自由通过较设计孔径小 1.0mm 的试孔器。
- 12.1.8 磨光顶紧处用 0.2 mm 塞尺检查,其塞入面积不应超过 25%。
- 12.1.9 匹配制造检测时,宜选择在温度相对稳定时进行,温差控制在 3℃以内。

12.2 桁片匹配制造

- 12.2.1 构件匹配制造应在测平的台凳上进行,构件应处于自由状态。
- 12.2.2 桁片按制造线形连续匹配制造,其组装允许偏差应符合表 16 的规定,其中检测点为桁片系统线和杆件极边孔中心线的交点,以及各节点中心点。

表 16 桁片匹配制造允许偏差

单位为毫米

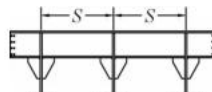
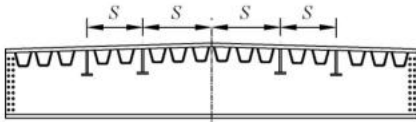
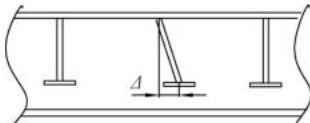
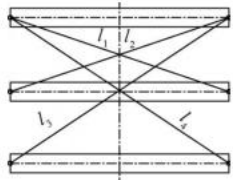
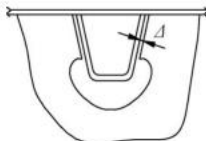
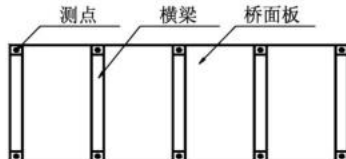
序号	项目		允许偏差	备注
1	桁高 ^a	H	+4.0 +2.0	竖杆和拼接口处上、下弦杆 主桁系统线的距离
2	端部斜杆接口高度	H_1	+2.0 +1.0	
3	斜杆中心线长度 ^a	L_4	+3.0	
		L_5	0	
4	对角线差 ^a	$ L_2-L_3 $	≤ 3.0	单个桁片
5	对角线差 ^a	$ L_6-L_7 $	$\leq 5.0+(n-1)$;且 ≤ 8	n 为同一批次匹配制造的桁片数量
6	节段间节点中心距	L_1	± 1.0	
7	节段间锚点中心距	L_0	± 3.0	
8	桁片长度	L	$\pm L/10\ 000$	L 为桁片匹配制造弦杆最大极边孔距
9	斜竖杆盖板接口错位		≤ 1.5	
10	腹杆盖板和节点板仰位对接焊缝组装间隙		≤ 3.0	
11	栓接接口错台量		≤ 1.0	
12	平面度		≤ 3.0	
13	预拱度	当计算拱度 ≤ 60	± 3	f 为桁片匹配制造计算拱度值
14		当计算拱度 > 60	$\pm 5f/100$ 且 ± 10	
15	旁弯		$L/5\ 000$; 且 ≤ 10	箱口中线和其组装全长 L 的两端 中心所连直线的偏差
				
^a 可根据工艺方法调整。				

12.3 桥面板块匹配制造

- 12.3.1 桥面板块匹配制造应在胎架上进行,胎架应有足够的刚度,其基础应有足够的承载力。
- 12.3.2 制造完成的检查应在解除和胎架间的临时连接后进行。
- 12.3.3 桥面板块匹配制造允许偏差应符合表 17 的规定。

表 17 桥面板块匹配制造允许偏差

单位为毫米

序号	项 目	允许偏差		图例
1	桥面板块长度	±2.0		
2	桥面板块宽度	±2.0		
3	横梁(肋)间距S	±1.0		
4	纵梁间距S	端部	±1.0	
		其余位置	±2.0	
5	横梁(肋)、纵梁垂直度Δ	≤1.0(连接部位)		
		≤2.0(其余部位)		
6	横梁对角线差	$ l_1-l_2 \leq 2.0$ $ l_3-l_4 \leq 3.0$		
7	横梁(肋)腹板和U形肋组装间隙Δ	2.0		
8	匹配制造长度L	±2n, ±20;取绝对值较小值		n为同一批次匹配制造的桥面板块数量
9	相邻桥面板块纵距	±2		测桥面板块横基线间距
10	桥面板块中心线错位	≤2.0		桥面板块中心线和桥轴中心线偏差
11	对接焊缝错边	1.5		相邻桥面板之间
12	桥面板块平面度	纵向S ₁ /500且≤3.0 横向S ₂ /300且≤1.5		S ₁ 相邻横梁(肋)间距 S ₂ 相邻纵梁(肋)间距
13	桥面各点高程偏差	±5.0		

12.4 节段匹配制造

12.4.1 节段匹配制造应在胎架线形检测合格后进行,胎架标高根据拼装线形设置,每轮次匹配制造均需测量调整标高。胎架应有足够的刚度,其基础应有足够的承载力。拼装支撑点应位于杆件刚度较大的位置。

12.4.2 节段间匹配临时连接件宜在匹配制造检验合格后成对安装。

12.4.3 节段在胎架上进行焊接施工前,应按表 18 要求进行节段尺寸检验,检验尺寸公差应考虑焊接时的收缩量影响,以保证节段成品验收尺寸符合本文件要求。

表 18 节段匹配制造允许偏差

单位为毫米

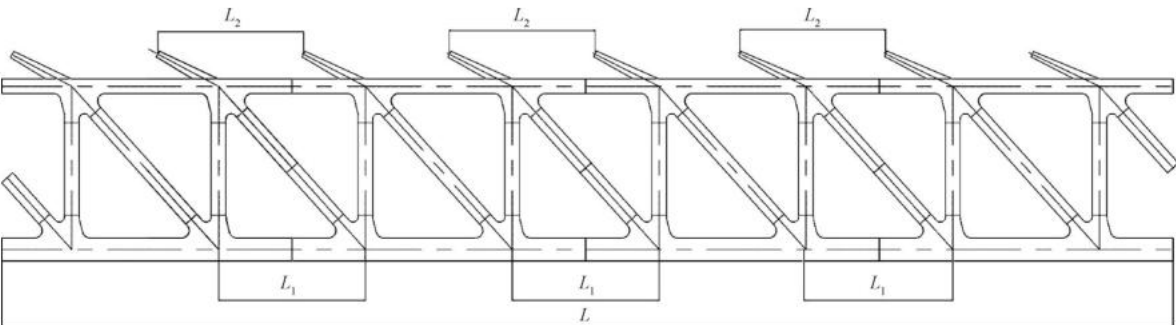
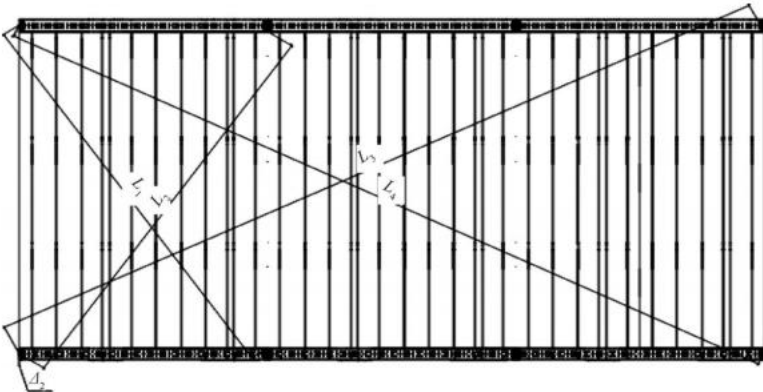
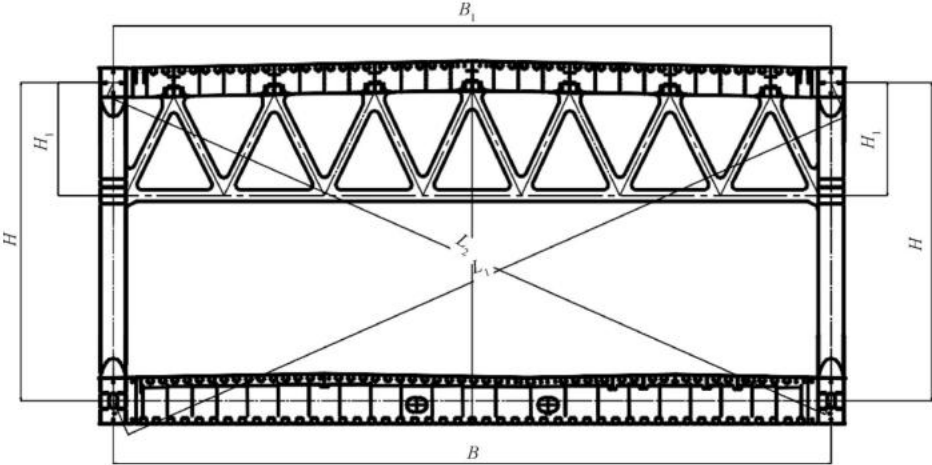
序号	项目	允许偏差	备注
1	预拼装长度 L	$\leq L/10\,000$	两片主桁预拼装弦杆极边孔距
2	两相邻节点间距 L_1	± 2.0	两相邻节段的相邻节点纵向间距
3	两相邻锚点间距 L_2	± 3.0	两相邻节段的相邻吊点纵向间距
			
4	主桁中心线直线度(旁弯)	$\leq L/5\,000$ 且 ≤ 10	桁片中心线和预拼装全长两端中心连线的偏差,测节点处
5	桁片纵向偏移 Δ_2	≤ 5.0	下弦同一节点编号处两桁节点连线,测量主桁节点连线的偏移量
6	平面对角线差	$ L_3 - L_4 \leq 5 + (n - 1)$	预拼装全长范围
		$ L_1 - L_2 \leq 5.0$	单个节段范围
7	纵梁至主桁距离	≤ 2.0	预拼装两端,上、下层桥面靠近主桁的纵梁腹板中心至主桁中心距离
			

表 18 节段匹配制造允许偏差（续）

单位为毫米

序号	项目	允许偏差	备注
8	桁高 H	± 2.0	竖杆和拼接口处,相邻接口高低差 ≤ 2
9	桁宽 B	± 3.0	节点处和预拼装全长两端的两主桁弦杆中心距
10	吊点间距 B_3	± 3.0	同一节点编号处两主桁吊点的横桥向距离
11	端面对角线差 ^a	$ L_1-L_2 \leq 5.0$	预拼装两端横断面,主桁之间
12	节点中心高度差	≤ 4.0	节点处两主桁弦杆中心点的高度差
13	横联高度 H_1	± 5.0	上弦杆到横联水平撑杆的竖向距离
			
14	预拱度	当计算拱度 ≤ 60 时, ± 3	各节点位置的下弦杆下水平板处
		当计算拱度 > 60 时, $\pm 5f/100$,且 不大于 ± 10	
15	桥面高程偏差	± 5.0	桥面板四角有横梁位置
16	桥面横坡允许偏差	$\pm 0.1\%$	桥面在沿与路线垂直的方向(横向)的坡度差
17	节段内对接错台	≤ 1.5	桥面板块面板和弦杆顶板、桥面板块横梁(肋) 和弦杆接头板
18	节段间对接错台	≤ 1.0	节段焊接接口处安装匹配临时件后
19	桁片垂直度	≤ 3.0	上、下弦杆中心线横向偏移
^a 可根据工艺方法调整。			

13 试装

13.1 试装的目的

以检验设计图、加工图的正确性和工厂制造工艺、工装的合理性。

13.2 试装的基本要求

- 13.2.1 在批量生产构件前应先制作试装件进行试装。
- 13.2.2 首批制造的钢桥或改变工艺装备时,均应进行有代表性的局部试装。试装前应编制各部分试装图,编写试装工艺。
- 13.2.3 提交试装的钢桁梁构件应是经验收合格的产品,且将构件飞刺、电焊熔渣和飞溅清除干净。标准件(相同规格的构件或拼接板)应有互换性,不宜采用连续配制孔工艺。应在构件涂装之前进行试装。
- 13.2.4 试装应具备足够面积的拼装场地和配套的起吊设备,拼装场地应平整、坚实,在试装过程中不应发生支点下沉。
- 13.2.5 构件试装应在测平的台凳上进行,构件应处于自由状态。
- 13.2.6 试装时,应使板层密贴。所用冲钉不宜少于螺栓孔总数的 10%,螺栓不宜少于栓孔总数的 20%。
- 13.2.7 试装过程中应检查拼接处有无相互抵触情况,有无不易施拧螺栓处。
- 13.2.8 试装时,应用试孔器检查所有螺栓孔。主桁的螺栓孔应 100% 自由通过较设计孔径小 0.75 mm 的试孔器;桥面系和联结系的螺栓孔应 100% 自由通过较设计孔径小 1.0 mm 的试孔器。
- 13.2.9 磨光顶紧处应有 75% 以上的面积密贴,用 0.2 mm 塞尺检查,其塞入面积不应超过 25%。
- 13.2.10 试装检测时,应避免日照的影响。
- 13.2.11 钢桁梁、桥面板块试装的主要尺寸和允许偏差应符合表 19、表 20 的规定。
- 13.2.12 试装应有详细记录,经鉴定合格后方可批量生产。

表 19 钢桁梁试装的主要尺寸允许偏差

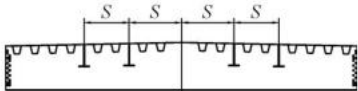
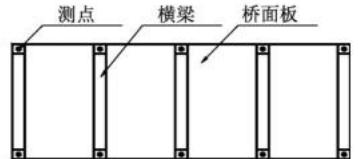
单位为毫米

序号	项目	允许偏差	备注
1	桁高	± 2.0	上下弦杆中心距离
2	节间长度	± 2.0	—
3	旁弯	$L/5\,000$	桥面系中线和其试装全长 L 的两端中心所连接直线的偏差
4	试装全长	± 5.0	$L \leq 50\,000\text{ mm}$ (L 为试装长度)
		$\pm L/10\,000$	$L > 50\,000\text{ mm}$ (L 为试装长度)
5	拱度	± 3.0	$f \leq 60\text{ mm}$ (f 为计算拱度)
		$\pm 5f/100$	$f > 60\text{ mm}$ (f 为计算拱度)
6	对角线	± 3.0	每个节间

The diagram illustrates a side view of a steel truss beam assembly. It shows a series of vertical and diagonal members forming a truss structure. Key dimensions are labeled: L_1 represents the length of a single panel (节间), L_2 represents the height of the truss (桁高), L represents the total length of the assembly (试装全长), and h represents the height of the end connections. The diagram shows multiple panels connected in series, with diagonal bracing members.

表 20 桥面板块试装的主要尺寸允许偏差

单位为毫米

序号	项目	允许偏差	备注
1	节间长度	± 2.0	—
2	旁弯	$L/5\ 000$	桥轴线和预拼长度两端中心连线的偏差
3	节间对角线差	3.0	每个节间
4	纵梁中心距S	± 1.0 (接口部位) ± 2.0 (其余)	
5	横梁(肋)间距S	± 1.5	
6	桥面板块宽度	± 5.0	
7	对接焊缝错边	1.5	横梁顶板和桥面板、相邻桥面板之间
8	桥面板块平面度	纵向 $S_1/500$ 且 ≤ 3.0 横向 $S_2/300$ 且 ≤ 1.5	S_1 相邻横梁(肋)间距 S_2 相邻纵梁(肋)间距
9	桥面各点高程偏差	± 5.0	
10	主桁中心距	± 3	—

14 表面清理和涂装

14.1 一般要求

- 14.1.1 钢梁的涂装应满足设计文件和现行规范的要求。
- 14.1.2 涂装前应进行涂装工艺试验,以确定涂装方案。
- 14.1.3 涂装前,应对施工人员进行涂装施工的培训并考核。喷砂、喷漆等关键工序的施工人員应获得涂装工中级及以上的资格证书。
- 14.1.4 涂装施工所使用的设备和工具应保持良好状况、安全可靠。
- 14.1.5 涂装前,应对构件自由边的双侧倒弧,倒弧的半径不应小于 2mm。
- 14.1.6 涂装完成后应对构件进行标识。

14.2 表面清理

- 14.2.1 钢板和型钢在制作前应进行抛丸除锈、除尘、涂硅酸锌防锈底漆(漆膜厚 20 μm)等处理。
- 14.2.2 在钢板、型钢、梁段喷涂涂料前,其表面清理的除锈等级应达到 GB/T 8923.1 规定的 Sa2.5 级,表面粗糙度应达到 $R_z\ 25\ \mu\text{m}\sim 60\ \mu\text{m}$,即符合 GB/T 6060.3 规定的粗糙度样块为 $Ra\ 6.3\ \mu\text{m}$ 和 $Ra\ 12.5\ \mu\text{m}$ 之间的粗糙度要求。

14.2.3 若设计或业主对表面清理的除锈等级和表面粗糙度有特殊要求,则应执行其规定的特殊要求。

14.2.4 高强度螺栓连接面表面清理后的除锈等级应达到 GB/T 8923.1 规定,表面粗糙度应达到 RZ 50 μm ~100 μm ,即符合 GB/T 13288.1 规定的粗糙度样块为 Ra 14.5 μm 和 Ra 25.0 μm 之间的要求。

14.2.5 涂装前应对结构进行检查处理,包括:

- a) 粗糙焊缝打磨光滑,焊接飞溅物用刮刀或砂轮机除去。焊缝上深度为 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) 锐变用砂轮打磨成曲率半径为 2 mm 的圆角;
- c) 切割边的峰谷超过 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。

14.2.6 热浸、镀锌前的表面清理应符合相关的规定。

14.3 涂装作业要求

14.3.1 涂装施工的环境温度、相对湿度、钢板温度应符合涂料说明书要求。当涂料说明书未做规定时,环氧类漆不宜在 10 $^{\circ}\text{C}$ 以下施工,氟碳面漆不宜在 5 $^{\circ}\text{C}$ 以下施工,构件表面温度应高于露点 3 $^{\circ}\text{C}$ 以上方可施工,涂装后 4 h 内应保护免受雨淋。施工温度为 -5 $^{\circ}\text{C}$ ~5 $^{\circ}\text{C}$ 时,应采用低温固化产品或采用其他措施;涂料本身的温度需符合产品说明书的规定。在有雨、雾、雪、大风和较大灰尘或相对湿度 80% 以上的条件下,不应户外施工。

14.3.2 喷铝应在表面清理后 4 h 内完成,涂层间隔的时间要求应符合 GB/T 11373 规定。

14.3.3 在涂装前应清除高强度螺栓头部的油污和螺母、垫圈外露部分的皂化膜。

14.3.4 对于局部损伤的涂层,应按 14.2 的规定进行表面清理,并按原设计涂层补涂各层涂料。

14.4 涂层检验

14.4.1 涂料涂层表面应平整均匀,不应有漏涂、剥落、起泡、裂纹、气孔等缺陷。颜色应和比色卡相一致。

14.4.2 金属涂层表面应均匀一致,不应有起皮、鼓包、大熔滴、松散粒子、裂纹、掉块。

14.4.3 每涂完一道涂层后,应检查干膜厚度,出厂前检查总厚度。漆膜厚度的测量可用电子涂层测厚仪或磁性测厚仪或横杆式测厚仪。

14.4.4 每 10 m^2 测 10 个点,每个点附近测 3 次,取平均值。钢桁梁外部所有测点的值应有 90% 达到或超过规定的漆膜厚度值,未达到规定膜厚的测点之值不应低于规定膜厚的 90%;钢桁梁内部所有测点的值应有 85% 达到或超过规定的漆膜厚度值,未达到规定膜厚的测点之值不应低于规定膜厚的 85%。

14.4.5 若未达到 14.4.4 要求或在 10 m^2 内有 2 个及以上点的测量值小于规定的漆膜厚度值,则应加涂一道涂料。

14.5 抗滑移系数试件和试验

14.5.1 在相同的施工条件下,同期(不超过 2 个月)涂装并同期(不超过 2 个月)安装的每 15 个梁段为一批,每批制作 6 组抗滑移系数试件,其中 3 组用于出厂试验,3 组用于工地复验。抗滑移系数试件应和梁段同材质、同工艺、同批制造,并在相同条件下运输、存放。

14.5.2 对于散拼节点,按照每 5 万个高强螺栓用量的钢结构为一批,不足 5 万个高强螺栓用量的钢结构视为一批。

14.5.3 抗滑移系数试验应符合附录 G 的规定,出厂时高强度螺栓连接面抗滑移系数不应低于 0.55,梁段安装前的复验值不应小于 0.45。

14.5.4 构件出厂后,摩擦面涂层抗滑移性能的保质期应为 6 个月;超过保质期后,应重新检验其抗滑移系数,合格后方可使用。

15 成品尺寸检验

15.1 成品的螺栓孔允许偏差应符合本文件的相关规定。

- 15.2 成品的涂层质量应符合第 13 章的规定。
- 15.3 钢桁梁杆件成品尺寸的允许偏差应符合表 21 的规定。

表 21 钢桁梁杆件成品尺寸允许偏差

单位为毫米

序号	项目		允许偏差	简图和说明
1	弦杆	节点中心距 L_1	± 1.0	
2		同节间弦杆极边孔距差	≤ 1.5	
3		极边孔和相邻节点中心距 L_2	± 1.0	
4		极边孔距 L	± 1.0	
5		长度 L_0	+6 -1	
6		上、下弦上盖板端头、和腹板极边孔水平距离 L_4	0 -2.0	
7		锚点位置间距 L_5	± 3.0	
8		杆件相邻横梁接头板间距 L_3	± 2.0	
9		弦杆节点板内侧宽度 b	+1.5 0	
10		弦杆端口宽度、高度	± 1.0	
11		高度 h_1, h_2	± 1.5	
12	斜、竖杆	杆件接头板尺寸	± 2.0	
13		弯曲	$f \leq 2.0 (l \leq 4\,000)$ $f \leq 3.0 (4\,000 < l \leq 16\,000)$ $f \leq 5.0 (l > 16\,000)$	
14		腹板伸出部位宽度 b	0 -2	
15		斜、竖杆长度 L_0	± 5.0	
16	斜、竖杆	端排孔中心到盖板对接端头 L_1	± 2.0	
17		腹板伸出长度 L_2	± 3.0	

表 21 钢桁梁杆件成品尺寸允许偏差（续）

单位为毫米

序号	项目		允许偏差	简图和说明
18	斜、竖杆	高度	插入式 -0.5 -2.0	
19			对拼式 ±1.0	
20		宽度	±2.0	
21		箱型杆件对角线差	≤2.0	
22	联结系	高度 h	±1.5	
23		盖板宽度 b	±2.0	
24		长度	±5.0	
25		箱型杆件对角线差	≤2.0	
26		扭曲	≤3.0	
27	锚箱	锚点距孔 l	±1.0	
28		锚孔和孔中心偏差 Δ	±1.0	
29		锚箱宽度 B	±1.5	

15.4 钢桁梁横联成品尺寸的允许偏差应符合表 22 的规定。

表 22 钢桁梁横联成品尺寸允许偏差

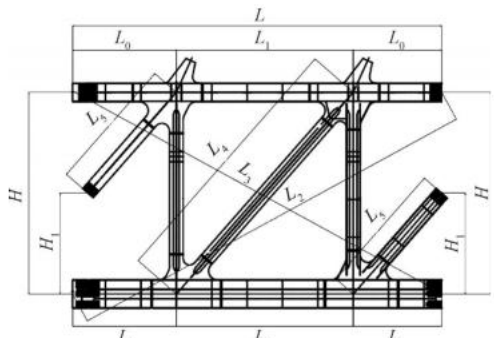
单位为毫米

序号	项目		允许偏差	简图和说明
1	桁高	H	±2.0	
2	全长	L (焊接)	+1 -4	
3		L_0 (栓接)	+5 0	
4	节点间距	L_1, L_2	±2.0	
5	横联高度	B	±1.5	

15.5 钢桁梁主桁桁片成品尺寸的允许偏差应符合表 23 的规定。

表 23 钢桁梁主桁桁片成品尺寸允许偏差

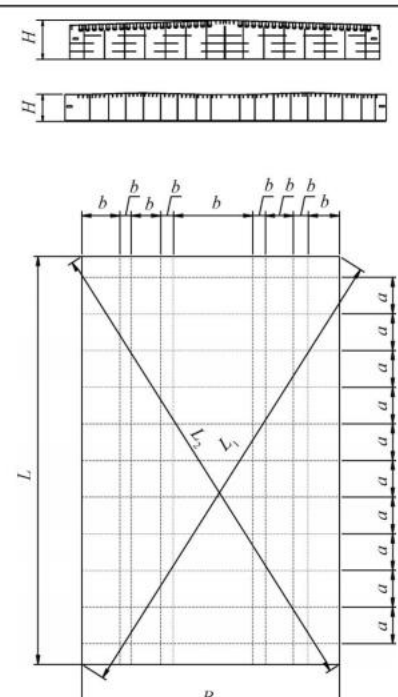
单位为毫米

序号	项目	允许偏差	简图和说明
1	桁高 H	± 2.0	
2	端部斜杆接口高度 H_1	± 2.0	
3	斜杆中心线长度 L_4, L_5	$+2.0$ -1.0	
4	对角线差 $ L_2 - L_3 $	≤ 3.0	
5	节点中心距 L_1	± 1.0	
6	极边孔距 L	± 1.0	
7	同节点左右桁片节间距偏差	± 2.0	

15.6 钢桁梁桥面板块成品尺寸的允许偏差应符合表 24 的规定。

表 24 钢桁梁桥面板块成品尺寸允许偏差

单位为毫米

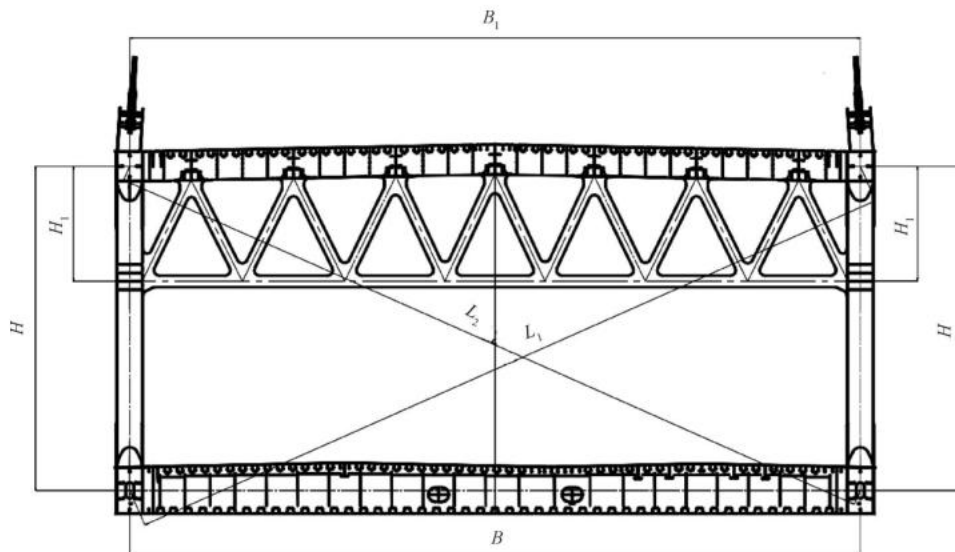
序号	项目	允许偏差	图例	说明
1	长度 L	± 2.0		—
2	宽度 B	$+2$ -6		—
3	高度 H	± 2.0		—
4	横梁横肋间距	± 2.0		—
5	旁弯	$1/5\ 000$		节点部位桥面中心线和两端桥面中心点连线的偏差
6	对角线差	3.0		—
7	横梁预拱度	$+10$ -3		—
8	桥面板对接焊缝错边量	≤ 1.5		横梁盖板和面板、相邻面板之间
9	桥面板平面度	≤ 1.5		S_1 横梁(肋)间距
10	桥面各点标高	± 5.0		两端四角横梁(肋)位置

15.7 钢桁梁节段制造允许偏差应符合表 25 的规定。

表 25 钢桁梁节段成品尺寸允许偏差

单位为毫米

序号	项目	允许偏差	备注
1	桁高 H	± 2.0	节点处
2	桁宽 B	± 5.0	节点处和预拼装全长两端的两主桁弦杆中心距
3	节间距	± 1.0	
4	锚点间距 B_1	± 6	同一节点编号处吊点的横桥向距离
5	端面对角线差	$ L_1 - L_2 \leq 5.0$	预拼装两端横断面, 主桁之间
6	横联高度 H_1	± 5.0	上弦杆到横联水平撑杆的竖向距离
7	预拱度	当计算拱度 ≤ 60 时, ± 3.0	各节点位置的下弦杆水平中心线(系统线)
		当计算拱度 > 60 时, $\pm 5.0f/100$, 且 ≤ 10.0	
8	上、下层桥面标高	± 5.0	每节段桥面板四角有横梁(肋)位置
9	节段间对接错台	≤ 1.0	
10	桁片垂直度	≤ 3.0	上、下弦杆中心线横向偏移



15.8 成品出厂或验收时,应提交下列文件:

- 产品合格证;
- 钢材、焊接材料和油漆的质量证明书和复验报告;
- 焊接工艺评定报告和其他主要工艺试验报告;
- 竣工图、拼装简图;
- 高强度螺栓摩擦面抗滑移系数试验(工厂)报告;
- 焊缝无损检验报告;
- 焊缝重大修补记录;
- 产品试板的试验报告;
- 预拼装记录(按预拼装批次);

- 涂层检测记录；
- 发送清单。

15.9 对钢结构进行计量时,钢板应按矩形计算,但大于 0.1 m² 的缺角及开孔应扣除;焊缝重量应按焊接构件重量的 1.5% 计。

15.10 成品出厂时应提供工地抗滑移系数试验用试件。

16 包装、存放和运输

16.1 包装

16.1.1 拼接板包装应在涂层干燥后进行,包装和存放应保证杆件不变形、不损坏、不散失、包装和发运应符合运输的有关规定。

16.1.2 较大体积的拼接板采用盘装,板件之间应加垫保护摩擦面;较小面积(体积)的零件采用箱装,箱内塞实,保持通风、干燥。

16.1.3 需栓合发送的零部件用螺栓栓紧,每处栓合螺栓不少于 2 个。

16.1.4 对包装有特殊要求时,应按技术文件进行。

16.2 存放

16.2.1 杆件、桁片、桥面板块、钢桁梁节段的存放场地应坚实、平整、有排水设施,支承处应有足够的承载力,不允许在存放期间出现不均匀沉降。

16.2.2 杆件存放要分种类、堆放整齐、平稳,防止倾斜、歪倒。

16.2.3 杆件、桁片、桥面板块、钢桁梁节段的支撑点布置,应设在自重作用下,不致产生永久变形处。

16.2.4 同类杆件分层存放时各层间的垫块在同一垂直面上,杆件叠放不宜过高。

16.2.5 杆件间应留有适当空隙,便于吊装人员操作和查对。

16.3 运输

16.3.1 运输时,应用钢丝绳将其牢靠固定在运输船上,绑扎时应在和钢丝绳接触的边缘加垫(木板、胶垫),防止损伤杆件。

16.3.2 运输和起吊过程中,应加强对附属结构连接件的保护,避免其变形,影响现场连接质量。

附 录 A
(规范性)
原材料复验规程

A.1 检验频次

A.1.1 钢材复验按以下要求执行：

- a) 钢板、复合钢板应按同一厂家、同一材质、同一板厚、同一出厂状态每10炉组成一个检验批,且检验批重量不大于600 t,每检验批抽验一组试件;
- b) 对有探伤要求的钢板,应抽取每种板厚的10%进行超声波探伤;
- c) 型材应按同一厂家、同一材质、同一板厚、同一出厂状态每10个批号组成一个检验批,每检验批抽验一组试件。

A.1.2 圆柱头焊钉应按相同型号规格、相同生产批号组成检验批,同批最大数量应为:直径小于或等于12 mm时,不应大于10 000套;直径大于12 mm时,不应大于5 000套。进场数量少于上述规定时亦应视为一批。

A.1.3 焊材按其生产批号逐批抽样复验。

A.1.4 涂料按其生产批号逐批抽样复验。

A.2 检验项目

A.2.1 钢材检验项目包括：

- a) 审核生产厂家提供的《质量证明书》;
- b) 化学成分:复验C、Si、Mn、P、S等元素含量(复合板对基材和复层分别检验);
- c) 力学性能:拉伸试验检验屈服强度 R_{el} 、抗拉强度 R_m 、伸长率 A ;180°弯曲试验;低温冲击试验 KV_2 ;复合板界面抗剪强度;
- d) 对于有探伤要求的钢板,应按GB/T 2970对钢板进行检测,钢板质量应符合I级要求。复合钢板需进行全板超声波探伤,界面结合级别应满足GB/T 8165中RI级的规定要求。
- e) 有Z向性能要求的钢板,应符合设计文件和GB/T 5313的规定。

A.2.2 焊接材料检验项目包括：

- a) 审核生产厂家提供的《质量证明书》;
- b) 药芯焊丝:逐批检验熔敷金属的化学成分和力学性能(屈服强度 R_{el} 、抗拉强度 R_m 、伸长率 A 、冲击功 KV_2);
- c) 实心焊丝:首批检验焊丝的化学成分和熔敷金属的力学性能(屈服强度 R_{el} 、抗拉强度 R_m 、伸长率 A 、冲击功 KV_2),其余批次检验焊丝的化学成分;
- d) 手工焊条:首批检验熔敷金属的化学成分和力学性能(屈服强度 R_{el} 、抗拉强度 R_m 、伸长率 A 、冲击功 KV_2),其余批次检验熔敷金属的化学成分;
- e) 埋弧焊焊丝:逐批检验化学成分(复验C、Si、Mn、P、S、Ni和其他合金元素含量);
- f) 埋弧焊焊剂:逐批检验化学成分(复验P、S元素含量),焊丝和焊剂组合复验熔敷金属的力学性能(屈服强度 R_{el} 、抗拉强度 R_m 、伸长率 A 、冲击功 KV_2)。

A.2.3 圆柱头焊钉复验项目包括：

- a) 审核生产厂家提供的《质量证明书》;

- b) 原材料检验化学成分(复验C、S、Si、Mn、P、Al元素含量)、拉伸试验(R_m 、 R_{el} 、 A)、焊接工艺拉伸 F_m 、断裂位置、焊接工艺弯曲、现场工艺试验。
- c) 圆柱头焊钉的复验应核查质量证明书和质量检验试验资料,并按批抽检5套,检验表面缺陷、尺寸、机械性能和焊接性能等,检验方法应符合现行GB/T 10433的规定。

A.2.4 涂料复验项目包括:

- a) 审核生产厂家提供的《质量证明书》;
- b) 车间底漆执行JT/T 722中技术要求,重点复验项目为:不挥发物含量、表干时间;涂装材料复验严格按照JT/T 722进行。

A.3 评定规则

A.3.1 各项试验结果的评定按照相应国家标准进行,当没有相应的国家标准或订货合同(技术条件)有特殊规定时,应按合同(订货技术条件)执行。

A.3.2 焊接材料、油漆的评定应以每一批号的试验结果为准。钢材试验炉(批)的评定以抽样试验结果为准。

A.3.3 对于钢材检验批的质量评定按下述原则进行。

- a) 当试验炉(批)号评定为合格时,评定整个检验批为合格。
- b) 当试验炉(批)号评定为不合格时,在该检验批内再抽取两个炉(批)号的样品进行试验:
 - 1) 若两个试验炉(批)号均合格,则该检验批其余炉(批)号均判定为合格;
 - 2) 若两个试验炉(批)号均不合格,则对该检验批剩余的7个炉(批)号逐炉(批)取样进行试验,逐炉(批)评定;
 - 3) 若两个试验炉(批)号有一个合格另一个不合格时,在该检验批剩余的7个炉(批)号中再抽取两个炉(批)号进行试验;如果两个试验炉(批)号均合格则判定该7个炉(批)号合格,否则对该检验批剩余的炉(批)号逐炉取样试验,逐炉(批)评定。

附 录 B
(规范性)
钢材和加工缺陷的修补

B.1 缺陷的修补方法应符合表 B.1 的规定。

表 B.1 缺陷的修补方法

序号	缺陷种类	修补方法
1	钢材表面麻坑、划痕等	深度为 0.3 mm~1 mm 时,可修磨匀顺(栓接面位置可不打磨);深度超过 1 mm 时,应在补焊后修磨匀顺
2	钢材边缘局部的层状裂纹	深度不超过 5 mm 时,可先按 8.5.4、8.5.5 的规定清除裂纹后补焊并修磨
3	切割边缘的缺口(或崩坑)	深度 2 mm 以内的,用砂轮磨顺;超过 2 mm 的,磨出坡口补焊后修磨匀顺
4	焊缝裂纹和弯曲加工时产生的边缘裂纹	清除裂纹,按补焊工艺补焊后修磨匀顺
5	电弧擦伤	深度不大于 0.5 mm 的缺陷,用砂轮修磨匀顺;深度大于 0.5 mm 的缺陷,补焊后用砂轮磨平
6	焊瘤	用砂轮磨掉或用气刨清除掉后修磨匀顺

B.2 超标缺陷修补的补焊的预热温度应较正常要求的预热温度提高 30 ℃~50 ℃。

附录 C
(规范性)
钢材焊接工艺评定

C.1 一般要求

- C.1.1 焊接工艺评定(以下简称“评定”)是编制焊接工艺的依据。
- C.1.2 评定条件应和产品条件相对应,评定应使用和产品相同的钢材和焊接材料。
- C.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、焊接位置等制订评定方案,拟定评定指导书,按本文件的相关要求进行评定。
- C.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。遇有下列情况之一者,应重新进行评定:
- a) 钢种改变;
 - b) 焊接材料改变;
 - c) 焊接方法或焊接位置改变;
 - d) 衬垫材质改变;
 - e) 焊接电流、焊接电压和焊接速度改变±10%以上;
 - f) 坡口形状和尺寸改变(坡口角度减少10°以上,熔透焊缝钝边增大2 mm以上,无衬垫的根部间隙变化2 mm以上,有衬垫的根部间隙变化在-2 mm~+6 mm以上);
 - g) 预热温度低于规定的下限温度20℃时;
 - h) 增加或取消焊后热处理时;
 - i) 电流种类和极性改变;
 - j) 加入或取消填充金属;
 - k) 母材焊接部位涂车间防锈漆而焊接时又不进行打磨的。

C.1.5 “评定”包括对接接头试验、熔透角接试验和T形接头试验。

C.2 试板

C.2.1 对接接头试板代表的板厚范围按表C.1执行。

表 C.1 对接接头试板厚度

单位为毫米

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

C.2.2 T形接头埋弧自动焊试板可按每一焊脚尺寸在表C.2中选择一种盖、腹板厚度组合。

表 C.2 T 形接头埋弧自动焊试板厚度

单位为毫米

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

C.2.3 全熔透、部分熔透 T 形接头试板厚度按表 C.3 中选择一种试板厚度。

表 C.3 全熔透、部分熔透 T 形接头试板厚度

单位为毫米

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

C.2.4 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,自动焊不宜小于 600 mm,焊条电弧焊、CO₂气体(或混合气体)保护焊不应小于 400 mm。宽度应根据板厚、试样尺寸、探伤要求确定。

C.2.5 试板的制作应符合本文件的技术要求。

C.3 检验和试验

C.3.1 焊缝的外观质量应符合 9.1.1 的规定。

C.3.2 焊缝应全长进行超声波探伤,对接焊缝、熔透角焊缝质量等级应达到Ⅰ级,不熔透角焊缝质量等级应达到Ⅱ级。

C.3.3 样坯截取位置应根据焊缝外形和探伤结果,在试板的有效利用长度内作适当分布。试样加工前允许样坯冷矫正。

C.3.4 力学性能试验项目、试样数量和试验方法应符合表 C.4 的规定。

表 C.4 力学性能试验项目、试样数量和试验方法

试件型式	试验项目	试样数量 个	试验方法
对接接头试件	接头拉伸(拉板)试验	1	按 GB/T 2650、GB/T 2651、GB/T 2652、 GB/T 2653、GB/T 2654 的规定
	焊缝金属拉伸试验	1	
	接头侧弯试验	1	
	低温冲击试验	6	

表 C.4 力学性能试验项目、试样数量（续）

试件型式	试验项目	试样数量 个	试 验 方 法
对接接头试件	接头硬度试验	1	按 GB/T 2650、GB/T 2651、GB/T 2652、 GB/T 2653、GB/T 2654 的规定
熔透角接试件	焊缝金属拉伸试验	1	
	低温冲击试验	6	
	接头硬度试验	1	
T形接头试件	焊缝金属拉伸试验	1	
	接头硬度试验	1	
注 1：对接接头侧弯试验：弯曲角度 $\alpha=180^{\circ}$。当试板板厚为 10 mm 及以下时，可以用正、反弯各一个代替侧弯。 注 2：对接接头和熔透角接低温冲击试验缺口开在焊缝中心和熔合线外 1.0 mm 处各 3 个；如果接头为异种材质组合，熔合线外 1 mm 分别取样。 注 3：板厚 <12 mm 的对接焊缝、焊缝有效厚度 ≤ 8 mm 的角焊缝可不进行焊缝金属拉伸试验。			

C.3.5 力学性能试验验收应符合下列规定：

- a) 当拉伸试验结果(屈服、抗拉强度和拉棒的伸长率)不低于母材标准值时,判为合格;当试验结果低于母材标准值时,允许从同一试件上再取一个试样重新试验,若试验结果不低于母材标准值,则仍可判为合格,否则,判为不合格。
- b) 接头侧弯试验结束后,若试样受拉面上的裂纹总长度不大于试样宽度的 15%,且单个裂纹长度不大于 3 mm,则判为合格;当试验结果未满足上述要求,则允许从同一试件上再取一个试样重新试验,若试验结果满足上述要求,则仍判为合格,否则,判为不合格。
- c) 各种钢材焊接接头的冲击功应符合设计要求,设计无规定时应符合表 C.5 的规定。若冲击试验的每一组(3 个)试样试验结果的平均值不低于规定值,且任一试验结果不低于 0.7 倍的规定值,则判为合格;当试验结果未满足上述要求,允许从同一试件上再取一组(3 个)附加试样重新试验,若总计 6 个试验结果的平均值不低于规定值,且低于规定值的试验结果不多于 3 个(其中,不应有 2 个以上的试验结果低于 0.7 倍的规定值,也不应有任一试验结果低于 0.5 倍的规定值),则可仍判为合格,否则,判为不合格。

表 C.5 焊接接头的冲击功规定值

钢材牌号	Q345q			Q370q			Q420q		
质量等级	C	D	E	C	D	E	C	D	E
试验温度	0℃	－20℃	－40℃	0℃	－20℃	－40℃	0℃	－20℃	－40℃
对接焊缝和熔透角焊缝	34J			41J			47J		
试验温度可按照设计规定。 板厚≤20 mm的薄钢板接头冲击功规定值为27J。 当焊接接头的硬度值不大于HV380时,则判为合格,否则,判为不合格。 力学性能试验结束后,若发现试样断口上有超标的缺陷,应查明产生该缺陷的原因并决定试验结果是否有效。									

C.3.6 每一评定应作一次宏观断面酸蚀试验,试验方法应符合 GB/T 226 的规定;单道焊缝的成型系数应为 1.3~2.0。

C.4 焊接工艺评定报告

评定报告应包括下列内容：

- a) 母材和焊接材料的型(牌)号、规格、化学成分和力学性能等；
- b) 试板图；
- c) 试件的焊接条件和施焊工艺参数；
- d) 焊缝外观和探伤检验结果；
- e) 力学性能试验和宏观断面酸蚀试验结果；
- f) 结论。

附 录 D
(规范性)
圆柱头焊钉焊接工艺评定

D.1 一般要求

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

D.1.2 圆柱头焊钉的力学性能和化学成分应符合规定要求。

D.1.3 瓷环应符合 GB/T 10433 的规定。

D.1.4 试验用焊接设备应和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。遇有下列情况之一者,应重新进行评定:

- a) Q370 级以上的钢种改变;
- b) 焊钉直径或焊钉端头镶嵌(或喷涂)稳弧脱氧剂的改变;
- c) 焊机和配套焊枪形式、型号和规格的改变;
- d) 磁环材料和规格的改变;
- e) 焊接电流变化 $\pm 10\%$ 以上,焊接时间为 1 s 以上时变化超过 0.2 s 或 1 s 以下时变化超过 0.1 s。
- f) 焊钉伸出长度和提升高度的变化分别超过 1mm;
- g) 焊钉焊接位置偏离平焊位置 15° 以上的变化或立焊、仰焊位置的改变。

D.2 试验和检验

D.2.1 试验时应记录施焊参数。

D.2.2 圆柱头焊钉焊缝的外观质量应符合 9.1 的要求。

D.2.3 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。

D.3 弯曲和拉伸检验

D.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。

D.3.2 焊钉拉伸试验断裂在焊钉部位,且拉力载荷满足 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。

D.4 焊接工艺评定报告

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) 试件的焊接条件和施焊工艺参数;
- 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 E
(规范性)
焊接接头超声波探伤质量要求

E.1 通则

焊接接头超声波探伤方法应符合 GB/T 11345 的规定,并同时满足本附录的要求。

E.2 超声波探伤的距离一波幅曲线

超声波探伤的距离一波幅曲线应符合表 E.1 的规定。

表 E.1 距离一波幅曲线灵敏度

焊缝质量等级		板厚 mm	判废线	定量线	评定线
对接焊缝Ⅰ、Ⅱ级		10~46	$\phi 3 \times 40-6 \text{ dB}$	$\phi 3 \times 40-14 \text{ dB}$	$\phi 3 \times 40-20 \text{ dB}$
		$>46 \sim 80$	$\phi 3 \times 40-2 \text{ dB}$	$\phi 3 \times 40-10 \text{ dB}$	$\phi 3 \times 40-16 \text{ dB}$
全熔透角焊缝Ⅰ级		10~80	$\phi 3 \times 40-4 \text{ dB}$	$\phi 3 \times 40-10 \text{ dB}$	$\phi 3 \times 40-16 \text{ dB}$
			$\phi 6$	$\phi 3$	$\phi 2$
角焊缝 Ⅱ级	部分熔透角焊缝	10~80	$\phi 3 \times 40-4 \text{ dB}$	$\phi 3 \times 40-10 \text{ dB}$	$\phi 3 \times 40-16 \text{ dB}$
	贴角焊缝	10~25	$\phi 1 \times 2$	$\phi 1 \times 2-6 \text{ dB}$	$\phi 1 \times 2- \text{ dB}$
		$>25 \sim 80$	$\phi 1 \times 2+4 \text{ dB}$	$\phi 1 \times 2-4 \text{ dB}$	$\phi 1 \times 2-10 \text{ dB}$
注1: 角焊缝超声波探伤采用铁路钢桥制造专用柱孔标准试块或和其校准过的其他孔形试块。 注2: $\phi 6$、$\phi 3$、$\phi 2$表示纵波探伤的平底孔参考反射体尺寸。 注3: 评定线以上至定量线以下为弱信号评定区(Ⅰ区);定量线至判废线为长度评定区(Ⅱ区);判废线及以上区域为判废区(Ⅲ区)。					

E.3 缺陷评定

E.3.1 超过评定线的信号应注意其是否具有裂纹等危害性缺陷特征,如有怀疑时应采取改变探头角度、增加探伤面、观察动态波形、结合结构工艺特征作判定,如对波型不能准确判断时,应辅以其他检验作综合判定。

E.3.2 最大反射波幅位于长度评定区(II 区)的缺陷,其指示长度小于 10 mm 时按 5 mm 计。

E.3.3 相邻两缺陷各向间距小于 8 mm 时,两缺陷指示长度之和作为单个缺陷的指示长度。

E.4 检验结果的等级分类

最大反射波幅位于长度评定区(II 区)的缺陷,根据缺陷指示长度和多个缺陷的累计长度按表 E.2 的规定进行分级。满足表 E.2 质量等级要求的判为合格;不满足表 E.2 质量等级要求的判为不合格。

表 E.2 长度评定区缺陷等级评定

评定等级	板厚	单个缺陷指示长度	多个缺陷的累积指示长度
对接焊缝Ⅰ级	10 mm~80 mm	$t/4$,最小可为 8mm	在任意 $9t$ 焊缝长度范围不超过 t
对接焊缝Ⅱ级		$t/2$,最小可为 10mm	在任意 $4.5t$ 焊缝长度范围不超过 t
全熔透角焊缝		$t/3$, 最小可为 10mm	
角焊缝Ⅱ级		$t/2$,最小可为 10mm	
注1: 最大反射波幅不超过评定线的缺陷,均评为Ⅰ级。 注2: 反射波幅位于弱信号评定区(Ⅰ区)的非裂纹性缺陷,均评为Ⅰ级。 注3: 超声波探伤判定为裂纹、未熔合、未焊透(对接焊缝)等危害性缺陷者,判为不合格。 注4: 反射波幅位于判废区(Ⅲ区)的缺陷,无论其指示长度如何,判为不合格。			

E.5 复验

不合格的缺陷,应予返修,返修区域修补后,返修部位和补焊受影响的区域,应按原探伤条件进行复验,复探部位的缺陷应按本附录评定。

附录 F
(规范性)
焊接接头射线探伤质量要求

F.1 通则

焊接接头射线探伤方法应符合 GB/T 3323.1 的规定,并同时满足本附录的要求。

F.2 焊接接头质量要求

对接接头内应无裂纹、未熔合、未焊透,圆形缺陷和条型缺陷应符合 F.3 和 F.4 的规定。

F.3 评定厚度

评定厚度 t 是指母材的公称厚度。

F.4 缺陷的评定

F.4.1 圆形缺陷评定

长宽比小于或等于 3 的缺陷定义为圆形缺陷,它们可以是圆形、椭圆形、锥形或带有尾巴(在测定尺寸时应包括尾部)等不规则的形状。包括气孔、夹渣和夹钨。

圆形缺陷用评定区进行评定,评定区域的大小见表 F.1,评定区应选在缺陷最严重的部位。

表 F.1 缺陷评定区

单位为毫米

评定厚度 t	≤ 25	> 25
评定尺寸	10×10	10×20

评定圆形缺陷时,应将缺陷尺寸按表 F.2 换算成缺陷点数。

表 F.2 缺陷点数换算

缺陷长径/mm	≤ 1	$> 1 \sim 2$	$> 2 \sim 3$	$> 3 \sim 4$	$> 4 \sim 6$	$> 6 \sim 8$	> 8
点数	1	2	3	6	10	15	25

不记点数缺陷尺寸见表 F.3。当缺陷和评定区边界线相接时,应把它划入该评定区内计算点数。对于材质或结构等原因进行返修可能会产生不利后果的焊接接头,经合同各方商定,各级别的圆形缺陷可放宽 1 点~2 点。

表 F.3 不记点数的缺陷尺寸

单位为毫米

评定厚度	缺陷长径
≤ 25	≤ 0.5
> 25	≤ 0.7

圆形缺陷的评定见表F.4。满足表F.4要求的判为合格;不满足表F.4要求的判为不合格。圆形缺陷长径大于 $t/2$ 时,评为不合格。焊接接头内不计点数的圆形缺陷,在评定区内不应多于10个。

表 F.4 圆形缺陷的评定

评定区/mm	10×10			10×20
评定厚度 t /mm	≤ 10	$> 10 \sim 15$	$> 15 \sim 25$	> 25
允许缺陷点数的上限	3	6	9	12

F.4.2 条形缺陷的评定

长宽比大于3的气孔、夹渣和夹钨定义为条形缺陷,条形缺陷的评定见表F.5。满足表F.5要求的判为合格;不满足表F.5要求的判为不合格,表中 L 为该组缺陷中最长者的长度。

表 F.5 条形缺陷的评定

单位为毫米

评定厚度 t	允许单个条形缺陷尺寸上限	不允许条形缺陷总长
$t \leq 12$	4	在平行于焊缝轴线的任意直线上,相邻两缺陷间距均不超过 $6L$ 的任何一组缺陷,其累计长度在 $12t$ 焊缝长度内不超过 t
$t > 12$	$t/3$	

F.5 综合评定

在圆形缺陷评定区内,同时存在圆形缺陷和条形缺陷判为不合格。

F.6 复验

不合格的缺陷,应予返修,返修区域修补后,返修部位和补焊受影响的区域,应按原探伤条件进行复验,复探部位的缺陷应按本附录评定。

附 录 G
(规范性)
抗滑移系数试验

G.1 本方法适用于采用高强度螺栓连接的摩擦面抗滑移系数试验。

G.2 基本要求应符合下列规定：

- a) 制造单位和安装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规定的工程量每2000 t为一批,不足2000 t的可视为一批;分节段安装的构件应以每10个节段为一批,不足10个节段时视为一批。选用两种和两种以上表面处理工艺时,每种处理工艺应单独检验。
- b) 每一批应制作6组试件,其中3组用于出厂试验,3组用于工地复验。设计文件对抗滑移系数试件的数量和规格有要求时,应符合其规定。
- c) 抗滑移系数试验应采用双摩擦面的两栓拼接的拉力试件,试件的加工制作应符合图G.1、图G.2的规定。

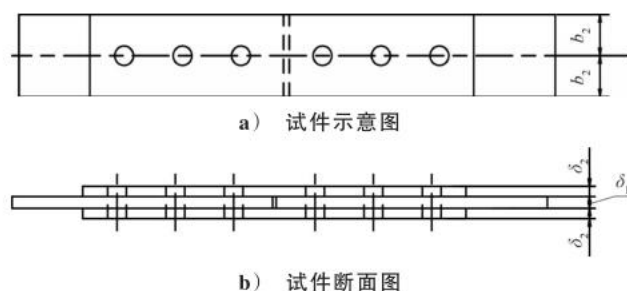


图 G.1 三栓连接试件加工示意图



图 G.2 两栓连接试件加工示意图

G.3 试验方法应符合下列规定。

- a) 试验用的试验机误差应在1%以内。
- b) 试验用的贴有电阻片的高强度螺栓、压力传感器和电阻应变仪应在试验前采用试验机进行标定,其误差应在2%以内。
- c) 测定抗滑移系数的试件应由钢结构制造单位加工,试件和所代表的钢结构应为同一牌号、同批制作、同一摩擦面处理工艺,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。试件的摩擦面在运输和存放过程中不应有损伤。
- d) 试件的钢板厚度 t_1 、 t_2 应为所代表的钢结构中有代表性部件的钢板厚度,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;试件的宽度 b 应按表 G.1 确定。

表 G.1 试件宽度

单位为毫米

螺栓直径 d	16	20	22	24
板宽 b	100	100	105	110

- e) 试件加工应符合图 G.1 的规定。
- f) 试件板面应平整,无油污、孔和板的边缘无飞边、毛刺。
- g) 应按图 G.1 进行试件组装,先打入冲钉定位,然后逐个换成贴有电阻应变片的高强度螺栓(或用压力传感器),拧紧高强度螺栓的预应力达到 $(0.95\sim 1.05)P$ (P 为高强度螺栓设计预拉力)。
- h) 将试件装在试验机上,应使试件的轴线和试验机夹具中心线严格对中。
- i) 在试验中发生以下情况之一时,应认为达到滑动荷载:
 - 1) 试验机发生回针现象;
 - 2) 记录仪中变形发生突变;
 - 3) 试件侧面画线发生错动。

G.4 抗滑移系数 μ 应按式(G.1)计算,取两位有效数字:

$$\mu = \frac{N}{n_f \sum P_i}$$

.....(G.1)

式中:

- N ——由试验机测得的滑动荷载,单位为千牛(kN),取 3 位有效数字;
- n_f ——摩擦面面数,取 $n_f=2$;
- P_i ——高强螺栓预拉力实测值,单位为千牛(kN);
- $\sum P_i$ ——和试件滑动荷载对应一侧的高强度螺栓预拉力实测值之和,单位为千牛(kN),取 3 位有效数字。

G.5 每批 3 组试件的摩擦面抗滑移系数最小值不应小于设计规定值。

参 考 文 献

- [1] GB/T 222 钢的成品化学成分允许偏差
- [2] GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法
- [3] GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- [4] GB/T 232 金属材料 弯曲试验方法
- [5] GB/T 247 钢板和钢带包装、标志及质量证明书的一般规定
- [6] GB/T 700 碳素结构钢
- [7] GB/T 706 热轧型钢
- [8] GB/T 709 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差
- [9] GB/T 714 桥梁用结构钢
- [10] GB/T 985.1 气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊推荐坡口
- [11] GB/T 985.2 埋弧焊的推荐坡口
- [12] GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- [13] GB/T 3505 产品几何技术规范(GPS)表面结构 轮廓法 表面结构的术语、定义及参数
- [14] GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法(常规法)
- [15] GB/T 4956 磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法
- [16] GB/T 5116 非合金钢及细晶粒钢焊条
- [17] GB/T 5210 色漆和清漆拉开法附着力试验
- [18] GB/T 5293 埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-
- [19] GB/T 8110 气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝
- [20] GB/T 8155 不锈钢复合钢板和钢带
- [21] GB/T 10045 非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝
- [22] GB/T 11160 不锈钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法(常规法)
- [23] GB/T 13158 不锈钢复合钢板焊接技术要求
- [24] GB/T 13288.1 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粗糙度的ISO表面粗糙度比较样块的技术要求和定义
- [25] 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2部分: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
- [26] GB/T 13778 金属夏比冲击断口测定方法
- [27] GB/T 15977 热轧钢板表面质量的一般要求
- [28] GB/T 16853 不锈钢药芯焊丝
- [29] GB/T 32533 高强钢焊条
- [30] GB/T 36034 埋弧焊用高强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求
- [31] GB/T 36037 埋弧焊和电渣焊用焊剂
- [32] GB/T 36233 高强钢药芯焊丝
- [33] GB 50205 钢结构工程施工质量验收标准
- [34] JT/T 3650 公路桥涵施工技术规范
- [35] JT/T 3651 公路钢结构桥梁制造和安装施工规范

- [36] JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准
 - [37] TB 2137 铁路钢桥栓接板面抗滑移系数试验方法
 - [38] TB/T 3556 铁路桥梁用结构钢
-