

DB34

安 徽 省 地 方 标 准

DB 34/T 2226—2014

公路桥梁钢桁梁制造与安装技术规程

Technical specifications for manufacture and installation of steel truss of highway
bridge

2014 - 12 - 17 发布

2015 - 01 - 17 实施

安徽省质量技术监督局 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由安徽省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：安徽省交通建设工程质量监督局、中铁宝桥集团有限公司、江苏中泰桥梁钢构股份有限公司、安徽省高速公路控股集团有限公司、安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司、中铁大桥局集团有限公司、中交第二公路工程局有限公司。

本标准主要起草人：殷治宁、李军平、卞国炎、刘志刚、马增岗、吴义龙、殷永高、徐宏光、马贤贵、章征、张保德、刘俊、杨敏、武黎明、欧阳祖亮、杨元录、李硕。

引 言

随着安徽省经济建设的发展，公路桥梁使用钢结构日益增多，特别在大跨径桥梁上得到广泛应用。目前，《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1—2004）关于钢结构制造与安装工程的质量指标及标准不能满足质量管理的需要。

为进一步加强安徽省公路桥梁钢结构制造与安装工程质量管理，统一钢结构制造与安装工程的质量检验标准和评定方法，规范公路桥梁钢结构制造与安装工程的质量控制指标和标准，促进施工单位、监理单位对关键工序或分项工程的施工质量是否合格进行检查判定，作为建设单位、政府质量监督部门对公路建设项目中桥梁钢结构制造和安装工程的质量检验和等级评定的依据。

针对此情况，在总结安徽省安庆长江公路大桥、马鞍山长江公路大桥及国内部分公路桥梁钢结构制造与安装质量管理经验的基础上，吸收了其成熟的技术和工艺，并结合安徽省公路桥梁钢结构工程施工实际，制定本标准。

公路桥梁钢桁梁制造与安装技术规程

1 范围

本标准规定了公路桥梁钢桁梁制造与安装技术的术语定义和符号、材料、制造、安装、安全和环保。本标准适用于公路桥梁钢桁梁制造和安装。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 1228 钢结构用高强度大六角头螺栓
- GB/T 1229 钢结构用高强度大六角螺母
- GB/T 1230 钢结构用高强度垫圈
- GB/T 1231 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 2650 焊接接头冲击试验方法
- GB/T 2651 焊接接头拉伸试验方法
- GB/T 2652 焊缝及熔敷金属拉伸试验方法
- 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 3323 金属熔化焊焊接接头射线照相
- GB/T 3632 钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副
- 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 50205 钢结构工程施工质量验收规范
- JB/T 6061 无损检测 焊缝磁粉检测
- JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件
- TBJ 214 铁路钢桥高强度螺栓连接施工规定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

杆件 member bar

组成钢桁梁的基本单元。其中整体节点、弦杆、斜杆、竖杆、纵梁、横梁、桥门架、桥面板单元、锚箱和独立编号的拼接板及节点板为主要杆件，其余为次要杆件。

3.2

零件 parts

组成杆件的最小单元。其中主要杆件的盖板和腹板，箱形梁横隔板，板单元的面板、纵肋、横肋，拼接板，节点板及圆柱头焊钉为主要零件，其余为次要零件。

3.3

桥面板单元 bridge panel unit

由桥面板及纵肋、横肋组成。

3.4

桥面板块 deck Plate

由桥面板单元、纵梁、横梁等组成。

3.5

主要角焊缝 the main fillet

主要杆件的盖板与腹板的连接焊缝。

4 符号

下列符号适用于本文件。

b —— 宽度

d —— 直径

f —— 拱度、弯曲矢高

h —— 截面高度

h_f —— 焊脚尺寸

l —— 长度、跨度、对角线

s —— 间距

t —— 厚度

α —— 角度

Δ —— 偏差、增量

5 材料

5.1 一般规定

5.1.1 钢桁梁制造和安装所用材料应符合设计文件的要求和现行标准的规定，除必须有材料质量证明文件外，还应进行抽样检验，合格后方可使用。

5.1.2 制造和安装单位应制定材料的管理制度，做到存放、使用规范化，保证材料使用的可靠性。

5.2 钢材

5.2.1 钢材进场抽样检验应按同一厂家、同一材质、同一板厚、同一出厂状态每 10 个炉（批）号抽验一组试件。

5.2.2 钢板应采用色带标识。

5.2.3 进口钢材应按合同规定进行商检和抽样检验。

5.2.4 在加工过程中发现的钢材缺陷需要修补时，应符合本规范附录 A 的规定。

5.2.5 钢材材质及规格需要进行变更时，应按有关规定程序履行变更手续。

5.3 焊接材料

5.3.1 焊接材料原则上应与设计选用的钢材相匹配。

5.3.2 焊接材料的型号及规格应根据焊接工艺评定确定。

5.3.3 焊接材料除应符合现行国家标准外，其抽样检验尚应符合以下规定：

——制造厂首次使用的焊接材料应进行化学成分和熔敷金属机械性能检验；

——连续使用的同一厂家、同一型号的焊接材料，实芯焊丝逐批进行化学成分检验，焊剂逐批进行熔敷金属力学性能检验，药芯焊丝和焊条每一年进行一次熔敷金属力学性能检验；

——同一型号焊接材料在更换厂家后，首个批号应按照相关标准进行化学成分和熔敷金属机械性能检验。

5.4 圆柱头焊钉、高强度螺栓连接副

5.4.1 圆柱头焊钉、焊接瓷环质量标准及检验应符合 GB/T 10433 的规定。

5.4.2 高强度螺栓连接副质量标准及检验应符合 GB/T 1228、GB/T 1229、GB/T 1230、GB/T 1231、GB/T 3632 及 TBJ 214 的规定。

5.5 涂装材料

5.5.1 涂装材料应符合涂装设计的规定。

5.5.2 涂装材料的检验应符合下列规定：

——涂装材料按 JT/T 722 规定进行检验；

——每个涂装材料品种按不同生产批号各抽取 A、B 样品，样品的数量应满足检验的需要；

——检验结果中如有某项指标存在争议时，允许在该批涂装材料中再随机抽取一个样品，重新进行检验。

6 制造

6.1 一般规定

6.1.1 制造厂应对设计文件进行工艺性审查，且应绘制加工图，编制制造工艺。当需要修改设计时必须取得设计单位同意，并办理相关设计变更文件。

6.1.2 钢桁梁制造应按确定的施工图和制造文件进行，制造及验收应使用经检定合格的计量器具，并按有关规定进行操作。

6.1.3 设计相同的杆件在制造精度上宜达到互换要求。

6.1.4 钢桁梁制造、验收和安装除应符合本规范外，尚应符合现行国家标准和行业标准的相关规定。

6.2 放样、作样及号料

6.2.1 放样、作样及号料应根据施工图和工艺文件进行，并按要求预留余量。

- 6.2.2 对于形状复杂的零部件，在图中不易确定尺寸的，应通过放样校核后确定。样杆、样板必须写明零部件号、材质、规格、数量等。
- 6.2.3 放样或号料前应检查钢料的牌号、规格、质量，当发现钢料不平直、有锈蚀、油漆等污物影响号料质量时，应矫正、清理后再号料，号料允许误差 ± 1 mm。
- 6.2.4 主要零件号料时应使钢材的轧制方向与其主要应力方向一致，并应作相应记录以便对其进行追溯。
- 6.2.5 样板（样条）制作允许偏差应符合表 1 的规定。

表1 样杆、样板制作允许偏差

项 目	允许偏差 (mm)	项 目	允许偏差 (mm)
两相邻孔中心线距离	± 0.5	宽度、长度	+0.5, -1.0
对角线、两极边孔中心距离	± 0.8	曲线样板上任意点偏离	1.0
孔中心与孔群中心线的横向距离	± 0.5		

6.3 切割与剪切

- 6.3.1 钢板在下料前应辊平、抛丸除锈、除尘及涂防腐车间底漆处理。
- 6.3.2 切割前应将钢料放平、垫稳，割缝下面应留有空隙，切割工艺应根据其评定实验结果编制，切割面不应产生裂纹。
- 6.3.3 零件切割应优先采用精密（数控、自动、半自动）切割下料。在数控切割下料编程时除应考虑焊接收缩量外，尚应考虑切割热变形的影响；剪切仅适用于次要零件或边缘进行机加工的零件；手工焰切仅适用于工艺特定或焰切后仍需再加工的零件。
- 6.3.4 采用剪切工艺时，钢板厚度不宜大于 12 mm，剪切边缘应整齐无毛刺、反口、缺肉等缺陷，剪切尺寸允许偏差应为 ± 2.0 mm，边缘缺棱应小于 1.0 mm，采用手工焰切时，其尺寸允许偏差应为 ± 2.0 mm。
- 6.3.5 精密（数控、自动、半自动）焰切后边缘不进行机加工的零件应符合下列要求：
- 1) 焰切面质量符合表 2 的规定；
 - 2) 尺寸允许偏差应符合本规范表 5 或表 6 的规定；
 - 3) 焰切面的硬度不超过 HV 350。

表2 焰切面质量

序号	项 目	主要零件	次要零件
1	表面粗糙度	25 μ m	50 μ m
2	崩 坑	不 允 许	1000 mm 长度内允许有一处 1.0 mm
3	塌 角	圆角半径不大于 1 mm	
4	切割面垂直度	$\leq 0.05 t$ (t 为板厚)，且不大于 2.0 mm	

- 6.3.6 圆弧部位应修磨匀顺。
- 6.3.7 型钢切割线与边缘垂直度允许偏差应为 2.0 mm。
- 6.3.8 崩坑缺陷的修补应符合本规范附录 A 的规定。

6.4 零件矫正与弯曲

- 6.4.1 零件矫正宜采用冷矫，矫正后的钢材表面不应有明显的凹痕和损伤。
- 6.4.2 零件冷矫时的环境温度不宜低于 -12°C 。
- 6.4.3 采用热矫时，加热温度应控制在 $600^{\circ}\text{C} \sim 800^{\circ}\text{C}$ ，设计有要求时，按设计规定执行。温度应缓慢冷却，降至室温前，不得锤击钢材和用水急冷。严格控制“过烧”现象。
- 6.4.4 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。零件热煨温度应控制在 $900^{\circ}\text{C} \sim 1000^{\circ}\text{C}$ ，设计文件有要求时，按设计文件规定执行。弯曲后的零件边缘不得产生裂纹。
- 6.4.5 零件矫正允许偏差应符合表 3 的规定。U 形肋可采用辊轧或弯曲成形，其尺寸允许偏差应符合表 4 的规定。

表3 零件矫正允许偏差

单位：mm

序号	名称	项 目	图 例	说明	允许偏差
1	钢板	平面度		每米范围	$f \leq 1.0$
2		直线度		全长范围	$f \leq 2.0$
				$L > 8 \text{ m}$	$f \leq 3.0$
3	型钢	直线度		每米范围	$f \leq 0.5$
4		角钢肢垂直度		连接部位	$\Delta \leq 0.5$ (用角式样板卡样时，角度不得大于 90°)
				其余	$\Delta \leq 1.0$
5		角钢肢、槽钢肢平面度		连接部位	$\Delta \leq 0.5$
				其余部位	$\Delta \leq 1.0$
6		工字钢、槽钢、H 型钢腹板平面度		连接部位	$\Delta \leq 0.5$
				其余部位	$\Delta \leq 1.0$
7	工字钢、槽钢、H 型钢翼缘垂直度		连接部位	$\Delta \leq 0.5$	
			其余部位	$\Delta \leq 1.0$	

表4 U形肋尺寸允许偏差

检查项目	简图	允许偏差 (mm)
开口宽 b_1		+3, -1
顶宽 b_2		± 1.5
肢高 h_1, h_2		± 1.5
两肢差 $h_1 - h_2$		≤ 2
直线度 (旁弯、竖弯) f		$< L/1000$ 或 6, 取较小值

6.5 零件机加工

6.5.1 零件边缘的加工深度不得小于 3 mm，零件边缘硬度不超过 HV 350 时，加工深度不受此限。加工面的表面粗糙度 R_a 不得大于 $25 \mu\text{m}$ 。顶紧加工面与板面垂直度偏差应小于 $0.01t$ (t 为板厚)，且不得大于 0.3 mm。

6.5.2 零件应根据预留加工及平直度要求，两边均匀加工。

6.5.3 零件应磨去边缘的飞刺、挂渣，使端面光滑匀顺。

6.6 零件基本尺寸

6.6.1 零件尺寸的允许偏差应符合表 5 或表 6 的规定。

表5 板梁、桁梁零件尺寸允许偏差

单位: mm

序号	名称	项目	允许偏差	
1	桁梁的弦、斜、竖杆，纵梁，横梁， 联结系杆件	盖板宽度	工形	± 2.0
			箱形	+2.0 0
		腹板宽度	根据盖板厚度及焊接收缩量确定	
2	节点板，拼接板	孔边距	± 2.0	
3	座板	长度、宽度	嵌入式	± 1.0
			其它	± 2.0
4	拼接板	宽度	± 2.0	
5	支承节点板、拼接板、角钢	支承边孔边距	+0.5 +0.3	
6	焊接接头板	孔至焊接边距离	根据相关文件规定的工艺补偿量确定	
7	箱形杆件内隔板	宽度	≤ 1000	+0.5 0
			> 1000	+1.0 0
		高度	0 -1.0	

表5 (续)

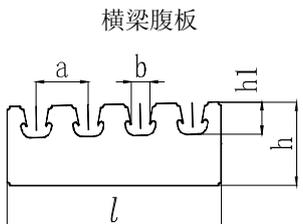
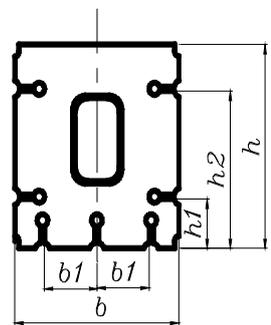
序号	名称	项目	允许偏差	
7	箱形杆件内隔板	板边垂直度	隔板尺寸 \leq 1000	不大于 0.5
			隔板尺寸 $>$ 1000	不大于 1.0
8	桥面板块	桥面板	长度、宽度	± 2.0
			a	± 2.0 (任意两槽口间距) ± 1.0 (相邻两槽口间距)
			b	+2.0 0
			开口深度 h1	± 2.0
			高度 h	+1.5 0
			长度 L	0 焊接: -2.0 ; 栓接: ± 5

表6 一般箱形梁零件尺寸允许偏差

单位: mm

序号	名称	允许偏差		图例
1	盖板	长度	按工艺文件	
		宽度	+2.0 0	
2	腹板	长度	按工艺文件	
		宽度	根据盖板厚度及焊接收缩量确定	
3	隔板	宽度 b	+1.5 0	
		高度 h	+2.0 0	
		缺口定位尺寸 b1、h1、h2	± 1.0	
		垂直度	≤ 1.0	

6.7 制孔

6.7.1 螺栓孔应组钻制成正圆柱形, 孔壁表面粗糙度 R_a 不得大于 $25 \mu m$, 孔缘无损伤不平, 无刺屑。不得采用冲孔、气割孔。

6.7.2 螺栓孔径允许偏差应符合表 7 的规定。

表7 螺栓孔径允许偏差

单位：mm

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	

6.7.3 沉头螺栓孔应符合表 8 的规定，专用沉头螺栓应符合本规范附录 B 的规定。

表8 沉头螺栓孔尺寸及允许偏差

单位：mm

序号	d1	d2	α	Δ	h	简 图
1	$24^{+0.7}_0$	$46^{+1.0}_0$	$90^{\circ-2^{\circ}}_{-4^{\circ}}$	0.7	$11^{+0.7}_0$	
2	$26^{+0.7}_0$	$51^{+1.2}_0$	$90^{\circ-2^{\circ}}_{-4^{\circ}}$	0.7	$12.5^{+0.7}_0$	
3	$33^{+1.0}_0$	$63^{+1.2}_0$	$90^{\circ-2^{\circ}}_{-4^{\circ}}$	1.0	$15^{+0.7}_0$	

6.7.4 螺栓孔距允许偏差应符合表 9 的规定；有特殊要求的孔距偏差应符合设计文件的规定。

表9 螺栓孔距允许偏差

单位：mm

序号	项 目		允许偏差 (mm)		
			主要杆件		次要杆件
			桁梁杆件	板梁主梁	
1	两相邻孔距离		±0.5	±0.5	±0.5 (±1.0) ②
2	多组孔群两相邻孔群中心距		±0.8	±1.5	±1.0 (±1.5) ②
3	两端孔群中心距	L ≤ 11 m	±0.8	±4.0 ①	±1.5
		L > 11 m	±1.0	±8.0 ①	±2.0
4	孔群中心线与杆件中心线的横向偏移	腹板不拼接	2.0	2.0	2.0
		腹板拼接	1.0	1.0	—
5	杆件任意两面孔群纵、横向错位		1.0	—	—

注：① 连接支座的孔群中心距允许偏差；
注：② 括号内数值为附属结构的允许偏差。

6.8 组装

6.8.1 钢板接料应在杆件组装前完成，并应符合下列规定：

- 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；
- 板梁的腹板和箱形梁的盖、腹板接料焊缝可为十字型或 T 字型，T 字型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；
- 组装时应将相邻焊缝错开，错开的最小距离应符合图 5.8.1 的规定；
- 节点板需要接宽时，接料焊缝应距其它焊缝、节点板圆弧起点、高强度螺栓拼接板边缘部位 100 mm 以上；节点板应避免纵、横向同时接料。

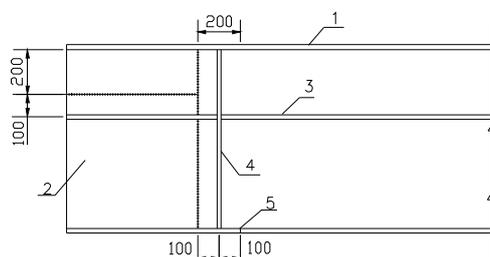


图5.8.1 焊缝错开的最小距离

- 1-- 盖板；2-- 腹板；3-- 箱形梁纵肋；
4-- 箱形梁横肋；5-- 盖板对接焊缝。

6.8.2 组装的一般规定

- 组装前，首先应按图纸和工艺文件检查各零件的几何尺寸、坡口大小，确认无误后方可组装。
- 首件组装完成后应进行自检、互检、检验合格后，方可进行后续杆件的组装。
- 采用埋弧焊、气体保护焊及低氢型焊条手工焊三种方法焊接的接头，组装前必须彻底清除待焊区域的铁锈、氧化铁皮、油污、水分等有害物，使其表面显露出金属光泽。

——清除范围应符合图 5.8.2 的规定。

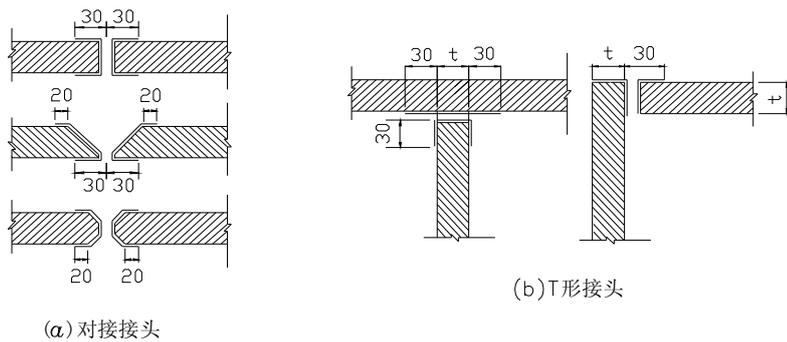


图5.8.2 组装前的清除范围

- 6.8.3 采用先孔法的杆件, 组装时必须以孔定位, 采用胎型组装时每一孔群定位不得少于用 2 个冲钉, 冲钉直径不得小于设计孔径 0.1 mm。
- 6.8.4 杆件应在胎型或平台上组装, U 形肋与桥面板宜采用自动定位组装胎组装。
- 6.8.5 大型杆件在露天进行组装时, 工装的设计、组装及测量应考虑日照和温差的影响。
- 6.8.6 板单元、杆件和箱型梁的组装允许偏差应符合表 10 的规定。

表10 组装允许偏差

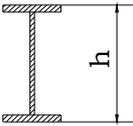
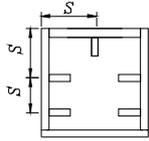
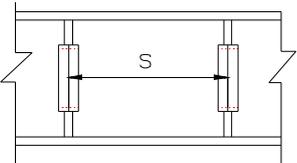
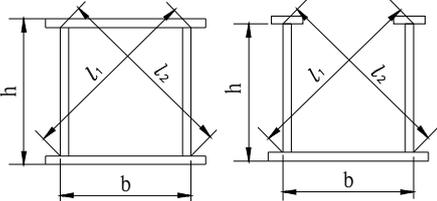
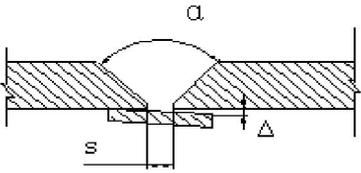
单位: mm

序号	图 例	项 目	允许偏差
1		对接高低差 Δ_1	0.5 ($t < 25$) 1.0 ($t \geq 25$)
		对接间隙 Δ_2	1.0
2		盖板中心与腹板中心线偏移 Δ	1.0
3		腹板平面度 Δ	1.0
4		组合角钢肢高低差 Δ	0.5 (连接处) 1.0 (其他处)
5		盖板倾斜 Δ	0.5

表10 (续)

序号	图 例	项 目	允许偏差	
6		组装间隙 Δ	1.0	
7		主桁插入式斜、竖杆高度 h	0 -1.5 ①	
		主桁对拼式斜、竖杆高度 h	+1.5 0 ①	
		箱形杆件对角线差 $ l_1 - l_2 $	2.0	
		箱形杆件宽度 b	± 1.0 (有拼接时)	
8	磨光顶紧	局部缝隙	0.2	
9		整体节点 节点板垂直度 Δ	1.5	
10		h、h1、h2	+1.5 0	
		整体节点弦杆节点板内侧宽度 b	+2.0 +0.5	
		杆件接头板组装尺寸 L	+1.5 0	
11		整体节点 内隔板的 位置	与斜竖杆中心线偏离 Δ	0.5
			隔板内距 B	+1.0 0
12	锚箱锚管角度	顺桥向与水平面的夹角 横向与弦杆轴线的偏角	0.1°	
	锚管位置	锚管各向位置	1.5	

表10 (续)

序号	图 例	项 目	允许偏差	
13		纵梁、横梁、联结系杆件高度 h	+1.5 0	
		板梁主梁高度 h	$h \leq 2$ m	+2.0 0
			$h > 2$ m	+4.0 0
14		加劲肋间距 S	±1.0 有拼接时 ±3.0 无拼接时	
15		箱形梁隔板间距 S	±3.0	
16		箱形梁高度 h	$h \leq 2$ m +2.0 0 $h > 2$ m +4.0 0	
		箱形梁宽度 b	±2.0	
		箱形梁横断面对角线差 $ l_1 - l_2 $	3.0	
		箱形梁旁弯 f	5.0	
17		钢衬垫或 陶质衬垫对接焊接头组装	α ±5° Δ 0.5 s +6.0 -2.0	

注：① 可根据坡口深度、焊脚尺寸及工艺方法调整。

6.8.7 桥面板块组装允许偏差应符合表 11 的规定。

表11 桥面板块组装允许偏差

单位: mm

序号	名称	图例	项目	允许偏差
1	桥面板单元		U形肋、板肋组装间隙 Δ	0.5 局部允许 1.0
			S1、S	± 1.0 端部及横肋处 ± 2.0 其它部位
			板肋垂直度	1.0
2	纵梁、横梁		高度 h	+1.5 0
3	桥面板块		横梁间距 S	± 1.0
			纵梁间距及纵梁与横梁中心线距离 S	± 1.0 (两端) ± 2.0 (其余)
			横梁垂直度 Δ	1.0 (连接部位) 2.0 (其余部位)
			纵梁垂直度 Δ	1.0
			横梁底平面对角线差	$ L_1 - L_2 \leq 2.0$ $ L_3 - L_4 \leq 3.0$

6.8.8 采用埋弧焊接的焊缝,应在焊缝的端部连接引板,引板的材质、厚度、坡口应与所焊件相同;引板长度应不小于 100 mm。

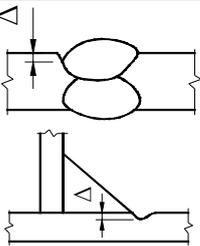
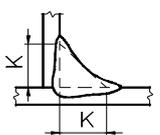
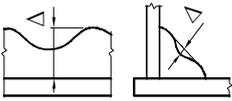
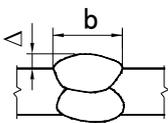
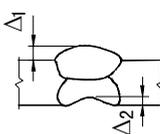
6.8.9 需作产品试板检验时,应在焊缝端部连接试板,试板材质、厚度、轧制方向及坡口应与所焊对接板材相同,其长度应大于 400 mm,宽度每侧不得小于 150 mm。

6.9 焊接和焊接检验

- 6.9.1 焊工（包括定位焊工）和无损检测人员必须通过考试并取得资格证书，且只能从事资格证书中认定范围内的工作。
- 6.9.2 焊接工艺必须根据焊接工艺评定报告编制，施焊时应严格执行焊接工艺，焊接工艺评定应符合本规范附录 C 的规定。
- 6.9.3 焊接材料应通过焊接工艺评定确定；焊剂、焊条必须按产品说明书烘干使用；焊剂中的脏物、焊丝上的油锈等必须清除干净；CO₂ 气体纯度应大于 99.5%。
- 6.9.4 焊接工作应在室内进行，施焊环境湿度应小于 80%；焊接低合金钢的环境温度不应低于 5℃，焊接普通碳素钢不应低于 0℃；主要杆件应在组装后 24 小时内焊接。
- 6.9.5 如果杆件在露天焊接时，除应满足第 5.9.4 条的要求外，必须采取防风 and 防雨措施；主要杆件应在组装后 12 小时内焊接；当杆件的待焊部位结露或被雨淋后，要采取相应的措施去除水份和浮锈。
- 6.9.6 焊接前必须彻底清除待焊（包括定位焊）区域内的有害物；焊接时严禁在母材的非焊接部位引弧，焊接后应清理焊缝表面的熔渣及两侧的飞溅。
- 6.9.7 焊前预热温度应通过焊接性试验和焊接工艺评定确定；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。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、焊接日期等。
- 6.9.8 定位焊应符合下列要求：
- 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（8 mm 以下）应缩短定位焊间距；定位焊缝的焊脚尺寸不得大于设计焊脚尺寸的 1/2；
 - 定位焊缝不得有裂纹、夹渣、焊瘤等缺陷，对于开裂的定位焊，必须先查明原因，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。
- 6.9.9 埋弧自动焊必须在距设计焊缝端部 80 mm 以外的引板上起、熄弧。
- 6.9.10 埋弧自动焊缝焊接过程中不应断弧，如有断弧则必须将停弧处刨成 1:5 斜坡，并搭接 50 mm 再引弧施焊，焊后搭接处应修磨匀顺。
- 6.9.11 圆柱头焊钉的焊接应符合下列规定：
- 圆柱头焊钉的焊接必须按附录 D 的规定进行焊接工艺评定；
 - 圆柱头焊钉的焊接应采用专用焊接设备焊接，少量平位、立位及其它位置也可采用手工焊接；
 - 圆柱头焊钉焊接工作必须由经过圆柱头焊钉焊接培训、考试合格的焊工担任；
 - 圆柱头焊钉焊接应严格按照圆柱头焊钉焊接工艺执行，未经焊接主管工程师同意不得随意更改焊接工艺参数；
 - 施焊前焊工必须检查所用设备、工具良好，确保正常工作时才能施焊；
 - 每日每台班开始生产前或更改一种焊接条件时，必须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；
 - 焊接前，圆柱头焊钉及焊接部位应除去铁锈、氧化铁皮、油污、水分等不利于焊接的物质；
 - 瓷环应按规定要求烘干使用。
- 6.9.12 焊缝质量应符合下列要求：
- 所有焊缝必须在全长范围内进行外观检查，不得有裂纹、未熔合、夹渣、未填满弧坑和焊瘤等缺陷，并应符合表 12 的规定；

表12 焊缝外观质量标准

单位: mm

序号	项目	简图	质量标准	
1	咬边		受拉部件纵向及横向对接焊缝	
			U形肋角焊缝顶底板侧受拉区	
			受压部件横向对接焊缝	
			$\Delta \leq 0.3$	
			主要角焊缝	
$\Delta \leq 0.5$				
其它焊缝				
$\Delta \leq 1$				
2	气孔		对接焊缝	不允许
			直径小于 1.0	每米不多于 3 个, 其间距不小于 20 mm
			直径小于 1.5	
3	焊脚尺寸		主要角焊缝 K_{+2}^0 ,	
			其它角焊缝 K_{-1}^{+2}	
			手弧焊全长 10% 范围内允许 K_{-1}^{+3}	
4	焊波		$\Delta \leq 2$ (任意 25 mm 范围高低差)	
5	余高 (对接)		$b < 15$ 时, $\Delta \leq 3.0$; $25 \geq b > 15$ 时, $\Delta \leq 4.0$ $b > 25$ 时, $\Delta \leq 4 b/25$	
6	对接焊缝 余高铲磨		$\Delta_1 \leq 0.5$; $\Delta_2 \leq 0.3$ 表面粗糙度 $Ra50 \mu m$	

——2) 圆柱头焊钉焊缝检验

圆柱头焊钉焊完之后, 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。

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。

——3) 产品试板焊缝的外观应符合产品焊缝的外观质量要求。

6.9.13 焊缝修磨和返修焊应符合下列规定:

——杆件焊接后, 两端的引板或产品试板必须用气割切掉, 并磨平切口, 不得损伤杆件;

- 垂直拉应力方向的对接焊缝必须除去余高，并顺应力方向磨平；
- 焊脚尺寸、焊波或余高等超出表 4.9.12 上限值的焊缝应修磨；
- 焊缝不超差的咬边应修磨匀顺，超差的咬边或焊脚尺寸不足时，可采用手工焊进行返修；
- 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；
- 焊接裂纹的清除长度应由裂纹端各外延 50 mm；
- 用埋弧焊返修焊缝时，应将焊缝清除部位的两端刨成不小于 1:5 的斜坡；
- 返修焊缝应按原焊缝质量标准要求检验；同一部位的返修焊一般不应超过两次；
- 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，并达到合格的焊接质量。

6.9.14 焊缝无损检验应符合下列规定：

- a) 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 小时后进行。当设计无要求时，箱形杆件棱角焊缝探伤的最小有效厚度为 $\sqrt{2t}$ （t 为水平板厚度，以 mm 计）；当设计有熔深要求时，按设计要求执行。
- b) 焊缝超声波探伤内部质量分级应符合表 13 的规定。

表13 焊缝超声波探伤内部质量分级

序号	项 目	质量等级	适 用 范 围
1	对接焊缝	I	主要杆件受拉的横向、纵向对接焊缝
		II	主要杆件受压的横向、纵向对接焊缝
2	全熔透角焊缝	I	设计明确要求的熔透焊缝
3	角焊缝	II	主要角焊缝

- c) 焊缝超声波探伤范围和检验等级要求应符合表 14 的规定；距离一波幅曲线灵敏度及缺陷等级评定应符合本规范附录 E 的规定；其他要求应符合 GB 11345 的规定。

表14 焊缝无损检测范围质量等级及检验等级

焊缝部位	质量等级	探伤方法	探伤比例	探伤部位
桥面板纵、横向对接焊缝	I 级	超声波	100%	焊缝全长
		X 射线	10%	焊缝两端及中间各 250 mm~300 mm
主要杆件受拉和疲劳控制的杆件横向对接焊缝、节点板对接焊缝	I 级	超声波	100%	焊缝全长
		X 射线	10%	焊缝两端各 250 mm~300 mm，焊缝长度大于 1200 mm 时，中部加探 250 mm~300 mm
横梁接头板熔透焊缝、主桥节点板与桥面板的熔透焊缝	I 级	超声波	100%	焊缝全长

表14 (续)

焊缝部位	质量等级	探伤方法	探伤比例	探伤部位
I 级焊缝以外的对接焊缝	II 级	超声波	100%	焊缝全长
主桁杆件角焊缝和 棱角焊缝	II 级	超声波	100%	两端工地孔范围并延长各 500 mm
纵梁、横梁纵向角焊缝	II 级	超声波	100%	两端工地孔范围并延长各 500 mm， 跨中加探 1 m
其它接头板角焊缝、	II 级	超声波	100%	接头板全长
桥面板 U 肋坡口焊缝	II 级	磁粉	100%	焊缝两端各 500 mm 横梁（肋）腹板前后各 250~300 mm
围焊缝	II 级	超声波	100%	焊缝全长
注1：探伤比例为探伤接头数量与全部接头数量之比。				
注2：焊缝余高不要求磨平时，射线检验级别应为 AB 级。				

d) 焊缝超声波检验等级应符合下列规定：

检验等级分为 A、B、C 三级，检验完善程度和检验工作的难度系数按 A、B、C 顺序逐级增高。

——A 级检验采用一种角度的探头在焊缝的单面单侧进行检验，只对允许扫查到的焊缝截面进行探测；

——B 级检验原则上采用一种角度探头在焊缝的单面双侧进行检验，对整个焊缝截面进行探测。受几何条件的限制可在焊缝的双面单侧采用两种角度的探头进行检验，条件允许时应做横向缺陷的检验；

——C 级检验至少要求采用两种角度探头在焊缝的单面双侧进行检验，同时要做两个扫查方向和两种角度探头的横向缺陷检验。

采用任何检验等级都应使检测系统灵敏度余量能够满足验收标准。否则应增加探测面（如双面双侧等）。

为避免结构形状及尺寸限制相应检验等级检测结果的有效性，设计、工艺人员应在考虑超声波检测可行性的基础上进行结构设计和工艺安排。

e) 板厚小于等于 30 mm（不等厚对接时，按薄板计）的主要杆件受拉横向、纵向对接焊缝除按表 14 的规定进行超声波探伤外，还应按接头数量的 10%（不少于一个焊接接头）进行射线探伤，探伤范围为焊缝两端各 250 mm ~ 300 mm，焊缝长度大于 1200 mm 时，中部加探 250 ~ 300 mm；厚度大于 30 mm（不等厚对接时，按薄板计）的主要杆件受拉横向、纵向对接焊缝除按表 12 的规定进行超声波探伤外，还应按接头数量的 10%（不少于一个焊接接头）增加检验等级为 C 级、质量等级为 I 级的超声波检验。此时焊缝余高应磨平，使用的探头折射角应有一个为 45°，探伤范围为焊缝两端各 500 mm。焊缝长度大于 1500 mm 时，中部加探 500 mm。对表面余高不需磨平的十字交叉（包括 T 字交叉）对接焊缝应在以十字交叉点为中心的 120 mm ~ 150 mm 范围内 100% 射线探伤。焊缝的射线探伤应符合 GB/T 3323 的规定，射线透照技术等级采用 B 级（优化级），焊缝内部质量应达到 II 级，缺陷评定应符合本规范附录 F 的规定。

f) 用射线和超声波两种方法检验的焊缝，必须达到各自的质量要求，该焊缝方可认为合格。

- g) 桥面板纵肋角焊缝采用磁粉探伤, U 形肋探伤比例 100 %, 板肋探伤比例 10%, 探伤范围为焊缝两端各 1000 mm, 磁粉探伤应符合 JB/T 6061 的规定, 焊缝质量应达到 II 级; 缺陷评定应符合本规范附录 G 的规定。
- h) 采用超声波和磁粉进行局部探伤的焊缝, 当发现裂纹时, 应将该条焊缝的探伤范围延至全长。采用射线探伤的焊缝, 当发现超标缺陷时应加倍检验。

6.9.15 产品试板检验应符合下列要求:

——焊缝应按表 15 规定的焊缝类型确定产品试板数量, 接头数量少于表中数量时应做一组产品试板。产品试板焊缝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, 试样数量和试验结果应符合焊接工艺评定的有关规定。

表15 产品试板数量

焊缝类型		接头数量	产品试板数量
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
桥面板横向对接焊缝		10 条	1 组
桥面板纵向对接焊缝		30 条	1 组
全断面对接焊缝		10 个断面	平、立、仰焊缝各 1 组

——若试验结果不合格, 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。

6.10 杆件矫正

6.10.1 杆件矫正的允许偏差应符合表 16 和表 17 的规定。

表16 桁梁杆件矫正后的允许偏差

单位: mm

序号	图 例	项 目	允许偏差	
1		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		盖板平面度	有孔部位	0.5
			其余部位	1.0
3		工形杆件腹板平面度	$h/500$ 且不大于 2.0	

表16 (续)

序号	图 例	项 目	允许偏差	
4		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		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)	
6		工形、箱形杆件的扭曲	3.0	
7		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)	
8		板梁、纵梁、 横梁 腹板平面度 Δ	$h/500$ 且 不大于 5.0	
9		T形、工形、箱形杆件的弯曲; 纵梁、横梁的旁弯 f	2.0 ($L \leq 4000$) 3.0 ($4000 < L \leq 16000$) 5.0 ($L > 16000$)	
10		节点板、接头板垂直度	$\Delta_1 \leq 1.5$ $\Delta_2 \leq 1.0$ $\Delta_3 \leq 1.0$	
		插入式连接节点板间距 S	+1.5 0	
		整体节点下盖板平面度 Δ_4	2.0	
11		板梁 拱度	不设拱度	+5.0 0
			设拱度	+10.0 -3.0
		纵梁、横梁拱度	+3.0 0	

12	桥面板单元平面度	横向 (纵肋间)	2.0
		纵向 (横肋间)	3.0
		四角平面度	4.0

表17 箱形梁矫正的允许偏差

单位: mm

序号	图例	项目	允许偏差		
1		盖板对腹板的垂直度	有孔部位	1.0	
			其余部位	3.0	
2		隔板弯曲	横向 纵向	2.0	
3		腹板平面度	有孔部位	2.0	
			横向	Δ_0	$h_0/250$
				Δ	$h/250$
纵向		$L/500$			
4		盖板平面度	有孔部位	2.0	
			横向	$s/250$	
			纵向 4 m 范围	4.0	
5		箱形梁两端横断面对角线差 $ l_1 - l_2 $	—	4.0	
		箱形梁拱度	+10 -5		
		箱形梁旁弯	$3+0.1 L$ (L 以米计)		
		箱形梁扭曲	每米 1, 且每段不大于 10 (每段以两端隔板处为准)		

6.10.2 矫正后的杆件表面不得有凹痕和其他损伤。

6.10.3 冷矫时应缓慢加力, 环境温度不宜低于 5℃, 冷矫总变形量不得大于 2%。

6.10.4 热矫时加热温度应控制在 600℃ ~ 800℃, 严禁过烧, 不宜在同一部位多次重复加热, 温度降至室温前, 不得锤击钢材和用水急冷。当设计文件有特殊要求时, 矫正方法及矫正温度应满足设计文件要求。

6.11 试装

6.11.1 钢桁梁应按试装图进行试装。首批制造的钢桁梁或改变工艺装备（包括工艺装备大修）时，均应进行有代表性的局部试装；成批连续生产的钢桁梁，每生产 15 孔试装一次。

6.11.2 参与试装的杆件均应检验合格，试装应在杆件涂装前进行。

6.11.3 试装应在测平的台架上进行，杆件应处于自由状态。板梁整孔试装，桁梁采用平面试装，简支桁梁试装长度不宜小于半跨，连续桁梁应包括所有变化节点，结合梁应采用连续匹配试装，且不少于 3 个节段。

6.11.4 试装时，必须使板层密贴，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%。

6.11.5 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。

6.11.6 试装时，必须用试孔器检查所有螺栓孔。桁梁主桁和结合梁的螺栓孔应 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；板梁的螺栓孔应 100%自由通过较设计孔径小 1.5 mm 的试孔器方可认为合格。

6.11.7 磨光顶紧处应有 75%以上的面积密贴，用 0.2 mm 塞尺检查，其塞入面积不得超过 25%。

6.11.8 试装检测时，应避开日照的影响。

6.11.9 桁梁试装的主要尺寸应符合表 18 的规定。

表18 桁梁试装的主要尺寸允许偏差

单位：mm

序号	项 目	允许偏差		说 明
1	桁 高	±2		上下弦杆中心距离
2	节间长度	±2		—
3	旁 弯	1 /5000		桥面系中线与其试装全长 l 的两端中心所连直线的偏差
4	试装全长	±5		$L \leq 50000$
		± l /10000		$L > 50000$
5	拱 度	±3		当 $f \leq 60$ 时 (f —计算拱度)
		± $5f$ /100		当 $f > 60$ 时 (f —计算拱度)
6	对 角 线	±3		每个节间
7	主桁中心距	两片主桁	±3	—
		三片主桁	±2.5	边桁至中桁的中心距离
			±5	边桁至边桁的中心距离

6.11.10 桥面板块试装的主要尺寸应符合表 19 的规定。

表19 桥面板块试装的主要尺寸允许偏差

单位：mm

序号	项 目	允许偏差	说 明
1	节间长度	±2	—
2	旁弯	L /5000	桥轴线与预拼长度两端中心连线的偏差
3	节间对角线差	±3	每个节间
4	桥面板宽度	±5	—

表19 (续)

序号	项 目	允许偏差	说 明
5	桥面板对接错边	1.5	横梁盖板与桥面板、相邻桥面板之间
6	桥面板块平面度	纵向 S1/500 且 ≤ 3.0 横向 S2/300 且 ≤ 1.5	S1 横肋间距 S2 纵肋间距
7	桥面各点标高	± 5	
8	纵梁中心距 S	接口处: ± 1 其余处: ± 2	
9	桥面板块横梁间距 S	± 1.5	

6.11.11 试装应有详细检查记录，经鉴定合格后方可批量生产。

6.11.12 钢桁整体吊装节段拼装及试拼装的基本要求

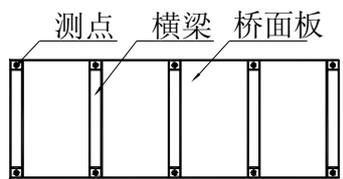
如为整节间吊装，还应按以下要求拼装及试拼装：

- 1) 制造厂应按设计要求对钢桁架及桥面板整体拼装成架设单元，拼装架设单元后对架设单元进行不少于一次的试拼装，试拼装长度不少于 2 个架设单元。试装前编写详细的试拼装工艺，并报请监理工程师批准。
- 2) 提交试拼装的架设单元和构件应是经验收合格的产品。
- 3) 试拼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。
- 4) 试拼装应在测平的专用胎架上进行，同时应有安全保护措施，但不得影响架设单元拼装和试拼装处于自由状态。
- 5) 试拼装时，高强度螺栓连接部位的钢板，其平整度、连接板密贴度等均应满足图纸规定，使试装节点板层密贴。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%。
- 6) 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。
- 7) 试拼装时，必须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；正交异性钢桥面板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。
- 8) 磨光顶紧处应有 75% 以上的面积密贴，用 0.2 mm 塞尺检查，其塞入面积不得超过 25%。
- 9) 试装检测时，应避免日照的影响。
- 10) 拼装时按照横梁的孔群一次安装横梁与纵梁连接的抗压球形支座。
- 11) 桥面板还应检查桥上对接焊缝的工艺间隙、坡口以及接口是否平齐。

- 12) 对架设单元整体进行检测主要尺寸及允许偏差应符合表 20 的规定；检测合格后，焊接桥面板横缝并修整，拆除临时连接工装，更换临时连接为高栓连接，并终拧。对已连接的高栓连接面涂装和焊缝补涂。
- 13) 架设单元试装整体检测应符合表 20 的规定。

表20 架设单元主要尺寸允许偏差

单位：mm

序号	项 目	允许偏差	说 明
1	桁 高	± 2.0	上下弦杆中心距离
2	旁 弯	$L/5000$	桥面系中线与其试装全长 L 的两端中心所连接直线的偏差
3	架设单元或试装全长	± 5.0	$L \leq 50\ 000$ (L 为试拼装长度)
		$\pm L/10000$	$L > 50\ 000$ (L 为试拼装长度)
4	对 角 线	± 3.0	每个节间
5	主桁中心距	± 3	—
6	拱 度	± 3.0	$f \leq 60$ (f —计算拱度)
		$\pm 5f/100$	$f > 60$ (f —计算拱度)
7	桥面板块平面度	纵向 $S1/500$ 且 ≤ 3.0 横向 $S2/300$ 且 ≤ 1.5	$S1$ 横肋间距, $S2$ 纵梁间距
8	桥面各点标高	± 5.0	

注：试拼装应有详细记录，试拼装文件报监理工程师和设计方签认，并提交给安装方。

6.12 成品基本尺寸

6.12.1 桁梁杆件、桥面板块的基本尺寸应符合表 21、22 的规定。

表21 桁梁杆件基本尺寸允许偏差

单位：mm

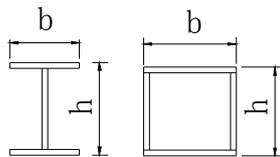
序号	名称	项 目	允许偏差	图 例	说明
1	联 结 系 杆 件	高度 h	± 1.5		测量两端腹板处高度
2		盖板宽度 b	± 2.0		测量全长
3		长度 l	± 5		测量两端箱口处
4		箱形杆件对角线差	2.0		两对角线

表21 (续)

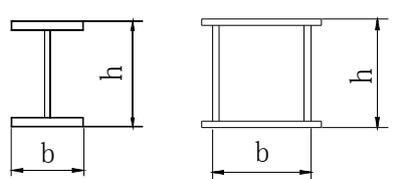
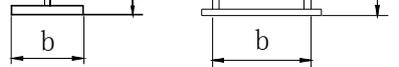
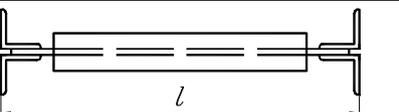
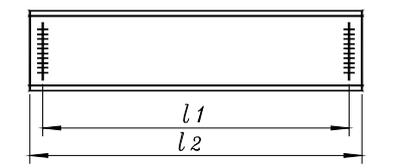
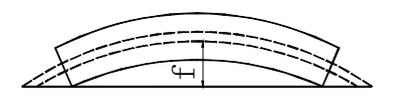
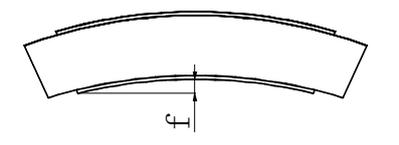
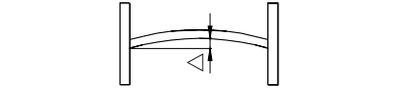
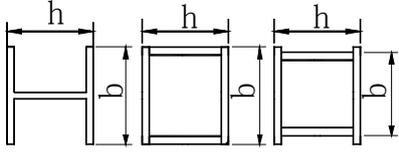
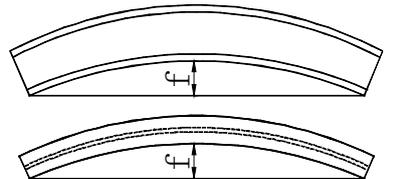
序号	名称	项 目	允许偏差	图 例	说明	
5	纵梁 横梁	高度 h	纵 梁 ± 1.0 横 梁 ± 1.5		测量两端腹板处高度	
6		盖板宽度 b	± 2.0			
7		长度 l	纵 梁 $+0.5$ -1.5 横 梁 ± 1.5		测量两端角钢背至背之间距离	
8		长度	11 ± 1.0 12 ± 5.0		11 测量腹板极边孔距	
9		旁弯 f	3		梁立置时, 在腹板一侧距主焊缝 100 mm 处拉线测量	
10		上拱度 f	+3 0		梁卧置时, 在下盖外侧拉线测量	
11		腹板平面度 Δ	$h/500$ 且不大于 5		用平尺测量	
12		主桁杆件	高度 h	插入式 -0.5 -2.0 对拼式 ± 1.0		测量两端腹板处高度
13			宽度 b	± 1.0 (腹板有拼接) ± 2.0 (腹板无拼接)		
14			长度 l	± 5		
15			箱形杆件对角线差	2.0 (边长 <1000) 3.0 (边长 ≥ 1000)		测量两端箱口处两对角线
16	主桁杆件	弯曲	2 ($1 \leq 4000$) 3 ($4000 < 1 \leq 16000$) 5 ($1 > 16000$)		拉线测量	

表21 (续)

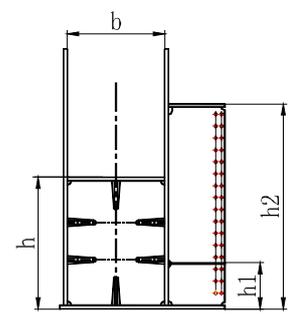
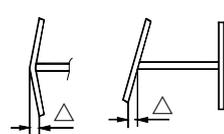
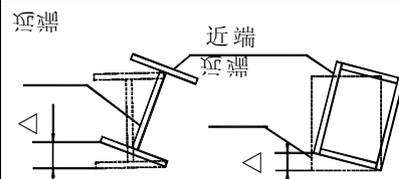
序号	名称	项 目	允许偏差		图 例	说明
17	主桁杆件	整体节点弦杆节点板内侧宽度 b	+1.5 0			测孔群部位
18		整体节点弦杆端口高度 h	± 1.0			测量两端腹板高度
19		整体节点弦杆横梁接头板高度 h_1 、 h_2	± 1.5			接头板外端腹板处高度
20	桁梁杆件	盖板对腹板的垂直度 Δ	盖板宽度 < 600	0.5 (有孔部位)		用直角尺测量
1.5 (其余部位)						
盖板宽度 ≥ 600			1.0 (有孔部位)			
			1.5 (其余部位)			
21		扭曲	3		杆件置于平台上, 四角中有三角接触平台, 悬空一角与平台间隙	

表22 桥面板块基本尺寸允许偏差

单位: mm

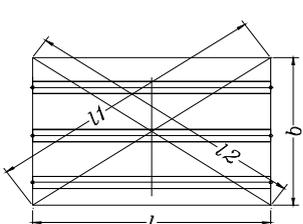
序号	名称	项 目	允许偏差	图 例	说 明
1	板单元	制造长度 L	± 2.0 有切头量时可放宽		用拉力器、钢卷尺测量
2		制造宽度 b	± 2.0		用拉力器、钢卷尺测量
3		横向平面度	2.0		用平尺、塞尺测量
4		纵向平面度	4.0 (每 4.0 m 范围内)		用平尺、塞尺测量
5		四角不平度	4.0		放置平台上, 四角中有三角接触平台, 悬空一角与平台间隙
6		对角线差 $ L_1 - L_2 $	3.0		用钢卷尺、拉力器测板面两对角线

表22 (续)

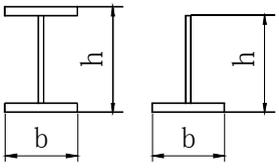
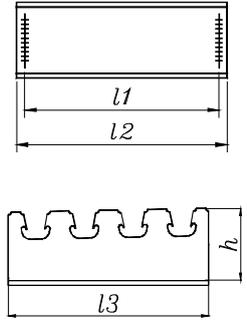
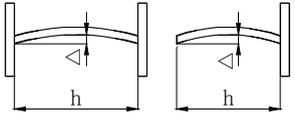
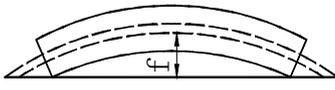
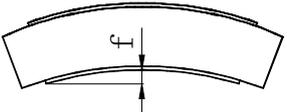
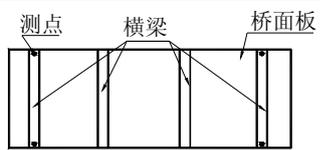
序号	名称	项目	允许偏差	图例	说明			
7	纵梁	纵梁、横梁高度 h	±1.5		测量两端腹板处高度			
8		盖板宽度 b	±2.0		—			
9		长度 L1	纵梁、横梁: ±1.0		L1 测量腹板极边孔距			
10		长度 L2	±5		L2 测量腹板长度			
		长度 L3	0 -2		L3 两端为焊接边			
11		横梁	腹板平面度		$h/500$ 且不大于 5		用平尺测量	
			盖板对腹板的垂直度 Δ	<table border="1"> <tr> <td>盖板宽度 < 600</td> <td>0.5 (有孔部位) 1.5 (其余部位)</td> </tr> <tr> <td>盖板宽度 ≥ 600</td> <td>1.0 (有孔部位) 1.5 (其余部位)</td> </tr> </table>	盖板宽度 < 600	0.5 (有孔部位) 1.5 (其余部位)	盖板宽度 ≥ 600	1.0 (有孔部位) 1.5 (其余部位)
盖板宽度 < 600		0.5 (有孔部位) 1.5 (其余部位)						
盖板宽度 ≥ 600		1.0 (有孔部位) 1.5 (其余部位)						
13		旁弯 f	旁弯 f	3		梁立置时, 在腹板一侧距主焊缝 100 mm 处拉线测量		
14	上拱度 f		+3 0		梁卧置时, 在下盖外侧拉线测量			
15	桥面板块	长度	±2.0	—	—			
16		宽度	±5.0	—	—			
17		旁弯	L/5 000	—	桥轴线与预拼长度两端中心连线的偏差			
18		对角线差	3.0	—	每个节间			
19		纵梁中心距	±2.0	—	—			

表22 (续)

序号	名称	项 目	允许偏差	图 例	说 明
20		桥面板对接 焊缝错边量	1.5	—	横梁盖板与面板、相邻面板之 间
21		桥面板 平面度	纵向 S1/500 且 ≤ 3.0 横向 S2/300 且 ≤ 1.5	—	S2 纵肋间距 S1 横肋间距
22		桥面 各点 标高	± 5.0		一个节间

6.13 表面清理和工厂涂装

6.13.1 涂装施工前,制造厂和油漆供应商应进行专项涂装工艺试验,涂装工艺试验报监理工程师确认,工艺试验合格后方可进行正式涂装施工。

6.13.2 涂装前应对杆件自由边双侧倒弧,倒弧半径宜为 R 2.0 mm。

6.13.3 钢桁梁涂装前必须进行除锈清理。除锈应采用喷丸或抛丸的方法进行,除锈等级应符合设计规定。涂装体系应符合设计文件要求,并应符合现行行业标准 JT/T 722 的规定。

6.13.4 涂装环境温度在 5℃ ~ 38℃之间,相对湿度 85%以下(当与油漆说明书不符时,应执行油漆相应产品施工说明书)。杆件表面结露不得涂装,金属表面温度高于露点 3℃以上方可施工,涂装后 4 小时内应保护免受雨淋。

6.13.5 涂料涂层表面平整均匀,不允许有剥落、起泡、裂纹、气孔,允许有不影响保护性能的轻微桔皮、流挂、刷痕和少量杂质;金属涂层表面均匀一致,不允许有起皮、鼓泡、大熔滴、松散粒子、裂纹、掉块,允许有不影响防护性能的轻微结疤、起皱;

6.13.6 抗滑移系数试件制造规格及数量参照 GB 50205 执行,每 2000 t 制作一批抗滑移试件(不足 2000 t 的可视为一批),制造批按照主桁节段进行划分。每批在出厂时和架设时各检验三组试件(二块芯板、二块夹板为一组)。设计文件对抗滑移系数试件的数量及规格有要求时,按设计文件执行。试件出厂时抗滑移系数不小于 0.55,安装时不小于 0.45。

6.13.7 钢桁梁出厂后,高强度螺栓连接面涂层(喷铝涂层或无机富锌防锈防滑涂料涂层)的保质期为 6 个月。超过保质期后,若抗滑移系数检验合格仍可使用。

6.14 包装、存放及运输

6.14.1 杆件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。

6.14.2 大截面工形、箱形杆件、桥面板块体采用裸装;长细杆件采用框架捆装,杆件之间应加垫层;拼接板采用盘装,板件之间应加垫;较小面积(体积)的零件采用箱装,箱内塞实,保持通风干燥;各种包装应保护摩擦面,使摩擦面不受损伤。

6.14.3 栓合发送的零件用螺栓拧紧,每个孔群不少于 2 个螺栓。

6.14.4 对包装有特殊要求时,应按技术文件办理。

6.14.5 重量超过 5 吨的杆件标出重心位置和重量。

6.14.6 杆件的堆放场地应坚实、平整、通风且具有排水设施。支承处应有足够的承载力,不允许在杆件存放期间出现不均匀沉降。

6.14.7 杆件存放要分种类码放整齐、不宜过高、防止倾覆、压坏变形。

- 6.14.8 杆件的支撑点应设在自重作用下杆件不致产生永久变形处；超长杆件应有足够的支撑垫，并调整到自重弯矩为最小的位置上，以防杆件挠曲变形。
- 6.14.9 杆件刚度较大的面宜竖向放置。
- 6.14.10 同类杆件分层堆放时各层间的垫块应在同一垂直面上，杆件叠放不宜过高。
- 6.14.11 杆件间应留有适当空隙，便于吊装人员操作和查对。
- 6.14.12 杆件在存放场地存贮和运输时，应按拼装顺序编号，并按吊运顺序安排贮存位置。
- 6.14.13 杆件运输时，应用钢丝绳将其牢靠固定，应在与钢丝绳接触的边缘加垫，防止损伤杆件。
- 6.14.14 包装和发运应按铁路、公路及水上运输有关规定办理。

7 安装

7.1 一般规定

- 7.1.1 钢桁梁安装应委托有相应资质的单位安装架设。安装单位应根据已批准的设计文件及有关技术资料、桥址自然条件、航运要求、结构类型、施工机具及工期等选择安装架设方法，编制实施性施工方案和安全技术方案。
- 7.1.2 安装架设前，应对临时支架、支撑、吊机等临时结构和钢桁梁本身在不同受力状态下的强度、刚度及稳定性进行验算；应按照杆件明细表对进场的杆件查验出厂合格证。
- 7.1.3 安装前，应对桥墩、台垫石顶高程、中线及孔跨距进行复测，偏差在允许范围内方可架梁，并应在桥墩、台上设置水平标和中心标，测定或复查支承垫石顶高程和支座中心位置（纵、横向），水平标和中心标应有防护设施。
- 7.1.4 根据全桥施工平面图、结合桥位地形、钢梁运输方式、架设方法、使用的吊装机械等因素综合考虑钢桁梁施工场地，布置材料库、试验室、杆件存放、预拼场、交通线路、电机房（或配电房）、空压机房、喷砂或喷丸场（棚）、油漆房（棚）等设施。
- 7.1.5 根据架梁方法设置码头、支架或膺架、临时墩、墩旁托架、提升站和预拼场龙门吊机、吊索塔架、墩顶设施等临时设施。
- 7.1.6 根据设计图绘制预拼图、钉栓图；预拼单元质量不得超过吊机额定起重质量。图内应绘出杆件平立面，注明组拼在一起的各部件位置、编号和数量，并标示出组拼后的质量和重心位置以便装吊。

7.2 悬臂拼装架设

- 7.2.1 在高桥、大跨和通航、水深流急的桥位上，宜采用悬臂法拼装钢桁梁。桥跨较小时可采用全悬臂拼装；当桥跨较大时，可辅以中间支墩、墩旁托架、吊索架等方式进行悬臂拼装；当跨度特大大时可采用跨中合龙的方式进行安装。
- 7.2.2 悬臂拼装架设前的编制实施性施工组织设计，拼装方案应符合设计要求。
- 7.2.3 平衡梁与悬拼钢梁联结处，当为两支点时，前方支点设固定支座，后方支点设活动支座。平衡梁其余各支点均设活动支座。
- 7.2.4 当采用中间临时支架时，支架承托钢梁的支点横向宽度，每边加宽不得小于 100 mm。
- 7.2.5 拆除平衡梁应在联接杆件不受力的情况下进行。当发现连接螺栓有受剪变形时，严禁用冲钉强行冲击，应保持杆件外形无扭斜、无弯曲、无刻损边缘。
- 7.2.6 悬拼钢梁安装计算中，施工荷载如吊机、吊机走道、工作人员走道、拼栓脚手、运输道、风水管路及安全网等计算重量，应与实际相符。
- 7.2.7 悬臂安装应符合下列规定：
 - a) 应迅速将主桁拼成闭合三角形，并随即安装纵横联结系。

- b) 杆件对孔时,应用数个冲钉匀布地插入孔眼,再用小锤锤击冲钉,使杆件孔眼重合,严禁用大锤连续猛击单个冲钉强行过孔或用火焰烧割。
- c) 主桁杆件安装对位后,应上足 50%冲钉及 30%螺栓,并不得少于检算确定的数量,松钩后立即补足 50%螺栓。其他杆件上足 30%冲钉,30%螺栓后松钩。螺栓可进行一般拧紧,方可松钩。
- d) 当主桁下弦拼装距墩顶最后一个节间时,将一桁杆件尽快拼装到墩顶,单桁成闭合稳定结构状态,但不搁置,与支点保持 20 mm ~ 30 mm 间隙,立即拼装另一桁及其他杆件,主桁节点螺栓拧紧后,前方支点才能抄紧。
- e) 伸缩纵梁需在组拼时予以固定,待相邻节间的纵梁安装完毕后,才可拆除该处临时杆件,临时连接杆件的安装和拆除按设计图纸办理。
- 7.2.8** 悬臂安装过程中,对钢梁的平面和立面(挠度和拱度)位置,应随时测量并填写测量记录和示意图。
- 7.2.9** 悬臂安装采用跨中合龙方案时,应符合下列规定:
- a) 应在主跨两桥墩布置临时固定支座,其余各支点布置活动支座。
- b) 节点合龙时应符合下列原则:
——两悬臂端的高程一致,中线一致;
——两悬臂端间隔距离与设计尺寸相符;
——两悬臂端的转角一致,即其正切值相等。
- c) 最后节间的杆件安装前,应调整钢梁平面和立面位置,达到两端主桁平面中线差小于 2 mm,两悬臂端间隔距离可稍大于设计尺寸。
- d) 纵横移时,应控制反向的制动千斤顶。
- e) 桥跨合龙后,当钢梁已形成整体结构时,应立即将一侧的临时固定支座变为活动支座。
- 7.2.10** 跨中合龙后,体系转换时应调整支点反力,以设计支点高程为准,复核支点反力。当实测反力与设计值相差较大时,应与设计单位研究分析。
- 7.2.11** 悬臂拼装采用墩旁托架时,应符合下列规定:
- a) 墩旁托架除承受由钢梁作用的垂直力计入超载系数 1.3 外,并考虑由钢梁传来的横向风力。托架反力对墩身的作用应进行检算,并不得超过墩身的允许承载能力;
- b) 托架下部浸入水中时,宜在围堰放水前,将支座及水下部分杆件拼装完成,并作好详细记录;
- c) 托架顶面应设活动支座,并安放设有压力表的千斤顶,测量或调整其支点反力;
- d) 托架安装完毕,应做压重试验;
- e) 托架应有防止漂流物碰撞的防护措施。
- 7.2.12** 拼装栓合及起顶相互关系,应符合下列规定:
- a) 各主桁大节点栓合进度,不应落后于正在拼装的节点的距离为二个大节间,并要求每个大节点一次栓合完成,栓合达到终拧程度;
- b) 悬臂拼装至墩顶后,支点附近主桁各大节点和其相关的桥门架、断面联结系,原则上应在起顶前栓合完成或按设计文件办理;
- c) 纵梁的上下鱼形板和联结角在纵梁腹板上的高强度螺栓,应在一孔筒支梁(或一联连续梁)拼装完毕并起顶达到设计高程后再栓合,并应符合设计要求。
- 7.2.13** 当平衡梁与悬臂孔的联结或两联(或两孔)之间的联结为双支点框架结构时,在安装过程中框架结构会产生弯曲应力(次应力),应根据设计文件分段调整。
- 7.2.14** 拆除两联(或两孔)之间的连接板时,应先调整支点的高程,使其内力为零时进行,严禁在受力状态下进行。
- 7.2.15** 墩顶布置应符合下列规定:

- a) 悬臂拼装过程中，应由节点中心永久（或临时）支座支承钢梁。在节点中心周围布置带有辊轴或聚四氟乙烯板和千斤顶的临时支座作为保险，当用以调整钢梁高程和纵横移梁时，应以中心支座作为保险，不得将钢梁支承在带千斤顶的临时支座上悬臂安装。顶落梁或纵横移梁不得与拼装同时进行。
- b) 全悬臂拼装时，悬臂孔始端墩顶临时支座的高程，应根据悬臂端的最大挠度、工厂制造拱度和锚孔梁坡度及前方墩顶设备高度等因素确定。
- c) 采用跨中合龙方案时，相关墩顶应设置良好的顶落梁及纵横移梁的设备。
- d) 施工过程中，当主要受力支点采用工字钢束、钢垫块或钢轨束等组成临时支座时，应考虑因钢梁转角产生的偏心反力对支座和钢梁节点的影响。
- e) 施工过程中，每孔或每联钢梁必须设置一处固定支座。固定支座应设在悬臂孔始端，使其摩擦力足以抵消水平外力。

7.2.16 连续梁一般采用温差法、顶落梁法或顶推法纵移。当采用温差法和顶落梁法时，应符合下列规定：

- 选择的固定支座位置，其摩擦力应大于所有活动支座的摩擦力之和；
- 选用温差法应掌握温差转折点。

7.2.17 吊索塔架辅助法悬臂架设

7.2.18 设计吊索塔架时，吊索锚头与吊索应等强，锚头与吊索均应进行强度试验。吊索锚头和吊索的允许应力不应大于其抗拉极限强度的 0.4 倍，并应符合下列规定：

- a) 计算塔架纵横向倾覆稳定性应考虑下列各项因素：
 - 施工期内当地可能发生的最大风力，并考虑动力系数 1.5 ~ 2.0，塔架的迎风面积填充系数视结构类型而定；
 - 吊索可能出现的不平衡拉力；
 - 钢梁纵横坡度。
- b) 吊索张拉
 - 初张拉：吊索塔架安装完毕，采用少量起顶塔架或其他方法，对吊索进行初张拉，消除垂度，达到设计的初张拉值。
 - 终张拉：单层吊索可起顶吊索塔架，使前后索力达到设计值；当悬臂跨度较大，采用双层吊索时，可经过计算，两层索分别采用不等的初张拉值起顶塔架，使两层前后索力达到设计值。
 - 对固定吊索塔架可通过逐根张拉吊索达到预定初拉力。
 - 塔架起顶时，千斤顶油路并联，设油压表，并设有保险支座。起顶过程中，测量两桁高程并进行监控，索力用谐振测力仪测定。索力不足者，单根张拉补足。
- c) 吊索塔架的走行，应符合梁上吊机走行规定，并保持前后吊索下锚头至塔架的距离大致相同。

7.3 拖拉法架设

7.3.1 拖拉架设前，应按下列内容编制施工组织设计：

- a) 钢桁梁拼装的施工步骤图；
- b) 上下滑道布置图；
- c) 根据拖拉钢梁总重、坡度及滑道摩阻系数等计算拖拉力并布置牵引设施；
- d) 导梁及连接结构图，桥梁杆件加固图；
- e) 拖拉过程中主桁的杆件应力和各支点的反力值；
- f) 拖拉过程中各主要阶段的悬臂挠度。

7.3.2 施工设计

拖拉架梁施工设计，一般均由设计单位与施工单位密切配合进行设计。主要包括：

a) 稳定计算

在拖拉的全过程中，钢梁的纵横向倾覆稳定系数不得小于 1.3。主要采用在钢梁前端加装导梁，在钢梁后端增加压重。当拖拉钢梁的前端呈悬臂状态时，其合成重心均能落在前支点后面的一定距离之外，以保持钢梁的充分稳定。

b) 支点反力计算

拖拉过程中的支点反力值及其变化情况是验算杆件应力、设计导梁、滑道及支墩等的主要依据，力求准确可靠。

c) 架梁挠度计算由以下几部分组成：

- 因钢梁及导梁自重、上滑道及机具、人员重量等产生的弹性挠度；
- 因钢梁上拱度引起的前端的下挠值；
- 钢梁与导梁（或钢梁与钢梁）间的连接杆件因采取缩短上弦杆长度措施所引起的前端上挠值；
- 用常备式杆件拼成的导梁，由于拼装螺栓与孔眼间的间隙产生的下挠值；
- 以上各挠度值相加的代数和即为所求的最大挠度值。

d) 安装应力检算及加固

钢梁拖拉时由于施工荷载与运营荷载方向相反，部份杆件由拉杆转成压杆，部分杆件安装应力可能超过容许值，必须按照实际情况进行检算，并对薄弱环节进行加固。在多风地区架设长跨钢梁，还应考虑最大悬臂时的风振问题。

e) 孔间连接杆件

简支梁或连续梁多孔连拖时，孔与孔间的临时连接杆件包括上下弦杆、腹杆、端纵梁联结板，上平联等，要按最大受力状态设计，并尽可能地借用其他杆件、或用适宜的常备式构件组拼。临时杆件要易于拆装，便于多次利用。

7.3.3 拖拉一孔上墩后，应对各经过的临时支架高程进行全面检查，当发现与原有高程不符时应调整。

7.3.4 上滑道布置应符合下列规定：

- a) 上滑道布置在纵梁底时，应按钢梁拱度和悬臂挠度之和设置反曲线，同时应在下滑道外侧主桁下弦下，设置保险支承垫座。
- b) 上滑道布置在主桁下弦节点时，除应按上述原则设置上滑道反曲线外，尚应按设计尺寸和间距布置上滑道与下弦间的支承垫枕，弦杆或上滑道结构在拖拉架梁时不得有局部弯曲破坏。

7.3.5 下滑道可水平布置，也可设不大于 6% 的坡度。设置两种坡度时，其变坡不宜大于 2%。设于下坡时必须要有可靠的制动及防溜滑措施和相应设备。

7.3.6 纵向拖拉设置的临时支墩，需进行预压。

7.3.7 拖拉钢梁时上下游两主桁的拖拉速度应保持一致，并应设置制动设备。拖拉时，钢梁中线对设计中线、桥墩、台中线的偏移限度为 50 mm，且钢梁前后两端不得同时偏向设计中线一侧。钢梁拖拉过程中，应在主梁前端支点到达墩、台上时，方可停止拖拉。

7.3.8 安装上滑道的允许偏差应符合下列规定：

- 滑道与设计中线为 20 mm；
- 两侧滑道高低差为 10 mm；
- 滑道纵向不得有死弯。

7.3.9 安装下滑道的允许偏差应符合下列规定：

- 各段滑道纵向高程为 10 mm；
- 各条滑道中间轨不得高出两侧轨，也不得低于 2 mm；
- 一段滑道上，两侧滑道之相对高差不大于 10 mm；
- 滑道与设计中线或两条滑道中线相对偏移量，不大于 20 mm。

7.4 浮运法架设

7.4.1 浮运架梁按钢梁组拼位置不同，又可分为：

- a) 岸上组拼钢梁：在岸边膺架上组拼钢梁，通过码头的栈桥，将钢梁横移到驳船托架上。
- b) 驳船上组拼钢梁：在驳船膺架上直接组拼。
- c) 水中膺架组拼钢梁：利用岸边桥孔或中间孔，在孔间设立支墩，在支墩间先拼装膺架梁，然后在膺架上拼装钢梁。浮运时，驳船进入膺架，连同膺架梁将钢梁浮运至前面桥孔架设。

7.4.2 浮运架设钢桁梁施工设计

7.4.2.1 驳船的施工荷载

钢梁可用单只、两只或多只驳船装载，可按具体情况将各种荷载分配到每只船上进行计算。

1) 垂直荷载

——钢梁重量：钢梁纵拖上船时，船只受载不断变化，需抽水调整，使船只在装梁过程中所受荷载基本保持一致。

——支托设备重量：包括托架、枕木垛、分配梁等。

——人员及相关设备重量。

——船舶自重及加固杆件重量：一般驳船浮运钢梁，大都需要加固。

——各种压舱物质重量：一般用水或砂等作压舱物质。

2) 冲击荷载

一般可不考虑，但在有较大风浪的水面运输，应选择适当冲击系数。

3) 水平荷载

——风荷载：分纵向和横向风载（纵横向指船舶纵横轴方向），风压按浮运期内可能发生的最大风速，并按工作与不工作时的最大受风面积分别计算。当船舶可能受到“突发风”吹袭时，算出的风压尚应乘以冲击系数 2。

——锚缆拉力：绞紧侧锚或某部位锚缆的拉力，在船舶处于不利受载情况时，须按具体情况分析计算。

——碰靠力：船只与其他物体相碰靠时产生的水平力，按具体条件适当考虑。

4) 流体压力

船只在水流中除受静水压力外，还受流水压力，流水压力与船体形状、材质、吃水深度及流速等有关，波浪应力是船只处于波峰与波谷间、对甲板与船底板的拉应力。

5) 荷载作用点位置计算

可通过各“分荷载”的大小和作用位置按下列公式(1)计算：

$$H = \sum wh/W \dots\dots\dots (1)$$

式中：

w —— 各分荷载的大小 (kN)；

h —— 各分荷载的作用点位置。立面取水面或甲板面作基准计算其高度；平面取甲板面的中心作基准计算其距离(m)；

W —— 总的垂直荷载或水平荷载 (kN)；

H —— 总荷载作用点位置，基点与 h 同 (m)。

6) 荷载组合及安全系数

临时装梁码头、船上托梁支架、船舶稳定计算、船舶应力及加固、锚缆计算和牵引计算荷载组合及安全系数参照相关结构设计规范执行。

7.4.2.2 浮运稳定计算

- a) 吃水、排水量、吃水和排水量之间关系曲线，一般由制船单位提供。对于运梁驳船，大都体形规整简单，可按船只水线以下排水体积进行计算。
- b) 浮心、稳心、稳性半径及复原力矩：船舶浮心因吃水深度和排水体积的形状而位置不同，当船体纵横倾斜时，浮心位置相应移动。
- c) 浮运稳定系数：浮运稳定见 6.3.6.10。
- d) 船舶动稳性：考虑了船舶的动稳性，将风压乘以冲击系数 2。

7.4.2.3 浮船的联结和加固

用于浮运架梁的船舶应结构坚固、吃水浅、载重大、表面平整、船体方整，内部有纵横向水密隔舱，并能满足浮运架梁的特殊要求。一般可选用方头、平底的铁驳，组装成浮运钢梁的浮船。各式浮箱，可以迅速连接成大型浮体，供架梁或其他水上工作使用。

一般组成浮船的总装重量约为钢梁重量的 2.5 倍~5 倍，或是总排水量约为钢梁重的 3 倍 ~ 6 倍。

7.4.2.4 托架结构

托架为安装在铁驳甲板上直接承受钢梁重量的结构，其底面尺寸要结合铁驳联结加固统一布置，尽量将荷载分布到较大长度上，减少船体的集中应力。顶面应有适当宽度便于工作人员操作空间。支托钢梁处应在四周有足够面积，不致影响将钢梁架到桥墩支座顶面。托架高度应根据桥墩顶面距水位的距离，结合浮船吃水高低、水位升降变化及船本身自行起落的幅度来考虑结构高度。

7.4.2.5 压舱水及其调整计算

压舱水可以改善船体受力情况，不发生超应力。在架设钢梁时，可以抽出或灌入一定数量的压舱水，使船体升降完成架梁的需要。

7.4.2.6 浮运牵引和锚锭

7.4.2.6.1 阻力计算

船舶在水中运行或停泊受到的阻力主要由风力和水流阻力构成。所有牵引设备（缆绳、绞车、锚锭、地垄等）均需按施工期内可能发生的最大风力和最大水流阻力设计。

7.4.2.6.2 拖轮牵引

拖轮马力按下式（2）计算：

$$E. P. S = RV / \varepsilon \cdot 1000 \text{ (kW)} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- E. P. S —— 拖轮有效功率 (kW)；
- R —— 船舶受到的总阻力 (N)；
- V —— 航行速度，一般取为 1 (m/s)；
- ε —— 牵引效率，可取作 0.6。

如所需功率很大，可采用多只拖轮合力牵引，拖轮与铁驳之间可用拖拉、推顶、帮靠等多种方式联结。

7.4.2.6.3 缆索牵引和锚泊

当浮运距离较短和需要固定在某一位置时,可用锚缆和绞车进行牵引或固定。牵引或定位受到的阻力,应合理分配。

7.4.2.6.4 锚碇布置及锚缆长度计算

7.4.2.7 避难所的要求

在浮运施工中,如遇风力超过五级、水位陡涨,或发生暴雨等意外情况,应立即将工作中的船舶迅速转移到避难所待避。避难所地点应选在浮运范围的适中位置,使在不同位置工作的船只均可快速移入,并应有一定条件的系泊设备与装卸存放设施。

7.4.3 浮运架设方案应根据施工季节、水温变化、河床断面、两岸地形及机具设备等条件进行选择;浮运钢梁宜逆水进入桥孔。

7.4.4 浮运架设工作开始前,应按下列内容编制施工结构设计:

- 浮船结构受力计算及其加固结构图,浮船稳定性计算、隔舱压舱水的排灌计算;
- 缆索牵引设备或拖轮计算;
- 钢梁纵横移码头结构图;
- 浮船上膺架结构图;
- 钢梁在浮拖和浮运各阶段的受力情况。

7.4.5 浮船的隔舱应作水压试验。对船体加固部位,应全面检查,确认合格后方可使用。

7.4.6 钢梁采用纵移法上船时,随着钢梁伸出长度的加大,应及时地从浮船排水,保持钢梁水平。

7.4.7 浮运钢梁可采用缆绳、绞车牵引或拖轮牵引。

7.4.8 浮船进入桥孔时,钢梁底面应高于支座顶面 20 cm ~ 30 cm;浮船退出桥孔时,浮船上塔架顶面应低于梁底 10 cm ~ 30 cm(加算风浪影响后),在潮汐河流地区,应掌握涨落潮的时间。

7.4.9 为保持浮船水平和升降,应根据设计要求并结合水流、风力和载重等及时调节压舱水量。

7.4.10 船组的稳定性,应按有联结及无联结进行纵横向稳定性、船体倾斜度和水面上船弦高度验算,其允许限度应符合下列规定:

- 纵、横向倾角小于 5°;
- 水面上干弦高度大于 500 mm;
- 在风力作用下纵、横向倾覆稳定系数大于 2。

7.4.11 浮运前应对所经过的浮运航道全面进行探测,并清除障碍物。船体最大吃水深时,船体应高于河床 600 mm。

7.4.12 浮运时,在桥址上游 2 km 左右、下游 1 km 左右应设置控制航道信号及监视哨,也可联系航道管理部门,派船监视巡逻和监督执行封航要求。

7.5 整孔架设法

7.5.1 整孔架设法适用于有良好的吊装或通航条件,其架设作业与膺架法、浮托法、浮运法有一定的相似性,钢梁在地面或船舶上拼装成整体节段,通过大型吊机进行整体节段安装。

7.5.2 整孔架设时支点位置设可调装置,以三向调节钢梁位置来满足设计要求。装置的设置参考膺架法架设设置。

7.6 质量标准

钢桁梁安装完毕,纵横移和高程调整并安装支座后,质量标准应符合表 23 规定:

表23 钢桁梁节点位置尺寸允许偏差表

单位：mm

序号	项 目		允许偏差
1	钢梁中线与设计 中线和高程关系	墩、台处横梁中线与设计线路中线偏移	10
		两孔（联）间相邻横梁中线相对偏差	5
		墩、台处横梁顶与设计高程偏差	±10
		两孔（联）相邻横梁相对高差	5
		每孔梁对角线支点的相对高差	5
2	钢梁 平面	弦杆节点对梁跨端节点中心联线的偏移	跨度的 1/5000
		弦杆节点对相邻两个奇数或偶数节点中心联线的偏移	5
3	立柱在钢梁的横断面内垂直偏移		立柱理论长度的 1/700
4	钢梁立面 拱度偏差	设计拱度≤60 mm	±4
		设计拱度≤120 mm	设计拱度的 ±8
		设计拱度>120 mm	按技术文件中规定
5	两主桁相对节点 位置	支点处相对高差	梁宽的 1/1000
		梁跨中心节点处相对高差	梁宽的 1/500
		跨中其他节点处相对高差	根据支点及跨中节点高差按 比例增减。
6	固定支座处钢梁 节点中心线与设计 里程纵向偏差	连续梁、梁跨≥60 m 简支梁	±20
		梁跨<60 m 简支梁	±10

7.7 测量与监测

7.7.1 钢梁架设过程中的测量工作

7.7.1.1 钢梁中心线、高程、挠度和节间平面对角线尺寸的测量，每拼装一个节间测量一次。为减少日照对钢梁旁弯的影响，测量工作应在无风状况下、日出前或阴天进行，测量时吊机暂停工作。

7.7.1.2 主桁横断面测量，每孔跨中测一断面。

7.7.1.3 支点高程测量，包括桥墩上正式支座和临时支座，膺架支点高程等。

7.7.1.4 钢梁每架完一孔应及时对所有已架钢梁各节点拱度进行测量。

7.7.2 膺架监测

应设置高程及中线观测点，随时对架设过程中支架顶面沉降、水平位移和钢梁变位等情况进行监测，以便及时调整。必要时还要对支架杆件内力进行监测，确保安全。

7.7.3 吊索塔架辅助法悬臂拼装的监测

大跨度钢梁安装，由于长伸臂、大变形的特点，对钢梁杆件应力和吊索架索力需进行双控，以钢梁杆件应力为主。监测项目及检测手段，见表 24。

表24 钢梁监测项目及检测手段表

序号	监控项目	内容及要求	检测手段
1	钢梁杆力	安装杆力的实测值与计算值比较	手持式应变仪

2	钢桁梁节点次应力	与杆力叠加后的最大纤维应力	手持式应变仪
3	“燕子板”应力应变状态	在销轴直径 1.5 倍的范围内布点检测	
4	索力	初张拉后和每悬臂拼装 一个节间测 1 次	索力测定仪
5	吊索塔架垂直度	初张拉后和每悬臂拼装 一个节间测 1 次	全站仪

8 安全与环保

8.1 安全措施

- 1) 钢桁梁安装开始前,对架梁使用的材料、工具、吊具、脚手板、梯子、安全带、安全网等应经有关人员验收合格后方可使用并应配足、配齐数量,机械应经过试运转并试吊认可后使用。安全网、安全带应按规定作模拟人体冲击试验,合格后方可使用。
- 2) 参加高空作业人员,必须挂好安全带并在进行垂直双层作业时应有相应的安全措施。架梁前必须进行身体检查,凡不合格者不得参加架梁高空作业。
- 3) 所有施工辅助结构应按施工工况进行设计检算,以保证结构有足够的强度、刚度和稳定性。
- 4) 水中钢桁梁架设用的膺架应按海事、航道管理部门的有关规定设置航行标识。
- 5) 架梁吊机、膺架及墩台顶等处应安装合格的防护栏杆、上下梯子、人行道等安全设施。夜间作业应有足够的照明设备。手持式工作灯应使用安全电压。
- 6) 各种大临设施和重要临时设施,在安装完毕后,必须经过检查签证后,方能使用。对架梁吊机试吊、吊索架初张拉、膺架设施、安全网等应由施工单位组织检查认可。
- 7) 钢桁梁杆件起吊时,应确认起吊杆件的重量和重心位置,必须捆绑牢靠,吊具夹角不得大于 60° ,吊斜杆时应设防滑保险绳,并应拴上溜绳。
- 8) 起吊杆件的吊具与杆件棱角接触处应用胶皮垫好。
- 9) 在悬臂孔和通航孔的钢桁梁下面,必须挂安全网。其每侧宽度应超出钢桁梁两侧外端,长度应与桥墩相接。不得有漏空或空隙。安全网应拉紧,并宜与钢桁梁面保持较小距离,此时还应距地面、水面等有适当距离。
- 10) 在通航桥孔进行悬臂拼装时,应事先与海事、航道管理部门协商,办理有关事宜。
- 11) 在架梁过程中,水上应配救生船和救生设备,救生船应停靠适当地点、船上人员不得擅离岗位。梁上需设救生设施。
- 12) 钢桁梁上电动机械的动力电缆必须采用三相五线制,动力及照明线路应绝缘良好,有专人值班,手持电动工具电源处应加装漏电保护器。
- 13) 桥上应配备消防器材和通信设施。
- 14) 起吊杆件时,必须有固定的信号指挥。信号员应事先检查场地周围有无障碍。杆件拼装对孔时,信号员、吊车司机、架梁人员要密切配合、指挥得当、操作准确。信号员的哨音手势和旗语应宏亮、正确、清楚,如遇妨碍司机视线处,应增加传递信号人员。吊物下面严禁站人。
- 15) 在移动吊机前,必须检查吊机的制动设备是否良好,各节点上的冲钉螺栓是否上足拧紧,确认后方可移动,停机的位置上应安好止轮器,吊机到位后,应将前后轮锚固,经专人检查合格签证后方可使用。停止架梁作业时,应将吊钩升至最高位置或将吊钩挂牢、关闭总电源,并将转盘用钢丝绳揽紧。

- 16) 架梁的吊机司机，必须了解起吊杆件重量、安装部位，看到明确的指挥信号后，方能起吊。吊机司机上班后必须首先检查电力、机械、钢丝绳、扒杆限位器、力矩限位器等是否准确可靠，先进行空车试运转，符合要求作出记录后，方能开始工作。
- 17) 拆装脚手架，紧固螺栓等工作，应上、下交叉进行，尽量避免双层作业。
- 18) 拼装脚手架结构必须牢固，连接螺栓必须拧紧，脚手板必须有足够的强度和刚度。木脚手板厚度不得小于 50 mm、跨度不得超过 2 m，并不得使用腐朽木料，脚手板必须钉牢，不得有缝隙和探头板，板边缘应有 100 mm 高的挡板，并装设栏杆。
- 19) 杆件拼装对孔时，应用冲钉和拼装撬棍的尖端探孔，严禁用手指伸进孔眼内检查，严禁用大锤猛击单个冲钉过孔，造成孔眼变形。平面拼装孔眼应用安全冲钉，防止冲钉坠落伤人。
- 20) 架梁吊机从水上吊梁时，应与航道管理部门保持密切联系，确保架梁及行船安全。
- 21) 在架梁过程中要指定专人联系水文、气象部门获得有关信息，及时采取安全措施。风力达 5 级及以上时应停止架梁。
- 22) 钢桁梁进入最大伸臂阶段，应严格限制与伸臂工作无关的人员和工具设备、材料等进入悬臂端，要设值班人员守卫。核算施工荷载，严格控制在设计荷载以内。
- 23) 所有运梁线路，均应有专人养护维修，发现问题及时纠正，运梁车司机和领车信号员，应配备经过培训的专职人员。
- 24) 箱形下弦杆平面两侧，应特设防护栏杆，栏杆应与弦杆卡牢。不允许在钢桁梁杆件上电焊。
- 25) 冬季架梁作业要特别做好防冻、防滑等安全防护工作。夜间作业用工作灯应使用安全电压。
- 26) 拼装钢桁梁上平联时，因在不能张挂安全网和搭设平台脚手的情况下操作，应在两桁上弦节点处加设临时联结杆件，并在其上栓结钢丝绳，作业者将安全带挂其上，达到安全带高挂低用的效果，作业者应在背挂好安全带的情况下沿上平联杆件骑行至作业点。
- 27) 钢桁梁架设过程中要有防雷措施。
- 28) 梁上爬坡吊机在使用过程中应注意以下事项：
 - 后锚固是否牢靠；
 - 前支承是否已经顶紧牢靠；
 - 变坡机构销轴是否已经穿插好；
 - 走行时应注意左右同步，走行前应检查滑轮组、钢丝绳的状况；
 - 吊机在非工作状态时应与钢桁梁锚固牢靠，吊钩收拢，臂杆与钢桁梁固定。

8.2 环境保护措施

- a) 钢桁梁安装施工应按照“预防为主、防治结合、综合治理”的原则，结合工程特点，对在施工中可能对环境造成的不利影响，制定具体的预防方案并付诸实施，减少对原生态环境的改变，降低对环境的污染。施工过程中应实施文明施工；工程完成后，应及时清理各种施工垃圾，做到工完场清。
- b) 钢桁梁安装施工应采取有效措施防止水土的污染和流失，并符合以下规定：
 - 施工现场的临时设施用地，应结合当地土地利用的规定，统筹综合考虑。
 - 施工时应严格控制污染源。
 - 设于水中的临时支架及基础应清除到河床面。
 - 对施工中废弃的钢木材料、边角料及其他物品等应集中回收处理。
- c) 钢桁梁安装施工应采取有效措施对空气污染和噪声污染进行控制，并符合以下规定：
 - 用于施工的各项临时设施、材料加工厂均宜远离居民区，并将其安置于下风区。
 - 施工现场的主要临时道路宜经常洒水降尘。
 - 在城镇居民区施工时，应采取必要的措施，降低由机械设备或工艺操作所产生的噪声。

- 应控制施工设备废气排放符合国家规定的环保标准。
- d) 在文物、古迹保护区内进行施工时，除应遵守国家相关的法律法规规定外，尚应符合下列规定：
 - 在现有的文物、古迹附近施工时，应加强对文物、古迹的保护，施工不得损坏文物和古迹；在施工中发现文物、古迹时，应立即报告当地文物行政主管部门，并协助文物管理部门对其进行保护。
 - 在文物、古迹的保护范围内，不得违规作业。当必须作业时，应制订可靠的施工方案，经批准后方可实施。
- e) 钢桁梁安装施工时对自然生态环境的保护应符合下列规定：
 - 在风景区、自然保护区施工时，宜保护其自然风貌和生态环境，当施工确有需要时，应采取适当的保护措施，降低或减少破坏程度；施工结束后，应按设计要求进行必要的恢复。
 - 施工中不得破坏水生、陆生野生动物生息繁衍的水域、场所和生存条件。对草木、林区应严格遵守护林防火规定，防止发生火灾。

附 录 A
(规范性附录)
钢材及加工缺陷的修补

缺陷的修补方法应符合表A.1 的规定。

表A.1 超标缺陷修补方法

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, 可先按本规范第 5.9.13 条第 5、6 款的规定清除裂纹后补焊并修磨
3	气割边缘的缺口 (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	焊缝裂纹及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

附录 B
(资料性附录)
专用沉头螺栓

专用沉头螺栓有关尺寸及允许偏差应符合表B.1 的规定。

表B.1 专用沉头螺栓

单位: mm

d_1	d_2	b	h_2	t	h_1	α	L_0
M22	$42_{-0.62}^0$	4 ± 0.30	$4_{0}^{+0.20}$	1	(11)	$90^{\circ} \begin{smallmatrix} +2^{\circ} \\ 0 \end{smallmatrix}$	35
M24	$47_{-0.62}^0$	4 ± 0.30	$4_{0}^{+0.30}$	1	(12.5)	$90^{\circ} \begin{smallmatrix} +2^{\circ} \\ 0 \end{smallmatrix}$	40
M30	$58_{-0.62}^0$	4 ± 0.30	$4_{0}^{+0.30}$	1	(15)	$90^{\circ} \begin{smallmatrix} +2^{\circ} \\ 0 \end{smallmatrix}$	45
图 例	<p>The diagram shows a side view of a countersunk bolt. The main body has a diameter d_1 and a length L_0. The total length is L. The head has a diameter d_2 and a thickness t. The countersink has a width b and a height h_2. The distance from the end of the countersink to the start of the main body is h_1. The chamfer angle is $2 \times 45^\circ$. A surface texture symbol 12.5 is shown on the main body. The angle α is indicated at the countersink edge.</p>						

附 录 C
(资料性附录)
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 评定条件应与产品条件相对应,评定必须使用与产品相同的钢材及焊接材料。

C.1.3 制造厂应根据钢材类型、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,按本规范要求进行评定。

C.1.4 制造厂首次采用的钢材和焊接材料必须进行评定,在同一制造厂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:

- 钢种改变;
- 焊接材料改变;
- 焊接方法或焊接位置改变;
- 衬垫材质改变;
- 焊接电流、焊接电压和焊接速度改变 $\pm 10\%$ 以上;
- 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 $-2 \sim +6$ mm 以上);
- 预热温度低于规定的下限温度 20°C 时;
- 增加或取消焊后热处理时;
- 电流种类和极性改变;
- 加入或取消填充金属;
- 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: mm

序号	试 板 板 厚	产 品 板 厚	备注
1	$t \leq 16$	$0.5t < \delta \leq 1.5t$	δ —产品板厚 t —试板板厚
2	$16 < t \leq 25$	$0.75t < \delta \leq 1.5t$	
3	$25 < t \leq 50$	$0.75t < \delta \leq 1.3t$	
4	$50 < t \leq 80$	$0.75t < \delta \leq 1.0t$	

C.2.2 T 型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：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

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：mm

序号	试板板厚	产品板厚	备注
	腹板	腹板	
1	$t \leq 16$	$0.5t < \delta \leq 1.5t$	δ —产品板厚 t —试板板厚
2	$16 < t \leq 25$	$0.75t < \delta \leq 1.5t$	
3	$25 < t \leq 50$	$0.75t < \delta \leq 1.3t$	
4	$50 < t \leq 80$	$0.75t < \delta \leq 1.0t$	

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600mm，焊条电弧、CO₂气体（混合气体）保护焊不得小于400mm。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规程的技术要求。

C.3 检验及试验

C.3.1 焊缝的外观质量应符合本规范第4.9.13条第1款的规定。

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，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及探伤结果，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、试样数量及试验方法应符合表C.4的规定。

表C.4 力学性能试验项目、试样数量（个）

试件型式	试验项目	试样数量	试验方法
对接接头试件	接头拉伸（拉板）试验	1	按GB/T 2650~2654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	
	接头硬度试验	1	

表C.4(续)

试件型式	试验项目	试样数量	试验方法
熔透角接试件	焊缝金属拉伸试验	1	按 GB/T 2650~2654 的规定
	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	
<p>注1: 对接接头侧弯试验: 弯曲角度 $\alpha=180^\circ$。</p> <p>注2: 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; 对接接头及熔透角接低温冲击试验缺口开在焊缝中心及熔合线外 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。</p>			

C.3.5 力学性能试验验收应符合下列规定:

- 1) 当拉伸试验结果(屈服、抗拉强度及拉棒的伸长率)不低于母材标准值时, 则判为合格; 当试验结果低于母材标准值, 则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;
- 2) 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;
- 3) 各种钢材焊接接头的冲击功应不低于母材标准规定值。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, 不得有 2 个以上的试验结果低于 0.7 倍的规定值, 也不得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;
- 4) 当焊接接头的硬度值不大于 HV 350 时, 则判为合格, 否则, 判为不合格;
- 5) 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:

- 母材和焊接材料的型(牌)号、规格、化学成分和力学性能等;
- 试板图;
- 试件的焊接条件及施焊工艺参数;
- 焊缝外观及探伤检验结果;
- 力学性能试验及宏观断面酸蚀试验结果;
- 结论。

附 录 D
(规范性附录)
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与生产用钢板相同，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。遇有下列情况之一者，应重新进行评定：
- Q 370 级以上的钢种改变；
 - 焊钉直径或焊钉端头镶嵌（或喷涂）稳弧脱氧剂的改变；
 - 焊机与配套焊枪形式、型号与规格的改变；
 - 磁环材料与规格的改变；
 - 焊接电流变化 $\pm 10\%$ 以上，焊接时间为 1 秒以上时变化超过 0.2 秒或 1 秒以下时变化超过 0.1 秒；
 - 焊钉伸出长度和提升高度的变化分别超过 1 mm；
 - 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 试验与检验

- 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本规范 5.9.12 条的要求，焊脚饱满，高度和直径应满足标准规定尺寸。
- 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 弯曲与拉伸检验

- 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：

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

附 录 E
(规范性附录)
焊接接头超声波探伤质量要求

E.1 焊接接头超声波探伤方法和探伤结果分级

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—波幅曲线

应符合表E.1 的规定。

表E.1 距离—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	$\phi 3 \times 40-6\text{dB}$	$\phi 3 \times 40-14\text{dB}$	$\phi 3 \times 40-20\text{dB}$
		>46~80	$\phi 3 \times 40-2\text{dB}$	$\phi 3 \times 40-10\text{dB}$	$\phi 3 \times 40-16\text{dB}$
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	$\phi 1 \times 2$	$\phi 1 \times 2-6\text{dB}$	$\phi 1 \times 2-12\text{dB}$
		>25~80	$\phi 1 \times 2+4\text{dB}$	$\phi 1 \times 2-4\text{dB}$	$\phi 1 \times 2-10\text{dB}$
注1: 角焊缝超声波探伤采用铁路钢桁梁制造专用柱孔标准试块或与其校准过的其它孔形试块; 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。					

- 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

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、观察动态波型、结合结构工艺特征作判定，如对波形不能准确判断时，应辅以其他检验作综合判定。

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。

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

单位：mm

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	10~80	$t/4$ ，最小可为 8	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 10	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 10	
角焊缝 II 级		$t/2$ ，最小可为 10	

最大反射波幅不超过评定线的缺陷，均评为 I 级。

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。

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，应判为不合格。

反射波幅位于判废区（III区）的缺陷，无论其指示长度如何，应判为不合格。

E.5 返修

不合格的缺陷，应予返修，返修区域修补后，返修部位及补焊受影响的区域，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
(规范性附录)
焊接接头射线探伤质量要求

F.1 焊接接头射线探伤方法和探伤结果

应符合 GB/T 3323 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，圆形缺陷和条形缺陷应符合本附录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：mm

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	>1-2	>2-3	>3-4	>4-6	>6-8	>8
点数	1	2	3	6	10	15	25

不记点数缺陷尺寸见表F.3。

表F.3 不记点数的缺陷尺寸

单位：mm

评定厚度	缺陷长径
≤25	≤0.5
>25	≤0.7

当缺陷与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 1~2 点。

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。

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	>10~15	>15~25	>25
允许缺陷点数的上限	3	6	9	12

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，在评定区内不得多于 10 个。

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F. 5 条形缺陷的评定

单位：mm

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，累计长度在 $12t$ 焊缝长度内不超过 t
$t > 12$	$t/3$	
注：表中 L 为该组缺陷中最长者的长度		

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 返修

不合格的缺陷，应予返修，返修区域修补后，返修部位及补焊受影响的区域，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
(规范性附录)
焊接接头磁粉探伤质量要求

G.1 焊接接头磁粉探伤方法和探伤结果

应符合 JB/T 6061 规定，并同时满足本附录的要求。

G.2 检测表面的宽度

应包括焊缝金属和每侧各 10 mm 距离的临近母材金属。

G.3 连续显示评定

相邻且间距小于其中较小显示主轴尺寸显示，应作为单个的连续显示评定。

G.4 缺陷的评定

应符合表G.1 的规定。满足表G.1 要求的判为合格；不满足表G.1 要求的判为不合格。

表G.1 显示的缺陷评定

单位：mm

显示类型	允许的缺陷尺寸上限
线状显示 L = 显示长度	$L \leq 1.5$
非线状显示 d = 主轴长度	$d \leq 3$
注1：线状显示：长度大于三倍宽度的显示 注2：非线状显示：长度等于或小于三倍宽度的显示	

G.5 返修

不合格的缺陷，应予返修，返修区域修补后，返修部位及补焊受影响的区域，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。