

# DB34

## 安徽省地方标准

DB 34/T 2225—2014

---

### 公路桥梁钢箱加劲梁制造与安装技术规程

Technical Specifications for Manufacture and Installation of Stiffened Steel Box  
Girder 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、江苏中泰桥梁钢构股份有限公司、中铁宝桥集团有限公司、安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司、安徽省高速公路控股集团有限公司、中交第二公路工程主要限公司、中铁大桥局集团有限公司。

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

## 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。

# 公路桥梁钢箱加劲梁制造与安装技术规程

## 1 范围

本标准规定了公路桥梁钢箱加劲梁制造、钢箱加劲梁安装、安全与环保等要求。  
本标准适用于公路桥梁钢箱加劲梁及其配套设施的制造、安装、检验和验收。

## 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 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 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 4956-2003 磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法
- GB/T 5210-2006 色漆和清漆 拉开法附着力试验
- GB/T 6060.1 表面粗糙度比较样块 铸造表面
- GB/T 8923.1-2011 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 13288.2-2011 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
- GB/T 9286-1998 色漆和清漆 漆膜的划格试验
- 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 热喷涂金属件表面预处理通则
- GB 50017 钢结构设计规范
- JB/T 6061 无损检测 焊缝磁粉检测
- JTG/T D60-01 公路桥梁抗风设计规范
- JTG/T F50 公路桥涵施工技术规范

JGJ 82-2011 钢结构高强度螺栓连接技术规程  
TB/T 1527-2011 铁路钢桥保护涂装及涂料供货技术条件  
TB/T 1853 铁路桥梁钢支座  
TB/T 1893 铁路桥梁板式橡胶支座  
TB/T 2137 铁路钢桥栓接板面抗滑移系数试验方法  
TB/T 2331 铁路桥梁盆式支座  
TBJ 214 铁路钢桥高强度螺栓连接施工规定  
HG/T 2458 涂料产品检验 运输和贮存通则

### 3 术语和定义

以下术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

##### 零件 parts

形成单元的最小组成部分。

#### 3.2

##### 单元 unit

由两个或两个以上零件组成的单元件，主要单元有：顶板单元、底板单元、斜底板单元、横隔板单元、纵隔板单元、腹板单元、锚箱单元、风嘴单元等。

#### 3.3

##### 梁段 Beam segment

根据制造、运输和吊装的需要，将桥梁划分为可以在工厂加工制造的节段。

#### 3.4

##### 钢箱加劲梁 Steel box stiffening girder

支承桥面，与桥面结合成一体并将恒荷载及活荷载通过吊、拉索传递给索塔或通过梁底支座传递给墩台的钢制箱形构件。

#### 3.5

##### 鹰架 Scaffolding

安装钢箱加劲梁时，根据墩身高度、承台型式以及地形情况，用支承在墩身、承台上的型钢或万能杆件拼制的支架。

#### 3.6

##### 施工荷载 Construction load

施工阶段为验算桥梁结构或构件安全所考虑的临时荷载，如结构重力、施工设备、人群、自重、风力等。

## 4 符号

以下符号适用于本文件。

- B、b —— 宽度
- L、l —— 长度、跨度、对角线
- H、h —— 截面高度
- f —— 拱度、弯曲矢高
- K —— 焊脚尺寸
- S —— 间距
- t —— 厚度
- $\alpha$ 、 $\beta$  —— 角度
- $\delta$  —— 间隙
- D、d —— 直径
- $\Delta$  —— 偏差、增量

## 5 钢箱加劲梁制造

### 5.1 基本要求

- 5.1.1 制造单位首先应对设计图进行工艺性审查，当设计图纸中存在需要修改的内容时，应取得原设计单位同意和相应设计变更文件。
- 5.1.2 制造单位应根据设计图绘制施工图并编制相应的制造工艺文件，钢箱加劲梁制造应根据施工图和制造文件进行生产制造。
- 5.1.3 钢箱加劲梁制造及验收应使用计量检定合格、在有效期内的器具，并按相关规定进行操作。
- 5.1.4 不同的焊接方法、不同的自动化程度都应由相应资格证书的焊工进行焊接，并且焊工只能从事资格证书中认定范围内的工作，如果焊工中断焊接时间超过 6 个月，应重新考核。
- 5.1.5 焊缝超声波检测（UT）、射线检测（RT）、磁粉检测（MT）、渗透检测（PT）等无损检测人员应持有相应级别的资格证书。
- 5.1.6 钢箱加劲梁制造前应进行焊接工艺评定，焊接工艺评定应按照本规程附录 A 的规定进行。

### 5.2 材料及材料管理

#### 5.2.1 一般规定

所有用于产品的钢材、焊接材料、涂装材料、高强度螺栓连接副和圆柱头焊钉等均应符合设计文件和相应标准的规定，除了必须有质量证明文件外还应按照相关规定进行抽样检验，合格后才能使用。

#### 5.2.2 钢材

- 5.2.2.1 钢材进场时应归类存放，支撑点距离要适当，支撑面应在同一平面，钢材不能产生变形。
- 5.2.2.2 钢板存放后应在厚度方向涂上材质色带标识，色带标识中每种颜色的宽度不小于 50 mm。
- 5.2.2.3 钢材进场后除了对外形尺寸和表面质量检查外，还应按同一厂家、同一材质、同一厚度、同一出厂状态每 10 个炉（批）号组成一个检验批[每个炉（批）号不能大于 60 吨]；对每个检验批抽取一组试件进行检验，检验结果应符合钢材技术指标。
- 5.2.2.4 钢板订货技术条件为探伤钢板时，每种厚度的钢板应抽取 10% 进行超声波检测。

5.2.3 焊接材料

- 5.2.3.1 选用焊接材料的熔敷金属力学性能指标应与钢材相匹配。
- 5.2.3.2 焊接材料管理应按照 JB/T 3223 执行。
- 5.2.3.3 焊接材料应符合相应的现行国家标准，并且按照以下原则进行检验：
  - a) 首次使用的焊接材料均应进行化学成分和熔敷金属力学性能检验；
  - b) 电焊条、气体保护焊实芯焊丝、埋弧焊焊丝和焊剂，逐批进行化学成分检验；每 5 个批号组成 1 个检验批，每个检验批进行 1 次熔敷金属力学性能检验（取样在检验批中随机抽取）；
  - c) 药芯焊丝逐批进行化学成分和力学性能检验。

5.2.4 高强度螺栓连接副

- 5.2.4.1 高强度螺栓连接副进场后应按包装上标明的规格、等级、批号等分类存放保管，放置应在距地面不小于 200 mm 的隔空架上，并且码放不能超过 5 层，保管期内不能随意打开包装，防止生锈或污染。
- 5.2.4.2 高强度螺栓连接副在使用前应按 TBJ 214 进行复验。
- 5.2.4.3 高强度螺栓连接副质量应符合 GB/T 1228、GB/T 1229、GB/T 1230、GB/T 1231 的规定。

5.2.5 圆柱头焊钉

- 5.2.5.1 圆柱头焊钉、瓷环质量应符合 GB/T 10433 的规定。
- 5.2.5.2 圆柱头焊钉按批进行复验，每批复验的样品数量见表 1。

表1 圆柱头焊钉每批复验样品数量

圆柱头焊钉每批数量（个）	样品数量（个）
≤8000	2
>8000-35000	3
>35000	5

- 5.2.5.3 复验内容为化学成分：C、Si、Mn、P、S、（Al）；力学性能：屈服强度、抗拉强度、伸长率。

5.2.6 涂装材料

- 5.2.6.1 涂装材料的存放、保管应符合 HG/T 2458 的要求。
- 5.2.6.2 不同批号的涂装材料均应进行检验，检验取样时应取 A、B 两个样品，一个样品送检、另一个样品封存，如有检测项目存在争议时用 B 样品进行复检。

5.3 制造

5.3.1 预处理

钢板进场滚平后，表面采用抛丸清理，除锈等级为 GB/T 8923.1-2011 标准规定的 Sa 2.5 级。

表面清理干净后涂一道车间底漆（厚度按照相关图纸或文件确定，如图纸或文件未明确，则车间底漆的厚度为 20 um）。

5.3.2 钻孔模板制作

- 5.3.2.1 模板用量尺须由二级及以上计量鉴定机构鉴定合格。

5.3.2.2 模板制作要严格按照施工图纸和工艺文件的规定制作，制作完成后写明模板名称、编号等，并且经过检验部门检验，合格后方可用于生产。

5.3.2.3 模板制作允许偏差，见表2。

表2 模板制作允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)
1	两相邻孔中心距离	±0.5
2	孔群对角线、极边孔中心距离	±0.8
3	孔中心与孔群中心线距离	±0.5
4	孔群中心线之间距离	±0.5
5	模板长度、宽度	±1.0

### 5.3.3 零件加工

5.3.3.1 零件加工可以采用锯切、剪切或火焰切割等方式，也可进行刨、铣等机械加工。所有零件加工后应去除边缘的飞刺、挂渣等，使加工面光滑、匀顺。零件尺寸的允许偏差应符合表3的规定。

表3 零件尺寸允许偏差

序号	名称	允许偏差 (mm)		
		长度	宽度	端面垂直度
1	顶板、底板、腹板	±2.0	±2.0	/
2	锚箱板件	±2.0	±2.0	/
3	横隔板、纵隔板	±2.0	±1.0	/
4	风嘴板件	±2.0	±2.0	/
5	其它板件	±2.0	±2.0	/
6	球扁钢、角钢、槽钢	±2.0	/	≤2.0
7	锚管	±2.0	/	≤0.5 (顶紧端) ≤2.0 (开放端)
8	检查车	±2.0	/	≤2.0
	桥面附属设施	方钢	±1.0	

5.3.3.2 焊接坡口可用火焰切割或机械加工，坡口的形状、尺寸由焊接工艺评定确定。

5.3.3.3 顶板、底板、腹板、吊耳板等主要受力零件下料时，零件的主要受力方向要与钢板的轧制方向一致。

5.3.3.4 零件加工边缘应满足下列条件：

- 材料的名义屈服强度不超过 390Mpa 时，零件边缘硬度不超过 HV350；名义屈服强度超过 390Mpa、小于等于 460Mpa 时，零件边缘硬度不超过 HV380。超过时应采用打磨或机加工的方法去除表面，去除量不小于 0.5 mm，确保边缘硬度符合规定。
- 零件切割优先采用数控、自动和半自动切割，切割面质量应符合表4的要求。

表4 切割面质量

序号	项目	主要零件	次要零件
1	表面粗糙度	50 um	100 um

2	崩坑	不允许	1 米长度范围内允许有 1 处，深度不超过 1.0 mm
3	塌角		圆角半径不大于 2.0 mm
4	切割面垂直度		$\leq 0.05t$ ( $t$ 为切割零件厚度)，且不大于 2.0 mm

5.3.3.5 手工火焰切割仅用于数控、自动和半自动无法切割的特殊部位或切割边需要机加工零件的切割。

5.3.3.6 零件的剪切一般只用于角钢等型材和检查车走道板的加工，剪切边缘应整齐、无毛刺等。

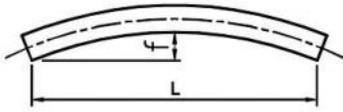
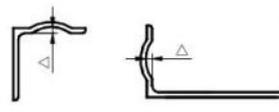
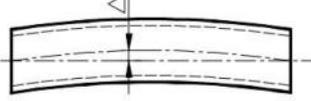
5.3.3.7 零件加工缺陷修补见附录 B。

5.3.4 零件矫正

5.3.4.1 零件矫正可以采用冷矫和热矫两种方法。冷矫时环境温度不应低于  $-12^{\circ}\text{C}$ ，热矫时加热温度应控制在  $600^{\circ}\text{C}\sim 800^{\circ}\text{C}$ ，温度降至室温前，不允许用水急冷，也不允许锤击。

5.3.4.2 零件矫正允许偏差应符合表 5 的规定。

表5 零件矫正允许偏差

零件	检查项目	简图	允许偏差 (mm)
板件	平面度		$f \leq 1.0$ (每米范围)
			$f \leq 1.0$ (全平面)
	直线度		$f \leq 2.0$ ( $L \leq 8000$ )
			$f \leq 3.0$ ( $L > 8000$ )
型钢	直线度		$f \leq 1.0$ ( $L \leq 4000$ )
			$f \leq 4.0$ ( $L > 4000$ )
	平面度		$\Delta \leq 0.5$ (栓接部位)
			$\Delta \leq 1.0$ (其余部位)
	垂直度		$\Delta \leq 0.5$ (栓接部位)
			$\Delta \leq 1.0$ (其余部位)
钢管	直线度		$\Delta \leq 1.0$ (每米) $\Delta \leq 2.0$ (全长)
			$\Delta \leq 1.0$ (每米) $\Delta \leq 4.0$ (全长)

### 5.3.5 弯曲加工

5.3.5.1 弯曲加工的环境温度应不低于  $-5^{\circ}\text{C}$ ，采用冷弯时内侧弯曲半径应不小于板厚的 15 倍（U 肋弯曲除外），不能满足此要求的弯曲构件应进行热煨，热煨温度应控制在  $600^{\circ}\text{C}\sim 800^{\circ}\text{C}$ 。

5.3.5.2 非焊接边缘的弯曲范围应在弯曲前对边缘应进行圆角，圆角半径为  $1.0\text{ mm}\sim 2.0\text{ mm}$ 。

5.3.5.3 U 肋可采用辊轧或压弯成形，其尺寸允许偏差应符合表 6 的规定。

表6 U 肋加工尺寸允许偏差

序号	检查项目	简图	允许偏差 (mm)
1	长度		$\pm 2.0$
2	开口宽 $b_1$		$-1.0\sim +3.0$
3	顶宽 $b_2$		$\pm 1.5$
4	肢高 $h_1$ 、 $h_2$		$\pm 2.0$
5	两肢高度差 $ h_1-h_2 $		$\leq 2.0$
6	直线度 $f$		$f \leq L/1000$ 且 $f_{\max} \leq 6.0$ ( $L$ 为 U 肋长度)

### 5.3.6 零件、单元划线

孔群钻孔对位线、机加工对位线以及栓孔位置线，允许偏差  $\pm 0.5\text{ mm}$ ，其余划线允许偏差  $\pm 1.0\text{ mm}$ 。

### 5.3.7 边缘机加工

5.3.7.1 零件边缘机加工深度不应小于  $3\text{ mm}$ （边缘硬度不超过 HV10350 时，加工深度可不受此限），加工面的表面粗糙度  $R_a$  不大于  $25\text{ }\mu\text{m}$ ；加工面为顶紧面时粗糙度  $R_a$  不大于  $12.5\text{ }\mu\text{m}$ 。

5.3.7.2 顶紧加工面与板面垂直度应小于  $0.01t$ （ $t$  为板厚，单位  $\text{mm}$ ），且不得大于  $0.3\text{ mm}$ 。

5.3.7.3 刨边、铣边时应避免油污污染零件，加工后边缘刺屑应清除干净。

5.3.7.4 不等厚钢板对接接头部位有板厚过渡时，厚板的板厚过渡段斜坡应采用机加工方法，如采用火焰切割或其它方法加工时，加工面应打磨掉切割硬化层。

### 5.3.8 制孔

5.3.8.1 所有螺栓孔的加工均不得用火焰切割或冲孔的方法制取，应采用机械钻孔法。螺栓孔应成正圆柱形，孔壁粗糙度  $R_a$  不得大于  $25\text{ }\mu\text{m}$ ，孔壁无损伤，边缘无刺屑。

5.3.8.2 螺栓孔直径应根据螺栓的直径来确定，如设计文件未明确，螺栓孔直径及允许偏差应符合表 7 的规定。

表7 螺栓直径和孔径的对应关系及孔径允许偏差

序号	螺栓直径 $D$ (mm)	螺栓孔直径 $D_1$ (mm)	允许偏差 (mm)	
			螺栓孔直径	螺栓孔垂直度
1	M12	14	$D_1^{+0.5}_0$	
2	M16	18		
3	M20	22	$D_1^{+0.7}_0$	
4	M22	24		

序号	螺栓直径 D (mm)	螺栓孔直径 D1 (mm)	允许偏差 (mm)	
			螺栓孔直径	螺栓孔垂直度
5	M24	26		△不大于板厚 t 的 3%，且不得大于 1.5 mm
6	M27	29		
7	M30	33		

5.3.8.3 螺栓孔间距、孔群间距允许偏差应符合表 8 的规定。

表8 螺栓孔距允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)
1	相邻孔间距	±0.5
2	相邻孔群中心距	±1.5
3	两端孔群间距 (孔群对位线距离)	±1.5 (孔群间距≤10 米)
		±2.0 (孔群间距>10 米)

5.3.9 组装

5.3.9.1 组装前应熟悉施工图纸和工艺文件，按施工图纸核对零件编号、外形尺寸和坡口的正确性，确认无误后再进行组装。

5.3.9.2 采用埋弧焊、气体保护焊及低氢型焊条焊接的接头，组装前应彻底清除待焊部位及附近区域的铁锈、氧化皮、油污、水分等影响焊缝质量的有害物质，使其表面显露出金属光泽。清除范围应符合图 1 的规定。

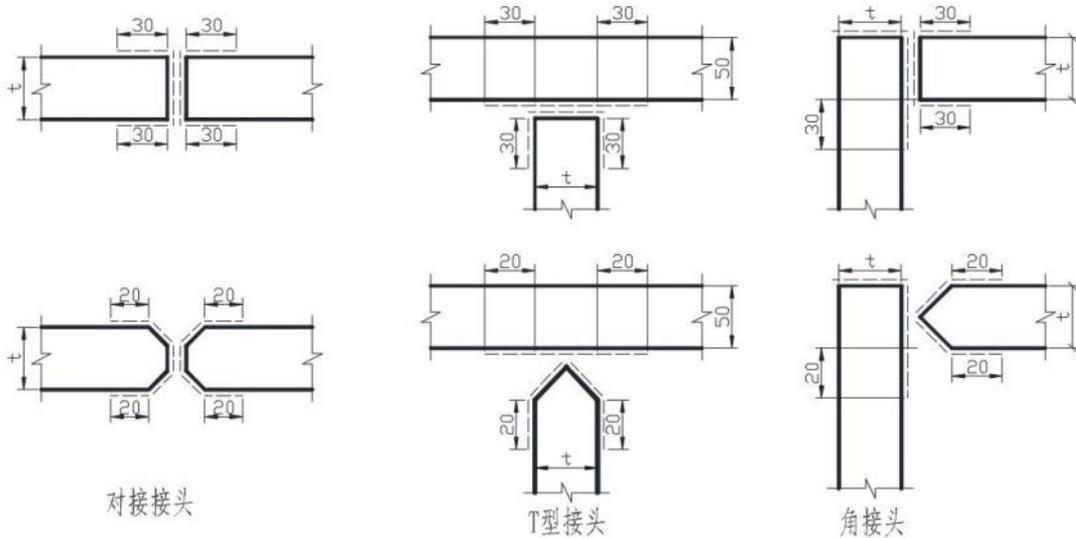


图1 待焊部位清除范围 (虚线示意清除范围)

5.3.9.3 对接接头和采用埋弧焊焊接的 T 型接头、角接头，在端部应加装引弧板和引出板，引弧板和引出板的材质、板厚、坡口应与待焊件的材质、坡口、板厚相同，当 T 型接头翼板的板厚较大时，与翼板对应的引弧板厚度不小于 16 mm 即可。

5.3.9.4 单元、梁段组装应在专用胎架或平台上进行。

5.3.9.5 组装尺寸允许偏差应符合表 9 的规定。

表9 组装尺寸允许偏差

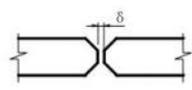
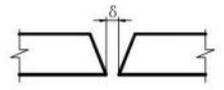
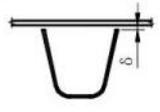
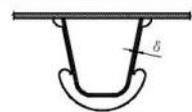
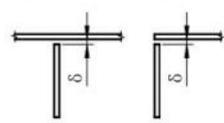
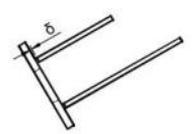
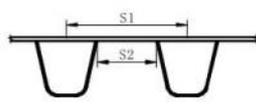
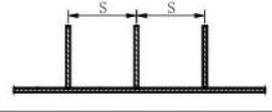
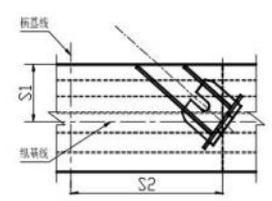
序号	项目		图例	允许偏差 (mm)
1	对接接头 组装间隙	双面焊接		$\delta \leq 0.5$ ( $t < 25$ ) $\delta \leq 1.0$ ( $t \geq 25$ )
		单面焊双面成型焊缝 钢衬垫单面焊缝		-2.0~+6.0
	U肋与顶板、底板组装间隙 $\delta$		$\delta \leq 1.0$	
	U肋与横隔板、横肋组装间隙 $\delta$		$\delta \leq 2.0$	
	全熔透T型接头、角接头组装间隙 $\delta$		$\delta = 0 \sim 3.0$	
	锚腹板与承力板组装间隙 $\delta$		$\delta \leq 0.5$	
	其余部位组装间隙 $\delta$	/	$\delta \leq 2.0$	
2	组装位置	U肋组装间距 S(S1/S2)		$\leq 1.0$ (横隔板位置) $\leq 2.0$ (其余位置)
		板肋、T型肋、球扁钢组装间距 S		$\pm 1.0$ (隔板、横肋位置) $\pm 2.0$ (其余位置)
		横隔板、横隔肋组装间距 S		$\pm 2.0$
		顶板、底板单元件间距 S (纵、横基准线间距)		$\pm 1.0$ (不包括预留收缩量)
		锚板、锚箱主要零件组装位置 S1、S2		$\pm 1.0$
		锚箱单元角度偏差		$\pm 0.1^\circ$

表9 (续)

序号	项目		图例	允许偏差 (mm)
3	组装错位	对接接头板厚方向错位 $\Delta$		$t < 25 \text{ mm}$ 时 $\Delta \leq 0.5$ $t \geq 25 \text{ mm}$ 时 $\Delta \leq 1.0$
4	垂直度	T型单元垂直度 $\Delta$		$\Delta \leq B/400$ 且 $\leq 2.0$
		纵肋、横肋垂直度 $\Delta$		$\Delta \leq H/400$ 且 $\leq 2.0$
		横隔板、纵隔板、腹板垂直度 $\Delta$		$\Delta \leq H/1000$ 且 $\leq 4.0$

5.3.9.6 单元件制作允许偏差应符合表 10 规定。

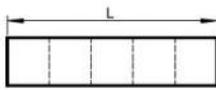
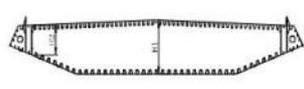
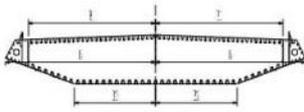
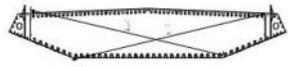
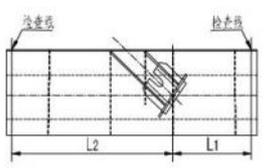
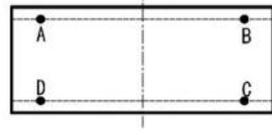
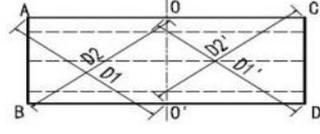
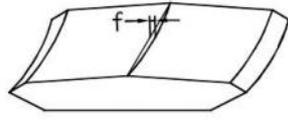
表10 单元件制作尺寸允许偏差

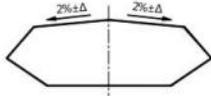
序号	项目	图例	允许偏差 (mm)
1	顶、底板长度 L		$\leq 2.0$
	宽度 B		$\leq 1.0$
	对角线差 $ D1-D2 $		$\leq 3.0$
2	单元件平面度 f		$\leq 1.0/1000$ 且 全平面 $\leq 4.0$
3	直线度 f		$\leq 2.0$ ( $L \leq 8000$ ) $\leq 3.0$ ( $L > 8000$ )
4	扭曲		$f \leq 4.0$

5.3.10 梁段组装

- 5.3.10.1 梁段应在胎架上组装，胎架应具有足够的刚度和几何尺寸精度。
- 5.3.10.2 梁段组装宜采用连续匹配组装的工艺方法，每轮次组装的梁段数量不应少于3段。
- 5.3.10.3 梁段组装尺寸定位和整体检测应避免日照的影响，应在温度相对稳定、各部位温度一致或相差较小的时间段进行。
- 5.3.10.4 梁段组装允许偏差应符合表11的规定。

表11 梁段组装允许偏差

序号	项目		允许偏差 (mm)	示意图	测量方法
1	梁长	顶板、底板、 腹板长度 L	$\pm 2$		钢盘尺
2	梁高	中部高度 H1 边部高度 H2	$\pm 2$		钢尺
3	梁宽	顶板半宽 B1/2	$\pm 3.0$		在梁段端口处用钢尺或 经纬仪测量
		梁半宽 B/2			
		底板半宽 B2/2	$\pm 4.0$		
4	端口	对角线差 $ L1-L2 $	$\leq 6.0$		测量两端口，钢尺或经 纬仪
5	吊点 位置	同一梁段两锚箱高差	$\leq 5$		锚箱测量锚孔中心，吊 耳板测量吊孔中心，用 水准仪测量。  用钢盘尺测量锚箱至梁 段两端检查线的距离
		同一梁段两吊耳板高差			
		锚箱距梁段端口距离 L1、L2	$\pm 2$		
6	顶板	四角 (A, B, C, D) 水平	$\pm 6$		用水准仪在两端横隔板 位置测量
		相对高差	$\leq 8.0$		
		1/2 对角线差 $ D1-D2 $ $ D1'-D2' $	$\leq 8.0$		
7	旁弯	f	$L/2000,$ 且 $\leq 5.0$		L 为梁段长度，用经纬 仪、钢尺测量
8	桥面 平面度	横桥向 f	$\leq 1.0/1000$ 全平面 $\leq 6.0$		水平尺或水准仪测量

序号	项目		允许偏差 (mm)	示意图	测量方法
9	桥面 坡度	2%桥面横坡 $\Delta$	$\pm 0.1\%$		用水准仪测量，测点在桥梁中心线和腹板位置的顶板处

5.3.11 定位焊

5.3.11.1 构件连接部位的端部 30 mm 范围内应避免定位焊，定位焊的长度为 50 mm~100 mm，间距 400 mm~600 mm。焊脚尺寸一般应不超过原设计焊缝焊脚尺寸的一半，但要满足构件吊运、翻身的安全，必要时可适当增大定位焊的焊脚尺寸或减小定位焊的间距。

5.3.11.2 定位焊缝不能有裂纹、夹渣、焊瘤等缺陷，如定位焊缝发生开裂现象，应分析原因并采取措施后，清除开裂焊缝，在保证构件组装尺寸正确的条件下重新定位焊。

5.3.12 焊接

5.3.12.1 焊接工艺应根据工艺评定报告编制，焊接过程中应严格遵守焊接工艺，焊接工艺评定按照附录 A 的规定执行。

5.3.12.2 焊接工作宜在室内或防风、防雨的施工场所进行，焊接作业环境的相对湿度应不大于 80%；低合金钢焊接环境温度不应低于 5℃，低碳钢焊接环境温度不应低于 0℃。当环境温度或相对湿度不能满足上述要求时，应在采取有效的工艺措施、使焊接区域满足上述要求后才能进行焊接。

5.3.12.3 焊接前要彻底清除待焊区域所有影响焊缝质量的有害物质。

5.3.12.4 单元、梁段组装后应在 24 小时内进行焊接。

5.3.12.5 焊接时不能随意在构件的非焊接部位引弧、熄弧。

5.3.12.6 焊剂、焊条应按表 12 的要求（或产品说明书的要求）烘干后使用，焊剂中的杂物、焊丝上的油污、铁锈等应清除干净。

表12 焊接材料烘干要求

序号	焊接材料	烘干温度(℃)	烘干时间(h)	保存温度(℃)
1	碱性焊剂、烧结焊剂	350~400	2	150~200
2	低氢型焊条	350~400	2	150~200

5.3.12.7 焊接用保护气体 CO<sub>2</sub> 的纯度应大于 99.5%。

5.3.12.8 采用气体保护焊焊接时，如果焊接周围的风速超过 2 米/秒应停止焊接，或采取有效的防风措施后焊接。

5.3.12.9 焊前预热应按下列要求执行：

- a) 预热温度测量点的确定：T 型接头和对接接头的预热温度测量点见图 2 所示。

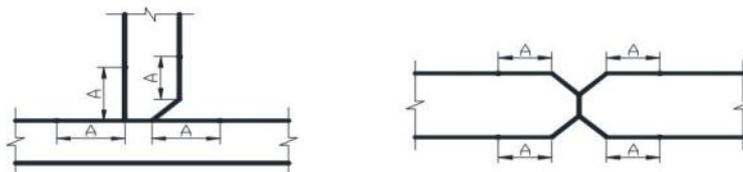


图2 预热温度测量点位置

- b) 板厚  $t \leq 50$  mm 时, 测量点位置  $A=4 \times t$  (MaxA=50 mm)。
- c) 板厚  $t > 50$  mm 时, 测量点位置  $A=75$  mm。
- d) 测量仪器: 红外线测温仪、点温计。
- e) 预热范围: 距焊缝 150 mm 以内的全部区域。

5.3.12.10 焊件上的引弧板、引出板、产品试板和临时连接件等均应采用切割或机械的方法去除, 切割不能损伤母材。

5.3.12.11 对接接头焊接时应在焊缝端部加装引弧板和引出板, 埋弧焊的引弧板和引出板规格一般不小于  $t \times 60$  mm  $\times$  100 mm ( $t$  为板厚), 其它焊接一般不小于  $t \times 40$  mm  $\times$  50 mm, 其材质的强度应与母材接近或相同, 坡口形式与待焊焊缝完全相同。引弧、熄弧在引弧板和引出板上的焊缝长度埋弧焊不应小于 60 mm, 其它焊接焊缝长度不应小于 30 mm。

5.3.12.12 埋弧焊过程中, 焊剂的回收应在 5 分钟之内完成, 熔渣清除应待焊缝冷却至温度 100℃ 以下进行。

5.3.12.13 埋弧焊不应断弧, 如有特殊原因 (断电、换丝) 出现断弧则应将停弧处加工 (打磨或碳弧气刨) 成不大于 1:5 斜坡, 并搭接不小于 50 mm 重新开始焊接, 然后将搭接处修磨匀顺。

5.3.12.14 单面焊双面成型焊缝的衬垫为陶质衬垫时, 陶质衬垫与钢板面要密贴并且粘结牢固, 不应出现焊后脱落现象。

### 5.3.13 圆柱头焊钉焊接

5.3.13.1 圆柱头焊钉焊接前应进行工艺评定, 评定时应在试板上连续焊接不少于 20 个焊钉, 其中 10 个做拉伸试验, 10 个做弯曲试验, 全部试验结果应符合现行 GB/T 10433 的规定。如果试验样品中有 1 个不合格, 可以从备用样品中选取 2 个进行复验, 复验样品结果全部合格时, 评定结果仍为合格。如果试验样品中有超过 1 个样品不合格时, 试验失败。

5.3.13.2 圆柱头焊钉焊接后应获得完整的 360° 周边焊环。圆柱头焊钉焊环的宽度、高度等尺寸应满足:  $h_m \geq 0.2 d$ ;  $h_{min} \geq 0.15 d$ ;  $d_m \geq 1.25 d$  (其中,  $h_m$ 、 $h_{min}$  分别代表焊环高度  $h$  沿圆柱头焊钉轴线方向的平均高度和最小高度,  $d_m$ 、 $d$  分别代表焊环的平均直径和圆柱头焊钉直径), 见图 3。

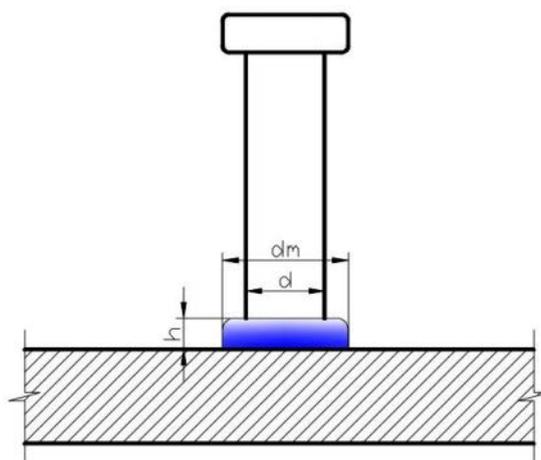


图3 圆柱头焊钉焊环尺寸

5.3.13.3 生产过程中每班或者每天在焊接前应至少焊接 2 个圆柱头焊钉进行外观和弯曲检验, 焊接后应获得完整的 360° 周边焊环, 弯曲后焊环和热影响区不应有肉眼可见的裂纹, 合格后方可进行正式焊接, 弯曲合格的圆柱头焊钉可保留其弯曲状态。

5.3.13.4 焊接前应清除焊钉头部及钢板待焊部位 2 倍焊钉直径范围内的铁锈、氧化皮、油污、水份等有害物，使钢板表面显露出金属光泽。

5.3.13.5 焊接磁环包装破损或受潮时应在 150℃烘干 2 h 后再使用。

5.3.14 焊缝返修

5.3.14.1 超出外观检验上限值的焊脚尺寸、焊波和余高等，以及小于 1 mm 的咬边可采用打磨的方式处理，焊缝咬边超过 1 mm 或焊脚尺寸不足时，采用手工焊条电弧焊或 CO<sub>2</sub> 气体保护焊进行补焊后打磨处理。

5.3.14.2 缺陷一般采用碳弧气刨清除，也可用其它机械方法清除，缺陷清除应加工出有利于焊接的斜坡，并清除掉表面的氧化皮、渗碳层等，使其露出金属光泽。

5.3.14.3 焊接裂纹的清除范围应延伸至裂纹尖端外 50 mm 以上。

5.3.14.4 用自动焊返修焊缝时，应将刨槽的两端刨成 1:5 的过渡斜坡。

5.3.14.5 返修焊缝按原焊缝质量要求检验，焊缝同一部位的返修不宜超过 2 次。

5.3.14.6 焊缝返修见附录 B。

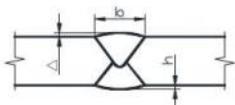
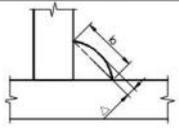
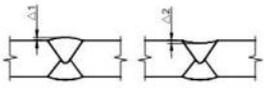
5.4 焊接检验

5.4.1 焊缝外观检验

5.4.1.1 所有焊缝均应进行外观检查，焊缝不得有裂纹、未熔合、焊瘤、夹渣、未填满及焊漏等缺陷，其质量应符合表 13 的规定。

表13 外观质量要求

序号	项目	简图	质量要求		
1	咬边		横、纵向受拉对接焊缝	不允许	
			横向受压对接焊缝 $\Delta \leq 0.3 \text{ mm}$		
			主要角焊缝	$\Delta \leq 0.5 \text{ mm}$	
			其它焊缝	$\Delta \leq 1.0 \text{ mm}$	
2	气孔		对接焊缝	不允许	
			主要角焊缝	直径小于 1.0 mm	每米不超过 3 个，其间距不小于 20 mm，
			其它焊缝	直径小于 2.0 mm	
3	焊脚尺寸		埋弧焊 $K \begin{smallmatrix} +2 \\ 0 \end{smallmatrix}$		
			手工焊条电弧焊和气体保护焊 $K \begin{smallmatrix} +2 \\ -1 \end{smallmatrix}$ (全长范围内有 10% 允许 $K \begin{smallmatrix} +3 \\ -1 \end{smallmatrix}$ )		
4	焊波		$\Delta \leq 2.0 \text{ mm}$ (任意 25 mm 范围内)		

序号	项目	简图	质量要求
5	余高 (对接焊缝)		$b \leq 15 \text{ mm}$ 时, $\Delta \leq 3.0 \text{ mm}$ ; $15 < b \leq 25 \text{ mm}$ 时, $\Delta \leq 4.0 \text{ mm}$ ; $b > 25 \text{ mm}$ 时, $\Delta \leq 4b/25 \text{ mm}$ 单面焊双面成型焊缝背面余高 $h \leq 2.0 \text{ mm}$
6	余高 (角焊缝)		$\Delta \leq 0.07b + 1.5 \text{ mm}$
7	对接焊缝余高铲磨		$\Delta 1 \leq 0.5 \text{ mm}$ $\Delta 2 \leq 0.3 \text{ mm}$

5.4.1.2 所有焊缝的外观检查均应在焊缝冷却至室温后进行。

#### 5.4.2 焊缝无损检验

5.4.2.1 焊缝的最终无损检验应在焊缝外观检验合格、且在焊接完成 24 小时之后进行。

5.4.2.2 焊缝无损检验质量等级、检验方法、检验部位及执行标准应符合表 14 的规定。

表14 焊缝无损检验

焊缝	质量等级	检验方法	检验等级	检验比例	检验部位
顶板、底板、腹板横向对接焊缝	I 级	超声波 (UT)	B	100%	焊缝全长
顶板纵向对接焊缝					
锚箱与腹板连接 T 型接头全熔透焊缝					
锚箱与腹板连接之外的 T 型接头和角接头全熔透焊缝	I 级	超声波 (UT)	B	100%	焊缝全长
横隔板纵、横向对接焊缝					
底板纵向对接焊缝					
顶板 U 肋对接焊缝 (U 肋厚度 $\geq 8 \text{ mm}$ )					
部分熔透 T 型接头、角接头焊缝 (对接焊缝有效厚度 $\geq 8 \text{ mm}$ )			A	25%	焊缝两端和中间各 1000 mm
产品试板			B	100%	焊缝全长
顶板、底板、腹板横向对接焊缝	I 级	射线 (RT)	A	10%	焊缝两端和中间各 250 mm ~ 300 mm
顶板纵向对接焊缝	I 级				焊缝两端和中间各 250 mm ~ 300 mm
梁段之间对接焊缝	I 级				B
		30%	mm ~ 300 mm		
锚箱位置横隔板与腹板连接 T 型接头全熔透焊缝	2 级	磁粉 (MT)		100%	焊缝全长
锚箱与箱梁腹板连接焊缝					焊缝全长

焊缝	质量等级	检验方法	检验等级	检验比例	检验部位
底板 U 形肋对接焊缝					焊缝全长
U 肋与顶板连接焊缝					焊缝两端各 1000 mm
U 肋与底板连接焊缝				25%	焊缝两端各 1000 mm
顶板、底板临时连接件（吊耳、匹配件）去除位置				100%	焊缝全长
注：检验比例为同类焊缝中无损检测焊缝数量与未检测焊缝的数量比。					

5.4.2.3 焊缝超声波检验（UT）的距离—波幅曲线灵敏度应符合表 15 的规定，缺陷等级评定应符合表 16 的规定，其它要求应满足 GB/T 11345 的规定。

表15 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
对接接头 I、II 级焊缝	8~46	$\Phi 3 \times 40 - 6$ dB	$\Phi 3 \times 40 - 14$ dB	$\Phi 3 \times 40 - 20$ dB
	>46~80	$\Phi 3 \times 40 - 2$ dB	$\Phi 3 \times 40 - 10$ dB	$\Phi 3 \times 40 - 16$ dB
T型接头、角接头全熔透焊缝 <sup>1)</sup>	8~80	$\Phi 3 \times 40 - 4$ dB	$\Phi 3 \times 40 - 10$ dB	$\Phi 3 \times 40 - 16$ dB
		$\Phi 6$	$\Phi 3$	$\Phi 2$
注：用纵波直探头扫查时，评定线采用 $\Phi 2$ ，定量线采用 $\Phi 3$ ，判废线采用 $\Phi 6$ 灵敏度。				

表16 缺陷等级评定

评定等级	板厚 (mm)	单个缺陷指示长度 (mm)
对接接头 I 级焊缝	8~100	t/4, 最小可为 10, 最大不超过 30
对接接头 II 级焊缝		t/2, 最小可为 10, 最大不超过 30
T 型接头、角接头全熔透焊缝 I 级		t/3, 最小可为 10, 最大不超过 30
T 型接头、角接头全熔透焊缝 II 级		t/2, 最小可为 10, 最大不超过 30
注：t 为母材厚度。		

5.4.2.4 焊缝射线检验（RT）应按照 GB/T 3323 的规定执行。

5.4.2.5 焊缝磁粉检验（MT）应按照 JB/T 6061 的规定执行。

5.4.2.6 进行局部超声波检验（UT）的焊缝，若发现较多非裂纹超标缺陷，即当任意两相邻缺陷间距小于 4 倍板厚，且在 300 mm 范围内缺陷数量超过 5 处时，应扩大一倍检验范围；若发现裂纹，或在加倍检验中仍发现较多超标缺陷，应对焊缝全长进行检验。对于局部射线检验（RT）或磁粉检验（MT）的焊缝，当发现超标缺陷时，应加倍检验。

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

5.4.3 产品试板检验

5.4.3.1 产品试板应与产品同时焊接，其数量应符合下列规定，见表 17。

表17 产品试板数量

序号	焊缝形式	试板数量	备注
1	U肋与顶板连接焊缝	1 组/1 个梁段	检查对接焊缝有效厚度
2	顶板纵向对接焊缝	1 组/1 个梁段	
3	横向对接焊缝（厂内）	1 组/20 条焊缝	
4	桥位梁段间对接焊缝	1 组/5 个接口	顶板、腹板、底板（含斜底板）各做 1 组

5.4.3.2 产品试板应安装于对应焊缝的端部同时焊接。

5.4.3.3 对接接头产品试板焊缝经外观检验、无损检验合格后进行接头拉伸、弯曲和焊缝金属低温冲击试验，试样数量和试验结果应符合本技术规程附录 A 的规定。

5.4.3.4 U 肋与顶板间连接焊缝产品试板焊接后，截取断面对接焊缝进行宏观检验，确定对接焊缝的深度是否达到要求。如设计图没有明确要求，则 U 肋与顶板的对接焊缝深度应不小于 U 肋板厚的 0.75 倍。

5.4.3.5 若产品试板的检验结果不合格时，可在原试板上重新取样再次检验，如检验结果仍不合格，则应先查明原因，然后对该试板代表的焊缝按要求进行处理。

## 5.5 矫正

5.5.1 冷矫的环境温度不应低于  $-5^{\circ}\text{C}$ ，矫正时应缓慢加力，总变形量不应大于变形部位原始长度的 2%。

5.5.2 热矫时加热温度应控制在  $600^{\circ}\text{C}\sim 800^{\circ}\text{C}$ ，不允许过烧，不宜在同一部位多次重复加热。

5.5.3 矫正后的板单元、杆件和梁段等表面不应有凹痕和其它损伤。

5.5.4 单元件和梁段矫正允许偏差应分别符合表 18 和表 19 的规定。

表18 单元件矫正允许偏差

名称	项目	允许偏差 (mm)	示意图	备注	
顶板 底板 腹板	长度、宽度	$\pm 2$		不含预留量	
	对角线相对差	$\leq 4$		S1 为纵肋间距	
	平面度	横向		S1/250	S2 为横肋间距
		纵向		S2/500	
	角变形 $\Delta$	$\leq b/150$			
	板边直线度	$\leq 3$			
纵横隔板接板垂直度	$\leq 2$				
横隔板	高度 H1、H2	$\pm 2$		搭接构造时 $\pm 5\text{ mm}$	
	宽度 B	$\pm 2$			
	板边直线度	$\leq 2$			
	平面度	$\leq H1/250$			
纵隔板	长度、宽度	$\pm 2$			
	对角线相对差	$\leq 4$			
	平面度	$\leq 2$			

表18 (续)

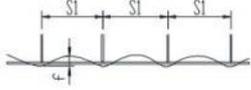
名称	项目	允许偏差 (mm)	示意图	备注
风嘴	长度、宽度	±2		不含预留量
	顶板、导风板平面度 f	≤S1/250 全平面≤4		S1 为纵肋间距

表19 梁段矫正允许偏差

项 目		允许偏差 (mm)	备 注
梁段高度		±2	纵隔板、腹板位置
		±4	其余位置
吊点中心距	横向	±4	
	纵向	±3	
梁段长度		±2	
腹板中心距		±2	梁段端口
顶板宽	2 车道	±5	和相邻梁段顶板宽度相对差≤2 mm
	4 车道	±6	
	6 车道	±8	
横断面对角线差		≤4	端口位置
旁弯		≤5	单个梁段
左右支点(吊点)高差		≤5	
顶板、底板、腹板平面度		S/250 且≤8	S 为加劲肋间距
扭曲		每米≤1 且 每段梁≤8	梁段两端隔板位置测量

5.6 梁段预拼装

- 5.6.1 梁段预拼装应在胎架上进行，胎架应有足够的刚度，基础应有足够的承载力。
- 5.6.2 每一总拼装梁段制造完成后，应进行梁段间的连续匹配预拼装，预拼装梁段数量不应少于 5 个。预拼装检查合格后，留最后一个梁段参与下轮次预拼装，其余梁段进入下一道工序。
- 5.6.3 预拼装的尺寸和线形经检查合格后，应用试孔器检查所有连接螺栓孔，全部螺栓孔应 100% 能够自由通过较设计孔径小 1.0 mm 的试孔器。
- 5.6.4 临时连接件应在预拼装检验合格后安装。
- 5.6.5 预拼装检验应在无日照影响、且梁段各部位温度相差不超过 2℃ 的条件下进行。
- 5.6.6 预拼装允许偏差应符合表 20 的规定。

表20 梁段预拼装允许偏差

项 目	允许偏差 (mm)	备 注	检 测 方 法
预拼装长度 (L)	±2 n	n 为梁段数量，测最两端梁段的两锚箱间距	全站仪、钢盘尺
两相邻梁段吊点距离	±3	测量锚箱间距	用钢盘尺测量
已完成预拼装梁段长度	±20	累加已预拼装梁段的长度	计算

表 20 (续)

项 目		允许偏差 (mm)	备 注	检 测 方 法
相邻梁段间接口 高度、宽度的相对 偏差	高度	$\leq 2$	测量纵隔板、纵腹板、锚腹板位置	用钢盘尺测量
	宽度	$\leq 2$	测量顶板、底板宽度	
梁段中心线偏差		$\leq 2$	梁段中心线与桥轴中心线偏差	用经纬仪测量
桥面高程		+10 - 5	沿桥面中线测量隔板处的高程	用水准仪测量
旁弯 $f$		$3+0.1L_n$ , 且任意 20 m 测长内 $f < 6$	测桥面中心线的平面内偏差。 $L_n$ 为任意 3 个 预拼装梁段长度, 以 m 计。	用紧线器、钢丝 线、经纬仪、钢板 尺测量
纵向加劲接口偏差		$\leq 2$	梁段匹配接口处	钢板尺
桥面板接口偏差		$\leq 1.0$	梁段匹配接口安装匹配件后测量锚腹板、纵腹 板位置	用钢板尺测量

## 5.7 表面清理和涂装

### 5.7.1 钢箱加劲梁涂装体系

应满足设计要求。

### 5.7.2 表面清理

5.7.2.1 表面清理前应对构件外露棱角进行圆角, 圆弧半径不小于 2 mm。

5.7.2.2 去除所有焊接熔渣和飞溅等。

5.7.2.3 钢板、型钢表面的抛丸清理等级应达到 GB/T 8923.1 规定的 Sa2.5 级, 表面粗糙度应达到 RZ30~75  $\mu\text{m}$ 。

5.7.2.4 如果设计文件或图纸对表面抛丸清理等级和表面粗糙度有特殊要求, 应按照设计或业主要求执行。

5.7.2.5 高强度螺栓连接面除锈等级应达到 Sa3.0 级, 表面粗糙度 Rz 应达到 50~100  $\mu\text{m}$ 。

### 5.7.3 涂装要求

5.7.3.1 水性无机富锌防锈底漆、聚氨酯漆、氟碳面漆不允许在环境温度低于 5℃、环氧类漆环境温度低于 10℃的条件下施工, 湿度不能超过 85%。

5.7.3.2 涂装不允许在有风、沙尘、雨天、雾天、雪天环境中施工, 构件表面结露时不得涂装, 钢材表面温度必须高于露点温度 3℃以上, 涂装后 4 小时之内避免受到雨淋。

5.7.3.3 各涂层之间最长暴露时间不应超过 7 天, 如果涂层之间的涂装时间间隔超过 7 天时, 应将涂层表面进行打磨, 使涂层表面形成一定的粗糙面后再进行下一道涂层的涂装。

5.7.3.4 电弧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 的规定。

5.7.3.5 高强度螺栓连接处在涂装前应清除螺栓头部的油污及螺母、垫圈外露部分的皂化膜。

5.7.3.6 现场连接焊缝 50 mm 范围内不涂装, 待现场焊缝焊接完成后和焊缝一起进行手工补涂装。

5.7.3.7 局部损伤的涂层, 应按要求进行手工清理并补涂。

### 5.7.4 涂层检验

- 5.7.4.1 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，允许有不影响防护性能的轻微橘皮、流挂、刷痕。
- 5.7.4.2 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、脱皮等，允许有不影响防护性能的轻微结疤、起皱。
- 5.7.4.3 每道涂层涂完后应检查干膜厚度，出厂前检查总厚度。漆膜厚度的测量可用电子涂层测厚仪、磁性涂层测厚仪或横杆式涂层测厚仪等仪器测量。
- 5.7.4.4 钢箱加劲梁箱外底板和每一侧斜底板各设 2 个测量单元，每侧风嘴内、外表面各设 1 个测量单元，箱外共设 10 个测量单元。箱内底板和斜底板共设 2 个测量单元，箱内顶板设 2 个测量单元，每个腹板设 1 个测量单元，每道纵梁设 1 个测量单元，每道横隔板设 1 个测量单元，标准梁段内表面共 10~16 个测量单元。每个测量单元测 5 点，每个点附近测 3 次，取平均值。钢箱加劲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%；钢箱加劲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%。
- 5.7.4.5 若测量单元的测点涂层厚度不能满足要求，则相应部位加倍检测，加倍检测单元满足要求时只对涂层厚度不满足部位局部加涂，否则对所代表的涂装面全部补涂。
- 5.7.4.6 涂装质量应符合表 21 的要求。

表21 涂装质量检验要求

工序	检测项目	检测手段	检验要求	检测数量	标准
除油	油污 杂质	目测	清除可见油污、杂质	全 面	GB/T 13312
喷砂	清洁度	图谱对照	Sa2.5 (Sa3.0)	全 面	GB/T 8923.1
	粗糙度	表面粗糙度比较 样板或粗糙度测 量仪	Rz=40~60 μm 或 Rz=40~80 μm	全 面	GB/T 13288.2 GB/T 6060.1
涂层	漆膜厚度	测厚仪	达到规定漆膜厚度	见“附注”	TB/T 1527-2011 GB/T 4956-2003
	附着力	划格法	0 级（外表面） ≤1 级（内表面）	每交验批成品构 件抽检1处	GB/T 9286-1998
		拉开法	满足涂料产品说明书规定		GB/T 5210-2006
外观	目测	漆膜颜色与色卡一致，漆膜无 流挂、针孔、气泡、裂纹等缺 陷；铝涂层均匀、致密，无未 熔化大颗粒，无漏喷现象	在每种涂层指干 后全面检查	TB/T 1527-2011	
注：漆膜厚度测量值外表面（内表面）必须满足 90-10（85-15）规则，即所测量值中必须 90%（85%）以上的测值达到规定的厚度要求，另 10%（15%）厚度不达标的测值其厚度不得低于规定厚度的 90%（85%）。					

### 5.7.5 抗滑移试件制作要求

- 5.7.5.1 抗滑移系数试件的制作以每 2 轮预拼装梁段为 1 批，每批代表的吨位不得超过 4000 吨，每批制作 6 组抗滑移试件，其中 3 组用于出厂前检验，3 组用于现场架设吊装前检验。
- 5.7.5.2 抗滑移试件的制作应按 TB/T 2137 的规定执行。
- 5.7.5.3 抗滑移试件与钢箱加劲梁同材质、同工艺、同批制造，并在相同条件下运输和存放。

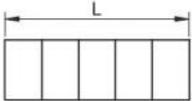
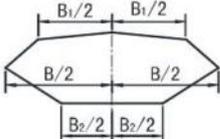
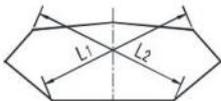
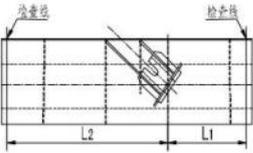
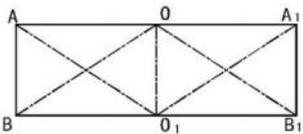
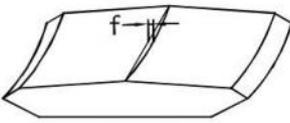
5.7.5.4 抗滑移试件按 TB/T 2137 进行抗滑移系数试验。抗滑移试件的初始抗滑移系数不小于 0.55，架设吊装前不应小于 0.45。

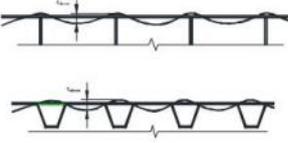
## 5.8 梁段验收

5.8.1 梁段的出厂检验和验收应按相应工程的施工图和本技术规程的相关规定进行。

5.8.2 梁段制造尺寸允许偏差应符合表 22 的规定。

表22 大型箱型梁制造尺寸允许偏差

序号	项 目		允许偏差 (mm)	示 意 图	测 量 方 法
1	梁长	长度L	±2		以梁段两端检查线为基准，用钢盘尺测量长度，合拢段长度根据实测结果确定
2	梁高	边高H	±2		测量两端口，以底部为基准，采用全站仪、钢盘尺测量高度
3	梁宽	梁半宽 B/2	2 车道 ±2.5		在梁段两端口用钢盘尺测量宽度
		顶板半宽 B1/2	4 车道 ±3		
		底板半宽 B2/2	6 车道 ±4		
4	端口尺寸	对角线差  L1-L2	≤6		用钢盘尺测量对角线，检查测量值之差
5	锚箱位置	同一梁段两锚箱高差	≤5		用水准仪测量两锚箱高差
		锚箱距梁段端口距离 L1、L2	±2		用钢盘尺测量锚箱至梁段两端检查线的距离
6	顶板	四角 (A, B, C, D) 水平	±6		用经纬仪测量，测点在两端横隔板上
		相对高差	≤8		
		1/2 对角线 ( A0i-B0 、  A0i-Bi0 ) 差	≤8		
7	旁弯	f	L/2000, 且≤5		L 为梁段长度，用经纬仪、钢直尺测量

8	板面 平面度	横桥向 $f$	$\leq S1/250$		用水准仪、钢直尺测量
		纵桥向 $f$	$\leq S2/500$		

### 5.8.3 梁段出厂或验收时，制造厂应提交以下文件：

- 产品合格证；
- 钢材、焊接材料和涂料的质量证明书及复验报告；
- 焊接工艺评定报告及其它主要工艺试验报告；
- 焊缝重大缺欠修补记录；
- 焊缝无损检验报告；
- 产品试板检验报告；
- 高强度螺栓摩擦面抗滑移系数试验报告；
- 高强度螺栓施拧记录；
- 预拼装检测记录；
- 涂层检测记录；
- 发运清单。

### 5.8.4 梁段有栓接连接时应随梁段发运工地抗滑移系数试验试件。

## 5.9 标识、防护、存放和运输

5.9.1 板块、单元及其它构件、零件，除按规定打零件号钢印外，还应在规定位置涂零件号油漆标记。

5.9.2 钢箱加劲梁梁段在除锈涂装之前，应在规定位置打上梁段号钢印，现场涂装完后，在规定位置涂梁段号油漆标记。

5.9.3 梁段应在涂层干燥后对高强度螺栓连接部位以及无端封板的闭口肋端部进行包装。各种零件如拼接板、嵌补段等应捆扎装箱。

5.9.4 同类板件多层堆放时，各层间支撑垫块应在同一垂直面。其叠层放时不宜过高，防止板件变形或出现安全事故。

5.9.5 梁段存放时，所有的支承点应受力均匀。存放场地应平整、坚固，支承处不应有沉降现象。

5.9.6 若梁段采用船舶运输，装船前应进行稳定性验算，梁段的绑扎固定及运输应符合船舶运输的相关规定。

## 5.10 桥位梁段连接

### 5.10.1 桥位梁段连接施工程序

梁段吊装、调整到位后，连接临时匹配件，进行接口环缝焊接前的匹配定位，然后按照工艺规定的焊接顺序进行接口环缝的焊接，要求如下：

- 腹板嵌补段、顶底板 U 肋嵌补段（拼接板）装配及焊接（栓接）；
- 焊缝无损检验及返修；
- 接口部位补涂装；
- 附属设施安装和钢箱加劲梁外表面最后一道面漆的涂装。

### 5.10.2 桥位梁段焊接

5.10.2.1 桥位的箱外焊接应采取有效的防风 and 防雨措施，湿度超过 80% 或温度低于 5℃ 时应采取火焰烘烤等措施对待焊部位进行除湿和加温，使焊接作业的局部环境达到焊接要求的条件。

5.10.2.2 焊接一般应从桥梁中心线位置向两侧对称施焊，按照从底板、斜底板、腹板、顶板的焊接顺序进行焊接。

5.10.2.3 接口处顶板、底板和腹板的对接焊缝经无损检验合格后，方可进行相应板肋、U 肋嵌补段的组装和焊接。

5.10.2.4 板肋、U 肋嵌补段组装时，相应部位对接焊缝的余高应磨平，磨平范围为板肋、U 肋肢内外各 30 mm。

### 5.10.3 高强度螺栓管理及施工

高强度螺栓管理及施工见 5.3.3 节“钢箱加劲梁工地高强度螺栓连接”。

## 6 钢箱加劲梁安装

### 6.1 施工准备

#### 6.1.1 资料准备

6.1.1.1 钢箱加劲梁安装架设前，应具备以下主要技术资料：

- a) 钢箱加劲梁结构设计图、钢箱加劲梁梁段质量表、钢箱加劲梁安装计算资料；
- b) 桥址水文气象资料及桥头地形地质资料；
- c) 桥塔、桥墩、桥台结构设计图及竣工里程、高程、中线测量、跨度测量等资料；
- d) 钢箱加劲梁制造厂家应提供下列资料：
  - 钢材质量证明书、主要焊缝检验报告及焊缝重大修补记录；
  - 钢箱加劲梁试拼记录，包括钢箱加劲梁轮廓尺寸、螺栓孔重合率、板层间缝隙等；
  - 钢箱加劲梁梁段（包括支座）编号、质量、梁段发送表及拼装部位图；
  - 梁段出厂检验合格证及制造过程中变更设计的梁段竣工图、工程制造图；
  - 梁段间栓接板面出厂时的摩擦系数试验资料。

6.1.1.2 根据设计图纸、桥址自然条件资料、航运要求、结构类型、施工机具、工期要求等因素编制施工组织设计，并进行相应的大临结构设计，宜根据施工组织设计编制施工细则。

6.1.1.2.1 施工组织设计内容如下：

- a) 编制说明和编制依据；
- b) 工程概况；
- c) 施工准备工作；
- d) 施工方案比选及评定；
- e) 施工进度计划；
- f) 物资和设备需求量及进场计划、资金供应计划；
- g) 施工平面设计；
- h) 施工管理机构及劳动组织；
- i) 季节性施工的技术组织保证措施；
- j) 质量管理与质量、安全、环保控制的组织保证措施；
- k) 安全施工组织保证措施（包括技术安全和生产安全）；
- l) 文明施工和环境保护的措施；
- m) 技术经济指标。

#### 6.1.1.2.2 施工大型临时结构设计主要内容

- a) 钢箱加劲梁架设布置总图, 包括架设方法、设备安排及主要工程项目等;
- b) 钢箱加劲梁架设辅助结构, 含膺架、钢箱加劲梁提升设备、塔架、托架、人行道、运输道、码头及其它必要的设施;
- c) 架设过程中钢箱加劲梁的整体稳定性、梁段安装应力、挠度曲线、支点反力和施工荷载的计算;
- d) 关于上述施工结构设计内容, 如设计单位已提供部分内容, 则施工单位应进行复核, 否则由施工单位自行解决。

#### 6.1.1.2.3 施工细则主要内容:

- a) 钢箱加劲梁施工细则;
- b) 各类起吊设备使用细则;
- c) 施工技术安全细则。

6.1.1.3 钢箱加劲梁安装中的临时结构, 应符合现行 GB 50017 的有关规定。在考虑风力影响时, 基本风压值按施工期内当地历年同期发生的最大风速计算, 且不应小于 500Pa。若没有当地风压资料, 可参考现行 JTG/T D60-01 中的风压值。

6.1.1.4 钢箱加劲梁安装架设前, 应对桥塔、墩、台上的垫石高程、中线进行复测, 偏差在允许范围内方可安装架设; 应在桥塔、墩、台上设置水平标和中心标, 测定或复查支座纵横中心位置。

### 6.1.2 施工场地

6.1.2.1 钢箱加劲梁施工场地应根据全桥施工平面图、桥位地形、运输方式、安装架设方法、吊装设备等因素综合考虑。场地位置应靠近桥位, 以减少钢箱加劲梁搬运工作量。场地应有足够面积, 以容纳各种施工机械、临时设施、梁段存放、交通线路等。

6.1.2.2 钢箱加劲梁存放场地应排水良好并具有足够的承载力。梁段存放支撑点应设在不因梁段自重而产生永久变形的地方, 应防止梁段积水锈蚀和栓接板面磨损、污染。

### 6.1.3 大型临时辅助设施

6.1.3.1 大型临时辅助设施主要有以下几种:

- a) 码头。
- b) 支架或膺架。
- c) 临时墩。
- d) 提升站和存梁场地龙门吊机。

### 6.1.4 主要施工机具

6.1.4.1 架设钢箱加劲梁所用施工机具, 应综合考虑架设方法、梁段大小和质量以及起吊高度和回旋半径等因素。

- a) 装卸用机械应根据施工需要选用, 如各种规格的汽车起重机、轮胎起重机、履带起重机、轨道起重机、门式起重机、塔式起重机等;
- b) 架设安装机械根据架设钢箱加劲梁方法的不同而异, 包括但不限于以下几种方式:
  - 地面上安装宜采用移动式吊机、轨道起重机、门式吊机;
  - 悬臂拼装宜采用专用的架梁吊机、跨缆吊机、桥面吊机、大型浮吊、提升梁等;
  - 顶升及水平顶推机械宜采用各种型式、性能、规格的千斤顶。顶落梁可采用 1000~5000kN 液压千斤顶, 油压 40~70 MPa, 顶推行程为 200 mm。水平顶推可采用 1000~2000kN 水平千斤顶。顶落梁所用千斤顶安全系数取 1.5 以上;
- c) 卷扬机具、运输及其它机具包括万能钢索牵引器、50 kN~100 kN 导链滑车、汽车运输工具等。

### 6.1.5 钢箱加劲梁梁段检查

6.1.5.1 钢箱加劲梁进场后，应按设计文件和现行 JTG/T F50 对制造厂家提供的技术资料 and 实物进行查验。

6.1.5.2 钢箱加劲梁梁段现场验收内容应包括但不限于以下内容：

- a) 钢箱加劲梁试拼记录；
- b) 焊缝检查记录；
- c) 钢箱加劲梁外形尺寸；
- d) 外观质量；
- e) 栓接面的摩擦系数。

### 6.2 钢箱加劲梁架设方法

#### 6.2.1 膺架法架设

##### 6.2.1.1 膺架的布置

膺架结构形式主要根据设计、施工、自然条件及其它要求决定，一般有以下两种形式：

- a) 连续布置：在每两段钢箱加劲梁连接处均设置支架作为支撑点，钢箱加劲梁的重量均匀地分布在各个支架上；
- b) 间隔布置：隔若干段钢箱加劲梁设置支架作为支撑点，钢箱加劲梁重量由少数支架承受。

6.2.1.2 在排架式膺架上安装钢箱加劲梁，应根据计算明确膺架基础沉陷和支架变形对调整钢箱加劲梁拱度的影响，并留出调整拱度和起顶钢箱加劲梁的设顶位置。加劲梁可逐节向前安装，并及时上足冲钉和螺栓，冲钉和粗制螺栓总数应不少于孔眼总数的 1/3，其中冲钉不得多于 2/3；孔眼较少的部位，冲钉和粗制螺栓总数应不少于 6 个或将全部孔眼插入冲钉或粗制螺栓。膺架支点应按相应反力设计。

##### 6.2.1.3 墩顶设施布置

###### 6.2.1.3.1 纵横移设施

由上下滑道、滚轴或聚四氟乙烯板和水平千斤顶组成。

6.2.1.3.1.1 下滑道根据反力大小，采用 2~4 片工字钢连成整体，并在两端加焊水平千斤顶受力顶座，表面应加工平整清洁。

6.2.1.3.1.2 上滑道安放在滚轴或滑块的顶面，托住钢箱加劲梁移动，滑道上可用钢垫块来调节千斤顶的高度；

6.2.1.3.1.3 滚轴或滑块宜选用直径 80 mm~140 mm，长度 800 mm~1200 mm 的钢滚轴，或聚四氟乙烯板；

6.2.1.3.1.4 水平千斤顶设在上滑道两端，活塞直接顶在上滑道端头或其它传力结构上，推动钢箱加劲梁左右移动。所需顶力可按支点反力的 5%~10% 估算。

###### 6.2.1.3.2 临时支座

临时支座除需具备足够的强度和刚度外，还应具备互相转换和顶面能随钢箱加劲梁下挠而稍许转动的功能，具体应经设计计算确定。

##### 6.2.1.4 墩顶布置的要求

6.2.1.4.1 支撑垫石顶面钢箱加劲梁支座范围内，应先凿毛凿平。

6.2.1.4.2 墩顶布置的型钢束、钢垫块、聚四氟乙烯板和千斤顶等的规格、数量和安放位置应严格按照设计要求进行。

6.2.1.4.3 新制的型钢束上、下顶面应平整。钢垫块等应预先检查、除去污物，保证接触平整，不符合要求者不得使用。

6.2.1.4.4 钢箱加劲梁底、千斤顶、钢垫块之间接触面均应垫一层石棉板，油顶顶面钢垫块应设置临时支撑，防止碰撞坠落。

#### 6.2.1.5 钢箱加劲梁起步节段的架设长度

应满足在其上面布置架梁吊机的需要，宜为 2~3 个节间。

#### 6.2.1.6 安装顺序

应符合设计要求，并应考虑以下因素：

- a) 吊机的类型、运用方法、起吊能力及最大吊距；
- b) 钢箱加劲梁的运送方法；
- c) 梁段安装应两侧对称进行。

#### 6.2.1.7 安装工艺

6.2.1.7.1 在起吊前检查安装梁段编号是否正确，注意梁段上标示的质量大小及重心位置。梁段宜采用专门吊具，使钢箱加劲梁尽可能保持水平。

6.2.1.7.2 钢箱加劲梁吊装到位后，应在栓孔基本重合的瞬间将小撬棍插入孔内拨正，然后微微起落吊钩，使其它孔眼对合。

6.2.1.7.3 穿入冲钉，确认板缝间无任何杂物后，即拧紧螺栓，同时安装其余螺栓。

6.2.1.7.4 钢箱加劲梁上一梁段与下一梁段的拼接应符合下列要求：

- a) 应具备制造厂的钢材检验、焊缝超声波探伤检查等资料；
- b) 为确保起吊安全和方便对位安装，需设计专用的吊具，并采取措施以方便对位和防止吊点打滑。

#### 6.2.1.8 钢箱加劲梁横移

方式如下：

- a) 横移工作应在支点反力较小的情况下进行，如必须在反力交大的情况下横移钢箱加劲梁，则横移设备不宜集中一处。
- b) 横移通过施加外力法进行。横移装置由竖向千斤顶、横向千斤顶、滑动面、反力座和垫块组成。

#### 6.2.1.9 钢箱加劲梁纵移

钢箱加劲梁纵移常用方法有：施加外力法和温差法，宜优先考虑温差法进行调整。

#### 6.2.1.10 钢箱加劲梁的运送

钢箱加劲梁的运送方式应根据钢箱加劲梁架设的总体方案确定。

### 6.2.2 悬臂法架设

6.2.2.1 在高墩大跨和有通航要求、水深流急的桥位上，宜采用悬臂法安装钢箱加劲梁。桥跨较小宜采用全悬臂拼装；当桥跨较大时，可辅以中间支墩、墩旁托架、吊索等方式进行悬臂拼装；当跨度特小时宜采用跨中合龙的方式进行安装。

6.2.2.2 悬臂拼装架设前的平衡梁拼装应符合设计要求，拼装可采用下列方法：

- a) 在引桥或路基上拼装平衡梁,应自桥头向桥后拼装。当平衡梁和主梁的接头无专门传递剪力的杆件时,主梁端部应设置支点。
- b) 当第一孔钢箱加劲梁在膺架或支墩上拼装主梁作为第二孔的平衡梁时,应符合下列规定:  
 ——膺架顶面支点高程应能使第一孔钢箱加劲梁半悬臂拼装时,前端下挠后不得低于前方桥墩支点顶面;  
 ——在平衡梁与悬拼两连接处的膺架上应设置临时固定支座;  
 ——平衡梁预拱度符合要求后方可栓合,栓合质量符合要求后方可进行下一孔悬臂拼装;  
 ——平衡梁抗倾覆稳定系数应大于 1.3,在第一孔梁临近桥台处应加压重块或用预应力束连接至桥台承台上。
- 6.2.2.3** 平衡梁与悬拼钢箱加劲梁连接处,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。
- 6.2.2.4** 当采用中间临时支架时,支架承托钢箱加劲梁的支点横向宽度,每边加宽不得小于 100 mm。
- 6.2.2.5** 拆除平衡梁应在连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。
- 6.2.2.6** 悬拼钢箱加劲梁安装计算中,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。安装过程中,施工临时荷载及其位置应符合设计要求。当悬臂拼装接近前方桥墩时,钢箱加劲梁上所有临时荷载应进行复查。大跨度钢箱加劲梁全悬臂安装,悬臂端出现较大振荡时,应采取消振措施。
- 6.2.2.7** 悬臂拼装还应符合下列规定:
- a) 梁段之间进行对孔时,宜用数个冲钉均布地插入孔眼,再用小锤锤击冲钉,使孔眼重合,严禁用大锤连续猛击单个冲钉强行过孔或用火焰切割。
- b) 梁段安装对位后,应上足 5%冲钉,30%螺栓,并不得少于验算确定的数量,松钩后立即补足 50%螺栓。螺栓可进行一般拧紧,方可松钩。
- c) 悬臂安装过程中,对钢箱加劲梁的平面和立面位置,应随时测量并填写测量记录和示意图。
- 6.2.2.8** 悬臂安装架梁吊机操作如下要求执行:
- a) 架梁吊机每完成一或二个梁段的架设后在钢箱加劲梁上移动时,吊机位置、前支点起顶、后锚钩安装均应按施工图要求办理。架梁吊机在任何情况下均不得超载起吊。
- b) 悬臂架设过程中,为保证钢箱加劲梁的拱度,前段钢箱加劲梁终拧进度不应落后于拼装的第二个梁段。
- c) 架梁吊机在钢箱加劲梁上移动,吊机轨道必须固定。
- 6.2.2.9** 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) 节点合龙应符合下列原则:  
 ——两悬臂端的高程差值不大于 2 mm;  
 ——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) 每孔最后梁段安装前,应调整钢箱加劲梁平面和立面位置,达到两端钢箱加劲梁平面中线差小于 2 mm。
- 6.2.2.10** 在编制施工组织设计时,应计算在安装荷载作用下,钢箱加劲梁悬臂端变位及由于支点高程变化,梁段增加单位附加力、温度等对悬臂端的变位影响,以便在合龙时根据情况及时采取措施。
- a) 纵横移时,应控制反向的制动千斤顶;
- b) 桥跨合龙后,当钢箱加劲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;
- c) 合龙工作一经开始,应连续不断进行;

## d) 合龙措施如下:

——在无应力状态下合龙,可通过调整支点的高程和利用支点处的纵横移设备,在计算指导下实现合龙;

——如需施加外力牵引梁段合龙,可采用卷扬机、千斤顶等作为动力装置;

## e) 合龙程序如下:

——初调:通过位移调整设施,按预设闭合点的高程和水平位置,对钢箱加劲梁进行第一次位移调整;

——精调:在即将合龙前应对钢箱加劲梁的状态进行检查,必要时作第二次位移调整。

6.2.2.11 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。

6.2.2.12 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箱加劲梁作用的垂直力计入超载系数 1.3 外,并考虑横向风作用在钢箱加劲梁的力。托架反力对墩身的作用也应进行验算,并不得超过墩身的允许承载力;

b) 托架顶面应设活动支座,并安放设有压力表的千斤顶,便于调整该处支点反力;

c) 托架安装完毕,应做承载力试验;

d) 托架应设置适当的防撞措施。

6.2.2.13 悬臂安装采用浮吊时,应符合下列规定:

a) 宜用于不碰撞悬臂的梁段;

b) 应处于流速不大、风力较小、水位较稳的施工时期,处在航道内施工时,应在施工期内改变航道;

c) 浮吊应按规定进行试吊;

d) 浮吊停泊位置应在桥中线下游,必须具有可靠的锚锭设备。

6.2.2.14 悬臂拼装采用缆载吊机时,应符合起重机械有关规定。

### 6.2.3 吊索塔架辅助法悬臂架设

6.2.3.1 根据钢箱加劲梁悬拼跨度的大小和钢箱加劲梁受力的要求,塔架可设计为单层、双层或多层吊索塔架(即单索、双索)。吊索塔架可在钢箱加劲梁上移动,可用于多孔钢箱加劲梁悬拼。当主孔仅一跨时吊索塔架可以固定在桥墩处的钢箱加劲梁上,形成固定吊索塔架。

6.2.3.2 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的 0.4 倍,并应符合下列规定:

a) 塔架纵横向倾覆稳定性计算应考虑下列各项内容:

——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按相关规范定;

——吊索可能出现的不平衡拉力;

——钢箱加劲梁纵横坡度。

b) 吊索张拉方式如下:

——初张拉:吊索塔架安装完毕,宜采用少量起顶塔架的方法,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,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。

### 6.2.3.3 吊索塔架施工

#### 6.2.3.3.1 走行式吊索塔架施工

a) 塔架拼装方式如下:

- 塔架拼装利用塔吊进行,塔吊型号根据塔吊单吊重量确定;
- 吊索架在安装过程中,应用止轮器和临时缆风绳予以固定;
- 在拼装过程中,不得随意扩孔,使用螺栓要符合设计要求。每个螺栓须垫 1~2 个垫圈,丝扣禁止进入钉孔,螺母外侧须留有 1~2 丝;
- 所有新制杆件、紧固件、走行轮销轴、钢轨等都应有出厂合格证、基材检验证、焊缝检验及探伤证明书。技术状况不明确者,严禁使用;
- 塔架为逐节段安装,每安装一个节段,应用经纬仪校对其垂直度与直线度,并将螺栓上足拧紧;
- 吊索塔架拼装质量标准,见表 23;

表23 吊索塔架拼装质量标准

项 目	允许偏差 (mm)
轨距(中至中)	±10
上、下游轨顶高度	<4
吊索架横向宽度误差	±10
吊索架垂直度误差	±1/200H (H 为塔架高度)

b) 挂索作业方式如下:

- 将缆索散开,吊上桥面后平放在钢箱加劲梁顶板上;
- 用塔吊逐根将缆索一端穿入上锚箱内,索体下端部分平铺在顶板平面上。用引伸杆接长吊上下端,配置成挂索的所需长度;
- 下锚箱用塔吊安放在锚箱小车上,并通过锚箱小车移动到适当距离,将吊索及引伸杆逐根穿入下锚箱;
- 下锚箱连同吊索搁置在特制的锚箱小车上,用滑车组固定;
- 挂索工作必须在两侧同时对称进行;
- 双层索的挂索方法同单层索;

c) 走行及就位要求如下:

- 吊索架在钢箱加劲梁专设的轨道上走行,钢轨要铺设平整匀顺,不允许存在轨道脱空现象。走行轨道纵向坡度不能大于 5%;
- 塔架的走行应在无风或微风状态下进行,从吊索架解除锚固开始走行到就位,必须连续作业,吊索架就位后,每侧宜设置不少于 4 对止轮器,并收紧临时缆风绳;
- 吊索塔架走行时,其吊索前后下锚箱均搁置在特制的小车上,走行采用各自独立的牵引设备;
- 在走行过程中为控制纵倾稳定在安全范围内,前后牵引应力求接近。每次走行前对走行车轮注入润滑脂;

d) 吊索初张拉要求如下:

- 收紧过程须对称、均匀;
- 分次起顶塔架,宜按首次起顶 100 mm 测定第一次索力,后续每起顶 50 mm 测定一次索力,

当索力超过 500 kN/束，每起顶 100 mm 测定一次索力，两侧索力误差控制在  $\pm 15$  kN/束以内；

e) 吊索卸载及拆除要求如下：

吊索的卸载、拆除程序与张拉、安装相反。在拆除前，吊索塔架应安装牢固可靠的临时缆风绳，并编制拆除工艺，进行技术交底。

#### 6.2.3.3.2 固定式吊索塔架施工

固定式吊索塔架下部无走行设备，在安装过程中宜采用辅助支撑及缆风绳保持塔柱稳定，其余结构同走行式结构。

### 6.2.4 拖拉架设法

#### 6.2.4.1 施工设计

##### 6.2.4.1.1 稳定计算

钢箱加劲梁在拖拉施工过程中的纵横向抗倾覆稳定系数不得小于 1.3，可采用在钢箱加劲梁前端加装导梁、后端增加压重的方法解决。

##### 6.2.4.1.2 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钢箱加劲梁应力、设计导梁、滑道及支墩等的主要依据，力求准确可靠。

##### 6.2.4.1.3 架梁挠度计算

由以下几部分组成：

- a) 钢箱加劲梁自重、导梁自重、上滑道及机具、人员重量等产生的弹性挠度；
- b) 钢箱加劲梁上拱度引起的前端下挠值；
- c) 拼装式导梁的拼装螺栓与孔眼间隙产生的下挠值；
- d) 以上各挠度值叠加的代数和即为所求的最大挠度值。

##### 6.2.4.1.4 安装应力验算及加固

须对钢箱加劲梁在安装过程中所受施工荷载进行验算，在多风地区架设长跨钢箱加劲梁，还应考虑最大悬臂时的风振问题。

##### 6.2.4.1.5 孔间连接杆件

筒支梁或连续梁多孔连拖时，孔与孔间的临时连接件须按最大受力状态设计，临时杆件应易于拆装，便于反复利用。

##### 6.2.4.1.6 牵引力

6.2.4.1.6.1 滑道坡度值直接影响牵引力的大小，故应在可能的条件下，选择适当的坡度拖拉。滑道宜采用同一坡度拖拉到位。

##### 6.2.4.1.6.2 各种移梁设施的阻力系数

移梁减阻宜采用聚四氟乙烯滑块、钢滑板、辊轴、走轮和坐轮等，每种材料或设备的使用范围、阻力系数计算方法及影响阻力系数的因素均有所不同，应根据具体情况选用。

### 6.2.4.1.6.3 制动牵引力计算

在下坡坡道上拖拉钢箱加劲梁，应在钢箱加劲梁后方安装制动设施控制钢箱加劲梁速度。制动设施所需的牵引力按照如下公式(1)计算：

$$F_{\text{制}} = K(0.4 \times A \times W - \phi Q + nQ) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- A —— 钢箱加劲梁横向受风面积；
- W —— 风荷载强度；
- K —— 增大系数，一般取 3 以上；
- 0.4 —— 横向风力转化为纵向风力的系数；
- Q —— 钢箱加劲梁自重；
- $\phi$  —— 阻力系数；
- n —— 下滑道坡度。

### 6.2.4.1.6.4 牵引方式选择

牵引方式选择可按照如下要求进行：

- a) 单级拖拉：当拖拉距离不长时，可采用一拖到底的单级拖拉。
- b) 多级接力拖拉：当拖拉距离过长，可在中间适当地方设立数个绞车站，每两个站之间设置一个滑车组互相接力，每一滑车组的拖拉距离宜在 200 m~300 m。
- c) 往复式拖拉：将两根钢丝绳由桥梁一端直接拉到另一端，两端各与一个固定的滑车组相连，前端为牵引滑车组，后端为制动滑车组，前后往复运动将钢箱加劲梁拖拉就位。
- d) 推进式拖拉：将动滑车放在钢箱加劲梁后端，定滑车放在前方适当地方，钢箱加劲梁被推着前进。

6.2.4.2 纵向拖拉钢箱加劲梁所用的中间临时支架距离和支架数量应根据计算确定，施工期间应定期测量其沉降量。

6.2.4.3 拖拉施工过程中，应对各经过的临时支架高程进行全面检查。

6.2.4.4 用辊轴减阻，则辊轴硬度不应低于滑道材质的硬度，辊轴直径和数量应根据承重辊轴表面光洁度和滑道间摩擦系数等因素确定，辊轴直径宜采用 70 mm~120 mm。辊轴长度应较滑道宽 200 mm~300 mm，辊轴间净距不宜小于其半径。滑道宜采用钢轨或滑板组成，前后端宜做成 1:5 以下的坡度。

6.2.4.5 纵向拖拉设置的临时支墩，须进行预压。

6.2.4.6 拖拉钢箱加劲梁时上下游两侧的拖拉速度应保持一致，并应设置制动设备。拖拉偏移量小于 50 mm，且钢箱加劲梁前后两端不得同时偏向设计中线一侧。钢箱加劲梁拖拉过程中，应在主梁前端支点到达墩、台后方可停止拖拉。

6.2.4.7 曲线上采用拖拉法架设钢箱加劲梁时，应符合下列规定：

- a) 拖拉中线应取梁跨设计中线(单孔)或取各孔设计中线平均值(多孔)，也可采用接近的梁跨中线，拖拉完毕，移梁就位。
- b) 墩台强度和顶帽宽度应满足架梁要求。
- c) 当墩台需将临时结构加宽时，应考虑其不同的压缩量。

### 6.2.4.8 滑道安装允许偏差

6.2.4.8.1 上滑道安装的允许偏差应符合表 24 规定。

表24 上滑道安装允许偏差

项 目	允许偏差 (mm)
滑道与设计中线偏差	±20
两侧滑道高低差	±10
滑道纵向弯道	无死弯

6.2.4.8.2 下滑道安装的允许偏差应符合表 25 规定。

表25 下滑道安装允许偏差

项 目	允许偏差 (mm)
各段滑道纵向高程	±10
各条滑道中间轨不得高出两侧轨, 也不得低于	2
一段滑道上两侧滑道相对高差	≤10
滑道与设计中线或两条滑道中线相对偏移量	≤2

### 6.2.5 浮运架设钢箱加劲梁

#### 6.2.5.1 浮运架设钢箱加劲梁施工设计

##### 6.2.5.1.1 驳船的施工荷载

钢箱加劲梁可用单只、两只或多只驳船装载, 根据具体情况将各种荷载分配到每只船上进行验算。各种负荷要求如下:

- 垂直荷载包括钢箱加劲梁自重、人员及相关设备重、托架重、船舶自重及加固杆件重和各种压舱物质重量。
- 水平荷载包括风荷载、锚缆拉力、碰靠力。
- 流体压力。
- 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。

##### 6.2.5.1.2 荷载作用点

应按力矩法计算。

##### 6.2.5.1.3 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、船舶应力与加固、锚缆与牵引计算荷载组合及安全系数可参照相关结构设计规范执行。

##### 6.2.5.1.4 浮运稳定计算

要求条件如下:

- 吃水、排水量及两者间的关系曲线, 宜由制船单位提供;
- 浮运稳定系数应大于 2;
- 船舶动稳性宜按风压乘以冲击系数 2 考虑。

##### 6.2.5.1.5 浮船的联结

一般组成浮船的总装重量宜为钢箱加劲梁重量的 2.5~5 倍，或总排水量为钢箱加劲梁重的 3~6 倍。当用两只或三只铁驳并联共同承重时，宜采用 2~4 道联结梁横贯联结。

#### 6.2.5.1.6 托架结构

托架须满足承载要求且不影响人员通行，其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。

#### 6.2.5.1.7 压舱水

压舱水根据船体升降完成架梁的需要来确定。

#### 6.2.5.1.8 浮运牵引和锚锭

##### 6.2.5.1.8.1 阻力计算

船舶所受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）均需按施工期内最大风力、最大水流阻力设计。

##### 6.2.5.1.8.2 拖轮牵引

拖轮马力按如下公式（2）计算：

$$E.P.S=RV/\varepsilon 1000(kW) \dots\dots\dots (2)$$

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）

$\varepsilon$  —— 牵引效率，可取 0.6

拖轮配置根据计算功率需要定，其与运输船之间可采用拖、顶、帮等方式联接。

##### 6.2.5.1.8.3 缆索牵引和锚泊

短距离牵引或锚泊固定时，可采用锚缆和绞车进行牵引或固定。

##### 6.2.5.1.9 避难所

在浮运施工中如遇风力超过 5 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。

#### 6.2.5.2 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；浮运钢箱加劲梁宜逆水进入桥孔。可采用下列方法：

- a) 纵移浮运：钢箱加劲梁沿着与河岸垂直的码头纵向拖拉上船，然后浮运就位；
- b) 横移浮运：在岸边建两座与河道垂直并伸入河中的码头，将钢箱加劲梁沿码头横移至码头端部，浮船驶入两码头间，托起钢箱加劲梁，浮运就位；
- c) 半浮运：钢箱加劲梁一端由浮船承托，一端沿平行岸边的膺架滑道，边浮运边横移使钢箱加劲梁就位，此法用于靠岸边的第一孔架梁；

- d) 浮拖法：与纵移浮运法近似，钢箱加劲梁由正线轨道纵向移出，浮船在桥孔中托梁，边浮边拖使梁就位；

### 6.2.5.3 浮船的隔舱

应作水压试验。

- 6.2.5.4 钢箱加劲梁采用纵移法上船时，随着钢箱加劲梁伸出长度的加大，应及时地从浮船排水保持钢箱加劲梁水平。

- 6.2.5.5 浮运钢箱加劲梁可采用缆绳、绞车牵引或拖轮牵引，并应符合下列规定：

- a) 缆绳、绞车、江中锚锭、岸边地垄等牵引设备，按施工期内可能发生的水位变化、最大风力和最大水流阻力设计。倒换缆绳时，两组浮船中应保持首尾缆绳中各有一根直缆、两根八字形缆绳受力。桥孔上下游布置锚锭和在墩身附设索具应与浮船首尾绞车联系，将浮船绞进桥孔使钢箱加劲梁对位后，浮船注水使钢箱加劲梁落于桥墩上。
- b) 采用拖轮浮运时，拖轮应能平衡风力和水流阻力。拖运浮船至桥孔下游后，改用缆绳、绞车牵引，使浮船平稳就位。拖轮采用顶推或靠帮方式与浮船联系时，应增加辅助拖轮一至二艘系挂牵引缆绳或以其中之一与浮船靠帮。

- 6.2.5.6 浮船进入桥孔时，钢箱加劲梁底面应高于支座顶面 20 mm~30 mm；浮船退出桥孔时，浮船上塔架顶面应在考虑风浪影响后低于梁底 10 mm~300 mm，在潮汐河流地区应掌握涨落潮的时间。

- 6.2.5.7 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。

- 6.2.5.8 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检算，其允许限度应符合表 26 规定。

表26 船体限值规定表

项 目	规定值或允许偏差
纵、横向倾角	$\leq 5^\circ$
水面上干弦高度	$\geq 500$ mm
在风力作用下纵、横向倾覆稳定系数	$\leq 2$

- 6.2.5.9 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。

- 6.2.5.10 浮运时按航道相关管理规定执行。

- 6.2.5.11 浮运架设钢箱加劲梁施工

#### 6.2.5.11.1 锚缆抛设施工

- 6.2.5.11.1.1 抛设位置：抛锚前应准确测量定出抛设位置，并用浮标在水面作出标志。

- 6.2.5.11.1.2 锚着力试验：对布置的锚锭和缆绳，特别是混凝土锚，应进行锚着力试验以确定其是否满足设计需要。

- 6.2.5.11.1.3 锚锭应力调整：锚抛到河床后，必须调整，使其能可靠的锚在河床上，起到锚固作用。

#### 6.2.5.11.2 浮运前的检查

- 6.2.5.11.2.1 航道检查：对浮运经过的航道进行详细探测，充分掌握不同水位时的河床深浅、流速流向，对可以清除的障碍物要及时清除。使船体在最大吃水深及最低水位时，船底应高出河床或其它水下建筑物 600 mm。

6.2.5.11.2.2 系泊设备承载力试验：除已有试验证明的设备外，对自制或性能不明的系泊设备，如绞车、将军柱、卡环等及其固定座应进行拉力试验，确保满足设计需要。试验可用滑车组和绞车分次加载，并用拉力计测定拉力大小，当绞至规定拉力并持续 10 min 后无异状可认为合格。

6.2.5.11.2.3 抽灌水试验：用以测定水泵性能、抽灌速度、隔舱水密性能、船体整体变形和纵向平衡等。

6.2.5.11.2.4 起落梁试验：测定起落幅度、托架的永久变形和弹性变形，校正压舱水量。起落梁应按规定的工艺流程进行，并进行各种测量作好记录。

### 6.2.5.11.3 牵引施工时应注意

6.2.5.11.3.1 驳船宜在桥梁下游横向移动，逆水进入桥孔。横移与桥墩距离不应小于 50 m，在有潮汐的河流中，也应逆潮进入桥孔。

6.2.5.11.3.2 船在移动中的每一位置都须有相应的锚缆与之联结，任何时候联结缆绳数不得少于四根，而与阻力方向的夹角不宜大于 45°。因此在浮运中必须备足缆绳以便互相替换，接力前进。

## 6.3 钢箱加劲梁工地安装

### 6.3.1 钢箱加劲梁工地安装方法

钢箱加劲梁工地安装分为工地焊接和工地高强螺栓连接两种。

### 6.3.2 钢箱加劲梁工地焊接

6.3.2.1 工地焊接质量受风吹、日晒、雨淋、大雾等不利自然条件影响，加上钢箱加劲梁内通风条件有限而影响工人焊接，但是工地焊接直接影响成桥线型和总体质量控制，因此必须严格按技术规程和焊接作业指导书作业。

### 6.3.2.2 工地焊接顺序

焊接顺序应减少焊接变形和有利于焊接应力释放。

### 6.3.2.3 焊接前准备工作

包括但不限于：编写详尽的施工组织设计，如网络进度图、安装工艺细则、焊接施工工艺规程、无损检测工艺规程、人员组织等；准备好临时机具设备、工作台架、焊接设备、通风设备、防风防雨设备、除锈除尘设备、气刨切割工具等；做好动能配置、用电及消防管理工作。此外还应考虑高空、水上作业的复杂性和危险性，抓好安全教育，防止事故发生；应与当地气象、航道、海（航）监部门密切配合，保持必要的联络。

### 6.3.2.4 焊接施工

6.3.2.4.1 工地焊接主要包括环缝、嵌补段及附件的焊接。

6.3.2.4.2 焊接宜采用工艺先进的自动埋弧焊、CO<sub>2</sub> 保护焊，以提高焊缝质量。

### 6.3.2.5 焊接变形控制

6.3.2.5.1 工地焊应采取必要的工艺措施控制焊接变形，应从设计和工艺两方面着手解决：

- a) 设计方面，在保证焊件结构强度的前提下，减小焊缝的尺寸和长度，合理选择坡口形式，避免焊缝集中在狭小区域，焊缝尽可能对称布置。
- b) 工艺方面，应通过选择合理的装焊顺序、合理的焊接顺序、刚性固定法等予以解决。

#### 6.3.2.5.2 选择合理的装焊顺序

装焊顺序对焊件结构变形影响很大，焊接时应先进行环缝对接，再进行嵌补段和附件焊接。

#### 6.3.2.5.3 选择合理的焊接顺序

焊接过程中须做到对称、同时，最大程度地抵消各道焊缝引起的变形，减小结构变形；如焊缝不对称，可先焊焊缝少的一侧，以减小变形。

#### 6.3.2.5.4 采用刚性固定法

可采用重物施压、焊件打码、临时支承、焊接夹具、法兰螺栓等方法。

#### 6.3.2.6 焊接无损检测

工地焊接涉及的无损探伤检测要求按 JTG/T F50 的要求执行。

### 6.3.3 钢箱加劲梁工地高强度螺栓连接

#### 6.3.3.1 高强度螺栓的验收

##### 6.3.3.1.1 高强度螺栓按下述标准验收：

- a) 高强度螺栓连接副由一个 10.9s 高强度大六角头螺栓、一个 10H 高强度大六角螺母和两个 HRC35~45 高强度垫圈组成。
- b) 高强度螺栓、螺母和垫圈的外形尺寸和技术资料应符合 GB/T 1228、GB/T 1229、GB/T 1230、GB/T 1231 的规定外，还应满足各自供货协议书关于扭矩系数平均值为 0.110~0.150 的要求。
- c) 制造厂应按 GB/T 1231 第 6.3 条之规定包装，在包装箱醒目的位置注明规格、批号、数量、生产日期，以便于施工单位储存保管。
- d) 高强度螺栓质量复验：生产厂应以批为单位，提供产品质量检验报告（含扭矩系数）及出厂合格证。
- e) 施工现场按照 GB/T 1231 的规定执行，对高强度螺栓连接副，进行外形尺寸、形位公差、表面缺陷、螺纹参数、力学性能、螺纹脱炭、扭矩系数、标记与包装等检查和复验，并做好记录，不合格产品不得使用。

##### 6.3.3.1.2 外观检查：对螺杆、螺母、垫圈表面有无裂纹，锈蚀脱碳检查。

##### 6.3.3.1.3 型式尺寸，形位公差检查：检查项目有螺杆螺纹的精度，螺杆垂直度；螺母的精度及支承面的垂直度；垫圈的平整度；螺杆、螺母、垫圈的各部位尺寸以及螺杆、螺母能否自由配套等。

##### 6.3.3.1.4 力学性能试验

力学性能试验应包含如下几种试验：

- a) 螺栓的楔负荷试验：主要是检验螺杆轴线与螺母支承面不垂直（夹角  $10^\circ$ ）情况下螺栓的承载能力。
- b) 螺母保证荷载试验：主要是检验在荷载作用下螺母是否脱扣或断裂，以及卸载后，用手能否将螺母旋出（检验变形情况）。
- c) 螺栓的屈服轴力和破坏轴力试验：主要是检验螺栓的强度是否满足规范要求。
- d) 螺杆、螺母、垫圈的硬度试验。

##### 6.3.3.1.5 高强螺栓施拧工艺性试验。

#### 6.3.3.2 高强螺栓施拧工艺性试验

#### 6.3.3.2.1 高强度螺栓施拧前试验工作应符合下列规定：

- a) 扭矩法施工时，根据选用的施拧工具进行螺栓扭矩系数试验。从试验数据求数理统计值作为施拧依据，并符合现行 TBJ 214 的有关规定；
- b) 转角法施工时，确定初拧预拉力后，按板束厚度或层数，根据试验测定螺栓轴力与相应转角（包括偏差限度）之间的关系，作为施拧依据；
- c) 温度、湿度对上述两种施拧方法与工艺的影响应通过试验确定；
- d) 摩擦系数应符合设计和规范要求，用工厂发送的试验板复查摩擦系数，当不符合设计要求时，应查明原因，采取措施后方可施工。

#### 6.3.3.2.2 高强度螺栓施拧方法如采用扭矩法施工，施工前应做好施拧工艺性试验。其内容如下：

- a) 高强度螺栓的扭矩系数；
- b) 施拧扭矩及检查扭矩；
- c) 温度与湿度对扭矩系数的影响试验；
- d) 板面滑动摩擦系数试验：架梁前在工地对板面进行摩擦系数试验，板面滑动摩擦系数  $f$  应大于 0.45；
- e) 施工预拉力及其损失试验；
- f) 紧扣、松扣、复位检查试验；
- g) 施拧时屈服轴力、破坏轴力试验；
- h) 施拧工具标定方法试验。

6.3.3.2.3 施工前，高强度螺栓连接副应按出厂批号复验扭矩系数，每批号抽验不少于 8 套，扭矩系数的其平均值和标准偏差应符合设计要求。设计无要求时平均值宜在 0.110~0.150 范围内，标准偏差应小于或等于 0.010。复验数据应作为施拧的主要参数。

#### 6.3.3.3 高强度螺栓的储存管理

6.3.3.3.1 高强度螺栓入库时应清点检查，按包装箱上注明的规格、批号分类存放。要作好防潮、防尘工作，底层应以木板垫高通风，垫高高度至少 30 cm，靠墙的地方，离墙的距离应大于 30 cm。入库后要建立明细库存表，发放登记表，加强管理。

6.3.3.3.2 螺栓、螺母、垫圈应尽可能保持其原有表面处理状况。保管期内不得任意开箱，防止生锈和沾染污物。

6.3.3.3.3 如确需在螺栓头部写明长度，应在干燥空气条件下进行。开箱后仅在螺栓头部写明长度，不必穿入垫圈拧上螺母配套（此项工作宜在桥上使用螺栓前进行）。每处理完一盒立即封闭一盒，处理完一箱立即封闭一箱。

6.3.3.3.4 高强度螺栓在搬运过程中要轻拿轻放，防止螺纹碰伤。

6.3.3.3.5 高强度螺栓箱外裸露，尤其施拧前在桥上长时间裸露，必将导致扭矩系数发生变化。应根据当天施拧实际需用规格领取足够数量的高强度螺栓；在桥上使用前开箱，用多少开多少箱。没有用完的高强度螺栓立即放入箱中封闭，不允许高强度螺栓在桥上裸露过夜。

6.3.3.3.6 领用高强度螺栓一般不得以短代长或以长代短（控制外露螺栓的露出长度至少一个螺距，但不大于 4 个螺距）。

#### 6.3.3.4 高强度螺栓施拧准备

##### 6.3.3.4.1 高强度螺栓施拧前应做好如下准备：

- a) 摩擦试板的存放条件应与钢箱加劲梁杆件在现场的存放条件相同；

- b) 连接板面的清理：拼装前应清除油迹、污垢，以及孔边、板边的飞边、毛刺和其它附着物。摩擦面必须无任何油漆。如果摩擦面在大气中暴露时间超过 6 个月，必须重新检查摩擦面，对已经变质的摩擦面必须根据设计要求重新处理；
- c) 在拼装部位用醒目的颜色标示出不同规格的高强度螺栓使用区域线，并分别注明规格、数量。但标示线不得侵入高强度螺栓垫圈的范围；
- d) 在钢箱加劲梁拼装时，螺栓插入方向应以便于施拧为主，并应考虑全桥螺帽方向的一致性，应在架梁工艺中作具体规定；
- e) 电动扳手电源应设专用电源线并配稳压器，保证电压稳定。

6.3.3.4.2 高强度螺栓施拧用的电动扳手采用扭矩、轴力仪（以下简称扭轴仪）标定，定扭矩带响扳手采用扭轴仪或挂重法标定（采用挂重法标定应考虑施拧时的惯性力）。标定方法：电动扳手和采用扭轴仪标定的定扭矩带响扳手，用 5 套当天上桥用的高栓进行标定，取其扭矩平均值。表盘式指针扳手分级标定 3 次，取其扭矩平均值。

6.3.3.4.3 拧紧高强度螺栓的电动扳手、带响扳手均需建立履历簿。施拧扳手标定次数为每班上班前和下班后各一次。标定误差规定为上班前标定不得大于规定值的  $\pm 3\%$ ；下班后标定不得大于规定值的  $\pm 5\%$ 。若上班前标定误差大于  $\pm 3\%$ ，应调整至  $\pm 3\%$ ；若下班后标定误差大于  $\pm 5\%$ ，应立即检查并有校正记录。同时对该扳手当班施拧的全部螺栓进行紧扣检查。其他要求如下执行：

- a) 对定扭矩带响扳手和显示扭矩的表盘扳手，应编号使用。对每台电动扳手和控制器，应固定配套编号，不得混杂，使用过程中不得随意调节控制器的旋钮，并指定专人使用；
- b) 电动扳手和定扭矩带响扳手采用扭轴仪标定。表盘扳手采用挂重法标定。每把电动扳手、带响扳手和表盘扳手，要有专人检查校正，建立履历簿，详细登记；
- c) 紧扣法检查用的表盘扳手，使用前必须标定，其扭矩误差不得大于所使用扭矩的  $\pm 1\%$ 。

### 6.3.3.5 高强度螺栓施拧

6.3.3.5.1 高强度螺栓的设计预拉力、施工预拉力应符合表 27 的规定。

表27 高强度螺栓预拉力（kN）

螺栓规格	M22	M24	M27	M30
设计预拉力	200	230	300	370
施工预拉力	220	253	330	407

6.3.3.5.2 高强度螺栓施拧一般分两步进行：先初拧，后终拧。

6.3.3.5.3 初拧、终拧施工应符合以下规定：

- a) 施拧前应检查拼接部位的冲钉和高强度螺栓是否符合规定；
- b) 悬臂拼装时，螺栓只作一般拧紧，当悬挂作业脚手架安装后，螺栓施拧工班再进行初拧和终拧；
- c) 高强度螺栓初拧值，应根据试验确定，一般可取终拧值的 50%；
- d) 初拧完毕的高强度螺栓应逐个用敲击法检查。初拧检查合格后，用白色油漆在螺栓、螺母、垫圈及构件上作划线标记，以便于终拧后检查有无漏拧以及垫圈或螺栓是否随螺母转动。

6.3.3.5.4 高强度螺栓终拧后检查判别如下：

- a) 螺栓、螺母、垫圈之划线均未错动者为漏拧；
- b) 螺栓、螺母的划线未错动者为螺栓随螺母转动；
- c) 螺母、垫圈的划线未错动者为垫圈随螺母转动。

6.3.3.5.5 终拧方法可选用扭矩法或转角法，并在施工中填写记录。具体方法如下：

- a) 转角法：在初拧后的螺杆和螺母面相对位置划一直线，用长扳手或电动、风动扳手将螺母旋至规定角度；
- b) 扭矩法：采用电动或带示功扳手将初拧后的螺母拧紧至规定扭矩，扭矩值应按公式（3）计算：

$$M=K \cdot N \cdot d \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- M —— 扭矩值 (N·m)
- K —— 扭矩系数 (按试验的数理统计值)
- N —— 螺栓施工预拉力 (kN) (设计预拉力的 1.1 倍)
- d —— 螺栓公称直径 (mm)

#### 6.3.3.5.6 高强度螺栓施拧操作的一般规定如下：

- a) 初拧和终拧一般使用电动扳手，不能使用电动扳手的部位，可用带示功扳手施拧。使用带示功扳手施拧时，要注意施力均匀，不得冲击施拧。施拧完毕后用红色油漆在螺母上作出标记。
- b) 高强度螺栓的拧紧顺序，应从节点刚度大的部位向不受约束的边缘方向进行，对大节点则应从节点中央沿杆件向四周进行。
- c) 穿放螺栓前，需将栓孔的尘土、浮锈清除干净。严禁强行穿入螺栓。对于螺栓不能自由穿入的栓孔，应查明原因，及时进行研究处理。处理时，严禁气割扩孔。若绞孔或扩钻应防止钢屑落入板层缝中，处理前应将该孔四周的螺栓全部拧紧。对于经绞孔或扩钻的构件及孔眼位置，应有施工记录备案。
- d) 组装时，螺栓帽一侧及螺母一侧应各置一个垫圈，垫圈有内倒角的一面应分别朝向螺栓帽和螺母支承面。
- e) 不得使用生锈、螺纹损坏、表面潮湿或有灰尘、砂土和表面状况发生变化的高强度螺栓。凡表面状况发生变化的高强度螺栓，应送回生产厂家重新进行表面处理。重新处理后，按原供货要求进行复验，合格后方可使用。
- f) 为防止螺栓在施拧时出现卡游现象，施拧时必须用套筒扳手卡住螺栓头（卡游现象指拧紧螺母时，螺杆跟着转动）。
- g) 温度与湿度对扭矩系数影响很大，当温度与湿度变化较大时，可利用当天使用的高强度螺栓，在扭轴力仪测试系统上标定电动扳手时所得的扭矩系数平均值，调整终拧扭矩。或按下述比例系数公式（5.3.3b）推算各种温度 T（℃）和各种相对湿度 V（%）组合时的扭矩系数，调整终拧扭矩，确保结构安全。
- h) 磷化螺栓： $Y=0.9811-3.1597 \times 10^{-3}T+0.1328V\%$  (5.3.3b)
- i) 桥上当天穿入节点板中的高强度螺栓必须当天初拧或终拧完毕。终拧扭矩检查应在 4 h 以后、24 h 以内进行。雨天不得进行高强度螺栓施拧。
- j) 高强度螺栓经终拧检查合格后，其螺栓头、螺母、垫圈的外露部分应立即涂装（雨天和严寒天气除外），板层尤其是朝上的缝隙应用腻子填缝。
- k) 在每班作业后应对扳手进行复核检查。当发现偏差超过  $\pm 5\%$  时，应复查该扳手已拧螺栓的合格率。

#### 6.3.3.6 施拧质量检查

6.3.3.6.1 施拧质量检查按照《钢结构高强度螺栓的设计、施工及验收规程》（JGJ 82）和《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T F50）的规定进行。

6.3.3.6.2 应安排专人负责施拧质量检查。当天施拧的螺栓当天检查完毕，并作好施工记录。

6.3.3.6.3 检查应符合下列规定：

- a) 主桁节点及纵横梁连接处，每一个螺栓群检查的数量为其总数的5%，每个主桁节点不得少于5个。如未按工艺施拧，应返工重拧后再检查。
- b) 初拧检查，系用0.3 kg小锤敲击螺母一侧，用手按住相对的另一侧，如颤动较大者即认为不合格，应予再初拧。
- c) 采用螺母松扣法检查时，先在螺栓与螺母的相对位置划一细直线作为标记，然后将螺栓拧松，再用扳手拧回原来位置（划线处重合）读得此时扭矩值。
- d) 采用紧扣法检查时，读取刚刚紧扣微小转动的扭矩值；上述扭矩值读数分别与规定值比较，规定值由同法通过试验取得。超拧值及欠拧值均不大于规定值的10%者为合格（注：“规定值”由施工单位试验确定。即对已终拧后的试验件经一定时间，测定螺母松扣法或紧扣法转动的扭矩值，成为检查扭矩值，即规定值。规定值因采用的检查方法与螺母批号不同而有所不同）。
- e) 每个节点抽验的螺栓，不合格数不得超过抽查总数的20%。不合格数超过抽查总数的20%时，应继续抽查直到累计总数80%的合格率为止。
- f) 欠拧的螺栓应补拧，超拧的应更换螺栓重新施拧。

6.3.4 质量标准

钢箱加劲梁安装质量标准应符合表28、表29的规定。

表28 钢箱加劲梁安装质量标准

项目	规定值或允许偏差 (mm)	项目	规定值或允许偏差
吊点偏位	20	吊索防护	符合设计规定
梁顶面高程在两吊索处的高差	20	梁段工地焊接连接	符合设计规定
相邻节段匹配高差	2	加劲梁工地防护	符合设计规定

表29 钢箱加劲梁安装质量标准

项目		规定值或允许偏差 (mm)
吊点平面偏位	纵桥向	±15
	横桥向	±10
吊点锚固面（吊耳中心点）高程	高程误差	±10
	左右误差	10
锚管或吊耳角度误差		1°
纵断面线形		符合设计要求

6.4 钢箱加劲梁支座安装

6.4.1 支座安装前的准备

6.4.1.1 支座进入工地后，施工单位应根据TB/T 1853、TB/T 1893、TB/T 2331对支座的外观尺寸和组装质量进行检查，符合设计要求才能进行安装。

6.4.1.2 支座安装前，应检查桥梁跨距、支座位置及预留锚栓孔位置、尺寸和支承垫石顶面高程、平整度，均应符合设计要求。

- 6.4.1.3 钢箱加劲梁支座安装前应先将支承垫石表面凿毛，支承垫石高度预留 20 mm~40 mm 空间，以保证灌浆的质量。当垫层厚度大于 40 mm 时，应设钢筋网，水泥砂浆强度等级应符合要求。
- 6.4.1.4 支座材质和制造精度应符合设计要求，应有制造厂的成品合格证、供货单位监理签证的铸件探伤记录和缺陷焊补记录及支承密贴性检查记录。
- 6.4.1.5 对支座应做外观检查和组装后的轮廓尺寸复核。钢箱加劲梁支座质量标准及检查方法按 TB 10415 及对新型支座验收检查的有关规定执行。
- 6.4.1.6 支座锚栓安装时必须按锚栓装配图进行仔细核查，严禁漏装。
- 6.4.1.7 制作进场验收、装配以及安装过程应由工地监理参与检查和签证。

#### 6.4.2 固定支座安装

##### 6.4.2.1 固定支座安装应符合下列规定：

- a) 固定支座安装应按设计里程及钢箱加劲梁各墩跨平差后确定固定支座中心里程，调整一联钢箱加劲梁时，应首先使固定支座对位；
- b) 固定支座安装时，上、下摆接触部份应密贴，上摆槽形与下摆弧形部分，其顺桥方向的前后应一致，其公差为  $\pm 1$  mm。当上下摆之间设铰轴承压时，弧面接触应密贴，并证明设置注油槽。

#### 6.4.3 活动支座安装

##### 6.4.3.1 活动支座安装应符合下列规定：

- a) 固定支座定位后，活动支座底板安装应根据设计文件并结合实测梁跨进行，以钢箱加劲梁温度为准。当钢箱加劲梁二期恒载未上足或施工气温不同于设计温度时，应按设计图提供的资料进行计算，确定辊轴和底板的安装位置。底板顺桥方向的安装容许偏差为  $\pm 3$  mm。其余部位偏差根据设计文件规定确定；
- b) 辊轴与下摆及底板之间应密贴，间隙不大于 0.1 mm，辊轴均应与桥中线垂直，辊轴位置偏差不得大于 1 mm；
- c) 当活动支座上下摆采用钢铰轴铸钢，移动部分采用聚四氟乙烯板和不锈钢板，应特别注意移动部分的防尘清洁，严防碰伤污染。滑动面应涂硅脂。不锈钢板轧制方向宜与支座顺桥向一致。当具有可更换的摩擦副时，应予检查是否更换方便。正式支座安装完毕后，应立即设置密封性良好的配有拉门的透明防尘围裙（罩）。

#### 6.4.4 支座底板位能法灌浆

##### 6.4.4.1 支座底板与支承垫石的缝隙填塞可用位能法灌浆，并应符合下列规定：

- a) 钢箱加劲梁调整完毕后，将支座用倒链吊在钢箱加劲梁上，顶起钢箱加劲梁使支座比设计高程稍高，支座底打入钢楔块定位，经全面检查签认后方可进行灌浆；
- b) 支座底板下的定位楔块，应在砂浆强度达到设计强度后取出，并填充水泥砂浆；
- c) 支座底板与支承垫石间的缝隙采用位能法灌浆，落差高度应大于 3 m，水泥砂浆配合比由试验室确定。底板四周封边围板应加撑杆固定，并预留进、出浆管；
- d) 支座锚栓孔用细石混凝土或水泥砂浆分层捣实填塞，锚栓在拧紧螺母后，栓杆顶至少应高出螺母顶面 25 mm，但不得大于 40 mm。

#### 6.4.5 支座安装质量标准

支座安装允许偏差应符合表30 和表31 的规定。

表30 支座安装质量标准

项 目		规定值或允许偏差 (mm)
支座中心与主梁中线		2
支座顺桥向偏位		10
高程		符合设计规定；未规定时±5
支座四角高差	承压力≤5000KN	小于1
	承压力>5000KN	小于2

表31 斜拉桥、悬索桥支座安装质量标准

项 目	规定值或允许偏差 (mm)
竖向支座的纵、横向偏位	5
支座高程	±10
竖向支座垫石钢板水平度	2
竖向支座滑板中线与桥轴线平行度	1/1000
横向抗风支座支挡垂直度	不大于1
横向抗风支座支挡表面平行度	不大于1
支挡表面与横向抗风支座表面距离	2

## 6.5 测量与监测

### 6.5.1 钢箱加劲梁架设过程中的测量工作

6.5.1.1 为保证钢箱加劲梁轴线顺直，拱度符合设计要求，应及时进行钢箱加劲梁安装过程中的测量工作，出现偏差时要及时矫正。

6.5.1.2 钢箱加劲梁中心线、高程、挠度和节段平面对角线尺寸的测量，每拼装一个节段测量一次。为减少日照对钢箱加劲梁旁弯的影响，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。

6.5.1.3 加劲梁横断面测量，每节段测一断面。

6.5.1.4 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。

6.5.1.5 钢箱加劲梁每架完一节段应及时对所有已架钢箱加劲梁各节点拱度进行测量。

## 7 安全与环保

### 7.1 安全措施

#### 7.1.1 制作安全措施

7.1.1.1 天车吊运物体时上面不准站人，其下方不得有人员站立或通行。

7.1.1.2 预拼装、安装使用冲钉时打击力度要适度，周围不能有其它人员，防止冲钉飞出伤人。

7.1.1.3 液态 CO<sub>2</sub> 气瓶不得放在阳光下暴晒、火烤或猛烈撞击，搬运时应装好安全阀，可用车辆运输或放倒滚动。

7.1.1.4 氧气存放区 10 米之内不得有任何明火，也不能用沾有油脂的工具、手套或油污工作服去接触液氧罐和减压器等零件。氧气瓶在搬运中禁止敲击、碰撞，阀门冻结时不得用火烘烤。

- 7.1.1.5 使用溶解乙炔气瓶的现场，乙炔储量不应超过 5 瓶；超过 5 瓶时，应用非燃烧体或难燃烧体隔离；超过 40 瓶时，应建立储瓶仓库。
- 7.1.1.6 乙炔气瓶放置地点不得靠近热源和电气设备，距明火 10 米以外；使用现场应采取措施防止气瓶暴晒；严禁用温度超过 40 度的水或其它热源对瓶体加热；氧气瓶与乙炔瓶的距离不得小于 5 米。
- 7.1.1.7 瓶阀出口处要配置专用减压器（乙炔气瓶要配置回火防止器）。气瓶严禁超压使用，氧气瓶使用压力不超过 1.5 MPa；乙炔气瓶使用压力不能超过 0.15 MPa；开启气瓶要用专用工具，工具、手套上严禁有油。
- 7.1.1.8 瓶内气体不能用尽，必须留有剩余压力。永久气体气瓶的剩余压力应不小于 0.1 MPa，溶解乙炔气瓶的剩余压力应不小于 0.05 MPa；液化气体瓶应留有不少于 0.5%—1.0% 规定充装量的剩余气体。
- 7.1.1.9 凡坠落高度在 2 米或 2 米以上的作业者，必须经医院体检合格，患有高血压、心脏病、弱视、严重贫血或工作前饮酒者，禁止高处作业。
- 7.1.1.10 向外作业时焊接区域要求有效的安全防护措施，防止异物或焊接飞溅等造成下面运行船、车辆和行人等的伤害。
- 7.1.1.11 箱内打磨一律采用风动工具，禁止使用电动工具。
- 7.1.1.12 箱内作业时空气要流通，火焰矫正（或切割）后应及时将焊炬（或割炬）拿出箱外，不得放在箱内。
- 7.1.1.13 箱内或密封空间焊接时要保证空气流通，要有充足的氧气，操作人员不能单独作业。
- 7.1.1.14 箱内照明电压不得超过 36 伏，操作人员不得随意移动照明灯位置。
- 7.1.1.15 X 射线检验地点应设置围栏、屏蔽和警告牌，防止对人员造成伤害。

## 7.1.2 架梁安全措施

- 7.1.2.1 钢箱加劲梁安装开始前，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能使用并应配足、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，合格后方能使用。
- 7.1.2.2 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。
- 7.1.2.3 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。
- 7.1.2.4 水中钢箱加劲梁架设用的膺架应按海事、航道部门的有关规定设置航行标识。
- 7.1.2.5 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。
- 7.1.2.6 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。
- 7.1.2.7 钢箱加劲梁杆件起吊时，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。
- 7.1.2.8 起吊杆件的吊具与杆件棱角接触处应用胶皮垫好。
- 7.1.2.9 在悬臂孔和通航孔的钢箱加劲梁下面，必须挂安全网。其每侧宽度应超出钢箱加劲梁两侧外端，长度应与桥墩相接。不得有漏空或空隙。安全网应拉紧，并宜与钢箱加劲梁面保持较小距离，此时还应距地面、水面等有适当距离。
- 7.1.2.10 在通航桥孔进行悬臂拼装时，应事先与海事、航道部门协商，办理有关事宜。
- 7.1.2.11 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。

- 7.1.2.12 钢箱加劲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。
- 7.1.2.13 桥上应配备消防器材和通信设施。
- 7.1.2.14 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。
- 7.1.2.15 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。
- 7.1.2.16 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。
- 7.1.2.17 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。
- 7.1.2.18 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。
- 7.1.2.19 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。
- 7.1.2.20 架梁吊机从水上吊梁时，应与航道部门保持密切联系，确保架梁及行船安全。
- 7.1.2.21 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。
- 7.1.2.22 钢箱加劲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。
- 7.1.2.23 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。
- 7.1.2.24 箱形下弦杆平面两侧，应特设防护栏杆，栏杆应与弦杆卡牢。不允许在钢箱加劲梁杆件上电焊。
- 7.1.2.25 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。
- 7.1.2.26 拼装钢箱加劲梁上平联时，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。
- 7.1.2.27 钢箱加劲梁架设过程中要有防雷措施。
- 7.1.2.28 钢箱加劲梁空中调整、焊接时，应提前与航道部门沟通，必须有防护措施防止焊渣、切割飞溅物及铁水掉落水面，影响过往船只安全。如接到航道部门通知有运输化学品、易燃易爆品的船只从施工位置下部通过时，应停止作业，保证船只安全顺利通过。
- 7.1.2.29 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箱加劲梁锚固牢靠，吊钩收拢，臂杆与钢箱加劲梁固定。

## 7.2 环境保护措施

- 7.2.1 钢箱加劲梁安装施工应按照“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。
- 7.2.2 钢箱加劲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、边角料及其它物品等应集中回收处理。
- 7.2.3 钢箱加劲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。
  - 应控制施工设备废弃排放符合国家规定的环保标准。
- 7.2.4 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，施工不得损及文物和古迹；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。
- 7.2.5 钢箱加劲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)  
**焊接工艺评定**

**A.1 一般要求**

- A.1.1 焊接工艺评定（以下简称“评定”）是编制焊接工艺的依据。
- A.1.2 评定钢材应与产品牌号和质量相同，评定用焊接材料应与评定母材的强度级别相匹配。
- A.1.3 对已有的评定，如果时限未超过 3 年可不再进行评定。

**A.2 试件规格和评定范围的限定**

- A.2.1 试件长度应根据试样的尺寸、数量（含附加试样数量）等综合考虑，对接接头试件长度一般不小于 600 mm，角接接头和 T 形接头试件长度一般不小于 500 mm，如果考虑备样时可适当加长，组成试件的单件宽度应不小于 200 mm。
- A.2.2 对接接头试板、角接接头和 T 形接头试板，其厚度应根据设计图的连接接头选择有代表性的板厚进行评定试验。评定合格后对满足  $0.75t_0 \leq t \leq 1.5t_0$  条件的产品厚度均有效（ $t$  为产品厚度， $t_0$  为评定试板厚度），但产品的接头形式、坡口形式和钝边尺寸应与评定试板一致。
- A.2.3 单道角焊缝按照每一焊脚尺寸进行评定，多道角焊缝按照选定的热输入评定最小焊脚尺寸的焊接接头，该评定对大于该焊脚尺寸的多道角焊缝在热输入不变时均有效。

**A.3 试验及检验**

- A.3.1 焊缝的外观质量应符合本技术规程 4.4.1 节的规定。
- A.3.2 对接接头试件应全长进行超声波检验，质量等级 I 级，检验等级 B 级，角接接头和 T 型接头的全熔透焊缝亦按此要求进行超声波检验。
- A.3.3 力学性能试验项目、试样数量及试验方法应符合表 A.1 的规定。

**表 A.1 力学性能试验项目、试样数量**

试件形式	试验项目	试样数量 (个)	试验方法	
全熔透对接接头试件	接头拉伸 (拉板)	1	GB/T 2651	
	焊缝金属拉伸	1	GB/T 2652	
	接头弯曲 <sup>1)</sup>	1	GB/T 2653	
	低温冲击 <sup>2)</sup>	焊缝金属	3	GB/T 2650
		熔合线外 1.0 mm	3	
接头硬度	1	GB/T 2654		
全熔透 T 形接头、角接头试件	焊缝金属拉伸	1	GB/T 2652	
	低温冲击 <sup>2)</sup>	焊缝金属	3	GB/T 2650
		熔合线外 1.0 mm	3	
	接头硬度	1	GB/T 2654	

T 形接头角焊缝试件	焊缝金属拉伸 <sup>3)</sup>	1	GB/T 2652
	接头硬度	1	GB/T 2654
<p>注1: 接头弯曲试验的弯曲角 <math>\alpha=180^\circ</math>, 弯心直径按母材标准规定。</p> <p>注2: 板厚小于等于 10 mm 时可以不冲击。</p> <p>注3: 焊脚尺寸 <math>\leq 8</math> mm 时不做焊缝金属拉伸。</p>			

#### A.3.4 力学性能试验结果的判定:

- 若拉伸试验结果(屈服强度、抗拉强度及延伸率)不低于母材标准值,则判为合格;当试验结果低于母材标准值时,则允许从同一试件上再取一个试样重新试验,若重新试验的结果不低于母材标准值,则仍可判为合格,否则判为不合格;
- 接头弯曲试验结束后,若试样受拉面没有裂纹,或仅在棱角处有撕裂且裂纹长度不大于 3 mm,则判为合格;当试验结果未满足上述要求时,则允许从同一试件上再取一个试样重新试验,若重新试验的结果满足上述要求,则仍可判为合格,否则判为不合格;
- 若设计文件未对冲击功作出规定,则应按设计文件中所规定的最低环境温度下冲击功为 27 焦耳。若一组(3 个)冲击试验结果的平均值不低于规定值,且每个试验值都不小于规定值的 70%,则判为合格;当试验结果未满足上述要求时,则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 个试验值的平均值不小于规定值,且低于规定值的试验值不多于 3 个(其中,不得有 2 个以上的试验值低于规定值的 70%,也不得有任一试验值低于规定值的 50%),则仍可判为合格,否则判为不合格;
- 宏观断面的硬度试验要求  $HV \leq 380$ ;
- 力学性能试验结束后,若发现试样断口上有超差的缺陷,应查明产生该缺陷的原因并决定试验结果是否有效。

A.3.5 每一评定应作一次宏观断面酸蚀试验,试验方法应遵照《钢的低倍组织及缺陷酸蚀试验试验方法》GB/T 226 的规定。

A.3.6 不同材质焊接接头的拉伸、冲击、弯曲等力学性能应按性能较低的材质进行评定。

A.3.7 首次使用的钢材和焊接材料应进行评定,已经评定并批准的工艺可不再进行评定,但有下列情况之一时应重新进行评定:

- 钢材的牌号或质量等级由低级别变为高级别;
- 焊接方法或焊接位置发生改变;
- 焊接衬垫发生改变;
- 焊接电流的类型及极性发生改变;
- 焊接电流或焊接电压或焊接速度变化超过 10%,或焊接热输入变化超过 25%;
- 采用 Ar 和 CO<sub>2</sub> 混合气体保护焊接时,CO<sub>2</sub> 的含量变化超过 10%。

#### A.3.8 焊接材料的限定

A.3.8.1 只要焊接材料与评定所使用的焊接材料在标准型号方面一致,力学性能相当,药皮、焊芯和焊剂种类相同,化学成分相同,扩散氢含量等同或更低,评定适用于这些焊接材料。

A.3.8.2 对于手工焊条电弧焊和药芯焊丝气体保护焊,所使用的焊接材料仅仅限定在牌号,当型号相同、牌号不同时,采用原试验工艺焊接 1 块附加试件,附加试件的焊缝金属冲击试验合格时,则允许将有效范围扩大至该焊接材料牌号。

A.3.8.3 在热输入规定的变化范围内,允许改变焊接材料的规格。

#### A.4 焊接工艺评定报告内容

焊接工艺评定报告应包括以下内容：

- a) 母材和焊接材料的牌号、规格、化学成份和力学性能等；
- b) 试件图；
- c) 试件的施焊日期、工艺参数及焊接条件；
- d) 焊缝外观和无损检验结果；
- e) 力学性能试验及宏观断面酸蚀试验结果；
- f) 评定结论及评定人员签字。

**附 录 B**  
**(规范性附录)**  
**修补焊接**

### B.1 修补焊接

适用于钢箱加劲梁母材缺陷和焊接缺陷的修补焊接，补充的焊道或焊层以补偿焊缝尺寸的不足，补焊焊缝表面起伏不平或咬边。

### B.2 钢板切割后目检发现的棱边缺陷修补

见表B.1。

**表B.1 钢板切割边缺陷修补**

序号	缺陷种类	修补方法
1	钢材表面麻坑、划痕等	深度 0.3 mm~1 mm 时修磨匀顺，超过 1 mm 时补焊后修磨匀顺
2	钢材端面局部层状裂纹	深度不超过 5 mm 时，气刨、补焊后，用砂轮修磨匀顺
3	切割边的崩坑、凹陷等	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（留有机加工量，且机加工可以去除的除外）
4	弯曲加工时产生的边缘裂纹	查明原因，提出防止措施，然后清除裂纹，按补焊工艺补焊后修磨匀顺

### B.3 修补焊接环境条件

环境温度不低于 5℃；钢板表面无潮湿且没有暴露于雨、雪之中；风速小于 8 千米/小时；采用气体保护焊时采取防风措施。

B.4 修补焊接采用 SMAW 或 FCAW，焊接材料为低氢型，并且按照已批准的相应焊接方法和焊接位置的焊接工艺进行修补焊接。

B.5 钢板厚度小于等于 30 mm 时，修补焊接最低预热温度和道间温度为 60℃；钢板厚度大于 30 mm 时，最低预热温度和道间温度为 80℃。

B.6 为便于目检和 NDT，必须将修补部位的表面清理干净，使得 QC 和 QA 的检验员能够准确地掌握有关缺陷的特征，必要时表面必须打磨，以便目检和无损检验。

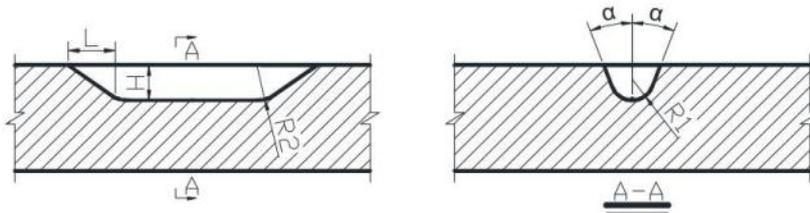
B.7 修补焊接前要确定缺陷的性质，必要时配合打磨或无损检测等措施，保证对缺陷彻底清除。

B.8 清除缺陷的方法为碳弧气刨、打磨或凿槽三种，严禁使用热切割方法凿槽。

B.9 缺陷清理前预热温度不低于 20℃。

B.10 凿槽形状

应符合图B.1 的要求，凿槽坡口面角度  $\alpha$  不小于  $10^\circ$ ，端部倾斜度 H/L 不大于 1:1、根部半径 R1、R2 不小于 6 mm。



图B.1 凿槽形状

B.11 修补焊接前切割表面或凿槽表面必须打磨，使其表面光滑、明亮，必要时采用MT检测缺陷是否清除干净。

B.12 所有钢板的修补焊缝表面必须打磨，使之与母材平齐，与毗连钢板表面平顺过渡。

B.13 所有修补焊缝完成后表面要进行打磨，角焊缝圆顺过渡至母材，对接焊缝与毗连钢板表面平齐。

B.14 所有修补焊缝表面打磨时，最终磨痕方向应和主拉伸应力方向一致。

## 安徽省地方标准

# 公路桥梁钢箱加劲梁制造与安装技术规程

DB34/T 2225-2014

## 条文说明

## 1 范围

本条是本规程的适用范围，主要适用于公路桥钢箱加劲梁厂内制造和工地安装，但需要特别说明的是对于有些特殊要求的桥梁可能不被本规程包含，可制定更适合和详细的技术规程指导施工。

## 2 规范性引用文件

列举了本规程引用的各种规范条款，并通过本规程的引用而成为本规程的条款。凡是注日期的引用文件，仅引用版本适用于本规程，不注明日期的引用文件，其最新版本适用于本规程。

## 3 术语和定义

本条对本规程中常用到的专业术语进行了解释，常见的、不致引起歧义的术语未列出。

## 4 钢箱加劲梁制造

### 4.2.1 一般规定

本条对钢箱加劲梁制造所用到的钢材、焊接材料、涂装材料、高强度螺栓连接副和圆柱头焊钉等材料做了抽样检验的规定，以便了解其质量状况。

### 4.2.2 钢材

为使钢箱加劲梁制造质量得到保证，本条文对钢材复检的批次、存放标识、抽检方法给予了明确规定。

### 4.2.3 焊接材料

本条文规定了焊接材料的复验的批次、存放标识、抽检方法给予了明确规定。

### 4.2.5 圆柱头焊钉

对于圆柱头焊钉的复验，其复验样品数量是参照国际标准 ISO 13918 《电弧螺柱焊用螺柱和瓷环》（《Studs and ceramic ferrules for arc stud welding》），根据每批采购数量的多少对圆柱头焊钉的复验样品数量做了规定，并确定了具体的复验项目。

### 4.3 制造

4.3.3.2 对于焊接的坡口形式规定为由焊接工艺确定，主要是设计图纸中对焊接接头的符号表述不明确标注有误、未考虑焊接施工的可行性而导致无法焊接、或坡口不合理等作出的规定。

4.3.3.4 考虑到桥梁产品使用材料强度级别的提高，不考虑钢材的强度级别而对切割边缘的硬度作出相同硬度值的要求欠妥，因此对零件加工边缘的硬度根据材料强度级别的差异做了不同的要求：名义屈服强度不超过 390 Mpa 时，零件边缘硬度不超过 HV 350；名义屈服强度超过 390 Mpa、小于等于 460 Mpa 时，零件边缘硬度不超过 HV380。

4.3.4.1 过高的矫正温度会使钢材的晶粒粗大，快速冷却可能有些低合金钢会产生不良组织，这些都会影响到钢材的性能，应此规定的热矫正的温度，也不允许用水冷却。

4.3.4.2 检查项目中的“锚管”是指锚箱构造中参与结构受力的钢管，不是指“套管”。

4.3.5.1 冷弯时内侧弯曲半径不小于板厚的 15 倍，是指一般的情况，不包括U肋加工。钢箱梁的U肋加工一般弯曲半径均在 4 倍的板厚左右，在弯曲加工后要对弯曲部位进行检查，不得出现裂纹等。

4.3.9.3 对于T型接头与翼板对应的的引弧板和引出板，在正常的最大热输入情况下焊接，16 mm 的板厚完全能够防止焊穿，也不影响焊接质量，因此规定该厚度不小于 16 mm 即可。

4.3.12.2 对于桥梁用钢焊接环境温度的规定：低合金钢焊接环境温度不应低于 5℃，低碳钢焊接环境温度不应低于 0℃，是为了保证焊缝冷却的速度正常，不至于焊缝冷却的太快而对焊缝的质量产生影响。当不满足此条件的时候应采取相应的加热保温措施，使焊接周围的温度满足此要求。

4.3.12.9 对预热温度测量点位置和预热范围的确定，是参照国际标准 ISO 13916 作出的规定。

4.3.13.1 圆柱头焊钉的工艺评定数量不同于 TB 10212, 参照 AWS D1.5 《桥梁焊接规范》将工艺评定的螺柱焊接数量确定为 20 个，其中 10 个做拉伸试验，10 个弯曲试（仅直径小于等于 22 mm 时做弯曲试验）。同时也规定了复验的条件：试验中有 1 个不能满足要求时，可以从备样中加倍补做 2 个试样，加倍试样应全部满足要求，超过 1 个试样不能满足要求时试验失败。

4.3.13.2 生产过程中每个班或者每天在焊接前应焊接 2 个圆柱头焊钉进行外观和弯曲检验，是为了检验设备是否存在异常和工艺参数是否出现了变化而影响到焊接质量。该试验可以在单独的试板上焊接，也可以直接在产品上焊接。

### 4.4 焊接检验

4.4.2.2 对于T型接头、角接头的部分熔透焊缝的超声波检验，增加了“对接焊缝有效厚度  $\geq 8$  mm”的条件限制，是基于 GB 11345 中超声波检验的最小板厚为 8 mm 而作出的规定，此处所说的对接焊缝有效厚度是指部分熔透 T 型接头、角接头组合焊缝中的对接焊缝厚度。

4.4.3.2 当产品试板由于空间的限制而无法安装在焊缝端部时可不受此要求限制，但要与对应焊缝同条件焊接。

## 5 钢箱加劲梁安装

### 5.1 施工准备

5.1.1.1 资料准备钢箱加劲梁安装施工的基础性工作，应全面到位，规程中列举了一般工程中钢箱加劲梁安装所需要准备的资料，但对于一些有特殊要求的工程，资料应在本规程规定的基础上补充完善后实施。

5.1.3 本规程只列举了 4 种常用的大型临时辅助设施，其它如辅助吊索未列出。

## 5.2 钢箱加劲梁架设方法

钢梁加劲梁架设方法需根据实际条件确定，水上作业时需满足通航要求，跨路口作业时不得影响交通，在制定相应方案时必须提前与交通管理部门联系，办理相应的施工许可后才能实施。

5.2.1.2 在排架式膺上架梁可采用类似悬臂拼装的方法，逐节向前安装，前节在悬空状态下拼装成稳定的三角形，随即上足冲钉与高强度螺栓，然后将前方节点支起。膺架支点应按相应反力设计。

5.2.1.10 施加外力法为用千斤顶或其它顶力设备使钢梁移动至设计位置。温差法为在高温时和低温时进行体系转换，借助于伸缩变形使钢梁移动。起落顶法为通过起落顶使钢梁变形、支点移动，然后转换体系，进行反向操作使钢梁移动，如此反复进行，直至钢梁纵移到设计位置。为增加固定支点的摩擦约束，固定支点加垫石棉板，使其摩擦力大于所有活动支座的摩擦力之和。

5.2.2.3 平衡梁拼装具体要求：

——① 在引桥或路基上拼装平衡梁，应从与主梁相连的端节点开始，自桥头向桥后拼装。当平衡梁和主梁的接头无专门传递剪力的杆件，而为框架结构时，除主梁端节点设置支点外，平衡梁两端节点亦应设置临时支座，必要时可进行支点反力调整。

——② 当用第一孔钢梁在膺架或支墩上拼装主梁作为第二孔的平衡梁时，应符合下列规定：

- a) 膺架顶面支点高程应能使第一孔钢梁半悬臂拼装时，前端下挠后不得低于前方桥墩支点顶面；
- b) 在平衡梁与悬拼梁联结处的膺架上应设置临时固定支座；
- c) 平衡梁拱度符合要求后方可栓合，栓合质量符合要求后方可进行下一孔悬臂拼装；
- d) 平衡梁抗倾覆稳定系数应大于 1.3，在第一孔梁临近桥台处应加重重或用预应力束联结至桥台承台上。

5.2.2.6 安装过程中，施工临时荷载及其位置应符合设计要求。当悬臂拼装接近前方桥墩时，钢梁上所有临时荷载应进行复查。大跨度钢箱加劲梁全悬臂安装，悬臂端出现较大振荡时，应采取消振措施。

5.2.2.9 在施工组织设计中，应事先计算安装荷载作用下，梁悬臂端变位（包括竖直、水平变位和转角）及由于支点高程变化，梁端增加单位附加力、温度等对悬臂端的变位影响，以便在合龙时根据情况及时采取措施。

5.2.2.10 节点铰式合龙：合龙铰包括铰板和铰轴，铰板上有孔眼（铰板上的孔眼尺寸宜由设计图定），并配备大、小直径铰轴各一个（直径大小应由设计图定），插入有困难时，可先插入直径较小的铰轴，再继续调整至能插入直径较大铰轴为止。上、下临时铰合龙后，即可将临时节点板和拉力设备拆除，换上正式节点板。正式节点板的钉孔宜在工厂一次钻成设计孔径。

节间拉杆式合龙：合龙前首先将合龙段一端支点改为活动支承，并利用支点处的调整设施调整闭合端的竖向和横向错位，使闭合节间的长度不大于  $d+\delta$ （ $d$  为节间长； $\delta$  为最大预留空隙值，一般取 30~50 mm），然后装入下弦闭合杆件、拉杆等，杆件一端暂时不装冲钉、螺栓，以便由拉杆精调。拉杆分水平拉杆和斜向拉杆两种，两者结构细节相同，仅长度不同，每个杆件由外杆和内杆组成，并配备铰轴（数量和直径应由设计单位定），通过铰轴及临时拉板与主桥节点相连。安装时先进行粗调，在临时拉杆的长圆孔内插入销子后再用千斤顶进行精调，待内外圆孔重合时立即插入铰轴，然后千斤顶卸载。合龙后立即安装两侧拼接板束和节点板并上足冲钉和螺栓。

5.2.4.1 根据拖拉架梁的特点考虑以下几种地垅形式：

——① 在桥墩台施工时预埋钢板、环扣等锚固件，作为地垅。

- ② 在墩台底部围捆数道钢丝绳，作为地垅，有的直接将千斤绳引上桥墩顶面栓系定滑车，称为“背带千斤绳”此时桥墩受到较大水平力，应检算桥墩的强度和稳定。
- ③ 如桥头为隧道，可在隧道施工时在边墙上预留缺口作为支点，横放工字横梁拴系千斤绳。
- ④ 在牵引力不大并需倒换定滑车位置作较长距离拖拉时，也可将千斤绳栓系在滑道上或便梁上。

5.2.4.8 牵引时钢梁跳跃前进问题解决办法：用滑车组拖拉钢梁，会出现脉冲式跳跃，即起动-加速-减速-停止-再起动的重复现象。当滑车组内钢丝绳拉紧到弹性伸长所需张力时，滑车组总拉力略大于钢梁的起动阻力，钢梁才开始移动。一经起动后，滑道阻力由静摩擦阻力变为动摩擦阻力，而滑车组的起动张力大于钢梁的动摩擦阻力，多余的拉力使钢梁作加速运动，使移动速度大于计算速度，从而使滑车组钢丝绳松弛下垂，弹性回缩张力减小，拉力下降，钢梁随之减速而后停止移动，再待下一次拉紧钢丝绳，重复上述过程。

改善脉冲现象的方法是缩短钢丝绳的总长度（包括受力的千斤绳等），加快卷扬机速度。具体做法是减少滑车组门数，加粗钢丝绳直径、换用大功率滑车组。同时加快卷扬机速度，使钢梁尚未停止时，钢丝绳张力已经恢复到克服动摩擦阻力的程度，可将脉冲跳跃现象减少到不易察觉。

5.2.5.1.5 当用两只或三只铁驳并联共同承重时，应采用 2~4 道联结梁（型钢、扣轨束或方木等）横贯这几只铁驳，用联结件牢固地联在一起，成为一个整体来考虑其稳定性和承载能力。两组浮船横向托运钢梁时，一般直接以钢梁作两组浮船的联结梁，不再另做联结设施。

浮船根据钢箱加劲梁结构形式和支撑要求，根据浮船受力验算进行针对性的加固：

- ① 浮船加固分为总体加固和局部加固。当作用在铁驳上的竖直荷载、水平荷载和扭矩等产生的总应力超过容许应力时，需整体加强铁驳船体的强度。当作用于船体上的局部应力过大，强度不足时，就需局部加固。
- ② 使用货运铁驳作为浮船时，由于钢梁载重大都压在甲板面和集中在铁驳中部，受力情况与平均分布的货物不同，必须通过检算，对船体进行总体加固和局部加固，才能满足架梁需要。

5.2.5.9 浮运前应向当地或中心气象台、水文站联系，了解浮运期内的气象与水情预报。浮运（包括浮拖）工作，宜在风力不大于 5 级、流速不大于设计值和水位涨落预报不超过设计范围时进行。组织专人每天测量水位、流速、风速与风向，切实掌握预报及实测的关系和规律。

5.2.5.10 浮运前检查试验内容：

- ① 航道检查。对浮运经过的航道进行详细探测，充分掌握不同水位时的河床深浅、流速流向，对可以清除的障碍物要及时清除。使船体在最大吃水深及最低水位时，船底应高出河床或其它水下建筑物 600 mm。以拖轮牵引驳船在航道内往返拖运几次，进行各项检查测量，并对参加浮运人员进行实地操作。
- ② 系泊设备承载力试验。除已有试验证明的设备外对自行制作安装或性能不明的系泊设备如绞车、将军柱、卡环等及其固定座应进行拉力试验，确保满足设计需要。试验可用滑车组和绞车分几次加载，并用拉力计测定拉力大小。当绞至规定拉力并持续 10 min 后无异状即可认为合格。
- ③ 抽灌水试验：用以测定水泵性能、抽灌速度、隔舱水密性能、船体整体变形和纵向平衡等。
- ④ 起落梁试验：测定起落幅度、托架的永久变形和弹性变形，校正压舱水量。起落梁应按规定的工艺流程进行，并进行各种测量作好记录。

## 附录B 焊接工艺评定

B2.1 焊接工艺评定试件的长度是为了保证正常取样，包括复验试样，角接接头和T形接头试件长度可以减小到 400 mm。

附录C 修补焊接

C14 如果焊缝表面要求打磨平齐，最终磨痕方向要与主应力方向一致，但过程中的打磨不受此要求限制。