

DB61

陕西省地方标准

DB 61/T 1560.2—2022

公路钢结构梁桥制造安装与质量检验规范
第2部分：安装要求

Specifications for Manufacturing Installation and Quality Inspection of Highway
Steel Bridge - Part 2: Installation Requirements

2022 - 06 - 27 发布

2022 - 07 - 27 实施

陕西省市场监督管理局 发布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 基本要求..... 2

5 钢板梁安装..... 2

6 钢箱梁安装..... 4

7 钢混组合梁安装..... 6

8 工地连接..... 7

9 成桥验收..... 11

前 言

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

本文件是DB61/T 1560《公路钢结构梁桥制造安装与质量检验规范》的第2部分。DB61/T 1560已经发布了以下部分：

- 第1部分：制造要求；
- 第2部分：安装要求；
- 第3部分：质量检测要求。

本文件由陕西省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：中交一公局西北工程有限公司、陕西省交通运输工程质量监测鉴定站、中铁宝桥集团有限公司、浙江国检检测技术股份有限公司、陕西省交通规划设计研究院有限公司、中交第一公路勘察设计研究院有限公司、长安大学。

本文件主要起草人：梁建军、薛平安、李凯、王天林、李剑平、文辉、唐新湖、崔大臣、孙吕红、陈园园、郝良秋、陈才、侯玉平、张伟、薛宏强。

本文件由中交一公局西北工程有限公司负责解释。

本文件首次发布。

联系信息如下：

单位：中交一公局西北工程有限公司

电话：029-63367808

地址：陕西省西安市长安区航天基地北航科技园6号楼三单元

邮编：710000

公路钢结构梁桥制造安装与质量检验规范 第 2 部分：安装要求

1 范围

本文件规定了公路钢结构梁桥安装的术语、定义和基本要求以及钢板梁安装、钢箱梁安装、钢-混组合梁安装、工地连接和成桥验收的要求。

本文件适用于公路钢箱梁、钢板梁、钢混组合梁的工地安装。

2 规范性引用文件

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

- GB 50205 钢结构工程施工质量验收规范
- JTG/T D64-01 公路钢混组合桥梁设计与施工规范
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
- JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
- JTG/T3651 公路钢结构桥梁制造和安装施工规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

零件 part
组成构件的最小单元。

3.2

构件 assembly
由若干零件、板单元或杆件组合而成可独立安装的结构单元。

3.3

梁段 segment
为制造或安装需要而分段设置的构件。

3.4

摩擦面 friction surface
高强度螺栓连接板层之间的接触面。

3.5

抗滑移系数 anti sliding coefficient

高强度螺栓连接中,使连接件摩擦面产生滑动时的外力与垂直于摩擦面的高强度螺栓预拉力之和的比值。

4 基本要求

- 4.1 安装施工前,应根据桥位环境条件、桥梁结构及构件特点,合理选择安装方法,制定专项施工方案。
- 4.2 安装前应按照明细表核对进场的构件,查验产品的质量资料。
- 4.3 安装前应检查钢梁涂层,必要时进行补涂。
- 4.4 安装前应对支架、支承、吊机等临时结构、设备和钢桥结构自身在不同受力状态下的强度、刚度和稳定性进行验算。
- 4.5 安装前应对桥台、墩顶高程、中线及各孔跨径进行复测。
- 4.6 构件组拼前应清除构件上的附着物,摩擦面应保持干燥、清洁,未经允许不应应对构件进行开洞、切割、焊接等作业。
- 4.7 安装过程中,每完成一个吊装节段,应对主梁三维坐标进行测量,误差超过规范允许范围应校正。
- 4.8 对支座与钢梁、垫石采用焊接连接时,应将支座安装完成后进行落梁。对支座与钢梁栓接连接的,将支座与钢梁连接并采用临时支撑就位,再进行支座与垫石的固定。
- 4.9 落梁前后应监控钢梁线形、拱度和平面尺寸,并作记录。当设计文件有特殊要求时以设计文件为准。
- 4.10 构件采用焊接与高强度螺栓混合连接时,宜先初拧高强度螺栓再焊接,待焊缝经检验合格后再进行高强度螺栓的终拧。

5 钢板梁安装

5.1 支架安装

- 5.1.1 地基承载力应满足施工荷载的要求,并应验算支架的强度、刚度和稳定性。
- 5.1.2 支架使用前应经过验收,当地基为非刚性地基时,宜通过预压确认地基承载能力,并消除地基非弹性变形;安装过程中应安排专人观测支架的变形及沉降。
- 5.1.3 安装高程应设预拱度,预拱值宜取恒载 $\pm 1/2$ 活载产生的挠度之和。
- 5.1.4 安装时应采取措施确保支座处螺栓准确就位,使支座与垫石密贴。临时支座顶面应依据梁底纵坡调整角度,使支垫密贴稳定;坡度较大时应应对梁段采取固定措施。
- 5.1.5 支架应具备钢梁就位后平面纠偏、高程及倾斜度调整等功能。
- 5.1.6 支架纵横向线形应与预拱度设置的梁底线形相吻合,同时考虑支架变形的影响。
- 5.1.7 钢梁安装宜减少分段,从一端向另一端顺序安装,并及时纠偏调整,避免误差累积;应严格控制其平面位置和高程,钢梁位置偏差不应超过 10 mm。
- 5.1.8 使用千斤顶顶升、横移、定位钢构件时,应采取保护措施防止构件倾覆。
- 5.1.9 出现钢梁对接接口间隙过大、间隙不均匀及错边量超差等问题时,应通过匹配或定位件等临时工装进行矫正,达到规范要求。
- 5.1.10 支架上焊接时,钢构件定位应预留焊接收缩量 and 反变形量,保证成桥后的桥面标高及横坡满足设计要求。

5.2 顶推安装

- 5.2.1 顶推的方式应根据钢梁的结构特点确定，并对结构的强度、整体稳定性、局部应力、局部稳定性和悬臂挠度等进行计算。
- 5.2.2 当设置导梁时，导梁和钢梁之间宜采用螺栓连接，其长度宜为最大顶推跨度的 0.6 倍~0.8 倍，并具有足够的刚度和强度，拼装线形应与主梁保持一致。
- 5.2.3 顶推过程中的倾覆稳定系数应大于 2，并对支点进行加强，满足局部稳定性要求。
- 5.2.4 多点式顶推施工应在每个支撑墩墩顶均布置两台连续千斤顶，钢导梁到达并支撑于支撑墩，该墩即参与顶推施工。
- 5.2.5 步履式顶推装置需配备三向千斤顶，并根据计算分析确定千斤顶数量、顶升能力及行程。
- 5.2.6 顶推施工应先试顶推，全面检验顶推系统性能，满足要求后方可按照设定的顶推力及行程进行顶推作业。
- 5.2.7 顶推过程中应及时纠偏，并对钢梁的位移和应力进行双控，以支反力控制为主、标高控制为辅的原则进行。
- 5.2.8 顶推施工时应进行施工监控，梁段拼装线形应符合设计要求。
- 5.2.9 最后一次顶推时应采用小行程点动，以便纠偏及精确就位。
- 5.2.10 落梁时，应根据受力情况控制分批落梁次数和落梁顺序。
- 5.2.11 钢梁顶推落位后应利用墩顶布置的微调装置精确就位。

5.3 整体安装

- 5.3.1 一孔或一个大节段钢梁的安装宜在 24 h 内完成。
- 5.3.2 多吊点安装时，应保证各点运动同步偏差在允许范围内；应控制起吊的加速度在 0.1 g 以内。
- 5.3.3 梁体在起落过程中应保持水平；构件起吊高度应超过支座 50 cm，自正上方缓慢下放。临时支承时，支座形式和位置应符合设计规定，各临时支座顶面高差不应超过 4 mm。
- 5.3.4 应根据结构特点和施工技术方法进行施工监控，监控结构的位移、移动速度、关键部位应力应变、结构变形等，并控制在允许范围内。
- 5.3.5 吊具应进行定期检查和探伤检测。

5.4 钢板梁安装实测项目

- 5.4.1 应符合表 1 的规定。

表 1 钢板梁安装实测项目

单位为mm

项次	检验项目		规定值或允许偏差	检验方法和频率
1	轴线偏位	钢梁中线	10	经纬仪：测量 2 处
		两孔相邻横梁中线相对偏位	5	
2	梁底高程	墩台处梁底	±10	水准仪：每支座 1 处，每横梁 2 处
		两孔相邻横梁相对超差	5	
3	连接	焊缝尺寸	符合设计要求	量规：检查全部
		焊缝探伤		超声：检查全部；射线：按设计规定，设计未规定时按 10%抽查，且不少于 3 条。
		高强螺栓检查扭矩	±10%（设计扭矩）	测力扳手：检查 5%，且不少于 2 个

6 钢箱梁安装

6.1 支架安装

- 6.1.1 在支架顶部钢梁的支承处，宜设置具有三维调节功能的装置，该装置应能对钢梁就位后的高程、纵横向平面位置和倾斜度等进行精确调整。
- 6.1.2 预拱度应在全跨范围内采用余弦曲线设置，钢梁加工时应充分考虑预拱度值。
- 6.1.3 钢箱梁块体安装时，应自中间向两侧依次进行，并确保每个块体下方有 4 个支撑点。安装区域设立测量控制网，块体定位采用全站仪，确保定位准确。
- 6.1.4 钢箱梁块体定位精度满足：纵桥向不大于 10 mm，横桥向不大于 5 mm。
- 6.1.5 安装过程中，每完成一个节段的块体就位，应测量其纵横向平面位置、高程和预拱度，不满足设计要求时应及时进行调整。
- 6.1.6 拼装焊接连接的钢梁，宜将节段之间的拼接错台偏差控制在 2 mm 以内，并应严格控制钢梁的平面位置、高程和拱度。
- 6.1.7 钢梁安装完成并连接固定，在落梁就位前，应复测支座的平面位置和顶面高程，并将支座顶面清理干净，确认符合设计要求后方可进行钢梁的落梁就位，钢梁在落梁就位前后均应对其线形、拱度和平面尺寸等进行检查，并应做施工记录。
- 6.1.8 其他要求应符合 5.1 的规定。

6.2 顶推安装

- 6.2.1 钢梁的拼装平台应具备纵坡调整的功能，应使待拼装钢梁节段能与顶推梁体尾端的转角顺接，保证钢梁梁体的线形与制造线形一致。
- 6.2.2 顶推采用的导梁长度宜为顶推跨径的 0.6 倍~0.8 倍，导梁与主梁梁体连接处的刚度应协调，导梁前端的最大挠度不应大于设计规定。
- 6.2.3 导梁全部节间的拼装应平整，其中线的允许偏差不应大于 5 mm，纵、横向底面高程的允许偏差应为 ± 5 mm。
- 6.2.4 采用单点或多点水平千斤顶方式顶推时，顶推滑道的长度应大于水平千斤顶行程与滑块的长度之和，宽度应为滑板宽度的 1.2 倍~1.5 倍；相邻墩滑道顶面高程的允许偏差宜为 ± 2 mm，同墩两滑道高程的允许偏差宜为 ± 1 mm；滑动装置的摩擦系数宜经试验确定。
- 6.2.5 采用单点或多点方式顶推时，实际总顶推力不应小于计算顶推力的 2 倍；
- 6.2.6 其他要求符合 5.2 的规定。

6.3 整体安装

- 6.3.1 钢梁整体安装设备应根据钢梁结构形式、跨径大小、施工方案、工程进度、现场条件等因素选择，数量、性能应满足施工需要。
- 6.3.2 应选择适当的时间段和环境条件进行钢梁安装施工，并应采取相应的技术措施减小环境温度、风、水流等因素对吊装施工的影响。
- 6.3.3 其他要求应符合 5.3 的规定。

6.4 悬臂拼装

- 6.4.1 用于悬拼的桥面吊机等使用前应进行全面安全技术检查，并进行 1.25 倍设计静荷载和 1.1 倍设计荷载的动荷起吊试验，经验收合格方可使用。
- 6.4.2 悬臂拼装按照设计规定的安装顺序施工，并进行全过程应力、变形监控。

6.4.3 长悬臂拼装和合龙施工应考虑风力影响,必要时应设置临时墩、缆风绳等抗风措施,风力6级及以上时不应施工。

6.4.4 对称平衡悬臂施工时,桥墩两侧的节段应对称起吊、平衡受力,最大不平衡力应符合设计规定。单悬臂拼装时,主体结构抗倾覆安全系数应大于2。

6.4.5 钢箱梁梁段内外腹板焊接错边量应小于2mm。

6.4.6 合龙施工应满足下列要求:

- a) 合龙前应完成悬臂端几何形态、环境温度的量测,根据量测结果,确定合龙口高程、间隙和转角,并设定合龙温度;
- b) 合龙方式宜采用温度配切法,并在温度场相对稳定时实施;
- c) 合龙后应及时解除临时固结,进行体系转换;
- d) 施工过程中应监测梁根部、1/4跨、跨中等典型断面应力,每断面测点不少于4个。实测应力偏差为计算应力值的10%。

6.5 支架安装实测项目

应符合表2的规定。

表2 支架安装实测项目

项次	检验项目	规定值或允许偏差 (mm)	检验方法和频率
1	轴线偏位	10	全站仪; 每段 2 点
2	梁段的纵向位置	10	经纬仪; 每段
3△	线形(高程)	符合设计和施工控制要求	水准仪; 每段吊点隔板与桥轴线的交点
4	梁顶水平度	6	水准仪; 测量四角
注: △代表主控项目			

6.6 顶推安装实测项目

应符合表3的规定。

表3 顶推安装实测项目

项次	检验项目		规定值或允许偏差 (mm)	检验方法和频率
1	偏位 (mm)	梁段轴线	<10	全站仪; 每段 2 点
		两跨相邻端横梁中线	<5	全站仪; 每段 2 点
		固定支座处支承中心	简支梁≤10 连续梁≤15	全站仪
2	高程 (mm)	墩台处	<5	水准仪, 每段3点
		两跨相邻端横梁中线	<5	全站仪, 每段2点
		梁段顶面	<10	水准仪, 每段3点

6.7 整体安装实测项目

应符合表3的规定。

6.8 悬臂拼装实测项目

应符合表4的规定。

表4 悬臂拼装实测项目

项次	检验项目		规定值或允许偏差 (mm)	检验方法和频率
1	偏位 (mm)	$L \leq 200 \text{ m}$	< 10	全站仪; 每段2 点
		$L > 200 \text{ m}$	$< L/20000$	全站仪; 每段2 点
		支座处支承中心	< 10	全站仪
2	梁段相邻节段对接错边 (mm)		< 2	尺量
3	高差 (mm)	梁段间或节段间	< 5	水准仪, 每段3点
		梁顶四角	≤ 20	水准仪
4	合龙梁段顶高程偏差 (mm)	$L \leq 200 \text{ m}$	$< \pm 20$	水准仪, 每段3点
		$L > 200 \text{ m}$	$< L/20000$	水准仪, 每段3点
5	梁顶四角高差 (mm)		< 20	水准仪

7 钢混组合梁安装

7.1 支架安装

- 7.1.1 拼装过程中应减少相邻梁段接缝偏差, 在纵、横向及高度方向的拼接错边量应小于 2mm。
- 7.1.2 安装支架设计需充分考虑钢梁、预制板的自重及施工临时荷载。支架顶面标高符合安装线形的要求。
- 7.1.3 塔区支架处钢梁安装时, 需考虑塔壁、吊机回转半径、钢梁外形尺寸的影响。制定合理的安装顺序, 并采取有效的锚固措施, 确保施工期间不偏移。
- 7.1.4 其他要求应符合 6.1 的规定。

7.2 节段吊装

- 7.2.1 梁体吊装前应做好专项方案, 并进行吊装工况下结构应力验算, 注意吊点处变形及局部稳定。
- 7.2.2 钢-混组合梁节段整体安装前, 应全面检查桥轴线偏差、横梁间距、梁高、梁宽及四点不平度等工艺项点, 超差时及时修正, 满足要求后方可参与吊装。
- 7.2.3 吊点应设置在支承线或横隔板位置, 梁上吊点以 4 个为宜。
- 7.2.4 钢梁宜采用吊具吊装, 吊装前对吊点位置进行加固。
- 7.2.5 采用两台起重机联合作业时, 宜选择负荷能力相同或接近的设备, 分配给单台起重机重力不得超过其允许起重力的 80 %, 钢梁及吊具总重力不应高于两台起重机额定起重量之和的 75 %, 并应采取措施保证各起重设备的同步性。

7.3 悬臂安装

- 7.3.1 钢梁悬拼过程中, 严格控制预拱度及轴线偏差, 允许偏差为 $\pm 10 \text{ mm}$ 。
- 7.3.2 钢梁拼装过程中, 应减少相邻梁段接缝偏差, 在纵、横向及高度方向的拼接错边量应小于 2 mm。
- 7.3.3 悬拼安装时需设置预抬量, 以抵消混凝土预制板安装后钢梁下挠。
- 7.3.4 其他要求应符合 6.4 的规定。

7.4 顶推安装

钢混组合梁顶推安装应按照6.2的规定执行。

7.5 钢混组合梁安装实测项目

应符合表5的规定。

表 5 钢混组合梁安装实测项目

项次	检验项目		规定值或允许偏差(mm)	检验方法和频率
1	轴线偏位(mm)	L≤200 m	≤10	全站仪：每段测 2 处
		L>200 m	≤L/20000	
2	相邻节段对接错边（mm）		≤2	尺量：测每段接缝最大处
3	梁锚固点或梁顶高程（mm）	梁段	满足施工控制要求	水准仪：测每个锚固点或每梁段顶面 2 处
		两主梁高差	±20	
4	焊缝尺寸		满足设计要求	量规：检查全部，每条焊缝检查 3 处
5△	焊缝探伤			超声法：检查全部 射线法：按设计要求；设计未要求时按 10%抽查，且不少于 3 条
6△	高强螺栓扭矩		±10%	扭矩扳手：检查 5%，且不少于 2 个
注：L为跨径，计算规定值或允许偏差时以mm计。				

8 工地连接

8.1 焊接环境

8.1.1 气体保护焊作业区的最大风速不应超过 2 m/s；焊条电弧焊和自保护药芯焊丝电弧焊作业区的最大风速不应超过 8 m/s。如果超出上述范围，应采取有效措施保障焊接电弧区域不受影响。

8.1.2 焊接作业区的相对湿度应小于 80 %。

8.1.3 焊接时作业区温度宜不低于 5 ℃；当作业区温度低于 5 ℃但不低于-10 ℃时，应采取加热或防风保温措施，同时应预热焊缝 100 mm 范围内的母材不低于 20 ℃或工艺规定的其他预热温度，并在焊接后缓慢降温。

8.2 焊接接头

8.2.1 焊接前应进行质量检查，并除锈。焊接应在除锈后 12 h 内进行。

8.2.2 焊接坡口尺寸应符合工艺文件要求，坡口组装间隙偏差时，应进行大间隙焊接工艺评定试验，并根据试验结果，确定焊接工艺。

8.2.3 对接接头的错边量不应超过 2 mm。

8.3 焊接工艺

8.3.1 焊接施工前应进行焊接工艺评定，并制定焊接工艺文件用于指导现场焊接，焊接工艺评定的环境应符合工程施工现场的条件。

8.3.2 焊接时，采用使构件变形和收缩量小的焊接工艺和焊接顺序。

8.3.3 梁段就位、固定并经检查合格后，施焊应按顶板、底板、纵隔板的顺序对称进行，梁段间的焊缝经检验合格后，应按先对接后角接的顺序焊接纵向肋嵌补件。

8.3.4 定位焊应距设计焊缝端部 30 mm 以上，其长度为 50 mm~100 mm，间距为 400 mm~600 mm，厚板（50 mm 以上）和薄板（不大于 8 mm）应缩短定位焊间距；定位焊缝的焊脚尺寸不应大于设计焊脚尺寸的 1/2。

8.3.5 定位焊缝不应有裂缝、夹渣、焊瘤等缺陷，对于开裂的定位焊，应先查明原因，然后再清除开裂的焊缝，并在保证构件尺寸正确的条件下补充定位焊。

8.3.6 采用钢衬垫的焊接接头，定位焊宜在接头坡口内进行；定位焊焊接时预热温度宜高于正式施焊预热温度 20℃~50℃。

8.3.7 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。

8.3.8 焊工施焊时应做焊接记录，记录的内容包括件号、焊缝部位、焊缝编号、焊缝参数、操作者、焊接日期等。

8.3.9 多层焊接时宜连续施焊，且应控制层间温度，每一层焊缝焊完应及时清理检查，应在清除药皮、熔渣、溢流和其他缺陷后再焊下一层。

8.4 栓接

8.4.1 高强螺栓连接施工要求

8.4.1.1 高强度螺栓施工应在施工平台上进行，具备安全防护设施。

8.4.1.2 当环境温度低于-10℃、摩擦面潮湿或暴露于雨雪中，应停止高强螺栓施工作业。

8.4.1.3 高处作业应遵守安全作业规程。

8.4.2 高强螺栓连接副的运输和场内保存要求

8.4.2.1 高强螺栓连接副应按批配套进场。

8.4.2.2 高强螺栓连接副在运输过程中，应轻装、轻卸，防止损坏螺纹，并采取防雨、防潮措施。

8.4.2.3 工地存储高强螺栓连接副时，应放在干燥、通风、防雨、防潮、防尘的仓库内，高强螺栓连接副应按包装箱上注明的批号、规格分类保管，室内架空存放。

8.4.2.4 高强螺栓连接副在安装使用前不应随意开箱，以防表面生锈和沾染污物。

8.4.2.5 高强螺栓连接副使用前，应按出厂批号，每批不少于 8 套复验扭矩系数，扭矩系数平均值应在 0.110~0.150 范围内，标准偏差应 ≤ 0.0100 。复验合格后方可使用。

8.4.2.6 高强螺栓连接副的保管时间不宜超过 6 个月，超出 6 个月，应按要求重新进行扭矩系数试验，检验合格后，方可使用。

8.4.2.7 高强螺栓连接副使用中应进行外观检查，表面油膜正常无污物的方可使用。

8.4.2.8 高强螺栓连接副使用时，应核对螺栓直径、长度。

8.4.2.9 高强螺栓连接副使用过程中不应雨淋，不应接触泥土和油污等脏物。

8.4.2.10 安装时，领取相应规格、数量、批号的高强螺栓连接副，当天未使用的连接副，应装回干燥洁净的包装箱内，妥善保管并尽快使用完毕，不应乱放、乱扔，不应使高强螺栓连接副在施工现场过夜。

8.4.3 摩擦面抗滑移系数检验规定

应符合本文件第3部分中附录A的规定。

8.4.4 高强螺栓连接副安装要求

8.4.4.1 高强螺栓连接副应在同批内配套使用，不应改变其出厂状态。

8.4.4.2 拼装前栓接面的涂层应完好无损，涂层出现剥离、严重擦痕，应清除干净后补涂。

- 8.4.4.3 高强度螺栓连接副的安装应在构件中心位置调整准确后进行，摩擦面应保持清洁、干燥，构件连接处钢板表面应平整、无焊接飞溅、无飞边毛刺。
- 8.4.4.4 安装高强度螺栓时应注意垫圈及螺母的正反面，垫圈的正反以垫圈内径处有无倒角来判别，螺母正反以支面有无螺肩判别，垫圈使用要正确，即螺栓头一侧及螺母一侧各置一个垫圈，垫圈有内倒角的一侧应朝向螺栓头和螺母支承面。
- 8.4.4.5 高强螺栓安装时应自由穿入孔内，对不能自由穿入螺栓的孔，应采用铰刀进行铰孔修整，修整后孔的最大直径不应大于 1.2 倍螺栓直径，且修整孔数量不应超过该节点螺栓数量的 25 %。铰孔前应将该孔四周的螺栓全部拧紧，使板层密贴，不应采用气割方法扩孔。铰孔的位置应作施工记录。
- 8.4.4.6 安装施工时，每个节点穿入足够数量的冲钉和安装螺栓，拼装用的冲钉和安装螺栓总数不应少于孔眼总数的 1/3，冲钉不应多于 2/3；不应少于 2 个临时螺栓，冲钉穿入数量不宜多于临时螺栓的 30%，孔眼较少的部位冲钉和安装螺栓数量不应少于 6 个或全部放足，采用扭矩法施拧时，高强度螺栓不应作为临时安装螺栓使用。
- 8.4.4.7 拼装用的冲钉直径应较孔眼设计直径小 0.2 mm~0.3 mm,其长度应大于板束厚度。拼装用高强度螺栓的直径应较孔眼设计直径小 0.4 mm,拼装板束用的普通螺栓直径应较孔眼直径小 1.0 mm。
- 8.4.4.8 高强螺栓紧固后，螺栓外露长度 2 扣~3 扣为宜。
- 8.4.4.9 每个连接面的施拧要严格按照初拧、终拧的顺序进行，上道工序未完，不应进行下道工序。
- 8.4.4.10 扭矩扳手的标定要做到班前、班后双监控，在高强螺栓施工过程中，不应随意调整标定的扭矩值，扭矩扳手应专人负责、专人操作。
- 8.4.4.11 高强螺栓的施拧应在螺母侧施加扭矩，终拧时不应在螺栓头卡固。
- 8.4.4.12 对因板厚公差、制造偏差或安装偏差等产生的摩擦面间隙，应按表 6 的要求处理。

表 6 接触面间隙处理

序号	示意图	处理方法
1		$\Delta < 1.0\text{mm}$ 时不予处理
2		$\Delta = (1.0 \sim 3.0)\text{mm}$ 时将厚板一侧磨成 1:10 缓坡，使间隙小于 1.0mm
3		$\Delta > 3.0\text{mm}$ 时加垫板，垫板厚度不小于 3mm。最多不超过 3 层，垫板材质和摩擦面处理方法应与构件相同

- 8.4.4.13 施工现场设置温、湿度测量仪，详细记录施工环境温度和相对湿度，保证施工条件满足施拧作业要求。
- 8.4.5 高强度螺栓连接副施拧工具要求
- 8.4.5.1 高强度螺栓连接副施拧应使用定扭矩电动扳手，定扭矩电动扳手应进行标定。

8.4.5.2 电动扳手在使用前后都必须标定，标定时要使用同批号螺栓，每次任选3套以上，班前标定的扭矩值不大于终拧扭矩值的±3%，班后标定的扭矩值不大于终拧扭矩值的±5%。如果超过±5%，则必须对该扳手施拧的螺栓重新检查。

8.4.5.3 电动扳手电压要稳定，应根据扳手性能使用稳压电源。

8.4.5.4 施工用的扭矩扳手标定以后，使用者不应改变其扭矩，注意不能碰到控制器；在使用过程中若发现异常情况应及时报告专业人员，由其进行处理。

8.4.6 高强螺栓连接副施拧规定

8.4.6.1 高强度螺栓的设计预拉力、施工预拉力应符合表7的规定。

表7 高强度螺栓的预拉力

序号	性能等级	螺纹规格 d(mm)	M20	M22	M24	M27	M30
1	8.8 s	设计预拉力 P (kN)	125	150	175	230	280
		施工预拉力 Pc(kN)	140	165	195	255	310
2	10.9 s	设计预拉力 P (kN)	155	190	225	270	355
		施工预拉力 Pc(kN)	170	210	250	300	390

8.4.6.2 高强度螺栓连接副的拧紧顺序应从连接板中间刚度大的部位依次向不受约束的边缘进行。高强度螺栓的施拧，应在螺母上施加扭矩。

8.4.6.3 高强螺栓连接副的拧紧应分为初拧和终拧。对于大型节点，应分为初拧、复拧和终拧，初拧、复拧和终拧应在24h内完成。

8.4.6.4 高强螺栓连接副的施拧方法分为扭矩法和扭角法。一般情况下，优先采用扭矩法施拧。

8.4.6.5 采用扭矩法施拧时，拧紧工艺应按以下规定进行：

- a) 高强度螺栓连接副施拧前，应在施工现场按出厂批号分批测定其扭矩系数。每批号的抽验数量应不少于8套，其平均值和标准偏差应符合设计要求；设计未要求时，平均值偏差应在0.11~0.15范围内，其标准偏差应小于或等于0.01，测定数据应作为施拧的主要参数；
- b) 高强螺栓连接副施拧的初拧（复拧）扭矩宜为终拧扭矩的50%，终拧扭矩应按式（1）计算：

$$T_{ch} = K \cdot P \cdot d \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- Tc ——终拧扭矩(N·m)；
- K ——高强度螺栓连接副的扭矩系数平均值；
- Pc ——高强度螺栓的施工预拉力(kN)，见表7；
- d——高强度螺栓公称直径，单位为毫米（mm）。
- c) 施工期终拧扭矩要根据扭矩系数变化分别计算确定。采用表面磷化、皂化处理的高强螺栓扭矩系数随温度升高而降低，厂家提供高强螺栓表面处理工艺其温度对扭矩系数的影响资料时，按厂家资料修正；
- d) 初拧（复拧）后的高强螺栓应在螺栓尾部端面中心经螺母、垫圈和连接板上划一直线标记；
- e) 施拧过程中螺栓跟转，应更换螺栓连接副；
- f) 终拧、初拧（复拧）用不同的颜色在螺母上标记。

8.4.7 高强螺栓防腐涂装要求

8.4.8 高强度螺栓拧紧检查验收合格后，对连接处板缝及高强螺栓连接副外露部分及时进行封闭及涂装处理。

8.4.9 栓接板的搭接缝部位应按 JT/T722 的规定，采用密封材料进行密封处理。

8.4.10 栓接板外露部分及高强螺栓连接副外露部分应按 JT/T722 的规定，清洁处理后按设计文件要求的涂装体系进行防腐。

9 成桥验收

应符合 JTG F80/1 的规定。
