

# 上饶市东岳大桥复线桥及玉丰路隧道工程

## 桥梁工程钢结构制造加工技术要求

### 一、设计概况

东岳大桥复线桥为上承式拱桥，全长 281.62m，全桥设置人行道、非机动车道、机动车道，标准桥宽 13.5m，与东岳路相接处北侧逐渐展宽至 16.075m。桥梁上部结构由 5 跨 43.36m 的拱桥组成，每跨理论跨径为 40m，矢高 5m，矢跨比为 1:8，其中主梁、拱肋、立柱及拱座均采用钢结构。

组合桥面系标准宽 13.5m，局部展宽至 15.488m，由钢-UHPC 组合桥面板与横梁、主纵梁组成，顶面设 2%单向横坡。主纵梁、中横梁、端横梁组成双主梁的梁格体系。钢主梁材质为 Q345qD。拱肋为矩形截面，两侧腹板外包折线形装饰板，拱轴线采用二次抛物线，拱肋立面投影矢高 5.0m，理论跨径为 40m，矢跨比为 1/8，拱肋外倾角为 15°。立柱为箱形截面，桥墩处拱座由板厚 50mm 的承压板与钢锚箱组成，钢锚箱由两侧拱脚（单箱双室不含装饰板）沿拱轴线伸入桥墩。

### 二、总则

1. 本技术要求适用于本工程钢结构桥梁的制作、安装、验收，除本文和设计图另有修正和补充外，均应按照《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650-2020）和《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1-2017）执行。

2. 本技术要求列出了加工报告中必须注意的基本问题和要求。对于钢结构加工中一般性的规程，虽未列出，但均必须严格遵守，不得降低要求。

3. 为了保证质量，钢结构加工制造单位应编制加工制造规则，经评审后，形成统一的、高标准的制造规则，并严格执行。

4. 钢结构制作前，首先应了解结构所处总体位置的道路中心线和边线平面线形、纵断面线形、横坡以及与立柱、支座、桥面排水构造等的关系；了解与相邻结构的衔接形式以及施工方案；了解架桥方案及交通组织要求等。

5. 钢结构在制作时的分段单体，应分别进行成型组装试装，经试装合格后，方可进入现场安装。

6. 钢结构制作安装时应确保线型光滑，分段接口平滑过渡，以满足整桥线条流畅的美观要求。

7. 加工单位必须先对到货供应的钢材和选定的焊接材料，进行完整、系统的试验，提前进

行工艺评定试验。尤其应对工地现场焊接的各种环焊缝，进行工艺试验和评定，取得资料和参数，指导实施部件的加工与拼装。

8. 钢结构在加工制造中，必须对关键性零件，构件的半成品和成品分阶段性进行检查、验收，并做好加工及检查记录以备跟踪和查考。

9. 制造和检验所使用的量具、仪器、仪表等必须由二级以上计量机构检查合格后方可使用，工厂与工地用尺应互相校检，以保证制作安装的精度。

10. 本技术要求中有些未定技术参数应由加工单位经过试验及工艺评定后，再予以确定。

11. 本工程钢结构加工制造，必须严格进行施工过程中的全面质量控制和管理，以确保质量，不留隐患。

12. 工地焊接必须由原制造加工和监理单位实施。

13. 本技术要求列出了主要规范和标准。当各规范和标准的内容有差异时，应取用质量要求高的规范和标准为依据。规范或标准以实行的最新版本为准。

14. 本桥钢结构主要部位与节点，如横梁、主纵梁、钢箱拱肋、立柱、钢混结合段等主体结构各构件在正式加工前，应先制作相应的首件试制。在加工、组装、焊接、矫正、验收合格后，再正式投入大批量生产，以利及时积累数据、发现与处理问题，使在以后批量生产中予以改进。各构件的相应首件的编号选取，将由业主、设计、加工、监理共同商定。加工单位必须先对到货供应的钢材和选定的焊接材料，进行完整、系统的试验，提前进行工艺评定试验。尤其应对工地现场焊接的各种环焊缝，进行工艺试验和评定，取得资料和参数，指导实施部件的加工与拼装。

### 三、规范与标准

1. 《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650-2020）
2. 《公路钢结构桥梁设计规范》（JTG D64-2015）
3. 《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1-2017）
4. 《桥梁用结构钢》（GB/T 714-2015）
5. 《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》（JT/T 722-2008）
6. 《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》（GB/T 709-2019）
7. 《厚板超声波检验方法》（GB/T 2970-2016）
8. 《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》（GB 985.1-2008）
9. 《埋弧焊的推荐坡口》（GB 985.2-2008）
10. 《焊缝无损检测 射线检测 第 1 部分：X 和伽马射线的胶片技术》（GB/T 3323.1-2019）

11. 《焊缝无损检测 射线检测 第 2 部分：使用数字化探测器的 X 和伽马射线技术》(GB/T 3323.2-2019)
12. 《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》(GB/T 11345-2013)
13. 《热喷涂 金属零部件表面的预处理》(GB/T 11373-2017)
14. 《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》(GB/T 8923.1-2011)
15. 《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》(GB/T 13288.2-2011)

以上规范和标准应以实施的最新版本为准。

#### 四、钢材技术要求

##### 1. 规范与标准

钢结构主体采用 Q345qD，其技术条件符合《桥梁用结构钢》(GB/T 714-2015) 的规定。

防撞栏杆采用 Q355C，其技术条件符合《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591-2018)。

附属工程配件等采用 Q235C，其技术指标应符合《碳素结构钢》(GB 700-2006) 的要求。

2. Q345qD 按热机械轧制 (TMCP) 状态交货，其余钢材可按热轧状态交货，并提供生产钢板的性能基础试验的证明资料。

3. -20℃ 的 V 型冲击功纵向不小于 34J；横向不小于 27J。

4. Z 向板：图纸中部分钢板为 Z 向板，其在上述 1~3 条要求基础上，技术标准如化学成分、断面收缩率和检验标准等还需按国家标准《厚度方向性能钢板》(GB/T 5313-2010) 中 Z25 级别执行。要求其硫含量 $\leq 0.007\%$ 。

##### 5. 表面质量

钢板表面质量和表面缺陷的清理应符合《桥梁用结构钢》(GB/T 714-2015) 的规定。钢厂应提供按实际钢板取样进行的化学成分分析，并经总包和监理单位复验。

6. 钢板的尺寸、外形、重量及允许偏差应符合《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》(GB/T 709-2019) 的规定。

7. 为保证钢结构加工、节段拼接的顺利进行，必须保证板端 2m 范围内，在板面横向和纵向不允许有 S 变形或折皱，钢板每米波浪度和瓢曲度偏差在 2~3mm/m 之内，两端各 2m 范围内和顺平整，偏差 2mm/m。

##### 8. 超声波探伤

钢板应按《厚板超声波检验方法》(GB/T 2970-2016) 及下列规定进行超声波探伤检查：

板厚大于等于 20mm，进行 100% 超声波探伤检查；板厚大于等于 12mm，进行 30% 超声波探伤检查；板厚小于 12mm，可不进行超声波探伤检查；探伤质量等级为 III 级。

9. 本桥供货钢板均必须附有钢厂质量证明书。钢结构加工厂必须对钢板进行抽检和复验。钢材应按同一厂家、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。钢材应经钢结构制造加工单位和监理工程师复核合格后方可使用。

#### 五、制造工艺要求、加工准备

1. 钢结构加工单位在承接本工程后，应首先会同建设单位 (业主)、设计单位、工程监理、总包单位讨论确定钢结构安装方案，并据此编制钢结构制作施工工艺组织设计。制造工艺设计内容应包括：编制工艺流程图及总体文件；编制实施性制造规程及细则文件；质量保证及管理文件；验收程序文件等。

2. 制造加工厂在钢板到货下料前，应认真记录各批钢板的炉批号及钢板规格编号。对来料钢板内在质量包括试件及超声探伤和表面质量进行复检。对钢板尺寸、平整度及表面腐蚀或非正常锈腐情况作检查记录，以备查考。

3. 尤其应对钢板二端各 2m 的接头范围内，检查钢板厚度及纵、横变形，做好记录。避免影响接头焊接的接头处理，确保质量。

4. 钢板在切割前，应以矫平等预加工处理，并使其偏差在 1mm/m 范围之内。二端各 2m 范围内和顺平整。钢板经矫平后不得出现折皱、翘曲等影响质量的现象。有异常情况，应进行特殊加工处理。矫平后钢板表面不应有明显的凸痕和其它损伤。必要时应进行局部整修或打磨整平。

5. 主桥钢结构原则上应采用同一厂家的钢板产品。若由于特殊原因需要采用不同厂家的钢材时，必须经过业主、设计和监理方同意。

6. 号料前应检查钢板的牌号、规格、质量。确认无误合格后，方可号料。号料后对主要零、部件应做好材料牌号，板号 (炉、批号) 标记的移植，以便材料跟踪。剩余的钢板亦须标明钢材牌号与板号。

7. 主要部件的零件下料时，应尽量使其受力方向与钢板的轧制方向一致。当钢板纵向、横向机械性能相近并满足设计基本要求时，可不受此限制。

8. 号料前应清除钢材表面油污、氧化皮等污物，并根据涂装方案决定是否涂车间底漆。车间底漆干膜厚度 20~30 $\mu\text{m}$ 。钢梁顶面机动车道和非机动车道、人行道位置在工厂只做车间底漆。

9. 本桥主要构件的材料跟踪部位为：拱肋顶底板及腹板、；纵梁顶底板及腹板；中横梁顶底板及腹板；端横梁顶底板、腹板、支座加劲等处；横系梁顶底板及腹板；立柱顶底板及腹板；中墩及桥台钢混结合段顶板、底板、腹板等。

10. 号料必须采用经检验的“标准尺”丈量。号料所划的切割线必须准确清晰。号料尺寸允许偏差为 $\pm 1\text{mm}$ 。

11. 钢箱拱按设计曲线制造，不得以折代曲。

## 六、零件加工、组装

1. 各类钢结构部件的零件，原则上应采用气割切割。并优先考虑精密切割、仿形切割、数控自动切割、等离子切割等方法。手工切割只能用于次要零件或手工切割后还要再进行加工的零件。本桥钢板一律不允许进行剪切切割。

### 2. 气割切割的工艺要求

应对不同的板厚及温度条件进行切割前预热，应验证制造工作的热量控制技术并保证：火焰切割面无裂纹；局部硬度不超过 HV350；无其它危害结构使用性能的缺陷。

3. 所有引弧板与灭弧板的表面，均应磨光，彻底去除氧化皮。引板的材质、厚度、坡口应与所焊件相同。

4. 所有零件在组装前都应进行尺寸检查。合格后，方可组装。边缘加工后的零部件加工尺寸允许偏差应符合《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650-2020)的要求。

5. 各类焊缝坡口型式应按本桥设计图纸、焊接工艺以及相应规范的要求，认真检查允许偏差。合格后，方可组装施焊。

6. 当钢板尺寸不足需要进行拼接时应考虑将焊缝位置错开。焊缝间的最小距离一般不得小于 10~12 倍板厚。并满足《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650-2020)的要求。

### 7. 节段组装

① 节段组装精度对整个桥梁的质量影响极其重要，对构件应考虑必要的防止变形的措施，如设置临时隔舱板等构造，确保接头尺寸精度；

② 为提高节段组装的精度，制造厂应编写各种钢结构节段制造工艺。其内容应包括：胎架结构，装配方法，焊接顺序，检查方法等，并征得监理部门的许可。

③ 节段制造中应尽量减少临时连接码板，力争“无码”。在焊接临时码板时，应避免对母材产生咬边及弧坑。拆除临时固定码板时，应用气割切除，并保留适当余量，再用砂轮机打磨平整。不允许锤击拆除。

④ 制造各节段的零件、部件编码应记录清楚节段的部位和各阶段的报验单，并提交监理单位审核认可。

8. 各部件组装的节段，事先应对纵、横、竖向的各种拼缝位置结合钢材规格进行对接拼缝位置设计。各钢结构节段的各类对接拼缝的位置应尽量上、下、左、右、前、后错开，避免出现不必要的通缝。

9. 组装允许偏差应符合《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650-2020)的规定。拱肋的组装允许偏差参照“箱形梁组装允许偏差”。

## 七、焊接

### 1. 焊接材料及辅助材料

本桥使用的焊接材料如：焊丝、焊剂等应符合相应规范的有关规定。使用的焊丝、焊剂焊接后，其熔敷金属的屈服强度 ( $\sigma_s$ )，极限强度 ( $\sigma_b$ )，延伸率 ( $\delta_5$ ) 及冲击韧性应与母材匹配相当，并不低于母材的各项机械性能，保证焊接接头（包括焊缝热影响区、融合区组成）的各项性能与母材相匹配并不低于母材。

应根据实际施工工况综合考虑合理选择适宜的焊接材料及工艺措施，有效防止焊接裂纹；对于厚度（较厚钢板） $\geq 30\text{mm}$  的钢板，应选用扩散氢含量小的超低氢焊条（气相色谱法测试，不大于 5ml/100g）。

焊接材料应由钢结构加工单位根据母材钢板的技术要求和性能来选用焊丝和焊剂，并事先经过工艺评定试验。

对二氧化碳气体保护焊， $\text{CO}_2$  气体纯度应 $\geq 99.9\%$ 。其相应的焊接材料亦应由焊接加工单位事先做好工艺试验和评定。

### 2. 焊接坡口型式

手工电弧焊的坡口型式需满足《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》(GB 985.1-2008)要求。埋弧焊的坡口型式需满足《埋弧焊的推荐坡口》(GB985.2-2008)要求。

### 3. 焊接工艺要求

A、所有的焊接，均应按照批准的焊接工艺评定试验要求进行，若存在与焊接工艺要求不一致的变化，需重新进行焊接工艺评定试验。

B、焊工必须熟悉工艺要求，明确焊接工艺参数。

C、制造单位应根据设计图纸和加工技术要求，编制工厂焊接的工艺文件。

D、定位焊

定位焊应与正式焊缝一样的质量要求。定位焊前，必须按施工图及工艺文件检查焊件坡口尺寸、根部间隙等，如不符合要求，不得进行定位焊。定位焊长度、间距及焊脚高度应符合有关规范标准的要求。在正式焊接前，应检查定位焊缝有无裂纹，确无裂纹后才能正式焊接。制造单位应根据有关规范标准，制定严格的焊接材料的保存、领用、烘干、存放制度，以便对主要焊缝进行焊材跟踪。

#### E、焊缝清理

接缝的清理范围为拼接端面和沿接缝两侧各宽 25 毫米的表面。当角焊缝为单面连续焊时，可仅对其拼接进行焊接的一面进行清理，位于封底焊一面的接缝两侧可以在封底焊前进行清理，但接缝的端面必须在焊接主焊缝前进行清理。

在接缝的清理范围内，必须清除水、锈、氧化物、油污、泥灰及熔渣，如果有影响焊接质量的涂料也要清除。主要构件的接缝应用风动砂轮，钢丝轮或钢丝刷进行清理，直至清理范围内呈现金属光泽。

经装配、清理后的接缝，如不能及时焊接，并因气候或其他原因影响面积水、受潮生锈时，在焊接前应重新清理。采用碳弧气刨加工坡口的接缝，如坡口中有粘碳，则应将粘碳处刨净。

F、板厚差 $\geq 4\text{mm}$  的对接缝必须按 1: 8 进行削斜过渡。

G、焊接环境温度不应低于  $5^{\circ}\text{C}$ ，低温焊接操作，为保证焊接质量，应采取如下措施：在露天的平台，胎架及结构施工范围内，必须设置防止风、霜、雨、雪侵袭的措施，如挡板、蓬棚等。焊接前应清除沿接缝两边宽度为 100~200mm 处的霜、冰、雪及其他污物，并用氧—乙炔火焰烘干。

H、采用自动焊焊接的接缝，应在接缝始末两端分别装上引弧板和引出板，其尺寸应不小于  $80 \times 80\text{mm}$ ，厚度应满足不致在引弧和熄弧时焊穿，引、熄弧板应采用同材质同坡口的材料。

I、采用埋弧自动焊时，原则上应在装配好的当天焊完，并严格控制装配间隙，一般不超过 1~1.5mm。

J、本工程中主要构件板的横向对接焊缝，其焊缝增强量必须 $\leq 1.5\text{mm}$ 。底板为疲劳受力部位，要求对底板横向对接焊缝（工厂和工地焊缝）进行打磨；最后一道打磨方向应与受力方向一致，严禁与受力方向垂直打磨，以利焊缝疲劳，焊缝打磨要保证焊缝增强量平滑过渡到母材表面。

#### K、焊缝返修

采用埋弧自动焊，半自动焊进行焊缝返修时，必须将清除部位的焊缝两端刨成大于 1: 5 的斜坡，再进行焊接。返修后的焊缝应打磨匀顺，并按质量要求进行复检。返修焊次数不宜超过二次。

#### 4. 工地焊接

A、钢梁工地连接采用全焊接工艺。制造加工单位在梁段制造加工时必须根据预先工艺评定的参数，预留一定的变形量和收缩量，确保结构三维尺寸及精度，防止钢构件出现难以拼装或误差较大的现象。

B、工地焊接必须采取措施对母材焊接部位进行有效的保护，配置合适的防风、防潮设备和预热去潮的设施，在符合工艺的条件下，方可进行焊接。严禁在无任何防护措施下，在雨、雪天及母材表面潮湿或大风天气进行露天焊接。

C、工地焊接环境条件：风力 $< 5$ 级，温度 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ ，湿度 $\leq 80\%$ 。

D、工地梁段环向焊缝原则上采用手工焊或自动焊。

E、工地梁段对接接头应做成阶梯形。顶板对接焊缝与腹板对接焊缝必须按规范要求至少错开 200mm，腹板对接焊缝与底板对接焊缝再错开至少 200mm，而且顶板与底板焊缝不能在腹板焊缝的同一侧。各类焊缝高度必须符合规范要求。

#### 5. 焊接工艺评定

A、焊接工艺评定试验是在生产前进行的焊接技术准备工作，是确定合理的焊接工艺，制定工艺规程的基础，以保证焊接接头的质量。焊接工艺评定按现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650-2020)和《铁路钢桥制造规范》(Q/CR 9211-2015)规定进行。

B、本桥工厂焊接和工地焊接均应分别进行焊接工艺评定试验。

#### 6. 焊缝的检验及无损探伤

##### A、焊缝的外观检验

焊缝外观检查，所有焊缝必须进行外观检查，不得有裂纹、未熔合、夹渣、未填满弧坑。

##### B、焊缝无损检查

零、部（杆）件的焊缝应在焊接 24 小时后进行无损检查，应按照《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650-2020)规定执行。

焊缝超声波探伤范围和检验等级应符合下表的规定，其有关技术要求按《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》(GB/T 11345-2013)的规定执行。

焊缝超声波探伤范围和检验等级 (mm)

焊缝质量级别	探伤比例	探伤部位	板厚	检验等级
I、II 级横向对接焊缝	100%	全长	10~40	B
II 级纵向对接焊缝	100%	焊缝两端各 1000	10~40	B

II 级熔透角焊缝	100%	主梁及纵、横梁跨中加探 1000	10~40	B
-----------	------	------------------	-------	---

主要杆件受拉横向对接焊缝（I 级对接焊缝）应按接头数量的 10%（每片钢梁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 250~300mm。焊缝长度大于 1200mm 时，中部加探 250~300mm。

焊缝的射线探伤应符合现行国家标准《金属熔化焊焊接接头射线照相》（GB 3323-2005）的规定，射线照相质量等级为 B 级；焊缝内部质量等级为 II 级。

进行局部超声波探伤的焊缝，当发现裂纹或较多其他缺陷时，应扩大该条焊缝探伤范围，必要时可延长至全长；进行射线探伤的焊缝，当发现超标缺陷时应加倍检验。

用射线和超声波探伤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。

#### C、工地焊缝的无损检查：

工地对接焊缝应进行 100% 超声波探伤。梁顶板十字交叉焊缝及腹板对接焊缝均需要进行 X 射线探伤，X 射线探伤应按规范要求进行，长度 < 1.2m 的焊缝取 2 点摄片，长度 ≥ 1.2m 的焊缝取 3 点摄片，焊缝十字或 T 字交叉处全部进行 X 射线探伤，当有一片不合格时则对该焊缝进行 100% 的 X 射线探伤。

加劲肋工地嵌补段焊缝、其它角焊缝应进行 100% 超声波探伤。

### 八、焊钉

1. 混凝土与钢结构间的焊钉采用符合国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》（GB/T10433-2002）的圆柱头焊钉。

2. 焊钉材料采用符合国家标准《冷镦和冷挤压用钢》（GB/T 6478-2015）的 ML15AL 材料。

3. 焊钉机械性能

屈服点 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	抗拉强度 $\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	延伸率 $\delta_5$ (%)
≥320	≥400	≥14%

4. 本桥钢梁上焊钉的焊接工作，应在钢梁制造厂内焊接完成。

5. 焊接时，螺柱应无锈蚀坑、氧化皮、油脂、受潮或其它会对焊接工作造成有害影响的物质。

6. 施焊前，节段部位不应有涂漆等涂装，不应有表面的氧化皮、锈、受潮或其它有害物质，以达到良好的焊接。应使用钢丝刷、喷丸、冲击或打磨方法清理干净。

7. 电弧防护罩或套圈应保持干燥，任何由于雾、雨而至电弧防护套圈的表面潮湿时，均应在使用前将其置于 120° C 烘箱中烘焙 2 小时。

8. 焊钉的焊接应采用自动控制的焊钉焊接专用设备，焊接工艺及设备应与焊钉产品相适应。

### 九、构件矫正

1. 当构件焊接后产生较大的变形，应予矫正。采用热矫正法时，应符合施工规范的操作要求。采用冷矫时应缓慢加力，气温不低于 5℃，总变形率不得大于 2%。

2. 矫正允许偏差应符合《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650-2020）的规定。拱肋的矫正允许偏差参照“箱形梁矫正允许偏差”。箱梁、拱肋的“一”字形纵向加劲肋与被加劲板的垂直度允许偏差 ±10'。

### 十、构件的工厂预拼装

1. 制造厂应编写出详细的各部位节段构件的预拼装及安装工艺，包括：场地平整、密实、排水、通风、布置；临时支撑台座、预拼装顺序；各安装阶段的放样、模拟三维坐标计算、测量和检查方法等，并报请监理单位同意。

2. 对各部位构件节段预拼装的接口，应在自由状态下对准，进行误差矫正，反复检查精度，最后才可将相应节段的匹配件和工地接头匹配件精确地安装在节段的相应位置。

3. 所有钢梁构件均应逐个检查，证明焊缝及构件各部尺寸、形状符合要求后，再进行预拼。未经最初试装合格，构件不应成批投产、加工。

4. 拼装时，底座胎架应考虑曲线半径产生的拱度影响，按设计要求进行预拼装。

5. 预拼时，应进行平直和几何尺寸检查。每拼完一个节段，应检查或调整几何尺寸，然后再继续预拼。

6. 预拼过程中，应检查拼接处有无互相抵触的情况。螺柱头、焊缝等是否影响安装。

7. 横梁拼装时，应以腹板下部为控制点，优先保证底板的连接，次为腹板，后为顶板连接。

8. 严禁用锤打、搬扭等强制方法使各节段接口、零部件、匹配件强迫就位。

9. 本桥钢结构工厂预拼装应重点检查：钢箱拱肋顶板、底板和腹板是否对接平齐、钢纵梁与钢横梁的连接是否对接平齐。全部试组装后还应检查整个钢纵横梁框架是否扭曲。检查各个节段钢箱拱的线形、坐标和几何尺寸。

10. 工厂试组装后，节段构件主要尺寸的允许偏差见下表。

11.制造厂应对试组装好的构件及零、部件进行编号、登记，为现场安装提供方便。

12.工地匹配件的构造和设置位置应由制造厂、安装单位和设计单位共同研究后确定。

对于相邻节段和接口部位安装匹配件将接口两端的节段联成整体，用定位板和螺栓拧紧，对焊于节段的工地接口上，以保证工地安装精确定位。

节段预拼装验收条件 (mm)

项 目	允许偏差	条 件	检测方法
梁(拱)高 (H)	±1	工地接头处	测量腹板处高度
	±2	其余部分	
长 度	+0.5 -1.5	分段长	
拱、梁腹板中心距	±1		
主箱梁(箱拱)中心距	±3		
盖 板 宽	±1	盖板单元纵向有对接时盖板宽	
	±3	箱梁段、盖板宽	
横断面对角线差	≤2	工地接头处的横断面	
旁 弯	3+0.1L, 最大5	桥面中心连线在平面内的偏差, L(m): 三段试装长度。	
	≤2	单段	
拱 度	超过的+ $\left[ \begin{array}{l} \leq 3+0.15L \\ \text{最大}10 \end{array} \right.$ 不足的- $\left[ \begin{array}{l} \leq 5 \end{array} \right.$	L: 跨度(m) 或试装匹配时 三段的长度	
左右支点高度差 吊杆(吊点)	≤3	左右高低差	
盖板、腹板平面度	$<h/250$ ≤5 } 取小值	h- 加劲肋与板边或加劲肋 与加劲肋之间的距离	
扭 曲	工地接头每米不超过 1 且每段≤3	每段以两边隔板处为准	
工地对接板面高低差	拱与梁≤1	安装配件后板面高差	

(检测工具和方法由加工方提出, 监理确认)

## 十一、钢结构的涂装

### 1. 除锈涂装基本要求

涂装技术要求、试验方法、检验规则等均按《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》(JT/T 722-2008)、《铁路钢桥保护涂装及涂料供货技术条件》(TB/T1527-2011) 执行。

A、任何未经除锈的生坯钢或零部件，不得组装入钢结构之中。

B、构件在喷砂除锈前应进行必要的结构预处理，包括：

1) 粗糙焊缝打磨光滑，焊接飞溅物用刮刀或砂轮机除去。焊缝上深为 0.8mm 以上或宽度小于深度的咬边应补焊处理，并打磨光滑；

2) 锐边用砂轮打磨成曲率半径为 2mm 的圆角；

3) 切割边的峰谷差超过 1mm 时，打磨到 1mm 以下；

4) 表面层叠、裂缝、夹杂物，须打磨处理，必要时补焊。

C、钢表面宜采用喷丸(砂)除锈，必须将表面油污、氧化皮和铁锈以及其他杂物消除干净，再用干净的压缩空气或毛刷将灰尘清理干净、除锈后的钢表面清净度等级应符合《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650-2020) 中的清理标准。

D、喷丸(砂的风压不小于 0.5MPa (5kgf/cm<sup>2</sup>))喷射角为 75~90°，喷射距离为 100~130mm。

E、除锈后，在湿度低于 85% 以下时要求 4 小时内涂装，不允许出现返锈后，不加任何处理而进行涂装作业。

F、涂装工作尽量采用高压气喷涂方式。

G、为改善除锈涂装工作条件，在经监理工程师的同意后，可在适当部位开设工艺孔，当工艺孔封闭时，应予以先作好封闭板除锈涂装工作和焊缝处的修补涂装工作。

H、主梁结构部件的封闭腔内，需经除锈涂装后，方可合拢装焊。

I、对涂层进行膜厚管理，底漆及全部涂层完成后，需进行膜厚检测与数据记录。

J、除锈工艺及技术要求。

钢材喷砂除锈质量应达到 Sa2.5 级，表面处理后钢材符合表面粗糙度 40~80μm 为宜，一般不超过 100μm。

K、涂装工艺及技术要求。

雨天、雪天、雾天不能进行室外涂装，当环境湿度高于 85% 时，不能进行高压无气喷漆涂装，但因工程进度关系必须涂装时采用辊涂或刷涂，而当湿度高于 90% 时，需停止任何涂装处理。

油漆涂层表面应力求光滑、平整，不能有针孔，明显流挂、皱皮、漏涂等弊病发生，面漆应光洁美观、色彩均匀。

漆膜厚度要求至少 90% 的测量点涂层厚度不低于设计值，允许不超过 10% 的测量点的涂层厚度低于设计值，但必须大于设计厚度的 90% (或按《热喷涂 金属和其他无机覆盖层 锌、铝及其合金》(GB/T 9793-2012) 十点法测量)，但不允许盲目超厚。

为保证膜厚，对于自由边缘等难以涂装的部位，在高压无气喷涂前，需用毛刷作一、二遍刷涂。

多种散装零件，均应按设计要求，涂足规定的遍数，特别注意不得有漏涂等缺陷。

最后油漆工作必须在各项装饰工作结束后，并修正各种缺陷后进行，涂装前应认真做好清洁工作，喷涂时应注意对有关零件的遮蔽保护，并力求集中调色，一次喷涂成膜，以求得整洁，美观的涂层外观质量。

多种涂层损伤处需按规定逐道修补，修补前损伤区周围扩大 25~30%范围内的涂层应打磨成坡度便于修补顺滑。

箱梁外侧钢板自由边的棱角要打磨成  $R \geq 1\text{mm}$  的圆弧，便于涂装。

涂装材料生产商或涂装施工单位应按设计要求并充分考虑施工过程中各种不利因素提出“钢结构防腐涂装工艺说明”。并报建设、监理和设计单位认可。

## 2. 质量检查及验收

A、每一部位的除锈工作结束后，需按规定要求检查验收。

B、每种除锈结束后，在涂下一种涂料前，需对表面质量和膜厚检查验收（同种涂料连续涂装一遍的可合并一次验收）。

C、在检查验收工作中如有缺陷，一经检查人员指出，需立即修正或返工。

D、各层涂层附着力检验采用划格法检查。

## 3. 涂装规格

A、钢构件内、外部的防腐涂装应采用性能可靠，附着力强，耐候性好，防腐蚀强，成熟可靠，其使用期保证在 20~25 年以上的涂装材料。本桥原则上采用油漆涂装方案，具体实施方案由油漆提供厂家根据设计推荐方案优化改进并报监理批准。

涂装体系如下表所示。

一次表面处理						
部位	序号	涂装要求		设计值	场地	参照标准备注
钢板 预处理	1.1	表面净化处理		无油无污、干燥	厂内	
	1.2	喷砂除锈	表面清洁度	Sa2.5 级		
			表面粗糙度	Rz25-60 $\mu\text{m}$		
1.3	醇溶性无机硅酸锌底漆		30 $\mu\text{m}$			
二次表面处理						
拱肋、横梁、端横梁、立柱、横系梁、承压板（外露侧）、纵梁（除纵梁顶板顶）	2.1	表面净化处理		无油无污、干燥	厂内	TB 1527
	2.2	喷砂除锈	表面清洁度	Sa2.5 级		GB 11373
			表面粗糙度	Rz50-100 $\mu\text{m}$		GB 8923
	2.3	无机富锌底漆 1 道		1 $\times$ 75 $\mu\text{m}$	GB 11374	
	2.4	环氧封闭漆 1 道		1 $\times$ 25 $\mu\text{m}$	GB/T 9793	
	2.5	环氧云铁中间漆 2 道		2 $\times$ 75 $\mu\text{m}$	GB/T 9286	
	2.6	氟碳树脂漆		1 $\times$ 40 $\mu\text{m}$	现场	GB 6463
2.7	氟碳面漆		1 $\times$ 40 $\mu\text{m}$			
	3.1	表面净化处理		无油无污、干燥		

顶板顶表面 (焊钉完成后)	3.2	喷砂除锈	表面清洁度	Sa2.5 级	厂内	
			表面粗糙度	Rz50-100 $\mu\text{m}$		
	3.3	环氧富锌底漆 1 道		1 $\times$ 80 $\mu\text{m}$		
3.4	环氧封闭漆 1 道		1 $\times$ 25 $\mu\text{m}$			
拱肋、纵梁、立柱及横系梁内表面；钢混结合段、承压板（外露面除外）	4.1	表面二次净化处理		无油无污、干燥	厂内	TB 1527
	4.2	喷砂除锈	表面清洁度	Sa2.5 级		GB 8923
			表面粗糙度	Rz35-70 $\mu\text{m}$		GB/T 9286
	4.3	环氧磷酸锌底漆 1 道		1 $\times$ 60 $\mu\text{m}$		GB 6463
4.4	环氧（厚浆）漆 1 道		1 $\times$ 160 $\mu\text{m}$			

B、现场焊接接缝处每侧留出 50mm 宽不涂装，待现场焊接完毕，方可进行涂装，具体要求同上。

C、最后一道面漆施工前应对运输、安装过程中破损的涂层进行修补。

## 4. 钢桥面施工工艺要求（机动车道、非机动车道和人行道范围）

### A、抛丸除锈

#### （1）抛丸前的清理

1) 钢箱梁焊接方提供给涂装方的钢箱梁桥面表面外观，应确保桥面无焊瘤、飞溅物和毛刺等，若与之不符，则应由加工单位通过打磨予以清除。

2) 抛丸除锈前若发现表面有油、油脂等，应用金属清洗剂进行清洗。

#### （2）进口无尘喷砂机进行抛丸除锈

1) 遇下雨、结露等气候时，严禁进行桥面抛丸除锈作业。环境温度应高于大气露点 3℃；相对湿度应小于或等于 85%。

2) 抛丸机行走速度要调节适当，最好走 1~2 遍就达到所需的粗糙度和清洁度。

3) 抛丸处理后的表面应注意保护，避免二次污染。

4) 抛丸除锈时操作人员和非操作人员要注意安全，避免磨料飞溅伤人。

### B、涂料涂装

#### 环氧富锌漆主要检测指标

序号	检测项目名称	技术要求（指标）	相应的国标
1	附着力（拉开法）	$\geq 5.5 \text{ MPa}$	GB/T 5210-2006
2	固体含量（w/w）	$\geq 78 \%$	GB/T 1725-2007
3	硬度	$\geq 0.5$	GB/T 1730-2007 B 法

（1）对环氧富锌涂料要明确混合比例，并搅拌均匀、熟化后使用。混合后如超过使用期，则

不得使用。涂层干膜厚度 60 $\mu$ m。

(2) 抛丸除锈后应在有效时间内进行喷漆工作。相对湿度增大时，应进一步减少除锈和喷漆的时间间隔。抛丸除锈后的表面在进行喷漆前如发现基体金属表面被污染或返锈，应重新抛丸处理，使其达到表面清洁度等级。

(3) 应采用高压无气喷涂设备进行涂装，施工的环境温度和湿度以及采用的稀释剂应符合规定的要求。雨天应停止涂装作业。

(4) 涂料的施工质量应符合技术方案和施工质量要求。喷涂环氧富锌涂层的厚度采用磁性测厚仪进行测量，涂层附着力采用拉拔仪进行检测。

## 十二、现场安装

1、编制施工方案，内容应包括工期安排，主要工期、材料和机具数量、技术措施、施工方法、钢桥构件的安装程序、施工力量布置、工程进度、施工要点、质量保证措施，临时设施等。

2、钢构件安装程序，必须保证结构的稳定性和不发生永久变形，并能保持或及时校正结构的预拱度和平面位置。

3、钢构件在工地矫正、制孔、组装、焊接以及涂漆等，质量要求均应符合本技术要求中的有关规定。

4、钢桥构件在运输和安装过程中，被破坏的涂漆等，应按照本技术要求中有关规定，涂面层漆应在钢桥安装完毕后进行。

5、除了钢结构现场交接中应提交的文件外，钢结构制造厂应将钢结构加工制造中的重大情况记录及吊运注意事项等转告安装单位，以引起注意。

6、钢结构安装前，应对待安装位置高程、中线及水平距离进行复测，不超过允许偏差方可安装。

7、钢结构安装完毕后，应对其平面位置、顶部标高、节点联系及纵、横向稳定性进行全面检查，符合要求后，方可进行下一步工作。

8、钢结构定位过程中应保证其平稳下落，不超过许用应力。就位后，应及时设置支撑将其固定，防止倾斜、变位。

9、钢桥安装后的允许偏差应符合规范要求。

10、现场安装单位不得随意在钢结构构件上引弧；不得任意在钢结构上焊接施工用临时附件；不得随意将钢结构作为工地一般电焊的接地使用；不得任意在钢结构构件各部位上进行敲打。

11、吊装用的配件，在钢结构现场拼接完成后应予以割除，一般分二次切割，第一次切割作

为预热用，第二次则完全切除。起吊配件切割后，一律用砂轮打磨。起吊配件切割后的剩余高度一般不宜超过 20mm，以 10-5mm 为好，严禁切割时损伤构件。