

ICS 91.080.40

CCS P 25

T/CAIEC

团 体 标 准

T/CAIEC 00X—2026

邻近既有铁路钢壳混凝土组合墩柱
天窗期智能吊装与定位施工技术规
范

Group standard name Group standard name Group standard name
Group standard name Group standard name

(征求意见稿)

2026-**-**发布

2026-**-**实施

中国国际工程咨询协会 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 总体要求	2
5 施工准备	3
6 钢壳设计与预制	4
7 智能吊装	4
8 精准定位	5
9 混凝土浇筑	6
10 质量控制	6
参考文献	12

前 言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中铁二十局集团第四工程有限公司提出。

本文件由中国国际工程咨询协会归口。

本文件起草单位：中铁二十局集团第四工程有限公司、中铁二十局集团有限公司、中铁长安重工有限公司、西成铁路客运专线陕西有限责任公司、中铁第一勘察设计院集团有限公司、中国铁路西安局集团有限公司、中国国家铁路集团有限公司工程质量监督管理局西安监督站、山东大学、中科晟润（山东）技术咨询有限公司、山东省交通科学研究院。

本文件主要起草人：张利军、张立华、葛新东、张林、赵红喜、肖先、高峰立、高岩、王旭阳、赵宏博、王双存、王晓晖、李健、韩文超、王昌、谢江胜、杨凯旋、楚文魁、肖虹强、杨嘉俊、何凤军、张波、陈彬、王辉、张荣、齐卫卫、付建村、张文俊。

邻近既有铁路钢壳混凝土组合墩柱天窗期智能吊装与定位施工技术规范

1 范围

本文件规定了邻近既有铁路钢壳混凝土组合墩柱天窗期智能吊装与定位施工的总体要求、施工准备、钢壳设计与预制、智能吊装、精准定位、混凝土浇筑、质量控制。

本文件适用于邻近既有电气化铁路的高大钢壳混凝土组合墩柱施工，尤其适用于施工空间受限、安全风险高、天窗期严格受限的高铁桥梁墩柱施工场景，也可为类似邻近既有线墩柱施工项目提供技术参考。根据目前通常施工工艺，钢壳混凝土组合墩适用于小于或等于40 m的情景，大于40 m的高墩一般采用液压爬模施工工艺。

2 规范性引用文件

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

- GB/T 3323.1 焊缝无损检测 射线检测 第1部分：X和伽玛射线的胶片技术
- GB/T 11345 焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定
- GB 12523 建筑施工噪声排放标准
- GB/T 20118 钢丝绳通用技术条件
- GB/T 29712 焊缝无损检测 超声检测 验收等级
- GB 50205—2020 钢结构工程施工质量验收标准
- GB 50666 混凝土结构工程施工规范
- GB/T 50784 混凝土结构现场检测技术标准
- JGJ 276 建筑施工起重吊装工程安全技术规范
- TB 10091 铁路桥梁钢结构设计规范
- TB 10303 铁路桥涵工程施工安全技术规程
- TB 10415 铁路桥涵工程施工质量验收标准
- TB 10424 铁路混凝土工程施工质量验收标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

天窗期 window period

铁路运营部门预留的、不影响正常铁路运输的专门用于施工的时间段。

3.2

钢壳混凝土组合墩柱 steel-shell concrete composite pier column

由工厂预制的钢壳结构与现场浇筑混凝土组成的复合墩柱结构。

注：主要包括大于或等于15 m小于或等于40 m的高墩柱和小于15 m的低墩柱。

3.3

低墩柱 low pier column

高度小于15 m的墩柱。

3.4

高墩柱 high pier column

高度大于或等于15 m且小于或等于40 m的墩柱。

3.5

承压板 bearing plate

设置于钢壳底部与承台连接部位的钢板构件，与加劲肋、剪力钉共同组成钢结合段，用于传递钢壳竖向荷载、保证钢壳与承台连接的稳定性。

3.6

外包混凝土 outer wrapped concrete

浇筑于钢壳混凝土组合墩柱外部的防护混凝土层，采用C30混凝土浇筑，厚度不低于50 cm，主要起防腐、防护作用，与钢壳贴合紧密且间隙不超过2 mm。

3.7

平改立吊装 horizontal to vertical hoisting

钢壳经工厂加工、现场平躺拼装完成后，通过主吊与拖尾吊协同作业，将水平状态的钢壳逐步起吊、旋转至竖直状态，再完成落位、定位的吊装工艺。

3.8

定位系统 positioning system

用于钢壳落位后精准调整、固定及姿态监测的成套装置，核心为立体定位架，配套包含导向装置、液压精调装置、自锁式稳固架、缆风绳张力监测装置及全站仪测量设备。

4 总体要求

4.1 技术指标

钢壳混凝土组合墩柱的技术指标应符合表1的规定。

表 1 钢壳混凝土组合墩柱的技术指标

项目		指标
墩柱	中心定位精度/mm	±5
	垂直度偏差/‰	≤1
钢壳	长度偏差/mm	±3
	宽度偏差/mm	±2
施工周期	高墩柱	≤20天/墩
	低墩柱	≤15天/墩
双机协同吊装安全系数		1.59~2.1
吊装阶段钢壳最大应力/MPa		≤27.5
浇筑阶段钢壳最大应力/MPa		≤145.7
吊装阶段钢壳变形/mm		≤3
缆风绳张力/t		≥5

4.2 协同要求

与铁路运营单位建立实时沟通机制，严格遵守天窗期作业规定，不应超范围、超时施工，施工期间不应影响铁路正常运营。

4.3 安全要求

应符合JGJ 276、TB 10303、GB 12523的规定。

5 施工准备

5.1 技术准备

5.1.1 完成施工图纸审核，梳理设计疑问并形成闭环文件，与设计单位对接优化预埋螺栓及墩身预埋钢筋设置方案，防止钢壳吊装时与承台预埋件冲突。

5.1.2 建立钢壳“平改立吊装”与“腔内混凝土浇筑”双工况力学模型，完成结构应力、变形验算，确定高低墩柱技术方案及15 m、40 m墩高界限。

5.1.3 编制专项施工方案，明确钢壳设计、吊装流程、定位工艺、安全防护等核心内容，按程序完成审批手续。

5.1.4 专项施工方案应包含应急预案，明确吊具故障、钢壳倾覆、营业线施工延点、续点等突发情况的处置流程。

5.1.5 对管理人员、施工班组开展专项施工方案交底及专项培训，内容包括主要技术方案、吊装流程、营业线施工等级、营业线施工防护要求、技术标准、安全规范、应急处置等，考核合格后方可上岗。

5.2 现场准备

5.2.1 应签订安全协议，办理营业线施工许可，在施工开始前应联合设备管理单位对现场进行勘察，探明地下是否有管线，提前进行保护或迁改；划定施工区域，与既有铁路间设置硬质隔离网，悬挂警示标识。

5.2.2 拼装场地选在远离既有线侧，吊装场地地基应按照方案进行处理，承载力不低于专项施工方案要求，且吊装场地地基不小于150 kPa；划分拼装区、存放区、吊装区，场地设置2%排水坡及排水沟，防止积水。

5.2.3 吊装场地平整压实，采用混凝土硬化，主吊及拖尾吊作业区域铺设与吊车配套的路基箱，确保地基承载力满足设备作业要求。

5.3 设备与材料准备

5.3.1 设备配置主要包括以下：

a) 吊装用吊车，配备全站仪、超声波探伤仪、液压千斤顶、应力传感器；

注：高墩柱吊装用吊车一般为500 t履带吊（主吊）、300 t汽车吊（拖尾）；低墩柱吊装用吊车一般为300 t履带吊（主吊）、200 t汽车吊（拖尾），具体吊车选择需进行技术计算。

b) 应急设备：备用吊车、钢丝绳、缆风绳、应急电源等。

5.3.2 材料要求符合以下规定：

a) 钢材：具体材质与型号按设计实施，进场应复检力学性能与化学成分；

b) 混凝土：采用坍落度为240 mm±20 mm、扩展度不低于750 mm的C45自密实补偿收缩混凝土，承台二次浇筑采用C50补偿收缩混凝土；

c) 其他材料：钢丝绳破断拉力不低于专项施工方案要求，焊材应与主体钢材力学性能匹配。

6 钢壳设计与预制

6.1 钢壳分级设计

6.1.1 高墩柱 ($15\text{ m} \geq h \geq 40\text{ m}$)

6.1.1.1 结构形式采用“钢板-型钢复合增强结构”，高墩柱钢壳面板采用 16 mm 厚钢板，钢板采用横竖肋加强，根据计算情况可在内部增设 25a 工字钢主承重骨架与 16a 槽钢辅助支撑（十字交叉布置）。

6.1.1.2 采用分块设计，分块尺寸便于运输，单块重量便于吊装，宜不超过 50 t，单块钢壳长度偏差 $\pm 3\text{ mm}$ 、宽度偏差 $\pm 2\text{ mm}$ ，可抵抗吊装阶段最大扭矩 $120\text{ kN} \cdot \text{m}$ 、整体弯曲竖向变形不超过 $L/1000$ (L 为吊装工况计算跨度)。钢壳在混凝土浇筑过程中的局部变形不超过 5mm。

6.1.1.3 钢板可参与桥墩主体结构受力。钢壳底部承台及承台顶以上一定范围应设置连接螺栓、剪力钉、连接钢筋确保钢壳与承台可靠连接。

6.1.2 低墩柱 ($h < 15\text{ m}$)

6.1.2.1 结构形式采用“等截面钢箱简化结构”，内部设置 16a 槽钢横向加劲肋，取消纵向骨架。

6.1.2.2 单块钢壳重量不超过 30 t，钢箱底部设钢结合段。

注：钢结合段为 20 mm 厚承压板、16 mm 厚加劲肋及 M22×150 剪力钉，间距 200 mm。

6.1.3 吊耳设计

6.1.3.1 高墩柱为弧形过渡吊耳，半径为 150 mm，满足受力方向 90° 旋转应力分散。

6.1.3.2 低墩柱为平板式吊耳，厚度为 20 mm，安全系数不低于 1.5。

6.1.3.3 吊耳及附近的钢板结构应进行局部强度、稳定性检算，对不满足强度、稳定性要求部位应采取局部加强措施。

6.1.4 材料

钢板-型钢复合增强结构材料强度应符合 TB 10091 的规定。

6.2 钢壳预制工艺

6.2.1 钢壳现场平躺拼装时，接缝错边量不应超过 1 mm，整体平整度不超过 3 mm/m，无扭曲、侧弯变形。

6.2.2 切割加工后切割面粗糙度不超过 $Ra25\ \mu\text{m}$ ，边缘直线度不超过 0.5 mm，对角线偏差不得超过 5 mm。

6.2.3 工厂焊接时，焊缝焊脚尺寸不宜低于设计值且不小于 6 mm，对接焊缝余高宜不大于 2 mm，超过时宜进行打磨。

6.2.4 焊缝无损检测时，对接焊缝、熔透角焊缝采用 100% 超声探伤检测，符合 GB 50205—2020 中规定的 I 级标准，焊缝检测等级和验收等级应符合 GB/T 11345 和 GB/T 29712 的相关规定。当不能采用超声检测或对超声检测结果有疑义时，可采用射线检测验证，检测应符合 GB/T 3323.1 的相关规定，角焊缝 100% 磁粉探伤检测，符合 GB 50205—2020 中规定的 II 级标准。

6.2.5 钢壳外表面涂装采用“环氧富锌底漆+云铁中间漆+氟碳面漆”体系，面漆颜色应由建设单位确定后方可实施。底漆、中间漆和一道面漆在工厂内完成，最后一道面漆在钢壳安装完成后现场涂装，内表面与混凝土接触面不涂装。

6.2.6 出厂检验涵盖尺寸偏差、焊缝质量、涂装质量，出具合格证书后方可运输。

7 智能吊装

7.1 吊装前准备

7.1.1 主吊停靠于远离既有铁路侧，按规定配置配重，调整作业半径；拖尾吊停靠于钢壳尾部侧，确保双车站位满足力平衡要求。

7.1.2 逐一检查钢丝绳、卸扣、吊耳，起重吊装采用安全系数不低于 7 的钢丝绳，应符合 GB/T 20118 的规定。

7.1.3 试吊作业选择风力不大于 5 级时段，主吊缓慢起吊钢壳至离地 10 cm，静置 5 min，检查吊耳焊缝、钢丝绳受力、吊车支腿沉降；用全站仪监测钢壳变形及垂直度，参数达标后方可正式吊装。

7.2 天窗期吊装作业

7.2.1 高墩柱按以下步骤进行吊装作业：

- a) 天窗前准备：人员应就位，驻站联络员办理运统电子登记，设备应调试到位，钢壳拴挂 2 根 $\Phi 24$ mm 的麻绳用于姿态控制；
- b) 钢壳直立：主吊以 1.5 m/min 速度提升，拖尾同步起吊，保持钢壳尾部离地不大于 500 mm；每提升 5° 暂停复核轴线偏转，提升至 90° 时拖尾卸荷，人工快速拆除拖尾索具；
- c) 转臂落位：主吊以 0.5 r/min 速度旋转，牵拉缆风绳保持稳定，下落至距承压板 10 cm 处暂停，粗调定位；
- d) 精调固定：启动液压千斤顶精调，全站仪实时监测，确保 X 向、Y 向偏差不超过 2 mm，垂直度不超过 1%，锁定自锁式稳固架；
- e) 焊接与摘钩：焊工同步焊接钢壳底部与承压板，检测合格后，主吊缓慢卸载，拆除吊索具；
- f) 销记开通：清理现场，撤除信号，驻站联络员办理销记。

注：高墩柱天窗期吊装总时长 115 min，其中钢壳直立 15 min、转臂落位 20 min、精调固定 25 min、焊接与摘钩 50 min、销记开通 5 min。

7.2.2 低墩柱按以下步骤进行吊装作业：

- a) 天窗前准备：人员就位，驻站联络员快速办理运统电子登记；设备调试聚焦核心功能，主吊配置基础配重，拖尾吊调整支腿受力，钢壳拴挂 2 根 $\Phi 24$ mm 的麻绳用于姿态控制；
- b) 钢壳直立：主吊以 2 m/min 速度提升，拖尾吊同步协同，保持钢壳尾部离地不超过 600 mm；每提升 10° 暂停复核轴线偏转，提升至 90° 时拖尾吊逐步卸荷至零，人工快速拆除拖尾索具；
- c) 转臂落位：主吊以 0.8 r/min 速度旋转，牵拉 2 道平行铁路方向的缆风绳保持稳定，下落至距承压板 10 cm 处暂停；粗调定位按“先预留 6 cm 空隙、再调整至 3 cm 空隙”执行；
- d) 精调固定：启动下层液压顶推装置精调，全站仪单向重点监测关键方向，确保 X 向、Y 向偏差不超过 2 mm，垂直度不超过 1%，锁定简化版自锁式稳固架；
- e) 焊接与摘钩：焊工同步焊接钢壳底部与承压板，优先焊接关键受力部位，检测合格后，主吊按“缓慢卸载、分段脱钩”流程操作，拆除吊索具后停放至安全区域；
- f) 销记开通：快速清理现场工器具，防护员撤除信号，驻站联络员即时办理销记，确保天窗期内完成全部流程。

7.2.3 高墩柱吊装过程中，主吊应实时监测起重量，受力从小逐步增至最大，拖尾吊受力逐步减至零，不应超载。

7.2.4 低墩吊装按受力从小逐步增至最大，拖尾吊受力逐步减至零。

8 精准定位

8.1 定位系统配置

8.1.1 高墩柱应符合以下规定：

- a) 导向：三维导向装置由型钢导轨与限位块组成，预先固定于承台顶部，钢壳下落时沿导轨滑行，约束水平位移偏差小于 2 mm；
- b) 精调：上下双层液压精调装置，配合全站仪双向测量，垂直度偏差允许值为 $H/1000$ ，且不大于 25 mm；
- c) 稳固：自锁式稳固架由螺栓与卡槽组成，精调完成后及时锁定，防止外力导致位置偏移；焊接过程中垂直度偏差变化不超过 0.2%；
- d) 防护：4 道直径 16 mm 缆风绳，缆风绳方向分别为平行于铁路与远离铁路方向，配备张力传感器，防范向铁路方向倾覆风险。

8.1.2 低墩柱应符合以下规定：

- a) 导向：预埋角钢定位架，偏差不得超过 1 mm；
- b) 精调：下层液压顶推（行程 ± 30 mm）；
- c) 防护：3 道缆风绳，缆风绳方向分别为平行于铁路与远离铁路方向，配备张力监测装置。

8.2 定位操作

8.2.1 利用导向装置控制中心位置偏差小于 2 mm，精调时通过液压千斤顶微调，全站仪采集墩柱三维坐标，每 30 min 复测 1 次垂直度。

8.2.2 焊接过程中每 10 min 监测 1 次垂直度，偏差变化不超过 0.2%，确保精调后位置稳定。

8.2.3 采用 8.8 级 M24 高强度螺栓，安装后水平度误差 ± 1 mm，拧紧扭矩不低于 $600\text{ N}\cdot\text{m}$ ，螺栓孔间隙用 M50 水泥砂浆充填，密实度不低于 98%。

9 混凝土浇筑

9.1 浇筑准备

9.1.1 钢壳内清理杂物、积水，检查钢壳稳固状态；安装串筒，串筒与钢壳间隙用海绵封堵，防止漏浆。

9.1.2 C45 自密实补偿收缩混凝土应满足 28 d 抗压强度不低于 45 MPa，收缩率不超过 0.03%，入模温度控制在 $5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

9.2 浇筑施工

9.2.1 高墩柱钢壳内混凝土分节浇筑，每节高度 4 m~6 m，浇筑速度不超过 1 m/h，通过观察孔确认混凝土密实度；入模温度控制在 $5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，雨天、高温时暂停浇筑。

9.2.2 低墩柱采用地泵单点浇筑，减少对铁路运营干扰，分层厚度不超过 30 cm，振捣时间 15 s~20 s。

9.2.3 承台二次浇筑采用分阶段施工，第一次浇筑至调平钢板下 7 cm，养护不低于 7 d；钢壳就位后，采用 C50 补偿收缩混凝土浇筑剩余部分，与钢壳内混凝土协同养护。

9.3 养护要求

浇筑完成后覆盖土工布、塑料膜养护不低于 14 d，每日洒水不低于 4 次；钢壳内混凝土带模养护，温度不超过 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，温差不超过 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，每 5 m 高度设 1 个温度传感器。

10 质量控制

10.1 材料进场

10.1.1 构件质量要求

构件质量要求应符合以下规定：

- a) 钢壳面板采用 Q355B 钢板（厚度 16 mm）（应按设计选择材质与型钢），屈服强度不低于 345 MPa、伸长率不低于 21%；
- b) 型钢（25 工字钢、16 槽钢）（应按设计选择材质与型钢）材质应与钢板匹配，截面尺寸偏差不得超过 -2 mm，腹板垂直度偏差率不超过 1%；
- c) 所有钢材应附带质量证明书，且进场后按批次进行力学性能复检（屈服强度 R_{eL} 或 R_{eH} 、抗拉强度 R_m 、伸长率 A、弯曲强度、冲击功等）。

10.1.2 检验方法

查阅材料质量证明文件，委托第三方检测机构进行复检；目视检查，采用钢卷尺、拉力器、直角尺、钢板尺、游标卡尺检查。

10.1.3 检验数量

钢材按每 60 t 为一批次抽检 1 组，型钢每 30 根抽检 1 根。

10.2 工厂加工精度

10.2.1 质量要求

工厂加工精度质量要求应符合以下规定：

- a) 钢板切割采用数控切割工艺，切割面粗糙度不超过 $Ra25 \mu m$ ，边缘直线度不超过 0.5 mm/m；
- b) 钢壳单元分块加工时，长度偏差 ± 3 mm、宽度偏差 ± 2 mm，对角线偏差不得超过 5 mm；
- c) 型钢与面板组装时，贴合间隙不超过 1 mm，错边量不超过 0.5 mm。

10.2.2 检验方法

采用表面粗糙度仪检测切割面，用钢卷尺、对角线尺测量尺寸偏差，通过塞尺检查贴合间隙与错边量。

10.2.3 检验数量

每块钢壳单元全数检查，关键尺寸（如分块接缝处）每边测点不少于 3 个。

10.3 焊接质量

10.3.1 质量要求

焊接质量要求应符合以下规定：

- a) 工厂焊接采用埋弧焊机，现场拼装采用 CO_2 气体保护焊，焊缝高度不低于设计值（且不小于 6 mm），对接焊缝余高宜不大于 2 mm，外观无裂纹、气孔、咬边（深度不超过 0.5 mm）、未焊透等缺陷；
- b) 对接焊缝应 100% 超声波探伤，角焊缝应 100% 磁粉探伤。

10.3.2 检验方法

焊缝外观采用肉眼观察及焊缝量规测量，无损检测由持 UT/MT II 级及以上证书人员操作，出具探伤报告。

10.3.3 检验数量

应符合表2的规定。

表 2 检验数量

单位为毫米

序号	焊缝质量等级	探伤比例	探伤范围	板厚	检验等级
1	I 级横向对接焊缝	100%	全长	10~80	B
2	II 级横向对接焊缝		全长		
3	I 级纵向对接焊缝		全长		
4	II 级纵向对接焊缝		焊缝两端各1000		
5	I 级全熔透角焊缝		全长		
6	II 级角焊缝	100%	两端螺栓孔部位并延长500, 板梁主梁、箱梁及纵、横梁跨中加探1000,	10~45	A
			整体节点杆件节点板范围全长	46~80	B

10.4 现场拼装精度

10.4.1 质量要求

现场拼装精度质量要求应符合以下:

- 钢壳单元平躺拼装时, 接缝处错边量不超过 1 mm, 整体钢壳平整度不超过 3 mm/m (用 2 m 靠尺检查), 无扭曲、侧弯变形;
- 拼装完成后, 钢壳顶面水平度偏差不得超过 2 mm/m, 确保后续吊装受力均匀。

10.4.2 检验方法

用塞尺测接缝错边量, 2 m 靠尺及楔形塞尺测平整度, 水准仪测顶面水平度。

10.4.3 检验数量

接缝错边量每缝测点不少于5个, 平整度每50 m² 测1处, 顶面水平度每边测点不少于4个。

10.5 吊具安全

10.5.1 质量要求

吊具安全质量要求应符合以下规定:

- 钢丝绳破断拉力不低于钢壳吊重的 8 倍安全系数, 表面断丝数不超过 6 根/捻距、磨损量不高于 10%, 无锈蚀、变形;
- 卸扣采用额定承载力不低于钢壳吊重的 2 倍安全系数的 D 型卸扣, 表面无裂纹、磨损 (壁厚减薄量不超过 10%);
- 吊耳焊接高度不低于 10 mm, 与钢壳贴合紧密, 承载力应通过 1.5 倍及以上额定荷载试验验证。

10.5.2 检验方法

用专用仪器检测内部损伤, 卡尺测磨损量, 磁粉探伤检测卸扣与吊耳裂纹, 荷载试验采用分级加载 (50%、80%、100%、120% 额定荷载)。

10.5.3 检验数量

钢丝绳、卸扣每吊装1个墩柱全数检查，吊耳每加工1个做1次荷载试验。

10.6 定位精度控制

10.6.1 质量要求

定位精度控制质量要求应符合以下规定：

- a) 钢壳初步落位时，中心位置偏差小于 2 mm（三维导向装置控制）；
- b) 精调后，墩柱立体中心偏差不超过±5 mm，垂直度不超过 1%；
- c) 精调后锁定自锁式稳固架，焊接过程中垂直度偏差变化不超过 0.2%。

10.6.2 检验方法

采用全站仪进行三维坐标测量，每30 min复测1次垂直度（焊接前后各测1次），用2 m靠尺辅助检查局部垂直度。

10.6.3 检验数量

中心位置每落位1次测3个点（顶面、中部、底部），垂直度每调整1次测2个正交方向，焊接过程中每10 min测1次。

10.7 承压板螺栓锚固

10.7.1 质量要求

承压板螺栓锚固质量要求应符合以下规定：

- a) 承压板预埋螺栓采用 8.8 级 M24 高强度螺栓，安装前涂刷锌铬黄防锈漆（厚度不低于 100 μm），螺栓调平后水平度误差±1 mm；
- b) 螺栓与钢壳连接紧密，拧紧扭矩不低于 600 N·m（按设计要求），螺栓孔间隙用 M50 水泥砂浆充填（密实度≥95%）。

10.7.2 检验方法

用涂层测厚仪测防锈漆厚度，扭矩扳手测拧紧扭矩，超声检测螺栓孔砂浆密实度。

10.7.3 检验数量

螺栓防锈漆每10个测1个，扭矩全数检查，每承压板处抽检1孔砂浆密实度。

10.8 外包混凝土防腐控制

10.8.1 质量要求

外包混凝土防腐控制质量要求应符合以下规定：

- a) 外包混凝土采用 C30 混凝土，厚度不低于 50 cm，表面平整度不超过 5 mm/m，无蜂窝、麻面（面积不超过 0.5%）；
- b) 混凝土与钢壳贴合紧密，间隙不超过 2 mm，应在混凝土表面涂刷渗透型防水剂（渗透深度不低于 5 mm）。

10.8.2 检验方法

用钢卷尺测外包混凝土厚度，2 m靠尺测平整度，超声检测与钢壳间隙，防水剂渗透深度采用钻芯取样检测。钻芯采用直径50 mm的金刚石钻芯机，取样数量按外包混凝土施工段划分，每50 m²取1组芯样，每组3个，不足50 m²按50 m²计；检测方法为钻取芯样后，清除芯样表面浮浆，采用酚酞试剂喷涂芯样断面，测量未变色区域（防水剂渗透区域）的最大线性深度，取同组芯样检测结果的算术平均值作为该检测点的渗透深度值。

10.8.3 检验数量

厚度每2m测1个点，平整度每50 m²测1处，间隙每10 m测1个点，防水剂每涂刷100 m²钻芯1个。

10.9 钢壳防护

10.9.1 质量要求

钢壳防护应符合以下规定：

- a) 钢壳运输与施工过程中，表面涂层（工厂预制时涂刷环氧富锌底漆，厚度不低于80 μm）无破损，破损处应补涂（补涂前除锈至Sa2.5级）；
- b) 钢壳顶部浇筑口封堵采用C45混凝土，与钢壳结合面应凿毛（深度不低于5 mm），封堵后表面平整度不超过3 mm/m。

10.9.2 检验方法

肉眼观察涂层破损情况，涂层测厚仪测补涂厚度，钢卷尺测凿毛深度。

10.9.3 检验数量

涂层破损全数检查，补涂厚度每处测3个点，凿毛深度每10 cm测1个点。

10.10 混凝土配合比

10.10.1 质量要求

混凝土配合比质量要求应符合以下规定：

- a) 承台二次浇筑采用C40混凝土，28 d抗压强度不低于40 MPa，抗渗等级不低于P6；
- b) 钢壳内采用C45自密实补偿收缩混凝土，28 d抗压强度不低于45 MPa，扩展度不低于650 mm，坍落度240 mm±20 mm，收缩率不超过0.03%（28 d），应添加抗裂纤维。

10.10.2 检验方法

委托第三方检测机构出具配合比报告，现场每车检测坍落度、扩展度（自密实混凝土），每50 m³制作1组抗压强度试块（3块/组）、1组抗渗试块（6块/组）。

10.10.3 检验数量

配合比施工前验证1次，坍落度每车检测，试块按混凝土方量抽检，且每个浇筑段不少于1组。

10.11 浇筑工艺

10.11.1 质量要求

浇筑工艺质量要求应符合以下规定：

- a) 承台二次浇筑前，承压板表面应清理干净（无油污、浮锈），砂浆充填间隙密实度不低于95%；

- b) 振捣棒插入深度应深入下层混凝土 5 cm~10 cm,振捣时移动间距不大于振捣棒作用半径的 1.5 倍;
- c) 钢壳内自密实混凝土浇筑速度不超过 1 m/h,分节高度 4 m~6 m,应通过观察孔确认混凝土密实度(无空洞)。

10.11.2 检验方法

按GB/T 50784、GB 50666的规定进行。

10.11.3 检验数量

砂浆密实度每承压板测5个点,层厚每30 cm测1次,钢壳内混凝土密实度每节测10个点(均匀分布)。

10.12 养护质量

10.12.1 质量要求

养护质量要求应符合以下规定:

- a) 承台混凝土浇筑完成后 12 h 内覆盖土工布及塑料膜养护,养护时间不低于 14 d,环境温度小于或等于 25 ℃时每日洒水不低于 4 次,温度高于 25 ℃时不低于 6 次;
- b) 钢壳内混凝土采用带模养护(钢壳自身保温),养护期间钢壳内温度不超过 60 ℃(温差不超过 25 ℃),应设置温度传感器实时监测(每 5 m 高度设 1 个),当温度超过限值时应立即采取降温或保温措施。

10.12.2 检验方法

用水温计测养护水温(与混凝土表面温差不超过15 ℃),温度传感器实时记录温度数据,养护完成后检查混凝土表面(无裂缝、起砂)。

10.12.3 检验数量

温度传感器每墩柱设6个(底部、中部、顶部各2个),养护洒水每日检查2次,混凝土表面质量全数检查。

10.13 验收标准

按TB 10415、TB 10424、GB 50205—2020的相关规定执行,分阶段验收钢壳焊接质量、定位精度、混凝土强度及密实度,整体验收合格后方可进入后续工序。

参 考 文 献

- [1] Q/CR 749.1—2020 《铁路桥梁钢结构及构件保护涂装与涂料 第1部分：钢梁》
-