



T/CECS G XXX-2023

中国工程建设标准化协会标准

波形钢腹板组合箱梁桥同步异位 悬浇施工标准

**Standard of synchronous ectopic cantilever construction for
composite box-girder with corrugated steel webs**

(征求意见稿)

中国工程建设标准化协会 发布

中国工程建设标准化协会标准

波形钢腹板组合箱梁桥同步异位 悬浇施工标准

Standard of synchronous ectopic cantilever construction for
composite box-girder with corrugated steel webs
(征求意见稿)

T/CECS G XXX-2023

主编单位：中交第二公路工程局有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2023 年 X 月 X 日

×××出版社

2023 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2021 年第一批协会标准制、修订计划>的通知》（建标协字【2021】11 号）的要求，由中交第二公路工程局有限公司承担《波形钢腹板组合箱梁桥同步异位悬浇施工标准》（以下简称“本标准”）的制订工作。

编制组经过深入调查研究，认真总结波形钢腹板组合箱梁桥同步异位悬浇施工实践经验和相关研究成果，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制订本标准。

本标准分为 8 章，主要内容包括：1 总则、2 规范性引用文件、3 术语和定义、4 材料、5 同步异位专用挂篮、6 同步异位悬浇施工、7 施工监控、8 质量检验。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会公路分会归口管理，由中交第二公路工程局有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请函告本标准日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；邮编：100088，电子邮箱：shc@rioh.cn），或中交第二公路工程局有限公司（地址：陕西省西安市雁塔区科技六路 33 号；邮政编码：710075；邮箱：hongshengshu@163.com）。

主编单位： 中交第二公路工程局有限公司

参编单位： 上海远通路桥工程有限公司

中交公路长大桥梁建设国家工程研究中心有限公司

内蒙古高等级公路建设开发有限公司

中交大建（西安）桥梁科技有限公司

主 编：

主要参编人员：

主 审：

参与审查人员：

目 次

1 总则.....	1
2 规范性引用文件.....	2
3 术语和定义.....	3
4 材料.....	5
4.1 混凝土.....	5
4.2 普通钢筋与预应力筋.....	5
4.3 钢材.....	5
5 同步异位专用挂篮.....	6
5.1 设计.....	6
5.2 制造.....	7
5.3 安装.....	8
5.4 预压.....	9
5.5 拆除.....	9
6 同步异位悬浇施工.....	10
6.1 一般规定.....	10
6.2 钢腹板加工制造.....	10
6.3 钢腹板运输储存.....	11
6.4 钢腹板现场拼装.....	11
6.5 钢腹板现场涂装.....	13
6.6 钢腹板连接.....	13
6.7 专用挂篮行走.....	14
6.8 混凝土浇筑.....	15
6.9 预应力施工.....	15
7 施工监控.....	17
7.1 基本要求.....	17
7.2 悬浇施工监控.....	17
7.3 挂篮施工监控.....	18
8 质量检验.....	19
附录 A 同步异位专用挂篮结构组成.....	21

附录 B 专用挂篮计算荷载及组合.....	22
附录 C 同步异位悬浇施工原理及流程.....	23
用词说明.....	28

征求意见稿

1 总则

1.0.1 为规范波形钢腹板组合箱梁桥同步异位悬浇施工，做到技术先进、经济适用、安全施工，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于 200m 跨径内双 PBL 埋入式波形钢腹板组合箱梁桥同步异位悬浇施工，200m 跨径以上或其他波形钢腹板结构形式下的悬浇施工可参照执行。

【条文说明】

目前，波形钢腹板组合桥梁在国内得到快速发展，已建和在建的该类型桥梁已达数百座且将不断向大跨轻型方向发展（最大跨度可达 300m~400m）。为适应波形钢腹板桥梁大跨径施工需求，提出同步异位悬浇施工方法，经济适用、高效可靠、施工简便。

1.0.3 波形钢腹板组合箱梁桥同步异位悬浇施工除应符合本标准外，尚应符合国家及行业现行有关标准的规定。

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。

- JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
- JT/T 784 组合结构桥梁用波形钢腹板
- CJJ/T 281 桥梁悬臂浇筑施工技术标准
- GB 8923 涂覆涂料前钢材表面处理
- Q/CR 9211 铁路钢桥制造规范
- JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件
- GB 50205 钢结构工程施工质量验收标准
- CJJ/T 272 波形钢腹板组合梁桥技术标准
- GB 50661 钢结构焊接规范
- GB 51249 建筑钢结构防火技术规范
- TB/T 1527 铁路钢桥保护涂装及涂料供货技术条件
- JGJ/T 283 自密实混凝土应用技术标准
- JTG F80 公路工程质量检验评定标准
- JGJ 300 建筑施工临时支撑结构技术规范
- GB 50982 建筑与桥梁结构检测技术规范

3 术语和定义

3.0.1 波形钢腹板组合箱梁 composite box-girder with corrugated steel webs

由混凝土箱梁顶底板与波形钢腹板通过抗剪连接件组合而成，可共同参与受力的钢-混凝土组合梁。

3.0.2 同步异位悬浇施工 synchronous ectopic cantilever construction

利用波形钢腹板承重，采用专用挂篮沿桥轴线方向由桥墩向跨中对称平衡地同步浇筑组合箱梁（ $n-1$ ）节段顶板和 n 节段底板混凝土，吊运和安装（ $n+1$ ）节段波形钢腹板，并施加预应力的施工方法。

3.0.3 单开孔钢板+栓钉连接件 single PBL shear connector

利用单块开孔钢板、孔内横向贯穿钢筋和栓钉连接件使混凝土与波形钢腹板共同受力的连接件。

3.0.4 双开孔钢板+栓钉连接件 twin PBL shear connector

利用两块开孔钢板和孔内横向贯穿钢筋使混凝土与波形钢腹板共同受力的连接件。

3.0.5 角钢连接件 angle plate shear connector

利用焊接在钢翼缘板上的角钢、U 形钢筋和纵向贯穿钢筋使混凝土与波形钢腹板共同受力的连接件。

3.0.6 埋入式连接件 embedded shear connector

在波形钢腹板上焊接纵向接合钢筋、开孔设横向贯穿钢筋并埋入混凝土中，使其与混凝土共同受力的连接件。

3.0.7 贯穿钢筋 steel bar through pin-hole

穿过开孔钢板或角钢竖肢销孔的钢筋，可分为纵向和横向两种。

3.0.8 混凝土剪力销 concrete shear pins

把混凝土注入开孔的钢板，使孔中填充的混凝土形成的圆柱体与横向贯穿钢筋共同起作用而形成的抗剪连接件。

3.0.9 内衬混凝土 concrete liner

在墩顶附近一定范围内，组合箱梁波形钢腹板内侧设置的并采用栓钉等连接件与波形钢腹板紧密连接的混凝土构件。

3.0.10 组合腹板段 girder segment with composite webs

设置内衬混凝土的波形钢腹板组合箱梁节段。

3.0.11 专用挂篮 movable suspended scaffolding

同步异位悬浇施工时，根据施工特点专项设计的用于承受组合箱梁顶底板混凝土和波

形钢腹板自重以及施工荷载，支撑于波形钢腹板上且能逐段向前移动的专用结构。其主要结构包括主桁架、行走系统、模板系统、悬吊系统、锚固系统、波形钢腹板吊运系统、底篮和工作平台。

3.0.12 波形钢腹板吊运系统 lifting system with corrugated steel webs

综合考虑大跨径波形钢腹板组合箱梁桥桥位处运输条件，依托专用挂篮进行专项设计的用于波形钢腹板梁上运输和吊装的结构总成。

征求意见稿

4 材料

4.1 混凝土

4.1.1 混凝土的材料参数应按现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）的相关规定执行。

4.1.2 波形钢腹板组合箱梁桥上部结构的混凝土强度等级不应低于设计等级，对于内衬混凝土、接缝处混凝土、墩顶大体积混凝土等宜采用高强度及高延性混凝土。

4.1.3 组合箱梁顶底板混凝土所用的水泥、砂、石、水、外掺剂及混合材料的质量和规格，应符合有关规范要求，并按规定的配合比施工。

4.2 普通钢筋与预应力筋

4.2.1 波形钢腹板组合箱梁桥所采用的普通钢筋与预应力钢筋应符合现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）的相关规定。

4.3 钢材

4.3.1 结构钢材要满足强度、塑性、韧性和可焊性的要求，选用时应综合考虑结构的重要性、荷载特征、结构形式、应力状态、连接方法、钢材厚度及工作环境等因素。

4.4.2 波形钢腹板组合箱梁桥用的钢材宜采用质量等级不低于 C 级的碳素结构钢、低合金高强度结构钢或桥梁用结构钢，其质量要求应符合《碳素结构钢》GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 和《桥梁用结构钢》GB/T 714 的规定，钢材的强度设计值和物理特性指标按《钢-混凝土组合桥梁设计规范》GB 50917 规定执行。

4.4.3 波形钢腹板及其连接件焊接材料的选用应与主体钢材相匹配。

4.4.4 焊缝强度设计值应按《钢结构设计标准》GB 50017 规定执行。

4.4.5 高强度螺栓、螺母、垫圈的技术条件应符合《钢结构用高强度大六角螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231、《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632 的规定。

4.4.6 栓钉连接件的材料应符合《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433 的规定。

5 同步异位专用挂篮

5.1 设计

5.1.1 专用挂篮应经专项设计，且应参照《桥梁悬臂浇筑施工技术标准》CJJ/T 281、《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650等相关规定。

5.1.2 专用挂篮结构主要包括挂篮主桁架、行走系统、模板系统、悬吊系统、锚固系统、波形钢腹板吊运系统、底篮和工作平台，参见附录A。

【条文说明】

专用挂篮设计时，为了有效利用波形钢腹板的抗剪力学性能，将挂篮支腿支撑于双PBL键的倒“Π”形槽口内，无需额外设置行走轨道，可实现多工作面同步施工；同时，针对波形钢腹板组合箱梁桥超大跨径、现场作业条件限制等问题，专用挂篮可设置波形钢腹板吊运系统来解决其运输和吊装，若塔吊最大吊幅和起吊能力均能满足波形钢腹板的安装需求，则无需设置波形钢腹板吊运系统。

5.1.3 专用挂篮设计时，宜根据混凝土顶底板自重、波形钢腹板自重、施工荷载等技术指标和边界条件进行方案设计，再进行方案评审，最终完成专用挂篮施工图设计。

5.1.4 专用挂篮宜采用轻型化、通用化和标准化设计理念，以满足不同节段及大跨径等施工要求。

5.1.5 专用挂篮主桁架宜采用模块化分段式设计，单个构件长度宜不大于12m且最大重量宜不大于20t，以满足大件运输和吊装设备要求。

【条文说明】

主桁架建议采用模块化分段设计，构件尺寸及重量参数等满足《道路大型物件运输规范》JT/T 1295-2019和交通运输部令2021年第12号《超限运输车辆行驶公路管理规定》等要求，便于构件运输及安装，经济合理。

5.1.6 专用挂篮行走系统设计时应根据墩顶0#块现浇段、标准梁段和合龙段尺寸综合考虑，行走系统宜采用液压油缸进行向前顶推行走，并与双PBL键倒“Π”形开孔钢板贯通孔可靠连接。

5.1.7 专用挂篮模板系统应根据节段长度及截面形状变化进行设计，外侧模和底篮尺寸应合理并减少分块；模板系统宜采用钢模板，整体结构应进行设计计算，构件应满足加工、运输、安装等要求。

5.1.8 专用挂篮悬吊系统应根据底梁尺寸合理布置吊杆且应进行设计计算，安全系数应不小于2；吊杆宜采用Q355钢板吊带或40Cr等高强度且冲击韧性好的机加工丝杆，严禁使用精轧螺纹钢。

【条文说明】

为保证挂篮在顶底板混凝土同步浇筑过程中悬吊系统吊杆安全可靠，本条文参照《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650 第 17.5.1 条规定，要求吊杆安全系数不小于 2。

住建部公告 2021 年第 214 号《房屋建筑和市政基础设施工程危及生产安全施工工艺、设备和材料淘汰目录（第一批）》中对挂篮作为前吊点等情况下不得使用的规定；为更好地对挂篮使用中的关键受力构件进行安全控制，本条参照此规定禁止使用精轧螺纹钢。

5.1.9 专用挂篮锚固系统设计时应根据箱梁截面尺寸和挂篮整体受力情况合理设置锚固位置，锚固系统安全系数不小于 2。

5.1.10 专用挂篮波形钢腹板吊运系统设计时应根据波形钢腹板结构尺寸、吊装方案等因素并充分考虑其运输及吊装空间。

5.1.11 专用挂篮工作平台应有足够的强度和平面尺寸并设置专用爬梯或通道，以满足混凝土浇筑和波形钢腹板安装等作业需要；宜设置防雨棚、防寒棚等防护设施并进行必要验算，安全防护应满足相关规范要求；宜根据使用环境进行必要的防腐涂装设计。

5.1.12 专用挂篮设计时应对其结构强度、刚度及稳定性进行详细计算并验算波形钢腹板与混凝土的局部受力状态，挂篮计算荷载及其组合参见附录 B。

【条文说明】

同步异位悬浇施工与常规施工相比有一定特殊性，首先需要综合考虑悬浇块段划分、顶底板异位施工等特点来确定计算工况；其次，专用挂篮支撑于波形钢腹板上，波形钢腹板与混凝土的局部受力状态也是必须考虑的关键因素之一。

5.2 制造

5.2.1 专用挂篮出厂时应提供焊接评定报告、焊缝探伤报告、合格证明等齐全、详实的资料。

5.2.2 在正式制造前，制造单位应根据设计图纸编制钢结构制造工艺方案并对关键工艺进行设计与评定。

5.2.3 专用挂篮材料应符合设计图纸和现行标准的相关规定且应进行预处理，材料表面无锈蚀、无油渍及污垢；机加工零部件热处理，除满足设计图纸中相关特殊说明外，尚应符合其相关通用技术条件规定。

5.2.4 焊缝无损检测方法和频率应满足设计图纸要求且不低于现行相关标准的规定；挂篮主桁架、底篮系统等主要承重结构的重要焊缝宜按一级焊缝进行 100% 探伤检测。

【条文说明】

《桥梁悬臂浇筑施工技术标准》CJJ/T 281 第 5.1.2 条对挂篮结构全熔透对接和角焊缝质量要求为二级焊缝；专用挂篮一般建议由专业单位在厂内进行加工制造，而实际施工中多采用自行加工或者租赁方式，同时挂篮还受动荷载影响，由此带来的结构安全风险增加，所以本条规定了重要焊缝的探伤由抽检不少于 20% 提高至 100%。

5.2.5 专用挂篮锚固系统和悬吊系统所采用的锚杆、丝杆、螺母和连接器等应进行拉伸试验，试验合格后方可出厂使用。

5.2.6 专用挂篮涂装及外观应符合设计图纸说明要求和相关标准的规定。

1 构件预拼装及检验合格后再解体涂装。

2 螺栓孔、销轴部位待现场安装完毕后再做涂装，摩擦型高强度螺栓连接副摩擦面应采取保护措施。

3 涂装前，构件表面去除金属表面锈蚀、氧化皮、焊渣、灰尘、水分等杂物，构件表面除锈等级应符合《涂覆涂料前钢材表面处理》（GB8923）中的规定。

4 涂层表面不应存在脱皮、泛锈、龟裂和气泡等缺陷，涂层应均匀、无明显皱皮、流坠、乳突、针眼和气泡。

5.2.7 专用挂篮出厂前应在厂内进行预拼装，对各杆件分门别类并编号，以便现场快速拼装；挂篮使用单位、制造单位等应进行联合验收，如条件允许宜进行厂内承载力试验。

【条文说明】

预拼装目的在于校核专用挂篮主要构件的制造尺寸、精度和匹配度等是否满足设计及安装要求；在有条件的情况下，可将专用挂篮主桁架组拼并进行对拉试验，以检验主桁架的承载能力是否满足设计要求。

5.3 安装

5.3.1 专用挂篮安装前应编制专项施工方案并按流程完成逐级评审。

5.3.2 已浇筑混凝土强度达到设计强度的70%后，应准确安装支撑专用挂篮的波形钢腹板，并对安装所需的预留孔位置及尺寸进行复核。

5.3.3 根据现场作业环境和起重条件，合理确定专用挂篮安装方案，设置专门场地进行挂篮安装，周边设置安全警示标志，严禁非作业人员进入安装区域。

5.3.4 专用挂篮主桁架应根据现场设备起吊能力和场地条件选择经济合理的拼装方式进行安装；安装时，应核查各构件的规格型号、安装位置和方向，及时将主桁架与波形钢腹板开孔钢板进行临时固结，安装过程中不得进行随意切割及开孔。

5.3.5 悬吊系统和锚固系统的丝杆、锚杆应涂抹润滑脂并套PVC塑料管防止锈蚀，同时应采取防火隔热防腐蚀措施，避免电火花等造成损伤。

5.3.6 波形钢腹板倒U形凹槽内应干净、无铁屑等杂物，保证挂篮行走顺畅；挂篮行走到位后应及时限位。

5.3.7 模板系统和底篮应安装牢固严密，模板面应清理干净并涂刷隔离剂，安装后标高、预拱度和几何尺寸等应满足设计要求。

5.3.8 行走液压油缸安装前，宜检查液压元器件质量，液压油管敷设排列和走向宜整齐一致，安装完成后宜进行必要的调试工作。

5.3.9 爬梯、工作平台等附属设施应可靠安装，保证作业安全；挂篮应安装防雷装置、风速仪及防大风锚固装置。

5.3.10 挂篮预压前应由使用单位组织挂篮安装验收，安装及验收文件应完整齐全，验收合格后方可实施挂篮预压。

5.4 预压

5.4.1 箱梁顶底板同步异位悬浇施工前，应对波形钢腹板中心线偏差、模板标高、各机构位置状态等进行检查，确认符合要求后方可施工。

5.4.2 根据同步异位悬浇施工特点，宜在合适的醒目位置设置专用挂篮预压、使用等操作流程及安全标志标牌。

5.4.3 专用挂篮预压应编制施工方案，并根据挂篮设计和监控计算结果合理布置挠度测点和应力应变测点。

5.4.4 根据同步异位悬浇施工特点，专用挂篮预压宜按两阶段进行，第一阶段为底篮预压，第二阶段为底篮、内顶模和高低侧翼模板预压，预压材料宜结合现场条件合理选择。

5.4.5 专用挂篮预压荷载应按照最大重量顶板和底板的1.2倍分别施加于内顶模、高低侧翼模板和底篮上。预压应采用分级加载，宜按10%、50%、75%、100%、120%进行逐级加载并做好每级加载下相关数据的记录。

5.4.6 每完成一级加载和预压完成后均应对挂篮和提供其支撑的波形钢腹板进行全面检查，发现异常应立即停止加载，及时分析原因，确认安全后方可继续加载或投入使用。

5.4.7 根据预压时挂篮实测弹性变形值与箱梁设计反拱值之差设置预拱度，且在箱梁顶底板前后循环施工过程中分别实测变形值，以便根据实际状态调整预拱度偏差。

5.5 拆除

5.5.1 挂篮拆除前，宜根据合龙段位置施工作业环境选择就地拆除或回退拆除方式；拆除时应确认挂篮已可靠锚固，防止拆除过程中出现失稳倾覆现象。

5.5.2 挂篮拆除应编制专项施工方案并经审核批准，拆除过程应严格按方案执行，不得在夜间、暴雨、大风等恶劣天气条件下进行拆除作业。

5.5.3 专用挂篮拆除工艺与安装工艺相同，拆除顺序应遵循“后装的先拆、先装的后拆”的原则。

5.5.4 专用挂篮拆除时施工场地四周应设置防护及警示标志，拆除过程应安排专人指挥。

5.5.5 挂篮拆除时零部件应编号且分门别类堆放平稳、整齐，液压油缸应及时清理保养并采取密封包装措施妥善保存；结构件应采取防锈处理；模板应重新清理并涂抹模板油，面对面或背靠背码放并采取防雨措施。

6 同步异位悬浇施工

6.1 一般规定

6.1.1 波形钢腹板组合箱梁桥同步异位悬浇施工应编制专项施工方案且按规定逐级审批后实施，实施过程中应逐级进行技术交底。

【条文说明】

由于同步异位专用挂篮支撑在波形钢腹板上，需对专用挂篮作业相关的顶板及底板混凝土、波形钢腹板受力进行局部分析，保证施工整个过程安全可靠。

6.1.2 波形钢腹板组合箱梁桥同步异位悬浇施工应建立健全安全保障体系和质量管理体系，对施工安全和质量做到全过程控制。

6.1.3 波形钢腹板组合箱梁桥同步异位悬浇施工应对各施工过程进行全面监控。

6.1.4 悬臂两侧梁重、节段长度一致的情况下，悬浇施工必须对称进行，且应对高程和轴线进行全过程施工控制；施工过程中，梁体不得出现宽度超过设计和规范规定的受力裂缝，一旦出现，必须查明原因，经过处理后方可继续施工。

6.1.5 悬浇施工前，宜根据墩身施工、波形钢腹板安装、专用挂篮安装及拆除等要求综合考虑选择塔吊等相关施工机具设备。

【条文说明】

施工项目悬浇施工的现场作业环境可能有所不同，相关技术人员在选择塔吊时应多方面考虑，并充分对比分析不同吊装能力的塔吊方案技术可行性和经济性。

6.1.6 波形钢腹板等材料进场需经检验合格，施工机具、设备合格且状态良好。

6.1.7 波形钢腹板组合箱梁墩顶0号块施工支架或托架作业面应符合施工要求，制作及安拆宜参考《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650相关规定。

6.1.8 波形钢腹板加工制造、涂装等应满足《铁路钢桥制造规范》Q/CR 9211、《组合结构桥梁用波形钢腹板》JT/T 784、《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》JT/T 722、《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205等规范要求。

6.2 钢腹板加工制造

6.2.1 波形钢腹板的焊接主要包括波形钢腹板间的连接焊接、波形钢板与翼缘板的焊接、连接件与翼缘板的焊接等，所有焊接均应在施焊之前进行焊接工艺评定，焊接工艺评定规则按《钢结构焊接规范》GB50661的规定办理。

6.2.2 钢板的下料切割方法主要有机械切割、气切割、等离子切割法、水切法、电子束切割法和激光切割法等，波形钢腹板用的钢板切割宜采用机械切割、气割和等离子切割。

6.2.3 下料切割合格验收标准应符合以下规定：

板边尺寸：+2.0mm；板边垂直度：<5%板厚且≤2.0mm；板切割线度：<L/1000；端头垂直度：≤2.0mm；火焰切割面硬度不超过 HV350；

主要零件的外露边，应对火焰切割起 0.5~2.0mm 半径倒角。

6.2.4 切割后需焊接的边缘应进行机械焊接坡口加工，不要求焊接但属气割的边缘应进行边缘机械加工。

6.2.5 波形钢腹板采用单波形无牵制冷压法模压。在同一横断面上同时不超过二个受压牵制区，并使钢板在压模区内可以自由伸缩的模压方法进行成型。

6.2.6 弯制成型的加工方法有热弯加工和冷弯加工两种：对于普通碳素结构钢，当加工地点温度低于-20℃时，或者低合金结构钢工作温度低于-15℃时，均不得进行剪切和冲孔。当普通碳素钢加工地点温度低于-16℃时，低合金钢加工地点温度低于-12℃时，不得进行冷矫正和冷弯曲加工。

6.2.7 钢腹板需进行应力消除，消除应力的主要方法有自动调频振动时效法、静置自然时效法两种，可以达到应力释放与形态稳定效果。

6.2.8 波形钢腹板矫正可采用机械矫正、加热矫正、加热与机械联合矫正等方法。波形钢腹板外形矫正须先进行波形板、上、下连接件矫正，后进行组焊后整体波形钢腹板矫正；采用加热矫正时，加热温度不应超过900℃；构件加热矫正后宜采用自然冷却，低合金钢在矫正温度高于650℃时严禁急冷；矫正后的钢材表面，不应有明显的凹面或损伤，划痕深度不得大于0.5mm，且不应大于该钢材厚度负允许偏差的1/2。

6.2.9 钢腹板涂装前处理宜采用抛丸和喷砂复式处理，主要目的是除油、除锈、除灰、除水，同时达到Sa3 级除锈等级、粗糙度 RZ40~80μm、15分钟内即时涂装的要求。

6.3 钢腹板运输储存

6.3.1 波形钢腹板堆放场地应坚实、平整、通风且具有排水措施。

6.3.2 波形钢腹板支撑处应有足够的承载力，不允许在构件存放期间出现不均匀沉降。

6.3.3 波形钢腹板构件支垫点应放在设计指定的有横隔板、纵腹板或其它允许的部位。

6.3.4 波形钢腹板存放要分种类码放整齐，不宜过高；存放构件节段应按工地安装程序编号，并按吊运顺序安排位置。

6.3.5 波形钢腹板在运输和保存过程中可采用叠放的形式，钢腹板之间应采用有效支撑防止钢腹板翘曲变形，钢腹板叠放层数宜控制在6层以下。

6.3.6 波形钢腹板运抵现场后，集中按编号堆放，待安装时可由小型平板车运输。

6.4 钢腹板现场拼装

6.4.1 波形钢腹板安装应进行施工过程控制，保证其内力、变形、线形及高程符合设计要求；除满足本标准外，尚应符合《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650有关规定。

6.4.2 安装前，应对临时支架、支撑、吊机等临时结构本身在不同受力状态下的强度、刚度、稳定性进行验算；同时应对桥梁的墩台顶面高程、中线及各孔跨径进行复测，误差在允许偏差内。

6.4.3 波形钢腹板吊装时，因每块钢腹板的形状不尽相同，其重心位置有所变化，应通过多次试吊确定其重心位置和变化规律，保证起吊后波形钢腹板上缘水平。

6.4.4 波形钢腹板顶底板贯穿钢筋的安装应在钢腹板定位完成后进行，底板纵向钢筋安装时应注意绑扎顺序，先纵向后横向绑扎，避免阻碍贯通钢筋的安装施工。

6.4.5 采用同步异位悬浇工法时，波形钢腹板的悬臂安装可参照以下步骤执行：

- 1 波形钢腹板起吊和安装。
- 2 波形钢腹板空间定位。
- 3 内外侧波形钢腹板间设置临时支撑，且应设计有间距可调整措施。

6.4.6 波形钢腹板起吊和安装方式应根据塔吊起吊能力、桥梁跨径、桥位处运输条件等因素综合考虑，可选择塔吊直接起吊安装、塔吊+独立吊运系统等方式。

6.4.7 波形钢腹板在合龙段的安装可参照以下步骤执行：

- 1 合龙段处波形钢腹板按现场实际长度精确测量。
- 2 调整合龙段两侧标高，满足设计要求。
- 3 锁定合龙段。
- 4 波形钢腹板吊装就位，与合龙口两侧钢腹板有效连接。
- 5 完成波形钢腹板结合处焊缝焊接，整垮钢腹板形成整体。

6.4.8 波形钢腹板节段之间的焊接连接，应在梁段就位、固定、并经检查合格后方可进行施焊；焊接施工时的技术要求应符合《钢结构焊接规范》GB 50661的要求，工地焊接接缝检验应按《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650进行。

6.4.9 工地焊接前应做工艺评定试验，施焊应严格按已评定的焊接工艺进行；焊接前应对接头坡口、焊缝间隙和焊接板面高低差等进行检查，并应采用钢丝砂轮对焊缝进行除锈，且工地焊接应在除锈后24h内进行。

6.4.10 工地焊接时应设立防风、防雨设施，遮盖全部焊接处；工地焊接环境要求：风力小于5级，温度应高于5℃，相对湿度应小于85%，在箱梁内焊接时应有通风防护安全措施。

6.4.11 在钢腹板现场焊缝焊接完后，需要对钢腹板的偏位进行复合校正，并在焊接完成24h后进行焊缝第三方检测，合格后方可进行下道工序。

6.4.12 波形钢腹板连接用高强度螺栓宜选用大六角头螺栓。高强度螺栓、螺母及垫圈的外形尺寸公差、技术条件、运输、保管以及储存应符合相关规范规定；摩擦面应按照《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的要求进行防滑处理；安装前应复验出厂所附试件的抗滑移系数，合格后方可进行安装。

6.4.13 波形钢腹板防火可参考《建筑钢结构防火技术规范》（GB 51249）相关规定。

6.5 钢腹板现场涂装

6.5.1 波形钢腹板现场涂装前应清除焊缝周边的锈迹、焊渣、氧化皮、油脂等污物，直至表面呈现出均匀的金属光泽且表面处理经质检合格。

6.5.2 涂装层数和漆膜厚度应符合设计要求。防腐涂料应有良好的附着性、耐蚀性，底漆应具有有良好的封孔性能。

6.5.3 波形钢腹板施工现场涂装修复：底层涂刷有机富锌底漆代替工厂喷铝层，其它中层和面层做法不变，修复宽度以焊接施工时不破坏相邻涂层为准，各层修复厚度应以原设计厚度的120%为准。

6.5.4 涂装完成后，波形钢腹板表面有光泽，颜色均匀，不应有露底、漏涂与涂层剥落、破裂、起泡、划伤等缺陷。

6.5.5 波形钢腹板纵向节段间采用焊接连接时，钢腹板涂装应注意以下事项：

1.涂装前应先对焊缝表面及焊接区域进行处理，清除表面的锈迹、焊渣、氧化皮、油脂等污物后方可进行涂装。

2.焊缝处的涂装修复应先清理烧蚀区域，再涂刷富锌底漆，中层和面层按原涂装方案执行。各层修复厚度为原设计厚度的120%。

6.5.6 波形钢腹板纵向节段间采用高强螺栓连接时，波形钢腹板搭接面宜采用无机富锌底漆涂装。

6.6 钢腹板连接

6.6.1 连接件安装前应进行外观检查，检查是否存在不平整、毛刺、裂缝、变形、凹坑等缺陷，如发现缺陷应对其进行处理。

6.6.2 开孔钢板连接件施工应满足以下要求：

1. 开孔钢板连接件所需贯穿钢筋直径和材料应符合设计要求，使用前应以批次控制并进行相应的试验检验。

2. 贯穿钢筋加工尺寸偏差不大于5mm，并要求顺直。

3. 贯穿钢筋至孔周边的距离不宜小于混凝土骨料最大粒径。

4. 贯穿钢筋安装及定位应符合设计要求，可采取如下保证措施：

1)对于不设承托的混凝土板贯穿钢筋可在模板安装完成后穿入贯穿钢筋，并利用普通钢筋进行精确定位。

2)对于设置承托的混凝土板贯穿钢筋安装，可以先穿入贯穿钢筋，后安装模板，并利用普通钢筋进行精确定位。

3)贯穿钢筋应居中于预留孔，安装偏差不应超过5mm且垂直于开孔板，并定位牢固。

4)贯穿钢筋安装偏差不应超过5mm。偏差量可通过钢筋周边至孔周边的距离以及相邻钢筋间距进行控制。

6.6.3 栓钉连接件施工应满足以下要求：

1. 栓钉连接件的材料、机械性能以及焊接要求应符合《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433 的规定。
2. 设置栓钉连接件的翼缘钢板应采取有效措施，保证焊接变形控制在规定范围内。
3. 栓钉连接件表面可不需要经过表面处理。
4. 栓钉布置间距及栓钉连接件的外侧边缘与翼缘钢板边缘的距离应严格按照设计要求进行控制。
5. 栓钉连接件施工应在进行焊接工艺试验且各项试验数据检验合格后正式实施。
6. 栓钉表面应无锈蚀、氧化皮、油脂和毛刺等，其杆部表面不允许有影响使用的裂缝。
7. 混凝土振捣时应避免振捣棒直接接触栓钉。

6.6.4 角钢连接件施工应满足以下要求：

1. 角钢连接件应在专业钢结构加工厂进行，严格按设计要求实施，孔径偏差不应大于 1mm，孔位偏差不应大于 2mm。
2. 角钢连接件的贯穿钢筋应居中于预留孔，安装偏差不应超过 5mm。
3. U 形钢筋与角钢的焊接连接应在现场完成并应符合设计要求。
4. 浇筑混凝土时应保证孔内及角钢连接件周边混凝土浇筑密实。

6.6.5 嵌入型连接件施工应满足以下要求：

1. 嵌入型连接件的接合钢筋与波形钢腹板的焊接连接应在工厂内完成，焊缝等级不低于二级。
2. 在波形钢腹板与混凝土底板交接界面上应采取防水密封措施，并设置排水横坡。
3. 在混凝土浇筑前，应清除波形钢腹板上的污垢，保持表面清洁。
4. 嵌入式抗剪连接件，必须采取有效措施保证嵌入深度。

6.7 专用挂篮行走

6.7.1 已浇筑箱梁混凝土强度达到设计强度的90%且养护时间不少于5d，顶板预应力束张拉完成后，专用挂篮方可向前行走。

6.7.2 挂篮行走前移前应检查所有插销和保险销，螺栓应全部拧紧。

6.7.3 挂篮行走宜采用液压油缸同步顶推，前移速度宜控制在5~10cm/min，出现偏差应及时修正，避免挂篮支腿与波形钢腹板开孔钢板摩擦卡滞。

6.7.4 挂篮行走应保证T构两端的挂篮同步对称进行移动，防止偏载；同时，挂篮内外滑梁和底篮应行走同步，防止挂篮前后受力不均而出现向前倾覆。

6.7.5 挂篮行走时应随时检查挂篮后侧滑靴是否有脱空现象，有异常应立即停止移动。

6.7.6 挂篮行走应连续作业，前移至下一节段安装位置后应立即将挂篮支腿、底篮、内顶模和侧翼模板锚固；如行走过程中出现停留时，应及时采取临时锚固措施。

6.8 混凝土浇筑

6.8.1 同步异位悬浇施工前，应对施工全过程进行受力分析及稳定性分析；且应对施工期间关键受力部位进行局部安全性验算。

6.8.2 同步异位悬浇施工过程中，应有保证组合箱梁顶底板施工稳定的措施，必要时可对波形钢腹板局部受力较大部位进行加强。

6.8.3 顶底板混凝土浇筑时，宜采用两台混凝土输送泵对称浇筑， $n-1$ 节段顶板和 n 节段底板同步进行浇筑，且应从悬臂端向桥墩方向进行浇筑；波形钢腹板内衬混凝土宜与箱梁顶板一次性浇筑完成。

6.8.4 混凝土应振捣密实，应严格控制波形钢腹板位置、锚垫板处混凝土浇筑质量。

6.8.5 合龙顺序应按设计要求进行，设计无要求时，一般先边跨，后次中跨，再中跨。多跨一次合龙时，必须同时均衡对称地合龙。

6.8.6 合龙段施工前，应测量组合箱梁顶面标高及轴线，连续测试温度影响偏移值，观测合龙段在温度影响下梁体长度的变化。

6.8.7 合龙段长度及体系转换应符合设计规定，合龙前应在两端悬臂预加压重，在混凝土浇筑过程中逐步卸除，保证悬臂挠度稳定；合龙段混凝土强度可提高一级，浇筑完成后应加强养护，悬臂端应覆盖，避免日晒。

6.8.8 波形钢腹板与混凝土结合部位宜根据结构特点增加防裂钢筋网片，降低混凝土开裂风险。

6.8.9 组合箱梁顶底板与连接件结合处混凝土应具有良好的工作性、和易性、流动性；混凝土振捣应选择较小功率和直径的插入式振动棒，振捣时应避免触碰连接件。浇筑混凝土应保证孔内及连接件周边混凝土浇筑密实，当钢筋布置密集难以振捣时，可采用自密实混凝土，且应符合《自密实混凝土应用技术标准》（JGJ/T 283）要求。

6.8.10 除水泥、集料等原材料的具体要求外，尚应针对连接件对混凝土浇筑带来的影响，采取相应措施保证混凝土密实度、强度和耐久性；连接件处混凝土宜保温保湿养护7d以上。

6.9 预应力施工

6.9.1 波形钢腹板组合箱梁桥预应力施工除符合本标准要求外，应符合《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650等其他规范的相关规定。

6.9.2 预应力施工前应根据结构特点和受力特性，制定符合设计要求的专项施工方案。

6.9.3 预应力张拉机具设备及仪表进场后应经法定计量机构标定，专人使用和管理，定期维护和校验；张拉机具设备应与锚具配套使用。

6.9.4 体外索进场时应分批验收，对质量证明书、包装、标志和规格等进行检查；单根穿索前，应在桥面设置钢绞线放线架、导向轮和切割工作平台，牵引过程中不得产生弯折，转向时应通过导向轮实现。

6.9.5 预应力张拉顺序应符合设计要求；当设计无具体要求时，应按先纵向、后横向的顺序进行预应力张拉。

6.9.6 体外索张拉应符合下列要求：

1 采用千斤顶进行整体张拉时，应在整体两端对称同步张拉，并测量每一级的伸长值；

2 在进行单根张拉时，体外索钢绞线宜采用先单根安装并初应力张拉，再进行分级、对称和同步整体张拉的方法；

3 多跨连续梁相邻两跨体外索钢绞线张拉力差值应符合设计文件的要求。

6.9.7 采用应力控制方法张拉时，以伸长值进行校核，实际伸长值与理论伸长值的差值应符合设计要求。在设计无规定时，实际伸长值与理论伸长值的差值应控制在 $\pm 6\%$ 以内，否则暂停张拉，待查明原因并采取措施予以调整后，方可继续张拉到位。

6.9.8 孔道压浆顺序应为先下后上，且宜采用真空辅助压浆工艺；工艺中采用的真空泵应能达到 0.10 MPa 的负压力；孔道压浆应在预应力张拉后 48 h 内完成；否则应采取防止预应力筋锈蚀的措施。

6.9.9 封锚混凝土性能和强度等级应符合设计要求；压浆完成后，应及时对锚固端按设计要求进行封闭保护或防腐处理，需要封锚的锚具，应在压浆完成后对梁端混凝土凿毛并将其周围冲洗干净，设置钢筋网浇筑封锚混凝土；封锚应采用与结构同强度的混凝土。

6.9.10 体外预应力束张拉完成后，锚具应设置全密封防护罩、防护罩内灌注油脂或其他可清洗的防腐蚀材料。

7 施工监控

7.1 基本要求

7.1.1 同步异位悬浇施工监控应以设计预定的成桥状态为总目标，以桥梁结构安全和线形为各施工阶段控制目标，保证波形钢腹板在内的整个桥梁施工安全和成桥质量。

7.1.2 同步异位悬浇施工监控应包括监控计算、施工监测和数据分析与反馈控制。

7.1.3 在同步异位悬浇施工阶段应以线形控制为主，应力控制为辅；在合龙阶段应以应力控制为主，线形控制为辅，并通过理论计算控制应力发展。

7.2 悬浇施工监控

7.2.1 施工监控实施前，应开展设计符合性计算，应利用仿真分析手段对波形钢腹板支撑挂篮悬浇、预应力张拉、体系转换等工况进行施工全过程及成桥状态计算分析，必要时对关键受力部位应进行局部安全性验算，施工过程计算模型应能体现同步异位施工工艺特点；实施过程中，应进行参数识别和误差分析控制，经优化调整满足监控要求。

7.2.2 线形监测时，主梁标高测点宜布置在 $(n-1)$ 梁段顶板及 n 梁段底板。标高监测时，宜对挂篮立模、同步异位悬浇施工、预应力张拉等工序前后进行高程测量且不少于三个已施工悬浇节段。

7.2.3 主梁轴线监测时，每次同步异位悬浇施工循环结束后，宜对所有轴线测点坐标进行测量并通过计算判别轴线偏差是否满足要求。

7.2.4 波形钢腹板组合箱梁关键断面应力应变监测应包括混凝土正应力和波形钢腹板剪应力。应力监测截面宜设置在支点、跨中、 $1/4$ 跨处，波形钢腹板剪应力测点布置在剪应力最大位置，即中心轴处。

7.2.5 应力应变按前移挂篮、浇筑混凝土和预应力张拉等工序逐段进行监测，且边跨和中跨合龙、桥面调平层铺装后宜分别监测一次。

7.2.6 波形钢腹板组合箱梁桥线形受日照温差影响较大，宜采用温度传感器监测结构温度场及环境温度，掌握温度影响规律，可用于修正温度的影响；温度场监测可采用带温度测量功能的应变计，同时满足应力和温度监测要求。

7.2.7 悬浇施工监控宜建立全过程信息化监测系统，开展数据集成管理、分析评估、反馈控制及预警。

7.2.8 波形钢腹板组合梁桥同步异位悬浇施工过程中，施工监测值与施工跟踪计算值之间的误差限值应符合表7.1的规定。

表 7.1 结构内力状态和几何状态误差限值

项目			误差限值
结构 应力	顶底板混凝土结构	计算值不大于 10MPa	±2.0MPa
		计算值大于 10MPa	±20%，且不超过±4.0MPa
	波形钢腹板钢结构	计算值不大于 100MPa	±10.0MPa
		计算值大于 100MPa	±10%，且不超过±20.0MPa
高程/高差		同步异位悬臂浇筑施工主梁 各节段完成时的高程	±20mm
		同步异位悬臂浇筑施工主梁 合龙时相对高差	20mm

7.3 挂篮施工监控

7.3.1 同步异位专用挂篮宜进行包括应力控制、变形控制、安全预警等内容的全过程施工动态控制。

7.3.2 挂篮施工监控时应根据《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650、《建筑施工临时支撑结构技术规范》JGJ300、《建筑与桥梁结构检测技术规范》GB50982等相关规范及挂篮设计计算报告等资料设置监控预警阈值。

7.3.3 挂篮施工监控内容主要包括变形测量、结构应力测量和温度场测量，结构应力可采用智能型钢弦式应变计对结构关键部位进行测量。

7.3.4 挂篮施工前，应根据同步异位悬浇施工特点确定现场监控重点，主要包括顶底板混凝土浇筑、波形钢腹板吊运、底篮下放、挂篮前移等阶段。

7.3.5 同步异位专用挂篮施工监控宜建立全过程信息化监测系统，对波形钢腹板吊运过程和同步异位悬浇施工过程的挂篮结构进行在线监测。

7.3.6 挂篮施工监控应建立预警机制，出现预警状态应快速报送和发布相关预警信息，并采取必要措施进行预警响应。

8 质量检验

8.0.1同步异位悬臂浇筑结构的钢筋、模板及支架、混凝土、预应力等的质量检验应符合现行行业标准《桥梁悬臂浇筑施工技术标准》CJJ/T 281的要求。

8.0.2波形钢腹板应根据横向坐标、纵向坐标和竖向坐标进行空间定位，定位精度及安装质量应符合表8.1相关控制要求。

表 8.1 波形钢腹板定位精度控制

序号	项目	允许偏差	备注
1	波形钢腹板轴向偏位	$\pm 10\text{mm}$	内外侧波形钢腹板分别测量
2	内外侧波形钢腹板间距偏差	$\pm 5\text{mm}$	间距 2m 量 3 处
3	内外侧波形钢腹板高差	$\pm 5\text{mm}$	间距 2m 量 3 处
4	波形钢腹板垂直度	1/500	间距 2m 量 3 处
5	波形钢腹板纵桥向坡度	1/500	间距 2m 量 3 处
6	波形钢腹板中心距	$\pm 3\text{mm}$	检查每一安装节段断面
7	两块波形钢腹板对角线长度差	$\pm 4\text{mm}$	检查每一安装节段断面

8.0.3波形钢腹板连接用高强度螺栓的施工预拉力应符合设计要求；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，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应为0.11~0.15，其标准偏差应小于或等于0.01；复验数据应作为施拧的主要参数。

8.0.4波形钢腹板现场拼装质量检验应符合表8.2相关要求。

表 8.2 波形钢腹板现场拼装质量控制

序号	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	跨径 L (mm)		$\pm (5+0.00015L)$	全站仪或钢尺：测两支座中心线距离
2	全长 (mm)		± 15	全站仪或钢尺
3	波形钢腹板中心距 (mm)		± 3	尺量：测两波形钢腹板中心距
4	波形钢腹板高程 (mm)		± 10	水准仪或钢尺
5	横截面对角线差 (mm)		± 4	尺量：检查两端截面
6	拱度 (mm)		+10, -5	水平仪测量：检查跨中
7	扭曲 (mm)		每米 ≤ 1	安装前置于平台，四角中有三角接触平台，用尺量另一角与平台的间隙
8	波形钢腹板连接	焊缝尺寸	符合设计要求	量规：检查全部
		焊缝探伤		无损探伤：检查全部
		高强螺栓扭矩	$\pm 10\%$	测力扳手：检查 5%，且不少于 2 个

8.0.5波形钢腹板现场涂装质量检验应符合《铁路钢桥保护涂装及涂料供货技术条件》TB/T 1527和表8.3相关要求。

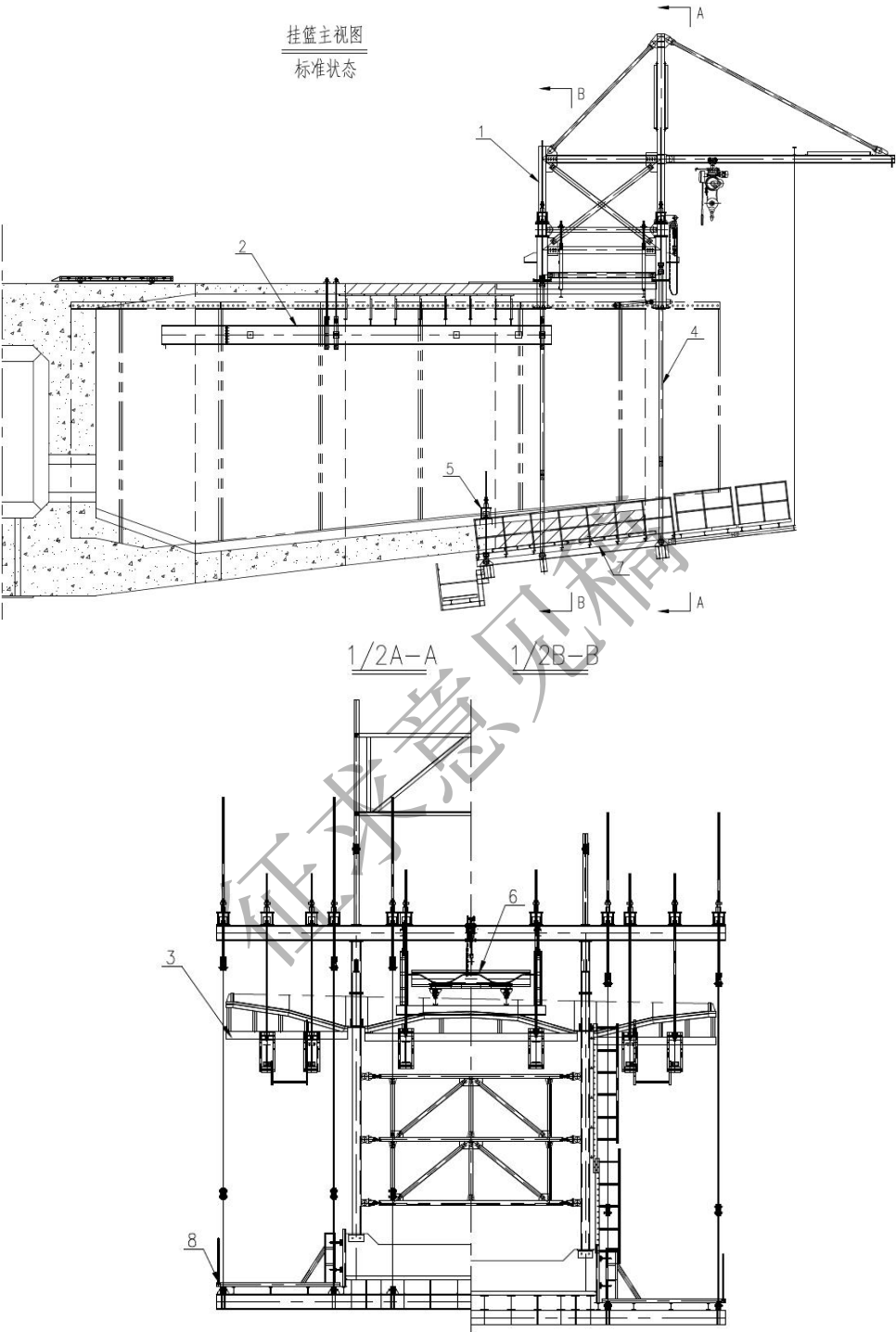
表 8.3 波形钢腹板现场涂装质量检验要求

序号	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	除锈清洁度		符合设计规定，未规定时 内表面取 Sa2.5，外表面 取 Sa3	比照板目测：100%
2	粗糙度 （ μm ）	外表面	70~100	按设计规定检查，未规定时采用 粗糙度仪检查，每段检查 6 点， 取平均值
		内表面	40~80	
3	总干膜厚度（ μm ）		符合设计规定	漆膜测厚仪检查
4	附着力（MPa）		符合设计规定	划格或拉力试验，按设计要求频 率检查
注：总干膜厚度按设计规定检查，未规定时，每 10m^2 测 3~5 个点，每个点附近测 3 次， 取平均值，每个点的实测值如小于设计值应加涂一层涂料，每涂完一层后，应检测干膜总 厚度。				

8.0.6同步异位悬浇施工质量检验应符合现行行业标准《桥梁悬臂浇筑施工技术标准》CJJ/T 281的要求。

附录 A 同步异位专用挂篮结构组成

A.1 同步异位专用挂篮结构组成见图 A.1。



1-主桁架、2-行走系统、3-模板系统、4-悬吊系统、5-锚固系统、6-波形钢腹板吊运系统、
7-底篮、8-工作平台

图 A.1 同步异位专用挂篮总体结构示意图

附录 B 专用挂篮计算荷载及组合

B.1 作用于专用挂篮的荷载包括永久荷载和可变荷载，永久荷载的分项系数应取 1.2，可变荷载的分项系数应取 1.4，具体如表 B.1 所示。

表 B.1 专用挂篮计算荷载

荷载类型	荷载名称	代号	备注
永久荷载	混凝土自重	G_1	
	模板自重	G_2	
	挂篮主桁架、锚固及悬吊系统自重	G_3	
	挂篮作业平台等附属结构自重	G_4	
可变荷载	施工人员及机具荷载	Q_1	
	振捣混凝土产生的振动荷载	Q_2	
	混凝土对模板的侧压力	Q_3	
	混凝土浇筑时水平方向冲击荷载	Q_4	
	风荷载	Q_5	
	其他荷载	Q_6	

B.2 专用挂篮设计应按承载能力极限状态对其强度和稳定性进行验算，按正常使用极限状态对其刚度进行验算；如设置有波形钢腹板吊运系统，尚应对其吊装工况进行验算，具体荷载组合如表 B.2 所示。

表 B.2 专用挂篮计算荷载组合

计算项目		强度、稳定性	刚度
挂篮主桁架、锚固及悬吊系统		$1.2 (G_1+G_2+G_3+G_4) + 1.4 (Q_1+Q_2+Q_5+Q_6)$	$G_1+G_2+G_3+G_4+Q_5+Q_6$
模板及作业平台系统	作业平台	$1.2G_4+1.4 (Q_1+Q_5+Q_6)$	$G_4+Q_1+Q_5+Q_6$
	侧模板	$1.4 (Q_3+Q_4)$	Q_3+Q_4
底篮系统		$1.2 (G_1+G_2) + 1.4 (Q_1+Q_2)$	G_1+G_2
行走系统		$1.3 (G_2+G_3+G_4) + Q_5+Q_6$	$G_2+G_3+G_4+Q_5+Q_6$

注：表中的“+”仅代表各项荷载参与组合，而不表示代数相加。

附录 C 同步异位悬浇施工原理及流程

C.1 同步异位悬浇施工方法是将混凝土箱梁按第 $n-1$ 节段顶板、第 n 节段底板和第 $n+1$ 节段波形钢腹板三个独立作业面同步进行施工，作业面间互不干涉，施工效率较常规悬浇工艺进一步提升。相关技术人员在选择同步异位悬浇施工方法时，应充分利用作业面间独立施工的优势，科学、合理地进行资源配置，以实现快速、高效、标准化的施工目标，同步异位悬浇施工原理见图 C.1。

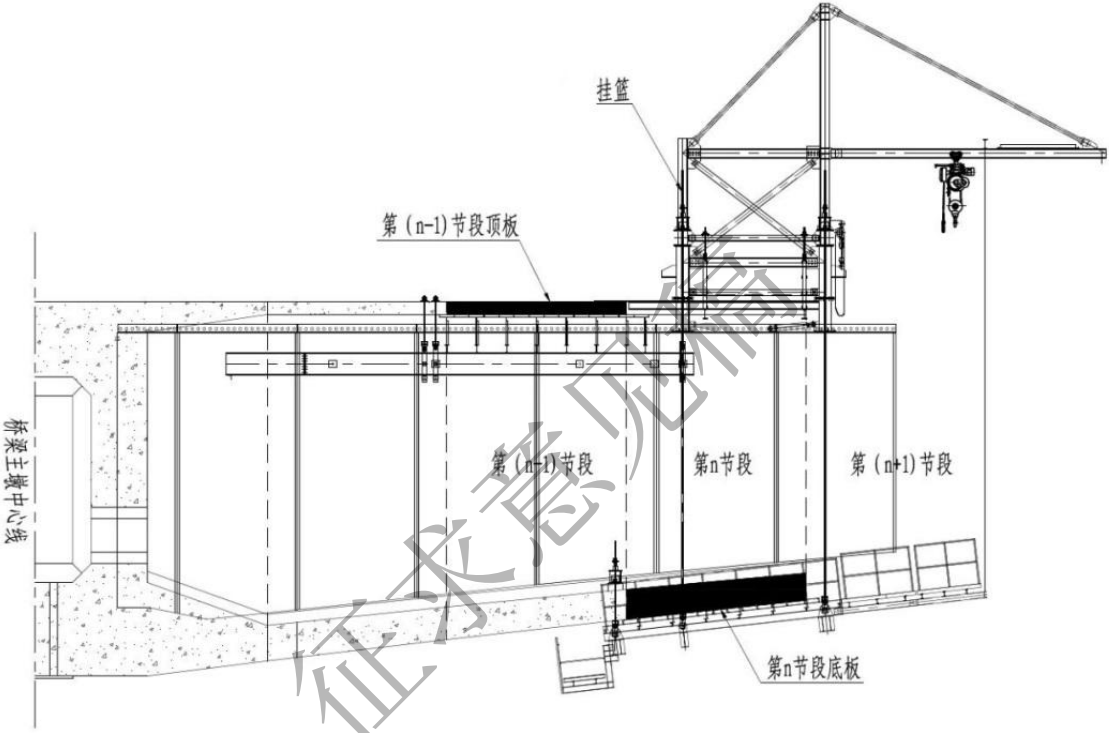


图 C.1 同步异位悬浇施工原理图

C.2 波形钢腹板组合箱梁桥同步异位悬浇施工总体流程见图 C.2。

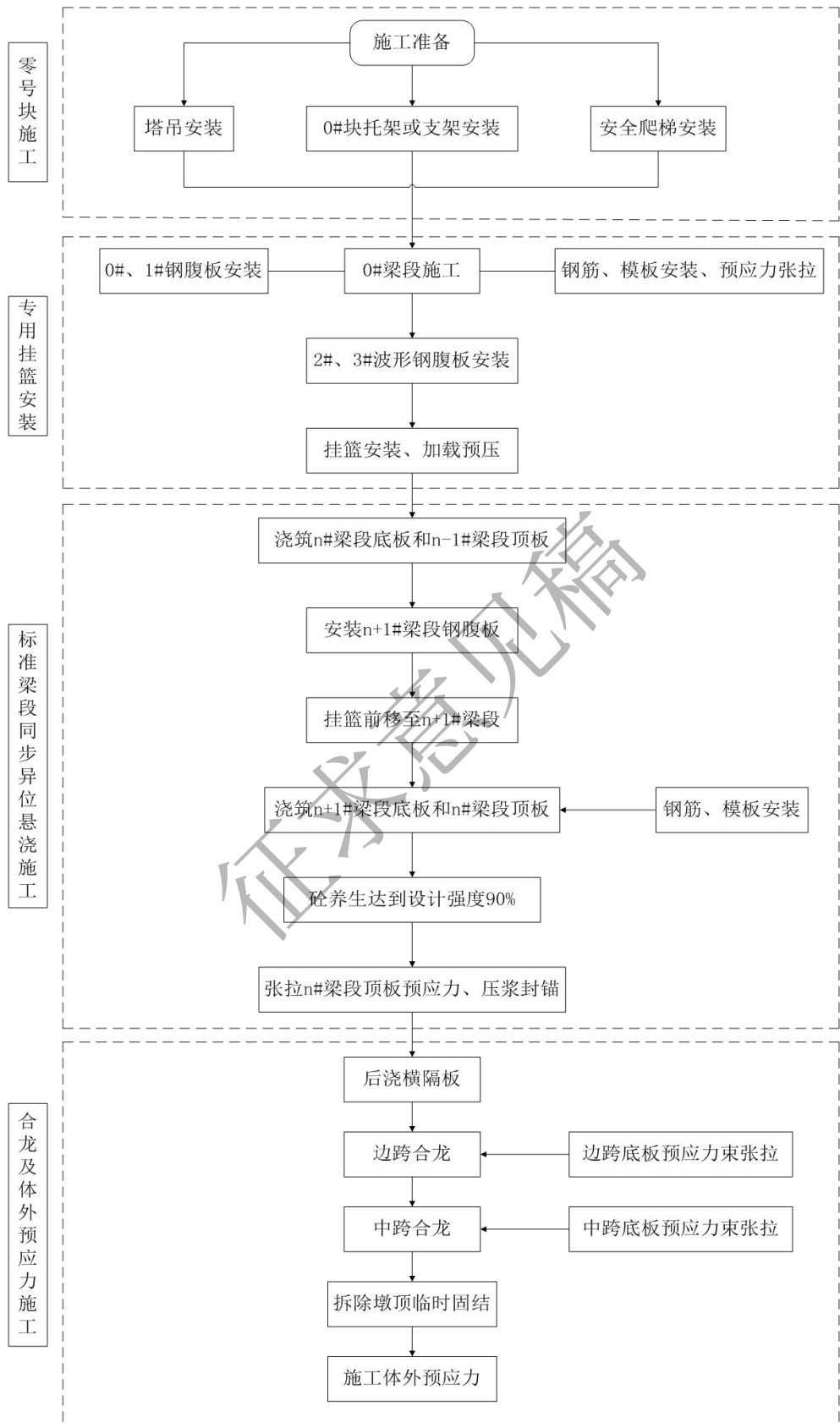


图 C.2 同步异位悬浇施工总体流程图

C.3 波形钢腹板组合箱梁桥顶底板施工流程见图 C.3。

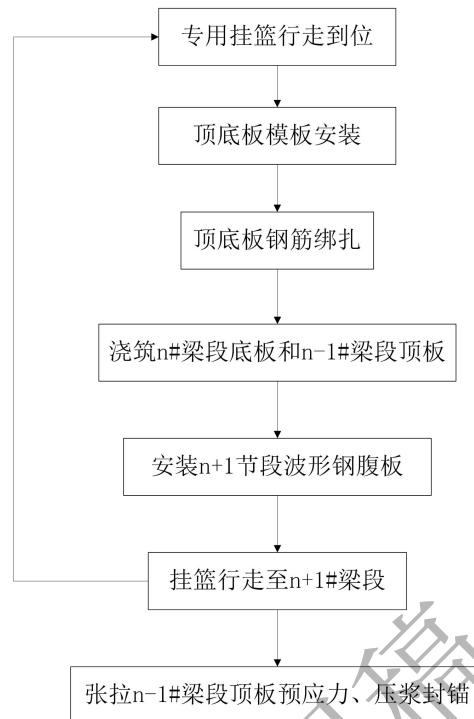


图 C.3 顶底板施工流程图

C.4 波形钢腹板组合箱梁桥波形钢腹板安装施工流程见图 C.4。

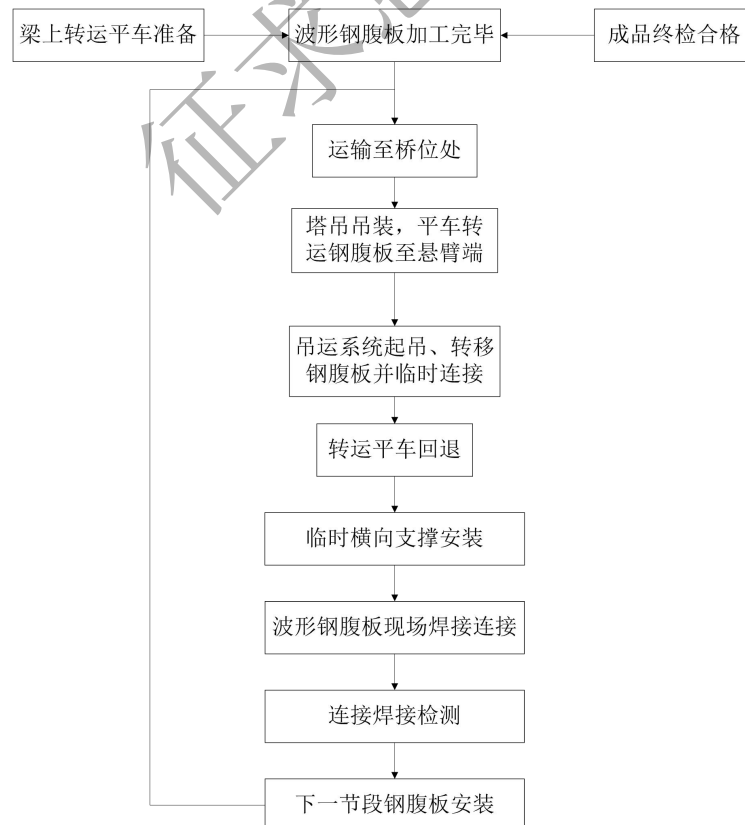


图 C.4 波形钢腹板安装施工流程图

C.5 波形钢腹板组合箱梁桥体外索安装施工流程见图 C.5。

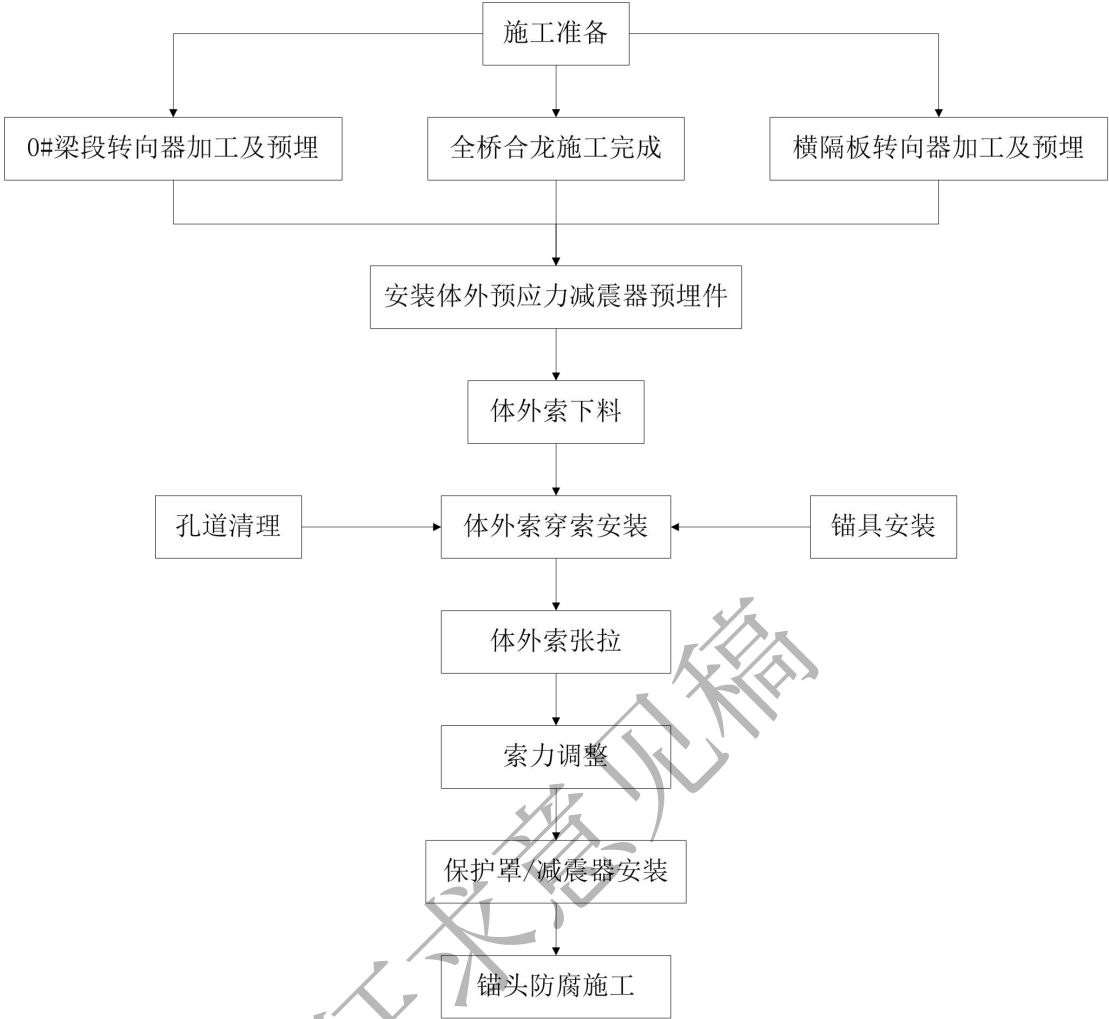


图 C.5 体外索施工流程图

C.6 波形钢腹板组合箱梁桥合龙段施工流程见图 C.6。

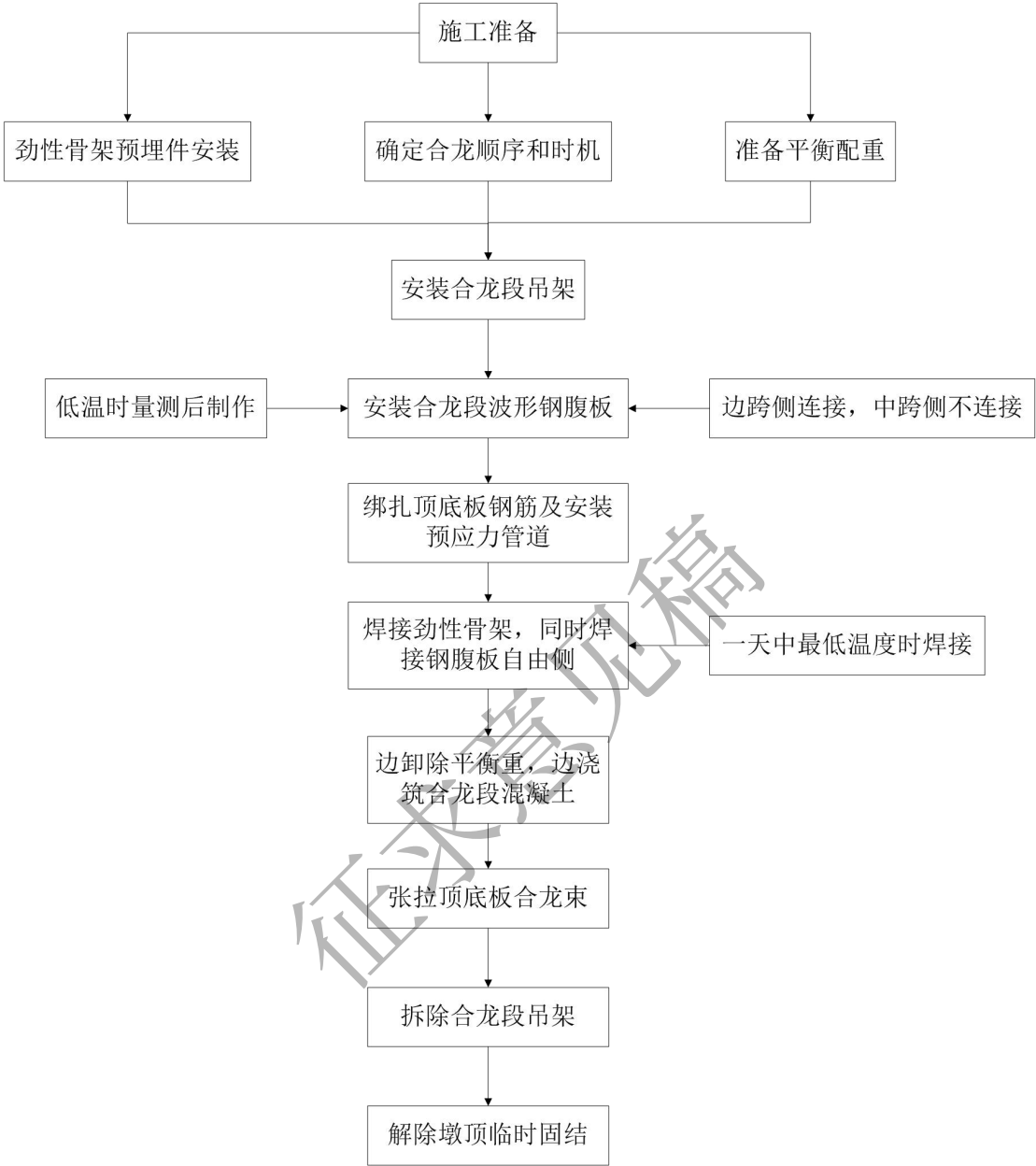


图 C.6 合龙段施工流程图

用词说明

为便于在执行本文件条款时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“应”，反面词采用“严禁”；
- 2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- 3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

征求意见稿