

高原地区铁路湿接缝节段梁预制施工技术研究

李 维¹ 黄 涛² 万尚俊³ 梁卿恺⁴

1. 四川成乐高速公路有限责任公司 成都 610041
2. 中铁三局集团建筑安装工程有限公司 太原 030000
3. 中铁三局集团桥隧工程有限公司 成都 610041
4. 中铁三局集团桥隧工程有限公司 成都 610041

摘 要：青藏高原地区平均海拔高、气温较低、昼夜温差较大、雨雪天气频繁，常常导致节段梁预制施工质量难以得到保证。为了提高施工的质量，探索节段梁在高海拔地区施工技术，通过某铁路桥梁项目，在预制场中节段梁钢筋通过专用胎具进行绑扎，混凝土浇筑后采用封闭+蒸汽养护的形式，可有效保证节段梁预制施工质量，可为同类节段梁预制施工提供经验和参考。

关键词：高原；湿接缝；节段梁预制；施工技术
中图分类号：TU745.7

节段梁拼接一般分为湿接和胶接，湿接拼接一般是在梁场预制时，每个节段外露一定长度的钢筋，在架设时，通过专用运梁车将预制好的节段梁运输至架桥桥墩处，然后通过架桥设备将节段梁按照设计图纸的位置一一吊装至相应位置，然后对每个节段外露钢筋位置进行立模浇筑混凝土，当湿接缝混凝土强度达到设计规定后拆除湿接缝模板，从而将节段梁形成整跨梁。对于湿接缝节段梁，其特点是每个节段长度短，外露钢筋较多，加之处于高寒高海拔地区昼夜温差大，极易导致混凝土收缩从而产生裂缝。基于此，本文将从节段梁钢筋绑扎、外露钢筋位置控制、混凝土浇筑及养护等施工过程方面进行阐述，并对施工技术过程及控制要点进行总结分析。

1 工程概况

澜沧江特大桥位于昌都市经济技术开发区，属低高山河谷地貌，绝对海拔约 3300m，昌都属高原亚温带亚湿润气候。夏季气候温和湿润，冬季气候干冷，年温差小，日温差大。该桥 11～31# 台采用预制节段拼装梁，全桥共计 20 孔节段预制箱梁。32m 简支梁每孔设置 7 个节段、6 道湿接缝、宽度 80cm，每个节段长度在 3.8～4.2m 之间；节段重量在 76～111t 之间；节段体积在 29～42m³ 之间。

2 预制施工流程

2.1 施工工艺

节段箱梁主要采用场内预制，节段拼装架桥机拼装，湿接缝拼装的方法施工。箱梁外模为开合式钢模板，内模为可牵引液压钢模板，底模采用钢模板与台座固定。钢筋在钢筋加工场集中加工，运输至节段梁场，在绑扎台座上绑扎成型，采用 1 台 16t 龙门吊整

体吊装入模。混凝土采用料斗入模；浇筑时采取附着式振捣与插入式振捣相结合的方式保证混凝土密实；附着式振捣器在侧模每隔两米一个成品字型布置，一侧腹板布置 3 个，模板底板每个支座板处布置一个附着式振捣器，共 7 个，浇筑之后采取保湿+蒸汽养护，拆模且强度满足设计要求后移至存梁区进行自动喷淋养护。存放 28 天后，可进行出厂架设，梁场内只进行钢筋绑扎和混凝土浇筑工序，张拉、压浆、封锚等工序在架梁时进行。

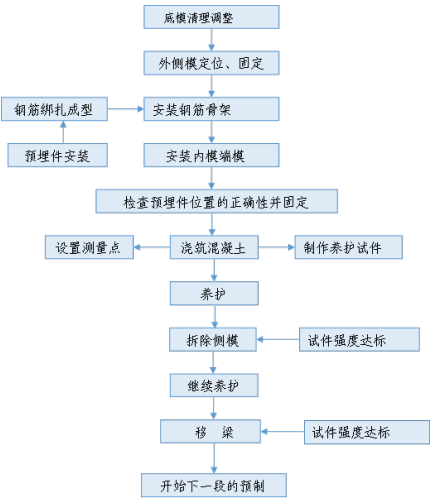


图 1 节段梁预制施工工艺流程图

2.2 钢筋绑扎

标准节段箱梁钢筋在绑扎胎具上整体绑扎成型，端头节段由于有支座、阻尼器预埋钢板以及锚垫板等预埋件，且钢筋较密集，采用在模板内原位绑扎成型。梁体钢筋的定位主要依靠胎架上带有凹槽的角钢完成。施工时根据设计图纸，将对应型号的钢筋摆入相

应的槽中，确保钢筋的相对间距符合设计要求。湿接缝处外露钢筋按照模板上开孔位置严格布置，绑扎过程中需要保证外露长度为 75cm，且在与梁体内部连接端方向，需要与梁体钢筋绑扎牢固，确保外露钢筋伸出位置与图纸要求一致。为了防止在外露钢筋处漏浆，针对端模板预留钢筋孔道处，设计两半式橡胶塞进行封堵，确保端面处混凝土质量，同时在端面设置 4 个顶升装置，在拆模时作为辅助措施，方便达到拆模的目的。钢筋绑扎工艺流程如下：

运料到位→底腹板外层钢筋→定位网→底腹板内层钢筋→底腹板辅助钢筋→顶板底层钢筋→顶板顶层钢筋→垫块绑扎→穿胶管→监理验收→待吊装。

2.3 钢筋骨架的吊装及安放

钢筋绑扎完成经验收合格后，派专人指挥进行梁体钢筋骨架吊装作业，吊装作业前，对吊装设备、钢丝绳等进行全面检查、检修确保吊装作业安全顺利，钢筋吊装使用专用的钢筋吊具，在吊具上设置的吊索使用钢丝绳。吊装时采用钢筋钩挂在钢筋骨架上，使骨架整体受力，防止钢筋骨架在吊装中变形。采用多点起吊，分体吊装，吊点间距应符合设计要求，吊点处不能使梁体主筋单独受力，必须在钢筋内穿入辅助杆件，然后将吊钩钩在辅助杆件上起吊，以免使钢筋产生局部应力而变形。在吊装运行过程中，确保吊点位置同时起吊，同时运行，同时下落使钢筋骨架准确就位。为了防止在混凝土振捣时吊装孔移位，特制作吊装孔工装，使其与钢筋骨架紧密连接，确保其精确定位。

2.4 模板安装

按照先底模、后外模、再侧模、最后安装内模顺序进行。每个部位模板安装前应清理干净，平整度应满足要求。在连接和固定过程中需要注意橡胶条是否安装顺直，以防漏浆。由于湿接缝处有外露钢筋，为了便于拆模，在端模上设置了辅助顶升拆模装置，在安装模板时，应注意将顶升装置与模板面平行设置。同时在模板、钢筋骨架安装过程中应及时安装预埋装置，主要包括：支座板、阻尼器预埋钢板、接触网支柱的预埋钢板、各种成孔装置（通风孔、泄水孔、吊装孔等）。由于支座处钢筋较密集，该部位不易振捣，往往造成支座处空响这一通病。为了防止该通病现象发生，使用环氧树脂粘贴碎石方式对支座板预埋钢板面进行处理，有效保证了支座附近的密实度。同时在该部位模板底面，再辅以附着式振捣器，确保在浇筑混凝土时，该部位振捣到位。

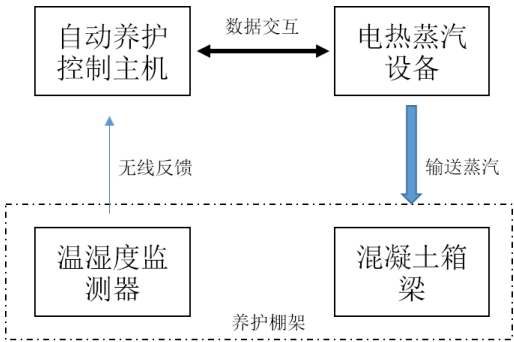
2.5 混凝土浇筑

混凝土拌制完后，采用混凝土运输车运送至箱梁浇筑场地，由 1 台 2.5m³ 料斗进行输送布料。混凝土

的浇筑采用连续浇筑、一次成型的方式。采用附着式振捣器与插入式振捣器相结合进行振捣。底板、顶板混凝土以插入式振捣为主；腹板以附着式振捣为主、插入式振捣为辅的振捣方式。振捣时避免碰撞模板、钢筋及预埋件。

2.6 节段梁养护方法

2.6.1 制梁区养护



于场地内制作防雨保温棚架，于棚架内部布设蒸汽养护系统，蒸汽养护系统由蒸汽系统、雾化系统、主控系统组成。蒸汽系统由蒸汽发生器、水箱、管路组成，采用工业蒸汽发生器，具有自动上水、温度自调节等功能，全过程无需人工干预，自动化控制。当养护温度过低时，蒸汽系统启动，向养护空间内喷射蒸汽，调节养护温度与湿度。雾化加湿系统由工业水雾机、水箱、管路组成，采用工业级加湿器及微米级雾化喷头，雾化水滴直径不大于 5 μm，雾化面范围覆盖广，喷洒均匀。装备有净化水系统与水箱加热系统，能够适应现场复杂水源情况，具备温、湿度智能调节功能，当养护温度过高或养护湿度过小时，雾化加湿系统将开启向养护空间内喷射雾化水滴，调节养护温度与湿度。

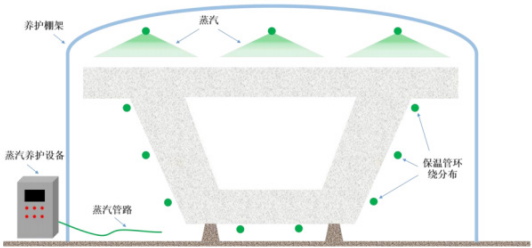


图 2 节段梁智能蒸汽养护图

2.6.2 存梁区养护

拆完模待强度达到设计要求后，箱梁提至存梁区存放。每排存梁区均设置为养护台座。梁面及箱内养护采用蓄水养护法，端头用土工布挡板遮挡保湿养护。腹板两侧面及箱内进行各设置一排旋转喷头，专门的控制箱控制进行全自动喷淋养护。

①在顶板顶面用轻便铝合金质方管或者胶条沿四

周梁边围一圈,压入混凝土中 5~10mm;待混凝土终凝后,将顶板泄水管用钢管罩住,在橡胶条围挡范围内注水对顶面进行蓄水养护。对于有接触网基础的箱梁,沿接触网基础四周用铝合金管或者胶条围住,接缝处部位采用局部砂浆密封防水,然后采用蓄水养护。

②箱内中间标准段将梁底泄水管用钢管堵住,注 3~5 cm 深的水进行蓄水养护,端头平直段及变截面段采用雾化湿喷器进行保湿养护。

③拆除端模后,用 3 cm *3 cm 的方管作骨架、钢筋作支撑,蒙上土工布制作成一个挡板,覆盖在箱梁两端,对梁端混凝土进行保湿养护。挡板制作时注意锚穴口位置,应注意养护用水进入管道,采用与锚穴口外观直径相匹配的钢绞线防护套进行防水处理,同时对孔道局部位置采用土工布塞满,确保养护用水无法进行孔道。

④从拆内模到提梁出模一般不超过 5 天,时间较短,对顶板、箱内继续蓄水养护,对箱内腹板及顶板底面进行雾化湿喷器养护。

梁端围挡养护示意图

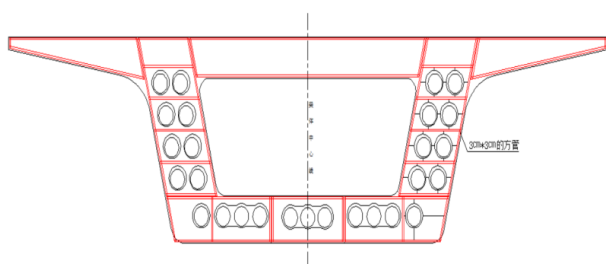


图 3 节段梁存梁区养护示意图

2.6.3 养护要求

①梁体养护期限要求

对已浇筑完毕的箱梁,不论何种气候条件均需养护,促使水泥的水化热作用正常进行,防止产生收缩裂缝,保证混凝土在规定龄期内达到设计要求的强度。养护期间,为防止混凝土受日照、大风等有害影响,应在浇筑完毕终凝后 1h 内对混凝土采取覆盖、洒水等方法进行保湿养护。

梁体混凝土养护期间,混凝土芯部温度不得大于 60℃,个别位置不得大于 65℃;混凝土芯部与表面、表面与环境温差不得大于 15℃,养护用水水温与混凝土表面温度之差不大于 15℃。养护期间每日早中晚定时进行三次环境温度、养护水温测量,混凝土养护应有完整记录并签字齐全。

2.7 混凝土拆模

梁体混凝土浇筑 4~8 小时(混凝土强度达 4~8MPa)时,抽拔胶管。抽拔时间以不造成孔道变形、坍陷、裂纹为准,每次拔管根数不得多于 2 根。

当梁体混凝土强度达到设计强度的 75% 时方可脱

模,强度达到 100% 时,方可吊装将箱梁移至存梁区,同条件试件养护应与主体结构养护工况一致。

混凝土的脱模时间除需考虑脱模时的混凝土强度应满足设计强度 75% 规定外,还应考虑脱模时混凝土的温度不能过高,以免混凝土接触空气时降温过快而开裂,更不能在此时浇注凉水养护。混凝土内部开始降温以前以及混凝土内部温度最高时不得脱模。梁体芯部混凝土与表层混凝土、表层混凝土与环境、箱内与箱外的温差大于 15℃ 时不得脱模。脱模时,不得损伤混凝土,并减少模板破损。

3 结语

综上所述,在高原高海拔地区,节段梁预制钢筋采用在绑扎胎具里面成型,能较好地控制外露钢筋质量,在模板上设置橡胶圈能提高拆模质量,防止混凝土掉块,同时利用蒸汽养护可避免混凝土产生收缩裂缝。该桥梁工程于 2023 年 6 月开始施工,2024 年对已预制好的节段梁进行检查,根据检查结果,节段梁外露钢筋长度及位置符合设计要求,混凝土强度、外观质量均满足要求,相关参数指标满足设计及规范要求,结构稳定性良好。

参考文献

- [1] 赵志峰;项梁.基于短线法施工的节段箱梁预制拼装及线形控制研究[J].建筑机械上半月.2024 年第 3 期.
- [2] 李季增.预制节段拼装桥梁施工关键技术[J].交通世界.2022.第 4 期.
- [3] 朱方一;张首波;顾颖.孟加拉帕德玛大桥铁路连接线项目节段梁预制架设施工与线形控制[J].工程与建设.2023 年第 3 期.

作者简介:李维(1992-),男,汉族,四川成都,学士,工程师,研究方向:为铁路工程、公路工程施工技术管理。