

大跨径连续刚构桥梁悬臂浇筑施工技术的运用

王亚峰

云南交投集团云岭建设有限公司, 云南省昆明市, 650000;

摘要: 现代路网建设规模的逐渐扩大, 衍生了更多复杂程度较高的路桥施工项目, 其中大跨径连续刚构桥梁对桥梁浇筑施工提出了高标准的要求, 早期粗放式的现场浇筑作业手段逐渐暴露出施工效率低和质量方面的弊端。而悬臂浇筑施工技术便是在此背景下产生的新型浇筑技术, 在提高现场浇筑效率的同时, 还降低了模板和支架结构的施工压力。因此, 本文以某个路桥项目为切入点, 就主桥结构的施工作业过程进行梳理, 以期明确悬臂浇筑施工的细节处理要求, 为今后同类型的桥梁项目提供一定的参考。

关键词: 大跨径连续刚构桥梁; 悬臂浇筑施工; 预应力施工

DOI: 10.69979/3029-2727.26.03.007

大跨径连续刚构桥因具备结构刚度大、外形美观和较强的跨越能力在业内得到广泛关注。悬臂浇筑施工属于大跨径连续刚构桥施工中的主要施工工艺, 在施工实践中表现出对桥下交通干扰小和对环境适应能力强等优势, 但由于该项技术的专业性较强, 施工期间的结构受力处于实时变动状态, 对技术操作的规范性提出了较高的要求。因此, 对大跨径连续刚构桥梁悬臂浇筑施工技术展开研究具有重要意义。

1 工程概况

某路桥项目中涵盖 2 座桥梁, 本次以 310 延米的特大桥为研究对象, 上部结构由简支 T 梁和 2 个连续钢梁组成, 一个是 310m (75+160+75) 的波形钢腹板连续刚构, 一个是 177m (46+85+46) 的连续刚构。下部结构由双薄壁式墩、圆柱桥墩和钻孔桩共同组成, 其中的钻孔桩规格有 $\phi 1.8\text{m}$ 和 $\phi 2.5\text{m}$ 两种。综合现场作业条件和桥梁施工要求决定两个连续刚构均采用悬臂浇筑施工手段, 其中的 0#块和边跨部位较为特殊, 前者采取托架施工法, 后者采取支架施工法。为能保障现场浇筑质量利用塔吊设备进行垂直运料, 并采用泵送方式浇筑混凝土。

工程施工难点: 因线路途径的地形地势条件较为特殊, 设计成桥隧相连的结构, 桥梁施工场地的空间十分有限, 加之桥梁结构复杂, 基础部位以桩基础为主, 局部设置高墩一定程度上增加了施工组织的难度; 考虑到局部需要经过危岩崩塌和滑坡区, 在施工前需提前进行人工清除作业, 将松动的危岩去除同时做好边坡支挡防护工作; 在桥梁浇筑施工阶段因需要应用到多种浇筑技术, 投入的设备和资源成本较大, 对于施工人员的专业能力也提出了较高的要求; 桩基础以挖孔桩为主, 挖孔桩、高墩结构和连续刚构施工属于本项目的施工重点和

难点。鉴于该路桥工程属于省级重点公路项目, 日常通行量偏大, 对桥梁结构的安全要求偏高, 这也一定程度上增加了桥梁施工的难度。

2 大跨径连续刚构桥梁悬臂浇筑施工技术的具体运用

2.1 0#段施工

2.1.1 设计托架结构

0#段施工中择优选择托架浇筑措施, 具体施工中应根据现场施工条件, 基于作业空间和位置的不同科学架设托架结构, 通过对型钢、贝雷架和桁架的有效组装形成较为稳固的托架结构, 并在上部布设三角托架, 确定结构稳定性符合标准要求后再安装底板与侧模。施工中, 可采用木楔来调整底模的标高, 确保其与梁板底部处于同一直线上。

2.1.2 托架的预压处理

对于托架进行提前预压有助于消除托架结构的变形隐患, 谨防在后续施工中影响混凝土的浇筑质量。与此同时还能确保各个梁段施工线形的一致性。托架预压的操作方法为先将水箱悬挂在托架上, 水箱应与地面有一定的距离, 在混凝土浇筑前在水箱中注水, 目的是调节水箱重量使其与浇筑的混凝土重量相同。进入混凝土浇筑环节后, 需打开水箱阀门, 确保二者重量保持一致, 浇筑完成后使用千斤顶支撑起水箱后解除钢丝绳将水箱取下。

2.1.3 模板制作与安装

箱梁侧模是由模架、模板、横带和竖带共同组成的框架式结构, 施工中考虑到梁体结构表面的光滑度和平整度, 为能提高梁体美观性, 决定采用定型钢模材料, 而内模则由厚度是 30mm 的插板式木模板组成。混凝土

浇筑施工前，先安装好模板结构，并对模板结构的稳定性进行多次校验，谨防在后续施工中出现漏浆问题。混凝土浇筑过程中还需根据浇筑高度的提升随时进行内模安插。

2.1.4 混凝土制备与浇筑

考虑到现场施工条件，需在混凝土中添加高效减水剂并选用级配碎石，混凝土材料的坍落度应控制在18cm左右。鉴于混凝土材料的初凝时间为15h，现场施工中应尽可能保障浇筑作业的连续性，且对混凝土的制备量进行合理控制，确保所有混凝土在初凝前均可浇筑完毕。浇筑底板结构时因其配筋数量较少，可以直接使用插入式振捣器进行振捣处理，尽可能保障混凝土结构的密实度。当托架结构已经入模时，则可在悬臂端浇筑。因腹板厚度较小，但结构高度大且存在布筋密集的特点，需优先采取分层浇筑措施，此举可以有效降低振捣难度。

2.1.5 施工注意事项

夏季施工时，混凝土浇筑质量会受到炎热温度的影响，致使水泥的水化热速度加快，0#段施工中的混凝土体积偏大，如水分快速蒸发可能影响混凝土材料的坍落度甚至产生结构开裂问题。基于此，可以采取有效的降温措施，对混凝土入模温度进行调整或者在混凝土内部设施冷却管等，在混凝土浇筑完毕后可以采取通水的措施将混凝土内部的部分热量带走，以缩短混凝土结构内外温差，降低结构开裂率。

2.2 连续刚构挂篮悬臂浇筑施工

连续刚构挂篮悬臂浇筑施工由挂篮工程、钢筋工程、混凝土施工和预应力施工几个部分组成，为提高现场施工的效率确保在工期内完工可采取全断面一次浇筑作业的手段加速施工。关键的施工工艺见图1所示：

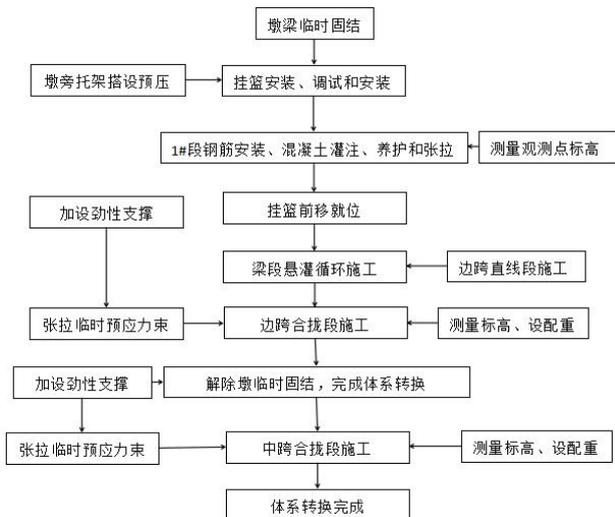


图1 连续刚构挂篮悬臂浇筑施工工艺图

2.2.1 挂篮工程

对于刚制作完成的挂篮在投入使用前需先做好桁架受力性能的检测工作，主要检测方法为加压法利用试压台对其进行加压测试，未通过检测的挂篮严禁投入使用。此外，还需做好挂篮性能检测工作，常见的手段为水箱试压法，先将加压水箱设置在菱形桁架的指定位置，悬挂固定后施加一定的应力进行加压测试，在此过程中应全面记录不同压力下挂篮的变化。挂篮施工的主要工序为安装轨道→安装主桁架→安装横向连接系统→安装前上横梁→安装底模→安装侧模→安装内模→安装起吊和行走系统。施工过程中应就挂篮的沉降和变形参数进行分别监测，前者不得超出10mm，后者不得超过2mm。需特别注意的是，挂篮前移时要对梁体的应力变化进行重点监测，以便及时了解梁体的抗压应力，使其始终处于设计限值范围内，一旦发现异常立即排查原因。

2.2.2 钢筋工程

悬臂梁段的钢筋工程相对复杂，存在作业空间小和操作难度大的特征，这里是采取工厂集中加工生产和现场绑扎的作业措施。其中的纵向受力筋可选用HRB400E级钢筋，纵向钢筋的布设间距控制在15~20cm范围内，横向钢筋间距为25cm。进行钢筋绑扎时需要严格参照施工设计图纸操作，确保钢筋结构的尺寸和规格符合标准要求，同时保障保护层厚度的均匀性。可以通过设置水泥砂浆垫块的方式有效控制保护层厚度，在预应力管道周边设置的钢筋可适当调整位置，确保预应力管道的通畅性。钢筋工程施工完毕后申请监理单位验收，合格后方可进入混凝土浇筑环节。

2.2.3 混凝土施工

采取集中拌和站拌和的手段制备混凝土材料，并根据现场施工进度及时将混凝土运输至桥梁施工区域，使用泵送装置进行混凝土浇筑。在此过程中需要特别注意的是，要对混凝土的运输时间进行严格控制，在远距离运输的情况下应提前规划好运输路线，尽可能缩短运输距离，且运输途中严禁出现急停和急刹的情况。此外，浇筑施工中应坚持一次浇筑成型的原则，确保在混凝土发生初凝前完成浇筑作业，同时做好振捣处理，有效提升混凝土结构的密实度和强度。

为能切实消除混凝土浇筑的结构缺陷，可采取喷雾养护和覆盖保湿的养护手段进行有效养护。可在梁体的顶面和侧面位置分别安装喷雾装置，并且每间隔2m设置一个喷头装置，根据外部温度变化控制喷雾频率同时在混凝土表面覆盖土工布与塑料薄膜起到较好的保湿作用，一般持续养护7d即可，一些高强度混凝土结构

需持续养护 14d。此举可很大程度上保障混凝土的结构强度,养护期间还应以天为单位监测混凝土结构强度的变化情况,并联合应用回弹仪和试块抗压试验的手段提高强度检测数据的准确性,当其强度能够达到设计强度的 75%以上时,便可进入下一施工阶段。

2.2.4 预应力施工

先检验好预埋的压力管道是否处于畅通状态,确认无误后先穿导线,利用导线和卷扬机将预应力钢束顺利穿入管道内,此种穿束方法适用于纵向预应力筋,而横向预应力筋可以采取人工穿束措施,穿束结束后应检查预应力筋,如存在外露情况应使两端外露的长度保持一致,以免影响预应力张拉质量。具体的张拉作业中,可同时采取伸长量控制和预应力控制的手段来保障张拉处理效果。整个作业过程中,管道与锚垫板、锚具与锚垫板均需保持中心一致性和两端对称性,并同时启动张拉设备进行同步张拉处理。张拉期间应时刻关注张拉机的运行情况并做好预应力校验工作。张拉处理结束后,便可进入孔道压浆环节,可利用真空辅助压浆工艺进行,且优先选用水灰比 0.4~0.45 的普通硅酸盐水泥,并投入部分微膨胀剂,目的是降低收缩率。

2.3 连续刚构合拢施工

在大跨径连续刚构桥梁工程中,主梁合拢段施工十分重要。早期采取的施工方案相对粗放,缺乏对细节的控制和完善。而本次工程中,采取了有效的温度监测和管理技术,使得合拢段施工更加科学可靠。相关规定明确指出,合拢施工的温度需控制在 14℃~20℃ 范围内,大量施工实践表明,17℃ 为最佳合拢温度。因此,实际施工中,应用了高精度的温度传感器对环境温度进行有效监测。监测结果显示,凌晨时的温度波动幅度更小。为此,选在此时进行合拢施工,可以有效降低温度变化

对合拢段施工的负面影响。此外,还需加强对配重的科学控制,通过精细调整配重的方式,保障悬臂两侧的高效协调。边跨合拢作业中,应重点计算好边跨吊梁与合拢段的自重,并且分别指定好对应的配重。进行混凝土浇筑时为能确保两端的平衡,应同时卸载配重并保障卸载配重与浇筑速度的良好匹配,从根本上保障悬臂结构的协调性。

3 结语

大跨径连续刚构桥梁工程的施工复杂性较高,实际施工中需受到多方面因素的限制影响,尤其是混凝土浇筑施工一直以来都是难点施工环节,要想保障大跨径连续刚构桥梁的整体施工质量,便需加强对悬臂浇筑施工作业的有效梳理,究其原因是在此阶段的施工细节众多,一旦某一个细节处理和把控不到位便可能为桥梁结构埋下质量安全隐患。因此,在今后的大跨径连续刚构桥梁施工中,需要积极积累悬臂混凝土施工的经验,通过总结经验和教训逐步完善悬臂混凝土浇筑施工体系,使其为路桥事业的健康发展奠定良好的技术基础。

参考文献

- [1] 钱博. 大跨径桥梁悬臂浇筑智能液压联动预压施工关键技术研究[J]. 科学技术创新, 2023(6): 149-152.
- [2] 丁岩松. (55+2×95+55)m 连续刚构施工与控制关键技术研究与实践[D]. 石家庄铁道大学(原名:石家庄铁道学院), 2022.
- [3] 郑成刚. 公路工程大跨度连续刚构桥悬臂浇筑施工技术研究[J]. 工程机械与维修, 2025(7): 110-112.
- [4] 朱良清, 杨艳, 陈裕波. 大跨度不对称连续刚构桥悬臂施工技术研究[J]. 科技通报, 2022, 38(8): 96-102.