

跨南水北调转体桥工程现场质量管理强化路径研究

程康福 张云景 林澍

中建七局安装工程有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i6.4853

[摘要] 南水北调工程作为我国重大战略性水资源配置工程,其跨渠桥梁建设质量直接关系到工程整体功能发挥与运营安全。转体桥因具备对既有交通和水利设施干扰小的优势,在南水北调跨渠工程中被广泛应用,但转体施工工艺复杂、技术要求高,现场质量管理面临诸多挑战。本文以平顶山热管网项目跨南水北调转体桥工程施工为研究对象,结合转体桥“先建后转”的施工特性,分析现场质量管理现存问题,从人员、材料、机械、工法、环境“五大要素”出发,提出针对性的强化策略,并构建全流程质量管控体系,为同类跨水利工程桥梁施工质量管理提供参考。

[关键词] 南水北调; 转体桥; 现场质量管理; 全流程管控; 施工工艺

中图分类号: U445.1 文献标识码: A

Research on Strengthening On-site Quality Management Pathways for the South-to-North Water Diversion Swivel Bridge Project

Kangfu Cheng Yunjing Zhang Shu Lin

Installation Engineering Co., Ltd. of China Construction Seventh Engineering Bureau

[Abstract] As a major strategic water resource allocation project in China, the South-to-North Water Diversion Project's cross-canal bridge construction quality directly affects the project's overall functionality and operational safety. Swivel bridges, offering minimal interference with existing traffic and water conservancy facilities, are widely used in cross-canal sections of the South-to-North Water Diversion Project. However, the complex swivel construction technology and high technical requirements pose significant challenges for on-site quality management. This study focuses on the construction of a swivel bridge crossing the South-to-North Water Diversion canal in the Pingdingshan Thermal Pipe Network Project. It analyzes existing problems in on-site quality management, considering the "build-then-swivel" construction characteristic of swivel bridges. Starting from the "five major elements" — personnel, materials, machinery, methods, and environment — it proposes targeted strengthening strategies and constructs a full-process quality control system, providing a reference for quality management in similar bridge constructions across water conservancy projects.

[Key words] South-to-North Water Diversion; Swivel bridge; On-site quality management; Full-process control; Construction technology

引言

南水北调工程贯通南北水系,极大缓解北方水资源短缺。跨渠桥梁作为连接交通、保障运维的关键设施,其建设质量至关重要。

转体桥施工技术因不影响渠道开挖与输水,成为南水北调跨渠工程主流方案,如中线河南段、河北段多处跨渠桥采用此工艺。平顶山集中供热管网项目转体桥工程,横跨干渠,是打通热源输送最后一公里的关键,对提升城市供热能力、推动绿色发展意义深远。

但转体桥施工涵盖钢筋加工、混凝土浇筑等多关键环节,作业环境复杂,受地质、气候及交叉作业影响,质量管理难度远超常规桥梁工程。

1 跨南水北调转体桥工程现场施工特性及质量管理难点

1.1 转体桥施工核心特性

平顶山热管网项目跨南水北调转体桥工程施工以“先沿临时支墩浇筑梁体,再通过转体系统旋转至设计位置”为核心流程,其特性主要体现在三个方面:一是施工精度要求极高,转体过程

中梁体两端高差需控制在5mm以内, 轴线偏差不得超过10mm, 否则可能导致转体卡顿或结构受力失衡; 二是工序关联性强, 从基础桩施工、承台浇筑, 到转体球铰安装、梁体混凝土浇筑, 再到转体牵引及合拢, 每个工序的质量都会直接影响后续环节, 形成“一环错则全链险”的管控格局; 三是交叉作业频繁, 施工现场需同步协调桥梁施工、渠道开挖、交通疏导等多支队伍, 且部分工程位于水资源保护区, 施工过程需兼顾生态环保要求, 进一步增加了现场管控复杂度^[1]。

1.2 现场质量管理核心难点

结合南水北调实际施工场景, 转体桥现场质量管理存在四大难点: 其一, 关键工序质量把控难。转体球铰作为核心受力部件, 其安装平整度与球面打磨精度关乎转体成败, 但温差、地基沉降等易致球铰安装精度偏差; 梁体混凝土浇筑量大, 需精准控制浇筑顺序、振捣强度与养护温度, 以防裂缝。其二, 质量风险诱因繁杂。南水北调沿线部分区域地质条件复杂, 像黄泛区粉质黏土地基承载力不足, 可能引发承台不均匀沉降; 雨季和高温天气分别影响混凝土强度与坍落度。其三, 质量管控协同性欠佳。转体桥施工涉及多主体, 部分项目存在设计交底不充分、施工单位自检走过场、监理旁站监管不到位等问题, 造成质量管理脱节。其四, 耐久性质量控制要求高。南水北调桥梁长期受车辆荷载、大气水汽侵蚀, 部分跨渠桥还面临渠道周边高湿度环境, 提升混凝土抗渗性与钢结构防腐性, 是现场质量管理的重要任务。

2 跨南水北调转体桥工程现场质量管理现存问题

2.1 质量管控体系不完善, 责任落实不到位

部分施工单位未结合转体桥特性制定专项质量管控方案, 直接套用常规桥梁管理体系, 致使管控重点模糊。比如, 对转体系统安装、同步牵引等关键环节, 缺少专项验收标准, 验收流程缺乏针对性。同时, 质量责任划分不明, “谁施工、谁负责”原则未落实, 出现质量问题易相互推诿。

2.2 关键工序质量控制存在短板

转体桥核心工序施工存在诸多管控漏洞。球铰安装质量欠佳, 球面打磨精度未达Ra0.8 μm 设计要求, 或固定螺栓紧固力矩不足, 致使转体时卡阻。梁体混凝土施工质量把控不严, 浇筑未严格分层振捣, 出现蜂窝、麻面, 养护阶段保温保湿措施缺失, 导致强度不达标。转体牵引过程控制不当, 未实时监测牵引速度与梁体姿态, 两侧牵引不同步, 使梁体轴线偏差超标^[2]。

2.3 人材机及工艺管控存在薄弱环节

人员方面, 部分施工人员缺少转体桥施工专业培训, 对球铰安装、混凝土浇筑等关键工序技术要点掌握不足, 操作不规范埋下质量隐患; 技术管理人员对南水北调工程质量标准理解不深, 质量风险预判能力弱。设备方面, 转体牵引千斤顶、液压泵站等关键设备未定期校准, 精度不足影响转体; 混凝土搅拌站、振捣设备等维护不到位, 易故障致施工中中断, 影响质量。材料方面, 部分项目钢筋、水泥等原材料进场检验不严格, 未按规定见证取样; 混凝土配合比未依现场砂石含水率实时调整, 致使和易性、强度不符要求。

2.4 质量检测与信息化管控水平不足

质量检测上, 部分项目检测手段单一, 对球铰球面精度、梁体应力应变等关键指标仅用常规方法, 精度不够, 检测频率也未达规范, 如混凝土试块留置数量不足, 难真实反映梁体质量。信息化管控方面, 多数项目未引入BIM技术、物联网等先进技术, 仍依赖人工记录与纸质台账, 质量数据传递滞后, 统计分析效率低, 无法实时监控与动态管理施工全过程质量, 难以及时发现质量隐患。

3 南水北调转体桥工程现场质量管理强化策略

3.1 构建专项质量管控体系, 压实质量责任

针对转体桥施工特性, 构建“专项方案+分级管控+责任追溯”的质量管控体系。施工前编制《转体桥施工专项质量管控方案》, 明确球铰安装、梁体浇筑、转体牵引等关键工序质量标准、检验方法与验收流程, 同时针对南水北调工程环保要求, 制定施工环保质量管控措施。

建立四级质量管控机制, 明确各主体职责。施工单位组建专项质量管控小组负责工序自检; 监理单位配备有转体桥施工经验的监理工程师, 对关键工序24小时旁站监理; 建设单位定期质量巡查; 第三方检测单位对关键指标平行检测^[3]。

此外, 建立质量责任追溯制度, 每道工序实行“班组自检记录+技术人员复核+监理验收签字”的全流程签字确认, 将质量责任落实到个人, 以便出现质量问题时精准追溯责任主体。

3.2 强化关键工序质量管控, 筑牢质量防线

针对转体桥施工关键工序, 制定“一工序一方案”的精细化管控措施。球铰安装阶段, 采用“预处理+精准定位+二次复核”工艺: 先对球铰安装混凝土浇筑处理, 采用球铰二次用膨胀混凝土进行灌注; 利用全站仪、水准仪进行精准定位, 安装完成后采用百分表检测球面平整度, 确保偏差不得超过2mm; 浇筑承台混凝土时, 对球铰进行保护, 避免水泥浆污染球面。梁体混凝土施工阶段, 推行“精准配料+分层浇筑+精准养护”模式: 混凝土搅拌前根据砂石含水率调整配合比, 采用电子计量系统确保配料精度; 浇筑时采用斜向分层法, 每层厚度控制在30cm以内, 使用插入式振捣器振捣至表面泛浆, 避免漏振、过振; 养护阶段采用智能喷淋养护系统, 实时监测混凝土温度、湿度, 确保养护温度控制在5-35℃, 湿度不低于90%。球铰安装质量要求精度高: (1) 球铰和接触平面光洁度不小于3mm; (2) 球铰面各点处的曲率应相等, 其误差不大于1mm; (3) 球铰边缘各点的高程差不大于2mm; (4) 水平截面椭圆度不大于2mm; (5) 球铰下盘球面上的超高分子量聚乙烯滑块顶面应位于同一球面上, 其误差不大于1mm; (6) 球铰上、下盘形心轴、球铰转动中心轴务必重合, 其误差不大于2mm; (7) 球铰中心转轴钢套管中心务必与中心转轴重合, 其误差不大于2mm, 钢套管应保证铅垂直, 其倾斜度不大于3%。转体牵引阶段, 实施“实时监测+同步控制”策略: 安装位移传感器、应力传感器实时监测梁体姿态及应力变化, 采用PLC同步控制系统控制两侧牵引千斤顶, 确保牵引速度同步偏差不得超过0.5mm/min, 转体到位后及时锁定, 进行轴线偏差检测, 确保偏差不得超过设计要求。

3.3完善全要素管控, 夯实质量基础

人员管控: 建立“岗前培训+考核上岗+定期复训”制度。对施工人员开展转体桥施工技术与南水北调质量标准专项培训, 邀请专家现场授课; 特种作业人员持证上岗, 考核不合格不得上岗; 定期开展技能比武提升操作水平。

设备管控: 制定“设备进场检验+定期校准+日常维护”机制。关键设备进场需提供校准证书, 经监理验收合格方可使用; 转体牵引设备及检测仪器每月校准一次确保精度; 建立维护台账, 专人负责日常检查维护, 及时排除故障。

材料管控: 严格执行“进场检验+见证取样+不合格退场”制度。钢筋、水泥等原材料进场提供质量证明书, 监理全程见证取样检测; 搅拌混凝土时实时监测坍落度, 每工作班制作3组试块检测28天强度; 不合格材料坚决退场, 严禁用于工程。

3.4实现精准管控, 提升质量检测与信息化管控水平

质量检测方面, 构建“常规检测+专项检测+无损检测”的立体化检测体系: 除常规的混凝土强度、钢筋保护层厚度检测外, 对球铰球面精度采用激光干涉仪检测, 对梁体结构采用超声波探伤检测, 确保隐蔽工程质量; 增加检测频率, 如转体前后分别对梁体应力、轴线偏差进行检测, 混凝土浇筑过程中每小时检测一次坍落度。信息化管控方面, 引入“BIM+物联网”智能管控系统: 利用BIM技术构建转体桥三维模型, 模拟施工全过程, 提前预判施工质量风险; 在梁体、球铰等关键部位安装物联网传感器, 实时采集施工质量数据, 上传至云端管理平台; 管理人员通过手机APP实时查看质量数据, 实现对施工质量的动态监控与精准管控; 建立质量数据台账, 利用大数据技术对质量数据进行分析, 为后续同类工程提供数据支撑^[4]。

4 质量管理保障措施

4.1组织保障

成立以建设单位为组长, 施工、监理、设计、检测单位为成员的转体桥施工质量领导小组, 定期召开质量专题会议, 研究解决现场质量管理问题。施工单位设立质量部, 配备足够数量的质量管理人员, 确保每个施工班组有专职质量员; 监理单位成立专项监理组, 实行项目经理负责制, 明确各人员职责分工, 确保监管工作全覆盖。

4.2技术保障

建立“设计-施工-监管”技术协同机制, 施工前组织设计交底会, 明确设计意图及质量要求; 施工过程中若出现技术难题,

及时组织三方会商, 制定解决方案。加大技术研发投入, 鼓励施工单位与高校、科研院所合作, 研发转体桥施工质量控制新技术、新方法, 如大跨度转体桥同步转体控制技术、混凝土裂缝防控技术、预应力钢筋防崩技术、牵引索安装控制技术、BIM技术构建转体桥三维模型、防倾覆技术等, 提升质量管理技术水平。

4.3制度保障

制定《转体桥施工质量奖惩制度》, 对质量管控成效显著的班组和个人给予经济奖励, 对出现质量问题的责任主体进行处罚; 建立质量隐患排查治理制度, 定期开展质量隐患排查, 建立隐患台账, 实行“销号”管理, 确保隐患及时整改到位。同时, 严格执行南水北调工程质量终身责任制, 对参与工程建设的各方主体质量责任进行明确, 确保工程质量长期可控^[5]。

5 结束语

平顶山热管网项目跨南水北调转体桥工程现场质量管理是一项系统工程, 需结合转体桥施工特性及南水北调工程质量要求, 从体系构建、工序管控、要素保障、技术升级等多维度发力。本文通过分析转体桥现场质量管理难点及现存问题, 提出构建专项质量管控体系、强化关键工序管控、完善人机料管控、提升信息化水平等强化策略, 并配套组织、技术、制度保障措施, 形成全流程、全方位的质量管控机制。未来, 随着智能建造技术的不断发展, 可进一步探索AI视觉识别、数字孪生等技术在转体桥质量管理中的应用, 实现对施工质量的智能化监测与预警; 同时, 加强跨区域、跨项目的质量管理经验交流, 形成可复制、可推广的平顶山热管网项目跨南水北调转体桥工程质量管理模式, 为我国重大水利工程跨渠桥梁建设质量提升提供更强有力的支撑。

[参考文献]

- [1]中华人民共和国交通运输部.JTG/T3360-02-2020公路桥梁转体施工技术规范[S].北京:人民交通出版社,2020.
- [2]李明.大跨度转体桥施工质量控制关键技术研究[J].桥梁建设,2021,51(3):112-118.
- [3]王建华.南水北调中线工程跨渠桥梁施工质量管控实践[J].水利建设与管理,2022,42(5):45-50.
- [4]张国栋.BIM技术在转体桥施工质量控制中的应用[J].施工技术,2020,49(18):89-92.
- [5]刘志强.公路转体桥施工质量风险评估与管控措施[J].公路交通科技,2019,36(S1):78-83.