

# 浅谈跨南水北调转体桥工程现场安全管理

王德鹏 林 磊 程康福

中建七局安装工程有限公司 河南 郑州 450000

**摘要：**南水北调工程的跨渠桥梁建设对工程运营及水资源输送至关重要。转体桥技术虽优势显著，但现场施工安全管理面临诸多挑战。本文以平顶山集中供热管网项目跨南水北调转体桥工程为研究对象，分析其安全管理特性与风险，剖析现存问题并提出强化策略，构建全流程安全管控体系，为同类工程提供参考。

**关键词：**南水北调；转体桥；施工安全管理；风险管控；全流程管控

## 1 引言

南水北调中线工程是我国水资源优化配置的关键工程，跨渠桥梁作为重要节点，其施工安全直接关系到干渠输水及周边生态安全<sup>[1]</sup>。转体桥技术因不干扰输水功能，在跨南水北调工程中广泛应用<sup>[2]</sup>。平顶山集中供热管网项目跨南水北调转体桥工程，对平顶山市供热系统升级意义重大，但因地处水源保护区，面临多种高危工序，施工安全管理复杂且关键<sup>[3]</sup>。当前，跨水利工程转体桥施工安全管理存在体系不完善、关键工序管控不足等问题，因此以该项目为案例研究具有重要的理论与实践价值。

## 2 跨南水北调转体桥施工安全管理核心特性及风险分析

### 2.1 工程安全管理核心特性

**安全管控的双重约束性：**该工程受水利和桥梁安全双重标准限制。一方面要保障南水北调干渠输水安全，确保干渠水质达 II 类标准，桥梁桩基距干渠堤脚不小于 15m，杜绝污水、废渣入渠；另一方面要保证桥梁与管网协同安全，供热管网合龙后铺设，管道焊接满足高温高压要求，并与桥梁协同受力。

**工序安全的强关联性：**转体桥“先建后转”模式使各工序紧密相连，一处隐患会引发连锁反应。如平顶山项目中，基础桩垂直度偏差超 0.5% 影响承台，进而影响球铰安装精度；球铰平整度偏差超 2mm 增加转体失稳风险；预应力张拉控制力偏差超  $\pm 5\%$  可能导致梁体开裂。该项目工序安全隐患传导率达 72%，远高于常规桥梁工程。

**环境安全的高敏感性：**项目位于南水北调水源保护区，地质环境复杂，粉质黏土地层承载力受含水率影响大，雨季基坑坍塌风险大增。同时，周边生态保护要求高，需严控施工噪音、扬尘，实现废弃物“零排放”。

### 2.2 基于“五大要素”的安全风险识别

**人员风险：**存在专业能力、安全意识、应急能力缺失及人员管理混乱问题。部分起重工、焊工仅持单一资质，施工人员对水源保护区禁令认识不足，应急演练合格率低，交叉作业人员职责不清。

**机械风险：**关键设备精度不足，如转体牵引千斤顶校准偏差致速度同步性超标；设备维护缺失，大型设备未定期专项维护；协同作业冲突，多台机械作业指挥信号不统一。

**材料风险：**结构材料质量不达标，预应力钢绞线抗拉强度偏差；防护材料缺失，高支模防护不达标；材料存储不当，钢筋、水泥存储未防雨。

**工法风险：**高危工序管控有盲区。深基坑未设土钉墙支护，高支模未用承插型盘扣式支架，转体系统调试方案不完善，预应力张拉未“双控”。

**环境风险：**自然因素如夏季暴雨、冬季低温，人为因素如施工扬尘、交叉作业环境混乱，共同构成环境风险。

## 3 跨南水北调转体桥现场施工安全管理现存问题——基于平顶山项目调研

**安全管理体系适配性不足，责任传导断层**平顶山项目初期套用《公路桥涵施工安全技术规范》，未针对南水北调工程特性优化，致使管控重点偏移。安全制度缺乏针对性，未明确干渠防护距离、水质监测频率等关键要求；分级管控机制不完善，对一级风险工序与普通工序同等对待，未设差异化标准；责任划分模糊，建设、施工、监理单位在水源保护职责不明，出现管理真空。

同时，责任传导不畅，安全责任未有效落实到作业班组。专职安全员数量不足，人均管控面积远超规范。班组长未尽责，班前交底流于形式。质量与安全管控脱节，混凝土浇筑与模板支架检查部门不同，未共享数据，出现违规拆除支架现象。

关键工序安全管控精细化欠缺高支模搭设与拆除存在漏洞。搭设高度 18m、跨度 24m 的方案未经专家论

证,立杆底部设置及横杆步距不符合规范,拆除工序违规,导致局部支架变形。

转体系统施工管控有盲区。球铰安装未用“三维坐标定位法”,平整度偏差大;牵引系统无冗余备份,转体监测依赖人工,无法实时掌握梁体姿态。

预应力张拉工序不规范。张拉设备未按规定校验,张拉顺序违规,作业区防护不足,存在钢绞线弹出伤人风险。

安全风险管控技术手段滞后风险预判依靠传统经验,采用的“安全检查表法”未涵盖工程特有风险,评估周期长,难适应风险动态变化,如暴雨期未及时调整基坑风险等级。

安全监测技术水平低,基础施工靠人工沉降观测,高空作业依赖安全员巡查,转体施工缺 BIM 平台,难实现全过程管控。

应急管理信息化不足,应急预案未数字化,与相关部门未建立联动平台,应急物资靠人工台账,处置效率低。

人员安全管理与培训体系不完善人员准入把关不严,特种作业人员资质管理有漏洞,部分起重工资质过期或未接受专项培训,交叉作业人员易误操作。

安全培训针对性差,内容以通用法规为主,方式单一,缺乏沉浸式手段,施工人员对高危工序要点掌握不牢,考核合格率仅 75%。

安全激励约束机制不完善,奖励少、覆盖面窄,违章仅罚款,未建立积分制,安全绩效与薪酬、晋升未挂钩,人员积极性不足。

环保与安全协同管控机制缺失未建立安全与环保一体化体系,两者分头管理、信息脱节。施工方案未统筹安全与环保,如深基坑施工未考虑废水处理,致废水外溢风险。

水质安全管控措施不足,监测点少、频率低,处理设施容量小,无干渠污染应急方案,突发事件处置流程不明。

#### 4 跨南水北调转体桥现场施工安全管理强化策略——以平顶山项目优化实践为例

构建适配性安全管理体系,压实全链条责任针对南水北调工程特点,重构“1+3+N”安全管理体系。“1个核心纲领”是编制专项规程,明确水利、桥梁、管网安全管控目标,细化 23 项关键指标,像干渠防护距离、废水处理标准及转体精度等。“3 大管控模块”分别为施工、水质、协同作业安全管控,各设专职小组与专业人员。“N 项配套制度”包含 18 项,如责任追究、水质监测等制度,形成完整体系。

建立“五级责任传导机制”,明确五级人员责任,签责任书,推行责任清单化,分解 126 项安全责任到岗,挂公示牌。建立责任追溯信息化系统,数字化记录各工序安全环节,实现责任全程可追溯。

强化监理监管,监理单位增派 2 名有经验工程师驻场,负责水质与转体施工安全。对 8 道一级风险工序旁站监理,记录上传,每月专项巡查,问题整改销号,确保整改到位。实施关键工序安全精细化管控高支模工程采取“专项论证+智能监测+分级拆除”。搭设方案经 5 名以上专家论证,采用承插型盘扣式支架,合理设置立杆间距与横杆步距,立杆底部设可调底座与垫板。装智能监测系统,应力超 80% 报警。拆除分级审批,按顺序图拆除,现场旁站监督,设警戒区。

转体系统施工推行“三维定位+双系统备份+全程监测”。球铰用全站仪三维定位,精度  $\pm 1\text{mm}$  内,激光检测。牵引系统主备双 PLC 控制,故障时备用系统 30 秒切换,4 台千斤顶同步,偏差  $\leq 0.3\text{mm}/\text{min}$ 。转体建立三维监测体系,梁体关键部位装传感器,无人机测姿态,数据 5 秒更新。

预应力张拉工序落实“双控+全程记录”。设备 3 月校验,张拉双控,偏差  $\pm 6\%$  内。用智能张拉系统,作业区设 1.8m 防护挡板,人员防护,及时压浆,超声检测密实度。构建数字化安全风险管控平台搭建“BIM+物联网”平台,构建三维模型,集成施工数据,实现可视化管理。关键部位装 28 个传感器,实时采集数据,平台预警,如基坑沉降超  $0.5\text{mm}/\text{d}$  报警。开发 APP,实现三级联动管控。

建立智能化评估体系,用机器学习算法,依项目数据和案例建模型,自动识别 12 类风险。评估周期缩至每天,特殊天气触发专项评估,生成报告建议,风险地图标注风险。

优化应急系统,建数字化预案库与 BIM 关联,搭建多部门联动平台,用 RFID 管应急物资,提升处置效率。完善人员安全管理与培训体系严格人员准入,特种作业人员持双证上岗,进场考核,建信息系统,资质到期提醒。

构建“分层分类+沉浸式”培训体系,针对不同人员设不同内容。采用多种培训方式,建 VR 体验馆。每月专项培训,每季度技能比武,不合格暂停上岗。

建立多元激励约束机制,设多个奖项,推行违章积分制,安全绩效占薪酬 30%,与晋升挂钩,提高人员积极性。建立安全与环保协同管控机制构建一体化管控体系,设安全环保部,配 5 人,2 人有水利环保资质。编一体化方案,同步评估管控安全与环保风险,建联席会

议,每周开会。

强化水质管控,设5处监测点,提高监测频率,建废水处理站,设防护堤与截水沟。

加强扬尘和噪音管控,采用“湿法作业+密闭运输+智能监测”,车辆密闭冲洗,选低噪设备,夜间高噪作业需许可。

## 5 施工安全管理保障措施

### 5.1 组织保障

成立以建设单位为组长,施工、监理、设计、检测、环保等单位为成员的施工安全管理领导小组,每月召开一次安全专题会议,研究解决重大安全问题;施工单位设立安全环保部,配备8名专职安全员,其中3名具备注册安全工程师资质,每个施工班组配备1名兼职安全员;监理单位成立安全监理专项小组,实行总监理工程师负责制,明确各监理人员安全职责。

建立“设计-施工-监理”技术协同机制。施工前组织设计交底会,设计单位详细说明工程安全要点和环保要求;施工过程中建立技术难题会商制度,针对转体精度控制、预应力张拉等技术问题,三方共同制定解决方案;定期开展设计复核,对施工过程中发现的设计缺陷及时优化调整,确保设计安全。

### 5.2 技术保障

加大安全技术研发投入,与河南航空兵学院、河南省交通规划设计研究院合作,开展“大吨位转体桥安全控制技术”、“跨水利工程施工环保安全协同技术”等专项研究,研发的“转体系统同步控制装置”获得国家实用新型专利;引进智能张拉设备、激光平整度检测仪、无人机巡检系统等先进设备12台套,提升安全管控技术水平。

建立技术交底和方案审批制度。每道工序施工前进行专项技术交底,交底内容需包含安全技术要点、环保要求和应急措施,交底人和接受交底人签字确认;关键工序施工方案需经施工单位技术负责人、总监理工程师、建设单位项目负责人三级审批,一级风险工序方案需经专家论证通过后实施。

### 5.3 资源保障

保障安全投入,设立专项安全费用,按照工程造价的2.5%计提,专款专用,主要用于安全设施购置、安全培训、智能管控平台建设等,平顶山项目累计投入安全费用78万元,占工程造价的1.5%;配备充足的应急物资,包括应急砂袋2000袋、抽水泵15台、发电机5台、急救箱10个、防化服8套等,定期进行检查和维护,确保应急时可用。

加强安全队伍建设,招聘具备水利桥梁施工安全经验的专业人员,定期组织安全管理人员参加行业培训和交流活动,提升专业能力;与当地应急救援队伍建立合作关系,签订应急救援协议,定期开展联合应急演练,提升应急处置能力。

### 5.4 制度保障

建立安全检查和隐患排查制度。实行“日常巡查、专项检查、综合检查”相结合的检查模式,安全员每天进行日常巡查,每周开展一次专项检查,每月组织一次综合检查;对排查出的隐患分类建立台账,明确整改责任人、整改措施和整改期限,整改完成后进行复查验收,形成“排查-整改-复查-销号”闭环管理。

## 6 结论

跨南水北调转体桥工程现场施工安全管理融合多领域安全要求,具有管控标准高、风险多、工序关联强等特点。本文通过对平顶山项目的研究,剖析问题并提出强化策略与保障措施,形成全流程安全管控体系,该项目实施后成效显著。未来,可从智能化管控、绿色安全协同、标准化体系构建等方向深化,加强跨行业交流,提升跨南水北调工程施工安全管理水平,保障重大水利工程建设安全。

## 参考文献

- [1]吴杰良.大跨度钢箱梁斜拉桥施工安全风险评估体系建立与应用[J].世界桥梁,2022,50(03):59-65.
- [2]郭晓翠,于云.南水北调工程建设安全生产管理探讨[J].山东水利,2013,(07):18-19.
- [3]王淑华.加强安全生产管理为南水北调工程建设保驾护航[J].河北企业,2013,(06):6-7.