

高速公路桥梁标准化施工技术及安全管理研究

吴鹏豪

武汉市汉阳市政建设集团有限公司 湖北 武汉 430050

摘要: 本文聚焦高速公路桥梁工程建设,系统梳理施工前期、主体结构及附属设施的标准化核心施工技术,剖析当前安全管理制度落实不严、人员素养不足、现场管控薄弱及技安脱节等突出问题。结合工程施工实际,从技术管控、安全管理、协同机制、智能赋能四个维度提出优化策略,搭建一体化智能管控体系。研究旨在规范施工流程、消除安全隐患,为提升高速桥梁施工质量与安全管理水平提供实操参考。

关键词: 高速公路桥梁;标准化;施工技术;安全管理

引言:高速公路桥梁作为交通路网的关键枢纽,施工工艺复杂、高危工序多、作业环境复杂,其施工质量与安全直接决定路网通行能力与运营寿命。当前桥梁施工逐步走向标准化、智能化,但多数工程仍存在技术规范落地不到位、安全管理体系粗放、技安管控脱节等问题,易引发质量缺陷与安全事故。为破解行业痛点,本文围绕标准化施工技术与安全管理展开深度研究,针对性梳理问题、优化管控体系,助力桥梁工程高品质、安全化建设。

1 高速公路桥梁标准化施工核心技术体系

1.1 施工前期标准化准备技术

(1) 现场场地标准化规划:遵循“功能分区、动静分离、安全环保”原则,将施工区、材料加工区、钢筋绑扎区、成品堆放区及运输通道进行明确标识与隔离。临时设施搭建应满足防风、防火及防汛要求,场地硬化采用C20以上混凝土,厚度不小于15cm,排水系统设置纵横截水沟与沉淀池,确保雨污分流。(2) 施工资源标准化配置:建筑材料进场须附质量证明文件,按规格型号分区堆码,标识清晰。机械设备实行“定人、定机、定岗”管理,大型起重设备须经第三方检测合格。施工人员按工序需求配置相应岗位,关键岗位持证上岗率100%,并建立人员动态管理台账^[1]。(3) 施工方案标准化编制:专项施工方案包含工程概况、工艺参数、计算验算、安全措施及应急预案,经内部评审及监理审批后实施。技术交底文件采用“三级交底”制度,辅以BIM可视化模型展示,工艺流程以流程图形式固化关键工序及检验标准。

1.2 桥梁主体结构标准化施工技术

(1) 基础工程标准化施工:钻孔灌注桩采用旋挖钻机成孔,泥浆相对密度控制在1.10~1.15,孔底沉渣厚度不大于5cm。钢筋笼采用长线法分段制作,直螺纹套筒连

接,接头错开率不小于50%。水下混凝土连续灌注,坍落度控制在180~220mm,首批埋管深度不小于1m。承台大体积混凝土分层浇筑,厚度控制在30~50cm,布设冷却水管控制内外温差不大于25℃。(2) 墩台工程标准化施工:墩柱钢筋采用定位卡具确保间距均匀,保护层垫块不少于4个/m²。模板采用整体钢模,拼缝错台不大于2mm,垂直度偏差控制在0.15%H且不大于10mm。混凝土采用串筒或泵送入模,分层厚度不超过40cm,振捣间距不大于50cm。墩台线形采用全站仪与垂准仪双控,每节段测量不少于3个断面^[2]。(3) 梁体工程标准化施工:预制梁采用不锈钢底模与整体液压模板,预应力孔道定位筋间距不大于50cm。梁体养护采用自动喷淋系统,强度达设计值90%方可张拉,采用智能张拉设备进行双控,伸长量误差控制在±6%以内。架桥机过孔需验收合格,梁体就位后支座四角高差不大于1mm。

1.3 桥梁附属设施标准化施工技术

(1) 桥面系标准化施工:桥面铺装采用高精度振捣梁与自动找平系统,标高误差控制在±5mm以内,平整度用3m直尺检查间隙不大于3mm。防水层采用聚合物改性沥青,厚度不小于2mm,搭接宽度不少于10cm。伸缩缝安装温度控制在5~20℃,缝宽按设计值±2mm控制,槽内混凝土标号不低于C50。(2) 防护设施标准化施工:防撞护栏采用定型钢模整体浇筑,线形平顺,相邻段高差不大于2mm。边坡防护按“开挖一级、防护一级”原则跟进,锚杆钻孔角度偏差不大于2°。桥头搭板下地基承载力须满足设计要求,搭板与路面衔接高差控制在3mm以内^[3]。(3) 附属配套工程标准化管控:排水管安装坡度不小于0.5%,落水口采用定型铸钢件。照明灯具基础预埋件位置偏差不大于10mm,电缆保护管接口封堵严密。交通安全设施按设计位置放样,标志立柱垂直度偏差不大于3mm/m,标线厚度控制在1.8~2.5mm,逆反射

系数不低于设计值。各项附属工程完工后统一组织外观质量验收,确保整体协调美观。

2 高速公路桥梁施工安全管理现状及现存问题

2.1 桥梁施工安全管理核心内容

(1) 施工人员安全管理:岗前实行“三级教育”,累计不少于24学时,考核合格上岗,特种作业持有效证书。日常执行“班前交底、班中巡查、班后总结”,安全员每日巡查 ≥ 2 次,重点工序旁站监督,建立个人安全档案,记录违章及奖惩。(2) 施工现场安全管控:高空作业平台满铺脚手板,设安全通道及系挂点,临边防护 $\geq 1.2\text{m}$ 。临时用电采用TN-S系统,配电箱“一机一闸一漏”,漏保动作电流 $\leq 30\text{mA}$ 。机械作业划定警戒区,旋转半径内禁入,设备每日检查制动及限位。吊装执行“十不吊”,指挥持证,吊索具定期检查更换。

(3) 施工风险隐患管控:风险辨识采用LEC法逐项评估,按红橙黄蓝建立风险清单。隐患排查实行“日排查、周检查、月综合”,隐患录入平台限期整改,重大隐患立即停工上报。动态监测深基坑、高墩柱等关键部位布设位移、应力传感器,实时采集并设预警阈值。应急处置编制专项预案,每半年组织演练,应急物资定点储备。

2.2 现阶段安全管理现存主要问题

(1) 安全管理制度落实不到位:标准化制度在实际执行中“上热下冷”,班前交底流于签字形式,工序安全管控缺乏闭环管理。隐患整改仅停留在纸面回复,同类问题反复出现,安全考核偏重事故率等结果导向,过程管控缺乏有效评价手段。(2) 施工人员安全素养不足:一线作业人员以农民工为主,平均从业年限不足2年,安全意识薄弱。专业技能培训偏重理论,实操演练不足,部分人员未经系统培训即上岗。违规操作频发,主要表现为不佩戴防护用品、擅自拆除临边防护、违章带电作业等,习惯性违章屡禁不止。(3) 现场安全管控存在漏洞:高空作业防护不规范,部分作业面未设安全通道或系挂点不足。机械设备运维管理不到位,维修保养记录缺失,带病作业时时有发生。临时设施搭建随意,施工楼梯、操作平台未按设计方案搭设,验收走过场,恶劣天气前后缺乏专项检查。

2.3 标准化施工与安全管理的关联问题

(1) 技术标准化与安全管理脱节:技术标准与安全标准分开编制、分别交底,作业人员难以建立操作与安全的对应关系。技术操作不规范直接诱发安全隐患,如钢筋间距偏差过大导致保护层不足,后续施工中易引发结构失稳安全事故。(2) 标准化管控体系不完善:现行

标准侧重技术质量指标,安全要求分散于各工序,缺乏统一集成。技术、质量、安全协同管理机制缺失,部门信息壁垒严重,方案审查、工序验收相互独立,变更环节技术安全联审制度不健全。(3) 智能化管控手段应用不足:安全管理仍依赖人工巡查和纸质台账,数据采集不及时不完整。视频监控覆盖率低,AI识别、物联网传感预警等先进技术未规模化应用。BIM模型未与安全管理信息关联,信息化平台数据孤岛突出,无法实现全过程标准化、可视化动态安全监管。

3 高速公路桥梁标准化施工与安全管理优化策略

3.1 完善标准化施工技术管控体系

(1) 细化各工序标准化技术细则:以现行国家及行业规范为基准,结合工程实际编制工序作业指导书,逐一明确钢筋加工偏差、模板安装精度、混凝土浇筑参数、预应力张拉控制指标等具体操作标准。统一施工操作、质量验收、工艺管控三套标准,实现从桩基成孔到桥面铺装全过程有据可依、有标可对。(2) 建立全过程标准化技术管控流程:构建“方案评审→技术交底→首件认可→过程巡检→成品抽检”闭环管控链条。技术交底采用“书面+视频+BIM模型”多元形式,确保交底到人、签字确认。过程巡检实行班组自检、质检员专检、监理抽检三级管控,每道工序经检验合格后方可进入下道工序。成品抽检按不低于20%比例随机抽样,检测数据纳入质量档案,实现全程可追溯^[4]。(3) 推广装配式与智能化施工技术:扩大预制装配率,将墩柱、盖梁、小箱梁等构件在工厂标准化预制后现场拼装,减少高空现浇作业量。引入智能压浆设备、智能张拉系统,实现预应力施工参数自动记录与偏差预警。推广应用激光摊铺机、自动喷淋养护系统等智能化装备,以机械化、自动化手段替代人工操作,从装备层面保障施工规范化、精细化水平。

3.2 构建精细化安全管理体系

(1) 健全安全管理制度与责任体系:修订完善安全管理制度,覆盖全员、全过程、全工序。推行安全网格化管理,将施工现场划分为若干责任网格,每个网格明确直接责任人、监管责任人及分管领导,逐级签订安全责任书,实现权责到人、失职追责。(2) 优化人员安全培训体系:针对管理层、技术人员、一线作业人员分层设计培训课程。管理层侧重安全法规与风险管理,技术人员侧重专项方案安全审查,作业人员侧重操作规程与应急处置。采用VR事故体验、实体模拟演练等沉浸式教学手段,每季度至少开展一次实操考核,考核不过者离岗再训,切实强化作业人员安全素养与风险辨识

能力。(3)规范现场安全防护管理:针对高空作业、跨线施工、深基坑、大型吊装等高危工序,逐项编制专项安全管控方案,明确防护设施设置标准、验收程序及日常检查频次。推行“安全防护设施验收挂牌”制度,防护设施未经验收挂牌不得开工。建立违章行为曝光和积分管理制度,对屡次违规人员实行黑名单清退,坚决杜绝习惯性违规作业。

3.3 建立技术与安全协同管控机制

(1)搭建一体化管控平台:整合施工技术管理、质量检验评定、安全巡查检查三大业务模块,建立统一的数据标准和接口规范,实现方案审批、工序验收、安全检查、整改闭环在同一平台协同运行。消除部门信息壁垒,确保技术参数变更同步触发安全风险评估,质量验收不合格不得进入下一工序。(2)完善风险动态管控机制:将风险辨识嵌入标准化施工流程,每项工序开工前完成风险辨识与防控措施制定。建立“日动态排查、周综合分析、月总结评估”常态化机制,对照标准化施工节点逐项排查隐患。排查发现的问题实行清单化管理、责任人限期整改、复验收销号闭环,确保隐患治理不留死角。(3)健全安全应急管理体系:结合桥梁施工特点制定坍塌、高处坠落、物体打击、起重伤害等专项应急预案。每项预案明确应急组织架构、处置流程、物资清单及联络方式。每半年组织一次综合应急演练,每季度开展一次桌面推演,演练后及时评估修订预案。应急物资实行专库存储、台账管理、定期检查,确保紧急状态下调得出、用得上。

3.4 引入智能化标准化管控手段

(1)BIM技术全过程应用:施工前利用BIM模型进行施工工艺模拟与碰撞检查,优化施工方案。施工中采用BIM+二维码技术,将技术参数、安全交底、验收记录关联至构件模型,现场扫描即可获取完整信息。实现施工全过程标准化模拟、可视化技术交底与动态质量安全

管控。(2)智能监测设备全面布设:在桥梁高墩、大跨径现浇支架、深基坑等关键部位布设智能传感器,实时采集形变、沉降、应力、倾角等数据,监测频率不低于每分钟一次,超限自动报警并推送至管理人员终端。起重设备安装力矩限制器、高度限位器及风速仪,运行数据实时回传平台,异常状态自动锁停。(3)信息化管理系统集成运行:搭建“一人一档、一机一档、一物一档”数字化管理平台,实现人员培训考核、设备维保检验、材料进场验收等数据标准化留存。安全检查、隐患整改、验收审批等管控流程全部线上流转,超期未办自动预警催办。平台支持多端协同,实现施工数据标准化留存、管控流程线上化闭环、决策分析可视化呈现,全面提升安全监管效能。

结束语

本文完整构建了高速桥梁标准化施工技术体系,梳理了现阶段安全管理的各类短板与技安协同难题,提出了精细化、智能化、协同化的全方位优化方案。通过完善工序技术标准、健全安全责任体系、搭建一体化管控平台,可有效规范施工行为、严控安全风险、提升工程品质。未来需持续深化智能技术应用,推动施工技术与安全管理深度融合,实现桥梁工程施工全过程标准化、可视化、闭环化管控。

参考文献

- [1]王浩,李军,张恒.高速公路桥梁工程标准化施工技术体系构建与应用[J].中外公路,2023,43(05):189-194.
- [2]刘新萍,张世辉,尚钟平.高速公路桥梁施工安全风险分级管控与标准化管理研究[J].中外公路,2024,44(02):260-266.
- [3]陈建军,王雪峰.装配式高速桥梁预制拼装标准化施工关键技术[J].公路交通科技,2022,39(08):112-118.
- [4]龚帅.高速公路桥梁防护工程标准化施工与安全防护优化[J].中外公路,2024,44(02):243-251.