

公路桥梁预应力施工技术应用研究

杨立龙

新疆三利建筑有限责任公司 新疆 伊犁 833200

摘要: 预应力技术是提升公路桥梁结构承载力、延缓结构破损的核心施工技术,广泛应用于各类路桥建设工程。本文结合预应力技术的作用原理、结构类型及施工材料机具特性,系统梳理筋材布设、孔道成型、张拉压浆等核心施工工艺,全面剖析施工全流程的管控重点与常见技术隐患。同时结合工程实际工况,改良传统施工工艺,推广新型预应力施工技术,针对性优化复杂场景下的施工方案,以此提升公路桥梁施工质量,保障桥梁结构的稳定性与长期服役性能。

关键词: 公路桥梁; 预应力技术; 施工工艺; 质量管控; 技术优化

引言: 现代公路交通网络不断完善,大跨度、高荷载桥梁工程数量持续增加,对桥梁结构的稳定性、耐久性与承载能力提出了更高标准。混凝土材料抗拉性能较弱,长期受车辆往复荷载与自然环境侵蚀,极易出现开裂、变形等病害。预应力施工技术可有效改善桥梁构件应力分布,弥补混凝土材料性能短板,抑制结构病害产生。深入梳理该技术的施工体系与工艺要点,优化现场施工管控模式,能够切实提升公路桥梁工程的整体建设品质。

1 公路桥梁预应力施工技术基础体系

1.1 预应力施工技术基本原理

预应力施工技术通过人为施加预设应力的方式,改变桥梁构件内部的应力分布状态。外力张拉高强筋材后,将张拉应力留存于构件内部,抵消结构投入使用后荷载作用产生的拉应力。混凝土材料抗拉性能偏弱,抗压性能更为突出,预设压应力可以弥补材料本身的性能短板。构件承受外部荷载作用时,内部原有预压应力会逐步抵消外部产生的拉应力,延缓结构开裂现象的出现^[1]。合理运用该项技术,能够提升桥梁构件的承载上限,缩减结构变形幅度,延长路桥构筑物的使用年限。

1.2 公路桥梁预应力结构主要类型

公路桥梁工程中预应力结构可依据施工工艺与受力形式划分多种类别。按照张拉施工时段区分,包含先张法预应力结构与后张法预应力结构两类。先张法依托固定台座完成筋材张拉,再开展混凝土浇筑作业,多用于小型预制桥梁构件。后张法预留专用孔道,待混凝土达到既定强度后实施张拉作业,适配大跨度、大截面桥梁主体结构。按照受力布置形式区分,涵盖全预应力结构

与部分预应力结构。全预应力结构全程依靠预设应力抵抗外部荷载,整体刚度更为稳定。部分预应力结构结合普通钢筋共同受力,适配荷载波动较小的常规公路桥梁工况。

1.3 预应力施工常用材料与机具特性

预应力施工所用核心材料具备高强度、低松弛的性能特点。预应力钢绞线、精轧螺纹钢抗拉强度等级较高,形变稳定性良好,可长期维持张拉应力状态。锚具、夹具具备良好的锚固性能与密闭性,能够牢牢固定预应力筋材,规避应力散失问题。配套压浆材料流动性、密实性达标,可充分填充孔道空隙,保护内部筋材不受外界侵蚀。施工机具以张拉千斤顶、压浆设备、精密检测仪器为主。张拉设备出力稳定,可精准完成分级张拉作业。压浆设备出料均匀,能够保障孔道填充的均匀程度,满足预应力施工的工艺标准。

1.4 预应力施工技术适配公路桥梁的核心特性

公路桥梁通行荷载频繁往复,结构形变与疲劳损耗问题较为突出,预应力施工技术可适配这类特殊工况。技术应用可减小桥梁截面尺寸,降低结构自重,适配大跨度桥梁的建设需求。预应力体系能够抑制混凝土裂缝生成,弱化车辆荷载与环境因素带来的结构损耗。施工工艺适配现浇、预制等多种桥梁施工模式,可灵活应用于箱梁、T梁、连续梁等主流桥型。稳定的应力结构可以均匀分散桥面荷载,提升路桥整体受力均匀度,适配公路桥梁长期、高频的通行使用场景。

2 公路桥梁预应力核心施工工艺

2.1 预应力筋加工与布设工艺

预应力筋进场后开展裁切作业,依据构件预留孔道

实际长度确定裁切尺寸,剔除表面锈蚀、弯折损伤的线材。裁切选用砂轮切割器械,杜绝电弧灼烧破坏筋材表层金属结构。加工完成的筋材理顺捆扎,分段固定定位支架,控制整体摆放弧度^[2]。布设阶段依照图纸标记点位调整线材走向,规避钢筋骨架穿插造成线材偏移。弯折点位增设缓冲防护,减少线材弯折产生的应力损耗,保证筋材整体走线顺直。

2.2 预应力孔道成型施工工艺

金属波纹管、塑料波纹管为孔道成型主流用材,管材拼接位置增设密封套管缠绕封堵,阻断混凝土浆液渗入通道。管材依托定位钢筋分段固定,控制竖向与横向偏移幅度,维持孔道设计线形。梁柱转折区域加密定位支撑件,防止浇筑作业时管材受压变形。管材两端延伸至构件端面外侧,预留张拉操作空间,管口临时封堵,避免杂物进入管内堵塞通道。

2.3 预应力张拉施工工艺

构件混凝土强度达标后启动张拉工序,张拉设备提前校验,保证输出荷载数值准确。作业前清理锚垫板表面浮浆,理顺孔道内部筋材,消除线材缠绕缠绕阻滞。张拉操作分段递进施加拉力,每段拉力维持对应静置时长,观测线材伸缩变化。张拉完成后锁定锚具,检查夹片咬合状态,出现滑移痕迹重新补拉,维持筋材内部应力稳定。

2.4 孔道压浆与封锚施工工艺

压浆浆料提前搅拌调配,控制浆料流动性能,过滤内部结块杂质。压浆设备从构件低位管口注入浆料,待高位管口排出均匀浆料后封闭出口。全程维持管道内部压力,让浆料填满波纹管全部空隙。压浆工序结束后清理构件端面多余浆料,切除外露多余筋材。端面涂刷防护涂层,浇筑封闭混凝土包裹锚具,隔绝水汽与腐蚀性介质接触锚固部件。

2.5 预应力附属结构配套施工工艺

张拉端、固定端增设加强钢筋网片,分散局部集中应力。模板贴合锚垫板外侧布设,预留张拉操作窗口。构件浇筑前检查各类预埋部件固定状态,振捣作业避开孔道与锚具区域,防止外力扰动管线线形。附属构件成型后清理表面残留水泥浆,修补细微缺损,维持预应力体系外部防护完整。

3 公路桥梁预应力施工关键管控要点

3.1 施工前期技术准备管控

公路桥梁预应力施工前期准备工作,是保障现场工序有序推进的基础。施工开展前,工作人员需要全面熟

悉施工图纸,掌握桥梁构件预应力布设形式、孔道位置和张拉参数等基础内容。针对现场施工环境、桥梁结构形式开展技术核对工作,排查设计细节与现场工况存在的偏差。施工设备需要提前完成检修与校准工作,张拉设备、压浆设备、测量器具都要保持精准运行状态,规避设备误差带来的施工偏差^[3]。进场材料逐一开展性能核查,筋材、锚具、管材及压浆辅料的性能指标需要满足施工工艺要求。提前梳理各工序施工流程,明确作业标准和操作规范,对现场施工人员开展技术交底,统一施工操作标准,规避人为操作偏差。提前规划施工现场布置,划分材料堆放区、设备作业区,为后续施工开展提供稳定作业条件。

3.2 施工过程工序管控要点

预应力现场施工需要落实全过程精细化管控,细化每一道工序的操作标准。筋材加工阶段严控裁切精度与加工质量,规范线材存放方式,避免线材出现锈蚀、弯折问题。孔道布设阶段重点管控管材固定强度和线形精度,浇筑作业全程做好管线防护,防止挤压变形、移位漏浆等问题。张拉作业严格遵从分级张拉流程,把控张拉静置时长,规范锚具安装与锁定操作,杜绝张拉不足、锚具松动等工艺问题。压浆施工把控浆液配比、搅拌时长和稳压时间,保证孔道填充密实。封锚作业规范端面处理流程,做好结构防护施工。每一道工序完成后开展专项检查,确认施工质量达标后,方可进入下一施工环节,层层把控施工工艺质量。

3.3 预应力施工常见技术隐患把控

公路桥梁预应力施工环节易出现各类工艺隐患,针对性的防控措施可以有效提升施工质量。孔道施工阶段容易出现管线偏移、封堵不严、浆液渗漏等问题,施工中需要强化管材固定和接口密封处理,减少管道堵塞、线形偏差等缺陷。筋材布设过程中,线材扭曲、间距不均会影响整体受力状态,作业时规范布设流程,理顺线材走向,保持布设规整度。张拉施工易出现张拉不到位、夹片滑脱、应力偏差等问题,作业前校验设备精度,作业中规范操作流程,及时处理张拉异常情况。压浆施工容易出现浆液离析、孔道填充不密实等问题,通过规范搅拌工艺、稳定压浆压力,规避空洞、缝隙等质量隐患。封锚阶段重点把控端面粘结质量和防护效果,减少后期结构侵蚀、收缩开裂的问题。

3.4 施工工序衔接与协同管控

预应力施工涵盖多道连续工序,工序衔接质量直接影响整体施工效果。合理排布施工先后顺序,理顺筋材加工、孔道布设、构件浇筑、张拉压浆等工序的施工节

奏,避免工序错乱、交叉干扰。明确各施工班组作业职责,细化各岗位施工内容,保障各环节施工有序推进。把控混凝土浇筑与预应力施工的衔接时机,严格依据混凝土强度状态确定张拉作业时间,杜绝提前施工引发的结构变形、应力失效等问题。规范压浆与封锚工序的衔接节奏,缩短工序间隔时长,减少孔道内部杂物堆积、表层干裂的情况。做好各工序交接检查工作,落实工序自检、互检模式,保障各施工环节衔接顺畅,维持整体施工工艺的完整性与规范性。

4 公路桥梁预应力施工技术优化与应用拓展

4.1 传统预应力施工技术的优化改良方向

传统预应力施工工艺在常规路桥工程中适用性较强,但长期施工应用中暴露出诸多工艺短板,需要针对性开展改良优化。传统人工张拉模式精度把控难度较大,人力操作容易出现张拉力度不均、稳压时长混乱等问题,可通过升级半自动张拉设备的方式提升作业精度,稳定张拉施工质量。常规孔道压浆工艺容易出现浆液分布不均、局部空腔的情况,可通过改良搅拌设备与压浆设备,细化浆液搅拌流程与稳压灌注流程,提升孔道填充密实度^[4]。传统材料存放与加工方式较为粗放,筋材容易产生锈蚀、形变问题,可搭建专用封闭存放场地,规范裁切、捋直、布设标准化流程,减少材料损耗与施工缺陷。施工全程细化张拉、压浆、封锚操作细节,压缩人为操作偏差,提升整套预应力工艺的精细化水平。

4.2 新型预应力施工技术的适配应用

随着路桥工程建设标准不断提升,各类新型预应力施工技术逐步投入工程应用,丰富了大跨度、高荷载桥梁的施工方式。无粘结预应力技术摒弃传统孔道布设模式,依托带防护涂层的预应力筋直接布设施工,简化繁琐的孔道成型、压浆工序,缩短整体施工周期,适用于中小型桥梁梁板结构施工。体外预应力技术将预应力筋布置于构件外部,无需预埋孔道,后期维护、检修与补强作业便捷,多用于旧桥加固、大跨度连续桥梁改造施工。智能张拉技术依托自动化设备完成张拉作业,精准把控张拉参数与稳压时长,规避人工操作带来的误差,大幅提升预应力施工稳定性。施工阶段可依据桥梁跨度、构件形式、荷载等级匹配对应技术类型,发挥不同工艺的应用优势。

4.3 复杂工况下预应力施工技术调整方式

公路桥梁施工常会遭遇高温、低温、多雨以及场地受限等复杂工况,常规预应力工艺需要做出针对性调整。高温环境下,浆液水分蒸发速度较快,容易出现凝

结过快、固化不均的问题,可调整浆液配比参数,优化拌合时长,错开高温时段开展压浆作业,保证浆料固化质量。低温环境会延缓水泥基材料固化速度,影响张拉作业时机,可适度调整养护方式,保障构件混凝土强度稳步增长,严格把控张拉作业节点。多雨潮湿工况下,筋材表层易产生锈蚀,锚具配件容易受潮变质,可提前做好材料封闭防护,作业前彻底清理构件工作面,保持施工界面干燥洁净。场地受限的施工场景,更换小型便携施工设备,精简现场作业步骤,合理排布各工序施工顺序,保障预应力作业连续推进。

4.4 预应力施工技术的长效应用思路

预应力施工技术的长效应用,聚焦施工质量稳定与结构长期服役性能提升。施工过程中摒弃粗放作业模式,推行精细化施工理念,从材料选配、工艺操作、工序管控全维度落实质量把控,减少施工缺陷遗留。结合不同区域公路桥梁的通行荷载、环境条件差异,针对性调整预应力施工方案,匹配桥梁长期受力与形变特征。持续整理各类工况下的施工实操经验,针对工艺薄弱环节开展迭代优化,细化各工序的实操标准与管控细则^[5]。稳定的施工工艺管控能够有效抑制结构形变、延缓构件老化,强化桥梁整体承载能力与使用性能。

结束语

预应力施工技术的科学应用是保障公路桥梁工程质量的关键,凭借优良的受力优化效果,适配各类主流桥型与复杂施工场景。施工全过程的精细化管控、工艺隐患的针对性治理、施工工序的协同衔接,是规避施工缺陷、稳定施工质量的核心举措。通过改良传统施工工艺、适配新型施工技术、优化不同工况施工方案,可持续完善预应力施工体系,强化桥梁结构承载性能与抗损耗能力,为公路桥梁工程长效安全运营提供坚实技术支撑。

参考文献

- [1] 关永国.公路桥梁预应力施工技术应用[J].越野世界,2023,18(22):133-134.
- [2] 徐小宝.预应力加固技术在公路桥梁施工中的应用研究[J].居业,2026(5):25-27.
- [3] 张国林.预应力技术在公路桥梁施工中的应用分析[J].模型世界,2025(21):125-127.
- [4] 叶家谱.公路桥梁施工中的预应力技术研究应用[J].科学技术创新,2025(4):143-146.
- [5] 刘清生.预应力技术在公路桥梁工程施工中的应用[J].交通世界,2025(4):175-177.