

预应力技术在公路桥梁工程施工中的作用分析

顾圣杨 吴令鹏

山东省路桥集团有限公司 山东 济南 250000

摘要: 预应力技术在公路桥梁施工中应用广泛,本文先阐述其施工原理、常用材料、应用类型及基本流程,接着分析在桥梁主体结构施工中的作用,涵盖梁体、桥墩、基础、桥面等方面。随后探讨关键应用要点,包括张拉、孔道、锚固施工及材料养护。最后提出应用优化路径,涉及施工工艺、材料选用与处理、设备调试、细节管控,为提升公路桥梁施工质量提供参考。

关键词: 预应力技术;公路桥梁施工;主体结构;应用要点;优化路径

引言:公路桥梁建设是交通基础设施的关键部分,其质量关乎交通运行安全与效率。随着交通流量增大与桥梁跨度增加,对桥梁结构性能要求愈发严格。预应力技术凭借有效增强结构刚度、抗裂能力等优势,在公路桥梁施工中得到广泛应用。深入分析该技术在施工中的作用,明确关键应用要点并探索优化路径,对保障桥梁施工质量、延长使用寿命、推动公路桥梁建设发展具有重要意义。

1 预应力技术在公路桥梁施工中的应用基础

1.1 预应力技术的施工原理

预应力技术施工核心是在混凝土结构受拉区域预先施加压应力,通过该应力抵消桥梁运营阶段外部荷载产生的拉应力,减少混凝土因收缩、温差等因素引发的裂缝,优化结构内力分布^[1]。施工过程中通过张拉预应力筋产生的反作用力传递至混凝土构件,使构件提前处于受压状态,进而提高结构刚度与抗裂能力,延长桥梁服役年限。该原理基于材料力学中应力平衡理论,经过长期工程实践验证,是预应力技术的核心理论支撑。

1.2 公路桥梁施工中常用预应力材料

公路桥梁施工中选用的预应力材料需满足高强度、低松弛、耐腐蚀等核心要求,符合国家及行业相关标准规范。常用材料主要包括预应力筋、锚具及管道材料,其中预应力筋以高强钢绞线、高强钢丝为主,部分工程选用高强螺纹钢筋,其强度等级与力学性能需符合对应规范要求;锚具分为支承式与楔紧式两类,确保预应力筋张拉后稳定锚固,锚固效率系数需达到规范标准;管道材料多采用金属波纹管或塑料波纹管,用于保护预应力筋,防止施工过程中受损及后期锈蚀。

1.3 公路桥梁施工中预应力技术的应用类型

结合公路桥梁结构形式与受力特点,预应力技术主要分为先张法与后张法两种应用类型。先张法通过在浇

筑混凝土前张拉预应力筋并固定,待混凝土达到设计强度后放松预应力筋,依靠预应力筋与混凝土的黏结力传递预应力,适用于批量生产的小型预制构件。后张法在混凝土浇筑成型并达到规定强度后,通过预留孔道穿入预应力筋进行张拉锚固,张拉完成后对孔道进行灌浆处理,恢复预应力筋与混凝土的黏结,适用于大跨度、复杂结构的桥梁施工,应用范围更为广泛。

1.4 预应力技术施工的基本流程

预应力技术施工需遵循规范流程,确保各环节质量可控。流程始于施工准备,包括材料检验、设备校验与施工方案交底,材料需经抽检合格后方可使用,张拉设备需定期校验以保证精度。随后进行预应力筋制作与孔道布设,精准控制预应力筋下料长度与孔道位置。接着开展混凝土浇筑与养护,待混凝土达到设计强度后进行预应力筋张拉,采用应力与伸长值双控法控制张拉质量。张拉完成后进行锚固处理与孔道灌浆,最后对施工质量进行检测验收,形成完整的施工闭环,保障预应力技术应用效果。

2 预应力技术在公路桥梁主体结构施工中的作用

2.1 在桥梁梁体施工中的作用

桥梁梁体作为直接承受交通荷载的核心构件,施工过程中易因荷载作用产生裂缝与变形,影响结构稳定性。预应力技术在梁体施工中的应用,可通过预设应力抵消部分外部荷载产生的拉应力,有效抑制梁体裂缝的产生与扩展,提升梁体抗裂性能^[2]。通过合理布设预应力筋,优化梁体受力分布,降低梁体跨中挠度,增强梁体整体刚度,确保梁体在长期荷载作用下保持形态稳定。同时,预应力技术可减少梁体截面尺寸,减轻结构自重,降低下部结构承载压力,兼顾结构经济性与安全性,适配大跨度桥梁梁体施工需求,符合现代公路桥梁轻量化、大跨度的发展趋势。

2.2 在桥梁桥墩施工中的作用

桥梁桥墩承担着传递梁体荷载至基础的重要功能，施工过程中需承受竖向荷载、水平荷载及地震作用，易出现侧向位移与结构损伤。预应力技术在桥墩施工中的应用，可通过对桥墩施加环向与纵向预应力，增强桥墩整体抗压、抗剪能力，提升桥墩抗侧移性能，减少外部荷载引发的结构变形。合理布设预应力筋可缓解桥墩施工过程中的应力集中现象，避免桥墩出现局部开裂，提升桥墩结构的整体性与耐久性。针对高墩施工，预应力技术可有效控制桥墩施工过程中的徐变与收缩，确保桥墩垂直度与结构精度，为桥梁整体稳定性提供保障，适配复杂工况下的桥墩施工需求。

2.3 在桥梁基础施工中的作用

桥梁基础是桥梁结构的根基，直接决定桥梁整体承载能力与稳定性，施工过程中需应对复杂地质条件与荷载作用。预应力技术在基础施工中的应用，可优化基础受力状态，提升基础承载能力，减少基础沉降量，确保基础结构稳定。在桩基施工中，预应力技术可增强桩体抗拔、抗剪能力，避免桩体在荷载作用下出现断裂与变形，提升桩基与地基的协同工作性能。在承台施工中，预应力技术可增强承台结构整体性，缓解承台施工过程中因混凝土收缩产生的裂缝，提升承台抗裂性能与承载能力，确保基础与上部结构衔接可靠，为桥梁主体结构施工奠定坚实基础。

2.4 在桥梁桥面施工中的作用

桥梁桥面作为车辆通行的直接载体，需具备良好的平整度、耐磨性与抗裂性，施工质量直接影响通行舒适度与桥梁使用寿命。预应力技术在桥面施工中的应用，可通过对桥面铺装层施加预应力，抑制铺装层因温度变化、荷载作用产生的裂缝，提升桥面抗裂性能与耐久性。预应力技术可增强桥面铺装层与梁体的粘结强度，避免铺装层出现起鼓、脱落等问题，确保桥面结构整体性。通过合理施加预应力，可优化桥面受力分布，减少桥面局部应力集中，提升桥面承载能力，延长桥面使用寿命，降低后期维护成本，契合公路桥梁长效运营的实际需求，符合相关技术规范对桥面施工的质量要求。

3 预应力技术在公路桥梁施工中的关键应用要点

3.1 预应力张拉施工要点

预应力张拉是预应力技术应用的核心工序，需以配套张拉设备为操作载体，设备需提前完成系统性调试与精度校准，确保输出参数与设计要求的匹配^[3]。张拉作业开展前需完成混凝土强度核验，确认结构混凝土强度达到设计规定值后方可启动施工，避免因强度不足引发结构

损伤。张拉顺序需结合桥梁结构受力分布特征制定，遵循均匀对称的基本准则，保障结构受力均衡。张拉过程需严格控制应力加载速率，保持操作平稳连续，实时监测应力变化趋势，防止应力骤变对预应力筋及结构造成冲击。张拉作业需设定合理持荷时长，待应力状态稳定后再完成锚固操作，全过程需形成完整可追溯的施工记录，为后续质量追溯提供依据，各项操作需契合相关技术规范的要求。

3.2 预应力孔道施工要点

预应力孔道作为预应力筋的传输与防护通道，其施工质量直接影响后续张拉与压浆作业效果。孔道材料需依据桥梁结构设计要求选定，金属波纹管或塑料波纹管的选用需符合对应产品质量标准，确保材料具备稳定的力学性能与耐久性。孔道铺设需与钢筋施工环节协同推进，在钢筋绑扎过程中精准定位孔道位置与高程，通过定位支架固定孔道，避免施工过程中出现偏移弯折变形等问题，孔道位置偏差需控制在 $\pm 5\text{mm}$ 以内。孔道接头连接需采用适配工艺，做好密封处理，防止混凝土浇筑过程中浆液渗入造成孔道堵塞。孔道铺设完成后需开展全面检查，及时清理内部杂物与积水，保障孔道通畅，为后续预应力筋穿束压浆作业奠定基础，孔道施工精度需严格遵循相关规范规定的控制范围。

3.3 预应力锚固施工要点

预应力锚固是保障预应力效果持久稳定的关键环节，锚具夹具及连接器等构件需选用符合质量标准的产品，锚具需具备清晰的生产标识及批次信息，材质与尺寸公差需符合规范要求。锚垫板安装需精准定位，确保与孔道轴线保持垂直，通过专用固定件将锚垫板牢固安装在设计位置，避免混凝土浇筑过程中出现位移。锚固作业需在张拉应力稳定后及时实施，锚具安装需与锚垫板紧密贴合，确保连接部位受力均匀。锚固完成后需开展全面检查，重点排查锚具受力状态连接牢固度等内容，限位板规格需与预应力筋实测尺寸匹配，保障锚固结构稳定可靠，相关操作需符合行业技术规范的要求。

3.4 预应力施工中的材料养护要点

预应力施工材料养护涵盖预应力筋锚具压浆材料及混凝土等各类相关材料，需建立系统化的养护管理体系。预应力筋进场后需存放于专用仓储设施，仓库环境需满足产品存放要求，控制温湿度等环境条件，一般要求仓库温度在 $5\sim 35^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不超过70%，存放时长需符合产品说明书规定，超出规定时长需完成复检确认合格后方可使用。锚具需妥善存放于干燥通风环境，避免受潮锈蚀碰撞等损伤，存放过程中需按规格分类摆放，防止不

同类型锚具混淆。压浆材料需按规范要求进行配置,配置后需及时使用,避免放置时间过长影响性能参数,一般配置后需在30-45min内使用完毕^[4]。混凝土浇筑完成后需依据环境条件开展养护作业,根据温度湿度等因素调整养护方式,确保混凝土强度稳步增长,为预应力技术的有效应用提供坚实支撑。

4 预应力技术在公路桥梁施工中的应用优化路径

4.1 施工工艺的优化方向

施工工艺优化需以规范为准则,结合工程结构特点优化流程设计,减少施工偏差与预应力损失。针对先张法施工,优化预应力筋张拉与放松时机,结合混凝土强度增长规律调整持荷时间,一般可根据混凝土强度增长曲线,将持荷时间优化为3-6min,提升预应力传递效率;对后张法施工,优化孔道灌浆工艺,采用高压灌浆技术并控制灌浆速度与压力,灌浆压力一般控制在0.5-1.0MPa,确保孔道内浆液填充饱满,减少孔隙与空洞。同时优化预应力筋布设方式,结合构件受力特点合理规划筋体间距与走向,筋体间距误差控制在 $\pm 15\text{mm}$ 以内,规避应力集中问题,提升工艺适配性与施工便捷性,兼顾施工质量与效率。

4.2 材料选用与处理的优化方法

材料选用与处理优化需坚守规范标准,兼顾性能与经济性,提升材料利用率与耐久性。预应力筋选用需优先考虑高强度、低松弛、耐腐蚀的新型材料,符合行业相关标准对力学性能的要求,同时结合施工环境调整材料规格。锚具与管道材料需选用与预应力筋匹配的优质产品,加强进场前检验,剔除不合格产品。材料处理环节,优化预应力筋除锈、润滑工艺,采用机械除锈替代人工除锈,提升处理效果;对管道材料进行提前预处理,增强密封性与抗锈蚀能力,延长材料服役寿命,为预应力施工质量提供基础保障。

4.3 施工设备的调试与优化

施工设备调试与优化是保障预应力施工精度的关键,需建立完善的设备管理体系。张拉设备需定期进行全面校验,优化调试流程,确保拉力精度与张拉速度符合设计要求,避免因设备偏差导致预应力施加不足或过度张

拉。孔道成型设备需优化调试参数,精准控制孔道尺寸与位置,减少成型偏差;灌浆设备需定期检修与调试,优化浆液输送压力与速度,确保灌浆均匀^[5]。同时引入智能化设备,实现张拉过程、灌浆过程的实时监测,提升设备运行稳定性与施工精度,降低人为操作误差。

4.4 施工过程中的细节管控优化

细节管控优化需贯穿施工全流程,细化各环节管控标准,规避细微偏差引发的结构隐患。施工前优化技术交底流程,明确各岗位操作标准与质量要求,提升施工人员专业素养。施工过程中,加强预应力筋下料长度、孔道位置的精准控制,优化混凝土浇筑与养护细节,避免温度、湿度变化引发的裂缝。张拉与锚固环节,加强实时监测,及时调整操作参数,确保施工质量符合规范。施工后优化检测验收流程,采用专业检测手段排查质量隐患,建立完善的质量追溯体系,实现施工全过程的精细化管控,保障预应力技术应用效果的稳定性与可靠性。

结束语

预应力技术在公路桥梁施工中发挥着不可替代的作用,从主体结构施工到各关键环节,都展现出提升结构性能、保障施工质量的重要价值。通过明确关键应用要点,并在施工工艺、材料选用与处理、设备调试、细节管控等方面进行优化,可进一步提升预应力技术的应用效果。在实际工程中,应严格遵循相关规范,结合工程特点灵活运用,确保公路桥梁建设质量,为交通事业发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1]张誉鹏.预应力技术在公路桥梁工程施工中的作用分析[J].全面腐蚀控制,2026,40(1):167-170.
- [2]冯新春.预应力施工技术在公路桥梁工程施工中的应用[J].四川建材,2024,50(1):179-180,191.
- [3]卫鹏辉.公路桥梁工程施工中预应力技术的应用[J].黑龙江交通科技,2023,46(9):105-107.
- [4]夏顺利.公路桥梁工程施工中预应力技术的应用价值[J].运输经理世界,2022(14):143-145.
- [5]鲁宝林.预应力技术在公路桥梁工程施工中的有效性[J].砖瓦世界,2021(4):182-183.