

交通工程道路桥梁预应力施工技术的应用

周永强

邯郸市交通运输局高速公路建设管理中心 河北 邯郸 056000

摘要: 随着交通建设步伐的迅猛推进与跨越发展,道路桥梁工程规模日益扩大,对工程质量与性能的要求也愈发严苛。本文聚焦交通工程道路桥梁预应力施工技术应用。首先阐述预应力施工技术的基本概念、系统组成与分类,为后续研究奠定理论基础。接着详细探讨该技术在道路桥梁施工中的具体应用,涵盖锚固与锚具处理、下料、张拉等多个环节,以及在受弯构件等方面的运用。最后针对施工过程中存在的问题,提出强化材料质量控制、优化张拉工艺、完善孔道压浆密封工艺以及提升施工人员技能等优化对策,旨在提高道路桥梁预应力施工质量,保障工程安全与耐久性。

关键词: 交通工程;道路桥梁;预应力施工技术;施工优化对策

引言:在交通工程领域,道路桥梁作为关键基础设施,其建设质量直接关系到交通运行的安全与效率。预应力施工技术凭借能增强结构承载能力、减少裂缝产生、提高结构耐久性等优势,在道路桥梁施工中得到广泛应用。随着交通流量增大和桥梁跨度增加,对道路桥梁的结构性能要求愈发严格。然而,预应力施工过程复杂,涉及多个环节,若施工不当易引发质量问题。因此,深入研究预应力施工技术在道路桥梁中的应用,并探索优化对策,对于提升道路桥梁建设质量、推动交通工程发展具有重要意义。

1 交通工程道路桥梁预应力施工技术的概述

1.1 预应力的基本概念

预应力技术是公路桥梁工程中通过预先施加反向应力以改善结构受力性能的核心方法。其原理是在混凝土构件承受外荷载前,利用高强度钢绞线或钢筋进行张拉,在构件受拉区形成预压应力,从而抵消或部分抵消后续荷载产生的拉应力。这种技术通过“主动受力”机制,显著提高了混凝土的抗裂性、刚度和耐久性,同时减少了结构自重和截面尺寸,实现了材料的高效利用。

1.2 预应力系统的组成

公路桥梁预应力系统由预应力筋、锚固体系、张拉设备和辅助装置四大核心部分构成。预应力筋通常采用抗拉强度达1860MPa的钢绞线或精轧螺纹钢,是传递预应力的主体;锚固体系包括锚具、夹片和锚垫板,通过机械咬合或摩擦力将预应力筋固定于混凝土中,锚固效率系数需 ≥ 0.95 ;张拉设备涵盖千斤顶、油泵和压力表,用于精确控制预应力筋的张拉力,误差需控制在 $\pm 1.5\%$ 以内;辅助装置包含转向块、减震器和防腐涂层等,确保预应力筋在复杂受力下的稳定性及长期耐久性。

1.3 预应力施工技术的分类

公路桥梁预应力施工技术按施工时序分为先张法和后张法两大类。先张法是在浇筑混凝土前,将预应力筋张拉至设计值并锚固于台座上,待混凝土强度达到75%后放张,使预应力通过粘结力传递至构件,适用于预制T梁、空心板等标准构件,具有工艺简单、锚具损耗低的特点;后张法则是先浇筑混凝土并预留孔道,待强度达标后穿束张拉,通过锚具锁定预应力,分为有粘结(孔道灌浆)和无粘结(涂覆防腐油脂)两种形式,广泛应用于现浇箱梁、连续刚构桥等复杂结构^[1]。

2 预应力技术在交通工程道路桥梁施工中的应用

2.1 锚固与锚具处理环节

在公路桥梁施工中,锚固与锚具处理是预应力技术的关键环节,直接关系到结构的安全性与耐久性。(1)锚具选型需严格匹配工程需求。根据钢绞线规格、张拉吨位及施工环境,优先选用通过交通部认证的夹片锚、群锚等标准产品,确保锚固效率系数 ≥ 0.95 。对于大跨径桥梁或特殊结构,需定制高强度、低回缩的专用锚具,并验证其与钢绞线的兼容性。(2)锚垫板安装需保证空间精度。施工前应依据设计图纸进行三维坐标放样,采用专用定位架固定锚垫板,确保其与孔道轴线垂直度偏差 $\leq 1^\circ$,与混凝土接触面平整度误差 $\leq 0.5\text{mm}$ 。锚垫板与端模间需填充密封材料,防止混凝土浇筑时漏浆堵塞孔道。(3)张拉与锚固工艺需规范执行。采用应力与伸长量双控,以应力控制为主,伸长量误差范围 $\pm 6\%$ 。锚固时保持千斤顶压力3—5分钟,使夹片充分咬合钢绞线,减少回缩损失。完成后需对锚具外露部分进行防腐处理,并用微膨胀混凝土封锚,封锚厚度不小于50mm,确保与结构同寿命。

2.2 下料环节的处理

在公路桥梁预应力施工中,下料环节是保障钢绞线质量与预应力传递效率的基础工序,其处理精度直接影响结构安全与耐久性。下料需综合考虑设计长度、张拉工艺及现场条件,确保钢绞线尺寸准确、端部质量可靠。(1)下料长度计算需精确。根据孔道长度、锚具厚度、张拉工作长度及预留量等参数,通过公式“下料长度=孔道净长+2×(锚具厚度+千斤顶支承端到锚垫板间距+预留工作长度)”确定。对于曲线孔道或空间转向结构,需增加钢绞线弹性伸长量补偿值,避免张拉时因长度不足导致锚具滑移或结构受力不均。(2)切割工艺需规范。采用砂轮切割机或无齿锯进行机械切割,严禁使用电弧焊或气割,防止高温损伤钢绞线力学性能。切割后端部需用角磨机打磨平整,去除毛刺和锈蚀,确保与锚具咬合紧密。

2.3 预应力筋的张拉环的应用

在公路桥梁预应力施工中,张拉环节至关重要,直接决定结构受力性能与长期稳定性。张拉前,要对千斤顶、油表等设备进行配套校验。依据相关标准,保证张拉力控制误差在±1.5%以内。以常见的1000吨级千斤顶为例,校验时需精确测量其实际出力,确保与理论值偏差极小。同时检查预应力筋外观,直径15.2mm的钢绞线,锈蚀深度不得超过0.1mm,且无损伤。锚具与夹片要清洁且匹配,孔道清理也必不可少,避免杂物影响张拉质量。张拉时采用应力与伸长量双控模式。按设计要求分阶段加载,如先加载至20%控制应力,再逐级升压至100%控制应力,每阶段持荷3-5分钟。同步测量实际伸长量,以100米长的预应力筋为例,理论伸长量约为500mm,实际与理论值偏差须控制在±30mm(±6%)范围内,超差则暂停分析。

2.4 预应力钢绞线技术的应用

在公路桥梁工程里,预应力钢绞线技术是提升结构承载力与耐久性的核心手段。它预先施加应力,能有效抵消荷载产生的拉应力,大幅减小结构变形与裂缝风险,在大跨径连续梁、斜拉桥等复杂桥型中应用广泛。钢绞线选型要严格匹配工程需求。公路桥梁常用高强度低松弛钢绞线,其抗拉强度高达1860MPa,在1000小时持荷后,松弛率低至2.5%,能满足长期受力要求。若处于海洋环境或腐蚀性地区,需采用环氧涂层或镀锌钢绞线,并配套真空辅助灌浆工艺。该工艺下,孔道密实度超95%,能有效防止氯离子侵蚀,避免预应力损失。施工环节要加强过程控制。钢绞线编束时,每米顺直度偏差不超过2mm,避免交叉扭转;穿束前用压力不低于0.5MPa的高压水冲洗孔道,减少摩擦阻力;张拉时采用

应力与伸长量双控,以100米长钢绞线为例,理论伸长量约500mm,实际偏差控制在±30mm内,同步监测多根钢绞线受力均衡性,保障结构整体受力协调,提升桥梁安全性与使用寿命。

2.5 在受弯构件中的应用

在公路桥梁工程中,预应力技术广泛应用于受弯构件(如梁、板等),通过预先施加反向应力,显著提升构件的抗弯承载能力与使用性能,有效解决传统钢筋混凝土结构易开裂、变形大的问题。(1)对于公路桥梁的受弯构件,预应力技术可有效抵消荷载产生的拉应力。在构件受拉区预先布置高强度钢绞线并施加拉力,使构件在受力前形成预压应力储备。当外部荷载作用时,预压应力可部分或完全抵消拉应力,延缓裂缝出现,甚至实现全截面受压状态,大幅提高构件的刚度与耐久性。

(2)预应力技术还能优化构件截面尺寸,减轻结构自重。通过合理设计预应力筋布置形式(如直线、曲线或折线配筋),可精准控制构件不同部位的应力状态,减少材料用量,降低工程造价。在公路桥梁大跨径结构中,预应力受弯构件的应用更为关键,能有效减小结构变形,提升行车舒适性与安全性,为桥梁的长期稳定运营提供可靠保障。

2.6 预应力钢筋的穿梭技术

在公路桥梁施工中,预应力钢筋的穿梭技术是确保钢绞线精准就位、减少孔道摩擦损失的关键环节,直接影响预应力传递效率与结构受力性能。(1)穿梭前需对孔道进行全面检查,采用通孔器清除杂物,确保孔道畅通无阻;同时检查钢绞线端部,用胶带或专用套管包裹,防止穿束时刮伤孔道内壁。对于曲线孔道或长距离穿束,需使用卷扬机或穿束机辅助,通过牵引钢丝绳带动钢绞线前进,速度控制在0.5—1m/s,避免过快导致钢绞线扭转或卡滞。(2)穿束过程中需保持钢绞线顺直,严禁交叉缠绕,必要时采用导向装置调整方向。多根钢绞线同步穿束时,需用梳编器进行编束处理,确保各根钢绞线平行排列、受力均匀。穿束完成后,应测量钢绞线外露长度,检查是否满足张拉要求,为后续预应力施工提供可靠保障,助力公路桥梁结构安全与耐久性提升^[2]。

3 道路桥梁施工工程预应力施工技术优化对策

3.1 强化材料质量控制与适配性验证

在公路桥梁施工中,强化预应力材料质量控制与适配性验证是保障工程质量的基础。需严格把控钢绞线、锚具、波纹管等材料的采购渠道,优先选用通过交通部认证的合格产品,并核查质量证明文件、出厂检测报告等资料。进场时,按批次进行抽样检测,重点检验钢

绞线的抗拉强度、伸长率,锚具的硬度、静载锚固性能,以及波纹管的壁厚、环刚度等指标,确保符合设计及规范要求。同时,开展材料适配性验证,通过模拟试验评估钢绞线与锚具的咬合性能、波纹管与灌浆料的匹配性,避免因材料不兼容导致张拉滑丝、孔道漏浆等问题。建立材料追溯体系,对每批次材料的使用部位、检测结果进行详细记录,实现全流程质量可控,为公路桥梁预应力体系长期稳定运行提供材料保障。

3.2 优化张拉工艺与设备管理

优化张拉工艺与设备管理是提升公路桥梁预应力施工质量的核心。张拉工艺方面,需根据结构类型、孔道布置等条件,制定专项施工方案,明确张拉顺序、分级加载、持荷时间等参数,确保应力传递均匀。采用应力与伸长量双控模式,以应力控制为主,伸长量偏差控制在 $\pm 6\%$ 以内,超差时立即停止并分析原因。设备管理上,建立千斤顶、油表等设备的配套校验制度,定期送至专业机构检测,确保张拉力控制精度。同时,加强设备日常维护,每次使用后清洁保养,检查油路、密封件等部件,防止漏油或内泄影响张拉准确性。

3.3 完善孔道压浆与密封工艺

完善孔道压浆与密封工艺,对保障公路桥梁预应力体系耐久性至关重要。压浆前,用压力不低于 0.5MPa 的高压水冲洗孔道,将杂物与积水彻底清除,再用压缩空气以 $0.2\text{—}0.3\text{MPa}$ 的压力吹干,保证孔道清洁干燥。选用低水胶比(不大于 0.35)、高流动性(流动度在 $17\text{—}22\text{s}$)、微膨胀的高性能灌浆料,其 3h 自由膨胀率控制在 $0\text{—}2\%$, 28d 抗压强度不低于 50MPa 。压浆时,采用真空辅助灌浆工艺,先对孔道抽真空至 $-0.06\text{—}-0.08\text{MPa}$,接着通过压浆泵以 $0.5\text{—}0.7\text{MPa}$ 的压力注入灌浆料,当另一端出浆口排出与注入浆体稠度相同的浓浆后,封闭排气孔,持压 $3\text{—}5$ 分钟。密封处理上,锚具外露部分涂刷厚度不小于 $100\mu\text{m}$ 的防腐涂料,并用微膨胀混凝土封锚,封锚混凝土厚度不小于 50mm ,与结构表面平齐,防止雨水渗入致锚具锈蚀,延长预应力筋寿命,保障桥梁安全。

3.4 提升施工人员技能与过程监管

提升施工人员技能与过程监管是确保公路桥梁预应力施工规范化的重要保障。施工前,需组织技术人员、操作工人参加专项培训,系统学习预应力技术原理、施工工艺、质量控制要点等内容,并通过考核合格后方可上岗。针对关键工序(如张拉、压浆等),编制操作手册或视频教程,明确步骤、参数及注意事项,减少人为操作失误。过程监管方面,建立“三检制”(自检、互检、专检),每道工序完成后由班组自查、相邻班组互查、质检员专检,合格后方可进入下一道工序。同时,加强现场巡查与抽检,重点检查张拉应力、伸长量、压浆密实度等关键指标,对违规行为及时纠正并处罚。此外,引入信息化监管手段,通过传感器、摄像头等设备实时采集施工数据,实现远程监控与预警,提升监管效率与精准度,确保公路桥梁预应力施工全过程符合规范要求^[3]。

结束语

交通工程道路桥梁预应力施工技术,凭借其在增强结构强度、提升抗裂性能、延长使用寿命等方面的卓越优势,已成为现代桥梁建设不可或缺的关键技术。从锚固锚具的精准处理,到下料、张拉等环节的精细把控,再到预应力钢筋穿梭等工艺的巧妙运用,每一项技术要点都紧密关联着工程质量与安全。随着交通事业的蓬勃发展,我们需持续探索创新,不断优化预应力施工技术,提高施工精度与效率,以应对更复杂的工程挑战,为打造更多高质量、高耐久性的道路桥梁工程提供坚实保障,推动交通基础设施建设迈向新高度。

参考文献

- [1]张杰恒.预应力施工技术在道路桥梁施工技术中的应用[J].建材与装饰,2021(17):255-256.
- [2]王帅.预应力施工技术在道路桥梁中的实践研究[J].交通世界,2021(15):120-121.
- [3]孙飞.道路桥梁工程的预应力施工技术分析[J].交通界,2021(13):100-101.