

公路桥梁施工中预应力混凝土技术的应用与优化

罗燕苹

云南阳光道桥股份有限公司 云南 昆明 650200

摘要: 本文聚焦公路桥梁施工,深入剖析预应力混凝土技术。详述其基本原理,借实例呈现该技术于梁体浇筑、张拉等关键环节的应用现状。从材料、工艺、质量控制等维度提出优化策略,以提升应用效果,增强桥梁稳定性与耐久性,降低成本,为公路桥梁高质量建设提供坚实理论与实践支撑。

关键词: 公路桥梁施工; 预应力混凝土技术; 应用; 优化

引言

我国交通事业飞速发展,公路桥梁作为交通网关键节点,建设规模与数量不断攀升。预应力混凝土技术因能改善混凝土力学性能、提升桥梁承载与抗裂能力、延长使用寿命,在公路桥梁施工中被广泛采用。但在实际运用时,受材料、工艺、人员等因素制约,应用效果不佳。故而,深入探究该技术的应用与优化迫在眉睫,对推动公路桥梁建设技术发展、保障交通基础设施稳固意义重大。

1 预应力混凝土技术概述

预应力混凝土技术是现代土木工程中不可或缺的一部分,尤其在公路桥梁建设中扮演着核心角色。该技术基于混凝土抗压强度高而抗拉强度相对较低的物理特性,通过在混凝土受拉区预先施加压应力,从而显著提升混凝土结构的整体性能。这种预应力的施加,使得当结构受到外部荷载作用时,预先存在的压应力能够有效地抵抗由此产生的拉应力,从而延缓甚至避免裂缝的产生,极大地增强了结构的耐久性和承载能力。预应力混凝土技术的实施主要分为先张法和后张法,先张法适用于中小型构件的生产,通过在浇筑混凝土前对预应力筋进行张拉并临时锚固,待混凝土固化后放松预应力筋,使混凝土获得预应力。而后张法则广泛应用于大型桥梁结构的现场浇筑,它先在混凝土中预留孔道,待混凝土强度达到要求后,穿入预应力筋进行张拉并锚固,最后通过孔道灌浆使预应力筋与混凝土紧密结合,形成一个整体受力体系。预应力混凝土技术的这些特点,使其在桥梁建设中具有不可替代的优势^[1]。

2 预应力混凝土技术在公路桥梁施工中的应用

2.1 桥梁梁体施工中的应用

在桥梁梁体浇筑过程中,预应力筋的合理布置是确保桥梁结构性能稳定的关键步骤。首先,需严格按照设计图纸精确测量放线,利用定位钢筋将预应力筋固定于

设计位置。定位钢筋的间距需精心设定,通常不超过1米,尤其在曲线段,间距应加密至约0.5米,以保证预应力筋的平顺性和减少预应力损失。在固定预应力筋时,U型卡或定位夹片是常用的固定方式,它们需与定位钢筋紧密连接,确保预应力筋在浇筑过程中不发生移位。对于竖向预应力筋,还需增设定位支架,以保障其垂直度。在某高速公路大型箱梁施工中,采用了数控弯曲机精确加工定位钢筋,提高了预应力筋的定位精度。同时,施工人员利用定制的定位模板,在箱梁腹板内将预应力筋逐根准确放置并固定,有效避免了交叉混乱现象。针对不同类型桥梁梁体,预应力混凝土技术的应用各有侧重。箱梁施工需注意预应力筋在顶板、底板及腹板内的合理布置,浇筑腹板混凝土时要防止振捣棒触碰预应力筋。T梁施工中,预应力筋多集中于梁肋部位,需确保梁肋模板的强度与刚度,防止模板变形影响预应力筋位置。在某跨江大桥引桥的T梁施工中,增设了防腐蚀隔离套管和加强钢筋锚固措施,提高了T梁的耐久性和承载能力。

2.2 张拉作业的实施

(1) 张拉作业流程包含多个关键环节。首先是张拉设备的选择与校验,根据预应力筋的张拉力大小,选择合适量程与精度的千斤顶和油泵,且张拉设备需定期由专业机构进行校验,确保其准确性。校验周期一般不超过半年,若设备在使用过程中出现异常,应及时重新校验。(2) 张拉顺序的确定要遵循对称、均匀的原则,避免梁体因受力不均产生过大变形或裂缝。对于多束预应力筋的梁体,通常采用两端同时张拉的方式,先张拉靠近截面重心的预应力筋,再逐步张拉外层预应力筋。张拉控制应力需严格按照设计要求设定,一般通过油压表读数进行控制,同时要结合预应力筋的伸长量进行双控。实际伸长量与理论伸长量的偏差应控制在 $\pm 6\%$ 以内。(3) 张拉过程中易出现预应力损失问题,主要原因包

括锚具变形、预应力筋与孔道壁摩擦、混凝土收缩徐变等。为减少锚具变形损失,要选择质量可靠、变形小的锚具,并确保安装正确。对于摩擦损失,可在孔道内涂抹专用润滑剂,同时在张拉前对孔道进行清理。针对张拉不均匀问题,可采用智能张拉系统,该系统能精确控制各束预应力筋的张拉力,保证张拉同步性^[2]。

2.3 孔道压浆工艺

(1) 孔道压浆在预应力混凝土桥梁施工中至关重要。它能保护预应力筋不受腐蚀,避免预应力筋在潮湿环境下生锈,影响桥梁结构安全。同时,增强预应力筋与混凝土之间的粘结力,使二者协同工作,共同承受荷载。(2) 压浆材料一般选用专用的水泥浆,水泥应采用强度等级不低于42.5的普通硅酸盐水泥,水灰比控制在0.4-0.45之间,为改善水泥浆的性能,可适量添加减水剂、膨胀剂等外加剂。压浆设备采用活塞式压浆泵,其压力应能满足孔道压浆的要求,一般为0.5-0.7MPa。(3) 压浆前,需对孔道进行清洁,确保无杂物与积水。压浆时,从孔道一端缓慢压入水泥浆,直至另一端排出浓浆且无气泡为止。压浆过程中,要保持压力稳定,持续时间不少于2min,以保证压浆饱满。例如,在某城市快速路桥梁施工中,采用真空辅助压浆技术,先将孔道内抽成真空,再进行压浆,有效提高了压浆的密实度,减少了孔道内的气泡与空隙。

2.4 质量检测与验收

(1) 质量检测方法多样。外观检查主要查看梁体表面是否有裂缝、蜂窝麻面等缺陷,预应力筋锚固端是否牢固。预应力筋应力检测可采用传感器或应力仪,定期监测预应力筋的实际应力,判断是否符合设计要求。混凝土强度检测通过制作试块,采用标准养护后进行抗压强度试验,同时也可采用回弹法、超声回弹综合法等无损检测方法对梁体混凝土强度进行现场检测。(2) 质量验收标准严格遵循设计文件与相关规范。梁体的外观质量应符合平整度、垂直度等允许偏差范围;预应力筋的实际应力与设计应力偏差不得超过 $\pm 5\%$;混凝土强度需达到设计强度等级的100%方可进行验收。验收流程为施工单位自检合格后,提交验收申请,由建设单位组织监理、设计、施工等单位进行联合验收,对各项检测指标进行核查,符合要求后予以验收通过,确保预应力混凝土结构符合设计要求与相关规范,保障桥梁工程质量与安全。

3 预应力混凝土技术的优化措施

3.1 材料选用的优化

(1) 在预应力混凝土结构中,预应力筋的性能至关

重要。高强度、低松弛的预应力筋,如1860MPa级别的钢绞线,不仅能显著提升混凝土结构的承载能力,还能大幅降低钢材使用量,减轻结构自重。因此,在选用预应力筋时,必须严格检查其强度、延伸率、松弛率等指标,确保符合国家标准与设计要求。(2) 水泥作为混凝土的胶凝材料,其质量直接影响混凝土的强度与耐久性。推荐选用旋窑生产的普通硅酸盐水泥,强度等级不低于42.5,此类水泥不仅早期强度高,后期强度增长潜力大,还能满足预应力混凝土快速施工与长期性能的要求。同时,水泥的凝结时间、安定性等指标也需密切关注,以防因水泥质量问题导致混凝土出现裂缝、强度不足等缺陷。(3) 骨料品质同样关键。粗骨料应选用质地坚硬、级配良好的碎石,粒径需根据预应力筋间距与浇筑工艺合理确定。细骨料则宜采用中砂,严格控制含泥量与泥块含量,以保障混凝土的强度与耐久性。(4) 外加剂在预应力混凝土中发挥着不可替代的作用。减水剂能提升混凝土流动性,降低水泥水化热,防止裂缝产生;膨胀剂则能补偿混凝土收缩,提高抗裂性能。在使用外加剂时,需根据设计要求与施工条件,通过试验确定种类与掺量,确保其与其他原材料相容性良好^[3]。

3.2 施工工艺的优化

(1) 智能张拉技术在预应力筋张拉过程中优势明显。传统张拉方式依赖人工操作,存在张拉应力控制不准确、伸长量测量误差大等问题。智能张拉系统通过传感器实时监测张拉应力与伸长量,利用计算机自动控制张拉过程,能精确控制张拉应力在 $\pm 1\%$ 以内,伸长量误差控制在 $\pm 2\%$ 以内,极大提高了张拉作业的精度与质量。该系统还能实现多束预应力筋同步张拉,保证梁体受力均匀,有效避免因张拉不均匀导致的梁体变形与裂缝。例如,在某大型桥梁工程中,采用智能张拉技术后,梁体的预应力分布更加均匀,桥梁的整体性能得到显著提升。(2) 真空辅助压浆技术是对传统孔道压浆工艺的优化。传统压浆工艺难以保证孔道压浆的饱满度,孔道内易存在气泡与空隙,影响预应力筋与混凝土的粘结力,降低结构耐久性。真空辅助压浆技术先将孔道抽成真空,使孔道内的真空度达到-0.06MPa至-0.08MPa,然后在真空状态下将水泥浆压入孔道。这种方式能有效排除孔道内的空气与水分,使水泥浆更易填充孔道,提高压浆的密实度。同时,可在水泥浆中添加适量微膨胀剂,进一步确保孔道压浆的饱满性。在实际工程应用中,采用真空辅助压浆技术的桥梁,其预应力筋的防腐蚀性能与结构耐久性得到明显改善。

3.3 施工管理的优化

(1) 建立完善的施工管理制度是确保预应力混凝土施工质量的重要保障。明确各施工环节的责任分工,从预应力筋的制作与安装、混凝土浇筑、张拉作业到孔道压浆,每个环节都应有专人负责。制定详细的施工操作规程与质量检验标准,要求施工人员严格按照规范操作。加强施工过程中的监督与检查,设置质量控制点,对关键工序进行旁站监督,如在预应力筋张拉时,监理人员应全程旁站,确保张拉过程符合设计与规范要求。定期对施工质量进行检查与评估,及时发现并整改问题。(2) 加强对施工人员的培训至关重要。预应力混凝土施工技术要求高,施工人员的专业技能与质量意识直接影响工程质量。定期组织施工人员参加技术培训,邀请专家讲解预应力混凝土施工的新技术、新工艺、新规范,提高施工人员的技术水平。同时,加强质量意识教育,通过案例分析等方式,使施工人员认识到质量的重要性,树立质量第一的观念。对新入职的施工人员,要进行岗前培训与考核,考核合格后方可上岗作业,确保施工队伍整体素质满足工程要求。

3.4 质量控制体系的优化

(1) 构建全面的质量控制体系,实现对预应力混凝土施工全过程、全方位的质量控制。在原材料进场检验环节,严格检查预应力筋、水泥、骨料、外加剂等原材料的质量证明文件,按规定进行抽样检验,不合格材料严禁进场。施工过程质量监控中,对预应力筋的定位、张拉应力与伸长量、混凝土浇筑质量、孔道压浆饱满度等关键指标进行实时监测与记录。例如,利用信息化手段建立质量监控平台,施工人员与管理人员可实时查看各项质量数据,及时发现异常情况。(2) 引入先进的质量检测设备与技术,如无损检测技术,能及时发现预应力混凝土结构中的质量隐患。采用超声检测技术可检测混凝土内部的缺陷,如空洞、裂缝等;通过磁通量传感器可监测预应力筋的应力变化情况。一旦发现质量问题,及时采取相应的处理措施,如对混凝土内部缺陷进行灌浆修补,对预应力筋应力不足的情况进行重新张拉等,确保预应力混凝土结构的质量与安全^[4]。

3.5 成本控制的优化

(1) 预应力混凝土技术应用过程中的成本构成复杂。原材料成本方面,预应力筋、水泥、骨料等占比较大。通过合理选用原材料,如选择性价比高的预应力筋与水泥,优化骨料级配减少水泥用量,可降低原材料成本。施工设备成本包括张拉设备、压浆设备等,定期对设备进行维护保养,提高设备的使用寿命,减少设备更新与维修费用。人工成本与施工效率密切相关,通过加强施工人员培训,提高施工效率,可减少人工工时,降低人工成本。(2) 优化施工工艺是降低成本的重要途径。采用智能张拉与真空辅助压浆等先进工艺,虽前期设备投入较大,但从长远看,能提高施工质量,减少因质量问题导致的返工成本,同时可缩短工期,降低工程的间接成本。合理安排施工进度,避免因施工延误导致的额外费用。在保证工程质量的前提下,通过综合运用上述成本控制策略,实现经济效益最大化,提高预应力混凝土技术在公路桥梁施工中的竞争力。

结语

综上所述,预应力混凝土技术在公路桥梁施工中具有不可替代的重要作用。通过深入研究其应用现状,采取有效的优化措施,能够显著提升公路桥梁的施工质量与性能。然而,随着公路桥梁建设技术的不断发展,未来仍需持续探索与创新,进一步完善预应力混凝土技术,以适应日益复杂的工程需求,为我国公路桥梁事业的可持续发展提供更有力的技术支撑。

参考文献

- [1]杨建强.预应力技术在公路桥梁施工中的应用及质量控制[J].建筑与施工,2024,3(20):136-138.
- [2]孙红飞.高速公路桥梁施工中的预应力混凝土技术突破与创新[J].中国住宅设施,2023(12):166-168.
- [3]谢克强.公路桥梁施工中预应力技术优化措施与质量管控研究[J].运输经理世界,2024(24):84-86.
- [4]陈龙辉.公路桥梁工程中预应力施工技术的应用[J].上海建材,2024(3):87-90.