

公路桥梁施工中预应力技术探讨

韩瑞涛

山东省路桥集团有限公司 山东 济南 250000

摘要: 随着我国交通基础设施建设的持续推进,公路桥梁工程规模不断扩大,对施工技术要求也日益提高,本文聚焦公路桥梁施工中的预应力技术。阐述其基本原理与分类,分析关键要素,包括预应力筋选型布置、锚具夹具选择、张拉设备使用。探讨各施工阶段技术应用要点,如准备、张拉、压浆、封锚阶段。指出常见问题并提出预防措施,如预应力筋滑丝断丝、孔道压浆不密实等,为公路桥梁预应力施工提供理论与实践参考。

关键词: 公路桥梁; 预应力技术; 施工要点; 常见问题; 预防措施

引言: 公路桥梁建设是交通发展的关键部分,其质量关乎交通运行安全与效率。预应力技术作为公路桥梁施工的核心技术,能显著提升结构抗裂性、刚度与耐久性,增强结构承载能力,减少变形,保障结构稳定安全。深入探讨该技术,对提高公路桥梁施工质量、推动交通基础设施建设发展具有重要意义。

1 预应力技术基本原理与分类

1.1 基本原理

预应力技术是公路桥梁等结构工程中极为关键的一项技术。所谓预应力,简单来讲,是在结构构件承受外荷载作用之前,预先对其施加压力,让构件内部产生初始压应力^[1]。在结构受力过程中,外荷载往往会使构件产生拉应力。当拉应力超过一定限度,构件就会出现裂缝,进而影响结构的正常使用和耐久性。而预应力技术通过预先施加的压应力,能够有效抵消或减小外荷载产生的拉应力。这样一来,结构在正常使用阶段,拉应力处于较低水平甚至不出现拉应力,大大提高了结构的抗裂性。由于预应力的存在,结构在受力时的变形得到控制,刚度得以增强,能更好地承受荷载作用,减少变形量,保证结构的稳定性和安全性,延长结构的使用寿命。

1.2 分类

从预应力筋的张拉方式来看,预应力技术可分为先张法和后张法。先张法是在浇筑混凝土之前,先张拉预应力筋,并将其临时固定在台座或钢模上,随后浇筑混凝土。待混凝土达到20兆帕强度后,放松预应力筋,借助混凝土与预应力筋之间的粘结力,将预应力传递给混凝土构件。这种工艺流程相对简单,生产效率较高,适合在预制厂批量生产中小型构件,一般预制厂每月可生产500-800件中小型构件。后张法则是先浇筑混凝土并预留孔道,待混凝土强度达到30兆帕设计要求后,穿入预应力筋并进行张拉,最后通过锚具将预应力筋固定在构

件端部,实现预应力的传递。后张法灵活性较强,适用于现场施工大型构件和结构复杂的桥梁工程。按预应力筋的种类划分,常见的有钢丝束、钢绞线和钢筋等。钢丝束强度高,其抗拉强度可达1600兆帕,柔韧性好,但锚固相对复杂;钢绞线由多根钢丝捻制而成,综合性能优异,承载能力大,其承载能力可达2000千牛,松弛损失小,在桥梁工程中应用广泛;钢筋则具有较好的可焊性和机械连接性能,施工方便,其屈服强度一般在300-500兆帕。不同种类预应力筋性能存在差异,在工程中需根据结构要求、施工条件等因素合理选用。

2 公路桥梁施工中预应力技术的关键要素

2.1 预应力筋的选型与布置

在公路桥梁施工中,预应力筋的选型需综合多方面因素。桥梁结构形式是重要考量,不同结构对预应力筋的性能要求有别。例如梁式桥主要承受弯矩,需选强度高、延伸性好的预应力筋以有效抵抗弯矩产生的拉应力;拱式桥以承压为主,对预应力筋的抗压性能有一定要求;悬索桥主缆需具备高强度和良好耐久性,预应力筋选型要与之适配^[2]。荷载要求也至关重要,大跨度、重载桥梁需承载能力更强的预应力筋。施工条件同样不可忽视,现场施工空间、设备能力等会影响预应力筋的选择。预应力筋布置遵循一定原则。均匀性原则确保结构各部分受力均衡,避免局部应力集中;对称性原则使结构在受力时保持稳定,防止因偏心受力产生扭转等不利情况;与构件受力方向匹配原则能充分发挥预应力筋的作用,提高预应力传递效率。不同桥梁结构对预应力筋布置有特殊要求。梁式桥中,预应力筋多沿梁的纵向布置,在支座附近和跨中区域根据弯矩大小合理调整间距和数量。拱式桥里,预应力筋布置要与拱轴线协调,保证拱圈受力合理。悬索桥中,主缆的预应力筋布置需考虑主缆的形状和受力特点,确保主缆在恒载和活载作用

下保持稳定。

2.2 锚具与夹具的选择

锚具与夹具在预应力技术中作用关键,负责固定预应力筋并传递预应力。性能上要求锚固可靠,能承受预应力筋的强大拉力,且在长期使用中不出现松动,一般要求锚具能承受2500千牛以上的拉力;要有良好的耐久性,能抵抗环境侵蚀,保证预应力长期有效传递。常见锚具与夹具类型多样。螺母锚具通过螺母拧紧固定预应力筋,结构简单,适用于直径较小的预应力筋,一般适用于直径在10毫米以下的预应力筋;镦头锚具将预应力筋端部镦粗后锚固,锚固性能好,常用于先张法施工;夹片式锚具利用夹片夹紧预应力筋实现锚固,张拉方便,广泛应用于后张法施工。选择锚具与夹具要考虑预应力筋类型,不同类型预应力筋需匹配相应锚具夹具。张拉方式也影响选择,先张法和后张法对锚具夹具要求不同。结构受力情况同样重要,根据结构受力大小和特点选择能满足要求的锚具夹具,如结构受力较大的部位需选用承载能力更强的锚具,承载能力需达到3000千牛以上。

2.3 张拉设备的使用

公路桥梁施工中常用的张拉设备有千斤顶和油泵等。千斤顶是直接施加张拉力的设备,油泵则为千斤顶提供压力油,二者配合完成张拉作业。张拉设备工作原理基于液压传动,油泵将液压油压入千斤顶,推动活塞运动产生张拉力。性能参数如额定张拉力、行程等决定设备适用范围和工作能力,一般千斤顶额定张拉力在500-5000千牛之间,行程在200-500毫米之间。正确使用张拉设备要掌握操作要点。使用前检查设备状态,确保各部件正常;张拉时按规范程序操作,控制张拉速度和压力,张拉速度一般控制在每分钟1-3兆帕;张拉过程中密切观察设备运行情况和预应力筋状态。张拉设备需定期校准,保证张拉力准确,一般每使用100次或每隔3个月校准一次。维护保养也不可少,定期清洁、润滑设备,检查更换磨损部件,延长设备使用寿命,确保施工安全和质量。

3 公路桥梁施工各阶段预应力技术应用要点

3.1 施工准备阶段

预应力材料质量关乎整个桥梁结构安全,必须严格检验。对预应力筋,要检查外观有无损伤、锈蚀,测量直径、伸长率等指标是否达标,预应力筋直径偏差需控制在 ± 0.1 毫米以内,伸长率需达到设计要求的10以上;锚具与夹具需验证锚固性能、硬度等参数,锚具硬度需达到HRC35-45。检验合格后,材料储存要分类存放,预应

力筋应垫高并覆盖防雨布,避免受潮生锈,垫高高度不低于200毫米;锚具夹具置于干燥通风处,防止变形损坏^[3]。施工场地布置要合理规划,预应力设备存放区、材料加工区、张拉作业区等布局紧凑且互不干扰。设备调试也不容忽视,张拉千斤顶与油泵配套调试,检查油路是否畅通、压力表是否准确;压浆设备要试运行,确保搅拌、输送功能正常,搅拌速度一般控制在每分钟50-100转。施工人员是施工关键,需开展针对性培训。让技术人员熟悉预应力技术原理、施工流程和质量标准;操作人员掌握设备操作方法、安全注意事项。同时进行技术交底,明确各环节施工要求,保证施工有序进行。

3.2 预应力筋张拉阶段

张拉前要做好充分准备,清理孔道内杂物,保证预应力筋能顺利穿入和张拉;仔细检查锚具,查看夹片是否安装到位、有无裂纹,确保锚固可靠。张拉顺序确定遵循一定原则,对称张拉可避免结构偏心受力产生扭转,保证结构稳定;分批张拉能根据结构受力特点合理安排,减少应力损失。张拉控制应力是关键指标,依据设计要求和规范确定,一般张拉控制应力在800-1200兆帕之间。控制方法上,通过油泵压力表控制张拉力,同时测量预应力筋伸长量进行校核,确保张拉力准确。张拉过程中要密切关注油压稳定,避免压力波动影响张拉质量,油压波动范围需控制在 ± 1 兆帕以内;精准测量伸长量,与理论值对比,偏差过大需暂停张拉查找原因,伸长量偏差一般不允许超过 ± 6 毫米。

3.3 孔道压浆阶段

压浆材料选择要考虑强度、流动性、耐久性等因素,一般选用专用水泥浆。配比要严格按设计要求,保证浆体性能满足施工需要,水泥浆水灰比一般控制在0.4-0.45之间。压浆设备使用前检查搅拌装置能否均匀搅拌浆体,输送管道是否畅通无阻。使用时控制搅拌速度和输送压力,确保浆体质量稳定,输送压力一般控制在0.5-1.0兆帕。压浆工艺流程先进行预压水,湿润孔道并排出杂物;接着压浆,从一端向另一端连续均匀压入浆体;最后封锚,防止浆体流失。压浆质量受多种因素影响,如浆体性能、压浆压力、压浆时间等。控制措施包括严格控制浆体配比、调整压浆压力和速度、保证压浆时间充足,压浆时间一般不少于3分钟。

3.4 封锚阶段

封锚作用在于保护锚具,防止受环境侵蚀,同时增强结构整体性和美观性。要求封锚密实,与构件表面平整,封锚表面平整度偏差需控制在 ± 2 毫米以内。封锚材料选择要考虑与构件的粘结性和耐久性,常用高强度水

泥砂浆或混凝土,高强度水泥砂浆强度等级需达到M40以上。施工时先清理锚具周围杂物,涂抹界面剂增强粘结,再分层填筑封锚材料并振捣密实。封锚后要做好养护工作,保持表面湿润,养护时间符合规范要求,养护时间一般不少于7天,确保封锚材料强度正常增长。

4 公路桥梁施工中预应力技术常见问题及预防措施

4.1 预应力筋滑丝与断丝问题

在公路桥梁预应力施工里,预应力筋滑丝与断丝是较为常见的问题。锚具质量不过关是引发此问题的重要因素之一。若锚具硬度不足,在张拉过程中,夹片无法有效夹紧预应力筋,就容易出现滑丝现象;若锚具存在裂纹等缺陷,在承受巨大拉力时,可能直接导致断丝^[4]。张拉操作不当同样不容忽视,张拉速度过快,预应力筋受力不均,局部应力集中,容易拉断预应力筋;张拉时油压不稳定,压力忽大忽小,也会影响锚具与预应力筋的配合,造成滑丝。针对这些问题,预防措施至关重要。要严格选用合格锚具,采购时检查锚具的出厂合格证、质量检测报告,使用前再次抽检硬度、锚固性能等指标。规范张拉操作流程,张拉前对操作人员进行详细培训,让其熟悉张拉设备的性能和操作方法。张拉时控制好速度,保持油压稳定,按照设计要求的张拉程序逐步施加拉力。

4.2 孔道压浆不密实问题

孔道压浆不密实会影响预应力筋与混凝土之间的粘结力,降低结构耐久性。压浆材料性能不佳是原因之一,若浆体流动性差,难以充满整个孔道;若浆体收缩性大,压浆后会出现收缩裂缝,导致压浆不密实。压浆工艺不当也会造成此问题,压浆压力不足,浆体无法到达孔道各个角落;压浆顺序不合理,容易形成空洞。预防措施方面,优化压浆材料配比是关键。根据孔道直径、长度等因素,调整水泥、水、外加剂的比例,保证浆体具有良好的流动性和较小的收缩性。改进压浆工艺,选用合适的压浆设备,控制好压浆压力和速度,按照从一端向另一端连续均匀压浆的原则进行操作。

4.3 预应力损失过大问题

预应力损失过大会削弱结构承载能力。锚具变形会消耗一部分预应力,若锚具选择不合理,变形量过大,

预应力损失就严重。钢筋松弛也会使预应力减小,随着时间推移,钢筋在持续拉力作用下会产生松弛变形。混凝土收缩徐变同样不可忽视,混凝土在硬化过程中会发生收缩,在长期荷载作用下会产生徐变,这些都会导致预应力损失。预防上,合理选择锚具,根据预应力筋类型和张拉要求,选用变形小、锚固性能好的锚具。控制张拉时间,避免过早张拉,让混凝土达到足够强度后再进行张拉,减少混凝土收缩徐变对预应力的影响。

4.4 构件裂缝问题

构件出现裂缝会降低结构安全性和耐久性。预应力不足是引发裂缝的原因之一,若预应力施加不准确,没有达到设计要求,构件在荷载作用下容易产生裂缝。混凝土质量缺陷也不容小觑,混凝土配合比不合理、搅拌不均匀、养护不到位等,都会导致混凝土强度不足、抗裂性差^[5]。预防措施要确保预应力施加准确,严格按照设计要求和张拉工艺进行操作,精确控制张拉力和伸长量。加强混凝土质量控制,优化配合比,保证搅拌质量,做好养护工作,提高混凝土强度和抗裂性。

结束语

公路桥梁施工中预应力技术至关重要,关乎桥梁结构质量与安全。从基本原理到分类,从关键要素到各阶段要点,再到常见问题及预防,全面剖析该技术。施工各方需严格把控各环节,遵循规范,确保预应力技术有效应用,提升公路桥梁施工水平,为交通事业稳定发展筑牢根基。

参考文献

- [1]许瑞刚.公路桥梁施工中预应力技术探究[J].建筑与装饰,2024(3):118-120.
- [2]李俊彦.公路桥梁施工中预应力技术措施与质量管控[J].大众标准化,2025(19):13-15.
- [3]宋吉伟.山区高速公路桥梁施工中预应力技术的应用研究[J].建筑机械,2025(8):338-340,345.
- [4]崔长宇.公路桥梁施工中预应力技术施工质量控制[J].中国住宅设施,2023(6):163-165.
- [5]刘书臻.公路桥梁施工中预应力技术研究[J].四川建材,2022,48(1):106-107.