

路桥工程建设中预应力施工技术的应用研究

皇甫超¹ 房亚敏²

1. 济南通达公路工程有限公司; 2. 山东昭发工程检测有限公司

摘要: 交通运输作为经济发展的动脉,其畅通无阻对于推动经济繁荣和社会进步具有不可替代的作用。在多元化的交通方式中,公路和桥梁运输始终占据着举足轻重的地位。近年来,随着机动车保有量的迅猛增长,路桥运输的重要性日益凸显。同时,私家车数量的激增也对道路建设质量提出了更为严格的要求,对施工速度的追求也愈发迫切。在这样的背景下,预应力施工技术的应用显得尤为关键。该技术能够显著提升公路与桥梁的抗裂性能、抗渗透能力以及承载能力,因此,深入探究预应力施工技术具有重要的现实意义。

关键词: 路桥; 工程建设; 预应力; 施工技术; 应用

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.14.057

一、预应力技术

预应力技术是一种在施工阶段为结构预先施加压力的方法,旨在抵消由荷载产生的部分或全部拉应力,以增强结构的性能并防止其受损。在混凝土结构中,预应力技术尤为常见,特别是在市政路桥工程中。由于某些构件会受到应力影响,技术人员需预先采取措施,以防止路桥结构因外力作用而发生变形或破坏。在市政路桥施工过程中,预应力通常在外部荷载作用之前产生,这有助于减少由外部荷载引起的拉应力和压应力,从而有效防止混凝土开裂,对保障路桥工程质量至关重要。此外,市政路桥工程所使用的混凝土和钢材都具有高强度和良好的抗拉性能,部分构件可以通过压缩来减少占用空间。预张拉技术在市政路桥工程中的应用不仅延长了路桥的使用寿命,而且减少了使用过程中出现的裂缝等缺陷,使路桥工程更加经济、美观,同时保证了施工质量。由于预应力技术具有诸多优势,近年来其应用范围不断扩大。技术人员发现,在市政路桥工程中,许多传统设计无法解决的问题可以通过应用预应力技术得到弥补。

二、预应力施工技术原理

预应力施工技术,作为一种先进的建筑技术,旨在通过预先对混凝土构件施加应力,来增强其在使用阶段的荷载承受能力,进而优化其承载与抗震表现。在此过程中,混凝土构件内部的应力分布被重新调整,以更好地应对外部施加的荷载。预应力施工技术主要涵盖两大类:张拉预应力与压缩预应力。张拉预应力技术,是通过预先拉伸预应力钢筋或束筋来实现的。这一过程中,混凝土构件被拉伸至预定的应力状态,待混凝土完全固化后,再逐步释放拉伸力。这样,混凝土构件在释

放拉伸力后便处于受压状态,从而显著提升了其抗弯与抗剪性能,全面优化了构件的整体性能。而压缩预应力技术,则是在混凝土构件内部设置压应力钢筋或束筋。这种设置使得混凝土构件在不受任何外力作用的情况下,就已经处于一定的压应力状态。通过这种方式,混凝土的抗压能力得到显著提升,进而增强了构件的整体强度。这两种预应力施工技术,都旨在通过改变混凝土内部的应力分布,来提高其整体性能与承载能力。

三、应力技术在路桥工程中的重要作用

(一) 提高构建对内应力的承受能力

在路桥结构中,承弯构件是常见的组成部分。尽管混凝土在合理配置和强度达标的情况下具有较强的承重能力,但其内部承受能力却相对较弱。这种弱点可能导致混凝土出现裂缝和变形,从而严重影响路桥工程的质量和安全性。当混凝土受到侧面压力时,其内部会产生应力。一旦这种应力超过混凝土的承载能力,就会导致裂缝的产生,进而降低整个工程的质量。为了提高混凝土的内部承载能力,施工过程中可以采用外贴碳纤维的措施。这种措施有助于改善混凝土对侧向压力的耐受能力。通过预应力技术的应用,对碳纤维贴片和混凝土构件进行有效处理,不仅可以增强承弯构件的强度,还可以将裂缝出现的可能性降至最低。这将有效延长构件的使用寿命,为路桥工程的质量提供有力保障。

(二) 提高承重构件的承载力

在路桥工程施工中,基础且关键的一环是对承重构件的全面把控,这为工程的顺利推进和圆满完成奠定了坚实的基础,从而确保路桥工程能够如期竣工。一般而言,路桥工程的上部结构相较于其他部位更为厚重,这就对下部结构的承重能力提出了更高的要求。单纯依靠碳纤维贴片处理方法是无法满足整个路桥施工需求的。因此,必须引入预应力技术来加强承重构件的处理。通过科学的分配方式,预应力技术能够在受压部分形成拉应力,同时在受拉部分形成压应力,从而降低构件的拉应变和压应变。这种技术有效增强了构件薄弱部分的应变能力,进而提升了承重构件的整体强度,为路桥工程的质量保障发挥了至关重要的作用。

四、预应力施工技术要点

(一) 波纹管安装技术

波纹管安装技术在预应力施工中占据重要地位,其核心功能在于补偿机制。当道路桥梁构件因温度变化产生热胀冷缩效应时,波纹管能有效平衡内应力,避免管

道因受热而胀裂。此外，波纹管因其优良的柔韧性和可拉伸性，在安装时对精度的要求相对低于刚性管道和弯头。在公路桥梁项目的实际施工中，确定工程设计和预应力曲线坐标是波纹管安装前的关键步骤。施工人员往往依据波浪线底端的侧面形状来确定曲线的精确位置。在安装过程中，通常需要安装钢架以增强结构的稳定性，并通过增加保护层来进一步强化钢架的刚性。在安装波纹管时，首先需使用钢锥穿透管道孔，随后覆盖一些辅助元件，如海绵接头和塑料弯曲压板，以确保安装的密封性和稳定性。安装完成后，还需要进行焊接处理，以增强管道的结构强度，并防止其在使用过程中发生破裂。

（二）钢绞线安装

在市政路桥施工中运用预应力技术时，钢绞线的安装环节至关重要。根据施工方法的不同，钢绞线的使用也有所区别。若采用先张法，通常使用单根钢绞线，这些钢绞线需水平排列并用坐台固定后进行张拉。而若使用后张法，则常使用多股钢绞线捆扎成束。在施工过程中，技术人员必须严格遵循以下步骤：开盘、下料、穿束和锚固。开盘时，为确保钢绞线的稳固性，应使用支架辅助，以防张拉时对周围人员造成伤害。在下料过程中，为防止钢绞线在穿束时锈蚀，需保持其与地面约20cm的距离。技术人员需结合现场情况，考虑预应力孔道长度、千斤顶规格及夹具厚度等因素，精确计算下料长度，既要确保安全不脱锚，又要避免材料浪费。切割钢绞线时，应使用切断机或砂轮机。进行钢绞线穿束时，技术人员需用锥形套包裹钢绞线端部，以减小穿束阻力并保护孔道。根据孔道长度选择穿束方式，短孔道可直接穿束，长孔道则需逐根进行。穿束过程中要控制钢绞线的摆动幅度以确保安全，并在作业区设置警示标志。穿束后的钢绞线应保持一致的松紧度。为防止张拉时钢绞线损坏管道，技术人员在编束过程中需每隔1米使用20号钢丝进行绑扎，并确保丝扣向内。最后，在固定端安装锚具进行锚固，确保每根钢绞线都牢固固定，且锚具与锚垫板之间无间隙。

（三）预应力张拉

预应力张拉，作为预应力技术的关键环节，要求在混凝土强度尚未达到设计要求时，通过张拉操作产生压应力和黏结效应。一要根据设计的明确规定，决定预应力张拉的先后顺序以及力值的大小。一般而言，张拉顺序通常是从下方开始，逐渐向上，从内部逐渐向外延伸。此外，张拉力的具体数值务必与设计要求保持一致，这是确保施工质量和工程安全性的基础。二是在进行张拉时，必须密切关注预应力筋的变形状况，这关乎到预应力效果的持久稳定。同时，控制预应力筋在张拉过程中的变形速度和变形量也是至关重要的，以防

止其过度变形。三是要结合混凝土的强度增长规律和膨胀变形情况，精准把握预应力张拉的时机。在张拉操作之前，对预应力筋和锚具的完好性进行仔细检查是必不可少的，这能有效预防潜在的安全隐患。四是操作过程中，要始终将操作人员的安全放在首位，采取各种有效的安全防护措施，坚决杜绝人身伤害的发生。综上所述，预应力张拉作为预应力技术中的关键步骤，必须严格遵循设计要求，精准控制预应力筋的变形等各项参数，从而确保整个预应力效果的稳定性和安全性。

（四）孔道灌浆技术

在生产实践中应用孔道灌浆技术时，偶尔会遇到特殊情况，如无法即时灌浆。在这种情况下，我们必须迅速采取防护措施，以防止设备受损，如滑丝等潜在问题。压浆作业之前，对设备进行全面的安全检查是必不可少的。务必确认在注水过程中能够有效地冲洗到前部管道，只有确保所有安全细节无误后，方可进行压浆操作。压浆完成后，接下来是孔道灌浆步骤。此过程需要使用专门工具将水泥浆注入孔道内。配置纯水泥浆时，主要使用硅酸盐水泥，并添加一定比例的辅助材料，例如减水剂。减水剂的添加量通常控制在5%左右，同时水灰比保持在0.4至0.5的范围内。灌浆作业的关键在于连续性和一次性完成。在灌浆过程中，喷嘴应始终保持与灌浆孔的接触，以防止空气进入并产生气泡。标准的操作程序是，在观察到排气孔完全排出浓浆后，逐渐稳定压力，并在减压的同时封闭所有气孔和灌浆孔，确保灌浆过程的顺利完成。

（五）黏结固化和割缝

黏结固化和割缝是预应力技术中的两个至关重要的环节，必须在预应力筋张拉完成后才能进行。这两个环节对于预应力体系的稳定性、安全性以及外观美观度都有着重要的影响，务必严格遵循设计要求执行。在黏结固化环节中，主要目标是增强混凝土与预应力筋之间的黏合力，确保两者能够协同工作。为了实现这一目标，需要对温度和湿度进行精确控制，保持在适宜范围内。通常，混凝土表面的温度应维持在5℃以上，湿度则应保持在50%以上。割缝环节的目的在于消除混凝土的初始应力，防止表面出现裂缝。同时，通过割缝还能将不同的构件分离，使它们能够自由地进行膨胀和收缩。在执行割缝操作时，需要精确控制切割的角度、深度和方向，以确保割缝的平整和美观。割缝的时间点通常选择在混凝土强度达到设计要求但尚未完全凝固时进行，以确保割缝效果最佳。需要特别强调的是，黏结固化和割缝都是精细且关键的操作，任何疏忽都可能影响预应力体系的整体稳定性和安全性，进而引发严重的后果。因此，在执行这两个环节时，必须严格遵循施工图纸和技术要求，同时实施充分的监测和质量控制措施，确保施

工质量的达标。总之，黏结固化和割缝作为预应力技术中的关键环节，必须严格遵循设计要求和技术规范进行操作，并精确控制各项参数，以确保施工质量的合格性和工程的安全性稳定。

五、在市政路桥施工中应用预应力技术的创新路径

（一）材料创新

市政路桥建设常采用传统预应力材料，如钢筋、钢绞线和预应力混凝土等。但这些材料易受腐蚀、老化和疲劳影响，导致工程质量受损、使用寿命缩短。为应对这些问题，必须寻求材料创新，探索新型预应力材料以提升防腐性和整体可靠性。碳纤维增强聚合物（CFRP）材料便是一种极具潜力的选择。这种材料优势显著，包括轻便、高强度、导电性差、无磁性、耐高温、耐腐蚀和抗衰老等特点。因此，CFRP在预应力施工领域拥有广阔的应用空间。与传统材料相比，CFRP的出色耐腐蚀性能够显著延长工程的使用寿命。同时，玻璃纤维增强聚合物（GFRP）材料和无铅钢材料等也是值得探索的新型预应力材料。这些材料在预应力施工中同样展现出了一定的应用前景，能够有效解决传统材料所面临的挑战，进而提升施工品质、延长工程寿命。综上所述，市政路桥施工中应用新型预应力材料的创新举措对于提升材料防腐性、增强耐久性、降低维护成本以及提高工程质量和交通安全水平均具有重要意义。

（二）施工工艺创新

在传统的预应力施工中，工程建设者经常面临一些难题，如施工复杂度高、工期拖延以及材料使用效率低下等。为了攻克这些难题，我们必须以创新思维为引领，探索先进的施工工艺，并持续提升设计与施工的质量。一个值得考虑的解决方案是运用预制预应力构件施工技术。该技术将预应力构件的制作过程移至工厂环境，完成后再进行现场组装。这样做不仅可以显著减少施工时间，降低材料浪费，还能有效提升工程的整体质量。此外，注浆法预应力也是一种颇具潜力的替代方案。该技术通过将预应力杆植入混凝土中，并通过灌浆管进行灌浆操作，能够精确地实现预应力的理论分布状态。与传统施工方法相比，注浆法预应力在操作上更为简便，材料消耗更少，施工速度也更快。更重要的是，它能够确保预应力的充分施加，从而显著提高构件的施工质量。在市政路桥施工中，积极采用新兴的施工技术、材料和设计理念，是打造卓越工程的关键。因此，我们必须保持持续的探索和创新精神，不断推动施工技术的进步和升级，为工程建设注入新的活力和动力。

（三）监测技术创新

为了保障预应力构件的品质与安全性，在传统的预应力施工过程中，对构件的监测是不可或缺的环节，以便及时察觉并妥善处理潜在问题。尽管如此，传统的监

测技术在精确性和智能化方面仍存在局限，难以实现最佳的监测效果。因此，必须对现有的监测技术进行革新，致力于研发出更为精确、智能的监测手段，从而提升预应力构件的品质和安全性。这可能包括研制更精密的传感器、构建智能化的监测系统，以及开发小型化的监测设备等。科技的持续进步为监测技术的创新提供了强大的动力，这将不断推动预应力施工在质量和效率上的稳步提升。

（四）设计理念创新

在传统的预应力构件设计中，环保和节能观念常被边缘化，这使得这些构件在运作时可能对环境造成额外压力，同时也不利于能源的有效利用。为了应对这一挑战，我们必须转变设计思路，将环保和节能置于核心位置。生态设计便是一种极具潜力的策略。它通过选用环境友好型材料、优化能源使用效率以及强调与自然环境的和谐共生，确保预应力构件在达到机械和安全标准的同时，也显著降低对环境的影响。以预应力桥梁为例，生态设计的实践可以包括增加桥面绿化覆盖、实施雨水收集与再利用系统等，这些措施不仅提升了桥梁的环保性能，还有助于降低其长期运营成本。此外，智能化设计也是引领变革的关键理念。借助先进的感知技术、自主决策机制以及自适应控制系统，智能化设计赋予预应力构件自我适应、自我监测和自我修复的能力。例如，在高速铁路桥梁的设计中，智能预应力控制系统的应用能够实现桥梁的智能化监控、实时响应和预警功能，从而大幅提升桥梁的安全性、稳定性和可靠性。这样的设计理念不仅优化了桥梁的性能表现，还适应了现代社会对基础设施智能化、绿色化的迫切需求。

六、结论

简而言之，市政路桥项目中运用预应力技术不仅能保障其抗震性和施工质量，还能有效延长路桥的使用寿命，效果卓著。相关技术人员在预应力技术的运用过程中，需要持续探索与研究，不断精进技术运用水平，从而确保市政路桥项目的建设质量。

参考文献

- [1] 李欣益. 预应力施工技术在道路施工中的应用[J]. 交通世界, 2021, 28(3): 65-66.
- [2] 池明智, 夏石林, 江伟, 等. 基于光纤智能钢绞线的预应力施工精细化控制方法[J]. 建筑技术, 2021, 52(5): 50-53.
- [3] 马西萌. 预应力施工技术在桥梁工程施工中的应用[J]. 交通世界, 2021, 28(10): 76-77.
- [4] 廖泽虎. 预应力施工技术在道路桥梁施工中的应用[J]. 智能城市, 2021, 7(8): 161-162.
- [5] 吴仁卫. 公路工程道桥施工中预应力施工技术的应用[J]. 建材与装饰, 2021, 17(14): 283-284.