

公路桥梁工程中预应力混凝土桥梁的检测与加固

郭京伟

中交路桥科技有限公司 河北石家庄 050000

【摘要】随着桥梁建设速度的显著提升，预应力技术的优势愈加明显，成为推动行业进步的重要动力。在社会经济快速发展的背景下，我国的道路网络日益密集，建设强度不断增加。在承载繁重交通流量及应对复杂自然环境变化的过程中，预应力混凝土桥梁必将会面临损伤逐渐累积与材料老化的多重挑战。为此，相关的施工人员，必须依据行业的相关规范标准，定期对预应力混凝土桥梁进行全面检测，此举目前已经成为保证其持续稳定运行的重要环节。因此，本文将对待公路桥梁工程中预应力混凝土桥梁的检测与加固技术进行分析，以供参考。

【关键词】公路桥梁工程；预应力混凝土桥梁；检测与加固

前言：

随着科技的迅猛发展，公路桥梁建设领域，正在以前所未有的速度蓬勃前进。当前，交通网络的不断扩展使得桥梁数量显著增加，规模也不断扩大。在此背景下，预应力桥梁技术凭借其独特优势，逐渐成为实际应用中的主导力量，推动着桥梁工程的发展。公路桥梁工程中通过科学使用检测与加固措施，可以为预应力混凝土桥梁的安全使用，提供更加很好的保障作用，并不断提升桥梁安全性及便捷性，全面推动绿色交通网络的构建，然后，通过持续的技术革新，形成一个更加安全、高效、环保的交通基础设施体系，为社会经济的可持续发展贡献力量。

一、公路桥梁工程中预应力混凝土桥梁内涵

公路桥梁工程自完工并投入使用后，面临的一个重要挑战便是来自大型载重车辆的超重负荷。这些超重负荷对桥梁的结构基础，会造成明显的压力，进而引发结构的变形、裂缝扩展甚至基础的沉降等一系列问题。这些损害的成因，组要包括车辆所施加的直接荷载，以及建筑材料的易变性和其抗载能力不足等内在因素。因此，在工程竣工后，对桥梁的运输承载能力、结构稳定性等关键性能指标进行全面检测尤为重要。

在混凝土桥梁的建设过程中，合理配置钢筋骨架，是提升桥梁韧性及抗拉强度的关键措施。它可以帮助桥梁更好的抵御外部不利因素，例如极端气候及地质变化等等，同时有效减缓损伤的累积，增强结构的抗变形能力^[1]。然而，虽然我国在公路桥梁施工技术方面已取得明显进展，但在预应力混凝土桥梁的领域内，仍面临不少技术瓶颈。尤其

是在抵抗外力引起的形变方面，现有技术尚显不足，其直接威胁到桥梁的稳定性，并进一步缩短其服务寿命。对这一问题的深入分析表明，车辆荷载能力作为影响桥梁应力状态与混凝土结构安全稳定性的重要因素。要求相关的工程单位，高度重视这一影响因素，深入剖析桥梁特性、自重及外部环境因素，例如如水流、风力的影响。通过综合评估对比分析，在施工阶段及后续的维护过程中加强控制，强化对预应力混凝土桥梁的检测及加固工作，及时排除潜在隐患，以此进一步提升桥梁的耐久性、安全性与稳定性。

二、公路桥梁工程中预应力混凝土桥梁的检测技术

（一）非破坏性检测技术

其一，超声波检测技术作为一种广泛应用的非侵入性评估方法，它利用超声波在不同介质中的传播及反射特性，可以有效揭示预应力混凝土桥梁内部潜在的缺陷及损伤。当声波遇到不同密度或结构的材料界面时，会产生特定的反射或着散射效应。相关的检测人员，通过对这些声波信号变化进行细致分析，可以间接识别出桥梁内部可能存在的损伤，例如裂缝、空洞或其他结构缺陷，这对于确保桥梁的结构完整性与安全性至关重要。其中，超声波检测技术在预应力混凝土桥梁的检查中可以准确地识别混凝土内部的微小损伤，包括裂缝的确切位置、深度、尺寸以及形态特征，进而为施工人员提供详尽而准确的内部结构状态数据。同时，该技术的实时检测能力也很突出，可以使施工人员在现场迅速获得检测结果，而无需冗长的实验室分析过程，显著提高检测效率和响应速度。这一特性使其

在保障桥梁安全运营中，及时发现和处理潜在问题方面具有重要意义^[2]。其二，频域分析评估方法，通过对结构在动态加载下的频率响应特性进行细致剖析，捕捉并解析桥梁振动所蕴含的信息。具体而言，然后，通过记录桥梁在特定激励条件下的振动响应并运用频域分析技术，可以精确提取桥梁的固有频率、模态形状等关键参数。其中，频域分析具有强大的信号解析能力，可以深入分析振动信号的频谱，从而揭示结构的动态响应特性，为后续的维修加固，提供科学依据。其三，振动测量技术。它通过模拟或利用自然环境中的振动激励，对预应力混凝土桥梁进行动态加载，并准确测量桥梁的振动响应。其内容涵盖自然频率及模态形状等关键参数的测定，还包括对结构阻尼特性的评估。其四，红外热成像技术作为一种通过红外辐射探测的先进检测方法，重点关注分析物体表面的温度场变化情况。在预应力混凝土结构的检测中，因为结构内部的缺陷或问题通常会伴随特定的温度异常。这些由材料差异或着损伤引起的温度变化，可以通过红外热成像系统，准确的捕捉并直观的呈现出来，为相关的工程建设提供清晰的检测依据。该技术的主要功能在于分析钢筋混凝土结构的热分布模式。其非侵入性特征，使其可以在不损害结构表面完整性的情况下，深入识别潜在问题，例如裂缝扩展、水分渗透、腐蚀、材料剥落及结构断裂等。保证检测过程的安全性，同时也能保持结构的原始物理特性。此外，红外成像技术在成本效益方面也很凸出，它赋予工程建设人员实时监测的能力，使其可以迅速定位并深入分析结构中的异常温度区域。进一步提升结构健康监测的响应速度和准确性，从而使潜在问题能够在初期阶段，就及时发现并处理这些问题。此外，红外成像的多功能性，在评估混凝土的硬度、密度及其他广泛的物理属性上也有一定的表现力。可以为工程师在现场进行结构状态管理，提供强有力的技术支持。其内容包含工程项目健康状况的综合评估、结构完整性分析及理化特性指标的深入研究，为工程维护决策提供可靠的科学依据。

（二）结构检测技术

在结构健康监测的广阔领域中，应变检测作为高效的监测手段，目前被广泛应用再预应力混凝土桥梁的安全评估之中。这项技术的核心在于布设高度精密的应变传感器或应变计，这些敏感元件如同桥梁健康状况的微观探针，

可以细致捕捉并量化桥梁结构在服役过程中所经历的各种应变变化。与应变监测相辅相成的是位移监测，它同样是一项不可或缺的结构监测技术。位移监测在评估预应力混凝土桥梁的安全性能方面同样发挥重要作用，它依靠高精度的位移传感器及测量工具，对桥梁结构位移变化进行准确捕捉^[3]。通过对这些位移数据的深入分析，可以更加科学地评估桥梁结构的稳定性，进而预测未来的变形趋势，并有效识别潜在的结构损伤及其严重程度。结合应变监测与位移监测的优势，可以构成一个全面的监测系统。应变监测提供微观的受力信息，而位移监测则揭示宏观的变形动态，二者结合使得对桥梁健康状况的判断更加全面深入。

三、公路桥梁工程中预应力混凝土桥梁加固技术

（一）加固技术

在公路桥梁工程领域，针对预应力混凝土桥梁的施工，首先，应根据桥梁整体结构的独性以及相应的设计要求，制定一套完整的增强计划。同时，精挑适宜的加固技术，以保证在复杂环境中有效提升桥梁的性能。在现存的多种加固手段中，间接加固法与粘钢加固法，因其各自的优势而受到广泛应用。

其一，间接加固法的核心在于通过在预应力混凝土桥梁上架设钢绞线或预应力钢绞线拉杆等辅助结构，以提供坚实的支撑框架，从而保证加固作业的稳定性。此过程中，动态监测与分析既有桥梁结构内部的应力分布显得尤为重要，可以识别并应对传统加固手段可能带来的应力滞后问题。在逐渐引入新应力的同时，施工人员还必须保证新旧结构之间实现无缝衔接，维持结构的和谐共存，进一步提升桥梁的整体承载能力，并且有效防范结构变形的潜在风险。此外，严格控制结构接缝处的裂缝扩展，对于保障桥梁长期运营期间的运输效率同样不可或缺。

其二，粘钢加固法具有特殊的工艺特性，在加固实践中展现出良好的表现。它通过将高性能建筑结构胶与混凝土钢板紧密结合，可以形成一道坚固的加固层，并直接贴合于混凝土构件表面。其所使用的建筑结构胶具有出色的粘结能力、优良的抗老化性能、高弹性模量以及强大的承载能力，成为加固工程中不可或缺的关键材料。该技术可以灵活适应不同受压条件下的钢筋混凝土构件，并通过精准的施工手法，提升截面受压区的稳定性^[4]。同时，它可以有效扩大受力构件的有效横截面积，利用混凝土现浇层的优

势,进一步增强构件的抗弯抗剪能力,从而保证加固效果达到甚至超过既定标准。

(二) 封闭加固技术

在公路桥梁工程中,预应力混凝土桥梁的加固实践普遍采用封闭法,这是一种重要且高效的技术手段。其中,封闭法,包括表面涂抹法、表面喷砂法及凹槽修补法,以此针对各种裂缝及结构损伤进行精准的修复加固,以保证桥梁结构的安全稳定。其一,表面涂抹法具备针对性强且操作简便的优势,特别适用于处理混凝土桥梁表面存在的细小、狭长裂缝。其实施过程的关键在于对裂缝位置与范围的精确定位。在定位结束后,还需要在裂缝表面均匀涂抹一层保护膜,一般选择树脂、焦油或环氧树脂等高性能材料。不但可以有效封闭裂缝,还能增强其耐久性。对于裂缝较宽或分布较广的区域,相关的施工人员,还必须根据其特性选用合适的材料,同时配合严密的监控与跟踪机制,以保证加固效果的最大化。其二,表面喷砂法,因其明显的加固效果,在桥梁加固领域占有一席之地。它在实际应用之前,首先,需要对桥梁表面的裂缝进行细致的凿毛处理,以提升后续材料的附着力。通过高压喷射技术,可以将水泥砂浆均匀覆盖在裂缝表面,形成一层坚固且密实的保护层,进一步提升混凝土结构的整体强度。目前,市面上常见的喷砂技术,主要包括无菌素喷砂及挂网喷砂。选择合适的喷砂方式时,需要与裂缝的实际情况、位置特点、工程要求及结构特性紧密结合,以保证加固效果的科学性。其三,对于微型或特定形态的凹槽裂缝,填充修补法同样是一种行之有效的解决策略。通过精准填充裂缝区域,恢复结构的完整性,同时提高其承载能力。在实施填充修补时,施工人员还需遵循因地制宜的原则,明确每种方法的适用范围,以保证加固工作的精准高效。

(三) 预应力高强钢丝绳抗弯加固技术

预应力高强钢丝绳抗弯加固技术核心实施步骤包括在梁板底部两侧精确安装锚具,随后利用这些锚具对预先布置的高低松弛预应力钢丝绳进行张拉。以此增强混凝土桥梁的抗弯能力,从而达成有效的混凝土结构加固目的。此的技术本质上是一种前向的抗弯加固策略,其应用方案必须经过严谨细致的规划,以克服传统加固技术诸如截面积

增大法及粘钢加固技术所带来的工期延长、施工复杂性及结构自重增加等问题。同时,还能进一步增强结构的延展性,使桥梁在承受极端荷载条件下,仍可以维持良好的稳定性。更为关键的是,该技术在实施加固的过程中,可以最大限度地保留原有结构的完整性,避免发生不必要的损坏,同时对二次受力构件的加固效果亦非常明显,这为桥梁的长期稳定运行提供有力支持。

从经济效益的视角分析,预应力高强钢丝绳加固技术以其相对较低的施工成本,在各类桥梁的紧急加固或日常维护中具备极高的应用价值。首先,设计并安装端部锚具,继而稳固锚座,并进行预应力钢丝绳的精准裁剪和挤压锚头制作。接下来,在梁板端部开凿槽口,为后续的锚固工作做好准备。在槽口完成后,应及时灌注高性能端部锚固砂浆,以此提升保证锚固效果的持久性。进行预应力钢丝绳的张拉锚固作业时,还需特别注意在砂浆固化的关键阶段,采取必要的底部防护措施。

结语:

在公路桥梁工程领域,结构检测加固措施的严谨性,直接关系到整个工程的质量基石及其后续使用的安全性。为了最大化预应力技术在公路桥梁项目中的应用效果,提升整体施工效率,加强预应力混凝土桥梁的科学检测与加固显得尤为重要。以此保证桥梁在运营期间的稳定性与安全性,为后续的管理维护奠定坚实的基础,最终将提升公路桥梁的整体品质,使其在未来的使用中更加安全、耐用、有效。通过科学的检测及加固措施,公路桥梁将可以经受得住时间的考验,为社会经济发展提供有力支持,并推动交通事业的持续繁荣。

参考文献:

- [1] 张晓鹤. 公路桥梁工程中预应力混凝土桥梁的检测与加固[J]. 中国水泥, 2024, (07): 109-111.
- [2] 张玉明, 张跃红. 公路桥梁工程中预应力混凝土桥梁的检测与加固分析[J]. 运输经理世界, 2023, (29): 88-90.
- [3] 柏锦峰. 公路桥梁工程中预应力混凝土桥梁检测与加固分析[J]. 黑龙江交通科技, 2023, 46 (03): 93-95.
- [4] 杜秀丽. 桥梁工程中预应力混凝土桥梁的检测与加固技术[J]. 居舍, 2021, (25): 35-36.