公路桥梁工程中预应力混凝土桥梁检测技术应用分析

刘志勇

江西省天驰高速科技发展有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i5.7969

[摘要] 预应力混凝土桥梁在公路桥梁工程中应用广泛，其检测技术至关重要。探讨了常见检测技术在该类桥梁中的应用，分析了检测技术原理、方法及优势，明确检测技术对保障桥梁结构安全、评估耐久性的作用，为公路桥梁工程中预应力混凝土桥梁检测工作提供参考。

[关键词] 公路桥梁工程；预应力混凝土桥梁；检测技术；应用分析

Analysis on the application of prestressed concrete bridge detection technology in highway bridge engineering

Liu Zhiyong

Jiangxi Tianchi High-speed Technology Development Co., LTD.

[Abstract] Prestressed concrete bridges are widely used in highway bridge engineering, and their inspection technology is crucial. This paper explores the application of common inspection techniques on such bridges, analyzes the principles, methods, and advantages of these techniques, and clarifies the role of inspection technology in ensuring bridge structural safety and assessing durability. It provides a reference for the inspection work of prestressed concrete bridges in highway bridge engineering.

[Key words] highway bridge engineering; prestressed concrete bridge; detection technology; application analysis

引言：

随着公路桥梁建设的发展，预应力混凝土桥梁数量增多。其结构性能和安全性直接影响公路运输。检测技术可及时发现桥梁潜在问题，对保障桥梁正常使用意义重大。因此，深入分析预应力混凝土桥梁检测技术应用很有必要。

1. 预应力混凝土桥梁概述

1.1 结构特点

预应力混凝土桥梁具有独特的结构特点。首先，预应力的施加使混凝土在承受荷载前预先受压，有效提高了构件的抗裂性能。这是因为预压应力能够抵消部分或全部由外荷载产生的拉应力，从而避免混凝土过早出现裂缝。其次，预应力混凝土桥梁的结构刚度较大。与普通混凝土桥梁相比，在相同的荷载作用下，其变形相对较小。这一特性使得预应力混凝土桥梁在大跨度结构中具有明显优势，能够更好地满足对桥梁线形和行车舒适性的要求。再者，预应力混凝土桥梁的材料利用效率较高。通过合理配置预应力筋，可以充分发挥混凝土抗压和钢材抗拉的性能优势，使两种材料协同工作，从而减少材料用量，降低桥梁自重，同时提高结构的承载能力。

1.2 应用现状

预应力混凝土桥梁在现代公路桥梁工程中得到了广泛的应用。在国内，众多的高速公路、城市快速路和跨江、跨海大桥都采用了预应力混凝土结构。例如，一些大型的连续梁桥和斜拉桥采用预应力混凝土技术成功实现了大跨度跨越。在国外，预应力混凝土桥梁同样是公路桥梁建设的重要形式。随着建筑技术的不断发展，预应力混凝土桥梁在结构形式上也日益多样化，从简单的梁式桥到复杂的组合结构桥梁都有应用。然而，在应用过程中也面临一些问题，如部分早期建设的预应力混凝土桥梁由于当时的技术和材料限制，出现了预应力损失、混凝土耐久性不足等问题，需要进行检测和维护。

1.3 重要性分析

预应力混凝土桥梁在公路交通基础设施中具有极其重要的地位。从交通功能角度来看，它能够跨越各种地形障碍，如河流、山谷等，为公路交通提供连续、安全、高效的通行路径。在经济发展方面，预应力混凝土桥梁的建设促进了区域间的经济交流与发展，带动了沿线地区的经济繁荣。对于社会稳定而言，其安全可靠的运行保障了人民的出行安全，避免因桥梁结

构损坏造成的交通中断等事故。而且，预应力混凝土桥梁作为一种大型基础设施，其使用寿命长、维护成本相对较低，从长远来看，对节约社会资源和可持续发展具有重要意义。

2. 检测技术原理

2.1 应力检测原理

应力检测是评估预应力混凝土桥梁结构健康状况的重要手段。其原理基于材料的物理特性。对于混凝土部分，利用应变与应力的关系，通过测量混凝土的应变来间接推算应力。在混凝土内部埋设应变传感器，当混凝土受到荷载作用时，其内部应变发生变化，传感器将应变信号转化为电信号或其他可测量的信号，再根据材料的弹性模量等力学参数，计算出应力值。对于预应力筋，可采用磁通量法等。由于预应力筋中的应力会影响其磁导率等电磁特性，通过测量磁通量的变化，可以反推出预应力筋中的应力大小。这种应力检测原理能够准确反映桥梁结构在荷载作用下的应力分布情况，为评估结构安全性提供重要依据。

2.2 材料性能检测原理

材料性能检测对于预应力混凝土桥梁至关重要。对于混凝土材料，其强度检测原理主要基于抗压试验。通过制作标准混凝土试件，按照规定的加载速率施加轴向压力直至试件破坏，根据破坏荷载计算混凝土的抗压强度。同时，还可以通过非破损检测方法，如回弹法。回弹仪撞击混凝土表面，根据混凝土表面的回弹值与混凝土强度之间的经验关系，估算混凝土的强度。对于钢材（预应力筋），其性能检测原理包括拉伸试验，通过对钢材试件进行轴向拉伸，测量其屈服强度、抗拉强度、伸长率等力学性能指标。另外，还可以检测钢材的硬度等指标来评估其质量和性能，这些检测原理有助于确保桥梁使用材料的质量，从而保障桥梁结构的可靠性。

2.3 结构变形检测原理

结构变形检测原理主要基于测量技术。一方面，采用水准仪、全站仪等测量仪器直接测量桥梁结构的竖向和水平变形。水准仪通过测量两点之间的高差来确定结构的竖向变形情况，全站仪则可以测量结构在三维空间中的位置变化，从而得到结构的水平和竖向变形信息。另一方面，利用传感器技术，如光纤传感器、倾角传感器等。光纤传感器可以感知桥梁结构的微小变形，当结构发生变形时，光纤中的光信号会发生变化，通过检测光信号的变化来确定变形量。倾角传感器则可以测量桥梁结构构件的倾斜角度，进而计算出结构的变形情况，这些原理有助于及时发现桥梁结构的变形异常，保障桥梁的正常使用。

3. 常见检测技术

3.1 超声检测法

超声检测法在预应力混凝土桥梁检测中具有广泛的应用。其原理是利用超声波在混凝土中的传播特性。当超声波在混凝土中传播时，会因混凝土内部的不同介质（如密实的混凝土、孔隙、钢筋等）而发生反射、折射和散射现象。通过在混凝土表面发射和接收超声波信号，可以根据超声波的传播时间、波速、波幅等参数来评估混凝土内部的缺陷情况。例如，如果混凝土内部存在空洞或疏松区域，超声波的传播时间会延长，波幅会降低。超声检测法可以检测混凝土的内部缺陷，如蜂窝、麻面、孔洞等，还可以检测混凝土的密实度和均匀性。这种检测技术具有非破损性、操作方便、检测速度快等优点，能够对桥梁结构中的混凝土部分进行有效的质量检测。

3.2 射线检测法

射线检测法也是预应力混凝土桥梁检测的一种重要技术。它主要基于射线（如X射线、 γ 射线）穿透物体时的衰减特性。当射线穿过混凝土结构时，由于混凝土内部不同物质对射线的吸收能力不同，在射线接收端会形成不同的影像。例如，混凝土中的钢筋会比周围的混凝土吸收更多的射线，在影像上表现为较暗的区域。通过分析射线影像，可以检测混凝土内部的钢筋位置、数量和直径等信息，还可以发现混凝土内部的缺陷，如裂缝、异物等。然而，射线检测法存在一定的局限性，如射线源具有放射性，对操作人员和周围环境有一定的安全风险，且设备较为昂贵，检测成本较高，所以在实际应用中需要严格遵守相关安全规定并综合考虑成本因素。

3.3 应变片检测法

应变片检测法是测量预应力混凝土桥梁结构应变的常用方法。应变片是一种能够将应变转换为电信号的传感器。当应变片粘贴在桥梁结构表面时，随着结构的受力变形，应变片也会发生相应的变形，从而导致其电阻值发生变化。根据应变片的电阻变化与结构应变之间的线性关系，可以测量出结构的应变值。在预应力混凝土桥梁中，应变片可以粘贴在混凝土表面、预应力筋表面或其他关键结构部位，用于测量结构在荷载作用下的应变情况，进而计算出应力分布。应变片检测法具有精度高、适应性强等优点，可以长期监测桥梁结构的应变状态，为桥梁的结构健康监测提供重要数据。

4. 检测技术应用流程

4.1 检测前准备

检测前的准备工作是确保检测工作顺利进行的基础。首先，要收集桥梁的相关资料，包括设计图纸、施工记录、竣工资料等。这些资料能够提供桥梁的结构形式、尺寸、材料特性以及施工过程中的关键信息，有助于确定检测重点和选择合适的检测技术。其次，要制定详细的检测方案，明确检测目的、

检测内容、检测方法、检测部位以及检测人员的分工等。根据桥梁的具体情况，合理安排检测时间，尽量避免在交通繁忙时段进行检测，以减少对交通的影响。同时，要准备好检测所需的仪器设备，对仪器设备进行校准和检查，确保其性能良好、测量准确。此外，还需要对检测现场进行安全评估，设置必要的安全警示标志，保障检测人员和过往车辆、行人的安全。

4.2 现场检测实施

现场检测实施是检测技术应用的核心环节。在进行超声检测时，要按照预定的检测部位，在混凝土表面涂抹适量的耦合剂，确保超声波能够有效传入混凝土内部。操作超声检测仪时，要准确设置检测参数，如发射频率、增益等，然后逐点进行检测，记录超声波的传播时间、波速、波幅等数据。对于射线检测，要严格按照安全操作规程，设置射线防护措施，将射线源和接收装置正确安装在检测部位两侧，进行射线发射和接收操作，获取清晰的射线影像。在应变片检测中，要先对粘贴部位进行表面处理，保证表面平整、干燥、清洁，然后将应变片准确粘贴在预定位置，连接好测量电路，实时采集应变数据。在现场检测过程中，要注意对检测数据的初步整理和分析，及时发现异常数据并进行复查，确保检测数据的准确性。

4.3 检测数据处理

检测数据处理是检测技术应用的重要环节。首先，要对现场采集到的原始数据进行整理，去除无效数据和错误数据。例如，在超声检测中，如果由于仪器故障或操作不当导致某些数据明显偏离正常范围，这些数据应被视为无效数据予以剔除。然后，对有效数据进行分析处理。对于超声检测数据，可以根据超声波的传播时间、波速等参数计算混凝土的内部缺陷尺寸和位置。在应变片检测数据处理中，根据应变与应力的关系，将应变数据转换为应力数据，绘制应力分布曲线，分析结构的应力状态。对于射线检测获取的影像数据，要进行图像增强、滤波等处理，以便更清晰地识别混凝土内部的钢筋和缺陷信息。最后，要根据数据处理结果生成检测报告，报告内容应包括检测项目、检测方法、检测结果、结论以及建议等，为桥梁的维护和管理提供科学依据。

5. 检测技术应用效果

5.1 保障结构安全

检测技术的应用对保障预应力混凝土桥梁结构安全起到了关键作用。通过应力检测，可以及时发现结构中的应力集中区域，这些区域可能是由于结构设计不合理、施工缺陷或长期荷载作用引起的。例如，如果在预应力筋中检测到应力异常降低，可能意味着预应力筋发生了松弛或断裂，这将严重影响桥梁的承载能力。材料性能检测能够确保桥梁使用的混凝土和钢

材符合设计要求，防止因材料质量问题导致结构破坏。结构变形检测可以及时捕捉到桥梁结构的过大变形，过大变形可能是结构失稳或即将破坏的先兆。通过这些检测技术的综合应用，可以提前发现结构安全隐患，采取相应的措施进行修复或加固，从而保障桥梁结构的安全。

5.2 评估耐久性

检测技术有助于评估预应力混凝土桥梁的耐久性。混凝土的耐久性受多种因素影响，如碳化、氯离子侵蚀、碱-骨料反应等。通过检测混凝土的强度、密实度和内部缺陷等情况，可以间接评估混凝土抵抗这些侵蚀的能力。例如，如果检测到混凝土内部存在较多的孔隙或裂缝，就容易加速碳化和氯离子的侵入，降低混凝土的耐久性。对于预应力筋，检测其锈蚀情况可以反映桥梁的耐久性状况。通过定期的检测，可以掌握桥梁结构耐久性的发展趋势，预测结构的剩余使用寿命，为制定合理的维护策略提供依据，从而延长桥梁的使用寿命，提高桥梁的耐久性。

5.3 指导维护决策

检测技术为预应力混凝土桥梁的维护决策提供了有力的指导。根据检测结果，可以确定桥梁结构的损伤程度和损伤部位。如果检测发现桥梁的某个部位存在轻微损伤，如局部混凝土剥落或少量预应力筋应力损失，可以采取局部修复措施，如修补混凝土表面、重新张拉预应力筋等。对于损伤较为严重的情况，如大面积混凝土劣化或多根预应力筋断裂，则需要进行大规模的加固或重建。检测数据还可以帮助确定维护的时间间隔，根据结构的健康状况合理安排维护工作，避免过度维护或维护不足，从而提高维护工作的效率和经济性。

结束语：

公路桥梁工程中预应力混凝土桥梁检测技术应用意义显著。合理运用检测技术，能准确掌握桥梁状况，及时发现病害隐患。未来需不断优化检测技术，提高检测精度和效率，为公路桥梁工程的安全稳定运行提供坚实保障。

[参考文献]

- [1] 廖志鹏. 桥梁工程中预应力混凝土桥梁的检测与加固技术[J]. 智能城市, 2021, 7(04): 25-26.
- [2] 苗峻伟. 公路桥梁工程中预应力混凝土桥梁的检测与加固[J]. 交通世界, 2021(18): 46-47.
- [3] 王莉. 预应力混凝土桥梁检测与加固技术[J]. 交通世界, 2021(20): 152-153.
- [4] 王晓东. 预应力混凝土桥梁检测及加固技术分析[J]. 交通世界, 2021,