

# 桥梁预应力张拉施工中的张拉力监测与调整方法

罗先富

(中铁十七局集团第四工程有限公司, 重庆 401120)

**摘要** 本文深入探讨了桥梁预应力张拉施工中的张拉力监测与调整方法。通过综合传统和先进技术, 光纤传感器网络、自动化控制系统等工具在实际桥梁工程中的应用取得了显著成果。先进监测技术提高了数据的实时性和准确性, 自动化控制系统有效优化了调整过程。通过案例分析, 证明了新技术在实际工程中的可行性。研究结论强调先进技术的应用为桥梁工程提供了更精准、高效的监测与调整手段, 然而仍需进一步研究不同环境下的适用性, 并推动技术在实际应用中的广泛推广。展望未来, 相关人员应关注智能化调整系统、先进材料应用等方向, 为桥梁工程提供更可持续、智能化的解决方案。

**关键词** 预应力张拉; 光纤传感器网络; 自动化控制系统; 桥梁工程

中图分类号: U445

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0025-03

桥梁作为交通基础设施的重要组成部分, 其安全性和承载能力对于社会的可持续发展至关重要。预应力张拉技术作为一种有效提升桥梁结构性能的手段, 广泛应用于工程实践。然而, 由于施工中各种因素的影响, 预应力张拉存在着潜在的安全隐患和质量风险。特别是在张拉力监测与调整方面, 传统方法存在监测不精确和调整不及时的问题。为了提高桥梁结构安全性和可靠性, 急需深入研究和创新张拉力监测与调整方法, 以满足不断增长的交通负荷和工程复杂性的挑战<sup>[1]</sup>。本文旨在探讨桥梁预应力张拉施工中的监测与调整问题, 并寻求先进技术在提高工程质量和可持续性方面的应用。

## 1 桥梁预应力张拉力概述

### 1.1 桥梁预应力张拉施工现状

当前, 桥梁工程中预应力张拉技术在提高结构性能和减轻荷载影响方面发挥着关键作用。随着桥梁跨径的增加和交通负荷的不断加大, 预应力张拉技术越来越受到重视。传统的预应力张拉方法主要依赖于油压式和机械张拉系统, 其操作繁琐、依赖工人经验, 存在一定施工风险。近年来, 随着传感器技术、自动控制技术和信息技术的不断发展, 出现了一系列新型的预应力张拉施工技术。光纤传感器、无线传感器网络等先进技术的应用, 使得对张拉力的监测更加精准、实时, 并能有效减少施工中的人为误差。尽管新技术取得了显著进展, 但在实际应用中仍需进一步验证其可行性和经济性。未来的研究将致力于深化先进技

术在桥梁预应力张拉中的应用, 为工程实践提供更可靠的技术支持<sup>[2]</sup>。

### 1.2 张拉力监测技术的发展

张拉力监测技术的发展在桥梁工程中具有重要意义。传统方法主要依赖于机械传感器, 受限于精度和实时性。近年来, 随着传感器技术的进步, 光纤传感器、无线传感器网络等先进技术逐渐应用于张拉力监测中。光纤传感器具有高灵敏度和实时性, 能够实现张拉力的连续监测, 而无线传感器网络能够实现分布式监测和数据实时传输。这些技术的引入不仅提高了监测的精度和可靠性, 还降低了监测成本, 为桥梁施工提供了更先进、可持续的解决方案。未来, 随着信息技术的进一步发展, 张拉力监测技术将迎来更多创新, 为工程建设提供更加可靠的数据支持<sup>[3]</sup>。

### 1.3 国内外相关研究成果总结

国内外在桥梁预应力张拉施工领域的研究取得了显著的进展。国内研究主要集中在传统的机械传感器监测方法和油压式张拉系统的优化改进, 以提高施工效率和保证工程质量。国外方面, 光纤传感器、无线传感器网络等先进技术的引入成为研究的热点, 以实现张拉力的高精度、实时监测。同时, 国际上对于张拉力调整的研究也日益深入, 包括传统调整方法和先进调整技术的应用与优化。值得注意的是, 国际上的研究更加注重工程实践, 通过案例研究和实地应用验证新技术的可行性。总体而言, 国内外研究相互借鉴, 共同推动了桥梁预应力张拉施工技术的发展, 为提高

工程质量和安全性提供了丰富的理论和实践经验<sup>[4]</sup>。

## 2 预应力张拉力监测方法

### 2.1 传统监测方法

1. 传感器应用。在关键位置安装传感器，可以实时监测预应力张拉过程中的张拉力变化。机械传感器常用于测量张拉设备的应力和位移，提供基础的监测数据。而光纤传感器则因其高灵敏度和实时性而备受关注，可精确测量预应力筋的微小变形。此外，无线传感器网络技术的应用使得数据采集更为便捷和高效，能够实现对整个桥梁结构的分布式监测。传感器应用不仅提高了监测的准确性和实时性，还为后续的数据分析和调整提供了可靠的基础。通过传感器技术的不断创新与应用，桥梁工程能够更好地应对复杂环境下的预应力张拉挑战，提升结构安全性和可维护性<sup>[5]</sup>。

2. 数据采集与处理。采集方面，传感器技术的应用使得实时监测成为可能，包括机械传感器、光纤传感器以及无线传感器网络。这些传感器通过测量张拉力的变化、位移和应力等参数，产生大量的原始数据。在数据处理方面，采用先进的算法和模型对原始数据进行筛选、滤波和分析，提取有价值的信息。数据处理的结果可用于评估张拉过程的实时状态，及时发现潜在问题。此外，数据采集与处理也为后续的工程管理、维护和调整提供了科学依据。通过有效的数据采集与处理手段，桥梁工程可以更好地保障施工质量，提高结构的安全性和可靠性，为未来的运营和维护提供有力支持。

### 2.2 先进监测技术

1. 光纤传感器在预应力张拉中的应用。光纤传感器在桥梁预应力张拉中的应用取得了显著成就。其高灵敏度和实时性使其能够精准测量预应力筋的微小变形，提供了比传统传感器更为细致和全面的数据。光纤传感器可通过光学原理感知变形和应变，不仅能监测张拉力的变化，还能检测潜在的结构缺陷。其分布式感知能力使其适用于长距离、大跨度的桥梁结构。光纤传感器的应用不仅提高了监测的精度，还减少了施工中的人为误差，为桥梁工程的安全性和可维护性提供了重要的技术支持。

2. 无线传感器网络技术。无线传感器网络技术在桥梁预应力张拉中发挥着关键作用。通过无线传感器网络，实现了分布式的、实时的数据采集与传输，大大提高了监测系统的灵活性和效率。传感器节点可以被布置在关键位置，监测预应力张拉过程中的各项参数，如张拉力、应变和位移。这些数据通过网络传输至中央控制系统，进行即时分析与处理。无线传感器

网络技术不仅简化了布线结构，减少了安装成本，还提高了监测的覆盖范围，使得更广泛的结构区域可以被有效监测。其实时性和远程监测特性为工程人员提供了更及时、全面的信息，有助于及早发现潜在问题，确保桥梁结构的安全性和可维护性。

## 3 张拉力调整方法

### 3.1 张拉力调整的原因分析

1. 施工过程中的影响因素。桥梁预应力张拉施工中受到多种因素的影响，包括施工环境、材料特性和操作过程等。首先，气温和湿度的变化可能导致预应力筋的温度变化和相应的线性热膨胀，影响张拉力的稳定性。其次，施工现场的振动和噪声也可能对张拉过程产生负面影响。材料质量的不均匀性、预应力筋的初始预应力状态以及施工操作的精确度也是影响因素。此外，施工设备和工艺的选择，如张拉设备的性能和调整机制，同样会对张拉力的准确性和一致性产生影响。综合考虑这些因素，并通过有效的监测和调整手段，可以最大程度地减小这些影响，保证预应力张拉施工的质量和稳定性。

2. 长期荷载引起的变化。长期荷载是桥梁结构长时间运行中不可避免的影响因素，对预应力张拉力产生潜在的变化。桥梁承受交通、行人等荷载，随着时间的推移，结构可能会发生变形和应力调整。这长期荷载引起的变化包括混凝土徐变、材料老化等，导致预应力筋的初始状态发生变化。此外，由于交通负荷的频繁变化，桥梁结构可能会经历疲劳损伤，进而影响预应力张拉的稳定性。因此，在长期荷载的作用下，预应力张拉的监测与调整显得尤为重要，以确保结构的安全可靠性。通过科学有效的管理与维护手段，可以及时发现并应对长期荷载引起的潜在问题，维护桥梁结构的稳定性和可持续性。

### 3.2 张拉力调整的策略和方法

1. 传统调整方法。传统预应力张拉调整方法包括手动调整和液压调整两大类。手动调整主要依赖于工人经验，通过调整锚头或调整螺母手动增减预应力筋的长度，以达到期望的张拉力。然而，这种方法受到操作人员经验水平的限制，容易引起不均匀调整和误差。液压调整则采用液压装置，通过控制油压实现对预应力筋的调整。这种方法相对精确，但设备成本较高，操作较为繁琐。传统调整方法存在的问题包括操作依赖人工经验、调整效率低、周期长等，因此，近年来研究者致力于引入先进技术，如自动化控制系统和智能传感器，以提高调整的精确性和效率，减少人为误差。

2. 先进调整技术的研究进展。先进调整技术在桥

梁预应力张拉中的研究不断取得进展,以提高调整的精确性、效率和安全性。自动化控制系统是一项关键技术,通过精密的电气和液压系统实现对预应力张拉力的自动调整,减少了人为操作的影响。智能传感器技术的应用使得对张拉力的实时监测更加精准,提高了反馈控制的灵活性。机器学习和人工智能算法的引入进一步优化了调整过程,能够根据实时监测数据自适应地进行调整决策。此外,先进的材料技术和结构设计理念也为调整提供了更多选择,例如形状记忆合金在调整中的应用。这些技术的综合应用使得预应力张拉的调整更加智能、精准和可控,有望提高桥梁结构的整体性能和可维护性。未来的研究方向应继续推动先进调整技术的实际应用,以满足不断发展的桥梁工程需求。

## 4 桥梁工程案例分析

### 4.1 具体案例分析

案例选取我国某过江桥。该桥是一座重要的跨江通道,在该桥的预应力张拉中,传统的调整方法主要采用了机械传感器和手动调整。然而,随着桥梁运营和环境变化,出现了一些预应力筋的张拉力偏差问题,这对桥梁的安全性和可持续性构成威胁。

为解决这一问题,工程团队在该桥进行了先进的调整技术的应用。首先,引入了光纤传感器网络,实现对预应力张拉力的高精度、实时监测。通过这些传感器,工程团队能够准确获取桥梁各个部位的实时数据,包括温度、应变和位移等关键参数。其次,采用自动化控制系统,基于传感器数据实现对预应力张拉力的智能调整。系统能够自动检测并调整各预应力筋的张拉力,实现了全桥范围内的统一调整,避免了传统手动操作的不均匀性和误差。

通过这一先进的调整方案,该桥成功解决了预应力张拉力的不均匀问题,提高了桥梁的整体性能。该案例证明了先进调整技术在实际工程中的可行性和效果。这种经验对于其他类似桥梁工程提供了有益的参考,为未来的桥梁设计与维护提供了先进而可靠的技术手段。

### 4.2 张拉力监测与调整的应用效果评估

在桥梁预应力张拉施工中引入先进的监测与调整技术取得了显著的应用效果。通过光纤传感器网络和自动化控制系统的应用,实现了对张拉力的高精度实时监测和智能调整。这种技术方案有效解决了传统手动操作可能导致的不均匀调整和误差问题。

第一,监测效果显著提升。光纤传感器网络能够全面感知桥梁结构各部位的变形和应力情况,实时生成大量准确的监测数据。这使得工程团队能够更全面、及时地了解桥梁结构的状态,为后续的调整提供了准

确的数据基础。第二,调整效果显著改善。自动化控制系统通过对监测数据的实时分析,能够迅速做出调整决策,并实现对预应力张拉力的智能控制。这不仅提高了调整的准确性,还降低了人为操作误差,确保了整个桥梁结构的稳定性和安全性。

综合来看,先进的张拉力监测与调整技术在实际应用中取得了良好的效果,提高了桥梁施工的质量和可维护性。这种技术方案不仅在某过江桥等工程中得到了验证,也为类似工程提供了可行性和可靠性的技术路径。这为未来桥梁工程的设计、建设和维护提供了有力支持,为行业的可持续发展贡献了经验和智慧。

## 5 结论与展望

本文通过对桥梁预应力张拉施工中的张拉力监测与调整方法进行深入研究,取得了重要结论。首先,先进的监测技术如光纤传感器网络能够提供高精度、实时的数据,为调整提供了准确基础。其次,自动化控制系统的应用显著提高了调整的效率和精度,降低了人为误差。此外,通过具体桥梁工程案例的分析,验证了先进技术在实际工程中的可行性和实用性。总体而言,先进的监测与调整技术在提高桥梁施工质量、安全性和可维护性方面发挥了积极作用。然而,仍需进一步研究不同环境和工程条件下的适用性,并推动这些技术的实际应用,以推动桥梁工程领域的技术进步。

展望未来,桥梁预应力张拉领域的研究可致力于进一步提升监测与调整技术。重点可放在发展更智能、自适应的自动化控制系统,结合机器学习和人工智能,以更精准、高效地实现对预应力张拉力的智能调整。同时,深入研究先进材料在调整中的应用,提高结构的耐久性和适应性。此外,应关注不同环境条件下的实际应用效果,推动先进技术在各类桥梁工程中的广泛应用。继续挖掘传感器技术、大数据分析等领域的创新,将为未来桥梁工程提供更可靠、高效的监测与调整解决方案,促使整个行业向更智能、可持续发展的方向发展。

### 参考文献:

- [1] 何昌林.某公路桥梁项目现浇箱梁预应力智能张拉施工技术分析[J].交通科技与管理,2023,04(15):147-149.
- [2] 范杰林.公路桥梁施工中预应力张拉技术研究[J].交通世界,2023(17):153-155.
- [3] 应海峰.公路桥梁预应力智能张拉施工技术的应用分析[J].工程建设与设计,2023(06):168-170.
- [4] 唐灿.预应力智能张拉施工技术在桥梁工程中的应用[J].工程技术研究,2023,08(02):225-227.
- [5] 许立军.桥梁工程中预应力张拉施工的技术要点及注意事项[J].交通建设与管理,2022(02):110-111.