

# 反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术在桥梁工程中的应用研究

梁鹏<sup>1</sup>, 陈善行<sup>2\*</sup>

(1. 广西新发展交通集团有限公司, 广西南宁 530029; 2. 广东盛翔交通工程检测有限公司, 广东广州 511400)

**摘要:** 本文研究了反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术在桥梁工程中的应用。首先介绍了该技术的原理和方法, 包括反拉法桥梁锚下有效预应力的定义和特点, 以及检测技术的基本原理和关键技术。探讨了桥梁工程中有效预应力检测的需求, 包括预应力锚的重要性 and 影响因素。接着, 通过应用案例分析了该技术在桥梁工程中的实际应用效果, 包括实施步骤和实际效果评估。展望了该技术的发展趋势, 包括改进方向和应用前景。本文研究认为反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术具有广阔的应用前景, 可以为桥梁工程的预应力检测提供新的思路和方法。

**关键词:** 反拉法; 检测技术; 桥梁工程; 有效预应力; 检测精度; 检测速度

中图分类号: U445.57 文献标识码: A 文章编号: 1006—7973 (2025) 21—0150—04

## Research on the Application of the Effective Prestress Detection Technology under Bridge Anchor of the Reverse Tension Method in Bridge Engineering

Liang Peng<sup>1</sup>, Chen Shan-xing<sup>2\*</sup>

(1. Guangxi Xinfu Development Transportation Group Co., Ltd., Nanning 530029, Guangxi, China; 2. Guangdong Shengxiang Traffic Engineering Testing Co., Ltd., Guangzhou 511400, Guangdong, China)

**Abstract:** This paper studies the application of the effective prestress detection technology under bridge anchor of the reverse tension method in bridge engineering. Firstly, the principles and methods of this technology are introduced, including the definition and characteristics of the effective prestress under bridge anchor of the reverse tension method, as well as the basic principles and key technologies of detection. The need for effective prestress detection in bridge engineering is discussed, including the importance of prestressing anchors and influencing factors. Then, the actual application effectiveness of this technology in bridge engineering

结构工程师, 2010, 26(01): 108-112.

[11] 淳庆, 王建国, 冯世虎, 等. 民国时期混凝土建筑中钢筋的物理力学性能 [J]. 东南大学学报 (自然科学版), 2014, 44(04): 817-821.

[12] 石建光, 李国聪, 胡红梅, 等. 鼓浪屿历史建筑带肋方形钢筋的物理性状和腐蚀原因分析 [J]. 建筑科学与工程学报, 2023, 40(06): 10-18.

[13] Maciej K, Mirosaw S. Diagnosis of the microstructural and mechanical properties of over century-old steel railway bridge components [J]. Engineering Failure Analysis, 2020, 110(23): 104447.

[14] 曾志斌, 李之榕. 普通混凝土梁用钢筋的疲劳 S-N 曲线研究 [J]. 土木工程学报, 1999, (05): 10-14.

[15] 张耀庭, 赵壁归, 李瑞鸽, 等. HRB400 钢筋单调拉伸及低周疲劳性能试验研究 [J]. 工程力学, 2016, 33(04): 121-129.

[16] 徐庆元, 方子匀, 林青腾, 等. HRB500 与 HRB400 钢筋疲劳性能对比试验研究 [J]. 实验力学, 2019, 34(01): 105-112.

[17] 朱红兵. 公路钢筋混凝土简支梁桥疲劳试验与剩余寿命预测方法研究 [D]. 长沙: 中南大学, 2011.

[18] 刘金良, 宋力, 房司琦, 等. 疲劳损伤混凝土梁内钢筋锈蚀试验与数值模拟研究 [J]. 铁道科学与工程学报, 2022, 19(12): 3768-3777.

[19] 金伟良, 余一凡, 柏玉良. 锈蚀及疲劳损伤后钢筋混凝土梁寿命预测及敏感性分析 [J]. 东南大学学报 (自然科学版), 2024, 54(02): 260-267.

[20] 管国东, 翟慕赛, 张培杰, 等. 混凝土矮箱梁桥疲劳性能监测与评估 [J]. 建筑科学与工程学报, 2015, 32(04): 99-104.

[21] 邓露, 毕涛, 何维, 等. 基于疲劳寿命的钢筋混凝土桥梁限载取值分析方法 [J]. 中国公路学报, 2017, 30(04): 72-78.

[22] 何肖斌. 公路早期部分预应力混凝土 T 梁梁端疲劳性能试验分析 [J]. 福州大学学报 (自然科学版), 2023, 51(06): 827-834.

[23] 王春生, 周江, 吴全有, 等. 既有混凝土桥梁疲劳寿命与安全评估 [J]. 中国公路学报, 2012, 25(06): 101-107.

[24] 周虎, 肖勇刚, 谭斌. 基于断裂力学的混凝土桥梁疲劳损伤及寿命评估分析 [J]. 湖南城市学院学报 (自然科学版), 2018, 27(04): 6-10.

[25] 王剑, 文国华. 基于 DM-LEFM 理论的混凝土桥梁受力主筋疲劳全寿命分析 [J]. 铁道科学与工程学报, 2020, 17(10): 2597-2602.

基金项目: 江苏省建设系统科技项目 (2018ZD014)。

is analyzed through case studies, including implementation steps and evaluation of actual effects. The development trends of this technology are also discussed, including improvement directions and application prospects. Through this research, it is believed that the effective prestress detection technology under bridge anchor of the reverse tension method has broad application prospects and can provide new ideas and methods for prestress detection in bridge engineering.

**Keywords:** reverse tension method; detection technology; bridge engineering; effective prestress; detection accuracy; detection speed

## 1 引言

随着现代桥梁工程的发展,预应力技术在桥梁建设中扮演着重要的角色。预应力技术能够有效地提高桥梁的承载能力和抗震性能,保证桥梁的安全运行。而预应力的准确检测是确保桥梁工程质量的关键环节之一。

传统的预应力检测方法主要依赖于传感器的应变测量,但这种方法存在着一些局限性,如受到环境因素的干扰、测量精度不高等问题。为了克服这些问题,反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术应运而生。

反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术是一种基于反向加载原理的检测方法。它通过在预应力锚固端施加反向拉力,使得预应力锚固段产生一定的应变响应,从而实现对有效预应力的准确检测。相比传统方法,反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术具有更高的测量精度和更好的抗干扰能力。

本文旨在研究反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术在桥梁工程中的应用。通过对该技术的原理和方法进行深入探究,分析其在桥梁工程中的实际应用效果,为桥梁工程的预应力检测提供科学依据和技术支持。

本研究的意义在于推动桥梁工程质量的提升和安全性的保障。准确检测桥梁的有效预应力,能够及时发现和解决潜在的问题,避免桥梁在使用过程中出现安全隐患。该研究还有助于优化桥梁设计和施工工艺,提高桥梁的整体性能和使用寿命。

在接下来的章节中,将详细介绍反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术的原理和方法,并通过实际案例分析其在桥梁工程中的应用效果。将展望该技术的发展趋势,探讨其在桥梁工程以及其他工程领域的应用前景。通过本文的研究,希望能够为桥梁工程的预应力检测提供新的思路和方法,为工程实践提供有益的参考。

## 2 反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术的原理

### 2.1 反拉法桥梁锚下有效预应力检测的定义

在介绍反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术的原理之前,首先需要明确反拉法桥梁锚下有效预应力的概念。有效预应力是指在桥梁结构中能够发挥预期作用的

预应力,它是预应力锚固段所受到的拉力与桥梁结构所需的预应力之间的差值。反拉法桥梁锚下有效预应力是指通过在预应力锚固端施加反向拉力,使得预应力锚固段产生一定的应变响应,从而实现对有效预应力的准确检测。

#### 2.1.1 有效预应力的概念

有效预应力是桥梁结构中起到预期作用的预应力,它是保证桥梁结构正常工作的关键因素之一。有效预应力的大小直接影响着桥梁的承载能力、抗震性能以及使用寿命。因此,准确检测桥梁中的有效预应力对于保证桥梁工程质量具有重要意义。

#### 2.1.2 反拉法桥梁锚下有效应力的特点

反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术具有以下特点:

(1) 非破坏性检测:反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术不需要对桥梁结构进行破坏性试验,可以在桥梁正常使用的情况下进行检测,不会对桥梁的安全性产生影响。

(2) 高精度:该技术通过在预应力锚固端施加反向拉力,使得预应力锚固段产生一定的应变响应,从而实现对有效预应力的准确检测。相比传统的应变测量方法,反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术具有更高的测量精度。

(3) 抗干扰能力强:反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术能够有效地抵抗环境因素的干扰,如温度变化、湿度变化等,保证了检测结果的准确性和可靠性。

## 2.2 反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术的基本原理

### 2.2.1 反拉法桥梁锚下有效预应力检测的目的

反拉法桥梁锚下有效预应力检测的目的是通过在预应力锚固端施加反向拉力,使得预应力锚固段产生一定的应变响应,从而实现对有效预应力的准确检测。通过测量预应力锚固段的应变响应,可以计算出桥梁中的有效预应力大小。

### 2.2.2 反拉法桥梁锚下有效预应力检测的方法

反拉法桥梁锚下有效预应力检测的方法主要包括以下几个步骤:

(1) 选择适当的反拉力：根据桥梁的设计要求和实际情况，选择适当的反拉力大小。反拉力的大小应该能够使得预应力锚固段产生一定的应变响应，但又不能超过预应力锚固段的承载能力。

(2) 施加反拉力：通过反拉装置施加反向拉力，使得预应力锚固段产生一定的应变响应。在施加反拉力的过程中，需要注意控制施加力的大小和速度，以避免对桥梁结构产生不必要的影响。

(3) 测量应变响应：利用应变传感器对预应力锚固段的应变响应进行测量。应变传感器可以采用电阻应变片、光纤传感器等不同类型的传感器，根据实际情况选择合适的传感器。

(4) 计算有效预应力：根据测量得到的应变数据，通过相关的计算公式计算出桥梁中的有效预应力大小。

### 2.2.3 反拉法桥梁锚下有效预应力检测的关键技术

反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术的关键技术主要包括以下几个方面：

(1) 反拉装置的设计：反拉装置的设计需要考虑到施加反拉力的大小和方向，以及对桥梁结构的影响。合理的反拉装置设计可以保证施加反拉力的准确性和稳定性。

(2) 应变传感器的选择：应变传感器的选择需要考虑到测量范围、灵敏度、稳定性等因素。合适的应变传感器可以提高测量精度和可靠性。

(3) 数据采集与处理：数据采集与处理是反拉法桥梁锚下有效预应力检测的关键环节。合理的数据采集与处理方法可以提高数据的准确性和可靠性。

## 3 反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术在桥梁工程中的应用

### 3.1 桥梁工程中的有效预应力检测需求

在桥梁工程中，准确检测桥梁中的有效预应力对于保证桥梁的安全性和使用寿命具有重要意义。有效预应力的大小直接影响着桥梁的承载能力、抗震性能以及使用寿命。因此，开展有效预应力检测对于桥梁工程具有重要的意义。

为了满足桥梁工程中的有效预应力检测需求，传统的方法主要依赖于传感器的应变测量。传统方法存在着一些局限性，如受到环境因素的干扰、测量精度不高等问题。为了克服这些问题，反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术应运而生。

### 3.2 反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术的应用案例

为了验证反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术的

可行性和有效性，选取了某桥梁工程作为应用案例进行研究。该桥梁工程采用了反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术进行有效应力的检测。

#### 3.2.1 桥梁工程中反拉法桥梁锚下有效预应力检测的实施步骤

在该桥梁工程中，反拉法桥梁锚下有效预应力检测的实施步骤主要包括以下几个方面：

(1) 反拉装置的设计与制造：根据桥梁的设计要求和实际情况，设计和制造合适的反拉装置。反拉装置需要能够施加适当的反拉力，并保证施加力的准确性和稳定性。

(2) 应变传感器的安装：根据桥梁的结构特点和预应力锚固段的位置，选择合适的应变传感器，并进行安装。应变传感器的安装位置需要能够准确测量预应力锚固段的应变响应。

(3) 反拉力的施加与测量：通过反拉装置施加适当的反拉力，并利用应变传感器对预应力锚固段的应变响应进行测量。

(4) 数据采集与处理：利用数据采集系统对测量得到的应变数据进行采集和处理。数据采集系统可以实时监测和记录应变数据，以便后续的数据分析和评估。

(5) 数据分析与评估：通过对采集到的应变数据进行分析 and 评估，计算出桥梁中的有效预应力大小，并与设计要求进行对比和评估。

#### 3.2.2 桥梁工程中反拉法桥梁锚下有效预应力检测的实际效果评估

通过对该桥梁工程中反拉法桥梁锚下有效预应力检测的实施步骤的实施，获得了大量的数据，并进行了详细的数据分析和评估。以下是实际效果的评估结果。

##### 3.2.2.1 检测精度评估

通过对采集到的应变数据进行分析，计算出了桥梁中的有效预应力大小。与传统的应变测量方法相比，反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术具有更高的测量精度。实际测量结果与设计要求的符合，证明了该技术在桥梁工程中的准确性和可靠性。

##### 3.2.2.2 抗干扰能力评估

在实际应用中，反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术能够有效地抵抗环境因素的干扰，如温度变化、湿度变化等。通过对采集到的数据进行分析，发现环境因素对测量结果的影响较小，保证了检测结果的准确性和可靠性。

##### 3.2.2.3 实际应用效果评估

通过对该桥梁工程中反拉法桥梁锚下有效预应力

检测技术的应用效果进行评估,发现该技术能够准确检测桥梁中的有效预应力,并提供了有益的参考信息。通过及时发现和解决潜在的问题,保证了桥梁的安全运行。

## 4 反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术的发展趋势

### 4.1 反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术的改进方向

为了进一步提高反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术的性能和应用效果,需要从以下几个方面进行改进。

#### 4.1.1 检测精度的提高

在反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术中,检测精度是一个关键指标。目前,已经有一些研究致力于提高检测精度。通过优化反拉装置的设计和制造,改进应变传感器的选择和安装,以及优化数据采集与处理的方法,可以进一步提高检测精度。还可以考虑引入其他先进的传感器技术,如光纤传感器、声波传感器等,以提高检测精度。

#### 4.1.2 检测速度的提升

除了检测精度,检测速度也是反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术需要改进的方面之一。目前,反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术的施工过程相对较为复杂,需要较长的时间来完成。为了提高检测速度,可以考虑优化反拉装置的施加力的大小和速度,以及优化数据采集与处理的效率。还可以探索自动化检测设备和方法,以实现快速、准确的预应力检测。

### 4.2 反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术的应用前景

#### 4.2.1 桥梁工程中反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术的推广

反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术具有非破坏性、高精度和抗干扰能力强等优点,逐渐得到了广泛的应用。随着该技术的不断发展和完善,相信它将在桥梁工程中得到更广泛地推广和应用。

为了推广反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术,需要加强相关的研究和开发工作。需要进一步完善该技术的理论基础,深入研究其原理和方法。需要加强与工程实践的结合,开展更多的应用案例研究,验证该技术的可行性和有效性。还需要加强技术培训和推广,提高工程师和技术人员的技术水平,推动该技术在工程中的应用。

#### 4.2.2 反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术在其他工程领域的应用

除了桥梁工程,反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术还可以应用于其他工程领域。它可以应用于建筑工程中的预应力混凝土结构、地下工程中的锚固支护结构等。

通过对有效预应力的准确检测,可以提高工程的安全性和可靠性,为工程实践提供有益的参考。

为了在其他工程领域推广应用反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术,需要进一步研究和开发适用于不同工程的检测方法和装置。还需要加强与相关领域的合作与交流,共同推动该技术在其他工程领域的应用。

## 5 结语

本文对反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术在桥梁工程中的应用进行了详细地介绍和分析。通过对该技术的原理、方法和应用案例的研究,了解到反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术具有非破坏性、高精度和抗干扰能力强等优点,能够准确检测桥梁中的有效预应力,为桥梁工程的质量和安全性提供重要保障。

在桥梁工程中,准确检测桥梁中的有效预应力对于保证桥梁的安全性和使用寿命具有重要意义。传统的预应力检测方法主要依赖于传感器的应变测量,但存在着测量精度不高、受环境因素干扰等问题。而反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术通过在预应力锚固端施加反向拉力,实现对有效预应力的准确检测,具有更高的测量精度和抗干扰能力。

除了在桥梁工程中的应用,反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术还具有在其他工程领域应用的潜力。在建筑工程中的预应力混凝土结构、地下工程中的锚固支护结构等领域,该技术也可以发挥重要作用。通过进一步研究和开发,可以将该技术推广到更多的工程领域,提高工程的安全性和可靠性。

#### 参考文献:

- [1] 吴云鹏,刘瑞华,吕文涛.反拉法桥梁锚下有效预应力检测技术及应用[J].铁道科学与工程学报,2018,15(06):1249-1255.
- [2] 李明斌,韩晓东,赵龙.基于声发射的反拉法桥梁有效预应力检测方法研究[J].工程技术,2019,47(03):42-46.
- [3] 陈伟华,张敏,刘兵,等.反拉法锚固端预应力检测技术研究[J].桥梁建设,2017,47(04):81-85.
- [4] 刘东,孙蓉,杜斌.基于振动方式的反拉法桥梁有效预应力检测方法研究[J].桥梁建设,2019,49(01):95-99.
- [5] 王晓莉,刘锋,王磊,等.基于光纤光栅的反拉法桥梁锚固段预应力检测技术[J].中国公路学报,2020,33(07):43-49.

基金项目:桥梁锚栓下预应力检测技术标准研究,广西重点研发计划(2021AB22147)。