

# 道路桥梁工程试验检测技术的实践研究

魏佳全

深圳高速工程检测有限公司

**摘要：**现阶段，道路桥梁工程的建设与维护已成为城市基础设施建设的重要组成部分，然而，桥梁在使用过程中不可避免地会受到各种因素的影响，可能导致桥梁结构产生各种缺陷，裂缝、变形等问题时有发生。因此，进行道路桥梁工程的试验检测显得尤为重要。借助科学、合理的试验检测技术，可以及时发现和评估桥梁结构的潜在问题，为桥梁的维护和加固提供依据，确保桥梁的安全性和耐久性。因此，本文以某工程项目为例，针对道路桥梁工程试验检测技术的实践应用展开详细研究，确保道路桥梁工程的安全性和耐久性达到标准要求，为交通运输的可持续发展提供坚实保障。

**关键词：**道路桥梁；工程试验；检测技术；观测项目；观测方法

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.23.054

道路桥梁工程试验检测技术是一套系统的方法和技术手段，旨在通过科学、精确的检测和分析，评估桥梁结构在实际使用过程中各方面的性能和安全性。其主要目的是发现并评估桥梁结构中的各种缺陷，如裂缝、变形、应力集中等，从而为桥梁的维护、修复和加固提供依据，确保桥梁的安全性和耐久性。本研究致力于探讨道路桥梁工程试验检测技术的实际应用，尤其是静载试验项目的实施、加载方法的优化、观测项目及观测方法的设计等方面。通过系统的试验检测，能够准确评估桥梁在实际荷载条件下的性能表现，分析其结构行为，进而提出针对性的维护措施。这不仅有助于提高桥梁工程的质量控制水平，还能延长桥梁的使用寿命，降低维护成本，提升公共安全水平，为相关领域的技术人员提供参考和借鉴，推动试验检测技术的发展和革新。

## 一、静载试验项目

### （一）横桥向偏心加载试验

该试验通常在箱梁110m跨跨中进行，通过施加横桥向的偏心静态荷载，测量桥梁的变形和应力反应。这一过程需要精确控制加载位置和加载量，以确保荷载施加的均匀性和可重复性。本项目使用重约300kN的三轴载重汽车作为加载物，通过分级加载的方式逐步增加荷载，并在每一级加载后记录桥梁的变形和应力数据。在偏心加载试验中，桥梁的响应不仅反映了其承载能力，还揭示了其在不对称荷载作用下的变形特性。通过对试

验数据的分析，可以准确评估桥梁结构在实际使用中可能遇到的偏载情况，预测其在不同荷载条件下的行为。偏心加载试验还能够帮助识别桥梁设计中的潜在不足，提供优化设计和改进施工工艺的依据。

### （二）横桥向对称加载试验

该试验通常在桥梁跨中和支点附近进行，通过施加横桥向的对称静态荷载，测量桥梁的竖向变形和应力分布。在实施过程中，同样使用重载车辆作为加载物，通过逐步增加荷载的方式进行测试。与偏心加载不同，对称加载能够全面反映桥梁在均匀荷载作用下的整体受力情况。本项目在桥梁跨中和支点附近布置应变计和挠度测点，记录桥梁在不同加载阶段的变形数据。这些数据能够揭示桥梁在最大正弯矩和最大剪力作用下的应力分布情况，评估其结构刚度和整体稳定性。通过对比不同断面位置的应变和挠度值，可以判断桥梁各部分的受力均匀性，识别可能存在的应力集中区域。对称加载试验的数据还可以用于校核设计计算的准确性，验证桥梁在设计荷载下的性能是否达到预期标准。

## 二、加载方法

### （一）分级加载法

分级加载法通过逐步增加荷载，以阶段性的方式对桥梁施加静态负荷，直至达到设计荷载或预定的试验终值。本项目使用重约300kN的三轴载重汽车作为加载物，通过逐级加载的方式对桥梁进行测试。每一级加载后，必须停留一段时间，确保桥梁结构的应力和变形稳定下来，然后记录相关数据<sup>[1]</sup>。分级加载法的优势在于能够逐步反映桥梁在不同荷载水平下的受力和变形情况，避免一次性大荷载对桥梁结构可能造成的瞬时冲击。通过这种方式，可以获取桥梁在各级荷载下的挠度、应变等数据，绘制荷载-变形曲线，分析桥梁的线性和非线性变形特性。分级加载法有助于识别桥梁结构中的潜在缺陷和弱点。在某一级加载后，如果出现异常的变形增量或应变集中，可能表明该位置存在结构性缺陷或设计不合理之处。因此，分级加载法不仅提供了详细的力学性能数据，还能为后续的桥梁维护和加固提供重要依据。

### （二）卸载法

卸载法通常在分级加载试验达到最高荷载后进行，按照预定的步骤逐步减少荷载，观察和记录桥梁结构的

恢复情况。卸载过程需要同样的精细控制，通常分为两级进行，即一次性卸载一半的荷载量，再逐级完全卸载。本项目通过逐步减少荷载，检测桥梁结构的弹性恢复能力和残余变形情况<sup>[2]</sup>。若桥梁在卸载过程中未能恢复至原始状态，说明桥梁结构可能存在永久变形或内部损伤。卸载法还可以通过对比加载和卸载曲线，分析桥梁材料的弹塑性行为和结构刚度的变化，通过卸载后的残余变形数据，评估桥梁的应力松弛和蠕变特性，同时对比实际试验数据和设计预期，可以校核设计模型的合理性和准确性，确保桥梁结构在实际使用中的安全可靠。

### 三、观测项目及观测方法

#### (一) 箱梁应变测点

##### 1. 箱梁腹板应变测点的布设与观测

箱梁腹板是承受荷载的主要构件，其应变测点的布设需要覆盖关键位置，全面反映箱梁在受力过程中的应变分布。本项目在箱梁腹板的内侧和外侧布置弓形应变计和直角应变花，这些应变计可以精确测量腹板在不同荷载作用下的应变变化，记录桥梁在实际荷载条件下的受力状态。在桥梁跨中的第11跨断面，布设在腹板上的应变计能够监测该位置在正弯矩作用下的应变分布<sup>[3]</sup>。通过连续观测和数据记录，可以绘制应变随荷载变化的曲线，分析箱梁腹板在不同荷载水平下的应力集中情况。对于关键支点处，如4#墩支点断面，布设在腹板上的应变计还可以监测支点附近的剪力和负弯矩引起的应变变化。这些数据不仅可以用于验证设计模型的准确性，还能帮助识别可能存在的结构性弱点和潜在损伤。

##### 2. 箱梁顶底板应变测点的布设与观测

顶底板是箱梁结构的重要组成部分，其应变测量对于评估箱梁整体受力和变形行为具有重要意义。顶底板上的应变测点通常布设在横桥向跨缝处，监测不同荷载条件下的应变变化。在本项目第11跨跨中的断面，布设在顶底板上的弓形应变计可以记录正弯矩作用下的应变分布，而在4#支点附近的断面，布设在顶底板上的应变计可以测量支点负弯矩引起的应变变化<sup>[4]</sup>。这些测点的数据能够反映桥梁在实际荷载作用下的整体受力情况，评估其结构刚度和稳定性。在对称加载试验中，顶底板应变测点的数据可以用于分析桥梁在竖向挠度和剪力作用下的应变分布，判断其是否存在应力集中或局部失效的风险。通过对比不同时期和不同荷载条件下的应变数据，还可以监测桥梁的长期性能变化，评估其在自然环境和交通荷载作用下的耐久性。

#### (二) 箱梁竖向挠曲变形

##### 1. 跨中竖向挠曲变形测点的布设与观测

在桥梁的静载试验中，跨中部位通常是受力最显著的位置，因此跨中竖向挠曲变形的测量对于了解桥梁在荷载作用下的变形特性尤为重要。本项目在箱梁的 $1L/4$ 、 $1L/2$ 、 $3L/4$ （ $L$ 为桥跨长度）位置布设竖向挠曲变形测点，每幅桥面每侧的测点数量均为4个。精密水准仪是常用的观测工具，通过高精度的水准测量，可以获取桥梁在各级荷载作用下的竖向位移数据。测点布设时，需要确保测点位置的均匀分布和标高的一致性，保证观测数据的准确性<sup>[5]</sup>。加载过程中，每级荷载施加后，观测并记录桥梁的竖向变形，绘制荷载—挠度曲线，分析桥梁在不同荷载水平下的变形规律。挠度数据还可以用于校核设计计算的准确性，验证桥梁在实际使用中的性能是否与设计预期相符。如果实测挠度超过设计限值，可能表明桥梁存在刚度不足或结构性缺陷，需要采取相应的补强措施。

##### 2. 支点附近竖向挠曲变形测点的布设与观测

支点附近是剪力和弯矩变化较大的区域，对该位置的竖向挠曲变形进行测量，可以了解桥梁在支点处的受力情况和变形特性。本项目在距离墩支承中心一倍梁高的位置布设竖向挠曲变形测点，观测支点附近的竖向位移变化。使用精密水准仪和应变计等仪器，确保观测数据的精度和可靠性。加载过程中，同样分级施加荷载，并在每级荷载稳定后记录支点附近的竖向变形数据<sup>[6]</sup>。支点附近的挠度数据能够反映桥梁在最大剪力和负弯矩作用下的变形情况，评估其支撑条件和受力性能。通过对比支点附近和跨中部位的挠度数据，可以判断桥梁在不同位置的变形特性，识别可能存在的应力集中和结构性弱点。支点附近的挠度观测还可以用于评估桥梁的支撑条件和地基的稳定性，确保桥梁在长期使用中的安全性和可靠性。如果支点附近的挠度数据异常，可能预示着桥梁的支撑系统或基础存在问题，需要进一步的检测和维护。

### 四、结果及分析

#### (一) 荷载效率

在本项目静载试验中，通过分级加载，测量桥梁的位移和应变，并将实测数据与设计值进行对比，计算出荷载效率。具体结果显示，在多种加载工况下，试验荷载的效率均处于 $0.88$ 至 $1.02\text{kN}\cdot\text{m}^2$ 范围内，表明桥梁在实际荷载作用下的承载能力接近设计预期，以钢结构为例，借助在线监测，具体内容如图1所示<sup>[7]</sup>。这一结果说明桥梁结构的设计和施工质量较好，能够有效承受预期荷载，满足使用要求。

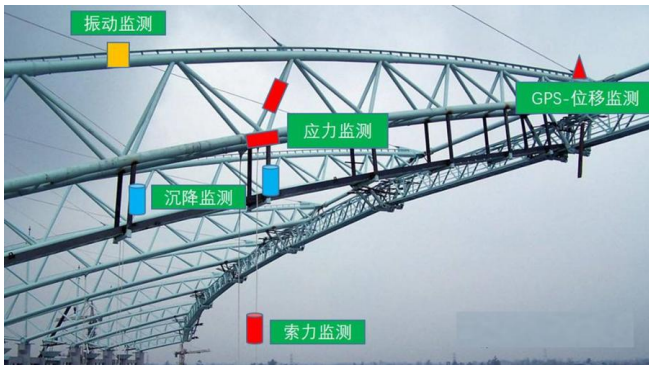


图 1 监测内容

### (二) 挠度

本项目挠度检测通过在桥梁跨中和支点等关键位置布设测点，测量不同加载条件下的竖向位移。在静载试验中，实测的第11跨跨中上行幅和下行幅的最大挠度值分别为43.9mm和42.1mm，而设计计算的挠度为72.57mm，说明实测挠度远低于规范要求的1/600L<sup>[8]</sup>。这表明桥梁结构具有较高的刚度和较小的变形，能够在实际荷载作用下保持较好的结构形态，工程中的弯曲变形过程如图2所示。通过对挠度数据的分析，可以判断桥梁在不同荷载水平下的变形特性，识别可能存在的刚度不足或局部变形过大的问题。

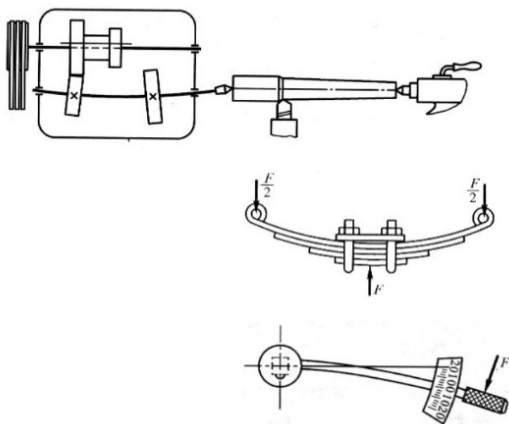


图 2 工程中的弯曲变形

### (三) 应变

本项目应变检测通过在桥梁的腹板、顶底板等关键位置布设应变计，测量不同荷载条件下的应变变化。在静载试验中，通过对第11跨跨中断面的应变测量，发现活载状态下的应变校验系数集中在0.24至0.89之间<sup>[9]</sup>。分析结果显示，腹板及底板上靠近腹板部位的应变值较高，表明这些区域承受的应力较大，而上梗腋的应变值较小，受力较轻。这些数据揭示了桥梁结构在不同荷载作用下的应力分布特点，帮助工程师识别应力集中区域和潜在的结构性弱点。

### (四) 裂缝

本项目裂缝检测主要集中在桥梁上行幅第11跨合龙段上梗腋部位。通过应变监测，发现外侧裂缝的横向应变值为 $25 \times 10^{-6}$ ，相对残余应变为0.31；内侧裂缝的横向应变值为 $15 \times 10^{-6}$ ，相对残余应变为0.24<sup>[10]</sup>。这表明裂缝的稳定性较好，未出现明显扩展的趋势。裂缝检测的结果说明这些裂缝主要是施工阶段形成的构造裂缝，对结构承载力影响不大，但需要及时修补以防止进一步扩展。

### 结束语

本研究得出以下结论：在多种加载工况下，试验荷载均处于预期范围内，证明设计的荷载效应与实际情况相符，荷载效率具有较高的参考价值；实测挠度值显示，第11跨跨中上行幅和下行幅的最大挠度值均低于规范要求，结构刚度达标，偏载工况下的箱梁扭转变形特性也在可控范围内；第11跨跨中断面在活载状态下的应变数据表明，桥梁的腹板和底板受力显著，而上梗腋受力较小，整体应变校验系数较为均衡，表明结构受力分布合理；上梗腋纵向裂缝的应变监测结果显示，裂缝稳定性较好，经过修补后未再出现新的裂缝，表明裂缝为施工阶段形成的构造裂缝，不影响结构承载力。

### 参考文献

- [1] 杨展鹏. 道路桥梁工程质量缺陷及检测技术研究[J]. 模型世界, 2023 (21): 83-86.
- [2] 王运周, 安芃芃, 雷娟娟, 等. 《隧道工程试验检测》课程混合式教学改革与实践研究[J]. 中国设备工程, 2023 (5): 8-11.
- [3] 彭威, 李泰睿. 道路桥梁工程试验检测中的常见问题及对策分析[J]. 运输经理世界, 2022 (9): 125-127.
- [4] 闵凡华. 公路桥梁试验检测技术的研究及应用实践思考[J]. 砖瓦世界, 2022 (10): 139-141.
- [5] 陈王丽. 交通运输工程试验检测中的智能化技术应用探索[J]. 越野世界, 2024, 19 (4): 148-149.
- [6] 牛春辉. 试述道路工程中如何做好材料试验检测工作[J]. 百科论坛电子杂志, 2021 (15): 1852.
- [7] 宋佳伟. 探析道路桥梁试验检测技术的实践[J]. 户外装备, 2021 (10): 261-262.
- [8] 李小龙. 基于道路与桥梁工程试验检测技术分析研究[J]. 电脑爱好者 (普及版) (电子刊), 2021 (12): 2420-2421.
- [9] 刘书豪. 道路桥梁工程的原材料试验检测技术分析[J]. 中国航班, 2021 (28): 187-189.
- [10] 李晓洋. 试验检测技术在道路桥梁检测中的应用探析[J]. 人民交通, 2021 (22): 38-39.