

桥梁承载力评估与非破坏性检测方法研究

徐 松 赵鸣仲

宁波正信检测科技有限公司 浙江 宁波 315000

摘 要：本研究聚焦于桥梁承载力评估与非破坏性检测方法。通过深入分析静力、动力及综合评估等承载力评估手段，探讨目视检查、超声波、振动等多种非破坏性检测技术的原理与应用。结合实际工程案例，验证各方法的有效性与准确性。旨在为桥梁安全运营提供科学可靠的评估与检测依据，提升桥梁维护管理水平，降低桥梁安全事故风险，推动桥梁工程领域的技术进步与发展。

关键词：桥梁；载力评估；非破坏性检测

引言：桥梁作为交通关键设施，其安全性至关重要。随着使用时间的增长与交通荷载的增加，桥梁结构可能出现损伤与性能退化。准确评估桥梁承载力并及时进行非破坏性检测，是保障桥梁安全运行的核心任务。然而现有评估与检测方法存在一定局限性。因此深入研究桥梁承载力评估与非破坏性检测方法，探索更高效、精准的技术手段，对确保桥梁长期稳定服役具有迫切的现实意义。

1 桥梁在交通系统中的重要性

桥梁作为交通系统的重要组成部分，在人类社会的发展进程中扮演着至关重要的角色。它跨越天然或人工障碍物，如河流、峡谷、铁路等，为车辆、行人提供了安全、便捷的通行路径，极大地促进了区域间的经济交流、文化融合和社会发展。从经济层面来看，桥梁的建设和运营对于推动区域经济增长具有显著作用。一方面，它缩短了地区之间的时空距离，降低了运输成本，提高了物流效率，使得资源能够更加合理地配置。例如，跨海大桥的建设使得海岛地区与大陆之间的联系更加紧密，促进了海岛旅游资源的开发和利用，带动了当地相关产业的发展，增加了就业机会和财政收入。另一方面，桥梁的建设带动了周边地区的土地开发和基础设施建设，形成了新的经济增长点。许多城市在桥梁周边建设了商业区、住宅区和工业园区，吸引了大量的投资和人才，进一步推动了区域经济的繁荣。在社会层面，桥梁是连接不同地区、不同群体的重要纽带。它方便了人们的日常出行，促进了人员的流动和交流，增强了社会的凝聚力和向心力。对于偏远地区的人们来说，桥梁的建设改善了他们的交通条件，使他们能够更加便捷地获取教育、医疗等公共服务，提高了生活质量^[1]。桥梁还具有重要的战略意义，在国防安全、应急救援等方面发挥着不可替代的作用。在战争时期，桥梁是军队机动和

物资运输的重要保障；在自然灾害发生时，桥梁是救援人员和物资进入灾区的关键通道。从文化层面来看，桥梁不仅是交通设施，更是人类智慧和创造力的结晶，具有丰富的文化内涵和艺术价值。不同历史时期、不同地域的桥梁，反映了当时的社会风貌、科技水平和审美观念。桥梁也成为城市的地标性建筑，吸引着众多游客前来观赏，促进文化的传播和交流。

2 桥梁承载力评估方法

2.1 静力评估法

静力评估法是一种基于结构静力学原理的桥梁承载力评估方法。它主要通过对桥梁结构在静力荷载作用下的响应进行分析，来评估桥梁的承载能力。具体步骤包括：首先，对桥梁结构进行详细的现场调查和检测，获取桥梁的几何尺寸、材料性能、结构形式等基本信息；然后，根据实际荷载情况，建立桥梁结构的力学模型，采用有限元分析等方法计算桥梁在静力荷载作用下的内力、变形等响应；最后，将计算结果与桥梁结构的承载能力极限状态进行比较，判断桥梁的承载力是否满足要求^[2]。静力评估法的优点是计算模型相对简单，计算结果较为直观，能够直接反映桥梁结构在静力荷载作用下的受力状态。但该方法也存在一定的局限性，它忽略了桥梁结构的动力特性和环境因素的影响，对于一些复杂结构或受到动态荷载作用的桥梁，评估结果可能不够准确。

2.2 动力评估法

动力评估法是基于结构动力学原理的桥梁承载力评估方法。它主要通过分析桥梁结构在动力荷载（如车辆荷载、地震作用等）作用下的振动响应，来评估桥梁的承载能力。动力评估法包括模态分析、动力响应分析等方法。模态分析是通过测量桥梁结构的振动频率、阻尼比等模态参数，来了解桥梁结构的动力特性；动力响应分析则是通过模拟桥梁结构在动力荷载作用下的振动过

程,计算桥梁结构的动力响应,如加速度、位移等。动力评估法的优点是能够考虑桥梁结构的动力特性和环境因素的影响,对于评估桥梁在动态荷载作用下的承载能力具有重要意义。但该方法需要高精度的测试设备和复杂的分析技术,测试成本较高,且分析结果受到多种因素的影响,如测试误差、模型简化等。

2.3 综合评估方法

综合评估方法是将静力评估法和动力评估法相结合,并考虑其他相关因素(如桥梁的使用历史、维护状况等)的一种桥梁承载力评估方法。该方法首先采用静力评估法对桥梁结构在静力荷载作用下的承载能力进行初步评估,然后采用动力评估法分析桥梁结构在动力荷载作用下的响应,最后综合考虑其他因素,对桥梁的承载力进行综合评估。

3 桥梁非破坏性检测方法

3.1 目视检查法

目视检查法是最基本、最常用的桥梁非破坏性检测方法。它主要通过检测人员的肉眼观察,检查桥梁结构的外观缺陷,如裂缝、剥落、变形等。目视检查法具有操作简单、成本低等优点,能够在现场快速发现桥梁结构的明显缺陷。但该方法对于一些微小的缺陷或内部缺陷难以检测,且检测结果受到检测人员经验和主观因素的影响较大。在进行目视检查时,检测人员需要仔细观察桥梁的各个部位,包括桥面、桥墩、梁体等,记录缺陷的位置、长度、宽度等信息,并对缺陷的严重程度进行初步评估。为了提高目视检查的准确性,可以借助一些辅助工具,如望远镜、放大镜等。

3.2 听声识别法

听声识别法是通过倾听桥梁结构在受力或振动时发出的声音,来判断桥梁结构是否存在缺陷的一种方法。当桥梁结构存在裂缝、松动等缺陷时,在受力或振动过程中会发出异常的声音。检测人员可以根据声音的音调、音色、响度等特征,来判断缺陷的位置和类型。听声识别法具有操作简单、无需特殊设备等优点,但该方法需要检测人员具有丰富的经验和敏锐的听力,且对于一些微小的缺陷或深埋在结构内部的缺陷难以检测。

3.3 超声波检测法

超声波检测法是一种基于超声波在材料中传播特性来检测桥梁结构内部缺陷的重要方法。当超声波在桥梁结构材料中传播时,一旦遇到缺陷,如混凝土内部的空洞、钢材焊缝的裂纹等,就会发生反射、散射等现象。通过高精度的仪器,检测人员能够精准捕捉到超声波传播时间、幅度等参数的变化。对这些参数变化进行深入

分析,就可以准确判断缺陷的位置、大小和形状^[3]。超声波检测法具有诸多优点,其检测精度极高,能够发现微小的内部缺陷,为桥梁结构的安全评估提供可靠依据。而且,它可以深入材料内部进行检测,适用于各种常见的桥梁结构材料,如混凝土质量检测、钢材焊缝检测等。然而该方法也存在一定的局限性。它需要专业的设备和经验丰富的操作人员,设备购置和维护成本较高。此外,对于一些形状复杂或表面不平整的结构,超声波的传播路径会受到影响,检测难度较大。

3.4 振动检测法

振动检测法是通过测量桥梁结构在动力荷载作用下的振动响应,来分析桥梁结构的动力特性和损伤情况的一种方法。当桥梁结构存在损伤时,其动力特性(如振动频率、阻尼比等)会发生变化,通过对比结构损伤前后的振动特性,可以判断结构的损伤程度和位置。振动检测法具有操作方便、能够实时监测等优点,适用于大型桥梁结构的健康监测。但该方法需要高精度的振动传感器和数据分析设备,且受到环境因素的影响较大。

3.5 放射性检测法

放射性检测法是一种用于检测桥梁结构内部缺陷的有效手段。其原理在于利用放射性同位素所发出的射线,当这些射线穿过桥梁结构材料时,会依据材料的密度和厚度出现不同程度的衰减现象。通过精密仪器对射线强度的变化进行精准检测,就能够依据这些变化来判断桥梁结构内部是否存在缺陷。这种检测方法具备显著优势,检测精度极高,哪怕是微小的内部缺陷也难以遁形,而且能够深入结构内部进行检测,发现隐藏在深处的潜在问题。然而,放射性检测法也存在不可忽视的弊端。由于需要使用放射性物质,这就不可避免地带来了一定的安全隐患,对操作人员的专业防护和操作流程的规范性要求极高。同时该检测方法的设备成本较为昂贵,购置和维护都需要投入大量资金。而且操作过程复杂,需要专业技术人员经过严格培训才能熟练掌握,这在一定程度上限制了其广泛应用。

3.6 其他非破坏性检测方法

除了上述几种常见的非破坏性检测方法外,还有一些其他的检测方法,如红外热成像检测法、磁粉检测法、渗透检测法等。红外热成像检测法是通过测量桥梁结构表面的温度分布,来检测结构内部的缺陷和损伤;磁粉检测法主要用于检测铁磁性材料表面的裂纹等缺陷;渗透检测法则是利用渗透液的毛细作用,来检测材料表面的开口缺陷。这些检测方法各有优缺点,在实际应用中需要根据桥梁结构的特点、检测目的和现场条件

等因素,选择合适的检测方法。

4 桥梁承载力评估与非破坏性检测方法的实际应用

4.1 工程案例介绍

以某城市的一座老旧桥梁为例,该桥梁建成于上世纪八十年代,经过多年的使用,桥梁结构出现不同程度的损坏,为了确保桥梁的安全运营,需要对其进行承载力评估和非破坏性检测。在承载力评估方面,采用综合评估方法。首先,通过现场调查和检测,获取桥梁的几何尺寸、材料性能、结构形式等基本信息,并采用静力评估法对桥梁在静力荷载作用下的承载能力进行初步评估。然后,利用动力评估法分析桥梁在车辆荷载作用下的动力响应,得到桥梁的振动频率、阻尼比等动力特性参数。最后,综合考虑桥梁的使用历史、维护状况等因素,对桥梁的承载力进行综合评估。在非破坏性检测方面,采用多种检测方法。目视检查法用于发现桥梁表面的明显缺陷,如裂缝、剥落等;超声波检测法用于检测桥梁混凝土结构的内部缺陷和钢材焊缝的质量;振动检测法用于分析桥梁的动力特性和损伤情况。

4.2 检测结果分析

通过对承载力评估和非破坏性检测结果的分析,发现该桥梁存在以下问题:(1)承载力方面。静力评估结果表明,桥梁在部分荷载工况下的内力超过了其承载能力极限状态,存在一定的安全隐患;动力评估结果显示,桥梁的振动频率有所下降,阻尼比增大,说明桥梁结构的刚度有所降低,动力性能变差^[4]。(2)非破坏性检测方面。目视检查发现桥梁桥面存在多条裂缝,最大裂缝宽度达到了0.3mm;超声波检测发现部分混凝土构件内部存在蜂窝、孔洞等缺陷;振动检测结果表明桥梁的某些部位存在损伤。

4.3 应用效果评估

针对检测结果,相关部门及时采取加固维修措施,对桥梁进行加固处理。加固完成后,再次对桥梁进行了承载力评估和非破坏性检测。结果显示,桥梁的承载力得到了显著提高,各项性能指标均满足设计要求;非

破坏性检测未发现新的缺陷和损伤,说明加固维修措施取得了良好的效果。通过该工程案例可以看出,桥梁承载力评估与非破坏性检测方法在桥梁的安全运营和维护中具有重要作用。准确的承载力评估能够为桥梁的加固维修提供科学依据,有效的非破坏性检测方法能够及时发现桥梁结构的缺陷和损伤,为桥梁的维护和管理提供技术支持。同时,综合应用多种评估和检测方法,能够提高评估和检测的准确性和可靠性,确保桥梁的安全运营。在实际应用中,还需要不断加强对桥梁承载力评估与非破坏性检测方法的研究和创新,提高检测和评估的技术水平,以适应不断发展的桥梁工程建设和运营需求。另外,还需要建立健全桥梁检测和评估的管理制度,加强对检测和评估人员的培训和管理,确保检测和评估工作的质量和安全。

结束语

本研究对桥梁承载力评估与非破坏性检测方法进行系统探讨,多种评估与检测手段各有优势且相互补充。工程案例验证了这些方法在实际应用中的有效性,为桥梁安全运营提供有力保障。但桥梁工程复杂多变,未来仍需持续创新完善评估与检测技术,加强智能化、自动化研究。注重多方法融合应用,以更精准地评估桥梁状态,推动桥梁工程领域不断迈向新高度,守护交通命脉安全。

参考文献

- [1]胡建新,顾明洋.公路桥梁荷载试验的荷载组合问题探讨[J].市政技术,2022,40(12):114-118.DOI:10.19922/j.1009-7767.2022.12.114.
- [2]刘鹏,张建东,刘朵等.桥梁荷载试验加载效率合理范围研究[J].黑龙江交通科技,2021,44(11):75-78.DOI:10.16402/j.cnki.issn1008-3383.2021.11.042.
- [3]祁志华.基于动力特性的公路桥梁桩基承载力检测方法[J].青海交通科技,2020,32(04):114-119+123.
- [4]肖灿辉,聂小林.美标与国标桩基承载力检测方法研究[J].中国水运(下半月),2020,20(05):209-211.