

高速公路桥梁与隧道病害检测与维护措施

王志宏 谌 莉

浙江爱丽智能检测技术集团有限公司 浙江 杭州 311700

摘 要：高速公路桥梁与隧道作为交通网络的关键部分，其结构安全至关重要。桥梁常见病害包括混凝土结构裂缝、剥落、钢筋锈蚀及支座病害，而隧道则面临衬砌裂损、渗漏水 and 路面病害等问题。为有效检测这些病害，可采用外观检测、无损检测技术和结构性能检测等方法。维护措施则需根据病害严重程度定制，如裂缝封闭、钢筋除锈、支座修复及隧道衬砌加固等。同时，建立定期维护制度和监测体系，对确保桥梁与隧道的长期安全运营具有重要意义。

关键词：高速公路桥梁；隧道病害检测；维护措施

引言：高速公路桥梁与隧道作为现代交通网络的关键组成部分，其结构安全直接关乎行车安全与通行效率。然而，在长期使用过程中，桥梁与隧道难免会出现各种病害，如混凝土裂缝、钢筋锈蚀、支座病害以及隧道衬砌裂损、渗漏水等，这些病害严重威胁着结构的稳定性和耐久性。为确保交通安全，必须采取有效的检测与维护措施。本文将从桥梁与隧道的病害概述出发，探讨其检测方法与维护措施，并强调定期维护与监测体系建立的重要性，旨在为高速公路桥梁与隧道的长期安全运营提供科学依据和实践指导。

1 高速公路桥梁与隧道病害概述

1.1 桥梁病害

高速公路桥梁作为现代交通网络的重要组成部分，其结构安全直接关乎行车安全与交通流畅。然而，桥梁在使用过程中，由于多种因素的共同作用，难免会出现各种病害，其中混凝土结构病害尤为突出。（1）混凝土结构病害主要表现为裂缝、剥落和钢筋锈蚀等。裂缝的产生，往往是由于荷载作用、温度变化或混凝土收缩等因素导致，这些裂缝不仅破坏了混凝土的完整性，还会削弱其强度和耐久性，进而影响桥梁的承载能力。剥落则是混凝土表面层因粘结力丧失而脱落，这不仅影响桥梁的美观，更可能削弱其结构性能，对行车安全构成潜在威胁。（2）支座病害也是桥梁中不容忽视的问题。支座作为桥梁传力体系的关键部件，其变形、脱空等病害会导致桥梁传力体系异常，使得桥梁在荷载作用下的受力分布发生变化，进而降低桥梁的稳定性。支座病害的及时发现与处理，对于保障桥梁的整体安全至关重要。

1.2 隧道病害

隧道作为高速公路的重要组成部分，其结构安全直接关系到行车安全与通行效率。然而，隧道在使用过程中，由于多种因素的作用，常会出现一系列病害，对隧

道的整体性能构成威胁。（1）衬砌裂损是隧道病害中较为常见的一种。衬砌作为隧道的主要承重结构，一旦出现裂缝、变形等情况，将直接影响隧道的结构安全。这些裂损可能是由于地质条件变化、施工质量问题或长期荷载作用等原因导致，必须引起足够重视。（2）渗漏水病害也是隧道中不容忽视的问题。渗漏水不仅会侵蚀衬砌结构，导致其强度降低，还可能对行车安全构成严重威胁。水分渗入隧道内部，可能造成路面湿滑，增加行车风险。（3）隧道内路面病害同样需要关注。坑槽、拥包等路面病害会降低行车舒适性和安全性，影响驾驶员的行车体验。这些病害可能是由于车辆荷载作用、施工质量问题或材料老化等原因导致^[1]。

2 高速公路桥梁病害检测

2.1 外观检测

外观检测是桥梁病害检测中最基础也是最直观的方法。通过人工肉眼观察，检测人员可以对桥梁的各个部位进行细致查看，包括梁体、墩台、伸缩缝等关键结构。在观察过程中，检测人员需要记录裂缝的位置、宽度、长度，这些信息对于判断裂缝的性质和发展趋势至关重要。同时，混凝土剥落的范围也是观察的重点，剥落不仅影响桥梁的美观性，更可能削弱其结构性能。此外，构件的变形情况也是外观检测的重要内容，如梁体的挠度、墩台的倾斜等，这些都可能反映出桥梁的整体稳定性问题。为了提高观察效率和准确性，检测人员还会借助望远镜等简单工具，对高处或难以直接观察的部位进行检查。望远镜可以放大远处或细小部位的图像，帮助检测人员更清晰地观察桥梁结构的细节，发现潜在的病害^[2]。

2.2 无损检测技术

无损检测技术是桥梁病害检测中的重要手段，它可以在不破坏桥梁结构的前提下，对混凝土和钢筋等关键

材料进行检测。超声检测技术是其中一种常用的方法,它利用超声波在混凝土中的传播特性,检测混凝土内部的缺陷,如空洞、不密实区等。通过测量超声在混凝土中的传播速度、波幅等参数,检测人员可以判断混凝土的质量状况,为后续的维修加固提供依据。(1)回弹法也是无损检测技术中的一种常用方法。它通过回弹仪测定混凝土表面的硬度,根据硬度与强度之间的相关关系,推算出混凝土的强度。这种方法操作简便、快速,适用于大面积混凝土的强度检测。(2)钢筋锈蚀检测仪也是无损检测技术中的重要工具。它可以检测钢筋的锈蚀程度,包括锈蚀的位置、范围和深度等信息。钢筋锈蚀是桥梁病害中常见的问题之一,它会导致钢筋截面面积减小、承载力下降,严重影响桥梁的耐久性。因此,通过钢筋锈蚀检测仪及时检测并处理钢筋锈蚀问题,对于保障桥梁的安全运营具有重要意义。

2.3 结构性能检测

结构性能检测是桥梁病害检测中的高级阶段,它通过对桥梁施加预定荷载,测量结构的变形、应力等参数,评估桥梁的实际承载能力。静载试验是结构性能检测中的一种常用方法,它通过在桥梁关键部位施加静态荷载,观察并记录桥梁的变形情况,如挠度、转角等。通过静载试验,检测人员可以评估桥梁的承载能力是否满足设计要求,为桥梁的维修加固提供科学依据。动载试验则是通过测定桥梁在动力荷载作用下的振动响应,分析桥梁的动力性能。动载试验可以反映桥梁在车辆行驶等动态荷载作用下的工作状态,判断结构的整体性和稳定性。通过动载试验,检测人员可以发现桥梁结构中的潜在问题,如结构松动、损伤等,为桥梁的安全运营提供有力保障^[3]。

3 高速公路隧道病害检测

3.1 地质雷达检测

地质雷达检测是一种非破坏性的检测技术,它利用高频电磁波在隧道衬砌及周围介质中的传播特性,对隧道结构进行全面、快速的检测。地质雷达发射的高频电磁波在遇到不同介质的分界面时,会发生反射和散射,通过接收这些反射波,并根据反射波的时间和波形特征,我们可以对隧道衬砌的厚度、背后空洞、渗漏水位置等情况进行准确判断。(1)地质雷达检测技术的优势在于其快速性和连续性。相较于传统的检测方法,地质雷达能够迅速扫描隧道衬砌的整个表面,获取详细的结构信息,大大提高了检测效率。同时,地质雷达还能够穿透衬砌层,对衬砌背后的空洞、渗漏水源等隐蔽病害进行有效检测,为隧道的维修加固提供科学依据。(2)

在实际应用中,地质雷达检测技术需要专业的操作人员和先进的设备支持。操作人员需要具备丰富的地质雷达检测经验和专业知识,能够准确解读反射波图像,判断病害的位置和性质。同时,地质雷达设备也需要具备高分辨率、高灵敏度等特性,以确保检测结果的准确性和可靠性。

3.2 红外热像检测

红外热像检测是一种基于物体表面温度分布与内部缺陷相关性的检测技术。它利用红外热像仪拍摄隧道衬砌表面的热像图,通过分析热像图中的温度异常区域,直观地发现衬砌内部存在的空洞、脱空、渗漏水等病害。(1)红外热像检测技术的原理在于,当衬砌内部存在缺陷时,这些缺陷区域的热传导性能会发生变化,导致表面温度分布异常。例如,空洞区域由于空气的热导率较低,会使得该区域的表面温度相对较高;而渗漏水区域由于水分的存在,会使得该区域的表面温度相对较低。通过红外热像仪拍摄的热像图,我们可以清晰地看到这些温度异常区域,从而准确判断病害的位置和范围。(2)红外热像检测技术的优势在于其直观性和非接触性。它不需要对隧道结构进行破坏或接触式测量,就能够快速、准确地发现病害位置,为隧道的维修加固提供有力支持。同时,红外热像检测技术还能够对隧道的整体温度分布进行监测,及时发现并处理潜在的温度异常问题,确保隧道的安全运营^[4]。

3.3 裂缝观测

裂缝是隧道病害中常见的一种形式,它对隧道的结构安全和使用性能构成严重威胁。为了准确评估裂缝对隧道结构安全的影响,我们需要采用裂缝观测仪对裂缝进行精确测量。裂缝观测仪能够精确测量裂缝的宽度、长度和深度等参数,为我们提供详细的裂缝信息。通过定期观测裂缝的发展情况,我们可以分析裂缝的扩展速度和趋势,判断其对隧道结构安全的影响程度。同时,结合全站仪等测量设备,我们还可以监测隧道的变形情况,包括收敛变形和拱顶下沉等,为隧道的维修加固提供全面、准确的数据支持。

4 高速公路桥梁与隧道维护措施

4.1 桥梁维护措施

桥梁作为连接两岸的重要通道,其结构安全直接关系到行车安全。针对桥梁常见的混凝土裂缝问题,维护措施需根据裂缝的宽度和严重程度来制定。当裂缝宽度较小时,可采用表面封闭法进行处理。这种方法使用环氧树脂等高分子材料对裂缝表面进行封闭,形成一层防水、防腐蚀的保护层,有效防止水分和有害介质侵入

裂缝内部,从而减缓裂缝的扩展速度。当裂缝宽度较大时,则需采用压力灌浆法。通过将高强度的灌浆材料注入裂缝内部,填充裂缝空间,恢复混凝土的整体性和承载力,确保桥梁的结构安全。(1)钢筋锈蚀是桥梁病害中的另一大问题。对于锈蚀的钢筋,首先需要进行除锈处理,去除表面的锈蚀层,然后涂抹阻锈剂进行防护,防止钢筋进一步锈蚀。在锈蚀严重的情况下,必要时需对钢筋进行更换,以确保桥梁的承载力和耐久性。(2)支座作为桥梁传力体系的关键部件,其病害同样不容忽视。对于支座病害,可通过调整支座位置、更换损坏的支座部件等方式进行修复。在修复过程中,需确保支座的传力性能得到恢复,保证桥梁在荷载作用下的受力分布均匀,提高桥梁的稳定性。

4.2 隧道维护措施

隧道作为交通网络中的重要组成部分,其维护工作至关重要。针对隧道衬砌裂损问题,我们必须根据裂缝的严重程度,采取灵活多样的处理方法。对于轻微裂缝,表面修补法是一种经济有效的选择。通过涂抹专业的修补材料,可以快速恢复衬砌的完整性和防水性能,防止裂缝进一步扩展。(1)对于严重裂缝,则需要进行更为彻底的加固处理。锚杆加固和增设钢支撑是常用的加固方法,它们能够有效提升衬砌的承载力和稳定性,确保隧道的安全运营。(2)渗漏水是隧道维护中的另一大难题。我们采用堵水和排水相结合的方式,通过注浆堵水技术封堵漏水通道,同时完善排水系统,确保隧道内积水能够及时排出。这样既能防止水分对隧道结构的侵蚀,又能保持隧道内的干燥和清洁。(3)隧道内路面的维护也不容忽视。对于出现的坑槽、拥包等病害,我们必须及时修补,并重新铺设路面材料,以保证路面的平整度和抗滑性能。这不仅能提升行车舒适性,还能有效延长隧道的使用寿命。

4.3 定期维护与监测体系建立

为确保高速公路桥梁与隧道的长期安全运营,建立定期维护制度显得尤为重要。这一制度应根据桥梁与隧

道在交通网络中的重要性、使用频率以及历史维护记录,科学合理地制定维护周期。通过定期的全面检查,可以及时发现结构表面及隐蔽部位的潜在病害,如裂缝、锈蚀、渗漏等,从而采取针对性维护措施,防止病害进一步恶化。与此同时,构建长期的监测体系是提升维护效率与准确性的关键。利用先进的传感器技术,实时监测桥梁与隧道的应力状态、变形情况以及振动特性等关键参数。这些数据不仅反映了结构在当前荷载作用下的响应,还能通过长期积累,揭示结构性能的变化趋势。通过数据分析,我们可以对结构的健康状况进行全面评估,及时发现异常变化,为维护决策提供科学依据。这种基于数据的维护策略,能够确保维护工作的针对性和有效性,避免盲目维护带来的资源浪费^[5]。

结束语

高速公路桥梁与隧道的维护工作是保障交通网络安全、顺畅运行的关键。通过针对性的病害检测与维护措施,我们可以及时发现并处理结构中的潜在问题,确保桥梁与隧道的结构安全和使用性能。定期维护制度的建立与长期监测体系的构建,为桥梁与隧道的维护提供了科学依据和有力支持。未来,我们将继续加强病害检测技术的研发与应用,优化维护策略,提高维护效率,确保高速公路桥梁与隧道长期保持良好的运行状态,为公众提供更加安全、舒适的行车环境。

参考文献

- [1]陈奕.高速公路桥梁检测方法与评定研究[J].中国新技术新产品,2020(14):83-84.
- [2]赵静.高速公路路面检测评价与病害处理措施[J].交通世界,2022(18):127-129.
- [3]董贺辉,姚帅鹏,蒋攀,等.高速公路桥面铺装产生病害的原因及铺装层的大修施工工艺[J].居业,2022(4):17-19.
- [4]李少龙.高速公路桥梁病害处理及养护措施浅谈[J].中国建材科技,2021,30(6):130-132.
- [5]王毅.高速公路桥梁与隧道养护管理的现状与对策浅析[J].四川建材,2021(1):153-154.