

铁路桥梁常见病害分析及加固处理技术

孙光远

天津宏建工程设计咨询有限公司 天津 300143

摘要: 本文聚焦铁路桥梁病害与加固。首先阐述常见病害分类及特征,将其分为主体结构、连接部位和附属结构病害,并说明病害识别方法。接着分析病害成因,包括荷载、环境、施工与运维因素。然后介绍加固处理技术,涵盖混凝土构件、钢筋锈蚀、连接部位加固技术。最后强调加固施工要点与质量控制,涉及前期准备、过程控制和后期养护。旨在为铁路桥梁病害防治与加固提供全面指导,保障桥梁安全稳定运行。

关键词: 铁路桥梁; 常见病害; 病害分析; 加固处理技术

引言: 铁路桥梁作为铁路交通的关键命脉,长期处于复杂服役环境,承受列车荷载与自然侵蚀,不可避免地出现各类病害。这些病害分布于主体结构、连接部位及附属结构,成因涵盖荷载、环境、施工与运维等多方面。病害若不及时处理,将严重影响桥梁安全与使用寿命。为保障铁路桥梁稳定运行,需深入分析病害特征与成因,采用科学有效的加固处理技术。同时,加固施工的前期准备、过程控制及后期养护等环节也至关重要,它们共同构成了保障桥梁加固质量与效果的完整体系,对铁路运输的安全与畅通意义重大。

1 铁路桥梁常见病害分类及特征

铁路桥梁作为铁路交通的关键基础设施,长期处于复杂的服役环境中,承受着列车荷载的反复作用以及自然环境的侵蚀,不可避免地会出现各种病害。这些病害主要集中在桥梁主体构件及连接部位,且由于服役环境、荷载作用等因素的差异,不同部位的病害表现和损伤程度各不相同。

结合桥梁的结构组成,铁路桥梁常见病害可系统划分为主体结构病害、连接部位病害及附属结构病害三大类别。主体结构病害主要涉及梁体、墩台等关键承重构件,常见的有梁体裂缝,其走向和宽度能反映受力状态和损伤程度;墩台的不均匀沉降和倾斜,会严重影响桥梁的整体稳定性。连接部位病害多出现在支座、伸缩缝等位置,支座老化、变形会导致桥梁受力传递不畅,伸缩缝堵塞、失效则会影响桥梁的伸缩性能,进而引发结构附加应力。附属结构病害包括桥面铺装层的破损、栏杆的锈蚀断裂等,这些病害虽不直接危及桥梁结构安全,但会影响行车舒适性和安全性^[1]。

各类病害都具有明确的形态特征,专业技术人员可通过外观观测,如查看构件表面是否有裂缝、剥落、锈蚀等现象,以及现场检测,如采用无损检测技术评估结

构内部损伤情况等方式,对病害进行精准识别。准确识别病害类型和程度,是后续进行病害成因分析以及制定科学合理加固处理方案的重要依据。

2 铁路桥梁常见病害成因分析

2.1 荷载因素影响

铁路桥梁在运营过程中,持续承受着列车荷载的反复作用。列车自身重量产生的静荷载,以及行驶过程中因加速、减速、制动等产生的冲击力、制动力等动荷载,会周期性地施加于桥梁主体构件上。在长期的循环荷载作用下,桥梁构件内部的应力水平不断变化,当应力幅值超过材料的疲劳极限时,构件就会逐渐出现疲劳损伤。

若列车荷载超出桥梁设计时所依据的承载能力标准,或者列车在桥上的荷载分布不均匀,例如列车偏载行驶,会使桥梁某些部位承受过大的应力,加速构件的磨损和开裂进程。长期处于超负荷运行状态下,桥梁结构内部的应力集中现象会愈发严重,混凝土在应力集中区域容易产生剥落,钢筋也会因应力作用而加速锈蚀,这些问题的出现会进一步恶化桥梁的病害程度,降低桥梁的使用性能和安全性^[2]。

2.2 环境因素侵蚀

铁路桥梁所处服役环境复杂多样,自然环境因素的长期侵蚀是引发桥梁病害的重要因素之一。大气中的水分和二氧化碳会与桥梁混凝土中的氢氧化钙发生化学反应,导致混凝土碳化。碳化后的混凝土碱性降低,对钢筋的保护作用减弱,同时还会使混凝土收缩增大,产生裂缝,降低混凝土的强度和耐久性。

在潮湿且含盐量较高的环境,如沿海地区或冬季使用除冰盐的地区,氯离子会渗透到混凝土内部,破坏钢筋表面的钝化膜,引发钢筋锈蚀。钢筋锈蚀后体积膨胀,会导致混凝土保护层开裂、剥落,使钢筋截面减

小、强度下降,严重影响桥梁结构的稳定性。此外,昼夜温差和季节性温差变化会使桥梁构件产生热胀冷缩现象,长期反复作用会在构件内部产生温度应力,导致裂缝的产生和发展,逐步演变为结构性病害。

2.3 施工与运维因素

施工过程中的工艺不规范会为桥梁后续使用埋下病害隐患。在混凝土浇筑环节,若振捣不密实,混凝土内部会存在空隙、蜂窝等缺陷,降低构件的整体性和密实性,影响混凝土的强度和耐久性。钢筋绑扎不规范,如钢筋间距不均匀、搭接长度不足等,会削弱钢筋与混凝土之间的粘结力,降低结构的承载能力。同时,钢筋保护层厚度不足,会使钢筋更容易受到外界环境的侵蚀,加速锈蚀速度。

后期运维不到位也是导致桥梁病害加剧的重要原因。若未按照规定定期对桥梁进行全面检测和细致养护,就无法及时发现早期出现的微小病害,如混凝土表面的细微裂缝、支座的轻微变形等。这些微小病害若得不到及时处理,会在荷载和环境因素的持续作用下逐步发展扩大,最终影响桥梁的整体结构安全,缩短桥梁的使用寿命。

3 铁路桥梁常见病害加固处理技术

3.1 混凝土构件加固技术

铁路桥梁的混凝土构件常出现开裂、强度不足、剥落等病害,严重影响结构安全与正常使用,可采用多种加固技术恢复其性能。(1)粘贴钢板加固技术是将高强度钢板用结构胶粘贴于混凝土构件表面,使钢板与混凝土协同受力。粘贴前需对混凝土表面和钢板进行打磨、清洁处理,确保粘结质量。该技术能有效提升构件承载能力与抗裂性能,尤其适用于混凝土梁、板等受弯构件的加固。(2)喷射混凝土加固技术是借助喷射设备,将按一定比例配制的高强度混凝土喷射到构件表面。它能快速填补构件缺陷,增加构件截面厚度,增强构件整体性与强度,常用于处理混凝土剥落、蜂窝等病害。施工时需控制好喷射距离、角度和速度,保证混凝土密实度。(3)碳纤维布加固技术利用碳纤维布高强度、重量轻、耐腐蚀的特性,将其用专用胶粘贴在混凝土构件表面。碳纤维布能有效约束混凝土变形,提升构件抗裂、抗剪能力,适用于各类混凝土构件加固,且施工便捷,对结构自重影响小^[3]。

3.2 钢筋锈蚀加固技术

在铁路桥梁运营过程中,钢筋锈蚀是较为常见且严重影响桥梁结构安全的病害。钢筋锈蚀后,其有效截面积减小,与混凝土之间的粘结性能降低,进而导致桥

梁构件的承载能力显著下降,因此必须针对性地采取科学有效的加固处理措施。(1)要全面且彻底地清除锈蚀钢筋表面的锈层。可选用专业的除锈剂,按照规定的操作流程进行作业。在除锈过程中,要确保除锈剂与钢筋表面充分接触,以彻底去除钢筋表面的锈蚀物,使钢筋表面恢复洁净状态,同时保证表面具有一定的粗糙度,这有助于增强后续处理材料与钢筋之间的粘结力。(2)对于锈蚀严重、截面损失较大的钢筋,需采用增补钢筋的方式。根据原钢筋的规格、型号以及受力情况,精确计算所需增补钢筋的数量和规格,然后进行安装固定,从而增加钢筋的截面面积,有效恢复钢筋的承载能力,确保桥梁构件的力学性能满足设计要求。(3)对处理后的钢筋及混凝土表面进行严格的防腐处理。可涂抹专业的防腐涂层,如环氧树脂涂层等,或者采用防腐砂浆进行封闭处理,以此隔绝水分、氯离子等侵蚀介质,防止钢筋再次发生锈蚀,延长桥梁结构的使用寿命。

3.3 连接部位加固技术

在铁路桥梁结构体系中,连接部位(例如梁端、桥墩与基础连接部位等)是关键受力与传力区域,然而这些部位却极易出现松动、开裂等病害,对桥梁的整体稳定性构成严重威胁。(1)当连接部位出现缝隙时,灌浆加固技术是一种行之有效的处理方法。通过专业的灌浆设备,将高强度灌浆材料精准注入连接部位的缝隙之中。这些灌浆材料具有优异的流动性和填充性,能够充分填补缝隙,待其凝固后,可显著增强连接部位的粘结力,使原本松散的连接重新变得紧密牢固。(2)对于存在松动情况的连接构件,可采用螺栓紧固以及增设连接件的方式进行处理。根据连接部位的受力特点和实际状况,合理选择螺栓的规格和数量,通过精确的拧紧操作,提升连接部位的牢固性。同时,增设合适的连接件能够进一步增强连接的稳定性,确保在各种荷载作用下连接部位都能可靠工作。(3)若连接部位开裂情况较为严重,粘贴钢板或碳纤维布是常用的加固手段。粘贴前需对开裂部位进行细致处理,保证粘贴面平整、清洁。粘贴后,钢板或碳纤维布能有效约束裂缝的发展,防止裂缝进一步扩大,从而确保连接部位具备良好的受力性能,保障桥梁的安全运营。

4 铁路桥梁加固施工要点及质量控制

4.1 加固施工前期准备要点

铁路桥梁加固施工前期准备工作的质量,直接决定着整个加固工程能否顺利开展以及最终质量能否达标。

(1)施工前,需运用高精度专业检测设备与先进技术,对桥梁病害进行全方位、深层次的检测。不仅要精准判

定病害类型,像混凝土裂缝的走向与宽度、钢筋锈蚀的程度与范围、连接部位松动的具体位置等,还要明确损伤程度,深入分析病害成因,如是由列车荷载反复作用、环境侵蚀,还是施工工艺缺陷导致等,为后续加固提供全面且详实的依据。依据检测结果,组织行业专家进行论证,制定科学合理、切实可行的加固施工方案,详细规划每一道施工工艺,精确设定各项技术参数,合理安排施工流程与进度。(2)精心筹备加固所需的材料与设备。对于采购的材料,严格依照相关标准进行质量检验,仔细查看质量证明文件,并按规定进行必要的抽检复试,确保材料性能完全符合施工要求。对施工设备,提前进行全面调试与细致保养,检查设备运行状况,及时发现并排除故障隐患,保证设备在施工过程中能稳定、高效运行。(3)认真清理施工区域,彻底拆除桥梁表面的杂物、疏松混凝土及破损构件,为加固施工创造整洁、有序的良好作业环境^[4]。

4.2 加固施工过程控制要点

铁路桥梁加固施工过程中,严格把控质量是保障加固效果、确保桥梁安全运营的关键。(1)施工人员必须严格按照施工方案所明确的工艺要求开展作业。对于关键工序,要实施重点控制。例如在粘贴钢板和碳纤维布时,要精准把控粘结剂的涂抹环节,保证其涂抹均匀,使钢板或碳纤维布与原结构粘贴牢固,避免出现气泡、空鼓等缺陷,影响加固结构的整体受力性能。(2)在灌浆施工过程中,要严格控制灌浆压力和灌浆速度。合理的灌浆压力能确保灌浆材料顺利填充缝隙,而适宜的灌浆速度可防止出现空洞、漏浆现象,保证灌浆质量。(3)钢筋处理环节同样不容忽视,要确保钢筋除锈彻底,避免残留锈迹影响钢筋与混凝土的粘结,同时要保证钢筋安装位置准确,符合设计要求。(4)施工过程中要安排专业人员进行实时质量监测,一旦发现问题,立即停止相关作业并及时整改,杜绝质量隐患,保障加固施工质量。

4.3 加固施工后期养护要点

铁路桥梁加固施工完成后,后期养护工作对于确保

加固效果持久稳定起着至关重要的作用。(1)应根据所使用加固材料的独特性能要求,精心制定科学合理的养护方案。严格把控养护环境的温度与湿度,因为温度过高或过低、湿度过大或过小,都可能对加固材料的粘结力和强度发展产生不利影响。例如,某些胶粘剂在特定温湿度条件下才能达到最佳固化效果。(2)安排专业人员定期对加固部位进行细致检查,检查周期可根据实际情况确定。观察加固部位是否存在松动、开裂、剥落等异常情况,一旦发现问题,需立即分析原因并采取针对性措施及时处理,防止问题进一步扩大。(3)要做好加固部位的防腐、防潮处理工作。根据桥梁所处环境,选用合适的防腐、防潮材料,对加固部位进行全面防护,有效延长加固结构的使用寿命,为桥梁的长期稳定运行提供坚实保障^[5]。

结束语

铁路桥梁病害的防治与加固是一项系统且长期的工作,关乎铁路运输的安全与效率。通过对病害的精准分类、深入成因分析,采用针对性加固技术,并严格把控施工前期准备、过程控制及后期养护等环节,可有效恢复桥梁结构性能,延长其使用寿命。未来,随着材料科学与工程技术的发展,铁路桥梁加固技术将不断创新与完善。我们需持续关注行业动态,积累实践经验,不断提升病害防治与加固水平,为铁路桥梁的安全稳定运行提供坚实保障,助力铁路交通事业高质量发展。

参考文献

- [1]万军.桥梁预应力混凝土箱梁腹板斜裂缝成因与加固对策研究[J].工程技术研究,2025,7(17):222-224.
- [2]王琳.铁路桥梁支座常见病害分析与改造方法[J].交通世界(下旬刊),2020(5):74-75.
- [3]薛登宇.铁路桥梁墩台顶帽托盘开裂病害整治分析[J].内蒙古科技与经济,2024(20):135-138.
- [4]董方晏.铁路桥梁隧道施工灌浆技术的应用研究[J].低碳世界,2021,11(5):251-252.
- [5]朱开源.铁路桥梁工程预制T梁安装施工技术[J].工程机械与维修,2023(2):167-169.