道路桥梁施工中的桥梁加固新技术

王海洋

云南交投集团云岭建设有限公司 云南 昆明 650000

摘要：道路桥梁作为交通网络的关键组成部分，其安全性与耐久性直接影响交通运输效率。当前，交通流量增长与荷载持续增加、桥梁结构老化及病害发展等问题，使桥梁加固成为工程领域的重要课题。本文针对道路桥梁施工中的桥梁加固技术展开研究，首先分析桥梁加固的必要性，探讨裂缝、混凝土劣化、伸缩缝损坏等常见病害及成因，继而详细介绍体外预应力加固、粘贴钢板、FRP复合材料加固等新技术，最后展望多元化、材料技术结合化及兼顾经济与加固效果的发展趋势，为桥梁加固工程提供理论与技术参考。

关键词：道路桥梁施工；桥梁加固；新技术

引言：在现代交通体系中，道路桥梁承担着连接区域经济与社会发展的重要功能。然而，随着交通量的急剧增长，桥梁长期承受超设计荷载作用，加之自然环境侵蚀与材料老化，桥梁结构出现裂缝、混凝土剥落、支座失效等多种病害，严重威胁通行安全与使用寿命。桥梁加固技术作为提升结构性能的核心手段，不仅需解决既有病害，更需适应新型材料与工艺的发展需求。本文从桥梁加固的必要性出发，系统分析常见病害成因，梳理新型加固技术的应用现状，并对未来技术发展方向进行展望，为道路桥梁施工中的加固工程提供系统性思路。

1 道路桥梁施工中桥梁加固的必要性

1.1 交通流量增长与荷载增加

随着社会经济的快速发展，交通流量呈爆发式增长，尤其是重载车辆的频繁通行，给桥梁结构带来了巨大压力。据统计，部分城市主干道桥梁日均车流量较建成初期增长超3倍，重载货车比例也显著上升。这些超设计荷载的车辆反复碾压，使桥梁内部应力分布发生改变，导致主梁变形、桥墩基础沉降等问题。若不及时加固，桥梁结构可能因疲劳损伤积累而引发安全事故，严重影响交通通行效率与安全。

1.2 桥梁老化与病害发展

桥梁服役时间的增长不可避免地带来结构老化问题。长期暴露在自然环境中，桥梁材料受紫外线、雨水、温度变化等因素影响，逐渐出现劣化。混凝土桥梁易发生碳化、冻融破坏，钢筋因锈蚀导致截面削弱；钢结构桥梁则面临疲劳裂纹扩展、防腐涂层剥落等病害。以某建成30年的钢筋混凝土桥梁为例，由于混凝土碳化深度超过保护层厚度，大量钢筋锈蚀，导致梁体表面出现大面积裂缝，严重削弱了结构承载能力。

1.3 提高桥梁安全性和耐久性的需求

桥梁作为交通基础设施的关键节点，其安全性与耐久性直接关系到人民生命财产安全和社会稳定。一旦桥梁发生垮塌或严重损坏，不仅会造成交通瘫痪，还可能引发重大人员伤亡与经济损失。近年来，因桥梁安全隐患引发的事故屡见不鲜，敲响了桥梁安全管理的警钟。同时，提升桥梁耐久性有助于降低长期养护成本，避免频繁维修对交通的干扰。通过科学合理的加固措施，可有效改善桥梁结构受力性能，增强其抗灾能力，如提高抗震、抗风性能，延缓结构老化进程^[1]。

2 道路桥梁施工中桥梁常见病害及成因分析

2.1 裂缝病害

裂缝是桥梁结构最常见的病害之一。其成因复杂，主要涉及材料、荷载与环境因素。混凝土收缩与温度变化是引发裂缝的重要诱因，当混凝土硬化过程中水分散失过快，或桥梁结构在温差作用下产生热胀冷缩，易形成温度裂缝和干缩裂缝。此外，车辆超载、基础不均匀沉降等外部荷载，会导致桥梁内部应力集中，引发受力裂缝。长期雨水侵蚀与冻融循环，还会加剧裂缝的扩展与恶化。

2.2 混凝土病害

混凝土桥梁易出现剥落、孔洞、露筋等病害。混凝土碳化是主要成因，空气中的二氧化碳与水泥水化产物反应，导致混凝土碱性降低，钢筋钝化膜被破坏，进而引发锈蚀。钢筋锈蚀产生的膨胀力会使混凝土保护层开裂、剥落。此外，施工过程中混凝土振捣不密实、配合比不合理，或长期受酸雨、盐雾侵蚀，也会加速混凝土劣化，降低结构承载能力。

2.3 伸缩缝病害

伸缩缝病害表现为缝内堵塞、构件断裂、止水带破损等。车辆高速行驶时产生的冲击力，反复作用于伸缩

缝,易造成其内部橡胶条老化、钢构件疲劳断裂。日常养护不到位,导致伸缩缝内泥沙、杂物堆积,限制了桥梁结构的自由伸缩,使伸缩缝受力不均。同时,雨雪天气下,积水渗入伸缩缝内部,加速构件锈蚀,降低伸缩缝的使用性能。

2.4 支座病害

桥梁支座常见病害包括脱空、老化、开裂及移位。设计选型不当或安装偏差,会导致支座受力不均,出现局部脱空现象。橡胶支座长期受车辆荷载振动与紫外线照射,易发生老化、开裂,丧失弹性。此外,地震、碰撞等突发荷载,或桥墩基础沉降,可能引起支座移位,破坏桥梁结构的传力体系,影响桥梁整体稳定性。

2.5 桥面铺装病害

桥面铺装易出现坑槽、车辙、裂缝等问题。车辆频繁制动与加速,使桥面承受较大的水平荷载,导致铺装层与桥面板粘结力下降,出现推移、拥包现象。沥青混凝土铺装层在高温下软化,易产生车辙;低温环境下则变脆,引发开裂。雨水渗入铺装层与桥面板之间,在车辆荷载作用下形成动水压力,加速铺装层破损,降低行车舒适性与安全性。

3 道路桥梁施工中桥梁加固新技术介绍

3.1 体外预应力加固法

体外预应力加固法是在桥梁结构外部设置预应力筋,通过张拉预应力筋对桥梁施加体外预应力,改善结构的受力状态,从而提高桥梁承载能力。施工时,先在梁体外部合适位置安装锚固装置和转向装置,将预应力筋穿过转向装置并锚固在梁体两端,再通过张拉设备对预应力筋进行张拉,使梁体产生反拱,抵消部分荷载作用下的变形和应力。该方法优势显著,施工时无需破坏原结构内部构造,对桥梁正常使用影响小;体外预应力筋便于检查、维护和更换,可延长桥梁使用寿命。不过,体外预应力加固法对锚固和转向装置要求高,若设计或施工不当,易导致应力集中。同时,由于预应力筋暴露在外,需做好防腐防锈措施,增加了维护成本^[2]。

3.2 粘贴钢板加固法

粘贴钢板加固法是采用高性能的建筑结构胶,将钢板粘贴在桥梁混凝土构件表面,使钢板与混凝土形成整体共同受力,从而提高桥梁的承载能力和延性。施工时,先对混凝土表面进行处理,清除灰尘、油污等杂质,打磨至露出新鲜混凝土面;再对钢板进行除锈、打磨处理,按设计要求裁剪合适尺寸。然后将结构胶均匀涂抹在混凝土和钢板表面,迅速将钢板粘贴到预定位置,施加一定压力,确保粘贴密实,待结构胶固化后,

钢板与混凝土协同工作。此方法施工工艺简单,施工周期短,能在不显著增加桥梁自重的情况下,有效提高桥梁承载能力。钢板可根据实际受力情况进行裁剪和布置,灵活性强。但粘贴钢板加固法对施工环境和工艺要求较高,温度、湿度等环境因素会影响结构胶的粘结效果。且钢板长期暴露在外界环境中,易发生锈蚀,需定期维护。

3.3 复合材料加固技术(FRP)

复合材料加固技术(FRP)主要是指纤维增强复合材料,常见的有碳纤维增强复合材料(CFRP)和玻璃纤维增强复合材料(GFRP)。该技术通过将FRP材料用粘结剂粘贴在桥梁混凝土结构表面,利用FRP材料的高强度特性,与原结构协同工作,提高桥梁的承载能力、刚度和耐久性。施工时,先对混凝土表面进行清洁、打磨处理,保证表面平整、干燥;然后将粘结剂均匀涂抹在混凝土表面和FRP材料上,将FRP材料粘贴到预定位置,用滚筒等工具压实,排除空气,使粘结剂充分浸润FRP材料,确保粘结牢固。FRP材料具有轻质高强、耐腐蚀、抗疲劳性能好等优点,其强度远高于普通钢材,而重量仅为钢材的几分之一;且不会像钢材一样发生锈蚀,在恶劣环境下仍能保持良好的力学性能。同时,FRP材料可根据设计要求制成各种形状,施工便捷,对原结构影响小。

3.4 喷射混凝土加固法

喷射混凝土加固法是利用喷射机械,将掺有速凝剂的混凝土拌和料,通过高压空气喷射到桥梁结构的受喷面上,形成混凝土加固层,以增强桥梁结构的整体性和承载能力。施工时,先对需加固的桥梁结构表面进行清理,凿除松动的混凝土、油污等杂质,露出坚实的基层;然后设置钢筋网(根据需要),并对受喷面进行喷水湿润;最后通过喷射机将混凝土拌和料喷射到受喷面上,控制喷射厚度和喷射角度,确保混凝土层均匀、密实,待混凝土凝结硬化后,形成加固层。该方法施工效率高,能在较短时间内完成大面积加固;喷射混凝土与原结构粘结紧密,可填充结构表面的裂缝和孔洞,增强结构的整体性;同时,可根据实际需要调整混凝土配合比和喷射参数,满足不同的加固要求。

3.5 绕丝加固法

绕丝加固法是通过在混凝土构件表面缠绕高强度钢丝,再喷射或涂抹细石混凝土或水泥砂浆,形成复合结构,提高构件的承载能力和延性。施工时,先对混凝土构件表面进行清理、凿毛处理,使其表面粗糙,以增强与绕丝和后续加固层的粘结力;然后按照设计要求,在构件表面等间距布置定位钢筋,将高强度钢丝一端固

定,沿构件表面呈螺旋状缠绕,控制绕丝的松紧程度和间距;绕丝完成后,在表面喷射或涂抹细石混凝土或水泥砂浆,形成保护层,使绕丝、混凝土或砂浆与原构件共同工作。绕丝加固法能有效约束混凝土的横向变形,提高混凝土的抗压强度和延性,尤其适用于混凝土柱的加固;施工工艺相对简单,对施工设备要求不高。

3.6 SRAP加固方法

SRAP加固方法即超高性能活性粉末混凝土(Ultra-High Performance Reactive Powder Concrete)加固法,是利用超高性能活性粉末混凝土优异的力学性能和耐久性对桥梁进行加固。超高性能活性粉末混凝土具有超高强度、高韧性、高耐久性等特点,其强度可达普通混凝土的数倍,且收缩小、抗渗性和抗冻性优异。施工时,先对原桥梁结构进行清理和表面处理,凿除破损、疏松的混凝土;然后根据加固设计要求,在原结构表面设置钢筋网或其他连接件;最后将拌制好的SRAP材料浇筑或喷射到预定位置,通过振捣、压实等工艺确保SRAP材料与原结构紧密结合,形成加固层。该方法能显著提高桥梁结构的承载能力和耐久性,大幅度延长桥梁使用寿命;由于SRAP材料的高韧性,可有效改善桥梁结构的受力性能,增强其抗震能力。

4 道路桥梁施工中新型桥梁加固技术的发展趋势

4.1 多元化加固方法

未来道路桥梁施工中,加固方法将朝多元化方向发展。不再局限于传统的粘贴钢板、增大截面等手段,会融合多种创新思路。例如,针对不同病害与结构特点,将体外预应力加固与纤维增强复合材料加固协同运用,既能通过体外预应力改善结构受力,又能借助纤维材料增强结构耐久性。还会拓展如智能材料自修复加固、3D打印定制化加固等前沿方式,针对特殊部位和复杂病害,精准提供加固方案,全面提升桥梁加固的针对性与有效性。

4.2 结合新型材料和技术

新型材料与技术的融合是必然趋势。超高性能混凝土(UHPC)、高强度纤维等新型材料,因具备高强度、高耐久性等特性,将广泛用于桥梁加固。搭配智能监测技术,可实时掌握加固后桥梁的结构状态。利用传感器感知桥梁的应力、变形等参数,结合大数据分析,及时评估加固效果,实现对桥梁全生命周期的动态管理。通过材料与技术的深度融合,提升桥梁加固质量与长期性能。

4.3 综合考虑加固效果和经济效益

在道路桥梁加固中,会更注重加固效果与经济效益的平衡。一方面,采用先进的加固技术与材料,确保桥梁结构安全、耐久性提升,满足交通发展需求;另一方面,会在方案设计阶段,对加固成本、施工周期、后期维护费用等进行全面评估。例如,优先选用施工便捷、成本较低且效果良好的加固工艺,像快速固化材料用于抢修加固,减少交通中断时间,降低间接经济损失,以最小投入获取最佳加固效果^[1]。

结束语

道路桥梁加固新技术的涌现,为交通基础设施的持续稳固提供了有力支撑。碳纤维加固、体外预应力加固、钢波纹板加固等技术,从提升结构强度、优化受力体系、增强耐久性等多方面,切实解决既有桥梁的病害问题。这些新技术不仅改善了桥梁性能,还兼顾工期、成本与环保需求。随着材料科学、信息技术的发展,未来桥梁加固技术将更智能、高效、绿色。

参考文献

- [1]吴秀.浅谈运营高速公路桥梁维修加固施工技术管理[J].建筑工程技术与设计,2021,(15):714-715
- [2]田延海.道路桥梁施工管理养护及加固维修技术[J].建筑建材装饰,2022,(1):111,205-206
- [3]吴汉武.农村公路桥梁养护与维修加固施工关键技术解析[J].建筑工程技术与设计,2018,(23):2579-2580