

市政道路桥梁工程中的桥梁基础处理与加固技术研究

文 / 王金鑫 济南黄河路桥建设集团有限公司

吴一凡 济南黄河路桥建设集团有限公司

摘要：在市政道路桥梁工程建设中，桥梁作为连接城市各区域的重要交通设施，其质量和稳定性直接关系到城市交通的顺畅和居民出行的安全。然而，随着城市化的快速发展和交通流量的不断增加，市政道路桥梁面临着越来越多的挑战，包括基础处理不当导致的结构失稳、长期荷载作用下的疲劳损伤以及自然环境的侵蚀等。因此，对桥梁基础处理与加固技术的研究显得尤为重要。

关键词：市政道路桥梁工程；桥梁基础处理；加固技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.10.054

引言

市政道路桥梁作为交通网络的关键节点，其稳固性与安全性至关重要。桥梁基础作为桥梁结构的根基，直接关系到整个桥梁的承载能力与使用寿命。然而，在实际工程中，桥梁基础常面临复杂地质条件、长期荷载作用等诸多挑战，容易出现基础沉降、损坏等问题。因此，深入研究并合理应用有效的桥梁基础处理与加固技术，对于保障市政道路桥梁工程的质量、延长其服役寿命、确保交通运输安全，具有不可忽视的现实意义。

一、市政道路桥梁基础施工概述

(一) 桩体结构安全评价

基础结构在道路与桥梁工程中发挥着举足轻重的作用，它犹如建筑的根基，直接关系到整个工程的稳定性与安全性。在道路桥梁工程里，桩体作为基础结构的关键部分，其稳固程度直接影响着道路桥梁的质量与使用寿命。若桩体不稳定、不牢固，极有可能引发道路桥梁的沉降、裂缝甚至坍塌等严重问题，不仅会给交通运输带来极大的安全隐患，还可能造成巨大的经济损失和社会影响。因此，在实际施工作业中，对桩体的结构有着十分严格且精细的评定方法。这些评定方法涵盖了从桩体的材料质量检测、施工工艺把控到成桩后的各项性能指标检验等多个环节，确保桩体能满足设计要求，具备足够的承载能力和稳定性。桥梁评定则是对桥梁在规划使用期限内的使用功能和承载能力进行综合性评价的重要判定方法。从具体内容上讲，桥梁评价主要围绕桥梁使用价值、使用功能和结构承载力等三个核心方向有条不紊地开展。通过这一全面且系统的评价过程，可以较为客观、精准地知晓原设计或重新设计的工作性能及承载能力是否具备相应性能要求。这一评价结果意义重大，它能为桥梁后续的养护、维修和加固提供科学、可靠的指导意见，使桥梁始终保持良好的运行状态，延长其使用寿命。现行的《公路桥涵养护规范》(JTG5120-2021)将桥梁的评定细致地划分成一般评定和适用性评定(见表1)。一般评价主要通过定期、严谨地查阅桥梁状况资料，从多个维度对桥梁各部件性能进行全面、深入的评价，进而得出桥梁技术状况等级，为桥梁的整体状况提供一

个宏观的评估。而桥梁的适用性评价则更为复杂和综合，它巧妙地将常规检查和特殊检查有机融合起来，同时紧密结合相关试验监测分析结果，最终精准确定桥梁的实际承载力、通行能力、抗洪能力等一系列重要指标是否达到使用要求。值得特别注意的是，承载能力和通行能力作为现行载荷标准或现行交通量的重要指标，在实际市政桥梁设计过程中，绝不能仅仅着眼于当下，还要充分考虑远期交通量的增长趋势及其对桥梁使用性能可能产生的深远影响。只有这样，才能确保桥梁在未来较长时间内都能安全、高效地服务于交通运输事业。

表1 桥梁评定分类表

桥梁的评价系统	适用性评价	使用价值评定 承载能力评定 通行能力评定 泄洪能力评定
	一般评价	外观调查评定 分析计算评定 载荷试验评定 专家系统评定

(二) 工程表面腐蚀问题

市政道路桥梁长期暴露在自然环境中，工程表面容易受到腐蚀的威胁。桥梁基础部分，尤其是处于地下水位以下或靠近海边等特殊环境的基础，受到的腐蚀更为严重。导致工程表面腐蚀的因素众多。化学腐蚀方面，土壤中的酸碱度、地下水中的各种化学成分等都可能与桥梁基础材料发生化学反应，造成材料的侵蚀。电化学腐蚀也是常见的腐蚀形式，当基础材料存在电位差时，会形成微小的原电池，加速材料的腐蚀。

(三) 建筑施工中产生裂缝

在市政道路桥梁基础施工过程中，裂缝问题较为常见。裂缝的出现不仅影响桥梁的外观质量，更可能削弱结构的承载能力，降低桥梁的耐久性。裂缝产生的原因复杂多样。混凝土材料的特性是一个重要因素，混凝土在凝结硬化过程中会产生收缩变形，如果受到约束，就容易产生裂缝。施工工艺不当也会导致裂缝的出现，例如混凝土浇筑时振

捣不密实、浇筑速度过快、养护不及时等。此外，基础不均匀沉降、温度变化等外界因素也可能引发裂缝。

二、国内桥梁工程基础施工技术

(一) 明挖基础

明挖基础在桥梁基础施工领域占据着重要地位，是一种应用颇为广泛的基础施工方法，尤其适用于浅埋基础且地质条件相对良好的工程环境。其施工流程虽相对直接，但每一个环节都至关重要。施工伊始，需依据基础设计的精确尺寸，对施工现场进行细致的场地平整工作，并通过精准的测量放线，明确无误地确定开挖边界，为后续施工奠定坚实基础。在开挖阶段，地质状况是决定开挖方式的关键因素。若是遇到较为松散的土层，边坡稳定性面临挑战，此时就必须采取有效的支护措施。钢板桩支护凭借其高强度和良好的柔韧性，能够为边坡提供可靠支撑；土钉墙支护则通过与土体形成复合体，增强土体的稳定性，有效防止边坡坍塌事故的发生。当基坑开挖至设计标高后，基底处理成为重中之重。通过夯实，可使基底土体更加密实，提高其承载能力；换填则能针对土质不佳的情况，用优质材料替换原有土体，进一步提升基底的承载性能。完成基底处理后，便依次进行钢筋绑扎、模板安装以及混凝土浇筑等工作，每一道工序都严格遵循施工规范，最终顺利完成基础施工。

(二) 桩基施工技术

国内桩基施工技术主要分为钢筋混凝土预制桩和现浇桩这两大类型。其中，现浇桩又进一步细分为钻孔

灌注桩和打入桩两种。打入桩施工具有良好的通用性，尤其适合标准化、规模化的流水线作业模式。在实际施工过程中，需将钢筋混凝土桩插入地下含土层约40cm左右。值得注意的是，钢筋的使用间距并没有严格固定的要求，施工人员可根据具体施工需求灵活调整，以确保施工顺利进行。这种施工方式能够高效地完成桩基作业，为后续工程奠定坚实基础。而钻孔灌注桩技术凭借工艺简单、便于维护等诸多优点，在实际桩基工程施工中展现出独特优势。在施工时，通常采用标号不小于C15的混凝土，并配合使用一定数量的钢筋。这些钢筋与混凝土协同作用，能起到更好的固定支撑效果，有效增强桩基的承载能力，保障建筑物的稳定性。在桩基础受力计算方面，借助简化的钻孔灌注摩擦桩单桩轴向模型，能够精确计算出承台底面以上的竖直方向基桩允许承受的最大载荷。其中，桩壁土的平均极限摩阻力是计算灌注摩擦桩与周围土层摩擦力的一个关键参数。从表2统计的数据可以清晰看出，随着土层自身硬度和砂岩颗粒度上升，各土层与桩壁的极限摩阻力总体呈增大趋势。例如，单位面积流塑黏土、亚黏土与桩基的极限摩阻力为20~30kPa，而硬塑亚黏土、粗砾石的极限摩阻力分别达到了55~85kPa和130~180kPa。这些数据为施工人员在不同地质条件下合理选择桩基施工技术和计算桩基承载能力提供了重要依据。

表2 各土层与桩壁的极限摩阻力统计

土类	极限摩阻力(kPa)	土类	极限摩阻力(kPa)
中密炉渣、粉煤灰	40~60	硬塑亚粘土、亚粘土	55~85
流塑粘土、亚粘土	20~30	粉砂、细砂	35~55
软塑粘土	30~50	中砂	40~60
硬塑粘土	50~80	粗砂、砾砂	60~140
硬粘土	80~120	砾石(含圆砾、角砾)	130~180
软塑亚粘土、亚粘土	35~55	碎石、卵石	160~400

(三) 管柱基础施工技术

管柱基础施工技术是一种专门针对特殊地质条件设计的桥梁基础施工方法，在深水、厚覆盖层、岩面起伏较大等复杂地质环境中展现出独特的优势。该技术通过将预制的大直径钢管柱或钢筋混凝土管柱沉入地下，为桥梁提供强大而稳定的支撑结构。在管柱基础施工过程中，管柱的制作和运输是确保工程质量的首要环节。无论是钢管柱还是钢筋混凝土管柱，都需要在制作过程中严格把控质量，确保其尺寸精度、强度和耐久性符合设计要求。制作完成后，要采用合适的运输方式将管柱安全、准确地运抵施工现场，避免在运输过程中造成管柱损伤。管柱的下沉是整个施工过程的关键步骤。通常采用振动下沉、射水下沉等方法，将管柱精确沉入设计标高。振动下沉利用振动设备产生的振动力，使管柱周围的土体松动，从而顺利下沉；射水下沉则是通过高压水枪喷射

水流，冲松管柱底部的土体，辅助管柱下沉。在下沉过程中，需要实时监测管柱的垂直度和下沉深度，确保其符合设计要求。管柱下沉到位后，还需要对管柱内进行一系列精细处理。首先是清孔，清除管柱内的杂物和泥浆，保证管柱内部清洁；然后进行封底处理，防止地下水和土体进入管柱内部，影响基础的稳定性。最后，在管柱内浇筑混凝土，形成完整而坚固的基础结构。

(四) 地下连续墙基础施工

地下连续墙基础施工是一项精细且关键的桥梁基础建设技术。它通过在地面上沿着基础的周边，运用诸如液压抓斗成槽机、多头钻成槽机等专门的成槽设备，精准开挖出一定深度的沟槽。这一过程中，操作人员需凭借丰富经验和专业技能，根据不同地质条件灵活调整设备参数，以确保沟槽深度和宽度符合设计标准。在槽内吊放精心制作的钢筋笼后，便开始浇筑混凝土，最终形

成一道连续且坚固的地下墙体。地下连续墙基础具有众多突出优点。因其无需大面积开挖，对周围环境影响极小，能有效减少对周边建筑物和地下管线的扰动。墙体刚度大，可承受巨大荷载，防渗性能更是卓越，能为桥梁提供稳固支撑。施工过程中，各个关键环节都不容小觑。成槽施工务必保证槽壁的垂直度和稳定性，否则会影晌后续工序及墙体质量。泥浆护壁作为防止槽壁坍塌的关键措施，要严格把控泥浆的各项性能指标。钢筋笼的制作必须严格依照设计要求，确保尺寸精准、钢筋连接牢固；吊放时要采用专业的起吊设备和科学的操作方法，防止其变形。混凝土浇筑过程中，要确保连续、均匀，避免出现断桩、蜂窝麻面等质量问题，从而保障墙体的整体质量。

三、市政公路桥梁加固技术

(一) 增大截面加固技术

增大截面加固技术在桥梁结构加固领域应用广泛，旨在通过增加构件的截面尺寸，有效提升其承载能力，适用于梁、板、柱等多种结构构件。针对梁体加固，在梁底部或侧面增加混凝土层并合理配置钢筋是常见做法。施工前，对原结构表面的处理至关重要，需彻底清除油污、松动部分等，以保障新旧混凝土良好黏结。绑扎新增钢筋时，要严格按照设计要求确定钢筋规格、间距。支设模板需保证其稳固性与密封性，防止漏浆。浇筑混凝土过程中，要振捣密实，确保新增部分与原结构形成整体。该技术工艺简单、可靠性强且成本合理，但增加结构自重、影响外观以及对施工空间和时间有一定要求，这些因素在实际应用中需综合考量。

(二) 粘贴钢板加固技术

粘贴钢板加固技术是提升桥梁结构构件承载与抗变形能力的有效手段。施工伊始，对原结构和钢板表面细致处理是关键，只有彻底去除油污、铁锈等杂质，才能显著提高黏结效果。涂抹黏结剂时，要保证均匀且厚度适宜，使钢板与结构表面充分接触。将钢板精准粘贴到预定位置后，施加稳定压力，让黏结剂填满缝隙，确保二者紧密结合。此技术优势明显，施工速度快，能在短时间内完成加固工作，对结构外观影响微乎其微，也不会过多增加结构自重。然而，黏结剂质量与耐久性直接关乎加固成效，所以必须选用质量可靠的黏结剂，并做好防潮、防老化等防护措施，以保障加固效果的长期稳定。

(三) 粘贴纤维复合材料加固技术

粘贴纤维复合材料加固技术近年来在桥梁加固中备受青睐，常用的碳纤维、玻璃纤维等材料性能优异。其原理是借助黏结剂将高强度的纤维复合材料粘贴于结构构件表面，充分发挥纤维材料特性提升构件承载能力。施工时，原结构表面处理要到位，保证平整、干净。按照设计要求精确裁剪纤维复合材料，确保尺寸准确无误。粘贴过程中，需用专用工具压实，排出

空气，保证黏结牢固。该技术优点众多，强度高能够大幅提升结构性能，重量轻不会对结构自重造成过多负担，耐腐蚀可适应恶劣环境，施工方便能缩短工期。

(四) 体外应力加固技术

体外应力加固技术通过在桥梁结构外部巧妙设置预应力筋，对结构施加预应力，从而显著提高其承载能力与抗裂性能。体外预应力筋一般布置在梁体腹板外侧或箱梁内部，以实现结构的有效加固。施工时，锚固装置和转向装置的安装必须精准无误，为预应力筋的顺利穿入和后续张拉奠定基础。穿入预应力筋后，严格按照设计要求进行张拉和锚固操作，确保预应力施加准确。该技术施工便捷，无需对原结构进行大规模拆除或改动，对原结构损伤极小，甚至可以在不中断交通的情况下开展加固工作，最大限度减少对交通的影响。但体外预应力筋长期暴露在外环境中，其耐久性至关重要，必须采取如涂覆防腐涂层、设置密封保护套等有效防腐措施，确保预应力筋长期性能稳定可靠。

结语

市政道路桥梁工程的基础处理与加固技术对于保障桥梁的安全与稳定至关重要。通过对桩体结构安全评价、工程表面腐蚀问题和建筑施工中裂缝等基础施工问题的分析，我们明确了施工过程中的关键控制点。国内常用的桥梁工程基础施工技术，如明挖基础、桩基施工技术、管柱基础施工技术和地下连续墙基础施工，各有其适用范围和特点，施工人员应根据具体工程情况合理选择。在桥梁加固方面，增大截面加固技术、粘贴钢板加固技术、粘贴纤维复合材料加固技术和体外应力加固技术为不同类型和损坏程度的桥梁提供了有效的加固手段。每种加固技术都有其优缺点，在实际应用中需要综合考虑工程要求、经济成本、施工难度等因素，选择最合适的加固方案。

参考文献

- [1] 邓彪. 市政道路桥梁工程中的桥梁基础处理与加固技术研究[J]. 建材发展导向, 2024, 22(14): 85-87.
- [2] 翟长山. 桥梁工程维修与加固技术研究与应用[J]. 新城建科技, 2024, 33(03): 145-147.
- [3] 俞海鹏. 桥梁施工技术现状及发展趋势研究[J]. 运输经理世界, 2022, (19): 70-72.
- [4] 陈孟林. 桥梁结构加固设计原则及方法分析[J]. 运输经理世界, 2022, (05): 67-69.
- [5] 于天池. 公路桥梁加固施工技术的应用研究[J]. 智能城市, 2021, 7(09): 138-139.
- [6] 杨玉强. 隧洞中桥梁基础施工与围岩加固综合处理技术[J]. 价值工程, 2013, 32(04): 105-106.
- [7] 张开顺, 申家喜. 桥梁基础岩溶注浆堵水加固技术[J]. 西部探矿工程, 2006, (05): 272-274.