

# 邻近地铁基坑桥梁保护措施研究

胡 成

中国水利水电第七工程局有限公司 四川 成都 610000

**摘要:** 随着城市化进程的加速, 地铁建设日益频繁, 邻近地铁基坑的桥梁保护问题愈发凸显。本文深入探讨了基坑施工对邻近桥梁的影响及相应的保护措施。通过分析基坑开挖引起的土体位移、地层应力变化及施工震动等因素, 结合加固围护结构、土体加固、减震隔震、设置隔离桩或地下连续墙等多样化措施, 提出了一套综合保护方案。研究旨在确保地铁施工期间邻近桥梁的安全稳定, 为城市地下空间开发提供有力支持。

**关键词:** 邻近地铁基坑; 桥梁; 保护措施

**引言:** 随着城市地铁建设的不断推进, 邻近地铁基坑的桥梁安全保护问题日益凸显。基坑开挖导致的土体位移、地层应力变化等, 对桥梁结构的安全稳定构成严重威胁。因此, 深入研究邻近地铁基坑桥梁的保护措施, 对于保障桥梁安全、维护城市交通顺畅具有重要意义。本研究旨在通过综合分析各种影响因素, 提出有效的保护措施, 为类似工程提供科学参考和技术支撑。

## 1 国内外研究现状

### 1.1 基坑施工对邻近结构物影响的研究进展

#### 1.1.1 国内外相关研究成果综述

国内外学者在基坑施工对邻近结构物影响的研究方面取得了显著成果。在国内, 针对深基坑开挖对周边建筑物、桥梁等结构物的影响, 进行了大量的现场监测、数值模拟和理论分析。研究表明, 基坑开挖会引起周边土体的位移和变形, 进而对邻近结构物的稳定性造成威胁。在国外, 相关研究起步较早, 已经形成了较为完善的理论体系, 包括基坑开挖引起的土体应力场和位移场变化、邻近结构物的受力分析等方面的研究。

#### 1.1.2 研究热点与存在的问题

当前, 研究热点主要集中在基坑施工过程中的土体变形控制、邻近结构物的安全评估与加固措施等方面。随着城市地下空间的不断开发, 基坑开挖深度逐渐增加, 对邻近结构物的影响也愈发显著。然而, 目前仍存在一些亟待解决的问题, 如基坑开挖引起的土体变形预测精度不高、邻近结构物的受力分析模型不够完善等。

### 1.2 桥梁保护措施的多样化分析

#### 1.2.1 现有保护措施的优缺点

目前, 桥梁保护措施主要包括加固围护结构、设置减震装置、采用隔离桩或地下连续墙等。加固围护结构能够增强桥梁基础的稳定性, 但施工难度较大; 设置减震装置可以有效减小地震等自然灾害对桥梁的影响, 但

成本较高; 隔离桩或地下连续墙则能够隔离基坑开挖对桥梁的直接影响, 但可能对周边环境造成破坏。

#### 1.2.2 新型保护技术的应用前景

随着科技的不断发展, 新型保护技术如智能监测系统、自适应加固技术等逐渐应用于桥梁保护中。智能监测系统能够实时监测桥梁的结构状态, 及时发现潜在安全隐患; 自适应加固技术则能够根据桥梁的受力情况自动调整加固方案, 提高加固效果。这些新型保护技术的应用前景广阔, 将为桥梁保护提供更为有效的手段。

## 2 基坑施工对邻近桥梁的影响分析

### 2.1 基坑施工过程中的主要影响因素

(1) 土体位移与变形。基坑施工过程中, 由于开挖卸载和土体应力状态的改变, 周围土体往往会发生位移和变形。这种位移和变形不仅影响基坑本身的稳定性, 还可能对邻近桥梁造成直接或间接的影响。土体的水平位移可能导致桥梁基础的侧向挤压, 而垂直位移则可能引起桥梁基础的沉降或抬升, 进而影响桥梁的整体稳定性。(2) 地层应力变化。基坑开挖导致地层应力重新分布, 这会对邻近桥梁的地基产生影响。地基应力的改变可能导致桥梁基础的承载力下降, 进而引发桥梁的沉降或倾斜。此外, 地层应力的变化还可能引起桥梁结构的附加内力, 增加结构损伤的风险<sup>[1]</sup>。(3) 施工震动与噪音。基坑施工过程中的机械振动和噪音也可能对邻近桥梁产生影响。振动可能导致桥梁结构的动态响应, 如共振现象, 进而加剧结构的损伤。而噪音虽然主要影响人体健康和环境舒适度, 但在极端情况下, 强烈的施工噪音也可能对桥梁结构的稳定性产生间接影响, 如引起人员操作失误或加速结构材料的老化。

### 2.2 影响因素对桥梁结构的具体作用机制

(1) 桥梁基础的沉降与倾斜。基坑施工引起的土体位移和变形, 特别是垂直方向的位移, 往往导致桥梁基

础的沉降。当沉降不均匀时,还可能引起桥梁的倾斜。沉降和倾斜不仅影响桥梁的正常使用,还可能加剧结构的疲劳损伤,降低桥梁的安全性。(2)桥梁结构的附加应力与损伤。地层应力的变化和施工震动可能导致桥梁结构承受额外的应力。这些附加应力可能超出桥梁设计的承载能力,引发结构损伤,如裂缝、变形等。长期承受附加应力还可能加速桥梁结构的老化过程,缩短使用寿命。(3)长期影响与潜在安全隐患。基坑施工对邻近桥梁的长期影响不容忽视。土体的持续变形和地基应力的长期变化可能导致桥梁结构性能的逐渐退化。此外,施工过程中的潜在安全隐患,如施工设备的意外碰撞、施工材料的堆放不当等,也可能对桥梁结构造成直接损害。因此,在基坑施工过程中,必须充分考虑邻近桥梁的安全问题,采取有效的保护措施。

### 3 邻近地铁基坑桥梁保护措施研究

#### 3.1 提高围护结构强度的加固措施

(1)围护结构的设计原则与材料选择。围护结构作为地铁基坑与桥梁之间的重要屏障,其设计需遵循安全可靠、经济合理、便于施工的原则。在设计过程中,需充分考虑基坑深度、地质条件、周边环境等因素,确保围护结构能够承受土体侧压力、地下水压力以及施工荷载。材料选择上,通常采用钢筋混凝土、型钢等高强度材料。钢筋混凝土具有良好的整体性和耐久性,适用于大多数地质条件;型钢则具有强度高、施工速度快的优点,常用于紧急加固或临时支护<sup>[2]</sup>。(2)加固方法的实施步骤与效果评估。常用的围护结构加固方法包括增设支撑、加厚墙体、采用预应力技术等。以增设支撑为例,实施步骤如下:首先,对基坑及周边环境进行详细勘察,确定支撑的布置位置和形式;然后,进行支撑结构的设计与施工,确保支撑与围护结构可靠连接;最后,在施工过程中对支撑的受力情况进行实时监测。效果评估主要通过监测围护结构的变形、内力以及桥梁的沉降等指标,对比加固前后的数据,判断加固措施是否达到预期效果。

#### 3.2 土体加固与稳定措施

(1)土体加固技术的类型与应用场景。土体加固技术是保障桥梁稳定的重要手段。常见的土体加固技术包括注浆加固、深层搅拌桩加固、高压旋喷桩加固等。注浆加固通过向土体中注入浆液,填充土体孔隙,提高土体的密实度和强度,适用于砂性土、粉土等松散地层;深层搅拌桩加固利用搅拌机将水泥浆与土体强制搅拌,形成水泥土桩体,增强土体的整体性和承载能力,常用于软土地基;高压旋喷桩加固则是利用高压喷射流

切割土体,使水泥浆与土体混合凝固,形成加固桩体,可用于多种复杂地质条件。(2)稳定措施对桥梁保护的作用机理。土体加固与稳定措施通过提高土体的强度和稳定性,减少基坑开挖引起的土体变形,从而降低对桥梁的影响。加固后的土体能够更好地传递和分散荷载,限制土体的侧向位移和沉降,使桥梁基础处于相对稳定的环境中。例如,深层搅拌桩形成的水泥土桩体与周围土体共同作用,形成复合地基,提高地基的承载能力,减小桥梁的沉降量<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 减震与隔震措施

(1)减震垫、隔震支座等技术的应用。减震垫和隔震支座是常见的减震与隔震技术。减震垫通常采用橡胶、高分子材料等制成,具有良好的弹性和耗能性能,可安装在桥梁基础与土体之间,吸收和耗散地震或施工引起的振动能量,减少振动对桥梁结构的影响。隔震支座则通过特殊的设计,允许桥梁在一定范围内发生水平位移,延长结构的自振周期,降低地震作用下的响应。在邻近地铁基坑施工中,合理设置减震垫和隔震支座,可有效减轻施工振动对桥梁的损害。(2)减震与隔震效果的数值模拟与实地监测。为评估减震与隔震效果,常采用数值模拟和实地监测相结合的方法。数值模拟利用有限元软件,建立桥梁-土体-减震(隔震)装置的三维模型,模拟不同工况下的振动响应,分析减震垫和隔震支座的工作性能和效果。实地监测则通过在桥梁关键部位安装加速度传感器、位移传感器等设备,实时采集振动数据,与数值模拟结果进行对比验证,确保减震与隔震措施达到预期效果。

#### 3.4 隔离桩与地下连续墙的保护作用

(1)隔离桩与地下连续墙的设计原理。隔离桩和地下连续墙通过在基坑与桥梁之间形成一道隔离屏障,阻断土体变形的传播路径,从而保护桥梁。隔离桩一般采用钻孔灌注桩,其设计需考虑桩径、桩长、间距等参数,以确保能够有效隔离土体变形。地下连续墙则是在地下连续浇筑钢筋混凝土形成的墙体,具有挡土、止水 and 隔离的多重功能。其设计需根据地质条件、基坑深度和荷载情况,确定墙体的厚度、配筋和嵌入深度<sup>[4]</sup>。(2)在桥梁保护中的实际应用与效果分析。在实际工程中,隔离桩和地下连续墙已广泛应用于邻近地铁基坑的桥梁保护。通过对多个工程案例的分析发现,合理设置隔离桩和地下连续墙能够显著减少桥梁的沉降和水平位移。例如,某地铁基坑邻近一座重要桥梁,采用地下连续墙作为隔离措施后,桥梁的沉降量控制在允许范围内,保障了桥梁的正常使用。同时,通过对隔离桩和地

下连续墙的变形监测,可及时了解其工作状态,为后续工程提供参考依据。

#### 4 工程实例分析

##### 4.1 工程概况与施工条件

###### 4.1.1 工程背景与地理环境

某市地铁4号线某标段施工过程中,地铁基坑紧邻一座建于上世纪80年代的城市桥梁。该桥梁为三跨预应力混凝土连续梁桥,全长120米,桥宽20米,承担着城市主要交通流量。地铁基坑开挖深度达15米,基坑边缘距离桥梁桩基最近处仅8米。工程区域地处长江三角洲冲积平原,地质条件复杂,主要由淤泥质黏土、粉土和砂土组成,地下水位较高,埋深约1.5米。周边建筑物密集,交通流量大,施工场地受限,对桥梁保护和施工安全提出了极高要求。

###### 4.1.2 施工过程中的主要挑战与难点

(1)复杂的地质条件使得基坑开挖过程中极易出现土体变形和坍塌风险,对桥梁桩基的稳定性构成威胁。(2)地铁基坑与桥梁距离过近,施工过程中产生的振动、土体扰动等会导致桥梁产生不均匀沉降,可能引发桥梁结构裂缝甚至破坏。(3)施工场地狭小,大型机械设备操作空间有限,增加了施工难度和安全风险。(4)桥梁日常交通流量大,无法长时间封闭施工,需要在确保桥梁正常通行的前提下进行保护措施的実施和地铁施工。

##### 4.2 保护措施的實施与效果

###### 4.2.1 采取的具体保护措施

在提高围护结构强度方面,采用了厚度1.2米的地下连续墙作为基坑围护结构,并在墙体內增设了多道预应力钢支撑,增强围护结构的承载能力。土体加固上,对桥梁周边及基坑底部土体采用高压旋喷桩加固技术,形成加固土体帷幕,提高土体稳定性。减震与隔震措施方面,在桥梁支座处安装了高阻尼橡胶隔震支座,减少施工振动对桥梁的影响。同时,设置了隔离桩,在地铁基坑与桥梁之间形成一道隔离屏障,阻断土体变形的传递。

###### 4.2.2 保护措施对桥梁结构安全的提升效果

施工过程中,对桥梁进行了实时监测,监测数据显示,桥梁的最大沉降量控制在5毫米以内,水平位移小于3毫米,均满足规范要求。桥梁结构未出现明显裂缝和异常变形,确保了桥梁在地铁施工期间的正常使用。此外,这

些保护措施也为后续类似工程提供了成功范例,验证了综合保护措施在邻近地铁基坑桥梁保护中的有效性。

##### 4.3 经验总结与教训汲取

###### 4.3.1 成功经验与可借鉴之处

(1)在工程前期进行详细的地质勘察和桥梁结构检测,全面了解工程条件,为保护措施的设计提供了准确依据。(2)采用多种保护措施相结合的综合方案,从围护结构、土体加固、减震隔震等多个方面进行防护,形成了完整的保护体系。(3)施工过程中的实时监测和动态调整机制,能够及时发现问题并采取措​​施,确保了保护措施的有效性。这些经验在后续同类工程中具有重要的借鉴价值。

###### 4.3.2 存在的问题与改进措施

尽管保护措施取得了良好效果,但仍存在一些问题。例如,部分保护措施的施工成本较高,影响了工程的经济效益。此外,由于施工场地限制,部分保护措施的施工效率较低,延长了工期。针对这些问题,后续工程可进一步优化保护措施的设计方案,在保证安全的前提下降低成本。同时,加强施工组织和管理,采用更先进的施工工艺和设备,提高施工效率,缩短工期。

##### 结束语

综上所述,邻近地铁基坑桥梁保护措施的研究是确保城市地下空间开发安全的关键。本文通过深入分析基坑施工对桥梁的影响,探讨了加固围护结构、土体加固、减震隔震及隔离屏障等多种保护措施的有效性。未来,随着技术的进步和工程实践的积累,应不断优化和完善保护措施,以更好地应对复杂地质条件和城市环境带来的挑战,保障城市基础设施的安全与可持续发展。

##### 参考文献

- [1]宁广为,任瑞雪.基于组合桩在深基坑支护体系的桥梁深基坑设计方案[J].中国建筑金属结构,2025,(03):43-44.
- [2]詹谷益,张文明.考虑对邻近桥梁不利影响的基坑开挖支护设计[J].山西建筑,2020,(05):47-48.
- [3]刘进,王凯.深基坑施工对既有临近桥梁的影响分析及防护措施[J].珠江水运,2022,(09):93-94.
- [4]林章凯.深基坑施工对既有地铁隧道的影响及保护措施研究[J].福建建筑,2021,(09):108-109.