

# 特殊地质条件下长大桥梁基础施工关键技术研究

陈秀华

420122\*\*\*\*\*0014

**摘要:** 随着交通基础设施建设向复杂地质区域纵深推进,特殊地质条件下长大桥梁基础施工成为工程建设领域的重点与难点。特殊地质环境如岩溶、深厚软土等,易导致基础施工出现塌孔、承载不足等问题,严重影响工程安全与进度。本文基于特殊地质工程特性,分析其对长大桥梁基础施工的影响机理,探讨基础选型优化、施工工艺改良、质量安全控制等关键技术,结合技术创新应用路径展开研究。研究成果可为特殊地质区域长大桥梁基础施工提供技术参考,助力提升工程建设质量与效益,推动相关施工技术体系的完善与发展。

**关键词:** 特殊地质; 长大桥梁; 基础施工; 工艺改良

**DOI:** 10.64216/3104-9664.25.03.035

## 引言

在我国交通网络不断完善的背景下,长大桥梁作为跨区域交通的关键枢纽,建设范围逐渐覆盖岩溶、冻土、深厚软土等特殊地质区域。特殊地质条件具有复杂性、不确定性等特点,给长大桥梁基础施工带来诸多制约。基础工程作为桥梁的核心承重结构,其施工质量直接决定桥梁整体稳定性与使用寿命。当前,特殊地质条件下长大桥梁基础施工仍面临技术适配性不足、风险防控难度大等问题。因此,开展特殊地质条件下长大桥梁基础施工关键技术研究,对于解决工程实际难题、提升施工技术水平、保障工程安全具有重要的现实意义与工程价值。

## 1 特殊地质对长大桥梁基础施工的影响

### 1.1 典型特殊地质及工程特性

特殊地质类型丰富,常见的包括岩溶地质、深厚软土地质、冻土地质以及强风化岩地质等。不同类型的特殊地质具有独特的工程特性,对桥梁基础施工的影响存在差异。岩溶地质由于存在溶洞、溶隙等地质构造,导致地基承载力不均匀,易引发基础沉降或失稳;深厚软土地质具有含水量高、压缩性大、承载力低的特点,会增加基础施工过程中的沉降控制难度;冻土地质受温度变化影响显著,冻融循环易导致地基土性质改变,影响基础的稳定性;强风化岩地质则因岩石风化程度高,完整性差,在施工过程中易出现坍塌等问题。明确各类特殊地质的工程特性,是开展后续施工技术研究的基础。

### 1.2 基础施工核心技术难点

特殊地质条件下长大桥梁基础施工面临诸多核心技术难点。在钻孔施工环节,岩溶地质中的溶洞易导致

钻孔漏浆、塌孔,增加成孔难度;深厚软土地质中钻孔易出现缩径、孔壁坍塌等问题。基础承载方面,特殊地质地基承载力不均匀,难以满足长大桥梁基础的承载要求,如何提升基础承载稳定性成为关键难点。施工过程中的沉降控制也面临挑战,深厚软土、冻土等地质条件下,基础施工及运营阶段的沉降量较大,易引发桥梁结构变形。特殊地质区域的施工环境复杂,施工设备选型、施工工艺适配等也存在诸多技术难题,制约了施工效率与质量的提升。

### 1.3 对基础承载稳定性的影响机理

特殊地质条件通过多种途径影响长大桥梁基础的承载稳定性。从地质构造角度,岩溶地质的溶洞、溶隙会降低地基的有效承载面积,导致基础受力不均,长期荷载作用下易出现局部沉降过大,进而影响整体承载稳定性;强风化岩地质的岩石强度低、完整性差,无法为基础提供可靠的支撑,易引发基础滑移或坍塌。从土体性质角度,深厚软土的高压缩性会使基础在荷载作用下产生较大的沉降变形,超过允许范围则会破坏基础与上部结构的连接整体性;冻土的冻融循环会导致土体体积变化,产生冻胀力和融沉变形,反复作用下会削弱基础的承载能力。明确这些影响机理,可为后续制定针对性的技术措施提供理论依据。

## 2 基础选型优化技术

### 2.1 地质适配性筛选原则

特殊地质条件下长大桥梁基础选型需遵循地质适配性筛选原则。该原则以地质勘察结果为核心依据,充分考虑各类特殊地质的工程特性与施工难度。在选型过程中,需优先保证基础与地质条件的适配性,确保基础

能够有效适应地质环境的变化,提升承载稳定性。还需兼顾施工可行性与经济性,在满足工程质量要求的前提下,选择施工工艺相对简单、造价合理的基础类型。此外,还应考虑桥梁的结构形式、荷载特性等因素,实现基础选型与桥梁整体结构的协同适配,避免因基础选型不当导致工程隐患。

## 2.2 不同地质区域选型优化

针对不同类型的特殊地质区域,需采取差异化的基础选型优化方案。在岩溶地质区域,可优先选择桩基础,通过桩端嵌入完整岩层来提升承载稳定性,对于溶洞发育严重的区域,可采用群桩基础或复合地基基础;在深厚软土地质区域,宜选择沉井基础或桩筏基础,沉井基础可通过增大接触面积降低单位面积压力,桩筏基础则能利用桩体传递荷载至深层硬土层;在冻土地质区域,应选择深基础,将基础埋置于冻融深度以下,避免冻融循环对基础的影响;在强风化岩地质区域,可采用扩大基础,通过增大基础底面积来提高承载能力,若风化层较厚,可结合桩基础进行加固。

## 2.3 选型与施工可行性匹配

基础选型需与施工可行性实现协同匹配,避免因选型过于复杂导致施工无法顺利开展。在选型过程中,需充分调研施工区域的交通条件、施工设备可达性等因素,选择施工工艺成熟、设备要求适中的基础类型。对于施工环境恶劣的特殊地质区域,应尽量简化基础结构形式,降低施工难度。同时,需提前评估施工过程中可能出现的地质风险,确保选型方案能够应对各类突发地质问题。此外,还应结合施工工期要求,选择施工效率较高的基础类型,实现工程质量、施工进度与经济性的平衡。

# 3 施工核心工艺改良

## 3.1 钻孔灌注桩工艺优化

钻孔灌注桩是特殊地质条件下长大桥梁基础常用的基础形式,其施工工艺优化至关重要。在岩溶地质区域,针对漏浆问题,可采用黏土、水泥浆混合回填封堵溶洞的方法,同时优化泥浆性能,提高泥浆的护壁效果;在深厚软土地质区域,为防止缩径和孔壁坍塌,可采用套管跟进钻孔工艺,通过套管对孔壁进行有效支撑。此外,还可优化钻孔设备选型,采用大功率、高稳定性的钻孔机械提升钻孔效率。在混凝土浇筑环节,应确保浇筑连续均匀,避免出现断桩等质量缺陷,可采用导管法浇筑,并加强浇筑过程中的振捣控制,提升混凝土密实度。

## 3.2 基坑开挖与支护改良

特殊岩土地层的基坑开挖与支护改良技术是保障基础施工安全的关键。在深厚软土地质基坑开挖中,应采用分层分段开挖的方式,控制开挖速度,避免因开挖过快导致基坑周边土体失稳;支护方面,可采用钢板桩与内支撑结合的支护体系,钢板桩具有良好的抗侧移能力,内支撑可进一步提升支护结构的稳定性。在强风化岩地质基坑开挖中,由于岩石完整性差,易出现坍塌,可采用喷射混凝土支护结合锚杆加固的方式,喷射混凝土能够快速封闭岩面,锚杆可增强岩体的整体性。同时,需加强基坑开挖过程中的排水处理,避免地下水浸泡基坑导致土体强度降低。

## 3.3 不良地质段抗扰动措施

不良地质段基础施工过程中,需采取有效的抗扰动技术措施,减少施工对周边地质环境的影响。在施工设备选择上,应采用低振动、低噪音的施工机械,避免强烈振动导致不良地质体失稳。在钻孔施工中,控制钻孔速度和钻进力度,避免对孔壁周边土体造成过大扰动;在基坑开挖过程中,对基坑周边土体进行分层加固,可采用注浆加固的方式提升土体强度。此外,还应合理安排施工顺序,避免在同一区域集中施工导致地质应力集中。对于敏感地质区域,可设置隔离桩等防护结构,隔离施工扰动对周边重要构筑物或地质体的影响。

# 4 质量与安全控制

## 4.1 地质动态监测技术应用

施工全过程地质动态监测技术的应用是保障特殊地质条件下长大桥梁基础施工质量与安全的重要手段。监测内容主要包括基坑周边土体位移、沉降,孔壁稳定性,地下水水位变化以及地质体应力变化等。监测设备可采用全站仪、沉降观测仪、孔隙水压力计等先进仪器,实现对施工全过程的实时监测。通过建立监测数据传输与分析系统,及时处理监测数据,掌握地质环境的变化趋势。当监测数据超过预警值时,立即发出预警信号,并采取相应的应急处置措施,避免地质灾害或工程质量事故的发生。同时,监测数据还可为施工工艺优化提供依据,提升施工技术的针对性。

## 4.2 质量缺陷预防与处置

基础施工质量缺陷的预防与处置策略需贯穿施工全过程。在施工前期,加强地质勘察工作,确保勘察数据的准确性,为施工方案制定提供可靠依据;在材料选择上,严格把控原材料质量,对钢筋、混凝土等主要材

料进行进场检验,杜绝不合格材料投入使用。施工过程中,加强各工序的质量控制,严格按照施工规范操作,对钻孔、清孔、混凝土浇筑等关键工序进行重点把控,及时发现并纠正施工中的不规范行为。针对可能出现的质量缺陷,提前制定处置预案,若出现孔壁坍塌、断桩等缺陷,立即停止施工,采取回填封堵、补桩等处置措施,确保基础施工质量符合要求。

### 4.3 施工风险预警与防控

特殊地质条件下施工风险预警与防控体系的建立是保障施工安全的核心。首先,开展全面的风险辨识工作,识别施工过程中可能面临的地质风险、施工技术风险、设备风险等各类风险因素。基于风险辨识结果,采用定性与定量相结合的方法进行风险评估,确定风险等级。针对不同等级的风险,制定相应的防控措施,建立分级防控机制。同时,搭建风险预警平台,整合监测数据、施工数据等信息,实现对风险的实时监控与预警。当发生风险事件时,启动应急响应机制,采取科学有效的处置措施,降低风险损失,保障施工人员生命财产安全与工程顺利推进。

## 5 施工技术创新与应用

### 5.1 新型施工材料应用

新型施工材料在特殊地质基础施工中的应用能够有效提升工程质量与施工效率。在岩溶地质基础施工中,可采用高性能注浆材料,该材料具有凝结速度快、强度高、渗透性好等特点,能够快速有效封堵溶洞,提升地基承载力;在深厚软土地质中,可采用土工合成材料,如土工格栅、土工膜等,通过土工合成材料的加筋作用,提升软土地基的强度与稳定性。此外,新型高性能混凝土材料的应用也较为广泛,该材料具有良好的抗渗性、抗冻性和耐久性,能够适应特殊地质环境的恶劣条件,延长桥梁基础的使用寿命。新型施工材料的合理应用,为特殊地质条件下基础施工技术的升级提供了物质支撑。

### 5.2 智能化施工技术融合

智能化施工技术在复杂地质施工中的融合应用是未来桥梁建设的发展趋势。通过引入 BIM 技术,可构建桥梁基础施工的三维模型,实现对施工全过程的可视化管理,提前模拟施工过程中可能出现的问题,优化施工方案。在钻孔施工中,采用智能钻孔设备,该设备能够实时监测钻孔深度、垂直度等参数,并自动调整钻进

参数,提升钻孔精度与效率。此外,无人机巡检技术可用于基坑周边地质环境的巡查,及时发现地质隐患;智能监测系统能够实现对施工过程的全方位、高精度监测,为风险预警与防控提供数据支持。智能化施工技术的融合应用,有效提升了特殊地质条件下基础施工的智能化水平与管理效率。

### 5.3 绿色施工技术优化

绿色施工理念下特殊地质基础施工技术优化旨在实现工程建设与生态环境保护的协调发展。在施工过程中,采用环保型施工材料,减少对环境的污染;优化施工工艺,降低施工过程中的噪音、粉尘排放,如采用湿法钻孔工艺减少粉尘污染,选用低噪音设备降低噪音影响。同时,加强施工废弃物的处理与回收利用,对钻孔废渣、废弃混凝土等进行分类处理,可将废渣用于路基回填,实现资源循环利用。

## 6 结论

特殊地质条件下长大桥梁基础施工受地质环境复杂性影响,面临诸多技术与安全挑战。本文通过对特殊地质对基础施工的影响进行分析,系统探讨了基础选型优化、施工核心工艺改良、质量与安全控制以及技术创新应用等关键技术内容。研究表明,基于地质适配性的基础选型能够提升基础承载稳定性,优化后的施工工艺可有效解决特殊地质施工中的技术难题,完善的质量安全控制体系能够保障施工过程的安全与质量,新型材料与智能化技术的应用为施工技术升级提供了有力支撑。

### 参考文献

- [1]高正荣,卢中一.长大桥梁深水超大型沉井基础施工成套关键技术研究——获2010年度中国公路学会科学技术奖特等奖[J].水利水运工程学报,2011,(03):98.
- [2]官世科,朱汉伟.长大桥梁桩基在溶洞塌陷区施工的关键技术研究与实践[J].广东土木与建筑,2025,32(10):104-109.
- [3]宋奎,刘玉静,高冉,等.长大桥梁运营期结构编码体系与病害数据标准化研究[J].公路,2025,70(09):293-300.
- [4]曹威.长大桥梁养护 BIM 系统平台研究与应用[J].中国市政工程,2025,(02):10-15+140.
- [5]彭家意,承宇,邵泽宇,等.长大桥梁快速荷载试验分析方法研究[J].现代交通技术,2025,22(01):33-39.