

复杂地质条件下公路桥梁基础设计难点及解决方案

李 攀

武汉综合交通研究院有限公司 湖北 武汉 430015

【摘要】：复杂地质条件下的公路桥梁基础设计面临诸多挑战，尤其是土壤性质不稳定、地下水位波动以及地质灾害频发等因素，直接影响着桥梁的安全性和施工进度。为解决这些问题，本文提出了针对不同地质条件的优化设计方案。通过精确的地质勘察、深基础设计和地下水控制技术，确保桥梁基础的稳定性与耐久性。采用桩基、沉井等设计方案，结合抗震和防灾措施，显著提高了桥梁对复杂地质环境的适应能力，保障了桥梁的长期安全与施工效率。

【关键词】：复杂地质；公路桥梁；基础设计；解决方案；地质勘查

DOI:10.12417/2811-0536.26.06.076

引言

公路桥梁的建设不仅要求满足工程技术标准，还需适应所在地区的复杂地质环境。在复杂的地质条件下，桥梁基础的设计面临诸多挑战，尤其是在不稳定土质和地下水位变化频繁的区域。此时，如何通过精确的地质勘察与合理的基础设计来确保桥梁的安全性，成为设计过程中的一项重大难题。施工技术和设计方案的优化，也直接影响着工程的经济性与进度。因此，针对复杂地质条件下的桥梁基础设计，提出具有针对性的解决策略和技术手段，对于确保桥梁的长期稳定与安全至关重要。

1 复杂地质条件下桥梁基础设计面临的主要问题

在复杂地质条件下，公路桥梁基础设计面临着多方面的技术难题。地质条件的不确定性和多变性，给设计人员带来了巨大的挑战。不同地质环境下，土壤的物理力学性质差异巨大，如软弱土层、膨胀土、岩溶地带等，直接影响桥梁基础的承载力与稳定性。在这些地区，传统的基础设计方法往往难以满足要求，需要采用更为复杂的计算与模拟技术进行分析。

地下水位的变化也是设计中不可忽视的因素。水文地质条件复杂的地区，地下水的流动性与水位波动往往给基础施工带来困难。过高的地下水位可能导致基础的浮起或不均匀沉降，严重影响桥梁的长期安全^[1]。地下水对土壤的侵蚀作用也可能加剧基础的腐蚀和不稳定，尤其是在盐碱土等特殊土壤环境中，水文地质条件复杂的地方更需要精确的勘探和监测。

地质灾害频发地区，如滑坡、泥石流、地震带等，也是设计中需要特别关注的方面。设计人员不仅需要考虑常规的承载力和稳定性问题，还必须预见可能的灾害发生，并采取相应的防灾设计措施，以降低灾害发生时对基础的破坏风险。尤其是地震区域，桥梁基

础的抗震设计成为重中之重，必须采取特殊的基础形式和加固技术以确保桥梁在地震中不受影响。施工环境复杂、施工条件差也是设计中面临的另一个困难。在一些偏远地区，施工设备的可用性和施工周期常常受限。设计师必须根据现场的实际条件，灵活调整设计方案，确保桥梁能够顺利建成并具备稳定性。

2 应对复杂地质条件的桥梁基础设计解决方案

面对复杂地质条件下的桥梁基础设计难题，采用有效的解决方案是确保桥梁安全与经济性的关键。在地质条件复杂的区域，精确的地质勘察和土层分析是基础设计的前提。通过进行详细的地质勘探，设计人员能够充分了解土壤的类型、深度、强度、承载能力以及地下水的变化规律。采用先进的地质雷达探测技术和钻探技术，可以获得更为准确的土质参数，为设计提供可靠依据。通过综合运用地质力学模型和有限元分析技术，对不同土层的变形和沉降进行模拟与预测，有助于优化设计方案，避免基础发生沉降或不均匀沉降。

在土质条件较差的地区，采用深基础设计方案能够有效提高桥梁的稳定性。桩基和沉井等深基础形式，能够将桥梁的荷载传递至较深的稳定土层或坚硬岩层，避免浅基础因土层不均匀或承载力不足而出现问题。特别是在软弱土层或膨胀土地区，桩基方案常常能确保桥梁的稳定性和持久性。在基础设计时，选用合适的桩型、桩径、桩长及桩间距等，结合现场的土壤特性和工程需求，可有效解决软土层带来的基础沉降及浮动问题。

地下水位的变化是复杂地质条件下另一大影响因素。针对高地下水位区域，采用地下水控制和降水技术至关重要。通过设置井点降水系统，降低地下水位，避免在施工过程中水位过高对基础施工的影响^[2]。使

用具有防水功能的防渗墙或加固措施,可以有效防止地下水对基础结构的侵蚀,延长桥梁的使用寿命。在一些高地下水位的区域,采用浮动基础或特殊设计的防水材料,可以进一步确保桥梁基础的稳固性和安全性。

地质灾害频发的区域,要求桥梁基础设计不仅考虑正常的荷载和稳定性,还要具备抗灾害能力。在地震带地区,基础设计必须充分考虑抗震需求,采用符合当地地震烈度标准的设计方案。抗震基础可以通过加强桩基的抗震性能、增设防震隔离装置及加固基础结构等方式,提升桥梁对地震的适应能力。在滑坡或泥石流风险较高的地区,可以采取加固坡面、设立排水系统等措施,减少自然灾害对桥梁基础的影响。施工环境的复杂性也对桥梁基础设计提出了挑战。在交通不便、施工难度较大的地区,应选用适应性强、施工周期短的基础形式,如预制桩或简化型基础,以减少施工时间和成本。通过使用高效的施工机械和现代化的施工方法,如滑模技术和地下连续墙技术,可以大幅提高施工效率,确保在恶劣环境下按期完成基础建设任务。

3 基于地质条件优化的桥梁基础设计效果分析

在复杂地质条件下,优化的桥梁基础设计能显著提高桥梁的稳定性和抗灾能力,通过精确的地质勘察数据和先进的设计手段,基础的适应性得到了有效提升。设计中采用的深基础结构,在不同地质环境下展现出优异的表现,尤其是在软弱土层和膨胀土区域,通过桩基和沉井基础设计,能够将桥梁的荷载传递到坚硬的土层或岩层,避免了浅基础无法承载过大荷载的问题。这种设计方式极大地改善了桥梁的沉降和稳定性,尤其是在地质条件较差的地区,通过优化桩基的布置、桩长、桩径等参数,确保了基础的沉降量在可接受范围内,有效降低了基础不均匀沉降的风险。

参考文献:

- [1] 刘为聪.复杂地质条件下高速公路桥梁施工关键技术分析[J].工程建设与设计,2026,(02):135-137.
- [2] 梁栩,兰忠实.复杂地质环境下高速公路桥梁索塔液压爬模施工技术[J].西部交通科技,2025,(12):165-167+209.
- [3] 董化林.复杂地质条件下高速公路桥梁桩基施工难点与要点分析[J].运输经理世界,2025,(35):107-109.

地下水位控制和防渗设计的优化,也是地质条件影响下基础设计成功的关键因素。在施工过程中,通过设置井点降水和使用防水墙技术,成功地将地下水位控制在合理范围内,避免了水位波动对基础的破坏。对于高水位区域,特别采用了防水和防腐蚀材料,提升了基础的长期稳定性^[3]。基础设计中的防水性能得到了显著增强,防水层和防渗材料的使用,有效地减少了地下水对桥梁基础的腐蚀,延长了桥梁使用寿命。

在面对地质灾害频发的区域,优化设计的效果尤为突出。通过引入抗震技术和灾害防护设计,桥梁基础的抗灾能力大幅提升。针对地震带地区,基础设计结合当地的地震烈度标准,采用加固桩基、增强结构韧性等措施,使桥梁能够在地震发生时保持稳定。对于滑坡或泥石流风险区域,优化设计采取了加固坡面、设置排水系统等手段,从源头控制地质灾害对基础的影响,进一步保障了桥梁的安全。

施工过程中的优化设计,还使得施工难度大大降低。在施工周期较长、环境复杂的地区,通过选择适合的施工技术,如地下连续墙技术和滑模施工,确保了施工的高效与安全,同时减少了施工过程中的不确定因素。通过综合运用这些优化设计方案,桥梁的基础结构不仅满足了安全性和稳定性的需求,同时还提高了施工效率和经济性。

4 结语

复杂地质条件下的公路桥梁基础设计需要综合考虑土壤、地下水及地质灾害等因素,只有通过科学的设计和技术手段,才能有效解决桥梁建设中的问题。优化后的基础设计不仅提升了桥梁的稳定性和安全性,也为施工提供了更加可行的方案。面对多变的地质条件,设计方法的不断创新和改进将进一步保障桥梁的长期运行和安全性。