

道路与桥梁建设中的地质条件对设计的影响

周为恺

352228*****1510

摘要: 道路与桥梁是交通基础设施体系的关键构成,其设计质量直接关乎工程建设安全、运营稳定性及全生命周期效益。地质条件作为工程建设的基础性约束因素,从路线规划、结构选型到施工工艺选择均产生决定性影响。本文以道路与桥梁建设全流程为视角,系统梳理岩土体特性、水文地质状况及不良地质现象等核心地质要素的工程影响规律,深入剖析地质条件对道路路线设计、桥梁基础设计的具体作用机制,提出地质勘察与工程设计的协同融合路径,进而给出复杂地质环境下的设计优化策略,为提升工程设计的针对性与可靠性提供实践参考。

关键词: 道路与桥梁建设;地质条件;工程设计;勘察技术

DOI: 10.64216/3080-1508.25.11.085

引言

在我国交通基础设施建设快速推进的背景下,道路与桥梁工程逐步向地质条件复杂的山区、河谷等区域延伸,建设难度不断加大。地质条件作为工程建设无法规避的先天因素,其复杂性直接决定设计方案的可行性与经济性。不同区域的地形地貌、岩土体物理力学性质、地下水分布等存在显著差异,若设计中对地质条件考量不足,易引发地基沉降、结构开裂、边坡失稳等工程问题。因此,深入研究地质条件与工程设计的内在关联,将地质勘察成果精准转化为设计依据,是保障工程质量、降低安全风险的核心环节。

1 核心地质条件的工程特性

1.1 岩土体特性的基础影响

岩土体是道路与桥梁工程结构的直接承载载体,其物理力学性质是设计工作的核心参数来源。岩土体的密度直接影响地基自重应力分布,含水率则与土体抗剪强度呈负相关关系,而抗压强度和弹性模量更是决定地基承载力极限值的关键指标。黏性土具有明显的膨胀性与收缩性,在干湿循环作用下易发生体积变形,进而导致基础产生不均匀沉降,影响上部结构稳定性。砂性土的颗粒级配与渗透性较强,在基坑开挖过程中若遭遇地下水渗透,易引发管涌、流砂等地质灾害,增加施工风险。

1.2 水文地质的潜在作用

水文地质条件是道路与桥梁设计中不可忽视的重要因素,其影响贯穿工程建设与运营全过程。地下水的水位高度直接决定基础施工的降水方案与开挖深度,高地下水位区域需采取井点降水等措施降低水位,否则会

增加基坑开挖难度,甚至导致坑壁坍塌。地下水的流动速度会加剧岩土体的渗透变形,长期流动还可能带走土体中的细颗粒,引发地基承载力下降。此外,地下水的化学成分对工程结构材料具有侵蚀作用,含氯、硫酸盐等成分的地下水会腐蚀钢筋混凝土结构,降低结构耐久性。因此,设计中需充分调查水文地质状况,针对性制定排水、防渗与防腐措施,保障工程结构的长期稳定。

1.3 不良地质的风险约束

滑坡、泥石流、溶洞、断层破碎带等不良地质现象,为道路与桥梁设计带来刚性风险约束,直接关乎工程安全。滑坡区域的岩土体处于不稳定平衡状态,道路与桥梁若在此区域建设,易受滑坡体滑动影响导致结构损毁。泥石流具有突发性强、破坏力大的特点,会冲毁工程结构,威胁运营安全。岩溶地区的地下溶洞分布不规则,若勘察不细致,设计的基础可能落在溶洞上方,引发基础失稳与路面塌陷。断层破碎带的岩土体结构松散、强度低,无法为工程结构提供可靠支撑。因此,设计中需优先通过路线避让等方式规避不良地质区域,若无法避让,则需采用抗滑桩、格构护坡、溶洞填充等专项技术措施,提升工程抗灾能力。

2 地质条件对道路设计的影响

2.1 路线走向与平面设计

地质条件是道路路线走向与平面设计的核心引导因素,直接影响路线的经济性与安全性。在基岩完整、岩土体强度高的区域,地质条件稳定,道路路线可采用直线布线方式,减少路线迂回,提升通行效率与运输效益。而在软土地基、淤泥质土等不良地质区域,地质承载力低且易发生沉降,路线设计需通过设置曲线或避让

线位, 绕开地质隐患核心区域。同时, 平面设计还需考虑减少对地质环境的扰动, 避免大规模开挖引发边坡失稳等次生地质灾害。此外, 在山区等地形复杂区域, 需结合岩层走向、坡体稳定性等地质因素, 合理设置平曲线半径与缓和曲线长度, 确保路线与地质条件相适配。

2.2 纵断面设计与高程控制

岩土体的承载能力与分布特征, 直接决定道路纵断面设计的坡长、坡度等核心参数。在丘陵地质区域, 土层厚度分布不均, 且岩土体强度随深度变化, 纵断面设计需结合不同路段的土层厚度与承载力, 优化坡长与坡度设置, 避免坡度过陡导致车辆行驶困难, 同时防止坡长过长引发路基稳定性问题。在岩溶发育区域, 地下溶洞分布密集且位置不确定, 纵断面高程设计需通过详细勘察确定溶洞分布范围, 将道路高程控制在溶洞密集层以上, 避免路面直接覆盖溶洞区域, 防止运营过程中因溶洞塌陷导致路面破损。此外, 纵断面设计还需考虑地下水高程, 确保路基顶面高于地下水位, 减少地下水对路基的浸泡影响。

2.3 路基路面结构设计

路基形式选择与路面材料配比, 需与区域地质条件精准适配, 以保障路基路面的长期稳定性。在湿陷性黄土地区, 黄土遇水易发生湿陷变形, 导致路基沉降, 因此路基设计需采用换填法、夯实法或挤密法等工艺, 替换或改良湿陷性黄土层, 强化路基承载能力。在冻土地区, 季节性冻融循环会使土体发生冻胀与融沉, 路基路面易出现开裂、变形等病害, 设计中需在路基底部设置保温层, 减少冻融循环对路基的影响, 同时选用抗冻性强的路面材料, 提升路面结构的抗冻性能。在膨胀土地区, 需采用石灰改良膨胀土作为路基填料, 并设置隔离层防止水分渗入, 路面则需采用柔性结构适应土体膨胀变形。

3 地质条件对桥梁设计的影响

3.1 桥位选址与总体布局

桥位选址与总体布局需以地质条件为核心约束, 确保桥梁建设与运营安全。断层破碎带与软弱夹层区域的岩土体结构松散、强度极低, 无法为桥梁基础提供稳定支撑, 桥位选址需优先避开此类区域, 选择基岩完整、岩层连续的区域, 以降低基础施工难度与工程风险。在宽谷地质区域, 河谷开阔且地质条件相对均匀, 桥梁总体布局可采用连续梁桥形式, 通过多跨布置跨越河谷, 减少单跨跨度, 降低结构设计难度与建设成本。在峡谷

地质区域, 两岸山体陡峭, 河谷狭窄, 需结合地形地质条件设计大跨度桥梁结构, 如悬索桥或斜拉桥, 同时确保桥梁基础嵌入两岸完整基岩, 保障结构整体稳定性。

3.2 桥梁基础类型选择

地质条件是桥梁基础类型选择的决定性因素, 直接关系基础承载能力与结构安全性。在岩层露头或浅层出露区域, 基岩强度高且埋藏浅, 桥梁基础可采用扩大基础形式, 通过将基础直接置于完整基岩上, 简化施工工艺, 降低建设成本。在深厚软土地基区域, 软土层厚度大、承载力低, 扩大基础无法满足承载要求, 需选用桩基础或沉井基础, 通过将桩体或沉井嵌入下部坚硬土层或基岩, 传递上部结构荷载。在岩溶地质区域, 地下溶洞分布复杂, 基础设计需采用嵌岩桩形式, 确保桩体穿过溶洞区域并嵌入下部完整基岩, 同时对桩周溶洞进行填充处理, 避免桩体受力不均引发基础失稳。

3.3 上部结构设计影响

地质条件通过影响桥梁基础的刚度与沉降特性, 间接作用于上部结构设计。在地基沉降均匀性好、岩土体承载力稳定的区域, 基础刚度均匀, 上部结构可采用简支梁桥形式, 此类结构构造简单、施工便捷, 能有效降低工程成本。在地基条件复杂、岩土体分布不均的区域, 不同基础易产生差异沉降, 若采用简支梁结构, 易导致梁体接缝处出现开裂等病害。此时需选用连续刚构、连续梁等整体性强的上部结构形式, 利用结构自身的刚性约束抵消差异沉降带来的不利影响。此外, 在地震高发等特殊地质区域, 上部结构设计还需结合地质条件强化抗震性能, 采用抗震支座、耗能构件等措施提升结构抗震能力。

4 地质勘察与设计的融合路径

4.1 精准化勘察数据采集

地质勘察需紧密结合工程设计需求, 明确勘察范围、深度与精度要求, 为设计提供精准数据支撑。勘察前需依据设计方案初步确定的路线与桥位, 划定重点勘察区域, 对地质条件复杂路段适当扩大勘察范围。勘察过程中需采用钻探与物探相结合的技术手段, 钻探可获取岩土体实物样本, 准确测定其物理力学参数; 物探则能快速探测地下岩层分布、溶洞位置及地下水情况, 实现勘察效率与精度的平衡。同时, 需系统采集岩土体参数、水文地质数据及不良地质分布信息, 建立勘察数据与设计参数的对应关系, 确保勘察数据能够直接服务于设计工作, 避免数据冗余或缺失影响设计质量。

4.2 地质动态反馈机制

设计过程中需建立地质条件动态反馈机制,实现勘察与设计的实时协同。设计人员在方案编制阶段需同步深入分析勘察成果,将地质参数融入路线设计、结构计算等各环节。当设计过程中发现地质勘察数据与实际情况存在偏差,或遇到勘察阶段未探明的地质条件突变区域时,需及时反馈至勘察单位,开展补充勘察工作。同时,建立勘察与设计团队的定期沟通机制,通过技术研讨会等形式共享信息,确保地质勘察成果能够根据设计需求动态调整,设计方案也能依据地质条件变化及时优化,形成“勘察-设计-再勘察-再设计”的闭环管理模式。

4.3 数字化融合应用

借助数字化技术实现地质勘察与工程设计的深度融合,是提升设计科学性的重要手段。利用地理信息系统(GIS)构建三维地质数据库,将勘察获取的岩土体分布、水文地质、不良地质等数据进行数字化存储与可视化展示。通过BIM技术将地质数据库与桥梁、道路设计模型相关联,实现地质条件与工程结构的协同建模。利用数字化模拟软件,基于地质参数模拟不同工况下工程结构的受力状态、沉降变形等情况,提前预判设计方案在复杂地质条件下的潜在问题。数字化融合应用能够打破勘察与设计的数据壁垒,提升设计决策的准确性与效率。

5 复杂地质下的设计优化策略

5.1 结构差异化设计

针对不同地质特性制定差异化的结构设计方案,是提升工程适配性的核心策略。在地震高发区,结合区域地震烈度与岩土体抗震性能,强化结构的抗震设计,采用延性好的结构形式,在梁柱节点等关键部位增加配筋量,提升结构抗震承载力。在高边坡路段,根据坡体岩土性质与稳定性分析结果,设计抗滑桩、格构护坡、锚索支护等组合防护结构,防止边坡滑塌。在软土地基区域,采用复合地基处理技术提升地基承载力,同时优化上部结构刚度分布,减少差异沉降影响。通过差异化设计实现工程结构与地质条件的精准匹配。

5.2 新型材料技术应用

新型工程材料与技术的适配性应用,为复杂地质条件下的设计优化提供支撑。在软土地基处理中,采用土

工合成材料如土工格栅、土工膜等,增强地基土的整体性与抗剪强度,减少地基沉降。在地下水腐蚀严重的地质区域,选用耐蚀钢材、防腐混凝土等材料,或采用涂层防护、阴极保护等技术,提升结构材料的抗腐蚀性能。BIM技术在复杂地质区域的设计中具有显著优势,通过三维建模可直观展示地质与结构的空间关系,优化基础埋深、结构尺寸等设计细节。此外,预制装配技术的应用可减少现场施工对地质环境的扰动,提升施工效率与工程质量。

5.3 灾害预防与应急考量

设计方案需融入地质灾害预防理念,并充分考虑应急处置需求。在不良地质区域,设计中需设置地质灾害监测点位,部署位移传感器、沉降观测仪等设备,便于运营阶段实时监控地质状态变化,实现灾害的早发现、早预警。针对可能发生的滑坡、泥石流等地质风险,在设计中预留应急通道、抗灾物资储备空间等设施接口,确保灾害发生时能够快速开展应急处置工作。

6 结论

地质条件是道路与桥梁工程设计的核心约束因素,其影响贯穿工程建设全流程,从路线规划、桥位选址到结构选型、材料选择均发挥决定性作用。岩土体特性、水文地质状况及不良地质现象等核心地质要素,分别从基础承载、施工安全、结构稳定等维度对设计提出具体要求。道路与桥梁设计需以精准的地质勘察成果为基础,通过建立勘察与设计的动态协同机制,实现地质信息与设计方案的深度融合。针对复杂地质条件,应采用结构差异化设计、新型材料技术应用及灾害预防等优化策略,提升设计方案的科学性与适配性。

参考文献

- [1]张保俊.道路桥梁施工中的软土地基处理技术[J].地产,2019,(19):142.
- [2]胡超.装配式钢筋混凝土在城市道路桥梁工程中的实践应用[J].价值工程,2025,44(30):91-93.
- [3]汪加林.市政道路桥梁工程建设的协调性管理技术[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(30):144-146.
- [4]先逸.道路桥梁施工建设管理技术要点分析[J].交通科技与管理,2025,6(16):170-172.
- [5]曾惠珍.道路与桥梁温度场分布特征的对比研究[J].福建建材,2025,(07):106-109.