

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和经济性。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.