

城市市区长线路高架桥勘察中的风险评估方法研究

文 / 季纯波 上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司合肥分公司

摘要：为评估城市市区长线路高架桥勘察中的风险，采用风险识别、分析、等级划分及制定应对策略等方法，对地质、环境与气候、设计与施工、交通安全等主要风险因素展开研究。经数据收集整理、定量与定性分析，运用风险评估模型，结果表明，该方法能有效识别各类风险，通过合理划分风险等级并制定应对策略，可助力风险管理的实施与反馈，为城市市区长线路高架桥勘察提供有力风险评估支持。

关键词：城市市区；长线路高架桥；勘察；风险评估；方法研究

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.11.007

引言

城市市区的长线路高架桥建设是提升交通效率、缓解拥堵的重要举措，但在勘察阶段面临诸多复杂情况。城市地质条件本就复杂多变，不同区域地质差异大，对地基持力层选择影响显著，增加勘察难度。同时，市区环境与气候因素不可忽视，周边密集建筑物、地下管线，以及多变的天气，都给勘察工作带来挑战。设计与施工方面，长线路工作面长，钻探外业施工组织困难，且施工过程中钻孔操作对现状管线存在风险。此外，市区交通繁忙，勘察作业易对交通安全造成干扰。在此背景下，开展城市市区长线路高架桥勘察中的风险评估方法研究极为必要，能有效识别、分析各类风险，为后续建设筑牢安全基础，保障项目顺利推进。

一、城市市区长线路高架桥勘察中的主要风险因素

（一）地质风险

城市市区地质条件犹如一幅错综复杂的拼图，给长线路高架桥勘察工作带来诸多棘手难题。长线路不同地段的地貌单元、地层结构、岩性均会出现一定变化，特别是地貌单元变化处和断层处，岩层变化较大，且伴有桩基负摩阻力、液化等不良地质的可能性，对于桩型、桩基持力层的选择增加不少难度。勘察阶段若未能查明不良地质的分布及影响，那么高架桥建成后，桥体就极有可能因沉降差异出现裂缝，甚至发生危险的倾斜，严重危及桥梁结构安全与过往车辆行人的生命财产。更棘手的是，地下或许隐匿着岩溶、采空区这类特殊地质构造。倘若在勘察时遗漏，桩基施工时便极有可能遭遇塌陷、穿孔等状况，这不仅会导致施工停滞、工期大幅延误，还会因处理这些问题而大幅攀升建设成本，增加造价，给项目带来沉重的经济负担。

（二）环境与气候风险

城市市区环境一般较复杂，周边林立着大量既有建筑物，地下管线更是纵横交错。长线路高架桥勘察期间，外业钻孔等操作稍有不慎就可能触碰到地下管线，致使燃气泄漏，或是引发水管爆裂等严重事故，危及人员安全，且影响城市运转。加之市区建筑物密集，施工场地

往往局促狭窄，勘察设备的停放与作业空间都受到极大限制，严重影响工作效率。在气候因素方面，暴雨、大风等极端天气是勘察工作的“拦路虎”。现状城市建设一般存在工期紧、任务重等特点，暴雨天气增加钻探施工安全风险，且会使施工现场瞬间积水成洼，钻探设备深陷泥泞，动弹不得，无法正常运行。大风天气下，高空勘察作业的安全系数急剧降低，勘察人员随时面临着坠落风险。

（三）设计与施工风险

长线路高架桥设计是一项系统而复杂的工程，需要全方位考量地质条件、周边环境等多元因素。一旦设计人员对地质资料剖析不透彻，桩基设计参数就可能出现偏差，无法契合桥梁实际承载需求，给桥梁结构埋下安全隐患。施工环节中，长线路工作面长的特性，使得钻探外业施工组织难度直线上升^[1]。施工人员的合理调配、设备的高效调度以及材料的顺畅运输，任何一个环节出现协调失误，都会致使施工效率低下，工期严重滞后。此外，钻孔施工对现状道路造成不小的施工阻碍，钻孔产生的强烈振动与高分贝噪音，极易干扰周边居民的正常生活，引发居民投诉，进而拖累施工进度。地质变化对桩基承载力的影响若未在设计与施工中妥善应对，将严重威胁桥梁结构安全。

（四）交通安全风险

城市市区交通流量常年处于高位，长线路高架桥勘察作业无可避免地会对交通秩序造成冲击。勘察现场设置的围挡，会占用一定道路空间，致使道路通行能力大打折扣，极易引发交通拥堵。尤其是在交通高峰期，车辆长时间排队等候，驾驶员极易产生烦躁情绪，交通事故发生的几率也随之大幅增加。同时，勘察设备的运输与停放若规划不当，也会阻碍交通顺畅。设备停放位置一旦不合理，遮挡驾驶员视线（见图一），就极有可能引发车辆碰撞事故。再者，勘察人员在道路上作业时，自身安全时刻面临过往车辆的威胁，车辆若避让不及时，就可能对勘察人员造成严重伤害，这不仅会阻碍项目顺利推进，还会扰乱城市交通的正常秩序。



图1 遮挡视线

二、城市市区长线路高架桥风险评估方法

(一) 风险识别

风险识别是城市市区长线路高架桥风险评估的首要环节，需全面且细致。通过收集以往类似工程案例资料，详细了解不同地质条件、环境因素以及施工工艺下曾出现的风险情况，从中梳理出潜在风险类型。同时，组织经验丰富的地质专家、桥梁设计人员、施工技术骨干等专业团队，对项目现场进行实地勘察：观察市区地形地貌，判断是否存在易滑坡地段、地下水位异常区域等地质风险迹象；查看周边建筑物分布与地下管线走向，分析可能引发的环境风险；评估现有道路状况以及交通流量，识别交通安全风险。此外，与当地气象部门沟通，获取历史气象数据，明确可能影响勘察作业的暴雨、大风等极端天气情况。利用先进的物探设备，如地质雷达、浅层地震仪等，探测地下地质构造，精准定位岩溶、采空区等特殊地质隐患。经多渠道、多手段综合排查，系统地识别出长线路高架桥勘察中可能面临的各类风险。

(二) 风险分析

风险分析是对识别出的风险进行深入剖析。针对地质风险，运用岩土力学原理，结合勘察获取的地质数据，模拟不同地层结构在桥梁荷载作用下的变形情况，分析地基不均匀沉降的可能性与程度，预测岩溶、采空区对桩基稳定性的影响范围与强度。对于环境与气候风险，加强调查，结合地下管线探测等资料，分析勘察作业时可能遭遇的地下管线及障碍，评估管线破坏对周边环境与城市运行的危害程度；研究暴雨积水、大风对勘察设备及人员安全的力学作用机制，确定极端天气引发事故的风险概率^[2]。在设计及施工风险方面，从结构力学角度，审查桩基设计参数与桥梁承载要求的匹配度，分析设计不合理导致结构失效的风险；通过施工流程模拟，评估施工组织协调不当造成工期延误、成本增加的风险。针对交通安全风险，运用交通流理论，量化分析围挡设置对道路通行能力的影响，计算交通拥堵引发交通事故的风险概率，全面且深入地解析各类风险本质与潜在影响。

(三) 风险等级划分

风险等级划分是依据风险分析结果，对长线路高架桥勘察风险进行量化分级。建立科学的风险评估指标体系，涵盖风险发生概率、危害程度、影响范围等关键要素。对于地质风险，若某区域地质条件差，岩性变化大，不良地质发育多，对桥梁桩基础承载力和桥梁结构安全影响大，其风险等级评定为高；若地质条件较好，岩性变化小，不良地质条件发育少，对桥梁桩基础承载力和桥梁结构影响有限，风险等级则为低。环境与气候风险方面，钻孔触碰地下重要管线，引发大规模燃气泄漏、城市大面积停水停电，危害程度高，风险等级为高；若仅因暴雨积水短时间影响设备运行，风险等级相应降低。设计与施工风险中，桩基设计参数严重不合理，极可能导致桥梁坍塌，风险等级高；施工组织协调小范围失误，对工期和成本影响轻微，风险等级低。交通安全风险上，勘察作业造成交通严重拥堵，频繁引发交通事故，风险等级高；仅在交通非高峰时段造成轻微交通不畅，风险等级低。通过系统评估，将风险划分为高、中、低不同等级，为后续应对策略制定提供清晰依据。

(四) 风险应对策略制定

风险应对策略制定需根据风险等级划分结果，精准施策。对于高风险，立即启动应急预案，如针对地质风险中发现的严重岩溶、采空区，调整桥梁设计方案，采用桩基础加固、地基处理等工程措施，确保桥梁安全；面对环境风险中地下管线泄漏，迅速组织专业抢险队伍，进行抢修作业，同时疏散周边居民，降低危害^[3]。对于中风险，制定针对性防范措施，在设计及施工风险中，加强对桩基设计的审核，优化施工组织方案，合理安排施工人员、设备与材料，避免施工延误；针对交通安全风险，在交通高峰期加强现场交通疏导，设置明显交通指示标志，引导车辆有序通行。对于低风险，持续监测，定期检查，如地质风险中轻微地基沉降区域，定期进行沉降观测，掌握变化情况；环境风险中因天气导致的小范围积水，及时清理，确保勘察作业正常进行。通过分层分类应对，有效管控城市市区长线路高架桥勘察风险。

三、风险评估方法的应用实施步骤

(一) 数据收集与整理

数据收集与整理是风险评估的基石。首先，针对地质数据，通过地质勘察，利用钻探、物探等手段获取地层结构、岩土特性等一手资料，详细记录不同深度土层的类型、硬度、含水量等参数。同时，收集区域地质历史资料，包括地震活动、地层变迁等信息，以全面了解地质背景。对于环境数据，实地调研周边建筑物的分布、结构类型与年代，掌握其对高架桥建设可能产生的影响。通过与市政部门协作，获取地下管线的准确位置、材质、管径等信息，避免施工过程中对其造成破坏。在气候方面，从气象部门获取长期的气象数据，涵盖降水、风速、

气温等要素,分析极端天气出现的频率和强度。此外,收集交通流量数据,包括不同时段、不同路段的车流量,为评估勘察作业对交通的影响提供依据。收集完成后,运用数据库管理技术,对各类数据进行分类存储、整理,确保数据的准确性、完整性与可追溯性,为后续风险分析奠定坚实基础。

(二) 风险定量与定性分析

风险定量与定性分析是深入评估风险的关键环节。定性分析时,组织专家团队,依据丰富经验和专业知识,对识别出的风险进行主观判断。例如,对于地质风险中岩溶、采空区的存在,专家根据地质特征和以往工程经验,判断其对桩基稳定性的潜在影响程度,分为严重、一般、轻微等级别。在环境风险方面,评估钻孔触碰地下管线引发事故的可能性,依据管线重要性和周边环境敏感度,定性为高、中、低风险。定量分析则借助数学模型和统计方法。对于地质风险,运用有限元分析软件,模拟不同地质条件下桥梁基础的受力与变形情况,计算地基不均匀沉降的具体数值和概率^[4]。针对交通安全风险,利用交通流模拟软件,输入交通流量、道路条件以及勘察作业设置等参数,定量分析围挡对道路通行能力的降低比例,以及由此引发交通事故的概率。通过定量与定性相结合,全面、精确地剖析风险的本质与程度。

(三) 风险评估模型的应用

风险评估模型是整合数据与分析结果的核心工具。选择适合城市市区长线路高架桥勘察的风险评估模型,如层次分析法(AHP)、模糊综合评价法等。以层次分析法为例,首先构建风险评估指标体系,将地质、环境、设计施工、交通安全等风险因素作为一级指标,再细分各因素下的子指标,如地质风险中的地层稳定性、地下水位变化等。然后,通过打分等方式确定各指标的相对权重,反映其在整体风险中的重要程度。将定量与定性分析得到的风险评估数据代入模型,计算出每个风险因素的综合风险值。利用模糊综合评价法时,将风险等级划分为多个模糊子集,如高风险、较高风险、中风险、较低风险、低风险,通过模糊隶属度函数确定各风险因素对不同模糊子集的隶属程度,进而得出整体风险的综合评价结果。通过模型应用,实现风险评估的科学化、系统化。

(四) 风险评估报告的编写

风险评估报告是整个评估工作的成果呈现。报告开篇,清晰阐述项目背景、评估目的与范围,让读者快速了解项目概况。在风险识别部分,详细罗列通过多种手段识别出的各类风险,包括地质风险中的特殊地质构造、环境风险中的地下管线位置及潜在危险等。风险分析章节,展示定量与定性分析的过程与结果,附上相关数据图表,如地质沉降模拟曲线、交通流量变化图表等,直观呈现风险程度^[5]。风险等级划分板块,依据评估模型输出结果,明确各风险因素的等级。在风险应对策略制

定部分,针对不同等级风险,详细说明相应的应对措施,包括工程技术措施、管理措施、应急预案等。报告结尾,总结评估工作的主要结论,提出对项目后续实施的建议,如优化设计方案、加强施工安全管理等,确保报告内容完整、条理清晰、具有实用价值,为项目决策提供有力支持。

(五) 风险管理的实施与反馈

风险管理的实施与反馈是确保风险可控的关键流程。实施阶段,根据风险评估报告中的应对策略,制定详细的执行计划。对于高风险区域,立即调配资源,如在地质风险严重地段,组织专业施工队伍进行地基加固作业;针对环境风险中可能泄漏的地下管线,提前安排专业检测与防护措施。在中风险区域,加强过程管理,在设计及施工风险方面,严格审核设计图纸,优化施工流程,定期检查施工进度与质量。对于低风险区域,持续监测,设置监测点,如在地质风险中轻微沉降区域,定期测量沉降数据。同时,建立反馈机制,收集风险管理过程中的实际情况,如施工进度、风险变化等信息。根据反馈信息,及时调整风险管理策略,若发现新的风险因素,重新进行风险识别与评估,确保风险管理工作持续有效,保障城市市区长线路高架桥勘察项目顺利推进。

结语

综上所述,文章全面梳理城市市区长线路高架桥勘察面临的地质、环境、设计施工及交通安全等风险,构建起一套完整风险评估方法体系。通过数据收集整理、风险分析、模型应用及报告编写,实现风险精准识别与等级划分,并制定有效应对策略。在风险管理实施与反馈过程中,动态管控风险。未来,应进一步深化研究,融合新兴技术如人工智能、地理信息系统,提升风险评估的时效性与精准度,为城市长线路高架桥勘察提供更可靠的风险防控保障,推动城市交通基础设施建设稳步发展。

参考文献

- [1] 刘强,王召辉,马峰,等.盾构隧道侧穿既有高架桥风险评估与控制措施研究[J].喀什大学学报,2022,43(06):43-49.
- [2] 焦阳.市政公路桥梁工程勘察和桥基处理技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(01):187-189.
- [3] 李聪.山区桥梁横向陡坡段桥台处地质勘察设计要点[J].产业创新研究,2024,(06):127-129.
- [4] 舒杨.桥梁工程中岩土工程地质勘察的要点探讨与研究[J].四川建材,2023,49(08):47-49.
- [5] 殷金龙.岩溶地区桥梁桩基的勘察设计分析探讨[J].科技资讯,2022,20(18):101-103.

作者简介:季纯波(1988-01),男,汉族,安徽合肥人,高级工程师,硕士研究生学历,专业方向:岩土工程。