

城市地下空间开发地质灾害协同防控策略

陈 静

摘 要: 随着城市化进程的加速,城市地下空间开发成为拓展城市功能的重要途径。然而,复杂的地质条件和多样的地质灾害风险给地下空间开发带来了严峻挑战。本文以某典型城市为例,深入剖析城市地下空间开发过程中面临的地面沉降、岩土体失稳和地下水环境变化等地质灾害风险,探讨多学科融合、多部门协作和全生命周期管理的协同防控必要性,提出风险评估与预警、工程设计与施工优化、监测与应急管理协同防控策略,并强调技术创新与政策支持的重要性。研究成果为类似城市地下空间开发的地质灾害防控提供了科学依据和实践指导。

关键词: 城市地下空间开发; 地质灾害; 协同防控; 风险评估; 应急管理

引言

城市地下空间的开发利用是现代城市发展的重要趋势,尤其在土地资源紧张的背景下,地下空间的开发对于拓展城市功能、缓解交通压力和提升城市品质具有重要意义。然而,地下空间开发涉及复杂的地质环境,地质灾害风险不容忽视。某典型城市地处复杂地质构造区域,地质灾害种类多样,包括地面塌陷、滑坡、泥石流等。这些灾害不仅威胁到地下工程建设的安全,还可能对周边环境和基础设施造成严重破坏。因此,构建科学合理的地质灾害协同防控体系,对于保障城市地下空间开发的可持续性至关重要。

1 城市地下空间开发中的地质灾害风险

1.1 地面沉降风险

地面沉降是城市地下空间开发过程中一种常见且具有广泛影响的地质灾害,其形成机制复杂,主要由地下水过度开采、地下工程建设以及地质构造运动等因素引起。在某典型城市,由于地质条件复杂,部分地区地下水位长期下降,导致地面沉降问题较为突出。地面沉降不仅会引发地面建筑物倾斜、道路开裂和地下管线损坏等问题,还可能对城市的交通、供水、供电等基础设施的正常运行造成严重影响,给城市居民的生产生活带来极大不便。例如,在一些地铁建设区域,施工过程中对地下水的扰动以及基坑开挖等活动,可能导致周边地面出现不同程度的沉降,进而影响到周边建筑物的安全性和稳定性。此外,地面沉降还可能改变地下水的流动状态和水位变化,对城市的生态环境产生长期的负面影响,如导致湿地萎缩、植被枯萎等生态问题。因此,准确识

别和有效防控地面沉降风险,对于保障城市地下空间开发的安全性和可持续性至关重要。

1.2 岩土体失稳风险

在城市地下空间开发过程中,岩土体失稳是威胁施工安全和工程质量的重要地质灾害之一。某典型城市地处复杂地质构造区域,其地下岩土体类型多样,包括软土层、松散砂土层以及部分硬岩层。这些岩土体在自然状态下具有一定的稳定性,但在地下工程建设过程中,由于开挖、支护和荷载变化等因素的影响,岩土体的力学性质会发生显著改变,从而导致失稳风险显著增加。例如,在地铁隧道施工或深基坑开挖过程中,如果支护设计不合理或施工工艺不当,可能会引发边坡坍塌、隧道变形甚至局部区域的地面塌陷。岩土体失稳不仅会直接威胁到施工人员的生命安全,还可能导致周边建筑物的损坏和交通中断,进而影响城市的正常运行。此外,岩土体失稳还可能引发连锁反应,如地下水流失、地面沉降等次生灾害,进一步加剧地质灾害的复杂性和危害性。因此,必须在地下空间开发的各个阶段,通过科学的地质勘察、合理的工程设计以及严格的施工监测,全面评估和有效防控岩土体失稳风险,以保障地下工程建设的安全和城市的可持续发展。

1.3 地下水环境变化风险

地下空间开发会改变地下水的流动状态和水位变化,可能导致地下水位下降、水质恶化和周边生态环境受损。在某典型城市,地下水位的变化对地下工程建设和周边生态环境产生了显著影响。地下水环境变化不仅影响地下工程建设,

还可能对城市生态系统产生长期负面影响。例如, 在一些地下商业街的开发过程中, 由于施工导致地下水位下降, 周边植被出现枯萎现象, 生态环境受到破坏。

2 地质灾害协同防控的必要性

2.1 多学科融合的必要性

城市地下空间开发是一项复杂的系统工程, 涉及地质学、岩土力学、环境科学、工程学等多个学科领域。地质灾害防控需要综合运用多学科知识, 从地质条件分析、岩土体稳定性评价到生态环境保护, 实现跨学科协同研究。例如, 通过地质学研究地质构造背景, 能够精准识别潜在的地质灾害隐患区域; 利用岩土力学分析岩土体稳定性, 为地下工程建设提供科学的支护设计依据; 结合环境科学评估地下水环境变化, 确保地下空间开发对生态环境的影响降到最低。多学科融合能够为地质灾害防控提供更科学、更全面的解决方案, 避免因单一学科视角导致的防控漏洞, 提升地下空间开发的安全性和科学性。

2.2 多部门协作的必要性

城市地下空间开发涉及多个部门, 包括规划、建设、环保和应急管理。各部门之间需要建立高效的协调机制, 明确职责分工, 形成协同防控的合力。规划部门负责地下空间开发的整体布局, 从宏观层面把控开发方向和规模; 建设部门负责工程设计与施工, 确保工程建设符合地质灾害防控要求; 环保部门负责地下水环境监测, 及时发现和处理环境问题; 应急管理部门负责灾害预警与应急处置, 保障突发地质灾害时的应急响应能力。通过多部门协作, 能够有效整合各方资源, 避免职责不清、推诿扯皮等问题, 提高地质灾害防控效率, 保障地下空间开发的顺利进行。

2.3 全生命周期管理的必要性

从地下空间规划、设计、施工到运营维护, 每个阶段都可能引发地质灾害风险。因此, 需要建立全生命周期的地质灾害防控体系, 实现全过程动态管理。在规划阶段, 应进行全面的地质灾害风险评估, 合理布局地下空间开发区域, 避开高风险区域; 在设计阶段, 应优化设计方案, 采用先进的支护技术和施工工艺, 降低施工过程中的地质灾害风险; 在施工阶段, 应加强施工监测和质量控制, 及时调整施工方案, 确保施工安全; 在运营维护阶段, 应建立长期监测体系, 及时发现和处理潜在地质灾害, 保障地下空间的安全使用。全生命周期管理能够确保地质灾害防控贯穿地下空间开发

的各个环节, 避免因阶段割裂导致的防控失效, 为地下空间的可持续开发提供坚实保障。

3 地质灾害协同防控策略

3.1 风险评估与预警

在城市地下空间开发过程中, 建立综合风险评估体系是实现地质灾害精准防控的基础。该体系需整合地质调查、数值模拟和监测数据, 对地质灾害风险进行动态评估, 以适应复杂的地质环境和多变的施工条件。同时, 构建地质灾害预警平台, 利用物联网和大数据技术, 实现灾害风险的实时监测和预警, 是保障地下工程建设安全的关键。在某典型城市, 通过高精度卫星遥感技术和地质雷达探测, 精准识别潜在地质灾害隐患点, 并利用智能监测设备实时监测地质灾害风险。例如, 在地铁工程建设中, 通过对施工区域岩土体变形和地下水位变化的实时监测, 及时调整施工方案, 有效降低了地质灾害风险。这种动态监测与预警机制, 不仅为施工人员提供了安全保障, 也为周边基础设施的稳定运行提供了有力支持。

3.2 工程设计与施工优化

地下空间工程设计阶段是防控地质灾害的重要环节。在设计过程中, 充分考虑地质条件和灾害风险, 优化设计方案, 采用先进的支护技术和施工工艺, 能够有效降低地质灾害风险。在施工过程中, 加强施工监测和质量控制, 确保施工安全, 是保障地下工程建设顺利进行的关键。某典型城市在地铁工程建设中, 采用盾构法施工技术, 有效减少了对周边岩土体的扰动, 降低了地质灾害风险。同时, 通过优化支护设计, 确保了深基坑工程的稳定性, 避免了因岩土体失稳引发的坍塌事故。这种优化不仅提高了施工效率, 还保障了周边环境的安全, 为地下空间开发提供了科学、安全的施工模式。

3.3 监测与应急管理

建立完善的地质灾害监测体系, 对地下工程建设和运营过程中的地质环境变化进行长期监测, 是地质灾害防控的重要手段。同时, 制定地质灾害应急预案, 明确应急响应流程和责任分工, 能够提高应急处置能力。某典型城市通过建立地质灾害监测预警平台, 实现了对地质灾害风险的实时监控和预警。此外, 通过定期开展应急演练, 提高了相关部门和人员的应急响应能力, 确保在突发地质灾害时能够迅速、有效地采取应对措施, 最大限度减少灾害损失。这种监测与

应急管理机制，为地下空间的安全运营提供了坚实保障，也为城市可持续发展奠定了基础。

4 技术创新与政策支持

4.1 技术创新推动协同防控

技术创新是提升城市地下空间开发地质灾害协同防控能力的核心驱动力。在地质灾害防控领域，高精度地质探测技术、智能监测技术和生态修复技术等广泛应用，极大地提高了防控工作的科学性和有效性。例如，某典型城市在地下空间开发中，引入了地质雷达、卫星遥感和智能监测设备等先进技术。地质雷达能够快速、无损地探测地下岩土体的结构和缺陷，为工程设计提供精准的地质信息；卫星遥感技术则可实现大范围、高精度的地面沉降监测，及时发现潜在的地质灾害隐患；智能监测设备则通过物联网技术，实时传输监测数据，为动态风险评估和预警提供了有力支持。这些技术的综合应用，不仅实现了对地质灾害风险的精准识别和实时监测，还为地下工程建设提供了全方位的技术保障，有效降低了地质灾害风险。

4.2 政策支持保障协同防控

政策支持是推动城市地下空间开发地质灾害协同防控体系建设的重要保障。政府应从资金支持、技术研发和人才培养等方面入手，为协同防控提供坚实的政策基础。例如，某典型城市通过设立专项基金，支持地质灾害防控技术研发和人才培养。专项基金的设立，不仅为科研机构和企业提供了充足的资金支持，还吸引了大量优秀人才投身地质灾害防控领域。同时，政府通过政策引导，鼓励企业和社会力量参与地质灾害防控工作。例如，通过税收优惠、项目补贴等政策措施，激励企业加大在地质灾害监测设备研发、生态修复技术应用等方面的投入，形成了政府、企业和社会多方参与的良好局面，为地质灾害协同防控提供了强大的动力。

4.3 未来发展方向

展望未来，城市地下空间开发地质灾害协同防控应进一步加强国际合作与交流，积极借鉴国际先进经验和先进技术。在全球化背景下，国际合作能够帮助城市获取前沿的防控理念和技术手段，提升防控水平。同时，推动绿色开发理念的落实，实现地下空间开发与生态环境保护的协调发展，是未

来发展的必然趋势。例如，某典型城市在地下空间开发中，注重生态保护和资源循环利用。通过采用生态修复技术，对施工过程中受损的生态环境进行修复；在地下工程建设中，优先选择环保型材料和工艺，减少对环境的负面影响。这种绿色开发模式，不仅保障了地下空间开发的可持续性，还为城市的生态环境改善做出了积极贡献。未来，城市应继续深化绿色开发理念，探索更多生态保护与开发协调共进的创新模式，为城市的高质量发展提供有力支撑。

5 结语

城市地下空间开发的地质灾害协同防控是保障城市可持续发展的重要课题。通过多学科融合、多部门协作以及全生命周期管理，结合技术创新和政策支持，能够有效降低地质灾害风险，提升地下空间开发的安全性和效益。在实践中，风险评估与预警、工程设计与施工优化、监测与应急管理协同防控策略的实施，为地下工程建设提供了科学依据和技术保障。同时，政策支持与国际合作的推进，进一步夯实了协同防控的体系基础，推动了绿色开发理念的落实。未来，城市地下空间开发应继续深化协同防控研究，加强国际合作与经验交流，探索更多生态保护与开发协调共进的创新模式，为城市的高质量发展提供坚实保障，助力城市实现可持续发展目标。

参考文献：

- [1] 易荣, 阎浩, 祁民, 等. 基于城市规划的城市地下空间开发适宜性评价探讨 [J]. 地质与勘探, 2024, 60(02): 339-347.
- [2] 周进威, 苏栋, 韩文龙, 等. 基于三维地质模型的城市深层地下空间开发适宜性评估 [J/OL]. 地学前缘, 1-12 [2025-06-17].
- [3] 周圆心, 李海军, 刘宗明, 等. 北京超大城市地下空间开发利用地质条件、地质风险及地质建议 [J]. 北京规划建设, 2025, (02): 16-19.
- [4] 章梦霞. 三维视角下的城市地下空间开发地质适宜性评价研究 [D]. 中国地质大学 (北京), 2019.
- [5] 苏栋, 黄茂隆, 韩文龙, 等. 考虑城市地质环境影响的深圳市地下空间开发适宜性评价 [J]. 地学前缘, 2023, 30(04): 514-524.