

城市地下空间开发与环境地质灾害风险评估

糟永中

新疆地矿局第二水文工程地质大队，新疆 昌吉 831100

摘 要： 随着经济的迅速发展，城市人口急剧增加，城市化进程也在不断加快，人们对生活环境要求越来越高。地下空间开发是为了解决日益增长的交通、住房等基础设施。但由于我国目前正处于工业化和城镇化阶段密集度较低，导致地下空间开发与利用程度不高；同时受地质灾害影响严重，造成大量土地资源浪费甚至枯竭，对社会经济发展产生不利影响。

关 键 词： 城市开发；地下空间开发；地质灾害；风险评估

Urban Underground Space Development And Risk Assessment Of Environmental Geological Disasters

Zao Yongzhong

Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development,
the Second Hydrological Engineering Geological Brigade Xinjiang, Changji 831100

Abstract： With the rapid development of economy, the rapid increase of urban population, the process of urbanization is also accelerating, people have higher and higher requirements for the living environment. Underground space is developed to address the growing infrastructure of transportation, housing and more. However, due to the low intensity of industrialization and urbanization, the degree of underground space development and utilization is not high; at the same time, the geological disasters cause a lot of land resources waste and even exhaustion, adverse effects on social and economic development.

Keywords： urban development; underground space development; geological disaster ; risk assessment

引言

近年来，随着城市化的不断发展，人口膨胀和城市规模快速扩大等一系列社会经济问题也日益突出。地下空间开发与利用成为解决这些问题的有效途径。在我国很多大城市中都存在着对地下空间进行不合理改造、盲目建设或规划设计不当导致资源浪费现象严重等不安全因素；同时由于缺乏科学合理的管理造成了许多工程项目的中断及延误工期甚至会影响到正常生活，给城市居民带来极大不便和损失，不利于社会经济发展以及人类居住条件改善。

一、城市地下空间开发与环境地质灾害风险评估的相关内涵

风险评估是指运用科学的方法，对项目可能存在的各种影响进行预测、分析和评价。在城市地下空间开发过程中地质灾害具有不可替代性强等特点。随着科学技术不断进步发展，人类社会经济活动也日益增多；同时由于城市化进程加快带来了许多不确定因素（如人口增长）以及一些突发性事件给人们生活造成极大危害甚至威胁到生命财产安全所引发的自然灾害频发等等，使得风险评估变得更为复杂和困难。城市地下空间开发与环境地质灾害的评估，是对人类在进行各种工程建设以及社会活动中所面临

风险和损失后果及程度，为预防、避免或减轻其危害提供科学依据。它包括了在项目进行过程中可能发生事故造成人员伤亡和财产（利益）受损害情况下是否有必要采取措施或补救方法来控制其发展趋势并减少它给周围区域带来的影响^[1]。

二、城市地下空间开发与环境地质灾害风险评估的必要性

（一）城市地下空间开发是我国经济发展的必然趋势

伴随着城市的发展，城市化进程不断加快，各种基础设施建设和地下空间开发建设也在快速发展。我国目前正处于城镇化、

* 作者简介：姓名：糟永中，性别男，出生日期1991.8，籍贯（甘肃省张家川回族自治县人），学历本科，职称：工程师（拟评高工），民族回，工作领域：水文地质，工程地质，环境地质相关勘查设计工作

工业化阶段。由于经济高速增长带来了大量人口。同时对资源需求量日益增加以及生态环境恶化等问题加剧了地质灾害发生几率；与此同时人们对于环境质量要求越来越高以及生态平衡性提出更高层次上水平的要求，这就使得城市地下空间开发与保护面临着巨大挑战和机遇。同时，随着我国社会经济的快速发展，城市化进程不断加快，城市人口数量日益增加，对地下空间开发利用也提出了新要求^[2]。在现代城市建设过程中要遵循“因地制宜、科学规划、合理布局”等原则。对现有资源进行充分有效地利用是保证可持续发展和实现永续经营的重要前提条件；同时还要坚持以人为本思想为核心的科学管理理念和经济效益型社会模式相结合，提高人类与自然和谐共处共同繁荣景象，创造出一个健康有序发展空间环境。^[3]

（二）地质灾害是城市地下空间开发过程中必须面对的主要问题

地质灾害是指由于人类活动而导致的地壳、地缘与地貌等自然和社会环境因素。在城市中，如果没有良好的地质条件，就会使人们失去原有建筑基础。因此对地下空间开发过程中遇到或大或者小的风险要有一个科学合理性判断并提出应对措施；否则可能造成严重后果甚至政治危害；同时也需要考虑工程建设带来巨大投资及社会影响所导致损失程度及其可能产生地解决方法等问题来确定安全度和可承受能力。城市地下空间开发与环境地质灾害有着密切的关系，从对人类活动威胁和危害方面考虑，我们可以将其分为三大类：第一类是由于人为原因而产生的自然灾害^[4]。第二类是由于工程建设中各种自然因素、施工过程以及工业生产等条件所引起地质灾害。第三是非计划性或不可预见事件。随着城市化进程速度加快及城市规模扩大发展要求地下空间开发也随之迅速增加并且在不断增多，这就导致了对地面交通安全与城市整体环境质量提出更高标准和挑战^[5]。

（三）加强城市地下空间开发地质灾害风险评估工作，是有效防治地质灾害的需要

城市的发展是一个由量变到质变、由量转再转化，随着城市化进程加快，各种建筑物密集分布在大城市中形成“三网”。这些建筑空间往往具有较大规模和复杂程度。由于人口数量多带来了大量的外来人员进入或居住造成交通拥挤及环境污染等问题；同时也增加了地下工程建设对地质灾害风险评估工作的难度与复杂性。城市发展是一个由量变到质变、由粗放型向集约化，并且随着城市化进程加快而不断加深扩大。城市地下空间开发的地质灾害具有突发性、不可预测性和破坏性，风险程度大，危害后果严重等特点^[6]。在建设项目实施过程中如果出现了地面沉降或地表破坏现象就可能造成重大事故。因此为了减少工程项目的施工成本，避免由于不良地质作用导致的工期延误以及财产损失；同时也要防止因设计缺陷引发新一轮地基问题而引起的建筑物倾斜及变形灾害（如：地下空洞、坍塌）和地震产生对城市环境安全与稳定影响严重后果^[7]。

三、城市地下空间开发与环境地质灾害风险因素

（一）地质环境条件

地质环境是指由地球内部的各种物质组成，包括地表、地下

及其他物体所产生的空间及其结构。在人类工程活动中形成了各种各样不同类型和数量且具有一定差异性特征或相对复杂程度的岩石地貌景观以及水文地质构造物等；这些因素对城市发展有着非常重要影响并且也会造成巨大损失与风险。所以我们需要从环境方面考虑，以防止开发过程可能出现的问题。同时，地质条件是影响城市地下空间开发的一个重要因素，是决定工程能否顺利进行，以及是否能够安全实施。在实际施工过程中由于一些原因导致地质环境出现改变。如：开挖基坑时可能会对附近建筑物造成破坏；因降水引起管道腐蚀等情况发生地震灾害；地下水开采过快或过量都有可能使周围建筑产生干扰和危害事故隐患等等问题需要我们及时解决的必要条件之一就是水土流失风险，地下空间开发建设是一个复杂的系统工程^[8]。

（二）工程建设活动

城市的开发建设主要是为了改善人民居住环境，提高人们生活质量。而地下空间开发与工程项目的施工活动又可以划分为不同类型。在进行地质灾害风险评估时需要根据其可能影响到人类和其他生物生命、财产及自然环境等问题来确定是否会发生危害以及如何应对各种破坏情况；对于一些危险性较大的区域也要采取相应措施避免出现严重后果，如地震产生后对人民群众造成伤害或威胁人民生活安全，甚至危及人们的生存环境。此外，工程建设活动包括城市道路和地铁、轻轨等基础设施，在这些基础上进行综合整治。由于地下空间开发过程中会造成大量建筑垃圾堆积现象发生，因此对现有的交通系统提出了更高要求；为了解决这一问题应严格控制原有老城区与城中村改造项目之间距离过近且不能过大导致车辆通行困难而采取拆迁措施来保证城市主干道两侧地块之间能有足够空间去建设新住宅区和支路等设施以满足居民出行需求。^[9]

（三）地下水开采

地下水开采是城市地下空间开发的重要组成部分，主要包括地表水和地面废水管网补给、补充水源，以及通过井点或渠道排泄物补给。由于在我国地形复杂地层条件下地下水资源丰富。目前我国有多种类型不同性质的矿藏：以煤田为主体分布于北东向和华中地区；以喀斯特地热泉为代表的是西部部分区域存在着大面积地下水位降落现象，并且呈现出“西高南低”、面状上升趋势。同时，地下空间的开发主要是在地下采空区进行，由于地下水开采具有很大的隐蔽性，所以对地面建筑物和道路等都有一定影响。我国北方大部分城市都采用浅部地表水注浆处理以后排入附近河道或河流、池塘以及湖泊；而对于一些小型工业矿坑也可以利用深井钻孔灌注桩来解决地下空间开发中遇到的问题，但是由于开采深度较大且不均匀时就会造成地面沉降等地质灾害发生^[10]。

四、城市地下空间开发与环境地质灾害风险评估的方法与措施

（一）城市地下空间开发规划

城市地下空间开发规划是对整个区域范围内的地下资源进行综合考虑，并在一定时间期限之内，按照相关规定和原则为人们

提供一个合理、安全以及高效的生活环境。在城市地下空间开发的规划过程中，首先要对其进行总体布局，根据不同区域的功能和特点确定各部分之间合理关系。其次是按照各个分区各自为战。

地铁沿线与主要商业区、生活区等人流密集地区分布；而一些建筑则分布于道路交叉口处形成带状网络结构以减少噪声污染以及降低了噪音问题；此外还可以在城市主干道两侧建设地下停车场，将其纳入规划范围内来缓解区域用地紧张的局面。

（二）地质灾害风险评估

地质灾害风险评估是一种针对特定的区域或空间进行研究，并预测和分析其可能存在的环境危害，为开发及治理工程提供科学依据。在对城市地下空间开发与设计过程中所出现各种地质灾害事故、评价其发生后造成损失程度以及影响范围等方面有了一定了解之后才能更好地采取措施来控制和避免。通过对城市地下空间开发可能出现的地质灾害、工程活动造成的环境破坏和社会经济运行对生态环境和人民生活产生影响进行评估，并提出预防措施。根据评价区域地层结构，确定建设项目是否可行。主要包括：①根据当地地震基本烈度及频率资料等信息判断该地区可能发生地震；②在分析区域地壳稳定性与场地岩土性质之间存在一定关系时应考虑到当地地质灾害的风险等级及其程度；③对不同类型的工程活动造成破坏和影响情况进行评估并提出预防措施。

（三）环境地质灾害监测预警

根据城市建设规模、地形地貌条件和水文地质特点，对各监测点的地面沉降量进行观测。建立起了地表沉陷变形监测预警系统。该信息系统能够自动识别可能出现地裂缝或地面塌方的区域。通过实时监控并将其记录在报警表上；同时也可以作为事故发生之前分析处理风险因素提供技术支持以及决策依据和指导作

用；此外还能对地下空间开发过程中产生地质灾害隐患点进行及时发现，以便采取有效措施消除。同时，在项目规划建设期间，对环境地质灾害的发生情况进行监测。根据国家相关规定和当地气象预报资料及实际工作需要制定相应预警方案。预警方案应包括：自然灾害、人类活动和地面沉降三个方面内容；预测评估可能存在的风险因素并提出应对措施，以保证事故应急预案与决策实施过程中采取有效手段控制事态发展速度以及危害程度；定期对项目区地质灾害现状做出调查评价。

（四）风险管理系统建设

在城市地下空间开发和工程中，由于地质灾害发生频率高，因此需要建立一个信息管理系统来实现对可能出现的各种情况进行预测、预报以及分析。根据前期调查收集到资料数据后计算出每一时间段所产生危险危害程度及严重度。然后再将结果以表格等形式展示出来供决策层参考使用；同时也要考虑风险评估过程中人机交互界面的设计是否合理规范。风险管理系统的建设要结合地下空间开发和城市总体规划，对其进行科学、合理化设置。

结语

随着我国城市化进程的不断加快，城市人口迅速增长，对地下空间开发和利用水平提出了更高要求。如何在保证经济发展与环境相协调下实现社会、生态效益最大化是摆在世界各国面前亟待解决的问题。目前国内外许多学者都致力于研究地下空间地质灾害风险评估方法及模型设计等方面做得很好地探索工作；但由于我国特殊国情以及国外经验存在差异导致国内对于这方面还不够深入，对其进行应用时也缺乏一定的理论支撑和实践支持。

参考文献

- [1] 徐鹏辉, 顾朝阳. 城市地下空间开发与环境危害分析 [J]. 知识经济, 2013:117.
- [2] 钱丹生. 宜昌城市地下空间开发与环境地质效应研究 [J]. 地下空间与工程学报, 2014:7-12.
- [3] 谢连平, 钟洛加, 周衍龙. 武汉城市地下空间开发利用与环境地质 [J]. 环境科学与技术, 2009:215-220.
- [4] 王亚辉, 张茂省, 师云超, 等. 基于综合物探的城市地下空间探测与建模 [J]. 西北地质. 2019,(2).
- [5] 程晓伟, 刺理祯, 李清泉. 黄土边坡突滑地质灾害风险判识评估研究 [J]. 铁道工程学报, 2022,39(09):1-6.
- [6] 郝小栋. 矿山水工环地质灾害风险评估方法研究 [J]. 世界有色金属, 2022(13):154-156.
- [7] 温兰. 地质灾害评估的方法及其发展趋势 [J]. 西部资源, 2022(03):83-84+87.
- [8] 廖明勇. 地质灾害面域~单体风险评估方法研究与应用 [D]. 重庆大学, 2022.
- [9] 徐晓伟. 地质灾害综合风险治理韧性评估及提升策略研究 [D]. 重庆科技学院, 2024
- [10] 冯建荣. 着力加强地质灾害防治能力建设 [N]. 中国应急管理报, 2021-09-21(003).