

影响地下空间开发的环境地质因素及危险性分析

袁加华

江苏省地质环境勘查院 江苏南京 210002

摘要: 随着城市化进程的加速和人口增长,地下空间的开发和利用已成为解决城市化问题和优化城市空间布局的重要手段。然而,地下空间开发受到环境地质因素的制约,包括地质构造、地下水位、地下岩土工程特性和地质灾害风险等。因此,对环境地质因素进行分析和评价,对地下空间开发的安全和可持续发展具有重要意义。本文从环境地质因素对地下空间开发的影响和地下空间开发中的危险性分析两个方面进行探讨,并结合实际案例进行分析,以为地下空间开发提供参考和指导。

关键词: 地下空间开发; 环境地质因素; 危险性分析; 地质构造; 地质灾害

Environmental geological factors and risk analysis affecting underground space development

Jiahua Yuan

Jiangsu Provincial Institute of Geological and Environmental Exploration, Nanjing City, Jiangsu Province 210002

Abstract: With the acceleration of urbanization and population growth, the development and utilization of underground space have become important means to address urbanization issues and optimize urban spatial layout. However, the development of underground space is constrained by environmental geological factors, including geological structures, groundwater levels, geotechnical characteristics of underground formations, and geological hazards risks. Therefore, this paper analyzes and evaluates the environmental geological factors, which are of great significance for the safety and sustainable development of underground space development. The paper explores the influence of environmental geological factors on underground space development and analyzes the hazards associated with underground space development. It also includes analysis of practical case studies to provide reference and guidance for underground space development.

Keywords: Underground space development; Environmental geological factors; Risk analysis; Geological structure; Geological disaster

一、研究背景与意义

1. 地下空间开发的定义及发展历程

随着城市化进程的不断加速,地下空间的开发和利用越来越受到人们的关注。地下空间开发是指将地下空间作为建设空间进行规划、设计、建设和利用的过程,包括地下商业、地下停车场、地下铁道、地下仓库、地下燃气站、地下储能等。地下空间开发的发展历程可以分为三个阶段。第一阶段是在 20 世纪 60 年代至 70 年代,地下空间开发主要集中在瑞士、日本和美国等国家和地区,主要以地下商业为主。第二阶段是在 20 世纪 80 年代至 90 年代,随着城市化进程的加速,地下空间的利用范围不断扩大,包括地下公共设施、地下交通等。第三阶段是 21 世纪以来,地下空间的开发趋势是规模化、综合化和智能化。地下空间不仅可以作为城市公共设施的延伸,还可以作为城市基础设施的一部分,如地下储气库、地下储能、地下管线等。

2. 环境地质因素对地下空间开发的影响

地下空间开发的可行性和可持续性受到许多环境地质因素的制约。主要包括地质构造、地下水位、地下岩土工程特性和地质灾害风险等。这些因素对地下空间的规划、设计、建设和利用都具有重要影响。下表为不同环境地质因素对地

下空间开发的影响及控制措施:

环境地质因素	影响	控制措施
地质构造及地质条件	影响地下空间的稳定性和安全性	选择合适的开挖方式和支护结构; 加强地下水流和应力分析
地下水位及水文地质条件	影响地下空间的渗透性和稳定性	采取合理的防渗措施; 加强地下水流和渗透分析
地下岩土工程特性	影响地下空间的承载力和变形性	加强地下岩土勘察和工程设计; 选择合适的支护结构
地质灾害风险	影响地下空间的安全性和可持续性	加强地质灾害监测和预警; 选择合适的预防和控制措施

二、环境地质因素对地下空间开发的影响

1. 地质构造及地质条件

地质构造是指地球表面上地形地貌、地壳构造、地震活动等各种因素的总和。地质构造对地下空间开发具有重要影响。不同的地质构造类型和地质条件对地下空间的规划和设计有不同的要求和限制。例如,在构造复杂区域进行地下空间开发时,需要考虑地下岩石的稳定性、地质构造的变形和

变异等因素，以避免地下岩层的崩塌和地下水的涌入。

地质构造和地质条件的影响包括以下几个方面：

(1) 岩体稳定性

地质构造对岩体稳定性有重要影响。在构造复杂的区域，岩体中存在裂隙、节理等弱面，这些弱面会影响岩体的稳定性，从而影响地下空间的开发和利用。此外，地下水的涌入也会影响岩体的稳定性，导致地下岩层崩塌，给地下空间带来安全隐患。

(2) 岩土渗透特性

地质构造对岩土渗透特性也有影响。在构造复杂的区域，地下岩石中存在裂隙、孔隙等通道，这些通道会对地下水的渗透和分布产生影响。地下水的渗透和分布是地下空间设计和使用中需要考虑的重要因素，因为地下水的涌入和渗透会影响地下空间的稳定性和使用效果。

(3) 岩土物理力学特性

地质构造对岩土物理力学特性也有影响。在构造复杂的区域，地下岩层会受到构造变形和变异的影响，这会导致地下岩层的物理力学特性发生变化。例如，岩层的压缩、延展和剪切等物理力学特性会发生改变，这会对地下空间的设计和使用产生影响。

2. 地下水位及水文地质条件

地下水位及水文地质条件对地下空间的开发和利用具有重要影响。地下水的涌入和渗透会影响地下空间的稳定性和使用效果。因此，地下水位及水文地质条件需要在地下空间的规划和设计中考虑。

(1) 地下水位

地下水位是指在地下水层中，地下水的上部边界高度。地下水位高低会影响地下空间的设计和使用。在地下空间建设过程中，一定要考虑到地下水位的变化以及地下水流动的影响。如果地下水位较高，就需要采取一些措施来防止地下水的涌入，如设置排水系统、加强防渗措施等。

(2) 水文地质条件

水文地质条件是指地下水位、地下水的渗透性、水文地质结构等因素的综合影响。地下水的渗透性和水文地质结构会影响地下空间的排水和使用。例如，在地下空间的建设过程中，需要了解地下水的流向和渗透性质，以便采取适当的措施，防止地下水涌入和渗透，导致地下空间的不稳定和水浸。

另外，在水文地质条件的考虑下，需要考虑地下水的水质和水源保护。在地下空间的建设过程中，需要避免对地下水环境的破坏，保护地下水资源，防止污染和过度开采。

(3) 水文地质勘探与监测

水文地质勘探与监测是地下空间建设的关键工作之一。通过对地下水位、地下水流动、地下水渗透性质等方面的勘探和监测，可以及时掌握地下水环境的变化情况，为地下空间的规划和设计提供科学依据。

水文地质勘探和监测的方法包括地下水位测量、地下水流速测量、水文地质结构勘探、地下水渗透性质测试等。通过对这些数据的采集和分析，可以对地下水环境进行评估和预测，提高地下空间的安全性和可持续性。

3. 地下岩土工程特性

地下岩土工程特性是指地下岩石和土壤的物理、力学和化学性质，包括密实度、压缩性、抗剪强度、渗透性、可塑性等。这些特性对地下空间的规划、设计和施工都具有重要影响。

在地下空间的规划和设计中，需要对地下岩土工程特性进行全面的分析和评价。例如，在地下隧道的建设中，需要考虑地下岩石的坚硬程度、稳定性和耐久性等因素，以保证地下隧道的安全和可持续性。此外，在地下空间的施工过程中，需要根据地下岩土工程特性的差异，选择不同的施工方法和技术，以确保地下空间的稳定性和安全性。

地下岩土工程特性还与地下水位、地质构造等因素密切相关。例如，在地下水位较高的区域进行地下空间开发时，需要考虑地下岩石的渗透性和抗水性，以避免地下水的涌入和渗透对地下空间的影响。此外，在地质构造复杂的区域进行地下空间开发时，需要考虑地下岩石的稳定性和变形性，以避免地下岩层的崩塌和地下空间的变形。因此，对地下岩土工程特性的分析和评价是地下空间规划、设计和施工的重要内容之一。

三、地下空间开发中的危险性分析

1. 危险性分析的定义及基本原理

地下空间开发中的危险性分析是指对地下空间开发过程中可能出现的各种危险性进行全面、系统、科学的分析和评估，以确定可能出现的风险和安全隐患，从而采取相应的措施，保障地下空间开发工程的安全性和可持续性。

危险性分析的基本原理是综合运用多学科交叉的知识和技术，包括地质学、地球物理学、水文地质学、工程力学、工程地质学、环境科学等，以系统工程的方法对地下空间开发中可能存在的各种危险因素进行分析和评价，从而提高工程的安全性和可持续性。具体分析包括定性和定量分析两种方法。

2. 地下空间开发中的危险性评价指标

地下空间开发中的危险性评价指标包括：地质条件、水

文地质条件、地下岩土工程特性、地质灾害风险、设施安全、环境质量等因素。这些评价指标可以从不同的角度和方面反映地下空间开发的危险性和风险。如下表,不同危险性评价指标:

评价指标	描述
地质条件	包括地层结构、岩性、断裂、褶皱、构造等因素,对地下空间稳定性影响较大
水文地质条件	包括地下水位、水文地质条件、水文特征等因素,对地下空间稳定性和水环境影响较大
地下岩土工程特性	包括地下岩土的物理力学特性、渗透性、抗剪强度等因素,直接影响地下空间工程安全
地质灾害风险	包括地震、地质滑坡、地面沉降、地下水涌流等灾害风险,对地下空间安全稳定产生威胁
设施安全	包括地下空间工程的设计、施工、监测、运营等因素,对地下空间的安全稳定性产生影响
环境质量	包括地下空间周围环境质量、噪声、空气质量、辐射等因素,对人类健康和生态环境产生影响

3.危险性分析方法及模型

地下空间开发中的危险性分析方法主要分为定性分析和定量分析两种方法。

1) 定性分析

定性分析是基于专家判断和经验,对地下空间开发的危险性进行主观评价和分析的过程。主要包括以下方法:

经验法:根据历史数据、经验和常识对地下空间开发的危险性进行评价和分析;

专家咨询法:利用专家的知识 and 经验,对地下空间开发的危险性进行评价和分析;

情景分析法:通过构建可能出现的不同情景,对地下空间开发的危险性进行评价和分析。

2) 定量分析

定量分析是基于数学模型和统计分析,对地下空间开发的危险性进行客观评价和分析的过程。主要包括以下方法:

层次分析法:通过构建层次结构和权重,对不同危险性因素进行排序和评价;

模糊综合评价法:通过建立模糊数学模型,对地下空间开发的危险性进行评价和分析;

灰色关联分析法:通过计算不同危险性因素之间的灰色关联度,对地下空间开发的危险性进行评价和分析;

人工神经网络:通过建立神经网络模型,对地下空间开发的危险性进行评价和分析。

4.典型案例分析

香港的西九龙站工程,该工程是一项地下车站和隧道的

建设项目,涉及复杂的地质条件和城市基础设施。在项目实施过程中,进行了危险性分析和评价,以确保项目的安全性和可持续性。

危险性分析的过程主要包括以下几个方面:

1) **确定评价对象:**确定项目范围和关注点,包括地质情况、地下管线、周边建筑物等。

2) **评价因素和评价方法:**根据项目特点和需求,选择合适的评价因素和方法,包括地质勘探、监测、模拟等。

3) **建立评价指标和评价体系:**建立适合项目的评价指标和体系,包括地质条件、地下水位、地下管线、建筑物承载能力等。

4) **进行危险性评价和分析:**利用定性和定量分析方法,对各项评价指标进行评价和分析,确定潜在的危险因素和风险。

5) **制定相应的预防和控制措施:**基于评价结果,制定相应的预防和控制措施,包括改进设计、加强监测、采用安全施工技术等等。

在西九龙站工程中,通过地质勘探和数值模拟,确定了地下岩层的性质和特点,并进行了地下水位的监测和管理。同时,通过精密测量和管线勘察,识别和标记了地下管线,并采取了相应的保护措施。在施工过程中,采用了先进的隧道掘进技术和安全施工措施,避免了地下空间坍塌和管线损坏等危险情况的发生。

四、结束语

地下空间开发是城市规划和建设的重要组成部分,对提高城市空间利用效率和优化城市功能具有重要意义。然而,在地下空间开发过程中,需要充分考虑环境地质因素的影响和危险性分析的应用,采取相应的预防和控制措施,以保证地下空间的安全和可持续性。

参考文献:

- [1]王晓明,李瑞清.城市地下空间开发与利用[M].北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [2]谢长清,张晓伟.城市地下空间环境地质[M].北京:科学出版社,2014.
- [3]杨长江.城市地下空间环境地质与地下空间开发[M].北京:地质出版社,2011.
- [4]王涛,陈绍宽.城市地下空间开发与管理[M].北京:中国水利水电出版社,2010.
- [5]段永斌.城市地下空间开发的环境地质问题[J].现代城市研究,2016,(5):49-51.