

ICS 07.060  
CCS P 13

DB32

江苏省地方标准

DB32/T 4527—2023

## 城市地下资源协同开发调查评价规范

Specification for investigation and evaluation of collaborative  
development of urban underground resource

2023-07-25 发布

2023-08-25 实施

江苏省市场监督管理局 发布  
中国标准出版社 出版

## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 基本要求 .....	2
5 城市地下空间资源开发需求评价 .....	3
6 城市地下空间资源调查评价 .....	4
6.1 已开发利用资源调查评价 .....	4
6.2 可开发地下空间资源调查评价 .....	4
6.3 矿山地下空间资源调查评价 .....	5
6.4 洞穴地下空间资源调查评价 .....	7
6.5 适于封储等特殊用途地下空间资源调查评价 .....	8
7 城市地下其他资源调查评价 .....	9
7.1 地下水资源调查评价 .....	9
7.2 浅层地热能资源调查评价 .....	10
7.3 地质材料资源调查评价 .....	11
7.4 地下文化遗产资源调查评价 .....	12
7.5 深部岩溶塌陷调查评价 .....	13
8 城市地下资源开发相互影响评价 .....	13
8.1 地下资源开发相互影响模式 .....	13
8.2 地下资源禀赋综合评价 .....	14
8.3 地下资源协同开发评价 .....	15
9 城市地下资源开发相互影响监测 .....	15
10 成果编制 .....	16
附录A(资料性) 城市地下空间需求量的预测方法 .....	17
附录B(资料性) 地下空间开发利用强度评价方法 .....	18
附录C(资料性) 城市地下资源协同开发调查评价报告编写提纲 .....	19
参考文献 .....	20

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省自然资源厅提出并归口。

本文件起草单位：中国矿业大学、江苏省自然资源厅、深地科学与工程云龙湖实验室、南京大学、中煤（天津）地下工程智能研究院有限公司、江苏省地质局、江苏省地质调查研究院、中国地质调查局南京地质调查中心、中国煤炭地质总局江苏煤炭地质局、河海大学、江苏省地下空间学会。

本文件主要起草人：李晓昭、赵栋、叶黎伟、车平、卞夏、李孟琳、赵鹏、郭庆华、耿敏、周书明、苏晶文、平立华、龚绪龙、王勃、王国光、李娟娟、李向全、张照伟、刘四进、宫志群、李福清、黄俊、胡李华、刘江峰、马娟、王睿、王迎超、周丹坤、袁东明、季雨坤、许文涛、张东海、缪秀秀、凌云志、汤楷、田中纺、李奥。

# 城市地下资源协同开发调查评价规范

## 1 范围

本文件规定了城市地下资源协同开发调查评价基本要求、城市地下空间资源开发需求评价、城市地下空间资源调查评价、城市地下其他资源调查评价、城市地下资源开发相互影响评价、城市地下资源开发相互影响监测、成果编制。

本文件适用于江苏省城市规划与建设区的调查评价工作,也适用于国土空间规划中地上地下空间统筹综合利用。

本文件不适用于受污染区域的调查评价。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 14158 区域水文地质工程地质环境地质综合勘查规范(比例尺 1:50 000)
- GB/T 35636 城市地下空间测绘规范
- GB 50021 岩土工程勘察规范
- GB 50027 供水水文地质勘察规范
- GB 55018 工程测量通用规范
- DD 2019-03 水文地质调查技术要求(1:50 000)
- DD 2019-04 水文地质调查图件编制规范 第1部分:水文地质图(1:50 000)
- DD 2019-05 水文地质调查数据库建设规范(1:50 000)
- DD 2019-06 工程地质调查技术要求(1:50 000)
- DD 2019-07 环境地质调查技术要求(1:50 000)
- DZ/T 0225 浅层地热能勘查评价规范
- DZ/T 0282 水文地质调查规范(1:50 000)
- DZ/T 0283 地面沉降调查与监测规范
- DZ/T 0287 矿山地质环境监测技术规程
- HJ 1141 生态保护红线监管技术规范生态状况监测
- HJ 25.1 建设用地土壤污染状况调查技术导则
- JGJ 8 建筑变形测量规范
- NB/T 10265 浅层地热能开发工程勘查评价规范
- NB/T 10715 地热资源动态监测规程
- SY/T 6565 石油天然气开发注二氧化碳安全规范
- TD/T 1073 国土空间规划城市时空大数据应用基本规定
- DB32/T 3919 浅层地热能开发利用地质环境监测标准
- 国土空间用途管制数据规范(试行)(自然资源办[2021]48号)
- 省级国土空间规划成果数据汇交要求(试行)(自然资源办函[2021]983号)

关于印发《自然资源调查监测质量管理导则(试行)》的通知(自然资办发[2021]49号)

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**地下空间资源** **underground space resource**

已开发和未开发的地下空间范围内,可利用的空间资源。

#### 3.2

**地下资源协同开发** **collaborative development of underground resource**

通过调查评价、统筹规划与协同开发技术应用,明确地下空间、地下水、浅层地热能、地质开挖材料等多种资源开发的相互影响,实现多种资源开发相互影响的避让和有效管控、重要资源的保护和优先开发、多种伴生资源协同开发。

#### 3.3

**城市地下资源** **urban underground resource**

城市地下赋存的各种资源,主要包括具有潜在利用价值的地下空间、地下水、地热能、地质材料资源等。

#### 3.4

**地质材料资源** **geological material resources**

在一定社会经济技术条件下能够被人类利用并产生生态价值或经济价值的自然地质资源,包含山体及地表以下的岩石和土体。

#### 3.5

**地下文化遗产资源** **underground cultural heritage resources**

地表以下具有一定历史意义、存在历史价值的物质文化遗产。

#### 3.6

**地下空间平面开发率** **plane exploitation rate of underground space**

评价单元内地下空间开发的地表投影面积与开发地块面积的比例系数,表征某区域地下空间平面上已占用的比例。

#### 3.7

**地下空间容积率** **volume rate of underground space**

评价单元内地下空间总建筑面积与评价单元面积的比值。

#### 3.8

**地下空间开发占用深度** **exploitation occupancy depth of underground space**

评价单元内地下空间结构(地下室、桩基、隧道等)所占用的最大深度。

#### 3.9

**地下资源禀赋** **underground resource endowment**

地下资源的类型、数量、质量、分布等方面的总体情况。

### 4 基本要求

4.1 调查评价工作前期,应充分收集被调查评价区域政策法规、行政规划、水文及地质等资料,通过资料分析,确定下一步调查评价工作,确保工作合理、可行。

4.2 不良地质作用和地质灾害区及特殊性岩土区适宜性评价需进行专家论证。不良地质作用和地质灾

害包含但不限于岩溶、滑坡、危岩和崩塌、泥石流、采空区、地面沉降、地震区及活动断裂等。特殊性岩土包含但不限于湿陷性土、红黏土、软土、混合土、填土、膨胀岩土、盐渍岩土、易液化砂土等。

4.3 调查宜分初步调查和详细调查两个阶段进行。当已初步判定该区域开发存在地下空间资源相互影响的状况,可直接进行详细调查。

4.4 测绘坐标应选 2000 国家大地坐标系,高程应选 1985 国家高程基准;有特殊要求的可按当地城市坐标系。

4.5 地质调查精度根据调查阶段、调查类型、地质条件和城市区位等综合因素确定,要求如下:

- a) 基岩出露区以地面调查为主,比例尺可为 1:50 000~1:25 000;
- b) 岗地地区、平原漫滩地区以钻探为主,比例尺宜为 1:25 000,钻探、物探等勘探点布设可根据地质复杂程度与城市规划综合确定;
- c) 构造断裂带等对地下空间影响较大的区域需进一步提高调查精度,比例尺宜为 1:10 000;
- d) 城市开发边界以内区域是城市规划建设重点地区,比例尺不小于 1:10 000;
- e) 重点工程项目边界内调查精度应满足地下空间规划需求。

4.6 重要水源保护区、国家耕地保护区及其他限制区域,应根据相关部门要求进行调查评价工作,调查评价方案需通过专家论证后实施。

4.7 地下空间资源的调查评价工作应满足国土调查工作相关要求,并应用于国土空间规划中地上地下空间统筹综合利用。调查评价数据满足自然资源管理数据库的相关要求。

## 5 城市地下空间资源开发需求评价

5.1 城市地下空间资源开发需求的主要影响因素为城市区位及经济条件、城市规模及规划、人口密度及变化趋势、城市聚集度、交通情况、地质环境条件、地下空间技术和政策等。城市地下空间资源开发利用要素参考 GB/T 51358 执行。

5.2 城市地下空间需求量的预测方法参考附录 A。

5.3 城市地下空间资源的开发需求评价分专项规划与详细规划两个阶段,其中:

- a) 专项规划阶段主要结合规划期内城市地下空间开发的目标开展需求分析,对整个城市地下空间开发利用的范围、总规模量、空间布局、主导功能等进行分析与预测,明确城市地下空间开发利用的主导方针;
- b) 详细规划阶段应在城市地下空间开发利用专项规划的基础上,分析城市不同区域的功能定位、人口、交通条件以及社会经济状况等条件的不同导致的地下空间开发利用需求差异,结合开发适宜性对规划期内城市各片区的地下空间开发规模、开发深度及层次、功能配比、空间布局等进行详细分析和预测。

5.4 城市地下空间宜分层规划利用,在城市地下空间开发专项规划阶段进行引导,在详细规划阶段按照需求与条件进行落实。分层原则应考虑地质因素的影响,包括地层结构、断裂构造发育情况、地质资源分布情况、水文要素的发生层位等;同时应充分考虑使用功能、建设成本、人员使用情况及与地表的沟通频率、未来规划等因素。地下空间依照功能分区,自上而下宜依次为:

- a) 停车场、地下综合体、下沉式广场、综合管廊等;
- b) 轨道交通、地下快速路、物流通道、物资仓储等;
- c) 地下高速公路、战略防御工事、雨水调蓄等;
- d) 多功能潜在开发空间;
- e) 废物处置、废液灌注、深地实验室等。

5.5 城市地下空间资源开发需求评价的主要内容应包括:

- a) 调查当前城市地下空间开发利用现状及供需矛盾关系动态变化状况;

- b) 对规划期内城市地下空间资源开发的需求强度进行评估,分析预测总需求量和各类型地下空间设施的需求量;
- c) 在需求量分析预测的基础上,对规划期内城市地下空间开发利用深度、层次、功能配比、空间布局等的预测;
- d) 评价现有地下空间以及规划中地下空间资源的开发潜能。

## 6 城市地下空间资源调查评价

### 6.1 已开发利用资源调查评价

#### 6.1.1 调查内容应包括:

- a) 查明城市已开发建设建(构)筑物的空间位置、类型、建筑面积/体积、建造时间、基础形式及埋深、基坑支护结构等基本信息,查明土地类型、建(构)筑物类型、责任主体等权属信息,以及连通性、国防用途等属性信息;
- b) 搜集整理自然资源、住房和城乡建设、人防、交通等多部门数据,获取影响和制约地下空间开发的地质环境要素,包括区域地质背景、工程地质、水文地质、地面沉降、地裂缝、活动断裂等。

#### 6.1.2 已开发利用地下空间调查方法主要有资料搜集、人员访谈、现场调查、测绘、物探、三维激光扫描等,其中:

- a) 地下空间建(构)筑物特征点的平面位置测定,测距边长不应超过定向边且不宜超过 150 m;当现场作业困难时,可采用几何作图法;对实地无法实测的特征点,可利用已有资料进行补充并在成果中标注;
- b) 对无特征点的地下空间建(构)筑物及其设施,应采用地球物理等探测方式进行平面位置测定;
- c) 地下空间建(构)筑物及其设施的埋深,应选取具代表性的部位,测量高程点及净高确定。

#### 6.1.3 城市地下空间及其设施属性调查宜与普查工作同步进行。

#### 6.1.4 已开发利用资源测绘应符合 GB/T 35636 和 GB 55018 中的有关规定。

#### 6.1.5 已开发利用资源数据标准应符合《国土空间用途管制数据规范(试行)》及《省级国土空间规划成果数据汇交要求(试行)》的要求。

#### 6.1.6 开发利用现状分析评价指标包括:地下空间开发利用强度、地下空间平面开发率、地下空间开发占用深度。评价单元以水体、路网、规划单元等为边界划分,其中地下空间开发利用强度评价指标参考附录 B。

#### 6.1.7 在已有地下空间周边进行地下空间开发,应考虑开发制约要求、避让范围、垂直避让深度、空间避让等因素,对地下空间开发利用价值与潜力进行评价。评价内容包括:地下空间使用功能、建设形式、潜在开发强度、潜在开发深度、与已开发地下空间的潜在连通形式等。

#### 6.1.8 存在重大地质问题和重大资源环境风险的区域,应对资源环境的承载能力和地质安全风险进行评价,并给出可持续发展的建议。

### 6.2 可开发地下空间资源调查评价

#### 6.2.1 可开发地下空间资源调查前,搜集区域工程地质调查、区域环境地质调查、土地利用情况、空间管控界线、地下空间资源开发利用规划等资料,进行分析、评价,确定可利用地下空间资源。

#### 6.2.2 区域工程地质调查精度和成果要求应符合 GB/T 14158 和 DD 2019-06 中的有关规定。

#### 6.2.3 区域环境地质调查的内容应包括:

- a) 查明区域地质环境条件;
- b) 调查主要环境地质问题和地质灾害的类型与特征、成因机制、分布规律及其危害;

- c) 分析地质环境系统演变的基本规律,评价预测其对人类生存环境的影响;
- d) 评价人类活动对地质环境的影响,预测其发展趋势;
- e) 编制环境地质图系,开展环境地质区划;
- f) 研究重大环境地质问题和有关灾害的地质环境背景,论证地质环境综合整治与保护对策。
- g) 调查精度和成果要求应符合 DD 2019-07 中的有关规定。

6.2.4 可开发地下空间资源调查评价包括可开发资源量评估、质量评定及开发难度评估。

6.2.5 可开发地下空间边界应符合地下空间开发制约机理与避让保护原则,并综合考虑地质环境要素、资源环境保护要素、既有地下设施影响范围及深度等要素。

6.2.6 地质环境要素包括活动性断层、地裂缝、地层差异沉降、岩溶与采空塌陷区等。对地质环境要素进行安全性评估,根据危害程度大小进行分级管控。地下空间开发时应避让地质环境因素核心影响区;无法避让时应经过专家评估评审,采取工程措施后方可进行开发利用。

6.2.7 资源环境保护要素包括水资源保护区与重要水体、重要泉脉、重要生态功能保护区、不可移动文物及地下文物埋藏区等。需重点调查该类要素在平面和地下的分布,根据制约机制和相关保护要求,选择合适的避让距离,划定地下空间开发的平面边界,提出竖向开发深度管制建议。

6.2.8 地下空间开发难度制约要素,具体包括:

- a) 地形地貌,包括地区的地形特征及地质特征;
- b) 工程地质条件,包括岩土体结构、围岩稳定性、地基承载力等;
- c) 水文地质条件,包括岩层富水性、地下水类型及埋深、地下水腐蚀性等;
- d) 不良地质条件,包括活动性断裂、地裂缝、软土、湿陷黄土、膨胀土、易液化砂土、岩溶、孤石等;
- e) 既有设施,包括地下管线与既有基础设施等;
- f) 地下空间开发形态,包括拟开发地下空间的断面跨度、高度、功能等。

6.2.9 基于开发难度指标综合评价分析,建立地下空间开发难度评估模型,根据应用需求与评估结果将开发难度划分等级。开发难度评价结果按照公式(1)计算:

$$S_d = \alpha \sum_{j=1}^n w_j \sum_{k=1}^m w_{jk} u_{jk} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- $S_d$  ——开发难度评价结果;
- $\alpha$  ——开发难度与开发深度的相关系数,通常开发深度越大,开发难度越高, $\alpha$  值越大;
- $w_j$  ——第  $j$  类要素的权重;
- $w_{jk}$  ——第  $j$  类要素第  $k$  个指标的权重;
- $u_{jk}$  ——第  $j$  类要素第  $k$  个指标的分值。

6.2.10 地下空间开发综合质量取决于开发难度与开发需求的耦合关系。根据应用需求与评估结果将综合质量划分等级。地下空间开发综合质量评估模型按照公式(2)计算:

$$S = w_d S_d + w_e S_e \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- $S$  ——地下空间综合质量;
- $w_d$  ——开发难度权重;
- $S_d$  ——开发难度评价结果;
- $w_e$  ——开发需求强度权重;
- $S_e$  ——开发需求强度评估得分。

### 6.3 矿山地下空间资源调查评价

6.3.1 根据交通便捷性、围岩稳定性和开发利用的技术复杂性对矿山地下空间资源进行潜力评估,潜力



评估内容如下：

- a) 对废弃矿区交通便利性进行评估；
- b) 对废弃矿井支撑结构的耐久性进行评估,对可能引发的结构失稳、覆岩破坏和地表沉降风险进行评估；
- c) 对现有技术进行可行性论证,评估矿山地下空间的可开发利用类别。

6.3.2 矿山地下空间资源调查应包括以下内容。

- a) 明确矿山区位及开采情况。查明矿山的具體位置、建设时间、开采历史、支护方式、历年的开采量、总开采量及未来的开发计划。
- b) 查明矿山地下空间类型及分布状况。收集采掘工程平面图、矿井水文地质图等矿图,进行现状测绘,确定矿山地下空间的出入口、竖井的位置和巷道的分布及走向,绘制矿山地下空间分布图。
- c) 查明矿山工程地质条件。基本查明矿山的工程地质条件,划分矿山工程地质勘察类型,分析可采矿体顶底板工程地质特征、露采矿山剥离物及边坡的工程地质特征,对可能影响勘察区开发的工程地质条件做出评价。
- d) 查明矿区水文地质条件。开展矿区水文地质测绘,基本查明矿区的含(隔)水层的岩性、空间分布、产状、埋藏条件,裂隙或岩溶的发育程度、分布规律及充填程度,主要含水层的水位、富水性、水质、地下水的补径排条件,构造破碎带的导水性和富水性,地表水的分布及其余地下水的水力联系。
- e) 查明矿山地质环境条件。收集矿区附近历史地震资料,调查新构造活动情况,分析其是否有活动断裂的存在。调查矿区所处社会环境(建筑物的类型、密度)和自然地理环境(旅游区、文物保护单位、自然保护区、地质遗迹、水源保护区、重要建筑物等)及其相互影响。
- f) 评价矿山地下空间潜在价值及开发潜力。根据测绘结果计算矿山区域可利用的空间总量、可利用的开发深度,以及可扩充的空间范围,明确矿山周边可利用范围。
- g) 评价矿山地下空间开发需求及可开发利用方式。开发需求根据矿山所在城市量级、发展需求、人口规划、交通规划等因素确定。
- h) 矿山地下空间开发利用方式分为仓储和建立地下建筑或设施,根据开发潜力和开发需求确定开发利用方式。

6.3.3 矿山地下空间资源调查方法包括资料搜集法、物探调查法、现场编录法、试验调查法等。

6.3.4 矿山地下空间资源评价应包括以下内容。

- a) 开发制约与避让保护要求评价：
  - 1) 对矿山安全性要进行评估。对矿山周边的地质灾害进行调查评价;存在重大安全隐患的矿山不应开发利用；
  - 2) 矿山地下空间开发利用应符合城市国土空间资源规划需求；
  - 3) 矿山地下空间开发应避让生态保护红线。生态保护区内的矿山应以生态修复为主。
- b) 开发利用价值与潜力评价：
  - 1) 社会需求性评价:可采用层次分析法,主要考虑矿山周边区位、交通、人口等因素,对指标进行赋权,综合评价开发利用价值；
  - 2) 可利用空间容量评价:典型矿井可利用空间包括井筒、斜井、巷道、主要硐室等；
  - 3) 经济效益评价:结合利用模式,在长远利益条件下计算投入产出比,经济效益评价可采用动态投资回收期模型,模型具体公式如公式(3)：

$$\Delta P = \frac{\Delta A [(1+i)^n - 1]}{i(1+i)^n} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$\Delta P$  ——不同方案的初投资差值；

$\Delta A$  ——不同方案年运行费用的差值；

$i$  ——年利率；

$n$  ——投资回收期。

4) 开发利用的可持续性评价:通过政策因素、管理组织因素及技术因素,对矿山地下空间的生态效益、经济效益和社会效益进行评定,对开发利用的可持续性进行综合评价。

c) 其他开发影响因素评价:

1) 综合区域地质构造、地下水、地层属性、支护方式、围岩的强度、岩体节理裂隙发育程度等对围岩稳定性评价;

2) 对矿山地下空间的整个结构体系进行安全性评价;

3) 对伴生的地下空间、地热能、地质材料进行开发相互影响评价。

## 6.4 洞穴地下空间资源调查评价

### 6.4.1 洞穴的调查内容应包括:

a) 地形地貌、成因、类型、空间位置、规模、用途、地层岩性与结构构造、岩溶发育特征、覆盖层的成因及类型;

b) 查明水文地质条件、水系发育特征及交通线路图;

c) 查明是否存在需保护利用的资源。

### 6.4.2 洞穴调查主要采用遥感、钻探、物探及地面调查等方法。

### 6.4.3 评价洞穴的发育程度及稳定性,明确上部人工活动及周边环境和资源开发的危险及影响。

### 6.4.4 分析洞穴不稳定因素及影响范围,给出治理建议。

### 6.4.5 绘制洞穴三维图,估算洞穴的空间量及不稳定因素影响的空量。

### 6.4.6 调查方法和要求应符合 GB 50021 中的有关规定。

### 6.4.7 洞穴分类如下:

a) 按其所形成的围岩性质分为碳酸盐岩洞、石膏洞、砾岩洞、玄武岩洞、砂岩洞和冰川洞;

b) 按形成洞穴的主要地质作用分为岩溶洞穴和非岩溶洞穴;

c) 按洞穴与围岩形成先后分为原生洞和次生洞;

d) 按洞穴大小分为单一洞穴和洞穴系统;

e) 按洞穴水文特征分为干洞和水洞;

f) 按洞穴形态特征分为水平洞穴、倾斜洞穴、垂向洞穴和综合洞穴。

### 6.4.8 根据洞穴三维图,测量洞穴的平面长度及垂向最大深度,确定洞穴规模。洞穴规模规定如下:

a) 小型:平面长度 $\leq 50$  m,垂向最大深度 $\leq 50$  m。

b) 中型:50 m $<$ 平面长度 $\leq 500$  m,50 m $<$ 垂向最大深度 $\leq 200$  m。

c) 大型:500 m $<$ 平面长度 $\leq 5\ 000$  m,200 m $<$ 垂向最大深度 $\leq 1\ 000$  m。

d) 巨型:平面长度 $> 5\ 000$  m,垂向最大深度 $> 1\ 000$  m。

### 6.4.9 洞穴空间资源评价应包括下列主要内容。

a) 开发制约与避让保护要求评价:

1) 根据调查结果及洞穴分类对洞穴安全性进行评估,对周边的地质进行安全评估;若存在重大安全隐患不应开发利用;

2) 洞穴的开发利用应符合城市国土空间资源规划需求;

3) 洞穴的开发应避免触碰生态保护红线。

b) 开发利用价值与潜力评价：

- 1) 社会需求性评价：可采用层次分析法，主要考虑周边区位、交通、人口等因素，对指标进行赋权，综合评价开发利用价值；
- 2) 可利用空间容量计算评价：根据洞穴规模及制约开发因素，确定可利用空间容量；
- 3) 经济效益评价：结合可利用空间容量及具体利用模式，计算投入产出比。经济效益评价模型参考公式(3)；
- 4) 对伴生的地下空间、地热能、地质材料进行开发相互影响评价。

## 6.5 适于封储等特殊用途地下空间资源调查评价

6.5.1 碳封存场址应以碳封存潜力评估为主。通过数据收集、物质平衡封存量计算法、有效容积封存量计算法、溶解封存量计算法、多种捕获机制的综合封存量计算法评估特殊地下空间的碳封存潜力。地下空间碳封存潜力评价内容应包括：

- a) 通过储层的注入性、孔隙率、渗透性、盐度及盐分组成、原位应力/孔隙压力等参数，对储层的适宜性进行评价，估算储层的封储能力；
- b) 通过潜在的井眼腐蚀、断层激活压力、盖层的毛细渗透压力、地层流体的释放等因素，评估封储可能造成的影响；
- c) 评估 CO<sub>2</sub> 的最小注入深度，避免对地下水资源造成影响，并评估 CO<sub>2</sub> 的临界注入深度，提高封储效率；
- d) 通过储层的地层类型、深度、厚度、周围环境，对封储区的密封性及生态效益进行评价。

6.5.2 通过现有数据收集，对存储场地物理化学特征进行评估；根据需要开展勘探调查工作（如地震安全性调查、岩芯分析、测井资料等），勘探调查工作需要数据主要为：

- a) 提供区域地层资料，获取目标储层的孔隙度、渗透率参数；
- b) 采集详细的地球物理、地球化学、地质力学、水文地质、地层水化学等参数；
- c) 对盖层性质、断层及裂隙、隔水边界及潜在的渗漏点等信息进行采集；
- d) 对地温梯度、地热流值、地表温度等参数进行采集；
- e) 对人口密度及土地利用现状进行调查。

6.5.3 地质封存主要封存在深部不可采煤层、废弃油气储层、深部玄武岩（埋深 $\geq 800$  m）及深部咸水层（埋深 $\geq 800$  m）。

- a) 深部不可采煤层的 CO<sub>2</sub> 地质封存需借助致裂技术。调查评估不可采煤储量，评估开发不可采煤层地质封存的必要性。相同深度、压力条件下，优先利用烟煤、次烟煤，其次利用无烟煤进行碳封存。不可采煤层的渗透率 $\geq 1$  md。煤层深度应远离地下水资源。
- b) 废弃油气储层的 CO<sub>2</sub> 地质封存应符合 SY/T 6565 中的有关规定。加强对 CO<sub>2</sub> 泄漏的监测工作，防止 CO<sub>2</sub> 对套管和水泥环的损害进而引起新的泄漏路径。
- c) 深部玄武岩（埋深 $\geq 800$  m）对 CO<sub>2</sub> 封存是将注入其中的超临界 CO<sub>2</sub> 转化为碳酸盐矿物，以实现永久封存，具体方式为：
  - 1) 将 CO<sub>2</sub> 饱和溶液直接注入地下玄武岩以实现 CO<sub>2</sub> 的原位封存；
  - 2) 若特定岩石孔隙度较小，可采用水压致裂的方式增加裂隙以提高封存效率；
  - 3) 调控反应区域水环境 pH 以实现快速的碳酸盐矿物沉淀。

6.5.4 储层应具有充分的 CO<sub>2</sub> 可注入性（满足特定 CO<sub>2</sub> 注入速率），上覆盖层应完整、节理与裂隙等结构面不发育，并应避免断层及裂隙区。

6.5.5 碳封存目标区应避免采矿、地下空间、地热开发等地下活动区，以保证碳封存的稳定性。

6.5.6 评估 CO<sub>2</sub> 封存与地下资源的相互作用，对可能影响的水资源、化石能源资源、地热能资源进行

监测。

6.5.7 地下盐穴空间资源调查的主要内容应包括：

- a) 所在区域构造、地质特征,含盐地层的分布范围、厚度、含盐率,盐层的分布特征(盐层数、厚度、埋深)、厚度变化情况、夹层数量及厚度、氯化钠含量等;
- b) 地下盐穴空间分布特征(平面、垂向)、形态、规模、连通性等;
- c) 地下盐穴顶底板岩性组合特征、厚度、岩石力学特征,含水性、渗透性特征,盐穴四周盐岩层的厚度及化学、力学特征;
- d) 地下盐穴的历史开采资料等。

6.5.8 地下盐穴空间资源评价的主要内容应包括：

- a) 构造评价:通过构造形态与断裂分布,精细刻画地下盐穴空间展布与断裂分布特征,对地下盐穴空间的稳定性和可利用性进行评价;
- b) 封闭性评价:通过盖层和围岩的岩性、岩石强度、渗透率和突破压力等指标,评价地下盐穴的封闭能力;
- c) 稳定性评价:通过盐穴埋藏深度、顶底板岩性特征及力学性质、盐穴平面和垂向上分布情况、盐穴形态、盐岩力学性质等条件进行综合分析,对地下盐穴的稳定性进行评价;
- d) 地质分布评估:通过声呐测腔、三维激光扫描等方法,估算地下盐穴空间资源量,对盐穴空间完整性进行评价。

## 7 城市地下其他资源调查评价

### 7.1 地下水资源调查评价

7.1.1 区域水文地质调查比例尺宜不小于 1:50 000,主要采取资料搜集、水文地质钻探、物探等方法,调查内容应包括：

- a) 查明主要含水层与含水岩组岩性、厚度、埋藏深度、各含水层与含水岩组之间的联系与水力关系;
- b) 查明地下水动态变化以及地下水补给、径流、排泄条件,圈定具有开发潜力的富水地段及可能引发工程地质问题、环境地质问题的地段;
- c) 圈定城市规划区内具有应急供水意义的富水地段和特殊地下水资源分布范围。

7.1.2 地下水化学特征调查应根据地下水补给、径流、排泄等规律,沿地下水径流方向,分层采取地下水样品,查明地下水水质现状,调查污染源、污染物种类及空间分布,评价地下水质量,结合历史水质调查资料,综合分析地下水污染状况、水质演变规律及影响因素。

7.1.3 特殊地下水资源应作为重点调查区,主要为地下水水源地、矿泉水、地下热水等地下水资源调查,其中：

- a) 重点调查区水文地质调查工作精度宜为 1:25 000~1:10 000,查明地下水水源地和矿泉水等分布区水文地质条件;
- b) 调查评价城市规划区现有地下水水源地资源量和应急供水能力;圈定城市备用地下水水源地,评价其资源量和供水能力,依据城市供水现状,制定开采和保护方案;
- c) 评价优质矿泉水、地下热水等特殊地下水资源量和可开采资源量,提出合理开采和保护方案。

7.1.4 地下空间资源开发规划区应查明与其开发相关的水文地质条件,评价地下水对工程结构和工程施工可能产生的影响,必要时进行专项地下水勘察,提出防治措施,专项地下水勘察内容应包括：

- a) 查明地下水类型和赋存规律,周边是否有重大涉水工程;
- b) 主要含水层的分布规律;

- c) 气候资料,如年降水量、蒸发量及变化对地下水水位的影响;
- d) 地下水补给排泄条件、地表水与地下水的补排关系及其对地下水水位的影响;
- e) 调查地下水水位、历史最高最低水位,近3年~5年水位变化趋势和主控因素;
- f) 调查是否存在地表水与地下水的联系,是否存在对地下水和地表水的污染源及其可能的污染途径和程度;
- g) 查明地下水的化学成分,评价其腐蚀性;
- h) 评价地下水对工程结构及工程施工的作用及影响,提出防治措施建议;
- i) 提供地下水控制所需的水文地质参数。

7.1.5 水文地质调查及地下水资源评价应符合 GB 50027、DD 2019-03 和 DZ/T 0282 中的有关规定。环境地质问题调查与地下水作用评价应符合 GB 50021、DD 2019-07 中的有关规定。

7.1.6 地下水资源评价应依据地区地下水政策要求,分别对地下水天然补给资源量、可开采资源量、深层承压水可利用量和地下水开采潜力进行评价;重点评价内容为适应当前及未来管理需求的可持续开采资源量,预测开采过程中水位波动区间,确定水位控制红线。

## 7.2 浅层地热能资源调查评价

7.2.1 区域浅层地热能资源调查应包括:

- a) 区域浅层地热能调查的主要任务是查明开发利用规划区域浅层地热能条件、分布规律,进行适宜性分区和区域浅层地热能评价,为地源热泵工程进行可行性评价;
- b) 区域浅层地热能调查应在充分收集区域地质、水文地质资料的基础上进行,根据实际需要补充适当的地质、水文地质野外调查,在调查区布置钻探、取样测试,开展地温测量、现场热响应试验、抽水试验、回灌试验等专项调查和试验工作,勘察孔取样、测试及现场热响应试验、抽水试验、回灌试验的技术要求应符合 NB/T 10265 中的有关规定;
- c) 地质、水文地质调查应根据孔隙型、裂隙型和岩溶型含水层的特征确定具体调查内容及调查精度,调查深度宜控制在地表以下 200 m 深度内。

7.2.2 浅层地热能调查内容应包括:

- a) 岩土体岩性结构、含水层分布及埋藏条件;
- b) 地下水水位、水温、水质及动态变化;
- c) 岩土体的热物理性质参数(热导率和比热容)及岩土体的物理性质参数(孔隙率、含水率、密度),地温场自然分布特征及热响应规律。

7.2.3 特殊区域浅层地热能调查应包括:

- a) 污染区域浅层地热能调查内容应增加岩土体的污染状况调查,具体应符合 HJ 25.1 中的有关规定;
- b) 沿海地区、人口密集区以及地下水经采区浅层地热能调查应增加城市地面沉降情况和漏斗区情况调查;
- c) 天然洞穴地区浅层地热能调查内容还应查明洞穴洞隙、土洞的发育条件等,具体应符合 GB 50021 中的有关规定。

7.2.4 区域浅层地热能资源评价内容应包括:

- a) 划分换热方式适宜区;
- b) 分区计算换热功率、浅层地热容量;
- c) 论证采暖期取热量和制冷期排热量的保证程度,进行浅层地热能热均衡评价,并进行浅层地热能开发利用环境影响预测。

7.2.5 浅层地热能开发利用适宜性分区采用层次分析法确定影响因子权重,用综合指数法获得综合评价

指标。

7.2.6 浅层地热能资源开发利用评价内容应包括：

- a) 环境影响预测；
- b) 经济成本评估；
- c) 开发利用方案制定。

7.2.7 浅层地热能资源评价应符合 DZ/T 0225 中的有关规定。

7.2.8 浅层地热能资源和其他地下资源协同开发的避让要求，应满足：

- a) 在地下水资源禁止开采区和限制开采区，不应开发利用地下水换热系统；
- b) 在矿山、天然洞穴、适于封储等特殊地下空间资源赋存区，不宜开采浅层地热能资源；
- c) 合理利用城市地下资源的分布特性，可将地埋管换热系统设置在地下建(构)筑物下方及周围，或设置在地下建(构)筑物的能源地下结构(如能源桩、能源地连墙、能源隧道衬砌等)内；
- d) 地下空间可开发区宜优先考虑地下空间的使用规划，再进行浅层地热资源等其他资源的开发利用规划；
- e) 场地存在污染源或混层污染危险性较大的地区，不宜开发利用地埋管或地下水换热系统。

7.2.9 浅层地热能监测，应满足：

- a) 应选择代表性地段设立地温、岩土体的长期监测点；监测项目应包括地温、土壤含水量、地下水水质和气温等，监测时间应在一个水文年以上；按行政区划单元建立区域浅层地热能监测网，与有代表性的地源热泵项目相结合，根据场地条件和工程性质，布设地温监测孔，开展各项综合测试；
- b) 浅层地热能开发利用时，监测要求应符合 DB32/T 3919 中的有关规定。

### 7.3 地质材料资源调查评价

7.3.1 地质材料资源调查以城市地下空间规划区内开发利用区域的地质材料资源调查为主。地面下 30 m 内的地质材料资源可参考已有地质调查报告或工程勘察报告，开发深达 200 m 的地质材料资源应进行专项调查。

7.3.2 调查范围为城市规划区限采区外的区域，调查内容应包括：

- a) 岩石、砂(卵)石、砾石、土等各类地质材料的分布范围；
- b) 各类地质材料的性状、物理力学指标、物质组分、化学成分等；
- c) 各类地质材料的产地地形地貌、工程地质和水文地质条件、开采和运输条件；
- d) 各类地质材料的质量、储量、开采现状和开采对地质环境的影响状况。

7.3.3 对于各类工程产生的开挖地质材料，应在查明地质材料的成分和性质的基础上，结合场地条件、环保要求等，将开挖地质材料减量化与无害化，确定最佳的地质材料综合资源化处置方法。

7.3.4 根据地质材料资源状况、开采条件和运输条件，结合城市规划、生态建设和环境保护要求，提出地质材料合理开发利用建议。

7.3.5 对工程性状较好的砾石、砂土等地质材料，满足工程使用标准时建议就近利用，地质材料的质量、储量等参数要求应符合工程相应部门勘察规程的有关规定。其他地质材料统一回收，利用土体改良技术资源化利用后使用，地质材料资源化处理后满足环境要求。

7.3.6 地质材料资源主要用途包括：

- a) 用于工程回填、铺垫、排水层等；
- b) 统一回收经土体改良后用于其他工程；
- c) 用作垃圾填埋场的覆盖层或废弃于填埋场；
- d) 用作园林绿化种植土；

- e) 用作建筑材料；
- f) 用于生产再生产品等。

7.3.7 开挖地质材料的再利用方式应考虑指标包括但不限于：

- a) 用于沟槽回填：主要考虑渣土的物理力学特性、膨胀率和受水浸湿后的强度衰减程度、密实度等；
- b) 用于加筋土挡土墙：主要考虑土的物理力学特性、粒径分布、膨胀率与受水浸湿后的强度衰减程度等；
- c) 用作铺垫基层：主要考虑土的物理力学特性、膨胀率、贯入阻力、加州承载比、粒径分布等；
- d) 用作植被种植层：主要考虑有机物含量、黏土含量、阳离子交换量、pH、渗透系数等；
- e) 用作排水层：主要考虑土粒径分布、渗透系数、受水浸湿后的强度衰减程度等。

7.3.8 地质材料的资源化利用：应根据开挖地质材料的产量、种类、性质进行合理分类，确定其用途。

7.3.9 开挖地质材料应进行表土剥离，并对 pH、有机质含量等指标进行检测，优先用于园林绿化种植；不满足园林绿化要求的开挖地质材料应结合其工程性状确定适宜利用模式。

7.3.10 开挖地质材料根据目标用途的相关要求，选择适合的资源化处理方案。

7.3.11 作为填筑材料，土体粒径、强度和刚度、承载比、胀缩性、湿陷性等指标必须符合相关规范要求。

7.3.12 地质材料满足下列要求之一可用于路基垫层或建筑回填材料，若不满足，归为惰性垃圾运入填埋场或进行土体改良后方可再利用：

- a) 开挖地质材料细粒( $<0.075\text{ mm}$ )含量大于 30%，膨胀性、湿陷性以及抗剪强度等多个指标符合规范要求。
- b) 开挖地质材料细粒( $<0.075\text{ mm}$ )含量小于 30%，膨胀率 $<1\%$ ，且具备较高承载能力(承载比  $\text{CBR}>10\%$ )。

7.3.13 地质材料资源利用应遵守国家 and 地方自然资源环境保护的有关规定和要求。

## 7.4 地下文化遗产资源调查评价

7.4.1 地下文化遗产资源调查评价工作应满足文物保护的要求。调查工作开始前，尽可能搜集文物、文化部门的相关资料和专项规划成果等。

7.4.2 调查分为区域系统调查和遗址调查。调查的任务是发现、确认、研究文化遗产，为文化遗产保护提供依据。

7.4.3 调查前应对拟调查地区已有考古成果、历史文献、地图、遥感照片，以及地质、环境等相关资料进行收集和分析研究，初步了解该区域的历史沿革和文化堆积情况。根据调查目的制定工作方案，包括规划调查区域、对象、内容、技术方法等。

7.4.4 地下文化遗产资源调查的地形图应准确反映周边整体地形地貌、高程差别以及具体遗迹形状、空间位置关系等，比例尺不低于 1:2 000，局部地形实测图比例尺不低于 1:1 000。地形图与实际情况有差异时，应进行补测。

7.4.5 调查尽可能采用无损伤探测新技术，必要时采用勘探方法。利用自然科学技术手段进行调查应与实地踏查相结合。

7.4.6 探孔应根据地形地势采用等距梅花状布孔法，探孔应错列分布。应尽量减少布孔数量，降低对地下文物的损害。需要进一步调查的重点区域，可在普探基础上适当加密探孔。验收合格后，应将所有探孔用素土或纯净沙土回填、夯实。

7.4.7 已局部暴露的城垣、夯土基址等遗迹应慎用钻探手段。墓葬的钻探一般以探到墓口为宜。

7.4.8 调查的基本内容包括调查对象的位置、范围与面积、堆积状况、年代与文化面貌、环境、保存现状等，并对遗址保存现状进行评估，提出保护建议。

7.4.9 遗址的文化堆积状况包括埋藏深度、堆积层次和厚度、暴露的遗迹遗物等。可通过直接观察堆积断面,并综合各观察点的情况进行整体推断,必要时可进行勘探。

7.4.10 对地下文化遗产资源进行全面评价,根据其评价结果及区域规划,确定其合理利用功能及开发价值。评价内容应包括:

- a) 历史价值;
- b) 科学价值;
- c) 艺术价值;
- d) 社会文化价值。

7.4.11 地下文化遗产资源的保护应符合以下原则:

- a) 坚持原址保护、整体保护,避免过度干预,真实、完整的保存其历史信息和价值;
- b) 进行科学规划、分类分级保护,保护措施应符合相关法律法规和技术规范,保护的重要环节应实行专家评审制度。

7.4.12 由于地下文化遗产资源的特殊性,对地下文化遗产进行开发,在地下文化遗产周边或下部进行开发,均需相关部门组织专家进行专项研讨,确保开发利用不损害其遗产价值,利用方式服从保护要求。

## 7.5 深部岩溶塌陷调查评价

7.5.1 岩溶塌陷现状调查内容应包括:

- a) 查明岩溶塌陷的空间位置、发生与持续时间,塌陷坑数量、影响范围、灾情及处置情况,查明岩溶塌陷的形态、规模、展布方向及内部特征;
- b) 查明岩溶塌陷发生过程中的异常现象,水井水位和水浑浊度变化、地表水体漏失情况、喷水冒砂与地裂缝情况等;
- c) 查明岩溶塌陷的诱发因素,包括旱涝交替、暴雨、地震等自然因素,爆破、工程施工、采矿排水、地下抽采等人类工程活动;
- d) 查明岩溶塌陷造成的直接损失,包括地面工程设施、耕地的破坏和人员伤亡等情况,查明岩溶塌陷导致的间接损失,包括塌陷影响范围内停工停产、人员财物应急转移等情况;
- e) 查明岩溶塌陷对地质环境的影响,包括对含水层和地表水体的影响,对土地和地表景观的破坏等。

7.5.2 查明岩溶塌陷区的地质环境条件、盖层地质结构及深部岩溶地质结构,明确岩溶塌陷诱发因素及动力条件。

7.5.3 根据基岩岩溶发育程度、第四系覆盖层特性和岩溶塌陷诱发因素,评价调查区岩溶塌陷危险性。

7.5.4 针对勘察程度高的调查区,岩溶塌陷地质结构和诱发因素清楚,岩溶地面塌陷机理明确,可选用适当的力学理论,建立确定型物理力学模型,进行岩溶塌陷危险性定量评价。

7.5.5 针对勘察程度不高的调查区,可通过研究岩溶塌陷的各种影响因素,确定各因素对塌陷贡献的大小、采用的不确定性评价模型(概率预测模型、模糊预测模型、灰色预测模型、人工神经网络模型),进行岩溶塌陷危险性定量评价。

7.5.6 根据岩溶塌陷对人类和工程设施的影响程度,进行岩溶塌陷易损性评价。

7.5.7 根据岩溶塌陷危险性和调查区易损性,综合评价调查区岩溶塌陷风险性。

## 8 城市地下资源开发相互影响评价

### 8.1 地下资源开发相互影响模式

8.1.1 根据区域地下资源禀赋特征和城市发展状况,识别地下空间资源开发影响的其他资源,并对相互



影响程度进行评价。

8.1.2 城市地下资源相互影响评价的基础资料为区域地质结构和单一资源禀赋调查评价。区域地质结构的调查参照 DD 2019-01 的要求,单一资源禀赋调查评价参照第 6 章和第 7 章。

8.1.3 城市地下空间资源开发与其他资源的相互影响评价内容主要包括:

- a) 识别地下空间资源开发对其他资源的影响,确定相互影响机制;
- b) 评价相互影响程度、影响范围;
- c) 预测开发后多种地下资源相互影响潜在的发展趋势和时空变化。

8.1.4 城市地下 4 种主要资源开发相互影响典型模式见表 1。

表 1 城市地下 4 种主要资源开发相互影响典型模式

作用机制	空间资源	地下水	浅层地热能	地质材料
空间资源	不同功能系统的空间冲突; 诱发地层移动及其邻近地下空间结构影响	地下水 flow 改变; 水位改变; 拦阻坝效应; 水质污染; 含水层贯通	空间障碍; 对地下水 flow 场、温度场及其传蓄热特性影响	开挖岩土材料的利用潜力; 废物化危险
地下水	诱发地层沉降与地下空间结构变形; 水位抬升诱发地下空间突涌水、结构上浮	水位改变; 水质改变	水位上升储热和交换能力增强; 水位下降储热和交换能力减弱	材料性质与开发难度变化
浅层地热能	地下空间开发障碍; 地下结构安全	水位与水资源量变化; 水质变化; 水温场变化	资源节约利用; 冷热堆积	开发障碍
地质材料	开发障碍; 开挖空间的利用	地下水 flow 改变; 地下水化学场与水质改变	开发条件变化	集约利用

8.1.5 识别多种资源相互影响机制及其发展趋势,可采用理论分析、现场原位试验、模型试验和多场耦合的数值模拟方法。

8.1.6 城市地下空间、浅层地热能重点开发区,应保障水资源安全。根据地下水资源现状与水源地分布,明确相互影响机制、影响范围和影响程度。

## 8.2 地下资源禀赋综合评价

8.2.1 地下资源禀赋综合评价的主要内容包括:

- a) 对地下各种资源禀赋的单一识别与评价;
- b) 根据地下单一资源禀赋的分布情况,确定地下资源禀赋分区并进行评价分级;
- c) 基于 8.1 内容,识别地下资源的优势资源,对多种资源进行协同开发潜力评价。

8.2.2 在地下各种资源禀赋的评价中,地下空间资源的评价可参照第 5 章,地下水资源与浅层地热能分别选取水质与水量、土体的综合导热系数与含水层的渗透性作为评价指标,地质材料资源禀赋的评价应综合考虑岩土体类型、用途、岩土体污染性等因素。

8.2.3 地下资源禀赋综合评价可采用模糊综合评价法对多种资源禀赋评价结果进行叠加,不考虑各资源的相对权重。

8.2.4 采用“分区图+雷达图”展示多种资源的综合禀赋,根据多种资源禀赋等级的组合情况进行分区,再利用雷达图展示不同等级分区中不同地下资源的单项得分等级,识别最优地下资源,确定多种资源协

同开发潜力。

### 8.3 地下资源协同开发评价

8.3.1 地下资源协同开发潜力评价应考虑的主要内容应包括：

- a) 根据地下资源的赋存与分布状况,对地下多种资源的资源量和质量等资源属性评估;
- b) 综合地层结构、断裂构造发育等地质因素,对地下资源协同开发的难易程度及安全性进行评价;
- c) 根据地区长远规划及可持续利用综合确定多种地下资源的需求量,根据需求量确定开发优先级、比重等;
- d) 评价多种资源协同开发的经济效益和环境效益,确定协同开发模式。

8.3.2 根据多种地下资源协同开发潜力评价结果及协同开发模式,确定最终协同开发方案,协同开发方案需通过专家论证。

8.3.3 地下空间与地下水资源之间的相互影响评价,应按照以下规定：

- a) 地下空间开发应避免地下水源地,轨道交通等重要基础设施规划线位穿越地下水源地时,应明确地下水开采或应急地下水开采对地下结构设施的影响;
- b) 评估地下水资源潜力、开发利用条件、对城市发展的保障程度,评估开采后对地质环境的影响。

8.3.4 地下空间与浅层地热能资源之间的相互影响评价,应按照以下规定：

- a) 提出地下空间重点规划区浅层地热能开发的避让保护建议;
- b) 揭示地下空间开发、浅层地热能开发诱发地下水流场、地温场的影响,提出两种资源开发相互影响机制。

8.3.5 地下空间与地质材料资源之间的相互影响评价,应按照以下规定：

- a) 评价地下空间重点规划区地质材料种类、利用价值与资源潜力;
- b) 从地质材料资源有效利用角度,提出地下空间开发的建议。

8.3.6 针对 8.2 中地下资源禀赋综合分区,基于 8.3.3~8.3.5 提出的多种资源之间的相互影响模式,提出地下空间资源、地下水、浅层地热能 and 地质材料等典型 4 种资源相互之间的协同开发评价模式。

8.3.7 其他城市地下资源协同开发的调查评价,应按照以下规定：

- a) 根据矿山地下空间资源禀赋状况、矿山区位和交通状况,分析评价其开发潜力与模式;
- b) 分析评价包括地质遗迹资源在内的其他城市地下资源的协同开发条件,并提出开发建议。

8.3.8 除不同地下资源之间的协同开发,应考虑地下不同层次、不同功能系统和不同开发时序的相互影响评价。

## 9 城市地下资源开发相互影响监测

9.1 地下资源开发相互影响监测应满足《自然资源调查监测质量管理导则》及 HJ 1141 的要求。

9.2 地下空间开发应对周边的已有建(构)筑物进行沉降、位移监测,并对地面及周边道路进行沉降监测,监测应符合 JGJ 8 及 DZ/T 0283 相关要求,存在地下文化遗产资源的需进行重点保护和监测,保护和监测应按照国家法律法规对文物的保护办法执行,必要的可组织专家进行论证,确定保护要求和监测标准。

9.3 地下空间开发对地下水资源有影响的区域,应对地下水进行监测,监测应符合 DD 2019-03 的相关要求。

9.4 对于矿山、天然洞穴的地下空间开发利用,应对围岩变形、地质环境和地下水进行监测,监测应符合 DZ/T 0287 及 DD 2019-03 的相关要求。

9.5 浅层地热能开发利用重点监测对地下水资源和地质环境的影响,应符合 DB32/T 3919 及 NB/T 10715 的相关要求。

## 10 成果编制

10.1 调查评价报告所依据的原始材料,应进行整理、检查和分析,确认无误后方可使用。

10.2 调查评价报告应资料完整、真实准确、图表清晰、结论有据、建议合理、便于使用和适宜长期保存,并应因地制宜、重点突出,有明确的针对性。

10.3 调查评价报告应根据任务要求、目的、阶段、需求、特点等具体情况编写,并应包括下列内容:

- a) 调查评价的目的、内容、任务由来及要求和技术标准;
- b) 区域或工程概况;
- c) 调查方法和调查的工作量;
- d) 地下空间政策、规划及需求评估;
- e) 地下空间现状调查评价,包括已开发利用地下空间、可开发利用地下空间、天然洞穴、矿山等特殊存储地层调查评价,及地形地貌、工程地质、水文地质、环境地质调查评价,气候气象等资料的搜集,对可能影响工程稳定的不良地质作用进行描述,对工程危害程度进行评价;
- f) 地下资源调查评价,包括地下水资源、浅层地热能资源、地质材料资源及地下文化遗产资源的赋存状况及开发潜力评价;
- g) 地下空间开发与地下资源的相互影响评价,包括地下空间开发的制约、开发利用价值和潜力,对地下水、浅层地热能、地质材料及地下文化遗产的影响和保护要求,对开发进行综合评价;
- h) 地下资源开发对已有地下空间的影响,包括地下资源的开发制约、开发利用价值和潜力评价,对已有地下空间的影响和保护要求,对开发进行综合评价;
- i) 地下资源开发相互影响监测;
- j) 结论与建议。

10.4 成果报告应有附图,附图如下:

- a) 地形地貌测绘图;
- b) 工程地质柱状图、剖面图及成果图;
- c) 地下水流场、水位、赋存状况图;
- d) 地下空间现状调查图;
- e) 地下资源区位赋存图;
- f) 地下空间资源评价图。

10.5 任务需要,对于地下文化遗产资源、矿山地下空间及特殊存储地层,可根据情况提交专题报告,并经过相关部门组织专家论证方可进行评价。

10.6 根据评价区国土空间总体规划中地上地下空间统筹的总体布局和管控要求,将地下空间与地下资源协同开发评价数据库应用于国土空间总体规划。

10.7 报告的文字、术语、代号、符号、数字、计量单位、标点均应符合 DD 2019-04、DD 2019-05、TD/T 1073 及国家的其他有关标准的规定。

10.8 城市地下资源协同开发调查评价报告编写提纲可参考附录 C。

## 附录 A

(资料性)

## 城市地下空间需求量的预测方法

## A.1 人均需求预测法

利用参照类比法,确定地下空间人均空间指标,预测城市地下空间需求量。参考因素包括城市经济水平、城市规模、城市规划地下空间开发规模与规划人口规模的比例等。用地分类预测法:依据城市不同用地类型,将地下空间分为不同功能片区;根据片区特点,选取合适的指标和系数。采用单向指标标定法推算各功能片区地下空间的需求规模,各功能片区的总和即为城市地下空间需求量,计算公式如公式(A.1)。

$$U_s = S \cdot R \cdot L \cdot K \cdot J \cdot M \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- $U_s$  —— 单项指标估算地下空间需求面积,单位为平方米( $m^2$ );
- $S$  —— 功能片区用地面积,单位为平方米( $m^2$ );
- $R$  —— 地下空间容积率,以百分数(%)表示;
- $L$  —— 结建率,即进行地下空间开发的项目占有所有项目的比例,以百分数(%)表示;
- $K$  —— 开发率,即规划期内进行建设的项目占有所有规划项目的比例,以百分数(%)表示;
- $J$  —— 竣工率,即建设完成的项目占有所有进行建设项目的比例,以百分数(%)表示;
- $M$  —— 地下空间规模与地上建筑量的比例,以百分数(%)表示。

## A.2 需求强度预测法

通过分析城市人口、地价等不同社会经济要素的发展情况及其对地下空间需求强度的影响,综合评估城市不同区域地下空间的开发需求强度并进行分级。采用专家系统或类比法,分别估算不同需求强度级别的地下空间资源需求量。计算公式如公式(A.2)。

$$U = A \cdot Q \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

- $U$  —— 估算地下空间需求面积,单位为平方米( $m^2$ );
- $A$  —— 估算区域总占地面积,单位为平方米( $m^2$ );
- $Q$  —— 地下空间资源的需求强度(单位面积地表开发的地下空间资源),以百分数(%)表示。

## A.3 社会经济指标预测法

通过区域社会经济指标[常住人口密度、地均生产总值(GDP)、机动车保有量等]的统计及其与区域地下空间资源开发总量的相关性分析,拟合出地下空间资源开发量与社会经济指标的线性回归方程,由此估算未来地下空间资源总需求量。

## A.4 综合分析预测法

分别采用人均需求预测法、用地分类预测法、需求强度预测法和社会经济指标预测法计算地下空间资源需求量,结合地区城市发展特征,综合权衡以上不同方法计算出的需求量,最终给出区域地下空间资源的总需求量。

附 录 B

(资料性)

地下空间开发利用强度评价方法

地下空间开发利用强度评价指标为地下空间容积率 $R$ ,计算公式如公式(B.1)。

$$R = \frac{U_A}{A} \dots\dots\dots(B.1)$$

式中:

$U_A$  ——评价单元内地下空间总建筑面积,单位为平方米( $m^2$ );

$A$  ——评价单元总占地面积,单位为平方米( $m^2$ )。

地下空间开发利用强度判定如下:

- a)  $R > 0.5$ ,为开发高强度区;
- b)  $0.3 < R \leq 0.5$ ,为开发较高强度区;
- c)  $0.2 < R \leq 0.3$ ,为开发中强度区;
- d)  $0.1 < R \leq 0.2$ ,为开发较低强度区;
- e)  $R \leq 0.1$ ,为开发低强度区。

## 附录 C (资料性)

### 城市地下资源协同开发调查评价报告编写提纲

城市地下资源协同开发调查评价报告编写提纲可参考如下示例。

示例：

#### 第一章 前言

##### 第一节 调查评价任务由来

##### 第二节 调查评价工作依据

简要叙述地下空间政策、规划及需求评估。

##### 第三节 调查评价工作的目的与任务

#### 第二章 调查评价工作概述

##### 第一节 调查评价工作范围及概况

简要叙述调查工作的属性、项目名称、组织实施单位、任务书要求、调查区范围及面积、项目工作起止时间、人员安排及单位。

##### 第二节 以往工作程度

已有调查评价概况、资料收集与质量评价,建立资料收集列表,可利用程度评价,可利用资料建库。现有数据准备与质量评述。

##### 第三节 工作方法和工作量

调查评价工作程序、工作方法及计划工作量估算。

#### 第三章 地质环境条件

#### 第四章 地下空间资源现状调查评价

包括已开发利用地下空间、可开发利用地下空间、天然洞穴、矿山等特殊存储地层调查评价,及地形地貌、工程地质、水文地质、环境地质调查评价,气候气象等资料的搜集,对可能影响工程稳定的不良地质作用进行描述,对工程危害程度进行评价。

#### 第五章 地下其他资源现状调查评价

包括地下水资源、浅层地热能资源、地质材料资源及地下文化遗产资源的赋存状况及开发潜力评价。

#### 第六章 地下空间开发与地下资源相互影响评价

包括地下空间开发的制约、开发利用价值和潜力,对地下水、浅层地热能、地质材料及地下文化遗产的影响和保护要求,对开发进行综合评价;地下资源的开发制约、开发利用价值和潜力评价,对已有地下空间的影响和保护要求,对开发进行综合评价。

#### 第七章 地下资源开发相互影响监测

#### 第八章 质量保障

简述质量保障体系。阐明项目组织管理、人员组成情况及项目质量、技术装备、安全、财务等保障措施。

#### 第九章 预期成果

简要说明通过本次工作预期取得的主要成果,包括解决的资源、环境、灾害问题,科技创新、成果转化和人才培养等。

#### 第十章 经费预算

应按照国家有关要求编制。

#### 第十一章 结论与建议

#### 第十二章 附图

### 参 考 文 献

- [1] GB 50026 工程测量规范《关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》(中发〔2019〕18号)
  - [2] GB/T 51358 城市地下空间规划标准
  - [3] DD 2019-01 区域地质调查技术要求(1:50 000)
  - [4] 关于印发《自然资源调查监测体系构建总体方案》的通知(自然资发〔2020〕15号)
  - [5] 关于建立全省国土空间规划体系并监督实施的意见(苏发〔2019〕30号)
  - [6] 关于加强城市地下空间开发利用的指导意见(苏政办发〔2020〕58号)
-