

ICS 35.240.01

CCS L 70



T

团 体 标 准

T/CSPSTC XXX—202X

城市地下空间全要素地质信息平台建设指南

Guidelines of full features geological information platform for urban
underground space

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国科技产业化促进会 发布

中国标准出版社 出版

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	3
5 数据库建设	4
5.1 一般规定	4
5.2 数据库设计	4
5.3 数据内容	4
5.4 数据建库	5
6 平台功能	8
6.1 一般规定	8
6.2 数据入库与管理	8
6.3 三维模型构建	8
6.4 全资源评价	9
6.5 可视化分析	10
6.6 运行与服务	10
6.7 接口要求	11
7 安全运维	11
7.1 性能	11
7.2 安全与更新	12
7.3 升级	12
附录 A（资料性）全要素分类方法	13
附录 B（资料性）城市三维地质模型建模尺度	15

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。

本文件由中铁第四勘察设计院集团有限公司提出。

本文件由中国科技产业化促进会归口。

本文件起草单位：XXXXXX。

本文件主要起草人：XXXXXX。

引 言

现阶段,城市建设用地紧张和城市人口不断增长这一矛盾所产生的城市空间问题是每个城市必须面对的难题,开发利用城市地下空间、开辟城镇化发展新资源成为各个城市解决城市病、改善城市生态环境、优化城市空间结构、提高城市韧性的有效途径。

本文件从服务于地下空间利用的角度入手,在现有地下空间信息化标准的基础上,探索更加科学合理的城市地下要素信息管理方法,集成城市地下全要素信息,搭建对应的软件管理和分析平台。

本文件主要包括数据库建设指南、平台构建指南、安全运维指南,可以指导信息平台建设任务承担单位在开展城市地下全要素信息集成建库、三维地质模型构建、全资源评价与平台系统功能开发时更加准确、高效完成系统设计、技术选型、质量检查及系统验收等工作,对城市地下空间科学合理开发利用提供辅助决策和信息支撑具有重大的应用价值。

城市地下空间全要素地质信息平台建设指南

1 范围

本文件给出了城市地下全要素地质信息集成与平台建设的基本规定，规定了数据库建设、平台功能、安全运维的要求。

本文件适用于城市地下空间全要素地质信息平台的设计、建设、应用和运行维护。

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，含注日期的引用文件，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 9385 计算机软件需求规格说明规范
- GB/T 13923 基础地理信息要素分类与代码
- GB/T 18578 城市地理信息系统设计规范
- GB/T 19710 地理信息 数据
- GB/T 21740 基础地理信息城市数据库建设规范
- GB/T 32399 信息技术 云计算 参考架构
- GB/T 35301 信息技术 云计算 平台即服务（PaaS）参考架构
- GB 50021 岩土工程勘察规范
- CJJ/T 100 城市基础地理信息系统技术标准
- CJJ/T 312 城市运行管理服务平台技术标准
- DD 2015-04 城市地质调查数据库结构规范
- DD 2019-12 三维地质模型元数据标准
- DZ/T 0273 地质资料汇交规范
- DZ/T 0306 城市地质调查规范
- DZ/T 0352 城市地质调查数据内容与数据库结构
- NB/T 35099 水电工程三维地质建模技术规程
- T/CSPSTC 18 城市三维地质体建模技术规范

3 术语和定义

3.1

要素 feature

真实世界中的空间对象的表示，同时具有几何特征和属性。

注：本文件的“全要素”主要指“地下空间全要素”。

3.2

全要素 full features

特定条件下满足某种应用的相对完备的要素集合。

3.3

城市地下空间全要素地质信息平台 full features geological information platform for urban underground space

综合利用 GIS、现代数据库、计算机网络等技术，对城市的区域地质、水文地质、工程地质、环境地质、地球物理、地球化学和遥感等多专业的地质信息和调查监测成果进行集成与综合，实现对城市地质信息管理、三维地质建模、可视化成果显示与查询检索，在此基础上对城市的地质环境、地质资源、地下水资源、空间资源、地质问题与地质风险，结合国土空间规划和灾害防治，进行分析评价和预测模拟的信息化系统。

3.4

地质数据 geological data

通过地质调查、钻探、物探、化探、遥感、分析测试、综合研究等手段获取的区域地质、水文地质、工程地质、环境地质、地球物理、地球化学和遥感等多专业地质数据。

3.5

地质数据库 geological databases

将地质数据按一定的结构组织，能为多个用户共享的数据集合，为地质信息建立的数据库总称。

3.6

三维地质模型 3D geological model

用来描述地质体的几何形状及其内部各种物理化学参数分布情况的计算机模型。三维地质模型包括三维地质结构模型和三维地质属性模型，其中结构模型更侧重反应整个地质体的几何形态结构，而属性模型可以更直观的反应整个地质体的属性分布。

3.7

数据字典 data dictionary

对数据的数据项、数据结构、数据流、数据存储、处理逻辑等进行定义和描述，对数据流图中的各个元素做出详细的说明，数据字典是描述数据的信息集合，是对系统中使用的所有数据元素的定义的集合。

3.8

E—R 关系图 entity relationship diagram

提供了表示实体类型、属性和联系的方法，用来描述现实世界的概念模型。

注：E—R 关系图也称实体—联系图。

3.9

数据库管理系统 database management system; DBMS

位于用户与操作系统之间的一层数据管理软件。

注：数据库管理系统和操作系统一样是计算机的基础软件，也是一个大型复杂的软件系统。主要功能

包括以下数据定义功能，数据组织、存储和管理功能，数据操纵功能，数据库的事务管理和运行管理功能，还包括其他如与其他软件系统的通信功能；一个 DBMS 与另一个 DBMS 或文件系统的数据库转换功能；异构数据库之间的互访和互操作功能。

3.10

资源禀赋 resource endowment

由各种因素和条件决定的资源的自然特征和先天优劣。

3.11

地下全资源评价 underground resources evaluation

以城市地下空间资源禀赋为目标，以影响地下空间安全的岩土体地层强度、变形等的工程地质条件为标准，评价一定技术条件下，满足地层整体稳定性、保持地所下空间安全开发利用的工程地质适宜程度，划定地下空间工程适宜性的空间分布。

3.12

地下空间资源 underground space resources

地表以下，能满足人类社会生产、生活、交通、环保、能源、安全、防灾减灾等需求所进行开发、建设和利用的资源。

3.13

地质体 geological body

地壳内占有一定的空间和有其固有成分并可以与周围物质相区别的地质作用的产物。

3.14

地下构筑物 underground structures

构筑在地表以下的建筑物。

注：如地下室、地下隧道、地道等。

4 基本规定

4.1 城市地下空间全要素地质信息平台应由基础数据库和信息系统组成。基础数据库应包括字典信息数据库、基础地质数据库和各专题数据库；信息系统应包括全要素地质信息数据集成与安全管理功能模块、三维地质建模功能模块、城市地下空间全资源评价功能模块、三维模型可视化与分析模块、全要素信息服务与输出功能模块等，应具备与其他系统进行信息共享与交换的接口。

4.2 城市地下空间全要素地质信息平台需利用大数据、智能化、移动通讯、云计算、物联网云计算、物联网等现代信息技术，可为城市规划、建设、运行管理以及城市地下空间规划建设、安全运维等各个环节提供地质信息服务。

4.3 城市地下空间全要素地质信息平台建设应选择可扩展性的技术框架，支持数据更新、功能拓展和应用延伸。

4.4 平台建设应配备必要的软件、硬件，构建网络、信息安全环境和运行维护机制。

4.5 城市地下空间全要素地质信息平台的建设需要考虑时空基准平面坐标系、高程系统和城市坐标系统，空间数据框架有利于规范地下数据的空间位置，城市坐标系统有利于与城市

建设工程应用相结合。

4.6 平台应使用元数据来规范数据的一致性。

5 数据库建设

5.1 基本要求

5.1.1 平台选择的数据库管理系统的应具有空间数据管理功能。

5.1.2 地质数据应包括结构化地质数据和非结构化地质数据。

5.1.3 结构化地质数据包括地理底图、地质图、地质专题图件、钻孔分层、岩土物理力学参数、地球物理、地球化学等数据，以结构化数据库进行管理。

5.1.4 非结构化地质数据包括全文文本、图象、声音、影视、超媒体等数据，以非结构化数据库管理系统进行管理。

5.1.5 数据库应设计数据字典以记录字段的中英文对照、字段的枚举值及其含义、地质参数值的量纲等。

5.2 数据库设计

5.2.1 数据库设计应考虑城市地下空间的数据类型、数据量、要素的类别及数据访问的性能要求等。

5.2.2 数据库概念设计应能真实充分地反映城市地下空间的基本特征，易于理解和更改，设计完整的 E—R 关系图，数据表设计应考虑以下要求：

- a) 数据表应避免可为空的列；
- b) 数据表不应有重复的值或者列；
- c) 数据表记录应有唯一的标识符；
- d) 数据表存储宜存储单一实体类型数据。

5.2.3 数据库逻辑设计可通过增加冗余列、增加派生列、重新组表，规范数据库逻辑设计，以降低连接操作数目，提高查询效率。

5.2.4 数据库物理设计，将数据库结构设计的 E—R 模型转换成与实际选择的 DBMS 所支持的数据模型相符合的存储结构。

5.2.5 数据库性能设计，应保证节省数据的存储空间、数据的完整性、方便进行数据库应用系统的开发，宜创建适当的索引、触发器、存储过程等提高数据库的操作性能。

5.2.6 数据库备份设计，应根据城市地下空间地质数据库建库和数据恢复模式的要求，组合选择数据库差异备份、完全备份、部分备份、日志备份等手段。

5.2.7 数据库安全保密设计，应设置不同类型数据库用户的访问权限，数据库访问的密码应具有有一定强度等级，并设置验证码。

5.3 数据内容

5.3.1 数据构成应符合以下规定：

- a) 城市地下空间全要素地质数据库可划分为原始数据、基础数据、专题成果数据三个

层级，平台对基础数据进行建库和管理，原始数据和专题成果数据以文档资料方式进行存储；

- b) 基础数据可由原始数据标准化获得，以数据表形式组织；
- c) 专题成果数据可由平台通过对基础数据建模、分析和评价计算获得，数据格式包括图件、模型或报表等。

5.3.2 城市地下空间全要素地质数据来源以地质调查和工程勘察为主体，主要包括野外调查、工程地质钻探、水文地质钻探、地球物理勘探、地球化学勘探、野外原位测试、室内试验分析以及地质环境监测等数据。

5.3.3 城市地下空间全要素地质数据建库要素分类应按一级分类、二级分类、数据内容进行划分，具体详见附录 A。

5.3.4 数据编码应符合以下规定：

- a) 数据库的表、表中字段的命名应规范，有参照标准的按照标准执行，无标准的统一按照英文单词的简写组合而成；
- b) 钻孔编号、点编号等数据编码应保证唯一性。

5.3.5 数据更新应符合以下规定：

- a) 数据库应支持数据的增量更新和批量更新；
- b) 数据更新后，应保留更新日志。

5.3.6 数据治理：

- a) 数据校验：检验数据是否完整，保证数据入库时是准确的。
- b) 数据提纯：提出完全符合要求的数据，剔除原始数据中的杂质信息。
- c) 数据修复：对提纯之后的数据进行数据完善和修复。

5.4 数据建库

5.4.1 原始数据经过标准化处理后，由平台提供的入库工具导入基础数据库，数据入库过程包括数据预处理、数据检查、数据批量或增量导入、图件数据入库、属性数据入库、三维地质模型入库、元数据入库。

5.4.2 数据预处理遵守下列规定。

- a) 图件如矢量地质图的预处理：
 - 1) 投影变换，地质专业人员对矢量地质图进行特定坐标系直接投影变换；
 - 2) 属性内容映射，矢量地质图中的图层属性与《地质图空间数据库建设工作指南(2.0版)》、《全国 1:20 万数字地质图空间数据库数据使用说明》、《区域水文地质图空间数据库图层及属性文件格式标准》等规范属性建立映射关联；
 - 3) 解析 MapGIS 67 格式 (.mpj、.wl、.wt、.wp) 中矢量地质图各图层属性信息；
 - 4) 图层颜色、纹理渲染信息生成样式 sld 文件。
- b) 钻探类数据预处理：
 - 1) 坐标转换，将已解析的经纬距、里程偏距、经纬度等坐标信息完成坐标互转。若已解析数据仅有里程偏距（同时可获取线位文件），则进一步开展坐标转换计算补充经纬距、经纬度坐标信息；若已解析数据同时含里程偏距、经纬距或经纬度坐标且可获取线位文件，则优先使用里程偏距信息完成坐标转换；若已解析数据同时含里程偏距、经纬距坐标但无法获取线位文件，则使用经纬距及其投影参考信息完成经纬度坐标转换；若已解析数据仅含经纬度坐标，则依据拟定义的投影

参考完成经纬距坐标转换。

- 2) 钻孔地层顶底板高程计算, 依据工程勘察信息系统中记录的钻孔地层底板高程和地层厚度信息, 计算钻孔地层顶板高程。
 - 3) 空间信息重构, 按照 OGC 标准将经纬度数据重构为 geometry 格式的数据。空间信息重构后, 可实现工程地质钻孔数据二维空间可视化。
 - 4) 标准地层匹配, 结合选取的标准地层及版本信息, 利用该标准地层及版本与地层岩性、地质时代关联关系, 计算、补充钻孔地层编号, 并自动建立与标准地层颜色、纹理等关联。
 - 5) 样式定制, 读取用户准备的 svg 样式源文件并转换为内存级信息。
 - 6) 属性补全, 针对工程地质钻孔字段信息缺失问题, 提供属性补全的编辑、保存功能, 确保不可为空的属性字段信息完整。
- c) 物探数据预处理:
- 1) 物探基本信息补充: 对原始地球物理勘探数据无法直接解析且不能通过计算、转换获取的基本属性信息采用人工交互输入的方式完成信息补充; 提供测点平面布置信息、测线平面布置信息、各类地球物理勘探方法反演成果和各类地球物理勘探方法解译成果等数据信息属性补全的编辑、保存功能。
 - 2) 坐标计算补充: 利用已解析获取的测点平面坐标、反演里程高程等信息, 采用坐标转换计算方式补充补全物探坐标信息。
 - 3) 反演成果插值点赋色计算: 根据已解析的插值点颜色值和反演结果值信息, 参考非线性颜色计算公式, 计算补充每个反演插值点的颜色字段。
 - 4) 测线起止里程计算补充: 根据测线的起止测点里程信息补充计算测线起止里程信息。
 - 5) 空间信息重构: 按照 OGC 标准将地质物理勘探数据空间信息重构为 geometry 格式的数据。
- d) 遥感数据预处理:
- 1) 投影变换, 地质专业人员对遥感地质解译数据进行特定坐标系直接投影变换;
 - 2) 样式定制, 依据用户需要自定义遥感地质解译数据图层颜色;
 - 3) 针对 km1/shape 格式中遥感地质解译数据属性缺失值, 提供属性补全的编辑、保存功能。
- 5.4.3 数据检查, 包括入库前错误检查、入库时的一致性检查和入库后的统计性检查, 并遵守下列规定。

- a) 入库前错误检查: 入库前应检查每类数据的时空基准、数据格式、属性结构、空间位置命名规范是否符合数据库设计要求。数据基本检查: 对数据进行基本检查, 图层以及图形对应的属性数据做基础检查(字段缺失检查、值域检查、非空字段检查等); 文件检查: 对shp文件是否缺少必要的文件、mdb能否正常连接和打开进行简单检查。
- b) 入库时一致性检查: 入库时应检查每类数据的时空基准、数据格式、属性结构、数据项的正确性, 以及数据项和数据内容的完整性, 是否符合数据库设计要求。逻辑检查: 执行唯一性检查(检查每条记录的关键编码是否唯一, 无重复)和图属一致性检查(检查图形与属性数据是否能对应上); 分类代码检查: 根据《地上地下全空间数据分类》标准检查图形中分类代码的完备性、合法性, 即大类编码应在标准范围内、同一图层可能存储不同中类、小类, 故对中类、小类的校验为可选项, 但编码长度应符合标准, 不允许出现标准以外的字符; 拓扑检查: 对要素的空间关

系进行检查，即进行面要素重叠检查、与其他要素重叠检查、边界被其他要素覆盖检查、线自重叠检查、线图层内要素相交检查等。

- c) 入库后统计性检查：入库后应检查数据填写、数据分层、数据拓扑的正确性，以及入库后数据的完整性、逻辑一致性，是否符合数据库设计要求。利用数据检查工具，可以对数据库中各种数据进行逻辑检查，将错误信息写入日志，用户根据日志中错误统计类型进行相应的数据修改。同时可以进行实时数据量统计。

5.4.4 数据批量或增量导入。经过数据处理的数据，可采用手动添加或程序批量入库方式入库，数据入库过程应记录入库日志，并遵守下列规定：

- a) 矢量数据可采用分区、按图幅或要素类别方式入库；
- b) 栅格数据可采用分区或按图幅方式入库；
- c) 其他数据可采用逐幅或逐点方式入库。

5.4.5 图件数据入库。地质专业人员（数据入库人员）对已检查且做正确处理的数据进行入库操作，如 1:200000 矢量地质图需包括以下入库的信息：

- a) 各地质图层属性信息（含已关联的图层颜色值、纹理图案地址信息）；
- b) 图层样式 sld 文件；
- c) 纹理图案 svg 文件（以文件、文件夹形式上传）。

5.4.6 属性数据入库遵守下列规定：

- a) 属性结构建立与录入应对照不同的地下空间要素，规定属性项名称、数量、定义、阈值、约束条件，并按规定录入属性数据；
- b) 地质数据属性信息可按附录 C 规定有关属性项及数量、定义、阈值、约束条件等相关要求。

5.4.7 三维地质模型入库遵守下列规定。

- a) 三维地质模型存储要素类及三维图例、三维注记、DEM 等信息。数据入库将三维图例、三维注记及 DEM 信息入到专题数据库中。
- b) 3D 实体模型包含了模型对象的几何数据。3D 实体模型和其属性数据一起构成要素，根据要素的属性结构类型将要素分类管理，由此而形成要素类的概念；若干个具有某种相同特征的要素类（譬如具有相同的空间参照系在一起形成要素数据集。三维地质模型存储以要素类进行管理，集成管理要素的几何数据和属性数据。
- c) 对于一个要素数据集，要素集信息表存储要素集的信息，要素类信息表存储各要素类信息表及几何空间数据集存储要素集包含的各类几何空间数据（体、面、线、结点）。
- d) 三维注记包含静态注记和属性注记两类。静态注记具有固定的三维坐标位置，属性注记内容来自要素的若干字段的属性值，显示注记时与所要标注的要素相关联，移动要素时注记也跟随移动。

5.4.8 元数据入库遵守下列规定：

- a) 用户人工判读是否已有元数据文件；
- b) 若已有元数据文件为 .txt 或 .xml 格式，则导入该元数据文件；
- c) 系统对已导入的元数据文件进行解析，并将解析结果提供预览界面供用户查看；
- d) 用户对导入的元数据进行注册操作，建立该元数据与地质数据库已有数据/服务的关联；
- e) 保存元数据至地质信息元数据库。

6 平台功能

6.1 基本要求

- 6.1.1 城市地下空间全要素信息平台功能模块应包括数据入库与管理模块、三维地质建模模块、城市地下全资源评价模块、三维模型可视化模块、数据输出与服务模块。
- 6.1.2 平台应实现图形数据、属性数据、文档资料、元数据等地质数据的录入和管理。
- 6.1.3 平台应实现三维地质建模、三维场景操作和模型分析应用等功能，平台构建的三维地质模型应能支持专业分析评价。
- 6.1.4 地质分析评价应面向城市规划、建设、管理的需要，提供分析评价工具。
- 6.1.5 平台终端包含桌面端、移动端和 Web 端。桌面端应包含平台所有功能；移动端和 Web 端应至少包含二维图件和三维地质模型等专题成果的 Web 服务功能。
- 6.1.6 平台终端可通过网络为政府部门、专业人员、社会公众等不同用户提供不同层次的地质信息服务。
- 6.1.7 平台应有能与智慧城市、城市大数据等城市管理平台进行数据共享、功能对接的接口。

6.2 数据入库与管理

- 6.2.1 数据入库与管理应符合以下规定：
 - a) 实现地质图、剖面图、等值线图等地质图件的入库与管理；
 - b) 实现钻孔分层、标准地层、工程地质属性数据、水文地质属性数据，地球物理属性数据，地球化学属性数据以及地表各类 DEM\DOM 等专题数据的入库与管理；
 - c) 实现常用标准格式的地表地形模型、三维地质结构模型、三维地质属性模型的导入与管理。
- 6.2.2 应实现属性表记录、图形几何和图形属性的编辑与更新。
- 6.2.3 数据查询应符合以下规定：
 - a) 数据查询条件应包括空间范围约束、多属性条件及其组合条件；
 - b) 查询和统计结果应实现表格、图形、图像、报告、模型等多种格式的实时查看、下载和输出。
- 6.2.4 标准地层构建与编辑应符合以下规定：
 - a) 数据库应建立项目的标准地层；
 - b) 应实现对地层名称、地层代号、地层颜色与花纹等标准地层参数的编辑，编辑结果可实时更新入库，并与模型、图件保持同步。

6.3 三维模型构建

- 6.3.1 三维模型宜由三维地形模型和包含三维地质结构与三维地质属性模型的三维地质模型构成。
- 6.3.2 三维模型应能通过平台构建或第三方软件构建后导入。
- 6.3.3 三维模型应满足下列基本要求：

- a) 三维模型几何精度应符合不同尺度模型要求，具体可参考附录 B；
 - b) 模型数据应能完整描述主要地质特征；
 - c) 应具备空间信息及拓扑关系；
 - d) 三维模型上附着的相关地质数据应以地层数据为基础，宜包括地貌、地质构造、水文地质、地震地质、环境地质和地质资源等要素。
 - e) 三维模型应满足模型根据原始数据的更新而自动更新，包括模型局部更新和模型全局更新。
- 6.3.4 质量评价遵守下列规定：
- a) 定性评价，主要包括构造模型与构造特征、断层模型与断裂系统、地质体模型与地层展布和沉积相分布特征、特殊岩土体及地质问题等方面的一致性评价，具体包括如下内容。
 - 1) 构造面与模型构造面趋势应一致，地层分层数据与模型构造面吻合。断棱等间距平行且等高或者高度渐变，两盘断线不可相交，同一断层的断点应近断面分布；
 - 2) 网格主方向为主要物源方向，且无网格负体积出现；
 - 3) 地层展布范围无井控制的边水区应与地质认识基本一致；
 - 4) 特殊岩土体（如软土、湿陷性土、膨胀土、盐渍土等）及地质问题（如岩溶、活动断裂等）的类型及圈定范围应与地质认识保持一致。
 - b) 定量评价，基于钻孔数据、物探解释数据等定量地质资料，开展模型的一致性评价。
 - c) 根据定性和定量评价结果，将三维模型划分为 3 个质量等级，符合表 1 的规定。

表 1 质量等级划分

质量等级	描述
合格	精度偏差不大，对场景表现效果、系统运行影响不大
基本合格	建模精度和完整度有较小偏差，或对场景表现效果、系统运行有一定影响
不合格	客观性、真实性和完整性方面均存在严重偏差，严重影响了模型质量、场景表现、系统运行

6.4 全资源评价

6.4.1 全资源评价内容应以与地下空间开发利用相关的地下空间资源、地下水资源、浅层地热资源、地质材料资源等为主体，以评价地下全资源禀赋为目标，评价资源的数量和质量。

6.4.2 全资源评价应以实现地下空间开发利用中地下多种资源的协同利用与保护为目标，包括如下内容：

- a) 地下空间资源评价应重点考虑影响地下空间安全的岩土体强度、变形等工程地质条件的优劣，将地下空间资源划分为地下空间开发工程地质适宜、较适宜、一般适宜和较不适宜四个等级；
- b) 地下水资源评价应先划分含水层，进行不同含水层的地下水储存量的计算，划定每个含水层的富水性分区，在此基础上提出地下空间开发中的地下水资源保护建议区；
- c) 浅层地热能资源评价宜按不同深度进行，根据区域地质条件及地温条件评价浅层地

热能热容量，按热容量划分等级：

- d) 地质材料资源评价是对地下空间开发产生的、可协同再利用的岩、土体材料，按建筑材料相关标准，划分不同层位地质材料的类型，评价不同类型地质材料资源数量和可利用等级；
- e) 除以上四类地质资源外，根据工作区实际，可以资源协同利用和保护为目标，进行地下其他资源评价，反映资源的数量、质量、空间分布，分析与地下空间开发利用的关系。

6.4.3 评价数据。地下全资源评价所需数据应能从数据库中获取，数据的完整性和符合性应能保证进行全资源评价，必备评价数据见附录 C。

6.4.4 评价方法。根据地下不同类型资源构建全资源评价指标体系，在三维地质模型中开展不同类型资源评价，并满足相关规范的要求。

6.4.5 成果表达。地下全资源评价结果应能在三维空间上展示，充分反映地下全资源的空间位置、接触关系、质量等级，可对评价成果的空间数据进行存储和再利用。

6.5 可视化分析

6.5.1 平台的桌面端的可视化功能应包括以下内容：

- a) 二维矢量图形和栅格图像的可视化；
- b) 三维模型的可视化；
- c) 全资源评价及评价成果的三维可视化；
- d) 三维地质模型的任意剖面切割与块体切割可视化；
- e) 三维地质模型的隧道模拟与漫游；
- f) 场景的光照、天空包围盒等辅助场景参数的编辑与场景动态更新。

6.5.2 Web 端和移动端应提供的可视化功能应包括以下内容：

- a) OGC 标准地图服务的二维可视化与地图查询；
- b) 基于 3D Tiles 的三维模型的可视化与模型查询；
- c) 数据量测和检索。

6.6 运行与服务

6.6.1 平台应提供组织机构管理、角色管理、用户管理、统一认证、平台监控、日志管理等服务功能，以及地质信息资源、服务、功能和接口的注册、授权和注销等功能。

6.6.2 平台应支持用户交互和可视化操作要求，主要包括以下内容：模型的缩放与漫游，地质数据的分层、地质属性的显示，显示比例尺的控制，显示范围的控制，层与地物类显示顺序的控制，显示窗口的风格、属性的控制，地物的符号化显示、随图放大显示、注记显示等。

6.6.3 平台应支持多种终端的用户访问、查询、成果输出等操作。

6.6.4 平台应支持常规业务的数据整理、优化分析等功能。

6.7 接口要求

6.7.1 平台接口应符合以下要求：

- a) 内部接口应尽量独立，减少相互依赖；
- b) 外部接口应符合 OGC 标准等国际标准的规范或协议，其中：二维地图服务接口应提供 OGC 的 wms、wfs 等服务，三维模型服务接口应提供国际标准 3D Tiles 服务；
- c) 服务的粒度应尽量小，通过服务聚合以形成更大的服务。

6.7.2 系统内部接口应提供数据入库接口、数据查询接口、三维地质结构建模接口、三维地质属性建模接口、城市地下全资源评价接口等。

6.7.3 系统外部接口应提供数据导出接口、图形数据 OGC 发布服务接口、三维模型 Web 发布服务接口、图形数据导出为 CAD 格式接口等。

注：OGC 全称是开放地理空间信息联盟（Open Geospatial Consortium），是一个非盈利的国际标准组织，它制定了数据和服务的一系列标准。包括地图服务、矢量服务、栅格服务。

Web 地图服务（WMS）利用具有地理空间位置信息的数据制作地图。能够通过网络动态地生成具有地理参考的地图的服务标准，能够根据用户请求返回相应的地图图片（如 PNG，GIF，JPEG 等栅格形式），WMS 支持网络协议 HTTP，所支持的操作由 URL 定义。

Web 矢量服务（WFS）返回的是矢量级的 GML 编码，并提供对矢量的增加、修改、删除等事务操作，是对 Web 地图服务的进一步深入，WFS 支持网络协议 HTTP，所支持的操作由 URL 定义。

Web 地图栅格服务（WMTS）面向空间影像数据，它将包含地理位置值的地理空间数据作为“栅格（Coverage）”在网上相互交换。

以上三个规范既可以做为 Web 服务的空间数据服务规范，又可以实现空间数据的相互操作。

7 安全运维

7.1 性能

7.1.1 本指南建议使用以下条件搭建平台：

- a) CPU: 不低于 i7 7700；
- b) GPU: 不低于 RTX1080；
- c) 操作系统: 不低于 win 10 系统。

7.1.2 系统在正常情况和极限负载条件下，能够处理不断增加的访问请求，具有良好的性能扩展能力。

7.1.3 数据服务响应时间应符合以下要求：

- a) 二维瓦片服务加载及响应时间不超过 5 s；
- b) 二维动态矢量服务初始加载时间不应超过 15 s，后续响应时间不应超过 5 s；
- c) 基于二维动态矢量服务动态生成三维要素初始加载时间不应超过 15 s，后续响应时间不应超过 5 s；
- d) 三维瓦片服务初始加载时间不应超过 10 s，高精度显示等待时间不应超过 5 s；
- e) 在 1920x1080 分辨率下，三维模型可视化的帧率不低于 24 帧/s。

7.1.4 查询统计服务响应时间应符合以下要求：

- a) 简单统计分析查询响应时间不超过 5 s；
- b) 千万级数据量下查询的响应时间不超过 10 s；

- c) 大数据统计分析报表的响应时间不超过 50 s。
- d) 系统应具有 7×24 h 稳定运行、连续无故障的能力，系统具备集群技术，避免意外的死机。

7.2 安全与更新

7.2.1 平台和数据应具备安全性，建立必要的管理权限，禁止非授权用户修改软件系统或窃取数据。

7.2.2 平台应以软件授权或硬件加密的手段进行合法用户的审核和限定。

7.2.3 涉密数据应脱密后上网。

7.2.4 各类型数据的更新应满足关联性的要求，基础数据发生变化，后期的模型数据以及评价数据均需同步更新。

7.2.5 平台数据库应定期进行数据自动备份与日志记录。

7.2.6 平台数据库应考虑地形地质图的国家安全问题。

7.3 升级

7.3.1 平台版本升级应向下兼容。

7.3.2 平台软件升级应兼容常用硬件。

7.3.3 平台应支持增量升级更新。

附录 A

(资料性)

全要素分类方法

全要素分类方法见表 A.1。

表 A.1 全要素分类方法

一级分类	二级分类	数据内容
基础地理	地形地貌	等高线、高程数据、地物控制点
	地理分区	行政区、居民地、交通、水系、重大工程
基础地质	区域地质	地层分布、地层产状、岩性分布、沉积特征、褶皱、断裂等
	基岩地质	基岩分布、基岩等深线、基岩钻孔等
	第四系地质	第四纪地层、第四纪剖面、第四纪钻孔、第四纪等值线等
工程地质	区域工程地质	区域地壳稳定性分区、场区稳定性分区、地基稳定性分区、地基土分布、地层顶板高程等值线、地层厚度等值线、岩体工程地质类型分区、岩体结构类型分区、土体工程地质类型分区、土体结构类型分区、地下建（构）筑物分布、建（构）筑物基础分布、天然地基工程建设适宜性评价分区、软土地基评价、建筑工程地质环境适宜性分区、工程地质野外调查
	岩土工程地质	浅井工程、探槽工程、工程地质钻孔、土层描述、岩样试验、土样试验、三轴压缩试验、粒径级配、固结试验、高压固结试验、动三轴试验、动力触探试验、静力触探试验、十字板剪切试验、波速测试、旁压试验、载荷试验等
水文地质	区域水文地质	机（民）井调查、泉点调查、岩溶水调查、矿坑（老窖）调查、地表水点调查、水源地调查、水源地开采量统计汇总、地下水开采量分区、县市历年经济发展与用水状况、县市经济发展与用水规划、地下水系统划分、地下水水源地分布、地下水类型划分、地下水含水层分布、地下水富水程度划分、地下水化学类型划分、含水岩组类型划分、含水层顶板底板高程、潜水位埋深、承压水位埋深、潜水以及承压水含水岩组岩性分布、潜水位高程、深层水等水位（压）高程、地下水位变幅、矿化度分区、降水入渗和蒸发、灌溉水回渗、河流（渠）渗漏、含水层渗透等参数、咸水水体分布、无淡水区分布、地下水补给资源以及地下水可开采资源模数、地下水现状开采模数、地下水开发利用前景、地下水潜力、地下水潜力模数分区、咸水微咸水开发利用程度、地下水质量分区、地下水腐蚀性评价、地下水污染程度、地下水防污性能评价、地下水污染综合评价、地下水脆弱性评价、水文地质调查工作程度、地下水功能分区等
	地下水动态监测	水文地质钻孔基本情况、电测井数据、地层描述、钻孔孔径变化、钻孔井管结构、钻孔填砾/止水结构、抽水试验、抽水试验观测记录、钻孔注水试验、地下水观测井以及地下水位、地下水水温观测记录、地下水开采/回灌量记录、土壤易溶盐样品采集以及分析成果、地下水水质采样以及水质分析成果等
环境地质	区域环境地质	环境地质野外调查、土地盐渍化调查、河流和湖泊污染程度、环境污染综合评价、地下水污染风险区划以及污染防治区划
	地质灾害	地质灾害野外调查、地面沉降观测水准点观测、地面沉降分层标观测、地面沉降调查、地面沉降风险区划、地质灾害易发性分区、城市地质环境影响承载力评价、地质灾害防治规划等
	生态地质	垃圾处置场调查、地下水污染现状调查、污染源现状调查、土壤侵蚀调查、土地沙漠化调查、土壤沼泽化调查、湿地调查、地方病调查、海水入侵调查、饱和砂土液化调查、断裂构造活动性评价、城市生态地质环境综合评价

表 A.1 全要素分类方法（续）

一级分类	二级分类	数据内容
地球物理	重力	重力测量原始数据以及重力测量处理信息等
	磁力	地面磁法测量和航磁测量原始数据以及分析处理繁衍数据等
	地震	地震界面原始数据以及反演数据等
	测深	电法原始数据以及处理数据
地球化学	岩石地球化学	岩石地球化学采样以及分析数据
	土壤地球化学	土壤地球化学采样以及分析数据
	水系沉积物地球化学	水系沉积物地球化学采样以及分析数据
	生物地球化学	生物化学采样以及分析数据
	水地球化学	水化学采样以及分析数据
地质资源	矿产资源	矿产勘查、固体矿产基本情况、固体矿产地质情况等
	水资源	矿泉水资源区域地质特征、矿泉水井基本情况以及矿泉水水质分析成果
	地热资源	地热钻孔地层岩性、地热钻孔地热利用情况、地热钻孔（井）结构、地热钻孔抽水试验和回灌试验、地热钻孔测温、地下热水观测井基本情况、地下热水水位动态观测信息、地下热水开采量汇总、地下热水回灌量汇总、记录地下水地源热泵资源动态观测孔基本情况、地下水地源热泵资源动态观测、地埋管地源热泵动态观测孔基本情况、地埋管地源热泵资源动态观测、地热资源分布、地热矿泉水区域地质特征、地热资源潜力评价分区、地下热水温度分级、地下热水质量分区、地热脆弱性分区、地热异常区分布、地热梯度等值线、地热资源开发利用规划分区、地下水地源热泵开发利用适宜性分区、地埋管地源热泵开发利用适宜性分区、地下水地源热泵系统资源量、地埋管地源热泵系统资源量、地下水地源热泵资源评价、地埋管地源热泵资源评价
	旅游资源	地质遗迹调查、地质遗迹集中区和地质公园等
	地下空间资源	地下空间开发利用现状调查、地下空间开发适宜性评价以及地下空间开发利用规划分区
遥感数据	遥感解译数据	航空航天遥感解译信息、遥感推断构造、遥感解译地表地层或岩层分布

附录 B

(资料性)

城市三维地质模型建模尺度

城市三维地质模型建模尺度见表 B.1。

表 B.1 城市三维地质模型建模尺度

模型类型	指标	比例尺					
		1:25000-1:10000	1:5000	1:2000	1:1000	1:500	1:200
基覆界面	深度 (m)	5.0		2.0	1.0	1.0	0.4
地层实体	厚度 (m)	20.0	10.0	4.0	2.0	1.0	0.4
地质构造面	延伸长 (m)	100.0	50.0	40.0	20.0	10.0	4
地质构造实体	宽度 (m)	20.0	10.0	4.0	2.0	1.0	0.4
软弱夹层、透 镜体实体	厚度 (m)	1.0		0.5		0.5	0.2
溶洞、天坑、 竖井、斜井、 暗河表面	直径 (m)	2.0			1.0	1.0	0.4
	延伸长 (m)	20.0			10.0	5.0	2.0
溶蚀裂隙面	宽度 (m)	1.0			0.5	0.5	0.4
	延伸长 (m)	100.0	50.0	40.0	20.0	10.0	4.0
滑坡体、变形 体、崩塌积体 界面及实体	方量 (m ³)	10000	5000	2000		1000	
危岩体界面 及实体	方量 (m ³)	—	100	50			
泥石流堆积 体界面及实 体	方量 (m ³)	—	3000	1000		500	

附录 C

(资料性)

城市地下全资源评价指标体系

城市地下全资源评价指标体系见表 C.1。

表 C.1 城市地下全资源评价指标体系

目标层	准则层	评价指标		单位	评价目标
地下空间资源	开发适宜性	地层结构条件	松散层地层结构		工程地质适宜性、开发利用安全
			断裂		
			岩溶发育程度		
			基岩裂隙密度		
		地下水条件	地下水埋深	m	
			承压含水层水头高度(距离顶板的高度)	m	
			单井涌水量	m ³ /d	
			渗透系数	m/d	
		工程力学参数	矿化度	g/l	
			含水率	%	
			土体粘聚力	kPa	
			内摩擦角	(°)	
			压缩模量	kPa	
			砂土液化指数		
	土体膨胀系数	%			
	基岩起伏度	(°)			
	岩体抗压强度	MPa			
地下水资源	含水层条件	含水层厚度	m	地下水资源保护	
		地下水水位/水头高度	m		
	水文地质参数	给水度(松散层浅层地下水)			
		弹性释水系数(松散层承压地下水)			
浅层地热能资源	储层分布	含水层厚度	m	资源协同利用、综合利用	
		变温带厚度	m		
		分布面积	m ²		
	岩土体物性参数	岩土体及地下水比热容	kJ/(kg·°C)		
		岩土体密度	kg/m ³		
		岩土体孔隙率	%		
	岩土体热导率	W/(m·K)			
地质材料	资源协同利用	岩性	土体岩性		资源协同利用、综合利用
			岩石岩性		
		岩土体材料性质	粒度(土体)	mm	
			强度(粗砾、岩石)		