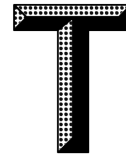


ICS 93.020
CCS P 10



团 体 标 准

T/CSPSTC 102—2022

城市地下空间全要素信息平台建设指南

Guidelines of construction full features information platform for
urban underground space

2022-12-22 发布

2023-03-01 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	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 原则	2
5 全要素信息集成与建库	2
5.1 通则	2
5.2 全要素数据	3
5.3 全要素信息集成	3
5.4 数据建库	4
6 平台功能	7
6.1 通则	7
6.2 数据入库管理	7
6.3 三维地质建模	8
6.4 地下空间资源评价	8
6.5 模型可视化与分析	8
6.6 系统运行与服务	9
6.7 接口与共享服务	9
7 安全运维	9
7.1 性能	9
7.2 安全与更新	10
7.3 升级	10
附录 A (资料性) 全要素分类方法	11
附录 B (资料性) 城市三维地质模型建模尺度	13
附录 C (资料性) 地下空间资源评价指标及分级建议	14
参考文献	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：中铁第四勘察设计院集团有限公司、中国地质大学(武汉)、中铁七局集团郑州工程有限公司、中国地质调查局南京地质调查中心、武汉智图云起科技有限公司、武汉容晟吉美科技有限公司、上海城建数字产业集团有限公司、中冶一局城市安全与地下空间研究院有限公司、中铁六局集团有限公司、中铁七局集团电务工程有限公司、中铁七局集团广州工程有限公司、云南建投第一勘察设计院有限公司、深圳地质建设工程公司、江苏省地质矿产局第一地质大队、长安大学、江苏省地质矿产局第四地质大队、中国市政工程西北设计研究院有限公司、内蒙古自治区地质调查研究院、江苏省地质勘查技术院、北京住总集团有限责任公司、广东省佛山地质局、广东省有色金属地质局九三五队、湖北省地质调查院、自然资源部第一地理信息制图院、长沙市规划勘测设计研究院、深圳市地质环境研究院有限公司、常州市建筑科学研究院集团股份有限公司、深圳市工勘岩土集团有限公司、中建七局第四建筑有限公司、武汉市政工程设计研究院有限责任公司、深圳大学、上海勘察设计院(集团)有限公司、长江水利委员会长江科学院、标准联合咨询中心股份公司。

本文件主要起草人：张占荣、花卫华、刘修国、孙红林、王鹏、苏晶文、丁光莹、王超智、刘庆辉、田嵩山、唐加功、易荣、应本林、雷延武、吴小强、申庆梦、刘家国、徐成华、朱仁民、童景盛、邵广周、王军成、杨亮平、杨纬卿、王勇刚、黄继春、苏栋、唐灵、匡俊、林作忠、李时亮、陈启浩、林成远、廖进星、胡元平、孙海峰、彭柏兴、齐宏涛、胡志新、汪显庭、蔺雷、王纯君、陈杰、李云、马君伟、许杰、张宇捷、黄书岭、和礼红、韩刚、吴华、胡娜、陈向阳、李强、雷国平、刘永昌、庞伟、高磊、齐毅、彭祥瑞、王军鹏、程熙洋、李伟浩、赵培云、刘建伟、杨亮、张阁平、杨杰、张照太、晏晓红、施焯辉、张亚欢、李东原、王宜伟、杨光、罗先猛、潘洪捷、杨明峰、张敏、肖剑、李朋、李瑞宁、马国纲、蔡清华、杜子纯、李红波、赵晓丹、尚颖霞、孙冬冬、吴自兴、李叶繁、赵晋乾、鲜少华、刘华吉、李炜、王睿、邢怀学、郑红军、华健、蔡磊、卢成绪。

引 言

现阶段,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空间要素信息管理方法,集成城市地下空间全要素信息,搭建对应的软件管理和分析平台。

本文件可以指导信息平台建设任务承担单位在开展城市地下空间全要素信息集成与建库、三维地质模型构建、地下空间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信息平台建设指南

1 范围

本文件给出了城市地下空间全要素信息平台建设的原则,提供了全要素信息集成与建库、平台功能、安全运维的建议。

本文件适用于城市地下空间全要素信息平台的设计、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,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 19710 地理信息 数据

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

要素 feature

真实世界中的空间对象的表示。

注:主要包括几何特征和属性等。

3.2

城市地下空间全要素 full features of urban underground space

某种特定需求下相对完备的城市地下空间基本信息要素的集合。

注:包括地质要素、城市地下空间设施要素等。

3.3

城市地下空间全要素信息平台 full features information platform for urban underground space

综合利用地理信息系统(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、既有城市地下空间设施模型,进行集成与综合,实现对城市地下数据管理、三维地质建模构建、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安全开发利用,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数据。

3.5

地质数据库 geological databases

将地质数据按照一定的结构组织,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

利用三维建模技术建立的用于反映地质构造、地质界面、地质体的空间形态及其组合关系,以及内部各种物理化学参数的分布情况的三维模型。

3.7

数据字典 data dictionary

对地质数据库中的所有地质数据元素集合进行定义和描述的信息集合。

注:包括对地质数据库中的城市地下空间全要素信息数据表的中英文名称,以及字段的中英文名称、类型、枚举值、长度、值域、量纲等进行定义和描述,为地质数据库结构和地质数据内容的访问提供全部可靠的字典信息,为地质数据入库、三维地质建模、地下空间资源评价等系统功能的统一数据接口与接口扩展提供字典基础。

3.8

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。

3.9

地下空间资源评价 underground space resource 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的复合分析研究和评估的方法。

3.10

城市地下空间设施 urban underground facilities

建设在城市地表以下,为满足人类社会生产、生活、交通、环保、能源、安全、防灾减灾、信息与通信等需求而建设的建(构)筑物。

[来源:GB/T 28590—2012,2.1]

4 原则

4.1 城市地下空间全要素信息平台宜由基础数据库和信息系统组成。基础数据库宜包括字典信息数据库、基础地质数据库和各专题数据库;信息系统包括数据入库管理模块、三维地质建模模块、地下空间资源评价模块、模型可视化与分析模块、系统运行与服务模块,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信息平台宜利用人工智能、大数据等现代信息技术,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信息服务。

4.3 城市地下空间全要素信息平台建设宜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 城市地下空间全要素信息平台建设配备软件、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信息平台建设需要考虑时空基准的规范统一,空间基准采用 CGCS2000 坐标系,时间基准采用国家授时中心标准时间。因工程建设需要,需要使用城市坐标系统的,还要建立城市坐标系统与 CGCS2000 坐标系统的联系,保留坐标转换参数。

4.6 城市地下空间全要素信息平台建设宜按照 GB/T 19710 的规定规范数据的一致性。

5 全要素信息集成与建库

5.1 通则

5.1.1 城市地下空间全要素信息平台选择的数据库管理系统(DBMS)宜具有空间数据管理功能。

5.1.2 数据包括结构化数据和非结构化数据。

5.1.3 结构化数据包括地理底图、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,采用结构化关系型数据库技术进行管理。

5.1.4 非结构化数据包括全文文本、图像、声音、影视、超媒体等数据,采用 NoSQL 等非关系型数据库技术进行管理。

5.1.5 数据库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、参数值的量纲等。

5.1.6 数据构成符合以下规定:

- a) 城市地下空间全要素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,城市地下空间全要素信息平台对基础数据进行建库和管理;
- b) 原始数据和专题成果数据以文档资料方式进行存储;
- c) 基础数据可由原始数据标准化获得,包括数据内容与数据结构的标准化,以数据表形式组织。

5.1.7 城市地下空间全要素数据来源以调查、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、地质环境监测、城市调查等数据。

5.1.8 数据编码符合以下规定:

- a) 数据库的表、表中字段的命名规范,有参照标准的按照标准执行,无参照标准的统一按照英文单词的简写组合而成;
- b) 钻孔编号、点编号等数据编码保证唯一性;
- c) 图形数据的属性部分及属性数据均进行分类和唯一编码。

5.1.9 数据更新符合以下规定:

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

5.1.10 数据治理符合以下规定。

- 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:提纯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。

5.2 全要素数据

城市地下空间全要素数据建库要素分类按照一级分类、二级分类、数据内容进行划分,具体详见附录 A。

5.3 全要素信息集成

5.3.1 全要素语义表达模型

5.3.1.1 全要素信息集成宜以城市地下空间的评价、规划、建造、运维等作为应用目标,考虑要素之间的关系、联系、约束等条件进行语义划分,建立全要素语义表达模型。

5.3.1.2 城市地下空间全要素语义表达模型一般包括语义层、模型层、表达层。

5.3.1.3 语义层反映城市地下的地质结构、地质参数、既有地下空间的语义特征和相互联系。

5.3.1.4 模型层面向三维模型的构建、表达以及存储管理,连接语义层和表达层。三维模型的构建受到要素的语义约束,利用建立的三维模型实现要素信息不同尺度的空间表达与分析。由于要素实体的表达具有多尺度状态以及局部的不同表达精度,需要通过多细节层次对象进行表达和存储。

5.3.1.5 表达层用于表达地下空间的实体及其属性等语义信息,受拓扑关系和地质规则的约束。其

中,实体主要包括几何实体和地质实体,几何实体由点、线、面、体等简单几何要素组成;地质实体由地质点、地质线、地质面、地质体等复杂地质要素构成;属性场模型包括几何、属性和多层次细节(LOD)特征,其中,几何特征与关联地质体模型保持一致,属性特征来源于城市地下岩、土、水、气等地质参数信息,LOD 依据模型多尺度构建信息获取。

5.3.2 全要素信息组织

5.3.2.1 按照要素探测方式的不同,从点位信息、测线信息、元数据等方面进行分类组织。

5.3.2.2 按照要素存储形式的差异,从属性表、结构形态数据、属性场数据、非结构化数据等方面分类组织。

5.3.2.3 结合应用对要素数据的访问特点优化底层物理组织,比如通过索引、分表等方式降低数据库的负载以提高系统的吞吐量。

5.3.3 数据库设计

5.3.3.1 数据库设计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。

5.3.3.2 数据库概念设计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(实体关系图),数据表设计考虑以下要求:

- a) 数据表避免可为空的列;
- b) 数据表无重复的值或者列;
- c) 数据表记录有唯一的标识符;
- d) 数据表存储宜存储单一实体类型数据。

5.3.3.3 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。

5.3.3.4 数据库物理设计将数据库结构设计的 E-R 模型(实体关系模型)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。

5.3.3.5 数据库性能设计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,宜创建索引、触发器、存储过程等提高数据库的操作性能。

5.3.3.6 数据库备份设计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。

5.3.3.7 数据库安全保密设计设置不同类型数据库用户的访问权限,数据库访问的密码满足强度等级的要求,并设置验证码。

5.4 数据建库

5.4.1 原始数据经过标准化处理后,由城市地下空间全要素信息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) 矢量地质图件的预处理:
 - 1) 投影变换,地质专业人员对矢量地质图件进行特定坐标系直接投影变换;
 - 2) 属性内容映射,矢量地质图件中的图层属性与《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) 解析地理信息系统(GIS)格式中矢量地质图件各图层属性信息;
 - 4) 图层颜色、纹理渲染信息生成 sld 样式文件。
- 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:按照开放地理空间信息联盟(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 文件作为样式源文件。
 - 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) 地球物理数据预处理。
- 1) 地球物理基本信息补充: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 标准将地球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 KML/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、入库时一致性检查和入库后统计性检查,并遵守下列规定。
- a) 入库前错误检查:入库前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:根据地质矿产术语分类代码标准检查图形中分类代码的完备性、合法性,即大类编码在标准范围内、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、线图内要素相交检查等。

- c) 入库后统计性检查:入库后检查数据填写、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1:20万矢量地质图件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 sld 样式文件;
- 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) 地下空间要素属性规定属性项名称、定义、数量、阈值、约束条件等参数;
- b) 针对不同地下空间要素分别建立属性结构,录入属性数据。

5.4.7 三维地质模型入库遵守下列规定。

- a) 三维地质模型存储几何实体和地质实体要素类,并关联三维图例、注记、数字高程模型(DEM)等信息。三维图例、注记、DEM存储在专题数据库中。
- 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) 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。
- e) 地下空间三维模型要素入库,建立地下空间三维数据库模型结构,定义模型属性,确定地下空间三维模型库的点状要素模型、线状要素模型、贴图与材质、拓扑关系等,建立空间要素与属性信息关联的关键词。

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 格式或.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 通则

- 6.1.1 城市地下空间全要素信息平台功能模块包括数据入库管理模块、三维地质建模模块、地下空间资源评价模块、模型可视化与分析模块、系统运行与服务模块。
- 6.1.2 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 实现三维地质建模、三维场景操作和模型分析应用等功能,城市地下空间全要素信息平台构建的三维地质模型能支持专业分析评价。
- 6.1.4 地质分析评价面向城市规划、建设、管理的需要,提供分析评价工具。
- 6.1.5 城市地下空间全要素信息平台终端包含桌面端、移动端和 Web 端。桌面端包含平台所有功能;移动端和 Web 端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 城市地下空间全要素信息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 城市地下空间全要素信息平台有能与智慧城市、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。
- 6.1.8 城市地下空间全要素信息平台支持根据不同应用需求进行功能组合和扩展。如增加评价方法,系统可通过二次开发对评价功能进行扩展。

6.2 数据入库管理

6.2.1 数据入库管理符合以下规定:

- 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数字高程模型/数字正射影像图(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影像模型、三维地形模型、三维地质结构模型、三维地质属性模型的导入与管理;
- d) 入库过程中能统计数据库中各类数据的数量、类别等特征,并可形成统计图、表。

6.2.2 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 数据查询符合以下规定:

- a) 数据查询条件包括空间范围约束、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符合以下规定:

- a) 数据库建立项目的标准地层;
- b) 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 三维地质建模

6.3.1 三维模型宜由三维地形模型和包含三维地质结构模型与三维地质属性模型的三维地质模型构成。

6.3.2 三维模型能通过城市地下空间全要素信息平台构建或第三方软件构建后导入。

6.3.3 三维模型满足下列基本要求：

- a) 三维模型几何精度符合不同尺度模型要求,并考虑工程阶段、城市地质调查精度等需求,具体可参考附录 B;
- b) 模型数据能完整描述主要地质特征;
- c) 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,具体包括下列内容。
 - 1) 构造面与模型构造面趋势一致,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) 综合定性评价结果和定量评价结果,三维模型可划分为合格、基本合格、不合格 3 个质量等级。

6.4 地下空间资源评价

6.4.1 评价目标:以评价地下空间资源的禀赋条件为目标,重点考虑影响地下空间安全的地层强度、变形等地质本底条件的优劣。

6.4.2 评价标准:以岩土体的工程地质条件为主要标准,重点考虑在一定技术条件下,满足地层整体稳定性、保持地下空间安全开发利用的工程地质适宜程度。

6.4.3 评价数据:地下空间资源评价所需数据能从数据库中获取,数据的完整性和符合性能保证进行地下空间资源评价。

6.4.4 评价方法:根据地下空间资源评价指标体系,在三维地质模型中开展评价,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,详见附录 C。

6.4.5 成果表达:地下空间资源评价结果能在三维空间上展示,充分反映地下空间资源的空间位置、接触关系、质量等级,对评价成果进行存储和再利用。

6.5 模型可视化与分析

6.5.1 城市地下空间全要素信息平台的桌面端的可视化功能包括以下内容：

- 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；
- g) 在三维场景中可进行长度、面积量测和数据检索。

6.5.2 Web 端和移动端提供的可视化功能包括以下内容：

- 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。

6.6 系统运行与服务

6.6.1 城市地下空间全要素信息平台提供组织机构管理、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 城市地下空间全要素信息平台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，图层显示顺序的控制，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 城市地下空间全要素信息平台支持多种终端的用户访问、查询、成果输出等操作。

6.7 接口与共享服务

6.7.1 城市地下空间全要素信息平台接口符合以下要求：

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

6.7.2 内部接口提供数据解析预处理接口、数据存储交换接口、数据可视化引擎接口、三维地质建模算法接口、地质属性插值计算接口、地下空间资源评价计算接口等。

6.7.3 外部接口提供数据导出接口、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。

7 安全运维

7.1 性能

7.1.1 宜使用以下条件搭建平台：

- a) 中央处理器(CPU):不低于 i7 7700；
- b) 图形处理器(GPU):不低于 RTX1080；
- c) 常用的桌面操作系统。

7.1.2 城市地下空间全要素信息平台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，具有性能扩展能力。

7.1.3 数据服务响应时间符合以下要求：

- a) 二维瓦片服务加载及响应时间不超过 5 s；
- b) 三维瓦片服务初始加载时间不超过 10 s,高精度显示等待时间不超过 5 s；
- c) 在不高于 1 920×1 080 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 城市地下空间全要素信息平台和数据具备安全性，建立管理权限，防止非授权用户修改软件系统或窃取数据，权限密码采用商用密码体系或国家密码管理部门推荐的密码技术。

7.2.2 城市地下空间全要素信息平台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 城市地下空间全要素信息平台连接互联网运行前通过信息安全等级保护测评。

7.2.4 涉密数据脱密后上网。

7.2.5 各类型数据的更新满足关联性的要求，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。

7.2.6 城市地下空间全要素信息平台数据库定期进行数据自动备份与日志记录。

7.3 升级

7.3.1 城市地下空间全要素信息平台版本升级时，向下兼容。

7.3.2 城市地下空间全要素信息平台软件升级时，兼容常用硬件。

7.3.3 城市地下空间全要素信息平台支持增量升级更新。

附 录 A
(资料性)
全要素分类方法

全要素分类方法如表 A.1 所示。

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、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、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、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、地面沉降风险度区划、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
	磁法	地面磁法测量和航磁测量原始数据以及分析处理反演数据等
	地震	地震界面原始数据以及反演数据等
	电法	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
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
地下空间数据	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
	工农业社会文化设施	工业、农业、科学、文卫等公共服务地下设施
	居民地及附属设施	独立建筑物、居住区、其他建筑物等
	交通	铁路、公路、其他道路及其附属设施
	管线	电力线、通信线、管道等

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如表 B.1 所示。

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 : 25 000~ 1 : 10 000	1 : 5 000	1 : 2 000	1 : 1 000	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	4.0
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、崩坡积体界面及实体	体积/m ³	10 000	5 000	2 000		1 000	
危岩体界面及实体	体积/m ³	—	100	50			
泥石流堆积体界面及实体	体积/m ³	—	3 000	1 000		500	

附录 C

(资料性)

地下空间资源评价指标及分级建议

地下空间资源评价指标及分级建议如表 C.1 所示。

表 C.1 地下空间资源评价指标及分级建议

评价指标	单位	分级标准			
		I (适宜)	II (较适宜)	III (一般适宜)	IV (较不适宜)
地层结构(组合)	—	地层均一、无特殊不良岩土体分布	地层较均一、局部存在不良岩土体,厚度小(<5 m)	地层较不均一、不良岩土体厚度中等(5 m~10 m)	地层较不均一、存在多层不良岩土体,厚度大(>10 m)
断裂	—	无	压性断裂	张性断裂	活动断裂
活动断裂安全距离	km	>3	1~3	0.5~<1	<0.5
基岩起伏度	度(°)	<3	3~<10	10~15	>15
岩溶发育程度	—	不发育	有零星发育,溶洞小于1 m	岩溶发育程度一般,连通性一般	岩溶发育程度高,连通性好
地下水位埋深/水头高度	m	>15	10~15	5~<10	<5
承压水头高度 (顶板到水头的距离)	m	<5	5~<10	10~15	>15
单井涌水量	m ³ /d	<100	100~<500	500~1 000	>1 000
渗透系数	m/d	<10 ⁻⁵	10 ⁻⁵ ~10 ⁻⁴	>10 ⁻⁴ ~10 ⁻²	>10 ⁻²
侵蚀性 CO ₂	mg/L	<0	0~<0.5	0.5~1	>1
土体黏聚力(计算值)	kPa	<25	25~<40	40~65	>65
内摩擦角	度(°)	>60	48~60	20~<48	<20
压缩模量	kPa	>11	7.5~11	4~<7.5	<4
砂土液化指数	—	<5	5~<10	10~15	>15
土体膨胀系数	%	<40	40~<60	60~90	>90
岩体抗压强度	MPa	>60	30~60	15~<30	<15
岩体完整性指数	—	<0.15	0.15~<0.55	0.55~0.75	>0.75

参 考 文 献

- [1] GB/T 9385 计算机软件需求规格说明规范
- [2] GB/T 13923 基础地理信息要素分类与代码
- [3] GB/T 18578 城市地理信息系统设计规范
- [4] GB/T 21740 基础地理信息城市数据库建设规范
- [5] GB/T 28590 城市地下空间设施分类与代码
- [6] GB/T 32399 信息技术 云计算 参考架构
- [7] GB/T 35636 城市地下空间测绘规范
- [8] GB 50021 岩土工程勘察规范
- [9] CJJ/T 100 城市基础地理信息系统技术标准
- [10] CJJ/T 312 城市运行管理服务平台技术标准
- [11] DD 2015-04 城市地质调查数据库结构规范
- [12] DD 2019-12 三维地质模型元数据标准
- [13] DZ/T 0273 地质资料汇交规范
- [14] DZ/T 0306 城市地质调查规范
- [15] DZ/T 0352 城市地质调查数据内容与数据库结构
- [16] NB/T 35099 水电工程三维地质建模技术规程
- [17] T/CSPSTC 18 城市三维地质体建模技术规范
- [18] 地质图空间数据库建设工作指南(2.0版)(中国地质调查局,2001)
- [19] 全国1:20万数字地质图空间数据库数据使用说明(中国地质调查局发展研究中心,2002)
- [20] 区域水文地质图空间数据库图层及属性文件格式标准(中国地质调查局,2001)
-