

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0383—2021

固体矿产勘查三维地质建模技术要求

Technical requirements for solid mineral exploration
three-dimensional geological modeling

2021-12-07 发布

2022-03-01 实施

中华人民共和国自然资源部 发布

目 次

前言	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	3
4.1 目的任务	3
4.2 工作程序	3
4.3 数据来源	3
4.4 基本要求	3
5 数据准备	4
5.1 建模准备	4
5.2 资料汇集	5
5.3 数据处理	5
5.4 建模主题数据库建设	6
6 三维地质建模	6
6.1 三维地质建模方法	6
6.2 三维地质模型类型	7
6.3 空间数据三维化	7
6.4 三维地质结构模型构建	7
6.5 三维地质属性模型构建	8
7 模型质量控制	8
7.1 模型质量检查	8
7.2 模型质量评价	9
8 建模成果	9
8.1 建模成果说明书	9
8.2 模型数据体	9
8.3 模型管理与维护	9
附录 A (规范性) 固体矿产勘查各阶段及矿业开发阶段三维地质建模基本要求	11
附录 B (资料性) 三维地质模型应用	12
附录 C (资料性) 常见的三维空间数据模型	13

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。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会(SAC/TC 93)归口。

本文件起草单位：山东省地质矿产勘查开发局、山东理工大学、山东省地质矿产勘查开发局第六地质大队、山东省第三地质矿产勘查院、中国地质大学(武汉)、武汉地大坤迪科技有限公司、北京超维创想信息技术有限公司。

本文件主要起草人：宋明春、张照录、刘晓、丁成武、李世勇、张超、徐韶辉、杨真亮、薄军委、田宣平、李魁星、李亚东、张夏林、张志庭、翁正平、张永明。

引 言

随着信息技术和软硬件平台的发展,三维地质建模已成为矿产资源勘查和矿业开发过程中的一项常规生产和科研活动。由于勘查区地质特征的复杂性、软件平台的局限性及工作人员专业素质的差异,同一建模区相同的数据来源,使用不同软件建立的三维地质模型的内容、质量存在较大差异,有必要制定固体矿产勘查三维地质建模标准。经过广泛调查研究,认真总结实践经验,参考国家、行业和地方相关现行标准、技术要求、技术规范和规程,并在广泛征求意见的基础上,制定本文件,作为我国固体矿产勘查三维地质建模的统一技术要求和保证三维地质模型质量的标准。

固体矿产勘查三维地质建模技术要求

1 范围

本文件规定了固体矿产勘查三维地质建模的目的任务、工作程序、基本要求、数据准备、地质模型构建、模型质量控制和建模成果等方面的技术要求。

本文件适用于金属、非金属固体矿产资源勘查的三维地质建模工作,是固体矿产勘查三维地质建模工作开展、质量监控、成果验收的重要依据。

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,仅注日期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 13908 固体矿产地质勘查规范总则
GB/T 13923 基础地理信息要素分类与代码
GB/T 18341 地质矿产勘查测量规范
GB/T 18894 电子文件归档与电子档案管理规范
GB/T 33444 固体矿产勘查工作规范
DZ/T 0078 固体矿产勘查原始地质编录规程
DZ/T 0079 固体矿产勘查地质资料综合整理综合研究技术要求
DZ/T 0179 地质图用色标准及用色原则(1:50 000)
DZ/T 0197 数字化地质图图层及属性文件格式

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

三维地质建模 three-dimensional geological modelling

运用计算机技术,在虚拟三维环境下,将空间信息管理、地质解译、空间分析与预测、地学统计、实体内容分析及图形可视化等工具有机结合,实现地质模拟及分析的技术方法。

3.2

三维地质模型 three-dimensional geological model

基于三维数据结构模型并利用勘查区内的相关资料,通过内插和外推建立的带有图元属性、地质属性和相互约束关系的三维数字化、可视化的虚拟地质体和地质结构。按照模型承载的地质信息内容,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;按照对象和任务类别,三维地质模型包括地形模型、地质构造模型、地层或岩体模型、矿体模型、勘查工程模型、地球物理模型、地球化学模型和资源量估算模型等。

3.3

三维地质结构模型 three-dimensional geological structure model

基于各种地质界线建立的表达地质体及结构构造空间展布与相关关系的三维地质几何模型,由断层面、不整合面等构造面,以及地层界面、岩浆岩体界面、沉积相界面、变质相界面、矿体界面或蚀变带界面等地质界面综合构成。

3.4

三维地质属性模型 three-dimensional geological attribute model

反映地质实体内部物理、化学属性参数的三维模型。根据各种地质体属性空间分布规律,采用赋值、插值或随机模拟等方法建立,通常使用体元存储和表达。为了表达地质体的非连续和非均质性,并便于开展空间分析和数据挖掘,三维地质属性模型应基于体元数据结构构建,并以地质结构模型的界面为约束,包括地质构造、岩性、矿化、地球物理、地球化学等属性信息。

3.5

地质空间数据 geological spatial data

地质对象的空间位置、形态、规模、产状和几何拓扑关系的表征,包括定量和定性两种形式,以定量为主,采用栅格和矢量等形式表达。

3.6

地质属性数据 geological attribute data

地质参数在空间的分布特征,包括地层、岩体和矿体的岩性、岩相、成分、蚀变、品位以及地球物理、地球化学参数。地质属性数据具有多类、多层次和多主题的特征。

3.7

数据标准化 data standardization

按照三维地质建模需求和地质数据库规定的标准数据格式进行数据整理和规范化。主要包括对不同时期、不同勘查工程的空间数据统一文件类型、坐标系统,对地质图、中段地质图、地质剖面图、钻孔数据及其他地质描述数据的术语语义和层位归属进行一致化、标准化。数据标准化是对大量数据进行去粗取精、去伪存真、综合分析研究的过程,最终达到所有数据的岩性分类一致、地质认识一致、地质界线一致的目的。

3.8

三维空间数据模型 three-dimensional spatial data model

用于描述三维空间对象的适合于计算机存储、管理、处理的逻辑模型,是空间数据在计算机内的组织和管理方式,是地质实体的空间排列和相互关系的抽象描述。三维空间数据模型包括三维空间数据点模型、三维空间数据线模型、三维空间数据面模型、三维空间数据体模型和三维空间数据混合模型等。

3.9

建模主题数据库 modeling subject database

围绕三维地质建模对数据进行抽取、归并、存储和处理所获得的,可进一步对数据进行汇聚、分类、分析和应用等操作的数据集合。

4 总则

4.1 目的任务

固体矿产三维地质建模工作是固体矿产勘查工作的延伸,目的是有效实现各种不规则地质体的三维可视化与重建。深入分析地质体空间结构,提取控矿信息,建立成矿模式,为进一步开展矿床勘查、矿山开采设计、成矿预测和成因研究提供直观、准确的数据支持,服务于矿产勘查和矿业开发工作。

其主要任务是:基于普查、详查或勘探各勘查阶段获取的各种地质数据和资料,利用计算机技术和三维建模软件,建立勘查区的三维地质模型,实现表达、分析、仿真、设计和决策的三维可视化,最终为进行勘查区三维空间分析,进一步开展矿产资源勘查、资源量估算、成矿预测、成矿规律研究、矿山开采设计提供三维数据模型。

4.2 工作程序

基本工作程序包括确定建模目的及模型主要功能、汇集勘查区地质勘查相关资料,提取与三维地质建模相关的各种地质空间数据和地质属性数据;进行数据标准化处理,构建三维地质建模主题数据库;基于三维地质建模软件,采用人机交互方式,构建地质结构—属性一体化的三维地质模型;进行模型质量检查、质量评价,最终完成成果编制和归档。

图1给出了固体矿产勘查三维地质建模工作流程,图2给出了固体矿产勘查三维地质建模技术路线。

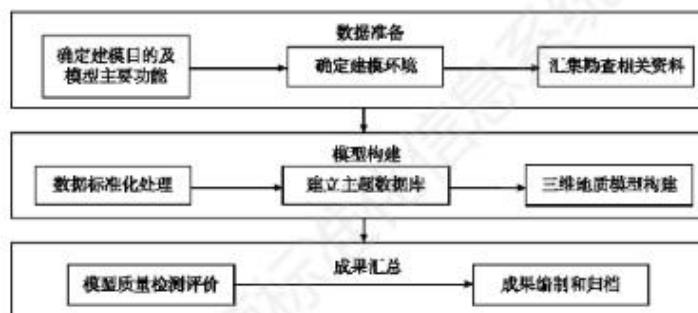


图1 固体矿产勘查三维地质建模工作流程

4.3 数据来源

建模数据来源于矿产勘查工作中获取的各种地质资料,建立的三维地质模型精度须与勘查工作程度相适应。根据勘查工作程度及资料基础,可采用地形数据、地质填图数据、地质剖面数据、地球物理数据、探矿工程数据等进行三维地质建模。

4.4 基本要求

4.4.1 应建立勘查区内结构—属性一体化的三维地质模型,满足勘查区地质构造表达、矿(化)体形态和产状描述、矿石物质组成及空间分布模拟的需要,实现表达、分析、仿真、设计和决策的三维可视化。

4.4.2 用于三维地质建模的软件平台应具有多源海量数据管理、模型高效显示、地质图件制作、地质要

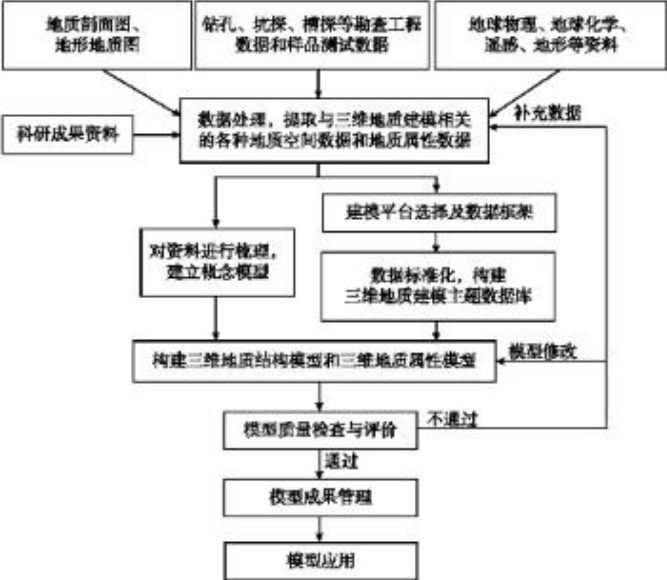


图 2 固体矿产勘查三维地质建模技术路线

- 素插值分析、资源量估算等功能。
- 4.4.3 应在地形测量、地质调查、物探、化探、槽井探、钻探等工作获取数据资料的基础上，按照本文件 4.2 规定的程序开展三维地质建模工作。
- 4.4.4 应根据勘查工作程度、勘查阶段及地质资料的类型和精度，确定拟采用的数据模型和建模方法，选取合理的建模技术路线。各勘查阶段三维地质建模基本要求应符合附录 A 的规定。
- 4.4.5 应在开展三维地质建模工作前，根据勘查工作需要确定建模环境，编制固体矿产勘查三维地质建模工作大纲。工作大纲的内容可融入地质勘查设计的相关章节中，工作大纲包括但不限于下列内容：
- a) 项目概况；
 - b) 建模范围、目的、任务和依据；
 - c) 建模内容及要点；
 - d) 建模方法及要求；
 - e) 工作安排；
 - f) 生产组织、资源配置、安全管理及质量保证措施；
 - g) 预期成果。
- 4.4.6 完成的三维地质模型可用于三维空间分析、资源量估算和三维成矿预测等。三维地质模型应用参见附录 B。

5 数据准备

5.1 建模准备

- 5.1.1 应根据建模目的、保密要求、数据量大小、资料兼容等情况，选择适宜的三维地质建模软件平台，同时根据建模目的及功能要求选择相应的建模平台功能模块。

5.1.2 应根据建模目的、勘查工作程度及模型主要功能,确定建模所需的数据类型及精度要求,并评估资料获取的可能性。

5.1.3 应根据建模目的、建模范围和固体矿产勘查工作的相关要求,确定模型所使用的三维空间数据模型及投影坐标系统。投影坐标系统应保障模型具有较高的平面精度及高程精度,具有较小的长度、角度、面积、体积变形,满足建模精度要求且应符合 GB/T 18341 相应部分的规定。

5.2 资料汇集

5.2.1 应汇集固体矿产勘查及综合研究过程中各种原始数据、图件和统计表格等地质资料,并按照数据的性质和来源对其进行系统整理和分类,分为基础地理、基础地质、勘查工程、物化遥、矿山地质及其他相关数据。用于建模的地质工作及地质资料应符合 GB/T 13908、GB/T 33444、DZ/T 0078、DZ/T 0079 和 DZ/T 0179 相应部分的规定。

5.2.2 基础地理数据应包括地形、地貌、水系、植被、居民地、交通、境界、特殊地物、地名、地理坐标格网等要素,数据分类应符合 GB/T 13923 相应部分的规定。

5.2.3 基础地质数据应包括区域地质调查、矿产调查、矿区填图、实测地质剖面等形成的野外观察和编录数据、文字报告、相关图件、测试数据及相关资料。

5.2.4 勘查工程数据应包括钻探、坑探、槽探等各类勘查工程所获取的各种文字记录、采样数据、试验测试数据,以及柱状图、素描图、剖面图和平面图等,此外,还应包括与矿产资源评价相关的工业指标。

5.2.5 物化遥数据应包括各类地球物理勘查、地球化学勘查、卫星遥感、航空遥感等所获取的数据以及解译或解释结果。

5.2.6 矿山地质资料应包括矿业开发过程中积累的各种反映矿床地质特征的相关数据,如矿山采矿生产资料,各种采矿工程和探矿工程编录、采样测试、测绘等资料。

5.2.7 其他相关数据应包括在固体矿产勘查过程中所进行的各类科研成果,如与成矿条件相关的岩浆岩、沉积岩、变质岩和构造研究成果,与成矿预测相关的成矿母岩、围岩、蚀变、矿体和各种找矿标志研究成果等。

5.3 数据处理

5.3.1 应将各类原始地质数据进行数据标准化,处理成为适用于三维地质建模的源数据,包括进行地质语义一致性处理、数据格式标准化处理、建模数据录入和空间一致性处理等,并整理成建模软件所要求的数据格式。

5.3.2 应对纸质图像数据进行数字化、几何校正及矢量化,对其他电子数据进行格式转换及几何校正。

5.3.3 应对文字记录和测试数据按照其性质和来源进行系统的整理和分类,并进行规范化和标准化处理,形成数字化电子文档及电子表格。

5.3.4 应对所有数据进行地质语义一致性分析,确定统一的数据结构,统一的地层、岩性、蚀变、矿化分类分级标准,并统一命名。对勘查区地名、勘查线、钻孔、构造、样品等进行规范化命名和编号。对各类原始数据中包含的其他信息进行语义一致性处理。对各类分析测试数据的字段信息进行统一和规范。

5.3.5 应利用 DEM(数字高程模型)、等高线或点云等数据,进行内插和滤波处理,建立地形模型。可将地面正射影像数据作为纹理映射在相对应地形模型上,以增强地形模型的逼真程度。

5.3.6 应将平面地质图、勘查线剖面图、中段地质图、坑探素描图、槽探素描图、物化探解释剖面图和钻孔柱状图等分层处理,赋予统一的空间参照系和高程坐标。对构造、地层、岩体、矿体、蚀变带、岩浆岩相、沉积相和变质相等,进行识别、解释、描述和定位等处理。数字化地质图图层及属性文件格式应符合 DZ/T 0197 相应部分的规定。

5.3.7 应根据剖面图的起止点坐标及高程范围进行三维几何校正,将二维剖面图投影至三维坐标系中。

5.3.8 应对以钻孔为代表的勘查工程(探槽、浅井、浅钻、钻探、坑道)资料进行数据处理,使用表格数据描述勘查工程信息,主要字段应包括工程编号、工程坐标位置(X、Y、Z)、工程深度、测斜位置、工程倾角、工程方位角、分层信息、断层信息、岩性(包括矿化、蚀变等)、样品编号、取样位置、样长和分析测试结果等。

5.4 建模主题数据库建设

5.4.1 建模主题数据库应能存储管理基础地理数据、基础地质数据、地质勘查工程数据、样品测试数据、地球物理数据、地球化学数据、矿山地质数据等,以及包括地质要素单元边界和内部特征的三维地质结构模型和三维地质属性模型。

5.4.2 建模主题数据库兼容的数据类型应包括地质空间数据和地质属性数据。地质空间数据以三维空间中的点、线、面和体等矢量形式或栅格形式表达;地质属性数据以数据表形式存储。

5.4.3 建模主题数据库采用统一规范的空间数据编码体系,基本功能应包括地质空间数据和地质属性数据的导入、导出、存储、查询和更新等,能实现空间数据及属性数据的高度集成。

5.4.4 应将各类地质空间数据、地质属性数据录入建模主题数据库中。对通用点、线、面、体类型的地质数据,按照所选平台的数据格式,对三维空间坐标及属性字段进行存储;对特定的数据类型,如钻孔数据、三维地球物理数据等,按照所选平台支持的模型类型进行存储管理。应对数据完整性、一致性、合理性进行检查,改正各类错误数据,补充不完整的数据,完成主题数据库建设。

5.4.5 随着地质建模工作的开展和勘查工作的深入,将陆续产生新的地质数据和地质认识,应持续对建模主题数据库进行完善与补充。

6 三维地质建模

6.1 三维地质建模方法

6.1.1 根据勘查工作程度或建模数据源,可选择地质填图数据建模、物探数据建模、钻孔数据建模、勘查线剖面数据建模及多源数据融合建模等建模方法。

6.1.2 在勘查工作程度较低仅进行了地质填图的区域,宜采用地质填图数据建模方法,利用地质图的图切地质剖面建模。数据全部来源于地质图件及地质填图资料,是基于专家知识经验对平面地质图信息的解译。

6.1.3 在进行了系统地球物理勘查的区域,宜采用基于地球物理数据的建模方法,在高分辨率地震勘探、重磁电勘探及地球物理反演解释的基础上建立三维地质模型。

6.1.4 在进行了系统钻探揭露的区域,可采用基于钻孔数据的建模方法,根据已有的钻孔数据直接构建三维地质模型。为解决钻孔数据离散的问题,可采用添加虚拟钻孔数据的方法,对实际的钻孔数据进行加密。

6.1.5 在勘查工作程度高的区域,可采用基于勘查线剖面数据的建模方法,基于原始地质勘查的二维地质剖面,采用曲面构造法(边界表示法)生成各层位面,进而表达三维地质模型,或者利用空间拓扑分析法直接进行地质体建模。

6.1.6 在各类勘查数据丰富的区域,可采用多源数据融合建模法,融合基础地理数据、基础地质数据、钻孔数据(包括其他探矿工程数据)、物探解释数据、矿山地质数据,利用空间插值技术构建三维空间数据场,以真三维形式表达建模区域的地质结构空间分布特征与内部属性信息。

6.2 三维地质模型类型

6.2.1 三维地质模型应包括三维地质结构模型、三维地质属性模型。应先建立描述地质体整体形态、结构特征的三维地质结构模型,在此基础上将地质体划分为阵列排布的体元,并为每个体元赋以特定属性值,形成三维地质属性模型。

6.2.2 三维地质结构模型能用于描述地质构造、地层、岩浆岩、蚀变带、矿体等地质对象的形态、分布、接触关系等要素。

6.2.3 三维地质结构模型应使用面元数据结构表达三维地质体的边界。面元数据基于三维空间中的曲线、离散点构建,包括封闭和不封闭两种曲面。封闭曲面可选择不规则三角网格(TIN)和边界表示(B-Rep)数据结构模型,不封闭曲面可选择规则格网(Grid)和不规则三角网格(TIN)数据结构模型。常见的三维空间数据模型参见附录C表C.1。

6.2.4 三维地质属性模型能用于描述地质构造、地层、岩浆岩、蚀变带、矿体等地质对象内部某种参数在三维空间的分布和变化情况。

6.2.5 三维地质属性模型应使用体元数据结构表达。通过记录类似阵列排布的每个体元的特定属性值,表达某种属性在三维空间中的分布,包括规则体元建模和不规则体元建模两种类型。规则体元建模应根据建模区原点坐标、空间范围和体元大小等模型参数,将三维地质体空间分割成一定体积和大小的立方体、长方体等规则几何体,根据需要以地质体界面或空间坐标范围建立约束,在约束范围内根据定义的模型参数和体元形状充填生成三维地质模型;不规则体元建模方法依赖于所选择的不规则体元类型,不同体元类型的建模可参见具体建模软件平台的技术说明。

6.3 空间数据三维化

6.3.1 应基于三维地质建模平台,对建模主题数据库中与空间位置相关的数据进行三维展示。其中,地形、剖面、断层、地层等数据,根据三维坐标进行显示;钻孔数据,使用开孔坐标确定地面位置,使用孔迹线表达钻孔轨迹,使用测井曲线或根据主题数据库中岩性、样品相关字段表示岩性、地球物理、地球化学、元素含量等信息;探槽、浅井、坑道等可抽象为钻孔数据进行处理。

6.3.2 应对进行三维展示的各类数据进行目视检查,确定其范围是否完整,相互关系是否合理,如地质界线、剖面位置、钻孔开孔位置与实际空间位置是否一致,相互关系是否正确。当多种来源的数据对同一地质结构三维展示的结果不一致时,应依据可靠性更高的数据进行修正,最终使所有数据协调一致。

6.4 三维地质结构模型构建

6.4.1 三维地质结构模型构建应包括地质界面构建、地质体构建、地质体属性赋值等步骤。

6.4.2 应运用计算机自动处理和人机交互处理技术,采用插值、直接连线、添加辅助线等方式,构建地质界面模型,包括地形、地质构造、地质体界面等。基于主题数据库,提取约束各类地质界面空间形态的信息,分别构建相应的地质界面模型。

6.4.3 地形模型应表达地表形态特征,常用数据包括地形图、地质图、高程点集合、剖面数据中的地形线等。建立地表模型后,可对其进行高分辨率卫星照片的地表纹理映射,也可把各类平面地形、地质图与地表模型进行匹配和校准,生成地表地形地质模型。

6.4.4 地质构造模型应表达断层面、断裂带、剪切带、节理、褶皱等构造的产状、规模、期次、级别、相互关系及构造对地质体和矿体形成与分布的影响等信息。可采用钻孔的构造标志信息、剖面图上的构造线状或面状控制信息、平面地质图上的构造产状信息、地球物理和遥感地质解译成果等资料,生成构造面模型或者较复杂的构造带模型。构造建模过程中应设置边界约束,处理构造之间的主辅关系、构造和建模区边界关系,进行拓扑检查。

6.4.5 地质体界面模型应表达地层、岩体、矿体、蚀变带、侵入体、包体、夹石等地质体边界形态及空间展布特征,明确地质体的空间展布形态、接触关系、与构造的关系等。在构造的约束下,按照“确定地质体单元—提取地质界线—生成地质体界面”的步骤建立地质体界面模型。

6.4.6 应对各个地质界面进行一致性处理,逐一检查各地质要素之间的时空关系,包括各种地质要素的产状、各种地质要素内部及相互之间的接触关系,如地表地质界线与地形关系、地层与断层关系、钻孔中分层数据与地层关系、钻孔中断层标志与断层关系等。

6.4.7 应使用各类地质界面对三维空间进行剖分,将三维空间划分为各个地质体,采用连接面、封闭面、面裁剪等多种方式,建立地质体模型。地质体模型应表达的内容如下:

- a) 地层模型应表达地层单位、岩性组合、接触关系、产状、地层归属、地层层序、沉积环境、形成时代等;
- b) 侵入岩模型应表达地质单元归属、岩性、岩相、岩浆活动期次、接触关系、形成序列、形成环境和形成时代等,在岩体边界发生转折弯曲的部位应视情况增加控制点,保证岩体边界的合理形态;
- c) 矿化蚀变带模型应表达蚀变岩的种类和边界,反映蚀变岩与构造、围岩、矿体之间的关系;
- d) 矿体模型应表达矿体的形态、产状、体积、空间分布等基本信息,正确反映矿体与围岩、构造之间的关系。

6.4.8 各类地质体构建完成后,应对地质体添加属性字段,进行属性赋值,包括名称、代码、时代、岩性等属性值。

6.4.9 三维地质结构建模完成后,应对各个地质体进行拓扑检查,判断各个块体是否封闭、相邻块体是否贴合、与构造线之间关系是否符合地质认识等。模型检查可采用生成平、剖面地质图和虚拟钻孔柱状图等方式。

6.5 三维地质属性模型构建

6.5.1 应依托三维地质结构模型进行三维地质属性建模。采用体元建模方法,对三维地质结构模型各类地质块体进行内部剖分;根据地质体属性特征,对每个填充体采用赋值、插值或随机模拟等方法赋予特定属性值。

6.5.2 地质体属性应包括地质体的非连续和非均质性属性,如岩性、品位、矿物含量、蚀变强度、成矿地质条件、矿体特征、地球物理及地球化学数据等,属性数据类型可为字符型、整型、浮点型及计算型等。

6.5.3 对单一的地质体属性值(如地层岩性)应采用直接赋值法,对随空间位置变化的地质体属性值(如品位)宜通过插值赋值。

6.5.4 插值赋值方法可根据数据特点和具体需要选择自然邻点插值法、距离幂次反比法、趋势面插值法、样条函数插值法、离散平滑插值法和克里格法等。

6.5.5 三维地质属性建模完成后,应对各个属性值进行检查,判断属性取值范围是否能够达到建模目的、分布规律与地质认识是否一致。模型检查可以采用生成平、剖面地质图的方式。

7 模型质量控制

7.1 模型质量检查

7.1.1 对建立的三维地质模型应进行质量检查,确定建模的合规性、合理性、准确性和完整性。

7.1.2 合规性检查应包括:建模任务要求、基础数据整理、建模过程方法、模型检查修正等内容。

7.1.3 合理性检查,可采用三维视图、随机剖面、等值线视图等方式,检查内容应包括:各类地质界线形态特征、空间展布、边界范围、产状和相互制约关系等,以及各类地质实体形态、边界和相互关系等。

7.1.4 准确性检查应包括：模型精度检查及模型与基础数据、分析数据的一致性检查，可采用目测、量测、统计等方式。

7.1.5 完整性检查应包括：建模范围、建模资料齐全性、数据处理和入库完整程度、模型元素连续完整性、属性模型值不为空等。

7.1.6 模型质量检查的结果应做记录，对检查后不符合要求的部分，应通过补充数据、添加约束等方式完善主题数据库，对模型进行编辑与修改。

7.1.7 经过模型质量检查，确认三维地质模型质量合格后，应对模型进行整饰，包括清除模型编辑过程数据，对模型进行轻量化处理及配色等。模型配色应符合 DZ/T 0179 相应部分的规定。

7.2 模型质量评价

7.2.1 应依据已有地质资料及地质认识，对三维地质模型进行质量评价。

7.2.2 应评价数据结构模型和建模方法是否满足三维地质建模任务要求，结构模型和属性模型是否与原始数据精确对应。

7.2.3 应评价地质界面模型与实际地质界面趋势的一致性、模型地质界面与实际分层数据的吻合程度。

7.2.4 应评价空间插值方法对不同矿种、矿床类型及空间数据分布的适应性。

7.2.5 应评价各类型勘查工程、勘查线剖面、地形地质图、数字正射影像图、遥感影像图、物化探异常图等数据的融合程度。

7.2.6 应评价三维地质模型中地层、构造、岩浆岩、矿化蚀变带、矿体、钻孔的空间位置关系及拓扑关系。

7.2.7 应分别评价三维地质模型及包括地层、构造、岩浆岩、矿化蚀变带、矿体、钻孔等在内的子模型的质量等级。

8 建模成果

8.1 建模成果说明书

8.1.1 三维地质建模完成后，应编写三维地质建模成果说明书。建模成果说明书的内容可融入地质勘查报告的相关章节中。

8.1.2 建模成果说明书主要内容应包括：模型名称、原始资料情况、勘查区三维地质特征、矿床三维地质特征、建模软件和方法、建模成果（主题数据库、三维地质结构模型、三维地质属性模型等）、矿床三维地质建模元数据（建模单位、建模人员、建模时间、空间参照系等）、模型的质量控制及验证结果等。

8.2 模型数据体

8.2.1 应对照原始资料对三维地质模型数据体进行严格检查和纠错，消除错误信息及冗余数据。数据文件格式应包括建模所用软件自身数据格式，并转换成符合要求的 Geo3DML 格式。

8.2.2 三维地质模型可实现脱离软件展示。

8.2.3 三维地质模型数据体与地质建模成果报告经检查合格后，应及时存放于安全的介质中，便于查询和进一步完善模型时使用。

8.3 模型管理与维护

8.3.1 三维地质建模是动态的过程，随着勘查程度的提高和勘查数据的不断增加，应持续更新、管理及维护勘查数据和三维地质模型，不断形成新的版本。

8.3.2 三维地质建模的主题数据库和模型宜采用版本管理的方法，包括时序版本和建模版本。

DZ/T 0383—2021

8.3.3 应根据矿产勘查数据的形成时间,在三维地质建模的主题数据库中建立不同时间段的数据集合,一个时间段的所有数据构成一个时序版本,每个时序版本是独立的。

8.3.4 建模版本的数据来自不同的时序版本,即从不同时序版本或依据空间不同地质条件约束选取建模数据集合。

8.3.5 三维地质建模数据和成果应按照有关规定归档。电子文件归档与电子档案管理应符合 GB/T 18894 相应部分的规定。

自然资源标准化信息系统

附 录 A

(规范性)

固体矿产勘查各阶段及矿业开发阶段三维地质建模基本要求

A.1 普查阶段

建模对象是矿化潜力较大的普查区。建模的数据包括地质填图、物探、化探、遥感、重砂测量和稀疏取样工程等数据。采用勘查线剖面结合地质剖面或地质地球物理剖面,建立地层、构造、岩浆岩和矿化蚀变的大致三维地质结构,初步构建普查区三维地质模型。

A.2 详查阶段

建模对象是系统取样工程控制的详查区。建模的数据包括大比例尺地质填图、物探和化探、系统的取样工程等数据。主要采用探矿工程和勘查线剖面,建立地层、构造、岩浆岩和矿化蚀变的准确三维地质结构,基本构建详查区三维地质模型。

A.3 勘探阶段

建模对象是具有工业价值的矿区。建模的数据包括大比例尺地质填图、物探和化探、探矿工程及生产勘探等数据。主要采用探矿工程和勘查线剖面,建立地层、构造、岩浆岩和矿化蚀变的精确三维地质结构,详细构建矿床三维地质模型。

A.4 矿业开发阶段

建模对象是具有工业价值的矿区。建模的数据包括大比例尺地质填图、物探和化探、探矿工程、矿山地质等数据。主要采用探矿工程、勘查线剖面、矿山地质数据,建立地层、构造、岩浆岩和矿化蚀变的精确三维地质结构,详细构建矿床三维地质模型,为进一步矿山开发及生产管理提供服务。

附录 B
(资料性)
三维地质模型应用

B.1 三维空间分析

- B.1.1 进行静态和动态的剖切分析、浅坑和隧道虚拟开挖分析、钻孔虚拟钻进分析等可视化剪切操作与分析。
- B.1.2 根据地质体结构特征和业务需求,通过垂直切片、水平切片、任意切片、路径切片等方式对模型进行剖切处理,制作任意位置和形状的剖面图、水平切面图、虚拟钻孔柱状图等。
- B.1.3 在地质体模型任意处生成带有属性信息的虚拟钻孔,或者在三维地质体内部挖除一定形状的空间,并进行开挖土石方量计算。
- B.1.4 根据矿体产出状态开展露天或地下采矿工程设计,进行预定路线或随机路线的地面和地下工程的飞行浏览。
- B.1.5 进行三维趋势面分析、坡度计算、剖面计算、等值线分析、空间统计分析、空间变异性分析、空间位场分析、空间数据挖掘和成矿规律分析等。
- B.1.6 对三维模型进行空间数据和属性数据的双向查询、显示和输出,对建模主题数据库进行查询、检索及输出,通过三维地质模型进行空间与属性数据的一体化描述、组织、管理和应用。

B.2 资源量估算

- B.2.1 根据给定的长度进行样品组合,将品位等信息通过长度加权方法提取到若干点上,并按等间距原则给样品加权插值。
- B.2.2 对组合样进行数学统计分析,获取均值、方差、标准差、变异系数、频率分布、偏度及峰度等参数,进行变异函数计算,为体元模型的插值提供依据。
- B.2.3 建立矿体品位模型,识别和处理特高品位值。
- B.2.4 在赋予小体积质量等属性数据后,采用体积法、有限元法等进行不同坐标区间、不同标高区间、不同品位区间、不同矿体或矿段的资源量估算。

B.3 三维成矿预测

- B.3.1 基于三维地质模型的体元数据结构,定量挖掘控矿因素、矿致物化探异常、矿石矿物组合与蚀变带等矿化有利信息,建立矿床三维定量预测模型。
- B.3.2 基于证据权法、信息量法或克里格法等数学地质方法,对各预测要素进行评价,圈出矿床深部及周边找矿靶区。
- B.3.3 基于体积估计法、丰度值估计法或克里格法等,对找矿靶区进行资源量定量预测。
- B.3.4 三维地质建模成果,特别是矿体空间形态及品位变化数据,可以用于后期矿山设计与生产管理。

B.4 其他应用

- B.4.1 在矿产资源分布、资源量等分析的基础上,用于模拟采矿过程,辅助进行采矿方案设计,优化控制采矿进度和生产管理等。
- B.4.2 将不同软件构建的采掘工程、给排水系统、给排风系统、机电设备、监控设备、地采厂房、交通设施等三维模型,通过转换接口,与矿床三维地质模型无缝集成,实现虚拟数字矿山的一体化显示。

附 录 C
(资料性)
常见的三维空间数据模型

表 C.1 给出了常见的三维空间数据模型。

表 C.1 常见的三维空间数据模型

面模型(Facial Model)	体模型(Volumetric Model)		混合模型(Mixed Model)
	规则体元	不规则体元	
不规则三角网(TIN)	结构实体几何(CSG)	四面体格网(TEN)	TIN-CSG 混合
格网(Grid)	体素(Voxel)	金字塔(Pyramid)	TIN-Octree 混合或 Hybrid 模型
边界表示模型(B-Rep)	八叉树(Octree)	三棱柱(TP)	Wire Frame-Block 混合
线框(Wire Frame)或 相连切片(Linked Slices)	针体(Needle)	地质细胞(Geocellular)	Octree-TEN 混合
断面序列(Series Sections)	规则块体 (Regular Block)	非规则块体 (Irregular Block)	
断面-三角网混合 (Section-TIN Mixed)		实体(Solid)	
多层 DEMs		角点网络 (Corner Point Grid)	
		广义三棱柱(GTP)	

中 华 人 民 共 和 国
地 质 矿 产 行 业 标 准
固体矿产勘查三维地质建模技术要求
DZ/T 0383—2021

*

责任编辑：李凯明 责任校对：王 璞

地质出版社出版发行

北京市海淀区学院路 31 号

邮政编码：100083

网址：<http://www.gph.com.cn>

电话：(010) 66554646 (邮购部)

(010) 66554581 (编辑室)

*

开本：880 mm×1230 mm 1/16

印张：1.25 字数：39 千字

2022 年 2 月北京第 1 版 2022 年 2 月北京第 1 次印刷

*

书号：12116·522 定价：23.00 元

*

如本书有印装问题 本社负责调换

版权专有 侵权必究