

《固体矿产勘查三维地质建模技术要求》
(报批稿)
编制说明

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

2021年3月

目 次

一、工作概况.....	3
(一) 任务来源.....	3
(二) 起草单位.....	3
(三) 主要起草人及分工.....	4
(四) 工作阶段.....	4
二、标准编制原则和主要内容	9
(一) 标准编制原则.....	9
(二) 主要内容编制说明.....	10
三、主要试验(或验证)报告	18
四、采用国际标准和国外先进标准的程度	28
五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系	30
六、重大分歧意见的处理经过和依据	31
七、国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议	31
八、贯彻国家标准的要求和措施建议	32
九、废止现行有关标准的建议	32
十、其他应予说明的事项	32

《固体矿产勘查三维地质建模技术要求》 (报批稿) 编制说明

一、工作概况

(一) 任务来源

《固体矿产勘查三维地质建模技术要求》(以下简称《技术要求》)编写项目,是由中华人民共和国自然资源部提出(国土资厅发〔2016〕26号,在研标准项目备案第25项),由全国国土自然资源与国土空间规划标准化技术委员会(SAC/TC 93)归口管理。

《技术要求》编制工作由山东省泰山学者特聘专家项目、山东省重点研发计划项目和山东省地质矿产勘查开发局地质勘查项目经费资助。支持的课题分别是:山东省泰山学者特聘专家项目“胶东型金矿的构造岩浆背景深部找矿关键技术(ts201511076)”,山东省重点研发计划项目“深部金矿成矿资源评价理论、方法与预测(2017CXGC1604)”,2017年度山东省地矿局补助地质勘查项目“胶东金矿集区三维地质建模”。

本技术要求为首次编制。2016年6月,《技术要求》编制被列为国土资源标准制修订工作计划中在研标准项目备案(序号25)。2018年6月,《技术要求》编制被列为自然资源(土地资源、地质矿产、地质环境等领域)区域地质、矿产地质(TC93/SC1)(序号10)标准编制修订工作计划,标准计划号2018010。

(二) 起草单位

负责起草单位:山东省地质矿产勘查开发局。

为保障《技术要求》起草质量,山东省地质矿产勘查开发局联合山东理工大学、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和北京超维创想信息技术有限公司等多家单位共同实施修订任务。

(三) 主要起草人及分工

本《技术要求》编写组由长期从事三维地质建模的专家组成，主要起草人为宋明春、张照录、刘晓、丁成武、李世勇、张超、徐韶辉、杨真亮、薄军委、田宜平、李魁星、李亚东、张夏林、张志庭、翁正平、张永明。

宋明春、张照录负责内容设计、通稿，并编制前言、引言、第一、五、七章及附录 A；

刘晓、丁成武、李世勇、张超、徐韶辉、杨真亮、薄军委、李亚东负责第二、四、八章；

田宜平、李魁星、张夏林、张志庭、翁正平、张永明负责第三、六、九章及附录 B、C；

刘晓负责文字内容修订及清样校对工作。

(四) 工作阶段

本文件编写过程经过了工作组讨论稿、征求意见稿、送审稿和报批稿阶段，根据专家建议，曾使用《矿床三维可视化建设技术规程》，《矿床三维地质建模技术规程》作为名称。最终根据 2019 年全国国土资源标准化技术委员会区域地质矿产地质分技术委员会的建议，确定为《固体矿产勘查三维地质建模技术要求》。

1. 工作组讨论稿阶段（2016.1~2018.5）

2016 年在泰山学者特聘专家项目专项经费（NO. ts201511076）资助下开始编制本技术要求，此时拟定的名称为《矿床三维可视化建设技术规程》（以下简称《可视化规程》）。2016 年 1 月~2016 年 4 月，《可视化规程》起草组办公室收集了有关规程、论文及近年来地质矿

产勘查测量的实测资料，并重点收集了国内外 GoCAD、Surpac、Micromine、Dmine、Quany View、MapGIS、CREATAR 等主流建模软件的数据结构、建模方法、建模流程、模型应用等相关内容相关资料，在初步调研的基础上，拟定了《可视化规程》编写提纲和《可视化规程》起草计划。2016 年 4 月，向原国土资源部提交了国土资源行业标准制修订计划建议书。

2016 年 5 月，《可视化规程》编写组第一次会议在山东省地质矿产勘查开发局召开。会议讨论了《可视化规程》编写计划，编写提纲、编写内容，并进行了分工，布置了项目成员的编写任务。

2016 年 6 月，《国土资源部办公厅关于印发 2016 年国土资源标准制修订工作计划的通知》（国土资厅发〔2016〕26 号）将《矿床三维可视化建设技术规程》列为 31 项在研标准项目备案之一。

2016 年 6 月~12 月，进行了规程编制研究。2017 年 1 月~2018 年 6 月，在山东省重点研发计划项目“深部金矿成矿资源评价理论、方法与预测”项目（编号：2017CXGC1604）和 2017 年度山东省地矿局补助地质勘查项目“胶东金矿集区三维地质建模”的资助下，进行了胶东重要金矿矿床三维建模工作及《可视化规程》论证、修改工作。

2017 年 3 月，在山东省地质矿产勘查开发局召开了“《可视化规程》”编写讨论会议，会议对初稿进行了讨论、确认，明确了《可视化规程》修改的主要内容，会后编写成员修订了相关内容。

2017 年 6 月 15 日，山东省地质矿产勘查开发局聘请编制规范的有关专家，针对如何编制规范进行了专题讲座和培训（第一次专家咨询会），专家重点对规范的编写体例和结构提出了修改建议。

2017 年 7 月 28 日，在北京（湖北大厦）召开了专家咨询会（第二次专家咨询会），邀请中国地质科学院矿产资源研究所谢国刚教授、

肖克炎研究员,中国地质调查局地质发展研究中心李超龄研究员、屈红刚研究员等专家进行了详细的咨询与讨论。会后,项目组召开讨论会,对专家意见、建议进行了讨论,并形成了修改意见,之后编写成员修订了相关内容。

2017年10月,编写组在山东省地质矿产勘查开发局召开了研讨会,对《可视化规程》进行了研讨,确定了下一步的修改内容。

2017年12月至2018年5月,开展了胶东重要金矿矿床三维建模工作,总结在三维建模过程中发现的问题,经过凝练进一步对《可视化规程》做了深入论证和修改。根据前期专家意见及编写组实际工作中的体验,认为前期拟定的研究内容局限在“矿床三维可视化建设”,研究内容偏窄,对指导生产实践意义描述不够准确,故决定将《矿床三维可视化建设技术规程》修订后,改名为《矿床三维地质建模技术规程》(以下简称《建模规程》),并形成《建模规程》征求意见稿。

2.征求意见稿阶段(2018.6~2019.11)

2018年6月,自然资源部办公厅关于印发自然资源(土地资源、地质矿产、地质环境等领域)标准制修订工作计划的通知(自然资办发[2018]14号)中,将《矿床三维地质建模技术规程》列为95项拟申请报批标准计划之一。

2018年7月16日,在烟台召开了专家咨询会(第三次专家咨询会),邀请北京大学潘懋教授、中国地质大学(北京)陈建平教授、中国地质大学(武汉)吴冲龙教授、田宜平教授和北京超维创想信息技术有限公司李魁星总经理等专家进行了详细的咨询与讨论。

2018年9月8日,编写成员根据7月16日专家咨询和项目内部讨论意见修改的基础上,项目组在淄博召开内部讨论修订会,山东省地质矿产勘查开发局宋明春、李世勇,山东理工大学张照录、丁成武、

刘晓、张超，山东省地质测绘院刘同文，山东省第六地质矿产勘查院徐韶辉、杨真亮，山东省第三地质矿产勘查院薄军委对《建模规程》进行了逐条讨论修改。

2018年9月，中国地质大学（武汉）吴冲龙、田宜平、张夏林、张志庭、翁正平等在武汉对《建模规程》进行了讨论，提出了修改意见。之后项目组对这些意见进行了讨论，并修订了《建模规程》。

2018年10月8日，山东省地质矿产勘查开发局针对《矿床三维地质建模技术规程》面向全国各省市、行业局征求意见，并起草了《关于行业标准〈矿床三维地质建模技术规程〉（征求意见稿）征求意见的函》。共计寄送征求意见稿39份，征求单位包括国土资源部勘查技术指导中心、中国地质调查局、高校、全国大部分省市地勘局、冶金化工煤炭行业总局、核工业及储量及三维建模软件开发公司33个单位。收到征求意见稿后，各主管局组织相关单位进行意见咨询。《固体矿产勘查三维地质建模技术规程》征求意见稿共计收回反馈意见42份，包括国土资源部勘查技术指导中心，中国地质调查局、高校、全国大部分省市地勘局及所属单位、冶金化工煤炭行业总局、核工业地质调查院、三维建模软件开发公司33家单位，发放材料中有1个回函但未反馈意见。

2018年11月至2019年11月，对反馈意见进行了汇总讨论，并在此基础上对《建模规程》进行了修改，形成《建模规程》送审稿。

3. 送审稿阶段（2019.12至2020.1）

2019年12月3日，全国国土资源标准化技术委员会区域地质矿产地质分技术委员会，在北京湖北大厦召开了“《油气基础地质调查技术要求（1:250000）》等7项标准审查会”，区域地质矿产地质分技术委员会全体委员、矿产资源储量分技术委员会部分委员对《建模规程》进行了审查。与会专家提出，该《建模规程》的内容以“技术要

求”的形式更为合理等意见。

2020年1月16日，项目组在济南召开内部讨论会，根据12月3日北京审查会的意见，拟定了修改计划，其中最重要的内容是按照技术要求的体例进行修改。山东省地质矿产勘查开发局宋明春、李世勇，北京超维创想有限公司李魁星，山东理工大学张照录、刘晓、张永明、刘丽萍，河北地质大学李杰，山东省第六地质矿产勘查院徐韶辉、鲍忠义、杨真亮，山东省第三地质矿产勘查院薄军委参加会议。

2020年1月，山东省地质矿产勘查开发局宋明春、北京超维创想有限公司李魁星、中国地质大学（武汉）田宜平、山东理工大学张照录、刘晓、山东省第六地质矿产勘查院徐韶辉、杨真亮，山东省第三地质矿产勘查院薄军委等，根据审查意见对《建模规程》送审稿做了进一步修订。经编写成员修订后，形成《矿床三维地质建模技术要求》报批稿。

审查会上25位专家共提出意见36条，其中采纳29条，部分采纳5条，不采纳2条。重点修改的内容是：（1）将数据整理与标准化相关内容组织到第五章，强化了对三维建模地质内容、资料标准化、建模流程等方面的要求；（2）将《矿床三维地质建模技术规程》修改为《固体矿产勘查三维建模技术要求》，按照技术要求的格式和内容对原《建模规程》进行了全面调整；（3）完善了从其他软件或其他格式数据中获取数据的要求。

审查会议中专家提出的意见未采纳情况说明如下。未采纳意见一：适用范围要明确，从本文件名称看为矿产勘查，对应的为勘查区块。由于本文件目标是指导固体矿产勘查为目的的建模，不一定以勘查区块为边界，故未采纳。未采纳意见二：建立三维模型重点在于从已知预测未知，不同矿种建议采用不同的数学方法和模型。由于本文件面向固体矿产勘查，规定的是固体矿产勘查所面对的建模中的共性

问题，不涉及每个矿种。

审查会议中专家提出的意见部分采纳的情况说明如下。在数据准备部分，专家提出根据勘查规范的附表要求，综合考虑不同软件的数据结构、格式、内容，提出一个统一的数据格式及内容要求。由于现有商业三维地质建模软件都有完善的数据格式及内容要求，故不再做具体要求，但接受了专家规范数据内容要求的建议。针对整体文件，专家提出增加建模常见问题处理的附录。由于建模常见问题与软件有关，不应具体列出。但对于建模中易出错的步骤，已经给出了详细描述。针对整体文件，专家提出重点放在三维建模数据标准和共享要求上。本文件规范了建模过程，故重点不在数据标准和建模要求上，但在部分章节涉及到了此问题。

3.报批稿阶段（2020.2 至今）

2021年2月，根据自然资源标准化信息平台反馈的意见，对《技术要求》部分文本内容、格式进行了修改，对标准术语进行了进一步规范，并再次邀请相关专家对《技术要求》提出修改建议。按照 GB/T1.1-2020 对文本进行了规范，主要包括前言、范围、规范性引用文件和附录等。同时对编制说明部分进行了进一步梳理，对各阶段稿次阶段划分、形成时间等进行了修正。此外还对意见汇总处理表、信息概览、会议纪要相关内容进行了补充完善。最后按照全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会要求，《固体矿产勘查三维地质建模技术要求》进行报批。

二、标准编制原则和主要内容

（一）标准编制原则

本次《技术要求》编写工作，吸纳了国内同行业专家组成编写组，汇聚了全国不同地区的编写意见和建议，调研了我国现阶段三维地质

建模的实际需要和对精度、尺度的要求，调查了国内外 GoCAD、Surpac、Micromine、Dmine、Quany View、MapGIS、CREATAR 等主流建模软件的数据结构、建模方法、建模流程、模型应用等相关内容，并尽量与国家及其它专业的标准取得协调一致，在此基础上，按照标准编制的统一性、协调性、适应性、一致性等基本要求，完成了《技术要求》的编写工作，使之更加科学、完善，更好地适应、规范和指导固体矿产勘查三维地质建模工作。

（二）主要内容编制说明

1. 范围

（1）适用范围

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）涉及内容

本文件只涉及在已有资料的基础上建立三维地质模型，不涉及矿产勘查工作的实施和地质资料的获取。

本文件规定了固体矿产勘查三维地质建模的目的任务、工作流程、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，涉及矿产地质勘查资料收集与整理、三维地质数据库建设、三维地质模型建设、三维地质模型的应用、三维地质模型质量控制等内容和要求。

2. 规范性引用文件

凡在《技术要求》中引用而构成了《技术要求》的正式条文，且

在使用过程中应探讨使用引用标准的最新版本的国家或行业标准，均在本章中列出。

3. 术语

仅对《技术要求》中出现频次高的、易出现分歧的或固体矿产勘查三维地质建模特有的术语和名称作了解释。分别是：三维地质建模、三维地质模型、三维地质结构模型、三维地质属性模型、地质空间数据、地质属性数据、数据标准化、三维空间数据模型、建模主题数据库共 9 个术语。

4. 总则

(1) 目的任务

三维地质建模的目的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。可以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。

三维地质建模的任务是基于普查、详查或勘探各勘查阶段获取的各种地质数据和资料，基于矿床地质特征与成矿规律的研究，对矿床地质信息进行提取，利用三维建模软件和计算机技术，建立并展示勘查工作范围内三维地质模型，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、矿山开采设计服务。

(2) 工作程序

本文件把固体矿产勘查三维地质建模的基本工作程序划分为数据准备、模型构建、成果汇总三个阶段，归纳流程为：确定建模目的及模型主要功能—确定建模环境—汇集勘查相关资料—提取与三维地质建模相关的各种空间数据和属性数据—进行数据整理及标准化处理——构建三维地质建模主题数据库—构建地质结构-属性一体化的三维地质模型—进行模型质量检测和评价、调整或修正模型—成果编制和归档。具体三维地质建模过程提供了工作流程图和技术路线图作为参考依据

（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）基本要求

对建模过程各个阶段基本要求进行定义。分别定义建模的总体目的要求，软件功能要求，原始数据要求，各勘查阶段三维地质建模基本要求、工作大纲示例、成果应用要求。

5. 数据准备

（1）建模准备

在建模之前应对选择的平台，需要收集的数据，空间参照系等做出规划，故在此部分定义建模准备阶段应达到的要求，分平台选择依据、数据收集要求、空间参考选择依据三部分

（2）资料汇集

本文件把三维地质建模所需要的数据按照来源的不同，归纳为基础地理、基础地质、勘查工程、物化遥和其他相关数据。其中基础地理数据包括 DEM 或 DOM 以及地形、地貌、水系、植被、居民地、交通、境界、特殊地物、地名、地理坐标系格网等要素；基础地质数据包括：区域地质调查、矿产调查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；勘查工程数据包括：矿区填图和钻探、坑探、槽探等各类勘查工程施工过程中所获取的各种文字记录、特征描述、矿物与化学成分、物理力学性质测试，以及柱状图、剖面图和平面图等。此外，还包括与矿产资源评价相关的工业指标、矿石小体积质量及矿石工业品级等；物化遥数据包括：各类航空地球物理勘查、地面地球物理勘查、区域地球化学勘查、矿区地球化学勘查、多光谱遥感、高光谱遥感等所获取的探测数据、原始图像、图件，以及解释结果；其它相关数据包括：在矿产资源勘查过程中所进行的与成矿条件研究相关的岩浆岩相、沉积相和变质相分析的成果，以及与成矿预测模型相关的母岩、围岩、蚀变、矿体和各种成矿标志等。

（3）数据处理

本文件把定义了各类原始地质数据处理成为适用于三维地质建模的数据的相关要求，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。分别介绍了纸质及图像

数据、文字数据、DEM、等高线、点云等数据、勘查工程数据的处理流程及需要达到的要求。

（4）建模主题数据库建设

为了有效地调度、组织、管理和提供所需的相关数据，在进行三维地质建模之前，需要构建面向三维地质建模主题数据库。三维地质建模主题数据库，应存储管理地质勘查工程数据、样品测试数据、地球物探数据、地球化学数据，以及包括地质要素单元的边界和内部特征的三维结构模型和三维属性模型数据。

三维地质建模主题数据库应采用统一规范的建模数据编码体系，实现数据的版本管理等；数据库应具备空间数据和属性数据的存储、查询及三维浏览，能实现用于建模的空间数据及属性数据高度集成。

6. 三维地质建模

（1）三维地质建模方法

本文件根据勘查工作程度或建模数据源将三维地质建模的方法分为地质填图数据建模、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。规范了不同勘查工作程度或建模数据源建模方法的基本步骤、建模要求和适用范围，以及三维地质建模方法选择的要求。

（2）三维地质模型类型

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剖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。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。三维地质属性模型应使用体元数据结构表达。应根据建模数据的来源、格式和建模对象的性质、类型，以及空间分析、储量估算等应用的需求，合理选择三维地质模型。

（3）空间数据三维化

定义了基于三维地质建模平台，对主题地质数据库中与时空位置相关的数据进行三维展示的方法。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。

同时定义了各类检查方法。包括对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。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。

（4）三维地质结构模型构建

规范了结构模型建模的基本要求，并规定了地表地形地质模型、钻孔三维模型、断层模型、地层模型、岩体模型、矿化蚀变带模型和矿体模型等三维地质结构模型，交互处理的重点是地质体（包括矿体）的分支对应、添加辅助线等。

（5）三维地质属性模型构建

属性建模即将地质体属性信息（成矿地质条件、矿体特征、矿产资源储量、地球物理及地球化学数据等）赋予体元模型中的每个空白体元。本文件将赋值方法归纳为两类，即对单一属性值的地质体（如地层岩性）应采用直接赋值法，对属性值随空间位置变化的地质体（如矿石品位）宜通过插值赋值。

空间插值的基础是空间自相关性，即距离越近的事物越相似。常用的插值方法有自然邻点插值法、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，需要根据数据特点和具体的需要选择合适的插值算法。

7. 模型质量控制

（1）模型质量检查

定义模型质量检测内容和方法，确定建模的合规性、合理性、准确性和完整性。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。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：各类地质界限形态特征、空间展布、边界范围、产状和相互制约关系等，及各类地质实体形态、边界和相互关系等。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。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。

模型质量检查的结果应作记录，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。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 的要求。

(2) 模型质量控制

定义模型质量评价依据及标准。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。评价内容包括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、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、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、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、应对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，最后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，划分质量等级。

8. 建模成果

(1) 建模成果说明书

三维地质建模完成后需要提交建模成果说明书。建模成果说明书主要内容应包括：地质模型名称、原始资料情况、矿区和矿床三维地质特征、建模软件和方法、建模成果（数据库、格架模型、属性模型及模型应用等）、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。

(2) 模型数据体

三维地质建模完成后需要提交模型数据体。提交的三维地质模型数据体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 **Geo3DML** 格式，且模型要能够实现脱离软件展示。

(3) 模型管理与维护

因为三维地质建模是一个动态的过程，随着勘查数据的增加和认识水平的提高，数据库和三维地质模型都会不断更新，为了方便管理，本文件规定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。建模过程中应根据矿床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。建模版本的数据可来自于不同的时序版本，三维地质建模软件应具备快速局部动态更新能力，能根据勘查阶段的推进和数据的增加，对三维地质模型进行快速局部更新。

三、主要试验(或验证)的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

(一) 三维建模规范应用实例

在标准编制过程中对三山岛金矿田、焦家金矿田和玲珑金矿田进行了三维地质建模，涉及三山岛北部海域、三山岛金矿、西岭金矿、新立金矿、焦家、马塘、寺庄、寺庄深部、后赵、东季-南吕、朱郭李家、南吕-欣木、纱岭、前陈、前李家、徐村院、水旺庄、李家庄、东风、东风 171、岭南、栾家河 21 个金矿床。

1. 三山岛金矿田

(1) 使用的资料与建模参数

三山岛北部海域、三山岛金矿、西岭金矿、新立金矿勘查成果资料，勘查线剖面图 81 张、钻孔柱状图 311 张，1:5 万区域地质图 1 张、1:1 万地形地质图 5 张，数字高程数据 1 份。

首先对原始剖面资料和地面坐标数据进行坐标转换，利用 mapgis 将所有数据统一转换至西安 80 坐标系，建立统一的坐标系统。其次，提取三维建模用到的位置信息和属性信息。然后，把剖面图中区文件转换为线文件，删除与矿体建模无关的部分。线文件经过拓扑错误检查以后，转换为新的区文件，新的区文件只包含矿体对象

三山岛金矿田矿床在走向上延展距离较大，采用平面地质图比例尺为 1:1 万，勘查线剖面图比例尺为 1:2000，水平控制网度为 60m×60m。最小厚度设为 0.1m。建模范围：4129876~4147127，Y：41490458~41503702，地表~-4000m。

(2) 三维地质结构

地层三维形态。位于模型的表面，大面积展布，并延伸至模型之外，三维形态呈板状，地表起伏较小，主要为第四系，厚度一般为 30m~40m，最厚 50m，体积 3.55km³，占模型体积的 1.26%（图 1）。

岩体三维形态。马连庄组合岩体位于三山岛断裂带上盘，顶部为第四系，底面与侏罗纪玲珑型花岗岩体接壤。在模型中分为东西两个部分，均包裹于玲珑型花岗岩内，北西轴较长，可达 6.09km，南东方向较短仅 3.14km。沿长轴方向中间厚度大，向两侧逐渐变窄，底部形态不规则，呈波状起伏，顶部剥蚀面平缓，最大深度 527m；西侧岩体西南方向延伸至模型之外，岩体北西轴长 3.12km，南东长 2.18km。沿长轴方向中间厚度大，向两侧逐渐变薄，最大厚度 860m。底部形态不规则，呈波状起伏，顶部剥蚀面平缓。岩体积 17.16km³，

占模型总体积的 6.09%。(图 1)。

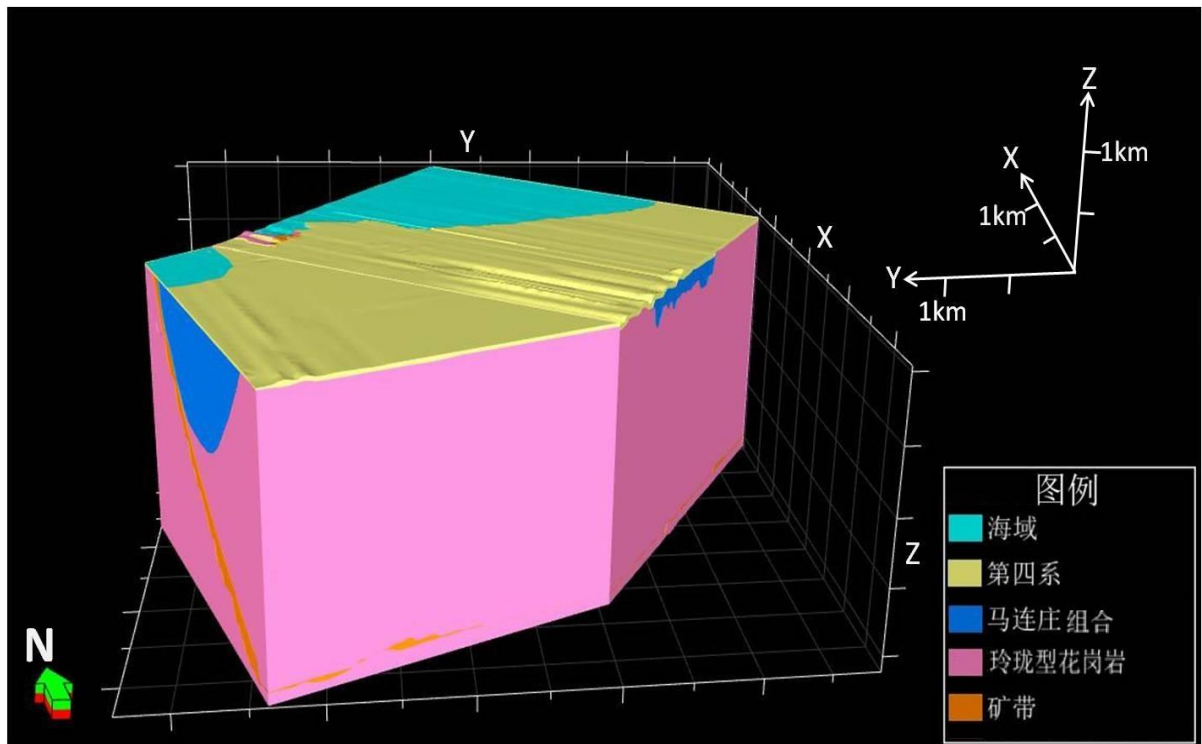


图 1 三山岛金矿田三维地质模型

玲珑型花岗岩横贯整个模型并延伸至模型之外，岩体位于第四系及马连庄序列岩体下方，与马连庄组合呈侵入接触，被三山岛断裂带一分为二，主裂面上盘岩体表面呈不规则凹槽状，表面波状起伏明显，主裂面下盘岩体底面延伸至模型之外(图 1)。岩体总体积 248.91km^3 ，占模型的 88.33%。

蚀变带沿三山岛断裂带两侧展布，其形态、规模和产状与断裂带一致，上覆岩体为马连庄组合和玲珑型花岗岩，下伏岩体为玲珑型花岗岩。模型内蚀变带走向长 8.77km，斜深 6.81km，上下表面均呈舒缓波状分布，厚度 60m~400m，产状大幅度变化部位厚度较大。蚀变带体积 11.83 km^3 ，占模型的 4.2%。

构造三维模型。三山岛断裂总体走向 35° ，局部地段可达 $70^\circ\sim 85^\circ$ ，倾向南东，倾角 $35^\circ\sim 50^\circ$ 。浅部主要沿玲珑型花岗岩与马

连庄组合接触带展布，深部嵌入到玲珑型花岗岩中。构造面起伏变化明显，浅部倾角较陡，向深部逐渐变缓，沿倾斜方向呈阶梯状，沿走向上呈波状舒缓。

矿体三维模型。本次工作对三山岛金矿田内 29 个主要矿体构建了三维矿体模型,总体积 107415783m^3 。矿体分布于主裂面下盘的黄铁绢英化碎裂岩带及黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带内,赋存标高 $-10\text{m}\sim -2313\text{m}$ 。上表面产状与构造面基本一致,沿走、倾向呈舒缓波状展布。沿走向、倾向上无矿间隔明显,矿体厚度变化较大,具膨胀夹缩、分支复合现象,由浅至深,矿体分支现象明显(图 2)。

2. 焦家金矿田

(1) 使用的资料与建模参数

使用了焦家、马塘、寺庄和寺庄深部、后赵、东季-南吕、朱郭李家、南吕-欣木、纱岭、前陈、前李家、徐村院等 11 个金矿区的 21 套勘查成果资料,勘查线剖面图 124 张、钻孔柱状图 500 张、中段图 33 张、地表 $\sim -4\text{km}$ 勘查线剖面图 55 张(64 号勘查线 \sim 536 号勘查线),1:1 万地形地质图 11 张、1:1 万金矿田地形地质图 221km^2 、1:5 万区域地质图 1 张,数字高程数据 1 份(范围与建模范围一致)。数据处理同三山岛金矿田。

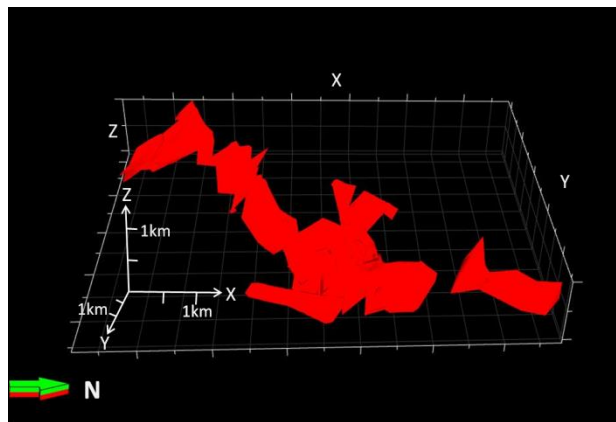


图 2 三山岛矿区矿体三维模型

建模范围 X: 4132252~4145773, Y: 40501784~40511588, 标高: 地表~-4000m。平面地质图比例尺为 1: 1 万, 勘查线剖面图比例尺为 1: 2000, 水平控制网度为 60m×60m。最小厚度设为 0.1m。包括三维岩体模型(包括构造、地表、第四系、岩体、围岩、蚀变带)、三维矿体模型。

(2) 三维地质结构

地层三维模型。位于模型表面, 横贯全区, 西北部与南部延伸至模型之外, 顶部为地表, 底部分别与马连庄组合、栖霞片麻岩套岩、玲珑型花岗岩接触, 三维模型呈不规则板状, 主要为第四系, 厚度 0.5~38m, 一般 5~20m, 体积 0.76km³, 占模型体积的 0.14% (图 3)。

岩体三维模型。区内岩浆岩总体积达 521.49km³, 占模型的 92.57%, 为模型的主要组成部分。①马连庄组合斜长角闪岩, 位于模型中北部, 北部延伸至模型之外, 岩体顶面大部出露于地表, 部分隐伏第四系之下, 顶部剥蚀面平缓, 底部与玲珑型花岗岩接触, 接触面形态不规则, 最大深度 1795.80m。岩体整体位于焦家断裂带上盘, 北东方向较长, 可达 5.78km, 北西方向较短约 3.64km。沿长轴方向中间厚度大, 向两侧逐渐变窄, 且南西方向厚度明显大于北东。体积 11.09km³, 占模型区总体积的 1.97%。②栖霞片麻岩套, 岩体分为两部分, 一部分位于模型区东北部, 向西北延伸至模型之外, 岩体顶面大部出露地表, 局部隐伏于第四系之下, 顶部剥蚀面平缓, 底面与玲珑型花岗岩接触, 接触面极不规则, 最大深度 1790m, 另一部分位于模型区南部, 呈岩珠状, 规模较小, 二者均位于焦家断裂带上盘, 岩体体积 25.29km³, 占模型总体积的 4.49%。③玲珑型花岗岩, 为模型的主体, 纵贯全区, 被焦家断裂带分割成上盘、下盘两个部分, 上盘大部出露地表, 剥蚀面平缓, 上盘底面与蚀变带接触, 接触面不规则, 下盘位于蚀变带之下并延伸至模型底界。总体积 485.11km³, 占模型

区总体积的 86.12%。

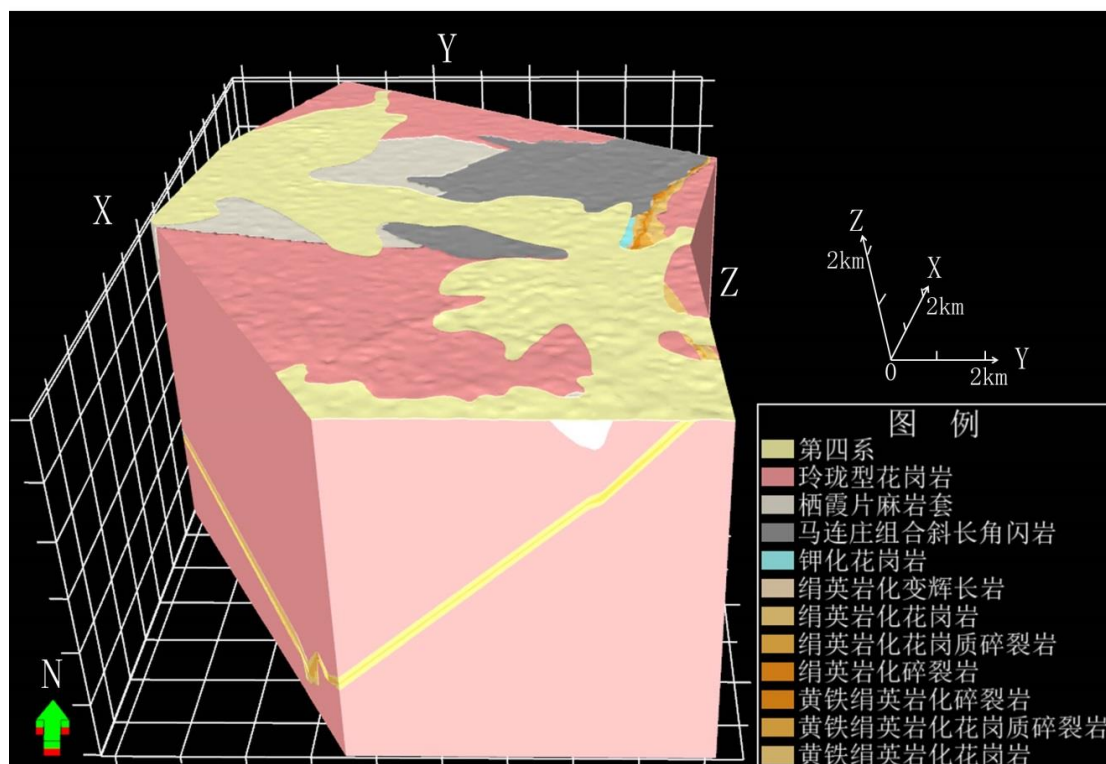


图 3 焦家超巨型金矿床三维地质模型

蚀变带。蚀变带沿焦家断裂带两侧展布，包含于玲珑型花岗岩之内。主裂面上盘的绢英岩化花岗质碎裂岩和绢英岩化碎裂岩带、下盘的黄铁绢英岩化碎裂岩带、黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带、黄铁绢英岩化花岗岩带空间位置、形态、产状与焦家断裂带基本一致，均呈薄层状平行展布于主裂面两侧，体积分别为 4.92 m^3 、 0.56 m^3 、 0.88 m^3 、 4.74 m^3 、 10.30 m^3 ，为矿体主要赋存位置。

构造三维模型。焦家断裂带北部沿新太古代马连庄组合与侏罗纪玲珑型花岗岩的接触带展布，南部展布于花岗岩体内。构造面起伏变化明显，整体来看，浅部构造产状较陡，深部构造产状相对较缓，沿倾向上呈阶梯式分布，沿走向上呈波状，起伏变化明显，呈“S”形。

矿体三维模型（图 4）。已控制和建模的矿体主要分布在-2100m 标高以浅。由于以往各个勘查区矿体编号重复较多，因此本次工作对矿体进行重新编号圈定。共划分四个矿体群，将断裂带下盘紧靠

主裂面的黄铁绢英岩化碎裂岩带中的矿体划为 I 号矿体群，圈定矿体 38 个，编号 I-1~I-38；将黄铁绢英岩化碎裂岩带之下的黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带中的矿体划为 II 号矿体群，圈定矿体 94 个，编号 II-1~II-94；将黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带之下的黄铁绢英岩化花岗岩带中的矿体划为 III 号矿体群，圈定矿体 369 个，编号 III-1~III-369；上盘矿体划为 IV 号矿体群，圈定矿体 78 个，编号 IV-1~IV-78。累计圈定矿体 579 个（图 3-60a），总体积为 111731491m³，其中 I 号矿体群体积为 82674407m³，占总体积的 73.99%，为矿体模型的主要组成部分，IV 号矿体群体积最小，仅占总体积的 1.02%。

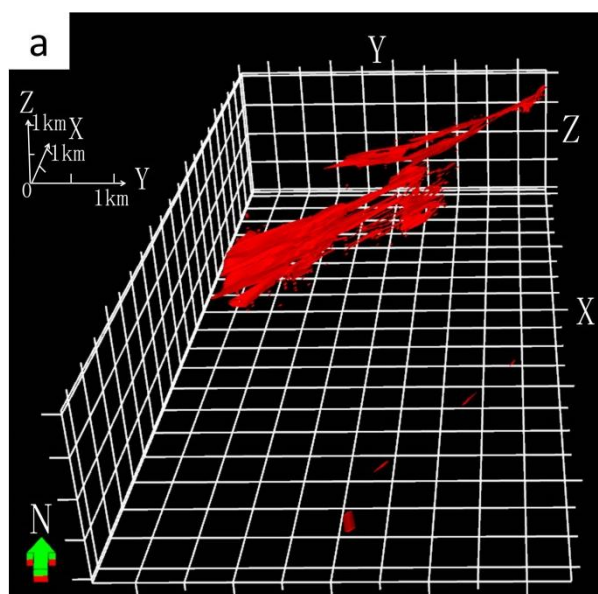


图 4 焦家金矿田主矿体三维地质模型

3. 玲珑金矿田

(1) 使用的资料与建模参数

使用了水旺庄、李家庄、东风、东风 171、岭南、栾家河 6 个金矿床 13 套勘查成果资料，勘查线剖面图 148 张，中段图 39 张，地表~-4km 勘查线剖面图 33 张（-19 号勘查线~205 号勘查线），钻孔柱状图 375 张，数字化钻孔柱状图 305 个；1:5 万区域地质图 1 张，1:1 万地形地质图 6 张（有重叠）；经综合整理后编制 1:1 万金矿田地形

地质图 1 张,面积 180km²。数字高程数据 1 份,范围与建模范围一致。数据处理同三山岛金矿田。

建模范围 X: 4138421~4149987, Y: 40542760~40556087, 标高: 地表~-4000m。平面地质图比例尺为 1: 1 万, 勘查线剖面图比例尺为 1: 2000, 水平控制网度为 60m×60m。最小厚度设为 0.1m。包括三维岩体模型(包括构造、地表、第四系、岩体、围岩、蚀变带)、三维矿体模型。

(2) 三维地质结构

地层三维模型。位于模型的表面,分为两部分,一部分位于模型东北部,一部分位于模型西南部,规模较小,呈不规则板状,主要为第四系,厚度 0.5~20m,一般 1~5m。体积 0.02km³,占模型体积的 0.004% (图 5)。

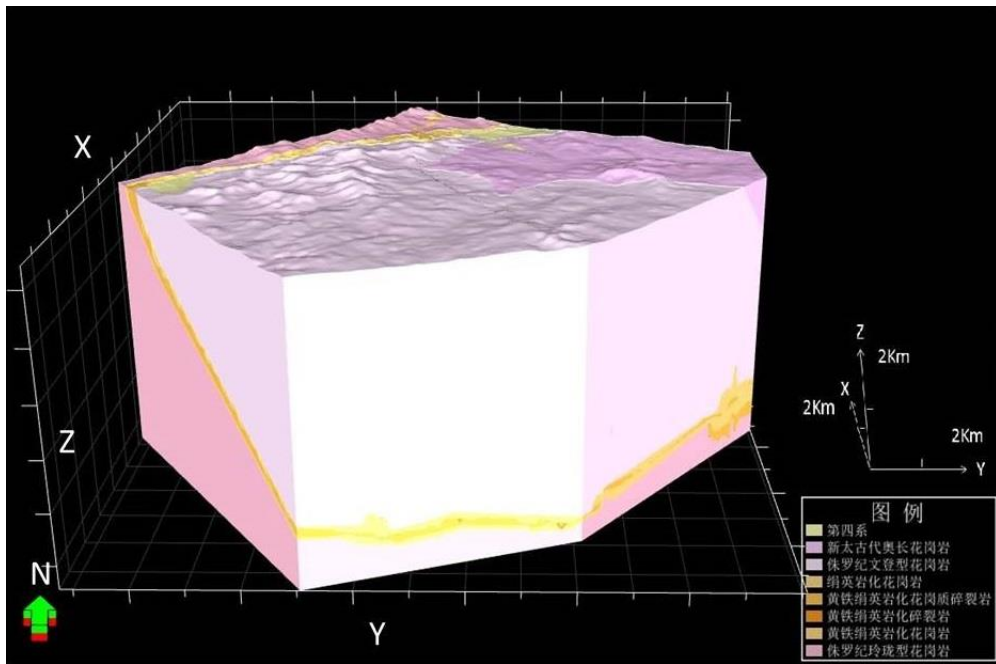


图 5 玲珑金矿田三维地质模型

岩体三维模型。区内岩浆岩总体积达 471.36km³,占模型区的 92.943%,为模型区的主要组成部分。①新太古代片麻岩套,位于模型区东北部,呈岩珠状残留于侏罗纪花岗岩上部,岩体顶部剥蚀面起

伏明显，底部接触面不规则，岩体最大厚度 2322m，体积 24.49km³，占模型区总体积的 4.831%。②侏罗纪文登型花岗岩，位于模型上部，大部出露于地表，顶部剥蚀面起伏明显，东北部位于新太古代奥长花岗岩下方，两者接触面不规则，岩体底部为蚀变带。岩体整体位于招平断裂带上盘，南西厚北东薄，最大厚度 4000m。岩体体积 175.84km³，占模型区总体积的 34.67%。③侏罗纪玲珑型花岗岩，位于模型下部，岩体的顶面与蚀变带接触，底面延伸至模型底部，整体位于招平断裂带下盘，被断裂截切。模型上表面呈波状舒缓，岩体体积 271.03km³，占模型总体积的 53.442%。

蚀变带三维模型。蚀变带沿招平断裂带两侧展布，总体 35.77km³。上盘蚀变带主要由绢英岩化花岗岩、绢英岩化花岗质碎裂岩组成，呈薄层状，表面舒缓波状明显。下盘由黄铁绢英岩化碎裂岩带、黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩、黄铁绢英岩化花岗岩组成，产状及表面形态与招平断裂带基本一致，表面呈波状舒缓，起伏波动较小，蚀变带厚度均匀。合计体积 26.27km³。

构造三维模型。招平断裂带为区内主要控矿构造，模型范围内断裂走向 30°~80°，倾角主要集中在 30°~45°，沿走向上呈波状舒缓，南部较陡，北部较缓；沿倾向上呈阶梯状，由浅到深有由陡变缓趋势。

矿体三维模型。矿体主要分布在-2290m 标高以浅，共计有矿体 134 个，总体积 73840519 m³。玲南金矿床（含浅部采矿权）矿体 8 条，模型体积为 25807889m³，水旺庄和李家庄金矿床矿体 30 条，模型体积为 29542432m³，东风金矿床矿体 29 条，模型体积为 1195290m³，栾家河金矿床矿体 61 条，模型体积为 2433952m³，东风 171 金矿床矿体 6 条，模型体积为 14860956m³。矿体沿控矿断裂走向方向呈间距排列，三维空间上呈层状、脉状分布，主矿体主要集中在主裂面以下。

矿体三维空间连续性较好，规模较大（图6）。

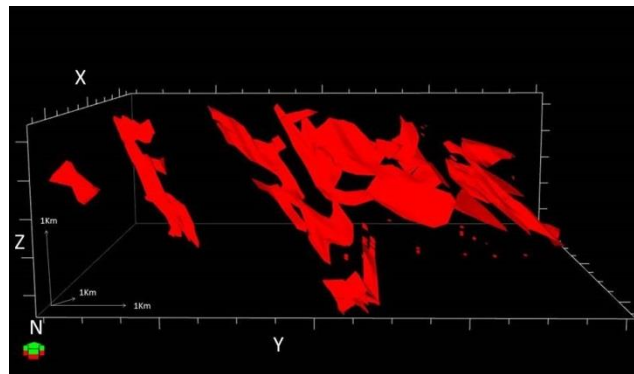


图6 玲珑金矿田矿体实体模型

（二）技术经济论证

1. 技术可行性

（1）本文件中采用的建模方法是国际成熟的方法，也是国内矿床建模常用的方法，经本文件编制期间在多个矿区实验试点证明是切实可行的。

（2）本文件的研究内容、精度要求等均来自于生产单位长期实践经验的积累，与相关规范中的要求也是一致的。是行之有效的。

（3）本文件中的新技术、手段在国际上是通用的，经国外的大量的固体矿产勘查三维地质建模实践已证实是可行的，我国的许多重要矿床也已采用了相关技术。

2. 经济可行性

（1）固体矿产勘查三维地质建模可以直观的观察埋藏于地下的矿体情况，为进一步勘查或开采设计提供依据，可以最大限度的优化工程布置，合理减少工程和勘查资金浪费。

（2）固体矿产勘查三维地质建模是基于矿床勘查中已获得的大量工程数据和地质资料而开展的，主要由技术人员投入一定的时间在计算机上将有关资料整合、处理即可，不需要重新实施实物工作量，

不需要投入很大的工作量和经费，投资少、效益高。

（三）预期的经济效果

本文件实施后预期的经济效果主要体现在以下方面：

1. 避免投资失误或浪费。通过三维地质建模，一旦发现找矿前景不理想或与预计的有差别，可以及时调整工作设计和投资计划，避免盲目投资所带来的经济损失。

2. 深化成矿认识，获得巨大经济回报。本文件能够确保三维建模工作质量，所建模型能够用来深化成矿规律、找矿前景认识，最大限度的提升地质找矿效果。一旦发现好的矿产资源，将会有几十倍、上百倍的经济回报，从而带来显著地经济效益。

3. 社会效益突出。矿产资源是人类赖以生存的重要物质基础，是国家安全与经济发展的重要保障。本文件的实施将会为矿产资源勘查奠定扎实基础，助推探明矿产资源，为推动地方经济社会发展、拉动就业发挥作用。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

（一）欧美发达国家三维地质建模和相关标准概况

三维地质建模理论的提出和发展与地质统计学的发展紧密相联，而地质统计学的发展得益于 20 世纪 50、60 年代 D. G. Krige 和 G. Matheron 对克里金技术和地质统计学的开创性研究。三维地质建模的概念最早是由加拿大 Simon W. Houlding 于 1993 年提出的，但对三维建模理论的研究由来已久，1984 年 Haldorson 提出了油田尺度

下用于油藏动态模拟的随机模拟储层建模方法；1987年 Calson E. 提出了与地下空间结构相关的三维概念模型；1991年 A. B. Ekoule 解决了非凸轮廓线的三维物体重构问题。但最具代表的是 Mallet 于 1989 年和 1992 年先后发表的两篇关于“离散光滑插值”建模方法的文章，这标志着三维构造建模技术中的地质曲面技术获得了突破。随后，Carl Youngman, Molenaar Marien, Fritsch D, Aper J. F, Molenaar M, Turner A. K, Thomas R. Fisher, Rongxingli 等人又进行了大量的研究，主要包括空间数据的模型与结构、数据的三维可视化、三维矢量化地图的数据结构等方面，为三维地质建模理论的发展做出了贡献。

目前已有的三维地质建模方法很多，所使用的软件、数据、建模流程、建模结果、模型应用有一定差异。国外许多三维地质建模软件提供厂家也根据自身软件特点，制定了建模指导性流程并在行业内获得推广。按照建模所使用的数据源来分，主要可以分为基于钻孔数据建模、基于剖面数据建模、基于三维地震资料建模、基于多源数据建模等。

(1) 钻孔数据建模是由 Lemonand Jones 提出的基于现有的钻孔数据直接构建三维地质模型的一种方法。

(2) 剖面数据建模是指基于原始地质勘探资料，通过建立分类数据库，人工交互生成大量的二维地质剖面，然后应用曲面构造法(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型。

(3) 三维地震资料建模是指综合利用地震、测井、地质等多种条件数据，以多种物探技术为支撑，采用井震结合及相控建模的方法建立地质体模型。

(4) 多源数据融合建模法是融合原始地质勘探数据和二维解释剖面等多种来源的地质数据进行三维建模的一种方法。

本文件总结了国外先进的三维地质建模方法，面向固体矿产勘查行业，针对适合本行业特点的三维地质建模技术方法体系，对其目的、任务、工作流程、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，提出通用的技术要求，涉及矿产地质勘查资料收集与整理、三维地质数据库建设、三维地质模型建设、三维地质模型的应用、三维地质模型质量控制等内容和要求。

(二) 本文件采用国外先进标准情况

本文件在我国矿床三维地质建模实践的基础上，全面借鉴和采用了欧美发达国家相关的先进理念和方法技术，主要表现在：

- 1.借鉴欧美发达国家的三维地质建模方法，规范了采用钻孔数据、剖面数据、地球物理数据和多元数据融合的建模方法。

- 2.国外三维地质建模中使用的先进方法、技术在本文件中得到广泛采用，如：先进的软件系统、三维地质模型分析技术等。

综上所述，在制定本文件时，参考了国内其它标准并考虑了国内生产实际要求。从与国外同类研究相比，其制定是结合生产单位的实际能力并可以满足用户需求制定。

五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

1.与有关法律、法规的关系

《中华人民共和国矿产资源法》、《矿产资源勘查区块登记管理办法》等涉矿法规与本文件密切相关，法规中规定了矿产资源勘查的法律定位，本文件可以为保障有关矿产资源法规的有关条款提供技术支持。

本文件与相关的我国现行法规、法律没有抵触。

2.与已有标准的关系

《固体矿产地质勘查规范总则》、《矿产资源综合勘查评价规范》、《固体矿产勘查工作规范》、《固体矿产勘查原始地质编录规程》和多项固体矿产单矿种规范等现行的国家标准和行业标准都涉及到三维地质建模的地质基础，本文件是在充分参照这些标准的基础上制定的。本文件的规定与既有规范中的相关规定没有矛盾之处。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

本次规范编写，最初使用《矿床三维可视化建设技术规程》作为名称。后编写组根据专家意见及编写组实际工作中的体验，将其改名为《矿床三维地质建模技术规程》。2019年12月，全国国土资源标准化技术委员会区域地质矿产地质分技术委员会建议，以《固体矿产勘查三维地质建模技术要求》为名更为合理，编制组接受了该建议。

编制过程中没有发现其他重大分歧意见。

七、国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议

根据本文件的性质和适用范围，建议《固体矿产勘查三维地质建模技术要求》列为中华人民共和国地质矿产行业标准—推荐性行业标准（DZ/T）。

八、贯彻国家标准的要求和措施建议(包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容)

本文件颁布实施后，由各级相关业务主管部门组织宣传贯彻，由各级地勘行业、地勘工作管理部门监督实施，各相关项目承担单位严格执行本文件的要求。

九、废止现行有关标准的建议

无需要废止的现行有关标准。

十、其他应予说明的事项

无其他应予说明的事项。