

1:5 万三维地质填图方法技术在本溪矿集区的应用

滕寿仁¹,董 哲²,王 营³,李 巍¹,赵文菊¹,周俊鹏¹

1.辽宁省地质矿产调查院,辽宁 沈阳 110031; 2.辽宁省地质矿产勘查局,辽宁 沈阳 110031;

3.辽宁省核工业地质局,辽宁 沈阳 110031

摘 要 矿集区三维地质填图是采用 1:5 万的调查尺度,提交地表地质图及具有一定精度的深部地质图,为圈定含矿建造、控矿构造等主要目标地质要素提供基础地质依据。通过在本溪矿集区开展的三维地质填图工作,认为构造填图是三维地质填图的基础,提出“分级分块”的三维地质建模方法,并总结了矿集区三维地质填图方法技术流程。

关键词 三维地质填图;地质信息集成;地质概念模型;本溪矿集区;辽宁省

DOI:10.13686/j.cnki.dzyzy.2015.04.017

APPLICATION OF 1:50000 THREE-DIMENSIONAL GEOLOGICAL MAPPING METHOD IN BENXI ORE CONCENTRATION AREA

TENG Shou-ren¹, DONG Zhe², WANG Ying³, LI Wei¹, ZHAO Wen-ju¹, ZHOU Jun-peng¹

1. Liaoning Institute of Geological and Mineral Survey, Shenyang 110031, China; 2. Liaoning Bureau of Geology and Mineral Exploration, Shenyang 110031, China; 3. Liaoning Bureau of Nuclear Geology, Shenyang 110031, China

Abstract :The 3D geological mapping in ore concentration areas adopts the 1:50000 survey scale and submits surface and deep geological maps with certain precision, which provides geological basis for the delineation of main geological targets like ore-bearing formation and ore-controlling structure. With the 3D geological mapping work in Benxi ore concentration area, the authors think that the structural mapping is the basis for 3D geological mapping. The authors also propose the 3D geological modeling method of “grading and blocking”, and summarize the 3D geological mapping method and technique process in ore concentration areas.

Key words :3D geological mapping; geological information integration; geological conceptual model; Benxi ore concentration area; Liaoning Province

0 前言

三维地质填图在国外已经进行了近半个世纪,而我国在此方面差距较大。围绕三维地质填图各国相继制定并实施了国家填图计划,多数发达国家都已经完成了中、大比例尺的地质填图,印度、日本、韩国等国基本完成可测面积的 1:5 万区调^[1]。美国、加拿大、英国、澳大利亚、荷兰、意大利等国家目前正在实施的各类三维地质调查计划主要有岩石圈尺度三维结构图、城市三维地质填图、大型活动断裂带三维地质填图、复杂变形区三维地质矿产填图、含油气盆地三维地质填图。

早在上世纪 80 年代,我国便提出过深部地质填图的概念,在局部矿山也建立了三维找矿模型,绘制了一大批“三度空间立体地质图”,但那种图件存在很大的缺陷,无法根据地质认识程度的加深而修改,不能有效地进行信息提取^[2]。从 2002 年开始,北京、上海、天津、杭州、南京、广州等六市相继开展了三维地质调查工作,以基础地质三维结构为基本框架,统一构建城市地质、水文、工程地质的三维结构并建立了完善的城市地质数据库和先进的三维可视化系统。在此基础上,2011 年我国首次开始尝试成矿带、矿集区的三维地质填图工作,真正意义上进入了三维地质时代。

收稿日期:2014-09-20;修回日期:2015-08-07;编辑:张哲。

作者简介:滕寿仁(1981—)男,硕士,工程师,从事基础地质、矿产勘查工作。通信地址:辽宁省沈阳市皇姑区宁山路 42 号 2612, E-mail://11995767@qq.com

1 目标地质要素确定

由于地质数据及其应用本身所具有的复杂性、不确定性等特点,三维地质填图有别于传统意义上的地表填图。前者较后者更具目的性。本溪矿集区位于鞍山-本溪铁成矿带之东段,区内广泛分布太古宙含铁变质岩系,其中赋存有丰富的铁矿资源(鞍山式铁矿),为辽宁省重要的铁矿产地之一。因此,本溪矿集区目标地质要素为“鞍山式”含铁建造(太古宇结晶基底)、控矿构造和大型岩体。1:5万地表填图为我们提供了地层层序、盖层沉积厚度、构造型式、变质变形等基础地质地表信息,但从实践工作中来看,三维地质填图不可能将所有的地表地质信息全都反映在深部三维地质图中。主要原因是:(1)数据量大,信息过多;(2)盖层中组、段地层间缺少岩石物性差异;(3)单从地表产状下延精度过低;(4)鞍山式铁矿主要产于太古宇鞍山群表壳岩中,呈捕虏体形式赋存于太古代深成侵入体中。

2 工作方法选择

三维地质填图的技术方法包括地质、物探、化探、遥感及钻探等综合勘查技术,如何采用深部探测技术、方法组合是寻找含矿建造、控矿构造及其三维空间展布规律,提高深部地质体建模精度的关键。要想更为有效、准确地解决地下2 km之内目标地质要素三维空间展布特征,笔者通过工作实践认为,地质填图是基础,深部探测技术是关键,三维地质建模是表达手段。

2.1 地质填图

地质填图在三维工作中要有所侧重,传统意义上的地质填图面面俱到,并侧重于地层、岩体及构造的信息描述。在三维地质填图工作中,为了建立区域上的三维地质模型,我们侧重于地层厚度、产状、构造格架及构造演化史研究。在成果表达上侧重构造纲要图的编制与表达。以本溪矿集区为例,三维建模的底图已由传统的地质图演变成构造纲要图。我们总结有几个优点:(1)构造纲要图剥离了浅表覆盖层,更多地反映了深部地层特征;(2)在地质图中,实地调查绘制出的断断续续的断裂构造连成的一体,更加符合断层的发育模式及地质规律;(3)盖层中的组段被合并,大大降低了三维建模工作量,也突出了目标地质要素(见图1)。

2.2 岩石物性采集

本溪矿集区内岩矿石物性测定是沿重、磁、电综合物探剖面实测的,是目标层的选择及重、磁、电深部地层综合反演的依据和基础。1300块标本包含了17个组级地层单元和4种侵入岩单元。收集到的物性仅仅

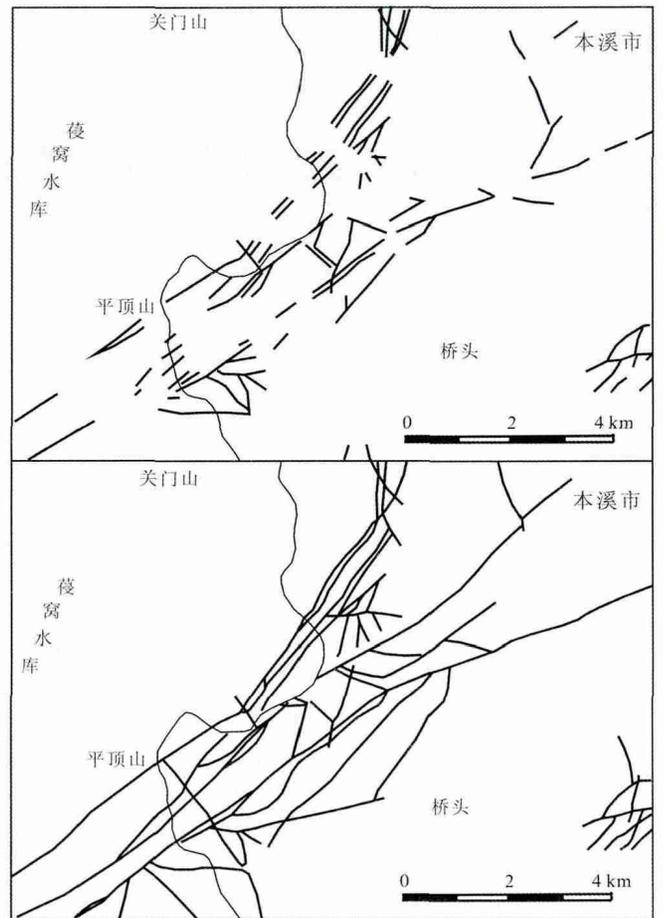


图1 寒岭-偏岭断裂在地质图及构造纲要图上的对比

Fig. 1 Comparison of Hanling-Pianling fault in geological map with structure outline map

能够提供参考,因为在不同地区,相同时代、相同组段的岩石组合特征由于沉积环境、构造环境、变质程度的不同而产生矿物成分含量的差异,导致其密度、磁性及电性都存在一定差异。

2.3 深部探测技术

本溪矿集区目标地质要素为“鞍山式”含铁建造,与其上覆盖层存在明显的磁性差异,因此首先采用磁法测量。中酸性岩体与其围岩存在的密度差异明显,可以采用重力测量工作。但这两种方法又都存在一定的缺陷,许多地下埋藏较深的矿体、岩体在重、磁测量过程中无法被区分,或者反映出一定的异常,但不能有效地进行定量、半定量计算,降低了三维地质建模的精度。采用电法测量的目的就是要解决这一问题。当然,不同深部探测方法都有一定的局限性,要根据地区、矿种及目标地质要素具体分析,采用具有针对性的方法手段,在这里不一一累述。

3 三维地质建模

三维地质建模是计算机三维技术在地学领域的具体应用. 广义的三维地质建模包括三维地质模型的生成、可视化、空间分析和应用等, 狭义的三维地质建模主要指三维地质模型的生成^[3-4]. 本文的三维地质建模主要指广义的三维地质建模.

3.1 建模方法及对比选择

三维地质建模虽然软件繁多, 但方法大同小异, 大致可分为基于钻孔的数据建模法、剖面栅格法. 近年来, 又有专家提出来基于数字地质图的三维建模方法. 基于钻孔数据建模法是利用钻孔中地层分层信息进行连接, 配合地震等物探资料对钻空间的信息补充, 建立三维地质模型^[5-7]. 主要应用于矿区及钻孔丰富的油田地区, 其可信度较高, 但在钻孔较少地区不适用.

剖面栅格法是在地质实测剖面或图切地质剖面基础上, 辅以物探剖面的修正后连接成层, 主要应用于钻孔较少地区, 但在构造复杂地区, 例如本溪矿集区则不

适用. 主要原因是栅格化的剖面与地层常常存在一定的夹角, 不能真实反映地层及构造的下延产状. 同时, 复杂构造区岩性变化大, 栅格剖面间距大会导致剖面间地层单元差异过大, 无法连接成体, 形成三维模型^[8]; 栅格剖面间距过小又会大大增加三维建模工作量, 影响工作效率.

基于数字地质图的三维建模方法是近年来随着 GIS 信息技术的发展而提出的, 主要是利用地质填图划分的填图单元沿地层、构造等产状信息进行深部下延, 但深部地层展布、构造下延深度、错动关系等需人工干预^[9-10]. 而在构造复杂区, 利用软件平台解决构造及两盘地质体相交等问题时存在许多弊端, 这种方法目前还在进一步研究过程中, 并不完善.

基于这样一个现状, 我们提出了矿集区三维建模的一种新方法, 即“分级分块”建模方法. 所谓“分级分块”的概念就是“自上而下分级分区, 自下而上分块建模”的方法. 具体讲就是按照不同的分区界线将研究区

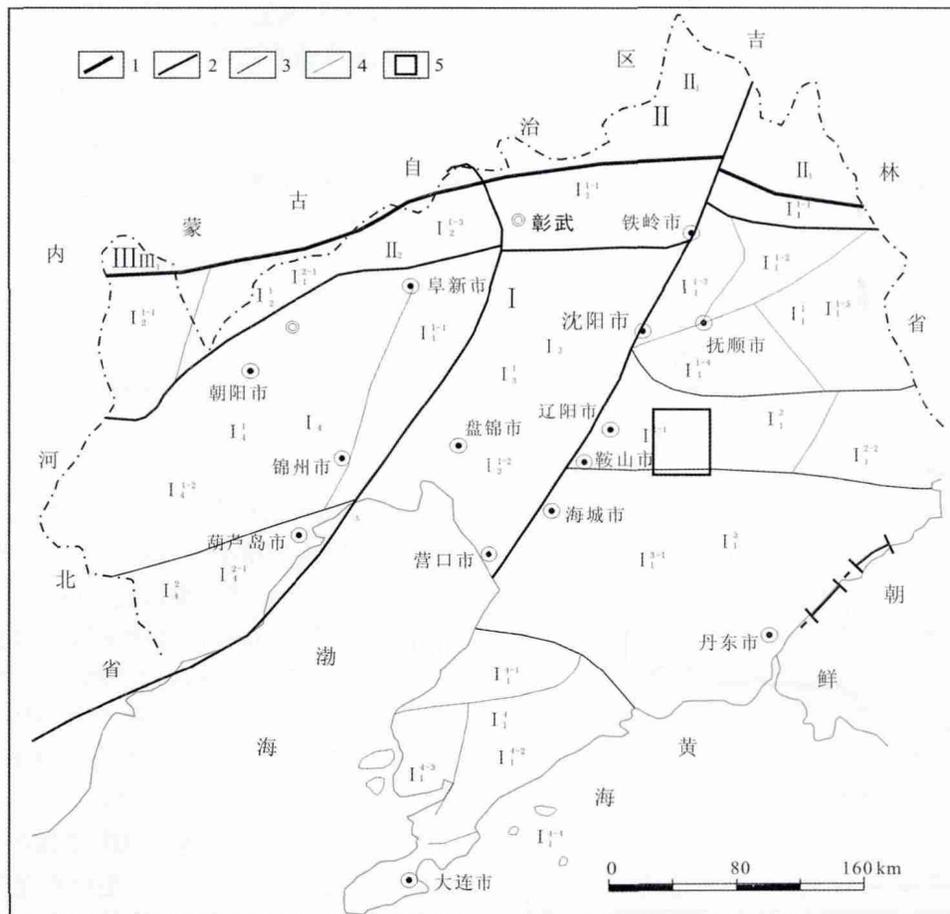


图 2 本溪矿集区大地构造位置

Fig. 2 The geotectonic position of Benxi ore concentration area

1—一级大地构造单元界线(boundary of first-order tectonic unit) 2—二级大地构造单元界线(boundary of second-order tectonic unit) 3—三级大地构造单元界线(boundary of third-order tectonic unit) 4—四级大地构造单元界线(boundary of fourth-order tectonic unit) 5—本溪矿集区(Benxi ore concentration area)

分为几个主要建模区域,然后在主要建模区域内再进行详细划分.按照分区界线的重要程度将建模分区划分成不同的级别,直到能够在三维操作平台上顺利实现.不同尺度的三维地质填图应该有不同分区标准,以本溪矿集区 1:5 万尺度为例,按照主要断裂构造、岩体边界、次一级贯通构造将矿集区分为 3 个级别的分区.从最小级别的三级分区开始建模,之后组成矿集区整体三维地质结构模型的方法.

3.2 “分级分块”建模方法

本溪矿集区地处柴达木-华北板块(一级构造单元)东北部,华北陆块(二级构造单元)东北缘,辽东新元古代-古生代拗陷带(三级构造单元)中西部,跨越龙岗微陆块、太子河新元古代-古生代拗陷、辽吉古元古代古裂谷、鞍山古陆核 4 个四级构造单元(见图 2).研究区地质构造经历了从太古宙至新生代复杂的构造演化历史,因此为了更加真实地利用三维建模表达出工作区内复杂的构造演化历史,将重点解剖区分级分区(见图 3).

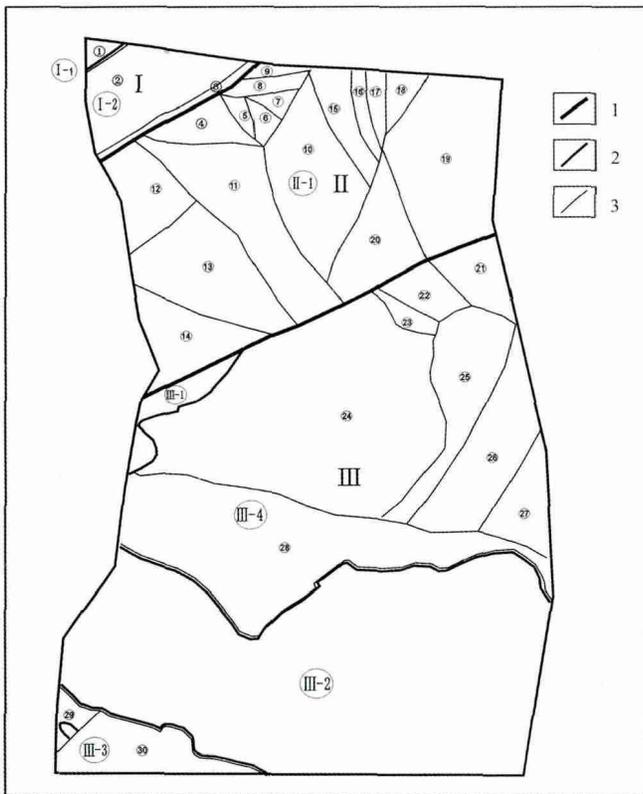


图 3 重点解剖区分级分区图

Fig. 3 The “grading and blocking” map of important anatomic area
1—一级分区(first-order subarea) 2—二级分区(second-order subarea);
3—三级分区(third-order subarea)

三级分区:以次一级的断裂构造为边界将研究区划分出三级分区分别建模.这一级别的模型展示出来的是地质体受到多期次构造变形叠加后的产出形态,当然最直观的是地质体受到最后一期构造变形的产出形态.

二级分区:是以岩体边界划分出二级分区分别建模.这一级别的模型是通过岩体之间的侵入接触界线或岩体与地层间的接触界线在地下的三维起伏形态,对三级分区的一个制约.

一级分区:是以重点解剖区内大型的走滑断裂构造——寒岭-偏岭、弓长岭-大台沟-思山岭两条大型北东向断裂为界划分出一级分区.一级分区是在三级分区与二级分区建立完成基础上考虑这几条大型走滑断裂构造对分区地质体整体的错动位移关系,最终以客观地质事实为依据合并到一起,完成整个区域的三维地质结构模型(见图 4).

4 三维地质填图流程总结

在区域地质调查成果基础上,利用大比例尺剖面测量深入研究区内大型断裂、褶皱构造、重要岩体及鞍山式铁矿的产状、规模及发育模式,结合具有针对性的路线地质调查资料,建立解剖区 2 km 以浅三维地质概念模型,利用重、磁、电综合物探解译对断裂、褶皱构造深部展布形态以及岩体深部发育特征和侵入接触界线、岩体与地层间接触界线、特别是太古宙结晶基底在深部的起伏形态进行推断解译,合并同一物性层,修改完善三维地质概念模型,依据钻探验证成果,修改、完善测区三维地质概念模型,形成最终三维地质模型(见图 5).

采用 GOCAD 等三维可视化软件,建立 2 km 以浅的三维数字地质模型,直观展示深部地质特征;采用 Micromine 等软件建立重点远景区三维地质结构模型,结合矿体空间展布特征及物探信息,预测资源量.

在建立 1:5 万地质填图空间数据库基础上,全面整理分析区内 DEM、遥感影像、地质、物探、钻探资料,进行资料处理,筛选空间数据与非空间数据,完善数据属性,规范数据表格,并最终入库.

专题研究是三维地质填图工作的一项重要目标,也是研究成果的深入细化,是对研究区内重大地质问题的进一步探讨,从三维的角度去研究地质问题会更加直观、明了,让三维地质填图的成果可以更加容易地被服务对象接受.因此,专题研究应该成为三维地质填图中必不可少的一项工作.

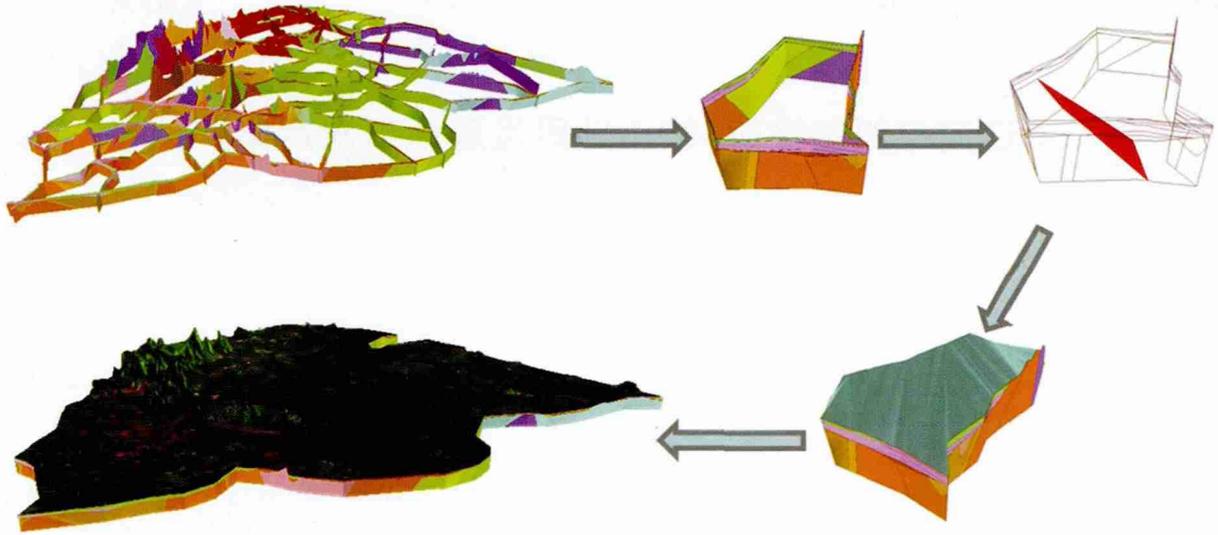


图 4 矿集区 1:5 万三维地质建模流程示意图

Fig. 4 The 1:50000 3D geological modeling process in ore concentration area

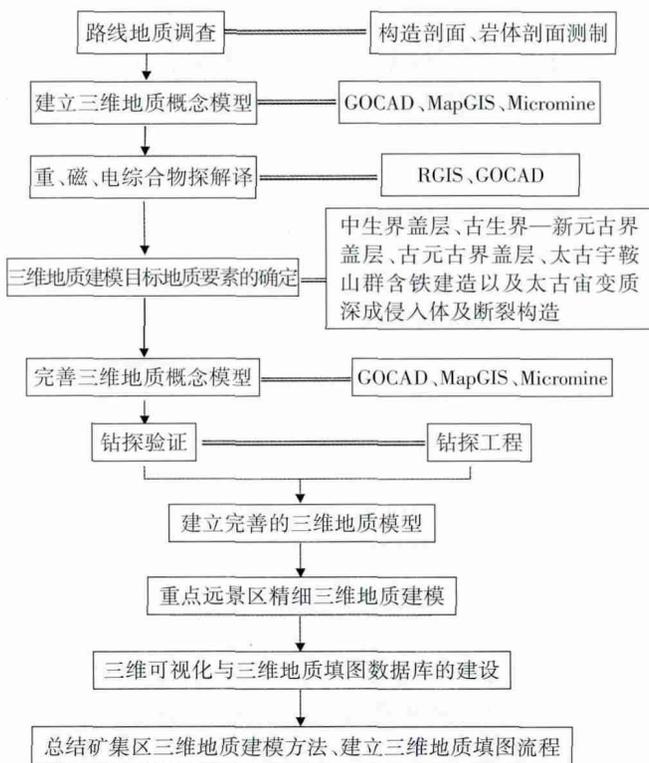


图 5 技术流程图

Fig. 5 Technical process

5 结论

综上所述,可以得出如下认识:

(1) 多元数据集成是三维地质填图工作的特点,充分利用诸如钻孔资料、地质图、地质剖面图、地形图、遥

感数据、物化探数据、DEM 等可利用的数据和资料. 三维地质建模可利用的数据源涉及多种来源、多种类型、多种数据格式等多元数据. 因此,在三维地质建模过程中,一个关键问题就是如何有效地集成并使用好这些多元数据.

(2) 多方法集成是实现深部地质调查的有效手段. 由于地质情况的复杂性等特点,寄希望于寻求一种普适的方法解决所有地质模型的构建是不现实的,更现实的方法是针对不同的地质复杂程度、不同的工作阶段、不同的资料丰富程度等,提出多方法集成的综合解决方案.

(3) 适用的三维地质建模方法是提高模型精度及三维可视化效率的关键. 针对矿集区构造复杂、地层走向变化大的特点,本研究提出“分级分块”地质建模方法. 实践证明这种方法既考虑了建模精度,又权衡了建模效率,提高了三维建模的可操作性.

(4) 构造复杂的矿集区三维建模工作首要解决的问题是构造格架. 三维模型的建立及综合研究工作都是基于构造格架基础上进行的,因此我们提出三维地质填图的底图应该为构造纲要图.

(5) 矿集区三维地质填图在我国还处在实验阶段,没有可以直接参考的技术规范,通过本次在矿集区开展 1:5 万三维地质填图工作,试验性总结了方法技术流程,为规范及技术要求的制定提供了具有实践意义的参考.

群原岩建造特点,可推断在古元古代时期研究区属地槽型大地构造环境,反映了辽河群地层整体上构成了一个较完整的火山-沉积建造序列。

参考文献:

- [1]王成文,刘永江,李东涛.辽河岩群南北区域对比新证据[J].长春地质学院学报,1997,27(1):18—24.
- [2]陈荣度,李显东,张福生.对辽东古元古代地质若干问题的讨论[J].中国地质,2003,30(2):208—213.
- [3]王艺芬,徐贵忠.辽东地区早元古代火山岩特征及其形成的动力学背景[J].现代地质,2005,19(3):316—324.
- [4]贺高平,叶慧文.辽东-吉南地区早元古代两种类型变质作用及其构造意义[J].岩石学报,1998,14(2):153—162.
- [5]方如恒,孙玉信,陈荣度.辽东半岛辽河群的划分[J].辽宁地质学报,1981,(1):77—86.
- [6]赵振华.微量元素地球化学原理[M].北京:科学出版社,1997.
- [7]刘永达,郝志波,董景超.辽东半岛早元古宙海相拉斑玄武岩特征及其意义[J].辽宁地质,1989(4):289—297.
- [8]方如恒.辽河群基本单位探讨[J].辽宁地质,1996(3):161—172.
- [9]刘敬青.辽东含矿岩系地球化学特征[D].北京:中国地质大学,2007.
- [10]王艺芬,徐贵忠,余宏全,等.辽东地区早元古代火山岩特征及其形成的动力学背景[J].现代地质,2005,19(3):315—324.

(上接第 387 页 / *Continued from Page 387*)

参考文献:

- [1]李响.三维地质建模技术的研究[D].安徽:合肥工业大学,2008.
- [2]陈克强,高振家,李龙,等.有关深部地质填图和立体地质填图的几个问题[J].地质通报,2003,22(11/12):984—990.
- [3]李舒,李伟波,宋世鹏,等.三维地质建模的应用研究[J].科学技术与工程,2008,8(24):6584—6587.
- [4]郑贵洲,申永利.地质特征三维分析及三维地质模拟现状研究[J].地球科学进展,2004,19(2):218—223.
- [5]向中林,王妍,王润怀,等.基于钻孔数据的矿山三维地质建模及可视化过程研究[J].地质与勘探,2009,45(1):75—81.
- [6]周涛发,袁峰,张明明,等.三维地质模拟在深部找矿勘探中的应用[J].安徽地质,2011,21(2):100—104.
- [7]朱良峰,吴信才,刘修国,等.基于钻孔数据的三维地层模型的构建[J].地理与地理信息科学,2004,20(3):26—30.
- [8]刘少华,肖克炎,王新海,等.地质三维属性建模及可视化[J].地质通报,2010,29(10):1554—1557.
- [9]潘懋,方裕,屈红刚,等.三维地质建模若干基本问题探讨[J].地理与地理信息科学,2007,23(3):1—5.
- [10]明镜.三维地质建模技术研究[J].地理与地理信息科学,2011,27(4):14—18,56.