

The Application of Integration of Multiple Information in Mining Area Based on GIS in Mineralized Alteration and Prospecting Prediction in ChiGou Pluton, Southern Qinling Mountains

Caiying Dong¹, Peng Wang¹, Yibo Dong², Qi Guo¹, Tianyun Huo¹

¹Shangluo Northwest Coloured 713 Team Co., Ltd., Shangluo Shaanxi

²Chang'an University, Xi'an Shaanxi

Email: 852391063@qq.com

Received: Feb. 5th, 2018; accepted: Feb. 20th, 2018; published: Feb. 28th, 2018

Abstract

The ChiGou Cu-Mo deposit is a newly discovered porphyry-type Cu-Mo deposit which belongs to south Qinling area in recent years. This paper utilizes the SURPAC software on the GIS platform to collect the original data of geology, geophysical exploration and geochemical exploration, setting the spatial database, ore body model, body model, fault model and geophysical with geochemical data model. Further study is conducted to analyze the mineralization geological model and the spatial patterns of rock masses I, II, III, IV and V in the ChiGou mining area. Moreover, it helps determine the relationship among the rock mass, ore body and fault structure, goes into the prospecting forecast, and the layout of the project site is put forward, which provides the direction for further research and exploration work.

Keywords

Spatial Database, Model, Ore Prediction, SURPAC, ChiGou

基于GIS的矿区多元信息集成在南秦岭池沟斑岩体矿化蚀变和找矿预测中的应用

董彩盈¹, 王 鹏¹, 董一博², 郭 琪¹, 霍天云¹

¹商洛西北有色七一三总队有限公司, 陕西 商洛

²长安大学, 陕西 西安
Email: 852391063@qq.com

收稿日期: 2018年2月5日; 录用日期: 2018年2月20日; 发布日期: 2018年2月28日

摘要

池沟铜钼矿床为南秦岭地区近年来新发现的一斑岩型铜钼矿床, 利用GIS平台上的SURPAC软件提取池沟矿床的地、物、化原始数据建立了空间数据库、矿体模型、岩体模型、断层模型、以及物化探数据模型。进一步研究分析池沟矿区成矿地质模型和I、II、III、IV、V号岩体的空间形态辅助判断了岩体、矿体及断层构造三者之间的关系, 依地质体趋势指导、并进行找矿预测, 提出了验证工程布设部位, 为进一步的研究、勘查工作指明了方向。

关键词

空间数据库, 模型, 找矿预测, SURPAC, 池沟

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

GIS (地理信息系统)是处理空间数据强有力的工具, 在矿产勘查领域中得到广泛有效地应用, 从而使地、物、化、遥等海量数据信息进行高效集成和综合处理成为可能, 并使数据处理的准确度和精确度不断改善和提高, 应用数据管理、三维建模和分析系统对勘查所获得的各种数据信息进行处理, 使多样性的勘查数据常规性的转换成实用性的地质信息和直观的三维图像来表达, 已成为当代矿产勘查工作中重要工作方法[1]。

本次采用的 SURPAC 是澳大利亚 MSG 公司开发的三维 GIS 软件, 通过了国土资源部矿产资源储量司评审(国土资储函[2004]29 号), 认定该软件可以在我国矿产勘查和矿山设计、生产的资源储量估算中使用[2]。SURPAC 软件可以广泛应用于三维地质建模、资源量估算、矿山规划、生产计划管理的各个阶段乃至矿山闭坑后复垦设计的整个矿山生命期[3] [4] [5]。

基于地质数据库建立的三维地质模型能够比较完整、准确、形象、立体地表达各种地质现象, 快速直观地再现地质单元的空间展布及其相互关系, 挖掘隐含的地质信息, 方便各项工程决策、地质分析。本次应用 SURPAC 软件, 旨在输入以往矿床勘查、研究资料数据, 建立池沟空间数据库, 建立地质体三维空间模型, 帮助分析成矿有利部位, 进行三维可视化定位预测, 为下一步工作部署提供依据[2] [6] [7] [8]。

2. 研究区概况

池沟铜钼矿为柞水 - 山阳矿集区一斑岩型铜钼矿床, 位于陕西省山阳县城西约 25 公里处, 面积 13.96 km², 行政区划属山阳县牛耳川镇管辖, 地理座标位置范围: 东经 109°35'00"~109°40'30"; 北纬 33°29'45"~33°31'30"。

矿区大地构造位置属南秦岭礼县-柞水华力西褶皱带东段南缘,区域性山阳~凤镇大断裂北侧。区内出露地层主要为古生代中、上泥盆统的浅变质海相细碎屑岩-碳酸盐岩,其中局部夹有海底热水沉积的硅质岩、钠长岩、磁铁重晶岩及铜多金属硫化矿层、菱铁矿层,构成秦岭泥盆“柞水-山阳菱铁多金属成矿带”的主要含矿层位。

区内中酸性岩浆活动频繁,根据成岩时代可分为新元古代(864.4~680 Ma)、印支期(227~199 Ma)、燕山期(150.2 ± 0.8~141.5 ± 0.4 Ma)。其中燕山期岩浆岩与区内斑岩型铜钼矿化关系密切,岩性多为石英闪长岩、石英闪长玢岩、花岗闪长岩、花岗闪长斑岩、花岗斑岩等,该期岩浆岩在区内分布较为广泛,岩体多呈岩枝、岩株、岩筒等成群、成带产出,具有“东西呈带、南北呈群”的特征。

区内出露地层为中泥盆统池沟组(D₂c),为一套浅变质的细碎屑岩-粘土岩-碳酸盐岩组合,从下往上碎屑成份减少,碳酸盐成份增加,韵律层较发育;遭受了后期的中-浅变质作用和与岩体有关的热接触变质作用强烈。

区内构造发育,近东西向 F1、F2 断裂为主要控岩控矿构造,控制着矿化蚀变带及斑岩体群的带状展布,北东向断裂则控制着斑岩体的形态。

矿区出露五个小(斑)岩体,岩体受 NWW 向断层与 NE 向次级断裂交汇部位控制,呈近东西向、北东向串珠状展布。岩体地表出露规模均较小,出露面积 0.007~0.12 km²。岩石类型主要为石英闪长岩和石英闪长玢岩,次为黑云二长花岗岩,具(似)斑状特征,均属浅成~超浅成相中酸性岩浆岩。区内岩体的锆石 U-Pb 年龄为 148 ± 1~140 ± 1 Ma,为秦岭造山带燕山期构造岩浆活动产物。

矿区共圈定三条矿化带:南部铜钼矿化带、中部 I 号隐伏铜钼矿化带、北部-矽卡岩型铜矿化带,矿化作用总体受燕山期斑岩体控制,分布于岩体附近。

3. 工作方法及流程

通过对池沟地区地质、物、化探等工程资料收集、综合整理,应用 SURPAC 软件对其各种数据进行分析、研究处理,确定研究方案及方法(图 1)。建立该区的地质空间数据库、三维地表模型、三维矿体模型、岩体模型,物化探数据模型等。通过物化探模型以及三维模型实体与空间数据库相结合,直观地反映地质体空间形态、空间位置,全方位多视角的反映矿化体、岩体与物化探异常的高值区的空间对应关系,寻找池沟矿区的成矿有利部位,为下一步布置工程验证提供依据[6] [9]。

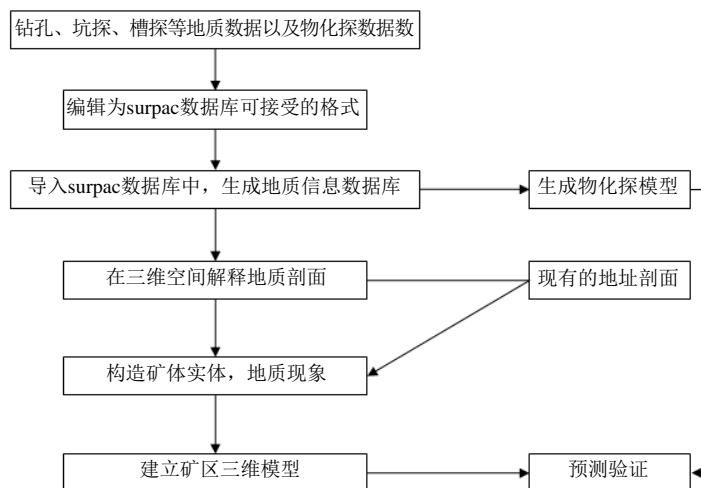


Figure 1. Working methods and flowcharts
图 1. 工作方法及流程图

4. 地质数据库的建立

4.1. 资料的收集与整理

地质数据最常见方式为：钻孔、坑道、探槽等资料，其描述地质信息的基本形式为矿区信息、测量成果、地质岩性描述、样品测试分析成果等。

池沟的数据是通过槽探和钻探工程获取基本岩性信息和取样分析数据，将获得的地质数据分成结构单一、相互独立的定位表、测斜表、岩性表、分析表。各表结构表示如下：

定位表

工程号	x	y	z	孔深	工程轨迹
ZK1301	3709696	373854.8	863.729	602.85	LINEAR
...					

测斜表

工程号	深度	倾角	方位
ZK1301	0	-90	180
...			

岩性表

工程号	自	至	岩性	岩性代码
ZK1301	0	3.1	第四系	Q
ZK1301	3.1	20.73	黑云母角岩	黑云母角岩
...				

分析表

工程号	样品号	自	至	Cu	Mo
ZK1301	1075	444.37	445.57	0.53	0.26
...					

定位表、测斜表、岩性表、分析表之间通过“工程号”建立关系数据库，各表之间内容上是独立的，逻辑上是相互关联的，符合数据库的模式。

4.2. 空间数据库的建立

本次池沟空间数据库的建立是根据池沟的槽探、钻探工程资料,将其按照 SURPAC 要求的格式录入整理成定位表、测斜表、岩性表、分析表，然后导入到数据库中，创建数据库风格系统表，应用 SURPAC 软件强大的图形显示系统，在三维空间显示地质数据，包括钻孔轨迹、岩性代码、岩性颜色、品位值分布及品位等值线等[8] (图 2)。

为了更明了的反映部分工程或某个工程的实际位置及工程的实际信息，可以用约束条件来限制显示结果。为了更清楚地显示钻孔内部的岩性变化情况以及见矿部位，所以用约束条件限制了显示内容，只显示了全部钻孔信息。从数据库显示的钻孔信息可以明显的反映出见矿部位与岩体有关。如 ZK1302 孔中有石英闪长岩存在的就有大量的铜矿化及铜矿体出现。全部数据显示及部分数据示显示情况如(图 3、图 4)。

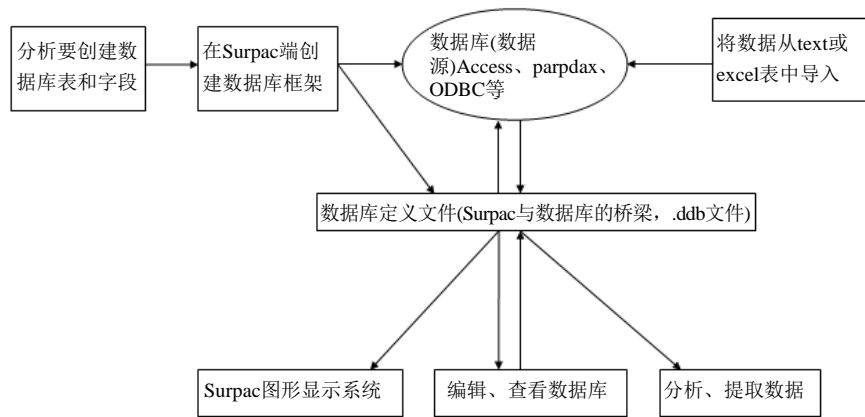


Figure 2. Database editing and browsing system
图 2. 数据库编辑浏览系统

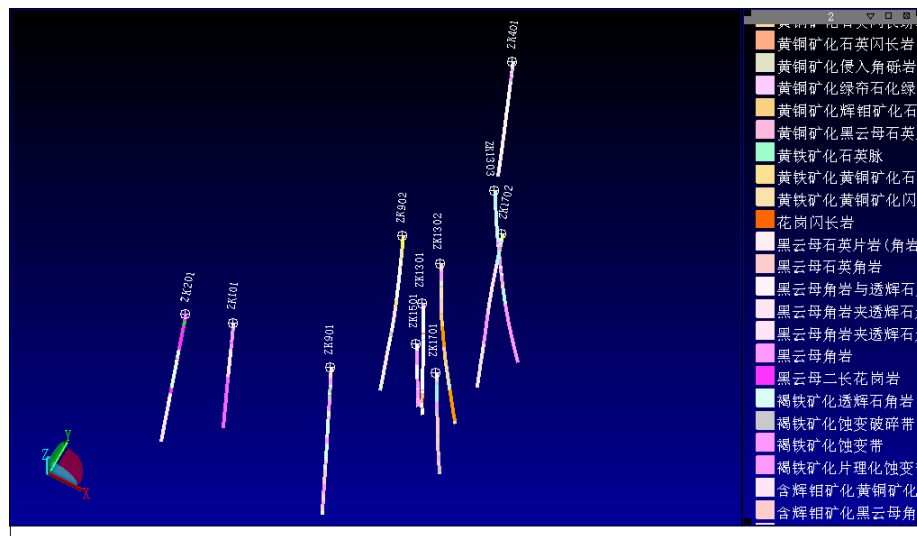


Figure 3. Data display of lithologic data of drilling engineering in ChiGou mining area
图 3. 池沟矿区钻孔工程岩性数据显示图

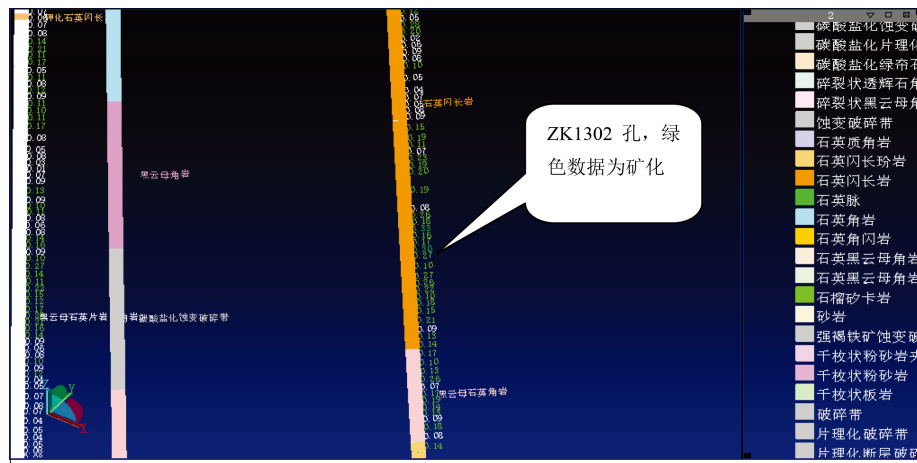


Figure 4. The ChiGou ZK1302 pore rock properties and sample analysis display
图 4. 池沟 ZK1302 孔岩性及试样分析显示图

从矿区数据库样品分析结果显示可以明确的反映出, 13 线以东各钻孔的矿化明显增强, 且越往东矿化部位越深。分析对比 ZK902、ZK1301、ZK1302 以及 ZK1702 的见矿位置的空间对应关系, 如果池沟属斑岩性铜矿, 斑岩性铜矿的成矿规律, 矿化部位多在岩体内外接触带上, 根据见矿化情况推测, 目前还岩体可能是从东南方向分离出来的岩枝, 主岩体有可能还在更深的部位, 有待进一步探索。

5. 实体模型

实体模型,通常也叫外框图, 广泛应用在地表、地层带、矿体、工程设计中, 实体模型是一个三维数据的三角网, 应用多边形联结来定义一个实体或空心体。所产生的形体可形象的展现矿体的空间几何形态, 还可用于体积计算, 在任意方向上产生剖面, 以及通过与来自地质数据库的数据相交, 为建立品位块体模型奠定基础[9]。

5.1. 三维地表模型

为了充分了解矿区地理概况, 根据地形图生成一个地表模型, 以展示矿区地表环境。池沟地表模型是通过矿区地形图扫描后利用 MAPGIS 矢量化后经过坐标校正、高程数据处理生成等高线的线文件, 再经过文件转换, 保存成 dxf 格式文件, 完成等高线的处理; 在 Surpac 中将 dxf 格式文件转换成软件支持的 str 格式线文件; 最后经过清理重复点, 闭合等高线等工作生成 DTM(见图 5)。地表模型是数字模拟矿山的基础, 如果有地表模型做为载体, 工程及实体模型将更直观, 方位概念更强(图 6、图 7)。

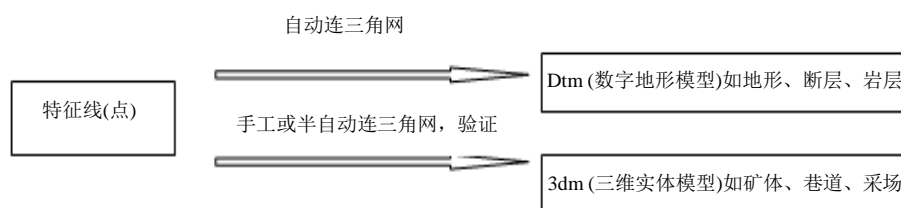


Figure 5. Generation order of digital model

图 5. 数字模型生成顺序

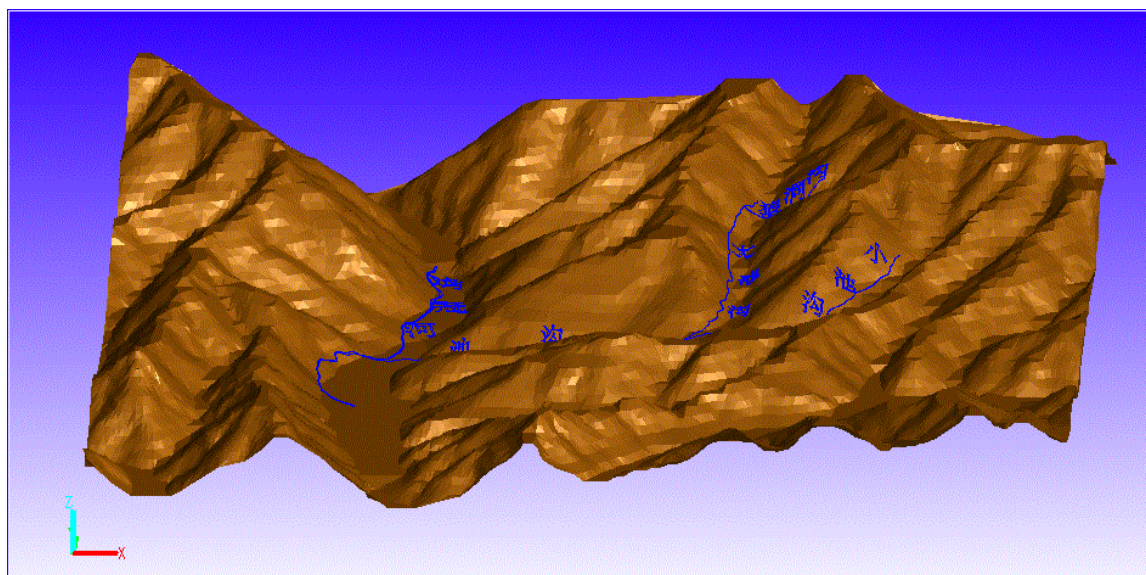


Figure 6. The surface model of ChiGou

图 6. 池沟地表模型

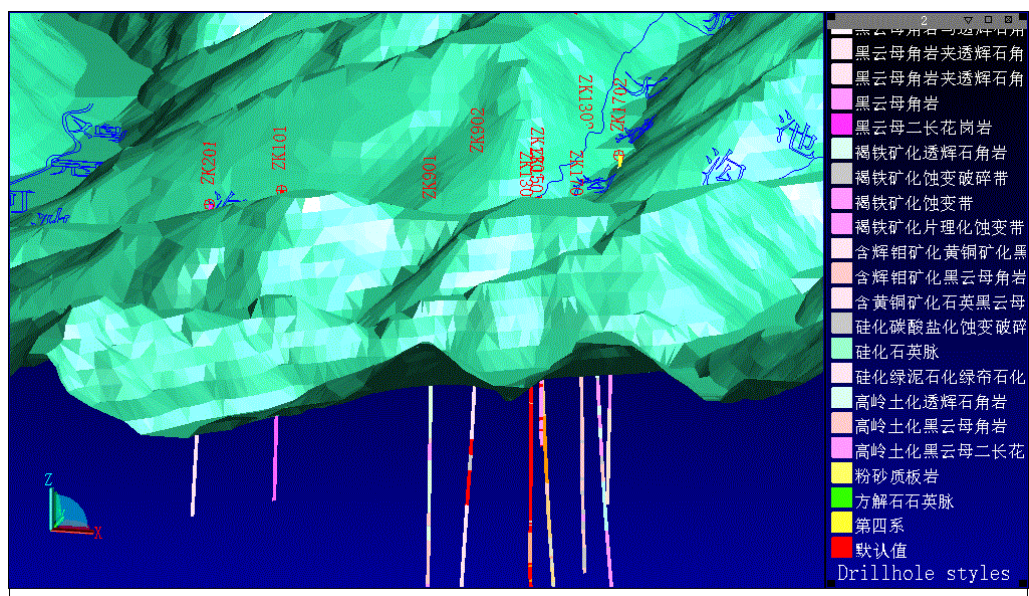


Figure 7. The true position of a borehole on the surface of the earth
图 7. 钻孔在地表上的真实位置

有了地表模型做为载体，就可以真实、直观地反映出钻孔的实际位置，各工程的空间分布就一目了然。

5.2. 断层模型

为了更清楚地掌握断层与矿体的位置关系及断层对矿体及地质体的影响，有必要建立断层模型。池沟的 F2 断裂位于池沟矿区的中部，控制池沟岩体。根据池沟矿区地形图及勘探线剖面所提供的信息，将各剖面转换成 dxf 格式导入 Surpac 中，并将其保存成 str 格式，经过 2D 转换，提取断层线，生成了 F2 断层模型(图 8、图 9)。

池沟模型和池沟数据库可以明显看出：池沟 F2 断层走向波状变化，总体近东西向展布，倾向北，产状较陡，控制了铜矿化分布。断层下盘的 ZK1701、ZK901 以及 ZK1501 的三个钻孔基本没有见到铜矿化(如图 10)，目前见矿钻孔基本分布在 F2 断层以北(上盘)。

5.3. 池沟物化探数字模型

本次建模是以 1993 年七一三队所测的视极率数据和池沟的 Cu 和 Mo 等元素的原生晕原始数据为基础，经过数据整理，导入 surpac 可接受的数据形式。要点是坐标点的高程为该点的极化率或某元素的含量，其它信息不变，导入 surpac 中保存成线文件，用当前层的线文件做一个 DTM。从图中可直观的看到各点的元素含量分布情况，再做当前层 DTM 的等值线(图 11)，保存线文件，将其落在地球上，可用不同的颜色表示异常等值线，将其落在地球上(图 12)。

如图 13 所示，将 Cu 异常模型用另一种线型表示出来，就可以显示出在地平面图地质图上，各点异常的相对高低。白线的高低代表异常值的大小。在 13 线和 25 线之间异常 Cu 异常相对较好。

5.4. 三维矿体模型

通常采用以下两种方法：a、在地质数据库的基础上组合各地质钻孔，根据品位、岩石性质等重新地质解译各剖面的矿体范围和地质界线；b、根据矿山已有的勘探线剖面图及平面图中圈定的各地质界线圈

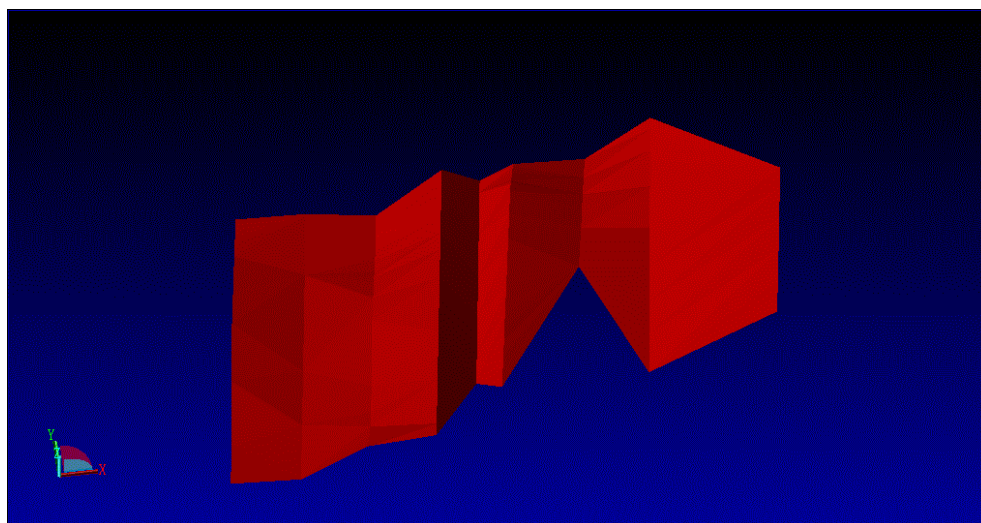


Figure 8. The ChiGou F2 fault model
图 8. 池沟 F2 断层模型

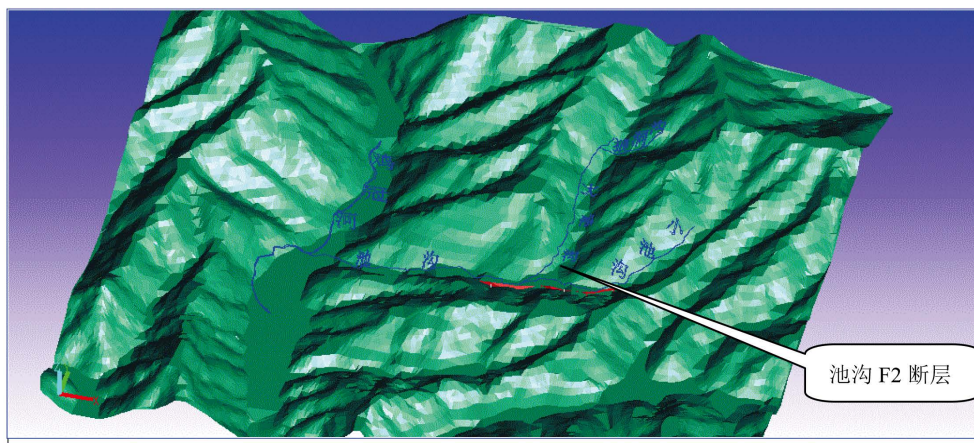


Figure 9. The location on the ground surface of the F2 fault in the ChiGou mining area
图 9. 池沟矿区 F2 断层地地表上的位置

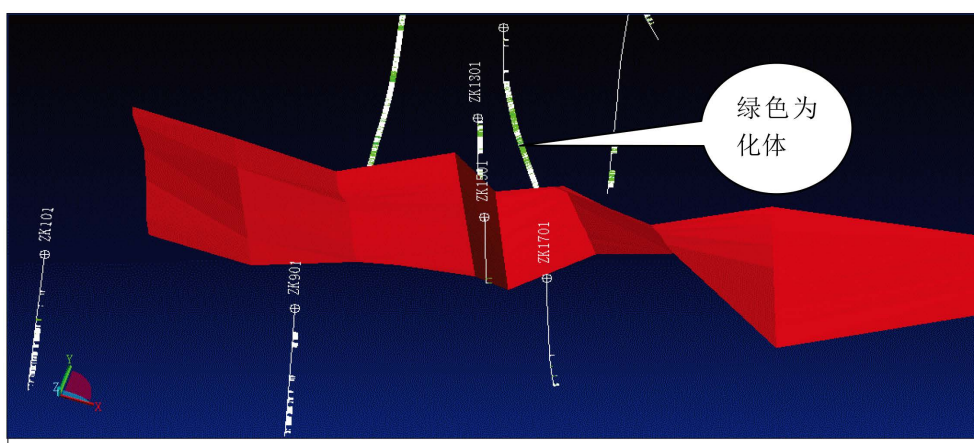


Figure 10. The ChiGou F2 fault and drilling
图 10. 池沟 F2 断层与钻孔见矿情况

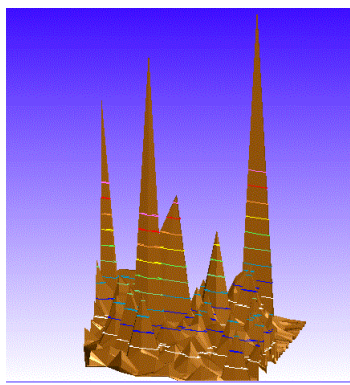


Figure 11. ChiGou Cu anomaly model
图 11. 池沟 Cu 异常模型

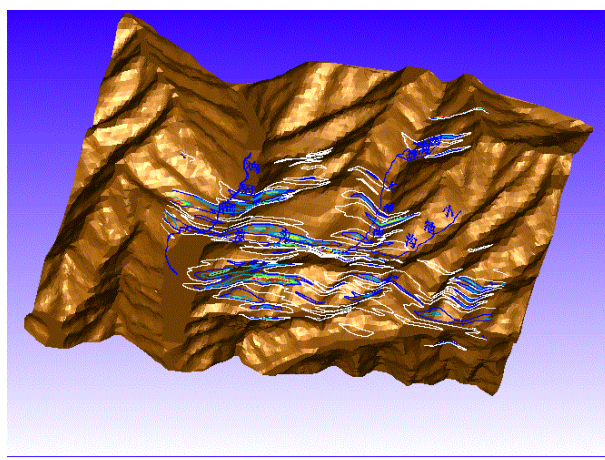


Figure 12. The relation between the abnormality of the Chi-gou and the relative position of the surface
图 12. 池沟异常与在地表的相对位置关系

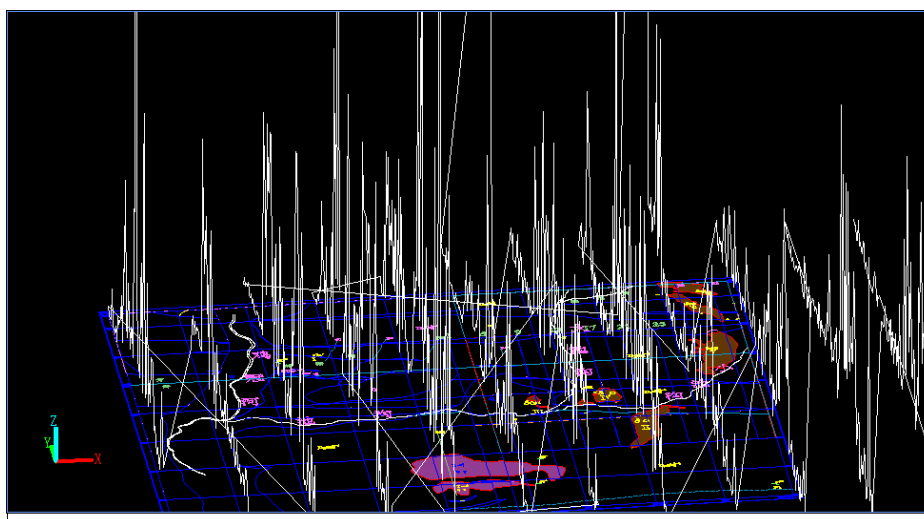


Figure 13. The relative position relationship between the Cu anomaly model and the plane geological map in ChiGou
图 13. 池沟 Cu 异常模型与平面地质图的相对位置关系

定的矿体范围生成矿体的实体模型。本次建模主要是利用剖面线法建立了池沟矿区矿体模型，也就是将各勘探线的剖面图导入到三维空间，相邻勘探线之间按照矿体对应连接三角网形成矿体的实体。

5.4.1. 勘探线剖面图的转换

将矿区已有的勘探线剖面图在 Mapgis 中打开，经过文件转换，保存成 dxf 格式，再将 dxf 格式的剖面图导入 Surpac 中，最后经过图层运算和数据处理及坐标转换，从 2D 平面转换到 3D 空间(图 14)。

5.4.2. 地质解译

利用已建立的空间数据库，根据各勘探线剖面图参考圈矿，无限外推按照相应资源量类别网度的 1/2 楔形外推，有限外推按见矿工程与不见矿工程间距的 1/2 楔形外推；采用 surpac 软件的加权平均对矿体边界进行精确圈定。

5.4.3. 岩体模型及矿体模型

根据空间剖面，结合地质数据库，将修改好的矿体线，采用多种连结方法将相邻矿体线进行连结，最后经过渲染实体，生成不同矿体及岩体模型[10]。根据多年工作的经验，初步认为池沟矿区属于斑岩性铜矿，成矿与岩体有密切关系，所以根据有限的地质资料利用剖面法连结了矿化体模型，模拟出了工作区岩体模型(图 15、图 16)。

受 F2 断层控制，II 号岩体在此 17 线附近与 V 号岩体没有连接，但 IV 号岩体和 V 号岩体目前从地表出露的产状初步认为深部相连，III 号岩体与 IV-1 号岩体主体不连接，但与原认为的 IV-1 和 IV-1 号岩枝相连(图 16、图 17)。

6. 预测验证

池沟模型的建立形象地体现了矿体外部特征和空间分布规律以及物、化探异常高值空间地对应关系。

1) 根据池沟所处的地质构造部位，综合分析岩体及矿体模型走向，结合矿区地质数据库特别是 ZK902、ZK1301、ZK1302 等钻孔的深部数据可以看出，矿化体均在岩体的接触带附近，且铜矿化呈细脉浸染状，表现为典型的斑岩型矿化特征。从已建好的实体模型在 13 线附近切剖面也可以看出在岩体的内外接触带上都有较好的铜矿化体形成，形成低品位厚大矿体(图 18)。

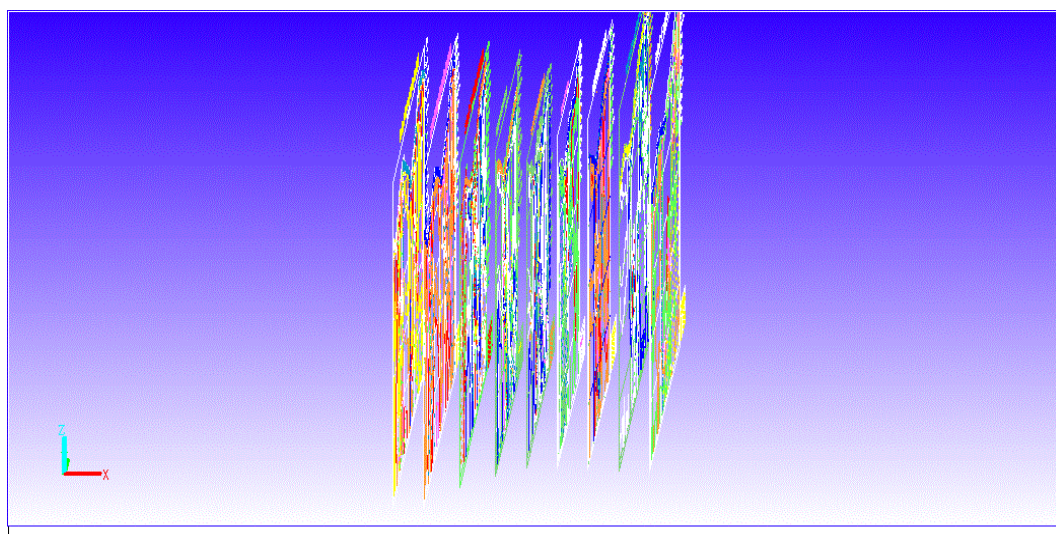


Figure 14. Spatial distribution map of exploration line section in ChiGou mining area
图 14. 池沟矿区勘探线剖面空间分布图

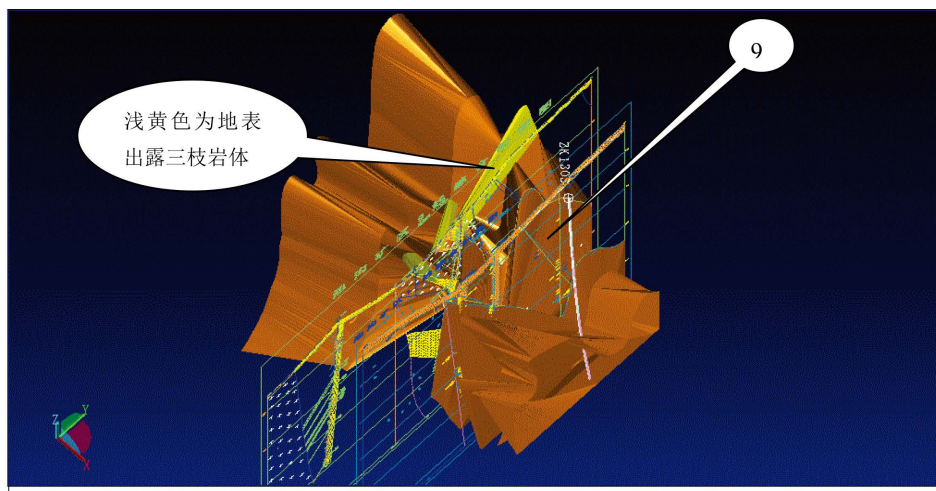


Figure 15. Position relation of No. III rock mass with ZK1303
图 15. III号岩体与 ZK1303 的位置关系

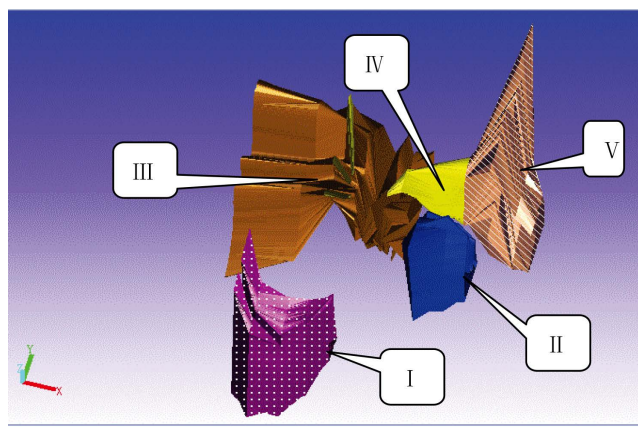


Figure 16. Rock mass model in ChiGou working area
图 16. 池沟工作区岩体模型

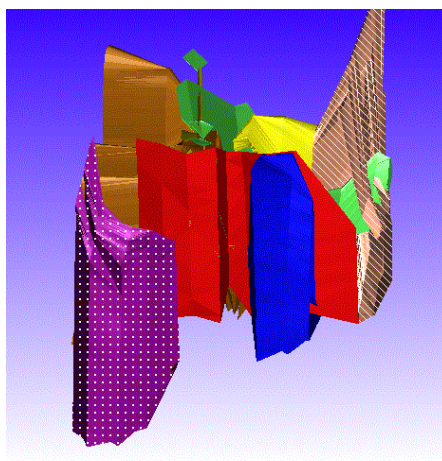


Figure 17. Relative position diagram of rock mass, ore body and fault
图 17. 岩体、矿体及断层的相对位置图

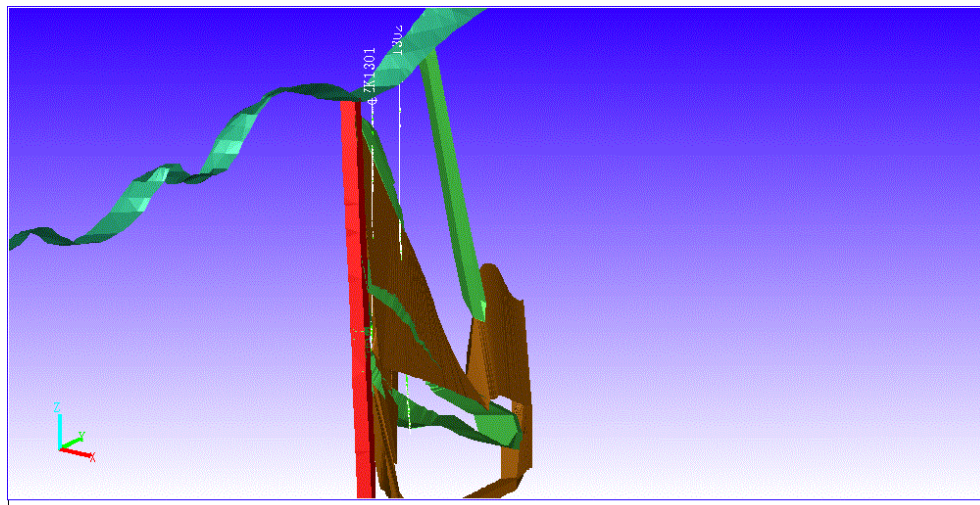


Figure 18. A solid model is used to cut the profile in the XY direction near the 13 line
图 18. 用实体模型在 XY 方向在 13 线附近切割所得

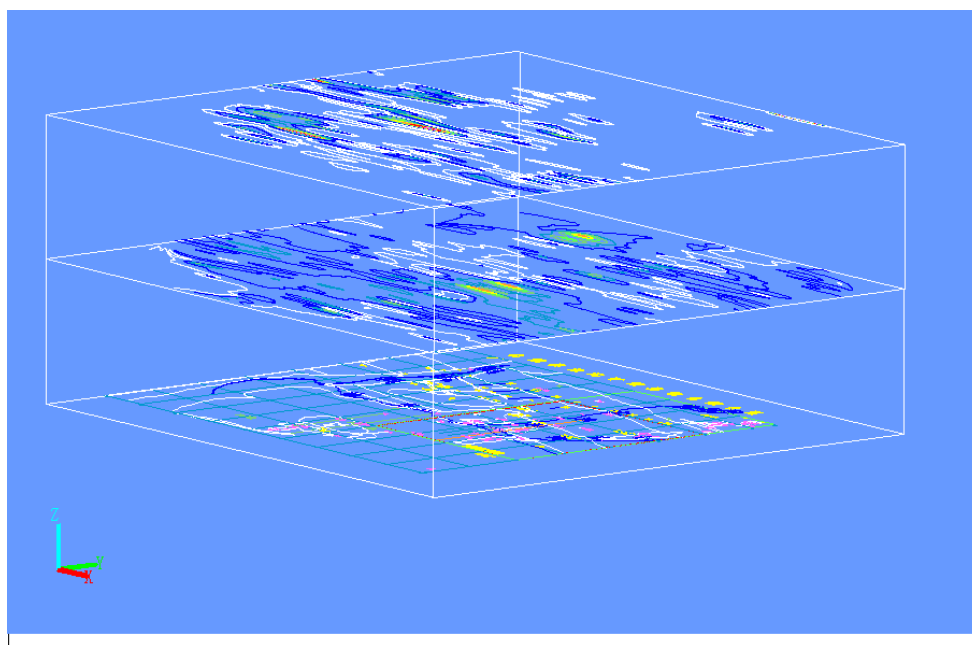


Figure 19. Spatial contrast of apparent polarizability and primary halo
图 19. 视极化率、原生晕异常空间对比图

2) 通过对池沟物、化探模型的分析，在池沟的中部有的较强的 Cu 异常高值，视极化率在大池沟和小池沟口具也有明显的高值，且处于北东向构造与 F_2 近东西向构造的交汇部位；物化探异常空间对应和构造空间对应关系如(图 19)。

3) 预测

根据目前的岩体模型、矿体模型、以及物化探模型的空间对应关系，综合信息集成与矿体定位分析，认为III号岩体为含矿岩体，9、13、17 所控制区的 1 号铜矿体，总体依岩体向东侧伏，其西侧化探异常发育，靠近 F_2 断层以出现岩体露头，黄铁矿化普遍，预测 2-9 线存在隐伏岩体，是进一步验证区域；13 线以东 II 号、IV 号 V 号岩体附近有较大的找矿潜力，未有工程控制，应进行深部探索。

参考文献 (References)

- [1] 丁建华, 肖克炎, 娄德波, 李楠. 大比例尺三维矿产预测[J]. 地质与勘探, 2009, 45(6): 729-734.
- [2] 樊忠平, 任涛, 王瑞廷, 陈小刚, 董彩盈. 基于 Surpac 软件的矿床模型构建及矿体资源量估算——以陕西山阳夏家店金钒矿床为例[J]. 地质与勘探, 2010, 46(5): 977-984.
- [3] 程天赦, 杨文静. Surpac Vision 软件在金属矿山中的应用研究[J]. 金属矿山, 2007, 375(9): 16-19.
- [4] 罗周全, 刘晓明. 基于 Surpac 的矿床三维模型构建[J]. 金属矿山, 2006(4): 33-36.
- [5] 吴信才, 刘修国. 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(3): 26-30, 154-158.
- [6] 蒋蕊, 武晓迪. 应用 Surpac 软件进行矿产资源评估的方法[J]. 西北金属矿产地质, 2006, 36(1): 58-60.
- [7] 曾钱帮, 刘大安, 张菊明. 地质工程复杂地质体三维建模与可视化研究[J]. 工程地质计算机应用, 2005(3): 29-33.
- [8] 周智勇, 陈建宏, 周科平. Surpac Vision 软件在矿床建模中的应用[J]. 矿业工程, 2004, 2(4): 56-58.
- [9] 黄艳丽, 秦德先, 李连伟. Surpac Vision 及其在数字矿山中的用应 [J]. 矿业快报, 2007, 23(5): 27-30.
- [10] 潘冬, 李向东. 基于 SURPAC 的矿山三维地质模型开发[J]. 采矿技术, 2006(3): 499-501.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-3967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: ag@hanspub.org