

广西昭平湾岛金矿地质特征及三维建模意义

袁 波¹, 郭 健¹, 刘海洪¹, 盛志华², 陆 彪², 蒙永励²

(1. 中国冶金地质总局 矿产资源研究院, 北京 100025;

2. 中国冶金地质总局中南局 南宁地质调查所, 南宁 530022)

摘 要: 采用 Micromine 公司的 Kan-Tan 3D 软件将广西湾岛金矿的探槽、钻孔和坑道数据等资料进行三维地质建模, 建立了地层、构造、岩浆岩和矿体的三维实体模型, 实现了湾岛金矿矿体的三维可视化模型, 充分展示出矿体与地层、构造和岩浆岩之间的空间关系。结合矿床地质特征, 推断出斑岩体可能为主要的赋矿围岩而不是成矿母岩, 该矿床可能是热液脉型矿床而不是斑岩型矿床; 另外, 通过对矿体各微元块进行品位插值, 呈现出 Au 元素随深度增高的现象, 推断出矿区深部可能具有较大找矿空间, 为今后的勘查工作提供了依据。

关键词: 三维建模; 斑岩型金矿; 热液脉型金矿; 湾岛金矿; 广西

中图分类号: P613; P618.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2010)04-0336-06

0 引言

湾岛金矿位于广西壮族自治区贺州市昭平县东南部, 是大瑶山成矿带中的重要金矿床^[1-3], 矿区处于华南加里东褶皱系大山弧形隆起构造带的中段。对于湾岛金矿床类型的研究, 前人有不同的认识。有研究者认为该矿床属于中低温热液构造蚀变岩型金矿床^[4], 与造山型金矿特征类似^[5-9], 但也有人认为该矿床可能属于斑岩型金矿床。

随着计算机技术的快速发展和具有强大功能的三维形态模拟软件的开发利用, 使得建立地质体的三维立体形态成为可能。目前, 它的研究和应用领域已经遍及很多方面, 如研究地层与岩浆岩空间展布形态、断裂与褶皱形态、矿体分布三维再现、地形的三维可视化模拟及矿床储量计算及动态管理等, 而且都取得了很好的研究效果^[10-14]。本文在前人研究工作和建立湾岛金矿数据库的基础上, 结合定量地学研究方法, 使用 Micromine 公司的 Kan-Tan 3D 软件将收集到的湾岛金矿区 34 个钻孔、17 个探槽和 8 个剖面的地质数据, 进行三维实体建模, 首次

作出了可从任一角度观察的湾岛金矿矿体三维可视化实体模型, 直观地展示了矿体、岩体空间上的形态、产状、分布及相互关系, 清楚地表现出矿体空间展布状态与成因之间的联系。不仅如此, 该矿体三维可视化实体模型还可以应用于今后对矿床金矿体的储量计算和隐伏矿体的预测, 从而为该区金矿资源的勘探、开发和经济评价提供科学依据。

1 矿区地质特征

广西大瑶山成矿带不仅是我国南部重要的铅锌成矿带^[15], 亦是令人瞩目的金矿成矿带。目前, 湾岛金矿共圈定了几十个金矿体^[16]; 湾岛金矿的金矿体主要集中产于斑岩体中, 斑岩体是矿床产出的重要控矿因素, 最新的钻孔资料证实该斑岩岩体向 W 倾伏, 且规模逐渐变大, 推测湾岛金矿储量仍具增储潜力。

1.1 地层

区内出露地层为中上寒武统黄洞口组二段和三段(图 1), 该组地层是赋矿斑岩体主要围岩, 岩性为浅变质粉砂-细砂岩, 局部为泥质粉砂-细砂岩, 薄

收稿日期: 2010-10-19 改回日期: 2010-10-21

基金项目: 中国冶金地质总局项目(编号 FX200910)资助。

作者简介: 袁波(1983-), 男, 宁夏中卫人, 工程师, 硕士, 主要从事矿产勘查与研究工作。通信地址: 北京市朝阳区姚家园路 105 号二座 309 室; 邮政编码: 100025; E-mail: jlnimrod@126.com

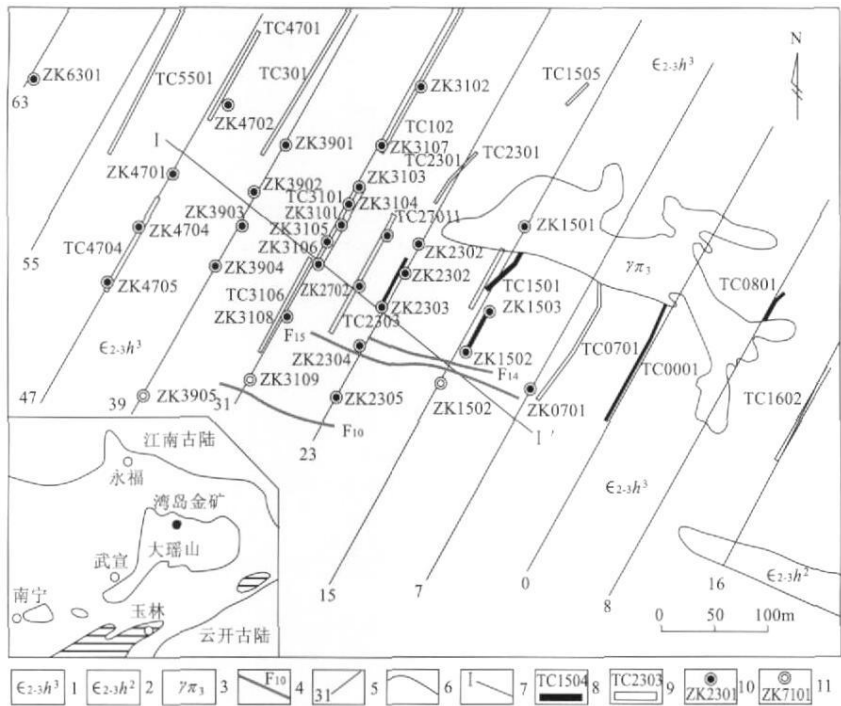


图 1 广西湾岛金矿地质简图
(据中国冶金地质总局中南局南宁地质调查所(2008) 修编)

Fig. 1 Geological sketch map of the Wandao Gold Deposit in Guangxi Province

1. 寒武系黄洞组三段 2. 寒武系黄洞组二段 3. 加里东期花岗斑岩
4. 含金石英脉及编号 5. 勘探线及编号 6. 地质界线 7. 地质剖面及编号
8. 见矿探槽及编号 9. 未见矿探槽及编号 10. 见矿钻孔及编号 11. 未见矿钻孔及编号

— 中厚层。地层经历了浅变质作用, 主要岩石类型有变余泥质粉砂岩、粉砂岩、细砂岩、泥岩, 以及绢云母、绿泥石片岩、板岩等。第四系砂质粘土及细砾砂土层覆于寒武系之上。

斑岩体的围岩主要为细砂岩、粉砂岩, 新鲜面为灰色, 风化面呈现出土黄褐色。细砂岩为细碎屑结构, 层理构造; 粉砂碎屑以石英为主, 多呈不规则他形粒状, 粒径为 0.05~ 0.25 mm; 胶结物以泥质为主, 受到后期热液作用影响, 多发生绢云母化(图 3a)。

1.2 构造

大瑶山弧形构造挤压带是矿床所在区域的主体构造, 其规模巨大, 近 EW 向展布, 呈向 N 突出的弧形。挤压带分为一系列次级弧形褶皱和断裂, 等距平行分布, 控制着桂东大瑶山金矿成矿带的整体走向。大瑶山构造带被一系列近 SN 向的断裂切割成一系列次级拗陷, 并构成许多矿化集中区段, 自西向东有陈塘、桃花、隆盛、古袍(湾岛)等矿化集中区段, 亦呈近 EW 向等距分布。

另外, 控矿岩体发育一系列解理裂隙, 规模多较小, 控制着金矿体的产出。

1.3 岩浆岩

矿区内岩浆岩零星出露, 主要为大王冲小岩体(图 1), 岩体为花岗闪长(斑)岩, 系浅成—超浅成岩体。从岩石的岩石化学成分和微量元素特征来看, 该岩体属于地壳交代重熔(S 型)花岗岩^[16]。已知矿体主要产于大王冲小岩体的构造破碎带和岩体接触带中(图 2)。花岗闪长斑岩呈灰白、灰绿、深灰绿色, 具斑状结构、似斑状结构或变余斑状结构(图 4); 基质为他形粒状结构、交代假象结构、交代残余结构, 斑晶为石英、更长石、钾长石、黑云母, 大小为 0.5~ 4.5mm, 含量 10%~ 15%; 石英斑晶为半合形—他形粒状, 被溶蚀, 常见波状消光; 长石斑晶被交代成绢云母, 自形程度低, 常呈其假象; 黑云母斑晶

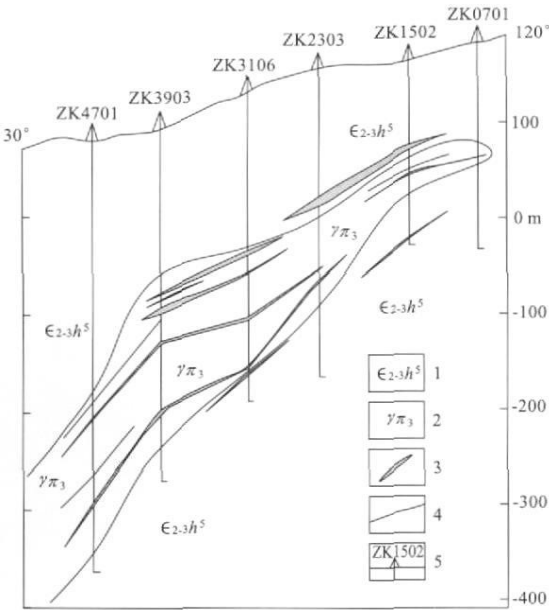


图 2 湾岛金矿区 I - I' 纵剖面图
(中国冶金地质总局中南局南宁地质调查所(2008) 修编)

Fig. 2 Geological section I - I' in the Wandao gold deposit

1. 中上寒武统黄洞组五段 2. 加里东期花岗斑岩
3. 金矿体 4. 岩层界线 5. 钻孔及编号

半自形片状, 常见假六方形晶体, 含量一般 $< 5\%$ 。基质成分与斑晶成分基本一致, 主要为酸性长石、石英、黑云母等; 副矿物主要有磷灰石、榍石、锆石、金红石, 极少量的黄铜矿、辉锑矿、辉钼矿、闪锌矿等。花岗斑岩体硅化、绢云母化强烈。矿化以 Au 为主, 品位为 $0.01 \times 10^{-6} \sim 1.6 \times 10^{-6}$, 呈现出 Au 的明显富集; 也见到 Cu, Mo, Sb 的矿化, 但是均不够品位。从斑岩体矿化特点来看, 其蚀变特点与矿化特征均呈现出斑岩型金矿的特点, 但应进一步加强地球化

学研究, 来确定呈“细脉”产出的矿体与花岗斑岩体的成因关系, 才可确定该矿床的成因类型。

2 矿床地质特征

总体上本区金矿体主要产于构造破碎带和岩体边缘的接触带中, 矿体产状形态多与破碎带产状一致, 多呈脉状产出(图 2), 主要金矿体的的特征见表 1。

表 1 湾岛金矿主要金矿体特征一览表^[16]
Table1 Geological characters of main ore bodies

矿脉编号	形态	规模/m			产状 ^o		矿化特征
		长	宽	厚	倾向	倾角	
1	脉状、透镜状	450	250	0.67~ 4.13	210~ 230	30~ 45	产于花岗斑岩体顶部破碎带中, 矿石为石英脉、硅化蚀变岩
2	脉状、透镜状	240	250	0.86~ 6.22	190~ 230	30~ 45	产于花岗斑岩体中上部破碎带中, 矿石为硅化蚀变岩
3	脉状、透镜状	480	300	0.56~ 7.68	170~ 230	30~ 45	产于花岗斑岩体中上部破碎带中, 矿石为石英脉、硅化蚀变岩
4	脉状、透镜状, 见分支复合	480	300	0.73~ 9.60	220~ 240	30~ 45	产于花岗斑岩体下部内接触带, 矿石以石英脉为主
5	脉状、透镜状, 见分支复合	120	120	0.47~ 5.65	210~ 230	35~ 60	产于花岗斑岩体上部外接触带, 矿石以石英脉为主
6	脉状、透镜状	480	380	0.77~ 2.36	210~ 230	35~ 60	产于花岗斑岩体下盘浅变质砂岩破碎带中, 矿石以石英脉为主
7	脉状、透镜状, 见分支复合	480	200	0.40~ 2.06	210~ 230	35~ 60	产于花岗斑岩体东部浅变质砂岩破碎带中, 矿石以石英脉为主

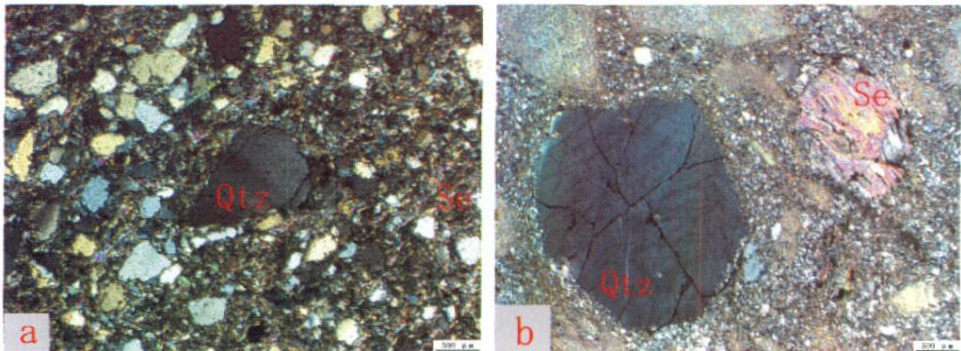


图 3 蚀变岩显微照片

Fig. 3 Microscopic photo of alteration rock

a. 蚀变泥质粉砂岩(胶结物多发生绢云母化) b. 蚀变花岗斑岩(残留石英斑晶及斜长石假象)

区内热液蚀变比较发育, 主要有绢云母化、绿泥石化、硅化和碳酸盐化。与成矿关系密切的蚀变为硅化。

金矿体主要产于构造破碎带和岩体接触带中, 矿石类型有石英脉型和硅化蚀变岩型两种。石英脉型金矿石产于寒武系浅变质岩中, 矿体严格受断裂构造的控制; 硅化蚀变岩型金矿石产于花岗斑岩体内、岩体与围岩的接触带中。

含金石英脉型矿金矿石为隐晶质结构, 而破碎蚀变岩型金矿石为变余结构、砂质结构及碎裂结构; 矿石构造主要有浸染状构造、网格状细脉构造、块状构造和碎裂构造。

矿石的金属矿物主要为黄铁矿、毒砂, 还有黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、自然金等; 脉石矿物主要有石英、绢云母, 另外还有绿泥石和碳酸盐。金主要赋存于黄铁矿等硫化物中。

3 湾岛金矿三维实体建模

3.1 三维实体模型的制作

(1) 对湾岛金矿地质资料和生产资料进行收集与整理, 对地质、构造、钻孔数据建立矢量化数据库, 包括收集矿区所有的地质剖面图、平面图, 探槽、钻

孔和坑道的编录资料。将钻孔孔口的坐标位置、高程、测斜数据以及样品分析结果分别录入独立的 Excel 表格, 利用软件连接功能将数据导入、建库。

(2) 利用澳大利亚 Micromine 公司开发的 Micromine Kantan 3D 软件建立研究区三维地质模型, 根据收集到的地质剖面图、地质图和探槽、钻孔和坑道编录及样品分析数据确定剖面地质界线, 构建研究区地层、构造、岩浆岩和矿体的三维实体模型(图 4, 图 5)。

3.2 讨论

湾岛金矿床空间上受到地层、构造、岩浆岩的联合控制, 查清矿床的控矿因素是研究工作的首要任务。建立矿床产出地层、构造、岩浆岩和矿体的三维实体模型, 能清楚直观地展示出它们之间的空间位置关系, 对于研究矿床的成因具有重要指导作用; 另外, 通过测量、统计矿体与斑岩体的产状, 结合矿体特征及成矿指示元素的富集规律和变化趋势, 能更好地预测深部矿体, 为进一步找矿勘探提供大量信息。

(1) 地层。矿床产于中上寒武统黄洞口组二段和三段地层中, 岩性主要是一些浅变质的砂岩、粉砂岩, 硅化、绢云母化较强烈。图 2 和图 5 清晰地展示出地层与斑岩体、矿体之间“包含”关系, 其空间关系十分紧密。

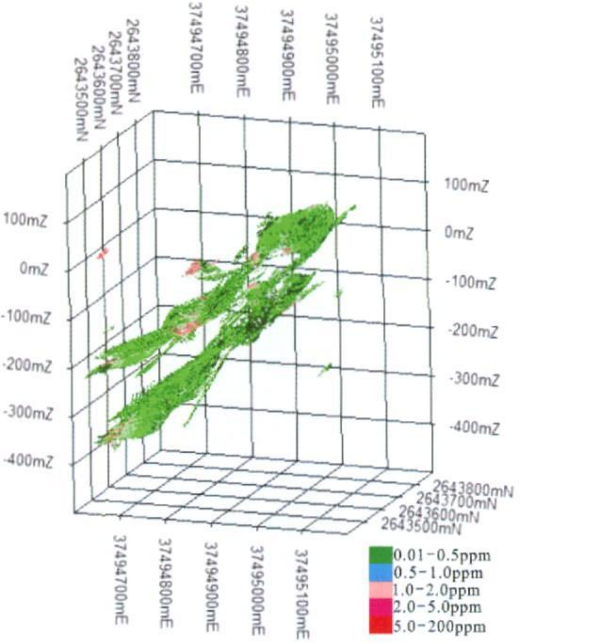


图 4 矿体微元品位变化示意图

Fig. 4 Sketch map of the grade variation of the micro- units in the ore bodies

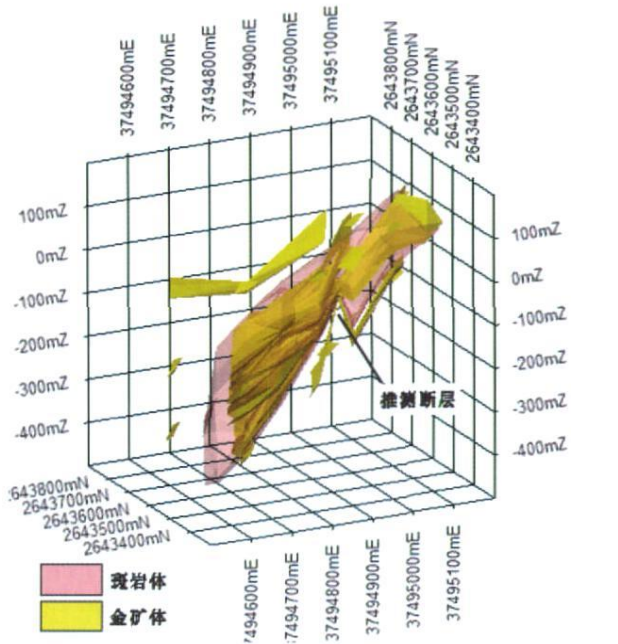


图 5 矿体和斑岩体分布关系图

Fig. 5 Three-dimensional map of the spatial relationship of the porphyry and ore bodies

(2) 构造。矿区内构造、特别是斑岩体内部小型的构造破碎带对矿床的产出起到了举足轻重的作用。斑岩体“切层”(图 2)产出及斑岩体顶部出现“垮塌”(图 5)暗示出成矿早期及成矿后期具有构造活动发生。成矿早期断裂为斑岩体和矿体提供了就位空间;后期断裂构造破坏了矿体,使矿体连续性变差。斑岩体内部小型断裂的破碎带控制了矿床大部分矿体的产出,从图 1 及表 1 脉状矿体特征看出,该组断裂产状近似,规模相近,推测为同一期产出的具有近似等距分布的断裂构造。对于该组小型断裂的成因、分布规律的总结,对于矿床成因研究及深部预测具有意义。

(3) 岩浆岩。图 5 清楚地展现了矿体和区内斑岩体之间紧密的空间联系。矿体与赋矿围岩的空间关系及矿体的空间形态对于确定矿床成因类型及进行矿床预测具有指导作用。从图 2 和图 5 中可以清晰看出矿体呈脉状产出,但空间上看与斑岩体相互依存,关系十分密切,矿体基本受到斑岩体的控制。从钻孔岩心取样来看,矿体主要为后期穿插的“烟灰色”石英脉及硅化蚀变岩。斑岩体具有一定程度的金矿化,石英脉与斑岩体是否同一时期生成对于确

定矿床的成因类型极为重要,所以应该加强成矿年代学的研究。

(4) 矿体品位变化特征。矿化元素富集趋势对于预测未知矿体非常重要。本文将矿区内所有基本分析样品实现了空间展示,并将矿体分为若干立方体块(矿体微元),并根据公式:

$$Z(x)=\frac{\sum_{i=1}^n\left[\frac{1}{D_i^w}Z(x_i)\right]}{\sum_{i=1}^n\frac{1}{D_i^w}}$$

式中, $Z(x)$ 为待估微元品位值; $Z(x_i)$ 为已知样品品位值; D_i 为已知样品到矿体待估微元的距离, w 为幂次大小(根据统计,金矿一般采用数值 3 较为适宜), n 为已知样品的数量。

由上述公式对未知矿体微元进行插值,插值结果见表 2。利用 Micromine 软件的三维显示功能,根据不同品位赋以不同的颜色,使矿体微元实现空间三维显示。从图 4 明显地看出,随着深度的加大,矿体的金品位逐渐变富,暗示出深部仍具有较大的找矿潜力,应加大勘探深度,争取新的找矿突破。

表 2 矿体部分立方体微元属性一览表
Table2 Properties of the micro-units of ore bodies

East	_East	North	_North	RL	_RL	Au
37494627	2	2643747	2	- 261	2	0. 5643
37494627	2	2643751	2	- 263	2	0. 4675
37494627	2	2643763	2	- 415	2	0. 9489
37494629	2	2643739	2	- 255	2	0. 9907
37494629	2	2643743	2	- 257	2	0. 9069
37494629	2	2643747	2	- 259	2	0. 6807
37494629	2	2643757	2	- 411	2	1. 0293
37494629	2	2643755	2	- 261	2	0. 5427
37494631	2	2643765	2	- 409	2	1. 1093
37494635	2	2643739	2	- 247	2	1. 2701

4 结论

本文在综合野外考察的基础上,首次将 Micromine 软件应用到湾岛金矿矿体三维立体建模上,实现了广西湾岛金矿金矿体与赋矿斑岩体、金矿品位分级形态的空间展示,从而得出以下结论:

(1) 与其他三维可视化软件相比,使用 Micromine 软件建立矿体的三维立体形态更为简便、容易操作,而且所建立的三维模型也具有其他同类软件

的共同特性,如,便于指导矿山动态管理、便于设计和生产等。

(2) 本文做出了矿体微元品位分级形态,有利于人们更好地了解矿体及矿体品位的空间展布形态和分布规律,为解决矿体的大小随客观因素变化(主要是指一些经济指标的变化,如边界品位、最低工业品位等)提出了一种新的研究思路。

(3) 再次丰富了分段富集规律,将其应用范围从平面扩展到了空间,根据矿体微元品位变化趋势更好地预测隐伏矿体。

(4) 金矿化与斑岩体空间关系密切, 大都产出在斑岩岩体内, 且斑岩体同样具有金矿化, 显示出斑岩型金矿的诸多特点。但是金矿体主要呈脉状产出, 明显受到后期石英脉控制, 又显示受构造控制的石英脉型金矿特点。因此, 加强斑岩体和金矿床地球化学、成矿年代学方面的研究, 将有助金矿的成矿类型划分、建立湾岛金矿和大瑶山成矿带的成矿-找矿模式。

参考文献:

- [1] 张启连. 大瑶山地区金矿围岩退色蚀变及找矿意义[J]. 广西地质, 2002, 15(3): 33-36.
- [2] 伍磊, 李建. 大瑶山地区斑岩型金矿地质特征及找矿意义[J]. 南方国土资源, 2004, 11: 67-69.
- [3] 盛志华. 大瑶山成矿带金矿成矿规律[J]. 地质找矿论丛, 2005, 20(增刊): 64-63.
- [4] 邱占春. 广西昭平县湾岛金矿地质特征及找矿方向[J]. 地质找矿论丛, 2005, 20(增刊): 64-65.
- [5] Groves D I, Goldfarb R J, Gebre-Mariam M, *et al.* Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types[J]. *Ore Geology Reviews*, 1998, 13(1-5): 7-27.
- [6] David I Groves, Richard J Goldfarb, Carl M Knox-Robinson, *et al.* Late kinematic timing of orogenic gold deposits and sig-

nificance for computer-based exploration techniques with emphasis on the Yilgarn Block, Western Australia[J]. *Ore Geology Reviews*, 2000, 17(1-2): 1-38.

- [7] Robert Kerrich, Richard Goldfarb, David Groves, *et al.* The characteristics, origins and geodynamic settings of supergiant gold metallogenic provinces[J]. *Sci. China (Ser. D)*, 2000, 43(supp.): 1-68.
- [8] 关键. 吉林东南部贵金属及有色金属成矿规律研究[D]. 长春: 吉林大学地球科学学院, 2005.
- [9] 赵俊伟. 青海东昆仑造山带造山型金矿床成矿系列研究[D]. 长春: 吉林大学地球科学学院, 2008.
- [10] 陈爱兵, 秦德先, 张学书, 等. 基于 MICROMINE 矿床三维立体模型的应用[J]. 地质与勘探, 2004, 40(5): 77-80.
- [11] 张锋, 梁一鸿, 陈国华, 等. 基于 3D MAX 的矿体三维立体形态研究[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2007, 37(1): 48-53.
- [12] 田毓龙, 把多恒, 高志武, 等. 金川镍铜矿床数学模型对深部矿化变化趋势的指示[J]. 地质与勘探, 2008, 44(1): 82-88.
- [13] 陈建平, 唐菊兴, 丛源, 等. 藏东玉龙斑岩铜矿地质特征及成矿模型[J]. 地质学报, 2009, 83(12): 1887-1900.
- [14] 张路锁, 张钊, 王燕, 等. 河北承德煤岭沟煤矿矿体三维模型的建立及其意义[J]. 地质通报, 2009, 28(1): 146-149.
- [15] 张科, 胡明安, 曹新志. 广西大瑶山及其西侧铅锌成矿区地质特征及找矿方向[J]. 地质找矿论丛, 2005, 20(1): 24-25.
- [16] 盛志华, 陆彪, 蒙永励, 等. 广西昭平县古袍矿区大王顶矿段金矿详查报告[R]. 南宁: 中国冶金地质总局中南局南宁地质调查所, 2008.

SIGNIFICANCE OF 3D SOLID MODEL AND GEOLOGICAL CHARACTERS OF WANDAO GOLD DEPOSIT, GUANGXI

YUAN Bo¹, GUO Jian¹, LIU Hai-hong¹, SHENG Zhi-hua², LU Biao², MENG Yong-li²

(1. Institute of Mineral Resources Research, China Metallurgical Geology Bureau, Beijing 100025, China; 2. Nanning Geological Survey of Centralsouth Bureau of China Metallurgical Geology Bureau, Nanning 530022, China)

Abstract: Wandao gold deposit is known as one of the important gold deposits in Dayaoshan metallogenic belt. This paper established the 3D Solid model for Wandao gold deposit using the data of trench, drilling, tunnel and the result of the analysis. This model clearly shows the spatial relationships of the stratum, structure and magmatic rocks, which indicate that the porphyry should probably be the host rocks, not the parent rocks, and also show this gold deposit should be hydrothermal vein-typed deposit, not the porphyry type deposit. In addition, this model also shows Au becomes richer with the increasing depth of the ore bodies. These conclusions provide the scientific basis for the further exploitation and economic evaluation.

Key Words: 3D solid model; porphyry deposit; hydrothermal vein-typed deposit; Wandao gold deposit; Guangxi