文章编号: 1004— 5589 (2008) 02— 0183— 05

黑龙江团结沟金矿成矿地质条件分析及电法勘查评价

吴国学[1], 尹学义[2], 李凤友[3], 赵春波[3], 许国辉[3], 李景利[3], 汪振涌[3]

1. 吉林大学 地球科学学院, 长春 130061; 2. 河北省地勘局 秦皇岛矿产水文工程地质大队, 河北 秦皇岛 066001;
3. 黑龙江乌拉嘎金矿, 黑龙江 伊春 153221

摘要: 成矿地质条件研究对于隐伏矿体预测及电法勘查评价具有重要作用。通过对团结沟金矿的研究认为其成矿地质条件是老基底变质杂岩、斜长花岗斑岩、构造破碎带及裂隙带, 其中构造破碎带是最主要成矿地质条件。构造破碎带为该区电法勘查提供前提。地质及电法勘查结果表明: 金矿石是本区主要极化体; 在团结沟及张才沟地区均获得低阻高极化异常体和高阻高极化异常体 ($\eta s \geq 4.5\%$); 高阻高极化异常体可能找到含金石英脉, 而低阻高极化异常体可能找到含矿破碎带。该区的验证孔中发现了矿体, 证明了在团结沟电法找金效果明显。

关键词: 成矿地质条件; 电法勘查; 极化体; 团结沟金矿

中图分类号: P618.51; P631.3 **文献标识码**: A

Analysis on geological conditions of ore forming in Tuanjiegou gold deposit of Heilongjiang and electric prospecting evaluation

WU Guo-xue[1], YIN Xue-yi[2], LI Feng-you[2], ZHAO Chun-bo[2],
XU Guo-hui[2], LI Jing-li[2], WANG Zhen-yong[2]

1. *College of Earth Sciences, Jilin university, Changchun 130061, China;*
2. *Qinhuangdao Mineral Resources, Hydrogeological and Engineering Geological Party, Hebei Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Qinhuangdao 066001, Hebei, China;*
3. *Heilongjiang Wulaga Gold Deposit, Yichun 153221, Heilongjiang, China*

Abstract: It is important to research geological mineralization factors for blind ore bodies forecasting and electric prospecting evaluation. In the research on the Tuanjiegou gold deposit, the authors have found that the main factors of mineralization are metamorphic rocks of basement, plagioclase granitic porphyry, structural belt and cranny belt. Among these factors the structural belt is the most important. It supplies the precondition for electric prospecting in the studied area. The results indicate that the gold ores are the main polarization body in this area. The abnormity has been gained with low resistance and high polarization in Tuanjiegou and Zhangcaigou target areas ($\eta s \geq 4.5\%$). The gold bearing quartz veins can be found in the abnormity body with high resistance and high polarization, while gold bearing structural belt can be found in the abnormity body with low resistance and high polarization. In the validate bore the gold mineralization body was found, indicating the obvious effecting of electric prospecting for gold finding in Tuanjiegou.

Key words: geological condition of ore forming; electric prospecting; polarization body; Tuanjiegou gold deposit

收稿日期: 2007-04-09; **改回日期**: 2008-01-08

基金项目: 吉林大学 "985工程" 二期科技创新平台项目及中国黄金集团公司项目 (2000 - 1和 2003 - 1)

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

随着找矿由地表矿、浅部矿、易识别矿向隐伏矿、深部矿、难识别矿的逐步转变，隐伏矿体定位预测已成为当前这一领域的前沿与热点。其预测的准确性及可靠性成为衡量和反映人们对隐伏矿认识能力和预测水平的重要标志[1-3]。乌拉嘎金矿矿区覆盖严重，为寻找隐伏矿体增加了难度。为此，必须选择有效的预测方法，提高预测工作的成效。笔者在黑龙江东部覆盖区进行了中小比例尺的金矿成矿预测，优选出了乌拉嘎金矿外围为最佳靶区之后，又进行了以寻找隐伏金矿体为目的的矿体定位预测。实践表明矿区成矿地质条件分析是矿体定位预测的基础，电法勘查是寻找隐伏金矿体行之有效的方法。

1 团结沟金矿区成矿地质条件的分析

矿区内广泛出露的一套含金变质岩系—变质变形老基底的岩石是矿区的主要成矿地质条件之一(图 1)。这套岩石主要是由中基性火山喷发-沉积建造的岩石经区域变质变形作用而形成的结晶糜棱片岩。从野外观察和室内分析结果可以清晰地看到这套地层是矿区内斜长花岗斑岩的围岩，也是团结沟金矿部分矿体的围岩，同时还是部分成矿物质的提供者。岩层挠曲作用极强，沿片理或截穿片理裂隙内充填有石英脉、黄铁矿脉及碳酸盐脉。在各种糜棱片岩之间，由于岩性的不均匀，构造裂隙的发育，同时 24个糜棱片岩样品的含金性测试结果显示远离矿体的 10个样品金含量平均为 19.5 $\times 10^{-9}$，较地壳金克拉克值高一个数量级。在 14个蚀变糜棱片岩样品中，金含量除 4个达工业要求外，其余 10个样品的平均品位为 0.972 $\times 10^{-6}$。表明结晶糜棱片岩是部分矿质的提供者。

控矿的另一地质条件是含矿斜长花岗斑岩体，在矿区呈半环形蘑菇状侵位于结晶糜棱片岩及下白垩统火山碎屑岩中，被下白垩统陶淇河组碎屑岩层不整合覆盖，时代属晚燕山期 (图 1)。该岩体为浅成-超浅成的次火山岩体。岩体的含金性是判别含金岩体的重要指标，斜长花岗斑岩的系统分析结果表明，岩体中近矿部位和远离矿体部位具有明显的差异。远离矿体的 58个样品金平均含量为 15.2 $\times 10^{-9}$，基本上可以代表含矿斜长花岗斑岩的原岩含金性，它比中酸性侵入岩体的金克拉克值高一个数量级。而赋存矿体的岩体超覆端的 51个样品中有 12个样品达工业品位。另外，在近矿部位金的指示元素含量增加。同时，矿区斑岩 (围岩) 与金矿石的铅同位素组成特别相似，显示了团结沟岩体对金的成矿不仅提供了热液，也提供了成矿物质。

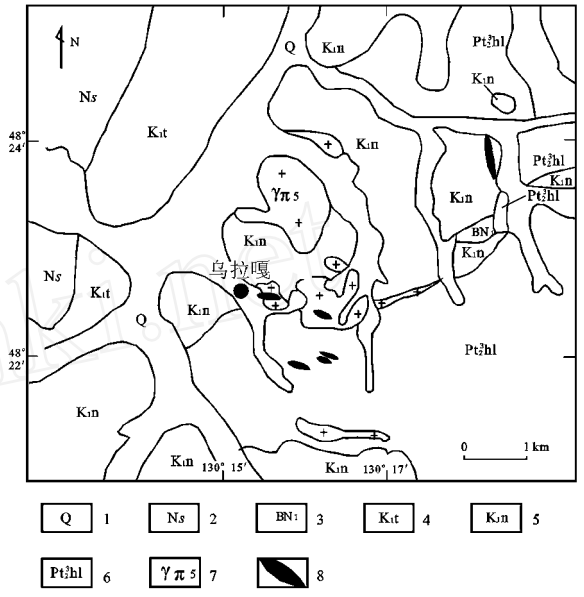


图 1 团结沟金矿床地理位置与地质略图

Fig. 1 Sketch of location and regional geology in Tuanjiegou gold deposit

控矿的最主要地质条件为构造破碎带和裂隙带。在矿区则表现为岩体南部与结晶片岩的 NWW (290°～300°) 向的接触带，它是本矿区的主要导矿及储矿构造。属于岩体超覆带下部接触带及其内部接触带的构造裂隙系统 (图 1)。其特征主要表现为与接触带近乎平行，是岩体在冷凝过程中形成的板状节理系统在局部地段再次受构造应力作用形成的裂隙带和破碎带。从而形成 NWW 向构造角砾岩带和裂隙带，成为容矿场所，明显控制矿体的分布。矿化作用随角砾岩化的发育而增强。此外，构造角砾岩带内还发育一条倾角较陡的 NNW 向 (约 300°) 的小裂隙带。两组裂隙带的叠加发育区是本矿区主要工业矿体的产出位置。

矿区围岩蚀变较强，主要发育有硅化、黄铁矿化、碳酸盐化等蚀变，且与矿化关系密切。蚀变与

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

矿化同时形成, 叠加在成矿前的热液蚀变之上。由于成矿作用的多阶段性, 使多期矿化与蚀变作用叠加在一起, 成为找矿的直接标志。

在矿区内已知 95条矿体中 83条赋存在斜长花岗斑岩角砾岩中, 12条小矿体产于片岩层间破碎蚀变带中。矿化富集与含金玉髓状石英细脉或网脉状黄铁-白铁矿脉和碳酸盐脉的发育程度密切相关。含金热液脉体的发育形态受构造破碎带和裂隙带控制。含金热液脉体的多期次叠加, 往往构成了矿化的进一步富集。因此, 矿体呈脉状、复脉状和扁豆状等形态。矿体产状严格受构造破碎带和裂隙带控制。矿石矿物组合简单, 主要金属矿物有自然金、少量的自然银和黄铁矿、白铁矿和黄铜矿等金属硫化物。脉石矿物主要是玉髓状石英、显晶石英、硅质胶体、方解石和铁白云石等。

2　矿区内电法勘查评价

电法找金的前提是: ①多数金矿的金与硫化物伴生, 硫化物以黄铁矿为主, 含少量毒砂、磁黄铁矿和黄铜矿等。这种伴生关系使金矿石的极化率增大, 而金的含量通常与硫化物含量成正比。②金矿与断裂带、蚀变带、石英脉及其他岩脉相关, 而这些脉体与围岩在电性上有一定的差别, 因此可用电法间接找金。由于实际地质情况的复杂性, 如破碎石英脉不一定显示高阻, 在采用电法找金时一定要与研究区的地质特征相结合。团结沟金矿矿脉与破碎带关系密切, 且矿脉中硫化物含量与金含量有一定的联系, 这成为在本区利用电法找金的前提[4-6]。

研究显示, 矿区金矿石的 η_s值最高达 15%, 且与黄铁矿化发育程度有关, 是本区的主要极化体。矿区内主要岩石的 η_s值差别较大, 凝灰岩类的 η_s值特低且很稳定, 一般约 1%; 斜长花岗斑岩稍高, 达 3%; 片岩较高, 在 5%以上, 且具有各向异性的特点。这说明研究本区极化异常时需根据地质环境的不同分别对待。矿区内高极化率地质体均与黄铁矿化和石墨化程度有关。各种岩石的电阻率都很低, 电阻率法单独应用效果不理想。在含黄铁矿角砾的破碎带中金矿体上激发极化可取得较好的地质效果, 但在片岩中情况较为复杂, 出现高阻高极化异常和低阻高极化异常。通过参数测定和化验结果表明, 片岩中高 η_s地段金品位并不高, 而含金量较高的硅化蚀变片岩中的 η_s值也不高, 但 ρ_s值偏高。因此, 在解释推断电法异常时应注意 η_s、ρ_s和化探资料的综合分析。在一号矿体上显示出了高阻高极化 ($\eta_s \geq 4.5\%$) 的特征。

研究区内电法测量是在地质、地球化学及地面高精度磁测工作之后, 选择成矿信息好的地段上进行的。从工作成果上来看, 获得的异常比较明显, η_s、ρ_s异常的分布受地质特征及构造的控制。结合地质情况对于片岩中 η_s的异常下限确定为 4.5%, 而英安岩的 η_s异常下限确定为 2%, 凝灰岩等的 η_s均很低, 无异常。

在工作区的东部及东南部电法异常较好。以团结沟东延区及张才沟区为例来讨论本区电法找金的地质效果。

(1) 团结沟东延区 (矿床东延部分)

测区内主要岩性是结晶糜棱片岩, 仅在西北部有斜长花岗斑岩出露, 且其 η_s值普遍较高。以 $\eta_s \geq 4.0\%$圈定的异常呈 EW和 NW方向展布, 同样反映了受构造控制的特点。测区发育有一条近 SN向的片岩压碎带, 次生晕 AS、Sb异常明显, Au、Ag、Hg异常也较发育。说明测区成矿条件较好。在片岩压碎带对应的低阻高极化异常 (a异常) 可能有含矿破碎带存在。另外, 在片岩中还发育有高阻高极化异常两处 (b、c), 可望发现含金石英脉体 (图 2)。

(2) 张才沟区

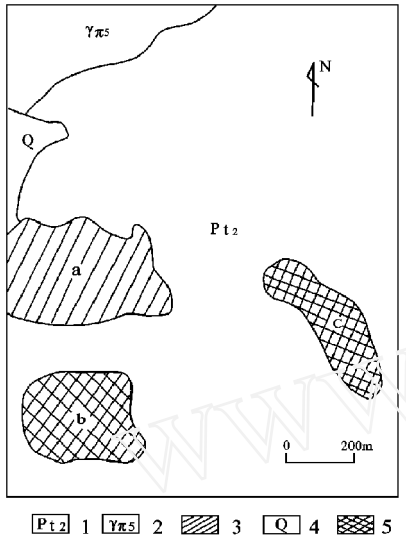
本区 η_s值明显分为两部分, 即低值区对应于英安岩, 且 ρ_s相应也低 ($< 200\ \Omega \cdot m$)。另一部分为高值区, 面积占测区 2/3, 对应于糜棱片岩, ρ_s相应也较高。

η_s低值区内 $\eta_s \geq 2.0$的等值线范围 (g异常区), ρ_s相对也较低, 即低阻高极化异常区, 可望发现含矿破碎带, 已有三个钻孔见矿。

η_s高值区内, 只有 $\eta_s \geq 4.5$的等值线范围才应予以重视。据此可分为两个异常区, 即低阻高极化区 (h异常区) 其 ρ_s值相对较低 ($< 200 \sim 300\ \Omega \cdot m$) 和高阻高极化异常区 (i异常区)。两个异常总体上呈东西向展布。

在北部英安岩中 Au、As、Sb、Hg异常较好, 且套合也很好。而在南部的结晶片岩中 Au、Ag、As、Sb、Hg等异常也很发育, 异常中心较吻合, 尤其 Ag异常明显, 与电法 η_s异常分布一致, 预示金矿体在该区存在的可能性极大。

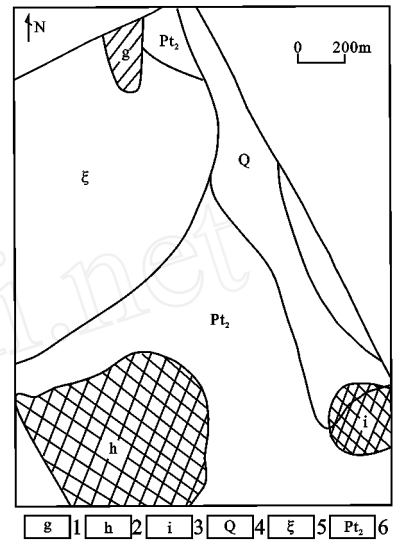
© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



1. 糜棱片岩； 2. 花岗斑岩； 3. 低阻高极化异常区；
4. 第四系； 5. 高阻高极化异常区

图 2 团结沟东延区 η_s、ρ_s异常图

Fig. 2 η_s and ρ_s abnormity in eastern of Tuanjiegou area



1. 低阻高极化异常区； 2. 高阻高极化异常区；
3. 高阻高极化异常区； 4. 第四系； 5. 英安岩； 6. 糜棱片岩

图 3 张才沟区 η_s、ρ_s异常图

Fig. 3 η_s and ρ_s abnormity in Zhangcaigou area

(3) 矿体定位预测靶区圈定及工程验证

矿体定位预测靶区是在地质、物探和化探等综合研究的基础上提出的成矿有利地段，并进行综合评价后而确定的。通过区内成矿地质条件分析，结合物化探结果对测区进行了矿体定位预测及靶区圈定，确定了团结沟东延区及张才沟区为最佳预测靶区[7-9]。

团结沟东延区是已知矿床的东延部分，成矿条件很好，发育一条近 NS向的片岩压碎带，且在其西北角有斑岩和片岩的构造破碎带延伸。该区 Au、As、Sb、Hg次生晕异常明显，异常轴受 EW向构造控制。电法异常 a、b、c明显 (图 2)，均分布于糜棱片岩中，这两类极化体对应的矿床指示元素次生晕异常均存在。对于低阻高极化异常可能是含矿破碎带引起，而高阻高极化异常可能是含金石英脉引起。

张才沟区位于测区东部，有英安岩和结晶片岩两套地质体。英安岩中 Au、As、Sb、Hg异常发育，且套合很好，主要受 EW、NE向构造控制，异常轴呈 NE向。而在下部的糜棱片岩中的 Au、As、Sb、Hg、W的异常也发育，异常中心较吻合，尤其 Ag异常特别明显，同电法 η_s异常分布一致。尤其是发育在上部的低值区中的 g异常 —低阻高极化区，应高度重视。在下部的 h、i异常分别为低阻高极化和高阻高极化区，这两个异常区的性质与团结沟东延区一致 (图 3)。

上述两个定位预测靶区确定后，进行了靶区的查证。其工程验证结果证实了预测的准确性，并发现多处隐伏矿体 (矿化体)。在团结沟东延区存在多处一定规模的矿化体。其中一个钻孔在 100～150 m深处有两处表外矿体，厚度均在 1 m以上，另一钻孔在 65 m处有一矿体，厚度在 1 m以上。在地表探槽中发现近 8 m宽的含矿破碎带，平均品位达 0.6×10^{-6}以上。在张才沟区验证施工的两个钻孔也发现多处矿体，个别品位高达 5×10^{-6}以上，在地表也发现了含矿破碎带。以上验证资料显示，团结沟金矿外围进行的矿体定位预测效果是十分明显的，对于扩大矿床的经济价值会起到很大的作用。

3 结论

(1) 团结沟金矿的最主要控矿地质条件是构造破碎带及裂隙带。

(2) 硫化物是矿石中的主要金属矿物，为本区电法找金提供了先决条件。

(3) 激发极化的低阻高极化和高阻高极化异

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

常（ηs≥4.5%），预示金矿体在该区存在的重点地段。

（4）该区的验证孔中发现了矿体，证明了在团结沟电法找金效果明显。

参考文献：

[1] 韩学辉，匡立春，何亿成，等. 岩石电学性质实验研究方向展望 [J]. 地球物理学进展，2005，20（2）：348-356.
HAN Xue-hui, KUANG Li-chun, HE Yi-cheng, et al. A view of experimental study on rock electric property [J]. Progress in Geophysics, 2005, 20 (2): 348-356.

[2] 郝天姚，江为为. 综合地球物理方法在山东百里店地区找寻隐伏金矿中的应用 [J]. 地球物理学报，1998，41（增刊）：404-413.
HAO Tian-yao, JIANG Wei-wei. Application of comprehensive geophysical methods in looking for hidden gold mine in Bailidian regins [J]. Acta Geophysical Sinica, 1998, 41 (Suppl.): 404-413.

[3] 高淑芳，崔军. 地质找矿过程中如何提高物探工作质量 [J]. 地球物理学进展，2005，20（1）：97-103.
GAO Shu-fang, CUI Jun. How to improve the quality of geophysical exploration [J]. Progress in Geophysics, 2005, 20 (1): 97-103.

[4] 吕庆田，侯增谦，赵金花. 四川呷村火山成因块状硫化物矿床的综合找矿模式 [J]. 矿床地质，2001，20（4）：313-322.
LU Qing-tian, HOU Zeng-qian, ZHAO Jin-hua. Integrated prospecting model for Gacun volcanic-hosted massive sulfide deposit, Sichuan Province [J]. Mineral Deposits, 2001, 20 (4): 313-322.

[5] 李金铭. 电法勘探方法发展概况 [J]. 物探与化探，1996，20（4）：250-258.
LI Jin-ming. A generalized description of the development of electric exploringmethods [J]. Geophysical & Geochemical Exploration, 1996, 20 (4): 250-258.

[6] 宋立军，朱杰勇. 金平白马寨铜镍矿床地球物理成矿预测模式 [J]. 地球物理学进展，2004，19（1）：186-190.
SONG Li-jun, ZHU Jie-yong. The model of geophysical metallogenic prognosis of Baimazhai nickel-deposit of Jinping County [J]. Progress in Geophisics, 2004, 19 (1): 186-190.

[7] 黄力军，刘瑞德，陆桂福. 电法在寻找隐伏金属矿方面的定位预测作用 [J]. 物探与化探，2004，28（1）：49-52.
HUANG Li-jun, LIU Rui-de, LU Gui-fu. The positioning and predicting roles of the electrical methods in prospecting for concealed metallic ore deposits [J]. Geophysical & Geochemical Exploration, 2004, 28 (1): 49-52.

[8] 刘红涛，杨秀瑛，刘建明. 如何开展老矿山后备资源的寻找与定位预测 [J]. 地球物理学进展，2004，19（3）：573-582.
LIU Hong-tao, YANG Xiu-ying, LIU Jian-ming. How to predict and localize potential concealed mineral resources in depths at an aged mining district [J]. Progress in Geophysics, 2004, 19 (3): 573-582.

[9] Rantitsch G. Geochemical exploration in a mountainous area by statistical modeling of polypopulational data distributions [J]. Journal of Geochemical Exploration, 2004, 82: 79-95.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net