文章编号:0258-7106(2010)02-0301-07

常规次生晕法在广西资源县云头界钨钼矿找矿中的成果及意义*

伍 静[1,2],梁华英[2]**,娄 峰[1],张献河[1],胡光黔[2]

(1 中山大学地球科学系,广东 广州 510275;2 中国科学院广州地球化学研究所,广东 广州 510640)

摘 要 广西资源县云头界钨矿异常区多被表土覆盖,局部出露钨矿化。据钨重砂矿物化学性质较稳定,风化剥蚀后迁移距离较近,而异常区表土覆盖不厚的特点,采用次生晕化探方法对云头界钨矿异常区 1.4 km^2 开展化探扫面找矿。根据 8 条化探剖面线共 575 个样品分析结果,圈出了 6 个钨异常区,在其中 4 个钨异常区施工槽探工程,都发现对应的石英脉型钨矿体。这揭示了该区矿体与次生晕异常的分布具有非常一致的对应关系。次生晕化探异常表明,该矿主矿脉沿走向长度超过 1 km,矿床规模可望达到中型。常规次生晕法在云头界钨矿异常区找矿效果明显,这对华南风化土层覆盖区钨矿找矿工作有重要的启示。

关键词 地质学;钨钼矿床;次生晕异常;广西

中图分类号:P618.65;P618.67 **文献标志码**:A

Result of applying routine secondary halo method to tungsten-molybdenum prospecting work in Yuntoujie area of Ziyuan County, Guangxi, and its significance

WU Jing[1], LIANG HuaYing[2], LOU Feng[1], ZHANG XianHe[1] and HU GuangQian[2]

(1 Department of Geology, Zhongshan University, Guangzhou 510275, Guangdong, China; 2 Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, Guangdong, China)

Abstract

The tungsten anomaly area in the Yuntoujie is mostly covered by surface soil 1~3 m in thickness, and hence tungsten mineralization can only be seen locally. It is well known that tungsten minerals cannot not be transported far away from their original localities during later weathering and denudation. In view of such a feature of tungsten minerals and on account of the fact that the tungsten anomaly area is covered by relatively thin layer of surface soil, the authors used the secondary halo method to locate blind tungsten ore bodies in an area of 1.4 km^2 in Yuntoujie. W, Cu, Pb, Ag, and Zn in 575 samples from eight geochemical prospecting lines were analyzed. According to the concentrations of trace elements, six secondary halo anomaly districts of tungsten were delineated, and four of them have been proved to accord with tungsten vein mineralization, suggesting that the delineated secondary geochemical anomalies of tungsten in the Yuntoujie area are caused by tungsten mineralization beneath the surface soil. On such a basis together with trenching and pitting observation, the authors hold that the main ore vein is more than 1 km in length along its strike and that the Yuntoujie W-Mo deposit is likely to reach middle to large size in tungsten reserves. The successful locating of blind ore bodies by secondary geochemical halo method in the Yuntoujie area suggests that the secondary halo anomaly method is effective and can be em-

* 本文得到中国科学院重大项目(KZCX1-YW-15-3)、国土资源部深部矿产资源立体探测技术及实验研究(SinoProbe-03-01)、盛源矿业有限公司找矿项目的联合资助

第一作者简介 伍 静,男,1978 年生,博士研究生,地质学及矿床学专业。Email:liusha423@yahoo.com.cn

**通信作者 梁华英,男,1962 年生,研究员,博士生导师,矿床地质及矿床地球化学专业。Email:lianghy@gig.ac.cn

收稿日期 2009-07-15;改回日期 2009-09-29。李德先编辑。

http://www.kcdz.ac.cn/

ployed in search for tungsten bodies in surface soil covered areas in south China.

Key words: geology, W-Mo deposit, secondary halo anomaly, Guangxi

华南是中国钨矿重要生产基地,也是世界钨的重要产区,但随着近 30 多年的大量开采,许多大中型矿山资源不足,现有探明储量只能维持 10 年左右(陈国栋,2006),后备资源的接替已经越来越迫切,南岭地区新一轮找矿工作已再度兴起(王登红等,2007)。华南地区多被植被覆盖,而覆盖区找矿,是矿产勘查界公认的难题(施俊法等,2008;Cameron et al.,2004;Kelley et al.,2003;王学求,2003;伍宗华,2000;徐锡华,2000)。因此,如何有效地开发或采用适合于寻找隐伏矿和深部矿的勘查技术,是实现找矿突破的关键,也是世界各国研究机构和矿业公司技术研发的热点(施俊法等,2008)。近年来,一系列新技术新方法,如原生晕法、原生叠加晕法、构造叠加晕法、包裹体气晕和离子晕及其叠加晕法、热晕法、汞气测量法、地电化学法、综合气体地球化学方法、烃类测量、相态分析、卤素地球化学法及深穿透地球化学方法等引起人们广泛的重视(李惠等,2006a;2006b;王学求,1998;1999)。在钨矿找矿中,过去多采用原生晕法及 1∶5 万水系沉积物测量(李惠等,2006a;陈国栋,2006)。本文重点介绍用次生晕法圈定的钨矿体,旨在为华南地区钨矿寻找提供新的思路。

1 矿化异常区地质简介

云头界钨钼矿化异常区位于广西桂林资源县境内,在大地构造位置上处于南华褶皱带之南岭东西向构造带西段。矿化区多被植被覆盖,风化盖层厚度在 0.4 ~4 m 之间,平均约 1 m。矿化异常区内出露主要地层为寒武系泥质条带板岩、碳质板岩及砂岩。区内岩浆活动强烈,出露岩体主要有加里东期猫儿山中粗粒斑状花岗岩及产于岩基中燕山期白云母及二云母花岗岩(图 1;罗兴章等,2001;徐伟昌等,1994)。

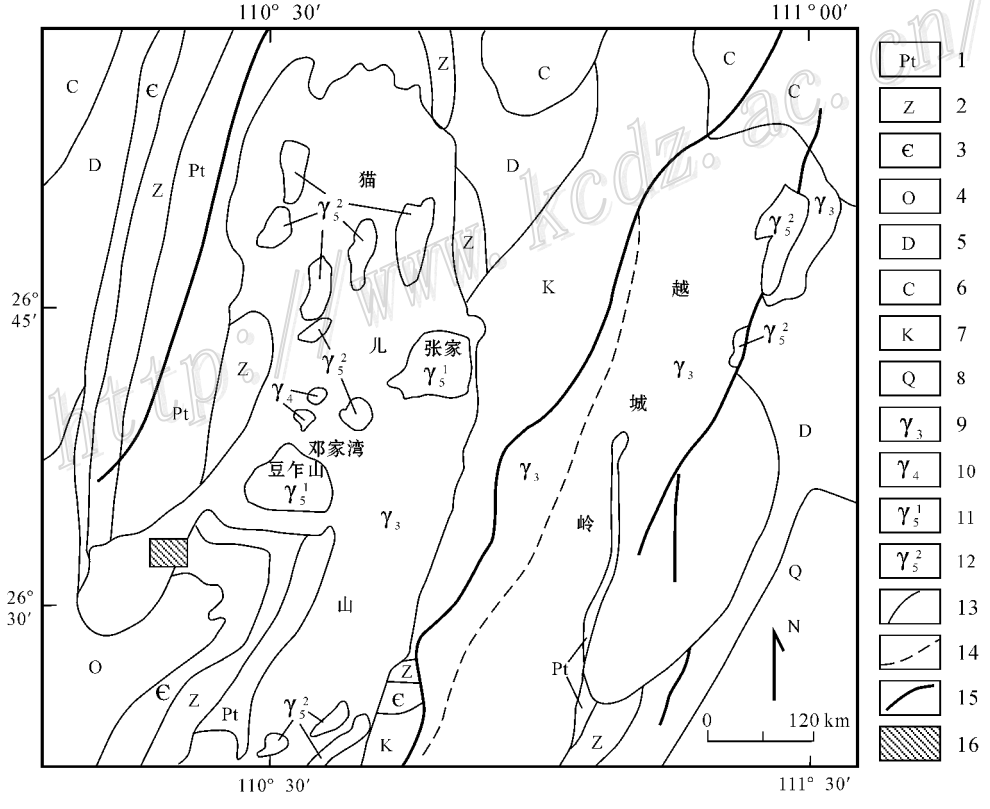


图 1 广西资源县云头界钨多金属矿地质略图

1—板溪群;2—震旦系;3—寒武系;4—奥陶系;5—泥盆系;6—石炭系;7—白垩系;8—第四系;9—加里东期斑状花岗岩;10—海西期花岗岩;11—印支期花岗岩;12—燕山早期花岗岩;13—地质界线;14—推测地质界线;15—断层;16—研究区

Fig. 1 Simplified geological map of the Yuntoujie W-polymetallic ore deposit in Ziyuan County, Guangxi

1—Banxi Group;2—Sinian;3—Cambrian;4—Ordovician;5—Devonian;6—Carboniferous;7—Cretaceous;8—Quaternary;9—Caledonian porphyritic granite;10—Hercynian granite;11—Indosinian granite;12—Early Yanshanian granite;13—Geological boundary;14—Inferred geological boundary;15—Fault;16—Study area

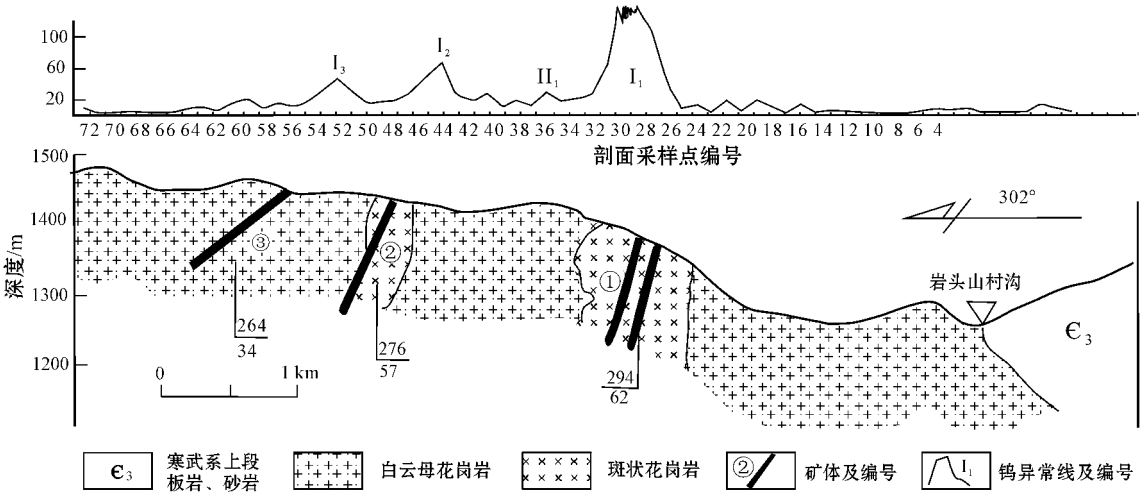


图 2　广西资源县云头界钨钼矿化异常区 6 号化探勘查线钨异常及地质剖面图

Fig. 2　Tungsten anomaly and geological section along No. 6 geochemical exploration line in the Yuntoujie W-Mo deposit, Guangxi

矿化异常区内地质工作不多，20 世纪 60 年代 1∶20 万区域调查时发现，该处有一个钨的化探异常。在本次地质工作之前，当地农民发现了一个矿化露头(位置为 110°23′21.1″E，26°03′43.3″N)，并在露头的下部施工了平硐(位置 110°23′20.5″E，26°03′42.3″N)勘探到一条矿脉，上部为黑钨矿，下部为白钨矿。

2　化探方法选择及结果

2.1　试验性化探剖面异常特征

钨重砂矿物化学性质较稳定，风化剥蚀后迁移距离较近，但由于本矿区是以白钨矿、黑钨矿为主，表土覆盖不深，因此，在该地区选用常规次生晕法寻找隐伏矿体，并采用试验性化探剖面进行方法有效性测试。

首先沿着垂直已知矿化点矿脉走向设计化探剖面线，系统采集 B 层土样分析。考虑矿脉厚度不大，矿脉宽在 10～50 cm 之间，故以 20 m 间隔沿着化探剖面线采样，试验性化探剖面线长约 1.4 km，采集样品 69 个。样品晒干后过 80 目筛子，然后在无污染磨碎室加工至 160 目，之后进行光谱分析。光谱分析在桂林矿产地质研究院分析测试中心完成。

据分析结果绘制了矿化异常区化探剖面钨异常分布图(图 2)。由图可见，钨异常图上有 I_1、I_2、I_3 等 3 个主要异常及 1 个 II_2 弱异常。在 3 个主要异常分布位置开展初步槽探工程，发现了 3 条钨矿脉，次生晕化探异常和矿脉有非常一致的对应关系，表明该方法可在该区指示隐伏矿体，具有良好的找矿效果。

2.2　本区次生晕异常分布特征

实验剖面结果证实，化探次生晕在该区找钨矿效果明显。本次工作对该区①、②、③号矿体中部进行了常规化探扫面。化探扫面线距 200～400 m，采样点间距 20 m，共采集 575 个化探样品，化探扫面覆盖面积约 1.4 km^2。采集样品按前述方法处理后，在桂林矿产地质研究院分析测试中心用光谱法分析。所有数据用下述公式计算均方根差(离差)σ 及背景上限(或称异常下限)Ca。

$$\sigma=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{k}(X_i-\overline{X})^2F_i}{\sum_{i=1}^{k}F_i}}$$

式中，X_i 为组中值，F_i 为频数，$\overline{X}$ 为算术平均数。

$$Mo=L+\frac{f-f_{-1}}{(f-f_{-1})+(f-f_{+1})}\times i$$

式中，L 为众数组的下限值，i 为众数组的组距。

异常下限：$Ca=Mo+2\sigma$

在进行化探数据循环删除后，得到本区次生晕各元素的异常值及异常背景值(表 1)。

本区主钨异常非常明显，其他元素的异常分布不明显且杂乱，对找矿指示作用不明显(图 3)。因此，本次工作主要集中分析钨的异常分布，以钨 20.6×10^{-6} 为异常下限圈出了 I_1、I_2、I_3、II_1、II_2、II_3 共 6 个异常分布区(图 4)。

I_1 异常分布于白云母花岗岩与斑状花岗岩的接触带附近，从 1 号剖面线的 45 号附近点开始出现，一直到 7 号剖面线结束，其形态呈长条状，长轴方向为 NNE 向，长约 1 200 m，宽约 60～140 m。I_1 异常清晰，连续性好，规模较大。在 6 号化探线上，①号矿化露头与化探异常具良好的对应关系(图 2)，异常走向与①号矿化脉的走向基本一致。因此，初步推测 I_1 异常与①号矿体具对应关系，反映①号矿体从中段到北段超过 1 000 m 的距离具有很好连续性，具有较大的成矿规模。

I_2 异常呈条带状 NE 向展布，分布于白云母花岗岩与斑状花岗岩的接触带附近，从 5 号剖面 46 号点附近开始延续到 7 号剖面 51 号点附近，直到 8 号剖面线未封闭，长大于 600 m，

表 1 各元素异常下限及背景值

Table 1 Thresholds and background values of various elements

元素	$w_B/10^{-6}$					
	背景值	均方差	异常下限	异常外带	异常中带	异常内带
Cu	37.9	29.2	96.2	96.2～125.4	125.4～154.5	>154.5
Pb	78.5	18.8	116.2	116.2～135.0	135.0～153.8	>153.8
W	4	8.29	20.6	20.6～28.9	28.9～37.2	>37.2
Ag	0.025	0.05	0.13	0.13～0.18	0.18～0.23	>0.23
Mo	1.42	0.41	2.24	2.24～2.65	2.65～3.06	>3.06
Zn	66	18.1	102.1	102.1～120.2	120.2～138.2	>138.2
Sn	25.7	6.43	38.56	38.56～44.99	44.99～51.42	>51.42

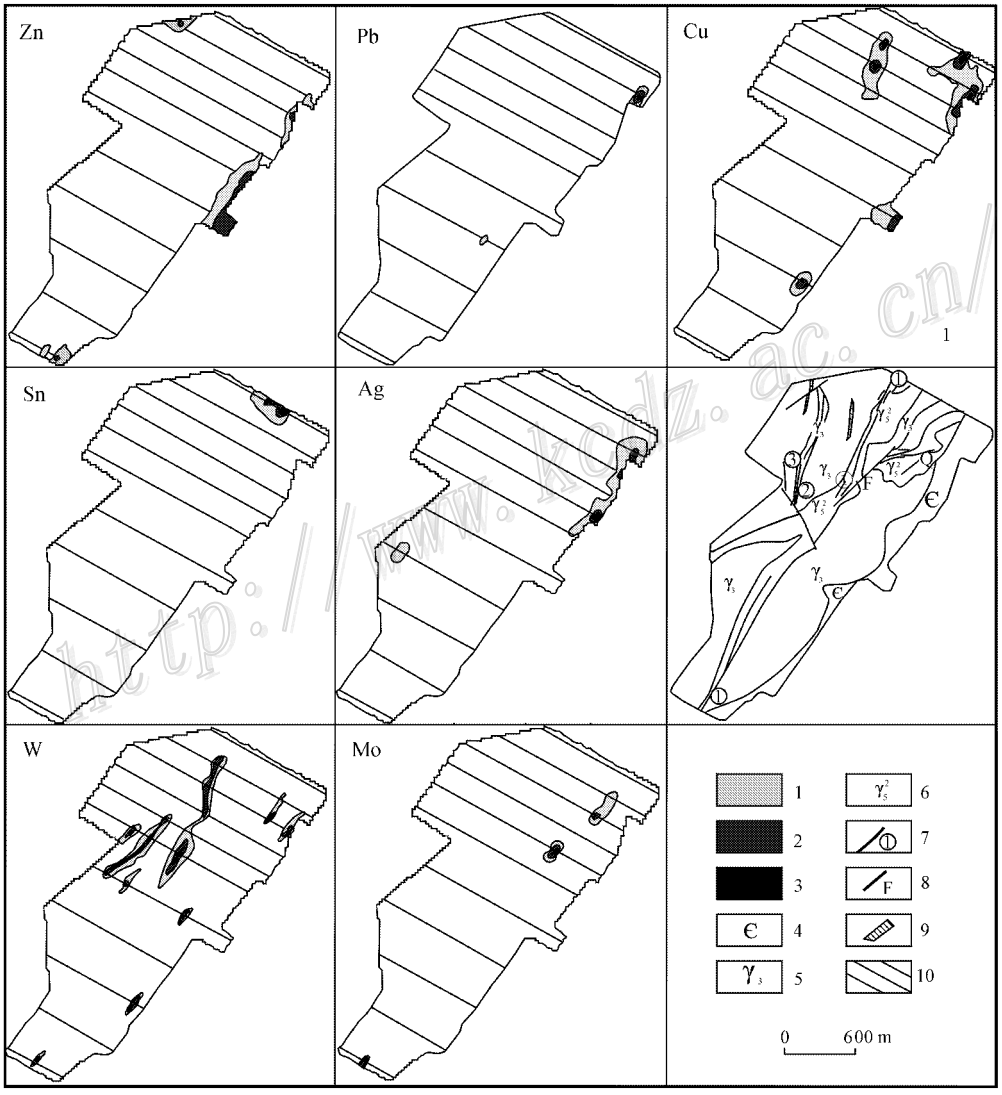


图 3 广西资源县云头界钨钼矿区各元素异常对比图

1—异常外带；2—异常中带；3—异常内带；4—寒武系；5—加里东期斑状花岗岩；6—燕山期白云母花岗岩；7—矿体及编号；8—断层；9—石英脉；10—采样线

Fig. 3 Anomaly comparison of various elements in the Yuntoujie W-Mo ore district, Ziyuan County, Guangxi

1—Outer zone of the anomaly; 2—Intermediate zone of the anomaly; 3—Inner zone of the anomaly; 4—Cambrian; 5—Caledonian porphyritic granite; 6—Yanshanian muscovite granite; 7—Ore body and its serial number; 8—Fault; 9—Quartz vein; 10—Sampling profile and its serial number

http://www.kcdz.ac.cn/

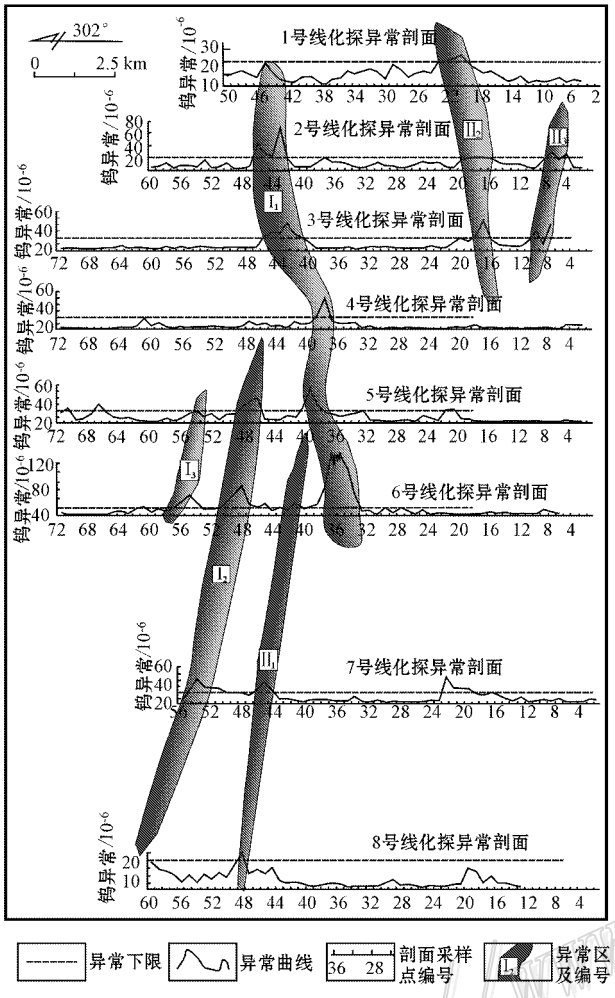


图 4　广西资源县云头界钨钼矿区钨异常分布平面图

Fig. 4　Plan showing the distribution of tungsten anomalies in the Yuntoujie W-Mo ore district, Ziyuan County, Guangxi

宽 60～100 m。在 6 号线钨异常剖面图上(图 2)，I_2 矿异常和②矿体具对应关系，推断②号矿体具有一定的规模。

I_3 呈 NE 向展布，从 5 号化探剖面延伸到 6 号剖面，未封闭，该异常长大于 200 m，宽 40～60 m。异常的分布表明，其向西南方向延伸，但由于异常西南方向没有化探样的控制，该异常规模还需要进一步评价。该异常和③号矿体露头具对应关系(图 2)，因此③号矿体也有良好的成矿规模。

$Ⅱ_1$、$Ⅱ_2$、$Ⅱ_3$ 异常都是新发现的钨异常，具体位置见钨异常平面图(图 4)，异常长轴方向为 NE 向，宽 40～100 m，长 400～800 m(表 2)。异常连续性好，推测为目前还没有揭露矿脉引起的异常，需作进一步工程验证。

根据化探异常分布特征，在 1 号线与 2 号线之间施工了 2 个槽探工程，以验证 $Ⅰ_1$ 异常矿化特征，在槽探工程 TC1 位置(26°04′09.4″E，110°23′33″N)发现石英脉型钨矿，石英脉厚 20～30 cm，主要金属矿物是白钨矿、少量黑钨矿及微量黄铜矿及黄铁矿，检块样 $w(WO_3)$为 0.33%；槽探工程 TC2 位置(26°04′06.1″E，110°23′30.8″N)揭露石英脉型钨钼矿，矿化脉厚 20～30 cm，主要金属矿物是白钨矿及微量的黄铜矿和黄铁矿，检块样 $w(WO_3)$为 0.50%。$Ⅰ_1$ 异常 2 个槽探工程都揭露了石英脉型矿化，充分说明本次研究圈定的钨次生晕异常指示了隐伏钨矿体。

据化探异常及初步槽探工程，本异常区内已发现了 5 个脉状矿体(图 5)，脉状矿体走向北东 30°左右，倾向北西，倾角较陡，一般在 60°左右。其中①号矿体规模最大，沿走向延伸超过 1 km，脉幅在 20～30 cm 之间，主要矿物为白钨矿、黑钨矿、辉钼矿及少量的黄铜矿、黄铁矿等，脉石矿物主要为石英、白云母及电气石。其余脉状矿体长度在 400～800 m 之间。据矿化脉规模，初步估计该矿床钨的资源量有望达中型规模。

目前工作揭露表明，①号矿脉连续性好，在垂向部面上具有明显分带，顶部为黑钨矿，中部为白钨矿，下部则为钨钼矿，由上往下钼的含量明显增加，显示该矿床在深部可能发育一定规模的钼矿化，正在做进一步工作。云头界钨钼矿床成矿元素组合为 W-Mo，和该区及华南地区钨矿床元素组合主要为 W-Sn 明显不同(毛景文等，2008；华仁民等，2005)。这表明该区不但发育与 W-Sn 矿化有关的岩浆成矿系统，也发育与 W-Mo 矿化有关的岩浆成矿系统。在今后找矿中，不但要注意 W-Sn 矿化，也应注意 W-Mo 矿化。

3　找矿启示及意义

本次工作用次生晕方法在广西资源县云头界钨钼矿化异常区共圈定了 6 个钨化探异常区，$Ⅰ_1$ 钨异常的北面施工的 2 个槽探 TC1、TC2 都揭露了工业矿体，I_2 和 I_3 号异常 6 号线剖面也发现对应矿体，矿床远景规模可望达中型。这说明次生晕化探方法在该地区可圈出埋藏不深的隐伏钨矿体。该矿下部发育钼矿化，但次生晕中未见钼异常，这可能是由于钼

表 2　钨 $Ⅱ_1$、$Ⅱ_2$、$Ⅱ_3$ 异常特征

Table 2　Characteristics of $Ⅱ_1$, $Ⅱ_2$ and $Ⅱ_3$ tungsten anomalies

异常编号	产出部位	异常方位	异常宽度/m	异常延伸长度/m
$Ⅱ_1$	白云母花岗岩与斑状花岗岩的接触带附近	北东	60～80	800
$Ⅱ_2$	白云母花岗岩与围岩的接触带附近	北北东	40～100	>600
$Ⅱ_3$	白云母花岗岩与围岩的接触带附近	北北东	40～60	400

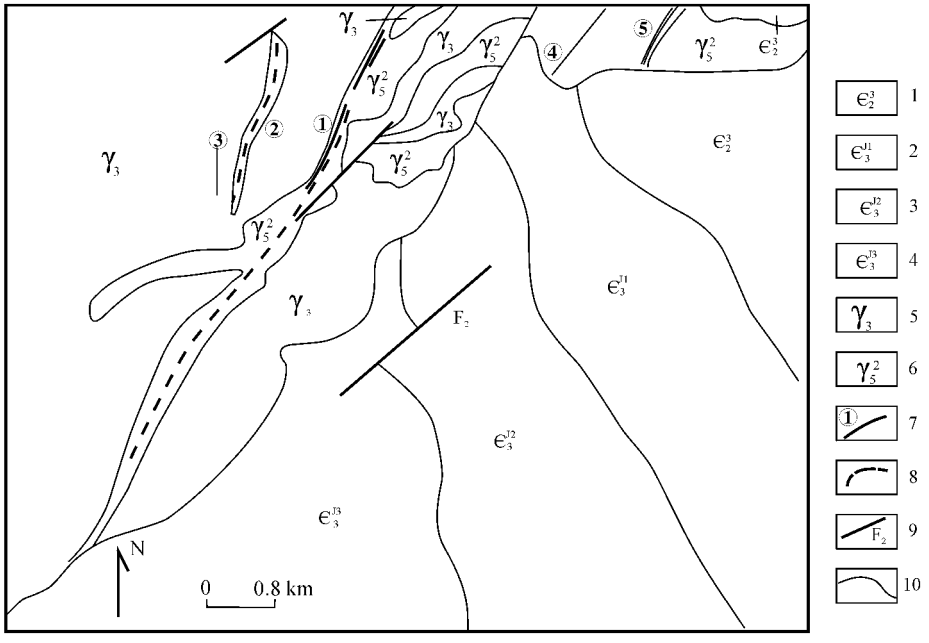


图 5 广西资源县云头界钨钼矿地质及矿脉分布简图

1—寒武系中统；2—寒武系上统 1 段；3—寒武系上统 2 段；4—寒武系上统 3 段；5—加里东期斑状花岗岩；6—燕山期花山岗岩；7—矿体及编号；8—推测矿体；9—断层及编号；10—地层界线

Fig. 5 Geological map of the Yuntoujie W-Mo deposit in Ziyuan County, Guangxi, showing the distribution of ore veins

1—Middle Cambrian; 2—1st Member of Upper Cambrian; 3—2nd Member of Upper Cambrian; 4—3rd Member of Upper Cambrian; 5—Caledonian porphyritic granite; 6—Yanshanian granite; 7—Ore body and its serial number; 8—Unconfirmed ore bodies; 9—Fault and its serial number; 10—Geological boundary

矿化埋藏较深所致，说明该方法仅适用于埋藏较浅的隐伏矿床的寻找。

华南地区是中国重要钨矿生产基地，在世界也有举足轻重的地位，但目前许多矿山面临着后备资源不足的严重形势。次生晕法在广西资源县云头界钨钼矿化异常区成功找矿实例为华南覆盖区隐伏钨矿寻找提供了新的可能，对华南覆盖区钨矿的找矿工作具有重要的启示意义。

各种化探方法均有其优点与不足。次生晕法在广西资源县云头界钨钼矿找矿实践表明，据实际地质情况，有针对性地采取适当的化探方法是找矿成功的关键。

References

Cameron E M, Hamilton S M and Leybourne M I. 2004. Finding deeply-buried deposits using geochemistry [J]. Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis, 4(1): 7-32.

Chen G D. 2006. Scientific developing concept and methods in directing the prospecting tungsten ore [J]. Resources Survey & Environment, 27(4): 79-82 (in Chinese with English abstract).

Hua R M, Chen P R, Zhang W L and Lu J J. 2005. Three major metallogenic events in Mesozoic in south China [J]. Mineral Deposits, 24(1): 99-107 (in Chinese with English abstract).

Kelley D L, Hall G E M and Graham Closs L. 2003. The use of partial extraction geochemistry for copper esploration in northern Chile [J]. Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis, 3(1): 85-104.

Li H, Cen K, Shen Y L, Wu Y B, Zhang G Y, Zhang L F and Yu B. 2006a. New geochemical methods and best technique combination for prediction of blind ore-bodies in the deep and surrounding of crisis mines [J]. Geology and Prospecting, 42(4): 61-66 (in Chinese with English abstract).

Li H, Zhang G Y and Yu B. 2006b. The Model of structural overprinting geochemical halo for deep blind orebody prediction in gold ore regions and its implication [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1-120 (in Chinese).

Luo X Z, Min M Z, Li X G, Yang Z and Zhai L Y. 2001. A rare U-W mineral assemblage [J]. Acta Mineralogical Sinica, 21(2): 129-132 (in Chinese with English abstract).

Mao J W, Xie G Q, Guo C L, Yuan S D, Cheng Y B and Chen Y H. 2008. Spatial-temporal distribution of Mesozoic ore deposits in south China and their metallogenic settings [J]. Geological Journal of China Universities, 14: 510-526 (in Chinese with English abstract).

Shi J F, Tang J R, Zhou P, Jin Q H, Li Y Z and Zhu L L. 2008. Experience in exploration for buried deposits and its implications: Discussed from information-based mineral exploration strategy and one hundred mineral exploration case histories [J]. Geological Bulletin of China, 27(4): 433-450 (in Chinese with English abstract).

Wang D H, Chen Y C, Chen Z H, Liu S B, Xu J X, Zhang J J, Zeng Z

L，Chen F W，Li H Q and Guo C L. 2007. Assessment on mineral resource in Nanling region and suggestion for further prospecting [J]. Acta Geologica Sinica，81：882-890 (in Chinese with English abstract).

Wang X Q. 1998. Deep penetration exploration geochemistry [J]. Geophysical and Geochemical Exploration，22(3)：166-169 (in Chinese with English abstract).

Wang X Q. 1999. Concept and methodology of nanoscale metals in earth-gas [A]. In：Xie X J，Shao Y and Wang X Q，eds. Exploration Geochemistry in the 21 th Cenury[C]. Bejing：Geol. Pub. House. 105-124 (in Chinese).

Wang X Q. 2003. Exploration geochemistry：Past achievements and future challenges[J]. Earth Science Frontiers，10(1)：217-226 (in Chinese with English abstract).

Wu Z H. 2000. Geochemical exploration for buried deposits[M]. Beijing：Geol. Pub. House. 239-245 (in Chinese with English abstract).

Xu W C，Zhang Y H and Liu Y B. 1994. Progression in geochronological study and scheme of chronoclassfication on Miaoershan granite batholith [J]. Acta Petrological Sinica，1994，10(3)：330-337 (in Chinese with English abstract).

Xu X H. 2000. Present situation and trending of Geochemical prospecting techniques for metal mineral resources[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research，15(1)：17-23 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

陈国栋. 2006. 用科学发展观指导新一轮钨矿找矿 [J]. 资源调查与环境，27(4)：279-82.

华仁民，陈培荣，张文兰，陆建军. 2005. 论华南地区中生代 3 次大规模成矿作用[J]. 矿床地质，24(1)：99-107.

李　惠，岑　况，沈镛立，吴悦斌，张国义，张连发，禹　斌. 2006b. 危机矿山深部及其外围盲矿预测的化探新方法及其最佳组合[J]. 地质与勘探，42：61-66.

李　惠，张国义，禹　斌. 2006a. 金矿区深部盲矿预测的构造叠加晕模型及找矿效果[M]. 北京：地质出版社. 1-120.

罗兴章，闵茂中，李贤国，杨　哲，翟丽英. 2001. 一个罕见的铀钨矿物组合[J]. 矿物学报，21(2)：129-132.

毛景文，谢桂青，郭春丽，袁顺达，程彦博，陈毓川. 2008. 华南地区中生代主要金属矿床时空分布规律和成矿环境[J]. 高校地质学报，14：510-526.

施俊法，唐金荣，周　平. 2008. 隐伏矿勘查经验与启示——从《信息找矿战略与勘查百例》谈起[J]. 地质通报，27(4)：433-450.

王登红，陈毓川，陈郑辉，刘善宝，许建祥，张家菁，曾载淋，陈富文，李华芹，郭春丽. 2007. 南岭地区矿产资源形势分析和找矿方向研究[J]. 地质学报，81(7)：882-890.

王学求. 1998. 深穿透地球化学[J]. 物探与化探，22 (3)：166-169.

王学求. 1999. 地球气纳微金属测量的概念理论与方法[A]. 见：谢学锦，邵　跃，王学求. 走向 21 世纪矿产勘查地球化学[C]. 北京：地质出版社. 105-124.

王学求. 2003. 矿产勘查地球化学 过去的成就与未来的挑战[J]. 地学前缘，10(1)：217-226.

伍宗华. 2000. 隐伏矿床的地球化学勘查[M]. 北京：地质出版社. 239-245.

徐伟昌，张运洪，刘跃宝. 1994. 苗儿山岗岩复式岩基年代学研究的进展及时代划分方案[J]. 岩石学报，10(3)：330-337.

徐锡华. 2000. 金属矿产地球化学勘查方法的现状与动向[J]. 地质找矿论丛，15(1)：17-23.

http://www.kcdz.ac.cn