

试论新疆伽师砂岩型铜矿的推覆构造控制

王泽利¹, 司如一¹, 赵远方², 张存艳³, 冷坤鹏⁴

(1. 山东科技大学 地球科学与工程学院, 山东 青岛 266590; 2. 中国地质科学院 地质力学研究所, 北京 100081;
3. 山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250014; 4. 新疆伽师县铜辉矿业有限责任公司, 新疆 喀什 844000)

摘要:伽师铜矿床位于柯坪塔格背斜南翼,其成矿作用明显受构造和岩石类型制约。根据伽师砂岩型铜矿矿化与构造及岩石类型间的产出关系,结合区域构造背景分析,阐述了该砂岩型铜矿床的推覆构造控矿机理。推覆构造及其次生断裂系统为深部流体运移提供通道,还原性有机流体与铜背景值高的红色砂岩层发生交代形成辉铜矿,很好地解释了推覆体前缘铜矿化的赋存和富集特征,进而提出伽师砂岩型铜矿床的推覆构造前锋流体交代成矿的控矿模式。

关键词:推覆构造;盆地流体;控矿;砂岩型铜矿;新疆伽师

中图分类号:P611

文献标志码:A

文章编号:1672-3767(2015)06-0025-07

Nappe Tectonic Control of Jiashi Sandstone Copper Deposit, Xinjiang, China

Wang Zeli¹, Si Ruyi¹, Zhao Yuanfang², Zhang Cunyan³, Leng Kunpeng⁴

(1. College of Earth Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China; 2. Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing 100081, China;
3. No. 1 Institute of Geology and Mineral Resource of Shandong Province, Jinan, Shandong 250014, China;
4. Tonghui Ming Co. Ltd in Jiashi County, Kashi, Xinjiang 844000, China)

Abstract: Located in the south wing of Kalpintag anticline, Jiashi copper deposit was obviously affected by rock tectonics and types in its mineralization. This paper studied the nappe tectonic ore-controlling mechanism of Jiashi sandstone copper deposit on the basis of the relationship between its mineralization and its tectonics as well as rock type, and of regional tectonic background. Because nappe tectonics and its secondary faulting system provided migration pathways of basin fluid, metasomatism between reducible organic fluid and copper-ferrous sandstones took place and generated chalcocite as a result, which explains the copper mineralization of nappe front and its accumulation characteristics. An ore-controlling model of mineralization by nappe front fluid metasomatism was finally proposed for Jiashi sandstone copper deposit.

Key words: nappe tectonics; basin fluid; ore-controlling; sandstone copper deposit; Jiashi in Xinjiang

关于推覆构造与成矿作用的关系,既体现在成矿方面也体现在对矿床的破坏和改造方面:前者指推覆构造常作为热液流体的运移通道或直接产生热液流体最终作为容矿、控矿构造;后者指由于推覆构造产生的巨大位移和断裂对先期形成的矿床产生位错,造成矿床的重复或缺失^[1-3]。典型的例子有何龙清等^[4-5]对滇西兰坪盆地推覆构造的研究;余心起等^[1]、邱骏挺等^[3]对北武夷地区逆冲推覆作用的研究;刘淑文等^[6]对云南会泽逆冲推覆控矿体系的研究等。伽师铜矿区具有明显的推覆构造特征,如逆冲推覆作用形成不对称背斜、前缘断裂和北侧逆冲断层形成冲起构造将褶皱围限其中、特定层位的顺层交代矿化等,本文尝试利用推覆构

收稿日期:2015-05-12

作者简介:王泽利(1964—),男,吉林抚松人,副教授,主要从事构造与矿产勘查的教学与科研工作。

E-mail: wangzl2458@sina.com

造控矿的观点对伽师砂岩型矿床的成因做出新的阐述,以期对新疆伽师砂岩型铜矿矿床成因研究和区域找矿预测提供参考。

1 伽师铜矿区推覆构造系统及区域构造

伽师铜矿区位于西南天山与塔里木盆地耦合地段,属于柯坪塔格逆冲推覆构造前锋,是西南天山前陆构造的一部分(图 1)。柯坪塔格逆冲推覆构造形成于全新世,是现今仍在活动的构造^[7-9]。其形成被解释为受南北向区域挤压构造应力场的作用,天山山脉以高角度断裂向塔里木盆地逆冲,天山隆起晚期的重力扩展,使塔里木地块沿寒武系底界形成低角度推覆滑脱构造和前缘逆冲构造。根据前人地震资料研究,前缘断裂与背斜走向基本一致,具有上陡下缓的铲式特征,在地下 8 km 深处与后排的推覆体前缘断裂汇合于寒武系基底滑脱层^[9-10]。随着滑脱构造不断向盆地扩展,形成了一系列的褶皱-逆冲断裂带^[10],各逆冲断裂-褶皱带均呈不对称背斜,复式箱状或不对称斜弯褶皱,北翼地层倾角缓,南翼倾角陡,局部倒转。柯坪塔格背斜是该系列逆冲断裂系统的最前缘构造(图 2)。

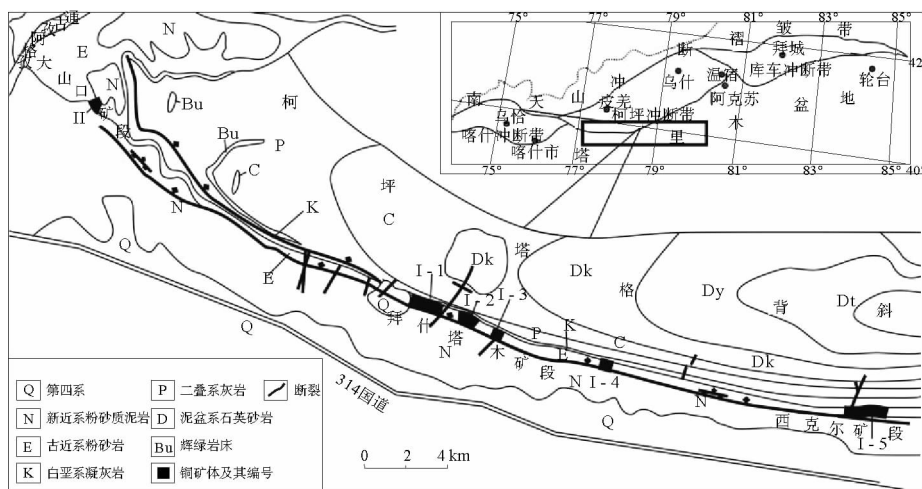


图 1 柯坪塔格地区区域地质图

Fig. 1 Regional geological map of Kalpintag

区域内出露地层有寒武系一二叠系、白垩系一第四系,缺失三叠系和侏罗系,地层出露基本稳定。寒武系一奥陶系丘里塔格群岩性为灰岩、白云岩;志留系柯坪塔格群为紫红色和灰绿色砂岩;泥盆系为泥岩,砂岩和石英砂岩。石炭系、二叠系为生物灰岩,含有大量的生物化石。石炭系与下覆地层呈平行不整合接触,二叠系与白垩系及古近系多呈断层接触。白垩系主要为含硅质条带紫红色火山凝灰岩,古近系为主要含矿层,岩性为砖红色泥岩和粉砂岩,矿体主要赋存于下部灰绿色钙质粉砂岩中^[11-13],新近系为褐色泥岩、粉砂质泥岩。

矿区内构造相对简单,主要是南北向逆冲推覆构造形成的柯坪塔格背斜褶皱。柯坪塔格背斜枢纽走向近东西,向西倾伏。褶皱北翼缓(倾角 5°~10°),南翼陡(65°~80°),核部地层为寒武系一奥陶系灰岩,含矿层位于背斜南翼。南翼部分古近系一新近系地层受逆冲构造牵引出现倒转。

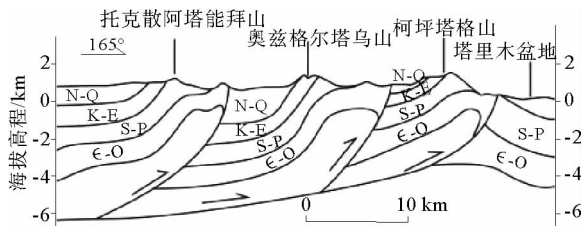


图 2 托克一柯坪塔格综合构造剖面(比例尺 1 : 200 000)

Fig. 2 Integrated structural section of Tuoke-Kalpintag

2 伽师砂岩型矿床构造及矿化特征

2.1 构造矿化特征

伽师铜矿分为三个矿区,主矿区为拜什塔木矿区,西部为大山口矿区,东部为西克尔矿区。其中,拜什塔

木矿区矿化程度最好,含矿层厚度大,矿石品位高,明显优于其他两个矿区。同时发现其断裂系统也较发育,断裂密集区是成矿有利地段,反映了热液依托断裂系统运移到目的层交代成矿的可能机制。

主矿区内断裂主要有北东、北西向横向走滑断裂和顺层走滑断裂,野外构造观察表明,其形成受南北挤压应力派生的斜向右行走滑作用所控制。矿区内规模最大的北东向走滑断裂——钻井沟断裂位于西风井和主竖井之间,左行水平断距约 70 m,切割二叠系灰岩和白垩系凝灰岩,地表断层破碎带中有铁帽氧化(图 3(a)),井下测得断层产状 $325^{\circ} \angle 64^{\circ}$,断层带内充填含硫化物方解石脉(图 3(b)),反映了流体在断层破碎带中运移造成硫化物矿化的活动。同时在以此断裂为边界划分的 1 号和 2 号矿体内部出现一系列左行走滑断裂,与矿体的矿化富集具有明显的关联。

大山口矿区北东向断层亦较发育,呈 2~3 组距离不等的近平行展布,断层内有辉铜矿矿化现象。北西向断层规模较北东向小,但在井下仍能见到断层大规模流体交代及矿化现象(图 3(c),3(d)),说明成矿期北西向断层也构成流体运移的重要通道。从图 3(c)中断层(产状 $40^{\circ} \angle 35^{\circ}$)内的交代现象可以看出,上下两盘的交代呈顺层交代,灰绿色与褐色泥岩相间分布。断层带内部交代均匀,交代界面清晰,断层带内矿化并非褐色泥岩与灰绿色砂岩混杂。由于流体易于沿断裂构造面活动迁移,矿化主要表现为顺层交代产出(图 3(j)),但也有穿层脉状交代产出(图 3(i))。显然交代作用是和断裂活动同时发生的,断层成为热液流体重要通道,在断层内与砂岩发生交代形成局部矿脉。

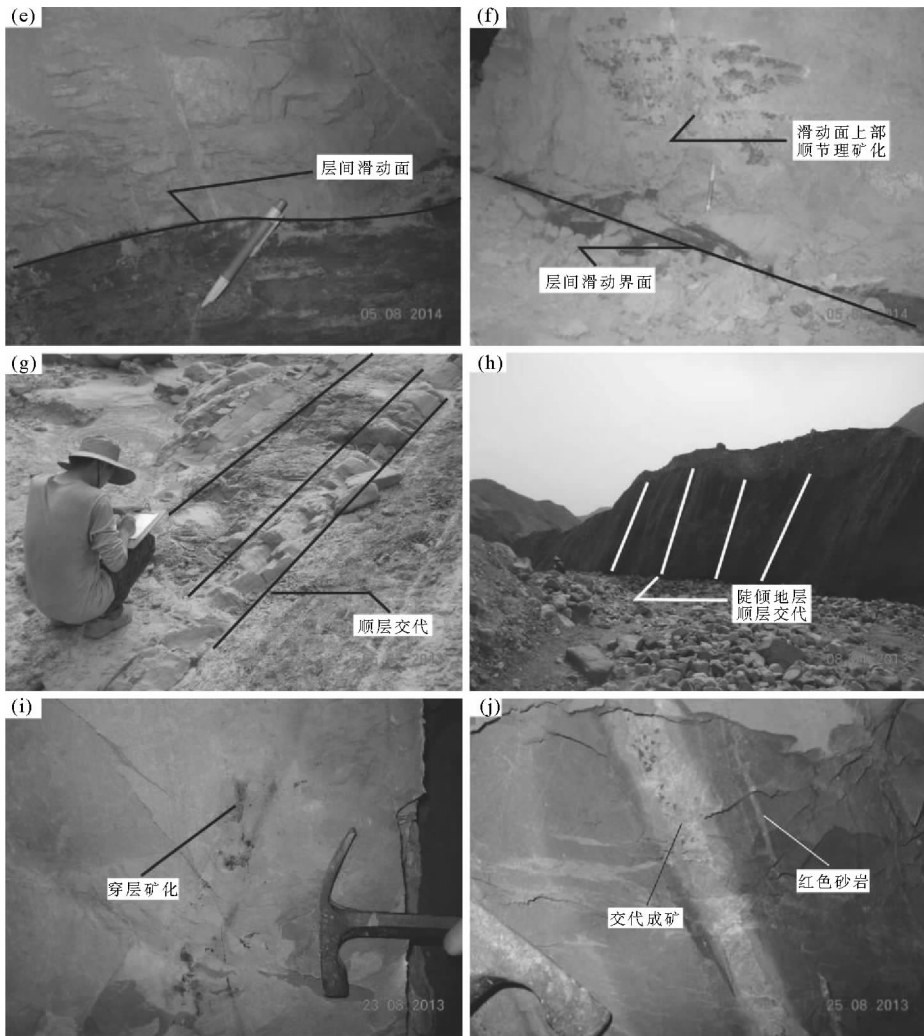
大山口矿区矿床中含矿流体沿层间滑动断裂形成交代的矿化现象非常普遍,最为典型的是大山口平硐中揭露的泥岩和砂岩间的顺层滑动(图 3(e),3(f),断层产状 $190^{\circ} \angle 21^{\circ}$)。可以看出矿化现象顺着层间滑动界面发生,仅在滑动界面上部砂岩节理发育部位向上扩散,形成局部矿化富集。说明层间滑动界面是交代流体运移的重要通道,在节理裂隙发育部位热液贯入并发生交代,矿化作用严格受到断裂和节理的控制。

在矿区外围剖面测量中发现,泥盆纪岩层中存在一系列近平行的顺层交代和蚀变现象(图 3(g),3(h))。交代现象主要形成于泥盆纪中细粒砂岩或泥质粉砂岩中。多数交代呈平行层面的线状产出,与古近纪砂岩层的交代矿化现象非常相似,两者可能具有统一的流体来源。这为推覆构造的系统找矿提供了新思路。

2.2 矿化岩相特征

伽师砂岩型矿床主要赋存于柯坪塔格背斜南翼古近系底部灰绿色碎屑岩地层中。以底部厚层石膏层作为标志层,含矿层展布稳定,表现出层状和似层状矿化特征。矿石矿物为辉铜矿,在地表处氧化为次生孔雀





(a) 北东向走滑断层切穿白垩系和二叠系; (b) 北东向断层带内矿化现象; (c) 北西向断裂的流体交代现象; (d) 北西向脉状铜矿化;
(e) 层间滑动断层界面出现矿化现象; (f) 滑动面上部沿节理面局部矿化; (g) (h) 泥盆系地层中出现顺层流体交代现象;
(i) 主矿区六中段穿层交代矿化; (j) 红色砂岩被交代为灰绿色并析出辉铜矿

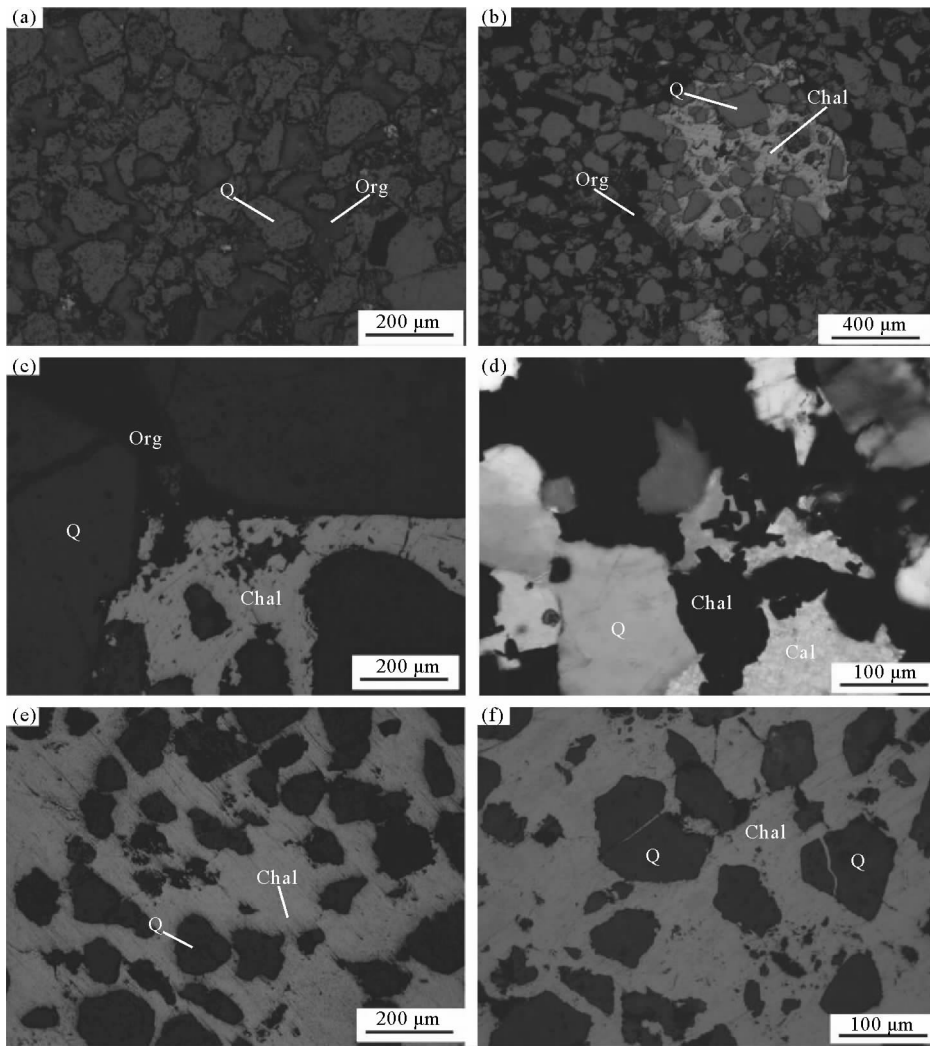
图 3 构造与矿化关系照片

Fig. 3 Picture of relationship of tectonics and mineralization

石和蓝铜矿。显微镜下辉铜矿交代原有杂基以胶结物的形式充填于砂岩碎屑颗粒之间(图 4(a), 4(b), 4(e)), 常见碎屑颗粒之间被黑色沥青质有机物充填。电子探针能谱分析测得其成分为碳质, 可见辉铜矿交代有机质结构(图 4(c))。多数交代均使原有褐色泥质砂岩变为浅蓝绿色交代岩, 交代以后的岩石呈灰绿色或浅蓝绿色, 明显具钙质胶结特点(图 3(i), 3(j), 4(d)), 其岩石成分的主要变化是原有的粘土杂基和一些铁质减少或消失, 而增加了一些碳酸盐胶结物, 碎屑颗粒交代不明显, 只见少数石英和燧石颗粒发生熔蚀形成凹坑及石英颗粒受流体压力所致形成微细裂隙(图 4(f))。

3 成矿机理讨论

目前关于层控矿床的流体成矿作用机理研究比较成熟, Laurence^[16]认为成岩期盆地卤水循环溶解和过滤围岩中的金属元素 Cu, Pb, Zn 等, 盆地卤水在不同围岩地层内循环, 形成不同矿种。与还原性碳酸盐岩地层有关的流体循环通常导致 Zn, Pb 饱和, 形成锌、铅矿; 盆地卤水溶解萃取氧化性地层(红层)内 Cu^+ (通常呈 CuCl_2^- 形式), 在遇到还原性流体条件时发生氧化还原反应, 导致铜矿物质沉淀。



(a) 有机质胶结石英颗粒; (b) 有机质包围辉铜矿; (c) 辉铜矿交代有机质前锋; (d) 辉铜矿方解石共生; (e) 辉铜矿胶结石英颗粒;
(f) 辉铜矿贯入石英裂隙; Q—石英; Chal—辉铜矿; Cal—方解石; Org—有机质

图 4 铜矿化岩相特征

Fig. 4 Chalcocite mineralization characteristics

在主矿区西风井北沟二叠纪灰岩中发现的铅锌矿铁帽矿化露头,说明同时存在铅锌及铜的矿化,分别受不同岩性控制而产生,总体上符合盆地流体成矿模型。但该模型不同之处在于伽师砂岩型铜矿的盆地卤水活化是在推覆构造运动驱动下进行的。在成岩期后,构造运动造成层间滑动、基底滑脱,构造产生的高压驱使还原性盆地流体的运移,在氧化性红层内循环流动,萃取其中的铜离子,发生氧化还原反应形成辉铜矿体。推覆构造及其次生断裂系统正是盆地流体的主要运移通道。

据王思程^[14]对伽师砂岩铜矿 S, Pb 同位素的研究,得出的矿石中的 S 来源于盆地硫酸盐的结论;以及曹养同等^[15]关于古近系红层铜的赋存状态分析,得出的铜以绿铜矿的形式赋存于红色粘土岩中的认识。本研究提出了富含有机质的还原性盆地流体沿推覆构造前锋和层间滑动面运移,交代红层砂岩及粉砂质粘土

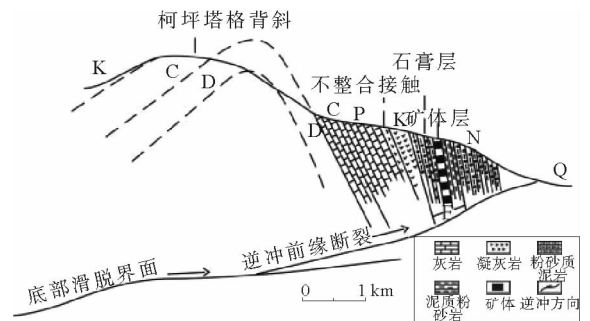


图 5 伽师铜矿化与构造关系模式图

Fig. 5 Diagram of mineralization and tectonics in Jiashi copper deposit

岩中铜元素,生成辉铜矿矿体的成矿模式(图5)。

虽然矿区内矿化显示为层状、似层状特征,但推覆构造及其次生断裂系统对于矿化热液的运移作用显而易见。褶皱圈闭及其次生断裂为还原性盆地流体在矿源层内的充分交代提供了必要条件,表现为断裂发育部位成矿条件好、矿石品位高的正相关特征。在矿区内地层 Cu 背景值普遍较高的条件下,热液沿前缘断裂运移,在孔隙度较好的砂岩层和断裂发育部位上升,淋滤铜离子并在还原性有机质流体作用下交代砂岩杂基,镜下表现为辉铜矿胶结石英、长石碎屑,并伴有新生方解石矿物胶结。泥岩中虽具有较高铜背景值,但未见大规模矿化现象,主要是孔隙度低导致流体难以大量渗入,不利于流体交代萃取。砂岩颗粒间孔隙大,镜下经常看到辉铜矿交代有机质残余,具备良好的成矿储集条件。当前缘断裂不断扩展,切穿上覆新近纪地层,或受构造抬升遭受风化剥蚀,导致成矿流体及油气沿前缘断裂及层间界面扩散至地表,最终结束交代成矿作用。矿体富集段主要集中在构造圈闭的有利位置,即背斜转折端及层间引张部位,这在生产勘探资料中得到了验证。因此,无论是成矿作用过程还是后期的矿床定位格局,推覆构造作用深刻影响着矿床的产出。

本区推覆构造控矿与云南兰坪盆地内河西矿区及云南会泽铅锌矿的成矿具有很多相似之处^[4-6],其成矿往往表现为推覆构造层状矿体和上部推覆体储集体双层成矿的特点。伽师矿区尚未发现由推覆构造控制的层状矿体,但矿区北部邻区的矿化明显表现出推覆构造前锋控矿和成矿的特征,进一步的研究应关注下部的层状构造成矿机理,为矿区深部及外围找矿提供参考。

4 结论

根据伽师砂岩型矿床矿化特征与构造及岩性间关系的分析,将推覆构造控制流体运移和矿床定位的观点应用于矿床成因模式的研究,很好地解释了矿区内的构造穿层、断裂与矿化强度的相关性以及有机质充填和辉铜矿交代沉淀等矿化现象,断裂前锋带的引张构造是导致矿化聚集的重要原因,为理解伽师砂岩型铜矿成矿和找矿提供了新思路,并为矿区周边区域推覆构造前锋带找矿提供了科学依据。

参考文献:

- [1]余心起,吴淦国,张达,等.北武夷地区逆冲推覆构造的特征及其控矿作用[J].地质通报,2008,27(10):1666-1677.
Yu Xinqi, Wu Ganguo, Zhang Da, et al. Thrust nappe structure and its ore-controlling effects in the North Wuyi area, China [J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(10): 1667-1677.
- [2]吴运高,李继亮,樊敬亮.造山带逆冲推覆构造研究的主要新进展[J].地球科学进展,2000,15(4):426-433.
Wu Yungao, Li Jiliang, Fan Jingliang. The major progresses in the researches on the thrust and nappe tectonics of orogenic belts [J]. Advances in Earth Sciences, 2000, 15(4): 426-433.
- [3]邱骏挺,余心起,吴淦国,等.北武夷篁碧矿区逆冲推覆构造及其与钼、铅-锌成矿作用关系[J].地学前缘,2011,18(5):243-255.
Qiu Junting, Yu Xinqi, Wu Ganguo, et al. Research on the nappe structure and its relevance to the mineralization in the Huangbi deposit, north Wuyi, southeast China [J]. Earth Science Frontiers, 2011, 18(5): 243-255.
- [4]何龙清,季玮,陈开旭,等.滇西兰坪盆地白秧坪地区东矿带推覆构造的控矿作用[J].地质力学学报,2007,13(2):110-117.
He Longqing, Ji Wei, Chen Kaixu, et al. Ore-controlling effect of nappe structure in the east ore zone of the Baiyangping area, Lanping basin, Yunnan [J]. Journal of Geomechanics, 2007, 13(2): 110-117.
- [5]何龙清,陈开旭,余凤鸣,等.云南兰坪盆地推覆构造及其控矿作用[J].地质与勘探,2004,40(4):7-12.
He Longqing, Chen Kaixu, Yu Fengming, et al. Nappe tectonics and their ore-controlling of Lanping basin in Yunnan province [J]. Geology and Prospecting, 2004, 40(4): 7-12.
- [6]刘淑文,魏宽义,许拉平.云南会泽铅锌矿田控矿构造体系及成矿预测[J].西北地质,2002,35(3):84-89.
Liu Shuwen, Wei Kuanyi, Xu Laping. The thrust nappe tectonics system and the metallogenic prediction of the Pb-Zn deposit in Huize, Yunnan [J]. Northwestern Geology, 2002, 35(3): 84-89.
- [7]宋方敏,闵伟,韩竹军,等.柯坪塔格推覆体的新生代变形与扩展[J].地震地质,2006,28(2):224-233.
Song Fangmin, Min Wei, Han Zhujun, et al. Cenozoic deformation and propagation of the Kalpintag fold nappe [J]. Seismology and Geology, 2006, 28(2): 224-233.
- [8]宋方敏,闵伟,韩竹军,等.南天山柯坪塔格推覆体前缘断裂活动性质及速率[J].地震地质,2007,29(2):272-281.

- Song Fangmin, Min Wei, Han Zhujun, et al. Activities and slip rate of the frontal faults of the Kalpintag nappe, Tianshan mountains, China[J]. *Seismology and Geology*, 2007, 29(2): 272-281.
- [9] 杨晓平, 冉永康, 宋方敏, 等. 西南天山柯坪逆冲推覆构造带的地壳缩短分析[J]. *地震地质*, 2006, 28(2): 194-204.
Yang Xiaoping, Ran Yongkang, Song Fangmin, et al. The analysis for crust shortening of Kalpin thrust tectonic zone, Southwestern Tianshan, Xinjiang, China[J]. *Seismology and Geology*, 2006, 28(2): 194-204.
- [10] 曲国胜, 李亦纲, 陈杰, 等. 柯坪塔格推覆构造几何学、运动学及其构造演化[J]. *地质前缘*, 2003, 10(增): 142-152.
Qu Guosheng, Li Yigang, Chen Jie, et al. Geometry, kinematics and tectonic evolution of Kepingtage thrust system[J]. *Earth Science Frontiers*, 2003, 10(S): 142-152.
- [11] 白洪海, 石玉君. 西南天山砂岩型铜矿地质特征及成因分析[J]. *新疆有色金属*, 2008(4): 14-18.
Bai Honghai, Shi Yujun. Geological characteristics of sandstone copper in southwestern Tianshan and its genetic analysis [J]. *Xinjiang Nonferrous Metals*, 2008(4): 14-18.
- [12] 马慧, 赵娟. 西南天山砂岩型铜矿地质特征及成因分析[J]. *西部探矿工程*, 2011(2): 160-164.
Ma Hui, Zhao Juan. Geological characteristics of sandstone copper in southwestern Tianshan and its genetic analysis[J]. *West-China Exploration*, 2011(2): 160-164.
- [13] 年武强, 罗卫东, 石玉君, 等. 新疆伽师砂岩型铜矿地质特征及找矿标志[J]. *甘肃地质*, 2007, 16(1/2): 28-33.
Nian Wuqiang, Luo Weidong, Shi Yujun, et al. Geological characteristics and prospecting indicators of sandstone copper deposit in Jiashi of Xinjiang province[J]. *Gansu Geology*, 2007, 16(1/2): 28-33.
- [14] 王思程, 薛春纪, 李志丹. 新疆伽师砂岩型铜矿床地质及 S、Pb 同位素地球化学[J]. *现代地质*, 2011, 25(2): 219-227.
Wang Sicheng, Xue Chunji, Li Zhidan. Geology and S-Pb isotopic geochemistry of the Jiashi sandstone-type copper deposit, Xinjiang, China[J]. *Geoscience*, 2011, 25(2): 219-227.
- [15] 曹养同, 刘成林, 陈永志, 等. 库车前陆盆地古近系—新近系铜矿化特征及铜的来源、富集分布初探[J]. *地质学报*, 2010, 84(12): 1791-1804.
Cao Yangtong, Liu Chenglin, Chen Yongzhi, et al. Characteristics of copper mineralization in the Kuqa foreland basin, and origin, enrichment and distribution of copper[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2010, 84(12): 1791-1804.
- [16] Robb L. Introduction to ore-forming process[M]. Oxford: Blackwell Publishing, 2004: 197-202.

(责任编辑:高丽华)