

湘西桃源县西安钨金矿床褶皱构造的发现及控矿意义*

申萍¹, 沈远超¹, 王京彬^{1,2}, 刘铁兵¹, 刘正桃², 付水兴², 李丰收²

(1 中国科学院矿产资源研究重点实验室, 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029;

2 有色金属矿产地质调查中心, 北京 100012)

摘要 湖南桃源县西安钨金矿床位于湘西矿化集中区西安金锑钨成矿带的中部, 距沃溪钨锑金大型矿床约15 km, 是湖南重要的钨金矿床。前人研究注意到该区内含矿地层及断裂构造叠加对矿床形成的控制作用。文章通过矿区地质研究和地球物理测量, 结合区域地质演化和对前人资料的分析, 发现该矿区还存在重要的褶皱构造。对该矿床的形成和分布提出了新的认识, 该矿床的形成除受地层和断裂构造控制之外, 还受到褶皱构造的明显控制, 提出了: 有利地层和缓倾斜 EW 向层间滑动断裂带叠加控制了矿化带的形成和分布, 高角度 NE 向断裂是重要的导矿构造, 褶皱构造的叠加控制了矿床的形成和分布, 次级褶皱尤其是背斜构造的叠加则控制了矿体的形成和分布, 该矿床的成矿有利地段是地层和层间滑动断裂带之上叠加了褶皱构造的地段。

关键词 地质学; 褶皱构造; 控矿作用; 西安钨金矿床; 湘西

中图分类号: 618.67; 618.51

文献标志码: A

Discovery of fold structure in Xi'an W-Au deposit of Taoyuan County, western Hunan, and its ore-controlling significance

SHEN Ping¹, SHEN YuanChao¹, WANG JingBin^{1,2}, LIU TieBing¹, LIU ZhengTao²,
FU ShuiXing² and LI FengShou²

(1 Key Laboratory of Mineral Resources, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China; 2 China Nonferrous Metals Resource Geological Survey, Beijing 100012, China)

Abstract

Located at the center of the Xi'an Au-Sb-W mineral belt 15 km away from the well-known Woxi W-Sb-Au large-sized deposit, the Xi'an ore deposit is an important W-Au deposit in western Hunan. Previous researchers noticed the controlling role of the superposition of the ore-bearing strata and faults in the formation of the W-Au deposit. Based on geological investigation and geophysical survey in the ore district as well as an analysis of the regional geological evolutionary history and the data available, the authors detected in this study the existence of an important fold core in the Xi'an W-Au deposit. A new opinion is thus put forward that, apart from ore-bearing strata and faults, this important fold structure controls the mineralization of the Xi'an W-Au deposit. The favorable strata and faults control the formation of the W-Au ore belt, the fold controls the formation and distribution of the ore deposit, and the anticline core of the second-order fold controls the distribution of the ore bodies. On such a basis, it is held that the most promising target for new potential mineralization is the core of anti-

* 本文得到中国科学院创新工程项目(KZCX2-YW-107)和国土资源部资源补偿费项目“湖南省桃源县李家冲金钨矿普查”的联合资助
第一作者简介 申萍,女,1964年生,博士,从事矿床学及成矿预测理论研究工作。E-mail: pshen@mail.iggcas.ac.cn
收稿日期 2007-10-02; 改回日期 2008-01-10。许德焕编辑。

cline, to which previous researchers did not seem to pay sufficient attention.

Key words: geology, fold structure, ore-controlling role, Xi'an W-Au deposit, western Hunan

中国长江以南出露一长条状的晚前寒武系,黄汲清称之为“江南古陆”,其西南段为“雪峰古陆”,位于扬子地块西南缘与华南板块的交接部位(Chen et al., 1998; Peng et al., 1999),在平面上呈NW向突出的弧形,故又称雪峰弧形构造隆起带(顾雪祥等, 2003)。西安钨金矿区位于雪峰弧形构造隆起带中段的湘西矿化集中区中部的西安金锑钨矿带内(图1)。

西安钨金矿床位于湖南省桃源县西安镇境内,距长沙市约200 km,在著名的沃溪钨锑金大型矿床东南15 km处。多年来,地质勘探及研究者皆注意

到西安钨金矿区内板溪群马底驿组地层及缓倾斜EW向层间滑动断裂带和NE向断裂构造等对矿床形成的控制作用,但有关褶皱构造对矿体定位的影响则很少涉及。本次研究发现,在西安矿区内,除不同方向的断裂构造外,还有明显的不同级别的褶皱构造,这些褶皱构造直接控制了矿体和矿化的形成及分布。在此基础上,笔者提出了:有利地层和缓倾斜EW向层间滑动断裂带叠加控制了矿化带的形成和分布,高角度NE向断裂是重要的导矿构造,褶皱构造的叠加控制了矿床不同矿段的分布,褶皱构造中发育的次级褶皱(尤其是背斜核部)的进一步叠

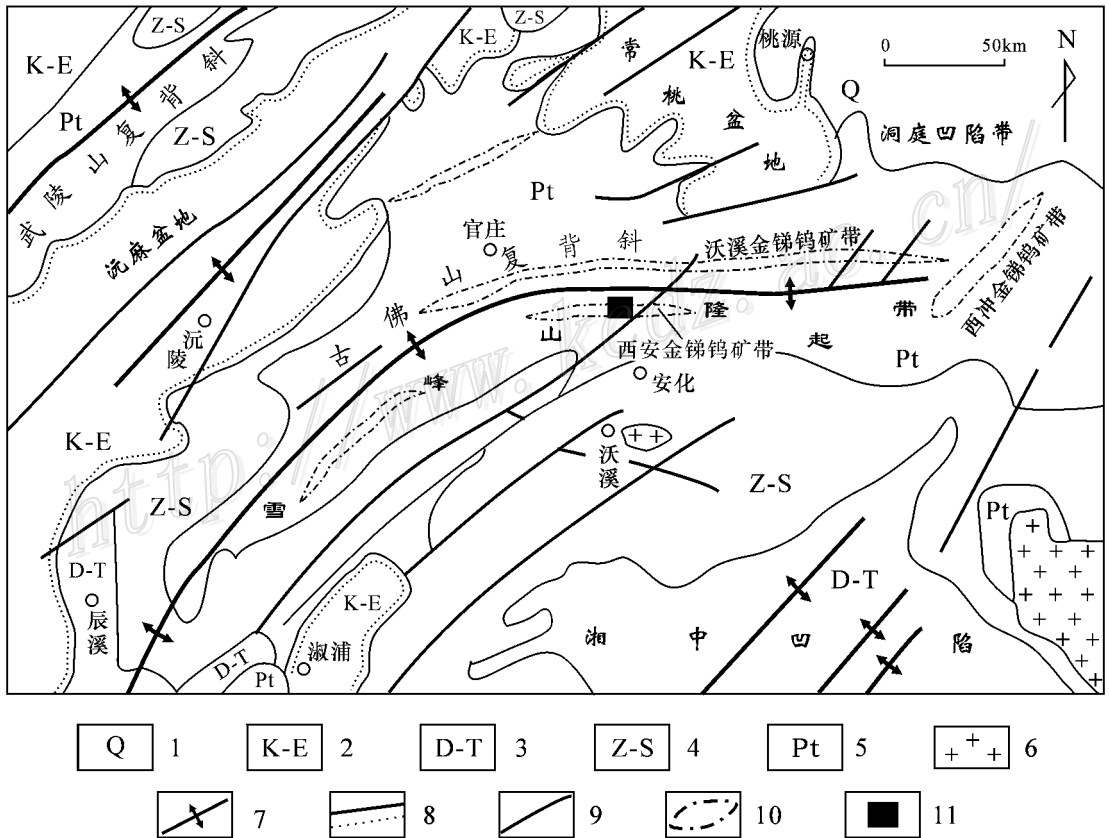


图1 湘西西安金锑钨矿带区域地质图(据中国人民武装警察部队黄金指挥部,1996;湖南省区域地质调查所,1995)

- 1—第四系;2—白垩系-第三系;3—泥盆系-二叠系;4—震旦系-志留系;5—元古界;6—印支期-燕山期花岗岩;
- 7—背斜;8—不整合面;9—断裂;10—矿带;11—研究区位置

Fig. 1 Regional geological map of Xi'an W-Sb-Au ore belt in western Hunan (from Gold Headquarter of the Chinese People's Armed Police Force, 1996; Hunan Regional Geological Survey, 1995)

- 1—Quaternary; 2—Cretaceous-Tertiary; 3—Devonian-Permian; 4—Sinian-Silurian; 5—Proterozoic; 6—Indosinian-Yanshanian granite;
- 7—Anticline; 8—Unconformity; 9—Fault; 10—Ore belt; 11—Location of the Study area

加则控制了各个矿段中矿体(尤其是富矿体)的形成与分布。据此,笔者进行了成矿规律研究,并开展了成矿预测。西安矿区内褶皱构造的发现,对在目前已闭坑的西安钨金矿床及其外围进行找矿勘探有着重要的指导意义。本文仅就西安钨金矿区内存在褶皱构造的依据及其控矿作用进行讨论。

1 矿床地质

西安钨金矿床所处区域内出露的地层为下元古界冷家溪群及上元古界板溪群(Yang et al., 1999)。冷家溪群为细砂-粉砂-粘土含火山碎屑复理石浊流沉积,中、下部有基性枕状熔岩、拉斑玄武岩;板溪群主要为陆源碎屑岩和火山碎屑浊积岩,不整合覆盖

在冷家溪群之上。雪峰运动奠定了该区的主要构造骨架,使其隆起为江南古陆的组成部分,历经了EW向构造及晚期的NNE向构造的叠加与改造,形成了雪峰弧形构造隆起带(中国人民武装警察部队黄金指挥部,1996;Chenet al., 1998;Peng et al., 1999)。关于岩浆活动,在湘、赣两省交界处,由雪峰运动期的碰撞造山作用(Yan et al., 2003)形成了长三背花岗岩体(838 Ma)及板背花岗岩闪长岩体,也发育由中生代陆内碰撞造山作用(Yan et al., 2003)形成的印支期-燕山期花岗岩,其总体侵位时代为200 Ma(湖南省区域地质调查所,1995)。

在西安钨金矿区内,下元古界冷家溪群分布于北部(图2),厚度大于1250 m,但出露不全,岩性单一,为一套厚层青灰色、灰绿色砂质板岩,劈理和片

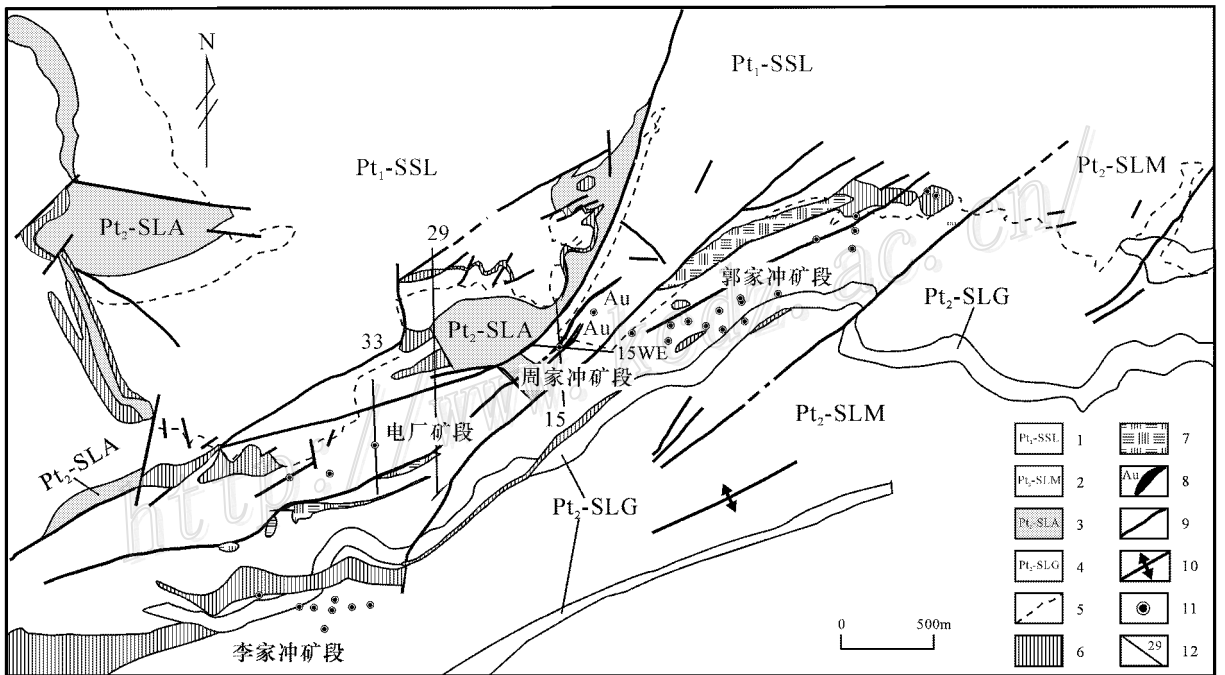


图 2 湘西西安钨矿区地质略图(据有色金属矿产地质调查中心北京地质调查所,2005^①)

- 1—下元古界冷家溪群青灰色板岩;2—上元古界板溪群马底驿组紫色板岩;3—上元古界板溪群马底驿组灰色板岩;4—上元古界板溪群马底驿组绿色板岩;5—钙质含矿层;6—蚀变板岩;7—构造蚀变岩;8—金矿体;9—断裂;10—背斜轴;11—钻孔;
- 12—地球物理测线及编号

Fig. 2 Sketch geological map of the Xi'an ore district in western Hunan (after China Nonferrous Metals Resource Geological Survey, 2005)

- 1—Gray slate of Lower Proterozoic Lengjiaxi Group;2—Purple slate of Upper Proterozoic Madiyi Formation;3—Gray slate of Upper Proterozoic Madiyi Formation;4—Green slate of Upper Proterozoic Madiyi Formation;5—Calcareous ore-bearing layer;6—Altered slate;7—Structure-altered rock;8—Gold ore body;9—Fault;10—Anticlinal axis;11—Drill hole;12—Exploration line and its serial number

① 有色金属矿产地质调查中心北京地质调查所. 2005. 湖南省桃源县李家冲钨矿普查报告. 内部资料.

理发育;上元古界板溪群马底驿组是该矿区的主要含矿地层,分布广泛,厚度为937 m,与下伏冷家溪群呈角度不整合接触。马底驿组自下而上可分为5个岩性段:第1岩性段为泥质紫色板岩,局部含钙质结核,底部为钙质、泥质紫色板岩,是该矿区的主要含矿层,其底部与下伏冷家溪群为不整合接触,其间有一层不稳定的砾岩,砾石为青灰色板岩,呈次棱角状,胶结物为砂泥质;第2岩性段是一套厚大的浅海相浅变质碎屑岩,以青灰色砂质板岩为主;第3岩性段以泥质、砂质紫色板岩为特征,局部含钙质结核,是该矿区的含矿层;第4岩性段为绿色砂质板岩,与紫色板岩呈过渡关系;第5岩性段为厚层状砂质紫色板岩及泥质紫色板岩。

该矿区位于西安金锑钨矿带的中部,该矿带构造线走向近EW(图1)。在西安矿区内,由于后期叠加了明显的NE向构造而使其构造线走向呈近NEE向(图2)。该矿区总体为一单斜构造,岩层走向近EW,倾向南,倾角 $25\sim 35^\circ$;矿区内的主要构造形迹有EW向层间压性逆断层、NE向和近NS向的断层以及不同方向的褶曲等。

西安钨金矿床呈近EW向分布,长11 km,宽4 km。矿脉产于马底驿组底部的浅变质板岩中,主要为层间脉,也有细脉带,走向近EW,倾向S,倾角 $20\sim 30^\circ$,主要为盲矿脉,仅其北部出露地表。赋矿层位厚1~11 m。剖面上,单条矿脉由多个含金钨石英脉透镜体组成。该矿区从西向东可分为4个矿段,即李家冲矿段、电厂矿段、周家冲矿段及郭家冲矿段(图2)。郭家冲矿段是该矿床的主体,以白钨矿为主, WO_3 含量平均为1.55%,伴生有金,矿体长790 m,延深1200 m,控制标高为107~463 m。周家冲矿段发育有钨矿体和金矿体,前者为白钨矿-石英脉,由26条矿脉组成,出露标高为340 m,富集于300 m标高以上,矿脉长50~100 m,厚0.1~1 m,在剖面上呈上大下小的形态,走向有NE $40\sim 50^\circ$ 和NE 30° 两组;后者为含金石英脉,呈脉状、透镜状产于NE向脆性断裂带中,主要分布在40~430 m标高间,矿体长580 m,水平厚0.9~8.7 m,延深大于280 m,金品位平均为3 g/t。电厂矿段以白钨矿为主,伴生有金,7个钻孔见金矿体,其厚度为1.6~8.4 m,金品位平均为3 g/t。李家冲矿段已发现3个金矿体,产于褪色化紫色板岩中,受层间硅化断裂破碎带控制,矿体呈近EW向平行展布,倾向S,倾角 $35\sim 53^\circ$,矿体长40~380 m,厚0.9~1.9 m,金品位

为2.1~5.5 g/t。

按有用矿物组合,该矿区的矿石类型可分为白钨矿-石英型、白钨矿-自然金-石英型、黄铁矿-自然金-石英型、白钨矿-自然金-石英细脉-蚀变板岩型。其中,白钨矿-石英型矿石在钨矿体中普遍存在,黄铁矿-自然金-石英型矿石在金矿体中最常见。各类矿石中浸染状、角砾状、网脉状、条纹状构造发育。金属矿物主要为黄铁矿、白钨矿、银金矿、自然金,含少量黄铜矿、黝铜矿、方铅矿等;脉石矿物为石英、方解石、白云石、绿泥石及少量磷灰石、高岭石、碳质等。围岩蚀变发育,有褪色化、硅化、黄铁矿化、碳酸盐化、绿泥石化、绢云母化及电气石化等,其中,硅化、黄铁矿化与金矿化关系密切,碳酸盐化与白钨矿化关系密切。

2 褶皱构造

前人研究认为,西安钨金矿区的矿化带呈EW向展布,NE向构造叠加其上,复合并部分改造了EW向构造,尤其是与EW向构造复合部位常被后期含Au、W的热液充填。本次研究表明,该矿区的控矿构造除断裂构造外,还有褶皱构造,它们对矿床的形成和分布具有重要的控制作用。西安钨金矿区存在褶皱构造的依据如下所述。

2.1 区域构造背景依据

元古代期间,湘西地区发生了多次构造运动,区域构造应力场也发生了多次变化,形成了区域不整合面、不同级别的褶皱及不同方向的断裂,并发生了钨、锑、金等成矿作用,形成了沃溪、西安等一系列重要矿床。

武陵运动期间,受到区域性近NS向挤压应力的作用,冷家溪群地层发生了褶皱,形成了近EW向的古佛山背斜。沃溪金锑钨矿带位于该背斜西段(又称之为仙鹅抱蛋背斜)的北翼,西安金锑钨矿带位于其南翼(图1)。板溪群角度不整合于冷家溪群之上。伴随武陵运动的纵弯褶皱作用,在角度不整合面上产生了层间滑动,形成了近EW向层间滑动断层的雏形,其最后形成于雪峰运动。

雪峰运动晚期,区域构造应力场已由早元古代的NS向挤压,逐渐转化成NS向的左行扭动力偶(中国人民武装警察部队黄金指挥部,1996)。这种扭动力偶派生出NW-SE向的挤压应力和NE-SW向的剪切应力。NE-SW向的剪切应力形成了左行

压扭性逆断层,表现为区域性的 NE 向断层;NW-SE 向的挤压应力使冷家溪群和板溪群发生褶皱,叠加于古佛山背斜,形成了一系列褶皱,如沃溪矿区发育有叠加于仙鹅抱蛋背斜北翼的一系列横跨褶皱。位于古佛山背斜南翼的西安矿区,与沃溪矿区处于相同的区域构造应力场,从理论上讲,也应当发育类似的构造即褶皱构造。据此,笔者对前人资料及野外地层产状做了进一步的分析和研究。

2.2 前人资料分析依据

对湖南冶金 237 勘探队 1974 年有关西安钨金矿区的资料进行了系统研究,尤其是对该矿区不同矿段含矿层构造等高线图进行了分析。经分析和研究发现,在不同矿段,矿化层沿走向在很短的距离内其高程发生了明显的变化。例如,郭家冲矿段 1 号含矿层的构造等高线图(图 3)显示,该含矿层在走向上,从富矿柱向东,在不足 1 000 m 的范围内,其高程降低了 200 m;周家冲矿段 1 号含矿层沿走向从西向东,在不足 400 m 的范围内,其高程降低了 100 m;在电厂矿段也见到类似现象。

前人将此现象解释为断层所致。本次研究发现,于前人资料中,在断裂通过处仅局部地段有钻孔资料,绝大部分地段缺乏资料,故笔者认为,含矿层高程明显降低可能有断裂构造的影响,但都用断层来解释,可能不够全面。例如,郭家冲矿段 1 号含矿层从富矿柱向东,其高程明显降低,除有 2 个钻孔控制之外,其余绝大部分地段没有资料,含矿层高程明显降低也可能是地层弯曲所致,因此,笔者初步判断郭家冲矿段有可能存在背斜,该背斜的倾伏方向和倾伏角与岩层产状基本一致。郭家冲矿段 1 号含矿层构造等高线图(图 3)显示,郭家冲背斜倾伏方向长大于 1 000 m,其东翼延伸大于 1 400 m,其西翼被郭家冲断裂切割;在该背斜内部,含矿层高程仍有波动,显示出地层仍有弯曲现象。周家冲矿段和电厂矿段亦具类似情况。周家冲矿段 1 号含矿层从西向东,高程明显降低的现象可能是地层处于背斜的东翼所致,露天采场之处可能是背斜的核部,向 SE 倾伏,其倾伏方向和倾伏角与岩层产状基本一致,其倾伏方向长约 400 m。电厂矿段从西向东,含矿层的高

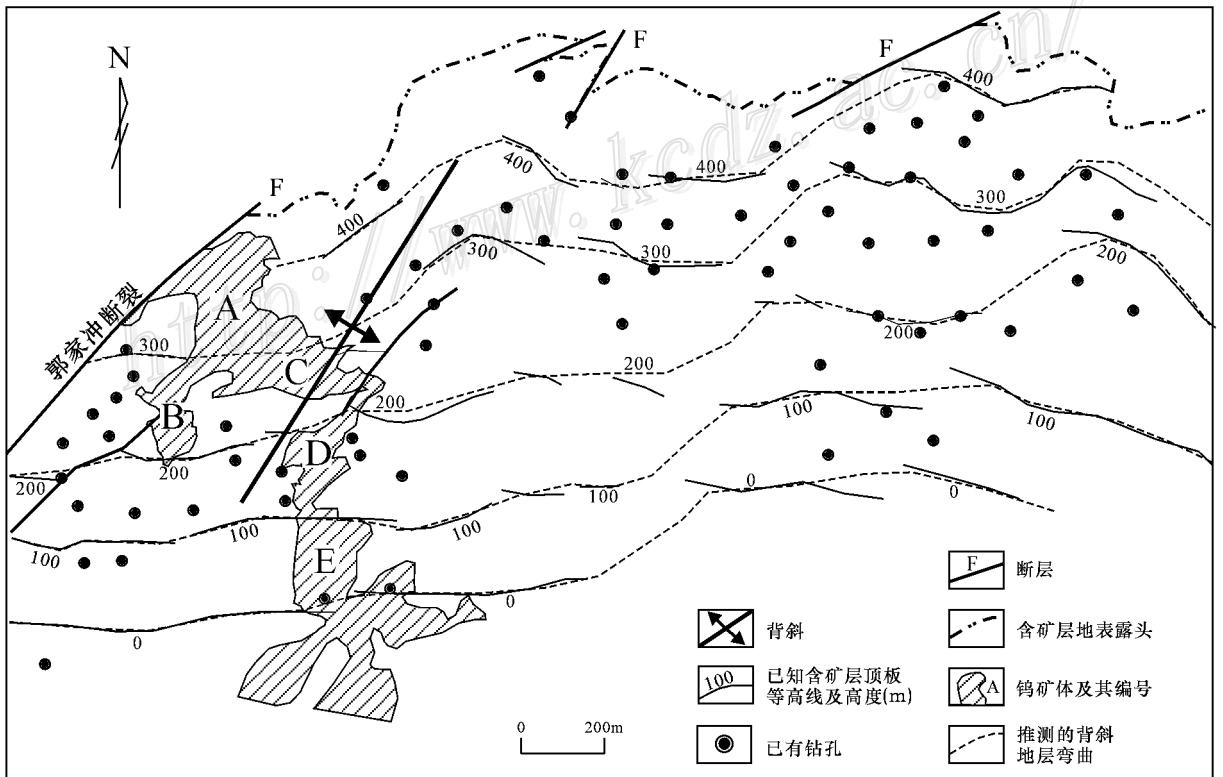


图 3 西安矿区郭家冲矿段含矿层构造等高线和背斜示意图(底图源于湖南冶金 237 勘探队 1974 年资料^①)

Fig. 3 Contour diagram of the mineralized layer in the Xi'an ore district showing anticline (after Hunan Nonferrous Metals Resource No. 237 Geological Party, 1974)

① 湖南冶金 237 勘探队. 1974. 桃源西安白钨矿床地质特征与成矿规律. 内部资料.

程先升高而后降低,可能是由于地层处于背斜和向斜构造所致。

2.3 地质依据

在湖南冶金 237 勘探队所获资料的基础上,本次研究又对郭家冲、周家冲和电厂矿段内地层的产状进行了补充测量。测量结果表明,不同矿段内地

表地层产状有明显的变化,地层呈弧形弯曲,有些地段内,地层倾向相反。由此可见,地层可能受到了强烈的挤压作用,发生了褶皱。

例如,在郭家冲矿段,沿地层总体的 EW 走向,地层产状逐渐变化(图 4A),其西部地层走向变化为 $102^{\circ} \rightarrow 85^{\circ} \rightarrow 63^{\circ} \rightarrow 334^{\circ}$ (图 4B),北部地层走向的变

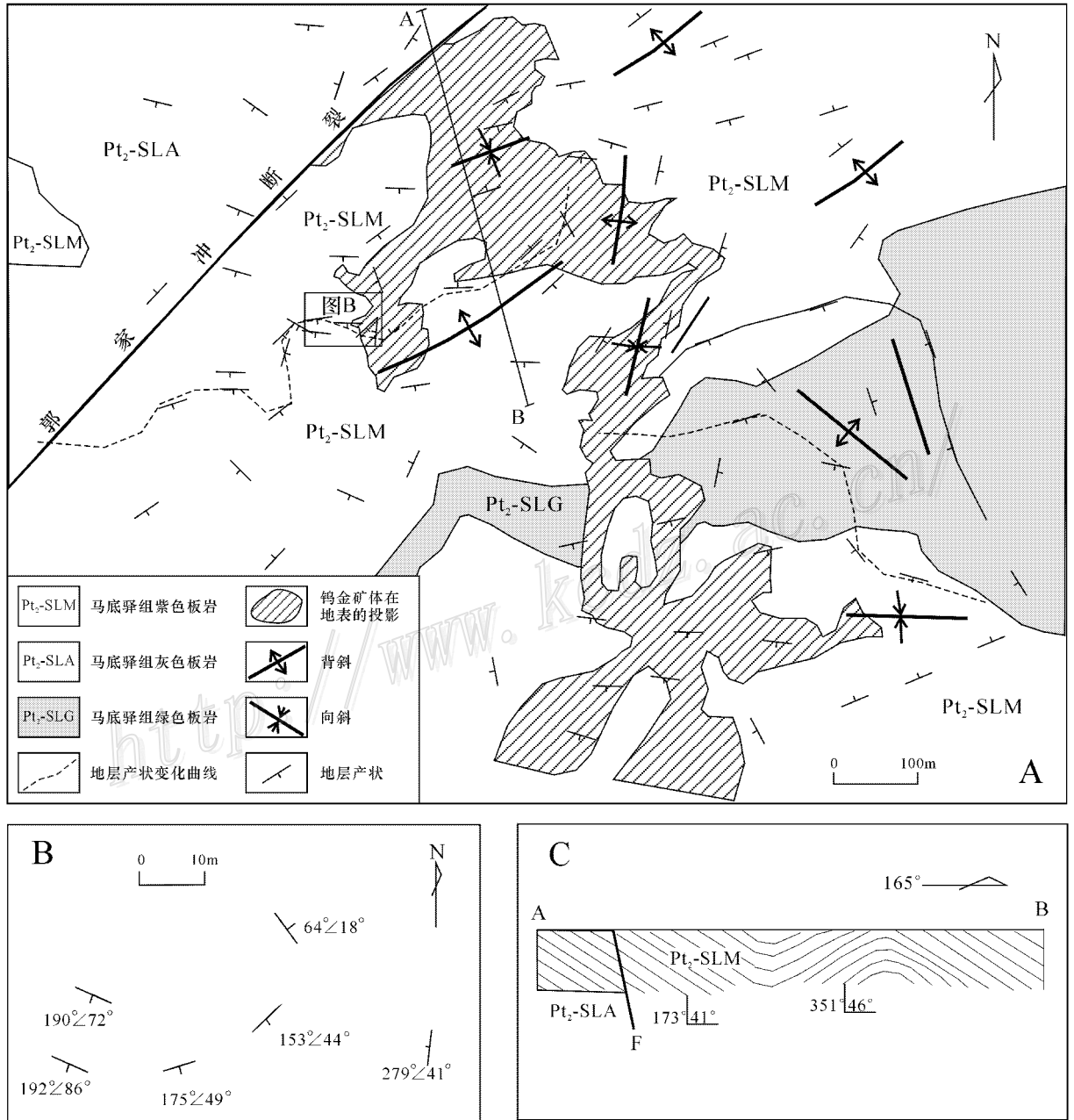


图 4 西安矿区郭家冲矿段地质简图及地层产状变化图(据有色金属矿产地质调查中心北京地质调查所 2005^①)
 Fig. 4 Geological sketch map of the Guojiachong ore block from the Xi'an ore district showing stratigraphic occurrences (after China Nonferrous Metals Resource Geological Survey, 2005)

① 有色金属矿产地质调查中心北京地质调查所, 2005. 湖南省桃源县李家冲金钨矿普查报告, 内部资料.

化为 $72^\circ \rightarrow 63^\circ \rightarrow 42^\circ \rightarrow 118^\circ \rightarrow 93^\circ \rightarrow 56^\circ$,使地层呈明显的弧形弯曲。沿地层总体南倾的方向上,有些地段的 地层倾向相反,如矿区中部,地层倾向为 351° 和 173° (图 4C),矿区东部,地层倾向相反,这表明在走向方向上,地层也发生了褶皱。地层沿走向和倾向呈舒缓波状,形成了与其走向和倾向相交的褶曲,表明郭家冲矿段处于一个发育复杂褶皱的地段,该褶皱是由若干个背斜、向斜组成的复式褶皱(图 4)。

周家冲矿段,地表地层产状也有明显变化,尤其是在露天采场的东壁可见一向斜(图 5,图 6A)。该向斜地表出露宽 8 m,其核部为灰绿色板岩夹钙质板

岩(钙质板岩厚 40~60 cm),两翼为灰绿色板岩,其西翼地层产状为 $225^\circ \angle 50^\circ$,东翼地层产状为 $110^\circ \angle 43^\circ$,向斜轴向倾伏于 SE 135° 。该向斜东部被 NE 向断裂错断。在周家冲矿段的层脉及近矿围岩中常见有小褶曲,其波长一般为 10~50 cm,形态复杂多样,主要有肠状及扇形褶皱等,具柔流褶皱特征,围岩亦与之同步褶皱(图 6B)。

2.4 地球物理依据

基于地质研究中提出的地层(包括不整合面的含矿层)发生了明显的褶皱弯曲,具有波状起伏的特点,在西安矿区进行了双源大地电磁测深,即EH4连

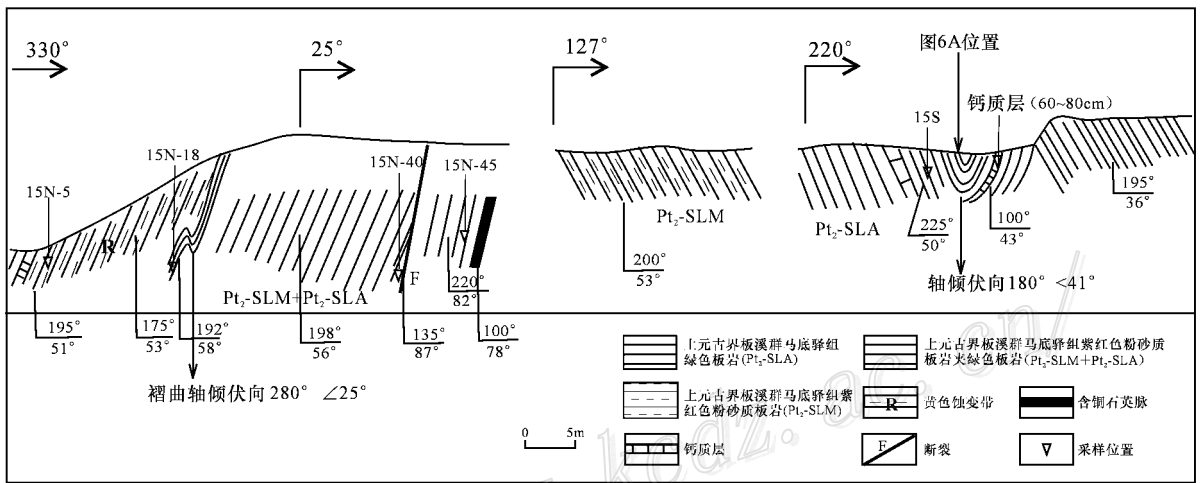


图 5 西安矿区周家冲矿段露天采场剖面图

Fig. 5 Section of the open-pit at the Zhoujiachong ore block in the Xi'an ore district

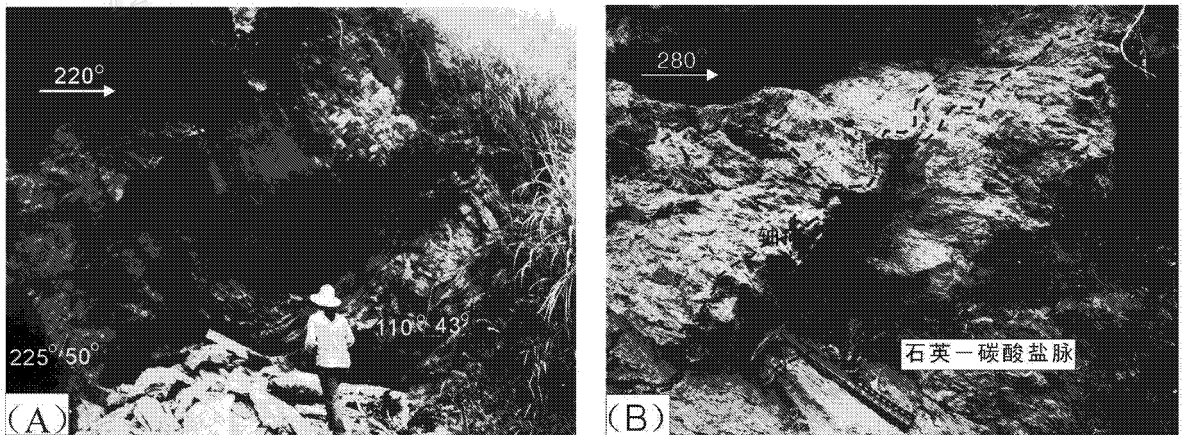


图 6 周家冲矿段 15 勘探线向斜构造(A)及石英-碳酸盐脉与围岩同步褶皱(B)

Fig. 6 Syncline of the open-pit(A) and fold of the quartz-carbonate dikes(B) along No. 15 exploration line of the Zhoujiachong ore block in the Xi'an ore district

续电导率剖面测量。由于该矿区的郭家冲矿段已采空,而周家冲及电厂矿段部分地区尚未开采,因此,在周家冲及电厂矿段进行了5条地球物理剖面测量,现就电厂矿段有3个钻孔(Ⅱ-27/CK1、29/CK2、29/CK3)控制的29勘探线的测量结果进行讨论。该剖面上出露的地层由两部分组成,北部为下元古界冷家溪群灰绿色砂质板岩,南部为上元古界板溪群马底驿组钙质泥质紫色板岩,两者呈角度不整合接触,不整合面向南缓倾。矿体呈层状分布于马底驿组底部钙质泥质紫色板岩中,矿体在北部出露地表,在南部缓倾斜于地下。

对测量结果进行了二维反演,得到了视电阻率(Ωm)—深度(m)剖面图(图7)。该图反映出该区地下存在高电阻率($>1\,000\ \Omega\text{m}$)、中低电阻率(700~

800 Ωm)和低电阻率($<200\ \Omega\text{m}$)3种不同的电性体。高电阻率电性体广泛分布于地下深部,矿区北部有少量出露,低电阻率电性体呈不规则条带状产出,分布局限,在剖面0~100 m处宽约100 m,延深由地表向下700 m,北部还有2条较小的低阻带;中低电阻率电性体呈不规则面状产出于高电阻率电性体的顶部和外围。

根据电阻率值和岩性变化规律,结合29勘探线地质及钻孔资料分析,深部广泛分布的高电阻率电性体应为冷家溪群砂质板岩;呈高角度带状分布的低电阻率异常区为该矿区NE向断裂产出部位,在剖面0~100 m处,宽100 m、延深700 m的低电阻率异常区为高角度周家冲断裂带,向北320 m处的低电阻率异常区为红岩湾断裂。更重要的是,呈面状

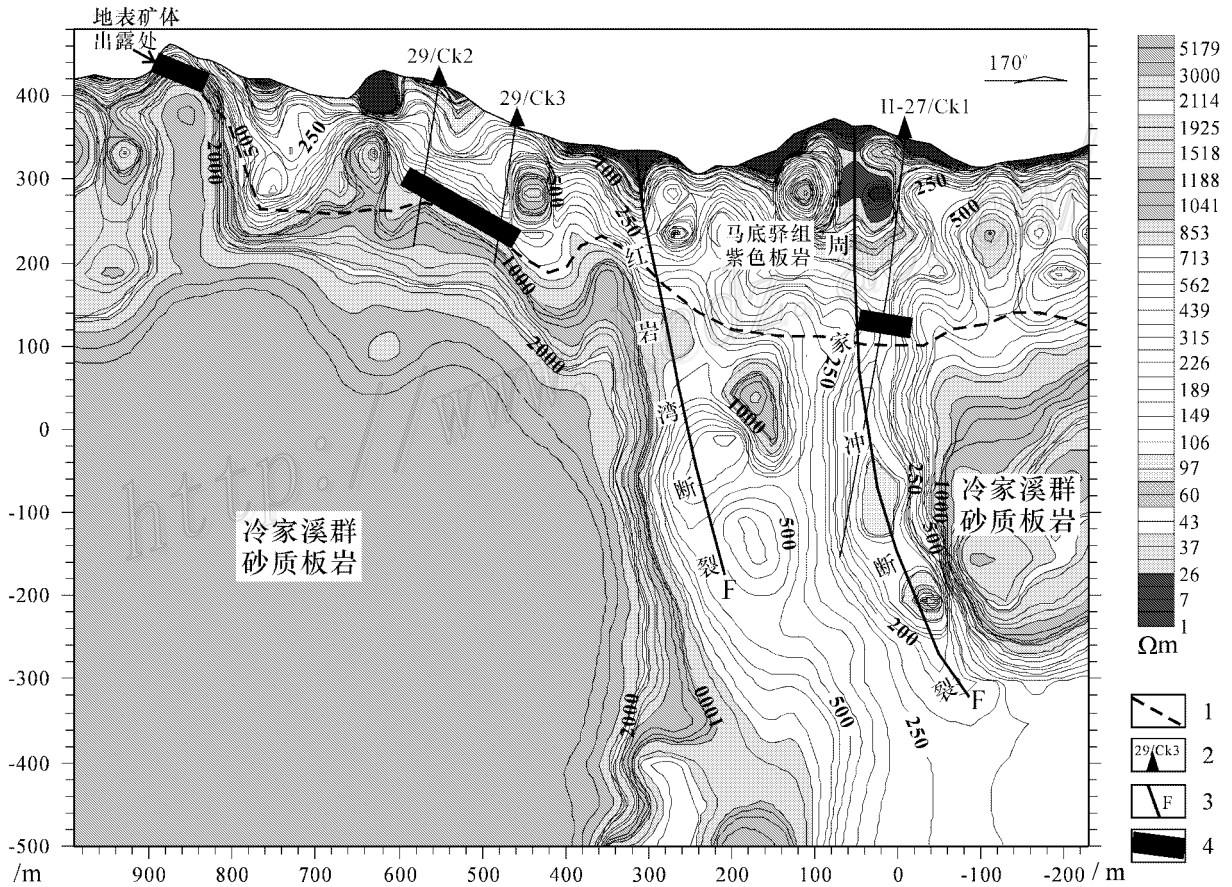


图7 西安矿区29勘探线EH4连续电导率剖面测量的视电阻率(Ωm)—深度(m)剖面图
29勘探线位置见图2

1—解译地层不整合面;2—已有钻孔及编号;3—解译断裂;4—实测钨金矿体

Fig. 7 Depth-resistivity profile obtained with the 2-D inversion form stratagem EH4 along No. 29 exploration line, showing the underground resistivity image (from the surface down to the depth of 900 m). See Fig. 2 for location
1—Interpreted unconformity; 2—Drill hole and its serial number; 3—Interpreted fault; 4—Measured W-Au ore body

分布于高电阻率异常体顶部的中低电阻率电性体，与该区出露的不整合面上的含矿层相对应。中低电阻率电性体呈波状起伏的面状，预示出不整合面的形态，也反映了含矿层在倾向上具有褶曲的现象。这一结果从地球物理方面为西安钨金矿区内存在褶皱构造提供了依据。

通过上述地质研究和地球物理测量，结合区域地质演化和对前人资料的分析，笔者认为，西安矿区存在重要的褶皱构造，而且，这种褶皱构造对西安钨金矿床的形成具有明显的控制作用。

3 褶皱控矿作用

西安矿区位于古佛山背斜的南翼(图 1)。本次研究表明，在该矿区内，古佛山倒转背斜南翼的岩层沿走向和倾向呈舒缓波状，形成了与地层走向和倾向相交的褶皱，这些褶皱多为复式褶皱，由更次一级的褶皱构成。在野外实地研究的基础上，结合已有资料，将该矿区内的褶皱构造分为 4 级。不同级别的褶皱构造对矿床的形成和分布具有不同的控制作用。

I 级褶皱 武陵运动期间，区域性的近 NS 向挤压应力，使冷家溪群遭受褶皱作用，形成了近 EW 向的古佛山背斜。在区域上，武陵运动的标志是冷家溪群与板溪群之间的角度不整合。西安矿区位于近 EW 向的古佛山倒转背斜的南翼，表现为单斜构造，倾向南，倾角 30°左右。古佛山背斜是该矿区的 I 级褶皱，控制了整个西安钨金矿化带的形成和分布。

II 级褶皱 前已述及，在雪峰运动晚期，区域构造应力场已变成 NS 向的左行扭动力偶，这种扭动力偶派生出 NW 向的挤压应力和 NE 向的剪切应力。剪切应力形成了 NE 向断层，包括郭家冲断层、周家冲断层和红岩湾断层等，这些高角度 NE 向断裂为含矿热液的运移提供了动力和通道。更重要的是 NW 向挤压应力形成了一系列的褶皱，叠加在古佛山 I 级背斜构造的南翼，表现为矿区内的岩层沿 NNE 方向斜交地层走向，形成了轴向 NNE 的褶皱构造，初步研究认为，主要包括郭家冲背斜、周家冲背斜和电厂背斜。目前已知，郭家冲矿段分布于郭家冲背斜中(图 4)，周家冲矿段与周家冲背斜基本吻合，电厂矿段与电厂背斜吻合，表明 II 级褶皱控制了该矿区内各个矿段的形成和分布。

III 级褶皱 西安矿区内发育的 II 级褶皱多为复

式褶皱，由更次一级的褶皱即 III 级褶皱所构成。这些 III 级褶皱控制了不同矿段内矿体的分布。例如郭家冲矿段，已探明矿体呈柱状产出，划分为 7 个矿柱，其中有 5 个矿柱相互连接在一起，呈“多”字型分布(图 3、4)，含矿层倾向 S 或 SE，而矿柱则为 SEE 向，向 SE 侧伏，倾伏角为 30~60°，表明郭家冲背斜中所发育的次一级褶皱控制了 SEE 向矿柱的形成和分布，该次级褶皱是轴向近 EW 向的短轴褶皱。此外，在周家冲矿段露天采场的东壁可见一个向斜(图 6A)，该向斜是周家冲背斜中的次一级向斜。

IV 级褶皱——石英碳酸盐脉小褶曲 西安钨金矿床不同矿段内广泛发育的石英碳酸盐脉小褶曲赋存于 III 级褶皱中，为 IV 级褶皱。例如，在周家冲矿段的层脉及近矿围岩中发育的石英碳酸盐脉小褶曲，其波长一般为 10~50 cm，形态复杂多样，主要有肠状及扇形褶皱等，具柔流褶皱特征，围岩亦与之同步褶皱(图 6B)。

综上所述，古佛山背斜(I 级)控制了西安钨金矿化带的形成和分布；II 级褶皱控制了西安矿区内不同矿段的形成和分布，郭家冲、周家冲和电厂矿段分别与郭家冲背斜、周家冲背斜和电厂背斜基本吻合；III 级褶皱则控制了各个矿段内矿体(柱)的产出，以郭家冲矿段最为明显；IV 级褶皱叠加在 III 级褶皱之上，使矿体厚度增大。这与湘西沃溪金锑钨矿床的褶皱控矿特点(刘亚军, 1992)相类似。

4 讨论

前人研究认为，西安钨金矿床的矿体总体上产于板溪群底部的钙质层层滑断裂中，受层位和层滑断裂的控制，但其产出位置又紧邻郭家冲断裂和周家冲断裂，受 NE 向断裂带的控制，因此，矿体受层位和断裂双重因素控制，层位和缓倾斜 EW 向层间滑动断裂带提供了有利的容矿空间，而高角度 NE 向断裂构造活动则为含矿热液的运移提供了动力和通道。

本次研究中褶皱构造的发现，使人们对西安钨金矿床的形成有了新的认识。笔者认为，该矿床的形成除了受地层和不同方向断裂构造叠加的控制之外，还受褶皱构造的明显控制，因此提出，有利地层和缓倾斜 EW 向层间滑动断裂带叠加控制了矿化带的形成和分布，高角度 NE 向断裂是重要的导矿构造，褶皱构造的叠加控制了矿床不同矿段的分布，褶

皱构造中发育的次级褶皱则控制了各个矿段中矿体尤其是富矿体的形成和分布。总之,西安矿区内发育的控矿褶皱不是简单褶皱,而是一种轴向交叉的复合褶皱,主要的褶皱轴向为 NNE 向,又叠加了近 EW 向的短轴褶皱,由此形成了一些相连或不相连的穹隆和凹陷,伴随着这种复杂褶皱的形成,在角度不整合面上产生层间滑动,岩层之间发生滑脱,形成有利的容矿部位,而这些容矿部位并非按照某一个褶皱轴向分布,而是按照两组褶皱轴向相间分布的,由此构成了复杂的矿体形态,加之,矿体又受断裂构造的影响,故使其形态更加复杂。

西安金钨矿床以钨矿体为主,目前钨已采完。据前人关于钻孔样品的分析数据,与钨矿相伴有金矿,后者为盲矿体,分布在马底驿组底部的紫色板岩层滑断裂带中,尚未开采,因此,有必要对该矿床的控矿因素进行研究,以此指导尚未开采的金钨矿体中金矿体的勘探。更重要的是,西安矿床的外围广泛出露板溪群马底驿组底部的钙质泥质紫色板岩,即控矿的有利层位广泛存在,这些地段是否有褶皱构造的叠加,值得进一步研究。总之,西安矿区内褶皱构造的发现,对在目前已闭坑的西安钨金矿床及其外围进行成矿预测有着重要的指导意义。

References

- Chen J F and Jahn B. 1998. Crustal evolution of the southeastern China: Nd and Sr isotopic evidence[J]. *Tectonophysics*, 284: 101-133.
- Gu X X, Liu J M, Schulz O, Vavtar F and Zheng M H. 2003. Geochemical constraints on the tectonic setting of the Proterozoic turbidites in the Xuefeng uplift region of the Jiangnan orogenic belt

[J]. *Geochimica*, 32(5): 406-426 (in Chinese with English abstract).

- Liu Y J. 1992. Fold structure of the Woxi gold-antimony-tungsten deposit in west Hunan and its ore-controlling regularity as well as dynamic ore-forming process[J]. *Mineral Deposits*, 11(2): 134-141 (in Chinese with English abstract).
- Peng B, Pistrzynski A and Huang R H. 1999. W-Sb-Au mineralization at Woxi, western Hunan Province, China[J]. *Miner. Polonica*, 30(1): 33-48.
- Gold Headquarter of the Chinese People's Armed Police Force. 1996. *Geology of the Woxi-type stratabound gold deposits in Hunan Province*[M]. Beijing: Seismological Press. 1-313 (in Chinese).
- Hunan Regional Geological Survey. 1995. Division of the Hunan's granite unit and super-unit and their ore-forming specialization[J]. *Hunan Geology* (8)(Supp.): 1-59 (in Chinese).
- Yan D P, Zhou M F, Song H L, Wang X W and Malpas J. 2003. Origin and tectonic significance of a Mesozoic multi-layer over-thrust system within the Yangtze Block (South China)[J]. *Tectonophysics*, 361: 239-254.
- Yang S X and Blum N. 1999. A fossil hydrothermal system or a source-bed in the Madiyi Formation near the Xiangxi Au-Sb-W deposit, NW Hunan, P R China[J]. *Chemical Geology*, 155: 151-169.

附中文参考文献

- 顾雪祥,刘建明, Schulz O, Vavtar F, 郑明华. 2003. 江南造山带雪峰隆起区元古宙浊积岩沉积构造背景的地球化学制约[J]. *地球化学*, 32(5): 406-426.
- 湖南省区域地质调查所. 1995. 湖南花岗岩单元、超单元划分及其成矿专属性[J]. *湖南地质* (8)(增刊): 1-59.
- 刘亚军. 1992. 湘西沃溪金锑钨矿床褶皱构造及其控矿规律与动力成矿作用[J]. *矿床地质*, 11(2): 134-141.
- 中国人民武装警察部队黄金指挥部. 1996. 湖南省沃溪式层控金矿地质[M]. 北京: 地震出版社. 1-313.