

湘西地区脉状钨锡金矿床的矿体侧伏与板柱状赋存规律

陈明辉

(湖南省有色地质勘查局二四五队,湖南 吉首 416007)

摘要: 湘西地区脉状钨锡金矿床矿体严格受构造控制,并普遍具有沿倾向发育较深、侧伏和板柱状赋存的规律。文章阐述了矿体侧伏的控制因素,并以沃溪金矿和泥潭冲金矿为例,分析了褶皱和断裂控制的板柱状矿床(体)的构造特点,总结了矿体板柱状赋存的成因以及矿体侧伏和板柱状赋存的规律,认为应该利用矿体的侧伏和板柱状赋存的规律指导勘查工作。

关键词: 脉状钨锡金矿床;矿体侧伏;板柱状延伸;湘西地区

中图分类号: P613;P618.51 **文献标识码:** A

0 引言

当代的地质找矿已进入找深部矿、找盲矿的时期,对于矿产的空间分布和赋存特点非常关注,期望从关键控矿因素入手,总结矿床(矿体)在三维空间中的形成机制和产出规律,探索矿床(矿体)在不同维度中的表现形式与内在关系,以丰富矿产地质理论、推动深部矿产的勘查工作。湘西地区许多脉状钨锡金矿床严格受构造的控制,具有矿体沿倾向发育较深、侧伏成矿和呈板柱状赋存的规律^[1-2](图1),掌握了矿体赋存的这些特点会使矿床的储量大幅度增加^[3]。本文旨在总结湘西地区脉状钨锡金矿床的侧伏成矿与板柱状赋存的规律,为矿床的深部勘查工作提供科学依据。

1 矿体的侧伏及其控制因素

1.1 矿体的侧伏

所谓矿体侧伏,是指矿体(主要是一向延长和部分二向延长的矿体)的最大延长方向(即矿体的轴)

与其走向之间的夹角 $<90^\circ$ 时,该矿体在三维空间所处的状态^[4]。对于产状简单的矿体,测量其走向、倾向和倾角就可确定其空间位置;对于产状复杂的矿体,则要测量和描述矿体的走向、倾向、倾角、轴向、侧伏角和倾伏角等6个要素,才可有效地进行空间定位。对于脉状矿体,据其产出形态,大部分都有可能描述其空间状态。

1.2 矿体侧伏的控制因素

矿体是矿床的主体和核心部分,影响矿体产状、形态和大小的因素有多种。对于湘西地区钨锡金脉状矿床来说,主要的控制因素为容矿构造、地层和接触带。容矿构造可以控制矿体的形态和产状,也包括矿体是否侧伏以及矿体侧伏的程度。

根据矿体在三维空间中延伸比例的不同,可将其划分为3种基本类型:等轴状矿体、板状矿体和柱状矿体,其中板状矿体和柱状矿体均有可能出现侧伏的现象。

2 板柱状矿体的构造控制

根据制约板柱状矿体构造类型的差异,将湘西地区板柱状的金矿体分为受褶皱控制的板柱状矿体

收稿日期: 2016-07-11; 责任编辑: 赵庆

作者简介: 陈明辉(1973—),男,高级工程师,硕士,主要从事地质矿产勘查工作。通信地址:湖南省吉首市人民南路69号,湖南省有色地质勘查局二四五队;邮政编码:416007;E-mail: xxjscmh@163.com

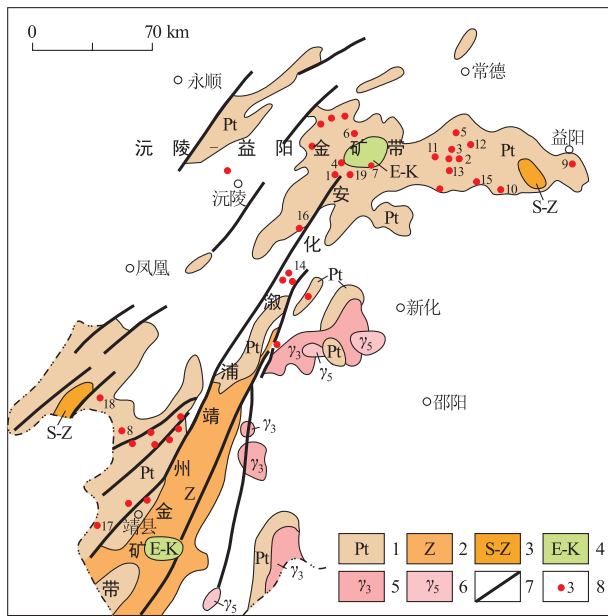


图 1 湘西前寒武系金锑钨矿床(点)分布图

Fig. 1 Map showing distribution of gold deposits

(occurrences) in Precambrian system, the west Hunan

1. 元古宇; 2. 震旦系; 3. 震旦系—志留系; 4. 白垩系—古近系; 5. 加里东期花岗岩、花岗闪长岩; 6. 印支—燕山期花岗岩; 7. 断裂; 8. 金矿床(点)及编号: ①渣滓溪锑矿; ②西冲锑金矿; ③沧浪坪金矿; ④沃溪钨锑金矿; ⑤黄土店金矿; ⑥柳林汉金矿; ⑦西安钨金矿; ⑧漠滨金矿; ⑨邓石桥金矿; ⑩板溪锑金矿; ⑪花岗岩冲金矿; ⑫合心桥锑金矿; ⑬符竹溪锑金矿; ⑭龙王江锑金矿; ⑮王家村锑金矿; ⑯羊皮帽锑金矿; ⑰平茶锑金矿; ⑱米贝金矿; ⑲大溶溪钨矿

和受断裂控制的板柱状矿体 2 类。

2.1 受褶皱控制的板柱状矿体

受褶皱控制的板柱状矿体主要受背斜或向斜构造的控制,该类矿床目前在湘西地区数量不多,典型矿床为沃溪金矿^[1,5]。

沃溪金矿为钨锡金共生的大型多金属矿床,位于雪峰弧形构造带中东段的弧形转弯部位,区域 EW 向的古佛山复背斜(I 级)的北翼。由于唐浒坪断裂(F_2)和新田湾断裂(F_3)的破坏,古佛山复背斜在唐浒坪一带被切错为东、西 2 段,西段为向 E 倾伏的仙鹅抱蛋穹隆状复背斜,东段为向 W 倾伏的拖毛岭复背斜(图 2)。矿床整体走势始为 NE 向,向深部往 E 偏转,逐渐变为 EW 向^[6-7]。这与古佛山复背斜轴向自西向东由 NE 向转为近 EW 向是一致的,显示矿床受到 EW 向穹隆构造的控制。

控制沃溪矿床的主体褶皱是田香湾复向斜(II 级)^[2,6-7]。褶皱轴向近 EW 向,受后期 NE 向横跨褶皱的影响及复向斜北翼被沃溪断裂(F_1)的斜切,在

地表呈现不完整。复向斜由许多次级(III 级)背斜、向斜组成,自西向东依次为红岩溪背斜、红岩溪(东)向斜、鱼儿山背斜、鱼儿山(东)向斜、栗家溪背斜、田香湾向斜、十六棚公背斜、中沃溪向斜、上沃溪背斜等。

EW 向沃溪拆离断层(F_1)纵贯全区,系由区域伸展作用形成的低角度正断层,断裂延长 > 20 km,结构比较复杂,具多期次活动,与成矿关系十分密切。矿脉(体)均赋存在与断裂大致平行的层间断裂带内,其主断面为层间剪切滑动面。层间断裂与两侧围岩产状的优选方位等密度图显示,其产状的选择方位分别为 $50^\circ/27^\circ$ 和 $41^\circ/27^\circ$,表明层间断裂的产状与围岩极为接近^[8]。目前已控制的层间断裂有 7 条,走向长 650 ~ 5 300 m,倾斜延伸一般 $> 1 000$ m,最大延伸超过 2 500 m。断裂的规模和形态控制着矿体的规模和形态,且其产状的变化影响着矿化的强度和矿体的厚度。

矿体赋存于板溪群马底驿组中上部的紫红色板岩或含钙板岩中,主要呈石英脉产于层滑构造系统的层间剪切带内(图 3)。矿体形态主要为层间石英脉,次为网脉、节理脉及破碎蚀变岩。7 条层间石英脉自上而下为 $V_4, V_3, V_1, V_2, V_5, V_6$ 和 V_7 ,其中主矿脉为 V_7, V_4, V_3, V_1 和 V_2 。单个矿体一般走向长 50 ~ 350 m,最大延深超过 2 500 m,厚 0.2 ~ 3.0 m,平均厚 0.85 m;平均品位: $w(WO_3) = 0.30\%$, w

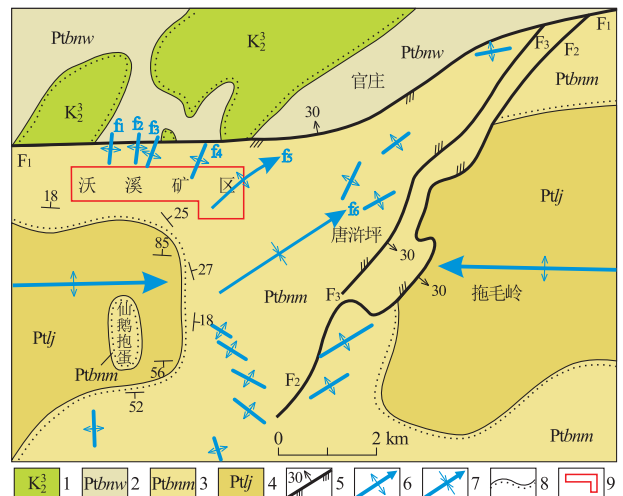


图 2 沃溪金矿构造纲要图

Fig. 2 Regional geological-structural outline map of the Woxi ore deposit

1. 白垩系; 2. 五强溪组; 3. 马底驿组; 4. 冷家溪群; 5. 断层及其产状; 6. 背斜及其倾伏方向; 7. 向斜及其倾伏方向; 8. 不整合界线; 9. 矿区范围

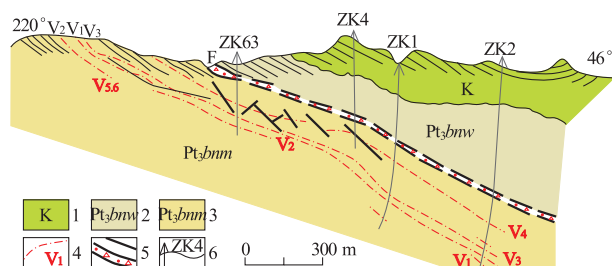


图3 沃溪钨锡金矿床地质剖面图

Fig. 3 Geological section of Woxi gold deposit

1. 白垩系; 2. 板溪群五强溪组; 3. 板溪群马底驿组;

4. 矿脉及编号; 5. 断层; 6. 钻孔

(Sb)=3.5%, $w(\text{Au})=8.1 \times 10^{-6}$ 。在-510 m标高以上, 累计探明矿石量约 650×10^4 t, 其中金金属量为45 t, 钨为 18×10^4 t, 钨(WO_3)为 2×10^4 t。依据矿体侧伏规律和地球物理探矿异常, 矿体沿侧伏方向延深(垂深)有可能超过1 200 m, 即-810 m标高以下, 斜长>4 000 m, 预测尚有远景矿石储量> 300×10^4 t, 金金属储量>50 t, 钨为30 t, 有望成为金储量达 100×10^4 t、钨储量达 50×10^4 t以上规模的超大型矿床。

十六棚公矿段为沃溪金矿的成矿中心, 处于矿区间 NE 凸出的弧形构造转折的枢纽部位, 地表显示的十六棚公背斜褶皱波幅宽度大、延深稳定, 层间剥离构造呈层带状发育。背斜轴部虚脱空间大的有利部位构成走向长度小(约 200 m)、倾斜延伸>2 300 m的板柱状矿体, 成矿具有明显的侧伏现象, 其侧伏产状自浅部往深部呈规律性变化, 矿体轴向由 32° 逐渐转为 90° , 侧伏角由 68° 渐变为 10° 左右(-400 m标高以下)(图4, 表1)^[4], 形成沿倾向发育很深、侧伏成矿的板柱状矿床^[1,5]。

2.2 受断裂控制的板柱状矿体

受断裂控制的板柱状矿体沿断裂延展, 其产状、形态和延伸方向受断裂制约。湘西地区的渣滓溪大型钨矿、符竹溪中型钨金矿、泥潭冲中小型金矿均为此类矿床。以泥潭冲金矿为例说明^[9-10]。

表1 沃溪金矿矿体产状要素

Table 1 Statistics of attitude elements of ore body in Woxi gold deposit

赋存标高/m	轴向	侧伏角 (°)	倾伏角	斜长/m (自地表起算)
290~-10	32	68	30	600
-10~-410	66	34	22	2 050
-410~-610	85	15	9	3 250
-610~-810	90	10	<9	>4 000

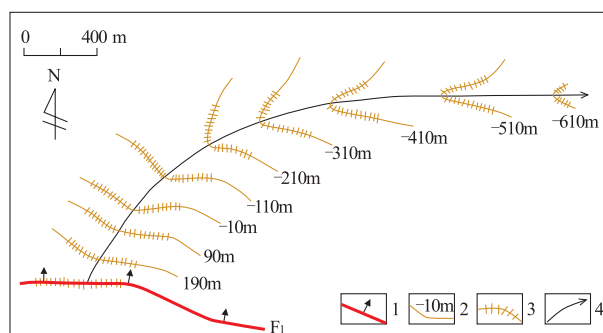


图4 沃溪钨锡金矿体侧伏示意图(平面)

Fig. 4 Sketch showing pitch of ore body in Woxi gold deposit

1. 层间断裂地表出露线及产状; 2. 矿体等深线及标高;

3. 矿体宽度; 4. 矿体侧伏轴线

泥潭冲金矿为龙王江钨金矿带中规模较大的金矿床, 位于雪峰弧形构造带的中段, 陶金坪复背斜的北西翼近轴部陡倾斜劈理带与缓倾斜劈理带的交接部位(图5), 区域洞坪断裂(F_1)的上盘。控矿断裂主要为区域 NE 向主剪切带派生的共轭剪切断裂, 走向 EW, 倾角自地表向深部逐渐变陡。主剪切面在走向或倾向上均呈舒缓波状。在持续的剪切作

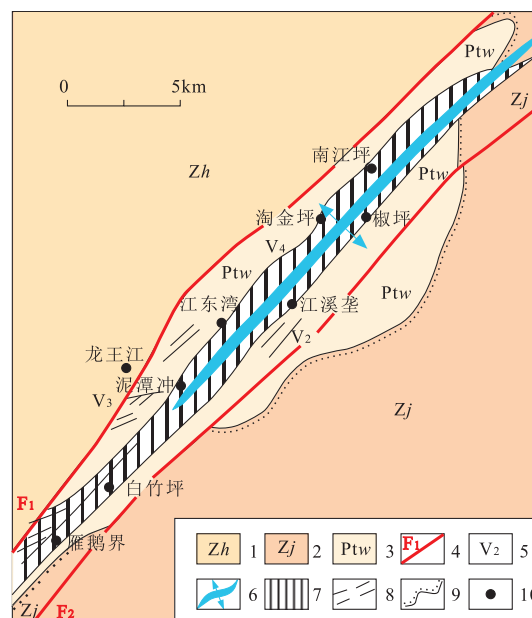


图5 龙王江钨金矿区域构造与矿床分布略图

Fig. 5 Sketch showing regional structure of Longwang Tb-Au ore district and distribution of the ore deposits

1. 震旦系洪江组; 2. 震旦系江口组; 3. 板溪群五强溪组; 4. 断层及编号; 5. 矿脉及编号; 6. 复式背斜轴; 7. 陡倾斜劈理化带; 8. 缓倾斜劈理化带; 9. 不整合界线; 10. 钨金矿床

用下,早期充填在剪切带中的石英脉有被拉长、压扁的现象,呈大小不等的透镜体,表明区内剪切带具多期(次)活动特点。

矿体主要产于剪切带内及其两盘的蚀变围岩中,产状、形态严格受剪切带的控制。矿体在走向上呈波状,具明显膨胀、收缩现象。收缩处矿体厚度仅 0.20 m,金品位一般较低,为 $0.10 \times 10^{-6} \sim 2.29 \times 10^{-6}$;而膨胀处厚度可达 5.24 m,高品位富矿往往就赋存在其附近。

V_3 矿体为主矿体,地表产状较缓,往深部变陡。走向长 468 m,深部长度变为 200 m 左右,平均厚 1.04~1.36 m;平均品位: $w(\text{Au}) = 3.75 \times 10^{-6} \sim 8.92 \times 10^{-6}$, $w(\text{Sb}) = 0.17\% \sim 0.55\%$, $w(\text{As}) = 1.18\% \sim 1.50\%$ 。矿体自西往东延深逐渐加大,向 E 侧伏,侧伏角 36° (图 6)。探采资料表明, V_3 矿体沿倾向延伸深度是其走向长度的 2 倍以上,以陡倾角下延至 -535 m 标高,垂深可达 800 m 以上,形成巨大的板柱状矿体(图 7)。由于矿体呈板柱状向下延伸,泥潭冲金矿可由小型发展到中型。

3 板柱状矿体的成因分析

3.1 受褶皱控制的矿体(以沃溪金矿为例)

沃溪金矿的十六棚公矿段地表矿体出露长度仅 200 m 左右,而沿倾斜延伸 $>2\,500$ m,主要是成矿

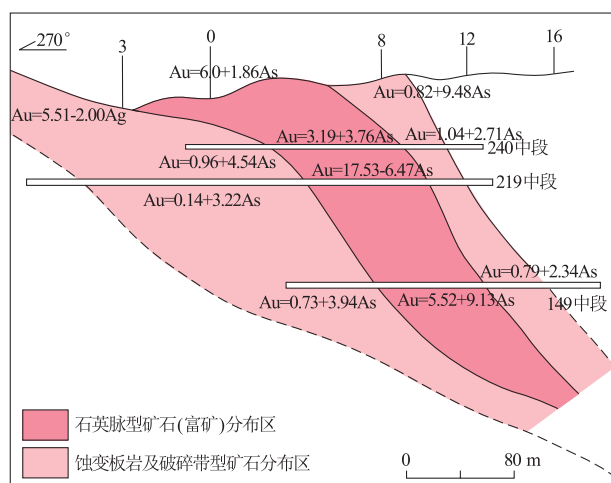


图 6 龙王江金矿 V_3 脉矿体纵剖面图

(Au-As 回归方程及矿石类型分布图)

Fig. 6 Longitudinal section of ore body V_3 in Longwangjiang Au deposit (Au-As regression equation and distribution of ore type)

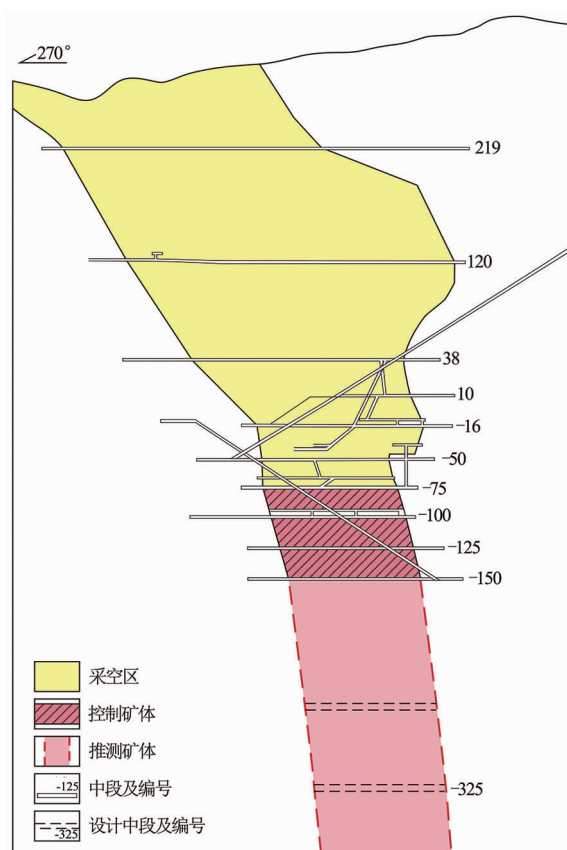


图 7 龙王江金矿 V_3 脉矿体纵剖面投影图

Fig. 7 Longitudinal projection of ore body

V_3 in Longwangjiang Au deposit

受 NE 向与 EW 向 2 组褶皱反接复合所致。

新元古代早期,武陵运动造成基底冷家溪群褶皱隆起,表现为 SN 向的挤压,形成 EW 向古佛山复背斜,奠定了区域构造的基本格架,影响和制约着其后各类构造的形成与发展^[2,7,11]。雪峰运动晚期的应力场继承武陵运动的特点,形成近 EW 向的田香湾复向斜(Ⅱ级构造)^[6],在持续的应力作用下,转化成 SN 向的左行扭动力偶,派生出 NW-SE 向的挤压应力和剪切应力,导致唐沅坪断裂(F_3)等 2 条 NNE 向左行压扭性断裂的形成,并将古佛山复背斜切错为 2 段:东段向 W 倾斜的拖毛岭背斜和西段向 E 倾伏的仙鹅抱蛋箱状背斜^[8]。与此同时,褶皱的弯滑作用导致田香湾复向斜形成了一系列近于等间距、相间排列、呈舒缓波状并与地层(围岩)近于垂直的 NNE-NE 向的横跨褶皱带,这些褶皱随着反 S 型构造延展,轴向呈放射状,由 NNW 向→SN 向→NNE 向→NE 向变化,而充填在横向褶皱带轴部的剥离构造带及虚脱空间的矿柱也随轴向的变化而侧伏^[6,11]。十六棚公矿段的控矿褶皱处于 NE 向的弧

形构造与EW向构造的反接复合部位,褶皱的波幅宽度大(约800 m),形成的矿体规模也随之增大;褶皱的轴向稳定,矿体延深也就稳定。总之,受褶皱控制的矿体形成沿倾向(轴向)发育较深、侧伏成矿和板柱状赋存的关键因素是2组褶皱反接复合的构造部位,其延伸受控于基底构造的方向。

3.2 受断裂控制的矿体(以泥潭冲金矿为例)

泥潭冲金矿床位于陶金坪复背斜北西翼近轴部地段的陡倾斜劈理化带与缓倾斜劈理化带的交接部位,成矿严格受区域主剪切带(F_1, F_2)派生的EW向共轭剪切带控制。成矿前的加里东造山期,在NW-SE向挤压应力作用下,形成NE向褶皱及其配套的劈理带、逆冲断层。劈理面走向 $45^\circ \sim 50^\circ$,陡倾($65^\circ \sim 73^\circ$),连通性好,宽达几十米至几百米,劈理密集并绢云母化。矿体主要分布在导矿断裂(F_1)上盘之近EW向压扭性断裂破碎带(V_3 脉)中的上缓(倾角 $35^\circ \sim 65^\circ$)下陡(倾角 $72^\circ \sim 83^\circ$)的转折部位,该部位是破碎带水平右行扭动力的强烈拉张部位,而剖面上向下变陡处也正好是引张扩容部位。矿体普遍向E侧伏,侧伏角 $36^\circ \sim 81^\circ$,与NE向劈理化带倾角一致。EW向剪切带是主要容矿空间,与其相交的劈理化带一方面增加了相交部位岩石的破碎程度,扩展了容矿空间;另一方面在一定程度上又引导含矿热液向容矿空间迁移^[12],形成了剪切带与劈理化带交汇处的侧伏矿体。由此可见,龙王江超深板柱状矿体的形成是受EW向压扭性剪切带与NE向劈理化带的联合控制。

4 矿体的侧伏与板柱状赋存规律

4.1 侧伏和板柱状赋存的矿体多受构造控制

矿体的侧伏现象多反映了构造的控制因素,侧伏成矿的矿体往往出现板柱状延伸。一般而言,控制矿体侧伏和板柱状赋存的构造类型分为3种:褶皱构造的背(向)斜反接复合部位及其倾伏端、“入”字形断裂或交叉(X型)断裂部位、断裂与劈理化带的交接部位。

4.2 侧伏和板柱状赋存的矿体具有走向长度小、倾向延伸大的特点

湘西地区脉状钨锡金矿床大多具有沿倾向发育较深、侧伏成矿和板柱状赋存的特点。矿体的走向长度一般不超过200 m,其最大延伸方向(轴向)的长度是走向长度的几倍至十几倍。如沃溪金矿十六

棚公矿段,地表矿体走向长约200 m,而已经控制的斜长 $>2\ 500$ m,矿体倾向延伸是其走向延长的12.5倍;渣滓溪大型钨矿的柱状矿体直径200 m,而矿体(脉组)沿倾向延伸(垂深)达1 000 m,是其走向长度的5倍^[13];符竹溪中型钨锡金矿矿柱直径80~120 m,倾向延深 >900 m,是其走向长度的9倍^[14]。

4.3 侧伏和板柱状矿体的延伸方向与控矿构造的方向一致

湘西地区钨锡金矿床大多受近EW向或NW向构造控制,板柱状矿体多向E侧伏和延伸,如沃溪大型钨锡金矿、泥潭冲中小型金矿、渣滓溪大型钨矿等均向E侧伏和延伸;少数受NE向构造控制的矿体,如江溪垅中型金钨矿、西安中型钨矿等,板柱状矿体多向S侧伏和延伸,但不很明显。这与矿体自西向东、由北向南埋藏深度逐渐加大是一致的。

4.4 矿体的侧伏角受构造产状的制约

据统计,受褶皱控制的矿体侧伏角一般为 $30^\circ \sim 60^\circ$,由浅至深侧伏角逐渐变缓。如沃溪金矿浅部矿体(标高290~-10 m区段)的侧伏角为 68° ,而深部矿体(标高-610~-810 m区段)的侧伏角仅为 10° ,不可能以大角度与区域构造相交,只能以较小的角度与之相联^[2]。而对于受断裂(剪切带)或劈理化带控制的矿体,其侧伏角一般为 $60^\circ \sim 90^\circ$ 。矿体的侧伏角则由浅至深逐渐变大,如泥潭冲金矿地表浅部(标高280 m左右)矿体侧伏角为 68° ,深部(标高-325 m)变为 83° 。这可能与矿体主要产于陡倾斜压扭性断裂或劈(片)理化带有关,尤其断裂由缓变陡部位正是拉张部位,有利于成矿物质的充填。

5 结语

湘西地区的雪峰弧形构造带中成矿条件良好,产于前寒武系浅变质岩系中的金矿多受构造控制,矿体普遍具有沿倾向发育较深、侧伏和板柱状赋存的特点。运用矿体侧伏和板柱状赋存规律指导勘查工作,可以对矿体进行有效的控制,获得符合实际的矿产资源量;也可以对矿床进行合理的评价,寻找平行矿体或隐伏盲矿,扩大矿床规模;还可以对区域性成矿潜力进行评估,在相似构造系统中圈定找矿靶区,挖掘区域资源潜力,达到“攻深扫盲”的矿产勘查目的。

参考文献:

- [1] 陈明辉,杨洪超,娄亚利,等. 湘西沃溪钨锡金矿床成矿的独特性[J]. 地质找矿论丛,2008,23(1):32-35.
- [2] 陈明辉,胡详昭,鲍振襄,等. 湖南西部渣滓溪、大溶溪—符竹溪钨锡金矿床地质概况与成矿规律及找矿意义[C]//湖南省地质学会. 湖南地质学新进展:10. 长沙:湖南地图出版社,2013:219-224.
- [3] 黄镜友. 湖南境内沿倾向发育较深的脉状矿床的地质特征及规律[J]. 湖南地质,1995,14(1):44-48.
- [4] 沈瑞锦,符巩固,罗定荃,等. 浅谈矿体的侧伏[C]//湖南省地质学会. 湖南地质学新进展:2. 长沙:湖南科学技术出版社,2001:28-35.
- [5] 鲍振襄,何谷先. 湘西沃溪钨锡金矿床地质地球化学特征[J]. 湖南地质,1991,10(3):207-216.
- [6] 杨仁双. 湖南沃溪金锑钨矿隐伏矿体的发现及找矿意义[J]. 黄金地质,1998,4(3):35-39.
- [7] 朱自强,匡文龙. 沃溪金、锑、钨矿床地质特征及找矿前景分析[C]//戴塔根. 2004年湖南矿物岩石地球化学论丛. 长沙:中南大学出版社,2004:123-129.
- [8] 刘亚军. 沃溪金矿床断裂构造控矿的研究[J]. 矿产与地质,1992,6(1):29-34.
- [9] 鲍振襄. 溆浦龙王江锡金矿带地质特征[J]. 湖南地质,1990(1):21-25.
- [10] 鲍肖,陈放. 龙王江锡金矿带矿床成矿地质特征及找矿标志[J]. 湖南冶金,1996(2):34-38.
- [11] 刘亚军. 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,1992,11(2):134-141.
- [12] 骆学全. 湖南铲子坪金矿的成矿规律及找矿标志[J]. 湖南地质,1996,15(1):33-38.
- [13] 王朝飞,鲍振襄,包觉敏. 渣滓溪大型锑矿的控矿构造与成矿作用[J]. 地质找矿论丛,2015,30(3):359-365.
- [14] 潘灿军,鲍振襄,包觉敏. 湘西符竹溪金矿地质特征及成矿作用[J]. 地质找矿论丛,2015,30(1):53-59.
- [15] 王京彬,王玉柱,王莉娟. 矿山找矿:整体勘查概要[J]. 地质与勘探,2006,42(2):1-6.
- [16] 艾国栋,戴塔根,陈明辉,等. 湘西龙王江锡金矿地质特征及水系沉积物异常找矿[J]. 地质找矿论丛,2012,27(2):233-237.
- [17] 张惠军,陈明辉,崔立峰,等. 渣滓溪钨锡矿床相关成矿问题的再认识与新思考[C]//湖南省地质学会. 湖南地质学新进展:11. 长沙:湖南地图出版社,2014:230-233.

Pitch of ore bodies and occurrence pattern of the tabular ore body in vein-like W-Tb-Au deposits in western Hunan province

CHEN Minghui

(No. 245 Team of Hunan Non-ferrous Metal Geo-exploration Bureau, Jishou 416007, Hunan, China)

Abstract: Ore bodies of the vein-like W-Sb-Au deposits in western Hunan are strictly controlled by structure, and extend tabularly to more depth along dip. This paper elaborates control factor of pitch of the ore bodies in case of Woxi and Nitanchong gold deposits and analyses characteristics of fold or fault control on the deposit and tabular ore bodies and summarizes genesis of the extension and pitch pattern to guide further exploration.

Key Words: the vein-like W-Sb-Au deposit; pitch of ore-body; tabular extension; the west Hunan province