

白果园黑色页岩型银钒矿床

陈超 谢发鹏

(湖北省鄂西地质大队)

白果园黑色页岩型银钒矿床是近几年来发现的一个新类型沉积矿床。矿床产于震旦系上统一套巨厚的碳酸盐建造中,除银、钒外,还伴有可供综合利用的硒、金、铂、钼等元素亦有一定程度富集。

鉴于本类矿床在国内尚无前例,笔者将对它作一扼要介绍,以期引起同行的关注。

一、地质概况

矿床位于扬子准地台北部,淮阳山字型构造西翼反射弧的砥柱——黄陵背斜核部的北西边缘。

矿区出露地层从新至老有寒武系、震旦系(以上组成盖层)和前震旦系崆岭群(沉积基底)。盖层中未见侵入岩。银钒矿床赋存在震旦系上统陡山沱组第四岩性段中,连续性较好(图1)。

现将震旦系简述如下:

震旦系上统灯影组($Zbdn$):为一套以白云岩为主的巨厚沉积,分四个岩性段,仅其中第二岩性段(厚度23—62m)为黑色薄层灰岩,其底部为黑色页岩(厚约5m,偶夹致密状磷块岩透镜体)。灯影组总厚度为432—556m,与下界整合。

震旦系上统陡山沱组(Zbd):为银钒矿和磷矿的赋存层位,分四个岩性段,由上而下为:

Zbd^4 :为银钒岩系,厚3.90—16.54m,与下界整合(详见矿床地质部分)。

Zbd^3 :灰色中厚层球粒状白云岩(偶见迭层石小夹层)夹灰色硅质条带和黑色燧石团块,以岩性刚硬、层理清晰平直、地貌陡峭为特征(照片1)。厚30.01—77.49m,与下界整合。

Zbd^2 :上部为浅灰色中厚层白云岩,矿区东部相变为含磷屑及燧石扁豆体白云岩;下部为灰色薄层状白云岩。厚8.65—26.00m,与下界整合。

Zbd^1 :为含磷岩系,是宜昌磷矿的赋存部位,至本矿区磷矿逐渐贫化,可分三个亚段:

Zbd^{1-3} :灰白色厚层块状白云岩,俗称“上白云岩”,向下磷块岩条带逐渐增多,当条带密集达到工业品位时,称为主磷矿层的“上过渡带”。厚5.96—18.26m。

Zbd^{1-2} :上部0.1—0.4m为致密磷块岩,是宜昌磷矿主矿层位,在本矿区变薄;中部为黑色含钾页岩夹条带状磷块岩, P_2O_5 品位为12—20%,是主磷矿层的“下过渡带”,本矿区即以此为主,厚0.60—2.10m;下部为黑色含钾页岩,厚1.83—10.01m。

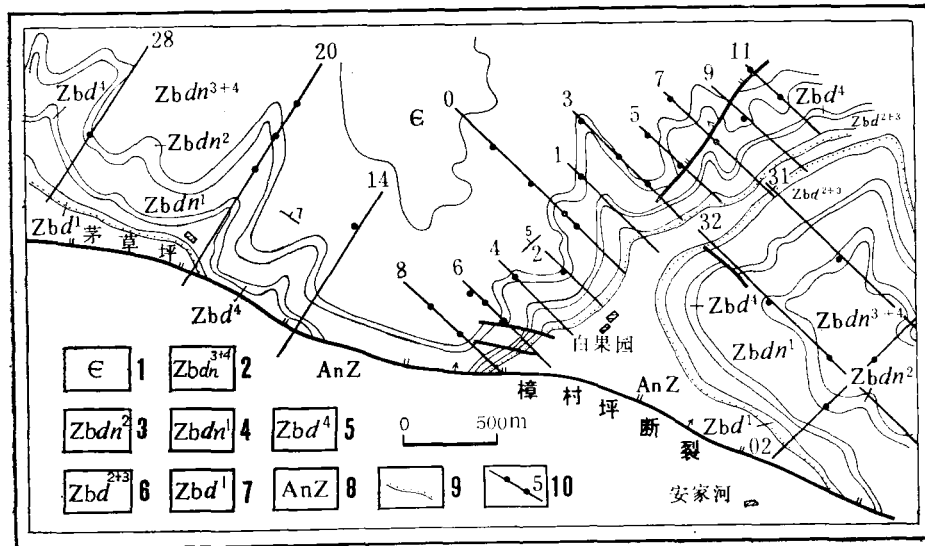


图 1 白果园矿区地质略图

1—寒武系；2—震旦系灯影组第3—4岩性段；3—灯影组第2岩性段；4—灯影组第1岩性段；5—震旦系陡山沱组第4岩性段；6—陡山沱组第2—3岩性段；7—陡山沱组第1岩性段；8—崆岭群；9—不整合；10—勘探剖面及钻孔

Fig. 1. Diagrammatic geological map of the Baiguoyuan mining district.

1. Cambrian; 2. 3rd-4th lithologic member of Sinian Dengying Formation; 3. 2nd lithologic member of Dengying Formation; 4. 1st lithologic member of Dengying Formation; 5. 4th lithologic member of Sinian Doushantuo Formation; 6. 2nd-3rd lithologic member of Doushantuo Formation; 7. 1st lithologic member of Doushantuo Formation; 8. Kongling Group; 9. Unconformity; 10. Exploration section and drill hole.

Zbd^{1-1} : 灰白色厚层状白云岩, 俗称“下白云岩”, 底部常过渡为基底式胶结的角砾状白云岩, 厚0.88—8.04m, 与下界假整合。

震旦系下统南沱组 (Zan): 为黄绿色冰碛砂砾岩, 厚0.57—8.30m, 与下伏崆岭群呈角度不整合。

矿区地质构造简单, 地层产状平缓, 倾向北东转北西, 倾角一般 5° — 15° , 形成向北倾伏的小向斜 (图1)。次级褶皱不发育, 断层均为规模不大的正断层, 对银钒矿影响不大。

二、矿床地质

(一) 银钒岩系特征

银钒岩系属陡山沱组第四岩性段 (Zbd^4), 按岩性组合、沉积韵律、含矿情况可分为两个亚段 (图2)。

上亚段 (Zbd^{4-2}): 以黑色页岩为主, 中上部夹少量灰色泥质白云岩透镜体; 下部为黑色页岩, 岩性单一, 银、钒含量由上向下渐高。工业钒矿即赋存于底部, 银含量小于20g/t, 故为单一的钒矿层 (上矿层)。区内本亚段由西向东增厚, 自1.99到7.71m。

下亚段 (Zbd⁴⁻¹): 黑色页岩夹灰色中薄层泥质白云岩, 或二者之互层 (照片2)。银钒复合矿层赋存于中下部, 并伴生可供综合利用的分散元素硒。底部为0.2—1.5m厚的黄绿色薄层泥质白云岩, 为银钒岩系底板标志。矿区内本亚段由西向东渐薄, 自 6.30m 渐变为 0.35m。

从图 2 可见, 银钒矿主要赋存在页岩中, 所夹白云岩中银、钒含量多数不达工业要求。

按页岩、白云岩交替的频率可分为三种矿层结构, 即简单型、复杂型和极复杂型 (图3)。当矿层全部由页岩组成或夹极少量白云岩时, 二者交替次数少于 5 次, 为简单型矿层结构, 对成矿不利; 当页岩与白云岩交替频繁, 次数达 15—30 次, 且页岩单层厚度大于或等于白云岩单层厚度, 页岩与白云岩厚度之比在 1—6 之间时, 即为复杂型和极复杂型矿层结构, 对银、钒富集有利。

矿区内银钒岩系沉积厚度据探矿工程揭露, 中间厚度较大, 四周较薄。矿区南东以上亚段页岩为主, 并在矿区外逐渐相变为灰黑色薄层泥质白云岩; 中间为页岩与白云岩互层; 矿区北西则以下亚段白云岩夹页岩为主, 在矿区外相变为灰白色中厚层含泥质白云岩。根据含银钒岩系等厚线所示 (图4), 银钒岩系沉积在一个北西西向的局部凹陷中, 其内的次一级小凹陷正是银钒矿体产出部位。

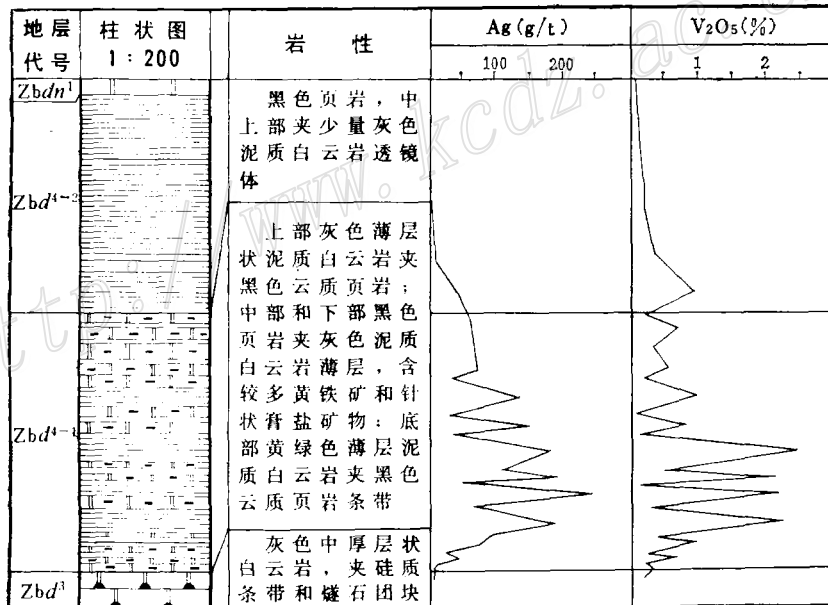


图 2 银钒岩系柱状图

Fig. 2. Geological column of the silver-vanadium rock sequence.

(二) 矿层特征

矿层东西长大于 4000m, 两端含矿岩系相变, 矿层尖灭, 南北控制宽 200—1200m。南部含矿岩系尖灭或被剥蚀, 北部尚未控制到矿层边界, 但矿层厚度渐薄。

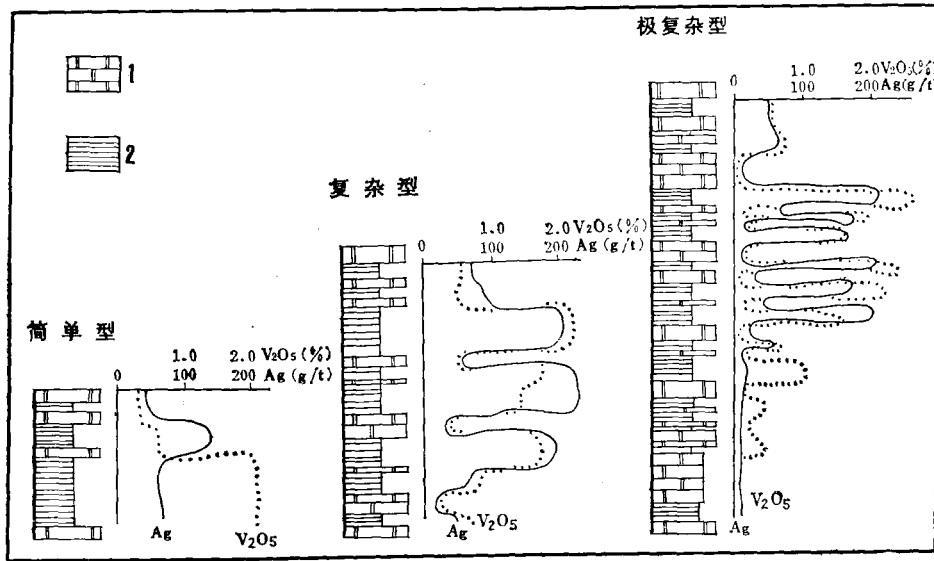


图 3 银钒矿层结构图

1—白云岩; 2—页岩

Fig. 3. Geological columnar sections showing texture types of silver-vanadium ore beds.
1. Dolomite; 2. Shale.

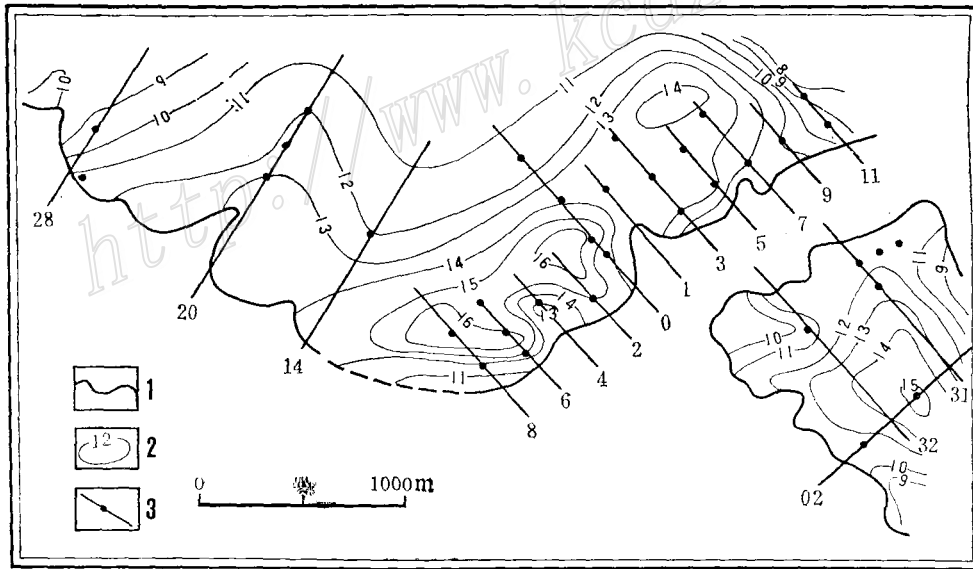


图 4 银钒岩系等厚线图

1—银钒岩系露头线; 2—银钒岩系等厚线 (单位为m); 3—剖面线及钻孔

Fig. 4. Isopach map of the silver-vanadium rock sequence.

1. Outcrop line of the silver-vanadium rock sequence; 2. Isopach of the silver-vanadium rock sequence (in meters); 3. Exploration line and drill hole.

矿层与围岩整合产出(图5),钒矿层产于 Zbd^{4-2} 底部,矿层稳定,厚度为0.82—2.56m,平均约1m, V_2O_5 品位为0.5—1%,银含量一般小于20g/t。银钒复合矿层产于 Zbd^{4-1} 中下部,厚度为0.95—5.54m,其中钒矿平均厚度约3m,银钒复合矿平均厚度约2.2m, V_2O_5 平均品位为1.20%,银平均品位为110.0g/t。

(三) 矿石特征

1. 矿石成分:

矿石中原生、次生矿物有50余种,以水云母为主,其它有白云石、黄铁矿、石英、玉髓、蒙脱石、方解石、胶磷矿,微量矿物有石墨、自然银、白铁矿、辉银矿-螺状硫银矿、辉硒银矿、硒银矿、硫银锗矿含硒变种、重晶石、石膏、地沥青等。

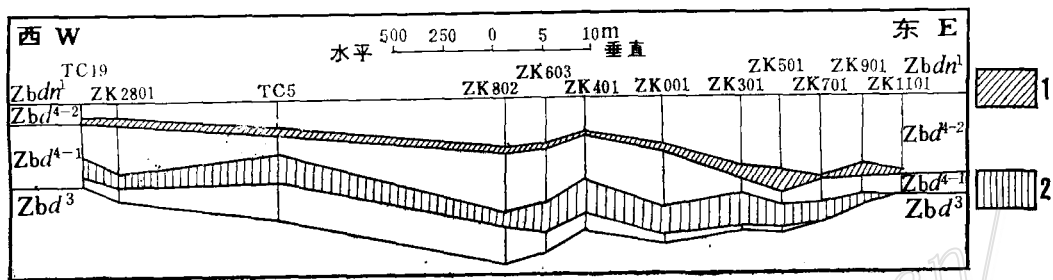


图5 白果园矿层形态略图

1—钒矿层; 2—银钒复合矿层

Fig. 5. Diagrammatic geological section showing the shape of ore beds in the Baiguoyuan deposit.

1. Vanadium ore bed; 2. Multiple silver-vanadium ore bed.

大样组合分析,矿石中 Al_2O_3 、 K_2O 、 CaO 、 MgO 、 CO_2 、 SiO_2 的总含量占84.4%,表明矿石的矿物成分主要是粘土矿物和镁质碳酸盐矿物,属高钙镁型矿石。

2. 矿石结构构造:

矿石主要呈泥质结构,由平行定向排列的细小鳞片状水云母构成,常受炭质和其它有机质渲染。

因本矿区银矿物大都呈微米级显微包体存在于黄铁矿中,故按含银黄铁矿在含矿岩石中的分布排列,划分为五种矿石构造。

(1) 浸染状构造(照片3):细粒立方体黄铁矿呈星点状分布,粒级较粗者常见杂质包体,包括银矿物质点。

(2) 纹层状构造(照片4):微晶立方体黄铁矿及草莓状黄铁矿沿层理不连续排列。

(3) 条带状构造(照片5):细晶立方体黄铁矿呈条带顺层产出。

(4) 板片状构造(照片7):含银微晶立方体黄铁矿环绕板片状重晶石分布,板片切割微层,是成矿早期的产物,集体大致平行层理。

(5) 溶孔(类鸟眼)状构造:是一种形态不规则的小孔洞,直径0.1—1mm,部份呈椭球状似鸟眼,外层为微晶黄铁矿,内层为重晶石、石英和白云石等。此构造似由膏盐矿物被溶解或藻类腐烂后形成的空洞,后由石英或白云石充填和黄铁矿沿周边交代而成。

以上构造，以浸染状者含银、钒最高，纹层状者含银、钒最低。

3. 矿石类型:

(1) 黑色页岩型钒矿石：产于Zbd⁴⁻²底部钒矿层中，银含量很低。

(2) 富银钒黑色页岩型矿石：黄铁矿多呈浸染状和板片状构造，含少量硒银矿、硫银锗矿含硒变种、辉银矿及矛状黄铁矿，银品位为100—>150g/t，V₂O₅品位为0.8—>1%。

(3) 贫银钒白云质页岩型矿石：黄铁矿以纹层状和条带状为主，含微量硒银矿、硫银锗矿含硒变种及矛状黄铁矿，银品位为50—150g/t，V₂O₅品位为0.5—1%。

(四) 银、钒、硒赋存状态

银主要呈显微包体存在于黄铁矿中，占矿石中银总量的61.54%，银的独立矿物占矿石中银总量的37.88%，一般多以0.001—0.05mm的细小颗粒分散于矿石中。粘土、炭质、重晶石中银的含量不足矿石中银总量的1%。

含银黄铁矿按形态划分为三种，即矛状黄铁矿（照片6）、立方体黄铁矿、集合体黄铁矿（照片8）。集合体黄铁矿由大小不等的立方体、五角十二面体、球状和草莓状黄铁矿组成。黄铁矿粒度大小悬殊，少数粗者达0.9mm，主要见于集合体黄铁矿中。其它黄铁矿粒度绝大部分小于0.02mm。三种黄铁矿在其总量中的占有率和银的分配率见表1。

钒主要赋存于水云母中，推测钒以低价形式置换铝形成含钒水云母。

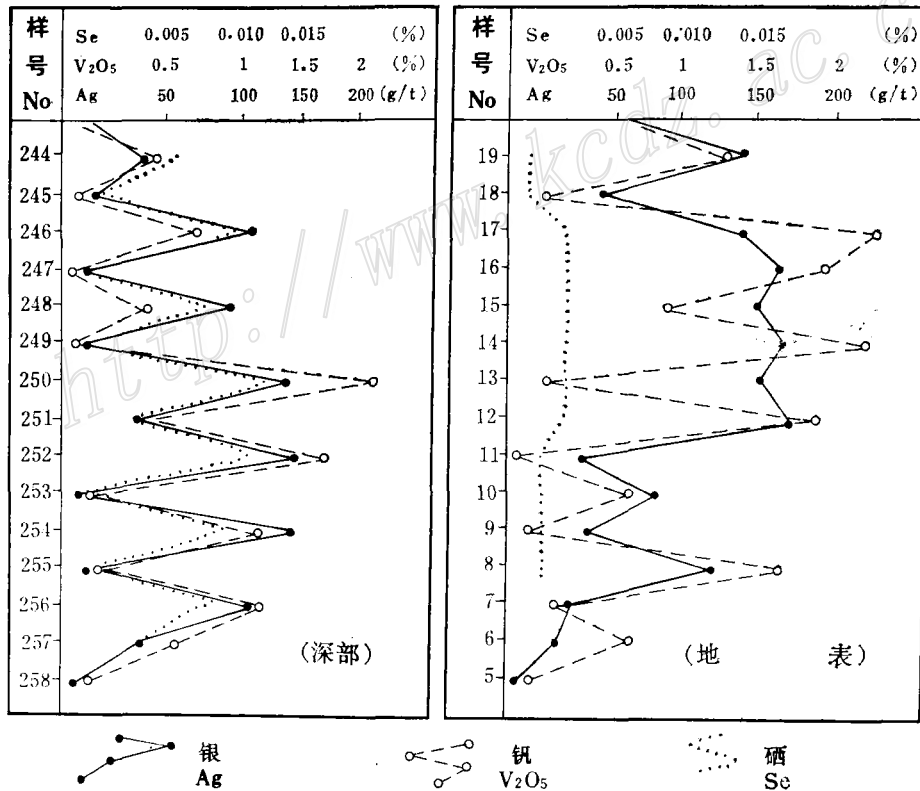


图 6 银、钒、硒相关曲线图

Fig. 6. Diagram showing correlation between silver, vanadium and selenium.

表 1 各类黄铁矿的占有率及银的分配率

Table 1. Proportions of various sorts of pyrite and distribution of silver in them

黄铁矿类型	在黄铁矿中的占有率(%)	含银量(g/t)	银的分配率(%)
矛状黄铁矿	0.37	10190	2.08
立方体黄铁矿	25.15	4285	59.53
集合体黄铁矿	74.48	933	38.39

(湖北省地质实验室分析)

硒的富集部位与银钒矿层一致,银、钒、硒三者呈正消长关系,其在地表及深部的变化见图6。深部硒含量约为银含量的80%,但地表硒含量显著下降,推测因硒易氧化流失所致。

银钒复合矿层中的单样和组合样分析,硒的含量为0.002—0.0155%,平均为0.007%;在银不够工业品位的钒矿层中,作过部分组合分析,硒含量 $\geq 0.002\%$ 。

硒在矿石中的赋存状态未做专门研究,但对银钒矿层的主要矿物进行了硒的分散量测量,结果见表2。由表2可见,硒与银一样,主要存在于黄铁矿中,占硒总量的59.43%。分散在粘土及碳酸盐矿物中的硒占总量的15.38%。其它约25%与银化合生硒银矿、辉硒银矿、硫银锗矿含硒变种等。

表 2 硒在主要矿物中的分散量和分散率

Table 2. Dispersion amount and dispersion proportions of selenium in major minerals

矿物名称	矿物含量(%)	硒的分散量(%)	硒的分散率(%)
黄铁矿	4.21	0.1200	59.43
粘土	56.15	0.0016	10.57
白云石、方解石	27.28	0.0015	4.81

(湖北省地质实验室分析)

三、矿床成因探讨

本矿床的成因目前有两种认识,即沉积成因(沉积层状矿床)和沉积成岩成因(层控矿床)。前者认为黄陵背斜结晶基底——崆岭群变质岩系是成矿物质的重要来源地。其理由是变质岩系中的银含量普遍高于克拉克值1—3倍,由于海解作用,银、钒元素被分解、浸出、沉积。其成矿环境是浅海台地中的局限性海盆,含银、钒的海水不断积累在海盆底水中,随着盐度的增高,在氧化还原界面以下,由于厌氧细菌的作用, H_2S 增多,导致含草莓状黄铁矿等有机质软泥(黑色页岩)的形成,以及银、钒的沉淀。随着海水不断蒸发,银、钒元素

不断浓集,最后形成含银黄铁矿和银的硫化物。根据与银矿共生的方铅矿的铅同位素测定,其年龄为11亿年,说明成矿时间主要在震旦纪以前,而不是以后。矿层形成后的地压增温、区域变质及构造运动等地质作用,对成矿不起决定性作用^①。

持沉积成因观点者认为:沉积阶段已有银、钒沉积,成矿作用是在沉积至成岩漫长的地质时期内,不断叠加、改造、富集后才形成工业矿床的。其主要依据是:部分含银黄铁矿呈矛状和草莓状,矿石具板片状和溶孔(类鸟眼)状构造,这种结构、构造只能在成岩阶段形成。沉积环境是潮间带,由于基底地形起伏,出现一些沉积洼地,成为陆源碎屑物聚集和有机物繁殖的良好场所,沉积了沼坪相的黑色页岩。因海水周期性进退,时而淹没沼坪,沉积了灰泥坪相的白云岩。二者交替出现组成了银钒岩系。矿源来自神农架西部的剥蚀区,该区已知存在有古老的有色金属及含银铜砂岩矿床。这些矿床受剥蚀后,部分金属元素随陆源碎屑直接沉积于沼坪相带中,另一部分聚集在潮上带的卤水湖泊中。至成岩阶段,含银、钒卤水以潜水形式通过灰泥坪相带进入沼坪相带。在富含有机质的还原环境中,金属元素与还原细菌作用,钒形成含钒水云母,银形成含银黄铁矿等金属硫化物和硒化物,与沉积阶段形成的银、钒元素叠加富集而形成工业矿床。

笔者认为本矿床应属沉积成岩成因,是一层控矿床。

四、找矿标志

(一) 地层标志: 矿区内有四个层位夹黑色页岩,即寒武系下部灰黑色页岩,震旦系上统灯影组第二岩性段($Zbdn^2$)底部的黑色页岩,陡山沱组第四岩性段(Zbd^4)黑色页岩,第一岩性段(Zbd^1)磷矿下部的黑色含钾页岩。银钒矿只赋存在陡山沱组第四岩性段中,其它三个层位的黑色页岩经采样化验,银、钒含量极微。区内已知的其它银钒矿床(点)和成矿现象也产于本岩性段中,显然具有地层专属性。此地层易风化,常在陡峻地貌中形成一段小平台或缓坡(照片1)。

(二) 岩相古地理标志: 陡山沱组第四岩性段分布较广,但并非都有工业矿床。只是在含矿岩系局部厚度增大、剖面结构齐全、矿层结构复杂、页岩与白云岩频繁交替的一些地段才有银、钒富集,即局部沉积凹陷的还原环境中,或称为潮间带内的局部积水洼地中,沼坪相和灰泥坪相的交替处。

(三) 矿石的构造标志: 在 Zbd^4 层位内,页岩中形态各异的黄铁矿所组成的各种构造,是含银钒矿的良好标志,风化后所形成的褐铁矿中,尤以板片状和溶孔(类鸟眼)状构造最明显,野外比较容易识别。

(四) 地球化学标志: 含矿页岩易风化,银、钒元素随水流扩散,形成分散流异常,以银、钒、钼组合异常群出现。其异常强度:银为0.3—10ppm,钒为200—500ppm,钼为6—50ppm。组合异常在平面上一般呈不规则圆形或椭圆形,长300—5000m,宽100—1000m。分散流异常结合区域地质特征是寻找银钒矿床的有效标志。本矿床和区域内其它三个矿床(点)都是在检查分散流异常时发现的。

① 湖北省地质实验室。

本文认识局限于一个矿区，国内震旦系陡山沱组广泛分布，期待今后能发现更多类似的矿床。

文中参阅了湖北省地质实验室和鄂西地质大队部分资料和镜下照片，图件系杨圣潭等同志清绘，在此一并致谢。

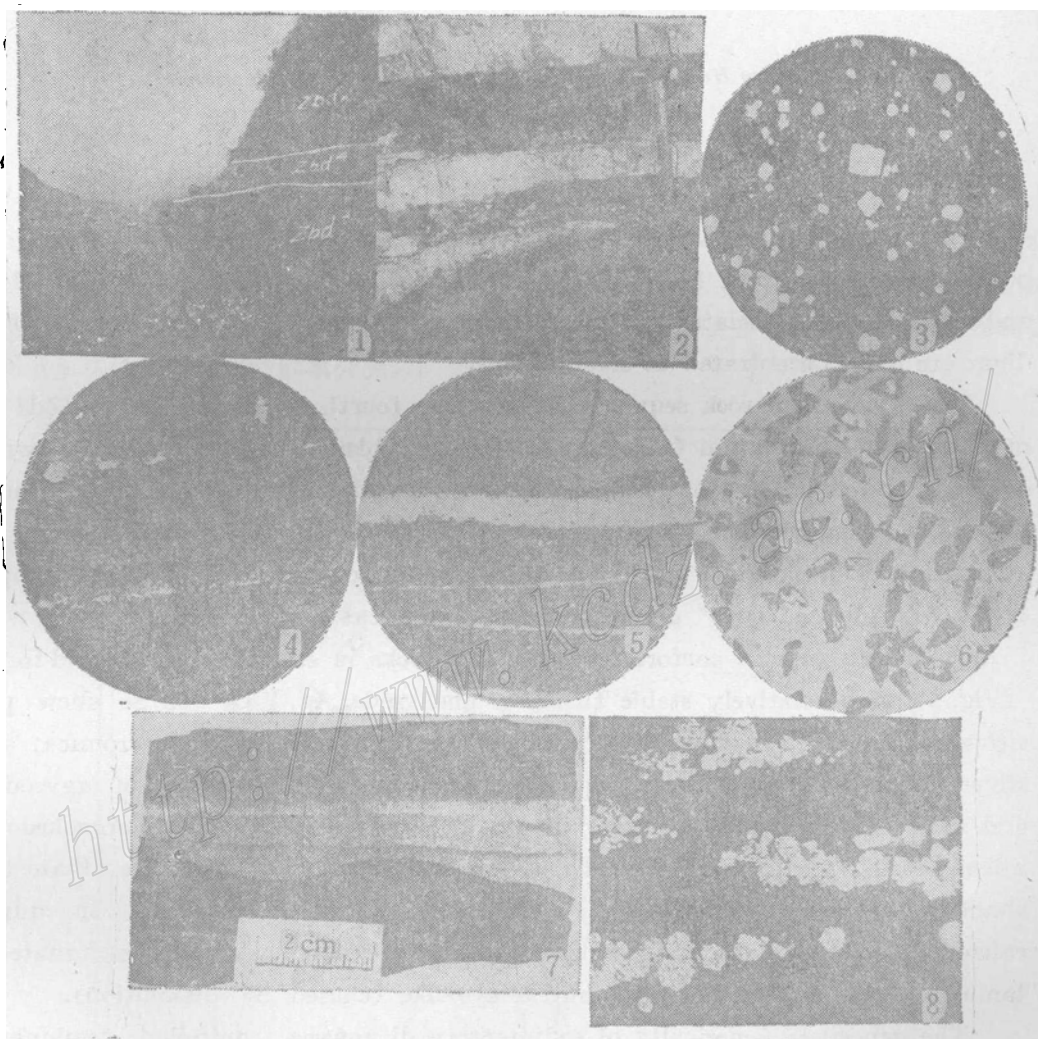


图 版 说 明

1. 银钒岩系地貌特征
2. 含银钒页岩（灰黑色）与白云岩（白色）呈互层产出
3. 含银钒页岩（黑色）中呈浸染状分布的黄铁矿（白色） (-) $\times 259.2$
4. 含银钒页岩（黑色）中呈纹层状分布的黄铁矿（白色） (-) $\times 8$
5. 黑色页岩（灰黑色）中呈条带状分布的黄铁矿（白色） (-) $\times 8$
6. 矛状黄铁矿 $\times 20.16$
7. 板片状黄铁矿（针状白点）在黑色页岩（黑色）中顺层或斜交层理分布
8. 集合体黄铁矿 (-) $\times 403.2$

（照片1—2由作者摄制，照片3—8由湖北省地质实验室摄制）

AN ACCOUNT OF THE BAIGUOYUAN BLACK SHALE TYPE SILVER-VANADIUM DEPOSIT

Chen Chao and Xie Fapeng

*(Western Hubei Geological Party, Bureau of Geology and Mineral
Resources of Hubei Province)*

Abstract

The deposit in question is a recently-discovered new type sedimentary deposit occurring in Upper Sinian carbonate formation. It contains mainly silver and vanadium in association with selenium. In addition, gold, platinum and palladium are also concentrated to some extent.

Silver-vanadium rock sequence falls in the fourth lithologic section (Zdd⁴) of Doushantuo Formation (Fig. 2), consisting of black shale intercalated with dolomite and containing a simple vanadium ore bed (upper ore bed) and a multiple silver-vanadium ore bed (lower ore bed). According to the density of alternation of black shale and dolomite, ore types may be grouped into "simple type", "complicated type" and "extremely complicated type" (Fig. 3).

Orebodies occur in conformity with wall rocks in stratiform or stratoid forms (Fig. 5) with relatively stable thickness and grade. Ag, V₂O₅ and Se show positive correlation. Vanadium mineral is mainly vanadium-bearing hydromica, and silver minerals are naumannite, aguilarite, selenium-bearing variety of argyrodite and some others, mostly occurring in pyrite as micrometer-sized microinclusions. Silver-bearing pyrite takes spearlike (Plate-6), cubic and aggregate (Plate-8) shapes, and in accordance with its distribution and arrangement in mineralized rocks, can be divided into five types in ore structures, i.e., disseminated, laminated, striped, tabular and bird's-eye-like (caused by dissolution).

The deposit is genetically of sedimentary diagenesis, controlled combinedly by such factors as stratigraphic horizon, lithofacies-paleogeography and ore fabrics. In addition, geochemical anomalies, especially drainage anomalies, are also important indicators in prospecting for this type of deposits.