

文章编号: 1004—5589 (2011) 02—0186—06

堰沟地区钒矿地质特征及成因

刘林^{1,2}

1. 陕西省地勘局 第六地质队, 西安 710611; 2. 西安欧亚学院 信息工程学院, 西安 710065

摘要: 从矿床产出特征、成矿物质来源、沉积环境与岩相、赋矿层位与含矿岩系及区域钒矿的对比等方面, 对堰沟钒矿成矿地质背景等特征进行研究。结果表明, 堰沟钒矿是赋存于早志留世大贵坪组黑色岩系中的沉积型钒矿, 广泛分布于平利古陆北缘早志留世大贵坪组黑色岩系中, 具有良好的成矿条件和找矿前景。

关键词: 黑色岩系; 钒矿; 地质特征; 矿床成因; 堰沟地区

中图分类号: P618.61 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1004-5589.2011.02.006

Geological characteristics of vanadium deposit in Yangou area with discussion on its genesis

LIU Lin^{1,2}

1. Geological Survey No. 6 of BGMRED, Xi'an 710611, China;

2. College of Information Engineering, Xi'an Eurasia University, Xi'an 710065, China

Abstract: The authors studied the metallogenic background and geological characteristics of vanadium deposit in Yangou area in characteristics of occurrence, source of metallogenic material, sedimentary environment and lithofacies, and the comparison of ore-bearing horizon with ore-bearing rock series and regional vanadium deposits. The results showed that Yangou vanadium was a sedimentary one hosted in the black rock series of Lower Silurian Daguiying Formation, which was widely distributed in the northern margin of Pingli ancient land with good metallogenic conditions and prospecting potential.

Key words: black rock series; vanadium deposit; geological characteristics; genesis of deposit; Yangou area

0 引言

秦岭造山带是中国重要的黑色岩系分布区, 蕴藏有丰富的矿产资源^[1-7]。前人按黑色岩系产出地质背景, 将其划分为南、北、中3个岩系带^[1-3]。近几年来, 该套岩系带钒矿找矿工作取得较大的突破, 发现了商南县千家坪、山阳县夏家店、宁陕县冷水沟等多个优质钒矿床。由于秦岭造山带构造复杂^[4,5], 即使黑色岩系处于同一岩相带, 产出地质背景总体相近, 可区域构造背景差异明显, 沉积相

变化巨大。区域上钒矿含矿时代、赋矿岩层特征等找矿标志不能直接应用。平利古陆一带黑色岩系更是独特, 它与同处秦岭黑色岩系南带的其他小区相比不仅岩相变化大, 而且沉积厚度巨大。其北部发现的堰沟钒矿不像区域上已发现的那些钒矿产于寒武纪地层, 而是赋存于早志留世大贵坪组地层中, 且矿石以富碳、少硅为特点。为加快平利地区黑色岩系矿产的开发, 笔者从该类型矿床的产出特征、成矿物质来源、沉积环境与岩相、赋矿层位与含矿岩系及区域钒矿的对比上, 对堰沟钒矿成矿地质特

征进行研究，探讨堰沟钒矿的成矿机理，提出平利地区钒矿的找矿方向。

1 矿区地质特征

1.1 地层

矿区位于秦岭褶皱系东段南部大巴山加里东褶皱带，紫阳—中峰褶皱之平利复背斜北翼，出露地层为寒武系—奥陶系洞河群（ $(\epsilon-O)dh$ ）、下志留统梅子垭组（ S_1m ）、大贵坪组（ S_1d ），呈NW-SEE展布（图1）。

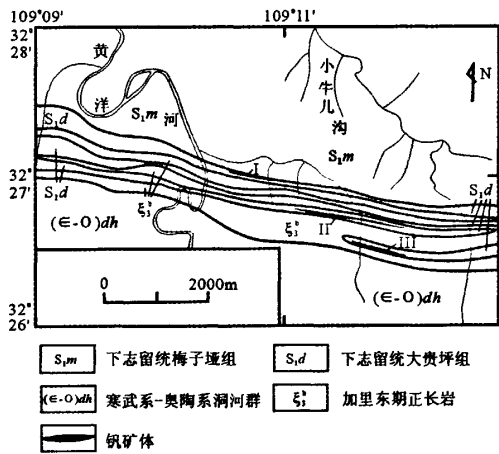


图1 平利堰沟钒矿地质略图

Fig.1 Schematic geological map of Yangou vanadium deposit in Pingli

寒武系—奥陶系洞河群（ $(\epsilon-O)dh$ ）：由炭质板岩、硅质岩、白云质、砂质灰岩凝灰岩等组成。

下志留统大贵坪组（ S_1d ）：由炭质板岩、炭质砂质板岩、钙质泥质板岩、砂岩和粉砂岩组成。

下志留统梅子垭组（ S_1m ）：按岩性组合大致可分3层，下部为泥质板岩、砂质板岩、含炭质板岩；中部为灰色粉砂质绢云母板岩夹变凝灰质砂岩、粉砂岩，局部夹变质杂砂岩；上部以灰色粉砂质绢云母板岩、变质粉砂岩—细砂岩为主。

1.2 构造

矿区位于平利背斜北翼，断裂构造不发育，仅在工区东南部发育张家湾—洋口断裂，断裂破碎带宽5~20 m，其中见明显的断层角砾及断层泥，且

可见强烈的挤压揉皱现象，断层走向呈NW-SEE，向西于张家湾交于碱性粗面岩界面上而消失，向东延出勘查区，断层产状： $20^\circ \sim 35^\circ \angle 65^\circ \sim 70^\circ$ 。

1.3 岩浆岩

区内出露4条加里东期形成的正长斑岩—似正长岩，分布于矿区的中部及西南部。4条正长斑岩—似斑状正长岩（局部为闪长岩）与大贵坪组炭质板岩，总体上呈顺层侵入接触关系。岩体宽10~200 m，长5~10 km，具斑状结构、自形—半自形粒状结构、交代环边或交代残留结构，块状、浸染状、集合体状、气孔（杏仁）状构造。斑晶以碱性长石为主，呈板状，晶体最大长度为1 cm，基质主要为钾长石（包括正长石、条纹长石）、斜长石、石英、石墨、角闪石、黑云母，其次为方解石、金红石、榍石和磷灰石等。蚀变矿物为钛铁矿、黄铁矿和黑云母等。

1.4 围岩蚀变

堰沟钒矿属沉积型矿床，区内围岩蚀变主要有黄铁矿化、金红石化、榍石化、帘石化、黑云母化、绿泥石化、绢云母化、褐铁矿化。矿化为黄铁矿化、褐铁矿化和黏土化。

2 矿体地质特征

2.1 矿体的形态

平利古陆黑色岩系为一套正常沉积硅质、炭质板岩^[6]。矿体赋存于志留系下统大贵坪组（ S_1d ）炭质板岩、炭质黏土岩中，严格受地层、岩性控制。在地层倾向上（由北向南）圈3层矿体，编号为I、II、III（图1）。

第I层矿体平均厚度7.92 m，厚度变化系数79%。产状 $0^\circ \sim 20^\circ \angle 65^\circ \sim 80^\circ$ ，矿体平均品位0.73%，品位变化系数0%。

第II层矿体规模大，矿体平均厚度8.11 m，厚度变化系数12.8%。产状 $0^\circ \sim 20^\circ \angle 69^\circ \sim 80^\circ$ ，矿石平均品位0.72%，品位变化系数3.31%。

第III层矿体产状 $0^\circ \sim 20^\circ \angle 69^\circ \sim 80^\circ$ ，矿石平均品位0.715%，品位变化系数1.84%。平均厚度8.28 m，厚度变化系数25%。

2.2 矿石特征

2.2.1 矿石的自然类型

经岩矿鉴定，未见独立钒矿物，经化学分析，

V_2O_5 存在于不同岩性中,依据矿物成分、结构、构造及含矿岩石特征可将矿石类型分为炭质板岩型、含碳黏土岩型两种:①炭质板岩型钒矿:灰黑-黑色,层状,该类岩石 V_2O_5 含量为 0.20% ~ 0.74%;②含碳黏土岩型钒矿:深灰-黑色,层状,由于覆盖厚,所见露头较少,其规模受氧化深度影响控制,易风化、脱碳,但对钒影响不大,该类岩石 V_2O_5 品位变化小,为 0.80% ~ 0.86%,是一个稳定的含矿层。

2.2.2 矿石的结构、构造

炭质板岩、含碳黏土岩的含矿岩石主要为变余泥质、显微鳞片变晶结构、变余砂状结构,板状、层状、微层状构造。

2.2.3 矿石的矿物成分

(1)炭质板岩型钒矿:主要由炭质成分(14.28% ~ 23.34%)、石英(35% ~ 60%)、绢云母(14% ~ 34%)组成,黄铁矿(1% ~ 5%)、白铅矿(1% ~ 5%)、闪锌矿(1% ~ 4%)、金红石(0.5% ~ 2%)、白钛石(0.5% ~ 1%)、钛铁矿(1% ~ 3%)为次要矿物。微量矿物有锆石、绿帘石、白云母、石榴子石、普通角闪石、黑云母、辉石、透闪石和黄铜矿。

(2)含碳黏土岩型钒矿:岩石主要由炭质(9.97% ~ 19.94%)、高岭石和水云母(63.24% ~ 76.15%)组成,其次为石英(1% ~ 4%)、黄铁矿(1% ~ 4%)、毒重石(0.5% ~ 3%)、长石(1% ~ 5%)。微量矿物有磁铁矿、磁黄铁矿、钛铁矿。

2.2.4 矿石的化学成分

堰沟钒矿样品分析结果(表1、2)说明,该

矿是具有低硅贫钙特点的低品位钒矿。经与区域钒矿矿石氧化物分析结果对比(表3),发现该矿矿石的化学成分与地处同一黑色岩系分区的安康鲤鱼山钒矿差异明显,而与临区位于该矿北部的中村银花钒矿相似,富钒矿石中含铝、钾质相对较高,贫钒矿石铝、钾质低,而炭质高^[4]。不同之处是中村银花钒矿以富钒矿石为主,该矿以贫钒矿石为主。

2.3 钒元素的赋存状态

对3个矿体中含矿岩石进行 V_2O_5 化学分析,炭质板岩型钒矿 V_2O_5 含量为 0.20% ~ 0.74%。含碳黏土岩型钒矿 V_2O_5 含量为 0.80% ~ 0.86%。显微岩石学观察表明,钒无独立矿物,经化学分析, V_2O_5 有 75.2% 存在于黏土之中,电渗试验证明,钒元素与矿石中黏土有关,钒以吸附和类质同象状态存在于高岭石、水云母中。矿石中以吸附状态存在者占 66.38%,以类质同象状态存在者占 33.26%。钒与岩石黏土质、泥质成分密切相关。总体上看有机碳含量的高低与钒的品位没有直接的关系,但是在单一层位较系统密集采样,有机碳的含量高低与钒的品位还是具有相关性。岩石中钒品位有随有机碳的含量增加而增加的趋势。因此,钒矿床的形成与有机质具有一定的联系^[7]。这与张卫敏等^[8]对同类型矿床陕西山阳中村钒矿地质特征及富集规律的研究成果一致。

通过与中国部分黑色岩系钒矿的对比(表4),发现堰沟钒矿在赋矿岩层特征、矿石类型、钒赋存状态与陕西山阳中村和甘肃方口山钒矿相似。

表1 矿石氧化物分析结果表
Table 1 Results of oxide analysis in ores

矿石类型	/%							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	NaO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅
炭质岩型	45.08	1.01	0.35	0.55	0.01	2.13	0.21	0.60
黏土岩型	63.06	7.06	0.36	0.58	0.06	4.41	0.51	0.23

表2 微量元素化学分析结果表
Table 2 Results of trace-element analysis in ores

矿石类型	/%							
	V ₂ O ₅	Mo	Zn	Ni	As	Ca	Mn	S
炭质岩型	0.71	0.020	0.095	0.018	0.021	0.001	0.035	0.67
黏土岩型	0.86	0.032	0.056	0.020	0.041	0.006	0.004	1.05

表3 中国部分黑色岩系钒矿矿石氧化物分析结果对照表

Table 3 Comparison of ore oxide analysis results of some vanadium deposits of black rock series in China /%										
钒矿床	矿石类型	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	NaO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O
平利钒矿	炭质岩型	45.08	1.01	0.35	0.55	0.01	2.13	0.21	0.60	0.96
	黏土岩型	63.06	7.06	0.36	0.58	0.06	4.41	0.51	0.23	1.82
鲤鱼山钒矿	黏土质泥板岩型	58.32	4.99	5.52	1.56	0.06	4.25	0.63	1.96	1.45
山阳银花钒矿	炭质岩型	64.08	6.66	0.44	0.59	0.08	4.35	0.45	0.22	6.05
	硅质岩型	87.42	1.83	1.24	0.51	0.01	2.09	0.21	0.74	0.30
商南汪家店钒矿	硅质岩夹泥岩型	62.75	5.37	0.64	0.36	0.013	3.43	0.28	0.60	0.85
河南后湾钒矿	硅质岩	85.72	2.70	2.23	0.32	0.023	1.40	0.12	1.61	0.41
	杂色泥岩	71.94	9.59	0.82	1.00	0.044	4.12	0.33	0.35	1.76
	炭质泥岩	50.78	7.48	3.81	0.85	0.033	3.10	0.28	0.41	0.4
镇远江古钒矿	含炭质黏土岩型	68.68	10.54	0.94	0.43	0.04	3.34	0.23	0.63	0.34

表4 中国部分黑色岩系钒矿对照表

Table 4 Comparison of some vanadium deposits of black rock series in China				
钒矿位置	含矿时代	赋矿岩层特征	钒赋存状态	矿石类型
湖南双溪	寒武系	炭硅质岩、炭质页岩互层	主要存在于黏土矿物中	硅质岩-页岩型、含磷结核页岩型
贵州远水岭	震旦系至寒武系	黑色硅质岩与黑色炭质页岩	主要存在于黏土矿物及炭质组分中	含粉砂炭质黏土岩型和炭质页岩型
江西樟树-邓坊	下寒武系	黑色(炭质)粉砂岩	主要存在于V-Ti独立矿物中	黑色(炭质)粉砂岩型
甘肃方山口	下寒武系	含钒炭质板岩	主要存在于黏土和有机质组分中	炭质板岩型
新疆平台山	下寒武系	黄绿色含磷钒大理岩、磷块岩、含铀钒炭质板岩及钙质砾岩	主要存在于黏土矿物及炭质组分中	炭质板岩型
陕西山阳中村	下寒武系	炭质黏土岩、炭质泥板岩、泥板岩	主要存在于黏土矿物及炭质组分中	硅质岩型、炭质黏土泥板岩型和硅质-炭质泥板岩型
安康鲤鱼山	下寒武系	含炭质泥板岩夹硅质岩	存在于黏土矿物或炭质组分中	含碳泥硅质板岩型

注：据文献[9] 修编。

3 矿床成因机制

矿床位于秦岭褶皱系东段南部大巴山加里东褶皱带，构造环境处于边缘凹陷。赋矿地层为志留系下统大贵坪组地层，下伏地层是寒武—奥陶系洞河群，为一套滨、浅海相泥质岩、炭硅质到碳酸盐岩沉积。根据地化剖面所取土壤样的光谱半定量全分析结果，寒武—奥陶系洞河群地层V(450~1 000)×10⁻⁶，共生或伴生有Mo(300~500)×10⁻⁶、Cu(600~2 000)×10⁻⁶、Pb(1 500~

3 000)×10⁻⁶、Zn 1 500×10⁻⁶、Ni 150×10⁻⁶、Gr 150×10⁻⁶。可见寒武系—奥陶系地层含钒较高，经风化剥蚀后可为本区钒的沉积提供丰富的物源。

从成岩特征看，钒矿呈层状产出黑色炭质板岩、炭质黏土岩中，是地层的组成部分。在地层倾向上(由北向南)可圈3层矿体，反映钒矿具有多层再现的规律，说明本区的钒矿成矿作用具有多期性、间歇性。

从钒元素的赋存状态看，矿区钒无独立矿物，

- in Qinling orogenic belt [J]. *Geology in China*, 2009, 36 (3): 694-704.
- [3] 高菊生, 王瑞廷, 张复新, 等. 南秦岭寒武系黑色岩系中夏家店金矿床地质地球化学特征 [J]. *中国地质*, 2006, 33 (6): 1371-1378.
GAO Ju-sheng, WANG Rui-ting, ZHANG Fu-xin, et al. *Geology geochemistry of Xiajiadian gold deposit in black rock series of Cambrian system in South Qinling* [J]. *Geology in China*, 2006, 33 (6): 1371-1378.
- [4] 李赛赛, 魏刚锋, 聂江涛, 等. 陕西省商南县湘河地区钒矿成矿特征及成因 [J]. *地球科学与环境学报*, 2009, 31 (3): 236-244.
LI Sai-sai, WEI Gang-feng, NIE Jiang-tao, et al. *Metallogenic characteristics of V ore deposit in the Xianghe area of Shangnan County in Shaanxi Province and its genesis* [J]. *Journal of Earth Sciences and Environment*, 2009, 31 (3): 236-244.
- [5] 涂怀奎. 陕、甘、川邻区不同类型重晶石成矿条件与成因机理的讨论 [J]. *化工矿产地质*, 1998, 20 (4): 295-300.
TU Huai-kui. *Mineralizing conditions and mechanism of the barite deposits in the meeting area of Shaanxi, Gansu and Sichuan provinces* [J]. *Geology of Chemical Minerals*, 1988, 20 (4): 295-300.
- [6] 侯俊富. 南秦岭下寒武统黑色岩系中金钒成矿特征及成矿规律: 硕士学位论文 [D]. 西安: 西北大学, 2008.
HOU Jun-fu. *Metallogenic characteristics and regularities of Au-V mineralization in Lower Cambrian black rock series, southern Qinling Mountain, China: master's degree thesis* [D]. Xi'an: Northwestern University, 2008.
- [7] 李玫, 张复新. 陕西山阳县黑色岩系中村-银花钒矿床地质特征 [J]. *中国地质*, 2009, 36 (5): 1099-1109.
LI Mei, ZHANG Fu-xin. *Characteristics of Zhongcun-Yinhua vanadium deposit in black rock series, Shanyang County, Shaanxi Province* [J]. *Geology in China*, 2009, 36 (5): 1099-1109.
- [8] 张卫敏, 胡近平. 陕西山阳中村钒矿地质特征及富集规律 [J]. *西北地质*, 2007, 40 (2): 95-102.
ZHANG Wei-min, HU Jin-ping. *Geological characteristics and vanadium enrichment of the Zhongcun vanadium deposit, Shanyang County, Shaanxi Province* [J]. *Northwestern Geology*, 2007, 40 (2): 95-102.
- [9] 常想德, 孙宝生, 周可法, 等. 平台山钒矿成因探讨 [J]. *采矿技术*, 2009, 9 (3): 111-114.
CHANG Xiang-de, SUN Bao-sheng, ZHOU Ke-fa, et al. *Discussion of formation of vanadium deposit in Pingtai Mountain* [J]. *Mining Technology*, 2009, 9 (3): 111-114.
- [10] 赖群生, 江和中, 杨士辉, 等. 河南省淅川县后湾钒矿床地质特征、矿床成因及找矿方向 [J]. *华南地质与矿产*, 2008 (1): 23-28.
LAI Qun-sheng, JIANG He-zhong, YANG Shi-hui, et al. *Geological feature of the Houwan vanadium mine of Xichuan County in Henan Province and prospecting* [J]. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2008 (1): 23-28.
- [11] 游先军, 孙际茂, 陈明辉, 等. 湘西北下寒武统黑色岩系中的钒矿床 [J]. *矿产与地质*, 2008, 22 (1): 20-26.
YOU Xian-jun, SUN Ji-mao, CHEN Ming-hui, et al. *V deposit in Lower Cambrian black rock series of northwestern Hunan* [J]. *Mineral Resources and Geology*, 2008, 22 (1): 20-26.
- [12] 张国伟. 试论秦岭造山带岩石圈构造演化基本特征 [J]. *西北大学学报*, 1991, 21 (2): 77-87.
ZHANG Guo-wei. *A discussion on basic features of tectonic development of lithosphere of the Qinling belt* [J]. *Journal of Northwest University*, 1991, 21 (2): 77-87.
- [13] 张元厚, 毛景文, 简伟, 等. 东秦岭地区钼矿床研究现状及存在问题 [J]. *世界地质*, 2010, 29 (2): 188-202.
ZHANG Yuan-hou, MAO Jing-wen, JIAN Wei, et al. *Present status of research on molybdenum deposit in eastern Qinling and the problems remained* [J]. *Global Geology*, 2010, 29 (2): 188-202.