

大庸大坪钒矿床的地质特征及成因探讨

陈淑珍

(地质系)

摘要 大坪钒矿床, 为下寒武统黑色岩系中的沉积钒矿床。本文在论述矿床地质特征的基础上, 对矿床的成因进行了详尽的分析。从钒的赋存状态、成矿物质来源、有机地球化学作用论证了该矿床应属生物化学沉积矿床, 并阐明了成矿作用机制。

关键词: 钒矿床; 矿床特征; 有机地球化学作用; 生物化学成因

分类号: P612

作者简介: 陈淑珍 女 53岁 讲师 岩矿

大坪钒矿床, 位于大庸市南15公里的大坪镇西侧, 与永顺县的田坪、朗溪钒矿床属同一矿床类型, 均属下寒武统牛蹄塘组底部黑色岩系中的沉积钒矿床。

寒武系下部的黑色岩系(有的地段因含炭量较高称石煤)在我国南方分布很广, 遍及十几省区。在黑色岩系中, 普遍含V、P、Ni、Mo、Au、Ag、TR、U、Pt及Pt族元素等。某些地区, 如云南德泽、绿劝、贵州织金、湖南大庸、慈利已查明有独立的钒、磷、镍钼及其伴生元素矿床。笔者通过野外资料的搜集和室内分析研究, 对湖南大庸大坪钒矿床的地质特征和成因谈一些认识, 供参考。

1 矿区地质概况

该矿区位于扬子准地台东侧, 邻近江南台隆的武陵陷褶断束内。区域构造为古丈复背斜西北翼的天门山向斜。区内为一简单的向斜构造, 断层发育。出露地层有板溪群、震旦系和寒武系。现简述如下(由老至新):

①板溪群(Pt)

五强溪组: 灰绿色—紫色中厚层长石石英砂岩, 夹变质石英砂岩, 砂质板岩等, 分布于矿区外围。总厚1198m。

②震旦系(Z)

南沱组: 青灰色、灰绿色冰碛泥砾岩, 砾石成分复杂, 为砂泥质胶结。厚53~80m。

陡山沱组: 为灰岩、泥质白云岩、白云岩互层。下部灰岩中含燧石团块及条带。厚

178m。

灯影组：由白云岩组成。上部为薄层、中厚层白云岩，含少量燧石条带及结核。中下部为灰色细粒白云岩。厚167m。

③下寒武统 (ϵ_1)

牛蹄塘组 (ϵ_{1n})：由黑色含炭水云母页岩，白云质粉砂质炭质页岩以及含磷质结核的炭质页岩等组成。产微古植物及海绵骨针化石。钒矿层位于该组的底部。厚148m。

把榔组 (ϵ_{1p})：灰—浅色水云母页岩，夹薄层状扁豆状白云岩。产海绵骨针（二射—四射）化石。厚170—220m。

清虚洞组 (ϵ_{1q})：由灰岩、白云岩组成。中夹含钾页岩，产三叶虫化石。厚220—272m。

2 矿床基本特征

2.1 含矿层位

为下寒武统牛蹄塘组，由上至下可分为六层：

⑥含炭水云母页岩，黄铁矿呈稀疏的线理状分布，有时呈小透镜状，结晶甚好。厚36—61m。

⑤粉砂质白云质炭质页岩，偶夹硅质炭质页岩、泥质白云岩及泥灰岩透镜体，以含眼球状黄铁矿为特征。厚17—32m。

④由黑色硅质炭质页岩、白云质炭质页岩组成。常夹1—3层厚几十厘米的白云岩、泥灰岩。显微层理发育。厚12—40m。

③镍钼矿层：由磷质岩及含镍钼硫化物的粉砂质、白云质炭质页岩组成。厚度变化极大，有时尖灭，有时膨胀。厚度0—3.18m。

②结核层：由含磷结核的粉砂质、白云质炭质页岩组成。结核十分发育，以大小3—5厘米的居多。炭质页岩多呈鳞片状。该层为本矿区主要含钒矿层， V_2O_5 含量达1%以上。（结核层从大坪往西厚度逐渐增大，其含矿层由单一矿层过渡为两个含矿层）。厚2.07m。

①磷矿层：由磷块岩、硅质磷块岩组成。常夹黑色含磷结核炭质页岩。 P_2O_5 12—35%，伴生有U、TR等，厚0—1.5m。

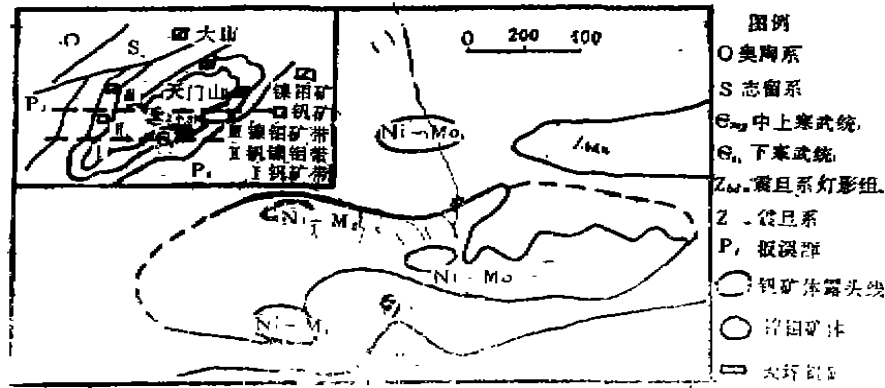
含矿层的下伏岩层为灯影组 (Z_{64n})，由白云质灰岩、白云岩组成。顶部含硅质岩条带或透镜体。该层往西硅质岩逐渐增多，自唐坊上—田坪一带全由硅质岩组成。

2.2 矿体的形状、产状及分布

大坪钒矿床，矿层为层状、似层状。由含磷结核的粉砂质、白云质炭质页岩组成。矿层与下部磷块岩、上部黑色炭质页岩或白云质炭质页岩的界线清楚。矿层以含结核为其特征，结核大小较均一，直径以3—5cm者较多，并多呈椭圆状、小饼状，皆平行层理分布，炭质页岩多呈鳞片状。在大坪—晓坪一带的结核中，还含金属硫化物，如辉砷镍矿、黄铁矿等。结核具似同心圆状，圈层比较发育。

矿层产状较平缓，走向近东西，倾角15°左右。矿层厚度均在1m以上，最厚达2.07m。钒矿体长2140m（图1）。

据大庸天门山地区地质资料,大坪钒矿床位于Ⅱ钒镍钼矿带中,它的北侧为Ⅲ钒镍钼矿带,南侧为Ⅰ钒矿带。Ⅱ钒镍钼矿带为一过渡矿带,其中有镍钼矿体,也有钒矿体,但为数不多,大坪钒矿床就是由一个长2140m倾向宽300余米的矿体组成。大坪钒矿床南西,即Ⅰ钒矿带,从田坪至朗溪一带,钒矿层逐步过渡为两个含矿层(图2)。其中A矿层,平均厚度3.67m,平均品位 V_2O_5 0.91%;B矿层,平均厚度3.35m,平均品位 V_2O_5 0.78%。其含矿



(比例尺m)

图1 大庸大坪钒矿床地质图(据402队简化)

层下伏的基底震旦系已相变为硅质岩。表明基底岩相带和沉积环境的影响,钒矿层厚度增大,层数增多。

2.3 矿石的物质成分及结构构造

钒矿石由黑色含磷质结核硅质炭质页岩组成。矿石的化学成分为: SiO_2 —30.84%, Al_2O_3 —5.77%, K_2O —4.48%, Na_2O —0.58%, CaO 9.14%, MgO —1.54%, P_2O_5 —11.69%, Fe_2O_3 —6.05%, V_2O_5 —1.40%, Mo —0.38%, U —0.008%, Cu —0.01%, Zn —0.06%。本区部分围岩与矿层中氨基酸含量为:黑色炭质页岩144ppm,含钒水云母页岩249ppm,磷质结核850ppm,磷块岩层295ppm。说明有机质分解产生的氨基酸较丰富。

矿石的矿物组成主要为粘土矿物(水云母50—98%)、炭泥质(15—85%)、粉砂石英(1—15%)以及胶磷矿结核和条带。总的说来,矿石的矿物成分较为简单。

矿石中钒的赋存状态有:

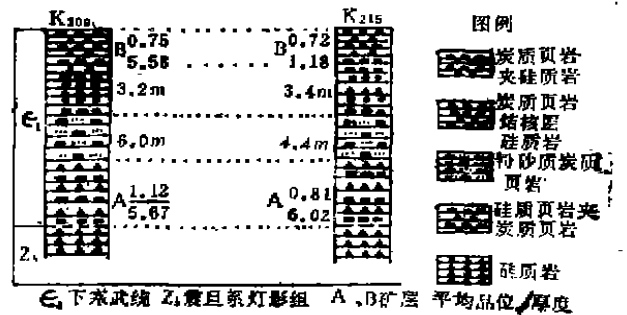


图2 朗溪钒矿含矿岩系岩性对比柱状图 (据247队简化)

①钒呈 V^{3+} 状态进入水云母中，与 Al^{3+} 呈类质同象形式产出，即 $K(Al, V)_2(AlSi_2O_{10})(OH)_2$ 。该矿物经差热、X光衍射、化学分析，其中含 V_2O_5 —5.11%；

②呈 V—有机化合物形式存在。如钒—卟啉等（图 3）。这是一类杂环金属有机化合物，化学性质较稳定；

③钒可能被粘土或有机胶体吸附形式存在。因为本矿区中的钒矿层，有机炭含量较高，一般为 $C_{有机} = 5-10\%$ ，并与 V_2O_5 的含量呈正相关（图 4）。这是因为有机质（有机酸）

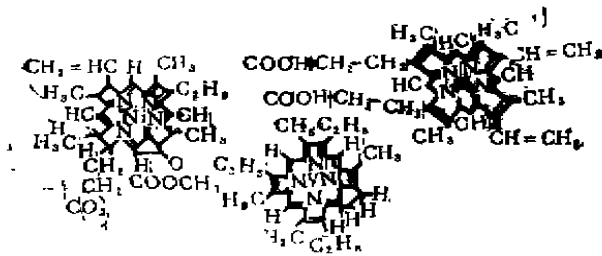


图 3 钒、镍和钴的卟啉化合物结构

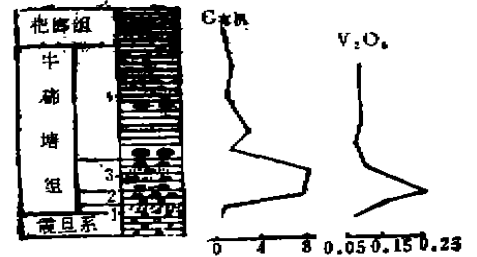


图 4 大坪钒矿含矿系中 $C_{有机}$ 和 V_2O_5 的关系

胶体表面积大，吸附能力强所致。其中的钒是呈低价形式被有机胶体所吸附。

矿石构造具典型的结核状构造。结核为一种含磷结核，由含磷质（主要为胶磷矿）的粉砂和粘土组成。一般结核内部具同心圆状。结核的排列方向与炭质页岩的层理一致。含钒炭质页岩。页理发育，常呈鳞片状，风化后较松散。矿石结构为泥质结构，由粘土矿物构成。

3 矿床成因分析

3.1 成矿物质来源

据钒的地球化学性质^[1]，钒在表生作用中， V^{3+} 很容易被氧化而转变为 V^{5+} ，构成 $(VO_4)^{3-}$ 络阴离子，组成钒酸盐。而钒酸盐是一种可溶性盐，可以在酸碱性变化较大的溶液中迁移。但是，海水中钒的量却很微，仅 $1.3-2.9 \text{ppb} (\mu\text{g/L})$ 。说明通过风化作用钒转变成可溶性真溶液，并带入海盆，并直接沉积成钒矿层的可能性不大。

事实上，在沉积岩中，钒主要富集在粘土（ 120ppm ）和页岩（ 130ppm ）中，并与其中的有机质关系十分密切。这是因为海生生物从海水中吸取了钒构成生物的组织，当含钒生物死亡后，可以在底部的泥层中进行堆积。例如本矿区牛蹄塘组下部的黑色炭质页岩，含钒 $1000-2100 \text{ppm}$ ，并在下部地层中发现有微古植物化石，如原始光面球孢（*Protoleiosphaeridium sp*），鲛面球孢（*Trachysphaeridium sp*）等，以及海绵骨针（*Protospongia*）。这些藻类（兰绿藻、硅质藻）无疑对钒的聚集起了重要作用。笔者认为，就是因为藻类等生物吸收了海水中的钒，才造成海水中钒离子浓度很低。当钒进入生物体而后堆积，而成为钒矿床中钒的重要来源。

由于早寒武世海域广阔,包括华南的广大区域。在这广大区域内,深大断裂、超基性岩和基性岩等均较发育,也可为形成钒、镍、钼矿提供丰富的原始物质来源。涂光炽等^[2]对我国下寒武统黑色页岩中富集的金属元素来源,认为主要与加里东期古板块构造活动的火山岛弧有关的论点,是值得重视的。

3.2 有机地球化学作用

大坪钒矿床,钒的富集与生物作用十分明显。矿层中的硫同位素分析, $\delta^{34}\text{S} = -6.74\%$,属生物硫源、含矿岩系有机碳含量较高,一般为5—10%,有时可达20%或更高。 $\text{C}_{\text{有机}}$ 量与 V_2O_5 量呈正相关的关系。同时在黑色岩系底部发现有大量的海绵骨针、兰绿藻、硅质藻等化石。足以说明生物作用对钒矿床的形成起了很大的作用。具体分析如下:

这些藻类等低等生物,本身可以吸收钒等元素组成生物的组织。这些生物作为含钒载体,当死亡后沉入海底与泥质堆积起来,造成钒元素初步富集。

低等生物死亡后,分解产生氨基酸(如半胱氨酸)和卟啉等有机物质。这些有机物与金属元素形成金属—有机络合物和金属卟啉(如钒—卟啉等)而迁移富集^[3]。在成岩作用中,因其温度、压力和酸碱度发生变化,这些有机络合物和化合物便产生离解,放出金属元素和形成金属硫化物沉淀下来,从而造成钒及其伴生元素的进一步富集。这一富集过程符合J.D.萨克斯比的有机成矿作用模拟实验。

低等生物在分解过程中,消耗大量氧气,放出硫化氢气体。同时海水中的硫酸还原细菌还原海水中的 $[\text{SO}_4]^{2-}$,也产生 H_2S 。因而产生海底的酸性还原环境。当温度、压力降低,PH值增大时,金属元素则以硫化物形式沉淀下来。在这强还原环境中,钒可能以绿硫钒矿 $(\text{V}(\text{S}_2)_2)$ 形式产出。或者由 V^{5+} 转变为 V^{3+} ,在碱性条件下进入水云母中而使钒富集。

3.3 成矿机制

早寒武世,从沉积物的颗粒大小,物质成分以及水平纹层和黄铁矿纹理发育,说明大坪一带为浅海局限盆地。当时地壳运动相对稳定,沉积速度十分缓慢,气候温暖湿润,低等生物大量繁殖。从大陆或板块岛弧活动带来的成矿物质,由于受基底岩性影响和沉积环境的严格控制,在震旦系硅质岩发育区形成以钒为主的钒矿带沉积,而在白云质灰岩发育区形成镍钼矿带以及过渡区的钒镍钼矿带。

对钒矿带的形成,笔者认为,当时大坪地区离海岸较远,海水较其他两矿带稍深。所以含矿层中硅质岩出现较多。而基底震旦系硅质岩发育区有利于钒的聚集,故钒在此带富集。

钒的富集过程中,是在吸取钒元素的低等生物死亡后堆积的基础上,经过成岩作用才造成钒的工业富集。成矿机制是:一方面金属有机络合物或钒—卟啉等,在成岩作用中产生热解(温度约 200°C 左右,徐濂⁽¹⁹⁷³⁾钒—卟啉在 250°C 时结构破坏)。分解为金属元素或以金属硫化物沉淀下来。例如在大坪钒矿床的镍钼层中见有大量的胶状硫化物(硫钼矿、二硫镍矿、黄铁矿等)沿磷质结核周围分布或穿插结核的裂隙中,但不穿过结核,其成因系成岩作用结果。另一方面,由于成岩作用产生的大量硫化物,在碱性条件下,促使 V^{5+} 转变为 V^{3+} 置换水云母中的铝而进入水云母中。

通过上述分析,大坪钒矿床应属生物化学沉积矿床。

参 考 文 献

- 1 刘英俊等. 元素地球化学. 北京: 科学出版社, 1984: 58—65
- 2 涂光炽等. 中国层控矿床地球化学(第二卷), 北京: 科学出版社, 1987: 255—311
- 3 张爱云等. 见: 杨家堡早寒武世石煤中钒的地球化学. 何镜宇等主编. 沉积学和有机地球化学学术会议论文选集. 北京: 科学出版社, 1984: 263—274

GEOLOGICAL CHARACTERISTIC AND ORIGINAL DISCUSSION OF THE DAPING VARADIUM-DEPOSIT IN DAYONG

Chen Shuzhen

(Dept. of Geology)

ABSTRACT

The Daping Varadium-Deposit is a sedimentary Varadium-Deposit formed Low cambrian black rock series. The ore-bed occurs with stratiform and sililar stratiform, and its occurrence is stable. In ore-bed concretions developed, and associated elements are P, Ni, Mo, Pt etc. From study on occuring state of Varadium, source of minerogenetic matter, organic geochemical process, and minerogenetic process, the deposit is a biochemical sedimentary deposit.

Key words: Varadium-deposit; organic geochemical process; minerogenetic cause of formation; geological characteristic of deposit

Synopsis of author: Chen Shuzhen, female, born in 1936, lecturer, rock and mine.

本 刊 刊 标 说 明

《湘潭矿业学院学报》的期刊标志(见封面)为纵向长六棱形, 主要图案由M、T和两层煤构成: M既代表“矿业”(Mining)又形似矿山, 中间组合成的X, 与M共同象征正待翱翔的雄鹰(体现新建矿院的阳刚之美和远大志向), 又和下面的T一起表示“湘潭”(XiangTan), T的上横“一”不但直接指“学报”杂志本身, 而且喻示长江(我院地处江南), T的下竖“|”既示“学院”(Institute)又形如井筒, 从地面打入煤层(表明以采矿研究为中心的原则)。最下的“1983”为创刊年份, 棱形两侧由本刊英文全名所围。

(董 心)