

广西上林钒矿床地质特征及控矿因素

雷英凭, 余继森, 沈健全

(广西第四地质队, 广西南宁 530031)

[摘要] 文章论述了上林钒矿床的地质特征, 分析了控矿因素及其成因类型, 认为矿床严格受泥盆系塘丁组中下部层位的炭质泥岩夹薄层含炭硅质岩控制, 同时还受台间海槽相古地理控制, 为浅海槽盆相近陆带的同生沉积矿床。

[关键词] 钒矿; 地质特征; 控矿因素; 广西

广西上林钒矿位于大明山东麓的低山丘陵区, 矿床规模大, 资源丰富, 已估算 V_2O_5 资源/储量达 153 万 t 以上, 是广西唯一的大型钒矿床。该矿自 1979 年发现以来由于选冶技术、钒矿价格等原因, 一直未能合理开发利用, 随着国际大型钒矿山的减产、闭坑, 钒矿价格大幅飙升, 上林钒矿开发利用前景看好, 因而研究上林钒矿地质特征及控矿因素, 对钒矿的开发利用有一定的现实意义。

1 区域地质

矿区位于华南加里东褶皱系右江再生地槽的下雷—灵马拗陷东缘之大明山复式背斜中部东翼。

区域出露地层有: 上寒武统、下奥陶统、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系、白垩系、第三系及第四系。其中下泥盆统塘丁组是含矿层位, 钒矿主要产于塘丁组下部的炭质泥岩中。

寒武系为深水槽盆相沉积的碎屑岩, 局部夹碳酸盐岩。奥陶系为深海槽盆相沉积的复理石砂、泥岩及海底火山喷发的角斑岩。泥盆系分布于大明山背斜的两翼及北西倾伏端, 下泥盆统下部为滨岸碎屑岩潮间—潮下带沉积, 上部为台间海槽相和台地前缘斜坡相沉积; 中、上泥盆统沉积分异明显, 主要有: 碳酸盐台地相区的局限台地潮坪泻湖相、局限一半局限台地相、开阔台地—台地边缘相、台地前缘斜坡相及台间海槽相沉积。石炭系—二叠系主要为碳酸盐台地—台地边缘相、台地前缘斜坡相及台间海槽相沉积。三叠系为碳酸盐台地相、浅海陆棚相、半深海盆地相沉积。白垩系—第三系为陆相沉积。第四系为冲、洪、坡积层。

区域地质构造复杂, 褶皱、断裂发育。主要构造线呈 NW 向, 次为 NE 向、近 EW 向及近 SN 向。

区域岩浆活动频繁, 岩浆岩发育。火山岩主要有早奥陶世中性海底火山喷发岩、中三叠世流纹斑岩及凝灰熔岩; 侵入岩主要有加里东晚期的花岗闪长斑岩、中三叠世花岗斑岩、石英斑岩及早白垩世黑云母花岗岩等, 以位于南部的古民单元(昆仑关岩体)规模最大, 出露面积 > 82 km²。

2 矿区地质

2.1 地层

矿区地层有泥盆系及第四系。

下泥盆统郁江组: 为矿区出露最老的地层, 为石英砂岩夹粉砂质泥岩、泥岩。

下泥盆统塘丁组: 黑色炭质泥岩夹含炭硅质岩。

塘丁组下部是本区主要含钒层位。因风化程度不同, 地表与中深部的岩石特征有所差异。地表以灰黄色、黄色、紫黄色风化泥岩为主, 局部为灰黑色; 泥质结构, 微—薄层状构造、水平层理构造; 成份以绢云母为主, 含少量石英、褐铁矿。该层在地表风化程度不一, 风化地段炭质已部分或全部流失, 岩石颜色变浅; 未风化的地段仍出露黑色的炭质泥岩。风化深度一般 0~19 m。

往中深部以炭质泥岩为主, 夹少量含炭硅质岩或泥质灰岩。炭质泥岩呈黑色, 泥质结构, 微—薄层状构造、水平层理构造; 质软, 含水份多, 可塑性强; 成份以粘土矿物(绢云母—水云母)为主(53%~74%), 含炭量较高(15%左右), 并可见浸染状、星点状、小团块状黄铁矿分布。含炭硅质岩呈黑色、灰黑色, 微—薄层状构造、硅质条纹带状构造, 主要成份为石英, 少量为泥质、炭质, 向上硅质岩有增多的趋势。泥质灰岩呈灰黑色, 细粒结构, 中薄层状, 成份以方解石为主, 次为泥

[作者简介] 雷英凭(1966—), 男, 1988年毕业于成都地质学院地质矿产专业, 2004年桂林工学院矿产普查与勘探专业研究生班毕业, 高级工程师。现任广西第四地质队总工程师。

质,含少量炭质,并含生物碎屑及星点状、小团块状黄铁矿;泥质灰岩夹层的层数不定,厚度不等,单层厚度0.1~10 cm,层数最多达20层。经钻探证实,由浅及深,泥质灰岩夹层的层数增多,厚度增大;炭质泥岩有逐渐相变成灰岩的趋势,钒矿化也随相变而减弱。

下一中泥盆统纳标组:以灰—灰黑色薄—中层泥岩、含炭泥岩为主,局部夹少量硅质泥岩。

中泥盆统罗富组:为硅质岩、含泥硅质岩夹泥岩、硅质泥岩、硅质页岩。

上泥盆统榴江组:为硅质岩夹硅质泥岩。

第四系下部为砂砾石;上部为亚粘土、砂质粘土。

2.2 构造

矿区位于大明山背斜北东翼,除次级褶皱笔架山鼻状背斜外,构造不发育。笔架山鼻状背斜出露于矿区的南侧笔架山—罗勤一带,该背斜呈短轴状,平面形态似“鼻状”,轴向近EW向,向东倾伏,两翼对称,两翼地层倾角14~35°。

大明山背斜控制着本区含钒地层塘丁组及钒矿层(体)的分布,是本区钒矿重要的控矿、赋矿构造。工作区位于大明山背斜的东翼,总体上为一单斜构造,岩层走向300~330°,倾向东,倾角较缓,一般20~35°。

3 矿床地质

3.1 矿体特征

上林钒矿已控制钒矿化长度33 km,控制工业矿体7个,矿体总长度26.95 km。

钒矿体赋存于塘丁组中下部,矿层底板距郁江组顶界0~17 m,一般2~8 m。矿体平面上呈长条状、条带状,剖面上呈层状、似层状产出,矿体产状与岩层产状基本一致。走向NW—NNW,略呈反“3”字形展布,倾向NE—NNE,倾角缓,10~40°,一般20~35°。其中3号矿体规模最大,长14.34 km,矿体连续,矿体厚1.06~28.29 m,平均厚15.21 m。矿层露出地表,延深200~780 m。 V_2O_5 品位0.718%~1.804%,平均品位1.061%,沿走向、倾向的厚度、品位变化不大;矿体主要位于50~150 m标高之间,最低见矿标高为-40.24 m,矿层夹石少。3号矿体是本区的主要矿体,矿体长度占全矿区矿体总长度的53%, V_2O_5 储量占全矿区总储量的70%。

3.2 矿石质量

3.2.1 结构构造及成分

地表矿石多为黄色、灰色、深灰色,风化程度越深颜色越浅。深部原生矿石为黑色。

矿区矿石结构有:泥质结构、显微鳞片—泥质结构、隐晶—泥质结构、微—细粒结构、生物碎屑泥质结构。

矿石的构造类型主要有:薄层状构造、皱纹状、显微皱纹状构造,定向构造,孔洞状构造,脉状、团块状构造,浸染状构造。

矿石矿物成分简单,主要为伊利水云母及炭质(以有机

质为主);次有:石英、绢云母、高岭石、黄铁矿。

矿石化学成分以Si为主量元素,含量48.10%~64.87%;其次为Al、Ca、Fe、Ti、V、Mg,含量各占1%~10%。

伴生有害元素主要有S:4.04%、As:<0.01%。

伴生有用组份主要为总C:14.90%、Ag:0.00013‰。

总的来看,矿石中有害元素含量低,对矿石的选冶性能影响不大。有益组份除总炭及银达到综合利用指标外,其它有益组份含量低,无综合利用价值。

钒矿石中含炭总量为14.9%,测定其发热量为3.42~7.07 MJ/kg,平均5.30 MJ/kg,已达石煤要求。经取组合样分析,银含量>5 g/t,单工程组合最高达170 g/t,矿体平均为13.4 g/t,已达综合利用价值。

3.2.2 钒的赋存状态

钒矿石经镜下鉴定和人工重砂分离以及对可疑矿物做X射线分析,均未发现钒的独立矿物,说明钒是呈分散状态存在的。

原矿经焙烧去炭,再用水和酸浸泡,结果水浸钒析出率仅2.25%;酸浸钒析出率为13.5%。经计算钒与炭的相关系数 $r=0.47$,说明钒与炭关系不太密切。

根据矿石的矿物组成分析资料,粘土矿物云母类是矿石中含量最多的矿物。从伊利水云母的多项分析结果看,钒含量较高,是钒矿石含量的两倍,可以判定,伊利水云母是矿石中钒的主要载体。

因粘土矿物是一种良好的吸附体,对原矿进行水浸、酸浸试验,水浸钒析出率仅2%;酸浸钒析出率为<10%, Al_2O_3 析出率<7%, K_2O 析出率<2%。结果表明伊利水云母吸附的钒也很少,绝大部分钒未被分解析出。

用氢氟酸溶矿可以破坏伊利水云母的晶格,结果是钒与铝的析出率均达到80%以上,其中钒几乎全部析出,钒、铝、钾的析出量成正消长关系, V_2O_5/Al_2O_3 比值稳定,用相关法计算钒与铝的相关系数 $r=0.7$,说明钒与铝关系较密切,存在内在关系。

综上所述:当伊利水云母基本未破坏时,铝、钾、钒基本不转入溶液,钒析出率很低。当伊利水云母被溶解时,钒则随铝、钾同时进入溶液,而且随着HF浓度的增高,伊利水云母被溶解得越充分,钒的析出也越完全。所以,矿石中的钒被炭质和粘土矿物吸附的很少,绝大部分钒以类质同象的形式替代铝而存在于伊利水云母的晶格之中。

3.3 矿石类型

按矿石的自然类型划分,分为氧化矿石和原生矿石。

按物质类型划分,本区的矿石类型比较简单,主要为炭质泥岩矿石。根据矿石的物质成分及含量又可细分为炭质泥岩类矿石、硅质炭质泥岩类矿石、粘土炭质泥岩类矿石3类。

3.4 矿床控矿因素及成因类型

3.4.1 控矿因素

层位控矿:钒矿层严格受地层控制。由于沉积环境的变异而形成地层的差异,层薄,互层多,具夹层、微层等。透水层

和隔水层呈互层,脆性岩石和柔性岩石呈互层对控矿最有利。矿源层和赋矿层为同一层位,矿层与围岩呈整合接触关系,表现为同时性、连续性。钒矿赋存于特定层位——塘丁组中、下部,层位稳定,矿体呈层状、似层状成带展布,范围广,规模大,层理、微层发育。矿区内尚未发现侵入体和明显的热液蚀变现象,围岩蚀变极弱。含矿层中黄铁矿细晶发育,呈细小的分散状、浸染状集合体;古生物、化学作用及有机质作用明显,可综合利用元素多。综上所述,本区钒矿为典型的矿层及顶底板同属沉积成因的同生沉积矿床。

岩性控矿:钒矿体集中于特定的岩性段,含矿岩性主要是塘丁组中、下部的灰黑色炭泥质岩夹薄层状含炭硅质岩等。岩石主要成份为粘土矿物(66%),次为有机质炭(15%)。结构以隐晶—泥质结构为主,薄层状构造。岩石的孔隙度、裂隙度、强度和化学活力均很低,后生作用很稀少。岩石富含粘土、炭质、有机质、黄铁矿等钒的吸附剂和还原剂,对钒的富集有利。钒与粘土矿物的比值稳定,呈正相关关系。上述特征表明,沉积—成岩阶段是矿床形成的主要阶段,钒主要以类质同象形式替代铝而存在于伊利水云母晶格中。其它岩性矿石随着粘土矿物含量减少,钒含量也减少(介于0.5%~0.7%之间)。

古地理控矿:据沉积物特征,岩相古地理的过渡带是钒矿分布的主要古地理单元。钒矿层主要受台间海槽相控制。加里东运动后,海水自钦州海槽向北缓慢入侵,泥盆纪之前尚未到达本区,而处于风化剥蚀区,为后期的矿床沉积准备物质来源。到莲花山期,海水进入本区,表现为底部为砾岩,往上为紫色泥质粉砂岩、粉砂质泥岩的海浸沉积序列。到那高岭至郁江期,海域扩大,海水变深,表现为灰绿色含钙质砂岩、粉砂质泥岩,发育水平层理,底栖生物石燕类繁盛的潮间—潮下带沉积。至塘丁期,海域环境发生了质的变化,由南东往北西,由郁江期的浅海潮下带演变为塘丁期的台间海槽相,沉积了灰黑色含硅炭质泥岩夹薄层状硅质岩及泥晶灰岩,发育微层理及黄铁矿细晶,生物主要为漂浮型竹节石等,为还原沉积环境。较封闭的浅海湾是控制含钒地层沉积和矿床分布的主要古构造。钒矿层沿海槽边缘沉积,产于海浸塘丁期沉积旋回的中、下部,为浅海还原条件下沉积而成。

3.4.2 成因类型

钒的克拉克值为0.0015%,大部分以分散状态存在,在表

生条件下,易溶于碱性溶液而被迁移或被许多生物吸收而浓集在生物肌体中。大陆风化产物中,直径细小的物质在水介质中常常呈胶体溶液的形式搬运,由于胶体粒子极小,其表面容易产生离子化而带上正或负电荷,因而具极强的选择性吸附能力,如带负电的粘土胶体可以吸附K、Ag、V等。当高分子有机物加入胶体后,增加了胶体的稳定性,使胶体物质可长途搬运而不中途聚沉。当胶体溶液被破坏时,如与带相反电荷粒子胶体汇合而发生中和,或浓度增加、或电解质作用等,使原胶体平衡遭到破坏,胶体粒子发生聚沉,在重力作用下沉积下来,例如:带正电的 Al_2O_3 胶体与带负电的 SiO_2 相遇,则凝聚成含水铝硅酸盐—粘土矿物沉积,反应式为 $Al_2O_3 \cdot nH_2O + SiO_2 \cdot mH_2O = H_2Al_2SiO_5 \cdot H_2O$ 。被吸附的V离子也跟着沉积下来,随沉积成岩作用富集成层状、似层状、透镜状矿体,其产状与地层的产状完全一致。此种成因的矿产常富集于主要沉积间断面之上的海浸岩系的底部。

本区钒矿化较均匀,连续性好,品位低($V=1\%$ 左右),分布广,岩石与矿石没有明显的界线,呈渐变过渡关系。钒在这些岩石和矿石中都以相同的形式存在。铝和钒是岩石圈中典型的亲石元素,与氧都有较强的亲和力,在地球化学分类中它们同属一大类。钒在周期表中虽然是属第五族元素,但它在自然界里可以呈 V^{3+} 、 V^{4+} 和 V^{5+} 出现。本矿区富含有机炭和一定量硫化物的物质组分,反映了当时的沉积环境是属于还原或较强的还原环境,使钒可以呈 V^{3+} 的形式稳定存在,这就为钒和铝的类质同象替代创造了有利的条件,因为 V^{3+} 和Al在晶体化学性质方面有许多相近之处:特别是离子半径差别较小,更有利于钒与铝之间类质同象的进行。当早先含钒的岩石风化后,多量的钒由于被细分散相粘土矿物吸附而与粘土矿物结合。当粘土矿物不发生变化时,钒可以一直保存到成岩和变质阶段初期。当粘土矿物发生重结晶或形成伊利水云母时,被其吸附的钒就以类质同象形式代替铝进入晶格,形成了含钒的粘土矿物——含钒伊利水云母。

综上所述,沉积—成岩阶段是本区钒矿床形成的主要阶段,而上林钒矿床为产于浅海槽盆相近陆带的同生沉积矿床。

(本文主要从1/5万区调及钒矿报告摘编而成,在此向有关工作人员表示感谢。)