

## 新疆尉犁县大西沟铁磷矿床地质及综合利用研究

夏学惠, 郝国庆, 袁家忠, 梁中朋

(中化地质矿山总局地质研究院, 河北 涿州 072754)

新疆尉犁县大西沟铁磷矿床, 是近年来在开展新疆塔里木地台北缘内生磷矿找矿预测评价工作的基础上首次发现的大型低品位铁磷矿床(夏学惠等, 2006; 2008; 2009)。

## 1 成矿地质环境背景

矿区位于塔里木盆地东北缘, 大地构造位置属塔里木地台北缘库鲁克塔格断隆带。区域内地层主要为太古宇属托克拉克布拉克群, 以一套片麻岩、角闪片岩、变粒岩为主; 古元古宇主要为兴地塔格群, 以一套海相碎屑岩-碳酸盐建造变质而成的角闪-绿帘岩相的变质岩系为主; 新元古界帕尔岗塔格群主要为石英砂岩、粉砂岩、泥岩、白云质灰岩、凝灰岩、熔结凝灰岩、玄武岩等。

区内最主要断裂为兴地深大断裂, 该断裂延伸巨大, 断裂带宽 100~300 m。沿断裂带及其两侧中基性侵入岩较发育。早期表现为压性断裂, 晚期表现为压扭性断裂。区内岩浆岩主要有花岗闪长岩与基性-超基性杂岩。兴地深大断裂对大西沟含矿杂岩体具有明显的控制作用(夏学惠等, 2008, 2009)。大西沟基性岩体侵入于太古宇托克拉克布拉克群地层中。

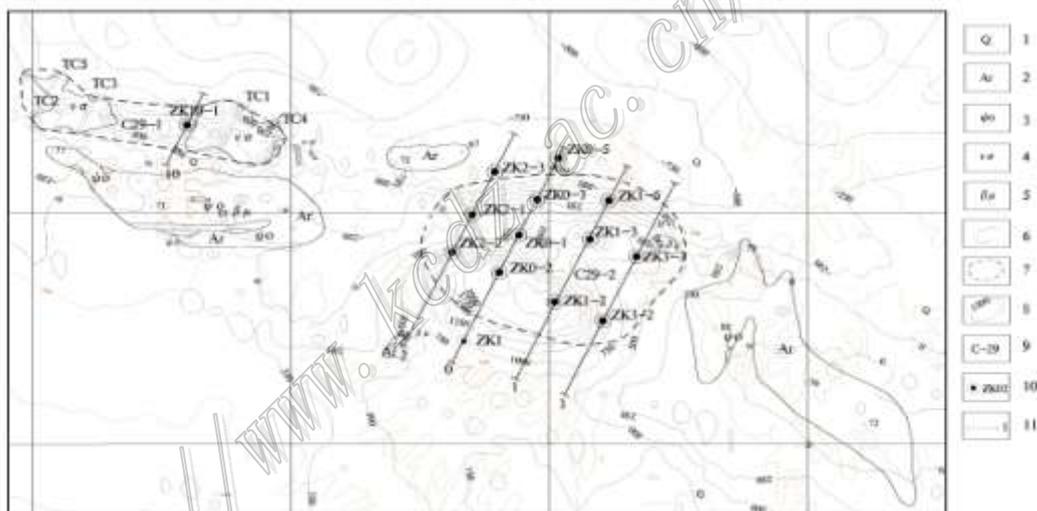


图 1 大西沟铁磷矿区磁异常及地质略图

1—第四系; 2—太古宇片麻岩; 3—角闪岩; 4—斜长岩; 5—辉绿岩; 6—地质界线;  
7—推测岩体界线; 8—磁异常 $\Delta T$ 等值线; 9—磁异常编号; 10—钻孔及编号; 11—勘探线及编号

## 2 含矿杂岩体征

大西沟基性岩体, 分布在兴地深大断裂的南侧, 受该断裂次级断裂控制明显, 杂岩体呈隐伏-半隐伏状产出, 杂岩体长约 2 100 m, 最宽约 900 m (图 1)。岩体主要由斜长岩构成, 占岩体面积的 80% 以上。岩体呈暗深灰色, 主要矿物成分为斜长石, 约占 65%~90%。次为辉石、钛铁矿、磁铁矿、磷灰石等。蚀变矿物有钠黝帘石、绿泥石、纤闪石等。根据蚀变特征和暗色矿物含量, 可进一步划分为钠黝帘石化斜长岩、绿泥石化斜长岩、纤闪石化斜长岩。根据钻孔揭露, 杂岩体在平面上初步可划分为二大部分。中粗粒斜长岩类主要分布在矿区南部; 细粒含辉石斜长岩类主要分布在矿区北部。

## 3 杂岩体岩石地球化学特征

## 3.1 主元素组成特征

斜长岩类  $w(\text{SiO}_2)$  变化在 43.71%~49.80%,  $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$  变化在 12.61%~18.84%,  $w(\text{TiO}_2)$  变化在 1.63%~5.42%,  $w(\text{Na}_2\text{O})$  在 2.23%~4.56%,  $w(\text{K})$  变化在 0.60%~1.24%; 磁铁矿化斜长岩  $w(\text{SiO}_2)$  变化在 26.31%~35.70%,  $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$  变化在 9.21%~10.68%,  $w(\text{TiO}_2)$  变化在 4.75%~6.42%,  $w(\text{Na}_2\text{O})$  变化在 1.29%~2.05%,  $w(\text{K})$  变化在 0.41%~0.71%。

岩体碱质含量较高,  $\text{Na}_2\text{O}$  最高可达 4.56%,  $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ 。在  $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$  关系图上, 岩石投影几乎都落在碱性玄武岩系列区, 矿化斜长岩则主要分布在碱性玄武岩系列区。由斜长岩到含矿斜长岩, 钠钾比则由高向低演化, 杂岩体应属钠质偏碱性岩系列。在镁铁比值( $\text{Mg}/\text{TFe}$ )与基性度( $\text{TFe}+\text{Mg}/\text{Si}$ )变异图 3 中, 斜长岩主要落在铁质区, 反映出杂岩主要为铁质

岩类。只有在 CaO 含量高相对较高的基岩中, 才有较多的机会形成磷灰石富集。

含矿岩石的固结指数 (SI) 均小于 40, 变化在 7.77~28.50, 说明岩浆经过结晶分异作用较明显。在岩浆分异早期阶段, 磷灰石呈副矿物从岩浆中结晶出来, 均匀地分散在岩体各个部位。到岩浆冷凝过程的晚阶段, 富含挥发分, 此时熔体中充足的  $\text{Ca}^{2+}$  与挥发份中  $(\text{PO}_4)^{3-}$  形成含量较高、矿物结晶粗大的团块、囊状及似层状铁磷矿体。

### 3.2 微量元素组成特征

大西沟杂岩体主要微量元素分析可知, 大离子亲石元素 Sr 的含量变化在  $(519\sim 873)\times 10^{-6}$ , Ba 的含量变化在  $(504\sim 1\ 089)\times 10^{-6}$ , 远远高于其在基性和超基性岩中的背景含量, 尤其在矿化斜长岩中高度富集。

不活动组分 Zr 在基性岩中的背景值为  $100\times 10^{-6}$ , 在超基性岩中含量为  $30\times 10^{-6}$ , 本区 Zr 含量变化在  $110.2\sim 156\times 10^{-6}$ , Ga 在基性岩中背景值为  $18\times 10^{-6}$ , 本区 Ga 的含量为  $16.4\sim 67.0\times 10^{-6}$ , 多高于背景值。总的来看, 岩石中不相容元素明显富集 (Ba、Sr、Zr、P), 尤其是 Ba、Sr 和 LIL, 相容元素 (Cr、Co、Ni 等) 明显亏损。对含矿岩体不同类型岩石微量元素经原始地幔标准化后作蛛网图, 从图 4 中可见, 不同类型岩石曲线形态基本一致, 且呈“W”形变化, 反应从斜长岩到矿化斜长岩岩石具有同源演化的特征。对比杂岩体中主要元素与微量元素的关系, 可以看出, 超基性岩中丰度高的元素 Cr、Ni、Co 等含量低, 而中酸性岩中富集的元素含量高。这些特点是含磷偏碱性超基性岩所特有的, 是磷、铁在岩浆中富集的重要因素。

### 3.3 稀土元素组成特征

杂岩体岩石稀土元素稀土元素含量变化不大。稀土元素总量  $\sum\text{REE}$  为  $187.72\sim 225.88\times 10^{-6}$ , 稀土总量较高, LREE/HREE 值为  $9.72\sim 12.27$ , 显示轻稀土元素高度富集,  $\delta\text{Eu}$  值为  $0.93\sim 1.20$ , Eu 无明显异常, 其  $\delta\text{Eu}$  值与碱性玄武岩 ( $\delta\text{Eu}=1.08$ ) 接近, 说明岩体岩浆来源于地壳深部。大西沟斜长岩稀土配分曲线为较平缓向右倾斜的曲线。由于主、微量元素的非谐性, 从而造成斜长岩中大量磷灰石的晶出, 并使得游离 REE 元素优先进入磷灰石晶格, 造成稀土元素在含矿岩石中的高度富集。

## 4 铁磷矿床地质特征

铁磷矿体主要赋存基性杂岩体内, 通过钻探证实铁磷矿主要赋存在杂岩体的蚀变斜长岩中。矿区以铁磷矿为主, 半生钛, 含矿岩石类型以钠黝帘石化斜长岩为主。自上而下按一定标高可划圈出 5 个较大矿体, 矿体多呈似层状、透镜状。矿区以铁磷矿为主, 含矿岩石类型以斜长岩为主。矿体长  $228\sim 850\text{ m}$  不等, 矿体厚度变化在  $16.68\sim 49.60\text{ m}$ 。TFe 平均品位  $w(\text{TFe})$   $14.15\%\sim 20.92\%$ ,  $w(\text{P}_2\text{O}_5)$  平均  $2.53\%\sim 6.83\%$ ,  $w(\text{TiO}_2)$   $4.23\%\sim 8.10\%$ 。矿体沿走向变化较大, 沿倾向变化不大。矿石矿物主要有磁铁矿、磷灰石、钛磁铁矿。脉石矿物主要有斜长石、次为辉石、钠黝帘石、纤闪石, 少量绿泥石等。

结晶粒状结构: 磁铁矿、磷灰石、呈自形、半自形、他形晶体, 呈集合体或分散粒状分布。半自形-它形晶粒状结构: 磁铁矿呈半自形晶粒状或他形晶粒状集合体, 呈细粒浸染状嵌布或包裹于其他矿物中。矿石构造以浸染状构造为主, 团块状构造次之。矿石中主要有用组分为 Fe、P、Ti, 呈独立矿物磁铁矿、磷灰石和钛磁铁矿赋存在矿石中。 $w(\text{TFe})$  平均  $14.15\%\sim 20.92\%$ ,  $w(\text{P}_2\text{O}_5)$  平均  $2.53\%\sim 6.83\%$ ,  $w(\text{TiO}_2)$   $4.23\%\sim 8.10\%$ 。矿石中其他主要化学成分平均含量为:  $w(\text{SiO}_2)$   $40.68\%$ 、 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$   $10.59\%$ 、 $w(\text{TiO}_2)$   $6.36\%$ 、 $w(\text{Fe}_2\text{O}_3)$   $15.95\%$ 、 $w(\text{FeO})$   $5.46\%$ 、 $w(\text{MnO})$   $0.18\%$ 、 $w(\text{MgO})$   $4.66\%$ 、 $w(\text{CaO})$   $8.23\%$ 、 $w(\text{K}_2\text{O})$   $0.74\%$ 、 $w(\text{Na}_2\text{O})$   $2.56\%$ 、 $w(\text{CO}_2)$   $2.55\%$ 。铁磷矿石中 As 的含量为  $1.50\sim 3.40\times 10^{-6}$ , F 的含量为  $0.23\%\sim 0.39\%$ 。有害组分含量在允许范围之内, 不影响矿石的加工和利用。从组合分析结果可以看出, 矿石中微量元素 Cu、Ni、Co 含量一般都低于  $112\times 10^{-6}$ , 均未达到综合利用含量。

## 5 综合利用研究

中国北方低品位磷矿中一般都含有 Fe、Ti、V、REE 等有益伴生组分, 有的伴生元素和矿物超过了磷矿的价值 (夏学惠, 2006)。对于该类型铁磷矿, 根据实验室选矿结果, 工艺流程为四段磁选 (一段粗选、三段精选), 磁感应强度为  $120\text{ mT}$ , 回收磁铁矿; 浮选法回收磷灰石矿物, 工艺流程为一粗四精、中矿顺序返回和一粗三精、中矿集中再选返回粗选。试验结果看出, 磨矿细度-200 目含量占  $87.5\%$  (进入浮选细度-200 目含量占  $90.3\%$ ), 采用四段磁选 (一段粗选、三段精选) 工艺流程回收铁矿物, 实验室选矿技术指标为原矿品位  $w(\text{TFe})$   $16.72\%$ , 精矿产率  $13.44\%$ , 精矿品位  $w(\text{TFe})$   $64.86\%$  ( $\text{TS}$   $0.18\%$ 、 $\text{P}$   $0.096\%$ ), 回收率  $52.12\%$ , 精矿属于半自熔性铁矿石。选铁尾矿采用一粗三精、中矿集中再选返回粗选流程回收磷矿物, 实验室闭路流程技术指标为原矿品位  $w(\text{P}_2\text{O}_5)$   $2.93\%$ , 精矿产率  $8.24\%$ , 精矿品位  $w(\text{P}_2\text{O}_5)$   $30.62\%$ , 回收率  $86.29\%$ 。

铁磷矿中的伴生钛铁矿, 确定采用重-磁选工艺综合回收该矿中的钛铁矿。工艺路线为螺旋溜槽抛尾→摇床粗选→钛铁粗精矿→磨矿 (磨矿细度为-200 目含量  $25\sim 40\%$ ) →摇床精选→中强磁精选→钛铁精矿。

钛铁矿重选选矿试验指标为: 原矿品位  $w(\text{TiO}_2)$   $4.50\%$ 、 $w(\text{TFe})$   $10.13\%$ , 精矿产率  $4.59\%$ 、品位  $w(\text{TiO}_2)$   $42.53\%$ 、 $w(\text{TFe})$   $39.46\%$ ,  $\text{TiO}_2$  回收率  $43.38\%$ 。重选钛精矿经中强磁场 (磁感应强度  $400\text{ mT}$ ) 磁选, 最终钛铁精矿品位  $w(\text{TiO}_2)$   $45.50\%$ 。当磨矿细度为-200 目含量  $47.7\%$  时, 摇床精矿品位  $w(\text{TiO}_2)$   $44\sim 45\%$ 、磁选精矿品位  $w(\text{TiO}_2)$   $47\sim 48\%$ 。

大西沟铁磷矿采用磁选回收磁铁矿, 常温无碱浮选回收磷矿、重-磁选联合工艺回收钛铁矿, 符合循环经济发展中废弃物综合利用政策, 符合中国可持续发展战略对铁、磷矿资源的要求, 具有很好的经济效益和环境效益。

## 6 结论

大西沟基性杂岩体的含矿岩石相属偏碱性铁质岩系列。杂岩体中主要元素与微量元素明显非谐性, 岩石中不相容元素明显富集 (Ba、Sr、Zr、P), 相容元素 (Cr、Co、Ni) 明显亏损。含矿杂岩体稀土元素含量较高, 轻稀土元素高度富集, Eu 无明显异常, 稀土配分为向右倾斜较平直的曲线, 其  $\delta\text{Eu}$  值与碱性玄武岩接近, 反应杂岩体岩浆来源于地壳深部。由于主、微量元素的非谐性, 从而造成辉石岩中大量铁、磷的晶出, 在挥发份的作用下, 形成磁铁矿与磷灰石的共生, 并在局部地段高度富集形成铁磷矿体。该矿床铁磷共生, 伴生有钛等矿产, 综合利用前景可观。

参考文献 (略)