

福建洋墩磷-铁-铌-稀土矿床 地质特征及成因探讨^①

苏友庆

(闽北地质大队, 福建邵武, 35400)

提 要 洋墩磷-铁-铌稀土矿床, 产于中元古代马面山群龙北溪组角闪片岩夹大理岩透境体中, 系我国形成于元古代的稀土-铁建造之一, 属以岩浆热液交代为主的火山沉积变质-岩浆热液交代型矿床。

关键词 磷-铁-铌-稀土矿床 地质特征 矿床成因 福建洋墩

洋墩矿区位于福建省北部, 系 1958 年检查航磁异常时发现, 随后对铁矿进行了普查评价, 并发现了稀有及放射性元素的存在。七十年代初, 对矿区低品位磷矿进行了普查勘探, 其后又对铌、稀土元素矿化特征及其赋存状态进行了初步研究。鉴于该矿床地质特征与白云鄂博铁-铌-稀土矿床有相似之处, 曾引起部份学者的关注。

1 成矿地质背景

矿区位于闽西北隆起区东部, 政和一大埔断裂带与浦城-宁德三都澳北西向断裂带交叉处的西北侧, 且紧临北西向断裂带。

区内地层由基底和盖层两部份组成。基底属中元古宙马面山群上部的龙北溪组, 其岩性下部为绢云石英片岩、绢云石英岩和云母片岩, 中部为云英片岩夹绿泥片岩、角闪片岩、阳起片岩及大理岩透镜体, 上部为石英云母片岩、黑云石英片岩; 盖层为上侏罗统南园组中酸性-酸性喷出岩及下白垩统石帽山群紫红色砂砾岩夹粉砂岩、细砂岩, 上部为酸性火山熔岩。

侵入岩发育, 主要有燕山早期第三阶段第二次侵入的花岗闪长岩、石英闪长岩(浦城岩体), 次为第三次侵入的黑云母花岗岩。花岗闪长岩呈岩基状, 大面积出露于矿区西南, 与围岩接触带普遍形成较宽的混合岩化带, 岩体中捕虏体及顶盖残留体甚多, 相带不发育, 有时见似片麻状构造。中细粒结构, 由斜长石、微斜长石、石英、黑云母及少量角闪石组成, 副矿物有磁铁

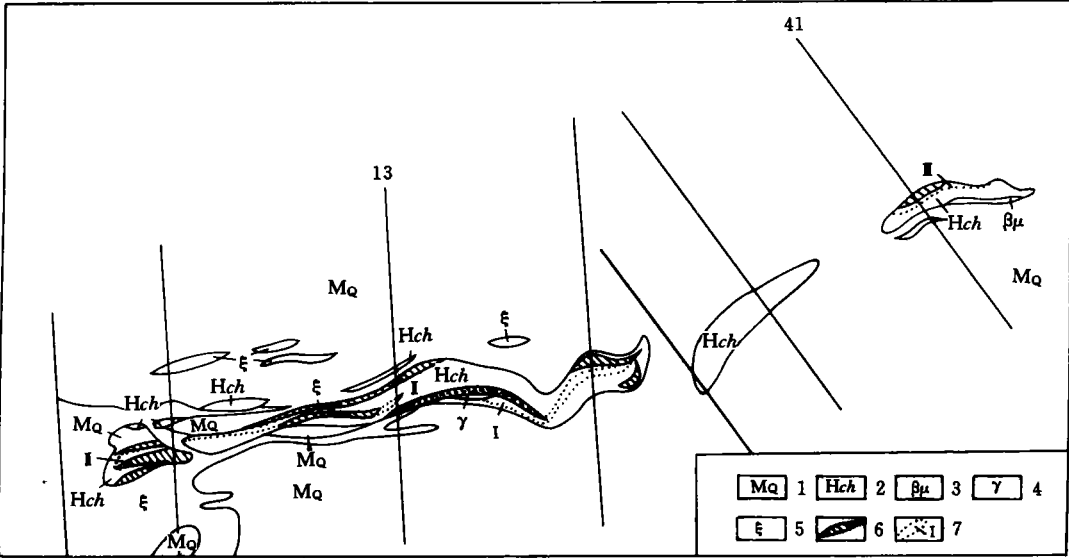
^① 收稿日期: 1996. 12. 23 回收日期: 1997. 5. 5

矿、磷灰石、榍石、褐帘石、锆石、独居石、金红石等。岩石化学成份 $Na_2O > K_2O$, $Na_2O = 3.71$, $A/NKC = 0.986$, 相对富钙, 在 ACF 图上, 位于斜长石-黑云母连线以下, 在斜长石-角闪石连线附近, 属查佩尔和怀特划分的 I 型花岗岩, 表明其成岩物质来源较深。

2 矿区地质特征

2.1 地 层

矿区地层属中元古界马面山群龙北溪组中部, 由云母石英片岩夹角闪片岩和大理岩透镜体组成(图 1)。按其岩性组合可划分为三个岩性段:



1. 云母石英片岩 2. 角闪片岩 3. 辉绿岩 4. 花岗岩 5. 正长岩 6. 磷矿体 7. 稀土元素矿化带及编号

图 1 洋墩矿区地质简图

Fig. 1 Geological Sketch of Yiangdun Mine Area

- (1) 上段: 云母石英片岩、石英云母片岩, 底部夹角闪片岩、大理岩透镜体。
- (2) 中段: 角闪片岩夹大理岩透镜体, 厚 60 米。可细分为三层:
 - c 层: 角闪片岩夹薄层大理岩透镜体, 厚 7 米;
 - b 层: 角闪片岩夹厚层大理岩透镜体, 厚 23 米;
 - a 层: 角闪片岩夹薄层大理岩透镜体, 厚 30 米。
- (3) 下段: 云母石英片岩、石英云母片岩夹角闪片岩透镜体。

中段角闪片岩夹大理岩层,长约 1700 余米,是矿区磷、铁、铌、稀土矿化的主要层位。

2.2 构造

矿区内龙北溪组构成走向北东东—北东,倾向北北西的单斜构造。西段走向北东东,中段转为北东向,东段再转为北东东向,略呈“S”形。片理倾角陡,沿倾向扭曲普遍,地表多向南倾,深部转为北倾。断裂构造发育,主要为近东西向,现已为正长岩所充填,次为北西向,北北东向,规模小,仅局部发育。

2.3 侵入岩

侵入岩见于矿区南西端及深部钻孔中,主要有花岗闪长岩、正长岩、黑云母花岗岩,后期辉绿岩、煌斑岩脉仅局部出露。

花岗闪长岩仅见于矿区西段钻孔中。灰白色,中粒花岗结构,块状构造,近接触带可见似片麻状构造。正长岩见于矿区西南部,以花岗闪长岩体边缘相和北东东向脉状体两种形式产出。黑云母花岗岩呈脉状,亦见于矿区西段。

3 矿床特征

3.1 磷铁矿体特征

矿区磷矿赋存于中段角闪片岩夹大理岩透镜体中,铁矿与其伴生,经普查勘探,共圈定 13 个磷矿体。呈似层状、扁豆状,走向北东东,倾向北北西,倾角陡,与片理产状基本一致。矿体长 60~580m,厚 2.5~11.25m,最厚 24.87m,延深 50~193m,最大延深 250m。规模较大的矿体,多分布于 6 层厚层大理岩中,其上下角闪片岩内,矿体规模较小。

矿石自然类型划分为绢云母-磁铁矿-磷灰石型,透辉石-磷灰石型,方解石-磁铁矿-磷灰石型和绿泥石-石英-磁铁矿-磷灰石型四类,其中以方解石-磁铁矿-磷灰石型为主,次为绢云母-磁铁矿-磷灰石型。各自然类型矿石特征见表 1。矿石工业类型可分为绢云母型,矽卡岩型及大理岩型三类,其中以后者为主,前两类型见于地表及大理岩型的上下盘。

不同类型矿石中磷、铁含量各不相同。绢云母-磁铁矿-磷灰石型矿石中磷、铁含量均高, P_2O_5 一般 3%~8%,最高 20.98%,TFe 一般 20%~35%,最高 61%,其余各类型品位较低。空间上磷、铁相互重叠。从矿区看,西段侵入岩发育,磷、铁均较富,东段则较贫。同一剖面以中上部较富,下部较贫。除磷、铁外,其它有益组份为铜、钴、铌、稀土、钽、铀等。

3.2 铌、稀土元素矿化特征

矿区铌、稀土元素矿化与磷铁矿体伴生,主要分布于中段 b 层角闪片岩夹厚层大理岩中。据现有资料,可圈定三个矿化带。

I 号矿化带分布于矿区中部 13 线以东,位于 b 层大理岩下部与角闪片岩接触带上,呈似层状,长约 250m,厚 4~9m,延深 150m。走向北东东,倾向北北西,倾角陡,空间上与五号磷矿体基本一致。

表 1 矿石自然类型特征简表

Table 1 Ore types

矿石类型	矿 物 成 份		矿 石 构 造	矿 石 结 构
	主要矿物	次要矿物		
绢云母-磁铁矿-磷灰石型	磁铁矿、磷灰石、绢云母、假象赤铁矿、阳起石	磷钇矿、独居石、钍石、绿泥石	条带状构造、层纹状构造,由磷灰石、磁铁矿组成 2~3cm 条带	花岗变晶结构,磁铁矿、磷灰石自形、半自形晶、磁铁矿颗粒 0.5~2mm,磷灰石 0.5~1.5mm,绢云母绿泥石散布其间
透辉石-磷灰石型	透辉石 磷灰石	阳起石、柎榴石、绿泥石、方解石、黑云母、方铅矿、黄铜矿、闪锌矿及稀土矿物	致密块状构造	花岗变晶结构,磷灰石半自形晶,颗粒 0.5~0.7mm,在矽卡岩矿物中以包体或囊状分布
方解石-磁铁矿-磷灰石型	磁铁矿、磷灰石、方解石	角闪石、黑云母、透辉石、透闪石、稀土矿物	斑纹状构造、斑点状构造、条带状构造、浸染状构造	花岗变晶结构,磷灰石分布不均匀,粒径 0.04~0.3mm,一般 0.07~0.1mm,与粒度 0.02~0.12mm 的磁铁矿相间成条带状分布
绿泥石-石英-磁铁矿-磷灰石型	磷灰石、磁铁矿、石英	绿泥石、稀土矿物及放射性矿物	角砾状构造	磷灰石、磁铁矿颗粒破碎,后期磷灰石脉进一步充填

Ⅱ号矿化带分布于矿区西部 13 线以西,位于 b 层大理岩中上部,呈似层状,长约 400m,厚 7~15m,延深 160~200m,走向北东东,倾向北北西,倾角陡,空间上与二号磷矿体基本一致。

Ⅲ号矿化带分布于矿区东部 41 线,位于 b 层大理岩的上部,呈透镜状,长约 100m,厚 14m,延深 40m,走向北东,倾向北西,倾角陡,空间上与九号磷矿体基本一致。

矿化岩石为大理岩和角闪片岩,具碳酸盐化、绿泥石化、绢云母化、方解石化及蛇纹石化。稀土含量一般在 1% 左右,最高 2.66%, Nb_2O_5 一般 0.03%~0.09%,最高 0.128%, ThO_2 一般 0.05%~0.1%,U 一般 0.0026%~0.036%。铌、稀土矿化亦以西部强于东部为特征。矿石可选性试验结果表明,磷精矿中稀土元素得到一定程度的富集(表 2)。

矿石中以铈族稀土为主。 $\Sigma\text{Ce}:\Sigma\text{Y}$ 在角闪片岩型矿石中为 9:1,大理岩型为 25:1,风化大理岩型为 7:1。

角闪片岩型矿石的主要矿物为磁铁矿、磷灰石。铌、稀土元素矿物主要是独居石,其含量为 0.82%,另有少量褐铈铌矿、磷铈矿(?)、铈钽铌矿、铈铁矿、磷钇矿、方钍石、铈磷灰石等。其他有用矿物为锆石、斜锆石、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、钛铁金红石、锐钛矿等。脉石矿物有碳酸盐矿物、长石、石英、绢云母、绿泥石、角闪石、透闪石、硅灰石、绿帘石、柎榴石等。

表 2 原矿及产品化学分析成果表
Table 2 Analysis of curde ore, concentrate and talling

矿石类型	样号	产品名称	含 量 (%)			
			P ₂ O ₅	TFe	TR ₂ O ₃	Nb ₂ O ₅
绢云母型	2	原 矿	7.61	49.70	0.70	0.033
		磷精矿	36.56	5.83	1.69	0.0222
		铁精矿	0.97	61.79	0.34	0.048
大理岩型	4	原 矿	3.12		0.73	0.015
		磷精矿	20.21	2.56	1.43	
		尾 矿	0.61	33.86	0.56	
	6	原 矿	3.52		1.10	0.0613
		磷精矿	28.30	2.86	2.65	
		尾 矿	1.06	12.75	0.93	
	7	原 矿	4.86		0.85	0.0388
		磷精矿	28.07		1.82	
		尾 矿	1.29		0.64	

大理岩型矿石的矿物组成较简单,主要为碳酸盐矿物(以方解石为主,次为白云石,少量菱铁矿),次为磁铁矿、磷灰石。铌、稀土元素矿物主要为独居石,其含量为 2.25%,占该类型矿石稀土氧化物的 60.1%。其他矿物有褐帘石、铌铁矿、磷钇铈矿(?)、锆石、钽石、闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、钛铁金红石、绿帘石、黝帘石、角闪石、蛇纹石、绿泥石等。

风化大理岩型矿物组成与大理岩型基本相同,唯碳酸盐矿物和独居石显著减少,磁铁矿、磷灰石相对增多。

3.3 铌、稀土元素赋存状态

通过两类矿石研究表明,稀土元素的赋存状态有三种形式。

(1)以独立矿物出现。矿石中稀土元素形成的独立矿物主要是独居石。角闪片岩型矿石中独居石含量 0.82%,占稀土总量的 43.5%;大理岩型矿石中独居石含量 2.25%,占稀土总量的 60.1%;风化大理岩型矿石中独居石含量 0.84%,占稀土总量的 33.67%。此外,还有少量或微量的褐钨铌矿、磷钇矿、铈磷灰石等。

(2)以细小颗粒呈包裹体存在于其他矿物中。磁铁矿、方解石是矿石中的主要矿物,分别对其进行了浸取试验。结果表明,磁铁矿在醋酸中铁浸出率为 0.02%,硫酸中铁浸出率 2.91%,但稀土氧化物浸出率为零。说明磁铁矿中稀土元素是呈微小稀土矿物包体形式存在。

方解石的浸取试验结果与磁铁矿类似。在低浓度硫酸溶液中,方解石可部份溶解,但稀土氧化物浸出率很低,仅 3.11%,说明方解石中稀土元素也呈细小矿物包体存在其中。

(3)以类质同像置换 Ca²⁺形式存在于磷灰石中。浸取试验表明,磷灰石在低浓度硫酸溶液

中,大部份被溶解,稀土和磷浸出率较高,两者呈正消长关系,说明磷灰石中稀土元素主要以类质同像形式存在。其原因是磷灰石为含钙高的矿物,由于 Ca^{2+} 与 REE^{3+} 离子半径相近, Ca^{2+} 易被 REE^{3+} 置换所致。但稀土氧化物浸出率较 P_2O_5 浸出率低,说明磷灰石中也存在一定量的稀土矿物微小包体。

铈的赋存状态未专门研究。从重砂鉴定资料看,仍有一部份呈独立矿物存在,如铈铁矿、褐铈矿、铈钽铈矿等。但其矿物量均微,与铈的较高含量不相称。因此,铈主要以何种形式存在,尚待查明。

4 矿床成因探讨

本世纪七十年代,国内曾发现一些产于碳酸盐岩中的铁-铈-稀土矿床,如甘肃桃花拉山、四川李家河、云南迤纳厂及本矿床等,其典型代表就是白云鄂博特大型铁-铈-稀土矿床。大地构造上,这类矿床见于古陆边缘或地台向地槽的过渡带,并位于深断裂带上或其附近。赋矿围岩时代较老,多属元古代,如白云鄂博产于元古代白云鄂博群,李家河产于元古代火地垭群,迤纳厂产于元古代昆阳群等。含矿层为层状、似层状碳酸岩建造,较稳定,如桃花拉山大理岩厚度不到 10 米,但延长达 11km。矿体呈似层状、层状、透镜状,与围岩产状一致。除铁、磷外,本类矿床以含大量稀有及稀土元素为特征,与 P、F、S、Cr、Ba 等共生,且多是 $\Sigma\text{Ce} > \Sigma\text{Y}$ 、 $\text{Nb} > \text{Ta}$ 、 $\text{Zr} > \text{Hf}$ 、 $\text{Th} > \text{U}$ 、 $\text{Sr} > \text{Ba}$ 。稀土分布模式曲线较为平直,具向右陡倾斜型式。由于其物质组份与碳酸岩相似,一些学者将其划归“火山沉积稀有金属碳酸岩”矿床^①。但是,这类矿床既不像岩浆碳酸岩,又不具沉积矿床沿层位广泛分布的特征,所以对其成因就引起了许多争论。就本矿床而言,先后也有沉积变质热液富集、热液交代及碳酸岩型等不同观点。笔者现据矿区及区域资料,对矿床成因讨论如下。

(1) 区域研究表明,闽北地区中元古代马面山群龙北溪组原岩,早期为含少量有机质的砂泥质沉积,晚期主体为含镁质的碳酸盐和硅质沉积,局部有磷、硫、铁质沉积,代表相对稳定的沉积环境。因此,赋矿大理岩系沉积成因的含镁质碳酸盐岩经区域变质而成,非岩浆碳酸岩成因。该层位大理岩碳同位素资料表明, δC^{13} 变化于 $-2.641\text{‰} \sim +3.33\text{‰}$ 间,平均 -0.114‰ ,属海相沉积碳酸盐岩成因。角闪片岩系基性、中基性火山岩变质而成。

(2) 矿区大理岩呈透镜状、似层状,与超基性-碱性-碳酸岩杂岩体呈筒状、环状、锥状或脉状迥然不同,其时代属中元古代,系我国形成于元古代的稀土-铁建造之一。矿体亦呈似层状,产于大理岩、角闪片岩中,其产状与围岩片理基本一致,矿体与围岩呈逐渐过渡关系,矿石具条带状构造。这些都具有沉积成矿特征。

(3) 从稀土元素含量看,矿化岩石及矿石的稀土含量变化大,从 100×10^{-6} 到百分之几,并随着与矿化带距离的减小,含量增加,与岩浆碳酸岩内部稀土含量变化小,具相对均一性完全不同。

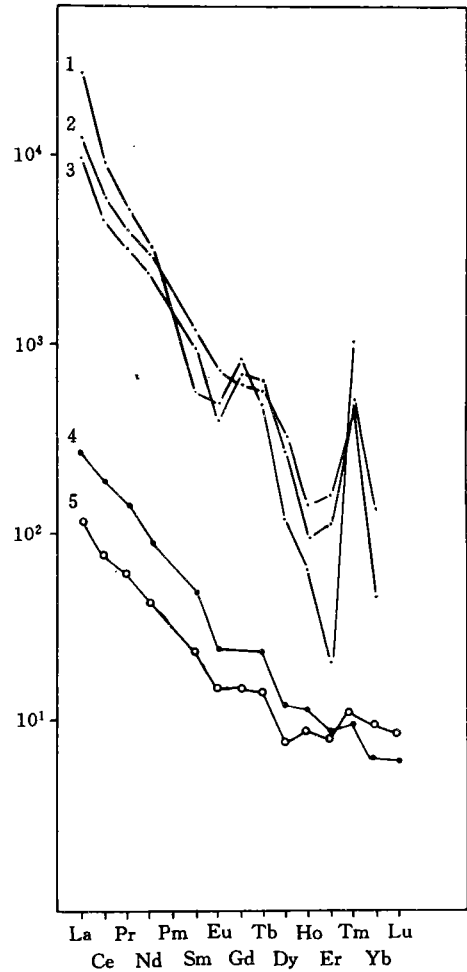
① 白鸽,袁忠信. 再论《火山沉积稀有金属碳酸岩》矿床。1982

资料表明,岩浆碳酸岩一般不具负钕异常,且稀土模式几乎不随稀土总量的变化而变化,呈平行的曲线组合。而本矿床矿石稀土模式具不大的负钕异常(图2),且 $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ 比值明显随稀土总量的增加而增大,如图2中稀土总量由曲线3增大到曲线1,其 $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ 则从12.96增加到44.54。反映在稀土模式上呈铈端张开,钇端闭合的曲线组合。

(4)矿体及矿化带的分布,既受层位控制,亦明显受侵入岩的控制。矿区西部花岗闪长岩、正长岩发育地段,矿化带规模较大,品位较高;而东部无侵入岩发育地段,矿化亦较贫。近矿围岩具碳酸盐化、绿泥石化、绢云母化、蛇纹石化等热液蚀变现象。

(5)矿石稀土分布模式呈向右陡倾斜,以具不大的负钕异常、较明显的正铈异常而有别于变质围岩,与燕山早期第三阶段第二次侵入的浦城、大望山石英闪长岩体稀土模式很相似,唯岩体稀土总量较低(图2)。表明成矿与该期次岩浆活动有密切的成因联系。

综上所述,本矿床的形成非岩浆碳酸岩成因,亦非单一的沉积变质成因。其形成可概括为中元古代海底火山喷发沉积,从地壳深部带来成矿物质,经区域变质,基本形成磷、铁矿体及稀土矿化。燕山早期石英闪长岩、花岗闪长岩的侵入,从深部又带来了铌、稀土元素等成矿物质,在岩浆热液作用下,对早期形成的矿(化)体进行交代、改造、富集,最终形成现在所见的磷-铁-铌-稀土矿床。因此,本矿床应属以岩浆热液交代为主的火山沉积变质-岩浆热液交代型矿床。



1~3. 矿石 4~5. 浦城、大望山石英闪长岩体
(据福建省区域地质志)

图2 稀土配分型式图

Fig. 2 REE pattern of magmatic carbonatite and ore

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND DISCUSSION OF GENESIS OF YANGDUN P-Fe-Nb REE ORE DEPOSIT, FUJIAN PROVINCE, CHINA

SU Youqing

(Min,bei Geological Team Shaowu, Fujian, 354000)

Abstract

Yiangdun P-Fe-Nb REE ore deposit occurs in marble lenses intercalated in hornblende schist of Longbeixi formation of Middle Proterozoic Mamianshan Group which is one of the Proterozoic REE-bearing Sequencies in China. It is a volcanic sedimentary-metamorphic-hydrothermal fluid replacement ore deposit and is dominated by hydrothermal fluid replacement.

Key words P-Fe-Nb REE Ore deposit geological characteristics genesis of deposit yangdun fujian province.