卷(Volume)27,期(Number)1,总(Total)107
页(Pages)83- 89,2007,3,(Mar,2007)

矿 物 岩 石
JMINERAL PETROL

四川冕宁木洛稀土矿床含矿岩体地球化学特征及其构造意义

周家云[1,2], 郑荣才[1], 沈 冰[2], 朱志敏[2],
陈家彪[2], 刘飞燕[2], 文华国[1]

(1.成都理工大学沉积地质研究院,四川 成都 610059;
2.中国地质科学院矿产综合利用研究所,四川 成都 610041)

【摘 要】 木洛稀土矿床是攀西地区新发现的中型稀土矿床,在成因上与木洛英碱正长岩密切相关。英碱正长岩 $w(SiO_2)$= 66.82%~73.3%, $w(K_2O+Na_2O)$= 8.44%~13.44%, Na_2O/K_2O= 0.80~1.27, TiO_2 质量分数很低,变化在0.074%~0.53%,岩石属于碱性岩;岩石稀土元素总量很高,LREE/HREE比值大,REE分配模式呈较陡的右倾曲线,属LREE富集型,且 Eu/Eu^* = 0.84, Ce/Ce^* = 0.81。Sm/Nd= 0.143~0.190, Eu/Sm= 0.212~0.248,说明岩石来源于大陆深部;岩石微量元素比值 Th/La= 0.159~0.267, Ba/La= 0.159~0.267, Ba/Th= 87~254,其特征和洋岛玄武岩的Ⅰ型富集地幔端元相似,部分微量元素比值又和大陆地壳相符(如 Zr/Nb= 9.2~50.7),说明岩浆上升侵位过程中可能遭受了地壳的混染作用。岩石的 Nb-Y, Rb-Y+Nb, Rb-Yb+Ta, Ta-Yb, R_1-R_2 等构造环境判别图解,以及微量元素原始地幔标准化图解出现了TNT(Ta, Nb, Ti)负异常,说明岩石发育于俯冲带岛弧系统的碰撞造山构造环境,且木洛英碱正长岩及其赋存的稀土矿床是喜马拉雅期扬子板块西缘俯冲带地幔流体活动的结果。

【关键词】 稀土矿床;地球化学特征;构造环境;地幔流体;木洛
中图分类号:P588.14 文献标识码:A
文章编号:1001-6872(2007)01-0083-07

木洛稀土矿床位于四川省冕宁县南河乡,是攀西地区近年来发现的又一中型稀土矿床,它和牦牛坪、羊房沟等稀土矿床构成了我国西南地区一条十分重要的稀土成矿带——冕西稀土成矿带[1],成为我国三大稀土生产基地之一。蒲广平等最早对冕西稀土成矿带的成矿条件进行研究,提出了深部构造+北北东向深大断裂+幔质碱性杂岩体"三位一体"成矿模式[2];袁忠信等通过对牦牛坪英碱正长岩锆

收稿日期:2006-11-20; 改回日期:2007-03-08
基金项目:中国地质调查局矿产资源补偿费矿产勘查项目(2004资补09)
作者简介:周家云,男,34岁,工程师(博士生),矿床学专业,研究方向:岩石学及地球化学.
© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

石 U-Pb 法和矿石中黑云母、镁纳铁闪石 K-Ar 放射性同位素年龄测定, 获得矿床成矿作用发生在 12.2 Ma~ 40.3 Ma, 表明成矿作用发生于喜马拉雅期[3]; 最近, 许成等对牦牛坪矿床萤石稀土地球化学研究[4], 以及田世洪等对牦牛坪和木洛矿床进行的 C, H, O, S 同位素研究, 进一步论证了该类矿床的地幔流体成矿机制[5]。前人研究工作主要集中在牦牛坪稀土矿床和大陆槽稀土矿床, 而对于木洛稀土矿床研究工作较为薄弱, 本文将对木洛稀土矿床含矿岩体进行地球化学和构造背景分析的详细研究, 以期对整个攀西地区稀土矿床的进一步研究提供一些依据。

1 矿床地质背景及岩石学特征

冕西稀土成矿带地处攀西稀土成矿带北部, 是攀西稀土成矿带内稀土矿床最为集中地区(图 1)。攀西稀土成矿带北起冕宁牦牛坪, 向南经麦地、里庄、德昌大陆槽, 直至会理、会东及攀枝花, 长约 270 km, 是我国单一氟碳铈矿的最佳成矿区, 也是迄今为止世界上发现的时代最新的内生碱性岩热液型稀土成矿带[6]。冕西稀土成矿带南至里庄, 由南东至北西依次有南河断裂、哈哈断裂、雅砻江断裂、棉纱湾断裂、锦屏断裂, 这些构造明显地向北东撒开, 向

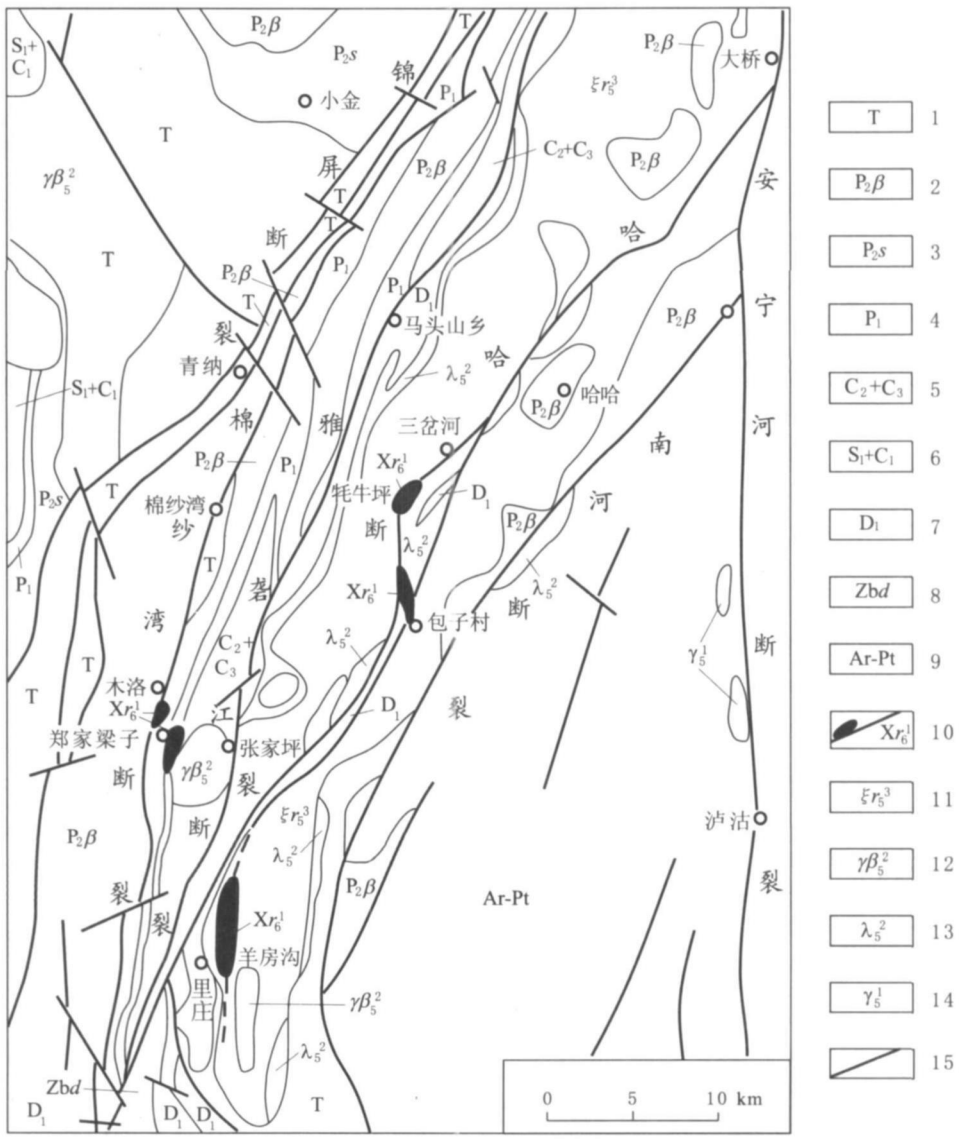

图 1 冕西地区地质略图[2]

1. 三叠系; 2. 峨眉山玄武岩; 3. 二叠系上统萨彦沟组; 4. 二叠系下统; 5. 石炭系中统; 6. 志留系下统与下石炭统; 7. 泥盆系下统; 8. 上震旦统灯影组; 9. 康定群; 10. 霓石碱性花岗岩; 11. 钾长花岗岩; 12. 黑云母花岗岩; 13. 流纹岩; 14. 普通花岗岩; 15 断层

Fig. 1 Sketch map showing geology of the west Mianning[2]

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

南西在木洛矿区以南逐渐收敛, 形成一个帚状构造(图 1)。该区已发现的矿床、矿化点多受哈哈断裂、棉纱湾断裂控制, 呈串珠状分布, 自然分成东、西两个成矿亚带[1], 分别以牦牛坪稀土矿和木洛稀土矿为代表。其中对木洛稀土矿床有明显控制作用的棉纱湾断裂经历了多次活动, 与次级控矿断裂呈"入"字型相交。该矿区出露地层主要为二叠系地层, 包括下统阳新组和上统峨眉山组。矿区内分布的岩浆岩除了稀土成矿母岩体——英碱正长岩之外, 还有变辉绿岩及少量二长花岗岩等。英碱正长岩主要分布在矿区东南部、北部碉楼山及方家堡等处, 呈岩瘤、岩脉产出。岩石呈灰白色, 细—中粒结构、交代残余结构, 块状构造。岩石中主要矿物有正长石、钠长石和石英, 次要矿物有霓辉石、黑云母、白云母、方解石、萤石等, 付矿物有磁铁矿、磷灰石、黄铁矿、方铅矿、菱铁矿、闪锌矿等。其中正长石主要为条纹长石, 其次为钠长石, 少量微斜长石。

2 样品及分析方法

本项研究以采集的木洛稀土矿床碉楼山矿段英碱正长岩体为代表性样品, 分析样品的主元素、稀土元素和微量元素。样品经过室内洗净晾干, 挑选内部新鲜部位, 用化学纯乙醇清洗过的玛瑙研钵手工研磨到 200 目, 然后送样分析。样品分析在中国科学院矿产综合利用研究所进行, 主元素用 X 荧光光谱法(XRF)测定, 详细分析方法见文献[7], 分析精度优于 2%~ 5%。稀土元素和微量元素由等离子质谱仪(ICP-MS)完成, 详细分析方法见文献[8], 经重复样检测, 误差< 5%。

3 分析结果与讨论

木洛稀土矿英碱正长岩的主要元素含量测试结果见表 1, 共测试样品 3 件, 其余 2 件样品引用田世洪同一岩体分析数据[1]。英碱正长岩 $w(SiO_2)$ 为 66.82%~ 73.3%, 平均为 68.68%, $w(K_2O + Na_2O)$ 为 8.44%~ 13.44%, 平均为 10.41%, $w(Na_2O/K_2O)$ 为 0.80~ 1.27, 平均 1.00。碱度率(A.R)为 3.55~ 8.53, 平均为 4.99, 分异指数(DI)为 88.43~ 94.72, 平均为 90.62。$w(TiO_2)$ 很低, 变化在 0.074%~ 0.53% 之间, 平均为 0.25%, Al_2O_3 含量较高, 变化在 13.18%~ 14.29%, 平均 13.94%。在 A.R-$w(SiO_2)$ 图(图 2)上, 一件样品投影到过碱性岩区, 其他样品投影于碱性岩区。岩石化学成分具有大陆岛弧酸性岩浆岩特征。

表 1 英碱正长岩主要元素成分. $w(B)/\%$

Table 1 Major element compositions of nordmarkite (in percentage)

样品号	DL1	DL2	DL3	ML-001[1]	ML-011[1]
SiO_2	73.03	69.56	66.92	67.07	66.82
TiO_2	0.074	0.18	0.21	0.27	0.53
Al_2O_3	13.18	14.20	13.73	14.30	14.29
Fe_2O_3	1.26	2.34	1.87	2.22	2.27
FeO	0.39	0.3	0.00	1.06	1.13
MnO	0.076	0.10	0.11	0.08	0.12
MgO	0.056	0.022	0.48	1.32	0.85
CaO	0.50	0.12	1.20	1.69	2.18
Na_2O	4.72	4.64	5.96	4.48	5.21
K_2O	3.72	4.48	7.48	6.12	4.84
P_2O_5	0.096	0.020	0.13	0.35	0.21
烧失量	2.01	3.26	1.76	0.42	0.52
总量	99.01	99.22	99.85	99.38	98.97
$K_2O+ Na_2O$	8.44	9.12	13.44	11.00	10.05
Na_2O/ K_2O	1.27	1.04	0.80	0.80	1.08
A R	4.42	4.36	8.53	3.55	4.13
DI	94.72	94.24	87.27	88.44	88.43

注: 测试单位: 中国地质科学院矿产综合利用研究所, 测试人: 黄进

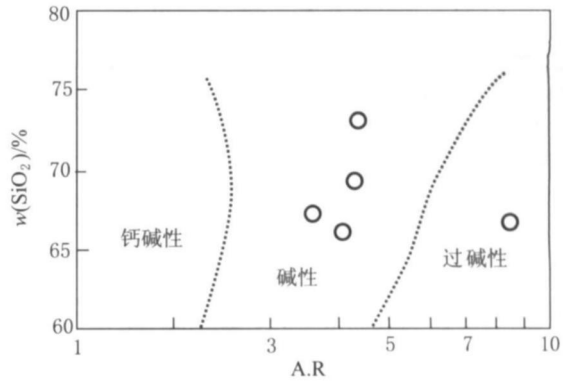

图 2 英碱正长岩 A.R-$w(SiO_2)$ 图

Fig. 2 A.R-$w(SiO_2)$ diagram of nordmakite

木洛稀土矿英碱正长岩的稀土元素含量测试结果见表 2。本次工作共测试样品 3 件, 其余 2 件样品引用田世洪(2006)同一岩体分析数据。岩石稀土元素总量很高, 最高为 $2\,970.9\times10^{-6}$, 最低为 735.6×10^{-6}, 平均为 $1\,371\times10^{-6}$。岩石的轻稀土元素含量高于重稀土元素, LREE/HREE 比值大, 且变化也较大, 最高为 333.2, 最低为 19.78, REE 分配模式呈较陡的右倾曲线(图 3), 属 LREE 富集型。Eu/Eu^* 为 0.76~ 0.94, 平均为 0.84, Ce/Ce^* 为 0.64~ 0.95, 平均为 0.81。Sm/Nd 比值低, 为 0.143~ 0.190, Eu/Sm 为 0.212~ 0.248。岩石的稀土含量分布具有大陆深部来源特征, 且受结晶分异、部分熔融以及地壳混染作用等多种因素的控制。

木洛稀土矿英碱正长岩的微量元素含量测试结果见表 3。成分极性变化是构成各种岩石构造环境和位置的微量元素判别图解的重要基础, 所选择的

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

微量元素主要为不活动的微量元素,包括大离子亲石元素(K, Rb, Sr, Ba)和高场强元素(Th, Ti, Nb, Ta, Zr)。岩石大离子亲石元素和高场强元素中均有一些元素 $w(B)/10^{-6}$ 具有较宽的变化范围,如 Sr 660~1 300, Th 35.0~126.6, Ti 117.7~755.6, Zr 6.0~45.6,也有一些元素相对稳定,如 Rb 411.9~508.9, Ba 8 900~11 200, Nb 0.65~0.90。

表 2 英碱正长岩稀土元素浓度和特征值. $w(B)/10^{-6}$

Table 2 REE element contents and characteristic values of nordmarkite (in [$\times 10^{-6}$])

样品号	DL1	DL2	DL3	ML-001[1]	ML-011[1]
La	220.3	795.0	309.3	191	307
Ce	267.9	1 320.4	385.8	397	586
Pr	28.7	145.2	57.3	47.8	65.1
Nd	149.0	530.4	173.4	181	225
Sm	28.3	75.6	26.6	30.1	34.7
Eu	6.0	17.6	6.6	7.34	7.64
Gd	18.2	47.8	14.4	20.0	19.4
Tb	2.0	5.4	2.1	2.35	2.36
Dy	8.4	19.8	8.3	10.3	10.3
Ho	1.0	2.6	1.0	1.60	1.58
Er	2.0	4.4	1.4	3.77	4.02
Tm	1.0	2.1	1.0	0.43	0.44
Yb	1.8	3.4	1.4	2.32	2.72
Lu	1.0	1.2	1.0	0.32	0.36
ΣREE	735.60	2 970.90	989.60	895.33	1 266.62
LREE/HREE	19.78	33.27	31.34	20.79	29.76
Eu/Eu*	0.76	0.84	0.94	0.86	0.82
Ce/Ce*	0.69	0.86	0.64	0.95	0.93
Sm/Nd	0.190	0.143	0.153	0.166	0.154
Eu/Sm	0.212	0.233	0.248	0.244	0.220

注:测试单位:中国地质科学院矿产综合利用研究所,测试人:黄进

木洛稀土矿英碱正长岩 Th/La, Ba/La, Ba/Th, Zr/Nb等微量元素间比值较高;而Th/La, Ba/La比值相对稳定,前者在0.159~0.267之间,后者集中在14~40之间;Ba/Th, Zr/Nb 变化范围较大,前者在87~254之间,后者集中在9.2~50.7之间。对照前人的研究成果,可得出地壳和地幔储库的不相容元素比值[9~13],本区英碱正长岩微量元素比值特征多数和洋岛玄武岩的Ⅰ型富集地幔端元相似(如 Th/La, Ba/La, Ba/Th)。Ⅰ型富集地幔形成机理还存在争论,但是多数人认为它存在于岩石圈地幔中,是软流圈来源的小体积富钾和挥发分的熔体,或下插板块脱水释放出富大离子亲石元素,贫高场强元素的流体交代岩石圈地幔而形成[9],这与岩石同位素特征得出的结论一致[1]。同时,微量元素比值又常常跨越多个端元,部分比值和大陆地壳相符(如 Zr/Nb),说明岩浆上升侵位过程中可能遭受了地壳的混染作用。这也与岩石稀土元素特征得出的结论一致。

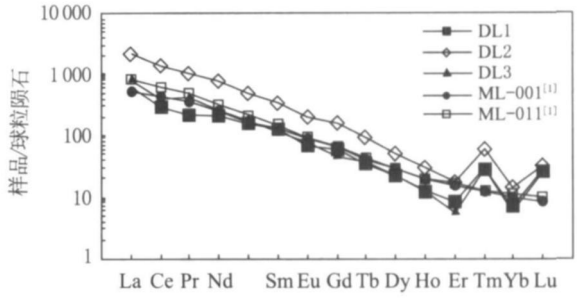

图 3 英碱正长岩稀土球粒陨石标准化曲线
(球粒陨石据 Taylor and Metennan, 1985)

Fig. 3 Chondrite-normalized REE patterns of nordmakite

表 3 英碱正长岩微量元素浓度和特征值. $w(B)/10^{-6}$

Table 3 Trace element contents and characteristic values of nordmarkite (in [$\times 10^{-6}$])

样品	Sr	Rb	Ba	Th	Nb	Ta	Zr	Ti	Y	K	P	Zr/Nb	Ba/Th	Ba/La	Th/La
DL1	660	411.9	8 900	35.0	0.86	1.10	14.5	181.8	25.0	61 000	1 800	16.7	254	40	0.159
DL2	1 300	383.4	11 100	126.6	0.90	0.80	45.6	755.6	54.6	59 800	2 600	50.7	87	14	0.159
DL3	1 100	508.9	11 200	82.8	0.65	0.90	6.0	117.7	18.1	63 600	1 000	9.2	135	36	0.267

注:测试单位.中国地质科学院矿产综合利用研究所,测试人:黄进

4 构造环境分析

木洛英碱正长岩 SiO_2 的质量分数在 66.82%~73.3% 之间,均为酸性岩,因而花岗岩构造环境判别图解均可用于该区正长岩成岩构造环境判别[14]。在 Batchelor 等(1985)的 R1-R2 图上(图 4),木洛英碱正长岩位于造山晚期花岗岩与非造山 A 型花岗岩之间的区域,主要落在造山晚期花岗区域。在 Pearce 等(1984)的花岗岩构造环境判别图解中(图 5),木洛英碱正长岩大部分样品落入同碰撞花岗岩(syn-COLG)和火山弧花岗岩(VAG)区内,相对更靠近同碰撞花岗岩,这和牦牛坪英碱正长岩构造环境相似[14]。板块俯冲过程中,俯冲块体及其携带沉积物的脱水作用使高场强元素(HFSE)与大离子亲石元素(LILE)、轻稀土元素(LREE)发生强烈分异[16]。微量元素在俯冲板块释放流体中的溶解度受该元素的离子半径和电势能控制[17,18]。利用不相容元素(IE)的性质以及 LILE/HFSE 和 LREE/HFSE 的比值可有效识别岩浆岩产生的构造环境[19]。与原始地幔相比,岩石相对富集大离子亲石元素,在富集元素中,K, Rb, Ba 相对更为富集,亏损高场强元素,尤其亏损 Nb, Ta。虽然弧后盆地玄武岩具有类似岛弧的微量元素地球化学特征[21],通常

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

也富集 LILE, LREE 和明显亏损 HFSE, HREE, 以及大洋弧(OIA) 与大陆边缘弧(CMA) 不相容元素原始地慢标准化图解形态类似, 但 OIA 富集程度较 CMA 低一个数量级, OIA 的样品只具有弱 LILE 富集, 富集程度小于 10 倍原始地慢, 而 CMA 的 LILE 和 LREE 的富集程度大于 10 倍原始她幔[20]。本区样品的 LILE 和 LREE 的富集程度大于 10 倍的原始她幔, 说明岩石属于大陆边缘弧。将样品的微量元素、稀土元素按相容性排列, 得到的不相容元素原始地幔标准化图解中出现了 TNT(Ta-Nb-Ti) 负异常(图 6), 这种微量元素的 TNT 负异通常是俯冲带岛弧系统岩浆岩微量元素组合的典型特征, 它主要是地幔交代作用部分熔融所形成[23, 24]。可见, 木洛英碱正长岩成岩构造环境应属大陆俯冲碰撞构造带。

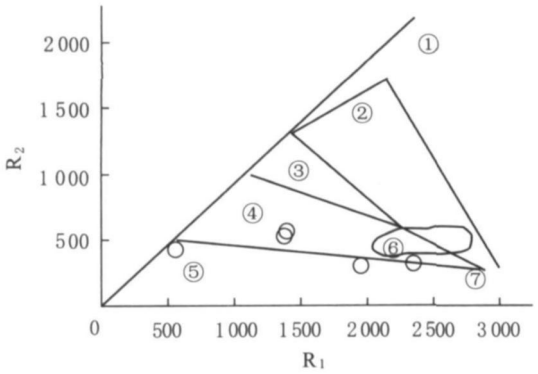

图 4　英碱正长岩构造环境 R_1-R_2 判别图
(底图据 Batchelor *et al*, 1985)

R_1 = 4Si- 11(Na+ K) - 2(Fe+ Ti), R_2 = 6Ca+ 2Mg+ Al; ①. 地幔斜长花岗岩-幔源花岗岩(M 型); ②. 钙碱性更长花岗岩-板块碰撞前消减地区花岗岩; ③. 高钾钙性花岗岩-板块碰撞后隆起花岗岩; ④. 造山晚期花岗岩-晚造山期花岗岩; ⑤. 非造山区的 A 型花岗岩; ⑥. 地壳熔融花岗岩-同碰撞花岗岩; ⑦. 造山期后花岗岩

Fig. 4　R_1-R_2 discriminant diagram of tectonic setting of nordmarkite (by Batchelor *et al*, 1985)

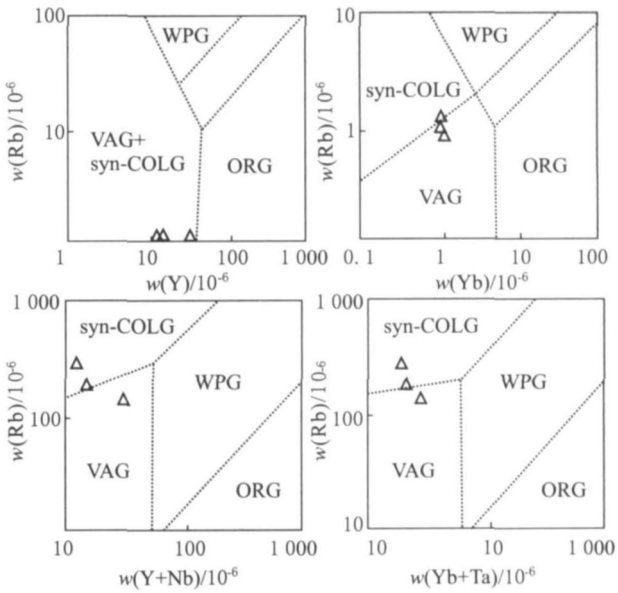

图 5　英碱正长岩微量元素构造环境判别图
(底图据 Pearce *et al*, 1984[22])

syn-COLG. 同碰撞花岗岩; VAG. 火山弧花岗岩; WPG. 板内花岗岩; ORG. 洋脊花岗岩

Fig. 5　Discriminant diagram of the trace element tectonic settings of nordmarkite

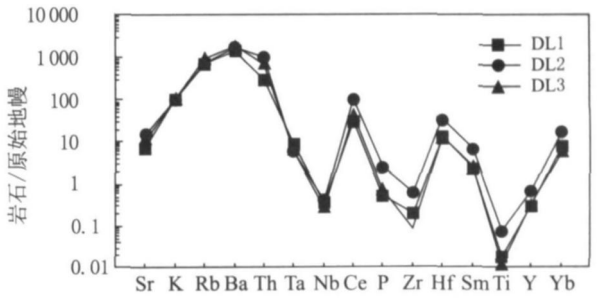

图 6　英碱正长岩微量元素原始地慢标准化图解
(原始地幔据 Wood, 1979)

Fig. 6　Primitve mantle normalized trace elements patterns of Nordmakite

5　结　论

由于冕西稀土矿床及赋矿母岩体位于攀西裂谷, 故其构造演化观点存在差异。根据前人的研究成果, 攀西裂谷开始于早古生代, 发育于晚古生代-中生代, 到新生代喜马拉雅运动的进行而封闭[25]。据 1: 20×10^4 冕宁幅及金矿幅区域地质调查报告, 冕西地区主要有两大岩体(冕宁岩体和里庄岩体) 与稀土矿化有关, 冕宁岩体为印支期岩浆活动产物, 里庄岩体为燕山期岩浆活动产物, 故这些岩体发育于攀西裂谷拉张阶段。阳正熙(2000) 采用钾-氩法、铀-铅法测得牦牛坪冕西花岗岩年龄分别为 110 Ma ~ 132 Ma, 146 Ma, 从而提出该区稀土矿化发育于攀西裂谷后阶段, 而且派生于喜马拉雅运动[26]。近年来研究显示[1, 3, 14, 27], 虽然牦牛坪稀土矿床正长岩-碳酸岩位于攀西裂谷, 但其成岩时代变化于距今约 40. 3 Ma~ 12. 2 Ma, 属于喜马拉雅期。前期通过对木洛稀土矿床与牦牛坪稀土矿床的对比研究, 发现此两矿床在构造地质背景、控矿岩体特征、矿床地质特征等方面极其相似[29], 田世洪(2005) 用黑云母 Ar-Ar 法测得木洛英碱正长岩年龄为 35. 5 Ma[1], 因此, 木洛石英碱正长岩与牦牛坪稀土矿成矿岩体(正长岩-碳酸岩) 一样应形成于喜马拉雅期, 与攀西裂谷也没有实质性的关系。根据以上英碱正长岩主要元素、稀土元素、微量元素的含量和有关参数分析, 可以看出木洛英碱正长岩具有大陆深部地幔来

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

源特征,构造环境判别图解显示其发育于碰撞造山构造环境,而不相容元素原始地幔标准化图解中出现的TNT(Ta-Nb-Ti)负异常进一步证实了英碱正长岩是俯冲带岛弧岩浆岩。骆耀南(2001)用"上冲下楔"模式合理解释了龙门山-锦屏山造山带喜马拉雅期构造-岩浆-成矿作用的形成过程[29]。根据该模式,本区喜马拉雅期在扬子地块呈楔型体插入龙门山地壳的过程中,随着温度、压力升高,俯冲陆壳发生变质和脱水形成富集大离子亲石微量元素(K, Ru, Sr, Th 和 LREE)的流体。流体进入俯冲带上的地幔楔,诱发部分熔融形成富含大离子亲石元素而亏损高场强元素(Ti, Zr, Nb, Ta)的地幔流体,地幔流体侵入地壳浅部形成岛弧岩浆岩,并结晶分异出富REE的成矿流体。稀土元素正是随着这种地幔流体的侵入被运移到地壳浅部,伴随成矿流体在有利部位发生成矿作用,形成稀土矿床。

参考文献

[1] 田世洪, 张桂兰, 侯增谦. 四川冕宁木落寨稀土矿床稳定同位素研究及其意义[J]. 矿床地质, 2005, 24, (6): 647-655.

[2] 蒲广平. 冕西稀土成矿带成矿条件探讨[J]. 四川地质学报, 1995, 15(1): 60-64.

[3] 袁忠信, 施泽民, 白 鸽, 等. 四川冕宁牦牛坪稀土矿床[M]. 北京: 地址出版社, 1995: 1-21.

[4] 许 成, 黄智龙, 漆 亮, 等. 四川牦牛坪稀土矿床成矿流体来源与演化初探——萤石稀土地球化学的证据[J]. 地质与勘探, 2001, 37(5): 24-27.

[5] 田世洪, 袁忠信, 张桂兰, 等. 四川木落寨稀土矿床与成矿有关的花岗岩问题及其意义[J]. 岩石矿物学杂志, 2006, 25(2): 110-118.

[6] 侯宗林. 浅论我国稀土资源与地质科学研究[J]. 稀土信息, 2003(10): 7-10.

[7] Lee C Y, Tsai J H, Ho H H, *et al*. Quantative analysis in rock samples by an X-ray fluorescence spectrometer, (Ⅰ) major elements[J]. **Ann Meet Geol Soc China**, 1997, Abstract Vol: 418-420.

[8] 刘亚轩, 张勤, 黄珍玉, 等. ICP-MS 法测定地球化学样品中 As, Cr, Ge, V 等 18 种微量痕量元素的研究[J]. 化学世界, 2006(1): 16-20.

[9] 张本仁, 傅家谟. 地球化学进展[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 200-240.

[10] Saunders A D, Norry M J, Tarney J. Origin of MORB and chemically depleted mantle reservoirs: trace element constraints[J]. **Journal of petrology**, 1998, 29(special Lithosphere issue): 425-445.

[11] Fittion J G, James D, Kempton P D, *et al*. The role of the lithospheric mantle in the generation of cate cenozoic basic magmas in the western United States[J]. **Journal of petrology**, 1998, 29(special Lithosphere issue): 331-349.

[12] Weaver B L. The origin of ocean island end-member composition: trace element and isotopic constrants[J]. **Earth planet Sci Lett,** 1991, 104(2-4): 381-397.

[13] 杨学明, 杨晓勇, Le Bas M J. 碳酸岩的地质地球化学特征及其大地构造意义[J]. 地球科学进展, 1998, 13(5): 458-466.

[14] 刘丛强, 黄智龙, 许 成, 等. 地幔流体及其成矿作用——以四川冕宁稀土矿床为例[M]. 北京: 地质出版社, 2004: 148-176.

[15] Batchelor R A, Bowden P. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multication parameters[J]. **Chemical Geology**, 1985, 48(1-4): 43-55.

[16] Green N L, Harry D L. On the relationship between subducted slab age and arc basalt petrogenesis, Cascadia suvduction system, North America[J]. **Earth planet Sci Lett**, 1999, 171(3): 367-381.

[17] Weaver B L. Geochemistry of ocean island basalts from the south Atlantic: Ascension, Bouvet, St. Helena, Gough and Tristan da Cunha [A]. Fitton J G and Upton B G J. Alkaline Igneous Tocks[C]. **London: Black well Scientific Publication**, 1987: 253-267.

[18] Munker C. Nb/Ta fractionation in a Cambrian arc/back arc system, new Zealand; source constraints and application of refined ICP MS techniques[J]. **Chem Geol**, 1998, 144(1): 23-45.

[19] 张鸿翔, 刘丛强, 徐志方, 等. 扬子板块西缘早元古代俯冲体系的地球化学证据[J]. 矿物学报, 2001, 21(2): 231-238.

[20] Shervais J W. Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas[J]. **Earth and planetary Science Letters**, 1982, 59(1): 101-118.

[21] 焦建刚, 闫海卿, 钱壮志, 等. 龙首山岩带典型镁铁-超镁铁质岩体岩石地球化学特征[J]. 矿物岩石, 2006, 26(1): 49-56.

[22] Pearce J A, Harris N B W, Tindle A G. Trace element discrimination diagrams for the Tectonic interpretation of granite rocks[J]. **Journal of petrology**, 1984, 25(4): 956-983.

[23] Ionov D A, Hofmann A W. Nb-Ta-rich mantle amphiboles and micas: implications for subduction-related metasomatic trace element fraetionations[J]. **Earth and planetary Science Letters**, 1995(3-4), 131: 341-356.

[24] 刘 燊, 胡瑞忠, 迟效国, 等. 藏北新生代两套钾玄质火山岩系列地球化学特征[J]. 矿物岩石, 2003, 23(2): 66-72.

[25] 蒲广平. 攀西地区稀土成矿历史演化与喜马拉雅期成矿基本特征[A]. 陈毓川, 王登红. 喜马拉雅期内生成矿作用研究[C]. 北京: 地质出版社, 2001: 104-116.

[26] 阳正熙, Anthony E Williams-Jones, 蒲广平. 四川冕宁牦牛坪稀土矿床地质特征[J]. 矿物岩石, 2000, 20(2): 28-34.

[27] 王登红, 杨建民, 闫升好, 等. 四川牦牛坪碳酸岩的同位素地球化学及其成矿动力学[J]. 成都理工学院学报, 2002, 29(5): 539-544.

[28] 周家云, 沈 冰, 朱志敏, 等. 四川冕宁木洛稀土矿床地质特征[J]. 稀有金属, 2005, 30(4): 498-499.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[29] 骆耀南, 俞如龙. 龙门山-锦屏山陆内造山带喜马拉雅期构造-岩浆作用主要特征及其动力学模式[A]. 陈毓川, 王登红. 喜马拉雅期内生成矿作用研究[C]. 北京: 地质出版社, 2001: 88-96.

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE HOST INTRUSION OF MULUO REE DEPOSIT IN MIANNING, SICHUAN PROVINCE, AND THEIR TECTONIC SIGNIFICANCE

ZHOU Jia-yun[1,2], ZHENG Rong-cai[1], SHEN Bing[2],
ZHU Zhi-min[2], CHEN Jia-biao[2], LIU Fei-yan[2], WEN Hua-guo[1]

(1. *Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;*
2. *Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Chengdu 610041, China*)

Abstract: The Muluo REE deposit is a middle-scale deposit newly found in Pan xi region. Its genesis is closely related to the nordmakite. The study of major elements show that the $w(SiO_2)$ = 66.82%~73.3%, $w(K_2O+Na_2O)$ = 8.44%~13.44%, Na_2O/K_2O = 0.80~1.27, $w(TiO_2)$ = 0.074%~0.53%, indicating that the nordmakite belong to alkali complex. The rock have a big gross of REE content, high ratio of LREE to HREE, richment of LREE, and the shape of chondrite-normalized REE patterns inclines towards the right. And the Eu/Eu^* = 0.84, Ce/Ce^* = 0.81, Sm/Nd= 0.143~0.190, Eu/Sm= 0.212~0.248, which reveal that the nordmarkite come from deep part of continent. The charactesr of trace contents, such as Th/La(0.159~0.267), Ba/La(0.159~0.267), Ba/Th(87~254), are resemble mantle of ocean-island basalt from I-rich mantle region, but some ratio of trace contents are similar to that of the continental crust(such as Th/La= 0.159~0.267), showing that the rock was contaminated by crust during the upward migration. The discriminant diagrams of the trace element tectonic setting about Nb-Y, Rb-Y+Nb, Rb-Yb+Ta, Ta-Yb, R_1-R_2, and the similar primary mantle-normalizaed patterns of incompatible elements, which appear abnormality of element Ta, Nb, Ti, also reveal that the nordmarkite produced in collision orogenesis tectonic setting. According to the geochemical results obtained. It is considered that the nordmakite and the REE deposit are resulted from mantle geofluid in western margin of Yangtze plate during Himalayan Movement.

Key words: REE deposit; geochemiscal characteristics; tectonic setting; mantle geofluid; Muluo

ISSN 1001-6872(2007)01-0083-07; CODEN: KUYAE2

Synopsis of the first author: Zhou Jiayun, male, 34 years old, an engineer of mineral deposit. Now he is engaged in petrology and geochemistry.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net