

文章编号: 0258-7106 (2005) 02-0151-10

四川德昌大陆槽稀土矿床地质特征

李小渝

(四川省地质矿产局 109 地质队, 四川 成都 610100)

摘 要 为查明德昌大陆槽稀土矿床的成矿地质特征和稀土元素的赋存状态,通过对大量岩石、矿石光(薄)片的观察鉴定以及对矿体形态、矿石的物质组分、结构构造的研究,表明该矿床受喜马拉雅期富稀土碱性杂岩的构造控制,成矿地质特征与牦牛坪矿床极为相似。大陆槽稀土矿床为攀西稀土成矿带上最年轻的稀土矿床,矿床类型新,稀土品位高,主要稀土矿物氟碳铈矿粒度较粗,可选冶。

关键词 地质学;稀土矿床;地质特征;氟碳铈矿;德昌大陆槽

中图分类号: P618.7;P618.92

文献标识码: A

四川德昌大陆槽稀土矿床是四川省地质矿产局 109 地质队继发现冕宁牦牛坪稀土矿床之后的又一个重要新发现。它位于攀西稀土成矿带的南端。它的发现将过去的冕西稀土成矿带向南延伸了 150 km,构成了一条北起冕宁牦牛坪,向南经麦地、里庄直至德昌大陆槽的攀西稀土成矿带(图 1)。该成矿带上已发现稀土矿床(点)10 余个,其中牦牛坪和大陆槽为大型矿床(施泽民等,1995;袁忠信等,1995),其余为小型矿床和矿点。20 世纪 60 年代末至 70 年代初,川地一区测队和核工业 00281 队先后在该地区开展区调工作和放射性铀矿查找工作,均未发现氟碳铈矿稀土矿。1994 年四川省地质矿产局 109 地质队在开展 1:5 万化探异常查证时发现了大陆槽稀土矿床。为了查明该矿床的稀土成矿特征和矿石中稀土元素的赋存状态,为矿区地质普查和开发利用提供科学依据,1997 年 12 月四川省地质矿产局 109 地质队完成了四川省地质矿产局重点科研项目“四川省德昌县大陆槽稀土矿床稀土元素的赋存状态及综合利用研究报告”,本文是在此研究报告的基础上撰写而成的,首次对大陆槽稀土矿床作了较详细的介绍,旨在抛砖引玉。

1 区域地质背景

大陆槽矿区位于康滇地轴中段西侧,攀西裂谷中段西缘(图 1),介于新村向斜与顺河向斜的南北转

折端之间,北起蕨其坪,南至普威。区内出露地层由老至新为:前震旦系会理群;震旦系上统观音崖组、灯影组;寒武系下统;三叠系上统白果湾群及新近系上新统普格达组;第四系冲积物、洪积物和坡积物主要沿水系河(沟)谷和山麓分布。出露地层大部分被岩浆岩穿插,被断裂与褶皱所支解得零乱和破碎。区内出现晋宁期石英闪长岩及石英闪长岩-斜长花岗岩,过去称之为大陆槽岩体,《攀西裂谷文集》将此系列划归为古老混合岩基底(骆耀南,1985),笔者认为石英闪长岩应属混合岩化的斜长角闪岩类。由于断层破坏和第四纪地层覆盖,矿区内的石英闪长岩呈分枝现象,出露面积约 70 km²,绝对年龄为 853 Ma^①。岩石呈灰白色,细-中粒结构,似片麻状、块状构造。主要矿物为中长石、普通角闪石、石英,少量黑云母,局部见纤闪石;副矿物有锆石、磷灰石、磁铁矿、榍石、钛铁矿等。

除了石英闪长岩外,区域上出露的岩浆岩还有花岗岩、辉岩、辉长岩,印支期碱性花岗岩、正长岩,喜马拉雅期霓辉正长岩、霓辉正长斑岩及其派生脉岩。喜马拉雅期岩浆岩为大陆槽稀土金属的成矿母岩。

区域构造复杂,褶皱断裂发育,大部分与雅砻江构造带平行,主要为雅砻江断裂带、大陆槽断裂带,张门闸断裂带、南木河断裂带及普威断裂带。断裂以南北向为主。

作者简介 李小渝,男,1958 年生,长期从事稀土矿床、矿石的物质组分研究

收稿日期 2004-04-06;改回日期 2004-12-13。张绮玲编辑。

① 施泽民,李小渝,1997. 四川省德昌县大陆槽稀土矿床稀土元素的赋存状态及综合利用研究报告。

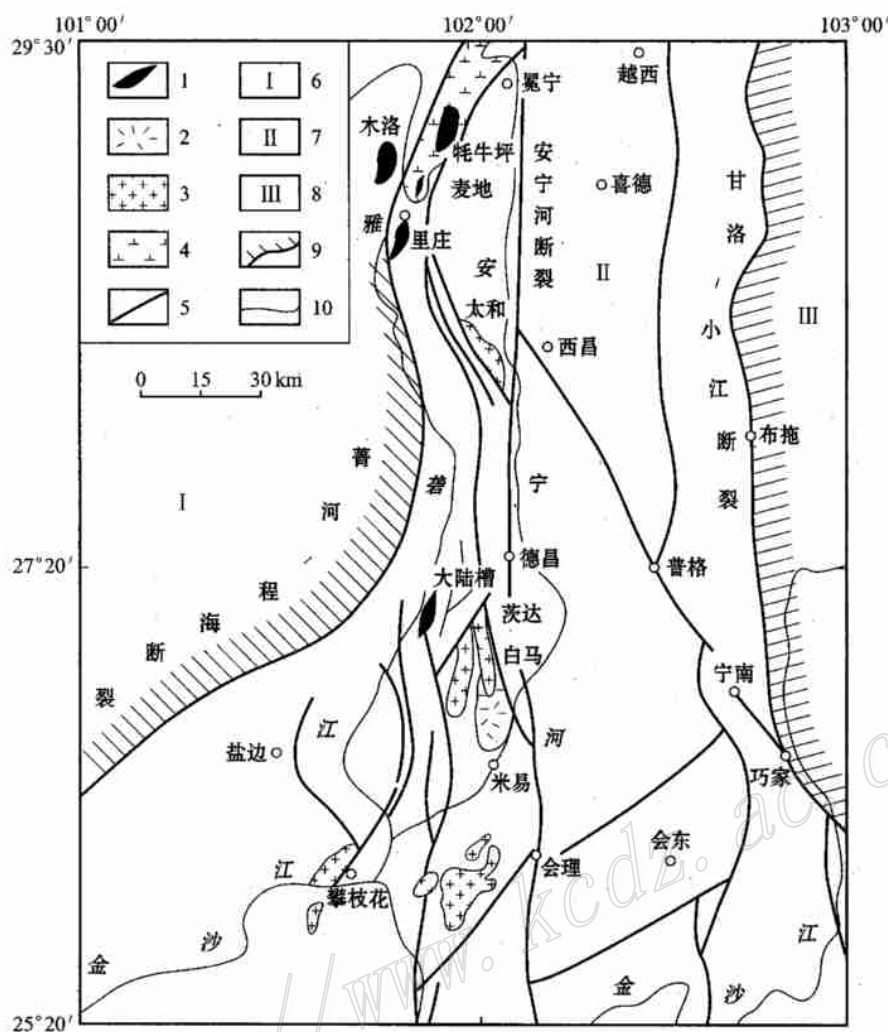


图1 攀西稀土成矿带地质构造位置略图(据骆耀南,1985年资料改编)

1—喜马拉雅期富稀土碱性杂岩;2—印支期正长岩;3—印支期碱性花岗岩;4—燕山期碱性花岗岩;5—基底断裂;6—陆缘海相中生界分布区;7—前震旦系古陆分布区;8—古生界及陆相中生界分布区;9—构造单元分界线;10—河流

Fig.1 Sketch map showing geological-structural position of the Panxi REE ore belt

1—Himalayan REE-rich alkaline complex; 2—Indosinian orthoclase; 3—Indosinian alkaline granite; 4—Yanshanian alkaline granite; 5—Base ment fracture; 6—Mesozoic pericontinental sea facies; 7—Presinian old land area; 8—Paleozoic and Mesozoic continental area; 9—Boundary of tectonic units; 10—River

2 矿区地质特征

2.1 成矿构造

大陆槽稀土矿区处于南北向和北东向构造的复合部位,多组断裂汇聚于矿区。喜马拉雅期碱性杂岩(稀土成矿脉)主要受控于攀西裂谷封闭(燕山期)后,于喜马拉雅期又复活并产生的构造裂隙内。断裂主要以南北向为主,次为北东向,北西向少见。大陆槽断裂从矿区北东向进入矿区,严格控制成矿带

的展布。其旁侧发育的次级裂隙为储矿提供了空间。矿区稀土金属的成矿母岩——霓辉正长(斑)岩呈岩脉侵入于大陆槽石英闪长岩的张裂隙中(图2)。其派生的含霓辉石萤石锑重晶石(钡天青石)脉及含矿方解石碳酸岩脉充填于石英闪长岩和霓辉正长(斑)岩中北西向和近南北向的张扭性裂隙中,倾向分别为北东向和东向,倾角 $45 \sim 70^\circ$ 。单个岩(矿)脉厚度大,数十米到数百米,长度为百米到数百米。

2.2 含矿岩系

霓辉正长岩、霓辉正长斑岩:主要分布于大陆槽

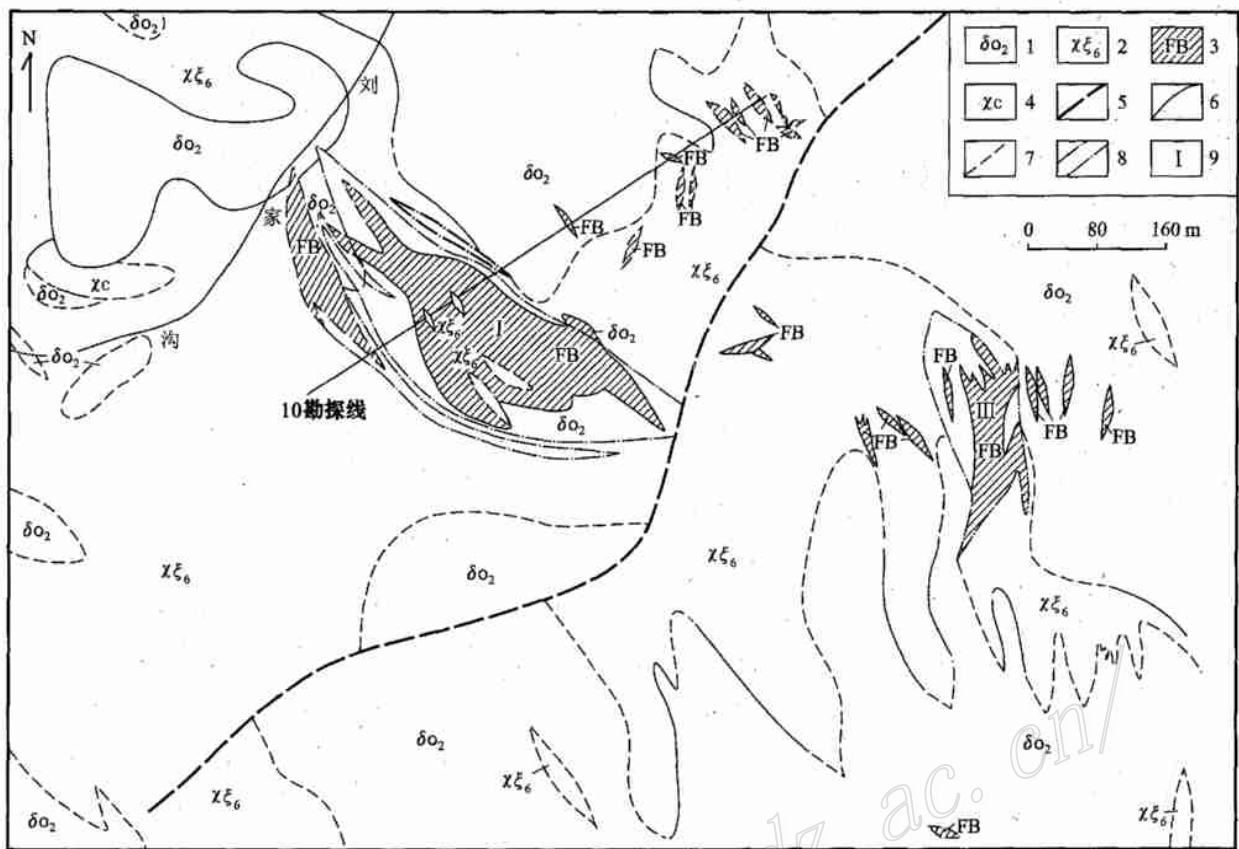


图2 大陆槽稀土矿区地质略图

1—石英闪长岩;2—霓辉正长岩;3—稀土矿脉;4—方解石碳酸岩;5—推测断层;6—地质界线;7—推测地质界线;8—矿体界线;9—矿体号

Fig.2 Geological sketch map of the Dalucao REE ore district

1—Quartz diorite; 2—Aegirine-augite syenite; 3—REE vein; 4—Calcite carbonate rock; 5—Inferred fault; 6—Geological boundary; 7—Inferred geological boundary; 8—Orebody boundary; 9—Serial number of orebody

一带,呈岩株、岩脉、小侵入体产于石英闪长岩构造裂隙中。岩株的平面形态不规则,长轴方向 $110^{\circ} \sim 290^{\circ}$,稀土矿体或矿化带在岩株中断续排列,其总体展布方向大致与正长岩株展布方向一致。在正长岩株边部见有较多的石英闪长岩捕虏体。霓辉正长(斑)岩呈浅灰色—微带肉红色,半自形粒状结构、似斑状结构、块状结构。主要矿物为正长石、条纹长石,少量斜长石、霓辉石、钠长石;副矿物有氟碳铈矿、贝塔石、榍石、褐帘石、锆石等。在霓辉正长岩中可见褐铁矿化和稀土矿化,属稀土矿源体。霓辉正长岩及其脉岩的 $w(\text{SiO}_2)$ 为 $3.38\% \sim 60.28\%$, $w(\text{K}_2\text{O})/w(\text{Na}_2\text{O})$ 比值为 $0.50 \sim 1.44$, $w(\text{Al}_2\text{O}_3)/w(\text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ 比值为 $0.01 \sim 1.28$, σ 为 6.81 , AR 为 2.80 ,在 SiO_2 - AR 图解中投点落入碱质区,与牦牛坪碱性杂岩和戴里碱性正长岩的化学成

分近似(表1)。

方解石碳酸岩:在I号矿体两侧,发育形态不规则的重晶石、方解石碳酸岩脉带,碳酸岩单脉宽几十厘米至数米,脉间为霓辉正长岩或石英闪长岩。碳酸岩呈灰白色,碎裂结构,粒状镶嵌结构,稀疏浸染状构造。主要矿物有方解石、锶重晶石,少量石英、硅镁石、霓辉石;副矿物有褐帘石、方铅矿,偶见氟碳铈矿。

2.3 围岩蚀变

大陆槽矿区的矿脉主要赋存于霓辉正长(斑)岩和石英闪长岩的构造裂隙中。矿脉两侧均发生了较强的围岩蚀变,但在蚀变矿物组合和蚀变强度上有所差异。其中以霓辉正长(斑)岩中蚀变矿物种类最多,蚀变强度最大。主要的热液蚀变有霓辉石化、碳酸盐化、锶重晶石-钡天青石化、萤石化和氟碳铈矿化。此外,表生氧化作用及淋失作用也十分发育。

表 1 攀西地区稀土矿区岩石化学成分 (w_B/ %)

Table 1 Chemical composition of rocks from REE ore districts of Panxi area(w_B/ %)

	德昌大陆槽				冕宁牦牛坪		戴里
	岩 27	b01	DL01	DL03	Wr-1	Wn-1	
	石英闪长岩	霓辉正长岩	萤石锆重晶石岩	萤石钡天青石岩	霓石英碱正长岩	重晶霓辉伟晶岩	
SiO ₂	54.81	60.28	5.52	3.38	66.75	8.69	62.00
TiO ₂	0.70	0.34	0.00	0.002	0.15	0.05	0.57
Al ₂ O ₃	18.11	17.64	0.73	0.261	17.01	4.698	17.44
Fe ₂ O ₃	2.25	2.59		0.161	2.59		2.06
FeO	4.86	1.77	0.06	0.503		3.576	2.68
MnO	0.09	0.093	0.197	0.226	0.05	1.356	0.12
MgO	5.10	0.78	0.0	0.00	0.53	1.161	0.91
CaO	7.29	2.88	30.44	21.99	0.43	12.366	2.26
BaO		0.59	7.16	3.32	0.52	30.07	
SrO		1.15	14.52	26.60		0.733	
K ₂ O	0.92	5.99	0.13	0.06	4.45	0.638	5.17
Na ₂ O	3.15	4.86	0.094	0.12	5.26	0.917	5.86
P ₂ O ₅		0.135	0.260	0.094	0.09	0.39	0.17
PbO		Pb:0.03	Pb:0.29	Pb:0.14	0.13	Pb:1.77	
CO ₂		0.60	4.19	0.97			
H ₂ O ⁺		0.57	1.46	0.78	0.22		0.76
ΣREO ⁺ *		0.133	7.48	3.80	0.39	7.96	
Nb ₂ O ₅		0.010	0.000	0.000		0.008	
F		0.06	19.80	15.98	0.12	9.40	
- O = F ₂		- 0.03			- 0.05		
SO ₃		S:0.04	S:4.43	S:21.77	0.57	S:7.60	
K ₂ O/ Na ₂ O ⁺	0.29	1.23	1.44	0.50	0.85	0.70	0.88
Al ₂ O ₃ / (CaO+ K ₂ O+ Na ₂ O) ⁺	1.59	1.28	0.02	0.01	1.68	0.34	1.311
里特曼指数 σ ⁺	1.40	6.81			3.97		6.40
碱度指数 AR ⁺	1.38	2.80			4.04		3.54

* 单位为 1 , ** ΣREO 为稀土氧化物的总和。岩 27 据 1: 20 万盐边幅区调报告(1972) ;b01 、DL01 、DL03 由四川地矿局西昌矿检测中心化学分析(1995 年、1996 年) ; Wr-1 、Wn-1 据成都地矿所资料,1989 年。

霓辉石化:矿区霓辉石化出现最早,分布最广。在石英闪长岩中仅见于矿脉附近的岩石中或裂隙旁,霓辉石呈星点浸染状产出,有的被黑云母置换,并析出铁质;在霓辉正长(斑)岩中,该蚀变作用主要表现为原生霓辉石次闪石化、黑云母化。色彩鲜艳的新生霓辉石与新生钠长石呈较平直的镶嵌粒状,或沿长石矿物粒间、解理、裂纹交代分布,亦可沿岩石微裂纹呈细脉分布。在矿脉附近,霓辉正长岩霓辉石化的同时,又叠加了锆重晶石化、钡天青石化、萤石化、碳酸盐化等。随着远离矿脉,霓辉石化等蚀变作用逐渐减弱直至消失。

碳酸盐化:在含霓辉萤石锆重晶石矿脉、含霓辉萤石钡天青石矿脉和含霓辉萤石锆重晶石方解石碳酸岩脉及附近围岩皆分布广泛。在含霓辉萤石锆重晶石矿脉为主的 I 号矿体中,蚀变矿物为方解石、毒重石,多充填于矿脉中的氟碳铈矿、锆重晶石、萤石粒间或裂隙中;在含霓辉萤石钡天青石矿脉的 III 矿体中,蚀变矿物为方解石、菱锆矿,呈脉状、斑杂状产

出;方解石碳酸岩脉中,可见方解石细脉穿插其中。霓辉正长岩中的碳酸盐矿物多呈脉状或团块状分布。碳酸盐化多晚于稀土矿物。

锆重晶石-钡天青石化:锆重晶石化发育于含霓辉萤石锆重晶石矿脉内部及附近的围岩中,呈粒状、板状、斑块状;钡天青石化发育于含霓辉萤石钡天青石矿脉内部及附近的围岩中,亦呈粒状、板状、斑块状产出;含霓辉萤石锆重晶石、方解石碳酸岩中的锆重晶石呈斑杂状产出。锆重晶石、钡天青石多与萤石、氟碳铈矿共生。

萤石化:萤石主要见于含霓辉萤石锆重晶石矿脉、含霓辉萤石钡天青石矿脉中,也见于围岩长英质矿物粒间或细脉中,与锆重晶石-钡天青石系列矿物和氟碳铈矿共生。

氟碳铈矿化:在矿脉和紧邻矿脉的围岩中,氟碳铈矿呈板柱状晶体、粒状晶体,常与锆重晶石-钡天青石系列矿物、萤石、霓辉石、方解石等共生。

围岩中早期矿物长石的绢云母化、高岭石化以

及黑云母的绿泥石化 3 种蚀变作用与稀土矿化无关。此外,在围岩中硅化广为发育,石英或呈不规则细粒集合体,或呈树枝状、镰刀状以及似文象状广泛分布。

矿区的表生氧化作用和淋失作用十分发育。溶解淋失现象表现为重晶石-钼天青石系列矿物在大气降水淋滤下分解。氧化作用表现为矿脉中的霓辉石风化成黑褐色粉末,但保留霓辉石的假晶形态或留下空洞。褐黑色土状物为锰铁非晶质和硅铝非晶质的混合物,其中含有较多的稀土氧化物。

2.4 稀土元素地球化学

大陆槽岩浆岩、脉岩的稀土元素含量及配分值列于表 2。霓辉正长(斑)岩及其脉岩的 ΣREE 为 $855.62 \times 10^{-6} \sim 4\,209.67 \times 10^{-6}$,明显高于石英闪长岩,达 4~20 倍。与牦牛坪霓石英碱正长岩 ΣREE 值接近。石英闪长岩的稀土配分型式表现为左高右低的较平缓的曲线,负 Eu 异常明显;霓辉正长岩、霓辉正长斑岩和方解石碳酸岩具有 LREE 非常富集的陡倾曲线,无明显的 Eu 异常(图 3),它们与牦牛坪碱性杂岩类似。

德昌大陆槽矿区霓辉正长岩与冕宁牦牛坪矿区霓石英碱正长岩的地质特征、岩石组合、矿物组成和地球化学特征的综合对比示于表 3。由表 3 可知,

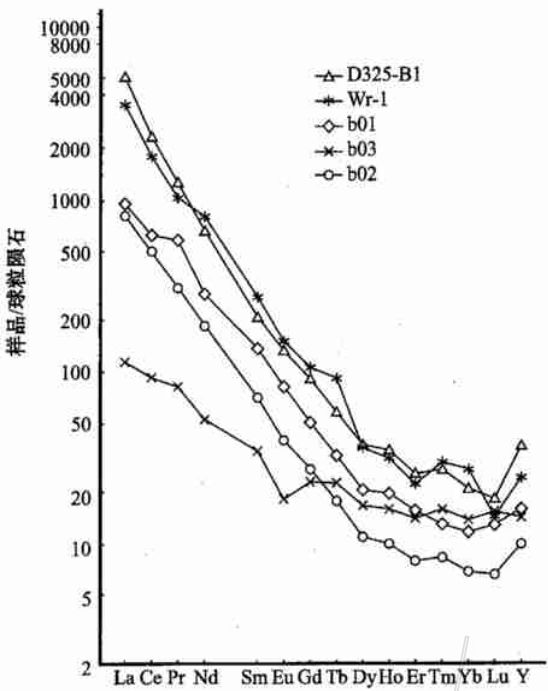


图 3 攀西地区喜马拉雅期碱性杂岩的稀土元素配分曲线

Wr-1—牦牛坪霓石英碱正长岩;b01—大陆槽霓辉正长岩;b02—大陆槽霓辉正长斑岩;b03—大陆槽石英闪长岩;D325-B1—大陆槽方解石碳酸岩

Fig. 3 Chondrite-normalized REE patterns of Himalayan REE-rich alkaline complex in Panxi area

表 2 攀西地区岩石的稀土含量和配分值

Table 2 REE contents and partitions of rocks from Panxi area

元素	德昌大陆槽								冕宁牦牛坪	
	石英闪长岩(b03)		霓辉正长岩(b01)		霓辉正长斑岩(b02)		方解石碳酸岩(D325-B1)		霓石英碱正长岩(Wr-1)	
	$w_B/10^{-6}$	配分值/%	$w_B/10^{-6}$	配分值/%	$w_B/10^{-6}$	配分值/%	$w_B/10^{-6}$	配分值/%	$w_B/10^{-6}$	配分值/%
La	36.24	17.08	287.21	25.38	248.40	29.03	1593.00	37.84	1062.00	31.57
Ce	73.86	34.80	503.02	44.45	400.50	46.81	1869.60	44.41	1513.00	44.98
Pr	10.28	4.84	69.89	6.18	38.64	4.51	155.82	3.70	126.00	3.75
Nd	32.69	15.40	174.85	15.45	114.20	13.35	408.80	9.71	485.00	14.42
Sm	6.88	3.24	27.46	2.43	13.83	1.62	41.94	1.00	56.10	1.67
Eu	1.33	0.63	6.24	0.55	3.04	0.35	10.25	0.24	11.30	0.34
Gd	6.09	2.87	13.62	1.20	7.27	0.85	24.74	0.59	28.80	0.86
Tb	1.09	0.51	1.60	0.14	0.89	0.10	2.88	0.07	4.60	0.14
Py	5.56	2.62	7.01	0.62	3.70	0.43	12.43	0.30	11.90	0.35
Ho	1.18	0.56	1.48	0.13	0.74	0.09	2.61	0.06	2.30	0.07
Er	3.07	1.45	3.17	0.28	1.71	0.20	5.47	0.13	4.90	0.15
Tm	0.54	0.25	0.43	0.04	0.28	0.03	0.92	0.02	1.00	0.03
Yb	2.98	1.40	2.54	0.22	1.50	0.18	4.62	0.11	5.80	0.17
Lu	0.52	0.25	0.45	0.04	0.23	0.03	0.65	0.02	0.50	0.01
Y	29.93	14.10	32.76	2.89	20.69	2.42	75.94	1.80	50.30	1.50
ΣREE	212.24	100.00	1131.73	100.00	855.62	100.00	4209.67	100.00	3363.50	100.01

注:b01、b03、b02、D325-B1 由湖北省地质实验研究所 ICP-MS 法分析(1995);Wr-1 据成都地矿所 1989 年资料;配分值 = 稀土元素含量/ $\Sigma\text{REE} \times 100\%$ 。

表 3 大陆槽霓辉正长(斑)岩与牦牛坪霓石英碱正长岩综合对比[●]

Table 3 An integrated comparison between Dalucao aegirine-augite syenite porphyry and Maoniuping aegirine nordmarkite

	德昌大陆槽霓辉正长(斑)岩	冕宁牦牛坪霓石英碱正长岩
控岩构造	近南北向的雅砻江断裂带及 NW-SE 走向构造裂隙	NNE 向的哈哈断裂带及其复活、派生的构造裂隙
时代	喜马拉雅期(10.4~64.9 Ma)	喜马拉雅期(12.2~40.3 Ma)
产状	岩脉、岩株、小侵入体	岩株、岩枝
岩石组合	霓辉正长岩(斑)岩及其派生的含霓辉萤石锆重晶石-钼天青石岩(脉)和碳酸岩(脉)	霓石英碱正长岩及其派生的重晶霓辉伟晶岩、正长霓辉伟晶岩等碱性岩(脉)和碳酸岩(脉)
造岩矿物(含脉岩)	正长石、条纹长石、钠长石、斜长石、锆重晶石、钼天青石、萤石、方解石、霓辉石	微斜长石、钠长石、钾长石、石英、萤石、重晶石、方解石、霓石、霓辉石
特征矿物及副矿物(含脉岩)	暗色矿物:霓辉石 副矿物:氟碳铈矿、榍石、褐帘石、独居石	暗色矿物:霓石、霓辉石 副矿物:氟碳铈矿、稀氟钙碳铈矿、独居石、锆石、磷钇矿、褐帘石、榍石、贝塔石、硅钛铈矿、磷灰石、钼石
岩石化学及标准矿物	$w(\text{SiO}_2) = 68.28\%$; $w(\text{Al}_2\text{O}_3) = 17.64\%$; $w(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 2.59\%$; $w(\text{K}_2\text{O}) > w(\text{Na}_2\text{O})$; $w(\text{Al}_2\text{O}_3)/w(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) = 1.28$; $\sigma = 6.81$; $Q = 3.20\%$; $\text{Or} < \text{Ab}$; $\text{Ac} = 3.84\%$	$w(\text{SiO}_2) = 66.75\%$; $w(\text{Al}_2\text{O}_3) = 17.01\%$; $w(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 2.59\%$; $w(\text{K}_2\text{O}) > w(\text{Na}_2\text{O})$; $w(\text{Al}_2\text{O}_3)/w(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) = 1.68$; $\sigma = 3.97$; $Q = 18.72\%$; $\text{Or} < \text{Ab}$; $\text{Ac} = 4.3\%$
稀土丰度及特征值	$\Sigma\text{REE} = 1131 \times 10^{-6}$; $\delta\text{Eu} = 0.88$; $\text{Eu}/\text{Sm} = 0.23$; $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y} = 16.95$; $(\text{Ce}/\text{Yb})_{\text{N}} = 51.24$; $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}} = 76.25$; $(\text{La}/\text{Sm})_{\text{N}} = 6.58$	$\Sigma\text{REE} = 3363 \times 10^{-6}$; $\delta\text{Eu} = 0.77$; $\text{Eu}/\text{Sm} = 0.20$; $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y} = 29.55$; $(\text{Ce}/\text{Yb})_{\text{N}} = 67.37$; $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}} = 123.23$; $(\text{La}/\text{Sm})_{\text{N}} = 11.91$
稀土配分值/%	$\Sigma\text{Ce} = 94.44$; $\Sigma\text{Y} = 5.56$; $\text{LREE} = 91.45$; $\text{MREE} = 5.07$; $\text{HREE} = 3.48$	$\Sigma\text{Ce} = 96.73$; $\Sigma\text{Y} = 3.28$; $\text{LREE} = 94.72$; $\text{MREE} = 3.43$; $\text{HREE} = 1.86$
稀土配分型式	$\text{Ce} > \text{La} > \text{Nd}$, 富 LREE 强选择配分型	$\text{Ce} > \text{La} > \text{Nd}$, 富 LREE 强选择配分型

两者类似,同属喜马拉雅期幔源岩浆分异快速上升的高位小侵入体。

3 矿化特征

大陆槽稀土含矿带受多组构造裂隙控制,呈透镜状大脉、细脉和网脉展布的稀土矿(化)脉带及与其穿插的霓辉正长岩、石英闪长岩等围岩共同构成含矿带。初步圈定大小矿体(脉)20个,其中具有工业意义的有 I 号和 III 号 2 个矿体。

3.1 矿脉类型与矿体特征

大陆槽矿区的矿脉,按矿物共生组合可分为 3 类:氟碳铈矿-霓辉石-萤石-锆重晶石大脉;氟碳铈矿-霓辉石-萤石-钼天青石大脉;氟碳铈矿-锆重晶石-方解石碳酸岩脉。

氟碳铈矿-霓辉石-萤石-锆重晶石大脉:为 I 号矿体主体,其周围为矿物成分与之相同的细脉或细网脉,且碳酸盐化强烈。I 号矿体主体呈大透镜状或不规则脉状(图 4)。碳酸盐化霓辉萤石锆重晶石型稀土矿石构成矿体的核心,两侧的细脉带为霓辉正长岩型细网脉或少量石英闪长岩型细网脉稀土矿石。矿体围岩为霓辉正长岩。矿体总体走向为北西

—南东向,倾向 36°,倾角 75°左右,矿体出露宽度 80~180 m,厚 55~175 m,沿走向延长 420 m,矿体倾斜延伸 >450 m。矿脉一般全脉矿化,氟碳铈矿含量约 3%~5%,富者 10%~18%(体积百分数,下同),多呈浸染状分布,少量呈团块状分布。霓辉石多风化呈褐黑色土状物或粉末,呈斑杂状构造,少数呈不连续条带状分布,常保留假晶或晶洞,分布不均,含量约 4%~10%。紫色、绿色和无色萤石与之共生,呈团块状产出。矿体内稀土矿化程度变化大。

氟碳铈矿-霓辉石-萤石-钼天青石大脉:为 III 号矿体主体,矿物成分与之相同的细网脉穿插其中或沿两侧呈菱形网格状细脉带展布。III 号矿体平面上呈透镜状,赋存于霓辉正长岩株东缘内接触带中。矿体由大脉和两侧的细网脉带组成(图 5)。大矿脉为弱碳酸盐化霓辉石萤石钼天青石型稀土矿石。两侧和北端为霓辉正长岩细网脉或石英闪长岩型细网脉稀土矿石,向外逐渐过渡为围岩。主要围岩为霓辉正长岩,次为石英闪长岩。矿体总体走向近南北,倾向 267°,倾角 66°,出露宽度 26~100 m,厚 13.7~58.37 m,沿走向延长大于 200 m,矿体倾斜延伸 180 m 未见尖灭。矿脉全脉矿化,氟碳铈矿含量约 5%~8%,呈浸染状分布,分布不均。霓辉石呈星点状分

● 施泽民,李小渝,1997.四川省德昌县大陆槽稀土矿床稀土元素的赋存状态及综合利用研究报告。

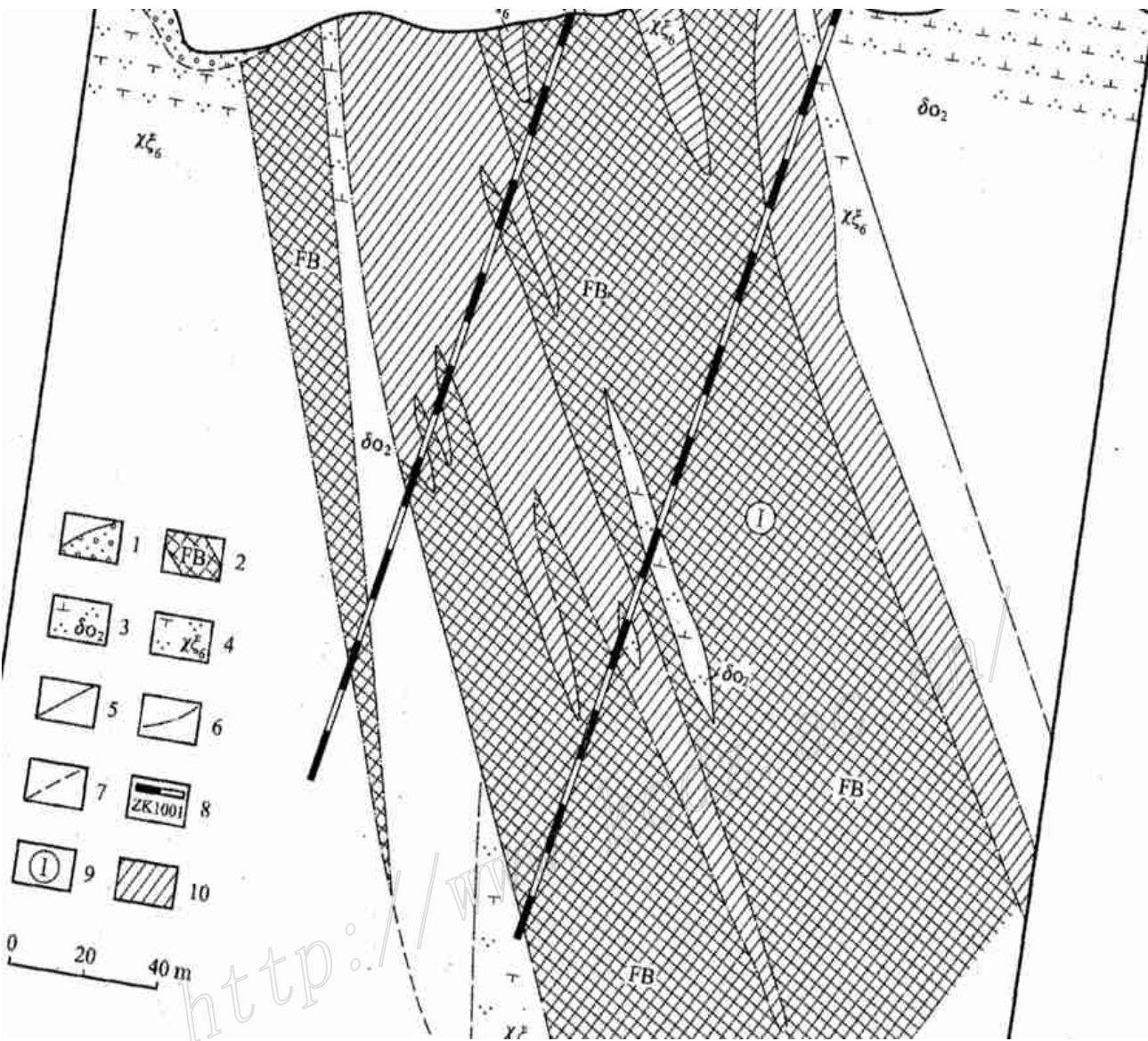


图 4 大陆槽稀土矿区 10 勘探线剖面图

1—第四系;2—萤石锶重晶石型矿石;3—石英闪长岩;4—霓辉正长岩;5—实测地质界线;6—矿体界线;7—推测地质界线;
8—钻孔及编号;9—矿体号;10—细网脉(正长岩)型矿石

Fig.4 Geological section along No. 10 exploration line of the Dalucao REE ore district

1—Quaternary; 2—Fluorite-Si-barite ore; 3—Quartz diorite; 4—Aegirine-augite syenite; 5—Geological boundary; 6—Orebody boundary;
7—Inferred geological boundary; 8—Project and its serial number; 9—Serial number of orebody; 10—Fine stockwork (syenite) type ore

布,呈斑杂状构造,少数呈不连续条带状分布,含量约 4%~10%。多风化为褐黑色土状物,偶见保留其假象或残晶。可见紫色、绿色和无色萤石与之共生,呈团块状产出。矿体内稀土矿化程度变化大。

霓辉石-锶重晶石-方解石碳酸岩脉:位于 I 号矿体两侧,呈几十厘米至数米宽的单脉分布在霓辉正长岩和石英闪长岩裂隙中。主要为粒状镶嵌结构、

自形-半自形晶结构,稀疏浸染状构造、块状构造。脉中偶见氟碳铈矿,含量 0.5%左右,呈星点状分布。霓辉石呈新鲜的短柱状晶体,分布不均匀,相对集中处呈团块状。锶重晶石呈斑杂状和团块状集合体分布于碳酸岩脉中。

3.2 矿石类型及特征

按矿物组合、产出特征、含矿岩脉的岩石类型,

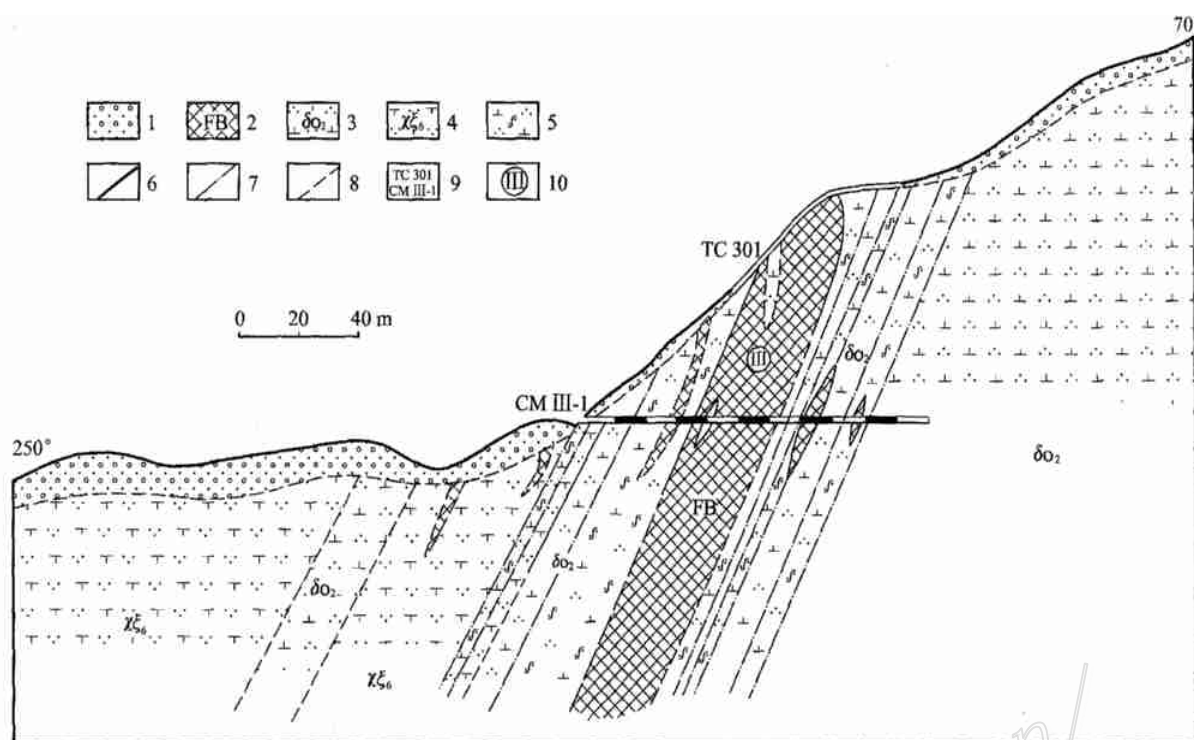


图 5 大陆槽稀土矿区 30 勘探线剖面图

1—第四系;2—萤石钡天青石型稀土矿石;3—细网脉型稀土矿石;4—石英闪长岩;5—正长岩;6—地质界线;7—推测地质界线;
8—矿体边界;9—工程编号;10—矿体编号

Fig.5 Geological section along No. 30 exploration line of the Dalucao REE ore district

1—Quaternary; 2—Fluorite-Ba-celestine REE ore; 3—Fine stockwork type REE ore; 4—Quartz diorite; 5—Syenite; 6—Geological boundary; 7—Inferred geological boundary; 8—Orebody boundary; 9—Serial number of project; 10—Serial number of orebody

大陆槽稀土矿区的矿石可分为大矿脉型、细网脉(浸染)型和碳酸岩型 3 大类,大矿脉型矿石根据重晶石-天青石系列矿物的 Sr-Ba 比例及含量不同,可再分为含霓辉石萤石锶重晶石型稀土矿石和含霓辉石萤石钡天青石型稀土矿石 2 个亚类,细网脉(浸染)型矿石又可分为正长(斑)岩型稀土矿石和石英闪长岩型稀土矿石,这 4 个亚类属于氟碳铈矿型矿石,结构构造基本相同,可见脉状、网脉状、浸染状、角砾状、斑杂状、空洞-松散状构造,自形晶、半自形-他形晶、伟晶状、碎裂、交代、嵌晶结构。在不同的矿体矿脉中,氟碳铈矿的稀土含量差别较大,霓辉石等特征矿物的含量不同。碳酸岩型矿石以稀土矿化的含霓辉石萤石重晶石方解石碳酸岩脉形式存在,可见粒状镶嵌结构、半自形结构、块状构造、稀疏浸染状构造、网格状构造。

3.3 成矿时代和矿化阶段

中国地质大学杨光明等人对大陆槽稀土矿床的

霓辉正长岩进行了 K-Ar 法年龄测定,结果为 64.9 Ma^①。含霓辉石萤石锶重晶石(钡天青石)岩、方解石碳酸岩的 K-Ar 法年龄为 10.4~15.9 Ma^①。它们与北段牦牛坪的碱性杂岩(12.2~27.8 Ma,袁忠信等,1993;1995;2001)同属喜马拉雅期产物。

大陆槽稀土矿床矿脉中的主要矿物锶重晶石-钡天青石、萤石、方解石、霓辉石和氟碳铈矿等有几个世代,常互相穿插、包裹和溶蚀交代。其形成温度从高温到低温,以中低温为主,矿物生成顺序示意图见表 4。大致可归纳成以下 4 个矿化阶段:

(1) 以硅酸盐矿物和氧化物为主的高温中温成矿阶段:包括长石、石英、霓辉石、黑云母、磁铁矿、榍石、褐帘石、独居石、磷灰石等矿物,主要以高温结晶为主,部分延至中温阶段;

(2) 以碱土金属和稀土元素与 CO₂、F、SO₄ 结合的中温矿化阶段:形成锶重晶石-钡天青石、萤石、方解石、氟碳铈矿等,它们的结晶开始于高温,结束于

① 杨光明等, 1998. 四川省德昌县 DL 稀土矿床成矿条件研究. 中国地质大学(武汉). (内部资料).

表4 大陆槽稀土矿床矿物形成顺序示意图^①
Table 4 Generalized paragenetic sequence of minerals
in the Dalucao REE ore district

矿物名称	高温阶段 (>350℃)	中温阶段 (350~220℃)	低温阶段 (200~100℃)	表生阶段 (<100℃)
碱性长石	—	—	—	—
石英	—	—	—	—
霓辉石	—	—	—	—
黑云母	—	—	—	—
褐帘石	—	—	—	—
榍石	—	—	—	—
磷灰石	—	—	—	—
独居石	—	—	—	—
磁铁矿	—	—	—	—
铈重晶石-钽天青石	—	—	—	—
萤石	—	—	—	—
氟碳铈矿	—	—	—	—
方解石	—	—	—	—
重晶石	—	—	—	—
方铅矿	—	—	—	—
黄铁矿	—	—	—	—
黄铜矿	—	—	—	—
辉钼矿	—	—	—	—
锰铁非晶质体	—	—	—	—
硅铝非晶质体	—	—	—	—
海重石	—	—	—	—
菱铈矿	—	—	—	—
钼铅矿	—	—	—	—
白铅矿	—	—	—	—
褐铁矿	—	—	—	—

低温,主晶出期为中温阶段。对大陆槽矿区的萤石、氟碳铈矿等矿物中的流体包裹体测温结果显示温度范围在 250 ~ 700 ℃ 之间^②。牦牛坪为 118 ~ 470 ℃ (阳正熙等,2000)。从包裹体均一温度估算的静岩压力小于 2 km,矿床形成于浅成或超浅成环境;

(3) 以有色金属和 Fe 与 S 结合为主的中低温矿化阶段:形成的矿物有方铅矿、黄铁矿、黄铜矿、辉铜矿、辉钼矿等硫化物,它们多分布在主矿物颗粒间,局部呈团块状,有的呈自形晶分布于岩、矿石的裂隙面上。其晶出晚于中温矿化阶段的矿物;

(4) 表生氧化分解置换矿化阶段:本阶段形成的矿物有毒重石、菱铈矿、白铅矿、钼铅矿、褐铁矿、含稀土锰铁非晶质体、硅铝非晶质体等。锰铁非晶质体和硅铝非晶质体为原生的铁镁矿物(霓辉石为主)经表生氧化分解置换而呈铁镁矿物的假象或经淋积充填于岩、矿石的裂隙中,分布较广,但很不均匀。其他表生矿物产出很少,未形成氧化次生富集带。稀土元素在锰铁非晶质体中反映了表生氧化分

馏作用,与原生矿石相比,中、重稀土含量有所提高,而轻稀土含量降低。

5 结论

(1) 大陆槽稀土矿床与牦牛坪稀土矿床同处攀西稀土成矿带,两矿床分别位于攀西裂谷的中段和北段。受攀西裂谷乃至印度板块与欧亚板块碰撞产生的雅砻江近南北向断裂带和北北东向的哈哈断裂带及其次生的断裂——大陆槽断裂的控制(李小渝等,2000),断裂构造为大陆槽矿床的成岩成矿提供了构造通道和储矿空间。

(2) 大陆槽霓辉正长岩派生的含霓辉萤石铈重晶石(钽天青石)岩、方解石碳酸岩的 K-Ar 法年龄,与北段牦牛坪的霓石英正长岩及有关矿石的年龄(12.2 ~ 40.3 Ma,袁忠信等,1995)相近,表明它们同属喜马拉雅期的产物。

(3) 含矿带呈带状展布,为由多组相互穿插、交织的含矿霓辉石萤石铈重晶石、霓辉石萤石钽天青石和方解石碳酸盐岩大脉、细脉、网脉以及被其穿插的霓辉正长岩和石英闪长岩构成的综合地质体。

(4) 大陆槽稀土矿床的碱性杂岩的矿物组合、岩石化学成分、稀土含量、稀土配分型式及形成的时间均与冕宁牦牛坪霓石英碱正长岩相似。

(5) 大陆槽稀土矿床属于与喜马拉雅期正长岩有关的、岩浆中-低温气成-热液充填交代型、含多金属的氟碳铈矿稀土矿床。

致谢 成文过程中得到中国地质科学院矿产资源研究所侯增谦研究员、袁忠信研究员、北京科技大学谢玉玲副教授、四川省地质矿产局 109 地质队总工程师蒲广平高级工程师的指导,贺元、范国强、叶凡忠同志给予了一定的协助,在此一并表示感谢。

References

- Li X Y and He Q. 2000. Geological features of RE mineral zone in Panzhihua-Xichang region[J]. Acta Geologica Sichuan, 20(1): 50 ~ 56(in Chinese with English abstract).
- Luo Y N. 1985. Panzhihua-Xichang paleorift[A]. In: Zhang Y X, Yuan X C, ed. Contribution to Panzhihua Xichang rift (No. 1) [C]. Beijing: Geol. Pub. House, 1 ~ 25(in Chinese).

① 施泽民,李小渝. 1997. 四川省德昌县大陆槽稀土矿床稀土元素的赋存状态及综合利用研究报告.
② 杨光明等. 1998. 四川省德昌县 DL 稀土矿床成矿条件研究. 中国地质大学(武汉). (内部资料).

- Shi Z M and Li X Y. 1995. The discovery and its significance of Dalucao ore deposit of REE in Dechang[J]. *Acta Geologica Sichuan*, 15(3) : 216 ~ 218 (in Chinese with English abstract) .
- Yang Z X, Williams J A E and Pu G P. 2000. Geological features of Maoniuping REE deposit, Sichuan, China[J]. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 20(2) : 28 ~ 34 (in Chinese with English abstract) .
- Yuan Z X, Bai G, Ding X S, et al. 1993. U-Pb isotopic age of zircon from the Maoniuping alkali granit, Sichuan Province and its geological significance[J]. *Mineral Deposit*, 12(2) : 189 ~ 192 (in Chinese with English abstract) .
- Yuan Z X, Shi Z M and Bai G. 1995. Maoniuping earth mineral deposits from the Mianning, Sichuan Province[M]. Beijing: Seismic Press. 19 ~ 41 (in Chinese) .
- Yuan Z X and Bai G. 2001. Temporal and spatial distribution of endogenic rare and rare earth mineral deposits of China[J]. *Mineral Deposits*, 20(4) : 347 ~ 354 (in Chinese with English abstract) .

附中文参考文献

- 李小渝, 何庆. 2000. 攀西地区稀土成矿带成矿地质特征[J]. *四川地质学报*, 20(1) : 50 ~ 56 .
- 骆耀南. 1985. 中国攀枝花-西昌古裂谷带[A]. 张云湘, 袁学成主编. 中国攀西裂谷文集(1)[C]. 北京:地质出版社. 1 ~ 25 .
- 施泽民, 李小渝. 1995. 德昌大陆槽稀土矿床的发现及其意义[J]. *四川地质学报*, 15(3) : 216 ~ 218 .
- 阳正熙, Williams J A E, 蒲广平. 2000. 四川冕宁牦牛坪稀土矿床地质特征[J]. *矿物岩石*, 20(3) : 28 ~ 34 .
- 袁忠信, 白 鸽, 丁孝石, 等. 1993. 四川冕宁牦牛坪碱性花岗岩锆石铀-铅同位素年龄及其地质意义[J]. *矿床地质*, 12(2) : 189 ~ 193 .
- 袁忠信, 施泽民, 白 鸽, 等. 1995. 四川冕宁牦牛坪稀土矿床[M]. 北京:地震出版社. 19 ~ 41 .
- 袁忠信, 白 鸽. 2001. 中国内生稀有稀土矿床的时空分布[J]. *矿床地质*, 20(4) : 347 ~ 354 .

Geological characteristics of Dalucao REE deposit in Dechang County, Sichuan Province

LI Xiao-yu

(No.109 Geological Party, Sichuan Bureau of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610100, Sichuan, China)

Abstract

The discovery of the Dalucao REE deposit in Dechang County is a new achievement made by the No.109 Geological Party of Sichuan Bureau of Geology and Mineral Resources after the discovery of the Maoniuping REE deposit in Mianning County. In order to find out ore-forming geological characteristics and REE occurrence modes of the Dalucao REE deposit, the authors made observation on lots of rock and ore thin sections, and studied shapes of orebodies as well as material composition, textures and structures of ores. The results show that the Dalucao REE deposit is very similar to the Maoniuping REE deposit in such aspects as the NS ore-controlling structure of the Himalayan REE alkaline complex, the "three-in-one" REE metallogenic model composed of small high-level aegirine-augite syenite porphyry intrusives, aegirine-augite fluorite Sr-barite veins and calcite veins, and metallogenic geological characteristics. The K-Ar age of the Dalucao deposit is 10.4 Ma, indicating the youngest REE deposit in the Panxi REE ore belt. The deposit is of a new type characterized by high REE grade. The main REE mineral bastnaesite has relatively coarse grains and is hence suitable for ore dressing.

Key words: geology, REE deposit, geological characteristics, bastnaesite, Dalucao in Dechang County