

四川石棉田湾地区的辉绿岩及其与金矿关系*

曾广策

肖玉永

(中国地质大学, 武汉 430074)

(大港石油管理局地质研究院, 天津 301800)

杨铸生

贺金良

(四川攀西地质大队, 西昌 615000)

摘要 研究区地处扬子地台西缘,西与松潘甘孜地槽褶皱带以窄小的古火山岩带相隔。在观音崖组、灯影组以及康定群变质杂岩中广泛发育有辉绿岩脉、岩墙。辉绿岩受断裂控制,岩脉边部具碎裂结构、糜棱结构、块状构造。岩石蚀变强,除少量的斜长石、辉石原生矿物残余外,主要由钠长石、角闪石、绿泥石、绿帘石和方解石等变质矿物组成。按岩石化学成分,辉绿岩属拉斑系列、钾质类型,但按辉石成分,也有碱性系列。岩石稀土元素、微量元素表明,辉绿岩与茶铺子细碧岩属同源岩浆产物,相当于板块碰撞后的次火山活动产物,岩浆房深度约为 25 km。辉绿岩的 Au 背景值高,是 Au、Cu 矿的矿源层。辉绿岩赋存的断裂是导矿构造,辉绿岩浆活动使康定群中的 Au 活化并随岩浆迁移,成矿热液沿断裂上升被辉绿岩阻挡在下盘围岩中成矿。辉绿岩是该区良好的找矿标志。

关键词 辉绿岩 金矿 石棉县 四川省

1 辉绿岩的分布和产状

研究区位于石棉县田湾乡境内,大地构造位置处在扬子地台西缘,西与松潘甘孜地槽褶皱带以窄小的古火山岩带相隔,该古火山岩带为石棉西油房—冕宁茶铺子—盐源仰天窝古火山岩带北端的尖灭部分^[1],区内大泥沟一带最窄处不足百米,也有人将该火山岩带归为松潘甘孜地槽褶皱带的东缘。研究区地层主要有:康定群变质杂岩($Ar_2 - Pt_1kd$),斜长角闪岩、角闪岩、片麻岩、变粒岩及混合花岗岩等;茨竹坪组(Pt_2c),变质砂砾岩、板岩、千枚岩;观音崖组(Z_2g),大理岩、白云质大理岩夹石英角斑岩,白云质大理岩夹板岩、千枚岩;灯影组(Z_2d),白云质大理岩为主。研究区的辉绿岩较为发育,从田湾以北的什月坪,经田湾到田湾以南的大发沟,直至大发沟以南的新民一带均有产出,其中以大发沟一带最为发育。辉绿岩的地质分布、产状有如下特点:

(1)形态多为脉状,岩脉厚十几厘米至数米,有的厚达 13 m。岩脉既分布于地台盖层的震旦纪地层中,也分布于地台基底的太古宙—元古宙康定群变质杂岩中。

2001年2月5日收稿。

*地质矿产部定向研究项目《扬子地台西缘冕宁石棉地区贵金属成矿规律及找矿靶区研究》的部分成果。

(2)岩脉走向总体上与区域地层走向一致,有时顺层,有时切层;倾向与围岩多为切层关系,局部地段表现为顺层,倾角较陡,一般在 70° 以上,有时近于直立。岩脉顶底板围岩较破碎,在接触面上有时见有断层泥,表明辉绿岩脉是沿后期走向断裂充填而成。

(3)岩石一般蚀变较强,较薄的岩脉且断裂活动较强的地段几乎全部绿泥石、绿帘石、钠长石化。只有较厚的岩脉且受断裂活动影响较弱的地段,才见有原生矿物残余。岩石蚀变强弱与构造活动的强弱有关,表明辉绿岩侵入后,断裂构造还有后期活动。

2 辉绿岩的岩石、矿物及岩石化学、地球化学特征

2.1 辉绿岩的岩石学特征

辉绿岩受区域变质、动力变质和成矿热液作用而蚀变,其组成矿物主要为变成、蚀变矿物,局部地段见少量变余原生矿物残晶。

田垌一带的辉绿岩脉厚度小,变质蚀变强。岩石为绿色,块状构造,岩脉边缘多具片理构造,镜下见岩石具变余斑状结构,岩脉边缘见碎裂结构、糜棱结构。岩石的斑晶为绿泥石化、角闪石化的辉石和钠长石化、绿泥石化的斜长石。变成的角闪石多为阳起石($Ng \wedge c = 10^{\circ} \sim 15^{\circ}$),少数为透闪石($Ng \wedge c = 17^{\circ} \sim 24^{\circ}$)和钛角闪石($Ng \wedge c = 9^{\circ} \pm$)。变余的斜长石斑晶用卡钠复合双晶消光角法测定为 $An = 42$ 的中长石。基质由钠长石、绿泥石、绿帘石、黑云母和次生石英组成。有的岩石碳酸盐矿物含量很多。

大发沟一带的辉绿岩脉厚度较大,岩脉中部一般见有变余原生矿物残晶。岩石呈绿色,块状构造。镜下见岩石呈细粒辉绿结构。长石呈条状、长条状,钠黝帘石化,含量约50%。辉石基本上绿泥石化、角闪石化,仅部分斑晶的核部有变余的原生辉石残晶:无色、浅褐、黄色,短柱状、粒状, $Ng \wedge c = 40^{\circ} \pm$,多为普通辉石,少为透辉石($Ng \wedge c = 25^{\circ} \sim 32^{\circ}$)和霓辉石($Np \wedge c = 8^{\circ}$),辉石含量约40%。此外还有磁铁矿,黑云母及少量次生石英。

2.2 辉绿岩的造岩矿物特征

本区辉绿岩的矿物组成主要为变成、蚀变矿物,它们有绿泥石、钠长石、阳起石、透闪石、钛角闪石、绢云母、黑云母、绿帘石、方解石、黄铁矿、石英等,少见变余原生矿物残晶,如普通辉石、含钛普通辉石、霓石、中长石、磁铁矿等。

代表性的斜长石微晶的电子探针分析结果和以8个氧原子为基础的阳离子系数、端元组分及种属名称列于表1中。从表中可以看出,大部分斜长石微晶为较纯的钠长石,少数为钠长石化不彻底的更长石。无论是钠长石还是更长石,其中含有的Or分子很少,说明它们是原生斜长石后期钠长石化的结果,少数变余斜长石核部为 $An = 42$ 的中长石也说明了这一点。

本区辉绿岩中的辉石为变余的原生辉石残晶,产于变余斑晶的核部。辉石的电子探针分析结果、以6个氧原子为基础的阳离子系数及其端元组分、种属名称列于表2中。从表中可以看出,本区辉绿岩中的辉石既有非碱性的普通辉石,也有碱性的含钛辉石,说明原生岩石既有钙碱性的,也有碱性的。

据辉石的成分可判别岩石的碱度^[2]。从图1可以看出,原生岩石有属于拉斑系列的,也有属碱性系列的。田垌银厂沟辉绿岩主要属拉斑系列,大发沟辉绿岩主要属于碱性系列。

表 1 辉绿岩中斜长石的电子探针分析结果(%)、分子式中的元素系数、端元组分及种属名称

Table 1 Electron probe analyses and calculated values of plagioclase from diabases

序号	样号	寄主岩	产状	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Σ
1	Y-3	辉绿岩	微晶	68.73	0.00	15.59	0.04	0.00	0.00	0.26	11.76	0.04	100.43
2			微晶	68.46	0.00	19.82	0.20	0.03	0.00	0.42	11.31	0.08	100.32
3	DF-6		微晶	65.77	0.00	19.35	0.39	0.00	0.05	3.66	10.51	0.08	99.81

序号	Si	Ti	Al	Fe ²⁺	Mn	Mg	Ca	Na	K	O	An	Ab	Or	种属名称
1	2.991	0.000	1.005	0.001	0.000	0.000	0.012	0.992	0.002	8.000	1.2	98.6	0.2	钠长石
2	2.983	0.000	1.018	0.007	0.001	0.000	0.019	0.955	0.004	8.000	1.9	97.7	0.4	钠长石
3	2.920	0.000	1.010	0.010	0.000	0.000	0.173	0.902	0.004	8.000	16.0	83.6	0.4	更长石

Y 为田湾银厂沟辉绿岩;DF 为大发沟辉绿岩;测试单位:中国地质大学分析测试中心电子探针室。

表 2 绿辉岩中辉石的电子探针分析结果(%)、分子式中的元素系数、端元组分及种属名称

Table 2 Electron probe analyses and calculated values of pyroxene from diabases

序号	样号	产状	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Σ	Si	Al ^{IV}
1	Y-3	微晶	53.02	0.13	2.96	15.26	0.28	14.54	12.40	0.37	0.16	99.12	1.989	0.011
2	DF3-1	斑晶	48.15	1.31	3.83	12.68	0.28	13.58	18.59	0.34	0.01	98.76	1.829	0.017
3		斑边	50.99	1.23	3.86	12.85	0.26	12.50	16.05	0.40	0.25	98.39	1.937	0.063
4	DF3-2	斑中	49.78	1.27	3.02	13.13	0.31	12.91	19.22	0.36		99.99	1.881	0.119
5		斑边	49.84	1.21	3.22	13.08	0.42	12.49	19.51	0.31		100.07	1.889	0.111
6	DF3-4	斑晶	49.73	1.32	3.17	13.27	0.33	12.23	18.96	0.34	0.03	100.37	1.879	0.121
7	DF6-1	斑中	52.14	0.50	3.14	18.31	0.33	12.51	10.97	0.38	0.85	99.11	1.991	0.009
8		斑边	50.12	0.63	1.26	16.09	0.56	12.81	17.78	0.28		99.54	1.931	0.057

序号	Al ^{VI}	Ti	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	O	Wo	En	Es	种属名称
1	0.121	0.004	0.479	0.009	0.813	0.499	0.027	0.008	6.000	17.7	45.2	27.1	普通辉石
2		0.037	0.407	0.009	0.769	0.757	0.025	0.001	6.000	39.0	39.6	21.4	含钛普通辉石
3	0.109	0.035	0.408	0.008	0.708	0.653	0.030	0.012	6.000	36.7	39.8	23.4	含钛普通辉石
4	0.016	0.036	0.415	0.010	0.750	0.778	0.026		6.000	39.8	38.4	21.8	含钛普通辉石
5	0.033	0.034	0.415	0.013	0.706	0.792	0.023		6.000	41.1	36.6	22.2	含钛普通辉石
6	0.020	0.038	0.419	0.011	0.746	0.767	0.025	0.001	6.000	39.5	38.4	22.1	含钛普通辉石
7	0.133	0.014	0.585	0.011	0.712	0.449	0.028	0.041	6.000	25.6	40.5	33.9	普通辉石
8		0.018	0.518	0.019	0.735	0.734	0.020		6.000	36.6	36.7	26.8	普通辉石

Y、DF 同表 1;测试单位:中国地质大学分析测试中心电子探针室。

据辉石中的含 Al 量可估算出辉石的结晶温压。按邱家骥、曾广策^[2]建立的回归方程,估算出辉石斑晶结晶时的平均压力为 0.81 GPa,平均温度为 1105℃,推测玄武岩浆房的深度约为 25 km。

辉绿岩中的角闪石一部分明显属于变质矿物,它们的形态多为针状、细长柱状,单体较细,集合体有时呈束状、放射状,常产于变质暗色矿物的边缘或穿切基质矿物。另一部分角闪石形态为粗大粒状、柱状,光性均匀,可能为原生矿物,它们的电子探针分析结果、分子式中的元素系数及种属名称列于表 3 中。种属名称是据 Leake(1978)的角闪石命名方案命名的。按角闪石的 $Fe^{2+}/\Sigma R^{2+} - (Fe^{3+} + Al)$ 图(Miyashiro, 1957)判别,表 3 中的角闪石全部投影于岩浆岩区,属原角闪石。辉绿岩中角闪石的出现,也表明其结晶时水分压较大,深度较深。

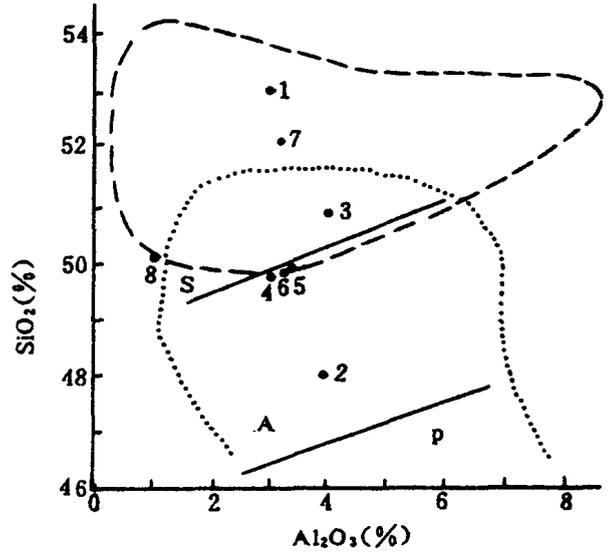


图 1 单斜辉石 SiO₂-Al₂O₃ 图

Fig. 1 SiO₂-Al₂O₃ diagram of clinopyroxene

S-亚碱性系列 A-碱性系列 P-过碱系列
虚线区为拉斑系列;点线区为碱性系列;点号同表 2

表 3 辉绿岩中角闪岩电子探针分析结果(%)、分子式中的元素系数、M 值及种属名称

Table 3 Electron probe analyses and calculated values of amphibole from diabases

序号	样号	产状	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Σ
1	Y-3	斑边	53.59	0.10	2.14	14.48	0.39	14.88	12.86	0.34	0.16	99.28
2	Y3-2	斑晶	48.87	7.29	2.50	13.39	0.21	10.35	16.94	0.29	0.10	99.93
3	Y3-2	斑晶	52.92	0.00	3.29	15.48	0.31	13.55	12.06	0.51	0.23	98.95
4	DF3-2	斑边	53.17	0.41	2.80	20.91	0.38	8.79	11.99	0.40	0.14	98.99

序号	Si	Al	Ti	Fe ²⁺	Mn	Mg	Ca	Na	K	O	M	种属名称
1	7.716	0.369	0.009	1.736	0.052	3.171	1.968	0.095	0.021	23.000	0.646	阳起石
2	7.569	0.465	0.846	1.730	0.028	2.390	2.808	0.093	0.019	23.000	0.580	钛角闪石
3	7.651	0.556	0.000	1.876	0.035	2.981	1.867	0.139	0.043	23.000	0.609	阳起石
4	7.891	0.481	0.045	2.595	0.036	1.944	1.908	0.116	0.027	23.000	0.428	铁铁起石

Y、DF 同表 1; M = Mg / (Fe²⁺ + Mg); 测试单位: 中国地质大学分析测试中心电子探针室。

2.3 辉绿岩的岩石化学、地球化学特征

本区辉绿岩的化学成分和相应的 CIPW 标准矿物组成列于表 4 中。按曾广策等^[3]对玄武岩类进行详细命名的 Ne-Hy-Ol-Q 方案,形成辉绿岩的岩浆相当于石英拉斑玄武岩浆。按 Irvine(1971)划分岩石碱度系列、钾钠类型的方法判别,辉绿岩的碱度系列属于拉斑玄武岩系列,钾钠类型属于钾质、但含钾不太高的类型。岩石含钾偏高,说明原始岩浆来源较深,是板块碰撞

后的产物。如前所述,按岩石中辉石的成分判断,岩石既有拉斑系列的,也有碱性系列的;但按岩石化学成分判断,则全部属于拉斑系列,这可能与岩石后期硅化有关,次生石英提高了岩石成分中的 SiO₂ 含量。

表 4 辉绿岩岩石化学成分及 CIPW 标准矿物(%)

Table 4 Chemical analyses and CIPW data of diabases

序号	样号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂	H ₂ O ⁺	Σ
1	Y-3	49.15	1.45	13.68	2.82	8.23	0.18	7.18	11.09	1.48	1.51	0.12	0.00	2.74	99.63
2	DF-3	47.84	2.54	12.96	4.98	10.89	0.25	5.14	8.93	2.13	0.70	0.38	0.00	2.99	99.75
3	DF-6	48.05	2.55	12.79	5.03	10.71	0.24	5.11	8.73	1.91	0.78	0.36	0.13	3.25	99.64

序号	Ap	Il	Mt	Or	Ab	An	C	Di			Hy		Ol		Q
								Wo	En	Fs	En	Fs	Fo	Fa	
1	0.34	2.88	3.24	9.46	13.11	26.70		12.20	6.91	4.78	11.56	8.02			0.90
2	0.91	5.01	4.86	3.90	18.35	24.76		7.78	3.37	4.41	9.88	12.85			3.90
3	0.91	4.81	4.63	5.00	16.78	25.03		7.32	3.16	4.16	10.09	13.26			4.80

Y、DF 同表 1;测试单位:湖北省测试实验研究中心。

辉绿岩的稀土元素丰度列于表 5 中。稀土元素分布型式为轻稀土富集型(图 2)。杜河坝、银厂沟—大发沟两地辉绿岩的轻稀土元素富集程度类似,表明它们由同源岩浆形成。与石棉—茶铺子—盐源仰天窝绿岩中的细碧岩^[1]相比,其稀土元素的丰度和分布型式上都很相似(图 2),表示它们来自同一源区。在 La-Ce 图上二者的 La、Ce 明显呈线性关系(图 3),也显示二者为同源产物。这些再次说明辉绿岩是板块碰撞后的产物,相当玄武岩浆活动后期的次火山活动产物。

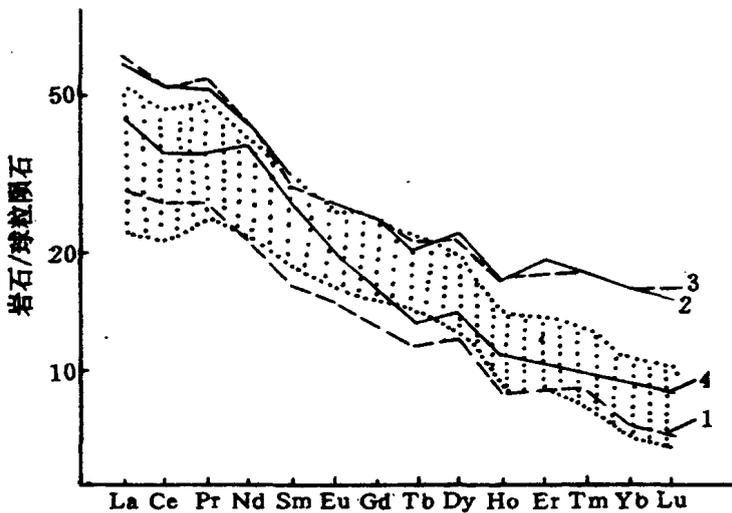


图 2 稀土元素分布型式

Fig.2 REE distribution pattern

1~4 同表 5;阴影区为石棉—茶铺子—仰天窝绿岩带中细碧岩的稀土元素分布区^[1]

表5 辉绿岩稀土元素丰度(10^{-6})

Table 5 REE abundance of diabases

序号	样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Hb	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Σ
1	Y-3	9.73	24.47	3.36	13.99	3.33	1.12	3.54	0.55	3.67	0.69	1.83	0.29	1.62	0.24	17.82	86.16
2	DF-3	21.03	48.52	6.83	27.50	6.13	1.97	6.60	0.98	6.92	1.36	3.79	0.60	3.64	0.55	35.45	171.88
3	DF-6	21.51	49.53	6.46	27.07	5.97	1.95	6.46	1.01	6.72	1.35	3.74	0.59	3.62	0.56	35.02	171.37
4	Y72	15.3	33.3	4.44	24.7	5.25	1.49	4.37	0.64	4.28	0.85	2.17	0.33	2.12	0.31	18.5	118.05

1-3 同表4;4 引自四川地矿局区调队资料(1996)。

辉绿岩的微量元素丰度如表6所列,用原始地幔(Wood, 1979)值标准化后,其蛛网图如图4所示。从图中可以看出,本区辉绿岩微量元素分布型式比较类似于大陆拉斑玄武岩,只是大离子亲石元素 Ra、Th 等更富集,这说明本区辉绿岩是板块碰撞后大陆内部的产物,受后期矿液蚀变,更富含壳层元素 Ra、Th 等。岩石的(Rb/Yb)N 值为 3.06~17.86,说明原始岩浆来源于近地壳的富集壳层元素的地幔,原岩熔融程度低、来源深。岩石的 Sr* 值 $\{Sr_N / [(Ce_N + Nd_N) / 2]\}$ 为 0.47~0.95,说明辉绿岩经过强烈的蚀变。

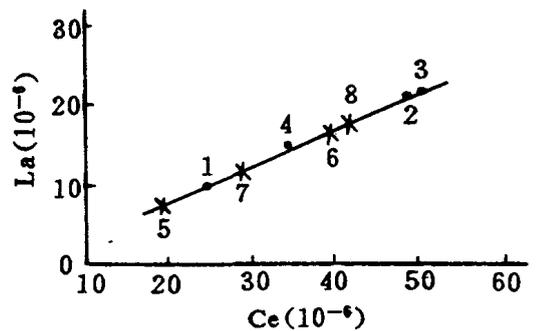


图3 La-Ce图

Fig.3 La-Ce diagram

1~4 同表5;5~8 为茶铺子火山岩^[1]

表6 辉绿岩微量元素丰度(10^{-6})及其主要参数

Table 6 Trace element abundance of diabases

序号	样号	Hf	Sc	Ta	Sr	Ba	Rb	Th	Nb	Zn	Cr	$(\frac{Rb}{Yb})_N$	Sr*
1	Y-3	2.90	34.6	0.64	264	391	41.9	10.0	11.7	104	96.3	17.86	0.95
2	DF-3	5.2	33.2	1.20	262	365	16.1	16.1	25.8	209	30.7	3.06	0.48
3	DF-6	5.4	33.9	1.18	258	281	22.6	11.2	26.6	205	43.3	4.31	0.47
4	Y72	1.6		0.6	570	411	15	7.5	6.8	55	26	4.90	1.33

1-4 同表5。

3 辉绿岩与 Au 矿的关系

石棉田垮地区杜河坝、银厂沟—大发沟的 Au 矿与辉绿岩有着密切的关系,主要表现在以下几个方面:

(1) 辉绿岩产出的断裂是导矿构造。辉绿岩为线状岩脉,岩脉与两侧围岩的接触面多为断层面,近脉围岩破碎,岩脉明显为充填断裂而成。如上所述,形成辉绿岩的岩浆来源较深,断裂应为深断裂,是深部物质向上运移的通道。如岩脉两侧围岩黄铁矿化相对较强,风化后呈铁褐

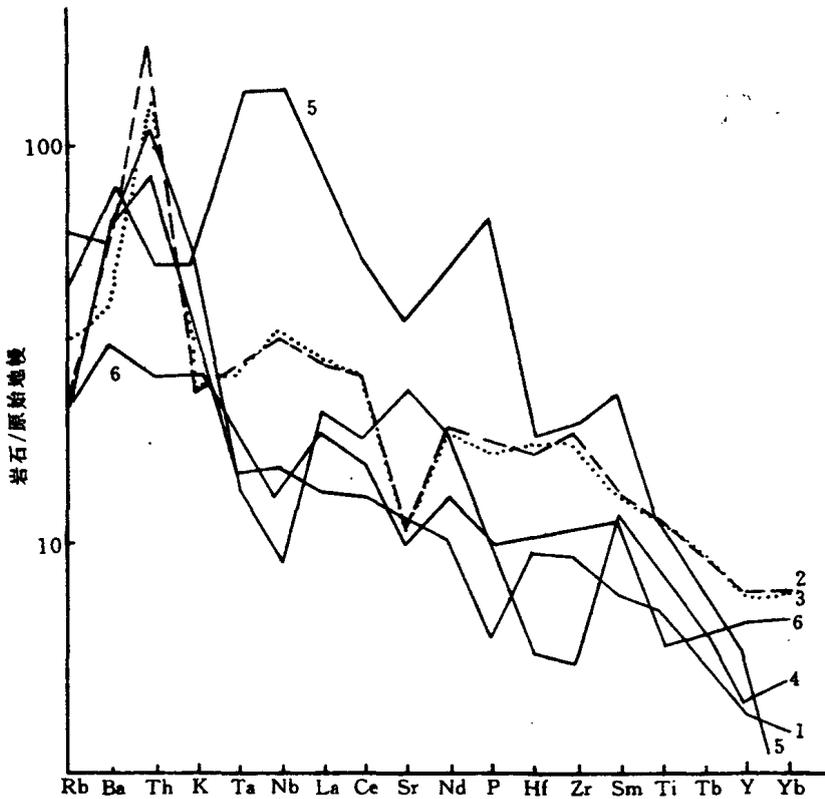


图 4 微量元素比值蛛网图

Fig. 4 Trace-element distribution pattern

1~4 同表 6; 5, 6 (引自李昌年^[4]) 分别为: 板内碱性玄武岩 (Pearce, 1982); 大陆拉斑玄武岩 (Holm, 1985)

色, 这就是有成矿热液运移通过的表现。断裂倾角陡, 当两侧围岩满足成矿条件时, 成矿物质即在离岩脉不远的围岩中形成矿体。如杜河坝 I 号矿体下盘不远即为辉绿岩脉, 大发沟紧靠辉绿岩脉下盘围岩中即产出矿体。因此, 辉绿岩脉是找矿的良好标志, 这在大发沟一带尤为明显。

(2) 辉绿岩本身是矿源层。辉绿岩是火山活动晚期的岩浆侵入产物。岩浆活动晚期, 岩浆已经分异演化, 成矿物质集中在富矿岩浆中。辉绿岩的 Au 背景值高 (0.2×10^{-6}), 普遍具星点状黄铁矿化表明辉绿岩有可能是这种富矿岩浆上侵形成, 是 Au、Cu 矿的矿源层。

(3) 玄武岩浆房的形成、玄武岩浆的上侵, 为成矿提供了热能, 促进了围岩成矿物质活化运移, 在有利地段成矿。本区的基底是康定群变质杂岩, 它主要由变质基性火山岩组成, 其 Au 背景值高, 辉绿岩浆的活动, 促进康定杂岩中的 Au 活化、随岩浆迁移, 在上覆的碳酸盐岩中成矿。

(4) 辉绿岩是一种相对致密的岩石, 对成矿热液起屏蔽作用, 有利于在辉绿岩脉下盘围岩中成矿。如大发沟的 Au 矿体即属此类。

参 考 文 献

- [1] 曾广策、肖玉永. 四川冕宁茶铺子火山岩及其含矿性. 华南地质与成矿, 1998, (1): 12—19
- [2] 邱家骥、曾广策. 中国东部新生代玄武岩中低压单斜辉石的矿物学及岩石学意义. 岩石学报, 1987, (4): 1—9
- [3] 曾广策、肖玉永、邱家骥. 对细碧—石英角斑岩系种属划分和命名的建议. 地质科技情报, 1997, 16(2): 19—23
- [4] 李昌年. 火成岩微量元素岩石学. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992. 104—114

DIABASE AND GOLD MINERALIZATION AT TIANWAN, SHIMIAN, SICHUAN, SOUTHWESTERN CHINA

Zeng Guangce

(Faculty of Earth Science, China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Xiao Yuyong

(Institute of Geology, DaGang Oil Management Bureau, Tianjin 301800)

Yang Zhusheng He Jinliang

(Panxi Geologic Party, Sichuan Bureau of Geology and Mineral Resources, XiChang 615000)

Abstract

The studied area locates at Tianwan area, Shimian county, Sichuan Province and between the western margin of the Yangtze Platform and the Songfan - Ganzi folded system separated by a narrow volcanic rock belt, where diabase dikes and veins controlled by fault system are widespread in the Sinian Guanyinya formation, Dengying formation and Archean - Proterozoic metamorphic complex (Kangding Group). Cataclastic and mylonitic texture as well as massive structure can be found in the rim of diabase dikes and veins which have been strongly altered and mainly consist of albite, amphibole, chlorite, epidote and calcite with a little residual plagioclase and pyroxene. According to the petrochemical data, diabases belongs to potassium type tholeiitic series. REE and trace element characteristics shows that diabase has the same source with the Chapuzi spilite in the studied area, being resulted from a 25 km deep magma chamber through post - collision sub - volcanism. With high gold abundance, the diabase should be the source bed of Au - Cu deposits and gold remarks for prospecting of deposits in the studied area, because intrusion of the diabase along faults resulted to remobilization of gold from the Archean - Proterozoic Kangding metamorphic complex, when the ore - forming fluids drifted along the rupture and was obstructed by the diabase, gold mineralization happened in the footwall country rock.

Key words diabase gold deposits Shimian Sichuan province