

23-29, 45

陕西户县大石沟碳酸岩地球化学特征及其成因意义^①

潘鸿迪

(西安工程学院资源系·西安·710054)

p. 588-245

户县大石沟碳酸岩,多年来一直被认为是超基性岩—碳酸岩杂岩体的一部分,属岩浆成因。在岩体地质及岩石学研究的基础上,通过微量元素、岩石化学、稀土元素及碳氧同位素分析,认为该岩石属构造—热液成因的交代蚀变碳酸盐岩。

关键词 地球化学 岩石化学 微量元素 稀土元素 碳、氧同位素 碳酸岩

碳酸同位素



岩石·矿物

户县大石沟碳酸岩体位于北秦岭构造带中部,铁炉子—三要断裂以北、石门—龙川寺复式向斜中部,区域上为—长期活动的东西向构造带。

该岩体是陕西省地矿局第八地质队于1974年发现的,1978年提交详查报告。报告及有关研究者^{①②③④}认为,大石沟碳酸岩是超基性岩—碳酸岩杂岩体的一部分,成因上与超基性岩浆活动有关;其形成机理是上部超基性岩浆冷却成岩,堵塞通道,下部超基性熔融岩浆中挥发份交代角砾状超基性岩形成碳酸岩;进而将该超基性岩、碳酸岩与金红石成矿及金刚石成矿(似金伯利岩)相联系,引起普遍关注。作者通过岩体地质、岩石学、矿物学及岩石地球化学等方面的研究,认为大石沟碳酸岩形成与岩浆活动无关,而是宽坪群大镇沟组结晶片岩受构造作用发生破碎,经强烈碳酸盐化形成的,属构造—热液成因。

1 岩体地质概况

大石沟碳酸岩位于石门—龙川寺复式向斜之次级褶皱大石沟倒转向斜中部(图1)。区内断裂构造发育,主要为一 NEE 向走向断

裂,其次为 NNW 向压扭性小断裂,前者控制碳酸岩形成。

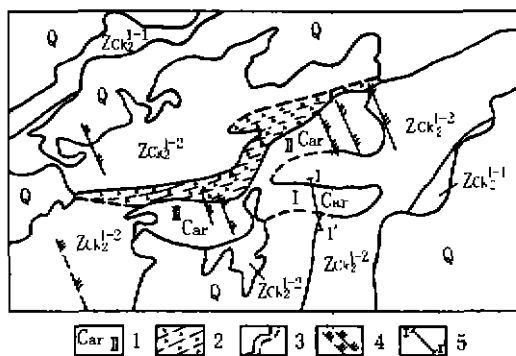


图1 户县大石沟碳酸岩地质略图

(据陕西省地矿局第八地质队资料经野外实测修编)

Q—第四系残坡积层;Zck₂¹⁻²—宽坪群大镇沟组下亚组第二层;Zck₂¹⁻¹—宽坪群大镇沟组下亚组第一层;
1—碳酸岩体及编号;2—构造破碎带;3—实测/推测地质界线;4—实测/推测压扭性断层;5—剖面线位置

本区出露地层,作者认为应属张维吉^②划分的下元古界宽坪群大镇沟组下亚组,与前人划分的前震旦系宽坪群中亚组相当。该地层由下而上分为两层。

第一层:绿泥钠长阳起片岩和阳起钠长片岩,局部岩石绿泥石化,具硅质条带白云质大理岩及绢云石英片岩夹层。

第二层:绢云钠长石英片岩及绿泥透闪

本文1997年6月收到,李翠华编辑。

①本文为国家自然科学基金资助项目部分成果。

②陕西省地矿局第八地质队,1978,户县甘峪口大石沟金红石矿床详查报告。

③陕西省地矿局第八地质队,1980,陕西省户县纸房地区区域地质调查报告。

④刘光祯等,1980,陕西户县甘峪大石沟碳酸岩及其金红石矿的成因探讨,地质通讯(第3期),陕西地质局第八地质队。

片岩,具硅质条带白云质大理岩及绿泥钠长阳起片岩夹层。

碳酸岩形成受构造、层位及岩性控制,主要是构造控制,岩体平面上呈透镜状,局部分叉、膨大,总体方向与本区 NEE 向构造破碎带一致,且碳酸岩发育程度与构造破碎程度有关。岩体与围岩产状基本一致,倾向北西,倾角约 35°;岩体与围岩的接触面多为波状,局部较平整,间或为不规则状;不规则处,岩体形态由非常局限的小构造控制。围岩为小镇沟组下亚组结晶片岩,岩体主要产在绿泥透闪片岩中,其次为云母石英片岩等,从围岩到岩体,岩性有渐变现象,即片岩→弱碳酸盐化片岩→强碳酸盐化片岩→碳酸岩,在岩体中有大小不等的片岩残留体广泛分布。

碳酸岩主要矿物为白云石、铁白云石和方解石,次要矿物为石英、绿泥石、黑云母、白云母、和绿帘石,副矿物有磷灰石、磁铁矿、赤铁矿、榍石、金红石、钛铁矿、黄铁矿和电气石等。碳酸岩中的硅酸盐矿物主要为其原岩(结晶片岩)的交代残余。岩石普遍具交代结构(交代假象结构、交代蚕食结构)及交代残余结构(残余粒状变晶结构、残余鳞片变晶结构)等,块状构造及残余片状构造。

2 地球化学

2.1 岩石化学

大石沟碳酸岩及有关岩石化学成分见表 1。由表 1,大石沟碳酸岩与岩浆成因碳酸岩化学成分平均值相比, SiO_2 高 3 倍,全铁

表 1 碳酸岩及有关岩石化学成分平均值

(%)

岩石类型	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO
碳酸岩(7)	21.49~37.73 27.83	0.16~1.60 0.44	1.22~5.18 3.47	1.12~7.36 3.91	2.68~9.03 6.17	0.17~0.27 0.21	12.10~21.10 16.34
绿泥透闪片岩(6)	32.97~42.18 36.03	1.44~2.50 2.07	4.57~7.01 5.74	5.90~9.95 7.14	5.28~6.93 6.13	0.14~0.24 0.20	17.80~24.42 19.94
云母石英片岩(1)	73.54	0.38	12.04	1.50	2.52	0.06	1.80
大理岩(1)	44.55	0.05	1.52	0.09	0.46	0.04	8.27
岩浆碳酸岩 ^①	9.58	0.65	2.90	4.33	4.37	0.72	6.69
沉积碳酸盐岩 ^②	5.14	0.07	0.40	—	0.49	0.14	7.79
超基性岩(纯橄岩) ^③	40.49	0.02	0.86	2.84	5.54	0.16	46.32
基性岩(玄武岩) ^④	48.28	2.21	14.99	4.18	6.95	0.20	7.00
世界金伯利岩 ^⑤	34.73	1.62	2.88	6.10	3.13	—	31.41
砂页岩 ^⑥	67.10	—	10.70	3.10	1.50	—	1.80
岩石类型	CaO	Na_2O	K_2O	H_2O^+	H_2O^-	P_2O_5	CO_2
碳酸岩(7)	9.90~25.85 18.98	0.03~0.05 0.04	0.01~0.07 0.03	1.85~22.92 4.72	0.02~0.03 0.02	0.26~1.96 1.24	16.31~24.88 18.31
绿泥透闪片岩(6)	5.68~17.20 13.28	0.03~0.06 0.04	0.01~0.04 0.03	2.99~4.79 3.79	0.01~0.03 0.02	1.30~2.00 1.68	0.41~5.19 3.28
云母石英片岩(1)	0.70	2.65	2.83	—	—	0.18	0.0
大理岩(1)	21.87	0.04	0.14	0.08	0.01	0.22	22.24
岩浆碳酸岩 ^①	34.06	1.02	1.47	—	—	1.86	29.29
沉积碳酸盐岩 ^②	42.30	0.03	0.16	—	—	0.05	41.74
超基性岩(纯橄岩) ^③	0.70	0.10	0.04	2.88	—	0.05	—
基性岩(玄武岩) ^④	8.07	3.40	2.51	1.26	—	0.60	0.35
世界金伯利岩 ^⑤	5.79	0.33	1.17	9.20	—	1.06	2.58
砂页岩 ^⑥	4.0	1.20	2.40	—	—	—	3.50

①—据 Hyndman(1972);②—据 D. P. 哥尔德(1963);③—据戴里;④—据布拉特;其它为西安地质学院化实验室分析测定;注:括号中数字为样品数。分数的分子为含量范围,分母为平均值。

($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$)、 Al_2O_3 略高, MgO 较高、 CaO 、 MnO 、($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$)、 CO_2 、 P_2O_5 较低。这是

由于大石沟碳酸岩交代结晶片岩不充分,残余硅酸盐组分较多,故 SiO_2 较高, CaO 、 CO_2 较低; $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 、 MgO 高以及 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 低,则是由交代原岩即绿泥透闪片岩基性程度较高所致。另外,大石沟碳酸岩与沉积碳酸盐岩化学成分也有明显不同。

表1中绿泥透闪片岩 SiO_2 含量范围为 32.97%~42.18%,从这一方面来看,前人资料,将其归入超基性岩是可以理解的。但该岩石化学成分与一般超基性岩相比有差别,其中 TiO_2 、 Al_2O_3 高, K_2O 、 Na_2O 、 MgO 低,而 CaO 、 CO_2 比一般超基性岩高得多。绿泥透闪片岩与基性岩相比,虽 SiO_2 、 Al_2O_3 较低,但 TiO_2 及全铁($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$)则相当。该岩石曾被定名为似金伯利岩,因金伯利岩 SiO_2 含量是一个相当宽的范围,故绿泥透闪片岩在其范围内,并与其平均值相近,但 TiO_2 、 Al_2O_3 含量比金伯利岩高, CaO 、 Al_2O_3 则高得多, MgO 、 K_2O 、 Na_2O 均较低,可见两者化学成分也有区别。

大石沟碳酸岩与绿泥透闪片岩相比, Al_2O_3 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 、 MnO 、 MgO 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 相当;而 SiO_2 、 TiO_2 低和 CO_2 高。前者反映热液交代形成的碳酸岩化学成分对绿泥透闪片岩具明显继承性,后者表示发生了较强烈的碳酸盐化,说明碳酸岩与透闪片岩有成因上的联系。

为了进一步进行对比,做了霍姆斯岩石化学图解(图2),可见本区碳酸岩与岩浆碳酸岩不同,本区绿泥透闪片岩与偏碱性超基性岩不同,本区碳酸岩介于绿泥透闪片岩与岩浆碳酸岩之间,具过渡性质。在周世泰 K—A 相关图解(图3)上,本区碳酸岩大部分落入沉积碳酸盐岩区,且有一点与硅质大理岩非常接近,说明碳酸岩与硅质大理岩有一定关系。

本区地层中结晶片岩原本是区域变质岩,从岩石化学上看,绿泥透闪片岩其成分以

低 Si 富 Fe 和 Mg、低碱为特征;在 K—A 图解上落入火成岩区(图3),由表1,其岩石化学成分与基性岩相当。另外,绿泥透闪片岩

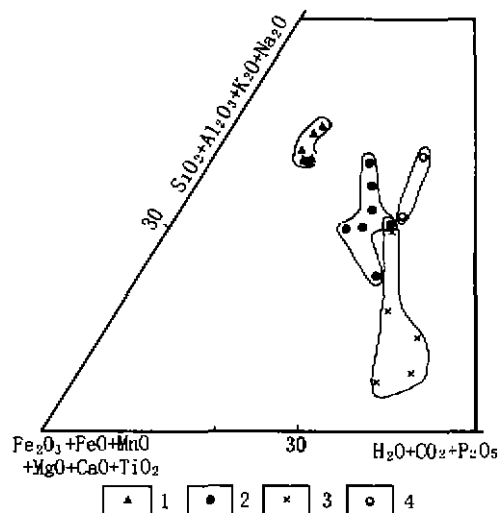


图2 霍姆斯岩石化学图解

1—透闪片岩;2—碳酸岩;3—岩浆碳酸岩;4—偏碱性超基性岩及强碳酸盐化金伯利岩

常呈透镜状或不稳定层状,沿其走向厚度有变化;岩石中见有变余晶屑;副矿物主要为磷灰石、榍石、黄铁矿、金红石、钛铁矿等;因此,

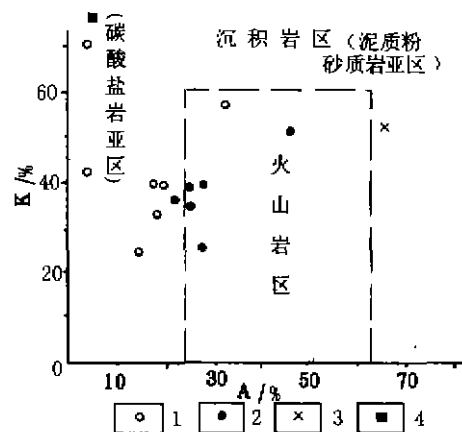


图3 周世泰 K—A 相关图解

1—碳酸岩;2—绿泥透闪片岩;3—云母石英片岩;4—硅质大理岩

该岩石源于岩浆系列,属正变质岩。结合区域背景资料^[2],本区绿泥透闪片岩的变质原岩很可能属基性火山碎屑岩。本区云母石英片岩以高硅碱、Al 为特征;云母石英片岩和

硅质大理岩在 K—A 图解上分别落入泥质粉砂质岩区和沉积碳酸盐岩区(图 3);且两者成层性好,厚度稳定。在云母石英片岩薄片

中见有变余砂状结构及变余层理构造。故两者均为副变质岩。

2.2 微量元素

本区碳酸岩及有关岩石经光谱半定量分析其平均值见表 2。

表 2 主要岩石类型微量元素平均值 ($\times 10^{-6}$)

岩石类型	Cr	Ni	Co	Ba	Sr	Ti	Nb	Y	Ce	La
碳酸岩(104)	200	246	51	77	190	6044	59	15	—	<92
碳酸岩 I(34)	167	203	90	—	121	7357	33	13	—	86
碳酸岩 II(36)	226	353	29	129	215	6088	74	15	—	<94
碳酸岩 III(34)	185	145	57	53	193	5380	55	15	—	<93
绿泥透闪片岩(42)	262	189	39	20	10	7100	75	11.5	—	102
云母石英片岩(38)	115	32	14	827	118	4245	24	29	—	<100
超基性岩*	2000	2000	200	1	10	300	1.0	—	—	—
基性岩*	200	160	45	300	440	9000	20	20	4.5	27
中性岩*	50	55	10	650	800	8000	20	—	—	—
酸性岩*	25	8	5	830	300	2300	20	34	100	60
岩石类型	Cu	Zn	Pb	Sn	Ga	Mo	Zr	P	Mn	V
碳酸岩(104)	27	190	6	4	5	4	169	7897	9510	80
碳酸岩 I(34)	36	190	<5	—	6	<5	154	15000	13429	75
碳酸岩 II(36)	21	191	<5	<5	<5	<5	169	9059	12794	86
碳酸岩 III(34)	30	188	7	3	5	3	177	7267	3960	76
绿泥透闪片岩(42)	26	103	2	3	3	<3	205	7950	5200	68
云母石英片岩(38)	23	52	75	8	13	1	215	1364	836	102
超基性岩*	20	30	0.1	0.5	1.5	0.2	30	170	1500	40
基性岩*	100	130	8	1.5	18	1.4	100	1400	2000	200
中性岩*	35	72	15	—	20	0.9	260	1600	1200	100
酸性岩*	20	60	20	3	20	1.0	200	700	600	0

* 据维诺格多夫(1962);其它样品测试单位:西安地质学院化实验室。括号内为样品数

2.2.1 碳酸岩微量元素

本区碳酸岩与超基性岩平均值相比(表 2),Cr、Ni、Co 低一个数量级,Ti、Zr 高一个数量级,可见两者有明显差别。上述元素与基性岩十分相近,部分元素如 V、Ti、Cu 与中性岩相近,少数元素如 Zr、Sr 与酸性岩相近。

本区碳酸岩与沉积成因碳酸盐岩微量元素相比(表 3),除 Sr、Y、La 低外,其余元素均高,而 Cr、Ni、Ti 高得多;与白云鄂博碳酸岩相比,Ba、Sr、Nb、明显低;与世界岩浆碳酸岩及金伯利岩有成因联系的淄博—莱芜碳酸岩相比,Cr、Ni、Co、Ti 明显高,而 Ba、Sr 却低得多;与四川南江超基性—碱性杂岩体中碳酸岩相比 Ni、Ti 高得多。

本区碳酸岩体是处于同一层位中的分叉状的复杂透镜体,分为 I、II、III 3 部分(图

1)。不同地段碳酸岩微量元素平均值(表 2)基本一致,从 III→I→II,Cr、Ni、V、Ba、Sr、Nb 升高,Co 降低。这是由于北部围岩以绿泥透闪片岩为主,该岩石中 Cr、Ni、V 高;向北近岩体顶板处,碳酸盐化加强,故 Ba、Sr、Nb 升高;Co 在第 I 段较高,是由于个别样品中含有黄铁矿等硫化物所致。

岩体各段微量元素含量也有变化(图 4)。结合剖面上岩石薄片观察,可知图中 Ti、Nb、P、Cu 处在波谷处,是岩体中含云母石英片岩交代残留较多处,如 TB003、TB005、TB009、为碳酸盐化云母石英片岩,而云母石英片岩 Ti、N、B、P、Cu 含量恰好也低于碳酸岩中同类元素的含量(表 2)。图中波峰处均为碳酸盐化强烈地段,如 TB004、TB006 为碳酸岩。

表3 碳酸岩与其他成因碳酸岩微量元素对比 ($\times 10^{-6}$)

岩石类型	Cr	Ni	Co	V	Ba	资料来源
碳酸盐(样品数 104)	200	246	51	80	77	西安地质学院实验室测定,来自笔者
世界岩浆碳酸岩平均值	11	14	17	114	3800	转引自①
山东淄博~莱芜碳酸岩	106	80	11	28	9527	引自①
白云鄂博白云碳酸岩	<10	10	<10	30	14269	刘铁庚(1985)
沉积碳酸盐岩	11	20	0.1	20	10	徐千里和费德波(1961)
四川南江杂岩体中碳酸岩		≥ 1	-	-	≥ 100	吴利仁(1966)
岩石类型	Sr	Ti	Nb	Y	La	资料来源
碳酸岩(样品数 104)	190	6044	5.9	15	<92	西安地质学院实验室测定,来自笔者
世界岩浆碳酸岩平均值	6300	2300	386	-	-	转引自①
山东淄博~莱芜碳酸岩	8642	3008	85	36	681	引自①
白云鄂博白云碳酸岩	2525	2131	651	-	-	刘铁庚(1985)
沉积碳酸盐岩	610	400	0.3	30	n	徐千里和费德波(1961)
四川南江杂岩体中碳酸岩	≥ 100	100		<100		吴利仁(1966)

注:①潘鸿迪,山东淄博硅酸岩研究,1981(硕士论文)

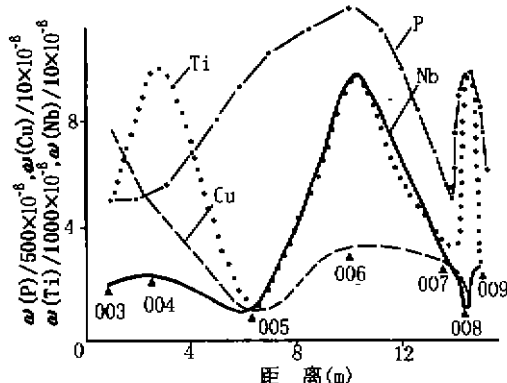


图4 碳酸岩体I中部I-I剖面微量元素含量变化曲线图

(图中三角符号及数字为采样点及编号)

2.2.2 绿泥透闪片岩及云母石英片岩微量元素

绿泥透闪片岩的标本是在前人所定的超基性岩带上采集。经薄片研究以及岩石化学分析,认为定名为绿泥透闪片岩为宜。从微量元素含量对比来看(表2),绿泥透闪片岩与超基性岩微量元素含量相比明显不同,Cr、Ni、Co低,而V、Zr、P、Mn、Ti、Nb、Zn、高;与基性岩相比,大部分元素如Zn、Pb、Sn、Cr、Ni、Co、Mo、Ti、Y等相当,与中性岩相比,有部分元素如Cu、V、Zr、Ti一致。可以认为绿泥透闪片岩成因上主要与基性岩有关。

云母石英片岩(表2)大部分元素与酸性

岩微量元素相近,部分元素与中性岩相似(如Cu、Nb、Co、V、P等),而Ti介于酸性岩和中性岩之间;此外,云母石英片岩与沉积粉砂岩微量元素也相近。

2.2.3 碳酸岩与绿泥透闪片岩和云母

石英片岩微量元素关系

碳酸岩和绿泥透闪片岩(表2)微量元素平均值基本一致;云母石英片岩与上述两种岩石相比,Cr、Ni、Co、Mn、Ti较低,Ba较高,故本区碳酸岩主要和绿泥透闪片岩有成因联系,云母石英片岩也有一定联系。

碳酸岩与绿泥透闪片岩及云母石英片岩的Ti-Cr关系图(图5左),碳酸岩基本上落入了绿泥透闪片岩范围内,部分落入云母石英片岩中,说明碳酸岩的形成,主要是热液交代绿泥透闪片岩所致,同时也交代了云母石英片岩;图中同样可见,绿泥透闪片岩中Ti高于碳酸岩,说明在形成碳酸岩时加入CO₂,使Ti相对贫化,并非富集,结合金红石赋存状态研究成果分析,认为本区不能形成有工业意义的金红石矿床。

从Ti-Cr+Ni+Co关系图(图5右)也可见上述类似情况,只是碳酸岩中Cr+Ni+Co含量比绿泥透闪片岩中高,这与交代作用中Ni、Co相对富集有关。

从碳酸岩与绿泥透闪片岩过渡元素丰度

球粒陨石标准化分配型式看(图 6), 本区碳酸岩与透闪片岩微量元素特征基本一致。

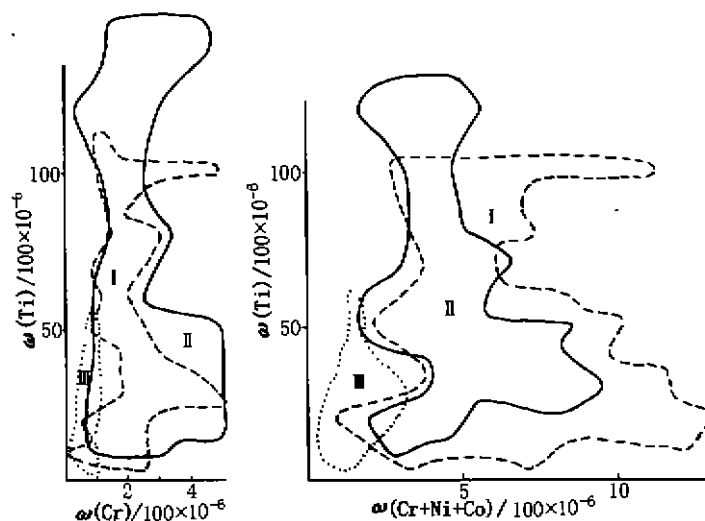


图 5 碳酸岩与绿泥透闪片岩、云母石英片岩的 Ti-Cr 及 Ti-Cr+Ni+Co 关系图

I—碳酸岩区; II—绿泥透闪片岩区; III—云母石英片岩区

2.3 稀土元素

由表 4 及图 7 可见, 大石沟碳酸岩稀土元素含量及其参数均明显低于西伯利亚碳酸岩, 而与本区绿泥透闪片岩相近; 大石沟碳酸岩稀土分布模式与岩浆成因碳酸岩明显不同, 而与透闪片岩极为一致, 均为平滑右倾型曲线, 显示了略富轻稀土特征。本区碳酸岩与大理岩相比, 其稀土元素含量及参数均较高, 但稀土元素丰度变化模式总体一致。说明碳酸岩成因与透闪片岩关系最密切, 与大理岩也有一定联系。

2.4 碳、氧同位素

由表 5 可见, 大石沟碳酸岩石类, 氧同位素含量范围及平均值均与岩浆碳酸岩明显不同。碳同位素与区内大理岩相接近, 与沉积碳酸盐岩有所不同; 而氧同位素在沉积碳酸盐岩的范围内, 趋向于大理岩。可以认为, 大石沟碳酸岩碳、氧来源与沉积成因或沉变质成因的岩石有关。

3 岩石成因

大石沟碳酸岩及有关岩石的岩石化学、

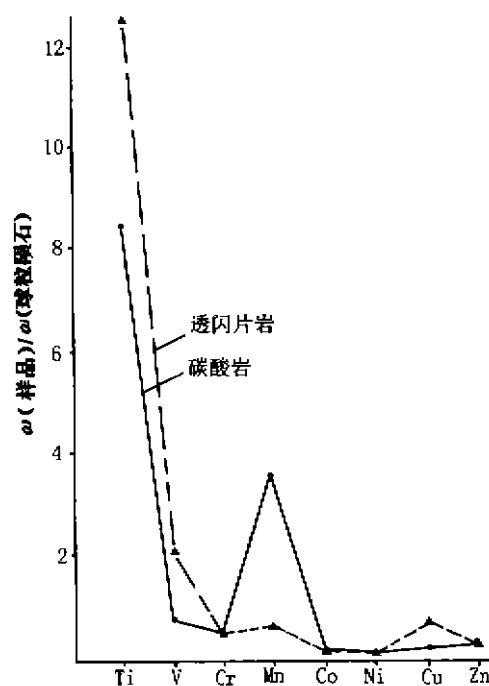


图 6 岩石过渡元素丰度球粒陨石标准化分配型式

微量元素、稀土元素和碳氧同位素研究表明, 大石沟碳酸岩与岩浆成因碳酸岩明显不同, 而与该岩体围岩绿泥透闪片岩特征一致, 其成分上具继承性, 与云母石英片岩及大理岩

也较接近, 其成分上也有一定的继承性。

表 4 岩石稀土元素含量和有关参数平均值 ($\times 10^{-6}$)

岩石类型	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dg
碳酸岩(3)	94.8	175.86	19.53	76.10	13.67	3.86	12.41	1.47	5.02
绿泥透闪片岩(3)	118.76	230.56	30.90	103.80	18.13	4.98	16.69	1.94	6.82
大理岩(1)	4.2	6.1	0.8	2.7	0.7	0.55	0.55	0.09	0.53
西伯利亚碳酸岩(2)*	923.50	1759.5	32.40	391.0	58.20	13.50	63.00	2.2	12.35
岩石类型	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Σ REE	$\frac{LREE}{HREE}$	La/Yb
碳酸岩(3)	0.81	1.85	0.25	0.78	0.10	14.57	401.55	16.05	121.5
绿泥透闪片岩(3)	1.08	2.43	0.29	0.93	0.13	18.78	556.22	16.73	127.6
大理岩(1)	0.09	0.18	0.02	0.11	0.01	1.24	16.63	10.10	38.18
西伯利亚碳酸岩(2)*	4.55	7.10	0.90	2.05	0.33	75.50	3346.08	34.36	450.5

测试单位: 核工业总公司北京第三研究所; * 转引自潘鸿迪, 山东淄博碳酸岩研究, 1981。

表 5 大石沟碳酸岩及有关岩石 $\delta^{13}\text{C}_{\text{‰}}$ 、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{‰}}$ 平均值

岩石类型	大石沟碳酸岩	大石沟大理石	沉积碳酸盐岩 (魏菊英, 1988)	岩浆碳酸岩 (魏菊英, 1988)
$\delta^{13}\text{C}_{\text{‰}}$ (PDB)	-3.68 ~ -4.51 -4.06	-4.46	0.56 ± 1.55	-4.0 ~ -7.5
$\delta^{18}\text{O}_{\text{‰}}$ (SMOW)	17.07 ~ 18.65 17.98	26.43	15 ~ 27	6.0 ~ 9.0

测试单位: 核工业总公司北京第三研究所; 分数中分子为含量范围, 分母为平均值。

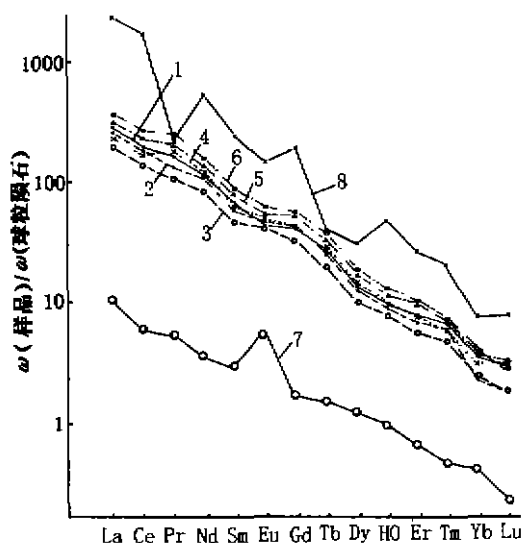


图 7 大石沟碳酸岩及有关岩石稀土配分模式

1, 2, 3—碳酸岩; 4, 5, 6—透闪片岩;
7—大理岩; 8—西伯利亚碳酸岩

岩体围岩绿泥透闪片岩是由基性岩变质形成的正变质岩, 云母石英片岩和大理岩分别是泥质碎屑岩和沉积碳酸盐岩变质形成的副变质岩。因此, 大石沟碳酸岩成因上与岩浆超基性岩无关, 而与变质基性岩及部分变

质碎屑岩和变质沉积碳酸盐岩有关。

岩体地质及岩石学研究表明, 岩体展布方向与 NEE 向构造破碎带一致, 产状与围岩基本一致, 且岩性相互过渡。碳酸岩矿物成分简单, 对围岩具继承性, 岩石普遍发育交代结构。

据此可认为: 大石沟碳酸岩既不是直接的岩浆作用成因, 也不是间接的岩浆作用成因——晚岩浆阶段的交代作用或岩浆期后热液交代作用成因, 而属于构造—热液成因; 其形成机理是绿泥透闪片岩等结晶片岩经构造作用而破碎, 其孔隙度, 渗透率及比表面积增大, 同时, 构造作用提供热能, 促使地下或层间流体运移, 循环萃取地层 (如大理岩) 中 CO_2 等组分, 形成富含 CO_2 的热液, 沿构造破碎带交代绿泥透闪片岩等岩石, 发生强烈碳酸盐化作用, 形成交代蚀变碳酸盐岩。

参考文献

- 郭贤才. 户县大石沟超基性岩—碳酸岩杂岩体地质特征及成因认识. 陕西地质, 1989(1), 42~51
- 张维吉等. 北秦岭变质地层(下卷). 西安: 西安交通大学出版社, 1988. 171~234 (下转 45 页)

“好”级(GOOD),模型可用。得7月份的预测值:

$\hat{X}^{(0)}(6) = 2.14, C_p = 2.56, C_{xy} = 3.33 (g/t)$ 。仿此,即可逐月,或按某个时间段(如季度等)求出预测值,用以指导生产或制定计划。为使用方便,最好是编制相应的程序,用微机来处理生产数据,以实现实时调控。当然,用手工计算工作量也不太大。

本方法与确定品位的其它动态方法,如极大净现值法,K.F.兰纳法相比,具有简单直观、目标明确、调控效果显著等优点。

参考文献

- 1 李万享.矿床经济评价概论.北京:冶金工业出版社,1989
- 2 邓聚龙.灰色系统基本方法.武汉:华中工学院出版社,1987

REAL - TIME ADJUSTMENT OF COMMERCIAL GRADE OF DEPOSIT

Pei Lansheng

A method for real - time adjustment of commercial grade of deposit was proposed based on numeral sequence prediction model GM(1,1) of grey system theory and 'price' method.

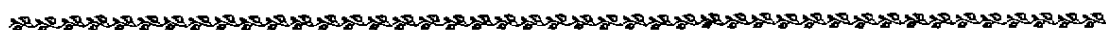
Key words oregrade, adjustment.



第一作者简介:

裴兰生 男,1946年生。1969年毕业于中南工业大学地质系普查专业。高级工程师,现供职于湖北孝昌巖花崗冶金部职工中专学校。

通讯地址:湖北省孝昌巖 冶金部职工中专学校 邮政编码:432900



(上接29页)

GEOCHEMICAL CHARACTERISTIC AND SIGNIFICANCE OF GENESIS OF DASHIGOU CARBONATITE IN HUXIAN COUNTY, SHAANXI PROVINCE

Pan Hongdi

For many years, it has been suggesting that Dashigou carbonatite rock body is one part of the ultrabasic rock carbonatite rock complex bodies and it is formed by magmatic process. The studies on the rock body's geology and petrology, analysis of minor elements, petrochemistry, rare - earth elements and carbon - oxygen isotope showed that the carbonatite of Dashigou is replacement - altered carbonate rock formed by tectonic process and hydrothermal activity.

Key words geochemistry, petrochemistry, minorelement, rare - earth element, carbon oxygen isotope, carbonatite



第一作者简介:

潘鸿迪 男,1943年生。1966年毕业于北京地质学院地质系,1981年在武汉地质学院北京研究生部获硕士学位,现在西安工程学院资源系工作。主要从事岩石学,矿床学的教学及科研工作。

通讯地址:西安市 西安工程学院资源系岩石矿物和珠宝教研室 邮政编码:710054