

金川超基性岩体铬尖晶石的 自然分类及其成因意义

杨合群

(地质矿产部西安地质矿产研究所)

铬尖晶石是金川超基性岩体最常见的副矿物,含量约为0.5—1%,其产态主要有两种:一种呈细小(粒径0.02—0.1毫米)的自形晶,晶体棱角有熔圆现象,主要嵌布在橄榄石内,次在斜方辉石内,单斜辉石中较少,斜长石中极少;另一种呈相对较粗(粒径0.15—0.8毫米)的自形一半自形晶,分布在橄榄石和辉石等造岩矿物粒间或硫化物中,常被磁铁矿和硫化物交代。据化学分析,这些铬尖晶石均富含钛(TiO_2 0.97—3.68 wt.%),但电子探针面扫描表明,钛在其中呈不均匀分布,并且矿物X射线粉晶图上有钛铁矿的衍射线出现,高倍镜下可见沿铬尖晶石(111)面分布有许多出溶的钛铁矿微细片晶,片厚 2×10^{-4} — 2×10^{-3} 毫米。

将金川岩体24个铬尖晶石矿物样品的化学分析结果(表1)按照白文吉—许文斗法^[1]计算成 Al_2O_3 、 Cr_2O_3 、 $\langle\text{FeO}\rangle$ 和 MgO 四组分,并由此数据依距离系数进行Q型聚类分析,样品明显分为两大群:A群和B群(图1)。

选矿厂和相应的采矿系统,按年产60吨汞和400—500吨铈商品金属估计,大约需投资200—250万元,投矿后仅铈的年产值即可达350万元以上(据本年广西南宁市场铈锭价格);按上年美国市场价格,汞的年产值可达55万美元,铈的年产值为119万美元以上,总计折合人民币约为522万元。

第四,在洵阳公馆和西和崖湾的邻近地区,尚有若干中小矿床,适宜于县或个体户小规模开发,如洵阳以北镇安和山阳交界的丁马矿田中的西坡岭、丁家山等。此外,有些矿点,如镇安狄家沟铈矿点和临潭、岷县、宕昌的一些铈(汞)矿点,虽经地质工作而因矿体规模小未能求得工业储量,但作为乡(镇)和个体经营开发仍能获得显著的经济效益。洵阳公馆和西和崖湾这两个生产中心建成后,可引导和帮助乡(镇)及个体经营办矿,并收购这些小企业的矿产品,既补充了生产中心的不足,又能使小企业的产品获得广阔的销路。但在应用象丁家山这样一些矿石组分较复杂的矿床时,要注意综合利用,同时回收多种有益组分。另外,考虑到丹凤县铈品冶炼厂在蔡凹矿山闭坑后,矿石来源一部分要从丁马矿田运进,而这里的矿石多属汞—铈综合类型,只有少部分为单铈矿石,为了不浪费自然资源,增加冶炼厂的经济效益和避免空气严重污染,建议该厂增加蒸馏汞的生产流程,从汞铈矿石中先提取汞,而后再用焙砂冶炼铈。

(参考资料略)

表 1 金川岩体锆尖晶石成分(%)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	0.23	0.12	0.30	0.34	0.48	0.26	0.26	0.47	2.24	0.23	0.12	0.30
TiO ₂	3.08	3.08	3.23	2.52	1.25	2.00	2.61	1.01	2.96	3.08	3.03	3.23
Al ₂ O ₃	0.67	0.67	0.53	12.86	13.01	13.78	13.41	16.14	13.87	0.76	0.70	0.64
Cr ₂ O ₃	31.04	31.04	31.04	29.75	33.88	34.06	35.60	34.37	36.63	32.90	32.99	33.02
Fe ₂ O ₃	33.77	33.86	31.30	34.47	34.72	15.36	15.36	15.85	9.92	34.07	33.95	31.55
FeO	26.11	26.42	26.42	15.95	13.04	29.83	29.83	27.22	27.22	25.65	26.20	28.37
MnO	0.54	0.47	—	0.50	0.45	0.55	0.41	0.42	0.41	0.52	0.47	—
MgO	2.04	1.99	2.26	3.35	3.33	3.47	3.84	4.65	4.76	2.04	1.95	2.11
CaO	0.12	0.07	0.37	0.01	0.06	0.12	0.70	0.16	0.16	0.08	0.07	0.25
V ₂ O ₅	0.28	0.35	—	0.10	0.13	0.10	0.30	0.30	0.31	0.28	0.35	—

扣除杂质后计算的四组分

Al ₂ O ₃	0.76	0.76	0.61	14.16	13.93	14.73	14.11	16.84	15.93	0.85	0.78	0.71
Cr ₂ O ₃	35.31	35.18	35.44	32.75	36.27	36.39	37.45	35.86	42.07	36.72	36.62	36.86
(FeO)	61.73	61.86	61.29	49.76	46.68	45.32	43.88	42.77	38.92	60.33	60.49	60.12
MgO	2.20	2.20	2.66	3.32	3.12	3.56	4.57	4.53	3.08	2.11	2.11	2.30

基础晶胞中阳离子数目

Al	0.26	0.26	0.21	4.49	4.44	4.67	4.50	5.27	5.07	0.29	0.26	0.24
Cr	8.02	7.98	8.07	6.97	7.76	7.75	8.02	7.52	8.98	8.34	8.32	8.40
Fe ³⁺	7.72	7.76	7.72	4.54	3.80	3.58	3.48	3.21	1.95	7.37	7.41	7.36
Fe ²⁺	7.12	7.09	7.04	6.67	6.77	6.62	6.45	6.28	6.84	7.14	7.13	7.13
Mg	0.88	0.91	0.96	1.33	1.23	1.38	1.55	1.72	1.16	0.86	0.87	0.87
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	1.08	1.09	1.10	0.68	0.56	0.54	0.54	0.51	0.29	1.03	1.04	1.03

No.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
SiO ₂	2.24	0.51	0.93	1.05	0.20	2.33	0.37	0.52	0.51	0.14	0.21	0.13
TiO ₂	2.96	1.01	3.28	3.68	2.61	2.83	0.97	0.66	0.72	1.15	1.60	1.23
Al ₂ O ₃	13.94	16.19	15.43	12.15	15.36	11.65	14.45	16.16	14.51	10.45	14.45	15.40
Cr ₂ O ₃	37.04	34.97	39.24	28.91	35.60	38.16	31.86	34.50	32.26	37.30	35.63	37.72
Fe ₂ O ₃	9.95	15.85	8.73	18.82	13.41	13.50	7.79	9.00	47.11	12.45	12.60	8.95
FeO	26.91	26.73	27.44	29.51	29.83	27.67	32.80	30.27		31.20	29.44	30.22
MnO	0.40	0.42	0.42	0.47	—	—	0.13	0.39	0.39	0.42	0.39	0.39
MgO	4.68	4.64	4.61	3.00	3.80	3.74	5.90	4.49	4.45	4.17	4.63	4.60
CaO	0.10	0.16	0.23	0.25	0.70	0.00	0.46	0.42	0.37	0.36	0.41	0.32
V ₂ O ₅	0.31	0.30	0.29	0.42	—	—	—	—	—	—	—	—

扣除杂质后计算的四组分

Al ₂ O ₃	16.00	16.87	16.89	13.99	16.20	13.17	15.76	17.34	15.57	11.13	15.27	16.13
Cr ₂ O ₃	42.52	36.44	42.96	33.28	37.55	43.12	34.76	37.01	34.61	39.71	37.65	39.51
(FeO)	38.57	42.21	35.87	50.20	41.71	42.12	42.95	40.94	45.20	44.49	41.98	39.34
MgO	2.92	4.47	4.28	2.53	4.54	1.59	6.53	4.71	4.62	4.67	5.10	5.02

基础晶胞中阳离子数目

Al	6.09	5.28	5.32	4.49	5.13	4.27	4.90	5.43	4.90	3.57	4.81	5.06
Cr	9.08	7.65	9.07	7.17	7.98	9.39	7.25	7.78	7.31	8.55	7.95	8.32
Fe ³⁺	1.83	3.07	1.61	4.34	2.89	2.34	3.85	2.79	3.79	3.88	3.24	2.62
Fe ²⁺	6.88	6.30	6.40	7.09	6.48	7.35	5.63	6.31	6.32	6.26	6.14	6.14
Mg	1.12	1.70	1.60	0.91	1.52	0.65	2.37	1.69	1.68	1.74	1.86	1.86
Fe ³⁺ +Fe ²⁺	0.27	0.49	0.25	0.61	0.45	0.32	0.68	0.44	0.60	0.62	0.53	0.43

(表中原始分析结果据师占义等资料)

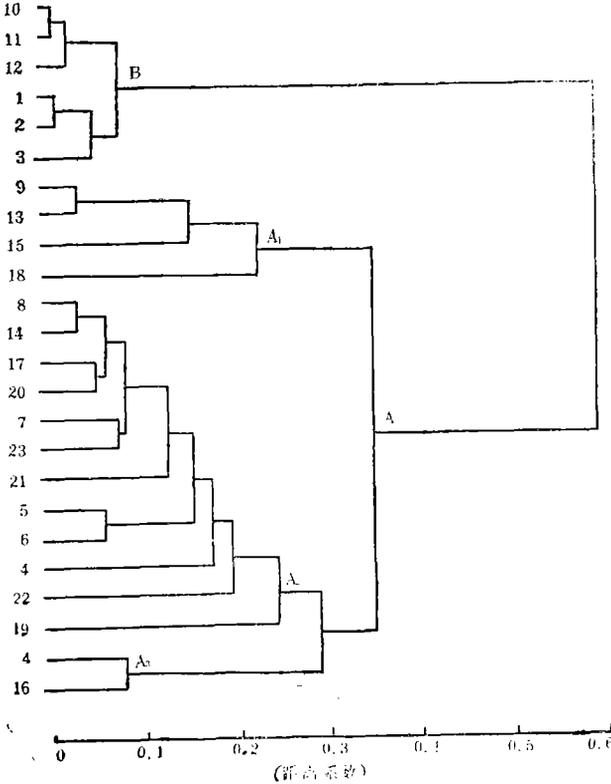


图 1 金川岩体铬尖晶石Q型聚类谱系图

氧化—还原环境。按扣除杂质后计算的基础晶胞中阳离子数统计(表5),A群的 Fe^{3+}/Fe^{2+} 值为0.25—0.68, B群的 Fe^{3+}/Fe^{2+} 值为1.03—1.10。

显然,能够较好地反映母岩成因特征的应是原生铬尖晶石。由 $Al_2O_3-Cr_2O_3-(FeO)-MgO$ 直角四面体展开图对比发现,金川岩体A群铬尖晶石成分的变化趋势类似于我国放马、高寺、毛家、平顶和绿梁等同心式纯橄岩—辉石岩(角闪石岩)杂岩体(图2),不同于层状基性—超基性岩体(图3),也不同于蛇绿岩和阿尔卑斯型岩体(图4)。事实上,金川岩体也具有同心式特征,即同一次上侵形成的各岩相呈同心壳状分布。岩体中心分布橄榄石含量较高的岩相,向边部橄榄石逐渐减少^[3]。

金川(铁质超基性岩体)同东巧(镁质超基性岩体)和红格(铁质基性—富铁质超基

A群主要为原生铬尖晶石。它广泛分布于岩体各岩相。尽管有些铬尖晶石边缘开始蚀变,但由于蚀变产物所占比例很少,其群体化学分析结果主要代表原生特征。

B群主要为次生铬尖晶石。它产在I矿区硫化物纯的岩中。这是因为I矿区该种岩石蚀变强烈,使铬尖晶石成分发生了显著变化。在此过程,原生铬尖晶石析出镁铝而吸收铁质形成次生铬尖晶石。虽然有些次生铬尖晶石中还保留有呈圆形的原生铬尖晶石残骸,但由于残留较少,其群体化学分析结果主要代表次生特征。

两群相比,A群铝高铁低(表2),B群铝低铁高(表3)。而两群的相同点,是它们的铬、钛、锰、钒含量有大致共同的变化范围(表4),说明这些元素在蚀变过程中相对地比较稳定。

原生铬尖晶石与次生铬尖晶石还分别记载了岩浆作用阶段和蚀变作用阶段

表 2 A群铬尖晶石成分特征

组分	n	min	max	\bar{x}	σ_{n-1}	V(%)
Al ₂ O ₃		11.13	17.34	15.22	1.58	10.40
Cr ₂ O ₃	18	32.75	43.12	37.77	3.24	8.57
< FeO >		35.87	50.20	42.94	3.70	8.62
MgO		1.59	6.53	4.06	1.15	28.32

表 3 B群铬尖晶石成分特征

组分	n	min	max	\bar{x}	σ_{n-1}	V(%)
Al ₂ O ₃		0.61	0.85	0.75	0.08	10.76
Cr ₂ O ₃	6	35.18	36.82	36.02	0.79	2.19
< FeO >		60.12	61.86	60.97	0.75	1.23
MgO		2.11	2.66	2.26	0.21	9.13

注：表2和表3为按照白文吉—许文斗法计算的四组分所作的统计结果

表 4 A与B群相对稳定组分(%)对比

群	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	V ₂ O ₅
A	28.11—38.16	0.66—3.68	0.39—0.55	0.10—0.42
B	31.04—33.02	3.08—3.23	0.47—0.52	0.28—0.35

表 5 A与B群Fe³⁺/Fe²⁺值统计

群	n	min	max	\bar{x}	σ_{n-1}	V(%)
A	18	0.25	0.68	0.49	0.14	27.58
B	6	1.03	1.10	1.06	0.03	3.00

注：据原始分析结果统计。

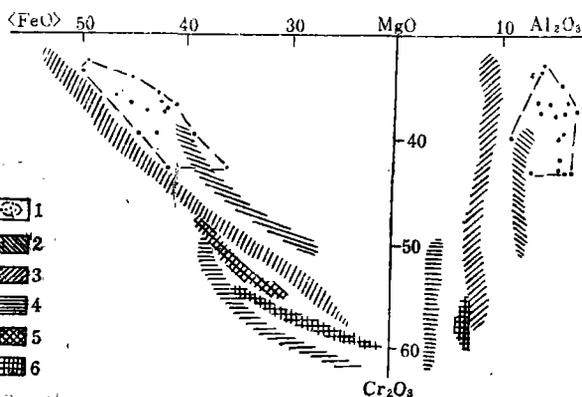


图 2 同心式纯橄岩—辉石岩(角闪岩)杂岩体的铬尖晶石成分变化趋势图

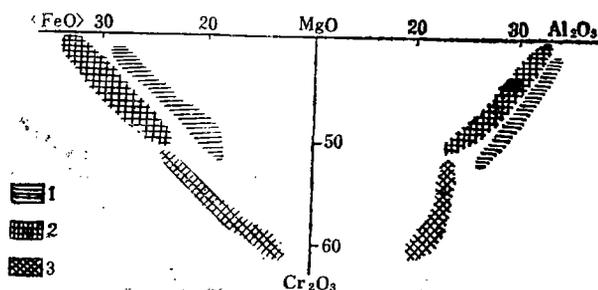


图 3 层状基性—超基性杂岩体铬尖晶石成分变化趋势图

性岩体)相比,其铬尖晶石的稳定组分参数介于后二者之间。如铬尖晶石的 $\lg(\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2)$ 值,东巧岩体平均为2.80,红格岩体平均为0.39,而金川岩体平均为1.27(表6);铬尖晶石中MnO含量(wt.%),东巧岩体平均0.20,红格岩体平均0.52,而金川岩体平均0.45(表7)。它们的氧化—还原参数也具有类似的关系,铬尖晶石的 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 比值,东巧岩体平均0.15,红格

岩体平均0.90,而金川岩体(A群)平均为0.49(表8)。

综上所述可以看出,金川岩体A群铬尖晶石提供了其母岩成分、分异特征和形成环境等多方面的信息,而B群铬尖晶石除保留少量原生的信息外,主要反映次生作用的影响。

本文涉及的研究工作承蒙李先祥研究员的关怀和指导;除笔者的工作外,文中还利用

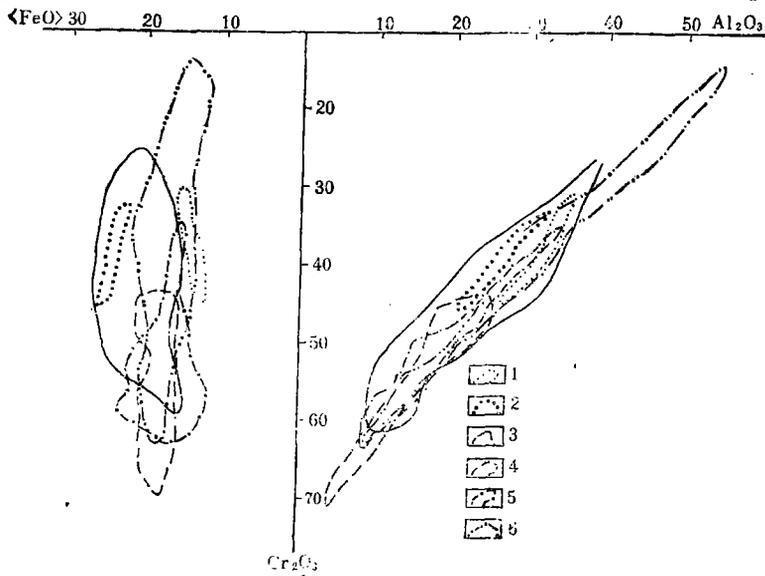


图 4 蛇绿岩和阿尔卑斯型岩体的铬尖晶石成分变化趋势图
(2—4据王恒升等, 1983 [1]; 但金川岩体数据笔者)

表 6 铬尖晶石 $lg(Cr_2O_3/TiO_2)$ 值对比

岩体名称	n	min	max	\bar{x}	σ_{n-1}	V(%)	岩体类型
东巧*	40	2.26	3.44	2.80	0.32	11.33	镁质超基性岩体
金川	26	0.89	1.72	1.27	0.26	20.66	铁质超基性岩体
红格**	50	-0.99	1.49	0.39	0.54	138.57	铁质基性—富铁质超基性岩体

表 7 铬尖晶石 MnO 含量 (wt.%) 对比

岩体名称	n	min	max	\bar{x}	σ_{n-1}	V(%)	岩体类型
东巧*	38	0.08	0.45	0.20	0.06	31.16	镁质超基性岩体
金川	17	0.39	0.55	0.45	0.05	11.54	铁质超基性岩体
红格**	40	0.18	0.98	0.52	0.18	34.11	铁质基性—富铁质超基性岩体

表 8 铬尖晶石 Fe^{2+}/Fe^{2+} 值对比

岩体名称	n	min	max	\bar{x}	σ_{n-1}	V(%)	岩体类型
东巧*	40	0.00	0.24	0.15	0.12	75.23	镁质超基性岩体
金川(A)	18	0.25	0.68	0.49	0.14	27.58	铁质超基性岩体
红格**	50	0.34	1.48	0.90	0.25	27.37	铁质基性—富铁质超基性岩体

注: 表2—8, * 据中国地质科学院地质研究所, ** 据中国地质科学院矿床研究所; n—样数, min—最小值, max—最大值, \bar{x} —均值, σ_{n-1} —标准差, V—变化系数

了师占义等以往所获的资料; 聚类分析程序由刘亚非编制, 在此一并致谢。

主要参考文献

- [1] 王恒升等, 1983, 中国铬铁矿床及成因. 科学出版社.
[2] 甘肃省地质矿产局第六地质队, 1984, 白家咀子硫化铜镍矿床地质. 地质出版社.