

北京西山地区红柱石的成矿条件和工业可利用性评价^①

赵秀德 罗相风 井喜贵 金爱文

(冶金部天津地质研究院)

姜贵一 路铁岭 宋复梅

(冶金部首钢地质勘查院)

提 要 京西红柱石是典型的接触变质条件下形成的矿化区,控矿条件主要有:一是铝饱和程度高的沉积岩,二是燕山期岩体侵入所产生的热变质作用。该地区红柱石矿床工业可利用性评价,曾一度认为红柱石选别性不好而中断了地质工作。经过本次研究和试验,重新肯定了工业利用价值。红柱石含量居我国大型矿床之首,矿石量在 1 亿吨以上,矿物量大于 2000 万吨,并具有开采条件好,交通便利等优越条件,是一个理想的红柱石原料生产基地。

关键词 北京西山 红柱石 含矿层铝饱和程度 接触变质 可利用性评价。

北京西山红柱石早已闻名遐迩,香山卧佛寺东大钊山的“菊花沟”即系产有放射状形似菊花的红柱石而得名。解放前已有不少地质、矿物学家对其进行过研究,张守范先生(1947 年)对产于该地区的红柱石变种空晶石已有较为详细的描述。人民共和国建立后有更多的地质、矿物学家和工业部门从不同方面进行过调研工作。八十年代初,首钢地质队在房山地区曾进行过找矿评价工作。1991 年,冶金部把北京西山地区红柱石列为重点地质研究项目,开始了成矿条件和可利用性研究。

1 红柱石矿床形成条件

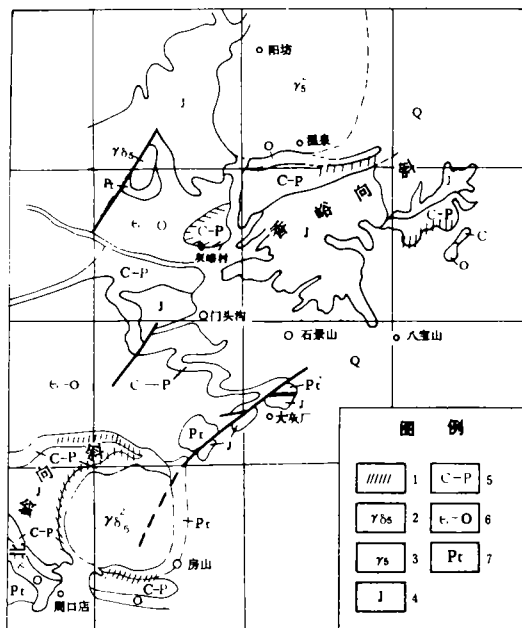
1.1 红柱石矿床地质概况

红柱石矿化围绕着燕山期的花岗岩类侵入体的周边分布。红柱石产出主要地层层位有 5 个,即元古界青白口系的下马岭组,古生界石炭系的本溪组和太原组,二叠—三叠系的双泉组,

^① 此文系《京西红柱石成矿条件找矿方向和可利用性研究》课题报告的部分内容。

收稿时间:1995. 2. 10 改回日期:1995. 3. 15

中生界侏罗系的窑坡组。矿体呈透镜状或似层状,走向延长数百米到千余米,产状与地层一致。红柱石矿化层与不含矿地层之间呈渐变过渡关系。红柱石含量一般 10%~30%,高者达 50%以上。根据矿石的物质成分和特征矿物、将矿石分为碳质角岩型、硬绿泥石角岩型、黑云母角岩型、夕线石红柱石片岩型、十字石(或白云母)千枚岩(或片岩)型。前三种矿石类型是窑坡组地层中的主要矿石类型,第四种矿石类型产在本溪组与岩体直接接触地段,第五种矿石见于下马岭组和双泉组地层中。



1. 红柱石矿化区 2. 燕山期花岗闪长岩体 3. 燕山期花岗岩体 4. 侏罗系
5. 石炭—二叠系 6. 寒武奥陶系 7. 上元古界青白口系

图 1 北京西山红柱石矿化分布示意图

Fig. 1 Sketch showing andalusite mineralization in the west of Beijing

1.2 红柱石矿化分布

红柱石矿化分布于房山和阳坊两个侵入体的周边地区,矿化面积约 15 平方公里,比较集中的有如下几个区(图 1)。

(1)太平山矿化区,位于房山花岗闪长岩体的南缘。

(2)北岭向斜东南翼矿化区,位于房山花岗闪长岩体的西缘。

(3)北岭向斜西北翼矿化区,位于房山花岗闪长岩体的西北缘。

(4)灰峪矿化区,位于阳坊花岗岩体的西南。

(5)温泉—黑龙潭矿化区,位于阳坊花岗岩体的东南,香峪向斜倾没端的西北翼。

(6)红山口—四王府矿化区,位于阳坊岩体南,香峪向斜倾没端的西南翼。

1.3 红柱石成矿条件与成矿作用

1.3.1 成矿条件

根据已取得的资料,红柱石的成矿与以下四个方面因素关系密切。

1.3.1.1 赋矿地层形成时的古地理环境

晚元古代青白口世下马岭期,含红柱石地层形成于由海相沉积向陆相沉积平稳过渡的条件下,矿区处于青白口海盆的东南边部,属于滨海潮下泥岩组伊利石页岩区与浅海陆棚泻湖相碳质页岩区的过渡部位。

古生代中石炭世本溪期和晚石炭世太原期含矿地层以滨海—浅海相沉积为主,该时期气候潮湿温暖,湖沼广泛发育,为有利成煤环境,在煤层的顶底板常有粘土岩形成。

晚二叠世晚期至中三叠世双泉期,华北滨浅海变成了被陆地环抱的盆地,本区进入了一个

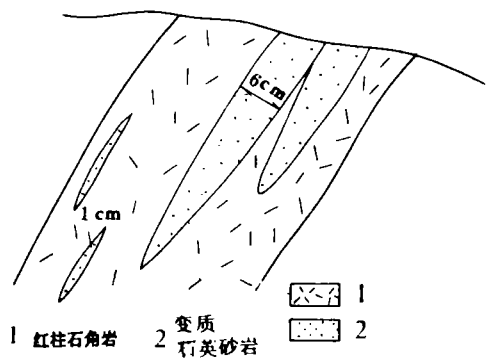


图2 车厂北0号线红柱石角岩与不含红柱石变质砂岩关系素描图

Fig. 2 Sketch of andalusite horn rock and sandstone in o line at chechang.

出特点是规模大、红柱石含量变化小^①；(2)产于上古生界中石炭系本溪组，其泥质来源于长达150Ma的古风化面，风化成熟度高，物质来源充足，铝饱和度较高。变质成矿后，红柱石含量多在20%~50%之间，含量高结晶粗大为其特点；(3)太原组地层中的红柱石产出在富碳质的泥质地层中，多与砂质岩层构成互层带，红柱石含量和规模与含碳质岩层的厚度和延展有着明显的关系，往往与岩石的含碳量和延展规模成正相关关系；(4)产于二叠—三叠系的双泉组含红柱石地层中经常见到岩屑和砾石，红柱石虽产出广泛，但含量波动甚大，难以圈出规整矿体；(5)产于中生界侏罗系窑坡组地层中的红柱石矿体规模，含量变化与煤层的发育程度关系比较密切。

1.3.1.2 赋矿岩石的化学成分

原岩化学成分是决定红柱石能否形成的物质基础。在野外经常见到红柱石矿化地层中不含矿的变质细砂岩透镜体(图2)，同时也常见到砂质岩石中有含红柱石的细条纹(图3)，经矿石和岩石化学成分研究(表1)，含红柱石岩石的化学成分有以下特点。

火山活动时期，双泉期地层就是在这种陆相火山喷发活动区中，气候炎热干燥条件下形成的紫红色，灰绿色等杂色河流相碎屑岩建造，由碎屑凝灰岩和粘土岩组成。

中生代侏罗世窑坡期的沉积环境为地壳相对稳定，气候温暖潮湿的条件下形成的，多为浅湖相至泥炭沼泽相。

综上所述，北京西山地区红柱石成矿区各时代地层形成的古地理环境分为两大类型。一是中生代以前，包括滨海相，浅海泻湖相、滨滩—浅海相、滨海湖沼相等。二是陆内断陷盆地沉积，多为浅湖相至泥炭沼泽相。红柱石产出受着原岩形成时的古地理环境的明显控制，如：(1)赋存在上元古界青白口系下马岭组红柱石的产

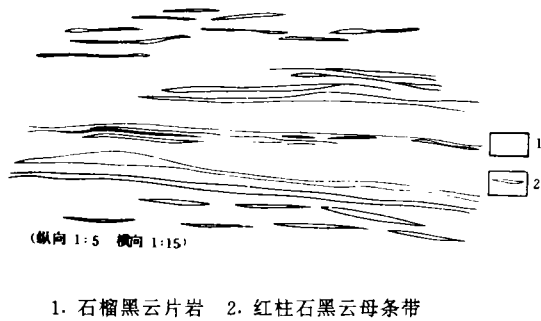


图3 车厂村西南山西组地层中含石榴石黑云母石英片岩中红柱石黑云母条带分布素描图

Fig. 3 Sketch for andalusite biotite bands in garnet biotite schist

① 曾以红柱石含量5%和8%的边界品位圈定矿体，其平均品位分别为11.13%和11.84%。

表 1 岩石化学分析表
Table 1 Petrochemical analysis

序号	样号	产地	岩石名称	化学成分(%)														Al	Si	Al ₂ O ₃ /(K ₂ O+Na ₂ O+CaO+MgO)
				SiO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	CO ₂	C			
1	9180	一条龙	含十字红柱黑云片岩	57.59	1.06	0.057	23.52	7.40	1.62	0.10	0.93	0.68	0.27	2.72	4.17	0.16		55.66	233.98	5.11
2	9181	一条龙	十字红柱二云石英片岩	51.48	1.45	0.078	23.67	12.44	1.99	0.06	0.71	0.80	0.40	2.56	4.43	0.17		48.13	181.54	5.30
3	9182	一条龙	十字红柱二云石英片岩	49.88	1.60	0.067	26.00	13.71	1.76	0.07	0.80	0.86	0.20	1.80	3.24	0.17		50.10	166.97	7.10
4	9183	一条龙	含槽红柱石二云石英片岩	60.34	1.12	0.073	21.35	7.27	1.37	0.17	1.15	0.74	0.24	2.88	3.34	0.17		52.38	255.39	4.26
5	9179	一条龙	十字二云石英片岩	53.34	1.17	0.094	23.74	9.01	1.81	0.03	1.11	0.31	0.55	4.98	3.61	0.13		50.00	193.99	3.42
6	JC-1	车厂北	红柱石角岩	52.60	2.79	0.233	25.02	8.1	4.30	0.07	0.18	0.18	0.50	0.82	2.22	0.08		72.50	207.21	19.35
7	JC-2	车厂北	红柱石角岩	57.60	2.65	0.232	27.00	2.22	5.13	0.10	0.39	0.49	0.42	0.90	1.32	0.08		66.09	247.88	12.27
8		车厂北	碳质红柱石角岩	52.04	2.49	0.252	28.48	6.95	4.40	0.061	0.95	0.25	0.34	0.78	2.53	0.03	0.68			10.28
9		车厂北	黑云母红柱石角岩	53.67	2.23	0.212	25.73	8.87	4.35	0.079	0.95	0.25	0.32	1.00	2.79	0.02	0.19			10.21
10	92055	孔道庙	硬绿泥石红柱石角岩	48.97	1.89	0.323	31.47	1.31	10.99	0.057	0.27	0.13	0.86	0.45	3.00	0.43		60.95	165.88	18.40
11	92060	孔道庙	硬绿泥石红柱石角岩	48.05	4.11	0.193	37.40	1.83	4.19	0.057	0.18	0.32	0.55	0.42	2.52	0.51		77.92	180.90	25.44
12	92064	孔道庙	红柱石硬绿泥石角岩	38.86	3.12	0.132	29.02	3.49	18.77	0.23	0.75	0.19	0.23	0.20	4.84	0.51		45.89	110.63	21.18
13	JS-4-5	孔道庙	硬绿泥石红柱石角岩	39.24	3.87	1.563	38.49	0.67	8.15	0.10	0.35	2.28	0.41	0.23	4.45	0.21		67.56	127.60	11.77
14	JS-7-9	孔道庙	硬绿泥石红柱石角岩	40.69	3.97	0.254	33.65	0.52	4.27	0.08	0.13	1.23	1.22	0.46	3.76	0.15		78.68	133.82	14.36
15	92057	孔道庙	硬绿泥石红柱石角岩	50.70	1.98	0.372	28.76	1.08	8.63	0.26	0.62	0.77	0.91	1.42	4.34	0.38		58.87	182.05	7.73
16	92033	上店	硬绿泥石红柱石角岩	46.41	1.82	0.143	34.48	0.85	7.22	0.050	0.31	0.51	2.25	0.58	5.74	0.43		66.54	156.70	9.50
17	92034	上店	硬绿泥石红柱石角岩	46.99	2.49	0.233	37.86	1.37	4.35	0.031	0.31	0.22	1.44	0.66	3.81	0.37		75.41	165.65	14.40
18	92042-1	上店	含硬绿泥石板状红柱石角岩	51.12	1.33	0.133	32.06	0.58	6.55	0.10	0.54	0.18	1.40	0.92	5.20	0.37		67.82	187.69	10.55
19	92076	长沟峪东山梁	铁质红柱石角岩	48.09	3.44	0.172	25.58	16.98	3.91	0.062	0.04	0.58	0.48	0.15	0.28	0.43		46.57	156.59	30.46
20	92074	长沟峪东山梁	绢云母石英岩	62.70	1.18	0.078	26.56	0.90	0.33	0.008	0.12	0.58	0.73	2.79	3.98	0.54		78.31	319.23	6.29
21	92014	大钊山	褐色斑点状硬绿泥石绢云石英岩	60.67	0.99	0.053	22.82	5.49	0.15	0.012	0.33	0.19	0.84	3.01	5.14	0.44		63.82	291.17	5.22
22	92012	大钊山	硬绿泥石红柱石角岩	52.31	0.64	0.223	31.58	2.56	4.44	0.056	0.29	0.29	1.24	1.58	4.68	0.34		68.28	194.05	9.29
23	92010	大钊山	褐色硬绿泥石红柱石角岩(结核)	50.22	0.99	0.103	30.74	6.32	4.09	0.059	0.26	0.13	1.44	0.30	5.60	0.45		63.64	179.49	14.43
24	92028	城子山东	黑云石英片岩	56.82	1.23	0.331	19.92	5.34	1.18	0.019	2.21	1.58	4.11	5.31	2.40	0.23		40.46	199.79	1.52
25	W-4	车厂南	夕线石红柱石片岩	53.60	1.08	0.082	26.22	5.58	1.01	0.05	0.67	0.27	1.12	1.86	5.06	0.02		63.93	225.62	6.60
26	W-5	车厂南	夕线石红柱石片岩	60.45	1.29	0.052	23.78	3.58	1.11	0.03	0.69	0.13	0.43	1.82	3.37	0		69.14	303.26	7.75
27	92090	小常玉沟	红柱石片岩	63.29	1.10	0.020	26.35	0.34	0.86	0.036	0.09	0.83	0.36	2.52	4.00	0.20		79.39	328.31	6.93
28	91116	灰峪	绢云母硬绿泥石红柱石角岩	48.90	1.78	0.094	38.76	0.40	0.20	0.006	0.11	1.00	0.30	1.85	5.60	0.52		87.36	192.41	11.89
29	91118	灰峪	硬绿泥石红柱石绢云石英岩	52.77	1.06	0.031	32.83	3.17	0.40	0.008	0.09	0.64	0.17	1.00	6.30	0.46		81.52	225.57	17.28
30	91134	灰峪	含红柱石绿帘角闪岩	50.28	1.82	0.094	34.02	2.05	0.27	0.03	0.27	1.05	1.06	3.28	5.82	0.16		75.57	194.80	6.01
31	91135	灰峪	硬绿泥石粘土岩	47.00	1.50	0.103	33.08	5.50	0.20	0.01	0.18	1.36	1.03	2.95	7.24	0.20		68.79	170.28	5.99
32	91123	老爷庙	硬绿泥石红柱石角岩	53.88	1.78	0.123	38.20	1.71	0.42	0.013	0.18	0.45	0.19	0.17	1.74	0.61		89.29	219.05	38.58
33	91128	老爷庙	绢云硬绿泥石红柱石角岩	43.76	1.96	0.097	43.25	0.73	0.35	0.009	0.44	1.15	0.33	2.84	3.50	0.69		83.79	149.01	9.09
34	92001	蜘蛛山	褐黄色硬绿泥石红柱石角岩	63.87	0.71	0.036	31.50	0.23	0.55	0.032	0.53	0.25	1.04	0.57	0.92	0.3		86.07	2298.61	13.18
35	92003	蜘蛛山	硬绿泥石红柱石角岩	53.07	1.77	0.031	40.19	0.19	1.07	0.031	0.34	0.04	1.80	0.30	0.87	0		87.17	200.22	16.21
36	92018	黑龙潭	红柱石角岩	36.51	1.76	0.069	53.07	0.54	2.26	0.036	0.21	0.51	0.63	1.17	2.62	0.40		87.54	106.06	21.03
37	92019	黑龙潭	褐色细粒红柱石角岩	42.61	1.39	0.073	37.05	4.76	2.55	0.031	0.50	1.08	1.36	2.93	5.70	0.37		66.97	134.13	6.11

W-4, W-5 引自姜贵一等,《北京西山地区红柱石矿物物质成分及其工艺特征的研究》(岩石名称系后加的),1983

(1)红柱石含量大于 10%的岩石原岩成分铝饱和程度高,具有富铝、贫钙镁、低钾钠的特点。 Al_2O_3 20.13%~53.07%, SiO_2 36.51%~63.87%, CaO 0.04%~3.04%, MgO 0.04%~1.15%, K_2O 0.015%~3.38%, Na_2O 0.017%~2.25%。尼格里值 al 45~89.54, Si 106~338.31。

红柱石含量随原岩中 $Al_2O_3/(K_2O+Na_2O+CaO+MgO)$ 比值的增大而有增高趋势。红柱石含量大于 10%的矿石 $Al_2O_3/(K_2O+Na_2O+CaO+MgO)$ 的比值为 5.11~38.58。

(2)不含红柱石的岩石含铝量较低, Al_2O_3 19.92%~26.56%, $Al_2O_3/(K_2O+Na_2O+CaO+MgO)$ 比值在 1.52~6.29 之间,一般小于 5。

1.3.1.3 赋矿岩石的变质作用与变质条件

京西红柱石矿化区位于燕山构造带西南,变质作用与燕山构造运动基本上是同步的,伴随着构造运动发展的不同时期发生了两次变质作用。第一次为 区域低温动力变质作用,使该区一些层状岩石发生褶皱,普遍轻度变质和片理化,一些富铁镁的泥质岩石普遍出现了硬绿泥石,构成一条由周口店到黑龙潭的北东向展布的区域硬绿泥变质带。王嘉荫先生认为硬绿泥石是在封闭条件下受压应力作用形成的应力矿物^[1]。第二次是接触变质作用,其变质热能来源于花岗岩类侵入体。这次变质作用是红柱石成矿的直接因素,房山花岗闪长岩体与成矿关系尤为明显,该岩体出露面积约 50Km²。由于岩体的侵入使围岩发生了热变质,岩体周围的岩石产生了变质结晶和再结晶作用,形成了环带状红柱石矿化,由于距岩体远近不同和岩体局部产状的影响,所形成的矿物组合有着明显的差别,石榴石端员分子数也有所显示(表 2)。

表 2 石榴石端员分子数
Table 2 End members of garnets

顺序号	产出层位	采样地点	And(%) (Ca-Fe)	Py(%) (Mg-Al)	Spe(%) (Mn-Al)	Alm(%) (Fe-Al)
1	C2	车厂	1.43	6.13	3.97	88.51
2	C2	车厂	1.92	5.00	0.52	92.56
3	Pt	一条龙	2.36	3.50	9.20	84.94
4	63274*	房山	8.5	7.0	2.4	82.10

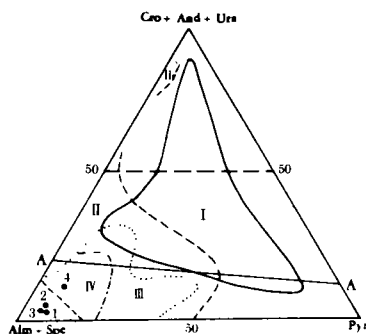
* 引自刘国惠等(1987),岩石为石榴红柱石英云母片岩

根据不同变质相的镁铝榴石-铁铝榴石系列石榴石分区的综合图解,划分出高绿片岩相和低角闪岩相(图 4 投图号 1,2,3,4)。根据特征矿物组合、将房山岩体周边的红柱石赋存岩带划分出 5 个矿物组合带(图 5),由高而低为:

(1)夕线石红柱石带、其矿物组合有:

夕线石+红柱石+石榴石+白云母+石英,夕线石+红柱石+石榴石+白云母+黑云母+石英。红柱石多呈自形斑晶,晶体较大,一般长 1~2cm,横断面 0.1~0.3cm²,杂质包体少。云母类矿物具定向排列,夕线石多沿红柱石边缘分布(照片 1),石榴石的分子组成为:铁铝榴

石 88.51%~92.56%, 镁铝榴石 5.00%~6.13%, 锰铝榴石 0.52%~3.97%, 钙铝榴石 1.43%~1.92%。



I. 榴辉岩, 包括榴辉蓝晶岩的石榴石 II. 麻粒岩相 III. 角闪岩相(包括蓝晶石片岩相) IV. 绿帘石角闪岩相

图4 不同变质相的镁铝榴石—铁铝榴石系列石榴石成分区的综合图解(据索波列夫, 1977)

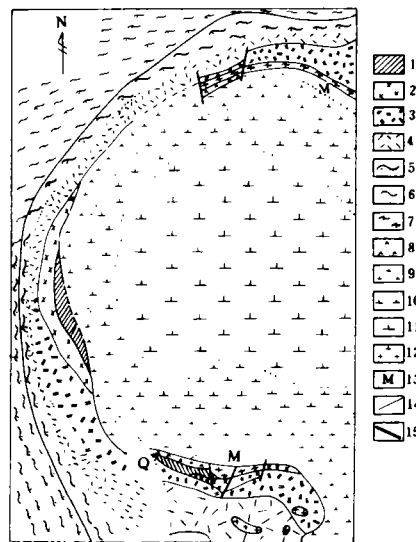
Fig. 4 Integrate plot for pyrope-greenlandite serial garnets

(2) 十字石红柱石带, 矿物组合为: 十字石+红柱石+石榴石+黑云母+石英。红柱石呈自形斑晶, 晶体长 1cm 左右, 断面 0.5~1mm², 晶体大小均匀、纯净(照片 2), 黑云母具定向排列。石榴石的分子组成: 铁铝榴石 84.94%, 镁铝榴石 3.5%, 锰铝榴石 9.20%, 钙铝榴石 2.36%。

(3) 白云母红柱石带, 矿物组合为: 白云母+红柱石+石英。红柱石一般晶体较大, 但由于原岩中有较多的碎屑物质, 故红柱石晶体中多有石英等碎屑物质包体(照片 3)。白云母片度远较夕线石带的白云母小。

(4) 黑云母红柱石带, 矿物组合为: 黑云母+红柱石+石英。红柱石呈他形柱状斑晶, 晶体内常含有黑云母、钛铁矿、石英等细小包体(照片 4), 黑云母浅黄褐色, 他形片状, 无定向排列。偶尔见有十字石和石榴石。

(5) 硬绿泥石红柱石带, 矿物组合为: 硬绿泥石+红柱石+石英。红柱石为他形柱状变斑晶, 含有较多的包体, 包体成分与基质成分相同。硬绿泥石呈放射状、蒿状集合体, 晶体一般粗



1. 夕线石红柱石带 2. 十字石红柱石带 3. 白云母红柱石带 4. 黑云母红柱石带 5. 硬绿泥石红柱石带 6. 硬绿泥石带 7. 透闪石带 8. 橄榄石-透辉石带 9. 燕山期石英闪长岩 10. 燕山期中粒花岗闪长岩 11. 燕山期粗粒花岗闪长岩 12. 燕山期花岗岩 13. 变质时代不明的片麻岩 14. 地层分界线 15. 断层

图5 北京房山花岗闪长岩体外接触带变质带
(据刘国惠的北京房山变质图改绘, 1987 年)

Fig. 5 Outer contact metamorphic zone of a granitic diorite body at fangshan, Beijing

大,黄绿色,表面干净。见有黑云母雏晶,黄绿色调。

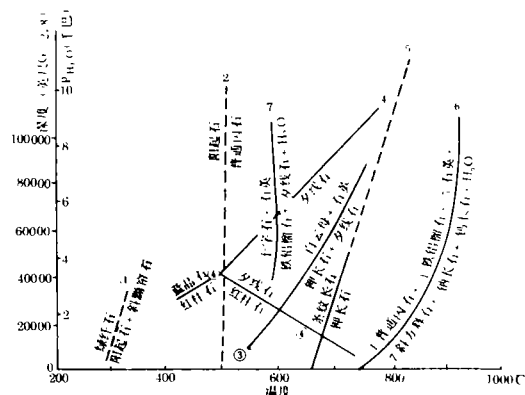
硬绿泥石红柱石带外为致密块状硬绿泥石角岩带。硬绿泥石晶体细小,呈不同大小的球粒状集合体。

根据变质矿物组合(图6)和变质作用分类及其与 Al_2SiO_5 矿物稳定区关系(图7),以及黑

云母和石榴石之间 Mg-Fe 分配系数与变质温度的关系研究,大致确定硬绿泥石、黑云母、红柱石变质带的形成温度 $400^\circ\text{C} \sim 550^\circ\text{C}$ 。十字石红柱石带形成温度 600°C 左右。夕线石红柱石带形成温度 $600^\circ\text{C} \sim 650^\circ\text{C}$ 。由于区内未见到蓝晶石与红柱石共生,可以认为变质是在低压变质作用条件下进行的。

1.3.2 成矿作用

京西红柱石矿床是铝饱和程度比较高的沉积岩受燕山期花岗岩类侵入产生热变质作用而形成的。红柱石含量受原岩铝饱和程度影响,红柱石结晶程度与变质温度有关,在变质成矿过程中,没有明显的物质带入或带出,赋矿岩石的矿物组合由原岩化学成分和变质温度所决定。成矿是在低压条件下,温度约在



曲线来源:①②Winkler(1970) ③Althaus 等(1970) ④Althaus 等(1967) ⑤ Orille(1963)和 Morse(1969) ⑥De Weard(1965) ⑦贺同兴编变质岩石学图Ⅳ—8(1980)

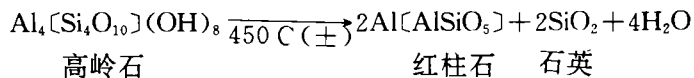
图6 变质矿物组合及其形成温度

Fig. 6 Temperature for metamorphic mineral assemblages

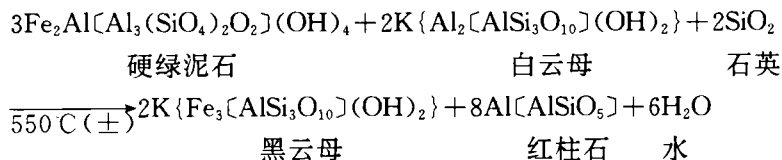
$400^\circ\text{C} \sim 650^\circ\text{C}$ 之间进行的。

根据房山岩体圈出的几个赋矿变质岩带,由低变质带的岩石矿物组合,向高变质带岩石矿物组合发展,其特征矿物反应有以下5种情况。

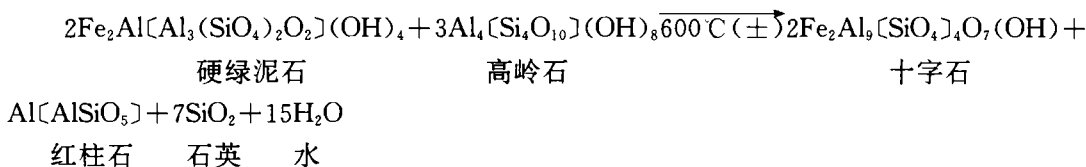
(1)原岩为富含简单的铝硅酸盐粘土矿物的泥质岩类,在较低温度变质作用条件下,因脱水而形成无水铝硅酸盐矿物——红柱石,如灰峪村东石炭系本溪组底部粘土岩中的红柱石雏晶。其反应关系可能为:



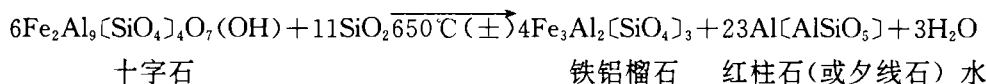
(2)黑云母红柱石带与硬绿泥石红柱石带毗连,并呈过渡关系。硬绿泥石在升温条件下与绢云母反应形成黑云母时,多余的铝与 SiO_2 结合则形成了红柱石,其反应可能为:



(3)十字石红柱石带中十字石与红柱石共生是在递进变质过程中的更高温度条件下可能由硬绿泥石与高岭石反应而形成,其反应为:



(4)在太平山矿化区东南部青白口系下马岭组赋矿岩层中由于距岩体较远,出现十字石与红柱石共生组合,向西北(E 300线以西)与岩体距离愈来愈近,十字石逐渐消失被铁铝榴石所替代,形成了铁铝榴石与红柱石^①共生,其反应可能为:



从反应式平衡情况可以看出,这一反应过程除了温度条件外,还需要氧逸度较高的环境。

(5)本地区所见的夕线石与红柱石共生组合,主要是在变质温度升高超过红柱石稳定域时向夕线石转化的结果,或者由反应(4)所形成。

2 红柱石矿床的工业可利用性评价

京西红柱石的工业可利用性评价,曾经过一段曲折的道路。八十年代初,冶金地质部门曾在本地区进行过找矿评价工作。工作中根据不同矿石类型委送了7个可选性试验样,经试验认为其中5个“无选别价值”,2个样品“尽管得到相对好一点结果,但未达到合格产品”要求。最后结论是:本区红柱石质量差、难选,“经济效果不好、工业利用价值不大”。因此,使找矿评价工作中断。

本次工作开始前,首钢地质勘探公司从原可选性试验较好的地段,再次采样进行可选性试验,取得了较好的可选性经济技术指标,达到了国家二级品指标要求。嗣后又根据冶金部决定设置的课题进行了系统研究,经过研究进一步查明了成矿条件,并肯定了京西红柱石的工业价值。

为了对红柱石矿床作出确切评价,进行了红柱石矿物学、红柱石含量、红柱石蚀变程度和矿石的可选性试验等方面的研究^②。

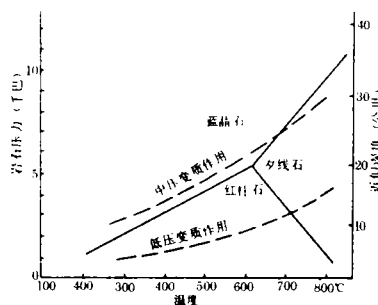


图7 变质作用分类及其与 Al_2SiO_5 矿物的稳定区的关系

Fig. 7 Metamorphism classification and their relation to stable fields for Al_2SiO_5 minerals

① 铁铝榴石红柱石带红柱石含量高于十字石红柱石带中3%~5%,并有夕线石出现。

② 在课题研究进行中,首钢地质勘察院在车厂北矿段进行了地表和深部工程揭露和三种矿石类型的可选性试验。课题组负责选矿样的岩矿和物质组分研究工作。

2.1 红柱石矿物学研究

红柱石矿床可利用性评价中对红柱石自身的研究是十分重要的。这是由于在不同条件下形成的红柱石,结晶程度、杂质含量、杂质存在形式、分布状态等差别很大,红柱石结晶程度愈低,杂质含量愈高,在选取红柱石过程中杂质剔除的难度愈大,甚至无法得到合格的红柱石精矿产品,即无选别价值。因此,对红柱石的矿物学研究是对红柱石矿床评价的基础工作。

对红柱石本身研究方法,一是通过系统的采取样品进行大量的显微镜下观察,了解红柱石的结晶程度、杂质包体成分、含量及分布状态。二是提取红柱石单矿物,进行红柱石矿物化学全分析,了解红柱石 Al_2O_3 含量。如果镜下发现红柱石所含的包体杂质不仅数量多,而且颗粒极细,与红柱石镶嵌紧密,单矿物分析其 Al_2O_3 含量又在58%以下,那就初步可以判定,选矿试验中最好的情况也只能得到三级品精矿(Al_2O_3 52%~55%),甚至得不到合格产品。

通过研究,产于夕线石、十字石带中的红柱石结晶自形程度高,比较纯净(照片1,2)。其他带中的红柱石结晶程度有依次降低的趋势,包体杂质也较多。但红柱石单矿物化学分析结果,除个别地段 Al_2O_3 含量低于58%外,其他都在59%以上(表3),这表明多数包体杂质是可以分离剔除的,以此预测可得到合格的精矿产品。

表3 单矿物化学分析表
Table 3 Analysis for monomineral

序号	样号	产地	矿物名称	化学成分(%)													合计
				SiO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁺	CO ₂	
1		上店	红柱石	38.37	2.44	0.37	56.67	0.17	1.08	微	0.40	微	0.48	0.19	微		100.17
2		车厂北	红柱石	38.51	0.76	0.069	59.24	0.6	1	0.001	0.025	0.015	痕	0.005			99.185
3		车厂北	红柱石	36.72	0.47	0.06	60.79	1.10	1	0.001	0.04	0.05	痕	0.015			99.246
4	A-1*	一条龙	红柱石	37.40	0.16		61.30	0.09		0.01	0.09	0.03	0.16	0.05	0.50	0.29	99.28
5	A-2*	一条龙	红柱石	37.70	0.20		59.80	0.36		0.01	0.04	0.02	0.05	0.08	0.15	0.20	98.97
6	A-3*	一条龙	红柱石	36.90	0.13		60.35	0.10		0.01	0.10	0.03	0.23	0.16	0.85	0.40	99.26
7	9197	车厂南	石榴石	36.90	0.02	0.10	20.20	1.7	38.10	1.67	1.48	0.48	0.03	0.01	0.18	0.1	100.17
8	C-1	车厂南	石榴石	36.55	0.14	0.12	20.46	1.55	39.60	0.22	1.20	0.64	0.03	0.01	0.11	0.1	100.64
9	龙-3	一条龙	石榴石	38.00			19.92	1.22	34.60	3.70	0.80	0.75	0.09	0.02			99.10

* 据前天津冶金地质调查所(现冶金部天津地质研究院)选矿室资料。

红柱石矿床工业矿体的圈定和其他矿产一样,按照国家规定的边界品位和其他指标进行,由于在我国红柱石作为矿产资源进行勘查评价,仅有十多年的历史,其矿物含量确定方法是近年才逐渐被统一起来。过去曾进行过重砂分离测定法,薄片镜下统计法、物相分析定量法等,通过不同方法比较,物相分析定量法准确程度高,而且一旦分析基本方法确定,也便于对分析结果进行精度检查。

在进行批量红柱石定量分析前,还要根据矿床的矿石类型,特别是像十字石、石榴石、刚玉等对测定红柱石有干扰的矿物存在时,如果不进行分析条件试验,将会对其测定精度产生影响,甚至造成极大的危害,如某红柱石矿床,因含有相当量的十字石,在物相分析过程中没剔除

十字石中的 Al_2O_3 含量,错误地计算为红柱石,结果使一般仅含有10%左右的红柱石矿石,测定红柱石含量达15%左右。致使已采的可选性试验样作废。

2.3 红柱石蚀变程度研究

红柱石形成后,容易遭受后期退化变质作用的破坏,经常产生绢云母,叶腊石和高岭石等蚀变矿物,轻者沿着红柱石晶体边缘和裂隙进行蚀变交代,呈镶边结构(照片5),重者使其晶体大部分蚀变成新矿物(照片6)。

红柱石一旦遭受蚀变,不管生成那种含水铝硅酸盐矿物,当达到一定量时都将破坏红柱石的晶体结构和物性特征,在选矿富集过程中,轻者降低回收率,重者得不到红柱石的富集产品。对红柱石蚀变程度的判断只凭野外观察是不够的,还必须进行系统的镜下观察研究,方能对红柱石蚀变程度作出半定量性判断,进而对红柱石的可选性作出正确的预测和准确的评价,从这一意义上说,对红柱石后期蚀变的研究是进行红柱石矿床评价的基础工作之一。

经研究,红柱石的蚀变具有以下规律:

(1)致密块状的硬绿泥石红柱石角岩,蚀变程度较轻,如上店、孔道庙一带的侏罗系地层中的红柱石。含碳质较高的矿石(红柱石)蚀变程度较重,如太平山、羊耳峪地区石炭系地层中的红柱石。

(2)红柱石形成温度高的地区红柱石蚀变程度轻,反之则重,如一条龙矿段和车厂村南石炭系同夕线石共生的红柱石蚀变程度轻,而远离岩体的碳质板岩中的红柱石一般蚀变较重。

(3)断层发育区和断层附近红柱石蚀变程度较重,根据在A、B两个横断层(间隔1600m)取样统计结果如下:断层A附近采的样,平均蚀变量为72.5%,断层B附近采的样平均蚀变量76.7%,中间(距断层A700m)采的样平均蚀变量为20%。

2.4 红柱石可选性试验

依据矿石的矿物组成、红柱石含量、精矿产品特点等,将矿石分为三个大类:(1)中品位角岩型红柱石矿石,(2)低品位千枚状片岩型红柱石矿石,(3)夕线石红柱石共生片岩型矿石。角岩型矿石是本区工业矿石的主要类型,它包括碳质角岩、硬绿泥石角岩和黑云母角岩。

中品位矿石是本区主要的工业矿石类型,占工业矿石总储量的80%以上,走向长达3500多米,厚10~20m,最厚达55m,红柱石含量多在15%~30%,刻槽取样最高达48.17%。石门沟矿段平均红柱石含量为26.78%,红柱石含量大于30%的试样占33%。

角岩型的三个类型的矿石已分别进行了可选性试验,碳质角岩型矿石入选品位为22.72%,试验结果:红柱石回收率40.57%,精矿 Al_2O_3 55.21%, Fe_2O_3 1.33%, $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 0.18%,达到二级品指标要求。硬绿泥石角岩型矿石入选品位26.74%,试验结果:红柱石回收率36.20%,精矿 Al_2O_3 54.75%, Fe_2O_3 0.96%, $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 0.35%。 Al_2O_3 含量略低于二级品要求,杂质含量在一级品要求以下。黑云母角岩型矿石,入选品位20.94%,试验结果:红柱石回收率32.18%,精矿 Al_2O_3 54.66%, Fe_2O_3 1.34%, $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}<0.5\%$, Al_2O_3 含量略低于二级品要求。

其他两个类型矿石,虽然尚未取得可选性试验资料,但从红柱石自形程度高,包体杂质少,红柱石与其他矿物镶嵌面比较规整等特点,可以预测可选性一定优于角岩型矿石,精矿指标一定会高于角岩型矿石。1980年,对千枚状片岩型矿石可选性初步试验,曾得到 Al_2O_3 含量

58.66%的一级精矿产品标准。

通过上述工作取得的成果,确定了京西地区红柱石的工业价值。根据物相分析结果,在房山岩体周边圈出了5个工业矿体。其中红柱石含量在20%以上的3个矿体的矿石量达1.05亿吨^①。其红柱石含量是我国已知大型红柱石矿床最高的(表4),潜在储量很大。

表4 中国大型红柱石矿简表
Table 4 Showing large-sized andalusit deposits in China

序号	矿床名称	产出地层	矿床规模	红柱石含量(%)	距铁路线距离	备 注
1	京西房山	上元古界青白口群,古生界石炭—二叠系,中生界侏罗系	主要矿体5个,总长度4500余m,厚度10~30m,最厚55m,三个矿体的矿石量10500万吨	10~30	由Ⅳ和Ⅴ号矿体之间穿过	计算深度由矿体山脊露头平均下推200m
2	西峡羊乃沟	元古界二郎坪群	主要矿体6个,长2~7km,厚度20~30m	8.1~13.73	约150km	
3	诸县小庄	元古界五莲群	出露长度2500~3300m,矿化层厚25~100m	5~10(选矿样入选品位10%)	约50km	含有少量夕线石和蓝晶石
4	风城老虎砬子	古生界石炭—二叠系	15个矿体,矿体长75~475m,最长1200m,出露厚度1.4~18.5m,最厚21.58m C+D级矿石量5100多万吨	12.15	约50km	

3 结论

北京西山红柱石矿化区具有成矿层位多,工业矿床规模大,红柱石含量高等特点。矿床系接触变质成因。控矿条件有二,一是铝饱和程度高的沉积岩,二是岩体侵入产生的热变质作用。成矿时期为燕山早期第二阶段和晚期的第一阶段,其同位素年龄128.46~115.94Ma^②。红柱

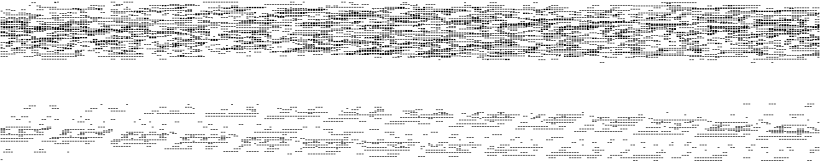
① Ⅳ号夕线石红柱石矿体和平均含量低15%的Ⅴ号矿体尚未计算矿量。
② 同位素年龄值偏小的原因可能与地表取样氩有丢失有关

石有5个矿石类型,其中以致密块状角岩型矿石为最重要。已圈出5个矿体,其中红柱石平均含量在20%以上的3个矿体的矿石量达一亿吨以上。红柱石含量居我国大型红柱石矿床之首。

北京西山地区红柱石矿化广泛,现已圈定的房山红柱石矿床,地处我国几个大型钢铁基地之中心,交通极为便利,矿床多与煤矿伴生,区内已有生产多年的煤矿企业,采矿的水、电、路基础设施都邻近矿区,是一个理想的红柱石原料生产基地,优势明显,竞争能力强,有着很好的开发利用前景。

参考文献

- 1 王嘉荫. 北京西山的硬绿泥石带. 中国地质学会志, 1951, 31(1~4)
- 2 鲍亦同. 论北京地区燕山运动. 地质学报, 1983, (2)
- 3 郑炳华, 等. 燕山地区大地构造基本轮廓. 科学出版社, 1980
- 4 邢抚安, 等. 京西红柱石找矿评价中的几个问题. 地质与勘探, 1984, (10)
- 5 陈瑞琪, 王仲山. 关于北京中生代构造演化的探讨(摘要). 北京煤炭工业学校校刊, 1984, (1)
- 6 王鸿祯, 等. 中国古地图集说明书. 地质出版社, 1985
- 7 冯宝华. 北京西山主要变质作用和有关非金属矿产. 建材地质, 1986, (3)
- 8 方少林. 论房山花岗闪长岩体的外接触变质带. 北京煤炭工业学校校刊, 1986, (1)
- 9 刘国惠, 等. 北京房山地区变质带. 中国地质科学院院报, 1987, 第16号
- 10 冯宝华. 西门头沟南大岭组玄武岩石风化壳及其变质作用. 煤田地质与勘探, 1988, (1)
- 11 北京市地质矿产局. 北京市区域地质志. 地质出版社, 1991.



ORE—FORMING CONDITION OF ANDALUSITE DEPOSIT IN THE WEST OF BEIJING AND THE INDUSTRIAL UTILIZATION

Zhao Xiude Luo Xiangfeng Jing Xigui Jin Aiwu

(Tianjin Geological Academy MMI)

Jiang Guiyi Lu Tieling Song Fumei

(Institute of Geology and exploration under the Capital Iron and Steel Co.)

Abstract

The andalusite deposit in the west of Beijing is of typical contact metamorphic ore deposit. The main ore—controlling factors are the sedimentary rocks with high degree of Al saturation and heat metamorphism derived from intrusive body of Yanshanian Period. Geological work was stopped by the former ore—dressing test which showed problems in andalusite beneficiation. It is a large size deposit with ore reserve of 100 million ton and andalusite mineral reserve of 200 million ton. This paper represents the results of the latest research and test carried out by the authors re-proving its industrial value. It is an ideal mining base with convenient transportation and communication.