

江苏东海榴辉岩型金红石矿床基本特征

程振香

(江苏省地质矿产局地质矿产研究所, 南京)

内容提要:榴辉岩型金红石矿是我国近两年新发现的一种矿床类型。它与高级区域变质岩——榴辉岩密切相关。含金红石块状榴辉岩为主要矿层, 呈透镜状、长条状产出。金红石含量1.02—5.5%, 平均2.32%, 其赋存状态主要呈分散状分布在矿物晶隙间。矿石中富含石榴石、绿辉石和磷灰石等。综合利用价值高, 选矿效果好, 可获得四种合格产品。矿床规模大, 品位较富, 露头矿, 交通方便, 开采条件优越。

主题词:榴辉岩 金红石 新类型 江苏东海

金红石是 TiO_2 的高温高压同质多形体, 是自然界最常见的矿物之一^[1]; 它在工业上有着广泛的用途。最近研究表明, 它又是高技术领域——航天、航空技术中一种新型隔热涂层材料^[2]。金红石目前在国内外市场上十分紧俏, 价格一扬再扬。

江苏东海榴辉岩中, 普遍含有一定数量的金红石, 随着岩体、岩相、岩性的不同, 金红石的含量亦不等, 有的已达工业利用要求^[3]。现根据近两年来对该区榴辉岩综合开发利用可行性研究与金红石矿普查工作成果^①, 初步总结出榴辉岩型金红石矿床基本特征如下。

一、区域地质概况

在江苏省东北部老变质岩区, 榴辉岩主要分布在郯庐断裂带以东、邵(店)桑(墟)断裂以北、海(州)泗(阳)断裂以西、苏鲁界线以南的菱形地区内, 尤以其中心地区分布更为集中, 大小榴辉岩体530余个。成带成群分布于晚太古界东海群(Ar_2dn)地层中, 特别在牛山—阿湖倒转背斜轴部的阿湖组(Ar_2da)地层中更为发育。区内褶皱、断裂均很发育, 岩浆活动从超基性→基性→中酸性岩均有分布。该区大地构造位置属于华北地台与扬子地台过渡带北侧。

二、矿床地质基本特征

矿区位于东海县城南西15km的种畜场附近。构造位置处于牛山—阿湖倒转背斜轴部偏南东翼。矿区除1—2m厚第四系盖层外, 均为古老的变质岩系, 属阿湖组(Ar_2da)。主要出露的岩性有黑云斜长片麻岩、二云斜长片麻岩、斜长片麻岩、蛭石化黑云斜长片麻岩、角闪石片岩、蛇纹岩、榴辉岩等麻粒岩相和角闪岩相的岩石。混合岩化作用较普遍。

大小八个榴辉岩体呈群分布(图1), 呈透镜状、不规则的弧状。其中主要岩体南北长2200m, 东西宽120—300m, 一般宽170m。岩体与围岩的接触关系多为渐变过渡和小角度接触(图2)。

(一) 主要岩石类型 榴辉岩体主要由含金红石块状榴辉岩(RE)和片麻状榴辉岩(GE), 还有少量黝帘石条带状榴辉岩、含蓝晶石片麻状榴辉岩、角闪石片岩、块状石榴石岩、阳起石岩、蛇纹岩等岩石所组成。含金红石块状榴辉岩与片麻状榴辉岩往往反复交替出现。

1. 含金红石块状榴辉岩(RE): 即矿层, 详见下述。

2. 片麻状榴辉岩(GE): 风化色呈棕黄色, 新鲜者呈暗绿色, 主要由绿辉石(多已角闪石、绿泥石化, 一般含量40%左右)和石榴石(25—30%), 以及少量白云母、石英与次生风化的铁锰物质、粘土矿

① 参加工作还有浦金富、潘南大等

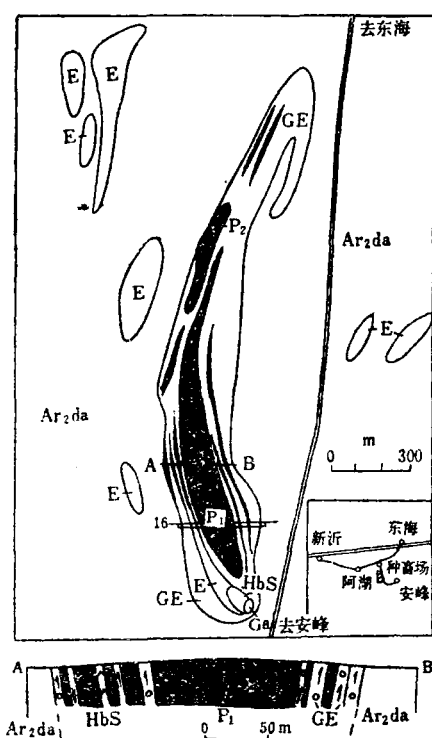


图1 江苏东海榴辉岩型金红石矿床地质略图
Ar₂da—阿湖组片麻岩类；E—榴辉岩(未分)；GE—片麻状榴辉岩；Ga—块状石榴石岩；HbS—角闪石片岩；ε—蛇纹岩(平面图中HbS西的E应为ε)；P—金红石矿体及编号

Fig. 1. Sketch geological map of the Donghai eclogite type rutile deposit in Jiangsu Province.
Ar₂da—Gneiss of Ahu Formation; E—Eclogite (powder); GE—Gneissic eclogite; Ga—Massive garnetite; HbS—Amphibole schist; ε—Serpentine; P—Rutile orebody and its serial number.

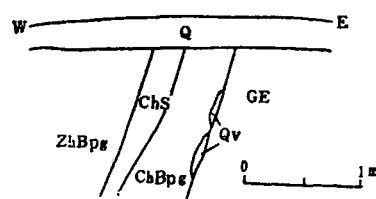


图2 榴辉岩与片麻岩接触带素描图(探槽TC1601的12m处)

GE—片麻状榴辉岩；ChBpg—绿泥石化黑云斜长片麻岩；ZhBpg—蛭石化黑云斜长片麻岩；ChS—绿泥石片岩；Qv—石英脉；Q—第四系

Fig. 2. Sketch showing contact zone between eclogite and gneiss.

GE—Gneissic eclogite; ChBpg—Chloritized biotite-plagioclase gneiss; ZhBpg—Vermiculitized biotite-plagioclase gneiss; ChS—Chlorite Schist; Qv—Quartz vein; Q—Quaternary.

物组成。粒柱状变晶结构，片麻状构造清晰，其中金红石含量较含金红石块状榴辉岩为低，普遍<1%，个别地段可达1.73—2.18%。该类岩石分布普遍。

3. 含蓝晶石片麻状榴辉岩(KyE)：呈浅绿带红色色调，柱粒状变晶结构、片麻状构造。主要由石榴石(48%)、绿辉石(29%)、蓝晶石(9%)、白云母(10%)以及少量石英、长石、磷灰石和微量金红石(0.17%)组成。该岩石仅局部出现。

4. 黝帘石条带状榴辉岩(ZoE)：新鲜者呈绿白色相间，柱粒状变晶结构、条带状构造、有脆性挤压扁豆体。主要由绿辉石、石榴石、黝帘石(6—15%)，以及少量石英、蓝晶石、金红石、磷灰石等组成。该岩石在榴辉岩体中分布普遍，似与构造作用密切相关。

(二) 矿体分布及特征 目前仅对主岩体推行了普查工作，其他岩体仍未开展工作。主岩体中圈定出P₁、P₂等10个大小不等的矿体。

P₁矿体：为主矿体，分布在岩体的中南部，总体走向为北北西，倾角71°—83°，呈北窄南宽的“棒槌”状，长1300m，厚4—210m，平均130m，向深部收敛，推测最大延深约300m。该矿体主要由含金红石块状榴辉岩组成，夹有少量含金红石片麻状榴辉岩、黝帘石条带状榴辉岩薄层。金红石平均含量2.35%，高者可达5—6%。

P₂矿体：呈北北东走向，倾向南东东，倾角70°左右，长430m，厚1—47.9m，一般厚34m，推测最大延深120m。矿体底板为片麻状榴辉岩，顶板为片麻状榴辉岩和含蓝晶石片麻状榴辉岩。矿体主要由含金红石块状榴辉岩组成，其中金红石含量为1.21—2.044%，平均2.0%。

其他矿体不一赘述。

(三) 矿石特征

含金红石块状榴辉岩(RE)：风化层为棕褐色，新鲜者为暗红带绿色色调；中细粒花岗变晶结构，全晶质，块状构造，性较坚硬，比重亦大(3.44)。

1. 矿物组成:

根据人工重砂和薄片鉴定资料, 矿石主要由铁铝榴石和绿辉石组成, 两者共占 70—90%, 其次还有钙铝榴石、镁铝榴石、角闪石、金红石、黝帘石、蓝晶石、钛铁矿、磷灰石、石英等 (表 1), 其中金红石含量 1.02—5.5%。一般为 2.35%。

主要矿物特征: ①石榴石: 是矿石中最主要组成矿物, 含量一般在 50% 左右, 有时高达 70% 以上。颜色呈浅粉红色、橙红色、樱红色等, 以后者为主, 多数呈半自形—他形等粒状, 粒度大小以 0.1—0.5mm 为主, 少数 < 0.1mm, 个别粗者可达 10mm 以上。有时粗细粒石榴石分布不均匀, 局部出现集中。石榴石单晶

表 1 含金红石块状榴辉岩矿物成分

Table 1. Mineral composition of rutile-bearing massive eclogite

矿物名称	石榴石	绿辉石	金红石	磷灰石	石英	蓝晶石	锆石
含量 (%)	46.54	36.17	4.29	4.60	1.62	0.46	0.02

据矿福生 1989 年“江苏新沂县阿湖榴辉岩选矿扩大试验报告”

裂纹发育, 部分表面不平坦, 个别有溶洞、溶沟。折光率为 1.749—1.768, 比重 3.85—3.90, 硬度 7.0—7.3 (摩氏硬度)。晶体中常见有针状或粒状金红石以及薄板状钛铁矿等包裹体。②绿辉石: 是构成矿石另一种重要矿物, 含量一般在 40% ±, 呈深绿色, 一般为短柱状或他形粒状, 晶体大小不一, 一般为 0.39 × 0.55mm, 大者可达 1.17 × 2.73mm, 玻璃光泽, 参差状断口, 相对密度 3.28—3.36, 硬度 5—6 (摩氏硬度)。绿辉石易被角闪石、绿泥石等矿物交代。

2. 矿石化学成分:

主要由 SiO₂、TiO₂、FeO₃、Fe₂O₃、Al₂O₃、CaO、MgO 等氧化物组成 (表 2)。元素组成除 Fe、Al、Ca、Mg、Si、Ti 外, 尚含微量 Ga、Ge、Zr、Be、Nb、Y 等。

表 2 含金红石块状榴辉岩化学多项分析结果 (%)

Table 2. Chemical multi-item analyses of rutile-bearing massive eclogite

样号	TiO ₂	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
H ₁	6.93	39.13	18.74		14.81	7.80	4.25	0.014	1.86	
H ₂	4.84	40.84	20.76		14.47	9.36	3.14	1.92	0.04	1.42
H ₃	4.73	39.76	11.65	10.33						0.11
H ₄	4.20	40.91	22.92		14.25	10.65	6.05			
H ₅	3.85	40.33	7.52	13.84						0.04

注: 地矿部南京综合岩矿测试中心 杨文思、周培芝等分析 (1988)

3. 矿石结构、构造

矿石的结构主要为中细粒花岗变晶结构, 构造为块状, 少数为柱粒状变晶结构与片麻状构造。值得指出的是, 就金红石而言, 绝大多数为星散状分布。

(四) 金红石特征及赋存状态

金红石在矿石中主要呈半自形—他形晶体, 亦见有少量肘状、双锥聚形以及不规则晶体。晶面常具纵纹。颜色呈棕黄、暗红、黑等色, 以暗红色为主。颜色的深浅与成分中的 Fe、V、Mn 等元素含量有关: 含量愈高色愈深, 反之亦然。金红石粒径大者为 0.6mm, 细者 0.04mm, 一般为 0.25mm 左右, TiO₂ 含量 97.00%

(表3)。在退变质作用和后期交代作用下,金红石往往转变成钛铁矿、榍石、白钛石,尤其在表面及解理裂隙处更易见到(图版Ⅲ-8)。

金红石赋存状态主要有二种:①以0.2—0.3mm大小的颗粒呈分散状地分布在石榴石、绿辉石等矿物

表3 金红石主要化学成分(%)

Table 3. Major chemical composition of rutile (in percentage).

样号	TiO ₂	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	备注
H01	97.00		0.01	0.018	1.00		0.43	5个单矿物分析平均
H02	93.76		0.26	1.46	1.88			可选性试验精矿
H03	90.70	2.35	0.05	0.046	2.35	2.35		扩大试验精矿
H04	91.50	1.83	0.0085	0.004	3.31	1.49		扩大试验精矿
H05	93.60	2.03	0.023	0.045	2.51	1.76		扩大试验精矿

同表2注

的晶隙之间。这种状态分布最普遍,而且最具工业意义。②呈细脉状或串珠状分布在矿石的节理裂隙中(图版Ⅲ-8)。这种赋存状态的金红石结晶粗大,有的呈块状,在第四系中见到8×7×9cm的转石。这种状态时常可见,具一定工业意义。③以细小(<0.1mm)颗粒呈包裹体的形式包裹于石榴石、绿辉石、磷灰石、黝帘石等矿物中。这种现象亦很常见,但工业意义不大。

(五) 综合评价

含金红石块状榴辉岩是含多种有用矿物——金红石、石榴石、绿辉石、磷灰石、钛铁矿等的集合体,应进行综合评价。金红石、石榴石的广泛工业用途已为人们所熟知,而绿辉石作为色泽鲜艳的建筑装饰材料——涂料和彩砂以及建筑陶瓷材料正在被重视。

从扩大选矿试验结果表明:整个矿石有用矿物的利用率竟高达65.778%。与国内其他类型原生金红石矿有用矿物利用率仅1%左右相比,明显表现出综合利用价值高。现仅就石榴石而言,本矿床石榴石品位富(50—70%),质量好(色泽鲜艳),硬度大(7.0—7.3,摩氏硬度),棱角尖锐,储量大,故属大而富的矿床,这与国内石榴石原生矿床相比,也具有明显的优越性。

(六) 矿床成因探讨

本矿床可能系晚太古代洋壳和上地幔物质经俯冲和中深变质作用而形成的变成矿床。

三、矿石实验室选矿试验成果

矿石经过100kg小样的可选性试验和10t大样的扩大试验,均取得较好的选矿指标。扩大试验采用磁—重—磁联合流程,可获得下列四种合格精矿产品:

1. 石榴石:精矿品位89.8%,产率45.175%;
2. 绿辉石:精矿品位86.4%,产率17.253%;
3. 金红石:精矿品位(TiO₂)93.60%,回收率64.17%;
4. 磷灰石:精矿品位(P₂O₅)40.48%,回收率41.95%。

用硝酸浸出金红石精矿中的磷和硫,浸出液加氨水中和,可作为磷氮复合肥料使用,变废为宝,变害为利。

四、几点初步认识

1. 苏北榴辉岩呈北北东方向的带状、成群分布于华北地台与扬子地台之过渡带北侧,可能系晚太古代

洋壳和上地幔物质经俯冲和中深变质作用形成。

2. 榴辉岩型金红石矿是一种新的类型,是与榴辉岩密切相关,是高级变质作用下的变成矿床。
3. 金红石的含矿性受岩相、岩性控制,榴辉岩相含矿好于角闪岩相,块状岩石好于片麻状、条带状岩石。
4. 金红石(TiO_2)的贫富与岩石化学成分中Fe族元素密切相关,尤其与Fe呈明显正消长关系,所以含矿性好的岩石色变暗,石榴石、绿辉石的颜色变深,风化后矿石呈铁锈色。
5. 榴辉岩型金红石矿,有用矿物总利用率高达65%以上,这在各类型金红石矿床中是一个独特的特点。
6. 该矿床品位较富,露头好,交通方便,易开采,具有优越的开发前景,但目前地勘与研究工作的程度均较低,有待深入开展。

总之,开展对榴辉岩型金红石矿的地勘与研究,不仅具有重要的理论意义,而且具有重要的社会和经济意义。这方面国外已有报道。所以,尽快重视这类矿床的寻找和开发,为改变我国贫金红石资源的现状作出贡献。

以上肤浅认识,有待在今后实践中日臻完善,不当和错误之处请读者批评指正。本文编写过程中得到赵剑畏高级工程师很大鼓舞和帮助,在此一并深表谢意。

参 考 文 献

- 〔1〕 全国矿产储量委员会办公室 1987 矿产工业要求参考手册 地质出版社
- 〔2〕 S·J·莱方德 1983 工业矿物和岩石 中国建筑工业出版社
- 〔3〕 《矿物物理和矿物材料研究》编辑组 1982 一种新型隔热涂层材料 科学出版社

BASIC CHARACTERISTICS OF THE DONGHAI ECLOGITE TYPE RUTILE DEPOSIT IN JIANGSU PROVINCE

Cheng Zhenxiang

(Institute of Geology and Mineral Resources, Bureau of Geology and Mineral Resources of
Jiangsu province, Nanjing, Jiangsu)

Abstract

The Donghai eclogite type rutile deposit is a new type of ore deposit recently discovered in China. It is intimately related to the high-grade regional metamorphic rock—eclogite, and contains rutile-bearing massive eclogite as the major ore bed which occurs in lenticular or elongated form. Rutile makes up 1.02—5.5% (averagely 2.32%) of the eclogite and is mainly scattered in crystal interstices of minerals. The ore contains rich rutile, virescite, apatite etc. which have high value of comprehensive utilization. Ore dressing is satisfactory and has yielded four sorts of qualified products. The ore deposit is large in size and relatively rich in grade; what is more, it is exposed at surface and has transport facilities. Therefore, the prerequisite for its exploitation is excellent.