

文章编号: 1001-1412(2000)04-0366-07

# 霞石正长岩的评价方法

黄 强, 邱素梅

(国家建材局 地质工程勘查研究院, 北京 100010)

**摘 要:** 文章介绍了霞石正长岩矿的野外评价方法、矿石的可选性评价方法和矿石的经济质量评价方法;建立了矿石节碱系数、有效系数、引铁系数的概念;同时介绍了霞石正长岩矿的地质勘查方法和国内部分霞石正长岩矿的评价结果。

**关键词:** 霞石正长岩;评价方法;勘查方法

中图分类号: P624.6; P619.2

文献标识码: A

霞石正长岩是一种碱性岩石,到目前为止,世界上只有加拿大、挪威、巴西等国家的个别霞石正长岩体被开发利用。作为工业利用的一种矿产资源,大部分霞石正长岩体在各项技术指标上难于满足开发质量要求,所以在霞石正长岩投入勘探开发之前,做好岩体的评价研究工作非常重要。本文介绍作者在以往工作中总结的一套霞石正长岩评价方法,供读者参考。

## 1 霞石正长岩的野外评价方法

对目标岩体,首先要审度其自然经济条件。其中最重要的是交通条件,霞石正长岩属大量低值的矿产,交通运输费用的高低,直接影响它的销售价格。一般要求矿山靠近港口或有铁路、公路相通。

对自然条件尚可的岩体开展适当的地质考察。考察路线选择:对似层状岩床或长条状岩株,采用平行路线穿越法,路线垂直于岩体走向或长轴方向;对环状岩体,宜采用梅花状路线穿越,尽可能穿过每一个岩相;对一些不规则岩体则视具体情况而定。总的原则是根据霞石正长岩体岩相变化的具体情况而定,以保证考察线路能穿越其主要岩相。在进行地质考察时,重点注意岩石的颜色、矿物组成、结构及岩石的变化程度。岩石的颜色是霞石正长岩最重要的质量标志,长石、霞石等有用矿物,只有在自身不含铁或少含铁时,才是无色、白色、灰白色或红色的。研究表明:白色、浅灰色、红色的霞石  $w(\text{TFe}_2\text{O}_3) < 0.2\%$ , 灰色霞石  $w(\text{TFe}_2\text{O}_3) = 0.2\% \sim 0.7\%$ , 深灰色霞石  $w(\text{TFe}_2\text{O}_3)$  高达  $0.94\%$ , 同时也证明,长石矿物也有类似的铁的质量分数

收稿日期: 2000-05-22; 修订日期: 2000-09-19

第一作者简介:黄强(1960-),男,浙江人,教授级高级工程师,1982年1月毕业于浙江大学地质学专业,主要从事建材非金属矿找矿,矿产应用开发工作。

与矿物颜色的关系。霞石、长石矿物中的铁一般是以类质同象形式存在于晶格之中的,很难用物理手段将其分离,因此,矿物中铁的质量分数决定着岩石的工业价值。在野外,霞石正长岩的颜色是判别岩石质量最重要的直观依据,白色、浅红色或黑白分明的岩石才可能具工业价值。另一个值得注意的现象是长石、霞石矿物由于透明度比较高,它们在大块岩石中会表现出深色调,使人误认为属  $w(\text{TFe}_2\text{O}_3)$  高的矿物,所以在观察岩石的颜色时应敲岩石的碎片,避免得出错误的结论。霞石正长岩中霞石的含量也是野外考察时要认真对待的一项指标,霞石矿物越多则岩石的工业价值越高。国外矿业界曾建议作为工业岩石开采的霞石正长岩应有20%以上的霞石,我们虽不赞成人为地限定某一下限指标,但岩石的化学成分还应具有比长石优越的指标。在野外要肉眼辨认霞石并估计含量是比较困难的事,这里介绍一个比较直观的方法供读者使用。一般霞石正长岩的风化表面上,霞石最不抗风化,它往往被风蚀成坑,所以估计出风化面上凹坑的数量就可代表岩石中霞石所占比例,这方法称作风化面法。在野外地质考察时,对暗色矿物体积分数也应该有一个估计,它直接影响霞石正长岩的精矿产率。对岩石暗色矿物体积分数 $< 20\%$ 的岩石,可以加强工作,在地质图上圈定分布范围,判断储量规模,在有代表性的地段可用捡块法采集岩石标本,同时增采 $1\sim 5\text{ kg}$ 的选矿小样,供可选性试验之用。对暗色矿物体积分数 $< 10\%$ ,呈白色或黑白分明的岩石,可直接采集 $300\sim 500\text{ kg}$ 的可选性试验样,供实验室详细选矿试验之用。对于岩石结构,主要观察岩石中矿物的结晶粒度和相嵌关系。因为玻璃工业对霞石正长岩有一定的粒度要求,另外结晶太细不利于选矿除铁,最好岩石在破碎到30目以下时,浅色矿物与暗色矿物已能完全解离,这就要求岩石最好具备中—粗粒花岗结构。对有些岩石中有细小的暗色矿物穿插在浅色矿物内生长的现象,要描述记录在案,它也是影响选矿效果的一个重要因素。

霞石正长岩往往是巨大的碱性杂岩体中的一个岩相,这种岩体分异作用强烈,岩相变化很大,而工业要求霞石正长岩产品要有稳定的质量,因此,在对霞石正长岩进行地质工作时,一定要将岩石的变化情况研究清楚,选择具有一定规模的稳定岩相供工业开发。

## 2 霞石正长岩的可选性评价方法

影响霞石正长岩可选性的因素很多,但起决定作用的因素有矿石矿物与脉石矿物的物理性质的差别、矿石工艺粒度和镶嵌关系、矿物的化学成分,尤其是浅色矿物中的含铁情况。

综合国内外霞石正长岩的矿物成分,可以得出霞石正长岩主要矿物共生组合是:霞石、碱性长石、方钠石、方解石、霓石—霓辉石系列、黑云母、角闪石、黑榴石、钙霞石、方沸石、绢云母、刚玉、楣石等。这些矿物的一些物理性质列于表1。在磁选作业中,根据经验,矿物比磁化系数 $> 3\,000 \times 10^{-6}\text{ cm}^3/\text{g}$ 的,可在场强 $64\sim 160\text{ kA/m}$ 的磁选机上选出,而矿物比磁化系数在 $600 \times 10^{-6}\sim 15 \times 10^{-6}\text{ cm}^3/\text{g}$ 的弱磁性矿物,在场强 $320\sim 1\,350\text{ kA/m}$ 的磁选机上选除。因此,从表1的数据看,在理论上霞石正长岩所含的所有暗色矿物,只要解离充分,均可在强磁选机中分离。国外霞石正长岩的选矿实践业已证明,用强磁选可以成功地将矿石中的黑云母、霓石、霓辉石、角闪石、黑榴石、磁铁矿分离出去。国内霞石正长岩中的暗色矿物仅限于这些矿物,因此,

从理论上讲国内的一些霞石正长岩矿石也具备磁选分离的先决条件。

表 1 霞石正长岩主要矿物物理情况表

Table 1 Physical property of major minerals in nepheline syenite

矿物	形态	比重	比磁化系数( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	介电常数
长石	粒状	2.55 ~ 2.63	$-0.33 \times 10^{-6}$	6.5 ~ 6.3
霞石	粒状	2.55 ~ 2.65	—	6.2
方解石	粒状	2.13 ~ 2.29	—	—
方解石	粒状	2.7	0.3	6.36
霓辉石	柱状、针状	3.4 ~ 3.6	68.75	7.2
黑云母	片状	2.02 ~ 3.12	54.24	9.28
角闪石	柱状	2.8 ~ 3.2	25.54	4.9 ~ 5.8
黑榴石	粒状	3.7 ~ 4.7	—	—
磁铁矿	粒状	4.9 ~ 5.2	92000	—

在野外做了初步评估的矿石,在室内要做详细的工艺粒度和嵌布关系的鉴定工作,薄片鉴定是最简便直接的方法。国内霞石正长岩的矿物嵌布关系大体可分 3 类:

第一类是包裹关系,这种矿物嵌布关系对选矿作业效果的影响较大。如果是浅色矿物中包裹有细小的暗色矿物,那么,该矿石在选矿破碎作业过程中就很难使矿石的有用矿物与有害矿物得到有效解离,尤其是对有粒度要求的选矿作业,会严重影响选矿效果。

第二类是花岗嵌晶结构,该结构的矿石对选别最有利。矿石中各种矿物粒度均匀,接触面平直,矿物多数呈多边形,矿石在破碎时各矿物间解离完好,因而矿石可获得较好的选矿效果。

第三类是交代结构,这类结构对矿石质量的影响要视其交代程度、交代对象而定。一般霞石正长岩中较少发生浅色矿物与暗色矿物之间的交代现象,多数交代现象发生在浅色矿物组合间或暗色矿物组合间。霞石与长石之间常具有交代现象,两者甚至可以形成文象结构,但它对选矿效果的影响不大。发生在暗色矿物间的交代现象一般有:辉石、霓辉石被黑云母交代或相反,角闪石被黑云母交代,这一系列的交代作用对矿石的可选性影响也不大。但黑云母交代辉石、角闪石时,可造成被交代矿物磁性增强,霞石正长岩中的黑云母往往含铁较高,并不时有磁铁矿在云母片或边缘析出,使本应具顺磁性的矿物表现为铁磁性,因而大大提高黑云母的磁选效果。相反,黑云母的退色作用,水化作用,会使它既无磁性又无可浮性,但黑云母的这种不利变化一般仅局限于岩体表层或断裂带内。

霞石正长岩矿石选矿精矿理论成分预测的目的是为了在矿石可选性试验投入之前,就对矿石的选矿效果有一个比较科学的预测,同时预测指标又可对实际选矿效果进行评价。精矿理论成分预测的方法是:假设选矿作业分离了全部的浅色矿物与暗色矿物,精矿由矿石中的浅色矿物组成,由岩矿鉴定统计出矿石各矿物的精确组成,浅色矿物中的化学成分由电子探针求出质量分数平均值(矿物成分往往变化较大,要求有 10 个点以上的数据进行平均)。那么,理论精矿的成分就由浅色矿物的相对含量及化学成分决定了。

下式用以预测精矿理论成分:

$$d_j = \sum_{i=1}^n g_i \cdot p_i$$

$d_j$ : 精矿中  $j$  氧化物的预测质量分数;

$g_i$ :  $i$  矿物中  $j$  氧化物的质量分数;

$p_i$ :  $i$  矿物在浅色矿物中的相对质量分数;

$i=1, 2, \dots, n$  矿石中所有浅色矿物;

$d(\text{Fe}_2\text{O}_3)$  为精矿含铁量的下限,  $d(\text{Al}_2\text{O}_3)$ ,  $d(\text{SiO}_2)$ ,  $d(\text{Na}_2\text{O})$ ,  $d(\text{K}_2\text{O})$  等为精矿成分的上限, 矿石中浅色矿物的质量分数总和即为矿石的精矿理论产率。

### 3 霞石正长岩的经济质量评价方法

霞石正长岩经济质量评价方法是作者鉴于霞石正长岩的应用领域及其作用与长石基本相同的事实, 设计的一种比较法评价方法, 该方法以我国现有年产万吨以上的长石矿的产品质量的平均值为参照, 拟定 3 个评价系数: 有效系数、节碱系数和引铁系数。

表 2 国内万吨以上长石矿平均参数(以 1986 年为基准)

Table 2 Average parameter of feldspar mines with annual output over 10 kt in China

成分	$w(\text{Al}_2\text{O}_3)/\%$	$w(\text{R}_2\text{O})/w(\text{Al}_2\text{O}_3)$	$w(\text{Fe}_2\text{O}_3)/w(\text{Al}_2\text{O}_3)$
国内长石平均值	17.46	0.83	0.0109

(1) 有效系数:  $F = w(\text{Al}_2\text{O}_3)/17.46 - 1$ 。能用作玻璃工业引入  $\text{Al}_2\text{O}_3$  成分的原料很多, 长石质原料是最适合、最廉价的原料。但是, 就是长石原料, 其中的有效成分的量依然有很大的变化范围, 据统计不同产地的长石矿,  $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$  可以在 12% ~ 19% 范围内变化, 其原因是长石矿中有石英等非含  $\text{Al}_2\text{O}_3$  矿物伴生, 可以淡化长石矿中的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  质量分数。而霞石正长岩中的霞石不与石英共生, 它一般与长石共生, 长石矿物中的  $\text{Si}$  和  $\text{Al}$  的比例是 3 : 1, 而霞石矿物的  $\text{Si}$  和  $\text{Al}$  的比例是 2 : 2, 因此, 这两种矿产的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  质量分数是不等的, 这就赋予了这两种矿物不同的开采、运输、加工、利用效益。为此我们定义: 有效系数  $F = w(\text{Al}_2\text{O}_3)/17.46 - 1$ 。当  $F > 0$  时表明该被评价的原料有效成分高于我国的平均长石, 当  $F < 0$  时, 原料的有效成分低于我国长石平均水平。

(2) 节碱系数:  $S_s = [w(\text{R}_2\text{O})/w(\text{Al}_2\text{O}_3)]/0.83 - 1$ 。熔制玻璃所需的  $\text{Na}_2\text{O}$  一般是由纯碱引入, 有时也用其他碱, 这些原料属于化工产品, 价格相对昂贵, 它构成了玻璃原料的主要成本, 因此, 节碱是玻璃工业的一项重要指标。长石质原料在为玻璃工业提供  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的同时, 也向其引入了  $\text{R}_2\text{O}$ , 但是玻璃工业对  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的引入量是有严格限制的, 因而, 长石质原料向玻璃体系引入碱的量同时也受到了限制, 由此, 长石质原料的  $w(\text{R}_2\text{O})/w(\text{Al}_2\text{O}_3)$  比值的大小就决定了原料的代碱能力, 为了做好霞石正长岩节碱能力的评价工作, 作者定义了节碱系数的概念: 节碱系数  $S_s = [w(\text{R}_2\text{O})/w(\text{Al}_2\text{O}_3)]/0.83 - 1$ , 当  $S_s > 0$  时, 表明被评价的新原料有节碱能力,

$S_s$  越大节碱量越多。当  $S_s < 0$  时, 表明原料亏碱, 节碱能力不如现用长石。

(3) 引铁系数:  $F = [w(\text{Fe}_2\text{O}_3)/w(\text{Al}_2\text{O}_3)]/0.0109 - 1$ 。同理, 长石质原料中的铁对玻璃的影响程度亦受  $w(\text{Fe}_2\text{O}_3)/w(\text{Al}_2\text{O}_3)$  值的控制, 我国万吨以上长石矿产品的平均  $w(\text{Fe}_2\text{O}_3)/w(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0.0109$ , 定义引铁系数  $F = [w(\text{Fe}_2\text{O}_3)/w(\text{Al}_2\text{O}_3)]/0.0109 - 1$ , 当  $F > 0$  时, 表明  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的质量分数高于我国长石的平均值, 启用这种原料, 玻璃产品中铁的质量分数将增加, 当  $F < 0$  时, 表明原料的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  质量分数较低, 使用这种原料可降低玻璃中铁的质量分数。

## 4 部分霞石正长岩的质量

按照上文介绍的评价方法, 作者对国内部分霞石正长岩体作了质量评价, 评价结果见表 3, 其中南江的磷霞岩、安阳的霞石正长岩质量优良, 现已开采或正在筹备开采。

表 3 部分霞石正长岩评价结果

Table 3 Evaluation of some nepheline syenites in China

指标		南江磷霞岩	个旧霞石正长岩	会理霞石正长岩	安阳霞石正长岩
规模/km <sup>2</sup>		1.5	27.8	32	4
储量/万 t		$2 \times 10^3$	$> 10^5$	$> 10^5$	$> 10^5$
矿物成分 %	霞石	90	30	23.1	30
	长石	1	55	68.9	65
	暗色矿物	1.3	5.75	6.9	5
	其他矿物	7.7	9.25	1.1	少量
预测 精矿 成分 及选 矿结 果 $w_B/\%$	SiO <sub>2</sub>	> 38(38.5)	58.1(54.9)	60.0(57.5)	57.6(57.0)
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31 ± (31.9)	22.9(23.2)	23.2(24.5)	23.4(21.0)
	K <sub>2</sub> O	6.5(6.0)	10.5(9.7)	4.9(4.4)	5.7(5.7)
	Na <sub>2</sub> O	15.5(15.4)	7.8(8.2)	12.0(11.6)	10.7(8.9)
	TFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.05(0.09)	0.21(0.30)	0.31(0.43)	0.12(0.15)
理论产率/%		> 95	94	93	95
精矿 适用 领域	透明玻璃	适用	适用	不适用	适用
	有色玻璃	适用	适用	适用	适用
	陶瓷	适用	适用	适用	适用
	填料	适用	适用	不适用	适用
评价 系数	节碱系数	+ 0.16	+ 0.27	+ 0.18	+ 0.21
	有效系数	+ 0.87	+ 0.24	+ 0.40	+ 0.17
	引铁系数	- 0.82	+ 0.5	+ 0.71	- 0.53

注: TFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 为全铁

## 5 霞石正长岩的地质勘查

对霞石正长岩矿地质勘查的目的是为了查清矿石的储量、质量、矿体形态、产状,查明矿床可以生产出什么样的产品,对经过上述评价,确认质量尚可的岩体可投入地质勘查。

对霞石正长岩地质勘查的地表工程一般可以用槽探,对个别覆盖较厚的地段可以用浅井替代,由于霞石正长岩中的霞石是一种易风化的矿物,所以,槽探、浅井一定要尽可能地深入到新鲜岩石内部,避免采集风化岩石作样品,使分析结果失真。霞石正长岩的深部工程可以采用小口径金刚石钻井。关于勘探网度可以视矿床的复杂程度而定,如安阳霞石正长岩矿采用100 m的间距布置勘探线。以100 m × 100 m的网度求C级储量,200 m × 200 m求D级储量;而南江霞石矿矿体呈脉状,变化比较大,采用100 m × 100 m的网度求D级储量。实践证明,这个勘探网度是合适的。

样品的化学分析。全分析项目应有:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ 。基本分析项目建议为  $\text{TFe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , 组合分析项目应该有  $\text{TiO}_2$ 。对有益元素除分析元素质量分数的高低外,还要分析相互间的关系及它们的变化情况,在玻璃工业中,不接受成分变化大的原料。另外,对具有2层电子的元素都要有分析资料,因为它们都是染色元素,如Cr元素,虽然它们在碱性岩中的含量很低,但染色能力却很强,是Fe元素的30~50倍。因此,要用更灵敏的分析方法进行测试,一般可先作光谱半定量分析,对 $w_B < 0.001\%$ 者可以免于精确分析,而当 $w(\text{Cr}) > 0.001\%$ 时,便要注意进行精确测定。稀土元素也全是染色元素,但一般碱性岩中含量不太高,染色能力也不强,不会直接影响产品质量,可以只做1~2个样品作一般性了解。

勘探的另一个重要任务是要回答矿山能出什么样的精矿,甚至回答哪个块段能出什么样的精矿产品。如果仅按老方法老规范做勘探时期的选矿试验,往往造成投资上百万元探明一个特大型矿床,但并不能明确矿体各块段的实际质量状况。作者建议增加选矿试验样品数,随着选矿费用的降低,建议用化学分析的副样3~5个组合,做一个选矿样,地质报告不但阐明矿石质量分析状况,而且可提供精矿质量分布图。

## 结束语

霞石正长岩矿在投入地质勘探工作前,应先进行评价研究,查清矿石矿物成分,重点是霞石和难熔矿物。对矿石做精矿成分的理论预测和经济评价,对有前景的矿体再投入地勘工作。矿石的可选性试验工作除按传统做1~2个详细的综合样大样外,有条件的应该对化验副样做组合样进行选矿作业,用以圈定矿体精矿质量分布图。

## 参考文献:

- [1] 许时. 矿石可选性试验[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1989.  
 [2] 李英堂, 田淑艳, 汪美凤. 应用矿物学[M]. 北京: 科学出版社, 1995.

## ASSESSMENT METHOD OF NEPHELINE SYENITES IN CHINA

HUANG Qiang, DI Su-mei

(Geological and Engineering Exploration Institute of State Building  
 Materials Bureau, Beijing 100010, China)

**Abstract:** The paper presents the methods of field evaluation, ore-dressing evaluation and economic evaluation for nepheline syenite ores, and gives the conceptions of the alkali-saving coefficient, the efficient coefficient and the iron-introducing coefficient. The paper also discusses the method of geological exploration for nepheline syenite ores, and evaluation of some nepheline syenite ores opened in China.

**Key words:** nepheline syenite; evaluation method; exploration method

## 欢迎订阅 2001 年《地质找矿论丛》

《地质找矿论丛》为国家科技部和新闻出版署批准, 由天津地质研究院主办的地学科技期刊, 1986年创刊, 国内外公开发行。中国标准刊号: ISSN 1001-1412, CN 12-1131/P。

《地质找矿论丛》是天津市一级期刊、中国科技论文统计源期刊和《中国科学引文数据库》来源期刊, 并已成为美国《化学文摘》(CA) 收录期刊。期刊入编《中国学术期刊(光盘版)》、《中国期刊网》和《万方数据系统科技期刊群》, 以多种形式为读者服务。

《地质找矿论丛》主要报道矿产成矿理论与成矿预测、物质成分及综合利用、水文地质与工程地质、环境地质调查与治理、资源勘查工程、矿产品深加工技术、地质矿产技术经济等方面的科研成果、进展评介、研究简报, 并不断开拓报道领域与深度。

《地质找矿论丛》面向从事地质科研、矿产勘查、矿山企业、矿产品开发的科技人员和地学院校师生。热忱欢迎地矿行业、地学院校、文献信息部门的单位和个人踊跃订阅。

《地质找矿论丛》为季刊, 每季度末月出版。每期定价 5.00 元, 全年共计 20.00 元, 订户可向本刊编辑部函索订单订阅, 订购款一律邮汇, 请在汇款单“附言”栏中写明订阅份数和用途, 并将订阅单的第二、三联填写详细, 并盖章后寄回本刊编辑部。本刊也可通过“全国非邮发报刊联合征订服务部”订阅。

《地质找矿论丛》编辑部地址: 天津市河西区友谊路 42 号, 天津地质研究院《地质找矿论丛》编辑部。

邮政编码: 300061 联系人: 王书辉 联系电话: 022-28367243