

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2016.04.017

基于烧失量与氧化铝含量关系的红土型三水铝土矿快速勘查

张荣亮, 巩恩普

(东北大学, 沈阳 110819)

摘要: 文章通过论述烧失量中的成分与氧化铝含量之间关系,建立了 LOI 与 Al_2O_3 的经验公式;经过在几内亚某红土型三水铝土矿地质勘探过程中实地验证,该经验关系公式合理。此方法具有较强的实践应用性,对类似条件的铝土矿床现场勘查评价具有一定的参考价值。

关键词: 红土型三水铝土矿;烧失量;氧化铝含量;快速勘查方法

中图分类号: P618.45, P624.6 **文献标识码:** A

0 引言

铝土矿是直接生产氧化铝的原料,而三水型铝土矿占整个铝土矿资源的 90% 以上。因此,铝土矿资源勘探的目标是找到含 Al_2O_3 高、 SiO_2 等杂质低的铝土矿矿石。在铝土矿传统的地质勘查过程中,矿样主要采用 X 荧光光谱分析仪(XRF)或其它化学分析方法测定样品的 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 TiO_2 含量,以及通过马弗炉焙烧测定样品的烧失量(LOI),其中 Al_2O_3 的含量是决定矿石品位的重要数据^[1]。而每一个样品都需要经过采样、破碎、缩分、烧失量分析和化验分析才能取得样品的数据,除了采样工作由地质勘探部门完成外,其余工作全部由实验室完成,同时实验室还要进行内检复查等其他检验工作,数据很难及时的传递给勘查现场以便指导探矿工作的开展。由于 XRF 及辅助设备价格昂贵、并要求特殊的工作环境和条件,不便在流动性大、又常在边远山区工作的地质勘探队的随队化验室中配置,而中心实验室提供分析结果往往不能及时保证野外施工的需要;随着勘探工作的开展,需要及时了解实验分析的结果用以指导地质勘探队开展工作,尤其是对于控制矿体的边界分析数据将起到非常重要的作用。因此,需要寻找一种简便的检验

方法,快速判断出 Al_2O_3 的含量数值来指导野外地质勘查工作。

几内亚的红土型三水铝土矿属于高铝、低硅、低硫的矿石。笔者在几内亚勘探工作初期,由于在当地不具备矿石分析条件,只有将样品制成后送回国分析,取得分析结果很慢,大大影响了勘探工作进度。在对矿石的物相组成和化学组成进行研究的基础上,发现烧失量(LOI)与红土型三水铝土矿中的 Al_2O_3 存在相关关系。因此,提出了利用分析烧失量(LOI)来推测 Al_2O_3 含量的思路。虽然每个样品的全分析结果仍需要由建立在条件较好地区的中心实验室来完成,但随着野外勘探队的简易化验室建立,采用烧失量(LOI)与氧化铝(Al_2O_3)含量两者之间的关系及时指导勘探工作,可大大加快了勘探进度。本文将主要论述烧失量(LOI)与氧化铝(Al_2O_3)含量两者之间的关系及所建立的经验关系式,以及在实践中运用快捷、简单的烧失量分析方法推算出 Al_2O_3 的边界品位来指导勘探工作。

1 红土型三水铝土矿特征

1.1 矿石成分^[2-5]

几内亚某红土型三水铝土矿矿石组合样的成分

收稿日期: 2015-09-10; **责任编辑:** 王传泰

作者简介: 张荣亮(1980—),男,博士研究生,东北大学资源与土木学院矿产普查与勘探专业。通信地址:北京市西城区西直门外大街18号金贸中心C1座8层,中电投国际矿业投资有限公司;邮政编码:100044;E-mail:zhangrongliang@cpim.com

表 1 几内亚红土型三水铝土矿的化学成分

Table 1 Chemical composition of a lateritic gibbsite bauxite deposit in Guinea

化学成分	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	K ₂ O	S	P ₂ O ₅	LOI	总碳
w _B /%	2.54	30.48	40.22	0.06	2.17	0.04	0.028	0.24	24.02	0.17

表 2 几内亚红土型三水铝土矿物组成分析结果

Table 2 Mineralogy of a lateritic gibbsite bauxite deposit in Guinea

矿物成分	三水铝石	赤铁矿	铝针铁矿	高岭石	石英	一水软铝石	有机物
	Al(OH) ₃	Fe ₂ O ₃	Fe _{1-x} Al _x OOH	Al ₄ [Si ₄ O ₁₀](OH) ₈ ·4H ₂ O	SiO ₂	[γ-AlO(OH)]	
φ _B /%	54.60	16.70	18.80	3.30	1.10	0.3	0.14

表 3 矿石各组成矿物中 H₂O 含量及所占比例

Table 3 H₂O content of each mineral in the bauxite ore and its percentage in the mineral

矿物成分	三水铝石	赤铁矿	铝针铁矿	高岭石	石英	一水软铝石	有机物	合计
结晶水含量/w(H ₂ O)	19.11%	0	1.04%	0.81	0	0.05%	0	21.01%
占总结晶水比例	90.95%	0	4.95%	3.85%	0	0.25%	0	100%

测定,采用紫外-可见分光光度计(UV)、原子吸收光谱仪(AAS)、X 荧光光谱分析仪(XRF)等分析设备来完成;对铝土矿石的主要化学组成进行了定量分析,结果见表 1 所述。采用 XRD 和化学分析所得铝土矿石矿物组成如表 2 所示。

1.2 矿石中含结晶水的比例

通过矿石各组成矿物可以计算出结晶水的总含量为约 21.01%。其中,三水铝石中含结晶水为 19.11%,占总结晶水含量的 90.95%,详细比例如表 3、图 1 所示。

2 烧失量成分

烧失量(Loss on ignition)是指在一定的高温条件下,样品损失的部分占样品总质量的百分比^[6]。技术检测方法原理^[7]:将试料放入预先加热至恒重的坩埚中,在 375℃±25℃的高温炉加热 10 分钟;然后,将坩埚加盖移至另一个高温炉中,在 1 075℃±25℃加热至恒重。烧失量的结果用原湿存水的量进行校正。

烧失量(LOI)用质量分数表示,按以下公式计算^[7]:

$$w(\text{LOI}) = [100 \times (m_1 - m_2) / m_1 - H] \times 100 / (100 - H)$$

式中,m₁ 为试料的质量(单位:g);m₂ 为灼烧后试料的质量(单位:g);H 为平衡试样的湿存水量,以百分数表示。

烧失掉的主要成分为矿石中的结晶水、有机物和其他如碳酸盐中 CO₂ 等成分。三水铝石矿物中

所含结晶水为 19.11%,占矿石总结晶水的 90.95%,占矿石总烧失量(24.02%)中的近 80%,可见三水铝石矿物中结晶水与烧失量中确实存在较好的相关性,即三水铝石的含量越高,烧失量(LOI)越高,即结晶水越多;相对应的,即烧失量(LOI)越高,矿石中的结晶水就越多,同时反映出矿石中三水铝石的含量越高。

三水型铝土矿提炼氧化铝的过程中,主要是三水铝石参与低温(145℃)的拜耳法溶出,虽然铝针铁矿和高岭石中也含有 Al₂O₃,但铝针铁矿中的 Al₂O₃ 在该生产工艺的温度下不能溶出来,而高岭石中的硅将要带走相应的 Al₂O₃^[8-9]。

综上所述,红土型三水铝土矿中 w(LOI)值的高低能直接反映出矿石品位的高低。

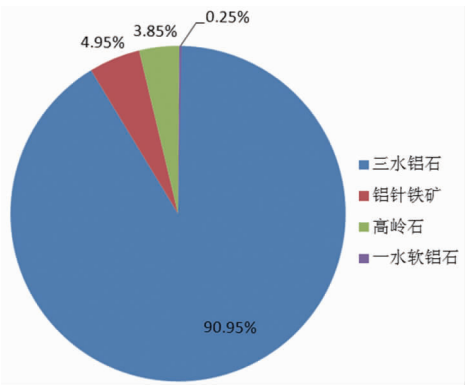


图1 矿石各组成矿物中 H₂O 含量及所占比例
Fig.1 Plot showing H₂O content and of each mineral in the bauxite ore and its percentage in the mineral

表 4 数据对比表

Table 4 Data comparison

边界品位 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)/\%$	实际符合边界品位个数	通过关系式计算出符合边界品位的个数	偏差个数	偏差率/%
25	7 846	7 852	-6	-0.08%
30	7 757	7 718	39	0.50%
35	7 324	5 923	1401	19.13%
40	4 462	2 352	2110	47.29%
45	1 789	581	1208	67.52%

表 5 数据对比表

Table 5 Data comparison

边界品位 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)/\%$	实际符合边界品位个数	实际数据与计算数据之差大于零的个数	准确率/%
25	7 846	7 396	94.26%
30	7 757	7 375	95.08%
35	7 324	7 065	96.46%
40	4 462	4 401	98.63%
45	1 789	1 777	99.33%

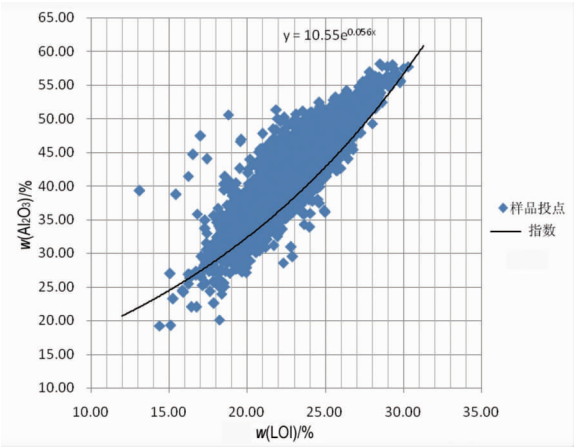


图 2 实验取得的 LOI 数据与 Al_2O_3 含量的关系图

Fig. 2 LOI VS Al_2O_3 plot (Lab data)

3 LOI 与 Al_2O_3 关系式

笔者在几内亚项目前期的施工中,选取了7 857 个数据参与统计(图 2),并建立了如下关系式:

$$y=10.55e^{0.056x}$$

式中, y 为 Al_2O_3 的含量(单位: $w(\text{Al}_2\text{O}_3)/\%$), x 为实验取得的 LOI 数据(单位: $w(\text{LOI})/\%$)。

通过图 2,验证了 LOI 能直接反映出 Al_2O_3 的高低,也说明 LOI 与 Al_2O_3 之间存在的相关性较好,即 LOI 越高,氧化铝越高。该曲线的选择相对比原始数据来看,比较靠近数据的下限。选择该曲线的目的是使计算出的 Al_2O_3 数值尽量小于真实数据,这样可以确保通过该关系式计算出的 Al_2O_3

数值在指导野外勘探过程中,不会因为计算出的 Al_2O_3 数值过大而增加过多的无效进尺。

4 验算关系式可靠性

4.1 计算数据与原始数据对比

此项对比主要是按照不同的 Al_2O_3 边界品位为 25%、30%、35%、40%、45% 来统计7 857 个数据中符合边界品位要求的个数与通过关系式计算出符合对应品位的个数进行了对比,其结果如表 4、图 3 所示。

通过该对比可见,计算出的数据随着边界品位的不断提高,偏差的个数也随之增多,这也体现了选择该拟合曲线的目的,即计算出的 Al_2O_3 数值尽量小于真实数据。

4.2 计算数据可靠性

该项对比主要是在不同的 Al_2O_3 的边界品位,在实际数据已经符合边界品位的前提下,统计出实际数据与计算数据之差大于零的个数,统计出的数据既满足边界品位的要求,又满足在拟合曲线以上的要求。该项对比是为了体现通过关系式计算出的数据的准确性,统计结果如表 5、图 4 所示。从表 5、图 4 中可以看出,随着边界品位的提高,计算后的数据与原始数据相对比,其准确性有明显的提高。

通过以上两项对比,验证了 LOI 与 Al_2O_3 关系式是可靠的。

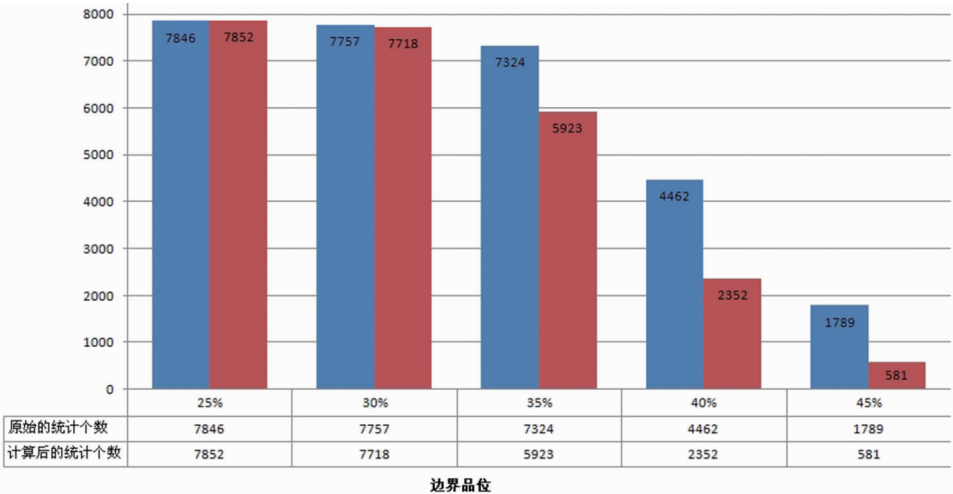


图 3 数据对比表
Fig. 3 Data comparison

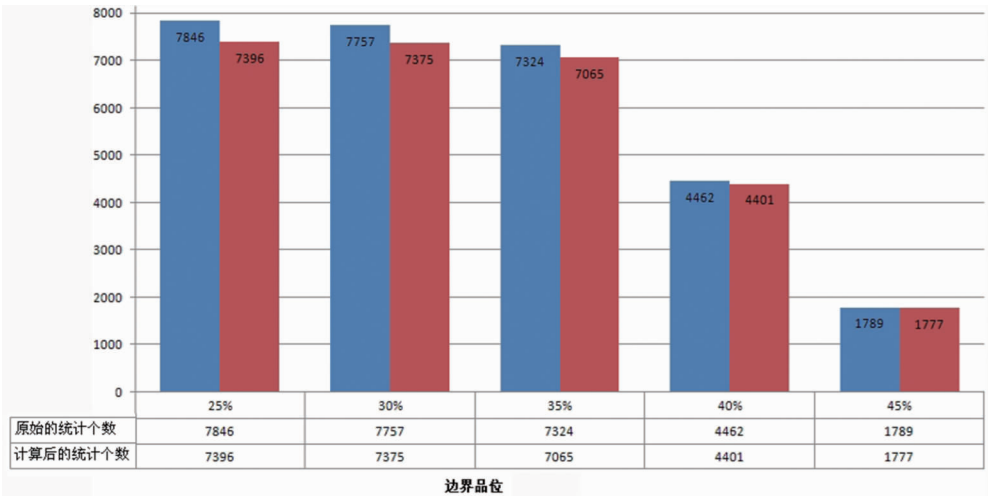


图 4 数据对比表
Fig. 4 Data comparison

5 勘查应用

通过 LOI 与 Al_2O_3 关系式,可以计算出不同边界品位下 LOI 的边界品位如表 6 所示。

在几内亚后期的勘查过程中按照计算公式反推出 LOI 的边界品位,通过对 LOI 的分析数据可以直观的先判断出是否符合 Al_2O_3 的边界品位,然后再通过该公式计算 Al_2O_3 的含量,以指导野外勘探工作。

利用该种分析方法,几内亚勘探工作了取得了与国内相对比时间最短、面积最大、速度最快的勘探成果。

表 6 数据对比表

Table 6	Data comparison				
$w(\text{Al}_2\text{O}_3)/\%$	25	30	35	40	45
$w(\text{LOI})/\%$	15.41	18.66	21.41	23.80	25.90

6 结语

- (1)红土型三水铝土矿中烧失量 LOI 与 Al_2O_3 之间存在较好的关联性,即 LOI 的数据能反应出 Al_2O_3 品位的高低。
- (2)利用 LOI 与 Al_2O_3 建立起来的经验公式确实可以快速的计算出 Al_2O_3 的含量。
- (3)可以推广到其他类似的红土型三水铝土矿

的勘查工作,在预查阶段作为评价铝土矿优良的依据,在详查和勘探阶段可以作为指导地质勘查工作控制矿体边界的方法。

参考文献:

- [1] 毕诗文,于海燕.拜耳法生产氧化铝[M].北京:冶金工业出版社,2007.
- [2] 安小强,周长春,李振,等.铝土矿分析方法综述[J].冶金标准化与质量,2008(11):52-55.
- [3] 张继军,付平德,谢蓓.铝土矿中主要矿物的物相分析[J].矿产保护与利用,2002(5):19-21.
- [4] 周科,王新亮.X射线荧光分析仪在铝土矿石分析中的应用[J].轻金属,2002(2):26-28.
- [5] 张健,工石霞,庞玲,等.X荧光光谱法分析铝土矿中的氧化铁、氧化硅、氧化铝[J].冶金标准化与质量,2005(6):9-10.
- [6] 刘子亭,余俊清,张保华,等.烧失量分析在湖泊沉积与环境变化研究中的应用[J].盐湖研究,2006,14(2):67-72.
- [7] 国家质量技术监督局.铝土矿石化学分析方法重量法测定烧失量[S].GB/T 3257.21-1999.
- [8] 王刚,薛忠秀.常压低温拜耳法新工艺研究[J].轻金属,2013(3):11-15.
- [9] 许峰农.河南省低温拜耳法氧化铝生产工艺应用研究[D].郑州:郑州大学,2011.

A simple and fast method for exploration of lateritic gibbsite bauxite based on the relation between LOI and alumina content

ZHANG Rongliang, GONG Enpu

(Northeastern University, Shenyang 110819, Liaoning, China)

Abstract: In this article is discussed the relation between LOI and content of Al_2O_3 , and established an empirical formula according to the relation. The formula is verified by the exploration of a lateritic gibbsite bauxite deposit in Guinea. It is rational and feasible to apply to other similar bauxite deposit,

Key Words: Lateritic gibbsite bauxite deposit; LOI; Al_2O_3 content; fast exploration