

浅析石灰质量和石灰添加对氧化铝生产的经济性影响

陈 林

遵义铝业股份有限公司 贵州 遵义 563100

【摘要】：本文是本人在氧化铝生产工作过程中，通过对氧化铝生产数据统计分析、总结工作经验，分析探索石灰对氧化铝生产的影响，通过对石灰质量、石灰添加对氧化铝生产的影响和经济性分析，有效控制石灰质量，合理添加使用石灰，为氧化铝生产降低成本提供保障依据。

【关键词】：氧化铝生产；石灰质量；消耗；经济性

DOI:10.12417/2705-0998.25.23.023

前言

在氧化铝生产中，主要物耗是矿耗、碱耗、石灰消耗，三者的成本约占氧化铝可变成本的50%以上，而石灰质量与石灰添加对矿耗和碱耗又有重要影响，因此精确把握石灰对氧化铝成本的影响规律非常重要。自某公司投产以来，随着产量逐年增加，矿石品位逐步下降，矿耗、碱耗、石灰消耗直接影响着氧化铝主要消耗成本，降低消耗成本已经迫在眉睫。

1 石灰在氧化铝生产中的主要作用

氧化铝生产中添加石灰，提高一水硬铝石溶出速度，降低矿耗；同时降低碱耗，减少设备结疤，改善赤泥沉降性能、清除杂质等。

添加石灰可有效降低含钛矿物在溶出过程中的危害。铝土矿中的含钛矿物使一水硬铝石溶出性能恶化，并在高温换热表明迅速形成致密结疤，大大降低换热效果。TiO₂与溶液中NaOH生产的Na₂TiO₃在一水硬铝石表面形成一层保护膜，阻止一水硬铝石的溶出，Na₂TiO₃由于具有高黏性和强吸附性，迅速在换热表面形成结疤。在添加石灰后，CaO和TiO₂生成几种含钛化合物，使一水硬铝石表面不在生产Na₂TiO₃保护膜，溶出过程不再被阻碍从而消除了TiO₂的危害。

试验表明在不含钛矿物的铝土矿溶出时，添加石灰也能加速氧化铝溶出，一种意见认为硅矿物在溶出过程中与碱液生产水合铝硅酸钠包裹在矿物表面，阻碍溶出反应进行，在加入石灰后水合铝硅酸钠转变生产水化石榴石，于是碱液又可以继续与矿石反应，另一种意见认为石灰对溶出过程具有催化剂的作用。

拜耳法生产氧化铝时，添加石灰可以减少碱的损失。石灰在溶出过程中生成水化石榴石，生产的水合铝硅酸钠减少，赤泥中的Na₂O/SiO₂降低，这一比值可有理论的0.608降低到0.28~0.32，但石灰添加过大会造成氧化铝损失。^[1]

许多文献还证实了在拜耳法溶出中添加石灰，增强了从铝针铁矿向赤铁矿转化的过程，可以改善赤泥沉降性能、清除杂质。

2 当前石灰质量现状

目前市场上石灰生产方式主要有竖窑和土窑烧灰两种，某公司的主要供应商大部分是土窑，而土窑烧灰具有石灰质量差、能耗高、环境污染大的缺点。从进厂石灰质量来看有以下几点：①石灰质量波动大，多次造成溶出效果、叶滤机产能波动；②进厂石灰SiO₂%偏高，平均在3%左右，个别供应商达到5%左右，取样机无法取到的粉状石灰含有的SiO₂，更是高达到10%以上；③石灰有效钙不到80%左右，生烧率在10%左右；④石灰过烧情况严重，造成石灰活性低。

XXX年进厂石灰指标如图1。

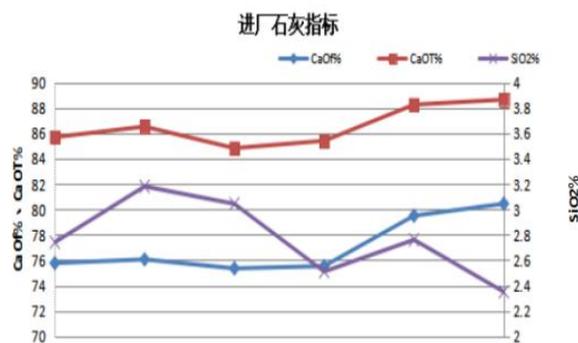


图1 进厂石灰指标

对比周边氧化铝企业，A氧化铝厂有效钙在90%左右，B氧化铝厂在85%左右，C氧化铝厂在80%以上，而公司要求石灰CaO%以前都较低。由于石灰有效钙低，对于石灰中SiO₂%、生烧率、过烧率、粒度等指标均有所升高，从而导致后续生产受到影响。

3 石灰质量分析

3.1 石灰中的SiO₂影响分析

据调查，周边地区石灰矿石成分如表1，CaCO₃%在97%左右，然而将进厂石灰的CaOT折算成CaCO₃后，发现CaCO₃含量降低到93%左右，增加的这4%的杂质可能是煤渣，煤渣高的原因可能有工艺或煤质的原因；如果不考虑煤渣带入，进厂石灰中的SiO₂应在1.1%左右，目前进厂石灰平均达到3%左右，供应商石灰中SiO₂含量参差不齐，最高达到5%左右，而

B 氧化铝厂石灰中 SiO₂% 约为 2.0%，与某公司差距较大。

表 1 部分供应商矿石成份调查

| 序号 | 供应商 | CaOT (%) | SiO ₂ (%) |
|----|-------|----------|----------------------|
| 1 | 供应商 1 | 78.11 | 0.81 |
| 2 | 供应商 2 | 83.98 | 0.35 |
| 3 | 供应商 3 | 81.11 | 0.72 |
| 4 | 供应商 4 | 78.55 | 1.13 |
| 5 | 供应商 5 | 78.11 | 0.50 |

石灰中的硅的进入系统后，生产钠硅渣或钙硅渣，会增加矿耗、碱耗。石灰中 SiO₂ 增加 1kg，将增加折百碱耗约 0.42kg，增加石灰耗约 0.93kg，减少氧化铝产量约 1.18kg。据测算，石灰中 SiO₂% 每升高 0.1%，减少利润约 63 万元/年。（注：本文中收益测算基础数据为：产量 110 万吨/年；石灰消耗 200kg/t-AO，价格 270 元/t；折百碱耗 105.6kg/t-AO，价格 2800 元/t；减少的氧化铝价格 1300 元/t，不含蒸发、焙烧的运行费用）

3.2 生烧石灰的影响分析

生烧石灰是指在石灰烧制过程中未还没有完全分解，就从窑内卸出来的石灰，生烧石灰也可以提高氧化铝溶出率，主要是因为 CaCO₃ 在溶出过程中发生反苛化反应，生成 Ca(OH)₂ 的原因，不过生烧石灰会带入 CO₃²⁻，造成碱损失，使系统碳碱比升高，并对氧化铝生产产生一系列影响，如溶出闪蒸低温段乏汽带料，分解率降低，产品粒度细化，蒸发器结疤等。生烧 1kg 石灰造成折百碱损失 1.429kg，生烧率每增加 1%，年损失利润 820 万元，其它影响难以量化。

3.3 过烧石灰的影响分析

陈万坤等人研究了石灰的活性对一水硬铝石性铝土矿溶出过程的影响，发现石灰的活性对氧化铝溶出效果有明显影响。

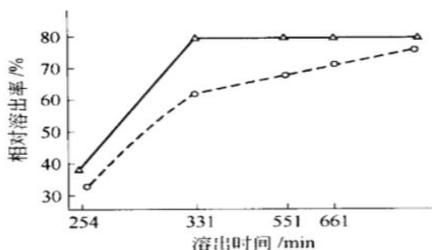


图2: 石灰活性对一水硬铝石的影响
△-活性好的石灰; ○-活性差的石灰

如上图 2 可以看出：石灰活性对溶出效果有明显的影响，氧化铝溶出率可以相差 10~20% 左右，溶出时间越短、温度越低、苛性碱浓度越低，这种影响越大。[2]

石灰在氧化铝生产过程中，最终产物主要是水化石榴石 (3CaO·Al₂O₃·XSiO₂·(6-2X)H₂O)，其中 SiO₂ 的饱和系数在 0.1~1.0 之间。在较低温度和碱浓度情况下，生成的水化石榴石 SiO₂ 饱和系数低，使末次赤泥 A/S 升高，增加氧化铝损失。

过烧石灰是指在窑内停留时间过长或者温度过高，石灰结晶单元逐渐排列整齐，原来疏松多孔的石灰变成坚硬的石灰，体积减小 43%，具有坚硬致密，活性差、反应速度慢的缺点，过烧的石灰熟化速度非常慢，在溶出过程中反应少，往往在稀释、沉降过程中继续熟化，最后生成的水化石榴石 SiO₂ 饱和系数很低。某公司数据表明，通过对氧化铝配灰的经济性进行分析，认为目前市场情况下，水化石榴石中 SiO₂ 饱和系数按 1（水化石榴石 A/S 为 1.7）测算，多余的配灰只会增加成本；通过对叶滤渣的分析发现，主要成分为水化石榴石，其 SiO₂ 饱和系数在 0.3（水化石榴石 A/S 为 5.6）以下，所以比起一般石灰，过烧石灰不仅对溶出效果促进不大，而且会使氧化铝损失量增加，回收更少的碱。假设过烧石灰 40% 在溶出反应，60% 在稀释和沉降过程中反应，并且后续生成的水化石榴石 SiO₂ 饱和系数为 0.5，那么每增加 1kg 过烧石灰，相比合格石灰将增加氧化铝损失 0.107Kg，增加折百碱损失 0.084kg，石灰过烧率每增加 1%，年损失利润约 70 万元。

4 氧化铝石灰添加情况分析

近几年公司对氧化铝生产低配灰进行了经济分析，并逐步实践，取得了良好效果，证明氧化铝生产低配灰可行，实现了大幅降低石灰消耗，提高了氧化铝溶出率，同时碱耗并没有想象中的大幅升高，而是保持稳定。图 3 是 xxxx 年配灰与溶出率、溶出赤泥钠硅比的情况，可以看出配灰逐年下降，溶出率保持稳定，溶出赤泥钠硅比与配灰相关性不强。

配灰与溶出率、溶出赤泥 N/S

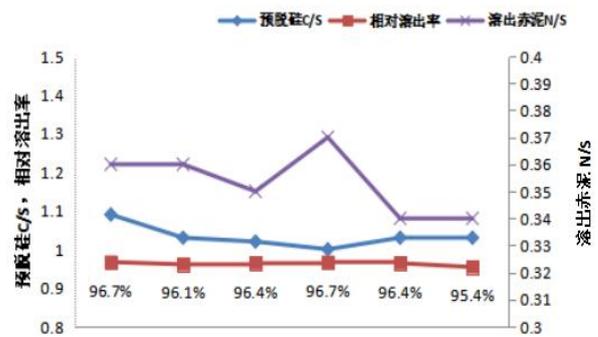


图 3 配灰与溶出率、溶出赤泥 N/S 关系

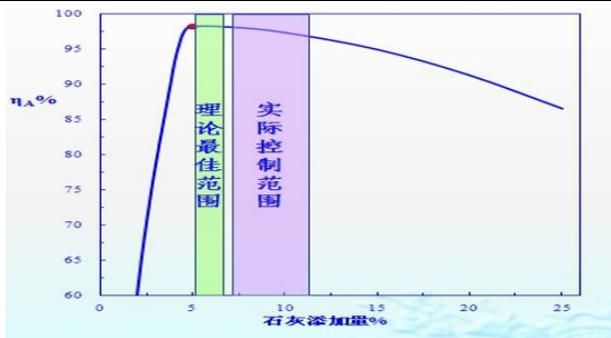


图4 溶出率与配灰关系

氧化铝溶出率与配灰的关系如图4, 公司通过不断提高操作水平, 使配灰逐步趋近理论最佳溶出范围, 取得了较好的效果, 溶出赤泥 CaO/SiO_2 逐渐从 0.95 降低到 0.8 左右, 相对溶出率达到 97% 左右, 但是低配灰的风险悄然增大, 最近出现当矿石、石灰质量波动时, 配钙容易过低, 造成溶出效果会大幅下降, 机组迅速结疤等问题, 带来较大损失。

参考文献:

- [1] 毕诗文于海燕尹中林等.拜耳法生产氧化铝.冶金工业出版社.2007.
 [2] 毕诗文于海燕.氧化铝生产工艺.化学工业出版社.2005.

统计分析某厂的生产数据, 发现不同的矿石对石灰配灰量要求不同, 数据表明低 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 矿石适合于较低的配矿 CaO/SiO_2 , 配矿 CaO/SiO_2 低时才出现溶出率非常差, 配矿 CaO/SiO_2 高时溶出率小幅降低。受资源格局的影响, 公司进厂矿石、石灰品质波动大, 实现低配灰的关键在于提前, 做到提前发现, 提前调整, 这就要求对矿石有更详细的跟踪, 同时提高石灰质量的稳定性。

5 结论

(1) 某公司目前使用石灰质量不高, 提高石灰质量收益大, 如果石灰中 $\text{SiO}_2\%$ 、石灰生烧率、石灰过烧率均降低的情况下, 将大幅降低生产成本。

(2) 处于喀斯特地貌的地区有较好的石灰石、煤矿资源, 有资源条件生产出优质优价的石灰, 生产采用低配灰思路, 对生产控制和成本都有利。