高锂粉煤灰磁选除铁实验

臧静坤,程伟,潘雪玲

(贵州大学矿业学院,喀斯特地区优势矿产资源高效利用国家地方联合工程实验室,贵州 省非金属矿产资源综合利用重点实验室,贵州 贵阳 550025)

摘要:这是一篇矿物加工工程领域的论文。本研究以贵州某电厂粉煤灰为研究对象,综合运用多种测试 手段对粉煤灰进行矿物组成及元素含量测定。结果表明,粉煤灰中主要矿物为莫来石、石英和铁矿物 (5.46%的磁铁矿以及 4.77%的赤铁矿),主要化学成分为 SiO₂、Al₂O₃和 Fe₂O₃,含量分别达到 36.88%、 20.89%和14.58%。此外,原灰中锂的含量高达 307 g/t,显示出一定的综合利用价值。粒度分析表明,粉煤灰 75 µm 以下累积产率高达 83.4%,整体颗粒较细,且锂和铁主要富集在-75 µm 的粒级中。采用还原焙烧的方法 将粉煤灰中弱磁性的赤铁矿转化为强磁性的磁铁矿,再采用湿式磁选方法对粉煤灰进行除铁研究。结果表明: 以粉煤灰中的残碳为还原剂,焙烧温度为 700 ℃,焙烧时间为 45 min,磁场强度为 240 mT 的条件下,采用"一 次粗选-两次扫选"的磁选工艺,粉煤灰中铁去除率达到 63.27%,同时锂的回收率达到 80.31%,实现了铁杂质 的选择性脱除。

关键词: 矿物加工工程; 粉煤灰; 还原焙烧; 磁选; 除铁

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2023.05.012

中图分类号: TD952; TD97 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532(2023)05-0063-07

粉煤灰是指从燃煤过程产生烟气中收捕下来的细微固体颗粒物,是燃煤电厂排出的主要固体 废弃物,也是我国产生量最大的工业固体废弃物 之一^[1]。粉煤灰的大量堆存不仅会造成土地资源的 浪费,同时也会导致严重的环境污染^[2-3]。据 《2020年全国大、中城市固体废物污染环境防治 年报》统计,2019年重点发表调查工业企业的粉 煤灰产生量5.4亿t,综合利用率为74.7%^[4]。上世 纪五十年代,英美法日荷等发达国家已经相继开 始对粉煤灰的理化特性及综合利用展开研究^[5]。近 年来,粉煤灰高值化利用得到重视。目前,粉煤 灰已广泛应用于建筑、精细利用、农业、化工和 环境保护等行业^[6-7]。

近年来,锂(Li)作为战略资源的地位日渐凸显,锂产品价格急剧上涨,全球年均锂电池需求 增长率已飙升到20%以上,世界各国均加大了对 锂资源的勘查开发力度。粉煤灰中还含有一定丰 度的锂、镓、锗、钪等贵金属和铼、钇等稀贵金 属元素^[8-9]。我国山西、内蒙也已发现特大型煤共 伴生锂、镓矿床^[10-11]。随着锂资源供需关系的紧张 和需求量日益增大,从粉煤灰等低品位资源中回 收锂受到重视^[12]。已有大量学者研究从粉煤灰中 提取 Li 等共伴生金属元素,采用的方法主要包括 酸法、碱法、酸碱联合法等^[13-14]。但是在粉煤灰高 值化利用过程中,铁杂质的存在会增加锂产品提 取过程中的酸耗,严重影响锂产品的纯度及回收 率等,降低粉煤灰高值利用的经济效益。因此, 铁杂质的选择性去除对于粉煤灰高值化利用具有 重要意义。

目前,从粉煤灰等矿物中除铁的方法主要有 磁选法、浮选法、酸浸法等^[15],其中磁选法和酸 浸法是从粉煤灰中分离铁杂质的主要方法^[16]。相 比酸浸法,磁选法是一种环境友好的除铁方法, 可大批量处理,易于工业化生产,对于含磁性氧

收稿日期: 2021-12-12

基金项目:国家自然科学基金项目(41802190)

作者简介: 臧静坤(1995-), 女, 硕士, 研究方向为难选矿石的选矿及资源综合利用。

通信作者:程伟(1983-),男,博士,教授,研究方向为煤系资源利用与煤地球化学。

化铁较高的粉煤灰具有较好的除铁效果,主要分为湿式磁选和干式磁选,前者占主导^[17]。粉煤灰中的铁主要以磁铁矿和赤铁矿两种形式存在,铁的存在形式会影响磁选除铁的效果,以磁铁矿形式存在的铁能够通过磁选有效去除。粉煤灰中磁性极弱的赤铁矿可以在还原剂的存在下一定程度上被还原为强磁性的磁铁矿^[18]。

本文以贵州某电厂粉煤灰为研究对象,在系 统研究粉煤灰基本性质(粒度组成、矿物组成、 化学成分、形貌及微区成分、铁的物相组成)的 基础上,采用还原焙烧的方法将粉煤灰中弱磁性 的赤铁矿转化为强磁性的磁铁矿,再采用湿式磁 选方法对粉煤灰进行除铁研究,为粉煤灰高值化 利用过程中铁杂质的去除提供借鉴。

1 实验材料与方法

实验所用粉煤灰来自贵州某电厂。实验所用 氢氟酸、硝酸、高氯酸均为优级纯,活性炭为分 析纯。利用激光粒度仪(LS13320型)测定粉煤灰 的粒度组成;利用X射线衍射仪(XRD,D8 advance)对粉煤灰进行矿物组成分析,设置扫描 角度范围为10~80°,扫描速度为2°/min。利用 Zetium型X射线荧光光谱仪对粉煤灰的化学成分 进行检测。粉煤灰的形貌及微区成分采用扫描电子 显微镜-能谱仪(SEM-EDS, S-3400N型)进行分析。粉煤灰的烧失量按照国标 GB/T 176-2017测定。

称取充分混匀后的粉煤灰样品 20g,置于陶 瓷坩埚中并加盖坩埚盖;将坩埚置于预先升温至 设定温度的马弗炉中,保持炉门密闭焙烧一定时 间后,将粉煤灰快速倒入盛有 200 mL 水的烧杯中 水淬冷却,待粉煤灰矿浆冷却至室温后,将其充 分搅拌均匀,利用磁选管进行磁选除铁实验。磁 选精矿和尾矿过滤后置于电热恒温鼓风干燥箱中 于 105 ℃ 干燥 2 h 后称重。粉煤灰原样及磁选后 的精矿和尾矿湿法消解后利用电感耦合等离子发 射光谱仪(ICP-AES, icap 7400)测定锂和铁元素 含量。

2 结果与讨论

2.1 粉煤灰基本性质

2.1.1 粒度组成

粉煤灰试样粒度组成分析结果见表 1。原灰 中-75 μm 产率高达 83.4%,其中主粒级为-38 μm 58.0%, +125 μm 颗粒仅 5.1%,整体颗粒较细。 粉煤灰中锂和铁主要赋存在-75 μm 的颗粒中,分 布率分别达 85.50% 和 87.35%。

Table 1 Particle gradation of coal fly ash sample								
业计 4日 /	产率/%		Li含量/(g/t)	t) Li分布率/%		Fe含量/%	Fe分布率/%	
粒级/μm	各粒级	筛上累积	各粒级	各粒级	筛上累积	各粒级	各粒级	筛上累积
+125	5.1	5.1	252.9	4.50	4.50	6.38	2.78	2.34
-125+75	11.5	16.6	249.1	10.00	14.50	7.65	7.53	10.31
-75+45	18.6	35.2	262.5	17.04	31.54	10.27	16.34	26.65
-45+38	6.8	42.0	276.9	6.57	38.11	13.81	8.03	34.68
-38	58.0	100.0	305.8	61.89	100.00	13.17	65.32	100.00
合计	100.0		286.6	100.00		11.69	100.00	

表 1 粉煤灰试样粒度组成 ble 1 Particle gradation of coal fly ash sample

2.1.2 矿物组成

粉煤灰试样的 X 射线衍射结果表明,粉煤灰 中主要矿物为莫来石和石英,其次为磁铁矿和赤 铁矿(图1)。莫来石通常是由煤燃烧过程中含 Al、Si的无机成分高温熔融热化学反应形成 的^[19]。玻璃体是高温熔融的粉煤灰在急剧冷却时 形成的非晶态结构^[20],粉煤灰的 XRD 图谱在15~ 30°的区域出现比较宽大的特征衍射峰,说明有大 量玻璃体的存在[21]。

铁物相定量分析结果表明,粉煤灰中的铁主要以磁铁矿和赤铁矿的形式存在,二者占粉煤灰 总铁含量的 83.10%,其次为硅酸铁、碳酸铁和硫 化铁,含量较低(表2)。

2.1.3 化学成分

粉煤灰化学成分分析见表 3, 粉煤灰中 SiO₂和 Al₂O₃含量较高,二者共占 57.77%,其次



图 1 粉煤灰试样 X 射线衍射

Fig.1 XRD of coal fly ash sample

表 2 粉煤灰试样中铁的物相定量分析 Table 2 Quantitative analysis of iron phase in coal fly ash

sample							
铁相态	金属量/%	分布率/%					
磁铁矿中铁	5.46	44.35					
赤褐铁矿中铁	4.77	38.75					
硅酸铁中铁	1.57	12.75					
碳酸铁中铁	0.42	3.41					
硫化铁中铁	0.09	0.74					
总铁	12.31	100.00					

是 Fe₂O₃、TiO₂和 CaO,分别为 14.58%, 3.56% 和 2.50%,其他常量元素的氧化物含量相对较低。 粉煤灰中残碳的含量为 4.20%,烧失量为 5.40%。 微量元素 Li 的含量达到 307 g/t,具有一定的综合 利用价值。

表 3 粉煤灰试样的化学成分/%

Table 3 Chemical composition of coal fly ash sample										
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	SO3	K ₂ O	Na ₂ O	LOI	С	Li*
36.88	20.89	14.58	3.56	2.50	2.17	1.95	1.11	5.40	4.20	307
LOI为烧失量:*单位为g/t。										

2.1.4 形貌及微区成分

利用扫描电子显微镜对粉煤灰的微观形貌进 行了研究(图2),发现粉煤灰主要以规则的球状 颗粒存在,同时有少量不规则形状颗粒存在。球 状颗粒表面光滑且大小不一,粒径较小的颗粒一 般附着在粒径较大颗粒的表面。此外,观察到有 薄壁子母珠(也称复珠)形式的玻璃微珠存在, 内外层微珠分别称为子珠和母珠,熔体先形成空 心母珠后,珠内挥发性物质或熔体冷却形成玻璃 微珠^[22],这主要与煤的成分和微结构有关,与煤



图 2 粉煤灰试样扫面电镜图像及能谱分析 Fig.2 Scanning electron microscopy-energy dispersive spectrometer analysis of coal fly ash sample

炭颗粒燃烧过程也有一定联系[23]。

由能谱分析结果可知,粉煤灰主要由O、 Al、Si、Fe等几种元素组成,特殊形貌粉煤灰颗 粒主要元素组成与球形粉煤灰颗粒相差不大,只 是含量不同。标记点①处C元素含量占比较大, 证实粉煤灰中存在未燃尽的碳。

2.2 磁选实验

为探索粉煤灰试样磁选脱铁的可能性,首先 利用磁选管对粉煤灰试样直接进行磁选。在不同 的磁场强度下,磁选除铁率维持在较低的范围内 (39.94%~43.01%之间)。由于粉煤灰中含一定 量的赤铁矿,故考虑采用还原焙烧-磁选的方式进 行除铁研究。

2.3 还原焙烧条件对磁选效果的影响

2.3.1 活性炭添加量

通过向粉煤灰试样中加入活性炭进行还原焙烧,磁化焙烧温度和反应时间分别为700℃、 30 min,碳添加量分别为活性炭与粉煤灰质量比为 0%、0.5%、1.0%、5.0%、10.0%、15.0%。对焙烧 产物进行一次粗选实验,保持磁选条件不变(磁 场强度为240 mT),考查不同活性炭添加量对于 磁选除铁效果的影响。

由图 3 可知,随着活性炭添加量的增加, Li 的回收率和 Fe 的去除率均先出现小幅度降低和 升高后保持不变。由于活性炭添加量对于 Fe 的去 除率影响不明显,说明活性炭的额外添加不能有 效促进还原反应的进行。原因可能是以 C 为还原 剂,按照方程式 (3Fe₂O₃ +C→2Fe₃O₄+CO↑)计 算的理论需碳量为 1.59%,由于粉煤灰中残碳的含



量较高(4.20%),超过理论需碳量,足以进行还 原反应。因此,为了降低成本,后续实验中将选 择利用粉煤灰中的残碳进行还原焙烧。

2.3.2 焙烧温度

保持焙烧时间为 30 min,在不添加活性炭的 条件下,考查不同焙烧温度(550、600、650、 700、750、800、850℃)对粉煤灰磁选效果的影 响,结果见图 4。随着焙烧温度的升高,Li的回收 率呈现降低趋势,当焙烧温度高于 700℃时, Li回收率降低幅度明显;Fe的去除率随焙烧温度 的升高而增大。焙烧温度的升高促进了还原反 应,但是为了实现较高的Fe 去除率同时减少Li的 损失,选择较佳焙烧温度为 700℃。





2.3.3 焙烧时间

焙烧温度控制为 700 ℃时,在不添加活性炭 条件下考查不同焙烧时间(15、30、45、60、 90 min)对粉煤灰磁选除铁效果影响,结果见 图 5。由实验结果可知,Li的回收率随着焙烧时间 的增加大致呈下降的趋势,Fe的去除率随焙烧时间 的增加呈现先增大后减小的趋势,焙烧时间为 45 min时 Fe 去除率达到极大,为 70.27%。可能是 由于前期残碳含量充足,焙烧促进还原反应的进 行,但是随着焙烧时间的延长,还原剂耗尽, CO浓度降低,导致还原反应速率降低。综合考虑 Li 回收率和 Fe 去除率,选择较优的焙烧时间为 45 min。

2.4 磁选条件对脱铁效果的影响

2.4.1 磁场强度

以粉煤灰中的残碳为还原剂, 焙烧温度为 700℃, 焙烧时间为 45 min, 将磁选管激磁电流分 别设置为 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5 A (所对应磁场强度分别为 160、240、270、300、 320、340、350 mT)时,考查磁场强度对磁选效 果影响见图 6。可以得出,随着磁场强度的增大, Li 的回收率逐渐降低,Fe 的去除率大致呈升高的 趋势,说明增大磁场强度有助于Fe 的去除。综合 考虑 Li 回收率和Fe 去除率,选择激磁电流为 1.0 A,即磁场强度为 240 mT 为较优磁场强度。



图 5 焙烧时间对磁选效果的影响 Fig.5 Effect of roasting time on magnetic separation



magnetic separation

2.4.2 磁选工艺

为了进一步提高锂的回收率同时实现铁的高效去除,在较优的还原焙烧条件下,选择磁场强度为240 mT,对还原焙烧后得到的粉煤灰试样进行磁选工艺的研究。一次粗选后,粉煤灰中Li的回收率为72.71%,同时去除了68.18%的Fe。为了提高Li的回收率,对一次粗选后的锂尾矿进行扫选,结果Li的回收率增加至78.86%,Fe的去除率略有下降至65.79%。对一次粗选、一次扫选

后尾矿再次扫选,得到 Li 的回收率为 80.31%,同时 Fe 的去除率为 63.27%。随着扫选次数的增加,Fe 的去除率大致呈线性下降,而 Li 的回收率逐渐增大,且一次扫选时 Li 回收率增大较为明显,两次扫选时 Li 回收率增幅平缓。因此,为实现铁杂质的选择性去除,一次粗选-两次扫选的磁选工艺较优(图 7)。





3 结 论

(1)粉煤灰试样中锂的含量达到 307 g/t,属 于富锂粉煤灰,具有提取利用的价值。该粉煤灰 整体颗粒较细,且 85.50%的锂和 87.35%的铁赋 存在-75 μm的颗粒中。原灰中主要矿物为莫来石 和石英,SiO₂和 Al₂O₃的含量达到 57.77%,其次 是 Fe,占 14.58%,其中包括 5.46%的磁铁矿以及 4.77%的赤铁矿。

(2)以粉煤灰中的残碳作为还原剂,焙烧温 度为700℃,焙烧时间为45min,磁场强度为 240mT,对粉煤灰进行一次粗选-两次扫选,此时 锂的回收率达到80.31%,同时可去除63.27%的 铁。该还原焙烧-湿式磁选的方法实现了铁杂质的 选择性去除,为下一步从粉煤灰中湿法提取锂提 供了有利条件。

参考文献:

[1] JI R, ZHANG Z T, YAN C, et al. Preparation of novelceramic tiles with high Al₂O₃ content derived from coal fly ash[J]. Construction and Building Materials, 2016, 114:888-

895.

[2] YAO Z T, XIA M S, SARKER P K, et al. A review of the alumina recovery from coal fly ash, with a focus in China[J]. Fuel, 2014, 120:74-85.

[3] DING J, MA S H, SHEN S, et al. Research and industrialization progress of recovering alumina from fly ash: a concise review[J]. Waste Management, 2016, 60:375-387.

[4] 2020 年全国大、中城市固体废物污染环境防治年报 [R]. 生态环境部, 2020.

National report on prevention and control of environmentalpollution by solid wastein large and medium cities in 2020[R]. Ministry of Ecology and the Environment (MEP), 2020.

[5] HOCK J L, LICHTMAN D. The development of auto clavedcellular concrete[J]. Cellular Concrete, 1998, 71.

[6] 张金山, 李彦鑫, 曹永丹. 粉煤灰的综合利用现状及存在问题浅析[J]. 矿产综合利用, 2017(5):22-26.

ZHANG J S, LI Y X, CAO Y D. Current situation of comprehensive utilization of fly ash and analysis of existing problems[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2017(5):22-26.

[7] 张汉鑫, 李慧, 谢珊珊, 等. 粉煤灰处理及资源利用[J]. 矿 产综合利用, 2018(5):25-27.

ZHANG H X, LI H, XIE S S, et al. Treatment and resource application of fly ash[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2018(5):25-27.

[8] HERN N S, CHIMENOS J M, FERN NDEZ AI, et al. Ion flotation of germanium from fly ash aqueous leachates[J]. Chemical Engineering Journal, 2006, 118(1-2):69-75.

[9] TORRALVO F A, C Fernández-Pereira. Recovery of germanium from real fly ash leachates by ion-exchange extraction[J]. Minerals Engineering, 2011, 24(1):35-41.

[10] 王涛, 张新军. 煤中伴生矿产赋存状态及提取方法综述 [J]. 矿产综合利用, 2019(4):21-25.

WANG T, ZHANG X J. Summary of occurrence and extraction methods of associated minerals in coal[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2019(4):21-25.

[11] DAIS F, YAN X Y, WARD C R, et al. Valuable elements in Chinese coals: a review[J]. International Geology Review, 2018, 60(5-6):590-620.

[12] QIN S J, ZHAO C L, LI Y H, et al. Review of coal as a promising source of lithium[J]. International Journal of Oil Gas and Coal Technology, 2015, 9(2):215-229.

[13] LI S Y, BO P H, KANG L W, et al. Activation pretreatment and leaching process of high-alumina coal fly ash to extract lithium and aluminum[J]. Metals-Open Access Metallurgy Journal, 2020, 10(7):893.

[14] 王腾飞, 张金山, 李侠, 等. 碱法提取高铝粉煤灰中氧化 铝的研究进展[J]. 矿产综合利用, 2019(1):16-21.

WANG T F, ZHANG J S, LI X, et al. Research progress of

extracting alumina in alkali method from high- alumina coal fly ash[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2019(1):16-21.

[15] 王志明. 粉煤灰酸法提取氧化铝过程除铁技术研究进展 [J]. 化工管理, 2020(27):112-113.

WANG Z M. Research progress of iron removal technology in the process of extracting alumina from fly ash by acid method[J]. Chemical Enterprise Management, 2020(27):112-113.

[16] 陈铁军, 庄骏, 展礼仁, 等. 粉煤灰干湿联合磁选提铁试验研究[J]. 矿冶工程, 2017, 37(2):60-63.

CHEN T J, ZHUANG J, ZHAN L R, et al. Extraction of iron from fly ash by wet-dry magnetic separation[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2017, 37(2):60-63.

[17] 孙少博, 张永锋, 崔景东, 等. 粉煤灰高值化利用中的除 铁工艺[J]. 化工新型材料, 2015, 43(1):223-225.

SUN S B, ZHANG Y F, CUI J D, et al. Process of iron removal from fly ash in use of high value[J]. New Chemical Materials, 2015, 43(1):223-225.

[18] GAO X, ZHOU T, PENG B, et al. Selective reduce roasting –magnetic separation towards efficient and cleaning removal of iron values from bauxite residual[J]. Canadian Metalurgical Quarterly, 2019, 58(4):410-418.

[19] 刘康. 粉煤灰硫酸焙烧法提取氧化铝过程的研究 [D]. 北京: 北京科技大学, 2015.

LIU K. Process study of extracting alumina from coal fly ash using sulfuric acid roasting method[D]. Beijing: Beijing University of Science and Technology, 2015.

[20] 杨权成, 马淑花, 谢华, 等. 高铝粉煤灰提取氧化铝的研究进展[J]. 矿产综合利用, 2012(3):3-7.

YANG Q C, MA S H, XIE H, et al. Research progress of extracting alumina from high-alumina fly ash[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2012(3):3-7.

[21] VASSILEV S V, VASSILEVA C G. A new approach for the classification of coal fly ashes based on their origin, composition, properties, and behaviour[J]. Fuel, 2007, 86(10-11):1490-1512.

[22] 邵培. 高铝煤与煤灰中 Li-Ga-REE 等多元素共生组合特 征及协同分离 [D]. 徐州: 中国矿业大学, 2019.

SHAO P. Paragenetic association and synergistic separation of Li-Ga-REE multielements in high-alumina coal and coal ash: acase study of Datong coalfield[D]. Xuzhou: China University of Mining and Technology, 2019.

[23] 徐红, 陈小明, 徐光平. 华能南京电厂粉煤灰中微珠的矿物相特征及形成机理探讨[J]. 高校地质学报, 2000(1):80-88.

XU H, CHEN X M, XU G P. Discussion on the mineral phase characteristics and formation mechanism of microbeads in the fly ash of Huaneng Nanjing Power Plant[J]. Geological Journal of China Universities, 2000(1):80-88.

Iron Removal from a High-lithium Coal Fly Ash by Magnetic Separation

Zang Jingkun, Cheng Wei, Pan Xueling

(College of Mining, Guizhou University, National & Local Joint Laboratory of Engineering for Effective Utilization of Regional Mineral Resources from Karst Areas, Guizhou Key Laboratory of Comprehensive Utilization of Non-metallic Mineral Resources, Guivang, Guizhou, China)

Abstract: This is an essay in the field of mineral processing engineering. In this study, coal fly ash from a power plant in Guizhou was used as the research object. A series of test methods were comprehensively applied to the determination of the mineral composition and element content of coal fly ash. The results show that the main minerals in coal fly ash are mullite, quartz and iron minerals (5.46% magnetite and 4.77% hematite), and the main chemical components are SiO₂, Al₂O₃ and Fe₂O₃, with the contents of 36.88%, 20.89% and 14.58%, respectively. In addition, the content of lithium is as high as 307 g/t, which shows a certain comprehensive utilization value. Particle size analysis shows that the cumulative yield of coal fly ash below 75 μ m is as high as 83.4%, which indicates that the overall particles are finer. Lithium and iron are mainly concentrated in the -75 μ m fraction. Reduction roasting was used to convert the weakly magnetic hematite in coal fly ash into strong magnetic magnetite, and then the wet magnetic separation method was used to remove iron from the fly ash. The results show that with the residual carbon in coal fly ash as the reducing agent, the roasting temperature 700 °C, the roasting time 45 min, and the magnetic field strength 240 mT, and followed by a magnetic separation process of "one roughing-two sweeping", the iron removal rate reaches 63.27%, and the lithium recovery is 80.31%.

Keywords: Mineral processing engineering; Coal fly ash; Reduction roasting; Magnetic separation; Iron removal

(上接第62页)

Thermodynamics Analysis on Hydrochloric Acid Leaching for Waste Ceria-Based Rare Earth Polishing Powder

Dong Shuo^{1,2}, Zhang Bangwen^{1,2}, Zhao Ruichao¹, Bulin Chaoke², Liu Fang³

(1.Instrumental Analysis Center, Inner Mongolia University of Science & Technology, Baotou, Inner Mongolia, China; 2.Materials and Metallurgy School, Inner Mongolia University of Science & Technology, Baotou, Inner Mongolia, China; 3.Inner Mongolia Jincai Mining Co., Ltd, Hohhot, Inner Mongolia, China) **Abstract:** This is an essay in the field of metallurgical engineering. Thermodynamics of the reaction, hydrochloric acid leaching for waste ceria-based rare earth polishing powder, was studied in this work. The influences on the leaching rate of the waste polishing powder was respectively considered including hydrochloric acid concentration and leaching temperature in the experiment. The result of the Gibbs free energy of leaching reaction and leaching experiment showed, thermodynamics theoretical analysis was consistent with experiment date for CeO₂ and La₂O₃. CeO₂ could not be immersed in dissolution, and La₂O₃ was easy to get leached. However, the experiment result was quite opposite of theoretical thermodynamics calculation for Al₂O₃. The Gibbs free energy of leaching reaction for Al₂O₃ were always a positive value, and Al₂O₃ from the waste polishing powder couldn't be immersed by hydrochloric acid, but experiment result indicated that the Al₂O₃ leaching rate can be stabilized above 91%. Amorphous forms Al₂O₃ had high reactive activity in the waste, but the thermodynamic parameter of inert Al₂O₃ crystal structure (corundum) was adopted in the Gibbs free energy calculation.

Keywords: Metallurgical engineering; Waste ceria-based rare earth polishing powder; Hydrochloric acid leaching; Thermodynamics of the reaction; Leaching rate