



文章栏目：学术短评

DOI 10.12030/j.cjee.201912056

中图分类号 X701

文献标识码 A

陈扬, 冯钦忠. 磁珠脱汞：燃煤及冶金行业烟气治理新思路[J]. 环境工程学报, 2020, 14(1): 1-2.

CHEN Yang, FENG Qinzong. Mercury removal by magnetospheres: new idea for flue gas emission control in coal combustion and metallurgical industries[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2020, 14(1): 1-2.

## 磁珠脱汞：燃煤及冶金行业烟气治理新思路

陈扬<sup>1,2,\*</sup>, 冯钦忠<sup>1,2</sup>

1. 中国科学院北京综合研究中心, 北京 101407

2. 国家环境保护汞污染防治工程技术中心, 北京 101407

第一作者: 陈扬(1971—), 男, 博士, 研究员。研究方向: 汞污染控制等。E-mail: [chenyang@basic.cas.cn](mailto:chenyang@basic.cas.cn)

\*通信作者

中国是世界最大的汞排放国, 每年的汞排放量高达 535 t<sup>[1]</sup>, 作为《关于汞的水俣公约》缔约国, 汞减排压力巨大。据估算, 按照《关于汞的水俣公约》规定的义务, 中国每年至少须减排汞 300 t(以单质汞计), 带来巨大的市场需求<sup>[2]</sup>。在我国的汞排放源中, 燃煤排放和冶金行业排放是重点关注的对象。

目前, 国内尚无成熟的单项烟气脱汞技术, 汞的脱除主要借助脱硝、脱硫及除尘设备协同实现, 烟气中的汞被吸附并转移至废水或废渣中, 脱汞效率尚不高<sup>[3]</sup>。针对这一现实, 华中科技大学国家环境保护燃煤低碳利用与重金属污染控制工程技术中心赵永椿教授团队基于“以废脱毒”的新理念, 利用飞灰中的磁性组分——磁珠作为高效汞吸附剂, 以实现烟气脱汞, 并开发了相应的技术工艺<sup>[4]</sup>(见图 1)。经验证, 该项技术可适应多种炉型及多个煤种, 汞捕集效率超过 90%, 且脱汞成

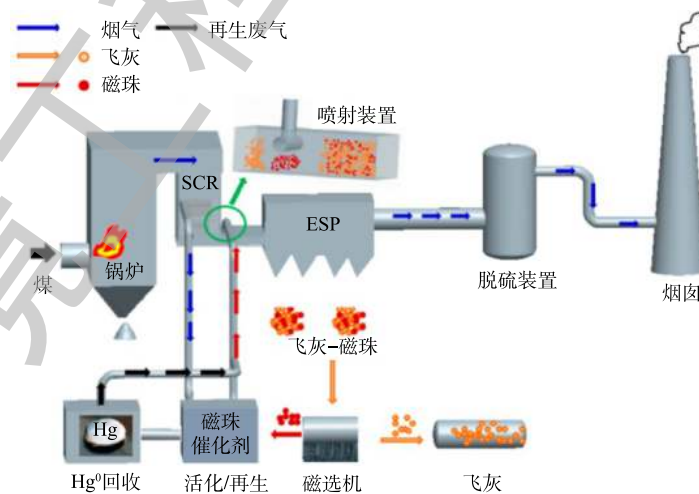


图 1 磁珠脱汞技术工艺流程图

Fig. 1 Schematic diagram of magnetospheres mercury removal technology

本较国外同类技术降低 50%~80%。相关成果<sup>[5-8]</sup>已在国际能源领域权威学术期刊《Fuel》上陆续刊发。

该项技术的主要意义在于：在高效捕集烟气中气态汞的同时，采用飞灰中的磁性组分作为吸附剂，因此，可以大幅度降低脱汞成本，且可以实现飞灰减量和“以废脱毒”的双重目标。目前，该项技术已取得授权专利 11 项<sup>[9-21]</sup>，完成了 50 MW 工业电站的示范并进一步推进 300 MW 和 1 000 MW 规模的示范工程。期待该项技术得到持续规模化和产业化，助力我国顺利履行《关于汞的水俣公约》约定的汞减排相关义务，并为推进燃煤和冶金领域的清洁生产提供科技支撑。



赵永椿 (1982—)，华中科技大学教授、博士生导师，国家“万人计划”青年拔尖人才，煤燃烧国家重点实验室副主任、国家环境保护燃煤低碳利用与重金属污染控制工程技术中心主任，主要从事煤炭非常规污染物排放控制及资源化利用的相关研究。

## 参 考 文 献

- [1] UNEP. Global mercury assessment 2018: Sources, emissions, releases and environmental transport[R]. UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland, 2018.
- [2] JONES A P, HOFFMANN J W, SMITH D N, et al. DOE/NETL's phase II mercury control technology field testing program: Preliminary economic analysis of activated carbon injection[J]. Environmental Science & Technology, 2007, 41(4): 1365-1371.
- [3] 张翼, 杨建平, 赵永椿, 等. 可循环磁珠脱除燃煤烟气中单质汞的性能与工艺路线研究[J]. 热力发电, 2016, 45(10): 10-15.
- [4] YANG J P, ZHAO Y C, ZHANG J Y, et al. Regenerable cobalt oxide loaded magnetosphere catalyst from fly ash for mercury removal in coal combustion flue gas[J]. Environmental Science & Technology, 2014, 48: 14837-14843.
- [5] YANG J P, ZHAO Y C, ZHANG J Y, et al. Removal of elemental mercury from flue gas by recyclable CuCl<sub>2</sub> modified magnetospheres catalyst from fly ash. Part 1. Catalyst characterization and performance evaluation[J]. Fuel, 2016, 164: 419-428.
- [6] YANG J P, ZHAO Y C, ZHANG J Y, et al. Removal of elemental mercury from flue gas by recyclable CuCl<sub>2</sub> modified magnetospheres catalyst from fly ash. Part 2. Identification of involved reaction mechanism[J]. Fuel, 2016, 167: 366-374.
- [7] YANG J P, ZHAO Y C, ZHANG J Y, et al. Removal of elemental mercury from flue gas by recyclable CuCl<sub>2</sub> modified magnetospheres catalyst from fly ash. Part 3. Regeneration performance in realistic flue gas atmosphere[J]. Fuel, 2016, 173: 1-7.
- [8] YANG J P, ZHAO Y C, GUO X, et al. Removal of elemental mercury from flue gas by recyclable CuCl<sub>2</sub> modified magnetospheres from fly ash. Part 4. Performance of sorbent injection in an entrained flow reactor system[J]. Fuel, 2018, 220: 403-411.
- [9] 赵永椿, 杨建平, 朱彬彬, 等. 一种改善飞灰中磁珠微观结构和脱汞性能的方法及产品: 201610655984.6[P]. 2019-10-24.
- [10] 赵永椿, 杨建平, 张军营, 等. 一种硫功能化磁性吸附剂的制备方法及产品: 201610637474.6[P]. 2019-03-05.
- [11] 赵永椿, 杨建平, 张翼, 等. 一种识别汞形态的方法和装置: ZL 201610860135.4[P]. 2018-11-21.
- [12] 赵永椿, 杨建平, 朱彬彬, 等. 一种吸附剂活化及喷射脱汞一体化方法: ZL 201610618804.7[P]. 2018-11-02.
- [13] 赵永椿, 杨建平, 朱彬彬, 等. 一种可同时在线活化和喷射脱汞吸附剂的方法: ZL 201610615746.2[P]. 2018-11-02.
- [14] 赵永椿, 杨建平, 张军营, 等. 用于燃煤烟气中单质汞氧化的催化剂、其制备及再生方法: ZL 201410355516.8[P]. 2017-02-08.
- [15] 赵永椿, 熊卓, 张军营, 等. 利用飞灰中的磁珠催化氧化烟气中单质汞的方法及设备: ZL 201210158244.3[P]. 2014-08-27.
- [16] 赵永椿, 李增华, 张军营. 一种导流板均分颗粒的喷管装置及其除汞烟道设备: 201821875242.5[P]. 2019-08-30.
- [17] 赵永椿, 朱彬彬, 孔凡淇, 等. 一种多喷口的脱汞吸附剂喷射装置: 201721188638.8[P]. 2018-04-27.
- [18] 赵永椿, 朱彬彬, 孔凡淇, 等. 一种高效脱汞的吸附剂喷射装置: 201721188666.X[P]. 2018-03-12.
- [19] 赵永椿, 朱彬彬, 孔凡淇, 等. 一种旋流汞吸附剂喷射装置: 201721188646.2[P]. 2018-03-01.
- [20] 赵永椿, 杨建平, 朱彬彬, 等. 一种吸附剂活化及喷射脱汞一体化装置: 201620822003.8[P]. 2017-02-22.
- [21] 赵永椿, 杨建平, 朱彬彬, 等. 一种可同时在线活化和喷射脱汞吸附剂的装置: 201620816136.4[P]. 2017-01-18.

(本文编辑: 张利田)