

# 燃煤过程中砷的迁移转化及控制技术综述

龚泓宇, 胡红云\*, 刘慧敏, 李帅, 黄永达, 付彪, 罗光前, 姚洪

(煤燃烧国家重点实验室(华中科技大学), 湖北省武汉市 430074)

## Review of Arsenic Transformation and Emission Control During Coal Combustion

GONG Hong-yu, HU Hong-yun\*, LIU Hui-min, LI Shuai, HUANG Yong-da, FU Biao, LUO Guang-qian,

YAO Hong

(State Key Laboratory of Coal Combustion (Huazhong University of Science and Technology),

Wuhan 430074, Hubei Province, China)

**ABSTRACT:** Arsenic is a highly toxic and easily volatile element that is widely distributed in coal. As one of the main anthropogenic sources of arsenic emission in China, it is essential to gain knowledge on the fate of arsenic during coal combustion and search for possible arsenic control strategies. In this review, the occurrence of arsenic in coal, the release behavior of arsenic in coal combustion process and its distribution in the combustion by-products were summarized, with special focus on the partitioning behavior of arsenic in size-segregated fine ash particles. Furthermore, the in-furnace control strategies of arsenic based on the selection of furnace type and additives were discussed, followed by the collaborative control of particulate matters and arsenic in the post-combustion stage by air pollution control devices. It is expected to provide reference for the emission control of arsenic as well as the other volatile heavy metals in power plants.

**KEY WORDS:** Coal combustion; Arsenic; Transformation behavior; In-furnace control; Post-combustion control

**摘要:** 砷是煤中广泛存在的一种高挥发性的有毒重金属元素。我国大量的煤炭燃烧是砷的主要人为排放源之一,因此控制燃煤过程中砷的排放至关重要。本文综述了燃煤过程中砷的迁移转化行为,包括煤中砷的赋存形态、燃煤过程中砷的释放特性及燃煤产物中砷的分布,重点阐释了燃煤产生细颗粒物中砷的尺度及形态分布特性。进一步,基于炉型选择和添加剂技术提出了炉内砷强化控制技术,根据烟气净化装置对不同尺度及形态含砷颗粒物的捕集特性,分析了炉后控制技术对颗粒物与砷的协同脱除作用,旨在为燃煤电厂砷及其他挥发性重金属的排放控制提供参考。

**关键词:** 燃煤; 砷; 迁移转化; 炉内控制; 炉后控制

## 1 砷的危害及排放

煤炭是我国赖以生存的一次能源,《中国矿产资源报告 2019》显示 2018 年我国煤炭消费量占总能源消费量的 59%<sup>[1]</sup>。基于我国基本国情与资源现状,未来相当长的一段时间内,我国以煤炭为主的能源结构不会发生根本改变。面向国家生态文明建设的重大需求,燃煤电厂通过革新烟气净化技术、发展超净排放级数以提升污染物脱除效率,近年来在污染物排放控制方面取得了积极成效。但由于我国煤炭消耗量巨大,燃煤电厂仍然是大气污染物的主要人为排放源<sup>[2]</sup>。除了 SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> 和颗粒物等常规大气污染物,高毒性重金属污染物的排放已引起广泛重视。

砷是一种典型的高毒性、致癌性重金属,广泛分布于煤层中。自然界中各类砷化合物均具有生物毒性,不同形态砷毒性存在一定的差异,三价砷的毒性是五价砷毒性的 50 倍以上<sup>[3]</sup>。我国煤中砷的平均浓度约为 5.33 μg/g,略高于全球煤中砷的平均含量(5 μg/g)(如表 1)。我国煤炭分布区域广阔,如图 1<sup>[11]</sup>,不同地域煤中砷含量存在显著差异。从图中可以看出我国长江以南的煤炭矿区砷含量普遍较高,尤其是云南的西南地区煤中砷的平均含量超过了 37.9 μg/g。基于 2018 年我国燃煤总量 37.7 亿吨<sup>[1]</sup>,以砷含量平均值来计,我国仅 2018 年由燃煤过程引入的砷总量约为 2009.4 万吨。煤炭燃烧利用后,煤中砷向底渣、飞灰等产物和烟气中迁移,排放到大气中的砷主

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFB0605103)。

The National Key R & D Program of China (2018YFB0605103).