



Toxics-Free  
Corps

◀ 第14期

DETOXIFICATION FILE

# 解毒档案

—— 在碳中和战略之下  
加速煤电大气汞减排

# CONTENTS

## 目录

### 一、碳中和背景下，我国煤电行业大气汞排放情况 01

---

- (一) 煤电行业二氧化碳排放量高
- (二) 煤电行业大气汞排放量也高

### 二、公约对于煤电大气汞排放管控的要求 03

---

- (一) 为治理汞污染，全球出台了《关于汞的水俣公约》
- (二) 《公约》附件D的履约被忽视
- (三) 《公约》对煤电大气汞治理的要求

### 三、多种因素影响煤电大气汞的排放 07

---

### 四、碳中和目标下，如何控制煤电大气汞 08

---

- (一) 公开煤电大气汞排放数据，有助于汞减排
- (二) 提升排放标准，向国际看齐
- (三) 与减碳相结合，协同控制大气汞



# 一、碳中和背景下， 我国煤电行业大气汞排放情况

2020年9月，我国在第七十五届联合国大会上向世界宣布中国二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。

我国提出双碳目标的一个重要原因，是为了应对气候变化这一人类面临的全球性问题。2015年《巴黎协定》设定本世纪下半叶实现温室气体净零排放目标后，全球陆续已有120多个国家宣布碳中和目标。

2020年10月联合国减少灾害风险办公室（UNDRR）发布的《2000-2019年灾害造成的人类损失》报告称，2000年至2019年期间，全球共发生7348起重大灾害，远远超过了1980年至1999年录得的4212起重大自然灾害，而急剧增长的主要原因是气候变化导致的灾害增多，包括洪水、干旱和风暴等极端天气事件。<sup>2</sup>

世界气象组织秘书长彼得里·塔拉斯2021年7月通过媒体表示，“气候变化是今夏席卷西欧地区的暴雨和洪水的根本原因，在减缓气候变化取得成效之前，极端天气事件和自然灾害将越来越多”。<sup>3</sup>

2021年前三季度极端天气多发，更多的普通人对气候变化影响生产生活也有了切身的体会。

## （一）煤电行业二氧化碳排放量高

**影响碳达峰碳中和的一个关键性行业，是燃煤电厂。**

2.《联合国报告：气候变化导致20年来自然灾害翻倍》，《参考消息》，2020年10月13日，<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1680401229083266030&wfr=spider&for=pc>

3.《专访：气候变化将导致越来越多的极端天气和自然灾害——访世界气象组织秘书长塔拉斯》，中国气象局，2021年07月21日，[http://www.cma.gov.cn/2011xwzx/2011xmtjj/202107/t20210721\\_581233.html](http://www.cma.gov.cn/2011xwzx/2011xmtjj/202107/t20210721_581233.html)



我国的能源结构以煤为主，煤炭是碳密度最高的化石能源，产生了大量的二氧化碳排放。2020年，我国二氧化碳排放量约为103亿吨，是全球碳排放量最高的国家。2020年，我国碳排放前三的行业分别是燃煤电厂、钢铁和水泥，这三个行业的排放量占比超过了全国总量的60%。其中，燃煤电厂排放量高达35.39亿吨，占比超过总量的1/3，为34.11%，是碳排放最大的行业<sup>4</sup>。

## （二）煤电行业大气汞排放量也高

### 煤电行业排放的汞及其化合物，也是全球性的问题。

“十三五”期间，在我国煤电机组超低排放改造中，常规污染物烟尘、二氧化硫、氮氧化物排放标准加严，氮氧化物下降到了二分之一，烟尘下降到了三分之一，二氧化硫排放限值下降到了近六分之一，使得常规污染物排放量明显下降。但是，汞及其化合物

---

4.《网易研究局碳中和报告》，2021年8月16日，  
<https://www.163.com/money/article/GHGV13FG0025912U.html>

的标准并没有变化，一直是GB13223-2011《火电厂大气污染物排放标准》中对汞及其化合物排放限值要求，即 $0.03\text{mg}/\text{m}^3$ （等于 $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）。该标准值与国际上其他地区的排放要求，比如欧盟在 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下，还存在较大的差距。

宽松的排放限值，无法有效地控制我国燃煤电厂汞的排放。2015年，我国燃煤电厂汞排放量为73吨<sup>5</sup>。2019年吴清茹等人的《中国燃煤电厂履行〈关于汞的水俣公约〉的差距与展望》显示，我国燃煤大气汞排放约占全国大气汞排放的47%，其中燃煤电厂占燃煤排放的39%<sup>6</sup>。

因此，煤电行业大气汞排放，应成为我国大气汞污染防治的重点。

## 二、公约对于煤电大气汞排放管控的要求

治理煤电汞排放，不仅是我国大气汞污染防治的需要，也是国际公约的强制要求。

### （一）为治理汞污染，全球出台了《关于汞的水俣公约》

汞，是一种毒性极强的重金属，并具有较强的迁移性、富集性，可经空气、水、食物链等途径进入人体，其生物毒性显著，易引发慢性中毒，且具有致癌、致畸及致突变作用，对免疫系统有一定影响。

不同形态的汞对人体健康的影响不同。

单质汞，俗称水银，具有较强的挥发性，吸入可导致人中毒，一般多见于职业病领域。笔者2019年曾在贵州省铜仁市万山工矿调研，见到一位退休的职业病老工人，虽然时隔多年，他依然清楚地记得当时在冶炼车间的工友们，因为“手抖得厉害”吃饭时筷子与碗碰撞的场景。

甲基汞，是由微生物转化形成的，具有神经毒性，会通过水产食物链进入人体。20世纪日本熊本县水俣湾发生的水俣病，即是当地人们食用了被甲基汞污染的大米、鱼虾和贝类，而出现的口齿不清、步履蹒跚、面部痴呆、手足麻痹、感觉障碍、视觉丧失、震颤、手足变形，神经失常等症状。

5.《山东省燃煤电厂大气汞的排放与分析》，山东大学，鄒光皓，2018年5月

6.《中国燃煤电厂履行〈关于汞的水俣公约〉的差距与展望》，吴清茹等，《中国人口·资源与环境》，2019年第10期第29卷

为保护人体健康和环境免受汞和汞化合物人为排放和释放的危害，以日本水俣病为鉴，国际层面制定了《关于汞的水俣公约》（以下简称《公约》），也是目前唯一一个环境领域内的重金属公约。

## （二）《公约》附件D的履约被忽视

截至2021年8月19日，《公约》缔约国已有133个<sup>7</sup>。我国是《公约》缔约方之一。2017年8月16日，《公约》在我国正式生效。

2019年11月25-29日，《公约》第三次缔约方大会在瑞士日内瓦召开。大会重点讨论了公约附件A（添汞产品）、附件B（使用汞或汞化合物的生产工艺）等议题。

我国近两年重点开展的履约工作主要集中在附件A、附件B，如“中国含汞体温计、血压计淘汰及无汞产品应用替代示范项目”和“聚氯乙烯生产汞削减及最小化示范项目”。而附件D（汞及其化合物大气排放）相关的履约进展信息却很少见。

笔者发现，近两年政府部门正式地对汞及其化合物的大气排放点源履约工作有所提及的，只有2019年12月召开的《关于汞的水俣公约》国家实施计划编制工作进展沟通会及“十四五”履约工作务虚会。会议“听取了国家实施计划与大气汞排放削减行动计划编制进展的报告”<sup>8</sup>。

## （三）《公约》对煤电大气汞治理的要求

大气汞污染，有人为源、自然源和汞的再释放等途径。《公约》管控的对象为人为源，其中最重要的就是燃煤电厂。它是《公约》附录 D 中的五个重点大气汞排放源之一，并且居于首位。

---

7.《关于汞的水俣公约》官网，<https://www.mercuryconvention.org/en/parties>

8.中国限汞行动网（生态环境部对外合作与交流中心 环境国际公约履约），2019年大事记，<http://www.mercury.org.cn/bmjs/gywm/>

## 附件D 汞及其化合物的大气排放点源名目



### 《关于汞的水俣公约》

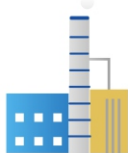
《关于汞的水俣公约》的各项附件，是公约不可分割的组成部分，其中附件D，是汞及其化合物的大气排放点源名目(点源类别)，煤电居于首位。

### 汞及其化合物的大气排放点源名目 点源类别

燃煤电厂



燃煤工业锅炉



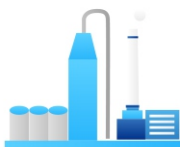
### 有色金属生产当中使用的冶炼和培烧工艺



废物焚烧设施



水泥熟料生产设施



针对附件D,《公约》第八条要求,“拥有相关来源的缔约方应当采取措施,控制汞的排放”。

针对附件D,《公约》第八条要求,“拥有相关来源的缔约方应当采取措施,控制汞的排放”。

在大的层面,缔约方需要制订国家履约实施计划,并于公约正式在其境内生效起4年内提交至缔约方大会。上文有提及,目前,我国的实施计划正在编制中。

在具体的排放源控制上,对于新来源<sup>9</sup>而言,缔约方最迟应在公约生效起5年内使用最佳可行技术(BAT)和最佳环境实践(BEP)<sup>10</sup>,以控制并于可行时减少排放。缔约方可采用符合BAT的排放限值。

9.指属于附件D中所列类别的、且其建造或重大改造工程始于自以下日期起至少1年以后的任何相关来源:1.本公约对所涉缔约方开始生效之日。或2.对附件D的某一修正案对所涉缔约方开始生效之日——该来源系完全因为上述修正案才开始适用本公约之各项规定。

10.最佳可行技术,英文全称 Best Available Techniques,简称BAT,是指所开展的活动及其运作方式已达到最有效和最先进的阶段;最佳环境实践,英文全称 Best Environmental Practice,是指环境控制措施和战略的最适当组合方式的应用。



对于现有来源而言，缔约方在公约生效的10年内，在国家计划中列入并实施下列一种或多种措施：

- (一) 控制并于可行时减少源自相关来源的排放的量化目标；**
- (二) 控制并于可行时减少来自相关来源的排放限值；**
- (三) 采用BAT/BEP来控制源自相关来源的排放；**
- (四) 采用针对多种污染物的控制战略，从而取得控制汞排放的协同效益；**
- (五) 减少源自相关来源的排放的替代性措施。**

上述五点具体的措施概括起来就是，总量控制、提升标准、采用BAT/BEP、协同控制多种污染物和减少相关来源的替代性措施。

除此之外，缔约方还应在公约生效5年内建立、保存一份关于相关来源的排放情况的清单。

我国人为源大气汞排放量居世界首位<sup>11</sup>。燃煤电厂占我国人为源大气汞排放总量的20%左右<sup>12</sup>。燃煤电厂的汞排放控制，是我国在履行《公约》减少大气汞排放上面临的重大挑战之一。但目前为止，笔者暂未看到进一步的关于煤电大气汞在总量控制、标准提升、国家层面排放清单等履约工作的公开信息。

---

11.《我国汞污染研究与履约进展》，冯新斌等4人，《中国科学院院刊·专题：环境污染与人体健康》，2020年·第35卷·第11期

12.《亟须摸清火电厂汞污染底数》，2013年2月22日，<https://news.bjx.com.cn/html/20130222/419002.shtml>

### 三、多种因素影响煤电大气汞的排放

煤电大气汞排放的主要影响因素有燃煤汞含量、燃煤消耗量、污染物控制设施的脱汞效率等。

研究显示，2000年以来，不同研究得到的我国原煤的汞含量均值基本上在0.15~0.22mg/kg 的范围，总体上为低汞煤( 0.15~0.25mg/kg)。除我国生产的原煤外，中国消费的原煤大约有 5.1% ( 2015 年数据) 需要进口，其中越南煤炭的汞含量( 均值约 0.348mg/kg) 相对较高<sup>13</sup>。

虽然我国使用低汞煤较多，但如果燃煤消耗量逐年增加，燃煤电厂大气汞的排放量也会递增。以我国煤电装机大省山东省为例，当地9个电厂2015年至2017年的实测结果显示，煤中汞含量为0.208mg/kg<sup>14</sup>。如果燃煤消耗量逐年增加，到2025年山东省燃煤电厂大气汞排放量预测为1.49-1.53吨/年，将是2015年的1.5倍<sup>15</sup>。



13.《中国燃煤电厂履行〈关于汞的水俣公约〉的差距与展望》，吴清茹等，《中国人口·资源与环境》，2019年第10期第29卷

14.15.《山东省燃煤电厂大气汞的排放与分析》，山东大学，郗光皓，2018年5月

至于污染物控制设施的脱汞效率方面，根据实测数据显示，在燃煤电厂的烟气处理环节，汞在飞灰和脱硫石膏中的含量分别为0.53mg/kg和0.64mg/kg，高于低汞煤最高值0.25mg/kg的含量，汞在飞灰表面和脱硫石膏中富集程度很高，说明汞大部分进入到飞灰和脱硫石膏中，烟气中的汞只占原煤的很小一部分<sup>16</sup>。

其他影响燃煤电厂大气汞排放的因素有炉型、装机容量和污染控制措施的复杂度。使用煤粉炉的燃煤电厂大气汞排放浓度低于使用循环流化床锅炉的燃煤电厂；装机容量越大，大气汞排放浓度越低；污染物控制措施越复杂，也会降低大气汞排放浓度。

## 四、碳中和目标下，如何控制煤电大气汞

由于我国燃煤发电所使用的原煤，大多数能够达到清洁用煤的标准，且在构建以新能源为主体的新型电力系统，调整能源结构，减少煤电的装机量和发电量的背景下，燃煤的消耗量可有效地减少。故笔者将重点阐述另外三种措施，以便更为有效地控制煤电大气汞的排放。

这些措施包括：对煤电大气汞排放浓度进行实时监测，并进行数据公开；在末端治理环节中，提升大气汞排放标准；将汞指标纳入落后煤电小机组的淘汰指标，加大力度淘汰燃煤机组，煤电装机量减少的同时，大气汞的排放总量也能随之降低，这样既有助于能源结构的调整，也减少了煤电行业的二氧化碳排放。

---

16.《山东省燃煤电厂大气汞的排放与分析》，山东大学，郟光皓，2018年5月

## （一）公开煤电大气汞排放数据，有助于汞减排

目前煤电大气汞排放数据，还未像其他三项常规污染物一样，纳入企业的在线监测平台。电厂安装烟气汞在线监测系统并公开监测数据，不仅可以提升汞排放信息的透明度，并进而调动公众参与汞减排的积极性；也有助于大气汞清单的计算，从而有利于我国设定科学合理的大气汞排放标准和总量控制目标，加速淘汰大气汞排放不达标的煤电机组。

## （二）提升排放标准，向国际看齐

欧盟委员会于2017年7月31日发布了委员会执行决议（EU）2017/1442<sup>17</sup>，公布了火力发电厂BAT结论，包括燃煤电厂可用污染防治技术及控制效果。根据煤种和机组类型的不同对BAT对应的排放限值进行了细分，普遍在 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下<sup>18</sup>。

而联合国环境署《BAT/BEP导则》的要求更为严格，相关案例的烟气汞浓度基本在 $4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下，大部分在 $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 左右<sup>19</sup>。

我国煤电厂 $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的标准，与联合国环境署《BAT/BEP导则》能够实现的排放浓度，仍然有不小差距。《公约》中有对提升排放标准的要求，提标工作需要尽快提上国家履约的议程。

---

17.COMMISSION IMPLEMENTING DECISION (EU) 2017/1442 of 31 July 2017 establishing best available techniques (BAT) conclusions, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council, for large combustion plants (notified under document C(2017) 5225)

18.《中国燃煤电厂履行〈关于汞的水俣公约〉的差距与展望》，吴清茹等，《中国人口·资源与环境》，2019年第10期第29卷

19. United Nations Environment Programme (UNEP). Draft guidance on best available techniques and best environmental practices taking into account any difference between new and existing sources and the need to minimize cross-media effects [R]. Geneva, Switzerland: 2017.

### （三）与减碳相结合，协同控制大气汞

在当前碳中和战略与减污降碳大政方针之下，参考《公约》中关于“采用针对多种污染物的控制战略，从而取得控制汞排放的协同效益”的思路，煤电大气汞的治理与减碳可以有力地结合，实现协同增效。

截至2020年底，“十三五”完成煤电超低排放改造累计约9.5亿千瓦，淘汰关停不达标的落后煤电机组累计约4500万千瓦。<sup>20</sup>由于落后的煤电机组往往容量较小，而汞浓度却很高，淘汰和关停不达标的落后煤电机组，可大大减少汞的排放。

与此同时，在烟尘、二氧化硫、氮氧化物经历过超低排放之后，煤电行业汞及其化合物指标业也亟需提升。不能达到汞及其化合物更为严格排放标准的煤电机组，也应该纳入落后煤电产能淘汰的对象，这样既减少了大气汞的排放，又促进煤电行业的结构性调整。

我国是《公约》的缔约方，面临着巨大的煤电大气汞履约压力。所以加大力度地淘汰落后燃煤电厂，不仅可以控制大气汞排放，完成履约相关工作，也可以有力推进我国碳中和战略的实现。这一过程，需要中央和地方政府的共同努力。

---

20. 电规总院发布《中国能源发展报告2020》《中国电力发展报告2020》，2021-07-15，<http://www.sasac.gov.cn/n2588025/n2588124/c19710818/content.html>



无毒先锋



自然田  
Nature Fields

- 联合出品：本报告是由深圳市零废弃环保公益事业发展中心与北京自然田科技有限公司联合出品。
- 鸣谢：海因里希·伯尔基金会（德国）北京代表处对“深圳市零废弃环保公益事业发展中心”实施的“化学品安全民间能力建设”项目的支持。本报告观点与伯尔基金会无关。

HEINRICH BÖLL STIFTUNG  
海因里希·伯尔基金会（德国）北京代表处

作者：田静 校对：吴婷、何玲辉

版式设计：莫存柱 图片拍摄：本报告所使用图片均为原创

版权所有：©深圳市零废弃环保公益事业发展中心、北京自然田科技有限公司，2021，保留所有权利

解毒档案

档案时间:2021.10

◀ 第14期