

GREENPEACE 绿色和平

2010

# 煤炭的真实成本

— 粉煤灰调查报告





主要作者  
杨爱伦 江雍年 赵星敏 黄栩 周汉华 苏苗罕 汤洪源 李斐

英文翻译与校对  
Dinah Gardner Shelly Jiang Gabriel Wisniewski

摄影  
赵钢 Simon Lim

设计  
宋玉碧

2010年8月，内蒙古元宝山电厂湿灰场凝固的粉煤灰。© 赵钢 / 绿色和平



2010年8月，山西省神头二电厂灰场溃坝，灰浆淹没约600亩农田。© 赵钢 / 绿色和平



2010年6月，绿色和平工作人员在山西省神头二电厂灰场取样。© 赵钢 / 绿色和平

- i* 主要研究发现
- ii* 序
- 01 第一章 中国粉煤灰现状
- 06 第二章 绿色和平调查结果
- 13 第三章 粉煤灰治理的政府机构
- 15 第四章 粉煤灰治理中存在的问题
- 19 第五章 政策建议
- 21 参考资料
- 23 附录

## 主要研究发现

1. 随着火电装机容量从 2002 年开始爆炸式增长，中国的粉煤灰排放量在过去 8 年间增加了 2.5 倍，是中国工业固体废物的最大单一排放源。
2. 2009 年，中国粉煤灰的产量达到了 3.75 亿吨，相当于当年中国城市生活垃圾总量的两倍多；其体积可达到 4.24 亿立方米，相当于每 2 分半钟填满 1 个标准游泳池，每天填满 1 个水立方。
3. 在气候变化，强降雨、洪涝等极端气候事件频发的大背景下，贮存了数十万吨粉煤灰的巨大灰坝加剧了次生地质灾害的风险，成为人身安全和生态灾难的隐患。
4. 绿色和平对全国各地 14 家火电厂粉煤灰进行了检测，共测出 20 多种对环境和人体健康有害的重金属、化合物等物质。
5. 绿色和平估算，中国火电行业一年排放的粉煤灰中共含有镉 358.75 吨、铬 10054.25 吨、砷 9410 吨、汞 4.25 吨和铅 5345.5 吨，总计约 2.5 万吨。
6. 绿色和平对 6 家火电厂灰场附近的地表水进行了检测，其中有 4 家电厂的检测项目浓度超过了《地表水环境质量标准》和《农田灌溉水质标准》。
7. 绿色和平对 8 家火电厂灰场附近的地下井水进行了检测，其中有 3 家电厂的检测项目浓度超过了《生活饮用水卫生标准》。
8. 在被调查的 14 家火电厂中，大多数灰场的选址、防扬散、防渗漏、防流失措施远不足以达到有效防治粉煤灰环境污染的目的。
9. 普遍认为中国粉煤灰的综合回收利用率能达到 60% 以上，但实际情况可能连这个目标的一半都不到。这种由于企业舞弊和政府监管不力而导致的假象，是粉煤灰环境污染问题长期被忽视的主要原因。
10. 对粉煤灰中有害物质的环境管理在其进入到综合利用环节后严重缺位，所制成的粉煤灰砖等产品缺乏对人体健康的安全保障。

## 序

二百多年前，煤炭的广泛使用促成了工业革命，推动了人类现代文明的发展。今天，煤炭依然在为世界经济的持续增长提供着动力。2009 年，拥有全球 1/5 人口的中国的煤炭消费量超过 30 亿吨，位居世界第一，是位居第二的美国的三倍多。煤炭在整个中国的能源体系中占到了七成以上，是近二十年来中国经济腾飞当之无愧的能源基础。

但在这经济奇迹的另一面，却是煤炭使用带来的巨大的环境、社会和经济代价。煤炭造成的污染也已经成为中国第一大环境问题。绿色和平机构三年前发布的《煤炭的真实成本》显示，仅 2007 年，我国煤炭使用产生的外部成本就达到 17450 亿元，相当于当年 GDP 的 7.1%。在中国每烧 1 吨煤，就带来 150 元的环境损失。这其中还尚未包括煤炭燃烧排放的二氧化碳等温室气体所导致的气候变化的巨大成本。

继对中国煤炭使用进行的全面经济学评估后，绿色和平又在 2010 年 8 月，携手中国疾病预防控制中心共同发布了《煤炭的真实成本——大气污染与公众健康》研究报告，指出燃煤大气污染已经成为威胁中国公众的主要因素之一。

在这份《煤炭的真实成本——粉煤灰调查报告》中，我们将关注点放在了长期以来被严重忽视的一种燃煤污染。粉煤灰作为火电厂燃煤的必然产物，是中国最大的单一工业固体废物来源。粉煤灰问题的特点，一方面是规模大，另一方面是成分毒。中国 2009 年的粉煤灰产生量达 3.75 亿吨，相当于全国城市生活垃圾总量的两倍多。粉煤灰中包含着大量重金属、放射性物质等有害污染物，对环境和公众健康构成了巨大的威胁。

然而由于管理政策体制上的漏洞，以及企业、政府实施过程中的不力，中国的粉煤灰污染问题一直以来没有引起足够的重视。其中最大的假象便是普遍认为中国粉煤灰的综合回收利用率能达到 60% 以上，而事实情况可能连这个目标的一半都不到。

为更好的掌握中国粉煤灰问题的现状，绿色和平实地考查了全国各地 14 家火电厂的粉煤灰污染防治情况，并进行取样检测。同时对业界的专家、企业和政府部门进行了访问调查。我们将研究结果总结在这份报告中予以发布，希望能借此为完善中国的粉煤灰污染防治政策、加强环境执法力度提供有价值的参考，同时吸引更多的政策制定者和研究工作者加入到对这一课题的关注和讨论之中。

借此机会，我们还要特别感谢中国社科院法学所周汉化教授及其团队，为报告中的政策分析与建议部分提出的法律专业意见。感谢内蒙古环保高级工程师郝志邦先生在报告调查、写作过程中提供的帮助和指导。此外，还要感谢志愿者马知遥、张峥为报告数据收集所做的大量细致、耐心的工作。

由于时间和研究能力上的限制，本调查报告尚有不尽如人意之处，衷心希望有关专家、行业人士、读者提出宝贵意见。

绿色和平中国气候与能源项目团队

2010 年 9 月

## 第一章 中国粉煤灰现状

粉煤灰<sup>1</sup>是燃煤锅炉在燃烧过程中产生的固体颗粒物，是火力发电厂煤炭燃烧的副产品。粉煤灰包括除尘器收集到的飞灰和炉底排出的炉渣（通常称为底灰）。除尘器未被捕捉到的那部分飞灰进入大气，成为燃煤空气污染的悬浮颗粒物。



2010年6月，山西省神头二电厂的干灰场。© 赵钢 / 绿色和平

### 一、概况

一直以来，中国的能源结构过度依赖煤炭，超过七成的能源来自煤炭。随着中国经济的持续高速增长，煤炭的使用量也逐年增加。电力行业是用煤大户，耗煤量占到了全国煤炭消费总量的一半以上。

粉煤灰是火力发电的必然产物，通常每消耗4吨煤，就会产生1吨粉煤灰<sup>2</sup>。2009年，中国煤炭消费量超过30亿吨，其中电力行业耗煤占到一半以上。保守估计，该年中国粉煤灰的产量达到了3.75亿吨，这相当于目前中国城市生活垃圾总量的2倍多<sup>3</sup>；其体积可达到4.24亿立方米<sup>4</sup>，相当于每2分半钟填满1个标准游泳池，每天填满1个水立方<sup>5</sup>。如此大规模的粉煤灰排放量，如果不能被妥善治理，会对中国的环境和公众健康产生巨大威胁。

粉煤灰的处置有两种方法：一种是火电厂征地贮存粉煤灰，通过湿法排灰将粉煤灰排入贮灰池沉淀储放，或是通过干法排灰将粉煤灰运送到贮灰场储放；另外一种是对粉煤灰进行综合利用，通常用于建材生产、建筑工程等<sup>6</sup>。

### 二、粉煤灰的污染

#### 1. 粉煤灰的成分

煤炭中的有害重金属和放射性物质，在燃烧后以较高浓度留存于粉煤灰中。我国火电厂粉煤灰的主要成分是氧化硅、氧化铝、氧化铁、氧化钙、氧化钛、氧化镁、氧化钾、氧化钠、三氧化硫和氧化锰等。其中，氧化硅、氧化铝和氧化钛来自黏土、页岩；氧化铁主要来自黄铁矿；氧化镁和氧化钙来自与其相应的碳酸盐和硫酸盐<sup>7</sup>。此外，粉煤灰中含有锑、砷、硼、镉、铬、钴、铜、铅、锰、汞、钼、镍、硒、钒等重金属元素，以及源于原煤中的镭、钍、铀等放射性元素。

#### 2. 空气污染

20%的粉煤灰是空心微粒结构，在有风的情况下很容易扩散，形成二次扬尘空气污染。不管是干法处理还是湿法处理，除非有非常完善的封存处理，否则由粉煤灰导致的二次扬尘污染都很严重，对于居住在灰场下风口的居民的影响尤为明显。当风力达到四级时，粉煤灰的沉降范围可达10万~15万平方公里<sup>8</sup>，对灰场以外较远的范围内都能构成污染威胁。中国北方省份内蒙古、山西、新疆等是西北风的源头，而在这些地区煤炭、火电工业集中，大量排放的粉煤灰在风力作用下成为沙尘暴的成分之一，向东南方向迁移，加重了沙尘污染<sup>9</sup>。

#### 3. 水污染

如果灰场的防渗措施不当，在长期堆储的过程中，粉煤灰中的有害物质会渗透到水体中。这种水体污染在湿灰场更为常见。粉煤灰和大量的水混合后经由管道输排至灰场，随着灰场中积水的增多，长时间的浸泡令粉煤灰中的重金属等有害物质渗入水中，对灰场附近的浅层地下水 and 地表水造成污染。粉煤灰中的有害物质渗透到村民的饮用水中，使井水出现悬浮物增多、氟化、碱化等情况。粉煤灰也会随风扩散，扩散到河流、湖泊中，污染水体。

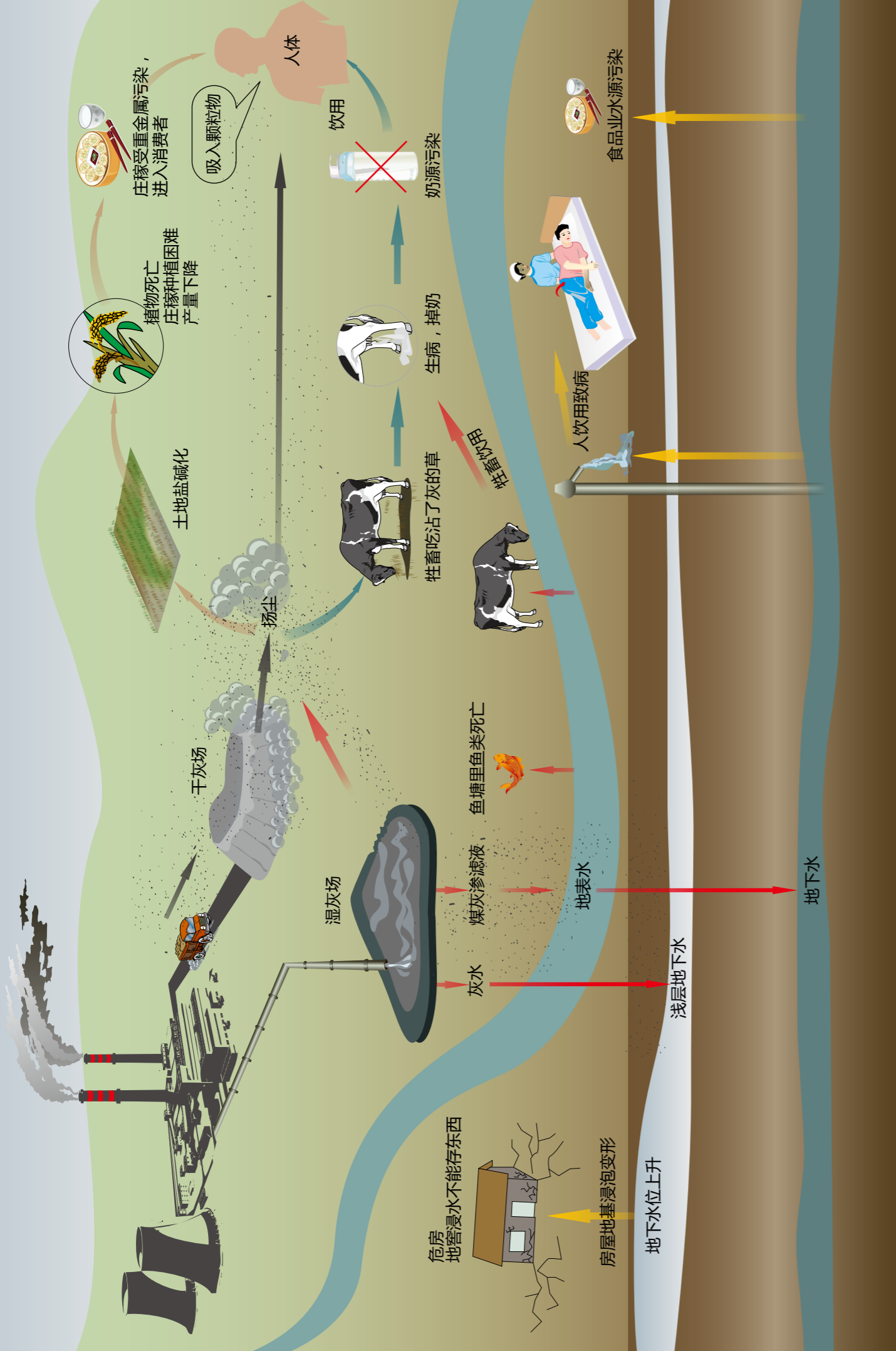
#### 4. 土壤污染

随着中国火电装机的进一步扩张，火电厂征地贮存粉煤灰所导致的占地问题也日趋严重，灰场方圆数百米内的土地也会受到飘落降尘影响。由于粉煤灰高盐高碱，下渗、扩散到土地导致周边土地盐碱化，不再适于农作物的种植，严重影响农业生产和生态环境。

#### 5. 人体健康危害

如图1所示，火电厂灰场中的有害物质污染空气、

图1 粉煤灰污染示意图



水、土壤，会通过呼吸、饮水等途径直接进入人体，或通过食物链间接进入人体，危害健康。这些有害物质即使在粉煤灰综合利用之后，比如制成砖瓦等建筑材料，也有可能继续危害人体健康。

粉煤灰中的重金属等有害物质被人体摄入，累积到一定的水平时，会严重危害人体健康（见表1）。原煤中的钍和铀元素在燃烧过程中会形成不溶解、不挥发的化合物，留存在粉煤灰中。这些天然放射性核素的浓度大约是原煤的3倍<sup>10</sup>。

### 6. 地质灾害

常见的灰场中粉煤灰堆放深度一般在20米以上，坝体高30米左右。强降雨、洪涝等自然灾害引起山体崩塌、滑坡、泥石流等次生灾害时，灰场中贮存的数十万吨含有多种重金属等有害物质的粉煤灰会成为人身安全和生态灾难的巨大隐患。在气候变化的大背景下，各种极端气候事件频发，这无疑加剧了粉煤灰成为地质灾害的可能性。

粉煤灰含有物质	健康影响
铍	刺激眼部、心脏损伤，肺病
砷	癌症，皮肤病变
钡	胃肠道疾病，肌无力，心脏损伤
铍	肺癌，肺炎，呼吸系统疾病
硼	生殖疾病，胃肠道疾病
镉	肺病，肾病，癌症
铬	癌症，溃疡及其它胃病
钴	肺/心脏/肝脏/肾疾病，皮炎
铜	呼吸系统、神经系统损伤，肝病
铅	神经系统损伤，可导致智力下降，发育和行为障碍
锰	神经系统损伤，智力缺陷
汞	认知障碍，发育迟缓，行为障碍
钼	矿物质失衡，贫血，发育缺陷
镍	癌症，肺病，过敏反应
硒	出生缺陷，影响儿童骨骼生长
钒	出生缺陷，肺/喉/眼睛疾病
锌	胃肠道疾病，生殖疾病
氯化物	高血压
氟化物	氟斑牙，氟骨症
硝酸盐	在胃中可转化形成强致癌物质
硫酸盐	刺激肠胃，可致腹泻

表1 粉煤灰中主要有害物质及健康影响<sup>11</sup>



2008年12月，美国金斯顿（Kingston）火力发电厂灰场溃坝现场。© Wade Payne / 绿色和平

### 灰场溃坝案例：

#### • 美国田纳西金斯顿事故

2008年12月22日，美国田纳西州田纳西河流域管理局辖下的金斯顿（Kingston）火力发电厂一个面积80亩的煤灰池的挡土墙崩塌，泄漏超过5亿加仑（约200万立方米）的煤灰，大量煤灰弥漫到空气里，摧毁数间民居，土地和河流受污染，造成数亿美元损失。根据田纳西流域管理局的统计，该电厂泄漏的煤灰覆盖了附近160公顷（约2400亩）的土地和道路，现场的清理花费了6周才完成，影响面积大于1989年艾克森美孚石油公司（Exxon）瓦尔狄兹号（Valdez）漏油事件<sup>12</sup>。

#### • 中国溃坝案例

2009年，四川省江油市江电灰坝在洪灾中塌陷，煤灰大面积垮塌<sup>13</sup>。

2006年，贵州省六盘水市盘县电厂的4号灰坝发生溃坝，约30米高的灰坝的底部盖板被冲开，灰坝内所囤积的灰渣直接排入珠江水系源头拖长江中。据有关专家估计，约有30万吨的灰渣废水在几分钟内直接排入了拖长江，污染拖长江、北盘江水质<sup>14、15</sup>。

2006年，吉林省龙井市的延边晨鸣纸业有限公司自备热电厂1号贮灰库发生灰渣水外流，约11万立方米粉煤灰泄漏，冲毁灰渣库下游开山屯镇怀庆村农田约12公顷，部分灰水经怀庆河流入了图门江<sup>16</sup>。

2005年，四川省内江市中国华电集团公司内江发电总厂的灰坝突然垮塌，上万立方米的煤渣从40米高的煤灰顶部倾泻而下，造成附近人员1人死亡。垮塌停止后，煤灰山边缘向前推进了30余米远<sup>17</sup>。

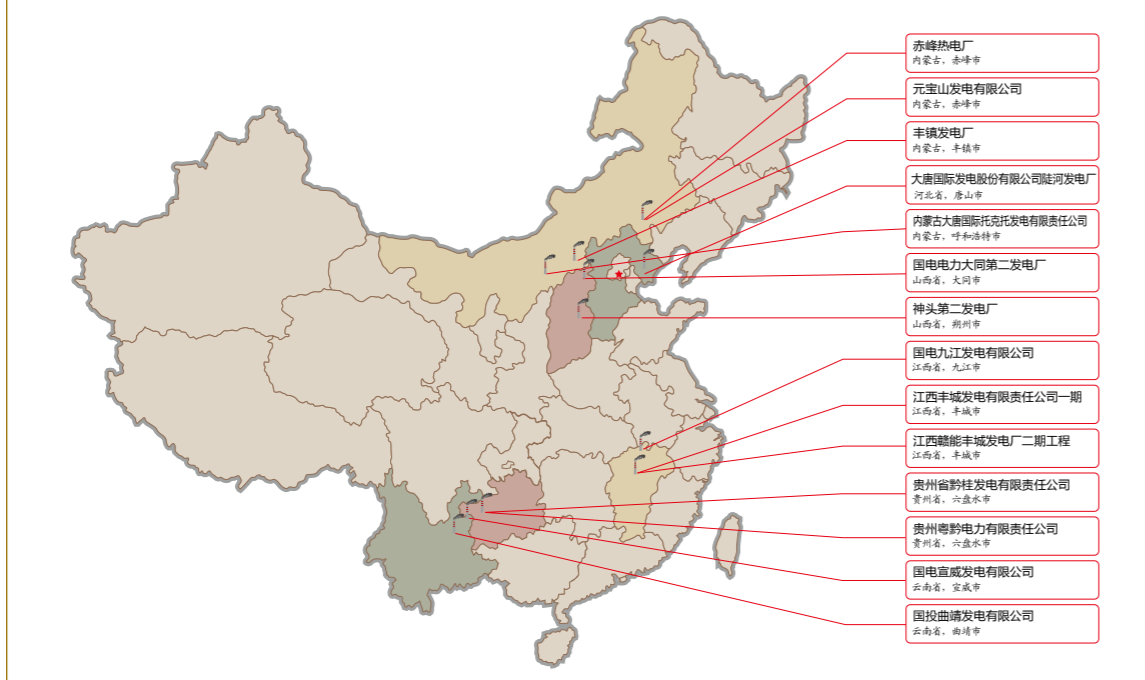
2004年，贵州省六盘水市纳雍发电总厂1号灰坝下游侧发生局部塌陷<sup>18</sup>。



## 第二章 绿色和平调查结果

2010年6月，大同第二电厂留庄湿灰场外溢流口。© 赵钢 / 绿色和平

为进一步了解粉煤灰污染情况，绿色和平在2010年1月至8月期间对中国14家火电厂（见表2.1）的粉煤灰灰场进行了实地调查。在选择火电厂调查对象的时候，我们尽量使所选的样本覆盖不同的地域、运营年份、装机容量大小、所属电力集团。最终考察的14家火电厂有7家位于北方省份（华北地区），3家位于中部省份（华中地区），4家位于西南方省份（西南地区）；有8家属于五大电力集团；建成年份跨度从1963年至2005年。14家火电厂的总装机容量为2615万千瓦，相当于目前我国火电装机总量的4%<sup>19</sup>。



电厂名称	所属集团	建成年份	地点	装机容量 (万千瓦)	粉煤灰年产量 (万吨) <sup>20</sup>
1 大唐国际发电股份有限公司陡河发电厂 (陡河电厂)	中国大唐集团公司	1973	河北省, 唐山市	135	170
2 赤峰热电厂	中国电力投资集团公司	1963	内蒙古, 赤峰市	30	30
3 丰镇发电厂	中国华能集团公司	1986	内蒙古, 丰镇市	120	50
4 元宝山发电有限公司 (元宝山电厂)	中国电力投资集团公司	1978	内蒙古, 赤峰市	210	160
5 内蒙古大唐国际托克托发电有限责任公司 (托克托电厂)	中国大唐集团公司	1995	内蒙古, 呼和浩特市	540	459
6 神头第二发电厂	国家电网公司	1988	山西省, 朔州市	200	145
7 国电电力大同第二发电厂 (大同第二电厂)	中国国电集团公司	1978	山西省, 大同市	370	73
8 国投曲靖发电有限公司 (曲靖电厂)	国家开发投资公司	1998	云南省, 曲靖市	120	190
9 国电宣威发电有限公司 (宣威电厂)	中国国电集团公司	1958	云南省, 宣威市	180	118 (由发电耗煤量推算)
10 贵州省黔桂发电有限责任公司 (盘县电厂)	广西开发投资有限责任公司和贵州省开发投资有限责任公司	1993	贵州省, 六盘水市	100	93 (由发电耗煤量推算)
11 贵州粤黔电力有限责任公司 (盘南电厂)	广东粤电集团和贵州金元集团	2003	贵州省, 六盘水市	240	192 (由发电耗煤量推算)
12 国电九江发电有限公司 (九江发电厂)	中国国电集团公司	1977	江西省, 九江市	110	60
13 江西丰城发电有限责任公司一期 (丰城一电厂)	江西省投资集团公司和中国国电集团公司	1993	江西省, 丰城市	120	200
14 江西赣能丰城发电厂二期工程 (丰城二电厂)	江西省投资集团有限公司和江西赣能股份有限公司	2005	江西省, 丰城市	140	50

表2.1 绿色和平调查火电厂信息

绿色和平实地考察的工作重点分为三个部分：1) 粉煤灰中的重金属和化合物成分调查；2) 灰场附近水体污染情况调查；3) 灰场环境治理调查。

### 一、粉煤灰成分调查

为减少贮灰场外部环境对粉煤灰样本成分的影响，绿色和平工作人员所取样本为新近排放至灰场内/外部的粉煤灰及水样。由英国埃克塞特 (University of Exeter) 大学的绿色和平研究实验室对样本进行检测。14家火电厂的粉煤灰样本成分检测结果见表2.2，共测出20多种对环境和人体健康有害的重金属、化合物等物质。

每年有大量有害污染物通过火电厂燃烧煤炭进入到环境中。虽然粉煤灰中重金属等物质的浓度低于某些工业污染，但由于粉煤灰排放量巨大，最终释放到环境中的有害物质总量仍然相当可观。这些有害物质对环境和公众健康的危害是长期的、慢性的，所以更容易被忽视。

我国目前对重金属等有害物质污染的防治体系尚不完善，很多污染物还没有纳入检测范围，有法律约束力的相关标准很少。随着中国政府对重金属污染的日益重视，2009年末环保部等七部委出台《关于加强重金属污染防治工作的指导意见》，提出重点防控铅、汞、镉、铬和砷这五种重金属。

此次调查的14家火电厂该五种污染物排放情况见表2.3。以这五种目前政府正在重点排查的重金属为例，粗略估算<sup>22</sup>，中国火电行业一年排放的粉煤灰中共含有镉358.75吨、铬10054.25吨、砷9410.00吨、汞4.25吨和铅5345.50吨，总计约2.5万吨。当然这样的推算方法可能存在较大的误差，粉煤灰中的重金属含量会随着火电厂所使用煤炭的不同而不同。

### 二、粉煤灰灰场附近水体污染情况调查

为了检测灰场附近的水体受污染的情况，绿色和平的工作人员在6家火电厂的贮灰池溢流液排放口或灰场附近采集了地表水样本，在8家火电厂附近采集了井水样。表2.4总结了实验室样本检测结果。

国内外多项研究结果显示<sup>23</sup>，粉煤灰受到自然风化和降水的淋溶作用，其中含有的有毒重金属（如镉、铬、砷、汞、铅等）会进入水体。在长期堆放和碱性灰水浸泡下，粉煤灰浸泡时间越长，有毒有害重金属的浸出浓度越高。灰场中的粉煤灰渗滤液会污染周围土壤、地表水及地下水，威胁土壤环境和水环境。

本调查将贮灰池溢流液排放口水样和灰场附近地表水样检测结果与《地表水环境质量标准》和《农田灌溉水质标准》做了对比（见表2.5），同时将井水样检测结果与《生活饮用水卫生标准》做了对比（见表2.6）。

绿色和平对6家火电厂灰场附近的地表水进行检测，其中有4家检测的项目浓度超过了《地表水环境质量标准》和《农田灌溉水质标准》。其中，相比《地表水环境质量标准》，陡河电厂的氟化物超标233%，赤峰热电厂的氟化物超标187%；相比《农田灌溉水质标准》，陡河电厂的氟化物超标67%，赤峰热电厂的硼超标29%，氟化物超标43%，丰镇电厂的硼超标400%，大同第二电厂的硼超标17%。

绿色和平对8家火电厂灰场附近的地下井水进行了检测，其中有3家检测的项目浓度超过了《生活饮用水卫生标准》。其中，陡河电厂的硝酸盐超标36%，赤峰热电厂的硼超标80%，元宝山电厂的硼超标270%，钼超标103%，硝酸盐超标74%，氟化物超标180%。







2010年8月，内蒙古元宝山电厂灰场污染地下水，居民被迫饮用瓶装水。  
© 赵钢 / 绿色和平



2010年7月，云南省宣威电厂灰场附近的村庄，绿色和平工作人员取地下水水样。©Simon Lim / 绿色和平

### 三、灰场环境治理调查

在中国，粉煤灰按照一般工业固体废物来管理，灰场环境治理主要依据《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》，该标准对贮存、处置场的选址、设计、运行管理、关闭与封场、以及污染控制与监测等要求进行了规定。但在实地调查中，绿色和平发现大多数灰场的选址、防扬散、防渗漏、防流失措施远不足以达到有效防治粉煤灰环境污染的目的。

#### 1. 选址

根据《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》第5条规定，灰场所选场址“应符合当地城乡建设总体规划要求，并应选在工业区和居民集中区主导风向下风侧，场界距居民集中区500米以外”。

绿色和平的实地调查发现，大多数灰场距离附近村庄距离远远小于500米。其中，陡河电厂的灰场大坝紧挨李家峪村，直线距离少于50米；神头二电厂、盘南电厂、丰镇电厂、元宝山电厂、大同第二

电厂、丰城一电厂和二电厂的灰场四面都有村庄，其中丰镇电厂和元宝山电厂附近建有某知名奶业的奶牛站；赤峰热电厂和九江电厂的灰场就座落在城镇境内，周围人口密集，距离灰场最近处位于灰场下风口不到50米。

#### 2. 防扬散

调查中发现，在中国水资源缺乏的北方地区，灰场基本没有淋洒等防扬尘措施。在南方地区，电厂会在倾倒粉煤灰时洒水降尘，但这一措施防扬散的效果有限。在灰场的整个运行过程中，附近的村落和农田均受到不同程度的粉煤灰扬尘污染。

14家火电厂灰场附近的居民在采访中都表示患有皮肤病或肺病等呼吸道疾病。在丰镇电厂、元宝山电厂、托克托电厂、神头二电厂、丰城一电厂及二电厂的灰场附近，牛羊食用受到粉煤灰污染的草叶后出现腹泻、掉奶、掉仔及死亡等情况。大量扬尘飘落到附近农田中，造成土地盐碱化。

#### 3. 防渗漏

《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》中规定，为防止一般工业固体废物和渗滤液的流失，灰场应构筑堤、坝，挡土墙等设施；应采用天然或人工材料构筑防渗层，必要时设计渗滤液处理设施，对渗滤液进行处理。为监控渗滤液对地下水的污染，贮存、处置场周边至少应设置三口地下水水质监控井。

由于被调查的14家火电厂灰场都已经在运行，绿色和平无法对其防渗设施做出技术分析。其中只有大同第二电厂正在新建灰场，绿色和平调查时发现工人们正在铺设防渗膜，方式为将宽约15厘米的防渗膜沿灰场底部逐条铺设，材质之间缺乏有效粘合防渗的措施。

在考察陡河电厂、赤峰热电厂、丰镇电厂、元宝山电厂、神头二电厂、九江电厂的灰场附近村庄地下井水时，我们发现了悬浮物增多，氟化、碱化等情况。由于地下水源受到粉煤灰渗滤液影响，村民被迫改变饮用水源，有些村民不得不

购买昂贵的瓶装纯净水。

陡河电厂附近的李家峪村、甘雨沟村以及神头二电厂附近的水磨头村中的房屋地基，受上涨地下水浸泡，开裂变形，多数房屋已经无法居住。

#### 4. 防流失

绿色和平所到的贵州省盘县电厂的4号灰坝曾于2006年6月发生溃坝，约30万吨粉煤灰灰水直接流入拖长江中。

在对神头二电厂、曲靖电厂和丰城一电厂的考察中，绿色和平发现这些电厂的灰场缺乏牢固的坝体，甚至没有坝体。在我们实地考察两个月后，山西省神头二电厂的灰场于2010年8月坝体出现100米宽的裂口，致使约600亩农田被灰水/浆淹没。

在考察中我们还发现，丰城一电厂以及二电厂的灰场皆位于丰城市洪泛区内，一旦出现洪涝灾害，粉煤灰极有可能对附近较大范围内的农田和生活区造成污染。



2010年8月，内蒙古元宝山电厂灰场边的兴隆坡村，村民陈大娘家的奶牛健康受损，掉犊子情况严重。© 赵钢 / 绿色和平

## 第三章 粉煤灰治理的政府机构

粉煤灰产生后，除了进入综合利用的环节，其余的会在灰场贮存。与治理粉煤灰最相关的两个政府部门是国家发展和改革委员会和环境保护部，前者主管粉煤灰的综合利用，后者主管粉煤灰的环境污染防治。



2010年7月，云南省宣威电厂的干灰场。©Simon Lim / 绿色和平

### 一、国家发展和改革委员会

在中央层面，原先由国家经贸委等经济主管部门负责的粉煤灰综合利用工作，目前主要由国家发改委负责。发改委是国务院节能和循环经济的主管部门，与粉煤灰治理与利用相关的职责是，“推进可持续发展战略，负责节能减排的综合协调工作，组织拟订发展循环经济、全社会能源资源节约和综合利用规划及政策措施并协调实施，参与编制生态建设、环境保护规划，协调生态建设、能源资源节约和综合利用的重大问题，综合协调环保产业和清洁生产促进有关工作。”

#### • 发展规划司

其主要职责是：编制国民经济和社会发展中长期规划，为国民经济和社会的发展提出基本思路。对粉煤灰的治理而言，发展规划司拟订的相关规划，起着统筹全局的作用，为特定时期内粉煤灰污染防治及处置工作的开展指明了方向。

#### • 地区经济司、西部开发司和东北振兴司

地区经济司、西部开发司和东北振兴司在职能上具有一定的相似性。他们都要负责特定区域内生态建设与环境整治规划的编制及相关工作的协调。

#### • 资源节约和环境保护司（简称：环资司）

环资司是推进资源节约和环境保护的责任部门，下设7个机构，即综合处、节能减排处、节能处、节水处、循环经济发展处、综合利用处和环境保护处。其中，与粉煤灰治理直接相关的是节能减排处、综合利用处和环境保护处。

### 二、环境保护部

环保部设14个内设机构，其中对粉煤灰治理承担相关职责的有科技标准司、污染物排放总量控制司、环境影响评估司、环境监测司和污染防治司。

#### • 科技标准司

其主要职责是：承担环境保护科技工作；承担

国家环境标准、环境基准和技术规范的拟订工作；参与指导和推动循环经济与环保产业发展。其中，煤灰治理的相关环境保护标准由环境标准管理处负责，煤灰综合利用技术的指导由环境技术指导处负责。

#### • 污染物排放总量控制司

其主要职责是：拟订主要污染物排放总量控制和排污许可证制度并组织实施；提出总量控制计划；考核总量减排情况；承担环境统计和污染源普查工作。对粉煤灰在燃煤发电过程中排放总量的控制就由该司负责。

#### • 环境影响评价司

其主要职责是：承担规划环境影响评价、政策环境影响评价、项目环境影响评价工作；监督管理环境影响评价机构资质和相关职业资格；对超过污染物总量控制指标、生态破坏严重或者尚未完成生态恢复任务的地区，承担暂停审批除污染减排和生态恢复项目外所有建设项目的环环境影响评价文件的工作。对于火电建设项目的环环境影响评价工作由此司负责。

#### • 环境监测司

其主要职责是：组织开展环境监测；调查评估全国环境质量状况并进行预测预警；承担国家环境监测网和全国环境信息网的有关工作。环境监测司在各阶段对中国环境状况发布的公告，一方面有利于我们及时了解粉煤灰的污染状况，另一方面有利于我们及时采取措施加以治理。

#### • 污染防治司

其主要职责是：拟订和组织实施水体、大气、土壤、噪声、光、恶臭、固体废物、化学品、机动车的污染防治法规和规章；组织实施排污申报登记、跨省界河流断面水质考核等环境管理制度；组织拟订有关污染防治规划并对实施情况进行监督。污染防治司承担着工业污染防治和固体废物污染防治的具体工作，可以说污染防治司是与粉煤灰污染防治关系最直接的机构。

## 第四章 粉煤灰治理中存在的问题



2010年6月，内蒙古呼和浩特市托克托电厂的干灰场。© 赵钢 / 绿色和平

### 一、燃煤电厂高速发展，粉煤灰数量急增

粉煤灰是燃煤电厂的必然产物，粉煤灰产生的数量随着火电发电装机的增加而扩大。在经济发展和市场需求的推动下，中国的火电装机容量自2002年开始呈现出爆炸式的增长。全国电力装机2002年底为3.57亿千瓦<sup>29</sup>，到今年有望突破9亿千瓦<sup>30</sup>，其中超过七成的新增容量是火力发电。也就是说，在过去的8年里，平均每年新增火电装机超过4,750万千瓦，相当于每星期造了一个火电厂。发展速度之快，在世界电力建设史上都是史无前例的。

电力建设的成就为中国的经济发展提供了能源基础，对减少贫困、提高人民生活水平来说至关重要。但与此同时，中国对煤炭如此高度依赖产生的环境后果也是触目惊心的。随着中国火电行业的发展，粉煤灰产量在过去的8年间增加了2.5倍之多，是中国工业固体废物的最大单一排放源，对环境治理形成了极大的挑战。

### 二、综合利用率被夸大，粉煤灰环境污染被忽视

在我国工业发展的早期，粉煤灰的处理措施相当粗放。上世纪八十年代以后，粉煤灰的综合利用得到了大力的发展，“贮存结合”逐渐成为粉煤灰处置的指导思想。进入21世纪，随着科学发展观的提出，对环境保护重视程度的提升，各级政府越来越将粉煤灰的治理寄托于综合利用，指导思想也逐渐转为“以用为主”的防治措施。

2005年出台的《“十一五”资源综合利用指导意见》提出，“到2010年，我国工业固体废物综合利用率达到60%，其中粉煤灰综合利用率达到75%”。2007年出台的《国务院关于印发节能减排综合性工作方案的通知》也规定，“到

2010年，工业固体废物综合利用率达到60%以上”，这其中也包括粉煤灰的综合利用。随着这些重要目标在中央层面的出台，很多的地方政府也将“粉煤灰综合利用率达到60%”作为其省级或市级政府的工作目标。除了设定目标以外，中央和很多地方政府还为提高粉煤灰的综合利用制定了相应的鼓励及奖励政策<sup>31</sup>，比如设立粉煤灰综合利用专项基金，以及减免税等优惠政策。

虽然政府的目标定的很高，相应的鼓励政策也出台了不少，粉煤灰回收利用量也越来越大，但却远远跟不上粉煤灰产生量的增长。回收粉煤灰制造建筑材料要较普通建材制造的成本高很多，由于受成本等因素的限制，短时间内大幅度提高粉煤灰综合利用率并不可能，实际情况中的粉煤灰综合利用率远远达不到60%。基于对企业及有关专家的采访、相关研究和实地考察，绿色和平估计，中国目前的粉煤灰综合利用率只有30%左右，也就是说每年至少有2.63亿吨的粉煤灰需要在灰场进行处置贮存。

由此可见，粉煤灰的政策目标设置与实际情况脱节相当严重。但这种显而易见的脱节却没有得到足够的重视。究其原因，既有火电企业上报数据真实性的问题，又有政策设计本身的漏洞。

一方面，电力行业普遍存在夸大其粉煤灰的综合利用率的问题。在目前的相关政策框架下，粉煤灰综合利用率的提高主要寄托在利用企业一方。在这样的政策压力下，很多火电厂在上报其粉煤灰回收率时相当随意，60%是最常出现的一个数字。

另一方面，虽然火电厂每年被要求向发改委、环保部和统计部门这三个政府机构上报其粉煤灰回收利用率，但目前的粉煤灰综合利用相关法规中

没有明确规定利用率的汇报监管由哪个政府部门负责。而对于谎报粉煤灰综合利用的企业或个人，我国法律并未设置相应的法律责任。

被夸大的中国粉煤灰综合利用率造成了一种假象，即中国的粉煤灰大部分都已被妥善回收利用，其对环境造成的破坏程度是有限的。这种假象使得政府和公众严重忽视了粉煤灰的污染规模及程度。

### 三、环境污染防治政策体系不完善

在我国，粉煤灰被作为一般固体废物加以管理，与粉煤灰环境污染防治最相关的法律是《固体废物污染环境防治法》（2004年修订），由环保部门负责执法。其他适用的现行环境保护法律规定还包括：《环境保护法》、《大气污染防治法》（2000年修订）、《水污染防治法》（2008年修订）、《海洋环境保护法》（1999年修订）、《环境影响评价法》、《放射性污染防治法》等。值得注意的是，以上仅是现行环境保护和资源综合利用方面的基本法律。由于这些法律规定内容具有较高的概括性，因此可操作性并不强。

在实际操作中，《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》是最相关的，该标准为强制性，

主要对粉煤灰贮存场所的防渗漏、防扬散、防流失做出规定。但是与其他“一般工业固体废物”相比，粉煤灰问题具有其特殊性。由于中国电力体系对于煤炭的过度依赖，中国的粉煤灰的排放量非常巨大，随之释放到环境中的各种有害物质（如重金属等）的量也很庞大。在火电厂运营的几十年时间里，粉煤灰大规模在贮存场所的堆积，其发生渗漏、扬散、流失的风险更大，所以对贮存场所的环保技术要求应该更高，以求最大限度控制粉煤灰对环境和人体健康的危害。

除了《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》之外，还有二十余项现行和制定中的国家标准及行业标准，但其中强制性的标准只占少数，其余都是推荐性标准，实施要求仅仅是“鼓励企业自愿采用”。因此，无论这些标准的内容如何，由于本身效力有限，其作用也很难发挥，对火电企业不能产生强有力的约束，这也是中国在粉煤灰的污染防治上很难有较大突破的原因之一。

综上所述，与粉煤灰的污染防治相关的法规缺乏操作性、实施标准缺乏针对性及强制性，环境污染防治政策体系有待进一步完善。

### 四、环境执法薄弱

环境污染防治法律体系的不完善严重阻碍了粉煤灰环境执法的力度。追溯中国粉煤灰治理的发展演变，在“以用为主”的政策指导下，强势的经济主管部门与资源利用政策不断强化，而环境部门与环保法律相对弱化，环保法律的适用空间被不断压缩。结果导致综合利用受到的重视越来越多，得到的资源也越来越多，而污染治理却被边缘化。同时，综合利用与污染治理的机构之间缺少议事协调机制。

对于庞大的中国粉煤灰问题，环保部的执法手段显得相当单薄，最常用的方法就是征收排污费。

《国家排污费征收标准管理办法》中规定，“对无专用贮存或处置设施和专用贮存或处置设施达不到环境保护标准（即无防渗漏、防扬散、防流失设施）排放的工业固体废物，一次性征收固体废物排污费。”其中，粉煤灰的排污费征收标准是每吨30元。这里的“环境保护标准”是指用于防止固体废物渗漏、扬散、流失的设施建设的有关标准，具体指的是《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》。

基本上，除非一个火电厂没有建设粉煤灰贮存设备，或者被查到有直接向水体排放粉煤灰等特别严重的污染行为，向火电厂征收排污费的可能性是比较小的。即使征收，每吨30元的排污费也很难起到环境治理的目的。由于缺乏有效的粉煤灰环境污染防治法规，环保部除了征收排污费，并没有权力要求火电厂改进其粉煤灰的贮存设备。如此的环境执法难以真正改进粉煤灰的环境污染防治情况。

此外，在火电厂及其灰场的选址的环节上，由环保部主导的环境评估通常只是走过场，火电厂没有通过环评就上马的事件也时有发生。绿色和平在实地调查中也发现有的地方环保局在环境执法过程中“有法不依”，导致环境监测缺位。

### 五、综合利用环境治理缺位

自上世纪90年代以来，旨在鼓励粉煤灰的综合利用的行政法规、部门规章及规范性文件得到了大力的发展。最相关的法律规范包括：《国家环境保护“十一五”规划》、《循环经济促进法》、《中国资源综合利用技术政策大纲》和《粉煤灰综合利用管理办法》（1994年修订）等。

此外，很多的地方政府也陆续制定了粉煤灰综合利用的专门地方立法，如北京、上海、重庆、河北、山东、湖南、贵州、南京、抚顺、广州、大同、大连、哈尔滨、乌海、唐山等。

粉煤灰中含有对环境和人体有害的污染物质，这些物质进入了综合利用环节后，会继续给环境和人体造成威胁。但根据中国目前的政策体系，粉煤灰一旦从固体废物变为各种产品或者制成品（混凝土、煤灰砖、路基、大坝等），就无法继续适用环保法律以固体废物来加以治理，导致粉煤灰利用环节环保法律与环境政府监管的缺位。与欧盟对于粉煤灰进入再利用环节以后继续以化学品条例加以监管的做法相比，这个环节目前的主要问题可以说是“无法可依”，亟需明确相关的规则与行为规范。

不管是在中央还是在地方，粉煤灰综合利用的相关立法都只注重促进资源利用，而没有设计在综合利用的环节如何对粉煤灰中的有害物质进行监督和管理。与粉煤灰综合治理相关的十六项规定中，对粉煤灰里的有毒微量元素及放射性元素的标准设置远不够完善。虽然综合利用的终极目的是为了保护环境，促进可持续发展，但是在这些鼓励资源利用的规定中，严重缺乏专门的环境与健康的保障规定。



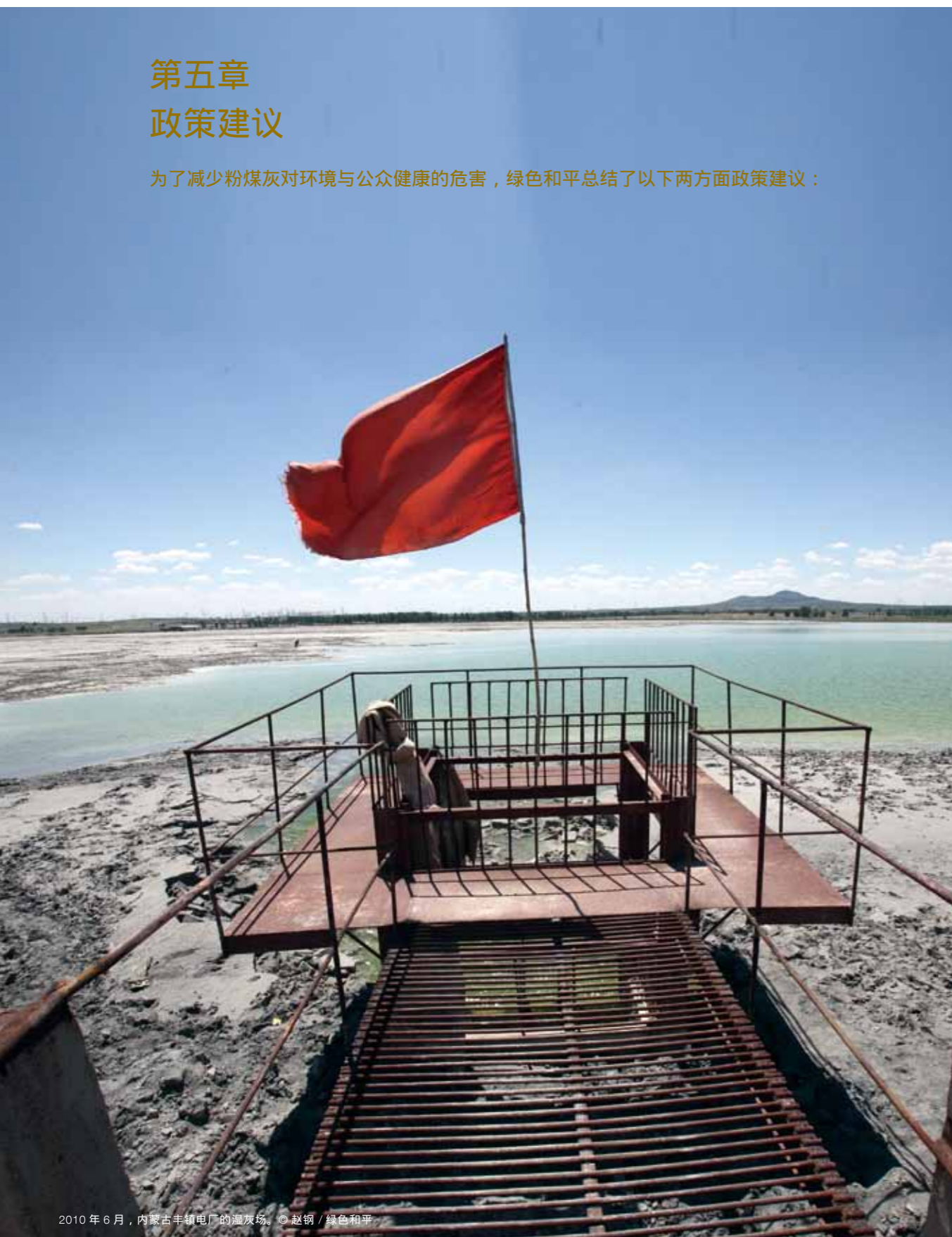
2010年7月，江西省丰城一电厂的湿灰场紧挨居民区。© Simon Lim / 绿色和平



2010年6月，内蒙古元宝山电厂，粉煤灰制砖。© 赵钢 / 绿色和平

## 第五章 政策建议

为了减少粉煤灰对环境与公众健康的危害，绿色和平总结了以下两方面政策建议：



2010年6月，内蒙古丰镇电厂的湿灰场。©赵钢/绿色和平

### 一、在现有法律框架下提高重视，加大环境执法力度

1. 全国人大常委会将《固体废物污染环境防治法》纳入执法监督检查计划，通过最高国家权力机关的介入，引起社会各界对粉煤灰污染防治工作的重视，督促各地方、各部门积极履行法定职责。
2. 国务院应开展一次全国性的粉煤灰污染环境专项集中整治活动，全面排查火电行业粉煤灰综合利用率以确定粉煤灰环境污染问题规模，并集中发现环境治理设施差、或存在引发二次地质灾害隐患的火电厂灰场，限期整改。
3. 将粉煤灰污染环境治理纳入地方政府干部绩效考核指标体系，推行行政问责制度和地方政府负总责制度。要像治理煤矿安全生产事故一样，加大对煤灰污染环境的治理力度。
4. 环保部门应加大《固体废物污染环境防治法》的执法，加强粉煤灰污染环境的监测和科学研究，对于粉煤灰治理没有达到环境保护标准的，应通过环境信息公开的方式予以公开披露，并依法严肃处理，追究相关人员的法律责任。

### 二、进一步完善粉煤灰治理的相关政策法规

1. 根据《固体废物污染环境防治法》，由国务院或者环境保护部牵头制定具强制性的《粉煤灰污染环境防治办法》，将法律的一般规定通过行政法规或者规章的形式加以具体化。该《办法》可以与《粉煤灰综合利用管理办法》遥相呼应，突出煤灰污染治理与综合利用并重的指导思想。借鉴美国、欧盟等发达国家煤灰污染治理的经验，从电厂和灰场选址、规划与项目环境影响评价报告的标准及公众参与方式、电厂煤灰污染治理项目的三同时要求、防渗层设

计要求、土壤污染监测、地下水监测、综合利用环节环境监测标准、再利用主体的资格与条件、环保义务主体范围与法律责任、财政税收手段支持、煤灰排污费标准与征收、执法机制与程序、规则调整的过渡期安排、新旧规则之间的关系等方面，设计更有针对性的操作规范、制度与标准。同时要求根据该办法，配套制定一系列相应的污染防治环境标准，或者将已有的推荐性标准上升为强制性标准，使每一个重要的环节都有明确的操作规范与要求。

2. 在其他相关立法中增加对粉煤灰防治的专门规定，将粉煤灰污染防治的任务分解、落实到相关的法律、法规之中。已经在立法程序中的相关法律法规包括：《土地管理法》（修订）、《大气污染防治法》（修订）、《能源法》、《自然保护区法》、《环境保护法》、《煤炭法》（修订）和《土壤污染防治法》等。

3. 在《粉煤灰综合利用管理办法》修订过程中，总结粉煤灰进入再利用环节以后的特点，吸收、借鉴欧盟等发达国家的经验，探索我国煤灰综合利用环节有效的污染防治制度，实现规则全覆盖、流程全监管，消除粉煤灰污染防治的真空。环保部应该更积极的参与到《粉煤灰综合利用管理办法》的修订或其他相关立法的过程中，使污染防治目标在政策法规中得到同样充分的体现。同时，应建立发改委与环保部之间固定的信息共享机制与决策信息沟通机制，并在双方政策目标难以自动协调时及时启动有效的争议解决机制。

4. 进一步完善煤炭的价格形成体制，出台碳税、资源税等政策将煤炭的外部环境等成本内部化。同时大力提高能源使用效率和发展可再生能源，促进能源结构的优化。逐步减少对煤炭的过度依赖，从源头上控制粉煤灰污染。

## 参考资料

- 1 见1996年《煤炭工业粉煤灰综合利用管理办法实施细则》第三条
- 2 通过2008年中电联关于全国燃煤发电及供热消耗原煤数据推算得出，每燃烧4吨煤约产生1吨粉煤灰。
- 3 目前中国的城市生活垃圾量大约在1.6亿吨左右
- 4 1吨粉煤灰=1.13立方米粉煤灰
- 5 标准游泳池按照长50米、宽21米、高1.8米来计算，水立方按照长177米、宽177米、高31米来计算
- 6 见1994年《粉煤灰综合利用管理办法》第三条
- 7 《火力发电厂节能减排手册》，中国电力出版社，679~681页
- 8 科技日报，[http://www.stdaily.com/kjrb/content/2010-02/05/content\\_154315.htm](http://www.stdaily.com/kjrb/content/2010-02/05/content_154315.htm)
- 9 详见相关报道《今年沙尘暴，煤尘比较多》，<http://news.sina.com.cn/c/2010-04-05/234920011756.shtml>
- 10 《火力发电厂节能减排手册》，中国电力出版社，680页
- 11 资料来源：环境保护部主编，《国家污染物-环境健康风险名录-化学第一分册》第一版，中国环境科学出版社，2009年2月；<http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/index.asp>；<http://www.lf.gov.cn/pub/htm/life/shuiwenxinxi/shuihuanjing/2006-04-24-7849.htm>
- 12 <http://www.treehugger.com/files/2008/12/tennessee-coal-ash-slurry-spill-48-times-bigger-than-exxon-valdez-spill.php>
- 13 江油市政府资料，<http://www.my.gov.cn/jiangyou/288798823663271936/20090814/436090.html>
- 14 《贵州电力技术》2006年第9期
- 15 国家安监总局资料，[http://www.chinasafety.gov.cn/newpage/Contents/Channel\\_4272/2006/0719/12287/content\\_12287.htm](http://www.chinasafety.gov.cn/newpage/Contents/Channel_4272/2006/0719/12287/content_12287.htm)
- 16 国家安监总局资料，[http://www.chinasafety.gov.cn/newpage/Contents/Channel\\_4272/2006/0719/12287/content\\_12287.htm](http://www.chinasafety.gov.cn/newpage/Contents/Channel_4272/2006/0719/12287/content_12287.htm)
- 17 <http://news.sohu.com/20050414/n225176321.shtml>
- 18 贵州电力新闻网，<http://www.gz.csg.cn/qkshow.aspx?id=11344&cid=193>
- 19 根据《2009年中国电力行业年度发展报告》的数据，2009年底中国火电装机容量为65205万千瓦。
- 20 粉煤灰年排放量数据来自于绿色和平对相关火电厂的调查访问。其中宣威、盘县电厂和盘南电厂的粉煤灰排放量通过2009年发电耗煤量推算得出。
- 21 绿色和平在同一取样点随机抽取多个样本，表2.2列出样本中所检测出的金属及化合物种类。详细样本检测结果请参考本报告的附录。
- 22 以被调查14家火电厂装机容量占中国所有火电厂4%的比例计算得出。
- 23 《论火电厂灰场对地下水的影响及防止对策》，城市管理与科技2003年第5卷第3期；《粉煤灰浸出特性试验研究》，能源环境保护2005年第19卷第5期；《粉煤灰重金属铬的二次污染：某电厂灰场周围地下水铬污染事例》，中国岩溶2001年第20卷第3期；《淮南新集矿区土壤重金属污染评价》，矿业安全与环保2008年第35卷第1期；《上窑灰场土壤微量元素的分布特征》，安徽理工大学学报，2006年第26卷第3期。
- 24 《地表水环境质量标准》GB3838-2002
- 25 《农田灌溉水质标准》GB5084-2005
- 26 《农田灌溉水质标准》把农作物分为三个等级：对敏感作物（如：马铃薯、笋瓜、韭菜、洋葱、柑桔等）不可高于1000ug/L；对耐耐受性较强的作物（如小麦、玉米、青椒、小白菜、葱等）不可高于2000ug/L；对耐耐受性强的作物（如：水稻、萝卜、油菜、甘兰等）不可高于3000ug/L。
- 27 由于中国没有相应标准，许多样本中检测出的有毒重金属并没有列在此表中。
- 28 《生活饮用水卫生标准》GB 5749-2006
- 29 详见[http://www.gov.cn/jrzq/2009-08/16/content\\_1393574.htm](http://www.gov.cn/jrzq/2009-08/16/content_1393574.htm)
- 30 详见[http://news.xinhuanet.com/fortune/2010-05/21/c\\_12127936.htm](http://news.xinhuanet.com/fortune/2010-05/21/c_12127936.htm)
- 31 根据《粉煤灰综合利用管理办法》第三章



2010年6月，内蒙古呼和浩特市托克托电厂的干灰场。© 赵钢 / 绿色和平

## 附录一

电厂	陡河发电厂	赤峰热电厂	丰镇发电厂		元宝山发电厂		托克托发电厂		神头第二发电厂	大同第二发电厂		曲靖发电厂		宣威发电厂		盘县发电厂		盘南发电厂		九江发电厂	丰城发电厂一期		丰城发电厂二期		
灰场	陡河发电厂李家峪灰场	赤峰热电厂东郊八队灰场	丰镇发电厂灰场		元宝山发电厂灰场		托克托发电厂灰场		神头第二发电厂灰场	大同第二发电厂田村灰场	大同第二发电厂党留庄灰场	曲靖发电厂瓦窑灰场		宣威发电厂庙后灰场		盘县发电厂4号灰场		盘南发电厂蚌路基灰场		九江发电厂二期魏家冲灰场	丰城发电厂一期灰场		丰城发电厂二期云庄灰场		
样品类型	干灰	干灰	湿灰	湿灰	湿灰	湿灰	干灰	脱硫石膏	湿灰	湿灰	干灰	干灰	干灰	干灰	干灰	干灰	干灰	干灰	干灰	干灰	干灰	湿灰	湿灰	干灰	干灰
样品编号	CC10001	CC10019	CC10015	CC10016	CC10020	CC10021	CC10007	CC10008	CC10013	CC10004a	CC10005	CC10025	CC10026	CC10022	CC10023	CC10027	CC10028	CC10029	CC10030	CC10031	CC10035	CC10036	CC10039	CC10040	
重金属 (单位: mg/kg)																									
Aluminium	铝	-	31500	47000	55400	18400	17500	-	-	11000	-	-	14300	13900	16600	15000	21700	19900	20900	17500	14300	11300	11200	17100	17400
Antimony	锑	<5	<10	<10	<10	<10	<10	<5	<5	<10	<5	<5	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Arsenic	砷	<20	63.4	16.8	19.7	26.2	54.5	<20	<20	4.1	<20	<20	26.6	20.4	7.4	25.9	77.6	77.1	85.2	52.1	7.29	<1	<1	12.9	14.2
Barium	钡	158	348	712	780	335	291	134	17	160	127	259	112	104	119	126	138	135	158	116	208	139	93.1	1110	1050
Beryllium	铍	-	2.89	5.75	6.23	2.65	2.25	-	-	1.41	-	-	4.14	4.3	3.77	3.25	5.2	4.59	4	3.48	1.35	1.11	1.24	1.59	1.49
Boron	硼	43	118	571	671	109	98.9	83	122	72.6	39	64	13.2	9.43	4.82	9.87	9.56	10.3	36.3	24.4	18.6	16.6	17.3	92	100
Cadmium	镉	<1	1.58	0.841	0.982	1.05	1.22	<1	<1	0.343	<1	<1	1.06	0.843	0.611	1.09	1.94	2.02	2.2	1.49	0.513	1.17	1.15	0.574	0.61
Calcium	钙	-	115000	43800	49400	15600	12300	-	-	29000	-	-	17200	16800	22500	19700	46300	43500	30700	32700	12200	160000	152000	20700	21700
Chromium	铬	11	26.4	37.9	42.6	25.7	25	6	19	4.25	8	7	19.4	18.5	23.1	25.4	30.7	29.9	39	31	14.9	47.8	52.7	17.6	17.6
Cobalt	钴	9	7.34	14.2	16.6	11.6	10.5	4	<2	1.3	5	5	12.6	12.9	12.5	13.5	13	12.2	10.7	9.18	3.4	4.19	5.12	4.11	4.22
Copper	铜	20	27.5	39.2	41	28.6	30.1	9	2	12.4	9	13	67.1	62.2	58.9	66.1	104	98.4	79.2	62.6	17.8	40.3	46	20.9	21
Hexavalent Chromium	六价铬	<0.4	<0.400	<0.400	<0.400	<0.400	<0.400	<0.8	<0.8	<0.400	-	<0.8	<0.400	<0.400	<0.400	<0.400	<0.400	<0.400	<0.400	<0.800	<0.400	<0.800	<0.400	<0.400	<0.400
Iron	铁	-	15800	22900	24700	47800	31600	-	-	15000	-	-	37100	38200	23700	22400	51400	48200	45200	46100	20300	88000	98500	18100	17500
Lead	铅	6	7.56	40.8	45.3	5.7	6.94	13	3	11	<5	22	5.38	5.3	5.26	7.52	14.4	14.1	21.2	12.8	4.64	9.2	8.1	7.24	6.7
Lithium	锂	-	9.5	91.6	85.1	7.94	7.08	-	-	27.6	-	-	16.4	15.8	8.53	8.18	19.6	19.3	25.2	20.5	23.3	19.2	20.8	28.6	28
Magnesium	镁	-	4420	9800	11500	4360	3980	-	-	1950	-	-	1760	1750	2370	1950	3050	2810	2460	2270	2940	4290	3580	2300	2260
Manganese	锰	322	274	335	364	565	352	84	43	83	105	116	485	493	479	506	721	687	353	380	235	512	511	229	233
Mercury	汞	<0.2	<2	<2	<2	<2	<2	<0.2	1	<2	<0.2	0.46	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2.00	<2	<2	<2
Molybdenum	钼	<2	3.33	2.04	<2	4.94	4.64	5	<2	<2	3	9	6.44	5.68	2.19	5.58	3.07	3.3	11.3	6.98	<2	<2	<2	<2	<2
Nickel	镍	11	15.7	27.1	30.5	30.1	24.6	5	<3	5.59	7	6	26.9	27	27.4	28.6	34.1	32	30.4	26.4	14.4	32.8	34.5	13.7	13.7
Phosphorus	磷	-	277	661	807	510	512	-	-	379	-	-	371	350	1300	1360	467	440	827	536	455	237	201	933	790
Potassium	钾	-	3200	4400	4320	2330	2260	-	-	228	-	-	643	649	850	718	1600	1470	1330	1090	1680	1130	883	1290	1330
Selenium	硒	<20	4.35	5.68	5.07	5.6	1.43	<20	<20	9.43	<20	<20	6.15	6.04	6.83	11.9	8.19	8.86	14.1	8.77	3.45	16.7	14.5	6.54	7.67
Silver	银	-	<10	<10	<10	<10	<10	-	-	<10	-	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Sodium	钠	-	2620	6960	8340	1370	1150	-	-	127	-	-	262	259	133	123	537	524	450	364	308	234	202	358	355
Strontium	锶	-	275	1160	1270	217	177	-	-	255	-	-	78.1	73.2	76.5	72.3	186	169	166	149	157	845	799	1730	1800
Thallium	铊	<20	<3	<3	<3	<3	<3	<20	<20	<3	<20	<20	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3.00	<3	<3	<3
Tin	锡	-	<20	<20	<20	<20.0	<20	-	-	<20	-	-	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Titanium	钛	-	1520	2020	2200	1170	1020	-	-	632	-	-	2190	2260	2060	1700	2830	2450	2090	1870	606	572	657	801	867
Vanadium	钒	32	53.5	85.2	92.2	86.3	70.8	20	4	23.2	23	28	103	96.9	99.3	126	123	115	226	154	35.1	37	36.1	48.2	48.9
Zinc	锌	21	33.5	56.5	65.8	40.8	52.2	24	6	15.1	11	20	39.7	39.9	29.5	46.7	55.1	52	64.7	42.9	17.7	17.4	22.1	21	22.1
化合物 (单位: mg/kg)																									
Sulphate	硫酸盐	1410	-	-	-	-	-	3620	457000	21700	-	1380	3030	2570	2860	1390	5910	-	6170	4110	361	-	59800	2650	2580
Fluoride	氟化物	58	274	100	101	31.8	31.9	45.9	2600	112	-	39.9	40.7	39.9	295	137	46.7	48.9	56.7	39.3	44.1	175	97.7	54.4	57.1
Chloride	氯化物	-	52	129	129	<20.0	-	-	-	147	-	-	<10.0	<10.0	70.7	74.8	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<20.0	39.9	<10.0	<10.0

注解: “-”表示没有检测

## 附录二

电厂	陡河发电厂	赤峰热电厂			丰镇发电厂	大同第二发电厂		九江发电厂	丰城发电厂一期	地表水环境质量标准 (GB3838-2002) V类 水基本项目 标准限值	农田灌溉 水标准 (GB5084- 2005) 最高 允许浓度
灰场	陡河发电厂 李家峪灰场	赤峰热电厂东郊八 队灰场			丰镇发电厂 灰场	大同第二 发电厂田 村灰场	大同第二 发电厂党 留庄灰场	九江发电厂 二期魏家冲 灰场	丰城发电 厂一期灰 场		
样品类型	地表水	湿灰	地表水	地表水	地表水	地表水	地表水	地表水	地表水		
样品编号	CC1002	CC1009a	CC10010	CC10017	CC1004a	CC10018	CC10034	CC10037			
重金属 (单位: ug/l)											
Aluminium	铝	-	-	-	1360	-	300	338	69.30		
Antimony	锑	<20	<20	<20	-	<20	-	-	-		
Arsenic	砷	<50	131	<50	-	61	-	-	-	100	100
Barium	钡	120	54	16	373	162	237	119	49.10		
Boron	硼	2120	2650	3870	15000	5360	3510	104	874		3000
Cadmium	镉	<5	<5	<5	0.282	<5	1.58	<0.100	0.302		
Calcium	钙	-	-	-	181	-	472	25.3	54.5		
Chromium	铬	<20	<20	<20	367	26	12.70	1.25	9.40		
Chromium (VI); hexavalent chromium	六价铬	<50	<50	<50	-	<50	-	-	-		
Cobalt	钴	<20	<20	<20	-	<20	-	-	-		
Copper	铜	<20	<20	<20	1.92	<20	1.13	2.46	2.15		
Iron	铁	49	51	<40	217	62	<30.0	305	36.10		
Lead	铅	<50	<50	<50	<2.00	<50	<2.00	<2.00	<2.00		
Lithium	锂	-	-	-	647	-	2650	<100	261		
Magnesium	镁	-	-	-	16	-	8	4	2.10		
Manganese	锰	<10	29	39	<10.0	<10	<10.0	59.4	<10.0		
Mercury	汞	<2	<2	<2	<0.01	<2	<0.01	<0.02	<0.04		
Molybdenum	钼	98	290	365	-	502	-	-	-		
Nickel	镍	<20	<20	<20	1.02	<20	2.22	1.71	6.20		
Potassium	钾	-	-	-	7.87		32.80	2.04	4.46		
Selenium	硒	<200	<200	<200	-	<200	-	-	-		
Sodium	钠	-	-	-	145	-	253	5.60	6.20		
Strontium	锶	-	-	-	6270		6440	192	751		
Thallium	铊	<200	<200	<200	-	<200	-	-	-		
Vanadium	钒	43	27	<20	-	187	-	-	-		
Zinc	锌	18	<10	11	<5.00	17.30	8.66	28.30	5.80		
pH	pH 值	7.50	7.50	7.50	-	8.00	-	-	-		
化合物 (单位: mg/l)											
Nitrate	硝酸盐	15.42	46.31	8.41	-	105.90	-	-	-		
Chloride	氯化物	134.9	42.0	40.0	-	313.9	-	-	-		250
Fluoride	氟化物	5.0	3.1	4.3	-	6.2	-	-	-	1.5	3
sulphide	硫化物	<0.01	<0.01	<0.01	-	<0.01	-	-	-		
sulphate	硫酸盐	-	-	-	514	-	1290	46	92		

注解:“-”表示没有检测

## 附录三

电厂	陡河发电厂	赤峰热电厂	丰镇发电厂	元宝山发电厂	神头第二发电厂	宣威发电厂	九江发电厂	丰城发电厂一期	生活饮用水 卫生标准 (GB5749 2006) 生活饮 用水指标及限 值	
取样地点	甘雨沟村	东郊八队	九泉村	兴隆坡村	水磨头村	庙后村	虞家乡	候塘岗村		
样品类型	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水		
样品编号	CC1003	CC10011	CC10032	CC10012	CC10014	CC10024	CC10033	CC10038		
重金属 (单位: ug/l)										
Aluminium	铝	-	-	19.8	-	<10.0	<10.0	46.8	69.4	
Antimony	锑	<20	<20	-	<20	-	-	-	-	
Arsenic	砷	<50	<50	-	<50	-	-	-	-	
Barium	钡	31	43	86.9	44	44.2	143	76	366	
Boron	硼	54	898	116	1850	<100	<100	<100	<100	
Cadmium	镉	<5	<5	<0.100	<5	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	
Calcium	钙	-	-	63.8	-	58.2	29.8	64.3	32.8	
Chromium	铬	<20	<20	2.03	<20	2.33	<0.500	1.19	<0.500	
Chromium (VI); hexavalent chromium	六价铬	<50	<50	-	<50	-	-	-	-	
Cobalt	钴	<20	<20	-	<20	-	-	-	-	
Copper	铜	<20	<20	<1.00	<20	19.9	<1.00	1.57	<1.00	
Iron	铁	<40	<40	38.3	<40	<30.0	<30.0	47.2	<30.0	
Lead	铅	<50	<50	<2.00	<50	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	
Lithium	锂	-	-	<100	-	<100	<100	<100	<100	
Magnesium	镁	-	-	37	-	24.8	13.1	14.4	4.76	
Manganese	锰	<10	<10	<10.0	<10	<10.0	<10.0	<10.0	47.7	
Mercury	汞	<2	<2	<0.01	<2	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
Molybdenum	钼	<20	34	-	142	-	-	-	70	
Nickel	镍	<20	<20	<1.00	<20	<1.00	<1.00	<1.00	3.99	
Potassium	钾	-	-	0.331	-	1.43	8.12	5.57	5.59	
Selenium	硒	<200	<200	-	<200	-	-	-	-	
Sodium	钠	-	-	47.3	-	17.7	18.2	15.4	14.8	
Strontium	锶	-	-	756	-	1230	337	326	163	
Thallium	铊	<200	<200	-	<200	-	-	-	-	
Vanadium	钒	<20	<20	-	<20	-	-	-	-	
Zinc	锌	58	17	16.8	14	6.64	<5.00	5.88	<5.00	
pH	pH 值	8.0	7.5	-	7.0	-	-	-	-	
化合物 (单位: mg/kg)										
Nitrate	硝酸盐	27.12	16.71	-	34.72	-	-	-	-	20
Chloride	氯化物	17.28	25.77	-	35.22	-	-	-	-	
Fluoride	氟化物	0.2	0.7	-	2.8	-	-	-	-	1
sulphide	硫化物	<0.01	<0.01	-	<0.01	-	-	-	-	
sulphate	硫酸盐	-	-	43.9	-	46.3	32.8	72.5	24.2	

注解:“-”表示没有检测



