

2013年6月

# 京津冀地区燃煤 电厂造成的健康 损失评估研究

绿色和平

---

# 京津冀地区燃煤电厂造成的健康损失评估研究

## 目录

一、研究概要.....	1
二、政策建议.....	2
三、健康影响估算.....	3
四、京津冀煤电厂分布及其排放的大气污染物示意图.....	5
五、研究方法.....	7
六、京津冀地区 PM2.5 的污染和趋势.....	8
七、背景资料：了解来自煤电厂的污染.....	10

## 一、研究概要

2012-2013 年冬季，京津冀地区的 PM2.5 问题成为了一个焦点事件。世界卫生组织估计，中国 20% 的肺癌与 PM2.5 的污染有关<sup>1</sup>。造成这一问题的一个关键因素是该地区内大量的煤炭消费，而发电部门是该地区最大的燃煤部门。

绿色和平委托美国大气污染模型专家 H·安德鲁·格雷（H. Andrew Gray）博士<sup>2</sup>评估中国由煤电厂排放的 PM2.5 导致的公众健康损失。模型中涉及发电厂的总数量约 2000 家，其中近 200 家位于京津冀地区。考虑到当前正在进行的关于地区污染控制的讨论，京津冀地区的研究结果将先于最终报告披露。关于京津冀地区煤电厂的影响方面，主要的发现有：

<sup>1</sup> Cohen, AJ 2013: The Burden of Disease Attributable to Ambient Air Pollution: Global, Regional; and Chinese Estimates from GBD 2010. Presentation at Air Pollution and Health Impacts Workshop, organized by HEI and Tsinghua University, Beijing March 2013.

<sup>2</sup>关于安德鲁博士的更多信息请访问：[http://newenergyeconomy.org/wp-content/uploads/2011/10/Gray-Analysis-NEE\\_OppStayExhs\\_1.13.2012-2.pdf#page=5](http://newenergyeconomy.org/wp-content/uploads/2011/10/Gray-Analysis-NEE_OppStayExhs_1.13.2012-2.pdf#page=5)

- 2011年，京津冀地区的196个煤电厂导致了该地区约9900<sup>3</sup>例过早死亡，其中北京2000例，天津1200例，河北6700例。其中75%的过早死亡由河北省内的煤电厂导致。
- 除了约9900例过早死亡外，京津冀地区的196个煤电厂还导致了9330例儿童哮喘、1780例成人哮喘，12100例慢性支气管炎，4960人因心脑血管疾病和5050人因呼吸系统疾病住院，59500人次的门诊治疗。
- 在导致北京地区2000例过早死亡的京津冀煤电厂中，63%来自河北，19%来自天津。换句话说，由河北和天津的煤电厂给北京区域带来的健康影响相较于北京自己的煤电厂的影响有4倍之高。
- 在天津，61%的过早死亡来自河北煤电厂，6%来自北京煤电厂。
- 在河北，5%的过早死亡来自北京的煤电厂，16%来自天津煤电厂。
- 2011年，河北的煤电厂排放导致了约7400例京津冀地区的过早死亡，其中有2000例出现在北京和天津。北京和天津受到来自河北煤电厂影响的健康影响还包括200例肺癌，40例婴儿死亡，1900例儿童哮喘和14000人次的门诊及住院。
- 然而，由于河北地区人口众多，河北公众受到由于京津冀煤电厂排放的PM2.5导致的健康损失最为严重。据估算，京津冀煤电厂污染在河北导致了6700例死亡，其中包括600例肺癌。

在京津冀地区，电力部门消耗了总煤炭量的三分之一，释放出超过三分之一的工业二氧化硫和氮氧化物排放物。如果将所有燃煤产业包括其中以估算其影响力，得出的健康损失将更大，这进一步强调了在地区级别开展行动的必要性。

## 二、政策建议

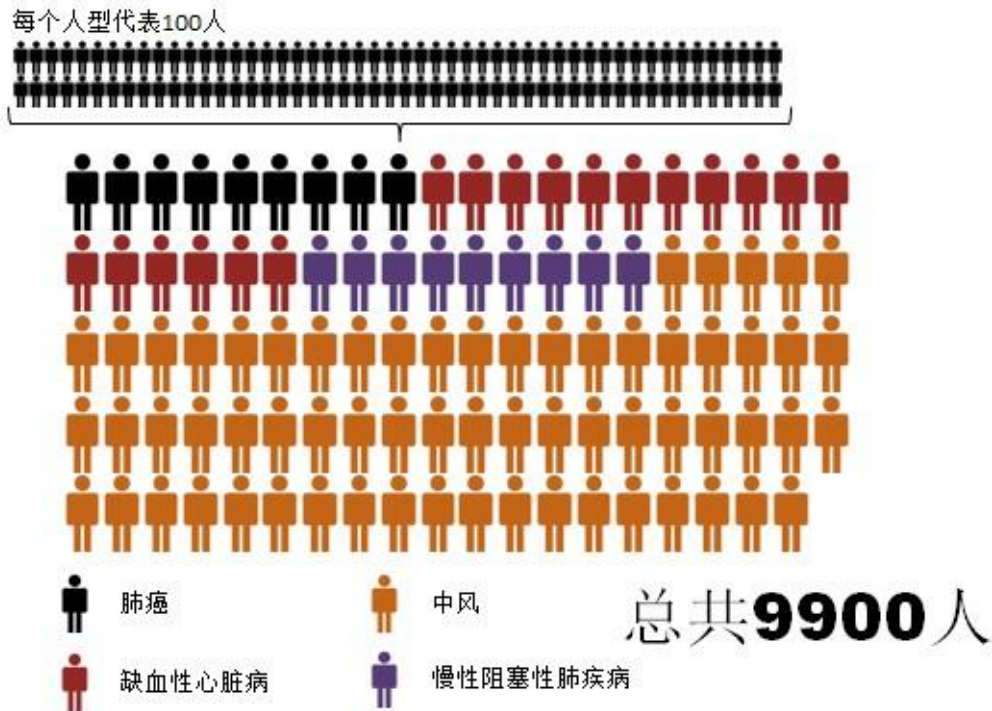
- 这些结果强调要控制地区性的污染，特别是河北的污染。京津冀地区应当尽快出台区域性的煤炭消费控制和削减政策。
- 设定一个更快的空气质量达标时间表，用10年的时间让京津冀地区的空气质量达标。

---

<sup>3</sup> 9,927 deaths with a 95% confidence interval of 3,622-13,040. The health impacts quoted in this briefing are rounded central estimates.

图一：

# 2011年京津冀区域的煤电厂排放的PM2.5导致京津冀公众的过早死亡



### 三、健康影响估算

表一：京津冀地区的煤电厂对该地区的健康影响估算

健康影响类别	影响	单位
总死亡数	9930	每年死亡数
其中：		
中风死亡数	6430	每年的病例
肺癌死亡数	850	每年的病例
慢性阻塞性肺病死亡数	920	每年的病例
缺血性心脏病死亡数	1730	每年的病例
新生儿死亡数	190	每年的病例
低出生体重儿	1060	每年的病例

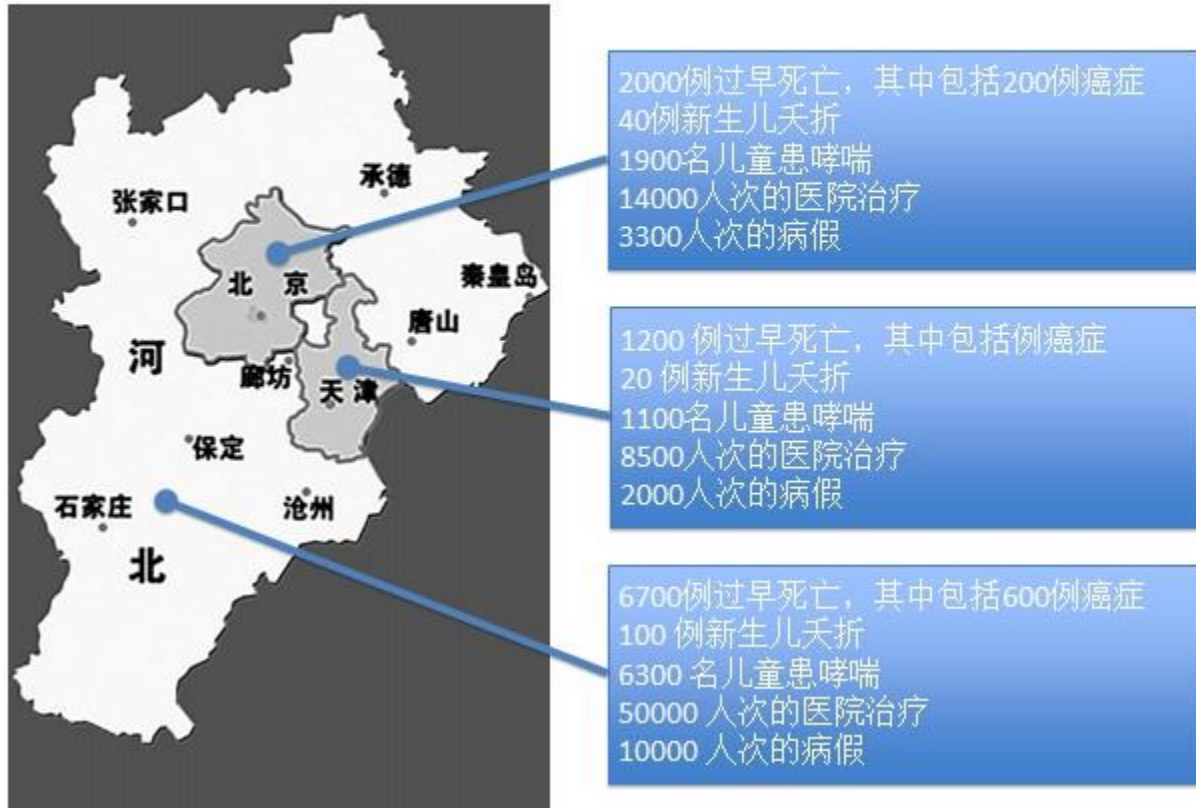
哮喘病，儿童	9330	病例
哮喘病，成人	1780	病例
慢性支气管炎	12100	病例
因呼吸系统疾病住院	5050	每年的病例
因心血管系统疾病住院	4960	每年的病例
门诊（内科）	39900	每年的病例
门诊（儿科）	19600	每年的病例
工作损失天数/病假天数	16400	每年的工作日天数

表二：京津冀地区的煤电厂对北京、天津、河北分别造成的健康影响估算

	北京	天津	河北
总死亡数	1980	1220	6740
其中			
中风死亡数	1280	790	4370
肺癌死亡数	170	100	580
慢性阻塞性肺病死亡数	180	110	620
缺血性心脏病死亡数	350	210	1200
新生儿死亡数	40	20	100
低出生体重儿	210	130	720
哮喘病，儿童	1860	1150	6330
哮喘病，成人	350	220	1200
慢性支气管炎	2410	1490	8210
因呼吸系统疾病住院	1010	620	3430
因心血管系统疾病住院	990	610	3370
门诊（内科）	7960	4900	27100
门诊（儿科）	3910	2410	13300
工作损失天数/病假天数	3280	2020	11100

图二:

## 2011年京津冀地区的煤电厂排放的PM2.5 对北京、天津、河北三地公众的健康影响



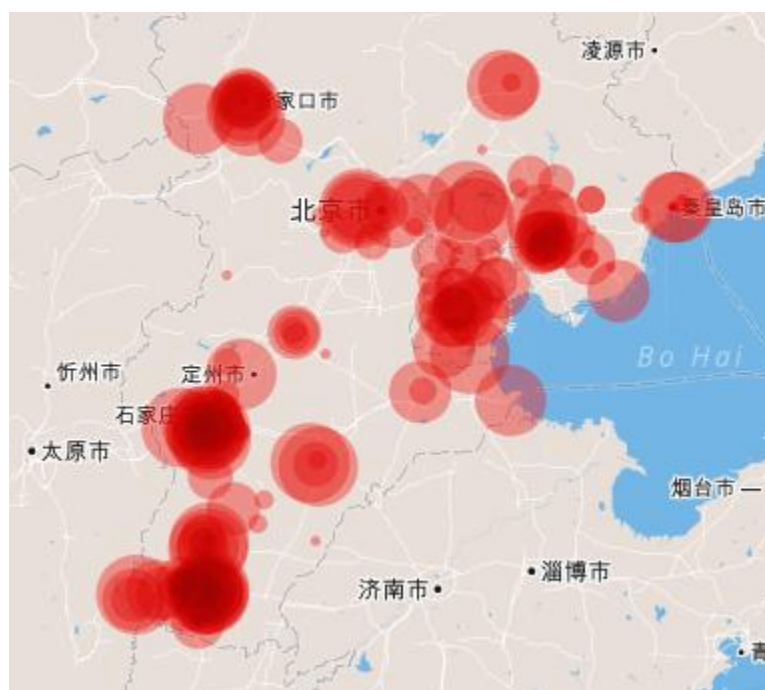
#### 四、京津冀煤电厂分布及其排放的大气污染物示意图



图三：模型中京津冀地区煤电厂分布图



图四：京津冀地区煤电厂排放的大气污染物示意图，受影响最严重的城市是河北省的石家庄和邯郸



## 五、研究方法

绿色和平委托美国大气污染模型专家安德鲁·格雷博士评估中国煤电厂造成的PM<sub>2.5</sub>污染以及由此引起的健康损失。格雷博士在大气污染研究方面有三十年的经验，曾在美国政府、学术机构的项目部门就职，也做过独立顾问。格雷博士使用三维非稳态拉格朗日烟团输送模型（CALPUFF）建模系统来评估中国2000多家运营中的煤电厂产生的污染物，以及这些排放物对PM<sub>2.5</sub>水平的影响。

三维非稳态拉格朗日烟团输送模型（CALPUFF）建模系统是美国环境保护署推荐的用于例如从发电站的烟囱这样的污染点源开始的长距离空气污染运输建模的系统。这是一个先进的空气污染扩散模型，模拟了在不同时间、空间和气象条件下的污染物运输，转换，和清除<sup>4</sup>。哈佛大学的一个中美研究团队曾将这一模型运用于中国<sup>5</sup>。我们获得了一整年的气象数据，包括模型用来计算空气污染扩散的风的数据、降水量数据和其他关键的气象变量数据。建模的结果是：覆盖中国东部和中部 12 乘 12 公里网格风场的每一个发电厂导致了 PM<sub>2.5</sub> 水平的增加，为每一个网格内的电厂建模使用的精度为 2580 千米×3480 千米，采用的是 12 公里乘 12 公里的网格<sup>6</sup>。这些数据与 2010 年的官方人口普查数据匹配，结合了高分辨率的人口数据来估计每个网格地点暴露在污染中的人口数，给出发电厂污染引起的总暴露情况。

<sup>4</sup> <http://www.src.com/calpuff/calpuff1.htm>

<sup>5</sup> Zhou et al 2006: The influence of geographic location on population exposure to emissions from power plants throughout China. Environment International 32 (2006) 365 – 373.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016041200500200X>

<sup>6</sup> With the exception of sources close to the boundaries of the modeling domain.



我们使用了为世界卫生组织全球疾病负担 (WHO Global Burden of Disease) 研究开发的健康风险模型<sup>7</sup>对 PM<sub>2.5</sub> 暴露导致的死亡进行了评估, 这是包括中国在内的, 全球评估 PM<sub>2.5</sub> 健康影响的最新、最权威的模型。在其他的健康结局评估上, 我们使用了最适用的流行病学的结果, 以及不同疾病的发病率和患病率的官方或学术数据。

2011 年在运行的 2000 多家煤电厂的位置数据, 以及基础排放物数据由绿色和平根据官方数据编制计算而来。绿色和平统筹编制的数据库包括中国国家环境统计年鉴中年度大气污染物排放总量, 大型国有电力集团公开发表的企业责任报告以及中国电力企业联合会发布的燃煤电厂的装机量、运转时间、机组的热效率数据, 及平均排放物水平。同时我们考虑了现行的燃煤电厂末端治理技术, 采纳了国家环境保护部关于安装了污染控制设备的数据。

虽然我们尽最大可能来准确地估算京津冀地区煤电厂对空气质量和居民健康的影响, 受数据获取性的局限, 研究中仍保留了不确定性。首先, 若环保部和发电公司给出的排放数据不准确, 研究的结果肯定会受到影响。其次, 由于中国并没有公开发布电厂层面的排放数据, 而在模型计算过程中, 我们只能将全国和大型集团公司的总体排放数据归因至单个的电厂。在计算过程中, 单个电厂的实际排放控制绩效可能会偏离平均值, 但是只要评估区域总体的排放量是正确的, 对总体健康影响估计依然十分有效。第三, 尽管现行版本三维非稳态拉格朗日烟团输送模型 (CALPUFF) 建模系统的大气模拟在通常情况下对观测的响应是很好的, 但是由于大气过程的复杂性, 其中总会掺杂有不确定性。与其他步骤相较, 人口数据的准确性足以忽略在计算平均暴露浓度这一步骤上的不确定性。最后, PM<sub>2.5</sub> 暴露和健康影响的统计数据存在可信区间。例如: 采用 95% 置信区间, 京津冀电厂导致的死亡数是 3600-13900, 最佳估计为 9800。

总的来说, 绿色和平认为本建模研究的结果以强大和具体的图像, 给我们展示了京津冀燃煤电厂在空气污染问题上扮演的角色, 同时显示出该地区因燃煤电厂导致的健康问题的严重程度。

## 六、京津冀地区 PM<sub>2.5</sub> 的污染和趋势

自从 2001 年开始监测空气质量以来, 2013 年的 1 月是京津冀主要城市经历的空气质量最差的 1 月份。京津冀地区空气污染问题的主要原因之一正是区域内快速增加的煤炭消费。京津冀地区煤电厂耗煤量从 2006 年到 2011 年增长了 43%, 而煤炭的总消耗量增长了 36%。这一增长几乎全部都发生在河北省。京津冀地区的空气污染排放物缓慢下降了几年后, 在 2011 年实际上增加了。煤炭消费的快速增长逐渐削弱了通过末端治理带来的益处, 如果不控制总的煤炭消耗量, 空气污染的难题就不可能得到解决。

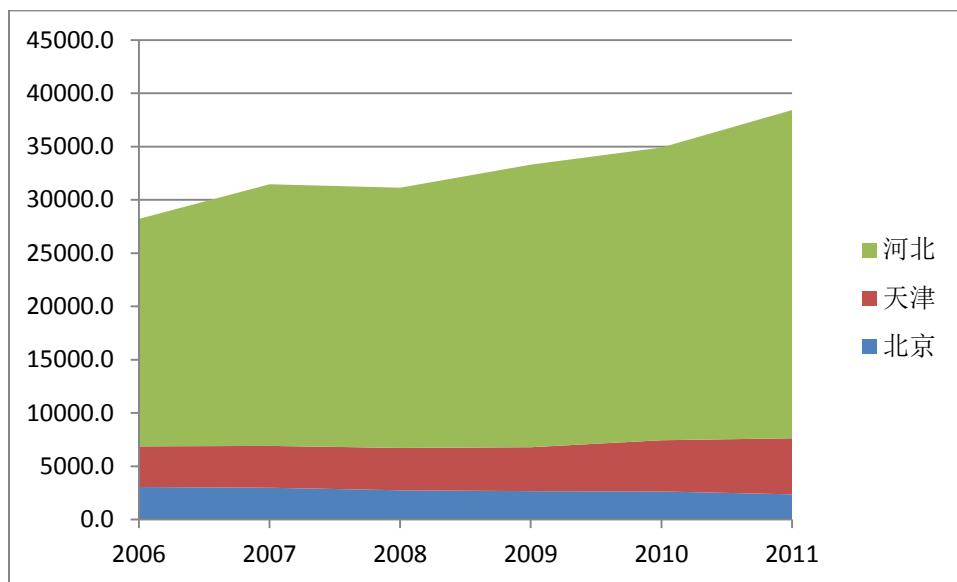
由于缺乏实施空气污染排放物的标准, 煤电厂的影响正在变得更加严重。比假设所有的发电厂都符合排放物标准, 电力部门官方报道的空气污染排放物仍比该情况下应当排放的数值至少高出 50%, 而细微颗粒排放物几乎高出两倍。根据环境保护部的污染控制设施记录显示, 2011 年, 河北有 10% 的

---

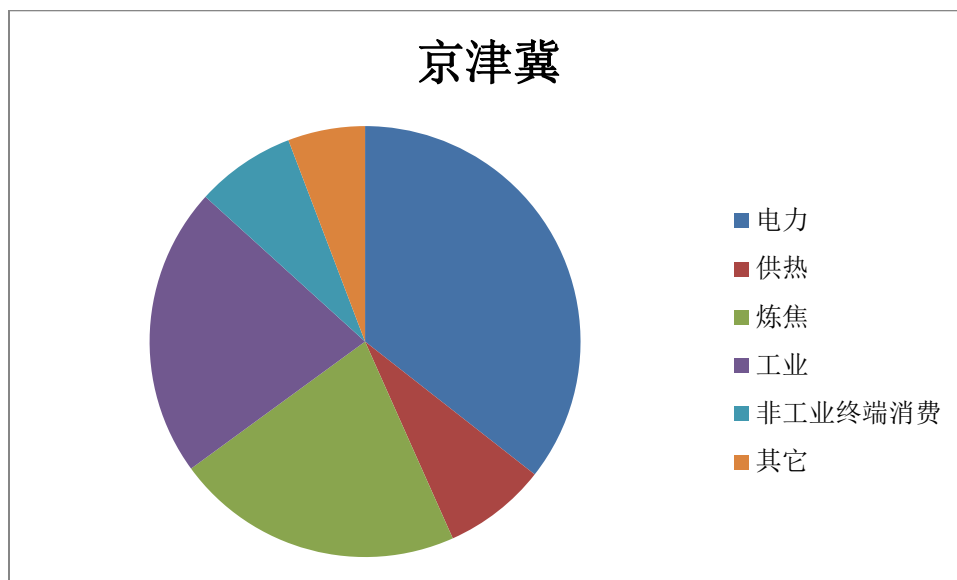
<sup>7</sup> Lim SS et al 2012: A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990—2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. The Lancet 380:2224-2260. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61766-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61766-8)

煤电厂仍然没有烟气脱硫的能力，但在北京和天津已经全部都能做到了。在北京，约 90%的火电装机容量装有去氮氧化物装置，但在河北和天津，这个数字只有 10%。

图五：2006-2011 京津冀地区分地区煤炭消费量



图六：2011 京津冀地区分行业煤炭消费量



## 七、背景资料：了解来自煤电厂的污染

煤电厂排放的二氧化硫和氮氧化物——大气中 PM2.5 的两个主要来源——要比其他经济部门多得多，这是大气中 PM2.5 的两个主要来源。2011 年，虽然安装新的末端治理设备为煤电厂的污染物减排带来了可观进展，但仍有 50% 的工业二氧化硫排放物，70% 的氮氧化物排放物和 20% 的煤烟排放物来自煤电厂<sup>8</sup>。

二氧化硫和氮氧化物气体排放物在大气中转变为硫酸盐和硝酸盐颗粒，这是 PM2.5 的两个主要组成部分。这些二次颗粒物占北京 PM2.5 污染的三分之一<sup>9</sup>。

这些细微的 PM2.5 颗粒渗透到肺部深处，并进一步进入血液，引发炎症、呼吸道疾病，包括大脑在内的许多内部器官的血液凝集和中毒。结果就会增加由于心脏病发作、中风、肺癌和呼吸道疾病带来的死亡风险，也增加了哮喘病和呼吸道感染的风险。

---

<sup>8</sup> 中国环境统计年鉴 2012

<sup>9</sup> Yao et al 2010: Studies on formation and control of combustion particulate matter in China: A review.