

2013

山东、山西、内蒙古三省燃煤电厂 造成的健康损失评估

绿色和平

2013/7/10



山东、山西、内蒙古三省燃煤电厂造成的健康损失评估

目录

| | |
|-------------------------------------|---|
| 研究综述..... | 1 |
| 健康影响估算..... | 3 |
| 三大煤炭消耗省份煤电厂分布及其排放的大气污染物示意图..... | 4 |
| 附录一 研究方法..... | 6 |
| 附录二 2011 年三省份煤炭消费量及单位 GDP 煤耗情况..... | 7 |

研究综述

2013 年第一季度环保重点城市 PM_{2.5} 监测数据显示，山东济南、烟台及山西太原三市第一季度 PM_{2.5} 浓度达到中国国家环境空气质量标准 35 微克/立方米（年平均）¹两倍以上。济南市第一季度 PM_{2.5} 浓度值达到 159 微克/立方米，相当于国家环境空气质量标准的近 4.5 倍²。

山东、内蒙古、山西三省作为中国煤炭消费的前三名，2011 年共计消耗了 10.7 亿吨煤炭，占同年全国煤炭消费量的 31%³，三省总燃煤消耗量已相当于美国 2011 年全国的煤炭消费量。同期这三个省份三种主要大气污染物——二氧化硫、氮氧化物和烟尘的排放量占全国的比例分别为 20.9%、18.71% 和 20.75%，达到 460、450 及 260 万吨⁴。这三种主要大气污染物都是一次和二次 PM_{2.5} 形成的重要来源。

继京津冀区域燃煤电厂对公众健康影响损失评估⁵之后，绿色和平与美国大气污染模型专家安德鲁·格雷（H. Andrew Gray）博士⁶再次评估全国最大的三个燃煤消耗省份煤电厂排放的 PM_{2.5} 导致的公众健康损失。燃煤电厂排放的二氧化硫、氮氧化物及烟尘等污染物，在排出烟囱后经由化学反应生成硫酸盐及硝酸盐悬浮气溶胶。这些气溶胶微粒也是二次 PM_{2.5} 的主要组分。硫酸盐气溶胶在大气中停留时间可达 2 至 5 天，远距离传输可以达到一千公里以上。模型中涉及三省份发电厂的总数量为 637 家，其中 387 家位于山东，121 家位

¹ <http://kjs.mep.gov.cn/hjbhzbz/bzwb/dqhjbh/dqhjzlbz/201203/W020120410330232398521.pdf>

² 博源基金会，《政策要大变，才能将 PM_{2.5} 降到 30》

³ 《中国能源统计年鉴 2012》《中国统计年鉴 2012》

⁴ 《中国环境统计年鉴 2012》

⁵ 《京津冀地区燃煤电厂造成的健康损失评估研究》

<http://www.greenpeace.org/china/zh/publications/reports/climate-energy/2013/jingjinji-coalplant-health-rpt/>

⁶ 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

于山西，129 家位于内蒙古。研究除了煤电厂的分布及排放的污染物的数量外，还综合了气象条件和人口密度等因素，得出关于三大煤炭消费省份煤电厂对中国大陆地区公众的健康影响。主要的发现有：

- 京津冀地区周边的中国三大煤炭消耗省份煤电厂排放出的 PM2.5 导致了中国大陆地区约 8.35 万例过早死亡，其中山东煤电厂导致 29800 例、山西 26200 例、内蒙 27500 例。这一数字相当于 2010 年美国的煤电厂导致的 13200 例过早死亡的 6.3 倍。⁷ 除了造成的过早死亡外，这三个省份的煤电厂还造成了 108400 例儿童哮喘，140500 例的慢性支气管炎，2210 例的新生儿死亡。
- 这三大煤炭消费省份的燃煤电厂对本地区的居民也带来了巨大的健康影响：
 - 山东省的煤电厂造成本省的 7200 例过早死亡；
 - 山西省的煤电厂造成本省的 2800 例过早死亡；
 - 内蒙古的煤电厂造成本省的 1500 例过早死亡。

煤电厂煤炭消耗约占这三大省份总煤炭消耗量的 40.3%⁸，研究所揭示的仅是煤炭燃烧导致的空气污染对公众健康影响的一部分。如果将所有燃煤产业包括其中，得出的健康损失将更大，这进一步反映了这些耗煤大户省份开展削减煤炭消费行动的必要性。

要减少中国空气污染对公众健康的影响，就必须控制中国煤炭消费大省的污染。考虑到当前正在进行的关于京津冀及周边省市签署空气污染治理责任书的讨论，以上三个省份应当尽快出台煤炭消费的削减目标及相应的行动方案。

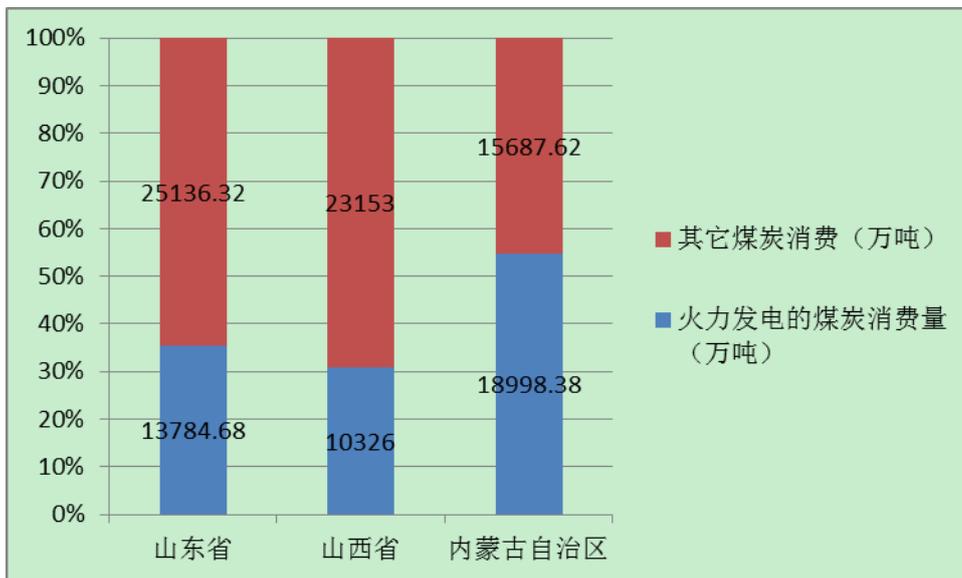


图 1 2011 年三省电力燃煤消耗比例

⁷ http://www.catf.us/resources/publications/files/The_Toll_from_Coal.pdf

⁸ 详见图 1

健康影响估算

表 1 山东、山西、内蒙古三省境内的煤电厂 2011 年对中国大陆造成的健康影响

| | 总死亡数 | 肺癌死亡数 | 缺血性心脏病死亡数 | 中风死亡数 | 慢性阻塞性肺病死亡数 | 新生儿死亡数 | 儿童哮喘 | 成人哮喘 | 慢性支气管炎 |
|-----|-------|-------|-----------|-------|------------|--------|--------|-------|--------|
| 山东 | 29800 | 3000 | 6700 | 16800 | 3400 | 820 | 40200 | 7700 | 52100 |
| 山西 | 26200 | 2600 | 5900 | 14700 | 3000 | 700 | 34300 | 6500 | 44500 |
| 内蒙古 | 27500 | 2700 | 6400 | 15300 | 3100 | 690 | 33900 | 6500 | 43900 |
| 共计 | 83500 | 8300 | 19000 | 46800 | 9500 | 2210 | 108400 | 20700 | 140500 |

表 2 山东省境内的煤电厂 2011 年对山东造成的健康影响

| | 总死亡数 | 肺癌死亡数 | 缺血性心脏病死亡数 | 中风死亡数 | 慢性阻塞性肺病死亡数 | 新生儿死亡数 | 儿童哮喘 | 成人哮喘 | 慢性支气管炎 |
|----|------|-------|-----------|-------|------------|--------|-------|------|--------|
| 山东 | 7200 | 740 | 1600 | 4000 | 840 | 220 | 10600 | 2000 | 13800 |

表 3 山西省境内的煤电厂 2011 年对山西造成的健康影响

| | 总死亡数 | 肺癌死亡数 | 缺血性心脏病死亡数 | 中风死亡数 | 慢性阻塞性肺病死亡数 | 新生儿死亡数 | 儿童哮喘 | 成人哮喘 | 慢性支气管炎 |
|----|------|-------|-----------|-------|------------|--------|------|------|--------|
| 山西 | 2800 | 260 | 620 | 1600 | 300 | 60 | 3000 | 580 | 3900 |

表 4 内蒙古境内的煤电厂 2011 年对内蒙古造成的健康影响

| | 总死亡数 | 肺癌死亡数 | 缺血性心脏病死亡数 | 中风死亡数 | 慢性阻塞性肺病死亡数 | 新生儿死亡数 | 儿童哮喘 | 成人哮喘 | 慢性支气管炎 |
|-----|------|-------|-----------|-------|------------|--------|------|------|--------|
| 内蒙古 | 1500 | 130 | 420 | 810 | 160 | 30 | 1200 | 240 | 1600 |

三大煤炭消耗省份煤电厂分布及其排放的大气污染物示意图



图 2 三省煤电厂分布图

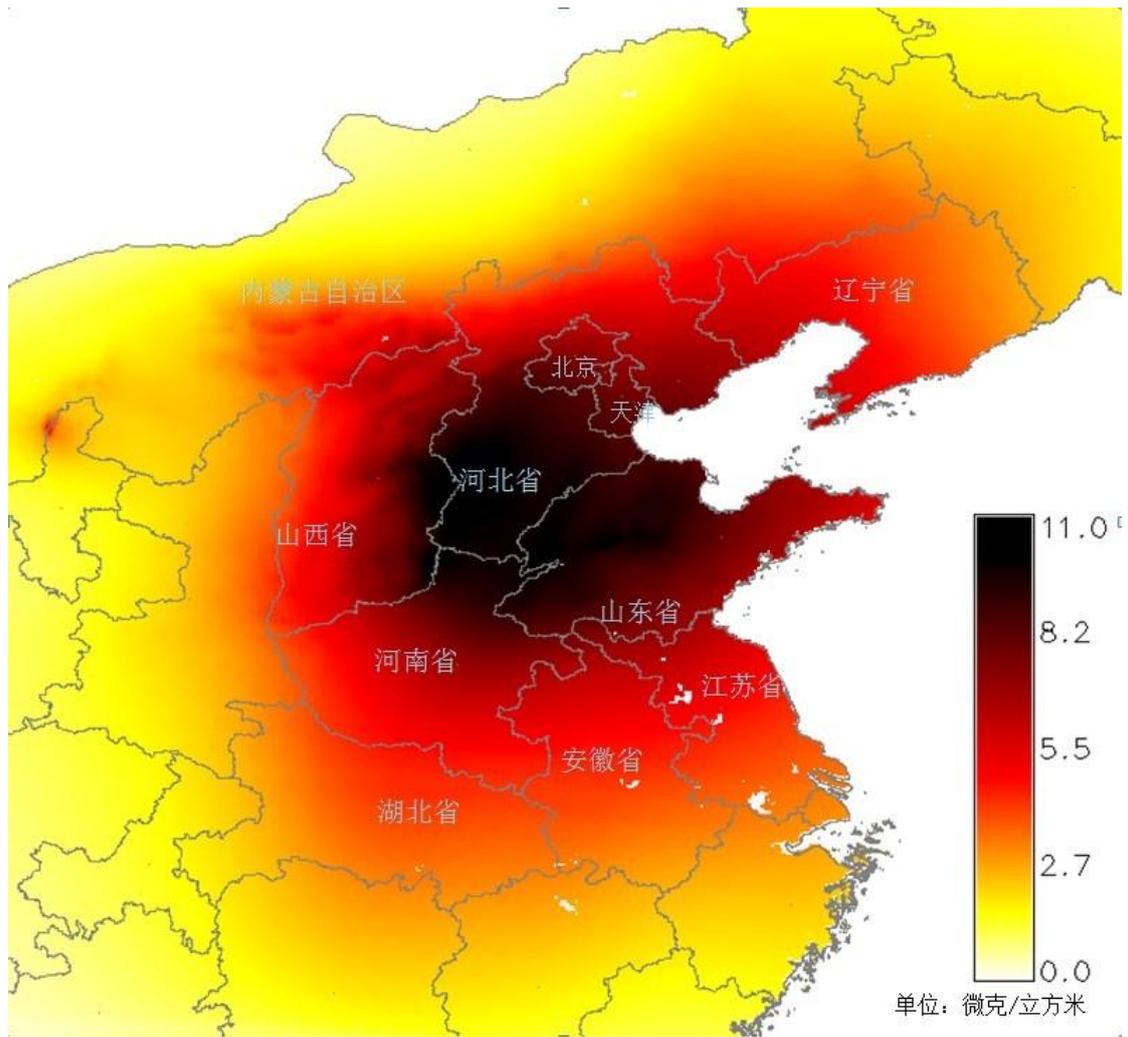


图 3 三省煤电厂污染排放贡献的 PM2.5 浓度值

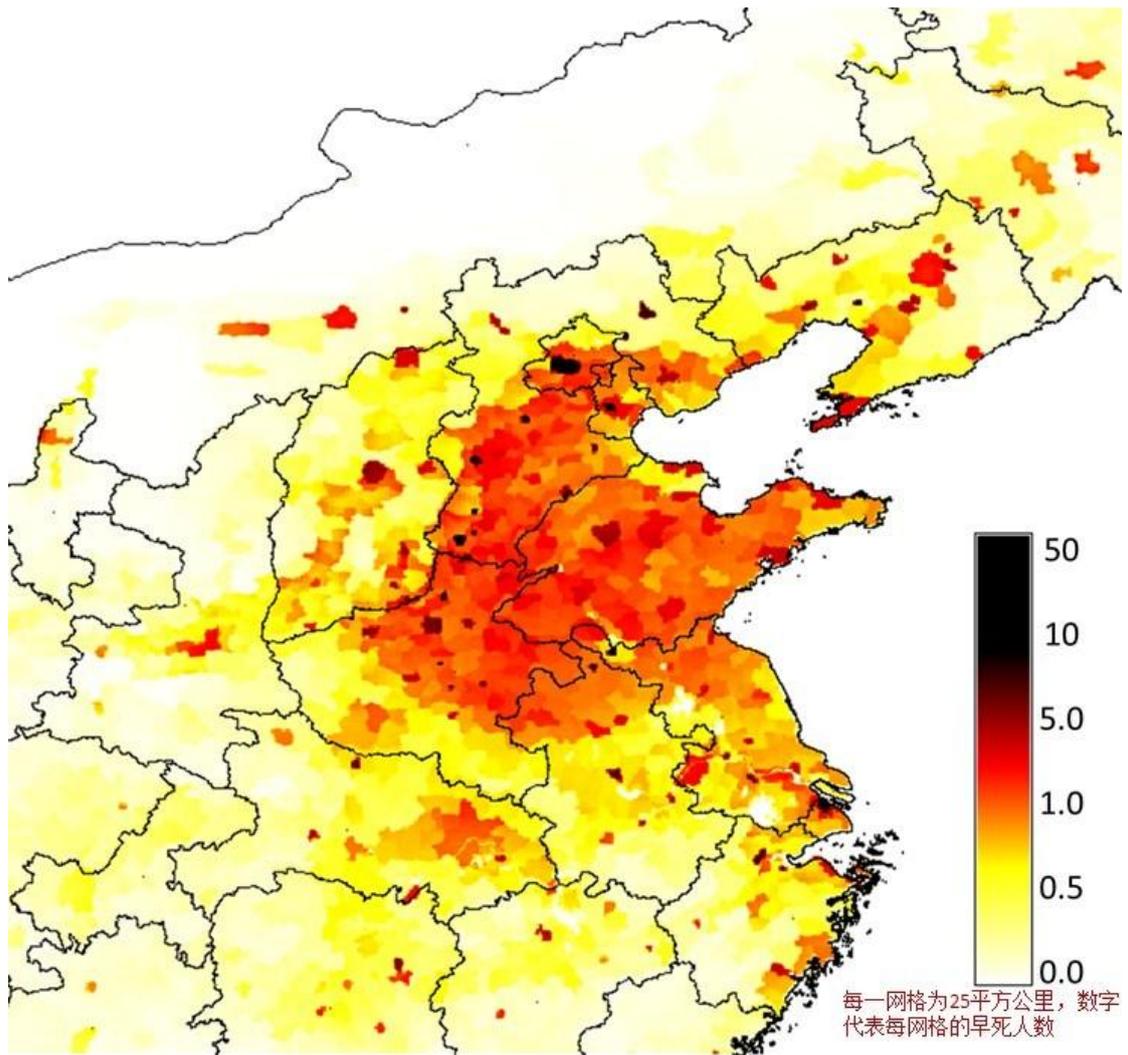


图 4 三省由煤电厂 PM2.5 污染造成的早死人数，将三省健康暴露拆分为每 5×5 公里网格进行计算（单位：人）

附录一 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PM2.5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PM2.5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

⁹。哈佛大学的一个中美研究团队曾将这一模型运用于中国¹⁰。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 PM2.5 水平的增加，建模使用的范围为 2580 千米×3480 千米，采用的精度是 12 公里乘 12 公里的网格¹¹。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。

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¹²对 PM2.5 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 PM2.5 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。

附录二 2011 年三省份煤炭消费量及单位 GDP 煤耗情况

三大省份空气污染问题的主要原因之一正是它们快速增加的煤炭消费。根据能源统计年鉴¹³，这三个省份煤炭消费量从 2006 年到 2011 年共计增长了 32.7%。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。

在 2011 年，三省的煤炭消耗约占全国煤炭消耗的 31%，而 GDP 却仅占全国总量的 15%¹⁴，其中内蒙古和山西的单位 GDP 煤耗分为 3.0 及 2.4 万吨/亿元，远高于 0.9 万吨/亿元的全局平均水平¹⁵。这进一步显示出以上省份产业结构偏重、能源结构不合理等问题。

⁹ <http://www.src.com/calpuff/calpuff1.htm>

¹⁰ 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>

¹¹ With the exception of sources close to the boundaries of the modeling domain.

¹² 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)

¹³ 数据来源：国家统计局能有统计司《中国能源统计年鉴 2012》

¹⁴ 来源：国家统计局、山东省统计局、山西省统计局、内蒙古自治区统计局

¹⁵ 来源：国家统计局、山东省统计局、山西省统计局、内蒙古自治区统计局

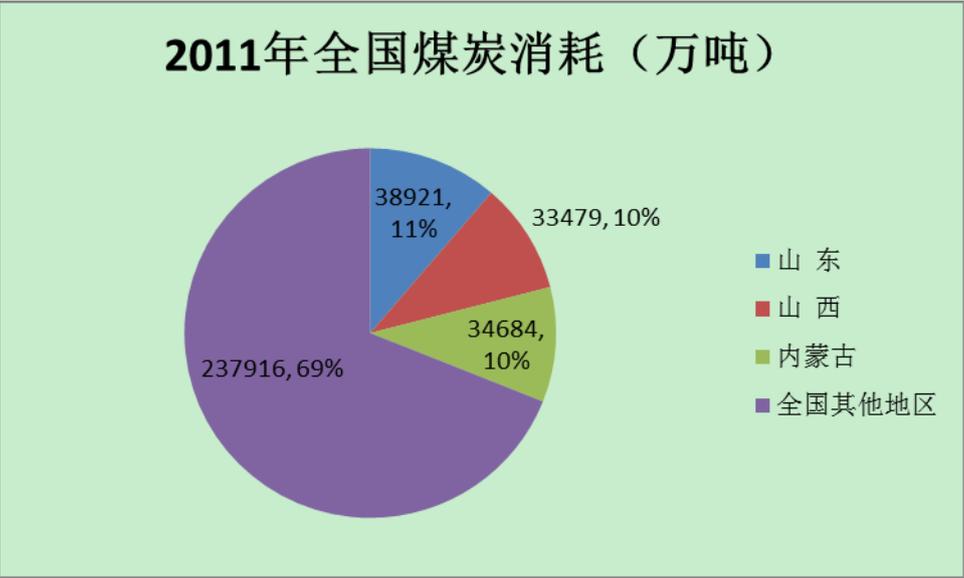


图 5 2011 年全国煤炭消耗图

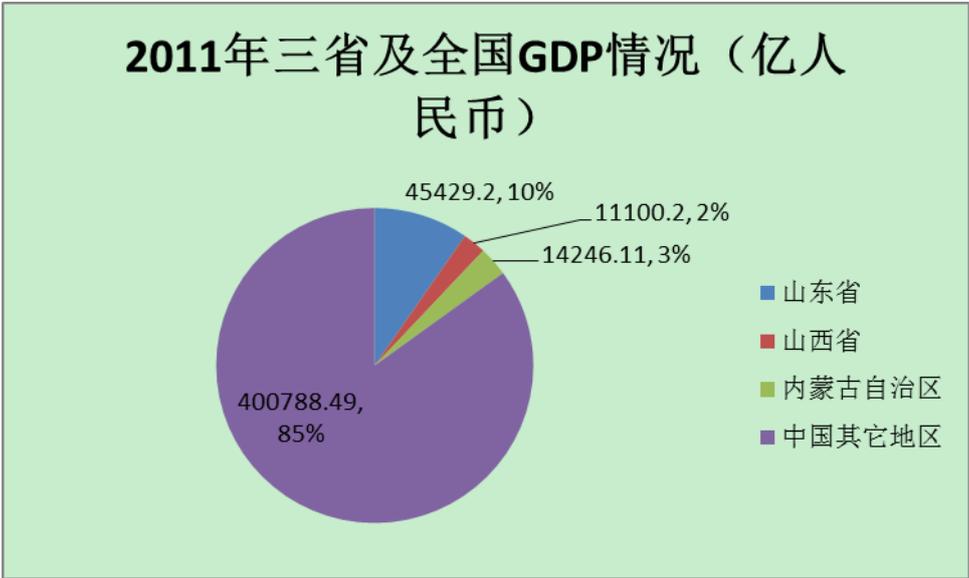


图 6 2011 年三省及全国 GDP 情况

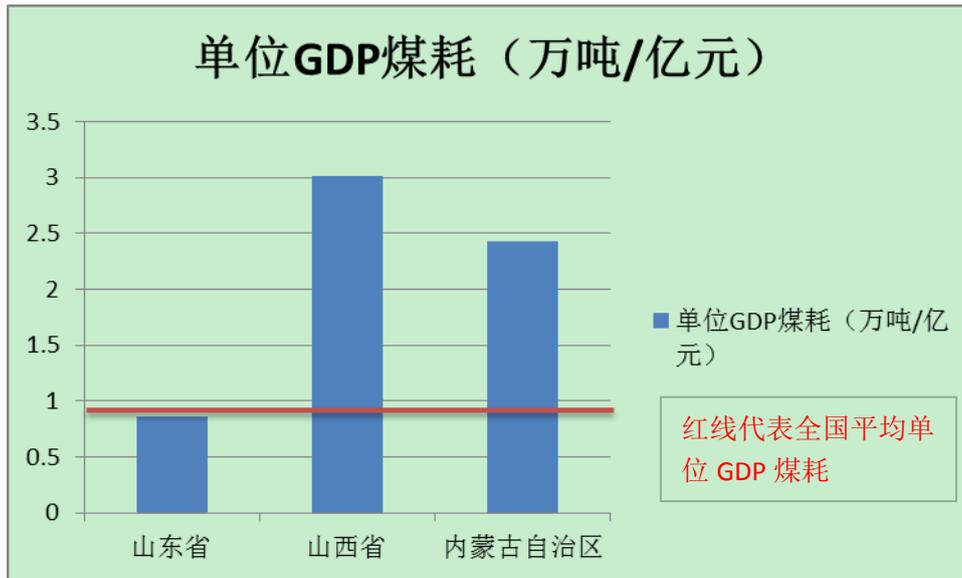


图 7 2011 年三省及全国平均单位 GDP 煤耗