

京津冀地区重点耗煤行业大气污染物排放清单研究

崔立明^{1*}, 赵春丽², 周春瑶³

(1. 国家能源投资集团公司, 北京 100011; 2. 生态环境部环境工程评估中心, 北京 100122; 3. 浙江大学, 浙江杭州 310058)

【摘要】 本研究通过京津冀地区各行业的年度煤炭消费量确定火电行业、钢铁行业和焦化行业为重点耗煤行业, 以在线监测数据、污染源调查(现场调研、环评、验收)数据、排放因子数据为基础, 自下而上建立了2013年京津冀地区重点耗煤行业大气污染物排放清单, 分析研究了SO₂、NO_x和PM₁₀的排放量与污染贡献分布情况, 掌握了京津冀地区重点耗煤行业大气污染物排放现状, 为大气污染物减排提供数据基础。研究表明, 2013年京津冀火电、钢铁焦化行业共排放SO₂ 72.35万t、NO_x 131.99万t、PM₁₀ 30.36万t。

【关键词】 京津冀; 重点耗煤行业; 排放清单; 大气污染

【中图分类号】 X51; F407.21

【文章编号】 1674-6252 (2018) 03-0027-05

【文献标识码】 A

【DOI】 10.16868/j.cnki.1674-6252.2018.03.027

2013年11月发布的全国《74个城市空气质量状况报告》显示: 京津冀地区13个城市的城市空气质量达标率平均为39.1%, 低于同期全国达标率(52.3%) 13.2个百分点^[1]。京津冀地区已成为我国大气污染最严重的区域, 超标天数中首要污染物均为PM₁₀和PM_{2.5}^[2-4]。

我国是世界上最大的煤炭生产国和消费国^[5,6], 占世界煤产量的50%左右; 是世界上以煤炭为主要能源的大国之一, 2013年我国的煤炭消费占一次能源消费总量66%以上^[7]。煤炭消费除排放大量的SO₂、NO_x、PM₁₀和一次PM_{2.5}等污染物外, 还会产生二次PM_{2.5}, 造成灰霾污染^[8,9]。

重点区域PM_{2.5}源解析的相关研究表明, 作为煤炭消费量首位的火电行业污染物排放对区域PM_{2.5}的贡献率为16%~20%^[10,11]。因此削减重点耗煤行业大气污染物排放量是解决灰霾问题的关键, 建立大气污染物排放清单、掌握重点耗煤行业大气污染物排放情况, 是首要研究工作。

本研究以在线监测数据、污染源调查(现场调研、环评、验收)数据、排放因子数据为基础, 自下而上建立了2013年京津冀重点耗煤行业大气污染物排放清单, 分析研究了SO₂、NO_x和PM₁₀的排放情况。

1 研究方法

本研究通过历史排放数据、统计年鉴数据筛选出重点耗煤行业, 调研京津冀地区重点耗煤行业的煤的利用率水平, 基于在线监测数据、污染源调查(现场调研、环评、验收)数据、排放因子数据, 自下而上建立了

2013年京津冀重点耗煤行业大气污染物排放清单, 并在此基础上分析了京津冀地区重点耗煤行业煤炭利用情况及大气污染物排放情况。

1.1 重点耗煤行业界定

本研究依据2013—2015年《中国统计年鉴》等资料中的各行业煤炭消费量数据, 选取了2011—2013年煤炭消费量占全国煤炭消费总量比例稳列前三的电力、热力的生产和供应业(占44.76%~49.78%), 石油加工、炼焦和核燃料加工业(占9.94%~11.23%), 黑色金属冶炼和压延加工业(占8.14%~8.94%)三大行业^[12-14], 即选取火电行业、焦化行业、钢铁行业为重点耗煤行业。

由本研究可知, 2013年京津冀重点耗煤行业总煤耗达33 208.69万t, 占2013年京津冀煤炭消费总量的85.24%, 占2013年全国煤炭消费总量的7.83%, 占比较大。

1.2 研究范围与研究对象

本研究范围涵盖两个直辖市北京、天津, 以及河北省石家庄、邯郸、唐山、衡水、邢台、沧州、张家口、承德、秦皇岛、廊坊、保定等11个地级市与副地级市迁安的火电、钢铁、焦化行业工业点源排放; 选取的污染因子为SO₂、NO_x和PM₁₀。

1.3 数据来源与编制方法

本研究排放清单以2013年为基准年, 优先采用在线监测法, 基于重点污染源在线监测系统获取在线监测数据, 通过在线监测法对排放口进行连续监测, 获取重点耗煤行业企业的实时排放量; 结合污染源调查法现场

* 作者简介: 崔立明(1973—), 女, 教授级高级工程师, 从事环保管理工作, E-mail: 10000457@shenhua.cc。

调研、排查，了解京津冀重点耗煤行业典型企业的工艺流程、产污环节、污染控制措施、耗煤量等基本情况数据进行核算，并参考环保部历年审批的环评、验收数据；对于没有污染源调查信息的企业，采取排放因子法进行核算，由此分析重点耗煤行业企业（火电、钢铁、焦化）的分布情况及污染物排放情况。

（1）在线监测法

根据地方环保管理部门污染源监督性监测结果的排放浓度、燃料消耗量、烟气量、年运行小时数等参数进行反算，获得重点耗煤行业企业排放源、污染源数据，精确度最高。

（2）污染源调查法（现场调研、环评、卫星遥感）

通过对重点耗煤行业企业的现场调研及数据收集，综合考虑环评和卫星遥感数据，基本建立了主要排放源基础数据。其中，现场调研数据包括企业主要装备、规模、污染控制措施、烟囱数量、经纬度、高度、出口直径、出口温度等。环评数据包括所有重点耗煤行业企业

环评报告中大气点源的相关信息，该数据覆盖较为全面，可反映企业的真实排放情景。卫星遥感数据主要用来对污染源进行精确定位。

（3）排放因子法

对于没有污染源调查信息的企业，采取排放因子法进行核算。根据企业生产活动水平和行业平均排污因子，依据《第一次全国污染源普查工业污染源产排污系数手册》等排放因子数据进行核算，核算后结合《火电厂大气污染物排放标准》（GB13223—2011）、火力发电锅炉大气污染物特别排放限值、《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》（GB28662—2012）、《炼焦化学工业污染物排放标准》（GB16171—2012）、《炼铁工业大气污染物排放标准》（GB28663—2012）、《炼钢工业大气污染物排放标准》（GB28664—2012）等排放标准数据，以及地方环保部门污染源督查数据进行校正。

表1及表2给出了本清单核算过程中所选取的火电及钢铁焦化行业根据不同装机、不同工艺过程

表1 本清单核算选取的火电企业大气污染物排放因子

序号	装机 / MW	工况烟气烟气量 / (m ³ /s)	污染物浓度 / (mg/Nm ³)			发电小时 / (h/a)
			SO ₂ 浓度	NO ₂ 浓度	烟尘浓度	
1	1 000	1 168.1	100	400	30	6 000
2	600≤MW<1 000	753.2	200	400	35	6 000
3	300≤MW<600	385.5	300	400	42	6 000
4	200≤MW<300	257	400	650	42	6 000
5	100≤MW<200	144.6	400	650	50	6 000
6	50≤MW<100	72.3	400	650	80	6 000
7	25≤MW<50	36.1	400	650	80	6 000
8	20≤MW<25	28.9	400	650	80	6 000
9	0≤MW<20	14.5	400	650	80	6 000

表2 本清单核算选取的钢铁焦化企业大气污染物排放因子

序号	工序名称	污染源名称	烟气量 / (m ³ /t 产品)			污染物浓度 / (mg/Nm ³)			年运行时间 / h
			高档	中档	低档	SO ₂	NO _x	烟尘	
1	炼焦	焦炉烟囱	1 120 ~ 1 260			200	800	50	8 760
2		装煤 / 推焦	1 800	3 000	3 000	—	—	20	4 000
3	烧结	烧结机头	4 000	5 000	6 000	200	300	湿法：50 干、半干法：30	7 920
4		烧结机尾	1 500	2 000	2 000	—	—	50	7 920
5	球团	竖炉焙烧烟气	据现场调研类比			200	300	湿法：50 干、半干法：30	7 920
6		带式焙烧机、链篦机 - 回转窑焙烧烟气	据现场调研类比			200	300	湿法：50 干、半干法：30	7 920
7	炼铁	出铁场	据现场调研类比			—	—	50	8 400
8		热风炉	1 620			70	150	20	8 400
9	转炉炼钢	一次烟气	167	210	320	—	—	传统 OG：80 新型 OG：50 LT：20	高档：2 000 中档：2 500 低档：3 000
10		二次烟气	1 800	2 880	4 700	—	—	20	7 200

污染源的烟气量和主要污染物外排浓度等排放因子信息。

2 结果与讨论

2.1 京津冀地区重点耗煤行业产能 / 产量与空间分布情况

2.1.1 火电行业装机容量与空间分布

本研究结果表明, 2013 年京津冀地区火电行业总装机台数为 338 台, 所涉及的单位为 133 家, 其中装机台数和所涉及的企业居前三位的城市为石家庄市 (58 台、20 家)、唐山市 (50 台、22 家) 和邯郸市 (47 台、19 家)。

2013 年京津冀地区火电总装机容量 54 801MW, 占全国火电总装机容量的 6.30%, 属火电装机容量较大的区域。北京市、天津市、河北省的装机容量分别为 3 233MW、10 787MW、40 781MW, 分别占全国火电装机容量的 0.37%、1.24%、4.69%。其中, 天津市、石家庄市和唐山市的装机容量分别为 10 787MW、7 926MW 和 6 077MW, 明显高于其他城市的装机容量。

2.1.2 钢铁焦化行业产量与空间分布

本研究结果表明, 2013 年京津冀地区钢铁企业共 107 家, 焦化企业共 80 家 (其中 18 家为钢铁联合企业炼焦企业, 62 家为独立炼焦企业), 共有焦炉设备 105 (炉组) 套。其中, 钢铁企业河北省有 100 家, 天津市有 7 家; 焦炭生产企业河北省有 79 家, 天津市 1 家。

2013 年京津冀地区粗钢、焦炭总产量分别为 21 139.16 万 t、6 656.01 万 t, 分别占全国粗钢、焦炭总产量的 27.14%、13.97%, 属粗钢和焦炭产量较大的区域。其中, 北京市无钢铁、焦化企业, 天津市、河北省的粗钢产量分别为 2 289.53 万 t、18 849.63 万 t, 分别占全国粗钢产量的 2.94%、24.20%; 焦炭产量分别为 260.19 万 t、6 395.82 万 t, 分别占全国焦炭产量的 0.55%、13.43%。

2.2 京津冀地区重点耗煤行业大气污染物排放清单

2.2.1 清单比较情况

与现已有的排放清单进行比较, 本研究中的重点耗煤行业清单存在以下改善之处:

(1) 主要使用在线监测数据、采用自下而上^[15]的方法进行重点耗煤行业清单的建立, 在国内尚属首例, 其精度和时空分辨率大大高于一般使用排放因子法建立的排放清单。

(2) 用环保部的环保数据、验收数据进行污染源排放数据的校正对比, 在数据核对处理中相互对照补充, 清单更具时效性和可靠性, 数据权威准确。

将本清单和环境统计年报的统计结果进行以下三组对比, 如表 3~表 5 所示。

表 3 京津冀火电行业清单比较情况 单位: 万 t/a

项目	SO ₂	NO _x	烟粉尘
环境统计年报 (2011 年)	42.56	92.86	8.39
本清单 (2013 年)	29.84	62.39	7.20

由火电行业清单对比可知, 在不同基准年, 京津冀火电行业 SO₂ 及 NO_x 排放量有较大削减, 主要是由于 2011 年开始的京津冀地区火电行业减排以及超低排放等政策推行, 减排效果显著。

表 4 京津冀钢铁焦化行业清单比较情况 单位: 万 t/a

项目	SO ₂	NO _x	烟粉尘
环境统计年报 (2012 年)	46.50	16.90	21.60
本清单 (2013 年)	42.51	69.61	23.16

由钢铁焦化行业清单对比可知, 本清单和环境统计年报中对于钢铁焦化行业 SO₂ 排放量和烟粉尘排放量的估算较为一致, 而对于 NO_x 排放量的估算有较大差异, 主要是由于环境统计年报中的统计主要是针对重点调查企业自报数据, 而本清单则综合了在线监测数据、环评数据、验收数据, 较为全面, 同时基准年相隔一年也是数据有差异应考虑的原因之一。环境统计年报中对 NO_x 的统计存在较明显的低估。

表 5 京津冀重点耗煤行业清单比较情况 单位: 万 t/a

地区	北京		天津		河北		京津冀合计	
污染物类型	SO ₂	NO _x	SO ₂	NO _x	SO ₂	NO _x	SO ₂	NO _x
2013 年环境状况公报 (全工业)	8.70	16.63	7.89	15.10	128.47	165.23	145.06	196.96
本清单 (火电及钢铁焦化行业)	0.39	0.93	5.58	16.88	66.45	114.18	72.35	131.99

由本清单重点耗煤行业大气污染物排放量与环境状况公报中全工业的污染物排放量相比较可知, 本清单中三个行业的 SO₂ 排放量和 NO_x 排放量分别为京津冀地区工业总排放量的 49.88% 和 67.01%, 京津冀重点耗煤行业大气污染物的排在京津冀总工业大气污染物排放中的占比较大, 其减排空间也不容小视。

2.2.2 煤耗分析及优化措施

2013 年, 京津冀地区火电总耗煤量 19 639.14 万 t 标煤, 其中天津市、石家庄市和唐山市的煤耗分别为 3 753.95 万 t 标煤、2 787.31 万 t 标煤和 2 547.23 万 t 标煤, 明显高于其他城市耗煤量。2013 年, 京津冀地区钢铁行业总耗煤量 5 002.99 万 t 标煤, 其中唐山市和邯郸市的煤耗明显高于其他城市, 分别为 2 417.70 万 t 标煤和 918.92 万 t 标煤。焦化行业总耗煤量 8 566.56 万 t 标煤, 唐山市和邯郸市的煤耗同样很高, 分别为 4 779.00 万 t 标煤和 1 553.85 万 t 标煤。

实现重点耗煤行业减排可考虑从煤质、燃煤机组改造和清洁生产技术改造入手。京津冀地区煤炭若采用煤质更好的煤源, 如神华煤炭产品, 最高可将收到

基灰分降至12%、收到基全硫降至0.4%、热值提升至5 700 kcal/kg, 可有较为明显的节能减排效果。在燃煤机组改造方面, 以神华国华电力公司为例, 该公司优先安排地处京津冀及周边地区(京、津、冀、蒙、鲁、晋)的燃煤机组进行节能环保改造, 取得了显著的节能和环保效果^[16-19]。在清洁生产技术改造方面, 钢铁焦化行业可在干熄焦技术、烧结机脱硫脱硝技术、高炉炉顶余压发电技术等清洁生产技术环节依据实际情况革新工艺, 节能减排^[20-22]。

2.2.3 火电行业大气污染物排放清单

2013年京津冀地区火电行业共排放SO₂ 29.84万t、NO_x 62.39万t、PM₁₀ 7.20万t。

河北省火电行业对京津冀地区火电行业污染物排放量的贡献最高, SO₂、NO_x、PM₁₀的排放量分别为26.53万t、48.58万t、5.96万t, 分别占京津冀火电总排放量的88.90%、77.87%、82.78%; 北京市火电行业对京津冀地区火电SO₂、NO_x、PM₁₀排放量的贡献分别占1.30%、1.48%、3.09%; 天津市火电行业对京津冀地区火电SO₂、NO_x、PM₁₀排放量的贡献分别占9.80%、20.64%、14.03%。各市火电行业排放量见图1。

2013年京津冀火电行业SO₂排放量以石家庄市(6.01万t, 20.13%)最高, 其次为邯郸(14.92%)、唐山(14.60%)、天津(9.80%)、张家口、秦皇岛、邢台、保定、衡水、沧州、承德、廊坊、北京; NO_x排放量以天津市(12.88万t, 20.64%)最高, 其次为石家庄(16.15%)、邯郸(14.66%)、唐山(13.31%)、张家口、邢台、保定、沧州、秦皇岛、承德、衡水、北京、廊坊; 烟尘排放量以唐山市(PM₁₀ 1.37万t, 16.55%)最高, 其次为石家庄(15.11%)、天津(14.03%)、邯郸(11.26%)、张家口、保定、邢台、沧州、秦皇岛、北京、衡水、承德、廊坊。可知, 天津市和河北省的石家庄、唐山、邯郸、张家口等市仍有较大的减排空间。

2.2.4 钢铁焦化行业大气污染物排放清单

2013年京津冀地区钢铁焦化行业共排放SO₂ 42.51万t、NO_x 69.61万t、PM₁₀ 23.16万t。其中, 北京市无钢铁焦化行业; 河北省钢铁焦化行业对京津冀地区钢铁焦化污染物排放量的贡献最高, SO₂、NO_x、PM₁₀排放量分别为39.92万t、65.60万t、21.92万t, 分别占京津冀钢铁焦化总排放量的93.91%、94.25%、94.63%; 天津市钢铁焦化行业对京津冀地区钢铁焦化SO₂、NO_x、PM₁₀排放量的贡献分别占6.09%、5.75%、5.37%。各市钢铁焦化行业排放情况见图2。

2013年京津冀钢铁焦化行业污染物排放涉及天津市及河北省石家庄市、唐山市、秦皇岛市、邯郸市、邢台市、保定市、张家口市、承德市、沧州市和廊坊市等10个城市。唐山市各污染物排放量(SO₂ 19.25万t、NO_x 31.65万t、PM₁₀ 12.04万t, 占45.29%、45.47%、

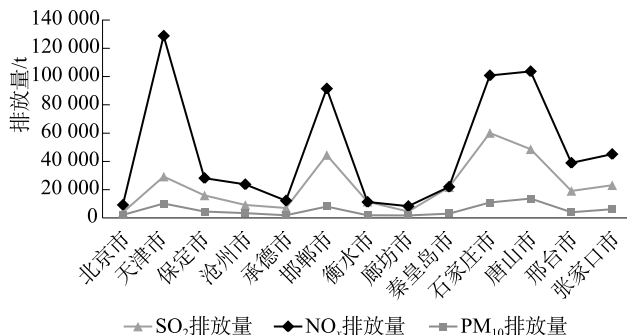


图1 2013年京津冀各市火电行业排放量

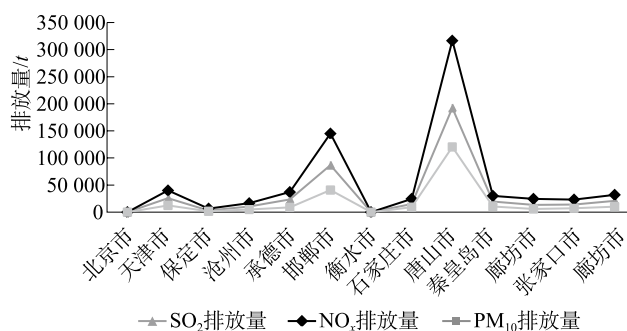


图2 2013年京津冀各市钢铁焦化行业排放量

51.97%)均居第一。SO₂及NO_x排放量其次为邯郸(占20.45%、20.83%)、天津(占6.09%、5.75%)、承德(占5.55%、5.32%)、廊坊、秦皇岛、石家庄、张家口、沧州、保定; 烟粉尘排放量其次为邯郸(占17.63%)、天津(占5.37%)、秦皇岛(占4.53%)、廊坊、石家庄、承德、张家口、邢台、沧州、保定。可知, 河北省的唐山、邯郸两市的减排空间很大。

本研究结果表明, 2013年京津冀火电、钢铁焦化行业共排放SO₂ 72.35万t、NO_x 131.99万t、PM₁₀ 30.36万t。

3 结论

(1) 2013年京津冀地区火电行业总装机台数为338台, 所涉及的单位为133家, 在北京、天津、河北三地均有分布; 2013年京津冀地区钢铁企业共107家、焦化企业80家, 共有焦炉设备105(炉组)套, 在唐山、邯郸、邢台三市分布较为密集。

(2) 2013年京津冀地区重点耗煤行业共排放SO₂ 72.35万t、NO_x 131.99万t、PM₁₀ 30.36万t。其中, 火电行业共排放SO₂ 29.84万t、NO_x 62.39万t、PM₁₀ 7.20万t, SO₂、NO_x、烟尘排放量分别以石家庄、天津、唐山市最高; 钢铁焦化行业共排放SO₂ 42.51万t、NO_x 69.61万t、PM₁₀ 23.16万t, SO₂、NO_x、烟尘排放量均以唐山市最高, 其次为邯郸、天津市。

(3) 通过2013年京津冀地区重点耗煤行业排放清单情况可知, 京津冀地区大气污染物排放地域分布不平衡, 唐山、天津、石家庄、邯郸四市重点耗煤行业在企业数

量和污染物排放量上均占前四位。

(4) 通过自下而上方式建立的高分辨率排放清单, 对于提高污染物排放量统计数据准确程度、分析重点污染物排放源和分析大气污染贡献分布具有较显著的作用, 对开展有针对性的污染物减排工作意义重大。

(5) 本研究建立的 2013 年京津冀地区重点耗煤行业排放清单, 可依据 2013 年后推行的一系列重点耗煤行业产业调整方案进行调整和更新, 是进一步开展空气质量模式模拟研究的重要数据基础。此外, 可作为研究依据, 通过减排情景模拟, 与 2014—2017 年实际空气质量情况进行对比, 评估京津冀区域减排政策和环境治理政策的实施情况与效果。

参考文献

- [1] 国家统计局, 74 个城市空气质量状况报告 [R]. 北京: 国家环境保护部, 2013.
- [2] 王跃思, 姚利, 刘子锐, 等. 京津冀大气霾污染及控制测率思考 [J]. 中国科学院院刊, 2013, 3:353.
- [3] 孙颖, 潘月鹏, 李杏茹, 等. 京津冀典型城市大气颗粒物化学成分同步观测研究 [J]. 环境科学, 2011, 32(09):2732-2740.
- [4] 王跃思, 姚利, 王莉莉, 等. 2013 年元月我国中东部地区强霾污染成因分析 [J]. 中国科学: 地球科学, 2014, 44(01):15-26.
- [5] 郑欢. 中国煤炭产量峰值与煤炭资源可持续利用问题研究 [D]. 西南财经大学, 2014:1-2.
- [6] 王世文. 中国煤炭消费、生产的现状与挑战 [J]. 经济问题, 2011, 11:38-41.
- [7] 国家统计局, 环境保护部. 2015 年中国统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2015:289.
- [8] 张保留, 洪洁, 罗宏, 等. 煤炭消费结构对中国大气污染的影响及对策研究 [J]. 中国煤炭, 2015, 07:9-14.
- [9] 张保留, 罗宏. 大气污染约束下的剩余煤炭消费预测 [J]. 中国煤炭, 2015, 04:16-20.
- [10] 周涛, 茹小龙. 北京雾霾天气成因及治理措施研究 [J]. 华北电力大学学报 (社会科学版), 2012, 02:12-16.
- [11] 赵辉, 郑有飞, 吴晓云, 等. 我国典型区域 PM_{2.5} 化学组分特征及来源解析. 科学技术与工程, 2014, 31:129-135.
- [12] 国家统计局, 环境保护部. 2013 年中国统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2013:316-317.
- [13] 国家统计局, 环境保护部. 2014 年中国统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2014:266-267.
- [14] 国家统计局, 环境保护部. 2015 年中国统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2015:294-295.
- [15] Hugo Denier van der Gon, Sean Beevers, Alessio D' Allura, et. al. Air Pollution Modeling and its Application XXI [M]. Springer Netherlands, 2011, 378:199-204.
- [16] 中国煤炭资源网, 京津冀首家燃煤电厂“近零排放” [J]. 煤炭经济研究, 2015, 11:86.
- [17] 国家煤炭工业网, 神华集团提出“清洁能源发展战略” [J]. 煤炭经济研究, 2015, 11:27.
- [18] 杨明, 谷红伟, 李晓伟, 等. 神华高炉喷吹煤煤质特征研究 [J]. 煤质技术, 2014, 04:42-44.
- [19] 韩力. 国有大型煤炭企业清洁能源战略研究——神华集团清洁能源战略研究 [J]. 中国高新技术企业, 2016, 10:83-85.
- [20] 马芳芳. 钢铁企业焦化工序节能减排技术方案研究 [D]. 吉林农业大学, 2015:9.
- [21] 姚玉凤, 张利峰. 焦炉集气管氨水喷洒无烟装煤的研究 [J]. 神华科技, 2016, 1:91-96.
- [22] 常春. 逆境不馁 自强有为——神华蒙西煤化股份有限公司焦化一厂安全稳产、降本增效纪略 [J]. 中国煤炭工艺, 2013, 12: 30-31.

Study on Beijing-Tianjin-Hebei Region Key Coal Consuming Industry Emission Inventory

CUI Liming^{1*}, ZHAO Chunli², ZHOU Chunyao³

(1. State Energy Investment Group Co., Ltd., Beijing 100011, China; 2. Appraisal Center for Environment & Engineering, Ministry of Ecology and Environment, Beijing 100012, China; 3. Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

Abstract: In this study, coal-fired power, steel, and coking were selected as the key coal consumption industry due to the coal consumption of industries in Beijing-Tianjin-Hebei (BTH) region. The bottom-up emission inventory of key coal consumption industry in BTH region in 2013 was built based on on-line monitoring data, site survey data, and the emission factor dataset. The emissions of various pollutants (SO₂, NO_x, PM₁₀) were quantized to evaluate the air pollution and provide valuable information for the emission reducing in BTH region. The results showed that the total emissions of coal-fired power, steel, and coking industry in BTH region were 723538.20 tons of SO₂, 1319927.43 tons of NO_x, 303587.94 tons of PM₁₀.

Keywords: Beijing-Tianjin-Hebei region; key coal consumption industry; emission inventory; air pollution