

火电行业废水排放绩效评估

竹涛¹,袁前程¹,金鑫睿¹,叶泽甫²,侯益铭³

(1. 中国矿业大学(北京)化学与环境工程学院,北京 100083;2. 山西格盟中英清洁能源研发中心有限公司,山西 太原 030031;

3. 格盟国际能源有限公司,山西 太原 030031)

摘要:近年来我国大力开展排污许可制度,火电行业作为国民支柱产业和用水大户,在制度实施过程中,水污染物未受到重视,火电废水相关统计数据不清,排放绩效模糊,导致其难以纳入排污权交易体系。自2008年我国火力发电逐渐进入成熟期后,各省市火电企业用水自成熟期来形成了明显区域性特征,为按照《控制污染物排放许可制实施方案》要求更好地开展排污许可制度,笔者根据地区水资源情况,选取具有代表性的省份(山东和广东)着重分析火电废水现状,依据2015年全国各省环境统计数据,梳理所选地区火电行业水污染因子特征,首先明确了火电企业相关用水指标,火力发电厂需大量冷却水来冷却机组,冷却方式的差异决定了火电厂冷却水量的不同,根据3个指标确定企业的冷却技术;其次确定了主要有2种排放去向;之后比较水污染因子的处理效率,选取了特征水污染因子;最后进行全国火电行业废水绩效评估,包括废水排放总量绩效核算及主要水污染因子排放绩效核算,各地区可根据绩效核算结果对自身在火电行业的水资源使用及排放方面的问题制定针对性政策,旨在为火电废水排污许可制度的实施提供基础支持。结果表明,火电企业以电力为产品,水资源为生产消耗品,排放总量控制应基于废水的排放绩效。废水排放绩效评估及区域性特征研究目的是探究电力与废水排放之间联系,得出与所在区域的水文条件、发电效率以及冷却方式有关,水资源缺乏地区废水处理水平低于水资源丰富地区,会导致不良用水情况加剧,可制定出对应的废水治理政策,在排污权交易与废水处理设备资金投入上寻找平衡点。总结现阶段排污权交易存在的阻碍:火电行业的水污染物不受重视,导致排放量统计不够准确,为政策制定带来困难;互联网实时监测平台未建立,无法实时监测火电企业排放水质水量,采取污染源头追查方法,督促不达标企业整改,考虑优先通过排污权交易来推动水污染物的减排。废水排放绩效显示各地区情况相差较大。考虑到流域是废水排放的主要去向,以流域划分为基础。政府机构向绩效较高企业提出总量削减要求,绩效较低企业给予排污权交易优惠政策。

关键词:火电行业;水污染物;排放绩效;排污许可制度

中图分类号:X322;F426

文献标志码:A

文章编号:1006-6772(2020)01-0213-08

Performance evaluation of waste water discharge in thermal power

ZHU Tao¹, YUAN Qiancheng¹, JIN Xinrui¹, YE Zefu², HOU Yiming³

(1. School of Chemical & Environmental Engineering, China University of Mining & Technology-Beijing, Beijing 100083, China; 2. Shanxi

Gemeng US-China Clean Energy R&D Center Co., Ltd., Taiyuan 030031, China; 3. Gemeng International Energy Co., Ltd., Taiyuan 030031, China)

Abstract: In recent years, the emission permit system is vigorously carried out in China. Thermal power industry, as a national pillar industry and a large water user, has not been paid much attention to water pollutants during the implementation of the system. The relevant statistical data of thermal power wastewater is unclear, and the discharge performance is vague, which makes it difficult to be included in the emission trading system. Since thermal power generation in China gradually entered the mature period in 2008, the water use for thermal

收稿日期:2019-08-15;责任编辑:白娅娜 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.19081501

基金项目:山西省科技重大专项资助项目(20181102017);中央引导地方科技发展专项资助项目(19943816G);中央高校基本科研业务专项基金资助项目(2009QH03)

作者简介:竹涛(1979—),男,山西临猗人,教授,博士生导师,研究方向为大气污染控制与固废资源化。E-mail: bamboozt@cumt.edu.cn

引用格式:竹涛,袁前程,金鑫睿,等.火电行业废水排放绩效评估[J].洁净煤技术,2020,26(1):213-220.

ZHU Tao, YUAN Qiancheng, JIN Xinrui, et al. Performance evaluation of waste water discharge in thermal power[J]. Clean Coal Technology, 2020, 26(1): 213-220.



移动阅读

power enterprises in various provinces and cities has formed the obvious regional features since the mature period. In order to better carry out discharge license system in accordance with the requirements of "control of pollutant discharge permit system implementation plan", based on the regional water resources situation, the typical provinces (Shandong and Guangdong) were chosen to emphatically analyze the present situation of coal waste water. According to the 2015 national provincial environmental statistics, the water pollution factor characteristics of the thermal power industry in selected region were sorted out. Firstly, the related water indicators of thermal power enterprises were defined. Thermal power plants need a large amount of cooling water to cool the unit. The difference in cooling methods determined the difference in cooling water amount of thermal power plants. The enterprise's cooling technology was determined according to the three indicators. Secondly, the two main types of discharge direction were determined. Finally, the treatment efficiency of water pollution factors was compared. The characteristic water pollution factors were selected. The performance evaluation of thermal power industry wastewater was carried out, including wastewater emissions performance calculation and main water pollution discharge performance factor calculation. Each region according to the performance calculation results of its own in the thermal power industry water use and emissions problems targeted policy, the implementation of the thermal power wastewater discharge permit system was dedicated to provide with basic support. The results show that the total emission control of thermal power enterprises should be based on the discharge performance of waste water. The purpose of the wastewater discharge performance evaluation and regional characteristic research is to explore the association between power and waste water discharge, and hydrological conditions of the region, generation efficiency and cooling method. The level of wastewater treatment in water shortage areas below is lower than that in water resource area, which can lead to the aggravation of bad water. The corresponding wastewater treatment policies can be formulated to find a balance point between the emissions trading and investment balance on wastewater treatment equipment. The obstacles existing in emission trading at the present stage are summarized. The water pollutants in thermal power industry are not taken seriously, resulting in inaccurate emission statistics, which brings difficulties to formulate policy; The Internet real-time monitoring platform has not been established, so the water quality and quantity discharged by thermal power enterprises cannot be monitored in real time. The pollution source tracking method is adopted to urge the non-conforming enterprises to rectify and give priority to promoting the emission reduction of water pollutants through emission right trading. The wastewater discharge performance shows that the situation varies greatly among different regions. Considering that the drainage basin is the main source of wastewater discharge, it is based on the drainage basin division. Government agencies put forward total reduction requirements to enterprises with higher performance, and enterprises with lower performance were given preferential policies on emission trading.

Key words: thermal power industry; water pollutants; emission performance; sewage permit system

0 引言

根据国办发《控制污染物排放许可制实施方案》要求,率先对火电、造纸行业企业核发排污许可证,2020年全国基本完成排污许可证核发,实现对所有固定污染源全覆盖。火电行业是我国国民支柱产业和用水大户,在火力发电占比高达70%的情况下,水作为重要资源,排放废水情况不容忽视^[1]。本文主要依据2015年全国各省环境统计数据进行分析,由于自2008年火电逐渐进入成熟期后,国家陆续出台政策控制火电发展规模,火电装机容量和废水排放情况趋于稳定,与2019年各地区的数据总体水平无显著差异,即采用2015年的数据获得的结论适用于2019年的情况。根据调查数据,与其他工业相比,火电行业的废水大致有以下特点:水质水量差异很大,污染成分以无机物为主,有机污染物主要是油,且间断性排水较多^[2]。

排污权交易制度作为一种以发挥市场机制作用为特点的新型环境经济政策,可有效控制环境污染,起到节省治理费用、保护环境质量的作用^[3],是我

国较早实施的环境保护制度,实施已有20余年,但自从2007年《水污染物排放许可证管理暂行办法》废止后一直未出台新的管理法规。从整体来看,无法有效保证点源的“连续达标排放”,形式过于简单。发达国家中的代表美国的水排污许可证制度发展至今,其覆盖范围和内容不断规范和细化,从控制水污染的角度看已经十分合理和成熟,与之相比我国排污许可证制度创新相对较缓慢,还存在较大差距。1990年迄今,国内学者对排污许可证制度的研究主要关于框架式,而目前围绕排污权交易讨论较多^[3]。但目前国内对排污许可证制度的地位和性质认识上仍存在较大局限,规范性研究不多,如普遍认为排污许可证制度是以总量控制为目标的污染物授权排放制度,鲜见对排污许可证制度内容框架规范、全面、系统的研究。

该制度在我国还存在许多亟待解决的问题:

① 相关立法不健全,缺乏完善的法律体系来保障排污权交易的实施;② 难以实现排污量和交易量的准确预测,因为我国对企业的排污检测还不到位,排污指标也没有完全建立起来,更没有建立起配套的监

测机制^[4];③ 实施困难很大,排污权的交易费用偏高,实施程序复杂,操作难度大^[5];④ 政府监管不力,监管指标量化不准确,造成企业随意排污;⑤ 地方保护主义严重,政府过多干预影响了排污权交易的公平、公正、公开进行。因此建立火电废水排污权交易市场困难重重。

为更好地开展排污许可制度,并基于火电行业的水污染物排放绩效进行排污权交易可行性研究,本文旨在探究我国火电行业水区域性及其水污染因子特征,梳理各地区火电废水排放绩效水平(废水排放绩效=废水排放量/火电发电量),各地区可根据绩效核算结果对自身在火电行业的水资源使用及排放方面的问题制定针对性政策,为其排污许可制度的进一步实施提供基础支持。

1 火电行业排污许可证核发与废水排放特征

1.1 排污许可证核发情况

根据全国排污许可管理信息平台数据,截至 2018 年 7 月,全国火电行业共发放 1 958 张(不包含自备电厂)排污许可证,其中包括 1 923 个火力发电企业(D4411),35 张热电联产企业(D4412)。范围是执行 GB 13223—2011《火电厂大气污染物排放标准》的火电机组所在企业,以及仅包括执行 GB 13223—2011 标准的设施且有自备电厂的企业。火电企业排污许可证空间分布数据见表 1。

表 1 火电企业排污许可证空间分布数据

Table 1 Spatial distribution data of pollutant discharge licenses of thermal power enterprises

省份	排污许可 核发数量	占全国 比例/%	省份	排污许可 核发数量	占全国 比例/%
西藏	0	0	湖北	50	2.55
海南	6	0.31	吉林	52	2.66
青海	7	0.36	陕西	64	3.27
北京	13	0.66	新疆	73	3.73
云南	15	0.77	辽宁	76	3.88
江西	19	0.97	安徽	81	4.14
天津	21	1.07	河北	83	4.24
四川	22	1.12	广东	86	4.39
上海	25	1.28	黑龙江	89	4.55
宁夏	26	1.33	河南	101	5.16
广西	26	1.33	山西	106	5.41
甘肃	27	1.38	内蒙古	116	5.92
福建	27	1.38	浙江	131	6.69
湖南	28	1.43	江苏	197	10.06
重庆	29	1.48	山东	329	16.80
贵州	33	1.69			

由表 1 可知,排污许可填报火电行业企业最多的省份为山东省,为 329 家,占全国发证企业个数的 16.80%。在已核发排污许可证的所有企业中,进行污水排放所执行的污水排放标准主要分为 3 种类型,其中执行《污水综合排放标准》的火电企业数量最多,达到 1 442 家,一定程度上反映了现阶段我国针对火电行业并没有针对性的行业废水排放标准。

1.2 火电行业区域性废水特征

目前我国火电行业发电技术已达到成熟阶段,各省市火电企业之间厂内水资源使用情况具有明显区域性特征,根据地区水资源情况(港澳台地区相关数据难以收集,故排除在本次调研之外)^[6],选择具有区域代表性的省份中部分火电厂,分析其废水现状。

本文选取山东(水资源缺乏地区)和广东(水资源丰富地区),后续将其他省份数据(数据来源于生态环境部的 2015 年全国各省市火电企业污染排放及处理利用情况表)与代表性区域进行对比分析,以期总结出火电行业排污许可制度中水资源控制管理的一般规律^[7]。

首先需明确火电企业相关用水指标,火力发电厂运行时,需大量冷却水来冷却机组,冷却方式的差异决定了火电厂冷却水量的不同,对于直流冷却系统,取水和排水之间的差异被视为耗水量^[8]。根据现有冷却水技术,使用 3 个指标确定企业的冷却技术,分别为:工业用水量 W_1 (吨),取水量 W_2 (吨),重复用水量 W_3 (吨)^[9]。根据不同情况进行分类:直流冷却, $W_1 = W_2$; 循环冷却, $W_3/W_1 > W_2/W_1$; 联合冷却, $W_3/W_1 < W_2/W_1$ ^[9]。排水去向类型:火电企业废水主要有 2 种排放去向,一是进入城市污水处理厂,二是直接进入江河湖、库等水环境,根据废水排放量可确定排放去向。最后比较水污染因子的处理效率(火电企业自我处理的污染物效率),本文选取的特征水污染因子为化学需氧量、氨氮、总氮、总磷,其计算公式为:(产生量-排放量)/产生量 $\times 100\%$ ^[10]。

1.2.1 水资源缺乏代表性地区水污染因子特征

华东地区(山东):山东省属于黄河流域、淮河流域、海河流域,水资源总量仅占全国的 1.09%,人均水资源占有量仅为全国平均水平的 14.9%,为世界人均占有量的 4%,位居全国各省(市、自治区)倒数第 3 位,远小于国际公认的维持一个地区经济社会发展所必需临界水资源值,属于严重缺水地区。2015 年环境统计数据完整的火电企业有 270 家,其中使用直流冷却的企业 27 家,占比 10%;循环冷却 98 家,占比 36.3%;联合冷却 145 家,占比 53.7%。

主要以联合冷却方式为主,直流冷却较少,但作为水资源缺乏的地区,必须进一步减少直流冷却技术的使用,向再循环和干式冷却技术发展,尽管再循环系统比单程冷却系统消耗更多的水,但火电厂冷却法规促进了冷却水从单程技术到其他类型的冷却技术的转变^[11]。根据山东近海的特点可通过提高发电效率或使用非淡水资源来减少热电厂的淡水消耗,对

于经济及设备的要求会更高。废水排入城市污水处理厂的79家,占比29.3%;直接进入江河湖、库等水环境的191家,占比70.7%。

本次调研中,通过筛选统计了发电机组规模相当火电企业的水污染因子处理效率,山东地区部分火电企业4种特征水污染因子的产生量与排放量如图1所示。

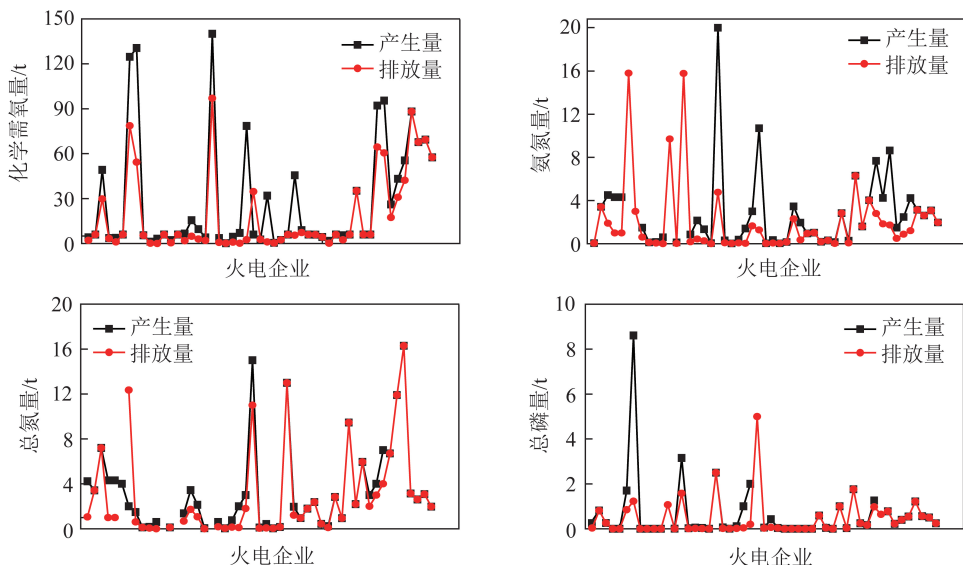


图1 山东地区部分火电企业特征水污染因子的产生量与排放量

Fig.1 Production and emission of characteristic water pollution factors of some thermal power enterprises in Shandong Province

由图1可知,山东地区火电企业废水产生及排放中化学需氧量占比最大,氨氮和总氮相差不大,总磷排放量最少。

计算水污染因子的处理效率,计算公式为:(产生量-排放量)/产生量×100%,结果如图2所示。化学需氧量地区平均处理效率为49%,氨氮地区平均处理效率为52.4%,总氮地区平均处理效率为37.8%,总磷地区平均处理效率为34%。其中废水直接排入环境的比例较大,故导致处理效率计算结果接近0,即该火电企业在自行废水处理设备上无投入或投入较少。需对直排的废水加强监测,各水污染物处理效率总体水平不高,最高化学需氧量处理效率不到50%,应加大废水治理设施运行费用投入,改进废水处理技术^[12]。

1.2.2 水资源丰富代表性地区水污染因子特征

华南地区(广东):广东水资源丰富,年降水总量和河川径流总量位于全国前列,可供开采的人均水资源占有量远高于中国平均水平,2015年环境统计数据完整的火电企业共有74家,其中使用直流冷却的企业17家,占比23%;循环冷却26家,占比35.1%;联合冷却31家,占比41.9%。可以看出,水资源更加丰富的广东省使用直流冷却技术的企业占

比更大,大部分企业采用联合冷却的方式,冷却水技术水平较高,其水资源时空分布不均的特点可推动水污染物排污权交易的实施,广东省是适合全国进行试点建立水污染物排污权交易地区。废水排入城市污水处理厂的14家,占比18.9%;直接进入江河湖、库等水环境的60家,占比81.1%。广东地区部分火电企业4种主要水污染因子的产生量与排放量如图3所示。

由图3可知,广东地区火电企业废水排放中量化学需氧量最大,氨氮和总氮排放量基本相同,推测检测过程中,氨氮与总氮使用同一个检测指标。水污染因子的处理效率计算公式为:(产生量-排放量)/产生量×100%,结果如图4所示。

由图4可知,化学需氧量地区平均处理效率为43.4%,氨氮地区平均处理效率为53.9%,总氮地区平均处理效率为53.5%,总磷地区平均处理效率为64.2%。大部分火电企业的4种水污染因子处理效率趋势相同。广东省各水污染物处理效率总体水平相比山东省较好,氨氮、总氮、总磷处理效率均达到50%以上,推测是由于废水治理资金大量投入,提高了水污染因子的处理效率,但还需减少直接排入自然环境的废水量。

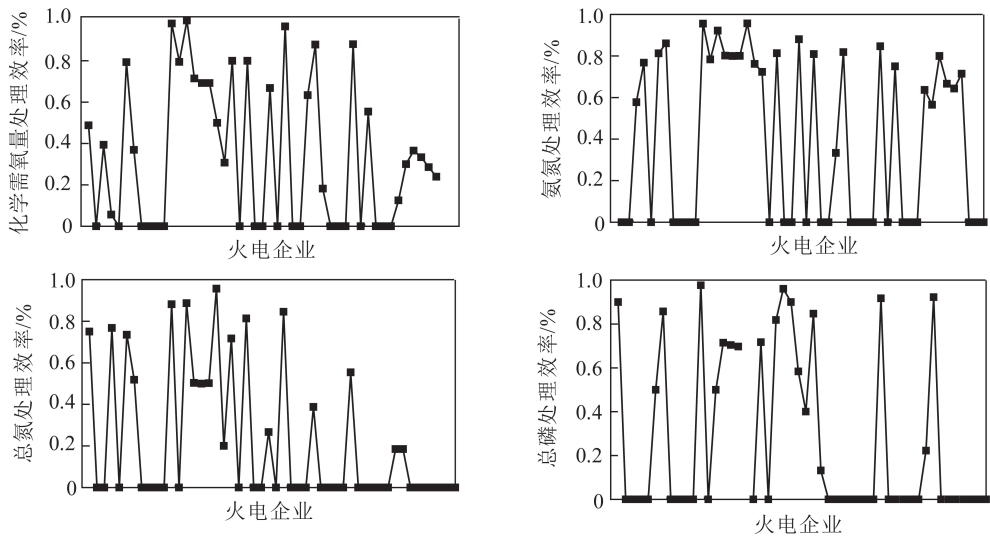


图 2 山东地区部分火电企业特征水污染因子的处理效率

Fig.2 Treatment efficiency of characteristic water pollution factors of some thermal power enterprises in Shandong Province

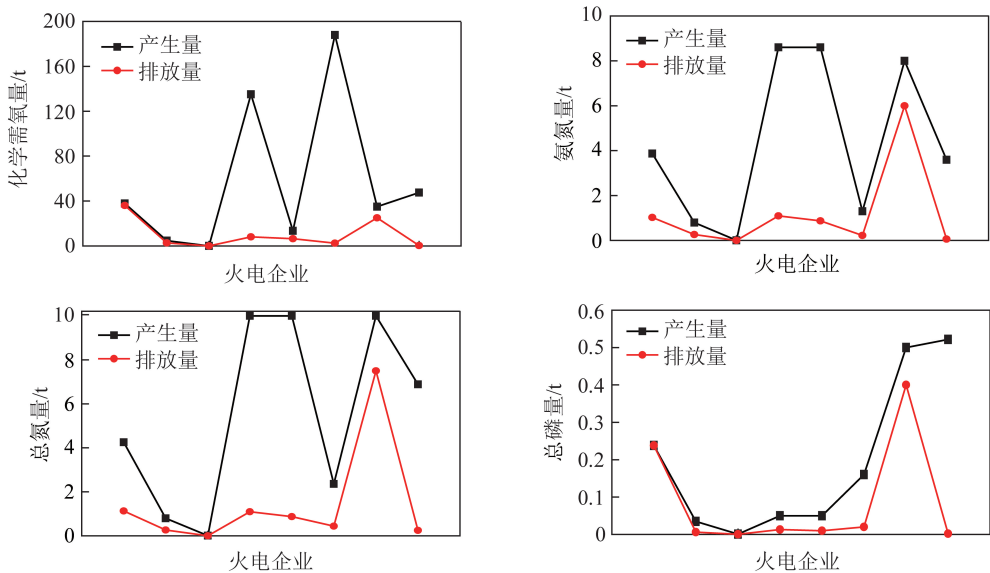


图 3 广东地区部分火电企业主要水污染因子的产生量与排放量

Fig.3 Production and emission of major water pollution factors of some thermal power enterprises in Guangdong Province

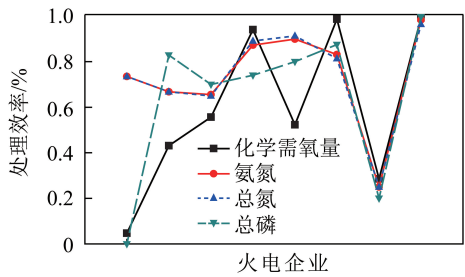


图 4 广东地区部分火电企业主要水污染因子的处理效率

Fig.4 Treatment efficiency of main water pollution factors of some thermal power enterprises in Guangdong Province

2 全国火电行业废水绩效评估

2.1 废水排放总量绩效核算

2015 年全国各省环境数据 displays, 火电废水排放

量与废水排放总量趋势大致相同^[13], 具体见表 2。其中火电废水占比最高接近地区废水排放总量的 20%。

表 2 结合各省发电量数据, 对全国火电行业废水排放量与发电量进行绩效核算, 核算结果见表 3。核算公式为: 废水排放绩效 (t/万 kWh) = 火电废水排放量/火电发电量。全国平均水平为 13.49 t/万 kWh, 最小值为贵州 0.47 t/万 kWh, 最大值为西藏 189.37 t/万 kWh。从全国角度看, 平均值处在一个较合理的水平, 废水排放绩效各省差异较大, 造成差异的原因包括冷却水技术、所在地区的水资源状况、经济投入情况等, 后续将总结影响废水排放绩效水平的因素, 根据地区差异提出切实可行的措施建议, 为火电废水排污权交易市场的建立提供

理论基础。

表 2 全国各省火电行业废水排放量(包含自备电厂)

Table 2 Wastewater discharge from thermal power industry in all provinces of the country (including self-supplied power plants)			
省份	火电废水排放量/ 10^4t	直接排入环境废水量/ 10^4t	排入污水厂废水量/ 10^4t
北京	924.27	333.49	590.78
天津	3 802.80	396.79	3 406.02
河北	6 746.43	3 497.82	3 248.61
山西	4 076.65	2 046.03	2 030.62
内蒙古	11 096.19	4 776.94	6 319.25
辽宁	27 859.37	26 307.83	1 551.54
吉林	12 924.12	12 446.99	477.13
黑龙江	6 427.74	5 399.45	1 028.29
上海	13 278.63	12 600.53	678.10
江苏	37 983.25	32 698.47	5 284.78
浙江	10 613.83	7 433.61	3 180.22
安徽	12 346.83	11 853.13	493.70
福建	40 664.60	40 520.23	144.38
江西	20 987.22	20 652.43	334.80
山东	42 732.59	27 357.38	15 375.21
河南	14 364.55	12 151.91	2 212.64
湖北	15 956.33	15 174.71	781.62
湖南	20 053.90	19 156.89	897.01
广东	24 883.21	23 762.65	1 120.57
广西	13 125.70	12 694.13	431.58
海南	2 993.68	2 982.93	10.75
重庆	7 421.93	7 421.93	—
四川	7 596.65	7 550.59	46.06
贵州	464.98	464.98	—
云南	13 348.33	13 134.20	214.12
西藏	282.17	282.17	—
陕西	3 451.36	1 238.67	2 212.69
甘肃	2 663.54	2 466.25	197.29
青海	3 381.95	3 381.95	—
宁夏	3 822.31	3 150.91	671.40
新疆	11 581.77	7 903.10	3 678.67
全国	397 856.92	341 239.11	56 617.81

2.2 主要水污染因子排放绩效核算

对 2015 年全国环境统计数据中化学需氧量及氨氮实际排放浓度进行样本分析,根据全国各省及自治区火电行业企业数量不同,相应抽取一定数量样本,得出全国火电第二类水污染分因子实际排放浓度。

表 3 全国各省火电废水绩效水平

Table 3 Performance levels of thermal power wastewater in all provinces of China			
省份	废水绩效 /($\text{t} \cdot \text{万 kWh}^{-1}$)	省份	废水绩效 /($\text{t} \cdot \text{万 kWh}^{-1}$)
西藏	189.37	湖北	16.58
海南	12.77	吉林	22.54
青海	27.72	陕西	2.38
北京	2.25	新疆	5.62
云南	50.09	辽宁	20.58
江西	26.89	安徽	6.30
天津	6.19	河北	2.97
四川	17.18	广东	8.57
上海	16.91	黑龙江	8.34
宁夏	3.76	河南	5.79
广西	25.43	山西	1.76
甘肃	3.71	内蒙古	3.24
福建	37.61	浙江	4.78
湖南	28.71	江苏	9.37
重庆	16.84	山东	9.49
贵州	0.47	全国	13.49

通过计算得出 2015 年全国各省火电废水排放绩效,结合第二类水污染因子实际排放浓度可计算得出相应的水污染物排放绩效,计算结果见表 4,计算公式如下:

$$Y_{\text{COD}} = Y C_{\text{COD}}$$

$$Y_{\text{NH}_3\text{-N}} = Y C_{\text{NH}_3\text{-N}}$$

$$Y_{\text{TN}} = Y C_{\text{TN}}$$

$$Y_{\text{TP}} = Y C_{\text{TP}}$$

式中, Y_{COD} 为化学需氧量实际排放绩效; Y 为火电废水排放绩效; C_{COD} 为化学需氧量实际排放浓度; $Y_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 为氨氮实际排放绩效; $C_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 为氨氮实际排放浓度; Y_{TN} 为总氮实际排放绩效; C_{TN} 为总氮实际排放浓度; Y_{TP} 为总磷实际排放绩效; C_{TP} 为总磷实际排放浓度。

由表 4 可知,现阶段全国火电行业废水中的污染因子排放情况有明显的地域性差异,由所在区域的水文条件、发电效率以及冷却方式决定,所以在废水排放上提升管理水平,因地制宜地制定对应的政策,提高发电效率,使用合适的冷却方式,使火力发电厂减少淡水消耗。如沿海地区可使用非淡水如盐水、微咸水和再生水,内陆地区可出台限制使用直流冷却技术的法规,冷却技术逐渐转向再循环技术^[14]。干式冷却也可以替代传统的冷却技术,但可能存在经济和操作问题。

表 4 2015 年全国火电行业第二类水污染因子排放绩效
Table 4 Performance of the second type of water pollution factor emissions in the national thermal power industry in 2015

地区	$Y_{\text{COD}}/(\text{g} \cdot \text{万 kWh}^{-1})$	$Y_{\text{NH}_3\text{-N}}/(\text{g} \cdot \text{万 kWh}^{-1})$	$Y_{\text{TN}}/(\text{g} \cdot \text{万 kWh}^{-1})$	$Y_{\text{TP}}/(\text{g} \cdot \text{万 kWh}^{-1})$
北京	85.52	3.465 0	3.465 0	2.025 0
天津	1 056.20	95.449 8	185.514 3	6.375 7
河北	436.09	59.934 6	76.150 8	1.455 3
山西	307.03	32.876 8	44.950 4	0.193 6
内蒙古	787.81	128.498 4	142.948 8	6.577 2
辽宁	1 728.93	366.529 8	305.818 8	1.029 0
吉林	2 137.24	278.819 8	296.626 4	5.635 0
黑龙江	2 081.66	251.784 6	2 056.560 6	48.705 6
上海	588.13	86.071 9	174.680 3	9.807 8
江苏	1 010.93	73.367 1	125.558 0	5.059 8
浙江	654.19	33.985 8	49.425 2	1.099 4
安徽	604.42	75.978 0	336.546 0	0.504 0
福建	4 207.43	244.465 0	261.765 6	13.163 5
江西	3 606.76	386.140 4	375.384 4	251.152 6
山东	555.07	42.515 2	149.372 6	4.650 1
河南	618.95	45.219 9	74.575 2	2.373 9
湖北	1 619.20	223.830 0	242.068 0	12.932 4
湖南	3 715.65	546.064 2	434.095 2	12.345 3
广东	1 550.74	74.473 3	80.729 4	1.028 4
广西	12 260.82	386.790 3	507.582 8	16.020 9
海南	1 537.51	141.236 2	177.375 3	6.001 9
重庆	2 362.48	133.372 8	196.859 6	1.347 2
四川	3 244.61	260.448 8	418.161 2	9.964 4
贵州	52.78	6.330 9	6.899 6	0.075 2
云南	8 601.96	520.435 1	2 407.325 4	7.012 6
西藏	19 354.64	—	—	—
陕西	249.33	31.892 0	39.103 4	0.809 2
甘肃	238.63	25.673 2	45.670 1	2.300 2
青海	4 068.19	390.297 6	606.513 6	35.204 4
宁夏	1 060.55	245.941 6	194.542 4	0.564 0
新疆	2 116.27	65.641 6	254.417 4	4.215 0

电力作为火电企业的主要产品,在生产过程中大量水资源的使用和排放不可避免,因此探究发电量与废水及主要水污染物的关系,可为其排污许可制度的实施提供支持。本文根据收集整理的全国火电废水排放量和水污染物(第二类水污染因子)排放浓度数据,结合各地区发电量进行绩效核算,各地区可根据绩效核算结果对自身在火电行业的水资源使用及排放方面的问题制定针对性政策。

3 结语与展望

任何生产活动或消费活动中都不可能实现“零污染”,允许一定量的污水排放合情合理^[15]。火电企业以电力为产品,水资源为生产消耗品,排放总量控制应基于废水的排放绩效。

1)废水排放绩效评估及区域性特征研究目的是探究电力与废水排放之间联系。得出与所在区域的水文条件、发电效率以及冷却方式有关,水资源缺乏地区废水处理水平低于水资源丰富地区,会导致不良用水情况加剧,可制定出对应的废水治理政策,在排污权交易与废水处理设备资金投入上寻找平衡点。

2)总结现阶段排污权交易存在的阻碍:①火电行业的水污染物不受重视,导致排放量统计不够准确,为政策制定带来困难;②互联网实时监测平台未建立,无法实时监测火电企业排放水质水量,采取污染源头追查方法,督促不达标企业整改,考虑优先通过排污权交易来推动水污染物的减排^[16]。

3)废水排放绩效显示各地区情况相差较大,全国平均水平为 13.49 t/万 kWh,最小值为贵州 0.47 t/万 kWh,最大值为西藏 189.37 t/万 kWh。考虑到流域是废水排放的主要去向,以流域划分为基础,将各企业划分至相应流域,通过核算流域环境容量来控制企业的废水排放总量,针对其流域中火电企业的用水全过程污染物排放限制的规定,确定排污权交易的空间。政府机构向绩效较高企业提出总量削减要求,绩效较低企业给予排污权交易优惠政策,使行业内形成自主性节能减排状态,构建排污权交易市场良性框架^[17]。

参考文献(References):

[1] 朱希伟,沈璐敏,吴意云,等.产能过剩异质性的形成机理[J].中国工业经济,2017(8):45-63.
ZHU Xiwei, SHEN Yimin, WU Yiyun, et al. Formation mechanism of overcapacity in overcapacity[J]. China Industrial Economy, 2017 (8): 45-63.

[2] 崔建升,屈加豹,伯鑫,等.基于在线监测的 2015 年中国火电排放清单[J].中国环境科学,2018,38(6):2062-2074.
CUI Jiansheng, QU Jiabao, BO Xin, et al. 2015 China thermal power emission inventory based on online monitoring [J]. China Environmental Science, 2018, 38(6): 2062-2074.

[3] 周君薇,刘明.美国大气排污许可证管理制度对中国的启示环境[J].科学与管理,2019,44(1):1-4.
ZHOU Junwei, LIU Ming. Enlightenment of U.S. air quality permit system to China [J]. Environmental Science and Management, 2019, 44(1): 1-4.

- [4] 范丹,王维国,梁佩凤.中国碳排放交易权机制的政策效果分析——基于双重差分模型的估计[J].中国环境科学,2017,37(6):2383-2392.
FAN Dan, WANG Weiguo, LIANG Peifeng. Analysis of the policy effect of China's carbon emission trading rights mechanism: Estimation based on double difference model[J]. China Environmental Science, 2017, 37(6): 2383-2392.
- [5] 金帅,徐伦,盛昭瀚.产品异质条件下排污权交易市场支配力对系统均衡的影响研究[J].中国管理科学,2018,26(3):139-151.
JIN Shuai, XU Lun, SHENG Zhaowei. Research on the influence of market power of emission trading market on system equilibrium under product heterogeneity[J]. Chinese Management Science, 2018, 26(3): 139-151.
- [6] 高桂林,焦跃辉.排污权交易在我国的实施[C]//水污染防治立法和循环经济立法研究:2005年全国环境资源法学研讨会论文集(第3册).北京:中国环境科学出版社,2005.
GAO Guilin, JIAO Yuehui. Implementation of emissions trading in China[C]//Water Pollution Prevention Legislation and Circular Economy Legislation Research: 2005 National Environmental Resources Law Symposium Proceedings (Volume 3). Beijing: China Environmental Science Press, 2005.
- [7] 伍小林.我国火力发电厂空气冷却技术的发展现状[J].国际电力,2005,9(1):15-18.
WU Xiaolin. Development status of air cooling technology in thermal power plants in China[J]. International Electric Power, 2005, 9(1): 15-18.
- [8] 鲁雪燕,关民普,马南.火电行业排污许可证申请与核发技术要点分析[J].资源节约与环保,2018(6):41-43.
LU Xueyan, GUAN Minpu, MA Nan. Analysis of the application and technical issues of pollutant discharge permit in thermal power industry[J]. Resource Conservation and Environmental Protection, 2018(6): 41-43.
- [9] 刘辉,任义明,徐晓辉,等.火电厂水资源综合利用经验介绍[C]//中国科协年会.北京:中国科学技术协会,2006.
LIU Hui, REN Yiming, XU Xiaohui, et al. Introduction to the comprehensive utilization of water resources in thermal power plants[C]//China Association for Science and Technology Annual Meeting. Beijing: China Association for Science and Technology, 2006.
- [10] 苏振峰.火力发电厂循环冷却水系统的水质控制及腐蚀防护[D].青岛:中国海洋大学,2006.
SU Zhenfeng. Water quality control and corrosion protection of circulating cooling water system in thermal power plants[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2006.
- [11] 彭燕.试论水质化学需氧量与总氮、总磷之间的相互关系[J].创新科技,2014(14):95.
PENG Yan. Discussion on the relationship between chemical oxygen demand and total nitrogen and total phosphorus in water[J]. Innovative Technique, 2014(14): 95.
- [12] VANROLLEGHEM P A, LEE D S. On-line monitoring equipment for wastewater treatment processes: state of the art[J]. Water Science and Technology, 2003, 47(2): 1-34.
- [13] Arora R, Chawla R, Marwah R, et al. Medical radiation countermeasures for nuclear and radiological emergencies: Current status and future perspectives[J]. Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences, 2010, 2(3): 202-212.
- [14] JIANCHENG K, GUODONG Y, GUODONG W. Perennial trends of wastewater discharge and pollutant content in rivers of Shanghai[C]//International Conference on Environmental Science and Development. Barcelona: [s.n.], 2011.
- [15] LEE U, HAN J, ELGOWAINY A, et al. Regional water consumption for hydro and thermal electricity generation in the United States[J]. Applied Energy, 2018, 210(15): 661-672.
- [16] MING Z, ZHENGBO Y, LIUKUN Z, et al. The extraction method of the energy consumption characteristics based on fuzzy rough set[J]. AASRI Procedia, 2012, 1: 142-149.
- [17] MAZMANIAN D A, JUREWITZ J, NELSON H. California's climate change policy: The case of a sub-national state actor tackling a global challenge[J]. Social Science Electronic Publishing, 2008, 17(4): 401-423.
- [18] 王树强,庞晶.排污权跨区域交易对绿色经济的影响研究[J].生态经济,2019,35(2):178-183,200.
WANG Shuqiang, PANG Jing. Research on the impact of inter-regional transaction of emission permits on green economy[J]. Ecological Economy, 2019, 35(2): 178-183, 200.