

上海市火电行业 NO_x 排污费征收标准及情景分析

朱 环*, 汤庆合 (上海市环境科学研究院, 上海 200233)

摘要: 基于火电行业典型样本的脱硝成本,以调整排污征收标准使得企业得到相对收入,即未脱硝排污费大于脱硝后总支出为判别标准,得出 NO_x 排污征收标准最低值应为 1.2 元/0.95kg,最终需达到 4.0 元/0.95kg 以上,当征收标准为 1.2~10.0 元/0.95kg 时脱硝总支出占单位电量收入为 0.5%~5.0%。根据情景分析,“十二五”征收标准为 1.2 元/0.95kg 时 5a 总排污费达 3.4~4.4 亿元,如作为推动企业脱硝建设补贴资金来源,则可补贴额度为 23~30 元/kW,占实际建设支出的 23.1%~30.6%,单位电量总支出占单位电量收入比例为 1.5%~1.6%。“十三五”NO_x 排污征收标准调整为 2.4 元/0.95kg 时 5a 总排污费为 2.9~4.4 亿元,可作为 NO_x 超量削减奖励资金,发挥经济杠杆作用,挖掘脱硝设施减排潜力。

关键词: 氮氧化物; 排污费征收标准; 情景分析; 上海

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6923(2011)05-0871-05

Disposing NO_x charge standard and charge scenario analysis in Shanghai. ZHU Huan*, TANG Qing-he(Shanghai Academy Environmental Sciences, Shanghai 200233, China). *China Environmental Science*, 2011,31(5): 871~875

Abstract: Based on the cost of denitration in thermal power to study the charge standard for disposing NO_x, the measure standard was that ex-denitration was larger than the total expand by denitration. The outcome was that disposing NO_x charge standards imposed the minimum value should be 1.2 RMB/0.95kg, at the end should reach 4.0 RMB/0.95kg or more. The total expand to income unit of electricity was 0.5%~5.0% when the the charge standard was 1.2~10.0 RMB/0.95kg. Therefore, scenario analysis showed that, if the charge standard was raised to 1.2 RMB/0.95kg in the twelfth five year plan, the total sewage charges will be 3.4~4.4 billion. If the sewage charges could be the denitration subsidies, the highest subsidies was 23~30 RMB/0.95kg, and the maximum grant amount of actual expenditures accounted for 23.1%~30.6%. Total expenditure unit of electricity consumption-income ratio was 1.5%~1.6%. The sewage charge was about 2.9~4.4 billion when disposing NO_x charge standards imposed adjusted to 2.4 RMB/0.95kg in the thirteen five year plan. The sewage charge could be the incentive funds to the excess NO_x reduction, in order to play the role of economic levers, and tap the potential of NO_x emission reduction facilities.

Key words: NO_x; emission charge standard; scenario analysis; Shanghai

“十二五”国家环境保护将延续并强化污染物总量控制,NO_x 也将纳入总量控制。目前上海市大气 SO₂ 年均值逐年下降,但酸雨频率却从 2005 年的 40%升至 2009 年的 75%,降雨 pH 值从 4.93 降至 4.66^[1],酸雨类型逐渐转变为硫酸型和硝酸型并重^[2],削减 NO_x 排放量成了当务之急^[3-7]。

现有研究多集中于建立区域总量控制模型方面^[8-9],有基于筹集资金的费用分摊法、基于污染补偿的损失费用法、以经验为基础的迭代法和污染边际处理成本法。分摊法不利于刺激区域污染物削减;损失费用法中环境损失和环境容量租金价值^[10-11]目前难以计算;迭代法存在严重滞后性^[12-13];污染边际处理成本法需大量实际数据函

数求解^[12-13],而目前上海火电厂仅有 2 家正常运行脱硝设施。且现有研究主要从污染物排放总量控制,资金筹措,社会福利等角度来制定排污收费标准,认为企业控制污染只会增加成本而不能增加收入,较少从利用经济刺激提高企业脱硝积极性角度进行研究。

同时,上海市 NO_x 减排思路是提高排污征收标准,形成“推力”;对火电厂脱硝建设补贴和超量

收稿日期: 2010-09-10

基金项目: 上海市自然科学基金资助项目(08ZR1416400,11ZR1430800); 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室开放研究基金资助(2010490711)

* 责任作者, 工程师, zhuh@saes.sh.cn

削减奖励形成“拉力”,促使脱硝能够早建设早运行,最大限度的挖掘减排潜力.在此具体背景下,排污收费的目的是以刺激企业建设脱硝设施削减污染物为主,筹集资金为辅.因此,本文综合文献中各脱硝技术典型边际成本及上海市 2 家火电厂实际运行数据,以单位电量未脱硝排污费大于脱硝后总支出(脱硝成本和排污费),即企业脱硝获得相对收入为准则,计算各脱硝技术最低征收标准,作为火电行业排污费征收标准调整参考值,对经济影响进行分析.通过情景分析得到 2011~2020 年火电行业排污费,“十二五”期间作为火电厂脱硝补贴资金来源测算可补贴金额和占实际工程费用的比例;“十三五”则作为超量削减奖励资金,为上海市制定相关政策提供参考.

1 研究方法

1.1 基于脱硝成本的相对收入分析方法

理论上排污征收标准要高于污染边际处理费用,且污染边际处理费用会随着污染削减量增加而上升,因此,需找出所有治污单位污染边际处理费用函数,并明确污染削减量分配方法,现阶段是不现实的.排污收费根本目的是利用经济刺激机制来削减污染,征收标准太低,形成不了经济刺激;征收标准太高,企业承担压力太大,不利于社会经济发展.因此必须从企业角度出发,寻找经济刺激点.如企业未脱硝缴纳的排污费大于脱硝后总支出(脱硝成本和排污费),如图 1,在收费标准为 S_1 时,企业可获得 $T_1 - T_2$ 的相对收入,即 $S > S_0$ 就可以对企业形成经济刺激.(其中, S_0 为未脱硝排污费与脱硝后排污费相等时的排污收费标准, T_1 和 T_2 分别为收费标准为 S_1 时的未脱硝排污费和脱硝后总支出).

通过文献中[14~17]主要脱硝技术典型样本边际处理费用,计算不同征收标准下企业是否得到相对收入,以及企业得到的相对收入占未脱硝排污费的比例,并分析单位电量脱硝总支出占单位电量收入的比例,为制定征收标准提供参考.公式如下:

$$P_{\text{NO}_x} = F \cdot C / 1000 \quad (1)$$

$$D_{\text{NO}_x} = P_{\text{NO}_x} \cdot (1 - \beta) \quad (2)$$

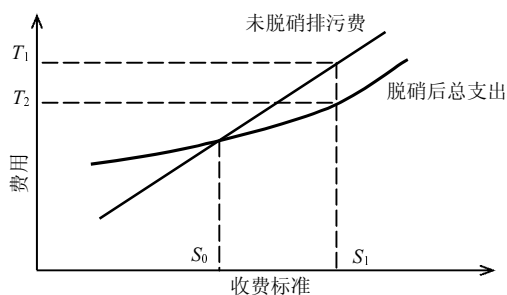


图1 基于脱硝成本的相对收入分析方法

Fig.1 The analysis method of the relative income based on denitrification cost

$$W_{\text{ex}} = P_{\text{NO}_x} \cdot S \quad (3)$$

$$W_{\text{de}} = D_{\text{NO}_x} \cdot S \quad (4)$$

$$\text{TE} = E_{\text{per}} + W_{\text{de}} \quad (5)$$

$$P = (W_{\text{ex}} - \text{TE}) / W_{\text{ex}} \cdot 100\% \quad (6)$$

$$I = \text{TE} / (\alpha \cdot M / 1000) \times 100\% \quad (7)$$

S 取值判别标准为 $W_{\text{ex}} > \text{TE}$. P_{NO_x} [g/(kW·h)] 为单位电量 NO_x 产生量; D_{NO_x} [g/(kW·h)] 为单位电量脱硝后 NO_x 排放量; W_{ex} [10^{-3} 元/(kW·h)] 为单位电量脱硝前排污费; W_{ed} [10^{-3} 元/(kW·h)] 为单位电量脱硝后排污费; TE [10^{-3} 元/(kW·h)] 单位电量脱硝总支出; E_{per} [10^{-3} 元/(kW·h)] 为单位电量脱硝费用; F (kg/t) 为火电厂 NO_x 排放因子; C [g/(kW·h)] 为上海市平均供电煤耗量; S (元/0.95kg) 为 NO_x 排污费征收标准; β (%) 为脱硝率; P (%) 为企业脱硝后单位电量相对收入占 W_{ex} 的百分数; I (%) 为经济影响评价指标; α 为上网系数; M [元/(kW·h)] 为上网电价.

1.2 参数选取

上海市平均供电煤耗量(C):据中国电力企业联合会数据,为 326g/(kW·h).上网系数(α):根据经验值取 0.95.上网电价(M):根据火电上网电价调整公告,为 0.4679 元/(kW·h). NO_x 排放因子(F):综合文献调研数据,为 8.1kg/tce^[18-21]. NO_x 排污征收标准(S):设定取值范围为 0.6~10 元/0.95kg.脱硝率(β)与单位电量脱硝费用(E_{per}):综合文献和调研数据,如表 1.

1.3 情景设计

情景分析以 2010 年为基础,预测时段为 2011~2020 年.设计 2 个发展情景([MILD],

[HAWK])以及 3 个控制方案([0],[1],[2])。

表 1 脱硝率(β)与单位电量脱硝费用(E_{per})^[14-17]
Table 1 Denitration rate (β) and the cost of denitration per electric quantity (E_{per})

序号	脱硝技术	容量 (MW)	β (%)	E_{per} [10 ⁻³ 元/(kW·h)]
1	选择性催化还原法 (SCR ₁)	600	65	2.257
2			70	2.379
3			75	2.531
4			80	2.702
5			85	2.884
6	选择性催化还原法 (SCR ₂)	600	85	8.558 [*]
7	选择性催化还原法 (SCR ₃)	600	80	10.90
8	空气分级燃烧技术	600	30	2.185 [*]
9	煤粉再燃脱硝技术	600	50	3.944 [*]
10	选择性非催化还原法 (SNCR)	600	40	4.314 [*]
11	高级再燃技术 (AR)	600	70	6.794 [*]
12	空分+SNCR	600	60	4.794 [*]
13	空分+SCR	600	90	9.886 [*]

注:*原文中SCR₁的脱硝费用含排污费,减去后得到本文中的脱硝费用;**原文中标*的数据为运行费用,按约占年费用的71%换算为年费用^[15]***SCR₃为上海市2家火电厂调研数据平均值

2000~2009 年,上海市 GDP 平均增速达 11.5%,火力发电增长率达 5.2%^[22]。根据上海市“十二五”规划,GDP 年均增长率将放缓至 8%,2011 年底将关闭 30 万 kW 以下机组,新建机组均同步安装脱硝设备。因此,[MILD]设定为 GDP 年增长率为 8%,火力发电年增长率同比下降为 3.6%;[HAWK]设定为 GDP 增长率为 8%,通过大力实施节能降耗措施和发展清洁能源,火力发电不再增长.[0]方案为火电厂不脱硝.[1]方案在 2015 年完成所有已建火电厂脱硝改造,“十二五”脱硝改造后综合脱硝率达到 60%;“十三五”综合脱硝率达到 80%,每年综合脱硝率提高比例相同.[2]方案在 2013 年完成所有已建火电厂脱硝改造,“十二五”脱硝改造后综合脱硝率达到 60%;“十三五”综合脱硝率达到 90%,每年综合脱硝率提高比例相同。

同时,考虑现行 NO_x 排污收费标准仅为 0.6 元/0.95kg,以及社会经济发展状况和企业承受度,在“十二五”调整排污征收标准为计算得到的最低限值 1.2 元/0.95kg,“十三五”再提高一倍,达到 2.4 元/0.95kg。

2 结果与讨论

2.1 排污费征收标准参考区间

由表 2 可见,不同脱硝技术满足 $W_{\text{ex}} > TE$ 的 S 区间为 1.2~4.0 元/0.95kg, $S > 4.0$ 元/0.95kg 时各脱硝技术均满足 $W_{\text{ex}} > TE$,企业从脱硝中得到相对收入。现行 NO_x 排污征收标准仅为 0.6 元/0.95kg,低于企业可获得相对收入的最低值,因此,NO_x 排污征收标准最低值应调整为 1.2 元/0.95kg,最终需逐步达到 4.0 元/0.95kg 以上。

表 2 不同脱硝技术达到 $W_{\text{ex}} > TE$ 的 S
Table 2 The S of different denitration technologies to get to $W_{\text{ex}} > TE$

S (元/0.95kg)	脱硝技术
>1.2	SCR ₁
>2.5	空气分级
>3	煤粉再燃、空分+SNCR
>3.5	AR
>4	SCR ₂ 、SCR ₃ 、SNCR、空分+SCR

由图 2 可见,在不同 S 值下,企业可选择满足 $P > 0$ 的技术来获得相对收入,即不同 S 值能够推动企业采用不同脱硝技术。同一技术脱硝率越高, P 就越大,得到的相对收入比例就越多;随着 S 提高, P 也升高,对推动企业削减 NO_x 的力度也就越大,但当排污标准提高到一定程度后,再提高收费标准,企业可获得的相对收入比例增加趋缓。

由图 2 还可见,SCR₁ 和 SCR₃ 分别在 $S > 1.2$ 元/0.95kg 和 4.0 元/0.95kg 时满足 $W_{\text{ex}} > TE$,表明同一技术在实际运行中由于建设质量和运营水平的差距,经济刺激点是在一定范围内波动的, S 值差距可达 3.3 倍。提高排污收费标准,可促进企业提高脱硝技术水平,降低单位电量脱硝费用和提高脱硝率来获得更多的相对收入。

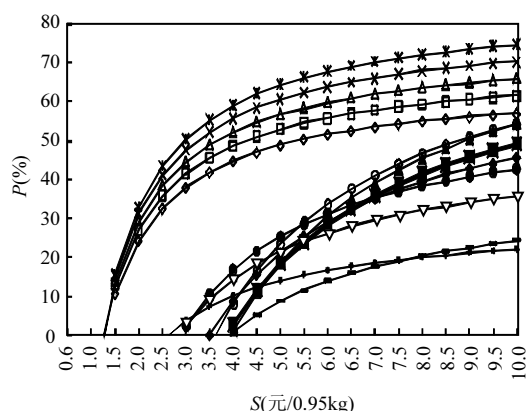


图2 不同征收标准下各脱硝技术 P 的变化情况
Fig.2 The P curves of different denitration technologies in different charge standards

◇SCR₁(65%); □SCR₁(70%); △SCR₁(75%); ×SCR₁(80%);
✱SCR₁(85%); ○SCR₂(85%); ■空气分级(30%); ▽煤粉再燃(50%); -SNCR(40%); ◆AR(70%); ●空分+SNCR(60%); ▲空分+SCR(90%); ■SCR₃(80%)

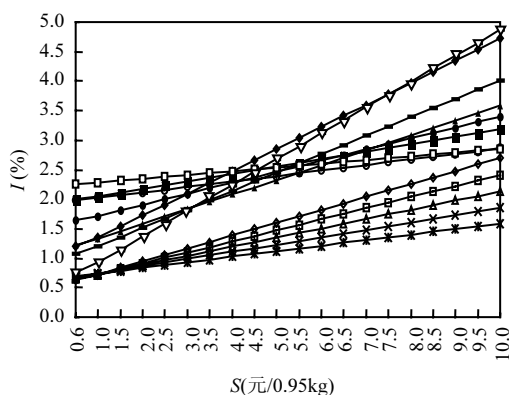


图3 不同脱硝技术的经济影响评价
Fig.3 The economic impact assessment of different denitration technologies

◇SCR₁(65%); □SCR₁(70%); △SCR₁(75%); ×SCR₁(80%);
✱SCR₁(85%); ○SCR₂(85%); ■空气分级(30%); ▽煤粉再燃(50%); -SNCR(40%); ◆AR(70%); ●空分+SNCR(60%); ▲空分+SCR(90%); ■SCR₃(80%)

位电量收入的比例约为 2.1%,2.2%,2.4%。通过选择先进技术和提高运营管理水平,能够降低单位电量脱硝总支出。

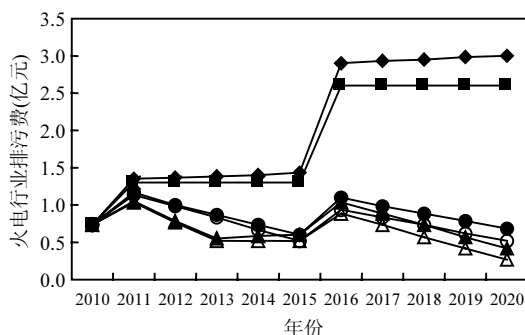


图4 上海市火电行业 NO_x 排污费情景分析
Fig.4 The scenario analysis of thermal power NO_x emission charges in Shanghai

◆MILD[0]; ●MILD[1]; ▲MILD[2]; ■HAWK[0];
○HAWK[1]; △HAWK[2]

2.2 情景分析结果

火电行业 NO_x 排污费情景分析结果如图 4, “十二五”提高排污收费标准后,各情景下年度排污费均有大幅度提高,在[MILD][0]和[HAWK][0]情景下将提高并维持在 1.3~1.4 亿元左右.在[MILD][1],[MILD][2],[HAWK][1], [HAWK][2]情景下 5 年总排污费依次为 4.36,3.57,4.15,3.35 亿元. 在[MILD],[HAWK]情景下 2015 年排污费将为 2010 年的 81%和 70%左右.“十二五”期间将有 14 家火电厂约 14743MW 机组完成脱硝改造.如将 5 年火电行业排污费作为补贴资金来源,在[MILD][1], [MILD][2],[HAWK][1],[HAWK][2]情景下可补贴金额依次为 30,24,28,23 元/kW.脱硝改造实际支出约为 98 元/kW,因此可补贴金额占实际支出依次为 30.6%,24.5%,28.6%,23.1%,单位电量总支出可减少 21.7%~28.7%,且占单位电量收入比例降低为 1.5%~1.6%.随着脱硝设施建设和运行水平的提高,该比例还会有所降低。

“十三五”排污收费标准提高到 2.4 元/0.95kg 后,年度排污费再次大幅度提高,在[MILD][0]和[HAWK][0]情景下将提高并维持在 2.6~3.0 亿元左右. 在 [MILD][1],[MILD][2], [HAWK][1],

各脱硝技术单位电量脱硝总支出占电价的比例如图 3,在 S 为 1.2~10.0 元/0.95kg 时 I 在 0.5%~5.0%之间.根据目前上海 2 家火电厂的运行情况,如提高排污收费标准为 1.2 元/0.95kg, 2.4 元/0.95kg,4.0 元/0.95kg,单位电量脱硝总支出占单

[HAWK][2]情景下5年总排污费依次为4.42,3.65,3.63,2.85 亿元,与“十二五”相比变化率为1.4%,2.2%,-12.5%,-14.9%;2020年排污费将为2010年的92%,56.7%,70.3%,35.2%。可见,只要推动企业提高脱硝设施运营水平,综合脱硝率达到90%,即使排污征收标准提高4倍,企业缴纳的排污费也比目前要低。同时,可把排污费可作为“十三五”NO_x 超量削减奖励资金,发挥经济杠杆作用,挖掘脱硝设施减排潜力,进一步推动企业提高综合脱硝率,实现企业得到更多相对收入和环境质量改善的“双赢”。

3 结论

3.1 上海市火电行业 NO_x 排污收费标准最低值应为1.2元/0.95kg,最终需达到4.0元/0.95kg以上。随着 S 提高, P 也升高,对推动企业削减NO_x的力度也就越大,但当排污标准提高到一定程度后,再提高收费标准,企业可获得的相对收入比例增加趋缓。

3.2 火电行业 NO_x 排污征收标准为1.2~10.0元/0.95kg时,单位电量脱硝总支出占单位电量收入比例为0.5%~5.0%。

3.3 “十二五”NO_x 排污征收标准调整为1.2元/0.95kg,并实施脱硝措施,排污费约为3.4~4.7亿元。如作为火电厂脱硝建设补贴资金来源,可补贴额度约为23~30元/kW,占实际支出约23.1%~30.6%,此时单位电量总支出占单位电量收入比例为1.5%~1.6%。

3.4 “十三五”NO_x 排污征收标准调整为2.4元/0.95kg时5年总排污费约为2.9~4.4亿元,可作为NO_x 超量削减奖励资金,发挥经济杠杆作用,挖掘脱硝设施减排潜力。

参考文献:

- [1] 上海市环境状况公报(2005-2009) [M]. 上海:上海市环境保护局.
- [2] 沙晨燕,何文珊,童春富等.上海近期酸雨变化特征及其化学组分分析 [J]. 环境科学研究, 2007,20(5):31-34.
- [3] Richter A, Burrows J P, Nu H. Increase in tropospheric nitrogendioxide levels over China observed from space [J]. Nature, 2005,437(7055):129-132.
- [4] 曹 国,安心琴,周春红,等.中国区域反应性气体排放源清单 [J]. 中国环境科学, 2010,30(7):900-906.
- [5] 屈 玉,安俊岭.人为源和生物源排放对臭氧的贡献—以春夏季东亚地区为例 [J]. 中国环境科学, 2009,29(4):337-344.
- [6] 曹 东,宋存义,王金南.污染物联合削减费用函数的建立及实证分析 [J]. 环境科学研究, 2009,22(3):371-376.
- [7] 刘光中,李晓红.污染物总量控制及排污收费标准的制定 [J]. 系统工程理论与实践, 2001,(10): 107-114.
- [8] 黎诣远.微观经济分析 [M]. 北京:清华大学出版社, 1987.
- [9] Hortsst Sibert. Economics of the environmental [M]. 3th ed. Heidelberg: Berlin Germany Press, 1992.
- [10] 吴爱文,曲德林,段振勃.用边际费用分析方法研究制定排污收费的新标准 [J]. 中国环境科学, 1994,14(2):156-160.
- [11] 马 中.环境与资源经济学概论 [M]. 1 版.北京:高等教育出版社, 2002.
- [12] 刘蓓蓓,于 洋,毕 军,等.以经济学实验研究处罚机制对排污收费政策执行的影响 [J]. 中国环境科学, 2009,29(6):600-604.
- [13] 陈罕立,王金南.关于我国 NO_x 排放总量控制的探讨 [J]. 环境科学研究, 2005,18(5):107-110.
- [14] 杨 华.大型电站锅炉氮氧化物排放控制措施的技术经济比较 [D]. 杭州:浙江大学, 2007.
- [15] 钟金鸣,郭丽霞,葛春亮.电厂烟气脱除 NO_x 效率对 SCR 装置投资及运行费用的影响 [J]. 电力技术经济, 2009,21(4):25-28.
- [16] 董文彬.中国火电行业氮氧化物中长期控制方案和技术经济研究 [D]. 南京:南京信息工程大学, 2008.
- [17] 吴阿峰.700MW 电厂烟气脱硝技术的技术经济分析及 NO_x 生成模拟 [D]. 重庆:重庆大学动力工程学院, 2006.
- [18] 张楚莹,王书肖,邢 佳,等.中国能源相关的氮氧化物排放现状与发展趋势分析 [J]. 环境科学学报, 2008,28 (12): 2470-2479.
- [19] 王方群,杜云贵,刘艺等.国内燃煤电厂烟气脱硝发展现状及建议 [J]. 中国环保产业, 2007,1:18-22
- [20] 王文选,肖志均,夏怀祥.火电厂脱硝技术综述 [J]. 电力设备, 2006,7(8):1-5
- [21] 赵 瑜.中国燃煤电厂大气污染物排放及环境影响研究 [D]. 北京:清华大学, 2008.
- [22] 上海工业能源交通统计年鉴(2001-2009) [M]. 上海:上海市统计局.

作者简介: 朱 环(1981-),女,贵州贵阳人,工程师,硕士,主要从事环境污染控制及管理研究.发表论文5篇.