

基于外部性内部化与国家意愿支付的 脱硝电价定价研究

周建国¹, 崔冰¹, 赵毅²

(1. 华北电力大学 经济管理学院, 河北保定 071003; 2. 华北电力大学 环境工程学院, 河北保定 071003)

摘要: 本文从外部性内部化理论和费用效益理论出发, 提出按照国家意愿支付确定脱硝电价, 并在研究国家意愿支付与脱硝边际成本的变动规律基础上论证了该脱硝电价算法的合理性。接着, 构建了基于国家意愿支付的脱硝电价模型, 在分析 2004 年我国电力行业脱硝成本与脱硝环境效益的基础上, 对脱硝电价进行了案例研究, 对在实践上如何计算脱硝电价做了有益的尝试。

关键词: 燃煤电厂; NO_x 减排; 外部性内部化; 环境费用效益; 国家意愿支付; 脱硝电价

中图分类号: F426 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-980X(2010)05-0048-06

NO_x 是危害性极强的大气污染物之一。我国 NO_x 排放量为 1186.8 万吨, 仅次于美国, 居世界第二位^[1]。在我国 NO_x 排放总量中, 燃煤排放的占 70%, 控制燃煤电厂 NO_x 排放刻不容缓。目前我国已实施的 NO_x 减排政策主要有排污收费制度、排放浓度标准制度、政策推进燃煤电厂烟气脱硝装置的安装等, 同时排污权交易也在积极试点中^[2-3], 但是我国 NO_x 排放标准比发达国家宽松, 排污收费较低, 排污交易系统不健全, 无法有效促进电力行业采取脱硝技术控制 NO_x 排放。鉴于我国通过脱硫电价补偿机制切实促使电力行业减少 SO₂ 排放的成功经验, 通过脱硝电价方式鼓励电厂采用烟气脱硝技术减排 NO_x 具有较大的可行性。

脱硝电价, 是国家为控制 NO_x 排放, 给采用脱硝技术的燃煤电厂在正常上网电价基础上增加的, 用于补偿脱硝成本的电价增量部分。目前对脱硝电价的研究很少, 而且都是从电厂成本的角度进行研究, 没有考虑到脱硝效率、减排数量等因素, 无法从根本上激励电厂采用脱硝技术^[4]。燃煤电厂采用烟气脱硝技术消减 NO_x 排放, 产生了外部正效益, 根据外部性内部化理论, 需要以国家补贴的方式将燃煤电厂所溢出的外部正效益归还给燃煤电厂, 以调动燃煤电厂的积极性。按照费用效益理论, 国家对燃煤电厂的补贴数额, 取决于国家对控制 NO_x 减排的意愿支付。国家意愿支付分摊到采用脱硝技术燃

煤电厂的年发电量上, 就得出用于补贴燃煤电厂成本上升的脱硝电价。

1 外部性内部化、费用效益论和脱硝电价

1.1 外部性内部化与国家补贴

外部性, 是某市场主体在生产或消费时强加给其他人的成本或效益的经济现象。如果该主体给他人带来收益却没有从中得到补偿, 称为外部正效应; 若给他人带来损失或额外费用, 他人不能得到补偿, 称为外部负效应^[5]。庇古认为, 环境污染的外部性不能通过市场来解决, 必须依靠政府干预, 使“外部性内部化”^[6]: 政府通过征收附加税或者发放补贴, 将生产者或消费者产生的外部费用纳入其生产或消费决策, 由他们自己承担或“内部消化”^[7]。燃煤电厂控制 NO_x 减排产生了外部正效应, 国家可以通过给燃煤电厂补贴方式实现其外部性内部化。国家给燃煤电厂补贴的具体数额, 可以在环境费用理论上, 按照国家意愿支付进行核算。

1.2 费用效益论与国家意愿支付

费用效益分析(cost-benefit analysis), 是指从整个社会的角度出发, 在就业、收入分配、外汇及环境等方面分析某一项对整个国民经济的成本、收益及净贡献大小^[8]。不仅分析直接的效益与费用, 还要分析包括间接的效益与费用在内的全部效益与费用, 分析不能用货币反映甚至较难数量化的一些

收稿日期: 2010-03-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70671039)

作者简介: 周建国(1965—), 男, 河北固安人, 华北电力大学经济管理学院企业与经济研究所所长, 副教授, 博士研究生, 研究方向: 电厂环境技术经济分析与评价、电力工程投资管理分析; 崔冰(1979—), 男, 河北保定人, 华北电力大学工商管理学院硕士研究生, 研究方向: 电力系统技术经济; 赵毅(1956—), 男, 华北电力大学环境工程学院教授, 博士生导师, 研究方向: 大气污染控制工程。

效益与费用等。

任何物品的价值都可以用意愿支付来表示, 意愿支付是人们为获得该物品愿意支付的一定数量费用^[9]。作为公共物品的大气, 其市场价值也可以用意愿支付来衡量。燃煤电厂排放 NO_x 污染了大气, 对社会、居民健康和企业产品产量造成损害, 为了减少 NO_x 对大气的污染, 国家代表社会、居民和企业愿意支付一定的费用给燃煤电厂以控制 NO_x 的排放, 该费用就是国家意愿支付。通过国家意愿支付, 燃煤电厂采用脱硝技术减排 NO_x 所产生的外部正效应实现“内部化”。

1.3 基于国家意愿支付的脱硝电价

国家意愿支付, 作为对燃煤电厂减排 NO_x 总体的意愿补偿, 与 NO_x 减排量成负相关关系, 随着 NO_x 减排量的增加, 环境大幅改善, 给社会带来的损害不断减少, 边际国家意愿支付(增加最后一个单位的 NO_x 去除量所带来的国家意愿支付的增加量)不断下降^[9]。与此同时, 脱硝的边际成本(增加最后一个单位的 NO_x 去除量所带来的成本增加量)则与 NO_x 减排量成正相关关系^[10]。如图 1, 纵轴代表成本或意愿支付, 横轴代表 NO_x 去除量, 脱硝边际成本曲线从左下方向右上方倾斜, 边际国家意愿支付曲线从左上方方向右下方倾斜。

在 X_0 的左侧时, NO_x 去除量较小, NO_x 所造成的环境污染严重, NO_x 实际去除量远远低于社会需求, 边际国家意愿支付会比较高, 会大于脱硝边际成本, 这样收益大于成本, 会极大调动燃煤电厂消减 NO_x 的积极性, 从而使 NO_x 得到加快治理; 在 X_0 的右侧时, NO_x 去除量较大, NO_x 所造成的环境污染已经得到较好的治理, NO_x 实际去除量已经超过社会需求, 边际国家意愿支付会比较低, 会小于脱硝边际成本, 这样收益小于成本, 燃煤电厂加大消减 NO_x 的工作停止。只有当边际成本等于边际国家意愿补偿时, NO_x 去除量才会达到平衡和最适宜水平。 NO_x 去除量并非越大越好, 要在技术上可行、经济上合理的情况下控制 NO_x 排放^[11]。

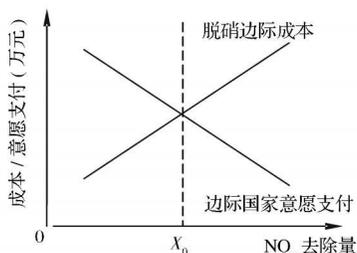


图 1 边际国家意愿支付、脱硝边际成本与 NO_x 去除量的关系图

基于国家意愿支付的脱硝电价, 是单位电量(每度电)的国家意愿支付量, 其符合上述规律: NO_x 去除量较小时, 脱硝电价大于脱硝成本, 促进 NO_x 的加快治理; NO_x 去除量较大时, 脱硝电价小于脱硝成本, 燃煤电厂会减少 NO_x 的治理; 当脱硝电价等于脱硝成本时, NO_x 去除量达到均衡水平。从目前情况看, NO_x 实际去除量不足, 最初会出现脱硝电价大于脱硝成本的情况, 随着 NO_x 实际去除量的增加, 脱硝电价等于脱硝成本, 达到均衡水平。

1.4 NO_x 污染损失经济计量方法

按照环境费用效益分析, 主要有环境保护效益和环境防治成本。环境保护效益, 是人类采取各种措施所减少的环境破坏和污染引起的经济损失从而给人类所带来的效益。环境防治成本是环境防治设备的投资以及这些设备运行的费用。目前国内研究中对环境防治成本的界定大致相同, 但对环境保护效益的界定却存在分歧。环境保护效益, 作为消减污染物从而减少的环境破坏所引起的经济损失, 主要包括所减少的人体健康损失、所减少的农业损失、所减少的材料腐蚀损失与所减少的由国家支付的环境重置费用等^[12-13]。

本文研究采用费用效益分析法对消减 NO_x 污染所减少的经济损失进行量化分析, 计算 NO_x 污染引起的实物型损失的货币值^[14]。 NO_x 污染引起的环境经济损失可以根据有关参数, 利用相对应的计算方法进行量化。①生产率法(effect on production approach, EOP), 就是利用环境质量的变化所引起的产品产量和利润的减少, 来计量环境质量变化的经济损失^[15-16]。②机会成本法(opportunity cost approach, OC), 就是将资源的机会成本换算成污染引起的经济损失的计算方法^[12]。③人力资本法(human capital approach, HCA), 是指通过估算环境质量变化得到其造成人体健康损失成本的方法^[17]。

2 基于国家意愿支付的脱硝电价模型

2.1 基于国家意愿支付的脱硝电价

2.1.1 脱硝电价(P_t)

基于国家意愿支付的脱硝电价, 是单位(每度)电量的国家意愿支付量。

$$P_t = \frac{B}{Q_0} \quad (1)$$

其中: P_t 为脱硝电价; B 为国家意愿支付; Q_0 为采用脱硝技术的发电厂年发电量。

2.1.2 国家意愿支付(B)

通常治理 NO_x 的费用和消减 NO_x 对环境带来

的效益有一定的关系, 它们的关系值就是 NO_x 防治成本效益比, 单位 NO_x 治理带来的经济效益与单位 NO_x 治理成本的比例^[18]。通过分析消减单位 NO_x 减少的环境损失值和单位 NO_x 治理费用, 获得 NO_x 防治成本效益比。

电力行业消减 NO_x 给社会带来的总效益主要有 3 个部分。一是相关产业损失减少, 主要是农业产量得到提高, 建筑业材料寿命得到延长; 二是居民健康得到保障, 减少了医疗费用和误工损失; 三是国家减少了为恢复环境所支付的环境治理费用, 即环境重置费用^[18]。由于大气是公共物品, 并且没有明确统一的市场价值, 因此环境重置费用是大气管理者国家代表社会意愿支出的治理大气环境的费用, 即国家意愿支付。电力行业消减 NO_x 给社会带来的总效益减去农业、建筑业和居民获得的效益就获得国家意愿支付。

$$B = V \times TF - (E_a + E_c + S)N \quad (2)$$

其中, V 为 NO_x 防治成本效益比; TF 为电力行业脱硝成本; E_a 为 NO_x 给农业造成的损失; E_c 为 NO_x 造成的材料损失; S 为 NO_x 引起的健康损失; N 为 NO_x 排放消减系数。

2.2 NO_x 治理成本效益比 (V)

NO_x 治理成本效益比是单位 NO_x 治理带来的经济效益与单位 NO_x 治理成本的比例。

$$V = \frac{D}{C} \quad (3)$$

其中, D 为治理一单位的 NO_x 为环境带来的经济效益; C 为电力行业治理一单位的 NO_x 所花费的成本。

2.3 电力行业脱硝成本 (TF)

燃煤电厂烟气脱硝方法主要有选择性催化还原法 (selective catalytic reduction)、选择性非催化还原法 (selective non-catalytic reduction)、吸附法等诸多技术。其中, SCR 法具有技术成熟、占地面积小、脱硝效率高等优点, 是全球电厂最流行的技术, 我国新建电厂大部分采用该技术。因此, 本文按照 SCR 技术来核算电力行业烟气脱硝成本。

$$TF = (F_t + F_m + W \times P + F_y \times q + F_h + F_c)n \quad (4)$$

其中, F_t 为脱硝设备投资成本; F_m 为维护费用; W 为运行维护人员年工资; P 为运行维护人员个数; F_y 为脱硝运行成本; q 为电厂年发电量; F_h 为还原剂费用; F_c 为催化剂费用; n 为电力行业脱硝设备数量。

2.4 居民健康损失 (S)

NO_x 给人体带来的健康损失主要体现在几个

方面: 疾病的治疗费用; 误工造成的经济损失; 陪床人员的误工损失; 因污染造成的死亡人员的工资收入。通过人力资本法即可计算出大气污染引起的人体健康损失值, 公式如下:

$$S = M[p \sum_{i=1}^n T_i(L_i - L_{0i}) + p \sum_{i=1}^n H_i(L_i - L_{0i}) + \sum_{i=1}^n Y_i(L_i - L_{0i})] + p \times R \quad (5)$$

S 为大气污染引起的人体健康损失值(万元); M 为大气污染覆盖区域内的人口数(10 万人); P 为人力资本(取人均收入, 元/年); T_i 为 i 种疾病患者人均丧失劳动时间(年); H_i 为 i 种疾病患者陪床人员的平均误工时间(年); Y_i 为 i 种疾病患者平均医疗护理费用(元/人); L_i 为大气污染区 i 种疾病的发病率(人/10 万); L_{0i} 为环境清洁区 i 种疾病的发病率(人/10 万); R 为大气污染造成的死亡人数。

2.5 农业损失 (E_a)

农业损失为庄稼因直接接触气体或微粒空气污染物或间接地通过土壤酸化导致农作物质量下降或是减产, 所造成的经济损失。根据农作物污染面积、质量和产量下降的百分数, 利用市场价值法可估算出大气污染对农作物造成的经济损失, 计算公式为:

$$E_a = \sum_{i=1}^n a_i \times P_i \times S_i \times Q_{0i} \quad (6)$$

E_a 为空气污染引起农作物减产所到来的经济损失(万元); P_i 为第 i 种农产品价格(元/千克); S_i 为农作物种植面积(千公顷); Q_{0i} 为农田未受污染下的单位产量(千克/千公顷); a_i 为空气污染造成农作物减产比例(%); n 为农作物种类数($n=5$)。

2.6 材料损失 (E_c)

材料损失是指 NO_x 污染导致酸雨的形成, 从而对建筑材料进行腐蚀和侵害, 缩短建筑材料的使用寿命, 从而减少的建筑的使用年限。由于材料是资源, 具有稀缺性, 因此如把这些资源用于其他方面, 可以得到更大的回报。通过机会成本法, 在统计建筑材料的使用寿命、更换价格和总体数量下, 就可以得出损失的经济价值:

$$E_c = \sum_{i=1}^n (\frac{1}{L_i} - \frac{1}{L_{i0}}) \times P_i \times S_i \quad (7)$$

L_{i0} 为清洁区域内第 i 种材料的使用寿命(年); L_i 为空气污染区域内第 i 种材料的使用寿命(年); P_i 为第 i 种材料维护或替换价格(元/m²); S_i 为污染区域内第 i 种材料的数量(m²)。

2.7 NO_x 排放消减比 (N)

目前在我国, 只有部分燃煤电厂采用脱硝技术对烟气中的 NO_x 进行处理, 其余燃煤电厂并未采用

脱硝技术,而是直接把烟气中的 NO_x 排放进大气。即使采用脱硝技术的燃煤电厂也不可能把烟气中的 NO_x 全部处理掉,电厂会根据脱硝效率,处理大部分 NO_x ,其余少部分也排放入大气。假定燃煤电厂发一度电生成的 NO_x 数量一定,那么依据采用脱硝技术燃煤电厂的年发电量、燃煤电厂总发电量和脱硝效率,可以得出燃煤电厂排放进大气的 NO_x 数量和消减的 NO_x 数量,两者之比就是 NO_x 排放消减比。 NO_x 排放消减比还有一个更重要的意义,它可以表示排放入大气的 NO_x 造成的损失与消减 NO_x 带来的效益之间的比例。计算公式如下:

$$N = [1 - \frac{Q_0(1-I)}{Q}]/\frac{Q_0(1-I)}{Q} \quad (8)$$

N 为 NO_x 排放消减比; Q_0 为采用脱硝技术燃煤电厂的年发电量; Q 为燃煤电厂的年总发电量; I 为燃煤电厂脱硝效率。

3 我国脱硝电价的计算(以 2004 年为例)

依据 2004 年的我国电力行业的统计数据,可计算出 NO_x 治理成本效益比,电力行业脱硝成本,污染造成的人体健康损失、农业损失和材料损失, NO_x 排放消减比,从而可以得出国家意愿支付与脱硝电价。

3.1 NO_x 治理成本效益比(V)

美国大量采用煤炭进行发电,与我国的电源结构极为相似,因此可借鉴美国环境价值标准,估算出 NO_x 中国环境价值(D)。在美国,各项污染物的上市交易价格,表达出其本身的环境价值。可以发现,各项污染物之间的环境价值比基本上是有规律的。 NO_x 的环境价值很高,通常是 SO_2 的 2~4 倍^[19]。美国 SO_2 环境价值为 1.938 美元/kg, NO_x 环境价值为 8.370 美元/kg, NO_x 的环境价值是 SO_2 环境价值的 4.32 倍,因此,本文采用 4 倍 SO_2 环境价值得到 NO_x 环境价值。根据国内外文献,我国 SO_2 环境价值为 6 元/kg^[20],所以 NO_x 环境价值为 24 元/kg。

通过对我国已采用脱硝技术的燃煤电厂的统计,获得燃煤电厂的脱硝成本(C)约为 8.64 元/kg,因此, NO_x 治理成本效益比:

$$V = \frac{D}{C} = \frac{24}{8.64} = 2.78.$$

3.2 电力行业脱硝成本(TF)

我国主流燃煤发电机组为 600MW, 根据对国内数个具有 600MW 发电机组的发电厂进行的典型调查,SCR 脱硝设备平均投资成本为 9000 万元。运行维护人员 10 人,年工资 10 万;年设备维护费用

280 万元,脱硝运行成本 0.01 元/千瓦时,电厂年平均发电量为 20 亿千瓦时。

我国燃煤电厂普遍采用的 SCR 技术的还原剂为液氨。通常 600MW 发电机组的烟气脱硝设备年用液氨量为 3600t,液氨的市场价格为 3000 元/t。

工业中 SCR 技术中应用的催化剂价格为 4 万元/ m^3 ,对一台 600MW 发电机组的烟气进行脱硝处理,脱硝效率在 80% 以上,所需催化剂体积在 200 m^3 左右。

目前我国发电厂 56 个新建发电机组采用了 SCR 烟气脱硝技术^[21]。

综上所述,根据公式(4)得到电力行业烟气脱硝总成本为 74.256 亿元。

3.3 NO_x 污染引起的健康损失(S)

我国大气环境质量标准分为 3 级,一级标准为保护自然生态和人群健康,在长期接触情况下,不发生任何危害影响的空气质量要求。二级标准为保护人群健康和城市、乡村的动、植物,在长期和短期接触情况下,不发生伤害的空气质量要求。三级标准为保护人群不发生急、慢性中毒和城市一般动、植物(敏感者除外)正常生长的空气质量要求^[2]。 NO_x 是主要的大气污染物之一,它包括 NO 、 NO_2 ,其中 NO_2 对健康危害较大。由于 NO_2 较难溶于水,因此其对上呼吸道刺激作用较小,主要作用于深部呼吸道、细支气管和肺泡^[22]。表 1 为我国大气环境质量标准和世界卫生组织 NO_2 浓度要求。

表 1 大气环境质量标准^[2,23] $\mu\text{g}/\text{m}^3$

污染物	取值时间	中国大气环境质量标准			世界卫生组织 (2006 年标准)
		一级标准	二级标准	三级标准	
NO_2	年平均	40	40(80)	80	40
	1 小时平均	120	120(240)	240	200

注: 括号中数值是 2000 年修订后的数值。

根据《2008 年中国环境状况公报》,我国所有地级及以上城市 NO_2 年均浓度均达到二级标准,87.7% 的城市达到一级标准。2004 年我国总人口为 12.998 亿(见表 3),因此 NO_2 污染覆盖区域内的人口数为 15988.924 万,平均就业工资为 15920 元/年。

我国 2004 年 NO_2 浓度较高的区域平均浓度为 $58.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ^[25],而 NO_x 每增高 $28.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 呼吸系统患病增加 9% 如表 2 所示。世界卫生组织的研究, NO_2 对人体不致产生影响的浓度值为 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (我国二级标准以下的环境中)。根据这个标准,我们得出肺心病与慢性支气管炎污染区与清洁区患病的差值比例为 6%。

表 2 NO_x 每增高 28 3μg/m³ 时对居民的影响^[24]

污染物	每增高的浓度(μg/m ³)	呼吸系统患病增加率(%)
NO _x	28.3	9

肺心病与慢性支气管炎平均丧失劳动时间分别为 2 年和 1 年, 陪床人员误工时间分别为 22 天和 26 天。肺心病与慢性支气管炎均为呼吸道疾病, 平均治疗所需费用分别为 6313.19 元和 5685.11 元, 如表 4 所示。

通过公式(5), 得到我国 2004 年 NO_x 引起的人体健康损失值为 596.8 亿元。电力行业年排放的 NO_x 数量占全年 NO_x 总排放量的约 45%^[26-27], 因此电力行业排放的 NO_x 引起的人体健康损失为 268.56 亿元。

表 3 我国总人口及就业人员平均劳动报酬^[25]

指标	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
总人口(10 万人)	12922.7	12998.8	13075.6	13144.8
就业人员合计(10 万人)	7443.2	7520.0	7582.5	7640.0
城镇单位就业人员平均劳动报酬(元)	13969	15920	18200	20856

表 4 大气污染引起的疾病与治疗所需费用^[28-33]

指标	平均丧失劳动时间(年)	陪床人员误工时间(年)	治疗所需费用(元)	患病人数	死亡人数
肺心病	2	0.07	6313.19	7150000	23000
慢性支气管炎	1	0.06	5685.11		

3.4 农业损失(E_a)

根据《2008 中国统计年鉴》和《2005 中国农业年鉴》, 我国 2004 年小麦、棉花、大麦、豆类、蔬菜的种植面积分别为 21626 千公顷、5693 千公顷、850 千公顷、12799 千公顷、17560 千公顷, 每公顷平均产量分别为 4202.9 千克、1111.0 千克、3764.7 千克、1743.4 千克、31357.0 千克, 每千克出售价格分别为 0.75 元、9.9 元、1.1 元、2.4 元、1.0 元。

表 5 全国降水 PH 均值统计^[34]

年均 PH 值范围	< 4.5	4.5~5.0	5.0~5.6	> 5.6
所占比例(%)	21.5	33	22.6	25.9

酸雨对农作物产量的损害极大, 一般认为酸雨的 PH 值小于 4.5 为严重污染; PH 值在 4.5~5.0 为中度污染; PH 值在 5.0~5.6 为轻度污染; PH 值大于 5.6 对农作物没有危害。依据表 5 全国降水 PH 年均值统计和表 6 酸雨 PH 值对农作物减产的影响, 我们即可以得到空气污染对小麦、棉花、大麦、豆类、蔬菜减产所到来的经济损失分别为 14.7 亿元、10.9 亿元、0.66 亿元、6.5 亿元、17.3 亿元。2004 年酸雨造成的农业损失的总价值为 49.4 亿

元, 因为 NO_x 对酸雨的贡献值一般为 10%, 所以 NO_x 引起的酸雨造成的农业损失为 4.94 亿元。

表 6 酸雨 PH 值对农作物减产的影响^[35] %

农作物种类	酸雨污染减产比例	PH 值为 4.5 时农作物减产比例	PH 值为 5.0 时农作物减产比例	PH 值为 5.6 时农作物减产比例
小麦	0.2759-0.0493X	5.4	2.9	0.018
棉花	0.2267-0.0405X	4.4	2.4	0.010
大麦	0.2413-0.0431X	4.7	2.6	0.006
豆类	0.1532-0.0273X	3.0	1.7	0.032
蔬菜	0.481-0.0905X	7.4	2.9	2.6

注: X——酸雨 PH 值。

表 7 我国酸雨严重区域内的材料损失^[35]

材料	清洁区域材料的使用寿命(年)	污染区域材料使用寿命(年)	东部和南部城市人均拥有材料数量(m ² /人)	单位维护或替换价格(元/m ²)
铝	70.9	65.51	6.62	200
彩绘木	2.3	2.23	0.9	20
大理石/花岗岩	10.9	10.17	4.81	200
石膏彩绘	2.3	2.23	19.34	15
镀锌钢	16.2	10.00	0.15	16
彩绘钢	2.3	2.23	3.49	16
彩钢板作为护栏	2.3	2.23	13.82	16
镀锌钢丝的护栏	16.2	10.00	9.21	16

3.5 材料损失(E_c)

发达国家与我国的研究表明, 由 SO₂ 和 NO_x 引起的酸雨会对暴露在空气中的建筑材料进行严重的破坏, 导致材料的使用寿命大大缩短。我国降雨比较丰沛的地区主要在东部与南部, 同时东部和南部区域也是我国经济较发达地区, 因此东部和南部区域也是我国酸雨灾害比较严重的区域, 表 7 是我国东部和南部区域酸雨造成的材料损失情况。污染区域内人口数为 15988.924 万。

根据公式(7), 得出 2004 年我国酸雨引起的材料损失为 34.54 亿元。由于 NO_x 对酸雨的贡献值仅为 10%, 因此 NO_x 造成的材料损失为 3.454 亿元。

3.6 NO_x 排放消减比(N)

我国 2004 年发电量为 2472.37 亿千瓦时^[25], 采用烟气脱硝技术的电厂年发电量为 1120 亿千瓦时, 占总量的 45.3%。根据电厂脱硝效率为 80%, NO_x 排放消减比为 0.568。

3.7 国家意愿支付(B)和脱硝电价(P_t)

综合上面计算出的 NO_x 造成的人体健康损失、农业损失和材料损失, 以及 NO_x 治理成本效益比、NO_x 排放消减比和电厂脱硝成本, 可得:

①国家意愿支付:

$$B = V \times TF - (E_a + E_c + S)N = 108.78 \text{ 亿元。}$$

②脱硝电价:

$$P_t = \frac{B}{Q^0} = 0.044 \text{ 元/kwh.}$$

4 结论

本文从外部性内部化与费用效益理论出发,建立了基于国家意愿支付的脱硝电价模型,并以2004年我国燃煤电厂整体脱硝费用与脱硝社会效益为依据,计算出脱硝电价,为在实践上如何计算脱硝电价做了有益的尝试:

①本文研究主要是根据2004年的产品和服务价格作为参照进行污染损失计算,由于一些经济计量困难的损失没有列入计算范围,因此得到脱硝电价价格稍高。

②本文得出的脱硝电价为0.044元/kwh,根据对我国采用烟气脱硝技术的燃煤电厂统计,脱硝成本为0.02~0.03元/kwh,脱硝电价高于脱硝成本,即脱硝的边际国家意愿支付远大于边际脱硝成本,说明现阶段脱硝技术的普及率、脱硝效率和减排数量还不够。同时,该计算结果也证明了所建立的脱硝电价模型的可行性。

参考文献

- [1] 张世秋,王奇.环境保护技术政策与污染物控制对策[M].北京:中国环境科学出版社,2008:284-286.
- [2] GB3095-1996 中华人民共和国环境空气质量标准[S].北京:国家环境保护局,国家技术监督局,1996.
- [3] 国家发展计划委员会,财政部,国家环境保护总局,国家经济贸易委员会.排污费征收标准管理办法[EB/OL]. [2010-02-28]. <http://www.chinalawedu.com/new/1200/22598/22624/22995/2006/3/1i4877113561113600261490.htm>.
- [4] 吴阿峰,李明伟,黄涛,等.烟气脱硝技术及其技术经济分析[J].中国电力,2006(11):71-75.
- [5] 张帆.环境与资源经济学[M].上海:上海人民出版社,1998:103-105.
- [6] 张近朱.发电企业减排CO₂的技术经济对策[J].东北电力技术,2002(6):23-25.
- [7] 孙钰.外部性的经济分析及对策[J].南开经济研究,1999(3):31-34.
- [8] 李振东.环保投资的费用-效益分析[J].中国环保产业,2002(2):42-45.
- [9] (美)巴里·菲尔德,玛莎·菲尔德.环境经济学[M].原毅军,陈艳莹,译.中国财政经济出版社,2006:77-79.
- [10] 中国大唐集团科技工程有限公司.燃煤电站SCR烟气脱硝工程技术[M].中国电力出版社,2009(4):85-86.
- [11] 刘传江,侯伟丽.环境经济学[M].湖北:武汉大学出版社,2006:91-101.
- [12] 董小林,李娇娜,曹国华.陕西省关中区域中心城市大气污染经济损失分析[J].地球科学与环境学报,2006,28(2):80-83.
- [13] 李贞,刘艳菊,李巍.大同市大气污染经济损失估算与生态补偿初探[J].生产力研究,2007(8):60-62.
- [14] 陈克亮.城市非源污染控制的环境经济手段研究[C]//环境与自然资源经济学研讨会论文集.北京:中国环境科学出版社,2008:144-150.
- [15] 谭雪红.徐州市区大气污染经济损失估算[J].徐州工程学院学报,2007,22(10):85-88.
- [16] 胥卫平,赵晓华.环境污染损失的经济评估方法研究[J].经济评估,2004(4):44-47.
- [17] 李贞,刘艳菊,李巍.大同市大气污染经济损失估算与生态补偿初探[J].生产力研究,2007(8):60-62.
- [18] 曹瑞钰.环境经济学与循环经济[M].北京:化学工业出版社,2006:75-79.
- [19] 魏学好,周浩.中国火力发电行业减排污染物的环境价值标准估算[J].环境科学研究,2003,16(1):53-56.
- [20] 魏学好.新的电价上限监管模式与发电排放的环保折价标准[D].浙江大学,2003.
- [21] 陈进生.燃煤电厂烟气脱硝技术——选择性催化还原法[M].北京:中国电力出版社,2008:263-264.
- [22] WHO Regional Office for Europe. Updated Air Quality Guidelines of Europe[S]. Copenhagen, 1999.
- [23] 陈秉衡,张蕴晖,阚海东.WHO最新大气质量基准——严峻的挑战[J].环境与健康杂志,2007,24(4):187-188.
- [24] WHO Environmental Health Criteria 188: Nitrogen Dioxide[S]. Geneva, 1998.
- [25] 中国统计出版社.中国统计年鉴2008[M].北京:中国统计出版社,2009.
- [26] 周涛,刘少光,吴进明,等.燃煤电厂氮氧化物排放控制技术[J].环境工程,2008,26(6):82-85.
- [27] 王志轩,赵毅,潘磊.中国燃煤电厂NO_x排放估算方法及排放量研究[J].中国电力,2009,42(4):59-62.
- [28] 姜浩.呼吸系统疾病患者169例住院费用分析[EB/OL]. [2009-04-16]. http://journal.shouxi.net/html/qikan/yyglyfyxwx/zhxdyglzz/2009474/yygl/20090417091659764_471827.html.
- [29] (法)OECD.环境绩效评估:中国[M].北京:中国环境科学出版社,2007:238-239.
- [30] 中国环保网.中国每年因大气污染引起呼吸疾病约715万人[EB/OL]. [2007-12-04]. <http://www.chinaenvironment.com/view/ViewNews.aspx?k=20071203134746015>.
- [31] 夏光.中国环境污染损失的经济评估方法研究[M].北京:中国环境科学出版社,1998:56-59.
- [32] 陈学敏.环境卫生学[M].北京:人民卫生出版社,2001:81-83.
- [33] 李月彬,唐小冲.石家庄市大气污染危害人体健康造成经济损失的研究[C]//中国环境科学学会,中国环境科学学会学术年会优秀论文集.北京:中国环境科学出版社,2007:1955-1958.
- [34] 中华人民共和国环境保护部.2004年中国环境公报[EB/OL]. [2005-06-10]. http://zls.mep.gov.cn/hjtj/qghjtjgb/200506/120050610_67563.htm.
- [35] 世界银行.世界银行报告—中国环境污染损失[R].华盛顿,2007.

(下转第57页)

支持电子会议。这一软件的优点是,它提供了一个匿名的群组决策制定环境,能够解决传统群组决策制定环境下的支配和影响问题。可是,群组系统并不是一个专用于 QFD 的工具,所以需要依照具体的 QFD 用途来定制。设计的评估实验,旨在评价预定的风险管理框架的有效性和鲁棒性,并对该平台上的决策执行和决策理解做出检验。实验结果验证了该框架的鲁棒性和有效性,并且统计数据也显示,所有参与者都能在个人学识与经历、主观感受和评价等方面积极地评估该风险管理框架。

参考文献

- [1] MARSHALL H. Techniques for Treating Uncertainty and Risk[M]. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology, 1988.
- [2] GABER M, RABELO L, HOSNY O. An Integrated Artificial Neural Networks Model for Industrial Projects Risk Assessment[R]. International Engineering Management Conference, 1992.
- [3] OGUNLANA S, TABUCANON M, DEY P. A Methodol-

- ogy for Project Control through Risk Analysis: The Case of a Pipeline Project[C]. New Delhi, India: International Engineering Management Conference, 1993.
- [4] 骆秦丽. 层次分析法在风险投资项目选择中的应用[J]. 技术经济, 2000(4): 64-66.
- [5] BELEV G. Minimizing Risk in High Technology Programs[J]. AACE Transaction, 1990: 6: 1-6, 7.
- [6] MILLER K, WALLER G. Scenarios, real options and integrated risk management[J]. Long Range Planning, 2003, 36: 93-107.
- [7] CHAPMAN C B, WARD S C. Project Risk Management: Process, Techniques and Insights, Second Edition[M]. Chichester: John Wiley and Sons, 2003: 3.
- [8] AKAO Y, MAZUR G. The leading edge in QFD: past, present and future[J]. International Journal of Quality and Reliability Management, 2003, 20(1): 20-35.
- [9] SHIH-SHUESHER. The application of quality function deployment in project development[J]. Journal of American Academy of Business, 2006, 8(2): 292.
- [10] 李秀, 应维云, 刘文煌. CIMS 环境下产品质量系统工程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004: 165-171.

Evaluation Research on QFD Project Risk Management Framework Based on Group Decision making Platform

Li Yongzhong¹, Feng Junwen¹, Gao Peng¹, Wang Huating²

(1. School of Economics and Management, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China;

2. State Key Laboratory of Intelligent Technology and System, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Risk management is the core knowledge areas of project management. A new risk management framework of project is proposed in this paper, which combines the quality function deployment (QFD) with risk management effectively, and a model of risk management of project is also established. To evaluate of the robustness and effectiveness of the risk management framework, an experiment on group decision making platform is performed as well as a questionnaire. Experimental results show that the proposed risk management framework is robust and effective. The statistics gathered from the evaluation questionnaire also shows all participants assessed the proposed risk management framework positively both on subject perception and empirical evaluation.

Key words: project risk management; group decision making; quality function deployment; management framework

(上接第 53 页)

Research on Denitration Electricity Price Based on Internalization of Externality and State Intend to Pay

Zhou Jianguo¹, Cui Bing¹, Zhao Yi²

(1. School of Business Administration, North China Electric Power University, Baoding Hebei 071003, China;

2. School of Environmental Engineering, North China Electric Power University, Baoding Hebei 071003, China)

Abstract: From externality internalization theory and cost efficiency theory, this paper puts forward according to the national intend to pay the denitration electricity prices, and confirms the denitration price algorithm of rationality based on the rule of the state power to pay and denitration marginal cost. Then the paper structures the model of denitration electricity prices based on the national intend to pay, analyzes the denitration cost of electric power industry and environmental benefits of denitration in 2004 in China. At last on the basis of the denitration price case studies, it does the beneficial attempt to calculate the denitration electricity prices.

Key words: coal fired power plant; NO_x emission reduction; internalizing externality, environmental cost-benefit; state intend to pay; denitrification electricity price