

碳排放限额交易市场设计和模型构建

杨冬梅, 张 蕾, 谢传胜

(华北电力大学 经济与管理学院, 北京 102206)

摘要:全球变暖已经成为各国政府和人民关注的热点问题,走低碳道路是解决环境保护与经济发展之间矛盾的必然选择。碳排放限额交易在节能减排工作上发挥了重要作用,本文通过设计限额交易市场的运营模式以及构建测算模型,以期对二氧化碳减排做出一定贡献。

关键词:排放交易;CO₂ 配额交易市场;平衡模型

中图分类号:F272.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2013)01-0096-03

碳排放权交易(Carbon Emission Permits Trade)又称温室气体排放权交易,其基本原理是由环境部门根据环境容量制定逐年下降的碳排放总量控制目标,然后将碳排放总量目标通过一定的方式分解为若干碳排放配额,分配给各区域,碳排放配额被允许像商品那样在市场上进行买卖,调剂余缺^[1]。随着环境与气候的变化,人们对碳排放及相关的碳交易市场、限额交易市场给予了越来越多的关注。电力系统作为国内碳排放量大户,承担着更为艰巨的碳减排任务^[2]。因此,在电力行业内开展碳排放量交易研究对于指导全社会碳排放交易具有积极作用。

通过设定相应的管理机制可以达到减少温室气体排放的目的^[3]。虽然人们已经普遍接受温室气体排放的概念和允许交易的要求,但是对于限额交易系统的设计细节仍存在激烈争论。

监管平台可以通过设定排放限额,来创造一个能长期影响温室气体排放的市场环境。在限额交易市场情况下的排放责任应该是明确的。目前,基于输出配置的排放额度格外受到重视。每个公司都受到一个和它的总产量成正比的排放额度的限制。在电力行业中,每个企业得到一个在其管理权限内与其所生产的总电容量成比例的分配额度。一般而言,人们认为这种基于输出配置的额度可以帮助缓解漏电,因此,可以降低电价^[4]。

1 限额交易模型构建

本部分中,首先介绍平衡模型,然后讨论怎样通

过各种资源获得数据以达到计算要求。虽然电力行业具有不完全竞争的特点,但我们假定在某种意义上电力市场和碳排放交易市场都符合完全市场竞争。

将此模型的关键变量和参数按以下四个重要指标分组:公司、地点、技术和产品的时间周期。公司 i 在地点 l , 时间周期 t 下生产的总产品通过技术 j 完成,表示为 $q_{j,l,t}^i$ 。公司和技术水平排放速度表示为 $e_{j,l}^i$ 。我们假定排放速度可以大量增加,但不能随时间改变,产品成本用 $c_{j,l}^i$ 受公司技术,地点的影响改变,如下假定是输出 $q_{j,l,t}^i$ 的二次方。

公司 $i \in \{1, 2 \cdots N\}$, 地点 $l \in \{1, 2 \cdots L\}$, 时间周期 $t \in \{1, 2 \cdots T\}$, 最小竞争,成本最小化或公司利益最大化:

$$\lambda_{i,l,t}(q_i) = \sum [p_{i,t} \cdot q_{j,l,t}^i - \sum_j c_{i,j}^i(q_{j,l,t}^i)] - \lambda \sum_{l \in REG} q_{j,l,t}^i \cdot e_{j,l}^i(q_{j,l,t}^i)$$

(1)

上式中的 $p_{i,t}$ 和 λ 分别是电的批发价格和许可的 CO₂ 排放量,假定所有规定领域的价格是一致的。为了设定批发价格,假定批发的电力是同类商品。在现实情况中价格会随着不同区域的排放限制而有所不同,在这里将电力产品分成位于排放限额覆盖地区之内和覆盖范围之外两类。固定的 REG 代表处于限额交易管辖之内的工厂。

2 碳排放限额交易设计

2.1 基于输出的更新

如上讨论,这种基于输出配置排放限额的更新机

收稿日期:2012-10-21

作者简介:杨冬梅(1968—),女,内蒙古鄂尔多斯人,华北电力大学硕士研究生,研究方向:电力技术经济评价;张蕾(1987—),女,河北人,华北电力大学硕士研究生,研究方向:电力技术经济、电力市场;谢传胜(1965—),男,江西人,华北电力大学教授,研究方向:电力技术经济、电力市场。

制可以部分缓解漏电现象,从而降低电能的市场价格。由此而论,排放额度的配置受到公司的电力产品的制约。如每生产一兆瓦时容量的电力可以获得一部分的排放额度。

事实上,以上模型仅是排放服从分配这个大周期循环系统中的一部分。我们所使用的方法具有数据密集型的特点,因此多年来很难确定模型。相反,我们把分配决策作为单一限额交易循环这个“闭合回路”中的一部分。

基于这个假设,定义 $\delta_i(q_{i,t}^i) = \delta \cdot q_{i,t}^i$ 是在低点 1 中,时间周期 t 下应用到合规周期 1 到 T 中生产 $q_{i,t}^i$ 单位电量的排放额度分配。假定总的排放上限不改变,只是排放额度的分配随着公司相关输出和设施的改变而改变。换句话说 $\delta = \delta^* \frac{CAP}{\sum_{1 \dots T} Q_t}$, 在公示中 Q_t 表示在时间 t 下的总产量, δ 是 CO_2 排放额度的综合分数, $t \in \{1, 2 \dots T\}$ 是完成产品生产的合规周期。在此标准下,输出的补贴并不会受到总排放限额上限的影响,这个性能标准是一个管理任务,而不是排放配额,这是对产品的一种隐形补贴。当负荷决定单位输出时,可以通过限制不符合要求的输入和扩大总输出的方式加以改进。来自公司 i 的利益包括附加产品的附加许可。

$$\lambda_{i,t}(q_i) = \sum [p_{i,t} \cdot q_{j,t}^i - \sum_j c_{i,j}^i(q_{j,t}^i)] - \lambda \sum_{l \in REG} q_{j,t}^i [e_{j,t}^i(q_{j,t}^i) - \delta] \quad (2)$$

在此限额交易中需要给出一个许可价格。如果排放率高于分配率,限额交易仍需要有效的税收输出(虽然此时的税率较低);如果排放率低于分配率,则给出生产补贴。

2.2 基于燃料的更新

另外一种更新方式是区别不同燃料资源的输入情况。通过限制公共事业的交易限额影响成本这一愿望大大的促进了依靠煤炭资源的电力公司的发展。将按照燃料资源的一定比率向电厂分配排放额度。这个比率和每种燃料资源的平均温室气体排放率一致。本方法中,在技术 j 下每发 1 兆瓦时的电量获得 δ_i 个排放信用。换句话说,每一项技术理论上受到一个独立分配率的制约。公司 i 的产品平衡条件是:

$$\lambda_{i,t}(q_i) = \sum_i [p_{i,t} \cdot q_{j,t}^i - \sum_j c_{i,j}^i(q_{j,t}^i)] - \lambda \sum_{l \in REG} q_{j,t}^i [e_{j,t}^i(q_{j,t}^i) - \delta_j] \quad (3)$$

就基于燃料输入的分配形式来说,分配成分 δ_j 减弱了产品的感知边际成本对排放价格所产生的影

响。这个作用的强度是非对称的,它的净影响依赖于分配成分 δ_j 。基于燃料更新的激励作用是减少高 CO_2 排放技术的影响,通过它缓和了实行排放上限的影响。

3 电网管理

假定使电网通过集中地区获得相等的边际成本。这意味着电网可以利用不同地区的价格套利,并受到电网限制的控制。这种套利可以通过双边交易或一个集中控制的电网获得。目前我们简单假定这个套利条件可以满足。

把套利条件作为另外一个市场均衡的限制条件。在直流负荷潮流模型假设下,传输“潮流分析”,通过电力系统边际注入流说明,在这里地点 1 用功率分配因子 $PTDF_{lk}$ 代替。在这个因子中指出了边际注入的地点 1 和使用的个别传输路径 k , 因子套利条件暗含其中,消耗功率 $y_{l,t}$ 通过以下式子最大化套利利润的有限性和可行性。

$$\sum_{i \neq h} (p_{h,t} - p_{l,t}) y_{l,t} \quad (4)$$

在上述套利公式中,地点 h 是指定的“中心”位置,通过它可以定义所有的相对传输流。电力注入 $y_l \geq 0$, 地点 l 收敛于 h , 这个套利条件受到电网中潮流限制的控制。

$$-\bar{T}_k \leq PTDF_{l,k} \cdot y_{l,t} \leq \bar{T}_k \quad (5)$$

套利压力和物流传输约束的组合用以下拉格朗日方法解决

$$\max_{y_{l,t}} \sum_{i \neq h} [(p_{h,t} - p_{l,t}) y_{l,t} - (PTDF_{l,k} \cdot y_{l,t} - \bar{T}_k) \tau_k] \quad (6)$$

其中 τ_k 是传输路径 k 的传输能力的影子价格。

4 平衡条件

每个公司在特定地点特定技术下都有一定的有限容量,用 $q_{j,t}^i$ 表示,考虑到上述结构,我们把平衡结果作为数集同时满足一阶条件,把这个结果叫互补条件。在下述公式中用 $\perp$ 表示互补。

$$q_{j,t}^i \geq 0 \perp p_t - c_{i,j}^i(q_{j,t}^i) - \lambda e_{j,t}^i - \gamma_{j,t}^i \leq 0 \quad \forall i, j, t, l \in REG \quad (7)$$

$$\text{且 } q_{j,t}^i \geq 0 \perp p_t - c_{i,j}^i(q_{j,t}^i) - \lambda e_{j,t}^i - \gamma_{j,t}^i \leq 0 \quad \forall i, j, t, l \notin REG \quad (8)$$

$\gamma_{j,t}^i$ 是在技术 $q_{j,t}^i$ 下的能量限制条件的影子价格。

$$\gamma_{j,t}^i \geq 0 \perp q_{j,t}^i - q_{j,t}^i \geq 0 \quad \forall i, j, t, l. \quad (9)$$

每个公司把价格作为外因来设置它的产品,使得边际成本等于所在地产品的价格。这个边际成本包括当地受交易上限控制的排放信用额度的成本和受

技术能力限制的影子价格。

4.1 基于输出的更新

通过以上描述,基于输出的更新分配给每个公司每兆瓦时 δ 个排放许可。通过以下利润函数求微分获得

$$q_{j,l,t}^i \geq 0 \perp p_t - c_{l,j}^i(q_{j,l,t}^i) - \lambda(e_{j,l,t}^i - \delta) - \gamma_{j,l,t}^i \leq 0$$

$$\forall i, j, t, l \in REG \quad (10)$$

如果更新燃料或者特殊技术,上述条件将会修改为

$$q_{j,l,t}^i \geq 0 \perp p_t - c_{l,j}^i(q_{j,l,t}^i) - \lambda(e_{j,l,t}^i - \delta_j) - \gamma_{j,l,t}^i \leq 0$$

$$\forall i, j, t, l \in REG \quad (11)$$

δ_j 指特殊技术 j 。

4.2 环境限制

根据式(7)和式(8)的平衡条件,电力和排放市场的联合包括以下的条件来定义在整个产品合规时期内的许可排放价格。

$$\lambda \geq 0 \perp \sum_{i,l \in REG,t} e_{j,l,t}^i(q_{j,l,t}^i) - e^{MAX} \leq 0 \quad (12)$$

此处符号 $\perp$ 同样表示有效排放价格许可约束和允许价格之间的互补性,这个允许价格指约束的影子

价格。如果有额外的排放许可时,价格为 0;否则 λ 是正数。

5 结论

低碳背景下,实施碳排放限额交易有助于国家节能减排目标的实现。本文从基于输出的更新和基于燃料的更新两个角度设计了限额交易市场的运营模式,并构建了相关测算模型。本文的研究对于碳排放限额交易在我国的发展和应用具有一定的促进作用。

参考文献

- [1] 曾鸣,冯俊杰,朱晓丽,薛松,谢玲玲. 基于多 Agent 的电力系统二氧化碳排放量交易框架研究[J]. 华东电力,2011(11):1850—1853.
- [2] 周海屏. 全球二氧化碳排放权交易市场的分析与展望[J]. 上海环境科学,2003(10):705—707.
- [3] 宋杰鲲. 我国二氧化碳排放量的影响因素及减排对策分析[J]. 价格理论与实践,2010(1):37—38.
- [4] 杨露. 二氧化碳排放权交易机制建立的经济性分析——基于动态最优化模型[J]. 经济师,2011(2):68—70.

Carbon Cap-and-Trade Market Designing and Model Building

YANG Dong-mei, ZHANG Lei, XIE Chuan-sheng

(School of Economic and Management, North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

Abstract: Global warming has become a hot issue among governments and people of different countries. Low-carbon emission is the inevitable choice to solve contradiction between environmental protection and economic development. Carbon emission cap-and-trade has been playing a significant role in energy saving and emission reduction. This paper designs operating mode of the cap-and-trade market and establishes calculation model, attempting contribute to carbon dioxide emission reduction.

Key words: emissions trading; carbon dioxide cap-and-trade market; balance model