

节能减排

# 建筑中太阳能技术应用的碳减排计算的研究

赵妍, 马秀琴, 单伟贤, 张秋生

(河北工业大学, 天津 300401)

**摘要:** 提出了一套关于在建筑中应用太阳能技术实现减少温室气体排放的计算方法并加以案例验证, 为将太阳能技术项目的节能减排实施提供依据, 从而为实现温室气体减排目标提供新的有效途径。

**关键词:** 建筑节能; 太阳能利用; 碳减排; 计算方法

**中图分类号:** TK51      **文献标识码:** A      **文章编号:** 2095-0802-(2012)11-0093-03

## Carbon Emission Reduction Calculation and Methodological Study on Solar Energy Technology Used in Construction

ZHAO Yan, MA Xiu-qin, SHAN Wei-xian, ZHANG Qiu-sheng

(Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China)

**Abstract:** This paper presents a set of calculation methods that apply for solar technology in building to reduce greenhouse gas emissions, and provides a case to verify, thus it provides the basis for the implementation of energy conservation and emission reduction with the solar technology projects and new effective ways to achieve greenhouse gas emission reduction targets.

**Key words:** building energy conservation; solar energy utilization; carbon emission reduction; calculation method

## 0 引言

太阳能以其储量的“无限性”、存在的普遍性、开发利用的清洁性等优势成为人类理想的替代能源<sup>[1]</sup>。太阳能在建筑中的应用也越来越广泛, 形成了一系列的太阳能技术, 如太阳能热水器、太阳能光伏发电、太阳能采暖、太阳能空调、太阳能通风等等<sup>[2]</sup>。中国在“十二五”规划已明确提出“逐步建立碳排放交易市场”。碳交易市场是《京都议定书》为促进全球温室气体减排, 以国际公法作为依据的温室气体排减量交易, 其交易市场称为碳市场<sup>[3]</sup>。尽管目前太阳能技术在建筑中得到了大力发展和应用, 但是关于太阳能技术应用的碳交易项目还没有, 其中1个主要原因就是目前国内还没有1套成熟的关于太阳能技术项目碳减排量的计算方法。本文根据国际政府间气候变化问题组织(IPCC)指南, 借鉴清洁发展机制方法学的开发, 结合太阳能技术具体理论开发了1套计算方法, 希望能为太阳能技术碳交易项目的实施提供依据, 为中国实现温室气体减排目标提供帮助。本文主要研究的项目为采用太阳能技术替代化石燃料等为建

筑提供供热、供冷及生活热水。此计算方法的名称为“在建筑中利用太阳能技术减少温室气体排放”, 适用于在建筑中利用太阳能技术进行供热、供冷及生活热水的情况下。项目边界即使用了太阳能技术进行供热供冷及生活热水的建筑场所。

## 1 建筑中应用太阳能技术碳减排量计算公式

### 1.1 在建筑中采用太阳能采暖供热及供生活热水系统

#### 1.1.1 基准线情景

a) 农村小锅炉供热; b) 电加热; c) 城市大锅炉集中供热; d) 热电联产供热。

#### 1.1.2 基准线排放量计算

a) 农村燃料燃烧的小锅炉供热情景。

$$BE_i = (HG/\eta_i) \times EF_i \times 10^{-12}, \quad (1)$$

式中,  $BE_i$  为每年项目活动替代热量供应的基准线排放量, t;  $EF_{CO_2, i}$  为基准线热量供应系统中燃料  $i$  单位能量的  $CO_2$  排放因子, t; 若燃料为生物质, 则  $EF_{CO_2, i} = 0$ ;  $\eta_i$  为无项目活动时利用燃料  $i$  的锅炉供热效率;  $HG$  为每年项目活动供热的总量, J;  $i$  为燃料的种类, 包括煤, 生物质, 天然气、燃油等;

b) 电加热情景。

$$BE = \frac{HG}{3.5 \times \eta} \times EF_{CO_2, grid} \times 10^{-6}, \quad (2)$$

式中,  $BE$  为每年项目活动替代热量供应的基准线排

收稿日期: 2012-10-23

第一作者简介: 赵妍, 1987年生, 女, 河北高邑人, 2010年毕业于河北工业大学建筑环境与设备工程专业, 在读研究生。

放量,  $t$ ;  $EF_{CO_2, grid}$  为电网  $CO_2$  排放因子, 可按当年国家发改委颁布的中国区域电网基准线排放因子选取,  $t/(MW \cdot h)$ ;  $\eta$  为无项目活动时电加热设备的供热效率;  $HG$  为每年项目活动供热的总量,  $J$ ;

c) 城市大锅炉集中供热情景。

$$BE_i = \frac{HG_{boiler i}}{\eta_{boiler}} \times EF_{CO_2 i} \times 10^{-12}, \quad (3)$$

式中,  $BE_i$  为每年项目活动替代热量供应的基准线排放量,  $t$ ;  $HG_{boiler i}$  为每年锅炉集中供热的供给热量,  $J$ ;  $\eta_{boiler}$  为锅炉的供热效率;  $EF_{CO_2 i}$  为集中供热情景下, 锅炉采用的化石燃料  $i$  单位能量的  $CO_2$  排放因子,  $t/TJ$ ;  $i$  为化石燃料的种类, 包括煤、天然气、燃油等。

$$HG_{boiler} = \frac{HG}{\eta_w}, \quad (4)$$

式中,  $HG_{boiler i}$  为每年锅炉集中供热的供给热量,  $J$ ;  $HG$  为每年项目活动供热的总量,  $J$ ;  $\eta_w$  为集中供热管网的效率;

d) 热电联产供热情景。

$$BE_i = HG_{cogeneration} \times EF_{CO_2 i} \times 10^{-12}, \quad (5)$$

式中,  $BE_i$  为每年项目活动替代热量供应的基准线排放量,  $t$ ;  $HG_{cogeneration}$  为每年热电联产供热的总量,  $J$ ;  $EF_{CO_2 i}$  为热电联产情景下, 采用的化石燃料  $i$  单位能量的  $CO_2$  排放因子,  $t/TJ$ ;  $i$  为化石燃料的种类, 包括煤、天然气、燃油等。

$$HG_{cogeneration} = \frac{HG}{\eta_l \times \eta_w}, \quad (6)$$

式中,  $HG_{cogeneration}$  为每年热电联产供热的总量,  $J$ ;  $HG_{h \gamma}$  为每年项目活动供热的总量,  $J$ ;  $\eta_l$  为热电厂锅炉的效率;  $\eta_w$  为热电联产管网的效率。

### 1.1.3 项目活动减排量计算

$$PE = EG \times EF_{CO_2, grid} + \sum_i FC_i \times NCV_i \times EF_{CO_2 i} \times 10^{-9}, \quad (7)$$

式中,  $PE$  为每年项目活动的排放量,  $t$ ;  $EG$  为每年项目活动太阳能采暖供热系统的耗电量,  $MW \cdot h$ ;  $EF_{CO_2, grid}$  为电网  $CO_2$  排放因子, 可按当年国家发改委颁布的中国区域电网基准线排放因子选取,  $t/(MW \cdot h)$ ;  $FC_i$  为项目活动所采用的燃料  $i$  的消耗量,  $kg$  或  $m^3$ ;  $NCV_i$  为项目活动所采用的化石燃料  $i$  低位发热值,  $kJ/kg$  或  $kJ/m^3$ ;  $i$  为项目活动所采用的化石燃料的种类;  $EF_{CO_2 i}$  为项目活动所采用的化石燃料  $i$  单位能量的  $CO_2$  排放因子,  $t/TJ$ 。

#### 1.1.4 泄漏

若项目为新建项目, 则无泄漏, 即  $LE=0$ ;

若项目为改造项目, 且替换下来的锅炉或者用电设备直接丢弃不再使用, 则无泄漏, 即  $LE=0$ ;

若项目为改造项目, 且替换下来的锅炉或者用电设备替换到其他地方继续使用, 则需要计算泄漏量, 其计算方法参见公式 (1) 和公式 (2)。

#### 1.1.5 项目减排量的计算

$$ER = BE - PE - LE, \quad (9)$$

式中,  $ER$  为每年项目活动  $CO_2$  减排量,  $t$ ;  $BE$  为每年项目活动替代热量供应的基准线排放量,  $t$ ;  $PE$  为每年项目活动的  $CO_2$  排放量,  $t$ ;  $LE$  为每年项目的泄漏量,  $t$ 。

### 1.2 在建筑中采用太阳能空调系统

#### 1.2.1 基准线情景

常规电制冷空调系统供冷。

#### 1.2.2 基准线排放量计算

$$BE = \frac{CG}{3.6 \times COP} \times EF_{CO_2, grid} \times 10^{-6}, \quad (10)$$

式中,  $BE$  为每年项目活动替代冷量供应的基准线排放量,  $t$ ;  $CG$  为每年项目活动供冷的总量,  $J$ ;  $EF_{CO_2, grid}$  为电网  $CO_2$  排放因子, 可按当年国家发改委颁布的中国区域电网基准线排放因子选取,  $t/(MW \cdot h)$ ;  $COP$  为无项目活动下利用电制冷空调系统的能效比。

#### 1.2.3 项目活动减排量计算

$$PE = EG \times EF_{CO_2, grid}, \quad (11)$$

式中,  $PE$  为每年项目活动的排放量,  $t$ ;  $EG$  为每年项目活动太阳能空调系统的耗电量,  $MW \cdot h$ ;  $EF_{CO_2, grid}$  为电网  $CO_2$  排放因子, 可按当年国家发改委颁布的中国区域电网基准线排放因子选取,  $t/(MW \cdot h)$ 。

#### 1.2.4 泄漏

若项目为新建项目, 则无泄漏, 即  $LE=0$ ;

若项目为改造项目, 且替换下来空调设备直接丢弃不再使用, 则无泄漏, 即  $LE=0$ ;

若项目为改造项目, 且替换下来空调设备替换到其他地方继续使用, 则要计算泄漏量, 其计算方法参考公式 (10) 的计算方法。

#### 1.2.5 项目减排量的计算

$$ER = BE - PE - LE, \quad (12)$$

式中,  $ER$  为每年项目活动  $CO_2$  减排量,  $t$ ;  $BE$  为每年项目活动替代冷量供应的基准线排放量,  $t$ ;  $PE$  为每年项目活动的  $CO_2$  排放量,  $t$ ;  $LE$  为每年项目的泄漏量,  $t$ 。

## 2 建筑中太阳能技术碳减排量的监测

项目需要监测的数据见表 1。

## 3 案例研究

为了验证上述计算方法, 现取天津市 1 个新建小区的太阳能供生活热水项目作为案例进行研究。小区内各住户均采用太阳能热水器全日供应生活热水, 小区内日用水为 15 000 L/d。根据天津地区情况及设计要求, 冷水温度取 10 °C, 热水温度取 60 °C<sup>[4]</sup>。则该小区全年系统热水耗热量为:

$$Q = 15\ 000 \times 365 \times 4\ 186 \times 50 = 1.15 \times 10^{12} \text{ J}.$$

表1 计入期内监测参数列表

序号	参数	描述	单位	监测/记录频率	采用的方法和过程
1	$EF_{CO_2, i}$	第y年中,化石燃料i的CO <sub>2</sub> 排放因子。	t/TJ	参照最新版“化石燃料燃烧CO <sub>2</sub> 项目排放量或者泄漏量的计算工具”。	参照最新版“化石燃料燃烧CO <sub>2</sub> 项目排放量或者泄漏量的计算工具”。
2	HG	第y年中,项目活动供热的总量。	J	持续的监测,至少1月记录1次,间隔为1h。	根据当地相关发展规划部门或项目可行性研究报告提供的资料确定,如有条件利用测量校准仪表现场测量。
3	CG	第y年中,项目活动供冷的总量。	J	持续的监测,至少1月记录1次,间隔为1h。	根据当地相关发展规划部门或项目可行性研究报告提供的资料确定,如有条件利用测量校准仪表现场测量。
4	$EF_{CO_2, grid}$	第y年中,电网CO <sub>2</sub> 排放因子。	t/(MW·h)	参照最新版“电力系统排放因子计算工具”	参照最新版“电力系统排放因子计算工具”。
5	EG	第y年中,项目活动系统的耗电量。	MW·h	持续的监测,至少1月记录1次,间隔为1h。	用已经校验合格的仪表进行测量。
6	$FC_i$	第y年中,项目活动所采用的化石燃料i的消耗量。	kg或m <sup>3</sup>	持续的监测,至少1月记录1次,间隔为1h。	用已经校验合格的仪表进行测量。
7	$NCV_i$	项目活动所采用的化石燃料i低位发热值。	kJ/kg或kJ/m <sup>3</sup>	参照最新版“化石燃料燃烧CO <sub>2</sub> 项目排放量或者泄漏量的计算工具”。	参照最新版“化石燃料燃烧CO <sub>2</sub> 项目排放量或者泄漏量的计算工具”。

根据所选太阳能系统的数据可知项目太阳能热水系统年利用率为40%，则项目每年通过太阳能辐射提供的热量为：

$$Q' = Q \times 40\% = 1.15 \times 10^{12} \times 40\% = 0.46 \times 10^{12} \text{ J}$$

根据天津地区实际的情况，基准线情景确定为使用燃煤锅炉的集中供热来供应小区日常生活热水。每年基准线情景下项目活动替代的供热热量  $HG = Q' = 0.46 \times 10^{12} \text{ J}$ ，集中供热锅炉效率  $\eta_{boiler} = 80\%$ ，为了保守估计，选定集中供热管网的效率  $\eta_w = 100\%$ ，煤的排放因子为  $EF_{CO_2} = 94.60 \text{ t/TJ}$ ，根据公式(3)，每年基准线排放量为：

$$BE = (0.46 \times 10^{12} / 80\%) \times 94.60 = 54.40 \text{ t}$$

基准线情景替代的是项目活动利用太阳能来提供的热量，故项目活动排放量为消耗太阳能产生的排放量，则每年的项目活动排放量  $PE = 0$ ；且项目是新建项目，无泄漏量即  $LE = 0$ 。

则根据公式(9)得到每年项目减排量为  $ER = BE - PE - LE = 54.40 \text{ t}$ 。

通过案例计算可以验证上述减排量的计算方法具有可行性，且通过计算出的减排量可以看出在建筑中应用太阳能项目具有巨大的节能减排潜力，是建筑节能

能的重要措施。

#### 4 结语

伴随着太阳能技术在建筑中日趋广泛的应用和碳交易在中国的实施，本文提出了“在建筑中利用太阳能技术减少温室气体排放”的碳减排计算方法，将太阳能利用与碳交易结合起来，并通过案例验证，更充分说明了计算方法的可行及太阳能项目的节能减排潜力，为推广建筑中太阳能项目参与到碳交易中可以得到核证减排量提供依据，从而为中国实现节能减排目标提供了手段。

#### 参考文献：

[1] 刘勇.世界太阳能利用现状及我太阳能发展的思考[EB/OL]. [2010-11-17].<http://www.escn.com.cn/2010/1117/1375.html>.  
 [2] 李晓明,翟华维,鲁秀锐,等.浅谈太阳能在建筑中的应用与发展[J].21世纪建筑材料,2010,2(1):53-55.  
 [3] 倪晓宁.议碳排放交易市场的构成及发展展望[J].特区经济,2012(8):203-205.  
 [4] 中国工程建设标准化协会.GB50015-2003 建筑给水排水设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2007.

(责任编辑：高志凤)