

农村能源建设对减排 SO_2 和 CO_2 贡献分析方法

王革华

(中国农业工程研究设计院)

摘 要 农村能源建设从节约能源和开发利用可再生能源以替代常规能源两个方面对减排 SO_2 和 CO_2 作出贡献。该文以国际通用的减排量计算方法为依据,在具体分析农村能源特点的基础上,提出了农村能源建设对减排 SO_2 和 CO_2 贡献的定量分析方法、计算公式和参数,并对 1996 年农村能源建设的环境效益进行了计算。此方法可为农村能源政策分析提供有益参考。

关键词 农村能源 环境效益 SO_2 、 CO_2 减排

农村能源建设遵循“因地制宜、多能互补、综合利用、讲求效益”的方针,在增加有效供给的同时,应从两个方面对减排 SO_2 和 CO_2 作出贡献:一是抓节能即节约商品能源也节约传统生物质能,控制能源消费的增加;二是抓新能源和可再生能源开发利用以清洁能源代替污染严重的常规能源。到 1996 年末,我国已形成了年开发和节约 8 000 万 t 标准煤的能力,无疑,在减排 SO_2 和 CO_2 方面也产生了很好的作用。但是,目前尚未提出适于分析计算农村能源建设对减排 SO_2 和 CO_2 贡献的方法,本文在借鉴工业环境排放分析方法的基础上对此加以探讨。

1 燃料燃烧的 SO_2 和 CO_2 排放计算

燃料燃烧产生热量,也向空气排放废气,其中包括 SO_2 和 CO_2 。一般污染物排放量是采用现场测量、物料平衡分析与经验估算方法进行计算的。在分析农村能源使用造成的排放时,受条件所限,宜采用经验估算方法,要以工业环境排放系数为基础,结合农村能源的特点进行分析、计算。

1.1 SO_2 排放计算

在农村使用的燃料中,产生 SO_2 排放的主要是煤炭和燃油。对于燃煤, SO_2 排放系数^[1]为: $16S^*$ (每吨煤 SO_2 的公斤数),其中 S^* 表示煤的含硫量。

农村的煤炭用户分为民用和生产用两类。民用煤一般是无烟煤,根据我国 10 个煤矿的煤质分析^[2],含硫量平均为 0.84%。生产用煤以烟煤为主,含硫量(36 个煤矿^[2])平均为 1.14%。因此,燃煤 SO_2 排放量 S_C 计算方法为

$$S_{C\text{民用}} = 16 \times 0.84 \times C_{\text{民用}} = 13.4 C_{\text{民用}} \quad (1)$$

$$S_{C\text{生产}} = 16 \times 1.14 \times C_{\text{生产}} = 18.2 C_{\text{生产}} \quad (2)$$

式中, $S_{C\text{民用}}$ 和 $S_{C\text{生产}}$ 分别为民用和生产用煤的 SO_2 排放量, kg; $C_{\text{民用}}$ 和 $C_{\text{生产}}$ 分别为民用和生产用煤的数量, t。

收稿日期: 1998-04-06

王革华, 高级工程师, 北京市朝阳区东三环北路 16 号 中国农业工程研究设计院, 100026

若知道当地煤炭含硫量,则可以用排放系数计算。燃油的 SO_2 排放系数^[1]为 $20S^*$ (每立方米燃油含 SO_2 的公斤数),或 $23.3S^*$ (每吨燃油 SO_2 的公斤数)。燃油的含硫量为 $0.2\% \sim 1\%$ ^[2],取 0.5% ,则燃油 SO_2 排放量计算方法为

$$S_I = 20 \times 0.5 \times R (\text{m}^3) = 10R, \text{ 或 } 23.3 \times 0.5 \times R (\text{t}) = 11.7R \quad (3)$$

式中, S_I 是燃油的 SO_2 排放量, kg; R 是燃油的燃烧量, m^3 或 t。

1.2 CO_2 排放计算

燃烧煤炭、燃油、薪柴和秸秆均排放 CO_2 。燃煤和燃油, CO_2 排放量的计算公式^[3]为

$$C_{CI} = (C_p - C_s) \times C_o \times 44/12$$

式中, C_p 为含碳量, C_s 为产品固碳量, C_o 为碳氧化率, $44/12$ 为 CO_2 分子量与 C 原子量之比。所谓产品固碳量是指燃料作非能源用, 碳分解进入产品而不排放碳或不立即排放碳的。在农村能源建设中, 一般不考虑这部分能源。含碳量的计算为燃料的热值与碳排放系数之积。对于煤炭, 热值为 0.0209 TJ/t , 碳排放系数为 24.26 t/TJ ; 对于燃油, 热值为 0.04019 TJ/t , 碳排放系数为 21.1 t/TJ 。

碳氧化率^[1]为: 民用 80% , 农业生产 89.9% 。因此, 燃煤和燃油的 CO_2 排放量计算方法分别为:

$$C_{C\text{民用}} = 0.0209 \times 24.26 \times 0.8 \times 44/12 \times C_{\text{民用}} = 1.487 C_{\text{民用}} \quad (4)$$

$$C_{C\text{生产}} = 0.0209 \times 24.26 \times 0.899 \times 44/12 \times C_{\text{生产}} = 1.671 C_{\text{生产}} \quad (5)$$

$$C_I = 0.04019 \times 21.1 \times 0.899 \times 44/12 \times R = 2.795 R \quad (6)$$

式中, $C_{C\text{民用}}$ 、 $C_{C\text{生产}}$ 和 C_I 分别为民用燃煤、生产用燃煤和燃油 (仅指生产用, 生活用很少) 的 CO_2 排放量, t; $C_{\text{民用}}$ 、 $C_{\text{生产}}$ 和 R 分别为民用煤炭、生产用煤炭和燃油的消耗量, t。

生物质燃料 CO_2 排放量计算公式^[3]为

$$C_{BM} = B_M \times C_{\text{cont}} (\%) \times O_{\text{frac}} (\%) \times 44/12$$

(即 CO_2 排放量) = (消耗量干) \times (含碳量) \times (氧化率) $\times 44/12$

薪柴的含碳系数为 45% , 氧化率 87% ; 秸秆的含碳系数为 40% , 氧化率 85% 。因此, CO_2 排放量分别为:

$$C_W = W \times 0.45 \times 0.87 \times 44/12 = 1.436 W \quad (7)$$

$$C_S = S \times 0.4 \times 0.85 \times 44/12 = 1.247 S \quad (8)$$

式中, C_W 和 C_S 分别是燃烧薪柴和秸秆 CO_2 排放量, t; W 和 S 分别是薪柴和秸秆消费量, t。

沼气的 CO_2 排放量为

$$C_{BG} = B_G \times 0.209 (\text{热值, TJ/万 m}^3) \times 15.3 (\text{碳排放系数天然气, t/TJ}) \times 44/12 = 11.725 B_G \quad (9)$$

式中, C_{BG} 是燃烧沼气的 CO_2 排放量, t; B_G 是沼气消耗量, 万 m^3 。

2 农村能源建设减排 SO_2 和 CO_2 分析计算

2.1 节能项目减排量计算

农村节能从用能部门划分有生活节能和生产节能两方面, 从能源品种上有煤炭、燃油、薪柴、秸秆和电。利用公式 (1)~ (7) 可计算在生活和生产节能中节约煤炭、燃油和薪柴减排 SO_2 和 CO_2 的数量, 即应用上述公式计算的排放量就是节约能源而带来的减少排放 SO_2 和 CO_2 的数量。节约的秸秆用途主要有四个方面, 作工业原料、饲料、还田和弃置。这些秸秆仍将有大部分分解为 CO_2 而排放, 目前尚不清楚在各个方面的固碳率。可以暂时取煤炭的固碳率 (30%)

代替来计算节约秸秆所固定的即减排的 CO₂ 量。节约秸秆减排 CO₂ 的计算近似为

$$C_{S\text{减}} = 0.3 \times 1.247 S = 0.374 S \tag{10}$$

节约电力可以间接减少污染物排放,即由于减少电力消耗而减少发电用煤,从而减少污染物排放。1996 年我国发电煤耗为每千瓦时 377 克标准煤,折合原煤 528 g/(kW · h)。1996 年我国火电占总发电量的 82.7%。根据公式(2)和(5)可以得到节电的 SO₂ 和 CO₂ 减排量

$$S_E = 79.47 E \tag{11}$$

$$C_E = 7.297 E \tag{12}$$

式中, E 为节电量, 万 kW · h; S_E 为节电减排 SO₂ 量, kg; C_E 为节电减排 CO₂ 量, t。

2.2 新能源和可再生能源开发项目减排量计算

开发利用新能源和可再生能源是通过替代常规能源而对减排 SO₂ 和 CO₂ 作出贡献,可以通过新能源和可再生能源替代的常规能源即煤炭、燃油、电力、薪柴等来计算 SO₂ 和 CO₂ 的减排量。农村能源建设开发利用的新能源和可再生能源主要有沼气、太阳能(热利用和光电利用)、小水电、微水电、风电和地热等。具体分析和计算方法如下。

沼气一般来讲使用沼气的用户以沼气替代了原来使用的煤炭或薪柴。按照获得等量的有效能来计算, 1 m³ 沼气可以替代煤炭 2 kg (根据获得等量有用能折算)。使用沼气减排 SO₂ 和 CO₂ 应为沼气替代的煤炭的排放量与沼气燃烧排放量之差。根据公式(1)、(4)和(9)得到

$$S_{BG\text{减}} = 268 B_G \tag{13}$$

$$C_{BG\text{减}} = 18.015 B_G \tag{14}$$

式中, S_{BG减} 为使用沼气减排 SO₂ 量, kg; C_{BG减} 为使用沼气减排 CO₂ 量, t; B_G 为沼气使用量, 万 m³。

小水电、微水电、风电和光电: 按照提供等量电能的火电耗煤的 SO₂ 和 CO₂ 排放量计算,即用公式(11)和(12)计算。太阳能热利用和地热: 太阳热水器、太阳房和地热提供的热量一般代替燃煤获取的热量, 前二者用公式(1)、(4), 后者用公式(2)、(5)来计算; 太阳灶可以认为替代薪柴, 故用公式(7)计算。

3 农村能源建设对减排 SO₂ 和 CO₂ 贡献

利用上述公式和 1996 年农村能源建设数据, 计算得到 1996 年农村能源建设对减排 SO₂ 和 CO₂ 的贡献。见表 1 和表 2。

表 1 农村节能 SO₂ 和 CO₂ 减排量

Tab. 1 Reducing emission SO₂ and CO₂ through energy conservation

项 目	规 模	节能量/10 ⁴ t	减排 SO ₂ 量/10 ⁴ t	减排 CO ₂ 量/10 ⁴ t
省柴节煤灶	1.77 亿户	节煤 1313.2	17.60	1952.73
		节柴 1362.3		1956.26
		节秸秆 2251.2		841.95
节能炕	0.17 亿户	节柴 235.7		338.47
		节秸秆 389.6		145.71
型煤	5016 万吨	节煤 500.8	6.71	744.69
煤矸石型煤	303 万吨	节煤 39.2	0.39	58.29
节能炒茶灶	22.4 万台	节煤 17.4	0.32	29.08
节能烤烟房	221.3 万座	节煤 89.3	1.63	149.22
节能砖瓦窑	8.6 万座	节煤 460.9	8.39	770.16
其它生产节能		节煤 1446.5	26.33	2417.10
合计			61.37	9403.66

注: 使用率 75%; 使用率 90%; 估计值。

表 2 新能源和可再生能源开发 SO₂ 和 CO₂ 减排量

Tab 2 Reducing emission SO₂ and CO₂ through Renewable Energy Utilization

项 目	推广数量	年产或替代能源	减排 SO ₂ 量/10 ⁴ t	减排 CO ₂ 量/10 ⁴ t
家用沼气池	602.12 × 10 ⁴ 户	16.29 × 10 ⁸ m ³	4.37	293.46
集中供气沼气池	8.6 × 10 ⁴ 户	4310.98 × 10 ⁴ m ³	0.12	7.77
小水电	1754 × 10 ⁴ kW	566 × 10 ⁸ kW · h	44.98	4130.10
微水电	6.43 × 10 ⁴ kW	1.96 × 10 ⁸ kW · h	0.16	14.30
太阳灶	19.52 × 10 ⁴ 台	代柴 12.2 × 10 ⁴ t	17.52	
太阳热水器	524 × 10 ⁴ m ²	替代煤 10 ⁴ .8 × 10 ⁴ t	1.40	155.84
太阳房	455.49 × 10 ⁴ m ²	替代煤 52.05 × 10 ⁴ t	0.70	77.40
太阳温室	71701.54 × 10 ⁴ m ²	替代煤 358.4 × 10 ⁴ t	6.52	598.89
风力发电	2.34 × 10 ⁴ kW	3953.24 × 10 ⁴ kW · h	0.03	2.88
地热种植、养殖	4294.2 hm ²	替代煤 138.7 × 10 ⁴ t	2.52	231.77
合计			60.80	5529.93

1996 年农村能源建设减排 SO₂ 122.17 万 t, 减排 CO₂ 14 933.59 万 t。这两个指标充分体现了农村能源建设在增加 8000 万 t 煤当量的能源有效供给的同时, 为保护环境, 促进可持续发展作出了贡献, 并使环境效益得到了定量反映。

4 结束语

农村能源建设对环境和可持续发展的积极作用已得到多方面的认识, 通过本文的分析计算为这种认识提供了更为有力的依据, 可以作为政策分析的参考。

本文探讨的方法以国际通用的方法为依据, 密切结合农村能源的特点, 提出了简便易行的计算公式和参数, 易于掌握使用。

参 考 文 献

1 孟昭利编著. 企业能源审计方法. 北京: 清华大学出版社, 1997. 197~ 208
2 王秉铨主编. 工业炉设计手册(第 2 版). 北京: 机械工业出版社, 1996. 76~ 79
3 林而达, 李玉娥编著. 全球气候变化和温室气体清单编制方法. 北京: 气象出版社, 1998. 22~ 32

Analysis Method on Reducing Emission of SO₂ and CO₂ by Rural Energy Construction

Wang Gehua

(Chinese Academy of Agricultural Engineering and Planning, Beijing)

Abstract According to the general method to calculate reducing emission SO₂ and CO₂ in the world, quantity analysis method, calculating formulation and the parameter on the reducing emission SO₂ and CO₂ by rural energy construction were given based on the characteristics of rural energy. The method can provide a good reference to research rural energy policies

Key words rural energy, environmental benefit, reduction of emission of SO₂ and CO₂