

# 基于城市电力消费间接排放的城市温室气体清单与省级温室气体清单对接方法研究

庄贵阳 白卫国 朱守先 (中国社会科学院 城市发展与环境研究所 北京, 100028)

**【摘要】**国家和省级控制温室气体排放目标在城市层面落实,需要以城市温室气体核算为基础。城市由于间接排放较多,故其温室气体清单编制方法与省级清单编制方法有所不同。考虑到中国自上而下的垂直管理体系,需要城市清单与省级清单实现功能对接。构建了中国城市电力消费间接排放的拆分方法,把城市电力调入调出的间接排放拆分为省际和省内的电力消费间接排放,理论上便可以实现城市清单与省级清单的对接,并以江西省为例进行了实证研究,从而为城市温室气体排放清单编制及应用提供理论及方法支撑。

**【关键词】**城市; 电力消费; 间接排放; 温室气体清单; 对接方法

**【中图分类号】**F292 **【文献标识码】**A

## 0 引言

城市温室气体核算有助于切实掌握城市整体温室气体排放水平和趋势,为温室气体排放目标的分解与考核,以及城市的低碳规划与评估提供服务。国家发展和改革委员会于2010年和2012年先后批准两批低碳试点城市,要求试点城市“编制低碳发展规划”和“建立温室气体排放数据统计和管理体系”。然而,当前尚缺乏针对中国城市的温室气体排放清单编制指南,很多试点城市根据《2006年IPCC国家温室气体清单指南》<sup>[1]</sup>(简称《IPCC指南》)、《省级温室气体清单编制指南(试行)》(简称《省级指南》)或《ICLEI城市温室气体清单指南》<sup>[2][3]</sup>(简称《ICLEI指南》)核算温室气体排放。

由于《省级指南》是根据《IPCC指南》和国家清单编制经验演化而来,因此,《省级指南》和《ICLEI指南》成为很多城市清单编制的主要参考依据。相比较之下,《ICLEI指南》为西方国家城市开发,更多的从消费侧考虑城市清单编制。西方发达国家的城市化率很高,城市的消费特征明显,碳排放关键领域趋于稳定。而中国的城市行政区划相当多的是以城市建成区为中心,包括农村、乡镇、县级市,

就像缩小版的省。伴随快速城市化进程和节能减排措施的实施,城市的碳排放特征变化很大。因此,《ICLEI指南》除了对城市的中心区(如北京市东城区、杭州市下城区等)比较适用外,对于中国一般意义上的城市应用,现阶段具有较大的挑战性。

《省级指南》是针对中国省级温室气体清单编制服务的。从某种程度上讲,城市就是缩小版的省,因而省级清单的编制方法在中国城市层面应用具有很大的适用性。然而,城市层面的温室气体核算与省级层面的温室气体核算具有一些不同点。《省级指南》通常采用自上而下的编制方法,而在城市层面通常需要采用自下而上和自上而下相结合的方法。城市层面的统计数据不完善,很多城市缺乏与温室气体清单关联度很高的年度能源平衡表,还存在能源统计口径不一致等问题,需要更多的实地调研。城市空间相对集聚,与外部有大量能源和物质交流,间接排放较多,像电力消费需要核算到城市的排放之中,以体现城市消费侧排放较大的特点。

基于《ICLEI指南》和《省级指南》在中国城市应用的适用性和局限性,白卫国等提出中国城市温室气体清单应该与省级温室气体清单编制方法具有一致性,同时与国外城市温室气体清单方法具有可比性的定位<sup>[4]</sup>。由世界资源研究所、中国社会科学院城市发展与环境研究所、世界自然基金会、可

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划项目(编号:2011BAJ07B07)

持续发展社区协会共同发布的《城市温室气体核算工具(测试版 1.0)》<sup>[5]</sup>在上述定位之下,为中国城市温室气体清单编制提供了技术支持,但并没有解决城市清单如何与省级清单对接的问题。为此,本文以中国城市电力消费间接排放为研究对象,建立城市清单与省级清单对接的方法,并通过案例分析给予验证,旨在推进相关研究与实践应用。

## 1 城市清单与省级清单核算范围对比

由于《省级指南》从生产侧考虑清单编制,只把电力消费作为信息项处理。而城市清单编制从消费侧考虑,需要把电力消费的碳排放核算到城市的部门排放之中。这样省级清单与城市清单在清单格式上就略有差异(表1)。

表1 中国城市清单与省级清单核算范围对比

部门	省级温室气体清单		中国城市温室气体清单	
	直接排放	电力间接排放(调入调出)	直接排放	电力间接排放(调入调出)
能源活动	×		×	×
工业生产过程	×		×	
农业活动	×		×	
土地利用变化和林业	×		×	
废弃物处理	×		×	
信息项: 调入调出电力的排放量		×		

注1: ×表示需要填写数值。

城市温室气体排放是指发生在城市地理边界内的温室气体排放(即直接排放)以及城市地理边界内的活动所引起的,但发生在城市地理边界外的温室气体排放(即间接排放)。相对于国家和省域,城市与外界有大量能源和物质交流,导致间接排放较多。为了更好地区分直接排放和间接排放,并避免重复计算,将温室气体排放划分为三个“范围”<sup>[6]</sup>(图1)。

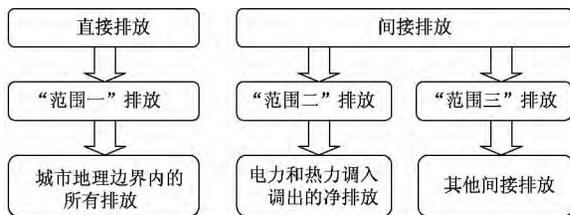


图1 直接排放、间接排放和“范围”示意图

“范围一”排放是指发生在城市地理边界内的排放,即直接排放,例如生产过程中燃烧煤炭、城市内供暖过程中燃烧天然气、城市中交通造成的排放等。结合中国的实际情况,城市清单涵盖了《省级指南》中所有的“范围一”排放源的计算。

“范围二”排放是指城市地理边界内的活动消耗的电力和热力(包括热水和蒸汽)调入调出的间接排放。一般情况下,城市生产的热力都是供本地使用,很少有调入调出的情况,但也不排除一个城

市向相邻城市短距离输送的情况。

“范围三”排放是指“范围二”排放以外的所有其他间接排放,包括原材料异地生产、跨边界交通、跨边界废弃物处理以及购买和使用的产品和服务产生的排放等。

城市温室气体排放核算范围的划分,凸显间接排放的重要性。由此,在城市温室气体排放核算时,需要考虑间接排放。针对中国城市低碳发展的强烈愿望与温室气体核算所需基础统计数据薄弱的现状,从实际应用角度出发,中国城市温室气体核算范围只包括直接排放和“范围二”的间接排放<sup>①</sup>。其中,“范围二”的间接排放只核算电力消费的间接排放。与《省级指南》仅将间接排放列为信息项不同,城市清单把直接排放与间接排放按部门汇总。这样核算范围不同导致的结果就是某一省的碳排放量与其省域内各地级市碳排放的总和不匹配(也就是说各城市的温室气体排放量汇总不等于所在省的温室气体直接排放量)。考虑到中国控制温室气体排放的目标分解及考核体系都是自上而下进行的,作为重要支撑的温室气体核算体系即城市清单也需要与省级清单实现对接。

## 2 城市清单与省级清单的对接方法

从表1可以看出,城市清单与省级清单的最大

不同在于城市电力调入调出间接排放量的处理。电力调入是指从地理边界外输送到地理边界内,用于城市内消费的,包括终端消费量和损失量。电力调出是指从电力边界内输送到地理边界外。

其中,城市省际间接排放指城市与省外之间电力调入调出所引致温室气体间接排放,城市省内间接排放指城市与省内其他城市电力调出所引致的温室气体间接排放。净调入是指调入量减去调出量,如调入量大于调出量,用“1”表示;如调入量小于调出量,用“2”表示。当净调入量为“1”时,表明城市的生产量小于消费量;当净调入量为“2”时,表明城市的生产量大于消费量。另外,电力调入量与调出量完全相等的情形基本不存在,这里不予考虑。一个城市与其所在省的电力调入调出共有四

种情形(表2)。

表2 城市与所在省电力调入调出情形

项目(AD)	所在省(P)	城市(C)	类别
电力调入调出情况	净调入(1)	净调入(1)	情形一
		净调出(2)	情形二
	净调出(2)	净调入(1)	情形三
		净调出(2)	情形四

这里以  $AD_p$  表示省际电力净调入(出),  $AD_c$  表示省内城市电力净调入(出),  $EF$  表示区域电网排放因子,  $E$  表示  $CO_2$  排放;当  $AD_p$  与  $AD_c$  的电力净调入(出)方向一致时,  $E_{\rho\text{间接}CO_2} < \sum_{i=1}^n E_{C(i)\text{间接}CO_2}$ 。其中,中国六大区域电网公司划分详见表3,相应区域电网排放因子可从中国清洁发展机制网查询。

表3 各个区域电网覆盖范围

电网名称	覆盖省区市
华北区域	北京市、天津市、河北省、山西省、山东省、内蒙古自治区
东北区域	辽宁省、吉林省、黑龙江省
华东区域	上海市、江苏省、浙江省、安徽省、福建省
华中区域	河南省、湖北省、湖南省、江西省、四川省、重庆市
西北区域	陕西省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区
南方区域	广东省、广西壮族自治区、云南省、贵州省、海南省

为解决省级清单与城市清单对电力调入调出间接排放核算体系不一致的问题,需要按照以下六个步骤、9个公式进行计算来实现城市清单与省级清单的对接。

第一步:将城市电力净调入调出间接排放( $E_{C(i)\text{间接}CO_2}$ )拆分为城市省际间接排放( $E_{C(i)\text{省际}CO_2}$ )和城市省内间接排放( $E_{C(i)\text{省内}CO_2}$ )两部分,即:

$$E_{C(i)\text{间接}CO_2} = E_{C(i)\text{省际}CO_2} + E_{C(i)\text{省内}CO_2} \quad (1)$$

第二步:计算该省域电力间接排放和各城市电力间接排放。

$$E_{\rho\text{间接}CO_2} = AD_p \times EF \quad (2)$$

$$E_{C(i)\text{间接}CO_2} = AD_{c(i)} \times EF \quad (3)$$

第三步:计算该省电力净调入调出量占各城市电力净调入量或者净调出量的比例( $\rho$ )。

$$\rho = AD_{\rho(i)} / \sum_{i=1}^n AD_{c(i)} \quad (4)$$

当( $i$ )为(1)时,表示电力净调入;当( $i$ )为(2)时,表示电力净调出。计算时只计算与省电力净调入调出方向一致的城市电力净调入量或调出

量之和。

第四步:计算城市省际电力间接排放。

对于与省电力净调入调出方向不一致的城市,假设其省际电力间接排放为零,其电力调入或者调出都来自或者供给省内其他城市。

$$E_{C(i)\text{省际}CO_2} = \rho \times AD_{c(i)} \times EF \quad (5)$$

第五步:计算城市省内电力间接排放。

$$E_{C(i)\text{省内}CO_2} = E_{C(i)\text{间接}CO_2} - E_{C(i)\text{省际}CO_2} \quad (6)$$

第六步:城市电力消费间接排放与省域电力消费间接排放的对接。

$$E_{\rho\text{间接}CO_2} = \sum_{i=1}^n E_{C(1)\text{间接}CO_2} - \sum_{i=1}^n E_{C(2)\text{间接}CO_2} \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n E_{C(i)\text{省内}CO_2} = 0 \quad (8)$$

$$E_{\rho\text{间接}CO_2} = \sum_{i=1}^n E_{C(i)\text{省际}CO_2} \quad (9)$$

针对城市电力调入调出净间接排放之和大于所在省的电力净间接排放之和的问题,通过以上步骤将城市电力净间接排放拆分为省际净间接排放和省内净间接排放,可知城市省际净间接排放之和与所在省电力净间接排放相等,从而实现城市清单

与省级清单的对接。

### 3 案例实证分析

本文以 2010 年为一个时间节点, 选取江西省为

代表, 对江西省与外省电力调入调出, 以及所辖南昌市、景德镇市、萍乡市、九江市、新余市、鹰潭市、赣州市、吉安市、宜春市、抚州市、上饶市的电力调入调出进行分析。相关电力统计数据见表 4。

表 4 江西省及城市 2010 年电力统计数据(单位:  $10^8$  kW·h)

城市	电力生产量	电力消费量	电力净调入	电力净调出	排放因子 ( $t\ CO_2/10^4\ kW\cdot h$ )
全省	637.59	700.51	62.92		
南昌市	80.40	111.76	31.36		
景德镇市	22.97	32.53	9.56		
萍乡市	18.77	46.91	28.14		
九江市	77.78	84.62	6.84		
新余市	52.82	74.94	22.12		
鹰潭市	35.93	28.61		7.32	1.0871
赣州市	51.82	88.06	36.24		
吉安市	110.45	44.97		65.48	
宜春市	122.61	83.23		39.38	
抚州市	2.04	28.84	26.80		
上饶市	62.00	76.04	14.04		
城市合计			175.10	112.18	

其中, 江西省电力统计数据源于《江西省统计年鉴 2011》; 各个城市电力统计数据源于对江西省科学院能源研究所提供的内部资料, 并根据《江西省统计年鉴 2011》进行整理; 由于江西省属于华中电网, 区域电网供电平均排放因子参照国家发改委气候司 2010 年所发布的数据<sup>[7]</sup>。

从表 4 的数字可以看出, 2010 年江西省没有电

力调出, 属于电力净调入省; 地级市中, 南昌市、景德镇市、萍乡市、九江市、新余市、赣州市、抚州市和上饶市为电力净调入, 而鹰潭市、吉安市和宜春市为电力净调出。按照第二节的核算方法和步骤, 可计算出江西省及城市电力调入调出的间接排放量(表 5)。

表 5 江西省及城市 2010 年电力调入调出间接排放(单位:  $10^4\ tCO_2$ )

城市	省际间接排放	$\rho$	$E_{\text{城市间接}CO_2}$	$E_{\text{城市省际}CO_2}$	$E_{\text{城市省内}CO_2}$
全省	684.00		—	—	—
南昌市	—		340.91	122.51	218.40
景德镇市	—		103.93	37.29	66.64
萍乡市	—		305.91	109.91	196.00
九江市	—		74.36	26.75	47.61
新余市	—		240.46	86.42	154.04
鹰潭市	—	0.3593	-79.57	0.00	-79.57
赣州市	—		393.96	141.54	252.42
吉安市	—		-711.83	0.00	-711.83
宜春市	—		-428.10	0.00	-428.10
抚州市	—		291.34	104.68	186.66
上饶市	—		152.63	54.90	97.73
城市合计			684.00	684.00	0.00

由表 5 可得江西省省际电力间接排放为 684 万  $t\ CO_2$ , 各个城市的城市省际间接排放总和为 684 万  $t\ CO_2$ , 各个城市的城市省内间接排放之和为 0; 可以

验证按照第二节城市电力调入调出间接排放的核算方法, 能够实现城市清单与省级清单的对接。

## 4 结论

目前,中国城市温室气体清单编制尚处在探索过程之中。中国城市温室气体清单编制的目的是为城市制定低碳发展规划服务。现阶段中国控制温室气体排放的目标分解还没有达到以省级清单和城市清单核算结果为依据的程度。

本文针对城市清单与省级清单实现对接面临的问题,通过把城市电力调入调出的间接排放拆分为省际电力消费间接排放和省内电力消费间接排放,可以理论上实现城市清单与省级清单的对接。该方法具有重要现实意义:一是建立城市清单与省级清单对接方法,有利于省级政府对地方政府控制温室气体排放的目标分解及考核;二是针对城市温室气体清单编制过程中电力调入调出间接排放的归属问题给出了解决思路,将有力地推动城市温室气体清单研究及应用。

本文只是考虑了城市电力的调入输出间接排放问题。其实跨边界的间接排放不仅仅是电力,还包括供热、制冷以及天然气的输入输出问题。下一步还需要以更多省市更多的跨边界排放数据进行实证研究,确保方法学的可靠性,并为实际应用积累经验。△

### 【注释】

- ① 中国区域供热和制冷很少超出城市行政管辖区,一般只有电力越界,则核算电力消费引致的间接排放。其中,电力调入调出数据

可从省域能源平衡表获得,查询《中国电力统计年鉴》或者咨询各省电力公司可明确电力调入调出分属哪个区域电网。

### 【参考文献】

- [1] IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory [M]. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006: 1-15.
- [2] ICLEI. International Local Government GHG Emissions Analysis Protocol Version 1.0 [EB/OL]. <http://www.iclei.org/>, 2009-10.
- [3] C40cities, ICLEI, WRI. Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emissions (Pilot Version 1.0) [EB/OL]. <http://www.iclei.org/our-activities/our-agendas/low-carbon-city.html#c2285>, 2012: 1-6.
- [4] 白卫国,庄贵阳,朱守先. 中国城市温室气体清单研究进展与展望[J]. 中国人口·资源与环境 2013 23(1): 63-68.
- [5] 世界资源研究所,中国社会科学院城市发展与环境研究所,世界自然基金会,可持续发展社区协会. 城市温室气体核算工具(测试版 1.0) [EB/OL]. <http://wri.org.cn/node/492> 2013: 14-24
- [6] ICLEI. International Local Government GHG Emissions Analysis Protocol Version 1.0 [EB/OL]. <http://www.iclei.org/>, 2009: 16-19.
- [7] 中国清洁发展机制网. 2010年中国区域电网基准线排放因子 [EB/OL]. <http://cdm.ccchina.gov.cn/WebSite/CDM/UpFile/File2552.pdf>

作者简介:庄贵阳(1969-),男,中国社会科学院城市发展与环境研究所研究员,博导。主要研究方向:低碳经济与气候变化政策。

收稿日期:2013-11-15

## A Study on Linking Method of City's GHGs Inventory with Provincial GHGs Inventory based on City's Indirect Emissions of Electricity Consumption

ZHUANG Guiyang, BAI Weiguo, ZHU Shouxian

**【Abstract】** Realization of national and provincial targets of controlling greenhouse gas emissions at the city level, needs to be based on the city's greenhouse gas accounting. Due to more indirect emissions at city level, so the city's GHGs inventory methodology is somewhat different from that of provincial GHGs inventory. Considering China's top-down vertical management system, it is necessary to establish a linking method between them. The paper constructs a dividing method of inter-provincial and inner provincial indirect emissions from electricity consumption, aiming to realize the linking between city's GHGs inventory and provincial GHGs inventory. An empirical study on Jiangxi Province is also conducted. This method will provide theoretical and methodological support on city's GHGs inventory research and application.

**【Keywords】** City; Electricity Consumption; Indirect Emissions; GHGs Inventory; Linking Method