

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 22 期 Vol.32 No.22 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 22 期

2012 年 11 月 (半月刊)

目 次

CO ₂ 浓度和温度升高对噬藻体 PP 增殖的联合作用	牛晓莹,程 凯,荣茜茜,等 (6917)
1956—2009 年内蒙古苏尼特左旗荒漠草原的降水格局	陈 军,王玉辉 (6925)
两个污水处理系统的能值与经济综合分析	李 敏,张小洪,李远伟,等 (6936)
退化草地阿尔泰针茅种群个体空间格局及关联性	赵成章,任 珩 (6946)
地表覆盖栽培对雷竹林凋落物养分及其化学计量特征的影响	刘亚迪,范少辉,蔡春菊,等 (6955)
福州酸雨区次生林中台湾相思与银合欢叶片的 12 种元素含量	郝兴华,洪 伟,吴承祯,等 (6964)
“雨花露”水蜜桃主要害虫与其捕食性天敌的关系	柯 磊,施晓丽,邹运鼎,等 (6972)
大兴安岭林区 10 小时滞可燃物湿度的模拟	胡天宇,周广胜,贾丙瑞 (6984)
陕北风沙区不同植被覆盖下的土壤养分特征	李文斌,李新平 (6991)
南方型杨树人工林土壤呼吸及其组分分析	唐罗忠,葛晓敏,吴 麟,等 (7000)
黑河下游土壤水盐对生态输水的响应及其与植被生长的关系	鱼腾飞,冯 起,刘 蔚,等 (7009)
树木胸径大小对树干液流变化格局的偏度和时滞效应	梅婷婷,赵 平,倪广艳,等 (7018)
外来植物紫茎泽兰入侵对土壤理化性质及丛枝菌根真菌(AMF)群落的影响	于文清,刘万学,桂富荣,等 (7027)
基于 Landsat TM 的热带精细地物信息提取的模型与方法——以海南岛为例	王树东,张立福,陈小平,等 (7036)
雪被去除对川西高山冷杉林冬季土壤水解酶活性的影响	杨玉莲,吴福忠,杨万勤,等 (7045)
不同土壤水分处理对水稻光合特性及产量的影响	王唯逍,刘小军,田永超,等 (7053)
木蹄层孔菌不同居群间生长特性、木质素降解酶与 SRAP 标记遗传多样性	曹 宇,徐 晔,王秋玉 (7061)
加拿大一枝黄花入侵对土壤动物群落结构的影响	陈 雯,李 涛,郑荣泉,等 (7072)
间作对玉米品质、产量及土壤微生物数量和酶活性的影响	张向前,黄国勤,卞新民,等 (7082)
接种 AM 真菌对玉米和油菜种间竞争及土壤无机磷组分的影响	张宇亭,朱 敏,钱岩相注,等 (7091)
大亚湾冬季不同粒级浮游生物的氮稳定同位素特征及其与生物量的关系	柯志新,黄良民,徐 军,等 (7102)
太湖水华期间有毒和无毒微囊藻种群丰度的动态变化	李大命,叶琳琳,于 洋,等 (7109)
锌胁迫对小球藻抗氧化酶和类金属硫蛋白的影响	杨 洪,黄志勇 (7117)
基于国家生态足迹账户计算方法的福建省生态足迹研究	邱寿丰,朱 远 (7124)
能源活动 CO ₂ 排放不同核算方法比较和减排策略选择	杨喜爱,崔胜辉,林剑艺,等 (7135)
基于生境等价分析法的胶州湾围填海造地生态损害评估	李京梅,刘铁鹰 (7146)
县级生态资产价值评估——以河北丰宁县为例	王红岩,高志海,李增元,等 (7156)
专论与综述	
丛枝菌根提高宿主植物抗旱性分子机制研究进展	李 涛,杜 娟,郝志鹏,等 (7169)
城市土壤碳循环与碳固持研究综述	罗上华,毛齐正,马克明,等 (7177)
基于遥感的光合有效辐射吸收比率(FPAR)估算方法综述	董泰锋,蒙继华,吴炳方 (7190)
光衰减及其相关环境因子对沉水植物生长影响研究进展	吴明丽,李叙勇 (7202)
浮游动物化学计量学稳态性特征研究进展	苏 强 (7213)
研究简报	
2010 年两个航次獐子岛海域浮游纤毛虫丰度和生物量	于 莹,张武昌,张光涛,等 (7220)
基于熵值法的我国野生动物资源可持续发展研究	杨锡涛,周学红,张 伟 (7230)
残落物添加对农林复合系统土壤有机碳矿化和土壤微生物量的影响	王意锟,方升佐,田 野,等 (7239)
人工湿地不同季节与单元之间根际微生物多样性	陈永华,吴晓芙,张珍妮,等 (7247)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 338 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 36 * 2012-11



封面图说: 水杉农田防护林中的小麦熟了——水杉曾广泛分布于北半球,第四纪冰期以后,水杉属的其他种类全部灭绝,水杉却在中国川、鄂、湘边境地带得以幸存,成为旷世奇珍,野生的水杉是国家一级保护植物。由于水杉耐水,适应力强,生长极为迅速,其树干通直挺拔,高大秀颀,树冠呈圆锥形,姿态优美,自发现后被人们在中国南方广泛种植,不仅成为了湖边、道路两旁的绿化观赏植物,更成为了农田防护林的重要树种。此图中整齐划一的水杉防护林像忠实的哨兵一样,为苏北农村即将成熟的麦田站岗。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201110251575

杨喜爱, 崔胜辉, 林剑艺, 徐礼来. 能源活动 CO₂ 排放不同核算方法比较和减排策略选择. 生态学报, 2012, 32(22): 7135-7145.

Yang X A, Cui S H, Lin J Y, Xu L L. The comparison of CO₂ emission accounting methods for energy use and mitigation strategy: a case study of China. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(22): 7135-7145.

能源活动 CO₂ 排放不同核算方法比较和 减排策略选择

杨喜爱^{1,2,3}, 崔胜辉^{1,2,*}, 林剑艺^{1,2}, 徐礼来^{1,2}

(1. 中国科学院城市环境与健康重点实验室, 中国科学院城市环境研究所, 厦门 361021;

2. 厦门市城市代谢重点实验室, 厦门 361021; 3. 厦门市环境保护局, 厦门 361004)

摘要: 能源活动 CO₂ 排放是温室气体排放的最重要部分, 这部分 CO₂ 排放量的核算是温室气体清单编制和减排方案制定的关键和基础。采用直接法、电热终端法和隐含终端法核算了 2009 年中国能源消费的 CO₂ 排放量, 对不同核算法的 CO₂ 排放部门分布、部门排放强度进行了比较, 明确不同核算方法的差异和适用范围。采用电热终端法的核算结果定量分析了各产业部门和工业行业的经济增长和排放强度变化对中国能源活动 CO₂ 排放增长的影响。结果表明, 中国 2009 年隐含终端 CO₂ 排放量为 65.6 亿 t, 略高于直接和电热终端 CO₂ 排放量 62.2 亿 t。3 种核算方法的 CO₂ 排放部门分布和排放强度有明显的差异: 电、热力生产与供应业的直接排放占比为 45.2%, 而电热终端 CO₂ 排放仅占 4.5%; 制造业的直接法、电热终端法和隐含终端法核算的 CO₂ 排放占比分别为 35.3%、61.1% 和 65.5%, 是终端能源消费 CO₂ 排放最主要的部门; 制造业、电热力生产与供应业和交通运输业的电热终端 CO₂ 排放强度分别为 2.166、1.72 和 1.622 t CO₂/万元 GDP, 是排放强度较高的部门。在产业部门中, 制造业的有色金属冶炼及压延加工业、非金属矿物制品业等 5 个行业以 9.8% 的经济增长贡献, 排放了 52.4% 的 CO₂, 是产业结构调整、技术和工程减排的重点; 服务业以 7.2% 的 CO₂ 排放, 贡献了 38.4% 的经济增长, 应作为中国低碳经济优先发展的产业。

关键词: 能源消费; CO₂ 排放; 核算方法; 减排策略; 中国

The comparison of CO₂ emission accounting methods for energy use and mitigation strategy: a case study of China

YANG Xia^{1,2,3}, CUI Shenghui^{1,2,*}, LIN Jianyi^{1,2}, XU Lilai^{1,2}

1 Key Laboratory of Urban Environment and Health, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021, China

2 Xiamen Key Laboratory of Urban Metabolism, Xiamen 361021, China

3 Xiamen Environment Protection Bureau, Xiamen 361004, China

Abstract: CO₂ emissions from fossil fuel use are the most dominant part of Greenhouse GAS (GHG) emission, which is foundation of GHG inventory and GHG mitigation strategy. In this paper, inventory accounting method, terminal energy consumption accounting method (include electricity & heat terminal method and embodied CO₂ terminal method) were applied to estimate the CO₂ emission of energy consumption activities in China, and the distribution in sectors as well as emissions intense of sectors were evaluated. The accounting results were compared to explain the properties and applications of three methods. Furthermore, the sectors contributions of economic growth and carbon intensity to the increasing of CO₂ emission in China were analyzed. The results show that total CO₂ emissions accounted by embodied terminal energy consumption method are 6.56 billion tons in 2009, slightly more than the amount by another two methods that is 6.22

基金项目: 国家自然科学基金(71003090); 环保部公益项目(201009055)

收稿日期: 2011-10-25; 修订日期: 2012-05-31

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: shcui@iue.ac.cn.

billion tons. CO₂ emission distribution in sectors and emission intensity of sectors are different significantly by the three accounting methods. The main sectors of direct CO₂ emission by inventory method is electricity & heat generation sector, accounting for 45.2%, while only accounting for 4.5% by electricity & heat terminal method. Manufacturing is the main sector of energy consumption which accounting for 35.3%, 61.1% and 65.5% by inventory method, electricity & heat terminal method and embodied CO₂ terminal method. By electricity & heat terminal method, top three CO₂ emission intensity sectors are manufacturing, electricity and heat generation, transportation, which is 21.66, 17.2 and 16.22 tCO₂/1000RMB respectively. In manufacturing sector, top five industries, such as ferrous metal smelting and rolling processing industry, non-metallic mineral production industry, contribute 52.4% emissions with the 9.8% economic growth. They are key industries for GHG mitigation by taking technology innovation and implementing mitigation projects. Services industry emits 9.8% CO₂, while contributes 38.4% economic growth. It should be priority development industry of low carbon economic in China.

Key Words: energy consumption; CO₂ emission; accounting methods; mitigation strategy; China

能源活动是温室气体排放的最重要来源,在发达国家,其贡献一般占 CO₂ 排放量的 90% 以上和温室气体排放量的 75%^[1],这部分 CO₂ 排放量的核算是温室气体清单编制和减排方案制定的关键和基础。能源活动 CO₂ 排放量测算目前主要采用联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)推荐的温室气体排放清单编制参考方法(直接法)^[2]。世界银行^[3]等国际机构、国家^[4]或城市^[5-7]的能源活动 CO₂ 排放数据和相关研究大多采用或基于这一方法的核算结果。基于部门 CO₂ 直接排放,学者们研究了产业升级与化石能源消费 CO₂ 排放的关系^[8],采用投入产出分析法评估了各产业部门生产者和消费者的 CO₂ 排放责任^[9-11],并应用因素分解法对 CO₂ 排放的驱动因素进行分析^[12-14]。直接法核算化石能源燃烧的的直接 CO₂ 排放,可用于评估产业部门和地区的直接排放责任,但无法用于深入分析部门或地区终端能源需求对 CO₂ 排放的影响。

产业部门终端能源需求所引致的 CO₂ 排放(简称终端排放)包括终端消费化石能源直接 CO₂ 排放、消费电热所引起间接 CO₂ 排放和能源产品隐含 CO₂ 排放。目前已有研究以产业部门终端消费能源为核算对象,评估了各部门化石能源燃烧 CO₂ 排放贡献^[15-16],有些研究将电力生产过程的 CO₂ 排放按电力消费量分配至终端消费部门^[17-18]。还有研究采用生命周期评价法对煤电^[19]、汽车燃油^[20-22]等能源产品的隐含 CO₂(产品生产全过程的 CO₂ 排放)进行了分析,但对于产业部门的终端能源消费 CO₂ 排放核算目前尚未有系统的方法。

我国是能源消费大国之一,能源活动的温室气体排放贡献显著。2009 年我国化石能源燃烧的 CO₂ 排放量占全球化石能源燃烧 CO₂ 排放量的 23.7%,比 1990 年增长了 206.5%^[23]。基于终端法核算结果分析我国产业部门由于能源需求驱动的 CO₂ 排放贡献、排放水平和减排潜力,是制定我国源头消减策略,应对气候变化的重要研究内容。

为此,本文在电热力间接 CO₂ 排放系数、能源产品隐含 CO₂ 计算基础上,建立终端 CO₂ 排放核算方法(简称终端法),比较了终端法和直接法核算的中国能源活动 CO₂ 排放、产业部门分布和排放水平差异,为能源活动的 CO₂ 排放研究提供基础方法。在电热终端法核算结果基础上,分析各产业部门经济规模和排放强度对中国能源活动 CO₂ 排放的影响,为我国减排政策和措施制定提供依据。

1 研究方法

1.1 核算范围和分类

根据中国能源统计,终端能源消费部门包括农、林、渔水利业,工业,建筑业,交通运输、仓储及邮电通讯业等产业部门和居民消费。根据《中国国民经济行业分类(GB/T 4754—2002)》,工业包括采矿业、制造业、电力和热力生产与供应业 3 个行业门类 39 个行业大类。采矿业中煤炭开采与洗选业、石油和天然气开采业为能

源开采部门,工业中石油加工与炼焦为能源加工部门;电力和热力生产与供应业为能源转换部门。

直接法核算范围为部门消费化石能源燃烧的直接 CO₂ 排放。终端法根据其核算范围分为电热终端法和隐含终端法。电热终端法核算范围包括用于部门终端消费的化石燃料燃烧直接排放(电热力生产部门不包括能源转换的化石燃料燃烧排放)和电热力消费的间接排放(电、热力生产部门用于能源转换的化石能源燃烧排放)。隐含终端法核算范围包括用于部门终端消费的化石燃料燃烧直接排放、电热力的间接排放和能源产品隐含 CO₂ 排放。隐含在能源产品中的 CO₂ 包括能源开采、能源加工和转换、能源运输过程的 CO₂ 排放。各类能源产品简要生产流程及所属行业见图 1。

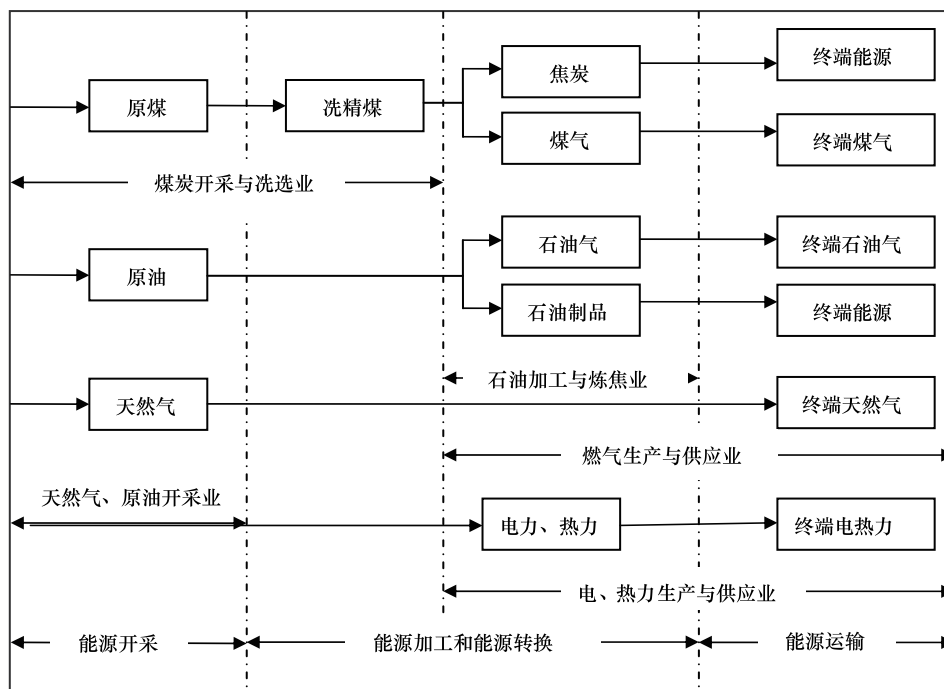


图1 各类能源生产流程、所属行业关系图

Fig.1 Processes of energy productions and sectors

1.2 能源活动 CO₂ 排放核算方法及比较

能源活动 CO₂ 排放是指一个国家、区域、部门、企业由于能源活动所产生的 CO₂ 排放。能源活动 CO₂ 排放量可采用以下公式计算：

$$E = \sum_j AC_j \cdot C_j \quad (1)$$

式中, E 指 CO₂ 排放量, t; j 指燃料品种; AC 指能源消耗数量, t; C 指能源的 CO₂ 排放系数, tCO₂/t。

根据研究目的,能源活动 CO₂ 排放量可采用不同的核算方法计算。核算方法不同,能源统计范围和采用的排放系数不同。直接法、电热终端法和隐含终端法的能源统计范围、排放系数选用及系数获取方法、研究目的比较见表 1。直接 CO₂ 排核算法核算范围为各部门用作能源的化石燃料,排放系数采用化石能源燃烧排放系数。终端法能源统计范围为部门终端消费的化石能源和电热力,排放系数电热终端法采用电热终端排放系数,隐含终端法采用隐含终端排放系数。

对于一个能源生产和消费均在区域内的地区,3 种方法核算的 CO₂ 排放总量相同,部门分布不同。对于有电力或化石能源输入(或输出)的国家,由于电热力的间接 CO₂ 排放或能源产品隐含 CO₂ 在区域外(或区域内)排放,核算的终端 CO₂ 排放排放量将大于(或小于)直接法核算的 CO₂ 排放量。

(1) 化石能源燃烧直接排放系数

根据 IPCC 计算方法,化石燃料燃烧产生的直接 CO₂ 排放系数可采用如下公式计算：

$$C_c = \text{NCV} \cdot CC \cdot O \cdot 44/12$$

式中, C_c 指化石燃料燃烧的直接 CO_2 排放系数, tCO_2/t ; NCV 指各燃料低位发热值, MJ/t ; CC 指燃料单位热值含碳量, tC/TJ ; O 指氧化率, 采用 IPCC 默认值 100%;

表 1 3 种能源活动 CO_2 排放核算方法比较

Table 1 Comparison of three accounting methods for CO_2 emission from energy activities

核算方法 Methods	直接法 Inventory method	电热终端法 Electricity & heat method	隐含终端法 Embodied terminal method
能源统计范围 Statistics range	所有部门消费的化石能源(包括用于电热力转换的能源)	部门终端消费的化石能源和电热力	部门终端消费的化石能源和电热力
CO_2 排放系数 Carbon emission coefficients	化石能源燃烧排放系数(直接系数)	电热终端排放系数;化石能源采用直接系数,电热力采用终端电热间接排放系数(间接系数)	隐含终端排放系数;化石能源直接系数和电热间接系数与单位能源产品隐含 CO_2 之和
排放系数计算方法 Analysis methods	IPCC 推荐的物料衡算法	IPCC 推荐的物料衡算法;	IPCC 推荐的物料衡算法;能源产品生命周期分析
研究目的 Purposes	了解能源消费 CO_2 排放的直接来源	了解终端能源消费部门对 CO_2 排放的贡献	了解能源需求部门对 CO_2 排放的贡献

由于不同区域能源品种发热值和含碳量存在差异,本文原煤、原油、天然气的直接 CO_2 排放系数计算采用中国能源工程研究所的测定结果,其它煤品和油品的直接 CO_2 排放系数计算采用 IPCC 缺省值,并根据中国工程院原煤和原油排放系数与 IPCC 缺省值的无烟煤和原油排放系数的比值进行调整。

(2) 终端电热力的间接排放系数

化石电热力产品生产的直接排放系数通过计算电、热力生产部门用于能源转换的化石能源燃烧 CO_2 排放量和产品数量计算获得。由于终端消费的电热力包括化石能源和非化石能源电热力,且电热力在输配送过程中存在损失,因此,终端消费电热力产品的间接排放系数可用以下公式计算:

$$C_e = \sum_j C_j/L_j \cdot m_j \cdot n/(1-K) \quad (2)$$

式中, C_e 为终端电、热力间接排放系数(吨 $\text{C}/\text{吨标煤}$); j 为用于电热力生产的化石能源种类; L 为能源转换效率; m 为该能源电力占化石能源电力的比例; n 为化石能源电力(热力)占生产总电力(热力)的比例; K 为输配送损耗;

(3) 单位能源产品隐含 CO_2

单位能源产品隐含 CO_2 是指在单位能源产品在生产过程中的 CO_2 排放量。它可通过累加能源产品在各生产环节的排放量获得。能源产品隐含 CO_2 排放系数可用以下公式计算:

$$C_1 = \sum_k E_k/Q_k \quad (3)$$

式中, C_1 为表示单位能源产品隐含 CO_2 ; k 为表示生产环节; E 为所属行业能源消耗 CO_2 排放量; Q 为所属行业生产的能源产品数量(按标准量统计)。

1.3 产业部门经济增长和排放强度对区域排放影响的分析方法

区域产业部门终端能源消费 CO_2 排放为农业、采矿业、制造业等各产业部门排放之和,各产业部门能源活动 CO_2 排放可进一步分解为经济总量和排放强度的乘积。如果经济总量采用增加值(GDP),则部门能源活动 CO_2 排放强度是指生产单位 GDP 产品的能源消费所排放的 CO_2 。该指标不仅可反映部门经济增长的 CO_2 排放水平,还可以反映部门能源结构和能耗水平状况。排放强度计算公式如下:

$$I_i = E_i/G_i \quad (4)$$

式中, i 为部门; I 为排放强度($\text{t CO}_2/\text{万元 GDP}$); E 为 CO_2 排放量(t); G 为增加值(万元)。

各产业部门经济总量和排放强度对区域能源活动 CO_2 排放的影响程度,是调整产业结构发展低碳经济

的关注重点。采用增加值贡献率和排放强度效应系数可定量评价各部门经济增长和强度变化的影响程度,其中产业部门增加值贡献率为在各产业部门增加值与国民生产总值的比值;排放强度效应系数为产业部门排放强度与区域排放强度的比值。

1.4 数据来源和中国能源消费概况

2009 年中国各类能源产品产量、能源加工转换使用的化石燃料种类和数量、所有生产部门(包括能源生产与加工转换部门)、的终端消费和居民生活消费的能源数量均来源于 2009 年中国能源统计年鉴。

2009 年中国国民生产总值 33.5 万亿元。一次能源生产量 26 亿 t 标煤(电热当量法,下同),以煤炭为主,占比 82%。终端能源消费量 21.8 亿 t 标煤,其中煤和焦炭占 40.2%,油 23.5%,电力 19.5%,热力 4.1%,天然气 4.3%。终端消费能源中,本国生产加工能源约占 96%(其中包括进口一次能源在本国加工的产品),国外进口二次能源约占 4%。2009 年中国终端消费的电力中,化石能源电力占 80.3%(其中 1% 为天然气电力),其余为水电、核电等非化石能源电力,电力输送损失率为 6%,热力供应损失率为 1.2%。

2 结果与分析

2.1 中国能源活动 CO₂ 排放系数

2009 年中国化石能源产品的直接 CO₂ 排放系数、终端电热力的间接排放系数和各类能源产品的隐含终端排放系数见表 2。由于中国终端消费能源产品基本上都在本国生产,因此,不考虑进口与本国能源产品的隐含 CO₂ 的差异,采用本国生产的能源产品隐含 CO₂ 来作为中国终端消费能源的隐含终端排放系数。

从表中可看出,直接排放系数较高的能源种类为煤炭,其次为石油,天然气最低。电力间接排放系数远高于煤炭的直接排放系数,其原因为中国电力以煤电为主,且煤电的能源转换效率小于 40%。在考虑了能源产品隐含 CO₂ 后,深度加工石油产品排放系数接近煤,天然气仍是排放系数较低的燃料品种。

表 2 2009 年中国终端消费能源 CO₂ 排放系数表/(t CO₂/t 标准煤)

Table 2 Carbon emission coefficients of energy terminal consumption of 2009 in China

能源种类 Types of energy	直接/间接 排放系数 Direct/indirect coefficients	能源产品 隐含 CO ₂ Embodied Carbon coefficients	隐含终端 排放系数 Embodied terminal coefficients	能源种类 Types of energy	直接/间接 排放系数 Direct/indirect coefficients	能源产品 隐含系数 Embodied Carbon coefficients	隐含终端 排放系数 Embodied terminal coefficients
原煤 Raw coal	2.493	0.075	2.568	原油 Crude	1.980	0.213	2.193
洗精煤 Cleaned coal	2.493	0.150	2.643	汽油 Gasoline	1.872	0.580	2.452
焦炭 Coke	2.819	0.517	3.336	煤油 Kerosene	1.931	0.580	2.511
热力 Heat	3.539	0.802	4.393	柴油 Diesel	2.002	0.580	2.581
电力 Electricity	6.697	0.802	6.411	燃料油 Fuel oil	2.091	0.580	2.670
天然气 Natural gas	1.503	0.269	1.772	液化石油气 LPG	1.704	0.636	2.340

2.2 中国能源活动部门 CO₂ 排放分布和强度不同核算法比较

根据公式(1)和中国能源消费数据,采用直接法计算获得 2009 年中国能源燃烧活动的直接 CO₂ 排放量为 62.2 亿 t,与电热终端法核算结果相同,隐含终端法核算的能源消费 CO₂ 排放为 65.6 亿 t。隐含终端法核算的排放量略高于直接和电热终端法核算的排放,是因为该方法核算了净进口能源消费的隐含 CO₂。

按照中国国民经济行业划分标准和不同方法的核算结果,直接法、电热终端法和隐含终端法核算方法的中国能源活动部门 CO₂ 排放分布分别见图 2、图 3 和图 4。比较图 2—图 4 可看出,不同核算方法的能源活动 CO₂ 排放部门分布差异显著。电、煤气和水生产供应业是能源燃烧 CO₂ 排放最大的部门,占比达 45.2%,但在电热力生产部门的 CO₂ 排放分配至能源终端消费部门后,其占比仅为 4.5%,这说明各部门电热力消费所带动的电热力生产部门直接排放占比达到 40.7%,对能源活动 CO₂ 排放影响重大。制造业直接排放、电热终端和隐含终端排放占比分别为 35.3%、61.1% 和 65.5%,说明不仅中国制造业的能源需求对能源活动 CO₂ 排放影响至为关键,其化石能源消费的直接排放也是关注的重点。交通运输等部门的直接排放、电热终端和

隐含终端排放占比分别为 6.7%、7.3% 和 8.9%, 是排放较大的部门之一, 不同核算法排放量占比变化不太显著的原因是交通运输部门终端消费的能源以化石能源为主。居民生活占比由 4.9% 的直接排放增加到 12.1% 的电热终端排放, 使其成为第二大排放部门的原因是电力为该部门消费的主要能源品种, 而终端消费电力的排放系数远高于其它能源。

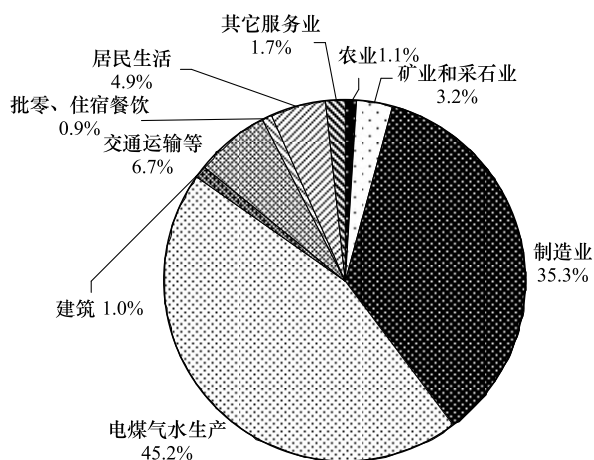


图2 直接法排放部门分布

Fig.2 CO₂ emission distribution by inventory method in sectors

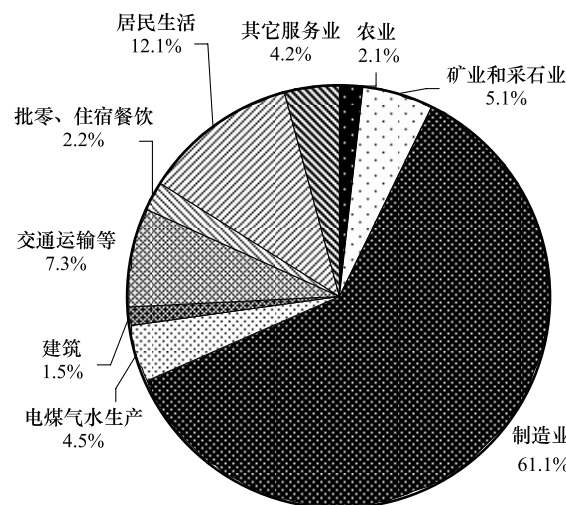


图3 电热终端法排放部门分布

Fig.3 CO₂ emission distribution by Electricity & heat terminal method in sectors

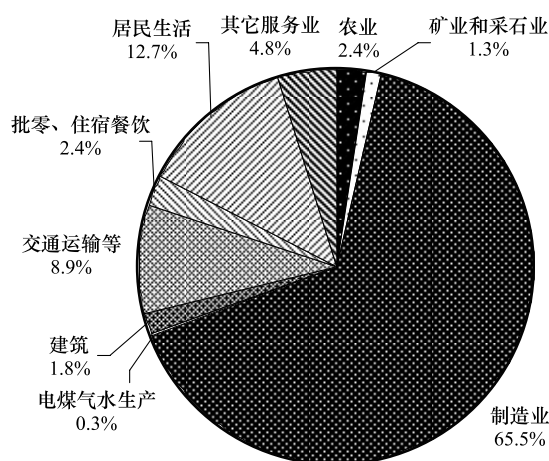


图4 隐含终端法排放部门分布

Fig.4 CO₂ emission distribution by embodied terminal method in sectors

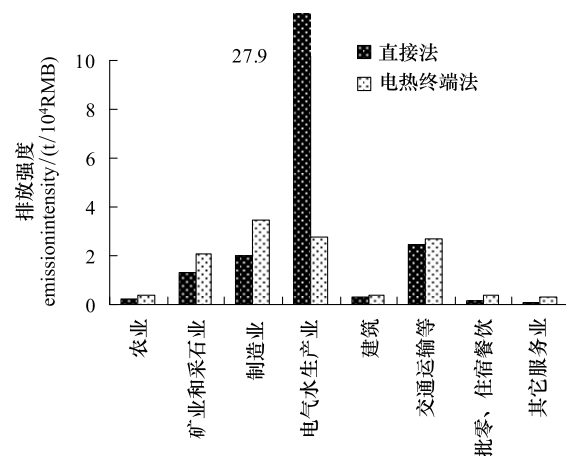


图5 部门能源活动排放强度比较

Fig.5 Comparison of CO₂ emission intensity in sectors by inventory and terminal methods

在部门能源活动 CO₂ 排放核算基础上, 根据公式 4 和 2009 年中国分行业国民生产总值, 得到各产业部门直接法和终端法能源活动 CO₂ 排放强度 (图 6)。考虑电热终端法核算将能源消费排放责任合理分配到所在经济生产部门, 适用于评价各部门单位经济产出能源消费的 CO₂ 排放水平, 因此采用电热终端法排放强度与直接法排放强度进行比较。从图中可看出, 两种核算方法得到的部门能源活动 CO₂ 排放强度有明显差异, 其中电、煤气、水生产与供应业万元增加值的直接排放为 27.9 tCO₂, 电热终端排放仅为 2.77 tCO₂/万元。其它部门电热终端排放强度均高于直接法排放强度, 制造业最高为 3.69 tCO₂/万元 GDP, 其次为交通运输业 2.68 tCO₂/万元 GDP, 再次为采矿和采石业 2.06 tCO₂/万元 GDP, 农业、建筑及餐饮业排放强度等均在 0.4

tCO₂/万元 GDP 左右。

2.3 不同核算法制造业各行业能源活动 CO₂ 排放分布和强度的比较

制造业 CO₂ 排放行业分布情况见图 6。从图中可看出,制造业各行业不同核算方法的占比也存在较显著的差异。直接法、电热终端法和隐含终端法核算出黑色金属冶炼及压延加工业的排放分别占总排放的 16.4%、21.1% 和 25.0%,是 CO₂ 排放最主要的部门;排放量较大的行业还有非金属矿物制品业、化学制品业,有色金属冶炼及压延加工业,其中化学制品业和有色金属冶炼及压延加工业的终端法排放比直接法增加较多,说明这个行业是电、热消费和化石能源深度加工产品消费较大的部门,能源消费的间接排放和隐含 CO₂ 较大。石油加工与炼焦业的直接和电热终端排放较大,但该部门为能源加工部门,其生产过程排放已分配至能源产品消费部门,不在隐含终端法核算的统计范围。

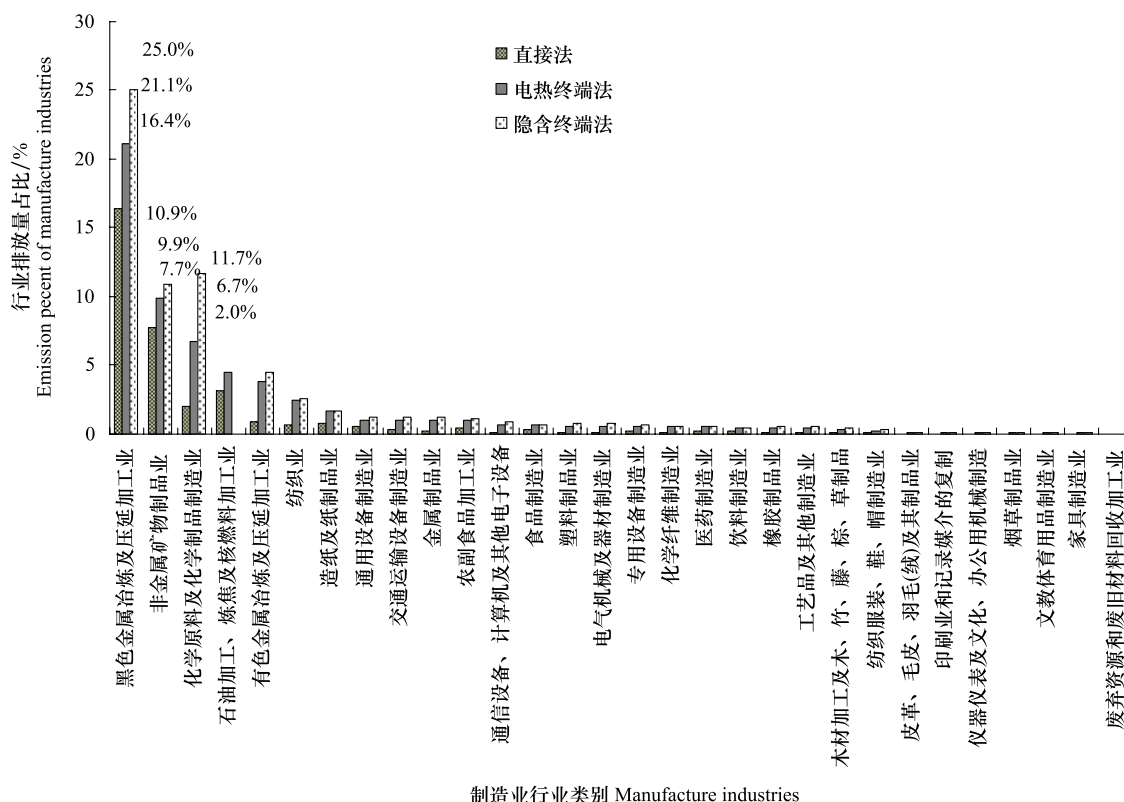


图6 制造业 CO₂ 排放分布比较(按行业大类)

Fig.6 Distribution of CO₂ emissions in manufacturing industry

制造业各行业能源活动 CO₂ 排放强度见图 7。从图中可看出,电热终端法核算的行业排放强度均显著高于直接法。能源活动排放强度最高的为黑色金属冶炼及压延加工业、非金属矿物制品业、石油加工、炼焦及核燃料加工业 3 个行业,电热终端排放强度在 8 t CO₂/万元 GDP 以上;其次为有色金属冶炼及压延加工业、造纸及纸制品业、化学原料及化学制品制造业、工艺品及其他制造业、橡胶制品业、纺织业,排放强度在 2—6 t CO₂/万元 GDP 之间,其它行业排放强度在 2 t CO₂/万元 GDP 以下。

2.4 产业部门对区域排放影响的定量分析和减排策略选择

根据各产业部门电热终端法能源消费 CO₂ 排放量、增加值(GDP)和排放强度,计算出各产业部门和制造业重点行业 CO₂ 排放产业部门贡献、经济增长贡献和排放强度效应系数(表 5)。

从表中可看出经济增长贡献较大的产业部门为服务业、制造业,贡献率分别为 38.4%、32.1%,其次为农业,贡献率 10.4%,较小的部门为交通运输仓储及通讯、建筑业、矿业和采石业、电力煤气和水生产供应,贡献率分别为 6.6%、5%、4.5%、3%。服务业、制造业增加值贡献率大,因此通过制定产业节能政策,加强能源管

理来提高部门能源利用效率,将取得较好的减排成效,是政策和管理减排的重点。

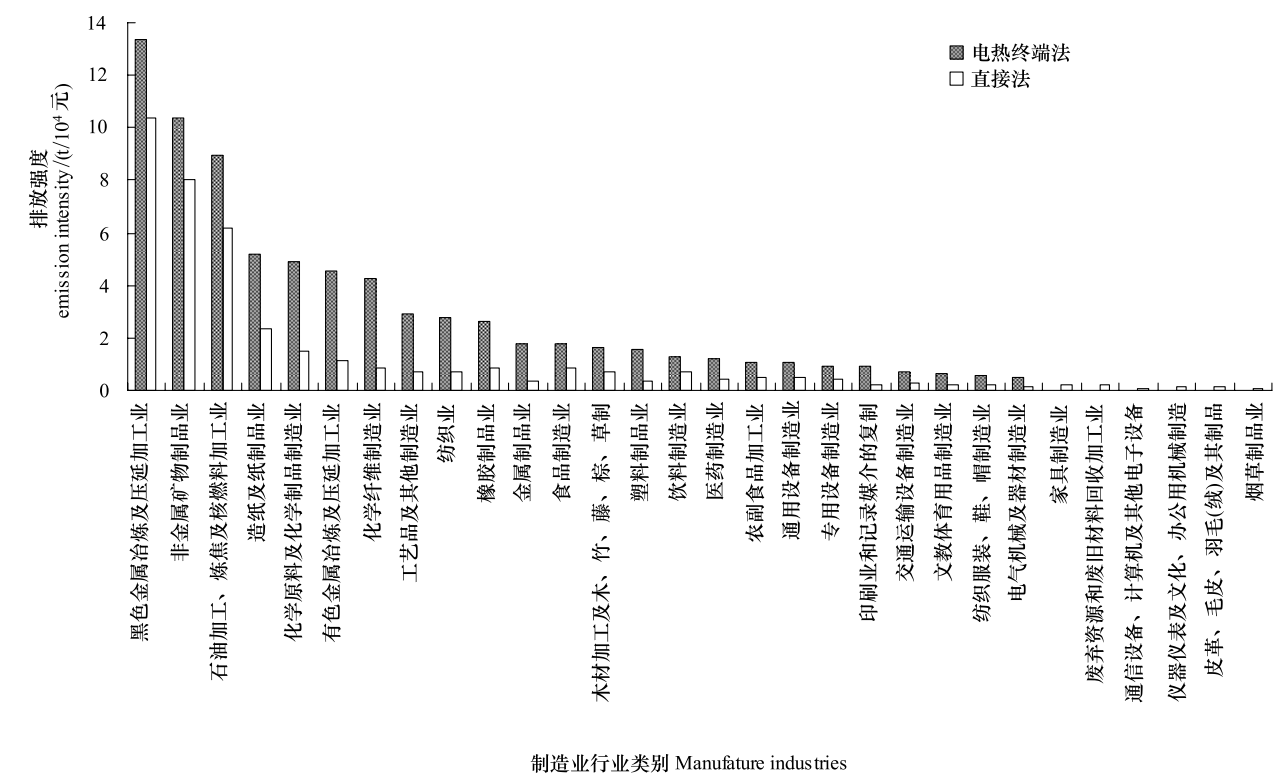


图 7 制造业各行业排放强度

Fig. 7 CO₂ emissions intensity of different sectors in manufacturing industry

表 3 产业部门经济规模和排放强度对区域 CO₂ 排放的影响

行业类别 Types of Industry	产业部门经济 增长贡献率/% Economic contributions of sectors	排放强度效应系数 Efficiency of emission intensity of sectors'	CO ₂ 排放产业 部门贡献率/% Emission contributions of sectors
农业 Agriculture	10.4	0.228	2.4
矿业和采石业 Mining and quarrying sector	4.5	1.278	5.7
建筑 Construction industry	6.6	0.332	1.7
制造业 Manufacturing industry:	32.1	2.166	69.5
电力煤气和水生产供应 Electricity, gas and water production and supply sector	3.0	1.72	5.2
交通运输、仓储及通讯 Transportation, warehousing, communication sector	5.0	1.622	8.0
其它服务业 Other services sectors	38.4	0.188	7.2
总计 Total	100.0		100.0
制造业中:黑色金属冶炼及压延加工业 Ferrous metal smelting and rolling processing industry	2.9	8.315	24.0
非金属矿物制品业 Non-metallic mineral production industry	1.8	6.42	11.3
化学原料及化学制品制造业 Chemicals and chemical products manufacturing industry	2.5	3.061	7.6
石油加工、炼焦等加工业 Petroleum processing, coking and other processing industry	0.9	5.545	5.1
有色金属冶炼及压延加工业 Non-ferrous metal smelting and rolling processing industry	1.6	2.827	4.3
小计 Total	9.6		52.4

排放强度效应系数较大的部门依次为制造业、电力煤气和水生产供应、交通运输仓储及通讯业、矿业和采石业,分别为 2.166、1.72、1.622 和 1.278,排放强度效应系数较小的部门为建筑业、农业和服务业,分别为 0.33、0.23 和 0.19。制造业中,黑色金属冶炼及压延加工业、非金属矿物制品业、石油加工、炼焦等加工业、化学原料及化学制品制造业、有色金属冶炼及压延加工业的排放强度效应系数分别为 8.315、6.42、5.545、3.061 和 2.827,超过了制造业的平均水平。这些排放强度效应系数大的部门和行业,需要采取节能技术,实施节能工程来降低单位产品能耗,是技术和工程减排的重点。

在经济规模和排放强度效应的共同作用下,制造业成为影响中国产业部门能源活动 CO₂ 排放的最大的部门,其贡献达 69.5%,其中的黑色金属冶炼及压延加工业等 5 个行业的贡献达到 52.4%,但其经济增长贡献仅为 9.6%,这此行业应作为产业结构调整的重点行业。交通运输仓储及通讯业、矿业和采石业、电力煤气和水生产供应业的排放贡献率分别为 8%、5.7% 和 5.2%,其主要原因为排放强度效应系数较大且有一定的经济规模,应采取相应的政策、管理和工程减排措施进行减排。服务业能源消费 CO₂ 排放贡献率为 7.2%,但经济增长贡献了 38.4%,应作为低碳经济优先发展的产业。

3 讨论与结论

能源燃烧排放的温室气体包括 CO₂、CH₄ 和 N₂O,其中 CO₂ 约占各种温室气体总排放量的 80%,为简化研究过程,本文仅对 CO₂ 的排放进行研究,其它的温室气体排放可能因化石燃烧工艺不同导致燃烧率和排放系数不同,但可参考或采用本文终端法核算终端能源消费的排放。在 3 种核算方法中,直接法有利于分析 CO₂ 的直接排放环节并实施工程减排。电热终端法侧重于分析各部门(包括能源生产部门)能源消费所引致的 CO₂ 排放,有利于人们评估产业部门的 CO₂ 排放责任和单位经济产出能源消费的 CO₂ 排放水平;终端核算法侧重于分析能源消费部门(不包括能源生产部门)的能源需求对区域 CO₂ 排放的贡献,有利于从源头上采取有效对策措施进行减排。在终端法核算结果基础上,进行投入产出分析,可以更准确地评估部门产品隐含和部门产品消费的 CO₂ 排放责任;进行因素法分析,可以更好地了解区域 CO₂ 排放的驱动因素。

电力间接 CO₂ 排放系数与区域化石能源电力占比、能源转化的化石能源种类的直接 CO₂ 排放系数成正比,与输配送效率、能源转化效率成反比。能源产品隐含 CO₂ 与产品生产加工部门的 CO₂ 排放水平、能源产品加工的深度有关,焦炭和深加工石油产品的隐含 CO₂ 较大。

本文建立了能源消费电热终端和隐含终端 CO₂ 排放核算方法,对中国能源消费 CO₂ 排放、部门分布排放强度进行核算,并与 IPCC 推荐的直接核算法进行了比较,基于电热终端法核算结果对中国产业部门和制造业各行业的经济增长和排放强度对 CO₂ 排放的影响进行定量分析,得到以下主要结论:

(1)直接法与电热终端法核算结果相同,为 62.2 亿 t,低于隐含终端法的 65.6 亿 t,3 种核算方法的 CO₂ 排放产业部门分布有明显的差异。电、热能生产部门能源燃烧直接 CO₂ 排放量最大,占中国能源活动直接排放总量的 5.2%,但部门终端消费能源的 CO₂ 排放贡献仅为 4.5%,其余 40.7% 的排放为电、热力生产用于能源转换的化石能源燃烧排放;制造业的直接法、电热终端法和隐含终端法核算的 CO₂ 排放占比分别为 35.3%、61.1% 和 65.5%,是终端能源消费 CO₂ 排放最主要的部门;交通运输业和居民消费也是终端能源消费 CO₂ 排放较重要的部门,隐含终端占比 8.9% 和 12.7%。3 种核算法得到的中国制造业的 CO₂ 排放部门分布也有较明显的差异。黑色金属冶炼及压延加工业是中国能源活动 CO₂ 排放最主要的部门,3 种核算法排放量分别占区域总排放量的 16.4%、21.1% 和 25%,占制造业的 1/3 强;排放量较大的行业还有非金属矿物制品业、化学制品业,有色金属冶炼及压延加工业。

(3)在各产业部门中,直接法排放强度位于前 3 位的为电热力生产与供应业、交通运输业和制造业,分别为 27.8、52.43、2.02 t CO₂/万元 GDP;电热终端 CO₂ 排放强度位于前 3 位的是制造业、电热力生产与供应业和交通运输业,分别为 3.69、2.96 和 2.70 t CO₂/万元 GDP。在制造业中,CO₂ 排放强度最高 3 个行业为黑色金属冶炼及压延加工业、非金属矿物制品业、石油加工炼焦及核燃料加工业,其直接法排放强度分别为 10.38、8.06、6.2 t CO₂/万元 GDP,电热终端法排放强度分别为 15.51、10.64、8.45 t CO₂/万元 GDP。

(4)制造业由于经济规模和排放强度的共同影响,贡献了中国 69.5% 的能源消费 CO₂ 排放,需要从产业能源政策、能源管理、节能技术和节能工程等多方面采取措施进行减排。制造业的黑色金属冶炼及压延加工业、非金属矿物制品业等 5 个行业以 9.8% 的经济增长贡献,排放了 52.4% 的 CO₂,需要采取节能技术,实施节能工程来降低单位产品能耗,是产业结构调整应关注的重点行业。交通运输仓储及通讯业、矿业和采石业、电力煤气和水生产供应由于排放强度效应系数较大且有一定的经济规模,分别排放了 8%、5.7% 和 5.2% 的 CO₂,应采取相应的政策、管理和技术等减排措施进行减排;服务业以 7.2% 的 CO₂ 排放,贡献了 38.4% 经济增长,应作为低碳经济优先发展的产业,同时通过实施产业节能政策,加强能源管理来提高部门能源利用效率。

References:

- [1] IPCC. Climate Change 2007: Synthesis Report. [2011-09-05]. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf.
- [2] IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. (2007-04) [2011-09-10]. <http://www.ipc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>.
- [3] Climate Change, The world bank. <http://data.worldbank.org.cn/topic/climate-change>
- [4] National Communication on Climate Change, China Climate Info-net. <http://nc.ccchina.gov.cn/web/index.asp? ColumnId=9>
- [5] Dickinson J, Desai R. Inventory of New York City Greenhouse Gas Emissions. (City of New York, Mayor's Office of Long-Term Planning and Sustainability, New York, September 2010.)
- [6] City of New York. Inventory of New York City Greenhouse Gas Emissions. [2011-09-06]. http://www.nyc.gov/html/om/pdf/ccp_report041007.pdf.
- [7] Berlin Brandenburg, Department for Statistics. Energy and CO₂ Balance in Berlin 2007, Report of Statistics. (Berlin, March 2010).
- [8] Tan D, Huang X J, Hu C Z. Analysis of the Relationship between Industrial Upgrading and Carbon Emission in China. Sichuan Environment, 2008, 27(2): 74-84.
- [9] Rodrigues J, Domingos T, Schneider. Designing An Indicator of Environmental Responsibility. Ecological Economics, 2006, 59(3): 256-266.
- [10] Xu Y Z, Zhou F. Carbon Reduction Responsibility of China's Industries Based on the Input-Output Analysis. Industrial Economics Research, 2010, 9(6): 27-35.
- [11] Sun J W, Chen Z G, Zhao R Q, Huang X J, Lai L. Research on Carbon Emission Footprint of China Based on Input-output Model. China Pollution Resources and Environment, 2010, 20(5): 28-34.
- [12] Ang B W. The LMDI Approach to Decomposition Analysis: a Practical Guide. Energy Policy, 2005, 33(7): 867-871.
- [13] Liu H G, Liu W D. Decomposition of Energy-induced CO₂ Emissions in Industry of China. Progress in Geography, 2009, 28(2): 285-292.
- [14] Song De Y, Lu Z B. The Factor Decomposition and Periodic Fluctuations of Carbon Emission in China. China Population Resources and Environment, 2009, 19(3): 18-24.
- [15] Zhang W C, Yang Y. Urban Energy Consumption and Carbon Emissions Inventory — A Case Study of Shanghai City. Urban Management Science & Technology, 2009, 11(6): 17-21.
- [16] Guo Y D, Zhao Y B, Lin F C Bai Y Q. Research on the Carbon Emissions Change of Terminal Energy Utilization — A Case Study on Material Production Sectors of Shanghai. Environmental Science & Technology, 2010, 33(6): 88-92.
- [17] Zhao M, Zhang W G, Yu L Z. Carbon Emissions from Energy Consumption in Shanghai City. Research of Environmental Sciences, 2009, 22(8): 984-989.
- [18] Cha D L, Zhou D Q. The Influencing Effects Research about Energy Consumption and its Related CO₂ of Industry. Chinese Journal of Management Science, 2007, 15(1): 621-626.
- [19] Xia J D, Ren Yu L, Shi L F. Measurement of Life-Cycle Carbon Equivalent Emissions of Coal-Energy Chain. Statistical Research, 2010, 27(8): 82-89.
- [20] E4tech Ltd, Ausilio Bauen, Philip Watson, Jo Howes. Renewable transport fuel specifications RTFO: Carbon reporting methodology, [2011-09-02]. <http://www.icet.org.cn/adminis/uploadfile/20106192383552312.pdf>
- [21] ICET, DRC, E4tech Ltd. China low-carbon fuel standards and policy background report. [2011-09-02]. <http://www.icet.org.cn/news3.asp?CatalID=A00040002&pageno=2>.
- [22] Quadrelli, R. and S. Peterson, The energy-climate challenge: Recent trends in CO₂ emissions from fuel combustion. Energy Policy, 2007(35): 5938-5952.

- [23] International Energy Agency. CO₂ emissions from fuel combustion highlight. (2011 Edition). IEA Publications. Paris. 2011.

参考文献:

- [8] 谭丹, 黄贤金, 胡初枝. 中国工业行业的产业升级与二氧化碳排放的关系. 四川环境, 2008, 27(2): 1215-1220.
- [10] 徐盈之, 邹芳. 基于投入产出分析法的我国各产业部门碳减排责任研究. 产业经济研究, 2010, 9(6): 27-35.
- [11] 孙建卫, 陈志刚, 赵荣钦, 黄贤金, 赖力. 基于投入产出分析的中国二氧化碳排放足迹研究. 中国人口资源与环境, 2010, 20(5): 28-34.
- [13] 刘红光, 刘卫东. 中国工业燃烧能源导致二氧化碳排放的因素分解, 地理科学进展, 2009, 28(2): 285-292.
- [14] 宋德勇, 卢忠宝. 中国二氧化碳排放影响因素分解及其周期性波动研究. 中国人口资源与环境, 2009, 19(3): 18-24.
- [15] 张晚成, 杨旸. 城市能源消费与二氧化碳排放量清单——以上海市为例. 城市管理与科技, 2009, 11(6): 17-21.
- [16] 郭运功, 赵艳博, 林逢春, 白义琴. 终端能源利用的二氧化碳排放变化特征研究——以上海市物质生产部门为例, 环境科学与技术, 2010(6): 88-92.
- [17] 赵敏, 张卫国, 俞立中. 上海市能源消费二氧化碳排放分析. 环境科学研究: 984-989.
- [18] 查冬兰, 周德群. 中国工业能源消耗与 CO₂ 排放影响效应研究. 中国管理科学, 2007, 15(1): 621-626.
- [19] 夏建德, 任玉珑, 史乐峰. 中国煤电能源链的生命周期二氧化碳排放系数计量. 统计研究, 2010, 27(8): 82-89.
- [21] 能源与交通创新中心, 国务院发展研究中心产业经济研究部, E4tech Ltd. 中国低碳燃油标准与政策背景报告. [2011-09-02]. <http://www.icet.org.cn/news3.asp?CatalID=A00040002&pageno=2>.

CONTENTS

The combined effects of elevated CO ₂ and elevated temperature on proliferation of cyanophage PP	NIU Xiaoying, CHENG Kai, RONG Qianqian, et al (6917)
Precipitation pattern of desert steppe in Inner Mongolia, Sunite Left Banner: 1956—2009	CHEN Jun, WANG Yuhui (6925)
Emergy and economic evaluations of two sewage treatment systems	LI Min, ZHANG Xiaohong, LI Yuanwei, et al (6936)
Individual spatial pattern and spatial association of <i>Stipa krylovii</i> population in Alpine Degraded Grassland	ZHAO Chengzhang, REN Heng (6946)
Litter characteristics of nutrient and stoichiometry for <i>Phyllostachys praecox</i> over soil-surface mulching	LIU Yadi, FAN Shaohui, CAI Chunju, et al (6955)
Characteristics of leaf element concentrations of twelve nutrients in <i>Acacia confusa</i> and <i>Leucaena glauca</i> in secondary forests of acid rain region in Fuzhou	HAO Xinghua, HONG Wei, WU Chengzhen, et al (6964)
Relationships between main insect pests and their predatory natural enemies in “Yuhualu” juicy peach orchard	KE Lei, SHI Xiaoli, ZOU Yunding, et al (6972)
Simulating 10-hour time-lag fuel moisture in Daxinganling	HU Tianyu, ZHOU Guangsheng, JIA Bingrui (6984)
Soil nutrient characteristics under different vegetations in the windy and sandy region of northern Shaanxi	LI Wenbin, LI Xinpeng (6991)
Partitioning of autotrophic and heterotrophic soil respiration in southern type poplar plantations	TANG Luozhong, GE Xiaomin, WU Lin, et al (7000)
Soil water and salinity in response to water deliveries and the relationship with plant growth at the lower reaches of Heihe River, Northwestern China	YU Tengfei, FENG Qi, LIU Wei, et al (7009)
Effect of stem diameter at breast height on skewness of sap flow pattern and time lag	MEI Tingting, ZHAO Ping, NI Guangyan, et al (7018)
Invasion of exotic <i>Ageratina adenophora</i> Sprengel. alters soil physical and chemical characteristics and arbuscular mycorrhizal fungus community	YU Wenqing, LIU Wanxue, GUI Furong, et al (7027)
Models and methods for information extraction of complex ground objects based on LandSat TM images of Hainan Island, China	WANG Shudong, ZHANG Lifu, CHEN Xiaoping, et al (7036)
Effects of snow pack removal on soil hydrolase enzyme activities in an alpine <i>Abies faxoniana</i> forest of western Sichuan	YANG Yulian, WU Fuzhong, YANG Wanqin, et al (7045)
Effects of different soil water treatments on photosynthetic characteristics and grain yield in rice	WANG Weixiao, LIU Xiaojun, TIAN Yongchao, et al (7053)
Growth characteristics, lignin degradation enzyme and genetic diversity of <i>Fomes fomentarius</i> by SRAP marker among populations	CAO Yu, XU Ye, WANG Qiuyu (7061)
Effects of the invasion by <i>Solidago canadensis</i> L. on the community structure of soil animals	CHEN Wen, LI Tao, ZHENG Rongquan, et al (7072)
Effects of intercropping on quality and yield of maize grain, microorganism quantity, and enzyme activities in soils	ZHANG Xiangqian, HUANG Guoqin, BIAN Xinmin, et al (7082)
Influence of mycorrhizal inoculation on competition between plant species and inorganic phosphate forms	ZHANG Yuting, ZHU Min, XIAN Yanxiangwa, et al (7091)
The stable nitrogen isotope of size-fractionated plankton and its relationship with biomass during winter in Daya Bay	KE Zhixin, HUNG Liangmin, XU Jun, et al (7102)
Dynamics of toxic and non-toxic <i>Microcystis</i> spp. during bloom in the large shallow hypereutrophic Lake Taihu	LI Daming, YE Linlin, YU Yang, et al (7109)
Activities of antioxidant enzymes and Zn-MT-like proteins induced in <i>Chlorella vulgaris</i> exposed to Zn ²⁺	YANG Hong, HUANG Zhiyong (7117)
Ecological footprint in Fujian based on calculation methodology for the national footprint accounts	QIU Shoufeng, ZHU Yuan (7124)
The comparison of CO ₂ emission accounting methods for energy use and mitigation strategy: a case study of China	YANG Xiai, CUI Shenghui, LIN Jianyi, et al (7135)
Ecological damage assessment of Jiaozhou Bay reclamation based on habitat equivalency analysis	LI Jingmei, LIU Tieying (7146)
The value assessment of county-level ecological assets: a case in Fengning County, Hebei Province	WANG Hongyan, GAO Zhihai, LI Zengyuan, et al (7156)
Review and Monograph	
Molecular basis for enhancement of plant drought tolerance by arbuscular mycorrhizal symbiosis: a mini-review	LI Tao, DU Juan, HAO Zhipeng, et al (7169)
A review of carbon cycling and sequestration in urban soils	LUO Shanghua, MAO Qizheng, MA Keming, et al (7177)
Overview on methods of deriving fraction of absorbed photosynthetically active radiation (FPAR) using remote sensing	DONG Taifeng, MENG Jihua, WU Bingfang (7190)
Research progress on influencing of light attenuation and the associated environmental factors on the growth of submersed aquatic vegetation	WU Mingli, LI Xuyong (7202)
The framework of stoichiometry homeostasis in zooplankton elemental composition	SU Qiang (7213)
Scientific Note	
Abundance and biomass of planktonic ciliates in the sea area around Zhangzi Island, Northern Yellow Sea in July and August 2010	YU Ying, ZHANG Wuchang, ZHANG Guangtao, et al (7220)
Research of wildlife resources sustainable development based on entropy method in China	YANG Xitao, ZHOU Xuehong, ZHANG Wei (7230)
Influence of residue composition and addition frequencies on carbon mineralization and microbial biomass in the soils of agroforestry systems	WANG Yikun, FANG Shengzuo, TIAN Ye, et al (7239)
Seasonal changes in microbial diversity in different cells of a wetland system constructed for municipal sewage treatment	CHEN Yonghua, WU Xiaofu, ZHANG Zhenni, et al (7247)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 22 期 (2012 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 22 (November, 2012)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元