

# 高校碳足迹核算及减排对策——以西北大学南校区为例

米莎, 刘中平, 刘阳, 边敏娟 (核工业二〇三研究所, 陕西咸阳 712000)

**摘要** 以西北大学南校区为研究区域, 采用自上而下碳足迹计算方法, 结合西北大学南校区实际情况估算出西北大学南校区平均个人碳足迹, 从而进一步估算出该校区总碳足迹。结果表明, 西北大学南校区人均碳足迹低于我国人均碳足迹, 大学生相对于社会其他群体来说属于低碳群体; 校园相对于社会其他单位来说也是低碳场所。从碳足迹构成比例可以看出, 用电以及生活垃圾处理是最主要的耗电项目。最后针对高校碳足迹特征提出相应的减排对策。

**关键词** 碳足迹; 低碳; 西北大学南校区; 减排对策

中图分类号 S181 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)22-068-02

**University Carbon Footprint Calculation and Emission Reduction Measures—A Case Study of South Campus in Northwest University**  
MI Sha, LIU Zhong-ping, LIU Yang et al (Two Zero Three Institute of Nuclear Industry, Xianyang, Shaanxi 712000)

**Abstract** The average personal carbon footprint in the Northwest University South Campus was estimated using top-down carbon footprint calculation method, and total carbon footprint of the school was further calculated. The results indicated that per capita carbon footprint in south campus of Northwest University is lower than China's per capita carbon footprint, college students belong to a low-carbon groups relative to other groups in society; campus is also a low-carbon options relative to the rest of society. From the composition of carbon footprint can be seen, electricity and waste are most important carbon consumption projects. Finally, according to university carbon footprint characteristics, corresponding emission reduction measures were proposed.

**Key words** Carbon footprint; Low carbon; South campus of Northwest University; Emission reduction measures

面对全球变暖的严峻形势,“温室效应”被人们逐渐认可,二氧化碳(CO<sub>2</sub>)成为科学家们首要关注且需控制的温室气体。低碳也成为各个国家和企业组织甚至个人的追求目标。要实现低碳,就要减少温室气体的排放。温室气体主要包括 CO<sub>2</sub>、甲烷(CH<sub>4</sub>)、氧化亚氮(N<sub>2</sub>O)、氢氟碳化物(HFC<sub>s</sub>)、全氟碳化物(PFC<sub>s</sub>)、六氟化硫(SF<sub>6</sub>)、氯氟烃类化合物(CFC<sub>s</sub>)、氢代氯氟烃类化合物(HCFC<sub>s</sub>)、臭氧(O<sub>3</sub>)、水汽(H<sub>2</sub>O)等。《京都议定书》明确规定减排的温室气体包括前6种。碳足迹是衡量温室气体的排放对气候以及人类生活影响的标准<sup>[1]</sup>,因此对碳足迹进行定量计算对于倡导低碳经济有重要意义。目前碳足迹的核算方法主要有2种,即生命周期评价法和投入产出分析法。生命周期评价指分析一项产品在生产、使用、废弃及回收再利用等各阶段造成的环境影响,包括能源使用、资源消耗、污染物排放等,该方法包含4个部分,分别是目标和范围定义、清单分析、影响评价和结果解释<sup>[2]</sup>。投入产出分析法最早由美国经济学家 Wassily Leontief 于1936年提出,主要是从生产的角度估算碳排放,该方法主要通过编制投入产出表及建立相应的数学模型,反映经济系统各个部门(产业间)的关系;结合各部门的温室气体排放数据后,投入产出分析法可用于计算各部门为终端用户生产产品或提供服务而在整个生产链上引起的温室气体排放量。碳足迹的计算是个相当复杂的过程。理论上,碳足迹的计算应包括一切用于电力、建设家园、运输(包括旅行是乘坐汽车、飞机、铁路和其他交通工具)的能源以及我们所使用的所有消耗品<sup>[3]</sup>。陕西省西安市高校人口众多,是碳排放贡献中不可忽视的人群。研究高校学生碳足迹对于实现高校低碳经济具有重要意义。鉴于此,笔者以西北大学南校区

为例,对其碳足迹进行核算和分析,以期为高校低碳经济的发展提供借鉴。

## 1 材料与方法

**1.1 研究区域与对象** 选取西北大学南校区作为研究区域,以其大学生日常学习生活为研究对象。西北大学南校区包含的院系有文学院、新闻传播学院、公共管理学院、经济管理学院、数学系与应用社会科学系、信息科学与技术学院(软件学院)、外国语学院、城市与环境学院、法学院(知识产权学院),约有12 000名本科生、3 000名研究生。

**1.2 研究方法** 采用抽样调查的方式,首先每个院系随机选取10名学生,计算每名学生的个人碳足迹,取平均值;然后根据该平均值估算出西北大学南校区大学生平均个人碳足迹;最后估算出西北大学南校区总的碳足迹。目前国际上个人碳足迹估算方法主要有2种:由上而下(Top-Down)及由下而上(Bottom-Up)。由上而下碳足迹估算方法以家庭收支调查为基础,辅以环境投入产出分析,计算出各家庭或各收入阶层碳足迹的平均概况<sup>[4]</sup>。由下而上碳足迹估算方法则利用碳足迹计算器,以个人日常生活中实际消费、交通出行行为估算依据(表1)。该研究选用由下而上的方法测算大学生碳排放量。根据排放因子测算出活动或物质的碳足迹后,相加求和。

$$E_{CO_2} = \sum Q_i \times C_i \quad (1)$$

式中, $E_{CO_2}$ 为碳足迹总量, $Q_i$ 为*i*物质或活动的活动数据, $C_i$ 为单位碳排放因子。参照北京市林业碳汇工作办公室制作的个人碳足迹计算器指标进行计算,1 a按365 d计算。

## 2 结果与分析

**2.1 西北大学南校区碳足迹总体情况** 综合各院系人均碳足迹,测算出西北大学南校区大学生人均碳足迹为1 756.692 kg,从而估算出西北大学南校区总碳足迹为2.635 × 10<sup>4</sup> t。据北京市林业碳汇工作办公室提供的数据显示,我国人均碳

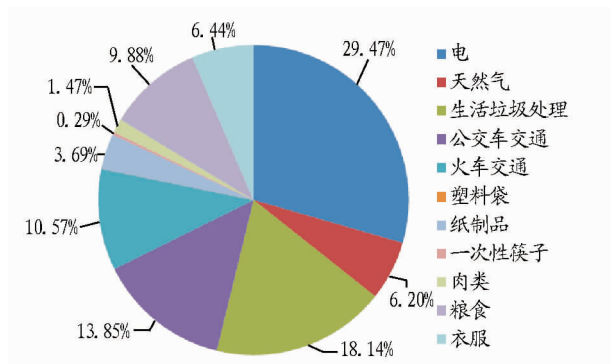
足迹为 4 660 kg;发达国家人均碳足迹为 11 210 kg;发展中国家人均碳足迹为 2 500 kg;全球人均碳足迹为 4 380 kg;应对气候变化目标为 2 330 kg。由此可见,大学生相对于社会其

他群体来说属于低碳群体。此外,校园里相对其他单位较大范围的绿化面积也增加了其碳汇量,因此,校园相对于社会其他单位来说是低碳场所。

表 1 各种日常活动行为的单位碳排放因子  
Table 1 The unit carbon emission factors of daily activities behaviors

日常生活行为 Daily life behavior	类型 Types	排放因子 Emission factor	单位 Unit
团体生活 Community life	电	0.96	kg/( kW · h)
	天然气	2.17	kg/m <sup>3</sup>
	生活垃圾处理	2.06	kg/kg
交通出行 Transportation	公交车交通	0.013	kg/km
	火车交通	0.008 6	kg/km
一次性商品使用 Use of disposable commodity	塑料袋	0.1	kg/千个
	纸制品	3.5	kg/kg
	一次性筷子	23	kg/千双
肉类、粮食、衣服消费 Meat, food, clothing consumption	肉类	1.24	kg/kg
	粮食	0.94	kg/kg
	衣服	6.4	kg/件

2.2 西北大学南校区碳足迹的构成情况 西北大学大学生碳足迹大致可分为 11 类:电、天然气、生活垃圾处理、公交车交通、火车交通、塑料袋、纸制品、一次性筷子、肉类、粮食和衣服。由图 1 可以看出,大学生碳足迹最主要的部分来自用电、生活垃圾处理、公交车交通以及火车交通,这 4 个部分占总碳足迹的 70% 以上。用电排在首位,碳足迹为 776.640 t,人均 517.76 kg,占西北大学南校区总碳足迹的 29.474%;其次是生活垃圾处理,碳足迹为 478.092 t,人均 318.728 kg,占西北大学南校区总碳足迹的 18.144%。塑料袋使用所产生的碳足迹量最少,仅占总碳足迹的 0.002%,碳足迹总共只有 513.5 kg。从西北大学碳足迹构成比例可以看出,用电以及生活垃圾处理是最主要的耗碳项目。因此,西北大学南校区若要实现更进一步的低碳,可以在这 2 个方面加以控制,一方面倡导大学生节约用电,另一方面对生活垃圾进行分类处理及回收利用。



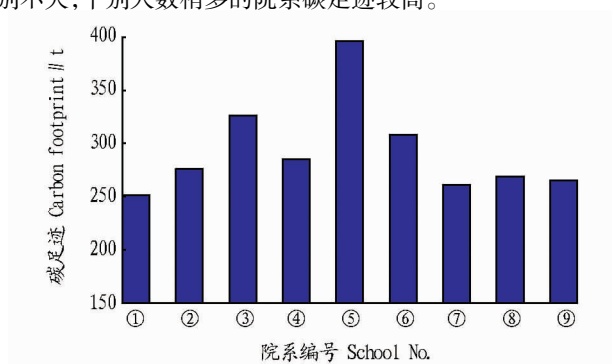
注:塑料袋的碳足迹占比接近 0,未标出。  
Note:The carbon footprint of plastic bags is close to zero, which is not marked.

图 1 西北大学南校区碳足迹构成

Fig. 1 Constitutes of carbon footprint in south campus of Northwest University

2.3 西北大学各院系碳足迹结果对比分析 将各院系消耗

碳足迹进行对比,结果如图 2 所示。由图 2 可以看出,各院系消耗碳足迹范围为 250 ~ 400 t。数学系与应用科学系碳足迹消耗量最大,其碳足迹为 396.782 t,占全校碳足迹总量的 15.058%;居第 2 位的是公共管理学院,其碳足迹为 326.267 t;碳足迹在 300.000 t 以上的还有信息科学与技术学院,其碳足迹为 308.652 t。这 3 个院系碳足迹耗量明显高于其他院系的主要原因是这 3 个院系人数比例较大,其中数学系与应用社会科学系 2 200 人,占全校人数的 14.667%;公共管理学院、信息科学与技术学院均为 1 800 人,均占总人数的 12.000%。可见,各院系碳足迹消耗基本持平。人均碳足迹差别不大,个别人数稍多的院系碳足迹较高。



注:①文学院;②新闻传播学院;③公共管理学院;④经济管理学院;⑤数学系与应用社会科学系;⑥信息科学与技术学院;⑦外国语学院;⑧城市与环境学院;⑨法学院。

Note:①Faculty of Liberal Arts; ②School of Journalism and Communication; ③Faculty of Public Administration; ④School of Economic and Management; ⑤Department of Mathematics and Applied Social Sciences; ⑥School of Information and Technology; ⑦School of Foreign Languages; ⑧College of Urban and Environmental Science; ⑨Law School.

图 2 各院系碳足迹对比

Fig. 2 The carbon footprint contrast of each school

种子等都有可能产生芳香物质,这些香气物质的具体合成场所因植物而异。大部分香气浓烈的植物都含有分泌结构,包括外部分泌结构和内部分泌结构。花朵中花瓣的表皮细胞是花香物质产生和释放的位点,与香气合成有关的基因会在表皮细胞表达<sup>[10]</sup>。花瓣中内部分泌结构是分泌细胞,其常成为特化细胞,含有各种芳香物质,又称为油细胞。玫瑰花瓣中油细胞数量丰富,内含丰富的芳香物质,是玫瑰芳香物质的主要储藏场所。随着花朵的开放,芳香物质从油细胞中释放,初开放期、开放期和衰败期花瓣中油细胞的释放率分别为38.46%、76.93%、92.31%。

Glenn等<sup>[11]</sup>发现薄荷香气成分的前体在叶片细胞中合成,再经腺毛中分泌细胞的白色体进一步加工,最后在分泌细胞的细胞质中完成后续加工过程。在该研究中经比色法检测,叶片中含有微量萜类物质,可以支持上述观点,但仍需进一步试验证实。

**3.2 玫瑰开放过程中香气物质的释放规律** 对花瓣及其提取物的定量分析都表明玫瑰的小花蕾期、花蕾期和初开放期是萜类物质含量较丰富的时期。但这3个时期的玫瑰花瓣细胞尚未完全成熟,芳香物质尚未完成后续加工,还没有形成典型的玫瑰香气。而开放期和衰败期虽然芳香物质的含量下降明显,但芳香物质发育成熟,很多学者检测香气成分时主要选择这两个时期<sup>[3-9]</sup>。

玫瑰提取物香气成分的变化趋势与玫瑰花瓣相似,但随着花朵的开放下降趋势趋缓,其初开放期、开放期和衰败期芳香物质的含量明显高于玫瑰花瓣。这是因为这三个时期玫瑰花瓣中的芳香成分逐渐从油细胞中释放,在测定的过程中容易挥发。而通过蒸馏提取玫瑰芳香成分能够有效降低检测过程中芳香成分的损耗。

**3.3 比色法确定玫瑰香气成分动态变化** 萜类化合物是玫

瑰芳香物质的主要组成成分。四季玫瑰开放期香气成分中含有萜烯类化合物11种,含量27.32%,其他萜类化合物5种,含量24.09%,萜类物质是该品种芳香物质的主要组成成分,且种类和含量初开放期和开放期没有明显差异<sup>[9]</sup>。在薄层层析分离中,加入硫酸的香兰素乙醇溶液作为萜类物质的显色液<sup>[12]</sup>。利用玫瑰的主要香气成分萜类化合物的这一显色特性,通过比色法对玫瑰开放期香气成分含量的动态变化进行定量分析是可行的,该方法简单可行,可用于生产中玫瑰花瓣采摘时期的确定和芳香物质的监控。

### 参考文献

- [1] 张建祥,金其璋.从成分的角度来看玫瑰油和香水月季油的不同用途[J].香料香精化妆品,2006(1):27-30.
- [2] 杨念慈.浅谈油用玫瑰花的品种及其应用[J].香料与香精,1982(4):8-12.
- [3] 余珍,易元芬,吴玉,等.几种玫瑰油的化学成分及香气比较[J].云南植物研究,1994,16(1):75-80.
- [4] 王兴国,王亚平,赵青,等.CGC/IR/MS方法对玫瑰精油化学成分的分析[J].兰州大学学报(自然科学版),1996,32(1):79-83.
- [5] 周围,周小平,赵国宏,等.中国苦水玫瑰油香气成分的研究[J].色谱,2002,20(6):560-564.
- [6] 吴承顺,汪沂,赵德修,等.玫瑰芳香油主要化学成分研究[J].植物学报,1985,27(5):510-515.
- [7] 刘玉梅,刘奎钊.新疆玫瑰精油化学成分的研究[J].精细化工,2002,19(7):388-389.
- [8] 徐金玉,杜鹃,张晓敏,等.GC/MS分析新疆玫瑰精油化学成分[J].浙江化工,2006,37(3):3-4.
- [9] 虞伊林,王秋云,姚蕾.玫瑰自然香气成分及含量变化[J].上海交通大学学报,2012,29(2):80-87.
- [10] DUDAREVA N, PICHERSKY E. Biochemical and molecular genetic aspects of floral scents[J]. Plant physiology, 2000, 122: 627-633.
- [11] TURNER G, GERSHENZON J, NIELSON E E, et al. Limonene synthase, the enzyme responsible for monoterpene biosynthesis in peppermint, is localized to leucoplasts of oil gland secretory cells[J]. Plant physiology, 1999, 120: 879-886.
- [12] 李永红,张毅,肖卫民,等.比色法测量印楝种仁提取物中柠檬苦素类物质[J].西南农业大学学报,2003,25(2):150-156.

(上接第69页)

## 3 减少大学生碳足迹对策

**3.1 节约资源** 节约资源是减少碳足迹的途径之一。大学生应倡导低碳生活,个人养成高效节能的低碳生活方式。如节约用电,教室上课结束,养成随手关灯的好习惯;提倡废弃物回收,打印时提倡双面打印,只用过单面的纸应回收再利用,可用于再打印或作为草稿纸使用;少使用一次性塑料袋。同时,班级可设立“用纸分类回收箱”,统一将班级文件用纸、报刊、杂志等分别放入回收箱中,重复使用,提高利用率。

**3.2 支持垃圾分类** 不同种类的垃圾有不同的处理方式。垃圾分类不仅可以回收可再利用资源,而且还可以避免不同垃圾相互混合带来的污染问题。尽管垃圾分类的理念早已提出并在许多国家实施,但在我国尤其是西安各大高校并未进行,高校教学楼、宿舍区的垃圾篓大都为大圆筒,完全无法做到垃圾分类。实际上,高校可以在这项工作中起到带头作用。由于高校垃圾种类比较单一,生活区主要为生活垃圾,教学区主要为纸张等垃圾,餐饮区为厨余垃圾,这些都是比

较容易分类且可回收利用的。因此,倡导高校实行垃圾分类是切实可行并且有重要意义的。

**3.3 加强学校后勤管理** 一方面,加强后勤部门教学楼区电力使用的管理。教学楼会出现浪费资源的现象,如一个大教室里只有几个人而风扇、电灯全开,教室里无人时电灯仍未熄灭,卫生间水龙头漏水却不能及时检修造成浪费等。另一方面,加强学校食堂餐具的整改。校内还有一部分食堂采用一次性碗筷,这不仅造成极大的浪费还会增加环境成本。因此,校方可在食堂考评中加入一次性筷子和纸碗使用量指标,促进食堂餐具整改<sup>[4]</sup>。

### 参考文献

- [1] 田彬彬,徐向阳.基于生命周期的产品碳足迹评价与核算分析[J].中国环境管理,2011(1):21-26.
- [2] 计军平,马晓明.碳足迹的概念和核算方法研究进展[J].生态经济,2011(4):76-80.
- [3] 周敬森,汪凤娇.高校碳足迹和碳结构探索[J].资源环境与节能减灾,2011(4):118-119.
- [4] 陈婉雪.大学生个人碳足迹影响因素及测算研究[J].现代商贸工业,2011(18):220-221.