

基于碳源/汇角度的低碳城市 评价指标体系构建

张 良, 陈克龙, 曹生奎

(青海师范大学生命与地理科学学院, 西宁, 810008)

摘要: 如何发展低碳经济和建设低碳城市已成为国际热点, 而构建低碳城市评价指标体系则是低碳城市建设和发展的前提和基础。本文在对低碳城市理论和内涵详细分析的基础上, 从城市碳源/汇角度出发, 以定量评价城市能源利用和土地利用造成的碳排放为目标, 构建了低碳城市评价指标体系。该指标体系包含了工业低碳指数、交通低碳指数、建筑低碳指数和土地碳汇指数 4 个二级指标及 28 个三级指标, 并相应地设计了评价模型对各级指标进行综合。评价方法简单直观, 并且可以根据城市能源消费结构的不同而调整权重, 进而保证了评价不同类型城市时的公平性。

关键词: 低碳城市; 指标体系; 碳排放; 能源消费结构

中图分类号: X32

文献标识码: A

文章编号: 1006-8759(2011)06-0008-04

THE EVALUATION INDEX SYSTEM OF LOW-CARBON CITIES BASED ON CARBON SOURCE (CARBON SINK)

ZHANG Liang, CHEN Ke-long, CAO Sheng-kui

(Department of Geography and Resource Environment, Qinghai Normal University,
Xining 810008, P.R. China)

Abstract: How to develop low-carbon economy and construct low-carbon cities has become an international hotspot, and building evaluation index system of low-carbon cities is the premise and basis of low-carbon city construction. Based on detailed analysis of the theory and connotation of low-carbon cities, this paper, from the angle of carbon source (carbon sink), has built up an evaluation index system for low-carbon cities, aiming at quantitative appraisal of carbon emission caused by energy and land utilization in cities. This index system includes 28 three-level indexes and 4 secondary indexes, consisting of industrial low-carbon index, traffic low-carbon index, building low-carbon index and land carbon sink index, accordingly, an evaluation model is also designed to the composition of different levels of indexes. The method runs simply and intuitively. The weight of each index could be adjusted in the light of different structure of city energy consumption in order to assure the fair evaluation in different types of cities.

Keywords: low-carbon city, index system, carbon emission, energy consumption structure

收稿日期: 2011-07-18

基金项目: 国家哲学社会科学基金(08XJY012, 10CJY015); 青海省科技厅项目(2010176)

作者简介: 张良(1986-), 男, 汉族, 河北人, 硕士研究生, 主要从事景观生态学与可持续发展的研究。

1 概述

1.1 低碳城市概念的提出与内涵

从 1992 年的《联合国气候变化框架公约》到

1997年其补充条款《京都协定书》的签订,“温室气体的排放”逐渐成为关注城市发展与建设的一个新视角;2003年英国能源白皮书《我们能源的未来,创建低碳经济》提出“低碳经济”概念,“低碳城市”也呼之欲出;2008年住房与城乡建设部与世界自然基金会(WWF)在中国内地以上海和保定两市为试点联合推出“低碳城市”,此后“低碳城市”成为中国内地城市自“生态城市”之后的新热点。

对于低碳城市的概念,世界各国都没有给出确切的定义。金石认为低碳城市发展是指城市在经济高速发展的前提下,保持能源消耗和二氧化碳排放处于较低水平^[1]。夏堃堡认为低碳城市就是在城市发展低碳经济,包括低碳生产和低碳消费,建立资源节约型、环境友好型社会,建设一个良性的可持续发展的能源生态体系^[2]。龙惟定认为低碳城市建设应遵循世界自然基金会(WWF)提出的“CIRCLE”原则:紧凑型城市遏制城市膨胀(compact)、个人行动倡导负责任的消费(individual)、减少资源消耗潜在的影响(reduce)、减少能源消耗的碳足迹(carbon)、保持土地的生态和碳汇功能(land)、提高能效和发展循环经济(efficiency)^[3]。此外,付允、岸边、谷永新等学者也都进行了各自的阐述^[4-6],限于篇幅,在此不再累述。总结前人研究不难发现,低碳不应等同于不发展,低碳城市首先要实现“城市让生活更美好”的愿景。所以我们认为,低碳城市是指社会经济发展达到一定或较高水平,而其碳排放保持相对较低的一种城市形态。

1.2 低碳城市的指标体系

低碳城市的指标体系不仅是低碳城市内涵的具体化,而且是低碳城市规划和建设成效的度量。目前国内外的论著主要集中在有关低碳城市的内涵、规划设计原则、方法的讨论上,对低碳城市的考核、评价指标的研究较少^[7-11]。已有的评价指标体系多是城市经济、社会和环境等方面内容的综合,研究角度及评价指标选取与“生态城市”评价研究区别不大。为更好地体现其内涵,现将低碳城市与生态城市的主要区别与联系总结如下:(1)从驱动力角度讲,“生态城市”的提出是迫于资源、环境的瓶颈性约束,而“低碳城市”的提出是由于全球碳排放空间制约和国际减排的压力;(2)从核心内容方面看,“生态城市”强调城市环境治理和资源高效利用,而“低碳城市”的核心内容是发展低

碳技术、提高碳生产率(GDP碳强度);(3)在城市建设目标上,“低碳城市”应该是“生态城市”的继承与发展,要在城市可持续发展的框架下协调经济发展与温室气体排放,以应对气候变化。因此,对于低碳城市的研究与评价需充分体现“低碳”特征,也必须与生态城市区别对待。本文将从城市碳源/汇角度出发构建低碳城市的评价指标体系。

2 低碳城市评价指标体系的建立

2.1 低碳城市评价指标体系建立的原则

(1)全面性:既要考察该城市的碳排放水平,同时也要结合该城市的发展水平。

有关低碳经济的概念讨论表明,低碳并不是目的而只是手段,重要的是要保障人文发展目标的实现。农业社会几乎没有化石能源的消费和碳排放,社会生产力并不高,单位碳排放的经济产出可能非常高。但社会发展水平整体低下,显然不是人类社会发展进程中所寻求的低碳经济。保留落后状态绝不应该是低碳城市所追求的目标,所以评价指标体系应该充分兼顾该城市的社会经济发展水平和碳排放强度。

(2)针对性:我国的低碳城市评价应区别于世界其他国家的低碳城市,也应保证评价不同类型城市时的公平性。

我国正处于工业化中期和高速城市化发展阶段,并且与世界上其他国家有着不同的产业结构,因此我国发展低碳城市在发达国家和富裕国家是找不到先例的。我们评价低碳城市的标准应该是既客观又符合国情的。另外,城市碳排放与城市经济发展水平、产业结构、能源结构等诸多因素相关,由于城市的类型和定位不同,所以实现低碳城市的路径选择和发展模式也不尽相同。中国科学院可持续发展战略研究组将我国城市分成了资源开发型、工业主导型、综合型和旅游型四类,由于国内各类型城市的发展模式迥异,所以用一个简单的指标来统一衡量其低碳水平可能较困难,也容易失之公平。所以低碳城市评价指标体系应该能够充分顾及这一实际情况而做到权衡考虑。

(3)动态性:指标体系应随着城市的发展逐渐修正。

“零碳”是低碳城市追求的终极目标,但城市在短期内很难摆脱对化石能源的依赖。由于在不同时期内目标定位不同,低碳对于城市来说也应

该是动态目标。目标的动态性使得经济的发展模式、人们的消费模式都处在动态变化中,以满足目标的需要。所以我们制定低碳城市的评价标准也需要不断调整来适应新变化。

2.2 指标体系的构建

我国正处于快速城市化发展阶段,而未来与能源有关的二氧化碳排放量的增长将主要来自城市^[9],中国到 2020 年在 2005 年的基础上减排二氧化碳 40~45%的承诺,必将传递和分解到城市发

展和产业战略中。笔者认为,低碳城市作为应对气候变化的试点工作,必须有明确的、可测度的衡量城市碳排放的指标来评价低碳城市的建设成效,否则所谓“低碳”只能是空谈。在快速城市化进程中,主要的碳源来自能源利用和土地利用。能源利用中,城市能源消耗又分成工业、建筑和交通能源消耗三部分,在中国城市各部门能耗和由耗能产生的碳排放量的排序是工业、交通、建筑^[7];土地利用碳排放可进一步分为直接碳排放和间接碳排放

表 1 基于碳源/汇角度的低碳城市评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	指标定义(以年为计算时间)	指标单位	指标方向
工业 低碳 指数		单位能耗碳排放	工业部门碳排放总量与工业总能耗的比值	吨 CO ₂ /吨标准煤	-
		单位发电量碳排放	工业部门碳排放总量与工业发电量的比值	克 CO ₂ /千瓦时	-
		万元工业产值碳排放	工业部门碳排放总量与工业总产值的比值	吨 CO ₂ /万元	-
		工业总产值	工业部门创造的 GDP 总量	万元	+
		工业用清洁能源占工业总一次能源的比重	工业用清洁能源总量与工业用一次能源总量的比值	%	+
		高新技术产业产值占工业总产值的比重	高新技术产业产值与工业总产值的比值	%	+
		工业固体废弃物综合利用率	可循环综合利用的工业固体废弃物与工业固体废弃物总量的比值	%	+
		单位交通运输里程碳排放	交通部门碳排放总量与交通运输总里程(铁路、公路、水运、民航等运输里程总和)的比值	吨 CO ₂ /千米	-
		单位客(货)运量碳排放	交通部门碳排放总量与客(货)运总量的比值	吨 CO ₂	-
		单位客(货)周转量碳排放	交通部门碳排放总量与客(货)总周转量(旅客(货物)运输量×运输距离)的比值	吨 CO ₂ /(人次·千米) 吨 CO ₂ /(吨·千米)	-
城市 低碳 综合 指数 LCCI	交通 低碳 指数	单位交通营业收入碳排放	交通部门碳排放总量与交通部门收入总量的比值	吨 CO ₂ /万元	-
		单位车辆碳排放	交通部门公路碳排放总量与机动车总量的比值	吨 CO ₂ /辆	-
		交通运输总里程(含铁路、公路、水运、民航等各分项里程)	交通运输各部门如铁路、公路、水运、民航等各分项里程的加和	千米	+
		总客(货)运量	各种运输工具实际运送的货物(旅客)数量。货运按吨计算,客运按人计算。	人(吨)	+
		客(货)总周转量	各种运输工具运送的货物(旅客)数量与其相应运输距离的乘积之总和	人·千米(吨·千米)	+
		交通部门营业收入	交通部门营业的收入总和	万元	+
		交通普及率	500 米内可以到达主要公共交通线路的人口比率	%	+
		单位建筑面积碳排放	建筑部门碳排放总量与总建筑面积的比值	吨 CO ₂ /平方千米	-
		人均碳排放	建筑部门碳排放总量与建筑内人口总量的比值	吨 CO ₂ /人	-
		单位营业收入碳排放(具有盈利性质的建筑)	建筑部门碳排放总量与建筑部门营业总收入的比值	吨 CO ₂ /万元	-
建筑 低碳 指数		建筑室内环境质量(包括声、光、热及室内空气质量)	按照相关建筑标准综合打分评定等级	等级	+
		建筑一次能效	建筑末端用能总量与输入建筑的一次能源总量比值	%	+
		建筑用可再生能源在建筑用总一次能源中的比例	建筑用可再生能源总量与建筑用一次能源总量的比值	%	+
		森林采伐量占蓄积量的比例	森林采伐量与森林蓄积量的比值	%	-
		人均累计新增非农建设用地面积	新增非农建设用地面积与城市人口总量的比值	平方千米/人	-
土地 碳汇 指数		建成区绿地覆盖率	绿化植物的垂直投影面积与建成区面积总量的比值	%	+
		人均公共绿地面积	城市公共绿地面积与城市非农业人口总量的比值	平方米/人	+
		碳汇密度	碳汇量与城市总面积的比值	吨 CO ₂ /平方千米	+

放,直接碳排放以地类转化为主要因素,间接碳排放是指各种土地利用类型上所承载的全部人为碳排放,包括聚居区的取暖、交通用地的尾气排放等^[12]。在本文中对于土地利用间接碳排放归为能源利用碳排放范畴一并考虑。另由于土地利用具有较大复杂性及空间异质性,计算其直接碳排放量较难实现,本文从量化城市土地碳汇增减变化角度选取指标,间接衡量土地利用的综合碳排放程度。

本文根据全面性、针对性、动态性等原则选择了 28 个代表性因子作为评价指标建立了一个具有三个层级结构的指标体系。最高级指标(一级指标)为城市低碳综合指数 LCCI(Low Carbon Composite Index)用来综合判定该城市的低碳水平,其二级指标分别为工业低碳指数、交通低碳指数、建筑低碳指数和土地碳汇指数。每个二级指标下有若干三级指标分别对其进行定量或定性评价。结果见表 1。

3 评价方法

3.1 标准值的确定及依据

(1)凡已有国家标准的或国际标准的指标,尽量采用规定的标准值;

(2)参考国外具有良好特色并与我国具有相似国情的城市的现状值作为标准值;

(3)参考国内城市的现状值,作趋势外推,确定标准值;

(4)根据统计数据和相关理论进行正确计算得到目前尚没有的标准值;

(5)对那些目前统计数据不十分完整,但在指标体系中又十分重要的指标,在缺乏有关指标统计数据前,暂用类似指标替代。

3.2 指标权重的确定

为了体现低碳综合指数在评价我国不同类型城市低碳发展水平方面的公平性,建议表征能源利用低碳综合指数的三个二级指标(工业低碳指数、交通低碳指数和建筑低碳指数)的权重按照该城市的能源消费结构进行设置,能源消费结构可根据该城市统计年鉴和能源统计平衡表计算得出。另土地碳汇指数权重值视城市的不同类型适当增减。

3.3 评价模型

(1)三级指标数值的计算:

三级指标数值(Q_i)是低碳城市评价指标体系的基础,其标准化公式如下:

$$\text{指标数值越大越好时: } Q_i = 1 - \frac{S_i - C_i}{S_i - \text{Min}} \quad (1)$$

$$\text{当指标数值越小越好时: } Q_i = 1 - \frac{C_i - S_i}{\text{Max} - S_i} \quad (2)$$

其中: S_i —为某三级指标的标准值;

C_i —根据评价城市选取的某三级指标的现状值;

Max —所选相关城市指标中最大值乘以 1.

05;

Min —所选相关城市指标中最小值除以 1.

05.

(2)二级指标数值的计算:

二级指标数值(V_i)是根据其所属三级指标数值的算术平均值计算而得,计算公式如下:

$$V_i = \left(\sum_{j=1}^m Q_j \right) / m \quad (3)$$

其中: Q_j —为某三级指标指数值;

m —为该二级指标所属三级指标的项数

(3) 低碳综合指数(LCCI, Low-carbon Composite Index)的计算:

低碳综合指数(LCCI)是将各二级指标数值乘以各自的权重再加和,计算公式如下:

$$LCCI = U_1 w_1 + U_2 w_2 + U_3 w_3 + U_4 w_4 \quad (4)$$

(4)

其中, U_1, U_2, U_3, U_4 分别代表工业低碳指数,交通低碳指数、建筑低碳指数和土地碳汇指数, w_1, w_2, w_3, w_4 分别表示各二级指标对应的权重。

4 讨论

构建低碳城市评价指标体系是低碳城市建设和发展的前提和基础,也是综合反映低碳城市建设和发展水平的依据,它既是对低碳城市建设和发展现实状况必要的、全面的总结,又为真实地掌握低碳城市建设和发展轨迹提供有价值的参考数据,使政府既能现实地、客观地、动态地掌握低碳城市建设和发展的状况,从而作出推动低碳城市建设和发展的正确决策。由于低碳城市的评价研究目前还处于起步阶段,尚未形成成熟、完善的理

(下转第 16 页)

研究结果,可以得出以下结论:

(1) 污水处理厂、
、
的生化段曝气能耗所占比重分别为 65%、77%、79%,超过污水处理厂运行能耗的一半以上,该阶段将是节能研究的重点。

(2) 污水处理厂 采用的倒伞表曝机+水下推流器组合为最佳曝气组合方式。

(3) 指标层中出水水质稳定性指标权重最高,为 0.5 309;吨水电耗指标次之,为 0.1 729,而后依次为设备运行稳定性、设备寿命、去除单位 COD 能耗、操作管理难度、单位污泥量处理能耗、施工难度。

上述结论有助于我们在污水处理厂设计过程中结合实际处理规模及进水水质,在保证出水水质稳定达标的前提下,综合考虑选择耗能较低的曝气方式。

(上接第 11 页)

论体系和评估体系。本文仅从目前国内外有关城市发展评价的研究成果出发,对低碳城市评价指标体系设计做了基于城市碳源/汇角度的探索性研究,因此还不能全面、充分得反映低碳城市的整体功能、结构关系、状态水平以及发展趋势,其指标的选择以及标准值的确定都需要在今后研究中不断调整并加以完善。

参考文献

[1]金石.WWF启动中国低碳城市发展项目[J].环境保护,2008(2A):22.

[2]夏堃堡.发展低碳经济,实现城市可持续发展[J].环境保护,2008(3):33~35.

[3]龙惟定,白玮,梁浩等.低碳城市的城市形态和能源愿景[J].建筑科学,2010,26(2):13~18.

[4]付允,江云林,李丁.低碳城市的发展路径研究[J].科学对社会的影响,2008(2):5~10.

[5]岸边.低碳城市:城市发展的新亮点[J].环境保护与循环经济.

参考文献

[1]邓荣森,王涛.氧化沟污水处理理论与技术[M].化学工业出版社,2006.

[2]卢丽娟,陈洁等.层次分析法在工业污水处理厂收水体选择中的应用[J].北方环境,2011,23(3):106.

[3]马春燕,吴惠彪,奚旦立.应用层次分析法评价印染废水深度处理技术[J].环境科学与技术,2011,34(4):135~139.

[4]张伟,朱明琪.应用层次分析法确定城市生活污水排放量影响因素的权值[J].环境科学与管理,2010,35(3):54~57.

[5]汪永红,何睦盈,区岳州.采用微孔曝气器的氧化沟实例分析[J].中国给水排水,2003,19(2):75~76.

[6]杨根权.低能耗污水处理技术的应用[J].能源环境保护,2010,24(2):22~26.

[7]张鑫珩.倒伞型复合叶轮曝气机特点及应用[J].给水排水动态2006年8月:14~15.

[8]原培胜.氧化沟表曝设备运行故障分析与安装维护[J].西南给排水,2006,28(3):32~34.

[6]谷永新,李洪欣.“低碳城市”的思考[J].建筑节能.2008(8):24~25.

[7]龙惟定,白玮,梁浩等.低碳城市的能源系统[J].暖通空调HV&AC.2009(8):79~85.

[8]付允,刘怡君,汪云林.低碳城市的评价方法与支撑体系研究[J].中国人口·资源与环境,2010,20(8):44~47.

[9]薛蒙.低碳城市评价指标体系[J].采购与供应链,2010(11):121~123.

[10]张乃明,史静.浅谈低碳城市经济指标体系构建[J].中国人口·资源与环境,2010(20):286~260.

[11]邵超峰,鞠美庭.基于DPSIR模型的低碳城市指标体系研究[J].生态经济,2010(10):95~99.

[12]董祚继.低碳概念下的国土规划[J].低碳生态城市,2010(7):1~5.

[13]吴琼,王如松,李宏卿等.生态城市指标体系与评价方法[J].生态学报,2005,25(8):2090~2095.

[14]庄贵阳.低碳经济:气候变化背景下中国的发展之路[M].北京:气象出版社,2007,11.

[15]赵荣钦,刘英,郝仕龙等.低碳土地利用模式研究[J].水土保持研究,2010,17(5):190~194.