



低碳环保发展绿皮书

中国低碳、环保与发展的 协同评估 (2005-2017)

郑林昌 蔡征超 付加锋 等 著



人民出版社



低碳环保发展绿皮书

中国低碳、环保与发展的 协同评估 (2005-2017)

郑林昌 蔡征超 付加锋 等 著



人 民 出 版 社

责任编辑:李椒元

装帧设计:徐 晖

责任校对:吕 飞

图书在版编目(CIP)数据

中国低碳、环保与发展的协同评估:2005-2017/郑林昌等 著. —北京:
人民出版社,2019. 5

ISBN 978-7-01-020209-9

I. ①中… II. ①郑… III. ①低碳经济-关系-环境保护-研究-中国
IV. ①X-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 287752 号

中国低碳、环保与发展的协同评估(2005-2017)

ZHONGGUO DITAN HUANBAO YU FAZHAN DE XIETONG PINGGU(2005-2017)

郑林昌 蔡征超 付加锋 等著

人民出版社 出版发行

(100706 北京市东城区隆福寺街 99 号)

河北文盛印刷有限公司印刷 新华书店经销

2019 年 5 月第 1 版 2019 年 5 月北京第 1 次印刷

开本:710 毫米×1000 毫米 1/16 印张:22.5

字数:333 千字 印数:0,001-3,000 册

ISBN 978-7-01-020209-9 定价:48.00 元

邮购地址 100706 北京市东城区隆福寺街 99 号

人民东方图书销售中心 电话 (010)65250042 65289539

版权所有·侵权必究

凡购买本社图书,如有印制质量问题,我社负责调换。

服务电话:(010)65250042

目 录

引 言	1
第一章 低碳环保发展指数评价模型	5
一、低碳环保发展指数指标体系	5
(一)地区低碳环保发展指数指标体系构建技术路线	5
(二)城市低碳环保发展指数指标体系构建技术路线	7
(三)地区和城市层面低碳环保发展指数指标体系	7
二、低碳环保发展指数指标体系权重	9
三、数据来源、数据处理说明	11
(一)指标数据来源	11
(二)指标数据逆向化处理	11
(三)基期数据的选择	11
(四)指标数据的无量纲化处理	12
(五)地区二氧化碳排放的测算	12
(六)城市二氧化碳排放的测算	14
(七)指标数据其他处理	17
四、低碳环保发展指数评价模型	19
(一)低碳指数	19
(二)环保指数	19
(三)发展指数	20
(四)低碳环保发展综合指数	20

第二章 中国地区低碳环保发展指数总体评价	21
一、低碳指数	21
(一) 低碳生产指数	21
(二) 低碳消费指数	25
(三) 低碳资源指数	28
(四) 低碳指数	32
二、环保指数	36
(一) 环境污染指数	36
(二) 环境管理指数	39
(三) 环境质量指数	44
(四) 环保指数	47
三、发展指数	50
四、低碳环保发展指数	55
第三章 中国地区低碳环保发展指数协调性评价	59
一、低碳环保发展指数协调性测算模型	59
二、地区层面低碳环保发展指数协调性分析	61
(一) 低碳指数与环保指数	61
(二) 低碳指数与发展指数	63
(三) 环保指数与发展指数	64
(四) 低碳生产指数与低碳消费指数	66
(五) 低碳生产指数与环境污染指数	68
三、地区层面低碳与环保的协同	69
(一) 低碳污染物减排弹性	69
(二) 低碳化学需氧量减排弹性	71
(三) 低碳氨氮减排弹性	72
(四) 低碳二氧化硫减排弹性	74
(五) 低碳一般工业固体废物减排弹性	76

第四章 中国城市低碳环保发展指数总体评价	84
一、低碳指数	84
(一) 低碳生产指数	84
(二) 低碳消费指数	89
(三) 低碳资源指数	93
(四) 低碳指数	98
二、环保指数	103
(一) 环境污染指数	103
(二) 环境管理指数	108
(三) 环保指数	111
三、发展指数	116
(一) 经济发展指数	116
(二) 社会发展指数	120
(三) 智力发展指数	124
(四) 发展指数	128
四、低碳环保发展指数	133
第五章 不同类型城市低碳环保发展指数的对比分析	139
一、低碳指数的对比分析	140
(一) 低碳生产指数	140
(二) 低碳消费指数	141
(三) 低碳资源指数	142
(四) 低碳指数	144
二、环保指数的对比分析	146
(一) 环境污染指数	146
(二) 环境管理指数	147
(三) 环保指数	147
三、发展指数的对比分析	149
(一) 经济发展指数	149

(二)社会发展指数	151
(三)智力发展指数	152
(四)发展指数	153
四、低碳环保发展指数的对比分析	155
第六章 中国城市低碳环保发展指数协调性评价	158
一、各类型城市指数协调度的分析	158
(一)省会城市	159
(二)大城市	167
(三)中型城市	190
(四)小城市	207
二、各类型城市指数协调度的对比分析	217
(一)低碳指数与环保指数的协调度	217
(二)低碳指数与发展指数的协调度	217
(三)环保指数与发展指数的协调度	219
(四)低碳生产指数与低碳消费指数的协调度	219
(五)环境污染指数与环境管理指数的协调度	220
参考文献	222
附表 1 2005—2016 年中国特大城市低碳环保发展指数评价得分 及其变动情况	225
附表 2 2005—2016 年中国大城市低碳环保发展指数评价得分 及其变动情况	238
附表 3 2005—2016 年中国中型城市低碳环保发展指数评价得分 及其变动情况	291
附表 4 2005—2016 年中国小城市低碳环保发展指数评价得分 及其变动情况	328
后 记	347

引 言

从系统论角度看,低碳、环保与发展存在一定相互促进、相互影响的关系,低碳与环保、低碳与发展、环保与发展以及各子系统之间存在一定耦合作用机制,某系统变化会相应引起其它系统发生相应变化,我们将此称为低碳、环保与发展之间的协同效应。低碳、环保与发展之间的这种关系具有一定“范围”的限制,只有在“耦合”范围内开展活动,低碳才能带动环保,环保才能促进低碳。从另外一个侧面看,低碳、环保与发展之间的关系又是建立在一定背景和条件下的,比如某发展阶段,经济社会的发展可能会带来低碳、环保目标,而在其他发展阶段,经济社会发展过程中可能出现低碳、环保目标的背离。

当前,我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段,社会主要矛盾已转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾,对于生态文明建设也提出了更高的要求。为推动生态文明建设,实现高质量发展,更需要低碳、环保与发展之间的协同,经济社会发展不应该以牺牲生态环境为代价,同样地,保护生态环境、推动节能减排也不能阻碍经济社会的发展,“低碳”和“环保”应该与“发展”协同推进。虽然低碳和环保提出的背景和时间不同,但两者的共同目的都是为人类谋求可持续发展,只要把握低碳和环保的耦合机制所在、耦合时机,就可以实现低碳与环保之间的协同,为经济社会可持续发展赢得更加稳定的保障。在生态文明建设和高质量发展背景下,我国低碳、环保与发展之间存在何种关系,三者是否协同,各地又有何种差异,是一个值得研究的重大现实问题。

伴随发展问题的不断出现,国内外对低碳、环保与发展协同的认识逐步深入。进入 20 世纪,西方工业化、城市化快速推进,科学技术进步极大地改变了

人类的生存方式和生活方式,而与此同时经济社会活动也带来了大量资源、能源的消费,相应地产生了大量排向土壤、河流和大气之中的废弃物,经济发展过程中环境污染问题日益突出。1962年,卡逊(Rachel Carson)出版了《寂静的春天》引发全球对环境污染问题的关注,其后《人口爆炸》(埃尔利希,1968)和《增长的极限》(罗马俱乐部,1971)的发布更是提高了全球对资源环境问题的重视,推动了全球可持续发展问题的提出。1991年,美国环境经济学家Grossman和Krueger实证研究了环境质量与人均收入之间的关系,发现两者之间存在一定规律,即“环境污染在低收入水平上随人均GDP增加而上升,高收入水平上随GDP增长而下降”,Panayotou(1993)将其称为环境库兹涅茨曲线(EKC)。20世纪70年代,我国学者就已注意到国外在经济发展过程所遇到的环境问题,提出应该正确认识和处理我国经济发展与环境保护之间的关系,在发展经济的同时必须重视对环境的保护,主张应该重视环境库兹涅茨曲线的存在,在遵循规律基础上推动经济发展与环境保护的协调,积极采取发展应用技术、转变发展方式、改善制度环境等措施,以此来尽量缩短经济发展所带来环境污染的时间跨度、降低环境污染强度。

近年,伴随全球气候变化及其引发问题的日益重视,国内外学者研究热点开始转向节能减排与经济发展之间关系的研究,相关研究主要集中在节能与减排的协同、大气污染与温室气体减排协同等方面。早在1998年美国环保局(USEPA)就启动了国际协同控制分析项目(CAP),IPCC第二次评估报告中测算了控制温室气体同时产生的局地大气污染减排效益,第三次评估报告中明确提出了控制温室气体与污染物减排的协同效应,第四次气候变化评估报告提出将大气污染控制与温室气体减排结合起来的政策。Luis A. Cifuentes(2002)、J. Jason West, Patricia Osnaya(2004)、Yeora Chae, Sangyeop Lee(2007)等对各自国家相关环境保护政策协同效应进行了测算,研究结果均表明相关环境保护活动实施同时也能带来相应温室气体排放的减少。在此方面,我国学者也有大量相关前期研究。2007年,胡涛等首次提出了协同控制的概念,后期环保部政研中心、田春秀(2006)、贺克斌等对大气污染与温室气体排放协同控制效应进行了深入研究,而刘胜强(2012)、郑继良(2018)李丽平(2010,2012)等对环境污染物减排的协同控制效应的测算结果,表明不仅重

点高耗能行业污染物减排的协同控制效应明显,城市层面污染物减排的协同控制效益也很明显。国内学者对节能减排在经济发展中的作用以及节能、减排与经济发展是否协同等方面也给予了回答。王兵等(2015)的研究成果表明节能减排的实施在促进经济增长中能够发挥重要作用;张国兴等(2014)研究表明我国节能减排政策的协同状况在逐渐增强,但协同水平依然较低;盖美等(2018)在区域层面对我国碳排放、环境保护与经济发展之间的协调性进行了测算,发现我国区域层面三者之间的协调性并不好,我国节能、减排与经济发展之间的协同仍有较大改善空间。

综上,当前相关研究主要集中在协同控制方面,多数是针对某行业、某领域政策实施的协同效用测算,宏观层面测算低碳、环保与发展系统之间协同性的研究成果相对比较少。如上述分析,个别企业、个别行业低碳、环保与发展的协同并不代表整个社会实现了低碳、环保与发展的协同,经济社会局部领域低碳、环保与发展的协同并不等同于社会整体低碳、环保与发展的协同。为此,河北大学与中国环境科学研究院组成课题组继续延续以往评价方法与评价模型,对2005—2016年我国30个地区、285个地级以上城市的低碳环保发展指数进行评价,持续跟踪我国低碳、环保与发展总体状况,为读者简要展示近年来我国在节能减排、环境保护、高质量发展等方面取得的成绩和存在的问题。同时,利用所构建的协调度模型,对地区层面和城市层面低碳环保发展各指数之间的协调性进行测算,以期能够从宏观层面揭示低碳、环保与发展之间的关系,展示低碳、环保与发展系统之间的协调性,判断低碳、环保与发展是否具有协同效应,节能(低碳)与减排(污染物减排)之间是否具有协同效应。

需要继续强调的是,受我国相关统计数据缺失等影响(如反映环境质量的统计数据),本书低碳环保发展指数评价结果和指数协调性测算结果仅能最大可能地反映当前我国低碳、环保、发展总体状况以及各系统之间协调性,此间难免会存在与现实有所出入的地方,请读者对此谅解和有选择性地参考。尤其《中国建设统计年鉴》、《中国城市统计年鉴》只有用电、供热和“三气”三大类别能源消费的统计,缺乏其它领域能源消费的统计,而且我国城市行政区划调整较为频繁,造成城市相关指标年度间可比性较差,最终会影响城市层面

低碳环保发展指数评价结果、指数协调性测算结果的准确性,请读者有选择性地阅读和参考。

课题组人员由河北大学与中国环境科学研究院的科研人员组成,课题组成员主要有:郑林昌、蔡征超、付加锋、高庆先、刘倩、王素、韩星、冯爽、王彩园、殷松、张亚楠、李泽阳、厉莹、姚滕飞、任肖妮、王畅。

第一章 低碳环保发展指数评价模型

为全面掌握我国低碳、环保与发展总体情况及其各系统之间关系,课题组自 2013 年以来就开展了低碳环保发展指数研究工作,阶段性研究成果《低碳环保发展绿皮书——低碳环保双重约束下的中国发展评估报告(2005—2011)》于 2014 年 10 月由中国环境出版社出版,《低碳环保发展绿皮书——中国低碳环保发展指数评价(2005—2012)》在 2015 年 9 月由人民出版社出版,前者从低碳环保对发展的约束角度对我国地区和城市层面的发展做了综合评估,后者则从我国地区和城市层面低碳环保发展各项指数现状与演变做了评价。本低碳环保发展绿皮书将延续以往研究思路和工作方法,继续采用以往评价方法(改进型多指标综合评价方法)、评价指标体系和评价模型进行指数评价。关于指数评价方法的选择、评价指标体系的构建和选择、评价模型的设计等相关内容,读者可从上述两本绿皮书进行查询,本书不再做逐一介绍,下面仅对指数指标体系和评价模型做简单介绍。需要进一步强调的是,课题组最终选择的指标体系的指标虽然较少,但确实是经过大量工作后最终确定的指标体系。

一、低碳环保发展指数指标体系

(一)地区低碳环保发展指数指标体系构建技术路线

首先,依据低碳环保双重约束下发展观的认识,结合低碳和环保的内涵与实质,借鉴国内外相关指标体系,初步构建低碳环保指数指标体系,使得该指标体系尽可能覆盖低碳环保指数全部内容。

其次,采用专家咨询方法(Delphi),把初步构建的指标体系制成问卷,向低碳、环保以及发展相关领域专家征求意见,并对意见进行统计分析整理。然后把整理后的结果再次反馈给专家,再次征求专家的意见。最后,邀请各领域权威专家进行指标体系讨论,集中专家智慧,根据专家意见和建议对初步设想的指标体系进行指标增减处理,形成专家意见下的低碳环保发展指数指标体系。

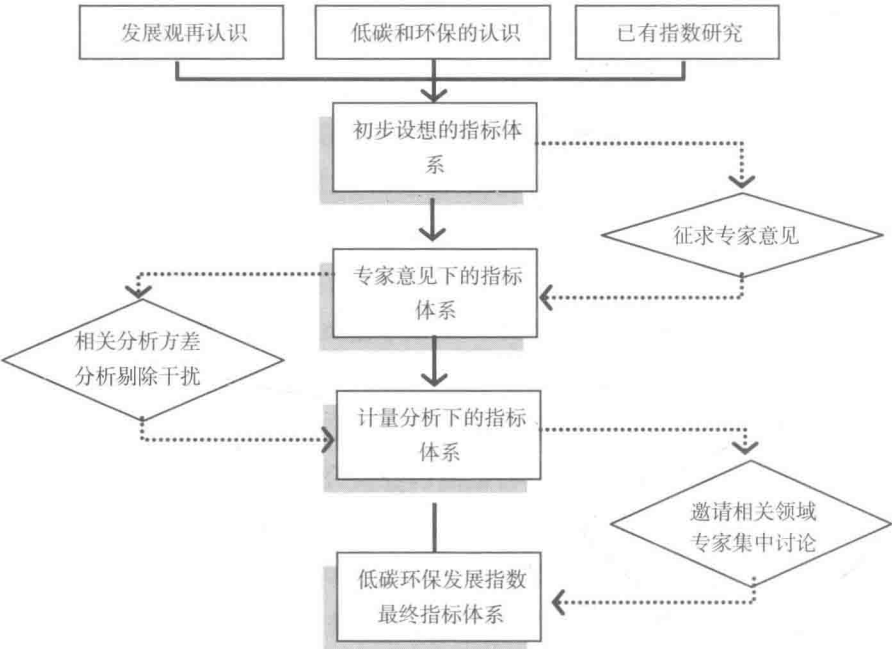


图 1-1 地区层面低碳环保指数构建技术路线示意图

再次,为减小评价研究工作量,采用敏感性分析方法消除那些相关性较高、差异性较小的指标。利用相关统计分析方法和统计分析软件,把收集整理的数据带入专家意见指标体系中,对指标体系中的指标进行相关、方差、极大值、极小值以及共线性、聚类分析,剔除掉一些相关性很高的干扰指标,形成敏感性统计分析下的低碳环保发展指数指标体系。

最后,根据《低碳环保双重约束下的中国发展评估报告(2005—2011)》的社会反映,邀请能源、低碳、环境和经济社会等领域一流专家,针对计量分析下的指标体系做进一步论证,根据专家意见对计量分析下的指标体系做进一步

增减处理,最后形成地区层面的低碳环保发展指数指标体系。

(二)城市低碳环保发展指数指标体系构建技术路线

第一,根据低碳环保双重约束下发展观的认识,结合低碳和环保的内涵与实质,借鉴国内外相关指标体系,初步构建城市低碳环保指数指标体系(低碳环保指数的初步设想),使得该指标体系尽可能覆盖低碳环保发展指数全部内容。

第二,把初步构建的指标体系制成问卷,向低碳、环保以及发展相关领域专家发放问卷,征求专家意见,并对意见进行统计分析整理。然后把专家意见进行汇总整理,将整理后的结果再次反馈给专家,再次征求专家意见。最后,邀请各领域权威专家进行指标体系讨论,集中专家智慧,根据专家意见和建议对初步设想指标体系进行指标增减处理,形成专家意见下的低碳环保发展指数指标体系。

第三,城市低碳环保发展指数涉及的有些指标数据,目前我国城市并没有进行相关统计,而逐一收集的难度又很大,并且有些指标数据城市间统计发布口径不一样,所以需要进一步剔除掉那些没有统计和收集困难的指标。

第四,采用敏感性分析方法消除相关性较高、差异性较小的指标。利用相关统计分析方法和统计分析软件,把收集整理的数据带入专家意见指标体系中,对指标体系中的指标进行相关、方差、极大值、极小值以及共线性、聚类等分析,剔除掉一些相关性很高的干扰指标,形成敏感性统计分析下的低碳环保发展指数指标体系。

第五,依据《低碳环保双重约束下的中国发展评估报告(2005—2011)》的社会反映,邀请能源、低碳、环境和经济社会一流专家针对计量分析下的指标体系做进一步论证,对计量分析下的指标体系做进一步增减处理,同时根据《中国城市统计年鉴》公布数据变化情况,对工业污水处理率、空气质量指数指标进行了删除处理,最后形成城市层面的低碳环保发展指数指标体系。

(三)地区和城市层面低碳环保发展指数指标体系

在上述指标体系构建技术路线下,最终得到地区层面低碳环保发展指数指标体系,该指标体系共包括3项二级指标、7项三级指标和13项具体指标(见表1-1);得到城市层面低碳环保发展指数指标体系,该指标体系共包括3项二级指标、8项三级指标和19项具体指标(见表1-2)。

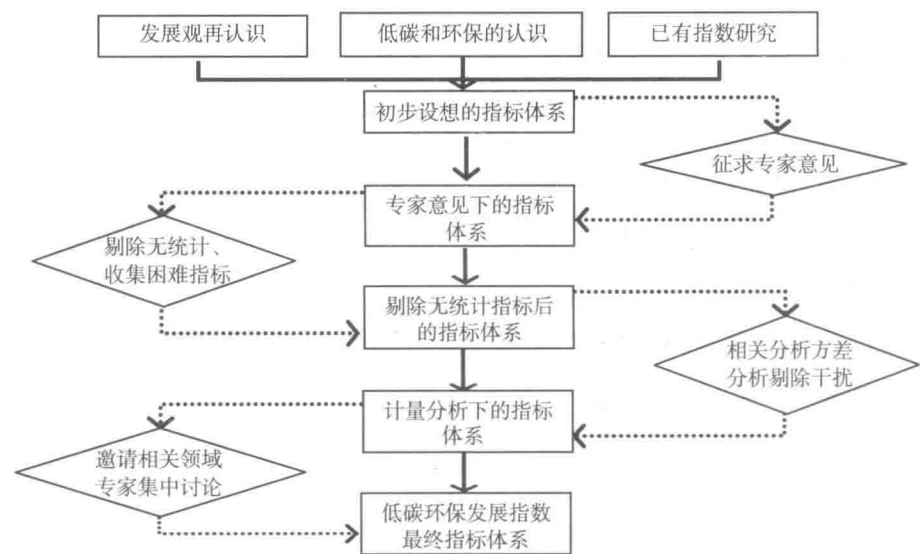


图 1-2 城市层面低碳环保指数构建技术路线示意图

表 1-1 地区低碳环保发展指数指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	单位	指标方向
地区低碳环保发展指数 (ILED)	低碳指数 (ILC)	低碳生产指数	单位 GDP 碳排放	吨/万元	-
		低碳消费指数	人均碳排放	吨/人	-
		低碳资源指数	单位面积活立木蓄积量	万立方米/万公顷	+
	环保指数 (IEP)	污染排放指数	COD 排放强度	吨/亿元	-
			SO ₂ 排放强度	吨/亿元	-
			氨氮排放强度	吨/亿元	-
			工业固体废弃物产生强度	吨/亿元	-
			人均生活垃圾清运量	吨/人	-
		环境管理指数	环保投资占 GDP 的比重	%	+
		环境质量指数	空气质量达到及好于二级的天数占全年的比重	%	+
	发展指数 (ID)		人均 GDP	元	+
			人均期望寿命	岁	+
			大专以上文化程度人口比例	%	+

表 1-2 城市低碳环保指数最终指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	单位	指标方向
城市 低碳 环保 发展 指数 (ILED)	低碳指数 (ILC)	低碳生产指数	万元 GDP 碳排放	吨/万元	-
		低碳消费指数	人均碳排放	吨/人	-
			人均居民生活用电量	千瓦时/人	-
			全年人均乘坐公共汽车次数	次/人年	+
		低碳资源指数	人均绿地面积	平方米/人	+
	环保指数 (IEP)	环境污染指数	单位面积工业 SO ₂ 排放强度	吨/平方公里	-
			单位面积工业烟尘排放强度	吨/平方公里	-
			单位面积工业废水排放强度	吨/平方公里	-
			人均污水排放量	吨/人	-
			人均生活垃圾清运量	吨/人	-
		环境管理指数	工业 SO ₂ 去除率	%	+
			工业粉尘去除率	%	+
			污水集中处理率	%	+
			生活垃圾无害化处理率	%	+
	发展指数 (ID)	经济发展指数	人均 GDP	元/人	+
		社会发展指数	城市化率	%	+
			城镇居民家庭人均收入	元/人	+
			城镇职工失业率	%	-
		创新发展指数	人均教育科技活动经费支出	元/人	+

二、低碳环保发展指数指标体系权重

指数指标体系权重赋值依然采用均值赋权重的方法,即均权赋值方法^①。但是鉴于各分项指数下指标数目又有所不同,如果选择每项指标均赋予相同的权重,势必会造成那些指标数目较多的分指数在总指数中地位提升。为此,

^① 由于指数指标体系中指标数量相对较少,每项指标都具有较强的代表性,很难区别指标之间的重要程度,为此借鉴人类发展指数权重赋值方法,进行均权赋值。

指数指标体系首先按照各分指数(即低碳指数、环保指数和发展指数)赋均权,然后再对分指数下的指标赋均权。按照此思路,地区低碳环保发展指数各项指数和各项指标权重赋值情况见表 1-3,城市低碳环保发展指数各项指数和各项指标权重赋值情况见表 1-4。

表 1-3 地区低碳环保发展指数指标权重

二级指标	权重	三级指标	权重	四级指标	权重
低碳指数	33.33	低碳生产指数		单位 GDP 碳排放	11.11
		低碳消费指数		人均碳排放	11.11
		低碳资源指数		单位面积活立木蓄积量	11.11
环保指数	33.33	环境污染指数	11.11	COD 排放强度	2.22
				SO ₂ 排放强度	2.22
				氨氮排放强度	2.22
				一般工业固体废弃物产生强度	2.22
				人均生活垃圾清运量	2.22
		环境管理指数	11.11	环保投资占 GDP 的比重	11.11
		环境质量指数	11.11	空气质量达到及好于二级的天数占全年的比重	11.11
发展指数	33.34			人均 GDP	11.12
				人均期望寿命	11.11
				大专以上文化程度人口比例	11.11

表 1-4 城市低碳环保发展指数指标权重

一级指标	权重	二级指标	权重	三级指标	权重
低碳指数	33.33	低碳生产指数	11.11	万元 GDP 碳排放	5.560
				人均碳排放	3.700
		低碳消费指数	11.11	人均居民生活用电量	3.700
				全年人均乘坐公共汽车次数	3.700
环保指数	33.33	污染排放指数	16.67	人均绿地面积	11.110
				单位面积工业 SO ₂ 排放强度	3.334
				单位面积工业烟尘排放强度	3.334
				单位面积工业废水排放强度	3.334
				人均污水排放量	3.334
				人均生活垃圾清运量	