

低碳城市发展与 对策措施研究

——上海实证分析

Research on Strategy of
Low Carbon City : Shanghai
Empirical Analysis

◎ 陈飞/著

1.251
3

中国建筑工业出版社

低碳城市发展与对策措施研究

——上海实证分析

Research on Strategy of Low Carbon City:
Shanghai Empirical Analysis

陈飞 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

低碳城市发展与对策措施研究——上海实证分析/陈飞著.
北京: 中国建筑工业出版社, 2010. 8
ISBN 978 - 7 - 112 - 12159 - 5

I. 低… II. 陈… III. 城市环境: 生态环境 - 城市建设 -
研究 - 上海市 IV. X321. 251

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 101667 号

责任编辑: 徐 冉
责任设计: 李志立
责任校对: 赵 颖

低碳城市发展与对策措施研究——上海实证分析
陈飞 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)
各地新华书店、建筑书店经销
北京嘉泰利德公司制版
北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787 × 960 毫米 1/16 印张: 9¼ 字数: 222 千字
2010 年 9 月第一版 2010 年 9 月第一次印刷
定价: 29.00 元
ISBN 978 - 7 - 112 - 12159 - 5

(19419)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换
(邮政编码 100037)

前言

气候变暖与经济发展是 21 世纪全球所普遍面临的主要问题，对两者研究结合而形成的低碳城市研究必然具有一定的学术价值及应用价值。

本书分为理论与实证分析，包括以下五个组成部分：

第一部分从低碳城市国内外研究入手，通过文献分析，对国内外相关学术研究及不同国家关于低碳城市的实践进行综述，确定低碳城市的理论内涵。

第二部分通过低碳城市模型建构，制定城市 CO₂ 排放的计算标准，同时确定低碳城市的评价指标；有针对性地定量化研究上海城市发展过程中总的碳排放量及分项组成，通过城市间比较找出现实矛盾及问题。

第三部分根据目前上海发展的现状及矛盾，以情景模式分析法确定上海未来低碳发展的三种目标情景，分别为惯性情景、相对脱钩情景及绝对脱钩情景。

第四部分针对上海低碳城市发展目标，确定未来的战略措施，措施将围绕城市生活低碳化、物质生产循环化及城市空间紧凑化方面的脱钩发展来展开；同时，确定未来可再生能源利用及碳汇碳捕捉等技术手段的目标与策略。

第五部分针对上海生产、交通及建筑三大领域的 CO₂ 排放进行实证分析，围绕现状、问题、目标及措施进行。实证分析为低碳城市理论研究提供了支撑，并为低碳城市未来实践提供了依据。

作者
2010.5

目录

导论	1
为什么发展低碳城市?	1
什么是低碳城市?	2
中国如何发展低碳城市?	4
上海如何发展低碳城市?	6
 第1章 低碳城市研究的背景及意义	9
1.1 低碳城市研究的国际背景	9
1.2 低碳城市研究意义、方法及路径	16
本章小结	19
 第2章 低碳城市国内外理论研究及实践综述	20
2.1 国外理论研究综述与实践	20
2.2 国内理论研究综述与实践	26
2.3 国内外理论研究及实践的简短评价	29
本章小结	30
 第3章 低碳城市内涵、模型及指标体系构建	32
3.1 低碳城市内涵	32
3.2 低碳城市发展模型	35
3.3 低碳城市的评价指标	37
本章小结	40

第4章 上海发展低碳城市的现状及总体目标	42
4.1 上海发展低碳城市的总体现状	42
4.2 上海发展低碳城市的总体目标	45
本章小结	49
第5章 上海发展低碳建筑的对策措施	50
5.1 上海发展低碳建筑研究的理论及方法	50
5.2 上海建筑使用阶段碳排放现状及问题	53
5.3 上海发展低碳建筑的目标及对策措施	63
本章小结	68
第6章 上海发展低碳交通的对策措施	69
6.1 上海发展低碳交通研究的理论与方法	69
6.2 上海发展低碳交通的现状及问题	72
6.3 上海发展低碳交通的目标与对策措施	79
本章小结	88
第7章 上海发展低碳生产的对策措施	89
7.1 上海低碳生产研究的理论及方法	89
7.2 上海生产性碳排放的现状及问题	91
7.3 上海发展低碳生产的目标与对策措施	95
本章小结	100
第8章 上海发展可再生能源利用及碳汇的对策措施	101
8.1 可再生能源利用	101
8.2 碳汇及碳捕捉	108
本章小结	116

第9章 低碳城市发展的政策保障	117
9.1 上海发展低碳城市的治理模式与政策现状	117
9.2 上海发展低碳城市的政策措施	120
本章小结	128
 结论	 130
 参考文献	 133
后记	136

图目录

图 1-1	技术路线图	18
图 3-1	城市碳排放构成	34
图 3-2	城市发展与碳排放脱钩	34
图 3-3	绝对脱钩发展战略	38
图 3-4	城市 CO ₂ 减排发展阶段	39
图 3-5	利用弹性系数作为低碳评价指标	40
图 4-1	上海 CO ₂ 排放总量发展趋势	43
图 4-2	上海人均 CO ₂ 排放量发展趋势	43
图 4-3	2006 年人均 CO ₂ 排放量比较	44
图 4-4	生产、生活及交通基础上的发展目标	45
图 5-1	低碳建筑内涵	52
图 5-2	上海居住建筑规模及单位面积电力消耗 CO ₂ 排放	54
图 5-3	上海居住建筑电力消耗及 CO ₂ 排放量	54
图 5-4	上海 2004 年居住建筑电力消耗分项指标	55
图 5-5	上海居住建筑使用阶段 CO ₂ 排放趋势	56
图 5-6	2004 年不同城市热力消耗 CO ₂ 排放比较	56
图 5-7	上海居住建筑规模及单位面积 CO ₂ 排放量	57
图 5-8	上海居住建筑规模及总的 CO ₂ 排放量关系	57
图 5-9	公共建筑电力消耗造成的 CO ₂ 排放量趋势	58
图 5-10	上海公共建筑热力消耗 CO ₂ 排放量	59
图 5-11	上海公共建筑规模及 CO ₂ 排放量相关性	59
图 5-12	上海公共建筑比重及单位面积 CO ₂ 排放量	60
图 5-13	上海公共建筑 CO ₂ 排放总量及单位面积排放量比较	60
图 5-14	低碳模式下可持续发展建筑策略	65

图 5-15	建筑使用低碳化策略	66
图 5-16	以功能为中心的四消费模式	68
图 6-1	研究内容及结构	70
图 6-2	上海交通 CO ₂ 排放及比例	73
图 6-3	不同城市交通 CO ₂ 排放比较	74
图 6-4	上海民用交通与私人交通 CO ₂ 排放量比较	74
图 6-5	上海民用交通 CO ₂ 排放量及在总交通中所占比例	75
图 6-6	上海私人小汽车 CO ₂ 排放量及在民用交通中的比例	76
图 6-7	上海市公共交通类型 CO ₂ 排放量比较	76
图 6-8	不同交通工具人均 CO ₂ 排放量	77
图 6-9	上海不同区域公共交通比重及出行密度分布	79
图 6-10	民用汽车发展的四种情景模式	80
图 6-11	低碳交通发展的四种情景模式	82
图 6-12	长三角区域空间紧凑化模式	84
图 6-13	区域及都市空间层面紧凑化	84
图 6-14	社区-组团空间层面紧凑化	85
图 7-1	上海工业生产造成 CO ₂ 排放量及年变化趋势	90
图 7-2	上海历年工业 CO ₂ 排放量比较	92
图 7-3	上海工业生产 CO ₂ 排放行业比较	92
图 7-4	上海高碳行业碳排放比较	93
图 7-5	国内主要城市工业 CO ₂ 排放量比较	94
图 7-6	物质生产循环化	97
图 7-7	从拥有到服务转变	98
图 8-1	葡萄牙水力发电	101
图 8-2	可再生能源辐射范围	102
图 8-3	世博会展出先进的太阳能光伏电池	102
图 8-4	能量获取与消耗平衡	103
图 8-5	欧洲建筑风能与太阳能系统化利用	103
图 8-6	德国席立尔山 (Schlierberg) 居住社区模型	104
图 8-7	上海未来可再生能源发展目标情景预测	107
图 8-8	13 世纪科隆城市绿化	108
图 8-9	20 世纪科隆城市绿化	108

图 8-10	伦敦城市绿化空间	110
图 8-11	建筑屋顶绿化	110
图 8-12	上海城市园林绿地面积	112
图 8-13	碳汇及碳捕捉示意图	113
图 8-14	利用海藻储存 CO ₂	115
图 8-15	微藻栏杆	115
图 8-16	CO ₂ 固化为建筑承重材料	116
图 8-17	CO ₂ 固化为建筑外墙材料	116
图 9-1	政府企业和社会三方面治理及政策保障	118
图 9-2	治理创新与政策保障	121
图 9-3	三者关系	123
图 9-4	低碳模式下可持续发展交通策略	124

表目录

表 3-1	2007 年上海市 CO ₂ 排放总量	36
表 4-1	2006 年国家及城市 CO ₂ 排放比较	43
表 4-2	2007 年上海 CO ₂ 排放总量及分类比较	44
表 4-3	2020 年 CO ₂ 排放的情景模式分析	48
表 4-4	世界不同城市减量目标比较	49
表 5-1	低碳建筑研究内容	51
表 5-2	上海居住建筑电力消耗及 CO ₂ 排放量 (万 t)	54
表 5-3	2004 年上海城镇住宅电力消耗分项	55
表 5-4	上海公共建筑电力消耗及相应 CO ₂ 排放量	58
表 5-5	上海市公共建筑规模及单位面积 CO ₂ 排放量	59
表 5-6	2004 年不同地区建筑 CO ₂ 排放比较	61
表 5-7	上海建筑未来不同阶段 CO ₂ 排放情景分析	64
表 6-1	2007 年上海交通运输 CO ₂ 排放总量及分类比较	69
表 6-2	能源使用量与 CO ₂ 排放量之间的换算标准	71
表 6-3	2004 年上海社会客车出行特征分类统计	75
表 6-4	民用交通低碳发展目标情景	80
表 6-5	生态性开发模式矩阵	86
表 6-6	传统街区价值评判与改造策略	87
表 7-1	上海工业生产 CO ₂ 排放量 (万 t) 及比例	93
表 7-2	上海三大产业指标占全国比重	95
表 7-3	上海低碳生产的目标情景分析	96
表 8-1	葡萄牙可再生能源利用比例	102
表 8-2	城市绿化面积及碳汇量未来预测	114
表 9-1	政府、企业及公众参与式管理形式	120
表 9-2	基于三方主体、四个低碳城市领域中的治理行为	121

为什么发展低碳城市？

1. 低碳城市发展成为未来中国新的经济增长点

过去几年，中国经济发展主要体现传统粗放型、以高投入及高消耗为标志的发展模式，初加工制造业的普及，尤其是房地产发展所带动的钢铁、水泥等相关基础行业的发展消耗了大量自然资源。绿色技术革命及绿色新政的实施是当前全球不同国家发展所必须关注的重要课题，成为继劳动生产率及资源生产率提高之后的新的经济增长点。低碳作为绿色新政及技术革命的当前任务，对经济增长、劳动就业、节能减排等三方面的新型产业提出了要求，它促进了可再生能源利用、新技术及生态行业的兴起与进步。发展低碳城市及低碳经济被认为是未来经济最有希望的经济发展动力。

2. 低碳城市发展体现能源效率提高

低碳城市及低碳经济是指经济增长与二氧化碳排放趋于脱钩的城市发展模式，其目标有两个：一是保持经济增长；二是减少能源消耗和二氧化碳排放。因此，低碳经济既不是有经济、无低碳的传统的褐色经济，也不是有低碳、无经济的纯粹的节能减排。中国当前可再生能源利用比例不到 10%，根据胡锦涛主席在联合国大会的表述，未来到 2020 年中国可再生能源利用将达到总能源使用的 15%，其中包括水能。由此可见，国民经济发展在相当长的时间内所需要的绝大部分的能源消耗仍然需要化石能源提供，中国能否在 2020 年完成 CO₂ 排放目标，在于当前及未来 10 年内传统能源使用效率的提高程度。所以，提高能效将决定中国未来城市可持续发展目标是否能够实现。

3. 低碳城市发展顺应参与国际竞争加强世界合作的趋势

中国目前面临汇率调整、贸易顺差、人民币升值及国际贸易等一系列国际问题，直接影响到国际关系改善，对中国未来的发展提出了新的挑战。如何在既保证中国经济既好又快发展，减小国际摩擦，又在追求相同利益的情况下，实现各国共赢发展，是中国应对复杂国际关系、加强国际合作与交流的重要目标。低碳城市与低碳经济是当前全球所普遍关注的共同问题，这不仅是技术问题，重要的是涉及发展问题。各国因其文化、经济及发展背景的不同而存在利益的巨大差异，在利益博弈的谈判中，加深了各国在文化、技术等领域的沟通与合作，并加深了彼此间的了解，提高了各自应对复杂国际关系的能力。

什么是低碳城市？

1. 从宏观层面的脱钩发展与微观层面的物质生产过程看低碳城市

从宏观层面低碳经济与碳排放之间的关系来看，低碳经济所要求的脱钩发展有两种表现形式：一种是二氧化碳排放与经济增长的绝对脱钩，即二氧化碳排放随经济增长表现为负增长，这是发达国家当前需要采纳的低碳经济方案；另一种是二氧化碳排放仍然是正增长，但是排放的速率低于经济增长或低于不采取政策措施的所谓基准情景（BAU），这是相对脱钩的低碳经济。由于发展阶段的差异，中国当前建设低碳经济，重点是要在经济高速增长的进程中，降低单位 GDP 的能源强度和二氧化碳强度，实现城市发展与碳排放的相对脱钩。

从微观经济活动，能源在经济过程中的输入、转化和污染物输出的全过程来看，低碳经济包含三方面的内容：一是在经济过程的进口环节，用太阳能、风能、生物能、水能等非碳的可再生能源替代煤、石油、天然气等碳基能源，从能源结构上减少二氧化碳；二是在经济过程的转化环节，提高工业、交通、建筑三大耗能领域内能源利用效率，减少碳基能源的消耗；三是在经济过程的输出环节，通过保护森林和发展绿色空间吸收二氧化碳，提高碳汇以及发展碳捕捉能力。

2. 从各种概念比较上看低碳城市

低碳城市属于近几年突然热门的话题，在此之前，许多学者专注于循环城市、生态城市、宜居城市、健康城市等。几者之间究竟有何区别与联系，我们

认为，低碳城市属于生态城市在可持续发展领域的具体化、专业化。同时，在研究目标层面、内涵范畴及关注对象方面存在不同。

生态最早起源于生物学概念，主要研究生物与自然的关系。生态城市研究城市、人与自然之间的关系，涉及环境科学、生物科学、社会科学及能源科学。在环境领域，研究内容包括城市生产减少大气污染物及废弃物的排放，减少水土流失，减小人类活动造成的环境压力及环境负荷，维持自然界的生态平衡。在生物领域，保护动植物多样性，自然植被、自然地形地貌特征以及人类健康等问题；在能源领域，主要包括减少化石能源的使用，在社会生活及生产中加强节能措施。

低碳城市起源于气候变暖带来的冰川融化、海平面上升、粮食减产及动植物多样性的丧失，同时又是基于国际金融危机及石油价格不断上涨的条件下，全球面临经济发展问题的双重压力。研究内容涉及地球学科、环境学、经济学及管理学。具体主要通过管理措施及政策手段保持城市发展与经济繁荣，同时减少人类活动造成的 CO_2 排放。

宜居城市及健康城市主要关注城市现有和未来的居民生活质量，主要基于应对城市化进程，人们生活质量与生活水平的下降，应以三大类因素作为衡量标准，即是否适宜居住性、可持续性和对城市工作学习及环境的适应性。

3. 从各项指标上看低碳城市

从排放指标上来看：2007 年，全球人均 CO_2 排放指标约为 4.5t 左右，按照当前世界人口 60 亿计算，世界各国总的 CO_2 排放量为 270 亿 t。按照目前发展，到 2050 年远期目标年，全球人口为 90 亿， CO_2 排放总量将达到 400 亿 t，这是地球环境所不能承受的。按照大气中 CO_2 浓度的可能情景，2050 年， CO_2 排放量需要减少到 200 亿 t 左右，才能保证气候变暖不超过 2°C ，就是人均 CO_2 排放应控制在 2t 的水平。进一步，到 2100 年，人均 CO_2 排放应该减少到 1t 左右。据此，2020 ~ 2030 年世界 CO_2 总体排放达到峰值，然后必须进入绝对减排状态，最终到 2050 年能够实现比 1990 年减少一半的目标。

从大气中 CO_2 浓度来看：按照联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）的研究，当前，大气中 CO_2 浓度约为 350ppm，按照预测，地球温度上升不超过 2°C 是人类可以适应的极限水平，这相当于要求到 2050 年地球大气中的 CO_2 浓度不超过 450ppm，或要求到 2050 年 CO_2 排放量减少到 1990 年水平的 50%。

中国如何发展低碳城市？

1. 发展战略

1) 单位经济产出能源强度下降

未来十年，中国应制定清晰的低碳经济发展路线图，十一五期间，中国的单位 GDP 的能源强度显著降低，未来十年，中国的能源强度按照每年平均 4% 的幅度下降，到 2020 年单位 GDP 的能源强度将进一步下降 40% ~ 45%，由当前万元产值消耗 1.8t 左右标准煤下降到万元产值消耗 1t 标煤以下，这就需要在低碳关注点上，强化实施可持续发展战略，把低碳发展的思想纳入国家工业化及现代化的具体实践中，使其变成国家意志；在未来十年内，坚持把提高能效作为核心，使经济发展与低碳发展挂钩。

2) 排放指标的选择

强调要深入研究人均 CO₂ 排放指标，强调中国未来的人均排放绝对不可效法美国模式，尽量避免欧日模式，努力倡导中国模式，即在人均低于世界平均碳排放的情况下实现中国的现代化。按照历史资料提供的实证数据，用较少的碳消耗获得同样的经济产出与人类发展。

3) 峰值时间的控制

目前对于中国在何时能够达到 CO₂ 排放的峰值，政府及学者所持观点不同。按照目前中国发展阶段及排放现状情景，需要把峰值时间控制在 2020 ~ 2030 年之间，才可保证 2050 年远期目标的实现。

4) 减排对象的差异

对于减排对象应坚持有差异的责任与减排目标。对象包括企业、地区及个人。首先应重点针对高能耗、高排放的工业类型进行减排控制，控制绝对排放数量，然后是控制增长中的建筑与交通，控制相对数量，使单位建筑面积的 CO₂ 排放及人均交通能耗不断降低，或者相对于城市发展及规模的扩张，控制单位建设土地面积增长条件下的建筑及交通碳排放量。从地区差异的角度看，应该对现在已经达到人均经济与发展水平的发达地区进行减排控制，例如北京、上海等城市，对西部地区暂时不限排放指标。从阶层差异角度看，应该对现在已经达到人均经济与发展水平的人群进行减排控制，特别是年人均排放超过 10t 的人。

2. 发展目标

中国在减排目标上迫于内部与外部两种压力。从外部来讲，目前，中国人均 CO_2 排放大概在 5t 左右，世界人均 CO_2 排放是 4t，已经失去人均碳排放较低的优势，在哥本哈根会议上也可以看出，不同于 1992 年的京都协议书签订，当时中国没有任何的减排压力及国际负担，而在哥本哈根会议上，中国已经成为全世界所有国家针对的对象，所以谈判异常艰难。虽然目前中国仍具有历史累计排放的优势，然而，如果按此情景发展，2020 年，当中国的累计排放也跃居世界首位时，到时在面临巨大的国际压力时，中国该如何谈判，是否仍有话语权将是个未知数。对于内部来讲，中国经济持续高速发展所需要的资源不断增大，未来十年人口仍将不断增高，城市土地规模不断增大，增加单位 GDP 的能源效率是目前及以后相当时期解决能源问题的最有效方法。所以，中国转向低碳经济的关键挑战及目标在于如何确定以人均 CO_2 排放为衡量标准的中国低碳目标情景，并且以此为目标确定经济增长规模和方式。

3. 发展策略

1) 物质基础方面

从城市基础设施发展上，美国、欧盟等发达国家已经基本完成，因此改造成低碳性的绿色设施具有一定的限制，而中国的基础设施尚在发展之中，特别是大规模的城市化至少还要发展 20 年，因此有可能在早中期阶段就规划建设所谓绿色的固定资产。从能源利用结构上，世界正处于从传统经济向低碳经济的绿色发展转化中，中国依赖于煤炭供应的能源结构，现对于欧美发达国家，在转向低碳经济发展时具有一定的潜在优势，未来可通过新能源利用、能源效率的不断提高及碳汇碳捕捉技术的采用达到中国近远期低碳发展的战略目标。

2) 治理结构方面

中国未来的发展需要致力于将潜在的优势转化为实际的优势，即将善于学习的社会文化转化为具体的低碳经济发展战略与目标，将政府强大的政治动员能力转化为保障低碳经济的制度化体系，将跨越式建设物质资本的机会转化为建设绿色固定资产的现实行动。中国政府具有强大的政治动员和领导能力，只要大方向对，许多在市场化的发达国家难以成功的大事情往往有条件在中国办成功，低碳经济革命也不例外。

3) 思想意识方面

中国善于吸收世界上的先进文化和科学技术,改革开放 30 年来中国已经形成了一个学习型的社会氛围,因此有可能以较短的学习曲线,接受低碳经济这样的绿色理念、绿色态度和绿色方法,在不改变生活水平及社会福利的条件下,改变传统高消费、奢华的生活方式是有可能的。最近一段时间,低碳思想在社会上的快速发酵就是最好的实证。

上海如何发展低碳城市?

1. 重点领域

对于上海来讲,发展低碳城市,作为全国其他城市在低碳减排方面的表率具有量上的需求和技术资源上的优势。为实现到 2020 年二氧化碳排放比基准情景减少 50% 的目标,上海需要建立发展可再生能源、提高传统能源利用效率、建设碳汇三者并重的低碳发展战略。上海未来 10 年内低碳经济的主要行动应该是提高工业、交通、建筑三大领域的能源利用效率,而发展可再生能源和提高碳汇碳捕捉能力对上海实现低碳经济则具有更长期的战略意义。我们研究了上海工业、交通、建筑、可再生能源、碳汇碳捕捉五个领域的现状、目标与减碳措施。研究表明,通过提高工业、交通、建筑三大领域的能源利用效率,到 2020 年,总体上大约可以减少二氧化碳排放 3~4 亿 t 左右,可以接近到 2020 年比基准情景减少 3.6 亿 t 的目标。通过加大可再生能源替代和城市碳汇空间建设,可以提供进一步减少大约 4000 万~6000 万 t 二氧化碳排放的能力。这就要求长期内继续提高单位产值的能源利用效率,从目前的年 4.4% 比例提高到 6% 的比例。

2. 政策保障

低碳经济的启动和发展依赖制度层面的变革,没有强有力的政策安排,没有政府、企业、社会公众的共同参与,没有主要领域标杆性项目的示范,上海要实现到 2020 年在经济增长的同时二氧化碳排放比基准情景减少 50% 的目标是不可能的。我们认为,向低碳经济转型的关键政策主要有以下方面:

(1) 建立全市二氧化碳排放账户,实现城市低碳发展的目标。需要建立上海二氧化碳排放的账户,对上海的二氧化碳排放情况进行规划、分配与监测,具体要落实到行业、企业或家庭。按照二氧化碳排放目标进行分解,需要