2015年
中国城市可持续发展报告

衡量生态投入与人类发展

瞭望东方周刊 Oriental Outlook

TONGJI UNIVERSITY 1907

UNDP 民强国盛

2015 年中国城市可持续发展报告

衡量生态投与人类发展

前言

2015 年中国城市可持续发展报告：衡量生态投入与人类发展

民强国盛

全球七十亿人口近一半居住在城市。到 2050 年，世界三分之二的地方将变成城市。由农村向城市的转变是国家发展的标志，也是可持续发展的机遇。在城市化进程中，城市利用自然资源，不断提高生活水平，促进经济增涨；创造就业，提供更好的生活；促进社会融合；保护当地和区域生态系统；减少城市与农村贫困；降低污染。

2011 年，中国大部分人口进入城市。2015 年 1 月，中国城市人口为 7.49 亿，其中 2014 年城市流入人口约为 1800 万。目前，中国城市人口占总人口的 55%，根据政府的发展目标，至 2020 年将有 60%的人口居住在城市。城市的绿色、包容、发展，对中国的可持续发展至关重要，也是支持人类繁荣的重要方式。

中国的城市虽然面临着贫困、不公平、环境退化的挑战，但仍有着巨大的发展机遇，吸引着大量人群涌入城市，寻求更好的生活。中国新型城镇化规划强调了中国城市所面临的问题，包括保证社会基本服务、农民工子弟教育、提高公众参与机制、支持经济平衡创新。

2015 年 9 月 25 日，联合国 193 个成员国在千年发展计划的基础上，通过了可持续发展目标，将其作为国际商定的全球未来发展目标。考虑到环境发展的复杂性，可持续发展目标由 8 项增加到 17 项，以强调关注度较少的领域，如城市和气候变化。

可持续发展的目标11是“建设具有包容性、安全、有复原力和可持续的城市和人类居住区”。城市可持续发展的成败一直有着广泛的关注与讨论，它反映着大部分城市的实际状况。

鉴于中国城市在中国可持续发展中的重要性，为促进城市的可持续发展，联合国开发计划署驻华代表处与新华社《瞭望东方周刊》和上海同济大学经济管理学院合作，启动可持续城市创新项目。这份报告是创新项目的第一份，也是核心成果。

城市可持续发展指数为城市评估其可持续性提供了一个定量客观的评价系统。自 1990 年起，联合国人类发展指数被广泛应用于城市中。在此研究中，人类发展指数与城市生态投入指数相联系，综合评估城市可持续发展的自然属性。

在中国城市总体性能分析中，可持续发展指数的结果显示出积极开端，人们生活水平有所提升和资源消耗污染下降。中国生态文明建设取得成效，应该积极在中国和世界展开。

中国的规划和现有行动表示，其有能力良好地实现可持续发展目标。中国城市作为创新主体，站在可持续发展的前沿，积极宣传并鼓励居民参与可持续发展建设。在这一进程中，开发署也期待中国能与其他发展中国家分享其关于17个可持续发展目标的宝贵经验。

联合国开发计划署驻华代表处十分荣幸与新华社和同济大学合作。我对诸大建教授及所有作者致以诚挚的感谢与祝贺。同时，感谢格力集团对城市可持续发展项目的支持；感谢联合国的各位同事，为此项目做出的努力。

联合国开发计划署驻华代表处

国别主任

文霭洁

前言

城市要凸显对人的全面发展的价值

城镇化被认为是国家现代化的必经之路，因此，长期以来，城镇化率被认为是衡量一个国家现代化水平的重要指标。但如今，衡量城镇化的优劣，这个单一维度已经远远不够。

作为“全球最大的发展中国家”，中国的基本国情并没有改变，其标志之一就是城镇化整体水平还有较大提升空间。中国的高层决策者已然意识到现实发展中的这一问题，并不失时机地从战略上作出了“顶层设计”和系统部署。2014 年 3 月，中国发布了《国家新型城镇化规划（2014－2020 年）》。这是中国首部城镇化规划，被视为引领中国城镇化健康发展的纲领性文件，是指导新型城镇化健康发展的宏观性、战略性、基础性规划。

这一规划不仅令人鼓舞，更充满启示。“以人为本、四化同步、优化布局、生态文明、文化传承”，是中国特色新型城镇化道路的基本原则。这昭示我们，中国的新型城镇化目标，不应仅是冷冰冰的数字增长，在规划、设计、建设时，更需要有正确的价值判断和价值追求。

新型城镇化的核心是人。城市价值的选择，必须重视和凸显新型城镇化对人的全面发展的价值。城镇化要靠人的理解和接受，要靠人的参与和推动，要靠人的创新和创造。城市价值选择应当特别重视如何体现对人的发展需求的深度关切，体现对人的生存、生活、工作及发展的关怀。这是关系“可持续”的核心要素。

“可持续”理念是世界的潮流。联合国秘书长潘基文先生推崇城市的可持续发展理念，这与中国决策者倡导的主张相契合。中国善于学习借鉴世界上优秀的文明成果，中国新型城镇化的建设，也需要学习借鉴各国的先进经验。不过，学习借鉴绝不等于简单的拿来主义，不等于盲目的复制与盲从的追随。这一点对“后来者”尤为重要。我们需要坚持从中国的实际出发，不搞“全面移植”，不原路原样照搬照抄。因此，中国在城镇化中特别强调“新型”二字，并以此表现出了“中国特色”，以此实现中国人的全面发展。

由于新型城镇化必须蕴含正确的价值判断和价值追求，因此，在建设中国特色新型城镇化的道路上，具备价值引领功能的媒体，尤其是主流媒体要发挥独特的作用。2014 年 5 月 20 日，联合国秘书长潘基文先生专门访问新华社总部时，曾谈到新华社这样的主流媒体在促进全人类和平与发展所起到的重要和积极的作用。这足以体现联合国高度重视主流媒体的影响。也正是那次访问，确定了由联合国开发计划署与新华社《瞭望东方周刊》共同主办“千年目标，百年梦想”系列城市主题活动并出版这本《中国城市可持续发展报告》，其中的可持续发展

指数的研究与推出，尽管构成其指数的因子可能会随着认知的提升而不断丰富，但其现实价值和未来价值，都是不言而喻的。

一个良好有序的城镇化进程、一个良好健康的城市发展，应当是所有参与者的共同追求和共同责任。在波澜壮阔的城镇化历史进程中，主流媒体作为社会信息中枢，不仅要当改革的观察者、时代的见证者、历史的记录者，更应成为“城市让生活更美好”的积极建设者、正确倡导者。媒体尤其是主流媒体，至少要履行好如下责任：促进共识的责任、提供公共服务的责任、倡导和传承城市文明的责任、履行人文关怀的责任。

作为中国最大的新闻信息传播机构和媒体集群，新华社综合运用立体多样的现代传播体系，立足国内、面向世界，及时传播中国政府为推动新型城镇化所做的努力。以本报告发布方新华社《瞭望东方周刊》为例，就始终以传播中国城市绿色健康发展、城市科学治理、城市人性化发展等理念为使命，与专业研究者一起，独创了全面立体、较为科学完善的城市可持续发展评估指标体系。面向未来，我们将进一步担负起时代赋予我们作为社会瞭望者的职责，尽我们的力量向世界讲述好中国城市的新故事，阐释好中国特色的新型城镇化道路。

当今中国已经迈入城市时代。城市既给人带来了繁荣和便利，也带来了交通拥堵、资源紧缺、城市贫困、文化冲突等诸多挑战。科学应对这些影响可持续发展的挑战，需要我们的城市携手合作、互相借鉴，探索科学合理的城市可持续发展之路。只要我们的城市领导者、管理者、企业、媒体、市民，共同履行各自应尽的责任，就能无愧于我们的时代，无愧于我们推进中国特色新型城镇化的未来，中国的城市必将开辟出可持续发展的光明之路。

新华社瞭望周刊社社长、总编辑

新华社《瞭望东方周刊》 总编辑

姬斌

前言

可持续发展：城市与机构发展的指导原则

祝贺同济大学中国城市可持续发展研究团队与联合国开发署中国代表处、新华社《瞭望东方周刊》合作出版《2015 年中国城市可持续发展报告》。在此表达三个意思。

从全球来看，今年是可持续发展的关键年。联合国通过了到 2030 年全球可持续发展目标即 SDGs，17 个目标中的目标 11 是“建设具有包容性、安全、有复原力和可持续的城市和人类住区”。近年来，纽约、伦敦、东京、巴黎等全球性城市以及美国西雅图、德国弗莱堡等其他领军城市，纷纷制定了到 2030 年要建设成为可持续发展城市的战略规划。探讨城市可持续发展已经是世界发展的趋势，《2015 年中国城市可持续发展报告》扣住这个主题，顺应了世界可持续发展的需要。本报告研究提出的城市可持续发展的理论、方法、案例和政策建议，可以对城市可持续发展的理论和实践作出中国学者的贡献。

从国内来看，中国已经在国家层面制定了新型城镇化的战略规划，愿景是到 2030 年基本达到 70%的城市化。与联合国的倡导和国际上的趋势一致，中国的新型城镇化是以可持续发展为导向的，要求加强城市中的“五位一体”建设，即经济建设、政治建设、文化建设、社会建设、生态文明建设。在中国新型城镇化的进程中，重要的工作是测量和评价城市发展的绩效。《2015 年中国城市可持续发展报告》可以作为独立的基于学术研究和政策研究的第三方评价，推进以可持续发展为导向的中国新型城镇化的进程。

从学校来看，同济大学已经确立了建设可持续发展导向的世界一流大学的发展目标，可持续发展正在成为一种新型大学的发展战略和价值观念，贯穿同济大学的教学、研究、社会服务、国际交往之中。城市研究和可持续发展研究是同济大学的优势研究领域，同济大学可持续发展与新型城镇化智库的教授、学者和研究生，与联合国开发署和新华社《瞭望东方周刊》合作，开展《2015 年中国城市可持续发展报告》的工作，是围绕这个方向的有益探索，具有代表性的意义。相信我们的教授、学者和研究生，可以用自己的研究成果在推进以可持续发展为导向的学科建设和推进社会走向可持续发展两个方面取得双丰收。

是为序。

同济大学校长

裴钢

Zhang Pei

致谢

感谢联合国驻华代表诺德厚先生，联合国开发计划署驻华代表处国别主任文霭洁女士，新华社瞭望周刊社社长、总编辑姬斌先生对此项目的长期指导与支持。

感谢本报告第一作者——同济大学的诸大建教授、何芳教授、霍佳震教授的杰出工作，感谢同样来自同济大学的各章节作者富有创造性的研究工作，他们是：许洁、张宗彝、杜娟、张超、陈海云、谭武、李云、李文颖、谷子豪、王怡昕、谢意、王翀等。

感谢联合国开发计划署驻华代表处安莎莎及同济大学许洁为本报告所做的研究及编辑工作。

感谢联合国开发计划署驻华代表处副国别主任何佩德先生积极不懈地推动本项目。感谢曾经在项目启动阶段给予大力支持的开发署驻华代表处前国别主任、现任印尼国别主任白桦先生。

感谢联合国开发计划署驻华代表处首席新闻官张薇女士和新华社《瞭望东方周刊》常务副总编辑赵悦先生促成项目迈出合作的第一步，并为此后项目发展的每一步给予支持。

感谢格力集团为项目提供种子基金，感谢格力集团董事长兼总裁、联合国开发计划署城市可持续发展项目宣传大使董明珠女士一直以来对城市可持续发展工作的支持与贡献。

感谢新华社瞭望周刊社副总编辑叶俊东先生、党组成员金风先生，新华社《瞭望东方周刊》的王啟广、邢静、刘柳、白薇、黄琳，联合国开发计划署驻华代表处的陈建成、李希、Leah Bell、刘奕勍、Nicole Huxley、杨伊娃、张群、朱颖丽、裴一林等对项目的支持与付出。

感谢联合国开发计划署驻华代表处的黄澄、廖思齐以及郑金为报告精心设计的封面与排版。

感谢西门子亚洲城市能力中心数据中心及刘轶菁为项目提供数据支持。

感谢联合国开发计划署驻华代表处能源与环境处处长戈门及开发署亚太区代表处的 Joseph D’Cruz、Sarah Reed、Raphaelle Roffo 等在同行评审中提出的独到见解和宝贵建议。

我们衷心希望本报告能够为推动中国可持续城镇化进程贡献一份力量。

目录

执行摘要 ..... **VIII**

上篇 理论基础 **1**

第一章 城市可持续发展评估意义及理论构建 **2**

1.1 城市可持续发展的评估意义 2

1.1.1 掌握城市可持续发展水平与特征 2

1.1.2 提供城市可持续行动的模式和路径 3

1.1.3 引领国家新型城镇化战略的发展方向 3

1.2 城市可持续发展评估理论构建 4

1.2.1 可持续发展半球理论与脱钩理论 4

1.2.2 城市可持续发展指数评估 8

1.2.3 城市可持续发展分类评估 10

1.2.4 城市可持续发展效率评估 11

1.3 城市可持续发展模式与改进路径 13

1.3.1 城市可持续发展的模式 13

1.3.2 城市可持续发展的改进路径 15

1.3.3 城市可持续发展的改进手段 17

第二章 城市可持续发展评估方法与数据采集处理 **25**

2.1 数据包络分析（DEA）方法 26

2.1.1 DEA 效率（DEA Efficiency） 26

2.1.2 数据包络分析理论基本假设 28

2.1.3 主要 DEA 模型 29

2.2 城市可持续发展评估指标体系与数据采集处理 32

2.2.1 城市生态投入指数（UEII）及指标处理 32

2.2.2 城市人类发展指数（UHDI）及指标处理 35

2.2.3 城市可持续发展评估指标体系及基础数据 36

中篇 中国 35 个大中城市可持续发展评估 **41**

第三章 中国 35 个大中城市生态投入指数排名与解读 **42**

3.1 中国 35 个大中城市生态投入指数排名 42

3.1.1 城市生态投入指数排名 42

3.1.2 城市生态投入水平分级 44

3.2 中国 35 个大中城市生态投入分项指标分析 45

3.2.1 资源消耗分项指标排名与分级 45

3.2.2 污染排放分项指标排名与分级 50

3.3 中国 35 个大中城市生态投入指数区域分析 55

3.3.1 基于东中西划分视角 55

3.3.2 基于城市区域分析 56

第四章 中国 35 个大中城市人类发展指数排名与解读 **61**

4.1 中国 35 个大中城市人类发展指数排名 62

4.1.1 城市人类发展指数排名 62
4.1.2 城市人类发展水平分级 64
4.2 中国 35 个大中城市人类发展分项指标分析 65
4.2.1 预期寿命指标分级 65
4.2.2 教育指标分级 67
4.2.3 收入指标分级 68
4.3 中国 35 个大中城市生态投入指数区域分析 69
4.3.1 基于东中西划分视角 69
4.3.2 城市区域分析 70

第五章 中国 35 个大中城市可持续发展四象限分类与解读 73
5.1 中国 35 个大中城市可持续发展四象限分类 74
5.2 Ⅰ区：低投入低产出类城市及解读 75
5.3 Ⅱ区：低投入高产出类城市及解读 75
5.4 Ⅲ区：高投入高产出类城市及解读 76
5.5 Ⅳ区：高投入低产出类城市及解读 77

第六章 中国 35 个大中城市可持续发展效率排名与解读 79
6.1 中国 35 个大中城市可持续发展效率排名 80
6.2 中国 35 个大中城市可持续发展效率分级 82
6.3 中国 35 个大中城市可持续发展效率区域分析 84
6.3.1 东中西部效率区域分析 84
6.3.2 城市群效率区域分析 86
6.4 中国 35 个大中城市可持续发展优化方向 87

第七章 中国 35 个大中城市可持续发展模式选择与改进路径 89
7.1 中国 35 个大中城市可持续发展模式选择 90
7.1.1 Ⅰ区域城市选择 C“扩容”模式 92
7.1.2 Ⅱ区域城市选择 S“优化”模式 92
7.1.3 Ⅲ区域城市选择 B“提质”模式 92
7.1.4 Ⅳ区域城市选择 D“提质+扩容”模式 93
7.2 中国 35 个大中城市可持续发展改进路径 93
7.2.1 Ⅰ区城市改进路径 93
7.2.2 Ⅱ区城市改进路径 94
7.2.3 Ⅲ区城市改进路径 95
7.2.4 Ⅳ区城市改进路径 96

下篇 专题篇 96

第八章 世界城市可持续发展趋势及动态 99
8.1 联合国后 2015 城市可持续发展战略 100
8.1.1 后 2015 城市可持续发展中的重要性 100
8.1.2 后 2015 城市可持续发展框架的形成 101
8.2 国外部分城市可持续发展行动计划 103
8.2.1 纽约城市规划 PlaNYC 103
8.2.2 洛杉矶可持续城市规划 pLAn 105
8.3 中国城市可持续发展动态与趋势 108

目录

8.3.1 “五位一体”是可持续发展的中国化版本 108
8.3.2 中国城市绿色转型的目标与策略 109
8.3.3 中国城市绿色转型需要解决的重点问题及对策 111

第九章 北上津渝四直辖市二氧化碳排放核算及绩效评估 116
9.1 城市碳排放核算方法及数据来源 116
9.1.1 核算边界的确定 116
9.1.2 温室气体种类、排放源及其计算方法 117
9.1.3 数据收集与计算分析 118
9.2 北上津渝碳排放核算及分析 119
9.2.1 城市碳排放总量及分析 119
9.2.2 制造业碳排放量及分析 121
9.3 北上津渝二氧化碳排放绩效评估 124
9.3.1 二氧化碳排放强度指标分析 124
9.3.2 人类发展指数与二氧化碳排放效率评估 125

第十章 英国伦敦城市可持续发展实践 134
10.1 伦敦可持续发展规划 134
10.2 伦敦可持续发展实践 136
10.2.1 绿色综合交通方案 136
10.2.2 被动式和主动式结合的建筑节能 140
10.2.3 伦敦能源供应 142
10.2.4 总结 142

附录一 长三角 16 个城市可持续发展状况与排名 143

附录二 金砖国家 12 城市可持续发展状况与排名 146

图目录 151

表目录 153

中英文术语对照表 154

执行摘要

2015年是全球可持续发展的重要年头，联合国通过了后2015年即2016-2030全球可持续发展目标，17个目标中的目标11是“建设具有包容性、安全、有复原力和可持续的城市和人类住区”。这意味着有关城市可持续发展的研究有着日益增长的需求和重要性。本年度绿皮书运用所建立的城市可持续发展的理论与方法，继续开展四个方面的研究工作。以下是对今年绿皮书中理论框架、实证发现、专题探讨三个方面研究工作和新的发现的概括和摘要。

（1）理论框架。基于可持续性的脱钩发展和两个半球的理论建立城市可持续发展的评估模型与评估方法，是我们的研究特色。脱钩发展，是强调城市可持续发展的关键，是要求经济社会发展与自然资本消耗实现脱钩，在地球可以支撑的阈值内实现好的发展；两个半球，是将城市可持续性分为两个要求不同的半球进行比对，分子是代表经济增长和社会发展的人类发展半球，分母是代表资源消耗和环境排放的生态投入半球，根据两个半球的匹配情况判断城市发展的可持续性。

今年的报告在理论研究上作了一个新的尝试，把治理引入可持续发展的经济、社会、环境三个支柱和两个半球分析之中，我们提出了改进城市可持续发展水平的三个手段即技术手段、管理手段、制度手段（1.3.3），为以后将治理能力和治理结构引入中国城市可持续发展评估体系作些理论上的铺垫和积累。

围绕以上理论模型，我们的中国城市可持续发展研究主要开展四方面的工作，即城市可持续发展指数构成研究，城市可持续发展分类评估研究、城市可持续发展效率评估研究，以及在上述评估基础上的城市可持续发展改进路径研究。

我们的研究试图得到与其他研究有明显不同但是有深刻意义的发现。例如，许多研究认为高经济增长、高人类发展的城市就是可持续发展的城市，但是我们的发现证明实际情况不是如此；再如，许多研究认为沿海城市普遍具有高的发展效率，但是我们的发现证明中国沿海城市和内地城市均需要大幅度提高以生态投入和人类发展为衡量指标的可持续发展效率。

（2）实证发现。从2015年起我们将研究目标稳定地集中在中国35个大中

城市（省会和副省会城市，未包含拉萨）这个层面，希望进行长时期的时间序列和国内外横向间的比较研究。对于次国家的长三角核心区 16 个地级以上城市的研究，以及跨国家的金砖国家 12 个城市的研究，将以数据收集与统计的形式放在附录之中。运用我们所建立的研究模型对全国 35 个主要城市进行实证研究，今年的报告有以下四个方面的发现。

一是运用两个半球评估理论的 12 个指标，研究我国主要城市的人类发展指数和生态消耗指数，进行城市人类发展指数和城市生态投入指数的排名和解读，发现四种不同的排行序列。从人类发展指数的测算结果看，有 13 个城市位于第一层级，其中排名前三的广州、北京和上海保持绝对优势，排名第 4 到第 13 的分别是大连、深圳、天津、沈阳、厦门、杭州、武汉、南京、长沙、青岛，表明东部沿海城市普遍具有较高的福利产出水平。在生态投入方面，南京、呼和浩特、太原、银川、乌鲁木齐等 5 个城市具有高的生态消耗水平。进一步分析，资源消耗指数最高的 10 个城市分别是呼和浩特、广州、深圳、太原、南京、南昌、杭州、上海、银川、乌鲁木齐；污染排放指数最高的 10 个城市分别是大连、贵阳、南京、宁波、兰州、太原、西宁、呼和浩特、银川、乌鲁木齐。从中看到生态消耗投入高的城市大致分为两类，即沿海发达地区某些重化产业高的城市以及西部地区的一些资源型城市。

二是运用人类发展-生态投入象限分类法，分析我国主要城市的人类发展与生态投入的耦合情况或离散现状，将被评估城市区分为“低生态投入低人类发展”、“低生态投入高人类发展”、“高生态投入低人类发展”以及“高生态投入高人类发展”四种类型。其中，低生态投入高人类发展属于可持续发展的目标类型。2015 年的研究发现，35 个城市的生态投入平均线降低到了 0.316 左右，比 2014 年低了很多，表明近年来中国城市的生态文明建设是有成效的。研究发现武汉、天津、沈阳、厦门、青岛、长沙、北京等 7 个城市属于低生态投入高人类发展的可持续发展类型。有些高人类发展的城市没有进入低生态高人类发展区域如上海、广州、深圳、大连、杭州、宁波、南京等 7 个城市，因为它们的生态投入超过了平均线。而乌鲁木齐、银川、呼和浩特、西宁、兰州、太原、南昌、贵阳等 8 个城市属于高生态投入低人类发展的类型，是因为他们的人类发展水平低于 0.8 的高发展水平，而生态投入却超过了 0.316 的同类城市平均线。

三是采用国际上较为成熟的数据包络分析方法（DEA 方法），对所评估城市的可持续发展效率进行测算，研究在所属类型中城市生态投入和福利产出之间的关系是否达到最优。按照 2013-2014 年的统计数据，发现在可持续发展效率前沿面上，被评估城市中北京、广州、海口、长沙等 4 个城市具有相对高的城市可持续发展效率，而其他 31 个中国主要城市普遍需要大幅度提高城市可持续发展的效率，或者通过减少生态投入，或者通过提高人类发展，或者两者同时进行。

四是在实证发展的基础上，绿皮书针对各类城市的特点，提出了四种有关改进模式和优化路径的政策建议，即：在可持续发展区间做持续优化的 S 模式，不降低人类发展水平但要大幅度减少生态消耗的 B 模式，在生态消耗不超过一定阈值下提高人类发展的 C 模式，以及在两个方面同时作出努力的 B+C 兼有模式（即 D 模式）。

总体上，我们认为，沿海发达地区的大多数城市已经接近生态承载能力的拐点，目前需要采用 B 模式的转型发展道路，在保持和提高人类发展水平的同时努力降低生态消耗；对于中西部正在崛起中的城市，我们建议采取 C 模式的跨越式发展方式，即在生态资本投入不超过阈值的情况下要努力提高人类发展水平，避免走生态投入先增加后减少或所谓“先污染、后治理”的传统发展 A 模式道路；本年度研究发现乌鲁木齐、银川、呼和浩特、西宁、兰州、南昌、贵阳等 7 个城市，需要采取 B+C 兼有的 D 模式。

（3）专题探讨。专题探讨是 2015 年绿皮书新开设的内容，今后将逐渐固定、深化拓展，以便形成绿皮书撰写的“理论篇+实证篇+专题篇”的三合一结构。设立专题篇是希望在一般的理论模型和实证研究基础上，根据当年的情况对一些理论热点、重要区域、典型案例作一些有深度的探讨研究。

今年的绿皮书包括了三个方面专题探讨。第八章《世界城市可持续发展趋势及动态》结合联合国后 2015 全球可持续发展目标，介绍了国内外城市可持续发展的趋势以及对于中国城市发展的意义；第九章《北上津渝四直辖市二氧化碳排放核算及绩效评估》研究了中国四大直辖市的二氧化碳排放，讨论了基于二氧化碳和人类发展的城市碳排放发展绩效问题；第十章《英国伦敦城市可持续发展实践》介绍了作为全球可持续发展和气候变化行动标杆城市伦敦在绿色转型和行动领域上的一些政策和实践。

本章要点

1

本章介绍了本研究报告的理论基础和基本概念，以及报告相关指数的计算方法。

- 城市可持续发展指数（USCI）由城市生态投入指数（UEII）和城市人类发展指数（UHDI）两部分组成。城市人类发展指数衡量收入、健康和教育水平；城市生态投入指数衡量资源消耗和污染排放水平。
- 报告以“两个半球”为基本理论支柱，将城市人类发展和城市生态进行“脱钩”，即经济发展和人类福利的提高并不是受限于生态投入的增加或污染产生的负面效应。
- 根据生态投入和人类发展的不同程度，城市被划分为四种类型：

区域	城市生态福利绩效特点	发展模式选择	改进路径选择
I 区	低生态投入低人类发展	C 模式	扩容
II 区	低生态投入高人类发展	S 模式	优化
III 区	高生态投入高人类发展	B 模式	提质
IV 区	高生态投入低人类发展	D 模式	提质+扩容

- 城市应该根据其目前的发展状况选择适合的发展道路。莱斯特·布朗（Lester B. Brown）所提出的 B 模式是根据发达国家的“去碳化”过程进行构想的，其他模式均由本报告的作者根据发展中国家的不同需要提出。例如，“C 模式”要求城市同时对生态投入与城市人类发展两个方面进行改善，以兼顾环境保护和消除贫困两项任务。
- 实现城市可持续发展的关键领域包括：
    - 优化技术手段：公共交通和整合交通平台（Integrated mobility platforms），可再生和低碳能源，绿色建筑，产业结构调整，运用环境友好、智能与协作的先进技术。
    - 制度手段：在决策中体现资源利用和环境污染的真实成本，邀请政府部门、第三部门和私营部门等多方面的参与，建立与可持续发展相符的法律法规及财政和金融制度，以解决环境外部性（environmental externalities）问题。
    - 管理工具：运用试点项目和试点区域等多样的管理方法，解决既得利益问题，及应对拒绝变革的阻力。运用指标和评估框架来衡量执行情况。

上篇
理论基础

上篇 理论基础

第一章 城市可持续发展评估意义及理论构建

1.1 城市可持续发展的评估意义

城市层面的实践对实现可持续发展的重要性越来越受到重视，它既是可持续发展行动的逻辑起点，同时也是可持续发展行动的可操作主体，从世界范围看，城市实际上已经成为促进可持续发展政策关注的重点[①]。世界城市化进程表明，现代城市发展实际上就是不断地转型、提升可持续发展能力的过程。城市与城市之间因为资源禀赋不同、所处的发展阶段不同，城市可持续发展模式的选择和改进路径及具体对策都会有自身的独特性。因此，城市在可持续发展转型的实践过程中，需要根据城市自身发展的特点来指引城市的未来发展方向，同时处理社会的动态变迁。

评估可以帮助城市了解自身实现可持续发展的进程现状，以及进一步实现可持续发展的最优途径

对城市可持续发展进行评估，是城市可持续发展管理中非常重要的一个环节，既可以帮助指出城市在迈向可持续发展道路上现在所处的位置，也可以帮助城市找到一条走可持续发展道路的最优改进路径。

该评估模型在同一个评估框架内对人类发展产出与生态投入进行分析

1.1.1 掌握城市可持续发展水平与特征

在城市化发展初期，城市的空间和资源足以支撑人口的增长与福利的改善，因此在城市的发展中可以不考虑城市发展的资源与环境的投入问题。然而随着环境污染、交通拥挤、资源紧缺等问题越来越影响城市居民的生活质量，城市发展中的能源、土地等各项资源的投入必须在城市的发展中受到关注。

本评估基于 3E 原则即经济（Economy）繁荣、社会公平（Equity）、生态（Ecology）和谐，在提出的两个半球发展模型的基础上，全面评估城市发展中资源投入、污染排放与人类发展的匹配程度。这一思想既摒弃了传统的不顾资源与环境的约束粗放型的城市发展模式，又考虑了城市发展与增加资源环境投入的协同关系。在两个半球模型基础上，将人类发展产出与生态投入放至一个评估框

① Tim Dixon,sustainable urban development to 2050:complex transitions in the built environment of cities, Retrofit 2050 Working Paper.2011. http://centaur.reading.ac.uk/28841/

架内，实现对城市可持续状态的全面评估，从而改变以往单一、片面地对城市可持续性的评价，充分反映了城市经济、社会、生态系统的综合性和协调性特征。

中国城市可持续发展评估通过对评价的指标深入分析，以不同视角判断，发现和掌握中国城市发展中生态投入与人类发展指数的总体发展特征。

1.1.2 提供城市可持续行动的模式和路径

每一个城市在机遇与挑战—达成共识—计划决策—贯彻实施—可持续性评估这一管理循环下不断推动城市的可持续发展。通过城市可持续发展评估既可以帮助城市树立可持续发展行动的目标，也是城市对可持续发展行动实现动态改进的重要环节和手段。

城市可持续发展评估不仅要告诉城市管理者当前所在城市在各城市的生态投入和人类发展水平中处于何种水平，还要告诉城市管理者下一步改进行动的方向和重点。城市管理者通过一定的制度安排和决策程序，制定相应的转型战略、转型政策和措施，把城市在可持续发展过程中有可能出现的负面影响最小化，充分发挥城市可持续发展为经济、社会与环境所带来的正面效益。

本书通过对中国 35 个大中城市、长三角 16 个城市、金砖国家 12 个城市可持续发展进行评估，以及可持续发展相关专题研究，力图推动城市发展模式的转型，从以大量水、地、能、材的消耗以及废气、废水、废渣的排放为代价的传统发展模式，转向注重发展质量和以人为本的内涵式的可持续发展模式，并提出针对性的改进路径和政策建议。

1.1.3 引领国家新型城镇化战略的发展方向

新型城镇化规划对我国现阶段城市朝宜居化、低碳化、生态化、智慧化、创新化、以及紧凑化的的转型发展提出了新要求

党的十八届三中全会强调指出坚持走中国特色新型城镇化道路，推进以人为核心的城镇化，推动大中小城市和小城镇协调发展。该战略对我国现阶段城市朝宜居化、低碳化、生态化、智慧化、创新化、以及紧凑化的转型发展提出了新要求。[①]

城市是城镇有机网络体系中的关键节点，城市的生活方式将直接引领城镇化的生活方式，城市对于发展内涵、发展质量以及发展目标的深刻认知也将直接影响城镇化过程中对发展的认知。从这一角度来看，中国未来新型城镇化战略的方

① 李程骅．新型城镇化战略下的城市转型路径探讨.南京社会科学，2013(2):7-9.

向选择，关键在处于城镇有机网络中的各大中城市是否能在城镇化发展中发挥城市可持续发展的引领和示范作用以及这些大中城市发挥作用的程度如何。[①]传统的城市发展模式所带来的高污染高消耗、重经济增长轻发展质量等问题不利于推进新型城镇化的发展。

1.2 城市可持续发展评估理论构建

1.2.1 可持续发展半球理论与脱钩理论

联合国可持续发展《21 世纪议程》第 40 章第 4 节“决策资料” 的行动依据中指出，“必须制定出可持续发展指标，以便为各级决策提供坚实的基础，并促进环境与发展体系一体化能自我调节的可持续能力。”[②]通过建立合适的可持续发展评估模型来衡量城市的可持续发展，既可回答城市当前可持续发展水平以及未来的发展趋势，还有利于城市之间可持续发展的横向纵向比较，找到城市与城市之间的发展差距、城市面向可持续发展中存在的薄弱点和存在的关键问题。各城市可以通过城市可持续发展评估体系，制定和调整城市在其环境承载能力约束下的可持续发展战略，找到具有本地特色的可持续发展的优先领域和路径。

目前基于 3E 原则对可持续发展评估主要有两种途径：一种是可持续发展评估指数法，如生态足迹模型、真实进步指数、世界银行的国家财富数据集、人类发展指数等来评估城市可持续发展。另一种是可持续发展评估指标体系法，如世界银行采用的可持续发展指标体系，联合国可持续发展委员会采用的可持续发展指标体系。我国城市可持续发展的评估实践主要采取的是后一种途径。运用可持续发展评估指数法衡量可持续发展，不能全面反映城市系统的综合性与协调性，而可持续发展的评估指标体系法由于指标权重具有较大的主观性，它们在一定程度上掩盖了牺牲资源与环境为代价换取经济增长和社会进步的现象，或者在指标体系的设计中没有考虑生态系统服务和福利价值。

根据现有城市可持续发展评估方法存在的不足，本书基于 3E 原则，提出两个半球评估思路，把城市的 GDP 水平、人口寿命与教育等经济、社会系统划分到上半球，称为发展半球，把城市的环境系统划分到下半球，称为生态半球，认

两个半球模型：把城市的经济和社会系统划分到上半球，称为发展半球，把城市的环境系统划分到下半球，称为生态半球

① 龙翠红，易承志.新型城镇化与城市发展方式转型：动因分析与路径选择.经济问题探索,2014(7)：28-30.

② 迈向 21 世纪——联合国环境与发展大会文献汇编，北京：中国环境科学出版社，1992:117.

城市可持续发展的目的，是让城市发展半球达到高度发展的水平，然而让城市生态半球保持在生态承载力的范围之内

为城市的可持续发展取决于这两个半球是否匹配。任何一个城市的人口、资源、环境承载能力是有限的，存在着一个生态门槛，城市发展半球受制于城市生态半球的承载能力，人类发展水平提高过程中所消耗的土地、能源、水和物质资料不能超过城市生态环境的承载力。如图 1-1 所示，城市可持续发展的理想状态应是城市发展半球的经济与福利水平高度发展，而城市生态半球的资源与环境消耗在城市生态环境承载力范围内，即发展半球和生态半球实现了“脱钩”（Decoupling）。所谓“脱钩”即指经济和福利的增长不受制于生态投入的增加。

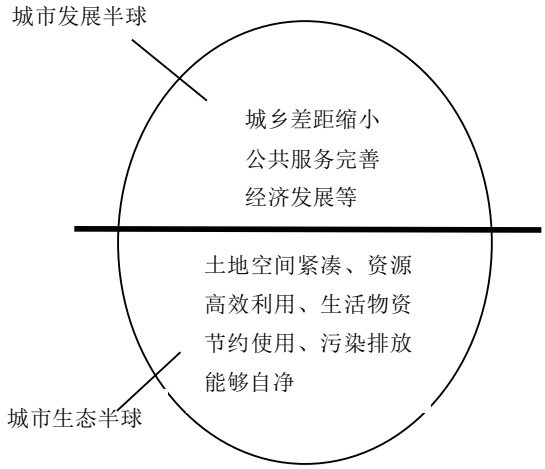


图 1-1 城市发展的两个半球

根据“脱钩”理论，人类发展半球和生态半球之间的关系存在三种状态：耦合（匹配）、相对脱钩和绝对脱钩。当人类发展半球的扩张速度与生态半球的增长速度相同甚至超过生态半球的增速时，说明经济发展完全依赖于自然资源的大量消耗，同时产生大量环境污染，人类发展半球与生态半球紧密耦合，生态效率低下，是不可持续的发展模式。当生态半球的扩张速度低于人类发展半球增长速度时，则实现了“相对脱钩”，以相对较少的资源环境投入换取了更多的经济和福利增长。而“绝对脱钩”指在不增加甚至减少资源消耗和环境污染的前提下，实现经济和福利的持续增长，代表了可持续发展的较高水平。

在两个半球评估思路基础上，评估城市发展半球与城市生态半球的相互状态，将为城市可持续发展提供政策指导

本书在两个半球的评估思路和经济发展与生态投入“脱钩”理论的基础上构建了城市可持续发展评估模型，用人类发展指数反映城市发展半球，用生态投入指数反映城市生态半球，并通过城市可持续发展分类评估模型和效率评估模型的构建，来全面评价和判断城市发展半球与城市生态半球的相对状态，充分反映了

城市经济、社会、生态系统的综合性和协调性的特征。

城市发展实践中，城市发展半球和城市生态半球往往会错位，城市发展或者是过多地消耗了城市的生态环境资源，超过了城市环境承载线，或者是人类发展半球经济、社会发展福利水平低，如图 1-2 所示。图中两个虚线半球表示高度匹配的城市发展半球和城市生态半球，这是城市可持续发展的理想状态，两个实线半球表示城市发展中的发展半球和生态半球的实际状态。城市在面向可持续发展中应通过采取多种途径一方面增加经济增长和人类福利，如虚线箭头所指向，另一方面则是降低生态资源的消耗，如实线箭头所指向，让城市发展半球和城市生态半球重新达到匹配效果。

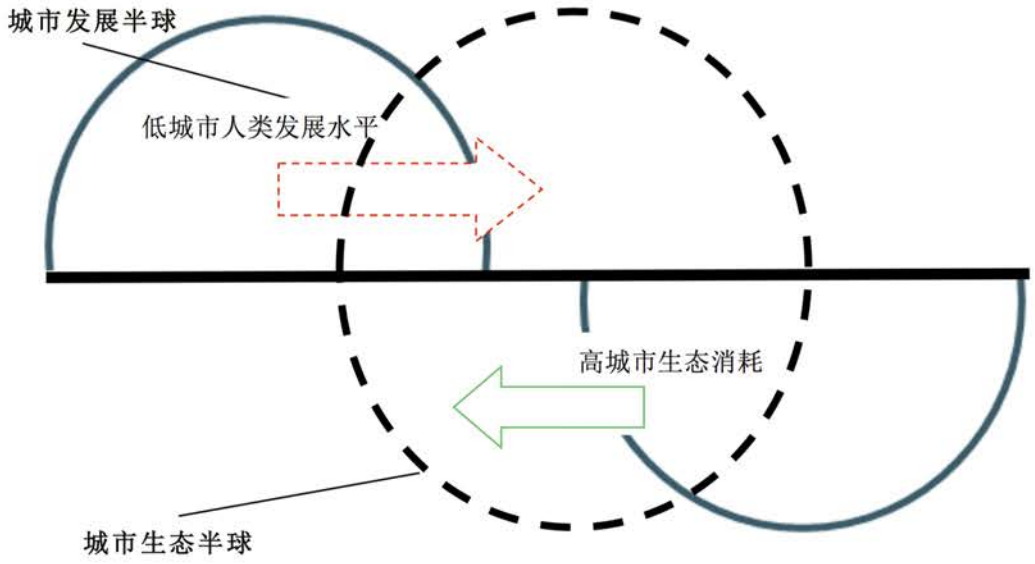


图 1-2 城市两个半球的错位发展

在两个半球评估思路基础上构建的可持续发展评估模型，判断城市发展半球与城市生态半球错位的状态，将一方面对城市可持续发展具有政策指导作用，同时又可以避免以往的评估模型对政策实践指导的单一性与片面性，能充分反映城市系统的综合性和协调性的特点。它应包括四个方面的内容，即城市可持续发展指数模型构建，城市可持续发展分类评估模型构建、城市可持续发展效率评估模型构建以及在上述所构建模型评估基础上的可持续发展改进路径构建。

当前，中国城市以牺牲资源与环境为代价换取经济和社会的发展，以致城市发展的两个半球呈现错位的现状

本书针对当前中国城市以牺牲资源与环境为代价换取经济增长和社会发展的不足，导致城市发展两个半球错位的现状，根据指标体系设计的科学性、综合

性、独立性、可测性以及数据可得性，考虑到生态足迹和人类发展指数的评估方法在评估城市可持续发展上的单一性和片面性，借鉴诸大建（2008）的研究方法[①]，将生态投入（EI，Ecological Input）和人类发展指数（HDI）放在一个综合的框架中，建立城市可持续发展评估模型，用来评估城市的可持续发展。这一模型一方面弥补了城市环境保护中缺少经济与社会发展方面的考虑，另一方面在模型中引入人类发展指数作为评估工具的有机组成部分，使得本模型在评估中既考虑了社会福利增长对环境的压力，同时也关注城市在追求可持续发展时生态投入和城市人类发展的效率。本模型把资源投入、污染排放和人类发展指数结合起来，符合生态学方向和社会学方向的基本条件，而人类发展指数中 GDP 指标又反映了城市可持续发展的经济学方向。因此这一模型是从经济、社会、环境角度系统分析评估城市可持续发展水平。本评估包括的模块和其分析逻辑框架如图 1-3 所示。

本模型把资源消耗、污染排放和人类发展指数结合起来进行分析

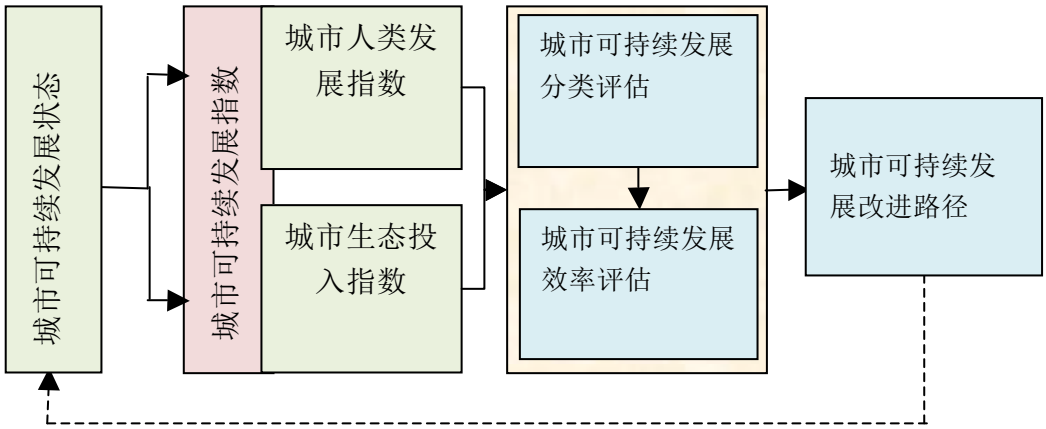


图 1-3 城市可持续发展评估模型

城市可持续发展状态由城市人类发展指数（UHDI）和城市生态投入指数（UEII）共同决定。根据城市人类发展指数和城市生态投入指数可以对城市可持续发展进行分类评估，在分类评估的基础上又可以开展对城市发展效率的评估。根据城市可持续发展的分类评估和效率评估的结果，可以针对城市所处的可持续发展的象限分类，提出城市面向可持续发展的改进路径。城市可持续发展的行动

城市的可持续发展状态由城市人类发展指数（UHDI）和城市生态投入指数（UEII）共同评定

城市人类发展指数由城市的收入、健康、教育计算得出。城市生态投入指数由资源消耗和污染排放计算得出

① 诸大建，孟维华，徐萍.1980-2005 年中国经济增长对福利的贡献[C]，上海市社会科学界第六届学术年会论文集(2008)经济管理学科卷，2008：9-21

是一个持续的长期的过程，城市可以根据改进路径的实践状况对城市可持续发展状态进行定期或不定期的评估，总结经验，发现问题，从而不断提出改进城市转型的具体路径、方式和手段。

1.2.2 城市可持续发展指数评估

（1）城市生态投入指数及指标体系

生态与环境资源的投入是城市生存和发展的物质基础。然而生态与环境资源是有限的，城市可持续发展必然需要实现与生态投入的脱钩，因为生态投入的组成部分中，资源利用的增长有助于人类发展指数的提高，而污染排放的增长对人类发展产生不利影响。

城市生态投入是指在一定时期内一定的人口、技术水平和经济规模下，城市发展所消耗的土地、能源、水以及污染排放等

本书的城市生态投入是指在一定时期内一定的人口、技术水平和经济规模下，城市发展所消耗的土地、能源、水以及污染排放等，城市生态投入指数（UEII）由城市发展运行中资源消耗指数（URCI）和污染排放指数(UPDI)算数平均而成。

城市生态投入指数等于城市资源消耗指数（URCI）和城市污染排放指数（UPDI）的算术平均数，即：

$$UEII=\frac{1}{2}(URCI+UPDI) \quad (1.1)$$

其中，$URCI=\frac{1}{3}(UWCI+ULRI+UECI)$ （1.2）

$$UPDI=\frac{1}{6}(UWP_{COD}+UWP_{N-NH_4}+UAP_{SO_2}+UAP_{NO_x}+USW_{ln\,d}+USW_{Hh} \quad (1.3)$$

城市生态投入指数（UEII）的值在 0 与 1 之间，越接近 0 表示城市生态投入最低水平，在城市发展中所占用的水、地、能、材等资源以及所排放的废水废气和固体废弃物越少；越接近 1，则表明城市生态投入水平越高，在城市发展中所占用的水、地、能、材等资源以及所排放的废水、废气和固体废弃物越多。

（2）城市人类发展指数及指标体系

城市人类发展是指一定时期内一定的人口和技术水平和经济规模下，在一定的生态投入基础上所带来的公共福利水平的增长

城市的发展归根结底是为城市居民谋福利，让居住在城市的人们舒适满意。城市人类发展是指一定时期内一定的人口和技术水平和经济规模下，在一定的生态投入基础上所带来的公共福利水平的增长。联合国人类发展指数（HDI 指数）

已经越来越多地被用来评估城市发展在提高人类生活福利方面的表现和程度。HDI 的提出对于认识以人为本的发展目标有着很多有益启示。城市人类发展指数的不断提高反映了城市人类发展水平的提高。

城市人类发展指数根据联合国人类发展指数（HDI）计算方法得出的结果来衡量。人类发展指数（HDI）是联合国开发计划署（UNDP）在 1990 年发布的《人类发展报告——1990》中提出的用来测度世界各国的人类发展状况，2010 年，联合国开发计划署又发布新计算方法，它衡量的是一个国家在人类发展三个基本方面的总体成果——寿命、知识和体面的生活。它是由三项基础指标组成的综合指数：预期寿命，用出生时预期寿命来衡量；教育程度，用学校教育年数（MYS）[①]和预期学校教育年数(EYS)[②]的平均衡量；生活水平，用人均国民收入（GNI）（PPP 美元购买力平价）[③]来衡量。本书根据联合国人类发展指数 2010 年计算方法为基础，综合了联合国 2010 年与 2014 年人类发展指数计算中的参数的选择得出中国城市人类发展指数的计算方法。[④]

人类发展指数（HDI）等于预期寿命指标（LEI）、教育指标（EI）和收入指标（II）的几何平均数，即

$$HDI = \sqrt[3]{LEI \times EI \times II} \tag{1.3}$$

其中：

$$LEI = \frac{LE-20}{83.2-20} \tag{1.4}$$

$$EI = \frac{\sqrt{MYSI \times EYSI}-0}{0.951-0} \tag{1.5}$$

① 学校受教育年数指 25 岁及以上人群的受教育年限。

② 预期受教学年数指一个 5 岁儿童一生将要接受教育的年数。

③ 本书采用的人民币购买力平价为 4.1862 ,根据国际货币基金组织(IMF)世界经济概况(World Economic Outlook,简称 WEO) 发布的世界经济概况报告 (World Economic Outlook report) 对人民币购买力平价估算而得。http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2013/01/weodata/index.aspx。

④ 本书人类发展指数的参数选择以 2010 年版位基础,进行了调整,2013 年相关指标的最大值较 2010 年版比有提高的,则用 2013 年观察到的极值来替换。如预期寿命用 2013 年日本的预期寿命 83.6，经购买力平价调整的人均收入则以 2013 年卡塔尔的收入 119029 美元来替换 ,而生存所必需的基本收入水平则采用了 2014 年人类发展指数计算中的最低取值 100。

其中: MYSI 为学校教育年数指数，$MYSI = \frac{MYS-0}{13.2-0}$

EYSI 为预期学校教育年数指数，$EYSI = \frac{EYS-0}{20.6-0}$

$$II = \frac{ln(GNIpc)-ln\,(100)}{ln(119029)-ln\,(100)} \quad (1.6)$$

HDI 指数值都介于 0-1 之间，指数值越接近 1，人类发展水平越高。根据《中国人类发展报告》（2002 年）中的界定，HDI 高于 0.8 属于高人类发展水平，在 0.5-0.8 范围内属于中等人类发展水平，低于 0.5 属于低人类发展水平。[①]

城市生态投入的平均水平和高人类发展水平是中国城市生态投入和城市福利产出的基准线

一般而言，改善城市可持续发展状况，可以有三种可选择思路：第一种思路，在城市生态投入门槛内，增加城市生态投入，提高城市人类发展水平，但是要提高城市生态投入的效率；第二种思路，在保持现有的城市生态投入的状况下，提高人类发展水平；第三种思路，实现生态投入和人类发展水平提高的“脱钩”，在减少城市生态投入的同时提高城市人类发展水平。

1.2.3 城市可持续发展分类评估

城市可持续发展是既考虑城市发展的规模和资源利用的限制，又考虑一定时期城市社会福利的发展程度。在运用城市可持续发展指数对城市可持续发展进行分类评估时一方面要考虑城市生态投入的门槛，另一方面要考虑城市人类发展的标杆。

以城市人类发展指数为 X 轴，城市生态投入指数为 Y 轴，建立城市可持续发展评估坐标。坐标系中的每一点代表对应城市人类发展和生态投入水平的相对位置，表示城市的可持续发展状态。

为了对城市可持续发展状况进行归类研究，本书分别以城市平均生态投入水平线和高人类发展水平线作为我国城市生态投入和城市福利产出的基准线。城市平均生态投入水平线以我国 35 个大中城市生态投入指数的平均值为基准，2013 年高人类发展水平线以联合国人类发展指数规定的 HDI 高于 0.8 的属于高人类发展水平为基准，如图 1-4 所示，得到基于生态投入与人类发展的中国城市发展的四种类型。

基于生态投入和人类发展的不同水平，中国的城市发展被分为四种类型

① 联合国开发计划署，中国人类发展报告 2002：绿色发展，必选之路.中国财政经济出版社，2002.联合国开发计划署在 2014 年采取 0.55、0.7、0.8 分别作为低（低于 0.55）、中、高和极高（高于 0.8）人类发展的分界线。

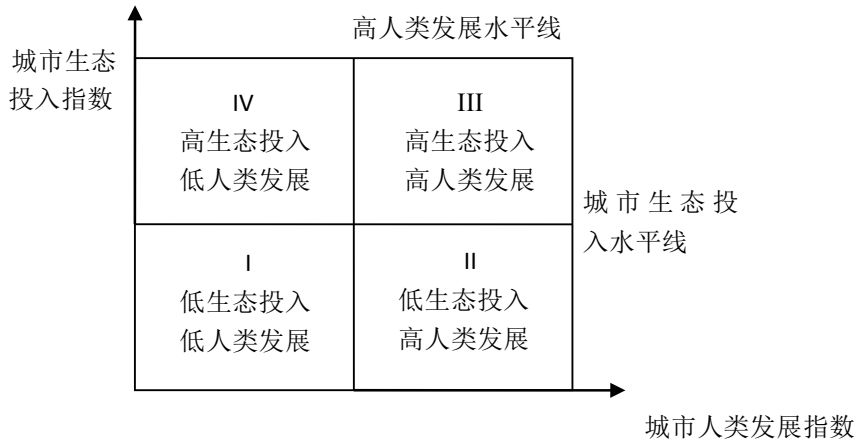


图 1-4 城市可持续发展分类评估模型

城市可持续发展分类评估模型可以对中国城市可持续发展状态进行评估，对城市发展中利用生态的投入与城市人类发展的比例关系进行衡量。并且基于此可以得出四种不同的中国城市发展类型：第 I 区域，低城市生态投入低城市人类发展；第 II 区域，低城市生态投入高城市人类发展；第 III 区域，高城市生态投入高城市人类发展；第 IV 区域，高城市生态投入低城市人类发展（表 1-1）。

表 1-1 城市可持续发展评估模型

区域	生态投入与人类发展特征	城市可持续发展水平
Ⅰ	低生态投入低人类发展	欠可持续发展
Ⅱ	低生态投入高人类发展	可持续发展
Ⅲ	高生态投入高人类发展	欠可持续发展
Ⅳ	高生态投入低人类发展	不可持续发展

1.2.4 城市可持续发展效率评估

数据包络分析用于评估城市生态投入与人类发展产出之间的关系

城市可持续发展分类评估模型可以确定各城市在发展中生态投入和城市人类发展的对比关系以及在模型中所处象限的位置，但是并不能回答这种生态投入和城市人类发展的配比是否达到最优，即城市可持续发展是否技术有效、规模有效和配置有效。为此，在上述基于城市可持续发展分类评估模型的基础上，将对城市生态投入和城市人类发展效率进行评价。

本书首先在城市可持续发展评估中引入数据包络分析（DEA）方法衡量城市生态投入和城市人类发展相对效率，同时给出效率优化的改进方向。通过 DEA

模型计算结果得到有效前沿面 $S_1S_2S_3$，称为可持续发展效率前沿面。有效前沿面上的点表明在现有的经济结构、技术水平和管理模式下，实现了技术有效，即城市生态投入和城市人类发展的相对效率达到最优状态，如图 1-5 所示。

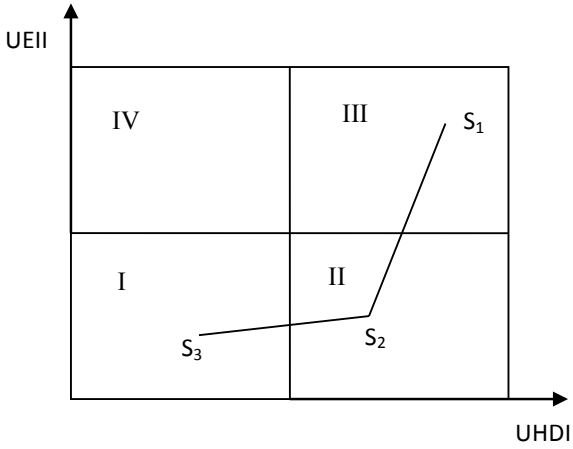


图 1-5 城市可持续发展效率评价模型

在有效前沿面左上方落点的城市在可持续发展上尚未达到技术有效，因为相对于前沿面上的点，这些城市在现有的经济结构、技术水平和管理模式下，或是城市生态投入消耗过多或是城市人类发展水平不足或是两者皆有。

规模有效包括生态投入规模有效和人类发展规模有效，生态投入规模有效是指城市发展中其生态投入低于城市平均生态投入水平线，人类发展规模有效是指人类发展指数高于高人类发展水平线（0.8）。生态投入规模有效不一定意味着人类发展规模有效，反过来，人类发展规模有效不一定是生态投入规模有效。对于既不能满足生态投入规模有效又不能满足人类发展规模有效的城市称为不可持续发展城市。

配置有效是在规模有效基础上对生态投入与人类发展的匹配程度的进一步考察。城市可持续发展追求同时满足生态投入规模有效和人类发展规模有效。同时满足两个有效的城市称为可持续发展城市，不能同时满足两个条件的城市都属于欠可持续发展城市。

在推动城市可持续发展转型过程中，提高政策之间的协同性是加强城市可持续发展政策体系有效运行的手段。减少城市生态半球的投入提高城市发展半球的产出，涉及到多部门多领域的政策推动，这就要求政府在制定有关减少资源消耗

政策和污染排放政策时，注意与其他经济、社会政策的协同，同时也要重视资源消耗政策和污染排放政策之间的协同，找出影响城市生态投入和城市人类发展的关键因素、关键部门，进而找出减少城市生态投入和提高城市人类发展的最佳政策协同方式。

1.3 城市可持续发展模式与改进路径

1.3.1 城市可持续发展的模式

典型发展模式的特征包括高经济发展速度、低城市密度、化石能源、一次性消费和高度依赖于私家车的交通

根据莱斯特·布朗的观点，城市化和经济发展的模式分为两种，一种为“A 模式”，一种为“B 模式”。A 模式是以美国为首的发达国家的发展模式，这些发达国家在工业化、城市化发展过程中，追求经济的高速增长，城市的低密度蔓延，在能源利用方式上以化石燃料为基础，消费方式上过度使用一次性产品，交通出行过度依赖私人轿车。其结果是美国以占世界 5%的人口消费了三分之一以上的世界能源。当今世界面临的各种资源环境问题正是世界各国在发展道路上走 A 模式造成的。A 模式以过度消耗地球自然资源为代价，经济增长和环境压力同步发展，经济高效率的取得以资源和自然环境的巨大破坏为代价。建立在增加资源消耗和环境影响的城市发展 A 模式在中国是不可持续的，不能继续作为中国城市发展的主要模式①。

城市发展的 B 模式是指由高生态投入高人类发展转向低生态投入高人类发展的城市发展模式，这种模式是以生态投入和增长繁荣绝对脱钩为特点的。城市发展 B 模式追求的不是更大的发展而是追求更好的发展，它追求的是在城市发展超过生态门槛后退后式的发展，即在城市人均生态投入量超过世界人均生态投入量的条件下，在降低生态投入量的同时，提高或维持现有的城市人类发展水平。这一模式以生态经济发展为中心，强调低碳可再生能源、物质再生性利用和能效革命，构建生态经济发展新模式。在城市的发展上，以太阳能、氢能为主要能源，以公共轨道系统为城市公共交通主要方式，多用自行车少用汽车，设计新型材料，保障粮食生产和保护森林，重建适于人居住的城市。用 B 模式不加区分地解决发达地区城市稳态发展和欠发达地区城市的生存发展问题显然有失偏颇。当前发达国家的基本需求已经满足，因此需要在生态投入上大幅度进行“减肥”；而发展

① 莱斯特.R.布朗，“B 模式”2.0——拯救地球，延续文明，北京东方出版社，2006:5.

中国家就像一个正在长身体的孩子，基本需要尚没有得到满足，因此仍然需要合理的资源环境消耗扩张[①]。

根据诸大建的观点，C 模式是指由低生态投入低人类发展转向低生态投入高人类发展模式，追求的是城市发展在生态门槛极限内的跨越式发展，避免走生态投入先增加后减少或所谓“先污染、后治理”的传统 A 模式道路。这种模式是以经济增长与生态投入相对脱钩的发展形式，即生态投入在不超过阈值的情况下提高城市的人类发展发展水平。相对稀缺的自然资源与并不乐观的环境压力，使得发展中国家不能继续走 A 模式的老路。同时，受限于整体的经济社会发展水平，也不能不顾自身发展需要去追求 B 模式。C 模式正是一种在自然资源与环境双重压力下与发展中国家未来发展相适应的发展模式[②]。

选择 C 模式的城市，需要从生态投入与城市人类发展两个方面同时进行改进。主要从新型产业化、新型城市化以及新型现代化三个领域入手，同时设法从技术和管理机制两个方面提高资源生产率。在新型城市化过程中，要坚持以新型产业化为动力，在城市的发展中注重节地、节能、节水、节材，并坚持在空间上走紧凑发展的道路，注重生态聚集群的建设，实现生活系统和生产系统的和谐共生，保证两大系统的减物质化和减污染化。新型城市化还应坚持以人为本，注重城市化过程中的社会和谐，城乡一体化，实现城市与农村的教育、医疗以及其他公共服务的均等化。经过近 40 年的改革开放，中国的现代化正形成自己的特色和模式。新型的现代化注重人的福利的提高，以实现人的全面发展为目标。新型现代化以推动新型产业化为基础来建构新型现代化的战略，通过科技发展战略、产业发展战略、循环经济战略、能源发展战略、材料发展战略等发展战略，推动社会的知识化、信息化、绿色化和全球化的发展。新型现代化是开放包容的，在合理吸收现代科技文明、制度文明和物质文明成果的基础上，形成政府与市场、政府与社会以及社会与市场的良性治理结构，为实现经济、社会、环境的可持续发展提供制度保障。

---

① 诸大建，从布朗 B 模式到中国发展 C 模式.沪港经济，2010.6:17.

② 诸大建，C 模式：自然资本稀缺条件下的中国发展.解放日报,2015/10/10.
http://old.jfdaily.com/gb/node2/node4085/node4086/node6038/userobject1ai1088476.html

未来中国城市可持续发展面临两个重要的脱钩任务：一是经济增长与生态投入的脱钩，即经济增长是低物质化的，这意味着未来城市的生产和消费必须是资源节约型和环境友好型的。二是生活质量与经济增长的脱钩，即要求在经济增长规模得到控制或人均资本存量稳定的情况下提高生活质量。这两个重要脱钩清晰地表达了以社会福利增长为目标可持续发展城市和以经济增长为目标的传统的城市发展路径的实质区别。[①]然而中国地域广阔，城市发展在南北之间，在东、中、西部之间的发展不平衡，在东部发达地区一些城市已经达到中等发达国家水平，而广大的中西部城市仍处于工业化、现代化的初级阶段，因此中国城市可持续发展路径上 B 模式和 C 模式在未来较长一段时期将同时存在。

无论中国城市采取哪种模式走可持续发展道路，每一个城市都面临着面向可持续发展的转型任务。因此，需要针对不同的发展模式选择提供详细的政策建议，以适合中国不同城市的需求与情况。

1.3.2 城市可持续发展的改进路径

城市发展的不同阶段，以及发展中资源环境的实际情况，决定了中国城市转型发展的多样性，应当制定不同的鼓励引导政策，实现不同的转型路径。[②] 本书的亮点正是在于对中国城市可持续发展的不同状态，提出了不同的发展模式选择建议和相应的改进路径。

未来中国城市的可持续发展道路上，不能再走 A 模式的老路，B 模式和 C 模式将在很长一段时期并存，在面向效率优化的改进路径上不能追求一刀切，而是因地制宜地根据不同城市的实际情况提出生态投入和城市人类发展的提质、扩容、优化的改进路径。

针对高生态投入高人类发展状态的城市，建议选择 B 模式，城市可持续发展选择“提质”路径，实现低生态投入高人类发展的目的。所谓“**提质**”是指城市发展中在至少不降低人类发展水平前提下，不仅提高生态投入产出效率，还不断降低生态资源消耗、减少污染排放的总量。

---

① 诸大建，中国发展 3.0：生态文明下的绿色发展——深化中国生态文明研究的 10 个思考，上海市社会科学界第七届学术年会文集（2009 年度）经济、管理学科卷.2009: 1-12.

② 魏后凯，论中国城市转型战略.城市与区域规划研究.2011(1):1-19.

针对低生态投入低人类发展类型的城市，建议选择 C 模式，城市可持续发展改进路径上选择扩容路径。所谓“**扩容**”是指城市可持续发展以提高人类发展水平为主要目标，在生态投入阈值内，在提高生态投入产出效率的前提下，资源消耗和污染排放的总量仍有所增加，但是单位产出的资源投入和污染排放将下降。

已经处于低生态投入高人类发展类型的城市，这类城市已经处于可持续发展状态，本书将适合它们的发展模式定义为 S 模式（sustainability）。S 模式是指在可持续发展区间做持续优化的发展模式。所谓**“优化”**是指城市进一步降低生态投入，提高人类发展水平，追求最佳城市生态投入产出效率，是未来所有城市发展不断追求卓越，不断超越的共同目标。

对于高生态投入低人类发展类型的城市，在发展模式的选择上 B 模式和 C 模式均不能有效地达成可持续发展目标。本书将适合他们的发展模式定义为 D 模式（Dual-track）。这类城市在可持续发展中同时面临两大任务，即一方面要降低城市的资源消耗和污染排放总量，另一方面要提高人类发展水平，对于前者，如果仅采用提质路径，则会陷入人类发展水平不够的困境；对于后者，如仅采用扩容路径，则又有可能产生资源消耗和污染排放总量继续增加，导致当地生态进一步恶化的困境。

把两轴四象限城市可持续分类评估模型与城市改进发展路径相配比，可以明确中国城市可持续发展的模式和改进路径，如表 1-2 所示。

表 1-2 城市可持续发展模式和路径选择

区域	城市生态福利绩效特点	发展模式选择	改进路径选择
Ⅰ区	低生态投入低人类发展	C 模式	扩容
Ⅱ区	低生态投入高人类发展	S 模式	优化
Ⅲ区	高生态投入高人类发展	B 模式	提质
Ⅳ区	高生态投入低人类发展	D 模式	提质+扩容

各区域中的城市可持续发展的具体路线，如图 1-6 所示。

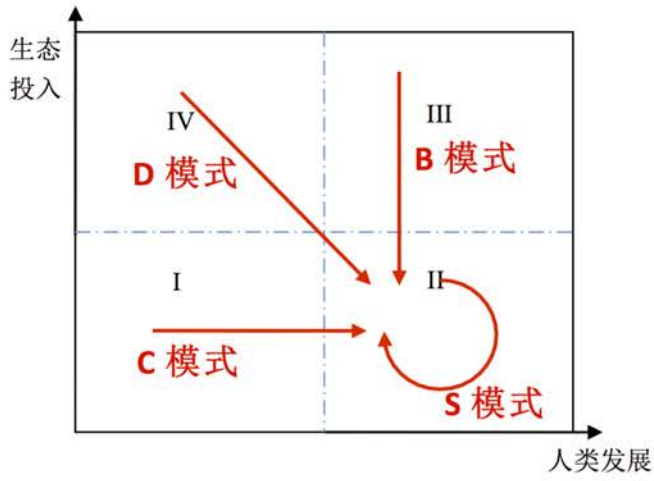


图 1-6 城市可持续发展改进路线

I 区属于低城市生态投入低城市人类发展类型，其城市生态投入水平低于中国城市生态投入平均水平，城市人类发展水平低于高人类发展水平，因此这类城市应该选择走提高人均生态投入水平与提高人类发展水平相对脱钩的城市发展 C 模式。在其改进路径的选择上选择扩容。

II 区属于低城市生态投入高城市人类发展类型，其城市生态投入水平低于中国城市生态投入平均水平，而其城市人类发展水平已经超过高度人类发展水平，是城市可持续发展的理想状态，该区域中的城市应该选择追求城市稳态发展的 S 模式。在其不断追求高质量发展的改进路径上选择持续优化。

III 区属于高城市生态投入高城市人类发展，其城市生态投入水平已经超过中国城市生态投入平均水平，同时其城市人类发展水平也超过了高人类发展水平。该域城市应削减生态投入，走可持续发展 B 模式，在改进路径上提质。

Ⅳ区属于高城市生态投入低城市人类发展，其城市生态投入水平高于中国城市生态投入平均水平，但其城市发展水平却低于高人类发展水平，是城市不可持续发展状态。因此在该区域的城市应减少城市生态投入，提高城市人类发展，走城市可持续发展的 D 模式。在改进路径上选择扩容和提质。

1.3.3 城市可持续发展的改进手段

城市推进新型产业化、新型城市化、新型现代化，实现城市发展转型，需要不同的城市充分考虑本地的发展阶段和发展水平，选择推动本地可持续发展的战略重点和路径。技术的发展、制度的创新驱动以及政府管理的进步将为中国城市

向以科技创新、制度创新和管理创新为主题的城市可持续发展转型创造有利条件。城市转型中，技术手段、制度手段和管理手段不是相互排斥的，在良好的制度安排下，这三种手段可以相互支持，相互促进。要提出适用所有城市的可持续发展转型方案是不切合实际的，或者说是不合理的。城市管理者在推进可持续发展行动时，可以根据实际情况，根据所在城市转型的不同路径，选择合适的技术、设计适宜的制度和政策工具，形成推动可持续发展的合力，推动城市的可持续发展转型。

（1）技术手段

技术进步与创新能力的提升不仅能够加强对生态环境的保护，还可以加快产业结构与产业升级的步伐。运用技术手段推动城市可持续发展，可以从生产的过程创新、产品创新、产品替代和城市的系统结构的改进思路着手。

现代城市化的发展得益于支撑城市发展的道路、交通、楼宇、电网、电气化等技术的发展，并且随着城市的发展，技术支持的力量不断升级以满足人类城市发展的需要。中国城市转型发展，需要全面、系统、完整的技术支撑作保障。借鉴国内外的最新理念、技术以及发展经验，最新的科技必须用于支持所有城市的基础设施的规划、建造和使用。[①]城市管理者应该在交通、能源、建筑、工业、基础设施的系统集成方面提高城市可持续发展的可持续性。

在交通方面，鉴于中国城市普遍的拥堵现状，改善交通效率势在必行。一方面，中国城市需大力建设轨道交通等公共交通系统，另一方面应当应用类似整合交通平台（IMP，Integrated Mobility Platform）的技术整合交通信息，实现所有交通工具实现所有交通工具（地铁、有轨电车、公共汽车、私人汽车、步行道、停车点等）之间的协同，并通过个人通讯工具（如手机）实时指导每个人的交通行为，优化城市的整体交通并改善空气质量。

在能源方面，一方面要加快新能源、可再生能源的开发，另一方面要提高能源供应的可持续性，通过采用智能电网技术平衡用电量，提高能源使用的效率，同时通过安装分布式发电和可再生能源，提高能源生产和输送的效率，减少污染的排放。

---

① Tim Dixon, Sustainable Urban Development to 2050:Complex Transition in the Built Environment of Cities, *Retrofit 2050 Working Paper*.2011. http://centaur.reading.ac.uk/28841/

在城市建筑方面，采用区域能源中心集中提供冷热电，实现大楼的智能化管理并接入智能电网，将极大地提高建筑的效率和舒适度。同时，通过开发结合医疗设施和服务的建筑，进一步提高人们的生活质量，方便行动不便、残疾、老年人和其他人群的需求，体现人性关怀。

在产业方面，必须抓住当前互联网+的发展机遇，积极推动信息化与工业化的深度融合，依托《中国制造 2025》我国实施制造强国战略的第一个十年的行动纲领，推动城市产业结构的转型升级。突破一批重点领域关键性技术，促进制造业数字化网络化智能化，加强节能环保技术、工艺、装备的推广应用，推行清洁生产技术，发展循环技术、资源综合利用技术，推广和应用以绿色、智能协同为特征的先进设计技术。[①]这样不仅可以促进落后产能的淘汰、工艺和传统产业的转型升级，减少资源的浪费和污染的排放，发展资源节约、环境友好型产业，也可以促进资源的节约、深加工与综合利用，智能工业的过程将有利于提高人们的生活水平和发展更有活力的经济，同时也将遵从生态约束。

在传统的城市管理和基础设施建设中，交通、能源、建筑等各个子系统是相互独立的，甚至子系统内部（例如交通）还有更多独立管理的子子系统，这妨碍了城市效率的提升，浪费了宝贵的资源。因此，城市的可持续发展转型还应该重视技术的系统整合，大力推广低成本、高回报的低碳、绿色、减排的适宜技术，并且在条件成熟的城市或区域中开展示范工程，然后在有效监督条件下遵循实际应用条件对技术的应用整合进行推广实施。

除了技术升级和技术的集成推动城市的可持续发展，城市政府还应该重视社会系统的管理创新。通过革新社会系统、变革城市的结构和管理组织，可以达到倍数 20 的资源生产率。[②] 比如，不求所有但求所用的交通分享，能够合理地调度交通，减少城市的碳排放，缓解交通的拥堵。

（2）制度手段

实现城市的可持续发展依靠持续的制度改革，不论是城市管理者还是可持续行动的参与者，都希望在城市可持续发展的转型中有好的制度保障。政治和制度

① 国务院.中国制造 2025.2015 年 5 月 8 日. 中华人民共和国人民政府网站.
http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content_9784.htm

② [日] 山本良一著，王天民等译，战略环境经营生态设计——范例 100，化学工业出版社，2003：136-137

障碍对城市推动可持续性转型具有突出的作用。[①]当前中国城市既存在制度供给过剩也存在制度供给不足的问题，制度供给过剩是指城市中存在太多的与可持续发展方向不相符合的制度，而制度供给不足是指城市中缺乏能够推动生态资源节约、环境保护和社会福利增长的相关制度安排。在制度供给过剩的领域，政府需要放松管制，解决政府失灵或政府低效问题；在制度供给不足领域，政府需要设计相关的行政政策、经济政策和公众参与的政策来解决可持续发展转型的制度激励问题。

城市推动可持续发展，首先要进行一系列的制度改革，为实现可持续发展奠定良好的制度环境。在政府体制方面，城市政府需要转变政府职能，理顺城市政府与上级政府以及与其他城市政府之间的关系，在政府的职能方面更多地体现社会管理和公共服务的职能。制度改革的内容包括价格制度改革、金融制度改革、土地制度改革、环境评价制度改革、知识产权制度改革、户籍制度改革、政府管制制度改革、科研教育制度改革等，加大浪费资源和破坏环境行为的成本。这些改革需要反映资源浪费和破坏环境的真实成本，并且要重新将可持续发展作为地方政府官员升迁依据的考核标准，2015 年 1 月 1 日生效的 1989 环境保护法的修订就是一个很好的例子。在此之前，对地方政府官员进行评估时仅仅考虑他们是否实现 GDP 增长率目标。现在，他们是否实现其环保目标也将被纳入评估标准。

中国城市推动可持续发展，需要创建公私合作的治理制度。当前，城市推进可持续发展离不开政府的作用，政府单一主体制定生态城市、智慧城市、低碳城市以及应对气候变化的发展规划，难以被市场和社会接受。城市的可持续发展转型，需要把政策设计的主体从以往单一依靠政府转到政府、企业和民间社会组织联动的机制上来。城市需要建立包括教育、研究、决策和创新、金融机构、企业家、消费者、监督和评估政府机构、非政府组织、社区组织和其他利益相关者在内的一系列社会组织。良好的公私合作伙伴关系不仅有利于帮助利益相关者之间的合作协调，还可以在利益相关者之间动员不同的资产和资源，从而产生协同效

① Xuemei Bai, Brian Roberts, Jing Chen, *Urban sustainability experiments in Asia:Patterns and Pathways*.Environmental Science&Policy. 2010(13):312-325

应。[①]公私合作的治理制度不仅体现在城市推动可持续发展的决策、管理过程，同时也体现城市在推动可持续发展的各项基础设施或公共服务方面的投资。

城市可持续发展的转型，还需要建立符合可持续发展要求的规章制度、财政与金融制度。政府规制是指政府根据法律法规、标准、产权界定或自愿协议对微观主体的经济活动实行一种干预的政策。政府通过一系列经济规制手段来改善经济环境，保护在政治、经济、社会发展中的弱势群体，保护生态环境免遭产业行为的危害，推动企业的节能减排和绿色低碳的转型。在财政与金融制度方面，城市政府可以从影响成本-收益，减少投资的风险入手，改变利益相关者的投资行为、生产行为以及消费行为， 纠正他们破坏环境的不合理行为，以便最终有利于环境改善的一种政策手段。科斯手段和庇古手段是解决环境问题的两大重要经济手段，其本质上是通过创建和利用市场来解决发展中的“外部不经济和市场失灵”问题，但是庇古手段侧重于通过“看得见的手”，即政府的干预来解决市场失灵问题，如收费、补贴、押金-退还、征税、绿色债券等；而科斯手段则是侧重于通过“看不见的手”，即通过建立市场机制来解决问题，如污染权交易制度、包括直接投资、碳指标交易和银行贷款在内的碳金融市场等。

（3）管理手段

城市的转型管理是一个在可持续发展目标的引导下通过技术、制度和实践的变化使整个城市提高可持续性的治理过程，在这个过程中，城市通过落实可持续发展政策推动城市的可持续发展转型。城市可持续发展的管理过程包括可持续发展管理的规划与决策、可持续发展管理决策执行、可持续发展管理的评估以及可持续发展管理的信息反馈环节。

在城市的可持续发展转型中，综合决策是规划决策的基础，要求城市的每一项决策和政策都要实现经济、社会、环境的整合。在两个半球的理论下，经济和社会发展的城市发展半球最终取决于城市生态半球的状况。这也决定了在城市的可持续发展规划中要关注的内容。

---

① Shimomura,Tetsuya and Tadashi Matsumoto(2010) , *Policies to Enhance the Physical Urban Environment for Competitiveness: A new Partnership between public and private sectors*,OECD Regional Development Working Papers,2010/1

可持续发展规划和决策是对城市可持续发展战略目标的具体落实。在这个阶段，城市要对国际国内城市可持续发展存在的机遇和挑战进行全方位多层次的分析评估，确定本地的城市发展阶段，确定可持续发展规划目标与指标。并制定具体的行动方案，明确每个行动实施主体和实施的内容。在城市政府的可持续转型的行动方案中要包括三个基本内容：第一是技术路线，它要回答城市如何选择合适的技术手段来实现城市规划的政策目标，城市通过哪些渠道可以获得这些技术，需要哪些研发政策和行动来支持这些技术的选择和应用等，；二是制度路线，要回答在城市相关领域，如规划、产业、能源、建筑、交通、气候变化适应等，通过什么样的制度设计来落实拟定的可持续发展目标，其中包括如何运用已经获得的技术手段。三是能力建设，包括信息搜集、管理和发布能力、政策协调能力、政策执行能力、科技研发能力等。

城市可持续发展规划的执行就是通过具体、灵活、有效的技术、管制、经济宣传教育等工具，把已经生效的规划决策结果，通过技术路线、制度路线和能力建设路线的执行，落实到政府的日常工作和城市运行具体领域中。在规划形成及决策形成阶段，利益相关者往往为了达成最终方案使用模糊语言以促成政策的决策过程，但是到了决策执行阶段，不可避免地会产生资源的重新配置和控制权的转移，产生获益者和损失者。这时就不可避免地产生了城市可持续发展转型的障碍。为了使城市可持续发展规划决策能够顺利执行，一方面需要城市政府通过行政流程再造突破可持续发展中的制度障碍，另一方面还需要运用技术、管制、市场、财政、金融、宣传教育等多种手段来驱动决策的执行。各地方、各部门需要结合自身发展阶段、经济社会和环境的背景以及现有的政策框架选择与平衡相关的执行方法和手段的组合，提高决策执行的有效性。

可持续发展战略的实施没有现成的、系统的经验和模式可以借鉴，同时可持续发展涉及经济、社会、人口、资源、环境等领域，实施可持续发展战略是跨部门、跨行业、跨区域的系统工程，因此城市的可持续发展转型需要各地、各部门的不断探索和实践，走出多种多样的发展模式和经验。所以在可持续发展战略的执行过程中，充分运用示范管理手段，发挥样板、示范地区的带动作用显得尤为重要。

城市可持续发展的评估就是从可持续发展角度来监督和判断城市的可持续发展规划的执行状况。通过可持续发展评估可以检验城市发展规划在执行过程中所采用的方式、方法是否合适、目标定位是否合适以及实践所造成的影响。通过评估结果和评估分析能够找到经济、环境和社会条件、压力以及反应的变化，从而确定可持续发展的优先领域和优先政策，实现经济、环境和社会目标的权衡，为下一阶段的城市可持续行动提供反馈信息。

值得重视的是城市可持续发展转型管理的各个环节中，始终贯穿于各个环节的是各阶层、各利益群体的广泛参与，它是城市推进可持续发展的决策、执行以及评估等各个管理环节工作深化的重要力量。可持续发展问题错综复杂，牵涉广泛，与公众问题、社会公正等问题联系紧密，与社会领域的各个方面都分不开，因此在可持续发展规划、执行以及评估中都离不开公众参与。国际国内城市持续发展的实践经验证明，自下而上的参与手段是非常有效和具有包容性的，自上而下的顶层设计和自下而上的公众参与结合在一起能有效地推动城市的可持续发展转型。

本章要点

2

本章进一步陈述该研究报告采用的研究方法，论证进行数据包络分析（DEA）的合理性，并说明城市生态投入指标和城市人类发展指标采用的数据来源和分析方法。

主要结论：

- 报告通过两项指标对城市进行分析：**城市人类发展指数**和**城市生态投入指数**。它们由以下分指数和指标组成：

指标 / 城市	城市人类发展指数				城市生态投入指数								
					资源消耗指数			污染排放指数					
	人均GDP（国际元/人）	人均预期寿命	人均教育年限	预期教育年限	人均建成区面积（m2/人）	人均消费标准煤（tce/人）	人均供水量（t）	人均化学需氧量排放量（kg/人）	人均氨氮排放量（kg/人）	人均二氧化硫排放量（kg/人）	人均氮氧化物排放量（kg/人）	人均工业固体废弃物产生量（t/人）	人均生活垃圾清运量（t/人）

- **城市人类发展指数**是 UNDP 人类发展指数在城市层面的运用。本报告的计算方法基本参考 2010 年全球人类发展指数的方法学，根据数据的可获取性稍作调整，并在下文予以说明。
- **城市生态投入指数**由报告作者提出。指标的选择主要参考“十二五”规划设立的目标，即规划要求城市达成的目标，例如减少环境污染和能源消耗的目标，以及土地利用的目标。
- **数据包络分析**是用来衡量投入和产出之间效率的方法。它可以表明某个城市是否通过投入（资源消耗和污染排放）达到了较好的产出（人类发展水平），即城市的人类发展指数相对于生态投入指数的关系。
- 每项指标中数据的主要来源是《中国城市统计年鉴 2014》和各地区的统计年鉴。

第二章 城市可持续发展评估方法与数据采集处理

对于城市的可持续发展评估，本书采用数据包络分析（Data Envelopment Analysis，DEA）为主要分析工具。与其他效率评估方法相比较，DEA 方法具有一系列显著优势，包括：不受单位或量纲影响、可以忽略生产函数关系、无需预先估计任何参数或权重、对样本规模要求不高等。因此 DEA 理论可以在许多参数统计方法不适用的情况下，发挥优势以取得令人满意的分析结果。本书采用 DEA 理论计算相对于生态投入的人类发展产出的福利绩效，并对城市可持续发展进行评估，将“生态投入指数”作为输入，将“福利产出指数”作为输出。

数据包络分析用于评估城市生态投入与人类发展产出之间的关系

2.1 数据包络分析（DEA）方法

数据包络分析（DEA）是一种非参数数学规划方法，可以有效评价具有多种投入与多种产出的决策单元（decision making units，DMUs）的相对效率。该方法自 1978 年由 Charnes、Cooper 与 Rhodes（Charnes 等，1978）[①]首次提出以来，被广泛运用于各行各业的绩效评价，并逐渐成为运筹学、管理科学和系统科学等多学科相交融的重要研究领域之一。DEA 方法的基本原理是通过建立数学规划模型评价具有多投入多产出决策单元之间的相对有效性，并进一步获取更多相关的有用信息。

2.1.1 DEA 效率（DEA Efficiency）

DEA 效率值的测度结果是决策单元的实际生产能力与其所对应的前沿生产能力之间的差距，一般通过求解相应 DEA 模型而得到。Farrell（1957）[②]在多投入下企业效率评估的概念的基础上，进行了技术效率测量：

$$\text{企业效率}=\frac{\text{实际产出水平}}{\text{前沿产出水平}} \tag{2.1}$$

Farrell（1957）将生产单元或决策单元（DMUs）的经济效率（Economic Efficiency，EE）区分为技术效率（Technical Efficiency，TE）和配置效率（Allocative Efficiency，AE）。其中，技术效率是指在固定投入要素的前提之下，某决策单元

① Charnes A, Cooper WW, Rhodes E. *Measuring the efficiency of decision making units*. European Journal of Operational Research, 1978, 2: 429-444.

② Farrell MJ. *The measurement of productive efficiency*. Journal of the Royal Statistic Society, 1957, 120: 253 -281.

的实际产出量与理想状态产出量（即同样投入下可以实现的最大产出）之比。如果实际产出与理想产出存在差距，则说明该决策单元是非技术有效的。因此，技术效率代表在既定投入下，利用现有生产技术条件可以获取的最大产出水平。配置效率则表示在固定产出水平以及技术有效的前提下，某决策单元的最小成本与实际成本之比。配置效率反映了在既定的技术条件和价格水平下，决策单元最优配置投入资源的能力。

DEA 效率所反映的是一种相对效率，并非绝对效率，DEA 效率的评估是相对于某一特定的生产可能集（或参考集）而言的，技术效率往往伴随生产可能集的变动而产生变化。另外，DEA 效率值所度量的是决策单元的实际生产能力与其前沿生产能力之间的差距，用比值表现，因此一般来说，DEA 效率值在[0, 1] 之间，并且没有量纲之分。

下面以图 2-1 来说明 DEA 效率的基本分析原理，A、B、C、D、E 代表的双投入、单产出的五个决策单元。

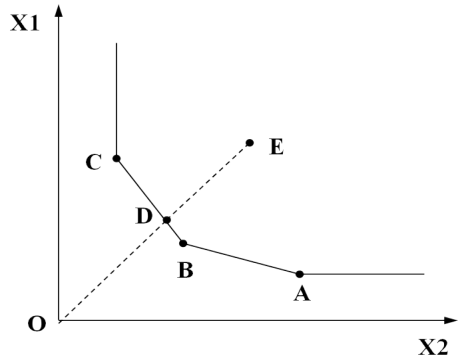


图 2-1 DEA 效率的基本分析原理

生产前沿面（即包络面）是由一系列分线段组成的等产量线组合，可以使得所有决策单元均位于前沿面之上或其上方位置。决策单元 A、B、C、D 落于生产前沿面上，都是技术有效的；而决策单元 E 位于前沿面的右上方，是非技术有效的。非有效决策单元 E 在前沿面上所对应的决策单元为 D，而决策单元 D 可以表示为决策单元 B 和 C 的线性组合，使用 D 的投入量就可以制造出与 E 等量的产出水平。这说明决策单元 E 消耗了过多的投入资源，相对于技术有效的决策单元 D 来说，E 是无效的，其效率值可以用 OD/OE 来度量。图 2-1 表明 OD/OE<1，决策单元 E 是非技术有效的；如果 OD/OE=1，则说明 E 与 D 在前沿面上重合，决策单元 E 也是有效的。DEA 正是基于上述思想，通过被评价决策

单元与其对应生产前沿面上的线性组合的距离比值，构造线性规划模型来评价各个决策单元的相对效率。

与其他效率评估方法相比较，DEA 方法最为突出的优势包括：

- 可以忽略具体的生产函数关系，直接利用有效决策单元来定义生产可能集的前沿面，并采用产出指标与投入指标的加权和之比来度量相对效率；
- 无需预先估计或给定任何参数或权重，投入产出指数的权重均可以通过求解相应的 DEA 模型来获得，结果比较客观，可以在很大程度上避免主观因素对于效率评估的影响。

DEA 方法的上述优势，使得其在理论研究与实践应用上都取得了长足的发展和丰硕的成果，已日益成为管理科学与系统工程领域中重要的数学分析工具之一。

2.1.2 数据包络分析理论基本假设

假设一个生产系统中有独立且同质的 n 个决策单元（DMU），用 $DMU_j\left(j=1,2,\ldots,n\right)$表示。每个决策单元都消耗同样 m 种投入，以制造同样 s 种产品，投入和产出向量分别记为：

$$X_j=\left(x_{1j},\ldots,x_{mj}\right)^T,\quad Y_j=\left(y_{1j},\ldots,y_{sj}\right)^T,\quad j=1,\ldots,n \tag{2.2}$$

由上述 n 对投入-产出向量组成的集合 T 称为参考集：

$$T=\left\{\left(X_1,Y_1\right),\left(X_2,Y_2\right),\ldots,\left(X_n,Y_n\right)\right\} \tag{2.3}$$

集合 $\bar{T}=\left\{\left(X,Y\right)\middle|\text{投入X可以产出Y}\right\}$称为所有可能的生产活动所构成的生产可能集，一般满足如下的公理假设：平凡公理、凸性公理、锥性公理（收缩性公理、扩张性公理）、无效性公理、最小性公理（魏权龄，2004）[①]。基于上述几个基本公理，可以得到以下两种经典 DEA 模型的生产可能集：

（1）CCR 模型

满足以上所有公理的生产可能集为（Charnes 等，1978）：

① 魏权龄.数据包络分析.北京:科学出版社,2004.

$$T_{CCR}=\left\{(X,Y)\middle|\sum_{j=1}^{n}\lambda_j X_j\le X,\sum_{j=1}^{n}\lambda_j Y_j\ge Y,\lambda_j\ge 0,j=1,\ldots,n\right\}$$

（2.4）

（2）BCC 模型

满足除锥性公理以外的其他所有公理的生产可能集为（Banker 等，1984）[①]：

$$T_{BCC}=\left\{(X,Y)\middle|\sum_{j=1}^{n}\lambda_j X_j\le X,\sum_{j=1}^{n}\lambda_j Y_j\ge Y,\sum_{j=1}^{n}\lambda_j=1,\lambda_j\ge 0,j=1,\ldots,n\right\}\quad（2.5）$$

CCR 模型和 BCC 模型的生产可能集分别代表不同类型特征的生产活动，具有一定经济含义。在效率评估应用中，应当根据现实问题的需要，选择不同的生产可能集以适用于决策单元不同的规模收益状况。

2.1.3 主要 DEA 模型

（1）CCR 模型

CCR 模型由 Charnes，Cooper 和 Rhodes（1978）共同提出，是 DEA 理论中的基本模型，标志着 DEA 理论体系的正式构建。CCR 模型研究在规模收益不变（constant returns to scale，CRS）的假设下，决策单元的效率评价问题。传统 CCR 模型采用如下分式规划：

$$\begin{aligned}&Max\ \frac{\sum_{r=1}^{s}u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^{m}v_i x_{io}}\\&s.t.\ \frac{\sum_{r=1}^{s}u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m}v_i x_{ij}}\le 1,\ j=1,\ldots,n\\&\quad u_r,v_i>0,r=1,\ldots,s,i=1,\ldots,m\end{aligned}\quad（2.6）$$

经过 Charnes-Cooper 变换，分式规划（2.6）可以等价转化为线性规划（2.7）：

① Banker RD, Charnes A, Cooper WW. *Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis*. Management Science, 1984, 30: 1078-1092.

$$
\begin{aligned}
& Max \sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro} \\
& s.t.\ \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0,\ j = 1,\ldots,n \\
& \sum_{i=1}^{m} v_i x_{io} = 1 \\
& u_r, v_i > 0, r = 1,\ldots,s, i = 1,\ldots,m
\end{aligned} \tag{2.7}
$$

模型（2.7）的对偶模型为：

$$
\begin{aligned}
& Min\ \theta_o \\
& s.t.\ \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \le \theta_o x_{io},\ i = 1,\ldots,m \\
& \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \ge y_{ro},\ r = 1,\ldots,s \\
& \lambda_j \ge 0,\ j = 1,\ldots,n
\end{aligned} \tag{2.8}
$$

模型（2.7）和（2.8）都是在固定产出水平的前提下，尽可能缩小决策单元的投入消耗，故模型（2.6）也被称为基于投入或投入导向（input-oriented）的 CCR 模型。与模型（2.6）至（2.8）相对应基于产出或产出导向（output-oriented）的 CCR 模型，见模型（2.9）至（2.11）。需要注意的是，在基于产出或产出导向的 CCR 模型下，决策单元的效率值是最优目标函数值的倒数。

$$
\begin{aligned}
& Min\ \frac{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}}{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}} \\
& s.t.\ \frac{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}}{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}} \le 1,\ j = 1,\ldots,n \\
& u_r, v_i > 0, r = 1,\ldots,s, i = 1,\ldots,m
\end{aligned} \tag{2.9}
$$

$$
\begin{aligned}
& Min \sum_{i=1}^{m} v_i x_{io} \\
& s.t.\ \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0,\ j = 1,\ldots,n \\
& \sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro} = 1 \\
& u_r, v_i > 0, r = 1,\ldots,s, i = 1,\ldots,m
\end{aligned} \tag{2.10}
$$

$$
\begin{aligned}
& Max\ \varphi_o \\
& s.t.\ \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \le x_{io}, i = 1,\ldots,m \\
& \qquad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \ge \varphi_o y_{ro}, r = 1,\ldots,s \\
& \qquad \lambda_j \ge 0, j = 1,\ldots,n
\end{aligned} \tag{2.11}
$$

基于投入或产出的 DEA 模型都具有其各自不同的经济意义。投入导向模型是在保持产出不变的前提下，研究各决策单元的投入状况：当$\theta_o^* < 1$时，说明所观测DMU_o在生产过程中不必要地消耗了过多的投入资源，所有投入要素均可以按照同比例θ_o^*进行缩小，DMU_o是非有效的；当$\theta_o^* = 1$时，说明所观测DMU_o的所有投入无法同时按照同一比例进行缩小，DMU_o至少是弱有效的；当$\theta_o^* = 1$且各个松弛变量均为零时，说明所观测DMU_o的任何投入量均无减少空间，DMU_o是有效的。另一方面，产出导向模型是在保持投入不变的前提下，分析各决策单元的产出状况：当$\varphi_o^* > 1$时，说明所观测DMU_o在生产过程中未能达到技术可行范围内的最优生产能力，所有产出要素均可以按照同比例φ_o^*进行扩大，DMU_o是非有效的；当$\varphi_o^* = 1$时，说明所观测DMU_o的所有产出无法同时按照同一比例进行扩大，DMU_o至少是弱有效的；当$\varphi_o^* = 1$且各个松弛变量均为零时，说明在现有投入水平下DMU_o的任何产出量均不存在增加空间，DMU_o是有效的。

在同一参考集中，任一决策单元在上述任意一种 CCR 模型下的 DEA 效率结果是完全相同的。若效率值为 1，则该决策单元是（弱）有效的；若效率值小于 1，则该决策单元为非有效。

（2）BCC 模型

BCC 模型由 Banker，Charnes 和 Cooper（1984）[4]提出，以研究在规模收益可变（variable returns to scale，VRS）的假设下，决策单元的效率评价问题。基于投入和基于产出的 BCC 模型分别如下：

$$
\begin{aligned}
& Min\ \theta_o \\
& s.t.\ \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \le \theta_o x_{io}, i = 1,\ldots,m \\
& \quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \ge y_{ro}, r = 1,\ldots,s \\
& \quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1 \\
& \quad \lambda_j \ge 0, j = 1,\ldots,n
\end{aligned} \tag{2.12}
$$

$$
\begin{aligned}
& Max\ \varphi_o \\
& s.t.\ \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \le x_{io}, i = 1,\ldots,m \\
& \quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \ge \varphi_o y_{ro}, r = 1,\ldots,s \\
& \quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1 \\
& \quad \lambda_j \ge 0, j = 1,\ldots,n
\end{aligned} \tag{2.13}
$$

值得一提的是，BCC 模型的求解结果代表决策单元的技术效率，而 CCR 模型的求解结果则是涵盖了技术效率与规模效率的综合效率值（Banker，1984 ①；Färe 等，1985 ②），也称为技术-规模效益。与 CCR 模型不同的是，即便是针对同一生产可能集，同一决策单元在不同导向模型下的 BCC 效率值也可能有差异。因此，在运用 BCC 模型时，务必注意模型的导向选择（Cooper 等，2000）③。

由于本书所采用的投入和产出指数取值范围为[0,1]，故采用规模收益可变假设下的 BCC 模型进行城市可持续发展绩效评估。

城市生态投入指数（UEII）包含城市资源消耗指数（URCI）和城市污染排放指数（UPDI）两大类

2.2 城市可持续发展评估指标体系与数据采集处理

2.2.1 城市生态投入指数（UEII）及指标处理

城市生态投入指数（UEII）包含城市资源消耗指数（URCI）和城市污染排放指数（UPDI）两大类。

城市资源消耗指数（URCI）由三个分指标构成，分别是城市水资源消耗指标（UWCI）、城市土地资源消耗指标（ULRI）、城市能源消耗指标（UECI）

① Banker RD. *Estimating most productive scale size using data envelopment analysis*. European Journal of Operational Research, 1984, 17(1): 35–44.

② Färe R, Grosskopf S, Lovell CAK. *The measurement of efficiency of production*. Boston: Kluwer Nijhoff Publishing Co, 1985.

③ Cooper WW, Seiford LM, Tone K. *Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver software*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000.

（1）城市资源消耗指数（URCI）

城市资源消耗指数（URCI）由三个分指标构成，分别是城市水资源消耗指标（UWCI）、城市土地资源消耗指标（ULRI）、城市能源消耗指标（UECI）。

具体指标的数据来源与计算说明如下：

城市水资源消耗指标（UWCI）：该指标用人均供水量来衡量，人均供水量数据直接取自《中国城市统计年鉴 2014》。

城市土地资源消耗指标（ULRI）：该指标用人均建成区面积来衡量，通过建成区面积除以常住人口来计算。其中建成区面积来自《中国城市统计年鉴 2014》，常住人口来自《中国城市统计年鉴 2014》和各城市出版的当地统计年鉴，如《上海统计年鉴 2014》。

城市能源消耗指标（UECI）：该指标用人均消费标准煤来衡量，通过城市年度综合能耗除以常住人口来计算。其中，大部分城市的 2013 年的年度综合能耗在当地 2014 年统计年鉴中都有涉及。没有城市年度综合能耗，但有分行业分能源种类合计消耗量的城市，依据《综合能耗计算通则（中华人民共和国国家标准 GB/T 2589—2008）》，对原煤、原油、天然气等一次能源和洗精煤、其他洗煤、型煤等二次能源，进行标准煤的折算，例如，1kg 原煤等于 0.7143 标准煤，1kg 原油等于 1.4286 标准煤、1 立方米天然气等于 1.33Kg 标准煤、1kg 洗精煤等于 0.9000 标准煤。如果既没有城市年度综合能耗数据又没有分行业分能源种类合计消耗量的城市，按照当年国民经济与社会发展统计公报或者政府工作报告公布的单位 GDP 能耗乘以该城市的 GDP 进行计算。常驻人口的统计口径与前面一致。

城市污染排放指数（UPDI）由三个分指标构成，分别是由水污染排放指标（UWPI）、空气污染排放指标（UAPI）、固体废物排放指标（USWI）

（2）城市污染排放指数（UPDI）

城市的生产和消费过程产生水污染物、大气污染物、固体废弃物等多种污染物。污染物排放量主要由一个城市的产业结构、技术水平、消费结构和消费水平、环境保护投入等多种因素决定。在一定的经济产出水平下，尽可能削减污染物产生和排放量，提高环境绩效，是城市可持续发展的重要维度。

污染物排放量主要由一个城市的产业结构、技术水平、消费结构和消费水平、环境保护投入等多种因素决定

在本书中，城市污染排放指数（UPDI）由三个分指标构成，分别是由水污染排放指标（UWPI）、空气污染排放指标（UAPI）、固体废物排放指标（USWI）。根据数据可得性和政策重要性原则，水污染排放指标（UWPI）通过水污染物中

的化学需氧量（COD）、氨氮来衡量，空气污染排放指标（UAPI）通过大气污染物中的二氧化硫、氮氧化物来衡量，固体废物排放指标（USWI）通过固体废物中的工业固体废弃物和生活垃圾清运量来衡量。

“十二五”国民经济与社会发展规划纲要对上述四类水污染物和大气污染物提出了明确的排放总量控制目标，因此，削减四类主要污染物排放量不仅对改善城市环境起到关键性作用，也是当前我国城市环境管理政策和可持续发展政策制定过程中必须考虑的因素。两类固体废物指标分别对应生产环节排放和生活环节废物产生总量，反映了城市经济系统向外界的物质输出规模。

六类污染物总量指标除以各城市常住人口总数，得到人均排放量指标，再经无量纲处理取算术平均值后，构建城市污染排放指数（UPDI）：

$$UPDI=\frac{1}{6}(UWP_{COD}+UWP_{N-NH_4}+UAP_{SO_2}+UAP_{NO_x}+USW_{ln\,d}+USW_{Hh}) \qquad (2.17)$$

其中UWP_{COD}、UWP_{N-NH_4}、UAP_{SO_2}、UAP_{NO_x}、$USW_{ln\,d}$和USW_{Hh}依次为人均化学需氧量排放量、人均氨氮排放量、人均二氧化硫排放量、人均氮氧化物排放量、人均工业固体废弃物产生量和人均生活垃圾清运量经无量纲处理后的值。

所有 35 个省会级城市的水污染物、大气污染物和工业固体废弃物排放/产生总量数据均来自《中国环境统计年鉴 2014》，生活垃圾清运量数据摘自各城市发布的 2013 年环境状况公报或 2014 年各城市统计年鉴中相应条目，如果公报或统计年鉴没有的，采用环卫科技网公布的 286 地级以上城市的人均生活垃圾日清运量进行乘以常住人口数和一年天数得到。长三角城市的所有六类指标主要来源于各城市发布的 2013 年环境状况公报，个别城市的个别指标有缺省。缺省指标包括扬州市、绍兴市和嘉兴市的氨氮排放量，以及绍兴市、嘉兴市的氮氧化物排放量。考虑到化学需氧量和氨氮排放量，以及二氧化硫和氮氧化物排放量之间具有一定相关性，因此通过估算获得确定指标。估算氮氧化物排放量时，以缺省城市的化学需氧量排放量乘以其他所有城市的“氨氮/化学需氧量”平均比值；估算氮氧化物排放量时，以缺省城市的二氧化硫排放量乘以其他所有城市的“氮氧化物/二氧化硫”平均比值。

城市人类发展指数与全球人类发展指数都运用于城市层面。它由城市预期寿命指标、教育指标和收入指标三项指标构成

2.2.2 城市人类发展指数（UHDI）及指标处理

城市人类发展指数（UHDI）由城市预期寿命指标（LEI）、教育指标（EI）和收入指标（II）三项指标构成，其数据来源与计算说明如下：

（1）预期寿命指标（LEI）

预期寿命指标（LEI）用人均预期寿命来衡量。城市预期寿命无法从统计年鉴上获取，2013 年人均预期寿命大部分是通过网络关键词搜索该城市人均预期寿命，主要的数据渠道有统计局对外公布的数据、疾控中心对外公布的数据，对于既没有统计局发布又没有疾控中心发布的，则通过对该城市《社会事业发展第十二个五年规划》或《社会事业发展与改革第十二个五年规划》或该城市的第十二个五年规划中提出的 2015 年人均预期寿命目标进行调整获得。对个别城市的人均预期寿命从上述渠道都无法获得 2013 年数据的，则采用最近一次报道提及的数据。

（2）教育指标（EI）

教育指标（EI）是学校受教育指标和预期学校受教育年数指标的几何平均结果，它主要受到两个变量的影响，即人均受教育年限和预期教育年限。

$$\text{人均受教育年限}=\Sigma\, P_iE_i/P \tag{2.15}$$

其中 Pi 具有 i 种文化程度的人口数，Ei 为具有 i 种文化程度的人口受教育年数系数，本书在计算中采用大专以上文化程度教育年限系数为 16，高中文化程度教育年限系数为 12，初中文化程度教育年限系数为 9，小学文化程度教育年限系数为 6，文盲教育年限系数为 0。i 可根据我国的学制确定，P 为该人口群体的总人数；Pi、Ei 来自各城市第六次人口普查统计公报。

预期受教育年限由学历教育各年级净入学率之和累加而得，计算方法为：

$$\text{预期受教育年限} = \lambda_{小学} \times 6 + \lambda_{初中} \times 3 + \lambda_{高中} \times 3 + \lambda_{大学} \times 4 \tag{2.16}$$

其中 λi 表示各年级的净入学率，i 的范围为 1-16 年级（不考虑幼儿园和研究生以上的教育）。但是由于各年级的净入学率难以精确统计，限于现有统计条件改用毛入学率近似计算。

各学历教育阶段的毛入学率主要通过查找该城市的《教育事业发展统计公报》、《国民经济与社会发展统计公报》、《教育事业发展第十二个五年规划》、《教育事业发展中长期规划》、《中长期教育改革与发展规划》获得。

（3）收入指标（II）

收入指标（II）是用经过购买力平价折算的人均 GDP 来衡量。[①]2013 年人均 GDP 的数据获得来自各个城市 2014 年的统计年鉴，之后再按照 PPP 美元购买力平价进行折算。

2.2.3 城市可持续发展评估指标体系及基础数据

综上，构成本书的指标体系构架如图 2-1 所示，主要由三个层面组成，即目标层、要素层和指标层。在此框架下，目标层为城市可持续发展评估，含可持续发展分类、可持续发展效率、发展模式与路径 3 个子项。要素层包括城市生态投入指数（UEII）和城市人类发展指数（UHDI）2 项。指标层包括 9 项生态投入指标及 3 项人类发展指标。通过上述数据采集和整理，得到中国 35 个大中城市可持续发展评估的基础数据，如图 2-2 所示。

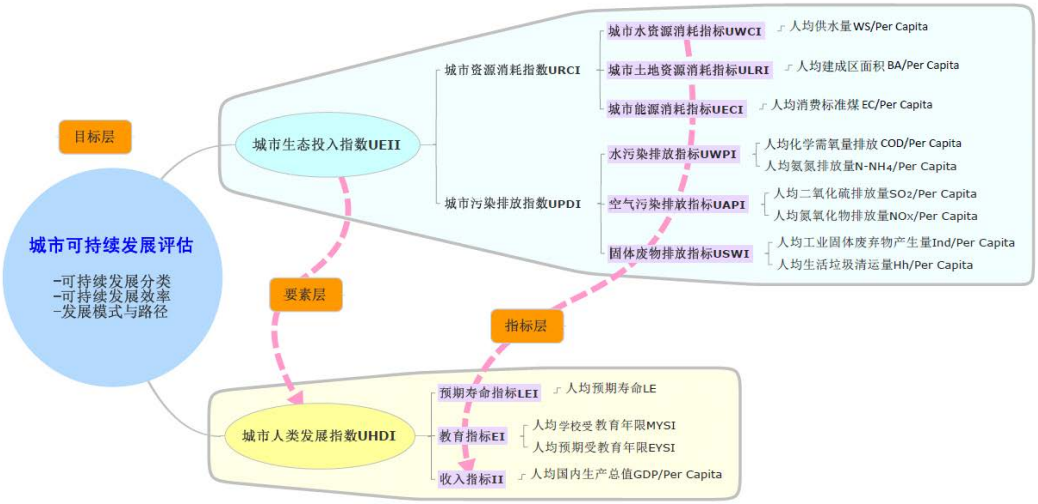


图 2-2 城市可持续发展评估指标体系

① 根据联合国发布的计算收入指数的公式，2010 年开始用人均国民收入（GNI）的购买力平价替代之前的人均国内生产总值（GDP）的购买力平价，但是由于中国城市统计年鉴中按照 GDP 来统计国民经济，所以本评估采用人均 GDP 的购买力平价来计算。从我国历史上看，人均 GDP 和人均 GNI 两者数量差异不到 2%(余芳东杨红军解明明.我国人均 GDP 和人均 GDI 国际位次稳步提高.中国信息报.2011 年 5 月 18 日.http://www.zgxxb.com.cn/xwzx/201105180007.shtml)。所以用人均 GDP 的购买力平价来替代人均 GNI 计算收入指数对数据计算的可靠性影响不大。

表 2-1 中国 35 个大中城市可持续发展指标一览

指标 / 城市		人类发展指数				城市生态投入指数								
						资源消耗指数			污染排放指数					
		人均GDP（国际元/人）	人均预期寿命（年）	人均教育年限（年）	预期教育年限（年）	人均建成区面积（m^2/人）	人均消费标准煤（tce/人）	人均供水量（t）	人均化学需氧量排放量（kg/人）	人均氨氮排放量（kg/人）	人均二氧化硫排放量（kg/人）	人均氮氧化物排放量（kg/人）	人均工业固体废弃物产生量（t/人）	人均生活垃圾清运量（t/人）
1	北京市	22267	81.51	11.50	14.36	61.76	3.48	172	4.54	0.69	4.11	4.24	0.49	0.32
2	上海市	21521	82.47	10.58	14.71	64.72	4.85	510	8.23	1.75	8.94	11.84	0.85	0.30
3	广州市	28593	79.68	10.55	15.45	79.22	5.48	152	9.96	1.46	5.13	4.44	0.43	0.31
4	深圳市	32714	78.65	10.70	13.07	81.95	5.86	150	7.83	1.28	0.56	1.81	0.10	0.49
5	杭州市	22590	80.98	9.88	14.23	52.24	1.79	653	8.10	1.07	9.35	7.65	0.78	0.35
6	南京市	29867	80.38	10.82	11.81	87.08	11.11	155	10.29	1.79	13.73	13.45	2.07	0.31
7	天津市	23794	81.29	10.20	14.04	49.99	5.86	162	7.55	1.29	14.72	17.38	1.08	0.14
8	成都市	18430	78.12	9.75	13.47	36.83	6.65	55	8.00	0.97	3.96	3.24	0.37	0.31
9	武汉市	21260	79.32	10.90	13.87	52.25	4.77	113	10.30	1.38	9.97	9.49	1.35	0.26
10	青岛市	21451	81.14	9.66	13.98	52.43	1.82	118	3.69	0.76	10.80	7.54	0.92	0.12
11	宁波市	22258	80.37	8.91	14.19	38.5	4.27	291	6.05	1.40	17.85	31.42	1.64	0.34
12	厦门市	19486	79.68	10.07	15.69	75.6	1.46	104	7.40	1.55	5.16	3.23	0.28	0.33
13	重庆市	10223	77.00	7.89	13.06	37.54	3.00	282	9.10	1.33	18.44	8.50	1.06	0.12
14	大连市	26664	81.39	9.92	14.01	56.87	2.39	232	10.56	1.48	17.13	14.87	0.74	0.20
15	沈阳市	20747	78.16	11.50	14.16	55	1.64	64	4.24	1.79	17.54	10.70	0.96	0.32
16	长沙市	23785	77.35	10.21	14.88	45.14	0.85	73	10.17	1.26	3.26	2.23	0.14	0.22
17	西安市	13613	75.48	9.52	14.12	49.37	0.75	197	9.84	1.43	10.82	5.34	0.30	0.34

指标 城市		人类发展指数				城市生态投入指数								
						资源消耗指数			污染排放指数					
		人均GDP（国际元/人）	人均预期寿命（年）	人均教育年限（年）	预期教育年限（年）	人均建成区面积（m^2/人）	人均消费标准煤（tce/人）	人均供水量（t）	人均化学需氧量排放量（kg/人）	人均氨氮排放量（kg/人）	人均二氧化硫排放量（kg/人）	人均氮氧化物排放量（kg/人）	人均工业固体废弃物产生量（t/人）	人均生活垃圾清运量（t/人）
18	郑州市	16261	74.80	10.32	13.33	41.67	5.71	39	4.24	0.98	12.85	14.79	1.69	0.20
19	济南市	17851	75.48	10.02	14.15	52.89	4.31	244	5.08	0.76	15.24	10.89	1.33	0.15
20	太原市	13508	80.42	10.76	13.41	74.81	14.76	55	3.61	0.83	28.58	24.02	6.15	0.40
21	长春市	15834	79.00	9.85	12.90	62.28	2.23	49	6.02	1.15	8.90	13.33	0.84	0.14
22	昆明市	12444	77.43	9.29	13.32	59.92	2.29	35	1.96	0.73	16.32	10.44	5.01	0.20
23	合肥市	14704	78.41	9.84	14.80	51.63	3.30	49	7.23	0.88	5.81	9.25	1.35	0.13
24	哈尔滨市	12063	78.71	9.73	13.55	39.29	1.78	36	9.36	1.52	11.66	10.90	0.58	0.13
25	福州市	15226	75.84	9.49	13.02	33.79	1.93	46	9.92	1.35	10.53	9.87	1.10	0.13
26	海口市	10022	79.78	10.26	13.19	57.11	1.10	93	3.32	1.77	0.83	0.05	0.03	0.28
27	南昌市	15450	77.20	9.95	13.49	49.01	2.72	640	9.68	1.50	9.88	3.66	0.44	0.13
28	石家庄市	11065	73.87	9.66	12.52	19.71	6.07	25	4.24	0.73	16.90	18.45	1.42	0.16
29	呼和浩特	21574	72.00	10.04	13.10	75.89	9.42	47	9.40	1.14	33.14	43.66	2.89	0.24
30	乌鲁木齐	16570	73.00	10.68	13.17	148.71	6.66	459	2.52	6.97	30.77	43.82	4.29	0.50
31	南宁市	9772	76.21	9.40	13.81	41.29	2.34	62	12.58	1.35	6.10	5.23	0.58	0.13
32	兰州市	11652	76.39	10.31	13.77	56.84	4.52	74	10.23	2.11	21.85	22.48	1.72	0.33
33	贵阳市	11103	74.60	9.35	10.80	50.86	8.46	63	7.37	1.06	23.46	7.12	2.44	0.23
34	银川市	14735	77.20	9.84	11.81	71.55	21.91	57	9.48	2.57	47.09	41.08	3.29	0.20
35	西宁市	10354	74.36	9.16	12.76	37.48	4.85	67	14.15	1.80	34.82	24.12	2.37	0.24

2015 年绿皮书数据收集部分指标来源	
城市资源消耗指数（URCI）	
1. 水资源消耗（人均供水量）	
所有城市	《中国城市统计年鉴 2014》
2. 土地资源消耗（人均建成区面积=建成区面积/常住人口）	
所有城市	建成区面积来自《中国城市统计年鉴 2014》
所有城市	常住人口来自《中国城市统计年鉴 2014》和各城市出版的当地统计年鉴
3. 能源消耗(人均消费标准煤=城市年度综合能耗/常住人口）	
北京、上海、广州、天津、武汉、青岛、宁波、厦门、重庆、沈阳、长沙、西安、长春、合肥、哈尔滨、福州、乌鲁木齐、兰州市、舟山、绍兴、南通、常州、镇江、台州（25 个城市）	《城市统计年鉴》中直接有总量
杭州、湖州、南昌	按照分行业分能源数据依据《综合能耗计算通则（中华人民共和国国家标准 GB/T 2589—2008）》进行折算
深圳、南京、成都、大连、郑州、济南、太原、昆明、海口、南昌、石家庄、呼和浩特、南宁、贵阳、银川、西宁、无锡、苏州、扬州、嘉兴市、泰州	按照城市单位 GDP 能耗进行计算
城市污染排放指数（UPDI）	
1. 水污染排放	
所有城市	《中国环境统计年鉴 2014》
2. 空气污染排放	
所有城市	《中国环境统计年鉴 2014》
3. 固体废物排放（工业固体废弃物+生活垃圾清运量）	
工业固体废弃物：所有城市	《中国环境统计年鉴 2014》
生活垃圾清运量：成都、石家庄、呼和浩特、舟山、湖州、台州	采用环卫科技网（http://www.cn-hw.net/）公布的 286 个地级以上城市的人均生活垃圾日清运量进行乘以常住人口数和一年天数得到
生活垃圾清运量：除以上城市之外的其他城市	摘自各城市发布的 2013 年环境状况公报或 2014 年各城市统计年鉴中相应条目

城市人类发展指数（UPDI）	
1. 人均预期寿命	
北京市、上海市、杭州市、厦门市、西安市、昆明市、无锡市、苏州市、南通市	所在统计局对外公布的数据
湖州市、嘉兴市	所在城市疾控中心对外公布
广州市、深圳市、南京市、天津市、成都市、武汉市、青岛市、宁波市、重庆市、大连市、沈阳市、长沙市、郑州市、济南市、太原市、长春市、合肥市、哈尔滨市、福州市、海口市、南昌市、石家庄市、呼和浩特市、乌鲁木齐市、南宁市、贵阳市、银川市、西宁市、宁波市、杭州市、舟山市、扬州市、绍兴市、常州市、镇江市、泰州市、台州市（37 个城市）	通过该城市《社会事业发展第十二个五年规划》或《社会事业发展与改革第十二个五年规划》或该城市的第十二个五年规划中提出的 2015 年人均预期寿命目标进行调整获得。
兰州市	上述渠道都无法获得的，则采用通过网络关键词搜索到的最近一次报告提到的数据
2. 教育	
所有城市	通过该城市的《教育事业发展统计公报》、《国民经济与社会发展统计公报》、《教育事业发展第十二个五年规划》、《教育事业发展中长期规划》、《中长期教育改革与发展规划》
3. 收入	
所有城市	2013 年人均 GDP 的数据来自各个城市 2014 年的统计年鉴，之后再按照 PPP 美元购买力平价进行折算

本章要点

本章通过对生态投入指数、资源消耗指数和污染排放指数的分析，对 35 个城市进行排名。

主要结论：

•35 个城市的生态投入指数的平均值为 0.316，相对于去年有所下降，表明中国城市的环境表现有所改善。

• 城市资源消耗指数的平均值是 0.284，污染排放指数的平均值是 0.349，表明中国城市的环境问题更凸显为污染，而不是资源消耗。

• 指标表明许多中国城市的现状为工业－重工业中心，其能源消耗和污染排放较多。

• 工业或住宅用途的能源和土地消耗，及水和空气污染的程度相若。然而，水资源和生活固体废物指标主要反映家居消耗情况较为严重。

• 海口、长沙、青岛、哈尔滨和福州资源消耗和污染排放水平最低，整体表现最好。其中，长沙、哈尔滨和福州的资源消耗较少，可能反映出当地的经济发展水平比较低；而海口的污染排放较少，其经济主要依赖旅游业而不是工业。

• 有两类城市（大型东部制造中心和西部城市）属于高资源消耗和高污染排放城市。长江和珠江三角洲城市多为工业中心，资源消耗较多。然而由于这些城市享有先进生产技术，因此不是特别的排放大户。西部城市既是资源消耗大户，也是污染排放大户，是典型的尚未采用先进工业技术的重工业中心。

• 通过分析各项指标的子项目，城市可以了解其提高环境功能的任务重点。例如，石家庄的水消耗较少，而能源消耗较高，所以需要更多关注能源效率而不是节约用水。

• 西部地区比中部和东部地区消耗更多资源，且产生更多污染排放，反映出西部地区发展水平较低。西部城市向可持续发展的转型过程中需要更多支持。

部分更具体的结果有待进一步研究。例如，一些位于传统重工业区（例如东北）的城市能源消耗表现相对较好。这是否意味着城市的去工业化趋势，还是因为工业被安置在城市行政区域之外？

同样，未来研究中还需根据工业用途或是家居用途对资源消耗和污染情况作进一步区分，进而为恰当的政治决策提供依据。

3

中篇

中国35个大中城市可持续发展评估

中篇 中国 35 个大中城市可持续发展评估

第三章 中国 35 个大中城市生态投入指数排名与解读

城市可持续发展应遵循城市生态投入与人类福利发展相匹配原则，因而对城市生态投入的分析意义重大。城市生态投入分为资源消耗和污染排放两个方面，评估城市的资源消耗是当前“节能”政策的必然要求，而分析城市污染排放则直接回答城市“减排”的问题所在。

为判断、发现和掌握当前我国城市发展中生态投入的总体发展特征，本章节首先分析了全国 35 个大中城市生态投入指数的水平排名、区域分布，然后就资源消耗和污染排放两类分项指标状况深入解读 35 个城市的生态投入状况。

3.1 中国 35 个大中城市生态投入指数排名

3.1.1 城市生态投入指数排名

基于前述章节的城市生态投入指标体系和测算方法，对中国 35 个大中城市的资源消耗、污染排放水平和综合的生态投入水平进行定量分析，得到各个城市生态投入指数和资源消耗指数、污染排放指数的测算结果与排名，详见表 3-1。生态投入指数越低，说明城市发展过程中的资源消耗和污染排放越少，城市的生态投入指数排名越靠前。

生态投入指数越低，说明城市发展过程中的资源消耗和污染排放越少，城市的生态投入指数排名越靠前

表 3-1 中国 35 个大中城市生态投入指数及分项指数排名

城市	生态投入指数（UEII）		资源消耗指数(URCI)		污染排放指数(UPDI)	
	得分	排名	得分	排名	得分	排名
海口市	0.186	1	0.192	10	0.179	1
长沙市	0.199	2	0.151	4	0.247	5
青岛市	0.200	3	0.206	13	0.194	2
哈尔滨市	0.211	4	0.133	2	0.289	14
福州市	0.212	5	0.128	1	0.296	15
合肥市	0.216	6	0.191	8	0.242	4
石家庄市	0.219	7	0.149	3	0.288	13

城市	生态投入指数（UEII）		资源消耗指数(URCI)		污染排放指数(UPDI)	
	得分	排名	得分	排名	得分	排名
南宁市	0.220	8	0.160	5	0.280	11
长春市	0.224	9	0.199	11	0.250	6
成都市	0.234	10	0.212	14	0.255	8
郑州市	0.243	11	0.200	12	0.286	12
北京市	0.249	12	0.279	21	0.219	3
沈阳市	0.254	13	0.181	6	0.328	21
厦门市	0.258	14	0.245	17	0.272	10
昆明市	0.264	15	0.187	7	0.341	24
西安市	0.276	16	0.223	15	0.329	22
济南市	0.283	17	0.309	25	0.258	9
重庆市	0.289	18	0.274	19	0.304	18
武汉市	0.298	19	0.247	18	0.348	25
天津市	0.298	20	0.284	23	0.312	19
广州市	0.319	21	0.338	27	0.300	17
贵阳市	0.320	22	0.275	20	0.364	27
大连市	0.323	23	0.282	22	0.363	26
深圳市	0.323	24	0.349	28	0.297	16
兰州市	0.361	25	0.234	16	0.489	30
南昌市	0.365	26	0.478	31	0.253	7
宁波市	0.372	27	0.300	24	0.444	29
西宁市	0.380	28	0.192	9	0.568	32
杭州市	0.399	29	0.478	32	0.320	20
上海市	0.409	30	0.479	33	0.339	23
南京市	0.432	31	0.443	30	0.421	28
呼和浩特市	0.459	32	0.338	26	0.580	33
太原市	0.487	33	0.420	29	0.554	31
银川市	0.587	34	0.523	34	0.651	34

城市	生态投入指数（UEII）		资源消耗指数(URCI)		污染排放指数(UPDI)	
	得分	排名	得分	排名	得分	排名
乌鲁木齐市	0.712	35	0.669	35	0.755	35

35 个城市的生态投入指数得分区间为 0.186~0.712，均值为 0.316，相较于去年有所下降

得分方面，35 个大中城市生态投入指数得分区间为 0.186-0.712，均值为 0.316。其中资源消耗指数得分区间为 0.128-0.669，均值为 0.284；污染排放指数得分区间为 0.179-0.755，均值为 0.349。

许多生态投入排名显示可持续度较高的城市，同时人均 GDP 较低

从整体的排名情况来看，生态投入排名靠前的城市南宁、海口、哈尔滨等人均 GDP 都相对较低，在 35 个城市中位列后 10 位范围。除城市本身的资源禀赋和经济发展条件外，积极推进城市可持续发展建设，也是部分城市排名较前的重要原因。以青岛为例，近年来大力推进建筑免费节能改造，能耗出现一定幅度的降低。生态投入排名靠后的城市主要有两类：一类是东部上海、南京、宁波、深圳等长三角、珠三角经济圈的领头城市，突出表现为资源消耗水平较高。以上海为例，上海市交通能源消费量以及能源消费碳排放量不断增加主要是由于城市交通需求量的逐年增长。另一类是西宁、呼和浩特、银川等西部经济较发达城市，突出表现为污染排放水平较高。还有例如太原，大量煤炭消耗形成巨大污染，其中火电和钢铁等重点行业造成的污染不容小觑。

城市生态投入指数(UEII) 排名靠后的城市往往是经济发达的工业中心，一部分是高资源消耗的东部城市，一部分是高污染排放的西部城市

3.1.2 城市生态投入水平分级

根据中国 35 个大中城市城市生态投入指数的得分区间 0.186~0.712，可以以“组内差距较小、组间差距较大”的原则大致可将中国 35 个大中城市的生态投入水平分为 4 个级别，分别代表四类不同程度的投入水平。

第 I 级别城市的分值低于 0.25，生态投入均值为 0.218，包括海口、长沙、青岛、哈尔滨、福州、合肥、石家庄、南宁、长春、成都、郑州、北京在内的 12 个城市，这些城市的生态投入水平相对较低；第 II 级别城市的分值在 0.25-0.35 之间，生态投入均值为 0.292，包括沈阳、厦门、昆明、西安、济南、重庆、武汉、天津、广州、贵阳、大连、深圳在内的 12 个城市，这些城市的生态投入水平相对较低，处于中下水平；第 III 级别城市的分值在 0.35-0.41 之间，生态投入均值为 0.381，包括兰州、南昌、宁波、西宁、杭州、上海在内的 6 个城市，这些城市的生态投入水平一般，基本处于中等水平；第 IV 级别城市的分值在 0.43

以上，生态投入均值为 0.535，具体包括南京、呼和浩特、太原、银川、乌鲁木齐在内的 5 个城市，这些城市的生态投入水平相对较高。

图 3-1 显示，我国 35 个大中城市生态投入水平分布并没有呈现明显的阶梯分布，在生态投入水平较低的第 I、II 级别具有一定的连续型分布特征，第 III 级别的城市则与第 II 级别城市间存在一定的差距，第 IV 级别城市的生态投入水平显著高于其他级别之外，其组内差距也相当大。如第 IV 级别指数最高的乌鲁木齐与该级别指数最低的南京，生态投入指数分别为 0.712 和 0.432，组内差异为 0.280，而第 III 级别指数最高的上海与第 I 级别指数最低的青岛分别为 0.409 和 0.186，三个级别间的差异仅为 0.223，甚至小于第 IV 级别的组内差异。

排名靠后的城市（环境绩效较差）的生态投入是环境绩效较好城市生态投入的 3 倍多

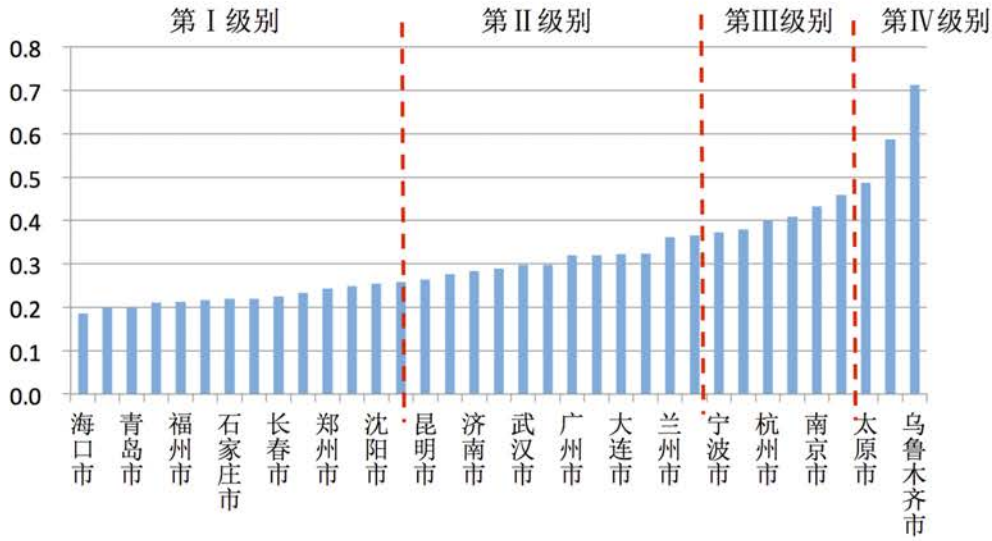


图 3-1 中国 35 个大中城市生态投入分级情况

3.2 中国 35 个大中城市生态投入分项指标分析

通过对城市资源消耗指标（水、土地、能源消耗）的分析，各城市可以了解该城市最需要注意的问题

3.2.1 资源消耗分项指标排名与分级

（1）资源消耗指标排名

对中国 35 个大中城市的资源消耗水平进行定量分析，得到各个城市水资源消耗、土地资源消耗、能源消耗三个分项指标的测算结果与排名，详见表 3-2。

表 3-2 中国 35 个大中城市资源消耗指数及分项指标排名

城市	资源消耗指数(URCI)		水资源消耗指标（UWCI）		土地资源消耗指标（ULRI）		能源消耗指标（UECI）	
	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名
福州市	0.128	1	0.070	5	0.227	2	0.088	9
哈尔滨市	0.133	2	0.055	3	0.264	7	0.081	6
石家庄市	0.149	3	0.038	1	0.133	1	0.277	28
长沙市	0.151	4	0.112	16	0.304	10	0.039	2
南宁市	0.160	5	0.095	12	0.278	8	0.107	12
沈阳市	0.181	6	0.098	14	0.370	20	0.075	5
昆明市	0.187	7	0.054	2	0.403	24	0.105	11
合肥市	0.191	8	0.076	8	0.347	15	0.151	16
西宁市	0.192	9	0.103	15	0.252	4	0.221	23
海口市	0.192	10	0.143	18	0.384	23	0.050	3
长春市	0.199	11	0.075	7	0.419	26	0.102	10
郑州市	0.200	12	0.059	4	0.280	9	0.261	25
青岛市	0.206	13	0.181	21	0.353	18	0.083	8
成都市	0.212	14	0.084	10	0.248	3	0.304	29
西安市	0.223	15	0.302	27	0.332	12	0.034	1
兰州市	0.234	16	0.113	17	0.382	21	0.206	20
厦门市	0.245	17	0.159	19	0.508	30	0.067	4
武汉市	0.247	18	0.173	20	0.351	17	0.218	21
重庆市	0.274	19	0.432	30	0.252	5	0.137	15
贵阳市	0.275	20	0.096	13	0.342	14	0.386	31
北京市	0.279	21	0.263	26	0.415	25	0.159	17
大连市	0.282	22	0.355	28	0.382	22	0.109	13
天津市	0.284	23	0.247	25	0.336	13	0.267	26
宁波市	0.300	24	0.446	31	0.259	6	0.195	18
济南市	0.309	25	0.373	29	0.356	19	0.197	19
呼和浩特市	0.338	26	0.072	6	0.510	31	0.430	32
广州市	0.338	27	0.233	23	0.533	32	0.250	24
深圳市	0.349	28	0.229	22	0.551	33	0.268	27
太原市	0.420	29	0.084	9	0.503	29	0.673	34
南京市	0.443	30	0.237	24	0.586	34	0.507	33

城市	资源消耗指数(URCI)		水资源消耗指标（UWCI）		土地资源消耗指标（ULRI）		能源消耗指标（UECI）	
	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名
南昌市	0.478	31	0.979	34	0.330	11	0.124	14
杭州市	0.478	32	1.000	35	0.351	16	0.082	7
上海市	0.479	33	0.781	33	0.435	27	0.221	22
银川市	0.523	34	0.087	11	0.481	28	1.000	35
乌鲁木齐市	0.669	35	0.703	32	1.000	35	0.304	30

得分方面，35 个大中城市资源消耗指数得分区间为 0.128-0.669，均值为 0.284。其中水资源消耗指数得分区间为 0.038-1，均值为 0.246；土地资源消耗指数得分区间为 0.133-1，均值为 0.384；能源消耗指数得分区间为 0.034-1，均值为 0.222。

排名方面，城市资源消耗指数最低的十大城市分别是：福州、哈尔滨、石家庄、长沙、南宁、沈阳、昆明、合肥、西宁、海口；排名 11-25 名的城市分别为长春、郑州、青岛、成都、西安、兰州、厦门、武汉、重庆、贵阳、北京、大连、天津、宁波、济南；资源消耗指数最高的十大城市分别是：呼和浩特、广州、深圳、太原、南京、南昌、杭州、上海、银川、乌鲁木齐。

（2）资源消耗指标分级

按资源消耗各分项指标排名的高低，分别绘制中国 35 个大中城市水资源消耗指标、土地资源消耗指标、能源消耗指标的排名分级图（图 3-2、图 3-3、图 3-4）。从各城市资源消耗三个分项指标值的排名分级可见，中国 35 个大中城市的资源消耗情况如下。

1）水资源消耗指标分级

人均水资源消耗指标最低的十大城市分别是：石家庄、昆明、哈尔滨、郑州、福州、呼和浩特、长春、合肥、太原、成都（图 3-2）。这 10 个城市水资源消耗指标平均值为 0.067，平均人均供水量为 43.51 吨。

图 3-2 中国 35 个大中城市水资源消耗分级图

水资源消耗指标最高的四个城市分别是：杭州、南昌、上海和乌鲁木齐（图 3-2）。这 4 个城市水资源消耗指标平均值为 0.866，平均人均供水量为 109.75 吨。除乌鲁木齐外，其他城市大多处于长江以及南方主要支流流域，水资源相对充足。另外发展较好的北京、天津、南京、广州和深圳也多处在第 II 和第 III 级别，这些城市的发展从某种意义上来说是需要消耗大量水资源的。

城市之间水资源消耗有较大差异，例如排名靠前的城市平均水资源消耗为 43.51 吨，排名靠后的城市平均水资源消耗为 109.75 吨

从水资源消耗指标的差异程度来看，我国 35 个大中城市呈显著的阶梯分布。第 I 级别包括石家庄、昆明、哈尔滨、郑州、福州等 17 个城市，水资源消耗在 0.120 以下。第 II 级别为水资源较低投入城市，海口、厦门、武汉、青岛、深圳、广州、南京和天津等 9 个城市，指标值在 0.140-0.300 之间；第 III 级别为水资源消耗水平处于中等的城市，包括西安、大连、济南、重庆、宁波等 5 个城市，指标值在 0.300-0.500；最后是第 IV 级别城市包括乌鲁木齐、上海、南昌和杭州这四大资源高消耗城市，指标值均在 0.700 以上。

2）土地资源消耗指标分级

在图 3-3 的分级情况中可以看到，土地资源消耗在第 I、II 级别之间是呈缓步上升的，第 III 级别内的城市差距则逐渐拉大。土地资源资源消耗指标最低的十大城市分别是：石家庄、福州、成都、西宁、重庆、宁波、哈尔滨、南宁、郑州和长沙（图 3-3）。这 10 个城市土地资源消耗指标平均值为 0.250，平均人均建成区面积为 37.12 平方米。其中，石家庄、福州、成都的人均建成区面积分别仅 19.71、33.79 和 36.83m^2，远低于 35 个城市的人均建成区面积值 57.18 平方米。

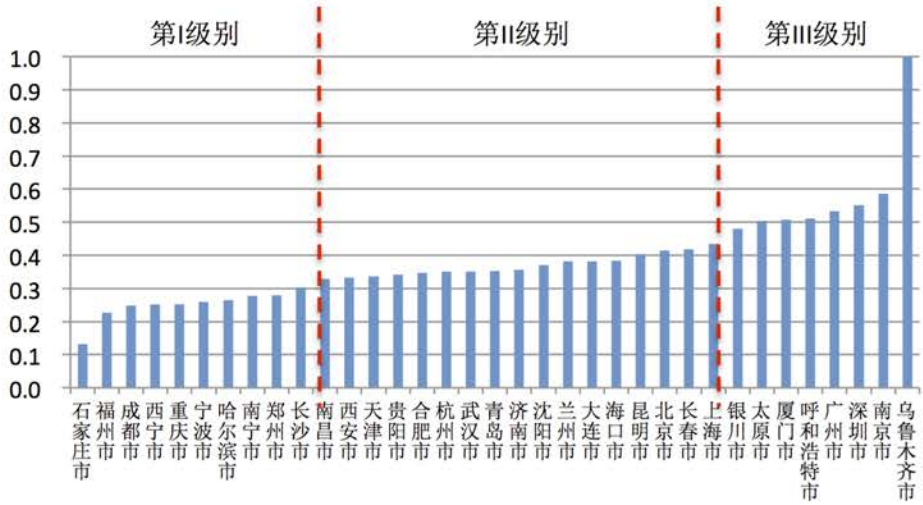


图 3-3 中国 35 个大中城市土地资源消耗分级图

乌鲁木齐是土地资源消耗大户，人均建成区面积为 148.71m2，相比起土地资源消耗最低的十个城市，后者的平均值只有 37.12 m^2

土地资源消耗指标最高的十大城市分别是：乌鲁木齐、南京、深圳、广州、呼和浩特、厦门、太原、银川、上海和长春（图 3-3）。这 10 个城市土地资源消耗指标平均值为 0.553，平均人均建成区面积为 82.18 平米。其中乌鲁木齐、南京和深圳的人均建成区面积分别为 148.71、87.08 和 81.95m^2，远高于 35 个城市的平均值 57.18 平方米。

3）能源消耗指标分级

虽然大多数能源消耗低的城市位于供暖需求较低的南方地区，位于中国北部的西安却表现十分突出，人均消费标准煤仅为 0.75 吨

能源消耗指标最低的十大城市分别是：西安、长沙、海口、厦门、沈阳、哈尔滨、杭州、青岛、福州和长春（图 3-4）。 在前十位的城市里，除了长春的消耗量是 2.23 吨之外，其余城市的人均标准煤消耗基本在 2 吨以下，低于 35 个城市的平均值 4.87 吨。尤其是西安，人均消费标准煤为 0.75 吨，仅为中国 35 个大中城市平均水平的 15%。

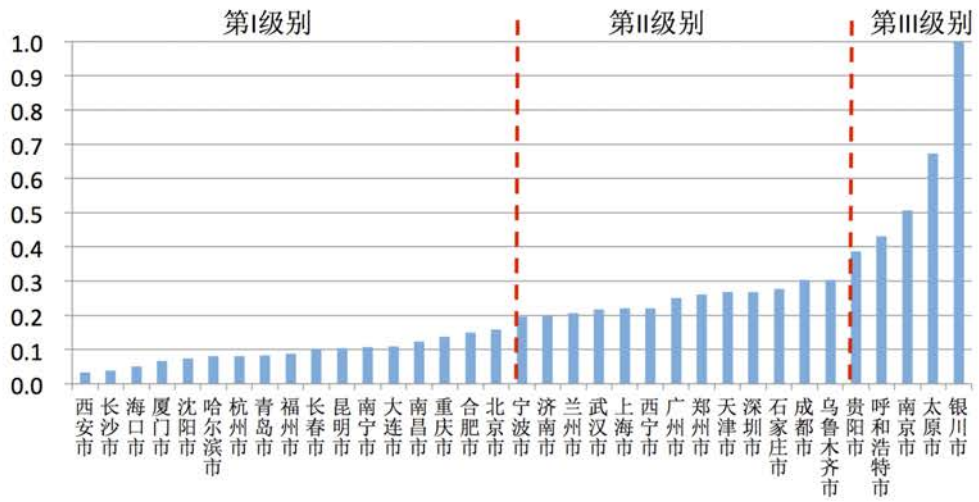


图 3-4 中国 35 个大中城市能源消耗分级图

能源消耗指标最高的五大城市分别是：银川、太原、南京、呼和浩特和贵阳（图 3-4）。这些城市的人均消费标准煤都达到了 8 吨以上，远大于其他城市。尤其是银川和太原，人均消费标准煤分别是 21.91 吨和 14.76 吨，消耗量最大的银川甚至达到了消耗量最小的西安市的 30 倍。

从能源消耗指标的差异程度来看，我国 35 个大中城市的能源消耗差异较为显著。能源消耗水平与城市主导产业及其能耗水平存在一定关联。例如，太原作为中国重要的工业基地之一，其经济发展支柱是能源、冶金、机械、化工等产业。银川当地盛产煤矿，同样将煤炭作为主要的供热能源，一方面由于供给充足，另一方面由于煤炭质量不够高导致的使用率不高，两个方面的原因叠加致使银川成为能源消耗最大的城市。

3.2.2 污染排放分项指标排名与分级

（1）污染排放指标排名

对中国 35 个大中城市的污染排放水平进行定量分析，得到各个城市水污染排放、空气污染排放、固体废物排放三个分项指标的测算结果与排名，详见表 3-3。

表 3-3 中国 35 个大中城市污染排放指数及分项指标排名

城市	污染排放指数（UPDI）		水污染排放指标（UWPI）		空气污染排放指标（UAPI）		固体废物排放指标（USWI）	
	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名
海口市	0.179	1	0.244	8	0.009	1	0.284	14
青岛市	0.194	2	0.185	2	0.201	13	0.198	4
北京市	0.219	3	0.210	5	0.092	6	0.356	19
合肥市	0.242	4	0.319	12	0.167	10	0.239	10
长沙市	0.247	5	0.450	25	0.060	3	0.232	9
长春市	0.250	6	0.295	10	0.247	17	0.209	6
南昌市	0.253	7	0.450	24	0.147	9	0.163	1
成都市	0.255	8	0.352	14	0.079	4	0.335	16
济南市	0.258	9	0.234	7	0.286	19	0.254	11
厦门市	0.272	10	0.373	18	0.092	5	0.352	18
南宁市	0.280	11	0.541	33	0.124	8	0.175	2
郑州市	0.286	12	0.220	6	0.305	23	0.331	15
石家庄市	0.288	13	0.202	4	0.390	28	0.273	13
哈尔滨市	0.289	14	0.440	22	0.248	18	0.178	3
福州市	0.296	15	0.448	23	0.224	15	0.215	7
深圳市	0.297	16	0.368	17	0.027	2	0.496	32
广州市	0.300	17	0.456	27	0.105	7	0.338	17
重庆市	0.304	18	0.417	21	0.293	21	0.204	5
天津市	0.312	19	0.359	15	0.355	27	0.223	8
杭州市	0.320	20	0.363	16	0.186	12	0.410	24
沈阳市	0.328	21	0.278	9	0.308	24	0.396	23
西安市	0.329	22	0.451	26	0.176	11	0.361	20
上海市	0.339	23	0.416	20	0.230	16	0.372	22
昆明市	0.341	24	0.121	1	0.292	20	0.609	33
武汉市	0.348	25	0.463	28	0.214	14	0.367	21
大连市	0.363	26	0.480	29	0.352	26	0.259	12
贵阳市	0.364	27	0.336	13	0.330	25	0.427	25
南京市	0.421	28	0.492	30	0.299	22	0.472	30
宁波市	0.444	29	0.314	11	0.548	30	0.471	29
兰州市	0.489	30	0.513	31	0.488	29	0.466	28

城市	污染排放指数（UPDI）		水污染排放指标（UWPI）		空气污染排放指标（UAPI）		固体废物排放指标（USWI）	
	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名
太原市	0.554	31	0.187	3	0.578	31	0.897	35
西宁市	0.568	32	0.629	35	0.645	32	0.431	26
呼和浩特市	0.580	33	0.414	19	0.850	34	0.474	31
银川市	0.651	34	0.520	32	0.969	35	0.463	27
乌鲁木齐市	0.755	35	0.589	34	0.827	33	0.848	34

城市在空气污染表现上的差异大于水污染和固体废物污染上的差异

得分方面，35 个大中城市污染排放指数得分区间为 0.179-0.755，均值为 0.384。其中水污染排放指标得分区间为 0.121-0.629，均值为 0.375；空气污染排放指标得分区间为 0.009-0.969，均值为 0.307；固体废物排放指标得分区间为 0.163-0.897，均值为 0.365。

许多城市在某项指标上表现较好而在另一些指标上表现较差，由此为这些城市未来的环保政策导向提供了清晰的指引

排名方面，城市污染排放指数最低的十大城市分别是：海口、青岛、北京、合肥、长沙、长春、南昌、成都、济南和厦门；排名 11-25 名的城市分别为南宁、郑州、石家庄、哈尔滨、福州、广州、重庆、天津、杭州、沈阳、西安、上海、昆明和武汉；污染排放指数最高的十大城市分别是：大连、贵阳、南京、宁波、兰州、太原、西宁、呼和浩特、银川、乌鲁木齐。

（2）污染排放指标分级

按污染排放各分项指标排名的高低，分别绘制中国 35 个大中城市水污染排放指标、空气污染排放指标、固体废弃物排放指标的分级图（图 3-5、图 3-6、图 3-7）。从各城市污染排放三个分项指标排名分级图可见，中国 35 个大中城市的污染排放情况如下。

1）水污染排放指标

按照组间差异大、组内差异小的原则将 35 个城市的水污染排放指标分为四个级别。第 I 级别的 8 个城市指标区间在 0.121-0.244 之间；第 II 级别的 10 个城市指标区间在 0.278-0.373 之间；第 III 级别的 10 个城市指标区间在 0.414-0.463 之间；第 IV 级别的 7 个城市指标区间在 0.480-0.629 之间。第 I 级别和第 IV 级别的组内差异相较第 II、III 级别的城市更大，而排名中等的城市指标相差都很小。

水污染排放指标最低的五大城市分别是：西安、厦门、杭州、南京和海口（图 3-5），最高的六大城市分别是哈尔滨、长春、西宁、银川、太原、乌鲁木齐。

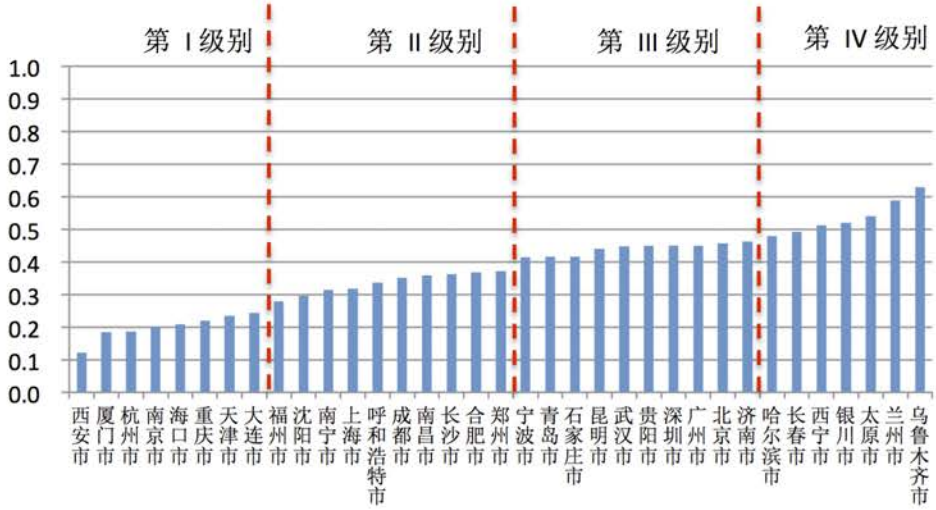


图 3-5 中国 35 个大中城市水污染排放图

2）空气污染排放指标

35 个大城市的空气污染排放指标在城市间差异巨大。处在第 I 级别 12 个城市的空气污染排放指标都在 0.2 以下，相邻城市指标差异的平均值为 0.016，组内差距较小；第 II 级别的 15 个城市指标区间在 0.201-0.355 之间，相邻城市指标差异的平均值为 0.011，与第 I 级别类似；第 III 级别有五个城市，指标区间为 0.390-0.645，该级别中相邻城市差异的平均值为 0.064，组内差异显著大于前两个级别；第 IV 级别仅有的三个城市的空气污染排放指标都在 0.8 以上，相邻城市差异的平均值却达到了 0.071，也就是说不仅该级别内的城市空气污染排放远大于第 I、II 级别的城市，甚至该级别组间的几个城市之间差距也很大。

排名前五的大连、合肥、深圳、成都和郑州的空气排放指数都在 0.01 以下。位列最末三名的银川、宁波和兰州都在 0.8 以上。排名第一的海口空气污染排放指标为 16kg/人，排名最后的银川市空气污染排放指标达到 44.09kg/人，几乎为海口的三倍。银川的高空气排放污染与它的高能源消耗有直接的关系，由于冬季供暖、春季风沙扬尘天气增多等原因，大气污染防治任务依然艰巨。北京市能排第六名也是有将重污染企业转到河北、天津等地的原因，在图中可以看到，天津和石家庄排名都在后十位中。

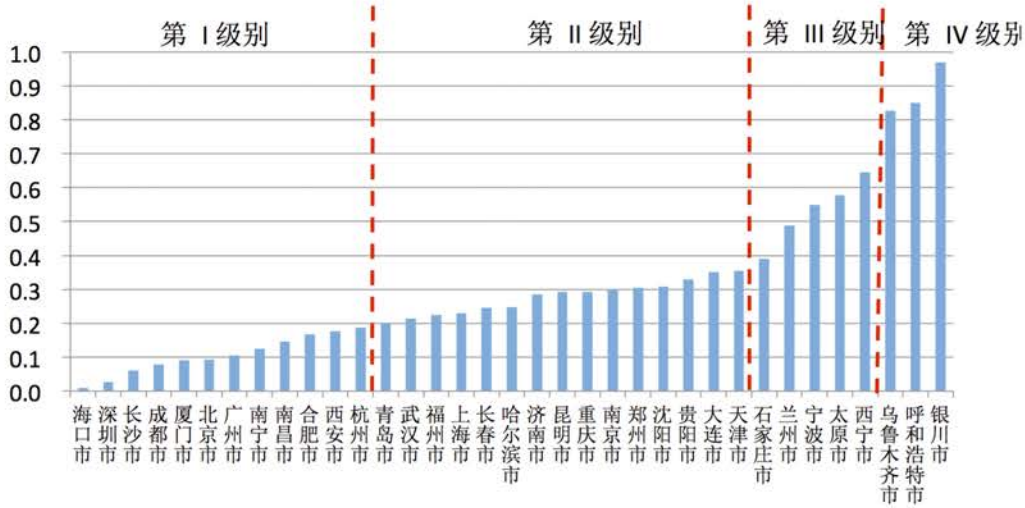


图 3-6 中国 35 个大中城市空气污染排放图

3）固体废物排放指标

按照组间差异大、组内差异小的原则将 35 个城市的固体污染排放指标分为四个级别。第 I 级别的 14 个城市指标区间为 0.163-0.284，组内相邻城市指标差值的平均值仅为 0.009；第 II 级别的 12 个城市指标区间为 0.331-0.431，组内相邻城市指标差值的平均值也为 0.009；第 III 级别的 6 个城市指标区间为 0.463-0.496，组内相邻城市指标差值的平均值仅为 0.007；第 IV 级别的三个城市指标值都在 0.6 以上，但组内相邻城市指标差值的平均值达到了 0.144。总的来说是第 I、II 和 III 级别的城市相差都不大，第 IV 级别的城市固体废物排放情况十分显著。

如图 3-7，固体废物排放位列前十的城市为：南昌、南宁、哈尔滨、青岛、重庆、长春、福州、天津、长沙和合肥。排名后三位的太原、乌鲁木齐和昆明三个城市的固体废物排放指标远超其他城市。分别为 0.897、0.848、0.609。南昌的固体废物排放仅有 0.28 吨/人，太原的固体废物排放为 3.28 吨/人。排名较后的十个城市中，一类是深圳、南京、宁波等东部发达城市，发达的工业导致其固体废物排放超标；另一类则是太原、乌鲁木齐、兰州、银川等有着偏低的回收率，采矿工业的废物，以及效率低下的工业生产的城市，导致固体废物排放偏高。

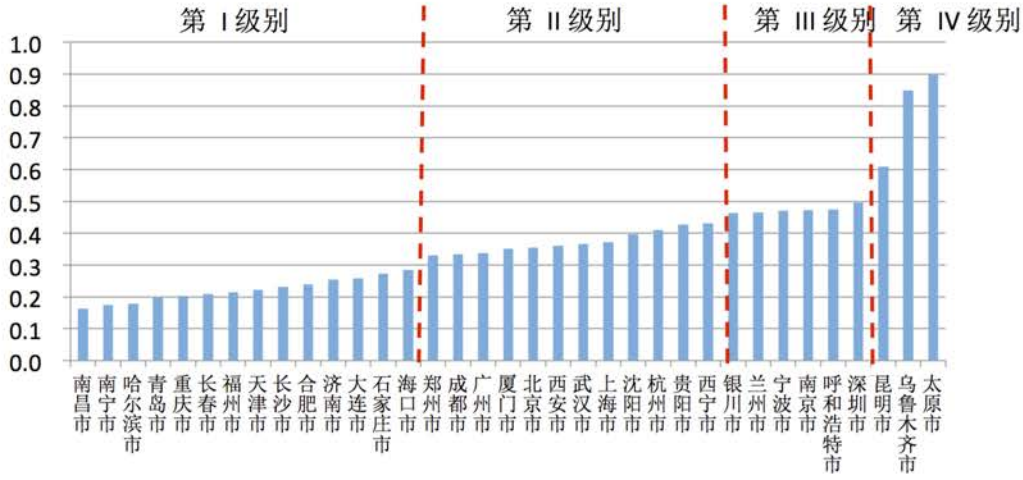


图 3-7 中国 35 个大中城市水污染排放图

3.3 中国 35 个大中城市生态投入指数区域分析

3.3.1 基于东中西划分视角

西部城市与中东部城市相比，除水资源指标外，所有污染指标均高于中东部城市，显示出西部城市污染防控能力较弱，工业生产技术较为落后

东部城市的水资源消耗数据主要反映居民用水情况，因为大型工厂和电站一般都配有自己的供水系统

按照传统的东、中、西部划分标准，将 35 个大中城市进行归类，详见表 3-4。

表 3-4 中国 35 个大中城市东中西部划分情况

区域	城市	个数
东部	上海、北京、天津、杭州、南京、广州、深圳、大连、青岛、宁波、沈阳、济南、石家庄、厦门、福州、海口、南宁	17
中部	武汉、郑州、长沙、合肥、长春、南昌、哈尔滨、太原、呼和浩特	9
西部	重庆、西安、成都、昆明、乌鲁木齐、银川、兰州、贵阳、西宁	9

图 3-8 可见，生态投入总体状况呈现西部>中部>东部的特征，且除了水资源消耗东部高于中西部外，其他各项生态投入指标均西部高于中东部。其主要原因在于，一方面西部地区生产消耗较为粗放，对资源的利用率不高，以及生态保护的意识不强；另一方面则是缺乏先进的生产生活设备，对于污染防治没有行之有效的方式。

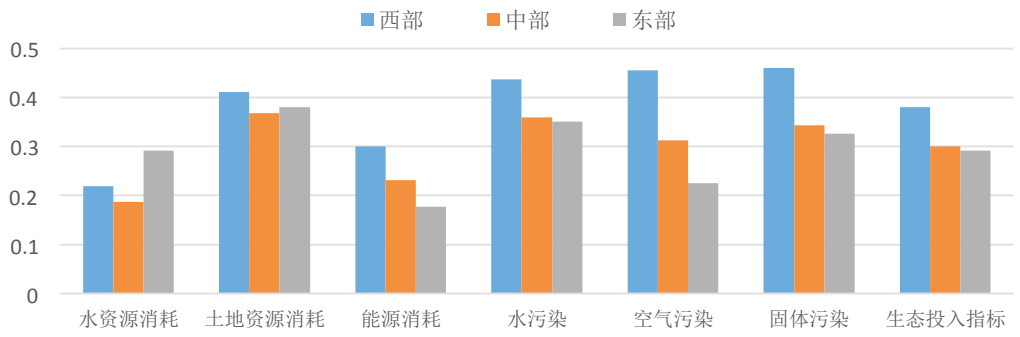


图 3-8 我国东中西部生态投入平均水平比较

与城市区域中能源消耗和土地消耗的数据中包含了工业领域的能源与土地的消耗不同，东部大型工厂和电力行业使用的水资源一般都是自供应。因此，水资源消耗统计数据主要反映了家庭、商业和小工业用途。中西部地区与东部相比欠发达，居民消费总体较低。然而，由于拥有更大规模与低效率的工厂，西部的工业消耗却相对更高。我们可以在图 3-8 中看到，东部发达地区水资源消耗量高，水污染比西部略低，反映了东部地区更为成熟的环保意识和相关法律法规，以及东部地区比欠发达地区更先进的污染处理设备。由于相同的原因，东部地区的空气污染和固体废物产出比西部地区低。尽管这样，中部地区正迅速赶上东部地区，这是因为它们制定和改善工业过程的政策呈现出了一定的效果。

3.3.2 基于城市区域分析

按生态投入排名的高低，采用玫瑰图的形式，以生态投入最高的乌鲁木齐为起点，绘制了中国 35 个大中城市生态投入的资源消耗和污染排放分项指标得分的分布情况（图 3-9）。

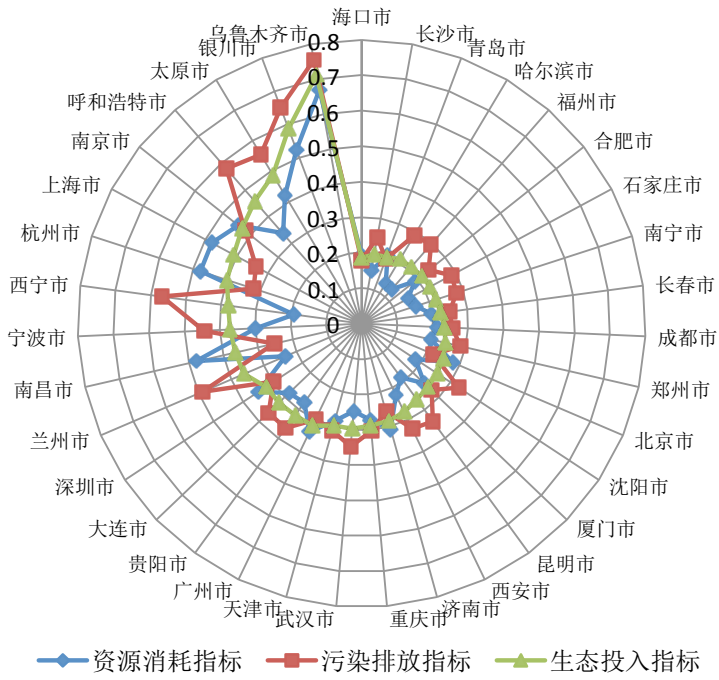


图 3-9 中国 35 大中城市资源消耗指数和污染排放指数分布玫瑰图

按资源消耗指数排名的高低，采用玫瑰图的形式，以资源消耗最高的乌鲁木齐为起点，绘制了中国 35 个大中城市水资源消耗、土地资源消耗、能源消耗三个分项指标得分的分布情况（图 3-10）。

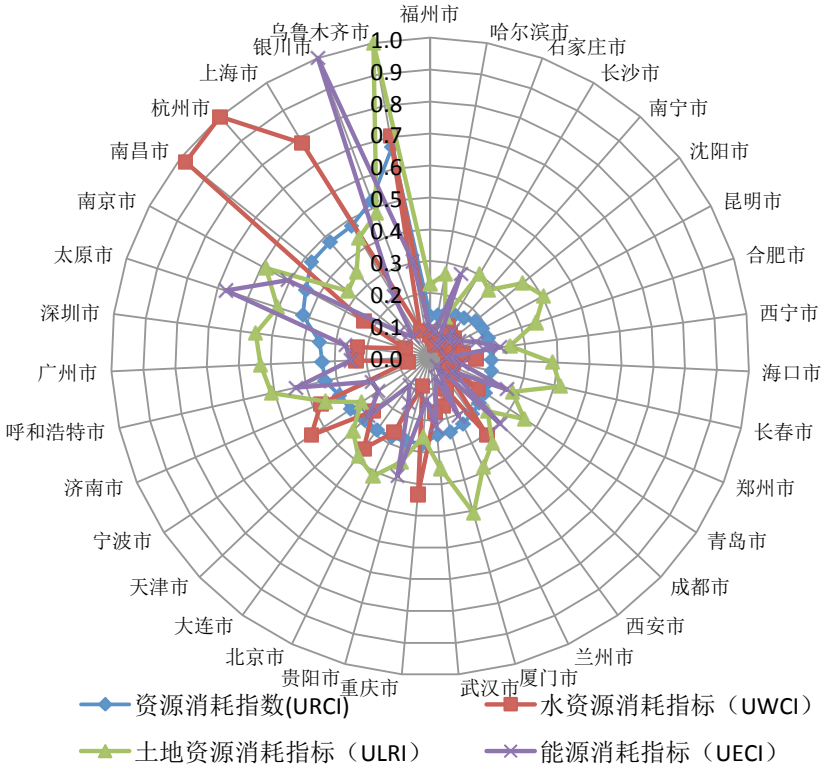


图 3-10 中国 35 大中城市资源消耗分项指标分布玫瑰图

按污染排放指数排名的高低，采用玫瑰图的形式，以污染排放最高的乌鲁木齐为起点，绘制了中国 35 个大中城市水污染排放、空气污染排放、固体污染排放三个分项指标得分的分布情况（图 3-11）。

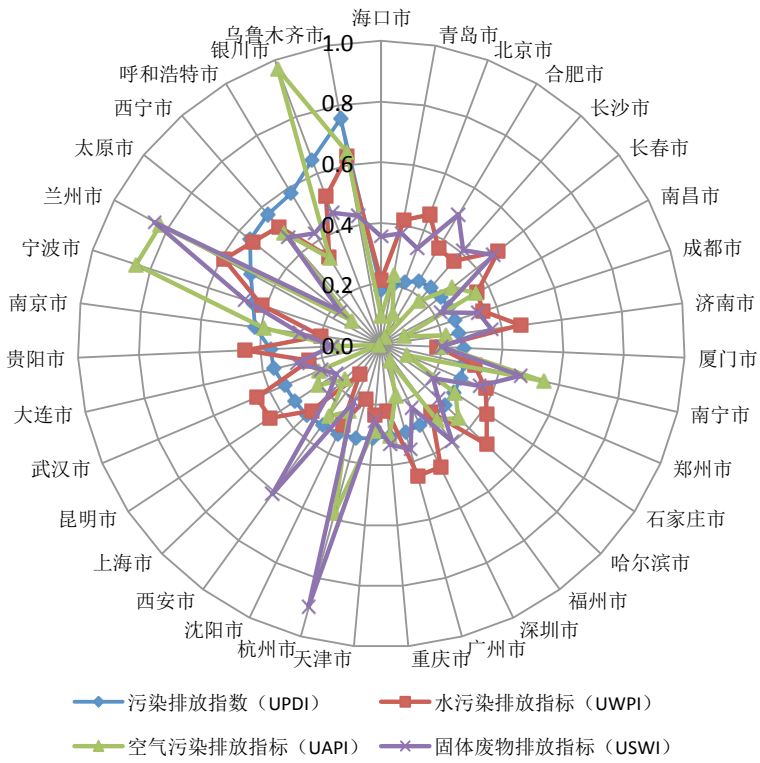


图 3-11 中国 35 大中城市污染排放分项指标分布玫瑰图

从以上各城市分项指标得分的玫瑰图可见，中国 35 个大中城市的生态投入主要有以下特征。

（1）城市间生态投入的不均衡状态

本书从资源消耗和污染排放两个角度六个分项指数构建全面的生态投入评价指标体系。在水资源消耗、土地资源消耗、能源消耗、水污染排放、空气污染排放和固体废物排放六个分项的综合评价体系下，可以看到 35 个大中城市生态投入分项指标均存在不均衡状态。

例如乌鲁木齐、南京、太原、银川等城市，多个分项指标在全国排名均靠后，生态投入问题突出。例如，乌鲁木齐生态投入指数排名第 35 位，水资源消耗、土地资源消耗、能源消耗、水污染排放、空气污染排放和固体废物排放六个分项，分别排名第 32、35、30、34、33、34。其重化工产业结构带来的不仅巨大资源消耗，而且由于这些产业大多依赖煤炭等传统能源，在能源消耗的同时还带来能源燃烧等造成的空气污染排放、固体废物排放问题。

可见，当前各城市可持续发展均存在不同程度、不同方面的压力。

（2）部分欠发达城市的污染排放与资源消耗之间不协调

即使生态投入指数低、排名靠前的城市，消耗和排放也通常不能均衡。35个城市中，污染排放和资源消耗排名相差十位以上的城市有15个，个别城市如南昌和西宁更是分别相差24和23位。以西宁为例，资源消耗指数排名第9位，污染排放指数却排到第32位，在西宁市的资源消耗水平处在中上水平的情况下，污染排放排名倒数说明了西宁市对于治理污染以及相应的措施都非常不足，导致较少的资源消耗也能造成严重的污染物排放。

说明该类城市经济发展过程中在污染排放方面是其主要的生态投入短板，污染治理的技术措施、管理制度方面的欠缺可能是当前降低生态投入的主要瓶颈，“减排”问题应引起高度重视。

资源消耗和污染排放情况在不同城市间存在较大差异

（3）个别城市的污染排放分项指标显著不均衡

如图3-11所示，可以看出个别城市的污染排放明显不均衡。例如，太原市的水污染排放为第3名，空气污染排放和固体废物排放分别都达到第31和第35名。太原的空气污染主要来自于工业生产排放的烟尘、交通运输的尾气及采暖炉对大气的污染。由于煤矿和矿产资源丰富，在工业生产的过程中对于气体污染物处理的不足就导致了太原的大气污染严重。同时也因为对于煤矿的粗放式利用导致了固体废物排放的增加。近年来，太原市率先启动一批河道治理的重点工程，以使河道成为市民可以亲近游览的城市景观为己任，同时也将其作为全面改善当地环境质量“五大工程”之一。对于水污染的足够重视使得太原的水污染排放治理取得了显著的进展。

资源消耗和污染排放经常在城市内呈现不均衡的状态，表现为许多城市资源消耗非常少而污染却非常多，说明污染防控措施的改善能极大地影响该城市的可持续发展

本章要点

4

主要结论：

- 人类发展指数排名最高的五个城市为广州、北京、上海、深圳和大连。
- 预期寿命和收入的相关性高：收入较高的城市平均预期寿命较高。
- 排名第一的上海与排名最末的呼和浩特的平均预期寿命差距正好超过 10 岁。
- 人均 GDP 显示，排名靠前的城市的平均收入是排名靠后的城市平均收入的两倍以上。
- 不同城市的教育指数相差无几。
- 教育和收入、预期寿命并无紧密的联系，反映出中国文化对教育的优先重视。
- 人类发展指数的区域差异符合预期：东部城市排名靠前，中部城市排名靠中，西部城市排名靠后。武汉是中部城市的领头者，成都是西部城市的领头者。
- 需要注意的是，贵阳的人类发展指数为 0.715，虽然在排名中最靠后，但是在国际水平中仍然属于高度发达。人类发展指数达到 0.7 被认为“高”，而达到 0.8 被认为“非常高”。本报告采用 2002 年的分类方法，将 0.8 作为高度发展的分界线，没有设立“非常高”这一分类。

第四章　中国 35 个大中城市人类发展指数排名与解读

4.1 中国 35 个大中城市人类发展指数排名

4.1.1 城市人类发展指数排名

根据前文提出的城市可持续发展的福利维度的指标——人类发展指数，从中国 2013 年城市统计年鉴、各地区统计年鉴中收集 35 个大中城市的人均预期寿命（LEI）、人均受教育年限（EI）、人均 GDP（II）数据，并进行无量纲处理，采用三个指标的几何平均得到中国 35 个大中城市的人类发展指数排名及分项指标排名，结果详见表 4-1。

表 4-1 中国 35 个大中城市的人类发展指数排名及分项指标排名

城市	人类发展指数 HDI		收入指数 II		预期寿命指数 LEI		教育指数 EI	
	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名
广州市	0.848	1	0.799	3	0.938	11	0.814	2
北京市	0.846	2	0.763	8	0.967	2	0.819	1
上海市	0.840	3	0.758	11	0.982	1	0.795	5
大连市	0.830	4	0.789	4	0.965	3	0.752	16
深圳市	0.828	5	0.818	1	0.922	16	0.754	15
天津市	0.828	6	0.773	5	0.964	4	0.763	10
沈阳市	0.825	7	0.753	14	0.914	18	0.814	3
厦门市	0.824	8	0.744	15	0.938	11	0.801	4
杭州市	0.822	9	0.765	7	0.959	6	0.756	14
武汉市	0.821	10	0.757	13	0.933	13	0.784	7
南京市	0.820	11	0.805	2	0.949	8	0.721	26
长沙市	0.818	12	0.773	6	0.902	21	0.786	6
青岛市	0.814	13	0.758	12	0.961	5	0.741	19
宁波市	0.804	14	0.763	9	0.949	9	0.717	28
太原市	0.796	15	0.693	26	0.950	7	0.766	9
合肥市	0.793	16	0.705	24	0.918	17	0.770	8
成都市	0.789	17	0.737	16	0.914	19	0.731	24
济南市	0.786	18	0.732	17	0.872	28	0.759	12
长春市	0.781	19	0.715	20	0.928	14	0.719	27

人类发展指数排名前 5 位的城市为广州、北京、上海、深圳和大连

城市	人类发展指数 HDI		收入指数 II		预期寿命指数 LEI		教育指数 EI	
	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名
南昌市	0.779	20	0.712	21	0.899	22	0.739	21
郑州市	0.774	21	0.719	19	0.862	30	0.748	17
哈尔滨市	0.771	22	0.677	28	0.923	15	0.732	22
乌鲁木齐市	0.769	23	0.722	18	0.833	34	0.756	13
呼和浩特市	0.768	24	0.759	10	0.818	35	0.731	23
海口市	0.768	25	0.651	34	0.940	10	0.742	18
兰州市	0.768	26	0.672	29	0.887	25	0.760	11
西安市	0.765	27	0.694	25	0.872	28	0.739	20
福州市	0.761	28	0.710	22	0.878	27	0.709	30
昆明市	0.758	29	0.681	27	0.903	20	0.709	29
银川市	0.758	30	0.705	23	0.899	22	0.687	33
南宁市	0.746	31	0.647	35	0.884	26	0.726	25
石家庄市	0.733	32	0.665	31	0.847	33	0.701	31
西宁市	0.728	33	0.655	32	0.855	32	0.689	32
重庆市	0.724	34	0.653	33	0.896	24	0.647	34
贵阳市	0.715	35	0.665	30	0.858	31	0.641	35

从人类发展指数的测算结果来看，排名前 5 位的为广州、北京、上海、深圳四个一线城市以及大连。广州以教育指数排名第 2 位及收入指数第 3 的排名优势位列第 1；北京在预期寿命指数和教育指数这两个指标具有明显优势，在人类发展指数的排名中获得第 2 位；大连在收入指数和预期寿命指数分别第 4 和第 3；上海和深圳则是典型的均衡发展，上海除了收入指数排名略后，预期寿命指数和教育指数都处在前列，人类发展指数排名第 3；深圳虽然在收入指数上排名很好，但其预期寿命指数和教育指数严重滞后于收入指数，分别位列第 16 和第 15，导致人类发展指数排名第 5。

从全国 35 个大中城市对比中可以看出，在我国的快速发展时期，较大城市的城市间收入水平也呈现出不平衡的状态，存在着较大差距；人均预期寿命主要由体质、遗传因素、生活条件等决定，但从排名中可看出，经济发展水平较高的城市人均预期寿命指数较高，发达程度较低的偏远地区预期人均寿命指数相对偏

低，发达地区一是由于生活条件相对优越，二是医疗条件完善，因此人均寿命相较其他城市更长；除统计因素，中国 35 个大中城市的人均受教育年限差异较明显，从数据中可以见得，经济发达地区人均受教育年限相对较高，同时城市所处的区域环境也有一定影响。

4.1.2 城市人类发展水平分级

为了更好地看出城市间人类发展水平级别，本书对中国 35 个大中城市的人类发展指数按照“组内差异小，组间差异大”的得分差值程度大小进行分级，一共分为 4 个级别，各个级别间的差异程度较大，其中第 I 级别末位与第 II 级别首位相差 0.010、第 II 级别末位与第III级别首位相差 0.005、第III级别末位与第Ⅳ级别首位相差 0.012。

（1）排名前三的广州、北京和上海保持绝对优势，排名第 4 到第 13 的大连、深圳、天津、沈阳、厦门、杭州、武汉、南京、长沙、青岛略低于前三位，处于人类发展指数较高水平的第 I 级别。第 I 级别共 13 个城市，人类发展指数在 0.814~0.848 之间，组内差值为 0.034，均值为 0.828。

（2）位列第 14 到第 20 位的宁波、太原、合肥、成都、济南、长春、南昌 6 个城市，较第 I 级别有一定差距，但组内差距较小，人类发展指数在 0.779~0.804 之间，组内差值为 0.025，均值为 0.790，为第 II 级别。

（3）位列第 21 到第 30 位的郑州、哈尔滨、乌鲁木齐、呼和浩特、海口、兰州、西安、福州、昆明和银川 10 个城市，人类发展指数在 0.758~0.774 之间，组间差值为 0.016，均值为 0.766，为第III级别。

（4）余下的 5 个城市：南宁、石家庄、西宁、重庆、贵阳的人类发展指数在 0.715~0.746 之间，组间差值为 0.031 均值较低为 0.729，为第Ⅳ级别。

从图 4-1 中直观的可以看出，中国 35 个大中城市的人类发展水平总体较高，处在前三个级别的城市相邻排名间的差距较小，而第 IV 级别中五个城市的差距逐渐增大，为四个级别中组间差距最大的一组城市。人类发展水平较高的城市之间的差距都是在合理范围之内，而排名位列第Ⅳ级别的五个城市，需要将相邻的第III级别的最后一个城市银川作为追赶目标。

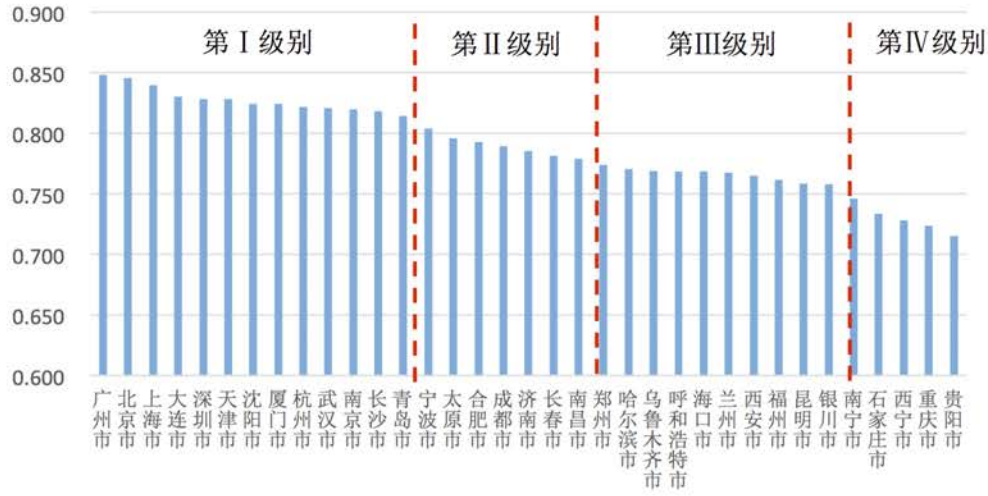


图 4-1 中国 35 个大中城市人类发展水平分级

4.2 中国 35 个大中城市人类发展分项指标分析

4.2.1 预期寿命指标分级

从图 4-2 中可以看出，中国 35 个大中城市的人均预期寿命差异较小。经测算，中国 35 个大中城市人均预期寿命的平均达 77.93 年，高于全国的人均预期寿命（约 74.8 岁[①]）。排名前五的城市为上海、北京、大连、天津、青岛，其中上海的人均预期寿命为 82.47 年。排名倒数前三的分别为呼和浩特市、乌鲁木齐市和石家庄，人均预期寿命分别为 72 年、73 年、73.8 年。

① 中华人民共和国国务院新闻办公室．《国家人权行动计划（2012-2015）》，2012 年 6 月 11 日

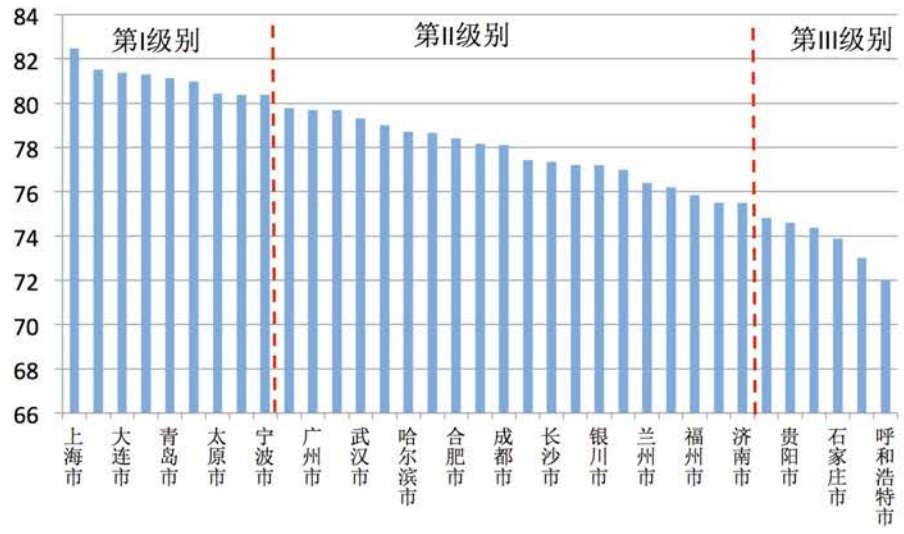


图 4-2 中国 35 个大中城市人均预期寿命分级图

排名第一的上海与排名最末的呼和浩特之间差距达到了 10 岁

在图中我们可以看到，排名第一的上海与排名最末的呼和浩特之间差距达到了 10 岁；第 I 级别的城市包括上海、北京、大连、天津、青岛、杭州、太原、南京、宁波这九个城市，其人均预期寿命都在 80 岁以上，这些城市中一部分是医疗卫生条件较好的发达地区，另一部分则是例如大连、青岛这样拥有较好环境禀赋的城市；第 II 级别的城市的人均预期寿命在 75~80 岁之间，超过了全国的平均水平；第 III 级别的城市则是在全国人均预期寿命之下的，这些城市均为省会城市，都是各省经济发展较好、医疗卫生条件相对优良的地方，我们可以推断，这些省的其他城市在人均预期寿命这一指标将与第 I、II 级别的城市出现更大差异。

影响死亡率主要原因是遗传因素、社会稳定、经济社会发展、医疗卫生服务水平、人的行为及社会环境，其中人均 GDP 与人均预期寿命高度相关[①]，医疗卫生服务水平、人的行为及社会环境对死亡率影响较大，发达地区医疗水平更高，且人们更注重生活品质，相比之下，更高的生活水平以及更发达的医疗保障使得发达地区的人均寿命更高一筹。同时，卫生体制方面的医疗卫生服务和公共卫生政策与实际需求之间仍存在较大差距，卫生资源总量仍然不足，结构不合理，卫

① 徐鑫．对中国人均寿命影响因素的信息加权集结的计量分析．统计与信息论坛，2011(7):52-54.

生服务的公平性和可及性仍然较差，在这个大背景下，我国又面临地域差异、人群个体特征差异，使得我国的各地区人民的健康水平呈现出差距极大的结果。

4.2.2 教育指标分级

2012 年，35 个城市的人均受教育年限的平均值为 13.31 年，城市间的差异较小

根据全国第六次人口普查数据测算，2012 年中国 35 个大中城市人均受教育年限的平均水平约为 10.01 年。从图 4-3 中可以看出，各城市的人均受教育年限的差异较小。

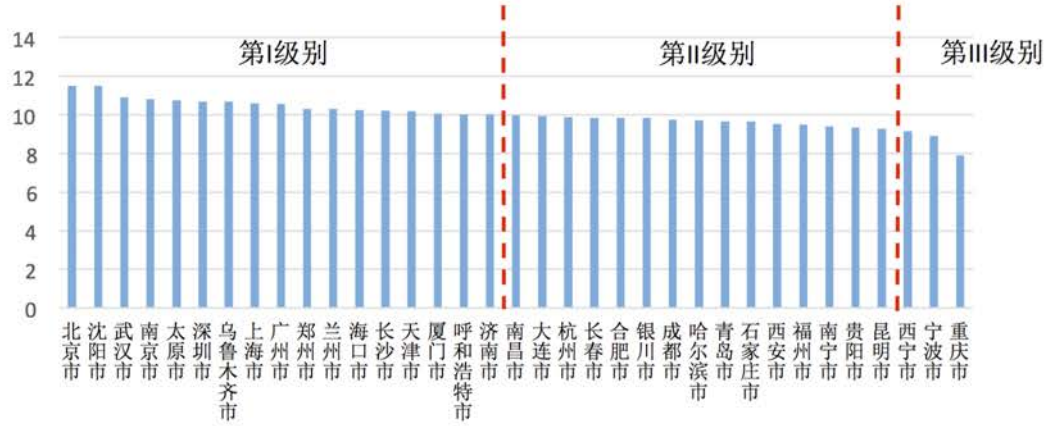


图 4-3 中国 35 个大中城市人均受教育年限分布排名图

中国社会科学院 2009 年 9 月 8 日发布的《人口与劳动绿皮书》指出九年义务教育普及率达到 95%以上，青壮年文盲率下降到 5%以下，高等教育毛入学率达到 21%。但相较于美国、日本等发达国家，我国处于劳动年龄人口的人均受教育年限[①]远低于发达国家。美国在 2005 年时该指标为 13.63 年，日本是 12.9 年，比我国大约高出 5 年。

影响人均受教育年限的主要因素有：人口因素、经济因素、经费因素、师资因素、城乡差异和性别差异等。导致城市人均受教育年限低的原因，具体来说有以下几点：

①接受高中以上教育的人口比重低。要使人均受教育年限提高，在普及九年义务教育的基础上，大力发展高中以上教育。

① 指 20—59 岁人口群体中人均接受学历教育（不包括各种非学历培训）的年数。

②其次是教育资源分布不均。在作为拥有中国最优质高等教育资源的 44 所“985 工程”院校中，东部、中部和西部地区分别有 31 所、6 所和 7 所。而 122 所“211 工程”院校中，东部、中部和西部地区分别有 76 所、17 所和 29 所。这与东部城市的排名靠前有直接联系。从总体数量上看，东部地区的优质高等教育资源较多集中在东部，中部优质高等教育资源最少。从各个大区来看，北京是全国和华北地区受教育水平最高的城市，武汉是整个中西部地区受教育水平最高的城市，南京是长三角乃至中国南方受教育水平最高的城市。这些城市均为高等院校的集聚中心。

③城市发展水平与高学历人口集聚的马太效应明显。人均受教育年限排名靠前的城市多为高教中心城市或省会城市，排名前五的城市为北京、沈阳、武汉、南京、太原，其中北京人均受教育年限为 11.50 年。以北京为例，北京云集了近百所高校，教育资源尤其丰富，人才在京求学后一般选择留下发展，人均受教育年限较长，同时凸显出了北京作为政治、文化中心的定位。

值得关注的是太原以 10.76 年排名第 5，乌鲁木齐以 10.68 年排名第 7，郑州以 10.32 年排名第 10，兰州以 10.31 年排名第 11。这三个城市的发展水平在 35 个大中城市中并不突出，但人均教育年限均位列前茅，太原与乌鲁木齐较为突出。山西省通过学前教育、初等教育、中等教育和高等教育形成层次合理、结构优化的国民教育体系，提高了全省的教育水平，因此太原作为山西省的省会城市，人均教育年限较高是可以理解的。重庆以 7.89 年排名末位，主要原因是 2013 年末重庆市辖区常住人口 2970 万人，覆盖重庆市辖区，人口基数中涵盖了一大部分农村地区，人均受教育年限较低。

4.2.3 收入指标分级

从图 4-4 中可以看到，第 I 级别的深圳、南京、广州、大连四个城市的人均 GDP 都达到了 11 万元以上，深圳以 126947 元位列第一；第 II 级别的城市人均 GDP 在 8 万元到 10 万元之间，这 11 个城市中大部分为东部发达城市；第 III 级别城市的人均 GDP 在 6 万元到 8 万元之间；第 IV 级别城市中西安市位列第一，却达不到第 I 级别前三个城市人均 GDP 的一半。从这个图我们可以了解到，35 个大中城市的经济发展水平相差极大，东西部之间的差距在人均 GDP 上表现得尤为强烈。

受益于改革开放第一波经济热潮的东部城市的人均收入是西部城市人均收入的两倍以上

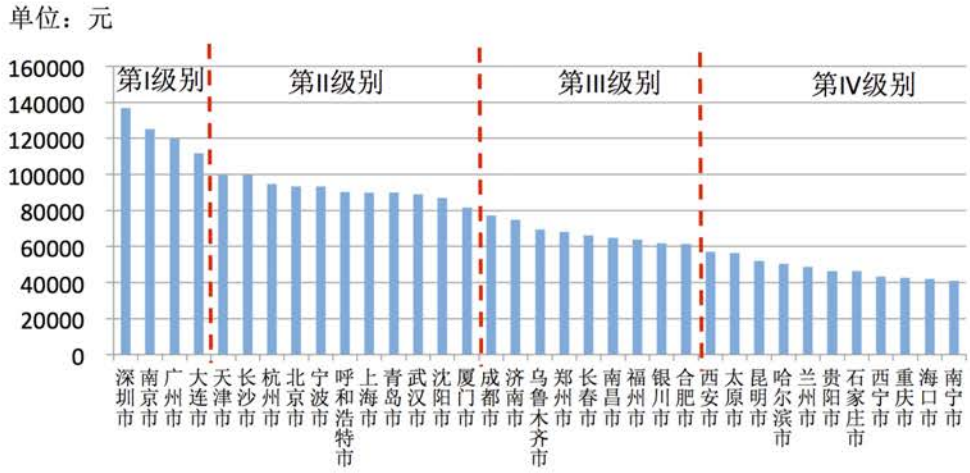


图 4-4 中国 35 个大中城市人均 GDP 水平状况

城市产业结构之间的差异是造成城市人均产出水平差异的重要原因。[①]东部城市历史经济基础好、人才聚集、普遍借助区位优势和改革开放第一波经济热潮，并承接台湾、香港等地的产业转移迅速发展壮大，经过二三十年的发展，调整产业结构，大力发展经济附加值高的第三产业，形成目前人均 GDP 较高的局面。

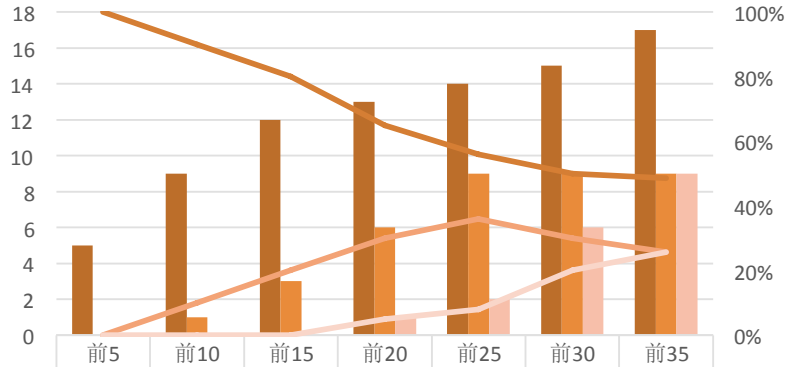
4.3 中国 35 个大中城市生态投入指数区域分析

4.3.1 基于东中西划分视角

为便于分析，将 35 个城市按照传统东中西部划分（同第三章），得到城市分类具体如下：东部有 17 座城市，分别为北京、天津、石家庄、沈阳、大连、上海、南京、杭州、宁波、福州、厦门、济南、青岛、广州、深圳、南宁、海口；中部 9 座城市，包括太原、呼和浩特、长春、哈尔滨、合肥、南昌、郑州、武汉、长沙；西部 9 座城市，包括重庆、成都、贵阳、昆明、西安、兰州、银川、西宁、乌鲁木齐。

将中国 35 个大中城市人类发展指数排名按照上述区域归类，按 5 座城市的刻度划分，得到东中西部城市排名分布的累计图，包括排名个数累积和排名比例累计，如图 4-5 所示。

① 贾娜，周一星，中国城市人均 GDP 差异影响因素的分析[J]．区域发展，2006(8):109-111.



	前5	前10	前15	前20	前25	前30	前35
东部	5	9	12	13	14	15	17
中部	0	1	3	6	9	9	9
西部	0	0	0	1	2	6	9
东部比例	100.00%	90.00%	80.00%	65.00%	56.00%	50.00%	48.57%
中部比例	0.00%	10.00%	20.00%	30.00%	36.00%	30.00%	25.71%
西部比例	0.00%	0.00%	0.00%	5.00%	8.00%	20.00%	25.71%

图 4-5 东中西部城市人类发展指数排名分布的累计图

从城市排名个数的累计来看，前五名完全被东部城市占据，前十名东部城市占据 9 席，唯一中部城市武汉位列第十；前十五名中，东部城市占 12 席，中部城市增加两个席位，分别是太原与合肥，共占三席。西部城市没有入列前十五名，排名最靠前的西部城市是成都市，位列第 17。中部城市和西部城市集中排名 17-35 位。在 17 个东部城市中，一半以上的城市都处在前十位；与之相反的是 9 个西部城市，绝大部分都处在后十位；中部城市相较西部稍好，均衡地分布在第 10 位到第 24 位之间。在这样一个分布状况中，我国 35 个大中城市的东西差距十分明显。

综上，我国东中西部人类发展水平极度不均衡，东部城市与中西部已经拉开较大距离，排名遥遥领先。西部则整体水平落后；同时东、中部城市人类发展水平在区域内部之间差异显著。

4.3.2 城市区域分析

按人类发展指数排名的高低，采用玫瑰图以排名第 1 的北京为起点，顺时针分布，清晰地给出中国 35 个大中城市人类发展指数分项指标的得分分布情况（图 4-6）以及分项指标的排名分布情况（图 4-7）。从图 4-6 中可以看出，中国 35 个

大中城市的人类发展指标的排名受人均 GDP 的影响程度大，人均预期寿命和人均受教育年限影响程度较低，HDI 的排名情况与收入水平指数排名趋于一致。以下将从三个分项指标之间的关系进行解读。

（1）健康水平与收入水平趋势一致性高

从图 4-6 和图 4-7 中可以看出，收入指数与教育指数的排名有一定相关性。总体而言，大多数城市收入水平排名与健康水平排名具有一致性，排名相错在±5 名的城市有 16 座。大连、天津、杭州、宁波这四个城市不仅收入水平排名靠前，同时健康水平排名协同一致，主要是由于城市的经济发展水平与发展程度较高，同时医疗服务水平较高、个人对健康关注度高且生活环境较好。

收入水平和健康水平之间具有高度的相关性

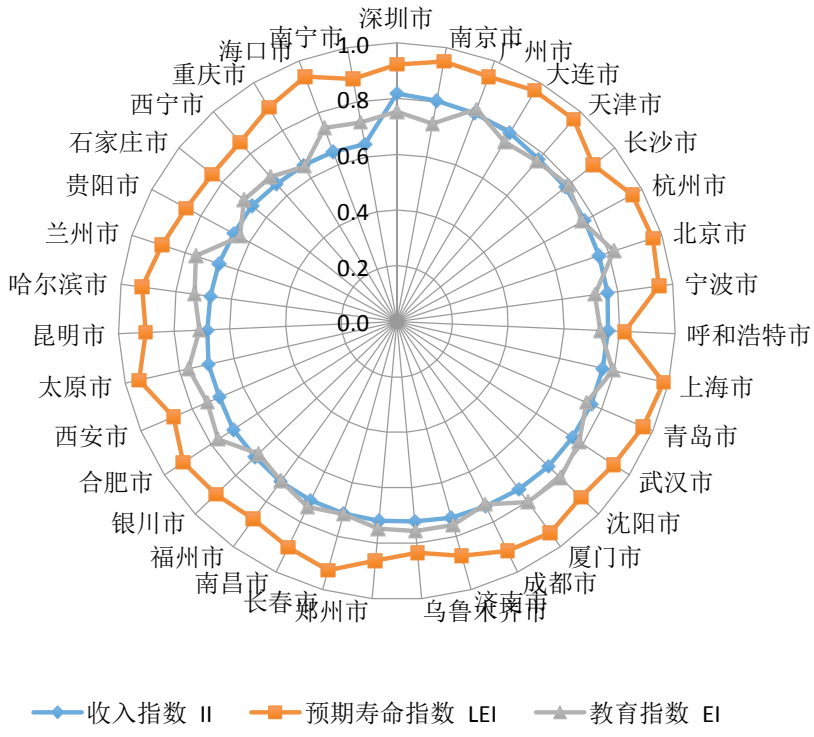


图 4-6 中国 35 个大中城市人类发展指数分项指标分布玫瑰图

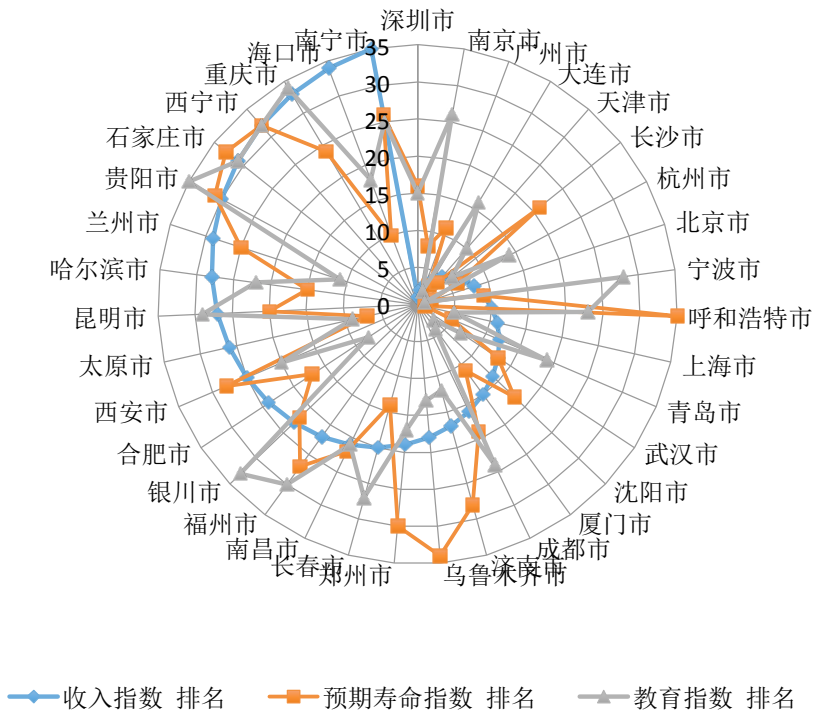


图 4-7 中国 35 个大中城市人类发展指数分项指标排名分布玫瑰图

深圳、广州、长沙、呼和浩特四个城市的收入水平排名较靠前，但对比健康水平排名分别落后 15 名、8 名、15 名、25 名。这体现出：

①城市环境对人的身体健康有极大的影响。根据中国环境监测总站发布的全国重点城市空气质量状况，乌鲁木齐与呼和浩特的城市空气质量较差，污染指数较高，主要是可吸入颗粒物。

②医疗卫生服务水平一定程度上导致了死亡率较高。目前我国东中部，特别是上海、北京、武汉集中了更多资质顶尖的医院，也集聚了诸多医科大学和医学专家，而深圳作为新兴城市，三甲医院数量不多，乌鲁木齐和呼和浩特在医疗服务水平上略差。

③经济快速发展的过程中，都市人群因工作过度劳累或是生活饮食不规律不合理等行为，导致死亡率上升。

本章要点

5

本章根据城市人类发展指数和生态投入指数的高低，将 35 个中国城市分为了四类，对其可持续性进行初步分析。

主要结论：

- 人类发展指数超过 0.8 的城市属于高人类发展指数（报告采用 2002 年的分类方法，将 0.8 设为高人类发展的分界线。自 2014 年起，0.8 是非常高人类发展的分界线，而 0.7 是高人类发展的分界线）。
- 生态投入超过 0.316（35 个城市的平均值）的城市被认为属于高生态投入城市。
- 高产出和低投入反映出城市发展半球脱钩于城市生态半球，即实现了可持续发展。
- 城市属于哪一项分类比城市的具体排名更重要。所有城市都应以实现高人类发展产出和低生态投入为目标（即区域二）。

以下为对 35 个城市的分类：

区域	城市	投入产出特征	可持续发展水平
II	武汉、天津、沈阳、厦门、青岛、长沙、北京	低投入高产出	可持续发展
I	合肥、成都、西安、哈尔滨、石家庄、南宁、福州、重庆、郑州、长春、昆明、海口、济南	低投入低产出	欠可持续发展
III	上海、南京、杭州、宁波、大连、深圳、广州	高投入高产出	
IV	太原、乌鲁木齐、银川、呼和浩特、西宁、兰州、南昌、贵阳	高投入低产出	不可持续发展

高投入和低产出的城市需要极大量的支持，帮助其加速实现向可持续发展的转型。但所有城市都要为提高其表现进行持续的努力。

第五章 中国35个大中城市可持续发展四象限分类与解读

5.1 中国35个大中城市可持续发展四象限分类

本书运用城市人类发展水平和城市生态投入水平两个维度衡量中国35个大中城市的可持续发展

本书运用城市人类发展水平和城市生态投入水平两个维度衡量中国35个大中城市的可持续发展，建立了基于可持续发展效率前沿面的城市发展评估模型。两轴四象限图能直观地表示各城市所处的象限和水平，有利于分析城市现状和提出改进路径。

以人类发展指数为X轴，生态投入指数为Y轴，建立城市可持续发展评估直角坐标系，描出35个城市的位置。本书的城市发展分类模式分别以城市平均生态投入水平线（直线y=0.316）和高人类发展水平线（直线x=0.80）为参照线，作出两轴四象限图（图5-1）。

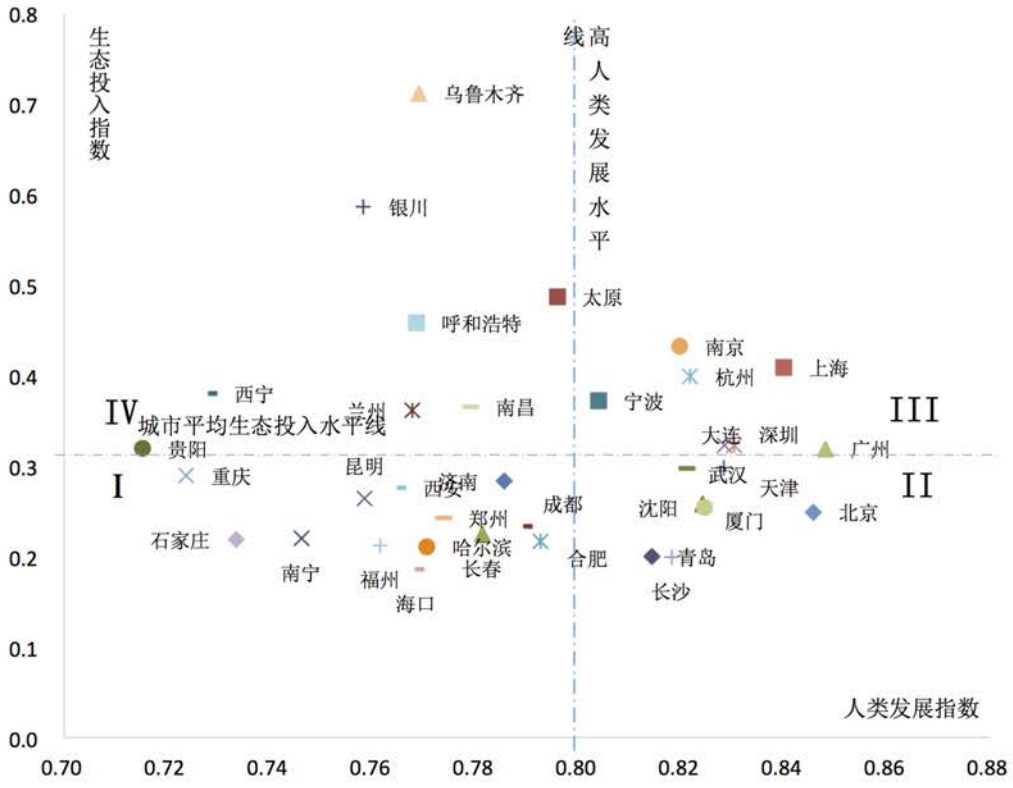


图5-1 中国35个大中城市两轴四象限图

在图 5-1 中，高人类发展水平线和城市平均生态投入水平线相交后将整个区域划分成 4 个区域（象限）：II 区中城市是可持续发展的城市，低投入获得高产出；I 区和III区中的城市是欠可持续发展城市，低投入获得低产出或高投入获得高产出；IV区中的城市是不可持续发展的城市，高投入获得低产出。根据图 5-1 可以看出各城市所属的象限，各城市可持续发展分类见表 5-1。

II 区中的城市最具有可持续性，表现为低投入和高产出

表 5-1 中国 35 个大中城市可持续发展分类

象限区域	城市	投入产出特征	可持续发展水平
II	武汉、天津、沈阳、厦门、青岛、长沙、北京	低投入高产出	可持续发展
I	合肥、成都、西安、哈尔滨、石家庄、南宁、福州、重庆、郑州、长春、昆明、海口、济南	低投入低产出	欠可持续发展
III	上海、南京、杭州、宁波、大连、深圳、广州	高投入高产出	
IV	太原、乌鲁木齐、银川、呼和浩特、西宁、兰州、南昌、贵阳	高投入低产出	不可持续发展

2014 年，全球大约有 54% 的人口居住在城市

城市面积只占全球土地面积的 3%，然而城市消耗的资源远超出其边界

今天的城市管理者和城市设计者为城市选定的空间布局、基础设施、经济政策和社会治理方式，将在今后很长时间里决定全球可持续发展的水平

创新要素在城市中聚集，通过不断的技术和社会创新解决人类面临的重要挑战

5.2 I 区：低投入低产出类城市及解读

低投入低产出类城市表现为生态投入和人类发展都比较低。由图 5-1 可见，区域 I 中的合肥、成都、西安、哈尔滨、石家庄、南宁、福州、重庆、郑州、长春、昆明、海口、济南这些欠可持续发展城市属于该类别。

这些城市可持续发展现状的产生是基于各自不同的原因：除成都外，其余 12 个城市的人均 GDP 水平均低于全国平均水平，其中海口、南宁等城市的人均 GDP 水平明显低于全国平均水平；福州、哈尔滨、石家庄等城市资源消耗较少。例如南宁的人均 GDP 远低于全国人均水平，西安的人均消费标准煤和平均水平差距较大等，这些指标对投入或者产出产生了影响。

5.3 II 区：低投入高产出类城市及解读

低投入高产出是城市可持续发展的较理想状态，表现为生态投入保持在一个较低水平，城市人类发展已达到高人类发展水平。II 区中的武汉、天津、沈阳、

厦门、青岛、长沙、北京这 7 个可持续发展的城市属于该类别。可见，这些城市在力争 HDI 增长的同时，注重对水、地、能等的资源投入的控制，兼顾了社会发展和资源环境发展。

例如 2013 年北京的人均教育年限为 11.5 年，为 35 个城市中最高水平，据统计，北京市共有 56 所普通高校和 80 个科研机构培养研究生[①]，其中包括北京大学、清华大学、中国人民大学等全国最为著名的学府，高等教育资源非常丰富。在生态投入方面，北京作为首都和国际化都市，对环境质量的要求标准都比较高，污染排放指数位列 35 个城市中第三名，污染排放控制情况良好，达到了可持续发展的状态，未来需要继续保持和进一步优化。近年来，北京已经全力以赴解决空气污染的问题，包括关闭所有在城市地区的燃煤锅炉，2014 年增加了 2 万户家庭天然气和电的使用，控制道路上增加的车辆，淘汰 476000 辆旧汽车和进行新能源汽车推广，关闭或搬迁 392 污染企业，包括建筑材料，化工，印刷等行业，通过在建筑工地安装 1200 个监控系统来控制粉尘。[②]

5.4 Ⅲ区：高投入高产出类城市及解读

高投入高产出类城市表现为城市人类发展已经达到较高水平，但是生态投入超过了适度范围。由图 5-1 可见，区域Ⅲ中的上海、南京、杭州、宁波、大连、深圳、广州属于该类别。

这些城市是通过化石能源消耗为基础的传统发展模式，是资源消耗型、环境污染型和生态破坏型的经济发展模式。城市化的进程中，经济社会发展对土地、能源，以及水资源的需求量显著增加，不合理的化石燃料的利用和土地资源利用等人类活动也造成了生态投入的大幅上升，最终造成生态环境恶化、不可再生资源减少。

Ⅲ区 7 个城市中除大连的人均资源消耗指数接近平均值之外，其他 6 个城市都超过城市平均水平。以上海为例，由于经济聚集和人口众多，上海在水、地、能三方面的投入巨大，并且城市交通需求量一直在增长，因此，尽管上海市 2015 年的人均 GDP、人均预期寿命和人均教育年限这三个影响人类发展水平的指标

① 2013 年北京市国民经济和社会发展统计公报，
http://www.bjstats.gov.cn/sjjd/jjxs/201402/t20140213_267718.htm.

② http://www.bjepb.gov.cn/bjepb/413526/331443/331937/333896/418344/index.html

也处于比较高的水平，但这种进步伴随着生态投入的增加，以致于上海市处于欠可持续发展的状态，需要进一步实现由速度型向质量型的转变，从经济发展的粗放型向可持续型转变，促进包括能源高效率转化技术的发展，以低碳的理念建设城市。因此要重视走低碳、资源节约型和环境友好型的绿色经济之路，进一步思考与坚持维持城市人类发展水平甚至牺牲某些人类发展指标的基础上减少城市生态投入的路径。

5.5 Ⅳ区：高投入低产出类城市及解读

Ⅳ区是高投入低产出不可持续发展的模式，是城市可持续发展的最不理想状态，太原、乌鲁木齐、银川、呼和浩特、西宁、兰州、南昌、贵阳属于该类别。在城市生态投入上同其他城市的平均水平存在比较大的差距，同时在人类发展指标上与中国的 35 个大中城市相比，均低于平均值。例如贵阳、银川和西宁的教育指数远低于全国平均水平，乌鲁木齐的资源消耗指数和污染排放指数均为 35 个大中城市中的最高值而人类发展指数 HDI 却排名靠后。

这一类别城市的发展现状主要是基于地理位置、经济基础、对可持续发展原则的不熟悉等特殊原因形成的：地理位置对城市经济发展具有重要影响，上海、广州等经济发展水平较高的城市都有较为优越的地理条件，物资和信息能够以这些城市为中心进行汇集和交换，而偏远地区的城市则可能因为交通不发达等原因造成对外信息交流的不流畅，这些都不利于经济的发展和社会的进步；薄弱的经济基础使得城市的建设需要在一个较低的起点上展开，这需要大量的资金和物质资料的投入；落后的思想观念则使得当地居民不重视教育或者是造成资源的不恰当使用，多种因素共同作用影响了这些城市的可持续发展。

地理位置对城市经济发展具有重要影响，上海、广州等经济发展水平较高的城市都有较为优越的地理条件，物资和信息能够以这些城市为中心进行汇集和交换

本章要点

6

本章运用数据包络分析法对城市的生态投入和人类发展产出之间的相对效率进行评估。

主要结论：

- 北京、广州、海口和长沙属于效率最优的城市，即它们通过较低的生态投入实现了较高的人类发展。
- 广州和海口都不属于第五章的“可持续”城市类别。两者的效率表现高，在其中一项效率指标上名列前位：广州的人类发展和海口的环境保护表现十分优秀。然而，两个城市都需要提高另一项指标的表现，从而真正实现可持续发展。
- 城市效率排名的地域差异比人类发展指数和生态投入指数排名的地域差异更大。因此，例如成都的人类发展指数较低，但由于其生态投入指数也较低，所以成都的效率评估仍属良好。同样，杭州属于效率低的城市，因为虽然其人类发展指数很高，但其生态投入水平不够好。
- 第五章中被归纳为最不可持续的城市，由于生态投入多，人类发展产出少，在效率评估方面也排名靠后。

第六章 中国 35 个大中城市可持续发展效率排名与解读

城市可持续发展分类评估模型可以确定各城市在发展中生态投入和城市人类发展的对比关系以及在模型中所处象限的位置，但是并不能回答这种生态投入和城市人类发展的配比是否达到最优，即城市可持续发展是否技术有效、规模有效和配置有效。为此，在城市可持续发展分类评估模型的基础上，也需对城市可持续发展效率进行评价，本书采用数据包络分析方法（DEA）来分析，因为该方法无需任何权重假设，可排除人为因素影响，具有较强的客观性，应用范围较广。

效率评估对每个城市发展中的生态投入和城市人类发展进行比较

6.1 中国 35 个大中城市可持续发展效率排名

基于数据包络分析方法（DEA）评估可持续发展效率，将资源消耗指数与污染排放指数等权平均，综合成单一的投入指标-城市生态投入指数，结合代表产出的人类发展指数进行单投入-单产出的可持续发展效率评价。中国 35 个大中城市生态投入指数、人类发展指数和可持续发展效率排名如表 6-1 所示。

表 6-1 中国 35 个大中城市生态投入指数、人类发展指数和可持续发展效率排名

城市	城市生态投入指数	城市人类发展指数	可持续发展效率	效率排名
北京	0.249	0.846	1.000	1
广州	0.319	0.848	1.000	1
海口	0.186	0.768	1.000	1
长沙	0.199	0.818	1.000	1
青岛	0.200	0.814	0.991	5
合肥	0.216	0.793	0.889	6
哈尔滨	0.211	0.771	0.884	7
福州	0.212	0.761	0.877	8
石家庄	0.219	0.733	0.850	9
南宁	0.220	0.746	0.845	10
长春	0.224	0.781	0.844	11
沈阳	0.254	0.825	0.830	12
成都	0.234	0.789	0.820	13
厦门	0.258	0.824	0.814	14
郑州	0.243	0.774	0.772	15
天津	0.298	0.828	0.730	16

北京、海口、广州和长沙的效率排名都非常高。这意味着相对于城市的生态投入，它们达到了较好的人类发展水平

城市	城市生态投入指数	城市人类发展指数	可持续发展效率	效率排名
昆明	0.264	0.758	0.704	17
武汉	0.298	0.821	0.687	18
大连	0.323	0.830	0.685	19
深圳	0.323	0.828	0.674	20
西安	0.276	0.765	0.674	21
济南	0.283	0.786	0.672	22
重庆	0.289	0.724	0.643	23
上海	0.409	0.840	0.583	24
贵阳	0.320	0.715	0.582	25
宁波	0.372	0.804	0.525	26
南昌	0.365	0.779	0.517	27
杭州	0.399	0.822	0.516	28
兰州	0.361	0.768	0.514	29
西宁	0.380	0.728	0.489	30
南京	0.432	0.820	0.468	31
呼和浩特	0.459	0.768	0.405	32
太原	0.487	0.796	0.397	33
银川	0.587	0.758	0.317	34
乌鲁木齐	0.712	0.769	0.261	35

可持续发展效率排名前十的城市依次为北京、广州、海口、长沙、青岛、合肥、哈尔滨、福州、石家庄和南宁，其中，北京、广州、海口、长沙的效率为 1，位于可持续发展效率的前沿面上。而可持续发展效率相对落后的城市依次为太原、银川和乌鲁木齐。

按照可持续发展效率排名的高低，采用玫瑰图以排名第一的北京为起点，顺时针分布，给出中国 35 个大中城市可持续发展效率、城市生态投入指数和城市人类发展指数的具体情况，如图 6-1 所示。

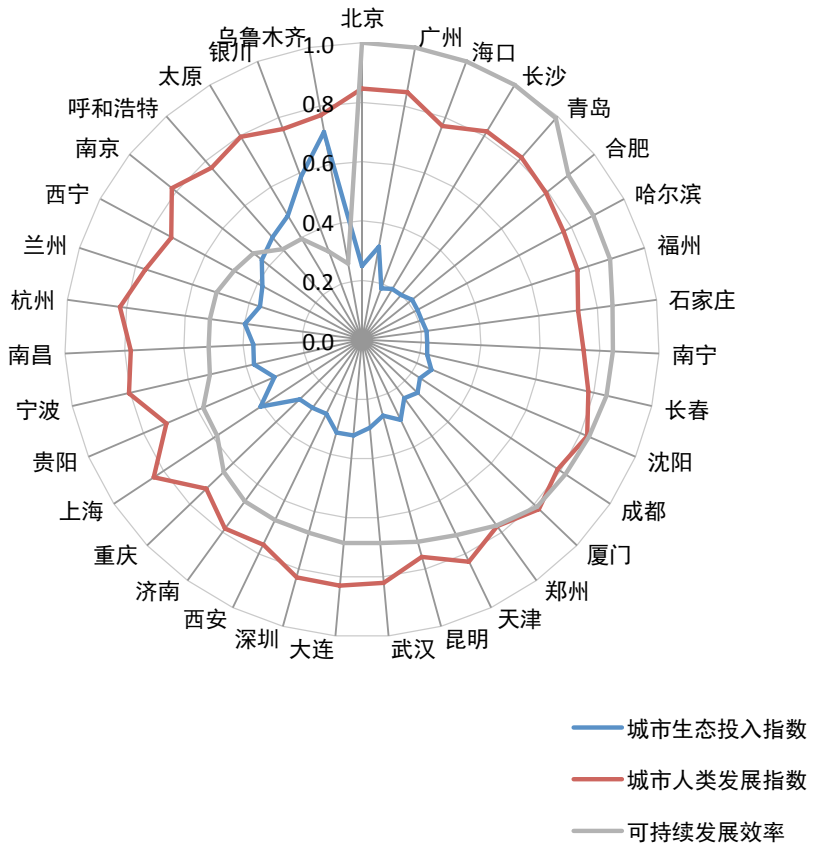


图 6-1 中国 35 个大中城市可持续发展效率玫瑰图

6.2 中国 35 个大中城市可持续发展效率分级

根据表 6-2 所示的城市可持续发展效率分类标准，将中国 35 个大中城市划分为四类：可持续发展低效率城市、中等效率城市、较高效率城市和高效率城市。

表 6-2 城市可持续发展效率分类标准

城市效率分类	低效率城市	中等效率城市	较高效率城市	高效率城市
效率值 E	$0.0 \le E < 0.6$	$0.6 \le E < 0.8$	$0.8 \le E < 1.0$	$E = 1.0$

中国 35 个大中城市可持续发展效率分级如图 6-2 所示：

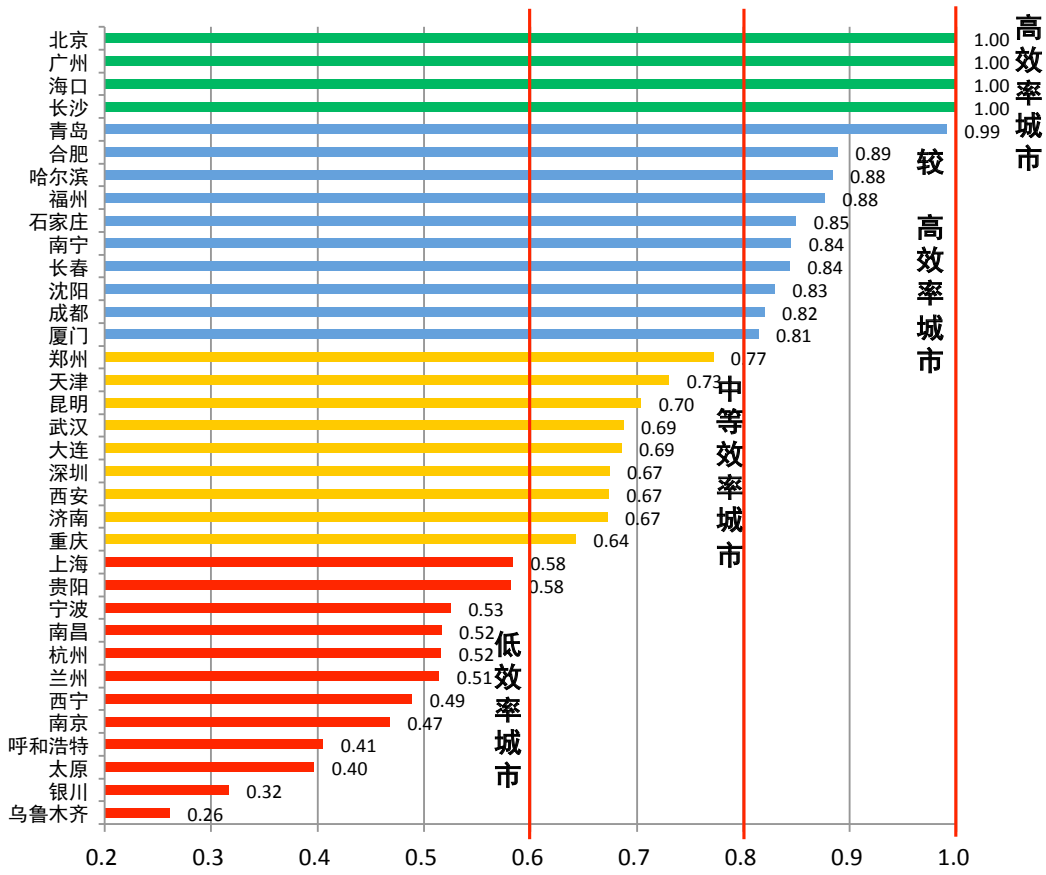


图 6-2 中国 35 个大中城市可持续发展效率分级图

生态投入较低的城市需要维持现有的环境保护水平，同时需要提高它们的人类发展水平

可持续发展高效率的城市有 4 个，分别为北京、广州、海口、长沙，其中除长沙为中部城市外，其余都位于我国东部地区。从四象限分类来看，北京、长沙属于低生态投入指数、高人类发展指数的城市，广州属于高生态投入指数、高人类发展指数的城市，海口属于低生态投入指数、低人类发展指数的城市。该分类城市在生态投入和人类发展之间的关系已达到相对最优，也就是说，就他们的生态投入而言获得了良好的人类发展的产出。但是，处在较低可持续水平的第 III 象限和第 I 象限的城市，仍然需要采取措施去减少生态投入，同时相对提高其人类发展水平。

可持续发展较高效率的城市有 10 个，包括青岛、合肥、哈尔滨、福州、石家庄、南宁、长春、沈阳、成都和厦门。这 10 个城市按地域划分有 6 个在东部地区、3 个在中部地区、1 个在西部地区。其中厦门、沈阳、青岛为低生态投入指数、高人类发展指数的城市，其余则都为低生态投入指数、低人类发展指数的

城市，因此，这些城市普遍具有生态投入都较低的特点。所有这些城市都需要维持现有的生态投入水平，同时需要提高他们的人类发展水平，这要求这些城市不断地提高投入效率。

可持续发展中等效率的城市有 9 个，包括郑州、天津、昆明、武汉、大连、深圳、西安、济南和重庆。这 9 个城市按地域划分有 4 个在东部地区，2 个在中部地区，3 个在西部地区。其中郑州、昆明、西安、济南、重庆为低生态投入指数、低人类发展指数的城市，天津、武汉为低生态投入指数、高人类发展指数的城市，大连、深圳为高生态投入指数、高人类发展指数的城市。但总体而言，该分类城市在生态投入和人类发展之间的关系仅达到中等水平。

可持续发展低效率的城市有 12 个，包括上海、宁波、贵阳、兰州、西宁、南昌、杭州、南京、呼和浩特、银川、太原和乌鲁木齐。这 12 个城市按地域划分有 4 个在东部地区，3 个在中部地区，5 个在西部地区。上海、南京、宁波、杭州为高生态投入指数、高人类发展指数的城市，太原、贵阳、南昌、兰州、西宁、呼和浩特、银川、乌鲁木齐为高生态投入指数、低人类发展指数的城市。该分类城市在生态投入和人类发展之间的关系仍处于较低水平。

即使一些人类发展指数排名高的城市也可能被评估为效率低，因为它们的生态投入不合比例地更高。它们在保持现有人类发展水平的同时，需要提高资源利用的效率并减少污染

6.3 中国 35 个大中城市可持续发展效率区域分析

6.3.1 东中西部效率区域分析

如前文所述，按照传统东中西部划分标准把本书所研究的中国 35 个大中城市划分开来：东部一共 17 个，中部 9 个，西部 9 个。下面，分别按照可持续发展效率排名的前 10，15，20，25，30，35 的次序来研究东中西部的地区分布情况，如图 6-3 所示。

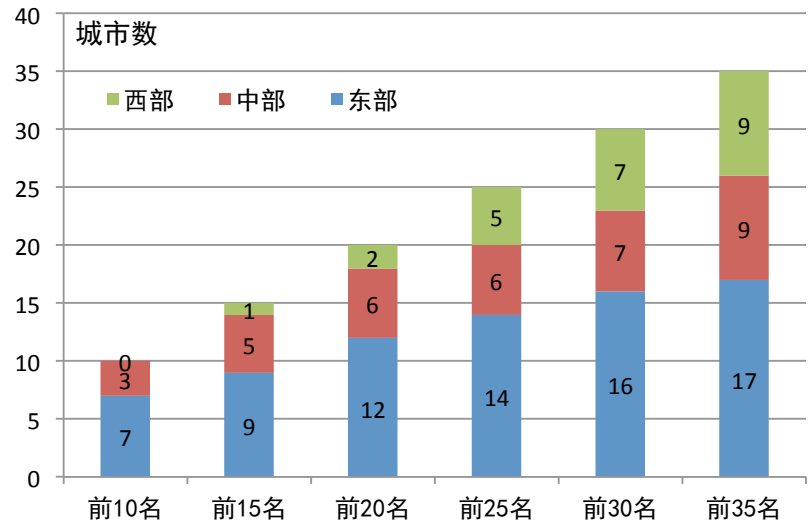


图 6-3 中国 35 个大中城市可持续发展效率排名地区分布图

从地区分布情况来看，东部城市排名相对靠前，约 80%的东部城市都集中在前 25 名；中部城市排名相对居中，主要集中在第 10-30 名之间；而西部城市排名相对落后，主要集中在第 20-35 名之间。

此外，可持续发展效率的东中西部城市分布比例，如图 6-4 所示。

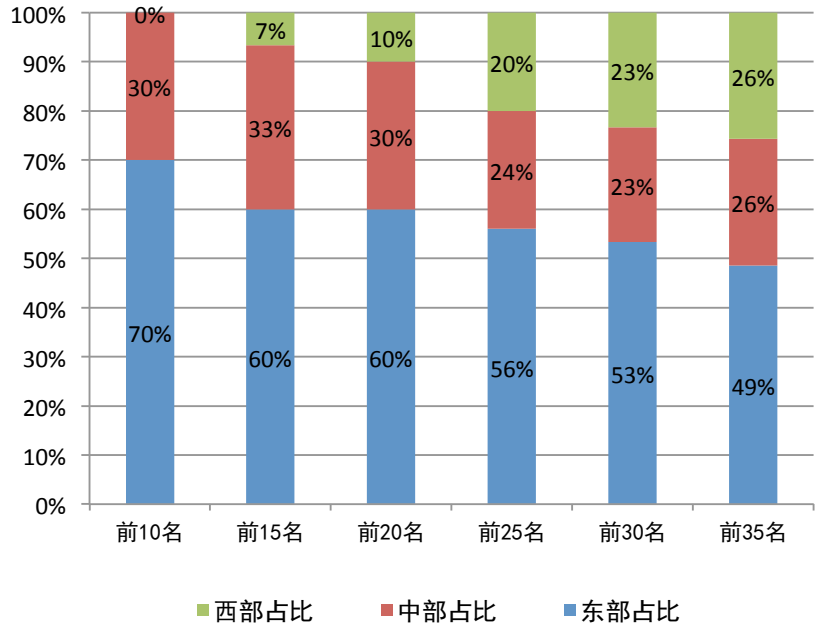


图 6-4 中国 35 个大中城市可持续发展效率排名地区占比图

分析东、中、西部城市可持续发展效率的比例变化，东部城市的比例总体呈现向下递减，表明东部城市整体排名相对靠前；中部城市的比例总体呈现先升后降，表明中部城市整体排名居于中间位置；西部城市的比例总体呈现向上递增，表明西部城市整体排名相对靠后。

6.3.2 城市群效率区域分析

对中国四大主要城市群[①]中属于大中城市的城市可持续发展效率进行分析。用圆的面积代表城市可持续发展效率，如图 6-5 所示，面积越大，城市可持续发展效率越高，不同色彩代表城市可持续发展效率的不同等级分类。

图 6-5 中国四大主要城市群可持续发展效率分布图

由图 6-5 可知，京津冀城市群[②]可持续发展效率相对较好，主要是由于北京的可持续发展效率为 1，相对最优，石家庄、天津可持续发展效率则分别为 0.850、0.730。城市群整体水平相对处于四大主要城市群的前列。

① 本书分析的中国四大主要城市群包括京津冀城市群、长三角城市群、珠三角城市群和成渝城市群。

② 以大中城市为代表来衡量该城市群，下同。

而长三角城市群可持续发展效率则相对落后，包含的上海、杭州、宁波、南京可持续发展效率分别为 0.583、0.516、0.525、0.468，均为低效率城市。分析这 4 个城市的共同点，人类发展水平整体较好，但由于资源消耗和污染排放都较高，处于 35 个城市中的相对靠后水平，因此可持续发展效率整体较低。

珠三角城市群和成渝城市群可持续发展效率相对居于中位。其中，珠三角城市群中包含效率为 1 的广州，但深圳仅为中等效率城市，与长三角的上海相类似，城市人类发展指数较好，但由于资源消耗和污染排放较高，导致整体效率不够理想。成渝城市群的主要代表城市成都、重庆的可持续发展效率相对接近，重庆由于较低的人类发展效率，排名比成都稍低。

6.4 中国 35 个大中城市可持续发展优化方向

本书根据城市生态投入指数和城市人类发展指数，通过数据包络分析方法（DEA）得到各城市的可持续发展效率，除北京、广州、海口、长沙外，其他城市都处于一种效率欠佳的状态。中国 35 个大中城市可持续发展效率 DEA 分析如图 6-6 所示。

通过对中国 35 个大中城市可持续发展效率的分析，北京、广州、海口和长沙这 4 个城市在相应投入水平上产生了最高的城市人类发展水平，城市可持续发展效率相对最高（DEA 有效），并且在图 6-6 中这 4 个城市的连线构成了可持续发展效率的前沿面。

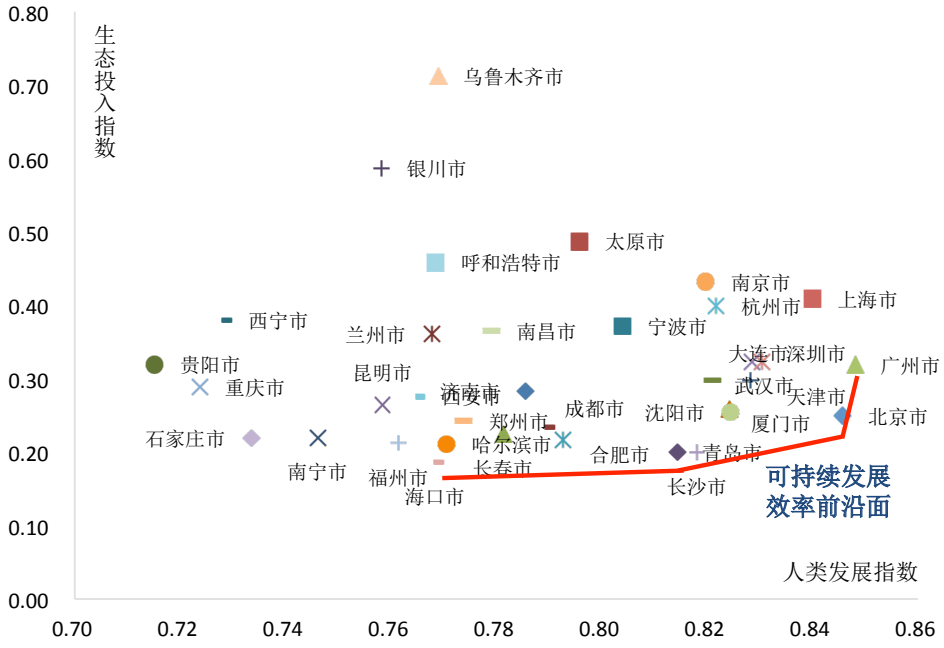


图 6-6 中国 35 个大中城市可持续发展效率 DEA 分析图

本章要点

7

本章论述了各类城市如何根据自身的发展需求，选择不同的发展道路。

主要结论：

- 西部城市提高城市可持续性的政策干预应重点关注减少生态投入，因为发达城市实现高人类发展指标往往是以牺牲环境为代价的。
- 发展中国家的城市在应对环境问题时，同时也需要应对贫困和人类发展问题。
- 中国城市具有不同特征，一些享有很高的人类发展水平，而另一些仍有很大的发展完善的空间。
- 城市应选择与其目前的发展水平相适应的可持续发展道路——必须降低过高的生态投入指数，但不可以牺牲人类发展水平为代价。
- 对消耗-发展效率和排放-发展效率的进一步分析能够使城市了解其未来的工作重点，即应该更多关注减少资源消耗，还是减少污染排放，或者两者同等重要。

第七章 中国35个大中城市可持续发展模式选择与改进路径

根据美国绿色思想家莱斯特.布朗的观点，B 模式的特征为低碳可再生能源和物质再生性利用，实质是要从追求快速增长转换为追求更好的发展，主要是要显著提高自然资源的生产效率；根据诸大建教授的观点，B 模式的许多思想和政策建议适用于发达国家的绿色转型，而 C 模式才是一种在自然资源与环境双重压力下，与发展中国家相适应的可持续发展模式，即在不超过人均生态投入的条件下，提高人类发展水平；结合中国城市实际，本书又提出了 D 模式和 S 模式，完善了可持续发展的模式。本章对中国 35 个大中城市的可持续发展模式的选择和改进进行了研究。

莱斯特.布朗的B模式倡导通过低碳可再生能源和物质的再生性利用，从追求快速发展转变为追求高质量的发展

C模式才是一种在自然资源与环境双重压力下，与发展中国家相适应的可持续发展模式，即在不超过人均生态投入的条件下，提高人类发展水平

7.1 中国35个大中城市可持续发展模式选择

中国从 1996 年开始就将可持续发展作为国家战略，在促进可持续发展的相关领域，如人口控制、节能减排、生态建设等方面，取得了一些成就，但是不可否认的是中国依然面临着复杂而严峻的多重挑战，在能源利用方面、经济增长方式方面都存在一些问题，同时在改善民生、缩小城乡发展差距等经济和社会文化建设方面也存在不足。本书分析了中国 35 个大中城市的可持续发展情况，并将这些城市进行归类，针对每一类城市给出了相应的可持续发展建议以指导城市未来发展。如图 7-1 所示。

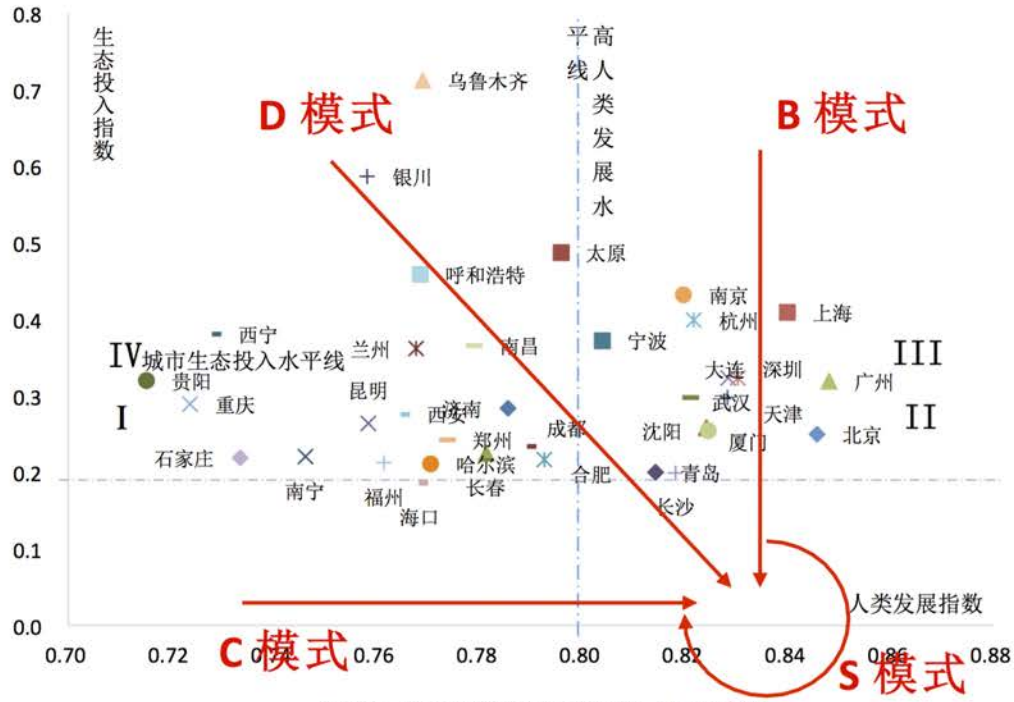


图 7-1 城市可持续发展分类与发展路径

在中国 35 个大中城市的分布图中加入高人类发展水平 HDI=0.8[①]和城市平均生态投入水平 0.316 两条参照线，将坐标系划分为四个区域，以区分城市发展的投入和产出水平。本书把中国 35 个大中城市分为 4 类：低投入低产出的 I 区，低投入高产出的 II 区，高投入高产出的III区和高投入低产出的Ⅳ区，针对每一区域城市的不同投入产出特点，给予不同的可持续发展路径建议，中国 35 个大中城市的可持续发展模式选择情况见表 7-1：

城市需要选择与其目前发展状况相适应的发展模式：扩容、优化、提质、提质+扩容

表 7-1 城市可持续发展模式和路径选择

区域	发展模式选择	城市
I 区	C 模式（扩容）	成都、重庆、西安、郑州、济南、长春、昆明、合肥、哈尔滨、福州、海口、石家庄、南宁
II 区	S 模式（优化）	北京、天津、武汉、青岛、厦门、沈阳、长沙
III 区	B 模式（提质）	广州、深圳、上海、杭州、南京、宁波、大连
Ⅳ区	D 模式（提质+扩容）	太原、南昌、兰州、贵阳、银川、西宁、呼和浩特、乌鲁木齐

① 联合国开发署界定，HDI 高于 0.8 属于高人类发展水平.

7.1.1 Ⅰ区域城市选择 C“扩容”模式

Ⅰ区中城市发展处于低投入低产出的状态，经济发展基本处于以生态消耗为代价的低水平发展阶段，经济发展质量不高，目前我国成都、重庆、西安、郑州等 13 个大中城市处于该区域，约占 37.14%，说明中国城市整体发展水平仍待进一步提高。

该类城市应通过有生态效率的精明增长来提高该区域城市人类发展，即应该在提高经济发展质量的前提下，实现扩大经济发展规模，保证经济社会发展速度跑赢生态投入的增长速度，逐步提高人类发展水平。因此这类城市应该选择继续人均生态投入水平与提高人类发展水平相对脱钩的城市发展 C 模式，在其改进路径的选择上选择扩容。

低生态投入和低人类发展水平的城市需要在提高经济发展质量的前提下，扩大经济发展规模，同时应对教育、健康等其他社会发展中的问题

7.1.2 Ⅱ区域城市选择 S“优化”模式

在Ⅱ区域，北京、天津、武汉、青岛等 7 个大中城市处于该区域，约占 20%，它们都处于低投入高产出的发展时期，是城市可持续发展的较为理想状态。其中北京、长沙处于可持续发展效率前沿面上，投入与产出的相对效率较高，其他 5 个城市的相对效率仍有提升的空间。

该区域中的城市应该选择追求城市稳态发展的 S 模式，在其不断追求高质量发展的改进路径上选择不断优化。虽然目前在Ⅱ区中的城市可持续发展水平较高，但与国外可持续发展程度较高的城市相比还有差距，该类城市应该在保证当前城市人类发展的前提下，减少生态投入，提高效率，通过控制物质规模和限制空间来实现城市绿色转型。另外，这些城市还需要对整个国家的可持续发展作出更进一步的贡献，它们必须保证维持较低的生态投入水平，但不是通过将高污染工业企业转移到中国的欠发达地区或者国外，从而将它们的污染向外输出到其他城市的结果的方法。

通过低生态投入实现高人类发展水平的城市需要优化其发展，同时这些城市还必须保证它们没有将污染转移到其他地区

7.1.3 Ⅲ区域城市选择 B“提质”模式

Ⅲ区域中的城市包括广州、深圳、上海、杭州等 7 个城市，其人类发展已经达到高人类发展水平，但是与此同时生态投入也超过了城市生态投入平均水平，是不可持续的发展方式，未来改进路径中可以采用 B 模式，即在保持经济社会发展水平的同时实现物质消耗减量化，在生态承载力边界内发展，也就是说在保

具有高人类发展水平和高生态投入的城市需要调整经济结构、提高能源利用效率，建立生态环境友好的绿色经济增长方式

持和提高人类发展指数不减少的情况下减少资源环境的消耗回到生态承载力范围内。可以通过经济结构转型，提高能源利用效率，建立生态环境友好的绿色经济增长方式，过渡到低投入高产出的可持续发展模式，促进自身的可持续发展。

一些城市投入了大量的生态资源、物质资源而并没有得到相应的经济回报和福利回报。这些城市需要考虑绿色发展模式，在改善人类发展水平的同时，提高环境质量

7.1.4 Ⅳ区域城市选择 D“提质+扩容”模式

在Ⅳ区域中有太原、南昌、兰州、贵阳等 8 个城市发展以高投入低产出为特点。城市投入了大量的生态资源、物质资源而并没有得到相应的经济回报和福利回报，显然这种投入产出模式是典型的不可持续发展的类型，处于一种低效率、低能力的一种发展陷阱状态。因此在该区域的城市应同时节约资源、节能减排和促进人类发展水平，走可持续发展的 D 模式，在改进路径上选择提质、扩容，不仅要提高城市经济发展的质量、优化产业结构，还要提高人类发展水平。

7.2 中国 35 个大中城市可持续发展改进路径

7.2.1 Ⅰ区城市改进路径

基于对各城市的消耗 - 发展效率以及排放 - 发展效率的分析，我们可以看出某城市应将重点放在减少资源消耗或是控制污染排放上

I 区城市的各个散点通过改进达到发展前沿面之后，需要继续沿发展前沿面运动到Ⅱ区，以求实现低投入高产出的可持续发展。考虑到 I 区城市，各自的人口、地理、经济情况各不相同，在向 II 区改进中，必须找到适合自身情况的发展道路。但是，考虑到 I 区城市发展所面临的共同特点：暂时处于中等人类发展水平，城市人类发展有待进一步提升，存在自然资源相对稀缺、环境压力不容乐观的发展瓶颈，整体采用 C 模式的改进路径，在保证城市人类发展的同时，力求生态投入的缓速增长。在采用 C 模式改进的城市发展过程中，要求资源环境消耗与经济社会增长相对地脱钩（所谓“精明增长”或“理性增长”）。

生态投入改进方面，可根据各城市的消耗-发展效率以及排放-发展效率来确定，见表 7-2。若消耗-发展效率或者排放-发展效率未达到 1，则应该进一步减少资源消耗或污染排放。以海口为例，其排放-发展效率为 1，但消耗-发展效率仅为 0.682，所以应当继续减少资源消耗；以福州为例，其消耗-发展效率为 1，但排放-发展效率仅为 0.606，所以应当努力减少污染排放；以合肥为例，其消耗-发展效率和排放-发展效率均未达到 1，所以应当同时节约资源、节能减排。

表 7-2 Ⅰ区城市消耗-发展效率及排放-发展效率

序号	城市	消耗-发展效率	排放-发展效率
1	海口	0.682	1.000
2	合肥	0.738	0.775
3	哈尔滨	0.990	0.624
4	福州	1.000	0.606
5	石家庄	0.860	0.622
6	南宁	0.803	0.640
7	长春	0.687	0.733
8	成都	0.660	0.729
9	郑州	0.667	0.634
10	昆明	0.686	0.526
11	西安	0.582	0.545
12	济南	0.448	0.716
13	重庆	0.469	0.589

人类发展指标改进方面，Ⅰ区中的城市都是暂时处于中等人类发展水平，城市人类发展指标有待进一步提升。在未来的可持续发展改进路径上，该类城市应通过有生态效率的精明增长来提高该区域城市人类发展水平，即应该在提高经济发展质量和提升福利的前提下，实现扩大经济发展规模。各城市应着力解决城乡区域发展差距和居民收入分配差距扩大、收入分配秩序不规范、非法收入以及部分群众生活比较困难等问题；进一步调整政府财政支出结构，着力发展基础教育，保证城市教育水平，并加大对贫困地区的教育经费投入；同时，应该健全社会医疗保险制度，深化医药制度改革，减轻个人卫生费用支出比例，并不断扩大政府医疗支出的比例。

Ⅰ区中的城市需要调整政府财政支出结构，着力发展基础教育，并加大对贫困地区的教育经费投入

7.2.2 Ⅱ区城市改进路径

城市生态投入和人类发展共同决定了城市发展过程中可持续发展效率。Ⅱ区的城市可持续发展改进路径——优化，参照前文所提追求城市稳态发展的 S 模式，在其不断追求高质量发展的改进路径上选择不断优化。该区域中的城市应首先优化城市生态投入，通过利用可再生能源、提升能效、走生态经济发展模式。然后在保持高福利水平和低投入水平的状态下，进一步优化可持续发展的空间和

路径。这个空间从两个方向来实现：以现有的福利水平降低投入、以不增长（负增长）或是较低增长的投入水平来获得更高的福利水平。优化的路径包括调整产业结构和生活消费需求，优化对能源的需求结构；推动科技进步，开发可再生能源，优化能源使用效率；实行消除贫困、消除地区差异的公共政策，努力扩大并提升全社会的医疗、社会保障、教育受惠面及程度，提升全社会的福利水平等。

生态投入改进方面，根据各城市的消耗-发展效率以及排放-发展效率来看（如表 7-3），目前北京的排放-发展效率和消耗-发展效率都为 1，已达到相对最优；长沙、沈阳的消耗-发展效率为 1，但排放-发展效率仍未达到最优，所以应当努力减少污染排放；青岛的排放-发展效率为 1，但消耗-发展效率仅为 0.729，所以应当继续减少资源消耗；其余各城市的消耗-发展效率和排放-发展效率均未达到 1，所以应当同时节约资源、节能减排。

II 区中的城市需要调整产业结构和生活消费需求，推动科技进步，开发可再生能源，优化能源效率，消除城市内和城乡间的贫富差异，并努力扩大社会福利覆盖面和福利水平

表 7-3 II 区城市消耗-发展效率及排放-发展效率

序号	城市	消耗-发展效率	排放-发展效率
1	北京	1.000	1.000
2	长沙	1.000	0.799
3	青岛	0.729	1.000
4	沈阳	1.000	0.618
5	厦门	0.733	0.744
6	天津	0.699	0.658
7	武汉	0.667	0.574

人类发展改进方面，II 区中的城市应追求最佳城市生态投入产出效率，在不断追求高质量发展的改进路径上不断优化，加大政府财政在教育方面投入的力度，持续增加政府财政在医疗方面的支出，合理调节收入分配。这要求协调多元利益主体的关系，包括城市政府和上级政府之间，政府部门、私人部门和民间社会组织之间的关系。城市政府可以通过诸如在政府的日常运行中承诺采用绿色政府采购，购买公共服务支持社区组织以及通过投资教育和卫生保健等行动促进可持续发展改进。

7.2.3 III 区城市改进路径

III区城市不考虑生态承载力边界对于城市经济社会系统发展的约束，即持续增加流量、不断扩大存量的消耗。然而这样的发展模式随着资源的不断消耗和生

态承载力逐渐超负荷，受到了严重挑战，因此城市发展应该转换模式，采用 B 模式，即提质。

按照布朗的理论，B 模式就是减物质化发展模式，表现为经济仍继续增长，而物质能源投入呈零增长甚至负增长趋势，经济发展和物质能源投入之间逐渐脱钩，继而达到强可持续发展的状态。B 模式在保持经济社会发展水平的同时实现物质消耗减量化，在生态承载力边界内发展，也就是说在保持和提高人类发展指数不减少的情况下减少资源环境的消耗回到生态承载力范围内，逐步实现物质消耗要求与经济社会增长的脱钩，通过经济结构的转型，在物质能源投入和环境压力零（负）增长的条件下完成城市经济的持续发展。

生态投入改进方面，根据该区城市的消耗-发展效率以及排放-发展效率来确定，见表 7-4。III区城市除广州、大连外，资源消耗和排放污染都较大，因此应更加重视节能减排，而大连排放效率低于消耗效率，说明大连减排的压力更大。具体来说，可分两大阶段：第一阶段：通过开发清洁能源、发展循环经济以及进一步调整产业结构等措施，实现生态投入的显著减少，大大提高生态投入效率，在此基础上促进经济的持续发展；第二阶段：进一步完善生态投入与经济发展的协调关系，逐渐实现经济与物质能源投入之间完全“脱钩”。

III 区中的城市需要开发清洁能源、发展循环经济以及进一步调整产业结构，从而实现从重工业向轻工业和服务业的转型

表 7-4 III区城市消耗-发展效率及排放-发展效率

序号	城市	消耗-发展效率	排放-发展效率
1	广州	1.000	1.000
2	大连	0.736	0.570
3	深圳	0.570	0.692
4	上海	0.527	0.632
5	宁波	0.486	0.430
6	杭州	0.351	0.626
7	南京	0.358	0.472

7.2.4 Ⅳ区城市改进路径

针对这一类城市本书建议采取 D 模式，城市的经济仍保持快速增长，资源消耗和污染先减速增长，然后再趋于稳定，最后在科技水平达到一定程度后大幅度地减少资源消耗和污染物的排放，不仅要提高城市经济发展的质量，优化产业

结构，而且还要停止一些低效率又损害经济健康发展的增长方式，即采取“扩容、提质”的措施，走城市可持续发展的 D 模式。

生态投入改进方面，根据各城市的消耗-发展效率及排放-发展效率（见表 7-5），该区城市在 35 个城市中排名相对落后，应当同时降低资源能耗，加大污染治理。其中，南昌市尤其应该减少资源消耗，而西宁更应该加强排放治理。

表 7-5 Ⅳ区城市消耗-发展效率及排放-发展效率

序号	城市	消耗-发展效率	排放-发展效率
1	贵阳	0.467	0.492
2	南昌	0.284	0.722
3	兰州	0.560	0.367
4	西宁	0.668	0.315
5	呼和浩特	0.389	0.309
6	太原	0.339	0.340
7	银川	0.246	0.276
8	乌鲁木齐	0.196	0.238

Ⅳ区中的城市需要进一步发展经济。然而，这些城市也需要考虑发展教育和医疗，更好地优化产业和经济结构、完善发展模式

人类发展水平改进方面，Ⅳ区中的城市应在现有水平下向更高的水平发展，采取产业结构优化、产业布局优化、经济结构转型和转变发展方式等途径来实现城市发展的优化。

本章要点

8

本章将从联合国成员国通过的可持续发展目标的角度讨论可持续城镇化，指出中国城市需要采取的相应的转型措施。

主要结论：

- 城市既是生态环境破坏的主要原因也是解决不可持续发展问题的关键。
- 纽约的可持续城市规划 PlaNYC 和 One New York 计划，以及洛杉矶的可持续城市 pLAn 计划涉及许多相同的领域，例如改善公共交通、建筑能源效率、空气和水质、减少垃圾、增加绿地面积。
- 人均 GDP 和人类发展指数排名的高低并不是发展好坏的唯一标准——城市需要考虑对自然资源的消耗和对环境的负面影响。
- 绿色转型需要发展能够有效地提高资源生产率的各种技术创新，同时政府和其他利益相关者促进绿色转型的制度创新。
- 城市的绿色转型可以采用四种不同的策略：三种是物质生产的转型，一种是建立支持这种转型的制度环境。
    - “过程创新”，例如以更高效的方式制造产品。
    - “产品创新”，即用更少的投入生产同样的或同价值的产品。
    - “产品替代”，即向社会提供用途相同但种类不同的产品或服务。
    - “系统创新”，革新社会系统，追求结构和组织的变革。

- 在目前的政策背景下，中国城市应当采取的行动步骤：
    - 大规模地增加城市在籍户口登记的人数
    - 协调土地城镇化与人口城镇化的速率，避免“鬼城”和过度扩张的现象。
    - 建立多元融资渠道，逐渐替代土地财政，用于支持地方财政。
    - 加强制度性合作：不同层级政府之间的合作、政府和私营部门的合作、政府和社会组织的合作。

下篇

专题篇

下篇 专题篇

第八章 世界城市可持续发展趋势及动态

8.1 联合国后 2015 城市可持续发展战略

2000 年的联合国首脑会议上，189 个国家共同签署了《联合国千年宣言》，提出千年发展目标（MDG），为全球社会、经济和生态环境的可持续发展制定了行动纲领。2015 年是千年发展目标的“考核年”，也是新一轮联合国发展目标的“诞生年”。过去 15 年中，全世界在减少极端贫困等重要目标领域已经取得了长足进步，但仍然有很多领域的进展不尽如人意，特别是环境可持续性方面，人类活动对生态系统负面影响正以前所未有的速度凸显，例如生物多样性损失，全球气候变化加剧，以及雾霾、水污染、土壤污染等传统环境问题在发展中国家的暴发。

经济、环境、社会和治理四位一体的可持续发展有望成为联合国后 2015 发展框架的核心，而城市在四位一体的可持续发展框架中又扮演着举足轻重的作用。联合国秘书长潘基文召集的“后 2015 发展议程”高层工作会议（high-level panel on post-2015 development agenda）于 2013 年 3 月发布了题为《新型全球伙伴关系：通过可持续发展消除贫困经济转型》的报告[①]指出，城市是决定后 2015 可持续发展成败的主战场。

经济、环境、社会和治理四位一体的可持续发展有望成为联合国后 2015 发展框架的核心，而城市在四位一体的可持续发展框架中又扮演着举足轻重的作用

8.1.1 后 2015 城市可持续发展中的重要性

（1）全球城市人口不断攀升，城市化率将继续增加

至 2014 年，全球大约有 54%的人口居住在城市。根据联合国的预测，主要来自发展中国家的大规模城市化将继续推高全球城市化水平。到 2050 年，全球人口预计将达到 97 亿人，而全球城市化率预计可达 66%。换句话说，届时将有超过 60 亿人居住在城市。这意味着与当前的城市化水平相比，全球城市人口到

① 联合国《新型全球伙伴关系：通过可持续发展消除贫困经济转型》
http://www.post2015hlp.org/wp-content/uploads/2013/05/UN-Report.pdf.

本世纪中期还将增加 25 亿到 30 亿人。而按照目前城市数量增长的趋势，到 2050 年大于 10 万人的城市数量有可能增长到目前的 3 倍。

（2）不可持续的城市生产和生活方式是导致生态环境破坏的主因

城市的能源消耗占全球能源消耗的 60%至 80%，产生的碳排放量占全球碳排放量的 75%。城市是资源的主要消费者，一方面因为城市容纳的人口数量巨大，另一方面因为城市经常是工业生产中心。城市面积仅占全球土地面积的 3%，然而城市消耗的资源远超出其边界。城市用地、交通运输、建筑和其他基础设施都对环境和城市的可居住性有长期影响。而城市的发展道路一旦选定就具有延续性，现在对城市发展的选择将对城市居民和总体环境带来长期影响。

（3）城市可持续发展面临巨大机遇和挑战

据估计，到 2030 年待建城市占地规模相当于目前城市占地的 60%，这既是城市可持续发展的机遇，同时也是挑战。今天的城市管理者和城市设计者为城市选定的空间布局、基础设施、经济政策和社会治理方式，将在今后很长时间里决定全球可持续发展的水平。而就目前的情况来看，大多数国家都没有做好应对城市人口大幅增长以及由此导致的经济结构变化的准备。特别是在许多发展中国家，由于缺乏合理规划和资金投入，城市化过程中出现了贫民窟不断扩大，基础设施不完善，环境危害和气候风险不断增加的现象。

（4）城市本身就是推动变革的平台

城市聚集了大量人才、智慧和资本。这些创新要素在城市中聚集，通过不断的技术创新解决人类面临的重要挑战，并在城市中得到广阔的应用空间。例如，绿色能源技术促进碳排放削减；先进污染治理技术以更加成本有效的方式解决传统环境问题；低碳交通技术使人们的出行更加安全、便捷的同时，带来更少的环境影响。城市是刺激全球经济、创造就业岗位和激发技术创新的动力所在。

8.1.2 后 2015 城市可持续发展框架的形成

近年来，联合国通过各类报告为后 2015 的城市可持续发展描绘了框架。

联合国人居署在 2012 年提出了促进城市环境可持续性、社会包容性和经济生产力与韧性的目标体系：1）制定有利于增强国家凝聚力和城乡统筹的国家城

市政策；2）减缓城市占地扩张速度；3）在城市设计中广泛采用公共空间；4）不断减少居住于平民窟的人口；5）城市居民享有参与地方选举的权利；6）减少城市犯罪率；7）制定城市就业政策，特别关注青年和女性就业；8）减少通勤时间、降低交通成本，提升公共交通，鼓励非机动车出行，减少交通事故死亡；9）城市建筑采用可再生能源，废物回收，提高能源效率；10）提供普遍的供水服务，减少未经处理的废物废水排放；11）制定有利于加强城市韧性的政策和规划。

联合国可持续发展行动网络[①]（Sustainable development solutions network, SDSN）于 2013 年 6 月发布了题为《可持续发展行动议程》（Action Agenda for Sustainable Development）的报告。报告梳理了当前人类社会可持续发展的 10 项重要挑战[②]，并针对这些挑战提出了相应的可持续发展目标体系。这一报告可以看作是对联合国确定后 2015 发展目标的一份预案和倡议。

在随后的 2014 年，联合国再次召集工作小组，在该报告的基础上进行修订和拓展，确定了 17 类可持续发展目标。其中目标 11 专门针对城市发展，指出未来城市发展的总体方向是“包容、安全、韧性和可持续”（inclusive, safe, resilient and sustainable）。

在城市发展总目标下，该报告设定了到 2030 年前力争实现的如下 7 个子目标：

（1） 保证所有城市居民都能获得充足、安全和经济上可负担的住房和基本服务，对贫民窟进行升级改造。

（2） 为所有城市居民提供安全、经济上可负担、具有良好通达性和可持续的交通系统，改善道路安全，重点扩展公共交通系统，关注妇女、儿童、残疾人和老年人等弱势群体的出行需求。

（3） 通过在所有国家推广参与式的、综合的、可持续的人居环境规划与管理，提高城市化的包容性和可持续性。

2015 年 9 月 25 日，联合国成员国通过了 17 项可持续发展目标，设定了到 2030 年的发展规划。其中目标 11 专门针对城市发展，指出未来城市发展的总体方向是“包容、安全、韧性和可持续”

① 联合国可持续发展行动网络成立于 2012 年，是联合国秘书长潘基文推动可持续发展的倡议行动之一。

② 这 10 项重要挑战分别是：消除包括饥饿在内的极端贫困；在地球极限范围内实现发展；为所有儿童和青年人提供有效学习，保障其生活与生计；实现所有人的性别平等、社会包容和人权；实现所有年龄阶段人群的健康和福利；改善农业体系、促进农村繁荣发展；创建具有包容性和可塑性的城市；遏制人为气候变化，确保所有人获得清洁能源；保障生态系统服务、生物多样性和水资源及其他自然资源的良好管理；为可持续发展转变治理模式。

（4） 加强保护全球文化遗产和自然遗产的力度

（5） 显著减少因自然灾害死亡和受影响的人数，特别关注保护贫困人口和脆弱人群

（6）减少城市的人均负面环境影响，特别关注空气质量和城市废物管理

（7）提供普遍的安全、包容、可通达、绿色的公共空间，特别是为妇女、儿童、老人和残疾人。

8.2 国外部分城市可持续发展行动计划

不少发达国家的城市已经行动起来，制定了以可持续发展为导向的新一轮城市规划，涉及城市空间规划、基础设施、环境治理、社会治理等方方面面。以下简要介绍纽约和洛杉矶具有代表性的城市可持续发展行动计划。

8.2.1 纽约城市规划 PlaNYC

纽约的可持续发展规划关注交通、能源、供水、环境质量、城市空间、住房、医疗、灾害应对等十余个领域

纽约在推进可持续发展方面可谓雄心勃勃。2007 年纽约启动了新一轮城市规划 PlaNYC[①]。规划宣称，到 2030 年要将纽约建设成为世界上第一个可持续发展城市。为了实现这一目标，该规划提出了 127 项措施，将可持续性的理念全面融入城市发展政策的制定中。

纽约强调以公共交通为导向的住房发展策略，提高房屋建筑标准，从而更好地应对极端天气

继可持续发展规划之后，纽约又于 2013 年 6 月出台了题为《更强壮、更具韧性的纽约》（“A Stronger, More Resilient New York”）的韧性城市规划[②]。这两项综合规划是纽约市实现可持续发展、增强城市应对气候变化适应性的两大支柱。为指导规划实施，纽约市政府先后成立了可持续发展市长办公室（Mayor’s Office of Sustainability）和韧性城市市长办公室（Mayor’s Office of Recovery & Resiliency），每年发布进展报告，总结过去一年中，纽约市在交通、能源、供水、环境质量、城市空间、住房、医疗、灾害应对等十余个领域的最新进展和所取得的成绩。

可持续发展规划主要内容如下。

---

① 纽约市政府.《A Greener, Greater New York》，参见：http://www.nyc.gov/html/planyc/html/home/home.shtml

② 纽约市政府. A Stronger, More Resilient New York,参见：http://www.nyc.gov/html/sirr/html/report/report.shtml

（1）住房

规划预计到 2030 年纽约市人口将增长 100 万人，为满足新增人口住房需求，规划强调以公共交通为导向的住房发展策略，通过重新区划、利用公共土地新建住宅、定向供应的保障房项目等手段为新增市民提供可负担、可持续的住房。高房屋建筑标准，从而更好地应对极端天气。规划提出到 2030 年比 2007 年新增 31.4 万套住房，并且 70%以上的新增住宅位于公共交通站点 0.5 英里以内区域；保障房总数 16.5 万套。

到 2030 年，要让每个纽约市民从居住地步行 10 分钟内就能到达一个公园

（2）城市开阔空间

规划提出到 2030 年，让每个纽约市民从住地出发步行 10 分钟内就能到达一个公园。为实现这一目标，首先要充分利用现有休闲游憩场所，如学校操场等，供更多市民使用；其次，延长活动场所使用时间，拓展使用功能，如增加夜间照明等；重新审视公共空间，为每个社区建设公共广场。开展“百万植树计划”（Million Trees Initiative），到 2030 年累计植树 100 万棵。

在纽约，改善社区的设计和绿色基础设施有助于减少暴雨径流的影响和可能产生的污染

（3）城市棕地治理

清理所有城市棕地①，建立专职部门负责城市棕地治理，通过减免税收、提供资金等方式支持棕地治理项目，建立棕地历史使用数据信息库，重新利用棕地资源，缓解城市土地紧张。

（4）水资源规划

更新城市供水设施，开展防洪排水设施建设的“蓝带工程”（Bluebelt Program），采用“最佳管理实践”（Best Management Practices, BMP）解决城市暴雨径流问题；加强饮用水处理，确保饮用水安全，寻找并评估城市新水源，应对不断增长的城市淡水需求。

改善交通服务和非机动车交通可以增加市民出行的方便度，改善空气质量，并减少温室气体排放

（5）交通

在拥堵地段扩建交通基础设施，推广快速公交线，为高载客量车辆提供专用通道，鼓励使用自行车通勤，建设自行车专用通道，提倡低碳可持续的出行方式。

① 棕地（Brownfield）指那些受到工业污染而被废弃的土地。

（6）能源

规划提出通过需求管理和清洁能源替代实现能源系统的可持续性；修订建筑能耗规范，成立能源效率机构，监督纽约市能源使用，引导节能减排；更新老旧的发电厂、传输线缆，提高能源生产效率；推广天然气使用，减少能源碳排放量，实现单位发电量碳排放强度绝对值下降。到 2030 年碳排放总量比 2007 年降低 30% 。

纽约积极推动有机堆肥、增加电子和纺织品的再利用、减少塑料袋的使用量，并实现学校“零垃圾”目标

（7）空气质量

规划提出到 2030 年使纽约市成为“全美空气最清洁城市”的目标，PM2.5 三年平均浓度在所有美国大城市中最低。为此规划提出了减少机动车尾气排放，推广清洁能源，改善城市绿化等一系列措施。

（8）固体废弃物处理

制定纽约固体废弃物管理计划（Solid Waste Management Plan, SWMP），推行垃圾减量化，以海上处理场替代传统土地填埋，作为综合城市规划的一部分，城市积极推动有机堆肥、增加电子和纺织品的再利用、减少塑料袋的使用量，并实现学校“零垃圾”目标。城市计划在 2030 年以前实现商业垃圾量减少 90%的目标

洛杉矶于 2015 年 4 月公布了该市历史上首个可持续发展计划

8.2.2 洛杉矶可持续城市规划 pLAn

2015 年 4 月，洛杉矶公布了该市历史上首个可持续发展计划[①]：“Sustainable City pLAn”。计划由环境、经济和公平三大板块组成（Environment, Economy, and Equity），共制订了 14 个重点领域可持续发展的短期和长期目标，以及具体措施和实现途径。

洛杉矶在推进可持续发展方面有诸多优势。首先，洛杉矶在可持续发展的许多方面处于领先地位，例如洛杉矶是全美太阳能发电数量最多的城市，在全美百万人口以上城市中水资源利用效率最高、资源回收率最高，同时也是拥有建筑能效标识最多的城市。其次，依托硅谷的高科技产业，洛杉矶拥有数量不断增长的

① 洛杉矶市政府.可持续城市规划.http://plan.lamayor.org/media

绿色产业工作机会，能够为可持续发展的技术创新提供源源不断的动力。但是另一方面，洛杉矶的环境质量并不理想。早在 20 世纪 40 年代发生在洛杉矶的严重雾霾事件，就使洛杉矶早早地背上了美国“烟雾之都”的恶名。虽然洛杉矶与空气污染进行了长达 70 多年的斗争，但时至今日，洛杉矶空气质量仍不理想。根据美国肺脏协会最新发布的美国年度空气质量报告，2015 年洛杉矶臭氧污染水平位居全美各大城市之首，而颗粒物污染位列第 5[①]。洛杉矶改善环境质量的任务依然十分艰巨。

洛杉矶希望通过水资源的循环利用、雨水收集和节水计划，提高其自身供水的可持续性

针对这些优势和劣势，洛杉矶制订了细致的可持续发展计划，为了避免目标成为束之高阁的美丽数字，使计划目标更具可达性，设定了三个实现目标的时间节点，即 2017 年，2025 年和 2035 年。规划提出的主要中远期目标如下：

水资源：持续干旱在加州日益频繁，水资源可持续发展的首要目标是实现更大程度的水源自给，这样才能加强城市对持续干旱的应对能力。计划提出到 2025 年减少 50%的外部调水，到 2035 年水资源自给率达到 50%。节水方面，到 2025 年人均用水量较 2014 年降低 22.5%，到 2035 年降低 25%。

洛杉矶希望在 2030 年实现可再生能源比重达到 50% 的目标，将太阳能光伏装机容量从 2014 年的 132MW，提高至 2035 年的 1500-1800MW

太阳能：洛杉矶将太阳能光伏发电作为发展清洁能源的主要方向，计划到 2025 年将光伏装机容量从 2014 年的 132MW，提高至 900-1500MW，到 2035 年提高至 1500-1800MW。与此同时，大幅增加储能能力，到 2025 年建成 1654-1750MW 储能设施。

建筑能效：建筑是城市最大的电力用户，提高建筑的能源效率是最具成本有效性的节能减排方式。计划提出到 2025 年，将每平方英尺建筑面积平均能耗降低 20%，到 2035 年降低 30%。

碳排放与应对气候变化：逐步减少煤电，扩大可再生能源份额，制定低碳能源路线图，力争到 2030 年可再生能源电力供应比重达到 50%，大幅削减碳排放，2025 年碳排放总量比 1990 年水平降低 45%，2035 年降低 60%；单位 GDP 排放强度 2025 年比 2009 年水平降低 55%，2035 年降低 75%。

废弃物：大幅减少进入填埋场的垃圾数量，到 2025 年垃圾回收利用率达到 90%，2035 年达到 95%，其中本地直接回用率分别达到 25%和 50%。

① 美国肺脏协会.空气质量数据库.http://stateoftheair.org/

洛杉矶正在大力发展低碳交通，包括交通换乘、自行车、电动车、汽车共享和步行，并将社区交通事故的死亡率减少至零

空气质量：机动车尾气是洛杉矶最主要的大气污染源，改善空气质量需从源头控制做起。2014 年电动汽车仅占洛杉矶市机动车总量的 0.06%，计划提出到 2025 年将这一比重提高到 10%，2035 年提高到 25%，落实清洁货车计划、货船减速计划、空气质量改善激励计划等一系列措施。

住房：预计未来 20 年内，洛杉矶人口将增长 50 万，为满足新增人口住房需求，到 2035 年将累计新建 27.5 万套住房，其中 65%的新建住房距离轨道交通 1500 英尺以内。

交通：大力发展公共交通，提高低碳出行比例。到 2025 年每日人均驾车里程数比 2012 年下降 5%，到 2035 年下降 10%；与此同时，步行、骑车和轨道交通等出行方式比重到 2025 年提高至 35%，2035 年提高至 50%。鼓励交通工具共享，私家车和自行车共享出行到 2035 年比重占 5%。

就业：发展绿色就业，增加绿色投资。到 2025 年创造 7.25 万个绿色产业新增就业岗位，到 2035 年新增 15 万个绿色就业岗位；而绿色产业累计投资分别达到 7.5 亿美元和 20 亿美元。

应对能力与韧性：提升城市应对各类自然灾害的能力，如大地震、森林火灾、持续热浪、海平面上升等。城市和乡村平均温差目前为 5.58 华氏度，2025 年将温差降低 1.7 华氏度，2035 年降低 3 华氏度。制定周密的应对气候变化和自然灾害的预案。

环境公平：到 2025 年将中心城区儿童呼吸道疾病急诊数量降低至每千人每年 14 人次，2035 年降低至每千人每年 8 人次。到 2035 年保证所有低收入人群居住地 0.5 英里范围内都能购买到新鲜的食品。

城市生态系统：到 2025 年保证 65%的居民居住在离公园 0.5 英里范围内，到 2035 年将这一比例提高至 75%。增加城市中农业种植点的数量，2013 年洛杉矶市内约有 500 处农业种植点，到 2025 年将数量增加 25%，到 2035 年增加 50%。

宜居社区：确保社区中行人和骑车人的安全，将社区交通事故死亡率降至 0；在公共空间组织更多社区活动，增强社区居民之间的联系；支持社区志愿者服务，如植树、环境教育等。

政府示范：洛杉矶市政府自身将在推进可持续发展中起到示范作用，计划提出到 2025 年市政府购买的所有轻型机动车中有 80%是零排放的电动汽车，并大幅降低政府部门运行导致的二氧化碳排放量，提高能源效率和用水效率。

8.3 中国城市可持续发展动态与趋势

自中共“十八大”以来，“五位一体”的战略构想为我国城市可持续发展增添了新的元素。然而在强调“生态文明建设”的过程中，我国城市化或城市转型过程中存在的问题是什么？如何做？这是我国未来城市可持续发展过程中必须面对和亟待解决的。接下来，我们重点从三个方面剖析中国城市可持续发展转型的问题及对策。

人均 GDP 和人类发展指数排名的高低并不是发展好坏的唯一标准——城市需要考虑对自然资源的消耗和对环境的负面影响

8.3.1 “五位一体”是可持续发展的中国化版本①

“十八大”提出的“五位一体”（经济建设、政治建设、文化建设、社会建设、生态文明建设），表明我国可持续发展的战略目标在不断拓展和细化。其中，“生态文明建设”从价值定位到战略目标，从行动领域到制度保障，都富有创新性和系统性。

在价值定位方面，把生态文明建设纳入“五位一体”的总布局，强调了生态文明与其他四个文明的关系。“五位一体”的布局，使得我国可持续发展的战略布局不断得到深化，而且要素之间的逻辑性和系统性不断增强，从而为实现中国发展模式的绿色转型奠定了基础。**在战略目标方面**，对应于中国特色社会主义建设的中长期经济、社会和生态环境的协同发展战略。**在行动方面**，针对中国当前资源约束趋紧、环境污染严重、生态系统退化的严峻形势，“五位一体”战略构想明确了建设美丽中国的生态文明关键领域。例如，在生态文明的背景下，科技创新应该更多地强调资源节约、环境友好的创新，而不是节约劳动、与人不友好的创新；中国的产业转型应该包含从不可持续的“褐色产业”转向可持续性的绿色产业等。**在制度保障方面**，“五位一体”战略构想强调了生态文明中建设行动要与制度安排相匹配，后者为前者提供保障和激励。

中国当前的城市化是沿着生态足迹增大的传统路径演进的

① 诸大建：实现中国发展模式的绿色转型,解放日报 2012.11.20.

http://news.tongji.edu.cn/classid-16-newsid-37289-t-show.html.

8.3.2 中国城市绿色转型的目标与策略

过去 30 多年来，以土地扩张为导向的粗放型城市化，导致了中国经济社会发展与资源环境消耗之间的尖锐矛盾[①]。中国城市的绿色转型需分别考虑绿色创新在提高资源生产率及提高城市绿色发展水平中的作用。

（1）城市发展的绿色目标[②]

未来 20-30 年，中国城市应该争取通过绿色创新走上可持续发展的城市化道路，实现高经济增长、高人类发展、低环境影响等目标。

研究中国城市的绿色转型，首先需要研究中国城市发展中经济社会发展与资源环境消耗的关系，了解资源生产率的水平。由此进一步判断城市绿色发展的趋势，展望未来可能的发展情景以及目标模式。

那么，如何判断中国城市绿色发展的未来趋势？人们通常认为，城市人均 GDP 或者人类发展指数高的城市，就是发展较好的城市。但从可持续发展的视角看城市发展绩效，在考量城市经济社会发展水平的同时，还要看城市资源环境等自然资本的消耗情况。

（2）绿色转型的策略

绿色转型需要发展能够有效地提高资源生产率的各种技术创新，同时政府和其他利益相关者促进绿色转型的制度创新

绿色转型需要发展空间集约城市，避免城市面积随意扩展和土地资源消耗

中国当前的城市化是沿着生态足迹增大的传统路径演进的，微观技术上的进步可能形成逐步改善，但并不一定能有效地促使城市发展走上可持续发展的绿色道路。针对这些情况，中国城市转型应充分考虑以下几个方面：

第一，绿色转型需要区分不同城市类型。

如果说传统的城市发展采取的是物质规模与空间无限扩张的发展战略的话，那么城市绿色转型就是要实现物质规模与空间有节制的城市发展模式。

第二，绿色转型需要强调城市系统创新。

---

① 诸大建.中国城市如何实现绿色转型. 解放日报. 2013.10.06

http://newspaper.jfdaily.com/jfrb/html/2013-10/06/content_1098757.htm

② 诸大建,刘淑妍.基于生态限制模型的中国可持续发展的政策创新研究.上海商学院学报,2013

（14）:7-14

系统的城市绿色创新要注意两个方面：发展能够有效地提高资源生产率的各种技术创新；政府和其他利益相关者有促进绿色转型的制度创新。

中国城市的经济社会发展要大幅度提高资源生产率，必须更多地关注产品替代和系统创新这两种结构性的改进方式。

第三，绿色转型需要发展空间集约城市。

我国的城市发展需要与空间占用和土地消耗脱钩，要从外延扩张的城市变成集约紧凑的城市。既要注重中国东部的城市化发展，又要注重发展城市集群，不仅要注重维护城市生态系统，而且还要注重城市的功能集成。

第四，绿色转型需要发展广义服务经济。

中国城市转型不仅应该发展基于人工劳动的服务经济（狭义的第三产业），而且应该发展基于物质产品的服务经济以及基于生态功能的服务经济。其中，经济增长提供基于物质产品的服务，社会福利提供基于人工劳动的服务，自然保护提供基于生态功能的服务。

中国城市转型不仅应该发展基于人工劳动的服务经济，而且应该发展基于物质产品的服务经济以及基于生态功能的服务经济

（3）城市绿色转型的四个阶段

第一阶段是“过程创新”，即更合理地生产同一种产品。例如，原材料的变更和钢的连续浇铸，或者说采用更清洁的生产技术。

第二阶段是“产品创新”，即用更少的投入生产同样的或同价值的产品。例如，用轻便型小汽车取代传统型小汽车。

第三阶段是“产品替代”，这一阶段是产品概念的变革和功能开发，即向社会提供用途相同但种类不同的产品或服务。例如，从用纸交流变更为采用 E-mail。

第四阶段是“系统创新”，这一阶段是革新社会系统，追求结构和组织的变革。例如，租用而不是购买冲浪板。

上述情况中，前两种方式属于一般性的技术改进，后两种方式属于系统性的结构改进。

中国极大地增加了城市户籍人口、提供平等享用城市公共服务的机会

8.3.3 中国城市绿色转型需要解决的重点问题及对策[①]

如果说过去 30 年的经济高增长是中国给世界带来的一个惊奇，可以预料未来 20-30 年的中国城市转型会给世界带来新的惊奇。中国城市绿色转型急需重点解决人、地、钱、治理四个主要问题的挑战。

（1）增加人口城市化及解决对策

增加城市户籍人口或者享受城市公共服务的人口，针对性的政策是户籍制度与常住人口居住时间挂钩。

改革开放 30 多年来，中国的城市化导致两者之间的差距拉大，形成了规模巨大的第三种人口即非城非农人口。新型城镇化的首要目的，是要消除两者之间的差距，扭转当前城市化建城多进人少的倾向。按照国家新型城镇化的规划，到 2020 年，常住人口城市化率要达到 60%，户籍人口城市化率要达到 45%，两者之间的差值减少到 15%，享受城市公共服务的人口将增加 1 亿-1.3 亿。

中国极大地增加了城市户籍人口、提供平等享用城市公共服务的机会

从长远看，中国到 2030-2045 年，实现 70%左右的城市化，则需要有 3 亿-4 亿增量人口进城。所以高层提出的战略设想是三个一亿进城，到 2020 年先解决 1 亿人口户籍问题。

重点问题在于，在大城市、特大城市将户籍制度与常住人口的居住时间挂起钩来，政府政策与人口市场化走向之间存在着矛盾，户籍开放的中小城市农民工常常不愿意去，而农民工愿意去的大城市户籍制度仍然处于控制之中。

（2）减少城市土地资源投入及解决对策

减少城市增长的土地消耗和主要资源环境的消耗，针对性的政策是城市建设用地与常住人口实际数目挂钩。

过去多年来、特别是 1990 年代中期以来，中国的城市化具有土地城市化大于人口城市化的特征，许多城市土地年消耗速度对于人口年进城速度的弹性系数大于 2，即前者是后者的 2 倍，导致了许多“鬼城”和“空城”的出现。

按照人均建设用地 100 平方米计算，到 2030 年中国 10 亿人口进城的建设用地规模最大是 10 万平方公里。但是有数据表明，截至目前的新城新区规划用地

① 诸大建.新型城镇化的“加减乘除”.新民晚报, 2014.12.27
http://xmwb.xinmin.cn/html/2014-12/27/content_2_1.htm

规模已经占到 6 万多平方公里，加上现有建成区面积 4 万多平方公里，整个建设用地已经大大超过了 10 亿人的建设用地总量。即使高效率的上海，当前常住人口 2400 万，建设用地也已经接近 3000 平方公里政策极限，透支了 600 平方公里土地。

因此，城市绿色转型的重要任务，就是采取城市建设用地与常住人口实际数目挂钩的政策，扭转土地城市化大于人口城市化的趋势。

多元资金渠道应逐渐替代土地财政，支持地方财政

（3）改革城市土地财政问题及对策

开辟可以逐渐替代土地财政的多元资金渠道，针对性的政策是改革中央与地方收支关系，使得转移支付与城市常住人口规模挂钩。

过去多年来，城市化的财源很大程度来自土地批租。目前土地财政比重占地方财政收入的比重已经大大超过 50%，每年有 3 万亿元左右。土地财政在推进中国城市化发展中起到了很大作用，但它不能够进一步作为中国城市绿色转型的金融支撑，而且这以财政制度正在导致越来越多的问题。据国家发改委、中国社科院等机构计算，每个农民城市化的财政成本是 10 万元-13 万元左右，未来增量城市化 4 亿人，至少需要 40 万亿元-50 万亿元资金支持。

中国城市实现绿色转型要解决土地财政问题，需要建立新的多元化的资金保障体系。目前提出的改革方案强调转移支付要与城市常住人口挂钩，同时要开辟新的资金来源，包括允许地方发行债券、基础设施建设采取公私合作模式、征收房地产税等。

治理权利需要在城市发展利益相关者之间进行共享

中国城市转型发展的资金来源需要区分增量来源和存量来源两个方面，过去 30 年是依赖增量来源的土地财政，今后 30 年可以转向存量来源的物业税和不动产税等，但是其间需要有一个增量和存量同时起作用的过程。增量解决新的建设项目，存量解决现有的公共服务与基础设施维护等。不过应该看到的是用多元资金替代土地财政不是一蹴而就的，中国城市化进程却在以每年一个百分点的速度前行，将会出现一个土地财政和其他资金渠道共同推进的过渡时期。

（4）转变城市政府职能及对策

政府权利需要在城市发展利益相关者之间进行共享，针对性的政策是城市发展政绩考核应该与政府的公共服务均等化挂钩。

相对于以往城市化的自上而下模式，当前中国城市的绿色转型不可能马上进入自下而上模式，基于中国城市发展的路径以来，中国城市未来 20 年的转型之路将走一条政府主导的利益相关者治理道路。

从可持续发展的 PSR 模式即压力—状态—响应关系，分析中国城市化转型的因果关系，可以看到人口与土地是第一层面的状态问题（State）；资金来源是第二层面的驱动力问题（Pressure）；城市利益相关者之间的合作治理是第三层面具有根本性意义的体制机制问题（Response）。

要从根本上解决中国城市绿色转型中面临的的人口、土地、资金与政府改革等问题，需要从三个方面推进城市转型的治理变革。一是政府层面的合作，包括纵向上中央与地方政府的合作和横向上城市政府与政府间以及政府内部不同部门之间的合作；二是政府与私人部门之间的合作，例如通过公私合作伙伴关系即 PPP 模式解决城市发展急需的基础设施和公共服务等问题；三是公众与社会组织介入新型城市化进程，预防和减少政府规制下经常出现的各种负面问题。

以上四个方面的问题将贯穿于中国城市未来转型发展的整个进程，如果能够得到攻坚、得到解决，相对于过去 30 年中国经济高增长给世界带来的已有的惊奇，未来 20-30 年的中国城市转型发展将会给世界带来新的惊奇。

本章要点

9

本章运用中国城市温室气体核算工具对北京、天津、上海和重庆四个直辖市的碳排放进行核算。

主要结论：

- 城市温室气体排放从高到低为上海、重庆、天津和北京。上海的排放量是北京的两倍以上。
- 上海的单位 GDP 排放量低于重庆和天津。北京的单位 GDP 排放量最低。
- 天津的人均排放量最高，随后的顺序依次是上海、重庆和北京。
- 北京的排放量尤其低，一方面是因为产业结构转型，一方面是因为北京大量的电力源于天津，不计入北京的排放量，还有一方面是因为北京在减排方面作了巨大努力，是全国首批建立碳排放权交易试点的城市。
- 所有城市中，居民排放量只占整体排放量的一小部分。第二产业，尤其是制造业，是所有四个城市的主要排放源。
- 石油化工制造业、装备制造业、非金属矿物制造业，金属制造业是工业部门的主要排放源。
- 政府可以通过支持技术升级、清洁和混合能源和循环利用来减少排放。

第九章　北上津渝四直辖市二氧化碳排放核算及绩效评估

城市温室气体排放量的核算不仅可以从整体上把握城市温室气体排放的基本水平和趋势，并追踪各城市的主要排放源，为管理层对于城市低碳发展的规划和评估提供一定的参考信息；还有利于促进国家温室气体的统计及核算体系的建立和进一步完善。并进行国际比较。此外，城市温室气体核算结果不仅是制定城市低碳规划的基石，也是评估低碳政策有效性的标尺，是低碳规划不可或缺的核心要素。本专题立足北京，上海、天津、重庆四个直辖市能源活动中的化石燃料活动水平数据[①]，首先运用工具对城市二氧化碳排放进行核算，并以此为基础，结合 HDI 指数及城市基本指标对城市二氧化碳排放强度作了绩效评估。

城市温室气体排放量的核算不仅可以从整体上把握城市温室气体排放的基本水平和趋势，追踪各城市的主要排放源，而且可以为管理层对于城市低碳发展的规划和评估提供一定的参考信息

9.1 城市碳排放核算方法及数据来源

城市温室气体核算包括以下三个主要步骤：①确定核算边界，并据此区分“直接排放”和“间接排放”；②确定需要核算的温室气体排放源和种类，确定计算方法；3根据计算方法的需要收集数据，计算温室气体排放。

9.1.1 核算边界的确定

进行城市温室气体核算首先需要确定地理边界，出于对统计数据的易获得性，本专题选取城市行政区范围作为核算的地理边界。排放可分为直接排放和间接排放。直接排放是指发生在城市地理边界内的排放；间接排放则是指活动发生在城市地理边界内，排放发生在城市地理边界外。为了更好地区分直接排放和间接排放并避免重复计算，《温室气体核算体系：企业核算和报告标准》[①]中提出“范围”的概念，将温室气体排放划分为三个“范围”：

直接排放是指发生在城市地理边界内的排放，间接排放则是指某项活动发生在城市地理边界内，而其排放发生在城市地理边界外

“范围一”排放是指一个城市的直接排放，即发生在城市地理边界内的排放，例如由生产过程中燃烧化石能源、城市火力发电消耗煤炭、城市内交通所造成的排放等。

---

① 核算借助城市温室气体核算工具（测试版 1.0）（Greenhouse Gas Accounting Tool, Pilot Version 1.0）及其指南中部分原理、公式得以完成，该工具根据国内外权威标准开发，为中国城市量身定做，旨在探索城市温室气体核算的科学方法，是国内首个全面核算城市温室气体排放的工具。工具来源：世界资源研究所

① 世界可持续发展工商理事会，世界资源研究院编写，经济科学出版社，2012

“范围二”排放是指城市地理边界内的活动引起的由地理边界外调入的电力和热力（包括热水和蒸汽）的间接排放。一般情况下，城市对于热力需求均能够自给自足，很少有调入或调出的情况，但也存在城市间短距离输送热力，或是一个较大的城市向相邻的区、县热力输送的情况。

“范围三”排放是指除“范围二”排放以外的所有其他间接排放，其进一步可分为上游“范围三”排放和下游“范围三”排放。上游“范围三”排放主要包含原材料的异地生产、跨边界购买产品和服务及其所引起的跨边界交通所产生的间接排放，下游“范围三”排放主要包含跨边界废弃物处理、跨边界的产品使用及其所引起的跨边界交通所产生的间接排放等。

由于能源活动的碳排放量是城市温室气体的主要来源且出于对统计数据的可获得性考虑，本专题核算的对象确定为范围一定的能源活动的碳排放，即通过核算化石燃料燃烧所释放的直接碳排放量。

9.1.2 温室气体种类、排放源及其计算方法

根据《京都议定书》规定的六种温室气体排放，即二氧化碳(CO_2)、甲烷(CH_4)、氧化亚氮(N_2O)、氢氟碳化物(HFCs)、全氟化碳(PFCs)、六氟化硫(SF_6) 以及于 2013 年被纳入的三氟化氮(NF_3)。其中，HFCs 具体包括 HFC-23、HFC-32、HFC-125、HFC-134a、HFC-143a、HFC-152a、HFC-227ea、HFC-236fa 和 HFC-245fa，PFCs 具体包括四氟化碳(CF_4)和六氟乙烷(C_2F_6)。

温室气体排放源 / 吸收汇可以分为能源活动、农业活动、土地利用变化、工业生产过程和林业废弃物处理五大部门

“全球增温潜势”(GWP)指特定温室气体在一定时间内相当于等量 CO_2 的吸热能力。这一性质是由于各温室气体依据其自身的特性具有不同的吸收红外线能力，因此对于全球增温所产生影响也不同。为了使不同温室气体增温影响具有可比性，将其他温室气体换算成二氧化碳当量(CO_2e)。本文采用政府间气候变化委员会（IPCC）第二次评估报告的 GWP 数值进行换算，这也是《省级温室气体清单编制指南（试行）》[②]中推荐的数值。

依据《IPCC 国家温室气体清单指南(1996 年修订版)》，温室气体排放源/吸收汇可以分为能源活动、农业活动、土地利用变化、工业生产过程和林业废弃物处理五大部门。本专题以能源活动中的化石燃料燃烧排的二氧化碳为主要核算对象，所排放的温室气体主要为 CO_2、CH_4 和 N_2O 三种。通过对北上津渝四个直

② 中华人民共和国国家发展与改革委员会组织编制，2011

辖市的化石燃料活动的直接碳排放量的初步核算，观察到其他温室气体以二氧化碳当量表示的排放量较少，以北京为例：CH4 与 N2O 的排放量转换为二氧化碳当量之和为 85.47 万吨（CO2e），占总碳排放量 10488.36 万吨（CO2e）不足 1%，因此本专题只计算城市分行业和分能源品种的化石燃料燃烧产生的 CO_2 排放量，计算公式如下：

CO_2 排放=∑化石燃料消费量 $_{i,j}$ ×CO_2 排放因子 $_{i,j}$

（i 表示行业，j 表示能源品种，“CO2 排放因子 $_{i,j}$”表示 i 行业燃烧一个单位 j 能源所排放的二氧化碳折算系数量）

9.1.3 数据收集与计算分析

数据收集是温室气体核算的重要组成部分。根据确定的 CO_2 排放计算公式，数据包含两个重要部分，分别为活动水平（即主要品种化石燃料的消耗量）和排放因子。对于城市碳排放总量，专题依照各地能源平衡表借助城市温室气体核算工具（测试版 1.0）（Greenhouse Gas Accounting Tool, Pilot Version 1.0）对北上津渝 2012 年的二氧化碳排放进行了核算与分析；此外，专题通过结合各城市 HDI 指数，城市 GDP 总量等一系指标对城市碳排放强度的的评估。活动水平数据主要来源主要集中在中国统计年鉴、中国能源统计年鉴、中国城市统计年鉴、地方各城市年鉴以及世界银行、联合国开发计划署（UNDP）网站。其优点在于官方数据普遍得到认可，且收集所需时间相对较少，成本较低，能够满足本专题对于城市碳排放量的简单核算的要求。排放因子数据来源：WRI，能源消耗引起的温室气体排放计算工具指南（2.1 版）。

数据计算结果的分析与处理主要包括三部分：一是各城市碳排放总量及结构分析、制造业各行业碳排放量及其结构分析；二是计算体现碳排放绩效的三类强度指标，包括人均碳排放强度、单位 GDP 碳排放强度和单位行政区面积碳排放强度；三是人类发展指数（HDI）与碳排放强度指标的比较分析。

9.2 北上津渝碳排放核算及分析

9.2.1 城市碳排放总量及分析

城市直接碳排放总量的核算意义在于可以直观了解城市生产生活所产生的温室效应，从而从整体角度把握城市是否做到绿色、可持续发展。以下是对北上津渝的二氧化碳排放总量的核算结果，详见表 9-1。

表 9-1 2012 年北上津渝城市二氧化碳排放总量核算

单位：万吨 CO_2

城市		北京	上海	天津	重庆
第一产业	农林牧渔业	115.75	100.42	139.94	813.83
		（1.11%）	（0.46%）	（0.75%）	（4.36%）
第二产业	制造业	1642.89	6039.90	7914.80	10072.99
		（15.79%）	（27.90%）	（42.58%）	（53.92%）
	电力、热力和水生产及供应业	3417.52	8200.07	7824.17	4710.97
		（32.85%）	（37.87%）	（42.09%）	（25.22%）
	建筑业	147.79	279.93	350.33	175.87
		（1.42%）	（1.29%）	（1.88%）	（0.94%）
	总计	5208.20	14519.90	16089.30	14959.83
		（50.07%）	（67.06%）	（86.56%）	（80.08%）
第三产业	交通运输、仓储和邮政业	1948.20	4145.29	982.03	1458.12
		（18.73%）	（19.15%）	（5.28%）	（7.80%）
	批发零售、住宿餐饮业	344.99	649.39	322.60	203.49
		（3.32%）	（3.00%）	（1.74%）	（1.09%）
	其他	1155.24	1055.56	350.35	224.91
		（11.11%）	（4.88%）	（1.88%）	（1.20%）
	总计	3448.43	5850.24	1654.98	1886.52
		（33.15%）	（27.02%）	（8.90%）	（10.10%）
居民生活	城镇	1139.84	898.64	545.59	571.36
		（10.96%）	（4.15%）	（2.94%）	（3.06%）
	乡村	490.63	282.09	158.29	450.49
		（4.72%）	（1.30%）	（0.85%）	（2.41%）
	总计	1630.47	1180.73	703.88	1021.85
		（15.67%）	（5.45%）	（3.79%）	（5.47%）
总排放量		10402.85（100%）	21651.29（100%）	18588.10（100%）	18682.03（100%）

注：由于能源平衡表中的“工业”无法拆分出采矿业、制造业和电力、热力、燃气及水生产和

供应业的数据，因此全部归为制造业数据，由于不涉及细分行业，因此并不影响总排放量的核算。

上海的排放量居首，超过北京两倍之多，第二产业是产生差距的主要原因

从以上核算结果可知，排放量从大到小排序依次为上海，重庆，天津，北京。其中上海居首，超过北京两倍之多。从产业分类来看，第二产业是产生差距的主要原因。例如，北京第二产业二氧化碳排放量为 5208.20 万吨，上海为 14519.90 万吨，差额为 9311.70 万吨。差距的原因是多方面的，一方面，上海 2012 年本地火力发电量为 882.45 亿千瓦时，北京本地发电量仅为 283.19 亿千瓦时，不足上海的三分之一，北京的电力消耗相较上海有更大的比例来自津、冀等其他地区的电力输入，而其他省市对于北京的电力输入而产生的间接碳排放并未计算入核算范围，且火力发电主要消耗煤炭。因此，城市电力来源不同造成发电量的差异是形成第二产业中电力、热力和水生产及供应业的二氧化碳排放量 5000 万吨差距的原因之一。另一方面，政策导向及改革进程也是形成京沪排放量的差距的原因。北京是目前我国节能减排进展最快的城市之一，政策的导向使得产业结构优化合理，碳排放权市场化及碳交易的形成使得排放成本的转移和降低。例如，2008 年北京成立了北京环境交易所 （简称北交所），其为我国当时第一家国家级环境权益交易平台；2011 年，国家将北京、上海、天津等 7 个省市设立为碳排放权交易试点，并于当时计划在 2013 年建成各自碳市场，习近平宣布于 2017 年建立全国性碳交易系统； 2012 年，北京宣布启动碳排放权交易试点，建立“北京模式”的碳排放权交易市场。由此可以看出，北京在对碳排放交易的改革中也一直处于国家前列。因此对于上海的节能减排工作的进一步落实也是至关重要。

北京的碳排放量有所下降，主要是由于产业结构优化调整，和运用市场手段促进减排，其中的重要举措是在北京建立了完善的碳排放权交易制度

从产业和居民生活总量的角度来看（如图 9-1 所示），唯一地处西部的重庆第一产业明显高于其他三个直辖市；四座城市第二产业的二氧化碳排放量均占比很高，其中占比最少的北京也有 50%之多，而天津则高达将近 87%；此外上海的第三产业排放总量高过其他直辖市；而居民生活排放量较为平均，北京表现略高。因此，地方政府首先应着力调整产业结构,提高第三产业在经济总量中所占比例；其次，对城市规划发展的主导产业依照其可持续性进行评估,优选出具有更高碳排放绩效的行业，淘汰高能耗低产能行业，优化高能耗高产出产业，从而有效降低产业单位产值的碳排放水平；最后，引进清洁能源，提高循环再利用效率，有效地推进节能减排工作的进一步开展。

此外，还应加大对环境保护工作的宣传，从而使更多人参与到节能减排的城市规划中来，而不是仅仅从企业生产层进行控制；及时发布及公开政府及企业的节能减排进展，发挥环保社团等机构的宣传作用，有效地提高公众参与环保的积极性。

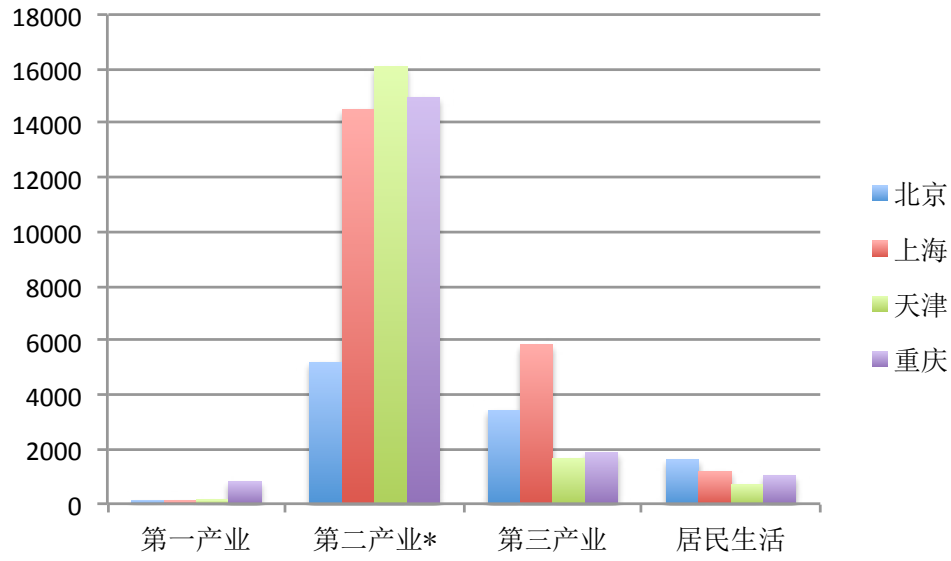


图 9-1 北上津渝以产业大类划分碳排放总量柱状图

9.2.2 制造业碳排放量及分析

制造业的排放量主要集中在“石油加工、炼焦及核燃料加工业”、“非金属矿物制品业”、“化学原料及化学制品制造业”以及“黑色金属冶炼及延压加工业”四个行业

城市二氧化碳排放总量的核算，反映了四个直辖市温室气体的总体排放水平。各产业数据显示，第二产业尤其是制造业对城市二氧化碳的排放“贡献”最大，因此，本专题将制造业各行业单独进行分行业核算分析，得出北上津渝制造业分行业二氧化碳排放百分比分布，具体数据见表 9-2。

表 9-2 北上津渝制造业分行业二氧化碳排放百分比分布

单位：百分比

城市 / 行业	北京	天津	重庆
农副食品加工业	2.42%	1.05%	1.18%
食品制造业	2.48%	1.63%	0.86%
酒、饮料和精制茶制造业	3.75%	0.61%	0.60%
烟草制品业	0.15%	0.04%	0.11%

城市 行业	北京	天津	重庆
纺织业	0.70%	0.65%	1.10%
纺织服装、鞋、帽制造业	1.61%	0.24%	0.10%
皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业	0.09%	0.10%	0.19%
木材加工和木、竹、藤、草制品业	0.36%	0.06%	0.18%
家具制造业	0.59%	0.14%	0.07%
造纸和纸制品业	1.15%	1.45%	3.91%
印刷和记录媒介复制业	2.29%	0.13%	0.18%
文教、工美、体育和娱乐用品制造业	0.42%	0.23%	0.03%
石油加工、炼焦和核燃料加工业	18.29%	3.65%	2.02%
化学原料和化学制品制造业	12.98%	22.44%	26.34%
医药制造业	2.65%	0.92%	1.07%
化学纤维制造业	0.14%	0.06%	0.01%
橡胶和塑料制品业	2.78%	1.91%	1.43%
非金属矿物制品业	17.10%	2.85%	24.15%
黑色金属冶炼及压延加工业	2.34%	48.85%	19.46%
有色金属冶炼及压延加工业	0.69%	0.95%	6.02%
金属制品业	2.74%	3.11%	1.21%
通用设备制造业	2.82%	1.17%	0.94%
专用设备制造业	2.02%	1.12%	0.32%
交通运输设备制造业	9.14%	3.00%	6.72%
电气机械和器材制造业	2.17%	1.15%	0.75%
计算机、通讯和其他电子设备制造业	6.97%	2.24%	0.77%
仪器仪表制造业	0.64%	0.10%	0.13%
工艺品其他制造业	0.39%	0.07%	0.13%
废弃资源和废旧材料回收加工业	0.12%	0.05%	0.02%
总计	100.00%	100.00%	100.00%

注：1.数据来源均为各城市地方统计年鉴，由于各城市能源消耗结构不同致使所统计的主要能源种类并不相同，以及统计口径的不一致，与前文对比将会导致较大误差，但不影响城市制造业的碳排放结构分析。

2.所得煤炭消耗量的碳排放计算中，排放系数均取原煤排放系数。

3.上海未公布工业分行业能源消耗实物量数据。

从制造业各行业的二氧化碳排放量分布来看来看，北京占比居于前三的行业依次为“石油加工、炼焦及核燃料加工业”（18.29%）、“非金属矿物制品业”（17.10%）、“化学原料及化学制品制造业”（12.98%），三个行业排放量之和占北京总排放量近 50%左右；天津的 “黑色金属冶炼及延压加工业”与“化学原料及化学制品制造业”两个行业，占比明显高于其他行业，分别为 48.85%与 22.44%，占天津排放总量的 70%；重庆占比居于前三的行业依次为“化学原料及化学制品制造业”（26.34%）、“非金属矿物制品业”（24.15%）、“黑色金属冶炼及压延加工业”（19.46%），三个行业排放量之和占重庆总排放量的 70%。可见，虽然城市间排放总量有很大差异，但从排放结构来看，排放量主要集中在 “石油加工、炼焦及核燃料加工业”、“非金属矿物制品业”、“化学原料及化学制品制造业”以及“黑色金属冶炼及延压加工业”四个行业，且其总和均至少占到了三个直辖市的制造业排放量的 50%及以上。

若将 29 类细分行业划分成八大类别： “农副食品加工业”、“食品制造业”、“酒、饮料和精制茶制造业”、“烟草制造业”划为食品烟草制造业；“纺织业”、“纺织服装、鞋、帽制造业”、“皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业”、“木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业”、“家具制造业”划为轻纺及木材制造业；“造纸及纸制品业”、“印刷业和记录媒介复制业”、“文教、工美、体育和娱乐用品制造业” 划为造纸印刷及文教制造业；“石油加工、炼焦及核燃料加工业”、“化学原料及化学制品制造业”、“医药制造业”、“化学纤维制造业”、“橡胶和塑料制品业” 划为石油化工制造业；“非金属矿物制品业”单为一类，“黑色金属冶炼及延压加工业”、“有色金属冶炼及延压加工业”、“金属制品业” 划为金属制品业；“通用设备制造业”、“专用设备制造业”、“交通运输设备制造业”、“电器机械及器材制造业”、“计算机、通信设备及其他电子设备制造业”、“仪器仪表制造业”划为设备制造业；“工艺品及其他制造业”、“废弃资源和废旧材料回收加工业” 划为工艺品制造业及废弃物回收加工业 8 大类别，其具体占比如下图 9-2 所示。

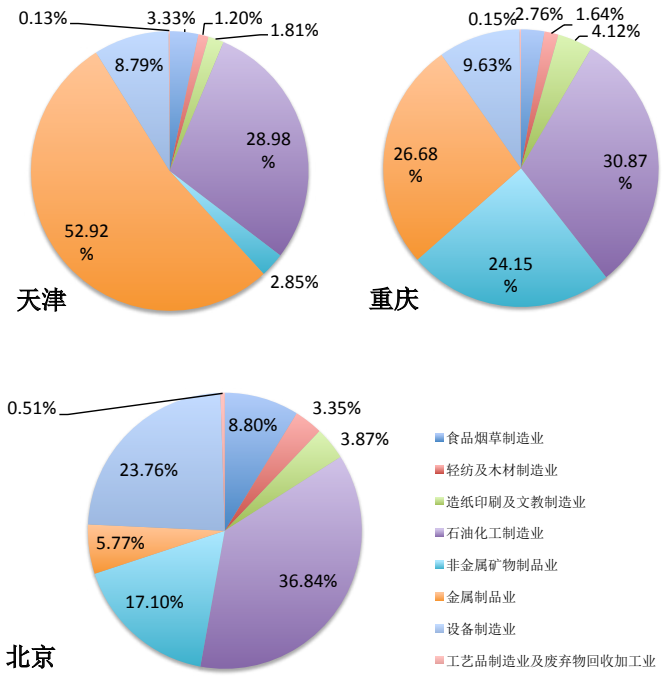


图 9-2 北津渝三市制造业细分行业碳排放量饼状图

由图 9-2 可知，石油化工制造业占比均在总排放量的三分之一左右，天津最少，为 28.98%，北京最多，为 36.84%。此外，值得注意的是：北京的设备制造业和非金属矿物制品业也占比较多，分别为 23.76%和 17.10%；天津的金属制品业占比超过一半为 52.92%；重庆的非金属矿物制品业和金属制品业也占比较多，分别为 24.15%和 26.68%。

因此，在减排政策的制定上，有针对性的对上述行业进行排放控制应成为当地政府的工作重心。技术进步与提高，积极推进清洁能源，混合能源及能源再利用等措施能够缓解对于如金属冶炼，石油加工及化学原料的制造等高能耗产业，有效的降低由于化石燃料燃烧而产生的二氧化碳排放。

技术进步与提高，积极推进清洁能源、混合能源及能源再利用等措施能够缓解高能耗产业的二氧化碳排放速率

9.3 北上津渝二氧化碳排放绩效评估

9.3.1 二氧化碳排放强度指标分析

北上津渝二氧化碳排放强度指标详见表 9-3。由表可见，人均二氧化碳排放量指标天津最高，为 13.16 吨/人，北京最低，为 5.03 吨/人；单位 GDP 排放量指标重庆最高，为 1.64 吨/万元，北京最低，为 0.58 吨/万元；单位行政区面积排放量指标上海最高，为 34150.30 吨/平方公里，重庆最低，为 2267.95 吨/平方公里。总体来看，北京仍然表现明显优于其他直辖市；上海虽总量排放最多，但单位

GDP 的排放量低于天津、重庆，可见其为高能耗高发展类型，且由于面积较小，单位面积的碳排放量十分巨大。

上海虽总量排放最多，但单位 GDP 的排放量低于天津、重庆，可见其为高能耗高发展类型

表 9-3 北上津渝城市生产二氧化碳排放强度指标

指标 \ 城市		北京	上海	天津	重庆
化石能源碳排放总量（万吨 CO_2）		10402.85	21651.29	18588.10	18682.03
城市基本指标	常住人口（万人）	2070	2381	1413	2945
	GDP 总量（亿元人民币）	17879.40	20181.72	12893.88	11409.60
	行政区域面积（平方公里）	16411	6340	11917	82374
碳排放强度指标	人均排放量（吨 CO_2/人）	5.026	9.093	13.155	6.344
	单位 GDP 排放量（吨 CO_2/万元）	0.58	1.07	1.44	1.64
	单位行政区面积排放量（吨 CO_2/平方公里）	6338.95	34150.30	15597.97	2267.95

人均生活二氧化碳排放量只是二氧化碳排放量的一小部分。然而北京的人均生活二氧化碳排放量是重庆的两倍以上，反映出前者的人均富裕程度和消费水平更高

表 9-4 为北上津渝居民生活的人均二氧化碳排放量，虽然居民生活二氧化碳排放量占总排放量很小一部分，但居民生活的二氧化碳排放可以在某种程度上反映该城市人们的消费、生活方式，甚至是对于低碳环保理念的了解程度。其中北京的人均排放量相对较高，上海、天津相仿，重庆最低。原因可能是存在地域或生活习惯的差异，另一可能相对发达的地区更倾向于一种生活状态含碳量较高。

表 9-4 北上津渝城市人均生活二氧化碳排放量

城市	北京	上海	天津	重庆
常住人口（万人）	2070	2381	1413	2945
居民生活碳排放量（万吨）	1630.47	1180.73	703.88	1021.85
人均生活二氧化碳排放量（吨/人）	0.79	0.50	0.50	0.35

9.3.2 人类发展指数与二氧化碳排放效率评估

联合国开发计划署（UNDP）在其所发表的《1990 年人文发展报告》中提出了人类发展指数（HDI—Human Development Index）这一概念，借用这一指标来反映联合国中成员国的经济及社会发展水平情况。在本书的前半部分已借用该指数对于中国 35 个大中城市和长三角 16 个城市的可持续发展进行了评估，其中包含本专题所分析的 4 个直辖市，在此，专题再次引用该指数并结合人均排放量对城市碳排放进行进一步的评估。具体数据详见表 9-5。

表 9-5 北上津渝 2012 年 HDI 与人均二氧化碳排放量

城市	35 个大中城市 HDI 排名	HDI 值	人均排放量（吨 CO_2/人）
北京市	1	0.847	5.026
上海市	3	0.839	9.093
天津市	6	0.828	13.155
重庆市	35	0.714	6.344

北上津渝的 2012 年 HDI 指数呈顺序排列，北京位居 35 个大中城市第一名，上海次之位列第三，天津第六，均排列靠前，但重庆位于 35 名，在 35 个大中城市位列倒数第一。2012 年中国 HDI 指数为 0.699（数据来源：UNDP, Human Development Report 2013），北上津渝四座城市均高于国内综合水平。

如图 9-3，北京、上海、天津的 HDI 指数相差不大，均高于重庆 0.1 以上，但人均二氧化碳排放量差异明显，北京表现最低，而天津表现最高，差距达到一倍。

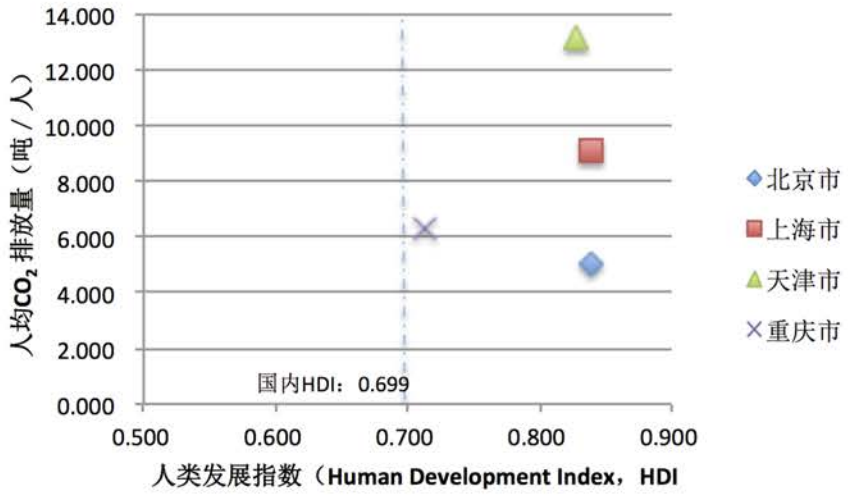


图 9-3 北上津渝 HDI - 人均碳排放量散点图

由于本专题涉及城市数目较少，仅仅将四个直辖市加以对比，不能综合考察城市基于二氧化碳排放指数的可持续发展性，因此本专题引入世界银行 2010 年对世界 169 个国家的 HDI 指数及排名，将北上津渝 2012 年的数据加入其中进行分析。由于阿拉伯利比亚民众国（HDI：0.755）缺少 2010 年人均碳排放数据，分析未将其包含在内，共计世界 172 个国家与地区，专题对各国和北上津渝的人

均二氧化碳排放量进行标准化处理，得到二氧化碳排放指数，借此与人类发展指数相结合，对二氧化碳排放效率进行评估。

首先，联合国开发计划署（UNDP）将 HDI 分为四个组别[①]，分别是极高人类发展水平、高人类发展水平、中等人类发展水平以及低人类发展水平，而本专题出于简化将高人类发展水平与中等人类发展水平的分类予以合并为中高人类发展水平，将 172 个国家和地区依照以上标准进行分组，具体分组结果及所属值范围见下表 9-6。

表 9-6 世界 172 个国家和地区 2010 年 HDI 与二氧化碳排放指数分布表

组别	平均 HDI 值	HDI 值范围	国际名次范围	平均二氧化碳排放指数
极高人类发展水平	0.857	0.8 以上	1 挪威～42 巴林岛	0.243
中高人类发展水平	0.686	0.55～0.8	43 葡萄牙～119 危地马拉共和国	0.109
低人类发展水平	0.402	0.55 以下	120 赤道几内亚～172 津巴布韦	0.012

注：1.数据来源：此处列示部分国家和地区的二氧化碳排放指数源自对各国和地区的人均碳排放量标准化处理，人均碳排放量和 HDI 指数及排名，完整数据详见世界银行 http://www.worldbank.org.cn。

2.由于阿拉伯利比亚民众国（Libyan Arab Jamahiriya，HDI：0.755）缺少碳排放数据，之后对于人均二氧化碳排放指数和 HDI 指数及排名的分析也未将其包含在内。

3.除北上津渝为 2012 年的数据以外，世界其他国家和地区均取 2010 年的数据；且均保留至小数点后三位。

排名 1～42 位的国家属于极高人类发展水平，其中挪威（HDI：0.938）排名第一，澳大利亚和新西兰也位居前三甲，巴林岛（HDI：0.801）位于此组别最后一名。组别中平均二氧化碳排放指数为 0.243，其中 HDI 指数位列 41 位的卡塔尔二氧化碳排放指数最高，为 1.000，位列 6 位的列支敦士登二氧化碳排放指数最低，为 0.038。天津二氧化碳排放指数高于此组别平均水平，上海略低于，北京表现最好。

① UNDP2014 人类发展报告中指出，为了更好的反映出各国的发展现状，由原先的根据人类发展指数（HDI）四分位数法转变成如下对国家的分类方法：HDI 值高于 0.8 的为极高人类发展组国家，HDI 介于 0.7～0.8 为高人类发展组国家，HDI 值介于 0.55～0.7 为中等人类发展组国家，HDI 在最低 0.55 为低人类发展组国家。

排名 43～119 位的国家属于中高人类发展水平，其中葡萄牙（HDI：0.795）最为接近极高人类发展指数，危地马拉共和国（HDI：0.560）位列此组别最后。组别中平均二氧化碳排放指数为 0.109，其中 HDI 指数位列 61 位的特立尼达和多巴哥二氧化碳排放指数最高，为 0.891，位列 115 位的塔吉克斯坦二氧化碳排放指数最低，为 0.009。

排名 120～172 位的国家属于低人类发展水平，其中赤道几内亚（HDI：0.538）最为接近中高人类发展指数，津巴布韦（HDI：0.140）位列此组别也是 172 个国家和地区总排名的最后。组别中平均二氧化碳排放指数为 0.012，其中 HDI 指数位列 149 位的安哥拉二氧化碳排放指数最高，为 0.035，位列 169 位的布隆迪二氧化碳排放指数最低，为 0.000（保留小数点后五位为：0.00049）。

其次，若以散点图的方式直观呈现 172 个国家和地区的全部数据（如图 9-4），纵轴取对数刻度，172 个国家和地区的样本数据表明 HDI 指数与二氧化碳排放指数的对数值表现出正相关的关系，图中标示出北上津渝所在的位置以及其他几个有代表性的国家的具体分布，此处国家的选取主要考虑因素有：与中国相关性、散点图分布的均匀性、世界影响力以及人类发展水平区间的划分。虚线则表示利用最小二乘法拟合的指数趋势线。

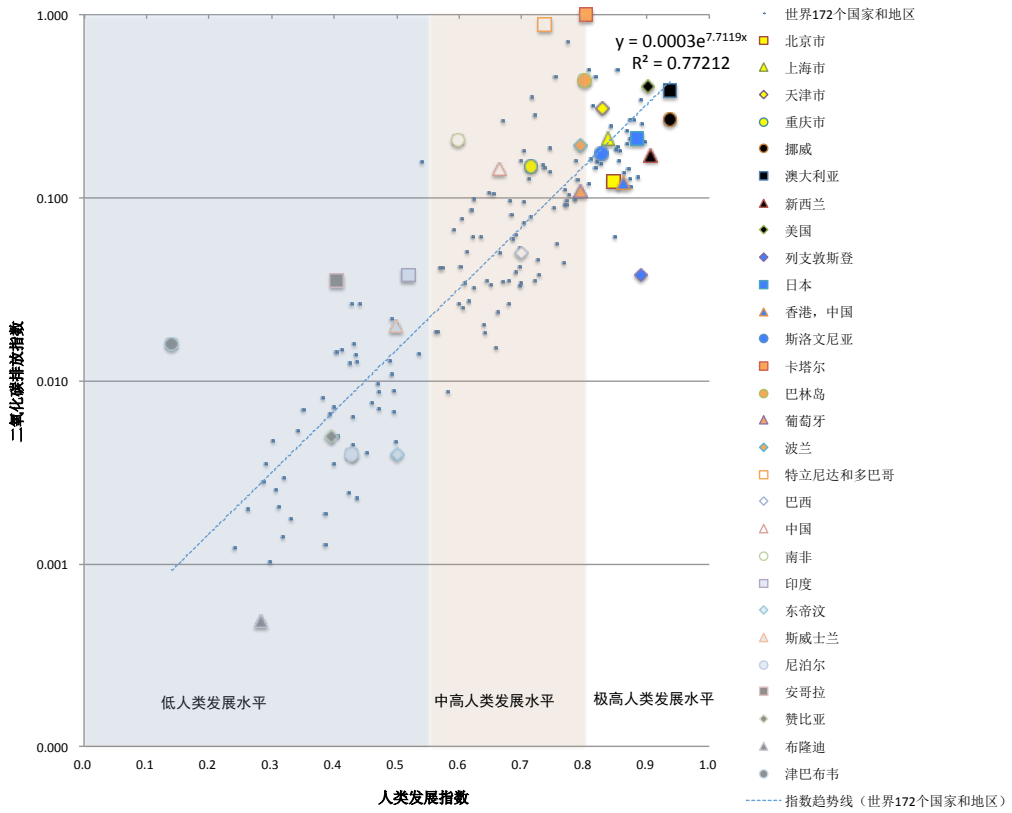


图 9-4 世界 172 个国家和地区 HDI - 人均碳排放量散点图

四个金黄色的图例分别代表北上津渝在 172 个国家个地区散点图的具体位置，与图 9-3 对比发现 4 座城市的相对位置并未发生变化。由图可知，上海市最接近所拟合的趋势线，天津、重庆位于曲线之上，表明相对于津渝城市的 HDI 指数，存在人均 CO_2 排放量相对过量的情况，而北京表现最好，位于拟合曲线之下，与中国香港相仿，表明对于北京城市的 HDI 指数，人均碳排放量相对较低。图中还给出了其余几个较有代表性的国家，相对于各国 HDI 指数人均 CO_2 排放量较多的有南非、印度等城市，而中国也位于曲线之上，表明排放相对过量。相对本国的 HDI 指数，二氧化碳排放指数表现较好的国家有日本、尼泊尔等。

最后，下表列示出四大直辖市与所选部分国家的 HDI 及人均二氧化碳的原始数据，尽管有些国家相对比较特殊，但总体趋势与散点图一致，表现为随着各国或地区的 HDI 的增加，二氧化碳排放指数也呈现递增趋势。具体数据和排名见表 9-7。

表 9-7 四大直辖市与部分国家的 HDI 及二氧化碳排放指数比较

HDI 排行	国家或地区	HDI（2010）	二氧化碳排放指数	人均二氧化碳排放量（吨 CO_2/人）
1	挪威	0.938	0.270	11.616
2	澳大利亚	0.937	0.388	16.711
3	新西兰	0.907	0.170	7.297
4	美国	0.902	0.406	17.485
6	列支敦斯登	0.891	0.038	1.624
11	日本	0.884	0.212	9.127
21	香港，中国	0.862	0.120	5.166
27	**北京市**	0.847	0.122	5.026
30	**上海市**	0.839	0.211	9.093
31	**天津市**	0.828	0.306	13.155
32	斯洛文尼亚	0.828	0.175	7.531
41	卡塔尔	0.803	1.000	43.024
42	巴林岛	0.801	0.432	18.579
43	葡萄牙	0.795	0.109	4.69
44	波兰	0.795	0.795	8.335
61	特立尼达和多巴哥	0.736	0.736	38.338
69	**重庆市**	0.714	0.714	6.344
76	巴西	0.699	0.699	2.15
92	中国	0.663	0.663	6.172
113	南非	0.597	0.597	8.957
122	印度	0.519	0.519	1.618
123	东帝汶	0.502	0.502	0.172
124	斯威士兰	0.498	0.498	0.87
141	尼泊尔	0.428	0.428	0.161
149	安哥拉	0.403	0.403	1.521
153	赞比亚	0.395	0.395	0.202
169	布隆迪	0.282	0.282	0.021
172	津巴布韦	0.14	0.140	0.69

由表 9-7 并结合表 9-6 可知，北京、上海、天津虽位列极高人类发展水平行列，总排名中分列第 27、30、31 位，在此组别仍排列在靠后的位置，均未超过此组别平均 HDI 值 0.857（表 9-6）。重庆位列中高人类发展水平行列且排列相对

靠前，以 0.714 的 HDI 指数总体排列第 69，高于此组别平均 HDI 值 0.686（表 9-6）。

基于以上对于北上津渝的绩效评估，北京的表现较好，仅仅在总量分析中居民生活二氧化碳排放相对略高，上海、天津、重庆均面临着各自的减排目标和任务。例如，上海仍需积极推进产业结构优化升级，改进技术从而做到有效生产，第二产业仍具有减排空间。从综合角度来考虑，北上津渝均存在相应的问题，应结合每座城市的城市特点、资源禀赋、地理位置等一系列因素充分落实当地节能减排的相关政策，真正建设低碳城市，将低碳、可持续发展落实到实处。

本章要点 10

本章介绍伦敦在可持续发展方面的经验，希望可以给中国的城市发展带来一些启示和经验。

主要结论：

- 政府通过向私营部门和公民提供实质性参与机会，鼓励利益相关者多方参与，有助于可持续发展的实现。
- 投资基础设施建设需要纳入环境、资金、社会和经济各方面的考虑。
- 伦敦制定的推动城市环境治理的政策包括：
    - 交通拥堵费和低碳交通区
    - 增加公共交通换乘，包括城郊和机场铁路的建设
    - 提高公共建筑和私人住宅的能源效率，推动电热联产
    - 增加可再生能源使用
    - 增加绿地面积
    - 建设资源回收设施
    - 增加住宅和学校

第十章 英国伦敦城市可持续发展实践

作为英国的首都，伦敦是一个高度发达国家的城市，与许多城市有着共通的可持续发展问题，本专题将通过对伦敦城市在交通、建筑和能源领域技术案例的研究[①]，介绍伦敦在可持续发展基础建设发面的经验，希望可以给其他城市带来一些启示和国际经验。

10.1 伦敦可持续发展规划

伦敦市是英国的政治、经济、文化中心和交通枢纽，也是世界金融中心之一。同时，伦敦市在城市可持续发展方面在全球享有盛誉。伦敦的行政区划分为伦敦城和 32 个自治市，其中除伦敦城外，又分为内伦敦（12 个自治市）和外伦敦（其他 20 个自治市）。伦敦城、内伦敦、外伦敦整体构成了大伦敦市，总面积为 1580 平方公里，2015 年人口为 863 万[②]。

资源与环境可持续发展一直是伦敦规划战略中的重要内容，除了在伦敦规划中有专门章节说明之外，还颁布了一系列其他相关战略，比如城市废弃物管理战略、空气质量战略、生物多样性战略、能源战略、环境噪声战略、水资源利用与管理战略，等等，力图使伦敦成为一个更具有吸引力的绿色城市。主要的规划内容集中在以下几个方面[③]。

在环境治理方面，伦敦产生空气污染的重要原因是道路交通。为减少环境污染，伦敦政府主要从两方面进行治理：一是减少交通量。虽然相比于英国其他城市，伦敦的交通系统对小汽车的依赖已经相对较小，可是巨大的交通量仍然给伦敦环境造成了重大的压力。因此需要控制内伦敦的交通增长，减少外伦敦的交通增长，并逐步减少公共交通网络投资和交通堵塞收费等。二是减少单个交通工具的排放量。新制造的道路交通工具务必使用清洁能源（符合欧盟制定的标准），利用技术进步，确保减少交通工具的排放量。具体来说，从短期看，需减少使用污染最大的交通工具，增加清洁车和清洁工艺，加大清洁能源的利用，禁止通行

伦敦为了改善空气质量，逐渐增大公共交通覆盖面，对交通堵塞和单个交通工具排放量进行收费

① 本专题是基于西门子在 2010 年发布的《可持续城市基础建设—展望伦敦 2025》的报告上完成的。

② Greater London Authority. Population Growth in London, 1939-2015. 2015。

③ 田莉,桑劲,邓文静.转型视角下的伦敦城市发展与城市规划.国际城市规划,2013(12):13-16.

重污染车等；从长远看，可增加使用零碳排放交通工具，如氢燃料电池车等，减少航空污染，减少工业及建筑施工污染等。

在改进废弃物处理方式方面，伦敦市政府提出由垃圾管理机构负责采取行动，呼吁社会合作者参加，以减少垃圾量、增加再循环比例、确保所有垃圾的可持续处理为目标，使城市废弃物对环境的影响降为最小。该战略同时提出将废弃物转换成新原料，创造新产业和新就业机会。伦敦再制造业在 3 年来内投资 540 万英镑用于发展回收材料的新市场和新用途。伦敦也已经建立垃圾数据库为即时管理提供高效的支持，并且绘制一个废弃物地图为废弃物基础设施的发展及闭环废弃物解决方案的提出提供机会。[①]此外，伦敦正在加强这方面的市民素质教育，鼓励回收并使用回收产品，与资助者通过签订合同来共同完成垃圾处理。

伦敦的气候变化减缓策略和能源策略注重减少能源需求、增加可再生能源使用和提高能源效率

在能源利用方面，伦敦政府制定了能源战略以提高能源利用效率。综合考虑各项措施的社会效益后，建立成本—效益分析策略，力求使得大多数措施在节约成本的同时能在中短期内为家庭、公司和公共部门机构带来财政纯收入。在能源战略草案中提出建立能源层级，来帮助个人和组织更有效、更可持续地利用能源，主要通过三步完成：一是高效使用能源，使能源需求减到最小化。战略呼吁市民和商家采取更好的隔热措施，选用节能家电，采取能源需求最小的方案。其次，使用可更新能源，尽可能使用零碳排放能源。政府计划在伦敦范围内应用更新能源提供约 14%的电，并且购买外围地区可更新能源所发的绿色电源，以推动可更新能源的市场发展。同时伦敦市政厅也将全部采用绿色电源。最后，高效供给能源。在不能使用可更新能源的地方，尽可能实现高效的能源供给。

在噪声污染和治理方面，根据大伦敦管理局所作的噪声问题民意调查结果，伦敦噪声污染的主要来源包括繁忙的公路、铁路沿线和机场等。针对调查结果，伦敦政府明确了环境噪声战略的重点要求，即提高伦敦公路路面质量、取消夜间航行、规划设计新住宅以减少噪声污染等。战略的具体目标是：最小化公路交通噪声的不利影响；最小化工业噪声的不利影响；呼吁优先使用噪声小的交通运输工具，最小化运输和维修噪声的不利影响；最小化伦敦的河流在水上作业时噪声的不利影响；加强对伦敦铁路网的噪声管理，最小化伦敦尤其是夜间航空噪

① London Heat Map 伦敦热能图: http://www.londonwastemap.org/en/about-the-map

声的不利影响；改善城市邻里的噪声污染，尤其是住宅、学校、医院等对噪声较敏感的场所。

此外，2014 年伦敦市政府还专门出台了历史上首个基础设施规划《伦敦 2050 远景基础设施规划》[①]，对未来 35 年伦敦的住房、交通、能源、供水等领域的发展方向进行了整体性设计。根据规划的前期研究预测，未来数十年中，伦敦人口数量将不断增长，预计将从 2014 年的 850 万，增长到 2030 年的 1000 万，2050 年进一步增加到 1130 万。

规划提出，依托伦敦的基础设施，创造一个更具环境、金融、社会和经济可持续性的，更加绿色，更有活力的伦敦，使每个市民的生活质量得以提高。基础设施是承载城市新增人口的关键，也是决定未来城市发展模式的根本因素之一，因此最新一轮的大伦敦城市规划选择以基础设施为突破口，具有很强的针对性。在这一总体目标下，规划制订了各个领域 2050 年基础设施建设目标，包括：新增 150 万套住房；在中心城区新增 10%的绿色屋顶；增加 20%的能源供应能力，但同时减少 80%的温室气体排放量；增加 50%的公共交通运输能力，包括新建大量步行和自行车通道；新建大约 40 座生活垃圾回收和处理设施，提高资源回收利用率，发展城市循环经济；新建 600 个左右学校；新增 9000 公顷绿地；使大伦敦地区 30%的面积有绿荫覆盖，比 2008 年提高 10 个百分点。

10.2 伦敦可持续发展实践

10.2.1 绿色综合交通方案

区域列车、机场快捷路线和智能交通管理在伦敦绿色综合交通系统中发挥了重要的作用

无论是私人还是公共交通工具，不管是巴士、地铁、铁路还是公路、各种交通模式均有其自身优势。伦敦市内各种交通模式的智能集成是“综合绿色交通解决方案”的实施范例：区域和国家级的轨道交通网络、公共城郊交通系统、以及机场快线的有效对接，并引入了停车与交通诱导系统以及交通拥堵收费机制。仅仅过了几个月，车流就降低了 37%。通过区域列车，乘客可以更快地到达其目的地，环境压力也大大降低。这也是其他受到交通问题困扰的城市可以借鉴的一条途径，而且可能是唯一的途径。只有综合、智能的解决方案才能使多种交通方式高效而便捷地结合在一起，以保障未来世界大城市交通的顺畅、通达。

① 伦敦市政府.伦敦 2050 远景基础设施规划.http://www.london.gov.uk/priorities/business-economy/vision-and-strategy/infrastructure-plan-2050

（1）便捷的区域列车

城市化进程的不断加剧，使交通在城市经济发展中的重要性和作用越来越显著。因此，采用创新的公路和铁路解决方案，将城市与周边地区智能化地衔接起来，是最需优先考虑的措施之一。为使得市区和郊区之间的通勤服务更加经济、快捷、舒适，2001 年英国采购了 1200 列 Desiro 模块化区域列车。这成为伦敦迈出改善市内交通的第一步。今天，这种乘坐十分舒适的通勤列车已成为连接市区和郊区的基本交通工具。然而，它也对可靠性和可用性提出了较高的要求，因此针对性的定制服务也是该方案不可或缺的组成部分。

（2）通往希思罗机场最快捷路线

从希思罗机场到伦敦西部及市中心的快线已整合到交通体系中。在希思罗机场快线和希思罗机场连接线上，列车不仅为业务繁忙的机场提供了快速、舒适的服务，也缓解了公路上的拥堵状况。希思罗机场快线已在机场和伦敦市中心的帕丁顿车站之间提供了十年的运输服务。14 辆 Desiro Class 332 动车组每天运送约 1.6 万名乘客。舒适豪华的铁路设施，包括空调、电话、显示屏和电视监视器以及宽尺寸的行李车厢确保了线路的高上座率，97%的乘客选择再次乘坐①。

图 10-1 伦敦希斯罗机场快线

① 希思罗快线官方网站 https://www.heathrowexpress.com/about-heathrow-express/facts-figures

希思罗连接线由希思罗机场快线和 First Great Western 公司共同运营，连接机场到城市西部 5 个新建的车站，与希思罗机场快线一样提供类似的服务。然而，其最大的优势就是速度。乘坐地铁需要 50 分钟，乘坐出租车甚至需要更长的时间，而现在乘客仅需花 15 分钟便可到达机场。

（3）世界最大的智能公交网络

伦敦的城郊交通也在经历着大规模的现代化改造。为此，伦敦交通局（TfL）已经制订了一份总金额达 150 亿欧元的基础设施投资计划。泰晤士河上正在兴建一座新桥，城市东部的轻轨网络也在扩建之中，同时地铁网络也在进行着现代化改造。

iBus 项目是伦敦交通基础设施改造计划的一个重要组成部分。它是世界上最大的自动车辆定位（AVL）系统，可以追踪所有伦敦的 8000 辆公交，提供位置和抵达的视听通知，万一发生延迟允许与乘客进行沟通，并且直接链接到倒计时，在巴士站的这个系统可以预测当公交车到达的时间。同时，借助公共交通管理系统，可以提高巴士的准点率以及乘客的乘坐舒适性。2014 年伦敦著名的红色巴士每年运送的乘客量达 23.85 亿人次[①]。目前，伦敦安装了一个信息系统，30 家私营巴士运营商、伦敦交通局和安全主管部门均可通过卫星追踪每一台运营的巴士。拥有约 700 条线路和 8000 辆公交车，iBus 已成为世界上最大的公交网络之一。它可通过 GPS 卫星数据和 GPRS 移动技术的智能协作来实现优化运营：巴士内嵌的设备利用 GPS 定位确定车辆运行的相对位置，然后通过 GPRS 将位置数据上传给运营控制系统的中央计算机，在此基础上实时发布车辆运行数据，引导乘客乘车，同时也便于系统管理员处理各类问题。

① Mayor of London.Annual Report and Statement of Accounts 2014-2015.Transport for London.

图 10-2 伦敦红色双层巴士

（4）拥堵收费减少二氧化碳排放

区域和国家级的铁路网络、公共城郊交通系统、以及机场快线的有效对接，为伦敦市民提供了从个人交通向公共交通转换的有利支撑。此外，伦敦还致力于调节市中心的客车交通流量。例如，停车与交通诱导系统被引入以避免堵车。2003 年，伦敦开始实行拥堵收费。周一到周五每天的 7:00 到 18:00 进入该区域的任何机动车辆都要付费£11.50，其中如果车辆已经用 CC 自动转账（一个自动付款系统）登记的，则可享受£1 的折扣价格。此外，必须线上付费，通过短信、电话、邮寄等方式，一旦不在出行当天支付还将增加价格。伦敦使用一个自动的车牌号识别系统以强制收费。每当车辆进入、离开或者行驶在收费区的时候，摄像头都会读取车辆的车牌号。

在人口有所增加的情况下，拥堵费的收取对于稳定交通起到了有效的作用

此外，伦敦在 2008 年推出了一个低排放区（LEZ），主要针对 deisle 动力商用车。车辆必须在伦敦交通局（负责管理该计划的部门）登记。对于不符合排放标准的任何车辆都将被要求收费。2012 年，该标准又被进一步提高了。

根据法律规定，实行收费开始所获得的 12 亿英镑都已经花费在交通的改善上。[①]

① Transport for London, Views sought on proposed changes to congestion charging scheme, available at: https://tfl.gov.uk/info-for/media/press-releases/2014/january/views-sought-on-proposed-changes-to-congestion-charging-scheme

拥堵费的收取对于稳定交通起到了有效的作用，相较于 2002 年的水平，拥挤情况可以稳定在 27%的水平以下，或者说减少约 80000 辆车。[①] 交通量与之前相比增加了 66%。

10.2.2 被动式和主动式结合的建筑节能

（1）建筑的节能措施

在 2014 年，伦敦市长宣布以 1200 万英镑的追加投资进一步拓展城市建筑节能的工作。伦敦有两个主要项目：针对住房的 RE:NEW 项目和针对公共建筑的 RE:FIT 项目。伦敦能源效率基金提供贷款给公共或私人实体来进行建筑改造或更大的可持续能源项目，如热电联产（CHP），区域供热和可再生能源发电等。建筑节能，可以通过以下的途径实现[②]：

改造和电热联产是伦敦提高建筑能源效率的两种方式

- 智能计量和楼宇管理系统（BMS）/控制升级
- 低能源照明及控制
- 低能源电器和设备
- HVAC（采暖，通风和空调）升级
- 绝缘和窗玻璃
- 高效热力的生产（如：热电联产或集中供热）
- 低碳技术（如：燃料电池，生物质锅炉，微水电，太阳能热利用，地源热泵等）
- 节水（如：低流量，雨水收集，污水回收利用系统）

RE:NEW 在 2009 年公司成立以来帮助改造了 11.3 万家住宅，每年节省约 3.18 万吨二氧化碳。[③]RE:FIT 项目也已经为每年节省约 3 万吨二氧化碳作出贡献，帮助改造了 460 家公共建筑。[④]

① Transport for London, *Congestion Charge Factsheet*, Mayor of London, http://content.tfl.gov.uk/congestion-charge-factsheet.pdf

② London Energy Efficiency Fund, http://www.leef.co.uk/pdf/LEEF.pdf

③ http://www.london.gov.uk/priorities/environment/energy/re-new-home-energy-efficiency

④ http://refit.org.uk/what-refit/refit-achievements/

案例研究："水晶"——一个伦敦节能建筑

伦敦"水晶"节能建筑总投资 3500 万欧元，建造历时一年半，目前已成为伦敦的又一座新地标性建筑。伦敦"水晶"坐落于伦敦纽汉区的皇家维多利亚码头，若搭乘穿梭于泰晤士河两岸的缆车，参观者就可以俯瞰到其水晶般的建筑全景。"水晶"的奥妙不只在于其华丽的外表，更在于其内部：2000 平方米的展示大厅向参观者述说了当前基础设施的解决方案是怎样在保证更好生活质量的前提下，打造更环保的城市可持续性生活。

图 10-3 伦敦绿色建筑"水晶"

与同类办公楼相比，"水晶"可节电 50%，减少二氧化碳排放 65%，供热与制冷的功能全部来自可再生能源。通过创新技术，它可利用太阳能、风能以及地源热泵进行自主发电。在建筑内拥有未来城市展示厅，向人们展示致力于城市可持续发展的现代技术，以及目前世界上最大最全面的绿色业务组合。 水晶融合了雨水收集、太阳能加热和创新的楼宇管理系统，可自动控制并管理能源使用、楼宇运行以实现更高效、更舒适的目标。包括被动式技术在内的绿色解决方案组合，提供了良好的隔热性能，也将能效比提高到了一个新的水平。同时，它还设有为电动汽车充电的充电站，为周边社区提供服务。正因为如此，"水晶"同时获得了世界两个主要的节能高效建筑评估标准——英国建筑研究院环境评估方法 BREEAM"杰出奖"和美国绿色建筑 LEED"铂金奖"两个最高奖，是伦敦绿色低碳建筑的杰出代表，也是全球最绿色的设施之一。

10.2.3 伦敦能源供应

发布于 2007 年关于气候变化的伦敦行动计划被鲍里斯 •约翰斯顿在 2011 年发布的《伦敦能源的未来：市长的气候变化减缓和能源战略》所取代，虽然这两个计划有许多共同点。市长设定了一个目标，伦敦能源的生产 25%在本地，并实现到 2025 年伦敦二氧化碳排放量降低约 1990 年水平的 60%。

伦敦目前严重依赖于国家电网。但是，它已经意识到了分布式发电的许多机会，如太阳能电池板、热电联产、废物转化为能源植物。特别是热电联产系统，正在逐渐被城市发展推动作为适用于伦敦不同建筑类型混合、高密度的状况，同时也是一个相对低成本的经济机会和一个对私营部门来说的投资机会。热电联产是分布式发电的一种形式，当燃料在现场燃烧，例如在一个燃气轮机中，为了生产电力而产生的热量（通常会被忽略收集起来）被用于产生热量或热水。该市还制定了伦敦的热图以识别热电联产适合的机会。[①]

10.2.4 总结

伦敦正在采取多管齐下的办法以减少碳排放，主要通过：

- 低碳交通计划
- 提升建筑能效
- 通过使用可再生能源和热电联产分布式系统增加低碳能源供应

除了这些措施以减少排放，城市也在努力提出减少水旱灾害风险的措施。

这项工作似乎得到了回报。根据市长的气候变化减缓和能源年报（2013-2014 年），伦敦的排放量由 1990 年的基准线下降了 11%，而且 2013 年相较于其在 2000 年的峰值下降了 20%。二氧化碳人均排放量从 1990 年的水平下降了 28%，下降至 2013 年的 4.8 吨/人。

采取综合办法进行低碳发展也促进了经济发展，包括创造绿色就业机会，发展低碳专业技术和创新产品。伦敦在城市可持续转变中是一个领先的城市。伦敦所实施的许多政策对于中国城市来说有适用性，因为两者都在努力加速人类发展和环境责任的融合。

① London Heat Map: http://www.londonheatmap.org.uk/Content/home.aspx

附录一 长三角16个城市可持续发展状况与排名

附表1-1 长三角16个城市可持续发展指标统计一览

指标 / 城市		人类发展指数				城市生态投入指数								
						资源消耗指数			污染排放指数					
		人均GDP（国际元/人）	人均预期寿命（年）	人均教育年限（年）	预期教育年限（年）	人均建成区面积（m^2/人）	人均消费标准煤（tce/人）	人均供水量（t）	人均化学需氧量排放量（kg/人）	人均氨氮排放量（kg/人）	人均二氧化硫排放量（kg/人）	人均氮氧化物排放量（kg/人）	人均工业固体废弃物产生量（t/人）	人均生活垃圾清运量（t/人）
1	上海市	21521	82.47	10.58	14.71	64.72	4.85	510	8.23	1.75	8.94	11.84	0.85	0.30
2	南京市	29867	76.96	10.82	11.81	87.08	11.11	155	10.29	1.79	13.73	13.45	2.07	0.31
3	宁波市	22258	79.12	8.91	14.19	38.50	4.27	291	6.05	1.40	17.85	27.80	1.64	0.34
4	杭州市	22590	80.98	9.88	14.23	52.24	1.79	653	8.10	1.07	9.35	7.65	0.78	0.35
5	无锡市	29774	81.91	9.65	14.16	50.12	5.76	66	1.71	0.07	12.83	18.14	1.62	0.18
6	舟山市	19488	79.65	8.53	14.55	52.54	10.38	130	5.68	0.20	11.99	11.71	0.65	0.25
7	苏州市	29432	82.16	9.72	14.62	41.69	4.92	66	8.12	1.46	15.59	23.50	2.35	0.14
8	扬州市	17384	79.65	8.90	14.30	29.53	3.24	39	12.29	2.13	10.25	18.25	0.70	0.10
9	绍兴市	21478	77.80	8.71	14.14	39.81	2.21	42	16.69	1.83	12.05	11.34	0.73	0.20
10	南通市	16495	80.67	8.76	13.75	23.57	1.90	30	7.92	2.29	8.92	9.74	0.69	0.20
11	常州市	22214	78.08	9.43	14.32	39.64	3.45	56	1.48	0.07	7.64	8.70	1.21	0.13
12	湖州市	14799	80.42	8.37	14.12	31.55	4.73	64	15.20	2.17	12.62	19.29	0.63	0.25
13	嘉兴市	16522	80.73	8.40	13.89	20.40	2.87	49	5.91	0.89	16.01	21.21	1.09	0.06
14	镇江市	22127	76.85	9.46	14.56	40.44	3.84	53	1.86	0.14	19.96	22.29	2.31	0.08
15	泰州市	15507	76.13	8.52	13.16	20.72	3.05	19	20.61	2.55	10.87	11.63	0.95	0.06
16	台州市	12714	76.60	7.99	14.00	19.21	2.20	32	4.26	0.40	3.76	5.23	0.54	0.34

附表1-2 长三角16个城市生态投入指数及分项指数排名

城市	生态投入指数 UEII		资源消耗指数 URCI		污染排放指数 UPDI	
	数值	排名	数值	排名	数值	排名
台州	0.241	1	0.156	1	0.326	2
常州	0.281	2	0.284	7	0.278	1
南通	0.327	3	0.162	2	0.492	7
嘉兴	0.330	4	0.189	4	0.470	5
扬州	0.380	5	0.230	5	0.530	9
泰州	0.385	6	0.181	3	0.589	12
绍兴	0.406	7	0.240	6	0.571	11
镇江	0.412	8	0.297	9	0.527	8
无锡	0.416	9	0.398	11	0.433	4
湖州	0.473	10	0.296	8	0.650	13
舟山	0.487	11	0.579	13	0.394	3
苏州	0.503	12	0.341	10	0.665	14
杭州	0.534	13	0.587	14	0.481	6
宁波	0.579	14	0.424	12	0.735	16
上海	0.593	15	0.653	15	0.532	10
南京	0.717	16	0.746	16	0.688	15

附表1-3 长三角16个城市资源消耗指数及分项指数排名

城市	资源消耗指数 URCI		能源消耗指数 UECI		水资源消耗指数 UWCI		土地资源消耗指数 ULRI	
	数值	排名	数值	排名	数值	排名	数值	排名
台州	0.156	1	0.198	3	0.049	3	0.221	1
南通	0.162	2	0.171	2	0.045	2	0.271	4
泰州	0.181	3	0.274	6	0.030	1	0.238	3
嘉兴	0.189	4	0.259	5	0.075	6	0.234	2
扬州	0.230	5	0.291	7	0.060	4	0.339	5
绍兴	0.240	6	0.199	4	0.065	5	0.457	9
常州	0.284	7	0.310	8	0.086	8	0.455	8
湖州	0.296	8	0.426	11	0.099	9	0.362	6
镇江	0.297	9	0.345	9	0.081	7	0.464	10
苏州	0.341	10	0.443	13	0.102	11	0.479	11
无锡	0.398	11	0.518	14	0.102	10	0.576	12
宁波	0.424	12	0.384	10	0.446	14	0.442	7
舟山	0.579	13	0.934	15	0.200	12	0.603	14
杭州	0.587	14	0.161	1	1.000	16	0.600	13
上海	0.653	15	0.436	12	0.781	15	0.743	15
南京	0.746	16	1.000	16	0.237	13	1.000	16

附表1-4 长三角16个城市污染排放指数及分项指数排名

城市	污染排放指数 UPDI		水污染排放指数 UWRI		空气污染排放指数 UAPI		固体废物排放指数 USWI	
	数值	排名	数值	排名	数值	排名	数值	排名
常州	0.278	1	0.049	1	0.348	2	0.437	5
台州	0.325	2	0.182	5	0.188	1	0.607	10
舟山	0.394	3	0.178	4	0.511	8	0.495	8
无锡	0.433	4	0.055	2	0.648	11	0.597	9
嘉兴	0.470	5	0.317	6	0.782	13	0.311	3
杭州	0.481	6	0.406	7	0.372	3	0.665	13
南通	0.492	7	0.641	12	0.399	4	0.437	4
镇江	0.527	8	0.072	3	0.901	15	0.609	11
扬州	0.530	9	0.717	13	0.585	9	0.287	2
上海	0.532	10	0.543	10	0.437	5	0.617	12
绍兴	0.571	11	0.765	14	0.506	7	0.443	6
泰州	0.589	12	1.000	16	0.481	6	0.285	1
湖州	0.650	13	0.795	15	0.663	12	0.493	7
苏州	0.665	14	0.484	9	0.813	14	0.698	14
南京	0.688	15	0.600	11	0.586	10	0.878	16
宁波	0.735	16	0.422	8	0.947	16	0.835	15

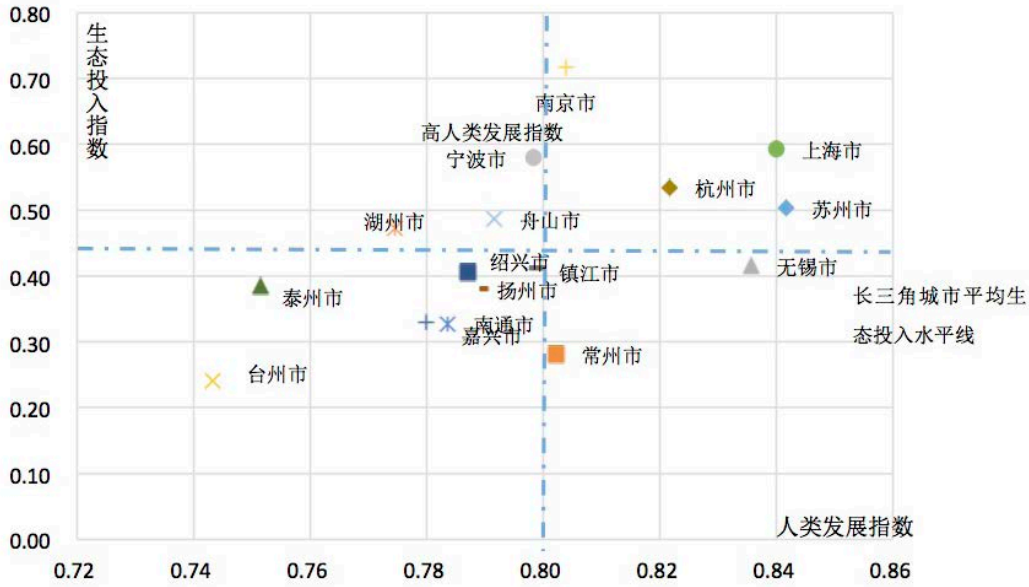
附表1-5 长三角16个城市人类发展指数及分项指数排名

城市	城市人类发展指数 UHDI		预期寿命指数 LEI		教育指数 EI		收入指数 II	
	数值	排名	数值	排名	数值	排名	数值	排名
苏州	0.842	1	0.977	2	0.760	2	0.803	3
上海	0.840	2	0.982	1	0.795	1	0.758	8
无锡	0.836	3	0.973	3	0.745	5	0.804	2
杭州	0.822	4	0.959	4	0.756	3	0.765	4
南京	0.804	5	0.896	13	0.721	7	0.805	1
常州	0.802	6	0.913	11	0.741	6	0.763	6
镇江	0.799	7	0.894	14	0.748	4	0.762	7
宁波	0.798	8	0.930	10	0.717	9	0.763	5
舟山	0.792	9	0.938	8	0.710	10	0.744	10
扬州	0.789	10	0.938	9	0.719	8	0.728	11
绍兴	0.787	11	0.909	12	0.708	11	0.758	9
南通	0.784	12	0.954	6	0.700	12	0.721	13
嘉兴	0.780	13	0.955	5	0.689	14	0.721	12
湖州	0.775	14	0.950	7	0.693	13	0.706	15
泰州	0.751	15	0.883	16	0.675	15	0.712	14
台州	0.743	16	0.890	15	0.674	16	0.684	16

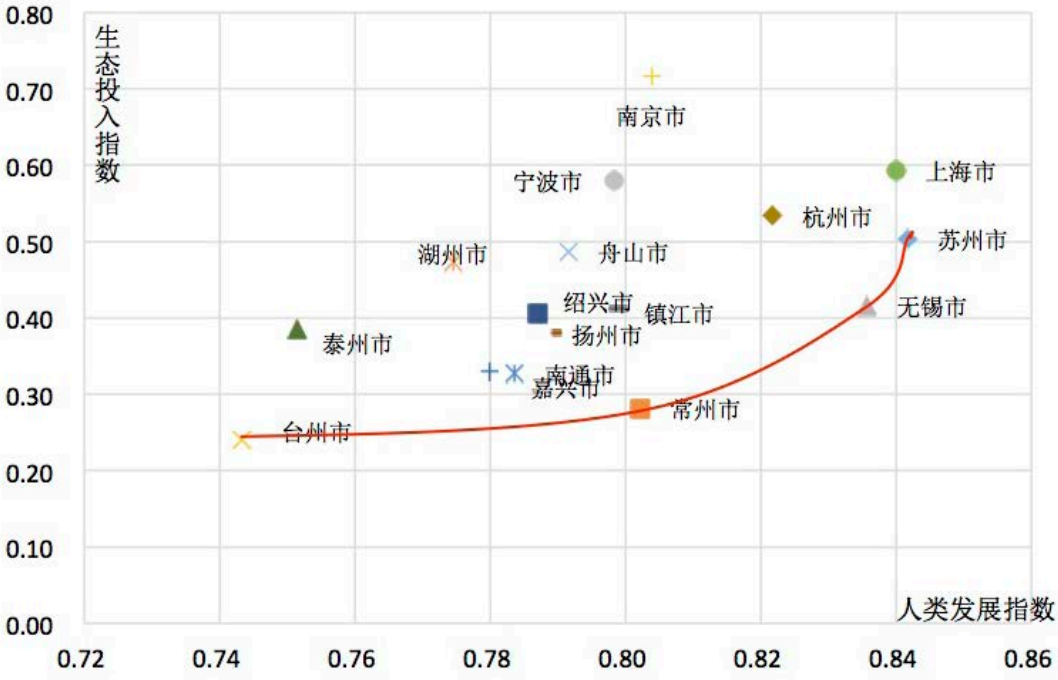
附表1-6 长三角16个城市可持续发展效率及排名

城市	生态投入指数 UEII	人类发展指数 UHDI	可持续发展效率	效率排名
苏州	0.503	0.842	1.000	1
常州	0.281	0.802	1.000	1
无锡	0.416	0.836	1.000	1
台州	0.241	0.743	1.000	1
南通	0.327	0.784	0.820	5
上海	0.593	0.840	0.806	6
嘉兴	0.330	0.780	0.806	7
扬州	0.380	0.789	0.716	8
镇江	0.412	0.799	0.676	9
杭州	0.534	0.822	0.673	10
绍兴	0.406	0.787	0.667	11
泰州	0.385	0.751	0.640	12
舟山	0.487	0.792	0.563	13
湖州	0.473	0.775	0.554	14
宁波	0.579	0.798	0.480	15
南京	0.717	0.804	0.402	16

附录



附图 1-1 长三角 16 个城市可持续发展状态-两轴四象限图



附图 1-2 长三角 16 个城市可持续发展效率 DEA 分析图

附录二 金砖国家 12 城市可持续发展状况与排名

附表2-1 金砖国家12城市生态投入指标一览[①]

城市	人均市辖区土地面积(m^2/人）	人均能源消耗量（吨 CO^2 碳排放/人）	人均生活垃圾产生量（公斤/人）	人均供水量（吨/人）
加尔各答	118.4	1.47	282.0	50.3
德里	85.2	1.13	146.8	76.2
北京	60.9	8.20	310.0	77.2
孟买	36.9	1.04	209.0	91.3
广州	79.2	9.30	270.0	150.1
上海	65.6	9.70	300.0	130.1
圣保罗	136.7	1.40	550.0	80.5
深圳	81.9	6.20	460.0	152.1
里约热内卢	191.0	1.83	525.2	110.0
约翰内斯堡	422.9	5.02	401.3	127.3
开普敦	663.3	7.60	572.9	82.2
德班	662.0	9.00	519.0	92.3

附表2-2 金砖国家12城市生态投入指数及分项指标排名

城市	土地资源消耗指标		能源投入指标		生活物质投入指标		水资源投入指标	
	数值	排名	数值	排名	数值	排名	数值	排名
加尔各答	0.178	7	0.152	4	0.492	4	0.331	1
德里	0.128	6	0.116	2	0.256	1	0.501	2
北京	0.092	2	0.845	9	0.541	6	0.507	3
孟买	0.056	1	0.107	1	0.365	2	0.600	6
广州	0.119	4	0.959	11	0.471	3	0.987	11
上海	0.099	3	1.000	12	0.524	5	0.855	10
圣保罗	0.206	8	0.144	3	0.960	11	0.529	4
深圳	0.123	5	0.639	7	0.803	8	1.000	12
里约热内卢	0.288	9	0.189	5	0.917	10	0.723	8
约翰内斯堡	0.637	10	0.518	6	0.701	7	0.837	9
开普敦	1.000	12	0.784	8	1.000	12	0.540	5
德班	0.998	11	0.928	10	0.906	9	0.607	7

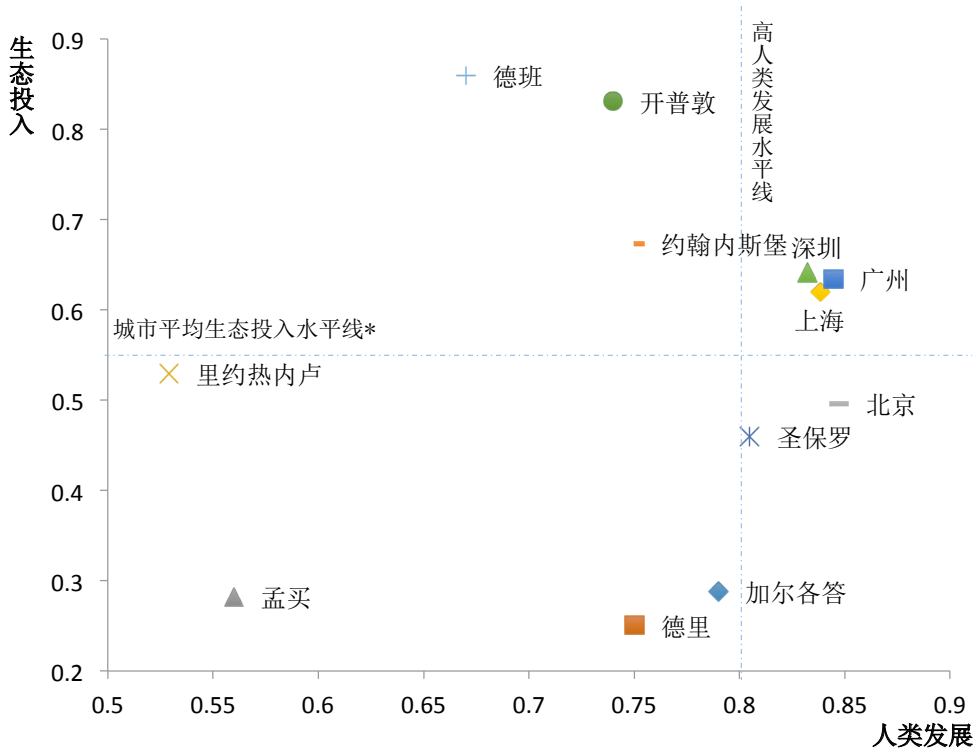
① 数据时间 2010-2012 年。国际城市数据由西门子亚洲城市能力中心整理并提供。

附表2-3 金砖国家12城市生态投入指数、人类发展指数及排名

城市	生态投入指数		人类发展指数	
	数值	排名	数值	排名
加尔各答	0.288	3	0.790	7
德里	0.251	1	0.750	8
北京	0.496	5	0.847	1
孟买	0.282	2	0.560	12
广州	0.634	8	0.844	2
上海	0.619	7	0.839	3
圣保罗	0.460	4	0.805	5
深圳	0.641	9	0.832	4
里约热内卢	0.529	6	0.799	6
约翰内斯堡	0.673	10	0.750	9
开普敦	0.831	11	0.740	10
德班	0.860	12	0.670	11

附表2-4 金砖国家12个城市可持续发展效率及排名

城市	生态投入指数	人类发展指数	可持续发展效率	效率排名
加尔各答	0.288	0.790	1.000	1
德里	0.251	0.750	1.000	1
北京	0.496	0.847	1.000	1
孟买	0.282	0.560	0.889	4
广州	0.634	0.844	0.767	5
上海	0.619	0.839	0.751	6
圣保罗	0.460	0.805	0.745	7
深圳	0.641	0.832	0.690	8
里约热内卢	0.529	0.799	0.607	9
约翰内斯堡	0.673	0.750	0.372	10
开普敦	0.831	0.740	0.301	11
德班	0.860	0.670	0.291	12



附图 2-1 金砖国家 12 城市可持续发展状态-两轴四象限图

注：*按照金砖 12 城中的平均生态投入值作为城市平均生态投入水平线，为 0.547.

图目录

图 1-1 城市发展的两个半球 5
图 1-2 城市两个半球的错位发展 6
图 1-3 城市可持续发展评估模型 7
图 1-4 城市可持续发展分类评估模型 11
图 1-5 城市可持续发展效率评价模型 12
图 1-6 城市可持续发展改进路线 17
图 2-1 DEA 效率的基本分析原理 27
图 2-2 城市可持续发展评估指标体系 36
图 3-1 中国 35 个大中城市生态投入分级情况 45
图 3-2 中国 35 个大中城市水资源消耗分级图 48
图 3-3 中国 35 个大中城市土地资源消耗分级图 49
图 3-4 中国 35 个大中城市能源消耗分级图 50
图 3-5 中国 35 个大中城市水污染排放图 53
图 3-6 中国 35 个大中城市空气污染排放图 54
图 3-7 中国 35 个大中城市水污染排放图 55
图 3-8 我国东中西部生态投入平均水平比较 56
图 3-9 中国 35 大中城市资源消耗指数和污染排放指数分布玫瑰图 57
图 3-10 中国 35 大中城市资源消耗分项指标分布玫瑰图 58
图 3-11 中国 35 大中城市污染排放分项指标分布玫瑰图 59
图 4-1 中国 35 个大中城市人类发展水平分级 65
图 4-2 中国 35 个大中城市人均预期寿命分级图 66
图 4-3 中国 35 个大中城市人均受教育年限分布排名图 67
图 4-4 中国 35 个大中城市人均 GDP 水平状况 69
图 4-5 东中西部城市人类发展指数排名分布的累计图 70
图 4-6 中国 35 个大中城市人类发展指数分项指标分布玫瑰图 71
图 4-7 中国 35 个大中城市人类发展指数分项指标排名分布玫瑰图 72
图 5-1 中国 35 个大中城市两轴四象限图 74
图 6-1 中国 35 个大中城市可持续发展效率玫瑰图 82
图 6-2 中国 35 个大中城市可持续发展效率分级图 83
图 6-3 中国 35 个大中城市可持续发展效率排名地区分布图 85
图 6-4 中国 35 个大中城市可持续发展效率排名地区占比图 85
图 6-5 中国四大主要城市群可持续发展效率分布图 86
图 6-6 中国 35 个大中城市可持续发展效率 DEA 分析图 88
图 7-1 城市可持续发展分类与发展路径 91
图 9-1 北上津渝以产业大类划分碳排放总量柱状图 121
图 9-2 北津渝三市制造业细分行业碳排放量饼状图 124
图 9-3 北上津渝 HDI－人均碳排放量散点图 126
图 9-4 世界 172 个国家和地区 HDI－人均碳排放量散点图 129
图 10-1 伦敦希斯罗机场快线 137
图 10-2 伦敦红色双层巴士 139

图 10-3 伦敦绿色建筑“水晶” 141
附图 1-1 长三角 16 个城市可持续发展状态-两轴四象限图 147
附图 1-2 长三角 16 个城市可持续发展效率 DEA 分析图 147
附图 2-1 金砖国家 12 城市可持续发展状态-两轴四象限图 150

表目录

表 1-1 城市可持续发展评估模型 11
表 1-2 城市可持续发展模式和路径选择 16
表 2-1 中国 35 个大中城市可持续发展指标一览 37
表 3-1 中国 35 个大中城市生态投入指数及分项指数排名 42
表 3-2 中国 35 个大中城市资源消耗指数及分项指标排名 46
表 3-3 中国 35 个大中城市污染排放指数及分项指标排名 51
表 3-4 中国 35 个大中城市东中西部划分情况 55
表 4-1 中国 35 个大中城市的人类发展指数排名及分项指标排名 62
表 5-1 中国 35 个大中城市可持续发展分类 75
表 6-1 中国 35 个大中城市生态投入指数、人类发展指数和可持续发展效率排名 80
表 6-2 城市可持续发展效率分类标准 82
表 7-1 城市可持续发展模式和路径选择 91
表 7-2 Ⅰ区城市消耗-发展效率及排放-发展效率 94
表 7-3 Ⅱ区城市消耗-发展效率及排放-发展效率 95
表 7-4 Ⅲ区城市消耗-发展效率及排放-发展效率 96
表 7-5 Ⅳ区城市消耗-发展效率及排放-发展效率 97
表 9-1 2012 年北上津渝城市二氧化碳排放总量核算 119
表 9-2 北上津渝制造业分行业二氧化碳排放百分比分布 121
表 9-3 北上津渝城市生产二氧化碳排放强度指标 125
表 9-4 北上津渝城市人均生活二氧化碳排放量 125
表 9-5 北上津渝 2012 年 HDI 与人均二氧化碳排放量 126
表 9-6 世界 172 个国家和地区 2010 年 HDI 与二氧化碳排放指数分布表 127
表 9-7 四大直辖市与部分国家的 HDI 及二氧化碳排放指数比较 130
附表 1-1 长三角 16 个城市可持续发展指标统计一览 143
附表 1-2 长三角 16 个城市生态投入指数及分项指数排名 144
附表 1-3 长三角 16 个城市资源消耗指数及分项指数排名 144
附表 1-4 长三角 16 个城市污染排放指数及分项指数排名 145
附表 1-5 长三角 16 个城市人类发展指数及分项指数排名 145
附表 1-6 长三角 16 个城市可持续发展效率及排名 146
附表 2-1 金砖国家 12 城市生态投入指标一览 148
附表 2-2 金砖国家 12 城市生态投入指数及分项指标排名 148
附表 2-3 金砖国家 12 城市生态投入指数、人类发展指数及排名 149
附表 2-4 金砖国家 12 个城市可持续发展效率及排名 149

中英文术语对照表

中文全称	英文全称	英文简写
城市可持续发展指数	Urban Sustainable Development Index	USDI
城市人类发展指数	Urban Human Development Index	UHDI
城市生态投入指数	Urban Ecological Input Index	UEII
城市资源消耗指数	Urban Resources Consumption Index	URCI
城市污染排放指数	Urban Pollution Discharge Index	UPDI
城市水资源消耗指标	Urban Water Consumption Index	UWCI
城市土地资源消耗指标	Urban Land Resources Input Index	ULRI
城市能源消耗指标	Urban Energy Consumption Index	UECI
教育指标	Education Index	EI
平均学校教育年数	Mean Years of Schooling Index	MYSI
预期学校教育年数	Expected Years of Schooling Index	EYSI
预期寿命指标	Life Expectancy Index	LEI
收入指标	Income Index	II
人均建成区面积	Per Capita Build-up Area	BA/ Per Capita
人均能源消耗	Per Capita Energy Consumption	EC /Per Capita
人均供水量	Per Capita Water Supply	WS/ Per Capita
人均化学需氧量排放	Per CapitaChemical Oxygen Demand Emissions	COD/ Per Capita
人均氨氮排放量	Per CapitaAmmonia Nitrogen Emissions	ANE/Per Capita
人均二氧化硫排放量	Per Capita Sulfur Dioxide Emissions	SDE/Per Capita
人均氮氧化物排放量	Per Capita Nitrogen Oxide Emissions	NOE/Per Capita
人均工业固体废弃物产生量	Per Capita Industrial Solid Waste Discharge	ISWD/Per Capita
人均生活垃圾清运量	Per Capita Municipal Household Waste Disposal amount	MHWD/Per Capita

2015年中国城市可持续发展报告

衡量生态投入与人类发展

《2015年中国城市可持续发展报告：衡量生态投入与人类发展》根据12个人类发展和生态环境指标，对中国35个大中城市、长三角核心区16个地级以上城市进行了研究，考查了城市生态投入与人类发展之间的关系，为实现经济社会发展与自然资本消耗脱钩、推动中国城市可持续发展提出了建议。

民强国盛