



低碳城市行动指南——

中德低碳城市项目经验分享



低碳未来城市
气候与资源友好型的综合发展战略

www.lowcarbonfuture.net

资助方



Stiftung
Mercator

版权信息

报告题目： 低碳城市行动指南 – 中德低碳城市项目经验分享

作者： Vallentin, Daniel; Xia-Bauer, Chun; Dienst, Carmen (all Wuppertal Institute)

贡献作者(按字母排序)：

Can, Wang (Tsinghua University, Research Centre for International Environmental Policy/RCIEP); Coles, Neil (Collaborating Centre on Sustainable Consumption and Production/CSCP); Dapeng, Cui (Chinese Society for Sustainable Development/CSSD); Fekkak, Miriam (Wuppertal Institute); Gemmer, Marco (National Climate Centre/NCC of China Meteorological Administration); Hongyan, Ren (Wuxi Low Carbon Development

Research Centre/WCC); Fischer, Tom (National Climate Centre/NCC of China Meteorological Administration); Kunmin, Zhang (Chinese Society for Sustainable Development); Lucas, Rainer (Wuppertal Institute); Oberheitmann, Andreas (China Environment Research/CER); Philipps, Sebastian (Collaborating Centre on Sustainable Consumption and Production/CSCP); Saurat, Mathieu (Wuppertal Institute); Schneider, Clemens (Wuppertal Institute); Schüle, Ralf (Wuppertal Institute); Tong, Jiang (National Climate Centre/NCC of China Meteorological Administration); Venjakob, Johannes (Wuppertal Institute);

出版： 2014 Wuppertal

项目名称： Low Carbon Future Cities

工作包： 11

资助方： Stiftung Mercator

联系人： daniel.vallentin@wupperinst.org; chun.xia@wupperinst.org

引用： Vallentin, Daniel; Xia-Bauer, Chun; Dienst, Carmen (2014). Lessons Learnt from a Sino-German Low Carbon City Project: A Manual. Wuppertal.

设计： Nikola Berger / nikobe.net

报告全文下载：
www.lowcarbonfuture.net

目录

- 1 简介 4
- 2 国际合作低碳城市项目的建立 6
 - 2.1 建立一支有竞争力的国际合作团队和一个统一的项目概念和方法框架 6
 - 2.2 筹备与开展中外利益相关方论坛 9
- 3 科学分析：低碳未来发展的坚实基础 12
 - 3.1 温室气体排放和资源利用的现状分析 12
 - 3.2 为中国城市构建长期低碳情景 16
 - 3.3 综合资源高效利用和低碳情景 20
 - 3.4 在低碳城市战略中综合考虑适应气候变化 23
- 4 明确中国城市低碳发展中蕴含的商机 26
- 5 结论 28
- 6 参考文献 30

1 简介

"低碳未来城市项目旨在为中国试点城市（无锡）和德国试点（杜塞尔多夫及其周边地区,...)"

全世界有50%-60%的人口居住在城市。城市是经济发展的动力。全球城市化已经达到了很高的水平，在接下来的几十年中仍将快速发展。城市化水平的提高也伴随着不断增长的环境压力：全世界80%的温室气体排放来自于城市；75%的能源和物质消耗也源自城市（UNEP, 2013）。同时，城市在应对气候变化的影响方面是非常脆弱的，必须学会如何适应气候变化。

尽管城市面临诸多挑战，但

它也为创新提供了沃土。过去的几十年间，世界各地的政府和研究咨询机构发起了一系列推动低碳城市发展的项目。由墨卡托基金会赞助的“低碳未来城市”项目就是其中之一，该项目促进了中德城市低碳城市发展经验的交流和学习。低碳未来城市项目旨在为中国试点城市（无锡）和德国试点（杜塞尔多夫及其周边地区，包括杜塞尔多夫市、拉廷根市、诺伊斯市、诺伊斯莱茵县和梅特曼县）发展一套低碳战略方案。该项目的创新之处在于严谨的科学分析与利益相关方对话的有机结合，综合考虑低碳、可持

续资源利用和适应气候变化。该项目由德国乌珀塔尔研究所主持，项目团队包括清华大学、中国气象局国家气候中心、中国可持续发展研究会、无锡低碳发展研究中心、可持续生产与消费合作中心。

在这份行动指南中，项目团队将分享三年来积累的经验，助力新兴经济国家（尤其是中国）低碳城

市发展。该指南的受众包括主持和参与低碳城市国际合作项目（尤其是针对中国城市）的科研咨询机构以及正积极发展综合低碳战略的地方政府。该指南的编制基于对项目组里多位经验丰富的专家的访谈。图表1概述了行动指南的框架结构。

“...分享三年来积累的经验，助力新兴经济国家（尤其是中国）低碳城市发展...”



图表1：行动指南的框架结构

2 国际合作低碳城市项目的建立

严谨的科学分析是低碳城市项目组为双方试点地区发展综合低碳战略的先决条件。满足该前提需要一支具有竞争力的国际合作团队，且就项目的概念和方法达成共识，以及与政府和相关单位机构的积极对话交流。

2.1 建立一支有竞争力的国际合作团队和一个统一的项目概念和方法框架



图表 2: 2012年在无锡举行的第二届利益相关方论坛
(无锡和杜塞尔多夫周边地区代表、其它相关机构代表、以及项目组成员)

一支国际合作团队的成功要素

在低碳城市国际项目中，成功的项目组需要平衡组内中外成员机构的比例。许多情况下，由于项目申请时间仓促，项目组都是匆忙组建的。我们建议项目负责人在选择项目组成员机构时，应充分了解他们的优势和劣势，评估他们能否胜任项目任务对于国际合作项目而言，克服语言障碍非常重要。因此，每个合作机构项目成员都应熟练掌握英语，国外机构最好有精通汉语（写作和口语能力）的工作人员，以推动项目组内部的交流。另外，项目组成员应具有在国际项目中工作的经验，比如可以接受不同的工作方式、工作文化，以及交流方式。以上条件是国际合作项目有效开展的前提。

如果项目包括特定城市试点

项目，尤其是为试点城市提出政策建议并涉及利益相关方交流，项目组中至少要有一个与该市政府有良好合作关系的机构，这一点非常重要。在项目期间，该机构需和市政府的有关部门和相关单位保持紧密联系，以确保项目组能和政府决策者有效顺畅地沟通，这是了解市政府需求以及确定优先行动措施的关键。另外，与地方紧密联系有助于开展科研基础工作，比如数据收集、确定情景分析中的假设、地方低碳制度框架的分析。另外，项目中应设立试点城市的“热线电话”这一职务，以便项目组在短时间内与当地相关决策者、专家和企业进行沟通。

"成功的项目组需要平衡组内中外成员机构的比例。"

建立一个完善的项目概念和方法框架

城市层面环境和气候政策面临众多挑战，尽管二氧化碳（CO₂）减排在过去几年已列入其目标，地方政府仍优先考虑类似于空气污染、资源紧缺等亟待解决的问题，这意味着低碳发展必需和这些问题结合起来。因此，低碳城市项目应综合考虑不同方面的环境压力，包括资源的高效利用、适应气候变化和温室气体减排，并推进跨行业的解决方案，例如回收工业厂房的余热供给附近的公共设施（如学校、游泳池等公共建筑）。

为了综合考虑以上各方面，低碳城市项目需要一套完善统一的概念和方法框架。因此，在我们项目当中，我们决定在第一个工作模块

中为整个项目制订一个统一的概念和方法框架。“项目范围报告”对该框架进行了总结，定义了中德双方试点研究的目标和方法，例如，定义了无锡至2050年的长期情景模型方法的目标以及基于多个子模型三个主要情景。

除此之外，该报告也定义了项目涉及的关键术语和概念以及两个试点地区的地理边界。在早期讨论中，中德双方的项目组成员对于某些如“城市”和“低碳”的关键术语和概念理解有分歧。这些关键术语和概念的统一定义是项目下一步工作的关键。因此，我们建议在项目初期要预留足够的时间，建立统一的概念和方法框架。

重点建议：

- ✎ 中外低碳城市项目团队组建需把握平衡并认真考量潜在合作团队成员的资质。
- ✎ 项目组成员应有相关的语言能力，以最大程度上克服合作的语言障碍。
- ✎ 项目组与试点城市的地方政府决策者有紧密合作关系是关键。
- ✎ 在项目前期应预留足够的时间，以建立项目统一的概念和方法框架。

对于感兴趣的读者：

更多关于关键工作步骤方法的信息详见报告《范围报告：试点研究和方法框架详述》

www.lowcarbonfuture.net

2.2 筹备与开展中外利益相关方论坛

中德利益相关方论坛是低碳未来城市项目的重要组成部分之一，在论坛中，项目组与来自无锡和杜塞尔多夫及其周边地区的政府和企业代表讨论项目的初步成果，这样的对话为这些成果提供了“事实检验”，并有利于地方政府认同和采纳项目组建议的低碳战略。同时，论坛也有效促进了双方试点地区经验交流。

如今，越来越多的研究项目包括对话模块，旨在促进与决策者及相关方的交流。然而，项目负责方必须意识到筹备、组织和开展中外利益相关方论坛需要大量的投入。另外，对话过程需要精心策划才能达到预期目标。在低碳未来城市项目当中，组织利益相关方论坛是个挑战，同时也是学习过程。组织利益相关方论坛必须定义清晰的目标并考虑一系列后勤细节。

利益相关方论坛的概念策划

作为利益相关方论坛工作的第一步，项目组需要明确论坛的受众和在整个项目框架中利益相关方论坛的目标。在我们的利益相关方论坛中，无锡和杜塞尔多夫及其周边地区的政府决策是首要受众。项目第一届利益相关方论坛于2011年10月举办的，与会者包括约100位相关政府领导和专家。该论坛采取传统的大型会议形式，即由一系列演讲汇报和分论坛组成。这次论坛旨在让无锡和杜塞尔多夫及其周边地

区的政府高层代表了解该项目，就这一目的，无论从形式还是参会者的角度来说，这次活动都非常成功。在项目中期，项目组需要具体的地方信息（例如：数据、制度障碍）；同时，无锡市政府部门主要想学习德国低碳城市项目的优秀实例。因此，具有互动性、15-20人规模的研讨会是最为合适的形式。我们意识到这样的形式可以很好地结合内容和流程的优势：第一，成本较低，并且相对大型会议可节约准备时间；第二，这种形式有

“...大多数政府代表希望在会前已收到会议介绍以及对他们的期待。”

利于地方代表展开深入并有效的交流，促进双方的相互学习。另外，我们还把研讨会和考察活动结合，向来访的市政府和企业代表展示对方试点城市的优秀实践范例。这些范例需要精心甄选，以符合来访代表的需求。例如，于2013年9月举办的第三次中德利益相关方论坛中，无锡市政府代表团考察了杜塞尔多夫及其周边地区的优秀范例项目，这些范例的甄选基于无锡政府低碳发展的需求，并与项目组建立的低碳情景相对应。这也表明将利益相关方论坛的目标融入整个项目框架中的重要性。

组织利益相关方论坛

为了确保利益相关方论坛成功举办，一些后勤细节需要注意，这些细节看似微不足道，却是论坛成功的关键。第一，签证申请越早越好。在低碳未来城市项目过程中，中国政府代表的境外签证审批程序愈发严格。例如：每年年初政府官员需要提交一年内国际访问的预期出行计划。如果某次出行不属于计划之中，那先要修改计划，然后才能启动签证申请内部程序，这一过程可能需要1-2个月的时间。第二，项目组与市政府的紧密合作

对邀请相关方参与论坛起到决定性的作用。我们项目面临的挑战之一是保证参加每次论坛和交流的市政府代表团人员的稳定性。解决这一挑战的唯一方法就是项目组能和地方政府建立良好的信任关系。第三，大多数政府代表希望在会前已收到会议介绍以及对他们的期待。因此，会前为参会代表准备一份概括活动目标及对其期望的邀请信能在很大程度上提高会议的讨论质量和成果。第四，研讨会的组织与筹备工作应考虑到文化差异和语言障

对于感兴趣的读者：

更多关于重要工作步骤方法，尤其是利益相关方论坛过程的信息详见报告《范围报告：试点研究和方法框架详述》 www.lowcarbonfuture.net



图表 3: 中外利益相关方论坛的成功要素

碍。我们建议研讨会的协调工作应由具备很强的跨文化背景的项目组成员负责。另外，保证高质量的翻译也很重要。从我们的经验来看，翻译的水平良莠不齐，我们建议最好选择与合作方已建立信任关系的翻译，并提前将报告的幻灯片发给翻译方。在我们的项目里，会议的报告内容都包括中英/德翻译，这需要额外的投入，这一点在做项目预算时也应予以考虑。

重点建议：

- ✎ 准确定位利益相关方论坛的目标和受众，以便更好地将其融入整体项目框架结构中。
- ✎ 小型互动性的研讨会有利于中德城市代表展开深入和有效的交流。
- ✎ 研讨会和考察可以有机结合，以展示试点城市优秀实践范例。
- ✎ 在国外举办利益相关方论坛时，需考虑中国政府官员严格的签证审批程序。
- ✎ 为地方代表在会前准备一份包括会议目标以及对其期望的邀请信能有效提高讨论质量。
- ✎ 研讨会的组织与筹备工作应考虑文化差异和语言障碍，例如：保证高质量的翻译水平。

3. 科学分析： 低碳未来发展的坚实基础

低碳未来城市项目的核心是一系列科学分析，为项目双方试点地区低碳城市战略的制订提供了坚实的基础。科学分析包括温室气体减排、适应气候变化和资源的高效利用三方面，运用定量和定性方法进行现状分析进而探寻未来的发展方向。

这一章我们将分享以下经验：

- ✎ 如何进行温室气体排放和资源利用的现状分析；
- ✎ 如何为中国的城市（无锡）建立长期低碳发展情景并探寻低碳未来；
- ✎ 如何将资源利用与温室气体减排相结合；
- ✎ 在低碳城市战略中综合考虑适应气候变化。

3.1 温室气体排放和资源利用的现状分析

探寻综合低碳发展路径首先要了解城市温室气体排放和资源消耗现状并识别热点行业，即分析哪些过程、技术和行为造成温室气体排放以及资源消耗。因此，量化温室气体排放、识别关键温室气体来源和行业、以及分析已采用或未来将采用的措施的具体影响是很有必要的。

然而，温室气体排放和物质消耗不只是简单的算数和统计。首先，我们要确定核算方法和系统边界。接下来需确定排放的因子和收集具体数据。数据收集是保证整个清单质量的关键，然而该过程非常耗时，需要与地方机构深入交流。

为了能够评估减排措施的影响，建立一套定期更新（年度或制度化的）的温室气体排放和资源消耗的监测系统应成为低碳城市项目工作计划的一部分。温室气体清单的不完善可能导致诸如低效措施、错误决策以及目标不当等问题。另外，排放清单的定期更新对评估减排措施是否实现了预期目标非常必要。

低碳未来城市项目中中方试点城市无锡的温室气体排放现状分析采用了针对国家层面的温室气体排放清单的国际标准化的IPCC（政府间气候变化专门委员会）指导原则（简化方法）（IPCC 1996 和 2006）。数据来源主要是2009年无锡市

统计年鉴。同时，我们的项目组成员机构无锡市低碳发展与研究中心（WLCC）积极配合，与当地相关部门和单位沟通与数据相关的问题和假设。但是由于数据缺失产生的不确定性，我们核算的无锡排放清单只能为政府提供初步参考，需要进一步细化完善。

确定合适的范围、方法并确立目标

核算城市层面的温室气体排放及其对环境的影响有若干方法。欧洲和中国有许多城市已经开始或即将开始核算温室气体清单。然而，目前城市层面的清单报告还未采用全球标准化方法、通用报告格式和质量保证措施。我们认为建立排放清单报告应考虑以下因素：

▾ **地理计算范围：**“传统”的排放清单评估“地域”或“边界范围内”的排放，意指限于城市行政区划范围内的排放，在这里我们称其为“范围1”（Chavez & Ramaswani 2011）。该范围基于针对国家层面的温室气体排放清单的国际标准化的IPCC（政府间气候变化专门委员会）指导原则，但也经常应用于城市层面（例如低碳未来城市项目）。“范围2”包括源于跨区电力配送的间接温室气体排放。“范围3”包括跨区基础设施的温室气体排放，例如运输燃料、空运和航运、通勤交通和跨区废物处理。因其考虑了与所有城市活动所伴随的温室气体排放，“范围2”和“范围3”核算了城市的真实排放，这对于一个跨区电力配送的城市尤为重要。然而，采用后两个范围的方法对数据和核算工作要求更高，且有可能降低清单报告与地

区和国家排放清单的对比性。根据选择范围的不同，评估方法和数据需求各有不同。因此，范围的确立需根据建立清单的目标。

▾ **方法、气体和行业：**除了IPCC（政府间气候变化专门委员会）指导原则，全球范围如EC02-Region 和 GRIP的机构和城市还采用其它不同的核算方法。不同方法略有差异，核算的气体 and 行业也不尽相同。方法和范围的选择和城市排放评估目标相关，需考虑现有数据和人员能力、与邻近城市和地区的对比性、以及之后长期监测的可行性。

低碳未来城市项目组自2011年起为无锡初步建立温室气体排放清单。该清单使用传统的IPCC（政府间气候变化专门委员会）指导原则，因为该项原则具有较高的国际水平和质量，并且其结果和其它地区具有对比性。

在资源利用方面，我们对能源生产（热电）行业和建筑行业进行了分析，考虑了全生命周期的资源利用，即无锡所有与人类活动相关的物质流（直接和间接、用于经济发展和未使用的、城市边界内和边界外的，甚至贸易方面的）。该分析主要采用了两种物质流分析方法，即单位服务的物质流投入（MIPS）和经济系统物质流分析（EW-MFA）。该分析有利于资源高效利用规划，从而促进温室气体的减排。然而物质流分析的具体工作十分复杂和繁琐，可能超出市级政府工作人员能力范围，因此，我们建议市政府与科研机构合作进行这方面的工作。

"方法和范围的选择和城市排放评估目标相关。"

提高中国城市温室气体排放清单对比性的工具

对于单个城市来说，开发温室气体排放清单的方法是非常复杂的。因此，国家发改委在2011年制订并下发了《省级温室气体清单编制指南（试行）》。该指南依据IPCC（政府间气候变化专门委员会）指导原则并结合中国经验，为地方层面建立清

单提供了基础(Bai et al., 2013)。另外，世界资源研究所（WRI）联合中国社会科学院（CASS）、世界自然基金会（WWF）和可持续发展社区协会（ISC），针对中国城市开发了“城市温室气体核算工具（测试版1.0）”。该工具可以帮助城市对

关键排放源进行合理核算且使其具有可比性 (<http://www.ghgprotocol.org/chinese-city-tool>) (WRI 2013)。如果以上两项工具能成功推广应用，就可以减少清单报告核算的差异性，从而提高城市排放可比性。

数据和数据缺口

讨论完针对无锡排放清单核算方法的“理论”，我们还需考虑数据的有限性和IPCC（政府间气候变化专门委员会）方法的适用性以及人员能力和时间限制。尽管无锡统计年鉴数据结构完善，但建立一份完整的清单还需其它数据。由于工业流程的复杂性和统计年鉴中有限的与工艺流程相关数据，我们只核算了主要的二氧化碳（CO₂）直接排放。与工艺流程相关的排放以及其它温室气体，我们只给出了定性描述。未来长期监测温室气体排放需根据实地情况进一步提高数据质量和改善核算方法，尤其是在非二氧化碳（CO₂）排放核算方面，比如：废物处理和农业方面（由于数据的不确定性，我们在目前的清单里尚未核算）以及与工艺流程相关的排放。这不仅仅是无锡的个例，而是所有以工业为主导的中国城市和全世界范围内同类城市共同的问题。数据收集工作涉及不同的部门，这进一步增加了其困难和复杂性，我们建议不同部门之间的数据

收集工作由一个权威市级政府部门来协调，如市发展与改革委员会。

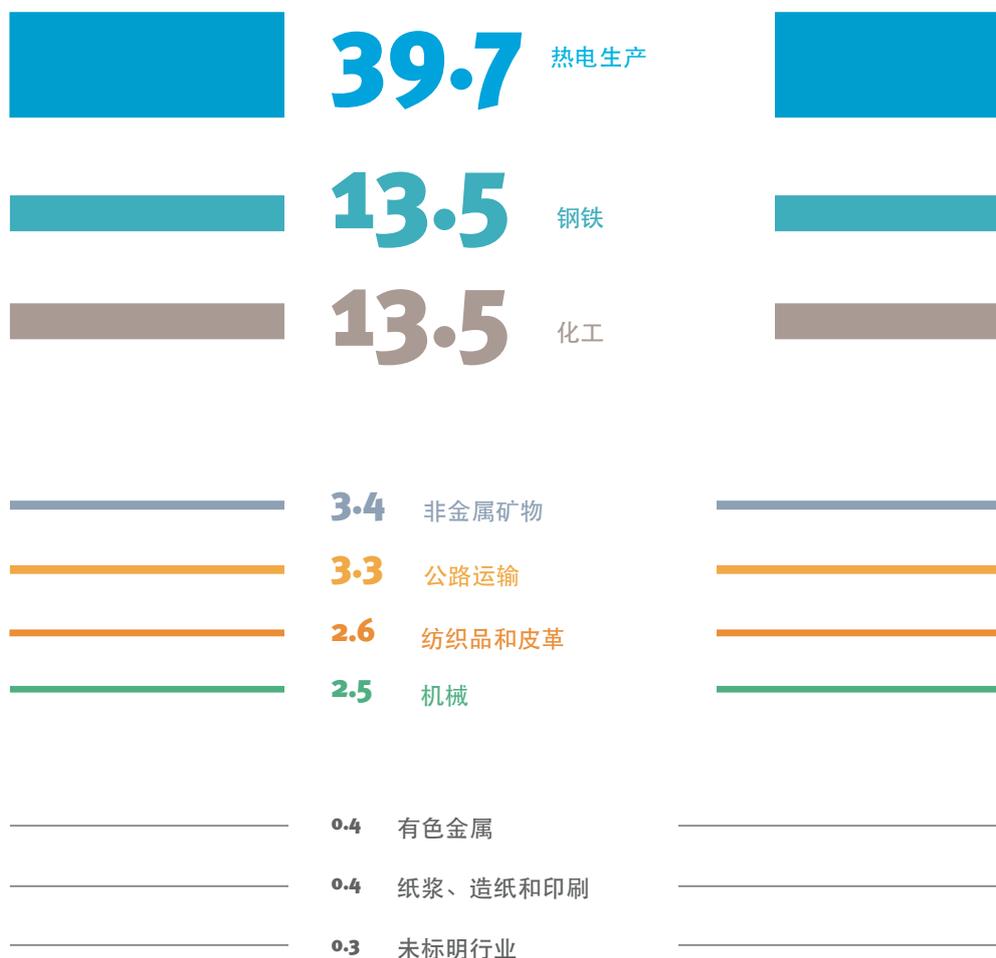
下一步的监测工作和清单报告的制度化

城市温室气体和资源利用的现状分析对低碳城市发展很重要，然而，更为重要的是长期的监测工作，即监测资源利用和温室气体排放的变化以及评估政策措施的影响。因此，我们建议首份清单报告应基于清楚、详细、透明的原则并定期（年度或半年度）更新清单报告。最理想的是，核算报告和监测小组建在某政府机构下，有明确的职能分工，并与相关部门有良好的联系和合作关系。工作人员变动将导致重复工作以及与早期报告不一致。为了避免这一问题，核算报告和监测流程需系统存档。温室气体核算和监测是低碳城市发展的关键。它能帮助市政府设定合理的减排目标、实施更完善的气候政策和措施（Sippel 2011）。

对于感兴趣的读者

更多关于无锡物质流和温室气体排放现状分析的信息详见报告《无锡市气候变化影响和脆弱性，资源利用现状分析及变化趋势预测》

www.lowcarbonfuture.net



图表 4: 2009年IPCC能源行业直接二氧化碳排放 (百万吨)

重点建议：

- ✎ 建立精确的温室气体排放清单对于低碳发展的量化以及明确减排热点是至关重要的。因此，我们建议城市在排放清单核算和监测工作方面安排足够的资源。
- ✎ 核算方法和范围可根据当地情况、人员能力、数据和地方政府的政策目标确定。
- ✎ 协调清单核算的工作应由一个市政府权威部门（例如：市发展与改革委员会），以促进市级层面的数据收集工作以及与相关机构的合作。
- ✎ 清楚、详细、透明地记录温室气体清单核算过程，包括数据来源、排放因子、计算方法，以及数据缺口和面临的问题，对长期监测非常重要。
- ✎ （半）年度温室气体报告的编制工作，最好由（某机构的）固定的团队负责，以避免或减少人员流动造成的核算差异。

3.2 为中国城市构建长期低碳情景

温室气体排放和资源利用的现状分析为探索无锡低碳未来战略提供了一个良好的开端。制订一套低碳战略需要考虑城市系统及其发展的高度复杂性和不确定性的综合方法。此类战略的周期较之无锡和中国其它城市的城市规划时间跨度要长（中国的城市战略规划大多是中期的，最长到2030年）。我们项目中的低碳战略探索至2050年的长期挑战并寻求低碳解决方案。因此，我们需要一套能探寻挑战、技术和措施的方法，以助无锡从更长远的角度考虑其低碳未来发展。

"...在选择建模方法时需考虑一个国家或城市的政治形势和文化。"

在过去的十年间，情景分析在可持续发展领域得到了广泛应用，这也是符合以上需求的方法。因此，低碳未来城市项目组应用情景分析方法并结合无锡的能源需求和二氧化碳（CO₂）排放，来探索多种未来发展路径。我们构建了三个情景：当前政策情景（CPS）模拟了根据目前无锡的低碳规划温室气体排放的发展趋势。低碳技术情景（LCTS）模拟了运用适合当地关键行业（热电、工业、建筑/住宅和交通）的最优技术替代现有技术的温室气体排放。最后，超低碳情景（ELCS）考虑了更广泛应用更先进的技术以及市民的行为变化

（例如尽管生活水平提高以及中产阶级数量增长，私家机动车的增长仍会有所缓和）。所有情景分析都由关键行业子模型组成。

因此，我们运用基于技术应用和行为变化的“自下而上”的微观建模方法，情景分析中未明确定义无锡长期减排目标。另外，定义这样的目标也会伴随一定的政治敏感性，可能会对与无锡市政府建设性对话产生负面影响。因此，在选择建模方法时需考虑一个国家或城市的政治形势和文化。采用“自下而上”的方法，我们可以向决策者们展示未来发展的各种可能性以及长期低碳战略的必要性。

除了上述问题，低碳未来城市项目组在情景分析过程中遇到的主要挑战还包括如何将情景分析中的一系列假设与地方情况相适应，以及如何保证分析结果能有效地促进无锡综合低碳战略的发展。与以往用来预测分析的纯定量模型不同，低碳未来城市项目组尝试结合定量和定性两种方法。定量模型在模拟像城市这样的复杂系统的长期变化上有一定的局限性，而定性分析能更好地把握复杂系统的诸多“软性”因子，例如制度性障碍，能为探索未来提供更广阔的视野（Swart et al., 2004）。

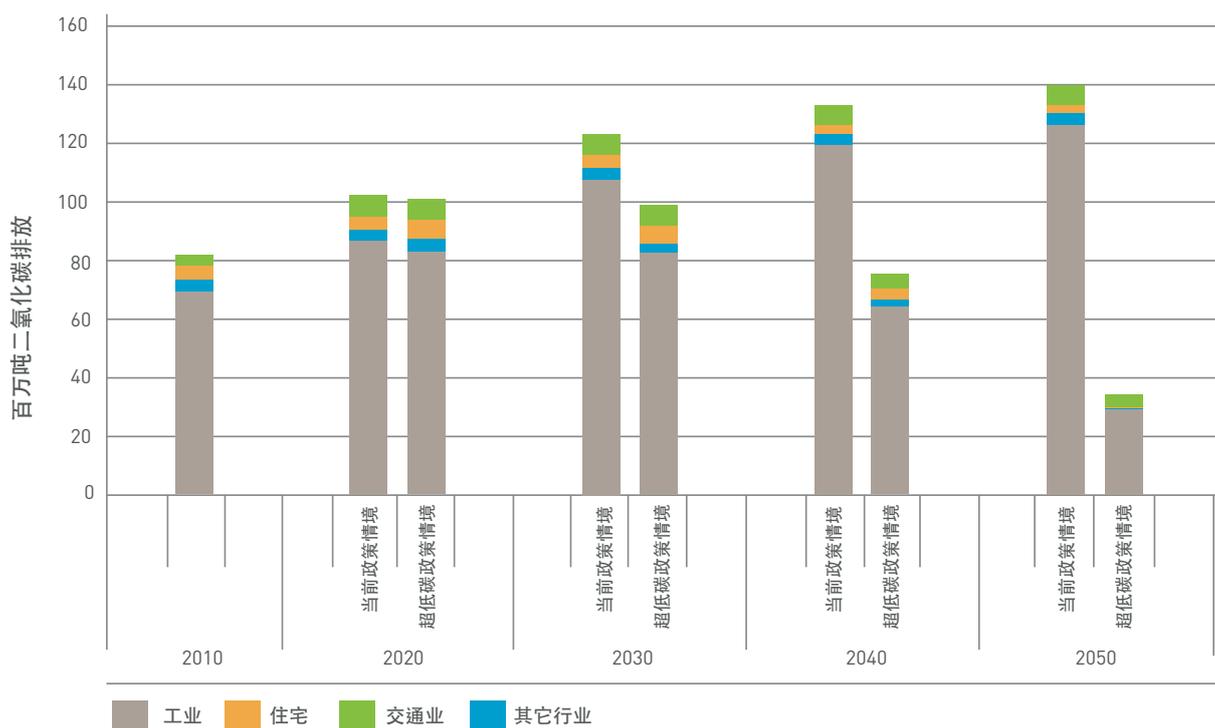


图5: 当前政策情景和超低碳情景中无锡2010-2050年直接和间接二氧化碳

情景假设与地方情况相适应

为了使情景分析的结果为地方政府接受，情景假设需尽量反映当地情况。地方数据是建立可靠假设的关键因素，然而，数据收集在无锡的试点研究中也很棘手。当地数据的主要来源是无锡市统计年鉴。该统计年鉴提供了相对全面的数据，但不同关键行业的数据缺口和质量差异较大。例如，能源行业的数据较为完整，而能源密集型工业的运作和设备方面的数据就很有有限；在建筑行业，当地提供的数据无法满足模型结构的数据需求，例

如，我们无法获得无锡不同建筑中与行为相关的数据。

填补数据缺口的方法之一是采用国家层面情景分析中的关键假设。在我们的情景中，我们采用了国家发改委能源研究所的“中国2050”情景（2050中国能源和碳排放研究课题组，2009）。使用国家层面的假设来建立地方的情景降低了情景的地域性，同时也增加了结果的不确定性。为了使情景更符合无锡的实地情况，建模小组就若干低碳技术是否适合当地情况以及能

"由于这些相关方对当地情况具备广泛的专业知识和丰富的专业实践经验，因此，情景分析的假设将更为可靠且全面..."

否应用到无锡咨询了当地的相关单位机构。然而，由于时间和资源的限制，当地相关单位和机构的参与还是十分有限。

由于这些相关方对当地情况具备广泛的专业知识和丰富的专业实践经验，因此，情景分析的假设将更为可靠且全面。他们的参与将提高分析结果的质量，

且更为当地政府所接受。我们建议预留更多的时间促进这些相关方的积极参与，以访谈和研讨会的形式进行，这样可能更有效地促进情景分析工作进展。然而，由于相关方的观点不同甚至某些利益冲突，参与过程不一定很顺利。因此，我们需考虑哪些方面能通过相关方的参与讨论有效解决以及哪些相关方能够作出建设性的贡献。

定量情景与定性制度分析相结合

在项目中，我们将定量情景模拟与包括当前政策和推动关键行业低碳发展的相关方的制度分析相结合。通过制度分析，我们明确了减排和资源高效利用的机遇与障碍。该分析基于现有文献和政府报告以及无锡市政府相关部门访谈。制度分析为定量情景分析结果转化为政策建议奠定了基础。这些政策建议包括对无锡低碳发展下一步的具体建议、政策措施、以及相关方及其责任。

同时，我们也学到制度分析与情景分析相结合的时间点要把握好。例如，如果能在选择情景中的低碳技术前，详细分析市级政府在

低碳发展的政策机遇和阻力，情景分析将更符合当地情况。因此，我们建议低碳城市项目的制度分析可分成以下两个步骤：

▾ **步骤1**：一个理解城市减排、气候适应、及资源高效利用存在的机遇和障碍的全面的制度分析。这一步骤可放在建立低碳情景之前，有利于甄选出更符合当地情况的技术。

▾ **步骤2**：一系列专项制度分析，以探索不同低碳技术和政策的实施潜力。这一步骤有助于将情景分析结果更切实地转化为政策建议。建议地方相关方积极参与该过程。

重点建议：

- ✎ 可持续发展需要市政府和其它相关机构从长远的角度做决策，情景分析是探索不同长期发展路径的有效方法，从而实现可持续转型。
- ✎ 为了使情景分析能有效地影响决策过程，综合定量模型和定性方法至关重要。后者包括使用不同的相关方参与工具、专家访谈和制度分析。因此，低碳城市项目的筹备阶段应保证足够资源以开展与相关单位和机构专家的访谈和研讨会。
- ✎ 建立情景假设时，需积极融入相关单位和机构，这样，情景分析将综合当地广泛知识信息以及丰富专业经验，从而使分析结果更为可靠并为政策建议奠定基础。
- ✎ 建模过程经常遇到数据缺口，地方政府文件和国家层面的情景分析可以在一定程度上填补这一缺口。尽管如此，我们建议在项目筹备阶段评估情景模型中数据的可获得性和质量，以确立模型结构及其复杂性。
- ✎ 全面的制度分析是情景分析的重要条件，也是将情景分析结果转化成为未来城市发展战略的基础。同时，制度分析也有助于了解某项特定技术或政策措施实施的地方环境。因此，进行制度分析的阶段以及与其它工作模块的同步性需谨慎计划，以便与定量方法有效结合。

对于感兴趣的读者：

更多关于适应气候变化和情景分析详见报告《无锡市气候变化影响和脆弱性，资源利用现状分析及变化趋势预测》和《城市二氧化碳减排综合战略，无锡资源高效利用和气候适应》

www.lowcarbonfuture.net

3.3 综合资源高效利用和低碳情景

低碳未来城市项目的创新点之一不仅是关注温室气体减排，同时探索减排与适应气候变化和资源高效利用的关系。在低碳城市战略中

综合考虑适应气候变化的内容详见3.4小节。这一部分我们主要讨论项目团队如何将无锡的资源利用情景与低碳情景结合。

分析无锡资源利用的重要工具

我们对无锡资源利用的评估主要采用了两种物质流分析（MFA）的方法：

↳ **单位服务的物质流投入（MIPS）**：该方法又称物质足迹，是生命周期研究大类中的一种，分析某产品、服务或过程的整个生命周期的物质（资源）的投入（其中也包括未实现经济价值的资源）[Saurat and Ritthoff, 2013; Ritthoff et al., 2002; Schmitt-Bleek, 1993]。

↳ **经济系统物质流分析（EW-MFA）**：该方法原则上可用于试点研究地区所有物质流分析（所有从自然界开采的物质或从经济系统

以外进口的物质以及经济系统的排放、废弃物或出口）。在低碳未来城市项目中，物质流分析主要集中在关键行业及其相关的物质投入。

所有物质流和资源利用的信息都由物质需求总量（TMR）这个指标表征，其反映无锡的生产和消费活动直接或间接产生的物质资源消耗。物质需求总量（TMR）的绝对值可用于衡量与无锡资源利用和消费相关的环境压力。

筛选的关键行业

由于时间和人力的关系，项目组仅对无锡的**建筑和热电生产**这两个**关键行业**进行资源利用分析：它们都是资源密集型产业，并具有较强的温室气体减排潜力。与其它很多国家和城市一样，无锡建筑行业当前资源消耗显著，未来拆除产生的建筑废弃物也会对资源消耗和贮存产生可观的影响。由于无锡公共建筑和商业建筑的数据较少，我们把研究重点放在住宅建筑上。而选择无锡的热电行业作为分析对象的原因是无锡仍主要依赖火力发电。

另外，这两个行业也是**低碳情景中探索的关键行业**。对于热电行业，项目组探索了超低碳情景对资源消耗的影响，即当未来可再生能源或其它新能源替代火电后的资源消耗量。对于建筑行业，分析的重点之一是**新建筑中隔热材料利用的增加及其节能效果是否能平衡其增加的资源消耗**。

资源利用情景与低碳情景的有机结合

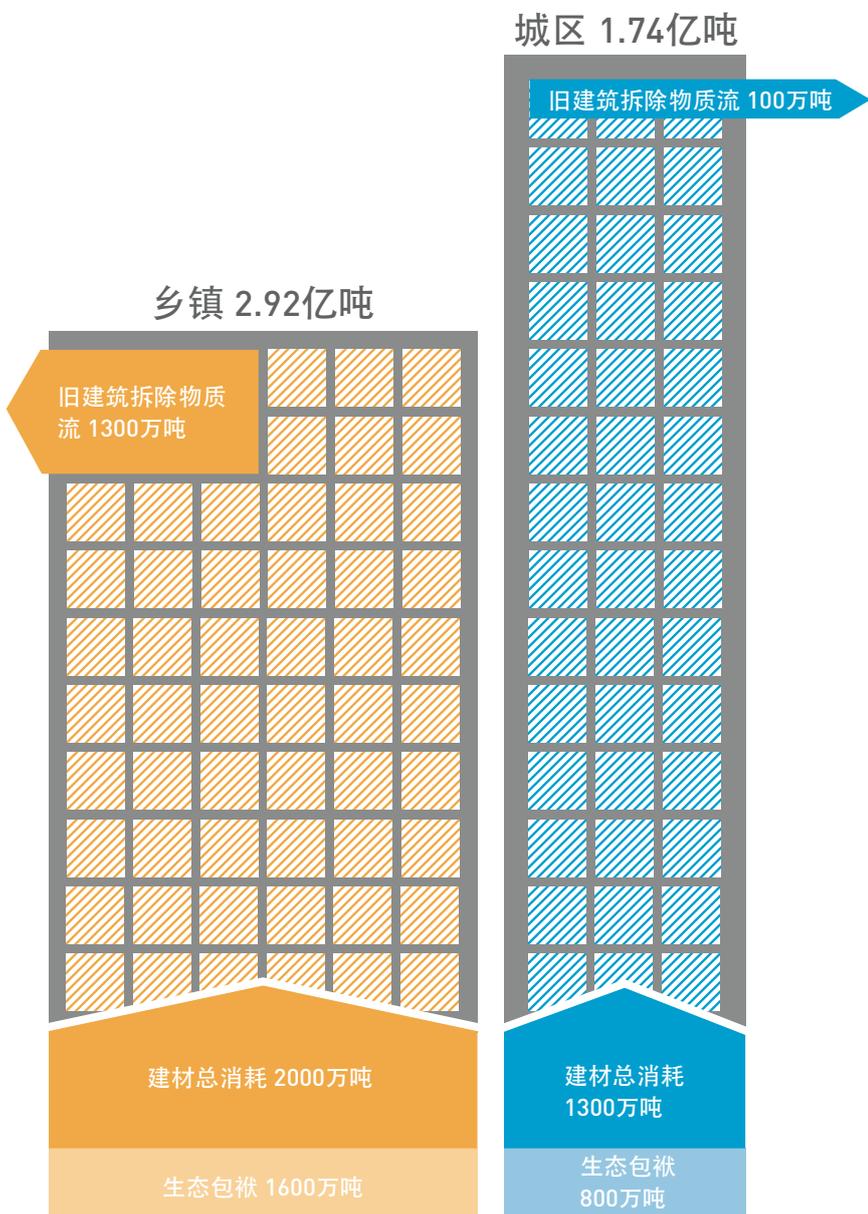
热电行业和建筑行业至2050年的资源利用情景模拟是基于**超低碳情景中的基本假设和参数建立的**。另外，低碳未来城市项目组情景分析运用了详细的能源平衡模型，其也作为资源利用强度模拟的基础。对于建筑行业，项目组建立了物质流的贮存动态模型，模型使用了和超低碳情景中相同的关键参数，例如：人口变化、人均住宅面积和建筑寿命。

在综合低碳情景和资源利用情景过程中，我们遇到了一系列挑战，比如流程管理和数据缺口。项目中低碳情景和资源情景是由两个不同建模团队完成的。因此，**不同建模过程的前后衔接和基本情景参数的统一定义很重要**。但由于工作人员的日程原因，这一过程并不容易。因此，我们建议未来的此类项目需要建立更为详细和衔接紧密的工作计划。另外，可由项目负责方组织建模团队的交流并定期召开会议，另外，还可以举办1-2次建模

对于感兴趣的读者：

更多关于资源利用和低碳情景分析相结合的信息详见报告和《城市二氧化碳减排综合战略，无锡资源高效利用和气候适应》

www.lowcarbonfuture.net



图表 6：住宅建筑行业的物质存量和物质流
* 生态包袱指隐性（间接）物质和水的消耗

团队与当地专家之间的研讨会，以探讨资源利用和低碳情景中的共同假设。

相比温室气体排放分析，数据的不完整或不一致对分析资源和物质流的影响更大。因此，我们建议项目的第一步需分析数据的可行性，与模型相关的工作包的设计应基于该分析。当然我们也知道，此类研究准备工作经常由于提交建议书时间紧张而受到限制，但它能很大程度上提高建模的效率。另外，与地方专家良好的沟通对数据的收集和核实非常重要。例如，在中国，所有的新建建筑都需要建立一份工程量清单，其中包括建材、人工等消耗的数据，这样的清单对资源分析很重要，但建模期间我们无法获取此类数据。

重点建议：

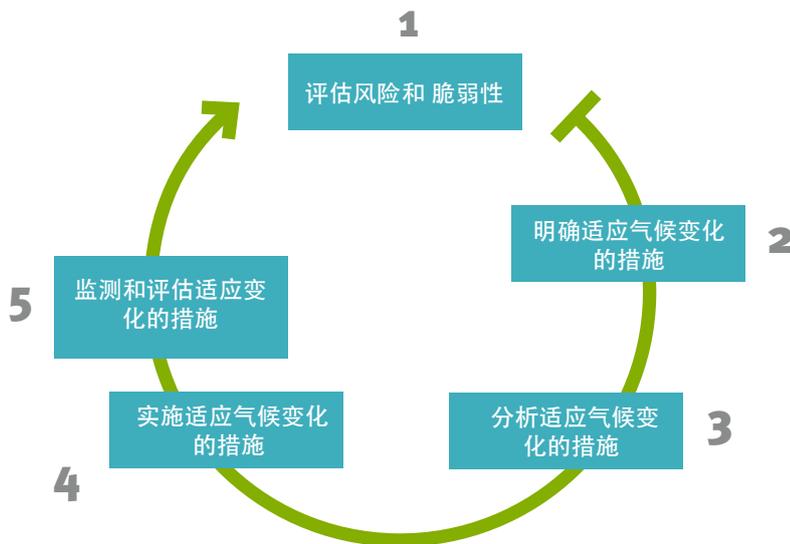
- ✎ 在开展资源利用分析工作前需评估数据的可获得性，这样可以很大程度上提高建模效率。
- ✎ 资源利用模型的范围和复杂性需考虑数据的可获得性以及温室气体减排和能源需求的联系。
- ✎ 温室气体排放、能源需求和资源利用的建模过程的前后衔接很重要，因此，项目组应建立完善的建模工作计划并组织建模团队间定期召开会议。项目经理应协调其中可能遇到的交流问题或建模过程中的不一致性。
- ✎ 我们建议在建模工作开始前应举办研讨会，以确定低碳情景和资源利用情景中共同的基本假设和参数，研讨会还应该邀请了解当地行业情况的专家参加。

3.4 在低碳城市战略中综合考虑适应气候变化

无论减排工作多么有效，气候变化已成事实。由于高密度的基础设施和人口，城市应对气候变化的影响相当脆弱。因此，城市需制订和实施适应气候变化的战略。这样的战略必须基于气候影响的研究分析以及针对不同适应气候变化措施的综合评估（EEA, 2012; Carmin et al, 2012）。同时，城市的适应气候

变化战略需同现行的减排战略结合起来，即促进减排和适应气候变化的协同效应。一般来说，城市适应气候变化战略的制订和实施需要遵循系统性原则，如下图所示（EEA, 2012）。

低碳未来城市项目中，我们的工作主要集中在下图中的前三个步骤。



图表7：制订和实施城市适应气候变化战略的途径
来源：根据EEA, 2012 改编

步骤1：评估风险和脆弱性

脆弱性表示经济、社会和经济系统对于潜在风险的敏感性。它是系统应对灾害¹能力和潜在损失的乘积 (Cardona et al., 2012)。

在项目中，我们分析了不同气候参数的历史变化（例如最低/最高气温、冰霜期/夏季天数、高温/寒潮天气持续时间、降水）并预测其未来的变化趋势。我们采用了无

锡及其周边地区七个气象站的观测数据，并结合若干国际一般循环模型 (CGMs) 以及一个区域气候模型 (RCM) - Cos-

mos-CLM进行了气候参数预测。

在这一步的工作中我们主要遇到两方面的挑战：第一，所有的气候模型的时间和空间分辨率都偏低。这个分辨率不适合如单个城市这样的小空间尺度评估。因此，城市层面预测结果不确定性相对较高。在我们的项目中，由于时间和资源的限制，我们采用了国际模型和区域模型的平均值以降低不确定性，然而，计算结果准确度仍不理想。提高模型分辨率以模拟区域气候变化的方法仍需进一步研究，以

使地方层级模型结果更为准确，从而为评估城市层面应对气候灾害的脆弱性以及气候相关风险建立坚实的基础。

第二，要提高气候参数的数据可获得性。尽管我们的研究采用了七个气象站的数据，然而提高气候灾害影响和城市脆弱性评估准确度需要更多详细的点观测数据。中国总共有2500多个气象站记录日常的气候参数，这些气象站大都分布在东部沿海地区，该地区的气象站密度高达每个县城平均有一个气象站。同欧洲国家相比，中国城市的气象站数量仍然较低（比如德国有4000多个气象站），再加上地理位置分布不均，想准确预测气候灾害非常困难。高分辨率的气候参数需要中国城市间建立更为紧密的（简单）气象观测站的网络。这对于改善未来城市区域气候变化影响的预测大有裨益。

¹灾害指“未来可能发生的自然或人为活动的物理事件可能对脆弱或无保护的要素带来的负面影响” [Cardona et al., 2012].

"提高模型分辨率以模拟区域气候变化的方法仍需进一步研究，以使地方层级模型结果更为准确..."

步骤2和步骤3：明确和评估适应气候变化措施

我们项目的步骤1中的主要结论是至2100年冰霜季和寒潮天气将会缩短，夏季和高温天气将会延长。这对于无锡的温室气体减排和适应气候变化行动很重要。例如，夏季气温的升高会增加空调的使用，从而增加电力需求，因此可能会排放更多温室气体。关键是探索适应气温升高这一趋势的减排战略。

解决这一问题应从不同的层面着手。从消费者的层面，应鼓励其购买更为高效的空调或制冷设备，同时新建建筑需符合低能耗或超低能耗标准，以降低能耗和相应的支出。在城市层面，决策者需在城市战略中综合考虑气候变化的长期影响并制订相应的规划和措施。地方政府在做城市规划时需综合考虑适应气候变化，例如新建基础设施和建筑应考虑缓解热浪或城市热岛效应的设计（诸如绿色基础设施、建筑朝向以及高反射率的人行道和屋顶）。国家层面和省级层面的政府应为高效制冷设备、低能耗或超低能耗建筑以及在城市规划中考虑适应气候变化建立相应的制度框架。

同时，我们建议改善目前极端天气的预警系统。现行预警系统是集中式，即地方单位必须向国家有关部门先报告，国家部门进行审批，地方单位才可以发布预警通告。这样的系统会延迟应对极端天气的行动，从而可能造成更大的损失。

重点建议：

- 为了降低气候参数变化趋势和灾害预测的不确定性，中国政府需考虑增设并均匀分布观测相关气候参数的气象站。
- 市政府需要在城市规划中综合考虑适应气候变化，我们建议国家和省级政府为此制定相关的制度框架。中欧城市在这方面的交流与合作对此有所帮助。
- 国家和省级政府应为提高温室气体减排和适应气候变化协同作用的措施建立市场激励措施的制度框架。
- 更为分散式的灾害预警系统能更有效地应对极端天气。

对于感兴趣的读者：

更多关于适应气候变化和情景分析的信息详见报告《无锡市气候变化影响和脆弱性，资源利用现状分析及变化趋势预测》和《城市二氧化碳减排综合战略，无锡资源高效利用和气候适应》 www.lowcarbonfuture.net

4 明确中国城市低碳发展中蕴含的商机

严谨的科学分析对制订低碳城市战略固然重要。然而，企业在中国地方的低碳发展创新和提供适应当地的解决方案上潜力是不容忽视的。因此，低碳未来城市战略中需系统性地考虑企业的角色。低碳企业是低碳未来城市项目重要的一部分，旨在明确低碳发展的商机并向地方政府展示相关范例。

在低碳城市研究中整合商业视角

首先，项目组通过调查研究无锡低碳商业模式的一般条件和潜在目标市场确认了低碳企业的潜在支点。然后，项目组筛选了中国20个成功低碳企业范例，并探索了无锡低碳企业框架和环境。

从无锡市政府的讨论和反馈中，我们发现在低碳城市项目综合商业视角是至关重要的。目前，中国许多城市的决策者都正在探寻经济和环境共赢的成功发展模式。他们对战略不一定那么关心，而更倾向于了解具体范例、试点项目策划、以及实践经验。企业家和实践者具备该方面的专业技能和知识，因此，项目组为无锡市政府与德

国相关的低碳和创新企业建立了联系。但项目的利益相关方论坛主要针对双方试点地区政府代表稳定和持续的交流。对于未来的项目，我们建议应把低碳商业机遇和示范项目作为对话的重点内容之一，以建立市政府与相关企业的联系。

另外，在现状分析、情景预测和明确低碳商机这些工作模块之间建立紧密联系非常必要。因此，长期低碳情景及基本假设（即其中考虑的技术战略和行为改变）应作为识别商机的基础之一。另外，也可邀请企业和实践者参与关于低碳情景的讨论，共同探索新情景下的创新潜力和商机。

分析低碳企业的机会

由于国家层面的动力，越来越多的城市决策者们意识到在低碳商业领域获得先机将确保城市的长远经济利益。因此，在制订低碳发展战略时加入创新的低碳企业理念，政府可能更容易接受项目建议的战略。然而，为中国城市分析低碳企业环境和框架以及项目实施策划是

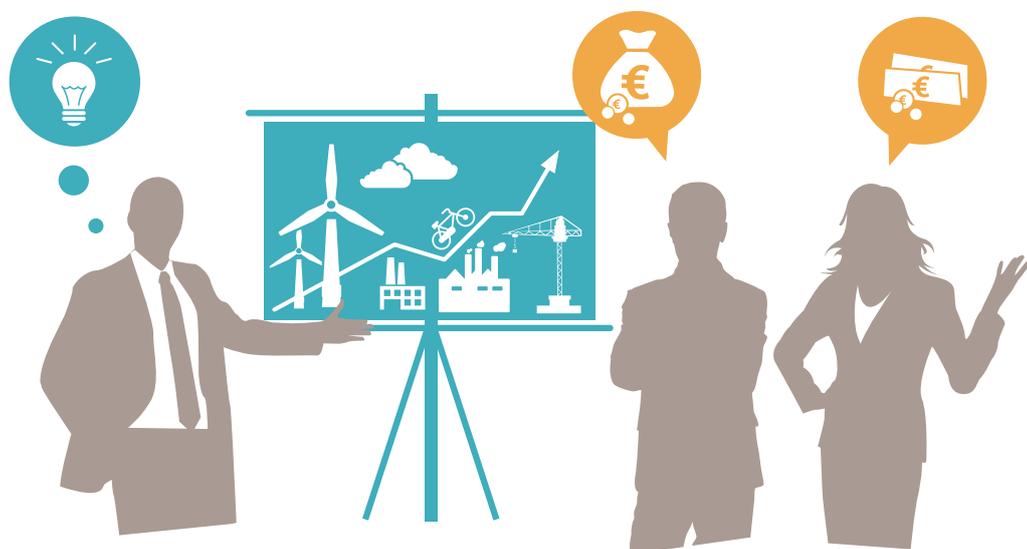
一个较新的方法。另外，具体适用的商业模型的开发和试点项目的策划要求具备商业领域和行业的专业知识以及对当地情况的了解。我们建议，在进行城市低碳发展现状分析和趋势并确定低碳商机和目标市场后，项目应拨出一部分预算外包相关行业专家的咨询服务。

对于感兴趣的读者：

更多关于低碳企业和中国低碳企业发展的环境要素的信息详见报告《无锡低碳企业家文化的支点》和《企业家如何推动低碳发展》
www.lowcarbonfuture.net

重点建议：

- 中国低碳城市发展研究分析需结合低碳商机和创新的识别。
- 与中国城市利益相关方对话中，项目组应为政府代表和温室气体排放关键行业的企业和实践者牵线搭桥，以助研究报告中提出的低碳战略和措施建议得以实施。项目组应根据科学分析中所识别的关键战略和措施确定参会的企业和机构。
- 我们建议预留一部分预算外包相关行业专家的咨询服务，帮助实现项目建议到试点或项目的策划。



图表. 8: 低碳商机是低碳城市发展的杠杆点

5 结论

前面几个章节总结了过去三年，我们项目组在该项目的科学分析以及推动无锡与杜塞尔多夫交流方面的重要经验。该行动指南针对从事低碳城市项目的科研咨询机构和民间组织，同时也为正在探索全面实施低碳战略的市级政府提供了建议。重点建议总结如下：

▾ **综合低碳战略不仅要强调温室气体减排，还要考虑其与可持续资源利用和适应气候变化的结合，反之亦然**，并应从长远的角度出发。制订这样一套战略需要严谨的科学分析和积极的利益相关方参与。在中国，减排和资源高效利用越来越被重视。然而，在市级层面，适应气候变化仍未提上重要议程。由于气候变化已成事实，我们建议市政府应系统地将适应气候变化的战略与减排、资源的高效利用

综合考虑。

▾ **低碳战略的决策需以严谨的分析为依据**。以下步骤对制订低碳战略非常重要：

- 建立温室气体排放清单报告定量分析低碳发展并识别减排热点：我们建议市级政府投入足够资源建立清单，并由一个权威部门来协调管理清单建立和更新。公开透明和定期的清单报告及存档清单建立过程对于清单工作十分重要。我们还建议政府进一步促进城市温室气体清单核算方法的标准化。

- 情景分析探寻城市长期低碳发展路径：我们建议将定量情景分析和定性方法（例如参与式情景分析过程与全面的制度分析）有机结合以使分析结果能有效影响实际决策。另外，我们建议在项目策划阶段就先对数据的质量和可获取性

进行评估以提高建模效率。

- 低碳发展路径的资源影响分析：温室气体减排可能对资源利用产生积极或消极的影响。由于中国政府目前十分重视资源高效利用，减排与资源利用相结合能进一步促进低碳发展。温室气体排放、能源需求和资源利用三者的建模过程需基于同样的基本假设，这要求建模团队间的紧密合作和积极沟通。

- 进行气候影响分析并综合评估适应气候变化措施：我们建议进一步研究开发高分辨率的区域气候模型以及增加并均匀分布气象站数量，以降低气候影响和灾害预测的不确定性。适应气候变化措施的评估需考虑其与当前减排工作的协同作用。

▾开展利益相关方论坛对制订适合地方情况的低碳战略很重要，使试点地区的政府更容易接受项目成果：我们建议论坛以小规模、互

动的形式开展，这样有利于深入和有效的讨论。同时，论坛也可与地方优秀实例的考察活动相结合。另外，此类国际交流会议需考虑文化差异和语言障碍方面的问题。

▾综合低碳战略需企业的积极参与，因为他们是创新和实践低碳城市发展战略的主要动力之一。明确低碳商机应建立在科学分析和利益相关方论坛的框架下。项目预算中应考虑外包相关行业专家的咨询服务，以促进项目的建议落实为具体实施项目。

最后，要运作这样大型的国际合作低碳城市项目，我们建议要仔细分析潜在项目合作方的资质。项目组里必须有一个合作方与试点城市政府有紧密的合作关系。另外，我们建议项目计划中要预留足够的时间来建立整个项目的概念和方法框架，以确保关键术语、概念、以及方法的一致性。

6 参考文献

Bai, W.B., Zhuang, G.Y. and Zhu, S.X. (2013). Progresses and Prospects of Municipal Greenhouse Gas Research Inventory Research in China. *China Population, Resources and Environment*, 23 (1): pp. 65-71.

Cardona, O.D.; van Aalst, M.K.; Birkmann, J.; Fordham, M.; McGregor, G.; Perez, R.; Pulwarty, R.S.; Schipper, R.S. and Sinh, B.T. (2012). Determinants of Risk: Exposure and Vulnerability. In: IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York, pp. 65-108.

Carmin, J.; Nadkarni, N. and Rhie, C. (2012). *Progress and Challenges in Urban Climate Change Adaptation Planning: Results of a Global Survey*. Cambridge.

Chavez, A. and Ramaswami, A. (2011). Progress Toward Low Carbon: Approaches for Trans-Boundary GHG Emissions Footprinting for Cities. In: *Carbon Management* 2 (4), pp. 471-482.

EEA (European Environmental Agency) (2012). *Urban Adaptation to Climate Change in Europe*. Luxembourg.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (1996). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 1-5*.

Ritthoff, M.; Rohn, H.; Liedtke, C. (2002). *Calculating MIPS: Resource Productivity of Products and Services*. Wuppertal Spezial 27. Wuppertal.

Saurat, Mathieu; Ritthoff, Michael (2013). *Calculating MIPS 2.0*. In: *Resources* 2, No. 4, pp. 581-607. Available under: <http://www.mdpi.com/2079-9276/2/4/581>

Schmidt-Bleek, F. (1993). MIPS Revisited. *Fresenius Environment Bulletin*, 2, pp. 407-412.

Sippel, M. (2011). Urban GHG inventories, target setting and mitigation achievements: how German cities fail to outperform their country. *Greenhouse Gas Measurement and Management*. 1(1):55-63.

Swart, R.J.; Raskin, P.; Robinson, J. (2004). The Problem of the Future: Sustainability Science and Scenario Analysis. *Global Environmental Change* 14, pp.137-146.

UNEP (2013). *City-Level Decoupling: Urban Resource Flows and the Governance of Infrastructure Transitions. A Report of the Working Group on Cities of the International Resource Panel*. Swilling, M., Robinson, B., Marvin, S. and Hodson, M.

WRI (World Resources Institute) et al. (2013). *GHG Accounting Tool for Chinese Cities (Pilot Version 1.0)*. Available under: <http://www.ghgprotocol.org/chinese-city-tool>. Last access on January 5, 2014.

"2050 China Energy and CO₂ Emissions Report" Project Team (2009). Science Press, Beijing.

