

构建更加公平的城市

为发展中国家的城市提供能源： 对所有人的能源普及带给 经济与环境的效益

Michael I. Westphal, Sarah Martin, Lihuan Zhou, and David Satterthwaite

关于这份世界资源报告

这是“世界资源报告：构建更加公平的城市”的一系列工作论文的第三部分。其他工作论文涵盖住房、交通、水和城市扩张等议题。要获取本论文的完整版本或其他工作论文，以及查看辅助材料，请访问以下网址：www.citiesforall.org。

资助者

我们深切感谢下列捐助者的支持以及他们慷慨的资助：

英国国际发展部
斯蒂芬·罗斯慈善组织
丹麦外交部
爱尔兰外交和贸易部
荷兰外交部
瑞典国际发展合作署
联合国开发计划署

工作论文包括初步的研究、分析、结论和建议。工作论文旨在促进讨论，征求反馈，并影响对新兴话题的相关讨论。多数工作论文最终将以其他形式发表，内容可能会修改。

引用建议：Westphal, M.I., S. Martin, L. Zhou, and D. Satterthwaite. 2017. "Powering Cities in the Global South: How Energy Access for All Benefits the Economy and the Environment." Working Paper. Washington, DC: World Resources Institute.

可在如下网站获取：www.citiesforall.org

执行摘要

要点

- ▶ 能源是经济生产力与生计的基础，城市在能源的提供与消费上发挥着重要的作用。
- ▶ 发展中国家的城市面临着三个基本的能源挑战：对提高洁净、经济、可靠的能源普及率的迫切需求；如何在解决供应不足和系统效率低下的问题的同时满足日益增长的对电力的需求；急需一种新的可以减缓碳排放并且不是化石燃料密集型的发展模式。
- ▶ 既可以解决城市“服务不足”人群的需求，又可以为整个城市带来经济和环境效益的解决方案是存在的。
- ▶ 我们提出了三个解决方案，在它们的实施过程中城市本身可以起到关键的作用：加速向清洁烹饪的转变，在城市内扩大分布式可再生能源，提高建筑和电器的能效。
- ▶ 这些解决方案的实施需要推动机构和治理、融资和政策，以及城市中各类参与者的决策。



WORLD
RESOURCES
INSTITUTE | ROSS
CENTER



from the British people

执行摘要

世界正在进入一个新的城市化时代。据预测，到2050年世界上三分之二的人口将居住在城市地区，与2015年相比，城市人口将净增长24亿，主要集中在非洲和亚洲。¹ 那些目前正在致力于为居民提供洁净、经济和可靠能源的城市可能会觉得，要跟上人口增长速度和规模是一项挑战。如果不对解决措施进行迫在眉睫的改革，城市里的“服务不足”人群——那些得不到核心服务的人的数量——将会在发展中国家高速增长地区的城市中不断增加。这个挑战提供了创造一个不同类型城市的前所未有的机会：一个更平等、人人都能享有核心服务的城市，所有人都能在这里生活、工作和发展。

这篇工作论文涉及在发展中国家正在增长的城市中扩大能源普及的挑战。更确切地说，它问了一个问题：发展中国家的城市如何在实现经济繁荣和保护环境质量的同时，向“服务不足”人群提供更洁净、更经济、更可靠的能源服务？

关于本工作论文

这篇工作论文是规模更大的《世界资源报告》中《构建更加公平的城市》的一部分，它认为可持续性是由三个相互关联的方面组成的，即经济、环境和公平。我们以城市服务的公平规则为前提，来检验满足“服务不足”人群的需求是否能改善可持续性的另外两个方面。

为了回答如何为城市的所有人供电的问题，我们查阅了大量的文献，并咨询了众多国际组织，例如全球清洁炉灶联盟、合作标识与电器标准项目、全球建筑能效网络、能源行业管理援助项目，以及世界液化石油气协会。

我们的目标是让未受足够重视的城市能源普及问题得到关注。本工作论文研究方法的独特之处在于，它不仅探讨如何改善针对“服务不足”人群的能源服务，也探讨能源普及挑战的不同解决方案如何影响城市的整体经济与环境福祉。我们认为，向贫困和边缘化人群普及现代能源资源及系统与减缓气候变化的行动并不冲突。尽管能源常常被认为是超越城市范围的，我们的工作论文认为能源是一个根本的城市问题，而且城市在向其所有居民提供洁净、经济、可靠的能源的过程中起到了很大、很重要的作用。

另外一个同样重要的目标是向城市变革的推动者——一个包括各国及地方政府、国际金融机构、公民社会组织及私有企业的庞大群体——指明城市能源行动的优先领域。

城市能源挑战

我们认为，发展中国家城市面临三个关键的能源挑战（见图ES-1）。第一个是提高能源普及率的迫切需求，其中普及程度不仅包括获取能源的基本能力，而且也包括能源的可靠性、经济性及质量。第二个是发展中国家的高速发展地区可能面临不可持续的能源需求增长，由此会使供应系统不堪重负，从而导致数以百万计的人口无法获得能源。第三个挑战是如果高速增长地区想要避免对价格不断波动的化石燃料的依赖、远离空气污染及昂贵的基础设施，他们就不能继续复制过去的发展模式。

能源普及率、可靠性及经济性还是大多数发展中国家觉得棘手和容易忽视的城市问题

一些国家，特别是那些东亚及太平洋地区、拉丁美洲和加勒比海地区，以及南亚地区的国家，城市用电普及率很高，在2012年平均超过97%。²

但是，在低收入国家，同期城市能源普及率的平均水平只有58%。³ 此外，全国层面的普及率数据有时会掩盖个体城市更为糟糕的情况。即使在人们可获得电力的地区，电力的不可靠性及低效率也会是令人头疼的问题。老化及低效的基础设施限制了公用事业部门供应足够电力的能力，导致用户经常断电。

现代化非固体燃料的普及率在发展中国家的很多城市地区也非常低。全世界有将近5亿城市居民还在使用固体烹饪燃料。⁴ 用这种燃料在传统炉灶或明火上烹饪具有高度污染性，而且与过早死亡率及发病率相关。

对发展中国家的某些城市来说，电力和燃料的成本是一个主要的负担。一般认为，把家庭收入的10%或更多用于购买燃料和电力即被认为是能源贫困，而发展中国家的贫困家庭经常把高达14%到22%的家庭收入用于购买能源。⁵ 此外，即使最贫困的家庭能够负担每月的能源费用，他们也可能因为无法承担高昂的连接费用而完全无法获得能源。

发展中国家的快速增长地区面临潜在的不可持续的能源需求增长

在发展中国家加强能源普及势在必行，但是新兴城市面临着需求增长和供应短缺的双重挑战，而系统的低效和线损使这一问题变得更糟糕。在大多数发展中国家，超过15%的电力损耗于输电和配电过程，在有些城市，这一比例更高。⁶ 在发展中国家的很多城市，电力消费增长率远高于人口增长率。展望未来，发展中国家的城市必须拓宽能源供应的来源，并为每单元能源提供更高质量的服务。

快速增长的地区无法继续复制过去的发展模式

鉴于人们对城市空气污染影响健康的认知越来越明确，发达国家曾采用的老式的化石燃料密集型发展模式是不可维持的。非

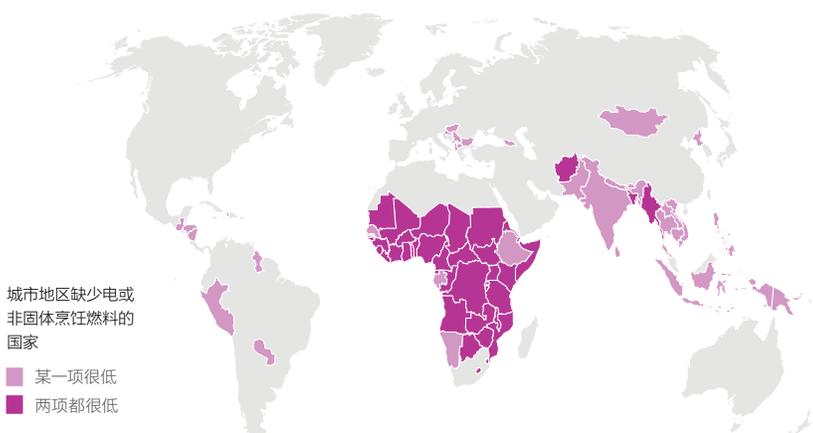
洲和东南亚大多数由世界卫生组织监测的城市近年来已经经历了可吸入颗粒物 (PM10) 浓度的增长。在巨型城市中, 例如南亚的城市, 细颗粒物 (PM2.5) 浓度已至少是发达国家城市如纽约、巴黎或伦敦的两倍。⁷ 此外, 化石燃料密集型发电对多个发展中国家来说, 意味着能源安全风险和进口依赖。例如, 在2014年, 菲律宾、塞内加尔和斯里兰卡约50%的能源都靠进口。⁸

全球城市地区应为全球大部分终端能源消费及随之而来的温室气体排放负责。平均而言, 发展中国家城市地区温室气体

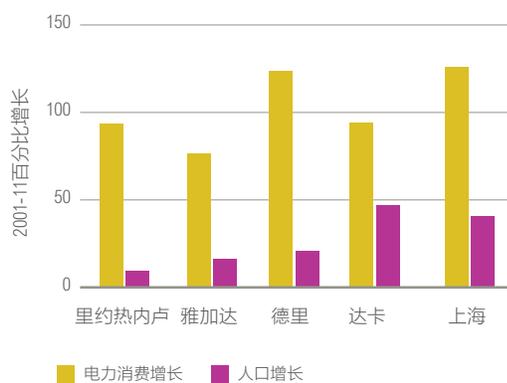
人均排放量还远远低于发达国家, 但是对于绝对排放量, 情况正在迅速改变。在2010年, 中国、印度、亚洲其他发展中国家, 以及非洲和拉丁美洲⁹的建筑、交通、垃圾处理等核心行业的温室气体排放量占全球城市排放量的四分之一强 (27%)。¹⁰ 如果一切照旧, 预计到2050年, 这些地区要为城市排放总量的56%负责。¹¹ 随着未来电力需求可以预计的增长, 国家和地方政府现在必须对未来的能源基础设施做出决策。

图 ES-1 | 发展中国家的城市能源挑战

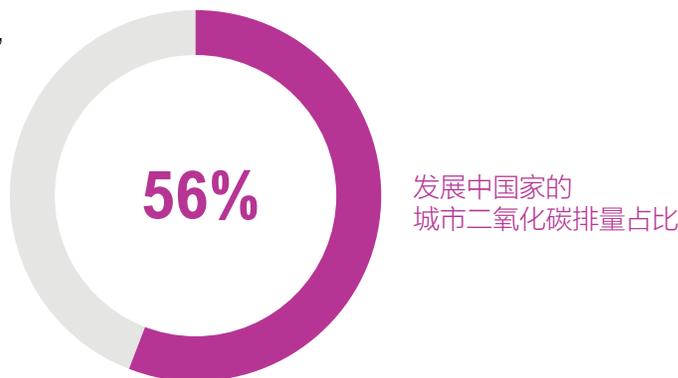
1. 不尽人意的能源普及率、可靠性及经济性的现存问题



2. 由高速城市化导致的前所未有的能源需求增长



3. 持续性高碳发展模式造成污染、能源不安全, 以及气候风险



来源: 世界银行, 2016b, 国际能源署, 2015; Kennedy et al., 2015; Erickson and Tempest, 2014。

城市能源挑战的解决方案

本工作论文重点介绍城市能源的三个解决方案，且在方案实施过程中，城市本身能起到重要作用（见图ES-2）。尽管要经历重重挑战，但我们的解决方案特意聚焦于特定问题，以使它们更容易实施。《世界资源报告》中《构建更加公平的城市》的焦点在于城市中的“服务不足”人群，所以我们第一个关心的问题就是解决方案如何能在普及率、可靠性、成本、健康影响及生计这些方面加强针对“服务不足”人群的服务，以及一个解决方案是否具有实用性和可扩展性。我们关心的第二个问题就是这些解决方案如何通过提高经济生产力、改善空气质量、避免长期依赖低效能源消费和增长的温室气体排放来改善城市的整体生活。

基于我们的框架，我们认为城市变革的推动者应该关注以下解决方案：

- ▶ 加速向清洁烹饪的转变。
- ▶ 在城市内扩大分布式可再生能源，特别是利用太阳能光伏系统。
- ▶ 通过包括针对新建筑的建筑规范和节能电器标准等措施来提高能源效率。

尽管这些解决方案可能不是新的，但我们希望通过评估它们在“服务不足”人群平等获取能源、经济、城市整体环境这三个方面的效益来提供一个新的观点。

加速向清洁烹饪的转变

使用现代化烹饪燃料——例如液化石油气、电、生物气和乙醇——可以带来室内空气污染的迅速改善和城市贫困人群健康效益的提升。由于使用固体烹饪燃料引发的过早死亡率上升，还没有其他的城市能源干预措施能带来更大的公共健康影响。在全球层面，2010年，使用固体烹饪燃料造成的室内空气污染导致了350万人死亡和4.5%的伤残调整生命年。¹²如果我们假定农村人口和城市人口接触固体烹饪燃料的程度相同，考虑到2010年所有使用固体烹饪燃料的人口约16%生活在城市地区这一事实，那么那一年城市地区将近55万人的过早死亡可能是由使用固体烹饪燃料导致的室内空气污染造成的。¹³在很多情况下，与生物质或煤油相比，现代化烹饪燃料也能为家庭显著节约成本和时间。

在城市内扩大分布式可再生能源

分布式可再生能源（比如太阳能光伏）解决了电力普及的紧急需求，与传统并网相比，提供了额外的效益。虽然我们认识到还有其他分布式可再生能源解决方案，但是太阳能光伏系统在城市地区比起其他的技术（如风能）具有更大的整体发展潜力。即使在用户屋顶没有足够面积的地区，太阳能光伏也是可行的，因此，社区拥有、社区共享的太阳能系统在这种情形下就是一种很有发展前途的模式。太阳能光伏（包括并网和离网的）能为“服务不足”人群提供经济性、可靠性和生产力效益。来自电网的电可能很贵，而太阳能光伏系统和蓄电池的成本正在下降。

印度和中国的民用屋顶太阳能光伏装置平均平准化电力成本（LCOE）在两国已处于燃烧天然气发电的成本范围内。如果能普及更多可靠和经济的供应，城市地区“服务不足”人群会减少对发展中国家广泛使用的肮脏且昂贵的柴油和煤油的依赖。此外，由“服务不足”人群所经营的家庭作坊式企业经常需要大量能源，而且要求稳定的能源供应。在一些情形中，屋顶太阳能光伏装置系统可以让用户将能源卖回给电网，虽然这种方式在发展中国家还处于初始阶段。

本工作论文聚焦于城市能源的三个解决方案，且在其实施中，城市本身能起到重要作用。

提高建筑和电器的能效

一直以来, 制定和执行节能建筑规范和节能电器标准能给“服务不足”人群带来直接和间接的效益。更多的节能建筑和节能电器能降低能源费用、提高经济生产力、提升舒适度、增进健康(减少疾病), 以及提升气候变化抵御能力(如应对高温热浪)。通过改用节能家用电器和设备可能节省40%至50%的能源消耗(及成本)。¹⁴

图 ES-2 | 关于应对发展中国家城市能源挑战的建议



- 健康:现代烹饪燃料能迅速减少室内污染,降低与之相关的过早死亡率
- 经济:显著节约成本与时间,促进非正规企业提高生产力

- 普及:解决普及电力的紧急需求,特别是在非正规定居点
- 可靠性:更可靠的电力供应
- 经济性:太阳能光伏成本正在急剧下降,与柴油相比能节约更多成本,提高生产力。如果用户(既是消费者也是生产者)将能源卖回给电网,将成为潜在的收入来源

- 经济性:家庭能源消费减少,可使能源成本显著降低,生产力提高
- 健康,安全,舒适:更安全、更舒适和更高质量的生活和工作空间,降低呼吸道疾病和与高温相关疾病的发病率



- 更洁净的烹饪方法能降低由固体燃料造成的室外空气污染
- 减少温室气体排放
- 在煤油补贴高的地区节省成本

- 避免建设新输电基础设施的花费
- 降低用电需求
- 降低温室气体排放
- 提升能源安全及抵御气候变化能力
- 促进当地商业发展

- 提高能源生产力
- 减少对新装机容量的需求
- 显著节省能源成本
- 在依赖“肮脏”电网的城市减少空气污染
- 为城市减少温室气体排放和增强抵御气候变化能力提供最大的潜力

整个城市的环境和经济效益

除了有益于“服务不足”人群，上述解决方案也会提高更广泛的环境质量和经济生产力。除了室内污染，家庭取暖和烹饪也是室外空气污染的重要来源。据估算，2010年由于家庭烹饪使用固体燃料造成的室外空气污染在全球导致了37万人死亡和990万伤残调整生命年。¹⁵考虑到2010年使用固体燃料烹饪的全部人口中约16%住在城市地区，那么至少5.8万过早死亡人数和150万伤残调整生命年是由城市地区使用固体燃料烹饪导致的室外环境污染所造成的。¹⁶在所有城市居民中——不仅仅是那些使用固体燃料的人——由空气污染减少（包括室内和室外）而带来的过早死亡人数的降低应该会提高发展中国家城市的经济生产力。在那些煤油补贴昂贵的国家，由于能源效率的提高，改用现代燃料可以节约成本。

与传统的生物质炉灶相比，改用现代燃料和最洁净燃烧的生物质炉灶也能减少温室气体排放，改善城市的环境质量。与此同时，气候变化行动是那些承诺改善气候的地方或国家政府领导人的重要切入点和由国际发展金融机构主导的项目的重要考量。增加分布式可再生能源的利用有助于缓解电网压力。如果大规模运用，屋顶太阳能光伏装置会因为避免了新建输电基础设施而节省成本，就是说给电力用户省钱。话虽如此，我们需要对屋顶太阳能光伏装置对公共设施服务机构整体财务可行性的影响进行仔细审查，特别是技术问题（如间歇性）、负荷预测和平衡，以及规划等方面。屋顶太阳能光伏装置也有利于促进能源安全，增强抵御气候变化的能力，以及通过创造本地的商业机会和就业机会为城市提供经济发展机会。

扩大分布式可再生能源的利用可以降低温室气体排放，减少与之相关的空气污染。在那些高碳型电网国家，诸如南非、中国、印度和印度尼西亚，就是这种情况。我们计算出在遍布60个国家由三倍于目前装机容量的太阳能光伏装置发电量（假设有持续需求），可以减少108Mt二氧化碳当量的温室气体排放，这一数值相当于比利时2012年全年的温室气体排放总量。¹⁷

平均来看，全球城市地区的民用和商业建筑是最大的能源消费者。因为建筑可以存在几十年，从能源消耗角度来看，它们代表了城市最大的固定负担。人们已经充分理解节能的经济原因。建筑节能措施通常可在新建筑中减少多达50%至90%的能源使用量，在现有建筑中，这一数值为50%至75%。¹⁸在城市政府建筑中节约的能源成本相当于给其他公共服务带来了更多经费。此外，在依赖于“肮脏”电网的城市，每节约一度电也意味着减少了与燃烧化石燃料发电相关的空气污染。

平均来看，全球城市地区的民用和商业建筑是最大的能源消费者。因为建筑可以存在几十年，从能源消耗角度来看，它们代表了城市最大的固定负担。

前进: 改变的壁垒及推动者

我们在本工作论文中建议的三个解决方案领域——加速向清洁烹饪的转变，在城市内扩大分布式可再生能源，以及提高建筑和电器的能效——都要求有关键的推动人来推动机构和治理、融资和政策。

机构和治理

各级政府领导层、高效及协调良好的机构、现代化的监管框架，以及与“服务不足”人群的互动是成功的根本。与财产所有权相关的问题需要解决。相关机构必须有足够的工作人员来制定标准，推广节能和可再生能源目标，制定当地的计划，执行和监督现代化燃料、建筑规范和电气标准的合规情况，为项目制定者、监管者和公共事业机构提供培训、提高认识。通常，需要设立国家层面和地方层面的政府机构或专职部门来协调工作。参与式的过程和公民社会组织（CSO）的参与对确保将公平考量纳入规划过程和实施至关重要。

政策

有许多补充性政策会有助于催生这些解决方案。2015年，化石燃料消费补贴的税前总额约为3300亿美元，而补贴改革，例如转为面向贫困人口有针对性的现金转移支付，可为清洁烹饪、能源效率和可再生能源消除一些“顶头风”。¹⁹可以放宽现代化燃料和炉灶的进口政策，以调动积极性。在国家或城市层面采用的可再生能源政策——例如上网电价、净计量或总计量，以及逆向拍卖，或针对可再生能源用户的特别关税，如绿色关税、配额和可再生能源配额标准——可有助于加速分布式可再生能源的普及。

融资

新型融资模式（如现购现付的消费者支付模式）的激增，非常适用于分布式太阳能、节能电器和清洁烹饪。分布式可再生能源可能会越来越经济。太阳能光伏技术的成本以陡峭的非线性方式下跌，未来蓄电成本预计将大幅下降。其他融资模式包括创新混合融资、社会影响力和绿色债券，以及循环基金。然而，需要做更多的工作来解决前期成本和支付意愿的问题。国际公共财政的一个重要作用是通过碳融资和基于成果的支付来解决气候变化和当地空气污染能源成本等外部问题。当与消费者融资模式相结合时，这些都有可能使清洁烹饪、能源效率和分布式太阳能的经济性更加明显。

我们提出的这些解决方案必须有城市空间内各种变革的推动者参与——市政府领导、公用事业部门、国家和州领导人、国际援助组织和发展机构，以及公民社会组织。只有通过这些参与者的协调行动，才能满足城市地区“服务不足”人群的能源需求，符合整个城市长期的环境和经济利益。

只有通过这些参与者的协调行动，才能满足城市地区“服务不足”人群的能源需求，符合整个城市长期的环境和经济利益。

尾注

1. 联合国经济和社会事务部, 2014。
2. 世界银行, 2016b。
3. 世界银行, 2016b。
4. 世界银行, 2016b。
5. Parikh et al., 2012。
6. 世界银行, 2016b。
7. 世界卫生组织, 2014a。
8. 世界银行, 2017。
9. 经济发展与合作组织 (OECD) 的地区小组。
10. 作者对 Erickson and Tempest, 2014 中的数据的数据的分析。
11. 作者对 Erickson and Tempest, 2014 中的数据的数据的分析。
12. Lim et al., 2013。
13. 世界银行, 2016b; 作者根据加州大学伯克利分校公共卫生学院的 Kirk Smith 和 Lim et al., 2013 的专家观点的计算。
14. Sarkar and Singh, 2010; Lucon et al., 2014。
15. Chafe et al., 2014。
16. 作者根据世界银行, 2016b 的分析和 Chafe et al., 2014 的计算。
17. 作者根据国际能源署, 2015 和 Whiteman et al., 2016 的计算, 假定能力因子为 0.21, 降额因子 (系统损失) 为 0.77, 电网的碳密度数据来自于 2013 年, 太阳能光伏发电能力数据来自于 2015 年。
18. Lucon et al., 2014。
19. Coady et al., 2015。

参考文献

- Chafe, Zoe A., Michael Brauer, Zbigniew Klimont, Rita Van Dingenen, Sumi Mehta, Shilpa Rao, Keywan Riahi, Frank Dentener, and Kirk R. Smith. 2014. 家庭烹饪固体燃料对大气 PM2.5 空气污染和致病的影响. 环境卫生观点 122 (12): 1314–20.
- Erickson, Peter, and Kevin Tempest. 2014. 推进气候目标: 城市范围内的措施将如何影响全球气候目标的实现. 工作论文 2014-06. 斯德哥尔摩: 斯德哥尔摩环境学院. 国际能源署. 2015. 燃料燃烧中二氧化碳的排放. 巴黎: 国际能源署.
- Lim, Stephen S., Theo Vos, Abraham D. Flaxman, Goodarz Danaei, Kenji Shibuya, Heather Adair-Rohani, Mohammad A. AlMazroa, et al. 2013. 在 21 个地区可能由 67 个风险因子和风险因子集群造成的疾病与受伤的比较风险评估, 1990–2010: 2010 年关于全球致病的系统性分析. Lancet 380 (9859): 2224–60.
- Parikh, P., S. Chaturvedi, and G. George. 2012. 推进变革: 在贫民窟能源提供对个人志向的影响. 能源政策 50: 477–85.
- Sarkar, Ashok, and Jas Singh. 2010. 在发展中国家为能效融资——经验教训和遗留的挑战. 能源政策 38 (10): 5560–71.
- 联合国经济和社会事务部, 人群部. 2014. 全球城市化展望: 2014 修改版. 纽约: 联合国.
- Whiteman, Adrian, Tobias Rinke, Javier Esparrago, and Samah Elsayed. 2016. 2016 年可更新能源能力. Abu Dhabi: IRENA.
- 世界银行. 2016b. 世界发展指标. <http://data.worldbank.org>.
- 世界银行. 2017. 世界发展指标. <http://data.worldbank.org>.
- 世界卫生组织. 2014a. 大气污染数据库. 世界卫生组织. http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/.