

城市 可再生能源政策

中国经验



崇礼区



同里镇

支持单位：



德国联邦
环境、自然保护
与核安全部

基于德国联邦议院决议

© 2021 年 IRENA 版权所有

除非另有说明，本出版物中的材料可以自由使用、共享、复制、印刷和 / 或存储，前提是需恰当确认 IRENA 为资料来源和版权所有者。本出版物中属于第三方的材料可能受单独的使用条款和限制的约束，在使用此类材料之前，可能需要获得这些第三方的相应许可。

摘自：IRENA (2021)，《城市可再生能源政策：中国、乌干达和哥斯达黎加经验》，国际可再生能源署，阿布扎比。

ISBN：978-92-9260-312-0

本文件为“Renewable energy policies for cities: Experiences in China”的译本 ISBN: 978-92-9260-312-0 (2021)。

如中文译本与英文原版的内容不一致，概以英文版为准。

关于 IRENA

国际可再生能源署 (IRENA) 是国际合作的主要平台、英才中心、政策、技术、资源和金融知识库，也是推动全球能源系统转型的动力。作为成立于 2011 年的政府间组织，IRENA 推进广泛采用和可持续利用各种形式的可再生能源，包括生物能、地热、水电、海洋能、太阳能和风能，以追求可持续发展、能源获取、能源安全和低碳经济的发展与繁荣。

www.irena.org

IKI 支持

本项目属于《国际气候倡议 (IKI)》的一部分。德国联邦环境、自然保护与核安全部 (BMU) 基于一项德国联邦议院决议为本项目提供支持。

致谢

本报告是在 Rabia Ferroukhi (IRENA) 的指导下，由 IRENA 知识、政策和金融中心的城市政策团队（冯金磊、Michael Renner、Celia García-Baños (IRENA) 和 Laura El-Katiri (顾问)）撰写，顾问胡润青提供了符合国情的宝贵专业知识。

邱爱军（中国城市和小城镇改革发展中心）、徐一凡（能源基金会）和陈济（落基山研究所）提供了宝贵的外部评审意见。

IRENA 的以下同仁也为我们提供了宝贵的评论和反馈：Diala Hawila、Binu Parthan、陈勇、Paul Komor 和 Neil MacDonald。

欲了解更多信息或向我们提供反馈，请发送电子邮件至：publications@irena.org

下载地址：www.irena.org/publications

免责声明

本出版物及所使用的资料均按“原样”提供。IRENA 已经采取了所有合理的措施，以验证本出版物中资料的可靠性。然而，IRENA、其任何官员、代理人、数据或其他第三方内容提供者均不提供任何明示或暗示的担保，且对使用本出版物或材料的任何后果不承担任何责任或法律责任。

本文中包含的信息不一定代表 IRENA 成员的观点。提及特定的公司或特定的项目或产品并不意味着 IRENA 认可或推荐这些公司或产品，认为其优先于未提及的类似性质的其他公司或产品。本文件中使用的名称和出现的材料并不意味着 IRENA 对任何地区、国家、领土、城市或地区或其当局的法律地位，或对其边境或边界的划定发表任何意见。

IRENA Headquarters

Masdar City

P.O.Box 236, Abu Dhabi, United Arab Emirates

www.irena.org

关于本研究

城市对能源的需求巨大，在国民经济中发挥着核心作用，对全球整体能源转型至关重要。因此，城市规划者和管理者必须掌握所需的知识和技能，以便将可再生能源技术（除提高建筑和交通的能源效率和电气化外）纳入城市规划和法律法规。

迄今为止，为实现能源转型所做的大多数工作主要集中在大城市，因此在研究城市趋势时，大城市因此倍受关注。由于具有更好的财政收入基础，大城市往往拥有对于扩大可再生能源规模并实现减排目标而言必要的监管框架和基础设施。

中小城市（居民人口少于100万）往往缺乏发展可再生能源必要的融资渠道和政策支持。尽管中小城市容纳了约24亿人口，占全球城市人口的59%（联合国人居署，2018年），而且增长速度高于任何其他城市形态（联合国人居署，2020年），但其关注度却远低于特大城市。

本研究与“城市可再生能源政策”系列下发表的其他研究报告相结合，填补了关于中小城市部署可再生能源方面的知识空白，重点关注迄今为止遇到的挑战和取得的成功经验。

第一章介绍了全球各地城市可再生能源行动的一般背景。每个城市都面临着相应的机遇和阻碍。然而，无论所处环境如何，对最佳实践持开放态度仍至关重要。本报告还根据全球各地大小城市的示例简要介绍了为实现能源转型目标所采取的行动和措施。第二章介绍了中国张家口**崇礼区**和苏州**同里镇**的案例研究。案例研究从简要介绍国家背景和城市角色为切入点。后文中讨论了相关举措和经验，并总结了一系列经验教训。报告最后给出得出了一些更广泛的结论。

希望本研究的成果¹能够支持其他国家实施其国家自主贡献，推动各个城市部署有助于减少温室气体排放的可持续能源路径和解决方案。

本案例研究概述了在地方层面部署可再生能源具有重要作用的国家级政策，并总结了主要经验教训和扩大解决方案的考虑因素。研究还为国家和地方层面的政策制定者提炼了关键要点信息，以帮助推动各城市做出行动，建设更加可持续发展的能源未来。

案例研究中提及货币价值时，将以相关国家的本国货币表示，在适用汇率的帮助下，也以美元(USD)表示。

¹ 本研究基于2018年至2019年期间在案例研究国家进行的案头研究和访谈内容。

目录

关于本研究	03
可再生能源和城市	06
城市能源行动的动机和驱动力	10
城市的需求和能力	12
城市部署可再生能源的意义	14
城市在能源发电和采购方面的作用	15
城市在监管和城市规划方面的作用	18
城市在制定目标、参与和能力建构方面的作用	25
中国城市：张家口崇礼区和苏州同里镇	28
国情	29
背景	29
中国可再生能源发展	32
中国能源行业组织与城市的作用	37
案例研究 1：崇礼区	39
背景	39
在崇礼区部署可再生能源	42
案例研究 2：同里镇	47
背景	47
在同里镇部署可再生能源	50
经验教训和借鉴性考虑	56
总结	58
参考资料	62
缩略语	66
图片来源	67

图表

图 1	城市能源决策的动机和驱动力	11
图 2	城市能源状况的影响因素	12
图 3	市政府在能源转型中的作用	14
图 4	中国深圳电动公交的应用情况	24
图 5	2018 年一次能源消费总量所占份额 (按燃料分类)	29
图 6	2017 年终端能源消费总量所占份额 (按部门分类)	30
图 7	中国政府的行政级别	32
图 8	2018 年中国装机容量 (按能源划分)	33
图 9	2015-2019 年中国可再生能源累计 装机情况	33
图 10	2013-2018 年中国可再生能源消费 所占份额 (按部门分类)	34
图 11	崇礼区	39
图 12	同里镇	47
图 13	同里镇可再生能源政策的主要利益 相关方	50
图 14	推动城市能源政策制定的因素和动 力以及城市在能源转型中发挥的作 用	59

表格

表 1	2020 年上网电价和溢价电价 (按类型分类)	35
表 2	2018 年崇礼区已安装和计划安装的 太阳能和陆上风力发电厂	41
表 3	截至 2020 年苏州市、同里镇和古镇 中心的可再生能源能耗占比目标	51
表 4	截至 2020 年苏州市可再生能源部署 目标 (按技术分类)	51

文本框

文本框 1	城市的定义	09
文本框 2	开普敦市政府在推广可再生能源 方面所做的工作	15
文本框 3	企业采购可再生能源的情况	16
文本框 4	区域供暖和制冷的先行者	17
文本框 5	城市屋顶太阳能光伏发电示例	18
文本框 6	全球各地的净电量计量	19
文本框 7	实际施行的太阳热能条例	20
文本框 8	《C40 无化石燃料街道宣言》	22
文本框 9	深圳率先使用电动公交的历程	24
文本框 10	美国俄亥俄州雅典市的社区选择	26
文本框 11	中国的行政区划：省、市、区、县	31
文本框 12	崇礼区与 2022 年冬季奥运会	40
文本框 13	张家口市四方协作平台	43
文本框 14	崇礼区可再生能源供热部署解决 方案	45
文本框 15	与冬季奥运会有关的可再生能源 项目投资	46
文本框 16	同里镇示范性项目：中国国家电网 (SGCC) 能源服务中心和国际能源 转型论坛的永久会场	54

可再生能源 和城市



鉴于城市是人类及其众多活动的动态聚居地，因此要对城市给出定义并不容易（见文本框 1）。但毫无疑问，全球城市地区的居住人口比例持续上升。截至 2018 年，城市人口占总人口的 55%，而 1950 年该比例仅为 30%。到 2050 年，联合国 (UN) 预计全球人口中的城市人口比例将升至 68%（联合国经社部，2018 年）。快速增长的原因，一方面是由于城市常住人口数量增长，另一方面是由于城市地区的经济机会和生活水平提高所带来的刺激，使农村地区的人口不断流向城市。据联合国预测，增长速度最快的区域将出现在亚洲和非洲的低收入和中低收入国家。

城市是全球大部分经济活动的集中地，在全球国内生产总值 (GDP) 中占比超过 80%。能源是城市的命脉，为交通、工业生产、商业、建筑施工、公共工程、照明、空气调节等无数人类活动提供动力。城市是经济的引擎，消耗了全球约 75% 的一次能源。城市在推动和构建全球能源转型，摒弃高污染燃料和技术方面发挥着重要作用。

目前的城市能源供应大多采用化石燃料，因此城市是空气污染物和温室气体 (GHG) 排放的主要来源。城市占全球能源相关 GHG 排放的 70% 左右，因此是气候变化的主要驱动力（联合国人居署，2019 年）。与此同时，承受着更高比例的空气污染；根据世界卫生组织 (WHO) 数据显示，在中低收入国家居民人口数超过 10 万的城市中，有 98% 未达到 WHO 空气质量准则的要求（WHO，2016 年）

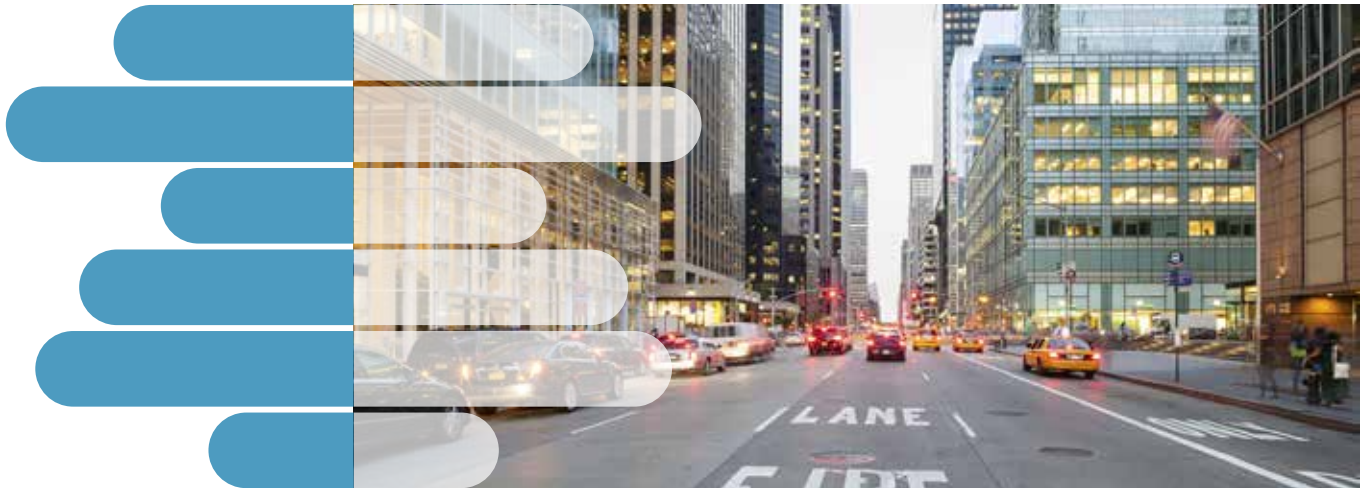
55% 的人口居住在城市

70% 全球能源相关 GHG 排放来自于城市

75% 的全球一次能源消耗发生在城市地区。

可持续发展在经济、社会和环境方面所面临的挑战主要涉及如何治理城市以及如何管理城市增长。由于海平面上升以及风暴、洪水、干旱和热浪等天气事件的强度和频率有所增长，气候变化对城市的经济活力乃至宜居性带来巨大挑战。数以亿计的城市居民将越来越容易受到持续极端高温影响，这一现象又将反过来导致加大空调使用量。随着海平面上升，这些居民的生活将因淡水供应减少、主要农作物减产和沿海洪灾增多而深受影响（C40 等，2018 年）。由于气候变化导致的空调需求量增加，可能会进一步加剧电力供应中断，尤其是对于电网依然薄弱的新兴经济体而言。为缓解和适应上述情况，需要投入更多的物力和财力。

随着城市人口不断增长，城市将需要提高可再生能源技术在电网以及其他能源系统中的贡献，以缓解气候变化的影响，并实现其国家自主贡献（NDC）目标。国际可再生能源署（IRENA）所作的分析强调，尽管电力部门部署的可再生能源措施通常根据国家政策制定，但许多与可再生能源终端用能相关的措施却在城市层面制定，例如建筑和交通部门（IRENA，2016 年；IRENA，2017b；IRENA、IEA 和 REN21，2018 年）。同时，国家政策也影响着地方行动。必须重视城市的能力建设，以提出适合城市特殊情况和需求的可再生能源解决方案，并将这些解决方案纳入规划程序。下一步是确保获得必要的资金。



文本框 1 城市的定义

鉴于城市聚落的现实情况不断变化，并且反映了不同的功能和管理安排，人们对城市的构成要素持有多种定义。广义而言，城市或城市地区是密集的人口定居地，其行政边界有明确规定，居民长期在此居住，其中开展的大部分经济活动并不属于第一产业（如农业或资源开采业）。

根据这项通用定义，“城市”一词可适用于一系列范围广泛的聚落，此类聚落具有某些共同特征，但也可能存在巨大差异。其中涉及到城市的人口规模、密度和有效地域，包括受城市市政机关管辖的周边农村地区。在这方面，各国的司法管辖区和行政单位各不相同，导致人们所谈论的“城市”之间存在很大差异，如城市群、“城市市区”、超越纯城市地区的地理或行政单位。

反之，大型的连片城市地区可能被细分为多个城镇或区域，而这种情况可能会导致难以实施有效的城市治理。因此，作为治理单元的城市可能与现有的大都市区域截然不同。本报告所述的中国案例便反映了这种特殊情况，该情况可能会导致城市治理的行政体制大相径庭。城市的特征在一定程度上解释了为什么现有文献主要侧重于大型和“特大”城市，而较少关注二线和中等规模城市，本报告旨在帮助填补这一空白。

城市地区可大致分为小型、中型、大型和特大城市。但目前尚没有统一的分类标准。这在一定程度上反映了一个事实：许多城市在不断发展，因而不受静态定义的边界的限制。但现实情况是，每个国家对于城市的分类方式都不尽相同。本报告第一部分的分析内容借鉴了全球各地大小城市的举措和经验，但案例研究选用了“中等规模”人口城市（即本研究中定义的3万至100万居民）。

正如本报告在案例研究中所示，城市治理体系千差万别。特定市政当局的政治强制力、监管权和收入来源在规模相当的城市之间存在差异，并对中等规模或二线城市推动国家能源转型的变革程度产生重要影响。城市有能力引领可再生能源发展，但支持能源转型的城市决策通常主要取决于各国的总体治理结构，并依赖与国家级主管部门的有效合作。

来源：López Moreno（2017年）。



城市能源行动的动机和驱动力

城市可以补充与国家级政策相辅相成的措施和行动，从而成为推动当地可再生能源部署的重要力量。城市能源政策最直接涉及到确保充足的能源供应，其中包括考虑负担能力和选择适当类型的资源和能源形式。城市的能源需求量受到其他非能源部门的决策影响：

- 城市规划从根本上塑造了城市，极大影响了各类城市活动所需的能源用量（甚至在某种程度上影响了能源类型）。
- 实施强有力的区划立法和土地利用管制的城市可以更容易影响居住密度，从而推进混合利用型发展（例如限制住宅、商业和工业活动的分区）。这类结构性因素对能源需求具有举足轻重的影响。大面积分布的城市难以避免个人机动交通。同理，相较于公寓大楼占多数的城市，独户住宅居多的城市无论是供暖、制冷还是交通方面都需要更多能源。

有远见的城市政策将避免陷入对高能源需求的结构性路径依赖，或如果已经有了依赖，这些政策会努力减少并逐步克服这些依赖。

除了能源供应之外，还有很多促使城市推广可再生能源的因素（见图 1）。关键考虑因素涉及能源的成本和负担能力（包括能源获取和能源匮乏问题）、经济发展目标（包括建立当地供应链和吸引并留住各类企业的 ability）和创造就业机会。

此外，社会公平方面的考虑因素同样至关重要，即减少贫困并确保较贫困的城市社区能够获得清洁能源解决方案。正如长期担心使用化石燃料所造成的空气污染会影响健康一样，人们日益重视并担忧气候影响，希望确保高品质的宜居生活。气候和空气质量目标加剧了能源转型的紧迫性。然而，为应对融资障碍，可能需要更具有雄心，即提高可再生能源目标并缩短执行时限。

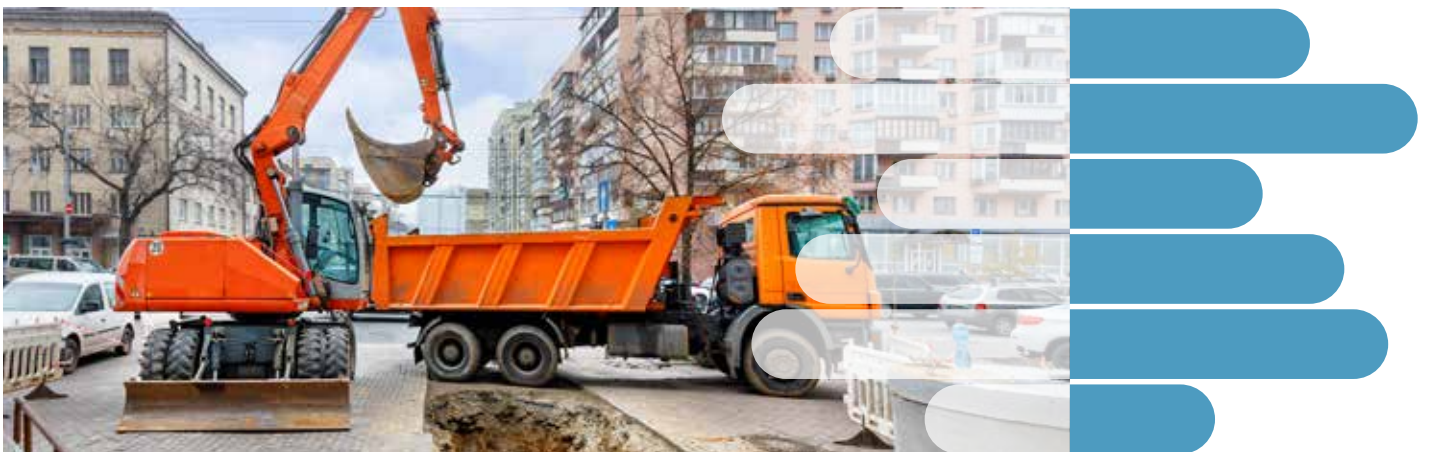


图 1 城市能源决策的动机和驱动力



制定与能源有关的政策是一个复杂的过程，涉及从地方社区团体到私营部门等许多利益相关方的各类考量。为取得进展，不仅需要制定全面计划，还需要顺利落实各项资源和机构能力。实施工作要求各级别和各层级的市政管理部门高瞻远瞩、政策一致并务实协调。

城市在推动可再生能源的使用方面承担着多重角色和责任。IRENA 发布的《城市可再生能源》报告（IRENA，2016 年）将城市描述为多个方面的重要参与者：城市有能力而且必须承担以下责任：规划者、监管者、市政基础设施所有者、能源服务的采购者和分销商、能源直接消费者、需求整合者、倡导者和促进者以及投资者。

上述角色和责任均高度多样化，因此需要多种政策工具。在某些情况下，城市有权直接和单独采取政策和监管行动，而其他城市可能仅能与国家和州 / 省级别的主管部门联合行动，或者仅能通过说服和提高认识的方式发挥间接影响。

地方能源转型战略由多个参与者推动，其重要性因城市（和国家）而异，反映了不同的行政和决策结构以及市民文化。市长、市议会和市政机构是进行规划、发布法规和执行政策及项目的关键参与者。公用事业企业和能源企业是其他方面的重要参与者；根据是否为严格管理的实体、是否大规模经营以及是公有制还是私有制，这类企业发挥的作用和影响也各不相同。监管权和融资需求可以让国家和地方政府在城市事务中拥有较大影响。

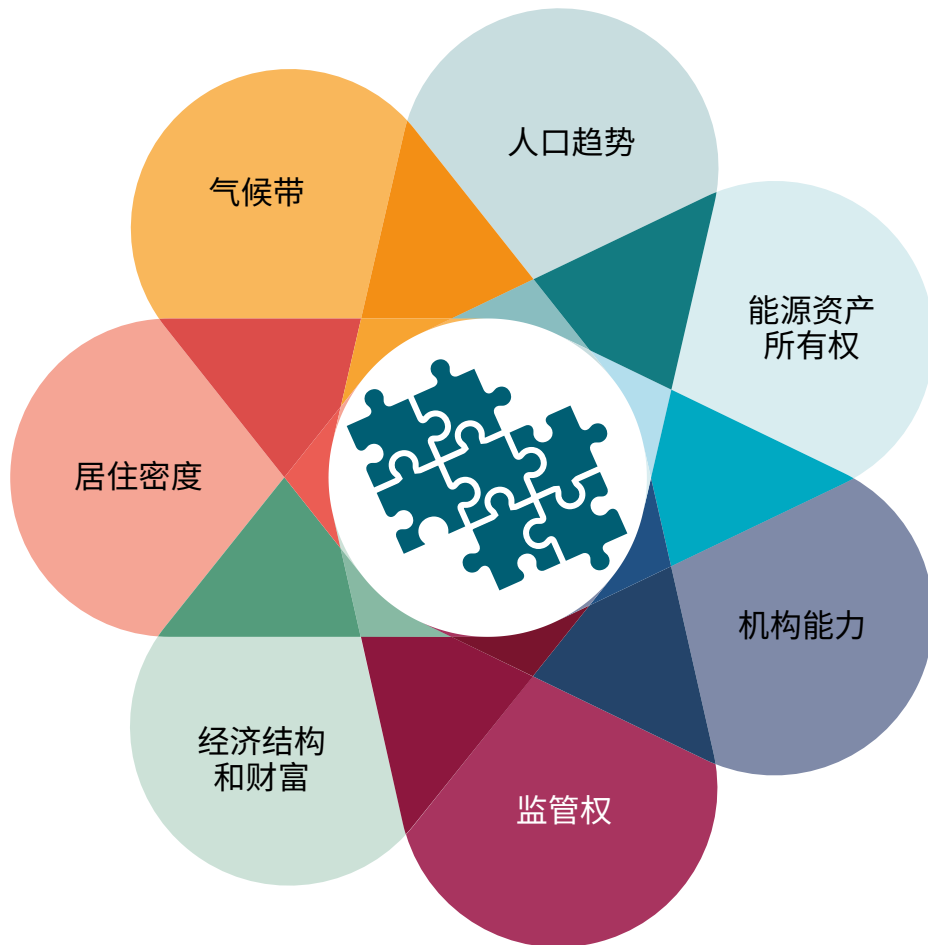
私营部门（例如制造商、商业企业和服务提供商）的能源需求与家庭消费共同构成了城市的能源需求现状。社区团体和其他基层组织可以发起行动，敦促采取更快或更宏大的能源转型举措，但公民也有权对计划的政策和项目表示反对。城市中存在着各种各样的利益相关方，造就了不断变化的动态局面。

城市的需求和能力



尽管全球各地的城市都面临着许多类似挑战，但其自身的独特背景、需求和能力却可能大相径庭，这种情况通常是城市历史发展结构的产物，反映了不同的政治文化。因此，城市规划需要根据城市的具体情况进行调整。图2概述了影响城市能源状况的关键因素，其中许多因素相互关联。

图2 城市能源状况的影响因素



来源：IRENA 城市政策分析

- **气候带：**各个城市的能源方案受制于一系列变量条件。某些变量无法改变，例如该城市所处的气候带（决定了供暖和制冷的需求状况），虽然目前面临的气候变化引发了新的挑战。
- **人口趋势：**相较于人口稳定的城市，人口不断增长的城市面临更大挑战。在不断扩张的大型非正规聚落的城市地区这种挑战尤为明显，因为这些城市的能源供应不足，居民面临能源匮乏。
- **居住密度：**布局紧凑的城市能够建立极具吸引力的公共交通网络，而杂乱无序的特大城市却难以发挥公共交通网络的作用，并且往往仍依赖于能源密集型客车。以综合用途和公共交通为导向的开发模式影响着人类日常活动所需的能源用量。在建筑领域，建筑物的楼龄、特点和状况对能源使用极为重要。
- **经济结构和财富状况：**经济结构从根本上决定了城市的能源使用状况。材料加工和制造业发达的“生产型城市”，或作为全球贸易重要转运点的城市，其能源消耗往往很高。另一方面，“消费型城市”可能已将高污染工业活动有效外包，服务业发达。总体而言，具有经济活力的富裕城市（即税收收入主要由多种经济来源支撑的城市）有能力采取贫困城市难以实施的行动。
- **法律和预算权：**市政机关并未完全拥有影响城市地区事务的决策权。法定权力通常由国有能源公司和国家或州/省监管部门掌握。
- **机构能力和专业知识：**城市的行动力完全取决于是否（在规划、执行、预算资源和人员配置方面）已经拥有，或者能够建立起足够的力量，以及在多大程度上能够获得所需的技术和专业知识。
- **监管权和资产所有权：**私营部门能源供应商发挥的作用因城市而异，在所有权结构、投资者偏好、经营权或监管执法权等方面影响着城市对能源生产的控制程度。城市通常对影响能源消费的因素有着实质性影响，如空间规划、建筑能效、城市交通模式、聚落形态以及家庭消费习惯等。



城市在部署可再生能源中的重要性

IRENA 发布的《城市可再生能源》报告（IRENA，2016 年）明确了城市在适应和缓解气候变化努力的多个方面所起的作用，并将加快部署可再生能源解决方案作为国家可持续能源目标的重要支柱。

城市可以是目标制定者、规划者和监管者。城市通常还是市政基础设施的所有者，因而也是经营者。城市始终是能源的直接消费者，因此也是需求的整合者，并有能力成为可再生能源项目的发起者、促进者以及投资者。最后，城市可以通过地方政府成为重要的意识培养者，既可以通过目标制定者和规划者等现有角色，也可以通过地方媒体来发表看法。

以下各小节探讨了城市推广使用可再生能源的几种方式（见图 3）。内容侧重于城市经济的 3 个关键部门：能源部门本身（能源生产和采购）和两个关键的终端用能部门，即建筑和交通部门。并以简短的文本框形式，探讨了全球各地城市不同示例中的政策举措和经验。

图 3 市政府在能源转型中的作用



来源：IRENA 城市政策分析（基于 IRENA 2016 年研究报告）。

城市在能源生产和采购方面的角色

能源生产和采购是城市的基本职能。在许多国家，城市电力供应的法定权力由国有电力公司和监管部门承担。国有制可以成为推动地方能源转型、引导融资流向可再生能源的有效杠杆。然而，不同国家的城市在市政发电设施所有权方面存在很大差异；过去几十年的私有化举措限制了许多地方的公共管控程度。

在德国，在一些地方成功开展了使能源资产“重新市政化”的基层运动后，地方公用事业企业和公民能源合作社在发电和配电方面发挥着重要作用。截至 2013 年，美国有 2,000 多个社区（约占全国人口的 14%）的电力来自城市公用企业（IRENA，2016 年）。某些国家的市政当局正在成立新实体，以利用当地资源进行可再生能源发电，例如英国在阿伯丁、布里斯托、诺丁汉和沃金都成立了国有公司和社区所有制企业（Cumbers，2016 年）。南非开普敦给出了另一种例子（见文本框 2）。

文本框 2 开普敦市政府在推广可再生能源方面所做的工作

南非开普敦采取了若干举措，并开展了基础设施项目，旨在减少全市范围内的电力消耗（通过提高建筑物、交通和街道照明的效率以及实施计量和监测措施），提高可再生能源装机容量，以减少对煤炭发电的严重依赖。正如该国其他城市一样，采取行动的主要动力源于对供电可靠性的担忧（限电）、电价上涨和对可再生能源技术前景的认识不断提高。

开普敦在多个市政大楼和设施上安装了屋顶太阳能光伏系统，并在污水处理厂运行了 4 台微型水力发电涡轮机，满足了市政运营总用电需求的 5%。南非已有 18 个城市开始在住宅、商业和工业部门推进小型分布式能源项目，而开普敦也是其中之一。截至 2018 年初，约有 274 个项目获得批准，峰值发电容量达到 247 千

瓦 (kW)，另外还将计划增加 2 兆瓦 (MW) 以上的发电装机容量 (ICLEI 和 IRENA，2018 年)。



南非开普敦

即使不作为能源生产设施的所有者，市政当局也可以通过行使其作为能源需求整合者和监管者的法定购买权来促进采购可再生能源。“绿色政府采购”现已成为广泛使用的术语，欧洲联盟为此制定了有关标准和准则（欧盟委员会，2020年）。例如，市政机关可以通过清洁能源方针对其电力、

供暖和制冷能源或交通燃料的采购进行管理。通过制定目标、采用绿色标签计划或要求绿色证书等举措，城市可以影响私营提供商开发和供应给当地家庭和企业的能源类型。城市可以以此影响企业自身的采购决策，而企业不断扩大采购可再生能源的情况也反映了这点（见文本框3）。

文本框 3 企业采购可再生能源的情况

商业和工业企业约占全球终端用电量的三分之二。由于可再生能源成本稳步下降，投资者和消费者对企业可持续发展的需求日益增加，越来越多的公司致力于实现更远的可再生电力目标，以推进自身经营。早在2017年，各企业便积极采购了超过465太瓦时(Twh)的可再生电力，相当于法国全国的电力消耗量。70多个国家出台了支持企业采购的政策，然而，许多市场的壁垒阻碍了企业采购可再生能源，使企业难以充分行使购买权。

城市可以发挥重要作用，以确保满足企业对可再生能源日益增长的需求，并利用这些需求加快投资可再生能源。例如，城市可以确保提供扶持性框架，以支持企业生产自用电力；此外，还应提供“绿色采购”方案。拥有自己的电力公司的城市可以直接决定其能源产品，还可以考虑诸如绿色

高端产品或量身定制的可再生能源合同，例如绿色电价方案。这类方案有助于公司通过长期电力企业合同从特定来源购买可再生电力，其方式类似于企业的《电力购买协议》。截至2017年底，美国已有13个州和哥伦比亚特区的电力企业出台了绿色电价方案。在2013-2017年间，通过上述方案签订的合同总额超过950 MW。

虽然企业部门对采购可再生能源的意愿越来越强烈，但各公司仍有提高目标、促进低碳化经营的空间。通过长期的可再生能源目标和能源转型计划，城市可以鼓励企业进一步参与能源转型，同时营造一个更环保、更灵活的商业环境，甚至带动新的经济发展。

来源：IRENA，2018d。



扩展区域能源系统的使用范围

区域能源是一种特别适合市政采购的技术方案。许多城市在供暖制冷的发电和配电方面拥有较大权限（IRENA，2016年）。区域能源系统可以作为关键性基础设施，进一步提升人口密集城市地区的效率，并提供整合地热等低温可再生能源的机会（IRENA、IEA和REN21，2020年）。

目前，可再生能源在全球区域供暖中的占比仅为8%，如果按照能源转型的远大设想，这一比例在2050年需要提高至77%（IRENA，2020d）。某些欧洲国家的可再生能源比例已达到50%或以上（见文本框4）。从全球来看，2019年已经建立了417个太阳能区域供暖系统（共计装机容量1.73 GW_{th}），较2018年的345个有所增长（REN21，2020年）。

根据当地条件和优先级，城市的商业模式和政策模式各不相同，从完全公有制、公私合作伙伴关系到私有制，包括所有者也是消费者的模式（IRENA，2017b；IRENA、IEA和REN21，2018年）。国有模式有助于城市管控价格，从而避免居民的能源贫困。

文本框 4 区域供暖和制冷的先行者

多个城市正在建设或推广区域能源系统。瑞典的**韦克舍**是利用生物质和热电联产技术进行区域供暖的先行者（Agar和Renner，2016年）。另一个引领者则是冰岛首都**雷克雅维克**，该市约95%的住宅均连接至以地热为基础的区域供暖网络（IRENA，2016年）。欧洲各城市均在回收工业余热（IRENA，2016年）。欧洲城市引领着太阳能区域供暖系统的发展（截至2018年全球约有340个），但该系统也开始推广到其他地区，例如吉尔吉斯斯坦的**比什凯克**，该市于2017年启用了太阳能系统（REN21，2018年）。开发现代区域供暖系统和低温运行的高效建筑，为更好地利用来自废弃矿井和热泵的低焓地热资源铺平了道路。



安装太阳能街道照明

太阳能光伏技术是另一项适合市政应用和能源生产的关键技术。城市和市政当局可以为应用太阳能光伏 (PV) 技术提供支持，例如推动街道照明现代化。街道路灯在城市能源使用中占了很大比重。在全球范围内，照明消耗约占所有用电量的 20% (Rondolat, 未注明日期)，而公共照明则消耗了城市能源预算的 40% (IRENA, 2016 年)。采用太阳能供电的 LED 灯泡可节约 50% 或更多的能耗和成本，而且此类灯泡的使用寿命长达 20 年，远比传统照明灯经久耐用。如果太阳能路灯连接到电网（而非作为独立设施），并与智能电网开发、净电量计量和响应需求的政策相结合，将会带来更多益处。这项潜力巨大，因为全球约有 3 亿盏街道路灯，其中 LED 灯仅占 10%，而连接到电网的路灯仅为 1% (Rondolat, 未注明日期)。

城市在监管和城市规划方面的角色

城市可以在推广城市空间的屋顶太阳能光伏设备方面发挥重要作用。屋顶太阳能光伏是一项成本效益日益增加的动态技术 (IRENA, 2017b)。通过实施监管要求（特别在建筑法规方面），或实行面向建筑业主的激励措施，可以极大地促进屋顶光伏技术的应用。系统化部署可带来深远影响，因为建筑是最大的能源用户，还是温室气体排放的主要来源 (联合国环境规划署, 2018 年)。对于城市而言，实施监管措施鼓励屋顶太阳能应用是一项双赢政策，有助于充分整合地方和国家所做的共同努力，提高能源效率。如果城市政策能够解决应用太阳能屋顶解决方案时常见的障碍（例如某栋建筑的大部分住户为租户而非业主），这些政策肯定会获得更大的成功。文本框 5 介绍了此类政策的部分示例。

文本框 5 城市屋顶太阳能光伏发电示例

中国城市开展的太阳能屋顶工作始终走在世界前列。山东省**德州市**于 2008 年启动了“百万屋顶计划”，要求所有新建住宅楼必须安装太阳能热水器。全市 95% 的新建建筑均采用了太阳热或太阳能光伏技术 (ICLEI 和 IRENA, 2013a)。

在亚洲其他城市，日本**东京**计划于 2024 年安装发电容量高达 1 吉瓦 (GW) 的屋顶系统，其中公用建筑和设施的装机容量为 22 MW。该市创建了日本首张太阳能地图——“东京太阳能屋顶登记簿”，通过评估每个特定家庭或建筑的太阳光照、屋顶空间、屋顶倾斜度和遮阳度，从而计算出合适的太阳能光伏 (PV) 系统的规模 (kW) 和潜在发电量 (千瓦时, kWh) (Movellan, 2015 年)。此外，韩国**首尔**也计划到 2022 年使光伏发电量达到 1 吉瓦。“首尔太阳城”计划预计投资 1.7 万

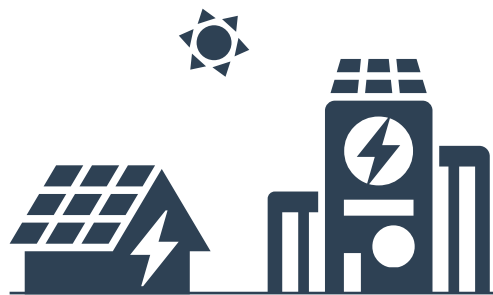
亿韩元 (约合 15.6 亿美元)。除了将家庭屋顶和阳台的微型太阳能发电机数量增加到多达 100 万台，首尔还会在主要建筑物和公园安装光伏面板，将这些城市周边的区域指定为太阳能地标或太阳能特区 (Renewables Now, 2017 年; Lennon, 2017 年)。

2016 年 4 月，加利福尼亚州**旧金山市**成为了美国首个要求所有新建建筑安装屋顶太阳能光伏设备的大城市 (IRENA, 2016 年)。城市管理部门还制定了在公共建筑安装 100 MW 太阳能发电设备的目标，并计划于 2025 年之前推动在私人建筑安装 250 MW 的太阳能发电设备 (Patel, 2016 年)。为解决太阳能发电不稳定的情况，**纽约市**是美国首个确立在 2020 年实现全市范围内储能 100 兆瓦时 (MWh) 目标的城市，尽管严格的安全和许可规则拖慢了进度 (Maloney, 2018 年)。

采用净电量结算

净电量计量是一种计费机制，允许消费者自行发电（例如通过太阳能屋顶组件）并将能源储存至电网中。居民可以将超过自身需要的发电量输送到电网以换取信用额度；当需求超过发电量时（例如在夜间），居民可以使用信用额度从电网获得电力。

通过净电量结算，地方或国家主管部门可以鼓励部署太阳能光伏设备，帮助家庭或企业自行发电并将过剩电力回输至电网，从而使其从消费者转变为“生产消费者”。这些消费者既可以获得可用于未来消费的信用额度，也能够以特定费率获得报酬（IRENA，2016 年）。在某些国家，由国家级主管部门负责净电量结算；然而，如果国家监管部门尚未制定此类法规，市政机关可能根据其作为地方监管机构的职能来制定有关法规。见文本框 6 示例。



文本框 6 全球各地的净电量结算

全球多个城市现已实行净电量结算。在阿拉伯联合酋长国，**迪拜**水电局通过了“Shams Dubai”计划，该计划推动迪拜港务局大楼安装了容量高达 30-40 MW 的太阳能发电装置（IRENA，2019 年）。

2014 年，印度首都**新德里**开始实行净电量结算。业主既可以自建太阳能发电系统，也可以每月向项目开发商租赁此系统（《印度时报》，2017 年）。

在印度的**卡纳塔克邦**，由于用电需求增加，而干旱却导致水力发电量下降，班加罗尔市正努力满足居民的能源需求。该市在 2014 年引进净电量结算计划后，居民、企业主、学校和其他公共机构部署屋顶太阳能电板的规模迅速扩大。接入城市电网企业 BESCO 旗下电网的太阳能发电装机容量现已从 2016 年的 5.6 MW（Martin 和 Ryor，2016 年）扩大至 2018 年秋季的 98 MW（《新印度快报》，2018 年）。



印度班加罗尔

颁布太阳能热利用条例

市政条例可确立使用可再生能源的最低要求，包括太阳能、生物质能和空气或地源热泵。新建建筑和进行大规模翻新的建筑通常都需要符合上述规定。在某些情况下，城市要求比国家规定更为严格；这样一来，城市可以发挥引领作用，从而逐步提高国家标准。太阳能热利用条例就是上述措施

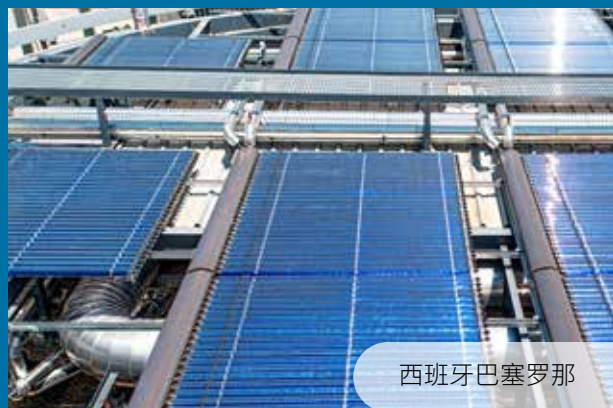
的一个重要示例；这些条例属于市政法规，其中规定了太阳能在供热需求中所占的具体最低比例。在过去十几年中，太阳能热利用条例已日益成为全球许多国家促进应用太阳能热技术的一项常用手段（ESTIF，2018年）（见文本框7）。此外，在社会保障房项目中纳入太阳能热水器也是确保低收入家庭受益于可再生能源的重要途径。

文本框 7 实际施行的太阳热能条例

中国的太阳能热水器装机容量约占全球总量的 70%。在中国，已有 80 多个城市出台了安装此类系统的优惠政策，通常包括在新建建筑中强制安装。过去 20 年，山东省日照市通过法规、补贴和面向居民的宣传活动，大力推动在住宅建筑采用太阳能热水器。如今，市中心几乎所有家庭都在使用这类设备。山东省政府为太阳能研发提供了资金支持，使得太阳能热水器的价格相较于电热水器更具竞争力（IRENA，2016 年；REN21，ISEP 和 ICLEI，2011 年）。

2000 年，西班牙巴塞罗那成为欧洲首个出台太阳能热利用条例的城市。该市要求所有新建、翻新或改建的建筑（包括私人 and 公用建筑）内 60% 的热水需求必须由太阳能供应。为确保公众了解并接受该条例，巴塞罗那市举办了“太阳能反射日（Solar Reflection Days）”活动，向民众展示最先进的太阳能系统。此外，该市还设立了“Taula Solar”平台，以推动利益相关方开展讨论。其他 70 多个西班牙城市现已效仿巴塞罗那的条例；2006 年，安装太阳能热利用系统的规定已纳入西班牙国家《技术建筑规范》（ICLEI，2014 年）。

2007 年，巴西圣保罗市颁布了一项太阳能条例，其中强制规定新建建筑中至少应有 40% 的热水器采用太阳能技术。公众意见咨询是起草该条例的关键因素。为避免使用可能损害公众接受度的低质量设备，产品认证工作至关重要（ICLEI 和 IRENA，2013b；ABRAVA，2015 年）。该条例激励各城市采取类似措施；巴西因此成为部署太阳能热水器的全球领导者（Weiss 和 Spörk-Dür，2018 年）。



西班牙巴塞罗那

采取交通减排措施

交通运输占全球终端能源消费总量的三分之一，是城市中最大的用能部门之一。该部门成为了可再生能源政策中重要但经常被忽视的目标。交通部门的能源需求正在飞速增长，而城市交通能源大部分仍在采用汽油和柴油燃料以及煤电。

交通减排政策制定可以多措并举，以支持清洁能源、电气化、改善交通模式组合并减少机动交通需求。出于对空气污染的顾虑，全球越来越多的城市都在不断努力，以减少城市街道上的汽车数量，鼓励乘客转为采用最有效、最环保的方式，从而提高出行效率。这些模式包括非机动车、公共交通或拼车等。支持上述转变的政策包括推广共享汽车、针对高排放机动车的限行或限制措施，建立人行道，以及自行车共享系统（IRENA、IEA 和 REN21，2018 年）。

尽管此类政策并不直接涉及可再生能源使用，但却有助于创造一个日益重视清洁能源和电力的环境。可在城市层面采取的相关政策包括实行交通拥挤费、车辆购置拍卖或摇号政策、限制牌照、建立低排放区、限制停车和建立无车街道（McKerracher，2018 年；SLOCAT，2018 年；Hidalgo，2014 年；Renner，2016 年；路透社，2015 年）。

在交通运输中使用可再生能源将带来许多额外益处，如加强能源安全、减少与交通有关的碳排放、促进可持续经济增长和增加就业机会（例如，全球生物燃料行业拥有 170 多万个工作岗位）（IRENA，2017c）。通过更多使用可再生能源燃料，此举还有助于改善当地空气质量。

越来越多的城市正在推动减少并最终停用燃油汽车，转而使用电动汽车（EV）——这是帮助可再生能源在交通领域发挥更大作用的重要途径，但并非唯一途径。举例来说，希腊**雅典**、西班牙**马德里**和墨西哥的**墨西哥城**已经决定在 2025 年之前禁止汽油和柴油车辆，而法国**巴黎**也将在 2030 年前禁止此类车辆（《联合国气候变化框架公约》，2016 年）。全球已有 30 多个城市²签署了《C40 无化石燃料街道宣言》（见文本框 8），其中包括承诺不再使用化石燃料车辆（C40，未注明日期）。以上政策为清洁能源（包括生物燃料和可再生能源电力）发挥日益重要的作用创造了条件。



² 签署方包括部分人口不足 100 万的城市：哥本哈根、开普敦、海德堡（德国）、奥斯陆、鹿特丹、温哥华、火奴鲁鲁、牛津、曼彻斯特、圣莫尼卡和西好莱坞。

文本框 8 《C40 无化石燃料街道宣言》

从 2025 年起，各参与城市承诺仅采购零排放公交，并确保城市的主要区域在 2030 年成为零排放区。为实现这一承诺，参与城市将采取以下一系列措施（并每两年公布一次城市的目标进度）：

- 增加步行率、自行车骑行率以及让所有市民都能使用的公交和共享交通。
- 减少街上污染车辆的数量，并从化石燃料车开始进行转型。
- 尽快为城市车队采购零排放车辆。
- 与供应商、车队运营商和企业合作，加快向零排放车辆转型，减少城市的车辆里程数。

来源：C40 城市

推进以可再生能源为基础的新能源交通

交通电气化为进一步整合火车、轻轨、有轨电车以及两轮、三轮和四轮电动车的可再生电力创造了机会。为减少对内燃机的依赖性，城市所做的工作往往与目标、任务和激励措施相配合，以支持城市公交车队、出租车和私家车实现电气化。越来越多的城市正在付诸行动，例如补贴、车队采购和电气化改造以及提供充电基础设施等举措。即使在像中国这样主要采用燃煤发电的国家，电动汽车的生命周期排放仍优于燃油汽车（能源基金会，2018 年）（ICCT，2018 年）。



俄罗斯莫斯科

支持采用电动交通的政策需要配合可再生能源的应用，从而帮助电力部门实现脱碳化。在落实电气化政策的同时，如果能够努力增加电力结构中可再生能源的比重，那么交通电气化则可以发挥敲门砖的作用，促进更全面的可再生能源应用。

越来越多的国家正在制定有利于客车电气化的国家和地方政策（IRENA、IEA 和 REN21，2018 年）。支持措施包括帮助建立和刺激电动汽车市场的公共采购和投资计划。降低电动汽车成本的各种财政激励措施包括购车补贴、减免税款，差别税率以处罚高污染或低效能车辆并使低排放车辆受益。此外，法律法规同样可以发挥重要作用，例如燃油经济性标准、燃料质量标准以及零排放强制规定等。电动汽车战略的重要组成部分还包括建立足够密集的充电站网络。城市可以直接投资建设相关基础设施，发布建设目标，发布法规推动硬件和软件标准化，并通过建筑规章和区划政策采取措施，鼓励私人充电站（IRENA，2016 年）。在结合电气化与可再生能源部署的过程中，

必须重视对电动交通和可再生能源电力的发电、输电和配电进行综合规划。

此外，交通电气化工作还应覆盖城市公交车队，因为此类车队通常使用高污染的柴油燃料。根据 ICCT（2012 年）的数据显示，全球公交车队总数预计将从 2010 年的 1,600 万辆增加到 2030 年的 2,000 万辆。制约电动公交车广泛应用的障碍包括较高的前期成本（尽管生命周期总成本可能并不高于柴油车型）、电池更换成本（几乎占到车辆价格的一半）以及需要足量的充电基础设施（Lu、Xue 和 Zhou，2018 年）。目前，全球共有 300 多个城市至少拥有部分电池供电的电动或混合动力公交车（SLOCAT，2018 年），其中中国占全球电动车队的绝大多数（彭博社，2019 年）。

中国在国家政府层面对上述发展予以支持：削减柴油补贴，同时对购置电动车辆和发展充电基础设施提供慷慨补贴。在公交车队向电动汽车转型方面，深圳一直处于领先地位（见文本框 9）。



挪威奥斯陆

文本框 9 深圳市率先使用电动公交

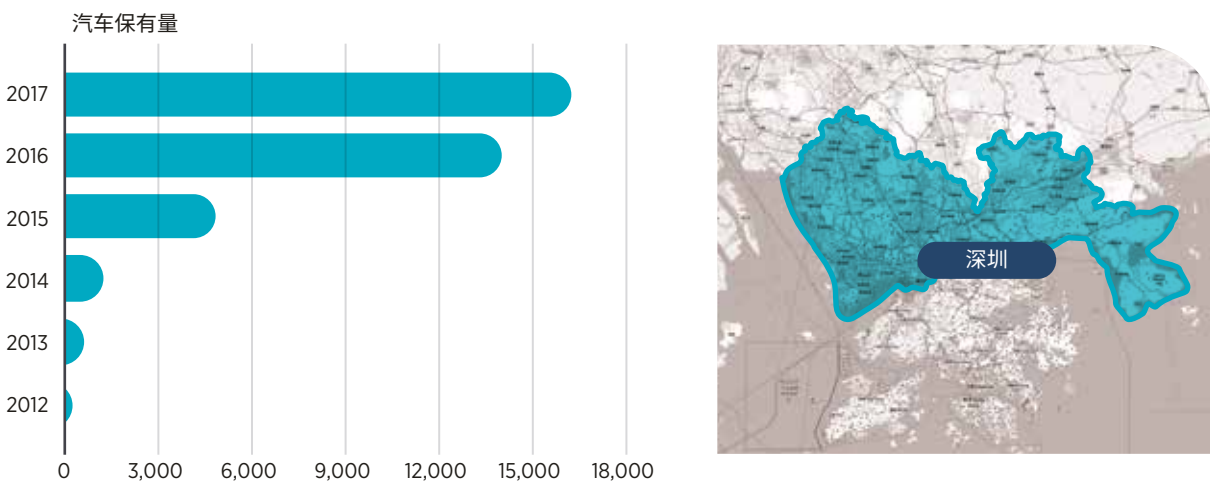
2009 年，中国启动了“新能源汽车”的试点计划，拟在 25 个城市开展试点工作，随后推广到数百个城市和全国各地。深圳入选首批“新能源汽车”试点城市，并于 2017 年底前全部实现公交车队电动化（见图 4）。这使得深圳成为全球首个完全实现公交车队电动化的城市。在中央和地方政府的财政支持下，深圳对公交车和充电设施提供了大量补贴，仅在 2017 年，总金额便达到 33 亿元人民币（约合 4.9 亿美元）（Dixon，2017 年）。

与柴油公交车相比，深圳使用的电动公交车能耗降低 73%，碳排放降低 48%（电动公交每百公里排放 67 千克二氧化碳，而柴油车辆则为每百公里 130 千克）。2017 年，深圳市的公交车队减少了 135 万吨二氧化碳排放。此外，氮氧化物、碳氢化合物和颗粒物等污染物的排放量也同样有所减少（ITDP，2018 年）。据深

圳市交通运输局统计，2017 年总节能 36.6 万吨标煤，替代燃油达 34.5 万吨（Dixon，2017 年）。随着中国逐渐减少对煤电的依赖，电动公交车的优势将进一步扩大。

租赁而非采购公交车³有助于减少深圳公交运营商的前期成本，从而降低债务融资需求。而制造商也可以为车辆和电池提供终身保修，减少了运营商的风险。由于每次充电后电动公交的行驶里程通常较短，⁴因此与柴油动力车队相比，电动公交的所需数量更多，这导致了采购成本上升。深圳市采用错峰充电和协调运营排班时间的方式避免了大部分额外成本：电动公交通宵充电，非高峰期则在终点站充电（Lu, Xue 和 Zhou，2018 年）。深圳市内建设了 510 个公交充电站，配置了 8000 个充电桩，这使得车队的半数车辆可以同时充电（Dixon，2017 年）。

图 4 中国深圳电动公交的应用情况



3 汽车和客车制造商比亚迪总部位于深圳，是世界电动汽车生产领域的领导者。为了促进本地产业发展，比亚迪公司获得了深圳市大量电动客车采购合同。2018 年 2 月，中央政府进行了电动汽车补贴改革，禁止地方政府歧视非本地汽车制造商（OECD/IEA，2018 年）。

4 不过性能正不断提升；在 2012 年至 2016 年期间，深圳电动公交车每日平均里程已增加 41%（ITDP，2018 年）。

采用混合生物燃料强制法规以及生物甲烷的应用

从燃油车转型为电动车型需要时间。全球各地的一些政府正在推行可再生能源政策，以努力减少燃油车的碳排放量。这些政策通常通过混合生物燃料强制法规予以落实，也会借助财政激励和公共融资等方式实施（REN21，2018 年；IRENA、IEA 和 REN21，2018 年）。

全球至少有 50 个国家的中央或地方政府颁布了混合生物燃料强制法规，但其中仅有 7 个国家的目标比例高于 10%（SLOCAT，2018 年）。在大多数情况下，混合生物燃料强制法规会在全国实行，但某些城市也会自行采取相应举措。举例来说，作为生物能源计划的一环，巴西**库里蒂巴市**目前规定市政公交车队采用 100% 生物柴油（IRENA，2015 年）。在 2030 年底之前，加拿大不列颠哥伦比亚省下属的**温哥华市**希望将旗下车队的 577 台柴油驱动车（包括公交车、消防车、垃圾车等）改为使用脂肪和废弃植物油等有机废物制成的生物柴油，并将排放量较 2007 年减少一半（Danigelis，2018 年）。

城市在制定目标、参与和能力建设方面的角色

通过地方政策和提高公众意识，城市可以推动当地可再生能源利用。假如当地居民能够积极参与制定并落实市政政策，如果政策制定部门能够确保所有城市居民都可以从可再生能源转型中受益，就能在最大程度上取得进展。因此，保证社会公平至关重要。

从全球来看，社群能源日益成为应对地方能源供应挑战的普遍方式。可将下列两个以上的因素组合起来定义为社群能源（IRENA 行动联盟，2018 年）：

- 当地利益相关方拥有大部分或全部的可再生能源项目。
- 社群组织掌握投票控制权。
- 大部分社会和经济利益由地方分配。

这样的一些能源项目可以由市政府发起并提供指导，甚至可以作为合作项目鼓励城市居民积极直接地参与决策过程。为此，居民必须获得必要的知识和能力，以便成为能源决策中的知情参与者（Roberts、Bodman 和 Rybski，2014 年）。此外，国家和地方政府还可以促进新商业模式的开发，鼓励金融机构发放贷款（IRENA 行动联盟，2018 年）。最近，美国**俄亥俄州的雅典市**提供了社群能源的应用示例（见文本框 10）。



文本框 10 美国俄亥俄州雅典市的社区选择

俄亥俄州雅典市的居民参加了一项社区选择项目——“东南俄亥俄州公共能源委员会 (SOPEC)”。该市在《2017 年可持续发展行动计划》中制定了一项到 2020 年将市政能源使用量减少 20% 的目标。俄亥俄州 UpGrade 公司（曾隶属于 SOPEC）推出了“Solar ACCESS”计划，旨在帮助中低收入家庭使用太阳能电力。该计划参与了美国能源部发起的“社区太阳能挑战 (Solar in Your Community Challenge)”活动。

此外，在 2018 年 5 月，雅典市居民还通过了一项公民投票，赞成对每度 (kWh) 电征收少量碳排放费。这项收费将通过社区选择计划收取（并转化为每月向每户收取 1.60 至 1.80 美元不等的费用，但居民可以选择退出）。该收入将用于采购城市公共建筑的太阳能板。在雅典市，“社区供电集成选择”被视为有助于筹措当地公用事业资金的一种方法（Farrell，2018 年）。

2019 年，附近的一所中学安装了近 2000 块太阳能电池板，可满足 70% 的电力需求并降低电力成本（Beard，2019 年）。



许多自下而上的基层工作以当地居民和社区团体的积极参与为特征，包括支持在城市空间部署可再生能源的合作社、非营利协会、社区信托基金以及其他机构。例如，在巴西里约热内卢的“Morro de Santa Marta”贫民区，当地社会企业 Insolar 在日托中心、学校、小巷和庭院安装了太阳能电池面板。这些电池面板降低了 4000 名居民的能源成本，缓解了经常停电的问题。



本报告的结构

第一章阐述了决定城市在其管辖范围内如何采取行动以促进可再生能源使用的关键情况、驱动因素和动机。本报告还根据全球各地大小城市的示例简要介绍了为实现能源转型目标所采取的行动和措施。

然而，为了解其中的可能性和制约因素（以及了解扩大项目规模和成果推广的现实能力在现实中加大力度并在别处复制推广的能力），必须研究案例在中国国情下的具体情况。下一章首先概述了中国的国情，然后分析了该背景如何框定中国城市能够采取的举措，讨论了相关举措和经验，并总结了一系列经验教训。报告最后给出得出了一些更广泛的结论。

国家案例

国情

举措和经验

经验教训



巴西里约热内卢圣玛尔塔

中国城市： 张家口崇礼区 和苏州同里镇



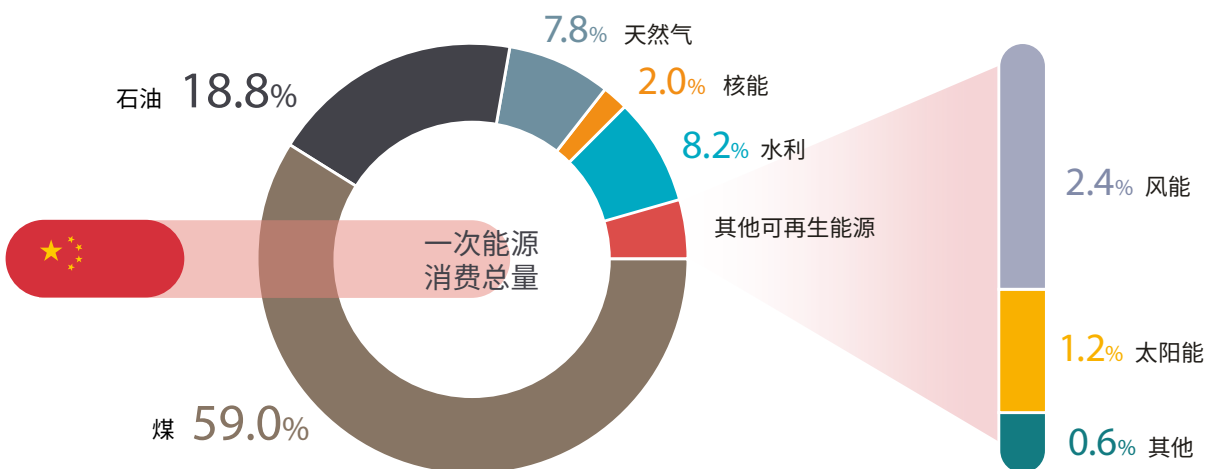
国情

背景

中国是全球人口最多的国家，约有 14 亿人口。经济快速增长和大规模工业化使得中国成为全球最大的能源消费国。2018 年，中国约占全球一次能源需求的四分之一。中国是世界第一大煤炭生产与消费国，也是最大的二氧化碳排放国（IEA，2019e）。

尽管一次能源结构中可再生能源仅占 12% 左右（图 5），但中国仍是可再生能源技术（RETs）的主要市场和生产国。在电力部门，为减少对煤炭和其他化石燃料的严重依赖，清洁能源被列为优先选项。

图 5 2018 年一次能源消费总量所占份额（按燃料分类）



来源：CEPPEI，2019。

中国能源严重依赖进口，2018 年，能源进口占中国石油消费的 70% 以上，天然气进口占 43%（CREEI，2019 年）。从 2016 年到 2018 年，短短两年间，天然气消费量增长了 34%（IEA，2019 a；NDRC，2019，2017）。

尽管工业部门能耗占中国终端能源使用的一半以上，但其比例在 2010 年至 2017 年期间下降了 10%，而建筑部门（22%）和交通部门（17%）的能耗比例却迅速上升（Wang Qingyi，2019 年）（见图 6）。随着城市化进程加快、生活水平提高和特大城市发展，城市的能源需求不断增加。

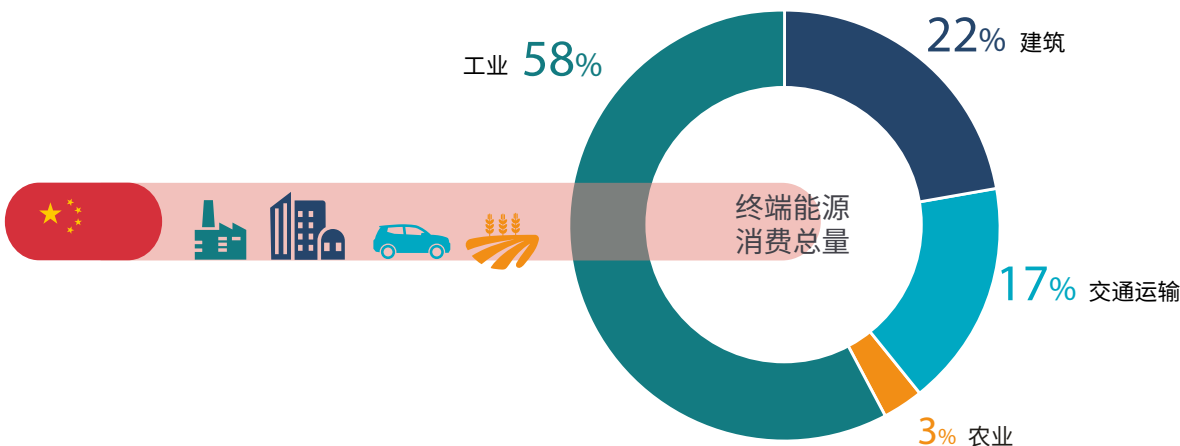
据估计，如果包括城市边界内的工业，城市在中国能源消费总量中的占比已超过 60%，并且该比例还将继续增长（SGCERI，2018 年）。仅在 2018 年，中国新增城镇居民超过 1700 万，新增建筑面积约 20 亿平方米（m²），新增车辆超过 2200 万辆（国家统计局，2020 年；Jiang 等人，2018 年）。

城市居民还受到严重空气污染所带来的诸多不利影响。在世界卫生组织 2019 年污染最严重的 100 个城市（测量颗粒物污染）清单中，近一半的城市位于中国（IQ Air，2020 年）。燃煤曾是中国空气污染的主要来源，但自 2012 年以来，燃煤所造成的空气污染已有所减少。汽车排放污染在中国较小城市地区所占比例可能仅占 10%，但在大型城市和特大型城市中占比较高，例如深圳（52%）、北京（45%）和上海（29%）等（MEE，2018 年）。过去数年，中国北方地区持续开展的燃煤供暖替代项目有效缓解了全国的平均污染水平，也降低了北京的年均 PM2.5⁵ 污染程度。然而，中国 98% 的城市仍超出了世界卫生组织提出的 PM2.5 排放标准（IQAir，2020 年）。

由于人口基数，许多中国城市的人口规模巨大，远远超过了全球其它城市。本报告着眼于中等规模的城市，通过研究崇礼区（隶属于河北省张家口市）和同里镇（隶属于江苏省苏州市）的案例，总结了此类城市在发展可再生能源方面可供复制和推广的相关经验。作为下文分析的背景，文本框 11 解释了中国城市的层级划分和治理结构。

5 颗粒物。

图 6 2017 年终端能源消费总量所占份额（按部门分类）



来源：Wang Qingyi，2019 年

文本框 11 中国的行政区划：省、市、区、县

中国的地方管辖区不同于世界其他区域的典型结构。例如，一个中国城市或城区可能包括城市和农村区域，下辖某些村庄，这类区域在行政上属于城市的一部分，受市政部门管辖。若仅根据城市人口规模来界定中等城市，在中国并非易事。

在中国，城市人口可能从几千人到 3000 多万人不等。人口超过 100 万人的城市有 91 个，超过 500 万人的城市有 15 个。一般情况下，中国的中等城市人口通常在 50 万人到 100 万人之间（State Council, 2014 年）。在许多情况下，欧洲中等城市的行政级别最接近于中国地级市下辖的一个镇或城区（Li Tie, 2019 年）。

中国对地方治理实行四级行政区划：省级、地级、县级、乡级。如图 7 所示，中国有 34 个省级行政区。其中包括省、自治区、直辖市和特别行政区。其中多数区划还进一步划分为更低层级行政区划。地级市又可被划分为区、县级市或县。大多数城市均为地级或县级市。县级市 GDP 有很大一部分来自于二、三产业和城镇居民，而各县则更注重农村发展和农业。

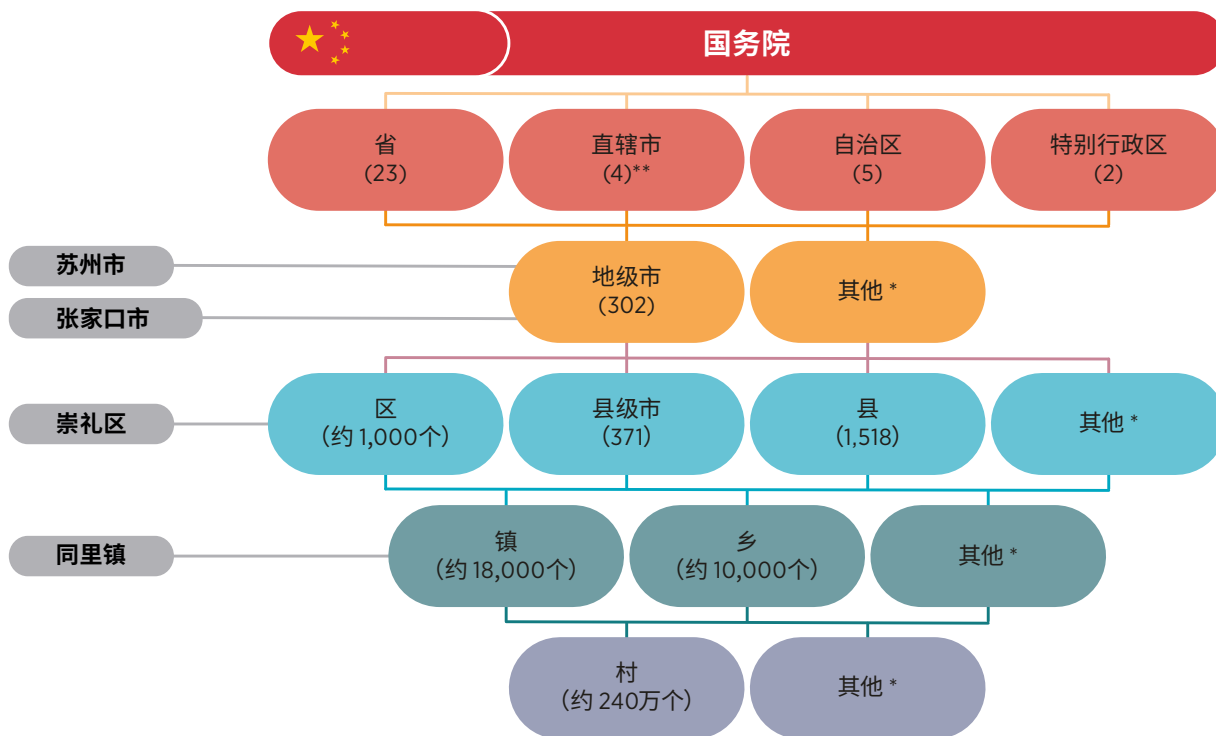
各级行政机关的决策权不一定分级。

中国现有 673 个城市，不包括 4 个直辖市（即北京、上海、天津和重庆），有 302 个地级市和 371 个县级市（见图 7）（MoHURD, 2020 年）。省级通常在行政级别上高于市级。

例如，隶属于江苏省的苏州市在行政级别上属于地级市，下辖六个区和四个县级市。同里镇属于其中一个区管辖。



图 7 中国政府的行政级别



来源：住房和城乡建设部，2018，2020；国家统计局，2020年。

注：* 可能包括一些同级的行政区。

** 4个直辖市分别为北京、上海、天津和重庆。

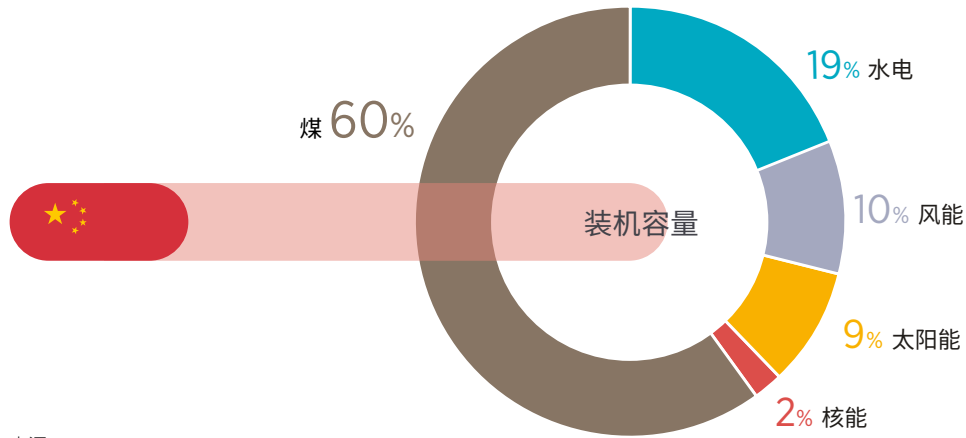
地级市、县级市、县、区的数量统计截至2018年。其他数据截至2016年。

中国的可再生能源发展

随着对化石燃料进口的依赖程度增加，以及对碳排放和空气污染的日益担忧，促使政府制定了更远的可再生能源目标。2019年，可再生能源占中国发电装机容量的40%，占发电量的28%（NEA，2020年）。图8为2018年各类能源的发电装机容量。目前，中国在全球可再生能源装机容量中占比29%，在水电、风电和太阳能光伏发电方面处于首位，生物能源装机容量同样位居世界第二（IRENA，2020b）。此外，中国还

占全球太阳能热水器装机总量的70%，电动公交的99%以及电动汽车保有量的45%（IEA，2019c，2019d；BNEF，2018年）。水力发电仍在所有可再生能源发电量中占有最大比例（46%），其次是陆上风电（26%）和太阳能光伏（25%）（CEPPEI，2019年）。中国大规模水力发电所面临的环境问题日益受到关注，这进一步推动了太阳能、风能和生物能等其他可再生能源技术的发展，成为了新建可再生能源项目的首选技术（见图9）。

图 8 2018 年中国装机容量（按能源划分）

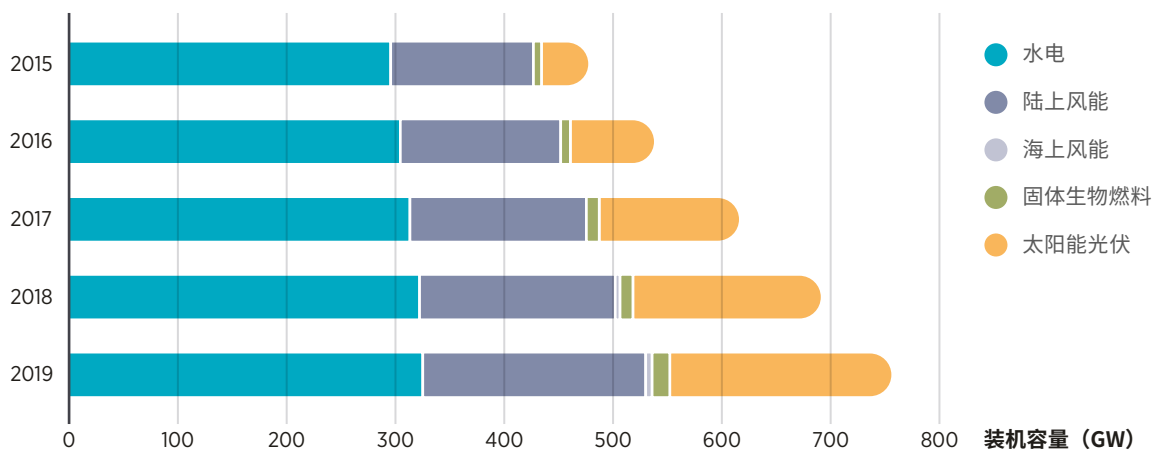


来源：CEPPEI, 2019。

就各行业可再生能源的消费情况而言，2018年中国住宅、商业建筑和工业的消费量占可再生能源消费量的 91%（包括电力和供暖），而交通部门的消费量仅占 2%。由于

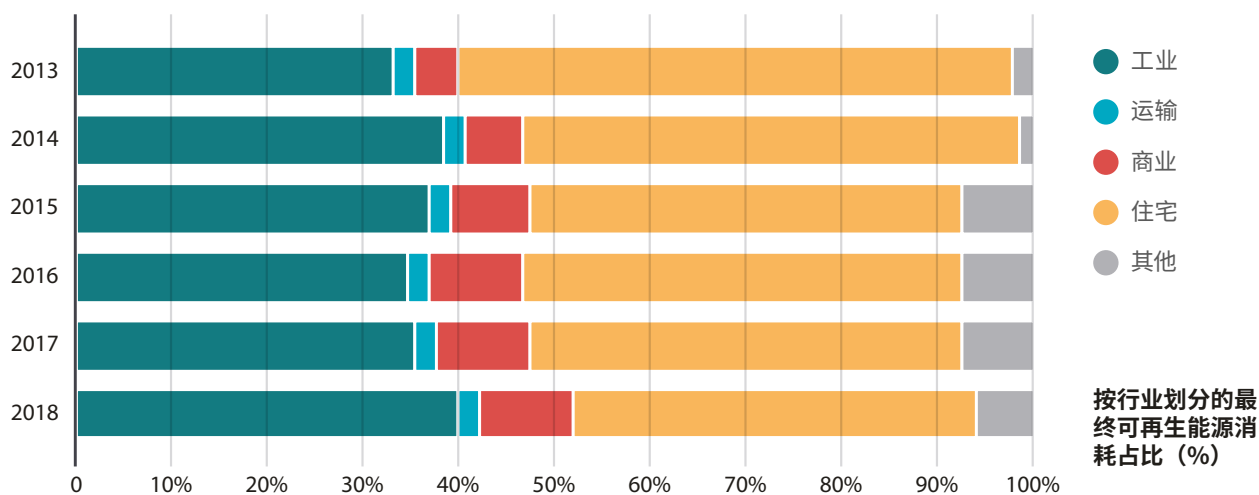
电力和太阳能热水器的普遍应用，可再生能源的消费在住宅部门具有更高比例（见图 10）。

图 9 2015-2019 年中国可再生能源累计装机情况



来源：IRENA, 2020b。

图 10 2013-2018 年中国可再生能源消费所占份额（按部门分类）



来源：IRENA, 2020c。

在战略规划和各项扶持政策的推动下，中国可再生能源的发展已取得成效，以下总结了其中的部分政策。

中国的五年规划

中国“五年规划”是政府设定目标、制定并实施战略的基本政策工具。“五年规划”为所有可再生能源技术制定国家目标，并影响投资和研发 (R&D)。最新“十三五”规划纲要 (2016-2020 年) 提出到 2020 年实现可再生能源发电占总发电量的 27% 的目标，力争到 2020 年累计可再生能源发电量达到 675 吉瓦，其中 50% 为水电 (不含抽水蓄能)、31% 为风电、16% 为太阳能光伏发电、0.7% 为聚光太阳能发电以及 2% 为生物能源发电 (NDRC, 2016 年)。

可再生能源发展基金

可再生能源发展基金在可再生能源的发展过程中发挥着巨大作用。2006 年实施的《可再生能源法》规定了每度电中提取 0.001 元人民币 (约合 0.00015 美元) 的固定费率，并逐步提高到了每千瓦时 (kWh) 提取 0.019 元人民币 (约合 0.0029 美元) 用于资助可再生能源发展基金，此基金为可再生能源的上网电价、溢价电价 (FiP) 和各类补贴的资金来源 (NPC, 2006 年)。2018 年，近一半的年度基金开支 (即 44%) 用于支持风电项目，37% 用于太阳能，20% 用于生物能源。这些资金可用于研究与开发、支持可再生能源产业发展、支持可再生能源装机项目、以及可再生能源供暖设施和设备的采购与运营。

但截至 2018 年，中国可再生能源发展基金累计面临 320 亿美元 (约合人民币 2300 亿元) 的资金缺口 (Yuan Si, 2019 年)。国家能源局 (NEA) 宣布最终确定可再生能源配额制和绿色证书政策后，预计将为可再生能源调动替代资金来源，并在 2020 年后将优先推动陆上风电项目的招标政策 (Hove 和 Watzel, 2018 年; 国家能源局, 2019b)。为支持这项改变，需要进一步推动整合政策和电力市场。

上网电价 (FiT)

从 2006 年起，国家能源局 (NEA) 颁布了适用于陆上和海上风电、太阳能光伏发电、聚光太阳能发电 (CSP) 以及生物质发电的上网电价政策。如表 1 所示，陆上风电的上网电价是根据自然资源分类标准将中国所有地区分为 4 种类型 (1 ~ 4 类)，基于其可再生能源资源程度与项目建设成本而确定。1 类地区资源潜力最大，成本相对最低。可再生能源潜力较大的地区 (因此假定成本较低) 获得的上网电价低于资源潜力较小的地区。类似的分类适用于具有三种类型区域的太阳能光伏发电。在此背景下，由地方政府负责审批可再生能源发电。随着成本下降，上网电价的费率一直在逐步下调 (NEA, 2019b)。

溢价补贴 (FiP)

溢价补贴多用于分布式太阳能光伏可再生能源发电，包括家庭太阳能屋顶和自发自用工商业项目。某些城市对可再生能源部署更具雄心，同时也具备足够的地方财政能力，因此为分布式太阳能光伏发电提供了地方溢价补贴。例如，2015 年，北京市宣布在 2015 年至 2019 年的 5 年时间里对分布式太阳能光伏项目额外给予人民币 0.3 元 / 千瓦时 (0.043 美元 / 千瓦时) 的溢价补贴。长三角地区的部分城市也出台了类似的地方性溢价补贴政策，此举发挥了重要作用，帮助该区域成为中国分布式太阳能光伏项目装机容量最多的地区 (WRI, 2018 年)。

表 1 2020 年上网电价和溢价电价 (按类型分类)

政策	可再生能源技术	费率 (单位: 人民币)			
		1 类	2 类	3 类	4 类
上网电价	陆上风电 ⁶	0.29	0.34	0.38	0.47
	海上风电 (沿海地区)	无	无	无	0.75 ⁷
	海上风电 (潮间带)	无	无	无	0.47
	太阳能光伏发电 (PV) (100% 并网的电网级、商业和工业项目)	0.4	0.45	0.55	无
	太阳能光伏发电 (扶贫目的)	0.65	0.75	0.85	无
	聚光太阳能热发电	1.15			
	生物质发电 (农林业)	0.75			
	城市固体废物 (垃圾焚烧)	0.65			
溢价补贴	分布式太阳能光伏 (自发自用工商业项目)	0.1			
	分布式太阳能光伏 (住宅)	0.18			

来源: CNREC, 2019; NDRC, MoF and NEA, 2018 年。

注: 以绿色突出显示的费率适用于崇礼区。根据 2019 年出台的相关政策, 所有费率均适用于 2020 年批准的项目。根据 2019 年的年均汇率计算, 汇率为 1 美元 = 6.910 元人民币。

6 分布式陆上风电参与市场交易试点的费率由销售商和消费者协商确定。FiTs 不适用。

7 所有海上风电都属于第 4 类区域。

电动汽车补贴

中国国家和地方政府还为购置电动汽车和发展相关充电基础设施提供补贴。不同于上网电价和溢价补贴，此类补贴并非来自可再生能源发展基金，而是来自其他政府专项预算。国家财政部、国家工信部 (MIIT)、国家科学技术部和国家发改委 (NDRC) 联合发布了最新调整的新能源汽车补贴政策。鉴于电动汽车与培植制造业的关系更为密切，工信部应在电动汽车相关政策上发挥着更积极的作用。

在 2016 年至 2020 年的“十三五”规划期间，约有 620 亿美元计划用于采购新能源汽车，其中包括插电式混合动力汽车和电动汽车 (MEE, 2018 年)。此外，国家和地方政府的补贴还用于建设与电动汽车相关的基础设施。

其他政策

由于可再生能源发电的弃电问题，相关机构出台了一系列相关政策，以帮助建立智能电网系统并改革电力市场。2017 年，中国可再生能源弃电量 (100 TWh) 几乎等于英国的居民用电总量 (NEA, 2018a, 2018b)。2018 年，国家发改委发布了针对清洁能源消纳和解决弃电问题的国家行动计划 (NDRC, 2018 年)。主要政策手段不仅注重发电厂的指标和灵活运营，还鼓励进一步部署电供暖技术以消纳可再生能源电力，从而替代华北地区的燃煤供暖 (见崇礼区案例)。

上述国家和地方政策的落实为地方行动和补充政策提供了可观的发展空间。城市有能力并且有责任设立比国家层面更积极的目标，以促进城市可持续发展和解决当地环境和社会挑战 (包括空气污染和贫困)，并获得创造当地就业机会和提升经济收入等效益。张家口市崇礼区和苏州市同里镇便是上述举措的先行者。



深圳的电动出租车

中国能源行业组织与城市的作用

中国能源部门的监管权力仍然集中在国家机关手中，监督和协调国家层面能源部门及相关产业规划，包括目标制定（通过五年计划）、产业战略、标准、监管和项目审批。国家能源局将指标分配给各省级行政主管部门，用来审批集中式并网级（即 6 MW 及以上）风能和太阳能装置，同时由市政府对分布式发电和家庭太阳能屋顶进行管理。自 2015 年起，省级能源管理部门负责审批集中式并网级项目。工业和商业自发自用分布式太阳能光伏发电（低于 6 MW）需要向当地政府注册。光伏屋顶项目并网程序最为简单。

此外，国家能源局还负责协调并管理各部委发挥作用，支持发电、供暖和其他终端用能部门利用可再生能源。相关部委负责各种技术和战略交叉问题，例如制定本领域相关目标和规范各自市场等。譬如，国家发改委、国家能源局和国家财政部通常在可再生能源规划和政策方面发挥更大作用，而审批新增装机容量的项目则涉及到自然资源部、生态环境部（MEE）等多个部委。国家发改委、国家能源局、生态环境部以及住房和城乡建设部（MoHURD）发布了中国 2017 -2021 年全国冬季清洁采暖规划。鉴于可再生能源在某种程度上与气候变化有关，因此生态环境部还对气候变化承担主要责任。

国家能源局负责对可再生能源试点项目和示范城市进行指导，其中包括张家口市。在国家清洁取暖示范城市的项目中，国家能源局与国家财政部、住房和城乡建设部和生态环境部联手合作，计划在未来三年每年提供 5 亿元人民币（约合 7,100 万美元），以支持落实清洁取暖相关设施设备和基础设施。

电网企业

两家国有电网企业主要负责运营中国的六大区域电网。二者在可再生能源并网、智能电网和电力市场改革等方面发挥了重要作用（NPC，2006 年）。根据国家能源局所发布规定要求，所有新建可再生能源电站的输电和接电线路必须由省级（6 MW 及以上）或市县级主管部门（6 MW 以下）审批，同时国家两大电网企业也参与其中（NEA，2013 年）。各城市的分支电网机构还负责建设所有基础设施，以帮助发电厂实现并网。风电场同样遵循类似程序。

中国国家电网公司（SGCC）是唯一一家经营范围覆盖全部 34 个省级行政区中的 26 个的电网企业。在崇礼区和同里镇，国家电网的分公司为所有集中式电站和分布式太阳能和风电场提供并网服务的主要利益相关方。国家电网拥有并经营向所有用户输电和配电的电网网络。在崇礼区，为满足当地清洁供暖电力消费增长 6 倍的预期以及四方协作平台上的绿电交易，国家电网分公司不可或缺（见案例研究 1 崇礼区）。国家电网分公司通过不断完善崇礼城区的电网和配电网，致力于推动电气化的清洁供暖（以替代燃煤），同时在崇礼区建设更多的电网基础设施，用于保证冬奥会体育场馆的电力供应。在同里镇，国家电网分公司不断积极推广可再生能源，通过电网输送更多的可再生能源电力，还利用其自有办公建筑展示最新的可再生能源的创新技术，提高了当地居民对可再生能源潜力的认识（见后续章节中的文本框 12）。

不同级别的政府和非政府机构的作用

中国的可再生能源监管部门分布在行政体系的不同级别。下文将简要讨论各省市以及研究所和行业协会等其他参与者所发挥的作用。

各省：省政府在发布的五年规划和部门规划中规定了面向各市的目标和计划。根据国家能源局分配的电网级和分布式规模项目的年度最大新增装机容量，省政府负责向符合条件的项目发放上网电价和溢价补贴。根据分配情况，省政府可以决定批准推进的项目名单。同时，省政府还可以决定电价，其中包括对供暖活动电气化至关重要的峰谷分时电价。省级政策和发展指示提供了城市部署可再生能源工作的框架。



各城市：鉴于各城市通常服从上级主管部门指示，因此国家部委和各省在制定政策和调动财政收入方面比城市拥有更大权力。但在制定地方目标和政策、提供额外补贴和其他财政支持、采用有利于可再生能源的土地利用和分区政策方面，城市的目标可以更远大、更积极主动。然而，上述措施有赖于当地的发展战略、可再生能源资源、财政收入以及国家或省级政府的支持。例如，在获得国家政府支持的条件下，凭借丰富的风电装机容量，张家口市公布了中国首个实现 100% 可再生能源城市的目标。地方政府可以通过创造就业岗位和发展可再生能源产业等激励因素促进 GDP 的增长并获得长期利益，同时还可以通过税收获得近期收益。

随着国家能源局规范上网电价 (FIT) 和财政政策，各城市可以为创新的可再生能源项目提供更多财政支持，不仅包括发电，还包括清洁供暖和电动汽车。过去，此类举措促成了许多开创性的地方政策，包括在特定时期内对太阳能光伏发电商、清洁取暖运营商或电动汽车制造商放松土地利用或减免财产相关税收。土地利用政策是地方政府的重要工具，可以影响可再生能源的发电成本。

各研究所和行业协会：此类机构广泛参与了城市的可再生能源行动，提供技术专长和知识支持。能源研究所 (ERI) 和中国国家可再生能源中心 (CNREC) 是国家发改委下属的国家级能源研究机构，主要负责研究能源相关问题并向部委、省市提供政策建议。此外，可再生能源行业协会同样发挥了一定作用，包括推动各企业参与有关可再生能源的政策咨询、支持当地可再生能源示范项目以及为工业发展提供能力建构和信息共享。例如，中国循环经济协会可再生能源专业委员会 (CREIA) 始终致力于为中国可再生能源行业提供咨询工作和行业发展报告。



案例研究 1：崇礼区



背景

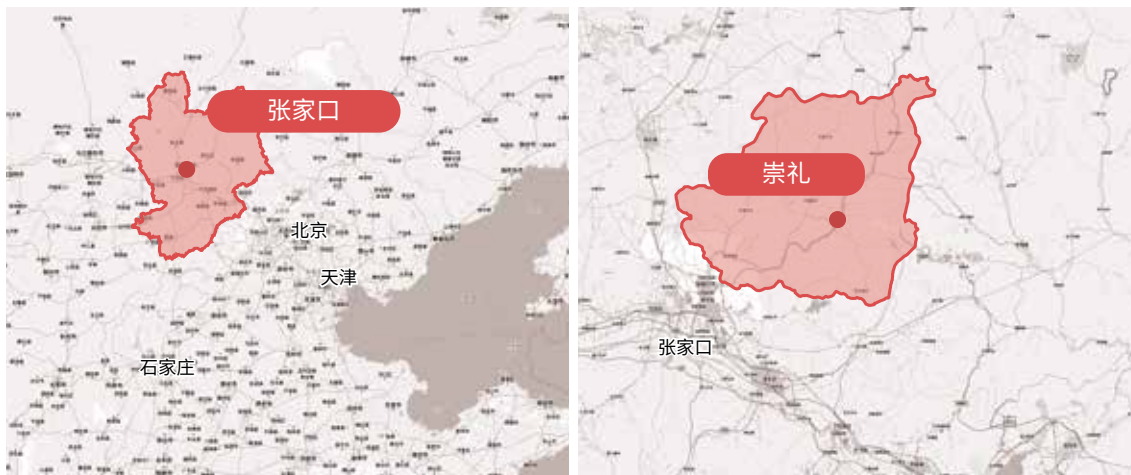
崇礼区是河北省张家口市的六个辖区之一（见图 11）。该区距张家口市中心 50 公里，人口为 10.5 万人（2016 年数据）（Zhangjiakou Municipality, 2017b）。鉴于农业地位下降（在中国，农业所占地位是划县级区划的典型基准；关于行政单位和层级的说明见文本框 11），工业和第三产业的重要性上升（即区级的典型标志），崇礼县的行政区划于 2016 年改为崇礼区，但仍直接隶属于张家口市。由于崇礼区地处山区，因此气候寒冷，年平均温度为 -12°C ，全年积雪覆盖时间长达五个月（Qingzhe 等，2017 年）。这使得室内供暖成为该地区能源需求的重要组成部分。

崇礼区 2018 年人均 GDP 约为 4,500 美元，低于张家口市（约 5,200 美元）或全国（约 9,700 美元）平均水平（Zhangjiakou Municipality, 2019a, 2018 年）。主要原因是国家已将张家口市定为生态保护区，因此禁止其涉足重污染行业。同时，崇礼区已从第一产业和第二产业过渡至以旅游业为主的服务业。部分钢铁

和金矿开采公司已关闭，在 2014 年至 2017 年间，这些公司的产量减少了一半以上，同时当地的 GDP 下降（Zhangjiakou Municipality, 2017a）。

张家口和崇礼区的可再生能源战略有两大驱动因素，其中之一是张家口将（与北京）共同承办 2022 年冬季奥运会（见文本框 12），而另一个因素则是政府在 2015 年批准张家口为国家可再生能源试点城市。张家口市的目标是，到 2020 年，部署 20 GW 的可再生能源装机容量，并实现发电量 40 TWh。截至 2019 年 12 月，该市的累计装机容量已达到 15 GW（Zhangjiakou Municipality, 2020 年）。冬季奥运会和国家试点城市的定位为该地区带来了新的经济机遇，其中尤以旅游业（滑雪和相关活动）最为突出（Chongli District Government, 2018 年）。自 2017 年以来，地方 GDP 持续获得增长，地方经济的改善使崇礼区于 2019 年 5 月实现了国家级贫困县的脱贫摘帽（Hebei Provincial Government, 2019b）。

图 11 中国崇礼区



来源：© OpenStreetMap 贡献者 | 出于视觉原因，地图采用不同比例。

免责声明：该地图上显示的边界和名称并不意味着 IRENA 官方认可或接受。

文本框 12 崇礼区与 2022 年冬季奥运会

张家口市将与北京共同承办 2022 年第二十四届冬季奥运会，携手打造一场与扩大可再生能源规模相关的低碳奥运会。

这为将举办大部分冬奥会滑雪比赛项目的崇礼区带来了契机，使其可以自行加速可再生能源的应用进程。崇礼区计划使用低碳能源为多个区域供电，其中包括占地 21.9 公顷的奥运村（太子城村）内的所有场馆、住宅楼和交通系统、一座奥林匹克广场（1.2 公顷）和当地社区（13.6 公顷）以及办公室和运营设施预留用地（71 公顷）（NDRC and NEA，2015 年）。

崇礼区还计划将该模式扩展至整个辖区，以便在 2022 年之前实现 100% 可再生能源供电。2015 年发布的张家口市《国家可再生能源试点城市计划》对上述所有目标和承诺进行了介绍。

目前，可再生能源正在被纳入发展计划，从而为 2022 年的冬季奥运会做好充分准备。张家口市政当局和崇礼区政府一直在与冬季奥运会筹备和协调特别办公室合作，旨在 100% 使用可再生能源为冬季奥运会场馆和建筑供电供热。



能源供应与消耗

在整个中国，煤炭仍然是主要能源。2016 年，崇礼区的最终总能耗为 163,195 吨油当量。⁸ 能源主要用于区域供热和住宅供热系统，还有部分用于采矿业的工业生产，其中燃煤占最终总能耗的 80%。另一方面，崇礼区的电力结构（约占总能源需求的 19%）已主要基于可再生能源。1.1 GW 的可再生能源装机产能主要是指风力发电，太阳能光伏所占份额很小。崇礼区的发电量超过了该区域所需的耗电量，因此可为张家口市的其他区域供电。石油和柴油主要用于运输行业，其消耗量远小于煤炭和电力的使用量。截至 2016 年，大多数道路车辆仍使用内燃机。电动公共汽车的数量仍然很少。

崇礼区的可再生能源装机容量已达到 1.1 GW，其中包括 1,116.75 兆瓦风能和 4.5 兆瓦太阳能光伏。到 2020 年，氢气产能将进一步提升（见表 2）。根据 2020 年的目标预计，产能将翻一番以上，达到 2.39 GW（包括 1 GW 风能和 1.39 GW 太阳能）。根据风能每年 2,300 小时、太阳能光伏每年 1,500 小时的并网时间，预计到 2022 年，发电量将达到 2.13 TWh，远高于崇礼区估计的总耗电量（IRENA，2018a）。应当指出的是，与周边地区一样，该地区也并入了一个由多种能源混合供电的区域电网。截至 2019 年，可再生能源产能占区域电网产能的 60%，在中国所有区域电网中所占比例最高，远高于 40% 的全国平均水平（NEA，2020 年；SGCC，2019 年）。

崇礼区计划大幅增加可再生能源在其电力结构中所占的份额。如果可再生能源产能在 2022 年达到计划目标，则可能将使化石燃料的用量每年减少 770,000 吨煤当量，从而减少 200 万吨 CO₂、20,000 吨二氧化硫和 3,300 吨氮氧化物排放（IRENA，2018a）。这必然将极大地改善该地区的空气质量。

⁸ 鉴于国家政府提供的数据存在局限性，崇礼区部分能源需求数据来自地方政府报告和本案例研究的估算结果。

表 2 2018 年崇礼区已安装和计划安装的太阳能和陆上风力发电厂

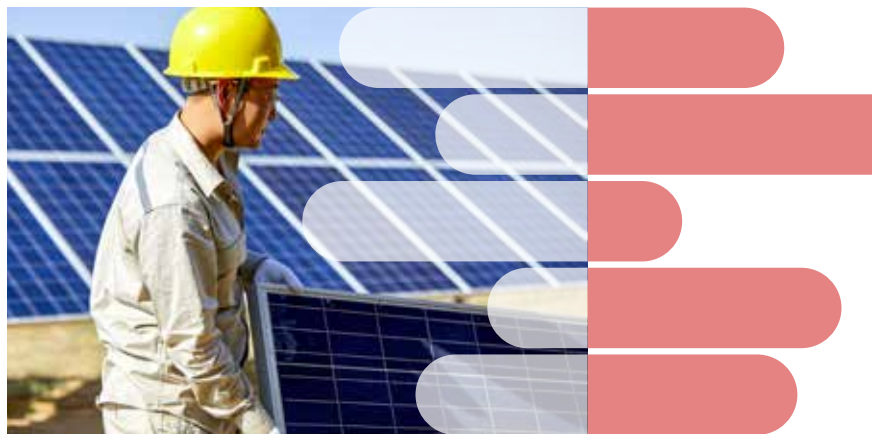
	项目	装机容量 (MW)	
并网发电厂	清三营风电场	949.4	风能
	西桥梁风电场	147.9	1116.8
	红花梁风电场	9.8	太阳能
	王山坝风电场	9.7	4.5
	村级扶贫太阳能发电厂 (15*300 kW)	4.5	
计划装机容量	奥运村的太阳能屋顶发电系统	4.3	风能
	麻泥坝风电场	49.5	149.5
	制氢风电场	100	太阳能
	奥林匹克生态廊道太阳能发电厂	500	504.3

来源：Zhangjiakou Municipality, 2019b。

崇礼区的可再生能源发展潜力

崇礼区具有良好的太阳能光伏和风能发展潜力。国家分类标准（请参见上文表 2）已将崇礼区归类为二类太阳能资源区，张家口每年的平均日照时数约为 2,756 至 3,062 小时。每年的太阳辐照度约为每平方米 1,500-1,700 千瓦时 (kWh/m²)，高于中国的平均水平（2018 年为 1,486.5 kWh/m²）。分类标准还将崇礼区归类为二类风能资源区，风能资源在 70 m 高度处约为 200-500 kWh/m²。在某些区域，风速在 70 m 高度处可达到 6 米/秒 (m/s) 以上、在 80 m 高度处可达到 7.2-9 m/s；这高于 2018 年 70 m 高处 5.5 m/s 的全国平均水平（IRENA, 2018b）。

崇礼区的森林覆盖率相对较高，由于主要位于山区，因此可以利用大量当地的林业废弃物获取生物质能。森林覆盖率从 2015 年的 52% 上升至 2019 年的 67%（Chongli District Government, 2020 年, 2016 年）。但是，张家口市政府公布的计划并未包括对当地生物质潜力的评估。



在崇礼区部署可再生能源

张家口市政当局已采取了一系列扶持政策来支持可再生能源的发展，后文将对这些政策以及崇礼区的可再生能源目标进行阐述。本章节还概述了国家级政策对崇礼区的重要性。众多参与方和利益相关方所发挥的作用对于理解崇礼区的政策制定至关重要。下面，我们将分别阐述崇礼区政府、河北省政府、张家口市政府、地方电网公司和在当地经营的可再生能源公司的重要性。

河北省政府的作用

河北省政府是张家口市的上级行政部门，在省级目标、战略和计划的制定和实施过程中发挥着积极作用。省级政府的举措促进了市级可再生能源政策的制定和行动。河北省政府在与中央政府、地区级主管部门和电网公司合作、为电力定价以及为辖区内的试点项目提供财政支持方面也发挥着关键作用。

张家口市的作用

目标设定者和监管者

张家口市政府是制定市级（包括崇礼区）规划的主要机构，并且还要负责实施所有相关地方政策以及促进所有利益相关方与协作平台之间进行沟通（有关这些平台的更多信息，请参见文本框 13）。

根据张家口市 2015 年的试点规划，该市一直致力于在装机容量和最终能耗占比方面提高可再生能源的份额。到 2020 年，可再生能源将供应 55% 的电力，到 2030 年，将供应 80% 的电力；到 2020 年，可再生能源将满足 40% 的住宅建筑能源需求、50% 的公共建筑能源需求以及 100% 的公共交通能源需求；到 2030 年，可满足 100% 的住宅公共建筑能源需求（NDRC and NEA, 2015 年）。到 2020 年，基于可再生能源的发电装机容量将达到 20 GW，到 2030 年，将达到 50 GW（NDRC and NEA, 2015 年）。在能耗方面，张家口市的目標是，到 2020 年，可再生能源在最终总能耗中占比达 35%，到 2030 年占比达 50%。该市还提出目标，到 2030 年，可再生能源在全区公共建筑和城市家庭的总能耗中占比达 100%。上述目标远高于国家制定的可再生能源电力能耗占比目标，即到 2020 年占比达 28%。

这将影响所有终端能源利用。在供热方面，张家口的目标是在 2020 年底之前逐步淘汰除热电联产项目以外的所有燃煤锅炉，这给供热公司以及热能消耗行业带来了更大压力。在交通运输方面，该市进一步制定了城市公共交通 100% 利用可再生能源的目标，该目标得到最新发布战略和政策的支持，旨在推动 2019 年当地基于可再生能源的氢能产业以及氢燃料电池汽车的制造和部署。



文本框 13 张家口市四方协作平台

崇礼区的可再生能源开发商是风力和太阳能发电厂建设和运营的主要参与方，因此也是努力促进当地经济发展和实现可再生能源远大目标的骨干力量。这些公司由大型国家可再生能源公司和省政府管控的开发商组成，例如，由领先的开发商与当地投资方组成的合资企业。项目经省政府批准后，开发商与国家电网公司签订购电协议，并确定上网电价的条件，以确保并网。

鉴于该地区由于产能过剩而导致的弃风弃光问题，项目运营商已加入一个四方协作平台，力求以较低的价格出售更多电量（国家保证的发电时数之外）。该平台于 2018 年启动，其目的是在张家口市推广风电供热、减少弃电问题并进一步发挥可再生能源的潜力。该平台涉及张家口市政府、电网公司、风力和太阳能发电厂的运营商以及作为用电方的供热公司。该平台促进了供热公司和发电厂之间通过区域电网进行的风能和太阳能电力交易。上述四方促进了每月的电力交易。

国有电网公司的地区分公司负责制定交易规则、建立电力连接、运营以及进行交易记录。每个月，张家口市政府都会汇总供热公司以及其他用电公司和行业的需求。风力和太阳能发电厂根据汇总的电力需求以所报价格进行认购。供热公司以及其他用电公司和行业将通过电网公司以交易价格向认购的电厂付款。在此平台上以低于正常上网电价三分之一的上网电价进行电力交易，也可以降低供热公司的运营成本。太阳能和风力发电厂可以以较低的上网电价出售更多的电量（保证时数之外）。

尽管在此平台上进行交易出于自愿，但国家政策（尤其是逐步淘汰燃煤锅炉的计划）的推动以及较低的热能成本前景都在激励生产商和用电公司积极参与。

2017 年，有 52 家太阳能和风力发电厂加入该平台。在 2018 年冬季，约有 425 家供热公司和 4226 个分布式供热用户在该平台上完成了超过 235 吉瓦时 (GWh) 的可再生能源电力交易。截至 2019 年，该平台已组织 12 笔交易，完成总计 700 GWh 的电力交易 (Zhangjiakou Municipality, 2020 年; Hebei Provincial Government, 2019a)。



张家口市

融资方和运营方

根据省级和市级上网电价补贴政策，可再生能源电力项目，包括陆上风电、太阳能光伏和城市垃圾发电，对于享受国家上网电价补贴的发电商以及分布式发电和家用发电商而言，已非常经济实惠。另一方面，用于室内供热的可再生能源电力的商业项目仍有待进一步示范。在张家口市，市政府和电网公司计划投资数亿美元，用于改善当地的能源基础设施，包括区域供热站、分布式供热系统以及输配电网。张家口所提供的补贴覆盖了风能供热公司 85% 的电力供热设备，并在四方协作平台上将供热公司的电价上限设定为 0.15 元 / 千瓦时 (kWh)，相当于 0.0218 美元 / kWh。到 2019 年底，张家口已为公交系统部署 194 辆氢燃料电池公交车，其资金来自中央和本市政府的预算 (Zhangjiakou Municipality, 2020 年)。



崇礼区的作用

目标设定方和规划方

区政府可自行制定可再生能源战略和目标，但它几乎没有独立的决策权，特别是在财政和金融方面。因此，区政府必须与张家口市政府和河北省政府等上级政府部门合作，以支持张家口市的综合规划。通过与张家口市政府、电网公司和其他主要利益相关方展开合作，区政府在区域规划以及管理和促进本地项目实施方面发挥了重要作用。

崇礼区的可再生能源供电、供热和交通运输目标已纳入国务院公布的《张家口市可再生能源示范计划》，并在省政府的支持下由张家口市政府发布。该计划确定了在计划承办冬季奥运会的背景下，大幅提高崇礼区可再生能源能耗占比目标 (见文本框 13)。根据低碳奥运计划，崇礼区内将主要通过可再生能源供电，部分风能和太阳能电力将从张家口市区附近的县镇获取。冬奥村的所有建筑将通过太阳能供热。该计划将建造四到六个太阳能区域供热站，每个供热站可为 10,000 m² 的建筑面积供热 (NDRC and NEA, 2015 年)。

目标还提出，到 2021 年，崇礼区的市区应实现 100% 的电力供热，郊区应实现 70% 的电力供热，农村地区应实现 40% 的电力供热 (NDRC and NEA, 2015 年；见下文的文本框 14)。在 2020 年，可再生能源电力将满足 300 万平方米现有建筑的供热需求以及 60 万平方米新建筑的供热需求。总之，这预计将在崇礼区新增 3.6 亿千瓦时的耗电量。

上述目标由差异化技术解决方案提供支持。与区域供热网络结合的可再生能源将为市区及奥运村供热。分布式供热解决方案将主要应用于农村家庭。但是，根据现有评估，在该地区将生物能源和地热作为热源使用将受到限制。基于可再生能源的电力供热可解决可再生能源弃电的问题，并提供更清洁的热能。

文本框 14 崇礼区可再生能源供热部署解决方案

供热电气化是崇礼区乃至整个中国从煤炭能源向清洁能源过渡的核心要素。在国家层面，国家发改委和其他九个部委在 2017 年共同制定了旨在用电热锅炉替代燃煤锅炉的政策。另外还有热泵、燃气锅炉以及其他基于可再生能源的选择方案，包括生物质能和地热能。崇礼区已设定通过电力解决方案和风力发电取代所有燃煤供热的目标。用于此目的的电力将反映区域电网能源的结构；同时，省政府将与电网运营商合作，寻求提高风力发电的份额。⁹

供热在总能耗中所占的份额预计将显著增加。由于对电力供热的需求不断增加，预计从 2019 年到 2022 年，当地对发电产能的需求将增长 9 倍。崇礼区将需要采购更多的可再生能源，因为当地现有的产能最终将无法匹配电力供热的需求。截至 2018 年，崇礼区已计划新增 608 MW 的可再生能源发电装机容量以用于供热（Zhangjiakou Municipality, 2018 年）。最可能的选择是利用张家口市周边地区的清洁电力。



张家口市

⁹ 崇礼区现在的区域供热系统由一家私营公司根据《2010 年专营协议》建造和运营。该区域系统共安装了七台 46 兆瓦锅炉为 450 万 m² 的建筑面积供热，并安装了 38 个热交换站，铺设了长达 39 公里的区域供热网络。

融资方和运营方

同时，崇礼区致力于通过可再生能源解决市政建筑的全部能耗需求。市政建筑包括政府办公大楼、医院、学校、公园、广场和公共场所（NDRC and NEA, 2015 年）。可再

生能源将为建筑的运行供电供热。据估计，届时将通过国家能源局、电网公司和省政府启动的区域试点电力市场平台，从张家口市采购风力发电。

文本框 15 与冬季奥运会有关的可再生能源项目投资

要实现崇礼区冬季奥运会 100% 使用可再生能源的目标，就需要进行大规模投资，这些投资将用于新建发电厂的建设和运营、电网和基础设施升级、供热网络和电器的改进以及电动汽车和氢电池的供电和充电站建设。并且，后期还需要投资和财政支持，以支持可再生能源发电、供热和交通运输的运营和维护。

项目成本估算主要与张家口市政府规划的绿色奥运区和低碳崇礼区的综合能源供应计划有关。在可再生能源发电、输配电和消费所需的总投资中，奥运村将占 11%、电力供热项目将占 9%、电动汽车充电站将占 2%、能源交易数据服务平台将占 1%、电网升级改造将占 45%，其余 32% 将用于确保建筑、工业和运输行业的能源效率 (IRENA, 2018a)。

中国中央政府的财政支持预期将覆盖针对公共设施和公共建筑的大部分投资，以及冬季奥运会所需的大部分建筑和基础设施。私营单位和其他利益相关方也会参与供热和运输行业的可再生能源项目。由于数据有限，私有投资规模难以估计。但是，私有供热公司和部分有私有投资方持股的可再生能源发电厂已投资购买锅炉和建造电厂。



案例研究 2：同里镇



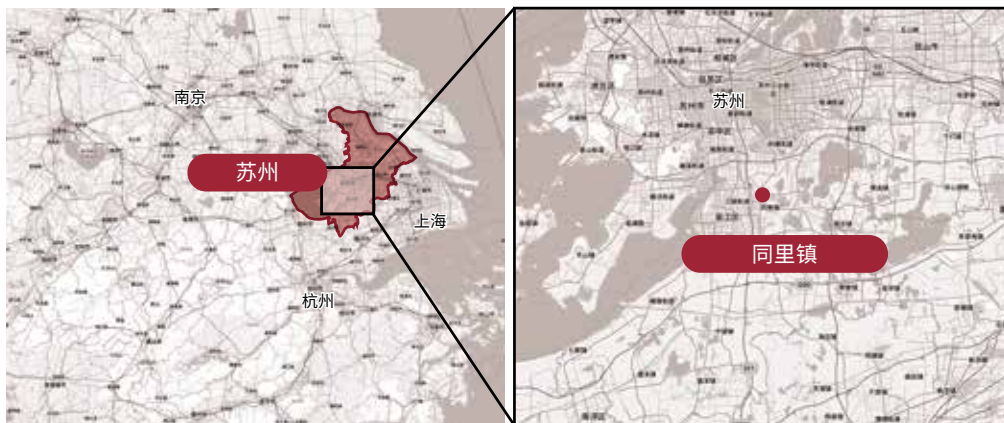
背景

同里镇位于江苏省苏州市吴江区，迄今已有 1,000 多年的历史。这座古镇坐落于农田、森林、河流和湖泊之间，始建于宋朝。同里镇位于太湖东岸，距苏州市中心 18 公里，距上海 80 公里，面积 98.03 km²，人口 67,900，分布在 5 个社区和 11 个村庄（见图 12）。同里镇的历史中心面积超过 2.4 km²，而市中心仅占一小部分（Suzhou Municipality, 2018a）。

联合国教科文组织 (UNESCO) 将同里镇列为世界遗产，江苏省政府将其列为受保护的历史遗产。因此，旅游业是当地的经济支柱。同里镇位列中国十大旅游胜地之一，自 2011 年以来每年接待游客超过 500 万人次。作为一座历史古镇，政府针对其建筑物和装潢的改造或重建制定了一系列限制政策。同时，越来越多的游客增加了古镇的能耗¹⁰，给古镇的建筑带来了更多风险。

¹⁰ 据当地政府统计，自 2014 年以来，同里镇的游客流量每年以 30% 以上的速度不断增长，同时带动能源消耗量以每年 7.4% 的比率增长。

图 12 同里镇



来源：© OpenStreetMap 贡献者 | 出于视觉原因，地图采用不同比例。

免责声明：该地图上显示的边界和名称并不意味着 IRENA 官方认可或接受。



苏州市

能源供应与消耗

同里镇隶属于苏州，在中国 300 多个地级城市中，苏州的能耗排名第三。2017 年，苏州的最终总能耗量超过 8,500 万吨煤当量¹¹，相当于约 5,900 万吨油当量 (toe) (Lei 等人，2019 年；Suzhou Municipality, 2018b)。苏州的能源需求比北京的能源需求高出 20%，尽管北京人口是苏州人口的一倍以上 (National Bureau of Statistics, 2020 年)。但是，同里镇人口较少，也没有能源密集型制造业，因此能源需求相对较小，占比不到苏州总耗电量的 1%。然而，近年来电力需求一直在迅速增长，并且预计将继续保持增长 (IRENA, 2018a)。可再生能源有助于保护同里镇作为历史名镇的完整性，同时可以进一步促进旅游业的发展。因此，支持可持续的清洁能源是一项核心挑战。

同里镇由覆盖苏州市所有地区、县市和乡镇的苏州市政电网公司供电。这意味着同里镇的电力结构在一定程度上由苏州决定。

由于可用数据有限，尚不清楚同里镇的能源结构。但在 2019 年，一份国家能源报道称，该镇可再生能源在最终总能耗中所占比例达到 15%，这主要归功于水力发电、分布式太阳能光伏和风力发电 (Zhang Rongxin, 2019 年)。大部分这些可再生能源解决方案，包括区域供冷系统中地下水热泵，都安装在当地电网公司的办公楼中。到目前为止，已安装的分布式太阳能电池板的发电量约为 477 kW，其中包括安装在住宅屋顶上的多个 1-2 kW 设备。部署的四台 5 千瓦风力涡轮机的分布式风力发电能力达到 20 千瓦 (Feng, 2019 年)。

同里镇当地没有可提供化石燃料能源的资源。包括电力、煤炭、石油和天然气在内的所有本地能源供应均来自中国其他地区。电力由四川省的水电厂输送至苏州。天然气来自四川省和中国西部 (天然气由江苏省的一家国有公司提供，其供应由上级主管部门分配)。2015 年，同里镇的天然气供应量仅占苏州总供应量的一小部分。预计同里镇的天然气消耗量将继续增加，这将需要扩建现有的天然气网络、管道和其他基础设施。

苏州市和江苏省政府已采取一系列政策来推动可再生能源的利用，包括目标、发展计划和补贴，同时计划逐步淘汰化石燃料。已建设了超过 1 GW 的可再生能源产能，其中 300 MW 是分布式太阳能屋顶和风力发电。在同里镇，装机容量总计达到约 500 kW。苏州市目前的电动汽车 (EV) 已超过 11,000 辆；同里镇已建立 60 个电动汽车充电站和 6 个电动公交车充电站。

¹¹ 吨煤当量 (tce) 是中国能源报告系统中的主要单位；1 tce = 29,307.6 兆焦 = 0.7 吨油当量 (toe)。



同里镇

当地挑战

地方政府已经认识到，要实现同里镇的旅游业的生长同时增加清洁能源的使用的并重目标，十分具有挑战性。同里镇的主要能源用户是家庭和旅游业，包括饭店、旅馆和游客运输。在古镇中，约有 70% 的建筑建于一千年前的明清时期。大多数老建筑都采用易燃的砖木结构地基。在人口稠密的城镇中心，人们仍然使用明火做饭和取暖，而不断增加的耗电量也加大了老旧电线过载的风险。人们将气罐、燃煤和石油产品广泛用于烹饪和冷水加热，将私人住宅和小型商铺的电线违规搭建到当地电网中，这些都极大地增加了当地的火灾隐患¹²。

当地旅游业加剧了当地基础设施的压力。许多新的小商铺已在古镇的狭小中心地段开业，增加了对照明、交通、供热和制冷电力和其他能源的需求，也加大了输配电网络的负担。因此，现有的配电网难以满足商铺不断增长的能源需求。越来越多的城镇管理部门、商户和居民都表达了自己的诉求，希望尽快解决有关燃料使用、老旧电线和配电网过载等安全问题。通过与电网公司合作，地方政府指出，电气化将有助于减少因明火引起的火灾隐患。

同里镇的可再生能源发展潜力

同里镇被归类为 3 类太阳能资源区（见文本框 16 和表 3）。苏州市及其周边地区每年的平均日照时数约为 1,279 kWh/m²，每天约为 3.5 kWh/m²。苏州每年可利用的日照时数约为 1,280 小时，低于整体平均水平。假定同里镇人均居住面积约为 50 m²，屋顶面积的总利用率为 25%，则太阳能光伏的可用屋顶面积估计可达 300,000 m²。¹³ 这将转化为约 30 MW 的屋顶太阳能光伏设备的潜在产能，是崇礼区已安装的太阳能电池板产能的 60 倍以上（Jiao, 2017 年）。

但是，空间不足和严格的建筑保护政策限制了同里镇历史中心可再生资源开发。预估可用于集成太阳能光伏解决方案的面积为 90 km²，主要位于古镇外的农田和鱼塘上。假定太阳能光伏的部署率为 1%，则太阳能发电产能可能达到 90 MW，足以满足当地目前所有的用电需求。据估计，该地区的分布式太阳能光伏发电的投资回收期约为五至十年，具体取决于技术水平，而该技术正逐年日趋高效和经济。

偏远地区也可部署各种其他技术，包括太阳能供热、热泵（地下水和污水源）以及污水沼气。根据同里镇 2011-2030 年的总体发展规划，该镇及周边地区将建设三座污水处理厂。同里镇部署的污水源热泵可实现的总装机容量高达 21 MW。该技术可满足约 2 km² 区域的供热和制冷需求，大约相当于这座历史古镇的镇中心的面积（IRENA, 2018a）。



¹² 同里镇古中心区现有 4,500 户居民，其中 255 户使用煤、油制品和煤气罐进行烹饪、供热和制冷，其余 4,200 户则使用煤气罐（IRENA, 2018a）。

¹³ 该假设基于区域平均水平和当地专家的研究（Jiao, 2017 年）。

在同里镇部署可再生能源

根据中国的可再生能源政策框架，同里镇不会自行发布任何政策，但是会执行由国家能源局、江苏省和苏州市政府等上级政府部门发布的政策（见图 13）。因此，同里镇的可再生能源部署是综合实施各级政策及计划的结果，这包括上级政策以及地方计划。

江苏省政府的作用

江苏省能源局负责制定和实施全省所有与能源有关的政策和战略，并指导该省所有与能源有关的市政工作。与国家能源局展开合作，江苏省能源局为同里镇实现远大的可再生能源目标以及普及相关专业技能和知识提供支持。能源局还会为相关战略、电力市场协调提供必要的支持和指导，协助国家能源局和其他各部委开展工作。

苏州市的作用

苏州市政府负责苏州市能源政策的制定、推广和融资，包括整个辖区内的可再生能源部署。整个辖区包括由苏州市管理的同里镇。同里镇的所有可再生能源目标、战略、行动计划和地方财政支持方案均由苏州市与江苏省政府联合发布。

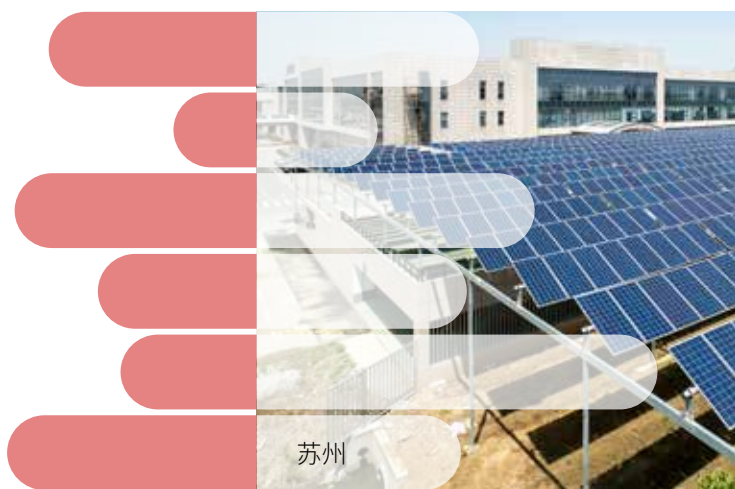
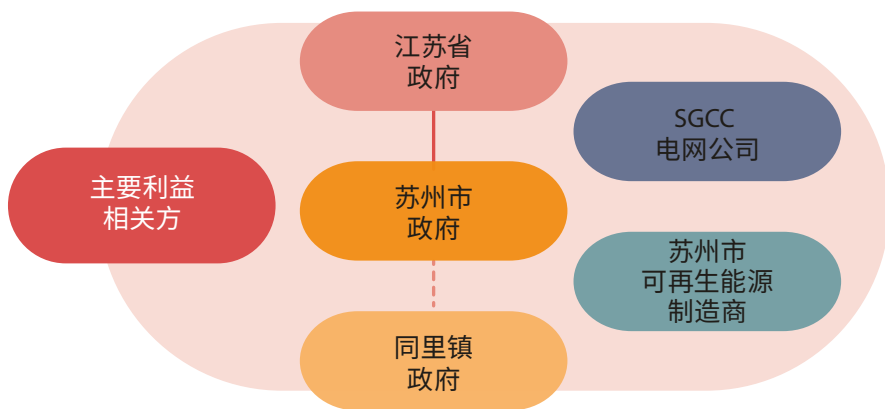


图 13 同里镇可再生能源政策的主要利益相关方



来源：IRENA 城市政策分析

目标设定方和规划方

苏州是可再生能源部署的主要规划机构，因为同里镇不能自行发布这些规划，当地采取的所有行动都需要得到市级的批准。苏州制定了2020年清洁能源占总耗电量55%的目标，实际上是指来自中国西南地区的水力发电厂的清洁能源。到2020年，水力发电将在最终总能耗中占30%的可再生能源份额（见表3和4）（Suzhou Municipality，

2018b）。此外，苏州计划部署约310 MW的当地可再生能源发电装机容量，其中包括250 MW太阳能光伏、10 MW陆上风力发电和50 MW生物质能发电。在供热和制冷方面，该市制定了一个目标，即太阳能热水器集热器面积达85,000 m²、使用地热、地下水和污水源热泵覆盖的建筑面积达150,000 m²。在交通运输方面，该市的目标是建立充足的充电站，以服务50,000辆电动汽车。

表3 2020年苏州市、同里镇和古镇中心的可再生能源能耗占比目标

	可再生能源在总能耗中的占比	电力在最终总能耗中的占比	可再生能源在耗电量中的占比	可再生能源在建筑业中的占比	电动汽车部署量
苏州市	-	30%	55% 引进水电	-	5,000
同里镇	约20%	-	-	-	-
同里镇的历史中心	接近100%	接近100%	接近100%	接近100%	-

表4 到2020年，在苏州市和同里镇部署各类可再生能源的目标（按技术分类）

	太阳能光伏发电	陆上风力发电	生物质发电	太阳能热水器*	沼气产量	地热**
苏州市	250 MW	10 MW	50 MW	85,000 m ²	250,000 m ³	15,000 m ²
同里镇	121.6 MW	-	-	-	-	1.9 MW

来源：NEA, 2016; IRENA, 2018a。

注：* 按集热器的面积计算；** 包括地下水和污水源热泵，按供热的建筑面积计算。



其他目标包括将人均能耗降低 11%、将建筑能耗强度降低 10%、将国有机构的能耗限制在 210,000 吨煤当量 (tce) 以内 (Suzhou Municipality, 2017a)。在苏州实现上述目标，不仅可以推动这座城市完成可持续转型，还可以为其他产业密集型城市提供范本。可再生能源政策以及能源效率措施为苏州的气候承诺和可再生能源目标提供了支持。

监管者

与其他数百个中国城市一样，苏州也存在空气质量问题，因此苏州政府于 2017 年初决定在其管辖的全部行政区和城镇禁用燃煤，甚至还进一步禁用了包括石油产品在内的所有重污染燃料。禁止建造使用此类燃料的新锅炉，并在 2019 年底之前逐步淘汰现有大部分锅炉，转而使用更清洁的燃料燃烧技术 (Suzhou Municipality, 2017b)。同时禁止出售高污染燃料。更清洁的燃料是指天然气、液态天然气 (LNG)、电力和可再生能源。

已确定多种可在同里镇进行部署的可再生能源解决方案和能效措施，这包括：

- 利用引进的水力发电、当地的兆瓦级太阳能光伏发电厂和以天然气为主要燃料的冷热电三联供来确保该镇的能源供应；
- 与小型电网合作，部署更多的本地分布式可再生能源，包括地下水热泵（用于供热和制冷）和分布式太阳能光伏发电；

- 改善古镇历史中心的电力基础设施，包括电网、配电和当地的储能能力；
- 制定有关建筑行业和绿色交通的能效措施；
- 为与可再生能源有关的技术创新以及提供相关解决方案的公司提供支持。

融资方和推广方

除国家能源局规定的上网电价补贴外，苏州市政当局还为分布式太阳能光伏发电另外提供了资金补贴。在苏州管辖的所有行政区和城镇中，投资分布式太阳能光伏项目的公司和企业，除可获得国家能源局的上网电价补贴外，还有资格获得 0.05 元 / 千瓦时（约合 0.007 美元 / 千瓦时）的 FiP。此外，不具备获得上网电价补贴资格的分布式太阳能光伏项目也有机会获得苏州市的财政补贴，补贴额度为 0.37 元 / 千瓦时（约合 0.053 美元 / 千瓦时），约为国家上网电价补贴水平的三分之二。初步规定将持续提供三年的补贴。

苏州市政府还将为可再生能源发电厂开发商和技术创新公司提供财政激励。允许国有和私营公司开发、拥有和运营电厂，并将电力出售给国有电网公司的分公司。根据苏州最新发布政策，在 2018 年开发并运营 10 MW 以上新可再生能源发电厂的公司，除可获得上网电价补贴外，还有资格获得苏州市的财政补贴。补贴金额根据装机产能确定，约为 0.1 元 / 瓦（约合 0.015 美元 / 瓦），每家公司最高可获得 300,000 美元左右的补助 (Suzhou Municipality, 2018d)。

同里镇的作用

同里镇政府与苏州市政当局合作，负责制定战略、设定目标、执行发展计划和相关政策。

目标设定方和规划方

在上级政府的支持下，同里镇政府于 2016 年出台了《同里镇可再生能源发展规划》。该规划旨在合理利用中国西部的水电资源、分布式太阳能光伏、风能示范项目和电动公共汽车等可再生能源项目，争做可持续发展方面的全国示范先锋（Suzhou Municipality, 2018c）。

市政府在该规划中为古镇中心（新能源占最终能源总消耗量的 100%）和整个同里镇（新能源占最终能源总消耗量的 20%）都设定了 2020 目标（NEA, 2016）。实现这两个目标的方法略有不同。古镇中心的侧重点是建筑电气化；具体措施为将使用一次能源（煤炭、石油、柴油、生物质等）的烹饪、制热、制冷电器全部更换为由水利发电供电的电器，除此之外还将建设 1 座电动汽车快速充电站、4 座电动公共汽车充电站和 60 座常规电动汽车充电站。

另一方面，同里镇大部分地区的可再生能源一半将来自本地资源，另一半则采用来自西部的水电资源。当地政府称，当地的可再生能源量包括 121.6 兆瓦的分布式太阳能光伏、用于供暖和制冷的 1.9 兆瓦水源热泵以及生物质消耗（约 4,400 tce）。

2018 年，镇大区及其古镇中心均已实现 2020 年可再生能源目标。然而，该城镇还需要进一步支持才能完成全面电气化建设并实现使交通部门摒弃传统燃料的计划。如充分落实这些措施，就能带来可观的经济

和社会效益。例如，镇中心一家餐馆的厨房在安装电力炉灶之前，使用天然气、石油和煤进行烹饪，当时每天的电费为 8 美元¹⁴，而实现电气化后，厨房的耗电量约为 20 千瓦时，每天电费仅为 2.50 美元，这大大降低了烹饪成本。社会效益包括减少空气污染和厨房员工遭遇火灾的危险。

诸多成功的因素包括水电资源的可利用性以及重工业不再占据主导优势，因为重工业要全面普及供暖电气化会更加困难。此外，同里镇的成功还得益于与其他地区通力协作；该镇将发展规划与吴江区（苏州市另一辖区）的部分规划结合后可谓是相得益彰，因此全镇的目标得以成功实现。由于吴江区产业更为饱和，联合规划希望利用当地的可再生能源产业，为同里镇的可再生能源利用提供量身定制的计划和解决方案。



苏州

14 基于先前的月消费估算：汽油 150 美元，液化天然气 70 美元，煤炭 30 美元。

融资者和意识建立者

该发展规划还概述了支持这些目标的行动和示范项目。其中包括：家庭和餐馆的供热电气化、由经营电网的电网企业管理的能源服务中心以及建筑行业的示范项目。

同里镇的电气化项目试点对象已从古镇中心的几十家餐馆和酒店扩展到苏州其他市辖区内，到 2019 年，已有 150 多家餐馆和酒店使用电力炉灶替代传统的燃气油炉灶或燃煤炉灶（SGCC，2020 年；Zhang Cong，2020 年）。中国国家电网地方分公司现已采取一系列措施优化电网和容量，进

而增加服务项目，提升服务质量。从 2016 年起，古镇中心的低压电网全部进行了升级改造，这不仅能够满足餐饮和酒店行业的能源需求，还消除了电网和配电线路老化带来的火灾隐患。虽然同里镇的电力结构仍未建立在 100% 可再生能源利用率的基础上，但可再生能源在电网中占的比例正呈增加趋势。

此外，该镇的几个示范项目还包括由国家能源局（NEA）、江苏省政府和国际可再生能源署（IRENA）共同主办的国际能源转型论坛（详见文本框 16）。

文本框 16 同里镇示范性项目：中国国家电网（SGCC）能源服务中心和国际能源转型论坛的永久会场

中国最大的国有电网公司——国家电网与苏州市政府开展了合作，在同里镇古街区北侧建设了一个综合能源服务中心。该服务中心位于国家电网（SGCC）苏州分公司的办公大楼，用来展示这里部署的可再生能源技术。

可再生能源的利用领域包括：小规模太阳能光伏、低速风力发电和地下水源热泵等（SGCC，2018a）。太阳能热发电和液化空气储能等新技术已应用于供热和制冷领域（Feng，2019 年）。国家电网公司（SGCC）还建设了自用电动汽车充电站、一条无线充电公路和一处被动式建筑。

同里镇与苏州市政府进行了合作，为国家能源局（NEA）、江苏省政府和国际可再生能源署（IRENA）于 2016 年和 2018 年共同主办的“国际能源变革论坛”建立了永久会场（Suzhou Municipality，2016 年）。



到目前为止，虽然投资总额仍难以估量。苏州市和同里镇与中国国家电网 (SGCC) 和江苏省政府达成了合作关系，联手对大部分示范和试点项目进行了投资；国家能源局 (NEA) 和其他相关部门则负责 FIT 和额外的技术开发激励机制；而家庭和企业只需负担电力炉灶和热水器的采购和运行费用。

苏州市可再生能源制造商的角色

可再生能源生产商在开发当地新能源项目中发挥着重要作用。苏州是工业化程度最高的城市之一，致力于从传统制造业向可再生能源和其他战略型新兴产业转型。而太阳能光伏制造业便是其最为重要的产业资产。该市共有 70 多家制造商，其制造领域能够覆盖整条供应链，尤其是电池储能与光伏板和光伏组件。这些制造商中还包括两家世界领先的太阳能光伏制造商，生产和供应光伏组件产品。关联产业分支还生产电动汽车和电池。

此类产业集群意味着当地对可用的可再生能源技术的政治认知度较高，因此地方政府推广可再生能源产品的积极性也很高。在中国的税收制度背景下，市政府的主要收入来源便是本地企业上缴的税金，这些税收使市政府得以推出众多激励措施，促进当地产业发展。现在，很多市级政府都已推出可再生能源项目，如太阳能和风能发电、热泵和电动汽车项目。其中还包括本地产业采购当地制造商的解决方案和产品给予其支持，以促进当地经济和就业发展。在本地制造的可再生能源产品更具成本优势，而这种优势反过来又能够吸引当地政府推广这些技术。这对双方来说均是双赢局面，同里镇的可再生能源利用规划显然从中受益良多。



经验教训和借鉴性考虑

中国各大城市要实现其雄心勃勃的可再生能源目标，需要各级政府通力合作，改变以前专为化石燃料制定的能源政策。除此之外，还需推动电网基础设施的更新换代。尤为重要的是，终端使能部门从化石燃料到可再生能源的转型，不仅能够带来可观的经济和社会效益，而且还能解决关键的环境问题。

这些电气化战略能够扩大可再生能源的渗透率并改善城市环境。

由于可再生能源项目，尤其是风能和太阳能光伏项目的大规模应用，崇礼和张家口受益良多。现有的应用水平为这些城市实现雄心勃勃的目标奠定了坚实基础，而可再生能源尚未开始进入当地能源系统的那些城市还不具备这种优势。

电气化战略能够扩大可再生能源技术的渗透率。城市、城镇和城区都可以成为重要的实验对象，通过试点结果可以展示支持全国推广电气化的政策的可行性。将过剩的风力发电能力用于供暖，不乏是解决弃风和燃煤供暖问题的一种有效手段。但是在实施政策的过程中，存在交易规则不明确和电厂参与地方电力交易的积极性不高等现象，克服这些挑战将变得至关重要。不过，提高电价体制的灵活性有助于推动该目标落实。

同里镇的旅游业也受益于终端使能部门的电气化发展。随着到访的游客人数逐年增加，同里镇表示，推出创新型能源解决方案不仅可以节省大笔资金，还可以加强居民和游客的安全保障；通过改善空气质量和减少环境污染，显著提高了游客的体验质量。

加大资金投入是迅速主动地采取行动的关键

中国各大城市明显受益于可再生能源的专项财政资金。例如同里镇便获得了其上级行政部门苏州市政府（中国收入最高的城市之一）给予的财政支持。由于电网和相关基础设施前期投入较大且回报期漫长，对于类似于苏州的其他发达城市，在很大程度上可以借鉴同里的范例。然而，对于那些财政能力有限或可再生能源在电网中占比较低的城镇来说，效仿同里的范例可能具有一定难度。张家口市虽然不如苏州富裕，但在冬奥会期间，其市辖区崇礼得到了国家政府的财政拨款支持。



分布式可再生能源的地位举足轻重

同里镇的范例表明了分布式可再生能源在城市中能够发挥更大的作用。类似于太阳能光伏发电系统这样的分布式可再生能源可以部署在人口密集的市中心之外，而热泵解决方案与城市污水处理系统和区域供热制冷网络相结合，也不一定需要建设在市中心。另一方面，小城镇非常适合借鉴同里的范例，因为其建筑楼层相对较低，在实际操作中可以通过其有限的屋顶空间进行供电。

可再生能源的应用得益于本地制造业

同里镇属于地方政府和地方制造业在部署可再生能源技术方面达成互利共赢局面的典范。中国许多城镇都有本地制造业，或负责生产太阳能光伏板，或属于可再生能源技术价值链上不可缺失的一部分。这种工业生产和创新的聚集模式，以及城市愿意通过出台政策支持创新产业能够显著缩短供应链并降低成本，对当地产业和城市都是有利无害的。

宣传示范有助于提高关注度

宣传示范可以推进政策制定，如中国的冬奥会。崇礼区和张家口市将当地的可再生能源发展目标与国家在崇礼举办的冬奥会联系起来，因此，其可再生能源项目不仅获得了政治关注还获得了财政支持。

跨政府部门合作非常重要

崇礼之所以能够提高可再生能源在终端使用部门的使用比例，其中一个可借鉴的成功因素便是与上级政府（包括张家口市政府和河北省政府）达成了协调的合作。省政府在全力促成崇礼的可再生能源发展方面发挥了关键作用，如出台大量可再生能源利用的政策、提供补贴和简化电力交易平台的交易流程，这些是崇礼在 2022 年能够实现 100% 可再生能源供暖目标的关键举措。

苏州市出台的直接政策包括：设定可再生能源目标、禁止使用高污染燃料、补贴电动汽车行业以及在建筑中集成分布式太阳能板。这些举措能够支持各行业的可再生能源利用工作，也是各大城镇可借鉴的政策方案。江苏省政府与国家能源局 (NEA) 的合作还支持在区域和全国扩大分布式可再生能源发电系统的覆盖率，促进供热、制冷及交通行业的电气化进程。



总结



城市所处的政治和行政体制能够让他们在制定能源政策和处理其他事务上有一定的自主权。与其他国家一样，中国各城市正在不断推广可再生能源的利用，在各种复杂的情况下决定自己的能源需求和行动能力。

由于各种各样的驱动因素决定了城市可以发挥多种作用，还会对电力、供热制冷以及交通方面的可再生能源政策造成实质性的影响（参见图 14）。

图 14 推动城市能源政策制定的因素和动力以及城市在能源转型中发挥的作用





中国同里镇

虽然**驱使和激励**各城市进行能源转型的因素各不相同，但是他们都有一个共同目标——以安全和实惠的方式供应能源。其他动力包括：经济发展（创造就业机会）；社会公平（包括优化能源供应水平和减少能源贫困现象）；以及空气质量与健康（这是提高城市生活质量以及气候变化影响问题的重要组成部分）。

但城市的需求和能力千差万别。促进可再生能源全面落实的战略需要根据每个城市的具体情况而定。这些情况决定着城市整体能源需求是需要增加还是减少，同时，也决定着城市的行动能力。

有些是无法更改的固有**因素**。如：一个城市的气候区是无法更改的，而这便决定了该城市的供暖和制冷需求。其他因素可能会随着时间的推移而改变，如人口居住密度和建筑设施。而如人口结构和社会经济状况等因素的变化则更具动态性和可塑性，因此人口增幅较大相对增幅稳定的城市会面临更艰巨的挑战，而较富裕的城市比较落后的城市拥有更广阔的行动空间。

其他因素涉及城市的机构能力和行动权力。国家和 / 或省级政府的管理权限大不相同。一些城市权力有限，可能无法自行创造收入来源或决定如何使用经费。此外，部分城市可能尚未充分掌握所需的技术知识。一般来说，拥有本地发电厂的城市对能源政策的直接影响远远大于那些没有本地发电厂的城市。

这些背景因素和驱动力会相互作用、相互影响。它们共同决定着城市在能源转型中扮演的具体**角色**，无论是作为监管者、规划者和经营者、能源消费者、项目促进者和融资者，还是提高公共意识的促进者。不同的角色对政策工具的需求也有所不同。他们的动力来源于其雄心勃勃的能源和气候目标、地方机构的行动能力、能源与地方经济其他行业之间的相互作用，以及各种本地或外来行为者之间的联盟关系。

这意味着，分析城市可再生能源政策不仅需要评估当地的资源禀赋（和项目的技术可行性或财务可行性），还需要评估一系列社会经济和政治因素，包括为制定政策奠定了基础的主要参与者和利益相关者。

各个国际和国内城市的经验教训和最佳实践都值得相互分享和借鉴。实际上，越来越多志同道合的城市、政府和私营企业为了共同的能源和气候目标正在寻求合作。他们相互分享信息和见解，交流适用的政策，积累技术能力，就经验教训广泛交流意见。

虽然各城市都可以采取一系列支持可再生能源的政策，但显然，并不存在万全之策。

“可借鉴性”在政策分析中是一个耳熟能详的词语，但由于世界各国城市的情况和环境各不相同，因此在现实中，这些举措的可借鉴性存在着实际的局限性。

对于城市而言，重要的是要确保与各国政府的有效合作。本地居民、社区团体和企业的积极参与同样重要。地方积极性和因素的结合以及各城市利益相关者的参与方式，决定着城市能否发挥切实的作用。制定雄心勃勃的政策至关重要（地方行动能力也是如此），但深刻理解能源与城市经济其他行业相互作用的原理也同样重要。



中国

参考资料

- ABRAVA (2015)**, “Research Report Production of Solar Collectors for Water Heating and Thermal Reservoirs in Brazil Year 2014, (2014年巴西太阳能热水器和太阳能储热研究生产报告)”, Brazilian Association of Refrigeration, Air Conditioning, Ventilation and Heating, São Paulo, www.solarthermalworld.org/sites/gstec/files/news/file/2015-07-27/market_statistics_2014_brazil.pdf.
- Agar, B. and Renner, M. (2016)**, “Is 100 percent renewable energy in cities possible?”, in *State of the World.*, in *State of the World. Can a City Be Sustainable?* (《世界现状: 城市能否可持续发展?》 Worldwatch Institute: Island Press, pp. 161-170).
- Bloomberg (2019)**, “The U.S. has a fleet of 300 electric buses.China has 421,000” (中国已有 421,000 多辆电动公共汽车, 而美国仅有 300 多辆), *Bloomberg News* 15 May, www.bloomberg.com/news/articles/2019-05-15/in-shift-to-electric-bus-it-s-china-ahead-of-u-s-421-000-to-300.
- BNEF (2018)**, *Electric Buses in Cities: Driving Towards Cleaner Air and Lower CO₂* (城市中的电动公共汽车: 达到更为清洁的空气指标并降低二氧化碳排放量), *Bloomberg New Energy Finance*, 29 March <https://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/2018/05/Electric-Buses-in-Cities-Report-BNEF-C40-Citi.pdf>.
- C40 Cities (n.d.)**, “Fossil fuel free streets declaration” (无化石燃料街道宣言) www.c40.org/other/green-and-healthy-streets, accessed 26 August 2020.
- CEPPEI (2019)**, *China Energy Development Report 2018* (in Chinese) (中国能源发展报告 2018), China Electric Power Planning & Engineering Institute, Beijing, China www.eppi.com/achievements.aspx?PartNodeld=198 ht
- Chongli District Government (2020)**, “Introduction on Chongli District of Zhangjiakou City” (in Chinese) (张家口市崇礼区情况简介) www.zjkl.gov.cn/syscolumn/zjcl/clgk/index.html
- Chongli District Government (2018)**, “Implementation assessment on national economic and social development plan 2017 of Chongli District of Zhangjiakou City and the plan for 2018” (in Chinese) (关于张家口市崇礼区 2017 年国民经济和社会发展规划执行情况与 2018 年国民经济和社会发展规划) <http://www.zjkl.gov.cn/govaffair/content.jsp?code=00022415/2018-00932&name=%E6%94%BF%E5%BA%9C%E6%96%87%E4%B8%B6>
- Chongli District Government (2016)**, “Statistical communique of Chongli County on the 2015 economic and social development” (in Chinese) (崇礼县 2015 年国民经济和社会发展统计公报) <http://www.zjkl.gov.cn/govaffair/content.jsp?code=000946605/2016-00928&name=>.
- CNREC (2019)**, “China energy policy newsletter August 2019” (中国能源政策通讯, 2019 年 8 月), China National Renewable Energy Centre <http://boostre.cnrec.org.cn/index.php/2019/09/05/china-energy-policy-newsletter-august-2019/?lang=en>.
- Cumbers, A. (2016)**, “Remunicipalization, the low-carbon transition, and energy democracy”, in *Can a City Be Sustainable?* (State of the World) (《世界现状: 城市能否可持续发展?》之“重新公有化、低碳转型和能源民主”) (pp 275-289), Washington, DC: Island Press https://doi.org/10.5822/978-1-61091-756-8_23.
- Danigelis, A. (2018)**, “City of Vancouver and Suncor sign 100% renewable diesel deal” (温哥华市政府与森科能源公司签署 100% 可再生柴油协议), Environmental Leader, 20 August www.environmentalleader.com/2018/08/vancouver-suncor-renewable-diesel/.
- Dixon, T. (2017)**, “Shenzhen completes its bus fleet transitions to 100% electric buses” (深圳已完成 100% 电动公交车转型), *EV Obsession*, 29 December, <https://evobsession.com/shenzhen-completes-its-bus-fleet-transitions-to-100-electric-buses/>.
- Energy Foundation China (2018)**, “From cradle to grave: Are electric vehicles the most efficient and low carbon in the whole lifetime? (从‘出生’到‘死亡’电动车这‘一辈子’真的是最节能低碳的?)” www.efchina.org/Blog-zh/blog-20180626-zh.
- ESTIF (2018)**, “Solar ordinances” (太阳能条例), European Solar Thermal Industry Federation www.estif.org/policies/solar_ordinances/.
- European Commission (2020)**, “Green public procurement” (绿色公共采购) https://ec.europa.eu/environment/gpp/index_en.htm, viewed 17 November.
- Farrell, J. (2018)**, “Ohio residents exercise community choice to bill themselves for public solar” (俄亥俄居民行使社区选择权, 自行支付公共太阳能费用), Institute for Local Self-Reliance (ILSR), 5 July <https://ilsr.org/ohio-community-choice-ler-episode-56/>.
- Feng Hongli (2019)**, “Survey on situation of comprehensive energy service centres in China” (in Chinese) (国内综合能源服务发展现状调研) www.china5e.com/energy/news-1054867-1.html.
- Gebrezgabher, S. A., and Niwagaba, C. B. (2018)**, “Briquettes from agro-waste and municipal solid waste (Eco-Fuel Africa, Uganda) – case study” (来自农业废物和城市固体废物的压块 (非洲生态燃料, 乌干达) – 案例研究) <https://cgospace.cgjar.org/handle/10568/93335>.
- Hebei Provincial Government (2019a)**, “Minutes on the ninth coordination meeting for promoting renewable energy pilot work in Zhangjiakou” (in Chinese) (张家口可再生能源示范区建设第九次协调推进工作会议纪要) http://hbdrc.hebei.gov.cn/web/web/tj_jbtb/2c9473846cb6c218016cbc706e227f47.htm
- Hebei Provincial Government (2019b)**, “21 counties and districts removed from the poverty counties list” (in Chinese) (河北省 21 个县区退出贫困县序列), http://www.gov.cn/xinwen/2019-05/07/content_5389271.htm.
- Henderson, J. V., Storeygard, A. and Deichmann, U. (2014)**, “50 years of urbanization in Africa: Examining the role of climate change” (非洲 50 年的城市化变迁: 气候变化作用研究), Policy Research Working Paper 6925, World Bank, Washington, DC <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/18757>.
- Hidalgo, D. (2014)**, “Sustainable mobility trends around the world” (全球可持续交通发展趋势) www.slideshare.net/EMBARQNetwork/embarq-trends-2014-dario-hidalgo.
- Hove, A., and Watzel, D. (2018)**, “China is planning provincial quotas for clean energy” (中国正规划清洁能源的省级配额), *China Dialogue*, 23 April, www.chinadialogue.net/blog/10574-China-is-planning-provincial-quotas-for-clean-energy/-en.
- ICCT (2018)**, “Effects of battery manufacturing” (电池制造业的影响), International Council on Clean Transportation, February https://theicct.org/sites/default/files/publications/EV-life-cycle-GHG_ICCT-Briefing_09022018_vf.pdf.
- ICCT (2012)**, Global transportation energy and climate roadmap” (全球交通、能源和气候路线图), International Council on Clean Transportation <https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT%20Roadmap%20Energy%20Report.pdf>.
- ICLEI (2014)**, “Using solar energy – supporting community” (使用太阳能——支持社区发展), Local Governments for Sustainability (ICLEI) case study 173, Bonn, Germany www.ajsosteniblebcn.cat/solar-bcn-iclei-case-study_61656.pdf.
- ICLEI and IRENA (2018)**, “Mitigating climate change” (减缓气候变化), Local Governments for Sustainability, Bonn, Germany, and International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Dec/IRENA_Cities_2018b_Cape-Town.p.
- ICLEI and IRENA (2013a)**, “Green economic development with renewable energy industries” (借助可再生能源产业带动绿色经济发展), Local Governments for Sustainability, Bonn, and International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, and www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2013/Jan/IRENA-cities-case-1-Dezhou.pdf.

- ICLEI and IRENA (2013b)**, “Local government regulation: Ordinances and laws to promote renewable energy” (地方政府法规: 促进可再生能源发展的条例和法律), Local Governments for Sustainability, Bonn, and International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2013/Jan/IRENA-cities-case-6-Sao-Paulo.
- IEA (2019a)**, *Global Energy & CO2 Status Report 2018* (全球能源与二氧化碳现状报告 2018), International Energy Agency, Paris.
- IEA (2019b)**, *Energy Balance of China (2017)* (中国能源平衡 2017), International Energy Agency, Paris.
- IEA (2019c)**, *Global EV Outlook 2019* (全球电动汽车展望 2019), International Energy Agency, Paris.
- IEA (2019d)**, *Solar Heat Worldwide (全球太阳热能) (2019 edition)*, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2019e)**, “Data and statistics” (数据与统计), International Energy Agency, Paris www.iea.org/statistics/.
- IQAir (2020)**, *2019 World Air Quality Report* (2019 年世界空气质量报告) www.iqair.com/world-most-polluted-countries.
- IRENA (2020b)**, *Renewable Capacity Statistics 2020* (2020 年可再生能源统计), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2020c)**, *Renewable Energy Statistics 2020* (2020 年可再生能源统计), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2020d)**, *Global Renewables Outlook 2020: Energy Transformation 2050* (全球可再生能源展望: 能源转型 2050), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2019)**, *Renewable Energy Market Analysis: GCC 2019* (2019 年海合会成员国可再生能源市场分析), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jan/IRENA_Market_Analysis_GCC_2019.pdf.
- IRENA (2018a)**, 以与苏州市政府的交流为基础。“由国际可再生能源署 (IRENA) 顾问进行的个人交流 [采访]”, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2018b)**, *IRENA: Global Atlas, Vaisala Solar and Wind Maps 2018* (IRENA: Global Atlas 以及 Vaisala 太阳能和风能地图 2018), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2018d)**, “Corporate sourcing of renewables: Market and industry trends – REMade index 2018” (企业采购可再生能源: 市场及行业趋势——REMade 指数 2018), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/May/IRENA_Corporate_sourcing_2018.pdf.
- IRENA (2017a)**, “IRENA cost and competitiveness indicators” (IRENA 成本和竞争力指标), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Dec/IRENA_Cost_Indicators_PV_2017.pdf.
- IRENA (2017b)**, “Renewable energy in district heating and cooling: A sector roadmap for REmap” (区域供暖和制冷的可再生能源: REmap 部门路线图), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Mar/IRENA_REmap_DHC_Report_2017.pdf.
- IRENA (2017c)**, “Biofuels for aviation: Technology brief” (航空生物燃料: 技术简介), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi www.irena.org/publications/2017/Feb/Biofuels-for-aviation-Technology-brief.
- IRENA (2016)**, “Renewable energy in cities” (城市可再生能源), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, www.irena.org/publications/2016/Oct/Renewable-Energy-in-Cities.
- IRENA (2015)**, “Renewable energy policy brief: Brazil” (可再生能源政策简介: 巴西), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA_RE_Latin_America_Policies/IRENA_RE_Latin_America_Policies_2015_Country_Brazil.pdf?la=en&hash=D645B3E7B7DF03BDDAF6EE4F35058B2669E132B1.
- IRENA Coalition for Action (2018)**, “Community energy: Broadening the ownership of renewables” (社区能源: 提高可再生能源技术的拥有率), Abu Dhabi https://coalition.irena.org/-/media/Files/IRENA/Coalition-for-Action/Publication/Coalition-for-Action_Community-Energy_2018.pdf.
- IRENA, IEA and REN21 (2020)**, “Renewable energy policies in a time of transition: heating and cooling” (转型期间的可再生能源政策: 供热和供冷), Renewable Energy Agency, International Energy Agency and Renewable Energy Policy Network for the 21st Century.
- IRENA, IEA and REN21 (2018)**, “Renewable energy policies in a time of transition” (转型期间的可再生能源政策), International Renewable Energy Agency, International Energy Agency and Renewable Energy Policy Network for the 21st Century www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_IEA_REN21_Policies_2018.pdf.
- ITDP (2018)**, “China tackles climate change with electric buses” (中国推出电动公共汽车应对气候变化), Institute for Transportation and Development Policy, 11 September www.itdp.org/2018/09/11/electric-buses-china/.
- Jiang, Yi, et al. (2018)**, *China Building Energy Use 2018* (中国建筑节能年度发展研究报告 2018), Building Energy Research Center of Tsinghua University.
- Jiao Xiaolong (2017)**, “Analysis on utilisable clean energy of Tongli Town in Jiangsu” (in Chinese) (江苏同里镇可利用清洁能源分析), Building Technique Development, 2017 www.cqvip.com/qk/94700x/201708/673046979.html.
- Lei, G., et al. (2019)**, “Suzhou to develop a sample of energy transition of a heavily industrialized city” (in Chinese) (苏州打造工业重镇能源转型样本) www.cnenergy.org/csnyc/csgc/201904/t20190411_754374.html.
- Lennon, A. (2017)**, “Seoul-ar City: South Korean capital investing US\$1.5bn for 1GW of PV” (首尔: 韩国资本家投资 15 亿美元购买 1GW 太阳能光伏设备), *PV-Tech*, 22 November www.pv-tech.org/news/seoul-ar-city.
- Li Tie (2019)**, “Li Tie: Making the super large towns to cities should be new experiment” (in Chinese) (李铁: 特大镇设市, 应成为新的改革试验田) www.ndrc.gov.cn/xxgk/jd/wsdwhfz/201911/t20191129_1206901.html, 2019.
- López Moreno, E. (2017)**, “Concepts, definitions and data sources for the study of urbanization: the 2030 Agenda for Sustainable Development” (城市化研究的概念、定义和数据来源: 2030 年可持续发展议程), United Nations Expert Group Meeting on Sustainable Cities, Human Mobility and International Migration, 5 September, <https://www.un.org/en/development/desa/population/events/pdf/expert/27/papers/11/paper-Moreno-final.pdf>.
- Lu, L., Xue, L., and Zhou, W. (2018)**, “How did Shenzhen, China build world’s largest electric bus fleet?” (中国深圳是如何建立起世界上规模最大的电动公共汽车车队的?) *World Resources Institute*, 4 April, www.wri.org/blog/2018/04/how-did-shenzhen-china-build-world-s-largest-electric-bus-fleet.
- Maloney, P. (2018)**, “New York City moves to streamline energy storage permitting” (纽约市简化储能许可流程), *Utility Dive*, 8 May www.utilitydive.com/news/new-york-city-moves-to-streamline-energy-storage-permitting/523039/.
- Martin, S., and Ryor, J. N. (2016)**, “Prosumers in Bengaluru: Lessons for scaling rooftop solar PV” (班加罗尔的产消者: 扩大屋顶太阳能光伏覆盖率的经验教训), Working Paper, World Resources Institute, Washington, DC, May www.climatelearningplatform.org/sites/default/files/resources/prosumers_in_bengaluru.pdf.
- McKerracher, C. (2018)**, “How city policies are reshaping auto markets” (城市政策如何重新调整汽车市场), *BNEF*, 29 August, <https://about.bnef.com/blog/mckerracher-city-policies-reshaping-auto-markets/>.

- MEE (2018)**, China Vehicle Environmental Management Annual Report (in Chinese) (中国机动车环境管理年报). Ministry of Ecology and Environment, China www.gov.cn/guoqing/2019-04/09/5380744/files/88ce80585dfd49c3a7d51c007c0a5112.pdf.
- MoHURD (2020)**, *Urban-Rural Statistical Yearbook 2018* (in Chinese) (2018 城乡建设统计年鉴), Ministry of Housing and Urban-Rural Development, Beijing, China.
- MoHURD (2018)**, *Statistical Report on Urban-Rural Development in 2016* (in Chinese) (2016 年城乡建设统计公报). Ministry of Housing and Urban-Rural Development, Beijing, China.
- Movellan, J. (2015)**, “Tokyo’s renewable energy transformation to be showcased in the 2020 Olympics” (东京可再生能源转型成果将展示于 2020 年奥运会), *Renewable Energy World*, 17 June, www.renewableenergyworld.com/2015/06/17/tokyo-s-renewable-energy-transformation-to-be-showcased-in-the-2020-olympics/#gref.
- National Bureau of Statistics (2020)**, “National database” (国家数据库), <http://data.stats.gov.cn/english/>.
- NRDC (2019)**, *Status of Natural Gas 2018 (in Chinese)* (2018 年天然气运行简况). National Development and Reform Commission, Beijing, China.
- NRDC (2018)**, *Action Plan on Accommodating Clean Energies 2018–2020* (in Chinese) (清洁能源消纳行动计划 2018–2020). National Development and Reform Commission, Beijing, China.
- NRDC (2017)**, *Status of Natural Gas 2016* (in Chinese) (2016 年天然气运行简况), National Development and Reform Commission, Beijing, China.
- NRDC (2016)**, *13th FYP on Renewable Energy Development in China* (in Chinese) (可再生能源发展十三五规划), National Development and Reform Commission, Beijing, China.
- NRDC and NEA (2015)**, *Development Plan on Renewable Energy Demonstration in Zhangjiakou City, Hebei Province* (in Chinese) (河北省张家口市可再生能源示范区发展规划), National Development and Reform Commission and National Energy Administration, Beijing, China.
- NRDC, MoF and NEA (2018)**, “Announcement on solar power generation related issues in 2018” (in Chinese) (关于 2018 年光伏发电有关事项的通知), National Development and Reform Commission, Ministry of Finance and National Energy Administration, Beijing, China.
- NEA (2020)**, *Status of Grid Connection of Renewable Energies in 2019* (in Chinese) (2019 年可再生能源并网运行情况), National Energy Administration, Beijing, China.
- NEA (2019a)**, *Monitoring Report on Renewable Energy Electricity Development in China 2018* (in Chinese) (2018 年度全国可再生能源电力发展监测评价报告), National Energy Administration, Beijing, China.
- NEA (2019b)**, “Announcement on promoting non-subsidized wind power” (in Chinese) (关于积极推进风电、光伏发电无补贴平价上网有关工作的通知), National Energy Administration, Beijing, China.
- NEA (2018a)**, *National Grid Connection of Wind Power in 2017* (in Chinese) (2017 年风电并网运行情况), National Energy Administration, Beijing, China.
- NEA (2018b)**, “Solar energy increased 53.06 GW and topped renewables in 2017” (in Chinese) (2017 年光伏发电新增装机 5306 万千瓦, 居可再生能源之首), National Energy Administration, Beijing, China, www.nea.gov.cn/2018-01/24/c_136920159.htm.
- NEA (2016)**, “Reply on building a new energy town in Tongli, Suzhou City, Jiangsu Province” (in Chinese) (关于江苏省苏州市同里镇创建新能源小镇的复函), National Energy Administration, Beijing, China.
- NEA (2013)**, “Administrative rules on utility-scale solar PV power plants” (in Chinese) (光伏电站项目管理暂行办法), National Energy Administration, Beijing, China.
- New Indian Express (2018)**, “BESCOM simplifies rooftop solar application process” (BESCOM 简化了屋顶太阳能的应用过程), *The New Indian Express*, 15 September www.newindianexpress.com/cities/bengaluru/2018/sep/15/bescom-simplifies-rooftop-solar-application-process-1872223.html.
- NPC (2006)**, *The Renewable Energy Law of the People’s Republic of China* (in Chinese) (中华人民共和国可再生能源法), The National People’s Congress of the People’s Republic of China, Beijing, China.
- NRDC (2014)**, *Contribution of Coal Using to Air Pollution* (in Chinese) (煤炭使用对中国大气污染的贡献), Natural Resources Defense Council, Beijing, China.
- OECD/IEA (2018)**, *Global EV Outlook 2018* (全球电动汽车展望 2018) (Paris: 2018), https://webstore.iea.org/download/direct/1045?filename=global_ev_outlook_2018.pdf.
- Patel, S. (2016)**, “New York City sets ambitious citywide energy storage target” (纽约市制定了雄心勃勃的城市储能目标), *Power*, 29 September www.powermag.com/new-york-city-sets-ambitious-citywide-energy-storage-target/.
- Qingzhe, X., Jingyun Z., Xuezheng, Z. et al. (2017)**, “Characteristics of snow season and snowfall during the Olympic winter games in Chongli of Zhangjiakou City, China” (中国张家口市崇礼县在冬奥会期间的雪季和降雪特征), *Climate Change Research*, Vol. 13, pp. 223–230.
- REN21 (2020)**, *Global Status Report* (全球现状报告), Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2020_full_report_en.pdf.
- REN21 (2018)**, *Global Status Report* (全球现状报告), Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2018_Full-Report_English.pdf.
- REN21, ISEP and ICLEI (2011)**, *Global Status Report on Local Renewable Energy Policies* (全球现状报告: 地方可再生能源政策), Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, Institute for Sustainable Energy Policies and ICLEI, https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/46/105/46105568.pdf?r=1&r=1.
- Renewables Now (2017)**, “Seoul seeks to add 1 GW of residential solar by 2022” (首尔致力于在 2022 年前增加 1 吉瓦的住宅太阳能发电量), *Renewables Now*, 23 November <https://renewablesnow.com/news/seoul-seeks-to-add-1-gw-of-residential-solar-by-2022-592083/>.
- Renner, M. (2016)**, “Supporting sustainable transportation”, in *State of the World: Can a City Be Sustainable* (《世界现状: 城市能否可持续发展?》之“支持可持续发展的交通模式”), pp. 177–194. Washington, DC: Island Press.
- Reuters (2015)**, “Oslo aims to make city center car-free within four years” (奥斯陆计划在未来四年内实现市中心无车化), *Reuters*, 19 October www.reuters.com/article/us-norway-environment-oslo/oslo-aims-to-make-city-center-car-free-within-four-years-idUSKCN0SD1GI20151019.
- Roberts, J., Bodman, F., and Rybski, R. (2014)**, “Community power: Model legal frameworks for citizen-owned renewable energy” (社区权力: 公民所有的可再生能源示范法律框架), *ClientEarth*, London, https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/model_legal_frameworks_2014.pdf.
- Rondolat, E. (n.d.)**, “Lighting the way to a better world” (点亮世界, 通往更美好的未来) www.philips.com/a-w/about/news/archive/blogs/innovation-matters/Lighting_the_way_to_a_better_world.html.

- SGCC (2020)**, “Three parties collaborate on a fully electrified scenic spot and protect Zhouzhuang ancient town by clean energy” (in Chinese) (三方联动打造全电景区 清洁能源呵护周庄古镇), www.js.sgcc.com.cn/html/szgdgs/col791/2020-05/09/20200509111754562830059_1.html
- SGCC (2019)**, “New energy installation of Jibe grid surpass 20 GW” (in Chinese) (冀北电网新能源装机规模突破 2000 万千瓦), State Grid Corporation of China, Beijing, China.
- SGCC (2018a)**, *Project Brochure of the Comprehensive Energy Service Centre of Tongli* (in Chinese) (同里综合能源服务中心项目手册), State Grid Corporation of China, Beijing, China.
- SGCC (2018b)**, *Introduction on the Fully-Electrification Neighborhood of the New Energy Tongli Town* (in Chinese) (同里新能源小镇全电街区建设简介), State Grid Corporation of China, Beijing, China.
- SGCERI (2018)**, *China Urban Energy Report General Feature and Sample Analysis* (in Chinese) (中国城市能源报告总体特征与样本发现), State Grid Energy Research Institute, Beijing, China.
- SLOCAT (2018)**, *Transport and Climate Change Global Status Report* (全球现状报告: 交通和气候变化) (TCC-GSR) <https://slocat.net/our-work/knowledge-and-research/tcc-gsr/>.
- State Council (2014)**, “Announcement on adjustment of the criteria of cities’ scale” (in Chinese) (国务院关于调整城市规模划分标准的通知) www.gov.cn/zhengce/content/2014-11/20/content_9225.htm.
- Suzhou Municipality (2018a)**, “Suzhou municipal government’ s reply on the adjustment of partial administrative division of Wujiang District” (in Chinese) (苏州市人民政府关于吴江区部分行政区划调整的批复) <http://js.people.com.cn/n2/2018/1026/c360300-32207853.html>.
- Suzhou Municipality (2018b)**, “Suggestion on deployment of green energies” (in Chinese) (关于大力发展绿色能源的建议), Suzhou Municipality.
- Suzhou Municipality (2018c)**, “Call for tender of the construction for the permanent venue of the International Energy Transition Forum” (in Chinese) (苏州同里国际能源变革论坛会址城市设计及建筑方案征集招标公告), Suzhou, China.
- Suzhou Municipality (2018d)**, “Policy on further accelerating the solar PV development of Suzhou” (in Chinese) (进一步促进苏州光伏产业持续健康发展的若干意见), Suzhou, China.
- Suzhou Municipality (2017a)**, *13th FYP on Energy Saving and Resources Conservation in Suzhou Institutions* (in Chinese) (苏州市“十三五”公共机构节约能源资源规划) ht.
- Suzhou Municipality (2017b)**, “Announcement of high pollution fuels-free areas” (in Chinese) (关于进一步调整市区高污染燃料禁燃区的通告)
- Suzhou Municipality (2016)**, “Concept scheme of the permanent conference venue in the new energy town of Tongli” (in Chinese) (同里新能源小镇永久会址概念规划方案), Suzhou, China.
- Theron, A. (2016)**, “Exclusive interview with Sanga Moses, CEO, ECO-FUEL AFRICA” (专访 ECO-FUEL AFRICA CEO Sanga Moses), ESI AFRICA, 16 February www.esi-africa.com/features-analysis/exclusive-interview-with-sanga-moses-ceo-of-the-ground-breaking-and-award-winning-company-eco-fuel-africa.
- Times of India (2017)**, “Delhi’ s solar energy model best for power-hungry cities” (德里太阳能模型是电力匮乏城市最理想的选择), Times of India, 8 September <https://timesofindia.indiatimes.com/city/delhi/delhis-solar-energy-model-best-for-power-hungry-cities-says-study/articleshow/60415615.cms>.
- UN-Habitat (2020)**, *World Cities Report 2020* (2020 世界城市状况报告) .The Value of Sustainable Urbanization.
- UN-Habitat (2019)**, “Cities : A ‘cause of and solution to’ climate change” (城市: 气候变化的原因和解决方案), UN News, 18 September, <https://news.un.org/en/story/2019/09/1046662>.
- UN-Habitat (2018)**, *The World’ s Cities in 2018* (世界城市 2018) .Data Booklet.
- UNDESA (2018)**, “68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN” (联合国表示, 预计到 2050 年, 世界范围内 68% 的人口将生活在城市地区), United Nations Department of Economic and Social Affairs, 16 May www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html.
- UNEP (2018)**, *2018 Global Status Report: Towards a Zero-Emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector* (2018 年全球现状报告: 推动建设和建设部门迈向零排放、高效和富有弹性的道路) .Report prepared for the Global Alliance for Building and Construction by the International Energy Agency and United Nations Environment Programme (国际能源署和联合国环境规划署为全球建设和建设联盟编制的报告) https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27140/Global_Status_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- UNFCC (2016)**, “Paris, Mexico City, Madrid, Athens to remove diesel vehicles by 2025” (巴黎、墨西哥城、马德里、雅典计划于 2025 年前全面取缔柴油汽车), United Nations Framework Convention on Climate Change, 2 December <https://unfccc.int/news/paris-mexico-city-madrid-athens-to-remove-diesel-vehicles-by-2025>.
- Wang Qingyi (2019)**, “Energy data in 2019” (2019 能源数据), Beijing: IGDP.
- Weiss, W., and Spörk-Dür, M. (2018)**, *Solar Heat Worldwide* (全球太阳热能报告) (2018 edition) www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2018.pdf.
- WHO (2016)**, “WHO global urban ambient air pollution database” (世界卫生组织全球城市环境空气污染数据库) (update 2016), <https://www.who.int/airpollution/data/cities-2016/en/>.
- WRI (2018)**, “Distributed solar PV in China: Developments and challenges” (in Chinese) (中国分布式光伏: 发展与挑战), www.wri.org.cn/distributed-solar-pv-in-China.
- Yuan Si (2019)**, *Inspection Report on Implementation of Renewable Energy Law* (in Chinese) (可再生能源执法检查报告), <http://www.bjnews.com.cn/news/2019/12/26/666631.html>.
- Zhang Rongxin (2019)**, “Tongli small town: Foresee future’ s smart energy” (in Chinese) (同里小镇: 从这里看见未来智慧能源) http://paper.people.com.cn/zgnyb/html/2019-09/23/content_1948108.htm.
- Zhang Cong (2020)**, “Build a Suzhou sample for the sustainable development of global energy” (in Chinese) (打造全球能源可持续发展的苏州路径) .
- Zhangjiakou Municipality (2020)**, *Report on the Implementation of National Economy and Social Development in 2019 and the Plan for 2020* (in Chinese) (关于张家口市 2019 年国民经济和社会发展计划执行情况与 2020 年国民经济和社会发展计划的报告) www.zjknews.com/news/shizheng/202003/03/275351.html.
- Zhangjiakou Municipality (2019)**, “GDP of all districts and counties in Q2 2019” (in Chinese) (年第二季度各区县地区生产总值) www.zjktj.gov.cn/Message.asp?ArticleId=1370.
- Zhangjiakou Municipality (2018)**, *2018 Municipal Report of Zhangjiakou* (in Chinese) (张家口 2018 年政府工作报告) http://district.ce.cn/newarea/roll/201803/07/t20180307_28381078.shtml.
- Zhangjiakou Municipality (2017a)**, “Chongli: Adjusting industrial structure and accelerating the upgradation” (in Chinese) (崇礼区: 调整工业结构加快优化升级) www.zjktj.gov.cn/Message.asp?ArticleID=537.
- Zhangjiakou Municipality (2017b)**, “Main population indicators of Zhangjiakou City in 2016” (in Chinese) (年张家口市人口主要指标情况表) www.zjktj.gov.cn/message.asp?ArticleId=471.

缩略语

CNREC	国家可再生能源中心	PV	光伏
CNY	人民币 [货币]	R&D	研发
CO₂	二氧化碳	RE	可再生能源
CREIA	中国循环经济协会可再生能源专业委员会	RETs	可再生能源技术
e-mobility	电动汽车	SE4All	人人享有可持续能源
ERI	中国能源研究会	SGCC	中国国家电网公司
EV	电动汽车	SOPEC	俄亥俄东南部公共能源委员会 [美国]
FIPs	溢价补贴	SWH	太阳能热水
FITs	上网电价	tce	吨煤当量
FYPs	五年规划 [中国]	toe	吨油当量
GDP	国民生产总值	TWh	太瓦 - 小时
GHG	温室气体	UN	联合国
GW	吉瓦	UNESCO	联合国教育科学文化组织
GW_{th}	吉瓦热	USD	美元 [货币]
GWh	千兆瓦时	WHO	世界卫生组织
IEA	国际能源署		
kg	千克		
km	公里		
km²	平方公里		
KRW	韩元 [货币]		
kW	千瓦		
kWh	千瓦小时		
m²	平方米		
MEE	生态环境部 [中国]		
MIIT	工业和信息化部 [中国]		
MoHURD	住房和城乡建设部 [中国]		
MW	兆瓦		
NDC	国家自主贡献		
NDRC	国家发展和改革委员会 [中国]		
NEA	国家能源局 [中国]		
PM	细颗粒物		

图片来源

- 第 1 页： 中国深圳 ; © Fotos593; shutterstock
- 第 6 页： © chuyuss; shutterstock
- 第 8 页： 美国纽约市 ; © Sopotnicki; shutterstock
- 第 10 页： © Sergii_Petruk; shutterstock
- 第 12 页： © Bigone; shutterstock
- 第 13 页： © BanGhoL; shutterstock
- 第 15 页： © MrNovel; shutterstock
- 第 17 页： 供热管道 ; © Akimov Igor; shutterstock
- 第 19 页： 印度班加罗尔 ; © Noppasin Wongchum; shutterstock
- 第 20 页： 屋顶太阳能热水器， 西班牙巴塞罗那 ; © Nanisimova; shutterstock
- 第 22 页： 电动公交 ; © ANDREY-SHA74; shutterstock
- 第 23 页： 电动车充电站， 挪威奥斯陆 ; © Softulka; shutterstock
- 第 26 页： 美国俄亥俄州雅典市 ; © Braden Moon;
- 第 27 页： 巴西里约热内卢 ; © Celso Pupo; shutterstock
- 第 28 页： 中国同里镇， 靠近上海、 苏州， 被誉为东方小威尼斯 ; © Sven Hansche; shutterstock
- 第 31 页： 中国苏州 ; © HelloRF Zcool; shutterstock
- 第 36 页： 中国深圳 ; © StreetVJ; shutterstock
- 第 38 页： 中国贵州 ; © Grigvovan; shutterstock
- 第 38 页： 中国上海 ; © Romas_Photo; shutterstock
- 第 40 页： 中国河北省唐山市 ; © Yuangeng Zhang; shutterstock
- 第 41 页： © Jenson; shutterstock
- 第 42 页： 中国河北省张家口市 ; © HelloRF Zcool; shutterstock
- 第 43 页： 中国河北省张家口市 ; © HelloRF Zcool; shutterstock
- 第 44 页： © HelloRF Zcool; shutterstock
- 第 45 页： 中国河北省张家口市 ; © HelloRF Zcool; shutterstock
- 第 46 页： 中国北京奥林匹克公园 ; © Mirko Kuzmanovic; shutterstock
- 第 48 页： 中国苏州市 ; © Evgeny Bakhchev; shutterstock
- 第 49 页： 中国江苏省苏州古村落 ; © bleakstar; shutterstock
- 第 50 页： 中国江苏 ; © Jenson; shutterstock
- 第 50 页： 中国苏州同里镇 ; © Silvia Campi; shutterstock
- 第 52 页： 中国江苏省苏州工业园 ; © Weiming Xie; shutterstock
- 第 53 页： 中国苏州同里镇 ; © Shanshan0312; shutterstock
- 第 55 页： 中国江西 ; © humphery; shutterstock
- 第 56 页： © KeepWatch; shutterstock
- 第 58 页： © PetrJanJuracka; shutterstock
- 第 60 页： 中国同里镇 ; © Claudine Van Massenhove; shutterstock
- 第 61 页： © ImageFoto; shutterstock
- 第 61 页： © MyCreative; shutterstock

城市 可再生能源政策

中国经验



支持单位：



德国联邦
环境、自然保护
与核安全部

基于德国联邦议院决议

ISBN: 978-92-9260-312-0

