



中国城市能源报告蓝皮书

苏州能源发展报告

ZHONGGUO CHENGSHI NENGYUAN BAOGAO LANPISHU
SUZHOU NENGYUAN FAZHAN BAOGAO

国网（苏州）城市能源研究院 编著



苏州大学出版社
Soochow University Press



中国城市能源报告蓝皮书

苏州能源发展报告

国网（苏州）城市能源研究院 编著

苏州大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国城市能源报告蓝皮书：苏州能源发展报告 / 国网（苏州）城市能源研究院编著. —苏州：苏州大学出版社，2021. 9

ISBN 978-7-5672-3595-3

I. ①中… II. ①国… III. ①能源发展—研究报告—苏州 IV. ①F426. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2021) 第 133390 号

中国城市能源报告蓝皮书：苏州能源发展报告

国网（苏州）城市能源研究院 编著

责任编辑 杨 柳

助理编辑 杨 冉

苏州大学出版社出版发行

(地址：苏州市十梓街1号 邮编：215006)

苏州市越洋印刷有限公司印装

(地址：苏州市吴中区天鹅荡路2号 邮编：215104)

开本 700 mm×1 000 mm 1/16 印张 11.5 字数 177 千

2021 年 9 月第 1 版 2021 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5672-3595-3 定价：58.00 元

若有印装错误，本社负责调换

苏州大学出版社营销部 电话：0512-67481020

苏州大学出版社网址 <http://www.sudapress.com>

苏州大学出版社邮箱 sdcbs@suda.edu.cn

编委会

主任：李伟阳

委员：陆惠斌 郭磊 奚巍民 孙强
金颀 陈辉

编写组

组长：郭磊

主笔人：王林钰 陈光 马亚辉 江海燕
陈爱康

成员：金颀 吴强 黄河 高松
霍沫霖 谢光龙 陈浩 徐海华
丁一帆 赵杨阳 刘澜 朱星阳
冯蒙霜 韩四维 周佳伟 朱迪
史文博 殷俊平 陈倩 陈杰军
段小峰

能源是城市发展的重要投入要素，为城市发展提供动力；城市是能源消费的主体，决定了能源发展的格局。城市与能源从两者共同出现开始，就互相依靠、互相促进、共同发展。自改革开放以来，我国经济得到飞速发展，但同时也面临着一系列能源与城市发展问题。2014年，在中央财经领导小组第6次会议上，习近平总书记提出能源安全新战略，2015年12月，在时隔37年后的中央城市工作会议上，习近平总书记分析城市发展面临的形势，明确了做好城市工作的指导思想、总体思路、重点任务。战略提出和会议精神为城市能源发展提供了方向指引，城市能源作为能源安全新战略和城市工作会议精神的融合点，也必将为国家能源革命和城市高质量发展提供强劲动力和基础保障。

城市能源的高质量发展需要深刻地扎根于城市的高质量发展，城市能源系统发展的趋势取决于城市发展的未来趋势，鉴过往而知未来，从城市及城市能源发展的历程和现状，可以了解城市发展的推动力和关键节点，可以了解城市能源发展的主要矛盾和根本动因，从而为城市能源的高质量发展，把控关键因素，调节影响因子，构建可实施方案。因此围绕城市与能源关系，从历史、现状到未来的角度去分析理解，可以掌握城市能源高质量发展的内在规律，提出科学有效的方法措施。

本书目标是构建一整套分析一个城市能源系统的方法和框架，为理解和分析城市能源从哪来到哪去提供理论支撑。全书采用总分结构，首先从能源与城市的关系入手，分析城市能源革命与城市能源高质量发展存在的挑战，总结适应城市高质量发展需要解决的主要问题；并以苏州这个具有能源变革典型性、引领性、示范性作用的城市为对象，通过城市与能源之间的关联关系分析，构建城市能源分析的具体方法和框架，从历史、现状到未来趋势的逻辑，给出苏州城市能源发展总





体情况分析报告。第三章结合苏州发展的历史阶段及不同阶段的经济人文环境特征，对苏州能源系统的历史发展演变过程进行归纳形成显著阶段性特征，总结演变规律，并通过特征描绘给出历史发展的进程。第四章以城市与能源融合发展为基本理念，对苏州的城市能源发展现状进行了全方位的分析，形成能源供应、能源消费、基础设施、能源产业、能源技术、能源管理、能源环境、示范项目和区县特征等多维度的苏州能源系统现状描述。第五章在分析苏州未来经济社会发展趋势的基础上，选取工业、建筑、交通、居民生活四大主要能源消费部门，基于 LEAP 模型建立苏州能源系统模型；同时结合情景分析法设置基准、变革两个不同情景，分析各情景下苏州不同部门能源消费总量、能源结构和碳排放等变化趋势。



Preface

Energy is an important input element and motivation for urban development. Cities are main body of energy consumption and determine the pattern of energy development. City and energy have relied on each other to promote common development since the two appeared at the very beginning. Since the reform and opening up, China's economy has witnessed a rapid development. At the same time, a series of energy and urban development problems have appeared. General Secretary Xi Jinping proposed a new strategy for energy security at the 6th meeting of the Central Finance and Economics Leading Group in 2014. Meanwhile, 37 years later, Xi Jinping analyzed the situation that urban development would face at the Central City Work Conference in December 2015. He also clarified the guiding ideology, overall thinking and key tasks for city management. The proposed strategy and the spirit of the conference have provided direction guidance for urban energy development. As a fusion point of the new energy security strategy and the spirit of the urban work conference, urban energy will also provide strong impetus and basic guarantee for the national energy revolution and the high-quality development of cities.

The high-quality development of urban energy needs to be deeply rooted in the high-quality development of the city. The development trend of the urban energy system depends on the future trend of urban development. Learning the past and knowing the future, we can understand from the history and current situation of urban and the urban energy development. We can also understand the driving force and key nodes of urban development and the main contradictions and fundamental motivations of urban energy development, so as to control key factors, to adjust influencing factors, and to construct feasible plans for the high-quality development of urban energy. Therefore, focusing on the relationship between cities and energy, analyzing and understanding from the history-current situation-future can grasp the inherent laws of the high-quality development of urban energy and propose scientific and effective methods and measures.





The goal of this book is to build a set of methods and frameworks for analyzing an urban energy system and provide theoretical support for understanding and analyzing where urban energy comes from and where it goes. The book adopts the deduction structure, starting with the relationship between energy and the city, analyzing the challenges of the urban energy revolution and the high-quality development of urban energy, summarizing the main problems that need to be solved to adapt to the high-quality development of the city. The book takes Suzhou as an example that has characteristics of typicality, leading and demonstration in energy transformation. Through the analysis of the relationship between cities and energy, it constructs specific methods and framework of urban energy analysis from history-current situation-future trend logic and publishes a report that gives the overall situation of urban energy development of Suzhou. The history chapter combines the historical stages of Suzhou's development with the characteristics of the economic and cultural environment at different stages and summarizes the evolution of Suzhou's energy system during the historical development to form significant phased characteristics. It also summarizes the evolutionary laws and describes the historical development process through characteristic descriptions. The status quo article takes the integrated development of city and energy as the basic concept, and conducts a comprehensive analysis of the current status of urban energy development in Suzhou, forming a multi-dimensional description of the status quo of Suzhou's energy system, including energy supply, energy consumption, infrastructure, energy industry, energy technology, energy management, energy environment, demonstration projects, and the characteristics of districts and counties. Based on the analysis of the economic and social development trends of Suzhou in the future, the future chapter selects the four main energy consumption sectors of industry, construction, transportation, residents' life, and establishes a model of the Suzhou energy system in the LEAP model. At the same time, it sets benchmarks and reforms in combination with scenario analysis. Changes in the total energy consumption, energy structure and carbon emissions of different sectors in Suzhou under each scenario have been analyzed.



前言

2014年6月，在中央财经领导小组第6次会议上，习近平总书记提出能源安全新战略，遵循这一指导思想，全国各个省市积极推动能源转型，努力塑造可持续的能源发展新格局。2020年，在第75届联合国大会一般性辩论上，习近平总书记正式宣布，中国将力争2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和，标志着我国将以前所未有的力度，全面推进经济社会绿色低碳发展，能源革命被赋予了更加重要的意义。

现代城市作为能源革命的主战场，其在能源革命中的重要性不言而喻。城市能源革命路在何方？为什么是这样的路径？这些问题吸引了众多的城市和能源研究领域的优秀专家学者不断地探索，给出的解决方案也多种多样。如果只总结归纳能源的主要问题，则显得不够具体；如果深入具体的能源问题，则千城千面，难以有共通的解决方案。

系统的价值体现在系统之外，同样的系统的解决方案也值得从系统外面去发掘。对城市能源的问题来说，跳脱开能源系统，从城市发展的历程和现状及未来发展的趋势去理解城市能源面临的问题，是一个较为新颖的角度。城市与能源关系是一个值得城市能源研究者长期思考探索的问题，从城市的角度去理解城市能源系统，等于从能源系统的内部视角跳脱出来，将能源系统作为一个更大的系统中的一部分去理解它的作用和角色。尽管不同的城市，无论从自身的资源禀赋、发展阶段、产业特征、发展方向等方面都表现出复杂的多样性，但城市与能源作用的基本原理是一致的。从这一层面去观察，可以发现不同城市的不同特征对能源系统的影响，根据城市发展和能源发展相互作用机理，去推导可以互相驱动的影响因素，进而在这些主要因素上发力，推动城市和能源的高质量发展。

我们致力于从一个全新的角度去理解城市能源，即不一样的城市，不一样的能源，所有的城市能源系统都是植根于城市中，与城市发展





的历史、现状密不可分。因此，每一个能源数字的背后，都是城市发展的历程和状态的反应，而从每一座城市发展的数字中，也可以洞察能源供需形成的原因。

基于此，我们以苏州为对象，从苏州城市发展的历程去寻找城市能源发展的起因和过程，从苏州城市发展的现状去理解城市能源现状的根本特征，从城市未来的发展规划和方向去预测苏州未来能源系统的形态。苏州是我国城市能源变革的典型代表，也是我国能源革命先行先试的典范，无论从城市发展的过程还是能源发展的过程，以及城市形态的多样性与能源形态的多样性等方面，都可以作为我国能源变革的典范，为我国能源转型提供重要借鉴。因此，对苏州的分析，不仅是展示苏州能源系统发展的过程，也是通过苏州，对我国其他城市的能源系统分析方法和结论展示的一次方法验证。

这样一次首创的验证过程，必定充满着各种尚未发现的问题。毕竟城市能源变革是一个与时俱进的话题，同时，城市能源的分析也离不开丰富的准确数据支撑，可喜的是这些制约的因素，会随着智慧城市、智慧能源的建设，逐步得到解决和完善，而城市能源革命的脚步也会随着这些具体问题的解决向着预定的方向快速前进。

本书由国网（苏州）城市能源研究院长期从事城市能源及相关领域研究的人员共同编写完成。在编写过程中，几易其稿，由于水平有限、时间有限、数据有限，对城市研究的深度和广度还有待提升，不足和疏漏之处在所难免，欢迎各位专家和学者批评指正。本书在编写过程中得到国网能源研究院、国网江苏省电力公司、苏州市人民政府相关部门的大力支持，在此一并感谢。



目 录

第一章	总述	001
	第一节 城市能源变革与能源高质量发展	001
	第二节 苏州城市能源发展总体情况分析	012
第二章	理论方法	049
	第一节 城市能源分析的方法框架	049
	第二节 城市能源分析的模型工具	053
第三章	历史	059
	第一节 苏州经济社会发展历程	059
	第二节 苏州能源系统发展历程	069
第四章	现状	093
第五章	未来	137
	第一节 苏州经济社会发展展望	137
	第二节 苏州能源发展展望	142
	参考文献	165



第一章 总 述

第一节 城市能源变革与能源高质量发展

摘要：城市高质量发展是我国城镇化发展的方向，也是未来城市发展的必由之路。能源是支撑城市运行的基础要素，城市的高质量发展离不开能源的高质量发展。城市集中了一半以上的人口，作为社会、经济活动最核心的地区，全球75%的能源消耗发生在城市，60%~70%的温室气体排放及90%以上的大气污染物均来自城市的人类活动。城市是应对全球气候变化、推动能源革命的主战场。在我国，当前城市的快速发展与能源消费总量控制、城市用能结构快速演进与合理供能形态、城市生态环境建设要求与城市能源环境影响、城市空间布局优化与城市能源配置方式、城市发展智慧升级与城市能源数字化转型、城市治理现代化与城市能源管理之间的问题，是城市推进能源变革的主要难题。对东部发达地区的城市来说，高质量发展面临的挑战则更加具体与迫切，城市的产业结构有待优化调整、空间发展受限、安全供应压力、利益格局固化、体制机制制约等共性和个性问题并存。未来城市高质量发展需要从城市与能源协调发展的角度统筹考虑，从能效提升、安全保障、基础建设、体制改革等方向重点突破。

关键词：能源高质量发展 能源变革 城市能源系统

一、城市能源发展难题和挑战

城市作为一个国家或地区经济发展的牵引力量，是各类生产要





素的聚集地和地区经济增长的高地。长期以来，城市发展、经济增长对能源要素的要求主要是供应保障，甚而主要是“数量上的保障”。特殊的经济发展阶段、能源发展阶段使得能源之于城市的重要性、城市能源变革之于城市高质量发展的重要性还未得到充分的认识。当前，中国经济由高速增长阶段转向高质量发展阶段。城市发展着眼于人民日益增长的美好生活需要，不断提升城市环境质量和城市的综合竞争力。城市的高质量发展对能源高质量发展提出了迫切需求。

1. 城市能源规模控制设置上限，城镇化快速发展与能源消费总量控制的矛盾愈加突出

世界银行数据显示，2018年中国的城镇化水平达到了59.58%，已经超出世界平均水平（55%，2017年底数据）4个多百分点，但与北美洲、欧洲等地区（北美洲82%，欧洲74%）的城镇化水平仍有较大差距。参照城市发展的诺瑟姆曲线，未来20年，我国仍处于城镇化加速阶段，将保持年均增长0.6%的较快水平。

城市是能源消耗的主体，这在我国表现得更为突出。按照目前的能源使用效率，在城市化水平快速提升的同时，城市的能源消费总量也将同步增长。在新时代追求高质量发展的要求下，要想处理好城市发展和能源利用的关系，需要解决两个问题：一是如何在保持能源消费总量合理增速、控制能源消费问题规模情况下保障经济发展动力和生活需求；二是如何通过产业调整和城市规划来提高发展质量，提升城市能源利用效率，消除不合理能源消费。

2. 城市能源结构快速调整，城市用能结构快速演进与城市合理供能形态之间需协调步伐

在我国城市用能结构中，工业用能占比超过70%，建筑用能占比约为19%，交通用能占比11%左右。未来终端能源需求部门格局快速演进，工业用能占比将不断降低并逐步由工业部门向建筑和交通部门转移，但在工业用能内部，战略性新兴产业占比将持续攀升。城市化进程的持续推进及人均建筑面积的提高将使得建筑用能在2030年前保持高速增长，并推动终端用能快速增长；汽车保有量的增加及民航等高能耗模式的较快发展，导致交通部门用能也将持续较快增长。





回望世界城市产业演进历程，不难发现存在着一个普遍的现象：新兴产业往往产生于以多元化为特征的大城市，成熟的工业部门则持续向中小城镇转移。放眼欧洲，在法国新成立的公司中，多达 84% 的公司都是在多元化水平中等以上的城市里创建的。美国的经验表明，大城市地区涵盖了几乎所有的产品创新。日本的经验同样表明，企业将实验性的工厂设立在大城市里，但大规模的生产则是在中小城镇或农村地区进行。可以预见的是，随着城市的“交流”和“创新”的作用不断凸显，在未来我国城市产业结构中，工业部门占比将不断降低，但战略性新兴产业、服务业占比将持续攀升，生产的模式也将由集中生产、规模化生产向多元化生产、个性化生产转变。无论是工业用能结构的持续演进，还是不同部门的用能结构的快速变化，都对传统的城市供能形态提出了越来越高的要求。

3. 城市生态建设难题持续存在，城市生态环境建设对城市能源环境影响提出更高要求

《国家新型城镇化规划（2014—2020 年）》中提出，顺应现代城市发展新理念、新趋势，推动城市绿色发展；将生态文明理念全面融入城市发展，构建绿色生产方式、生活方式和消费模式。目前，城市的生态环境建设与环境优美宜居要求仍有较大差距，这与能源的开发利用方式有着重要关系。能源消耗是城市污染物排放和温室气体排放的重要原因，能源的生产方式与消费结构对城市生态环境具有重要影响。

当前，在我国城市能源消费结构中，“高碳”特征依然明显。城市能源消费结构受我国能源资源禀赋、新能源开发利用技术及成本等多种因素制约，城市的能源互联网、泛在电力物联网等建设刚刚起步，与可再生能源特征匹配的能源系统还未建成，对能源结构优化的支撑有限。

4. 城市能源发展规划受限严重，城市空间布局优化需要优化城市能源配置方式

城市经济理论指出，伴随着城市规模的不断扩大、城市功能的持续完善及交通系统的持续优化，城市的“去中心化”将渐成趋势，城市空间布局将由“单中心”向“多中心”演变。当前，我国的一线城





市及大部分二线城市均由“单中心”结构向“多中心”结构持续演化。如按照规划，北京的通州将建设成多功能、综合性的城市副中心；上海则一直是“多中心”发展的实践者，浦东的发展被认为是城市空间格局调整的一个成功案例；广州则将逐步形成“一个都会区、两个新城、三个副中心”的网络型城市空间结构。

传统的“单中心”城市发展模式下，城市的能源供给模式相对单一。“电从远方来”，大规模的远距离能源输送是理想的能源配置方式。但在城市“去中心化”的趋势下，“电从身边来”的作用日益重要与关键。当前，城市能源供应四面八方“远方来”特点明显，但因地制宜的“身边来”仍需要高度重视。为适应城市空间布局的新变化，能源等生产要素的流动将更为复杂，可再生能源本地利用、能源互联网、微能源网、储能的建设等将为能源配置方式增添新的手段。

5. 城市能源智慧转型任重道远，城市发展智慧升级需要协同考虑城市能源数字化转型

自我国提出智慧城市建设理念以来，城市的智慧化水平得到了极大的提升，这为智慧能源发展带来了巨大的挑战。能源系统本身包罗万象，能源生产、传输、利用基础和城市的各行各业都在发生紧密的联系。通过数字化转型，坚持走能源互联网的创新道路，提升城市能源利用效率、优化城市能源结构，支撑智慧城市建设，是未来城市能源智慧发展的必由之路。

近年来，不同城市、不同部门信息化水平参差不齐。不同城市主体的智慧程度，也在很大程度上制约着城市能源发展的智慧化水平，各种基础信息系统的建设和发展水平对城市发展的智慧升级至关重要。然而，近年来城市能源数据共享难以真正实现。数据是实现城市能源智慧运行的基础，从已有数据中通过大数据分析、人工智能等技术，可以实现深度挖掘、优化决策，从而提升城市能源效率。但目前各个拥有数据的能源企业和用能主体，一方面缺少数据共享的意愿，另一方面缺少数据共享的机制和安全保障，数据收集后分析利用的比例较低，难以发挥数据作用。智慧能源支撑智慧城市的关键技术和商业模式支撑能力不足，大数据、云计算、人工智能等关键技术引入才刚起步，应用于物联网的5G技术也在实验和示范部署阶段，真正支撑智





慧城市、智慧能源的基础技术还不成熟。

6. 城市能源治理升级难题依然存在，城市治理现代化需要城市能源管理的深度参与

当前，我国能源发展市场化程度不高，能源价格机制未能完全反映资源稀缺程度、供求关系和环境成本，价格机制不完善影响储能等新兴能源设施的利用，影响城市可再生能源发展和能源转型进程。我国城市能源管理职能分散在不同管理部门，能源战略、能源规划、能源法规、能源开发、市场消费、节能管理、环境保护、新能源利用等多头管理，缺乏统筹，管理效率较低。不同能源系统之间条线分割明显，信息收集、共享机制缺乏，影响城市能源系统整体效率。能源变革缺乏足够的公众参与度，需要加快建立有效的城市能源发展信息公开制度，充分利用公众智慧，保障公众知情权、参与权、监督权。

二、东部地区城市能源高质量发展面临的共性和个性问题

我国东部地区是社会经济较发达的地区，汇集了京津冀、长三角、珠三角等主要城市群，在带动全国社会经济发展、提升国际竞争力和探索转型发展道路方面发挥着举足轻重的作用。能源是社会经济运行的基础动力。长期以来，东部地区城市是我国能源消费的主要区域，但普遍缺乏能源资源，能源自给率低，极大地依赖外部供应。

面对当前我国复杂的社会经济发展新形势和日趋严峻的能源环境约束，东部地区城市加快推进经济发展方式转变、深化落实能源革命战略、实现城市高质量发展的任务十分紧迫。从能源角度看，目前东部地区城市发展面临六个显著困局。

1. 产业结构升级发展与能源总量严控之困

“十四五”时期是我国全面落实高质量发展要求，深入推进能源生产和消费革命的关键时期。东部地区城市作为能源消费集中区，预计能源消费总量将长期处于严控趋紧状态，能源消费增量控制目标不会大于“十三五”时期。

当前东部地区不少城市仍存在存量、刚性强的传统高耗能产业，显著挤占其他产业引进和发展的空间，制约经济转型升级与高质量发展。虽然一些城市万元 GDP 能耗已经很低，甚至达到发达国家水平，





但仍难以完成能源消费总量控制目标，紧缺的能源消费总量指标对引进高端项目、进一步降低单位 GDP 能耗与产业升级造成了不利影响。

而受数字经济发展和新型基础设施建设刺激政策影响，东部地区城市特别是北、上、广周边城市正在建设或规划建设大量数据中心项目，这在带来大量能源消费的同时，也进一步增加了能耗总量控制压力。

2. 能耗强度持续压减与节能空间消失之困

长期以来，多数城市主要通过鼓励企业节能降耗和淘汰落后产能的方式来提升能效水平。随着相关工作持续推进，单个企业的节能降耗空间几乎已消失。东部城市火电、钢铁、造纸等产业通过“上大压小”淘汰落后产能，力度强、进展快，目前大型企业能耗指标已大幅领先全国平均水平，常规节能降耗措施已遇到“天花板”。

按当前趋势发展，“十四五”期间东部城市整体能源消费强度将保持在较高水平，加上数据中心、5G 基站等新型耗能产业的大量建设，甚至有可能在部分年份出现一定反弹。但与此同时，预计“十四五”期间，这些城市仍将承担较高的单位 GDP 能耗下降率指标，能源消费强度持续下降的现实需求和节能空间紧缺的矛盾将愈加突出。

3. 天然气需求增长与能源安全压力之困

东部地区缺乏天然气资源，主要靠远距离输送供应，但电力、热力需求旺盛，随着控煤政策日渐趋严，不少城市均在规划建设燃机项目，天然气消费增长需求巨大。与此同时，随着国际天然气价格长期低位运行，若叠加政策激励，天然气分布式能源有望大量发展，带来较大消费增量。

但事实上，“十四五”时期东部城市的天然气供应仍有极大不确定性。一方面，远距离天然气管道输送能力有限，且气价较高，特别是近几年用气高峰时段已暴露出输送能力短板；另一方面，能源安全是未来国家能源发展长期面临的基本问题和重中之重，一些城市天然气增量供应依赖规划中的沿江、沿海 LNG 接收码头、接收站建设，但建设规模和可接收容量仍存在较大不确定性。

4. 能源系统效率提升与利益格局固化之困

在热力供应方面，推进热力管网互联互通和集约化供应是提升系

