

清洁能源蓝皮书

BLUE BOOK OF CLEAN ENERGY

清洁供热与建筑节能 发展报告 (2016)

ANNUAL REPORT ON DEVELOPMENT OF CLEAN HEATING

AND BUILDING ENERGY EFFICIENCY (2016)

国际清洁能源论坛（澳门）

主 编 / 苏树辉 袁国林 姜耀东

副主编 / 周 杰 韩文科 毕亚雄



世界科学出版社

清洁能源蓝皮书

BLUE BOOK OF
CLEAN ENERGY

清洁供热与建筑节能发展报告 (2016)

ANNUAL REPORT ON DEVELOPMENT OF CLEAN HEATING
AND BUILDING ENERGY EFFICIENCY (2016)

国际清洁能源论坛（澳门）

主 编 / 苏树辉 袁国林 姜耀东

副主编 / 周 杰 韩文科 毕亚雄



世界出版

出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

清洁供热与建筑节能发展报告. 2016/ 苏树辉, 袁国林, 姜耀东主编. —北京: 世界知识出版社, 2016. 10
(清洁能源蓝皮书)

ISBN 978-7-5012-5358-6

I. ①清… II. ①苏… ②袁… ③姜… III. ①无污染
能源—能源发展—研究报告—世界—2016 ②建筑—节能—
研究报告—世界—2016 IV. ①F416.2 ②. TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 276189 号

责任编辑 刘豫徽
责任出版 王勇刚
责任校对 陈可望

书 名 清洁供热与建筑节能发展报告 (2016)
Qingjie Gongre yu Jianzhu Jieneng Fazhan Baogao (2016)
主 编 苏树辉 袁国林 姜耀东
副 主 编 周 杰 韩文科 毕亚雄

出版发行 世界知识出版社
地址邮编 北京市东城区干面胡同 51 号 (100010)
网 址 www.ishizhi.cn
投稿信箱 lyhbbs@163.com
电 话 010-65265923 (发行)
010-85119023 (邮购)
经 销 新华书店
印 刷 北京京科印刷有限公司
开本印张 787×1092 毫米 1/16 17 印张
字 数 260 千字
版次印次 2016 年 11 月第一版 2016 年 11 月第一次印刷
标准书号 ISBN 978-7-5012-5358-6
定 价 99.00 元

版权所有 侵权必究

《清洁供热与建筑节能发展报告(2016)》

编委会名单

- | | | | |
|-----|-----|-------------------------------------|-----|
| 主 编 | 苏树辉 | 袁国林 | 姜耀东 |
| 副主编 | 周 杰 | 韩文科 | 毕亚雄 |
| 编 委 | 苏树辉 | 国际清洁能源论坛（澳门）理事长、澳门博彩控股有限公司行政总裁 | |
| | 袁国林 | 国际清洁能源论坛（澳门）常务副理事长、中国长江三峡集团公司原副总经理 | |
| | 毕亚雄 | 国际清洁能源论坛（澳门）副理事长，中国长江三峡集团公司副总经理 | |
| | 周 杰 | 国际清洁能源论坛（澳门）秘书长，中国经济社会理事会理事 | |
| | 黄 珺 | 国际清洁能源论坛（澳门）副监事长 | |
| | 施鹏飞 | 国际清洁能源论坛（澳门）理事，中国可再生能源学会风能专业委员会名誉主任 | |
| | 张粒子 | 国际清洁能源论坛（澳门）理事，华北电力大学教授、博士生导师 | |
| | 刘树坤 | 国际清洁能源论坛（澳门）理事，中国水利水电科学研究院教授 | |

- 解树江 国际清洁能源论坛（澳门）理事，中国经济发展研究会副秘书长
- 桑丽霞 国际清洁能源论坛（澳门）理事，北京工业大学教授
- 王 炜 国际清洁能源论坛（澳门）理事，中国社会科学院研究生院国际能源安全研究中心教授
- 张 昕 国际清洁能源论坛（澳门）理事
- 王 达 国际清洁能源论坛（澳门）理事，北京宝策国际投资管理有限公司副总经理
- 任搏难 国际清洁能源论坛（澳门）常设秘书处项目官员
- 姜耀东 中国经济社会理事会理事，中国矿业大学（北京）副校长
- 韩文科 中国经济社会理事会理事，国家发展和改革委员会能源研究所原所长、研究员
- 白煜章 中国经济社会理事会理事，全国政协人口资源环境委员会办公室主任
- 宋 昆 天津大学建筑学院副院长
- 邱玉东 同济大学上海同设建筑设计院副院长
- 李 宇 北京市地质矿产勘查开发局副总工程师
- 周 铭 武汉新能源研究院副院长

前言：清洁低碳 高效节能

“清洁低碳、高效节能”是第五届国际清洁能源论坛的主题。2016 是中国“十三五”规划的开局之年，是联合国 2030 年全球可持续发展议程启动之年，也是中国成功举办 G20 峰会之年，更将是巴黎气候协议的批准生效之年。在此背景下，要切实推动我国清洁低碳、安全高效现代能源体系的构建，推广清洁、能效和节能技术的利用和市场普及，推进我国能源结构优化及其可再生能源比重的提高，建立公平、公正、透明的全国碳交易市场体系，积极参与全球多边和地区能源治理，实现国家自主减排目标和联合国 2030 年可持续发展议程目标，清洁低碳、高效节能是必由之路。

国际清洁能源论坛（澳门）是一个常设于澳门的非盈利性国际组织，其宗旨是汇聚全球清洁能源领域官、产、研精英，构建国际交流与合作网络，致力于清洁能源的技术创新力和产业竞争力的提高，以实现人人享有低碳低污染可持续能源的生态文明社会。主要任务是研究清洁能源政策、支持清洁能源研发、推动清洁能源投资、普及清洁能源市场。

首先，论坛是一个“官产学”交流的平台。在澳门特别行政区政府的大力支持下，在中国经济社会理事会指导下，国际清洁能源论坛（澳门）联合中国经济发展研究会、中国能源报社等单位将于 2016 年 11 月 29 日至 30 日，在澳门共同举办“第五届国际清洁能源论坛”。同期还将举行“2016 国际清洁能源论坛主题峰会”“2016 清洁能源蓝皮书发布会”“2016 国际清洁能源学术与产业发展研讨会”“2016 国际清洁能源新技术新产品推介及市场研讨会”以及“2016 国际清洁能源年度人物、年度企业和年度产品发布”“第四届中国能源装备优秀人物、优秀企业和优秀产品揭晓”、企业技术及产品展示洽谈和合作项目推广等丰富多彩的活动。本届论坛将围绕能源生产消费、技术创新、体制机制、国际合作等四大改革发展行动路线图进行务实性的研讨，其目的是帮助与会者了解全球清洁能源技术和产业发展最新趋势，把握能源产业

政策和市场动态,推广清洁低碳先进技术和高效节能产品,提供清洁能源项目合作商机,为官产学研各界提供新动态、新思路和新方向。

其次,论坛是一个国际清洁能源的“智库”。论坛联合国内外专家学者成立了各个专项课题组,迄今为止已研究、编辑和出版了《国际清洁能源发展报告》《世界能源发展报告》《温室气体减排与碳市场发展报告》等六本蓝皮书研究报告。今后研究领域将进一步细分化和专题化,重点规划课题如下:

第一,政策市场研究。重点研究优化能源结构实现绿色低碳战略行动路线图。包括积极发展水电、稳步发展风电、安全发展核电、大力发展太阳能、积极开发利用生物质能、积极推进天然气高效利用等政策;利用能源互联网,推广节能技术和设备,发展建筑节能,扩大新能源汽车,提升城市空气质量的措施;实施能源惠民工程,光伏扶贫项目和贫困地区能源开发项目建设;优化供热布局 and 方式,实现清洁能源供热,普及绿色生态节能建筑;推进能源科技和体制创新,有效设计能源补贴政策,培育创新发展新动力等。

第二,技术创新研究。重点研究国家能源技术革命创新行动路线图。包括煤炭无害化开采技术创新;非常规油气和深层、深海油气开发技术创新;煤炭清洁高效利用技术创新;二氧化碳捕集、利用与封存技术创新;先进核能技术创新;乏燃料后处理与高放废物安全处理处置技术创新;高效太阳能利用技术创新;大型风电技术创新;氢能燃料电池技术创新;生物质、海洋、地热能利用技术创新;高效燃气轮机技术创新;先进储能技术创新;现代电网关键技术创新;能源互联网技术创新;节能与能效提升技术创新等。

第三,绿色金融研究。重点研究加快应对气候变化减排进程行动路线图。包括绿色金融体系相关领域绿色信贷、绿色股票指数、绿色基金等;碳排放交易机制与碳交易市场发展;碳汇市场创新与林业经济发展;银行对清洁能源项目融资的监管与金融创新;地方融资平台对清洁能源项目的支持方式;基于VC/PE的视角的清洁能源案例分析;清洁能源发展融资经验及担保、租赁、抵押等问题与解决方案;上市公司对清洁能源项目并购等。

第四,国际合作研究。重点研究“一带一路”战略与能源国际合作行动路线图。结合“一带一路”战略实施,依托重大能源项目,推动我国先进能源技术、装备和标准“走出去”;积极参与G20能源可及性行动计划、可再生能源自愿行动计划、能效引领计划,加强能源国际合作,拓展开放发展新空

间；各国实施清洁能源政策、解决城市污染问题及提升空气质量的经验教训；积极参与国际能源治理，促进获取清洁能源的技术，并促进对能源基础设施和清洁能源技术的投资。

再次，论坛是一个“产学研”的合作平台。在能源互联网发展的背景下，为推进能源供给侧结构性改革，通过技术和市场模式的创新，让清洁能源技术和产品可以更加有效地市场推广和普及，国际清洁能源论坛（澳门）针对清洁能源领域优秀人物、企业和产品进行公益性评选活动，以“责任感、推动力、影响力、引领力”为标准，以“弘扬工匠精神，树立行业领跑者”为目的，推选为推动清洁能源事业发展做出杰出贡献的代表性人物，并表彰和鼓励国际清洁能源界最具公信力的年度企业和产品。评选活动面向清洁能源行业企业、政府主管部门、国际组织、行业协会、科研院所、高等院校、企业研究机构、社会智库等。评审委员会将由政府能源主管部门、研究机构、行业协会、能源企业、新闻媒体等单位领导和专家组成。评选活动遵循权威性、代表性、典型性的原则，按照公正、公平、公开的方法，分阶段进行。与此同时，为推广先进清洁能源技术，实施清洁能源制造业创新 2025 行动计划，建立先进清洁能源技术产品创新推广协作机制，论坛还将举办新技术新产品推介以及技术产品展示洽谈活动，为与会企业提供商业推广与合作机会。

最后，我谨代表国际清洁能源论坛对澳门特别行政区政府和中国经济社会理事会的指导和帮助，对澳门基金会、澳门特别行政区政府环境保护局与能源业发展办公室、中国与葡语国家经贸合作论坛等单位的大力支持，对中国经济发展研究会和中国能源报社参与联合主办，对中国社会科学院研究生院国际能源安全研究中心，武汉新能源研究院的大力协助表示衷心感谢。

国际清洁能源论坛（澳门）理事长

蘇樹輝

2016 年 11 月吉日

目 录

前 言：清洁低碳 高效节能	苏树辉 / 003
---------------------	-----------

建筑节能篇

1 我国建筑节能低碳发展路径与机制	谷立静 张建国 / 003
2 日本“零能耗建筑”发展战略及其路线图研究	周 杰 / 026
3 全生命周期内建材碳排放的研究——海尔斯蜂巢轻质墙体 邱玉东 关贤军 Mamadou Bobo Balde 贾金山 / 074	
4 中国绿色建筑的发展及中新天津生态城的探索 宋 昆 叶 青 邹芳睿 孙晓峰 / 101	

清洁供热篇

5 “煤改气”采暖供热模式在京津冀地区应用现状、问题与对策 姜耀东 宋 梅 郝旭光 朱亚旭 / 125	
--	--

■ 6	煤矿余热利用取代燃煤小锅炉可行性研究	吴晓华 谭 杰 朱建荣 颜丙磊 吕佳霖 / 139
■ 7	清洁能源在长江以南城市采暖供热应用中的试行及推广	曾淑平 段继明 尹 雄 张甜甜 / 160
■ 8	北京市地热能资源开发利用研究报告	黄学勤 郑 佳 王 瑶 李 娟 杜境然 / 186
■ 9	太阳能场联合供热应用于西部油田的经济性分析	周 铭 张燕平 黄晓宏 雷晓林 郑 峻 康 勇 / 206
■ 10	光伏真空玻璃在建筑一体化上的应用	侯玉芝 / 229
■ 11	结语	周 杰 / 249
	Contents	/ 253

建筑节能篇

我国建筑节能低碳发展路径与机制

谷立静 张建国^①

摘 要:

目前,我国建筑部门能源利用效率整体偏低,发展模式不可持续。随着城镇化进程的持续推进,建筑部门已经成为能源消费和碳排放增长的主要部门,转变建筑部门能源利用方式必要而紧迫。实现建筑部门节能低碳发展,需要引导建筑面积合理增长、推广超低能耗建筑、普及高效建筑用能设备和系统、优化终端用能结构和升级建设运行管理模式;同时,还应配套建立和完善建筑能源消费总量控制、城乡科学规划、标准完善提升、技术研发推广、能耗数据支撑等方面的体制机制。

关键词:

建筑 节能 低碳 路径 机制

^① 谷立静,博士,助理研究员,国家发展和改革委员会能源研究所能源效率中心,长期从事节能减排战略、规划、政策等研究,特别是建筑节能研究。张建国,副研究员,国家发展和改革委员会能源研究所能源效率中心,长期从事能源发展战略、节能减排政策、节能技术经济分析、建筑节能和绿色建筑等研究工作。

一、城镇化背景下建筑能源消费持续较快增长

建筑能耗通常指非生产性建筑在使用过程中的能源消耗，即民用建筑运行能耗，包括用于营造建筑室内环境、实现建筑服务功能的采暖、制冷、通风、照明、炊事、热水、家电、办公等能源消耗。建筑部门是现代社会重要的能源消费部门，全球超过 30% 的终端能源消费和 30% 左右的二氧化碳排放来自于建筑部门。2012 年，我国建筑终端能源消费量占全球建筑终端能源消费量的 16%，位居第二，仅次于美国^①。

（一）建筑规模迅猛扩张

进入 21 世纪，伴随城镇化进程不断加快，我国建设规模持续扩大。每年新建建筑面积从 2000 年的 18.8 亿平方米增长到 2014 年的 35.5 亿平方米，几乎翻了一倍；每年在建建筑面积更是从 2000 年的 26.5 亿平方米增长到 2014 年的 135.6 亿平方米，增长了 4 倍（见图 1）。随着人民生活水平的不断提升，



图 1 2000—2014 年我国新建和在建建筑面积

数据来源：中国统计年鉴。

^① IEA, Tsinghua University (2015). *Building Energy Use in China: Transforming Construction and Influencing Consumption 2050*, OECD/IEA, Paris.

城乡居民人均住宅建筑面积也持续增长。2012 年,我国城镇人均居住建筑面积为 32.9 平方米(统计样本不含集体户人口),较 2002 年增长 34%;农村人均居住建筑面积为 37.1 平方米,较 2000 年增长 49%(见图 2)。

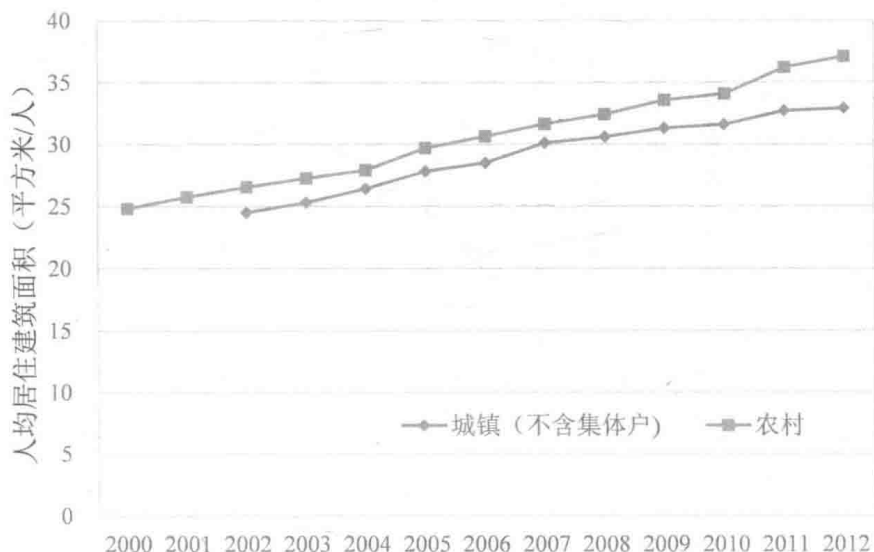


图 2 2000—2012 年我国城乡人均居住建筑面积

数据来源:中国统计年鉴。

(二) 建筑能耗快速攀升

在建筑面积快速增长的拉动下,我国建筑部门能源消费量也持续攀升。2014 年,我国建筑部门一次能源消费量约 8.19 亿 tce,较 2001 年增长了约 130%(见图 3)。其中,北方城镇采暖能耗为 1.84 亿 tce,占 22.5%;城镇住宅能耗(不含北方地区采暖)为 1.92 亿 tce,占 23.4%;公共建筑能耗(不含北方地区采暖)为 2.35 亿 tce,占 28.7%;农村住宅能耗为 2.08 亿 tce,占 25.4%^①。

^① 受现有能源统计方法的限制,我国能源平衡表不能直观地反映建筑部门能耗,建筑能耗与工业、交通等部门能耗混杂在一起,被计入各个产业部门中。国内一些研究机构对我国建筑能耗进行了估算,由于采用的方法不同,所得结果不尽相同。此处引用了清华大学建筑节能研究中心编著《中国建筑节能年度发展研究报告 2016》中的能耗数据。

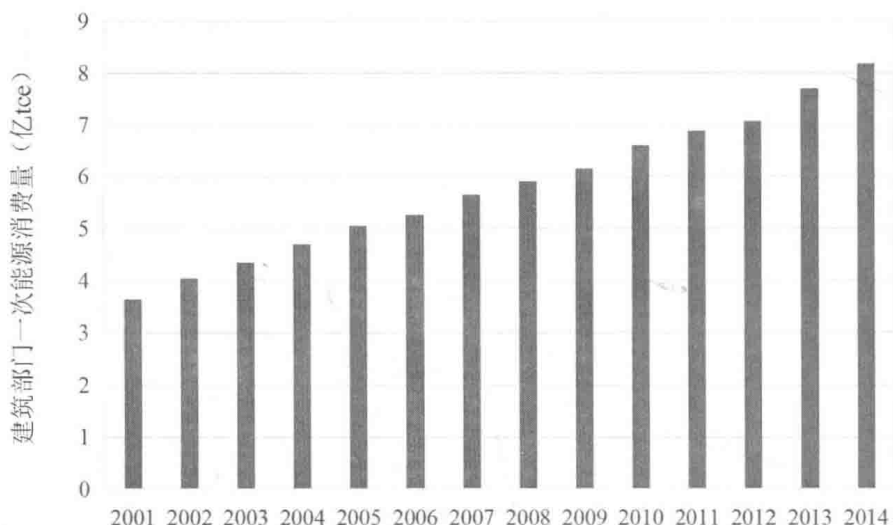


图3 2001—2014年我国建筑部门一次能源消费量

数据来源：清华大学建筑节能研究中心：《中国建筑节能年度发展研究报告 2016》，北京：中国建筑工业出版社 2016 年版。

（三）能效水平不断提高

“十一五”和“十二五”期间，我国加快了建筑节能工作步伐，建筑能效水平不断提升。过去十年间，我国建筑节能设计标准逐步完善提升，2010 年严寒和寒冷地区居住建筑开始执行 65% 节能标准（此前为 50% 节能标准），北京、天津、唐山、乌鲁木齐等地的居住建筑目前已开始执行 75% 节能标准；夏热冬冷地区居住建筑、夏热冬暖地区居住建筑和公共建筑节能设计标准，以及绿色建筑评价标准都得到了修订；2015 年《被动式超低能耗绿色建筑技术导则（试行）》出台。“十一五”和“十二五”时期，新建建筑节能强制性标准执行率大幅提升，2005 年新建建筑设计阶段标准执行率仅 53%，施工阶段仅 21%，目前基本都达到了 100%。“十一五”和“十二五”期间累计完成北方采暖地区既有居住建筑供热计量及节能改造 11.2 亿平方米；夏热冬冷地区居住建筑、公共建筑、农村住宅节能改造也在逐步推进。截至 2015 年底，全国共有 4071 个项目获得了绿色建筑评价标识，总建筑面积 4.7 亿平方米；从 2014 年起，政府投资的公益性建筑、省会以上城市保障性住房、大型公共建

筑强制执行绿色建筑标准。可再生能源建筑应用面积快速增长,截至 2014 年底,全国城镇太阳能光热应用面积达 27 亿平方米,浅层地能应用面积达 4.6 亿平方米,太阳能光电建筑装机容量达 2500 兆瓦。

(四) 用能强度持续增长

从建筑节能设计标准、建筑节能改造、用能设备能效提升等方面推进的建筑节能工作虽然取得了显著成效,但依然无法抑制建筑用能强度的持续增长。因为,随着城镇化的推进,人民生活水平提高,对建筑服务水平的需求快速上涨,抵消了节能工作带来的用能强度下降的效果。除北方城镇采暖外,其余三项建筑能耗的强度均呈不断上升趋势。2014 年,北方地区单位建筑面积采暖能耗为 $14.6\text{kgce}/\text{m}^2$,较 2001 年下降了约 34%;公共建筑(除北方采暖外)单位面积能耗为 $21.9\text{kgce}/\text{m}^2$,较 2001 年增长了约 30%;城镇住宅(除北方采暖外)户均能耗为 $729\text{kgce}/\text{户}$,较 2001 年增长了近 50%;农村住宅户均能耗为 $1303\text{kgce}/\text{户}$,较 2001 年增长了一倍多^①。

二、建筑部门必须加快推进节能低碳发展

(一) 建筑部门是“十三五”及今后能源消费和碳排放增长的主要来源

根据发达国家历史经验,当工业发展到一定程度后,建筑和交通部门能源消费将随着经济发展急剧增长,建筑部门在全社会终端能源消费量中的占比将达到 30%—40% 左右。我国目前的经济发展阶段落后于发达国家,人均建筑面积和建筑能源服务水平与发达国家均存在差距。未来,随着城镇化的进一步推进,我国居民生活质量和服务业发展水平都将继续提升,进而拉动建筑部门能源消费和二氧化碳排放持续增长。伴随后工业化时期的到来,建筑部门也终将

^① 清华大学建筑节能研究中心:《中国建筑节能年度发展研究报告 2016》,北京:中国建筑工业出版社 2016 年版。