

中国城市科学研究系列报告
中国城市科学研究会 主编

中国工程院咨询项目

中国建筑节能 年度发展研究报告

2018



清华大学建筑节能研究中心 著

中国建筑工业出版社

中国城市科学研究系列报告

中国城市科学研究会 主编

中国工程院咨询项目

中国建筑节能年度发展研究报告 2018

2018 Annual Report on China Building Energy Efficiency



THUBERC

清华大学建筑节能研究中心 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国建筑节能年度发展研究报告 2018/清华大学建筑节能研究中心著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2018. 3

ISBN 978-7-112-21913-1

I. ①中… II. ①清… III. ①建筑-节能-研究报告-中国-2018 IV. ①TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 043931 号

责任编辑: 齐庆梅 张文胜

责任校对: 李美娜

中国城市科学研究系列报告

中国城市科学研究会 主编

中国建筑节能年度发展研究报告 2018

2018 Annual Report on China Building Energy Efficiency

清华大学建筑节能研究中心 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京市安泰印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 25½ 字数: 440 千字

2018 年 4 月第一版 2018 年 4 月第一次印刷

定价: 60.00 元

ISBN 978-7-112-21913-1

(31831)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

《中国建筑节能年度发展研究报告 2018》

顾问委员会

主任：仇保兴

委员：（以拼音排序）

陈宜明 何建坤 贾 康 赖 明

李俊峰 刘加平 陆新明 倪维斗

潘家华 汪光焘 王庆一 王善成

吴德绳 武 涌 徐锭明 薛 澜

赵家荣 周大地

本书作者

清华大学建筑节能研究中心

(按章节顺序排)

胡姗 (第1章, 2.1)

郭偲悦 (第1章, 2.1)

张洋 (第1章, 4.5)

江亿 (第3章)

刘晓华 (第3章, 5.1, 5.2)

张涛 (第3章, 5.1, 5.2, 6.2)

魏庆芑 (2.2, 2.3, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 5.4, 6.2, 6.3, 6.5, 第7章)

卢地 (2.2, 4.2, 4.3, 4.4, 5.1, 6.5)

刘效辰 (5.1)

关博文 (5.2)

刘烨 (5.3)

唐千喻 (5.3)

夏建军 (5.5)

方豪 (5.5)

张野 (6.1)

梁媚 (6.2)

邓杰文 (6.3, 7.4, 8.1, 8.3, 8.5, 8.6)

燕达 (6.4)

钱明杨 (6.4)

姜子炎 (6.6)

郝志刚 (7.3)

尹顺永 (8.2)

郑雯 (8.2)

刘畅 (8.4)

特邀作者

(按章节顺序排)

上海建科建筑节能技术股份有限公司

上海市长宁区低碳项目管理和发展中心

中国建筑科学研究院

青岛被动屋工程技术有限公司

珠海兴业绿色建筑科技有限公司

广州市设计院

中铁二院工程集团有限责任公司

地铁院机电分院

统稿：胡姗、邓杰文

邓光蔚、李梦惜 (7.2)

冒勤 (7.2)

于震、李怀 (8.1)

于正杰、刘磊、韩飞 (8.2)

罗多、李进、张玲 (8.3)

屈国伦、林辉、谭海阳 (8.5)

刘伊江、侯喜快、龚波 (8.6)

总 序

建设资源节约型社会，是中央根据我国的社会、经济发展状况，在对国内外政治经济和社会发展历史进行深入研究之后做出的战略决策，是为中国今后的社会发展模式提出的科学规划。节约能源是资源节约型社会的重要组成部分，建筑的运行能耗大约为全社会商品用能的三分之一，并且是节能潜力最大的用能领域，因此应将其作为节能工作的重点。

不同于“嫦娥探月”或三峡工程这样的单项重大工程，建筑节能是一项涉及全社会方方面面，与工程技术、文化理念、生活方式、社会公平等多方面问题密切相关的全社会行动。其对全社会介入的程度很类似于一场新的人民战争。而这场战争的胜利，首先要“知己知彼”，对我国和国外的建筑能源消耗状况有清晰的了解和认识；要“运筹帷幄”，对建筑节能的各个渠道、各项任务做出科学的规划。在此基础上才能得到合理的政策策略去推动各项具体任务的实现，也才能充分利用全社会当前对建筑节能事业的高度热情，使其转换成为建筑节能工作的真正成果。

从上述认识出发，我们发现目前我国建筑节能工作尚处在多少有些“情况不明，任务不清”的状态。这将影响我国建筑节能工作的顺利进行。出于这一认识，我们开展了一些相关研究，并陆续发表了一些研究成果，受到有关部门的重视。随着研究的不断深入，我们逐渐意识到这种建筑节能状况的国情研究不是一个课题通过一项研究工作就可以完成的，而应该是一项长期的不间断的工作，需要时刻研究最新的状况，不断对变化了的情况做出新的分析和判断，进而修订和确定新的战略目标。这真像一场持久的人民战争。基于这一认识，在国家能源局、住房城乡建设部、发改委的有关领导和学术界许多专家的倡议和支持下，我们准备与社会各界合作，持久进行这样的国情研究。作为中国工程院“建筑节能战略研究”咨询项目的部分内容，从2007年起，把每年在建筑节能领域国情研究的最新成果编撰成书，作为《中国建筑节能年度发展研究报告》，以这种形式向社会及时汇报。

清华大学建筑节能研究中心

前 言

正如党的十九大报告所指出，我国已经进入中国特色社会主义发展的新时期，城镇化建设也已经进入新阶段。统计表明，从 2015 年起，我国建筑开工总量、每年消耗的建材总量以及新建建筑导致的相关的二氧化碳排放总量都已经达到峰值，2016 年、2017 年开始呈下降趋势。这就表明我国城镇化发展出现了新的变化：大规模住宅、办公楼、商业大厦的建设已经告一段落，今后城镇化建设的重点开始在如下三个方面集中：为了改善民生所需要的医院建筑、学校建筑以及社区活动配套建筑；为了满足进一步改善交通环境所配套建设的机场、高铁车站以及地铁车站建筑；一批国家级和省级的新区开发建设，如雄安新区、北京通州副中心、西咸新区、珠海横琴岛、深圳前海自贸区等。

与这一变化相适应，今年这本以公共建筑为主题的报告也就突出了这些方面的内容。报告对大型交通枢纽建筑、医院建筑的目前用能状况和节能途径专门进行了较深入的分析；对学校建筑用能和室内环境状况以及未来的学校建筑（尤其是中小学建筑）应朝什么方向发展，才有利于改善目前发展不平衡的矛盾，有利于把生态文明的发展理念牢牢地在我们的下一代中扎根，进行了初步讨论；对新区建设的指导思想和实现总量与强度双控的具体做法，提出了系统性的建议。这些内容都是第一次出现在本系列报告中，也是我们根据城镇化建设工作的变化和近年来调查研究得到的新认识。

从技术措施上看，我们发现上述公共建筑的共同特点是室内空间通风换气问题。目前这些建筑明显地呈现出的特点是：很多人员长时间停留的场所（如中小学学校）通风换气不足，室内空气品质不佳；人员停留时间短、不需要过大的通风换气量的场所（典型是交通枢纽）却是过量通风，室内 CO_2 浓度远远低于很多教室空间，过多的室外空气带入过多的室外热、湿、冷，过量通风换气成为这类建筑中能耗偏高者高能耗的主要原因；病室之间由于空调系统形式不当导致的空气交叉渗透又是影响医院病房相互感染的主要原因。因此，如何科学地调控公共建筑的有效通风量，既满足通风要求以保证室内空气质量，又要防止各种过量通风导致运行能耗上涨，同时又要从通风方式上合理组织空气流动，这些都成为在有效控制运行能耗

的前提下营造良好的公共建筑室内环境的关键问题。为此,本报告在不少章节中讨论了通风问题,包括现实状况、各种改进措施、监测手段等。报告中建议应该与温度、湿度一样,把 CO_2 浓度也作为室内环境设计和运行的监控指标,替代新风量,从而使新风量控制与冷热、干湿一样,成为设计者和运行管理者关注的对象,使其维持在合理范围内,避免过高和过低的现象出现。随着对通风问题的研究,我们越来越意识到通风问题非常重要,也非常复杂。目前的认识离全面解释各种实际工程中的问题还有不少距离,目前可以提出的技术路径也远非是可以使各方面都满意的解决方案。看来通风问题还需要深入研究,既需要深入调查,剖析工程中出现的实际现象;又需要深入分析,提取科学规律找到解决途径。这个方向上还有挺长的路要走,希望更多一些有兴趣者能投入到这一方向中来。

建筑节能工作要从措施导向转为效果导向,建筑实际的用能数据应该是检验建筑节能工作的唯一标准。经过这些年的宣传和实践,建筑节能领域中越来越多的同事开始关注用能数据,拿数据说话。近十年来,国家投入大量财政支持,建成了公共建筑能耗监测平台,使我们的建筑节能工作已经从没有数据发展成有大量的实时能耗数据和静态节能审计数据。大数据技术又全面推进了数据获取和数据挖掘的技术发展。配合这一形势,本报告的第4章介绍了作为以能耗数据导向的建筑节能工作的基础——《民用建筑能耗标准》,以及目前用能数据在线监测与应用状况。第7章则通过三个工程实例具体介绍了以能耗数据为导向的建设和运行的全过程管理方法与经验。希望能耗数据得到更多人的关注,以能耗数据为导向的建筑节能理念能够深入人心,大数据技术能够给建筑节能工作带来理念、方法以及结果上的大变化。

这是第三本重点讨论公共建筑的报告(2010年、2014年、2018年)。比较这三本报告的内容,可以看出我们在公共建筑室内环境营造和节能减排方面认识的逐步发展与深化。这些认识上的进步得益于这一领域众多的研究者、设计者、调适者和运行管理者的支持帮助与启发,也借鉴了很多国内外这一领域研究者的成果。在此向对我们提供了大量无私指导和帮助的同行们表示深深的感谢。这项工作还需要在大家不断的支持与鼓励下,才能持续地做下去。真正实现优异的室内环境和超低的运行能耗,解决各类不同功能建筑的各种需求与问题,前面的路还很长,还有很多工作要做。

本书的很大一部分工作是由魏庆芃老师和他领导的课题组的同学们完成的。这个小组多年来深入现场,对各类公共建筑做了大量的调查、实测与分析,摸索总结出一套从实际工程出发,接地气的建筑节能研究方法,书中的很多内容都源于他们

这些深入实际的工作。感谢他们十几年来在这一领域的辛勤耕耘，感谢他们对本书的重要贡献。本书的第1章和全书的编辑总成负责人是胡姍博士，这是工作量巨大又十分繁琐的工作，对她表示感谢。当然更应该感谢的是本书的责任编辑齐庆梅和张文胜。今年交稿很晚，中间又有一个春节长假，这样短的时间内能高质量地让这本书出版面市，是一件很难想象的事情，但是他们做到了。

江亿

于清华大学节能楼

2018年2月3日

目 录

第 1 篇 中国建筑能耗基本现状

第 1 章 中国建筑能耗基本现状	2
1.1 中国建筑领域基本现状	2
1.2 中国建筑运行能耗及碳排放现状	7
1.3 中国建筑节能领域的新进展	17

第 2 篇 公共建筑节能专题

第 2 章 公共建筑节能专题	26
2.1 公共建筑面积现状及发展趋势	26
2.2 各类公共建筑能耗强度现状	30
2.3 公共建筑节能发展回顾与趋势	45
第 3 章 公共建筑发展理念	50
3.1 标准规范中的室内环境参数要求	50
3.2 室内环境监测评估应考察 CO ₂ 浓度	56
3.3 多参数多手段各自独立控制	61
3.4 使用者是被动接受服务还是主动参与	65
3.5 室内环境营造方式是集中还是分散	70

3.6	建筑节能是措施导向还是效果导向·····	77
3.7	从生态文明角度看室内环境营造·····	83
第4章	公共建筑用能计量与管理 ·····	87
4.1	《民用建筑能耗标准》的颁布与实施·····	87
4.2	公共建筑能耗监测平台发展现状·····	98
4.3	城市能耗监测平台发展状况·····	102
4.4	逐步发展出的地产集团建筑能耗监管平台·····	107
4.5	我国建筑部门控排工作与碳排放的核算配额方法·····	120
第5章	我国新建公共建筑的发展方向、趋势 ·····	132
5.1	机场航站楼等高大空间交通枢纽·····	132
5.2	地铁建筑·····	147
5.3	医院建筑·····	160
5.4	学校建筑·····	174
5.5	新区建设·····	183
第6章	节能技术 ·····	193
6.1	室内 CO ₂ 浓度调控指标与方式·····	193
6.2	高大空间公共建筑的无组织冷风渗透与管理·····	200
6.3	磁悬浮变频离心式压缩机及冷水机组·····	214
6.4	多联机专题讨论·····	224
6.5	从公共建筑冷热电实际需求特点分析能源联供技术在建筑的 可应用性·····	232
6.6	公共建筑照明节能·····	241
第7章	公共建筑节能全过程管理及优秀实践案例 ·····	251
7.1	新建公共建筑的节能全过程管理·····	251
7.2	节能全过程管理优秀实践案例：上海虹桥迎宾馆9号楼·····	258

7.3 节能全过程管理优秀实践案例：中粮置地成都大悦城	272
7.4 节能全过程管理之调适优秀实践案例：深圳平安国际金融中心	294
第8章 公共建筑最佳实践案例	311
8.1 寒冷地区超低能耗公共建筑最佳实践案例：中国建筑科学研究院近零能耗示范楼	311
8.2 寒冷地区超低能耗公共建筑最佳实践案例：青岛中德生态园被动房技术中心	325
8.3 夏热冬暖地区超低能耗公共建筑最佳实践案例：珠海兴业新能源产业园研发楼	337
8.4 寒冷地区超低供暖能耗公共建筑最佳实践案例：北京颐堤港	349
8.5 夏热冬暖地区高效制冷站最佳实践案例：广州白天鹅宾馆及广东省政府5号楼	363
8.6 低能耗交通建筑最佳实践案例：成都地铁3号线磨子桥站	381
附录 机场航站楼能耗强度指标	394

第 1 篇 中国建筑能耗基本现状

第 1 章 中国建筑能耗基本现状

1.1 中国建筑领域基本现状

近年来,我国城镇化高速发展,大量的人口从农村进入城市。2016 年,我国城镇人口达到 7.98 亿人,城镇居民户数从 2001 年的 1.55 亿户增长到约 2.83 亿户;农村人口 5.82 亿人,农村居民户数从 2001 年的 1.92 亿户降低到约 1.53 亿户,城镇化率从 2001 年的 37.7%增长 2016 年的 58%,如图 1-1 所示。

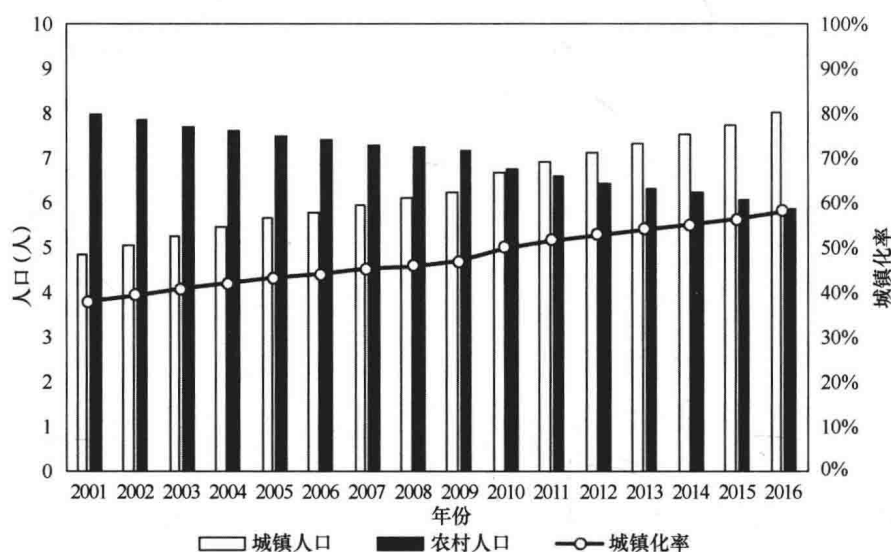


图 1-1 2001~2016 年中国逐年人口发展

快速城镇化带动建筑业持续发展,我国建筑业规模不断扩大。从 2001 年到 2016 年,我国建筑营造速度逐年增长,城乡建筑面积大幅增加,自 2005 年起,每年的竣工面积均超过 15 亿 m^2 ,2016 年的建筑竣工面积达到 25.9 亿 m^2 。竣工面积中住宅建筑约占 66%,公共建筑约占 34%,如图 1-2 所示。

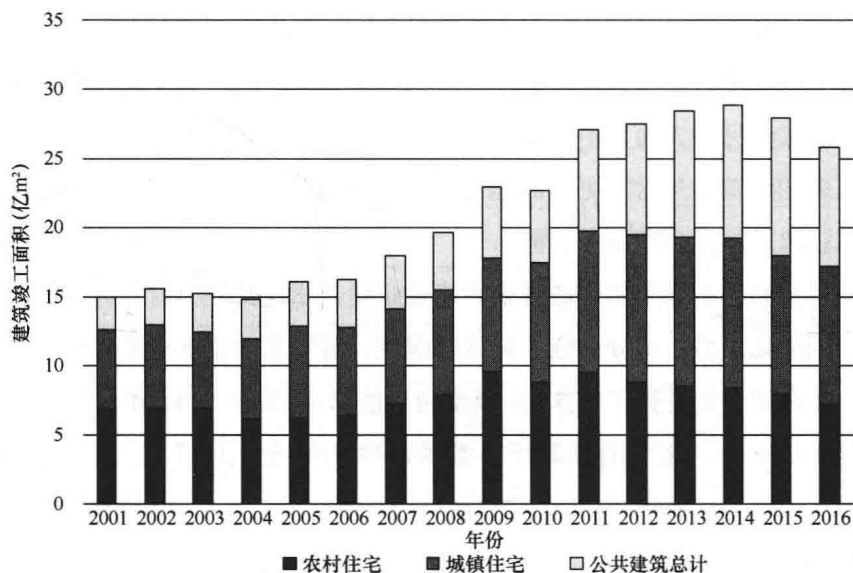
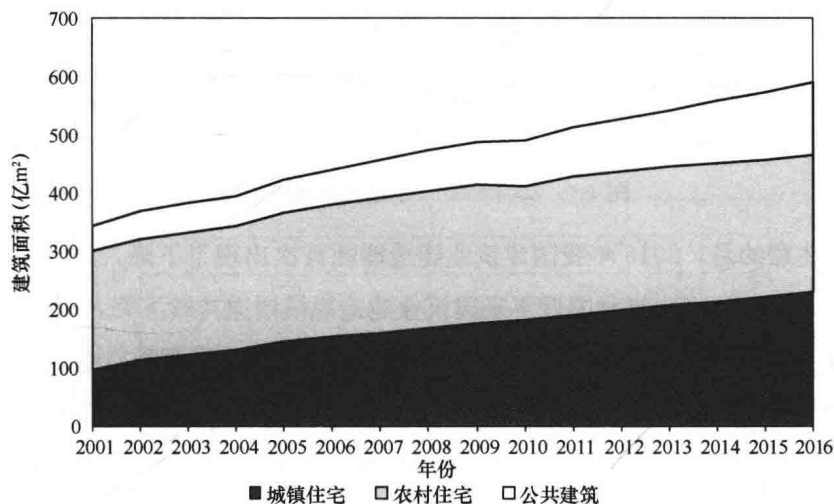


图 1-2 2001~2016 年中国各类民用建筑竣工面积

逐年增长的竣工面积使得我国建筑面积的存量不断高速增长，2016 年我国建筑面积总量约 581 亿 m^2 ，其中：城镇住宅建筑面积为 231 亿 m^2 ，农村住宅建筑面积 233 亿 m^2 ，公共建筑面积 117 亿 m^2 ，如图 1-3 所示。

图 1-3 2001~2016 年中国建筑面积^①

建筑规模的持续调整增长主要从两方面驱动了能源消耗和碳排放增长：一方

^① 数据来源：清华大学建筑节能研究中心估算结果，详细推算方法详见《中国建筑节能年度发展研究报告 2015》。

面,建设规模的持续增长都需要以大量建材和能源的生产与消耗作为代价,我国大量的新建建筑与基础设施所产生的建造能耗也是我国能源消耗和碳排放持续增长的一个重要原因;另一方面,不断增长的建筑面积也给未来带来大量的建筑运行能耗需求,更多的建筑必然需要更多的能源来满足其供暖、通风、空调、照明、炊事、生活热水,以及其他各项服务功能。

新建建筑和基础设施的建造带来的建筑业建造能耗又分为两大部分:一部分是建材生产的能耗;另一部分是施工阶段的能耗。清华大学建筑节能研究中心对建筑业建造能耗和碳排放进行了估算^①,根据初步估算,2004~2015年,建筑业建造能耗从接近4亿tce(吨标准煤)翻了一番多,2015年已达10.7亿tce,占全社会一次能源消耗的百分比高达24.9%,如图1-4所示。

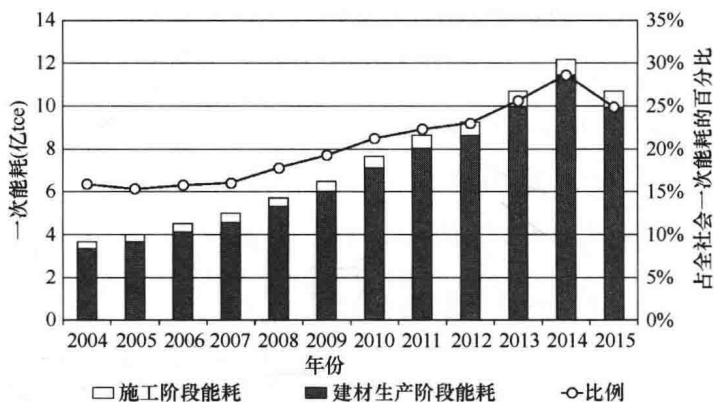


图 1-4 2004~2015 年建筑业建造能耗

值得注意的是,2015年我国建筑业建造能耗首次出现了下降,与2014年相比下降了1.48亿tce,这与我国近年来建筑业建造规模增速持续下降,建筑业产值增速放缓有关。根据住房和城乡建设部发布的《2016年建筑业发展统计分析》,我国的全社会房屋施工面积与竣工面积从2006年起直到2013年,维持了近10年约10%以上的高速增长,但自2014年起二者的增长率迅速下降,2015年首次出现了负增长(见图1-5),施工竣工面积的下降,直接导致了我国建筑业建造能耗的降低。

建筑业建造能耗中93%均为钢材、水泥和铝材等建材的生产能耗,大量建材

^① 估算方法详见《我国建筑业广义建造能耗及CO₂排放分析》,林立身,江亿,燕达,等,中国能源,2015,37(3):5-10。