

城市 · 建筑

CITY
BUILDING

Research on the
Green Low-carbon
Development of
City and Building

绿色低碳发展研究

住房和城乡建设部科技与产业化发展中心
(住房和城乡建设部住宅产业化促进中心)

中国建筑工业出版社

城市·建筑

绿色低碳发展研究

住房和城乡建设部科技与产业化发展中心
(住房和城乡建设部住宅产业化促进中心)

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

城市·建筑绿色低碳发展研究/住房和城乡建设部科技与产业化发展中心 (住房和城乡建设部住宅产业化促进中心). —北京: 中国建筑工业出版社, 2015. 10

ISBN 978-7-112-18287-9

I. ①城… II. ①住… III. ①绿色经济-经济发展-研究-中国 IV. ①F124.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 161906 号

责任编辑: 张文胜 田启铭

责任设计: 张 虹

责任校对: 张 颖 陈晶晶

城市·建筑绿色低碳发展研究

住房和城乡建设部科技与产业化发展中心
(住房和城乡建设部住宅产业化促进中心)

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 25 $\frac{3}{4}$ 字数: 622 千字

2015 年 8 月第一版 2015 年 8 月第一次印刷

定价: 75.00 元

ISBN 978-7-112-18287-9

(27524)

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)

编 委 会

主 任：梁俊强

副 主 任：王珊珊 程 杰

委 员：郝 斌 刘幼农 张 峰 高立新 宋 凌 刘敬疆
孔祥娟 张小玲 戚仁广 丁洪涛

主编单位：住房和城乡建设部科技与产业化发展中心
(住房和城乡建设部住宅产业化促进中心)

前 言

随着居民生活水平逐步改善,人均住房面积及能耗强度的增加,建筑能耗显著增长,2013年建筑总商品能耗占全国能源消费总量的比例达到19.5%,与工业、交通构成我国节能减排的三大重点领域。国务院能源发展战略行动计划(2014—2020)提出,到2020年,我国一次能源消费总量控制在48亿吨标准煤左右,在能源消费总量控制目标下,抑制建筑能耗过快增长至关重要,是推动新型城镇化建设、生态文明建设的重要举措。

经过“十一五”、“十二五”的努力,我国的建筑节能与绿色建筑取得了长足发展,其中新建节能建筑103.4亿 m^2 ,推广绿色建筑6.46亿 m^2 ,既有建筑节能改造10亿 m^2 ,可再生能源建筑应用超过30亿 m^2 ,建筑用能增速慢于总能耗增速,建筑用能刚性增长趋势得到缓解。与此同时,建筑节能工作思路与时俱进,从北方区域转向南方区域,从住宅节能转向公共建筑节能,从节能建筑转向绿色建筑,从可再生能源单一应用转向多元优化集成应用,从单体建筑节能转向绿色生态城区。尽管如此,建筑节能工作体系仍有不足,有待进一步改进与完善。一是建筑用能总量控制目标缺失,加上建筑领域的节能量数据无法及时反映真实情况,导致在建筑节能的具体工作中具有一定的间接性,无法实现量化考核制度;二是建筑节能工作以政府主导为主,市场机制缺乏,资金渠道单一;三是建筑节能的管理与控制主要针对城镇新建建筑,尚未实现对建筑运行阶段能耗的有效监管以及农村新建建筑的监管。

从发展趋势看,随着工业化、城镇化进程加快和能源消费结构持续调整升级,我国建筑能源需求刚性增长趋势不会改变,而且如何提高能源效率,降低能耗强度,用更少的能源消耗满足人民群众对生活品质的追求是必须要面对的问题。譬如,3亿人进城、供暖线南移、农村用能“城市化”倾向、从刚性舒适度的“省着用”到追求品质的“舒服用”等趋势都拉动着建筑用能消费的增加。从发展水平看,我国的建筑节能与绿色化水平不高,建筑能效标准偏低;材料性能和产品质量与发达国家存在差距;建筑建造方式仍然较落后,建筑工业化水平低,这些因素都制约着我国建筑节能和绿色建筑的发展。

在面临诸多挑战的情况下,未来的建筑节能工作需从多方面入手:一是严控新建建筑的能耗强度,借助推广绿色建筑标识、建筑能效标识,设计建造低能耗建筑、被动房等举措,抑制建筑能耗增量;二是通过加强北方既有居住建筑节能改造、公共建筑节能改造、供热计量改革等措施,对既有建筑进行节能品质升级,提升能源效率,降低建筑能耗存量;三是继续推进可再生能源建筑应用,优化系统设计形式和控制策略,实现可再生能源与建筑的有机融合和高效利用,改善建筑能耗结构;四是发展装配式建筑,提高建筑工业化水平;推行绿色建材标识制度,促进建筑材料绿色化水平的提升,引导关联产业节能降耗;五是加强建筑节能体制机制建设,创造更好的发展环境和发展模式。

基于此,为了系统呈现我国建筑节能与绿色建筑工作的发展思路、举措与成效,本书收录了住房和城乡建设部科技发展促进中心(住房和城乡建设部住宅产业化促进中心)的

部分研究与实践成果，并按照能源消费现状与趋势，发展思路，控制增量、降低新建建筑能耗，优化存量、提升建筑品质，推广可再生能源建筑应用，住宅产业现代化，城市减排及建筑节能体制机制创新这一脉络进行了分类归纳。本书中的研究与实践成果主要包括学术论文、研究报告摘选及工作报告，分别用J、R和W表示。为了方便阅读，每篇论文或报告独立为一节，在每节起始页以脚注的形式，对作者、成果类型、发表信息、所属研究报告及项目等进行了标注。希望本书的出版能够为社会各界了解中国建筑节能与绿色建筑发展现状、发展方向提供渠道和参考。

由于我国建筑节能和绿色建筑事业处于蓬勃的发展之中，无时无刻不在发生着变化，加上我们的水平有限，书中内容难免有疏漏错误之处，欢迎大家批评指正。

编写组

2015年6月8日

目 录

第1章 能源消费现状与趋势	1
1.1 城市能源供应和消费的现状与挑战	2
1.2 未来城市能源消费发展趋势与总量控制规划	14
1.3 中国民用建筑总量和能源消耗总量的预测模型研究	23
1.4 我国绿色建筑评价标识情况报告	35
1.5 基于建筑能效标识数据的研究与分析	43
1.6 基于建筑能耗限额的能耗总量控制策略与实践	51
第2章 总体思路	57
2.1 中国建筑节能政策顶层设计	58
2.2 关于建筑节能的评价：能耗与能效的思辨与未来发展思考	64
2.3 绿色生态城区专项规划研究	71
2.4 浅谈低影响开发在我国的发展现状及其局限性	80
2.5 推进住宅产业现代化的现状、问题和对策建议	86
第3章 控制增量，降低建筑能耗	93
3.1 我国强制执行绿色建筑标准的实施情况	94
3.2 从绿色建筑到绿色住区——海南省规模化推广绿色建筑路径探索	101
3.3 《绿色医院建筑评价标准》技术要点解析	111
3.4 低能耗绿色建筑示范区技术导则编制研究	114
3.5 被动式房屋理念辨析	120
3.6 被动房——未来房屋发展的必然趋势	133
3.7 欧洲超低能耗建筑标准体系及发展现状	141
3.8 超低能耗建筑技术应用及经济性分析研究	150
3.9 被动房对我国居住建筑供暖能耗和 CO ₂ 排放的影响分析	159
3.10 被动式低能耗建筑围护结构关键技术与材料应用	163
3.11 新风对采用被动房技术的居住建筑能耗的影响	175
第4章 优化存量，提升建筑品质	185
4.1 北方供暖地区既有居住建筑供热计量及节能改造工作进展与思考	186
4.2 夏热冬冷地区既有居住建筑节能改造政策要点与工作进展	194
4.3 供热计量改革体制机制研究	200
4.4 国内户用超声波热量表技术现状	204
4.5 建筑节能技术成本曲线研究	212
4.6 公共建筑节能改造应用 PPP 模式研究	217

第5章 推广可再生能源建筑应用	225
5.1 可再生能源建筑应用实践总结与思考	226
5.2 可再生能源建筑应用发展现状与展望	237
5.3 省级可再生能源建筑应用政策评价研究	248
5.4 太阳能热水系统设计参数与评标指标分析	253
5.5 居民生活热水需求与用能方式调查研究	261
5.6 我国分布式能源系统应用浅析	268
第6章 推进住宅产业现代化	275
6.1 装配式低层住宅促进农村房屋转型升级	276
6.2 引导建材产品升级,促进绿色建筑发展	281
6.3 绿色建筑部品全生命周期成本与效益评价方法研究	287
6.4 绿色建材对降低碳排放的影响及发展研究	293
第7章 提升城市减排能力	299
7.1 城市空间形态与交通能耗关联性研究	300
7.2 饮用水深度处理中的绿色工艺——超滤膜处理	304
7.3 城镇污泥水泥窑协同处置现状和政策需求分析	309
7.4 国外污泥处理处置实践经验分析及对中国的借鉴与启示	314
7.5 国内外污泥处理处置标准指标分析及对我国相关标准研究的建议	318
7.6 城市污泥土地利用碳排放的研究进展	328
7.7 建筑装饰装修垃圾处理问题与对策	331
7.8 建筑废弃物资源化利用进展及建议	335
第8章 深化体制机制创新	343
8.1 推广应用建设科技成果,助力城市绿色低碳发展	344
8.2 中国建筑领域碳排放权交易现状及可行性研究	352
8.3 超低能耗建筑技术激励政策	360
8.4 既有公共建筑绿色化改造市场发展的障碍与对策研究	369
8.5 合同能源管理在建筑领域应用的思考与建议	377
8.6 纽约市建筑能耗对标政策研究及启示	383
8.7 从武进绿色建筑示范区建设的微观视角探讨我国绿色建筑发展的市场化路径	390

第 1 章

能源消费现状与趋势

1.1 城市能源供应和消费的现状与挑战^①

1. 城市能源消费大幅增长

城市能源消费主要包括建筑与基础设施运行能耗，建材生产能耗等。城市能源消费伴随着城镇人口增加、经济和社会物质文明发展而持续增长。2000 年以来，我国城镇人口增加了近 3 亿人（图 1.1-1），增长近 60%，而城镇化率提高近 20%，未来城市人口还将大幅增加。与此同时，每年新开工建筑面积以及竣工面积持续增加，使得建筑面积总量大幅增加，建材、建筑施工以及随之而来的建筑运行能耗大幅增长。下面分别从建筑能耗、建材、水资源以及基础设施消费等方面分析城市能源消费情况。

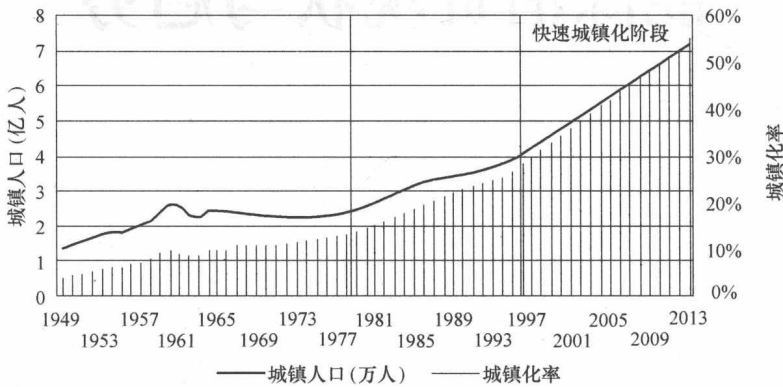


图 1.1-1 1949 年以来我国城镇化水平变化

数据来源：中国统计年鉴。

(1) 城市建筑能源消费

城市建筑能耗，指的是人们在居住和公共建筑中生活、工作过程中所消耗的能源，服务于建筑室内环境营造、娱乐或办公活动、炊事和热水等生活必需活动。建筑能耗具有用能主体数量多且分散的特点。同时，由于气候影响，具有冬夏季、南北方差异大的特点。

从能源消费量来看，建筑能耗随着居民生活水平逐步改善，人均住房面积及能耗强度的增加将有显著增长趋势。2013 年，我国建筑运行能耗为 7.5 亿吨标准煤，相比于 2001 年，增加了超过 1 倍（图 1.1-2）。从图中可以看出，建筑能耗占比从 2000 年的 25% 以上，逐步下降到 20% 左右，从 2011 年出现拐点，开始出现上升趋势。欧美发达国家建筑能耗增长的规律显示，我国在 2030 年初步完成城镇化进程后，建筑能耗将占到社会能源

^① 彭琛，郝斌. 城市能源供应和消费的现状与挑战 [R]. 摘自“新型城镇化建设背景下的城市能源供给和利用方式”研究报告。

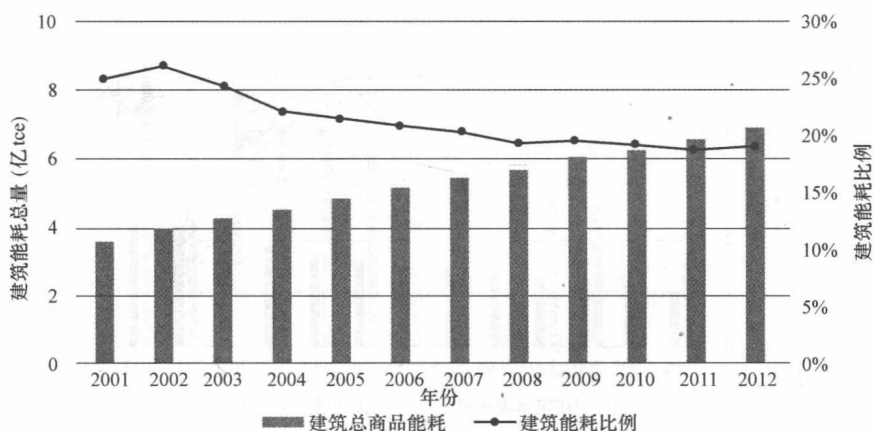


图 1.1-2 我国建筑能耗及占全社会能耗比例图

数据来源：清华大学建筑节能研究中心。

消费总量的 1/3 左右。

结合城市发展和建筑节能工作开展情况来看，各类城市建筑能耗发展呈现以下特点：

1) 北方城镇供暖能耗总量上升，但用能强度下降。一是近年来随着建筑节能工作的持续推进，北方地区城镇新建的节能建筑比例不断提高；二是近年来，热电联产、区域锅炉等高效热源逐步替代小型燃煤锅炉，热源效率明显提升。

2) 公共建筑能耗总量与用能强度持续增加。一是公共建筑快速增加，超过一半的公共建筑在 2001 年后新建。二是公共建筑服务水平普遍提高，各类终端用能设备（空调、通风、照明等）数量和种类不断增加。

3) 住宅建筑能耗总量与用能强度增长。主要是由于近年来城镇家庭的生活水平不断提高，家用空调、生活热水、家电等电器的数量明显增加，同时室内环境要求及生活热水需求明显提高。

从能源供应与消费方式来看，建筑能耗对环境产生了污染，而仍有未满足人们舒适与健康的环境营造或生活需求的情况。这包括：北方城市冬季供暖期较长，大量燃烧煤炭对雾霾产生了促进作用，污染环境且影响人们健康；而在长江流域，仍然未能很好地解决冬季室内冷和湿的问题。此外，在南方一些城市还出现过夏季由于空调负荷大幅增长而导致拉闸限电问题，能源供应未能很好地满足消费需求。

(2) 城市建筑材料、水资源及基础设施消费

当前，城市建筑材料主要为钢筋混凝土结构，消耗大量的水泥和钢材，这些材料的生产要消耗大量的能源。在我国北方大部分城市水资源较为匮乏，水资源的消费与能源消耗有着共同特点和问题。而基础设施的资源消费在城市建设服务水平提高的同时也在不断增加。

1) 建筑材料

2012 年，城镇民用建筑水泥用量为 5.32 亿 t，占全国水泥总产量的 24.4%，钢材用量为 2.41 亿 t（图 1.1-3），占全国钢材产量的 25.3%。如果不控制建筑面积，不对建筑方式进行革新，水泥和钢材的消耗量还将进一步增长，与之相应的能源消耗与环境影响也将持续增加。

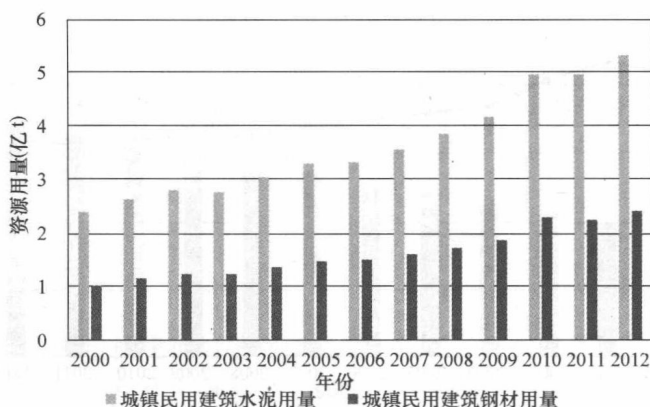


图 1.1-3 城镇民用建筑水泥和钢材消耗量

2) 水资源

2013 年，城市综合供水能力达到 2.84 亿 m^3/d ，供水总量 537.3 亿 m^3 ，比 2000 年增长了 14.5%，其中生活用水供应量 267.6 亿 m^3 ，比 2000 年增长了 33.8%（图 1.1-4）。从消费结构上看，城市生活用水比例不断提高。从消费强度上看，全国城市人均综合用水量为 348.3 $\text{L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ ，比 2000 年下降了 32.7%，城市节水工作取得了明显成效。

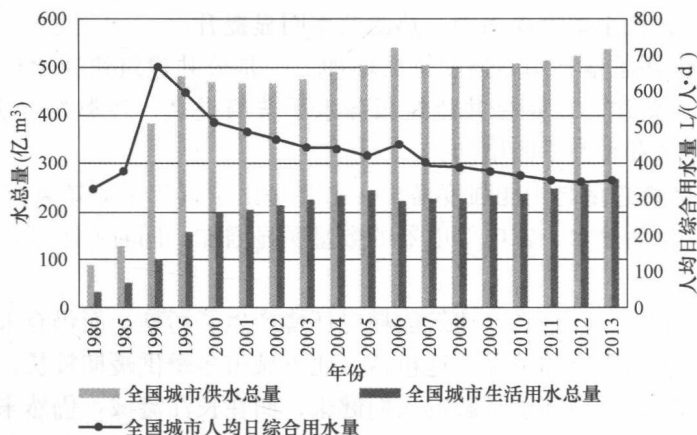


图 1.1-4 水资源消费情况

3) 城市基础设施及其用电情况

城市公共服务主要包括热力、煤气及水生产和供应、公共照明、公共交通、废弃资源和废旧材料回收加工业等领域。根据中国电力联合会统计数据计算，2012 年，以上领域共耗电 1014.37 亿 kWh ，约合 3600 万吨标准煤。近年来，由于城市基础设施建设水平不断提高，城市公共服务水平改善明显，公共服务能耗也呈上涨势头（图 1.1-5、图 1.1-6）。

2. 我国建筑能源消费与发达国家比较

我国建筑用能方式和建筑条件与发达国家有较大差异。表现在两个方面：第一，室内环境服务水平还有待提高。主要包括室内空气质量问题，长江流域建筑室内冬季湿冷而夏季湿热等问题。第二，既有建筑围护结构性能，一些用能设备能效还有待提高。围护结构

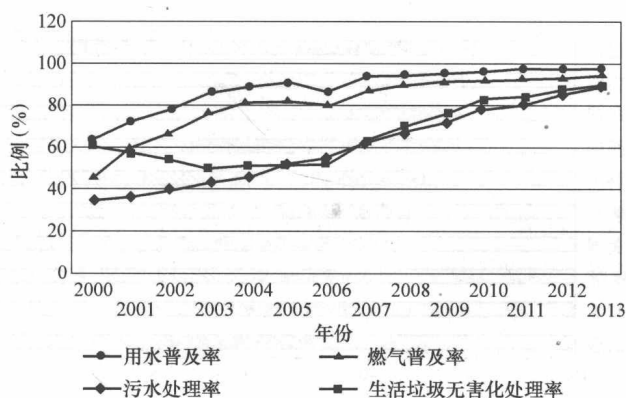


图 1.1-5 城市公共服务水平变化图

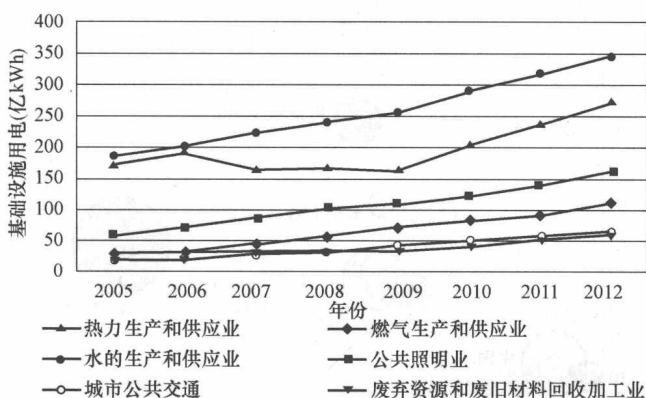


图 1.1-6 城市公共服务能耗变化图

性能影响室内环境以及空调、供暖能耗，而灯具、空调等设备能效可进一步提高以实现建筑节能。

发达国家的历史发展经验表明，城镇化是影响国家能源消费结构的主要因素。国际能源署（International Energy Agency, IEA）指出，建筑能耗将随着城镇化的发展，逐步增加，在完成城镇化进程后，将占到终端能耗总量的 40% 左右，成为最大的终端用能部门。图 1.1-7 是引用 IEA 的终端能耗数据比例，可以看出，已经完成城镇化进程的发达国家如美国、欧洲四国（英法德意）和日本，建筑能耗占终端能耗比例近 40%；而正处于城镇化进程中的我国目前的建筑能耗仅占终端能耗的 20%，工业能耗所占的比例大大高于世界其他国家。

我国以煤炭为主的能源消费结构与世界其他国家能源消费结构明显不同。从世界平均水平来看，石油和天然气占到近 60%，煤炭消耗量约 29%；而我国以煤为主，2012 年煤炭消耗量占 67%，而石油天然气的比例仅 24%；此外，我国能源消费中，生物质主要在农村家庭用于供暖、炊事和生活热水，未进入国家能源统计平衡中。无论是单位面积还是人均建筑能耗强度，我国能耗水平都大大低于发达国家水平（图 1.1-8）。

2012 年，我国全社会能源消费量为 36.2 亿吨标准煤，其中煤炭、石油、天然气、水电核电和其他能发电分别为 24.1 亿吨标准煤、6.8 亿吨标准煤、1.88 亿吨标准煤、3.4

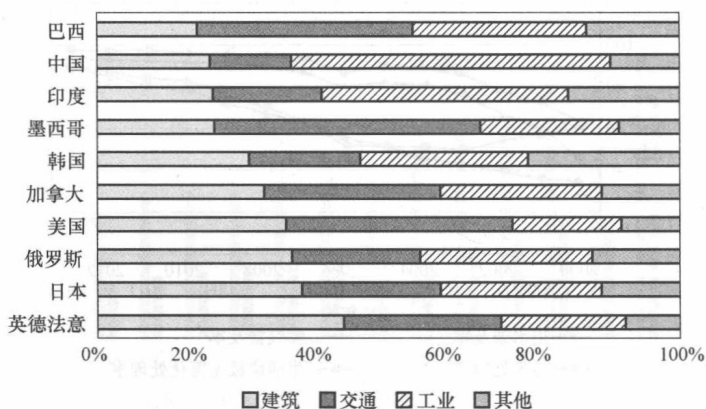


图 1.1-7 各国终端能源消耗比例 (2010 年)

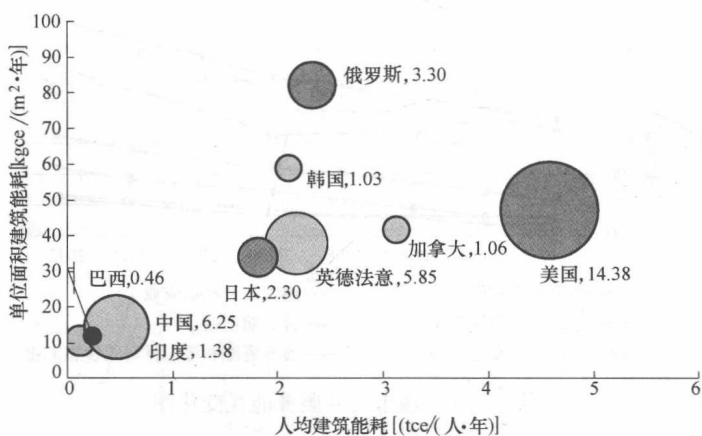


图 1.1-8 中外建筑能耗强度比较 (2010 年)

亿吨标准煤，分别占 66.6%、18.8%、5.2%和 9.4% (图 1.1-9)。随着我国大力推进清洁能源与可再生能源的应用，能源结构出现了向清洁化发展的趋势，与 2011 年相比，石油、天然气、水电核电和其他能发电分别增加了 0.2、0.2 和 1.4 个百分点，煤炭降低了 1.8 个百分点。

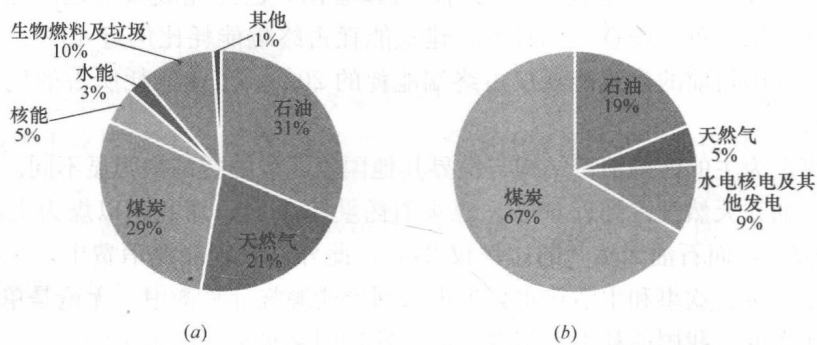


图 1.1-9 2012 年全社会能源消费结构图

(a) 世界能源消费结构图；(b) 我国能源消费结构图

3. 城市能源供应和消费面临诸多挑战

从影响和未来发展看,城市能源供应和消费面临着诸多挑战。从宏观角度分析,主要包括以下四点:

第一,城市能源供应与消费面临建设生态文明的挑战

能耗总量控制是尊重自然,与自然和谐相处的文明理念。党的“十八大”报告提出生态文明建设目标,“把生态文明建设放在突出地位,融入经济建设、政治建设、文化建设、社会建设各方面和全过程”。而建设生态文明,在能源方面,要“推动能源生产和消费革命,控制能源消费总量,加强节能降耗,支持节能低碳产业和新能源、可再生能源发展,确保国家能源安全”。

我国能源供应以化石能源为主,化石能源属于不可再生资源,消耗本身是对自然环境的破坏;化石能源使用产生 CO_2 与燃料垃圾,污染环境或水体,对城市生态环境也造成不可忽视的影响。推动生态文明建设,必然要对能源供应方式进行革命。

从消费角度看,参照发达国家能源消费现状,以及我国发展趋势,未来我国城市能源消耗还有很大的增长空间,极有可能突破能耗总量控制的上限。而当前城市能源粗放式消费方式也将影响着生态文明的建设。

第二,技术水平和供应能力面临建设小康社会的挑战

建设小康社会将进一步丰富物质文明,人们居住和工作环境服务水平进一步提高的情况下,城市能源消费需求还将增加。例如,长江流域冬季室内环境水平有待提高,生活热水用量还将增加,大型公共建筑中空气品质有待提升等。

城市能源供应能力面临着建设小康社会消费需求增长的挑战。由于城市能源负荷的快速增长,一些地区夏季由于空调负荷大增而出现了拉闸限电现象。另一方面,大量新建电厂扩大装机容量,以满足城市能源消费峰值需求的同时,全国平均发电小时数不足 5000h,大量时间机组闲置实际也是一种浪费。

而从能源消费利用技术来看,建筑能效仍有待提升。北方地区既有建筑围护结构保温性能还能进一步提高;南方地区建筑在遮阳隔热方面,还能借鉴我国传统民居设计中的优点进行改善;长江流域供暖技术水平有待通过创新提升。

以长江流域供暖问题为例,我国长江中下游流域气候分区处在我国夏热冬冷地区,城镇住宅建筑面积约为 60 亿 m^2 ,城镇住宅居民约 2 亿人。随着近年来居民生活水平的不断提高,对室内环境的需求也不断提高。加之近些年冬季时常出现的极寒天气,使得长江流域居民对于提高冬季室内温度的呼声日渐强烈。因而改善长江流域住宅冬季居住环境,提高冬季室内温度,改善舒适度与保证健康,是我国建筑节能领域亟待解决的重要问题。现有的供暖技术难以保障室内舒适的环境,而如果参照北方地区采用燃煤或燃气进行集中供暖,一方面将大量增加化石能源消耗量与 CO_2 排放,另一方面,由于该地区冬季时间短,供暖系统大部分时间闲置,且日气温波动明显,集中供暖系统供热调节滞后而带来大量能源浪费。

而从建筑能效来看,虽然我国在 20 世纪 80 年代就颁布了建筑节能标准,但受标准覆盖范围不够及经济发展水平、产业支撑条件等因素的限制,节能标准执行情况并不理想。原建设部 2004 年组织对全国近 3000 个新建建筑进行抽样调查的结果显示,新建建筑在设计阶段执行节能设计标准的比例约为 50%,在施工阶段执行节能强制性标准的比例仅约

为 23%，虽然此后通过加强监督管理不断提高标准执行比例，到 2010 年基本做到城镇新建建筑全部执行节能标准，但 20 世纪 80 年代之前的老旧建筑及 20 世纪 80 年代后建设的大量新建建筑，围护结构性能难以达到节能设计要求。据不完全统计，到 2013 年，全国城镇既有建筑中，未达到节能设计标准的建筑所占比例达到 70%。

第三，能源消耗增长面临国家能源安全挑战

从我国城市建设和能源利用看，面临着推动能源生产消费革命与保障能源安全的挑战，我国化石能源人均储量远低于世界平均水平，而人均能源消费强度与世界平均水平相近，如果不大力推动能源生产与消费革命，将意味着未来我国要依赖进口来满足能源需求。作为一个人口大国，能源需求量大，大量进口将威胁能源保障，经济发展。

从国内外建筑能耗强度对比来看，我国人均建筑能耗强度和单位面积都大大低于发达国家水平。随着我国经济发展，人民生活水平的改善，在室内环境营造（空调、供暖和通风）服务水平、生活热水和家用电器用量等方面，都有较明显增长的空间。

然而，由于能源资源储备有限，以及化石能源使用对环境的影响，国家宏观发展规划已将“能源消费总量控制”作为能源发展的重要目标：（1）“能源发展‘十二五’规划”提出，“到 2015 年，全国能源消费总量和用电量分别控制在 40 亿吨标准煤和 6.15 万亿千瓦时左右”；（2）“节能减排‘十二五’规划”提出，“公共机构单位建筑面积能耗由 23.9kgce/m² 降至 21kgce/m²，公共机构人均能耗 447.4kgce/人降至 380kgce/人”；（3）“国家应对气候变化计划（2014—2020）”中提出，到 2020 年，一次能源消耗控制在 48 亿吨标准煤。

如何在不大增加建筑能耗量的情况下，改善室内热湿环境与空气品质，满足居民日益增长的生活热水和家电用能要求，是从宏观整体上反映出来的城市能源供应与消费的问题。而这个问题，将会随着消耗的增加和能源资源储有量的减少而进一步加剧。

第四，能源供应方式与能力面临适应新型城镇化的挑战

新型城镇化发展背景下，城市能源供应面临着以下几个方面的问题或挑战：

（1）新建城区分阶段的能源需求。我国正处于快速城镇化发展阶段，大量新建城区在短时间难以集聚设计规划预期的人口，而能源供应系统大多未能根据城镇化发展阶段进行设计和匹配。导致能源系统闲置或效率低下。

（2）远距离输送能源的问题。我国人口大量集中于东部地区，而各类化石能源主要分布在西部，能源供应既要实现高效率，又要避免在运输过程中浪费。与此同时，我国少油少气、煤炭较多的能源结构，使得清洁利用燃料的挑战更大。

（3）城市能源需求的波动性特点。城市能源消费由于其功能特点，相比于工业生产，建筑用电需求波动特性明显。这是由于各类建筑使用时间周期性变化，以及气象条件变化影响共同决定的。从供电侧来看，电力负荷稳定是保障设备安全和经济运行的基本保障。建筑中的电力负荷需求波动性以及不确定性，对电网的经济和安全运行带来了巨大的影响。因此，城市能源供给与消费革命中，应重视建筑用电负荷的波动性变化问题。尽可能使得电力负荷曲线趋于稳定，同时减少电厂的供电容量，保证安全、经济、高效运行。

4. 推动城市能源供应与消费的建议

城市能源供给与消费的革命，是一项系统性工作，包括供应、消费、技术以及体制机制等四个方面的革命。

下面从当前现状与问题出发，结合城市能源消费总量控制目标与路径，提出未来供应、消费革命的主要构想，同时发展的关键技术与体制机制保障，从各个方面实现未来城市能源系统蓝图。

(1) 城市能源供应的革命

城市能源供应指的是从能源生产端，通过各类技术或设备，将能源转换为城市消费侧所需要的电、热力、冷量等形式的能源，在通过电网、城市管网或楼宇管道等渠道，满足不同消费需求。

从现有的城市能源供应系统来看（图 1.1-10），化石能源（煤、天然气和油品）作为主要的一次能源类型。煤和天然气通过集中能源转换系统，生产出电力或热力，一部分电力进一步转化生产冷量，进入到城市能源消费端；同时也有部分煤、天然气和油品（主要是 LPG），也会通过分布式的设备直接进入消费端。

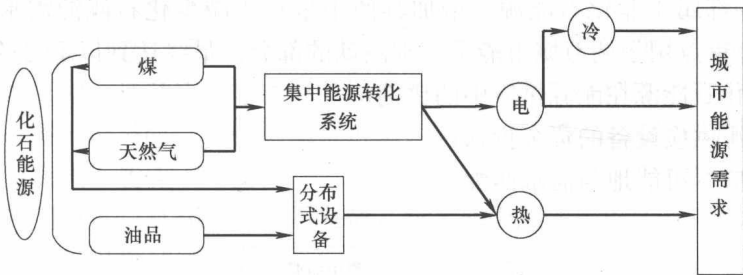


图 1.1-10 当前城市能源供应系统

总结当前城市能源供应系统特点，可以将其流程归纳为：将化石能源通过集中或分散的能源转换设备，供应到城市能源需求端。其特点及问题主要是：

1) 以化石能源为主。从前面的能源结构类型比例即可看出，煤、天然气和石油在能源供应中占到 90% 以上。这样一来，能源需求的增加也将直接导致化石能源消耗，以及碳排放的增加。

2) 能源供应方对供应的能源类型和供应量拥有决定权。尽管消费端可以在一定程度上对能源进行选择，从城市层面来看，能源的供应方对能源类型和供应量是有明确的决定权。能源需求主体非常分散且规模小，而供应主体集中且规模大，难以建立由大量的、小的消费主体到集中且庞大的供应主体的反馈机制。因而，电力、热力和冷量等，如果通过集中供应的，往往供需难以匹配。例如，电力不足而导致的拉闸限电；全年电厂发电设备利用小时数不足 5000h。而城市热力管网过量供热问题，也是与这样的供应模式有着重要的关系。

由于当前能源供应系统中的这些问题，应从以下几方面推动能源供应的革命（图 1.1-11）：

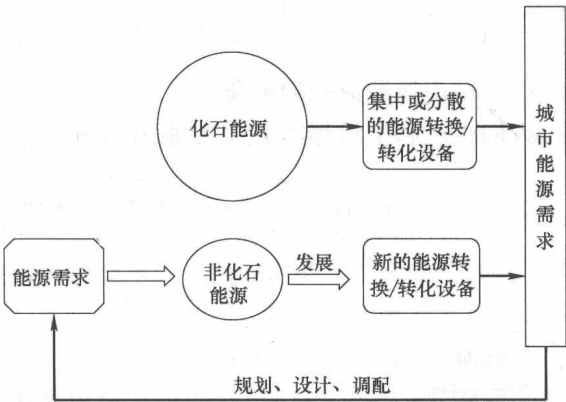


图 1.1-11 能源供应系统的革命