

欧盟节能建筑技术的研发趋势

张志勤

(中国科学技术部, 北京 100862)

摘要: 加强建筑行业的节能减排, 提高能效和加速应用可再生能源技术, 是欧盟及成员国及成员国行动计划的重要组成部分。通过全面介绍欧盟节能建筑技术的发展现状、未来需求和欧盟节能建筑指令和能效指令的有关要求, 展望了欧盟节能技术的研发趋势。欧盟制定建筑节能标准和推动相关技术应用等方面的主要措施, 对我国建筑节能技术研发和应用具有重要借鉴意义。

关键词: 欧盟; 节能建筑; 零排放; 可再生能源

中图分类号: FU201.5(5)-103 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2013.03.002

欧盟能源终端消费主要由三大部分组成, 即为: 建筑、工业和交通行业。根据欧盟统计局 (Eurostat) 2010 年出版的统计年鉴, 欧盟 27 个成员国三大部分的能源消费分别占到能源总消费量的 37.2%、30.7% 和 32.0%^[1]。其中, 建筑能源消费主要包括: 家庭住宅、公共和私人办公用房、商店和娱乐建筑以及其他建筑设施。降低建筑能耗和提高能效, 成为实现欧盟 2020 能源战略和欧盟 2050 能源战略路线图确定的节能减排目标的主要基础。

过去的 10 年, 欧盟及成员国的能源消费政策逐步从化石能源向可再生能源转移, 如太阳能、风能和生物质能等快速发展。根据欧盟可再生能源指令和政策法规, 欧委会积极督促成员国、区域及地方, 全面落实可再生能源的有效利用和可持续发展低碳经济的具体行动计划。加强建筑行业的节能减排、提高能效和加速应用可再生能源技术, 是欧盟及成员国行动计划的重要组成部分。

通过节能减排技术的推广普及应用, 进一步促进节能建筑领域的投资以及技术的研发创新, 形成节能建筑的先进性新型标准, 从而强化欧盟建筑工业企业和单一建筑市场的竞争力。

1 欧盟节能建筑技术的发展现状

1.1 欧盟成员国须执行节能建筑指令

目前, 欧盟 27 个成员国家庭住宅平均能源消费分布为: 67% 用于室内空间的热量平衡; 15% 用于照明和家用电器; 14% 用于热水供应; 4% 用于烹饪餐饮^[2]。

欧盟建筑物能源消费的未来总趋势是节约能源, 在此基础上, 其主要变化是热能的消费量逐年下降, 而电能的消费量逐年上升, 其欧盟 27 个成员国建筑物能源消费的未来变化趋势见表 1 所示。

表 1 欧盟 27 个成员国建筑物能源消费的变化趋势

年份	1910	1930	1950	1970	1990	2010	2030
热能/%	100	100	95	90	75	60	30
电能/%	0	0	15	20	30	35	40

数据来源: 欧委会节能建筑研究工作组 (1910 年数据为基准数据)。

2010 年 6 月, 欧盟公布了新的节能建筑指令 2010/31/EU^[3]。新指令主要涉及家庭住宅和第三产业建筑 (商务和公私服务行业)。欧盟成员国必须根据指令的要求并结合本国的实际情况, 在规定的

作者简介: 张志勤 (1956—), 男, 国际合作司副司长, 主要研究方向为科技管理及自动控制。

收稿日期: 2013-02-01

期限内将指令的最低标准纳入本国的法律体系或自愿提高标准,进而在以后的新建筑工程建设中必须采取最低节能建筑标准或更高标准。建筑物最终和初期能源消耗的最低节能建筑标准包括:各种能耗和综合能耗的共同计算方法及标准;供热和冷却设施的安装;采光和照明系统设置;建筑物的位置和朝向;热量回收系统和可再生能源的利用。欧委会进行全面的统一协调,由成员国具体负责本国节能建筑最低标准的组织和实施。

1.2 从节约能源、提高能效及可再生能源利用三方面入手降低建筑能源消费

欧委会认为,降低建筑物能源消费的政策措施和研发创新活动主要应该从3方面入手,其逻辑上的优先顺序分别是:节约能源,如改进隔热材料、采光通风设计等;提高能效,如建筑设施的能效;可再生能源利用,如太阳能、储能设施等。

1.2.1 节约能源和提高能效

节能建筑技术应该满足建筑物能源功能的消费需求。

(1) 建筑能源需求(节约能源)

建筑物室内空间需求(温度环境的舒适水平、空气质量和光线)和工作或生活场所室外气候条件(温度、太阳光照和风雨)直接相关,建筑物外表面的热交换和室内通风能量平衡决定着建筑物主要的能源需求。因此,建筑物墙体、屋顶、地面、门窗等隔热技术,和材料以及严格实施欧盟最低节能建筑标准密切相关。

(2) 建筑能源系统需求(提高能效)

指终端用户主要的能源消费,涉及供热、空调、通风、热水和供电设施的能效及综合能效技术。欧委会通过定期或随时通报节能建筑技术的最新进展和成员国相关资源消费良好的经验做法,协调成员国节能建筑的政策措施和行动计划,但允许成员国在最低节能建筑标准基础上的自主决策,以及消费者自主选择基于提高能效技术的应用。

(3) 建筑能源消费需求(节能行为)

能源消费和节能技术的应用,很大程度上取决于建筑物占有者的生活习惯和消费行为。建筑电气设备如家用电器、洗衣机、冰箱等,娱乐和办公设施如电视和电脑等,主要消耗电能而其大部分可转换为建筑物需要的热量。用户的生活习惯或个人行

为对建筑能源消费具有重要影响,如打开窗户和温度设置水平等等。

1.2.2 可再生能源利用

欧委会认为,随着可再生能源技术和提高能效技术的不断成熟,可再生能源在欧盟终端能源消费中,包括建筑物的能源消费,必将扮演愈来愈重要的角色。2010年,欧委会组织专家对欧盟27个成员国可再生能源行动计划报告进行了综合分析,可再生能源已占到欧盟27个成员国能源结构的11.6%,取得了适度超前欧盟可再生能源发展目标的时间进度要求。欧盟2020能源战略确定的目标是,到2020年,可再生能源将占到能源结构的20%。

欧盟节能建筑指令(EPBD)要求的零排放节能建筑物,已充分考虑到建筑物可再生能源应用的正面影响。目前,随着可再生能源技术的快速发展,欧盟建筑物可再生能源技术的利用主要有:太阳能、风能和生物能源。太阳能和风能主要应用于为建筑物提供电力,而生物能源(包括生物质燃料)主要应用于建筑物的热力供应。欧盟建筑物可再生能源技术的研发及应用主要包括三大领域:太阳能、生物质能(Bio-Mass);地热和气动热能(Geo-Thermal & Aero-Thermal)。

(1) 太阳能

太阳能技术可以被区分成3种建筑太阳能基本技术:被动太阳能(Passive Solar),即依靠建筑设计节约能源(朝向、采光等,未来的主要研发方向);太阳光伏能,即在屋顶或屋表面安装光伏发电装置生产电力;太阳能供热,即利用太阳光集热器供应热水和室内空间热源。

(2) 生物质能

生物能源技术是要提高木质燃料或颗粒状燃料等的热燃烧值,为建筑物供热设施提供能源。

(3) 地热和气动热

地热和气动热能技术用于热泵建筑物地下设施的连接,涉及室内空气热对流交换技术、热交换能效技术和室内空间热平衡技术等。

欧盟节能建筑技术相对而言,总体上技术应用的重要性已大大高于技术能力的提升。欧盟建筑节能技术在不包括利用可再生能源的情况下,建筑可达到节约75%的能源消费,电气设备可节

约 50% 的能源消费。欧委会建议，适合于建筑物节能的许多创新技术，如智能控制系统（ICT）自动控制能源供求平衡技术、可再生能源与储能技术的结合、建筑可再生能源与电动汽车整合技术，以及未来社会建筑物整体储能系统的研发创新等，必将为未来的节能建筑技术提供更广阔的应用空间。

2 欧盟节能建筑技术的市场需求

目前，欧盟建筑工程行业企业掌握着大量的节能建筑技术创新知识，基本上可满足欧盟节能建筑指令（EPBD）相对比较严格的各项要求。欧盟建筑市场节能建筑技术的研究开发活动，也主要集中于各种节能技术的商业化和可持续的建筑工程技术的综合应用。而研发创新活动主要集中于：新型隔热材料和建筑构件技术；墙面和门窗的密封技术；太阳热烟囱（Solar Chimney）技术；创新型整合技术等。

2.1 欧盟主要建筑综合设计最新相关技术

欧委会认为，节能建筑设计技术是建筑行业节能的关键和重中之重。欧盟高度重视利用被动太阳能技术的建筑能通流（Energy Flows）与配合周围气候环境景观设计技术相结合的建筑综合设计技术，只有如此，低能建筑才可能成为现实。

（1）建筑外壳（暴露在外的表面积）和内部空间（外壳包含的内部体积）材料技术。涉及新建建筑或整修建筑可获取的有关节能建筑材料、门和窗等新型隔热材料及技术。气密封性（Air Tightness）和热桥（Thermal Bridges）技术，应优先于降低过多能源消费技术。

（2）运行的能源设施（锅炉、通风设备，等等）技术。对向建筑物室内空间提供热量和热水的高能效锅炉，其高效率热交换通风设备已成为节能建筑设计必须做到的，可采取安装地热泵改善室内空间的温度平衡。

（3）建筑电气设备、人为活动、尤其是自然光热的利用技术。太阳光可以作为建筑能源系统的资源，而必须加以充分利用。低能建筑中，自然光热对运行能源设备的装机容量和动态运行的能源消费影响很大。建筑设计应该充分考虑大部分室内电能消耗可以转化成建筑物需要的热量。

（4）可再生能源技术。特别是太阳能提供电

力和热水、生物能源提供室内空间热量。

（5）建筑智能控制技术。根据气候条件和周围环境确定适当的能源平衡标准，通过自动控制装置控制智能仪表与能源设施的最佳互动。

欧盟已建立起统一的节能建筑技术最低标准法规，要求各成员国及建筑工程行业给予严格的执行落实。成员国之间节能建筑技术标准的不同之处，主要在于各国的气候条件、工程技术水平和文化生活习惯的不同。但对低能建筑而言，下面的节能建筑标准适用于所有的成员国：低 U 值（传热系数），必须满足 $0.1 \sim 0.15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ；三层玻璃窗（Triple Pane），低辐射充满气体玻璃及暖边框架（Warm-Edged）窗，必须满足 $0.7 \sim 0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ；建筑物的气密封性与热量回收系统相结合的技术，必须满足 $0.4 \sim 0.6 \text{ ACH}$ （Air changes per hour）水平，保证建筑物能效提高至 80% 及以上。

2.2 欧盟节能建筑技术推广应用存在诸多障碍

截至目前，欧盟节能建筑市场的节能建筑技术推广应用，总体上并不是很理想，其中一项主要原因是新节能建筑的建设数量远远小于已有的建筑物存量，而大规模的旧建筑物节能改造需要大量的投资。在节能建筑和提高能效方面，欧委会一直在督促成员国加大对旧建筑物节能翻修改造的力度，试图利用欧盟和成员国公共投资的杠杆作用吸引全社会投资节能建筑。可以预期，旧建筑物节能技术的推广应用将成为欧盟近一段时期节能建筑技术推广应用的主要抓手。

为保证节能建筑物高效的生命周期功能，节能建筑物生命周期的全过程责任和有效的节能设施调试，是节能建筑建设过程中必不可少的程序，这将造成一定程度的高投资成本。节能和提高能效解决方案的多要素、多层面及其复杂性；节能技术的快速变化及信息传播的相对缺失；特殊不同气候环境下得到成员国共同确认的节能成本优化方法；可操作性、简单易掌握的节能技术应用；节能建筑总体投资不足，等等，均被认为是欧盟节能建筑技术推广应用的主要障碍。

欧盟统计局（Eurostat）2010 年出版的一份统计报告表明^[4]，欧盟节能建筑市场的发展受到全球金融和经济危机的严重影响，造成建筑市场的信心缺失和需求萎缩。新建筑物的建设数量明显地快速

下降,直接冲击到节能建筑工业相关企业的经营,同时对欧盟节能建筑指令(EPBD)规划委员会积极倡导和推动的节能建筑行动计划,也造成重大的影响和挑战^[5]。此外,欧委会认为,欧盟、成员国及社会各界对节能建筑和提高能效技术行动计划资源投入的犹豫不决,也是节能建筑技术推广应用的主要障碍之一。

欧盟有关节能建筑技术可持续发展的两项重要指令,EPBD指令的重新修订和新制定的提高能效指令(EESD)^[6],将积极针对上述障碍的克服,加速节能建筑技术研发及应用的资金投入,促进节能建筑和提高能效技术在欧盟范围内的推广应用,进一步落实成员国法律体系纳入欧盟节能建筑指令的进度,努力实现欧盟2020能源战略确定的目标。截至2010年,欧盟27个成员国建筑行业平均只完成节能建筑降低能耗的9%,剩余的10年必须努力完成欧盟确定的到2020年降低能耗20%的目标。

3 欧盟节能建筑技术的研发趋势

欧盟节能建筑指令(EPBD)建议,在2018—2020年期间,实现接近零排放建筑物的规范化系列设计,这就需要集中研发资源,开发出新型的节能建筑技术和建筑设计新途径。根据欧盟建筑物能源消费的未来发展趋势,包括逐年降低建筑物室内空间热能消耗、增加电气设备电力消费的总体要求,欧委会认为,需要对更先进的基于动态的能量平衡计算方法(建筑设计的计算模拟工具)、创新型测试装置和复杂能源(Energy-Complex)建筑构件进行更大规模的研发创新投入。同时必须增加对建筑设计师、工程师和工程技术人员等的技术培训投入,未来的节能建筑,需要大量的新型节能建筑设计人员和工程技术人员。

3.1 重点关注建筑物储能技术

欧盟及成员国集中资源,在未来一段时期内对存量建筑物的节能翻修改造,是实现欧盟2020能源战略节能建筑目标的关键。在旧建筑物的节能改造过程中,整合可再生能源技术是降低能源消耗,特别是减少温室气体排放,必将成为欧盟及成员国的重要选项。欧委会要求,新建筑设计和旧建筑改造,还必须重视热质(Thermal Mass)技术的积极作用。

建筑物储能技术将被认为是欧盟近期节能建筑技术研发创新的主要关注点之一,可以降低建筑物的能源消费和平衡可再生能源的有效利用。建筑物分布式创新型储能技术的应用一定程度上是节能建筑行业的机遇,如蓄电池储能、压缩空气储能、热能储存和车辆到电网(Vehicle to Grid)储能技术,将充实和扩大节能建筑市场。建筑电能储存装置的效益是改善功率质量和提高电力供应可靠性,回避电力负荷峰值,减少额外辅助电力设施的装机容量,减少二氧化碳(CO₂)的排放。尤其是建筑储能设施,应用于间歇式光伏发电和风力发电向建筑物提供电源的情况下,可以大大提高两者之间效率的最大化。

3.2 重视建筑物能源动态评估和数字计算方法

建筑物能源的动态评估和数字计算模型技术,对分析研究节能建筑物整体能源平衡作用的意义重大,包括能源平衡系统从小时/天到季节/年的时间能源平衡基本表格的制定。

欧委会要求,建筑设计师以及工程师等,应该积极参与熟悉和掌握新型节能建筑技术的培训课程,从而可以为未来的经济社会设计开发出新型的低能建筑产品。并要求成员国将建筑设计师的节能建筑技术培训计划,整合到本国的国家科技发展计划中给予积极落实。

欧盟联合研究中心(JRC)下设的能源与交通研究所,是欧盟节能建筑政策法规和创新标准的技术依托支撑机构。最近,正在对欧盟节能建筑指令(EPBD)2010/31/EU进行积极的重新修订。欧盟标准化委员会(CEN)正在制定有关节能建筑最终和初始能源消耗,更全面的计算方法标准。新的计算方法,将包括建筑物周围环境和气候条件的协调,以及欧盟目前所有的新型能源计算方式。欧盟其他正在研发和协调的节能建筑技术还包括:评估太阳能装置的产出效益;改进光伏发电的能源效率;提升太阳能热转换器效率;低能建筑的综合计算方法和数字模型;被动太阳能和太阳辐射热量(Solar Gain)的计算方法;动态能源计算方法的应用等。

4 结语

欧盟分别于2000年和2005年,在欧盟成员国

范围内启动“绿色照明”和“绿色建筑”大奖赛，大奖赛由欧盟联合研究中心（JRC）具体负责组织实施。^[7]2012年绿色建筑和绿色照明大奖颁发仪式在欧盟联合研究中心总部举行，欧盟10个成员国的19项成果荣获大奖。大奖获胜机构分别从成员国推举的绿色建筑616项和绿色照明710项的初选项目中评审选出，其参与成员国和机构之多，以及由此形成的社会轰动效应，进一步衬托出大奖赛的经济社会科技效益。

欧委会于2012年2月15日在欧盟范围内正式启动节能建筑社会公众咨询活动，为期3个月。旨在通过社会公众的广泛参与，强化成员国、区域、地方和利益相关方增强建筑节能和提高能效主动意识，增加全社会对节能建筑领域的投资，努力实现欧盟2020能源战略和欧盟2050能源战略路线图确定的节能增效目标^[8]。■

参考文献：

- [1] Eurostat. Energy, Transport and Environment Indicators[M]. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010.
- [2] Workshop on European Sustainable Energy and Building Research[R]. Brussels: European Commission, 2011.
- [3] European Commission. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings[J]. Official Journal of the European Union, 2010, L153: 13–35.
- [4] Eurostat. An Analysis of Building Construction on Building Permits Statistics[R]. Luxembourg: Eurostat, 2010.
- [5] Comité Européen de Normalisation (CEN). Programme Committee on Energy Performance of Building Directive, 2010.
- [6] European Commission. Proposal for a Directive on Energy Efficiency and Repealing Directives, COM (2011) 370[R]. Brussels: European Commission, 2011.
- [7] 张志勤, 吴鹏. 欧盟2012绿色建筑绿色照明大奖颁发[EB/OL]. (2012-04-23). <http://www.fmprc.gov.cn/ce/cebe/chn/zogx/kjhz/zl/t925255.htm>.
- [8] Commission Européenne. Plan 2011 Pour l'Efficacité Energetique, COM (2011) 109[R]. Brussels: European Commission, 2011.

Research and Development of Energy-Efficient Building Technologies in the EU

ZHANG Zhi-qin

(The Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, Beijing 100862)

Abstract: This paper analyzed the current situation and development trends of energy-efficient building (EEB) technologies in the EU, and introduced the relevant demands of some directives including energy performance buildings directives (EPBD) and energy-efficient services directives (EESD). EU and its member states have made standards for EEB and taken some measures to promote the application of EEB technology, such as, enhancing the energy-saving and emission-reducing in construction industries, improving energy efficiency, and facilitating application of renewable energy technology, etc., which could provide useful references for the development of EEB technologies in China.

Key words: EU; energy-efficient buildings; zero-emission; renewable energy