

中国近零能耗建筑研究和实践

徐伟

中国建筑科学研究院建筑环境与节能研究院, 北京 100013

摘要 中国建筑节能工作自1986年起,经过30年的不断努力,已经完成20世纪80年代提出的“30—50—65”三步节能规划和设想。目前,推动建筑物迈向近零能耗是全球节能减排和响应气候变化的重要措施。本文分析了建筑节能的国际趋势和中国特殊国情,介绍了中国近零能耗建筑的应用实践和标准编制情况,分析了技术瓶颈,提出建筑节能标准2016—2030的新三步走设想,即“低能耗节能标准、超低能耗节能标准、近零能耗节能标准”。

关键词 近零能耗建筑;示范案例;建筑标准

建筑节能和绿色建筑是推进新型城镇化、建设生态文明、全面建成小康社会的重要举措。从世界范围看,发达国家为应对气候变化、实现可持续发展战略,都在不断提高建筑物能效水平。2015年12月3日,第21次联合国气候变化大会(COP21)在首次将建筑单独列为议题,相关机构的200位代表参加会议“建筑日”研讨会。主办方联合国环境署表示,建筑全寿命期产生的碳排放占全球碳排放总量的30%,如按现有速度继续增长,到2050年,建筑相关碳排放将翻倍,因此针对建筑物展开专项节能减排工作非常必要。联合国环境署专家表示,通过建筑节能标准不断提升和用于建筑设计阶段的可视化建筑碳排放计算软件不断普及,引导新建建筑和既有建筑逐步提高节能减排性能,使其在规划设计阶段较原有水平降低能源使用70%~80%,迈向超低能耗建筑,再通过可再生能源满足剩余20%~30%的能源需求,最终使新建建筑和既有建筑在2030—2050年达到碳中和。

在建筑物迈向更低能耗的过程中,很多国家提出了相似但不同的定义,本文对目前比较有影响力的相关定义进行了分析,结合中国建筑环境、气候特点、建筑特点等具体情况,提出更适合于中国的定义及内涵,介绍了中国第一栋近零能耗示范建筑的应用实践和依托示范编制的技术导则及国家标准进展,最后分析了中国未来大面积推广近零能耗建筑还需要解决的技术瓶颈。

1 近零能耗建筑及相关定义

在全球齐力推动建筑节能工作迈向下一阶段中,很多国家提出了相似但不同的定义,主要有低能耗建筑、超低能耗

建筑、近零能耗建筑、净零能耗建筑及被动房等^[1-5],其相互关系如下。

1) 低能耗建筑(low energy building/house)指在特定时期内,其建筑能耗比现行建筑节能标准能耗降低25%~30%的建筑物;超低能耗建筑通常指在特定时期内,其建筑能耗比现行建筑节能标准能耗降低50%~60%的建筑物。由于国际上主要发达国家建筑节能标准通常采用小步快跑的提升方式,因此,低能耗建筑和超低能耗建筑通常为建筑节能标准提升未来1~2次的目标,其建筑节能示范工程也将围绕这2个目标进行展开,带动建筑节能产业不断升级发展。

2) 近零能耗建筑(nearly zero energy building)一词源于欧盟。欧盟于2010年7月9日发布了《建筑能效指令》(修订版)(Energy Performance of Building Directive recast, EPBD)^[6],要求各成员国确保在2018年12月31日起,所有政府持有或使用的新建建筑为近零能耗建筑;在2020年12月31日起,所有新建建筑为近零能耗建筑。由于欧盟成员国经济不平衡、气候区跨度大、EPBD定义近零能耗建筑为具有非常高效能的建筑,以各国实际情况为基础、以充分考虑节能技术成本效益比为前提,并没有统一明确的量化节能目标。对于近零能耗建筑,欧盟各国也存在不同的具体定义。如瑞士的近零能耗房^[7](Minergie,也称迷你能耗房或迷你能耗标准),要求按此标准建造的建筑其总体能耗不高于常规建筑的75%(即节能25%),化石燃料消耗低于常规建筑的50%(可理解为节省一次能源50%);再如意大利的气候房(climate house, casaclima),指建筑全年供暖通风空调系统的能耗在30 kW·h/(m²·a)以下。近零能耗建筑的设计技术路线为强

收稿日期:2017-03-25;修回日期:2017-05-04

基金项目:国家科技支撑计划项目(2014BAJ01B03)

作者简介:徐伟,研究员,研究方向为建筑节能标准、近零能耗建筑,电子信箱: xuwei19@126.com

引用格式:徐伟. 中国近零能耗建筑研究和实践[J]. 科技导报, 2017, 35(10): 38-43; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2017.10.005

调通过建筑自身的被动式、主动式设计,大幅度降低建筑供热供冷的用能需求,并达到能耗控制目标绝对值的降低。

3) 净零能耗建筑(net zero energy building)一词源于美国。美国能源部建筑技术项目在《建筑技术项目 2008—2012 规划》^[8]中提出,建筑节能发展的战略目标是使零能耗住宅(zero energy home)在 2020 年达到市场可行,使零能耗建筑(zero energy building)在 2025 年可商业化。零能耗住宅指通过与可再生能源发电发热系统连接,建筑物每年产生的能量与消耗的能量达到平衡的低层居住建筑。零能耗建筑则既包括零能耗住宅,又包括中高层居住建筑和公共建筑,其技术路线为使用更加高效的建筑围护结构、建筑能源系统和家用电器,使建筑物的全年能耗降低为目前的 30% 左右,由可再生能源对其供能。

2007 年 12 月,美国通过《能源安全与独立法案》^[9](Energy Security and Independence Act, ESIA)提出净零能耗公共建筑(zero-net-energy commercial building),在 ESIA 第 422 节(a)(3)中将其定义为:良好设计、建造和运行的高性能公共建筑,可以最大限度的降低能源需求,使用不产生温室气体的能源供能即可达到能量供需平衡,不对外界排放温室气体,经济可行。通过推动净零能耗公共建筑倡议(Zero-Net-Energy Commercial Buildings Initiative),到 2030 年,所有新建公共建筑达到净零能耗状态;到 2040 年,50% 的公共建筑达到零能耗;2050 年,所有美国公共建筑达到净零能耗。2015 年 9 月,美国能源部发布(净)零能耗建筑(zero energy building)官方定义:以一次能源为衡量单位,其全年消耗能源小于或等于在线可再生能源产生能源的节能建筑。

4) 被动房^[10](也称被动式房屋、被动式住宅, passive house)一词源于德国,由德国被动房研究所(Passive House Institute)拥有商标知识产权,是近零能耗建筑技术体系之一。被动房并无明确定义,其技术路线为通过大幅度提升围护结构热工性能和气密性,同时利用高效新风热回收技术,将建筑供暖需求降低到 $15 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 以下,从而可以使建筑物摆脱传统的集中供热系统。由于中德建筑节能合作的特殊背景,被动房一词在中国传播的比较广泛。与被动房概念类似,德国专家也提出了无源建筑(energy autonomous house,也称 self-sufficient solar house)、三升油建筑等相近定义,其他国家专家也提出了主动房(active house)的概念,强调通过日光照射和蓄能,而不是增强保温,增加冬季室内舒适度。

综合看,在建筑物迈向更低能耗的方向上,国际上尚无统一定义,但目标是一致的,即通过建筑被动式、主动式设计和高性能能源系统及可再生能源系统应用,最大程度地减少化石能源消耗。从定义涵盖范围看,被动房隶属于近零能耗建筑,其核心内涵为通过被动式手段达到近零能耗;净零能耗建筑较近零能耗建筑更增加了智能电网、分布式能源等概念,强调建筑产出的能量大于消耗的能耗,其实质与零能耗

建筑、产能建筑内涵一致,与中国传统意义的建筑节能有所不同。因此,借鉴国际建筑节能标准发展的经验,考虑到中国节能减排工作的新要求,以及建筑节能标准体系、建筑节能产业支撑水平、自主知识产权和经济发展的现状,中国应继续提升建筑节能标准,满足中国节能减排要求,不断提升建筑节能水平,将近零能耗建筑作为中国建筑节能工作的发展方向,通过试点示范、导则和标准使其进一步落实、落地。同时,考虑现阶段德国被动房技术体系在国内认知度较高,被动式技术在北方居住建筑中节能效果较好,但被动房技术体系并不适用于中国全部气候区,建议现阶段使用“被动式超低能耗建筑”一词,描述节能性能比现行标准提高 80% 以上的示范性居住建筑,未来逐步使用“近零能耗建筑”一词代替“被动式超低能耗建筑”,这样既便于理解,也与国际接轨。长远看,随着可再生能源利用和分布式能源应用将进一步提高节能水平,可以逐步在适当范围内推动近零能耗建筑迈向净零能耗建筑。

2 中国推广近零能耗建筑的特殊国情

改革开放以来,中国城市建设发生了天翻地覆的变化,城镇人口从 1978 年 1.7 亿增长到 2015 年的 7.7 亿,有 6 亿人口从农村到了城市,城镇化率由 1978 年的 17.9% 增加到 2015 年的 56.1%,7 亿人口相当于美国和欧洲的全部人口总和,实现了城镇化。同时,城市建成区面积也增长了很多,整个国家的国民经济增长 170 多倍。中国城市的住房面积也发生了很大的变化,改革开放时期,中国城镇的人均住房面积只有 6 m^2 ,现在城市人均住房面积达到了 30 多 m^2 。当然,中国在逐渐城镇化的过程中能源的消耗也是很大的,从 1978 年到 2015 年全国的能源消耗增加了 7~8 倍。1949 年前中国人均耗能 100 kg ,到 1978 年 30 年的时间增加到 500 kg ,到 1998 年 20 年的时间增加到了 1 t ,当时在世界上还处于比较低的水平。到 2008 年增加到了 2 t ,到 2015 年增加到 5 t ,人均耗能量虽不是世界最高,但耗能量已经是世界第 1 位。当然,由于中国能源结构主要用煤,污染的排放也给国家和地区带来负担和影响,中国的碳排放已经是世界第 1 位。

中国作为一个历史悠久、国土广袤的多民族发展中大国,在室内环境、建筑特点、居民生活习惯和建筑用能强度等方面都有独特之处,且无发达国家成熟经验可供参考,这些都增加了中国近零能耗建筑技术体系的研发难度。

2.1 室内环境标准和生活习惯

中国是一个发展中国家,经济发展不均衡,不同气候区居住建筑室内环境有着较大的差异,但整体低于发达国家。主要体现在室内温度不达标、新风量不足。欧美发达国家大多严格规定满足用户的新风量,为保证送风量的稳定,一方面增加建筑的气密性要求,同时使用机械通风保证新风量的供应,在中国开窗是居住建筑获得新风最普遍的方式,并不对室内新风量进行严格要求。在室内温度方面,中国夏季室

内温度显著高于欧美,冬季室内温度普遍偏低,调查表明,冬季严寒和寒冷地区集中供暖的建筑室内温度普遍在18℃以上,但夏热冬冷地区室内温度基本在10℃以下,该地区供暖设施并不普及,并且室内湿度较高,在60%~90%,室内湿冷,舒适度差。在夏季,开窗通风是解决室内过热问题的首选,空调系统间歇运行,室内温度偏高,基本分布在25~32℃。

如果中国近零能耗建筑追求欧美的全空间全时间的高舒适度,对室内环境标准进行大幅度的提升势必导致建筑能耗的快速上升,因此中国近零能耗建筑指标体系必须立足于国情,在尊重居民生活习惯和降低建筑能耗的前提下,适当地提高建筑环境标准,营造适合中国居民的健康舒适的室内环境。

2.2 气候特点

不同于德国等国家的单一气候,中国地域广阔,横跨多个气候带,五大建筑气候分区气候特点差异大,对中国不同气候区进行统一的能耗要求是不科学的。以德国为例对中国主要城市进行比较,柏林纬度比哈尔滨更高,但其冬季供暖度日数与沈阳接近,供冷度日数与哈尔滨相近,也就是说德国相比于中国同纬度的地区其气候更加温和,以供暖为主对空调需求较小。德国夏季基本无须空调,中国多数地区夏季存在空调需求。而且,从供暖度日数和供冷度日数上看,中国不同气候区差异大,东西南北各地区的供暖和空调需求极不均衡,因此中国不同气候区气候的差异使得全国无法实施统一的近零能耗建筑能耗指标,德国被动房指标体系更是无法适用。

2.3 建筑特点

中国居住建筑与欧美存在显著差异,国内大型城市新建城镇住宅建筑以高层建筑为主,中小型城市以多层住宅为主,从分布上看,多层住宅是中国住宅的主要形式,高层住宅的比例在不断的提升。欧美居住建筑普遍为3层及3层以下的别墅,德国约85%(以面积计算)的居住建筑为3层和3层以下(villa townhouse),15%为中高层公寓(apartment)。与德国建筑相比中国建筑密度大、容积率高、公共空间面积大、公共外门频繁开启,导致能耗特点的明显差异。

中国住宅空置率偏高是另一个对被动式超低能耗建筑指标体系产生重要影响的因素,统计数据表明中国住宅的空置率在20%~30%。对北京50个2003—2006年入住的小区调查表明,空置住房占被调查住房的比例高达27.16%,而且空置率从市中心向外逐渐升高的现象明显。空置率过高导致的户间传热损失大和集中设备负荷率低对建筑能耗产生重要的影响,因此中国的近零能耗建筑技术体系应考虑中国独特的建筑特征的影响。

2.4 建筑能耗特点

不同于发达国家的高舒适度和高保证率下的高能耗,中国建筑能耗特点为低舒适度和低保证率下的低能耗,且中国不同年代建筑能耗强度差异大。统计数据表明,英、法、德、意四国普通居住建筑单位面积能耗为35 kgce/(m²·a)(一次

能源消耗量约为285 kW·h/(m²·a)),中国普通城镇居住建筑单位面积能耗仅为14.5 kgce/(m²·a)(一次能源消耗量约为118 kW·h/(m²·a)),现有居住建筑的能耗本来就满足德国被动房一次能源消耗≤120 kW·h/(m²·a)的要求。不可否认,随着生活水平的提高,建筑能耗强度会有所上升,但就现阶段而言,使用国际相关指标体系中的一次能源消耗量要求对于中国并不适用,应该提出适用于本国的指标体系。

3 应用实践

为将中国建筑节能领域的技术研究和国际联合研究成果进行集中展示,引领建筑节能工作迈向更高标准,主要基于中美清洁能源联合研究中心建筑节能合作项目(CERC-BEE)科研成果,自2013年1月起,由中美双方30余位专家联合研究、设计、建造的中国建筑科学研究院近零能耗示范建筑于2014年7月落成并交付使用。

中国建筑科学研究院(CABR)近零能耗示范建筑为四层办公建筑,建筑面积4025 m²,如图1。示范建筑面向中国建筑节能技术发展的核心问题,秉承“被动优先,主动优化,经济实用”的原则,集成展示28项世界前沿的建筑节能和环境控制技术,示范建筑可以达到“冬季不使用传统能源供热、夏季供冷能耗降低50%,建筑照明能耗降低75%”的能耗控制指标,控制指标达到国内领先、国际一流水平。



图1 中国建筑科学研究院近零能耗示范建筑

Fig. 1 Nearly zero energy building of China Academy of Building Research

2014年7月11日上午,全国政协副主席、国家科技部部长万钢与美国能源部部长厄尼斯·莫尼兹、美国驻华大使马克斯·博卡斯参观了中国建筑科学研究院近零能耗示范建筑并出席揭牌仪式(图2)。万钢部长提出希望通过科技创新和产学研技术联盟的整合,引领中国建筑技术实现跨越式发展。莫尼兹部长表示,将中美两国的建筑节能工作做好,对全球都具有重要意义和重大贡献,在两国的未来城市建设中,推广近零能耗建筑十分必要,希望中美双方科研人员在未来合作中,将近零能耗建筑提升为净零能耗建筑,为应对全球气候变化作出更大贡献。



图2 近零能耗示范建筑揭牌仪式

Fig. 2 Opening Ceremony of CABR nearly zero energy building

CABR 近零能耗示范建筑在建造过程中和落成后,得到了中美双方和国际各界的广泛关注。联合国可持续建筑项目、国际能源署、亚太经合组织、美国国务院、能源部等官员,中国科技部、外交部、住建部、能源局、国管局等领导和行业专家到示范项目进行了参观指导,截止2017年5月,累计人数达13000人。

CABR 近零能耗示范建筑通过视频展示、展板展示、现场讲解等多种方式向来宾、公众展示超薄绝热板外保温系统、Low-e真空三层玻璃外窗+中置遮阳、太阳能与地源热泵复合供能系统、太阳能中高温真空管集热和槽式高温集热系统、空气净化系统、智能照明控制、环境监控技术等多项世界前沿的建筑节能和环境控制技术。CABR 近零能耗示范建筑与传统意义的绿色建筑相比,在注重节地、节能、节水、节材、室内环境与健康的基础上,更加关注能源在建筑中的利用效率,通过高性能建筑围护结构、建筑用能设备以及可再生能源的综合利用,达到建筑用能的超低限值,实现近零能耗建筑(图3)。

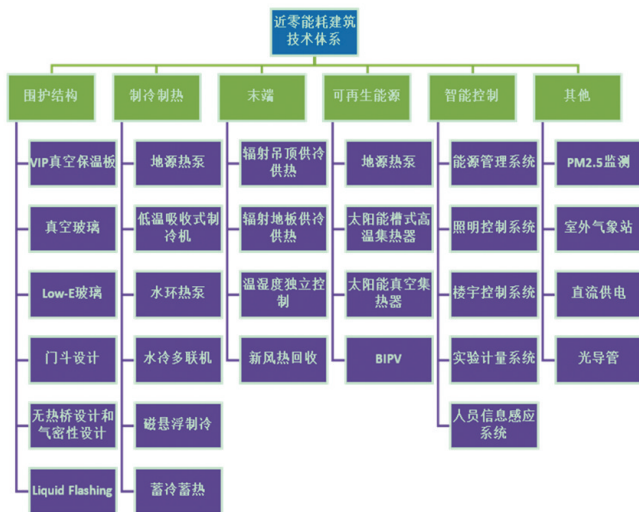


图3 CABR 近零能耗示范建筑技术体系

Fig. 3 Technical system of CABR nearly zero energy building

在 CABR 近零能耗示范建筑的成功示范作用下,山东省、河北省、湖北省均在“十三五”规划中列入发展近零能耗建筑的工作内容,青海省、宁夏回族自治区住房城乡建设厅都在研究相关政策。值得注意的是,近年来一些民间企业也加入到近零能耗建筑的研发和推广行列,成为促进这种建筑发展的又一力量,由行业自发组织的中国建筑节能协会被动式超低能耗绿色建筑技术创新联盟已经召开了3届全国性大会和多次行业培训,近千人参加相关技术活动。CABR 近零能耗示范项目也推动了一批致力于近零能耗建筑的产业园、生产企业纷纷开展投资和规划,推动建筑节能相关部品、系统、设备升级换代,积极响应《中国制造2025》相关工作部署。

4 标准编制

4.1 《被动式超低能耗绿色建筑技术导则》

基于国际研究成果和国内实际情况,住建部建筑节能与科技司委托中国建筑科学研究院编制了《被动式超低能耗绿色建筑技术导则》(居住建筑)(图4),于2015年11月发布,其中定义,被动式超低能耗绿色建筑是指适应气候特征和自然条件,通过保温隔热性能和气密性更高的围护结构,采用高效新风热回收技术,最大程度地降低建筑供暖供冷需求,并充分利用可再生能源,以更少的能源消耗提供舒适室内环境并能满足绿色建筑基本要求的建筑。定义中强调了“被动式”主要因为被动式技术在居住建筑能耗建筑中的重要作用,但被动式超低能耗绿色建筑其实质是近零能耗建筑。



图4 《被动式超低能耗绿色建筑技术导则》

Fig. 4 Technical guideline of passive and ultra-low energy building

4.2 《近零能耗建筑技术标准》

为贯彻中央城市工作会议精神,并适应标准管理体制改革工作的新要求,重点对落实“提高建筑节能标准”任务,住建部立项国家标准《近零能耗建筑技术标准》。2016年7月27日,国家标准《近零能耗建筑技术标准》编制组成立暨第一次工作会议在中国建筑科学研究院建筑环境与节能研究院召开。标准在编制过程中将综合考虑节能标准、材料标准、

设备标准对本标准的支撑作用,引领更高水平建筑节能发展。《近零能耗建筑技术标准》是贯彻党中央国务院关于加强节能减排和提升节能标准要求的具体体现,是开展建筑节能标准国际对标研究的需要,是建筑节能行业发展的需求导向,将为住建部2016—2030建筑节能新三步走的战略规划提供技术依据。《近零能耗建筑技术标准》将本着前瞻引领、推动产业提质增效、与国际接轨的编制原则,从技术指标、建筑设计、施工、运行管理全过程对近零能耗建筑进行全方面的规范。

5 技术瓶颈

为推动近零能耗建筑在中国未来发展,目前急需解决的主要技术问题如下(图5)。

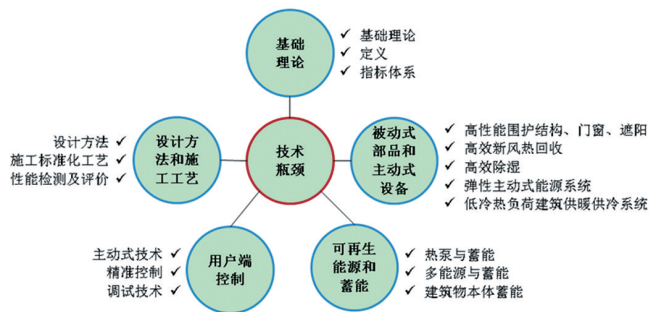


图5 近零能耗建筑待解决技术瓶颈

Fig. 5 Technical bottleneck of nearly zero energy building

1) 基础理论、定义及技术指标体系研究。解决建筑空间形态特征对能耗的影响、高气密性高保温隔热条件下建筑热湿传递机理及能耗与空气品质耦合关系等科学问题,建立机理分析模型及新风需求形成理论;科学界定中国近零能耗建筑的定义及不同气候区能耗指标。

2) 被动式关键部品及主动式高效设备。研发传热系数 $U \leq 0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 的新型腔体结构的高性能门窗、传热系数 $U \leq 0.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 的装配整体式高性能外挂墙体,研发高性能新风及独立新风设备和系统,研发小型化、智能化以及模块化新风设备系统并产业化。研究高性能供暖空调设备及系统,智能化复合能源互补型高效供暖空调设备与系统。研发低成本、高可靠性辐射供暖供冷末端装置温度控制系统。

3) 可再生能源和蓄能技术耦合应用关键技术。太阳能、地源热泵在近零能耗建筑的高效应用关键产品研发及产业化,研究不同气候区域近零能耗建筑充分利用可再生能源和蓄能技术与常规能源系统的配合策略。

4) 基于用户端需求的高能效主动式技术、精准控制和调试技术。基于所收集用户使用特性,智能识别用户习惯,研究基于模型预测的近零能耗建筑能源系统控制策略。开发基于电脑及手机的APP,使建筑用户可以定期或随时输入其所在区域的使用要求,结合室内人员定位系统,根据用户设

置的使用要求,集合智能建筑系统,预测建筑能源基本需求情况,调整可再生能源及蓄能设施的控制参数,优化制定低能耗建筑主动能源系统的控制策略,挖掘进一步降低建筑使用能耗潜力。

5) 性能化设计与标准化施工工艺。在进一步降低建筑能耗的要求下,建筑设计方法需要由传统设计程序转向性能化设计方法,研究以能耗控制为目标的性能化设计方法及工具;在进一步降低建筑能耗的要求下,施工工艺、方法、质量控制技术对建筑实际能耗降低的作用凸显,迫切需要标准化。

6 结论与展望

1986—2016年,中国建筑节能经过30年的发展历程,其政策法规、标准体系不断完善,组织机构不断健全,技术水平不断提高。近期国家对新型城镇化和节能减排工作的重视给建筑节能工作下一步发展提供了重要指导和支撑,未来2016—2030年将是中国社会重大转型发展时期,建筑节能工作人员应充分抓住机遇,提升建筑节能工作的科技含量,使中国建筑节能技术水平到2030年达到国际领先,实现近零能耗建筑(图6)。

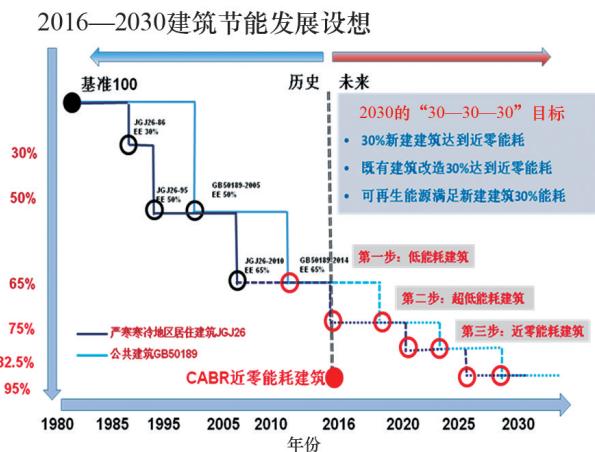


图6 2016—2030建筑节能标准提升设想

Fig. 6 Building codes upgrading roadmap 2016—2030

据《中国建设报》报道,到2020年,中国至少将建成5000个近零能耗建筑,建筑面积超过1亿 m^2 ,产业规模将达到千亿元级,促进建筑规划、设计、施工、咨询、建材、设备行业的全面升级换代,使中国建筑节能工作逐步迈入近零能耗的4.0时代。

如何在“创新、和谐、绿色、开放、共享”的理念下,更加深入的推动建筑节能工作,是中国建筑节能工作下一步的发展目标。为推动行业发展和技术进步,中国应尽快提出建筑节能工作中长期发展目标,结合国际建筑节能发展趋势与中国2030碳排放达峰的要求和城镇化发展的具体情况,目标可以定为“30-30-30”,即到2030年,30%新建建筑达到近零能耗、

既有建筑改造30%达到近零能耗、可再生能源满足新建建筑30%能耗。为响应此目标,中国建筑节能标准提升也可提出新的三步走目标,即“低能耗节能标准、超低能耗节能标准、近零能耗节能标准”,指以2015年节能标准和实际建筑能耗为基准,2016-2030年,通过三次标准提升,最终使中国节能标准提升至节能量最大化和经济效益最佳比的近零能耗建筑。

参考文献 (References)

- [1] Esbensen T V, Korsgaard V. Dimensioning of the solar heating system in the zero energy house in Denmark[J]. *Solar Energy*, 1977, 19(2): 195-199.
- [2] Voss K, Goetzberger A, Bopp G, et al. The self-sufficient solar house in Freiburg—Results of 3 years of operation[J]. *Solar Energy*, 1996, 58 (1-3): 17-23.
- [3] Karsten Voss. From low-energy to net zero-energy buildings: Status and perspectives[EB/OL]. [2015-06-01]. http://www.enob.info/fileadmin/media/Projektbilder/EnOB/Thema_Nullenergie/Journal_of_green_Building_FROM_LOW-ENERGY_TO_NET_ZERO-ENERGY_BUILDINGS.pdf.
- [4] Kilkis S. A New Metric for net-zero carbon buildings[C]//ASME 2007 Energy Sustainability Conference. California: Asme Energy Sustainability Conference, 2007: 219-224.
- [5] Torcellini P, Pless S, Deru A M. Zero energy buildings: A critical look at the definition[R]. California: National Renewable Energy Laboratory, 2006.
- [6] The European parliament and of the council. Directive on the energy performance of buildings (recast) 2010/31/EU[EB/OL]. [2015-06-01]. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:013:0035:EN:PDF>.
- [7] Minergie. Minergie rating[EB/OL]. [2016-06-01]. www.minergie.ch.
- [8] U.S. Department of Energy. Building technologies program, planned program activities for 2008-2012[EB/OL]. [2015-06-01]. <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/corporate/myp08complete.pdf>.
- [9] United States Congress. Energy security and independence act 2007[EB/OL]. [2015-06-01]. <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/BILLS-110hr6enr/pdf/BILLS-110hr6enr.pdf>.
- [10] COWI 2011. Mapping of strategies for low energy housing in the EU Countries[EB/OL]. 2011-02-25 [2016-09-20]. http://www.byggmaterialindustrierna.se/wp-content/uploads/2011/02/energikrav_i_eu_lande.pdf.

Nearly zero energy building research and development in China

XU Wei

Institute of Building Environment and Energy, China Academy of Building Research, Beijing 100013, China

Abstract Till 2016, the Ministry of Housing and Urban-Rural Development had already accomplished the goal of building energy efficiency proposed in the 1980s, to upgrade the building energy codes in three steps of raising energy efficiency by “30-50-65” with the state in the 1980s as the baseline. Recently, the goal of building nearly zero energy becomes the main solution of global warming and climate change. This paper reviews the latest international trend of nearly zero energy building and analyzes the special condition in China. The guideline and standards/codes and the best practice of nearly zero energy building are analyzed, together with the bottleneck of the key technologies. At last, the envisage of New Three Steps of building energy efficiency from 2016 to 2030 are proposed, which are “Low Energy Building, Ultra-low Energy Building and Nearly Zero Energy Building”.

Keywords nearly zero energy building; best practice; building code

(责任编辑 傅雪)