

关于我国“近零能耗建筑”发展的思考

张明阳

都市发展设计集团有限公司

摘要：积极应对全球变暖问题、推动绿色低碳可持续发展已经成为当前和今后一个时期国家战略方针。在此背景下，对于我国未来“近零能耗建筑”的发展方向进行了探讨与分析，并提出了一些政策建议。随着社会经济水平的不断提高，人们生活质量也随之提升，对居住环境质量要求也越来越高。同时由于能源结构性短缺及资源过度开发利用等原因导致环境污染问题日益突出。为此，本文围绕“近零能耗建筑”做出分析与探索，以供参考。

关键词：近零能耗建筑；超低耗能；建筑节能

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.15.117

引言：“零能耗建筑”一词最早出现于20世纪90年代初，是指通过采用先进节能技术或设备达到节约能源消耗、保护环境、实现高效利用自然资源的目的，从而达到建筑全生命周期内低碳环保目标。近年来，国内外针对“近零能耗”这一概念开展了大量的理论与实践研究工作，取得了一定成果。但是在实际应用过程中仍存在诸多问题有待解决。因此需要结合实际情况进行深入研究。

一、相关概念演进

（一）发展历程

“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），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达到“近零能耗建筑”。为了保证该目标的实现，需要对现有政策进行完善和优化。首先应该明确国家标准、行业标准以及地方标准等方面的内容。其次是要建立健全相关法律法规体系并不断完善。再次是加强宣传教育工作，提高公众节能意识，引导民众积极参与到节能改造中来。最后是制定相应的激励措施，鼓励社会各界参与其中共同努力来推动“近零能耗建筑”建设。这一阶段的发展重点为提倡关注全球性能源和环境问题、倡导绿色环保，并提出近零能建筑的概念，即以降低能耗为目标进行建筑设计与建设。20世纪90年代以后，随着人们对于可持续生活方式认识的加深以及国家政策的引导下，国内外学者纷纷从理论层面探讨近零能建筑及其关键技术的可行性及经济可行性等问题。进入21世纪以来，全球建筑总能耗和碳排放增速加剧趋势明显加快，同时由于人口老龄化导致的社会矛盾加深，使得建筑节能已经上升到国家战略高度。由德国被动房研究所提出的“被动房”（也称被动式房屋、被动式住宅，passive house）通过大幅度提升围护结构热工性能和

气密性，利用高效新风热回收技术，将建筑供暖需求降低到 $15\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 以下，从而可以使建筑物摆脱传统的集中供热系统的建筑物，其技术路线为通过被动式手段达到近零能耗，也属于“近零能耗建筑”的一种类型。在此背景下，针对中国当前建筑行业现状及未来发展方向，结合国外先进经验，分析了“十四五”期间，我国近零能耗建筑发展面临的机遇和挑战。

（二）概念解析

因学者们的侧重点不同以及对于近零能耗建筑定义理解不统一，导致各国关于该领域的研究存在一定差异，但是都认为是指采用可再生或可回收的环保节能技术及产品来降低建筑物内的能量损耗，从而达到减少碳排放量的目的，概念的主要区别在于物理边界、平衡周期、能源类型与计量方法等方面。目前，国外对“近零能耗建筑”的定义为：以低碳、高效的理念设计建造、运行，实现了建筑全寿命期内的“零碳排放”目标的建筑体系。其中包括节地、节水，使用可再生或可循环的清洁能源，充分利用当地自然条件进行施工建设等。而国内的定义为适应气候特征和场地条件，通过被动式建筑设计最大限度降低建筑供暖、空调、照明需求，通过主动技术措施最大限度提高能源设备与系统效率，充分利用可再生能源，以最少的能源消耗提供舒适室内环境，且其室内环境参数和能效指标符合《近零能耗建筑技术标准》GB/T 51350-2019规定的建筑。

从全球范围看，近零能耗建筑已经成为未来建筑业的主流趋势之一。在国家政策大力支持下，我国也出台了相关标准规范，推动了近零能耗住宅产业化进程，但仍存在着诸多问题亟待解决，针对当前近零能耗建筑设计中所出现标准化缺失的现象，应从源头开始制定相应的技术标准。

二、近零能耗建筑技术框架

（一）提升围护结构热工性能与气密性

提升围护结构热工性能与气密性是近零能耗建筑的基本要求，主要包括墙体和屋顶隔热保温材料选用、屋面及外窗传热系数控制等内容。目前市场上常见的近零能耗建筑节能设计方案以低能量型为主，如采用新型高效保温材料替代传统的普通硅酸盐类无机保温材料或复合保温材料。通过优化门窗洞口形式，提高窗户遮阳效果。围护结构构成了建筑物的气候边界，光、热、空气等通过围护结构进行传递，从而实现建筑物的蓄热/散热。在此基础上提出了“近零式”建筑理念—即以低能耗化为目标、以绿色低碳为原则、以智能化建造为手段、以可持续发展为导向、以健康舒适为宗旨。在物理性能方面，应满足“近零式”建筑要求，包括外墙、内墙以及外窗。在功能方面，应考虑到建筑对于环境的

影响,例如采光、自然通风、太阳辐射、噪声控制等问题。在施工技术方面,应结合实际情况选择适宜的施工工艺。在建筑设计与建设过程中应充分考虑建筑功能需求并且将其融入整个建筑体系当中,形成一个有机整体。另外,保温隔热是降低热传递的最简单有效方法之一,因此要重视节能减排工作。在设计阶段需要综合考虑气候因素和当地实际条件来确定合理的围护结构形式及尺寸,尽可能减少外界热量进入室内。在选用新型材料时一方面要符合国家标准,同时也要保证质量安全可靠。在施工阶段则可以通过优化工艺技术提高能源利用效率。

卓越的建筑气密性是“近零能耗建筑”能效目标的核心要素之一。主要通过加强门窗洞口的气密性处理、加强各种穿外墙管线的气密性处理和重视内外墙砌筑和抹灰质量来提高建筑气密性。同时建筑屋面增加防水隔气膜,在保证建筑的气密性的同时又有有效的保护保温层。

(二) 采用高性能的外门窗及避免热桥

门窗是建筑节能的薄弱环节,对于门窗的设计不仅要求有良好的采光通风功能,还要满足建筑物自身结构强度以及抗震性等方面的要求。当前市场上的门窗种类很多,但是不同材质的门窗所适用的环境各不相同,例如玻璃窗虽然具有较高的透光率,但由于其传热系数较大,所以不利于冬季采暖。铝合金窗在夏季高温天气下易出现结露现象,影响窗户的使用寿命。随着各国建筑节能减排的不断推进,绿色环保型建筑逐渐成为未来建筑的主流方向,其中外墙外保温和双层Low-E中空玻璃是目前较为常见的两种墙体保温隔热技术。在实际工程应用过程中应根据当地的气候条件合理选择合适的保温材料并结合施工工艺进行科学合理地处理才能保证房屋建筑的舒适度与节能效果。同时还要考虑到室内外空气质量及太阳辐射强度之间的关系来确定最佳的围护结构形式、门窗类型以及朝向,以达到降低能耗的目的。

避免热桥是实现建筑节能的关键技术之一,主要有两个方面内容:一是要尽量减少由室内外温差造成的热量损失及由此产生的冷量损耗。二是要尽可能地使室内温度分布更加均匀,以提高居住者的舒适度。为此,可采用新型节能环保型墙体或门窗等措施来改善建筑内部空间环境,例如选用三玻双Low-E充氩气的玻璃、窗框做保温隔热处理、外窗安装在墙体保温层范围内等有效措施均能够有效地为建筑节能。在设计时还要充分考虑到采光与通风问题,并采取相应的遮阳和防雨设施,以此来减小自然通风所带来的影响,同时还应当合理利用太阳辐射强度大且持续时间长的特点,将太阳能转换成电能供人们使用或者储存起来以备后用。

(三) 被动式建筑设计优化节能

被动式建筑主要指通过采用先进科学技术将传统建筑转变成一种高效节能的新型建筑模式。该项技术不仅可以实现对自然资源的充分利用还可以有效控制能源消耗,具有良好的经济效益与社会效益。但由于其自身存在着较多缺点,因此需要加强对其的研究力度,使其

向着智能化、生态化方向迈进,进而推动我国建筑行业的进一步发展。该建筑具体体现在自然采光与遮阳、自然通风等方面。随着科技的不断进步和人们生活水平提高,越来越多低碳环保型绿色建材被广泛应用于各类建筑中,如玻璃幕墙、外墙外保温、屋面保温、隔热涂料等。外墙外保温则是通过将无机矿物质涂层与高分子聚合物相结合而形成一种新型保温结构,这种复合膜层不但可减少室内外温差并且不会影响到人体健康。屋面保温主要采用真空绝热板作为保温板来达到保温效果。隔热涂料主要用于防止外界环境温度变化时所带来的热能损失,以降低空调制冷系统所产生的热量。

遮阳是维持视觉和光热需求平衡的有效方式,在夏季可以阻挡阳光辐射进入室内,冬季又可以吸收部分太阳辐射,因此遮阳设计对建筑节能非常重要。由于中空玻璃的透光性良好,其透射率高达95%左右,所以中空玻璃被广泛应用于各种建筑设计之中。但是中空玻璃存在着较大的热传导损耗以及隔音性能差等问题,导致其应用受到一定限制。

自然采光通风对被动式建筑设计产生了深远的影响。在进行被动式绿色建筑节能设计时,应充分考虑太阳光辐射强度和室内环境条件、建筑朝向、窗墙比及窗户面积大小等因素对建筑内光线分布情况的影响。通过合理利用遮阳百叶可以有效降低太阳直射时房间内温度。另外,根据当地气候特点选择合适的门窗材料可减少空调冷负荷。近年来以自然采光为主的低辐射镀膜玻璃已经被广泛应用于建筑工程领域。但是,由于其具有较高的传热系数,导致阳光无法直接照射到建筑表面,因此需要采取一定措施改善这一现象。目前,国内已有部分研究者开展了中空夹层玻璃与其他节能材料相结合的应用研究,如采用中空夹层玻璃作为外墙或屋面板饰面层。采用蓄热水箱替代传统储水设备实现蓄热水箱的高效利用。

(四) 提高能源设备系统能效

能源设备系统服务建筑运行保障室内舒适度要求,应在满足建筑节能需求基础上尽可能降低能源设备运行费用和运营成本。例如,通过对太阳能热水器进行优化设计、合理布局等手段,将太阳能集热循环效率提升至30%以上,同时结合空气源热泵技术,可以有效地解决夏季制冷时室外温度过高而造成的电能浪费问题。此外,还应加强对太阳能热水器的维护管理工作,避免因使用不当引起故障。混合通风技术及其控制策略是目前较为成熟可靠的采暖与空调节能技术之一,可为建筑提供更多的自然通风途径。但是由于该种通风方法存在一定弊端,因此需要进一步完善相关配套设施以实现绿色环保目标。随着国家政策支持及社会经济水平不断提高以及人们生活质量改善需求增加,“新能源+智能化+绿色生态”的新型建筑模式逐渐被广泛应用到各类工程项目建设当中。

(五) 太阳能利用技术

太阳能利用是实现近零能耗目标的关键技术,主要包括太阳能光热转换和光电转换两大方面内容。其中,

太阳能光热转换技术在建筑节能领域具有广阔前景。例如，将太阳光作为热源直接用于供暖或制冷系统时，可以有效降低能源消耗并减少环境污染问题。而光电转化则是通过太阳能集热装置将收集到的热量进行高效回收再利用，不仅可以节约大量电能资源、减轻环境负荷压力同时也有利于环境保护。通过集热、蓄热和放热过程实现获取太阳能的过程与传统化石燃料燃烧相比可节省约50%以上的能量，从而使得建筑物达到“零碳排放”的目的。随着国家对生态文明建设日益重视以及新能源汽车产业快速发展等因素影响，未来近零能耗建筑必将朝着更加环保、安全、健康、舒适、智能、低碳、节能、经济、适用且低成本的方向发展。

光伏发电技术是实现近零能耗可持续发展的必选技术，其主要原理为在太阳能电池板上安装多个太阳能电池组件。然后根据不同类型太阳能电池板所需要的功率来确定各类太阳能电池组件的数量及排列方式。最后通过控制系统调节各类太阳能电池板的工作状态以满足实际应用需求。发电材料技术已历经4代发展历程，目前仍然处于不断完善和优化阶段，但是由于成本过高而无法广泛应用于工程实践中。因此，如何提高能源转化效率，降低单位面积的碳排放量成了研究重点之一。其中，将太阳能与风能相结合，不仅可以有效地提升能量利用率并且具有良好的环境效益，同时也有利于改善空气质量。

（六）热泵与风能利用技术

热泵技术使用频率仅次于太阳能，是当前应用最广、规模化生产最多的一种节能环保型制冷剂。该技术主要包括水源热泵、土壤源热泵以及空气源热泵等几大类。其中，在冬季采暖期内，可采用地下水作为热水源进行供暖。夏季则需要借助地表水或者雨水实现对热量的吸收或释放。此外，在寒冷地区，还可以通过安装小型抽蓄机组为用户提供生活用水及工业用水。但地源热平衡问题明显，解决这一问题的新技术有复合太阳能的太阳能地源热泵系统和空气源地源热泵系统。前者由于其高效性而被广泛应用于住宅区的空调设计当中，后者因其经济性和实用性优势成为目前研究的热点之一。然而，这两种新型的地源热泵系统均存在着一定程度上的不足。例如在夏季高温时，它们会导致系统运行效率下降且难以满足人们日常生活需求。另一方面，它们也无法充分利用自然界的余热资源。针对以上问题，提出了一种基于相变储能材料（PTC）与板式换热器组合的地源热泵系统方案并进行了实验验证。结果表明：该系统不仅具有良好的性能，同时还具备较高的节能潜力。相比于普通埋管换热器组，该系统的综合能源利用效率可达80.5%~92.5%。

风能利用是将风能转换为机械能再转化为电能的过程，其主要形式包括风力机和光伏发电等。由于风能的不确定性以及对环境影响较大，因此目前关于风能的研究大多集中在理论方面而忽略实际应用。不同类型的风电场及光伏阵列的特点及其在城市地区典型气象条件下

的发电特性，在风速低于2m/s或光照条件不佳时，风力发电很难达到预期效果。针对风能利用困难的问题，当前新技术是结合太阳能和风能互补特点整合为复合技术系统进行开发利用，如太阳能—水蓄能（PV）技术与空气源热泵联合运行可实现夜间供热制冷、白天采暖热水供应、夏季供冷，冬季供暖、制冷和生活热水供给等功能。此外，通过合理设计并充分利用屋顶空间也可以提高整体系统的经济效益。然而随着我国人口数量不断增长，未来需进一步提高居民住宅舒适度，以满足日益增长的居住需求。

（七）能源回收利用折减耗能

近零能耗建筑技术体系庞大、技术措施不一而足，在实施过程中需综合考虑各种因素，包括气候条件、地理位置、自然环境、社会环境及经济成本等因素对建筑节能减排目标达成的影响程度。同时要充分考虑到各地区实际情况因地制宜地制定相应的政策措施，从而保证各项工作有序推进。能源回收利用技术主要是将建筑物运行过程中产生的空气、废水等余热进行回收利用并达到节约用水和降低碳排放的效果，进而实现绿色低碳生活方式，最终提高人们生活质量与水平。因此，近零能耗建筑技术体系的构建应该根据当地具体情况来确定，既要符合国家标准要求，又要兼顾地方特色。此外还应结合实际情况合理规划建设项目，避免出现盲目跟风或重复建设现象，使得建筑资源浪费问题得以有效解决，为实现节能减排提供保障。

结束语

总而言之，近年来我国大力推进绿色低碳发展战略，提出了节约能源、保护环境、改善生态的理念。同时，积极开展节能减排工作，取得显著成效。但是由于各地区自然资源禀赋差异大，资源环境约束条件复杂多变，导致能源消耗水平较高。而“近零能耗建筑”相关理念正好符合我国建筑发展需求，应大力发展做好改善，以此推动我国建筑行业发展。

参考文献

- [1] 冯国会, 崔航, 常莎莎, 黄凯良, 王茜如. 近零能耗建筑碳排放及影响因素分析[J]. 气候变化研究进展, 2022, 18(02): 205-214.
- [2] 黎航欣, 王盛卫. 《近零能耗建筑技术标准》下夏热冬暖地区及寒冷地区零能耗建筑的可行性研究[J]. 暖通空调, 2022, 52(01): 121-125+29.
- [3] 陈平, 孙澄. 近零能耗建筑概念演进、总体策略与技术框架[J]. 科技导报, 2021, 39(13): 108-116.
- [4] 贾敬芝. 近零能耗建筑中相变建筑材料的研究进展[J]. 暖通空调, 2021, 51(02): 47-54.
- [5] 张时聪, 王珂, 吕燕捷, 徐伟. 近零能耗建筑评价的研究与实践[J]. 城市建筑, 2020, 17(35): 61-67.
- [6] 徐伟, 杨芯岩, 张时聪. 中国近零能耗建筑发展关键问题及解决路径[J]. 建筑科学, 2018, 34(12): 165-173.