

综合供能系统在未来社区建筑中的应用研究

马志忠

台州市城乡规划设计研究院有限公司 浙江 台州 318000

摘要：本文探讨了综合供能系统在未来社区建筑中的应用。综合供能系统通过整合多种能源形式，如电能、热能、冷能等，实现能源的高效利用。文章首先介绍了综合供能系统的基本概念和组成部分，然后分析了未来社区建筑的发展趋势和能源需求特点。以台州某社区为例，详细阐述了综合供能系统的设计、冷热负荷计算、运行策略及效益分析。该系统通过地源热泵、热源塔热泵等设备，满足社区多样化、高效化和个性化的能源需求，实现了显著的经济和社会效益。

关键词：综合供能系统；未来社区建筑；能效提升；可持续发展；应用研究

1 综合供能系统的基本概念

综合供能系统是一种创新的能源供应体系，它突破了传统单一能源供能的局限，整合了多种能源形式，如电能、热能、冷能、燃气能等，通过先进的技术手段与科学的管理模式，实现多种能源在生产、传输、分配、转换和存储等环节的协同运作，以满足不同用户多元化的用能需求。其核心在于打破能源之间的壁垒，使各类能源能够相互补充、优化配置，从而提升能源利用的整体效率。例如，在一个典型的综合供能系统中，太阳能光伏发电产生的电能，既可以直接供给用户使用，多余的电能还能通过储能设备储存起来，在夜间或光照不足时释放；同时，利用发电过程中产生的余热，通过余热回收装置转化为热能，用于供暖或生活热水供应，实现了电能与热能的梯级利用，提高了能源的综合利用效率^[1]。

2 综合供能系统的组成部分

2.1 能源生产设备

能源生产设备是综合供能系统的源头，涵盖多种类型。太阳能光伏发电设备，通过光伏板将太阳能转化为电能，具有清洁、可再生的优势，在光照充足的地区应用广泛；风力发电设备，利用风能驱动风机叶片旋转，带动发电机发电，适合在风力资源丰富的区域部署；生物质能发电设备，以生物质为原料，如农作物秸秆、林业废弃物等，通过燃烧、气化等方式产生热能驱动汽轮机发电，实现了生物质能的高效利用。在热能生产方面，有燃气锅炉、燃煤锅炉等传统设备，也有地源热泵、空气源热泵等新型节能设备。地源热泵通过地下埋管换热器，从土壤中提取或储存热量，实现冬季供暖、夏季供冷，具有高效节能、环保无污染的特点；空气源热泵则从空气中吸收热量，经过压缩机压缩升温后用于供热，在环境温度适宜时能效比高。

2.2 能源存储设备

能源存储设备在综合供能系统中起着关键的调节作用，能够平衡能源供需的时间差异。在电能存储方面，常见的有铅酸电池、锂离子电池等蓄电池。锂离子电池具有能量密度高、充放电效率高、使用寿命长等优点，广泛应用于分布式能源存储场景。在热能存储方面，水蓄热罐较为常见，利用水的热容特性，在能源过剩时将热能储存于水中，在需要时释放用于供热。相变储能材料也逐渐受到关注，其在相变过程中能够吸收或释放大热量，且温度变化小，可有效提高热能存储效率。还有用于存储冷能的冰蓄冷设备，在夜间低谷电价时段制冰存储冷能，在白天用电高峰时段融冰供冷，既实现了冷能的存储，又能起到电力削峰填谷的作用。

2.3 能源转换与传输设备

能源转换设备实现了不同能源形式之间的相互转化。例如，热电联产（CHP）设备，通过燃烧燃料产生高温高压蒸汽，驱动汽轮机发电，同时利用汽轮机排出的余热进行供热，实现了电能与热能的联合生产，提高了能源利用效率。热泵设备则是将低品位热能转化为高品位热能，如水源热泵可将江河湖泊中的低位热能提升为可用的供暖或供冷热能。能源传输设备负责将生产出来的能源输送到用户端，包括电力传输线路、热力管网、燃气管网等^[2]。智能电网技术的应用，使得电力传输更加高效、稳定，能够实时监测和调节电力输送；热力管网采用高效保温材料，减少热能在传输过程中的损耗；燃气管网则通过优化布局与压力控制，确保燃气的安全稳定供应。

3 综合供能系统未来社区建筑特征与需求

3.1 未来社区建筑的发展趋势

随着全球对环境保护意识的增强，未来社区建筑越

来越注重绿色建材的使用，以及节能减排技术的应用，旨在减少建筑对环境的负面影响。智能化方面，未来社区建筑将深度融合物联网、大数据、人工智能等技术，实现建筑的自动化管理、智能监控与能效优化，从而提升居住和工作环境的舒适度和便利性。未来社区建筑还强调人文关怀，注重空间设计的人性化，促进社区成员之间的交流与互动，营造温馨和谐的社区氛围。这些趋势共同推动未来社区建筑向更加环保、智能、人性化的方向发展。

3.2 社区建筑的能源需求特点

社区建筑的能源需求特点主要体现在多样化、高效化和个性化三个方面。多样化需求源于社区内不同类型的建筑（如住宅、商业、办公等）以及居民多样化的生活方式，导致能源需求在时间、种类和量级上存在差异。高效化需求则是因为社区建筑作为能源消耗的主要场所，需要通过采用高效节能技术和设备，提高能源利用效率，减少能源浪费。

3.3 综合供能系统与未来社区建筑的契合点

综合供能系统与未来社区建筑的契合点主要体现在以下几个方面：第一，综合供能系统能够整合多种能源形式（如太阳能、风能、地热能等），实现多能互补和梯级利用，这恰好符合未来社区建筑对能源多样化的需求。第二，综合供能系统通过智能化管理和优化调度，能够显著提高能源利用效率，减少能源浪费，满足未来社区建筑对能源高效化的追求^[3]。第三，综合供能系统具备灵活性和可扩展性，能够根据社区建筑的能源需求变化进行调整和升级，满足个性化能源需求。最后，综合供能系统的应用还能促进未来社区建筑的绿色转型和可持续发展，符合未来社区建筑的环保理念。

4 综合供能系统在未来社区建筑中的应用案例分析

4.1 案例背景

在能源紧张、建筑能耗高与节能环保压力大的形势下，2019年浙江省率先将“未来社区”建设纳入政府工作报告，台州某社区随即入选首批试点。该社区定位高端，地处台州市核心区位，总供能面积14.57万平方米，涵盖商业、办公、住宅等多种业态，各建筑冷热负荷需求大且用能时间不同。当地地热资源优越，经地埋管地源热泵系统适宜性评价为较适宜区，且有浅层地热能开发应用先例。基于此，设计“地源热泵+热源塔热泵+冷水机组+蓄能”综合供能系统，建1座地下综合能源站。

4.2 冷热负荷计算

准确预测冷热负荷是区域能源规划的关键，传统设计中的负荷指标估算法不适用于本项目，因其在区域层

面误差会被放大。本项目采用情景分析方法，针对区域内典型建筑功能类型，设定典型气象条件、建筑物使用时间、内部负荷强度以及设备效率的不同情景组合，运用建筑能耗分析软件DEST得出情景负荷，进而确定系统的峰值负荷、低谷负荷、基础负荷，绘制区域典型负荷曲线，明确负荷分布，使其与能源系统运行情况相匹配。

4.3 典型建筑负荷模拟

利用DEST软件对项目区域内不同业态建筑在不同工况下的最大冷、热负荷进行逐时模拟分析，通过该软件的全年负荷计算功能，模拟出全年8760小时的空调冷、热负荷。计算空调负荷所需的围护结构热工参数、人均使用面积、房间人员逐时在室率、不同类型房间照明功率密度和电器设备功率、电器设备逐时使用率等，分别参考浙江省《公共建筑节能设计标准》以及《居住建筑节能设计标准》。模拟结果显示，各建筑业态冷、热负荷指标如下表所示：

建筑类型	建筑面积 (万m ²)	负荷指标 (W/m ²)-冷	负荷指标 (W/m ²)-热
住宅	6.02	75	38
商业	4.17	125	52
办公	2.80	105	55
酒店	1.13	95	45
运动馆	0.45	180	80

4.4 区域负荷计算

依据上述冷、热负荷指标，确定典型建筑的设计日逐时冷热负荷。经计算，本项目设计冷负荷为11.82MW，设计热负荷为6.30MW。各业态供能时间不同，住宅、酒店为24小时供能，商业供能时间为8:00-21:00，办公、运动馆供能时间为7:00-22:00。经预测，本项目全年供冷量合计为1527.91万kWh，全年供热量合计为421.35万kWh。

4.5 供能系统设计

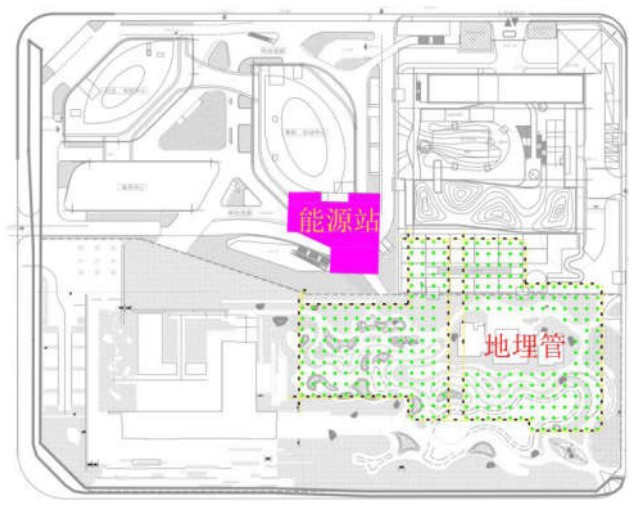
4.5.1 装机方案设计

本项目根据负荷特点，以土壤源供热量为基础配置地源热泵容量，剩余冷负荷由热源塔及冷水机组补充，并利用蓄能池进行夏季蓄冷以减少装机量。选用1台地源热泵、2台热源塔热泵、1台离心式冷水机组作为主要冷热源，并配备蓄能池。蓄能池设置于地下室，夏季设计日蓄能比例为8%，日蓄能量为13.86MWh，设计日冷负荷调峰18%，蓄能池调峰为2.12MW。

4.5.2 地埋管工程设计

根据岩土热响应测试报告，制冷工况下每延米换热量为47.0W/m，制热工况下每延米换热量为46.3W/m。由于南侧绿地面积有限，无法仅依靠地源热泵承担全部取

热量。项目实际建造300口井，地埋孔采用正方形布置，孔间距设为4.5m。夏季地埋井总换热量1410kW，冬季总取热量1389kW。地埋孔平面布置如下：



地埋孔平面布置图

地埋管地源热泵以地下土壤作为吸热与排热场所，夏季将室内余热排至地下储存供冬季使用，冬季从地下取热供给房间并储存冷量以备夏季使用，本质上是一种地下蓄能及再利用系统。为保证其长期高效稳定运行，需确保全年冬夏季土壤取热放热量平衡，以实现土壤能量以年为周期的自我恢复。经软件模拟，能源中心站设计年累计供冷量为1527.91万kWh，年累计供热量为421.35万kWh。地埋管年总排热量为293.46万kWh，年总取热量为296.79万kWh，不平衡率仅为1.1%，基本实现取热和放热的能量平衡。运行过程中，实时监测地埋管总管上的能量表，对比夏季排热量和冬季吸热量，切换主机开启策略，保障土壤冷热量全年平衡。

4.6 运行策略

运行依能源设施管理平台追踪末端负荷，优化开机顺序。供冷季，依不同负荷状态，如25%冷负荷时用1台冷水机组+蓄能等模式运行；供暖季，如25%热负荷时开启1台地源热泵等，同时明确不同工况下各设备进出水温度^[4]。

4.7 效益分析

4.7.1 经济效益

本项目经济效益显著，首先体现在节约投资和运行费用上。综合供能系统集中设置，每年运行水电费用约362万元。与传统多联机系统相比，可节约设备平台建筑面积约2690m²、配电容量2250kVA，总投资节约约40%，运行费用节约约20%。此外，根据项目投资估算及财务分析，本项目动态投资额为4160万元，能源使用费用按住宅45元/m²、公建0.55元/kWh计算，动态回收期为15年，项目经济效益和生存能力良好。

4.7.2 社会效益

从社会效益来看，本项目使用可再生能源作为主要能量来源，相比传统多联机系统，每年可节约标煤903.48t，减排二氧化碳2203.59t，为“双碳”目标做出实际贡献。同时，集中供能系统能够保持室内温度恒定，处于人体舒适范围，居民无需频繁调节空调或暖气设备，极大提高了人体舒适度和生活品质。此外，项目的实施为夏热冬冷地区未来社区设计建设开拓了能源利用思路，有利于推进能源供给侧改革，落实低碳场景指标，助力实现“多元能源协同供应、社区综合节能、可再生能源利用”的低碳智慧社区目标。

结束语

综上所述，综合供能系统在未来社区建筑中的应用具有广阔前景。通过整合多种能源形式和优化能源利用，该系统不仅提高了能源利用效率，还满足了社区建筑的多样化能源需求。随着技术的不断进步和政策的持续支持，综合供能系统将成为推动未来社区建筑绿色转型和可持续发展的重要力量。

参考文献

- [1]张桂炉,居剑亮,段飞.基于大数据分析的制冷站运行预测及节能优化[J].暖通空调,2021,51(1):64-69.
- [2]王诗璐.合同能源管理在煤粉锅炉节能改造的应用研究[J].煤质技术,2020,35(05):33-37+45.
- [3]周丽玲,张达政,朱正勇,等.台州滨海工业区浅层地温能资源评价与应用建议[J].中国矿业,2019,28(1):175-180.
- [4]於继康,温勇萍,于国清.夏热冬冷地区复合式地源热泵设计与运行策略研究[J].建筑节能,2020,48(5):60-64.