

多种可再生能源在生活热水系统中的高效利用

李鹏宇 孔男男 何媛媛 乔露露

中国中元国际工程有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i11.4997

[摘要] 建筑节能是实现可持续发展目标的关键环节,生活热水作为建筑主要能耗之一,其节能技术尤为重要。我国2022年实施的《建筑节能与可再生能源利用通用规范》系统性强化了全生命周期节能要求。当前主流可再生能源系统包括:太阳能热水系统(光热效率50%以上,但需备用热源保障稳定性)、空气源热泵(节能75%,但严寒地区效率下降)和地源热泵(利用地下恒温,碳排放低40%,但供热热水温度低)。通过组合使用不同的可再生能源可有效降低建筑生活热水系统能耗,以进一步提升建筑能效与环保性能。

[关键词] 建筑生活热水; 可再生能源组合利用; 节能减排

中图分类号: TU822 文献标识码: A

Efficient Utilisation of Multiple Renewable Energy Sources in Domestic Hot Water Systems

Pengyu Li Nannan Kong Yuanyuan He Lulu Qiao

China Zhongyuan International Engineering Co., Ltd.

[Abstract] Building energy conservation is pivotal to achieving sustainable development goals. As a major energy consumption category in buildings, domestic hot water systems necessitate particularly significant energy-saving technologies. China's 2022 General Specification for Building Energy Conservation and Renewable Energy Utilisation systematically reinforces lifecycle energy efficiency requirements. Current mainstream renewable energy systems include: air-source heat pumps (75% energy savings, though efficiency declines in severe cold regions), and ground-source heat pumps (utilising constant underground temperatures, 40% lower carbon emissions, but with lower hot water supply temperatures). Combining different renewable energy sources can effectively reduce the energy consumption of building domestic hot water systems, thereby further enhancing building energy efficiency and environmental performance.

[Key words] Building domestic hot water; Combined use of renewable energy; Energy conservation and emission reduction;

前言

建筑节能在建筑全生命周期能耗中具有举足轻重的重要性,建筑作为能源消耗和碳排放的主要领域之一,节能对实现可持续发展目标至关重要。我国推出最新的《建筑节能与可再生能源利用通用规范》^[1],以工程建设项目整体为对象,通过系统性勘察、设计、施工、维修、养护等全方位技术要求,进一步强化全国建筑节能工作。生活热水作为建筑的主要能耗之一,节能工伤的重要性尤为突出,可再生能源利用能显著减少碳排放,通过替代化石燃料、降低温室气体排放,实现建筑舒适与节能减排的协调发展。同时,生活热水作为直接与人接触的媒介,其水质应符合生活饮用水卫生标准,应达到无色无味、无病原微生物等致病菌的要求。生活热水系统既要实现清洁卫生、保证使用安全,同时通过各种技术手段节约能源,实现节能能源,可再生能源的

安全利用显得尤为重要。

1 常见可再生能源应用

1.1 太阳能热水系统

太阳能是取之不尽、用之不竭的可再生能源,是一种可持续性强、零碳排放的优质能源。通过太阳能集热器直接将光能转化为热能制取生活热水,光热利用率可达50%以上。从依靠自然循环的小型太阳能热水系统到需要水泵进行强制机械循环的大型系统,从通过直接加热后供应生活热水的直热式系统到需要经过二次加热的间接式生活热水系统,多种多样的太阳能热水器在我国居住建筑、公共建筑中均得到广泛利用。

1.2 空气源热泵热水系统

空气源热泵热水系统利用压缩机驱动制冷剂循环,吸收环境空气中的热量来加热生活用水,本质上是逆卡诺循环在生活

热水领域的实际应用。通过向空气索取能量,实现温度由低温向高温的转移,将低品位的低温热源提升为可利用的热能。作为一种高效节能的热水供应装置,其能效比(COP)最高可达5.0以上,较传统电热水器节能75%以上。随着我国“双碳”政策持续推进,其在建筑生活热水中得到了广泛应用。

1.3地源热泵热水系统

地源热泵系统利用地下土壤或水中的恒温热能,通过“能量搬运”实现热量交换利用。地热资源具有温度稳定(通常介于10~20℃)、储热量丰富的特点,地源热泵系统通过埋设于地下的管道环路与土壤/地下水进行热交换。地源热泵热水系统通常与空气调节系统配套使用,夏季时还可利用空调系统的废热、冬季时利用地源侧储备的热量供暖与制备生活热水,实现能源的高效利用。

2 制热能力与热水系统需求分析

2.1可再生能源系统的优缺点

太阳能热水系统光热转化技术成熟稳定,制热效率高、日制热量大,可满足绝大多数项目对生活热水制热的需求。太阳能热水系统主要受太阳辐射照量的影响,日产热量与当日太阳辐射照量呈完全的正比例关系,且制热功率亦与太阳辐射照量相关,天气变化会导致热水产量波动较大,用热要求高的建筑通常会配备稳定的备用保障热源进一步确保生活热水供应安全。太阳能热水系统与生活热水用热时间不匹配,通常必须配置大容量热水箱储存生活热水所需的热量,保证用热时段充足的热热水供应。

空气源热泵系统不受太阳光辐射影响,制热效率仅与空气所携带的热量相关,在标准工况下,国家标准COP能效比可达4.4^[1],比传统电热水器节能75%以上,年运行成本仅为燃气设备的1/3。随着空气源热泵技术的发展,压缩机喷气增焓技术的精进和二级压缩技术的发展,极大提升了空气源热泵技术的应用范围,通过采取降低结霜临界温度和提提高热交换器效率的措施,即使在冬季气温低至-10℃的区域亦可制取生活热水^[2],同时安装比较灵活,无需专用机房,可放置在屋顶、阳台等处。空气源热泵系统具有制热量稳定的特点,但空气源热泵设备初始投资高、环境温度低于-10℃时制热效率下降明显,严寒地区室外机结霜对制热影响较大。

地源热泵系统可以利用地下土壤或水的恒温特性(10~20℃),避免极端气候影响,运行稳定性远超空气源热泵系统,长期运行可节约运行费用。碳排放比空气源热泵减少40%,符合“双碳”政策,是绿色建筑认证的重要加分项。地源热泵系统可集成供暖、制冷和生活热水多种功能为一体,集成度高,对运行负荷变化适应性强。该系统初始安装费用高,较传统空气源系统高40%,建设期地源端需配套钻孔埋管,后期维护复杂,专业维护成本高。且地源热泵系统通常供热水温度仅45℃左右,远低于常规生活热水所需使用温度,此温度下难以杀死有害病菌,极易产生供水安全事故。需进一步通过其他水加热措施将生活热水温度提升至60℃,保证用水安全。地源热泵系统依赖地热资源,地热泵

衡设计在系统长期稳定运行中具有举足轻重的作用。地源热泵系统通过夏季制冷将热量导入地下和冬季采暖和生活热水系统从地下取热,通过地层热量的排放与吸收在长期运行中达到动态平衡的状态^[3]。

2.2生活热水需求分析

建筑生活热水主要供给淋浴、洗手、厨房、洗衣等功能。建筑生活热水同生活冷水供水一样,根据不同的建筑具有不同的使用特点^[4]。集中使用时段的建筑每日使用时间较短,通常2~3h就将生活热水设计用水量消耗殆尽,如企业集中淋浴间、体育馆淋浴间等;全日制使用的生活热水通常见于住宅、宾馆、医院等,各时段均可使用,但各用水时段用水量具有不均匀性,最大小时用水量可达平均小时用水量的2~3倍。

不同的建筑热水需求需匹配不同的热水加热机制。用水时段较为集中时生活热水系统单一时段内热水需求量巨大,而其他用水时段用水需求极少,通常应采用加大储热容积满足短时段内热水集中供应,同时在24h内其他时段对储热容积进行加热以减小对热源供热能力的苛刻要求。全日制使用的生活热水则需平衡用水时段与储热容积的关系,热源供热能力可满足最大时生活用热水需求时,储热容积可仅考虑15~30分钟最大时生活热水缓冲水量即可满足使用安全;当热源供热能力无法满足最大时生活用热水需求时,则通过供热负荷、用热负荷、储热容积及最大时用热时间进行平衡计算,该4项参数直接决定了储热容积和供热负荷的计算,保障供热水安全。

2.3可再生能源系统组合的匹配要素分析

为节约能源,我国对日用热水水量超过5m³或人均最高日用定额超过10L的建筑除当地电力资源丰富、政府有特殊规定外,不允许采用电直接加热制取生活热水,并且优先鼓励利用太阳能、空气热源等可再生能源制备生活热水。利用各类系统的优点为建筑服务是节能工作的一环。

太阳能应用优势在于制热来源于太阳光热,属于最优质的清洁能源,但制热不稳定,通常制热时间约6~8h,且天气条件不佳时制热影响严重。制热水温度介于冷水至90℃之间,通过系统调控可制取60℃生活热水;太阳能热水系统因持续加热时间仅限于白天,适用于使用时段集中的建筑热水供应,或仅用于生活热水预热。通过串联叠加燃气热水炉、热媒汽、水-水加热器、空气源热泵加热系统等可保障系统供热水安全。太阳能一次投入后几乎不产生运行费用可极大降低生活热水产热成本,业主单位使用积极性较高。在设计或应用中应注意水体硬度对设备运行的影响,通过间接加热系统避免生活热水直接接触加热面板或加热光管导致的结垢,对太阳能系统具有积极意义。

空气源热泵热水系统供热能力稳定,可全天候供应生活热水,适用于各类用热水需求的建筑。常规空气源热泵热水系统机组制备生活热水温度50~55℃,制备满足使用要求的60℃时会导致设备COP值下降严重,影响设备能耗。对生活热水加热系统而言,从总功耗角度考虑,保证空气源热泵热水加热COP值稳定在4以上在建筑节能中具有积极意义,50至60℃区间的热热水可串联

叠加燃气热水炉、热媒汽、水-水加热器或电热水器等保证热水系统供水水质安全。

地源热泵系统作为稳定性更强、制热效率更高的节能系统具备空气源热水系统多种优点,适用于多种用热需求的建筑,但是地源热泵系统最佳效率供热水温度仅45℃,低于空气源热泵系统加热热水温度,通常在设计或运行中参考空气源热泵加热系统叠加其他可靠的加热器更具节能意义。

综上所述,不同的可再生能源均具有将低品位热源转变为高品位热源的特点。可再生能源加热均具有很高的加热效率,但仅靠某一种可再生能源热源往往很难满足稳定供热的需求和我国建筑节能的要求,根据不同建筑的用热需求采用不同的组合供热形式是常见的建筑可再生能源节能的高效、安全应用。

3 常见可再生能源利用组合应用

3.1 太阳能+空气源热泵组合

太阳能+空气源热泵组合系统是较为成熟的生活热水系统之一。两者合用的可再生能源提供的生活热水可达总能耗的80%~100%,具有极高的供热节能性能和稳定的供热能力。太阳能在建筑热水供应中根据屋面面积、使用需求、投资限制等条件通常选择20%~100%太阳能集热面板铺设面积,太阳能铺设面积占比越大,节能效果越好。为解决太阳供热不稳定的特点,采用空气源热泵系统作为稳定的备用热源。根据不同的建筑生活热水使用需求,可采用不同的热水形式。用水时段集中的建筑通常配置满足一日生活热水需求的储热水罐,以便集中大量使用时满足使用需求,同时空气源热泵加热系统可保证即使阴雨天气仍能保证热水系统正常供水。对于全日制使用的生活热水系统不在集中时段使用时,通常按2~3h的最大时生活热水量供热量考虑,通过储热罐+2~3h内空气源热泵的加热负荷满足生活热水供应进行设计仍可满足建筑的生活热水安全供应。太阳能加热用于生活热水预热,空气源保障加热水温不受太阳能制热水温波动的影响,太阳能储热水箱可考虑满足屋面太阳能制热热量的储存,避免能源浪费。

3.2 太阳能+地源热泵组合

随着地源热泵系统的推广应用,地源热泵在建筑生活热水系统中作为供热热源的案例屡见不鲜。通常地源热泵系统集中了空调、采暖、生活热水功率于一体,供热效率高、稳定性强、综合使用效能优异。地源热泵系统的高效供热温度通常介于40~50℃,相比生活热水60℃的需求具有较大的差距,需要增加再热保障热源来保证生活热水的水质安全。太阳能生活热水系统在我国诸多地区仍是极具性价比和高效率的生活热水加热系统,甚至在部分省份太阳能生活热水在新建建筑节能设计中属

于强制性要求,通过太阳能+地源热泵的组合应用也可极大提升可再生能源的应用比例。

太阳能+地源热泵组合应用时,系统设计除参照太阳能+空气源热水系统外仍应增加高温热水加热环节,高温热媒水通常由化石燃料燃烧或电加热生成,则高效利用太阳能、充分利用地源热泵系统的低温热源是该系统设计的重点环节。通过板式换热器进行换热可高效利用地源热泵的低温热媒,提升可再生能源热水加热的终端升温温度。设计阶段也可充分考虑建筑运营需求,在建筑用热量少或太阳能产热量较高时,通过温度探测系统控制阀门启闭保证太阳能资源优先利用,太阳能系统温度较高时可用于建筑生活回水的加热,避免储热水箱高温热量耗散。

3.3 保障热源的设置

通过组合系统仍无法保证长期稳定供应60℃生活热水的系统应在末端增加化石燃料燃烧、电加热生成高温热水作为生活热水系统的保障加热。组合系统制热能力稳定,末端水加热器无需考虑建筑生活热水的全部供热负荷,仅将不满足使用温度需求的生活热水加热至满足供水水质安全要求时所需的加热负荷即可。虽然大部分生活热水系统仍需采用高温优质热源进行保证供应,但通常占比仅10~20%,组合式生活热水加热系统属于高效、低碳的建筑节能系统。

4 结论

建筑生活热水系统节能设计在建筑节能工作中具有重要的地位,通过对可再生能源的合理利用可实现建筑节能效果。通过组合利用可极大利用可再生能源优异的节能效率,为我国建筑节能碳减排作出贡献。组合系统选型与设计应考虑不同的建筑生活热水需求,根据不同的用水特点选择合适的系统方案,以期充分利用可再生能源,降低能耗,节约建筑运行费用。

[参考文献]

- [1]建筑节能与可再生能源利用通用规范:GB 55015-2021[S].2021.
- [2]马最良.热泵技术应用理论基础与实践[M].北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [3]张军.地热能、余热能与热泵技术[M].北京:化学工业出版社,2014.
- [4]GB50015-2019建筑给水排水设计标准[S].

作者简介:

李鹏宇(1988--),男,汉族,北京人,硕士研究生,高级工程师,研究方向:建筑给排水。