

# 夏热冬暖地区超低能耗公共建筑可再生能源系统设计

张 杰 耿显锋 刘灵功 王正平 白耀省  
中国葛洲坝集团第一工程有限公司 湖北 宜昌 443000

**摘 要：**在全球应对气候变化与能源转型的背景下，夏热冬暖地区公共建筑能耗问题亟待解决。通过剖析该地区气候特征与建筑能耗现状，针对性设计太阳能光伏、热水系统，空气源及地源热泵系统，并提出多能源耦合、智能控制与建筑能源一体化等优化策略。研究表明，合理运用可再生能源系统，可有效降低公共建筑能耗，提升能源利用效率，为夏热冬暖地区建筑节能提供技术支撑与实践路径。

**关键词：**夏热冬暖地区；超低能耗公共建筑；可再生能源；系统设计

### 引言

随着建筑行业能源需求持续攀升，夏热冬暖地区公共建筑能耗占比居高不下。该地区夏季炎热漫长、冬季温和短暂的气候特点，致使空调制冷能耗成为建筑用能的主要部分。传统能源的大量消耗不仅加剧碳排放，也对能源安全构成挑战。本文基于对夏热冬暖地区气候与能耗特征的分析，深入探讨超低能耗公共建筑可再生能源系统设计与优化，旨在为实现建筑领域绿色低碳发展提供理论与实践参考。

### 1 夏热冬暖地区气候特征与建筑能耗分析

#### 1.1 气候特征

夏热冬暖地区主要涵盖我国南部沿海地区，包括广东、广西、福建、海南以及云南部分地区等。该地区气候显著特点为夏季漫长且炎热，冬季短暂且温暖。以广州为例，夏季平均气温在28℃-32℃之间，高温天气持续时间长达数月，极端高温可达38℃以上，且因湿度大，常给人带来闷热之感。在海南三亚，夏季气温虽同样较高，但受海洋调节，体感相对舒适。冬季，广州平均气温在10℃-15℃左右，极少出现严寒天气；海南则更为温暖，平均气温能达到18℃-22℃，是避寒胜地。该地区年太阳辐射量较高，年日照时数在1500-2500小时之间。其中，云南部分低纬度地区日照更为充足，丰富的太阳能资源为光伏发电等可再生能源利用提供了先天条件。受季风影响，夏热冬暖地区夏季降水充沛，部分沿海地区还面临台风侵袭，狂风暴雨常引发洪涝灾害；冬季相对干燥，降水较少，部分地区可能出现旱情。这样独特的气候，深刻影响着当地的植被生长、农业生产与居民生活方式。

#### 1.2 建筑能耗现状

在夏热冬暖地区公共建筑能耗结构中，空调能耗占据主导地位。该地区夏季漫长且高温酷热，以广州为

例，每年超过35℃的天数可达数十天，加之人们对室内舒适性要求不断攀升，空调设备常常从清晨运转至深夜，甚至24小时不间断运行，使得空调能耗占比高达50%-60%。紧随其后的是照明能耗，公共建筑内诸如商业综合体的购物区、写字楼的办公区等大量空间，无论白天黑夜都需要长时间照明。商业建筑为营造明亮舒适的购物环境，办公建筑为满足员工长时间伏案工作的光线需求，都使得照明设备持续运转，其能耗占比约为20%-30%。电梯频繁的上下运行、办公设备如电脑、打印机的日常使用等其他能耗，虽在能耗结构中占比相对较小，但随着建筑智能化程度提升，其总量也不容小觑。近年来，深圳、厦门等城市的公共建筑数量随着城市化进程呈爆发式增长，与之相伴的是建筑能耗总量逐年上升的严峻态势，这无疑给能源供应和环境保护带来巨大压力。

### 2 夏热冬暖地区超低能耗公共建筑可再生能源系统设计要点

#### 2.1 太阳能系统设计

##### 2.1.1 太阳能光伏系统

在超低能耗公共建筑中，太阳能光伏系统是重要的可再生能源利用方式。设计时，需根据建筑的屋顶面积、朝向、倾斜角度等因素合理布局光伏板。一般来说，在夏热冬暖地区，光伏板朝向正南方向，倾斜角度为当地纬度 $\pm 10^\circ$ 时，能获得最佳的太阳辐射量。例如，在海南地区，光伏板倾斜角度可设置为 $15^\circ$ - $25^\circ$ 。要考虑光伏系统的容量配置，通过计算建筑的用电负荷，确定光伏板的数量和功率，确保光伏发电能满足部分建筑用电需求。还需配置合适的储能装置，如锂电池组，将多余的电能储存起来，在光照不足时使用，提高能源利用效率<sup>[1]</sup>。

##### 2.1.2 太阳能热水系统

太阳能热水系统适用于有热水需求的公共建筑,如酒店、医院、学校等。集热器的选择是关键,平板型集热器和真空管集热器是常用类型。平板型集热器外观美观,适合安装在建筑屋面;真空管集热器热效率较高,更适合在光照条件一般的地区使用。在夏热冬暖地区,可根据建筑实际情况选择合适的集热器类型。系统设计时,要根据建筑的热热水用量确定集热器面积和水箱容量,一般按照每人每天50-80L热水用量计算。为保证热水供应的稳定性,可配备辅助加热设备,如电加热、空气源热泵辅助加热等。

## 2.2 空气源热泵系统设计

空气源热泵系统凭借其夏季制冷、冬季制热的双重功能,在夏热冬暖地区展现出广阔的应用前景。在系统设计过程中,确定热泵机组的型号和数量是关键环节,需基于建筑精确的冷热量需求来抉择。这要求设计师运用专业的负荷计算方法,如采用稳态计算法或动态模拟软件,对建筑围护结构的传热系数、朝向、室内人员设备的散热散湿量等因素进行细致入微的分析,结合当地气象参数,才能得出准确的冷热量负荷数据,为机组选型筑牢数据根基。在热泵机组的选型上,能效比和适用环境温度范围是核心考量指标。对于夏热冬暖地区而言,冬季温度通常维持在相对较高水平,空气源热泵在制热工况下能够保持良好的性能表现。夏季高温环境会给机组带来严峻考验,此时不仅要关注其制冷效率,更要着重评估设备在极端高温下的可靠性,优先选择具备高效压缩机、优化散热设计的机型。合理的管路布局同样不可或缺,需要根据机组位置和建筑结构,科学规划制冷剂管道走向,通过合理设置管径、坡度和保温措施,确保制冷剂循环流畅,最大程度减少能量损耗。将空气源热泵系统与太阳能热水系统有机结合,是提升能源综合利用率的有效途径。在夏季,热泵运行产生的余热可被充分回收,通过高效的热交换装置,将其转化为稳定的热能,用于制备生活热水。这一过程实现了能源的梯级利用,显著降低运行成本,助力绿色节能目标的实现<sup>[2]</sup>。

## 2.3 地源热泵系统设计

虽然夏热冬暖地区冬季不太寒冷,但地源热泵系统在部分公共建筑中仍可发挥作用。地源热泵系统通过地下埋管换热器与土壤进行热量交换,具有高效、稳定的特点。在设计地源热泵系统时,首要任务是开展详细的地质勘察。除了获取土壤导热系数、热扩散率等基础热物性参数外,还需深入分析土壤分层结构、地下水位、岩石分布等信息。例如,若土壤层中岩石占比较大,钻

孔难度和成本会显著增加,需提前规划合理的施工方案。这些数据是确定地下埋管长度和管径的重要依据,直接影响系统的换热效率与运行成本。根据建筑的冷热量需求和土壤热物性参数,精确计算所需的地下埋管数量和埋管方式至关重要。常见的埋管方式有水平埋管和垂直埋管。水平埋管通常适用于浅层土壤条件良好且场地面积充裕的情况,施工难度较低,但占地面积大,换热效果相对有限。垂直埋管凭借占地面积小、换热效果好的优势,成为大多数公共建筑的首选,其通过深层土壤稳定的温度场,能更高效地实现热量交换。合理设计循环水泵和控制系统是保障地源热泵系统稳定运行的关键。循环水泵的选型需综合考虑系统流量、扬程及能效比,采用变频水泵可根据实际负荷动态调节流量,降低能耗。控制系统则通过实时监测土壤温度、室内外环境温度参数等,智能调节热泵机组运行状态,在满足建筑冷热需求的同时,最大限度实现节能控制。

## 3 夏热冬暖地区超低能耗公共建筑可再生能源系统优化策略

### 3.1 多能源系统耦合优化

(1) 多能源系统耦合优化基于能源互补的核心思想,旨在突破单一可再生能源系统的固有局限。以太阳能光伏系统与空气源热泵系统耦合为例,在夏热冬暖地区,夏季阳光充足时,太阳能光伏发电产生的电能可直接供给空气源热泵,驱动其制冷运行。据相关研究数据显示,这种耦合方式可使空气源热泵对传统电网的依赖降低约30%-40%。在极端天气或光照不足的时段,空气源热泵凭借自身的制热制冷能力,保障建筑室内环境稳定。(2) 地源热泵系统与太阳能热水系统的耦合同样具备显著优势。夏季,地源热泵在制冷过程中会产生大量余热,通过热交换装置,这些余热可被高效利用于加热生活热水,使能源利用率提升约20%-30%。在冬季,太阳能热水系统可辅助地源热泵,为其提供一定的预热,降低地源热泵的运行负荷,提高制热效率。(3) 为实现多能源系统的深度耦合与高效运行,建立精准的能源耦合模型至关重要。该模型需综合考虑夏热冬暖地区的气候特征、建筑能耗需求、不同能源系统的性能参数等因素。通过对各系统运行参数的不断优化匹配,如调整太阳能光伏系统的功率输出与空气源热泵的运行频率,可使整个能源系统的能耗降低至最低水平,同时保障建筑能源供应的稳定性与持续性<sup>[3]</sup>。

### 3.2 智能控制系统应用

(1) 智能控制系统的应用以传感器网络为基础,构建起全面的环境与能源监测体系。在夏热冬暖地区的公

共建筑内,温度传感器、湿度传感器、光照强度传感器等遍布各个区域,实时采集环境参数数据。可再生能源系统中的关键设备,如光伏板的电流、电压传感器,热泵机组的进出水温传感器等,也持续监测设备运行状态数据。这些传感器采集的数据通过物联网技术,以毫秒级的速度传输至中央控制系统。(2)中央控制系统搭载先进的控制策略和优化算法,实现对可再生能源系统的智能调控。当光照强度达到设定阈值时,系统优先将太阳能光伏发电分配至建筑的照明、办公设备等用电需求,剩余电能则储存至蓄电池中。当光照不足或夜间用电高峰时,系统自动启动空气源热泵或其他辅助能源设备,保障电力供应。以某智能写字楼为例,应用智能控制系统后,可再生能源利用率提升了25%以上。(3)智能控制系统不仅能实现能源的动态调控,还具备强大的能耗监测与分析功能。系统可实时统计建筑的各类能耗数据,如不同时段的电力消耗、可再生能源使用量等,并生成详细的能耗报表和趋势分析图。管理人员通过这些数据,能够快速定位能源浪费环节,如发现某区域空调过度使用、照明设备长明等问题,进而采取针对性的节能措施,如优化空调运行时间、更换节能灯具等,实现建筑能源的精细化管理。

### 3.3 建筑与能源系统一体化设计

(1)在超低能耗公共建筑设计阶段,将可再生能源系统与建筑设计深度融合是关键。以光伏建筑一体化(BIPV)为例,在建筑屋面设计时,采用特殊的光伏瓦替代传统屋面材料,不仅能实现发电功能,还具备良好的防水、隔热性能。在建筑幕墙设计中,运用碲化镉、铜钢镓硒等薄膜光伏材料,打造透明或半透明的光伏幕墙,既满足建筑采光需求,又能发电。据统计,采用BIPV技术的建筑,每平方米可产生约100-150瓦的电力。

(2)建筑通风系统的设计充分结合自然通风原理,进一步降低能耗。在夏热冬暖地区,根据当地的主导风向,

合理设置通风口的位置、大小和朝向。例如,在建筑的迎风面设置进风口,背风面设置排风口,利用风压实现自然通风。设计合理的通风管道布局,优化气流组织,减少机械通风设备的开启时间。良好的自然通风环境还能为空气源热泵系统提供充足、洁净的室外空气,提高其运行效率。(3)建筑的保温隔热设计同样是一体化设计的重要环节。选用高效的保温材料,如真空绝热板、聚氨酯泡沫等,对建筑围护结构进行保温处理。在墙体、屋面、门窗等部位加强保温隔热性能,可有效减少室内外热量交换。以某图书馆为例,通过采用高性能保温材料和节能门窗,空调能耗降低了30%以上,与可再生能源系统的节能目标完美契合,共同推动建筑实现超低能耗运行<sup>[4]</sup>。

### 结语

综上所述,夏热冬暖地区超低能耗公共建筑可再生能源系统设计,通过结合当地气候条件与建筑能耗特点,构建太阳能、空气源及地源热泵等多元化能源体系,并借助系统耦合与智能控制技术实现优化。这一设计不仅显著降低建筑能耗,还促进了可再生能源的高效利用。未来,需进一步深化多能源协同与智能化技术应用,推动夏热冬暖地区公共建筑向更高水平的绿色节能方向发展。

### 参考文献

- [1]申建光.夏热冬冷地区民用建筑超低能耗暖通空调设计[J].技术与市场,2021,28(5):135-136.
- [2]李骥,乔鏖,张永清,等.夏热冬暖地区超低能耗建筑技术体系探索[J].建筑节能,2021,49(3):19-25.
- [3]熊峰,李辉,王磊,等.武汉地区超低能耗公共建筑可再生能源利用率研究[J].节能,2021,40(10):9-12.
- [4]蔡倩,张金花,崔婧瑞.寒冷地区超低能耗公共建筑项目实践分析[J].节能与环保,2022(8):39-41.