

绿色建筑中地源热泵与暖通空调系统的集成设计

彭 华

新疆生产建设兵团建工设计研究院有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘 要：本文探讨了绿色建筑中地源热泵与暖通空调系统的集成设计。首先概述了绿色建筑概念及特点，介绍了地源热泵的工作原理、制冷制热原理、循环系统组成，以及暖通空调系统的基本组成、主要功能和在绿色建筑中的设计要求与优化策略。重点阐述了两者集成后的系统优势互补，包括节能高效提升与运行稳定性增强，还论述了集成设计的要点，如负荷匹配设计、管道系统设计和控制系统设计。为绿色建筑的可持续发展提供了有效的技术解决方案。

关键词：绿色建筑；地源热泵；暖通空调系统；集成设计

引言：随着环保意识的不断提高，绿色建筑成为建筑行业的发展趋势。在绿色建筑中，如何实现能源的高效利用和室内环境的舒适调节是关键问题。地源热泵技术和暖通空调系统在各自领域具有独特优势。地源热泵可利用地下稳定温度实现高效能量转换，而暖通空调系统擅长精确调节室内空气状态。将两者集成设计，有望发挥各自优势，提高绿色建筑的能源利用效率和运行稳定性，为人们提供更加舒适、环保的室内环境。

1 绿色建筑概述

绿色建筑是一种在建筑的全生命周期内，最大限度地节约资源、保护环境、减少污染，为人们提供健康、适用和高效的使用空间，与自然和谐共生的建筑。以下是对绿色建筑的具体概述：（1）从设计理念来看，绿色建筑强调多方面的平衡与协调。首先是节约能源，充分利用太阳能、风能等可再生能源，减少对传统能源的依赖。比如在建筑设计中合理规划朝向，以便更好地利用自然采光和通风，减少照明和空调的使用。同时采用节能的建筑围护结构，提高能源利用效率。其次是节约资源，包括土地、水资源、材料等。在建筑选址时，尽量选择荒地、废弃地等，减少对耕地的占用；采用节水设备和技术，提高水资源的利用率；选用可回收、可降解的建筑材料，降低对环境的影响。再者是回归自然，建筑应与周边环境相融合，保护自然生态环境。通过合理的景观设计，增加绿化面积，为居民提供舒适的自然空间。（2）在建筑特点方面，绿色建筑具有全生命周期性。从规划、设计、施工到使用、维护、拆除，每个阶段都要考虑资源的节约和环境的保护。在施工过程中，采用绿色施工技术，减少建筑垃圾的产生和对周边环境的干扰；在使用阶段，通过智能化的管理系统，实现能源的高效利用和环境的舒适。绿色建筑还具有环保性，尽可能地减少对环境的负面影响。例如，采用无污染的

施工技术，使用环保型的建筑材料，减少有害气体的排放；加强对废水、废气、废渣的处理，降低对土壤、水体和空气的污染。（3）对于环境来说，绿色建筑有助于减少能源消耗和污染物排放，缓解能源危机和环境压力，保护生态平衡。对于人们的生活而言，绿色建筑能够提供更加健康、舒适的居住和工作环境，有利于人们的身心健康。从经济角度看，虽然绿色建筑的前期建设成本可能较高，但长期来看，通过能源的节约和运营成本的降低，可以实现经济效益的提升。

2 地源热泵技术

2.1 工作原理

地源热泵的运行机制基于逆卡诺循环原理。简而言之，它利用较少的高质量能源（如电能）来完成从低温热源到高温热源的能源转换过程。该系统从土壤、地下水或地表水体中吸收低品质热能，并通过电能的作用，转化成可利用的高品质热能。鉴于地下深处温度稳定，且通常高于冬季外界气温而低于夏季外界气温，地源热泵因此能够有效突破空气源热泵的温度限制和技术难点，从而显著提升了其运行效率。

2.2 制冷与制热原理

（1）制冷机理：在制冷模式下，地源热泵系统中的压缩机对制冷剂施加能量，促使其完成汽液相变的循环过程。制冷剂在空气/制冷剂热交换器中蒸发，室内空气循环过程中携带的热量。随后，在制冷剂/水热交换器中，制冷剂经过冷凝，水循环吸收制冷剂所携带的热量，最终将这些热量传输至地下水或土壤中。在这一过程中，室内热量持续转移至地下，系统以低于13℃的冷风形式为室内提供制冷效果。（2）制热机理：在制热模式下，压缩机继续对制冷剂进行能量输入，并通过四通阀改变制冷剂的流动方向。地下水或土壤中的热量通过水循环被吸收，并在制冷剂/水热器中使制冷剂蒸发，

将热量传递给制冷剂^[1]。随后，在空气/制冷剂热交换器中，制冷剂冷凝，空气循环吸收制冷剂所携带的热量。地源热泵不断将地下的热量转移至室内，以55℃以上的热风形式为室内供暖。

2.3 循环系统与组成

(1) 浅层地热能采集系统：这是地源热泵系统的关键部分之一，用于采集土壤、地下水或地表水等浅层地热能。根据不同的采集方式，可分为地埋管换热系统、地下水换热系统、地表水换热系统。地埋管换热系统是将管道埋设在地下，通过管道内的循环介质与土壤进行热量交换；地下水换热系统则是通过抽取地下水，在换热器中与冷媒进行热量交换后再回灌到地下；地表水换热系统是利用江河、湖泊等水体与换热系统进行热量交换。(2) 热泵机组：是地源热泵系统的核心部件，起到能量转换的作用。它利用采集到的低品位热能，通过逆卡诺循环将其提升为高品位热能，在冬季制热时制取供暖热水，夏季制冷时制取冷冻水。(3) 室内供暖空调系统：主要包括风机盘管系统、地板辐射供暖系统、柜式空调系统、组合机系统等，用于将热泵机组产生的冷量或热量输送到室内，调节室内的温度、湿度。(4) 输配系统：指将热泵机组产生的冷冻水、供暖热水输送至室内供暖空调系统的管路及设备，包括水泵、阀门、管道等，确保水或冷媒在系统中正常循环。

3 暖通空调系统

3.1 基本组成

(1) 冷热源及空气处理设备：冷热源是系统的能量来源，常见的冷源有制冷机组，可利用蒸汽压缩式制冷、吸收式制冷等原理制取冷水；热源包括锅炉、热泵等，用于提供热水或热蒸汽。空气处理设备则负责对空气进行净化、加热、冷却、加湿、除湿等处理，例如空气过滤器可去除空气中的灰尘和杂质，表冷器用于冷却空气，加湿器能增加空气湿度。(2) 空气和冷热水输配系统：包括送风管、回风管、水管、水泵、风机等。风管用于输送经过处理的空气到各个房间，水管负责输送冷热水。水泵为水的循环提供动力，风机则推动空气在风管中流动，确保空气和冷热水能够顺利地输送到需要的地方。(3) 室内末端装置：这是与室内空气直接进行热交换的部分，常见的有风机盘管、散热器、辐射板等。风机盘管通过冷热水与空气的换热，实现对室内空气的温度调节；散热器主要用于冬季供暖，通过热水的散热来提升室内温度；辐射板则是利用辐射换热的方式为室内提供冷量或热量。

3.2 主要功能

(1) 供暖功能：在寒冷的季节，暖通空调系统为建筑物提供热量，保持室内温度处于适宜的范围，满足人们的取暖需求。例如在北方地区的冬季，集中供暖系统通过暖通空调将热水中的热量传递到室内，使室内温暖舒适。(2) 通风功能：能够不断地向室内输入新鲜空气，排出污浊空气，改善室内空气质量，维持室内空气的清新。通风还可以调节室内的湿度和温度，降低室内异味、细菌、二氧化碳等污染物的浓度。(3) 空气调节功能：在炎热的夏季，空调系统通过制冷循环降低室内空气温度，并且可以对空气的湿度进行控制，使室内的温湿度保持在人体舒适的范围内。

3.3 暖通空调系统的功能与作用

暖通空调系统具有重要功能与作用。它为人们在办公场所、商业建筑及住宅中创造舒适的室内环境，确保适宜的温度、湿度和空气质量，如在商场能提升顾客购物体验，在医院对病人康复至关重要。同时，它也是建筑能耗的主要部分，运行能耗占比较高，合理设计和运行对降低建筑能耗意义重大。此外，其管道和设备占用建筑空间，建筑设计时需考虑布置，以免影响使用功能和空间布局。

3.4 暖通空调系统在绿色建筑中的设计要求

在绿色建筑中，暖通空调系统的设计有节能性、环保性和舒适性要求。(1) 节能性方面，一是设备选型要注重高能效比，如选用能效等级高的制冷机组、风机和水泵等，像变频螺杆式制冷机组可根据负荷自动调节运行频率，降低能耗。二是通过优化系统设计减少能量损失，合理设计风管和水管的参数及采用分区控制，避免能源浪费。三是充分利用可再生能源，如太阳能热水系统提供热水或地源热泵技术提取热量或冷量，减少对传统能源依赖。(2) 环保性方面，首先是制冷剂选择环保型，逐步淘汰破坏臭氧层和产生温室气体的传统制冷剂，推广新型环保制冷剂。其次在设备和管道选材上，选择环保可回收材料，如用可回收金属制作风管和水管，避免有害物质。最后要处理空调系统运行产生的废气，安装空气净化设备去除有害物质和异味。(3) 舒适性方面，一是确保温度均匀性，合理设计送风口及优化空气流动组织，使室内空气充分循环，避免局部过热或过冷。二是精确控制室内湿度，在图书馆等特殊场所控制在适宜范围，保护书籍文物。三是降低噪音，选择低噪音设备并采用减震消声措施，减少振动和噪音，为人们提供安静的室内环境。

3.5 暖通空调系统的优化策略

(1) 变频技术可以根据室内负荷的变化自动调节设

备的运行频率,实现节能运行。如在空调系统中,当室内负荷较低时,变频压缩机可以降低运行频率,减少制冷量的输出,从而降低能耗;在通风系统中,变频风机可以根据室内空气质量的需求自动调节风量,避免风机始终以满负荷运行。(2)利用智能化控制系统对暖通空调系统进行实时监测和控制,提高系统的运行效率和稳定性。通过传感器采集室内温度、湿度、二氧化碳浓度等参数,根据预设的控制策略自动调节设备的运行状态;采用智能控制算法,对系统的负荷进行预测,提前调整设备的运行参数,避免设备的频繁启停。(3)采用能源回收装置,对空调系统运行过程中产生的余热、余冷进行回收利用。在排风系统中安装热回收装置,将排出的空气中的热量回收,用于预热新风,降低新风处理的能耗;在制冷系统中,利用冷凝热回收技术,将冷凝器排出的热量回收,用于提供生活热水或冬季供暖^[2]。

4 绿色建筑中地源热泵与暖通空调系统的集成设计

4.1 系统优势互补方面

(1)节能高效提升:地源热泵利用地下相对稳定的温度来实现高效的能量转换,冬季从地下提取热量,夏季向地下排放热量,其能效比远高于传统的空调系统。而暖通空调系统则擅长对室内空气的温度、湿度、洁净度等进行精确调节。将两者集成后,在过渡季节或部分负荷工况下,可充分发挥地源热泵的节能优势,减少暖通空调系统的能耗。例如,在春秋季节,当室内对制冷或制热的需求不高时,地源热泵可以提供基础的冷热供应,暖通空调系统则进行辅助调节,既满足了室内舒适度要求,又降低了能源消耗。(2)运行稳定性增强:地源热泵系统运行不受外界环境温度、气候等因素的影响,能够保持稳定的供能。暖通空调系统在与地源热泵集成后,可借助地源热泵的稳定性,减少因外界环境变化导致的系统性能波动。即使在极端天气条件下,如夏季高温、冬季严寒,集成系统也能稳定运行,保证室内环境的舒适度。

4.2 设计要点方面

(1)负荷匹配设计:准确计算建筑的冷热负荷是集成设计的基础。需要综合考虑建筑的功能、面积、朝

向、围护结构等因素,确定不同季节、不同时段的冷热需求。根据负荷计算结果,合理选择地源热泵的容量和型号,以及暖通空调系统的设备参数,确保两者能够相互匹配,协同工作。例如,对于大型商业建筑,由于人员密集、营业时间长,冷热负荷较大,需要选择功率较大的地源热泵机组,并搭配高效的暖通空调末端设备,以满足建筑的负荷需求。(2)管道系统设计:地源热泵系统的管道与暖通空调系统的管道需要进行合理的连接和布局。管道的管径、长度、保温性能等都要经过精确设计,以减少能量损失和水力损失。在管道连接部位,要确保密封良好,防止漏水、漏气等问题。为了便于系统的维护和检修,管道的布置应尽量简洁、明了,避免出现复杂的交叉和缠绕。(3)控制系统设计:先进的控制系统是实现地源热泵与暖通空调系统集成运行的关键。通过控制系统,可以实时监测建筑的冷热负荷变化、地源热泵的运行状态、暖通空调系统的运行参数等,并根据预设的控制策略自动调节系统的运行模式和设备的运行频率^[3]。如当室内温度接近设定温度时,控制系统可以自动降低地源热泵或暖通空调系统的输出功率,实现节能运行;当室内人员数量增加,冷热负荷增大时,控制系统可以及时启动备用设备,保证室内环境的舒适度。

结束语:绿色建筑中地源热泵与暖通空调系统的集成设计具有显著优势。通过优势互补,实现了节能高效和运行稳定,满足了绿色建筑对能源节约和环境友好的要求。在集成设计过程中,负荷匹配设计确保系统协同工作,管道系统设计减少能量损失,控制系统设计实现智能运行。

参考文献

- [1]曹艺.简析地源热泵在暖通空调设计中的应用[J].建材发展导向,2020,18(6):202-202.
- [2]王琪彤.地源热泵在暖通空调设计中的运用研究[J].安防科技,2021(12):63-63.
- [3]叶伟权.浅析地源热泵在暖通空调设计中的应用[J].建筑与装饰,2020,0(7):24-24.