

低碳化发展背景下供热通风系统的能源结构优化研究

李晓毅¹ 李文强²

1. 青岛腾远设计事务所有限公司, 山东 青岛 266000

2. 青岛市建筑设计研究院集团股份有限公司, 山东 青岛 266000

[摘要] 在全球气候变化的严峻形势下, 低碳化发展已成为世界各国的共识和必然选择。随着《巴黎协定》的签署, 各国纷纷制定并实施碳减排目标, 致力于减少温室气体排放, 推动能源体系向低碳、可持续方向转型。在这一全球趋势下, 能源结构的优化调整成为实现低碳发展的核心任务之一。传统能源结构中, 化石能源占据主导地位, 其大量使用不仅导致能源资源的日益枯竭, 还带来了严重的环境污染和碳排放问题。为了应对这些挑战, 世界各国积极探索可再生能源、清洁能源的开发与利用, 力求降低对化石能源的依赖, 构建更加绿色、低碳、高效的能源体系, 供热通风系统作为能源消耗的重要领域, 本文将探讨低碳化发展背景下供热通风系统的能源结构优化研究。

[关键词] 低碳化; 供热通风系统; 能源结构优化

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15357

中图分类号: F127

文献标识码: A

Research on Energy Structure Optimization of Heating and Ventilation Systems under the Background of Low Carbon Development

LI Xiaoyi¹, LI Wenqiang²

1. Qingdao Tengyuan Design Firm Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China

2. Qingdao Architectural Design Institute Group Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China

Abstract: In the severe situation of global climate change, low-carbon development has become a consensus and inevitable choice for countries around the world. With the signing of the Paris Agreement, countries have set and implemented carbon reduction targets, committed to reducing greenhouse gas emissions and promoting the transformation of energy systems towards low-carbon and sustainable directions. Under this global trend, optimizing and adjusting the energy structure has become one of the core tasks for achieving low-carbon development. In the traditional energy structure, fossil fuels dominate, and their extensive use not only leads to the increasingly depleted energy resources, but also brings serious environmental pollution and carbon emissions problems. In order to address these challenges, countries around the world are actively exploring the development and utilization of renewable and clean energy, striving to reduce dependence on fossil fuels and build a greener, low-carbon, and more efficient energy system. As an important area of energy consumption, this article will explore the optimization of the energy structure of heating and ventilation systems under the background of low-carbon development.

Keywords: low carbon development; heating and ventilation system; energy structure optimization

1 低碳化发展与供热通风系统概述

低碳化发展是一种以低耗能、低污染、低排放为主要特征的可持续发展模式, 其核心在于通过能源结构的优化、技术创新以及生产生活方式的转变, 实现经济社会发展与生态环境保护的良性互动, 传统供热通风系统在能源结构上, 长期以来以化石能源为主要依赖, 其中煤炭、天然气占据主导地位。在我国北方地区, 集中供热系统中煤炭的使用比例较高, 部分城市的煤炭供热占比甚至超过 70%。煤炭作为传统供热能源, 虽然储量相对丰富, 价格相对低廉, 但在燃烧过程中会释放大量的污染物, 如二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等, 对空气质量造成严重影响。煤炭燃烧产生的二氧化碳排放量也较高, 加剧了全球温室效应。

天然气在供热通风系统中的应用也较为广泛, 尤其是在一些对环保要求较高的城市和地区。与煤炭相比, 天然

气燃烧相对清洁, 污染物排放较少, 但它依然属于化石能源, 在开采、运输和使用过程中仍会产生一定的碳排放。天然气的供应受国际市场和地缘政治等因素影响较大, 存在供应不稳定和价格波动的风险。

在能源利用方式上, 传统供热通风系统主要采用直接燃烧的方式将化石能源转化为热能。在燃煤锅炉供热系统中, 煤炭在锅炉内燃烧, 产生的热量通过热媒水传递到建筑物内的散热器, 实现供热目的。这种能源利用方式存在着能源转换效率低、能量浪费严重的问题。由于锅炉设备的热效率有限, 一般在 70% - 85% 之间, 大量的热能在燃烧过程中以烟气的形式排放到大气中, 造成能源的浪费。供热管网在输送热能的过程中, 也存在着热量损失, 进一步降低了能源利用效率, 随着能源问题和环境问题的日益突出, 传统供热通风系统以化石能源为主的能源结构和低效的能源利用方式,

已难以满足低碳化发展的要求，迫切需要进行优化和转型。

2 供热通风系统能源结构优化策略

2.1 可再生能源替代策略

太阳能作为一种取之不尽、用之不竭的清洁能源，在供热通风系统中具有广阔的应用前景。在太阳能供热系统的设计与安装方面，需充分考虑建筑物的朝向、布局以及周边环境等因素，以确保太阳能集热器能够获得充足的日照。在建筑设计阶段，应合理规划建筑物的朝向，使太阳能集热器能够最大限度地接收阳光照射。对于新建建筑，可将太阳能集热器与建筑一体化设计，如将太阳能集热器集成到屋顶、墙面等部位，不仅美观大方，还能提高太阳能的利用效率。在安装太阳能集热器时，需根据当地的地理纬度和气候条件，确定集热器的最佳安装角度和方位，以提高集热效率。

在太阳能与其他能源的互补利用方面，太阳能 - 空气源热泵联合供热系统是一种有效的应用模式。在晴朗的白天，太阳能供热系统可利用太阳能集热器收集太阳能，将其转化为热能，为建筑物提供供暖和热水服务；当太阳能不足或夜间时，自动切换至空气源热泵供热，利用空气中的热量进行供热，确保供热的稳定性和连续性。这种联合供热系统充分发挥了太阳能和空气源热泵的优势，有效提高了供热系统的可靠性和能源利用效率。

地热能在供热通风系统中的应用也具有重要意义。在进行地源热泵系统的建设与运行管理时，需对项目所在地的地质条件进行详细勘察，包括地热资源分布、岩土类型、地下水文地质等。通过地质勘察，确定地下换热系统的形式和参数，如地下埋管换热器的类型、管径、管间距、埋深等，以确保系统的高效运行。

生物质能在供热通风系统中的应用可有效减少对化石能源的依赖。在生物质能供热系统的建设中，需合理选择生物质燃料和燃烧设备。生物质燃料的种类繁多，包括秸秆、木屑、稻壳等，不同的生物质燃料具有不同的热值、含水量和灰分含量等特性，应根据当地的资源条件和供热需求选择合适的生物质燃料。燃烧设备的选择也至关重要，应选用高效、环保的生物质燃烧设备，如生物质锅炉、生物质炉灶等，确保生物质燃料能够充分燃烧，提高燃烧效率，减少污染物排放。

2.2 能源梯级利用策略

能源梯级利用是一种基于热力学原理，按照能量品位的高低进行分级利用，以实现能源高效利用的科学策略。其核心在于根据不同用能需求对能源进行合理分配，避免高品位能源被用于低品位需求，从而最大限度地提高能源利用效率。在供热通风系统中，能源梯级利用策略的应用具有重要意义，能够有效降低能源消耗，减少碳排放，提高系统的经济性和可持续性。

热电联产是能源梯级利用在供热通风系统中的典型应用模式。热电联产系统将发电过程与供热过程相结合，利用发电后的余热进行供热，实现了能源的梯级利用。在

常规的火力发电过程中，燃料燃烧产生的热能只有一部分被转化为电能，而大部分热能则以废热的形式排放到环境中，造成了能源的浪费。在热电联产系统中，蒸汽在汽轮机中膨胀做功发电后，其排出的蒸汽仍具有较高的温度和压力，这些余热被回收利用，通过热交换器将热量传递给供热介质，如热水或蒸汽，用于建筑物的供暖、生活热水供应等。这种方式使得能源在发电和供热两个环节中得到了充分利用，提高了能源利用效率。

余热回收也是能源梯级利用的重要手段。在工业生产和供热通风系统运行过程中，会产生大量的余热，如工业余热、通风井乏风余热、冷凝水余热等。这些余热若不加以回收利用，不仅会造成能源的浪费，还会对环境产生热污染。通过采用合适的余热回收技术，可以将这些低品位的余热转化为有用的热能，实现能源的梯级利用。在工业领域，利用余热锅炉将工业生产过程中产生的高温废气余热回收，产生蒸汽用于发电或供热；在供热通风系统中，通过安装热回收装置，如板式换热器、热管换热器等，将通风井乏风余热或冷凝水余热回收，用于预热新风或补充供热系统的热量。

2.3 智能控制与管理策略

智能控制系统在供热通风系统中发挥着核心作用，其应用基于先进的传感器技术、通信技术和控制算法，实现对系统运行状态的全方位实时监测与精准调控。传感器作为智能控制系统的“感知器官”，能够实时采集供热通风系统中的各种关键参数，如温度、湿度、压力、流量等。在供热系统中，温度传感器分布于热源、热网和末端设备等各个关键位置，实时监测供水温度、回水温度、室内温度等参数，为系统的调控提供准确的数据支持。湿度传感器则用于监测室内外空气的湿度，确保室内湿度保持在适宜的范围内，提高用户的舒适度。压力传感器和流量传感器分别监测热网中的压力和流量，保障热网的安全稳定运行。

通信技术是智能控制系统的“神经网络”，实现了传感器、控制器和执行器之间的数据传输与信息交互。通过有线通信（如以太网、RS485 总线等）和无线通信（如 Wi-Fi、蓝牙、ZigBee 等）技术，将采集到的参数数据快速传输到控制器中进行分析处理。在大型供热通风系统中，采用以太网通信技术，能够实现大量数据的高速、稳定传输，确保系统的实时性和可靠性。无线通信技术则适用于一些安装位置分散、布线困难的场合，如智能家居中的供热通风设备，通过 Wi-Fi 或蓝牙技术，用户可以方便地通过手机或智能终端对设备进行远程控制和监测。

智能控制系统可以与能源管理系统相结合，实现对供热通风系统能源消耗的实时监测和分析。通过能源管理系统，能够统计和分析供热通风系统的能源消耗数据，找出能源消耗的高峰时段和低谷时段，为能源的合理调配和优化管理提供依据。能源管理系统还可以根据能源市场的价格波动，制定合理的能源采购计划和运行策略，降低能源采购成本和运行成本。在能源价格较低的时段，增加能源

的储存和使用量；在能源价格较高的时段，减少能源的消耗，通过优化能源利用，实现经济效益的最大化。

3 优化方案的实施与保障措施

在设备选型方面，需依据供热通风系统的具体需求与实际工况，科学合理地选择设备。对于热源设备，若项目所在地太阳能资源丰富，可选用高效的平板型太阳能集热器，其具有较高的光热转换效率，能够有效将太阳能转化为热能。以某太阳能供热项目为例，选用的平板型太阳能集热器光热转换效率可达 70%~80%，相比传统集热器提高了 10%~20%。若具备良好的浅层地热能条件，则优先考虑地源热泵机组。在选择地源热泵机组时，需根据建筑的供热（制冷）负荷、地下岩土的热物性参数等因素，确定合适的机组型号和功率，确保其供热性能系数（COP）达到较高水平，一般应在 3.5 以上。

在热网设备选型上，管道材料的选择至关重要。应选用导热系数低、保温性能好的管道材料，如聚氨酯泡沫保温管，其导热系数仅为 0.02~0.03W/(m·K)，能够有效减少热量在输送过程中的损失。在一些实际项目中，使用聚氨酯泡沫保温管后，热网的热量损失率可降低至 5%~10%。阀门的选型也不容忽视，应选用密封性好、调节性能优良的阀门，如电动调节阀，能够实现对外网流量的精准调节，确保供热的均匀性和稳定性。

在末端设备选型方面，散热器的选择应根据房间的功能、面积和热负荷等因素进行。对于办公室、会议室等人员活动较为频繁的场所以，可选用对流型散热器，其散热速度快，能够迅速提升室内温度；对于卧室等对舒适性要求较高的场所以，可选用辐射型散热器，其散热均匀，舒适度高。风机盘管的选型则需根据房间的冷热量需求、空气处理要求等因素进行，确保其制冷（制热）量、风量等参数满足实际需求，同时应选用低噪音、高效率的风机盘管，提高室内环境的舒适度。

在系统安装调试阶段，热源设备的安装应严格按照设备厂家提供的安装说明书进行操作。太阳能集热器的安装要确保其朝向正确，倾角合适，以保证能够充分接收阳光照射。地源热泵机组的地下埋管换热器安装时，要保证埋管的深度、间距符合设计要求，确保换热效果。热网管道的安装要注意管道的坡度、连接方式和保温措施。管道的坡度应根据介质的流向合理设置，一般为 0.3%~0.5%，以确保管道内的冷凝水能够顺利排出。管道的连接方式应采用可靠的焊接或法兰连接，确保管道的密封性。保温措施要严格按照设计要求进行施工，确保保温层的厚度和质量，减少热量损失。

末端设备的安装要确保其位置准确，安装牢固。散热器的安装高度和间距应符合设计要求，以保证散热效果。风机盘管的安装要注意其水平度和垂直度，确保其正常运行。在系统调试过程中，首先要对各个设备进行单机调试，检查设备的运行状态、参数是否正常。对风机进行单机调

试时，要检查风机的转向、风量、风压等参数是否符合设计要求。然后进行系统联动调试，模拟不同的工况，检查系统的运行稳定性、供热（制冷）效果和控制性能。在冬季供热工况下，检查系统的供水温度、回水温度、室内温度等参数是否满足设计要求，通过调节热源设备、热网阀门和末端设备，使系统达到最佳运行状态。

在运行维护方面，建立完善的设备维护保养制度是确保供热通风系统长期稳定运行的关键。定期对设备进行检查、清洁、润滑和维修，及时更换损坏的零部件。对于锅炉等热源设备，要定期进行炉膛清理、燃烧器调试和水质处理，确保其燃烧效率和热效率。对于热网管道，要定期进行巡检，检查管道是否存在泄漏、腐蚀等问题，及时进行修复和防腐处理。对于末端设备，要定期进行清洗和维护，如清洗散热器表面的灰尘、清洗风机盘管的滤网等，确保其散热效果和空气处理能力。

建立能源监测与管理系统也是运行维护的重要环节。通过安装智能电表、水表、热量表等监测设备，实时采集能源消耗数据，并进行分析和评估。根据能源监测数据，及时发现能源浪费的环节，采取相应的节能措施。通过优化系统运行策略，调整设备的运行时间和参数，实现能源的合理利用和节能降耗。还可以利用数据分析技术，对供热通风系统的运行趋势进行预测，提前做好设备维护和能源调配工作，确保系统的稳定运行。

4 结论

本研究围绕低碳化发展背景下供热通风系统的能源结构优化展开，未来，供热通风系统能源结构优化将呈现出多维度的发展趋势，随着全球对气候变化问题的关注度不断提高，供热通风系统的低碳化发展将持续深入。可再生能源在供热通风系统中的应用比例将大幅提升，太阳能、地热能、生物质能等可再生能源的技术将不断创新和完善，实现建筑能源的一体化管理和高效利用，进一步降低建筑能耗，提高建筑的能源利用效率和舒适度。

[参考文献]

- [1] 穆琳,周晴晴,霍树义."双碳"背景下储热型低碳供暖体系助力能源结构调整优化研究[J]. 新型工业化,2022,12(12):218-222.
- [2] 赵亚杰,申玉硕,齐建威,等."双碳"目标背景下我国重工业低碳化转型路径研究[J]. 海峡科技与产业,2024,37(8):33-36.
- [3] 王俊娟. 低碳经济下能源产业结构优化研究[J]. 当代经济,2017(32):2.

作者简介: 李晓毅(1995.3—),男,学历:本科,毕业院校:山东科技大学,所学专业:建筑环境与能源应用工程,目前职称:工程师;李文强(1991.7—),男,学历:硕士研究生,毕业院校:青岛理工大学,所学专业:供热、供燃气、通风及空调工程,目前职称:工程师。