

高效空调制冷机房关键技术 研究与发展趋势分析

贾立伟, 庄晓杰

(冰轮环境技术股份有限公司, 山东 烟台 264000)

摘要 数据中心、服务器机房等电子设备空间的广泛应用, 使高效空调制冷技术变得愈发重要。这些设备在运行时产生大量热量, 对温度、湿度、空气质量等环境参数要求也越来越高, 因此高效空调制冷技术成为关键解决方案。本文分析了高效空调制冷技术的关键技术和发展趋势, 通过选择合适的制冷剂、优化制冷系统结构设计、改进换热器技术以及机房空间温湿度控制技术等方面的研究, 以期对推动高效空调制冷技术朝着节能高效、智能化和环保友好的方向发展有所裨益。

关键词 高效空调; 制冷机房; 高效换热器技术; 湿度控制技术; 相变材料

中图分类号: TU83

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0070-03

随着互联网、云计算、大数据等信息技术的广泛应用, 数据中心、服务器机房和通信基站等高度集成化的电子设备空间得到了广泛应用和普及。然而, 这些设备在运行时会产生大量的热量, 必须通过高效的空调制冷系统进行散热, 以保证设备正常运行和延长寿命。同时, 这些设备对于温度、湿度、空气质量等环境参数的要求也越来越高, 使得高效空调制冷技术成为关键的解决方案。因此, 研究高效空调制冷技术的关键技术和发展趋势, 具有重要的理论和实践意义。

1 高效空调制冷技术关键技术分析

1.1 制冷系统设计

1.1.1 制冷剂选型

在高效空调制冷技术的关键技术中, 制冷剂选型是一个重要的方面。制冷剂是用于在制冷系统中传递热量和实现制冷循环的介质。正确选择适合的制冷剂对于提高制冷系统的性能和效率至关重要。首先, 制冷剂的热物性是选择的关键因素之一。制冷剂需要具备较高的潜热和热导率, 以便在制冷循环中有效地吸收和释放热量。较高的潜热可以增加制冷系统的制冷量, 而较高的热导率可以提高热传递效率, 从而提高系统的制冷效果。其次, 制冷剂的环境友好性也是一个重要考虑因素。由于全球对环境保护的需求日益增加, 选择低温等级的制冷剂来减少对温室气体的排放已成为一种趋势。因此, 制冷剂的臭氧破坏潜能 (ODP) 和全球变暖潜能 (GWP) 需要得到充分的考虑。通常, 选择具有较低 ODP 和 GWP 的制冷剂可以减少对大气层的不良影响。

1.1.2 制冷系统结构设计

制冷系统结构设计是高效空调制冷技术中的另一个关键技术。它涉及整个制冷系统的布局和组成部分的选择, 以实现高效的制冷性能。制冷系统的结构设计应考虑到制冷剂的流动方式。常见的制冷系统结构包括直接膨胀制冷系统和间接膨胀制冷系统。直接膨胀制冷系统中, 制冷剂直接流经蒸发器和冷凝器, 实现热量的吸收和释放^[1]。而间接膨胀制冷系统中, 制冷剂通过热交换器与冷媒进行热量交换, 然后再传递给蒸发器和冷凝器。根据具体的制冷需求和系统要求, 选择合适的制冷系统结构可以提高制冷效果和能效比。其次, 制冷系统的结构设计还需考虑到制冷设备的布置和连接方式。制冷设备包括压缩机、蒸发器、冷凝器和节流装置等。在设计制冷系统时, 需要考虑这些设备的布置位置, 使得冷凝器和蒸发器之间的流动路径最短, 减少管道长度和压力损失。同时, 选用合适的连接方式, 如焊接或螺纹连接, 以确保系统的密封性和稳定性 (见图 1)。

1.2 高效换热器技术

1.2.1 空气侧换热器

高效换热器技术在高效空调制冷技术中扮演着重要角色, 其中空气侧换热器是一个关键组成部分。空气侧换热器的设计和优化对于提高制冷系统的性能和效率至关重要。首先, 空气侧换热器的设计需要考虑到其传热性能。传热性能取决于空气侧换热器的表面积、翅片形状和排列方式等因素。通过增大换热器的表面积, 可以增加与空气的热量交换, 从而提高传热

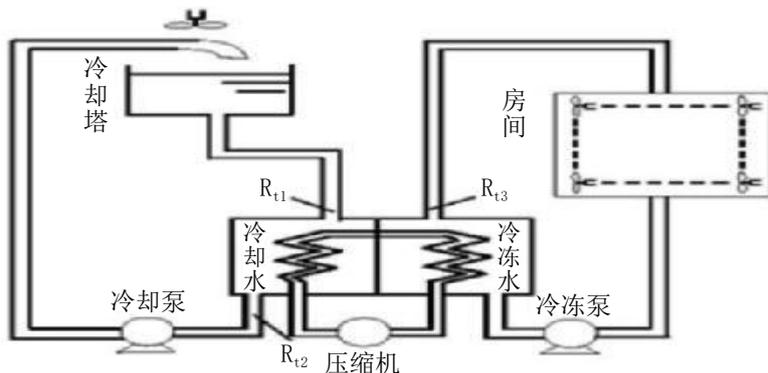


图 1 机房视图

效果。同时，选择合适的翅片形状和排列方式，如平板翅片、波纹翅片或凹凸翅片，并合理安排翅片间距，可以增加翅片表面积，提高换热器的传热效率。其次，空气侧换热器的空气阻力也需要考虑。空气阻力直接影响空气侧流动的阻力损失和风机的工作负荷。因此，在设计空气侧换热器时，需要考虑翅片间距、翅片厚度和翅片高度等因素，以降低空气阻力。

1.2.2 冷水侧换热器

冷水侧换热器是高效空调整冷系统中另一个关键组成部分。它在制冷循环中扮演着将冷凝剂中的热量传递给冷水的重要角色。冷水侧换热器的设计需要考虑到其传热性能。传热性能直接影响制冷系统的效率和制冷能力。通过增加冷水侧换热器的表面积，可以增大与冷水的热量交换，提高传热效果。选择合适的管道材料和内部结构设计，如多通道管或螺旋管，可以增加冷水侧换热器的传热效率^[2]。优化冷水流速和温度控制，也可以提高传热性能，确保制冷循环中的热量传递效果。冷水侧换热器的水阻力也需要考虑。水阻力直接影响冷水的流动速度和系统的工作负荷。在设计冷水侧换热器时，需要考虑管道直径、长度和布置方式等因素，以降低水阻力。合理选择泵的类型和工况，如离心泵或循环水泵，并根据实际需求进行泵的调速控制，也可以减小水阻力，提高系统的效率。

1.3 机房空间温湿度控制

1.3.1 空气流动控制

机房空间温湿度控制是保证机房内部环境适宜且稳定的重要任务。其中，空气流动控制是实现机房空间温湿度控制的关键因素之一。在机房中，通过合理控制空气流动，可以实现温湿度的均衡分布，有效消除热点和湿度不均的问题。首先，需要考虑机房内的气流循环。通过合理布置通风口和排风口，使得新鲜空气能够均匀地进入机房，将热量带走，并且保持空

气的流动性，避免死角和堆积。同时，还可以利用风机或空调系统来促进空气的流动，确保机房内的温湿度分布均匀。其次，需要控制机房的空气速度。过高的空气速度会造成过大的风冷效应，导致局部温度过低；而过低的空气速度则可能导致热量累积和湿度不均。因此，通过调节通风系统的参数，如风扇转速和风速控制，可以实现适宜的空气速度，确保机房内的温湿度控制在合理范围内。

1.3.2 湿度控制技术

湿度控制在机房空间温湿度控制中扮演着重要的角色。有效地控制机房内的湿度可以确保设备的正常运行，防止湿度过高导致设备腐蚀和损坏，同时也可以提供一个舒适的工作环境。首先，湿度控制技术可以通过调节通风系统中的湿度传感器来实现。湿度传感器能够实时监测机房内的湿度水平，并将数据反馈给湿度控制系统。在系统的控制下，可以根据预设的湿度范围自动调节通风系统的工作模式，以达到所需的湿度水平^[3]。例如，在湿度过高的情况下，可以启动排湿模式，增加通风量，将过多的湿气排出机房；而在湿度过低的情况下，可以启动加湿模式，通过加湿装置增加湿气的含量。其次，湿度控制技术还可以利用除湿设备来实现。在机房中安装除湿设备，如除湿机或吸湿剂，可以有效地控制湿度水平。这些设备可以吸收空气中的湿气，降低机房内的相对湿度。通过设置合适的除湿设备容量和工作参数，可以根据实际需求调整除湿效果，确保机房内的湿度处于合适的范围。

2 高效空调整冷技术发展趋势分析

2.1 多级制冷系统技术的发展

多级制冷系统技术是当前机房空间温湿度控制中较为先进的技术之一。随着现代计算机和数据中心的不断发展，对于温度和湿度的控制要求越来越高，多

级制冷系统技术的应用也越来越广泛。首先,多级制冷系统技术的发展可以追溯到20世纪50年代。当时,美国国家航空航天局(NASA)开始研究利用多级制冷系统技术来控制航天器内部的温度和湿度,以保证宇航员的安全和设备的正常运行。后来,这一技术逐渐应用到计算机等电子设备中,成为一种先进的温度和湿度控制技术。其次,多级制冷系统技术的主要特点是在制冷系统中设置多个制冷循环,通过逐级降温的方式实现精确的温度控制^[4]。每个制冷循环都由一个压缩机、一个蒸发器和一个冷凝器组成,形成一系列的制冷阶段。在这些阶段中,通过将制冷剂逐步降温,使得机房内部的温度能够精确控制在所需范围内。同时,多级制冷系统技术还可以通过设置湿度控制模块来实现对机房湿度的控制。多级制冷系统技术的发展还涉及制冷剂的优化和设计的改进。传统的制冷剂如氯氟烃在使用中可能会对大气层造成破坏,因此近年来逐渐被环保制冷剂代替。

2.2 相变材料在高效空调制冷中的应用

相变材料在高效空调制冷中的应用是机房空间温湿度控制技术的一个重要发展方向。相变材料是一种具有特殊物理性质的材料,能够在特定温度范围内通过吸热和放热的相变过程来调节温度。首先,相变材料在高效空调制冷中的应用主要是利用其相变过程中的吸热和放热特性。在机房空调系统中,相变材料可以作为储能介质,将过剩的热量吸收并存储起来,待需要时释放出来。例如,在机房温度升高时,相变材料可以通过吸热将多余的热量吸收,使机房温度保持在合适的范围内。而当机房温度下降时,相变材料则会通过放热将之前吸收的热量释放,以维持温度的稳定。其次,相变材料具有储能效率高、体积小、无需外部能源供给等优点。相比传统的空调制冷系统,使用相变材料可以减少能源的消耗,提高能源利用效率。相变材料的储能效率高意味着可以在较小的体积内储存更多的热量,使得整个空调系统更加紧凑和高效。而且,相变材料不需要外部能源供给,只需要通过温度差来实现热量的吸收和释放,减少了对电力等能源的依赖。

2.3 空气质量和治理技术的提升

空气质量和治理技术的提升,是保障人们身体健康和改善环境质量的重要手段。首先,空气质量检测技术的提升主要表现在检测手段和检测精度方面。当前,空气质量检测手段不仅包括传统的监测站点和设备,还包括了移动检测设备和无人机巡检等方式。

这些新型的检测手段可以更加全面地监测空气质量,并及时发现空气污染源和治理效果等问题。同时,空气质量检测精度的提升也得益于传感器、监测技术等方面的发展。新型的传感器技术可以实现高精度、高灵敏度的空气质量监测,而监测技术的进步则可以提高监测数据的准确性和可靠性,为有效治理污染提供科学依据^[5]。其次,空气治理技术的提升主要表现在污染源控制和污染物处理方面。针对不同类型的污染源,应采用不同的控制手段。例如,对于工业废气排放污染源,可以采用工艺调整、设备更新等方式进行治理;而对于交通尾气排放污染源,则可以采用限行措施、公共交通优先等手段进行治理。此外,针对不同类型的污染物,也应采用相应的处理方法。例如,对于PM2.5等颗粒物,可以采用物理、化学等方法进行处理,而对于VOC等挥发性有机物,则可以采用生物技术等方法进行处理。

3 结论

高效空调制冷技术在机房和数据中心等电子设备空间中的重要性日益凸显,通过对高效空调制冷技术的关键技术和发展趋势进行分析,在关键技术方面,制冷剂选型、制冷系统结构设计、高效换热器技术以及机房空间温湿度控制技术均是影响制冷效果和能效比的重要因素。多级制冷系统技术的应用、相变材料在制冷中的应用以及空气质量和治理技术的提升,将是未来的发展趋势。多级制冷系统技术能够实现精确的温湿度控制,相变材料应用可以提高能源利用效率,而空气质量和治理技术的提升对保障环境质量具有重要意义。因此,高效空调制冷技术在未来将继续朝着节能高效、智能化和环保友好的方向发展,以适应电子设备空间对温湿度和空气质量要求日益提高的趋势。

参考文献:

- [1] 于晓龙,丁天一. 高效空调制冷机房关键技术研究与发展趋势分析 [J]. 建筑技术, 2023,54(14):1745-1749.
- [2] 郑昕莹. 某科研院所空调机房 EC 风机节能改造实践 [J]. 节能, 2023,42(09):47-50.
- [3] 侯俊杰,张勇,王礼杰,等. 抽屉式空调机房机组研发与应用技术 [J]. 建筑施工, 2023,45(03):554-557.
- [4] 黎志峰. 变流量冷却技术在高效中央空调机房系统建设中的应用研究 [J]. 河南科技, 2022,41(23):49-53.
- [5] 王礼杰. 装配式空调机房 PP-RP 管材应用研究 [C]// 中国土木工程学会,长沙市人民政府. 中国土木工程学会 2021 年学术年会论文集, 2021.