

基于负荷分析的工业厂房空调系统设计策略

邓奕雯

北京市工业设计研究院有限公司 北京 100055

摘要: 随着工业化的快速发展,工业厂房的空调系统设计面临着越来越高的能效要求和复杂性挑战。负荷分析作为空调系统设计的基础,对于优化系统配置、提高能效具有重要意义。本文旨在深入研究基于负荷分析的工业厂房空调系统设计策略,探讨如何通过合理的设计手段降低能耗、提升系统性能。

关键词: 负荷分析;工业厂房;空调系统;设计策略

引言

工业厂房作为生产活动的重要场所,其内部环境对于生产效率和产品质量具有重要影响。空调系统作为调节厂房内部环境的主要手段,其设计策略的合理性直接关系到能耗控制和环境舒适度。负荷分析作为空调系统设计的前提和基础,能够准确反映厂房在不同工况下的冷热需求,为系统的优化配置提供科学依据。

1 工业厂房负荷分析

1.1 负荷的构成与影响因素

工业厂房的冷、热负荷主要由围护结构传热、通过透明围护结构进入的太阳辐射、人员、设备、照明散热以及新风、通风负荷等多个部分组成。围护结构传热受到室外气象条件,如温度、湿度、风速等的直接影响,同时也与围护结构所采用的材料和构造方式密切相关。厂房内的人员活动、设备运行以及照明系统也会产生一定的热量,这些散热量的大小与厂房的生产规模、设备配置以及照明强度等因素紧密相连。

1.2 负荷分析方法

负荷计算是空调系统设计的基础。常用的负荷分析方法主要有稳态传热和非稳态传热两种计算方法。计算冬季供暖热负荷时通常按稳态传热计算。该计算方法简单、有效。计算夏季空调冷负荷时,应按非稳态方法计算逐时冷负荷,以反映厂房在不同时间段内的冷热需求,为空调系统的优化设计提供支持。在进行负荷计算时,需要考虑以下因素:①建筑特性对负荷计算的影响不容忽视。建筑的朝向决定了其接受太阳辐射的角度和时长,从而直接影响建筑的得热量。例如,南向建筑在冬季可以获得更多的太阳辐射热,有利于减少采暖负荷;而在夏季,则可能面临更大的制冷负荷挑战。此外,窗墙比也是影响负荷的重要因素。窗户作为建筑的主要热交换界面,其面积的大小和保温性能的好坏直接关系到室内外的热量传递。因此,在负荷计算中,必须

根据窗户的材质、尺寸以及遮阳措施等因素,合理估算通过窗户传递的冷热负荷。②人员和设备负荷同样不可忽视。建筑内部的人员活动会产生大量的热量和湿负荷,如人体散热、灯光照明、电子设备运行等。这些负荷的大小和分布特点对空调系统的设计和运行至关重要。例如,在办公室等人员密集的场所,需要考虑到人员散热对室内温度的影响,以及灯光照明产生的热量对空调负荷的贡献。同时,医疗、科研等特殊用途的建筑中,高精尖设备的散热量往往非常大,需要单独进行计算和处理。③气候条件对负荷计算的影响也是至关重要的。不同地区的气候条件差异显著,如温度、湿度、太阳辐射强度等都会直接影响建筑的冷热负荷。因此,在负荷计算过程中,必须根据当地的气候数据进行详细分析。例如,在炎热潮湿的南方地区,需要重点考虑夏季制冷负荷的计算和空调系统的除湿能力;而在寒冷干燥的北方地区,则更需要关注冬季采暖负荷的保障。

2 基于负荷分析的空调系统设计策略

2.1 冷热源优化选择

2.1.1 冷热源设备选用

在工业厂房的空调系统设计过程中,冷热源设备的选择不仅直接关系到系统的运行效率,还对整个厂房的能耗产生深远影响。在工业项目中,地源热泵和空气源热泵在近些年里使用较多。地源热泵利用地下土壤、岩石或水体中蕴藏的热能,通过热泵技术将其提取并转换为可用的冷热量。由于地下热能具有稳定、可持续的特点,地源热泵在运行过程中能够保持较高的能效比。空气源热泵则是从周围空气中提取热能,同样通过热泵技术将其转换为可用的冷热量^[1]。与地源热泵相比,空气源热泵的安装和使用更为灵活方便,适用于各种规模和类型的厂房,且对环境的影响较小。虽然其能效比可能略低于地源热泵,但在许多情况下仍然是一种高效、可行的选择。

2.1.2 冷热源容量与台数合理配置

在工业厂房的空调系统设计中,冷热源的容量与台数配置是确保系统高效运行的关键环节。这一决策必须紧密结合厂房的实际负荷变化特点,通过精确地计算和分析来确定。冷热源的容量配置需要考虑到厂房在不同时间段、不同季节以及不同生产工况下的负荷需求。如果容量配置过大,不仅会造成设备的闲置和浪费,还可能导致系统在低负荷运行时能效降低;而如果容量配置过小,则无法满足厂房在高负荷时的需求,影响生产效率和员工舒适度。同样地,冷热源的台数配置也需要根据负荷变化来合理规划。多台设备可以灵活应对负荷波动,实现按需供能,避免单台设备长时间高负荷运行导致的能效下降和寿命缩短。同时,多台设备的配置还可以提高系统的可靠性和稳定性,当某台设备出现故障时,其他设备可以迅速接管,确保空调系统的连续运行。为了实现冷热源容量与台数的合理配置,我们需要对厂房的负荷变化进行深入地分析和预测。这包括了解厂房的生产流程、设备配置、人员活动等因素对负荷的影响,以及室外气象条件的变化趋势。在此基础上,我们可以运用专业的计算方法和仿真软件,对冷热源的容量和台数进行精确地计算和优化配置。

2.2 空调系统布局优化

2.2.1 空调系统形式针对性选择

空调系统形式选择必须基于厂房的具体建筑结构、生产流程和负荷分布,以确保空调系统能够在不同区域提供均匀且稳定的舒适环境。在工业厂房空调系统设计中,全空气系统是一种常见的空调系统形式,适用于大型、开放式或高大厂房。该系统通过送风管道将处理过的空气输送到各个区域,实现整体空气调节。其优点在于空气分布均匀,温度控制稳定,且易于实现集中管理和控制。然而,对于负荷分布不均或局部需求较高的厂房,全空气系统可能无法满足精细化的调节需求,且容易造成冷、热量浪费。分层空调系统则更适用于多层厂房或负荷分层明显的场所。该系统将厂房划分为若干个独立的空调区域,每个区域根据实际需求进行独立调节。这样可以更好地适应不同楼层或区域的负荷差异,提高能源利用效率。但分层空调系统需要更多的设备和控制系统,投资成本和维护难度可能相对较高。

2.2.2 送回风口合理布置

合理的送回风口位置能够确保厂房内空气流通顺畅,温度分布均匀,从而保障生产设备的正常运行。送风口的布置应考虑到厂房的结构布局、生产工艺以及员工的活动区域。对于大型厂房,需形成合理的气流组

织,避免局部区域出现死角或温度过高的情况。送风口形式需根据厂房高度、风口高度及厂房内风速要求合理设置。其次,回风口的布置同样重要。回风口负责将室内的污浊空气和多余热量排出,其位置应设置在厂房靠近污染源的地方。这样可以确保污浊空气能够及时排出,避免对室内环境造成二次污染。当生产中有粉尘或有害气体产生时,还应根据实际生产情况设置局部排风罩。同时,回风口与送风口之间的位置关系也应合理规划,以形成有效的气流循环^[2]。在设计过程中需要充分考虑送回风口的尺寸、形状以及风速等因素,以确保其满足厂房的实际需求。

2.3 智能控制与节能技术应用

2.3.1 智能控制策略制定

结合负荷分析结果,可以为厂房量身定制一套智能化的启停控制、温度控制、湿度控制等策略,从而通过自动化管理减少人为操作失误,提高系统响应速度和运行效率。启停控制策略能够根据厂房的实际需求和负荷变化,自动调整空调系统的开关机时间。这不仅可以避免不必要的能源浪费,还能确保系统在最佳时机启动,快速达到设定温度,为员工提供舒适的工作环境。温度控制策略是实现空调系统节能运行的重要手段。通过精确控制送风温度和室内温度设定值,避免温度过高或过低造成的能源浪费。同时,智能温度控制系统还能根据室外气象条件和室内热负荷变化,实时调整温度设定值,确保室内温度始终保持在舒适范围内^[3]。湿度控制策略对于保障厂房内设备正常运行和员工健康同样重要。过高的湿度可能导致设备腐蚀、霉菌滋生等问题,而过低的湿度则可能引起静电、皮肤干燥等不适。因此,我们需要根据厂房的实际需求,制定合理的湿度控制策略,通过自动调节送风湿度和室内湿度设定值,保持室内湿度的稳定。

2.3.2 节能技术与设备集成

在工业厂房的空调系统设计中,集成先进的节能技术和设备是实现能效提升和运行性能优化的重要途径。这些技术和设备的应用,不仅可以通过技术创新降低系统能耗,还能显著提升整体运行性能,为厂房创造更为节能、环保且高效的工作环境。变频调速器是其中的一项关键技术,它能够根据空调系统的实际需求,自动调整风机和水泵的转速,从而实现能量的按需分配。相较于传统的定速运行方式,变频调速器可以显著降低系统的能耗,特别是在部分负荷工况下,节能效果更为显著。智能传感器则承担着精确感知和实时反馈的重任。它们被广泛应用于空调系统的各个环节,如室内温度、

湿度、压力等关键参数的监测。通过实时采集和分析这些数据,智能传感器能够帮助控制系统作出更为精准和快速的调节,从而确保空调系统始终运行在最佳状态。热回收装置则是一种高效的能量利用方式。在厂房的排风系统中,往往携带有大量的余热和余湿,直接排放不仅会造成能量的浪费,还可能对环境产生负面影响。通过热回收装置,将这些废热进行回收和利用,如预热新风或提供热水等,从而实现能量的梯级利用和最大化效益。

2.4 分区控制与负荷匹配

2.4.1 分区控制

在工业厂房的空调系统设计中,分区控制核心思想是根据厂房内不同区域的功能、使用时间以及负荷特点,将整体空调系统划分为多个可以独立控制的子区域。这种划分不仅考虑了空间的差异性,更关注了实际使用中的能效问题。每个独立控制的区域都配备有独立的温控设备、湿度调节装置以及送风系统。这意味着,当某个区域不需要空调运行时,可以单独关闭该区域的系统,而其他区域则不受影响,继续正常运行。这种灵活性不仅避免了不必要的能源浪费,还降低了整体运行成本。同时,分区控制策略还充分考虑了厂房内不同区域的实际需求。例如,生产区可能需要较低的温度和较高的湿度以确保产品质量和员工舒适度,而办公区则可能需要更为温和的环境。通过独立控制每个区域的空调参数,可以更好地满足这些差异化需求,为员工创造更为舒适的工作环境^[4]。此外,分区控制还有助于提高空调系统的整体运行效率。由于每个区域都可以根据实际需求进行独立调节,因此避免了传统统一控制模式下可能出现的过冷或过热现象。这不仅提高了能源利用效率,还减少了设备磨损和维修频率,延长了系统使用寿命。

2.4.2 负荷匹配

在工业厂房的空调系统设计中,负荷匹配是一个至关重要的环节。通过精确的负荷分析,确定厂房内各区域的峰值负荷和平均负荷,并以此为基础,选择适当

容量的空调设备。这种匹配不仅确保了空调设备能够满足厂房的冷却和加热需求,还避免了因设备容量过大或过小而造成的能源浪费或性能不足。负荷的多样性和变化性是系统设计中必须考虑的关键因素。厂房内的不同区域,由于其功能、设备配置、人员活动等因素,其热负荷可能存在较大的差异。同时,这些负荷还会随着季节、天气、生产流程的变化而发生变化。因此,在选择空调设备时,不仅要考虑其满足峰值负荷的能力,还要关注其在部分负荷工况下的运行效率。为了确保空调设备在不同负荷下都能高效运行,可以采用一些先进的控制策略和技术手段。例如,变频调速技术可以根据实际负荷需求,自动调整设备的运行频率和输出容量,从而实现能量的按需分配。此外,智能控制系统可以通过实时监测和分析各区域的热负荷数据,自动调整空调设备的运行模式和参数设置,以确保系统始终运行在最佳状态。

结语

本文深入研究了基于负荷分析的工业厂房空调系统设计策略,从冷热源选择与配置、空调系统形式与布局、控制策略与节能措施以及分区控制与负荷匹配等方面进行了详细探讨。通过合理的设计手段和优化配置,可以显著降低空调系统的能耗、提升系统性能,为工业厂房的可持续发展提供有力支持。未来研究方向包括进一步完善热负荷分析方法、探索新型节能技术和设备在空调系统中的应用等。

参考文献

- [1] 窦婷婷.关于工业厂房暖通空调的节能设计探讨[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(01):33-34.
- [2] 余锦贤,叶美玲.暖通空调通风节能设计在工业厂房中的应用[J]. 国际建筑学,2020(01):97-98.
- [3] 冶成龙.大空间工业厂房暖通空调设计与节能分析[J]. 居舍,2021,(17):94-95+99.
- [4] 洪琛.关于化工工业厂房暖通空调节能设计的探讨[J]. 天津化工,2018,32(2):48-49.