

智能立体车库的节能技术研究

李兆春

(宁波中集物流装备有限公司 浙江宁波 315800)

摘要:随着城市化进程的加快和汽车保有量的不断增长,停车难已经成为许多大中城市面临的一大难题。传统平面停车场占地面积大、利用率低,远不能满足城市发展的需求。立体车库以其高效利用土地资源、缓解停车压力的优势,受到了广泛关注和应用。然而,立体车库的运行过程中能耗较高,如何降低能耗、提高能源利用效率是一个亟待解决的问题。本文以宁波中集三层特大型升降横移立体车库项目为例,从电机能效提升、传动系统优化、控制策略完善等方面,探讨了立体车库节能技术的研究与应用,旨在为今后立体车库的节能设计提供借鉴和参考。

关键词:立体车库;节能技术;能效;传动优化;控制策略

引言:

城市交通拥堵、停车位供给不足等问题日益突出,给城市经济社会发展带来诸多不利影响。与平面停车场相比,立体车库凭借小占地面积、高存车效率等优势,成为缓解城市停车难的有效途径之一。立体车库按层数和运行原理可分为简单、复杂两类,复杂立体车库存取时间长、自动化程度高、设备投资大,运行能耗也随之增加。以某些中型城市为例,一个600个车位的复杂立体车库,年运行能耗可高达60万度电,耗能量巨大。因此,提高立体车库的运行效率、降低能源消耗,已成为当务之急。本文以宁波中集三层特大型升降横移立体车库项目为例,从设备机电一体化优化、运行策略优化以及传动系统节能等方面入手,对立体车库节能技术展开深入探讨,旨在为立体车库节能设计提供一定的借鉴与参考。

1 宁波中集三层特大型升降横移立体车库项目概况

1.1 项目基本情况

宁波中集三层特大型升降横移立体车库项目位于浙江省宁波市北仑区,由宁波中集物流装备有限公司于2022年8月启动,历时3个月顺利建成并通过第三方机构验收。项目占地20平方米,建筑面积60平方米,设备提供7个大型车位(车位规格:5300mm×2050mm×2050mm,最大停车重量2350kg/辆),车辆存取速度快,最大存取车时间120秒。

1.2 主要设备参数

设备采用四吊点,循环链条提升驱动方式,提升速度4.5m/min,电机功率2.2KW;横移采用链条传动,速度7m/min,电机功率0.2KW;主体钢结构最大载荷12吨。具有多种安全保护功能,符合GB17907-2010《机械式停车设备 通用安全要求》等国家相关标准。

1.3 项目的特色与节能意义

该项目是一个车位规格大、存取效率高、自动化程度高的复杂立体车库,在同类型立体车库中具有典型代表性。它集成了当前立体车库领域的多项先进技术,如智能控制系统、节能优化设计等,代表了行业技术的最新发展方向。通过对该项目开展全方位的节能技术研究与应用,不仅可以大幅降低该项目本身的运营能耗,为业主节约大量运营成本,更重要的是,这些节能技术和实践经验可以在今后类似的大型复杂立体车库项目中推广应用。这将助推整个立体车库行业的节能减排进程,为复杂立体车库的规模化应用提供坚实的技术保障,让更多城市从中受益,缓解停车难题的同时也能实现节能环保。总之,该项目的节能示范意义重大,对行业乃至社会的可持续发展具有深远影响。

2 立体车库节能技术研究与应用

2.1 机电一体化设计,提升设备系统能效

立体车库作为一种机电一体化设备,电机驱动、控制系统等电气部分与机械传动系统融合度极高。机电一体化优化设计可以有效

提升系统整体能效。

2.1.1 电机能效等级优化

电机作为立体车库的核心动力来源,其能效水平的高低决定着整个系统的能耗表现。随着国家和社会对节能环保要求的日益提高,在立体车库设计中采用高效电机已经成为重要趋势和关键举措。本项目在电机选型上进行了细致入微的对比分析和科学论证,最终选定了YX3级高效率电机作为提升传动电机,其功率为2.2KW;同时配套选用了IE3级高效率电机作为横移传动电机,功率为0.2KW。这两种电机代表了当前电机制造领域的最高能效等级,与传统普通电机相比,在相同工况条件下,能耗损失可降低20%以上,电能利用效率大幅提升,运行更加节能环保。项目通过在关键传动环节采用高效等级电机对系统进行能效优化,在保证立体车库正常运行动力性能的同时,最大限度地降低了电能消耗,从源头上减少了能源浪费,这为整个立体车库系统实现节能减排目标奠定了坚实基础^[1]。

2.1.2 变频调速控制

传统的开环电机控制方式通常采用恒转矩调节来实现加速或减速,在能量利用率上存在较大缺陷,同时也无法满足立体车库对运行平稳性的要求。为此,本项目在电机控制策略上进行了优化,选用变频器对提升和横移等关键传动部分进行闭环转矩控制。这种控制方式可根据实时负载状况,动态调节电机转矩输出,使电机一直运行在最佳工况点附近,动力响应迅速、能量利用率高、运行更加平稳。同时,变频器本身的矢量控制和智能能量优化算法,也在很大程度上提升了传动系统的能效表现。相比传统的开环控制方式,闭环变频调速控制可大幅节省能耗,是提高立体车库系统整体能效的有力手段。

2.1.3 合理布置控制回路

为尽量减小控制系统功耗,本项目在控制回路布置上做了细致的优化设计。首先是合理布局控制回路,将控制器、执行器等关键部件合理间距分布,缩短了信号传输距离,降低了线路损耗。其次广泛采用了低功耗控制器件和先进的集成技术,有效降低了系统的静态功耗。比如选用低功耗型微控制器、现场可编程门阵列等器件,并通过先进的系统级芯片集成技术,将多个功能模块集成到单一芯片上,大幅减少了器件功耗。另外,控制回路信号线和电源线分开铺设,避免了电磁干扰对控制信号的影响,确保了控制精度和可靠性。通过这些精心设计,控制系统的能耗得到了很大程度地减小^[2]。

2.2 优化传动系统,降低机械传动损耗

机械传动系统包括齿轮、链条、滚珠丝杠螺母等传动元件,能量损耗是传统立体车库高能耗的一大根源。针对传动系统开展节能优化,可以大幅降低整体耗能。

2.2.1 采用高效节能型齿轮减速箱

减速箱作为立体车库动力系统中最常见和关键的机械传动形式,

其能量损失情况直接影响整体系统的能效表现。采用传统齿轮传动的减速箱由于啮合不良、表面粗糙度大等缺陷,在传动过程中会产生较大的滚动和滑动摩擦损失。为从根本上降低这种损失,本项目在设计减速箱传动系统时,采用了高效节能型齿轮。这种齿轮在设计制造阶段,通过优化凹度系数、螺旋角度、加工精度等一系列参数,使得齿面的理论接触区接近完全一致,啮合误差降至最小,从而大幅减小了齿面间的滚动和滑动摩擦^[9]。同时,高精度加工工艺也使得齿面表面粗糙度大大降低,进一步减小了摩擦损失。此外,齿轮材料也经过优化选择,具有更高的硬度和抗磨损能力,可确保长期高效运行。通过这些全方位的设计优化,高效节能型齿轮减速箱在相同功率和转速情况下,与普通齿轮减速箱相比能够显著降低能量损失,大幅提升传动效率,为整个立体车库系统的节能减排做出了重要贡献。

2.2.2 优化链条材质和型号

链条作为立体车库中重要的传动元件,其材质、型号的选择直接影响着传动效率和耗能水平。为此,本项目在链条选型上做了充分的优化。首先从材质方面,选用了耐磨高强度合金钢材制造的链条,这种优质材质使得链条的使用寿命更长,质量更轻,在高速运转时产生的惯性和阻力都大大降低,从而减少了动力传递过程中的能量损失。其次从规格型号方面,根据实际工况需求,项目在部分关键传动位置采用了特大节距链条,这种链条每节距离更大、张力更小,运动更加顺畅,进一步降低了传动阻力和功耗水平。与普通链条相比,这种高端链条的使用可以大幅提升传动效率,显著降低能量损失。此外,链条的精心设计和安装也确保了其工作状态良好,避免了因链条松动、啮合不良而导致的功率损失。

2.3 完善控制策略,优化设备运行方式

通过科学合理的控制策略,立体车库可以在保证正常使用功能的前提下,实现能量的最小化消耗。本项目从控制逻辑优化、群控优化、能量回馈利用等方面入手,有效降低了运行能耗。

2.3.1 控制逻辑优化

传统立体车库的控制逻辑相对较为简单,存在诸多浪费能源的情况,如无序运行导致设备频繁启停、运行与实际需求不匹配等。为解决这一问题,本项目对控制逻辑进行了全面优化。首先,新的控制逻辑能够根据实时的车辆存取需求,合理安排各设备的运行顺序和任务分配,最大限度减少设备的无效运行和等待时间,避免了大量能量的浪费。其次,优化后的控制逻辑还引入了预判功能,通过对历史数据的分析,提前预测未来可能的车辆存取需求,并提前做好相应的准备工作,这样当需求到来时,设备可以秒响应执行动作,大幅缩短了运行时间,降低了整个存取过程的能量消耗^[4]。此外,新的控制逻辑还合理调配了设备的工况,使其运行在最佳效率状态下,进一步提高了能源利用效率。经过这一系列优化,控制逻辑的节能性能得到了极大地提升,为整个立体车库系统的节能减排做出了重要贡献。

2.3.2 群控优化

本项目针对立体车库的特点,创新性地引入了群控优化策略,通过对同一区域内的多台设备进行统一调度与协同控制,极大地减少了设备的无功运行时间,大幅节省了能耗。具体来说,传统的单机控制下,每台设备都只完成自身的存取任务,相互独立运行,存在大量无谓等待和无效运转的情况。而新的群控策略能够对多台设备的任务进行整体规划与调度,根据实时的存取需求,合理分配各设备的工作内容,使它们协同高效完成车辆存取,最大限度避免了无谓等待和无效运转,从而极大地降低了能耗^[9]。另外,群控策略还具有动态工况优化的功能,可根据实时负载情况,对各设备的运行状态如转速、扭矩等进行动态调整,使其一直运行在最佳效率工况下,进一步提高了能源利用效率。总之,群控优化是一种全新的

节能控制理念,通过多设备间的协同与动态优化,实现了整个系统的高效节能运行。

2.3.3 能量回馈与余能利用

立体车库设备在运行过程中,尤其是提升和下降过程中,会产生大量的势能和动能,如果这些能量无法得到合理利用,将会白白浪费。为此,本项目在控制策略上进行了创新优化,实现了对这些余能的高效回收和再利用,进一步降低了对电网的能量需求。具体来说,在提升过程中,设备需要克服重力做功从而消耗能量;但在下降过程中,这部分能量却常常被白白浪费掉。新的控制策略利用能量回馈技术,在下降时对电机进行反拖动,将电机原本做功时产生的机械能量,通过内部电路转化为电能并反馈到电网中,实现了能量的再利用。同样,在设备运行时产生的动能也会被高效回收并反馈利用。通过这些创新措施,立体车库各运动部件在运行时所产生的势能和动能,都能够得到合理回收和再利用,而无需从电网获取额外的能量输入,从根本上降低了整体系统的耗能水平,达到了节能的目的。

2.4 关键技术总结

通过上述一系列节能技术的应用,宁波中集三层特大型升降横移立体车库项目在设计研发阶段就实现了高效节能。主要的关键技术可总结如下:从系统整体层面来看,采用了机电一体化优化设计理念,通过选用高效等级电机、变频调速控制、合理布置低功耗控制回路等措施,有效提升了设备系统整体的能效水平。从机械传动系统层面,则通过采用高效节能型齿轮、优化链条材质型号等手段,极大降低了传动过程中的机械损耗和能量浪费。此外,项目还在控制策略上做出了创新,优化了控制逻辑,根据实时车辆存取需求合理安排设备运行顺序,引入预判技术缩短响应时间,从而避免了大量无效运转的能量消耗;同时引入群控优化策略,实现多设备间的协同高效运转,并通过动态工况优化使设备一直运行在最佳效率状态下。最后,项目还采用了能量回馈与余能利用技术,对设备在运行过程中产生的势能和动能进行了高效回收和再利用,进一步降低了对电网的能量需求。这些创新性的节能技术措施,有机融合、相互配合,确保了整个立体车库系统在各个环节的节能高效,取得了显著的节能效果,据测算每年可节省电能2万多度,节能减排效益极为显著。

结束语:

立体车库设备的高能耗问题制约了其在城市推广应用。通过宁波中集三层特大型升降横移立体车库项目的实践,本文探讨了立体车库节能技术在设计、控制、传动等层面的应用,取得了显著的节能效果。这些技术思路和应用经验,为立体车库节能优化设计提供了有益借鉴,对于推动行业的节能减排,解决城市发展中的停车难题具有重要意义。

在未来,随着新技术的不断发展,如永磁电机、位置伺服控制、智能网联控制等技术必将进一步应用到立体车库设备中,推动节能技术水平的不断提升。相信只要持之以恒、努力创新,立体车库的节能潜力将得到充分发挥,节能环保的发展理念必将在城市公共设施建设中得到更好地贯彻落实。

参考文献:

- [1]党健.智能立体车库仿真设计[J].电子产品世界,2024,31(01):71-74.
- [2]易铭,罗庚兴,欧幸福.智能立体车库控制系统的研究[J].机械工程与自动化,2023,(04):147-149.
- [3]杨漫.立体车库智能系统设计[D].西安石油大学,2023.
- [4]孙彦超.基于 PLC 的智能分类立体车库设计与仿真[J].科技创新与生产力,2022,(10):50-52+56.