

超高效机电一体化驱动产品 在北京首都国际机场 T2 航站楼的应用

文 ◆ 首都机场集团有限公司北京建设项目管理总指挥部 孔祥文

引言

北京首都国际机场 T2 航站楼建于 1999 年，是北京首都国际机场较早投入使用的航站楼。该航站楼承担国内国际大量航班，目前已运行超过二十五年。机场行李输送系统随航站楼同步投入使用，其核心设备减速电机性能老化明显，这一问题不仅使机场面临高耗能、高维修工作量的双重压力，还使行李输送系统的运行稳定性遭遇巨大挑战，对机场行李转运效率与服务质量构成潜在影响。当前，我国民航企业正在推进平安机场、绿色机场、智慧机场、人文机场“四型机场”的建设。为响应号召，在北京首都国际机场 T2 航站楼的升级改造中使用某公司 IE5 能效等级超高效机电一体化驱动产品，分别从绿色节能、低噪音和数字孪生方面分析采用超高效机电一体化驱动产品后的实际使用效果以及为机场带来的运营收益^[1]。

1 绿色节能

机场行李输送系统是机场运营中关键的组成部分，其不仅关系到机场的运行效率，还直接影响到旅客的出行体验。其中，机场行李输送系统的耗能问题备受关注，机场行业需要使用先进高效节能的驱动产品以实

现提升能源使用效率的目标，切实践行绿色能源和可持续发展的理念。

北京首都国际机场 T2 航站楼改造项目采用某公司 IE5 能效超高效机电一体化驱动系统产品。超高效机电一体化驱动系统颠覆了传统驱动系统“电机 + 减速机 + 变频器”的分体式结构，通过一体化设计将三大核心部件以及控制单元集成于单一紧凑模块。这种集成化不仅使体积减小 30% ~ 50%，还减少了复杂的机械连接与外部布线情况，显著降低故障率，尤其适用于空间受限的密集生产线和自动化物流设备，超高效机电一体化驱动产品在行李输送系统的实际应用如图 1 所示。某公司超高效机电一体化驱动产品采用变频器、伺服电机和斜齿轮硬齿面减速机一体化设计，实现驱动行李输送系统运行的同时，充分考虑低碳节能因素^[2]。经过超高效机电一体化驱动产品在北京首都国际机场不同阶段不同规模使用过程中实测数据可知，产品节能 50% 左右。此次大规模应用于北京首都国际机场 T2 航站楼，预计每年将节约

图 1 超高效机电一体化驱动产品在行李输送系统的实际应用

【作者简介】孔祥文（1975—），男，北京人，高级工程师，研究方向：机场绿色建筑、BIM 智慧建造等。

表 1 实验室环境下的噪音测试

序号	驱动器类型	环境噪音 (dB)	测试点一：竖直上方 (dB)	测试点二：水平方向 (dB)
1	超高效机电一体化驱动产品	42	56	51
2	普通减速电机	42	62	57.5

电费 200 万元以上。同时，北京首都国际机场也是国内首个整线使用最高能效标准的行李输送系统的机场^[3]。

2 行李输送设备的低噪音运行提高员工及旅客舒适度

现代化机场的建设目标更加关注旅客和机场服务人员的舒适度，行李开包间、值机岛等噪音敏感区域的行李输送设备低噪音运行十分重要。低噪音的行李输送设备确保了机场环境的舒适性，为旅客提供安全、舒适的机场环境的同时还提供了高品质的服务并以此推动民航业的高质量发展^[4]。

用于驱动机场行李输送系统运行的减速电机在设计和选型时，低噪音是一项重要的考量指标。此次选用的超高效机电一体化驱动产品采用全封闭无风扇的设计

形式，有效避免了传统减速电机的风扇搅动空气形成的噪音。低噪音的超高效机电一体化驱动产品满足了行李输送设备低噪音运行的需求，提高了噪音敏感区域环境的舒适度。同时，也有效避免了由于传统带风扇设计，引起因风扇高速旋转导致的现场灰尘的问题。

在行李输送设备上分别测量输送机空载运行稳定后垂直上方 1m 位置和水平一侧 1m 位置的噪音数值，相较传统的“鼠笼式”三相异步电动机噪音值下降 5dB ~ 7dB，降噪效果明显。实验室环境下的噪音测试如表 1 所示。

3 数字孪生技术的应用

数字孪生技术在行李输送系统中的应用主要体现在通过创建物理实物的虚拟副本，实现对行李输送系统的状态检测，通过数据分析预测设备出现的问题，有针对性地对行李输送设备进行预防性维护。

此次改造项目中，行李输送系统所采用的超高效机电一体化驱动产品为基于总线控制的变频一体机。变频器的状态字以及只读参数中包含了丰富的数据，如变频器温度、电机温度、故障信息、故障记忆、电机运行电流等。通过对这些数据的分析采集，不仅可以实时监控变频一体机的运行状态，还反映出了输送机的机械部分的运行状态。超高效机电一体化驱动产品在行李输送的电气拓扑图如图 2 所示。

超高效机电一体化驱动产品基于 EtherNet 总线实现对每台独立的驱动设备进行控制，同时基于 EtherNet 可以对状态字以及包含变频一体机运行状态的只读参数进行实时读取，并对这些信息加以分析监控，以此

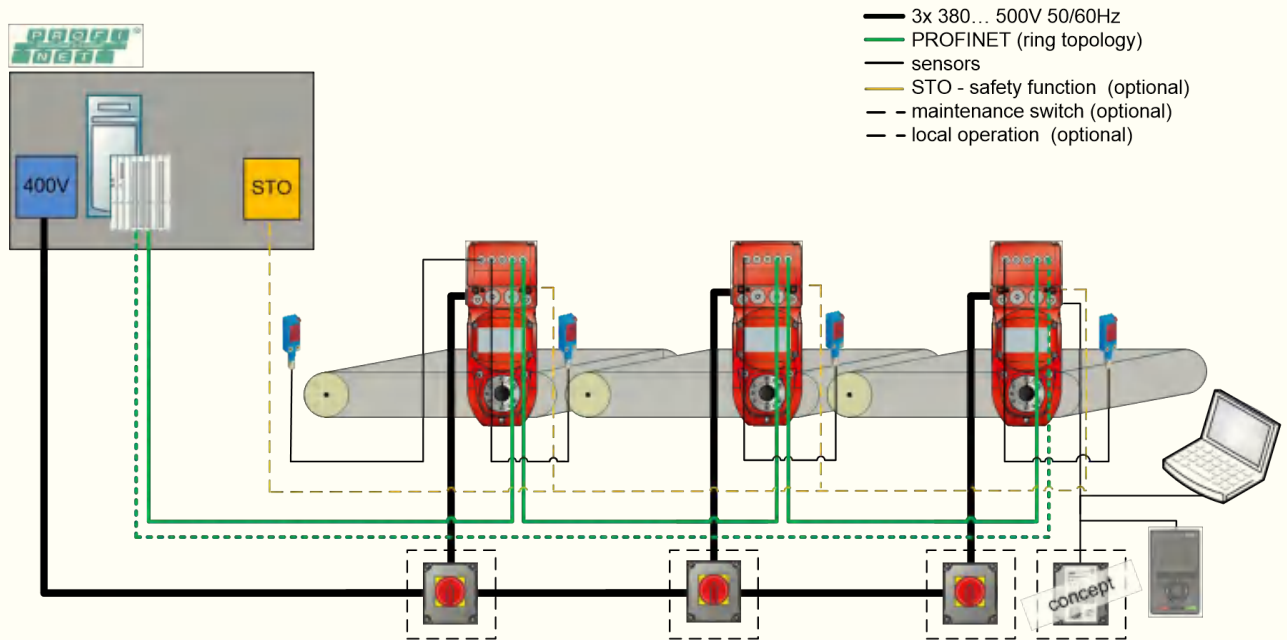


图 2 超高效机电一体化驱动产品在行李输送的电气拓扑图



实现行李输送系统的数字孪生，不仅提升了系统的智能化水平，还提高了机场运营的成本效益和运营效益。

北京首都国际机场 T2 航站楼改造项目的行李输送系统引入数字孪生技术后，其运维效率与系统可靠性实现了质的飞跃。通过构建物理设备与虚拟模型的实时数据映射，数字孪生技术可对输送线电机、减速机等核心部件进行全生命周期监控。使维护响应时间缩短，备件更换精准度大幅提升。数字孪生不仅实现了从“被动维修”到“主动干预”的转型，还通过多系统数据融合推动全局协同管理，助力机场运营向智能化、低碳化方向持续进阶。

4 减少电力负荷

北京首都机场 T2 航站楼行李系统为升级改造项目，原有电力负荷能力并没有提升，因此要求用电设备总负荷不允许超过原有负荷，并尽量小于原有负荷。根据改造后行李系统用电负荷要求不能超过 2766kVA 的要求，本次超高效机电一体化驱动产品方案契合减少用电负荷的特点。因超高效机电一体化驱动产品的电机均为同步伺服电机，根据同步伺服电机的特性，其功率因数均为 0.99，超高效机电一体化驱动产品功率因素较传统的异步电动机的 0.85 左右的功率因数大幅提升，增加了变压器容量约 14% 的裕度，可以承担更多的负载，直接优化了变压器的容量利用率和整个电力系统的经济性和可靠性，并降低了能耗、提升了电能质量。

5 降低备件库存压力

机场行李输送系统作为航空物流的核心环节，其稳定运行高度依赖电机、减速机等驱动设备的可靠性。然而，由于系统规模庞大、设备迭代周期长以及不同品牌和型号设备的混合使用，普遍面临备品备件种类繁杂、库存量高、管理成本攀升等问题，导致库存资金占用严重，且紧急调货效率低下。针对这一痛点，此次采用的超高效机电一体化驱动产品由于电机采用三相永磁同步伺服电机，具有非常高的过载能力，具有良好的速比兼容性，因此输送系统采用超高效机电一体化驱动产品后速

比种类大幅缩减，且同机座号超高效机电一体化驱动产品的变频器部分可以互相通用，这就使备件数量大幅降低，解决了备件库存压力大以及资金占压问题。

结语

在北京首都国际机场 T2 航站楼行李处理系统改造项目中，使用超高效机电一体化驱动产品 1200 余台，耗能下降明显，切实做到了“降成本、优环境”。自身受益的同时也履行了国有企业节能减排的社会义务，发挥装备技术优势的同时也积极适应新形势。此次改造项目的经验为国内行李系统老化设备成批更换提供参考依据和指导作用。随着区块链技术增强供应链透明度以及再制造工艺延长备件生命周期，北京首都国际机场 T2 航站楼行李系统备件管理将向“零冗余库存”与“低碳循环”方向持续进阶。这一进程不仅提升了运维效率，还为行业绿色可持续发展提供了关键技术支撑。^[8]

引用

- [1] 民航局.关于印发《中国民航四型机场建设行动纲要(2020-2035 年)》的通知[EB/OL].(2020-03-03) [2025-08-25].https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-03/25/content_5495472.htm.
- [2] MH/T 5034-2020.航空枢纽智能物流系统驱动技术选型标准[S].中国民用航空局.
- [3] 张伟民.现代机场机电设备集成与控制技术[M].机械工业出版社,2019.
- [4] 殷进省.调速永磁同步电动机的设计与优化[D].广东:广东工业大学, 2011.