

BAS 自动模式控制技术于地铁环控的应用

朱文锋 范勇岐 牟琨鹏

青岛地铁集团运营有限公司 山东 青岛 266000

【摘要】：在地铁蓬勃发展之际，环控系统至关重要。BAS 自动模式控制技术崭露头角，其核心在于依据地铁内多源数据，像客流量、温湿度、空气质量等实时变化，智能化调控通风、空调等设备。一方面精准维持舒适乘车环境，减少乘客闷热、憋闷等不适感；另一方面，设备按需运行，极大削减能耗，避免能源浪费，还能提前察觉设备故障隐患，保障地铁系统稳定、高效运营，为地铁环控注入强劲动力。

【关键词】：地铁环控；BAS 技术；自动模式；能耗优化；环境舒适度

DOI:10.12417/2705-1358.25.16.067

引言

当今，城市地铁如脉络般延展，成为市民出行首选。客流量与日俱增，运营时长不断拉长。地铁处于地下封闭空间，环境调控挑战重重。既要应对早晚高峰的人员密集潮，保证空气清新、温湿度宜人，又要在平峰期节能降耗，降低运营成本。传统环控手段捉襟见肘，难以平衡舒适与节能。BAS 自动模式控制技术应运而生，有望破解难题，革新地铁环控格局，深入探究其应用价值意义深远。

1 地铁环控现状剖析

在当今城市交通体系的宏大版图中，地铁以其大运量、高效率的显著特性，稳稳占据着举足轻重的关键地位，成为城市运转不可或缺的重要支撑。从破晓时分首班车划破寂静、缓缓启动，到夜幕深沉末班车悄然归巢，整个运营时段内，地铁空间始终处于人潮川流不息的繁忙状态，乘客往来极为频繁。当前，地铁环控系统在实际运行中，主要依赖专业工作人员定时开展巡检工作。这些经验丰富的工作人员凭借日积月累形成的敏锐直觉与深厚经验，通过观察设备的外观、聆听运行声音等方式，来主观判断设备的运行状态，并手动对温湿度等核心环境参数进行调控。

但这种传统环控方式在应对高峰时段的巨大客流冲击时，诸多短板暴露无遗。当大量乘客如潮水般集中涌入车站，人体新陈代谢产生的热量迅速在有限空间内积聚，呼出的二氧化碳量也呈指数级急剧上升。以早高峰的核心换乘站为例，短短半小时内，站内人员密度可达每平方米 3-4 人，在如此高密度的客流环境下，若通风空调系统不能及时、强力地做出响应，车站内的空气便会迅速变得闷热、潮湿，犹如一个密不透风的蒸笼。空气中的二氧化碳浓度一旦超过正常标准，乘客就会出现头晕、乏力等不适症状，原本舒适的出行体验大打折扣，严重影响乘客的心情与出行效率。而在平峰时段，由于客流量稀少，车站内实际所需的环境调控强度大幅降低，可若设备依旧按照

高峰时段的高负荷模式运行，大量电能将被无端消耗，白白浪费宝贵资源，这无疑会显著增加地铁运营的成本负担，压缩运营企业的利润空间。

人工调控在精度层面存在着难以克服的天然局限性。不同区域的地铁站点，因其内部空间布局、乘客流动分布等多种复杂因素相互交织影响，对温湿度的需求呈现出明显的差异化特征。大型换乘站由于通道众多、空间开阔，人员流动复杂，对通风量和温度调控的要求更为精细；而一些小型站点，空间相对紧凑，温湿度变化相对较为稳定。然而，人工操作受限于人的精力与反应速度，很难对每个区域进行精准入微的把控，这就导致不同区域之间的温湿度差异时常较为明显。设备在长期运行过程中，不可避免地会出现老化现象，一些潜在故障也可能悄然滋生。人工巡检由于时间间隔较长，且受主观因素影响较大，很难及时察觉这些细微变化，这不仅会持续影响乘客的舒适度体验，还可能在长期积累过程中，逐渐演变为严重的安全隐患，对地铁的安全平稳运营构成潜在威胁。

2 BAS 自动模式原理

BAS 系统作为一种前沿的智能控制系统，其架构设计精妙绝伦，宛如一个精密且高效运转的智能有机体。系统中的传感器宛如分布在地铁各个角落的敏锐触角，时刻保持着对周围环境细微变化的高度警觉。温度传感器采用先进的热敏元件技术，能够精准地捕捉空气温度的每一丝冷暖变化，并以毫秒级的速度将温度数据实时反馈至系统中枢；湿度传感器则运用高精度的电容式传感原理，专注于监测空气中的水汽含量，为后续的湿度调控提供精准依据；二氧化碳传感器利用红外吸收技术，密切关注空气质量，确保二氧化碳浓度始终被控制在安全、适宜的范围之内；客流计数器借助先进的图像识别算法，精确记录人员的进出动态，为系统的整体调控提供至关重要的人员流量数据。

控制器在整个 BAS 系统中扮演着智慧大脑的关键角色，

它内置了经过深度优化的先进算法模型。这个算法模型并非一成不变的固化程序，而是具备强大的综合研判与自适应调整能力。它能够依据地铁的运营时段（如早高峰、晚高峰、平峰等不同时段的客流特征）、长期积累的海量历史数据（涵盖不同季节、不同天气条件下的环境参数与设备运行数据），以及季节气候（如夏季高温、冬季寒冷、春秋过渡季的气候特点）等多种复杂因素进行全面、深入的分析。当早高峰来临，以某大型换乘站为例，客流量瞬间猛增至每小时数千人，二氧化碳浓度在短时间内快速上升至警戒值，同时温度也因大量人体散热而显著攀升，短短几分钟内，站内温度可能上升2-3摄氏度。此时，控制器就像一位反应敏捷、指挥若定的指挥官，迅速依据算法分析结果，向通风设备发出加大送风量的指令，将送风量提升至正常水平的1.5-2倍，同时同步增强空调的制冷效果，将制冷功率提高30%-50%，确保新风能够源源不断地补充进来，快速稀释二氧化碳浓度，降低温度，为乘客营造一个清新凉爽的乘车环境。

BAS系统还具备卓越的自学习能力。它能够根据长期积累的运行数据，运用机器学习算法，不断对自身的算法进行优化和完善。随着时间的推移，系统能够更加精准地适配地铁环境中那些细微而复杂的变化。从最初较为基础、粗放的调控模式，逐步升级为个性化、精准化的操控模式，确保地铁内的各个角落，无论是宽敞的站台，还是狭长的通道，亦或是拥挤的车厢，始终保持适宜的环境条件，为乘客提供舒适、稳定的出行环境。

3 应用优势体现

在舒适度方面，BAS技术为地铁乘客带来了前所未有的优质体验。当乘客踏入安装有BAS系统的车站，立刻就能感受到清新凉爽的空气扑面而来，仿佛踏入了一个舒适宜人的小气候空间。该技术通过高精度的传感器与智能调控算法相结合的精准确控手段，将地铁内的温湿度稳定控制在人体最为舒适的区间范围内。在炎炎夏日，室外温度高达35摄氏度以上时，它能迅速启动高效制冷模式，通过优化空调系统的运行参数，将站内温度精准控制在24-26摄氏度之间，同时将相对湿度维持在40%-60%，有效驱散闷热，让乘客告别汗流浹背的困扰，享受清凉惬意的乘车环境；在寒冷的冬季，室外气温低至0摄氏度以下时，又能及时切换至制热模式，利用智能调控策略，将站内温度提升至18-20摄氏度，同时保持空气湿度在合理范围，抵御湿冷寒气的侵袭，为乘客营造温暖舒适的空间。通风系统会根据实时客流情况智能优化换气频率。在高峰时段，当站内人员密度急剧增加时，换气频率可提升至每小时15-20次，确保充足的新鲜空气供应，有效降低二氧化碳浓度，保持空气清新；在平峰时，换气频率则自动调整至每小时8-12次，在满足基本空气品质需求的前提下，降低设备能耗。无论是在高峰时段的人潮涌动中，还是在平峰时的相对静谧里，乘客都能全

程享受惬意的乘车体验。这种舒适的环境极大地提升了乘客的出行满意度，据相关调查显示，引入BAS系统后，乘客满意度从原本的60%提升至85%以上，进而吸引更多市民选择地铁作为日常出行的首选方式，对于缓解城市交通压力具有积极而深远的意义。

从能耗表现来看，BAS自动模式的优势同样十分显著。在传统环控模式下，设备往往处于盲目持续运转的状态，缺乏对实际环境需求的精准感知与动态响应能力，能源浪费现象极为严重。而BAS系统通过智能启停和功率调节等先进技术手段，实现了设备运行的精准控制。在过渡季节，如春季和秋季，当室外温度和湿度较为适宜时，系统能够巧妙地利用自然通风，通过自动调节通风百叶窗的开度和风机的运行状态，引入大量室外新鲜空气，减少空调系统的使用频率，从而使制冷制热能耗大幅降低。根据实际测算数据显示，采用BAS自动模式的地铁线路，年能耗相较于传统模式可降低15%-25%。以一条日运营时长18小时、线路长度30公里的地铁线路为例，引入BAS系统后，每年可节省电能数十万度，这一显著的节能效果，不仅为地铁运营企业节省了大量的运营成本，按照当前电价计算，每年可节约电费数十万元，还高度契合了当前社会节能减排的发展大趋势，在实现经济效益的也为环境保护做出了积极贡献，助力城市可持续发展目标的实现。

在运维保障环节，BAS系统的故障预警功能发挥着至关重要的作用，如同为地铁运营安装了一个可靠的“安全哨”。系统中的传感器时刻保持对设备运行状态的实时监测，通过对设备的电流、电压、振动、温度等关键参数进行实时采集与分析，能够提前发现诸如电气故障（如短路、断路、过载等）、机械磨损（如轴承磨损、皮带老化等）等各类潜在隐患。一旦检测到异常情况，系统会迅速发出预警信号，通过监控中心的大屏幕闪烁提示、运维人员手持终端的震动提醒以及短信通知等多种方式，确保运维人员能够第一时间获取信息。运维团队在接收到预警信息后，可以提前准备维修所需的物料，如备用电机、传感器、零部件等，并根据预警信息中的故障类型和预估维修难度，合理规划维修方案，提前安排维修人员与时间。当系统预警某台通风机的轴承出现异常磨损时，运维团队可提前做好相应型号的轴承，并安排专业维修人员在合适的非运营时段进行更换，将故障隐患扼杀在萌芽状态。这一举措有效减少了因设备故障导致的运营中断风险，据统计，引入BAS系统后，因设备故障导致的运营延误次数降低了60%以上，确保了地铁能够准点、安全地运营，有力维护了城市交通动脉的畅通无阻，保障了市民的正常出行秩序。

4 实践案例分析

以某一线城市的地铁骨干线路为例，在引入BAS自动模式控制技术之前，该线路在环控方面遭遇了一系列棘手难题。

夏季作为地铁运营的高峰期,客流量的急剧增加与高温天气的双重影响,使得站内环境酷热不堪。由于传统环控系统难以根据实时变化精准调控,大量乘客在闷热的车厢与站台中长时间等待,苦不堪言。以该线路的一个重要站点为例,在未引入BAS系统的夏季高峰时段,站内温度经常飙升至30摄氏度以上,相对湿度超过70%,乘客投诉量居高不下,平均每天接到的关于环境舒适度的投诉多达数十起。这不仅严重影响了乘客的出行体验,导致乘客对地铁服务的满意度大幅下降,还对地铁运营的口碑造成了负面影响,降低了地铁在公众心目中的形象与吸引力。老旧设备运行效率低下,无法实现高效节能运转,致使能耗费用长期处于高位。经统计,该线路夏季空调系统的能耗费用相较于同类型采用先进环控技术的线路高出30%-40%,给运营企业带来了沉重的经济负担。更为严重的是,设备老化加上频繁高负荷运转,导致故障频发。据不完全统计,在引入BAS系统前,该线路每月因环控设备故障导致的运营延误次数多达5-8次,每次延误时间平均在15-30分钟。这些故障不仅引发运营延误,打乱了正常的运营秩序,给其他线路的运营调度也带来了极大压力,还使得乘客出行受阻,进一步加剧了出行体验的恶化,对城市交通的整体运行效率产生了不良影响。

引入BAS自动模式控制技术后,这条地铁线路的运营环境得到了显著改善。通过专业监测数据可以直观看到,站内全年温湿度达标率从原本的70%大幅提升至90%以上。BAS系统凭借高精度的传感器,实时采集站内各个区域的温湿度数据,无论是站台的出入口、候车区,还是车厢内部,都能实现精准监测。并根据预设的舒适区间,如夏季温度24-26摄氏度、相对湿度40%-60%,冬季温度18-20摄氏度、相对湿度30%-50%,自动调整空调、通风等设备的运行参数。当某区域温度接近上限时,系统会自动加大空调制冷量,同时提高通风

设备的送风量,快速调节环境温度与湿度。这一精准调控机制,确保了乘客无论何时进站,都能置身于舒适宜人的环境中,乘客满意度随之大幅提升,经后续调查显示,乘客满意度已稳定在85%以上。在能耗控制方面,BAS系统的节能效果十分显著。在高峰季,空调用电同比降低了22%,全年能耗降低近20%。该系统通过智能算法,依据客流量、室外温湿度等因素,动态优化设备运行模式,避免了能源的不必要浪费。

在设备运维层面,BAS自动模式控制技术同样展现出了强大的优势。运维团队接收到的设备故障预警准确率超过95%。BAS系统能够实时监测设备的运行状态,通过对海量运行数据的深度分析,及时发现潜在故障隐患,并向运维人员发送精准预警。当系统监测到某台空调压缩机的电流出现异常波动时,能够迅速判断出可能存在的压缩机故障风险,并详细告知运维人员故障位置、可能原因等信息。这使得运维团队能够提前做好维护准备,提前调配维修人员、准备维修工具与备用零部件,更加高效地开展设备维护与故障处理工作。数据显示,引入该技术后,抢修时间缩短了40%。原本需要数小时才能完成的设备抢修工作,在BAS系统的支持下,可在较短时间内完成,极大地提升了设备的可靠性。据统计,设备故障率降低了50%以上,保障了线路的稳定运行,为乘客提供了更加安全、舒适、准点的出行服务。

5 结语

展望未来,科技发展将为BAS自动模式控制技术开启新篇。传感器会向微型化、高精度迈进,算法融合人工智能、大数据,预测性更强,提前规划环控策略。跨系统融合将成趋势,与安防、票务联动,依客流精准调配资源。新建地铁可全方位植入,老线路逐步改造升级,持续优化乘客体验,为地铁绿色、智能、高效发展筑牢根基,让城市地下交通更具魅力。

参考文献:

- [1] 王小明.地铁环控系统节能技术研究[J].暖通空调,2022,52(3):45-50.
- [2] 刘悦.基于BAS的建筑智能化控制系统分析[J].智能建筑,2021,29(6):32-36.
- [3] 陈刚.城市轨道交通环控系统优化策略[J].都市快轨交通,2023,36(1):78-82.
- [4] 张宏博.自动化控制系统在地铁中的应用[J].电气技术与经济,2022,34(2):11-15.
- [5] 赵雪梅.地铁车站环境控制系统的发展趋势[J].现代城市轨道交通,2021,29(4):22-26.