

地铁环控系统中 PLC 控制系统的优化设计

张凤

徐州地铁运营有限公司

摘要：在新时代，城市轨道交通发展迅速，交通服务更舒适。地铁环控系统主要用于提供内部新风量，控制温湿度与二氧化碳的浓度，确保地铁安全、正常运营。随着节能减排理念的深入，交通行业非常重视降低地铁环控系统能耗，全面优化PLC控制系统设计方案。本文将简单介绍地铁环控系统组合与运行现状，浅析地铁环控系统所承受的负荷，并综合探讨地铁环控系统中PLC控制系统的优化设计方案。

关键词：地铁环控系统；PLC控制系统；优化设计

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.05.056

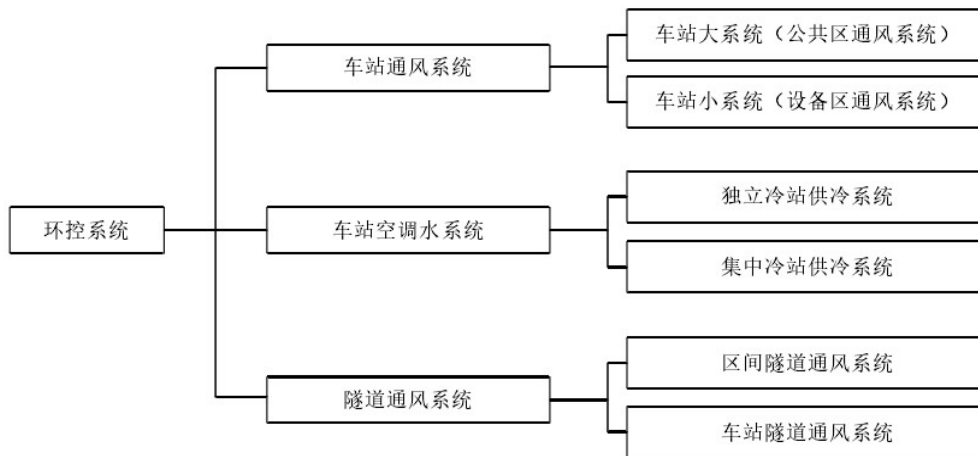
降低地铁环控系统能耗，优化PLC控制系统，交通行业理应改善PLC软件装置，提高PLC自动化控制水平，实现系统智能化设置。与此同时，要科学配置地铁监控系统，随时掌握系统负荷。另外，要兼顾活塞风对环控系统的影响，深度融合节能理念，促进PLC控制系统升级。

一、地铁环控系统组合

地铁兼属于交通工程和建筑工程，主要是运用隧道将各车站连接为综合体。从整体架构来讲，地铁环控系统包括车站通风系统、车站空调水系统和隧道通风系统^[1]。图一就是地铁环控系统结构图：

从图一可以看出车站通风系统是由车站大系统和车站小系统共同构成，前者属于公共区通风系统，后者为设备区通风系统。在车站通风系统中，公共区（如地铁出入口、站台、站厅等区域）的通风空调系统与防排烟系统构成了大系统，车站管理区和设备用房内的空调系统防排烟系统属于小系统。在环控工艺下，系统重要组合设备有空调机、排烟风机、回排风机、风管、风阀以及多联式空调机。车站通风系统有三大基本功能：第一，调节地铁站的温度与湿度环境，创建更舒适的服务体验，尽快将内部余热与湿气排出站外，改善工作环境。第二，满足站内设备与管理用房的工作需求，确保地铁站内机电设备的正常运行，合理控制温度与湿度。第三，如果遇到突发火灾、气体泄漏等事故，通风系统能够快速采取排烟措施，争取更多救援时间。小系统所占面积与负荷小于大系统，在发挥自身功能的同时有良好的节能效果。

车站空调水系统分为独立冷站供冷系统和集中冷站供冷系统。在地铁环控系统中，水系统属于一种制冷系统，本系统是以水为介质，为公共区域与设备区提供所需要的冷源。从环控水系统组合架构来看，空调水系统是由冷水机组、冷却水泵、冷冻水泵、冷却塔、水管道与空调机共同组成。目前，冷冻水系统和冷却水系统是



图一 地铁环控系统结构图

通过热传递来提供空调区域所需要的冷源。在夏季和初秋，通常会启用冷水机组和冷却塔，春季和冬季一般不使用。在各车站会设置独立冷站供冷系统，配置相应的冷水机组，运用冷冻水泵为地铁站大系统空调机组以及小系统的空调机提供二次冷源。为了达到制冷效果，降低能耗，地铁站会采用集中供冷方式，对制冷机组进行集中安排，组装联动设施与各种辅助设施，经过室外管廊以及采用地沟架空和隧道敷设的方式安装冷冻水管，用二次水泵为车站空调大系统输送冷冻水。

二、地铁环控系统运行现状

当前地铁环控系统运行主要是参照《地铁设计规范》，其标准如下：

1、将地铁站台区域的温度控制在26到29摄氏度之间，站厅的温度在26到30摄氏度之间，如果在寒冷的冬季，温度不得低于10摄氏度。在设备室、电源室内，温度不得高于30摄氏度。

2、对于隧道内的阻塞情况，需要将列车周围环境平均温度控制在40摄氏度以内。

3、在站台和站厅区域，要确保空调系统所提供的新风量能达到 $12.6\text{m}^3/\text{h}$ 人以上。

4、要将车站内的空气含尘量控制在 $0.25\text{mg}/\text{m}^3$ 以内，二氧化碳的浓度不得高于 1500ppm 。

5、谨遵安全标准要求，改善车站内排烟设施，确保相关设备的耐高温性能（能适应 250 摄氏度的高温环境），同时，要确保排烟设施的持续工作时间不低于 1 小时。

6、改善冷水机组设备，科学调整机组运行参数。

表一是地铁站冷水机组运行参数统计表：

表一 地铁站冷水机组运行参数统计表

冷站名称	各地下站
冷却进水	30
冷却出水	35
冷冻进水	12
冷冻出水	30

在环控系统设计中，冷水机组运行参数关系着能耗量与乘车体验的舒适性，如果处于空调季（夏季），就需要启用冷水机组，对相关参数进行合理控制，改善乘车环境，降低能耗，这样也有助于提升环控系统运行质量与效率^[2]。目前，为了实现节能减排降耗目标，各地铁站对重要机电设备额定功率也进行了设置。表二是某地铁站机电设备额定功率统计表：

序号	机电设备	额定功率（kW）
1	隧道风机	90
2	射流风机	15
3	推力风机	55
4	排烟风机	45
5	回排风机	40
6	小风机	35
7	空调机组	30/25
8	冷水机组	200
9	冷却泵	35
10	冷却塔	7
11	冷冻泵	20

为了降低地铁站总能耗，各地铁站采用了无功补偿技术，对低压配电系统能耗进行了拆分，确保机电设备能够安全、高效运行，并减少能量损失。

三、地铁环控系统所承受的负荷

目前，城市地铁环控系统所承受的负荷可分为四类：其一，人员负荷；其二，设备负荷；其三，新风负荷；其四，围护结构负荷。此处的“人员负荷”特指站内暂停的乘客与地铁站工作人员自身体热与身体湿度引起的空调负荷。在上下班高峰期和节假日，各地铁站人流量非常大，人员负荷处于动态变化状态，进而会导致环控系统总负荷出现波动。

地铁站内照明设备、各种传感器、空调系统、各类风机、冷水机组、水泵、风阀、蝶阀、自动扶梯、屏蔽

门、通信设备等均属于重要机电设备，这些设备的运行决定着地铁的正常运营，在运行期间必然会产生负荷与能耗。

新风负荷是指环控系统会启用新风风机和加压风机为站内引进来自外面的新鲜空气，如果站外空气温度高于站内，就要借助冷水机组对引入的新鲜空气进行冷却，在此过程中必然要消耗一部分冷量，进而产生负荷，这些负荷大约占总能耗的 25% 。

地铁工程属于地下建筑，所处区域土壤层的温度与湿度较为稳定，而地铁站内外温度存在明显的变化，围护结构会使站内空气和土壤发生热量传递，夏季温度普遍较高，土壤会吸收并存储一定的热量，在温度降低后，通过围护结构将热量传递到站内，以此起到调节温度的作用。对于地铁环控系统而言，围护结构负荷是由站台门热传递负荷、站台门渗漏负荷与站台板负荷共同组成。

从整体上讲，减轻地铁环控系统负荷，需要对不同时间段和不同季节的负荷参数进行研究，根据研究结果进一步优化环控系统设置，发挥PLC技术自动控制功能，改善站内通风条件与空气质量。

四、地铁环控系统中PLC控制系统的优化设计方案

（一）改善PLC软件装置，引进智能化技术

环控控制系统主要由PLC可编程逻辑控制器、智能型马达保护器、智能型I/O模块、软启动器等设备组成。PLC通过总线连接各智能型模块、马达控制器、软启动器等原件实现对通风空调设备的监视、测量、控制、保护及故障诊断。在应用PLC技术的过程中，为了进一步优化地铁环控系统自动化控制系统，改善系统运行性能，工作人员需要在全面了解相关功能的基础上，针对用户的个性化的需求，建构地铁环控系统PLC控制系统，确保地铁环控系统的稳定运行，不断提高地铁行驶的安全性与可靠性。工作人员在建构PLC控制系统期间，理应严格谨遵建构功能化标准和要求，根据该系统的内部组成结构，从通风系统和空调冷水机两个方面入手，采用子系统与冷水机相结合的方式，对该系统的温度进行科学合理地控制和调整，以确保该系统温度始终保持在 55°C 左右，与此同时，要将地铁工作的所需湿度和抗震能力分别控制在 96% 以下和 $10\sim 400\text{Hz}$ 。

从发展视角来看，优化地铁环控系统功能，设计PLC控制系统，必须重视改善PLC软件装置，提高地铁环控系统自动化控制水平，科学配置PLC触发器。据了解，当前PLC触发器分为两种，一种是继电器型触发器，它能够接收并处理高频信号，对高速马达进行智能化监控；另一种是晶体管型触发器，可以实现交流电电压的智能化控制，降低损耗^[3]。在PLC控制系统中引进智能化技术，首先要运用智能化技术处理好PLC控制系统工作中的非线性与复杂性问题，做好系统实时调整工作。在PLC控制系统智能化管理中，所采用的智能化技术主要包括神经网络、专家系统、模糊逻辑。运用神经网络技术能够分析和处理海量数据样本信息，加强计算机神经网络训练，确保信息处理结果的准确度。专家系统运行是以人类的经验与知识为基础，借助计算机技术灵活解决各种问题，具备自主性与针对性。模糊逻

辑是运用模糊性处理方法对各种复杂的问题实施简单化处理, 这样可以对PLC控制系统运行期间的复杂故障与问题予以有效解决。在系统智能控制工作中, 通常会将模糊逻辑和其他自动化控制技术结合使用, 以此达到更为良好的控制效果。其次, 应重视完善智能维护体系。在地铁环控系统中, PLC控制系统智能维护方法主要分为三类: 其一, 故障诊断。如果发生了故障, 运用智能化设备可以实施在线检测工作, 迅速收集检测结果, 通过分析处理检测结果来识别故障原因, 自动输出维修方案。其二, 故障预测。在地铁环控系统以及PLC控制系统出现故障之前, 相关参数会显示出异常, 如果温度过高, 而系统依然能够运转, 此时就需要借助智能化技术做好故障预测工作, 发挥智能预警功能, 提醒工作人员及时采取有效的控制措施^[4]。其三, 故障修复。避免地铁环控系统设备故障扩大, 延长设备使用寿命, 尽快做好系统设备维修工作, 理应用智能化技术修复故障, 做好相关调试工作, 恢复地铁环控系统设备的正常使用。再次, 运用智能化技术可以对PLC控制系统运行过程进行全面跟踪监测, 获取相关参数, 并准确分析监测数据, 识别故障类型与因素, 提升故障诊断结果的准确性, 尽快完成修复工作。目前, 在故障智能化诊断工作中, 会综合采用人工智能、云计算、计算机网络技术、大数据技术来采集、存储、分析、加工处理各项数据, 以便于准确诊断故障类型。与此同时, 会运用智能化技术实时监控并深入分析故障参数, 从而为故障诊断工作提供参考。另外, 要借助智能化技术实施全过程管理, 即全面实现PLC控制系统智能化管理, 从而有效提高地铁环控系统的运行安全性与稳定性, 确保系统设备工作效率和质量, 减轻人工作业量与成本, 维护整个地铁站的安全运行。

(二) 科学配置地铁监控系统, 做好能耗监测工作

地铁环控系统与监控系统具有密切关联性, 改善环控系统功能, 落实节能环保原则, 理应科学配置地铁监控系统, 对温度、湿度、各种气体含量与能耗参数进行精准监测, 根据监测结果拟定优化设计方案, 进一步降低能耗, 完善故障维护体系。在PLC系统的控制回路设置过程中, 工作人员要优先选用线路损耗较低的元件以达到降低能耗的目标, 同时, 要严格按照电器元件使用标准和要求, 确保PLC控制系统向高频化、智能化、信息化方向发展。

目前, 地铁监控总系统主要涉及了四大领域: 第一, 中央监控管理系统。该系统主要是由地铁中央级局域网组合而成, 构成设备包括监控主机、计算机、服务器、网络交换机(带有通信转换接口)、打印机及其服务器、监控大屏幕显示系统与UPS设备。第二, 车站级监控系统。该系统组合包括车站环控电控室、车站控制室及其编程控制器, 本系统能够全面采集车站现场机电设备运行信息, 网络通讯系统会将所有机电设备运行信号传递给服务器和监控工作站, 监控负责人员会在工作站下发相关指令, 经过PLC传输给机电设备, 确保所有机电设备的安全运转。如果某设备存在故障, 会下令停止运行, 发出报警信息, 启动备用设备, 及时做好故障修复工作。第三, 就地级监控设备系统。本系统是各

车站监控系统PLC控制器的分支系统, 远程I/O设备能够与现场设备直接相连接, 迅速完成现场传感器检测信号的采集工作, 并对各种信号予以分析和反馈。远程I/O设备也会将上级所下发的指令快速传递给现场智能控制原件, 实现电机、开关与阀门联动控制, 以此完成控制指令。第四, 地铁监控全线系统。该系统具有全线功能, 即将中央监控功能、车站级监控功能与现场就地监控功能涵盖在内^[5]。

(三) 兼顾活塞风对环控系统的影响, 促进系统升级

列车在地铁站内快速行驶期间会产生强烈的气流, 这种气流属于“活塞风”, 风量很大, 在隧道内, 活塞风发挥了重要的通风换气作用。不可忽视的是, 活塞风会影响整个车站的负荷, 如果尚未设置屏蔽门, 活塞风就会将隧道空气和站外空气一并带入车站内, 空调系统因此要承受更大负荷。实现节能降耗目标, 缓解负荷压力, 必须兼顾活塞风对环控系统的影响, 遵循活塞风原理, 促进环控系统升级。为了在站内引入新鲜空气, 清除有害物质, 需要通过安装大系统风机为站内导入新风。与此同时, 要发挥空调水系统制冷作用, 启用PLC软件, 及时排出余热。在运行大系统风机的过程中, 要按照节能环保准则, 运用小新风模式, 降低损耗。如果车站外的温度相对较低, 无论是采取只送风、不排风的措施或者只排风、不送风的方式, 均能够起到将新风引入站内, 且将余热排出并改善车站内部环境的作用。

结束语

综上所述, 优化地铁环控系统功能, 设计PLC控制系统, 各地铁站必须重视改善PLC软件装置, 减轻环控系统负荷, 提高地铁环控系统自动化控制水平, 科学配置PLC触发器, 全面实现环控系统智能化管理。其次, 要构建完善的地铁监控系统, 对温度、湿度、各种气体含量与能耗参数进行精准监测, 根据监测结果拟定系统优化设计方案, 进一步降低能耗, 健全环控系统故障维护体系。再次, 要遵循活塞风原理, 安装大系统风机为站内导入新风, 谨遵节能减排降耗理念, 发挥PLC软件功能, 优化制冷效果, 不断改善车站内部环境。

参考文献

- [1] 王伟祥, 张珺晖. 探讨地铁环控系统中PLC自动化控制系统的优化设计[J]. 建筑工程技术与设计, 2018(33): 4375.
- [2] 姚志兴. PLC自动化控制系统在地铁环控系统中的应用[J]. 建筑工程技术与设计, 2018(18): 5176.
- [3] 李昊翔, 吴喜平, 于连广等. 地铁屏蔽门环控系统制冷机组能耗计算及选型比较[J]. 建筑节能, 2020, 38(12): 10-13.
- [4] 高慧翔, 吴炜, 刘伊江. 地铁车站公共区通风空调系统空调负荷计算[J]. 暖通空调, 2021, 45(7): 28-32.
- [5] 李高潮. 地铁环控系统采用变频调速可行性的探讨[J]. 铁道建筑, 2022, 11(2): 30-32.
- [6] 林放, 陈寿根, 张恒等. 基于SES的地铁环控通风节能技术[J]. 解放军理工大学学报(自然科学版), 2019, 15(5): 468-474.