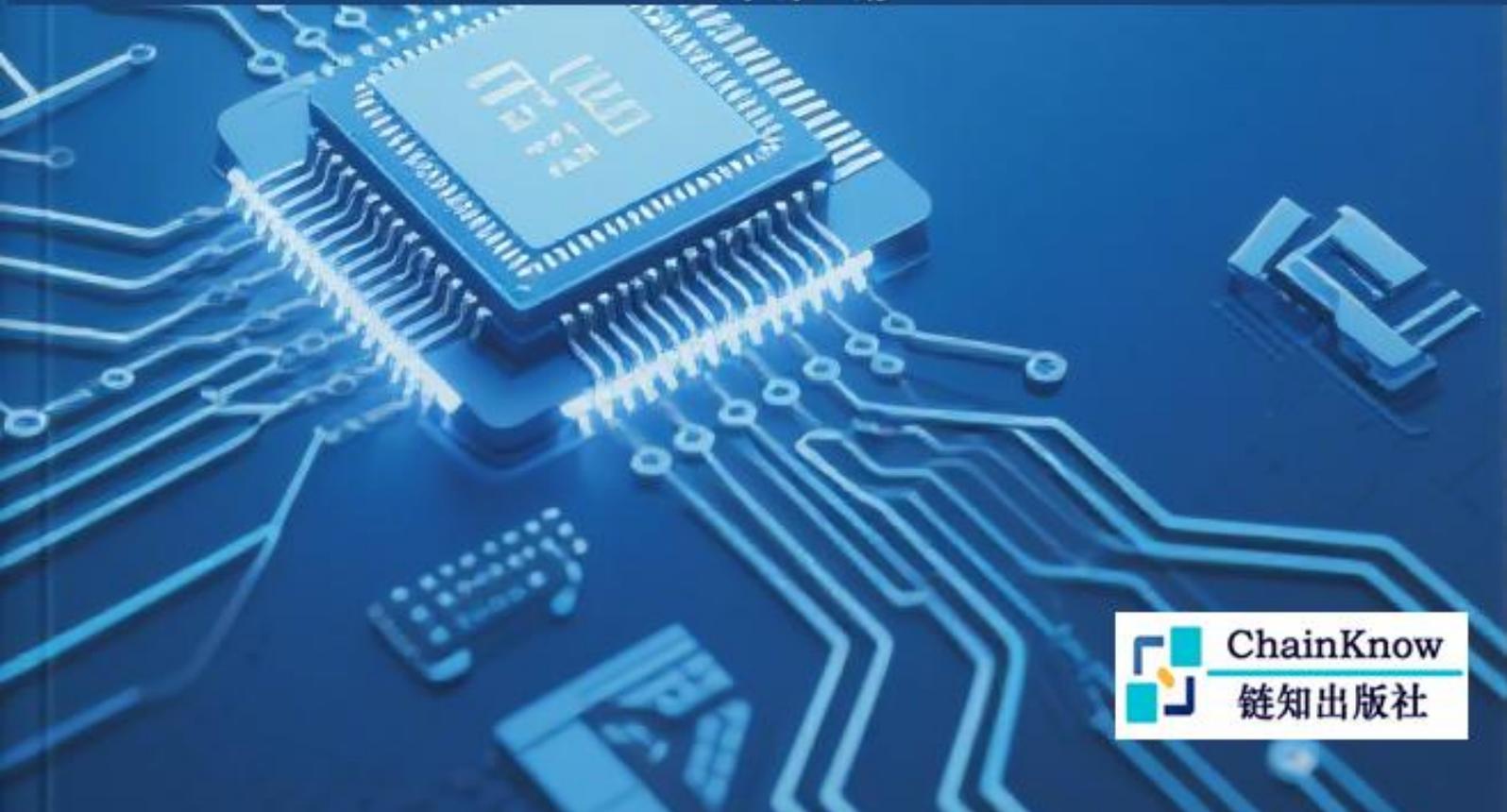


Frontiers of Innovation and Technology

创新与科技前沿

2025年 第1期



 ChainKnow
链知出版社

创新与科技前沿

目 录

本刊编委会

主 编:李冠武
副 主 编:李恩民
责任编辑:张丕显 刘 静 吴丽萍
段修英 张丛丽 孙运玲
彭 程 吴啸骅 朱文静
美 编:王 雪

Immersive Urban Futures: A Framework for Virtual Reality
Integration in Smart City Ecosystems Zhiping Zhang/1
浅析中波数字调幅广播发射机的日常维护与故障处理... 左小安 /4
电厂热动系统节能优化策略探讨 易明黎 /7
电力变压器铁心接地故障的分析及处理 晏小全 /9
光纤预制棒生产废气处理系统的改造 赵珊珊 /12
有源 RFID 的 LF 无线唤醒技术的研究 赵小辉 /15

主办单位:
链知出版社
出版单位:
《创新与科技前沿》编辑部

网 址: www.chainknowpub.com
地 址: 香港观塘伟业街174号劲达丰工
业大厦2楼B01室

国际标准刊号:
月刊2025年第1期
定 价: 人民币 20.00 美元 5.00
港币 25.00

Immersive Urban Futures: A Framework for Virtual Reality Integration in Smart City Ecosystems

Zhiping Zhang

Xinyu University, Xinyu, Jiangxi, China

Abstract: With the rapid advancement of urbanization and digital technologies, China's smart city development has entered a phase of accelerated growth. Virtual reality (VR) technology is emerging as a transformative force in this evolution, offering innovative solutions to enhance urban intelligence. This paper investigates the application of VR technology in smart city construction, focusing on three critical domains: (1) smart healthcare, where VR facilitates telemedicine, surgical simulation, and patient rehabilitation; (2) smart entertainment, enabling immersive virtual experiences in tourism, education, and cultural preservation; and (3) smart transportation, improving traffic management, autonomous vehicle testing, and driver safety training. Through these applications, VR technology demonstrates significant potential to optimize urban services, improve quality of life, and drive sustainable urban development. The findings provide valuable insights for policymakers and urban planners seeking to integrate emerging technologies into smart city initiatives.

Keywords: virtual reality; smart city; urban intelligence; smart healthcare; smart transportation; immersive technology

1 Introduction

Against the backdrop of rapid economic growth and technological advancement, China's principal societal contradiction has evolved into the imbalance between the population's escalating demands for higher living standards and the current uneven and insufficient development. This paradigm shift has positioned smart city development as an indispensable pathway for urban transformation in the digital era. Contemporary urban planning now confronts both unprecedented opportunities and complex challenges as smart cities emerge as the dominant paradigm for sustainable urbanization and information-age development.

2 Virtual reality technology and smart city construction

2.1 virtual reality technology

Virtual reality technology uses computer to generate a simulation environment, which provides users with visual, auditory, tactile and other sensory

stimulation. For example, VR glasses, gestures, body posture and natural language are used to interact with the environment in real time to bring a immersive feeling. Virtual reality and human-computer interaction are inseparable in the future development.

2.2 Characteristics of virtual reality

2.2.1 immersion

Immersion refers to that users can completely immerse themselves in the computer-generated virtual environment. It tries to make users feel immersive in the three-dimensional virtual environment created by the computer, and feel that they are part of the virtual environment. What users see, hear, smell and touch in the virtual environment created by virtual reality is exactly the same as what they feel in the real environment.

2.2.2 interactivity

Interactivity refers to the ability of users to interact with various objects in the virtual scene. As like as



two peas, the virtual environment is created by virtual reality. Users can interact with different environments and interact with different dimensions of information. The virtual environment responds to the user's actions and interact with users. This interaction is exactly the same as the real world interactions. Interactivity includes the degree of operability of objects, the natural degree of users' feedback from the virtual environment, and the degree of objects' movement according to the physics theorem in the virtual environment.

2.2.3 conception

Conceivability refers to that users immerse themselves in the "real" virtual environment, interact with the virtual environment, and get perceptual and rational knowledge from the qualitative and quantitative integrated environment, so as to deepen the concept, germinate new ideas, and make a leap in knowledge.

2.3 smart city construction

The essence of smart city is to use advanced information technology to realize intelligent management and operation of the city. Virtual reality technology generates a simulation environment by using interactive three-dimensional dynamic scene and system simulation of entity behavior, so that users can immerse themselves in the environment, and then create a better life for people in the city, and promote the harmonious and sustainable growth of the city.

3 Application of virtual reality technology in smart city construction

3.1 smart medical construction

Smart medicine is a term rising recently. By building a medical information platform and adopting the most advanced Internet of things technology, we can achieve the interaction between patients and medical staff, medical equipment and medical institutions, so as to better serve patients.

The construction of smart medicine is mainly divided into VR medical assistance and VR medical education. VR medical assistance is to use pathology, psychology, physiology and other auxiliary medical personnel to treat patients, and use 3D immersion

experience to divert patients' attention and reduce the use of pain medicine. VR medical education is to make a complete set of medical teaching resources by modeling the human body model and combining with the corresponding teaching materials, so as to make the teaching more intuitive and convenient. This method is not limited by the teaching site, and can significantly improve the learning efficiency of students. At present, there are VR platform manufacturers at home and abroad, such as bommvr, which can build a comprehensive VR medical education platform. Smart medicine is people-centered, which can effectively improve the quality of medical care and reduce the cost of medical education, which can indirectly and effectively prevent the rise of medical costs.

3.2 smart entertainment construction

In the context of accelerating the construction of smart city, the development of new generation of science and technology information makes people pay more attention to spiritual enjoyment. Virtual reality VR technology plays an important role in the development of the future society. VR is three-dimensional, three-dimensional, it is the pursuit of the realization of virtual game scene, is committed to give players the most real sensory experience. VR technology has strong interactivity and multi sensibility. In an ideal simulation environment, it can make it difficult for users to distinguish the true from the false, and the objects in it are constructed according to the physical laws of motion in the real world.

According to the data of steam platform VR, the number of steam VR users has increased to 1.3 million in August. By the end of 2019, there are more than 1000 domestic companies involved in the virtual reality industry. With the continuous breakthrough of VR hardware, the biggest threshold of software and application has been swept. With the maturity of product system, VR / AR games will usher in a period of rapid development. It is estimated that by 2021, the cost of VR helmets will increase to nearly US \$800 million, and the revenue of VR consumer market will

reach US \$11.2 billion.

3.3 intelligent transportation construction

In the 21st century, with the rapid development of China's economy, people's living standards gradually improve. Since 2014, the number of motor vehicles registered in Jiangxi Province has increased year by year with an average annual growth rate of 810000. In 2016, there was an increase of nearly 2 million vehicles, and Jiangxi Province has entered a period of rapid growth. By the end of 2019, the number of motor vehicles in Jiangxi Province has increased by 17.42% compared with 2015.

With the rapid increase in the number of drivers, the demand for driving technology training services is also increasing. Due to the high complexity and high degree of mixing of traffic roads in China, the requirements for driving technology are also relatively high. In order to solve the above problems and improve the quality of driver training, it is necessary to train the drivers in driving simulator for a period of time before the test run training.

The virtual driving system requires the driver to transmit the driving signals, such as throttle opening, steering angle, to the virtual reality situation system through the control system. The driver judges the driving state of the vehicle model through the real-time rendering scene of the virtual reality situation system and carries out the next control action. At the same time, the virtual driving system is passed by the real-time posture of the vehicle model. The position inverse solution program calculates the pulse quantity of the motor and transmits it to the executive system, so that the posture of the moving platform is relatively consistent with the posture of the vehicle model, and the information of the vehicle in the real situation, such as turning, bumping, roll and so on, is transmitted to the user to complete the driving process of the whole virtual system.

4 Conclusion

The integration of virtual reality (VR) and human-computer interaction (HCI) technologies represents a

critical pathway for advancing smart city development and enhancing urban quality of life. Rather than pursuing rapid transformation, effective smart city construction requires a systematic approach: first identifying the most pressing urban challenges, then employing advanced communication and information technologies to monitor, analyze, and integrate key data from citywide systems. This technological infrastructure enables intelligent responses to diverse urban needs – from healthcare to entertainment – ultimately fostering more sustainable, harmonious, and human-centered urban environments. Such measured, needs-based implementation ensures that smart city development genuinely improves citizens' lives while supporting long-term urban sustainability.

5 References

- [1] Batty, M. (2020). The Digital Twin of Cities: Urban Analytics for Planning and Design in the 21st Century. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 47(8), 1385–1387.
- [2] Kylili, A., & Fokaides, P. A. (2020). European Smart Cities: The Role of Zero Energy Buildings. *Sustainable Cities and Society*, 57, 102119.
- [3] Allam, Z., & Dhunny, Z. A. (2019). On Big Data, Artificial Intelligence and Smart Cities. *Cities*, 89, 80–91.
- [4] Yigitcanlar, T., et al. (2020). Can Cities Become Smart Without Being Sustainable? A Systematic Review of the Literature. *Sustainable Cities and Society*, 45, 348–365.
- [5] Angelidou, M. (2017). Smart City Policies: A Spatial Approach. *Cities*, 41, S3–S11.
- [6] Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2020). The Emerging Data-Driven Smart City and Its Innovative Applied Solutions for Sustainability: The Cases of London and Barcelona. *Energy Informatics*, 3(1), 1–42.
- [7] Jiang, H., et al. (2020). Digital Twin and Its Implementations in the Civil Engineering Sector. *Automation in Construction*, 120, 103380.
- [8] Ismagilova, E., et al. (2020). Smart Cities: Advances in Research – An Information Systems Perspective. *International Journal of Information Management*, 47, 88–100.

浅析中波数字调幅广播发射机的 日常维护与故障处理

左小安

(贵州省新闻出版广电局七九四台 贵州, 六枝)

摘要: 广播发射机直接影响和决定了广播是否发射成功。当前大部分的广播电视台都选择中波数字调幅发射机进行广播发射。但在实际的应用过程中,中波数字调幅会因为种种原因受到干扰,广播发射机发生故障。为确保广播电视顺利发射,广播发射技术人员应该深入了解中波数字调幅发射机的原因,制定广播发射机的日常维护,分析中波数字调幅广播发射机的故障,并进一步制定故障维护处置方法。

关键词: 中波; 数字调幅; 广播发射机; 故障; 维护

0 引言

进入二十一世纪后,我国大部分中波广播发射机都呈现出老化,不能适应广播电视事业的发展的突出矛盾,不能满足用户日益增长的需要。随着数字技术的飞速发展,中波数字调幅广播发射机替代了原来的非数字化广播发射机,进一步提高了广播电视的发射率,广播电视的画面或声音质量,同时也提高广播发射的性能和自动化水平。但随之而来的数字调幅广播发射机的日常维护和故障处理问题,普通的广播发射机技术人员通常只懂非数字化产品的性能和维护技术,这就要求他们提高自己的技术水平,分析中波数字调幅广播发射机的故障,制定必要的措施维护和处理好故障,杜绝广播停播,提升播出质量。

1 中波数字调幅发射机

中波数字调幅发射机通常使用数字放大器,比传统的放大器音频质量和设备耐用都要好。中波数字调幅广播发射机如图1所示,采用激励器与微机控制器来共同控制发射机,中波数字调幅发射机由前级功放器,四分配器,四合成器,同轴滤波器和定向混合器共同组成,采用380伏电流,以二进制数字调制形式工,避免噪声干预,对发射机的调制环境不需要非常高的要求。另外整个发射机采用各个模块相互独立,每个模式的处理都是单独的。模块化是数字调幅发射机的明显特征,这种管理形式有利于故障检测,模块发生故障时通常会存放在该模块下,技术人员在维修

该发射机时只需维修该模块就行,确保广播发射机正常运转。

2 中波数字调幅广播发射机的日常维护

中波数字调幅广播发射机的维护包括两部分,一部分是预防性的维护或日常维护,主要是周期的异常监控和隐患防备方面的内容。另一部分是故障诊断与维护,及时处理发射过程中的技术故障。

2.1 中波数字调幅广播发射机工作流程中的维护

作为预防性的维护,技术人员每天在广播发射机开机之前或关机之后的日常维护非常重要。广播发射机开机前,技术人员要对发射机的各个按钮和开关进行逐一排查,尽量减少设备使用过程中出现没必要的问题。广播发射机使用后,正常关机,并且放电,使用专业检测仪器检查大功率电器温度,检查每个设备的电流接点,一旦发现高频位置滋火及时处理并维修好。工作流程中的日常维护要做到一看二听三查,看所有设备的运行状况,听设备的声音,判断是否有特殊响声,查技术员工是否到岗,查各仪表是否正常,查广播发射质量。

2.2 中波数字调幅广播发射机的维护周期及措施的制定

中波数字调幅广播发射机通过计算机控制系统中的不同功能模块,包括PCB板,接插件和场效应管等等,同时兼顾其它集成电路块和电压设备。不同的功能模块和设备维护周期不一样,维护



措施也不一样, 技术维护员应该根据不同设备性能, 从实际出发, 制定相应用的维护周期和维修措施, 注意不同的接插板, 发射板是否松动, 是否弹簧弹力消失, 是否电阻增大等等, 并且及时维修和更换零部件。

除此之外, 当地天气对中波广播发射机的影响严重, 应该加强气候监测及应及处理。例如, 贵

州省受季风影响, 冷气流和暖气流交汇频繁, 气温垂直变化明显, 阳光不是非常充沛, 七九四台就应该根据这些天气特征及时清扫 PCB 板上的灰尘, 避免 PCB 短路。贵州是典型的高原, 雷电多发, 这就要求技术员定期检测接地电阻, 经常做驻波比等保护试验, 更应该定期检测机器的保护措施受到破坏, 影响正常的广播发射。

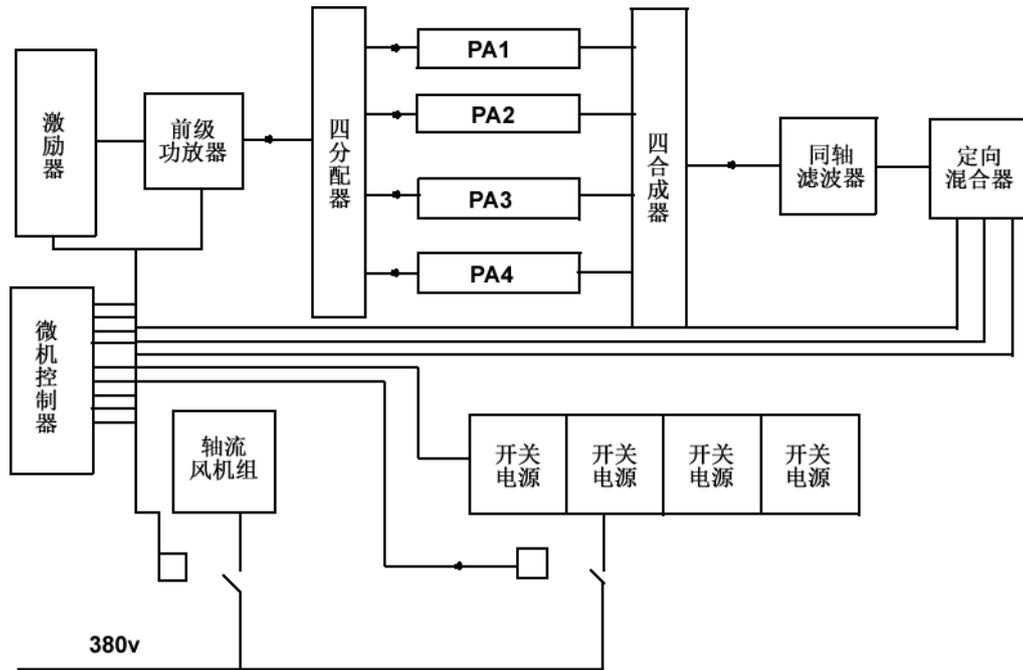


图 1 中波数字调幅广播发射机原理

3 中波数字调幅广播发射机的故障处理

3.1 发射机天线报警及零位变化异常故障

正常播音过程中经常发生零位变化异常, 反射不正常。这类故障一般都是网络或反馈线路路损坏所致, 处理这类故障应该先将发射机调至假负载状态, 确认线路是滞损坏, 检查承载工具是否运作正常, 调度发射机, 调整单音频信号传输, 保证其功率没有特别明显的变化。如果调幅频率摆幅较小, 但还出现天线报警, 那就要考虑是不是发射机的网络状况不良。这种故障由于发射机网络的相线与中性线发生了串联电路故障, 相线或中性线一旦出现非线性负荷, 就会产生二次谐波电流, 导致短时间内电流增大, 幅度迅速变化, 烧坏电容器, 最后造成线路故障。技术员应该先调节网络故障, 分析故障原因, 判定是不是电容器烧坏, 更换发射机电容器, 恢复发射机的正常

发射。

3.2 信号输出功率受调制变化明显故障

信号输出功率受调制变化明显发生故障, 这种故障通常发生在视频 A/D 转换器。A/D 转换器的编码器编码信号时, 通常会封锁数据采集, 但正是这样的操作会采生频率, 这些频率会受采样时的效率影响, 进一步演化成编码器异常。一般来说, 转换器将射频模块的发出信号进行线路分频过程中, 会选择实际频率, 但如果产生了高频率电波, 或者说实际频率和取样频率相差比较多, 出现变形频率, 编码器就会出现信号封锁, 影响编码器的正常编码。这种错误的编码被传输到功率放大器时, 就会出现异常, 造成功率放大器的功能模块受损, 甚至开关破坏, 严重时影响播音的传输。如果早期发现或杜绝这种故障的发生, 应该经常性的进行输入端电波检查, 同时将取样电容器改

成容量较大的金属箔或石母片电容器，降低因变形频率造成的电容器异常，尽量保证实际频率和取样频率在一个可信范围之内，基本上趋于稳定。

3.3 功放模块击穿故障

广播发射机工作运行过程中经常会出现无规律调幅或者无序，这种无规律的调幅容易引起功放器击穿。功放器击穿是因为直流电流调节器的电压负载太大，信号时光性损耗严重，调节板氧化明显。检测功放器是否被击穿，可以将不波器置于功放器内，观察电压负载变化是否异常，如果出现常时间的非规律的变化，即可判定。对于功放模块击穿故障，只能焊接修复电子管，修复过程中牢记氧化范围，检测调节板另一端的电压，直到电压稳定且趋于正常。

3.4 同一区域保险丝多次烧毁故障

发射机开机时经常发生同一区域保险丝多次烧毁故障，首先更换功放器的保险丝，如果还出现烧毁现象，且应该检测功放器里的功率合成器。功率合成器因为离发射机接地线很近，经常会出现合成器的电容器产生空气电阻，空气电阻过大容易产生放电，出现瞬间电流过大，引发线路短路，烧毁保险丝。因此，功率合成器的合成母版应该离接地装置远些，且尽可能绝缘。技术人员在修复同一区域保险丝多次烧毁故障时，第一步应该确认是不是因为功放器电容器空气电阻原因，第二步，如果确定，拆除电容器，在电容器与接地装置之间加入绝缘装置，接开接地装置与电容器之间的距离，稳定电流量，保证空气流通性，隔断空气打火时间，破坏空气电阻产生环境，杜绝保险丝多次烧毁故障。

4 结语

总之，中波数字调幅广播发射机是当前广播发射的必然趋势，可以提升广播电视的播出质量，

可以降低广播电视的停播率，大大提高了广播电视的发射效率。但中波数字调幅广播发射机是个新生事物，设备运行过程中经常会出现各种故障。广播发射技术人员应该认清形势，学习中波数字调幅广播发射机原理，分析中波数字调幅广播发射的故障，找出故障处理方法。中波数字调幅广播发射机故障处理过程中，技术人员不可凭主观经验处理，查阅相关资料，使用数字检测仪，确定故障源，分门别类采用相对应的维护措施；制定中波数字调幅广播发射机的日常维护周期和维护方法，确保发射机的正常运行，提高广播的发射效率。

参考文献：

- [1] 丁照祥.TSD-10中波全固态数字调制调幅发射机概述[J].电子世界,2013(13):95-96.
- [2] 陈杰,刘凯征,梁燕.TSD50DAM中波广播发射机电源系统[J].内蒙古广播与电视技术,2013(3):76-78.
- [3] 王森.GZ-S10K-II型10KW全固态中波数字调幅广播发射机调机报告[J].无线互联科技,2012(4):117.
- [4] 周红梅,潘俊清,孙宇飞.TSD-50DAM全固态数字调幅广播发射机故障分析实例[J].内蒙古科技与经济,2012(3):118+120.
- [5] 李志强,王伟华.全固态数字调幅广播发射机技术发展研究[J].广播与电视技术,2020,47(5):89-93.
- [6] 张明远,陈国栋.DAM中波发射机智能监控系统设计与实现[J].电声技术,2021,45(3):56-60.
- [7] 刘永红,赵明辉.10kW全固态数字调幅发射机故障诊断方法[J].电子测量技术,2022,45(2):178-182.
- [8] GY/T 225-2020,数字调幅广播发射机技术要求和测量方法[S].北京:国家广播电视总局,2020.
- [9] 黄志强,吴伟.中波广播发射机电源系统优化设计[J].电源技术,2021,45(6):812-815.
- [10] 周明,林志强.全固态发射机维护与故障处理手册[M].北京:中国广播电视出版社,2021:78-95.



电厂热动系统节能优化策略探讨

易明黎

(萍乡市高坑电厂 江西, 萍乡 337000)

摘要:火力发电厂仍然是我国最重要的能源, 为国民经济的发展提供重要的支持。但随着我国经济的发展, 节约能源, 生态环保提上日程。降低成本, 节约能源, 提高火力发电厂的效益日趋紧迫。电厂热动系统是火力发电厂的核心部分, 需要消耗大量的物料, 节能优化对于电厂热动系统来说具有非常重要的意义, 本文对电厂热动系统节能优化的必要性进行研究, 进一步提出电厂热动系统节能优化的对策, 为火力发电厂提高理论依据。

关键词: 电厂; 热动系统; 节能优化

0 前言

火力发电厂是我国能源供给最核心力量, 热动系统是火力发电厂的核心部分, 是发电厂动力的源泉, 通过热动系统转换热能和动力, 保障火力发电厂的高效运转。我国改革开放三十多年, 经济发展飞速, 各行各业对电的需求量巨增, 给供电行业带来了巨大的压力。当前, 我国热动系统的系统结构, 工艺水平都不是世界一流水平, 都有许多提升的空间。对火力发电厂的热动系统进行节能优化, 改良技术, 优化运行方式, 充分利用锅炉余热等, 优化蒸汽系统和供热系统, 都能降低能耗, 提高电厂的生产效率。

1 电厂热动系统节能优化的必要性

1.1 可持续发展的必要

火力发电厂是高能耗的企业, 随着国家矿产资源的匮乏, 降低发电厂的能耗, 节约能源非常有必要。只要处理好生态环保与煤炭资源之间的协调关系, 才能实现火力发电厂的长久发展, 实现人类与大自然的共同发展, 实现企业最大的经济效益与社会效益。

1.2 降低生产成本的必要

我国是能源消耗大国, 我国石油和煤炭等能源型矿产资源日趋减少, 已经开始向外国采购, 火力发电厂的生产成本也在逐渐提高, 企业为提高自身的经济效益, 必须采用节能优化。电厂热动系统的节能优化, 节省了生产资料, 提高了原材料或半成品的使用效益, 自然就降低了生产成本。

1.3 保护环境的必要

我国的火力发电技术尚处于中等水平, 谈不

上非常高技术, 火力发电的过程中因为未完全燃烧产生大量的浓烟或其它硫化物、碳化物等, 这些尾气排放物一般都是直接排往大气层, 严重影响了空气质量, 更有甚者, 产生的大量固体废渣直接屯放在露天, 对火力发电厂周边的居民产生重大的影响。电厂热动系统节能优化, 可以让煤炭完全燃烧, 产生的尾气进行回收或利用, 有效的缓解了大气或土地的污染。

1.4 创新技术的必要

我国经济正在转型发展中, 由粗放型经济向集约型经济, 由劳动密集型向高技术型发展。大胆进行技术创新, 开拓经济发展的新局面。火力发电技术同样需要技术创新, 研究新技术, 高技术, 提高企业的经济效益。同时全民都在追求技术创新, 作为火力发电厂的技术员工, 也都希望使用新的高科技技术, 体现自身的技术价值。从企业或企业技术员工来说, 两者都希望大胆进行技术革新, 创新发展发电技术。

2 电厂热动系统节能优化的对策

2.1 运行方式的优化

要优化电厂热动系统, 就要优化机组的运行方式, 将每年的前几个月和后几个月采用不同的运行方式, 一般来说, 前六个月采用单阀运行, 其它六个月采用顺序阀运行。其次, 将机组调试到最佳运行状态, 密切观察机组运行参数, 调整各种不同参数处于系统的设计标准值, 提高机组的运行状态, 提高机组的安全系数。另外, 还要关注机组的真空系统, 汽轮凝结器的真空度大小决定了机组运行的效果, 技术员必须时刻关注或查

漏真空度，让其处于最理想的状态。

2.2 锅炉排污水的充分利用

火力发电厂为了保证发电的正常运行，需要大量的水参与，自然就产生了大量的排污水，这些排污水如果不充分利用，就会大量浪费，而且流行了较多的热量。要优化电厂热动系统，就要充分利用锅炉排污水，通过应用连续排污扩容器，回收排污过程中产生的余热。另外还需在排污末端使用冷却器，收集剩余热量，为污水的进一步利用作准备，例如，可以用于灌溉，或其它用处。只有进行锅炉排污水的重新利用，可能减少了水资源的浪费，降低对环境造成的污染。

2.3 母管制给水系统的优化

火力发电厂热动系统的循环水系统贯穿整个火力发电厂的发电过程中，水系统在整个发电过程中扮演重要角色，应该不断优化水系统，研究和优化母管制给水系统，动态模拟母管制给水系统，深入研究母管制给水系统的理论，结合母管制给水系统实践运行的丰富经验，制定合理有效的母管制给水系统的运行方式，实现不断提高火力发电厂的经济效益，从而节约能源。

2.4 锅炉余热的充分利用

火力发电厂产生我锅炉高温烟气携带大量的热量，如果简单直接将这些烟气排往天空，不仅污染大气，还流失了大量的热量。应该制定或设计余热收集装置，高坑电厂通过技术改革在锅炉尾部安装凝结水循环装置，有效吸收烟气中的热量，避免热量的浪费；设计一种特质节能器，直接吸收排烟中含有的剩余热量，使其重新进入到热动循环当中。

2.5 蒸汽系统的优化

电厂热动系统中的蒸汽系统是重要组成部分，过去大部分蒸汽系统是低压蒸汽，基本上谈不上什么节能。而我厂热动系统的蒸汽系统采用新式技术路线，将蒸汽冷凝水变成蒸汽，有效节约低压蒸汽，同时又充分利用蒸汽系统产生的余热，达到良好的节能效果，提高企业效益。

2.6 供热系统的优化

要优化电厂热动系统，节省能耗，就必须优化供热系统。充分利用蒸汽能量。目前电厂输送供热通常会对蒸汽进行降温处理，这样会浪费大量的蒸汽能量。改良输送方法，将蒸汽输入某种特殊装置，利用蒸汽的能力自动推动汽轮机，有效利用了蒸汽能量，使得能源的浪费率大大降低。

3 结语

我国经济发展到今天这个阶段，节约能源非常有意义。虽然火力电厂为我国的经济建设做出了巨大贡献，但同时也带来了大气污染和固体废渣污染。随着环保意识的加强，我国倡导节能减排，优化企业技术，促进工业技术长远发展。热动系统作为火力发电厂的核心组成部分，能耗一直都比较低，也是热能与动力转换的重要环节，节能优化能给火力发电厂带来新的发展机遇。火力发电厂只有科学分析现有系统的运行状况，改良技术路线，改革工艺水平，有针对性的提出部分环节的技术革新，创造有利于火力发电厂发展的可持续发展思路。

参考文献：

- [1] 李虎威, 孙晶炜. 电厂热动系统节能优化措施研究[J]. 中国科技博览, 2014(29):309-309.
- [2] 焦林生. 电厂热动系统节能优化策略探析[J]. 硅谷, 2013(13):123-124,70.
- [3] 李强, 牛波. 电厂热动系统节能优化策略分析[J]. 科技创新与应用, 2015(2):127.
- [4] 王立军, 张伟, 李强. 基于深度学习的电厂热动系统能效优化方法研究[J]. 热能动力工程, 2021, 36(5): 78-84.
- [5] 陈明, 刘洋, 黄志鹏. 火电厂热力系统节能改造与优化运行[J]. 中国电力, 2020, 53(12): 178-185.
- [6] 国家能源局. DL/T 1707-2020 火力发电厂热力系统节能技术导则[S]. 北京: 中国电力出版社, 2020.
- [7] 李振华, 吴晓东. 基于大数据分析的电厂热动系统优化调度研究[J]. 热力发电, 2022, 51(3): 112-118.
- [8] 张建国, 王丽娜. 燃煤电厂热力系统余热回收与节能优化[J]. 节能技术, 2021, 39(2): 156-160.



电力变压器铁心接地故障的分析及处理

晏小全

(赣西电力集团公司供电分公司 江西,樟树 332102)

摘要: 由于大中型变压器铁心多经过油箱外部实现一点接地,以保证电力变压器的正常运行。但如果铁心由于其他原因而造成另外一点接地时,则会导致变压器多点环流,最终导致铁心接地故障。在制造工艺、安装运输和运行维护等方面的影响下,电力变压器在运行过程中容易产生铁心接地故障,不利于电力系统安全、稳定、经济的运行。本文首先分析了造成铁心接地故障的主要原因,然后提出了电力变压器铁心接地故障的检测方法及铁心多点接地故障处理。

关键词: 电子变压器;铁心;故障分析;油色谱

0 引言

变压器内的铁心是实现变压器能量转换的磁路,是变压器内的重要通道。当电力变压器通电运行之后,变压器内铁心需可靠接地,在铁心无一点可靠接地的情况下,由于地与铁心之间所产生的悬浮电压会造成铁心的断续性击穿放电,造成电力变压器的铁心接地故障,不利于变压器的正常运行。为保持铁心电位的正常值,需在铁心上部设置出固定接地点,固定接地点也可设置在铁心下部。但电力变压器内的铁心不能出现2点及以上接地,否则铁心与接地点会因不均匀电位而导致电路环流,进而造成铁心出现接地发热故障。铁心局部产生较多热量时会导致轻瓦斯动作,严重者可导致重瓦斯动作,进而导致电力变压器跳闸。局部铁心的烧熔会造成铁心片之间出现明显的电压器短路故障,对变压器的正常运行和电器性能造成严重影响。

1 造成铁心接地故障的主要原因

(1) 安装程序出错

在变压器运输过程中,油箱顶盖通常使用固定钉加固,以防止内部组件移位。然而,若安装人员在变压器就位后未按规定卸除或翻转这些固定钉,可能导致钉子与铁心或夹件接触,形成异常接地。此外,安装过程中若未严格检查铁心与油箱的绝缘距离,也可能因机械应力或振动导致铁心与箱体短接。

(2) 检修与制造工艺缺陷

在变压器制造或检修过程中,若铁心内部结构设计或装配不当,可能引发接地故障,例如铁

心支板与心柱间距不足会导致硅钢片在长期运行后因电磁力或热膨胀发生翘曲,进而与夹件支板碰触形成导电通路,或者钨螺杆衬套过长可能直接与铁轭硅钢片接触,破坏绝缘并导致多点接地。

(3) 绝缘保护措施失效

铁心夹件与铁轭之间通常垫有绝缘纸板以隔离电位差,但在运行过程中可能因纸板遗失、破损或受潮劣化而引发故障:若检修时未及时更换脱落的绝缘纸板,会导致铁心硅钢片与夹件垫脚直接接触形成金属性接地;同时,当变压器内部存在潮气或油质劣化时,绝缘纸板可能因受潮而丧失介电性能,进而引发铁心与夹件间的沿面放电或短路故障,严重影响设备的安全稳定运行。

(4) 潜油泵磨损引入金属杂质

潜油泵长期运行后,轴承部位可能因机械磨损产生金属粉末。这些粉末随油循环沉降于箱底,在电磁场作用下逐渐聚集,形成连接箱底、垫脚与铁轭的导电路径。此类故障通常具有渐进性,初期可能表现为间歇性接地,后期发展为永久性短路。

(5) 金属异物侵入油箱

变压器安装或检修过程中,若未彻底清理现场,铁心碎片、焊条头、铜丝等导电异物可能残留于油箱内。这些异物在油流或电磁力作用下移动,可能桥接铁心与接地部件(如夹件、箱壁),造成多点接地。此外,异物还可能刺穿绝缘层,进一步加剧故障风险。

2 电力变压器铁心接地故障的检测方法

当变压器内铁心出现接地故障时,可通过油色谱观察到以下特征。

(1) 总烃含量大于标准值, 可见油色谱内 C_2H_4 与 CH_4 含量较大, 而 C_2H_2 含量较低或为零。

(2) 通过三比值发对变压器故障性质进行分析, 当故障点估算温度高于 700 摄氏度时, 可用下式 (1) 估算变压器内故障温度:

$$t=322lg(C_2H_4/C_2H_6)+525^{\circ}C \quad \text{公式 (1)}$$

(3) 总烃产气速率高于标准值, 可知 C_2H_4 产气速率持续显著增加。

(4) CO 值不变或变化较少, CH_4 与烯烃含量较高, 若色谱内可见 C_2H_2 , 则可知变压器出现间歇性接地故障。当电力变压器进行正常工作时, 铁心入地电流是其对接地铁心构架、油箱和地面的电容电流。

3 电力变压器铁心多点接地故障处理

3.1 临时应急处理

当运行时的电力变压器出现铁心接地故障时, 为保证变压器设备的功能性和安全性, 需立即停

电处理和检查吊罩。针对系统不允许直接停役检查的变压器, 采取串接电阻的应急措施, 即将电阻串接在外引铁心接地回路上, 以达到限制铁心接地回路的目的, 避免环流造成故障的恶化。以某变电所为例, 该电力变压器在进行电气实验时测得该铁心绝缘电阻为 $3m\Omega$ 。由于系统用电的连续性, 因此不可进行停电吊罩处理。为保证电压器的安全性, 需进行串接电阻处理。首先用钳形电流表对铁心接地回路进行测量, 串接起电阻控制其环流在 $300mA$ 内。在串接电阻后分析各个时段油色谱数据的检测结果, 具体数据见表 1 所示。在串接电阻后, 变压器内总烃含量出现短暂增加现象, 造成该现象的原因为故障点气体未得到及时扩散, 但随着时间变化, 电压器内总烃数逐渐下降。串接 2 小时后, 热点温度经公式估算为 741 摄氏度, 表明发热点温度逐渐下降, 故障得以有效控制。

表 1 变压器串接电阻后的油色谱数据分析 ($\mu L/L$)

分析时间	H_2	CH_4	C_2H_6	C_2H_4	C_2H_2	C_2+C_2	CO	CO_2
串接前	81.6	261.7	47.5	268.5	1.1	587.5	785.0	6121.0
0.5小时	70.1	243.1	53.4	326.5	1.0	623.7	690.0	5315.0
1小时	68.0	181.2	50.5	305.7	1.0	593.5	871.0	6913.0
2小时	31.8	22.4	48.5	230.1	0.9	501.1	648.0	5751.0

3.2 吊罩检查

吊罩检查是处理变压器铁心接地故障的重要检修手段。检查时需移开钟罩, 对铁心可接地部位进行全面排查, 重点检查夹件和铁心接片等关键部位。具体检查流程包括: 首先使用兆欧表检测穿心螺杆与铁心间的绝缘性能; 其次仔细检查变压器内部各槽部和间隙, 查找可能存在的硅钢片碎屑、螺帽等金属异物; 然后采用专用工具清理铁心底部等隐蔽部位; 最后使用氦气或绝缘油对各间隙进行系统性吹扫处理。

检查中常见的接地故障多由变压器内残留的金属杂质引起, 主要包括电焊作业产生的焊瘤、油碳化形成的导电颗粒等。这类杂质往往导致间歇性接地故障, 其特点是接地电阻值会随油流运动而波动。通过彻底清除这些杂质, 通常可以有效消除铁心接地故障。为确保检修质量, 在清理完成后还需进行 24 小时空载试验验证, 确认故障完全排除后方可回装钟罩。整个检查过程需严格控

制环境湿度, 做好防护措施, 并建立完整的检修记录档案。

4 结论

变压器铁心接地故障容易造成轻瓦斯动作和局部过热, 严重时可导致铁心局部烧损, 使电力变压器不得不更换铁心硅钢片。目前, 我国电力变压器在运行过程中时常发生铁心接地故障, 对国家电网的安全运行造成不利影响, 制造厂、运行单位和检修单位需高度重视该现象, 做好提前预防工作。相关部门需严格按照国家电力标准, 执行电力试验和色谱监督工作, 综合判断故障特征, 势必最大化的降低故障损失, 维护电力变压器的正常运行。

参考文献:

[1] 葛小燕, 黄国强. 一例 220 kV 主变压器油中溶解气体快速增长原因分析及处理措施 [J]. 陕西电力, 2007, 35(5): 38-41.
[2] 谢荣斌, 马文磊, 薛静, 张曼丽, 蓝兰. 变电站

变压器铁心多点接地故障分析与处理 [J]. 南方电网技术, 2007, 1(1): 85-87.

[3] 王立军, 张伟, 李强. 基于振动信号分析的变压器铁心故障诊断方法 [J]. 高电压技术, 2021, 47(5): 1823-1831.

[4] 陈明, 刘洋, 黄志鹏. 变压器铁心多点接地故障在线监测系统设计 [J]. 电力系统自动化, 2020, 44(12): 178-185.

[5] 国家电网公司设备管理部. 电力变压器典型故障案例分析 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2022: 56-72.

[6] 李振华, 吴晓东. 基于红外成像的变压器铁心故障

诊断研究进展 [J]. 电工技术学报, 2023, 38(2): 412-423.

[7] IEEE Std C57.152-2019, IEEE Guide for Diagnostic Field Testing of Fluid-Filled Power Transformers, Regulators, and Reactors [S].

[8] 张建国, 王丽娜. 油浸式变压器铁心接地故障特征及处理 [J]. 变压器, 2021, 58(3): 45-49.

[9] 周永强, 等. 基于深度学习的变压器故障智能诊断 [J]. 中国电机工程学报, 2022, 42(10): 3728-3737.

[10] 南方电网科学研究院. 电力变压器检修技术问答 [M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2020: 89-102.

光纤预制棒生产废气处理系统的改造

赵珊珊

(江苏法尔胜光子有限公司 江苏, 江阴 214434)

摘要: 随着江苏法尔胜光子有限公司 40 吨光纤预制棒扩能技改项目的开展, 产量翻番, 废气量剧增, 却要达到更高的环保标准。本文就废气处理系统的改造, 从电除尘器本体、高压供电装置、变频风机控制、以及废水处理的水量平衡等主要新增、改造的设备方面进行了的阐述, 着重对新设计的湿式列管式电除尘器, 选用 HL-3 高压供电装置的工作原理和优点, 以及变频风机的控制进行了详细的分析。改造后的废气处理, 经过三级除尘的废气排放明显优于更为严苛的 DB11/501-2007 北京市《大气污染物综合排放标准》。

关键词: 光纤预制棒; 电除尘器; 三级除尘

1 光纤预制棒生产废气的特点:

生产光纤预制棒生产过程中会产生大量的含氯化氢和二氧化硅粉尘的废气, 需经过处理达到国家及地方的标准后方可排放。

光棒生产的废气特点:(1) 产生的二氧化硅粉尘颗粒小, 粒径在 5~10 μm 左右, 粉尘量大;(2) 腐蚀性强, 废气中含有氯化氢、氯气。(3) 设备排放的废气温度高 (250 $^{\circ}\text{C}$ 以上);

2 主要改造设备简述

随着产能的扩大、酸性废气废水对设备的腐

蚀, 设备的除尘效率下降, 原来的废气处理系统已远远不能满足要求。我们根据工艺排放的实际情况, 结合当前设备使用效能评估和设备状况, 在保留部分设备的基础上, 对老的电除尘器、高压供电装置、风机、废水处理的水量平衡进行了改造, 克服场地的限制, 增加一台湿式列管式电除尘器实现三级除尘, 增加一级洗涤塔再次中和酸性气体。

废气处理工艺流程: 废气 \rightarrow 三级电除尘 \rightarrow 两级洗涤塔 \rightarrow 风机 \rightarrow 排放

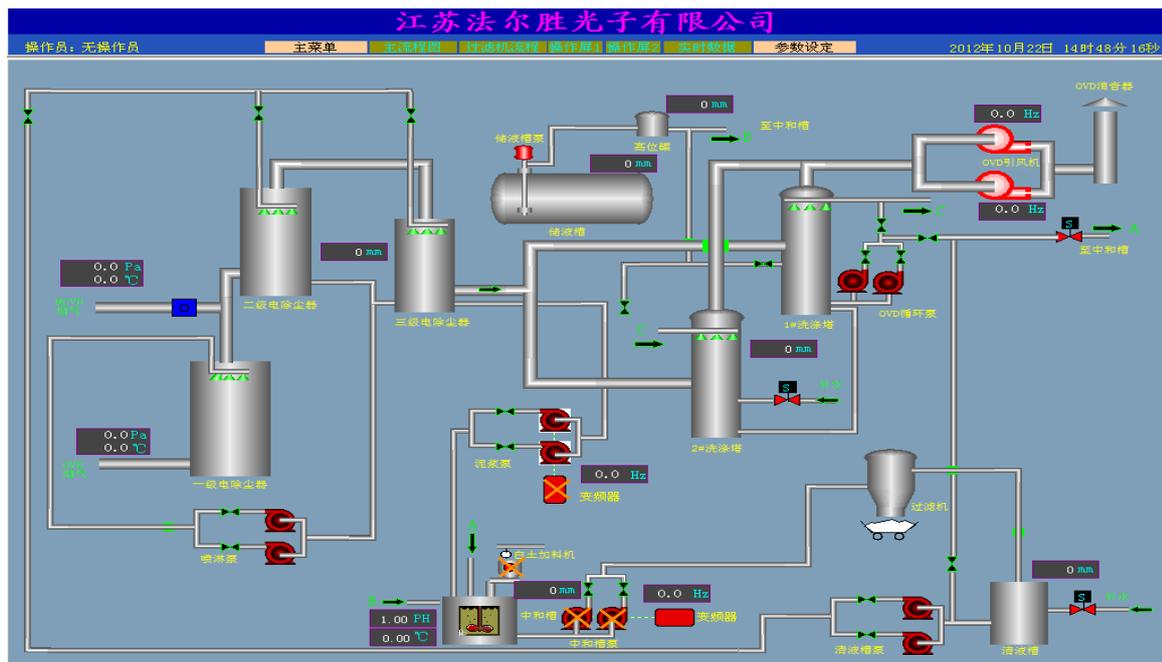


图 1 废气处理系统监控画面



3 湿式电除尘器本体

3.1 采用湿式电除尘器的优点：

(1) 由于电除尘在工作时，集尘过程风阻基本不变，不会使排风量产生扰动，所以能满足工艺废气排放高稳定性的要求；(2) 废气粉尘单一，主要物质为 SiO₂，其比电阻大，但其有良好的亲水性能，所以可用高压喷淋雾化水嘴连续喷淋增湿来降低粉尘的比电阻，提高电除尘器的处理效果；(3) 废气温度较高，湿式喷淋系统能够有效降低废气温度；(4) 湿式喷淋系统有效吸收部分酸性气体，降低洗涤塔吸收中和酸性气体的负荷。

3.2 基于湿式电除尘器的优点，在改造时还是沿用了湿式电除尘结构，但是在设计和结构上有许多新特点：

(1) 立柱和大梁采用整体式框架结构，强度大；壳体直接安装在立柱、大梁内侧，壳体使用玻璃钢树脂板制成，整体用玻璃钢树脂密封，钢结构无金属部分外露，以防 HCl、Cl₂ 酸性气体腐蚀；(2) 更多的列管：新电除尘设计 196 个列管，能够大大地提高除尘效率。(3) 电晕极采用 ϕ 10MM 纯钛螺杆，产生足够强而稳定均匀的电晕电流密度，不再使用 ϕ 4MM 的钛丝，因钛丝在运行时在电场中剧烈抖动极易断丝，造成故障。下端用玻璃钢框架连接并挂重锤，以防止电晕线晃动；电晕线在阴极吊挂臂上全部用纯钛槽板连接，保证导电性能且满足防腐要求；(4) 阴极吊挂采用密封装置，绝缘件采用石英套管，电瓷支柱，使电除尘器的绝缘强度大为提高，同时电极箱采取暖风正压控制，杜绝“爬电”现象；(5) 阳极收尘板由玻璃钢树脂掺碳素纤维制成，导电性能好；其制作为整体结构，利于提高水膜导电性能；(6) 采用进口螺旋喷嘴，高压雾化喷淋同时完成。雾化增加废气粉尘湿度，提高除尘效率，喷淋冲洗收尘板，及时冲洗掉收尘板上的积尘，并形成水膜导电；(7) 改造后，三台湿式电除尘器串联运行，经过三级除尘后，除尘效率得到了极大的提高。单台故障时，在适当降低生产负荷的情况下，也能做到达标排放，保证了生产的连续性。

4 高压供电装置

改造后的电除尘器，配套的高压供电装置为 HL-3 型恒流高压直流电源，主要工作原理为电网

输入的交流正弦电压，通过 L-C 恒流变换器，转换为交流正弦电流，经升压、整流后成为恒流高压直流电流源给电除尘器电场供电。与传统的可控硅移相控制的高压直流电源相比，有以下优点：

(1) 运行稳定，可靠性高，能长期保持收尘效率，能承受瞬态及稳态短路。当电场产生火花放电时，由于电源输出电流是“恒流”的，电场中的电流不会增加，而电网输入电流却大大减少，仅为额定值的 10%，确保了电源设备的安全。同时，由于“恒流”，使得放电通道自动消失，不过渡到弧光放电，保护了电晕线、辅助电极和收尘极；(2) 能适应工况变化，轻而易举地实现电压自动跟踪，而不需要任何反馈控制电路。当电场中的粉尘浓度增加、流速加快时，电场呈高阻状态，由于输出电流“恒定”不变，电场中的电压会自动上升，电场获得更多的电能，净化效果好；并能有效克服电晕电流“闭塞”现象，当阴极肥大或集尘极积尘加厚时，电压同样会自动上升；(3) 运行电压高，并能抑制放电，对机械缺陷不敏感；(4) 电源结构简单，采用并联模块化的设计，检修方便，电源故障率低；(5) 有快速过压保护，响应时间 \leq 1ms，能自动报警和跳闸；(6) 功率因数高 $\cos \Phi > 0.90$ ，而且不随运行功率水平变化，节能效果明显。电除尘器配套高压供电装置，采用 HL-3 型 80KV/1000mA 的恒流高压直流电源。从实际使用情况来看，二次电压在 70-75KV 左右，除尘效果就比较理想了。

5 变频风机控制

随着设备的大量增加，生产排放的废气量随之增加，根据对所有设备的排放统计，选购了 45000M³/h 的全玻璃钢风机，风机蜗壳全部采用玻璃钢制成，叶轮采用金属全覆玻璃钢树脂纤维，既满足机械强度要求又防腐耐磨。

配套电机为 90KW 西门子贝得变频电机，变频器选用丹佛斯 FC302 系列，风机及变频器各两台，一用一备，互为备用。风机控制软件原理如下：在车间排放至第一级电除尘的总管上安装测试风压的负压传感器，PLC 将风压传感器测得的风压值与设定值比较后，输出 4-20mA 的信号控制变频器的频率输出，从而控制风机的转速，使得车间排放总管负压基本维持在 -960Pa 左右。一旦车间工

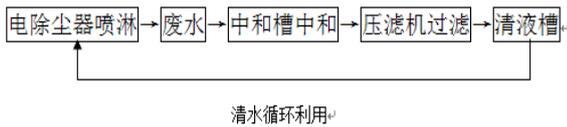
况有变化，风压有波动，PLC 自动调整变频器的频率输出，维持风压的稳定。设置合理的 PID 参数很重要，能有效地避免或抑制自动调整时风压出现大的振荡。

一旦运行的风机或相关设备发生故障，总管风压大于 -250Pa，备用的另一台风机立即启动，使得车间排放总管负压基本维持在 -960Pa 左右。这样使得生产的连续性得到保证，避免产品中断报废，另一方面有效避免了废气因排放不及时而扩散在车间内，危及人身安全和设备安全。

6 废水处理的水量平衡

湿式电除尘技术需对废气进行增湿喷淋，废水中含有大量的二氧化硅粉尘且吸收了部分的氯化氢、氯气，所以必须进行废水的处理。

废水处理工艺流程：



电除尘雾化喷淋的水含有大量的二氧化硅粉尘且吸收了部分的氯化氢、氯气，呈酸性。在中和槽中与加入的碱液中和，PH 值达到 7-9，中和后的废水加入助滤剂经压滤机过滤，得到的清水回到清液槽，再次供给电除尘增湿喷淋，如此循环。

为避免水循环过程中由于水量不平衡出现的废水溢流、打空泵现象，将泥浆泵和中和槽泵都安装了变频器，实现变频控制。在系统的各个容器中装置了液位传感器，接入 PLC 自动控制系统，来驱动泥浆泵和中和槽泵的变频器。根据液位来控制泵的运行频率，维持水量平衡，可以有效地防止和控制废水的无序排放。

经过本次改造，废气处理系统已经安全稳定

运行了近一年，2013 年 9 月经环境监测部门检测，粉尘排放浓度 8.89mg/m³，排放速率为 0.29kg/h，氯化氢排放浓度小于 0.9mg/m³，均达到并大大优于 DB11/501-2007 北京市《大气污染物综合排放标准》，而且整个系统无需专人照看，基本实现自动运行。

参考文献：

[1] 胡艳, 徐晶晶, 袁春伟, 等. 负载纳米二氧化钛的弥散光纤在光催化废水处理中的应用 [J]. 科学通报, 2005, 50(19): 2169-2173.

[2] 陈晓玲. 铝型材废水治理工程的设计与运行 [J]. 云南环境科学, 2003, 22(Z1): 143-144.

[3] 乔京雯, 唐为亮. 光纤废水处理工程设计 [J]. 环境工程, 2003, 21(2): 26-27.

[4] 王立军, 张伟, 李强. 基于振动信号分析的变压器铁心故障诊断方法 [J]. 高电压技术, 2021, 47(5): 1823-1831.

[5] 陈明, 刘洋, 黄志鹏. 变压器铁心多点接地故障在线监测系统的设计 [J]. 电力系统自动化, 2020, 44(12): 178-185.

[6] 国家电网公司设备管理部. 电力变压器典型故障案例分析 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2022: 56-72.

[7] 李振华, 吴晓东. 基于红外成像的变压器铁心故障诊断研究进展 [J]. 电工技术学报, 2023, 38(2): 412-423.

[8] IEEE Standards Association. IEEE Guide for Diagnostic Field Testing of Fluid-Filled Power Transformers, Regulators, and Reactors: IEEE Std C57.152-2019 [S]. New York: IEEE, 2019.

[9] 张建国, 王丽娜. 油浸式变压器铁心接地故障特征及处理 [J]. 变压器, 2021, 58(3): 45-49.

[10] 周永强, 赵明, 孙伟, 等. 基于深度学习的变压器故障智能诊断 [J]. 中国电机工程学报, 2022, 42(10): 3728-3737.



有源 RFID 的 LF 无线唤醒技术的研究

赵小辉

(西安培华学院 陕西, 西安 710125)

摘要：本文根据有源 RFID 具备在特定的环境下发射功率是很低的；它根据两边点对点的传输，通信传输的距离很长；在传输的过程中，根据传输的介质的特性使得传输数据量很大；在传输的过程中传输的数据不容易被丢失，其可靠性很高；传输中的不同的数据彼此间不会排斥，兼容性好且稳定等特点，现阶段研究最多的就是有源 RFID 的 LF 无线唤醒技术，这项技术取得了新的突破，并得到了广泛的应用。有源 RFID 标签设计领域关键技术是如何提高电池使用寿命以及降低功耗。LF 无线唤醒技术的开发将大大降低功耗，延长电池使用寿命，它被广泛地应用到公路收费、港口货运管理等应用中，使我国在现代物流等若干领域缩短与世界先进国家的差距。

关键词：有源 RFID；传输；无线唤醒技术；功耗

0 引言

无线射频识别技术 (Radio Frequency Identification, RFID) 是一种比较前沿和广泛应用的技术，最近几年得到了人们的追捧。该技术是一种不需要接触，通过传输介质自动识别的技术。掌握其基本原理对我们更有效的利用这种技术会有指导的作用，它是通过传输的介质通道把射频信号进行接收，传输中也会出现空间耦合或雷达反射的情况，不过他们的传输尤其很大的相似性，通过信号的接受把被识别物体在没有人为的干扰下自动识别。识别工作的进行可以在各种环境下进行，主要是通过信号进行传递与接收，这个过程中基本上不存在人工干预。根据上面的阐述我们可以判断 RFID 由一个询问器和很多应答器组成，整个系统也是非常的简单的，只有两个基本器件，但是这个两个器件发挥着重大的作用，它是一种简单的无线系统，该系统具有用于控制、检测和跟踪物体的功能。

1 研究的目的和意义

1.1 有源 RFID 的 LF 无线唤醒技术开发的目

有源 RFID 的电子标签自身具备电池。有源 RFID 标签设计领域关键的技术一直是研究的重点，电池使用寿命的如何提高以及在此基础上降低功耗也是研究的突破口。为了提高电池寿命，就不能从某一方面下手，而是要综合考虑，把硬件平台以及软件协议一并考虑进去，并采用一些方法进行优化。而 LF 无线唤醒技术的开发将大大降低

功耗，延长电池使用寿命，使得有源 RFID 得到更广泛的发展。

1.2 有源 RFID 的 LF 无线唤醒技术研究的意义

有源 RFID 具备在特定的环境下发射功率是很低的；它根据两边点对点的传输，通信传输的距离很长；在传输的过程中，根据传输的介质的特性使得传输数据量很大；在传输的过程中传输的数据不容易被丢失，其可靠性很高；传输中的不同的数据彼此间不会排斥，兼容性好且稳定等特点，与无源 RFID 相比，它的技术优势是不言而喻的，电子标签发生了很大的变化，由之前的没有电池转变成了有电池，电源也发挥着重要的作用，使得整个过程的有效阅读距离比以前发生了很大的变化。正因为上述的那么多优势，它的应用越来越广泛，越来越被市场所接受。应用领域有公路收费、港口货运管理等。LF 的无限唤醒技术的研究发展将进一步加快有源 RFID 的快速发展，对有源 RFID 技术的发展又提供了一个广阔的空间，让我国在很多领域表现出来了优势，尤其是现代物流业，这些领域的优势在一定程度上大大的缩短与世界先进国家的差距。

2 工作原理及关键技术

2.1 RFID 技术的基本工作原理

RFID 技术的基本工作原理：标签通过传输介质接触到了磁场，这时射频信号从接收阅读器发出，相应的产品信息通过感应电流所获得的能量

进行发送，这是解码器发挥着重要的作用，通过接收到的信息进行系列解码并进行有关数据处理。掌握其基本原理对我们更有效的利用这种技术会有指导的作用，它是通过传输的介质通道把射频信号进行接收，传输中也会出现空间耦合或雷达反射的情况，不过他们的传输尤其很大的相似性，通过信号的接受把被识别物体在没有人为的干扰下自动识别。

2.2 RFID 的关键技术

2.3.1 RFID 产业化关键技术

标签芯片设计与制造：RFID 芯片在实践过程中，有很多的优势，它在制造的过程中成本是很低的、在使用的过程中也是属于低功耗的产品，RFID 芯片的设计与制造技术在其上述介绍的优势基础上得到了很好的发挥，它的技术应用也是相当广泛的，适合标签芯片实现的新型存储技术，防冲突算法及电路实现技术，芯片安全技术，以及标签芯片与传感器的集成技术等。

天线设计与制造：天线设计与制造也要在整体的意识下来进行，标签天线匹配技术就是一个很好的佐证，RFID 标签天线结构必须要根据不同应用对象，有选择性的进行升级优化技术，还有多标签天线优化分布技术以及 RFID 标签天线设计仿真软件等。

2.3.2 RFID 应用关键技术

RFID 系统集成与数据管理：RFID 与无线通信

在传输过程中、与传感网络建立传输模块、与信息传输中保证信息安全、通过技术对工业进行控制等的集成技术，RFID 应用系统作为一种中间件技术，海量 RFID 信息资源的在组织传输过程中，如何存储相应的传输信息，存储的信息如何进行管理、在管理的过程中如何的实现交换与分发、中间要做相应的数据处理和跨平台计算技术等。

RFID 检测技术与规范：随着 RFID 检测技术应用的范围越来越广，人们对该技术也提出了很高的要求。接下来的工作就是该技术要识别不同行业，根据行业的特性，应用的 RFID 标签，还可以根据相关产品物理特性以及产品的物理特征产生的性能，进行一致性检测技术与规范。

3 无线唤醒技术的设计

3.1 低频（LF）无线唤醒技术设计原理

无线信号频谱中 LF 频段信号具有强大的功能，它的穿透能力强就是其中一项特点，这个功能怎么应用呢，它对非磁性介质非常的敏感，能在短时间内快速的穿透，如水、混凝土、塑料等（不受视线距离限制），所以利用 LF 频段设计更加紧密的结合与利用，可以看出激活电路是一种较好方案。无线信号频率与波长存在什么关系杂实践中已经得出了结论，两者成反比例关系，无线信号越长其波长就越短，无线信号越短其波长就越长。

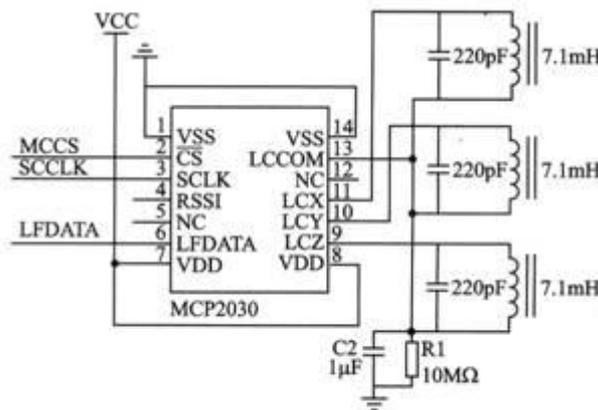


图 1 激活信号检测电路

3.2 以 MCP2030 器件为核心设计电路

有源射频标签是射频识别系统中的重要组成

部分，相比而言有源 RFID 具备在特定的环境下发射功率是很低的；它根据两边点对点的传输，通

信传输的距离很长；在传输的过程中，根据传输的介质的特性使得传输数据量很大；在传输的过程中传输的数据不容易被丢失，其可靠性很高；传输中的不同的数据彼此间不会排斥，兼容性好且稳定等特点。其内部电路主要部件有：控制器、激活信号检测电路、RAM/ROM、定时器、UHF 收发器、电源等。其中，激活信号检测电路可以由 MCP2030 进行实现。当标签到达安装有射频激活发射器的特定位置时，MCP2030 从 SPI 接口上输出相应的接收信号，使得控制器退出休眠状态，并对数据进行接收、分析和处理，最终存储在 RAM/ROM 相应的位置中。时而与读写器进行信息进行交互，当需要与读写器进行信息交互时，控制器通过 UHF 收发器进行通信，控制器处理完之后自动进入休眠状态，直到下一次接收到磁场激活信号或定时器产生定时中断。

4 总结

作为我国新兴战略性产业之一的物联网已经成为世界研究的热点，物联网的实施能大大提高人们的生活质量。在物联网中，RFID 系统也是其中非常关键的组成部分。从十九世纪五十年代已经对 RFID 技术有了一些研究，但是目前 RFID 系统还存在一些没有解决的问题，尤其是有源 RFID 标签电池寿命比较短的问题依然存在，我们需要不断的创新研究，为人类进步多做贡献。

参考文献：

- [1] 张明远, 李志强, 王伟华. 基于 LF 信号的有源 RFID 低功耗唤醒技术研究 [J]. 电子测量与仪器学报, 2021, 35(3): 45-52.
- [2] Liu Y, Zhang H, Wang L. A novel low-power wake-up receiver for active RFID tags [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2020, 67(5): 4321-4330.
- [3] 陈国栋, 刘永红, 赵明辉. 125kHz LF 唤醒接收机的设计与实现 [J]. 电子技术应用, 2022, 48(2): 78-82.
- [4] ISO/IEC 18000-2:2022. Information technology-Radio frequency identification for item management-Part 2: Parameters for air interface communications below 135 kHz [S]. Geneva: ISO, 2022.
- [5] 黄志强, 吴伟, 周明. 有源 RFID 系统中 LF 唤醒电路的低功耗优化设计 [J]. 传感技术学报, 2023, 36(1): 102-108.
- [6] Wang X, Chen Y, Li Z, et al. A 125kHz wake-up receiver with -65dBm sensitivity for active RFID tags [J]. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 2021, 56(3): 812-821.
- [7] 国家市场监督管理总局. GB/T 29768-2022 信息技术 射频识别 2.45GHz 空中接口协议 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [8] 林志强, 王伟, 张明. 基于 LF 唤醒的有源 RFID 系统设计与实现 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2021: 56-89.
- [9] Zhang L, Zhou W, Liu J. Energy-efficient wake-up mechanism for active RFID systems in IoT applications [J]. IEEE Internet of Things Journal, 2022, 9(4): 2987-2996.
- [10] 射频识别技术丛书编委会. RFID 技术与应用 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2020: 112-135.