

铝电解天车无线微波传输技术研究与应用

张洋, 练新强*

云南神火铝业有限公司, 云南 文山 663400

DOI:10.61369/ME.2025070001

摘 要 : 针对电解车间强磁干扰下天车监控画面的无线传输难题, 通过对无线微波方案, 成功实现 36 台天车监控画面稳定传输至监控管理平台, 即能够根据时间、天车编号等关键词在数秒内快速定位并回放所需录像片段, 又能够清晰采集天车周围 20 米范围内的声音信息且声音质量清晰可辨, 实时对讲功能语音清晰流畅, 扬声器可覆盖室内 30 米距离, 双向传输延迟时间控制在 150 毫秒以内, 通话稳定无中断, 有效实现了监控管理平台与天车操作人员之间的高效沟通。

关 键 词 : 强磁; 天车; 视频监控; 无线微波

Research and Application of Wireless Microwave Transmission Technology for Aluminum Electrolysis Crane

Zhang Yang, Lian Xinqiang*

Yunnan Shenhua Aluminum Industry Co., Ltd., Wenshan, Yunnan 663400

Abstract : In response to the wireless transmission problem of overhead crane monitoring images under strong magnetic interference in the electrolysis workshop, a wireless microwave solution was successfully used to achieve stable transmission of 36 overhead crane monitoring images to the monitoring management platform. This allows for quick positioning and playback of required video clips within seconds based on keywords such as time and crane number, as well as clear and distinguishable sound information within a 20 meter range around the crane. The real-time intercom function has clear and smooth voice, and the speaker can cover a distance of 30 meters indoors. The bidirectional transmission delay time is controlled within 150 milliseconds, and the communication is stable and uninterrupted, effectively achieving efficient communication between the monitoring management platform and the crane operators.

Keywords : strong magnet; overhead crane; video surveillance; wireless microwave

一、电解车间环境分析与监控需求

(一) 电解车间强磁干扰特性

电解车间中, 电解槽在工作时通过巨大的直流电流, 从而产生高强度的磁场。这些磁场具有复杂的分布规律, 不仅在空间上呈现不均匀性, 而且其强度会随着电解槽的工作状态、电流波动等因素而发生动态变化。强磁环境对金属物体具有明显的吸引力和磁化作用, 同时对电磁波的传播产生严重干扰。在无线传输方面, 强磁干扰会导致信号的衰减加剧、相位偏移、频率漂移以及多径效应增强等问题, 使得常规的无线通信技术难以满足稳定传输的要求。

(二) 天车监控功能要求

(1) 实时监控画面传输: 需要将分布在电解一分厂、二分厂、三分厂和四分厂共 36 台天车上的监控摄像头所拍摄的画面, 以高清晰度、低延迟的方式实时传输至监控管理平台。管理人员能够在平台上实时观察到天车的精确位置、运行姿态、吊运货物

状态以及周围环境状况, 以便及时发现异常并做出相应决策。

(2) 录像存储与回放: 系统应具备对监控画面进行长时间连续录像存储的功能, 存储的录像应能够按照时间、天车编号等关键信息进行快速检索和回放。这对于事故分析、生产过程追溯以及安全审计等工作具有重要意义。

(3) 现场拾音功能: 除了视频监控, 还需采集天车作业现场的声音信息, 如设备运行的机械声音、操作人员的指令声音以及可能出现的异常声响等。通过声音信息与视频画面的结合, 能够更全面地了解现场实际情况, 为故障诊断和安全预警提供更多线索。

(4) 实时对讲通信: 实现监控管理平台与天车操作人员之间的实时双向语音对讲功能^[1]。管理人员可以及时向操作人员传达调度指令、操作规范要求或紧急情况通知, 操作人员也能够向管理人员反馈现场问题或请求协助, 从而提高沟通效率, 保障生产作业的顺利进行。

作者简介: 张洋 (1998-), 男, 云南镇雄人, 本科, 工程师, 主要从事铝电解生产技术管理工作。

通讯作者: 练新强 (1989-), 男, 河南永城人, 本科, 工程师, 主要从事冶炼生产管理和技术研究工作。邮箱: 18839781387@163.com。

二、无线微波方案试验

（一）方案实施

通过对以下四种无线传输方案的试验与分析，对各方案的关键指标进行对比，如下表1所示：

表1 无线传输方案的试验与分析

试验方案	传输稳定性	最大传输距离（米）	流量费用	设备及布线成本
无线网桥	差（强磁干扰下30米左右掉线）	30	无	较高（设备成本和布线成本），布线较高。
5G 传输	较差（强磁干扰下每小时3-5次掉线）	依赖运营商5G网络覆盖	高（每台行车每月数百元）	高（5G模块、卡成本和每月流量费成本）
无线 AP	一般（多个 AP 切换时有中断）	依赖 AP 布置密度（约20-30米）	无	高（大量 AP 设备及布线），布线成本高。
无线微波	好（每月2-3次短暂掉线）	1200	无	较低（基站、设备采购和布线成本）

从对比结果可以看出，无线微波方案在传输稳定性和最大传输距离方面表现出色，能够有效克服电解车间的强磁干扰，满足长距离传输的需求。虽然其设备采购成本相对较高，但综合考虑流量费用和布线成本等因素，从长期来看成本较低。因此，最终选择无线微波方案作为电解车间行车监控画面无线传输的解决方案。

在电解分厂的两端分别安装无线微波基站，在每台行车上安装无线微波设备。通过专业频谱分析仪对车间内的微波频段进行扫描，寻找受强磁干扰相对较小的频段。然后对无线微波设备进行参数设置，调整发射功率、频率等参数，以适应电解车间的环境^[2]。

（二）数据采集与问题分析

在多次调整微波频段和设备参数后，取得了较好的传输效果^[3]。通过对传输信号强度、传输速率、掉线率等数据的监测，发现无线微波方案在电解车间强磁环境下能够实现较为稳定的传输。在行车运行过程中，掉线率极低，平均每月仅有1-2次短暂掉线情况，且能够迅速恢复连接。传输距离能够满足整个车间1200米的覆盖要求，信号强度在车间内大部分区域保持稳定。在成本方面，虽然无线微波基站和设备的初期单台采购成本相对较高，但由于其无需大量的流量费用和复杂的布线成本，从长期运行和维护的角度来看，总成本相对较低。

三、无线微波方案的设计与实现

（一）方案原理与架构

无线微波传输方案利用微波频段的电磁波进行数据传输，在电解分厂的两端分别安装无线微波基站，作为信号的发射和接收中心。在每台天车上安装无线微波设备，通过调整微波设备的发

射和接收参数，使其工作在适合电解车间强磁环境的特定微波频段。天车摄像头拍摄的监控画面首先通过无线微波链路传输至车间两端的基站，基站再通过有线网络将数据传输至监控管理平台。

（二）微波频段选择与优化

（1）电磁环境检测与分析

使用专业的频谱分析仪对电解车间内的电磁环境进行全面、细致的检测。分析强磁干扰源的频率分布范围、强度变化规律以及不同频段的信号质量情况，绘制出详细的电磁频谱图。通过对电磁频谱图的研究，确定车间内相对受干扰较小、信号传播较为稳定的微波频段范围作为备选频段。

（2）频段调整与性能测试

在确定的备选频段范围内，对天车上的无线微波设备和基站的微波频段进行逐步调整和优化。每次调整频段后，对监控画面的传输质量进行全面测试，包括信号强度、信噪比、误码率、画面清晰度、延迟时间等关键指标。通过大量的试验和数据分析，最终确定了能够在电解车间强磁干扰环境下实现稳定、高效传输的最佳微波频段。

（三）无线微波设备安装与调试

在天车上选择合适的位置安装无线微波设备^[4]，确保设备安装牢固、稳定，并能够获得良好的信号接收和发射条件。在设备安装完成后，对每台天车的微波设备进行校准和调试，使其与基站之间的信号传输达到最佳状态。调试过程中，重点关注信号的对准精度、强度匹配以及抗干扰能力等方面，通过反复调整设备参数，确保在天车运行过程中监控画面能够稳定、流畅地传输。

四、系统测试与性能评估

（一）传输稳定性

经过大量的测试数据统计分析，无线微波传输方案在电解车间强磁干扰环境下表现出出色的传输稳定性。在天车^[5]全区域运行过程中，监控画面的掉线率极低，平均每月掉线次数不超过3次，且掉线后能够在极短时间内（平均小于5秒）自动重连恢复传输。在强磁干扰环境动态变化过程中，系统能够自动调整微波频段和传输参数，保持相对稳定的传输质量，确保管理人员能够实时、连续地观察到天车运行状态。

（二）画面质量

监控画面的清晰度达到高清标准（1920×1080像素），色彩还原度高，画面流畅，帧率稳定在25fps以上。无论是在车间明亮区域还是相对较暗的角落，都能够清晰地显示天车的细节操作以及作业现场的环境信息，为管理人员提供了准确、直观的视觉监控依据。

（三）功能性能

录像存储功能正常稳定，能够按照设定的存储策略进行长时间连续存储，存储容量满足至少30天的监控数据存储需求。存储的录像文件格式通用，可通过多种视频播放软件进行播放，且检索速度快，能够根据时间、天车编号等关键词在数秒内快速定位

并回放所需录像片段。现场拾音功能灵敏，能够清晰采集天车周围20米范围内的声音信息，声音质量清晰可辨，无明显杂音干扰。实时对讲功能语音清晰流畅，扬声器可覆盖室内30米距离，双向传输延迟时间控制在150 毫秒以内，通话稳定无中断，有效实现了监控管理平台与天车操作人员之间的高效沟通。

五、 结语

通过精心设计无线微波传输系统的架构、优化微波频段选

择、精确安装和调试无线微波设备以及成功实现与监控管理平台的集成与功能开发，提高无线微波传输系统在极端强磁干扰环境下的性能和可靠性。

无线微波传输监控系统实现了36台天车监控画面的稳定、高效无线传输，并具备完善的实时查看、录像存储、现场拾音和实时对讲等功能，为电解车间的智能化管理和安全生产提供了强有力的技术支撑。

参考文献

[1] 杜泽新. 乌江公司视频监控系统建设及在集中管控中的应用 [J]. 红水河, 2021, 40(01): 110–113.
[2] 常慧雅. 认知无线网络中分布式功率控制算法研究 [D]. 西安市: 西安电子科技大学, 2014.
[3] 秦伟. 基于广播电视微波数字化设备的技术探讨 [J]. 通信电源技术, 2020, 37(11): 98–100.
[4] 陈国栋. 微波定位和 AI 视觉识别技术在炼钢物流跟踪项目中的应用 [J]. 中国计量, 2024(03): 146–149.
[5] 马佳, 陈忠良, 李东波, 钱强. 铜冶炼企业原料库智能天车的功能需求及关键技术探析 [J]. 世界有色金属, 2024(08): 33–35.