

# The intelligent upgrade of electrolytic aluminum liquid transportation

Xiangming Yang

Ningdong Aluminum Branch of Qingtongxia Aluminum Industry Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750100, China

## Abstract

The transportation of electrolytic aluminum liquid is the core link connecting the electrolysis workshop and the casting workshop. Its efficiency and safety will affect the production cost and production safety of the enterprise. At present, the traditional transportation mode of electrolytic aluminum liquid has problems such as unreasonable route planning, inadequate monitoring of equipment status, and slow emergency response, which are prone to delay transportation, increase energy consumption, and trigger a series of safety risks. Based on this, the following text will analyze the problems existing in the traditional transportation mode, and by integrating technologies such as the Internet of Things, big data, and artificial intelligence, explore the intelligent upgrade path for the transportation of electrolytic aluminum liquid. It is hoped to promote the intelligent transformation of the logistics link in the aluminum industry.

## Keywords

Transportation of electrolytic aluminum liquid; "Intelligent upgrade; Intelligent dispatching

## 电解铝液运输的智慧化升级

杨向明

青铜峡铝业股份有限公司宁东铝业分公司, 中国·宁夏 银川 750100

## 摘要

电解铝液运输是连接电解车间和铸造车间的核心纽带,其效率与安全性会影响到企业的生产成本和生产安全。当前,传统电解铝液运输模式存在着路径规划不合理、设备状态监测不到位、应急响应缓慢等问题,易延误运输、增加能耗、引发一系列的安全风险。基于此,下文将分析传统运输模式存在的问题,结合物联网、大数据以及人工智能等技术,探寻电解铝液运输的智慧化升级路径。希望推动铝工业物流环节智能化转型。

## 关键词

电解铝液运输; 智慧化升级; 智能调度

## 1 引言

传统电解铝液运输主要以人力为核心,依赖司机判断运输路径、依赖工人巡检运输设备状态。经常会因路径拥堵产生铝液温度损耗、因设备故障预警不及时出现泄露及倾覆等安全问题。在《“十四五”原材料工业发展规划》的要求下,铝工业必须进行绿色、智能化转型,电解铝液运输智慧化升级已成必然趋势。因此,本文基于传统电解铝液运输模式的不足,构建智慧化运输体系是非常有必要的。

【作者简介】杨向明(1996-)男,回族,中国宁夏银川人,本科,助理工程师,从事电解铝行业铝液运输(包括车辆设备运行状况监测,车辆生产调度指挥)研究。

## 2 传统电解铝液运输模式的问题分析

### 2.1 路径规划与调度效率低

传统电解铝液运输模式下主要依靠调度人员分配运输任务,将“电解车间处理顺序”作为唯一的调度依据,并未考虑铸造车间的铝液需求、运输路线的实时拥堵情况做出动态调整。当前,还有很多企业仍然坚持“固定路线+固定车次”的调度模式。在某条运输路线出现拥堵或临时封闭时,司机需要电话请示调度员才能重新规划路线,这会增加单次运输时长。同时,人工调度还难以实现“电解槽出铝量-运输车辆载重”的精准匹配,可能会出现部分车辆超载、空载的情况,这会增加设备损耗、浪费运力。

### 2.2 设备状态监测滞后

电解铝液运输设备主要包括:铝液抬包、运输车辆、测温装置等。传统电解铝液运输模式下主要采取“事后检修和人工巡检”的设备状态监测方法,这种方式相对滞后。这是因为仅靠每日一次或两次的定期巡检很难发现铝液抬包、

轮胎压力等参数的动态变化。如：抬包内衬出现微小裂纹等，如果不能及时发现，在继续使用时极易出现铝液泄露的问题；在铝液温度监测过程中，如果司机只依赖测温仪读取的数据，也会出现问题。这是因为这些数据存在滞后性、主观性。如果铝液温度在运输时下降较快，司机不能及时调整运输速度、采取相应的保温措施，铸造车间流槽内的铝液就会凝固，这需要停产清理流槽。这种单次停产的行为会给企业造成巨大的经济损失。

### 2.3 安全风险防控不到位

如果高温铝液出现泄漏，就会引发火灾、造成烫伤等一系列安全事故。而传统电解铝液运输模式下并未建立完善的安全预警机制。从操作层面来看，部分司机存在着急刹车、超速行驶等违规操作。企业只能通过事后查看行车记录仪的方式追责，无法实时干预危险操作；从环境层面来看，电解铝液运输路线周边常常存在交叉作业，包括：吊车吊装物料、其他车辆穿行等，极易出现碰撞事故；从应急层面来看，在出现铝液泄漏事故时，现场人员需要上报事故后等待专业救援团队的救援。应急响应时间过长，很容易错失最佳处置时机。

### 2.4 数据管理与追溯体系不完善

传统电解铝液运输模式下信息记录以纸质台账为主，记录内容包含：铝液重量、温度数据、车次信息和运输巡检记录等。不仅无法保证数据记录的完整性，还无法解决数据被篡改的问题。这会影响到数据的整合分析和高效利用。在某个铸造车间发现某批次铝液成分异常时，只有先通过人工翻阅台账的方式追溯该批次铝液的信息，才能定位问题、解决问题，追溯过程耗时费力。同时，企业也无法利用这些分散的纸质数据精准识别“高频故障设备、高损耗运输路线”等，难以优化运输流程。

## 3 电解铝液运输智慧化升级的关键技术体系构建

电解铝液运输的智慧化升级并不是单一的技术应用，而是以数据驱动为核心，整合物联网、大数据、人工智能等技术，建立感知-传输-分析-决策为一体的技术体系。下文将从智慧调度、智能监测和安全管控这三大技术板块入手，展开具体分析。

### 3.1 智慧调度，基于大数据与 AI 进行动态优化

智慧调度板块是提升调度效率的核心，核心逻辑是实时采集相关数据，利用 AI 算法生成最佳调度方案，快速完成“需求-运力-路径”的动态匹配。该模块的技术架构为：数据采集层、算法分析层和调度执行层。

第一，数据采集层。企业需采集电解铝车间的数据，包含：电解槽的出铝时间、出铝量等，通过对接电解车间的 MES，实时获取出铝计划；铸造车间的数据，包含：镁条铸造线的铝液需求时间、需求量以及合金类型要求，便于确

定“优先级任务”；运输路线数据，包含：安装在车间通道的视频监控、RFID 定位点等，以便实时获取路况信息；运输车辆的数据，包含：车辆载重、当前位置以及剩余续航等，以便根据车辆的实际能力调整调度方案。

第二，算法分析层。企业需建立两种 AI 算法模型，一是将任务与车辆相匹配的算法，要根据铸造线需求、电解槽出铝量、车辆载重等信息，规划模型。完成“一车多槽”、“一槽多车”的灵活匹配。二是动态规划路径的算法，要基于 GIS 系统分析实时路况数据，引入改进后的 Dijkstra 算法，为每辆车规划最佳路线。这样即使某路线出现拥堵，算法也能够 10s 内重新规划路线，并根据新路线计算运输时间变化，以便合理把控铝液温度。

第三，调度执行层。企业需完成“调度中心-司机终端”的实时交互闭环管理。调度中心通过可视化平台显现所有车辆的位置、任务状态、铸造车间的需求进度等。调度员通过平台可直接下发任务指令。司机可通过车载大屏、手机 APP 等直接接收任务，自动导航到指定位置，并实时反馈装铝完成时间、铝液的初始温度等信息。如果运输阶段出现异常，终端会自动生成最佳备选路线，不需人工请示就能够完成智能化调度，这能够有效提升调度效率。

### 3.2 智能监测，基于物联网实时感知设备与铝液状态

智能监测模块能够解决传统监测设备滞后的问题，通过安装物联网传感器的方式能够全面监测铝液状态、运输车辆设备、环境参数等，并建立“实时预警-异常处理”的主动监测体系。

第一，铝液状态监测。主要从温度监测和成分初步预判这两方面入手。在温度监测环节，将耐高温的无线传感器安装在铝液抬包的内壁，实时监测铝液温度数据。数据会自动传送到云端平台，如果降温速度超出 15℃/时，平台会自动发出预警，提示司机调整车辆保温措施和运输速度。同时，还要在驾驶室安装红外测温仪，方便司机通过车载大屏查看铝液表面温度。这样就能够将自动监测和人工监测结合，起到双重保障；在成分初步预判环节，建立“温度-成分关联模型”，利用历史数据分析铝液成分和温度变化速率的对应关系。这样一旦铝液温度变化异常，就能初步预判是否出现成分波动。这些信息能够为铸造车间调整工艺参数提供重要参考。

第二，运输设备监测。主要从铝液抬包、运输车辆入手开展监测。要在铝液抬包底部安装压力传感器，这样可以实时监测抬包重量，防止超载。要在铝液抬包内衬耐火材料部位安装监测传感器，以便根据电阻变化判断耐火材料的厚度变化。如果厚度低于安全阈值，平台会自动标记“待检修”符号，防止该抬包继续使用；还要在运输车辆上安装 OBD 系统和多种传感器，实时采集轮胎压力、发动机转速、刹车距离等各项信息，以便及时判断车辆是否出现异常。维修人员也能够通过 OBD 系统查看每辆车的健康状态，完成预测

性检修。<sup>[1]</sup>

第三，运输环境监测。主要监测运输线路周边的安全问题。需在各运输线路的交叉口、车间门口安装 AI 视频监控，监测是否有非运输车辆、行人进入运输通道。一旦识别到危险目标，AI 视频监控会立刻发出预警，告知司机前方有障碍物。还需要在运输线路周边安装温度及湿度等环境传感器。因为温度过高会影响到车辆电路安全、湿度过高会导致设备锈蚀等。工作人员可根据环境监测信息做好设备维护工作。

### 3.3 安全管控，基于 AI 与协同机制建立安全屏障

安全管控模块是电解铝液运输智慧化升级的安全保障，需利用 AI 识别、数据追溯等技术，建立全过程的安全管理体系。

第一，事前预防环节。在车辆驾驶室安装 AI 摄像头，利用图像识别技术监测司机是否有违规行为，包括：低头看手机、超速刹车灯。在识别到违规行为时，车载终端会立刻进行语音预警，并将信息同步到调度中心。调度员也可利用平台开展远程干预。同时，还要在电解铝液装料、卸料环节安装 AI 摄像头，识别是否存在违规操作，包括：未固定打包卡口、卸料口未对准流槽等，防止在该环节出现铝液泄漏的问题。<sup>[2]</sup>

第二，事中干预环节。在智能监测模块识别到车辆故障、铝液泄漏等事故时，平台要立刻进行应急响应：首先，利用 GIS 系统自动定位事故位置，并向安全范围内的车辆和人员发送事故信息。其次，根据事故类型快速生成应急处置方案，并发送给现场人员。最后，通过平台立即联系应急团队，并同步事故位置、事故类型等重要信息，以便提升应急团队的响应时间。

第三，事后追溯环节。要将电解铝液运输的全过程数据上传到区块链平台上，设置数据无法篡改权限。在出现设备故障、铝液成分异常时，工作人员可根据批次号等重要信息检索相关数据，直接定位到问题环节。如果是打包泄露事故，可直接调取相关历史使用记录和检修记录，判断是否存在检修不到位的情况。此外，通过数据追溯还能够分析历史事故数据，找出高频事故点、高频故障设备等，为后续的优化安全管理提供参考。<sup>[3]</sup>

## 4 电解铝液运输智慧化升级的保障措施

电解铝液运输智慧化升级是一项系统工程，必须解决技术融合、人员适配、成本控制等升级难点，才能够确保升级落地见效。

第一，技术融合难点。一些企业现有的设备较为老旧，数据接口无法和智慧化系统对接，技术模块的数据标准不统

一，易出现数据冲突、数据延迟等问题。这需要相关企业优先改造运输车辆、铝液打包等核心设备，为其安装传感器以及数据采集模块等，这样既能够节约成本，又能够避免生产中断；企业还要联系软件开发商和物联网设备厂商等建立专项技术小组，统一“电解铝液运输智慧化数据标准”，确定数据采集频率、数据格式等。这样就能够利用数据中台统一清洗、整合各模块的数据，避免出现数据冲突。<sup>[4]</sup>

第二，人员适配难点。当前，部分司机和调度员的工龄较长，对智能设备的接受度较低，在工作时过度依赖人工经验决策，对智慧平台的信任度不足。这需要企业根据各岗位的实际开展分类培训。针对司机进行实操培训，包括：利用车载终端操作模拟系统进行模拟驾驶演练。锻炼司机独立接收任务、自觉上报异常的能力。针对调度员进行算法逻辑培训，为其讲解智慧调度算法的核心原理，提升他们对算法方案的信任度。对维修人员进行预警处置培训，利用真实的案例讲解设备预警信息的解读方法和检修流程。确保维修人员能够快速掌握预警信息，完成检修行动。

第三，成本控制难点。智慧化升级过程中要投入大量资金采购传感器、开发系统、培训人员等。前期投入较高，可能会抑制部分企业升级的积极性。这需要企业根据资金状况制定分段投入计划，并积极申请政府给予的工业智能化改造专项补贴，尽量降低自担成本。企业还要组织财务和技术部门测算短期与长期收益，以此不断调整升级方案。此外，企业尽量不要选择自主开发系统，可以选择供应商结合实际需求定制系统。这样就能够利用供应商的技术积累降低开发成本。

## 5 结语

电解铝液运输的智慧化升级是铝工业绿色化、智能化转型的重要组成部分。本文分析了传统运输模式在效率、安全等运输环节存在的不足，构建了“智慧调度、智能监测、安全管控”为一体的技术体系。同时还解决电解铝液运输智慧化升级过程中技术融合、人员适配和成本控制三方面的难题，明确了相关企业的发展方向，提升了铝工业物流环节的智能化水平。

### 参考文献

- [1] 常自贤. 关于物联网技术在电解铝企业铝液运输车的应用研究[J]. 汽车周刊, 2025, (02): 74-75.
- [2] 叶圣福. 电解铝企业车辆运输安全管理实践与探索[J]. 汽车周刊, 2025, (01): 73-75.
- [3] 铝行业首辆充换电一体铝液运输车正式投入使用[J]. 铝加工, 2022, (01): 72.
- [4] 韩育立. 浅议酒钢运输部铝液车遥控改造[J]. 甘肃冶金, 2021, 43(05): 99-101.