

# 换极对铝电解槽冲击的分析研究

王子骁

包头铝业有限公司 内蒙古 包头 014030

**摘要:** 铝电解槽作为铝电解生产的核心设备,其运行稳定性直接影响到铝的生产效率和成本。本文深入探讨了换极操作对铝电解槽产生的冲击。换极过程中,新极的引入打破了电解槽原有的热平衡和电流分布,导致电压波动、电解质温度下降等不良影响。通过模拟和实测数据,发现换极后最大水平电流可达不换极时的2-3倍,铝液电解质界面变形幅度增加4-10mm。此外,换极操作不当还可能引发局部短路、阳极长包等问题,严重影响电解槽的稳定性和生产效率。因此,优化换极操作和采用电磁兼容技术成为减轻换极冲击的关键。

**关键词:** 极对铝电解槽;换极冲击;冲击策略

引言:在铝电解过程中,换极操作是不可避免的环节,但换极过程往往伴随着对电解槽的显著冲击。这种冲击不仅可能导致电解槽运行不稳定,还可能引发一系列生产问题。基于此,深入研究换极对铝电解槽的冲击,探索减少冲击的策略,对于提高铝电解生产的稳定性和效率具有重要意义。

## 1 铝电解槽的重要性

铝电解槽在铝工业生产中占据着举足轻重的地位,其重要性不仅体现在铝的生产过程中,还直接关系到铝工业的整体发展和环境保护。第一,铝电解槽是铝工业生产的核心设备。铝是一种广泛应用于建筑、汽车、航空航天等领域的重要金属,其需求量巨大。而铝电解槽正是通过电解反应将氧化铝还原为铝金属的关键设备。在电解过程中,氧化铝溶解在熔融的冰晶石电解质中,通过电解作用,铝金属在阴极析出,氧气在阳极产生。这一过程不仅实现了铝的提取,还决定了铝的生产效率和产品质量。第二,铝电解槽能够实现连续生产,通过优化电解工艺和设备设计,可以大幅度提高电解效率,降低能耗和生产成本。例如,现代铝电解槽采用先进的节能技术和设备,如高效节能变压器、保温性能优良的槽体结构等,使得铝的生产成本大大降低,提高了铝工业的市场竞争力。第三,在铝电解过程中,电解槽产生的废气和废渣需要得到有效处理,以减少对环境的污染<sup>[1]</sup>。现代铝电解槽采用了先进的环保技术和设备,如废气净化系统、废渣回收系统等,能够大幅度降低废气排放量和废渣产生量,减少对环境的影响。第四,随着科技的不断进步,铝电解槽的设计和制造技术也在不断更新换代。新型铝电解槽采用了更加先进的材料和结构设计,具有更高的电解效率和更低的能耗。同时,电解槽的自动化和智能化水平也在不断提高,使得铝的生产过程更加安

全、高效和环保。

## 2 换极对铝电解槽冲击的影响

### 2.1 热平衡的显著变化

在铝电解槽中,热平衡是一个至关重要的因素,它直接影响着电解槽内部的温度分布、电解质的物理化学性质以及电解过程的进行。换极过程中,旧阳极的拆卸和新阳极的安装会打破原有的热平衡状态,导致一系列显著的变化。一是温度的迅速降低,新阳极的温度通常远低于电解槽内部的温度。当新阳极浸入电解质中时,会迅速从槽内吸收大量热量,导致电解槽内部温度迅速降低。这种温度的快速变化会对电解槽产生较大的冲击。根据研究数据,换极后电解槽的温度可能会降低10°C左右,这种温度的变化足以对电解槽的运行产生显著影响。二是电解质的凝固和沉淀,随着温度的降低,电解质可能会出现凝固和沉淀现象。这会导致电解质的电阻增大,降低电流效率,增加能耗。三是热平衡的重新建立,在换极后,电解槽需要经历一个热平衡重新建立的过程。这一过程可能需要数小时至数十小时不等,取决于电解槽的具体条件和换极操作的精确性。在这个过程中,电解槽的温度、电解质的状态以及电解过程的进行都会发生相应的变化。如果热平衡重新建立的过程过于缓慢或不稳定,可能会对电解槽造成进一步的冲击和损害。四是电解槽的稳定性,热平衡的显著变化会直接影响电解槽的稳定性。温度的快速降低和电解质的凝固沉淀可能导致电解槽内部结构的破坏和变形,进而影响电解槽的密封性和机械强度。

### 2.2 电流分布的不稳定

换极对铝电解槽冲击的影响中,电流分布的不稳定不仅影响电解槽的运行效率,还可能对电解槽的结构和安全性造成潜在威胁。电流分布不稳定的原因是换极

过程中,旧阳极的拆除和新阳极的安装可能导致阳极间距离发生变化。阳极间距离的不同会导致阳极电流密度不同,进而影响电流分布的均匀性。新阳极的形状和大小可能与旧阳极存在差异,这也会导致电流分布的不均匀。例如,阳极短而宽时,电流密度在中间较大,两侧则较小。铝电解槽中,电解液是随着气泡一起上升的,气泡的积聚和流动会影响电解液的均匀性和稳定性,从而导致电流分布的不稳定<sup>[2]</sup>。电流分布的不稳定会导致电解效率降低,因为电流分布不均匀时,部分区域的电流密度过大,而部分区域则过小,无法充分利用电能。由于电解效率降低,为了达到相同的产量,需要消耗更多的电能,从而增加生产成本。电流分布的不稳定还可能导致电解槽内部结构的损坏,如阳极和阴极的烧蚀、电解槽的变形等,进一步影响电解槽的使用寿命。

### 2.3 生产效率和能耗的影响

换极过程中,电解槽的原有热平衡和电流分布会发生变化,导致电解槽稳定性下降。这种不稳定性可能导致电解槽出现波动,影响电解过程的平稳进行。换极后,电解槽需要一定的时间来重新建立稳定的运行状态。这段时间内,电解槽的生产效率会受到明显影响。根据相关数据,换极后的重启时间可能需要数小时至数十小时不等,具体取决于电解槽的规格和换极操作的精确性。由于换极引起的电解槽波动,可能导致产品质量出现波动。铝电解过程中的微小变化都可能对铝产品的纯度、晶粒结构等产生影响,进而影响产品的性能和使用寿命<sup>[3]</sup>。换极过程中,电解槽需要消耗额外的能源来重新建立稳定的运行状态。这包括电能、热能等。同时,由于电解槽稳定性下降,可能导致电解效率降低,进一步增加能耗。根据相关研究,换极后的能耗可能会比正常情况下增加5%至10%左右。换极引起的电解槽波动和重启过程中,能源的利用效率也会降低。这是因为电解槽在不稳定状态下运行时,其能源转化效率会降低,导致更多的能源被浪费。换极操作是铝电解生产中的常规操作之一,如果每次换极都导致能耗的增加和能源利用效率的降低,那么长期来看,这种累积效应将对生产成本产生显著影响。

## 3 减少换极冲击的策略

### 3.1 优化换极工艺

优化换极工艺是减少铝电解槽换极冲击的关键策略之一。(1)精确控制换极时间:通过定期检查阳极的消耗程度和表面状况,确定最佳的换极时间。避免过早或过晚换极,以减少对电解槽的不必要冲击。根据电解槽的实际情况和生产需求,合理设定换极周期。过短的换

极周期会增加操作成本,而过长的周期则可能导致阳极过度消耗,影响电解效率。(2)改进换极操作技术:使用多功能天车、专用夹具等先进工具和设备,提高换极操作的精度和效率。例如,多功能天车能够精确控制阳极的升降和移动,减少对电解槽的冲击。根据电解槽的布局和阳极的排列,合理安排换极顺序。优先更换靠近槽边的阳极,以减少对电解槽中心区域的干扰。(3)加强电解槽维护:定期对电解槽进行检查,包括槽体结构、电解液成分、温度等参数。发现问题及时修复,确保电解槽处于最佳工作状态。在换极过程中,采取措施保持电解槽的稳定。例如,通过调整电解液温度、控制送风量等方式,减少电解液波动和温度变化对电解槽的影响。(4)引入自动化和智能化技术:通过引入自动化换极系统,实现换极过程的自动化控制。自动化系统能够根据电解槽的实际情况,自动调整换极参数和操作步骤,减少人为因素对换极过程的影响。利用物联网、大数据等智能化技术,对电解槽进行实时监控和数据分析。通过预测模型和优化算法,提前发现潜在问题并采取措施解决,降低换极冲击的风险。

### 3.2 提高阳极质量

减少铝电解槽换极冲击的策略中,提高阳极质量根据电解槽的使用环境和要求,选择具有优良性能的材料,如5052、6061、7075等铝合金材料。这些材料通常具有良好的机械强度、导电性和耐腐蚀性,能够满足阳极在电解过程中的需求。严格控制原材料的进货检验,确保材料的质量符合要求。对于不合格的原材料,应坚决予以退货或替换,避免使用劣质材料导致阳极质量下降。制定标准化的生产工艺流程和作业规范,确保阳极生产过程中的各个环节都符合质量要求。通过规范化、标准化的操作,减少人为因素对阳极质量的影响。在阳极制造过程中进行全程质量检验,严格控制产品的允许偏差范围。对每个工艺节点的数据和记录进行统一管理和保存,以便追溯问题原因并进行改进<sup>[4]</sup>。控制煅烧温度,确保石油焦等原材料在适当的温度下进行煅烧,以提高其密度、降低电阻率并增强化学稳定性。这有助于提升阳极的物理性能和电化学性能。优化混捏工艺,确保沥青等黏结剂与骨料充分混合,提高阳极的均匀性和稳定性。同时,控制混捏温度和时间,避免沥青老化或骨料颗粒润湿性变差。对阳极产品进行合格证明和产品标识,以便在后续使用过程中进行有效监管。同时,建立完善的质量追溯体系,确保在阳极出现质量问题时能够快速找到原因并采取相应措施。

### 3.3 加强设备维护

在铝电解生产中,减少换极冲击的策略中,加强设备维护不仅涉及到设备的正常运行,更直接关系到电解槽的稳定性和生产效率。设备维护在铝电解生产中起着至关重要的作用。首先,通过定期检查和维修,可以确保设备处于良好的工作状态,减少因设备故障导致的换极冲击。这包括检查电解槽的密封性、电解液的循环系统、天车等关键设备的运行状况,及时发现并解决问题。接着,加强设备维护还需要对设备进行定期保养和清洁。电解槽内部的沉积物和杂质会影响电解液的流动性和电解效率,因此需要定期清理,对于天车等移动设备,要确保其运动部件的润滑和清洁,减少因摩擦和磨损导致的故障。再者,加强设备维护还需要建立健全的设备档案和维修记录。通过对设备的使用情况、维修记录等数据的分析,可以了解设备的性能状况和磨损情况,为后续的维护和保养提供有力支持。在加强设备维护的过程中,还需要注重技术人员的培训和技能提升。技术人员是设备维护的关键力量,他们的技能水平和专业知识直接影响到设备维护的效果。因此,需要定期组织技术人员进行培训和技能提升,让他们掌握最新的维护技术和方法,提高设备维护的水平和效率。最后,加强设备维护还需要建立严格的设备管理制度和考核机制。通过制定明确的设备管理规范 and 操作流程,确保设备的正常使用和维护,建立考核机制对技术人员的维护工作进行监督和评估,激励他们积极参与设备维护工作,提高设备维护的质量和效率。

### 3.4 采用电磁兼容技术和屏蔽措施

在铝电解生产过程中,换极操作常常伴随着电磁场的波动,这些波动不仅影响电解槽的稳定性,还可能对周围环境和设备造成不利影响。为了减少换极冲击,采用电磁兼容技术和屏蔽措施成为了一种有效的策略。电磁兼容技术是指在同一电磁环境中,各种设备能够正常工作并且互不干扰的一种技术。在铝电解生产中,这意味着需要采取措施确保换极过程中产生的电磁场不会对电解槽的正常运行造成干扰,同时也要防止电

解槽产生的电磁场对其他设备造成不利影响。通过合理设计电解槽和换极设备的电磁屏蔽结构,可以有效减少电磁场的泄漏和干扰。这包括使用导电材料构建屏蔽层,将换极设备和电解槽产生的电磁场限制在特定区域内,防止其扩散到周围环境。同时,对于需要穿越屏蔽层的电缆和管线,应使用低阻抗的屏蔽材料进行包裹,以减少电磁干扰的传递。采用先进的电磁兼容技术也是减少换极冲击的重要手段。例如,通过优化换极设备的电路设计和电源供应方式,减少换极过程中产生的电磁噪声和谐波干扰。此外,还可以采用电磁隔离和滤波技术,对换极过程中产生的电磁信号进行隔离和过滤,以减少对其他设备的干扰<sup>[5]</sup>。在实施电磁兼容技术和屏蔽措施时,需要综合考虑电解槽的结构、换极设备的特性以及周围环境的电磁环境等因素。通过精确计算和模拟分析,确定最佳的屏蔽结构和技术方案。同时,在实际应用中还需要不断进行监测和调整,确保电磁兼容性和屏蔽效果达到预期目标。

### 结语

总之,通过详细探讨换极对电解槽稳定性、生产效率以及能耗的影响,本研究为优化换极操作、减轻换极冲击提供了理论支撑和实践指导。未来,随着铝电解技术的不断发展,我们期待能够进一步减少换极冲击,提高铝电解生产的整体性能和可持续性。

### 参考文献

- [1]金岭,马军玺.铝电解槽阴极软带母线不停电修复技术的研究与应用[J].世界有色金属,2020(20):11-15.
- [2]白卫国,曹永峰,解宇斌,袁飞,马瑞兵.铝电解槽阴极钢棒被浸蚀现象探析[J].世界有色金属,2020(20):5-7.
- [3]曹韶峰,梁贵生,王成智,汪艳芳,胡清韬.浅谈大型铝电解槽效应控制[J].世界有色金属,2020(20):189-190+193.
- [4]马颜光.铝电解槽槽壳校正与母线修复技术应用[J].世界有色金属,2020(24):176-178.
- [5]刘建华.铝电解槽自生成炉膛的形成条件与功能的相互关系[J].有色金属设计,2020,47(04):57-60.