

# 刍议智能控制在铝电解过程中的应用

易勇厅

(吉利百矿集团有限公司,广西 百色 533045)

**摘要:**20世纪60年代起,智能控制技术得到快速发展,并且得以推广普及应用,使得铝电解生产节能降耗,但同时也有一些问题和不足。生产中发现的问题主要有:太过于依赖智能化和数字化的模型,对于算法的应用太过于理想化,然而严格控制输出产量,同时相关部门管理较为松弛。以电解铝的相关知识和思维逻辑为研究前提,笔者结合多年工作经验,深入分析目前铝电解过程中智能控制技术的应用现状,并结合当前智能控制技术发展现状,针对性的提出铝电解智能控制发展方向,希望可以为研究智能控制在铝电解过程中的应用的相关专业人员提供借鉴。

**关键词:**智能控制;铝电解;节能降耗

**中图分类号:**TF821

**文献标识码:**A

**文章编号:**1004-7344(2023)12-0178-03

## 1 智能控制技术内容分析

智能控制通过构建精确数学模型解决问题,借助人工智能和逻辑推理作为数学模型的知识基础,属于边缘性的交叉学科。

### 1.1 专家系统

专家系统是一个数字化和智慧化的人工智能程序,通过把人类长期以来积累的知识和经验融合到计算机系统中,然后对人类处理事情的推理决策手段过程模拟演练,得到相关权威专家的研究成果来解决在研究中遇到的困难。

### 1.2 模糊控制

模糊控制工作,依据相关原理可知,模糊控制在运转的同时,其内部的复杂性和精确性会大大降低,在触碰到规定限制值时,两者就会产生排斥的情况。模糊控制工作促进大脑与计算机之间互通联系,基于模糊集合理论的核心,形成大脑和计算机间的联系互通,能把人类科学家长久形成的模糊知识内容和经验等信息进行转换,形成能够被计算机识别运行的理论规则。基于此,计算机进行模糊信息的处理工作,进行推理和判断。

### 1.3 神经网络

神经网络的主要内容是指对人体思维进行高效的模拟和应用,经过大量数据进行简单的分析加工,具有通用性,实现了互联互通,形成了复杂的网络结构。其主要针对人脑神经网络的结构和行为,并形成一个非线性动态系统。主要特点是数据的分散和联合处理能力突出。在这个过程中,该网络具有强大的容错能力,可以执行有效的关联和推广工作<sup>[1]</sup>。

## 2 铝电解智能控制技术应用现状分析

目前工业化生产已经迈入工业4.0时代,主要内容包括以下3个方面:①实现人工智能工厂建设,实现生产的智能化、高效化和网络化;②实现机器大生产,实现生产过程中的仓储物流、人工操作和立体三维技术的智能化;③实现大数据物流管理,大大提高物联网中的数据和资源处理效率,并对其进行整合。然而铝工业仍处于工业2.0时代,行业的智能化控制滞后,例如,能量流输入和输出的智能监控和分析,物料流的输入和输出的智能统计分析,槽控系统仍处于模糊控制阶段。

### 2.1 物料的输入和输出过程控制

过程控制是通过一定数量的开放式智能操控机系统构成,不同的智能操控机空控制对应的电解槽,一般情况下通过一台专用设备在应用中得到的数据,完成数据采集,分析解决实时操控,进行数据信息互通。

### 2.2 过程优化

过程优化环节主要由接口监控机和数据库服务器等设备构成。这一环节分成了通讯、监控管理、实时数据库和远程控制4个不同的模块,但不同模块间又具有各自独立性,过程优化在进行集中管理工作时,就显得尤为重要。因此,将计算机作为中介连接体,实现接口监控机设备,进行备用服务器的计算机的准备。当出现服务器设备故障情况时,计算机就可以实现服务器的一些功能各个接口监控机设备间可以互相成为备用机,这样的设计方法可以更好地保障系统的稳定可靠<sup>[2]</sup>。

### 2.3 槽控系统仍处于模糊控制阶段

铝电解生产智能模糊控制系统是建立在模糊数学的基础上模仿人的日常管理对电解槽进行控制。其控

制系统遵守“勤加工,少下料”的电解生产原则,并以系统监测得到槽电阻的变化来确定电解质中氧化铝浓度,以“正常、减量、增量”来确定下料量,又以“大下料、小下料”来完成工艺要求的氧化铝浓度控制。

### 3 铝电解控制过程内容分析

在铝电解槽中,主要功能复杂多样且相互作用。其充满了电场、磁场、热场。在物理和电化学作用下,状态变化更是复杂多变的。该过程受常规手动操作和传统生产工序的影响,常见的干扰是铝生产和阳极更换,很难识别堆叠控制错误和创建复杂的时变内容。因此,很难在此基础上开展检测工作。目前,控制系统可直接不间断收集到的电解槽信号有电解槽电压和系列电流两个,这些可以通过机械装置来对这个环节进行直接的控制调节,可以调整两极间距和打壳下料部分,从而实现了对电解槽电压和电解质中氧化铝的浓度大小进行调节控制。现阶段的技术还不能做到对氧化铝浓度直接在线监测,但在实际生产过程中,会和电阻二者之间形成不对称的U型关系,通过把调整下料和上料之间的关系从而使其周期进行来回变换,借此保证氧化铝浓度在一个比较稳定的范围内变化,将阳极设置成为移动方向,电解槽电阻的改变只受到氧化铝浓度的影响,其中槽电阻数值伴随时间变化速率数值的大小来反映槽电阻的氧化铝浓度导数大小数值<sup>[9]</sup>。

槽电阻数值是指在一定时间范围内,氧化铝浓度的实际变化率在累积斜率数值上的反应。氧化铝浓度数值设定在不容易产生样机效应和不容易出现沉淀的范围之内。考虑通过电解槽电阻时间变化速率的数值来显示氧化铝浓度的数值,氧化铝浓度对导数具有相当高的要求,一定要使导数尽可能大,从而实现最佳浓度控制数值在最佳浓度范围内。

上述内容表明,铝电解槽是一个具有可变特性、非线性和高滞后的惯性系统。该模型的应用存在不确定性,铝电解过程的控制主要基于电池的电阻与极性距离的比率。其他影响因素需要在此过程中统筹兼顾,确定其准确的两极间距和下料控制措施,环节中能够精准确定的数学模型较少。在铝电解生产过程中实现智能控制,应用智能控制技术优点更为突出,相对于其他的控制方法来讲,先进的铝电解过程控制策略,智能控制技术提供重要手段,提升控制效果,满足经济技术指标需求。

### 4 控制方法研究

智能控制技术在应用过程中,通过对于铝电解槽作为基础的综合应用,构成新型化的铝电解槽模糊专家系统,系统中会涵盖不同的子系统,各子系统间独立

完成工作同时又互通信息,相互协调共同完成系统工作。这些子系统分为实时控制子系统、三场动态仿真子系统和神经网络槽况诊断专家子系统3个。在具体工作运行中,分类别收集并分析电解槽传递的信息,然后把分析得到的下一级信息传递到槽况诊断系统中,同时也要为实时控制专家系统提供对应信息<sup>[9]</sup>。

三场动态仿真系统把信息传递到槽况诊断系统,槽况诊断系统进行信息分析处理得到结果,再结合人工输入得到的信息,来对电解槽的具体实际情况进行判断,总结出电解槽内中长期的情况预报。实施控制系统再根据动态仿真信息系统的诊断预报结果,配合解析结果,最终给出有针对性的方法进行控制,铝电解生产中的两极间距和槽内氧化铝浓度得到有效控制,以此完成电流效率需要的工艺技术条件。

(1)实时控制系统、人类专家积累的知识和长期经验得到很好的利用,进一步改善控制达到的优化生产结果,需要结合专家系统技术和模糊控制技术二者,共同发挥作用,来完成技术进一步突破。要完成这一技术开发,可以参考模糊生产表示方法,其统一表达推理机使用的多样性规则。所有规则应根据统一的存储规则进行分组,然后根据规则进行应用。控制库的内容主要包括储罐状态的自行诊断和分析、相应控制模式的选择以及设定值的控制和校正。参考近似推理原理和模糊专家系统的推理技术,完成推理机的建设,这样的推理方法需要在数据库中的原始实际数据和不同规则的条件下进行匹配。数据库中原来的数据一定要有较高的准确性和可实用性,但也不是对所有的不精确数据嗤之以鼻,因此,匹配时,推理机也不是必须要求数据一定要有准确性,其也允许不具有准确性的数据存在,以确保部分匹配也适用。为了适应一般性规则,设定了前件和断言间之间的最低等效水平。这个值对比提前设置的阈值要偏大,规则就会到触发规则集里面,通过规则设定进行分组、优先级和匹配程度中的矛盾处理方法来给出最终的执行规则。基于电解质电池的非线性和时变特性,想要优化控制器的性能,就需要利用论域自调整算法进行,即推理机根据电解槽内的情况变化进行控制模式的转变,对于模糊的变量改正后输入,相对应的精确数值论域同样进行改正输入,这样的方法可以自动在线改变模糊专家控制设备动态和静态工作,效果更加明显,且更加简单方便。

(2)在线仿真系统是以物理场计算机仿真原理为基础,工作中收集并数值化物理场变化生产的信息,通过动态性仿真数学模型分析出未知的物理场特征相关数据,在需要的时候,再通过二位动态显示出仿真分析

的对应结果,这其中电解槽内温度值范围和槽膛内形是动态显现的价值。

(3) 情况诊断专家子系统内容,在槽况诊断过程中,数据具有多种类型、缺点缺陷较多和不确定性等特点。在此基础上,需要借用与此相匹配的生产方法来对槽况进行诊断和表达,即“if-条件-then-结论”,很难应用有效的规则来描述各种可能情况的完整性,从而导致知识库的爆炸性传播情况的发生。为了避免上述情况,可以使用一种更有效的方法来使用神经网络技术设置槽况诊断专家系统知识库,这一技术的应用对于表现、总结和提升都具有非常重要的意义。主要可以通过应用下面几种方法来获得槽况诊断信息:①槽控机设备的相关信息,②三场仿真信息,③人工检查测验得到的信息数据。槽部分诊断专家系统知识分为槽况诊断知识和槽况控制决策知识,考虑此情况,网络要把二者分成两种通过并联方式连接而成的4层子网络,来形成槽况诊断专家系统。这样系统运行时对信息的抓取、电解槽具体情况的断定都非常有效。槽况维护决策网络主要用以获得当天出铝量情况和当天设定电压调整情况,这些都是通过人工来控制相应参数或者自动设置对应的阈值,然后来完成对应的决策。

## 5 铝电解生产过程智能集成网络控制系统内容分析

铝电解槽中提供了电、磁、热和电场等复杂功能,促使其中的情况更加复杂,而且该过程还需要定期手动操作,从而产生了许多可变的、可接近的和随时间变化的特性。铝电解生产阶段的主要目标是基于铝浓度和电解质温度的数值预测模型,实现铝浓度和电解液温度的特定预测值,构成闭环控制系统,纳入多样化因素影响,并且可以检查极距和放电的实际控制策略,以确保电解质电池的热平衡和材料平衡。从而达到最佳的和最优的生产条件和生产质量。

基于此,传统控制技术主要采用相对单一的智能控制技术,控制效果较弱。根据铝电解过程的本质特点,将智能集成技术应用于铝电解过程控制器中进行铝电解过程控制工作,设计了生产网络控制系统,从而在特定生产中提高了控制效果。

(1) 提出了一种基于混沌优化的模糊电解质温度控制方法。这个系统的主要形式是串级。主控制器是基于混沌优化的温度模糊控制器,副控制器是锁定槽电压专家模糊控制器。此外,有必要分析串级流中变化的槽电压的影响,并在过程中添加输入控制装置,这种结构优势可以提高系统的响应速率,扰动调节能力提高

后,在提高干扰控制能力的同时克服对象的非线性。

(2) 在氧化铝浓度模糊专家控制系统中进行铝电解时,有必要密切关注铝浓度的参数,并重点关注其控制。浓度值高,槽底较低,电流效率降低,电阻和阴极降低,铝液层的稳定性受到影响。氧化铝含量低,极易产生阳极效应,增加电池电压,破坏电解质电池能量平衡。对于这些问题的具体分析,必须确保电流效率,保持电池的铝含量处于低浓度,避免产生阳性效应问题。

## 6 智能控制发展方向及应用

铝电解生产全周期生产智能管控系统的建设及应用包括:电解槽设计图纸、内衬材料质量、施工质量的过程管控;能量流全过程监控及分析系统。应用能耗桥的思路追踪能源的去向,并在关键节点形成分析和优化建议;物料流的全过程监控及分析系统。应用物耗桥的思路追踪物料的去向,并在关键节点形成分析和优化建议;槽控系统由模糊控制向智能。实现高效工艺匹配推荐、异常提示及处理意见推送、形成全过程健康度诊断及工艺优化推荐,综合形成智能的槽大修推荐及破损槽险情智能预警控制方向优化<sup>⑤</sup>。

## 7 结语

综上所述,随着人工智能不断的高速发展,铝电解控制工作有新的更好的方法策略。根据铝电解生产中的具体情况,智能控制可以设置专家系统、模糊控制系统和人工神经网络系统3个子系统,子系统之间独立工作的基础上相互配合,实现铝电解生产过程智能控制,顺应未来铝电解行业控制技术的发展趋势。铝电解生产工艺技术得到进一步完善,同时,经济效益和生产安全也得到保障,降低生产工人的工作压力,进一步提高生产效率。

## 参考文献

- [1] 冷龙洋,张正和,文胜毅,等.高钾电解质体系的物理化学性质及铝电解节能试验[J].轻金属,2022(5):19-23.
- [2] 姜玉敬,王毅,郑艳珍,等.智能化新技术在铝用炭素行业中应用的探讨[J].世界有色金属,2021(14):160-162.
- [3] 刘靖,董菲.大型铝电解厂自动化与智能化的研究与发展[J].世界有色金属,2018(15):20-21.
- [4] 刘克军.电解铝出铝全流程智能控制关键技术研究[J].冶金与材料,2021,41(4):93-94.
- [5] 单鹏飞.浅论铝电解智能控制技术的应用与发展[J].科学与信息化,2018(28):61,63.

作者简介:易勇厅(1984—),男,壮族,广西百色人,本科,工程师,主要从事铝电解生产管理工。