

电解铝净化系统除尘器设备升级改造中低压电气系统的适应性设计与节能增效分析

吉和文

黄河鑫业有限公司 青海 西宁 810000

摘要: 本文深入探讨电解铝净化系统除尘器设备升级改造过程中中低压电气系统的适应性设计与节能增效问题。首先阐述电解铝净化系统除尘器设备升级改造的背景与重要意义,接着详细剖析中低压电气系统适应性设计的关键技术细节,涵盖电气设备选型、控制策略优化以及电气安全防护等方面,并给出具体数据支撑。随后,系统论述节能增效的具体策略、实施措施及相关数据,如高效节能设备的应用效果、电气运行参数优化带来的节能数据等。

关键词: 电解铝净化系统;除尘器设备升级改造;中低压电气系统;适应性设计;节能增效

1 引言

电解铝行业作为高能耗产业,在生产过程中会产生大量含尘烟气,这些烟气不仅对环境造成严重污染,还影响企业的可持续发展。传统的电解铝净化系统除尘器设备在净化效率、运行稳定性以及能源消耗等方面存在诸多不足,难以满足日益严格的环保要求和企业降本增效的需求。因此,对除尘器设备进行升级改造迫在眉睫。中低压电气系统作为除尘器设备的核心组成部分,其适应性设计和节能增效直接关系到整个升级改造项目的成败。合理的电气系统设计不仅能确保除尘器设备高效稳定运行,还能显著降低能源消耗,减少企业运营成本,具有重要的现实意义。

2 电解铝净化系统除尘器设备升级改造背景与意义

随着环保意识的提升和法规的严格,电解铝行业面临严峻的环保挑战。传统除尘设备由于技术与设备老化问题,难以满足现行粉尘排放标准(低于 $10\text{mg}/\text{m}^3$),例如一些老旧设备排放浓度高达 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 。此外,随着生产工艺改进和产能扩大,对净化系统的要求也日益增高,促使企业进行除尘器设备的升级改造以实现环保达标和可持续发展。改造后的除尘器不仅能够更有效地减少粉尘和有害气体排放,如某企业从 $45\text{mg}/\text{m}^3$ 降至 $8\text{mg}/\text{m}^3$ 以下,改善空气质量,还通过优化电气设计、采用高效节能和智能控制技术,降低了能耗和维修成本,提升了经济效益。据统计,电能消耗可降低15%-25%,显著节省电费支出,并减少了生产停机时间。此外,环保升级有助于提升行业形象和社会责任感,促进企业的可持续发展,同时减少粉尘排放对居民健康的影响,提高社会公众的生活质量,体现了良好的社会效益。

3 中低压电气系统适应性设计的关键要点

3.1 电气设备的选型与配置

变压器: 根据除尘器设备的总功率需求和运行特点,精确计算变压器容量。一般来说,变压器容量应按照设备总功率的1.1-1.2倍进行选择,以留有一定的裕度应对负荷波动。例如,某电解铝企业除尘器设备总功率为800kW,则选择容量为900kVA的变压器较为合适。考虑到电解铝生产过程中负荷波动较大,应优先选择干式变压器或油浸式非晶合金变压器。干式变压器具有防火、防爆、无污染等优点,适合安装在室内;油浸式非晶合金变压器则具有低损耗、高效率的特点,其空载损耗比传统硅钢片变压器降低70%-80%。在实际应用中,可根据企业的具体需求和场地条件进行选择。

开关设备: 选用性能可靠、操作灵活的开关设备,如真空断路器、隔离开关、负荷开关等。对于主回路开关,应选择具有较高短路开断能力和分断能力的真空断路器,其额定短路开断电流应根据系统的短路容量进行选择,一般应不小于系统短路电流的1.2倍。例如,若系统短路电流为25kA,则主回路真空断路器的额定短路开断电流应选择为31.5kA^[1]。隔离开关主要用于隔离电源,确保检修人员的安全,其额定电流应不小于回路的工作电流。负荷开关则用于正常负荷下的通断操作,应具有良好的灭弧性能和操作可靠性。

电动机: 除尘器设备中的风机、泵等设备通常采用电动机驱动。在选择电动机时,应根据设备的负载特性、转速要求以及节能要求等因素进行综合考虑。对于风机类负载,由于其负载转矩与转速的平方成正比,采用变频调速电动机可以实现风量的精确调节和节能运行。例如,某除尘器风机在额定转速下功率为110kW,

采用变频调速后,在低风量工况下(转速降低为额定转速的70%),电动机功率可降低至约38kW,节能效果显著。同时,应选择高效节能型电动机,其效率应符合国家相关标准,一般高效电动机的效率比普通电动机提高3%-5%。

电缆与导线:根据电气设备的功率和线路长度,精确计算电缆和导线的截面积。电缆和导线的截面积选择应满足载流量、电压降和热稳定等要求。一般来说,电缆的载流量应根据环境温度、敷设方式等因素进行修正。例如,在环境温度为40℃时,YJV-0.6/1kV3×120+1×70电缆在空气中敷设的载流量约为295A。电压降方面,一般要求线路末端的电压降不超过额定电压的5%。对于长距离输电线路,还应进行热稳定校验,确保电缆和导线在短路情况下不会因过热而损坏。

3.2 控制系统的优化

PLC控制:采用可编程逻辑控制器(PLC)对除尘设备进行集中控制,实现设备的自动化运行和远程监控。PLC控制系统应具有高可靠性、高实时性和强大的数据处理能力。在编写控制程序时,应根据生产工艺的要求和设备的运行状态,设置合理的逻辑关系和控制参数^[2]。例如,通过PLC控制系统可以实现对风机、阀门、脉冲清灰装置等设备的顺序启动和停止控制,以及对设备运行参数的实时监测和调整。同时,PLC控制系统应具备与上位机通信的功能,方便管理人员进行远程监控和操作。

变频调速技术:在风机、泵等设备中广泛应用变频调速技术,根据实际需求精确调节电动机的转速。变频调速系统由变频器、电动机和控制器等组成。变频器的选择应根据电动机的功率、电压等级和调速范围等因素进行。例如,对于110kW的电动机,可选择功率为132kW的变频器。通过改变变频器的输出频率,可以实现对电动机转速的无级调节。在实际应用中,可根据烟气流量、压力等参数的变化,自动调整风机的转速,使风机始终在最佳效率点运行。与传统的定速运行方式相比,变频调速技术可节能20%-40%。

传感器与检测装置:在除尘器设备中安装多种传感器和检测装置,如压力传感器、温度传感器、粉尘浓度传感器、差压传感器等,实时监测设备的运行参数和环境参数。压力传感器用于监测风机进出口压力、除尘器进出口压力等,其测量精度应不低于0.5级。温度传感器用于监测设备温度,防止设备过热损坏,其测量范围应根据设备的工作温度进行选择。粉尘浓度传感器用于实时监测烟气中的粉尘浓度,其测量误差应不大于±10%。差压传感器用于监测滤袋的差压,判断滤袋的堵塞情

况,以便及时进行清灰操作。将传感器采集到的数据传输到PLC控制系统,通过分析和处理,实现对设备的智能控制和故障诊断。

3.3 电气安全防护

接地与防雷:建立健全的接地系统,确保电气设备的金属外壳、构架等与大地可靠连接,防止人员触电和设备损坏。接地电阻应符合国家相关标准,一般要求不大于4Ω。对于大型电解铝企业,可采用共用接地网的方式,将电气设备的接地、防雷接地、工作接地等连接在一起。同时,根据当地的雷电活动情况,安装合适的防雷装置,如避雷针、避雷带、避雷器等。避雷针的保护范围应根据建筑物的尺寸和高度进行计算确定,一般采用滚球法进行计算。避雷器应安装在电气设备的进线端,用于限制雷电过电压和操作过电压,其额定电压和通流容量应根据系统的参数进行选择。

过电压与欠电压保护:在电气系统中设置过电压保护装置和欠电压保护装置,当电压超过或低于额定值时,及时切断电路,保护电气设备的安全运行。过电压保护装置可采用氧化锌避雷器、浪涌保护器等。氧化锌避雷器具有良好的非线性特性,能够快速响应过电压,将其限制在安全范围内。浪涌保护器则主要用于抑制雷电感应过电压和操作过电压,其残压应低于被保护设备的耐压水平。欠电压保护装置可采用欠电压继电器,当电压低于设定值时,欠电压继电器动作,切断电源。欠电压继电器的返回系数一般应不小于0.85。

短路与过载保护:选用合适的断路器和熔断器等短路与过载保护装置,当电路发生短路或过载故障时,能够迅速切断电路,防止故障扩大。断路器的选择应根据电路的额定电流、短路电流等参数进行。对于主回路断路器,其额定电流应不小于回路的工作电流,额定短路分断能力应不小于系统的短路电流。熔断器则主要用于短路保护,其额定电流应根据负载电流进行选择,一般应具有一定的裕度^[3]。同时,合理设置保护装置的动作电流和动作时间,确保在保护电气设备的同时,不影响系统的正常运行。例如,对于电动机的过载保护,可采用热继电器,其整定电流应根据电动机的额定电流进行设置,一般为电动机额定电流的0.95-1.05倍。

电气隔离与防护:在电气系统中采用电气隔离措施,如变压器隔离、光电隔离等,防止不同电气回路之间的相互干扰和触电危险。变压器隔离可用于将控制回路与主回路进行电气隔离,提高控制系统的安全性。光电隔离则可用于信号传输,避免强电信号对弱电信号的干扰。对于一些危险区域,应设置明显的警示标志和防

护栏杆,防止人员误入。同时,电气设备的操作和维护人员应经过专业培训,严格遵守操作规程,确保人身和设备安全。

4 节能增效的具体策略和措施

4.1 采用高效节能设备

如前文所述,采用高效节能电动机可以显著降低能源消耗。高效电动机具有较高的效率和功率因数,能够在相同输出功率的情况下,减少输入电能。与普通电动机相比,高效电动机可以节能10%-30%左右。选择节能型变压器,如干式变压器或油浸式非晶合金变压器等,可以降低变压器的空载损耗和负载损耗。非晶合金变压器采用非晶合金铁芯,具有低损耗、高导磁率等优点,其空载损耗比传统硅钢片变压器降低70%-80%左右。在除尘器设备的控制室、检修间等场所,采用高效节能照明设备,如LED灯具等。LED灯具具有发光效率高、寿命长、节能等优点,与传统的白炽灯和荧光灯相比,可以节能50%-80%左右。

4.2 优化电气运行参数

通过变频调速技术,根据实际生产需求合理调节风机的转速,使风机在最佳效率点运行。避免风机长期处于高转速、大流量的运行状态,从而降低能源消耗。例如,在电解铝生产过程中,当烟气流较小时,可以适当降低风机的转速,减少电能消耗。根据生产工艺的要求和设备的运行特点,合理安排电气设备的运行时间。避免设备长时间处于空载或轻载运行状态,减少不必要的能源浪费^[4]。例如,在非生产时间,可以关闭一些不必要的照明设备和辅助设备。通过安装无功补偿装置,如电容器组等,提高电气系统的功率因数。功率因数的提高可以减少线路的无功损耗,提高电气设备的利用率,从而降低能源消耗。一般来说,将功率因数提高到0.95以上,可以节能5%-10%左右。

4.3 实施智能能源管理

建立能源监测与分析系统,实时监测电气设备的能源消耗情况,包括电量、功率、功率因数等参数。通过对能源数据的分析和处理,找出能源消耗的薄弱环节和节能潜力,为制定节能措施提供依据。利用智能控制技术,根据能源监测数据和生产工艺要求,自动调节电气设备的运行参数,实现能源的优化分配和利用。例如,通过智能控制系统可以根据烟气中的粉尘浓度自动调节风机的转速和除尘器的运行模式,确保在满足净化要求的前提下,最大限度地降低能源消耗。建立健全的能源管理与考核制度,明确各部门和岗位的能源管理职责,将能源消耗指标纳入绩效考核体系。通过加强能源管理,提高员工的节能意识,促进节能措施的落实。

结语

电解铝净化系统除尘器设备升级改造中的中低压电气系统适应性设计与节能增效是一项复杂而重要的工作。通过详细的技术细节分析和大量的数据支撑,本文深入探讨了电气设备选型与配置、控制系统优化以及电气安全防护等适应性设计要点,以及采用高效节能设备、优化电气运行参数和实施智能能源管理等节能增效策略和措施。随着科技的不断进步和创新,未来还应进一步探索和研究更加高效、节能的电气系统设计和运行管理模式,为电解铝行业的绿色发展提供更有力的支持。

参考文献

- [1]夏云镇,谢清申,王海涛.浅谈国内电解铝烟气净化系统的主要问题及改进[J].世界有色金属,2023,(09):7-9.
- [2]李顺华,寸永柱,史承良,等.电解铝烟气二次循环净化深度除氟工艺改造及应用[J].云南冶金,2024,53(04):166-170.
- [3]常玉杰,刘竹昕,满金涛,等.电解烟气净化系统节能降碳技术应用及研究[J].轻金属,2024,(03):52-55.
- [4]何智军.铝电解除尘器新型排序清灰方式的应用实践[J].有色冶金节能,2019,35(05):13-16+28.