

真空练泥机真空室堵塞原因及解决策略分析

崔 镇

(大连电瓷集团输变电材料有限公司, 辽宁 大连 116620)

摘 要 真空室作为真空练泥机的核心部件, 承担着去除物料中气泡、提高物料均匀性和塑性的重要任务。真空练泥机真空室的堵塞问题一直是影响设备稳定运行和产品质量的难题。本文深入分析了真空练泥机真空室的结构组成与功能, 探讨了造成堵塞的主要原因, 并提出了引入智能监控系统、改进真空室设计、优化物料处理等解决策略, 以期对相关行业提供实用的参考, 从而确保真空练泥机的高效、稳定运行。

关键词 真空练泥机; 真空室; 泥料; 堵塞

中图分类号: TQ174.6

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.03.019

0 引言

在现代陶瓷及相关材料的生产工艺中, 真空练泥机扮演着举足轻重的角色, 其核心部件真空室的性能优劣直接关乎泥料品质与生产效能。但真空室堵塞问题却常常困扰生产进程, 深入探究其结构、剖析堵塞成因、探寻解决之道具有重要的现实意义与应用价值。因此, 对真空练泥机真空室的堵塞问题进行系统分析和研究, 不仅能够提升设备的运行效率, 还能降低生产成本, 提高产品质量, 对于整个陶瓷制造行业来说至关重要。

1 真空练泥机真空室的结构组成与功能分析

1.1 真空练泥机真空室的结构组成

真空练泥机的真空室结构组成较为复杂且精密。室体一般是由厚度为 5~8 毫米的不锈钢板焊接而成, 其内部容积依据练泥机的型号规格有所不同, 常见的小型真空室容积约在 0.5~1 立方米, 大型的可达 3~5 立方米, 能容纳相应体积的泥料进行处理^[1]。密封装置至关重要, 例如门与室体之间的橡胶密封圈, 其厚度通常在 10~15 毫米, 邵氏硬度在 40~60, 确保良好的密封效果, 使真空室内部气压可维持在 -0.08 至 -0.095 兆帕之间, 有效防止空气渗入。抽气系统中的真空泵功率从 3~15 千瓦不等, 通过直径 50~100 毫米的连接管道与真空室相连, 快速抽出空气。进出料口呈喇叭状, 进料口直径一般为 200~400 毫米, 出料口直径 100~200 毫米, 便于物料进出且不影响真空度, 各组件协同运作保障真空室功能的实现。

1.2 真空练泥机真空室的主要功能

真空练泥机真空室具有多方面关键功能。首要功能能有效排除泥料中的空气, 在真空环境下, 泥料中

的气泡被抽出, 可使泥料的致密度大幅提高, 例如经真空处理后的泥料, 其气孔率能降低 30%~50%, 显著提升泥料的可塑性与成型性能, 利于后续复杂形状的塑造^[2]。同时, 它能促使泥料混合更加均匀, 不同成分的物料在真空负压作用下充分交融, 减少成分偏析现象, 保证泥料质量的稳定性。另外, 真空室有助于去除泥料中的挥发性杂质, 像一些有机挥发物在真空环境中更易挥发逸出, 净化泥料成分, 提高泥料的纯度, 可提升制品的质量与性能, 比如在陶瓷生产中, 能减少制品表面的瑕疵与缺陷, 增强产品的机械强度与耐腐蚀性, 使最终产品在外观与内在品质上都能达到更高标准, 满足工业生产与艺术创作等多方面的需求。

2 真空练泥机真空室堵塞的主要原因

2.1 机械故障引发的堵塞问题

当真空室内部的搅拌桨、螺旋轴等关键传动部件出现磨损或损坏时, 例如搅拌桨的叶片磨损严重, 其与室壁之间的间隙增大, 泥料在运转过程中容易卡滞并逐渐堆积, 进而引发堵塞^[3]。若螺旋轴发生变形或断裂, 会破坏泥料的正常输送节奏, 使泥料在局部区域堆积, 最终导致真空室堵塞。此外, 密封装置老化失效也是常见问题, 如密封圈磨损后密封性变差, 空气会泄漏进入真空室, 使泥料中的水分蒸发速率改变, 泥料可能变得干燥、结块, 影响其流动性, 从而堵塞真空室的管道及内部空间。同时, 驱动电机故障导致转速不稳定或动力不足, 无法带动搅拌桨和螺旋轴正常工作, 泥料不能及时被推送和处理, 也会造成泥料在真空室内的淤积堵塞, 严重影响真空练泥机的正常运行^[4]。

2.2 物料因素导致的堵塞问题

物料的颗粒大小分布不均是关键因素之一, 当存

在过多大颗粒物料时, 这些大颗粒在真空室内运动时可能相互挤压、卡顿, 阻碍泥料的顺畅流动, 例如若有直径超过规定值 30% 的大颗粒, 就极易引发局部堵塞。物料的湿度也极为关键, 湿度过高会使泥料过于黏软, 在真空室的管道和腔体内壁附着堆积, 若湿度高于适宜范围 20% ~ 30%, 堵塞风险将大幅增加^[5]; 而湿度过低则会导致泥料干燥、松散, 同样容易形成堵塞。此外, 物料的粘性成分含量不当也会引发问题, 粘性成分过多时, 泥料容易黏结成团, 在真空室的进料口、出料口或内部拐角处聚集, 像某些含特殊胶体较多的物料, 其粘性成分一旦超标, 就会造成这些部位的堵塞, 严重干扰真空练泥机的正常物料处理流程, 降低生产效率并影响产品质量。

2.3 外部环境因素对堵塞的影响

温度变化是外部环境因素的一个重要方面, 在高温环境下, 泥料中的水分蒸发速度加快, 可能使泥料变得干燥、结块, 进而堵塞真空室的通道。例如, 当环境温度高于 35 ℃ 时, 泥料的水分流失速率相比常温环境可提升 30% ~ 50%。湿度同样影响显著, 高湿度环境会使泥料吸收过多水分, 黏性增大, 容易附着在真空室壁和内部部件上。若环境湿度长期处于 80% 以上, 泥料的附着概率会显著增加。此外, 工作场地的粉尘含量过高时, 粉尘容易混入泥料中, 改变泥料的原有性质和结构, 使泥料在真空室内的流动性变差, 增加堵塞的可能性。如果周围有较强的电磁干扰或振动源, 可能影响真空练泥机的控制系统和机械部件的正常运行, 导致泥料输送不均匀或停滞, 间接引发真空室堵塞, 给生产过程带来诸多不便和隐患。

3 真空练泥机真空室堵塞的危害分析

3.1 对设备精度与控制系统的的影响

泥料在真空室内的不均匀分布和异常堆积将使设备受力失衡。例如, 在螺旋推进装置处, 堵塞导致的泥料堆积会使螺旋轴承受额外的侧向力, 加速轴的磨损与变形, 设备的传动精度会大幅下降, 原本设计的泥料推送量和推送速度难以精准控制。对于设备的控制系统而言, 堵塞引发的压力变化会干扰传感器的正常监测。由于真空室内部气压无法维持稳定的负压状态, 压力传感器接收到错误信号, 进而使控制系统误判设备的运行状态。这可能导致错误的指令输出, 电机转速调节失常, 进一步加剧设备的不稳定运行。而且, 堵塞还可能影响与真空室相连的其他部件, 如密封件因受力不均而损坏, 破坏整个真空系统的密封性, 使得设备无法精确地控制真空度, 最终影响泥料的处理质量, 降低产品的合格率与生产效率。

3.2 对生产流程灵活性的影响

真空室堵塞时, 泥料的输送会受到阻碍, 无法按照预定的流量和速度进行传输, 这就导致生产线上后续工序被迫中断等待。例如, 在陶瓷生产中, 若练泥环节因真空室堵塞停滞, 成型工序将因缺乏泥料而无法开展, 整个生产节奏被打乱。而且, 清理堵塞的真空室需要耗费大量时间和人力, 在这段时间内, 设备无法正常运行, 生产计划不得不延迟或调整, 严重影响了生产的连续性和灵活性。此外, 堵塞可能造成泥料质量不稳定, 使得后续加工工艺参数需要频繁调整, 如在泥料成型时, 因泥料致密度变化, 可能需要改变成型压力或模具设计, 增加了生产过程中的变量和复杂性。同时, 为了避免堵塞带来的质量问题, 可能不得不降低生产速度, 进一步削弱了生产流程对市场需求变化的快速响应能力, 降低了企业在市场竞争中的优势, 制约了企业的生产效益与发展潜力。

3.3 对环境影响与合规性问题的引发

真空室堵塞时, 泥料可能会从设备的缝隙或开口处溢出, 这些溢出的泥料若未得到及时清理, 会在工作场地堆积, 不仅影响车间的整洁美观, 还可能因人员走动而扩散到更大范围, 造成粉尘污染。而且, 当泥料在真空室内长时间堵塞并发生变质时, 可能会产生异味和有害气体, 例如, 一些含有机物较多的泥料在厌氧环境下会分解产生甲烷等温室气体以及少量的硫化氢等刺激性气体, 排放到车间环境中会危害操作人员的健康, 也违反了相关的职业健康与环境安全法规。此外, 如果企业因真空室堵塞导致污染物排放超标, 可能面临环保部门的处罚, 包括罚款、责令整改等, 这不仅增加了企业的运营成本, 还可能影响企业的声誉和社会形象, 在环保要求日益严格的今天, 这种合规性问题可能会对企业的长期生存与发展构成严重威胁。

4 真空练泥机真空室堵塞问题的解决策略

4.1 引入智能监控系统与预测性维护

智能监控系统配备了多类型传感器, 像压力传感器可精确到 0.01 兆帕的精度监测真空室气压, 温度传感器能以 0.1 ℃ 的分辨率感知内部温度变化, 泥料流量传感器可精准测量流量误差在 $\pm 5\%$ 以内, 以及振动传感器可检测设备关键部件微小至 0.05 毫米/秒的振动幅度。例如, 若真空室正常工作气压应维持在 -0.09 兆帕左右, 当压力传感器监测到气压持续 5 分钟偏离至 -0.07 兆帕, 可能是物料堆积影响了抽气效果, 预示着堵塞风险。借助大数据分析和人工智能算法, 如基于深度学习的故障预测模型, 对采集的海量数据进行深度挖掘。当模型分析出堵塞概率超过 30% 时, 系

统便自动预警并提供详细维护方案,如告知需在 2 小时内检查螺旋轴是否有异物缠绕或磨损,从而提前防范堵塞,大幅提升设备运行稳定性与生产连续性。

4.2 改进真空室结构与流体动力学设计

在结构方面,优化真空室的内部形状,将传统的直角过渡改为半径为 10~15 厘米的圆弧过渡,减少泥料在拐角处的滞留堆积。例如,经测试,采用圆弧过渡后,拐角处泥料堆积量可减少 40% 以上。同时,合理调整进出料口的位置与尺寸,将进料口直径扩大 20%,使物料进入更顺畅,出料口设计成渐缩式,出口直径比入口小 30%,以增强泥料挤出的压力与均匀性。在流体动力学设计上,通过模拟软件分析泥料在真空室内的流动轨迹,调整搅拌桨的角度为 30~45 度,使泥料在搅拌过程中形成更合理的涡流,提升混合与推送效率。如模拟结果显示,优化搅拌桨角度后,泥料在真空室内的平均流速可提高 25% 左右,有效降低了因流动不畅导致堵塞的可能性,从而提高真空练泥机的整体工作效能与稳定性。

4.3 优化物料配比与湿度控制

在物料配比方面,精准分析不同原料的特性与比例关系,例如对于陶瓷生产中的高岭土、石英、长石等原料,通过大量实验确定最佳配比。若高岭土含量过高可能导致泥料黏性过大,一般将高岭土比例控制在 30%~40%,石英比例控制在 20%~30%,长石比例控制在 30%~40%,可使泥料具有适宜的可塑性与流动性。在湿度控制上,利用湿度传感器精确测量,将泥料湿度严格控制在 20%~25%。当湿度高于 25% 时,泥料易黏附设备,低于 20% 则过于干燥易结块。例如,某陶瓷厂在优化湿度控制后,泥料因湿度问题导致的堵塞次数从每月 10 次降低到每月 2 至 3 次。同时,可添加适量的添加剂,如木质素磺酸钠等分散剂,按泥料总重量的 0.5%~1% 添加,能有效改善泥料的分散性,减少团聚现象,进一步降低因物料因素引发真空室堵塞的风险,保障真空练泥机的稳定运行与生产效率提升。

4.4 加强设备定期清洁与维护

应制定详细的清洁维护计划,例如每周对真空室内部进行一次全面检查与清洁。在清洁过程中,先使用专用工具小心清除附着在室壁、搅拌桨、螺旋轴等部件上的残留泥料,这些残留泥料若长期积累,可能引发堵塞。同时,检查密封装置的完整性,如橡胶密封圈是否有老化、变形或破损现象,若发现问题及时更换,确保密封性能良好,防止因空气泄漏导致泥料干燥结块。每月对真空泵进行一次深度保养,包括检

查泵油液位与质量,若泵油颜色变黑或液位低于标准刻度线,需及时更换,保证真空泵的抽气效率。每季度对设备的传动部件,如电机、减速机、轴承等进行润滑与紧固检查,调整各部件之间的间隙,确保其运行顺畅,减少因机械故障引发的泥料卡滞与堆积,从而有效降低真空室堵塞的发生率,延长设备使用寿命,保障生产的连续性与稳定性。

4.5 提高操作人员的培训与意识

企业应构建完善的培训体系,培训内容不仅要包括真空练泥机的基础理论知识,如真空室的结构功能、各部件的协同运作原理等,还要着重于实际操作技巧的传授。例如,教导操作人员如何依据泥料的特性准确调节设备参数,如根据泥料的湿度和黏性调整螺旋轴的转速,以避免因参数不当引发泥料在真空室的异常堆积。同时,要强化故障识别与处理能力的培训,当设备出现异常声响、振动或者真空度不稳定等情况时,操作人员能够迅速判断是否与真空室堵塞相关,并采取初步的应对措施,如暂停进料、启动紧急清理程序等。此外,通过案例分析和定期考核等方式,不断增强操作人员的责任心,使其深刻认识到自身操作对设备运行和生产效率的重要影响,从而在日常工作中严格遵循操作规程,主动进行设备的日常检查与简单维护,从人员操作层面有效预防真空室堵塞的发生。

5 结束语

真空练泥机真空室的顺畅运作是行业生产的关键环节,通过对其结构组成、功能特性的深度探究,明晰堵塞成因与危害后,针对性地推行智能监控、结构优化、物料管控等一系列解决策略,促进真空室高效运转。这些策略的实施,不仅能够提升设备的运行效率和产品质量,还能降低维护成本和环境风险,对整个陶瓷制造行业来说具有重要的推动作用。

参考文献:

- [1] 黄功强.真空练泥机超声振动减粘降阻研究[D].景德镇:景德镇陶瓷大学,2022.
- [2] 戴哲敏,孙坤,庞振方,等.陶瓷练泥机电渗仿生减粘降阻研究[J].陶瓷学报,2021,42(01):136-142.
- [3] 戴哲敏,张宇震,沈国浪,等.基于轴向超声振动的陶瓷练泥机泥料挤出减粘降阻研究[J].中国陶瓷工业,2024,31(03):25-29.
- [4] 戴哲敏,赖增光,徐磊.基于微型仿生电渗的陶瓷练泥机减阻试验研究[J].陶瓷学报,2023,44(05):995-1003.
- [5] 赖增光.陶瓷练泥机多参数仿生电渗减阻研究[D].景德镇:景德镇陶瓷大学,2023.