

# 新能源磷酸铁锂负压输送系统粉尘泄漏防控与密封结构优化

沈秦超

浙江友山新能源科技有限公司 浙江 嘉兴 314500

**【摘要】**：磷酸铁锂负压输送装置粉体外泄管控关键在于密闭构造的科学规划与改良，密闭构造的不足会直接引发粉体外泄，污染作业场地、损伤机具效能，干扰生产秩序与制品品质。围绕该关键问题，依托磷酸铁锂粉体属性及负压输送装置运转特征，研判粉体外泄的主要通道与成因，探寻密闭构造的改良思路与管控技术手段，健全密闭方案、改良构造指标、加强管控管理，达成粉体外泄的精准管控，增强负压输送装置运转平稳性与可靠性，为新能源磷酸铁锂制备的环保高效推进提供保障。

**【关键词】**：磷酸铁锂；负压输送系统；粉尘泄漏防控；密封结构优化

DOI:10.12417/2705-0998.26.05.089

## 引言

磷酸铁锂属新能源产业关键正极原料，制备环节依托负压输送装置完成物料与制品的顺畅转运，装置运转状态直接关乎生产工序连贯度与制品综合质量，负压输送环节内粉体溢散为行业常见共性隐患。磷酸铁锂粉体颗粒细微、流动性能突出，出现溢散状况易引发物料损耗，附着于机具表层加剧构件损耗并抬升机具养护开支，弥散状态下还会扰乱作业环境并引发安全风险，密封构造为阻隔粉体溢散的核心防护载体，方案规划科学程度与服役稳定程度直接影响粉体管控成效。现有密封构造常出现规划失当、损耗速率偏高、匹配性能欠缺等状况，致使粉体溢散管控成效受限，亟待依托定向构造改良与管控手段升级化解该项问题，为后续溢散管控及构造改良的深化研究做好铺垫。

## 1 新能源磷酸铁锂负压输送系统粉尘泄漏现状及危害

### 1.1 磷酸铁锂负压输送系统粉尘泄漏的主要表现形式

磷酸铁锂负压输送装置粉体溢散多发于装置各类衔接点，管路接驳处、法兰接合区域、密闭构件装配位置均为溢散高发区段，装置运转阶段部分溢散体现为连续微量粉体外泄。此类状况具备较强隐蔽性难以及时察觉，长久堆积会使周边机具表层形成粉体集聚，逐步干扰机具散热效能与运转精准度，部分溢散呈间断性大量粉体喷涌，多出现在装置压力瞬时异动、密闭构造破损的场景，外泄粉体可快速蔓延至作业区域形成可见粉体团簇，对周遭环境形成直接污染，输送机具轴封、入料口、排料口等区段因长期处于动态运转工况，密闭效能易逐步衰减，同样会出现不同程度粉体外泄，且外泄状况会随装置服役时长增加持续加重。

### 1.2 粉尘泄漏对生产环境与设备的具体危害

磷酸铁锂粉体外泄会对作业环境形成重度污染，细微粉体颗粒可悬浮于空气之中难以自主沉降，长期处于此类环境会使作业区域空气质量下滑，难以契合清洁生产相关规范。粉体还会附着于车间墙体、地面及各类检测机具表层，既提升车间清

理作业量，也会干扰检测机具外观状态与常规运转，外泄粉体可渗入机具缝隙与运转构件内部，加快零部件磨损速率，弱化机具密闭性能与服役周期，抬升机具故障概率与养护开支，粉体集聚于管路内壁会缩减管路途径，加大输送阻抗，削弱负压输送装置输送效能，甚至诱发管路阻塞状况，干扰生产工序的平稳推进。

### 1.3 粉尘泄漏对生产安全与产品质量的影响

磷酸铁锂粉体具备易燃易爆特质，外泄后形成的粉体团簇在浓度达标且接触引燃源时，易诱发燃烧爆炸类安全事件，对生产安全构成严重威胁，粉体外泄会降低作业区域可视范围，干扰操作人员观测视野，提升作业环节安全风险，易出现机具操控偏差等状况<sup>[1]</sup>。外泄粉体可与周边物料、成品相互掺杂，降低制品纯净度，干扰磷酸铁锂正极原料的电化学表现，继而影响新能源制品品质稳定性，粉体外泄还会造成物料损耗，抬升生产投入，缩减生产收益，不利于生产主体的长效化发展。

## 2 新能源磷酸铁锂负压输送系统粉尘泄漏的核心诱因分析

### 2.1 密封结构设计不合理导致的泄漏诱因

密封构造规划直接影响粉体溢散管控成效，现有部分负压输送装置密闭构造规划存有显著短板，难以匹配磷酸铁锂负压输送特有工况需求，部分密闭构造密闭接触面规划简略，密闭空隙偏大，难以有效阻隔细微磷酸铁锂粉体穿行，使粉体在装置压力作用下由空隙处外泄，部分密闭构造未兼顾负压输送阶段的压力起伏，规划密闭压力与装置运转压力不相契合。压力瞬时升高时密闭构造难以承载对应荷载出现失效，动态运转部位采用静态密闭方案难以适配构件运转需求，长久服役后密闭效能快速下降引发粉体溢散。

### 2.2 系统运行工况波动引发的泄漏诱因

负压输送装置运转工况稳定程度直接作用于粉体溢散状况，装置运转阶段输送压力、输送速率等指标起伏均会对密闭构造形成显著冲击进而诱发溢散，装置负压偏高时密闭构造会承受过量吸力。密闭接触面贴合程度下降形成空隙致使粉体外

泄，负压偏低时输送动力欠缺易造成粉体在管路内集聚抬升管内压力，冲破密闭构造防护能力引发溢散，物料输送量起伏同样会破坏工况稳定，输送量偏大加剧管路压力与磨损，偏小则造成粉体堆积，均会加快密闭构造损伤提升溢散概率。

### 2.3 磷酸铁锂粉尘特性带来的泄漏诱因

磷酸铁锂粉体自身理化属性为诱发溢散的关键内在因子，该类粉体粒径细微多处于微米级区间，流动与渗透能力突出，即便细微密闭空隙也可顺利穿行提升溢散可能，粉体同时具备一定吸湿特性，吸收环境水分后出现结块现象<sup>[2]</sup>。结块粉体附着于密闭构造表层破坏接触面贴合状态降低密闭效能，粉体还带有一定磨损特性，长期输送阶段与密闭构件持续摩擦损耗构件表层，使密闭空隙逐步扩大密闭性能衰退，伴随输送时长增加磨损程度持续加重最终形成溢散。

## 3 新能源磷酸铁锂负压输送系统密封结构的现存问题

### 3.1 密封结构与输送系统的适配性不足问题

密闭构造与负压输送装置整体匹配程度欠缺，是当前密闭构造面临的核心短板，部分密闭构造规划阶段未充分考量磷酸铁锂负压输送装置的管路规格、运转压力、输送速率等核心指标，致使密闭构造与管路、机具衔接不够紧密，先天存在粉体溢散隐患，部分密闭构造仅针对静态部位规划，无法契合输送带、阀门等动态运转构件的运行需求。动态运转中密闭接触面易出现偏移、磨损进而引发密闭失效，部分密闭构造安装空间与装置机具安装空间不契合，安装阶段需强行调整构造形态，导致密闭构造发生形变，弱化密闭效能并提升粉体溢散风险。

### 3.2 密封件材质选择不合理及磨损过快问题

密闭构件作为密闭构造的核心组成，材质选取直接关联密闭效能与服役周期，现有部分密闭构件材质选取不当，难以适配磷酸铁锂负压输送的工况条件，部分密闭构件采用普通橡胶材质。此类材质耐磨、耐腐蚀性能薄弱，长期与磷酸铁锂粉体摩擦且接触输送过程中微量腐蚀介质，易出现老化、开裂、磨损等状况，导致密闭效能快速下滑，部分密闭构件材质耐高温、耐压力性能不足，无法承受负压输送装置运转中的温度波动与压力起伏，长期服役易发生形变使密闭空隙扩大，引发粉体溢散，部分密闭构件材质与磷酸铁锂粉体存在相容性偏差，易发生化学反应造成构件损坏，进一步加剧粉体溢散。

### 3.3 密封结构安装与维护不到位引发的问题

密闭构造的安装与养护质量直接决定其密闭效能的发挥，当前部分装置在密闭构造安装与养护环节存在诸多疏漏，安装阶段操作人员未严格遵循安装规范，密闭接触面清理不彻底，残留杂质、粉体等异物，导致接触面贴合不紧密形成密闭空隙，密闭构件安装力度不均衡引发构件形变，影响密闭效果<sup>[3]</sup>。养护环节缺乏完善的管控机制，未定期对密闭构造开展检查、清

洁与更换，密闭构件出现磨损、老化等问题后无法及时处置，导致密闭效能持续衰退最终引发粉体溢散，养护过程中所用工具与方法不当，也会对密闭构造造成损伤，进一步加剧密闭失效。

## 4 新能源磷酸铁锂负压输送系统密封结构优化策略

### 4.1 基于泄漏诱因的密封结构设计优化

依托粉体外泄核心成因对密闭构造开展定向规划改良，增强整体密闭效果，针对密闭空隙偏大问题改进密闭接触面方案，运用多层密闭构造缩减空隙尺寸，提升粉体穿行阻碍作用，搭配迷宫式密闭构造借助路径阻隔效应抑制粉体外泄，强化密闭构造稳定程度。针对装置压力起伏造成的溢散状况，提升密闭构造对压力的适配能力，依据负压输送装置运转压力区间设计可调式密闭构造，保障其在各类压力环境下均维持优良密闭效果，面向动态运转部位选用适配性密闭构造，配合柔性密闭构件满足构件运转需求，降低接触面摩擦损耗，延长密闭构造整体服役周期。

### 4.2 密封件材质的合理选型与改性优化

依据磷酸铁锂粉体特质与装置运转工况科学选取密闭构件原料，并开展材质改良处理增强构件综合性能，优先选用耐磨耐蚀耐热耐压性能突出的材料，如氟橡胶聚四氟乙烯等。此类材料可有效抵御粉体磨蚀作用，适应装置温度与压力变动，延长密闭构件使用时长，对密闭构件原料实施改性处理，加入耐磨抗老化助剂提升构件耐磨与抗老化水平，减缓使用阶段损耗与老化速率，结合密闭部位实际需求选用硬度与结构各异的密闭构件，保障与密闭接触面紧密贴合，强化密闭效果降低粉体溢散概率。

### 4.3 密封结构安装工艺与维护流程优化

健全密闭构造装配工艺，规范装配操作步骤提高装配质量，装配前对密闭接触面开展全面清理，清除表层杂质粉体油污，保证接触面平整洁净，装配阶段严格依照标准管控施力大小，确保密闭构件装配规范受力均衡，防止出现形变问题，优化密闭构造养护流程，构建定期检测清理更换体系，定时对密闭构造开展全面排查<sup>[4]</sup>。及时察觉构件磨损老化形变等问题并妥善处置，定时清理密闭接触面附着的粉体杂质，维持良好贴合状态，依据密闭构件使用周期定时更换，避免因老化磨损造成密闭失效，同时强化作业人员技能培训，提升装配与养护操作规范性。

## 5 新能源磷酸铁锂负压输送系统粉尘泄漏防控配套措施

### 5.1 系统运行工况的精准调控与稳定保障

对装置运转工况实施精细化管控以维持运转平稳性，降低粉体外泄发生概率，搭建运转指标监测体系，对输送压力输送

速率物料投放量等核心指标实施全程追踪,依据监测结果及时修正运转指标。使各项数值维持在适宜区间,避免压力流量等指标出现剧烈起伏,改进输送装置管控模式,运用闭环管控模式实现运转工况的自主调节,增强装置运转的平稳性与可靠程度,定期对输送管路泵体阀门等构件开展检测与养护,快速排除机具运行异常,保障各类装置稳定运转。为装置工况平稳提供支撑,降低因工况起伏造成的粉体外泄问题,从运行层面减少密封结构受冲击的可能,持续保障输送全过程密闭状态,让整体防控体系与工况控制形成协同效应,筑牢粉尘外泄的前端防护屏障。

### 5.2 粉尘泄漏的实时监测与应急处置措施

搭建粉体外泄动态监测体系,在装置溢散高发区段如管路接驳处法兰接合区域密闭构件装配位置布设粉尘浓度传感装置,实时追踪粉尘浓度变动情况,浓度超出预设限值时立即发出预警提示,通知相关人员开展处置工作。编制完备的粉体外泄应急处理方案,明晰应急处置步骤职责划分与应对手段,出现粉体外泄状况时可快速启动方案,执行装置停运溢散点位封堵外泄粉体清理等操作,遏制粉体持续蔓延以降低外泄造成的各类影响。配齐各类应急处理机具与物资,包括封堵器具粉体清理装备防护用具等,保障应急处理工作有序推进,同时定期开展应急演练,提升人员应对突发泄漏的处置能力,完善监测与应急的全链条衔接。

### 参考文献:

- [1] 张茜琦.新能源反内卷磷酸铁锂加速出清低端产能[N].北京商报,2025-08-25(003).
- [2] 唐正文.磷酸铁锂新能源项目低温冷冻站设计[J].能源与节能,2025,(06):23-25+48.
- [3] 叶丽铭.新能源汽车磷酸铁锂电池组结构优化[J].商用汽车,2025,(01):74-76.
- [4] 唐正文.某磷酸铁锂新能源项目中心化验楼通风空调设计研究[J].科技资讯,2025,23(02):154-156.
- [5] 王国强.磷酸铁锂电池在新能源储能系统中的性能研究与优化[J].电力设备管理,2024,(17):102-104.

### 5.3 防控流程的规范化建设与长效管理

构建标准化的粉体外泄管控流程,明晰管控工作各阶段内容与执行标准,将管控职责细化至具体岗位与工作人员,保障管控工作有序推进,编制粉体外泄管控规章,规范作业人员操作行为,要求作业人员严格依照操作标准开展作业,规避操作失误引发的粉体外泄,强化对管控工作的督导与核查<sup>[5]</sup>。定时检验管控举措落地状况,及时查找管控环节存在的不足并完成优化整改,开展宣教工作增强相关人员的粉体外泄防控观念,使其深刻认知粉体溢散的潜在风险,自觉参与管控工作,构建长期稳定的管控机制,持续优化粉尘泄漏防控成效,推动防控工作常态化标准化开展,为磷酸铁锂负压输送系统安全运行提供制度保障。

### 6 结语

本文围绕新能源磷酸铁锂负压输送系统粉尘泄漏防控与密封结构优化展开探讨,明确密封结构优化为防控核心,分析粉尘泄漏现状、危害及核心诱因,指出当前密封结构在适配性、材质、安装维护等方面的不足,提出针对性优化策略与配套防控措施。通过密封结构全维度优化搭配工况调控、实时监测、长效管理等举措,可有效解决粉尘泄漏问题,提升系统运行稳定性与安全性,贴合生产需求,为系统绿色高效安全运行提供支撑,助力新能源产业高质量发展。