

联合制样机废弃煤样回收装置的设计与优化

高 琳, 郭 靖, 吴庆博

(华润电力登封有限公司, 河南 郑州 452470)

摘 要 煤炭联合制样设备已经在煤炭、燃煤火电等领域广泛应用, 其性能偏差可能会导致煤炭贸易纠纷, 影响锅炉燃烧安全经济性。本文围绕联合制样机运行末端废弃煤样回收不畅、撒漏偏多与堵塞易发等问题, 结合制样系统空间受限、节拍连续与环保约束并存的工况特点, 提出密闭提升回送装置的设计思路。依托弃样接收、封闭输送、提升倒料、溜管回送与联锁控制等环节, 构建兼顾结构布置、流动组织与运行响应的整体方案。进一步从关键部件协同、回收效率计算及控制保护逻辑等方面展开校核, 并对防堵、防尘、节拍匹配与维护便利性进行优化。联机验证表明, 该装置在回收稳定、环境约束适配与联机运行协调方面表现较好。

关键词 联合制样机; 废弃煤样回收; 密闭输送; 提升倒料; 联锁控制

中图分类号: TD462

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.25.023

0 引言

煤样制备自动化与连续化已成为行业技术升级的核心方向, 末端弃样处理已不再只是辅助工序, 而是牵动整机稳定运行的重要节点。传统落地收集与人工清运方式在转接衔接、环境控制和运行节拍方面存在短板, 稍有滞后便可能导致撒漏、积料与二次扬尘。尤其在制样间空间有限、设备接口紧凑、除尘系统并行运行的条件下, 回收路径布置与结构组织难度进一步加深。如何把弃样从主机尾端顺畅抽离并安全回送, 已经成为联合制样装备优化中的重要课题。

1 联合制样机废弃煤样回收装置的工况需求与技术约束

无人值守煤炭联合制样系统, 避免了人工劳力, 提高了工作效率且保证精确检测结果, 使得煤炭制样工作无人化、标准化、智能化、无尘化以及制样全过程数据可追溯。联合制样机在送料、6 mm 一级破碎、3 mm 二级破碎、缩分切割与样品分装后会持续析出弃样流, 此类物料并非无效废弃物, 而是需回送煤场或集中回收点的剩余煤样, 回收端因而承担着连续接收、密闭转运、稳定卸料与污染压制的复合任务。现有系统单批处理范围为 15 kg ~ 150 kg, 前级大质量单元还覆盖 150 kg ~ 800 kg 来样, 同时日制样量达到 40 个 ~ 60 个批次, 回收路径又嵌置于既有制样间、煤场接口与除尘主管之间, 空间转接、节拍衔接和防堵抑尘便成为设计边界。回收装置的性能目标也由此收束

为三点: 一是弃样不落地、输送不停滞; 二是与弃样口、皮带机、提升倒料机构及煤场落点顺畅对接; 三是在 AC380V 供电体系下兼顾 3 kW 提升驱动、 ≥ 5 t/h 回送能力与后期检修便利性。

2 联合制样机废弃煤样回收装置的总体方案设计

2.1 总体结构方案与工艺路线设计

废弃煤样回收装置宜采用“弃样接收—密闭输送—提升倒料—回收溜管—终端卸料”五段式组织方式, 把联合制样机尾端析出的弃样流从主机内部平稳抽离, 再沿封闭路径回送至煤场(见图 1)。弃样出口与接收斗直接衔接后, 煤样可借助短距皮带或导流段进入提升倒料机, 再由顶部倒料溜斗定点卸入回收通道, 这一路线把水平过渡与垂直提升压缩在同一流程内, 更适合制样间与煤场接口之间存在高差和空间分隔的场景^[1]。提升倒料机构采用竖向框架布置, 上部布置倒料溜斗组件, 下部预留接料接口, 中部为提升腔体与料斗运行通道; 现有参数表明, 其驱动条件为 AC380V、3 kW, 设计出力可达 5 t/h, 可作为废弃煤样回送段的核心执行单元。

2.2 核心组成单元设计

总体方案落地时, 弃样接收单元负责缓冲、稳流与导向, 较多采用带观察口的密闭接料斗, 以减轻批次排样对后端的冲击; 密闭输送单元则顺接原有弃样输送逻辑, 压住煤流离析与接口撒漏。提升倒料单元是整套回收系统的动力核心, 借助链条与料斗完成整

作者简介: 高琳(1989-), 男, 专科, 助理工程师, 研究方向: 火电技术管理。

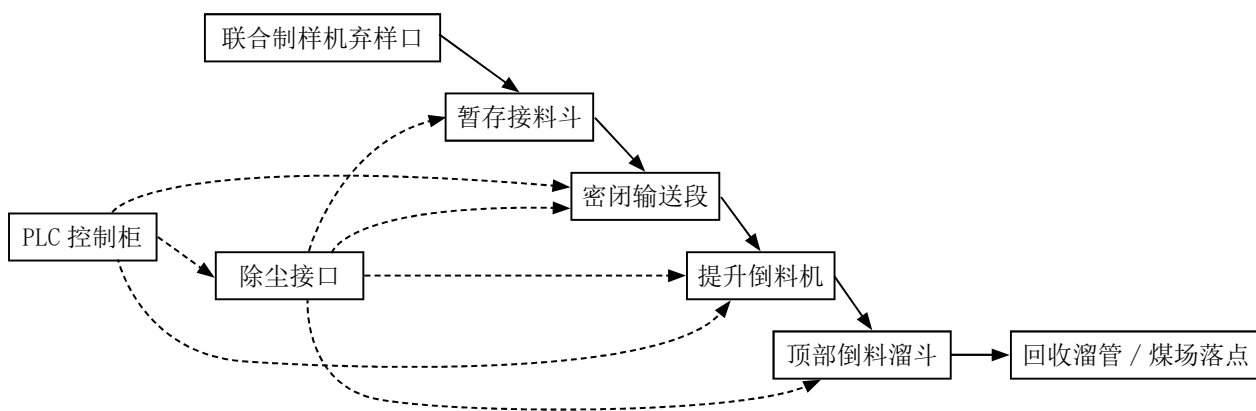


图 1 联合制样机废弃煤样回收装置总体结构与工艺流程图

向回送，现有设备资料给出的边界为 AC380V、3 kW、出力 ≥ 5 t/h，这一配置已具备较强工程适配性。顶部倒料溜斗单元关系卸料轨迹与落点精度，倾角、截面尺寸及耐磨衬板形式都需同步校核；除尘与吹扫单元还要和现有除尘主管连通，在转接节点布置负压吸尘口与压缩空气清扫口^[2]。PLC 联锁控制单元则把弃样口状态、提升机运行、堵塞报警与故障停机编入同一逻辑链，由此形成机械回收与电控响应协同运行的结构体系。

3 废弃煤样回收装置的关键部件设计与核心计算

3.1 提升倒料机构与流动协同设计

提升倒料机构依托立式框架承载，自重、满载煤样重力及启停冲击在同一受力体系内闭合，刚度储备不足之际易诱发偏摆与料斗跑偏。回收连续性由料斗容积、链条节距、导轨间隙与翻斗角度协同牵动，顶部翻转区与导轨过渡段最为敏感，配合偏差会带出回卸不净与挂壁返料^[3]。结构形态沿高位倒料、立式提升与顶部溜斗外伸展开，适配狭长空间内的垂直回送与定向卸料，运行边界按 AC380V、3 kW、出力 ≥ 5 t/h 校核。溜管与落料节点顺着煤流下滑路径布置，倾角在防滞留与控冲击之间取值，截面过渡避开突缩与锐角折转，内壁采用耐磨低附着衬层并辅以柔性密封。针对细粒或高水分弃样，在易积料区配置振打或气动清扫，并联负压除尘与吹扫接口，以压住挂壁、堵塞与粉尘外逸。

3.2 输送能力与回收效率的核心计算

废弃煤样回收装置的计算重点，不宜停留在单一电机功率选配，而要把回收流量与制样节拍扣紧，判断回收端能否跟上弃样批次排放频率。为此，可将回收效率设为核心评价量：

$$\eta_r = (M_r) / (M_w) \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中， η_r 为废弃煤样回收效率，单位为 %； M_r 为实际回收到煤场或指定位置的煤样质量，单位为 kg； M_w 为联合制样机排出的废弃煤样总质量，单位为 kg。该指标越接近 100%，说明撒漏、滞留与返料越少，可直接用于优化前后方案比对；结合现有提升段 3 kW 驱动、出力 ≥ 5 t/h，以及系统日制样 40 个~60 个批次的运行边界，回收链条的连续性与匹配度便有了量化参照。

3.3 控制逻辑与联锁保护设计

废弃煤样回收装置的控制逻辑宜采用“来料识别—顺序启动—状态反馈—异常闭锁”的链式组织方式，当前端弃样口检测到来料信号后，接收单元、输送单元与提升单元再依次投入，以削弱瞬时堆料对末端回收的冲击。若提升机未到位、顶部卸料区尚未排空，或回收通道已出现堵塞迹象，前端弃样输入通常要进入延时等待或禁止状态，避免煤样在转接段集中堆积。过载、堵塞、跑偏、料满、门开及检修切换等工况，均宜并入报警与停机逻辑，同时保留必要的手动/自动切换接口^[4]。制样系统采用 PLC 控制、具备开放接口，并上传批次号、制样时间、重量及故障日志等信息，回收装置据此可与联合制样机总控系统共享运行状态、故障记录和弃样重量，进而增强末端回收链条的可追溯性。

4 联合制样机废弃煤样回收装置的优化策略

4.1 面向防堵与防黏附的结构优化

废弃煤样回收装置在连续运行之际，真正拉开稳定性差距的往往不是主传动，而是料斗底部、转接法兰、提升机底部回煤区等易滞料节点的结构细化。优化时宜把料斗锥角、出料口宽度与落料通道截面联动校核，

尽量压缩滞料区和死角区；对细粒煤样、高水分弃样及局部黏附偏强工况，接触面更适合采用 SUS304 不锈钢或低附着衬层，以减轻挂壁和结拱。高风险节点还可前置振打、气吹或独立清扫机构，借此把积料在早期阶段就导出；提升机底部回煤区则宜同步设置集中清扫口和废煤回收接口，避免残留煤样在下一个运行周期再次卷入，致使堵塞与交叉污染叠加。

4.2 面向密封与抑尘的环保优化

密封与抑尘优化的关键，在于把“煤样不落地”从单一输送要求延伸到转接、检修和清扫全过程。落料点、法兰转接点及检修门周边宜采用双层密封构型，内层负责拦截细粒煤粉，外层负责削弱负压波动对外泄的牵引；顶部倒料区、弃样接收区和密闭输送段则宜与现有除尘主管联动，并在关键位置增设负压接口^[5]。制样过程与传输过程不得出现煤样、煤粉漏出，同时设置多处除尘点、外部主管道及压缩空气吹扫管路，这为回收装置的环保优化提供了直接边界。进一步看，压缩空气吹扫不宜泛化配置，而更适合布置在死角积粉区、回煤盲区及检修后复位节点，以便在不扩大风量波动的前提下清理残粉。

4.3 节拍匹配与维护协同优化

运行优化围绕回收周期与弃样批次的动态扣合展开，日制样 40 个~60 个批次条件下，若维持固定运行节律，空转与瞬时堆料易交替出现，因而提升倒料机的启动间隔、运行时长与停机延时需随来料波动整定。前端设置适度缓冲容积以吸纳排样峰值，后端对提升速度与卸料节奏进行联动校核，用于压低峰值电流与冲击负荷，在 3 kW 驱动、 ≥ 5 t/h 出力边界内划定经济运行区间。工程维护侧同步嵌入结构设计，检修门、观察窗与清堵口前移至转接段、提升底部及顶部翻转区，缩短故障定位路径。传动部件采用外置或半外置布置，配合清扫通道与状态标识，削弱煤粉侵入并压缩停机判断时间。料斗、溜管及密封组件按模块化单元组织，局部替换即可完成维护切换，长期运行稳定性随之提升。

5 废弃煤样回收装置的方案对比与联机验证

验证环节以“传统落地清运”与“密闭提升回送”两类路径并行对照展开，评价范围除回收效率外，还纳入堵塞频次、人工干预次数及清扫工作量等变量。试验过程嵌入联合制样机整机调试链条，在空载、自动及负载连续工况下同步采集数据，负载连续运行时间不低于 2 h，由此锁定回收端与制样节拍、除尘系统

及 PLC 连锁之间的耦合状态。结果判读依托表 1，对比优化前后回收效率、撒漏量、单位能耗与连续运行时长等指标变化，若效率提升且堵塞与干预回落，说明回送路径更贴合末端工况。结合日处理 40 个~60 个批次与 3 kW、 ≥ 5 t/h 运行边界，即可作为方案优选与工程适配判断依据。

表 1 联合制样机废弃煤样回收装置优化前后关键指标对比表

指标名称	单位	优化前	优化后	变化方向
回收效率	%	92.4	98.1	提高
堵塞频次	次·d ⁻¹	5.0	1.0	降低
撒漏量	kg·d ⁻¹	8.6	1.7	降低
单位回收能耗	kWh·t ⁻¹	0.96	0.72	降低
人工干预次数	次/班	6	2	降低
连续运行稳定时长	h	2.5	6.0	延长
检修耗时	min/次	42	18	缩短
扬尘控制效果	定性等级	中	优	改善

6 结束语

联合制样机废弃煤样回收装置设计的关键不在单一提升单元选配，而在结构布置、物料流动、控制响应与维护组织之间形成稳定配合。依托密闭输送、立式提升、溜管顺流与 PLC 连锁协同展开，装置较好地解决了末端回收中的撒漏、堵塞与滞料问题。围绕防堵防粘、密封抑尘和节拍整定展开的优化，又进一步改善了运行平稳性与检修便利度。联机验证结果表明，该方案与联合制样系统末端工况具有较强的适配性，工程应用价值明确。

参考文献：

- [1] 马旭,王文龙,刘峰.营盘壕选煤厂智能采制化的设计与实践[J].洁净煤技术,2025,31(S1):797-802.
- [2] 刘奇,梁宇,张洪,等.选煤生产过程控制机器人煤质化验系统的研制和应用[J].煤炭科学技术,2025,53(S1):308-316.
- [3] 付令怡,杨长友,朱超,等.商品煤采制化系统改造实践[J].选煤技术,2023,51(03):77-81.
- [4] 王红燕,陈敬胜,李俊,等.智能采制化系统在潘集选煤厂的应用[J].煤炭加工与综合利用,2024(02):85-89.
- [5] 王家栋.煤炭全自动制样系统精密度和偏倚试验实施方法[J].煤质技术,2025,40(05):89-96.