

复合肥装置仓泵进料阀的故障分析和选型

祁维军 胡彦文 杨一仁 左龙宁

青海云天化国际化肥有限公司

摘要: 复合肥装置袋式除尘器技改项目投用后, 由于粉尘易吸潮导致板结及输灰不畅, 仓泵进料阀频繁出现卡死、漏气、无法全开等故障, 系统运行周期缩短至 7 ~ 14 天, 并引发多次装置停车事故。针对此问题, 本文对工艺流程及仓泵进料阀的故障进行了详细分析, 并通过多次试验, 重新选型进料阀并设计增加自动清灰设施。

关键词: 袋式除尘器; 尾气粉尘; 气力输灰系统; 仓泵; 盘阀; 自动清灰

1 概述

青海云天化 20 万 t/a 转鼓复合肥装置于 2013 年 5 月投产。随着尾气排放标准的提高和绿色工厂建设的要求, 装置尾气处理工序进行了尾气排放治理和粉尘回收利用改造, 增加了袋式除尘器系统, 并采用气力输灰工艺。2018 年 10 月投用后, 由于粉尘易吸潮, 导致板结、输灰不畅, 输灰管道堵塞, 系统无法正常运行。通过对粉尘介质特性的分析及工艺流程和控制策略的优化, 发现仓泵进料阀的正常运行是除尘系统稳定运行的关键。经过多次试验, 对比三角摆动阀、充气式圆顶阀和盘阀的运行情况, 最终确定盘阀运行最为平稳。2019 年 10 月投用后, 除尘系统运行逐渐平稳, 但进料盘阀腔内积料卡堵问题依然存在, 运行周期仅为 7 ~ 14 天,

检修频次和费用较高。

2 工艺流程和控制原理

2.1 工艺流程

袋式除尘器通过纤维性滤袋过滤干燥机尾气, 粉尘被阻留在滤袋表面, 清洁空气通过滤袋排出并送至尾洗塔进行洗涤后排放。滤袋表面的粉尘通过电磁脉冲阀喷吹抖落至粉尘回收料仓, 经翻板阀和盘阀进入仓泵, 再通过气力输灰系统送至造粒机, 完成尾气粉尘的回收利用。袋式除尘器的尾气除尘回收效率可达 99%, 工艺流程图如图 1 所示。辅助检测仪表设备有: 料仓高低料位计、温度计, 可检灰仓内测料位高低; 在下料时有空气炮、声波清灰器等设备保证下灰效率; 布袋差压检测灰布袋积灰情况。工艺数据见表 1。

2.2 控制原理

袋式除尘器利用纤维型滤袋捕集粉尘技术和气力输灰技术相结合, 使用 PLC 控制系统和现场仪表实现了尾气粉尘的回收利用的自动化。盘阀 XV-04612B 全开后, 翻板阀 XV-04612B-1 打开, 仓泵开始进料, 持续时间 5 ~ 15 s (根据输灰时间调整), 翻板阀 XV-04612B-1 先关闭, 盘阀 XV-04612B 后关闭, 完成仓泵进料^[1]。流化阀 XV-04616B 对仓泵粉料进行流化, 依次打开进气阀 XV-04611 和吹堵阀 XV-04616A, 通过气力输灰管道将仓泵粉料送至造粒机。当输灰压力 PT-04612 降至 150 kPa 以下, 说明仓泵粉尘已被输完, 依次关闭进气阀、流化阀和吹堵阀, 完成仓泵粉料的气力输灰。1[#] 仓泵和 2[#] 仓泵交替进行进料和输灰, 根据输灰压力和时间, 可以调整

表 1 2019 年袋式除尘器及气力输灰系统运行数据

时间	1 号仓室 温度 /℃	2 号仓室 温度 /℃	输灰压力 /kPa	空管压力 /kPa	给料时间 /s	故障导致停车 频次 / (次 / 月)	干燥机 负压 /kPa	除尘器布袋 压差 /Pa
10 月 7 日	55	53	250	140	5	0	- 0.75	500
11 月 10 日	58	56	230	110	5	1	- 0.74	530
12 月 5 日	54	50	210	90	5	0	- 0.71	600

注: 数据来源于 PLC 系统实时记录。

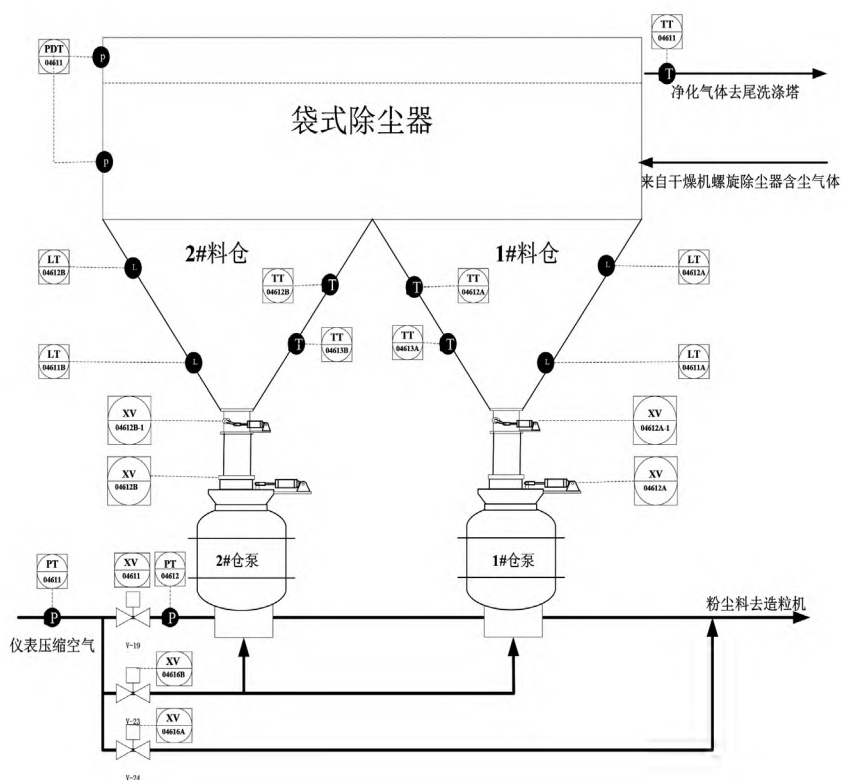


图1 袋式除尘器工艺流程图

1#和2#仓的输灰频次。在仓泵进料和气流输灰过程中，无论哪台仪表故障都会导致，自动输灰停止，故障超过30 min，就有可能导致装置停车。其中仓泵进料盘阀XV-04612B尤其重要，仓泵进料时要全开，保证下料畅通，输灰时要全关，保证仓泵的粉料不被反吹至料仓。由于风尘物料复杂，特性不稳定经常造成阀门卡阻，内漏，无法全开等现象，控制功能原理如图2所示。

3 进料盘阀故障原因分析和选型

3.1 仓泵进料阀故障分析

3.1.1 工艺介质分析

干燥机尾气中的粉尘为复合肥粉料，具有较强的吸附性和吸潮性，尤其在温度降低时更为明显。吸潮后，粉尘

具有较高的黏性和腐蚀性，导致流动性变差。经过挤压或长期堆存后，随着水分流失，粉尘会结块变硬。工艺控制要求粉尘含水量 $\leq 1.5\%$ ，仓室温度 $\geq 50^{\circ}\text{C}$ 时不易结料。然而，当粉料进入仓泵时，粉尘温度下降，部分粉料会吸附在进料盘阀的阀板和阀腔之内，经挤压后粘结在阀板和滑道位置。若环境空气潮湿且温度降低，则会加剧粉料在腔室内的吸潮和硬化，导致阀板卡阻甚至卡死，无法正常动作。

3.1.2 仓泵进料阀内部结构分析和使用情况

本装置仓泵进料阀使用过的阀门有三角摆动阀、充气式圆顶阀、盘阀等。原设计为三角摆动阀，阀体的腔室有死角，在使用中会有物料堆积，随阀板的

开关过程，物料堆积密度变大，因介质物料有吸潮特性，加剧了堆积物料的硬化，最终导致阀门无法全开或全关，检修周期在3天左右。

第2次选型将设计的三角摆动阀更换为充气式圆顶阀，阀门由于结料，无法全开全关的问题解决；除尘器气力输灰系统运行趋于正常；但是在运行到5~6天，密封环出现漏气，导致下料不畅，输灰时返料到料仓；被迫停车检修，更换密封环。圆顶阀密封环损坏的原因分析：由于物料有部分附着圆顶阀阀芯、变硬、不易清理，在开关动作时磨损密封环，导致漏气而无法使用。

通过摆动阀和圆顶阀的使用情况分析，此类介质使用的阀门要有自清理能力，且不能堆积物料。经过分析和研究，第3次选型为盘阀。盘阀上进下出，下部出口斜面，且出口比较大，可减少物料堆积，再加吹扫管，使用周期可达到7~15天。

3.2 仓泵进料阀的选型

仓泵进料阀的选型要求包括：开关灵活，关闭时间小于2s，关闭时密封性好，不能有漏气、漏料现象；流量大，不能有堵塞。对三角摆动阀、充气式圆顶阀和盘阀的使用情况进行对比，见表2，发现盘阀的故障率明显减少，除尘系统运行趋于稳定。然而，盘阀在运行过程中仍存在腔室结料卡阻，无法全开故障，维修周期较短，维护成本较高。为进一步减少维护量并延长运行周期，需继续探索技改方案。

4 仓泵进料盘阀清灰设备的设计和優化

经过分析和试验，在使用过的进料阀中，盘阀使用检修周期最长，勉强满足工艺的需求。但是每月检修需要3~4次，且由于阀门比较重，检修过程比较困难，人工成本投入比较多，为检修班组的维护带来很大的困扰。为解决这个问题，必须解决物料结料的问题。安装

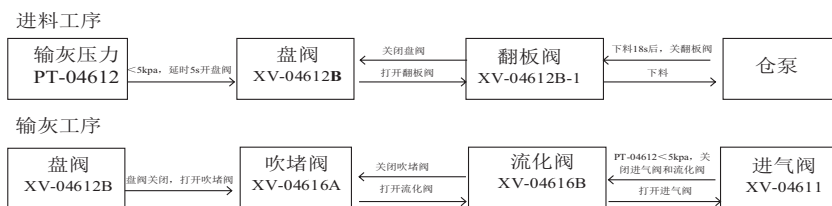


图2 除尘器气力输灰控制原理功能图

普通吹扫管，效果不明显；因吹扫孔的压力、力度、空气量不够。从脉冲除尘器受到启发，研究将脉冲电磁阀、空气储罐、PLC 控制组合，设计出为盘阀自动清灰空气炮设备。

4.1 控制原理

在 PLC 系统中进行组态，以盘阀的关限位信号作为喷吹的起动条件，以输灰停止信号作为喷吹停止条件。每次喷吹持续 200 ms，间隔时间为 30 s，每个输灰周期内可进行两次吹扫。设置手动和自动清灰模式，正常运行时采用自动模式；当阀门结料时，可手动提高吹扫频次，以加强吹扫效果。此外，增加空气炮以清理阀腔内的结料，解决因吹扫空气压力不足导致的清理不彻底问题。

4.2 耗气量计算

根据 SMC VXF2 系列脉冲电磁阀说明书中公式，储气罐压力 0.5 MPa，口径 1 1/2" 计算电磁阀通电时间 200 ms 耗气量计算如下：

$$V_o = (P_1 \times V_1 - P_2 \times V_1) / P_o$$

式中： V_o ——排气量，L；
 P_1 ——储气罐初期压力，MPa；
 V_1 ——储气罐容量，L；
 P_2 ——排气后储气罐压力，MPa；
 P_o ——当地大气压强，MPa。

已知： $P_1=0.5\text{ MPa}$ ， $V_1=0.5\text{ L}$ ， $P_2=0.2\text{ MPa}$ ， $P_o=0.0735\text{ MPa}$ ，代入可得

$$V_o = (P_1 \times V_1 - P_2 \times V_1) / P_o = (0.5 \times 0.5 - 0.2 \times 0.5) / 0.0735 = 2\text{ L}$$

1 h 输灰次数约 10 次，每次输灰喷吹 2 次，每小时的耗气量为： $2 \times 10 \times 2 = 40\text{ L}$ 。一天的耗气量为 $40 \times 24 = 960\text{ L} = 0.96\text{ m}^3$ ，约 1 m^3 压缩空气，耗气量比较低。

表 2 各类阀门运行情况统计表

位号	阀门类别	无故障使用 最长时间 /d	故障现象	工艺影响
XV-04612	三角摆动阀	3	卡阻，无法动作	无法投自动，堵管，停车
	充气式圆顶阀	3 ~ 5	密封环磨损，漏气；卡阻	下灰不畅，堵管，停车
	盘阀	7 ~ 15	阀腔结料，无法全开	无法投自动

注：数据来源于 PLC 系统报警日志统计。

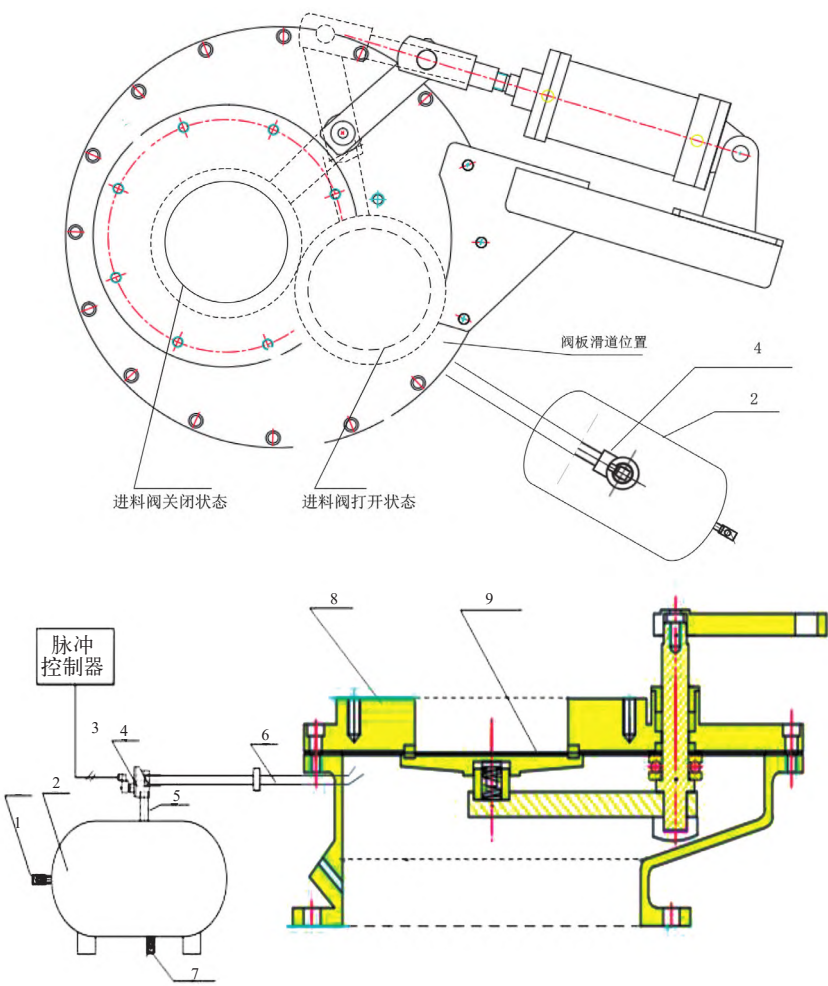


图 3 盘阀及清灰设备俯视与侧剖视图

1- 空气储罐的进气阀；2- 空气储罐；3- 脉冲控制器；4- 脉冲电磁阀；
5- 脉冲电磁阀进气管；6- 喷咀；7- 空气储罐的排气阀；8- 仓泵进料阀；9- 进料阀阀板。

4.3 清灰设备投用后使用效果

2022 年 4 月盘阀清灰设备技改完成并投用，运行至今，两台盘阀的缺陷工单 < 2 次 / 年；检修周期可达到 12 个月以上，因腔内结料卡堵的故障基本可以杜绝，为装置的长周期运行提供了可靠保障。本自动清灰设施也在旋风除尘下灰管道、滚筒筛网以及其他下料管道等复合肥装置上，得到了推广和应用，有很强适用性^[2]。

5 小结

在转鼓复合肥装置袋式除尘器技改项目中，由于复合肥粉尘易吸潮，仓泵进料阀频繁出现卡死、漏气等故障。通过对三角摆动阀、充气式圆顶阀和盘阀的使用和研究，确定盘阀是复合肥装置尾气粉尘气力输送中的首选。通过为盘阀设计增加自动清灰设施，有效杜绝了故障的发生，减少了维护成本。

参考文献：

[1] 陈国亮. 袋式除尘器及气力输灰系统在转鼓复合肥装置的应用 [J]. 磷肥与复肥, 2023,38(02):45-47.
[2] 速睦 (SMC) 股份有限公司.VXF2 系列脉冲电磁阀说明书 [Z].2020.