

# 沉钒工序稳定高效运行研究及成果效益分析

李艳东（承德钒钛新材料有限公司，河北 承德 067002）

**摘要：**本论文聚焦于沉钒工序的稳定高效运行，详细分析了当前沉钒工序中存在的问题，包括设备故障、效率低下和环境污染等，并深入探讨了针对性的解决策略和改进措施。通过对设备的优化、工艺参数的调整以及管理模式的创新，旨在实现沉钒工序的稳定高效运行，提高钒的回收率和产品质量，降低生产成本和环境负荷，为相关产业的可持续发展提供有力支持。

**关键词：**钒液；浓密池；浓密机；压滤机；清洁生产；高效运行；经济发展

## 0 引言

钒是一种重要的综合战略利用金属，广泛应用于制造钢铁、有色金属、化工等行业。钒铁锰钛矿和磁铁矿石也是人工提取钒钛的主要化学原料。钒铁矿和磁铁矿资源是目前我国重要的具有特色多样性金属地质矿产资源，储量巨大。钒铬金属磁铁矿晶体是含有钒、钛、铁、铬等多种金属的铁磁共生体。目前，钒的回收率仅为 80%。铬不可回收，钒工艺能耗高，废水废气污染严重，已成为钒磁铁矿提钒工艺的发展瓶颈。

## 1 沉钒工序技术现状及存在问题

沉钒采用酸性铵盐沉钒法。来自浸出工序除硅磷后的净化钒液在原液储罐静置一段时间后打入反应釜内进行酸性铵盐沉钒。室温下过量加入反应系数为 1.3~1.6 倍的硫酸铵，然后再用硫酸调节 pH 值至 1.9~2.3，在蒸汽直接加热搅拌条件下结晶出桔黄色的多钒酸铵（APV）沉淀，多钒酸铵料浆可经浓密池固液分离后，打入钒酸铵料浆罐直接立式压滤机压滤洗涤得到钒酸铵滤饼，下一步用于生产三氧化二钒或五氧化二钒产品。上清液及洗水等打入上清液缓冲池，进行除钒铬脱氨氮处理，处理后的废水部分炼铁回用，部分威立雅处理提取硫酸钠及氯化钠，冷凝水回用。

压滤机故障率高，效率低，漏液严重。沉钒工序共 5 台压滤机，其中 1、2、3 号压滤机过滤面积 20 平，4 号压滤机过滤面积 40 平，5 号压滤机过滤面积 60 平。4 号压滤机 2021 年 11 月投用，状态较好；5 号压滤机在 2018 年 8 月投用，但因为原始设计有缺陷，设计产能一直未得到发挥，1、2、3 号压滤机在 2003 年投用，使用年限过长，目前均存在板框变形、顶起机构变形，顶起电机频繁烧、压滤机板框闭合不严漏水问题。浓密池浓密机运行参数没有量化监测，无法监控浓密池的物料状态，物料平衡无法控制。

## 2 采取的改进措施

### 2.1 压滤机管理措施

压滤机严格执行定修制度，制定定修周期、定修项目，严格按定修计划执行定修，不按计划定修，严肃考核责任人。定修要求见附表：压滤机月定修。通过定修，确保压滤机隔膜、压条、胶管不漏水，滤布透滤正常。

压滤机主要易损件隔膜、胶条严格执行 4 个月周期更换；滤布执行 2 个月周期更换；胶管执行 4 个月周期更换；铜套执行 4 个月周期更换；各阀门胶胆执行 4 个月周期更换。沉钒作业区做好各备件更换记录。

沉钒作业区严格执行压滤机日常维护要求。定期对压滤机的积料进行清理，并切实落实到岗位，做好记录。设备室对沉钒作业区的压滤机日常维护情况、省安的维保情况进行监督考评。

### 2.2 沉钒作业区规范对压滤机的使用

周期性润滑：1—3# 压滤机干油泵、丝杠每班检查油位，进行补油；1—3# 压滤机减速机每周检查一次油位，进行补油；1—4# 压滤机链条每周进行一次润滑；4、5# 压滤机液压站每日进行液压站油位检查，每周进行补油；每年进行 1 次液压油更换。

滤布清洗及跑偏：每 15 天进行一次滤布碱洗，确保滤布透气性；每班检查滤布运行情况，出现跑偏情况立即进行调整；每周针对责任区域压滤机进行一次滤布丝头清理。

物料清理：每周疏通 5# 压滤机滤布洗水槽；每周清理 4、5# 压滤机过滤器；4、5# 压滤机进料胶管根据当班进料情况进行判断是否堵塞，如有堵塞的组织清理。

高压水泵压力控制在 0.7—0.8MPa，压力低于控制要求联系点检站、省安维护人员对高压水泵本体、阀门、管路进行检查确认；压力高于控制范围，调整

压滤机高压水泵运行频率和二次挤压时间参数设定。

压滤机附属设备运行、维护：每班检查皮带是否跑偏，调整跑偏；每班检查、处理皮带打滑情况；每周检查皮带接头处是否有开裂情况，皮带是否有刮蹭；每周进行首轮、尾轮的润滑及检查。

## 2.3 压滤机技术措施

### 2.3.1 对液压机及相应的控制系统进行改造

针对5号压滤机原始设计缺陷，对液压机及相应的控制系统进行改造。5#压滤机一直无法稳定运行，通过现场排查可以确定主要原因是由于卸料马达、复位马达流量分配不均造成。

原压滤机厂家设计的卸料液压阀组由六组液压阀组控制24个液压马达带动滤布完成卸料，复位阀组由一组液压阀组带动24个马达对滤布复位，控制方式均是一个液压阀组控制多个马达作业，并且在液压阀组上没有分流装置对多个马达进行流量分配，使多个马达获取的流量不一致造成马达转动快慢不一甚至停转，导致5#压滤机卸料及滤布复位无法稳定运行，达不到压滤机设计产能，且故障率高。从根本上解决上述问题需采用多阀组控制达到马达稳定运行。

重新设计液压系统，将卸料阀组在主阀组分离出来，增加控制阀组数量，每一个控制阀组对应一个马达从根源上解决流量分配不均的问题；相应修改PLC程序及触摸屏控制画面，实现对每个板框单独控制，优化板框卸料、复位的动作和时序。将原有的卸料阀块当做复位阀块使用并增加六个分流马达对复位马达进行流量分配。

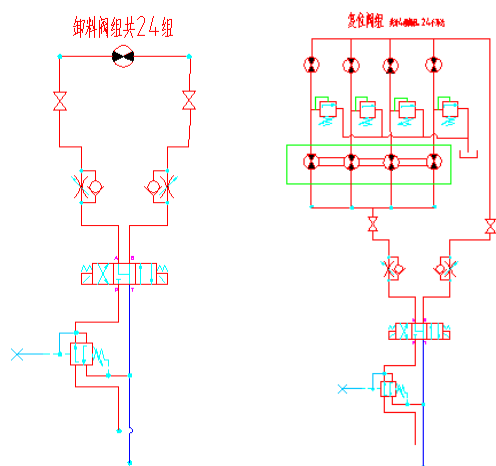


图1 改造后液压原理图  
(此阀组共24组)

图2 此阀组共6组

卸料阀组共24个，利用P路调压阀调整系统压力，换向阀控制马达卸料，单向节流阀调整马达速度，截止阀用于压滤机单个板框故障或更换液压马达时切断

油路。此控制方式可以实现24块板框卸料单独控制，从根源上解决流量分配问题。

复位阀组利用原卸料阀组每组阀控制4个复位马达，在马达附近新增分流马达、溢流阀。P路调压阀调整系统压力，换向阀控制马达复位，节流阀调整马达速度，截止阀用于压滤机单个板框故障或更换液压马达时切断油路。同步马达为4个复位马达分配流量使复位马达同步，溢流阀防止复位马达过载为复位马达卸荷。

### 2.3.2 现状及改造的必要性

1#--3#压滤机（小滤机）压滤板框开闭装置，采用蜗轮减速机传动，带动螺杆—螺母和上下支臂，从而实现动压板上下移动，带动压板上的压滤板框组实现开、闭动作。目前，该装置位于压滤板框组下部，受漏液喷溅、侵蚀影响，上支臂及下支臂链接部位轴承及电机本体侵蚀损坏严重，造成顶起歪斜，压滤板框组闭合不严漏液。形成漏液侵蚀开闭装置，开闭装置受侵蚀闭合不严造成漏液的不良循环。

结合表1可知3台小压滤机主要存在的问题是：电机烧损频繁，且其他机械结构备件周期性损耗，压滤机故障率高。结合小压滤机目前的主要问题，建议取消原机械顶起机构，将3台小压滤机开闭装置改造为液压结构，降低了设备故障率，还能降低钒酸铵物料的水份，从而提高生产效率。

### 2.3.3 机械、液压部分改造

①将原始压滤机机械开闭装置改为两个液压缸顶紧结构形式，整体结构；②拆除现有机机械开闭装置，保留底座，底座用水平仪校正；③在现有压滤机底座上安装两个不锈钢316L材质的两级油缸；④原始滑动底板、底座抛光，缸顶配套制作不锈钢316L材质钢板，钢板与滑动底板焊接，缸杆上端与316L材质钢板采用螺栓连接。缸座下端与底座同样采用螺栓连接。两级杆采用管式波纹防水装置，防止钒酸铵液体腐蚀缸体；⑤增加一台液压站，放置在控制箱旁边，敷设液压管道。保持两个缸体的伸缩量相等。两缸杆伸缩量误差小于10mm. 液压缸控制滑动底板的升降，控制滑动底板的升降，从而控制整个板框组的开闭；⑥其余滤布驱动机构和滤布拉紧机构不做更改。

### 2.3.4 小压滤机改造工艺控制要求说明

1#--3#压滤机（小滤机）压滤板框开闭装置，采用蜗轮减速机带动螺杆—螺母和上下支臂，带动压板上的压滤板框组实现开、闭动作；因受板框两侧受力不均及自身机构磨损因素造成顶起歪斜，压滤板框组

表 1 小压滤机开闭装置年备件消耗

| 易损件                              | 单价       | 年消耗量 | 总价       | 装机量 | 使用周期(月) | 存在问题                  |
|----------------------------------|----------|------|----------|-----|---------|-----------------------|
| 右旋螺母 350.0422. 黄铜 ,8,5           | 2563.61  | 6    | 15381.66 | 3   | 12      | 螺母磨损                  |
| 左旋螺母 350.0423. 黄铜 ,8,5           | 2563.61  | 6    | 15381.66 | 3   | 2       | 螺母磨损                  |
| 减速机 CWH1160.11KW,JB/T17935, 组件   | 17732.83 | 1    | 17732.83 | 3   | 12      | 密封损坏, 轴承损坏, 齿轮磨损      |
| 修理减速机 CWH1160.11KW,JB/T17935, 组件 | 5320     | 2    | 10640    | 3   | 12      | 密封损坏, 轴承损坏, 齿轮磨损      |
| 蜗轮轴端法兰 (左) 350.0415,45,6.8,4     | 274.12   | 3    | 822.36   | 3   | 12      | 磨损                    |
| 蜗轮轴端法兰 (右) 350.0416,45,6.8,4     | 274.12   | 3    | 822.36   | 3   | 12      | 磨损                    |
| 蜗轮轴 350.0418,45,40,4             | 3865.13  | 3    | 11595.39 | 3   | 12      | 磨损                    |
| 电机 Y160M-4/11kW,B5               | 1136.7   | 3    | 3410     | 3   | 0.5     | 进水、钒酸铵腐蚀、因闭合力大导致电机负载大 |
| 修理电机 Y160M-4/11kW,B5             | 330      | 72   | 23760    | 3   | 0.5     | 进水、钒酸铵腐蚀、因闭合力大导致电机负载大 |
|                                  |          | 合计   | 99546.26 |     |         |                       |

闭合不严漏液；为了解决上述困局现将原机械开闭机构改为液压缸升降机构，改造后控制步骤如下：

①板框闭合阶段：板框运行到闭合阶段启动高压油泵，液压阀组 YA1 线圈得电 A 腔供油，待压紧油压到达设定压力（挤压压力需经计算得出，同时为保护设备设定压力上限）时液压阀组 YA1 线圈失电油泵停止运行，恢复板框上限位作为板框极限保护，待油缸压力低于设定压力 80% 时油泵及液压阀门再次得电补压（到达设定压力停车保压）；②板框打开阶段：板框运行到打开阶段启动高压油泵，液压阀组 YA2 线圈得电压 B 供油，待下底板到达下限位后液压阀组 YA2 线圈失电油泵停止运行（B 腔接溢流阀防止下降时机械卡顿造成设备的过拉损坏）见图 3。

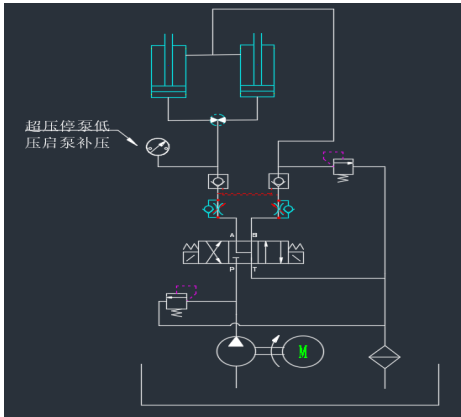


图 3 液压控制

2.3.5 电气部分改造

①需要增加的电控点 7 个 DI 点,5 个 DO 点,1 个 AI 点。需要增加 AINDIDO 模板各一块；②原来的顶起电机改为液压泵电机，功率由 11kW 增加到 22kW，主回路电缆、接触器、空开利旧。

2.3.6 增加浓密池浓密机参数检测

增加压力变送器，将浓密机行走液压系统压力信号接入 DCS 系统，对浓密机行走压力进行实时监控。根据经验判断，浓密机行走压力在 0.4–0.5MP a 之间，

属于争产状态，浓密池内没有积料；压力高于 0.5MPa 后，说明浓密池内有积料，立即停止沉钒操作，停止向浓密池进料。通过增加此压力检测信号，可有效监控进出浓密池的物料平衡，为保护浓密机中心柱设备、避免浓密池积料工艺事故做出重要指导。

3 取得的效果与效益

5 号压滤机在经过一系列的优化改进措施后，产能有了显著的提升。5 号压滤机产能得到提高，从日产 10t 增加到日产 20t。1, 2, 3 号压滤机故障率降低，漏液情况得到治理。沉钒浓密池进液、出液平衡，运行平稳。5 号压滤机原本的日产量仅为 10 t，通过对其关键部件的升级、工艺参数的调整以及操作流程的优化，如今的日产量成功增加到了 20 t，大大提高了生产效率，为整个沉钒工序的高效运行提供了有力保障。

1、2、3 号压滤机由于使用年限较长，之前一直存在着较高的故障率，漏液问题也较为严重。但通过精心的维护保养、零部件的更换以及技术人员对运行参数的精准调校，这些压滤机的故障率大幅降低。曾经频繁出现的漏液情况得到了有效的治理，不仅减少了物料的浪费，还降低了对生产环境的污染。

沉钒浓密池的运行也取得了良好的成效。通过对进液和出液流量的精确控制，实现了进出液的平衡。这使得浓密池能够稳定运行，有效地提高了固液分离的效果，为后续的工序提供了更优质的物料条件，保障了整个沉钒工序的连续性和稳定性。

4 结论与展望

通过对沉钒工序的设备优化、工艺改进和环境保护措施的实施，实现了沉钒工序的稳定高效运行，提高了企业的经济效益和环境效益。然而，随着科技的不断进步和市场需求的变化，沉钒工序仍有进一步优化和提升的空间。未来，应持续关注新技术、新设备的发展，不断探索创新，为钒产业的可持续发展做出更大的贡献。