

硫化机液位疏水系统改造实践与效益分析

杨灏宇

(双钱集团(重庆)轮胎有限公司, 重庆 400900)

摘要: 本文以双钱轮胎重庆公司 156 台硫化机为研究对象, 提出基于液位检测与气动控制的疏水系统改造方案。通过取消传统疏水器, 引入 PLC 自动控制系统、不锈钢液位罐及气动切断阀等关键组件, 实现冷凝水精准排放。改造后, 蒸汽消耗降低 8.5%, 年经济效益达 200 万元。同时, 系统稳定性显著提升, 兼具经济与环保效益。

关键词: 轮胎硫化; 液位控制; PLC

中图分类号: TQ330.47

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2025)06-0049-05

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2025.06.011

在轮胎硫化工艺中, 蒸汽是核心能源之一, 其消耗量直接影响制造成本与环境负荷。传统硫化机采用疏水器排放冷凝水, 但长期运行中疏水器易老化、堵塞或泄漏, 导致蒸汽浪费严重, 维护成本高昂。双钱轮胎重庆公司硫化车间现有 156 台硫化机, 设备自 2008 年投入生产, 年运行时间在 345 天左右, 属于高耗能设备。热工管路配置 TLV T8X-8/A (设计寿命 8 年) 和 C&F Y250F (设计寿命 5 年) 疏水器共 468 台, 超服役期设备占比达 82%。机械型疏水器内部浮球组件磨损, 实测间隙超标准值 0.3~0.5 mm, 导致冷凝水排放滞后, 蒸汽泄漏量达额定排量 12%~15%; 热动力型疏水器阀片密封面冲蚀沟痕深度 > 0.2 mm, 造成瞬时泄漏量较大。可见, 内部元器件出现不同程度的磨损、老化, 精度下降, 泄漏情况较重, 造成蒸汽能源浪费。经专业调研发现, 疏水器失效问题频发属实, 蒸汽消耗量居高不下。以 710# 硫化机为例, 原系统蒸汽损耗占比达 15%~20%, 亟需技术升级。

液位疏水系统改造的核心目标是通过自动化手段控制优化冷凝水排放效率。通过取消传统疏水器, 引入液位检测与气动控制技术, 实现精准排放, 减少蒸汽逃逸。初步测试表明, 改造后单机蒸汽消耗可降低 8.5%, 经济效益显著。因此, 计划全面推广硫化机改造, 以实现车间整体能效提升。

1 技术方案及选型

1.1 技术方案

全钢轮胎硫化工作时, 外压回路蒸汽需要通过进

口排放至液位罐中, 排放过程中会在罐体内形成大量冷凝水, 随着冷凝水不断增加, 罐体内冷凝水水位持续上升, 到达一定位置时会接触液位传感器, 此时液位计、接地线、冷凝水构成控制回路, 液位传感器将探测到的液位信号反馈给 PLC, 当 PLC 接收到冷凝水的液位反馈信号后, 发送信号给电磁阀, 通过电磁阀控制气源来开启切断控制阀, 切断控制阀阀门打开后, 此时罐体内的冷凝水通过切断阀、孔板排出。PLC 可设置排出时长, 当罐体内液位降到一定位置时, 控制阀门关闭, 此时排出停止。

冷凝水在罐体内持续累积, 当液位信号触发 PLC 时, 阀门开启排水, 直至液位下降后关闭, 形成循环控制。液位罐体底部安装一球阀, 在紧急情况下方便人工操作协助排出冷凝水或杂质。控制过程如图 1 PLC 控制系统图所示。

1.2 主要元件选型

电气控制系统选用三菱 Q00 系列 PLC, 32 位 RISC 处理器, 0.034 μ s/步指令速度, 内置 64 K 步程序存储器, 支持结构化编程。符合 IEC61131-3 标准, -10~55 $^{\circ}$ C 工作温度范围, 完全满足车间级工业环境稳定性要求; 输入、输出模块采用三菱品牌, 32 点 DC24 V 输入, 晶体管输出模块, 光电隔离, 5 mA

作者简介: 杨灏宇 (1980-), 男, 研究生学历, 管理学硕士, 高级工程师, 项目管理专业 (PMP[®]) 认证 - 美国项目管理协会 (PMI), 重庆工程师联合体工程科技智库专家, 主要从事橡胶设备管理, 数字化及项目管理工作。

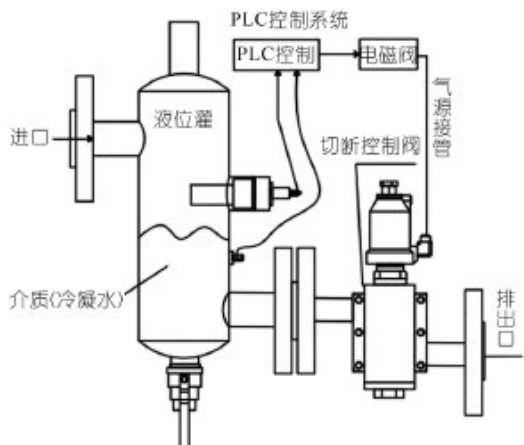


图1 PLC控制系统图

以下漏电流,支持中断响应功能 $<1\text{ ms}$;液位控制器选用欧姆龙 K8DT-LS1CD,该开关适应环境温度为 $-20\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$,可安全实现自动化控制。双设定点检测(高位/低位),响应时间 $\leq 20\text{ ms}$ 。通过 UL/CE 认证,适用硫化车间高温环境;电磁阀采用 SMC 品牌。主要配件选型见表1 配件选型表。

表1 配件选型表

序号	名称	规格型号	品牌	备注
1	输入模块	QX40	三菱	
2	输出模块	QY10	三菱	
3	液位控制器	K8DT-LS1CD	欧姆龙	
4	液位罐	4.4 L	中山市大海自控阀门有限公司	不锈钢
5	电接点	DJM1615-97	云欧仪表	
6	电磁阀	SY7120-5GZ-02	SMC	
7	电磁阀板	SS5Y7-20-03	SMC	
8	端子排	UK2.5	正泰	
9	控制线缆	$0.5\text{ mm}^2\sim 1\text{ mm}^2$	渝丰	

2 设备改造

2.1 关键技术要求

液罐体接地系统:采用铜质接地导线(截面积 $\geq 16\text{ mm}^2$),接地电阻值 $\leq 4\text{ }\Omega$ (符合 GB 50169—2016 电气装置标准);手动干预装置:配置 DN25 铜质球阀(工作压力 $\geq 1.6\text{ MPa}$),阀体材质符合 GB/T 21465—2008 铜合金铸造标准;防误触设计:液位传感器设置二级冗余检测阈值(20%、80%液位),配合硬件滤波电路(响应时间常数 $\tau=120\text{ ms}$);控制气路采用扩口式铜管连接,布局整齐且便于后期检修;PLC 输出控制回路具有短路过载保护功能。严格遵循 GB/T 13579—2017 等国家标准,确保设备机械与电气性能达标。

2.2 设备拆除与更新

拆除原有疏水器、保温材料及配套管道;新增不锈钢液位罐(容积 $\geq 4.4\text{ L}$),为确保运行稳定性,在液位罐内置弯头,以防止水汽冲击传感器。安装电接点、DN15 PN40 气动切断阀、 $\Phi 23$ 无缝不锈钢管路及过滤板(孔径 6 mm),防止杂质进入影响阀门的使用寿命。

热工管路倾斜 10° 布置,确保冷凝水自流;法兰采用日标不锈钢材质,焊接内外双缝降低后期运行过程中出现现漏风险;控制线路穿 $\Phi 20$ 波纹管,接头无外露,提升低压用电安全性与抗干扰性。

利用部分循环可用的旧保温材料对新管路及液位罐进行隔热保温处理,减少热损失;控制单机改造周期 $\leq 8\text{ h}$,调试后需连续运行 72 h 无故障,温度波动控制在 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 内。

2.3 电气控制

控制电源采用 DC24 V 电源,控制点接入 PLC,各 I/O 控制均接入端子排,具备手自动切换功能。对 HMI 进行优化完善,界面内容包括液位排放次数显示、排放时间设置功能。HMI 能兼容 XP、Win2000、Win7、Win10、Win11 系统,通讯方式兼容 RS-232、Usb、以太网等,工艺、编码数据、PID 等参数具备读定功能等。程序设计思路如图分为四大部分,强制排水控制模块设计的功能:根据条件强制触发上、下热板及模套的排水操作;液位检测与自动排水模块设计的功能:通过液位信号自动触发排水,并管理排水时间;计数器与数据统计模块设计的功能:统计液位触发次数及排水次数,支持数据清零。系统安全与终止模块设计的功能:确保程序运行完整性,防止逻辑冲突。流程见图2 设计思路图。

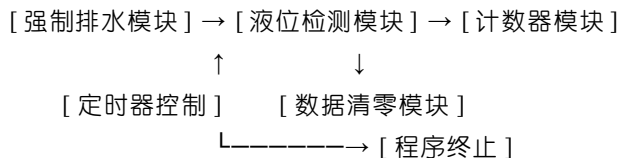


图2 设计思路图

在程序设计时要注意涉及液位检测信号 X0B6 与 Y0C7 的组合逻辑,触发排水操作 Y0C7 的启动,同时使用定时器 T209 控制排水时间。对于定时器和计数器部分,设置 T180,设置 T209 两个计时器的时候,需要明确这些定时器如何与其他逻辑部分交互。比如液位检测与自动排水模块设计时候,要求的主要功能是通过液位信号自动触发排水,并管理排水时间。需

要定义输入信号：液位检测：X0B6（上热板）、X0B7（下热板）、X0B8（模套）；定义输出状态反馈：Y0C7/Y0C8/Y0C9（当前排水状态）。然后再梳理控制逻辑：首先是条件组合：液位信号（X0B6/X0B7/X0B8）+ 排水状态（Y0C7/Y0C8/Y0C9）+ 定时器（T217/T218/T219）+ 强制信号（M598/M599/M600）进行判断。控制逻辑：OR 组合触发条件→ANI T209/T208/T207（检测排水时间限制）→OUT Y0C7/Y0C8/Y0C9（启动排水）。液位控制部分程序设计如下：

MPS		
ANDP	X0B6	上热板液位
INCP	D5540	上热板液位计数
MRD		
ANDP	X0B7	下热板液位
INCP	D5542	下热板液位计数
MRD		
ANDP	X0B8	模套液位
INCP	D5544	模套液位计数
MRD		
ANDP	Y0C7	上热板
INCP	D5546	上热板排放计数
MRD		

ANDP	Y0C8	下热板
INCP	D5548	下热板排放计数
MPP		
ANDP	Y0C9	模套
INCP	D5550	模套排放计数

3 实施效果

改造之后液位检测与 PLC 控制实现精准排水，外温波动 ≤ ±2 ℃，避免轮胎“烘生”或温度骤降且系统无泄漏，管路振动显著降低，设备维护频率减少 30%。

经济效益方面对所有机台进行蒸汽总量耗用情况测试，改造前 3 个月累计蒸汽单耗为 749.3 kg/t 轮胎，改造后 3 个月累计蒸汽单耗为 685.6 kg/t 轮胎，按照每天生产 403 t 全钢轮胎，每吨蒸汽成本 227 元，每年 345 天进行计算，年经济效益计算：(0.749 3-0.685 6) t/t 轮胎 ×403 t×345 天 ×227 元 /t≈200 万元。预计项目投入成本一年内可收回。企业年减排二氧化碳计算：(0.749 3-0.685 6) t/t 轮胎 ×403 t×345 天 ×0.169 2 tCO₂/t 蒸汽 ≈1 499 t。兼具环保与经济效益，为制造业绿色转型提供实践参考，推动行业能效标准升级。具体见表 2 技术改造效果与效益分析表。

表 2 效果与效益分析表

类别	指标 / 项目	改造前	改造后	效果 / 计算方式	结果
技术改进	液位检测与 PLC 控制	现场存在泄漏	精准排水	实现排水精准控制	系统稳定性提升
	外温波动	> 2 ℃	≤ ±2 ℃	避免轮胎“烘生”或温度骤降	生产质量保障
	系统泄漏与管路振动	存在泄漏与振动	无泄漏、振动显著降低	减少设备损耗	维护频率减少 30%
经济	蒸汽单耗 (kg/t 轮胎)	749.3 kg/t	685.6 kg/t	单耗降低：749.3-685.6=63.7 kg/t (0.749 3-0.685 6)t/t×403 t/ 天	年节约蒸汽量显著
效益	年经济效益	—	年效益 200 万元	×345 天 ×227 元 /t 基于年节约成本	≈200 万元
	项目投入回收期	—	< 1 年	(0.749 3-0.685 6)t/t×403 t/ 天	1 年内收回
环保	年 CO ₂ 减排量	—	降碳 1 499 t	×345 天 ×0.169 2 tCO ₂ /t 蒸汽	≈1 499 t
项目总结	综合效益	—	—	环保与经济效益并重，推动绿色转型 与能效标准升级	行业实践参考价值显著

4 展望

在后续的能源管理过程中，可以引入物联网技术，实现远程单台设备能源用量监控与故障预警机制，进一步提升系统智能化水平，降低能源消耗。同时，在设备生命周期管理方面探索陶瓷电极的耐腐蚀性改进，延长传感器的使用寿命。

硫化机液位疏水系统改造通过自动化控制与结构

优化，显著降低了蒸汽消耗与运维成本。经实践验证，该方案技术可行、经济高效，可推广至其他轮胎企业，助力“双碳”目标；通过标准化改造流程，形成可复制的节能技术模板，降低推广成本。未来，结合智能化与材料创新，可进一步释放工业节能潜力，助力企业可持续发展。

Modification practice and benefit analysis of liquid level drainage system of curing press

Yang Haoyu

(Double Coin Group (Chongqing) Tire Co. LTD., Chongqing 400900, China)

Abstract: Taking 156 unit curing press of Double Coin Tire Chongqing Company as the research object, this paper puts forward a kind of drainage system modification based on liquid level detection and pneumatic control. This solution achieves precise discharge of condensate by removing traditional steam traps and introducing key components such as PLC automatic control system, stainless steel level tank, and pneumatic cut-off valve. After the renovation, the steam consumption has been reduced by 8.5%, resulting in an annual economic benefit of approximately 2 million yuan. In addition, the stability of the system has been significantly improved, while also achieving both economic and environmental benefits.

Key words: tire vulcanization; liquid level control; PLC

(R-03)

全季轮胎“带飞”欧洲替换胎市场

All season tire leads European replacement tire market growth

日前，欧洲轮胎和橡胶制造商协会（ETRMA）公布的数据显示，2025 年第一季度，欧洲消费者替换轮胎的销售量同比增长 3%，其中全季节轮胎的销量跃升 14%，引领了市场增长。

据欧洲轮胎和橡胶制造商协会秘书长亚当·麦卡锡称，始于 2024 年下半年的消费者轮胎市场复苏仍在持续，销售量现已接近 2019 年第一季度，即疫情影响前的水平。包括夏季、冬季和全季节乘用车轮胎在内的消费者轮胎需求在第一季度增至 5 870 万条，高于上一年同期的 5 730 万条。虽然夏季轮胎的销售量下降了 3%，但全季节轮胎市场保持了持续扩张，冬季轮胎的销售量同比增长 5%。

相比之下，卡车和客车轮胎的销售量下降了 4%，降至 270 万条，与 2019 年第一季度相比下降了 11%。欧洲轮胎和橡胶制造商协会将这一下降归因于经济和政治不确定性对需求产生的重大影响。

同样，农用轮胎的销售量同比也下降了 4%，降至 20.3 万条，扭转了自去年 3 月以来的增长趋势。欧洲轮胎和橡胶制造商协会指出，这一领域的销售量仍远低于疫情前的水平。

摩托车和踏板车轮胎的销售量同比增长 7%，达到 350 万条，不过麦卡锡指出，这是与疲软的 2024 年相比得出的结果。

摘编自“中国轮胎商务网”

(R-03)

