7 m 焦炉交换机废气控制油缸液压系统改造

李延杰,王晓峻,包永胜,郑延涛,李天罡

(内蒙古包钢钢联股份有限公司煤焦化工分公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要:7 m 焦炉交换机属于焦炉的加热设备,其作用是在 PLC 的控制下,通过液压系统带动执行机构来完成对配合煤的加热,从而炼出优质的冶金焦炭。机构即能实现焦炉煤气加热,又能实现混合煤气加热,属于智能化操控设备。它由煤气系统、混合煤气系统和废气系统油缸三部分组成,其中交换机的废气系统油缸的作用是开启风门和废气砣,排放 7 m 焦炉加热燃烧时产生的废气。在系统运行时,废气油缸的活塞杆经常在行程末端产生正向或反向位移现象,移动量在 15 mm 左右,造成电气的跟踪信号丢失,形成了故障状态并发展为突然停机的事故。分析后将原控制系统的单项节流阀改为 EMDV - 10 - N - C2 - 0 - 24DL 型电磁换向阀,从而消除故障点,恢复设备运行精度。

关键词:中位机能;液压冲击;蓄能器;线密封

中图分类号:TQ522.15 **文献标识码**:B **文章编号**:1009 - 5438(2025)06 - 0031 - 03

Transformation of Hydraulic System for Exhaust Gas Control Oil Cylinder of Exchange for 7 m Coke Oven

Li Yanjie, *Wang Xiaojun*, *Bao Yongsheng*, *Zheng Yantao*, *Li Tiangang*

(*Coal Coking Chemical Industry Branch Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd.*, *Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region*, *China*)

Abstract: The exchange of 7 m coke oven is the heating equipment of coke oven. Its function is to heat blended coal through driving actuator by hydraulic system under the control of PLC (programmable logic controller) so that superior metallurgical coke is obtained. The heating with coke oven gas and mixed gas could be realized by actuator, the intelligent manipulation device. It is composed of three parts, gas system oil cylinder, mixed gas system oil cylinder and exhaust gas system oil cylinder. The function of exhaust gas system oil cylinder of exchange is opening the ventilation door and waste gate to discharge the exhaust gas generated during heating and combustion of 7 m coke oven. During the system operations, there is often the phenomenon of forward or reverse displacement of around 15 mm at the end of stroke for piston rod of exhaust gas oil cylinder, which causes the electrical tracking signal to be lost so as to form fault state and develop into accident of drop - dead halt. The one - way throttle valve of original control system is changed to EMDV - 10 - N - C2 - 0 - 24DL magnetic exchange valve after analysis so that fault points are eliminated and operating accuracy of equipment is recovered.

Key words: median function; hydraulic shock; energy accumulator; line sealing

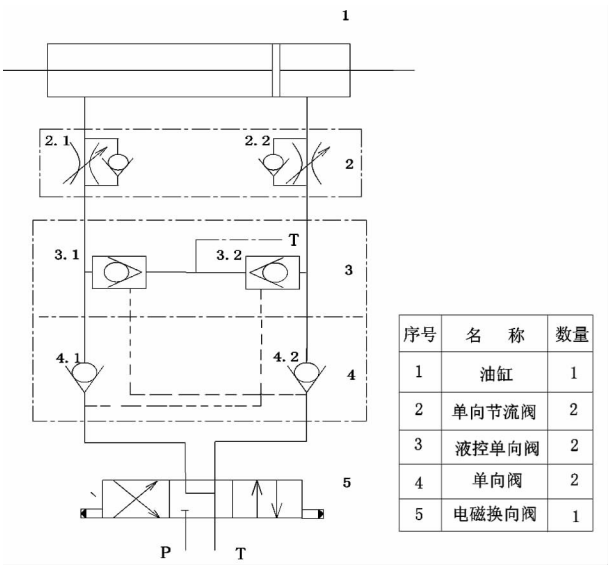
收稿日期:2025 - 06 - 10

作者简介:李延杰(1975 -),男,内蒙古包头市人,工程师,现从事设备维护和检修工作。

7 m 焦炉交换机是与碳化室高度为 7 m 的焦炉相配套的加热设备,即能实现焦炉煤气加热又能实现混合煤气加热,是具备全自动控制功能的智能加热设备。煤焦化工分公司的四台 7 m 交换机的废气油缸运行时经常发生停机状况。经查故障点为交换机废气油缸活塞杆行程的末端,出现正向或反向位移、溜缸,移动量在 15 ~ 20 mm 之间,致使电气接近开关跟踪信号丢失,造成焦炉加热的突然停止,带来烟囱排放超标和炼焦过程中焦炭不合格的质量事故。因此,必须对此故障进行解决,否则焦炉无法进行有序的生产作业。

1 工作原理

工作原理如图 1 所示。P 为压力油腔,T 为回油腔。当电磁换向阀 5 右侧得电,阀的平行位导通;压力油通过换向阀,经过左侧单向阀 4.1、左侧单项节流阀 2.1,然后进入油缸左腔推动活塞向右移动,同一路压力油打开对应回路上右侧的液控单向阀 3.2;油缸右腔油液通过单项节流阀 2.2 和打开的液控单向阀 3.2 回流至油箱;当电磁换向阀 5 左侧得电,电磁换向阀 5 的交叉位导通;压力油通过换向阀,经过右侧单向阀 4.2、右侧单项节流阀 2.2,然后进入油缸右腔推动活塞向左移动;同一路压力油打开对应回路上左侧的液控单向阀 3.1,油缸左腔油液经过单项节流阀 2.1 和打开的液控单向阀 3.1 回流至油箱。



序号	名 称	数量
1	油缸	1
2	单向节流阀	2
3	液控单向阀	2
4	单向阀	2
5	电磁换向阀	1

图 1 废气油缸液压原理简图

2 故障过程

如图 2 所示,油缸运行时间为 15 秒,分为启动、运行、止点三个区间。OCA 段为稳压运行阶段,此过程油缸升压稳定运行平稳。当运行至行程的止点附近时,油缸的负载端压力会由 8 ~ 10 MPa 的稳态压力突变为 12.9 MPa 的瞬时高压,即图中 AB 段,而回油端压力也产生 3.5 MPa 左右的压力。当压力变化的一刹那,油缸的活塞杆就出现窜动现象。通过多次检测,发现了废气油缸运行中的异常状况,结合液压传动中负载决定压力的特性,这种现象属非正常状态。交换机废气油缸的活塞杆运行至末端限位时会突发正反向 15 ~ 20 mm 左右的位移溜缸现象。这个位移量造成了电气跟踪信号的丢失,此时交换机 PLC 控制系统默认为是故障状态,使设备自动停止加热。

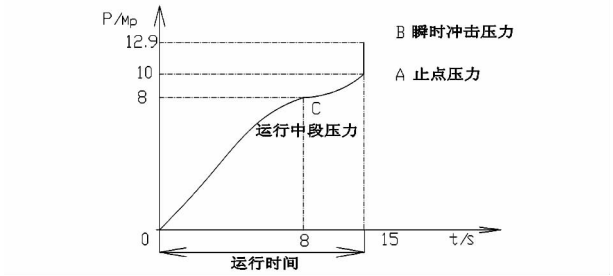


图 2 废气油缸运行压力分析

3 故障分析

交换机液压系统由泵站、阀站和蓄能器组成。系统采用恒压变量泵作为输出装置,它为蓄能器填充压力油液,而蓄能器则作为整个系统的动力源,由它释放压力能驱动油缸做往复直线运动,系统设计工作压力为 13 ~ 14 MPa。根据实测废气油缸压力趋势变化值,在废气油缸的控制系统中采用了 4WE10J - 3X/CG24N9K4 型的三位四通换向阀,其 J 型中位机能[1]使单向阀 4 前端的压力为 0,要着重分析单向阀后的液压系统状态。

3.1 载荷端

当油缸运行时,测量油缸负载侧的压力为 8 ~ 9.7 MPa,活塞杆运行到位,换向阀回到中位,油缸运行停止。整个液压系统中从油泵到控制阀,再到执行油缸,全部采用不锈钢管相连,这就形成了液压系统管路的全刚性连接。根据能量守恒定律,在油缸的活塞运动端与单向阀(封闭端)之间,油液也

会迅速停止流动并产生惯性。在封闭的管路中,由于惯性产生的动能将转化为压力能,形成冲击,使系统瞬时压力升高,并不断在管道内往复震荡,其结果使系统负载端产生强大的液压冲击。

系统为高压大流量,根据系统压差越大、油液通流量越多的特性,引入水锤效应公式(1):

$$P = \rho \cdot c \cdot v \tag{1}$$

式中:P 为压力冲击值,MPa;ρ 为液压油密度,870 kg/m^3;C 为压力传播速度,m/s;v 为速度的变化量,其中压力管路为 4.5 m/s,回管路为 2 m/s(交换机液压设计手册值)。

$$C = \frac{1}{\sqrt{\sigma \times (\frac{1}{K} + \frac{D}{E \times t})}} \tag{2}$$

式中:ρ 为液压油密度,870 kg/m^2;K 为液压油体积弹性模量,1.4 × 10 pa;D 为管道内径,0.025 m;E 为管道材料的弹性模量,2.1 × 10 pa;t 为管道壁厚,0.002 5 m,将数值代入公式(2) 中可得:

$$C = \frac{1}{\sqrt{870 \times \left(\frac{1}{(1.4 \times 10^9)} + \frac{0.025}{(2.1 \times 10^{11}) \times 0.002\,5}\right)}} = 1\,000 \text{ m/s}$$

带入公式(1) 中可得,载荷管路的压力冲击 P =870 kg/m^3 ×1 000 m/s ×4.5 m/s = 3.92 MPa;回油管路的压力冲击 P = 870 kg/m^3 ×1 000 m/s × 2 m/s = 1.7 MPa。

3.2　非载荷端

7 m 焦炉属于大型焦炉,在炼焦过程中要求交换机的运行时间控制在 50 秒内完成,对应到废气油缸就必须在 15 秒内完成活塞杆的移动。根据液压传动中,流量决定速度的特性,系统中单项节流阀的开口达到最大,虽然满足了工艺需求,但是造成了油缸的回油腔没有备用压力[2],也就让回油腔变成了一个高速通道。当废气油缸活塞杆位移时,回油腔油液由稳压状态进入到运行状态时,流速会瞬间由“0”突升,流量也随之达到峰值,给液压系统回油管路行成了液压冲击[3]。

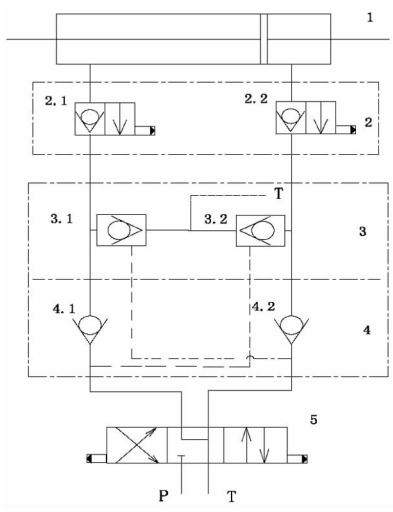
在运行过程时,测量的油缸载荷端瞬时压力为 12.9 MPa,非载荷端的压力值为 3.5 MPa 两者皆为废气油缸的运行压力与冲击冲击压力之和。虽然系统采用蓄能器[4]作为动力源,但是并不能较好的吸收冲击压力,油缸两腔工作处于压力不稳定状态,使活塞产生了位移。

4　废气油缸改造方式

4.1　控制阀升级

根据废气油缸受力分析,单项节流阀 2 的阀芯开口量已达到最大值,因此在控制系统中并未起到回油节流的作用,结合废气油缸的运行原理,替换它是个优选方案。通过查询相关资料,选用相同通径 EMDV - 10 - N - C2 - 0 - 24DL 型电磁换向阀,替换原来的单项节流阀为最经济方案(见图 3)。

EMDV - 10 - N - C2 - 0 - 24DL 型电磁换向阀由三部分组成:电磁线圈、衔铁套筒组件和阀芯体[5]。电磁换向阀的特性是阀芯在工作开启、关闭的瞬间带有阻尼功能,可形成一定的液阻,即用稳定的通流方式降低了通过油液时的瞬时压力;因此也就减小了对执行件油缸运行时的冲击。就图二原理作如下说明,改造后液压系统中电磁换向阀 2 对于废气系统的双作用油缸的进油方向为长开,回油方向为长闭,阀在得电状态时导通回油回路,此时油液可向回油口流动。由于阀体内部元件采用线密封的结构形式,密封性能可靠,给双作用油缸加装了一道液压锁,因此准确锁定了油缸的位置,避免了外在的液压冲击所带来的活塞移动。



序号	名　称	数量
1	油缸	1
2	电磁换向阀	2
3	液控单向阀	2
4	单向阀	2
5	电磁换向阀	1

图 3　废气油缸改造后液压原理简图

4.2　连接油管改造

从阀块到油缸两腔的连接油管,由原来的不锈钢油管改为钢丝缠绕型高压软管,吸收一部分液压系统运行中的冲击。

(下转第 64 页)

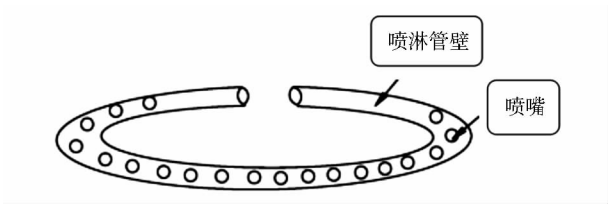


图 7 喷淋管

通过观察喷淋情况,发现在喷淋过程中在对冲杆进行降温的同时,能够对模具衬套有一定程度的降温作用。由于喷嘴是在喷淋管上直接开孔形成,喷淋孔容易被物料堵塞,模具衬套的降温效果受到喷淋角度和喷淋出水流量的限制,因此我们对喷淋的角度和喷嘴进行了改造(见图 8)。改造后,经过试验发现,更改喷淋喷嘴,增大了喷水流量,使得喷雾能辐射范围包含冲杆与模具衬套,在为压力机冲杆降温的同时可以为模具衬套降温。



图 8 喷淋喷嘴改造

经试验发现,通过设计压力机的压制组件冷却装置,增加直接与高温物料接触面的降温措施,可以使热模具温度由之前的 400 ℃降到方案实施之后的 200 ℃,具有明显的降温效果,可延长热模具的使用寿命。更换一次压力机热模具的间隔由 2 000 ~ 3 000 t延长为 8 000 t 以上。

3 效益分析

使用压力机压制组件冷却装置后,取得了良好的经济效益,更换一次压力机热模具,由 2 000 ~ 3 000 t延长为 8 000 t 以上;由平均每月更换一次压力机热模具,更换频率降为 1.5 月,检修 24 h/次。经测算年增创效益 104.79 万元。

压力机压制组件冷却装置的设计与使用,充分证明了其在提高热模具的使用寿命上的价值,具有降低备件费用,延长检修周期,提高设备运行率,提高生产线产量的效果,为企业创造了价值。同时,可降低职工的劳动强度,提高设备的安全系数。此项设计解决了压力机热模具受高温、高硬度物料影响使用寿命的行业共性问题,有推广价值。

参 考 文 献

[1] 马野,冯淑玲,牟风,等. 铝挤压热作模具优质 H13 钢高温拉伸性能研究[J]. 模具制造,2020,20(11):82 -85.

[2] 闫峰,王泽波,尹忠,等. 一种压力机的压制组件冷却装置[P]. 内蒙古自治区:CN202321957059.0,2023 -12 -29.

(上接第 33 页)

5 结论

(1)改造后的废气油缸消除了系统的故障源,运行中状态稳定,无活塞杆位移现象发生。

(2)通过设备改造证明液压传动中相关液压阀的功能改进可以对自动控制设备进行有效的干预。

参 考 文 献

[1] 李培根. 机械基础[M]. 北京:北京机械工业出版社,2009.

[2] 张利平. 液压传动系统设计要点[M]. 北京:北京化学工业出版社,2014.

[3] 上海电视大学. 液压传动与控制[M]. 上海:上海科学技术出版社,1981.

[4] 李壮云. 液压元件与系统[M]. 北京:北京机械工业出版社,2016.

[5] 张海平. 液压螺纹插装阀[M]. 北京:北京机械工业出版社,2015.