

[PLC]

基于PLC的液压油泄漏诊断及控制系统

文/蒋利兵
长沙普惠环保机械有限公司

通过PLC采集液压系统的实时压力，以及综合电动机、电磁阀组运行状态和液压油缸运行的位置状态，与设备正常运行时的压力设定值进行比较，计算得出压力泄漏率，进一步根据压力泄漏率诊断液压油的泄漏情况，由PLC输出报警提示和控制设备停止运行，防止液压油持续泄漏，减少经济损失。

液压传动系统具有广泛的工艺适宜性、过载能力及低廉的成本，随着科技的不断发展和进步，液压系统的应用领域也在不断扩大，广泛应用于环卫领域的各种类型的垃圾压缩设备。垃圾压缩设备通常设置有多组不同大小的油缸，分别控制不同功能的执行机构动作，来完成生活垃圾的压缩处理。液压动力系统主要由电动机、油泵、执行元件（油缸等）、控制元件（电磁阀组等）、管路和液压油组成，垃圾压缩设备的系统压力一般为16 Mpa。工作过程中，因液压油管质量问题或受挤压、运动摩擦老化等原因经常发生液压油管爆裂的情况。在自动或远程运行模式下，以及液压油管布置隐蔽的情况下，通常难以及时发现。随着液压油的持续泄漏，会造成更多的液压油浪费和经济损失。

控制系统组成

控制系统主要由PLC、触摸屏、压力传感器、位置开关、交流互感器、直流互感器、油泵电动机、液压泵及电磁阀组构成。PLC为控制系统的核心器件，用于程序分析运算、采集数据信号及控制输出；触摸屏用于数据显示、参数设定和修正；压力传感器检测液压系统的压力；位置开关检测设备执行机构运行到位的状态信号；交流互感器用于检

测电动机的工作电流；直流互感器用于检测电磁阀组的工作电流；如图1所示。

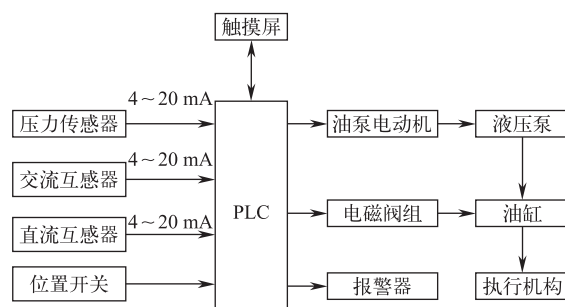


图1 控制系统

液压系统的关键参数

液压系统的压力大小取决于负载大小，油缸控制设备执行机构空载运行时的压力最小，称为“运行压力”。满载运行时的压力最大，也就是设备执行机构运行到位时的压力，即等于系统压力。运行压力的大小主要取决于液压控制油路中的节流阀、平衡阀、液压管路阻力、设备执行机构自身负载及运动摩擦力等因素，设备调试出厂完成后油缸都具有固定的运行压力值。因此，可以通过监测液压系统的运行压力和系统压力的变化来分析液压油的泄漏情况。

诊断原理

液压系统正常工作在闭合的密闭液压控制油路中，运行压力和系统压力都工作在设定参数的临界点，若运行中偏离了设定参数的预定值，则液压油可能发生泄漏。一般液压油管爆裂时，运行压力和系统压力都会出现下降，下降值与液压油管爆裂的程度成正比。液压油管爆裂大致分为两种：一种情况是严重爆裂导致运行压力明显下降；另一种情况是轻微爆裂导致系统压力明显下降，但运行压力可能没有明显下降，因此，设备调试出厂先预设油缸运行压力和系统压力的比较值，在油缸控制设备执行机构的运行过程中和运行完成到位的两种状态下，通过PLC采集液压系统的实时压力与运行压力和系统压力分别进行比较计算获得运行压力泄漏率和系统压力泄漏率。PLC综合数据分析比较判断，若运行压力泄漏率或系统压力泄漏率达到设定的压力泄漏率时，PLC控制设备停止运行和输出报警提示。

诊断方法

1. 运行压力泄漏率诊断

控制垃圾压缩机执行机构工作的油缸大致分为两类：一类是用于控制垃圾压缩处理的大杆径油缸，如压缩推铲、垂直压头等，这类油缸工作的运行压力很小，一般在0.5~2.0 Mpa，随着垃圾箱装载量的增多，负载压力也随之升高，最终达到系统压力。由于这类油缸起初的运行压力较小，因此，在液压油管发生严重爆裂的情况下运行压力下降的变化很小，以及除去压力信号和负载瞬时波动的误差值，最终计算获得的压力泄漏率很小，若为达到设定的压力泄漏率，控制系统则不会做出响应。根据垃圾压缩处理的负载特性可知，压力随负载的增加从低到高逐渐上升，而液压油管爆裂通常发生在具有一定高压情况。即先设定运行压力检测值，计算运行压力泄漏率前，先通过PLC检测液压系统的实时压力大于等于设定运行压力检测值后才开始计算运行压力泄漏率。另一类是用于辅助垃圾压缩处理的小杆径油缸，如抱钩、推拉钩、闸门和料斗等。在同一液压系统中对于小杆径油缸的液压控制油路通常设有节流阀、平衡阀等液压元件以满足控制要求，油缸工作的运行压力一般>5 Mpa。因此，

在控制油缸运行时，可以通过PLC检查液压系统的实时压力与出厂时设定的运行压力进行比较计算获得运行压力泄漏率为

$$Q_{p1} = \frac{R_p - C_p}{R_p} \times 100\% \quad (1)$$

式中， Q_{p1} 为运行压力泄漏率； R_p 为运行压力设定； C_p 为实时压力。

2. 系统压力泄漏率诊断

为确保垃圾压缩设备执行机构的安全工作，大多数执行机构的起点和终点都设置有位置开关，正常情况下，油缸控制执行机构工作到位后，液压系统的实时压力等于或接近系统压力。因此，在油缸运行时，通过PLC检测执行机构相对应的位置开关信号时，采集实时压力与设定的系统压力进行比较计算获得系统压力泄漏率。那么，对于没有安装位置开关的执行机构或者在位置开关异常的情况下，根据油缸出厂时伸出和缩回的恒定速度，在单位时间内分别计算油缸运行的行程模拟油缸的实时位置。设定油缸运行在起点和终点的行程，通过PLC对模拟油缸运行的实时行程与油缸设定的起点和终点行程进行比较，当油缸运行的实时行程小于等于设定的起点行程或大于等于设定的终点行程时，采集实时压力与设定的系统压力进行比较计算获得系统压力泄漏率为

$$Q_{p2} = \frac{S_p - C_p}{S_p} \times 100\% \quad (2)$$

式中， Q_{p2} 为系统压力泄漏率； S_p 为系统压力设定； C_p 为实时压力。

3. 油缸模拟行程的计算

设定油缸伸出和缩回速度分别为 v_1 、 v_2 ，油缸实际运行的起点和终点分别为0、 L ，模拟计算的实时行程为 L_c ，为了减少PLC程序运算时间和油缸运行速度引起误差，设定模拟油缸行程的差长行程为 L_d 。设定模拟油缸缩回的起点和伸出的终点行程分别为 L_{s1} 、 L_{s2} ，即得到 $L_{s1} = -L_d$ ， $L_{s2} = L + L_d$ 通过PLC程序判断，当油缸伸出的实时行程 $L_c \geq L_{s2}$ ，判断油缸伸出到终点位置，当油缸缩回的实时行程 $L_c \leq L_{s1}$ ，判断油缸缩回到起点位置。

为保证油缸实时行程的计算精度和实时性，采用定时中断对实时行程进行计算，设定定时中断时间为100 ms，得到油缸伸出和缩回的计算公式分别

为

$$L_c=L_c+(v_1\times t) \tag{3}$$

$$L_c=L_c-(v_2\times t) \tag{4}$$

式中， L_c 为模拟油缸的实时行程，mm； v_1 为油缸伸出运行速度，mm/0.1s； v_2 为油缸缩回运行速度，mm/0.1s； t 为单位时间，0.1s。

为进一步提高计算油缸实时行程的准确度，根据油缸运行的压力特性，计算油缸实时行程需要满足油缸工作的实时压力小于系统压力1 Mpa以上，以消除垃圾压缩设备的执行机构工作受阻卡停的情况。

4. 压力泄漏率的诊断条件

压力泄漏率要综合油泵电动机、控制油缸运行的电磁阀、压力传感器的工作情况进行分析诊断，由于控制油泵运行的油泵电动机、控制油缸运行的电磁阀以及压力传感器发生异常未工作时，PLC可能无法检测到液压系统工作的实时压力，这将导致在控制油缸运行时计算的压力泄漏率判断无效。因此，为提高压力泄漏率诊断的有效性和准确性，需通过PLC检测油泵电动机运行的电流和控制油缸运行的电磁阀的电流达到设定值以及在压力传感器工作正常的情况下进行压力泄漏率的计算。

压力泄漏率的设定

为进一步了解液压油泄漏对压力的影响，在油缸的液压控制油路中设计泄漏电磁阀、节流阀来模拟液压油管爆裂时的液压油泄漏量，通过控制泄漏电磁阀打开使液压油泄漏至油箱，节流阀可以调节液压管路的泄漏量大小。通过实验数据表1可知，油缸的运行压力约为5.5 Mpa，运行压力要小于系统压力，在控制油路严重泄漏的情况下，油缸工作的系统压力设定越高，相对系统压力泄漏率越大，在油缸系统压力设定大于运行压力的情况下，运行压力都相对稳定。主要是在油缸供油量相同的情况下，油缸运行压力的大小主要取决于液压控制油路中的节流阀、平衡阀、液压管路阻力、设备执行机构自身负载以及运动摩擦力等因素，运行压力一般处于固定值的临界，所以，运行压力泄漏率的变化也不大。

通过表1数据可知，在相同情况下，系统压力泄漏率与运行压力泄漏率不一样。因此，分别设置

系统压力泄漏率和运行压力泄漏率的报警值和停机值。为考虑液压元件使用存在的内泄以及温度的影响，以及确保液压油泄漏故障诊断的准确性，设定运行压力泄漏率的报警值为 Q_{a1} ，停机值为 Q_{s1} ，系统压力泄漏率的报警值为 Q_{a2} ，停机值 Q_{s2} ，在控制油缸运行的过程中，当满足运行压力泄漏率 $Q_{a1}\leq Q_{p1}<Q_{s1}$ 或 $Q_{a2}\leq Q_{p2}<Q_{s2}$ ，PLC发出报警液压油泄漏报警提示，当满足运行压力泄漏率 $Q_{p1}\geq Q_{s1}$ 或 $Q_{p2}\geq Q_{s2}$ ，PLC控制停止油泵电动机运行，以及发出液压油泄漏故障提示。一般设定 $Q_{a1}\geq 10$ ， $Q_{s1}\geq 20$ ， $Q_{a2}\geq 15$ ， $Q_{s2}\geq 25$ ，参数可以通过触摸屏进行设置。

表1 在同等严重泄漏时设定不同系统压力下测得数据

系统压力 /Mpa	泄漏压力 /Mpa	系统泄漏率 (%)	运行压力 /Mpa	泄漏压力 /Mpa	运行泄漏率 (%)
4.0	0.6	15.0	3.8	2.2	57.8
5.0	1.5	30.0	4.7	3.1	65.9
6.0	2.5	41.6	5.3	3.7	69.8
7.0	3.4	48.5	5.4	3.8	70.3
8.0	4.4	55.0	5.5	3.9	70.9
9.0	5.4	60.0	5.5	3.9	70.9
10.0	6.3	63.0	5.5	3.9	70.9
11.0	7.3	66.3	5.5	3.9	70.9
12.0	8.2	68.3	5.5	3.9	70.9
13.0	9.1	70.0	5.4	3.8	70.3
14.0	10.0	71.4	5.4	3.8	70.3
15.0	10.9	72.6	5.5	3.9	70.9
16.0	12.0	75.0	5.6	3.9	69.6

实时性和准确性

1. 实时性

在油缸运行的过程中，尤其是液压管路发生严重泄漏时，运行压力会立即出现明显的下降，PLC很快能够计算出运行压力泄漏率，与设定值进行比较，达到设定值时，PLC发出报警提示或控制停机油泵电动机运行。系统压力泄漏率是在油缸控制设备执行机构运行完成到位状态下进行计算，因此，运行压力泄漏率的诊断方法的实时性优先高于系统压力泄漏率的诊断方法。

2. 准确性

影响压力泄漏率的准确性主要有液压泵、溢流阀及油缸等液压元件自身存在的内泄情况，会引起液压系统实时压力偏低，可能会引起液压油泄

漏的错误诊断。根据液压元件内泄规律，是随着使用时间的延长而逐渐上升的过程，因此，起初的内泄量较小，通常压力泄漏率在报警值范围，此时，可以通过PLC系统发出的报警提示，对液压元件进行维修或者通过触摸屏适当修改压力泄漏率的报警值和停机值，避免因液压元件内泄而造成液压油泄漏的错误诊断引起设备停止运行。通过设计具有诊断功能的4~20 Ma压力传感器和电流传感器，当PLC未检测到压力传感器或电流传感器的最小电流时，系统发出相应的传感器故障报警，并停止液压油泄漏的诊断，能进一步提高液压油泄漏诊断的准确性。

结束语

液压系统中，液压油管发生爆裂时通常能够引起液压系统压力出现明显下降，压力泄漏率较大，通过液压油泄漏诊断及系统，在控制液压油缸工作的过程中计算运行压力泄漏率和系统压力泄漏率，与设定的报警值和停机值进行分析比较，实现液压油管爆裂时能及时停止设备运行，防止液压油持续泄漏导致大量浪费。虽然，液压元件的内泄可

能引起液压油泄漏诊断方法的误判，通过合理设置压力泄漏率的报警值和停机值，以及能够通过触摸屏根据实际情况进行修正参数，总体影响不大，具有推广应用价值。**EA**

(收稿日期：2023-10-31)

参考文献

- [1] 王永华. 现代电气控制及PLC应用技术(第六版)[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2020.
- [2] 黄志坚. 液压系统故障智能诊断与监测[M]. 北京: 电子工业出版社, 2013.
- [3] 陈易然, 杨大志, 范志恒, 等. 基于PLC的坍塌氨质谱检漏装置设计[J]. 自动化与仪表. 2022, 37(4): 84-84+98.
- [4] 陈晴, 胡海龙. 基于PLC的供水管网漏水检测系统设计与应用[J]. 自动化技术与应用. 2022, 41(7): 77-79.
- [5] 徐启, 藏腾飞, 李丽娟, 等. 基于PLC的密封箱室泄漏率自动检测系统设计[J]. 实验技术与管理. 2022, 39(5): 108-112.

