高可靠性双液位仪提升泵站控制系统*

李海宾[1],田 芳[2]

(1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司长材厂,内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢西北创业包钢集团电气有限公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 提升泵站是现代工业中常用的收集现场回水的解决方法。由于泵站在水位高时启动污水泵进行排水,低位时停止污水泵,所以要求控制系统高度可靠。文章提出采用双液位仪进行液位采集,通过PLC分析判断液位仪液位的变化,确定液位仪运行状态,提醒维护人员及时处理。实践证明可靠性非常高。可完全实现无人守候全自动运行。

关键词: 提升泵站; 高可靠性; 双液位仪; 自动控制; 液位变化率
中图分类号: TP273 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2020)06-0073-03
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.06.019

High-reliability Control System of Lift Pumping Station with Double Liquid Level Meter

Li Hai-bin[1], *Tian Fang*[2]

(1. *Long Products Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Electric Co., Ltd. of Inner Mongolia Baotou Steel Northwest Pioneer Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The lift pumping station is the common solution to collect field backwater in modern industry. When the water level of pump station is high, the sewage pump is started for drainage and when the water level is low, the sewage pump is shut down, so the control system is required to be highly reliable. In this paper, it is proposed to collect the liquid level with double liquid level meter, analyze and judge the changes of liquid level for liquid level meter through PLC to determine the running status of liquid level meter and remind maintenance personnel to dispose in time. The practices prove that the reliability is so high that full automatic operation could be realized completely.

Key words: lift pumping station; high reliability; double liquid level meter; automatic control; change rate of liquid level

提升泵站控制系统是目前现代工业中广泛应用的污水提升系统,传统控制方式为单液位控制系统,故障率高,液位仪一旦出现问题,会导致泵站设备被水淹没,造成较大损失。需经常有人看守,造成了人员的浪费。文中设计的双液位仪远程控制系统,可有效解决这一问题。采用双液位仪进行液位采集,

* 收稿日期: 2020-05-18
作者简介: 李海宾(1985-),男,内蒙古卓资县人,工程师,现从事电气自动化技术的研究和管理工作。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

通过 PLC 进行分析处理判断液位仪液位变化率，确定液位仪运行状态。当一个液位仪出现故障时，另一个液位仪自动投入，实现双液位仪自动切换，使控制系统高度可靠。出现故障后，故障报警传输至远程综合泵站提醒维护人员及时处理。经过包钢长材厂 3 年的使用，证实该系统在可靠性、稳定性、经济性等方面有显著优势。

1 控制系统原理

企业生产用水通过水沟及管道靠重力流入提升泵站集水池，并进行杂物过滤。提升泵站潜水泵根据集水池液位高低自动控制停启潜水泵，将污水抽倒综合泵站进行下一步循环，整个控制原理如图 1 所示。其中，蓄水池的 1#、2#液位仪将位模拟量信号输入 PLC 中，由 PLC 对数据进行分析处理，判断后进行相应的输出控制及远程传输和报警。由变频器控制污水潜水泵，两台泵一用一备，一台出现故障自动切到另一台，并进行本地及远程报警。

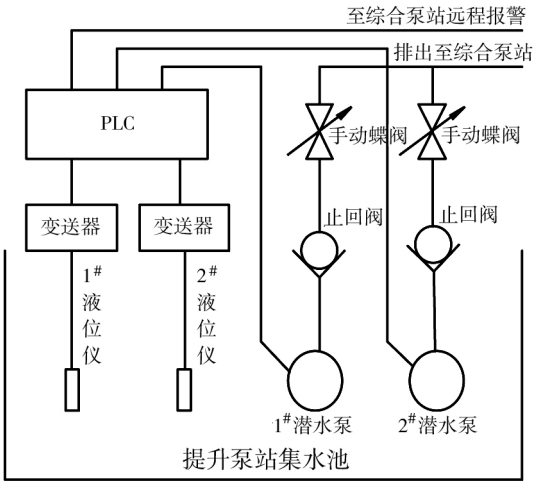


图 1 控制系统原理图

2 控制系统控制要求

本控制系统为提高系统可靠性设计采用两套液位传感器，分别将液位模拟量传送到 PLC，由 PLC 进行数据分析处理最后输出控制变频器启动污水潜水泵。流程图如图 2 所示。

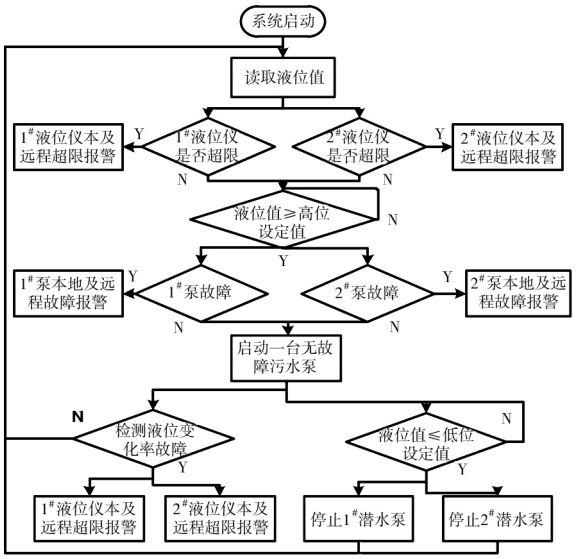


图 2 控制系统流程图

系统启动后，PLC 读取液位传感器液位值，并判断液位实际值是否超限。若某一液位传感器实际值大于 90%（根据实际情况灵活设定）最大量程或小于 10%（根据实际情况灵活设定）最小量程说明该液位传感器故障，PLC 切断该液位传感器并输出报警至远程综合泵站提醒维护人员及时更换。若正常，当液位高于高位设定值时，PLC 控制输出启动其中一台无故障污水潜水泵。此时 PLC 分别判断 1#、2#液位传感器水位变化率（在 30 s 内水位下降值），若 1#液位传感器水位变化率大于等于 2#液位传感器水位变化率且均大于 0.1 m（根据实际情况灵活设定），此时控制系统使用 1#液位传感器作为控制用液位仪进行液位控制。若 2#液位传感器水位变化率大于 1#液位传感器水位变化率且均大于 0.1 m（根据实际情况灵活设定），此时控制系统使用 2#液位传感器作为控制用液位仪进行液位控制。若某一液位传感器水位变化率小于 0.05 m（根据实际情况灵活设定），切除该液位传感器使用另一台液位传感器。

若某 1#，2#液位传感器水位变化率均小于0.1 m（根据实际情况灵活设定），则系统可能两台液位仪均出现故障或两台水泵均出现故障，系统报重故障至远程综合泵站，维护人员必须及时到现场处理。

当液位低于低位设定值时，停止污水潜水泵。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3　系统 PLC 设计

3.1　系统的输入输出分配

根据系统整体设计要求对 PLC 输入输出点及远程控制输出点做如下分配，见表 1。

表 1　输入输出地址及内变量分配

输入		输出		远程输出	
地址	说明	地址	说明	地址	说明
I0.0	1#泵本地启动	Q0.0	1#泵启动输出	V8.0	1#液位传感器故障输出远程
I0.1	1#泵本地停止	Q0.1	2#泵启动输出	V8.1	2#液位传感器故障输出远程
I0.2	2#泵本地启动	Q0.2	1#液位传感器故障	V8.2	1#泵故障输出远程
I0.3	2#泵本地停止	Q0.3	2#液位传感器故障	V8.3	2#泵故障输出远程
I0.4	1#泵故障输入	Q0.4	1#泵故障输出本地	V8.4	系统重故障输出远程
I0.5	2#泵故障输入	Q0.5	2#泵故障输出本地		
PIW0	1#液位传感器模拟量	Q0.6	系统重故障输出本地		
PIW2	2#液位传感器模拟量				

3.2　系统组成

本系统由西门子 S7 - 200 PLC 进行控制，采用 CPU 226 CN 作为核心，EM277 与远程站通迅传输报警信号，EM235 进行模拟量采集[1]。采用两台 ABB ACS 800 变频器控制两台飞力污水潜水泵，实现一用一备模式。

3.3　系统程序

液位变送器输送标准 4 ~ 20 mA 电流信号[2]，对应 PLC 输入离散数字量 6 400 ~ 32 000，本系统液位变送器量程 0 ~ 5 m。高水位设定值为 3.5 m，低水位设定值为 1.0 m。

模拟量输入的程序编写（输入信号为 4 ~ 20 mA）可通过公式[1]：

$$Y = (X - 6\,400)/25\,600 \times 5$$

式中，Y 为推算出的实际值，该值的数据类型为实型，存储到变量寄存器 V 区中。X 为输入值，即为模拟量输入通道的值，该值存储在模拟量输入地址中，本例为 AIW0、AIW2，该值的数据类型为整型。根据西门子 S7 - 200PLC 编程软件中指令的使用规范，在一条指令中参与运算的操作数之间的数据类型必须一致，并且和指令本身的数据类型也要保持一致，若不一致，必须进行相应数据类型的转换。在程序中用到了西门子 S7 - 200PLC 这种独特的寄存器、累加器。累加器的特点是表示一段存储空间，而不针对具体的数。这样可以把不同数据类型的数放在该累加器中，并可以重复使用。所以在数据处理这样的程序中尽量用累加器来存放中间变量，可以减少 PLC 内部寄存器使用量，以减少程序的复杂程度[3]。模拟量输入采集程序如图 3 所示。

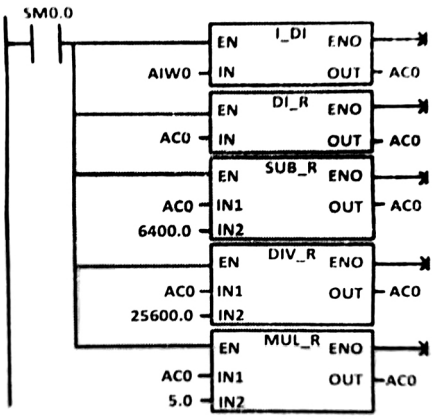


图 3　模拟量输入处理程序

4　结束语

文章给出了一个完整的提升泵站自动控制系统，通过两台液位仪和两台泵的互为备用实现超高的可靠性，同时实现无人看守全自动运行。系统中 PLC 能够根据提升泵站集水池的液位高低数据自动决定启动潜水泵的个数，同时能自动屏蔽发生故障的液位仪；并将潜水泵及液位仪故障信息传输至远程监控室，以便操作人员及时处理。该系统可真正实现高可靠性无人守候全自动运行。给现代工业生产提升泵站控制系统提供参考。　（下转第 79 页）

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

当溜槽在 42°进行布料时，布料器单侧曲柄受力，曲柄的应力集中处最大载荷达到了 540 MPa。

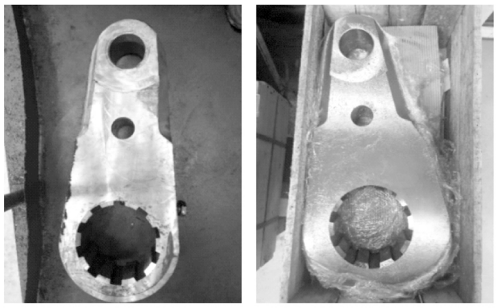
应用 SolidWorks 计算机软件进行静态分析，结果显示曲柄所受应力已经非常接近屈服极限。在设备运转过程中的动态环境下，曲柄承受更大的压力和冲击导致双侧曲柄依次断裂。将计算机分析结果与实物进行对比，计算机软件显示的应力集中部位与现场曲柄断裂部位基本吻合，进一步确定在动载状态下曲柄局部强度不足是导致曲柄断裂的直接原因。

3　曲柄改造方案

受限于现有的结构空间，对曲柄花键应力集中处的外圆进行增厚设计，由改造前半径 127 mm 增加到 147 mm。同时对应力集中处进行再次增强，将半径增加到 167 mm，比布料器原装曲柄半径增加 52.7 mm。易断处截面面积增加约 60%，强度提高 1.6 倍以上，图 7 为曲柄改造前后的实物对比图。

4　结束语

曲柄是布料器的关键零件，使用状况直接关系到高炉的稳定生产。在发生断裂后，通过应用 SolidWorks软件进行建模和有限元受力分析，快速准确找到了曲柄的应力集中部位。以此作为改进参考依据，成功完成了进口曲柄的国产化改造。改造后的布料器曲柄强度得到提升，在 2020 年 6 月 5 日成功上线使用，目前设备运行稳定，满足生产要求。



（a）改进前　　（b）改进后

图 7　曲柄改进前后实物对比

参　考　文　献

[1] UNS G 43400，合金结构钢 [S].

[2] 张建东，吴崇兰. BGⅢ型高炉布料器运动分析 [J]. 包钢科技，2018，(4)：56－57.

[3] 成大先. 机械设计手册(第 6 版) [M]. 北京：化学工业出版社，2016.

(上接第 75 页)

参　考　文　献

[1] 蔡行键. 深入浅出西门子 S7－200PLC [M]. 北京：北京航空航天大学出版社，2004.

[2] 潘永湘，杨延西，赵跃. 过程控制与自动仪表 [M]. 北京：机械工业出版社，2007.

[3] 李克俭，饶满和. 水塔水位控制系统的研究与设计 [J]. 广西工学院学报，2006，(4)：76.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net