

基于 PLC 控制的变频器自动测漏系统的研究

王宇奇 张剑伟 易绍祥

(厦门大学 物理与机电工程学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 在变频器的生产线上,变频器的泄漏检测是一道很重要的工序。在检测过程中,由于仪器精度以及人工操作等因素会使得检测结果有一定的偏差。介绍了常用的气泡检测法,并在气泡检测法的基础上考虑实际应用,设计出一套全自动变频器测漏系统。通过计算确定了机械手的型号,介绍了机械手在检测系统中的基本工作过程,并详细阐明了 PLC 的控制原理,给出了 PLC 控制系统的 I/O 原理图。基于传统的水检法,整合了现代技术,采用机械手来抓取变频器,并利用摄像头拍摄的信息判断变频器是否有泄漏,整个过程都由 PLC 来控制,基本实现了检测过程的自动化。

关键词: 泄漏检测系统; 气动机械手; PLC 控制原理

中图分类号: TP273; TM921 文献标志码: B 文章编号: 1671-5276(2011)05-0117-04

Research on Automatic Leak Detection System of the Transmitter Based on PLC Control

WANG Yu-qi, ZHANG Jian-wei, YI Shao-xiang

(School of Physics and Mechanical & Electrical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: On the production line with the transmitter, the leak detection of the transmitter is a very important process. In the detection process, due to instrument precision, manual test results and other factors, a certain deviation appears. This article describes the bubble detection method, which is commonly used. Based on the bubble method and considering the practical application, a fully automated leak detection system of the transmitter is designed. By calculation, pneumatic manipulator is selected. It also introduces the basic work process of the pneumatic manipulator in the detection system and the principle of PLC control and gives the I/O diagram of the PLC control system. Based on this method of the traditional water detection, modern technology is integrated with the mechanical hand is used to grab the transmitter and the camera shooting is used to determine whether there is leakage of the transmitter, and the whole process is controlled by the PLC to ensure the implementation of automatic test.

Key words: leak detection system; pneumatic manipulator; control principle of PLC

0 引言

大规模、高效的生产变频器已成为国产变频器的发展趋势,国产变频器已开始走向国际市场。可是,传统的变频器生产线上人工检测泄漏的方法却与生产和发展不相适应,迫切需要建立与之相适应的自动化检测线,以满足生产和发展的需求。

传统的检测方法多采用气泡法,气泡法的基本原理是将密封的工件用干燥空气加压后浸入水中,在规定时间内观察水面有无气泡溢出,以此判断工件是否泄漏^[1]。通过观察气泡的大小和数量,可估计出泄漏量的大小,并可从气泡发出的部位,判断出工件的泄漏部位。这种方法操作简单,能直接观察到泄漏的部位和泄漏情况,但却存在着检测精度低、检测结果受检测人员主观影响较大、检测周期长、不能实现检测自动化、不能适应大批量生产等缺点,而且人力成本升高,手工检测的优势不再。因此,为了克服这些缺点,本文结合变频器测漏的实际情况以及考虑到成本的问题,在气泡检测法的基础上并结合工厂实际的应用,设计出一套全自动变频器测漏系统。本方案自动

检测生产线的特点是它的综合性和系统性,在该自动检测系统中,机械技术、气动技术、传感器技术、PLC 控制技术、接口技术、驱动技术等多种技术有机地结合,并综合应用到自动检测中;而系统性指的是,生产线的传感、检测控制、传输与处理、执行与驱动等机构在 PLC 的控制下协调有序地工作并有机地融合在一起。本文重点介绍机械技术和 PLC 控制原理。

1 测漏系统的组成及总体方案

为了实现变频器测漏的自动化,建立行之有效的自动化检测线,本方案基于传统的水检法并结合自动化控制原理设计出一套检测系统,此系统由几个部分组成:执行部分(气动机械手、气缸)、控制部分(光电检测 PLC)、驱动部分(电动机、气压传动系统)、感知部分(传感器)。图 1 是检测系统总体框架图。

整个检测过程为:将变频器铝壳体装配好后,放置于传送带上,由 PLC 控制传送带将变频器铝壳体送至合适的位置,再由 PLC 控制机械手抓取变频器壳体并将其放置于测漏水槽中。放置好后,PLC 控制双活塞杆气缸压紧

作者简介:王宇奇(1984—),女,河南洛阳人,硕士研究生,研究方向为机电一体化。

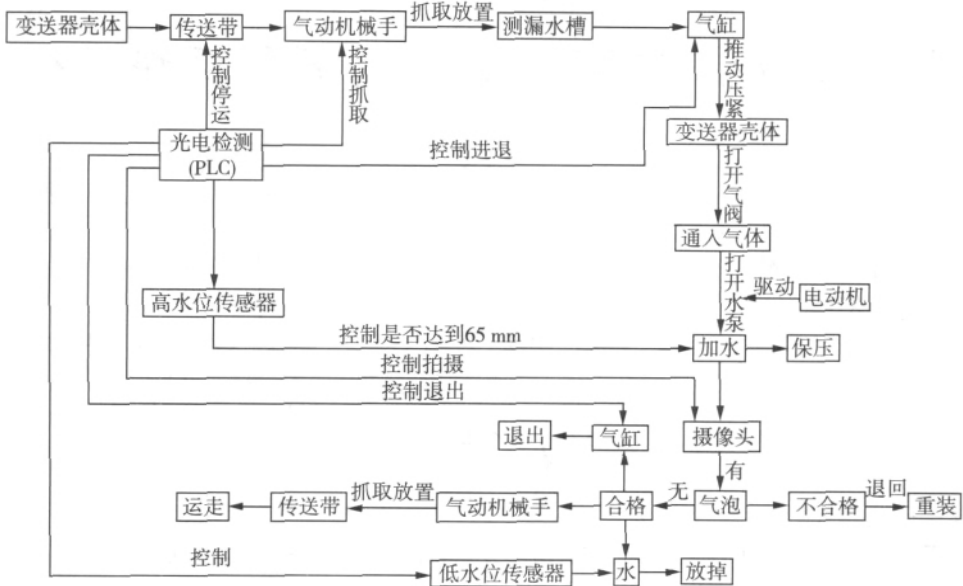


图1 变频器测漏原理图

变频器壳体，并相应的打开气阀将气体引至变频器铝壳体内。当气体压力达到规定的标准时，PLC 将打开水泵将水引至测漏水槽中，当水位上升至 65 mm 时，放置在水槽内的高水位传感器会发出信号，则 PLC 将会关掉水泵开关。保压 5 min 后，摄像头会拍下变频器铝壳体四周是否有气泡冒出。若有气泡冒出，则退回重装；若无气泡，则低水位传感器将发出信号，此时二位三通换向阀打开，水自动放掉，则 PLC 就会控制机械手抓取变频器壳体并将其放置于传送带上输送出去。

本方案基本实现了测漏检测系统的自动化，节省了时间，降低了劳动强度，提高了检测精度，克服了人工检测的缺点。

2 气动机械手(执行部分)

在整个检测系统中，气动机械手处于核心地位，是一种模仿人手动作，并按设定程序、轨迹和要求代替人手抓（吸）取、搬运工件或工具或进行操作的自动化装置。气动机械手主要由手指、手腕、手臂等运动部件组成。由文献[2]可知，气动机械手在气动伺服闭环定位系统的控制、运行速度为 5 m/s 的情况下，定位精度可达 ±0.1 ~ ±0.2 mm，而且结构简单，速度高，抗环境污染及抗干扰性强，价格也要比伺服电动机和步进电动机便宜得多。因此根据所要抓取物件的重量（5 ~ 7 kg）以及形状，则选用三点式气动机械手。三点式气动机械手作为机械手的一种，具有精度极高、夹持力大、结构简单、质量轻、动作迅速、平稳、可靠和节能等优点。

2.1 气动机械手的选型

首先进行手爪的设计，根据实际应用情况，手爪的材料选用 45 号钢。所要抓取的物重为： $m = 7 \text{ kg}$ ；抓取物的形状为圆柱形，高为： $h = 34 \text{ mm}$ ，直径为： $d = 56 \text{ mm}$ 。

1) 物体所受垂力：

$$G = 9.8 \times 7 = 68.6 \text{ N} \quad (1)$$

三个手爪同时受力，故平均每个手指受力约为 23 N。

2) 选用 45 号钢： $\sigma_s = 355 \text{ N/mm}^2$ ， $\sigma_b = 600 \text{ N/mm}^2$ ，则 45 号钢的许用应力：

$$[\sigma] = \frac{0.5 \times 355 + 0.35 \times 600}{1.5} = 258 \text{ N/mm}^2 \quad (2)$$

3) 手爪受载荷时的示意图见图 2。

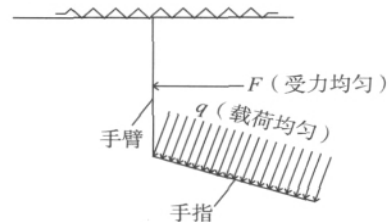


图2 手爪受载荷示意图

取手指的长： $l = 10 \text{ mm}$ 宽： $b = 10 \text{ mm}$

设定手指所受载荷是均匀的，则手指所受的弯矩和应力分别是：

$$M_{\max} = ql^2/2 = 115 \times \frac{1.414 + 2.45}{4} = 111 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (3)$$

$$\delta = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{0.111}{\frac{bh^2}{6}} \leq [\sigma] = 258 \text{ MPa} \quad (b, h \text{ 分别为手指截$$

面的宽和高) (4)

根据有效宽度 $b = 10 \text{ mm}$ ，可求得 $h \geq 0.52 \text{ mm}$ ，为保证弯曲强度取 $h = 1 \text{ mm}$ ；

4) 设定手臂长 $l = 55 \text{ mm}$ ， $b = 10 \text{ mm}$ ，根据力的分解，手臂所受的力 $F = 22 \text{ N}$ ，则

$$M_{\max} = ql^2/8 = 22 \times \sin 15^\circ \times 55/8 = 40 \text{ N} \quad (5)$$

$$\delta = 40 \times \frac{bh^2}{6} = 40 \times \frac{10h^2}{6} \leq [\sigma] = 258 \text{ MPa} \quad (6)$$

求得: $h \geq 0.4 \text{ mm}$ 故取 $h = 1 \text{ mm}$

由此得知设定手臂的长 $l = 55 \text{ mm}$ $b = 10 \text{ mm}$ $h = 1 \text{ mm}$ 是合理的。

5) 故 3 个手爪的质量:

$$m = (1 \times 1 \times 0.1 \times 7.85 + 1 \times 5.5 \times 0.1 \times 7.85) \times 3 = 15.3075 \text{ g} = 0.0153075 \text{ kg} \quad (7)$$

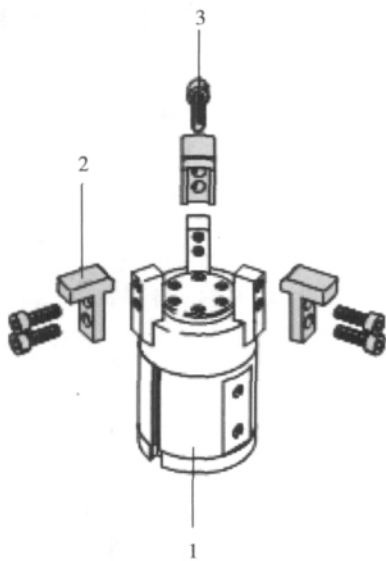
6) 机械手抓取的总质量: $m_{\text{总}} = 0.0153075 + 7 = 7.0153075 \text{ kg} \quad (8)$

机械手抓取物体时, 所要承受的垂直力: $G = 70.2 \text{ N}$

根据机械手所要承受的重力以及所要抓取的直径尺寸, 则选用三点式机械手, 型号为: HGD-50-A-161838。由物体的质量、机械手的质量、结合整个工作台的布局、机械手所要运行的距离以及运行过程中的动载荷, 则可以得出丝杠的型号, 选用的丝杠型号是: DMES-25-533700。

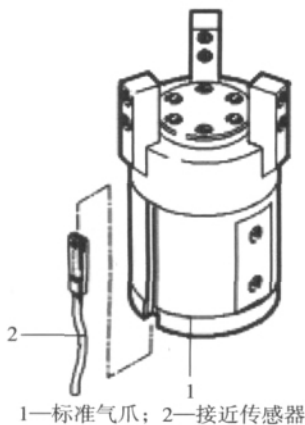
2.2 气动机械手的基本结构

该气动机械手所选用的型号是 HGD-50-A, 它的基本结构如图 3 和 4 所示^[3]。



1—标准气爪; 2—外部气爪手指; 3—安装螺钉

图3 气动机械手(组装前)基本结构



1—标准气爪; 2—接近传感器

图4 气动机械手(组装后)基本结构

由图 3 和图 4 可知, 型号为 HGD-50-A 的气动机械手适用于接近传感器。当接近式传感器发出信号时, 标准气爪就会根据所收到的信号抓取物件。

2.3 气动机械手的基本工作过程

气动机械手要把变频器壳体从点 1 运送到点 2, 需要几个基本动作: 1) 手爪张开; 2) 竖直下降; 3) 手爪夹紧; 4) 竖直上升; 5) 水平右移; 6) 竖直下降; 7) 手爪松开; 8) 竖直上升; 9) 竖直下降; 10) 手爪夹紧; 11) 竖直上升; 12) 水平右移; 13) 竖直下降; 14) 手爪松开; 15) 竖直上升; 16) 水平左移。通过这几个基本动作完成一个工作周期。表 1 是气动机械手的运动过程与预时间分配表。

表 1 机械手运动过程与预时间分配表

序号	工步名称	预行程/mm	预分配时间/s
1	手爪张开	4	0.02
2	竖直下降	30	0.3
3	手爪夹紧	4	0.02
4	竖直上升	30	0.3
5	水平右移	275	3
6	竖直下降	50	0.5
7	手爪松开	4	0.02
8	竖直上升	50	0.5
9	竖直下降	50	0.5
10	手爪夹紧	4	0.02
11	竖直上升	50	0.5
12	水平右移	475	5
13	竖直下降	30	0.3
14	手爪松开	4	0.02
15	竖直上升	30	0.3
16	水平左移	750	8

这几个动作由感知部分、控制部分、驱动部分和执行部分来共同完成。采集感知信号及控制信号均由智能阀来处理, 驱动部分则采用气压传动(气压传动系统动作迅速, 反应灵敏, 阻力损失和泄漏较小, 成本低廉), 控制部分则由 PLC 来控制双活塞杆气缸来带动机械手的升降, 执行部分则由接近传感器传递信号使手爪张开和合拢, 其运动简图如图 5 所示。

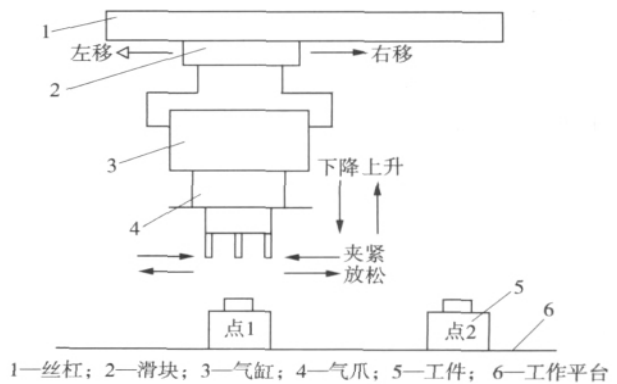


图5 气动机械手的基本运动简图

3 PLC 控制原理(控制部分)

3.1 工作原理

PLC 在整个检测过程中起着至关重要的作用,它控制整个系统的运行。测漏检测的电气控制系统采用 PLC 作为主控制器,通过对开关信号的扫描、计算,输出对各个执行机构的控制,并组建机器视觉系统,对加压过程水槽气泡情况进行图像拍摄,再通过图像处理算法,实现图像中气泡有无的识别,最终完成变频器的全自动气密性检测。系统采用 PLC 作为主控制器,并连接触摸屏,通过对各个开关信号的扫描运算,输出信号控制执行机构和机器视觉系统,实现自动测漏过程。具体的控制原理电路如图 6 所示。

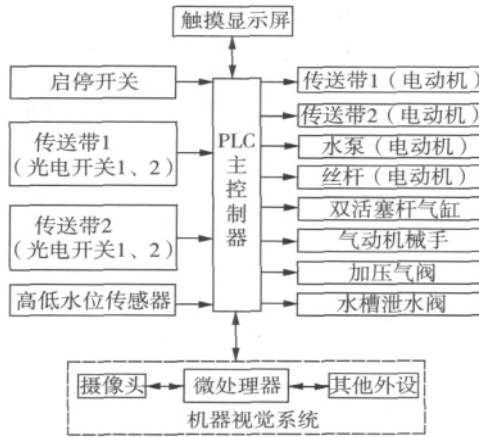


图 6 PLC 控制原理图

3.2 PLC 控制系统的 I/O 原理(软件设计)

气动机械手的工作是将工件从点 1 移到点 2。机械手的全部动作由气缸驱动,而气缸由相应的电磁阀控制。机械手动作从原点开始,按下启动按钮时,传送带 1 运转,将变频器运送至适当位置,此时机械手张开并下降。下降到一定位置时,碰动行程开关,下降电磁阀断电,下降停止。同时接通夹紧电磁阀,机械手夹紧。夹紧后,上升电磁阀通电,机械手上升。上升到一定位置时,碰动行程开关,上升电磁阀断电,上升停止。接通水平右移电磁阀,机械手抓取物件向右移动,并同时定位。平移到一定位置时,碰动行程开关,右移电磁阀断电,右移停止。下降电磁阀通电,机械手下降。下降到一定位置时,碰动行程开关,下降电磁阀断电,下降停止。同时夹紧电磁阀断电,机械手松开。松开后,上升电磁阀通电,机械手上升。上升到位时,碰动行程开关,上升电磁阀断电,上升停止。经过大约 5 min,接通下降电磁阀,机械手下降并张开。同时接通夹紧电磁阀,机械手夹紧。夹紧后,上升电磁阀通电,机械手上升。上升到一定位置时,碰动行程开关,上升电磁阀断电,上升停止。接通右移电磁阀,机械手右移,并同时定位。右移到位时,碰动行程开关,右移电磁阀断

电,右移停止。下降电磁阀通电,机械手下降。下降到一定位置时,碰动行程开关,下降电磁阀断电,下降停止。同时夹紧电磁阀断电,机械手松开。松开后,上升电磁阀通电,机械手上升。上升到位时,碰动行程开关,上升电磁阀断电,上升停止。此时,传送带 2 运转将变频器运走。接通左移电磁阀,机械手左移,并同时定位。左移到位时,碰动行程开关,左移电磁阀断电,左移停止。至此,机械手经过 16 步动作完成了一个工作周期。PLC 控制系统的 I/O 接口如图 7 所示。

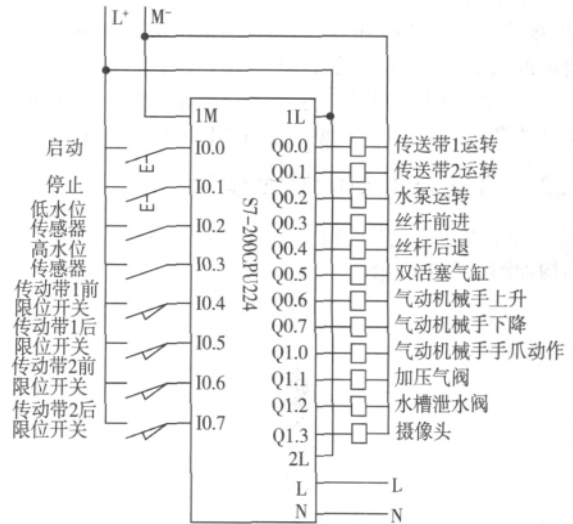


图 7 PLC 的 I/O 接线图

4 结论

方案针对变频器泄漏检测的传统方法所存在的问题,选用气动机械手和气缸来完成整个检测过程,并通过采用摄像头拍摄来判断是否泄漏,提出了整体的自动化检测方案,大大提高了检测的自动化和精度。通过 PLC 对机械手进行控制,机械手的控制方法充分利用了 PLC 和其他控制装置的特性,并借助于气压传动系统实现对机械手的精确定位,结构紧凑,控制可靠,设计中机械手主要用于执行低速、中低载任务,结构比较简单,基本实现了检测泄漏的自动化。

参考文献:

- [1] 关伟斌,宋宝玉,曲建俊.泄漏检测方法及其设计中的几个问题[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2003(3).
- [2] 陶国良,王宣银,杨华勇.三自由度气动比例/伺服机械手的研制[J].电子机械工程,2000:35-37.
- [3] FESTO 主要产品目录. Products 2004/2005-Subject to change-2003/10,1/7.5-4.

收稿日期:2011-03-11