生化仪器中电磁阀故障比率的探讨

Discussion on Fault Ratio of Solenoid Valve in Biochemical Instruments

唐仁瑞

Renrui Tang

广西玉林市第二人民医院
中国·广西 玉林 537000
Guangxi Yulin Second People's Hospital,
Yulin, Guangxi, 537000, China

【摘要】电磁阀在生化类仪器中有着广泛的应用,但是,使用电磁阀又会引起一系列故障。论文利用统计方法,分析研究了电磁阀在生化仪器类中故障的成因与种类,并进行了改进的探讨。

【Abstract】Solenoid valves are widely used in biochemical instruments. However, the use of solenoid valves can cause a series of faults. In this paper, the causes and types of the faults of solenoid valves in biochemical instruments are analyzed and studied by statistical methods, and the improvement is discussed.

【关键词】生化仪;电磁阀;电磁感应;密封圈;生化试剂;故障率

【Keywords】biochemical instrument; solenoid valve; electromagnetic induction; sealing ring; biochemical reagent; failure rate

【DOI】10.36012/pmr.v1i1.157

1 引言

电磁阀是常见的一种电子元件,广泛应用于日常各领域,许多电器使用的元件都有它的身影。它们的核心工作原理就是丹麦科学家奥斯特发现的电磁感应原理,当对一个线圈通以电流,会产生电场,并伴随磁场,磁场有南北极,2个磁场南北极就会相互吸引。电磁阀就是利用磁场的吸引力,让一定的机械机构动作,从而达到一定的控制效果。它在医学仪器上应用广泛,基本上说,有气体流体控制的地方,就有电磁阀的使用。比如,在手术使用设备上,心肺机、气腹机、麻醉机;在内外科上,呼吸机、肠道冲洗机、牙科综合治疗台;在生化检查上,酶标仪、血球计数仪、血凝仪、生化仪等。在笔者的实际工作中,遇到使用这种元件的机器很多,特别是在检验设备上,此类检验设备大多设计有气路与液路,控制上使用了不少电磁阀,其稳定性、可靠性关系这些仪器的稳定使用,电磁阀故障占生化设备故障的相当比率,中国对设备故障由电磁阀引起的比率是有人进行过统计分析研究的^[1]。但是,通过从电磁阀的各部件引起的故障入手统计分析,查阅相关资料,还没有见到。在此,笔者尝试针对电磁阀各部件(故障类型)进行故障统计研究,探讨发生的原因,自认为是个有益的探讨。

2 电磁阀的简单回顾

电磁阀是电气控制的元件,是用来控制流体的自动化基础元件,属于执行器,并不限于液压、气动^[2-4],是用在电气控制系统中调整介质的方向、流量、速度和其他参数的。电磁阀可以配合不同的电路来实现预期的控制,而控制的有效性与稳定性与临床的使用安全戚戚相关,值得探讨^[5]。

2.1 电磁阀结构

在生化仪中最常见的电磁阀构造如图1所示,A是弹簧,E是电磁铁,B是平台,D是线圈,E是阀芯。阀芯聚合体是电磁阀的核心部件,它由容易磁化的材料组成,磁化效率必须要高,否则不能够有足够的推力将平台B压紧,从而漏泄^[6]。另外,其磁化耐温特性要好,波莫铁碳合金系的磁化耐温性不好,当温度升高10度时,其同样外磁场励磁效果约能减小5%,所以,要选择高耐温性的材料。阀芯E-C聚合体还频繁地工作在来回运动中,还要设计一定的表面硬度,使之能够忍受耐磨100万次以上。

2.2 电磁阀工作原理

在没有外加电源时,阀芯E在弹簧A的作用下,将阀芯E-C聚合体一起向下推,推到C端闭合平台B为止,IN口与

图 1 电磁阀结构简示图

OUT 是不导通的,当外加电源来电时,线圈 D 得到电流,产生磁场,阀芯 E-C 聚合体往上收起,IN 口与 OUT 口导通,气体或者液体能从 IN 口流动到 OUT 口。

2.3 电磁阀的主要技术参数

电磁阀作为一种极为常用且极具安全性的电器,看起来虽然简单,其主要的技术参数却并不少。电磁阀种类繁多,参数也很多^[7],一般大类的参数有介质、工作压力、温度(介质温度环境温度)、电压、接口尺寸、工作状态(常开或常闭)、工作环境(需不需防爆)等。

一般在生化检验设备上使用的电磁阀参数有这么几方面:工作电压、工作电流、介质成分、工作压力、瞬间推力、工作推力、工作压强、接口口径、酸碱耐受性、进出口压力差、反应时间、工作次数等。

概括起来,有以下几项:

2.3.1 电磁阀的额定工作电压

是指电磁阀正常工作时线圈所需要的电压。根据电磁阀的型号不同,一般使用直流电压,但交流电磁阀可以是交流电压。

2.3.2 电磁阀的直流电阻

电磁阀的直流电阻是指电磁阀中线圈的直流电阻,其可以通过万用电表测量。

2.3.3 电磁阀的吸合电流或电压

电磁阀的吸合电流或电压是指电磁阀能够产生吸合动作的最小电流或最小电压。在正常使用时,给定的电流必须略大于吸合电流,这样电磁阀才能稳定地工作。

2.3.4 电磁阀的释放电流或电压

电磁阀的释放电流或电压是指电磁阀产生释放动作的最大电流或最大电压。当电磁阀吸合状态的电流减小到一定程度时,电磁阀就会恢复到未通电的释放状态^[8]。这时的电流远

远小于吸合电流。

2.3.5 电磁阀的工作有效次数(寿命周期)

电磁阀的工作有效次数指电磁阀在寿命周期内,有效工作的次数。一般都要要求达到 100 万次以上。

2.3.6 电磁阀的工作压力

指工作介质在腔内的平均最高压力。它随着不同的使用场合有不同的要求。

2.3.7 电磁阀的工作介质

指能够对什么样的介质进行控制,如气体的、液体的、瓦斯的、氧气的等。

2.4 电磁阀的分类

①一般习惯分成直动式电磁阀、分布直动式电磁阀、先导式电磁阀 3 种。②其他分类有按电压分的交流电压型、直流电压型;按介质分液用电磁阀、气用电磁阀、蒸汽电磁阀、燃气电磁阀、油用电磁阀;按电磁阀的防护等级可分为:防爆型、防水型、户外型;按被控制管路内的介质不同分为:液用电磁阀、气用电磁阀、蒸汽电磁阀、燃气电磁阀、油用电磁阀等;按结构不同可分为先导式、直动式、复合式、反冲式、自保持式、脉冲式、双稳态、双向型;按管道中介质的压力不同可分为:真空型、低压型、中压型、高压型、超高压型等。

3 电磁阀在医学仪器上的应用

在医学上广泛应用到电磁阀。比如,贝克曼 BXC800 生化仪器,试剂液路、样品液路、正压气路、负压气路都有不少电磁阀使用;比如,史赛克 STRYKER 手术气腹机,CO₂ 气流是由电磁阀控制、史托克 III 型人工心肺机 (Artificial Heart Lung Machine) 的恒温水流是由电磁阀控制等。一般电磁阀是作为流量控制、断开流控制、流向控制的元件,它的控制效果与精度,完全能满足医学工程需要。

4 实际工作遇到故障情况

按照设计,电磁阀是能满足性能要求的,但是,笔者在维修实践中碰到因电磁阀引起的故障率还是不小,就是由于电磁阀工作在高潮湿、高腐蚀、高氧化、高压力的环境中。

5 故障案例原因分析

比如,2016 年 1 月 12 日,贝克曼 DXC800 生化仪器报警,造成机器停机,按普通直观,以为是真空负压压力不够,从而吸不上样品,后来经检查,冲洗池冲洗管前面的 vpm3 电磁阀的阀芯前的密封橡胶圈穿孔,造成带有腐蚀的液体侵入到阀芯,阀芯生锈并锈死滑动孔内。更换橡胶圈不到 3 个月,同样的故障再次出现,更换橡胶圈亦如此,为设计欠缺陷。

比如,2016年3月3日,美国 STAGO 血凝仪,出现故障报警:据操作者反映,故障时有时无,重新开机能继续做下去,但是都不能做久,后停机彻底检查,发现是真空的管路的一个电磁阀 VR14 已经不能关闭,本来正常时,正常时序到某一时刻,正压力与负压力通道要进行转换,故障电磁阀造成正压通道混入负压力,负压不能到达要求,VR 之所以不关闭,是因为使用久后,杠杆变形。

比如,2015年4月16日,迈瑞 BC3200 型三分类血球计数仪,机器报警红细胞通道有气泡,机器不能进入工作状态,停机检查,观察机内计时玻璃管的下滴液体的下滴端面不好成截面状态,沿着这个液路管路检查,怀疑是 VR11 关闭不严

漏液,调换 VR4 与 VR11 的位置,故障改变,故基本判定 VR11D 有问题,拆下剖析内部,发现是它的阀芯因为上下运动,有摩擦出来的污物,造成阀芯关闭力度不够,从而造成堵口封闭不严。

2015年11月14日,检验科的血流变仪有故障,全部样本指数偏低,维修检查发现是一个管夹断负压力的电磁阀故障,这个阀设计为在它失去工作电后,只是依靠被它夹紧的塑料管的弹性回弹阀芯,当塑料管长期受夹后,弹性下降导致弹力不够时,阀芯基本复不到位,电磁阀下次得电需要夹断管路时,就不能动作了。

具体故障与分析详见表 1。

表 1 各故障分析与统计

	总量故障(I)	电磁阀部位故障			其他原因(V)
		密封件(II)	阀芯-杠杆(III)	腔管堵塞(IV)	
罗氏 stago 血凝分析仪	14	1	2	5	6
海伦纳 SPIFE3000 电泳仪	7	3	0	0	4
天海 2035 型血流变分析仪	19	0	6	0	13
希森美康尿分析 UF1000i	8	0	0	0	8
迈瑞 BC3200 型全血细胞仪	17	0	0	8	9
贝克曼 DXC800 生化仪(二台)	24	0	3	4	17
合计	89	4	11	17	57

由表 1 可知,总维修次数 89 次,电磁阀的故障 32 次,其中,电磁阀的腔体/管路(只算在腔体内的堵塞,体外的管道堵塞不计为电磁阀故障)发生的故障最多,为 17 次。依次占比见饼图 2~图 4。

图 4 电磁阀各类故障占电磁阀故障比饼图

其中,I、II、III、IV、V 依次代表总量、密封件故障、阀芯-杠杆故障、腔管堵塞故障、其它故障。

7 改进探讨

维修实践中,发现有的密封件故障是因为密封件处于频繁的动作中,它的密封对象又是高腐蚀性的清洗液、试剂,具有强酸强碱性质,更容易老化。比如,贝克曼 DXC800 生化仪有个密封帽,动作性穿孔会造成液体进入阀芯内,腐蚀阀芯生锈;又如,迈瑞的全血细胞仪,前端设计有一个橡胶材料堵口,经过试剂长期泡浸后,体积发涨膨大,将液路通道封死,同样的情况还有海伦纳 SPIFE3000 电泳仪的电磁阀。

贝克曼 DXC800 生化仪还有一个现象,阀腔容易发生杂

物沉淀,封堵磁阀内部腔体,因为液体通道里长期有样本的血液蛋白质、组织液、糖分等有机物,粘性很大,电磁阀的内腔又复杂,弯道多,更使得故障易发。对沉淀这类问题,有待厂家开发更好的试剂与清洗液,或者设计更好的冲洗结构来解决。

8 结论

①因为统计样本太少,可能结论不准确。

②从统计的结果看,电磁阀在生化仪器引起的故障不少,占比 35.95%在电磁阀引起的故障中,又以腔体堵塞故障居多,占到 53.12%;其次是阀芯与杠杆类的故障,占到 34.38%。阀腔发生杂物沉淀是阀腔堵塞的主要原因,阀芯与杠杆类故障占第 2 位。所以,改善试剂与改进腔体结构,改进阀芯结构,对减少故障有现实意义。

参考文献

[1]蒋忠伟,张飞鸿.费森尤斯血透机电磁阀故障原因及排除方法

[J].医疗卫生装备,2009,30(9):128-129.

[2]苏岭,柳泉冰,汪映,等.脉宽调制保持电磁阀驱动参数的研究[J].西安交通大学学报,2005(7):689-692.

[3]周超群.电磁阀的原理及其在工程设计中的应用探讨[J].石油化工自动化,2006(5):92-94.

[4]刘鹏.电控燃油喷射系统复合磁路高速电磁阀设计与特性研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2018.

[5]温邦彦,孙丽丽.中国电磁阀技术的新进展[J].通用机械,2004(6):32.

[6]李广荣,郑萍.利用单片机改进电磁阀驱动[J].电子产品世界,2003(22):62-64.

[7]刘宝华.影响电磁阀动作时间的因素分析[J].电气时代,2001(3):24-25.

[8]刘少军.高速开关电磁阀的现状及应用[J].液压与气动,1995(6):12-14.