

压缩空气不洁引起的制动系统 压力控制异常分析及改进

王小明, 周子舟

(长沙市轨道交通运营有限公司, 湖南 长沙 410000)

摘要: 针对长沙市轨道交通1号线试运行以来, 因压缩空气质量问题引起的压力传感器偏移量异常, 从制动控制原理、机械原理等方面进行了分析, 通过在制动试验台进行实际工况测试的方法进行论证, 结果表明, 压缩空气不洁将导致制动系统压力控制产生异常, 并提出了增大施加电磁阀复位弹簧力的方法来缓解该异常产生的改进措施。

关键词: 长沙市轨道交通1号线; 压缩空气质量; 压力控制; 改进措施

中图分类号: U231; U264.5⁺1 **文献标识码:** B
doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2018.01.121

目前地铁列车制动主要采用电空制动, 压缩空气质量直接影响着制动系统的正常运行。在长沙市轨道交通1号线调试、试运行过程中, 由于压缩空气中的油脂含量超标, 影响了电磁阀的正常复位, 导致中继阀预控压力(BCCP)传感器偏移量异常, 引起制动系统检测到压力偏移异常而误报故障。

1 异常分析

1.1 压力传感器偏移量检查原理

地铁列车在正常缓解状态下, 预控压力目标值(TARGET BCCP)应为0(相对于大气而言, 以下相同), 即中继阀(RLY)中的预控压力前端的施加电磁阀(AMVH和AMVL)将截止供气口压缩空气, 同时内部的压缩空气经过紧急切换阀(EMTV)及缓解电磁阀(RMVH和RMVL)排向大气, 此时预控压力实际值也应降为0。同时制动系统在地铁列车正常缓解状态时进行压力传感器偏移量检测, 若BCCP压力传

感器读数大于其偏移量补偿值规定的范围, 则报BCCP压力传感器偏移量故障。

1.2 施加电磁阀的工作原理

施加电磁阀工作原理如图1所示。

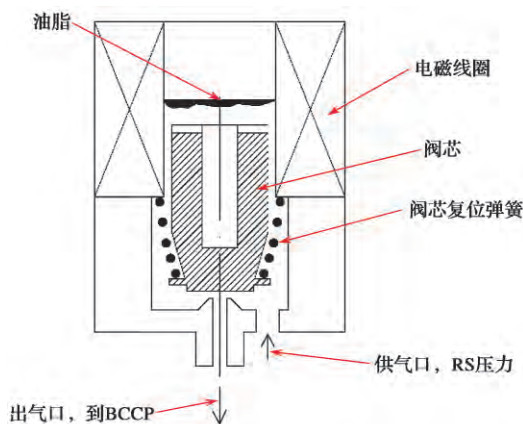


图1 施加电磁阀工作原理图

制动施加: 电磁阀得电, 阀芯被电磁力向上提起, 从而使供气口和出气口导通, 中继阀的BCCP腔将被充气。

制动缓解: 电磁阀失电, 阀芯被弹簧向下推动, 将供气口和出气口截断, 此时缓解电磁阀也处于失电状态, 中继阀的BCCP腔压缩空气将完全排空。

1.3 油脂超标的影响

从以上工作原理分析得知, 制动缓解工况下, 线圈失电, 阀芯在弹簧推动下向下移动, 将气路完全截止。此时, 若阀腔内部由于油脂含量超标, 并在顶部出现油水混合物的堆积, 引起阀芯上部出现粘滞, 阻碍了施加电磁阀的正常复位, 供气口气压会将阀芯一直顶开, 供气口与出气口持续处于导通状态, 导致施加电磁阀持续向BCCP腔内充气。而在制动缓解工况下, 缓解电磁阀也处于排气状态, 最后导致BCCP腔中仍有30 kPa左右的余压, 同时观察到BCCP排气口持续排气, 分析如图2所示。

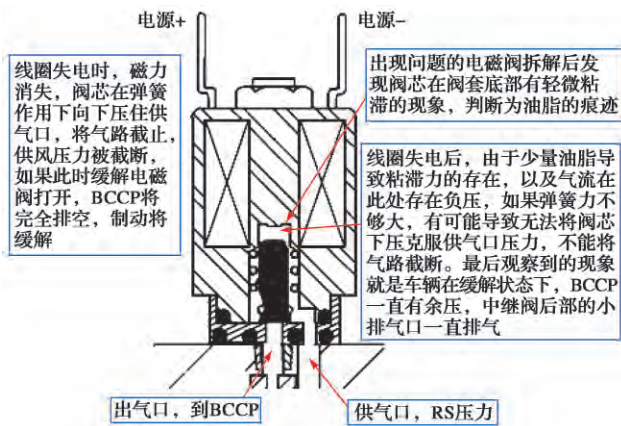


图2 施加电磁阀分析

1.4 模拟试验

在试验台上,将内部含有油脂中继阀的一个施加电磁阀设置为得电状态,其他电磁阀(2个缓解电磁阀,1个施加电磁阀)处于失电状态,可以观察到 BCCP 有 30 kPa 左右的气压,同时 BCCP 排气口持续排气,这与实际发生的异常现象相同。同时,通过持续的制动—缓解循环模拟, BCCP 压力传感器信号异常现象在试验台上重现,可以确定异常原因为施加电磁阀内残留油脂产生的粘滞阻力阻碍阀芯的运动,致使在制动缓解工况下其供气口与出气口间密闭不严。气路图如图 3 和图 4 所示。

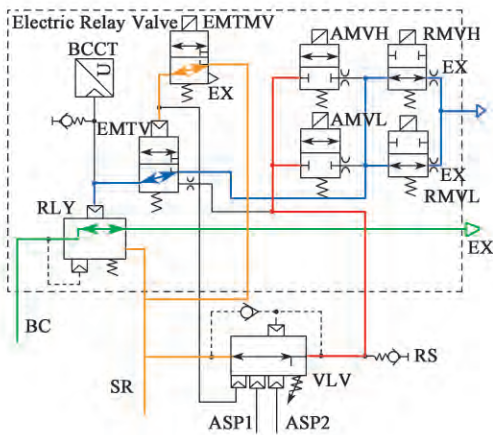


图3 正常状态下缓解气路图

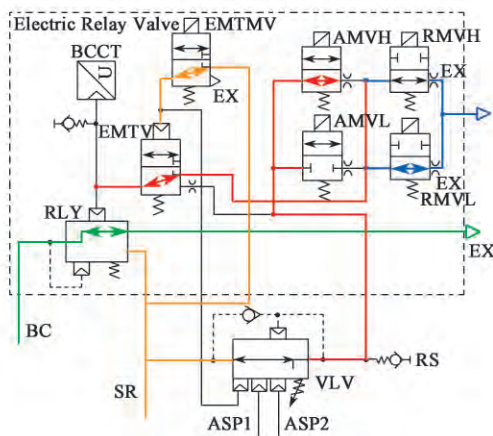


图4 异常状态下缓解气路图

由于带有油脂的施加电磁阀 (AMVH) 在缓解过程中密闭不严,导致从载荷阀 (VLV) 输出的预控压缩空气 (RS) 持续通过施加电磁阀往中继阀中输送,缓解电磁阀持续打开排气仍无法将中继阀中的预控压缩空气完全排净。

综上所述,由于压缩空气中油脂含量超标,并随着系统运行而不断积累,使得电子中继阀上电磁阀阀芯出现粘连,阻碍了施加电磁阀阀芯的正常复位,导致压力传感器偏移量超出补偿范围。

2 压缩空气质量探讨

2.1 压缩空气纯度等级

压缩空气中的杂质一般为油、水及尘埃颗粒,根据 ISO 8573-1 (2010) 标准,压缩空气质量等级有以下 3 个关键指标:

①固体颗粒 2 级,含尘直径 $D \leq 1 \mu\text{m}$; 固体颗粒 3 级,含尘直径 $D \leq 5 \mu\text{m}$;

②水 1 级,压力露点 -70°C ; 水 2 级,压力露点 -40°C ; 水 3 级,压力露点 -20°C ; 水 4 级,压力露点 $+3^\circ\text{C}$;

③油 1 级,含油量不大于 0.01 mg/m^3 ; 油 2 级,含油量不大于 0.1 mg/m^3 ; 油 3 级,含油量不大于 1 mg/m^3 ; 油 4 级,含油量不大于 6 mg/m^3 ,即含油量不大于 5 ppm (1 ppm 约等于 1.2 mg/m^3)。油主要以悬浮微粒、气态 (或油雾)、壁流 3 种方式存在。

对于地铁列车和高铁而言,压缩空气质量的要求同为固体颗粒 2 级、水 2 级、油 2 级,即含尘直径 $D \leq 1 \mu\text{m}$ 、水压力露点 -40°C 、含油量不大于 0.1 mg/m^3 ,可见地铁列车对于压缩空气质量的要求是十分严格的。

2.2 压缩空气质量现状

目前在国内,部分地铁列车使用带除油过滤器的油润滑压缩机产生压缩空气,其前端装有油细分离器,一般将含油量控制在 6 mg/m^3 以内,其寿命易受润滑油的油品和周围环境的污染程度影响。后端一般都装有前置过滤器 and 高效过滤器,经过过滤后可将最大残留的悬浮微粒状的油成分含量降至 0.01 ppm,但是 2 种过滤器都无法去除气态油。无论是前置过滤器还是高效过滤器,随着环境温度的升高,压缩空气中残留的油成分含量也会随之升高,在 40°C 的条件下,经前置过滤器的空气中最大残留的悬浮微粒状的油成分含量会增至 1.5 ppm,而经过高效过滤器的空气中最大残留的悬浮微粒状的油成分会增至 0.23 ppm,超出标准 ISO 8573-1 (2010) 的 2 级水平。

在国外,对于压缩空气质量的控制是严格按照标准执行的。油过滤器的定期维护和更换是必需的,压缩机的后端加装有活性炭过滤器,以保障空气质量。在美国,西屋风源系统最新所用的 NYCT (R-160) 空气压缩机为无油压缩机,运行过程中不使用润滑油。润

滑油是油污的主要来源, 因此无油压缩机产生的压缩空气质量可达到标准的 1 级甚至以上, 完全可以满足地铁列车用风要求。

2.3 不良压缩空气的危害

若压缩空气质量不达标, 会加速阀体的老化, 对管路带来污染, 从而影响制动效果, 甚至造成行车事故。历史数据显示, 每年都有因压缩空气质量问题而导致的列车故障。2011 年北京昌平线地铁车辆的减压阀内出现了砖红色液态水, 且空压机启动开关和总风管过滤器等处同样发现有液态水。2013 年, 机务段检修人员发现在 HXD1C0006 机车的总风缸中存在一些积油现象, 干燥器排污口也有大量油污, 更为严重的是在制动柜 EPCU 模块部件和电控阀都有渗油情况。

3 改进措施

3.1 短期处理方案

为了消除油脂的粘滞力带来的影响, 在参照相关文献^[1-5]对故障进行分析后, 采取对电子中继阀阀腔及电磁阀阀芯进行清理, 同时更换复位弹簧的措施。通过测试表明, 采用该措施可以达到预期效果。通过实施该方案, 在短期内不再发生误报故障。但是需要对阀进行拆解, 操作复杂, 甚至会缩短阀的使用寿命, 而且油脂超标仍然存在, 无法从根源上解决问题。

3.2 改善压缩空气质量

根据对异常原因的分析, 发现问题的源头在于不良质量的压缩空气。因此, 要加强对空气的过滤, 重点加强设备的定期维护及对油的过滤。对于设备定期维护必须严格按照设备的维护手册进行。

①油冷器的翅片易受灰尘覆盖影响冷却效果, 因此要定期进行清洗以保证其冷却效果。

②当油过滤器的保养指示为红色时, 应更换该油过滤器。若油过滤器未及时更换则可能导致进油量不足, 造成排气温度升高, 以致停机; 或油过滤器内的旁通阀开启, 使脏油未经过滤即进入压缩机内, 将损

伤转子、轴承及壳体。

③油细分离器滤芯是用多层细密玻璃纤维制成, 润滑油的油品及周围环境的污染程度对其寿命影响很大, 因此需要定期更换油细分离器和润滑油。

从长远来看, 可以考虑使用无油压缩机, 因为从成本上看, 传统的油润滑压缩机成本相对较低, 但把过滤器更换及人力成本考虑在内的话, 无油压缩机更具优势。

4 结语

长沙市轨道交通 1 号线试运行以来出现车辆制动系统 BCCP 压力传感器偏移量异常, 其原因是压缩空气中的油脂含量超标, 引起电磁阀内部出现粘滞, 使电磁阀无法正常复位, 造成制动系统因检测到压力偏移异常而误报故障。

虽然通过对阀进行清洁、更换弹簧, 以消除油脂粘滞力带来的影响, 暂时消除了该现象, 但是从长远角度上考虑, 加强对油的过滤、设备维护、改善压缩空气质量, 从源头遏制问题的发生才能真正保障列车的安全运行。

参考文献:

- [1] 南车株洲电力机车有限公司. 长沙市轨道交通 1 号线车辆技术规格书 [G]. 株洲: 南车株洲电力机车有限公司, 2015.
- [2] 南车株洲电力机车有限公司. 长沙市轨道交通 1 号线制动系统维护操作手册 [G]. 株洲: 南车株洲电力机车有限公司, 2015.
- [3] 王飞. 活塞式空压机与螺杆式空压机使用比较 [J]. 机械工程师, 2012 (8): 155-156.
- [4] 伍智敏, 任利惠. 地铁列车制动系统的中继阀性能仿真 [J]. 城市轨道交通研究, 2011 (9): 52-57.
- [5] 马辉. 地铁昌平线车辆总风管路有水问题分析与改善方案探究 [J]. 科技创新与应用, 2014 (5): 17-18.

作者简介: 王小明 (1971-), 男, 工程师, 现从事城轨车辆技术管理工作。

(上接第 118 页)

24 V 电源模块的问题, 因此故障源锁定为 5 V 和 15 V 这个电源模块。经过进一步地分析和测试, 并对电源模块进行剖析, 发现是 5 V 电源模块出现虚焊, 导致电控模块运行过程中出现短暂 5 V 输出丢失, 电控盒不工作。对其重新补焊接后, 电控模块正常运行。

4 结语

电控模块故障率高, 主要是由单片机软件控制时序不合理以及电路硬件设计缺陷所导致, 通过对电控模块软件、硬件的优化, 有效降低了电控模块的故障率。

参考文献:

- [1] 惠州市标顶空压技术有限公司. 供风模块产品使用说明书 [G]. 惠州: 惠州市标顶空压技术有限公司, 2015.
- [2] 马喜成, 龙倩倩. 地铁车辆用 EP2002 制动控制系统 [J]. 机电传动, 2007 (4): 38-42.
- [3] 刘建民, 陈建军. 螺杆式空压机运行及维护技术问答 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2011.

作者简介: 王烟平 (1983-), 男, 现从事轨道交通车辆电气系统检修工作。