

城轨车辆供风系统电控模块故障分析与优化

王烟平, 周蓼华

(长沙市轨道交通运营有限公司, 湖南 长沙 410000)

摘要: 介绍了城轨车辆供风系统电控模块的工作原理, 针对电控模块性能故障进行分析, 通过优化单片机程序及相应的硬件电路, 有效降低了电控模块的故障率。

关键词: 城轨车辆; 供风系统; 空压机; 电控模块

中图分类号: U231; U269.6 **文献标识码:** B

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2018.01.120

城轨车辆供风系统主要为城轨车辆的制动装置、转向架空气弹簧、升弓装置等系统部件提供洁净的压缩空气。

长沙市轨道交通2号线车辆, 自2014年4月运营至今, 空压机电控模块发生多起故障, 空压机干燥器不能有效工作, 导致车辆供风管路、风缸、制动模块等积水, 严重影响车辆安全运营。

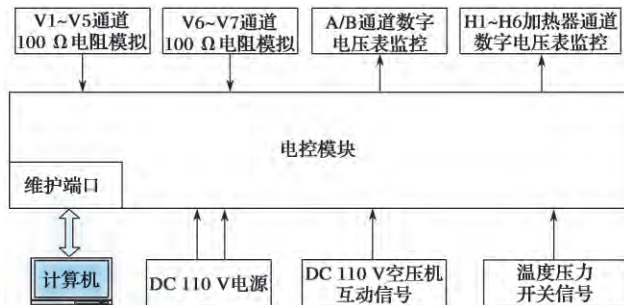
1 供风系统电控模块介绍

电控模块方框图见图1。电控模块是空压机核心电气部件, 接收来自车辆的空压机互动信号、温度开关信号、压力开关信号等, 主要用于控制压缩机左右进气电磁阀、左右排放电磁阀、气水分离器排污电磁阀、

高效过滤器电磁排污阀、干燥塔加热器等, 实时将空压机干燥塔的工作状态传递给列车控制及诊断系统。

2 搭建电控模块测试平台

为方便检测, 搭建简易测试平台如图2所示, V1通道备用, V2通道控制快速充压电磁阀, V3通道控制左排放电磁阀, V4通道控制右排放电磁阀, V5通道控制气水分离器电磁阀, V6通道控制预过滤器电磁阀, V7通道控制高效过滤器电磁阀。通过外接电阻模拟电磁阀线圈, 外接数字电压表监控A/B干燥塔及H1~H6加热器工作状态。该平台将为电控模块故障的分析、测量和故障类型判断提供有利条件。



① V1~V7通道外接各种电磁阀线圈, 在进行功能模拟时, 采用100 Ω电阻进行代替, 完成单片机对电磁阀的自检功能;

②电控模块边插A/B干燥器及H1~H6加热器通道, 采用外接数字电压表形式进行监控, 当相应通道输出DC 110 V电压时, 表示该通道工作正常;

③通过外接DC 110 V电压给电源模块接入工作电源以及空压机互动信号, 模拟电控模块工作环境;

④通过跳线短接给电控模块边插赋予温度、压力开关指令, 测试相应电路是否工作正常;

⑤使用装有维护软件的电脑监控电控模块的工作逻辑状态, 并检测模块维护端口电路。

3 典型故障分析

经过对故障电控模块进行全面的静态测试和动态



分析、检测，归纳其主要有 4 种故障类型如表 1 所示。

表 1 电控模块典型故障及处理措施

故障类型	故障板件数	所占比率	解决措施
控制逻辑故障	5	26%	优化控制逻辑
电源模块故障	4	21%	补焊或更换电源模块
故障指示灯常亮	6	32%	更换故障光耦
故障指示灯闪烁	4	21%	改进检测驱动电路

3.1 控制逻辑故障

由干燥器工作原理可知 A、B 两腔的吸附、再生过程是循环进行的。在工作中的任何时候，其中一腔处于吸附状态，而另一腔则处于再生状态，以保证系统的连续运行。

干燥器完全由电控模块进行控制，电控模块发生故障后，通过检查，发现 A、B 两腔在转换过程中，出现 t_1 空挡期（图 3），导致干燥器发生故障。按照电控模块技术协议要求，压力开关断电恢复后，电控模块按照断电前的状态运行，即断电恢复后的第 1 个半周期为 $(60-t_1)$ ，之后才按正常的半周期时间 60 s 的方式继续运行。图 3 中 T_{1x} 、 T_{3x} 为有压力开关信号输入时间， T_{2x} 为无压力开关信号输入时间。

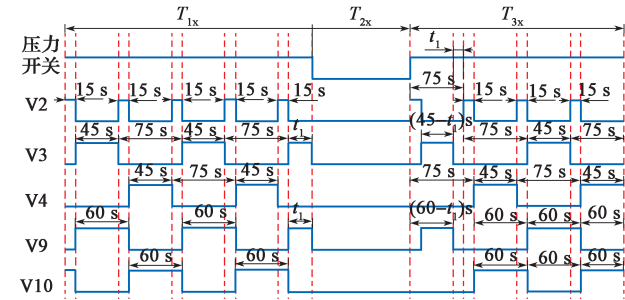


图 3 整改之前时序

发现控制逻辑问题后，重新调整控制逻辑（见图 4），电控模块经过长时间运行未再报该故障。

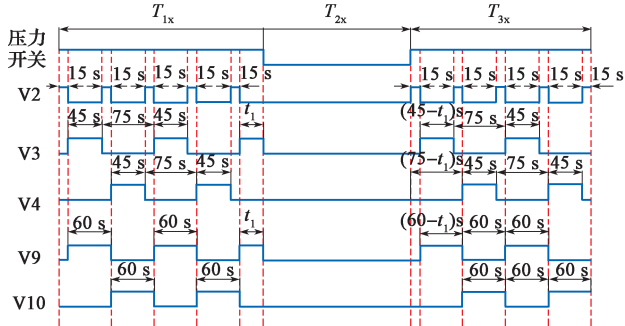


图 4 整改之后时序

3.2 故障指示灯闪烁

针对排放电磁阀故障指示灯闪亮故障，通过对电控模块进行拆解，对电路原理进行分析，发现电路结构设计缺陷，功率管 VQ15 未设置高压吸收电路，+24 V 与 PORT3_1N 间外接电磁阀线圈 Y1，电磁阀启停过程中，感应电压

冲击功率管 VQ15 引起性能不良（图 5），出现电控阀相应通道指示灯闪烁。

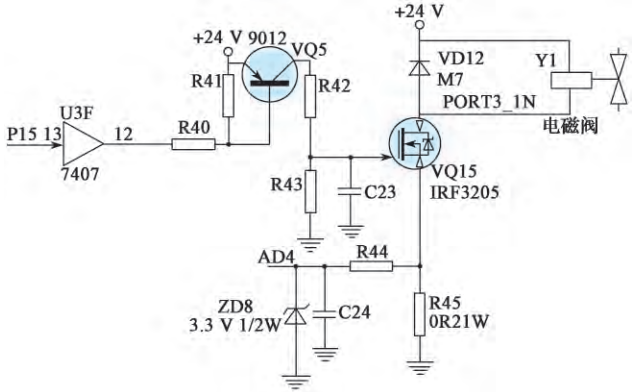


图 5 整改前排放阀控制电路

改进电路如图 6 所示，对 MOS 功率管重新选型，以提高额定工作电压及电流，将原固态继电器检测方式更改为脉冲变压器 +MOS 功率管检测方式，并设计隔离防护、阻容吸收电路，解决电磁阀线圈瞬态电压造成的冲击。主要有以下优势：

①电气隔离：输出电路模拟地地与单片机数字地隔离，保证单片机工作的稳定性。

②电磁阀自检：开机瞬间，单片机通过光耦反馈采集二极管 V9、V10 压降，进行电磁阀故障判断。

③改进了驱动电路：利用脉冲变压器 T1 隔离功率管，降低 24 V 对前级控制电路的影响，提高控制电路的可靠性和稳定性。

3.3 故障指示灯常亮

针对该故障进行分析，发现多个电控模块内部的反馈检测回路发生问题，导致单片机无法检测各类电磁阀电阻状态。反馈检测回路见图 6，外接电磁阀时，V9、V10 二极管上产生 1.4 V 电压，该电压加载到光耦 U1，并将信号反馈至单片机，开机瞬间完成电磁阀检测。如果外接电磁阀线圈开路，电路未形成回路，V9、V10 二极管无电压，光耦不工作。

对更换下来的多个电控模块进行详细检测，发现多为光耦发生故障，单片机无法检测电磁阀状态，导致电控阀故障指示灯常亮，程序终止运行。更换相应通道的光耦后故障排除。

3.4 电源模块故障

针对该故障，通过调用监控数据进行分析和对控制盒进行分析，认为通道故障指示灯没有点亮，排除

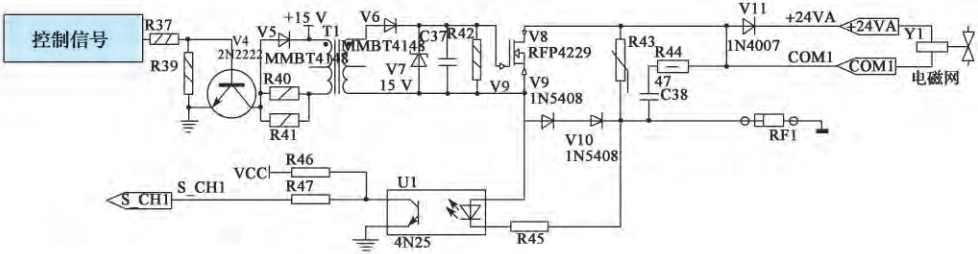


图 6 整改后排放阀控制电路

（下转第 121 页）

滑油是油污的主要来源, 因此无油压缩机产生的压缩空气可达到标准的 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。