

大秦线重载组合列车 LOCOTROL 系统运用情况的分析及建议

袁日东

(中国铁路总公司 北京安全监督管理特派员办事处, 北京 100055)

摘 要: 对大秦线重载组合列车 LOCOTROL 系统发展历程及使用现状进行了总结, 分析了 LOCOTROL 系统目前存在的主要问题和原因, 并提出了相应的整改建议。

关键词: 重载组合列车; LOCOTROL 系统; 整改建议

中图分类号: U292.92⁺3

文献标识码: B

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2016.06.028

大秦线是使用 LOCOTROL 系统开行重载组合列车的重载线路。LOCOTROL 分布式动力控制系统运用情况好坏直接关系到大秦线重载组合列车的运行安全以及运输效率, 为此, 对 LOCOTROL 系统近年来的运用情况进行了专题分析, 重点指出目前 LOCOTROL 系统存在的主要问题并提出可行性建议。

1 大秦线重载组合列车 LOCOTROL 系统使用现状

1.1 基本情况

为大幅度提高煤炭运量, 2003 年, 原铁道部决定在大秦线采用 LOCOTROL 技术开行万吨、2 万吨重载组合列车。在 2003 年开行万吨组合列车的基础上, 经过 2 年多的科学论证与试验, 通过系统集成创新, 2006 年 3 月 28 日正式开行 2 万吨重载组合列车, 并且从 2006 年 7 月 10 日起, 大秦线湖东站取消了万吨以下编组的列车, 实现了全部开行万吨列车和 2 万吨列车的目标。2014 年 4 月 2 日成功试验开行了 3 万吨重载组合列车。

大秦线每年的 2 万吨开行对数以及运量见图 1、图 2。

担当大秦线牵引任务的太原铁路局湖东电力机务段, 配属安装有 LOCOTROL 系统的机车共 566 台,

其中 HXD1 型 250 台、HXD2 型 180 台、SS4G 型 136 台。目前 HXD 型机车担当 2 万吨列车头部和中部及 1.5 万吨列车头部牵引任务, SS4 机车担当万吨组合列车及 1.5 万吨组合列车中部的牵引任务。

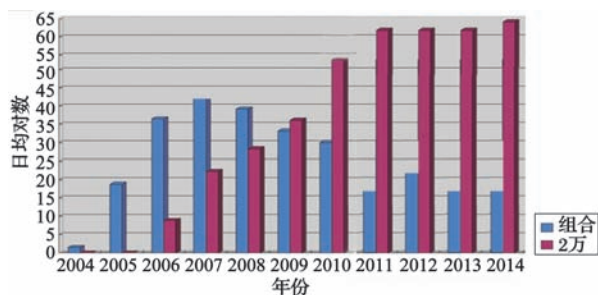


图1 重载组合列车日均开行对数

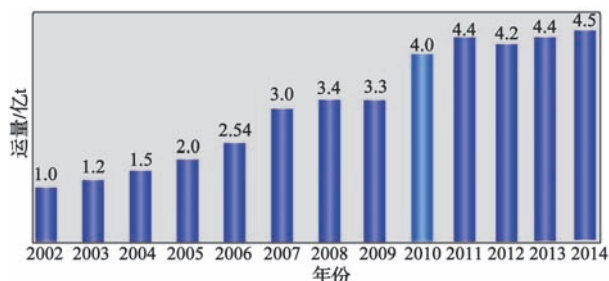


图2 大秦线年度运量

1.2 LOCOTROL 系统性能优化历程回顾

随着大秦线运量的逐年攀升, 重载组合列车的开行对数不断增加, 逐渐暴露出 LOCOTROL 控制系统与重载运输安全要求的不适应, 特别是影响重载列车安全运行的紧急/惩罚制动、制动阀切除、通信丢失等惯性故障, 长时间得不到有效控制, 因此必须对 LOCOTROL 系统性能进行优化。历年来的对大型机车 LOCOTROL 系统软件优化升级的统计如表 1 ~ 表 3 所示。

经过多次对 LOCOTROL 系统软件的优化升级, 困扰多年的重载列车紧急制动、惩罚制动、制动阀切除、通信丢失等惯性故障得到了有效控制。紧急制动从 2007 年月均故障 36 件下降到 2014 年月均 1 件左右, 惩罚制动从 2007 年月均故障 33 件下降到 2014 年月均

7 件，制动阀切除从 2007 年月均故障 40 件下降到目前月均 7 件，极大地消除了重载组合列车潜在的安全风险和隐患。

表 1 SS₄G 型机车 LOCOTROL 系统软件优化升级情况

升级时间	处理器模块 (IPM) 版本	通信输入输出模块 (CIOM) 版本	解决问题
2006.10-12	8000712-603.008	N/A	BIPM 重启
2008.06	8000712-605.017	8000694-604.011	CIOM 重启
2010.01	8000712-607.009	8000694-605.002	紧急改惩罚
2011.12	8000940-601.032	8000949-601.002	互联互通三阶段
2013.01	8000940-602.004	8000949-601.002	互联互通最终版
2014.10-2016.06	8000940-603.004	8000949-602.001	制动阀切除后自动投入等 7 项技术改进

表 2 HX₁ 型机车 LOCOTROL 系统软件优化升级情况

升级时间	处理器模块 (IPM) 版本	通信输入输出模块 (CIOM) 版本	解决问题
2007.03-08	8000810-601.039a	8000814-601.008	MIPM 重启
2009.06-2009.07	8000810-604.012	8000814-603.003	紧急改惩罚
2010.01	8000946-601.013	8000948-601.005	紧急改惩罚
2011.01	8000946-602.026	8000948-601.005	互联互通一阶段
2011.03	8000946-999.002	8000948-601.005	诊断版 (解决互联互通中部不缓解)
2011.08	8000946-999.008	8000948-601.005	互联互通三阶段
2012.06-08	8000946-603.005	8000948-601.005	中部小闸不缓解
2014.10-2016.06	8000946-604.002	8000948-602.001	制动阀切除后自动投入等 7 项技术改进

表 3 HX₂ 型机车 LOCOTROL 系统软件优化升级情况

升级时间	处理器模块 (IPM) 版本	通信输入输出模块 (CIOM) 版本	解决问题
2009.02	8000771-601.058	8000814-602.008	紧急改惩罚
2009.03-04	8000771-603.007	8000814-603.003	紧急改惩罚
2009.05	8000771-604.002	8000814-603.003	紧急改惩罚
2010.01	8000947-601.010	8000948-601.005	紧急改惩罚
2011.01	8000947-602.010	8000948-601.005	互联互通一阶段
2012.06	8000947-603.003	8000948-601.005	互联互通最终版
2014.10-2016.06	8000946-604.002	8000948-602.001	制动阀切除后自动投入等 7 项技术改进

2 LOCOTROL 系统维修机制及故障情况

根据双方合同规定，LOCOTROL 系统只有发生故障后的维修，即事后维修，没有预防性修理机制。SS₄G 机车 LOCOTROL 系统从 2006 年加装以来到目前为止已运行近 10 年，HX₁ 型机车 LOCOTROL 系统运行也达到了 8 年，系统没有进行过彻底维护，也做不到预防性检测维修，因此故障率相对较高。

2011 年到 2015 年，LOCOTROL 系统由于软、硬件故障发生机破 58 件，年均发生 13.1 件。其中 2011 年至 2012 年由于互联互通升级后中部从控机车小闸不缓解发生 13 件（该问题已在 2012 年通过软件升级得以解决），其他 45 件故障原因主要集中在硬件系统如

集成处理器模块 (IPM) 故障、LOCOTROL 系统显示器 (LCDM) 通信超时、SS₄ 机车继电器接口模块 (TRIM、RIM) 故障等。2011 年到 2015 年，LOCOTROL 系统由于软、硬件故障月均发生临修 2.2 件，共计有 902 个模块返修。

3 LOCOTROL 系统目前存在的主要问题及整改建议

3.1 惩罚制动故障率较高

由 LOCOTROL 系统引发的机车惩罚制动主要有 3 方面原因：一是集成处理器模块 (IPM) 与 LOCOTROL 系统显示器 (LCDM) 通信超时 (ILC) 故障频发，故障主要原因是 LOCOTROL 系统显示器 (LCDM) 故障或集成处理器模块 (IPM) 与 LOCOTROL 系统显示器 (LCDM) 通信超时，该类故障件数占惩罚制动故障件数的 40% 以上；二是 HX₂ 型机车制动控制单元 (BCU) 通信超时时时有发生，故障主要原因是由于 LOCOTROL 系统串行处理器模块 (SIPM) 与制动控制单元 (BCU) 在数据包传输过程中受到干扰，导致串行处理器模块 (SIPM) 接收不到制动控制单元 (BCU) 发送的信息；三是系统处理器模块 (XIPM、MIPM、SIPM) 重启故障偶有发生，该故障虽然发生较少，但会引起分布式动力控制系统 (DP 系统) 通信丢失，进而引起不同步的惩罚制动或紧急制动。

建议：①针对集成处理器模块 (IPM) 与 LOCOTROL 系统显示器 (LCDM) 通信超时 (ILC) 导致的惩罚制动，建议取消非分布式动力控制系统 (DP 系统) 状态下触发惩罚制动的功能。在分布式动力控制系统 (DP 系统) 状态下，如主控机车 LOCOTROL 系统显示器 (LCDM) 故障，主控机车乘务员将无法看到从控机车的信息，存在安全隐患，建议保留分布式动力控制系统 (DP 系统) 状态下，集成处理器模块 (IPM) 与 LOCOTROL 系统显示器 (LCDM) 通信超时 (ILC) 触发惩罚制动的功能。

②针对 HX₂ 型机车制动控制单元 (BCU) 通信超时导致的惩罚制动，建议对串行处理器模块 (SIPM) 中通信插件板 (COMM 板) 进行技术改进，增加上拉或下拉电阻以适应制动控制单元 (BCU) 接口电路，减少串行处理器模块 (SIPM) 与制动控制单元 (BCU) 数据包传输过程中的干扰。

③针对 LOCOTROL 系统处理器模块 (IPM) 重启问题，建议将其供电电路改为双路供电。

3.2 制动阀切除安全隐患较大

目前大秦线机车制动阀切除基本是由于通信丢失引起中部机车制动机降级 (BVO、隔离)。如果中部机车制动阀切除后不能及时恢复投入工作，可能造成以下严重后果：一是主控机车减压时变为列车单边制动 (中部机车不参与排风)，导致排风时间和制动距

离延长,极易造成冒进信号事故;二是在长大下坡道减压时,由于前部列车排风快,后部列车排风慢,列车产生前堵后拥,极易造成中部机车脱轨事故;三是在长大下坡道缓解时,列车充风时间延长,乘务员再次减压进行循环制动过程中,因后部列车充风不足,造成列车制动力减弱,极易发生放飏事故;四是在通信信号丢失情况下,不能实现列车同步制动,极易造成列车分离或脱轨事故。

为解决制动阀切除故障,2014年太原铁路局督促GE公司对LOCOTROL系统软件进行了7项优化改进,截至2015年6月,已对400台机车完成软件升级。该版软件增加了制动阀切除报警功能,对通信正常时的制动阀切除增加了自动投入功能,特别对可控列尾非正常排风、瞬间漏风等意外流量导致制动阀切除效果明显,但该版软件对解决通信丢失引起的制动阀切除作用不明显。

建议采用增加分布式基站的措施来提高大秦线部分隧道内通信质量,同时加快车载通信单元(OCU)设备包括车顶天线设备、车内设备及连接电缆的更新进度。

3.3 集成处理器模块(IPM)动作门槛电压低

SS4G与HXD1型机车零散指令信号如紧急制动指令(804线路)、惩罚制动指令(840线路)、撒砂指令、手动过分相指令等均通过继电器接口模块(RIM)送入LOCOTROL系统集成处理器模块(IPM)。由于集成处理器模块(IPM)门槛动作电压为24~27V,不符合我国机车高电平动作(77~110V)的原理要求,因此经常由于干扰电压信号造成机车零散指令误动作而导致机车发生问题,特别是SS4G型机车发生较多,如紧急制动指令(804线路)、惩罚制动指令(840线路)、手动过分相指令(L019线路)等经常发生误动作。重载组合列车编组长、载重大,如发生紧急制动误动作,将会产生极大的纵向冲击力,极易导致列车断钩、脱轨事故。同时,紧急制动会对中部机车的钩缓装置造成严重冲击和损伤。为了保证安全,发生紧急制动后组合列车必须分解运行,中部机车单机返回机务段进行钩缓装置探伤检查。

建议对集成处理器模块(IPM)中的输入输出板(I/O板)进行技术改进,将输入门槛动作电压提高到满足机车高电平动作要求的77V。

3.4 LOCOTROL系统数据记录不明确

重载列车列车管压力因不明原因导致降为零引起的紧急制动近年来仍偶有发生,发生时LOCOTROL系统日志数据记录为:“列车线紧急制动”。LOCOTROL系统维护说明中关于“列车线紧急制动”解释为列车管压力下降(风路原因)引起紧急制动,与电信号无关。实际通过模拟试验,当机车紧急制动电路(804线路)得电时,LOCOTROL系统的日志记

录是随机的,正常应记录为“804TL”(电信号引起紧急制动),但有时也记录为“列车线紧急制动”,这对查找不明原因紧急制动故障具有误导性。对此问题太原铁路局湖东电力机务段已给GE公司发了相关备忘录,但GE公司没有给出合理解释。

建议修改控制软件,使LOCOTROL系统的日志记录更科学,更具有指导性。

3.5 重载组合列车列车管压力上升存在列车溜逸隐患

重载组合列车停车状态下,如列车管漏泄或当乘务员连续追加减压,由于LOCOTROL系统设计为强制补风,此时会造成列车管压力上升。如果从控机车在2s内检测到列车管压力上升达到14kPa以上时,LOCOTROL系统只发出“列车管压力上升报警”信号,不会采取干预措施;如果主控机车在2s内检测到列车管压力上升达到14kPa以上,并且同时满足3个条件时(①停车状态,②大闸减压50kPa以上,③方向手柄在零位),系统会发出惩罚制动指令防止列车发生溜逸。虽然机车车载监控系统(LKJ)具备手柄、管压和相位防溜功能,但条件必须是列车速度达到3km/h或移动10m以上时,车载监控系统(LKJ)才会动作。如果列车停在长大坡道上,重载组合列车方向手柄没回零位(若手柄在零位,列车处于长大下坡道时如果乘务员忘记给方向,列车已缓解开始溜动,此时由于有速度乘务员给不了机车方向选择,再生制动不起作用,存在安全隐患),此时当列车管压力上升时,有可能引起列车溜逸。

建议修改LOCOTROL系统软件,当列车速度为零时,如从控机车检测到列车管压力上升超过14kPa时触发惩罚制动;当主控机车检测到列车管压力上升超过14kPa时,不论方向是否在零位,系统触发惩罚制动。

4 系统优化建议

为提高大秦线重载机车LOCOTROL系统软、硬件可靠性,更好地适应大秦线重载运输的需要,建议对HXD1、HXD2、SS4G型机车LOCOTROL系统进行功能优化改进。

4.1 改进系统时钟同步功能

系统现状:大秦线HXD1、HXD2、SS4G型机车的LOCOTROL系统、车载监控系统(LKJ)、车载通信单元(OCU)、机车中央控制单元(CCU)以及6A系统等时钟控制没统一,显示时间各不相同,给机车故障分析和日常检修、整备带来极大困扰。

改进建议:LOCOTROL系统时钟是通过人工在系统显示器(LCDM)上进行输入调整,再重启系统显示器(LCDM)时写入集成处理器模块(IPM)和通信控制模块(CPM),以此来统一LOCOTROL系统时钟。建议通过修改LOCOTROL系统集成处理器模块(IPM)和通信控制模块(CPM)软件,使系统能够接受从外

部授时主机发来的时钟同步信息,实现集成处理器模块(IPM)、通信控制模块(CPM)和系统显示器(LCDM)的时钟统一。同时预留系统外接电缆接口,便于通过外接设备对全车各个时钟系统统一授时,最终实现全车各系统时钟同步。

4.2 强化事件记录功能

系统现状:一是 LOCOTROL 和 CCB II 制动机系统采用故障事件触发记录,即只有系统认为是故障或事件时才记录数据,而不能实现数据连续记录;二是 LOCOTROL 系统集成处理器模块(IPM)中的中央处理单元(CPU)只具有 8 位数据处理能力,时常发生机车数据溢出现象;三是 HXD2 型机车法维莱制动机无故障数据记录功能,不便于处理制动系统和通信丢失等方面故障。

改进建议:修改系统集成处理器模块(IPM)的控制软件,并将其中央处理单元(CPU)由 8 位升级为

32 位(或 64 位),使 LOCOTROL 及制动机数据实现连续功能,记录数据包括牵引/电制力、牵引/电制级位、网压、速度、各风管压力等参数。

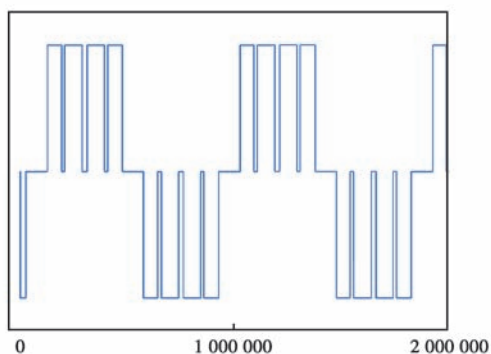
5 结语

通过对担当大秦线重载组合列车机车 LOCOTROL 系统使用情况进行分析,指出了目前系统存在的主要问题及安全隐患,有针对性地提出了整改措施及系统优化建议供同行参考。

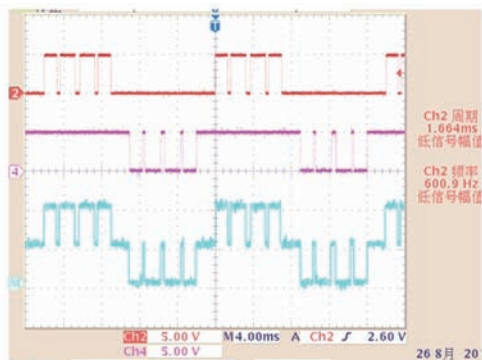
参考文献:

- [1] 张曙光. HXD1 型电力机车[M]. 北京:中国铁道出版社, 2009.
- [2] 张曙光. HXD2 型电力机车[M]. 北京:中国铁道出版社, 2009.
- [3] 张有松, 朱龙驹, 韶山 4 型电力机车[M]. 北京:中国铁道出版社, 1998.

(上接第 66 页)



(a) 仿真波形



(b) 试验波形

图 8 高调制比下相电压输出波形

4 结语

FPGA 不仅能够解决三电平 SVPWM 算法复杂的问题,而且能够解决多相多电平拓扑 SVPWM 算法的问题,提升交流传动数字控制系统的性能,也能同时控制多个变流器,降低控制系统的成本。由于 FPGA 具有硬件可编程能力,可以提高控制器的通用性,所以 FPGA 在交流传动数字控制系统具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] Nabael A, Takabashi I, Akagi H. A New Neutral-point Clamped PWM Inverter [J]. IEEE Trans on Industrial Application, 1981, 17(5): 518-523.
- [2] VanderBroek H W, Skudely H C, Stranke G V. Analysis and Realization of a Pulse Width Modulator Based on Voltage Space Vector [J]. IEEE Trans on IA, 1988, 24(1): 142-150.
- [3] 薄保中, 苏彦民. 三电平逆变器的分析与控制 [J]. 电气传动, 2003(2): 14-17.
- [4] 田玉超, 刘勇, 丛望. SVPWM 控制三电平逆变器算法研究 [J]. 应用科技, 2005(3): 34-36.



作者简介:林鑫(1983-),男,硕士,工程师,现从事铁路机车车辆技术研究。