

# LKJ-15C 型监控装置 DMI 定标键故障分析及改进措施

田晓东

国能朔黄铁路公司机辆分公司 工程师 河北 062350

**【摘要】**LKJ-15C 列车运行监控装置是中车时代电气和中车时代通号研制的新一代列车运行监控记录装置。与 LKJ-2000 相比, LKJ-15C 拥有安全性高、可靠性高、可用性高、可维护性高等特点,但在运用过程中发现部分配件存在工艺不成熟的问题,在现场应用过程中逐步暴露,相关单位在运用中及时发现并制定相应措施提升该型监控装置的运用质量。本文主要分析探讨了 LKJ-15C 型监控装置人机交互界面(以下简称 DMI) 在应用中存在的键盘问题,并提出了相关解决措施及整改效果。

**【关键词】**LKJ-15C; 工作原理; DMI 按键; 按键压力; 故障分析

Fault analysis and improvement measures of DMI calibration key of LKJ-15C monitoring device

Tian Xiaodong

National energy Shuohuang railway company machinery branch engineer Hebei ( Province ) 062350

**【Abstract】**LKJ-15C train operation monitoring device is a new generation of train operation monitoring and recording device developed by CRRC Times Electric and CRRC Time Pass. Compared with LKJ-2000, LKJ-15C has the characteristics of high safety, high reliability, high availability and high maintainability. However, some accessories were found to be immature in the application process, and gradually exposed in the field application process. Relevant units should timely find and formulate corresponding measures to improve the application quality of this type of monitoring device. This paper mainly analyzes and discusses the keyboard problems existing in the application of LKJ-15C monitoring device ( hereinafter referred to as DMI ), and puts forward relevant solutions and rectification effects.

**【Key words】**LKJ-15C; working principle; DMI key; key pressure; fault analysis

## 引言

列车运行监控记录装置是我国铁路研制的以保证列车运行安全为主要目的列车速度监控装置。该装置在实现列车速度安全控制的同时,采集记录与列车安全运行有关的各种机车运行状态信息,促进了机车运行管理的自动化。该装置先后经历了 JK-2H、LKJ-93 型,逐步发展为 LKJ-2000 型。至 2015 年 LKJ-2000 型监控装置已研发投入使用 15 年左右,但随着 LKJ-2000 型监控装置部分关键元器件陆续停产,生产及维修越来越困难,同时也不能满足铁路运输要求的列车精确定位、在线监测、无线传输等越来越高的信息化的需求等问题,中国铁路总公司于 2013 年 6 月成立了 LKJ-15 型列车监控装置的研发课题组,2014 年 12 月完成了样机的研发,2015 年 1-12 月完成了 LKJ-15 型的现场试验工作。朔黄铁路公司自 2006 年逐步从 93 型更新换代为 LKJ-2000 型监控装置,为朔黄铁路安全生产和列车有序监控提供了保障作用,自 2009 年开行万吨列车以来,经过探索试验,逐步开行了万吨、1.6 万吨和两万吨等多种编组的单元和组合重载列车。为了适应运输发展和机务运用安全的新要求,同时根据智慧铁路建设需求,移动闭塞、自动驾驶等设备的投入使用,具备高安全性、高可靠性、高可用性、高可维护性的 LKJ-15 型监控装置的更新换代提上日程,随着 2018 年 7 月朔黄铁路公司第一台交流机车装配 LKJ-15C 型监控装置的

改造成功,标志着朔黄铁路安全装备发展进入新纪元。

但在随后相继改造完成的 16 台机车运用过程中,陆续发现乘务员在操作 DMI 时,存在按压警惕按键、定标按键失效的问题,导致 DMI 发出“防溜报警”时按压按键失效,无法解除报警,触发卸载造成紧急制动,严重影响安全生产秩序。为了彻底解决按键失效问题,朔黄铁路公司机辆分公司技术人员开展了项目攻关工作。下面就 LKJ-15C 型 DMI 工作原理、故障分析及朔黄铁路公司机辆分公司改进措施进行分析探讨。

## 1 DMI 定标键故障概述

LKJ-15C 监控设备硬件组成包括主机单元、扩展单元、DMI 以及其他辅助设备。DMI 是乘务员与 LKJ-15C 型监控装置主机单元信息交互的接口,列车在编组时,乘务员可通过 DMI 按键输入司机号、车次、车型等编组信息,在运行中按压 DMI 相关按键来实现各种行车模式的转换及各种报警信息的解除。2021 年以来,朔黄铁路部分装配 LKJ-15C 型监控装置的机车陆续发生了乘务员按压警惕键、定标键失效的问题,乘务员只能通过切换软键盘进行应急处理。如遇此类突发的故障情况,不能第一时间调出 DMI 软键盘进行相应操作,会导致列车运行中停车甚至产生紧急制动,尤其对于万吨或两万吨重载列车有可能导致列车脱轨、倾覆等重

大事故，严重影响列车安全运行。

## 2 DMI 工作原理及故障分析

### 2.1 DMI 工作原理

当前在铁路、地铁、有轨电车司机驾驶台上采用的 DMI (Driver Machine Interface) 司机人机接口屏种类繁多，接口规范与显示风格各不相同。但究其根本，DMI 是一种与车载主机进行通信，为司机提供信息显示、报警语音输出和司机操作输入的设备，各类不同应用领域所使用的 DMI 屏，其差异主要集中在物理接口标准、通信协议、界面布局三个方面，因此，不得不为不同的车型开发不同版本的 DMI，同时 DMI 的显示界面经常需要根据用户的需求和喜好进行调整。LKJ-15C 型监控设备所采用的 DMI 设备为 10.4 英寸彩色液晶显示屏，采用 L 形键盘布局设计，可人工选择切换 A/B 机，IC 卡座位于屏幕左侧，带有触摸屏功能，分辨率提升至 800\*600。

DMI 显示器其外观分为以下六个区域：①A/B 机切换区、②IC 卡槽区、③语音提示区（喇叭）、④主键盘区、⑤功能键盘区、⑥主界面显示区。如图1所示：



图1

#### 2.1.1 主键盘区

DMI 主键盘区共 21 个键，键盘置于 DMI 显示屏中下部。

【警惕】：按压此键暂停或中止降级报警、防溜报警。

【缓解】：允许缓解时，按压此键，人工缓解 LKJ 的制动状态。

【解锁】：允许解锁时，按压此键，人工解除 LKJ 的停车控制。其他 18 键分别具有相关按键功能。

#### 2.1.2 功能键盘区

功能键盘区布置于 DMI 的右侧，由【菜单】键和 F1 ~ F8 共九个按键组成。按压【菜单】键可激活功能菜单和 F1 ~ F8 使用功能。

以上 DMI 显示器两个键盘组件按键均通过排线方式与 DMI 主板相关接口芯片相连，轻触开关的按钮时，其轻触弹片受到弹力作用发生形变向下接触到触点，使得开关的两组引脚相导通，从而使得电路呈现导通状态，形成信号回路，反馈至相关接口芯片寄存器后经由 CPU 处理，从而执行相应指

令，而当我们撤离外力时，弹片形变恢复原始状态，脱离触点，开关的两组引脚也不再导通，从而使得电路呈现截止状态。

### 2.2 DMI 按键故障原因分析

DMI 设备按键采用的机械按键方式实现人机交互对话功能，发生按键故障现象主要是指在人为输入指令时 DMI 内部程序未能正确执行操作，导致安全隐患。造成按键故障现象的原因主要有以下四种：

(1) 按键长时间未操作，其内部触点氧化，造成接触电阻过大；

(2) 存在焊点脱焊或是连线、接插件松动造成的接触不良；

(3) 按键内部或按键板污损，存在漏点；

(4) 显示器内部的因芯片受干扰导致控制程序出错。

2021 年 5 月 29 日，乘务员在操纵机车 HXN18020 号机车时，LKJ-15C 型监控 DMI 警惕按定标键时按键失效，导致管压防溜动作，触发卸载、紧急制动，乘务员切换至软键盘后缓解正常。该机车为朔黄线担当万吨、两万吨重载运输机车，人机对话设备发生故障严重影响重载列车运输。发生此问题后，技术人员第一时间结合 LKJ-15C 运行文件进行分析，发现 HXN18020 机车 DMI 存在按键卡滞粘连现象，并通过上车现场排查，发现该车 DMI 定标键失效故障可以复现，现场更换 DMI 后恢复正常。

根据监控设备操作模式，在监控设备触发警惕报警时可以通过按压定标键解除报警，所以该故障 DMI 设备定标键不存在长时间未使用而导致内部触点氧化的问题，须通过拆解 DMI 设备排查内部连线及测试芯片状态来排查故障点。拆解 DMI 设备前进行外观检查，发现定标键有破损，铝框和铝板有撞击痕迹。进行地面键盘检测时，发现主键盘区定标按键弹片无行程，不回弹。通电按压有信号输出，查看显示器故障文档，发现定标键在无按压的情况下，仍有信号输出，间隔约 1 秒/次。拆机检测，目测电路板及贴片元器件无破损、无烧痕，但发现定标键所对应的轻触按键有裂痕，打开开关本体，发现轻触按键内部弹片已破裂。同时，结合其他局段 DMI 功能键盘 F1 按键无行程、不回弹、通电按压有信号输出的故障分析，发现故障原因均为轻触按键弹片破损，所以初步判断 HXD18020 机车 DMI 定标键故障原因为按键弹片破损。弹片故障如图 2、图 3 所示：

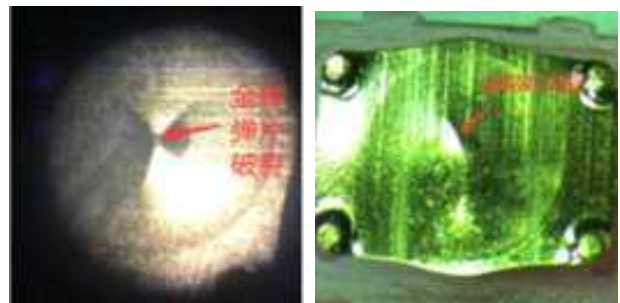


图 2 定标键轻触开关弹片破裂 图 3 F1 按键轻触开关弹片破损

经对该类产品排查及检测,认为导致此类按键故障的原因有以下两点:1、轻触按键个体不良,引起故障。2、现场操作不当,长期过度用力操作,导致轻触按键弹片金属疲劳破损,引发故障。

DMI 设备按键模组型号为“TPX80P1”和“TPX15D”两种,其按键开关所使用的 SMT 贴片轻触按键型号为德国进口 RAFI1.14.002.101/0000。此款轻触按键标准操作力为  $3\text{N} (\pm 20\%)$ ,最大操作力不可超  $4\text{N}$ 。最大操作力时,机械寿命不小于 100 万次。开关行程为:  $0.7\text{mm} (\pm 0.15\text{mm})$ 。结合乘务员现场操作 DMI 按键的使用习惯进行分析发现,每次出乘作业乘务员需要对“管压防溜”、“相位防溜”、“手柄防溜”进行按压警惕按键多次、而运用部门要求乘务员在执行调车、转场转线以及特殊规定地点定标时需要按压定标键多次进行打点记录(单台 DMI 按压定标键 24 小时约 150 次),而从轻触开关弹片破损的情况来看,存在按压键盘操作力压力过大及开关行程过量的情况,对该 DMI 设备定标键压力测试为  $10\text{N}$  左右,经了解其他局段对故障 DMI 设备 F1 按键进行按压测试时,获取压力数据为按压力  $15\text{N}$ 。所以综合分析可以得出 DMI 键盘故障为键盘按压力过大导致开关故障,具体分析为经较短的按键行程加长期超压操作使用后量变到质变导致按键弹片破损与 PCBA 触点粘连,间或产生回路或直接断路,所以需要从键盘组件设计及安装工艺上解决该问题。

### 3 DMI 改进措施及后续运用情况

LKJ-15C型监控装置DMI所采用的SMT贴片按键轻触开关为德国进口RAFI1.14.002.101/0000,是较为成熟的开关组件,可暂不考虑其本身设备质量问题,可从调整按键压力做为解决问题的切入点,通过装配按键限位支架调节开关行程的方式改变按键压力,减少超压力撞击,从而延长键盘机械寿命。设计安装主键盘区及功能键区限位支架,经过测试试验确定限位支架厚度为 $2\text{mm}$ ,能保证各按键压力为 $3\text{N}$ 左右。具体改造如图4、图5、图6所示:

#### 参考文献

- [1]安全计算机技术在 LKJ-15 型列车运行监控系统中的应用研究.上海铁道科技.赵宏军.2017
- [2]列控车载设备人机界面(DMI)显示规范.中国铁道出版社.2021
- [3]LKJ-15 型列车监控装置远程监测系统设计与实现.大连理工大学.宋杜平.2016
- [4]一种成熟产品化的通用 DMI 司机人机接口屏架结构设计.第十三届中国智能交通年会.蒋耀东 韩海亮.2018
- [5]GB/T 25119-2021 轨道交通 机车车辆电子装置



图4 主键盘区及功能键限位支架图示



图5 主键盘区安装图示 图6 功能键区安装图示

首批经过键盘改造后的DMI返回段内投入运用,安装于HXD1-8010、HXD1-8011两台机车上,经过半年运用考核期后,截至到2021年12月已安全运行7万公里,未再次发生定标键、警惕键按键失效的故障情况,机辆分公司现已将同批次所有存在该问题的DMI进行了升级,包括后续100多台技改装车的LKJ-15C设备采用该工艺,在运用过程中未发生此类问题。综上情况,经过键盘工艺改造后,完全解决了DMI定标键、警惕键因设计安装工艺不标准,按压压力过大导致的按键故障问题,为后续的LKJ-15C设备DMI的批量生产装车提供了有力的数据支撑。

### 4 结束语

作为新一代监控的 LKJ-15C 型设备批量平稳运用仍然处于一个探索期、爬坡期,距离全路普速铁路机车全覆盖安装运用还有很长的路要走。在实际应用过程中还会发现一些诸如 DMI 键盘按键不良、屏幕显示黑屏、主机插件板工作异常等故障,需要我们从安全装备事业的全体人员及时发现并制定相应的改进措施以提升新一代监控装置的质量,减少对运输生产的影响,为我国重载铁路运输提供安全可靠优质的监控记录装置。