

# 焦柳线电气化区段HXD3CA型机车串码原因分析及对策

刘向元

中国铁路南宁局集团有限公司柳州电务段 广西 柳州 545007

**摘要:** 2020年焦柳线电气化改造后, HXD3CA型机车在焦柳线运行时多次发生串码问题, 造成错误停车。本文对串码原因进行分析, 并介绍针对本问题所采取的解决方法, 即对HXD3CA型机车配备的JT1-CZ2000型机车信号(深圳市长龙铁路电子有限公司)主机解码软件进行优化, 增强抗干扰性。通过现场实践彻底解决了串码问题, 消除了安全隐患。

**关键词:** 电气化; 机车信号; 串码

**引言:** 机车信号设备是电务设备重要组成部分, 它通过接收、解析钢轨上传递的移频信号, 能反映列车运行前方地面信号显示状态和运行条件, 指示列车运行, 并与列车自动停车装置结合, 确保列车的安全运行, 因此机车信号设备解析的移频信号是否正确尤为关键。2020年10月南宁局集团公司管内焦柳线电气化正式开通运营, 电务、供电设备有较大变化, 但随之而来的是HXD3CA型机车在焦柳线运行时连续出现串码问题, 机车信号设备收到异常干扰信号后错误显示, 造成司机制动停车或自动制动停车, 严重干扰运输秩序。

## 1 现状调查

### 1.1 干扰源查找

通过对2020年10月份焦柳线3起串码故障进行分析。发现2起是发生在没有轨道电路及移频信号的区间, 1起是在移频发码区段。使用轨道电路综合测试仪对2处没有轨道电路及移频信号的区间钢轨进行测试, 发现能够测试到550HZ、650HZ、750HZ、850HZ的载频及8HZ~29HZ的各种低频率信号。

排查发现, 这2处区间安装有智能断轨监测系统设备, 该系统将区间钢轨划分为若干个检测区段, 每个检测区段中部安装信号发送装置, 发送检测信号, 相邻区段采用不同频率隔离, 其检测频率与干扰频率接近。进一步分析该系统是否存在干扰情况。在没有断开智能断轨监测系统设备的情况下, 使用轨道电路综合测试仪对断轨监测系统设备电源线能够测试到550HZ、650HZ、750HZ、850HZ的载频及

8HZ~29HZ的各种低频率信号。断开智能断轨监测系统设备发送端和接受端箱盒电源线, 测试发送端钢轨无载频及低频信号, 使用短路线封连该设备的输出端子, 在短路线上能够测试到550HZ、650HZ、750HZ、850HZ的载频及8HZ~29HZ的各种低频率信号, 对其他区间的智能断轨监测系统发送端电源线, 没有测试到550HZ、650HZ、750HZ、850HZ载频。

排查表明, 智能断轨检测系统并不是主要的干扰源, 且该设备在电气化改造之前已经运用3年以上。同时调阅9月1日至30日焦柳线电气化开通前, 在焦柳线运行内燃机车LKJ文件, 未发现在半闭无码区段收到干扰信号情况。焦柳线其他区间进行测试也存在同样谐波信号。在申请天窗点对接触网设备停电后, 发现550HZ、650HZ、750HZ、850HZ的载频及8HZ~29HZ的各种低频率信号全部消失。

### 1.2 抗干扰性对比

对其他机车进行分析, 配备株洲厂生产的机车信号设备的机车没有出现过串码问题。对两种类型的机车信号设备进行对比, 发现其主机解码软件逻辑有较大不同, 其对数据的采样周期及有效数据处理存在差异。

## 2 干扰谐波分量分析

通过对3台焦柳线运行的HXD3CA大容量CF卡设置全程波形记录, 分析发现50Hz信号的能量谱线最高, 存在符合类似移频轨道电路特征的信号(如650Hz的信号)。焦柳线电气化改造后, 半自动闭塞区段一直存在谐波干扰电流。我们以12月9日焦柳线某区间上HU灯4秒导致机车停车的数据分析。



图1 机车上HU灯时状态图

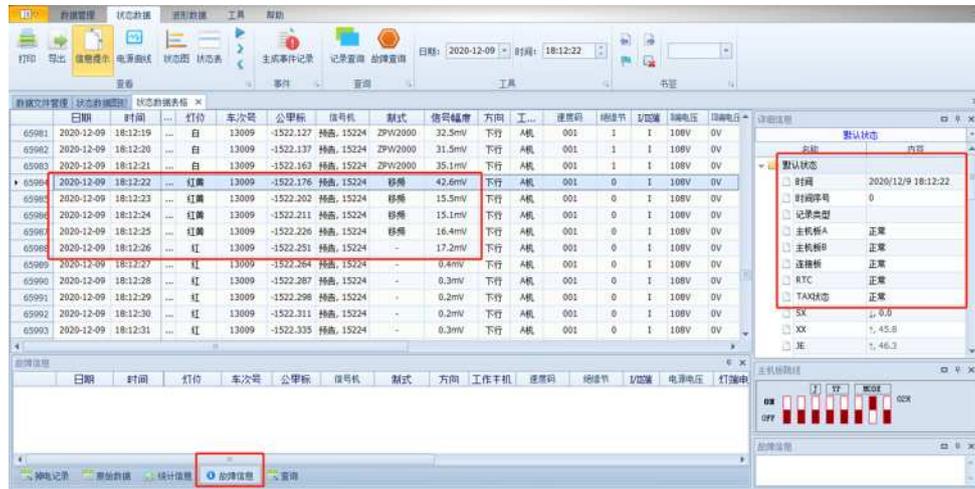


图2 18:12:22时状态表

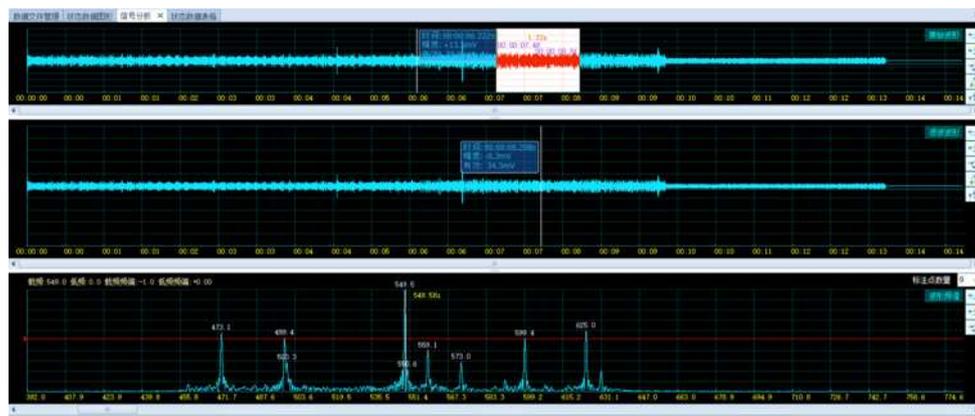


图3 地面波形及频谱图（使用550Hz带通滤波器滤波）

图3可知，中心频率550Hz，

上边频  $F1 = 625.0\text{Hz} - 599.4\text{Hz} = 25.6\text{Hz}$

$F2 = 599.4\text{Hz} - 573.0\text{Hz} = 26.4\text{Hz}$

下边频  $F1 = 499.4\text{Hz} - 473.1\text{Hz} = 26.3\text{Hz}$

低频约26.0 Hz（低频间隔在1.5Hz的偏差为  $\pm 0.5\text{Hz}$ ），

三个低频条件满足，且信号幅度在15.1-42.6mV，符合V1.1.2.0版本软件移频解码条件，机车信号主机解码为移频550低频26.0Hz HU灯。从数据可以看出，机车在18:12:22时上HU灯4秒的原因是主机接收到了地面干扰信号，且干扰信号为载频550、低频26Hz、最大幅度为42.6mV，符合机车信号主机解码条件，故机车信号主机输出HU灯。

### 3 国产移频译码原理

#### 3.1 上电自检初始化和周期性检测

上电自检包括了CPU检测、RAM检测、ROM检测、接收线圈断线检测、工作时钟检测、采样正确性检测、电源电压检测、工作温度检测、上下行设置检测、方式设置检测。上电自检过程中检测出任何异常，直接进入故障停机，上电自检完全正常后系统输出白灯，正常工作。后续每周期（200ms）对以上内容进行一次检测。

#### 3.2 制式判别

自检顺利完成，主机通过对传感器线圈中的数据采样，首先进行制式判别，制式判别是为了简化解码逻辑、降低运算量。制式判别采取2048点FFT计算幅度-频率谱中主瓣中心频率F（幅度在解码灵敏度之上）位于的频率区间，决定后续哪一个解码功能将被执行。

#### 3.3 国产移频信号译码

得到制式判别结果后，进行国产移频信号译码，移频信号是FSK调制信号，其特征为：载波频率为550Hz、650Hz、750Hz、850Hz，共有4个载波频率；低频从8.5Hz到26Hz；调制频偏固定为  $\pm 55\text{Hz}$ 。移频的解码条件包括制式配置状态、区段配置状态。这两个解码条件出厂时由硬件设置，软件运行中不会改变。制式配置状态决定移频解码制式是“TB/T 3060-2002”移频制式还是“1.9”移频制式，区段配置状态决定移频解码灵敏度。载频和解码灵敏度的对应关系见下表：

		载频Hz	550	650	750	850
解码灵敏度mV	电气化区段		15.9	14.6	12.4	10
	非电气化区段		5.6	5.1	4.7	4.5

#### 3.4 二取二表决

二取二表决是将双通道的软件版本信息、译码结果（包

括解码中间结果：制式识别结果、幅度、载频、低频）、自检结果、故障信息、外部输入条件（包括上下行、方式设置、主机板插槽、解码通道号）进行比较，只有比较一致时，才将译码结果进行输出。

#### 4 原因分析

##### 4.1 接触网电源谐波多

焦柳线电气化改造开通后，供电、电务新设备投入使用，受施工质量及设备特性影响，各设备连接点存在较多接触不良情况。电力系统谐波的产生根本原因是由于非线性负载所致，当电流流经负载时，与所加载的电压不呈线性关系而产生谐波。而在排查过程中发现，当吸上线接头、轨道电路电源线塞钉头、中联板螺栓等连接点螺帽不够紧固造成接触不良时，在列车经过时，牵引大电流谐波分量较大，存在550HZ、650HZ、750HZ、850HZ载频、6-29HZ的低频信号干扰源。在特定的情况下，机车信号会收到四信息移频码。

##### 4.2 HXD3CA主机解码软件设计缺陷

焦柳线干扰信号频谱特征中上下边频两组驼峰不对称且存在双峰现象，产生这种情况说明干扰信号在持续发生变化，不规则且持续时间较短。目前的解码软件中，解码程序对接收到的连续变化的信号各采样点进行计算并进行综合判断，综合判断时间周期为3个计算周期，处理上下两组驼峰得到的4个计算结果时，只要其中三个一致且符合有效低频信息时就认为该低频有效，计算结果在允许周期范围内均符合时输出译码结果。

#### 5 解决措施

##### 5.1 提高牵引回流设备维护质量

对焦柳线新开通设备进行全面平推整治。一是核对各站场牵引回流图，对供电吸上线位置、扼流变压器横向连接线设置及构通情况进行重点检查，发现图物不符的及时整治，消除隐患。二是检查紧固各部位端子。特别是对与钢轨及扼流变压器相连接的电气端子进行全面检查，发现松动及接触不良的问题及时克服。三是检查设备器材良好。测试扼流变压器一次侧半线圈，电压是否平衡；检查扼流变压器电源线、道岔区段各类型跳线及各种轨道电路接续线，是否存在单根内部断股情况，造成牵引回流不平衡。

##### 5.2 优化解码软件

对主机解码软件进行优化，在原有解码软件基础上不影响ZPW2000解码和移频解码响应时间前提下，优化国产移频信息的译码结果的判定条件，增加对各低频8个周期数据的条件判断；针对国产移频各低频信息存在主瓣及旁瓣发生 $\pm 2\text{Hz}$ 内的频漂干扰情况时，比较频域和时域解码结果，符合低频信息特征时输出译码结果。当计算结果在允许周期范围内均符合时输出译码，否则判定当前信号为无码或未知信息，不输出点灯信息。

#### 6 结束语

本文对焦柳线在电气化改造后谐波干扰较多造成机

车错误上码问题进行专题分析，从两个方面进行研究解决，特别是优化机车信号主机解码软件后，有效的对干扰谐波进行正确甄别，防止了错误解码问题。自2021年4月软件升级后，焦柳线再未发生因牵引电流干扰谐波造成的机车信号错误导致列车停车问题，保障了运输安全。

#### 参考文献：

- [1]程晓明.站内电码化转频码发送电路的分析和解决[J].铁路通信信号, 2008,44(4): 28.
- [2]李惠斌.机车信号常见故障的分析及处理措施[J].中国新技术新产品, 2019, No.397(15):35-36.