

文章编号: 1674—8247(2021)03—0014—05  
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2021.03.003

## 25 Hz 相敏轨道电路站内漏解锁问题分析与研究

马建忠

(中国铁路西安局集团有限公司宝鸡电务段, 陕西 宝鸡 721000)

**摘 要:**随着铁路机车装备技术和线路基础质量的不断提高、机车牵引速度和线路基础允许运行速度的大幅提升,既有站内单机或轨道车高速通过时,轨道电路漏解锁的问题越来越多发,干扰了正常的运输秩序。本文从 25 Hz 相敏轨道电路解锁原理入手,分析了造成轨道电路漏解锁问题的原因,以案例为切入点,重点对不同轨道电路制式使用器材的缓吸缓放特性和联锁机扫描的周期特性进行了综合分析研究,从理论上给出了因轨道电路制式不同、使用器材特性差异造成的轨道电路漏解锁或瞬间占用丢失情况,阐述了导致站内轨道电路漏解锁问题的前因后果,并提出了整治措施和改进方案,供铁路信号工作者参考。

**关键词:**漏解锁; 25 Hz 相敏轨道电路; 缓吸缓放; 单机

**中图分类号:**U284.23      **文献标志码:**A

## Analysis and Study on Missing Release of 25 Hz Phase-sensitive Track Circuit in Stations

MA Jianzhong

(Baoji Telecommunication and Signaling Depot of China Railway Xi'an Group Co., Ltd.,  
Baoji 721000, China)

**Abstract:** With the continual improvement of the technologies of locomotive equipment and the quality of railway foundation, which have significantly improved the traction speed of locomotives and the allowable running speed of railway foundation, missing release of the track circuit occurs more and more frequently when a single locomotive or a rail car passes an existing station at high speed, thus interfering with the normal transportation order. Starting with the release principle of 25 Hz phase-sensitive track circuit, this paper analyzes the causes of missing release of track circuit. For this purpose, a case is studied to comprehensively analyze the slow pick-up and release characteristics of equipment used in different track circuit systems and the scanning period characteristics of interlocking machines, propose the theory that missing release or instantaneous loss of occupation of track circuit is caused by different track circuit systems and equipment characteristics, explain the causes and consequences of missing release of track circuit in stations, and suggest the remediation measures and improvement schemes as reference for railway signal technicians.

**Key words:** missing release; 25 Hz phase-sensitive track circuit; slow pick-up and release; single locomotive

25 Hz 相敏轨道电路广泛应用于站内轨道电路制式,其运用稳定性和安全性均较高。但近年来,随着铁路的高速发展,铁路机车装备技术和线路基础状态均在不断改善优化,单机和轨道车运行速度均在不断提

收稿日期:2020-08-13

作者简介:马建忠(1984-),男,高级工程师。

引文格式:马建忠. 25 Hz 相敏轨道电路站内漏解锁问题分析与研究[J]. 高速铁路技术,2021,12(3): 14-18.

MA Jianzhong. Analysis and Study on Missing Release of 25 Hz Phase-sensitive Track Circuit in Stations[J]. High Speed Railway Technology, 2021, 12(3): 14-18.

高,随之而来的站内轨道电路漏解锁问题也在不断增加。

## 1 25 Hz 相敏轨道电路解锁原理

为保证行车安全,进路的正常解锁必须满足防护进路信号机关闭和三点检查的要求。三点检查就是用相邻的三个轨道区段作为解锁检查条件。一个区段的解锁不仅要检查车占用过并已出清本区段,还要检查车占用过并已出清前一区段,且已进入后一区段。

在 6502 电器集中联锁中,参与三点检查的每段轨道电路需 LXJ、LJ、DGJ 等多个继电器配合,相互配合记录下相关信息状态,从而为进路内轨道电路区段的正常解锁提供条件。在计算机联锁制式中,依据“站内细则”并结合三点检查,利用计算机联锁软件进行正常进路下轨道电路区段的解锁,并增加了进路的延迟解锁条件等。以三个区段解锁关系为例,站场区段示意如图 1 所示。进路中有 IAG、1DG、7DG 三个轨道区段,对 IAG 区段来说,当 IAG、1DG 和 IAG 的前一个区段(即 X3JG 接近区段)都被车顺序占用过,列车出清 IAG 区段后,IAG 区段立即自动解锁;对 1DG 区段来说,当 IAG、1DG 和 7DG 三个区段都被车顺序占用过,列车出清 1DG 区段后,则 1DG 区段立即自动解锁;对 7DG 区段来说,证明 1DG、7DG 和 7DG 的下一个区段被列车顺序占用过,列车出清 7DG 区段后,7DG 区段立即自动解锁。

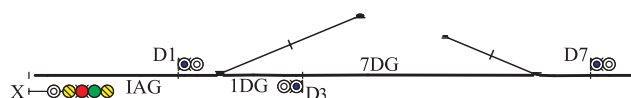


图 1 站场区段示意图

可见,三点检查的方法是根据本区段情况,并通过进路中顺序运行的前一轨道区段占用和本轨道电路区段占用、前一轨道区段出清和本轨道区段占用、本轨道区段占用和后一轨道区段占用、本轨道区段出清和后一轨道区段占用的状态、信号机关闭条件等的综合判断,作为是否解锁本区段的判断条件。

## 2 25 Hz 相敏轨道电路漏解锁成因分析

### 2.1 轨道电路不能可靠分路导致漏解锁问题分析

造成 25 Hz 相敏轨道电路漏解锁的常见原因为:因机车撒沙、轨面生锈、轨面污染、轨道电压调整不当等导致轨道电路不能可靠分路,造成列车运行过程中进路上的轨道区段不能顺序显示逻辑占用关系,不满足轨道电路“三点检查”基本解锁原理,从而导致轨道电路漏解锁。

### 2.2 不同轨道电路制式、继电器特性差异导致的漏解锁问题分析

#### 2.2.1 信号集中监测回放分析

HXD3 型机车运行至某站下行线 I 道,8 时 56 分 18 秒开放下行 IG 通过信号,8 时 57 分 41 秒列车完全进入 IG,8 时 58 分 04 秒出清 IG 的同时占用 20-34DG (正常情况下应先占用 IG→同时占用 IG、20-34DG→出清 IG、占用 20-34DG),不满足三点检查解锁条件,8 时 58 分 08 秒列车出清后进入路上的 20-34DG、10-12DG、IBG 遗留白光带不解锁。

现场继电器动作状态显示,8 时 58 分 01 秒 IGJ 继电器落下,20-34DGJ 继电器吸起,8 时 58 分 02 秒 IGJ 吸起、20-34DGJ 落下。即列车运行过程中,未出现 IGJ 继电器和 20-34DGJ 继电器同时落下的状态,不满足三点检查解锁条件。

#### (1) 机车运行途中 LKJ 数据分析

调看 LKJ 数据发现,57201 次(HXD3 型机车)通过该站 IG、20-34DG 轨道区段时,机车运行速度为 141 km/h。

#### (2) 站内轨道电路采用 25 Hz 相敏轨道电路带和 JWXC-H310 型轨道继电器漏解锁问题分析

该站采用 JD-IA 型微机联锁设备,站内轨道电路采用 25 Hz 相敏轨道电路,轨道电路室内接收端设备采用 JRJC1-70/240 型二元二位继电器和 JWXC-H310 型轨道继电器。

#### (3) 单机高速通过站内时轨道电路漏解锁问题分析

《普速铁路信号维护规则(技术标准)》11.2.10 规定:JWXC-H310 型继电器在 24 V 时,缓放时间为  $(0.8 \pm 0.1)$  s,缓吸时间为  $(0.4 \pm 0.1)$  s;联锁机采集扫描周期约为 0.2 s。

HXD3 型机车车体长度为 22 m,现场实际测量车体第一轴至最后一轴长度为 14.7 m(轨道电路有效占用距离)。

机车运行站场示意如图 2 所示。当机车占用出清 IG 区段后,IGJ 继电器最不利条件下 0.3 s 后吸起;机车进入 20-34DG 区段后,20-34DGJ 继电器最不利条件下 0.9 s 后落下。HXD3 型机车车体第一轴至最后一轴之间长度为 14.7 m,最不利条件下,JWXC-H310 型继电器缓放缓吸配合时间为 0.6 s。

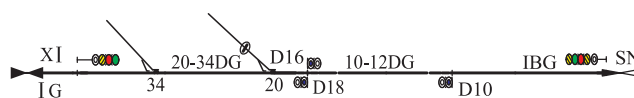


图 2 机车运行站场示意图

联锁机扫描周期和轨道继电器特性配合最不利情况下:

$$V_1 = L/T = L/(T_2 - T_1 + T_3) = 14.7 \text{ m}/(0.9 - 0.3 + 0.2) \text{ s} = 66.15 \text{ km/h}$$

式中: $L$ ——机车有效占用轨道电路长度,取 14.7 m;

$T_1$ ——机车出清 IG 区段 IGJ 继电器缓放吸起时间,取 0.3 s;

$T_2$ ——机车压入 20-34DG 区段 20-34DGJ 继电器缓放落下时间,取 0.9 s;

$T_3$ ——联锁机采集扫描周期时间,取 0.2 s。

则  $V_1$  可以看出,在考虑联锁机扫描周期和继电器特性最不利的情况下,若 HXD3 型单机运行速度大于等于 66.15 km/h,就可能出现因 JWXC-H310 型轨道继电器缓放缓吸特性差异使列车顺序先占用 IG 和 20-34DG 时能满足三点检查解锁条件,从而导致列车出清后,进路上轨道区段出现漏解锁的问题。

不考虑联锁机扫描周期差异,在轨道继电器时间特性配合最不利情况下:

$$V_2 = L/(T_2 - T_1) = 14.7/(0.9 - 0.3) = 88.2 \text{ km/h}$$

可以看出,在不考虑联锁机扫描周期、继电器特性最不利的情况下,若 HXD3 型单机运行速度大于等于 88.2 km/h,就可能出现因 JWXC-H310 型轨道继电器缓放缓吸特性差异致使列车顺序先占用 IG 和 20-34DG 时未能满足三点检查解锁条件,从而导致列车出清后进路上轨道区段出现漏解锁的问题。

理论上,最有利情况下,当机车占用出清 IG 区段后,IGJ 继电器 0.5 s 后吸起,机车进入 20-34DG 区段后,20-34DGJ 继电器 0.7 s 后落下,HXD3 型机车车体第一轴至最后一轴之间长度为 14.7 m, JWXC-H310 型继电器缓放缓吸配合时间为 0.2 s。

$$V_3 = L/(T_2 - T_1) = 14.7/(0.7 - 0.5) = 264.6 \text{ km/h}$$

理论上,不考虑联锁机扫描周期,在继电器特性最有利情况下,当机车有效占用轨道电路长度为 14.7 m 时,运行速度大于等于 264.6 km/h,就必然出现因 JWXC-H310 型轨道继电器特性差异致轨道电路不能满足三点检查解锁条件,从而导致列车出清后进路上轨道区段出现漏解锁的问题。

## 2.2.2 轨道车高速通过站内时的漏解锁问题分析

金鹰 3 型轨道车车体长度为 14.06 m,车体第一轴至最后一轴之间长度约为 7.0 m(轨道电路有效占用距离)。

当轨道车占用出清 IG 区段后,IGJ 继电器最不利

条件下 0.3 s 后吸起,轨道车进入 20-34DG 区段后,20-34DGJ 继电器最不利条件下 0.9 s 后落下,金鹰 3 型轨道车车体第一轴至最后一轴之间长度为 7.0 m,最不利条件下, JWXC-H310 型继电器缓放缓吸配合时间为 0.6 s。

联锁机扫描周期和轨道继电器特性差异最不利情况下:

$$V_1 = L/(T_2 - T_1 + T_3) = 7.0/(0.9 - 0.3 + 0.2) = 31.5 \text{ km/h}$$

式中: $L$ ——机车有效占用轨道电路长度,取 7.0 m;

$T_1$ ——机车出清 20-34DG 区段 20-34DGJ 继电器缓吸时间,取 0.3 s;

$T_2$ ——机车压入 IG 区段 IGJ 继电器缓落时间,取 0.9 s;

$T_3$ ——联锁机采集扫描周期时间,取 0.2 s。

可以看出,在考虑联锁机扫描周期和继电器特性最不利的情况下,若金鹰 3 型轨道车运行速度大于等于 31.5 km/h,就可能出现因轨道继电器缓放缓吸特性差异致使列车顺序先占用 IG 和 20-34DG 时不能满足三点检查解锁条件,从而导致列车出清后进路上轨道区段出现漏解锁的问题。

不考虑联锁机扫描周期差异,在轨道继电器特性差异配合最不利情况下:

$$V_2 = L/(T_2 - T_1) = 14.7/(0.9 - 0.3) = 42 \text{ km/h}$$

可以看出,在不考虑联锁机扫描周期,在继电器特性最不利的情况下,若金鹰 3 型轨道车运行速度大于等于 42 km/h,就可能出现因轨道继电器缓放缓吸特性差异致使列车顺序先占用 IG 和 20-34DG 时不能满足三点检查解锁条件,从而导致列车出清后进路上轨道区段出现漏解锁的问题。

最有利情况下,当轨道车占用出清 IG 区段后,IGJ 继电器最不利条件下 0.5 s 后吸起,轨道车进入 20-34DG 区段后,20-34DGJ 继电器 0.7 s 后落下,金鹰 3 型轨道车车体第一轴至最后一轴之间长度为 7.0 m, JWXC-H310 型继电器缓放缓吸配合时间为 0.2 s。

$$V_3 = L/(T_2 - T_1) = 7/(0.7 - 0.5) = 126 \text{ km/h}$$

理论上,不考虑联锁机扫描周期,最有利情况下,当轨道车有效占用轨道电路长度为 7.0 m,运行速度大于等于 126 km/h 时,就必然会出现因 JWXC-H310 型轨道继电器特性差异致轨道电路不能满足三点检查解锁条件,从而导致轨道车出清后进路上轨道区段出现漏解锁的问题。

## 2.2.3 ZPW-2000 型轨道电路与 25 Hz 相敏轨道电路相结合漏解锁问题分析

ZPW-2000K 轨道电路接收器的吸起延时为

2.3 ~ 2.8 s, 落下延时小于等于 2 s, 微电子相敏接收器的应变时间小于 0.5 s。目前, 部分高铁站存在正线采用 ZPW-2000K 制式站内轨道电路, 侧线为 25 Hz 相敏轨道电路采用微电子相敏接收器带 JWXC-1700 型继电器的制式, 在其侧线接车、发车时存在结合部分, 如图 3 所示。

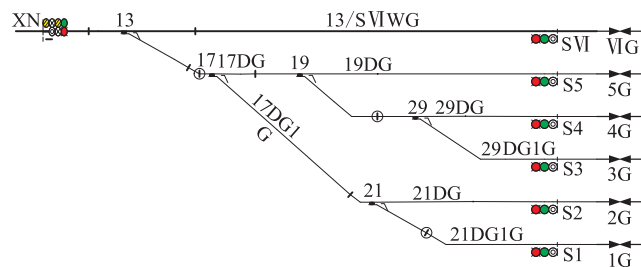


图3 高铁站场机车运行示意图

侧线允许列车运行速度一般可为 80 km/h, 以金鹰 3 型轨道车为例分析, 轨道车车体长度为 14.06 m, 车体第一轴至最后一轴之间长度约为 7.0 m (轨道电路有效占用距离)。当排列了下行侧线通过进路时, 轨道车进站顺序压入最后一个正线区段 (ZPW-2000A 制式), 侧线衔接区段为 25 Hz 相敏轨道电路采用微电子相敏接收器带 JWXC-1700 型继电器的制式, 此时易导致因轨道电路不满足三点检查而发生的漏解锁问题。

以列车侧线按 80 km/h 的速度通过 4G 为例, 侧线 17DG、19DG、29DG 均为 25 Hz 相敏轨道电路采用微电子相敏接收器带 JWXC-1700 型继电器的制式。正线 13DG 区段为 ZPW-2000K 型轨道电路制式, 列车侧线通过出清 17DG 区段后, 25 Hz 轨道电路微电子相敏接收器应变时间小于 0.5 s, 最不利条件下, 取出清后应变时间  $T_1$  为 0.01 s, 列车压入 13DG 区段后最大落下延时  $T_2$  为 2.0 s, 联锁机采集扫描周期时间  $T_3$  为 0.2 s。即当列车出清 17DG 区段后, 0.01 s 后 17DG 区段轨道继电器吸起, 列车压入 13DG 区段后, 2.0 s 后 13DG 区段轨道继电器落下列车, 按 80 km/h 的运行速度, 则需共同占用 17DG、13DG 区段的长度:

$$L_1 = V \times (T_2 - T_1 + T_3) = 80 \text{ km/h} \times (2.0 - 0.01 + 0.2) \text{ s} = 48.67 \text{ m}$$

由上可知, 当有效占用轨道区段的列车长度小于  $L_1$ , 即 48.67 m 时, 在最不利的条件下, 联锁机就会采集到 17DG、13DG 两个相邻区段共同出清的情况, 从而导致轨道电路漏解锁问题发生。

根据“不对称高压脉冲轨道电路暂行技术条件”规定, 不对称高压脉冲轨道电路接收设备的吸起时间

为 2 ~ 2.5 s, 落下时间为 1 ~ 1.5 s。按最不利条件计算, 吸起时间取 2.5 s, 落下时间取 1.5 s, 在与 25 Hz 相敏轨道电路结合时, 同样易出现因电特性参数差异导致的漏解锁现象。

### 3 解决方案

(1) 轨道电路不能可靠分路导致的漏解锁问题的解决方案

一是对站内轨道电路进行标调, 精细化维护。通过分析历年的轨道电路漏泄值和轨道电路调整表, 尽可能将轨道电路调整值调整至中下限; 二是针对既有站轨道电路分路的不良情况, 充分结合运用情况进行调研统计分析, 分类施策, 以解决问题为前提, 在充分考虑施工改造成本、便利性、安全性的前提下制订具体方案: ①针对每天有列车或调车通过的区段, 可通过采用轨道电路受端加装  $4.4 \Omega$  及以上电阻, 同时在将调整值调至中下限的前提下, 提高轨到电路送电端电压, 实际上提高了轨面电压, 提升了轨面击穿能力, 有效提高了轨道电路的分路灵敏度, 减少了漏解锁问题的发生; ②针对每周有列车通过的轨道区段, 建议将 25 Hz 相敏轨道电路进行 3 V 化改造, 此种方式改造作业难度低, 修改配线少, 只进行室外设备的更换改造, 室内设备维持不变, 改造成本低, 且能解决问题; ③针对每月有列车通过的区段, 建议采用不对称高压脉冲制式进行 25 Hz 相敏轨道电路的改造, 此种改造方式作业难度相对较大, 修改配线多, 需进行室内电路的修改和室外设备的更换改造, 改造成本高, 但其解决分路不良的效果好, 改造后轨面电压高, 轨面击穿能力强; ④针对连续一个月以上无列车通过的区段, 建议纳入分路不良建档区段管理, 做好日常管理工作, 或采取喷涂、熔敷堆焊的方式予以解决。

(2) 高铁站内侧线轨道电路漏解锁问题分析解决方案

目前, 部分高铁站存在站内侧线轨道电路使用 25 Hz 相敏轨道电路的情况。实际运营中, 由于高铁站内天窗均在夜间且时间一般大于 5 h 或开通初期运行列车较少, 导致雨天易出现因瞬间不能可靠分路, 造成轨道继电器抖动引起 ATP 输出 B7 制动, 从而导致停车的问题。因高速铁路改造难度大, 一般采用 3 V 化改造方式来提高轨道电路的分路灵敏度, 减少此类问题的发生。故建议高速铁路区段站内轨道电路全站采用连续式 ZPW-2000K 型轨道电路, 或高压脉冲轨道电路, 为后期的安全可靠运营提高源头保障。

(3) 继电器特性差异导致的漏解锁问题解决方案

①针对新大修站,建议 25 Hz 相敏轨道电路接收端设备不再采用 JRJC1-70/240 型二元二位继电器带 JWXC-H310 型轨道继电器的制式,而采用灵敏度更高的相敏电子接收器带 JWXC-1700 型轨道继电器的制式;②针对运用不频繁的站场,建议全站站内轨道电路采用不对称高压脉冲制式的轨道电路,既能改善轨道电路分路不良的问题,又能有效解决继电器特性差异导致的漏解锁问题;③针对目前站内 25 Hz 相敏轨道电路接收端设备已采用 JRJC1-70/240 型二元二位继电器带 JWXC-H310 型轨道继电器的制式的既有站,可通过在 JWXC-H310 型轨道复示继电器(GJF)线圈上增加 RC 的方式,改变其缓吸时间,降低单机高速通过站内时漏解锁问题的发生。

## 4 结束语

综上所述,造成 25 Hz 相敏轨道电路漏解锁的问题主要分为两类:一类是由于轨道电路不能可靠分路致使轨道电路占用不符合“三点检查”顺序占用关系而导致的漏解锁问题;另一类是既有站内轨道电路制式不同,使用的轨道继电器特性存在差异导致的漏解锁问题。随着铁路机车装备水平的提高,机车允许运行速度在不断提高,线路质量不断提高,线路基础运行允许速度不断提高,进而导致单机通过站内的运行速度不断提高。但因既有站内轨道电路接收端设备不变,其缓放缓吸的特性差异导致的漏解锁问题将更加普遍,笔者针对以上两类问题分类提出了解决方案和建议,只有在对不同的轨道电路区段运用状况进行充分调查分析,再考虑调整维护状态、改造成本等综合因素的情况下,选择采取最佳方式予以改造调整,方能有效减少单机高速通过站内时轨道电路漏解锁故障的发生,最大限度地保障正常的运输秩序。

## 参考文献:

[1] 王永信. 车站信号自动控制[M]. 北京:中国铁道出版社, 2007.  
WANG Yongxin. Station Signal Automatic Control[M]. Beijing:

China Railway Publishing House, 2007.

- [2] 安海君, 李建清, 吴保英. 25 Hz 相敏轨道电路(3 版)[M]. 北京:中国铁道出版社, 2004.  
AN Haijun, LI Jianqing, WU Baoying. 25 Hz Phase-sensitive Circuit (3rd Edition)[M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2004.
- [3] 王洪涛. GZ-2007A 型高压脉冲轨道电路漏解锁典型案例[J]. 铁路通信信号工程技术, 2019, 16(S1): 94-96.  
WANG Hongtao. Typical Case of GZ-2007A High-Voltage Pulse Track Circuit Missing Release[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2019, 16(S1): 94-96.
- [4] 陈玉泉. 不对称高压脉冲轨道电路与 25Hz 相敏轨道电路相邻存在的问题及解决[J]. 铁道通信信号, 2015, 51(9): 32-34.  
CHEN Yuquan. Question and Solution of Issues Occurring when Asymmetrical High Voltage Pulse Track Circuit Adjacent to 25Hz Phase Track Circuit[J]. Railway Signalling & Communication, 2015, 51(9): 32-34.
- [5] 王静, 李忠科. 25 Hz 相敏轨道电路相位差测量非整周期采样误差校正算法[J]. 计算机应用, 2017, 37(S1): 374-376.  
WANG Jing, LI Zhongke. Non-Integer-Period Sampling Error Correction Algorithm in Phase Difference Measurement of 25 Hz Phase-Sensitive Track Circuit[J]. Journal of Computer Applications, 2017, 37(S1): 374-376.
- [6] 王刚. 基于分层归类法的 25 Hz 相敏轨道电路故障诊断与分析[J]. 铁路通信信号工程技术, 2017, 14(5): 105-107.  
WANG Gang. Faults Diagnosis and Analysis of 25Hz Phase Detecting Track Circuits Based on Hierarchical Classification[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2017, 14(5): 105-107.
- [7] 李嘉. 大秦站内 ZPW-2000A 轨道电路漏解锁的分析和解决方案[J]. 铁路通信信号工程技术, 2008, 5(3): 49-50.  
LI Jia. Analysis and Solution of Intra-Station ZPW-2000A Track Circuit Missing Release on Daqin Line[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2008, 5(3): 49-50.
- [8] 鲁恩斌. 合武、武广高铁瞬间“飞车”与 ZPW-2000A 轨道电路 V3.0 版调整表[J]. 铁路通信信号工程技术, 2015, 12(1): 59-62.  
LU Enbin. Phenomenon of Instant “Run Away” in High-speed Railways and ZPW-2000 Track Circuit Adjustment Table VER3.0[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2015, 12(1): 59-62.