

新型机车信号检测环线安装方法探究

薛世润, 高晓丁, 严楠

(西安工程大学 机电工程学院 陕西 西安 710048)

摘要: 针对目前传统的机车信号测试环线安装在钢轨内侧腰部存在一定的磁屏蔽、安装相对不是很容易、施工钢轨穿孔困难等缺点,结合具体施工等实际因素,设计并实现了一种成本较为低廉、安装方便、削弱构成磁屏蔽的一种机车信号测试环线支架法。该方法采用自主设计,特定加工的环线支架固定在钢轨上,环线通过支架安装在钢轨外侧,高度基本与钢轨高度水平。实践证明,这种环线支架法较之前传统的安装方式使用效果良好、信号检测稳定,设计经过实践检验基本合理,能满足机车信号的正常检测,在一定程度上优化了设计,方便了施工,达到了预期目标。

关键词: 机车信号; 检测环线; 环线支架法; 新型环线布置; 磁屏蔽

中图分类号: U284.48+3 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0373(2014)04-0056-04

0 引言

机车信号是保证机车的行车安全,提高运输效率的重要信号设备,机车信号的正常与否,直接关系到列车的运行安全与运输效率。目前检查机车信号设备的运用状态是否正常的方法,主要依靠机车入库后在机车信号测试环线上的测试^[1]。库内机车信号检测是通过循环发码,将模拟信号电流送到测试环线,机车感应器感应模拟信号电流。鉴于测试环境分布的铁磁物质,机车信号检测环线布置显得十分重要,环线的布置直接关系到电磁感应的强弱,同时环线的质量、安装位置、输送的电流大小都可以直接影响检测的结果,因而环线的铺设直接影响机车信号的测试,现在的铺设存在以下问题。

(1) 钢轨和地沟内置的钢筋以及防滑钢板会对机车感应器构成磁屏蔽环境。设置在钢轨内侧轨腰的测试环线产生的磁力线,在一定程度上会被屏蔽削弱,影响机车信号测试。现有技术机车信号的测试环线安装在钢轨内侧轨腰部,是在信号频率从25~905 Hz情况下使用,而随着UM71和ZPW2000制式的大量推广使用,机车信号频率提高到1700~2600 Hz,轨腰部固定的测试环线运用就出现磁屏蔽的问题,影响机车信号正常接收。

(2) 钢轨、机车排障器、机车连接钩和地沟内置的钢筋以及防滑钢板同样构成磁屏蔽环境。机车信号频率从495~2600 Hz,也就是移频和ZPW2000的机车信号环线试验,机车双机连挂,机车结合部的机车感应器本来应该接收的磁力线,大量被屏蔽掉,无法完成环线试验。此时机车连接钩拉开100 mm,立刻可以进行环线试验。现有技术采用的8字交叉布设环线可以解决部分区段双机连挂机车信号试验的问题。但是如果机车感应器恰好处于8字交叉点上方,是肯定无法进行环线试验的。

(3) 环线铺设的位置不固定,安装标准不统一^[2]。有的采用在钢轨腰部打孔,通过螺栓在钢轨腰部固定瓷瓶,测试环线固定在瓷瓶上;有的采用在钢轨腰上钻孔穿铁线固定;有的采用在钢轨腰上焊接螺丝帽后,再把环线从螺丝帽中穿出安装,这些安装方法都在一定程度上破坏了钢轨。

针对以上问题以及现有技术存在的不足,现提供了一种在25~2600 Hz频率下,测试环线产生的磁力线避免被屏蔽,完全满足现有技术标准要求、成本低廉、可靠性高、工程量小的机车信号测试环线支架

DOI: 10.13319/j.cnki.sjztdxxb.2014.04.11

收稿日期: 2013-12-18

作者简介: 薛世润 男 1987年出生 硕士研究生

法。

1 技术方案

结合近年来信号制式频率的变化以及现场施工情况,跨线桥施工采用悬挂支架支撑体系施工技术^[3],那么对于机车信号环线施工也可以考虑类似技术。所谓测试环线支架法,就是通过轨底勾固支架体采用扣件将测试环线支架固定在钢轨底部,轨底勾固支架体通过线卡将机车信号测试环线固定在钢轨外侧的钢轨头踏面下沿处。具体安装效果简化图如图1右侧图所示。轨底勾固支架体可以是直径6~12 mm的圆钢轨底勾,注塑件卡固钢轨底部。

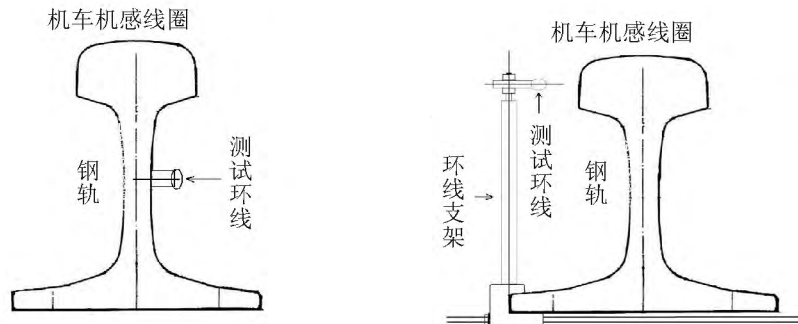


图1 改进前后测试环线方案图

2 物理分析

机车信号测试环线是一根长直载流导线,恒定电流 I 均匀地通过导线横截面,计算导线外部的机车感应线圈的 P 点的磁场分布以及磁感应强度需要应用毕奥-萨伐尔定律^[4]进行计算。其中电流元 Idl 在 P 点产生的磁感应强度为

$$d\vec{B} = \mu_0 IRdl/4\pi R^3 = \vec{e}_\phi \mu_0 Idl \sin \theta / 4\pi R^2 \quad (1)$$

对(1)式进行积分为长直载流导线在感应线圈 P 点的磁场分布

$$\vec{B} = \vec{e}_\phi \mu_0 \int_A Idl \sin \theta / 4\pi R^2 \quad (2)$$

采用圆柱坐标系,直线电流与 z 轴重合,直线电流的中点位于坐标原点,如图2所示,可以看出,直线电流元 $Idl' = e_z Idz'$,场点 P 的位置矢量,源点的位置矢量 $r' = e_r z'$, Idl' 到场点 P 的距离矢量为 $R = [r - r' = e_r r + e_z(z - z')]]$,代入(1)式可得

$$B(r) = e_\phi \mu_0 (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) / 4\pi r \quad (3)$$

现代工程场中的二维静磁场的边界问题,利用圆柱坐标系分离变量法求解,通常是归结为给定边界条件的泊松方程 $\nabla^2 A = \mu J$ 或拉普拉斯 $\nabla^2 A = 0$ 的解^[5],计算出长直导线与钢轨等铁磁体构成的磁场,得出线电流在钢轨等铁磁体外部空间的磁矢势分布,首先利用如下通解公式,然后再利用边界条件求出其中的系数。

$$\Phi(r, \phi) = \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \sin n\phi + B_n \cos n\phi) (C_n r^n + D_n / r^n) \quad (4)$$

如图3所示,与钢轨构成的角度为 α ($\alpha = 2\pi - N\pi/M$, M, N 为任意不为零的正整数,并且 $0 < N/M < 2$),磁导率为 μ_{fe} 的钢轨,平行的放置有一根电流强度为 I 的长直导线,经过幂函数变换与镜像法得到 z 平面的钢轨的磁矢势分布为 φ

$$A = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \left(2 \frac{M}{N} \ln \rho_0 - \ln \sqrt{(\rho^{M/N} \cos M\phi/N - \rho_0^{M/N} \cos M\phi_0/N)^2 + (\rho^{M/N} \sin M\phi/N - \rho_0^{M/N} \sin M\phi_0/N)^2} - \ln \sqrt{(\rho^{M/N} \cos M\phi/N - \rho_0^{M/N} \cos M\phi_0/N)^2 + (\rho^{M/N} \sin M\phi/N + \rho_0^{M/N} \sin M\phi_0/N)^2} \right) \quad (5)$$

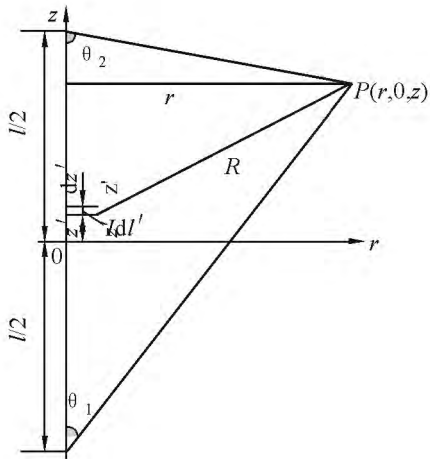


图 2 测试环线简化数学模型

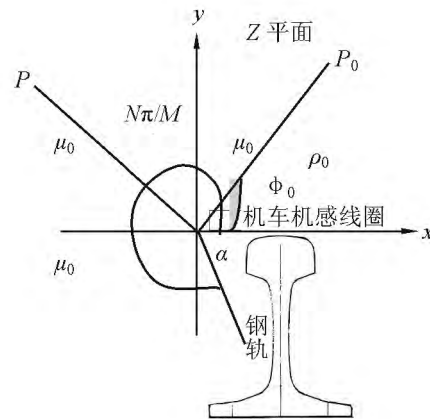


图 3 长直导线电流与钢轨铁磁质

整理式(5)可得到 z 平面的磁感线方程为

$$\begin{aligned} & [(\rho^{M/N} \cos M\phi/N - \rho_0^{M/N} \cos M\phi_0/N)^2 + (\rho^{M/N} \sin M\phi/N - \rho_0^{M/N} \sin M\phi_0/N)^2] \cdot \\ & [(\rho^{M/N} \cos M\phi/N - \rho_0^{M/N} \cos M\phi_0/N)^2 + (\rho^{M/N} \sin M\phi/N + \rho_0^{M/N} \sin M\phi_0/N)^2] = e^c \end{aligned} \quad (6)$$

式中, c 为任意常数。图 4、图 5 根据式(6)通过借助于 MATLAB 软件强大的仿真功能 绘制出的载流导线分别安装在钢轨内侧腰部和在钢轨外沿处所构成的磁场磁感线分布。图中二维磁场的磁感线分布为磁矢势的等值线, 图线按照矢势值等间隔绘制, 其疏密程度反映出磁感应的强弱, 密集处磁感应强度大, 稀疏处磁感应强度弱。由此可以看出, 环线支架法具有很优越的实际应用价值, 此方法机车感应线圈能更好的接收信号, 使信号接收灵敏度大大提高, 检测精确度有了大幅提升。

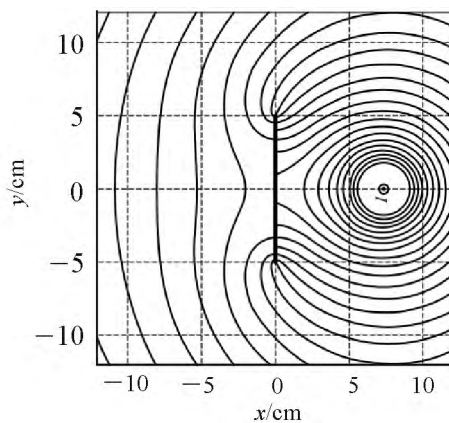


图 4 载流导线位于钢轨内侧腰部

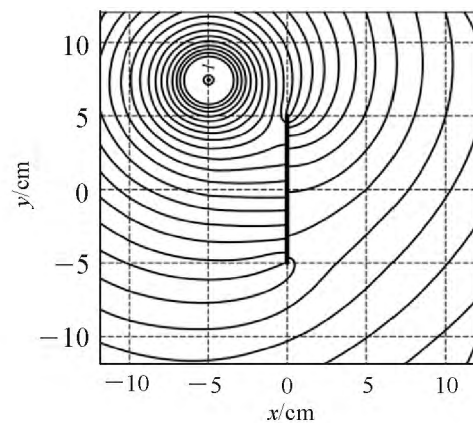


图 5 载流导线位于钢轨外沿

由图 4、图 5 可以看出, 载流导线电流所形成的磁场, 结合电磁场与电磁波的相关定律可以很容易分析出磁场分布^[6]。在整个机车检测库内铁磁物质所构成的环境下, 使原来绕着载流导线呈现一系列同心圆状的磁感线发生畸变, 使之成为程度不同的脱离同心圆族形状的磁感线分布, 这一分布图线在工程磁场当中有着正确的物理意义。

3 测试试验与结果

由 MATLAB 软件仿真的磁场磁感线疏密程度可以很清楚的看出, 通过大小相同的电流, 环线位于钢轨外侧且与钢轨相平这种方式磁场强度较强, 为了验证测试结果的准确性, 同样在测试环线上通过大小不同的测试电流, 用 F. W. BELL Model 7010 Gauss Meter 高斯计分别对两种不同的安装进行磁场强度测试, 高斯计位于机感线圈位置, 大约离钢轨腰部导线 10 cm, 距离钢轨外沿导线 2 cm, 通过电流越大, 磁感应强度一次增强, 测试结果如表 1 所示。实验结果表明: 新型环线有很好的接收信号的能力, 较传统的安

装有了很大的优化。

表 1 磁感应强度测试结果

距离/cm	强度/Gauss			
	700 mA	800 mA	900 mA	1 A
2	0.75	0.82	0.96	1.15
10	0.26	0.32	0.43	0.54

4 结束语

给出了一种新的机车库内检测环线安装方法,该技术已经在西安动车运用所得到应用,经过实际施工以及运用,与传统安装技术比较,测试环线支架法的主要优势体现在以下几个方面:

(1) 由于测试环线产生的磁力线避免被屏蔽,所以和现有技术比较,在 1 700 ~ 2 600 Hz 频率下,机车感应器的感应电压提高了 300% ~ 600%,磁感应强度得到增强,提高了测试结果的准确性。

(2) 环线安装在钢轨外侧,试验效果好。具有良好的推广价值,至于铁磁质物体间的互相影响有待进一步验证,环线支架固定避免了传统施工过程中打孔等对钢轨的损坏。

(3) 通过改变环线安装方法,在设备安装时按照统一标准,为以后环线铺设、日常维护等工作做好铺垫,同时有利于日常的巡检,方便电缆的维护。

参 考 文 献

- [1]陈鹏,陈文汉,刘亚西. 机车信号环线检测方法改进[J]. 铁道通信信号, 2007, 43(5): 13-14.
- [2]罗杰. 浅谈机车信号测试环线设计方案[J]. 铁道通信信号, 2013, 49(8): 35-38.
- [3]姚宏生,马秋果,刘汉斌,等. 高架框架墩连续梁悬吊支架法的施工技术研究[J]. 石家庄铁道大学学报: 自然科学版, 2012, 26(1): 14-17.
- [4]邹澎,周晓萍等. 电磁场与电磁波[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- [5]王福谦. 由铁磁质限定的无限深槽内电流的磁场[J]. 大学物理, 2012, 31(1): 23-26.
- [6]丁冬艳. 长直载流导线空间磁场分布的分析[J]. 中国科教创新导刊, 2013(4): 105-106.

Study on a New Cab Signal of Locomotive Detection Method for Railroads

Xue Shirun, Gao Xiaoding, Yan Nan

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: The traditional cab signal detection loop installed in the inside of the rail waist has some faults such as a certain degree of magnetic shielding, difficulty in installation, and difficulty with rail punch and so on. Combined with the actual characteristics of the construction, this paper designs and implements a way for installation of a locomotive signal test loop bracket, which is cheap, convenient, and can impair magnetic shielding. The method adopts an home-designed and specifically-processed bracket on the rail, with loop going through the bracket and installed on the rail lateral, about the same level as rail height. Practice has proved that this kind of bracket of loop method has better effect than the traditional installation way had has good stability in cab signal of detection. The technology is proved reasonable in actual test, and can satisfy the normal detection of cab signal. This technology has optimized the design to a certain extent, and is convenient for installation and achieve the anticipated goal.

Key words: cab signal; loop detection; link stent method; new loop layout; magnetic shielding

(责任编辑 车轩玉)