

研
究
开
发铁路大型养路机械电气
控制系统接地分析

程连飞

(广州铁路(集团)公司 广州客运专线维修基地, 广东 广州 510100)



作者简介:程连飞(1966-),男,硕士,现从事大型养路机械技术管理工作。

摘 要:分析了铁路大型养路机械电气系统的接地方式,阐述了因接地不当对电气控制系统造成的影响,并提出了改进措施。合理的接地能够改善大型养路机械的作业精度,并提高电气控制系统的可靠性和稳定性。

关键词:铁路大型养路机械;电气控制系统;接地;干扰

中图分类号:U273;U216.63 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-128X(2011)04-0041-03

Electric Control System Grounding Analysis of Railway Heavy Duty Track Maintenance Machine

CHENG Lian-fei

(Guangzhou Passenger Special Line Maintenance Base, Guangzhou Railway Group Company, Guangzhou, Guangdong 510100, China)

Abstract: Grounding styles of electric system for the railway heavy duty track maintenance machine system were analyzed, and impact due to improper grounding as well as improving measures of electric control system was described. It was proved that reasonable grounding can improve operation accuracy of the railway heavy duty track maintenance machine and the reliability and stability of the electric control system.

Key words: railway heavy duty track maintenance machine; electric control system; ground; interference

0 引言

接地是减少EMI和提高抗干扰能力的重要技术,但对电路和系统任意接地,可能会导致系统工作不稳定或者系统完全崩溃。在大型养路机械中存在大量的比例阀和伺服阀控制电路,如捣固车的捣固装置升降的控制、稳定车中稳定装置振动控制、稳定装置中左右垂直预加载力的控制等。这些阀的控制电路原理基本相同,但是接地方式不一样,在以往的使用和调试过程中,因接地原因而造成系统不能正常工作的事故多次出现(如作业精度差、影响系统显示、影响系统中其他控制电路的工作等)。本文根据控制电路的原理,针对目前的接地方式进行分析,并提出改进方案。

1 电路接地分析

铁路大型养路机械负载端的功率电源为车载蓄电池或柴油发电机提供的DC 24 V电源,其负端OD在蓄

电池端与车体直接进行短接,并以车体为导体在控制箱端从车体直接接入箱体汇流排,然后进入电路板。这是采用集中式模拟控制系统的捣固车中一直在用的一种接线方式,简单地说,就是电气系统中,凡是涉及到前后箱体之间的连接时,都是以车体作为整个系统的信号地线进行连接和信号的传输。

对图1中回路1和接地面(车体)返回路径构成的环路应用基尔霍夫定律得:

$$V_{s1} = I_1(Z_{s1} + Z_{L1} + Z_G) + I_2 Z_G \quad (1)$$

同样,对图1中回路2得:

$$V_{s2} = I_2(Z_{s2} + Z_{L2} + Z_G) + I_1 Z_G \quad (2)$$

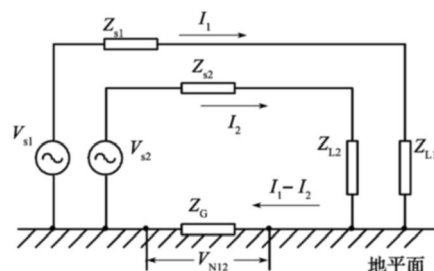


图1 2个电路间的共阻抗耦合

收稿日期:2011-03-30

由式(1)、式(2)得:

$I_2 Z_G = V_{N1}$, 表示流过 Z_G 的电流 I_2 在电路1中感应的噪声电压;

$I_1 Z_G = V_{N2}$, 表示流过 Z_G 的电流 I_1 在电路2中感应的噪声电压。

如果 V_N 低于模拟电路的灵敏度或低于数字电路的抗扰度, 则两电路兼容, 否则将出现共模干扰。

大型养路机械的电气系统中, 主要有5 V、±10 V、±12 V、±15 V和24 V等几种电压等级的电源。除24 V以外的所有电源的负端均为0A, 在系统中直接就近短接, 然后再与车体连接, 与24 V电源的负端0D一样, 在前后司机室之间以车体为导体进行电路的连接。

对于集中式控制系统的大型养路机械, 其单个比例阀的控制电路中至少有3个接地点, 即模拟地0A在A点(前后司机室下方)与车体短接, 24 V地0D在B点(前后司机室下方后或其他控制箱附近)与车体短接, 蓄电池地0C在C点(蓄电池端)与车体短接。同时, 在电路板上, 0A与0D又存在2种连接方式, 一种是0A与0D在电路板上直接短接; 另一种是0A与0D在电路板上不直接短接。下面针对这2种情况分别进行简单介绍。

1.1 电路板上0A与0D直接短接

当0A与0D在电路板上直接短接时, 其等效电路如图2所示。

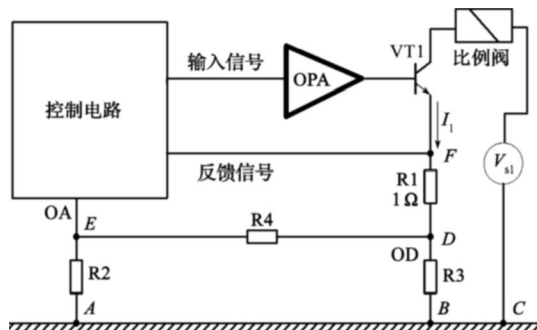


图2 控制板中0A与0D短接等效电路图

电路主要工作在低频和直流状态, 忽略电路中的感抗和容抗, 仅考虑电路的阻抗。图中R1为1Ω采样电阻, R2为模拟电路中0A与车体之间的阻抗, R3为0D与车体之间的阻抗, R4为司机室中控制箱与电路之间的连线的阻抗, 图中的控制电路主要是指电气系统中的计算机系统、仪表显示系统、系统模拟电源(信号板用±15 V电源, 也包括系统中的其他模拟电源)等。系统电源 V_{sl} 在C点(蓄电池端)与车体连接的阻抗由于距离短、导线较粗, 在这里忽略不计。

对于比例阀电路, 其电流可能几百毫安, 最大1 A左右。电路的工作电流主要是OA运放的电流, 相对阀的电流非常小, 为简化计算, 这里忽略不计。

对图2中的电路, 有:

$$D点电位 \quad V_D = \frac{(R_2 + R_4) \times R_3}{R_2 + R_4 + R_3} \times I_1 \quad (3)$$

$$E点电位 \quad V_E = \frac{R_2}{R_2 + R_4} \times V_D \quad (4)$$

在这里, 系统中 R_2 、 R_3 和 R_4 一般为0.1~0.2Ω, 假设 $R_2 = R_3 = R_4 = 0.2 \Omega$, $I_1 = 500 \text{ mA}$, 根据式(1)和式(2)可得: $V_D = 0.067 \text{ V}$, $V_E = 0.034 \text{ V}$ 。

但是, 实际使用中有时出现B点0D接地螺栓生锈或者涂有油漆等, 导致R3的阻值较大(可能有1~4Ω, 甚至更大)。此时, I_1 的电流有很大一部分经由R4和R2流走, 只有小部分电流流过R3。

当B点接地不良时, 假设 $R_3 = 3 \Omega$, $R_2 = R_4 = 0.3 \Omega$, $I_1 = 500 \text{ mA}$ 。

那么, 根据式(3)和式(4)可以得到: $V_D = 0.25 \text{ V}$, $V_E = 0.125 \text{ V}$ 。

此时, 如果A点接地电阻也较大, 这样, 将导致0A点的对地电压远远大于0.125 V, 甚至大于1 V。

0A是整个电气控制系统中模拟电路的公共地, 其电位在一定的范围内被抬高时, 不会影响电气系统的正常工作, 但在一定程度上影响作业精度。如果其被抬高达到一定的值时, 整个电气系统就会工作不稳定, 出现系统不受控, 如输入输出数据错误或系统无数据输出、仪表显示错误、作业精度差等现象。

1.2 电路板上0A与0D不直接短接

采用集中式模拟控制系统的大型养路机械电气系统中, 还有一种接线方式就是在电路板上0A与0D不连接, 其等效电路图如图3所示。

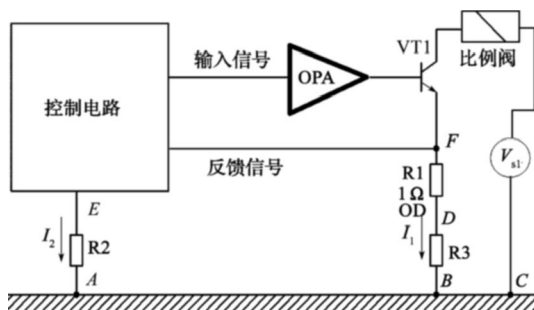


图3 控制板中0A与0D不短接等效电路图

该电路中, 当系统接地良好时, A、B和C3点基本上是等电位, R2和R3的阻值基本上小于0.3Ω, 一般为0.1~0.2Ω, 甚至更小, 系统工作正常。从图4中可以看出, 电路中对阀的控制电流的反馈来源于R1相对于0A之间的压降。

对于图2中的电路, 则有:

$$D点的电位 \quad V_D = I_1 \times R_3 \quad (5)$$

$$E点的电位 \quad V_E = I_2 \times R_2 \quad (6)$$

$$F点的电位 \quad V_F = I_1 \times (R_1 + R_3) \quad (7)$$

根据式(5)~式(7), 无论0D在B点对车体连接是否良好, 即R3阻值的大小对E点(0A)的电位都不造成影响。但是, 如果B点0D与车体接触不良即R3阻值较大时, 将对作业精度影响非常大。同样, R2阻值的大小(0A与车体连接的好坏)对系统的作业精度也将有

非常大的影响。对于电流较小的伺服阀来说,由于其控制电流小,反馈误差相对大,接地不良现象造成的作业精度影响更大。

当然,从图3中也不难发现,从单个电路来说,无论0A和0D与车体连接是否良好,只对作业精度造成影响,不会对系统中其他电路的正常工作造成影响。但是,实际使用中并不是这么简单,只要其中存在0A或者0D与车体连接不好时,整个系统除作业精度和反馈显示受到影响外,其他电路同样也可能会出现工作不稳定等现象。这主要是因为其整个电气系统以车体作为所有信号的地线进行信号的传输,当其中某个电路的负端与车体连接不良时,其对系统中某些电路产生影响的机理与0A和0D在电路板上短接机理一样(从整车系统分析),这里不作详细介绍。

2 改进设计

从前面的分析可知,0A与0D在电路板上直接短接,通过减少0A与0D以及0A、0D与车体之间的阻抗,可以有效地减少对系统的影响。但是,这种阻抗的存在是不可避免的,减少阻抗只能适当减少或降低其对系统的影响。0A与0D在电路板上不直接短接,而通过车体短接,那么减少0D与车体之间的阻抗能减少对系统的不良影响,但是如果0A与车体接触不良,从整车来分析,同样会产生0A和0D在控制板上短接相同机理的影响。所以要从根本上改善电路因接地对系统的影响,应切断2个电路(系统)中的地环路,单个系统尽量采用单点接地的方式,即加大系统间的地环路阻抗,减少环路电流对系统的影响,同时提高反馈的精度。

改进后的电路等效图如图4所示,输入信号经隔离

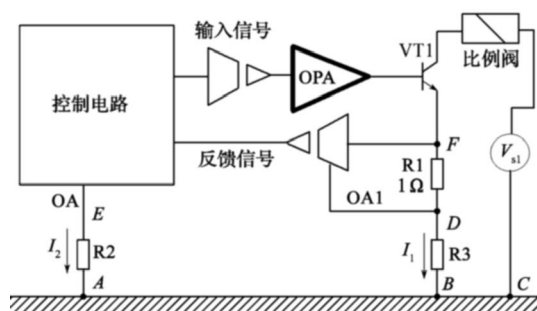


图4 改进后的等效电路图

芯片隔离后进入电路,电流反馈信号同样通过隔离后送计算机控制系统或仪表显示,即通过隔离芯片将2个电路(系统)的金属路径完全断开。这样,共模噪声电压只能出现在光耦上,而不会出现在电路输入端。

当0D在C点与车体连接不良时,R3阻抗较大,但是,2个系统间不会形成回路,不会影响控制系统的正常工作。同时,反馈信号直接取之于R1上的压降,其大小不受R3和R2的影响,能够提高控制系统的反馈信号的准确性,从而有效提高作业精度。

在以模拟控制电路为基础的大型养路机械电气控制系统中实现上述改进非常困难,而且对于大型养路机械来说,良好的接地和有效的隔离只是提高系统稳定性和作业精度的重要因素之一。现有控制系统存在的信号传输线过长,数字和模拟信号混合传输造成的信号间干扰、电磁兼容能力差等问题也是影响作业精度及系统可靠性的重要因素。目前最新研制的大型养路机械网络控制系统输入、输出的每个通道对应单个执行机构或传感器,网络电源与作业电源完全隔离,做到了控制系统与执行机构间的良好接地和有效隔离。由于采用分布式控制,减少了信号传输线的长度,同时采用CAN网络进行数字化的传输,有效地减少了线间信号的相互干扰,从而可以有效地提高系统的可靠性、抗干扰能力、作业精度。从2008年开始,广州客运专线维修基地采用大型养路机械网络控制系统对3台D08-32捣固车、1台WD320动力稳定车的电气系统进行了改造。经现场运用表明,改造后的这些大型养路机械电气控制系统的可靠性、抗干扰能力明显提高,机器的作业精度也得到较大的提高。

3 结论

本文分析铁路大型养路机械电气控制系统中现有的2种接地方式,并阐述了大型养路机械由于接地问题对系统造成影响的机理,提出了改进措施。改进后能够有效改善铁路大型养路机械的作业精度,同时也有利于提高电气控制系统的可靠性和稳定性。但从根本上提高系统的工作稳定性,进一步提高大型养路机械的作业精度,需要采用数字化、网络化、模块化的大型养路机械网络控制系统取代目前基于模拟电路的大型养路机械电气控制系统。

(上接第40页)

研究[D]. 武汉:武汉大学,2003.

[4] 黄可龙,王兆翔,刘素琴. 锂离子电池原理与关键技术[M].

北京:化学工业出版社,2008.

[5] 郭炳焜,徐 徽,王先友,肖立新. 锂离子电池[M]. 长沙:中南大学出版社,2002.