

# ZDJ9 型转辙机电路故障的快速诊断法

颜韵飞 徐建军 蔡亦俊

(上海地铁维护保障有限公司通号分公司, 200235, 上海)

**摘 要** [目的] 既有的 ZDJ9 型转辙机电路故障诊断方法步骤多, 操作复杂, 效率低下, 严重影响了故障抢修效率。对此, 有必要研究 ZDJ9 型转辙机电路故障的快速诊断方法。

[方法] 基于 ZDJ9 型转辙机电路的构成及既有诊断测量方法的操作流程, 分析了既有诊断方法存在的问题, 提出了一种 ZDJ9 型转辙机电路故障快速诊断方法, 并详细描述了此方法的操作流程和电路原理; 对比现有诊断测量方法, 分析了该方法的优缺点。分析了该方法在上海轨道交通 12 号线的应用情况。[结果及结论] ZDJ9 型转辙机电路故障的快速诊断方法可以快速诊断确定表示电路故障和动作电路故障; 在诊断表示电路的过程中, 不需要操动道岔; 在诊断动作电路的过程中, 可以根据正确的表示电路, 缩小诊断范围; 诊断预操位置的电路隐患, 确认电压正常后操动, 可以提前避免故障的发生。实际应用效果表明, 该方法能大幅提升电路故障的诊断效率。

**关键词** 城市轨道交通; 转辙机; 电路故障; 故障诊断法

**中图分类号** U216.42<sup>+</sup>5

**DOI**:10.16037/j.1007-869x.2024.11.027

## Rapid Diagnostic Method for ZDJ9 Switch Machine Circuit Faults

YAN Yunfei, XU Jianjun, CAI Yijun

(Telecom & Signal Branch, Shanghai Metro Maintenance Support Co., Ltd., 200235, Shanghai, China)

**Abstract** [Objective] The existing diagnostic methods for ZDJ9 switch machine circuit faults have multiple steps, complex operations, and low efficiency, seriously affecting the fault repair efficiency. Thus, it is necessary to develop a rapid diagnostic method for ZDJ9 switch machine circuit faults.

[Method] Based on the composition of ZDJ9 switch machine circuit and the operation process of existing diagnostic methods, the issues with existing diagnostic methods are analyzed. A rapid diagnostic method for ZDJ9 switch machine circuit faults is proposed, the operation process and circuit principles of the method are described in detail. Compared with existing diagnostic methods, the advantages and disadvantages of this method are analyzed, as well as the application of this method on Shanghai Rail Transit Line 12. [Result & Conclusion] The above-mentioned rapid diagnostic method can quickly di-

agnose and identify indication circuit and action circuit faults. In diagnosing indication circuit, it does not require operating the turnout. While in diagnosing action circuits, it can narrow down the diagnostic range based on the correct indication circuit. Diagnosing the potential circuit hazards at the pre-operation position and confirming normal voltage before operation can prevent faults in advance. Practical application results show that this method significantly improves the efficiency of diagnosing circuit faults.

**Key words** urban rail transit; switch machine; circuit fault; fault diagnostic method

ZDJ9 型转辙机是上海轨道交通正线常用的转辙机, 广泛应用于多条线路。2022—2024 年, 因电路原因引发的转辙机故障占转辙机故障总数的比例分别为 25.6%、29.7% 和 48.7%, 上升趋势明显。当转辙机发生故障导致道岔失表后, 都会先预留正常表示位置, 调整运营折返模式, 之后申请运营维修点, 并利用运营间隔操动道岔来诊断故障。由于上海轨道交通运营密度大, 为确保地铁的安全稳定运行, 故在运营期间操动道岔诊断故障的时间十分有限, 难以快速排查故障。

为进一步提高电路故障的诊断效率, 文献[1]提出了转辙机八线制道岔控制电路故障诊断分析方法, 但并不适用于五线制的电路诊断; 文献[2]提出了转辙机启动电路技术改进方案, 但未对转辙机其他部分的电路做研究。

本文主要针对转辙机的表示电路和动作电路, 提出 ZDJ9 型转辙机电路故障的快速诊断法(以下简称“快速诊断法”), 可以快速诊断表示电路故障和动作电路故障, 提高此类故障的诊断效率。

## 1 ZDJ9 型转辙机的电路原理

ZDJ9 型转辙机使用三相五线制电路, 在控制转辙机动作的室内继电器组合到分线柜的电缆中, 有 5 根控制芯线: X1, 用于定、反位动作电路和表示电路; X2, 用于定位表示电路和定操动作电路; X3,

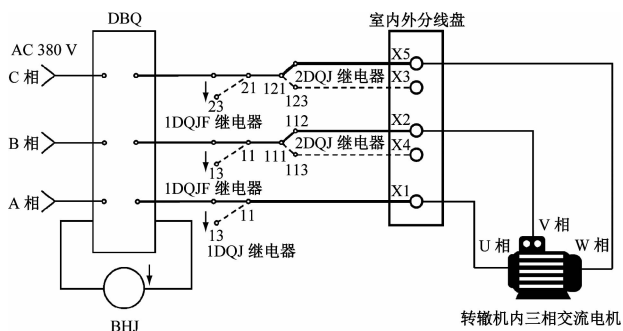
用于反位表示电路和反操动作电路; X4, 用于定位表示电路和反操动作电路; X5, 用于反位表示电路和定操动作电路。

通过不同控制芯线的组合, 可构成不同功能的电路: ① X1、X2、X5 组合, 构成定操动作电路; ② X1、X2、X4 组合, 构成定位表示电路; ③ X1、X3、X4 组合, 构成反操动作电路; ④ X1、X3、X5 组合, 构成反位表示电路。

转辙机电路主要由逻辑控制电路、动作电路、表示电路等组成。

1) 逻辑控制电路。1DQJ 继电器、1DQJF 继电器先后励磁吸起, 2DQJ 继电器励磁转极后, AC 380 V 三相电源正常通过 DBQ (断相保护器) 后, 输出 DC 24 V 电压至 BHJ (保护继电器) 励磁吸起, 并沟通 1DQJ 继电器的自闭电路。

2) 动作电路。当 1DQJ 继电器和 1DQJF 继电器正常励磁吸起, 2DQJ 继电器正常励磁转极后, 动作电路能确保室内 AC 380 V 三相电源通过电缆使转辙机电机转动, 带动动作杆使道岔转换至另一侧位置。以转辙机定操动作为例, 1DQJ 继电器 1 接点吸起后, 沟通了 X1, 1DQJF 继电器励磁吸起, 2DQJ 继电器的 111、121 接点励磁转极后分别沟通了 X2 和 X5, 转辙机电机通电后向定位转动, 如图 1 所示。



注: 11、13、113 等均为继电器接点号。

图 1 转辙机定操动作电路原理图

Fig. 1 Diagram of switch machine fixed operation action circuit principle

3) 表示电路由二极管支路和继电器支路并联所构成。表示继电器在继电器支路中。表示继电器的吸起和落下反映室外道岔的当前位置。DBJ (定位表示继电器) 和 FBJ (反位表示继电器) 分别用于道岔的定位和反位状态的表示。二极管支路主要用于表示继电器在交流电的负半周构成回路能够持续吸起。转辙机定位表示的电路原理见

图 2。

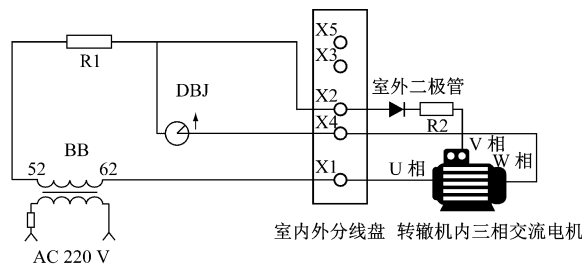


图 2 转辙机定位表示电路原理图

Fig. 2 Diagram of switch machine fixed position indication circuit principle

## 2 既有的电路故障诊断方法

既有电路故障诊断方法需操动转辙机进行测试。若转辙机转换无法到位或到位后失表, 则诊断流程为:

1) 根据 BHJ 状态来判断故障点区域, 若 BHJ 未吸起则为动作电路故障, 若 BHJ 吸起之后短时间内落下则表示电路故障。

2) 测量 BB (表示变压器) 二次侧输出电压  $U_{BB}$  是否为正常的 AC 110 V。

3) 若  $U_{BB}$  正常, 则测量 BB 二次侧的 52 端子与 1DQJF 继电器 13 端子之间的交流电压  $U_{52-13}$ , 以及 BB 二次侧的 52 端子与 1DQJF 继电器 23 端子之间的交流电压  $U_{52-23}$ 。通过  $U_{52-13}$  与  $U_{52-23}$  的组合即可判断故障区域。

既有电路故障诊断方法的故障点区域判断情况表如表 1 所示。

表 1 既有电路故障诊断方法的故障点区域判断情况表  
Tab. 1 Fault point regional judgement table for existing circuit fault diagnostic methods

道岔操动位置	$U_{52-13}/V$	$U_{52-23}/V$	故障点区域
反位→定位	90	90	需诊断 380 V 总电源
反位→定位	90	0	X5
反位→定位	0	90	X2
反位→定位	0	0	X1
定位→反位	90	90	需诊断 380 V 总电源
定位→反位	90	0	X3
定位→反位	0	90	X4
定位→反位	0	0	X1

若采用既有电路故障诊断方法发现电路中存在多个故障点, 则需要逐一测量  $U_{52-13}$  与  $U_{52-23}$  并进

行诊断,且每排查 1 个故障点后,都要操动道岔再次测量。当  $U_{52-13}$  与  $U_{52-23}$  均为 AC 90 V 时,无法直接确定故障区域,还需要诊断 380 V 总电源。可见,既有电路故障诊断方法的步骤多,操作复杂,效率低下,严重影响了故障抢修效率。

### 3 快速诊断法

#### 3.1 快速诊断法原理

快速诊断法利用 BB 二次侧输出的 AC 110 V

电压,结合转辙机失表后 5 根控制芯线之间的电压测量值来判断故障点区域。在道岔表示正常情况下,通过测量 2DQJ 继电器的 112 端子和 123 端子电压  $U_{112-123}$  来判断道岔预操位置的电路是否存在隐患。快速诊断法的故障点区域判断情况表如表 2 所示。

#### 3.2 表示电路二极管回路故障诊断

以定位失表为例,分析表示电路二极管回路故障的诊断过程。

表 2 快速诊断法的故障点区域判断情况表

Tab. 2 Fault point regional judgement table for rapid diagnostic methods

道岔状态位置	表示情况	测量点位	电压判断值/V	电压测量情况	故障点区域
定位	定位失表	X1、X2	110	$U_{1-2} = 110 \text{ V}$	X1、X2 室外
				$U_{1-2} = 0$	X1、X2 室内
		X1、X2	75	$U_{1-2} = 75 \text{ V}$	X4(还需要测量 $U_{1-4}$ 来进一步判断)
				$U_{1-4} = 75 \text{ V}$	X4 室外
反位	反位失表	X1、X4	75	$U_{1-4} = 0$	X4 室内
				$U_{1-3} = 110 \text{ V}$	X1、X3 室外
		X1、X3	110	$U_{1-3} = 0$	X1、X3 室内
				$U_{1-3} = 75 \text{ V}$	X5(还需要测量 $U_{1-5}$ 来进一步判断)
反位	反位失表	X1、X5	75	$U_{1-5} = 75 \text{ V}$	X5 室外
				$U_{1-5} = 0$	X5 室内
定操	反位失表	X1、X2	110	$U_{1-2} = 110 \text{ V}$	X2 室外
				$U_{1-2} = 0$	X2 室内
		X1、X3	110	$U_{1-3} = 110 \text{ V}$	X3 室外
				$U_{1-3} = 0$	X3 室内
定位	定位表示	2DQJ 的 112、123 端子	60	$U_{112-123} = 60 \text{ V}$	非 X3
				$U_{112-123} = 0$	X3(还需要测量 $U_{2-3}$ 来进一步判断)
反位	反位表示	2DQJ 的 112、123 端子	60	$U_{112-123} = 60 \text{ V}$	非 X2
				$U_{112-123} = 0$	X2(还需要测量 $U_{2-3}$ 来进一步判断)

注:  $U_{1-2}$  为 X1、X2 分线盘测量点位的电压;  $U_{1-3}$  为 X1、X3 分线盘测量点位的电压; 余类推。

对于 X1、X2、X4 组合回路构成的定位表示电路,定位失表后,继电器回路断路,只剩由 X1、X2 构成的二极管回路。由于故障点在二极管回路上,此时的 X1、X2 分线盘测量点电压  $U_{1-2}$  应等效于  $U_{BB}$ , 为 AC 110 V。若测得  $U_{1-2}$  为 AC 110 V,则说明  $U_{BB}$  正常,且到 X1、X2 分线盘测量点之间的电路正常,没有故障点。由此可判断,故障点区域为 X1、X2 回路的室外部分。若测得  $U_{1-2}$  为 AC 0 V,则说明 BB 二次侧未能正常输出电压至 X1、X2 分线盘测量点,可由此判断故障点区域为 X1、X2 回路的室内部分。

#### 3.3 继电器回路故障诊断

以定位失表为例,分析表示继电器回路故障的诊断过程。

若判断故障点在继电器回路区域,且二极管回路正常,则说明故障点在继电器回路中的 X4。在正常情况下的  $U_{1-2}$  为 AC 60 V。若继电器回路断路,则原本在此回路上的电压会叠加到二极管回路上,此时  $U_{1-2}$  会升至 AC 75 V。当  $U_{1-2}$  升至 AC 75 V 时,为确定 X4 的故障点区域,需再次测量 X1、X4 分线盘测量点电压  $U_{1-4}$ ,若测得  $U_{1-4}$  为 AC 75 V,则说明  $U_{BB}$  正常,且到 X1、X4 分线盘测量点之间电路正常,

没有故障点,可判断故障点区域为 X4 室外部分;若测得  $U_{14}$  为 AC 0 V,说明 BB 二次侧未能正常输出至 X1、X4 分线盘测量点,可判断故障点区域为 X4 的室内部分。

### 3.4 动作电路故障诊断

以反操动作电路故障为例,分析表示动作电路故障的诊断过程。

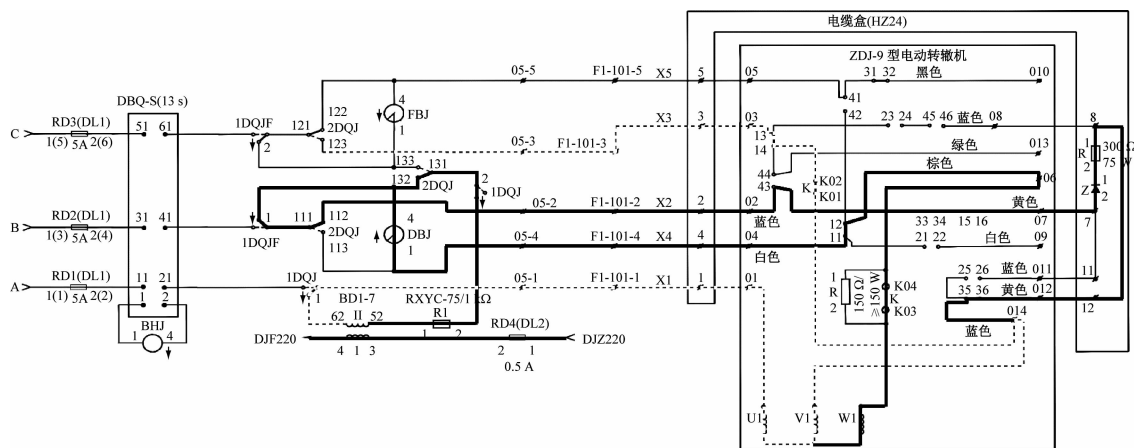
X1、X3、X4 回路共同构成反操动作电路。当反操动作电路发生故障失表时,1DQJF 继电器落下,X4 不再构成电路回路,反操动作电路仅由 X1、X3 构成。由于 X1 是定位表示和反操动作的共用线,故在反操前的定位表示正常说明 X1 不存在故障点,由此可判断故障点区域为 X3。此时  $U_{13}$  应等效于  $U_{BB}$ ,为 AC 110 V。若测得  $U_{13}$  为 AC 110 V,则说明  $U_{BB}$  正常,而且到 X1、X3 分线盘测量点之间的电路正常,没有故障点,进而可判断故障点区域为 X3 的室外部分;若测得  $U_{13}$  为 AC 0 V,则说明 BB

二次侧未能正常输出电压至分线盘 X1、X3 分线盘测量点,可判断故障点区域为 X3 的室内部分。

### 3.5 预操位置的电路隐患诊断

以定位表示正常为例,分析表示预操位置电路隐患的诊断过程。

由于反操动作电路由 X1、X3、X4 回路构成,故若 X1、X2、X4 回路构成的定位表示电路正常,则可提前检查 X3 控制线正常,以确保下次反操动作正常。在定位表示正常时,  $U_{12}$  为 AC 60 V,此时, X1 分线盘测量点可以等效至 X3 分线盘测量点,如图 3 所示。此时  $U_{23}$  也为 AC 60 V。为确保 X3 整线正常,需测量  $U_{112-123}$ ,若测得  $U_{112-123} = 60$  V,则判断 X3 控制线无故障;若测得  $U_{112-123}$  为 AC 0 V,则判断 X3 控制线存在故障点。再测量  $U_{23}$ ,若测得  $U_{23} = 60$  V,则判断故障点区域为 X3 室内部分,若测得  $U_{23}$  为 AC 0 V,则判断故障点区域为 X3 室外部分。



注:图中数字为继电器接点号和接线端子号。

图3 预操位置的隐患诊断电路原理图

Fig.3 Schematic diagram of potential hazard diagnostic circuit in pre-operation position

### 3.6 快速诊断法的优缺点

和现有电路故障诊断方法对比,快速诊断法具有如下优点:

1) 效率高:在设备发生故障后的静态情况下,通过在分线盘测量的电压数值来确定故障点区域,减少了道岔操动次数,提高了故障处理效率。

2) 预判功能:在道岔表示正常情况下,通过测量特定端子电压即可提前预判下次操动时另一位置是否有故障发生。

3) 操作简便:只需测量电压值,无需频繁切换万用表档位,操作简便且不易失误。

快速诊断法在诊断表示电路的过程中,不需要反复操动道岔,可以提高诊断效率。根据正确的表示电路,缩小诊断范围,通过诊断预操位置的电路隐患,确认电压正常后操动,可以提前避免故障的发生。

快速诊断法也存在不足。由于快速诊断法依赖于 BB 二次侧输出电压,故若 BB 发生故障,则快速诊断法不适用。

## 4 正线应用情况

快速诊断法已于 2022 年 3 月开始在上海轨道



交通 12 号线推广应用。

在某次日间巡检中,检修作业人员使用了快速诊断法进行预操位置电路隐患诊断检查发现,12 号线七莘路站 8# 道岔处于定位表示状态。测得的  $U_{112-123}$  电压值为 AC 0 V,再测得  $U_{2-3}$  为 AC 0 V,说明 X3 处于室外开路状态。此时若反位操动道岔,则道岔会失表。作业人员第一时间向行车值班员报备了设备异常,并申请定位预留。这次作业人员利用快速诊断法及时发现了设备异常,避免了故障的发生。当日夜间,申请临修点并检查电压异常的区间。测量发现,HZ-24 电缆盒的  $U_{2-3}$  为 AC 0 V,说明室内分线盘 X3 端子至室外电缆盒 HZ-24 内 3 端子无故障点;之后,经测量,转辙机内万科端子排 2、3 端子间电压为 AC 60 V,说明电缆盒 HZ-24 内 3 端子至转辙机内万科端子排 3 端子存在开路点。检修人员拆除电缆保护管后发现,电缆盒 HZ-24 内 3 端子至转辙机内万科端子排 3 端子间的电缆线破皮氧化断裂,更换电缆线后设备恢复正常。

由实际应用情况来看,快速诊断法能大幅提升 ZDJ9 型转辙机的电路故障诊断效率,有效降低了设备隐患对运营造成的影响。

## 5 结语

ZDJ9 型转辙机电路故障的快速诊断法具有准确、高效等特点,能大幅提升电路故障的排查速度,

(上接第 120 页)

号系统大修改造项目,提出了 DCS 的可靠性优化方案,消除了安全隐患,提高了 DCS 的可靠性,进而提升了信号系统的整体可靠性,为其他新建线路及改造线路提供了优化思路。

## 参考文献

- [1] 杨震, 邝荣华, 蔡景俏, 等. 基于 PRP 提升 CBTC 车地无线通信可靠性方案研究[J]. 铁路通信信号工程技术, 2023, 20(9): 83.  
YANG Zhen, KUANG Ronghua, CAI Jingqiao, et al. Research on improving reliability of CBTC train-ground wireless communication based on PRP[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2023, 20(9): 83.
- [2] 王皓. 基于 LTE-M 的下一代列控数据通信系统设计与可用性评估[J]. 都市快轨交通, 2023, 36(1): 156.  
WANG Hao. Design and availability evaluation of next generation train control data communications system based on LTE-M[J].

并能避免下一次操动道岔引发的故障。

未来,快速诊断法可以加入转辙机微机监测中,自动盯控电路中的关键电压值,从而进一步提高故障自动诊断效率,并加强监测中的预警功能。

## 参考文献

- [1] 崔明松. 交流转辙机八线制道岔控制电路故障诊断分析方法[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(9): 191.  
CUI Mingsong. AC switch machine eight-wire turnout control circuit fault diagnosis and analysis method[J]. Urban Mass Transit, 2023, 26(9): 191.
- [2] 张希宁. ZDJ9 型转辙机道岔启动电路技术改进方案研究[J]. 城市轨道交通研究, 2016, 19(8): 40.  
ZHANG Xining. Improvement plan of starting circuit of ZDJ9 type switch machine[J]. Urban Mass Transit, 2016, 19(8): 40.
- [3] 刘俊杰. ZDJ-9 型交流道岔转辙机故障智能识别方法[J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(4): 262.  
LIU Junjie. Intelligent identification method for ZDJ-9 AC turnout switch machine faults [J]. Urban Mass Transit, 2024, 27(4): 262.

· 收稿日期:2024-03-18 修回日期:2024-05-31 出版日期:2024-11-10  
Received:2024-03-18 Revised:2024-05-31 Published:2024-11-10  
· 通信作者: 颜韵飞, 高级技师, 307117288@qq.com  
· ©《城市轨道交通研究》杂志社, 开放获取 CC BY-NC-ND 协议  
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

Urban Rapid Rail Transit, 2023, 36(1): 156.

- [3] 张郁. 上海城市轨道交通超大规模网络化下通信及信号设备的管理与转型[J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24(11): 1.  
ZHANG Yu. Management and transformation of signaling communication equipment under super-large-scale network of Shanghai urban rail transit[J]. Urban Mass Transit, 2021, 24(11): 1.
- [4] 王历珩. 上海城市轨道交通既有数据通信子系统优化研究[J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24(11): 41.  
WANG Lizhou. Optimization research of Shanghai urban rail transit existing data communication subsystem[J]. Urban Mass Transit, 2021, 24(11): 41.

· 收稿日期:2024-03-18 修回日期:2024-05-20 出版日期:2024-11-10  
Received:2024-03-18 Revised:2024-05-20 Published:2024-11-10  
· 通信作者: 王欣, 助理工程师, 419694520@qq.com  
· ©《城市轨道交通研究》杂志社, 开放获取 CC BY-NC-ND 协议  
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license