

中低速磁浮线路道岔接口控制方案研究^{*}

王国军

(中铁第五勘察设计院集团有限公司, 102699, 北京//高级工程师)

摘要 与常规轮轨线路的道岔转换方式有所不同,中低速磁浮线路的道岔转换采用整体移梁方式。中低速磁浮线路具有与道岔自成一体的道岔转换系统,信号联锁与道岔转换系统之间为接口关系。在分析磁浮道岔控制模式的基础上,提出了磁浮线路道岔启动电路的9个技术条件。对我国已开通的中低速磁浮线路道岔接口方案的优缺点进行对比分析后,提出了由联锁参与控制逻辑的道岔接口控制方案。针对该方案,提出了磁浮道岔控制电路中信号与道岔接口所需设置的继电器类型,并对道岔与信号的接口控制电路(包括道岔启动电路、道岔表示电路、道岔模式控制接口电路及综合后备盘接口电路等)提出了系统化的解决方案,以满足磁浮线路道岔启动电路9个技术条件的要求。

关键词 中低速磁浮线;道岔转换控制;道岔与信号接口控制电路

中图分类号 U231.6:U237

DOI:10.16037/j.1007-869x.2023.03.012

Research on Turnout Interface Control Scheme of Medium-low Speed Maglev Line

WANG Guojun

Abstract Different from regular wheel-rail lines, the medium-low speed maglev line adopts integral beam shifting method for turnout conversion. Medium-low speed maglev line has a turnout conversion system that integrates with the turnout itself, and there is an interface relation between the signal interlocking and the turnout conversion system. After analyzing the magnetic turnout control mode, 9 technical conditions for maglev line turnout starter circuit are proposed. By comparatively analyzing the merits and shortcomings of turnout interface schemes for the opened medium-low speed maglev lines in China, the turnout interface control scheme with interlocking participating control logic is put forward. For the recommended scheme, the relay types that should be set up at signal and turnout interface in maglev turnout control circuit is given, systematic solutions are proposed for turnout and signal interface control circuits, including turnout starter circuit, turn-

out display circuit, turnout mode control interface circuit and IBP (integrated backup panel) interface circuit to meet the requirements of the 9 technical conditions of turnout starter circuit.

Key words medium-low speed maglev line; turnout transition control; switch and signal interface control circuit

Author's address China Railway Fifth Railway Survey & Design Institute Group Co., Ltd., 102699, Beijing, China

道岔是磁浮线路的转线设备,分为单开道岔、三开道岔、对开道岔、单渡线道岔和交叉渡线道岔等不同类型。磁浮列车转向架包覆在轨道之上,道岔方向转换时必须采用整体移梁方式,此时道岔需要较大的驱动力。因此,中低速磁浮线路道岔(以下简称“磁浮道岔”)的最大特点是具有独立的道岔转换系统。在磁浮项目中,信号联锁与道岔转换系统之间为接口关系,其道岔控制电路技术条件与传统轮轨线路的道岔控制电路技术条件有较大区别。

本文结合长沙磁浮快线和北京地铁S1线(该线为中低速磁浮线)工程实例,研究磁浮道岔接口技术条件,以期进一步提升磁浮道岔接口的标准化设计水平,完善设计方案。

1 磁浮道岔控制需求

磁浮道岔控制模式主要包括联锁集中控制、道岔现地控制及道岔强制控制等模式。考虑到运营要求,还应增加IBP(综合后备盘)应急控制模式。

1.1 联锁集中控制

该模式下,道岔根据信号联锁子系统(以下简称“联锁”)的操作指令控制道岔转辙,并将道岔位置表示信息反馈给联锁。联锁可采用进路方式或单操方式控制道岔转辙。以三开道岔为例(其他形式道岔类同),道岔接收到转辙至左位/中位/右位

^{*} 中国铁建股份有限公司2018年度科技重大专项经费资助计划项目(2018-A01)

的操作指令后,自动实施解锁、转辙、锁紧等操作,确认转动到位后将位置表示信息传给联锁。

1.2 道岔现地控制

该模式需经过联锁授权后方可实施道岔转换。其控制流程为:现地操作前,道岔现地控制柜向联锁发出现地控制请求;联锁检查确认相关条件具备后,给出同意现地控制的信息,此时道岔转入现地控制模式。该模式下,联锁只监督道岔的表示状态,无法控制道岔。

1.3 道岔强制控制

道岔强制控制模式无需联锁授权,而是强行将道岔转为现地控制。该模式主要用于联锁或外围接口电路故障无法电动操纵道岔的紧急情况下,现场工作人员闭合现场强制授权开关,切断操作继电器的输出,道岔由现场电气控制柜实行就地控制^[1]。

1.4 IBP 应急控制

考虑到磁浮道岔对线路运行的重要性,为了满足运营应急情况下道岔的操作需求,在磁浮线路的工程设计阶段应考虑在 IBP 上设道岔应急操作按钮。当联锁或外围接口电路异常时,工作人员在 IBP 上实施相关操作,实现独立于联锁系统的远程控制道岔转辙功能。

2 道岔启动电路技术条件对比分析

2.1 轮轨线路道岔启动电路技术条件

常规的轮轨线路道岔(以下简称“轮轨道岔”)启动电路应确保可实现以下技术条件^[2-3]:

1) 技术条件 1:道岔区段有列车时,道岔不得转换;

2) 技术条件 2:进路在锁闭状态时,进路上的道岔不得转换;

3) 技术条件 3:在道岔启动电路已经动作后,如果有列车驶入该道岔区段,应保证转辙机能继续转换到底;

4) 技术条件 4:道岔启动电路动作后,若因转辙机自动开闭器接点接触不良或电动机整流子与电刷接触不良导致电动机电路不通时,应使启动电路自动停止工作并复原,以保证道岔不会再转换;

5) 技术条件 5:道岔因故转不到底时,应使道岔能转回原位,且保证道岔无论转到什么位置,都可随时手动操作使其回转;

6) 技术条件 6:轮轨道岔启动电路道岔转换完毕后,应自动切断电动机的电路。

2.2 磁浮道岔启动电路技术条件

磁浮道岔转换系统与信号系统间为接口关系,信号与道岔之间的接口采用安全继电接口电路,接口设计遵循故障-安全原则^[4]。

基于磁浮道岔的特点,上文轮轨道岔启动电路的技术条件 1、技术条件 2 和技术条件 5 同样适用于磁浮道岔;对于轮轨道岔启动电路技术条件 3,由于磁浮道岔转换到右位后,中位或左位方向将形成“断崖”(即线路不连续),如果道岔启动电路动作后有车驶入该道岔区段使得道岔持续转换,将可能导致列车坠落,因此,磁浮道岔启动电路中应将此部分内容修改为“道岔启动电路已经动作后,如果有车驶入道岔区段,道岔应停止转动”。而轮轨道岔启动电路技术条件 4 和技术条件 6 在磁浮道岔领域属于道岔转换系统的设计范畴,在工程建设中应做好接口设计,使道岔与信号可共同完成对磁浮道岔的控制,满足相应的安全完整性等级要求。

基于上述分析,本文给出磁浮道岔启动电路的 9 个技术条件,以供后续磁浮工程项目设计时参考:

1) 磁浮道岔启动电路技术条件 1:道岔区段有车时,道岔不得转换;

2) 磁浮道岔启动电路技术条件 2:进路在锁闭状态时,进路上的道岔不得转换;

3) 磁浮道岔启动电路技术条件 3:道岔在所需位置时,道岔操作指令不会传给道岔转换系统;

4) 磁浮道岔启动电路技术条件 4:道岔启动电路动作后因故无法转换时,启动电路应停止工作,并保证道岔不会再转换;

5) 磁浮道岔启动电路技术条件 5:电机需在在规定时间内转换完毕,若在此规定时间内道岔仍未转换到底,启动电路应停止工作,道岔不再转换;

6) 磁浮道岔启动电路技术条件 6:道岔转换完毕后,应切断道岔动作电机电源;

7) 磁浮道岔启动电路技术条件 7:道岔进入现地控制模式后,未经现地人员操作,车站值班员不能单方撤销现地控制模式;

8) 磁浮道岔启动电路技术条件 8:道岔可随时人工单操,使道岔回转;

9) 磁浮道岔启动电路技术条件 9:道岔转换时,应提前接通道岔控制柜电源。

3 磁浮道岔接口控制方案

总结我国已开通的中低速磁浮线路,其磁浮道

岔接口控制方案有两种。

3.1 方案一

北京地铁 S1 线的信号与道岔接口方案采用了简易继电器接口方案。该方案采用简易继电器接口,将联锁驱动的 LCJ(左位操作继电器)、NCJ(中位操作继电器)、RCJ(右位操作继电器)和 SFJ(锁闭防护继电器)直接复示至道岔控制柜。道岔转换驱动系统据此直接控制磁浮道岔,同时将道岔位置信息反馈给联锁。

3.2 方案二

长沙磁浮快线的信号与道岔接口采用了复杂继电器接口方案^[5-6]。该方案在参考国铁成熟的道岔控制电路基础上,结合磁浮道岔特点作适应性修改,通过逻辑电路实现道岔启动与转换过程的部分安全防护功能。

复杂继电器接口方案在道岔启动电路中增加了 1DQJ(第 1 道岔启动继电器)和 2DQJ(第 2 道岔启动继电器)的励磁和自保电路,通过与道岔操作继电器的结合实现三级启动电路模式(即 1DQJ 励磁、2DQJ 转极及电机电作电路)。考虑到各类运行工况下所需具备的安全防护功能,该方案利用 QDJ

(切断继电器)在道岔转换到位后使 1DQJ 失磁,进而切断道岔转换电路,使道岔停止转换。该操作方式与铁路通用道岔控制电路的操作方式类似。

3.3 方案对比

方案一的接口电路较为简单,但未考虑各类运行工况下的安全防护功能,如磁浮道岔启动电路技术条件 2 和磁浮道岔启动电路技术条件 3 等条件下的安全防护功能需要改由道岔和联锁软件实现;方案二中,当道岔转换操作过快时,启动电路中 QDJ 电容充放电时间过长,可能会导致 2DQJ 不能及时转极,道岔无法操作。上述缺陷应在实际应用中通过制定相应的运营规则予以避免^[5]。

3.4 推荐方案

在上文磁浮道岔接口控制方案安全性研究的基础上,推荐采用由联锁参与控制逻辑的道岔接口控制方案,即:联锁依据磁浮道岔性能输出相关条件继电器,并参与外部继电器接口控制,以实现故障-安全功能。

3.4.1 与磁浮道岔相关的接口继电器

结合我国既有中低速磁浮项目的实施方案,在磁浮道岔控制电路中可设置如表 1 所示的接口继电器。

表 1 与磁浮道岔相关的接口继电器

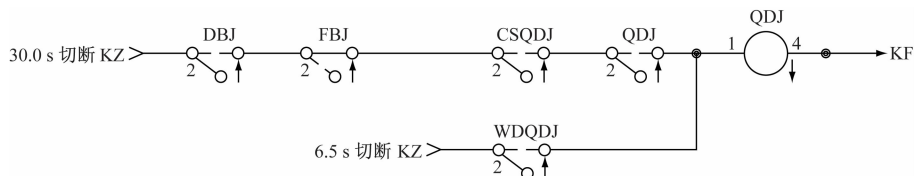
Tab.1 Interface relays associated with maglev turnouts			
继电器名称	继电器代号	常态	备注
锁闭防护继电器	SFJ	失磁	由联锁系统依据控制原理驱动
现地请求继电器	XDQJ	励磁	失磁时表示请求现地操作
现地同意继电器	XDTYJ	失磁	励磁时表示联锁同意现地操作
现地同意复示继电器	XDTYJF	失磁	XDTYJ 的复示继电器
现地强控继电器	QKJ	失磁	励磁时表示道岔处于强制控制状态
集中状态继电器	JZZJ	励磁	励磁时表示道岔处于联锁集中控制状态
监督继电器	JDJ	失磁	电机转换时为励磁状态,电机转换完毕后为失磁状态
动作切断继电器	QDJ	失磁	QDJ 励磁是电机动作的必要条件,用于切断电机动作电路
未动切断继电器	WDQDJ	失磁	联锁驱动 SFJ 的同时开始驱动本继电器,6.5 s 后失磁
超时切断继电器	CSQDJ	失磁	联锁驱动 SFJ 的同时开始驱动本继电器,30.0 s 后失磁
定位操纵继电器	DCJ	失磁	在工程设计阶段可根据站场实际布置情况与 NCJ/LCJ/RCJ 合并
反位操纵继电器	FCJ	失磁	在工程设计阶段可根据站场实际布置情况与 NCJ/LCJ/RCJ 合并
左位操作继电器	LCJ	失磁	励磁时表示请求道岔向左位操纵
中间位操作继电器	NCJ	失磁	励磁时表示请求道岔向中间位操纵
右位操作继电器	RCJ	失磁	励磁时表示请求道岔向右位操纵
定位表示继电器	DBJ	励磁	联锁定义的道岔状态,表示道岔开通位置(直向或侧向)
反位表示继电器	FBJ	失磁	联锁定义的道岔状态,表示与 DBJ 不同的道岔开通位置
左位表示继电器	LBJ	失磁	励磁时表示道岔处于左位
中间位表示继电器	NBJ	励磁	励磁时表示道岔处于中间位
右位表示继电器	RBJ	失磁	励磁时表示道岔处于右位
道岔故障继电器	GZJ	励磁	反映道岔故障信息,道岔无故障时为励磁状态
应急按钮继电器	YJAJ	失磁	反映应急操作信息,道岔处于应急操作状态时励磁
现地请求按钮继电器	XDQQAJ	励磁	道岔侧线现地请求按钮继电器,失磁时表示请求现地操作
现地强控按钮继电器	QKAJ	失磁	励磁时表示道岔侧线申请道岔处于强制控制状态
锁闭防护复示继电器	SFJF1、SFJF2	失磁	锁闭防护继电器的复示继电器

3.4.2 道岔与信号的接口控制电路

本文以单开道岔为例,逐项说明磁浮道岔与信号接口控制电路的设计方案。

3.4.2.1 道岔启动电路

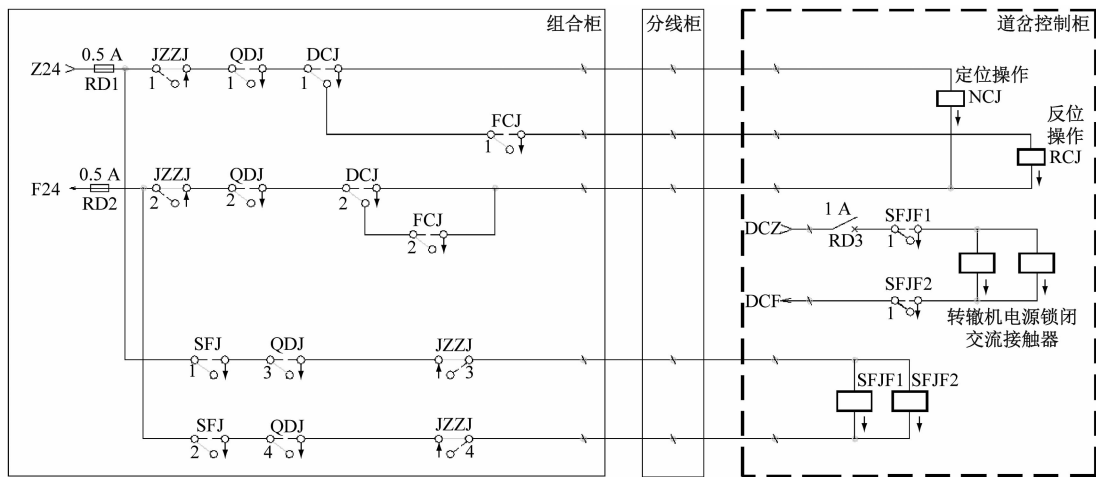
道岔启动电路包括切断继电器电路(见图1)和道岔电机接口控制电路(见图2)。



注:KZ——条件电源正极;KF——条件电源负极;数字“1”和数字“4”表示继电器线圈的编号;数字“2”表示继电器接点编号。

图 1 切断继电器电路图

Fig. 1 Circuit diagram of cutting off relay



注:Z24——24 V 电源正极;F24——24 V 电源负极;RD1——熔断器 1;RD2——熔断器 2;RD3——熔断器 3;DCZ——道岔电控柜内电源正极;DCF——道岔电控柜内电源负极;SFJF1——SFJ 复示继电器 1;SFJF2——SFJ 复示继电器 2;图中其余数字表示继电器的接点编号。

图2 道岔电机接口控制电路图

Fig. 2 Control circuit diagram of turnout motor interface

联锁办理进路时,首先驱动 DCJ/FCJ,以及 SFJ。在驱动 DCJ/FCJ 的同时,驱动 WDQDJ 和 CSQDJ(WDQDJ 和 CSQDJ 分别延时 6.5 s 和 30.0 s 后落下,具体延时由电机性能确定),该继电器与 DBJ/FBJ 配合使用,若道岔规定时间内未动作或一定时间内没有收到道岔表示信息,QDJ 失磁落下,道岔不再动作,从而实现磁浮道岔启动电路的技术条件 4 和技术条件 5。当 DBJ/FBJ 励磁时,表明道岔已经转换完毕,此时 QDJ 落下,切断动作电路,从而实现磁浮道岔启动电路技术条件 6。SFJ 用于控制道岔动作和锁闭电源。

当 SFJ 落下时,道岔端通过交流接触器切断与道岔动作相关的电源。在磁浮道岔控制接口电路中,SFJ 应早于 DCJ/FCJ 励磁,这样可避免道岔控制元件带载启动,进而实现磁浮道岔启动电路技术条件 9。

在 SFJ、QDJ、JZZJ 均励磁的条件下, DCJ/FCJ

励磁,通过图 2 所示电路使道岔转换系统开始工作,道岔开始转换。联锁驱动 SFJ、DCJ/FCJ 动作时,要确保道岔所在进路已解锁,从而实现磁浮道岔启动电路技术条件 2。

在 CBTC (基于通信的列车控制) 制式下, ZC (区域控制器) 负责判断道岔区段内是否有列车占用, 由此在道岔接口电路中可取消 GJ (轨道继电器)。当场段内只配置了联锁及点式 ATP (列车自动防护) 控制模式时, 应在图 2 所示的道岔启动电路中增加 GJ 的励磁条件, 以实现磁浮道岔启动电路技术条件 1。

当道岔处于进路办理所要求的位置时,联锁通过自身的逻辑判断,确定不再输出道岔操作指令,进而实现磁浮道岔启动电路的技术条件3和技术条件8。

3.4.2.2 道岔表示电路

通过道岔内部接口电路把道岔状态信息传输给信号系统。图3为单开道岔表示接口电路图。

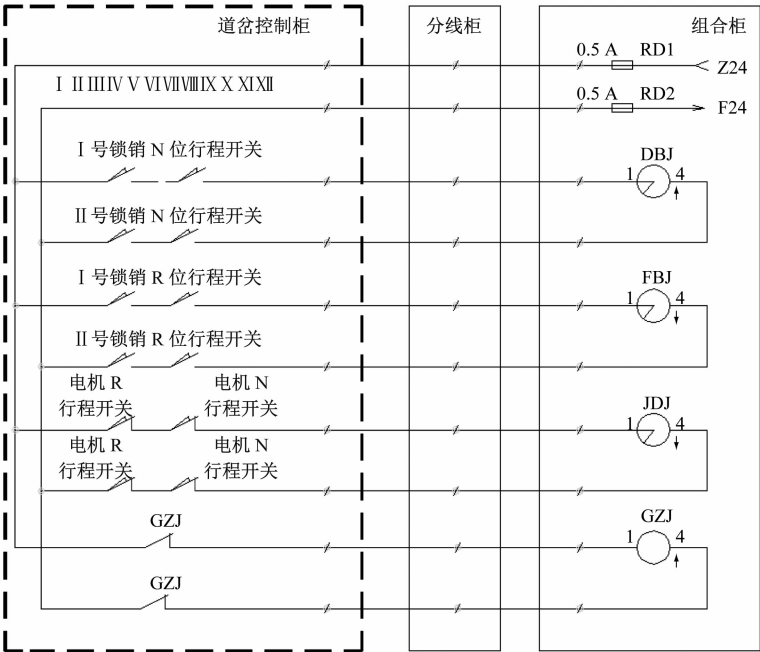


图 3 单开道岔表示接口电路图

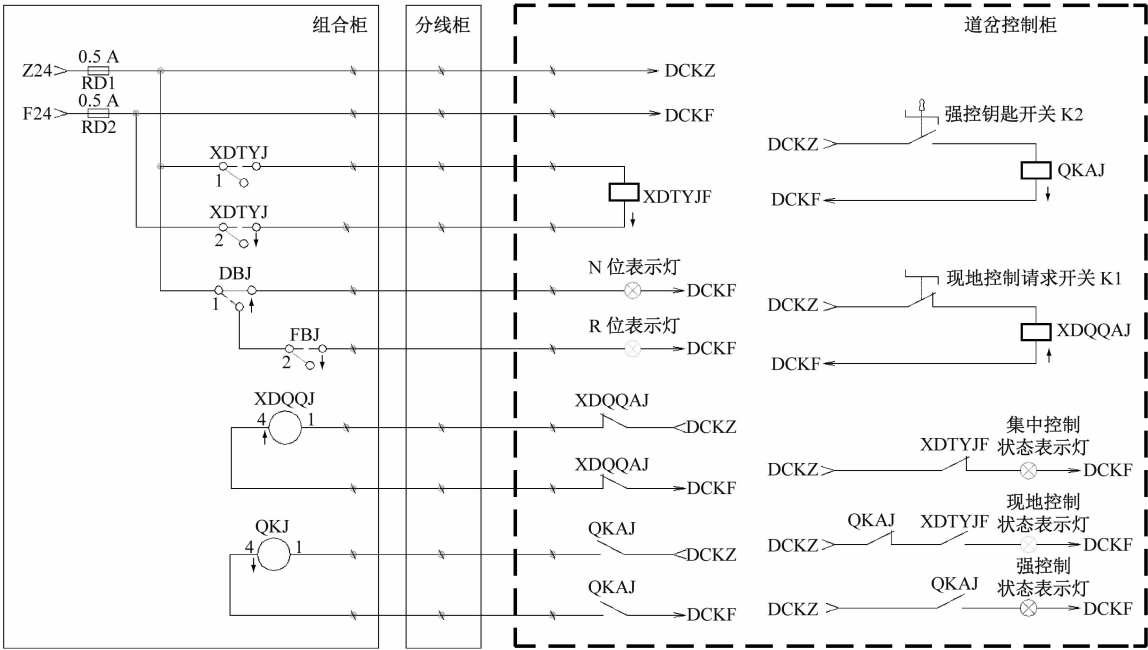
Fig. 3 Circuit diagram of single open turnout display interface

3.4.2.3 道岔控制模式转换接口电路

为实现道岔控制模式的转换,在道岔现地控制面板上设有相应的表示灯和控制开关,包括道岔位

置表示灯和模式表示灯,以及现地请求开关及强控开关等。

道岔模式控制接口电路图如图 4 所示。



注:DCKZ——道岔侧 24 V 电源正极;DCKF——道岔侧 24 V 电源负极。

图 4 道岔模式控制接口电路图

Fig. 4 Circuit diagram of turnout mode control interface

道岔进入现地控制模式后,未经现地人员操作(操作开关 K1),车站值班员不能单方撤销现地控制模式,从而实现磁浮道岔启动电路技术条件 7。

3.4.2.4 IBP 接口电路

为满足运营应急情况下道岔操作需求,在 IBP 上设置了道岔的应急操作按钮。工作人员按下 IBP

