

基于双断结构的机车安全环路系统分析与设计

陈奎¹ 邢涛^{1,2} 王秀玲¹ 刘美妍¹ 孙晓涛¹

1. 中车株洲电力机车有限公司, 中国·湖南 株洲 412001

2. 大功率交流传动电力机车系统集成国家重点实验室, 中国·湖南 株洲 412001

摘要: 安全环路是机车控制系统的重要组成部分, 是确保机车安全可靠运行的重要保障。现有机车、工程车安全环路一般采用失电紧急的控制方式, 在一定程度上提高了运行可靠性。但是, 对于传统的单断控制方式, 环路中某一个器件发生短路时, 机车将无法施加紧急制动, 影响行车安全。本文阐述了一种接触网 + 蓄电池机车安全环路的结构组成、部件性能、工作原理、冗余设计、双断方案, 为适应海外机车安全环路设计需求提供参考。

关键词: 安全环路; 失电紧急; 冗余设计; 双断

Analysis and design of the locomotive safety loop system adopting the dual-break architecture

Chen Kui¹, Xing Tao^{1,2}, Wang Xiuling¹, Liu Meiyang¹, Sun Xiaotao¹

1. CRRC Zhuzhou Locomotive Co., Ltd., China Hunan Zhuzhou 412001

2. State Key Laboratory of Heavy Duty AC Drive Electric Locomotive Systems Integration, China Hunan Zhuzhou 412001

Abstract: The safety loop is an important part of the locomotive control system and an important guarantee to ensure the safe and reliable operation of the locomotive. The safety loop of existing locomotives and engineering vehicles generally adopts the control method of power failure emergency, which improves the operation reliability to a certain extent. However, for the traditional single-break control method, when a certain device in the loop is short-circuited, the locomotive will not be able to apply emergency braking, which affects the driving safety. This paper expounds the structural composition, component performance, working principle, redundant design, and double-break scheme of a safety loop of a catenary + battery locomotive, which provides a reference for adapting to the design requirements of overseas locomotive safety loops.

Keywords: Safety loop; Power failure emergency; Redundant design; Double cut

1 概述

随着轨道交通技术的发展, 对机车安全运行提出了新的要求。特别是在紧急制动安全环路的设置, 原有的单断设计方式存在一定的局限性。根据市场的发展状况及用户的需求导向, 设计一种具有双断功能的安全环路具有较大意义。

安全环路由主从选择信号、机车模式选择信号、CCU 紧急制动信号、机车零速信号、CCU 无人警惕信号、制动系统信号、ATP 系统、列车重联信号等组成。机车安全环路是在结合了用户方以及 ATP 系统各方对安全方面的需求, 设计一种带有双断功能的安全环路; 同时设置 ATP 系统的投入与切除功能, 形成一套安全稳定、性能可靠的安全环路, 满足了用户对接触网 + 蓄电池机车运用的高标准、严要求。

2 安全环路结构

整套安全环路由司机室占用选择转换开关、机车模式选择转换开关、电空制动控制器、后备制动控制器、ATP

系统隔离转换开关、紧急制动按钮、安全环路激活按钮、安全环路激活指示灯、零速输出中继、紧急制动输出中继、自锁继电器、紧急制动继电器、紧急制动电磁阀等部件组成, 具体原理详见图 1、图 2。

图 1、图 2 中涉及部件代码对应名称及逻辑如下:

=21-S11、=21-S21: 一、二端司机室占用选择转换开关, 含“MASTER、SLAVE、SHUTDOWNW”三个档位;

=22-S12、=22-S22: 一、二端司机室机车模式选择转换开关, 含“SHUTDOWN、STANDBY、RMR、RMF、CM”五个档位;

=28-S11、=28-S21: 一、二端司机室电空制动控制器, 当在“紧急”位时, 触点断开;

=28-S31、=28-S41: 一、二端司机室后备制动控制器, 当在“紧急”位时, 触点断开;

=43-S12: ATP 系统隔离转换开关, 含“Normal、Bypass”两个档位;

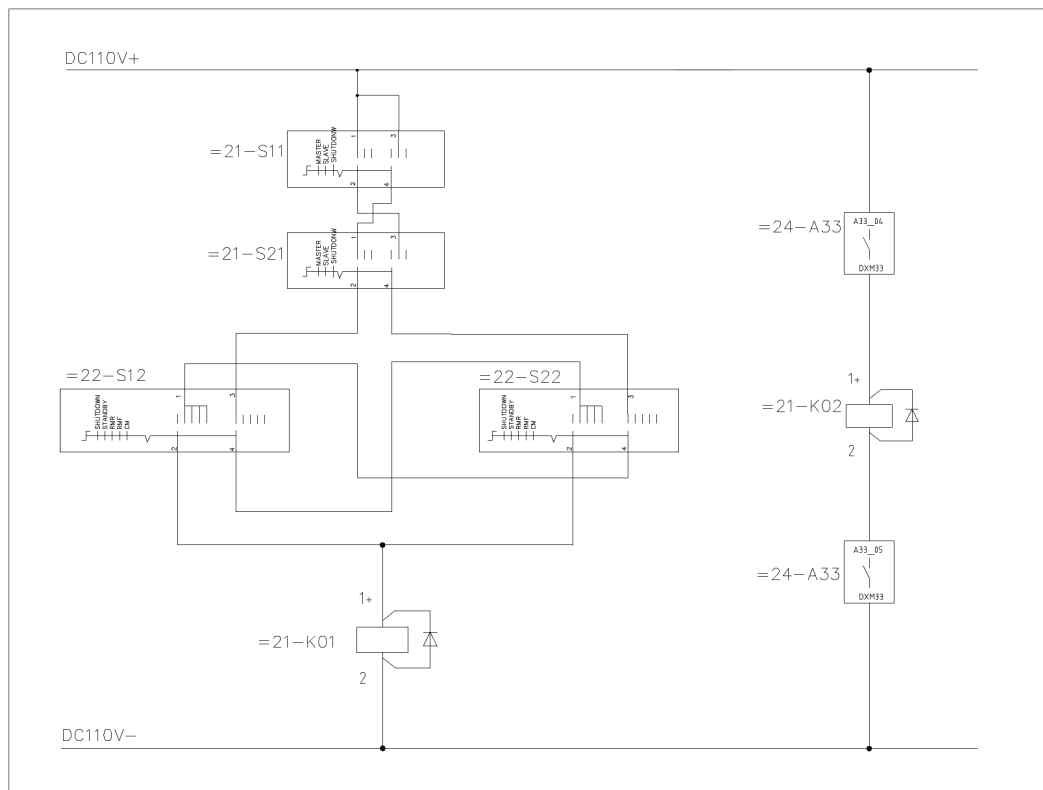


图1 模式选择与CCU紧急制动输出电路

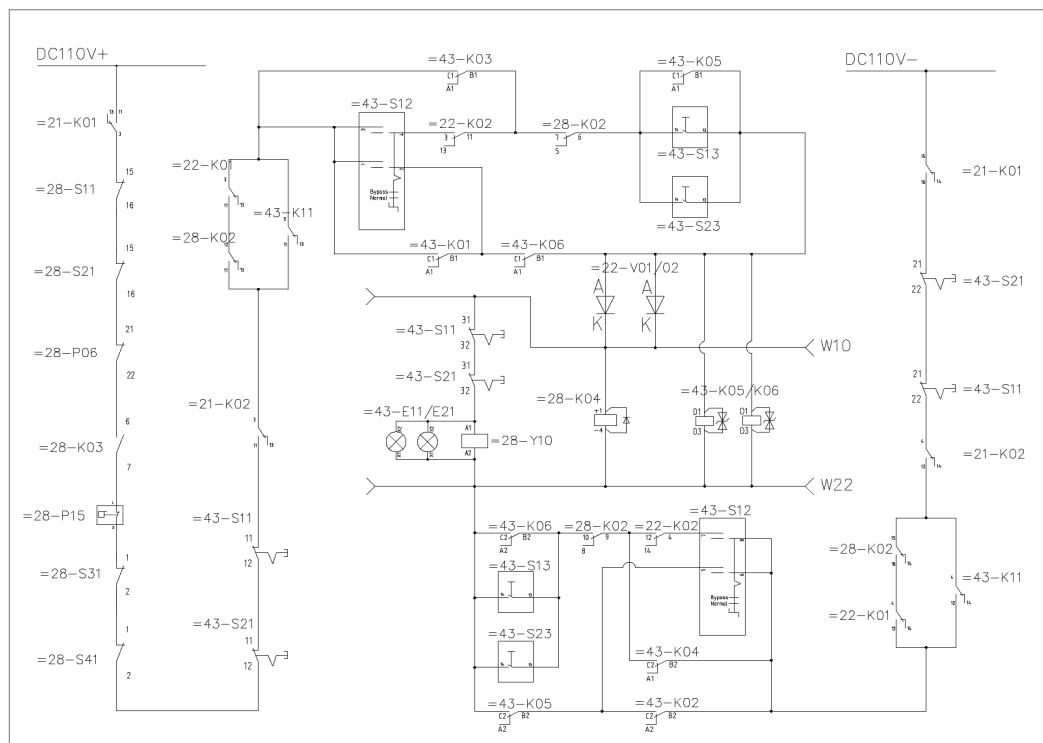


图2 紧急制动安全环路

=43-S11、=43-S21：一、二端司机室紧急制动按钮；

=43-S13、=43-S23：一、二端司机室安全环路激活按钮，当其它紧急因素均消失后，需手动按下此按钮激活安全环路，缓解紧急制动；

=43-E11、=43-E21：一、二端司机室安全环路激活指示灯，安全环路导通、紧急缓解时，指示灯点亮；

=22-V01/02：二极管，防止重联情况下，因部件短路而造成机车间控制电源窜电；

=24-A33: 机车紧急制动信号 CCU 输出;

=28-P06: 95 机械阀, 当列车管排风速度大于 75kPa/s 时, 触点断开;

=28-Y10: 紧急制动电磁阀, 失电情况下, 机车将执行紧急制动;

=28-P15: 总风压力反馈阀, 当总风缸压力 < 500kPa 时, 触点断开;

=21-K01: 司机室占用与机车模式选择中继;

=21-K02: CCU 输出紧急制动中继;

=22-K01: DCU 输出零速中继 1;

=22-K02: DCU 输出零速中继 2;

=28-K02: 制动缸压力开关中继, 由 BCU 控制, 制动缸压力 $\geq 310\text{kPa}$ 且机车速度为 0 时, 触点闭合;

=28-K03: BCU 输出紧急制动中继;

=28-K04: 安全环路紧急制动继电器;

=43-K01: ATP 系统紧急制动输出中继 1;

=43-K02: ATP 系统紧急制动输出中继 2;

=43-K03: ATP 系统输出零速中继 1;

=43-K04: ATP 系统输出零速中继 2;

=43-K05: 安全环路导通自锁继电器 1;

=43-K06: 安全环路导通自锁继电器 2;

=43-K11: 无人警惕紧急制动输出中继。

3 安全环路原理说明

根据安全环路原理图, 本环路采用了一种失电紧急的控制方式, 通过将所有关系到机车紧急制动的条件串入到一个环路当中形成闭环^[1]。当环路中所有紧急制动因素均缓解并手动按下安全环路激活按钮时, 环路导通, 紧急制动缓解, 机车可运行。当环路中的某一个条件被破坏, 致使环路断开, 机车将产生紧急制动而停车, 以保障行车安全。下面对安全环路原理进行具体说明。

3.1 占用与模式选择连锁

机车设置有司机室占用选择转换开关、机车模式选择转换开关, 仅一端司机室在占用状态 (占用选择转换开关在 “MASTER” 位)、另一端司机室非占用状态 (占用选择转换开关在 “SLAVE” 位)、占用端机车模式转换开关在非 “SHUTDOWN” 位、非占用端机车模式转换开关在 “SHUTDOWN” 位时, 配置正确。机车占用选择、模式选择配置完成后, =21-K01 继电器得电。如机车占用与模式配置不正确, 安全环路断开, 紧急制动无法缓解。

3.2 双断设计

对安全环路的相关设备及信号在环路的正负极两端进

行双断设计, 具体包括: 司机室占用与机车模式选择中继、紧急制动按钮、CCU 输出紧急制动中继、DCU 输出零速中继、无人警惕紧急制动输出中继、制动缸压力开关中继、ATP 系统隔离转换开关、制动缸压力开关中继、司机室安全环路激活按钮、安全环路导通自锁继电器。

通过双断设计在一定程度上保障了机车由于个别元器件故障导致整个安全环路不能断开的运行风险, 提高了机车在复杂运行情况下紧急制动输出的可靠性, 保障了机车运行的安全性。

3.3 冗余设计

安全环路对关键部件进行了冗余设计, 具体包含: DCU 输出零速中继、ATP 系统紧急制动输出中继、ATP 系统输出零速中继、安全环路导通自锁继电器、二极管。

通过冗余设计在一定程度上保障了机车由于个别元器件故障导致整个安全环路不能断开和不能导通的运行风险, 提高了机车得可靠性、安全性与可用性。

3.4 手动激活功能

机车每次动车前或紧急制动施加停车后都需要手动按下安全环路激活按钮, 以提高司机操纵机车的投入度。当安全环路中相关紧急制动因素都消失后, 安全环路仍处于断开状态, 通过安全环路激活按钮导通, 自锁继电器 =43-K05、=43-K06 均得电, 实现环路的持续导通。

3.5 信号系统投入与旁路

机车安全环路设置有信号系统投入与旁路转换开关, 在正常运行线路且信号系统无故障情况下, 将 ATP 系统隔离转换开关打在 “Normal” 位; 此时在零速情况下, 由信号系统输出零速信号, 非零速情况下, 由信号系统输出紧急制动信号。在无需信号系统或信号系统故障情况下, 将 ATP 系统隔离转换开关打在 “Bypass” 位; 此时在零速情况下, 由 DCU 输出零速信号, 非零速情况下, 旁路信号系统输出紧急制动信号。

3.6 单机与重联模式

单机运行时, 本机车安全环路导通实现紧急制动缓解。

重联运行时, 通过安全环路中设置的重联线 W10、W22 实现紧急制动信号传递给从控机车, 控制从车的 =28-Y10 电磁阀、=28-K04 紧急制动继电器, 以达到主控车控制从控车紧急制动施加与缓解的目的。重联情况下, 主控车安全环路导通、从控车安全环路断开, 可在从控车拍下紧急制动按钮, 致使 =28-Y10 电磁阀失电, 排尽编组列车管空气, 达到从控车手动紧急制动的目的。

4 安全环路功能的实现

安全环路采用失电紧急控制方式,当环路断开时,机车产生紧急制动,例如按下紧急制动按钮、制动缸压力不足(零速缓解)、总风压力低于设定值、列车管排风速度高于设定值、行车过程中占用端发生改变、机车运行模式改变、无人警惕装置超过设定时间未发生动作、来自BCU的紧急制动输出指令、来自CCU的紧急制动输出指令等。另外通过上述提到的双断设计、冗余设计,在一定程度上避免了由于个别元器件因为短路无法断开而导致整个安全环路无法断开的风险,从而提高了紧急制动输出的安全性与可靠性。

5 结语

安全环路综合考虑到了涉及到机车安全的相关因素及与之配合ATP系统的要求,将各个因素进行串联形成一个环路。同时,设置机车零速和非零速状态下,电流流经不同路径的方式,实现在零速下紧急制动缓解,非零速下运行的两个路径。此外,设置手动缓解紧急制动按钮,紧急

制动缓解指示灯,提高了司机操纵机车的投入度。采用失电紧急的方式并且对ATP系统设置的旁路功能,在提高机车安全性的同时降低了意外情况下机车发生机破的可能。

参考文献:

- [1] 顾新东,秦庆民,王秀玲.一种蓄电池电力机车安全回路电路设计[J].技术与市场,2016(23):87-88.
 - [2] 贺震,方舟.地铁车辆紧急制动响应故障原因分析及改进措施[J].机车电传动,2016(05):116-119.
 - [3] 吴安伟,李峰.地铁列车紧急制动环路研究及优化[J].现代城市轨道交通,2020(11):27-30.
 - [4] 易如方,丁伟民.香港蓄电池轨道工程车信号系统概述及设计分析[J].技术与市场,2014,21(06):102-103.
 - [5] 毛金虎.新加坡电力蓄电池双能源工程车制动系统[J].电力机车与城轨车辆,2012,35(01):11-13.
- 作者简介:陈奎(1994-),男,本科,工程师,研究方向:机车电气系统。