

HXD3C 机车主断路器异常断开 故障分析与处理方法

郝亮, 张心悦

(广州电力机车有限公司, 广东 广州 510850)

摘要: 在HXD3C机车运用阶段, 连续多次出现机车主断路器无故断开问题, 严重影响机车正常运行。为解决该问题, 根据HXD3C机车主断路器工作原理及HXD3C机车微机控制中主断路器断开的逻辑关系, 详细阐述了引起主断路器异常断开的条件, 并结合HXD3C机车C5修检修期间及机务段运用过程中实际发生的故障案例, 提出主断路器故障诊断方法和解决方案, 完善主断路器故障诊断处理流程, 并通过实际案例实施, 取得了良好效果。

关键词: HXD3C 机车; 主断路器; 故障诊断; 微机控制; C5 修

中图分类号: U269.6

文献标识码: B

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2020.02.033

Fault Analysis and Solution of Main Circuit Breaker Abnormal Disconnection of HXD3C Locomotive

HAO Liang, ZHANG Xinyue

(Guangzhou Locomotive Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510580, China)

Abstract: During the operation of HXD3C locomotive, there have been many consecutive problems of unexplained locomotive main circuit breaker opening, which seriously affects the normal operation of the locomotive. In order to solve this problem, according to the working principle of the main circuit breaker of the HXD3C locomotive and the logic relationship of the main circuit breaker opening in the microcomputer control of the HXD3C locomotive, the conditions that caused the abnormal disconnection of the main circuit breaker were elaborated in detail. Combined with the cases of faults actually occurred during the C5 maintenance and operation in depot of HXD3C locomotive, the main circuit breaker fault diagnosis methods and solutions were proposed and the fault diagnosis handling process was improved. The actual cases were implemented and good results had been achieved.

Keywords: HXD3C locomotive; main circuit breaker; fault diagnosis; microcomputer control; C5 maintenance

0 引言

HXD3C 0470 机车经广州电力机车有限公司 C5 修并在昆明机务段运行半年后, 在线上运行偶尔出现主断路器异常断开, 乘务员将牵引手柄回零后, 可立即合上主断路器, 但微机屏内事件记录里无任何关于该故障的历史记录, 此故障发生后, 会一直持续性出现。由于云南省内的电气化线路多山坡、分相区间距短,

此故障严重影响机车正常运行及线上运输秩序。在机车回段后, 进行库内高压试验, 并未出现类似故障。针对这一故障现象, 下面将对 HXD3C 机车主断路器异常断开故障进行系统分析。

1 主断路器的组成及工作原理

HXD3C 机车安装的真空主断路器型号为 22CBDP1^[1], 主断路器是整车与接触网之间电气连通、分断的总开关。

1.1 主断路器组成

主断路器组成结构见图 1。2 个陶瓷绝缘子 1 和 2 垂直安装，一个安装在另一个上面，然后通过铸铝基座安装在固定框架上，空气进气接头 22 和连接器 24 安装在基座侧面，由主开关触头和外壳装置组成的真空开关管 3 与断路器上绝缘子 2 用硅橡胶浇铸成一体，上、下铜铬铸造法兰浇铸在上绝缘子上，它们不仅用作主电流接线端子 23 和 24，而且支撑着接地开关（35KSDP1）的接地触头，上接线端子 23 用于 25 kV 高压电输入连接，下接线端子 24 连接主变压器一次侧的输入高压电缆，真空开关管 3 的操作装置通过传动杆 4 与活塞 15 连接，真空开关管动触头与压紧环 7 连接，电流通过软连线 14 从动触头连接到下接线端子 24，真空开关管内部是真空的，由于受环境压力作用，因此压紧环 7 会向上移动，弹簧座借助弹簧 11 和 12 的反弹力使真空开关管动触头保持断开状态，真空断路器的控制和监测设备（控制阀、压力开关、辅助触头等）安装在基座中。

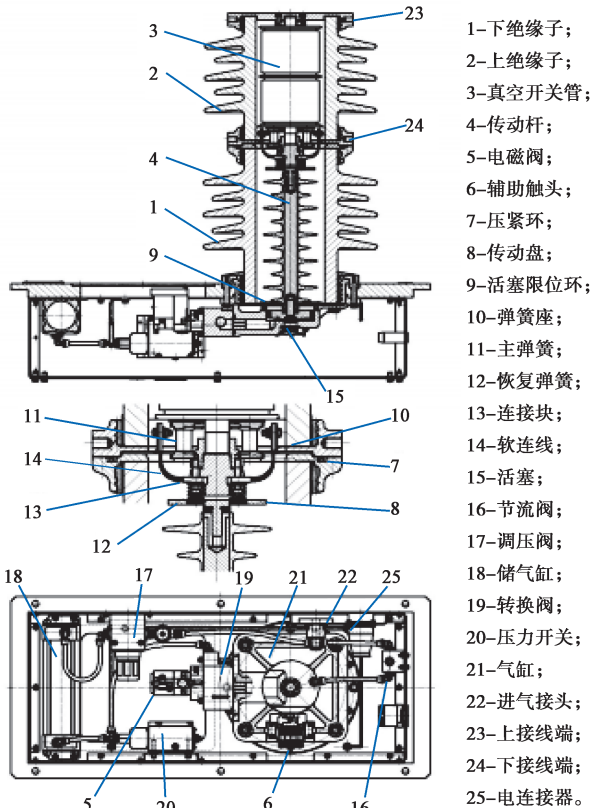


图 1 22CBDP1 型真空主断路器

1.2 工作原理

主断路器内部工作原理图见图 2。干燥的压缩空气通过进气接头 22 进入断路器后分为 2 路：一路通过调压阀 17 进入储气缸 18；另一路经过节流阀 16 进入下绝缘子内腔中，并起到吹扫作用，保证下绝缘子内腔的干燥及清洁，确保断路器安全工作（断路器正常工作时，在断路器基座中，并始终会听到压缩空气排出的声音，属于正常现象）。压缩空气经过调压阀后，将气压调节到 483~497 kPa。闭合主断路器时，电磁阀

5 线圈得电，打开电磁阀，储气缸中的压缩空气一路经电磁阀进入转换阀 19 的控制腔，打开转换阀，另一路通过转换阀送入风缸，驱动活塞、绝缘推动杆和主断路器的动触头上移，使真空断路器闭合。断开主断路器时，电磁阀线圈失电，电磁阀和转换阀均在弹簧的作用下复位，将风缸内的压缩空气释放掉，绝缘推动杆和主断路器的动触点在机械装置弹力作用下，向下移动，在小于 40 ms 的时间内将真空断路器的主触头断开。压力开关 20 与电磁阀 5 在电气上串联，当压缩空气压力降低低于 345~358 kPa 时，压力开关打开，电磁阀线圈失电，主断路器自动断开。要想重新闭合主断路器，压缩空气压力必须超过 390~420 kPa。为了确保断路器主触头闭合，电磁阀必须一直处于得电状态。当断路器活塞移动时，辅助触头 6 装配的凸轮板也随之运动，使断路器的 7 组辅助触头正常开闭。

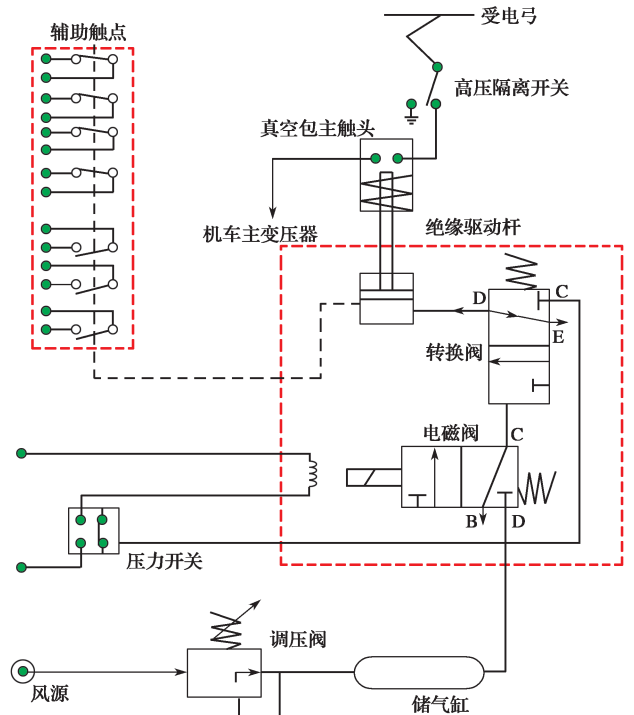


图 2 22CBDP1 型真空主断路器工作原理图

2 主断路器断开逻辑条件

根据大连东芝电气有限公司提供的 TCMS 控制逻辑图^[2]，可得知主断路器断开的条件如下：

① 机车正常模式下，网压异常导致主断路器断开，如图 3。

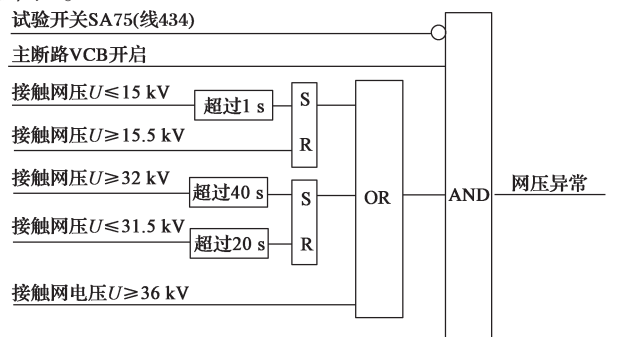


图 3 HXD3C 机车网压异常断开主断路器

从图 3 逻辑可以看出, 在接触网压低于 15 kV 或大于 32 kV 且超过 40 s, 或大于 36 kV, 将会导致主断路器断开, 此时导致主断路器断开的具体流程如图 4。

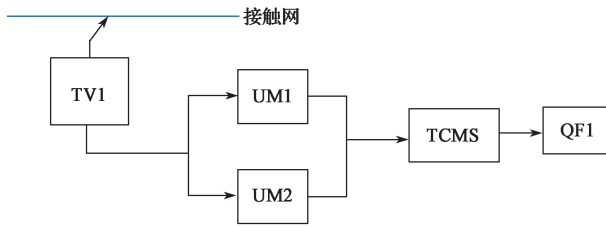


图 4 HXd3C 机车网压监测图

由图 4 可知, 通过高压电压互感器 TV1 检测到接触网压, 分别通过传送给主变流器 UM1 和主变流器 UM2 内的控制主机 PUZ22 基板; 控制主机 PUZ22 基板经过内部转换后, 将网压信号通过 RS485 传送给 TCMS 主机的 SIF1 基板, TCMS 内的 CPU 经过分析完成对主断路器的控制。

②机车正常模式下, TCMS 系统输入与主断路器有关的反馈高低电平信号异常致主断路器断开。

通过查阅大连机车车辆有限公司出版的 HXd3C 机车电气原理图^[3]可以得出一些电平信号异常会导致机车主断路器断开, 具体高电平信号见图 5。

根据 HXd3C 电气原理图, 可以总结出在机车升弓主断路器闭合工作下图 5 中相关高低电平信号的闭合情况, 具体见表 1。

根据 HXd3C 机车电气原理图中主断路器有关信号

反馈, 在库内模拟机车在不满足任意一个条件下的主断路器及受电弓状态, 试验情况见表 2。

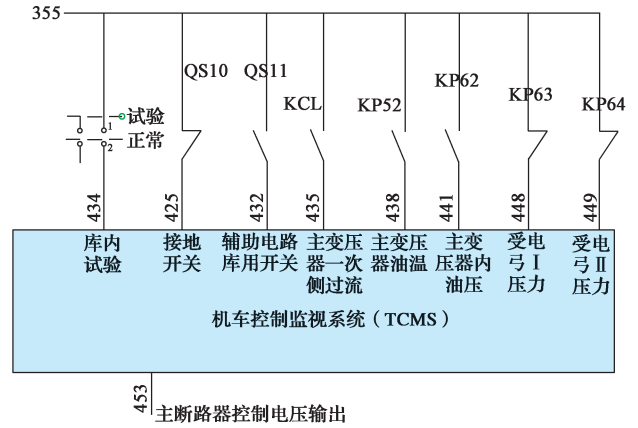


图 5 HXd3C 机车主断路器相关的高低电平信号

表 1 主断路器正常情况下各反馈信号状态表

序号	反馈信号名称	反馈信号状态	备注
1	受电弓 I 压力 448	448 为高电平	受电弓升起后, 变为低电平
2	受电弓 II 压力 449	449 为高电平	受电弓升起后, 变为低电平
3	主变器内油压 441	441 为低电平	
4	主变器油温 438	438 为低电平	
5	一次侧过流 435	435 为低电平	
6	高压接地开关 425	425 为高电平	
7	高压隔离开关 I 427	427 为高电平	
8	高压隔离开关 II 428	428 为高电平	
9	库内试验转换开关 434	434 为低电平	

表 2 机车正常模式下主断路器异常断开条件统计表

序号	试验项点	试验方法	故障现象
1	受电弓 I 压力开关 KP63	短接线路 448 与 355 (压力开关短接 1 和 2 点)	微机屏报受电弓 I 故障、跳主断路器、受电弓降下
2	受电弓 II 压力开关 KP64	短接线路 449 与 355	微机屏报受电弓 II 故障、跳主断路器、受电弓降下
3	检查辅助压缩机压力开关 KP58 (U43.02)	短接线路 812 与 899 (压力开关的 1 和 2 点)	主断路器断开、受电弓降下、辅助压缩机启动打风、微机屏左上角报主断路器风压不足, 事件不会记录
4	高压接地开关 QS10 (信号 425)	通过将高压接地开关辅助联锁触点拔出 (XT62 的 27 点)	主断路器断开、受电弓降下、微机屏左上角报高压接地开关辅助触点未闭合
5	高压隔离开关 QS1 (信号 427)	因高压接地开关辅助触点正常为常开触点为低电平, 只能模拟得电	主断路器断开、受电弓降下、微机屏左上角报高压隔离开关辅助 1 触点闭合
6	高压隔离开关 QS2 (信号 428)	因高压接地开关辅助触点正常为常开触点为低电平, 只能模拟得电	主断路器断开、受电弓降下、微机屏左上角报高压隔离开关辅助 2 触点闭合
7	一次侧过流 KCL (信号 435)	将控制电柜后方 KCL 一次侧电流继电器的 11 点与 14 点短接	主断路器断开、微机显示屏会报主变器一次侧过流
8	主变器油温 KP52 (信号 438)	通过端子 2 的端子排 XT71 的 19 点引进一个高电平	主断路器断开、微机显示屏故障记录会报主变器油温过高
9	主变器油压 KP62 (信号 441)	通过端子 2 的端子排 XT71 的 20 点引进一个高电平	主断路器断开、微机显示屏故障记录会报主变器油压力过高
10	库内试验开关 SA75 (信号 434)	机车处于主断路器正常闭合状态, 将控制电器柜面板库内试验开关由正常位转置试验位	主断路器断开、微机屏不会报任何故障、当转换开关处于正常位后, 主断路器可以合上
11	紧急按钮 SA103 和 SA104	在库内高压状态下 (未给方向及牵引) 按下紧急按钮	主断路器断开、制动屏报牵引封锁, 同时触发紧急制动。当紧急按钮恢复后, 主断路器可以自动合上
12	检查主断路器硬线供电信号 453	在库内高压状态下 (给方向及牵引) 按下紧急按钮	主断路器断开、制动屏报牵引封锁, 同时触发紧急制动、牵引手柄归零后, 主断路器不会自动合上

③上述 2 种主断路器异常断开的前提均是微机控制系统 AE41 输出的合主断路器电源 453 正常且可以

连续保持, 在机车正常运行阶段, 微机控制系统 AE41 输出的 453 在主断路器保持电路出现中断情况下, 同

样会导致主断路器断开,故需要查找影响合主断路器输出 453 信号保持电路丢失的故障点。

根据微机柜内继电器盘图纸中关于主断路器联锁继电器的逻辑条件,可以分析影响主断路器异常断开的条件。

对主断路器联锁信号图进行简化得出关于主断路器闭合逻辑的示意图(见图 6)。

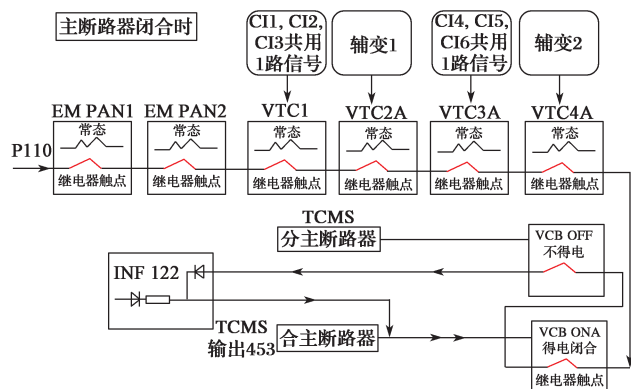


图 6 主断路器闭合时主断路器联锁逻辑保持电路示意图

从图 6 可知,存在 CI 与 APU 因故障输出分断路器的硬线信号令主断路器保持电路中断的情况。由于 TCMS 监测不到 CI 与 APU 分断路器的信号,该信号也不在微机系统控制逻辑里,那么即使主断路器保持电路因 CI 与 APU 的分断路器信号得电而中断,当合主断路器时,TCMS 还是会发出 DO-453 的脉冲信号,只是保持不住而已。故当 APU 或 CI 任意一个发生故障,均会导致主断路器断开。

3 主断路器异常断开故障诊断

结合 HXD3C 0470 机车在线路上运行的具体故障现象及库内模拟试验情况,初步将主断路器异常断开的原因归结于继电器盘内主断路器保持电路中断,从而确定主断路器异常断开是由 3 种情况导致:

- ① CI 和 APU 故障;
- ② 微机柜内继电器盘自身故障;
- ③ INF 盘自身故障。

3.1 CI 故障导致主断路器断开

通过查阅 HXD3C 机车培训教材可知,牵引变流器 CI 或 APU 因检测到输入过载、输出过载、牵引主电路二次侧输出接地、IGBT 短路、交流接触器 AK/K 断不开都会导致分断主断路器。当出现上述情况中的任意一种均会导致主断路器保持电路失电,从而导致分断主断路器;但结合实际故障现象,确定不存在因上述过载或接地导致的故障,怀疑因牵引变流器内 RY 基板上的微型继电器存在粘连或吸合电压出现波动导致瞬间报 CI 故障,从而中断主断路器保持电路电源。

3.2 TCMS 继电器和 INF 盘故障导致主断路器断开

根据主断路器闭合时的主断路器保持电路逻辑可

知,在 TCMS 继电器盘内安装了 6 个常闭联锁继电器和 1 个 INF 电压转换盘;当 TCMS 继电器盘内任意继电器或 INF 盘本身故障均会引起主断路器保持电路中断。

4 故障部位定位

根据以上分析可知,故障部位被确定为 3 处,分别为牵引变流器内 RY 基板、TCMS 内继电器盘、微机柜内 INF 板。协调有关公司售后人员对上述疑似故障部位对应的部件进行更换,分别将 HXD3C 0470 机车与段里的 HXD3C 0615 机车互换了 TCMS 继电器盘、与 HXD3C 0655 机车互换了 INF 盘、与 HXD3C 0507 机车互换了 RY 继电器盘,最终故障在 HXD3C 0507 机车重现,通过逐一排除最终确定牵引变流器 2 对应的 RY2 基板上的继电器存在问题。

5 同类型故障处理方法

同一时间段内,广州电力机车有限公司在保机车中的配属南昌局向塘机务段 HXD3C 0346 机车出现类似故障,机车在运行过程中,无故跳主断路器,调速手柄回零位后,主断路器立即可以合上;对比 HXD3C 0470 机车故障处理经验,快速锁定是牵引变流器 CI4 内 RY 继电器基板故障导致,更换 RY 基板后,线上运行正常。

6 结语

针对 HXD3C 机车主断路器异常断开故障,作为机车检修人员及运用人员,首先应以主断路器断开的逻辑为前提,结合机车实际故障发生时的现象进行逐一排除。当微机屏有具体故障提示时,可根据故障提示,锁定故障点,此类故障较容易判断;当微机屏无故障提示时,可根据前面提出的 3 个可疑故障点入手,通过对疑似故障件进行互换,快速确定故障部件,为维持机车正常线上运用提出有力技术支持。

参考文献:

- [1] 中国北车集团大连机车车辆有限公司. HXD3C 型交流传动快速客运电力机车使用说明书 [Z]. 大连:中国北车集团大连机车车辆有限公司,2012.
- [2] 大连东芝机车电气设备有限公司. 列车监控系统(TCMS)功能说明书 [Z]. 大连:大连东芝机车电气设备有限公司,2010.
- [3] 中国北车集团大连机车车辆有限公司. HXD3C 电力机车线路原理图 [Z]. 大连:中国北车集团大连机车车辆有限公司,2012.

作者简介:郝亮(1992—),男,主要从事 HXD1 和 HXD3 系列机车整车试验工艺研究。