

# HXD2型电力机车主断路器可靠性

高振武

中国铁路郑州局集团有限公司新乡机务段 河南 新乡 453000

**摘要:** 随着我国铁路交通运输的发展, 高速列车已经成为人们出行时首选的交通方式。为了方便机车驾驶员, 提高其行车安全和可靠性。因此我们需要采用先进、可靠等技术手段来对列车运行进行监测与控制, 从而保证车辆及货物在运输过程中不发生故障或超限情况而影响乘客乘坐体验; 同时也要加强牵引供电系统, 以达到快速制动、高稳定运行以及减少机车车辆损坏降低维修成本为目的的要求。

**关键词:** HXD2型电力机车; 主断路器; 可靠性

## 1 HXD2型电力机车主断路器可靠性理论研究

### 1.1 可靠性的工作过程

由于HXD2型动车采用的牵引方式为高速行驶, 因此在启动和制动过程中都要保证主从动臂两头位置处于同一条直线上。为了防止车辆通过桥身后轮子而造成车体脱轨事故发生, HXDBU1(左)接有两台发电机。该故障属于行车低谷期运行状态下的自激振荡; 其主要原因是车重较高时导致车轮转速降低, 从而引起牵引力不足。车辆在启动和制动过程中, 由于受运行条件限制, 可能会发生低谷期。因此HXD2型动车采用双轮差速断路器, 其故障切除时间为列车正常启动后30~40分钟; 而当车辆减速停车时HXD2需要立即切断主从动臂的接通电源(牵引电机)并进行紧急加速或熄火检修操作。

### 1.2 主断路器的可靠性措施

1.2.1 主变压器的备用, 因为HXD2联络线路是两条既有线, 所以在启动或更换发电机时可以使用两台双绕组工作方式。当主变压器故障或检修时, HXD2线路的两个联络线是备用, 所以在启动/更换发电机工作状态下可以使用一台双绕组运行方式。

1.2.2 断路器故障后应尽快恢复供电。因此要定期对主变进行检修。如果发生了故障需要切除电源以后也应该及时切断电路恢复正常运行。

1.2.3 当空车通过时, 断路器工作, 空车在通过时, 牵引电机启动。当机车加速到指定速度(10%)的时候。由于动车组动力整流装置采用全功率传输技术。所以主变压器处于高压状态下运行; 而电力机车是高速工况和低转速情况下会出现高电压、大电流等故障问题会造成制动性能下降、冲击能量变强以及电气设备损坏等一系列后果; 因此对于断路器可靠性研究也显得尤为重要, 而对其可靠性分析主要包括了断开合闸的时间长短及接线是否正常。

### 1.3 HXD2型电力机车主断路器可靠性问题

主断路器的作用是保证列车在各种故障情况下都能安全、可靠地运行, 并且能够迅速将机车熄灭。HXD2型动车由于采用的是双电源供电, 所以当两发电机线路电压超过一定值时需要启动备用电抗器来确保电力机车正常运行。但是随着经济和技术的发展以及人们对车辆舒适度要求不断提高等因素使得原来系统已经满足不了负荷日益增长的需求了故障发生越来越多、容量也愈来愈大这就造成断路器在可靠性方面出现一些问题。主断路器是电力机车的主要保护元件之一, 其作用就是在车辆启动和制动到事故情况下, 能够平稳安全地将机车熄灭。但是由于该类型动车使用的是高速运行状态中的电气设备多采用电弧型或机械式动力装置进行保护工作(如牵引力矩、减速机转速等); 所以当线路发生故障不能正常供电时或者需要频繁跳闸而导致断路器失灵后失去了作用; 另外是在紧急情况下, 主变压器高压侧会有大量电流通过。

在铁路交直流系统中, 主变压器和发电机是其重要的电气设备, 它主要将电力转换成直流电, 并通过桥式起升机构使之成为中间传递线路电能的桥梁。由于电力机车负荷变化大、变电站结构复杂等因素造成了故障电流不断上升。为了保证牵引力得到良好保护以及机车能够安全可靠运行正常运转需要对断路器进行一系列改进措施来提高主变压器和自动装置在检修中的可靠性, 同时也要满足系统发展要求。

### 1.4 HXD2型电力机车主断路器可靠性问题解决机制

随着我国经济的发展, 铁路交通里程和运输量不断提高, 机车在运行过程中出现故障问题。主车发生断路器跳闸事故。造成了人员伤亡。为了减少损失、保证安全生产是需要解决的核心问题之一就是线路进行检修消除隐患并及时处理故障; 同时也要加强牵引电流系统

管理等方面来保障行车安全以及降低经济损失率；所以针对以上这些情况提出如下解决方案：

(1) 提高制动控制和自动重合闸能力，以确保机车正常通过主桥变电所后，控制主桥断路器跳闸的时间。

(2) 根据断路器结构特点和故障情况，采用全电流保护，并选择一种有效制动方式。

(3) 对A/B转换继电器进行选型、设计及验证其是否能满足要求；利用PLC实现主电路控制、测量等功能模块；通过软件编程使之具有可读性强等优点（硬件部分可以方便地修改程序中的问题）。

## 2 HXD2型电力机车主断路器故障分析

### 2.1 故障类型

HXD2型主电力机车故障的原因是：断电后电流较大，所以在高速运行时，电流很大。如果没有及时排除可能会造成人员伤亡。

2.1.1 牵引继电器工作不正常；当机车起动至下一站时由于启动时间过长而导致制动压力不足或者自动重合闸不能有效进行；当空车加速到一定速度之后由于安全不良等问题使动车组无法快速通过牵引继电器而引起事故的发生等等这些情况都有可能是断电后电流过大，所以要及时切断电源防止故障。

2.1.2 断开重合闸时发生了机械性过电压和瞬时冲击电流。

2.1.3 在跳车或自动运行过程中可能出现瞬间大负荷甩尾现象而引起主变压器突然过热烧坏等严重事故。

### 2.2 主断路器的结构形式

主断路器是由隔离开关和操纵闸板、开关三大部分组成的。两回路中两路电源为进油，通过高压旋向线路，输出动力。在空载情况下可能会发生短路。因此对其结构要求也很高：

①应满足检修安全；②具有足够制动能力；③能使电路工作可靠并保证行车平顺性良好等基本条件和特点的操作方便、维修简单且使用灵活是主要考虑因素之一。

主断电最常见的是隔离开关，它的作用是保证列车连续运行，主电路故障时不会影响机车正常供电；然而当线路发生短路或断线后需要切除一部分负荷才可以使牵引变压器和动车继续安全地在该电网进行工作。由于隔离开关的负载能力大、接头处没有电接触以及检修设备容易出现故障等原因造成了大量能量损失与环境污染问题也使得它对机组可靠性要求较高，所以对于HXD2型电力机车主电路有一定重要意义。

## 3 主断路器结构可靠性计算

### 3.1 结构可靠性分析的常用方法

断路器的可靠性分析方法有：经验法、故障树及统计调查表法。

3.1.1 经验法。采用经验判断和因素集判定析相结合。通过对断开继电器或互感器等设备进行检查，并结合负荷等级确定检修计划，从而得到可靠度较高且经济性好的开关主变压器或联络线路；同时根据系统运行方式选择合理有效的牵引电流计算方法来校验电气设备中各部分短路点及接地电阻、电压损失以及动稳定裕量（如TAM）。

3.1.2 故障树法。故障树法是一种定性分析方法，通过对电气设备的运行情况进行模拟得到其状态变量。

3.1.3 统计调查表法。统计调查表法是指通过对原始数据的分析，发现其中存在问题，然后在这些基础上采取的措施。

### 3.2 主断路器可靠性评估

在主断路器的可靠性评估和建设计中，通常使用的是基于故障分析、性能计算等基础上进行的综合评定。但由于受各种因素影响，往往是一个相对独立于线路稳定性之外并相互制约关系而具有一定联系。因此为了保证电力系统安全可靠运行以及继电保护装置动作时更加准确及时地反映电网实际工作情况与出现故障后设备所可能造成事故及冲击电流的大小之间存在矛盾，必须对主断路器可靠性展开全面评估和分析研究。由于主电路在断开故障时，会产生一定的电流，当电流过大，可能导致电力变压器损坏。因此需要对主继电器进行可靠性分析。根据负荷等级和行车速度确定了空载列车发电机励磁回路中所使用的电源开关器件型号及数量、接线方式等；通过计算和比选各单元组合成一组用于牵引L1KV/220kv(H侧)断路器装置的变频设备，并将其作为一个统一参数来校验该系统是否满足设计要求。

### 3.3 结构可靠性对比

根据HXD2号钢的结构参数，该类型主变压器采用的是断路器分段式双绝缘单相接地方式。在运行过程中由于故障灯没有亮、不亮或者损坏。从理论上分析可知：主变电流有效值为两相短接时最大载频；当电压下降到一定程度后导致变压器出现过流状态和超温等故障引起了系统的异常情况，所以该类型变压器是属于正常工作条件下进行维修的设备。

主变压器是在电力机车受电弓内变电进行转换，因此，其故障状态对牵引机车及电气设备都有较大影响。而当牵引车发生一系列故障或三相短时启动瞬间切除。此时由于负荷变化小、频率低等特点会导致制动性能下降和系统振荡甚至损坏设备也可能危及行车安全；所以

应尽量减少断路器的级数来提高可靠性并降低成本；同时还可以采用分段开关，在线路检修或大修阶段进行分列控制保护动作，减少分段开关的数量，提高断路器操作速度，从而降低故障率。

#### 总结语

HXD2型高速动车组是我国目前使用最为广泛的新型动车。它主要由两股四根制动钳、两套牵引供电变压器和两根车轮。由于机车采用ABS技术，所以在其主减速电机上都有BKV斩波装置与双绞轴牵引系统等中间驱动设备来对列车进行安全有效的保护；同时也可以利用单相断开电路使高速动车组进行隔离故障并保证行车的安全性，从而达到减少事故发生概率以及提高经济效益的

目的。本文主要介绍HXD2型新型干式智能动车主减速电机上相应结构特点以及ABS装置等中间驱动设备、断路器和隔离开关机构组成；并通过可靠性分析，得出其失效机理与故障描述，对主减速电机上的断路器和隔离开关进行了详细设计，从而为HXD型高速动车组厂生产过程中可靠性评估提供依据。

#### 参考文献：

- [1]何勇.HXD3型电力机车主断路器可靠性分析[J].,2020:85-87.
- [2]陈伟.HXD2型电力机车主断路器隔离故障原因分析及解决措施[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2015:282-283.