

运用检修

HXd2 机车主变流柜故障问题的分析

任广慧

(中国铁路总公司驻大同机车车辆验收室, 山西 大同 037038)

摘 要: 介绍 HXd2 新八轴机车在段运用过程中发生主变流柜炸裂的故障, 对引起主变流柜炸裂的具体原因利用故障树进行了详尽的分析, 并制定了相应的改进及预防措施, 避免了类似故障的发生。

关键词: HXd2 机车; 主变流柜; 功率模块; 炸裂; 故障树; 6A 系统

中图分类号: U269.6; U264.3⁺7 文献标识码: B
文章编号: 1000-128X(2015)02-0110-02
doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2015.02.027

HXd2 新八轴电力机车是在 HXd2 机车基础上自主开发的交流大功率电力机车, 单轴功率 1 200 kW, 总功率 9 600 kW, 是目前国内货运牵引的主力车型之一。



图 1 事件故障记录

从故障记录表中同时还可以看出 10 s 之后(2013-12-31T17:48:08)主断路器再次闭合。在机车主断路器第 2 次闭合后, 机车处于惰行状态, 手柄级位为 0, 机车速度 31.3 km/h, 网压 27 697 V, 全车负载仅为辅助负载, 但是机车 DDU 记录到有较大的一次侧电流(118~136 A), 持续时间记录 29 s。在时间节点 2013-12-31T17:48:50, 机车处于惰行状态, 手柄级位为 0, 机车速度 12.8 km/h, 网压 28 437 V, DDU 显示屏报出“四象限 2 工作接触器故障”, 导致机车主断路器再次断开。

1.2 功率模块炸裂分析

主变流柜下门板被严重烧灼, 透过轴 1 下门板可

2013 年 10 月 HXd2 新八轴机车开始装用永济电机公司自主研发生产的主变流器, 机车主要配属安康、包头西等机务段承担货物运输任务。12 月 31 日, HXd2 1087 号电力机车在线运行时发生 A 节 1 轴主变流器“电器拉弧放电”故障, 6A 系统烟雾报警器实施报警, 机车被迫救援。

1 主变流柜的故障分析

机车回段后, 将故障主变流器拆除, 对变流柜整体进行检查, 发现轴 1 下门板上有一较大烧灼孔洞, 四象限功率模块和中间支撑电容烧损, 同时光纤、复合母排等相关部件均有不同程度的烧损, 斩波电阻两侧、箱体顶部有表面发黑、油漆脱落现象, 随后将故障变流器返回永济进行故障分析。

1.1 下载数据分析

机车回段后对司机显示单元 DDU 及系统处理单元 MPU 进行了数据下载, 机车事件记录显示, 当时机车处于牵引工况, 手柄级位 3.4 级, 机车速度 31.4 km/h, 网压 28 736.5 V, 报“四象限 1 的 B 相上桥臂驱动故障”、“四象限 1 的 B 相下桥臂驱动故障”、“四象限 1 工作接触器故障”, 导致机车主断路器断开, 事件故障记录如图 1 所示。

清晰看到内部四象限复合母排已被严重烧灼, 烧损严重部件有支撑电容、输入铜排、四象限功率模块。拆除柜门板对柜内部件进行检查: 电容、复合母排、功率模块上部烧损较下部严重, 此处电缆绝缘层烧损; 高压区上部有被烟熏的痕迹; 斩波电阻外观完整, 阻值正常, 仅有被烟熏黑痕迹; 将电容拆下, 电容外壳无严重变形, 外壳局部烧损, 露出内部电极, 油泄漏; 复合母排电极螺栓处电弧击穿 2 个孔洞; 拆除模块复合母排, 四象限 B 相桥臂 4 只 IGBT 炸毁; 此处水冷基板有击穿孔洞, 其他水路冷却系统未发现破损。

为了更直观地对故障进行明确的分析, 利用故障树对本次较为复杂的故障进行机理分析及失效过程还原, 以“主变流器电器拉弧燃烧故障”为顶事件进行故障树分析, 如图 2 所示。通过最小割集分析可以确

定导致顶事件发生的各种因素组合，用于分析本次故障发生原因，并确定各项因素的重要度，从而指导后续整改方案。割集指的是故障树中一些底事件的集合，

当这些底事件同时发生时，必然导致顶事件的发生。最小割集指的是：若某割集中所含的底事件任意去掉一个就不再成为割集了，这个割集就是最小割集。

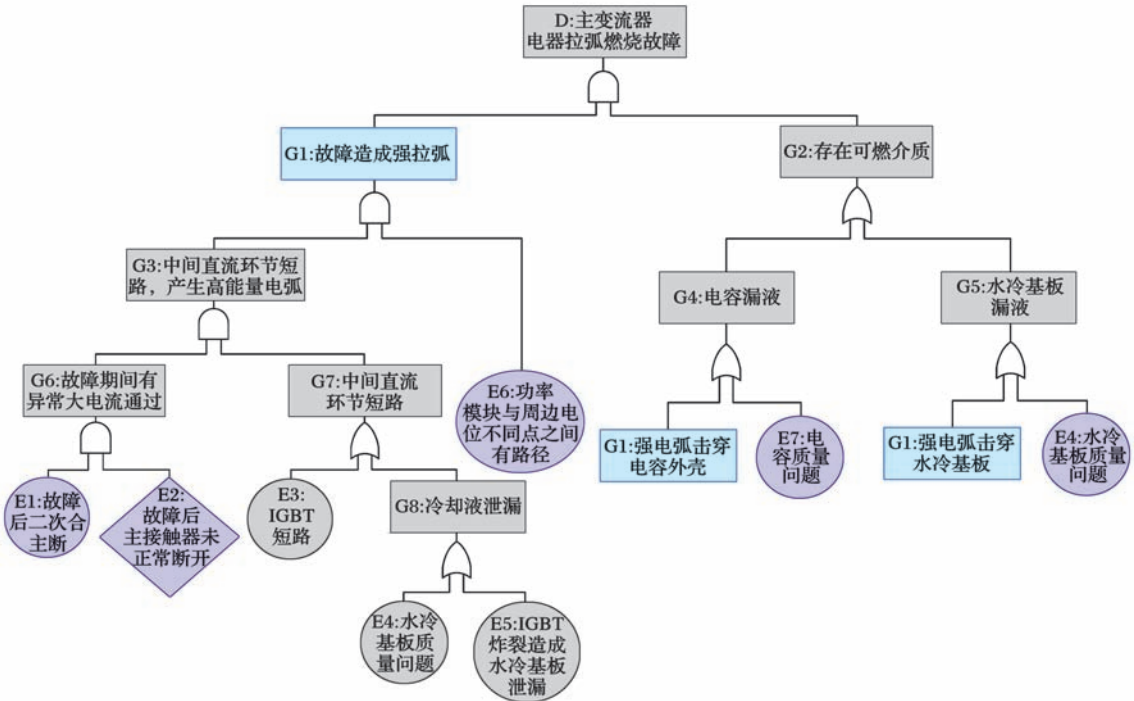


图 2 主变流柜烧损分析故障树

本次分析最小割集：
{E1,E2,E3, E6}{E1,E2,E4, E6}{E1,E2, E5, E6}
根据各事件在最小割集中出现频次可判定其重要度，见表 1。

表 1 事件重要度分布表

事件编号	因素描述	重要度
E1	故障后二次合主断	重要度为 I
E2	故障后主接触器未正常断开	重要度为 I
E6	功率模块与周边电位不同点之间有路径	重要度为 I
E3	IGBT 短路	重要度为 II
E4	水冷基板质量问题	重要度为 II
E5	IGBT 炸裂造成水冷基板泄漏	重要度为 II

从上述故障树可以看出导致顶事件“主变流器电器拉弧燃烧”故障发生的因素有 6 个，如表 2 所示。
根据本次拆解分析，可以初步排除掉 E4、E5 这 2 个事件，简化最小割集为 1 个：{E1,E2,E3,E6}。
E1：故障后二次合主断；
E2：故障后主接触器未正常断开；
E3：IGBT 短路；
E6：功率模块与周边电位不同点之间有路径。
以上 4 个事件同时发生导致了本次顶事件故障的发生。

2 分析结果与改进

当 IGBT 短路发生故障后主接触器未正常断开，故障后二次合主断，导致故障进一步扩大，造成功率模块与周边电位不同点之间强拉弧，击穿电容外壳造成

油泄漏，同时击穿水冷基板造成冷却液泄漏，油被电弧点燃。变流器柜门为铝质材料，引弧后烧灼成洞。

表 2 “主变流器电器拉弧燃烧”故障树影响因素分析表

编号	因素描述	因素分析	因素影响
E1	故障后二次合主断	从 MPU 下载数据中可以看出，变流器在 2013-12-31 T17:47:58 故障，17:48:07 司机进行了合主断操作	主要因素 重要度为 I
E2	故障后主接触器未正常断开	从 DDU 下载数据中可以看出，变流器在 2013-12-31 T17:47:58 报主接触器故障	主要因素 重要度为 I
E3	IGBT 短路	从 DDU 下载数据中可以看出，变流器在 2013-12-31 T17:47:58 报“四象限 1 的 B 相上桥臂驱动故障”，即发生 IGBT 短路	次要因素 重要度 II
E4	水冷基板质量问题	根据拆解中的现象分析，水冷基板破裂部位为整块铝板（无焊缝），外部有灼烧痕迹，初步判定不是水冷基板自身质量问题导致的破裂	排除
E5	IGBT 炸裂造成水冷基板泄漏	根据拆解中基板灼伤位置及痕迹，初步判定 IGBT 炸裂不是造成水冷基板泄漏的原因	排除
E6	功率模块与周边电位不同点之间有路径	根据拆解中的现象分析，功率模块故障点对电容方向有电弧放电及烧损痕迹	主要因素 重要度为 I

根据故障树分析结果，对目前关注的 3 项主要因素及 1 项次要因素进行了整改，整改的具体措施见表 3。
(下转第 113 页)