

# 重汽豪沃电动集卡高压绝缘故障分析及处理措施

谢 雄 黄瑞锋 郑卓波

( 宁波梅东集装箱码头有限公司 浙江宁波 315800 )

**摘 要:** 随着电动流机设备在我公司规模化应用, 电动集卡作为港区集装箱平面运输主力军, 在高强度的作业中, 设备故障时有发生, 维修人员需具备电动集卡维修技能的重要性已日益凸显。本文就我公司重汽豪沃电动集卡出现的高压绝缘故障进行深入的分析, 并提供了可借鉴性的处理措施。

**关键词:** 重汽豪沃电动集卡; 高压绝缘故障; 故障分析及处理

## 一、前言

港口作为交通运输的枢纽和对外交流的窗口, 在促进国际贸易和地区发展中起着举足轻重的作用, 近年来, 随着港口的快速建设发展及货物贸易量的不断增加, 港口生产建设对海洋、陆域的环境影响问题日益凸显。减少碳排放, 打造绿色港口已经成为港口行业的普遍共识。电动工程机械具有零排放、低噪声的特点, 发展纯电动设备产业, 已渐成为工程机械行业解决能源短缺、降低环境污染的首选途径。

梅东公司在打造绿色低碳示范港进程中, 通过不断探索与实践, 已找出最适合港区作业场景的流机设备电动化之路, 并快速形成规模效应。目前我司有电动叉车 24 台、电动正面吊 2 台、电动堆高机 6 台、电动集卡 164 台。电动集卡包括重汽 HOWO 电动集卡 62 辆、重汽 HOVA 电动集卡 29 辆、三一电动集卡 53 辆, 电动集卡已在梅东公司大规模应用。

与传统燃油集卡的 24V 低压供电系统相比, 电动集卡多了一套高压配电系统, 其中动力电池作为新能源汽车的心脏, 输出电压高达 700V。重汽 HOWO 电动集卡进入港区时间早, 且数量较多, 随着设备使用年限增加, 高压绝缘故障也偶有发生, 尽管出现的频次不高, 但这一故障涉及高压, 如若处理不当会对设备以及维修人员都会产生较大影响, 存在较大的安全隐患。本文就针对重汽豪沃电动集卡出现高压绝缘故障后如何分析和处理进行深入研究, 以便于今后遇到相应故障能安全、规范地处理。

## 二、重汽豪沃电动集卡整车高压系统介绍

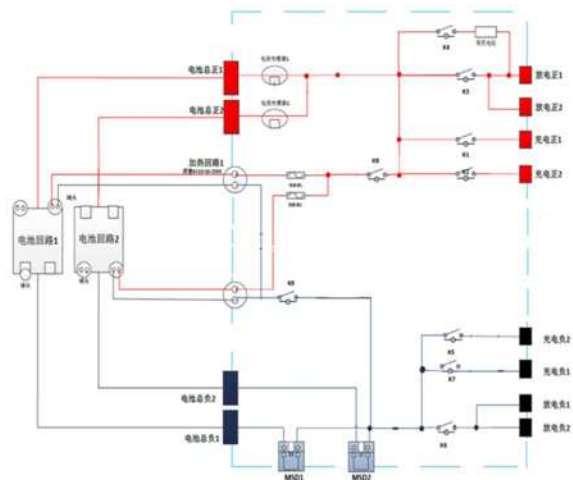
我司重汽纯电动牵引车高压系统主要包括储能系统(动力电池)、充电系统、电池管理系统(BMS)、动力系统(动力电机)以及高压附件、元件。高压绝缘检测主要对象有: 动力电池、高压配电箱、四合一控制器、电机控制器、动力电机、电动空调、PTC 水暖加热器。重汽电车的高压系统构成及原理如图一:



图一

### 1、高压配电箱

高压配电箱主要是由高压继电器、MSD、熔断器、电流传感器等组成。高压配电箱通过高压继电器将电池的高压电能分配到各个高压子系统。控制模块根据传感器的数据, 实时监控电流、电压和温度, 并通过控制高压继电器来实现电流的通断。同时, 保险丝和其他保护装置在出现异常情况时会自动切断电路, 保护系统安全, 高压配电箱电气原理图如图二所示:



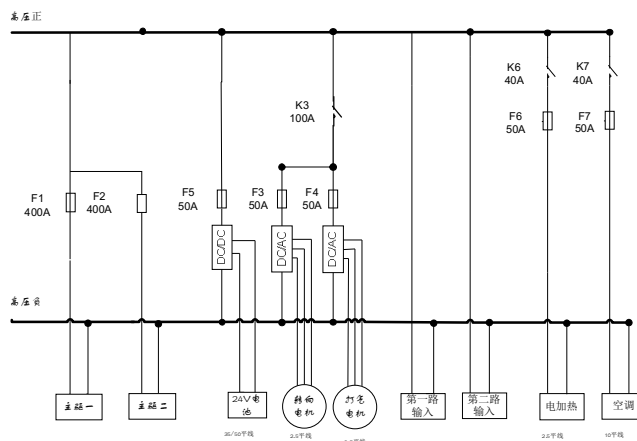
图二

### 2、四合一控制器

四合一控制器主要是由气泵 DC/AC、油泵 DC/AC、DC/DC、保险、继电器等构成。四合一控制器将多个独立的控制器集成到一个单元中, 实现了更高的集成度和更高效的控制, 该控制器将以下四个主要功能模块整合在一起:

- (1) 油泵控制器: 用于驱动并控制助力转向电机。
- (2) 气泵控制器: 用于驱动并控制空气压缩机。
- (3) 低压电源控制器: 用于将动力电池高压电转化为 24V 低压电, 为整车和铅酸提供低压电源。
- (4) 电能分配: 根据电机控制器(主驱 1、主驱 2)、PTC(电加热)、空调的电能需求, 合理分配电能, 确保各系统正常运行, 并在出现异常时采取保护措施。

四合一控制器电气原理图如图三所示:



图三

### 3、电机控制器

电机控制器将取自高压配电箱的高压直流电转为三相交流电提供给驱动电机。而驱动电机将电能转为机械能，提供车辆行驶的动力。同时，驱动电机也可以将行驶中产生的机械能(如制动效能)转化为电能，最终输送给动力电池进行能力回收。

### 三、高压绝缘故障分析及处理

#### 1、高压绝缘故障现象

高压绝缘故障分为绝缘一级故障（仪表显示⚡️图标）、绝缘二级故障（仪表显示⚡️⚡️图标）、绝缘三级故障（仪表显示⚡️⚡️⚡️图标，并蜂鸣提示），绝缘一级故障 VCU（整车控制器）不作处理，车辆可正常运行，绝缘二级故障 VCU 对车辆进行功率限制，绝缘三级故障整车高压下电，并延时 30S 或者车速低于 5km/h 切断转向助力。

#### 2、高压绝缘故障原因分析

(1) 由于在港口作业，经常会出现台风大量雨水天气状况，这很容易引起电动设备的受潮，从而引发绝缘报警故障；

(2) 随着设备的长时间运行，线路与设备的绝缘老化，线束屏蔽层与主线束接触也是引起绝缘故障的重要原因之一；

(3) 高压部件损坏导致内部绝缘问题；

(4) 绝缘检测仪或者检测线束损坏（相对较少）。

#### 3、高压绝缘故障处理措施

绝缘一级：500kΩ < 绝缘电阻值 < 700kΩ；绝缘二级故障：180kΩ < 绝缘电阻值 < 500kΩ；绝缘三级故障：绝缘电阻值 < 180kΩ。

出现绝缘故障，首先对故障位置进行判断，低压上电前将总电关闭 5min 以上，首先低压上电，观察大约 1min，如果绝缘阻值在 1000kΩ 左右以上，则可以判定除电池冷却和电池加热外的电池主回路没有绝缘问题；如果绝缘出现了明显降低，则为电池主回路问题。低压上电就有绝缘问题，则观察一下电池主回路以外的高压接口，有没有明显残留水渍的地方或者容易积水、进水的位置，重点进行排查；将明显有水渍的连接器断开，然后高压上电进行测试，观察绝缘电阻以及故障显示，是否消除，如无法消除时候需要进行下列步骤：

(1) 对于无法清除报警灯的高压绝缘故障，维修人员需借助重汽诊断工具连接车端 CAN 线接口采集报文，具体采集哪路 CAN 线，需要结合与故障报警部件通讯相关电路板来判断；

(2) 保存故障代码文件，对照故障代码解析表解析出来故障范

围；

(3) 根据故障范围进行一一排查修复。

报文解析后的故障原因能够锁定范围不能确定是哪一个部件及线束。以报文解析出四合一绝缘故障为例，维修人员要排查的部件包括四合一控制器模块以及四合一相关附件，排查步骤如下：

- 首先将车辆下高压，再断开 MSD 开关和低压电瓶，起升驾驶室找到四合一控制器，等待 15 分钟，让车辆进行高压放电。
- 检查四合一控制器：拆除四合一高压接线柱上的各个高压母线，用绝缘表分别测量 DCDC 模块、气泵模块、油泵模块、空调暖风高压配电模块的每一路高压线路和部件与外壳的绝缘情况，值得注意的是，我司纯电集卡采用的磷酸铁锂电池输出的直流电压可达 480V-700.8V，所以绝缘表选档为 1000V，看测量的阻值是否低于规定的标准值。低于标准就需要更换相关模块线束。同时检查四合一里面的主继电器与其他继电器是否粘连短路，有问题及时更换。更换好相关配件后试车，无故障报警故障排除。
- 检查四合一相关高压附件：检测四合一控制器无绝缘以及其他问题，继续检查四合一相关高压附件。包括电动转向油泵、电动打气泵、暖风 PTC 加热以及空调压缩机高压设备。观察高压母线有无磨损或者接头松动现象，然后依次拔掉空调压缩机、PTC 暖风加热器、电动打气泵、电动转向油泵高压线后重新上高压，当故障消除就证明刚拔掉高压线的设备本身故障造成绝缘报警，检测故障高压设备绝缘阻值即可。确定故障元件后更换故障模块。如果还是无法上高压，考虑故障为存留信息，清除故障码高压正常，故障消除。

### 四、结论

港口在逐步地转型升级进程中，港口设备也在快速的升级换代，设备状态与港口生产效率、生产安全密切相关，快速掌握新设备、新技术、新工艺是港口设备维护人员必备技能，电动集卡这类新能源设备故障（如高压绝缘故障）需要我们重点关注。绝缘故障的检测与排查过程比较复杂，通过本次对高压绝缘故障的全面剖析，可拓展设备维修思路，提高自身的职业技能水平。

### 参考文献：

[1] 重汽智能化纯电动牵引车售后培训材料。

第一作者：谢雄