

# 一种水冷电机的驱动控制装置的研究

任 锁 张 飞 许文杰

(北方魏家峁煤电有限责任公司)

**摘要：**当前矿山开采或者隧道工程中用的矿车有机械式或者风冷电机驱动形式，由于工况复杂，矿车不仅要求设备小型化，而且对载重量及牵引力需要很高，要求动力输出可靠、稳定并且可控，目前的矿车驱动形式对工况适应性不足，因此研制开发一种水冷电机的驱动控制装置来满足以上需求，既有实际应用价值，也有较高的创新及可研度。

**关键词：**水冷电机；驱动控制装置

## 0 引言

从功能提升，系统集成、结构紧凑等方面，结合行业技术进步的优点，自行开发了适用于矿山开采及隧道工程使用的轮轨矿车水冷型电驱控制装置，该装置能够适应各种坡度及载重条件的动力输出使用工况，为矿山开采及隧道工程的安全运行提供了可靠的保障。

## 1 轮轨矿车的驱动控制装置介绍

矿山按开采形式有露天矿及井下矿，其中井下矿是最普遍的挖掘开采形式，井下矿的矿石多采用轮轨矿车转运，由于矿车载重量大、工作时间长，因此对矿车的工作效率及稳定性要求高。以往矿车多采用机械式驱动，在坡道较陡且载重量大的情况下，驱动效率低，需要很大的马力才能前进；随着电气技术的发展，电动式驱动逐渐取代了机械式驱动；由于井下开采工作环境特殊复杂，对整个电机驱动控制系统要求很高，要求长寿命、易维护、高可靠性。目前驱动

电机多采用风冷散热形式，电机体积大，可靠性低，需要经常保养维护，使用成本高；因此为提高工作效率及保证整个电机驱动系统的工作稳定性，并且实现设备小型化，开发一种水冷电机的驱动控制装置来满足矿车的生产使用。

## 2 水冷电机的驱动控制装置的概述

该套装置中的电机控制器和水冷电机作为主驱动部件为轮轨矿车提供驱动力，电机控制器采用水冷冷却方式，和被驱动的水冷电机的冷却回路串联，构成闭式水管；电机控制器通过 PWM 发波对电机进行调速控制，为电机提供可调的电压及频率，来满足轮轨在恒功率和恒转矩输出工况下的使用；电机控制器的核心功率器件采用高频高压的绝缘栅双极晶体管 IGBT 作为开关管，完成直流到交流的逆变输出过程；整个装置的散热采用水冷方式，功率密度大，换热效率高，冷却管路采用闭式，可以有效避免复杂工作环境对冷媒介质的影响，从而保证整个设备的冷

却循环系统安全可靠，换热器采用风、水热交换形式，采用风机自然风强迫风冷的换热方式，该方式简单，可靠，成本低。该系统装置鉴于以上优点，对该控制装置的深入研究就非常实用，也非常必要。

### 3 水冷电机的驱动控制装置的设计

为解决目前矿山开采矿车遇到的实际问题，现开发的水冷电机的驱动控制装置，由1套壳体组件、2个水冷电机控制器（逆变器）、1个风水冷换热器、2个水泵、2个交流水冷电机、1个VCU整车控制器、1台系统辅助电源及1个系统接线箱等组成。

壳体组件的构成如图1所示。整体呈长方体，包含有后进风板，前出风板、左右侧板、顶盖板，内部焊接骨架；该壳体采用防水结构，可以有效防止雨水进入装置内部，前出风板上设置有圆形冷却液液位观察窗，可以实时监控换热器内部冷却液的液位变化情况，前出风板上设置有通风防雨百叶，可以有效防止雨水进入。顶盖板上设置有冷却液补液添加口，便于添加冷却液。焊接骨架采用方钢焊接组立，底部有支撑。

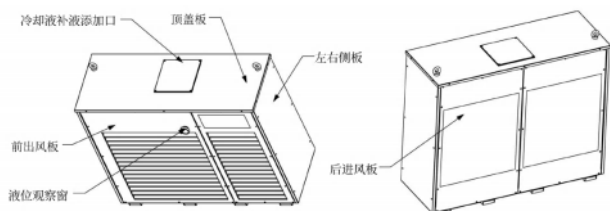


图1 壳体组件结构示意图

电机控制器（逆变器）采用水冷散热方式，具有体积小，功率密度高的优点，每个电机控制器设置有1个进水口和1个出水口，供逆变器散热循环使用，该逆变器为高压直流输入，通过逆变转化为3相交流输出，并且电压及频率可调，从而控制电机的运转，为主电机提供可靠的驱动电源；同时逆变器有控制信号接口，用于电机控制及检测信号的接收和发出。逆变器采用压铸铝材质，密封可靠，防护等级

高，可以保证持续稳定工作。

风水换热器的构成如图2所示，采用后部进风、前部出风的风冷排布形式，散热出风端采用6台高速电子风机排风散热，具有体积小、转速高、排风量大的优点，6台风机均布在换热器正面，保证散热均衡稳定；冷却液的进出端均采用2路进水和2路出水的方式，每路循环水单独接水泵，这样使散热系统独立可靠。2个水泵内嵌在换热器下部，使得冷却水路路径最简，可以有效保护水泵，并且有效利用设备空间，使体积小小型化；换热器前面有可拆卸的风机安装板，便于水泵的接线维护。

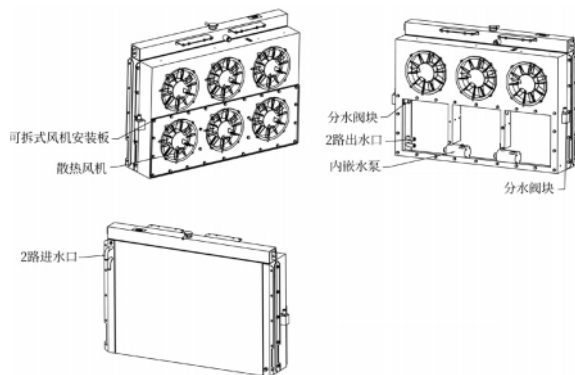


图2 风水换热器结构示意图

2台交流水冷电机均采用独立控制模式，控制原理图如图3所示，对应整车的前轮和后轮的驱动电机，采用水冷冷却方式，具有结构尺寸小，散热可靠，免维护的优点。

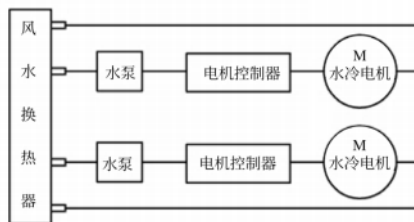


图3 控制原理图

VCU整车控制器是整车控制的核心控制器，通过CAN总线实现对电驱系统、热管理系统等的管理，具体包括档位、加速，制动控制，及控制系统

的低压、高压上下电等。通过 CAN 总线实现 VCU 和 2 台控制器之间的信号通信。

系统辅助电源，输入电压是高压直流输出电压是直流 24V 电源，主要给水泵、风机、2 台控制器和 VCU 作为低压供电使用，保证整个系统的供电稳定可靠。

系统接线箱主要是将车载蓄电池的高压直流供电分配给 2 台电机控制器（逆变器），作为电机控制器的主电源，并同时给辅助电源供电。接线箱内部有支路保险丝，起到保护控制器的作用，在接线箱的底部和后部设计有电缆进、出线孔，用于系统的高压直流电缆的接入和分配输出。

#### 4 水冷电机的驱动控制装置的内部布局

本开发的一种水冷电机的驱动控制装置，内部整体布局科学，合理，紧凑，功能性强，现场维护方便，可靠性高，如图 4 所示为驱动控制装置整体布局图。风水换热器布置在装置的中心位置，通过螺栓固定在内部焊接骨架上，2 台电机控制器布置在换热器的顶部，并且进出线及水路接口彼此朝向两个端部，这样有利于现场接线及接水；2 台控制器固定在水平安装板上；辅助电源放置在装置的正前右上方，系统接线箱和辅助电源并排布置在前左上方，水泵布置在风水换热器的底部，2 个分水阀块布置在换热器的左右侧面，便于连接水泵到控制器进水端的水路，VCU 整车控制器放置在装置的左上端部的内侧，方便接线及保护；整个装置的电气接线及水路连接，均采用从装置的背后下部进出，整体布局规范。

#### 5 水冷电机的驱动控制装置的运行控制过程

VCU 接到 PLC 发出的启机唤醒指令后，辅助供电系统开始工作，先启动设备冷却循环系统，VCU 继而给出电机控制器高压上电合闸指令，控制器启动

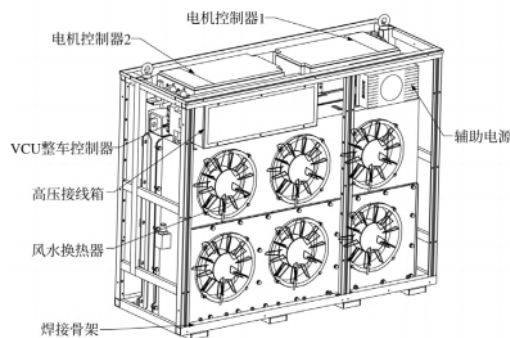


图 4 驱动控制装置整体布局图

输出，水冷电机运转，系统设置有各种保护功能，如过流、过压、欠压、超温、风机转速异常等保护功能，当 VCU 检测到异常信号时，会对电机控制器发出停机或者降功率指令，保证矿车安全运行。

#### 6 结束语

与现有技术比较，开发的水冷电机的驱动控制装置，使电机和电控高度集成在一起，作为整车的驱动核心，电动矿车采用该电机驱动控制系统，具有启动平稳，行驶平稳，速度可调，能适应各种坡度和载重量工况可靠性高，使用方便，结构紧凑，安装方便。

#### 参考文献

- [1] 谭新元. 牵引逆变器 SHEPWM 控制技术的研究[J]. 中国电机工程学报, 2001(9).
- [2] 郭盼盼, 张浏骏, 段杰芳, 等. 风水换热器流场特性及其影响规律探究[J]. 变频器世界, 2021(10).
- [3] 吴琳, 王宏光. 水冷电机冷却系统设计与计算[J]. 机械设计与制造, 2008(8): 40-42.
- [4] 拓应全. 电牵引采煤机电控系统设计与实现[J]. 能源与环保, 2023, 45(2): 215-220.

(收稿日期: 2023-11-22)