

露天煤矿矿用重型自卸卡车燃油高位声光报警系统的设计与实现

宋利平

准能集团哈尔乌素露天煤矿 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要: 针对露天煤矿矿用重型自卸卡车燃油加注过程中易发生冒溢油的难题,本研究设计并实现了一种燃油高位声光报警系统。该系统以同轴电容液位计和声光报警显示仪为核心组件,通过实时监测油箱液位,在液位过高时及时发出声光报警信号,有效规避燃油浪费与环境污染问题。文章从系统设计背景出发,详细阐述系统原理、组成结构、设计方案,并深入开展技术可行性、经济可行性和操作可行性分析。研究结果表明,该系统具备高精度、强抗干扰性和高可靠性,能够显著提升露天煤矿燃油管理效率,为露天煤矿智能化发展提供重要技术支撑,具有广阔的应用前景和推广价值。

关键词: 露天煤矿; 矿用重型自卸卡车; 燃油高位声光报警系统; 同轴电容液位计

1 引言

露天煤矿作为我国煤炭产业的关键构成部分,承担着重要的能源开采任务。矿用重型自卸卡车作为露天煤矿物料运输的主力设备,其燃油消耗在运营成本中占据相当大的比重。据统计,在露天煤矿生产运营成本结构里,重型自卸卡车的燃油成本占比通常高达38%左右。在燃油加注过程中,由于传统液位监测手段存在局限性,油箱呼吸阀故障频发,以及液位观察孔易受灰尘、泥污影响等问题,导致燃油加冒溢油现象频繁发生。燃油加冒不仅造成大量燃油浪费,增加企业运营成本,同时还会引发环境污染等一系列问题,甚至可能因燃油泄漏引发火灾等严重安全事故。因此,研发一种高效可靠的燃油高位报警系统,对提升露天煤矿燃油管理水平、降低运营成本、保障安全生产和实现绿色可持续发展具有重要意义。

目前,露天煤矿智能化研究多集中于运输自动化、智能矿山建设等领域,这些研究为提升煤矿作业效率、推动行业智能化发展提供了有力支撑。然而,在矿用重型自卸卡车燃油管理方面,尤其是如何有效避免燃油加注过程中的冒溢油问题,相关研究仍存在较大空白。燃油冒溢不仅直接导致大量燃油浪费,增加企业运营成本,还会带来环境污染与安全隐患,严重影响露天煤矿的经济效益与可持续发展。因此,研发一种高效可靠的燃油高位报警系统,精准管控燃油加注过程,减少燃油损耗,对露天煤矿降低成本、实现绿色低碳发展具有重要的现实意义和迫切需求。

2 系统设计背景

2.1 哈尔乌素露天煤矿现状

哈尔乌素露天煤矿是我国大型现代化露天煤矿之一,拥有102台矿用重型自卸卡车承担日常煤岩运输任务。以MT5500型卡车为例,其油箱容积达4928L,单车日均燃油加注量超过4000L。在实际运营中,燃油成本成为该矿最为重要的成本支出项目之一。近年来,随着设备老化以及传统监测方式的局限性,卡车加注燃油时冒溢油情况频繁发生,造成巨大的经济损失和环境污染。据统计,每台卡车每年因加冒溢油导致的燃油浪费价值较大,全矿累计损失数额也在高位。^[1]

2.2 现有问题

当前,矿用重型卡车在加注柴油时,主要依赖液位观察孔和油箱顶部呼吸阀蜂鸣报警进行液位监测和加满提醒。然而,这种传统监测方式存在诸多弊端。一方面,油箱呼吸阀长时间使用后易出现老化、故障,导致报警信号失灵;另一方面,液位观察孔极易受到露天煤矿恶劣工作环境的影响,被灰尘、泥污覆盖,使司机难以准确判断燃油液位。此外,油槽车加注燃油时油罐压力较大,一旦发生冒溢油现象,短时间内燃油溢出量巨大,进一步加剧了经济损失和环境危害。

3 系统概述

3.1 系统目标

本论文旨在研究设计并实现一套高精度、高可靠性的燃油高位声光报警系统。该系统能够实时、精准监测矿用重型自卸卡车油箱液位,当液位达到或超过设定阈值时,迅速发出声光报警信号,提醒司机及时停止加注燃油,有效避免燃油加冒溢油现象的发生。同时,系统需具备较强的抗干扰能力,能够适应露天煤矿高温、高

尘、强电磁干扰等恶劣工作环境，操作简便，便于安装与维护。

3.2 系统原理

燃油高位声光报警系统主要由同轴电容液位计和声光报警显示仪两部分组成。同轴电容液位计基于同轴电容原理，当油箱内液位发生变化时，会引起电容值的改变，通过检测电容值的变化即可实现对油箱液位的精确测量。声光报警显示仪与同轴电容液位计相连，实时接收液位数据并进行处理显示。当液位高于设定值时，声光报警显示仪启动声光报警装置，以声音和灯光双重提示方式，及时引起操作人员注意，实现燃油加注过程的安全监控。系统采用24V直流供电，该供电方式既兼容汽车启动电压，又能保证系统在各种工况下稳定运行。

4 系统组成及设计

4.1 同轴电容液位计

同轴电容液位计是整个系统实现精准液位监测的核心部件，其矢量图如图1所示。

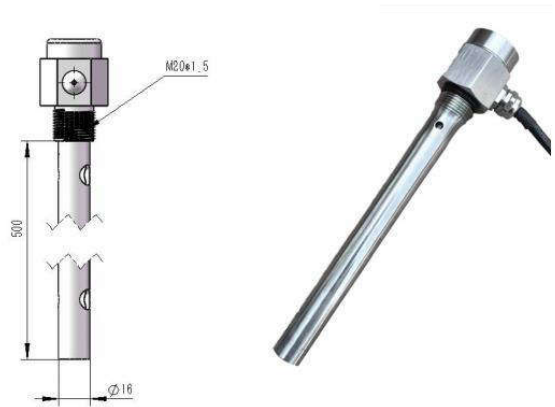


图1 同轴电容液位计矢量图

4.1.1 技术参数

测量原理：基于同轴电容原理，利用液位变化导致电容值改变的特性，实现对油箱液位的高精度测量。该原理具有测量精度高、响应速度快、抗干扰能力强等显著优势，能够为系统提供准确可靠的液位数据。

长度规格：标准长度为500毫米，同时支持根据实际油箱高度进行定制化生产，可满足不同型号卡车油箱的测量需求。以哈尔乌素露天煤矿2米高度油箱为例，通过定制合适长度的液位计，能够确保测量范围覆盖整个油箱，实现全量程液位监测。

安装方式：采用螺纹安装方式，安装过程简便快捷。安装时，拆除原有呼吸阀，将液位计直接安装在相应位置，通过螺纹拧紧固定，确保安装牢固且密封良好，既能防止燃油泄漏，又能保证油箱具备正常的呼吸

泄压功能。

供电要求：采用24V直流供电，具备良好的电源兼容性，能够有效适应汽车启动时的电压波动。同时，在设计 and 制造过程中，对线路和设备进行了严格的绝缘防爆处理，满足煤矿等易燃易爆危险环境下的安全使用要求。

4.1.2 性能特点

一是高精度测量：高精度测量：能够实现对油箱液位的精准测量，测量精度可达±1%以内，满足露天煤矿对燃油液位监测的高精度要求，为系统准确判断液位状态提供可靠依据。

二是抗干扰能力强：通过采用屏蔽电缆和滤波电路等技术措施，有效抵御汽车运行过程中产生的电磁干扰，以及露天煤矿复杂环境中的其他干扰因素，确保测量数据的准确性和稳定性。

4.2 声光报警显示仪

声光报警显示仪作为系统的人机交互和报警执行部件，其矢量图如图2所示。



图2 声光报警显示仪矢量图

4.2.1 技术参数

显示功能：具备实时液位显示功能，清晰直观地呈现油箱液位状态。当液位低于1.5米（可根据实际工况进行灵活定制）时，显示正常油位信息，方便司机随时掌握油箱液位情况。

报警功能：当油位达到或高于设定值时，迅速启动声光报警装置，通过高分贝声音和醒目的灯光双重提示，确保操作人员能够及时察觉。报警持续10秒后（可依据实际工况调整）自动取消，同时具备回差功能，有效避免因液位轻微波动导致的报警误触发，保障系统运行的稳定性。^[2]

油位补偿功能：内置先进的软件算法，能够根据油箱实际形状、温度变化等因素，对液位测量数据进行智能补偿修正，消除因这些因素引起的测量误差，显著提高液位显示的准确性。

通信接口：采用标准通信协议，通过线缆与同轴电容液位计进行稳定可靠的数据传输，确保液位数据能够实时、准确地传输至显示仪进行处理和显示。

供电要求：同样采用24V直流供电，与同轴电容液位

计供电系统保持一致,保证整个系统供电的稳定性,避免因供电问题导致系统故障。

4.2.2 性能特点

一是操作简便:界面设计简洁直观,采用触摸屏或按键操作方式,操作流程简单易懂,易于工作人员快速掌握和使用。通过简单操作,即可实现报警阈值设置、液位数据查看等功能。

二是可靠性高:选用高品质电子元件,结合先进的电路设计和制造工艺,经过严格的老化测试和电磁兼容性测试,确保在高温、高尘、强振动等恶劣环境下,报警功能依然稳定可靠,能够长期持续工作。

5 技术可行性分析

5.1 兼容性

本系统所采用的同轴电容液位计和声光报警显示仪与卡车的电气系统和燃油箱结构具有良好的兼容性。在设计过程中,充分考虑不同型号卡车的特点,可根据实际需求进行定制化安装。例如,针对不同车型燃油箱的尺寸、形状以及电气接口差异,调整液位计的长度、安装方式和通信协议,确保系统安装和使用过程中不会对卡车原有功能造成任何影响,保障卡车正常运行。

5.2 安装难度

系统安装过程相对简便,主要包括同轴电容液位计、声光报警显示仪、防护罩的安装以及线路连接等步骤。利用卡车原有呼吸阀位置进行改造安装,无需对燃油箱额外开孔,有效降低了安装难度和成本。在安装过程中,采用标准化安装工艺和严格的密封措施,确保安装牢固可靠,防止燃油泄漏,同时保证油箱呼吸功能正常。

6 经济可行性分析

6.1 设备成本

油箱高位声光报警系统价格因品牌、型号和功能而异。考虑到批量采购的因素,设备成本可以得到一定程度的降低。例如,对于哈尔乌素露天煤矿的102台卡车,若每台卡车安装一套系统,分摊到每台卡车上的成本相对较低。

6.2 效益分析

通过安装该设备,可以实现对加注燃油的精准管理,避免加冒溢油,减少燃油浪费。以哈尔乌素露天煤矿为例,若每台卡车每年因加冒溢油造成的浪费为1000元(根据实际统计数据确定),则102台卡车每年可节约的成本为102000元。此外,减少燃油浪费还有助于降低环境污染和碳排放,符合绿色发展的要求。同时,系统的安装还可以提高燃油加注效率,减少因加冒溢油导致的停机时间,进一步提高经济效益。

7 操作可行性分析

7.1 系统安装

7.1.1 安装准备

在安装前,准备好扳手、螺丝刀、万用表等必要安装工具。仔细检查同轴电容液位计和声光报警显示仪的外观及配件,确保无损坏、无缺失。同时,断开卡车电源,做好安全防护措施,确保安装过程安全。

7.1.2 液位计安装

拆除卡车油箱原有呼吸阀(对于部分呼吸阀已拆除的卡车,进一步简化了改造流程),清理安装位置,保证安装面干净、平整。将同轴电容液位计通过螺纹安装在原呼吸阀位置,使用扳手拧紧固定,确保安装牢固,密封良好,且不影响油箱正常呼吸泄压功能。

7.1.3 声光报警显示仪安装

根据卡车驾驶室内空间布局和操作便利性,选择合适位置安装声光报警显示仪,并利用防护罩进行防护。安装位置需便于司机观察和操作,同时避免受到汽车振动、高温等因素影响。使用螺丝将显示仪固定在安装位置,确保安装稳固。

7.1.4 线路连接

严格按照系统接线图,将同轴电容液位计和声光报警显示仪通过线缆正确连接,确保连接牢固,接触良好。连接完成后,对线路进行全面检查,使用万用表检测线路是否存在短路、断路等问题,保证系统电气连接正常。

7.2 系统调试

7.2.1 硬件调试

检查系统各部件的安装是否正确,连接是否牢固,确保无松动或接触不良的情况。接通24V电源,检查同轴电容液位计和声光报警显示仪是否正常工作,观察液位计是否能准确测量液位,声光报警显示仪是否能正常显示液位信息。^[3]

7.2.2 功能调试

设置液位定时报警值,将油箱液位逐渐升高,观察当液位高于设定值时,声光报警显示仪是否能及时启动声光报警;规定时限后报警是否能自动取消。检查声光报警显示仪的油位补偿功能,模拟不同的油箱状态,验证液位显示的准确性。

7.3 用户培训

在安装设备后,应对卡车驾驶员进行操作培训,使其熟悉设备的功能和使用方法。培训内容包括液位显示的读取、报警信号的识别、系统参数的设置等方面。通过培训,提高驾驶员对系统的认知度和使用熟练度,确

保系统能够发挥最大效用。

7.4 故障处理

如果设备出现故障,及时联系售后服务即可,以确保故障能够得到及时有效的处理。同时,建立设备故障档案,记录故障现象、处理过程和结果等信息,为后续的设备维护和改进提供参考。

结语

本文设计并实现了一种露天煤矿矿用重型自卸卡车燃油高位声光报警系统,该系统基于同轴电容液位计和声光报警显示仪,能够实时监测油箱液位并在液位过高时发出声光报警。该系统可以有效避免了燃油加冒溢油现象的发生,减少了燃油浪费,提高了经济效益和环境保护水平。系统的设计具有创新性、实用性和可靠性,

为露天煤矿矿用重型自卸卡车的燃油管理提供了一种有效的解决方案。未来,可以进一步优化系统性能,提高测量精度和报警准确性。例如,采用更先进的传感器技术和算法,提高系统的抗干扰能力和稳定性。同时,探索将该系统应用于其他类型的车辆或设备上,扩大其应用范围和影响力。

参考文献

- [1]朱铁景,徐珂珂.煤矿智能无轨辅助运输技术现状与展望[J].中国战略新兴产业,2024,(29):124-126.
- [2]刘树栋,石践,李忠飞,等.国家电投北露天煤矿智能矿山建设进展[J].中国矿业,2025,34(03):104-111.
- [3]刘伟,黄树巍,魏琪嘉.无人驾驶在露天煤矿的应用研究[J].信息通信技术与政策,2024,50(10):21-27.