

浅谈井下混凝土摊铺机智能遥控技术

吕亚宁

河北联佰智能科技有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 加快井下施工智能化是时代的呼唤,也是行业的需求,近几年井下混凝土路面摊铺实现了机械化施工,与此同时,如何更便捷、更精确操作摊铺机成为了我们研究的方向,随着科学技术的发展,智能化遥控操作技术逐渐进入了我们的视野。采用智能遥控技术,不仅能减少操作工人和指挥人员数量,还能提高混凝土路面平整度,从而实现现代井下煤矿施工提质增效的目标。

[关键词] 井下混凝土; 摊铺机; 智能化; 遥控技术

DOI: 10.33142/sca.v7i3.11535

中图分类号: U415.6

文献标识码: A

Brief Discussion on Intelligent Remote Control Technology of Underground Concrete Paver

LYU Yaning

Hebei Lianbai Intelligent Technology Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Accelerating the intelligentization of underground construction is a call of the times and a demand of the industry. In recent years, mechanized construction has been achieved for underground concrete pavement paving. At the same time, how to operate the paving machine more conveniently and accurately has become our research direction. With the development of science and technology, intelligent remote control operation technology has gradually entered our field of vision. By adopting intelligent remote control technology, not only can the number of operators and commanders be reduced, but also the smoothness of concrete pavement can be improved, thereby achieving the goal of improving quality and efficiency in modern underground coal mine construction.

Keywords: underground concrete; paver; intelligence; telemechanics

引言

为贯彻落实《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》(发改能源〔2020〕283号)文件精神,科学规范有序开展煤矿智能化建设,加快建成一批多种类型、不同模式的智能化煤矿,国家能源局、国家矿山安全监察局研究制定了《煤矿智能化建设指南(2021年版)》。在指南中指出,井下煤矿智能化建设目标的重点是,通过远程控制减少工作面工作人员,提高采煤工作面智能化水平,全方位实现煤矿降本增效管理。在实现以上智能化要求的建设中,井下巷道的路面铺设也有较大的需求,以往都是人工在井下进行支模、布料、振捣、抹面等繁重任务,随着近几年井下智能化的发展,混凝土搅拌机与混凝土摊铺机的组合逐渐地取代了人工,成为铺设路面的主力。而混凝土摊铺机的铺设往往需要众多的人力在旁指挥以及操作,整个过程复杂不说,铺设路面的平整度也不尽如人意。此时,混凝土摊铺机的智能化要求也被提出,成为了井下巷道铺设新的需求^[1]。

1 设计思路

采用远程手持遥控器进行操作,远程遥控器和接收器均采用 STM32F429NI 型号芯片进行动作控制,动作控制方面由三位自复位,三位自锁,两位自复位,两位自锁等拨钮控制开关量动作,由旋钮控制车速及其行进方向等模拟

量动作。混凝土摊铺机内设置接收器,远程遥控器与接收器进行无线连接,收发信号,考虑到井下密闭性,通信方式采用 433MHz 开放频段进行连接,此频段的显著优势是无线信号的穿透性强、能够传播得更远。

车内接收器与车载 ECU 进行通讯,通讯方式采用 CANopen 总线通讯。CANopen 是一种架构在控制局域网络(Controller Area Network, CAN)上的高层通信协议,它可以使用双绞线来传输信号,是世界上应用最广泛的现场总线之一。CAN 协议常用于汽车中各种不同元件之间的通信,以此取代昂贵而笨重的配电线束。该协议的可靠性使其用途延伸到其他自动化和工业应用。考虑到井下机械的应用与控制的精度,车载 ECU 与摊铺机液压油路之间采用液压电磁比例阀进行控制,通过车载 ECU 输出对应动作的电流信号进行精细化控制,以此可以使混凝土摊铺机的动作有足够的精度,满足井下施工需求^[2]。

本方案旨在解决混凝土摊铺机自动控制和远程控制问题,故只提供无线车载接收器及其遥控器方案,包括遥控系统中的主控系统与边控系统以及配套接收系统,混凝土摊铺机液压部分不作讨论。

2 智能遥控主控系统

主控系统主要控制混凝土摊铺机整车的行走、支腿升降、锁紧动作、顶棚动作、振捣位置以及摊铺开始后的全

自动模式的控制。主控遥控器控制面板详见图 1 所示，遥控器分为功能区和显示区：功能区由急停按钮、照明控制功能区、模式功能区、行走功能区、转向控制功能区、摊铺模式功能区、支模控制功能区及其他功能区组成；显示区由一块 3.5 吋 LED 显示屏提供相关信息。

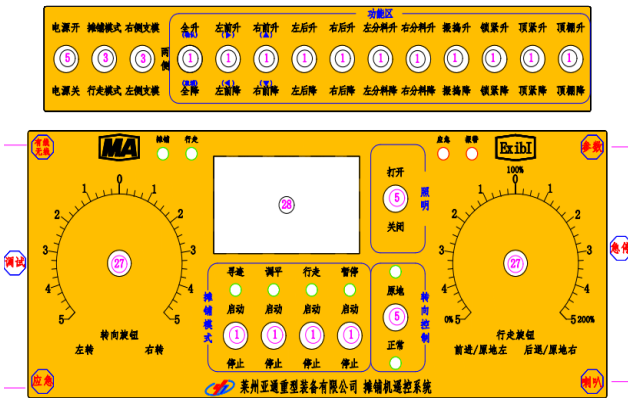


图 1 手持遥控器面板

遥控器为锂电池供电，供电电压为直流 12V 电源，接收器电源取自摊铺机车机电源，电压为直流 24V，并在设备驾驶室设置电源控制按钮。

2.1 急停控制按钮

对于任何矿用设备，急停都是重中之重，一台设备在任何情况任何工况下都必须要保证急停功能的正常使用，它是对设备制约的最后一条安全线。基于此，车身急停按钮将直接与 ECU 相连，控制整台设备的电源及动力供给，同时遥控急停按钮将优先于其他所有动作。当按下急停按钮时，在远程遥控器显示屏上需弹出“紧急停车”提示，停止输出所有动作，处于不可操作状态。

除此之外，急停弹开之后设备需重新自检，只有遥控面板上所有按钮恢复默认状态后，才可以显示通讯正常，消除报警。同时添加一路钥匙开关继电器，即只有整车状态恢复默认状态后才可以闭合继电器，启动柴油机。

2.2 喇叭和照明控制功能区

喇叭开关：远程遥控器设有两位自复位开关，按住开关发送喇叭启动信号。设备喇叭由无线接收器内部继电器控制输出 24V 电压直接驱动喇叭。

照明功能区：设备灯光通过 6 路继电器分别输出 24V 控制六路灯光。（前照明、后照明、前远光、前近光、后远光、后近光），遥控器发送照明开启信号，灯光根据编程逻辑进行启闭。

2.3 模式功能区

混凝土摊铺机的工作模式分为两种模式，一种为行走模式，一种为摊铺模式，模式由一个两位自锁开关实现，功能互斥。

2.4 行走模式功能区与转向控制功能区

将模式功能区开关切换至行走模式，机器可以进行行

走动作同时转向控制功能区可以使用。因行走模式需要模拟量输入且只需提供前后及转弯数据，为此使用两个大型电位计进行数据输入。两个旋钮电位计均可提供正向 0~2048，反向 2049~4096 范围的模拟量值。转向控制为原地转向与正常转向两种模式，由一个两位自锁开关进行切换，同时有两颗 LED 灯进行指示：当转向控制为原地转向时，转向旋钮只控制方向，行走旋钮控制转向速度，此时差速比为 1，车身只能原地转向；当转向控制为正常转向时，转向旋钮可以调整差速比，实现行走过程中不同的转向需求，行走旋钮控制前进或后退速度，摊铺行走速度的死区限幅可调（可在主控参数设置界面中设置）。

同时，在切换行走动作时，需要对周围人员进行语音报警，所以需要添加一款语音报警设备。考虑到 CAN ID 数量增加会对 CAN 总线对动作的控制精度产生影响，所以此语音报警装置将采用基于 Modbus 协议的 485 总线通信与车体 ECU 进行通信连接。

2.5 摊铺模式功能区

将模式功能区开关切换至摊铺模式，可开启摊铺模式动作。其中全自动动作如自动寻迹、自动调平、自动行走等动作由主系统遥控器控制，单动动作如输料、分料、振捣、抹平、挡料左右移动、滑移左右移动等将分别由左右边控遥控器控制左侧和右侧的相关动作（边控相关详见下文边控系统介绍），最终实现整车动作的正常运行。

自动行走是指在摊铺模式下摊铺机沿模板支立方向行走的功能，此功能一般需配合自动寻迹功能使用。

自动寻迹是指摊铺模式下车身根据模板位置调整车身方向实现预设路线行走的功能，此功能的前提是开启自动行走功能。

自动调平是指在混凝土摊铺机进行摊铺作业时，经过崎岖不平的路面时，为保证车身稳定，能够自动调平的功能。调平过程中有 4 个集成于升降油缸中的位移传感器参与，且遥控可设定传感器的零点及最大值。

暂停功能是指在工作过程中，若有意外情况发生，需要在保证参数不变的情况下暂停作业。开启暂停功能后，主控暂停所有动作且保存摊铺模式功能区相应按键状态，边控相关动作暂停并保存参数，储存暂停前数据。解除暂停后，摊铺机可继续按原参数运行。但若暂停时主控使用了其他功能区开关如急停、支腿升降、锁紧动作等功能，为保障安全，暂停后将不再执行暂停前数据。

2.6 支模控制功能区

在摊铺作业中，为了保证行进路线的平直，需要模板进行边界限制，但是井下情况复杂多样，需要应对不同需求进行左侧或右侧支模，所以在远程遥控器上增设支模选择开关，使之能够切换左侧或右侧支模。

2.7 其它功能区

混凝土摊铺机作业时需要保证车身平衡，所以需要添

加支腿升降功能，分为左前支腿升降，左后支腿升降，右前支腿升降，右后支腿升降，在不需自动调平时由四个三位自复位按钮控制，另外为了方便全车升降，增加一个全升全降开关，安全起见，手动功能在车身移动时是无作用的。

为应对不同工况，摊铺机摊铺部分可以根据现场情况进行更换，针对摊铺部分的锁紧与双边顶紧的控制开关也位于其他功能区中，由两个三位自复位开关进行控制。同时根据巷道高度不同，顶棚由一个三位自复位开关控制升降。

2.8 显示系统（显示具体参数）

显示系统为一块 3.5 寸彩色显示屏。

2.8.1 默认状态下显示

在开机后默认状态下一直显示当前车速、钥匙开关信号、急停信号、总里程数。如有故障则要显示以下故障信号：

左泵前进比例阀故障、左泵后退比例阀故障、右泵前进比例阀故障、右泵后退比例阀故障、马达变量阀故障、抹平倾角控制开关阀 1 故障、抹平倾角控制开关阀 2 故障、抹平倾角控制开关阀 3 故障、前支腿上升比例阀故障、前支腿下降比例阀故障、抹平比例阀故障、合流电磁铁故障、左后支腿上升比例阀故障、左后支腿下降比例阀故障、右后支腿上升比例阀故障、右后支腿下降比例阀故障、驻车阀故障、控制器报警、发动机故障、电瓶低电压报警、电瓶高电压报警、发动机高水温报警、发动机低油压报警、主机倾角传感器故障、左前支腿左转比例阀故障、左前支腿右转比例阀故障、右前支腿左转比例阀故障、右前支腿右转比例阀故障

2.8.2 摊铺模式下显示

在摊铺模式下显示：

(1) 左前导向超左指示、左前导向平衡指示、左前导向超右指示，如有故障则显示左前导向故障指示。

(2) 左前高程超低指示、左前高程平衡指示、左前高程关闭指示，如有故障则显示左前高程故障指示。

(3) 左后高程超高指示、左后高程平衡指示、左后高程超低指示，如有故障则显示左后高程故障指示。

(4) 右前导向超左指示、右前导向平衡指示、右前导向超右指示，如有故障则显示右前导向故障指示。

(5) 右前高程超低指示、右前高程平衡指示、右前高程关闭指示，如有故障则显示右前高程故障指示。

(6) 右后高程超高指示、右后高程平衡指示、右后高程超低指示，如有故障则显示右后高程故障指示。

2.6.3 翻页其他显示

转向百分比、速度百分比，前导向中位值、前导向实际值、前导向区间值、前导向灵敏度值、前高程中位值、前高程实际值、前高程区间值、前高程灵敏度、后高程中位值、后高程实际值、后高程区间值、后高程灵敏度、主倾传感中位值、前导关闭指示、前高程超高指示、后高程

关闭指示

3 智能遥控边控系统

除主控系统外，各摊铺模式下动作单动则由左右两个边控遥控系统完成。分别控制混凝土输料、分料、振动、抹平、滑移等功能。遥控系统上电后边控进行自检，自检完成之后由主控系统切换到摊铺模式下且边控系统将通断按钮按下一次后可以使用。安全起见，通断按钮按下后会重置所有边控系统按钮状态，即所有动作将被复位。

输料、分料、振动功能为模拟量输出，采用三个编码器分别放置于边控遥控的两边，由按钮控制功能开关，由编码器控制模拟量大小。

边控显示值包括：2 路输料正、2 路输料反，2 路分料正、2 路分料反，2 路振动、抹平升降、滑移左右、2 路挡料板左右移等。

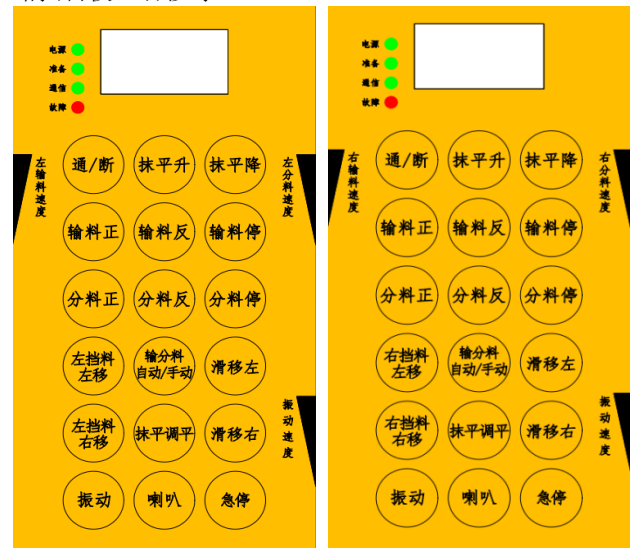


图 2 左、右边控面板图

3.1 输料调整

3.1.1 输料调整

左右边控遥控器的输料正反通过各自左侧输料速度旋钮给定参数，最大范围 0%-100%对应具体输出电压为 0V-24V，旋钮的死区值与限幅值可由主系统遥控器更改。

3.1.2 分料调整

左右边控遥控器的分料正反通过各自右上侧输料速度旋钮给定参数，最大范围 0%-100%对应具体输出电压为 0V-24V，旋钮的死区值与限幅值可由主系统遥控器更改。

3.1.3 振动调速

左右边控遥控器的振动值通过各自右下侧振动速度旋钮给定参数且两个边控遥控器之间参数互通，最大范围 0%-100%对应具体输出电压为 0V-24V，旋钮的死区值与限幅值可由主系统遥控器更改。

3.2 抹平、挡料、滑移功能

抹平功能：抹平升、抹平降为点动输出，通过比例电

电磁阀控制,限幅值可在主控参数设置界面上调节(0-24V)。

挡料功能:挡料左移、挡料右移为点动输出,通过比例电磁阀控制,限幅值可在主控参数设置界面上调节(0-24V)。

滑移功能:滑移左和滑移右为点动输出,通过比例电磁阀控制,限幅值可在主控参数设置界面上调节(0-24V)。

3.3 通断、喇叭、急停

为了控制方便,在边控面板上重复设置了喇叭和急停按钮,其功能与主控回路一致,不受通断控制

通断按钮按下后边控启动进行自检,边控所有动作复位(旋钮模拟量不需要自检),允许边控面板操作,再按一下按钮边控断开,边控所有动作停止(输料、分料、振动、抹平、左挡板、右挡板、滑移),不允许边控面板操作。

3.4 指示灯

指示灯共有十个:除摊铺功能区四个功能指示灯外,还有转向控制功能区的指示灯两个,报警指示灯一个,应急指示灯一个以及模式指示灯两个其中报警指示灯为遥控未连接时连续闪烁四次后停一秒,重复,遥控正常连接

后不亮。其他指示灯均为对应功能未开时亮起。

3.5 其他功能

甲烷气体检测:由一路DI24V输入,外接瓦斯传感器,输入车载单元超限信号,当瓦斯超过一定浓度时报警、急停,低电平有效。

4 结论

综上所述,根据井下施工环境特点,设计了混凝土路面摊铺机智能遥控系统,对智能遥控系统各部分的结构和功能进行了简要论述。采用遥控技术可全面实现智能化,不仅能减少操作工人和指挥人员数量,还能提高效率,增加混凝土路面平整度,从而实现现代井下煤矿提质增效目标。

[参考文献]

[1]于槐三.摊铺机的技术现状与展望[J].建筑机械,2005(2):102.

[2]赵庆川,孙世岭.基于总线传输的锚杆应力传感器研制[J].计算技术与自动化,2021(2):105.

作者简介:吕亚宁(1996.8—),男,郑州轻工业大学,电子信息工程专业,河北联佰智能科技有限公司,技术研发员。