

# 砂浆喷涂机的改进及试验研究

路兴峰

(兖煤蓝天清洁能源有限公司 山东 济宁 273500)

**摘要:** 本文采用压力反馈装置对砂浆喷涂机的喷涂压力进行实时监测。试验结果表明,在压力反馈装置的监控下,喷涂机在3000Pa下能够稳定运行,喷涂流量也能够保持稳定;并且发现泥沙比为1:1的砂浆在喷涂质量方面表现最佳。压力反馈装置具有高敏感性和精度,能够有效地保障喷涂过程的安全性和稳定性。

**关键词:** 砂浆喷涂机; 喷涂压力; PLC; 改进

## 1 绪论

砂浆喷涂设备是煤矿井下瓦斯抽采和支护施工中必不可少的设备之一。目前我国在砂浆喷涂设备方面的研究还存在许多不足,这严重制约了砂浆机械化喷涂的推广应用。目前砂浆喷涂设备的最主要缺点就是堵管现象。砂浆喷涂设备的堵管会严重影响施工效率,甚至会出现爆管伤人等危险。另外,目前砂浆喷涂设备的控制方式比较单一,无法实现对喷涂过程中各项参数的精准控制。且现有的砂浆喷涂设备在操作方便性和安全性方面也存在不足。因此,煤矿砂浆喷涂设备的改进和提升亟待解决<sup>[1]</sup>。本文通过引入传感器和PLC控制技术来改善砂浆喷涂设备的性能,并且在试验研究中验证改进后的砂浆喷涂设备的喷涂效率和喷涂质量是否有所提高。本研究的目标是提高砂浆喷涂设备的自动化程度和可靠性,提高喷涂质量和效率,为实际工程应用提供支持和指导<sup>[2]</sup>。

## 2 相关技术介绍

砂浆喷涂机的试验涉及多种相关技术,包括喷涂机构、压力反馈装置、PLC控制器和砂浆配比等。

砂浆喷涂机的喷涂机构通常包括气泵、喷枪和喷嘴等部件。气泵用于将砂浆推送到喷枪,喷枪负责将砂浆喷洒到需要喷涂的表面上,喷嘴根据需要调节喷涂的角度和大小,以保证喷涂的均匀性和一致性。

压力反馈装置是砂浆喷涂机中重要的安全装置。它可以监测喷涂压力,并在压力超过设定阈值时自

动停止喷涂机的运行,避免过高压力对设备和人员造成危害。常用的压力反馈装置包括平压力变送器和差压变送器等。

PLC控制器是砂浆喷涂机中的核心控制装置,主要用于控制喷涂机的启停和砂浆的输送量等。常见的PLC控制器有三菱、西门子等品牌,它们具有高可靠性和灵活性,并且可以通过编写程序来实现喷涂机的自动控制。

砂浆配比也是砂浆喷涂机试验中重要的因素之一。不同的砂浆配比会影响喷涂的稠度、流量和质量等,因此需要根据实际需要进行配比的调整。常见的砂浆配比有泥沙比、水灰比等,它们可以通过试验和分析来确定最优配比,以保证喷涂质量的稳定性。

综上所述,砂浆喷涂机的试验涉及多种相关技术,这些技术的选择和应用将直接影响喷涂机的性能和喷涂质量。因此,在进行试验前,需要对这些技术有一定的了解和掌握,以保证试验的准确性和有效性。

## 3 砂浆喷涂机的改进

### 3.1 改进原理

砂浆喷涂机的改进方法是在喷管上加装压力传感器,该传感器可以实时检测喷管中的压力,并将检测结果传输至PLC控制器。PLC控制器对传感器传来的数据进行实时分析,若压力超过设定阈值,控制器会发出信号,报警器响起;同时继电器的线圈断开,喷浆电动机和气泵电动机停止运转,从而防止喷管中的压力进一步增大。这一自动反馈原理可以有效避免砂浆喷涂设备在工作时因为压力过大而导

致的爆管和伤人危险。具体来说,压力传感器会自动将检测到的压力数据传输至PLC控制器,控制器会根据事先设定的参数进行分析,若发现压力超过安全范围,会通过继电器切断喷涂机的电源,使设备停止运行,避免安全事故的发生。整个过程是自动化的,可以实现对砂浆喷涂设备的自动监控和控制,提高设备的可靠性和安全性,同时也提高了喷涂效率和质量<sup>[3]</sup>。改进原理如图1所示。

### 3.2 传感器的选择

为了检测砂浆喷涂机中的喷涂压力,选用虹润OHR-M2压力变送器作为压力传感器。该传感器的DC输出范围为4~20mA,量程为0~60MPa,过载压力为1.5倍量程压力,且外螺纹规格是M20×1.5 G1/2 NPT1/2。将压力传感器通过外螺纹固定在接口螺纹上,接口螺纹再通过螺栓固定在喷管上。由于水泥砂浆具有较高的稠度,因此需要选用合适的压力传感器来检测喷涂压力,以保证数据的准确性。虹润OHR-M2压力变送器具有较高的灵敏度和稳定性,可以实现对喷涂压力的精确测量。同时,接口螺纹处的橡胶密封设计可以有效防止砂浆外溢,确保试验过程的安全和稳定。传感器实物如图2所示。

### 3.3 PLC 控制技术的应用

#### 3.3.1 PLC 控制器的选择和配置

在本次试验中,压力传感器所检测的压力信号为模拟量信号,需要选用一款适合的PLC控制器来对信号进行处理。针对不同试验需求,可以选用不同品牌和规格的PLC控制器来进行配置。本次试验选择了西门子S7-1200 PLC控制器和模拟量模块SM1236。西门子S7-1200具体参数为:CPU1214C输入14点,输出10点。该PLC控制

器的处理速度较快,可实现高效精准的控制,而模拟量模块SM1236则可将模拟量信号转换为数字量信号,从而对喷管中的压力进行精准控制。

#### 3.3.2 PLC 程序设计和实现

首先需要定义输入信号:压力传感器模拟量信号为AI0.0~AI0.13(14个输入点)。定义输出信号:喷涂电动机控制信号为Q0.0~Q0.4(5个输出点),气泵电动机控制信号为Q0.5~Q0.9(5个输出点)。

设计控制逻辑:根据试验要求和控制目标,需要设计相应的控制逻辑。在本试验中,控制逻辑主要是判断喷涂压力是否超过设定阈值3000Pa,若超过则自动停止喷涂电动机和气泵电动机。

编写PLC程序:在西门子S7-1200 PLC编程软件中,可以使用Ladder Diagram语言来编写PLC程序,实现控制逻辑和算法。具体来说,需要使用模拟量模块SM1236,对压力传感器输出的模拟量信号进行采样和转换,然后对转换后的信号进行处理,判断是否超过设定阈值,从而控制喷涂电动机和气泵电动机的启停。

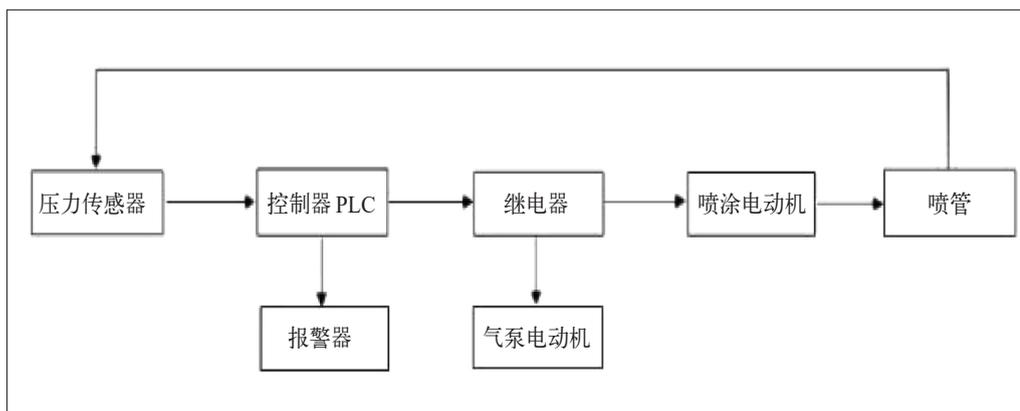


图1 改进原理图



图2 虹润OHR-M2压力变送器

```

NETWORK 1:
TITLE " 砂浆喷涂机喷涂压力控制程序 "
BEGIN
    // 定义输入信号
    I0.0:= 压力传感器信号;
    // 定义输出信号
    Q0.0:= 喷涂电动机启动信号;
    Q0.1:= 气泵电动机启动信号;
    // 判断喷涂压力是否超过设定阈值
    LD I0.0>3000 // 阈值为 3000Pa
    OUT M0.0 // 如果超过阈值, 则停止喷涂电动机和气泵电动机
    OUT Q0.0:=0
    OUT Q0.1:=0
    ELSE
    OUT M0.1
    // 如果未超过阈值, 则启动喷涂电动机和气泵电动机
    OUT Q0.0:=1
    OUT Q0.1:=1
    END_IF
END_NETWORK

```

调试和优化程序: 在程序编写完成后, 进行多次调试和优化, 检查程序的逻辑是否正确, 检查输入和输出信号是否正常, 确保程序可以正常运行。优化后的代码如下:

```

NETWORK 1:
TITLE " 砂浆喷涂机喷涂压力控制程序 "
VAR
    // 定义常量和变量
    CONSTANT THRESHOLD:INT:=3000;
    // 设定阈值为 3000Pa
    Pressure:INT;
    // 压力传感器模拟量信号
    Motor_On:BOOL:=FALSE;
    // 喷涂电动机启动信号
    Pump_On:BOOL:=FALSE;
    // 气泵电动机启动信号
END_VAR
BEGIN
    // 读取压力传感器模拟量信号

```

```

    Pressure:=AI0.0;
    // 判断喷涂压力是否超过设定阈值
    IF Pressure>THRESHOLD THEN
    // 如果超过阈值, 则停止喷涂电动机和气泵电动机
    Motor_On:=FALSE;
    Pump_On:=FALSE;
    ELSE
    // 如果未超过阈值, 则启动喷涂电动机和气泵电动机
    Motor_On:=TRUE;
    Pump_On:=TRUE;
    END_IF
    // 控制喷涂电动机和气泵电动机的启停
    Q0.0:=Motor_On;
    Q0.1:=Pump_On;
END_NETWORK

```

在这段代码中, 首先定义了一个常量 THRESHOLD 表示设定的阈值, 以及三个变量 Pressure、Motor\_On 和 Pump\_On 分别表示压力传感器的模拟量信号、喷涂电动机的启动信号和气泵电动机的启动信号。然后, 读取压力传感器的模拟量信号, 判断是否超过设定的阈值, 根据判断结果控制喷涂电动机和气泵电动机的启停, 并将结果写入输出信号 Q0.0 和 Q0.1 中。这样, 代码更加简洁和易读, 可维护性和可拓展性更强。

实时监控和数据记录: 在试验过程中, 可以通过触摸屏等设备来实时监控喷涂压力等参数, 并记录数据以备后续分析和研究。

### 3.4 触摸屏选择

为了实时显示喷管中压力值大小, 选择欧姆龙 NT600S-ST121B-V2 触摸屏。该触摸屏采用 7 英寸 TFT 液晶显示屏, 可实现高清晰度的实时显示, 并且操作简单易学。因此, 该触摸屏可以满足实时显示喷管中压力值大小的需求。

## 4 试验研究

### 4.1 试验仪器及配料

本试验采用的全自动砂浆喷涂机具体参数如下: 工作电压为 380V; 工作功率为 8.5kW; 最大功率为 7.5kW; 料斗容积为 130L; 输送距离为 50m; 输送

高度为31m；最大压力为9bar（1bar=0.1MPa）。

水泥采用的是P.O42.5水泥，具体参数如表1所示。河砂的技术指标如表2所示，需要在温度为（100±5）℃的烘干箱内进行烘干处理，处理时间为24h，具体使用的是LDZ-9030型电热鼓风干燥箱。这种处理方式有助于消除河砂中的水分，从而减少砂浆混合物的水胶比，提高混合物的均匀性和粘附性，最终提高砂浆喷涂的质量和效率。

#### 4.2 参数设置

表1 水泥参数

细度（比表面积≥300m <sup>2</sup> /kg）/μm	348
0.08mm筛余/%	0.40
标准稠度用水量/%	25.9
初凝时间/min	170
终凝时间/h	210
安定性（沸煮法）	合格
抗折强度（3天）/MPa	平均5.7，范围5.7~5.8
抗折强度（28天）/MPa	平均8.9，范围8.8~8.9
抗压强度（3天）/MPa	平均30.0，范围28.8~31.1
抗压强度（28天）/MPa	平均53.6，范围53.3~53.9
水泥化学成分/%	≤5

表2 河砂参数

细度模数	含泥量/%	表观密度/(kg·m <sup>-3</sup> )	堆积密度/(kg·m <sup>-3</sup> )
2.5	23.1	2580	1398

本次试验选用了三种不同的砂浆配方（泥沙比分别为1:3、1:1、1:0），控制三种配方的稠度分别在70%、110%、160%左右，用稠度测量仪进行测量。试验前，在触摸屏上设定压力阈值为3000Pa，然后使用这三种配方的砂浆进行喷涂试验，以检验压力反馈装置的有效性。这三种不同泥沙比例的砂浆配方被选用是因为它们在实际工程中应用较为广泛。不同的泥沙比会影响砂浆的粘结性、强度、流动性等特性，因此需要对不同配比的砂浆进行喷涂试验，以检验压力反馈装置的实际应用效果。同时，稠度也是砂浆喷涂试验中的一个重要参数，不同的稠度会影响砂浆的喷涂性能和喷涂效果，因此在试验中控制三种配方的稠度，以更全面地考察压力反馈装置的有效性<sup>[4]</sup>。通过这些试验，可以更好地了解砂浆喷涂机的工作性能。

#### 4.3 试验结果

##### 4.3.1 喷涂压力的测量和分析

在本次喷涂试验中，采用压力反馈装置对喷涂压力进行控制和监测，并对喷涂压力进行分析。试验结果表明，在使用压力反馈装置的情况下，喷涂压力能够在设定的3000Pa阈值以下稳定工作，保障了喷涂过程的安全性和稳定性。在泥沙比为1:3，稠度为70%的喷涂试验中，当喷涂压力超过设定的3000Pa阈值时，压力反馈装置会自动停止喷涂机的运行，从而有效避免了过高压力对设备和人员造成危害。本次试验模拟了压力超过阈值的情况，发现压力反馈装置具有非常高的敏感性和精度，能够有效地保障喷涂过程的安全性和稳定性。这一试验结果不仅证明了压力反馈装置在控制喷涂压力方面的有效性，同时也为未来类似试验的设计提供了有益的参考和借鉴。综合来看，本次试验中使用的压力反馈装置对喷涂质量和操作安全性的提升起到了重要作用<sup>[5]</sup>。

##### 4.3.2 喷涂质量的检测和比较分析

在使用三种不同配比的砂浆进行喷涂试验时，对喷涂质量进行了检测和比较分析。结果显示，在使用压力反馈装置的情况下，喷涂质量相比未使用压力反馈装置的情况有了显著的提升，喷涂均匀性和一致性得到了明显的改善。同时，发现不同配比的砂浆对喷涂质量也有着不同的影响，其中泥沙比为1:1的砂浆喷涂质量相对较好，稠度在110%左右时，喷涂效果最佳。而稠度为70%时已经有堵管的趋势。

#### 5 结语

本文成功地设计和搭建了一套具有压力反馈装置的砂浆喷涂机。试验结果表明，在使用压力反馈装置的情况下，喷涂压力能够在设定的3000Pa阈值以下稳定工作，避免了过高压力对设备和人员造成危害。同时，喷涂质量也能够得到有效控制，保证了喷涂的均匀性和一致性。此外，通过试验比较了三种不同配比的砂浆的喷涂质量，并发现泥沙比为1:1的砂浆在喷涂质量方面表现最佳。这为后续的砂浆配比选择提供了参考依据。综上，本次试验证明了压力反馈装置在砂浆喷涂机中的重要性和有效性，并为优化砂浆配比提供了参考依据。

（下转第10页）

成本,同时节省了铜板的运行成本,提升了静态感知质量,增加了顾客满意度,提高了潜在消费顾客量。

### 3 结语

本文基于六西格玛设计的相关理论知识来解决实际问题,提升和优化了D柱流水的工艺及质量。六西格玛是以事实为依据,通过数据驱动来进行质量提升的系统方法论;通过六西格玛的方法论建立系统思维,采用科学的质量管理工具来解决实际问题。本文结合平时工作中的痛点来确立目标,跳出平时的惯性思维,对各个流程进行梳理,逐步分析潜在的因子,以量化的手段进行数据统计和分析,并通过质量分析工具进行详细分析,以求问题的解决手段更具有客观性、解决结果更有说服力。

### 参考文献:

- [1] 金子同. 六西格玛设计 (DFSS) 在机载显示器设计中的应用 [J]. 航空电子技术, 2012, 43 (3): 55-56.
- [2] 采峰, 马召. 面向装备研制的先进质量工程方法论——六西格玛设计 (DFSS) 研究 [J]. 标准科学, 2015 (2): 72-77.
- [3] 樊锐, 陈泉. 六西格玛管理在半导体制造业中的应用 [J]. 标准科学, 2014 (12): 70-73.
- [4] 刘华官. 基于六西格玛设计 (DFSS) 的纯电动敞篷车软顶系统研发 [J]. 时代汽车, 2022 (11): 124-127.
- [5] 赵玉祥. 激光焊接在白车身焊接的应用 [J]. 商品与质量, 2016 (38): 161.

**作者简介:** 黄丹 (1984.06-), 女, 壮族, 广西河池人, 本科, 高级工程师, 研究方向: 车身焊接工艺、规划及仿真技术。

(上接第5页)

### 参考文献:

- [1] 马俊强, 叶建兰, 梁洸强. 基于西门子 PLC 与 MCGS 的虚拟仿真方法的实现 [J]. 电气传动自动化, 2023, 45 (01): 30-34.
- [2] 李宝田. 基于 PLC 机械手控制系统的设计与研究 [J]. 自动化与仪器仪表, 2023 (01): 69-74.
- [3] 刘折. 砂浆喷涂机的改进及实验研究 [J]. 技术与市场, 2021, 28 (06): 42-44.

- [4] 海涛. 浅谈砂浆机械喷涂设备的应用效果 [J]. 散装水泥, 2016 (01): 46-48.
- [5] 梁振辉, 樊心耿. 砂浆喷涂机的应用 [J]. 建筑机械化, 1992 (03): 31-33.

**作者简介:** 路兴峰 (1983.08-), 男, 汉族, 山东济宁人, 本科, 工程师, 研究方向: 煤矿清洁能源和机械制造。