

# 混砂车自动控制系统的研究

赵 凯 周新军 李振兴 刘 东 (山东科瑞机械制造有限公司, 山东 东营 257000)

**摘要:** 油气层水力压裂是油气井增产的一项重要技术措施, 不仅广泛应用于低渗透油气田, 而且在中高渗透油气田的增产中也取得了很好的效果。我国油气田压裂机组中混砂车在施工作业过程中主要以手动控制为主, 手动控制很难完成压裂设计要求, 有很大误差存在。为了保证压裂施工设计要求, 我们必须设计可靠的混砂车自动控制系统, 混砂车自动控制系统可实现液位、排量、砂比、液体添加剂、固体添加剂的自动控制。

**关键词:** 水力压裂; 混砂车; 自动控制系统

## 0 前言

在油田开发中, 有很多油气井渗透率很低, 近些年来, 国内外在开发这种低渗透率的油气田中, 水力压裂起到了关键性作用。本来没有开发价值的油气田, 经过压裂后成为有相当储量的油气田。在水力压裂施工中用到的压裂机组主要包括压裂泵车、混砂车、仪表车。其中混砂车是整个压裂机组的心脏, 混砂车的性能是否可靠, 直接决定压裂施工成败的关键。

我国油气田压裂机组中混砂车在施工作业过程中以手动控制为主, 通过人工控制控制液位的高度、砂比、液体添加剂的浓度、固体添加剂的浓度以及砂液的排量, 这种手动控制很难快速的跟踪压裂的整个施工过程, 有很大误差存在, 严重影响压裂施工的质量, 所以混砂车自动控制系统的研究将有利于提高压裂施工的质量。

## 1 混砂车自动控制系统原理研究

混砂车自动控制系统由液位自动控制系统、砂比自动控制系统、液体添加剂自动控制系统、固体添加剂自动控制系统、砂泵排出压力自动控制系统组成。

### 1.1 液位自动控制系统

液位自动控制系统由超声波雷达液位计测量混合罐的液位, 控制器采集混合罐液位信号并和设定液位进行比较, 通过控制算法输出控制信号控制吸入泵的转速和吸入阀的阀门来维持设定液位的稳定, 实现液位自动控制。

### 1.2 砂比自动控制系统

砂比自动控制系统是整个混砂车自动控制系统和核心, 砂比将直接影响压裂施工的质量。在混砂车绞龙马达上安装增量型编码器, 用以测量绞龙的转速和排量。砂比自动控制的具体控制方式如下:

①作业开始前在人机界面上输入设定的砂比值; ②根据输入的砂比值和作业时所用砂子的密度值计算出所需绞龙的转速, 将所需绞龙转速反馈到控制器, 控制器比较由编码器脉冲信号计算出的绞龙实际转速和所需的绞龙转速; ③根据控制算法输出控制信号控制绞龙液压泵以达到所需的绞龙转速, 实现砂比自动控制。

### 1.3 液体添加剂自动控制系统

混砂车一般有好几个液添, 在压裂施工中, 好几个液添可能同时工作, 所以对各个液添分别进行自动控制, 每个液添自动控制系统都是独立的。每个液添自动控制系统安装流量计, 用以计算每个液添的排量。液添自动控制系统

的具体控制方式如下:

①作业开始前在人机界面上输入设定的液体添加剂与基液的比例值; ②控制器采集基液排量和液体添加剂排量并进行比例计算; ③控制器比较设定的比例值和计算的比例值, 通过控制算法输出控制信号控制液添泵的转速和液体添加剂的排量, 从而实现液体添加剂的自动控制。

液体添加剂自动控制系统结构如图 1 所示。

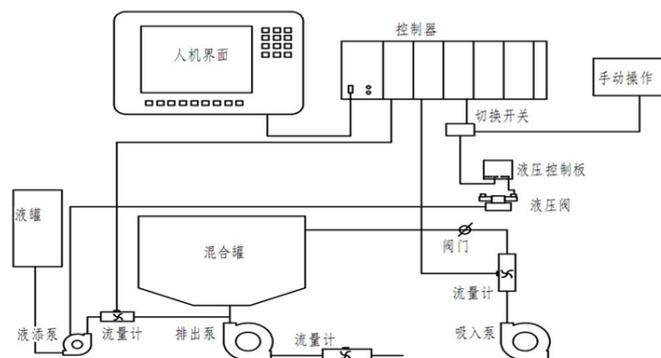


图 1 液体添加剂自动控制系统结构

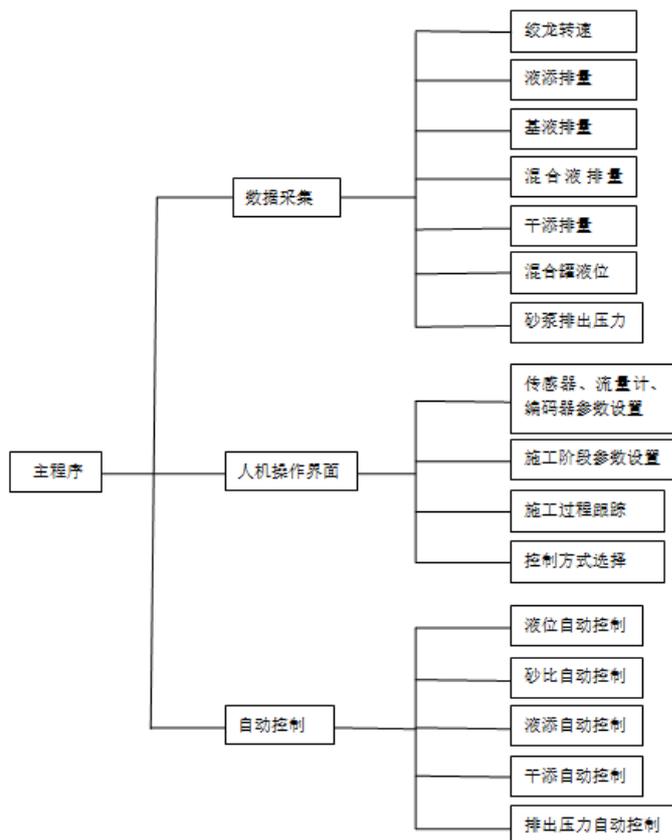


图 2 软件主要部分框图

#### 1.4 固体添加剂自动控制系统

混砂车一般有好几个干添,在压裂施工中,好几个干添可能同时工作,所以对各个干添分别进行自动控制,每个干添自动控制系统都是独立的。每个干添自动控制系统安装转速传感器,用以计算每个干添的排量。干添自动控制系统的控制方式如下:

①作业开始前在人机界面上输入设定的固体添加剂与基液的比例值;②控制器采集基液排量和固体添加剂排量并进行比例计算;③控制器比较设定的比例值和计算的比例值,通过控制算法输出控制信号控制干添泵的转速和固体添加剂的排量,从而实现固体添加剂的自动控制。

#### 1.5 砂泵排出压力自动控制系统

该系统主要是对混合液的排出压力进行自动控制,保证混砂车输出的混合液始终具有一定的压力,控制器采集排出泵出口压力,通过控制算法输出控制信号调节排出口的压力来调节排出泵的转速,以保证排出口压力在设定排出口压力上限和设定排出口压力下限之间,以免排出口压力值太高导致排出泵长时间高速工作影响机械寿命,或排出口压力值太低,导致排出管线抽空。

#### 2 硬件系统设计

硬件系统是以一体化工业控制计算机为中心的计算机控制系统,主要模块包括:3个4通道高速计数器模块,4

个8通道模拟量输入模块,2个8通道模拟量输出模块,1个16通道数字量输入模块,1个16通道数字量输出模块。

#### 3 软件方案设计

混砂车自动控制系统软件部分是整个混砂车自动控制系统的核心,因此软件系统设计是否合理,直接影响整个自动控制系统的可靠性、准确性。该软件系统应具备友好的操作界面、可靠的使用性能等。混砂车自动控制系统软件部分分为数据采集、人机操作界面、自动控制三部分。软件主要部分框图如图2所示。

#### 4 结束语

混砂车自动控制系统是一个实时数据采集及控制系统,能实现对压裂各施工阶段的跟踪及控制,保证参数准确无误地完成,重要参数还可以以曲线的方式显示出来。从现场使用情况来看,总体效果还算让人满意。综合来说,整个系统可靠稳定、实时性好,可以满足国内外油田压裂施工使用。

#### 参考文献:

- [1] 付景林. 国产混砂车应用前景展望 [J]. 江汉石油科技, 1996(6):4.
- [2] 吴汉江, 高文金. 混砂车自动控制系统研究 [J]. 石油机械, 2003(31):63.

(上接第191页) EM231。温度传感器布置电机主轴前后位置,每个位置布置2个温度传感器,现场共计布置4个,数据产生采用1个西门子EM231模块。开关输入为1个速度开关输入、7个按钮输入、6个输送带撕裂开关输入、4个烟雾开关输入以及6个跑偏开关输入。

#### 2.4 运行状态监控系统软件构成

通过使用工控MCGS组态软件可为监控系统快速构建监控平台,具备现场监控数据显示、处理、安全预警以及监控画面显示等功能。

PLC相关程序编制采用S7-200编程软件设计,在监控台上有5个测控按钮分别用以显示主界面、历史报表、实时曲线、报警记录等,现场操作人员可通过操控按钮来对工作任务进行切换。PLC相关程序包括有模数程序转换、监测预警以及状态监测等程序。振动、温度传感器获取到的信息为电流模拟信号,而PLC控制器处理需要为数字信号,因此采取采用A/D模数转换器(EM231)对监测信号进行转换。预警以及监控功能通过将监测数据与预先设定阈值进行对比实现,当获取到的监测值超过设定阈值时,表示带式输送机某位置存在异常,此时监控系统会发出预警信息且带式输送机暂时停止运行。

#### 3 总结

文中对带式输送机运行状态监控系统展开研究,通过

使用监控系统可实时掌握带式输送机运行状态,并对运行过程中潜在的故障或者已有故障进行预测预警,并对故障发生位置以及严重程度等进行初步确定。通过使用运行状态监控系统实现提升带式输送机运行可靠性及稳定性,为矿井煤炭高效运输提供良好条件。

#### 参考文献:

- [1] 申建伟. 带式输送机跑偏原因分析及纠偏措施 [J]. 山东煤炭科技, 2021, 39(02):134-135+138.
- [2] 张丽娟. 带式输送机故障分析及安全诊断系统的设计研究 [J]. 机械管理开发, 2020, 35(12):126-127.
- [3] 姚武江. 基于LabVIEW的带式输送机运行状态监测系统研究 [J]. 机械管理开发, 2018, 33(07):109-110.
- [4] 冯亮. 矿用带式输送机运行状态监测系统的设计 [J]. 山西煤炭, 2018, 38(03):59-61.
- [5] 韩燕. 基于可靠性理论和LabVIEW的带式输送机运行状态监测与故障预警系统研究 [D]. 邯郸:河北工程大学, 2013.
- [6] 段荣华, 杨晓京. 基于力控的带式输送机运行状态监测系统 [J]. 机械工程与自动化, 2009(01):106-108.

#### 作者简介:

崔炜(1979-),辽宁沈阳人,2018年7月毕业于北京科技大学,采矿工程专业,本科,现为助理工程师。