

钻采机械

分离加重材料时离心机的自适应控制研究

张晓东, 李 俊
(西南石油大学机电工程学院)

张晓东等. 分离加重材料时离心机的自适应控制研究. 钻采工艺, 2007, 30 (5): 99 - 101

摘 要: 通过对加重材料的研究,建立数学模型,确定出分离加重材料时离心机的分离粒度;设计变频全自动闭环控制系统,根据钻井液的粘度、密度及工作时离心机的负载扭矩、振动的变化,通过实时数据采集,将其数据反馈给单片机;针对采集到的数据,用单片机中编制的 C++程序进行判断,控制系统发出相应的处理指令,输出变频器频率和供浆泵流量,达到随着钻井液性能及离心机参数的变化,加重材料得到最有效分离的目的。

关键词: 钻井液; 离心机; 全自动闭环控制; 单片机; 加重材料分离

中图分类号: TE 831.1 文献标识码: A 文章编号: 1006 - 768X(2007)05 - 0099 - 03

离心机作为一种钻井液固控设备,在钻井作业中有着非常重要的作用,它一方面能清除非加重钻井液的固相,另一方面还能从加重钻井液中分离加重材料^[1]。但离心机的工作受多个参数的影响,例如:滚筒转速和扭矩、螺旋输送机转速和扭矩、钻井液供料量、钻井液性能、钻井液稀释程度、液体中固相的含量、聚合物残留程度等。改变其中任一参数,都将影响离心机的分离效果。此外,断电、潜在的技术故障等都将危及离心机的安全。

一、分离加重材料时离心机
分离粒度的确定

本文给出的方案为两台离心机合用,第一台采用可调速离心机,设定好其分离粒度,用来分离加重材料,第二台用来清除有害固相^[2]。

粒度确定过程为:当直径为 d_c (分离粒度)的粒子被全部分离,即分离效率 $E_r = 1$, 大于 d_c 尺寸的粒子所需的沉降时间小于直径为 d_c 粒子的沉降时间 t_c ,而小于 d_c 尺寸的粒子所需的沉降时间大于 t_c 。因此,从 d_1 (加重材料中最小的粒度值)到 d_c 间的粒子所能沉降下来的数量是按 t_c/t_s 的比例确定的,而 d_c 到 d_m (加重材料中最大的粒度值)的粒子则是百分之百沉降下来。式 (2)中 a 为分布特性系数,对应分离效率为 50%时的粒度值。

则分离总效率为:

$$E_r = \frac{1}{d_c^2} \int_0^d f(x) x^2 dx + 1 - \int_0^d f(x) dx \tag{1}$$

设加重剂的粒度分布函数为:

$$f(x) = 2axe^{-ax^2} \tag{2}$$

则加重剂分离总效率为: $E_r = \frac{1}{ad_c^2} (1 - e^{-ad_c^2}) \tag{3}$

不同分离粒度加重材料的分离效率如表 1 所示。

表 1 离心机的分离粒度与加重材料分离效率之间的关系

分离粒度 (μm)	5	10	15	20	25	30	35	40	45
加重材料 分离效率 (%)	98.9	95.7	90.8	84.4	77.1	69.3	61.5	53.9	47

由表 1 可知,随着离心机分离粒度的减小,离心机加重材料分离率提高,但分离加重材料中无用固相的含量也随着增加,经过振动筛后,根据加重材料与岩屑比重之间的关系,同时根据硬地层 33 μm 以下的固相颗粒为 81.9%^[3],因此综合确定出离心机的分离粒度为 20 μm,这时加重材料的分离效率达 80%以上。

二、分离加重材料时全自动
闭环控制系统的设计

1. 离心机工作系统

设计出既能优化离心机工作,又能保障离心机

收稿日期: 2007 - 05 - 11
基金项目: “石油天然气装备 教育部重点实验室资助项目 (2006STS02)。”
作者简介: 张晓东 (1959 -),教授, 1982年毕业于西南石油大学石油矿场机械专业,工学学士, 1995年毕业于北京科技大学矿山机械专业,获工学硕士学位,现从事石油钻采设备新技术、现代设计理论与方法的教学及石油钻采工具,特别是井下动力钻具和井下工具的研发工作。
地址: (610500)四川成都新都西南石油大学机电院,电话: (028) 83032740, E - mail: zxd123420@126.com

安全运行的自动检测、控制系统,如图 1所示。

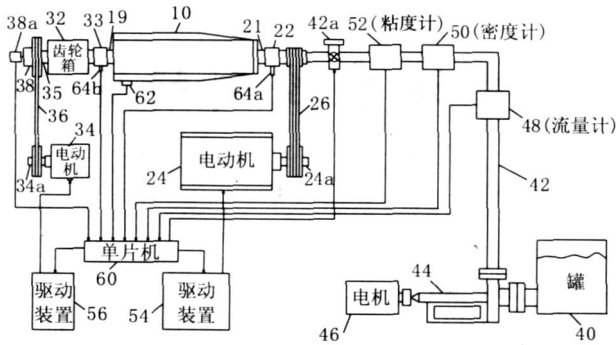


图 1 全自动闭环控制系统

电动机 46 驱动泵 44,将罐 40 中的钻井液经管 42、流量计 48、密度计 50 和粘度计 52,输送进离心机处理。

保护开关 38a 与连接器 38 相连。若齿轮箱超扭矩运行,保护开关 38a 将切断电源,停止电动机工作。

该系统中离心机的螺旋输送器与滚筒的运转模式为:由变频驱动器 54 交流电动机 24 皮带 26 空心轴 21 法兰轴 离心机 10 滚筒旋转。

由变频驱动器 56 交流电动机 34 太阳轮 35 行星齿轮变速箱 32 法兰轴 19 螺旋输送器旋转。

2. 单片机检测和控制系统

离心机工作系统采用两台变频驱动器。为了使这两台变频驱动器与供液情况相协调,以便得到满意的分离效果,故采用了单片机自动控制系统。此外,单片机还可监测离心机的其他工作参数。离心机的监测接口情况如下:

(1)单片机 60 的两个输入接口分别与变频驱动器 54、56 相连,改变电动机 24、34 的工作频率,从而分别改变离心机滚筒和螺旋输送器的转速及扭矩。

(2)保护开关 38a 与单片机的一个输入端口相连,可对齿轮箱 32 的超扭矩做出响应,以保护离心机。

(3)单片机的一个端口与流量计 48 相连,测量经管 42 流进离心机的钻井液流量。

(4)单片机的一个端口与密度计 50 相连,测量经管 42 流进离心机的钻井液密度。

(5)单片机的一个端口与粘度计 52 相连,测量经管 42 流进离心机的钻井液粘度。

(6)单片机的一个端口与阀 42a 相连,控制阀 42a 开口的大小,从而控制流入离心机的流量。

(7)振动检测仪 62 安装在滚筒的外壳上,与单片机 60 相连,当接近或超过振动极限时,单片机将输出相关指令控制变频器 54、56,以改变电动机 24、

34 的工况,或停止电动机工作,以关掉离心机。

(8)轴承座上各安装有一对加速度传感器(垂直、水平各一只),以检测轴的振动情况。当有特殊信号或参数出现时,即表明有潜在危险出现,单片机将发出警告或采取某些控制措施。

3. 控制系统的功能

(1)通过全自动闭环智能控制系统,离心机一直处于安全的工作运行中,以高效分离加重材料。

(2)当离心机在正常工作状态时,针对传感器采集的钻井液粘度值,由单片机输出钻井液处理量 Q 及主、辅电动机转速 n 。

(3)当离心机接近极限工况时(极限转速、极限扭矩、极限振动、极限电流),单片机将发出警告信号,同时发出相关指令,改变电动机工况和供料泵的供液情况,避免或延缓故障发生。

(4)若离心机已超限工作,则单片机将停止离心机工作,以免离心机受到不必要的损坏。

三、全自动闭环控制系统的工作原理及流程图^{[4]、[5]}

(1)用单片机的管脚 p1.2、p1.3、p1.4,分别作为流量 Q 、密度、粘度 μ (A/D 转换后)的输入端;用管脚 p0.1、p0.2、p0.3 分别作为振动 k 、加速度 a 、扭矩 m (A/D 转换后)的输入端;用管脚 p0.5、p2.6 分别作为控制驱动变频器,改变主、辅电机转速的输出端;用管脚 p2.7 作为控制阀门,改变供料泵流量的输出端。

(2)针对单片机芯片,采用 C++ 程序语言,对不同的扭矩信号 m 、粘度 μ 、振动参数 k 、加速度 a 进行分段编程。

(3)用钻井液密度传感器、钻井液粘度传感器、振动传感器、加速度传感器、扭矩传感器,分别测量出工作数据。

(4)将传感器中采集的工作数据进行 A/D 转换,并输入到单片机中,单片机根据采集的数据,经已编制程序的判断,控制系统发出相应的输出处理指令。

设立四个工况及相应工作参数:正常安全停机扭矩 M_{\max} ,最大工作扭矩 M_1 ,正常空载启动最小扭矩值 M_{\min} ;正常安全停机振动 K_{\max} ,最大工作振动 K_1 ,正常空载启动最小振动 K_{\min} ;正常安全停机转速 n_{\max} ,最大工作转速 n_1 ,正常空载启动最小转速 n_{\min} ;正常安全停机电流 I_{\max} ,最大工作电流 I_1 ,正常空载启动最小电流 I_{\min} 。

1. 正常工作状态

当传感器检测到离心机转速、扭矩、振动及工作电流均小于最大工作值,且大于正常启动空载最小设定值时,表明离心机保持正常工作状态。此时,根据粘度传感器反馈到单片机的值,通过单片机内已编制的程序做出相应的处理,即输出变频器的频率,改变离心机的转鼓转速,调整供料泵的处理量。

2. 闭环控制状态

当传感器检测到离心机转速、扭矩、振动或工作电流某值大于最大工作值,且小于最大停机的最小设定值时,说明离心机负载增大。此时,通过反馈信号到单片机,根据已编制的程序做出及时的反应,减少进料量。同时对粘度的测量值,控制系统给出合理的离心机转速,达到加重材料的分离与有害固相的清除。

3. 停机报警状态

只要传感器检测值,其中有一个参数达到或超过给定的最大停机参数值,控制系统便发出停机报警指令。

4. 控制流程图

全自动闭环控制流程图见图 2。

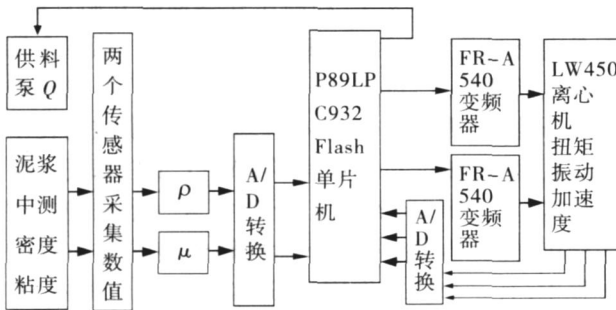


图 2 控制流程图

四、全自动闭环控制系统的 C++ 程序

在确定出离心机的分离粒度为 20 μm,加重材料的分离效率达 80%的基础上,针对 LW450 离心机、离心机机械性能及钻井液性能的变化,采用 C++ 语言编制了控制系统程序(部分程序如下),用于对传感器采集的数据进行判断,并发出相应的处理指令,达到有效分离加重材料的目的。

```
#include <iostream.h>
void main()
{ double k, a, m, μ; //假定离心机极限振动为 1000,极限
加速度为 5,极限扭矩为 30,钻井液粘度从 0.002~0.098 Pa·s
cout<<"传感器传到单片机的数据:振动 K与加速度
a扭矩 m 钻井液粘度 μ" << \n;
```

```
cin>>k>>a>>m>>μ; //此时输入值为单片机管脚
接收到的传感器的采集数据值
cout<<"输入四者通过单片机处理后对应的频率 f
为:流量 q为:" << \n;
if(k<950&&a<4&&m<25)
{ if(μ<0.002) //根据现场实验测量出钻井液粘度 μ
属于 0.002~0.098。
cout<<"频率 f等于 25.78Hz" << \n <<"流量 q
等于 20" << \n;
else if(μ<0.041)
cout<<"频率等于 45.304Hz" << \n <<"流量 q
等于 3" << \n;
else (μ<0.0605)
cout<<"频率等于 44.93Hz" << \n <<"流量 q
等于 2" << \n;
if(k<1000&&k>=950&&a<5&&a>=4&&m<
30&&m>=25) //设其振动最大允许值 950~1000,加速度
最大允许值 4~5,扭矩最大允许值 25~30。
{ cout<<"频率等于 52Hz" << \n <<"流量 q等于 1"
<< \n;
}
if(k>=1000||a>=5||m>=30)
{ cout<<"频率等于 0Hz" << \n <<"停机" << \n;
}
}
```

五、结论

本文针对加重材料分离的实质,提出一套全自动闭环控制分离方案,可随着钻井液性能参数的变化及离心机机械性能参数的变化,综合给出分离加重材料时离心机的转速与供料泵的流量值。通过这套控制系统的实施,可“实时”有效分离加重材料,节约加重材料的费用,减少矿产资源损耗,降低工人劳动强度。同时,更有效地解决环境污染问题,具有显著的经济效益和社会效益。

参考文献

[1] 龚伟安. 钻井液固相控制技术与设备 [M]. 北京:石油工业出版社, 1995: 258 - 288.

[2] 陈庭根,管志川,刘希圣. 钻井工程理论与技术 [M]. 北京:石油工业出版社, 2000: 100 - 115.

[3] 孔庆祥,周东风. 清除钻井液中钻屑微粒试验研究 [J]. 西部探矿工程, 1995(2): 7 - 9.

[4] 董怀荣,王新梅,蔡文军,等. LW400 ×1200 型变频控制高速离心机的研制 [J]. 石油矿场机械, 2006, 35(1): 45 - 47.

[5] 董怀荣,王平,蔡文军. 一种全自动闭环控制钻井液高速离心机 [J]. 西部探矿工程, 2006, 04: 209 - 211.

(编辑:刘英)

Oil/Gas Engineering Development of Southwest Petroleum Institute, is engaged in the research and management of oil/gas engineering. Add: CNPC Sichuan Petroleum, Chengdu City 610051, Sichuan Province, P. R. China Tel: 86 - 28 - 67311325 E-mail: zsq@trqgy.cn

RESEARCH ON THE ADAPTIVE CONTROL OF CENTRIFUGE SEPARATING THE WEIGHTING MATERIAL

ZHANG Xiaodong and **LI Jun** (Mechanical and Electronic Engineering Institute, Southwest Petroleum University), **DPT** 30 (5), 2007: 99 - 101

Abstract: Through the research on the weighting material, this paper establishes mathematical model and determines the separation size of centrifuge when the centrifuge separates the weighting material. And it designs the system of frequency conversion and full automatic closed loop control. The system can feed back the data which is collected at real time to the single chip according to the viscosity and density of drilling fluid, the bad torque and change of the vibration of the centrifuge when it works. Based on the data collected, the program C++ in the single chip can make a judgement, and then the control system will sent out the equivalent processing commands which will put out the frequency of the frequency converter and the volume of the change pump, then it will get the purpose that the weighting material is separated effectively according to the change of the performance of the drilling fluid and the mechanical parameters of the centrifuge.

Key words: drilling fluid, centrifuge, full automatic closed loop control, single chip, high-density weighting material separation

ZHANG Xiaodong (professor), born in 1959, graduated from Petroleum Mining Machinery Development of Southwest Petroleum University in 1982, and obtained master's degree in Beijing University of Science and Technology in 1995, is engaged in the research and teaching of new technique, design theory and design method of drilling & production tool. Add: Mechanical and Electronic Engineering Institute, Southwest Petroleum University, Xindu District, Chengdu City 610051, Sichuan Province, P. R. China Tel: 86 - 28 - 83032740 E-mail: zxd123420@126.com

ANALYSIS OF THE LATERAL FORCE RULE OF ACTUATING MECHANISM ON ROTARY STEERABLE DRILLING TOOL

DUAN Zhengyong, **PENG Yong** and **LI Jibo** (School of Mechanical Engineering, Xi'an Shiyou University), **DPT** 30 (5), 2007: 102 - 104

Abstract: Through studying the guiding force and hole enlargement force of actuating mechanism on rotary steerable drilling tool with more than 2 pistons, some conceptions such as piston angle, margin angle, interim angle are put forward, and the general law is derived about piston number and maximum number of simultaneous actuating piston between steering force and hole enlargement force. The research result shows that the maximum number of simultaneous actuating piston is $N/2$ (N means number of pistons).

Key words: rotary steerable, drilling tool, plunger, guiding force, hole enlargement force

DUAN Zhengyong, born in 1978, graduated from Xi'an Shiyou University in 2002. Now he is studying for his Master's degree in School of Mechanical Engineering of Xi'an Shiyou University, being engaged in the research on operating mode monitoring and fault diagnosis of mechanical system. Add: Xi'an Shiyou University, 18 Eastem Part, No. 2 Dianzi Road, Xi'an City 710065, Shanxi Province, P. R. China Mobile Phone: 13032902313 E-mail: zyduan@xsyu.edu.cn

SEALING DESIGN OF KELLY STOPCOCK

ZHANG Jisheng¹, **DONG Bin**², **LI Yueqin**¹ and **REN Xiaobin**³ (1. Southwest Petroleum University; 2. Drilling & Production Technology Research Institute, CNPC Sichuan Petroleum; 3. West Sichuan Drilling Co.), **DPT** 30 (5), 2007: 105 - 107

Abstract: The sealing property is one of the main indicators of kelly stopcock. The sealing structure consists of sealing among the main valve body hole and upper and lower valves seat bush; sealing between the spheroid and valve seat, and sealing between the knob and valve body knob. Under high pressure, the sealing between upper and lower valves seat is still the sealing between metal and metal, but the low friction coefficient and anti friction function of PTFE ring have great influence on reducing the moment of friction, it is apt to realize the contact sealing initially, can close the stopcock rapidly. The paper presented the sealing between the stopcock spheroid and valve seat, and explained their sealing mechanism, sealing structure and choice and strengthening of the material.

Key words: kelly stopcock, primary seal, flexible seal, sealing mechanism, sealing structure, strengthen

ZHANG Jisheng, graduated from Heilongjiang Science and Technology Institute in 2001, is studying for his master's degree in Southwest Petroleum University, being engaged in the research on inside blowout preventer, coiled tubing, casing etc. Add: Class 4, Grade 2005, Postgraduate School, Southwest Petroleum University, Xindu District, Chengdu City 610051, Sichuan Province, P. R. China Tel: 86 - 28 - 83030540 E-mail: jzhang_2008@163.com

ANALYSIS OF RESIDUAL STRESS IN EXPANDABLE CASING WITH RUBBER SLEEVE

LIAN Zhanghua¹, **YUE Bin**^{1,2}, **ZHANG Jianbing**³, **YANG Bin**¹, **SONG Zhoucheng**^{1,4} and **ZHENG Wei**^{1,4} (1. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Southwest Petroleum University; 2. CNPC East Geophysical Co.; 3. Xi'an Shiyou University; 4. Tarim Oilfield Co.), **DPT** 30 (5), 2007: 108 - 110

Abstract: The finite element model of expandable casing with rubber sleeve was established according to elastic-plastic mechanics FEM. Three contact pairs in the model was set up, i.e. the contact pair between the piston and the inner wall of expandable casing, the contact pair between the outer wall of expandable casing and the inner wall of the rubber, as well as the contact pair between the outer wall of the rubber and the inner wall of the out casing. The quantitative relation of several residual stresses was analyzed in detail for the range of the rubber thickness 1.5 - 3.5 mm, and the non-uniform residual stress in expandable casing was discussed. According to the residual stress distribution and the expandable casing size, the optimal thickness (1.7 - 2.0 mm) of the rubber was obtained, within the thickness of the rubber, the distribution of the residual stress and the flow of the metal crystal lattice in the expanded casing were improved, it provided the theoretical support for the structure design of the expandable casing with rubber.

Key words: cementing, expandable casing, rubber sleeve, residual stress, FEM, non-uniformity

LIAN Zhanghua (professor, doctor and doctoral supervisor), born in 1964, graduated from Mechanical Engineering Department with his doctorate in the Southwest Petroleum Institute in 1994. Now he is engaged in the teaching and research on CAD/CAE/CFD, casing damage mechanism, paleotectonics stress, in-situ stress, and perforation completion. Add: Southwest Petroleum University, Xindu District, Chengdu City 610051, Sichuan Province, P. R. China Tel: 86 - 28 - 83032210 E-mail: cwtzlh@