维普资讯 http://www.cqvip.com

第33卷 第6期
1997年11月

地质与勘探
GEOLOGY AND PROSPECTING

Vol.33 No.6
November,1997

# 钻进过程实时状态监控与诊断系统的设计和研制

史玉升
(石油大学·北京·102200)

李红杰 谢家惠
(中国地质大学·武汉·430074)

论述了一种基于微机的钻进过程实时状态监控与诊断系统的设计思想和研制方法,这种系统可以对钻进过程中的卡钻、烧钻等常见事故进行实时在线监控与诊断。试验表明该系统达到了预期的设计目的,并取得了良好的效果。

关键词 钻进过程 实时 状态监控 事故诊断 微机控制系统

目前,钻井施工单位尚处于凭经验打钻的现状,经常会出现各种钻井事故,而这些事故的诊断和处理只能凭认为的经验来决定,即只能凭听(机器声音)、看(压力表)、摸(机器的振动)等感觉来获取钻进过程状态的信息,而人的感觉难免粗糙失准,且易受环境和情绪等的影响。即使操作者高度集中,随时对耳、眼、手感觉到的信息进行综合,与头脑中的经验进行分析对比并快速作出判断和采取手动控制措施,也跟不上孔内状态的变化速度,故钻井事故难以避免。

当钻井事故发生前或发生时,若不能及时合理地加以预防和处理,就可能引起恶性事故的发生或扩大;事故后,若不能及时诊断排除,就会贻误生产、带来巨大的经济损失,极大地影响生产效率和工程质量,严重时可导致整个钻孔报废。因此,如何有效地预防和处理钻进过程中各种事故是当前每个钻井单位极为关注的主要问题之一,这就促使人们设计和研制一种基于微机的系统,让其模仿人类的智能来实时地监控钻进过程的状态变化情况,以改变目前凭经验打钻的现状。

## 1 设计思想[1]

根据钻井工作的特殊情况,如搬迁频繁,施工现场条件差(电压不稳定、干扰大、振动大、温差、潮湿、灰尘影响大)和工人素质不高等特点,提出的设计和研制依据是:立足市场现有的微机型号和元器件;面向野外恶劣环境下的钻井生产实际,做到安装、操作方便,容易在现有钻机上安装;尽量降低成本。

### 1.1 功能

(1)对钻进过程中的主要特征参数(钻压、泵压、泵量、转速、钻速和扭矩)进行自动实时监测,若有参数超限,自动报警与显示;

(2)在对采集的数据进行实时处理后,能作出钻进过程状态正常与否的判断。当钻进过程有异常兆头时,能自动声光报警并显示可能的事故类型,指导司钻及时地调节有关钻井参数,以防事故的产生;

(3)当钻进过程发生了事故以后,能自动把钻具提离孔底一定距离,然后停止钻进,同时自动报警并显示事故类型,以避免事故的进一步扩大;

(4)利用功率半导体器件(双向晶闸管或大功率晶体管)实现驱动电机的软启动和变频调速,从而省掉降压启动装置和实现钻机的无级调速;

(5)可显示和打印或存储主要钻井参数在时域上的瞬时值,为技术人员进行钻井规

本文1997年8月收到,三海编辑。

维普资讯 http://www.cqvip.com



律的分析和有关理论上的研究提供尽可能丰富的现场实际资料；

(6)系统具有"人机对话"功能，除进行自动监控和诊断外，还可进行人工干预；

(7)自动和手动兼容，当系统的自动功能出现故障时，可进行手动控制，以免耽误施工进度；

(8)系统留有一些扩展口，为今后增加研究范围和深度打好基础。

### 1.2 可靠性

研制的目的是把该系统用于实际钻进过程中去，因此，系统必须具有足够的可靠性。针对钻井现场的环境条件，在设计系统的可靠性时重点考虑了以下几个方面的因素：

(1)来自电源、电器设备、电火花的干扰；

(2)由于现场电源质量差，电压、频率不稳定造成的影响；

(3)现场的机械振动和搬迁中可能遇到的碰撞和冲击；

(4)现场潮湿、多尘可能引起器件的失灵和接触件锈蚀；

(5)转换开关及一些易损件可能成为可靠性的薄弱环节。

为此，主要从系统的安装结构，软、硬件3个方面采取了对应的防范措施。

### 1.3 可操作性

由于现场的司钻对微机系统的键盘不熟悉，一时难以掌握，况且容易产生误操作。为此从实际出发，应尽可能地简化操作步骤，使其达到对某一型号的钻机、不同的钻进规程和地层，只有在现场标定和修改时，由技术人员采用键盘操作，这一工作一旦完成，把适用于该钻进过程的有关参数固化于只读存储器EPROM中。司钻只要按开、停机的按扭即可，其它事宜全由监控与诊断系统自动完成。

### 1.4 经济性

从计算机、元器件的选择到软硬件的合理分配等方面充分考虑了系统的性能价格比，使其成本能被钻井单位所接受。

### 1.5 方便性

本系统适用于电驱动类钻机。安装使用时，只需要在驱动电机与三相交流电源之间加入该系统即可，不改动钻机的任何结构。如果采用自动提升钻具这一功能，则需要对钻机的液压控制回路作少许改动。

## 2 组成

监控与诊断系统是计算机控制系统的一个方面，对于不同的监控与诊断对象，其组成部分也不尽相同，根据设计思想，提出了组成框图(图1)。可以看出，该系统属开、闭环相结合的控制型结构。

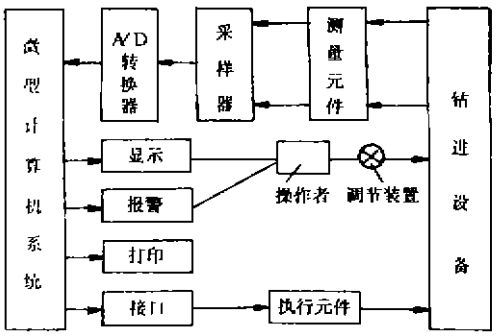


图1 钻进过程实时状态监控与诊断系统组成框图

微机通过测量元件对钻进过程中的特征参数进行巡回检测，经采样、A/D转换为数字量，并根据一定的监控与诊断方法[2]进行预测和识别。然后，微机的部分输出发出控制信号直接去控制执行元件，使被控对象达到设计要求，这时的微机参加闭环的直接数字控制过程；微机的另一部分输出与钻进过程的各个控制单元不直接发生联系，控制动作实际上是由司钻接受微机的指示来完成，这时微机参加的是开环操作指导控制过程。

## 3 硬件

硬件力求结构简单、工作可靠、便于推广，以适应钻井工程苛刻的工作条件。

### 3.1 微型计算机的选择

对于给定的任务，选择微型机的方案不

维普资讯 http://www.cqvip.com



是唯一的。从钻进过程实时状态监控与诊断系统的角度出发,考虑到上述系统的设计思想及组成,微型机需满足如下要求。

(1)较完善的中断系统;

(2)足够的存储容量;

(3)完备的输入、输出通道;

(4)足够的字长;

(5)较快的速度;

(6)较丰富的指令。

另外,选择微型计算机时,还应考虑成本高低、程序编制难易及扩充输入、输出接口是否方便等因素。

目前常用的工业控制微机有单片机、单板机和微型计算机系统。经过分析比较,并考虑到钻进过程的特点和今后的研究发展,决定选用MCS—系列的8031单片机。

### 3.2 单片机应用板

由于8031内部无程序存储器,故外扩一片2764(EPROM)作为程序存储器。8031内部RAM只有128字节,不够用,因此外扩一片6264(RAM)作为数据存储器。本系统需要将四种传感器(钻压、泵压、泵量、扭矩)输出的模拟信号转换成数字量进行运算处理;而转速和钻速传感器输出的信号为脉冲数字量,可直接与微机I/O相连,不需要模数转换[1]。因此,选用一片ADC0809作模数转换即可满足要求。单片机应用板原理见图2。

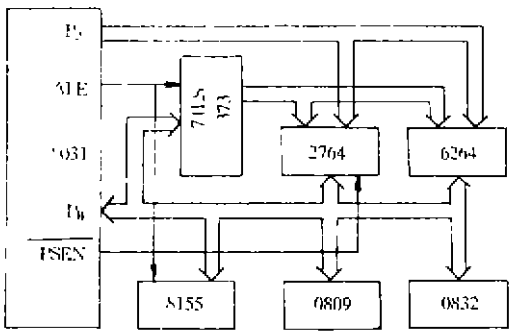


图2 单片机应用板原理框图

### 3.3 显示电路

显示电路包括键盘显示和事故类型显示两部分。键盘显示用于技术人员标定、输入和修改有关的参数,作为人机通讯接口用;事故类型显示用于当钻进过程可能或已经发生事故时,向司钻指出此时的事故类型,以便采取相应的措施。

#### 3.3.1 键盘显示电路

键盘显示采用8279通用键盘、显示接口芯片,其原理框图见图3。

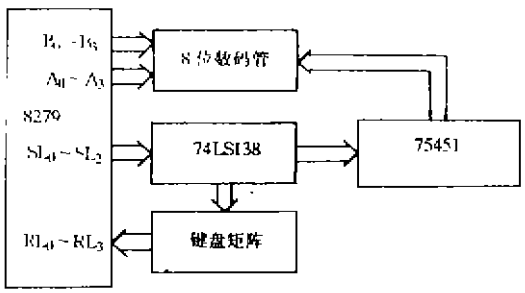


图3 键盘显示电路原理框图

此键盘显示板上配备8位LED数码管,20个键,其中一个是复位键,另外16个定义为0~F数字键,一个LAST键(读写上一个RAM单元内容),一个NEXT键(读写下一个RAM单元内容),一个EXEC键(连续执行)。

#### 3.3.2 事故类型显示电路

当钻进过程有事故预兆时,单片机输出0.5Hz的脉冲信号,使对应的信号灯以同样的频率闪光,同时发出报警声音,以提醒司钻有可能发生某种类型的事故;当已经发生了事故时,单片机输出低电平,对应的信号灯持续发亮,以示发生的事故类型,同时发出报警声音,钻具自动提离孔底一定距离,然后停止钻进过程。事故类型显示电路如图4。

### 3.4 报警电路

报警电路如图5所示。当有事故兆头或发生事故时,继电器的常开触点J1吸合,触发驱动电路使扬声器发出报警声音,以提醒司钻注意事故情况。

## 4 软件

以钻进过程实时状态监控与诊断专家系

维普资讯 http://www.cqvip.com



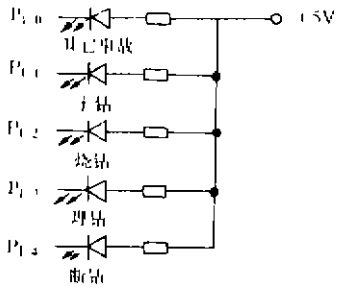


图 4　事故类型显示电路

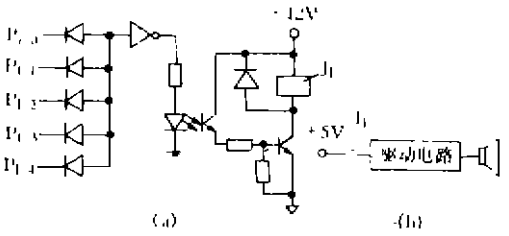


图 5　报警电路

统[2]为理论基础进行软件设计。采样周期为 2s，即每隔 2s 巡回检测一遍钻进过程中的特征信号，然后进行数字滤波、分析、处理、输出信号进行显示、报警和控制等。

在保证实时性的前提下，尽可能多地利用软件来代替硬件，以降低成本、减小体积，方便修改。软件采用模块化的设计方法，整个系统是通过不断接受中断程序和调用子程序来完成巡回检测和控制任务的，软件模块示意图如图 6 所示。

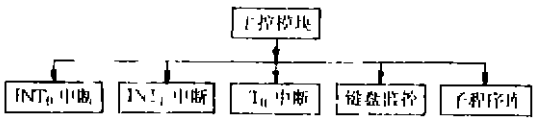


图 6　系统软件模块示意图

## 5　试验结果

由于现场条件所限，故只对卡钻和烧钻两种事故进行了试验，现场试验表明，系统的软、硬件基本达到了设计要求(表 1)。

## 6　系统特点

(1)运用 LED 显示、人机对话方式，既可简化操作，又方便对系统进行人工干预。一旦技术人员针对某一钻进过程输入专家知识和标定好有关参数，键盘部分就可以封死不用，司钻只要操作面板上的开、停按钮即可。这特别适合野外工人技术素质不高的状况。

表 1　卡钻、烧钻事故的诊断情况

| 事故名称 | 试验次数 | 正确诊断率(%) | 实时性 |
|---|---|---|---|
| 卡钻 | 20 | 100 | <2s |
| 烧钻 | 20 | 95 | <2s |

试验条件：XY—4 模拟试验

(2)采用功率半导体器件代替接触器控制主电动机，既减小体积、延长了使用寿命，又降低了振动噪音；而且也为电动机软启动和钻机的变频无级调速奠定了基础，而无级调速是最优化钻井中不可缺少的重要环节。

(3)除了满足现有的功能要求外，还留有一定的扩展余地，以便今后进一步增加功能。

(4)除了用于钻进过程的实时状态监控与诊断外，在软件上稍微改变就可应用于类似的施工过程中。

(5)结构简单，除部分传感器外，整个主机、电源、晶闸管及分离键盘均布置在一个 400mm×310mm×540mm 的铁箱中，便于搬迁与安装；另外，机箱下部还设计有 80mm 高的四个脚，以防地下的雨水浸入箱体之中。

(6)微机和单元电路部分均为可拆卸式结构，不用时可方便地密封、防尘、隔潮、保存。

(7)系统允许外电源交流电压在 170V～250V 之间波动。

(8)安装方便，几乎不需要对现有钻机、水泵等的结构进行改动。

(9)具有较高的可靠性。系统中无转换开关等易损件，软硬件均采取了抗干扰措施，在各种干扰性大的设备启、停中，系统仍能稳定、可靠地工作。

(10)试验表明，系统对常见事故，如卡钻和烧钻的正确诊断率均在 95% 以上　从监测、诊断到控制信号发出所花的时间不超过 2s，就钻进过程来说，具有比较好的实时性。

维普资讯 http://www.cqvip.com



参考文献

1　史玉升.钻进过程实时状态监控与常见事故诊断技术的研究.中国地质大学博士学位论文,1996,38～51

2　史玉升,左静,江志国,等.基于专家系统的钻机失时故障诊断与实施方法.石油机械,1996,24(3),27～32

## DESIGN AND DEVDLOPMENT OF A SYSTEM FOR REAL－TIME CONDITION MONITORING CONTROL AND DIAGNOSIS

Shi Yusheng, Li Hongjie, Xie Jiaxun

Design idea and development method of a microcomputer－based system for real－time condition monitoring control and diagnosis drilling are discussed. On－line real－time monitoring control and diagnosis, such as sticking drilling string, burning drill bit, etc, can be carried out with this system. The results of field test showed that the system is practicable and efficacious.

**key words**　drilling process, real－time, condition monitoring control, trouble diagnosis, microcomputer control system

**《第四届中国超硬材料发展战略研讨会》——暨庆祝中国超硬材料发展35周年会议征　　文**

为推动超硬材料行业进步、促进技术信息的交流，在21世纪即将到来之际，工业金刚石信息中心（工业金刚石北方情报网）受中国超硬材料专家技术委员会委托，承办《第四届中国超硬材料发展战略研讨会》——暨庆祝中国超硬材料发展35周年。会议拟于1998年9月在河北省承德市召开。现将会议有关事宜通知如下：

一、征文范围

1. 我国超硬材料工业35周年来的成果回顾与述评；

2. 世界超硬材料新技术、新材料、新产品的发展动态；

3. 超硬材料合成机理的探讨；

4. 金刚石合成设备及合成腔体大型化问题；

5. 金刚石生产设备及原辅材料（触媒、碳片、叶蜡石）标准化问题；

6. 超硬材料技术进步与经济效益的关系等；

7. 超硬材料企业经营管理及企业技术改造和技术革新经验；

8. 超硬材料行业中的自动化设计及计算机应用和理论研究；

9. 超硬材料制品在各部门、各领域的应用；

10. 超硬材料制品应用领域的新技术、新工艺、新产品等；

11. 企业规模化、集约化及集团化经营发展的成功经验；

12. 国外超硬材料考察报告；

13. 超硬材料行业市场分析及进出口贸易等；

14 国民经济发展与我国超硬材料工业发展前景的探讨；

15. 超硬材料标准与检测技术。

二、征文要求

1 作者可根据上述征文范围自行命题，也可结合本单位的具体情况命题；所投稿件一般要求没有在国内外正式刊物或其他会议上发表过；

2. 来稿请用16开稿纸誊清，要求文字精炼、准确、工整，标点符号正确，字数在5000字以内为宜；

3. 文章经专家评委审议后确定是否录用；文章录用与否，一律不退稿；

4. 征文截稿日期：1998年3月31日。

论文请寄：工业金刚石信息中心（工业金刚石北方情报网）

**地址：河北省三河市燕郊　邮编：065201　电话：(010)61591188—2421**

**联系人：郑丽雪　冯晓红　刘芳蕾**