

钻
井
工
艺

井眼轨迹闭环控制系统的信号下传技术

刘修善¹ 苏义脑²

(1. 清华大学工程力学系 北京海淀区 100084;

2. 石油勘探开发科学研究院 北京学院路 100083)

摘 要 根据井眼轨迹闭环控制系统的实现要求,讨论地面信号下传系统的基本构成和信号的传输方式,提出信号的编码方法、传输格式以及码型,考虑到信号传输的可靠性和传输系统的效率,建立了具有可选参数功能的控制信号编码系统,为地面信号下传系统提供理论基础和技术依据,对加速随钻测量技术的国产化进程起到积极地促进作用。

关键词 井眼轨迹 信号 传输 编码 设计

中图分类号:TE243 文献标识码:A 文章编号:1006-768X(2000)01-0001-03

Downward signaling technique for the closed loop control system of hole trajectory

LIU Xiu-shan¹, SU Yi-nao²

(1. Engineering Mechanics Department, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing 100083, China)

Abstract: According to the accomplished claims for the closed loop control system of wellbore trajectory, the general components of downward signaling system and the signal transmission modes are discussed in this paper. The coding method, the transmission pattern and the code form of signal are presented. As a result, a coding system of control signals, which is provided with optional parameter function, is formed considering the reliability of signal transmission and the efficiency of transmission system.

Key words: wellbore trajectory, signal, transmission, coding, design

井眼轨迹闭环控制技术是石油钻井工程的最新研究领域,是一项跨世纪的高新技术。其主要研究目的是赋予井下控制系统以自动调节功能,并最终实现地质导向和计算机闭环自控,从而可以依据地质条件和油田开发要求使钻头自如地追踪并钻达有效的油藏目标。该项技术对于复杂条件下常规钻井技术难以解决的轨迹控制问题,更能显示其优越性,必将对石油钻井工程以及石油的勘探与开发生产生重大影响^[1,2]。

地面信号下传系统是井眼轨迹闭环控制中必不可少的环节,它是连接地面监控子系统和井下自动跟踪子系统的桥梁和纽带。目前,国外主要是以试验为手段来开发单个系统样机;而国内,在信号传输系统设计、信号编码以及信号传输特性分析等方面

的研究尚属空白。本文的研究不仅可为地面信号下传系统提供理论基础和技术依托,而且还将对加速随钻测量技术的国产化进程起到积极的促进作用。

1 系统的基本构成

地面信号的下传是利用通信系统来实现的,其基本构成如图1所示^[3]。

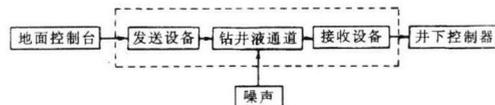


图1 系统的基本构成

在地面信号下传系统中,地面控制台是发出信

收稿日期:1999-06-14;改回日期:1999-08-17

作者简介:刘修善,1984年毕业于大庆石油学院,现为清华大学博士后,副教授。

息的本源,井下控制器是信息的接收者,而钻井液通道则作为信号的传输媒介。发送设备的基本作用是将信源和信道匹配起来,也就是将信源信号转换成适于信道传输的信号。发送环节一般由变换器、编码器和调制器三种装置组成。接收设备的作用与发送设备相反,它要对信号进行解码、解调和解密等。换句话说,接收设备应该能从带有干扰的信号中正确地恢复出原始信号^[4]。

2 信号的传输方式

信号的传输方式有基带传输和宽带传输两种。基带传输时不改变信号编码的频谱和波形,从而不需要调制技术,信号只需经过简单的编码就可在信道上传输,所以具有技术简单、成本低、维护方便的优点。但是基带传输在传输速度和传输距离上均受到限制。宽带传输是将信号编码的波形调制成一定频率的载波后,使载波的某些特性按照数据波形的特性而改变。将载波传送到目的地后,再将其进行解调,去掉载波,恢复出原来的数据波形。这时,数据编码的波形、频谱都将随着调制和解调而改变。调制和解调分别是由调制器和解调器来完成的,一般将这两个部件做在一起,称为调制解调器,从而可完成上述两项任务。基带传输和宽带传输的比较如图2所示。

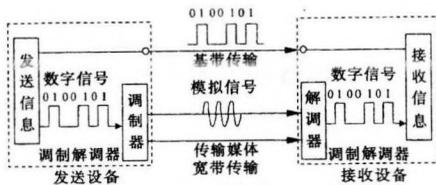


图2 信号的传输方式

3 信号的编码技术

普通的数据是无法在信道中传输的,必须通过编码将数据转变为数据的编码。通常,编码后的信号还需要进行信号变换,即将信源信号的符号序列转化为物理信号(如光、电信号等)。

编码的应用十分广泛,在日常生活中经常遇到。例如电报码、国际标准书号 ISBN 编码、商用的条形码等等。在通信系统中,一般可分为信源编码和信道编码两大类。但对于钻井液脉冲传输系统来说,由于信道的局限性,应采用信源编码。

编码时,一般遵循如下规则^[5]:

- ①一般将一个数的最高位作为符号位;

- ②除符号外,数字符号可表示任何数值;

- ③数字符号本身总是代表确定的值;

- ④不同位置的数字符号所表示的实际值,是它本身的值乘以一个确定的权数;

- ⑤一个数的实际值为各位上的实际值的总和。

量化级的选取与参数的范围和所要求的精度有关。通常,参数的范围和精度在编码之前是可以预先确定的,所以二进制码所需的位长为:

$$n = \log_2 \left(\frac{\text{参数范围}}{\text{精度}} \right) \quad (1)$$

例如,工具面角的取值范围为 $0^\circ \sim 360^\circ$,如果所要求的精度为 0.2° ,则所需的位长为:

$$n = \log_2 \left(\frac{360 - 0}{0.2} \right) \approx 10.8。$$

由于位长必须为整数,所以应取 $n = 11$ 。为了提高精度并充分利用码位,编码的实现过程一般为:放大处理、A/D 转换和编码,如图3所示。

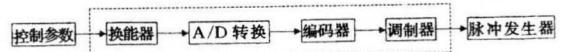


图3 编码的实现过程

4 信号的传输格式

在串行传输系统中,同步信号是不可缺少的重要组成部分。由于信号是一位接着一位、一组接着一组顺序传输的,所以必须知道每个码元和每个码组的起止时间,并按着相同的起止时间来进行取样判决。这种在收、发两端建立起一致的时间标准,就是同步的含意。同步问题的实质是时间信息(或称同步信息)的传输问题,即如何将发送端的码元和码组的起止时刻准确无误地传输到接收端。

选取同步信号的基本要求是应便于与信息码分离。同步信号除了保证系统的各种同步外,还应满足以下要求^[6]:

- ①必须比信息码具有更强的抗干扰能力;

- ②不应占用过大的信道带宽,不要降低传输的有效性;

- ③同步信号的引入不应增加设备的复杂性。

在地面信号下传系统中,由于每次所发送的信号一般很少需要改变所有的控制参数,因此所需传输的参数往往是具有选择性的。为此,可以对每个参数项加上“标识码”。这样,一帧信号的编码较短,传输的可靠性和传输系统的效率都较高。因此,每帧信号是以同步信号开头,然后是各参数的信息码(由标识码和数据码组成)。另外,对于串行通信,各

参数信息码的前后通常还要有起始位和停止位。通常,起始位为“1”,停止位为“0”。因此,带有同步信号的传输格式如图4所示(信息码的位长依实际情况而定)。

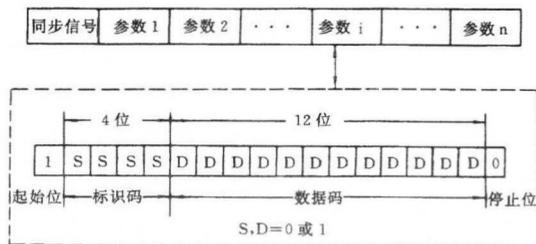


图4 信号的传输格式

5 信号的码型设计

基带的传输不需要调制,但需要进行编码。基带信号的码型很多,通常有三种分类方法:

①根据信息传输的形式可分为:平衡传输(“0”和“1”都是传输格式的一部分)和非平衡传输(只有“1”被传输,而“0”则以在指定的时刻没有脉冲信号表示)。

②根据对零电平的关系可分为:归零传输(RZ)(在每一位二进制信息传输之后,均返回至零电平)和非归零传输(NRZ)。

③根据信号的方向可分为:单极性(信号的极性是单向的)和双极性(信号具有正负双极性)。

在实际的基带传输中,往往是上述几种方式组合起来的。对于钻井液脉冲信号来说,通常可采用非平衡传输,考虑到归零传输往往具有更好的抗干扰能力,而且能够同时发生正钻井液脉冲和负钻井液脉冲的系统比较复杂、不易实现,所以采用“非平衡、归零、单极型”码型比较符合钻井工况和信号传输系统的要求。

宽带传输是用某一频率的模拟信号作为载波,利用信号的变化改变模拟信号的某些特性,以达到编码的目的。通常,用于宽带传输的调制方式主要有以下三种^[5](如图5所示)。

①调幅方式。频率、相位不变,波幅随信号而变化。这种方式技术简单,但抗干扰能力较差。

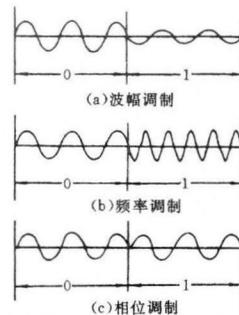


图5 常用的调制方式

②调频方式。波幅、相位不变,频率随信号而变化。这种方式比调幅技术有较高的抗干扰能力,但占频带较宽。

③调相方式。波幅、频率不变,相位随信号而变化。这种方式技术比较复杂。

6 结束语

由于钻井工况的特殊性,地面信号下传系统要求抗干扰能力强、误码率低、且便于实现。为了提高信号传输的可靠性和传输系统的效率,本文提出了具有可选参数功能的信号传输系统,并讨论了钻井液脉冲信号的传输方式、编码方法、传输格式以及码型设计等问题。

参 考 文 献

- [1] 苏义脑. 关于井眼轨道控制研究的新思考. 石油学报, 1993, 14(4): 117~123.
- [2] 苏义脑, 季细星. 井眼轨道控制系统控制原理分析. 石油学报, 1996, 17(4): 107~113.
- [3] 刘修善, 苏义脑. 地面信号下传系统的方案设计. 石油学报, 1999.
- [4] 邵大川. 控制与通信技术基础. 北京: 机械工业出版社, 1995.
- [5] 惠益民. 计算机信息处理基础. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1993.
- [6] 周庆龙. 通信系统原理. 北京: 北京邮电学院出版社, 1992.

(技审: 邓传光; 编辑: 黄晓川)