

# 基于 FNN-3200 电子罗盘在 CNG 储气井 成像检测的同步研究

王明灼<sup>1</sup>, 陈立峰<sup>2</sup>

(1. 四川理工学院理学院, 四川 自贡 643000; 2. 四川川油天然气科技发展有限公司, 四川 自贡 643000)

**摘要:**对 FNN-3200 电子罗盘在 CNG 储气井检测成像中的同步进行了研究。研究表明电子罗盘在检测设备中的安装位置直接影响到获得图像同步信号处理电路的复杂程度。安在静筒中需设置光电转换电路, 电路较复杂; 安在动筒中的处理电路较简单。两种安装方式都能得到精度较高的检测成像同步脉冲。

**关键词:**电子罗盘; 检测; CNG 储气井; 图像同步

**中图分类号:** TU375

**文献标志码:** A

## 引言

长期以来,我国都是能源短缺国家,从“十一五”到“十二五”规划,国家更加注意新能源发展,增加清洁能源和新能源的比重,尽快提高我国天然气储备能力。天然气作为一种清洁、高效燃料,在未来低碳经济发展模式下具有广阔前景,将是能源发展的主导方向。我国天然气已进入快速发展阶段,随着需求量和进口气量持续快速增长,天然气安全平稳供应问题日益突出,已成为国家能源安全的重要内容。天然气储备主要是地下储气井、LNG(液化天然气)、备用气田三种方式。

储气井是从上个世纪 90 年代初开始,四川借鉴天然气工业建设地下储气库的各种好处,成功地利用储气井存 CNG,先后在四川、重庆、上海、新疆等地打了 50 多口井进行推广应用,通过了四川省有关部门组织的技术鉴定,纳入了国家行业标准《汽车用燃气加气站技术规范》(CJJ84-2000)<sup>[1]</sup>。通过几年的发展,又颁布了行业标准 SY/T6535-2002《高压地下储气井》和国家标准 GB50156-2002《汽车加油加气设计和施工规范》。

在加气站和天然气调配站的储气设施中,地下储气

井具有自己独特的优点:第一是安全可靠,事故隐患少。一是由于套管材质选用适当,二是储气井深埋地下,三是井内设有排液管,四是可能引起泄漏的点较少;第二是占地面积小,站址选择更容易;第三操作使用简单,维护管理方便;第四使用寿命长,年均耗费少。现已成为国内 CNG 加气站的首选储气方式。

但是,随着储气井的长期使用,一些潜在的问题逐渐出现。由于储气井是埋地压力容器,SY/T6535-2002 规定地下储气井使用寿命是 25 年,标准也规定储气井的全面检测周期为 6 年,必须定期进行井管的无损检测和测厚检测。但这方面尚无完善的检测手段。由于天然气中含有硫化氢和水,易形成对金属有很强腐蚀能力的腐蚀液,且长期运行于超过 20 MPa 的高压下,在这种恶劣条件下储气井难免会出现安全问题。常见的事故之一是井下发生泄漏,但难度在于不易弄清井下泄漏点位置;其次是管壁被腐蚀,虽没有发生泄漏但存在严重的安全隐患。同时许多储气井,由于没有检测或是由于缺乏检测手段,被迫停止使用而废弃,目前国内已有 4000 多口储气井。如果研制出功能齐全的符合实际要求的 CNG 地下储气井检测系统,不仅能确定井下发生

收稿日期:2012-08-27

基金项目:国家 863 项目(2008AA11A134)

作者简介:王明灼(1949-),男,四川自贡人,教授,主要从事传感器及检测技术方面的研究,(E-mail)susewmz@163.com

泄漏的准确位置,采取有效的补救措施,同时可利用报废旧井、节约大量另建新井的资金。因此提出了通过对CNG储气井安全检测技术展开研究,从而开发出安全检测设备的课题<sup>[2]</sup>。

在CNG地下储气井的成像检测中,必须使探头检测到的信号转换成计算机能处理的被称为像素的数字信号,将像素有序的排列才能成图像。像素有序排列的过程称为同步。CNG储气井成像检测同步最重要的是都在同一个方位进行扫描,一般采用地磁场放大后的N极为标准方位,但由于地磁场很微弱,易受干扰。所以用电子陀螺或电子罗盘进行同步的较多。我们购置到的是航空用的FNN-3200电子罗盘,对该电子罗盘用于CNG地下储气井的成像检测的同步研究,获得较为满意的结果。

### 1 FNN-3200 电子罗盘的特点

FNN-3200电子罗盘的形状结构如图1所示。该罗盘具有较小尺寸,直径35mm,若不要接线插座,厚度不到8mm,其输出的物理量是数字量,有仰角角度和方位角度,仰角角度是与水平方向所成的角度,方位角是与正北方向所成的角度,输出的一串数字量中,前面一组是方位角度数字量,后面一组是仰角角度数字量。

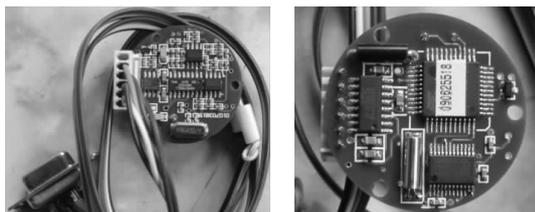


图1 电子罗盘(左背面图,右正面图)

FNN-3200电子罗盘的参数:

电源:3~15V

仰角角度精度:0.5度

方位角度精度:0.5度

检测速度:2~3次/秒

在CNG储气检测成像的同步中只需要方位角度输出量,由于发出的是数字量,不是同步脉冲量,所以这种电子罗盘在CNG储气检测成像的同步中不能直接利用其输出,必须加以设计。设计时分两种情况,一种是电子罗盘安放在旋转头上,另一种是电子罗盘安放在不旋转的静筒上。

### 2 电子罗盘安放在静头上的设计

#### 2.1 电子罗盘安放位置

电子罗盘安放在静筒上,即或是由于安装不水平而

造成仰角角度不为零,而我们只需要方位角度,所以无关紧要。在其竖直位置面向旋转头处安放一片平面镜。在旋转头的A探头上安放光电转换电路,如图2所示。当A探头旋转到电子罗盘方位,光电转换电路便发出电子罗盘方位脉冲,启动角度计数器计数,当计到电子罗盘发出的角度时A探头正好是正北方位,此时同步脉冲计数器便发出同步脉冲控制存储地址。

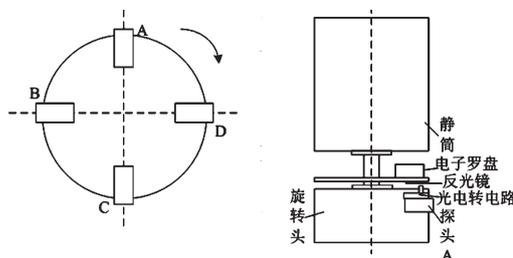


图2 光电转换电路安放位置

#### 2.2 光电转换电路

(1)作用:用于转动筒的定位。

(2)电路原理<sup>[3]</sup>

图3(a)是光电转换的电原理图,图3(b)是印版图。电原理图中,D是发光二极管LED,R<sub>1</sub>是其限流电阻;V<sub>1</sub>是光电三极管,R<sub>2</sub>是V<sub>1</sub>的集电极电阻;V<sub>2</sub>是倒相用的三极管,C<sub>1</sub>与R<sub>2</sub>是电源滤波电容与电阻。C<sub>2</sub>与R<sub>4</sub>构成微分电路,充电时间常数为 $\tau = C_2 R_4$ 。

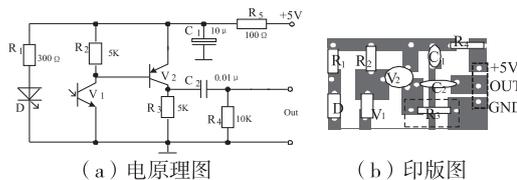


图3 光电转换图

(3)光电转换原理

在静筒垂直于电子罗盘的位置安一个小的镜片,动筒的A探头上安放光电转换电路。当A探头旋转到镜片处时,发光二极管LED发出的光才能被镜片反射到光电三极管V<sub>1</sub>上,V<sub>1</sub>饱和导通,三极管V<sub>2</sub>也饱和导通,其集电极电压突升到接近电源电压,当A探头转过镜片位置时,V<sub>1</sub>与V<sub>2</sub>都截至,输出为低电平(0V),即V<sub>2</sub>的集电极输出为正脉冲信号。该正脉冲信号经过R<sub>4</sub>与C<sub>2</sub>微分电路变为尖脉冲信号输出。所以A探头旋转到镜片处就会产生一个尖脉冲触发信号。

#### 2.3 电子罗盘同步原理

(1)电子罗盘发出的信号有经度信号和纬度信号,只取用经度信号(即水平方位角度信号 $\varphi$ ),表明反射镜片与正北方向相差 $\varphi$ 度角。该信号采用无线传输方式

传到动筒的控制板上。

(2) 设置一个  $N = 500$  角度计数器,其计数器的触发脉冲用数字采样脉冲(周期为 1 ms),数字采样的像素个数  $n$  与方位角度  $\varphi$  的关系为:

$$n = \frac{\varphi}{360} N \quad (1)$$

(3) 同步基本原理<sup>[4-5]</sup>

当光电转换电路发出信号(尖脉冲),表示 A 探头与正北方向相差  $\varphi$  度角,或相差  $n$  像素, $N = 500$  角度计数器开始计数,当计到  $n$  时,表明 A 探头刚好位于正北方向, $N = 500$  角度计数器发出一个行地址同步脉冲并停止计数复位。为第二次的尖脉冲触发做准备。这种同步方法较为复杂,但可以解决静筒在上升下降中产生的角度偏移问题,而且可明确的表明图像的每行的第一个像素都是正北方向。

### 3 电子罗盘安放在旋转头上的设计

若能将电子罗盘安放在旋转头上,机械设计中必须在旋转头筒外设计电子罗盘放置的专门位置。在这是一种比电子罗盘安放在静筒上的设计更简单同步方法。不需要设计光电转换电路,电子罗盘安放在旋转头的 A 探头,电子罗盘发出的方位角信号表示 A 探头与正北方向相差  $\varphi$  度角。根据式(1),角度计数器对采集的像素计到  $n$  时表明 A 探头刚好位于正北方向, $N = 500$  角度计数器发出一个行地址同步脉冲并停止计数复位。为第二次的尖脉冲触发做准备。

注意:因为四个探头是同时采集信号的,分别送到计算机(井下部分)的存储器中。所以 A 探头每转一圈,会发出一个行地址计数器触发脉冲,但产生的像数行是 4 行,即会得到  $A_i, B_i, C_i, D_i$ 。

### 4 数据采集同步的相位合成

#### 4.1 数据采集

数据采集<sup>[6]</sup>频率 1000 Hz,即每个探头每秒转动 2 圈,每圈为 1 行数据,1 行为 500 个数据。四个探头每秒共采集 4000 个数据,要求数据采集频率  $1000 \pm 1$  Hz,周期为  $1.0 \pm 0.004$  ms。数据采集中四个探头按顺时针方向匀速旋转,探头每转动 1 圈会采集到 4 行像素数据即会得到  $A_i, B_i, C_i, D_i$  像素。但存储时必须依次进行存储,这就要求进行数据相位合成。

#### 4.2 数据相位合成

由于是四个探头同时输出四路信号,数据相位合成<sup>[7]</sup>采用如图 4 所示方法。

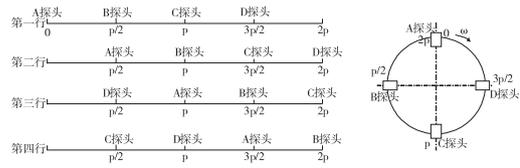


图 4 四探头数据相位合成示意图

第一行由 A、B、C、D 探头采集的第一个四分之一周数据(125 个数据)构成,第二行由 A、B、C、D 探头采集的第二个四分之一周数据构成,第三行由 A、B、C、D 探头采集的第三个四分之一周数据构成,第四行由 A、B、C、D 探头采集的第四个四分之一周数据构成。即探头每旋转一周,可获得四行的采集数据,每秒钟探头旋转 2 周,即可获得 8 行的采集数据。

## 5 数据同步

### 5.1 使存储的数据有序

(1) 陀螺仪安在 A 探头的正上方,陀螺仪发出的方位信号为:  $\varphi$  度时,陀螺仪电路就发出一个同步脉冲去触发地址码计数器计数。

(2) 地址码计数器: 陀螺仪电路发出的同步脉冲使地址码计数器计数。产生 1 行数据的地址码。(由于是四个探头,每个探头对应的地址码为  $A_i, B_i, C_i, D_i$ )。

### 5.2 数据存储与图像再现

采集到的数据按地址计数器的地址有序的一行一行的存储到计算机存储器中。当要再现图像时只需从存储器中有序的读出像素数据就可以再现不失真图像。

## 6 结束语

我们在 CNG 地下储气井检测设备中只购到上述的电子罗盘,由于检测系统机械结构已经确定,为了获取好的图像效果所以采用较复杂的同步方案。当静筒在检测中不断地移动了一些角度,经检测出的腐蚀图像仍然不失真。若购到的电子罗盘发出的是正北方向的脉冲信号,则可整形后直接作为同步脉冲将会使同步电路设计极为简单。

### 参考文献:

[1] 黄海波.城市天然气汽车加气站布局规划与评价方法及其实施技术研究[D].四川大学,2004.  
[2] 许立志,王明灼,曾黄麟.CNG 储气井套管检测技术综述[J].四川理工学院学报:自然科学版,2009,22(6): 111-115.

- [3] 华成英,童诗白.模拟电子技术基础[M].4版.北京:放军出版社,1987.  
高等教育出版社,2006.
- [4] 黄仕机.彩色电视机接受原理与实践[M].北京:科学出版社,1983.
- [5] 周宽章.盒式磁带录像机的原理和维修[M].北京:解
- [6] 宋文绪,扬帆.自动检测技术[M].北京:高等教育出版社,2001.
- [7] 任大海,尤政,孙长库,等.射线实时成象中图象拼接技术的研究[J].无损检测,1999(11):481-483,490.

## Study of Synchronization of FNN-3200 Electronic Compass in the Detection and Imaging of CNG Gas Storage Well

WANG Ming-zhuo<sup>1</sup>, CHEN Li-feng<sup>2</sup>

(1. School of Science, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China;

2. Sichuan Oil Natural Gas Technology Development Co., Ltd., Zigong 643000, China)

**Abstract:** The synchronization of FNN-3200 electronic compass in the detection and imaging of CNG gas storage well is studied. The results indicates that the installation position of electronic compass in test devices is related to the complexity of the processing circuits acquiring image sync signals. If the compass is placed in moveless tube, processing circuit needs the added photoelectric conversion circuits, which is more complicated. However, the one in mobile tube is simpler. Both can get high-precision synchronization pulse signals of detection imaging.

**Key words:** electronic compass; detection; CNG gas storage well; image synchronization