

# JDT-6 陀螺测斜仪软件 GyroSProcess 设计与实现

陈华北<sup>1</sup>, 李聚光<sup>2</sup>

(1. 华北有色工程勘察院有限公司, 河北 石家庄 050021; 2. 石家庄经济学院信息工程学院, 河北 石家庄 050021)

**摘要:**针对 JDT-6 陀螺测斜仪配套软件“陀螺测斜仪 JDT-6”在使用过程中显露出的同时需要串、并口进行通信, 仍无法脱离 Windows98 操作系统现象, 并根据工程实践中提出的新要求采用 VB6 开发了适用于这款仪器的软件 GyroSProcess。新软件除涵盖原功能外, 还在数据通信方面将串、并两条通道合二为一个 USB 口或 COM 口; 导入已有测斜数据, 减少数据采集量, 提高测斜作业效率; 计算机自动控制绞车的运行, 使数据采集过程自动化; 运用对象编程技术, 将测斜图件转成 AutoCAD 形式。介绍了新软件部分增加功能中采用的关键技术、算法。经现场试验, 证明 GyroSProcess 软件的测量结果与旧软件结果一致, 可替代旧软件而成为 JDT-6 陀螺测斜仪的新一代配套软件。

**关键词:**陀螺测斜仪; JDT-6; GyroSProcess; 冻结孔; 作业自动化

**中图分类号:** P634.7; TP311.5 **文献标识号:** A **文章编号:** 1672-7428(2016)01-0031-05

**Design and Implementation of the Accompanying Software GyroSprocess for Gyro-inclinometer JDT-6/CHEN Hua-bei<sup>1</sup>, LI Ju-guang<sup>2</sup>** (1. North China Engineering Investigation Institute Co., Ltd., Shijiazhuang Hebei 050021, China; 2. The Department of Information Engineering of Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang Hebei 050021, China)

**Abstract:** While using the original bundled software of gyro-inclinometer JDT-6, serial and parallel ports have to be used at the same time for communication and the software only works with Windows 98 and according to the new requirement in engineering practice, the software GyroSProcess was developed for gyro-inclinometer JDT-6 by VB6. In addition to covering the original functions, this new software has the following advantages: the serial and parallel channels are combined into one USB or COM port; the existing survey data can be imported to GyroSprocess with data acquisition workload reduced and the efficiency of deviation survey improved; the winch operation is controlled automatically by computer, which enables data acquisition process automation; by oriented programming technology, the inclination survey maps can be converted to AutoCAD format. The paper introduces key technologies and algorithm adopted for function adding on this new software. The site test shows that the measuring result by GyroSProcess software is the same as that by the old one. Therefore, GyroSprocess will replace the old software as new accompanying software of gyro-inclinometer JDT-6.

**Key words:** gyro-inclinometer; JDT-6; GyroSProcess; freezing hole; operation automation

## 1 概述

从 1966 年我国的第一台陀螺测斜仪 JDT-I<sup>[1]</sup> (北京建井研究所设计, 上海地质仪器厂生产), 到现在的 JDT-10 型<sup>[2-5]</sup>, JDT 系列陀螺测斜仪已诞生了多个型号。这些陀螺测斜仪在我国煤炭、冶金等多个行业的地质勘探、矿井施工中得到了广泛的应用。它们用于钻孔的轨迹测量, 是定向钻进、冻结法施工中不可缺少的工程设备之一。JDT-6 是这个家族中的一员, 它采用重力加速计<sup>[6]</sup>测角传感器进行顶角测量, 三自由度陀螺马达具有的定轴性来测定方位。由于这型仪器将测斜、定向两根探管变为一根探管, 配置了基于 Windows98 的测斜定向软件“陀螺测斜仪 JDT-6” (以下简称“软件 J6”), 数

据、轨迹可存储、显示、打印。具有测量精度高的特性, 给施工带来了方便。

由于 JDT-6 诞生于 10 多年前, 所开发的软件 J6 基于 Windows98。在使用过程中, 发现其软件运行时, 计算机必须具备串行、并行端口; 离开 Windows98 操作系统就无法正常工作。图 1 显示了软件 J6 的功能模块及其相互调用关系。随着技术的发展, 用户普遍感到需要对软件的通信方式进行改进, 软件 J6 的功能有必要增强, 操作系统平台要升级。

笔者于 2011 年开始尝试对 JDT-6 陀螺测斜仪软件进行重新设计, 设计过程中, 对仪器的数据通信方式、深度信号<sup>[7]</sup>采集、绞车控制系统一并作了改进。

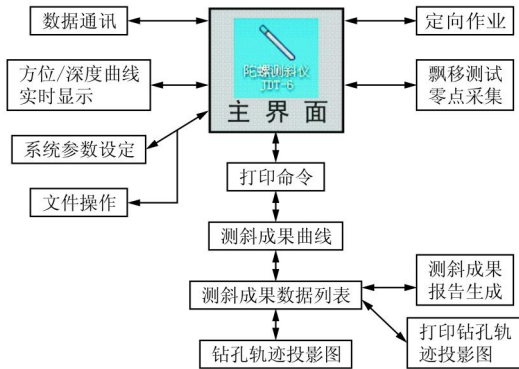


图1 软件 J6 的功能模块及调用关系

2013年,一套新的 JDT-6 配套软件开发成功,取名“GyroSProcess”,含有对陀螺测斜仪数据采集处理之意。GyroSProcess 程序可运行于 WindowsXP 及后续操作系统平台,包含原软件 J6 的全部功能,并增加了一些新特性。经过实验室的试验平台及现场试验,各项指标达到设计要求。本文将 GyroSProcess 中部分新功能的作用及运用的关键技术、算法进行介绍。

## 2 基本思路

### 2.1 旧软件“软件 J6”体系结构

软件 J6 功能模块如图 1 所示,模块之间的调用通过点击软件的命令菜单或快捷键实现。

### 2.2 新软件 GyroSProcess 目标及创新点

软件 J6 与陀螺测斜仪相互配合,进行测斜、定向已超过 10 年,软件的工作流程已为用户所熟知。因此,新软件保持软件 J6 的一些界面特性及模块调用关系。

针对陀螺测斜仪及软件 J6 进行测斜、定向作业中发现的不足,对新软件的目标定位上,除操作系统定位于 WindowsXP 外,增加以下功能。

(1) 探管深度预置。这样避免探管插入钻孔后的初始深度确定,由人工扳动带霍尔开关的测量轮来使软件显示深度与实际深度一致。

(2) 数据导入。这个功能实现后,可将以往获取的钻孔姿态数据重新纳入本次测斜作业的计算,由于无需在以往采集过数据的井段采集数据,将大大加快测斜作业速度。

(3) 数据导出。这个功能的实现,可将测斜数据存成 ACCESS 的数据库表的形式,为今后在 Office 中利用这些数据提供方便。

(4) 与 AutoCAD 相关联,将测斜数据直接生成 AutoCAD 图形,免去以往由人工依据钻孔深度、方位等参数,再调用 AutoCAD 绘制钻孔轨迹图。

(5) 测斜作业过程部分实现自动化。

(6) 提高深度参数的分辨率。

(7) 更改通信方式,变串、并口两条通道为 USB<sup>[8]</sup> 或 COM 一条通道。

后 3 项目标的实现涉及部分硬件电路、部件的改动及单片机编程。新软件 GyroSProcess 的功能模块及调用关系如图 2 所示。

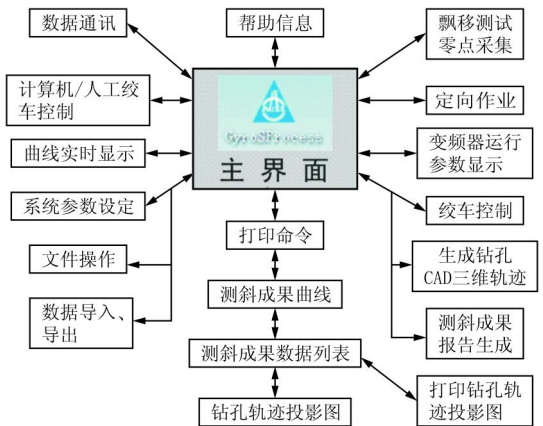


图2 软件 GyroSProcess 的功能模块及调用关系

## 3 软件 GyroSProcess 设计关键技术

GyroSProcess 在 WindowsXP 操作系统下,用 VB6.0<sup>[9-10]</sup> 面向对象技术进行开发,成功地与 AutoCAD 及 ACCESS 实现了对接。按图 2 的模块定义,依靠 VB6.0 开发工具内置控件及 ActiveX 控件实现了模块功能。下面是 GyroSProcess 实现过程中用到的部分关键技术。

### 3.1 探管和深度数据的通信

原 JDT-6 陀螺测斜仪的地面仪与上位机的通信中,用串口传送探管数据,用并口传输深度信号。对地面仪的改进中,用光电编码器产生深度数据,地面仪内部用一块 89S52 单片机<sup>[11]</sup> 为核心的电路板取代原电路。在这块电路板中,实现了探管数据与深度信号的组合,去掉了并口数据线,地面仪经 USB 或 COM 端口,周而复始向上位机传输探管和深度数据,数据帧格式如图 3 所示。GyroSProcess 中引入 MSComm 控件,在代码中命名为 MSComm1,为应用程序提供串行通讯功能,利用控件的 OnComm 捕获并处理通讯事件。控件 MSComm1 接收的字符数的

Rthreshold 属性设成数据帐长度的 2 倍。这样,事件 comEvReceive 发生时,从缓冲器 buffer 中取出的二进制序列一定包含一完整数据帧。数据帧 ID 之前、CHK 之后的字节舍弃,对于仪器来说,由于数据循环采集,传输速度足以满足要求,舍弃一部分数据并不影响探管姿态的实时显示和轨迹精度。

ID	Ax	Ay	Azi	Tmp	Res	UC	DC	PN	CHK
----	----	----	-----	-----	-----	----	----	----	-----

ID — 标识; Ax — 加速度计 x 分量; Ay — 加速度计 y 分量; Azi — 方位; Tmp — 温度; Res — 保留; UC — 编码器正转数; DC — 编码器负转数; PN — 编码器转过的角度; CHK — 校验码

图 3 数据帧格式

在 MSComm1\_OnComm() 事件处理代码段中,完成探管内加速度计正交分量 Ax、Ay、方位值 Azi、温度 Tmp 和表征深度 UC、DC、PN 的分离,对这些参数按与地面仪电路板上 89S52 单片机程序相同算法进行校验,确保参与计算的数据可靠。

### 3.2 数据导入

依“均角全距法”<sup>[12]</sup>可计算钻孔轨迹,该方法需要获取从孔口到待测部位一系列深度、顶角、方位,称为三要素。JDT-6 陀螺测斜仪用点测法获取三要素,一般从孔口之下若干米开始测量,探管下移一定深度,如 5 m 或 10 m 采集一次。根据施工要求,可能钻进一段就须测斜一次。因此,一个钻孔从开钻到终孔,需要多次测量。每次在待测井段之前,探管必须经过孔口至待测井段。已测井段的深度、方位信息如能被本次测量作业所利用,则只需采集新井段部分数据,因此可减少因测斜作业而产生的辅助时间。

GyroSPProcess 中增加了数据导入功能,即将某钻孔某次作业时的测量文件导入本次作业活动中,将其中的深度、方位等信息从文件中分离出来,参与本次测量作业的计算。

GyroSPProcess 的测量文件以后缀 .dat 形式出现,按随机文件模式存储,文件的记录定义为:

Type Recorder	
ID As Integer	记录号
Depth As Single	深度
Azimuth As Single	方位
Dip As Single	斜度
X Offset As Single	X 偏距
Y Offset As Single	Y 偏距
Offset As Single	总偏距

Angle Of Close As Single	闭合方位角
Vertical Depth As Single	垂深
End Type	

GyroSPProcess 中每点测一次,就产生一条记录。导入功能就是通过打开已完成井段测斜的数据文件,提取记录中 Depth、Azimuth、Dip 参与计算。导入文件可在测斜作业之前、进行中或之后进行,程序会将导入的记录点依 Depth 字段,对所有参与轨迹计算的数据进行排序,保证计算结果的正确。

### 3.3 测斜作业的部分自动化

部分自动化在 GyroSPProcess 被定义为:测斜作业时,探管插入钻孔后,输入测量的起始深度、结束深度、测点间距、静止延时时间,点“自动测试”按钮,由软件控制控管在孔内完成停止、延时、采集、再启动过程。采集结束后,自动提升探管至指定位置。

如果钻孔内不出现意外(如探管被卡),可自动完成测斜作业。但对出现意外情况,GyroSPProcess 可转至手动作业,与软件 J6 一样方式测斜。或通过绞车控制器的紧急按钮 STOP 实现绞车的刹车,绞车的控制权可转移至手动控制。

实现作业自动化的关键,在于上位机对绞车的编程控制。为此,对绞车控制器的变频器进行了选型,变频器除功率等电气特性匹配外,还要在控制性能上具备 RS485 接口;功能可设置的快捷键;变频器频率给定通道可切换;为便于现场操作,设计了一个绞车控制器,使变频器置于其中,它通过控制回路与变频器相连。上位机与变频器之间的 RS485/USB 转换接口必须合适。采用控制网络如图 4 所示。变频器控制部分参数设定如表 1 所示。

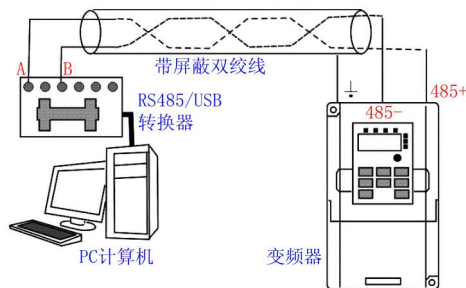


图 4 PC 计算机、转换器、变频器组成的 ModBus 网络

GyroSPProcess 界面中设计一个控制绞车的“软”界面,如图 5 左侧所示。点击或按下键盘按钮改变变频器输入频率、启动、停止绞车。这些动作经 MSComm 通信控件,程序代码中命名为 RS485,以 RTU(远程

表1 变频器控制部分设定参数

功能码	名称	参数设定及简要说明
P00.01	运行通道指令	2;通讯运行指令通道。(“LOCAL/REMOT”灯点亮)运行命令由上位机通过通讯方式进行控制
P00.06	A频率指令选择	1;键盘模拟量 AI1 设定。当运行控制回到手工操纵绞车控制器时,由电位器来设定频率
P00.07	B频率指令选择	8;ModBus 通讯设定。指频率由 ModBus 通讯来设定
P00.09	设定源组合方式	1;当前频率指令设定为 B 频率指令。将端子功能 P05.05 = 13,实现 A 频率与 B 频率的切换
P07.02	QUICK/JOG 键功能选择	6;按 QUICK/JOG 键,实现运行命令方式给定方式按顺序切换
P07.03	QUICK/JOG 键运行命令通道切换选择	P07.02 = 6 时,设定运行命令通道切换顺序。3;端子控制←→通讯控制
P07.04	STOP/RST 键停机功能选择	STOP/RST 停机功能的有效选择。对于故障复位,STOP/RST 在任何状况下都有效。3;对所有控制模式都有效

终端单元)模式进行通信。变频器规定为从机,PC 为主机。要实现通信,需要将控制命令向下分解二至三级子动作,在 GyroSPrcss 中,将一些子动作的代码写成子过程或函数。例如,点击“正转”按钮,其部分代码如下。

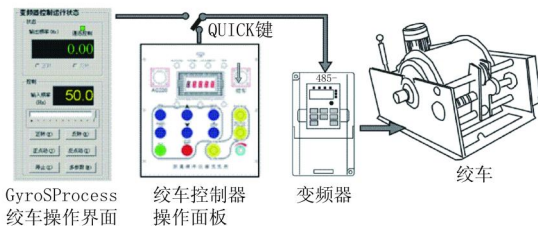


图5 通过 QUICK 键,可对绞车实施双重互斥控制

```
Private Sub cmdForward_Click()
... ..
DecayTime = (gSpeedUpTime * gInputFrequency) / 50
timUpDown.Enabled = True
StopReadTime = Timer + DecayTime + 3
gInputFrequency = Val(txtInputFrequency.Text)
Call SendMessage 将设定频率发送给变频器
Call Delay1s 延时
Call Response(&H6) 写从机参数
Call FwdRotate 它再用 CVar(FwdMsg) 函数
... ..
```

其中,Call FwdRotate 调用 CVar(FwdMsg) 函数,二级函数参数 FwdMsg 为 RTU 报文,RTU 的 Modbus 报文帧组成如下。

FwdMsg(0) = &H1F	从机地址域	31
FwdMsg(1) = &H	功能域	写从机参数
FwdMsg(2) = &H20	数据地址高位	
FwdMsg(3) = &H0	数据地址低位	2000H

FwdMsg(4) = &H0	数据内容高位	正转运行
FwdMsg(5) = &H1	数据内容低位	0001H
FwdMsg(6) = &H40	CRC 校验低位	
FwdMsg(7) = &H74	CRC 校验高位	

cmdForward\_Click() 经一系列调用完成“正转”命令。要驱动绞车自动执行启动、停止、延时、再启动等动作,GyroSPrcss 界面中置入一个定时器控件 timer,命名为 timinterval。timinterval\_Timer() 事件过程定时检查探管的深度值,自动控制的关键算法如下列 Select Case 语句。

```
Select Case gDepth
Case Is < gMeasureStart - gCircum 小于起始深度
Exit Sub
Case gMeasureStart To gEndDepth 起始点至结束点
SegIndex = Int((gDepth - gMeasureStart) /
gMeasureInterval) + 1
If gAcquedFlag(SegIndex) = False Then
Call cmdStop_Click
Call StopDelay(gIntervalOfSampling)
Call CreatRecorder 保存数据
gAcquedFlag(SegIndex) = True
Call cmdForward_Click
End If
Case Is > gEndDepth 大于结束点
Call cmdStop_Click
Call StopDelay(gIntervalOfSampling)
Call CreatRecorder
```

其中 gAcquedFlag() 数组是一个 Boolean 型全局数组,自动采集模式下,将钻孔划分出相等段长,每段用一个数组元素表示是否已采集数据。

钻孔测斜过程中,有时由于钻杆弯曲、夹有异物等原因,造成探管下放时被卡,这时需要人工操纵绞车。因此,在设计自动化功能时,程序必须具备从自动模式过渡到人工模式的功能。绞车控制器上的 QUICK 按钮(图5),实现两种模式的转换。

### 3.4 嵌入 AutoCAD 成图功能

建井工程常常要将井筒周边钻孔轨迹<sup>[12-14]</sup>展示出来,如图6所示。使用软件 J6 测量时,根据测量报告,在 AutoCAD 中重新绘制<sup>[15,16]</sup>。在 GyroSPrcss 中添加的了绘制 AutoCAD 格式轨迹功能。其基本技术就是利用 VB6 具有对象编程特性和 AutoCAD 的 ActiveX 技术。

AutoCAD ActiveX 使用户能够从 AutoCAD 的内部或外部以编程方式来操作 AutoCAD。它是通过将 AutoCAD 对象显示到“外部世界”来做到这一点的。

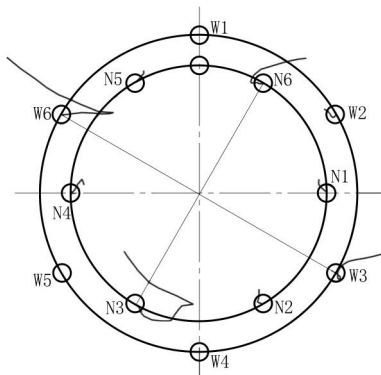


图 6 井筒周边绘制的钻孔轨迹

一旦这些对象被显示,许多不同的编程语言和环境以及其他应用程序(例如 Microsoft Word VBA 或 Excel VBA)就可以访问它们。

在 VB6 开发环境中,将“工程”菜单中选择“引用”选项,启动“引用”对话框。在“引用”对话框中,选择 AutoCAD 类型库, GyroSPProcess 选择了“AutoCAD 2004 类型库”。定义两个对象变量:

```
Dim acadapp As AcadApplication
```

```
Dim acadDoc As AcadDocument
```

它们分别表示 AutoCAD 应用程序和当前文档, acadDoc 就相当于手工在 AutoCAD 绘图时的空间。从此, acadDoc 变量引用当前的 AutoCAD 图形。

由于 GyroSPProcess 在测斜、计算时以地面孔口为中心,建立平面直角坐标系,所显示的轨迹是轨迹投影至水平面结果,在获取钻孔的深度(depth)、X分量(XOffset)、Y分量(YOffset)后,可在 AutoCAD 中的 ModelSpace,将采集点用 AddLine 方法创建直线,下列语句创一条直线:

```
Set lineobj(i) = acadDoc.ModelSpace.AddLine _
(StartPoint, EndPoint)
```

用循环语句即可将直线连结成三维空间<sup>[16-17]</sup>的轨迹。其中 StartPoint, EndPoint 为含三维空间坐标值的数组名。

为使轨迹曲线醒目和可复制到 AutoCAD 工程图中,将这条曲线按钻孔的直径,经拉伸变成 AutoCAD 的三维实体, GyroSPProcess 提供了一个钻孔孔口坐标输入的对话框。图 7 显示了同一钻孔轨迹 GyroSPProcess 和 AutoCAD 情形。

#### 4 系统试验与应用

基于上述设计思想,完成了适用于 JDT-6 陀螺

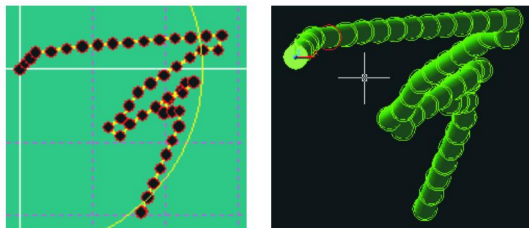


图 7 在 GyroSPProcess(左)和 AutoCAD(右)中的钻孔轨迹

测斜仪数据采集与处理的 GyroSPProcess 软件设计。软件 J6 与 JDT-6 配合多年,已在大量的工程实践中得到应用,其获取数据为工程建设、监理单位认可。为验证 GyroSPProcess 测量结果的准确性,2014 年 7 月,在河北滦县司家营铁矿进行现场对比试验。试验采用同步法进行。在老地面仪内,再加装一块新研发电路板,探管送来的信号同时送入两块电路板,再经各自电路处理后,分别传输至装有软件 J6 和 GyroSPProcess 软件的计算机,如图 8 所示。这种试验方法较好地解决了两款软件在时间上的同步性。

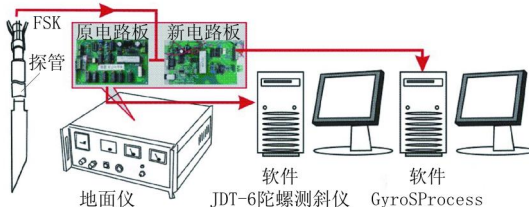


图 8 软件 J6 与 GyroSPProcess 对比试验模型

试验用点测法,使采集数据在时间上保持基本同步;在绞车操控性方面,用新绞车控制器控制绞车,频繁执行放线、停、收线等操作,通过试验,证明计算机键盘通过 GyroSPProcess,可以准确传达这些命令。图 9 是两款软件得出的钻孔轨迹。钻孔轨迹的一致性,反映数据经新研制电路板,经 GyroSPProcess 软件计算处理,各环节的正确性,证明数据解码、计算方法、数据传输率设置等一系列方面是基本准确和适用的。

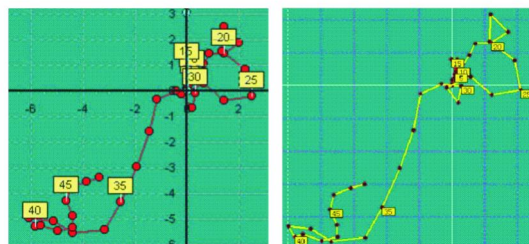


图 9 J6(左)与 GyroSPProcess(右)软件所获得同一钻孔的轨迹

表 1 灌注桩混凝土界面检测试验数据

桩号	桩径/ mm	桩长/ m	空孔长度/ m	混凝土面深度/m	
				测绳	仪器
723	800	17.90	9.67	9.0	9.5
874	800	26.90	10.20	10.5	10.0
122	1000	31.90	13.30	13.9	13.0
245	1000	18.00	4.75	4.8	4.5
569	800	17.90	10.03	9.0	10.0
977	800	20.50	9.31	9.6	9.0
149	1000	31.90	14.50	13.8	14.5
178	1000	31.90	14.20	13.0	14.0
772	800	20.00	10.02	10.6	10.0
106	1000	31.90	11.48	11.0	11.4
762	800	24.90	8.87	8.0	8.5
155	1000	31.90	11.45	11.0	11.3
784	800	24.20	9.60	10.3	9.5
70	1000	31.90	10.83	11.6	10.5
873	800	23.80	9.28	10.0	9.0
141	1000	31.90	11.51	12	11.5
918	800	20.90	9.04	8.8	9.0
712	800	20.14	9.86	9.0	9.5
90	1000	30.00	12.56	12.0	12.5
711	800	19.70	10.16	11.3	10.0
564	800	17.90	10.85	11.7	10.5

泥浆的物性差异为依据,设计、开发一套检测混凝土与泥浆界面的快速、方便、简易的仪器设备,可以确

(上接第 35 页)

## 5 结语

GyroSProcess 程序包含软件 J6 处理、显示、打印、保存、回放功能及上述新特性,还改进了陀螺漂移测试功能,使漂移过程可存储、以图形曲线反映漂移过程;增添初始深度预置功能,结束了操作人员扳动绞车测量轮来同步深度的做法;为了解程序的适应性,成功地在 Windows7 中进行了运行。

由于 GyroSProcess 性能的增强,必将提高作业效率,使操作人员精神紧张的程度有所减缓,为测斜成果的后续利用提供了方便。可以替代软件 J6。

## 参考文献:

- [1] 郭光钧,王静,王铁群. JDT-III 型连续测量陀螺测斜仪[J]. 建井技术,1981(4):25-28.
- [2] 袁东锋,肖炜,马冰,等. JDT-10 型陀螺连续测斜仪的研制及应用[J]. 建井技术,2011,32(1/2):93-95.
- [3] 吕伟,李玮燕,张龙,等. 基于光纤陀螺仪的油井测绘系统[J]. 测井技术,2011,(12).
- [4] 任春华,李兵,赵幸子,等. 全姿态光纤陀螺井眼轨迹连续测量仪研究[J]. 仪器仪表学报,2012,(12):2703-2708.

保灌注混凝土面的标高达到设计要求,并且在保证工程质量的同时,减少混凝土的浪费,缩短施工工期,降低工程成本。

灌注桩混凝土与泥浆界面检测技术可广泛应用于桩基施工领域,解决困扰桩基施工多年的难题,并有较好的经济、社会效益。

## 参考文献:

- [1] 常士骧,张苏民. 工程地质手册(第四版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [2] 李粮纲,陈惟明,李小青. 基础工程施工技术[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,2007.
- [3] 张新明,郑秀华,于进洋,等. 钻孔灌注桩泥浆流变性能评价方法探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(4):75-77.
- [4] 许厚材. 复杂地质条件下基坑支护灌注桩施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(11):54-57.
- [5] 郝长明. 小直径灌注桩旋挖成孔工艺[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(4):76-78.
- [6] 李旺. 旋挖钻孔灌注桩在泥质粉砂岩地区施工实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(11):67-69.
- [7] 丁力生,梁旭黎,王自强,等. 深基坑地下水对钻孔灌注桩施工的影响及对策[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(4):51-54,59.
- [8] 胡朝彬,王宝勋,罗冬华,等. 钻孔灌注桩成孔质量检测技术开发应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(8):46-49.
- [9] 张春熹,高爽. 自主式光纤陀螺油井测斜仪[J]. 仪表技术与传感器,2006,(11):9-11.
- [10] 王铁群. 重力加速度计在钻孔弯曲测量中的应用[J]. 煤炭学报,1996,(2):164-167.
- [11] 冯林,吴超,吴振宇. 石油测井深度测量系统[J]. 计量技术,2003,(4).
- [12] 马敬东,陈明方. 基于 USB 串口通信数据采集技术的实施[J]. 仪表技术与传感器,2007,(2):68-69,75.
- [13] 张交柏. 基于 VB6.0 环境下的变频器控制系统的设计[J]. 电脑知识与技术,2010,(6):1485-1486,1489.
- [14] 孔柱新,焦明华,俞建卫,等. 基于 VB6.0 的变频器与计算机通讯程序设计[J]. 控制工程,2006,(6):583-585,612.
- [15] 史途冬,李青栋,周雪莉. 基于 USB 接口的 51 单片机与 PC 机通信的方法[J]. 大众科技,2008,(11).
- [16] 肖圣泗,等. 钻孔弯曲测量(第二版)[M]. 北京:地质出版社,1989:401-408.
- [17] 李静,张金昌,陈晓琳. 地质勘探钻孔轨迹计算新模型[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(1):22-24.
- [18] 李泉新. 煤矿井下定向钻孔轨迹设计与计算方法[J]. 煤矿安全,2014,(2):141-144.
- [19] 唐新军,严和平. 利用 VB6.0 和 AutoCAD 处理工程图形[J]. 计算机应用,2002,(1).
- [20] 李鹏,冯宏,董建梁,等. OpenSceneGraph 在水平钻孔轨迹三维立体成图中的应用[J]. 电子测试,2013,(9):75-77.
- [21] 黄井武,王志强,谭玉峰. 煤矿工程钻孔轨迹参数计算方法及绘图[J]. 建井技术,2012,(2):19-22.