

# 海底基盘控制系统方案设计

刘晓林<sup>1</sup>, 刘家誉<sup>1</sup>, 王嘉瑞<sup>1</sup>, 陈 奇<sup>2</sup>

(1. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000; 2. 磐索地勘科技(广州)有限公司, 广东 广州 510700)

**摘要:**海底基盘是海洋钻井和取样的重要设备之一,用于钻井作业井口定位、钻具导向及夹持稳定、井口监视,并可根据需要搭载静力触探、取心、测井等其他附属仪器装置。海底基盘是集机、液、光、电一体化的设备,由机械结构、液压系统和控制系统组成。本文针对海底基盘工作需求,提出了一套具有钻杆夹持、视频寻址、图像采集、井口信息监测等功能的海底基盘控制系统方案,控制系统作为设备核心,其由配电系统、光电测控系统和水下液压力站等组成。

**关键词:**海底基盘; 供配电系统; 光电测控系统; 水下液压力站

**中图分类号:** P634 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2019)07-0077-06

## Design of control system for seafloor template

LIU Xiaolin<sup>1</sup>, LIU Jiayu<sup>1</sup>, WANG Jiarui<sup>1</sup>, CHEN Qi<sup>2</sup>

(1. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China;

2. PENESON, Guangzhou Guangdong 510700, China)

**Abstract:** The seafloor template is one of the important equipment for offshore drilling and sampling. It is used for wellhead positioning, drilling tool guiding and clamp stabilization, and wellhead monitoring. It can also be equipped with other tools for cone penetration test, coring, logging, etc. The seafloor template is a device that integrates machinery, hydraulic system, optical fiber communication, and electrical automation. It consists of mechanical structure, hydraulic system and control system. With the working requirements of the seafloor template in mind, this paper proposes a seafloor template control system including drill pipe clamping, video addressing, image acquisition, wellhead information monitoring, etc. The control system, as the core equipment, includes the power distribution system, the photoelectric measurement and control system, and the underwater hydraulic power station.

**Key words:** seafloor template; power supply and distribution system; photoelectric measurement and control system; underwater hydraulic power station

## 0 引言

海底地层中蕴藏着丰富的矿产资源,这些资源具有重要的社会经济价值。海洋钻探是开采海底自然资源、勘查地层剖面实况、获取实体样本的重要手段。海底基盘(seafloor template)是安放在海床上,搭载配置海底钳及控制系统,以实现夹持或松开钻杆并满足海底取样要求、具有导向功能,并能在其上安装海底井口系统和防喷系统等海底钢质框架结构物。海底基盘作为海洋钻井和取样的重要设备,

其控制系统要求具备极高的远程可操控性、实时性、稳定性和可靠性<sup>[1-3]</sup>。

## 1 系统总体方案概述

### 1.1 功能需求分析

海底基盘在下入水下过程中,为了满足下入可控及水下寻址的需要,通常需要采集下入水深、姿态、艏向和离底高度等数据,并安装摄像头以视频引导寻址。鉴于多功能监测产生的大数据实时通讯以

**收稿日期:** 2019-03-24; **修回日期:** 2019-06-03 **DOI:** 10.12143/j.tkgc.2019.07.013

**基金项目:** 自然资源部中国地质调查局项目“海域天然气水合物资源试采工程实施”(编号:DD20189601)

**作者简介:** 刘晓林,男,汉族,1987年生,从事钻探设备研发工作,河北省廊坊市金光道77号,liuxiaolin\_cqu@163.com。

**通信作者:** 王嘉瑞,女,汉族,1992年生,机械设计专业,主要从事钻探新技术、新设备、新工艺的研发工作,河北省廊坊市金光道77号,1056031658@qq.com。

**引用格式:** 刘晓林,刘家誉,王嘉瑞,等. 海底基盘控制系统方案设计[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2019, 46(7): 77-82, 93.

LIU Xiaolin, LIU Jiayu, WANG Jiarui, et al. Design of control system for seafloor template[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019, 46(7): 77-82, 93.

及可视化高清视频传输需求,水声通讯机或其他无线通讯方式无法满足,选择光电复合缆作为脐带缆方式为海底基盘提供电能及数据通讯。

海底基盘的主要作用是夹持和松开钻杆,夹持、松开功能的实现需要一对海底液压钳,故需要一套水下液压动力站,液压动力站必须有一套泵站电机作为驱动。当液压动力站启动后,液压油路由油箱经液压阀控制后进入液压钳油缸,从而推动钳口完成夹持、松开动作。在整个液压系统中,需要有电磁阀,对液压系统压力信号,海底液压钳的位移信号等进行控制和检测。

其次,在钻探过程中,还需要对井口进行监测。安装在基盘上的井口监控摄像头实现对井口工作的全程实时监控,辅以视频存储器,必要时可实现井口工作视频的录制、储存;此外,在油气资源勘查中,井口应具备  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  等气体成分监测功能。

同时,海底基盘设备还应具备设备供电状态、关键信息报警检测等功能,以便甲板操作人员更好地掌握设备工作状态信息。

最后,所有用于海底基盘控制系统水下部分的设备,如摄像头、传感器等电子元器件都应具备相应水深级别的防水、耐压性能,液压系统应具备水压力平衡功能<sup>[4-5]</sup>。

## 1.2 结构布局设计

为实现海底基盘上述功能,且满足水上监控、远程操作及供电要求,结合船用设备相关规范和特点,从结构布局上划分,海底基盘的控制系统由3部分组成(参见图1)。

第一部分,是司钻控制单元,集成在司钻房内,主要作用是通过与水下控制单元进行数据通信来实现对海底基盘的操作和监控。司钻控制单元包括中央控制台和中继箱。

第二部分,是光电复合缆与绞车。该部分主要功能是吊装、供电与信号传输。供电是将中继箱中经变压器升压之后的高压电通过光电复合缆传送至水下接线盒。信号传输包括控制信号、视频信号与设备状态信息等,信号传输都是通过光电复合缆中的光纤传输的。

第三部分,是海底基盘的核心,即水下控制单元,由水下供电单元、水下动力单元、水下测控单元组成。其中,水下供电单元为水下所有设备供配电,水下动力单元即水下液压动力站,水下测控单元是

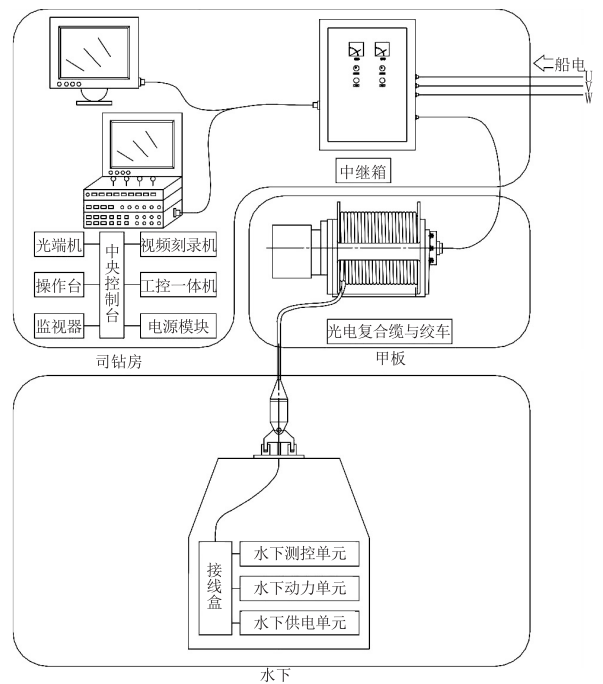


图1 海底基盘控制系统组成示意

Fig.1 Seafloor template control system

信息采集、控制、通信的核心<sup>[6-7]</sup>。

## 2 系统组成和功能

司钻控制单元、光电复合缆与绞车和 underwater 控制单元3大部分按系统功能划分为供配电系统、光电测控系统和水下液压动力站。

### 2.1 供配电系统

#### 2.1.1 设计目标

供配电系统的目标是为整个控制系统提供电能,满足司钻控制单元及水下控制单元供电要求。根据海底基盘控制系统技术要求,供配电系统主要提供的目标电能如下:

输入船电:3P 690 VAC $\pm$ 10%,50 Hz $\pm$ 5%;

输出电压1:220 VAC/1 kW,50 Hz(中央控制台工作电源);

输出电压2:三相 3000 VAC/5.5 kW,50 Hz(泵站电机工作电源);

输出电压3:24 VDC/1.5 kW(水下测控单元工作电源);

系统额定功率:10 kW。

#### 2.1.2 原理和组成

供配电系统原理示意图如图2所示。为解决长距离输电带来的压降问题,采用高压输电和 underwater 高压

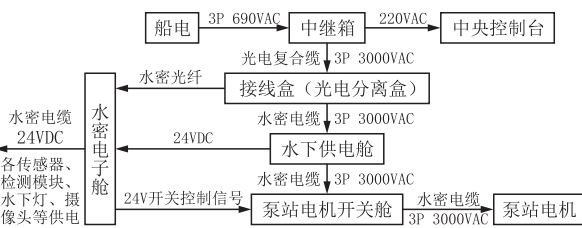


图 2 供配电系统原理示意

Fig.2 Power supply and distribution system

电机方案,三相 690 VAC 船电经中继箱变压器升压至 3000 VAC 再经光电复合缆及绞车传输至水下接线盒。中继箱实现该动力电路的升压、监测和保护功能,为中央控制台提供 220 VAC 控制电源,并将工作状态反馈至中央控制台状态显示,同时接受来自中央控制台的控制信号,执行通断控制。

三相 3000 VAC 高压电经光电复合缆缆端连接的水下接线盒实现光电分离,光信号通过水密光纤及光纤连接器连接至水密电子舱,三相 3000 VAC 高压电经水密电缆进入水下供电舱,水下供电舱采用水下充油箱,外接深水压力补偿器实现内外压力平衡,并带压力补偿报警检测,其内封装降压变压器、直流电源模块、电源监测模块。水下供电舱为水密电子舱测控单元元器件提供 24 VDC 电源,同时通过高压水密电缆将三相 3000 VAC 高压电送至泵站电机开关舱,此舱内封装三相高压接触器,接收水密电子舱 24 VDC 开关控制信号,实现与之连接的 3000 VAC 高压泵站电机启停控制<sup>[8-11]</sup>。

## 2.2 光电测控系统

### 2.2.1 功能目标

光电测控系统的功能目标是:

(1) 一组水下寻址摄像头视频图像实时显示,配合该摄像头的一组水下灯开关及亮度控制;搭载该摄像头和灯的云台旋转及俯仰角度控制;供电通断状态显示。

(2) 井口监视摄像头视频图像实时显示;配合该摄像头的一组水下灯开关及亮度控制;供电通断状态显示。

(3) 姿态(双轴倾角)及艏向信息实时显示。

(4) 下入水深、离底高度信息显示。

(5) 海底液压钳夹持、松开位置位移显示,液压系统压力、夹持压力及夹持力信息显示;海底液压钳夹持、松开动作操作手柄及夹持压力限定旋钮。

(6) 各用电单元供电状态参数显示;各用电单元

供电通断开关。

(7) 深水压力补偿报警检测指示;漏电指示;水密电子舱温升指示。

(8) 水密电子舱预留用以  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  等气体成分监测传感器的 RS232 通讯接口与供电接口,实现井口扩展监测功能<sup>[12-16]</sup>。

### 2.2.2 原理和组成

光电测控系统组成如图 3。

#### 2.2.2.1 中央控制台

中央控制台内部集成电源模块、操作台及人机界面、水上光端机、工控机、监视器、视频存储器等。电源模块从中继箱取电,并为中央控制台供电。操作台包括海底基盘的海底液压钳动作手柄开关,各仪器设备组件供电通断等旋钮开关,以及报警与指示灯等。人机界面用以系统参数设定,并可作为辅助屏显示系统各项参数。水上光端机用于水下视频信号和测控信号的解析与调制。工控机,集成工业触摸屏,与操作台和水上光端机的电气接口相连,获取数据与视频信号,通过其内运行的工控软件实现视频监控图像和设备工作状态参数的实时显示。为便于查看视频细节,设置监视器作为工控机监视功能的补充,实时显示寻址摄像头和井口监控摄像头图像。视频存储器可保存长时间的工作过程监控视频,以便后期查看。

#### 2.2.2.2 中继箱

中继箱即高压配电箱,主要包括升压变压器以及供电保护、检测组件等。船电先接入中继箱,经升压变电再连接绞车滑环经光电复合缆,传输电能至水下。光电复合缆中光纤信号则由中继箱不经处理直接进入中央控制台水上光端机。

#### 2.2.2.3 水下测控单元

光电复合缆的缆端接口,经过水下接线盒分离出水密电缆与水密光纤。其中电缆连接至水下供电单元。水下供电单元内装有降压变压器,内部充油,带有深水压力补偿器并带有报警检测,为水下动力单元(即液压动力站)提供高压动力电驱动泵站电机,也为水下测控单元供电。水下供电单元同时集成供电监测模块,能将水下设备用电参数经水下测控单元采集,再经光电复合缆传送至司钻控制单元。

水下测控单元主要由水密电子舱、各类传感器及监测模块、姿态仪、深度计、离底高度计、水下摄像头和水下灯等组成。该单元集成海底基盘的各类

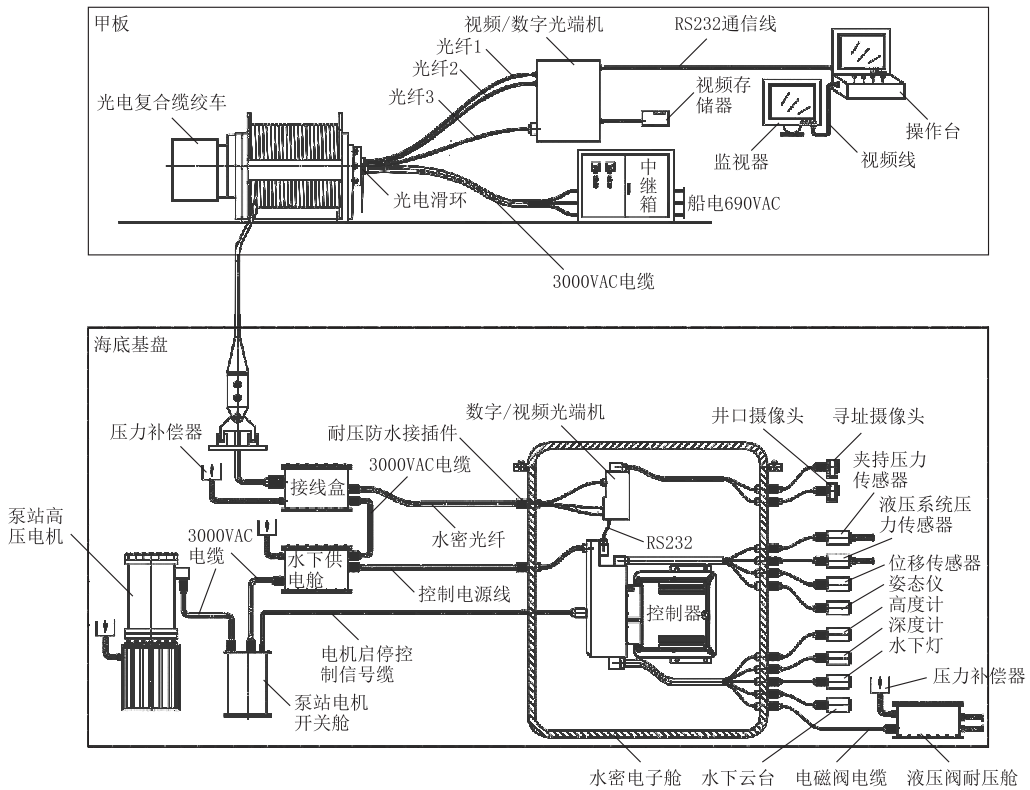


图3 光电测控系统组成

Fig.3 Photoelectric measurement and control system

信息采集和执行机构信号输出控制功能。

水密电子舱采用耐压干舱设计,是水下测控单元的核心部分,将水下各类设备监测信息反馈到司钻控制单元的中央控制台,是水下控制单元的信息采集中心,同时又是司钻控制单元命令的接收中心与执行机构信号输出中心,图4为水密电子舱组件连接示意图。

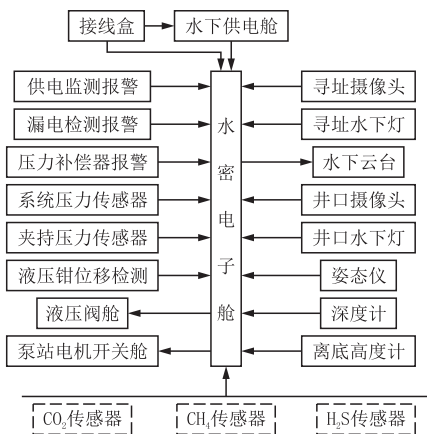


图4 水密电子舱组件连接示意

Fig.4 Connection of watertight electronic cabin

视频采集。设备状态监测包括视频监控、下入水深监测、姿态及艏向监测、离底高度监测、液压系统压力监测、液压钳油缸位移监测、压力补偿报警检测、供电监测、漏电报警检测、水密电子舱温升检测等。井口信息监测在水密电子舱上预留有接口,可连接CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>S等气体成分监测传感器,从而实现井口的扩展监测。所有传感器及检测模块数据接入至水密电子舱的控制器的数据采集板,并经处理后进入控制器的通讯板,最后经控制器的通讯端口与光端机电气接口相连。视频采集包括寻址摄像头和井口摄像头监控图像实时采集,经视频接口接入光端机。

执行机构信号输出控制功能主要针对钻杆夹持、水下摄像头云台的控制以及水下灯的亮度控制。

海底液压钳是由水下测控单元根据船上司钻房中央控制台上的操作手柄操作执行夹持或松开动作,水下测控单元负责接收和执行。水下摄像头云台的转动和俯仰动作由中央控制台操作手柄实现;水下灯的亮度控制由中央控制台操作相应亮度调节旋钮实现<sup>[16-21]</sup>。

### 2.3 水下液动力站

信息采集包括设备状态监测、井口信息监测及





### 3 结语

该方案设计涵盖了系统结构布局和功能组成,既考虑了海底基盘下入过程水下寻址、定位、姿态艏向监测的基本功能,同时具备井口信息监测及图像采集与传输功能,降低了钻探寻址及作业难度,提高了作业过程直观、可控性。该海底基盘控制系统方案设计立足于供电、工业控制与数据通讯、图像采集与传输等领域的成熟的工业技术,充分考虑了海洋技术装备的特点,进一步研究以及今后的实际应用中可依此方案细化各控制单元模块,具有很强的实用性和可操作性。

### 参考文献(References):

- [1] 阮海龙,陈云龙,赵义,等.海洋超深水地质调查钻探实践[J].地质装备,2018,19(1):3-5,10.  
RUAN Hailong, CHEN Yunlong, ZHAO Yi, et al. Drilling for offshore ultra-deep water geological survey[J]. Equipment for Geotechnical Engineering, 2018,19(1):3-5,10.
- [2] 于彦江,胡波,姚永坚,等.深海浅钻在海洋区域地质调查中的应用[J].海洋地质前沿,2013,29(11):44-48.  
YU Yanjiang, HU Bo, YAO Yongjian, et al. Application of deep seabed rock drill to marine geological survey[J]. Marine Geology Frontiers, 2013,29(11):44-48.
- [3] 杨红刚,王定亚,陈才虎,等.海底勘探装备技术研究[J].石油机械,2013,41(12):58-62.  
YANG Honggang, WANG Dingya, CHEN Caihu, et al. Research on seabed exploration equipment[J]. China Petroleum Machinery, 2013,41(12):58-62.
- [4] 唐海雄,韦红术,罗俊丰,等.新型水下钻井基盘及其安装技术[J].中国海上油气,2008,20(6):398-401.  
TANG Haixiong, WEI Hongshu, LUO Junfeng, et al. New pattern subsea drilling template and its installing technology[J]. China Offshore Oil and Gas, 2008,20(6):398-401.
- [5] 陈雪娟,王璐,杨红刚,等.3000m海洋水下勘察基盘研制概要及试验[J].石油矿场机械,2018,47(5):14-19.  
CHEN Xuejuan, WANG Lu, YANG Honggang, et al. Development and application of subsea base template for underwater exploration[J]. Oil Field Equipment, 2018,47(5):14-19.
- [6] 朱伟亚,万步炎,黄筱军,等.深海底中深孔岩芯取样钻机的研制[J].中国工程机械学报,2016,14(1):38-43.  
ZHU Weiya, WAN Buyan, HUANG Xiaojun, et al. Research and development on medium-and deep-hole core-sampling drills for abyss seafloor[J]. Chinese Journal of Construction Machinery, 2016,14(1):38-43.
- [7] 补家武,李吉春,鄢泰宁,等.YHZ-1型遥控振动式海底取样钻机[J].探矿工程,2001(6):26-28.  
BU Jiawu, LI Jichun, YAN Taining, et al. YHZ-1 remote controlled vibro-seabed sampling drill[J]. Exploration Engineering, 2001(6):26-28.
- [8] 覃楚倩,陈奇,王俊珠,等.基于光电复合缆的多参量实时监测海底基盘的探讨与实现[J].地质装备,2019,20(2):33-36.  
QIN Chuqian, CHEN Qi, WANG Junzhu, et al. The discussion and implementation of multi-parameter and real-time monitoring seabed frame based on photoelectric composite cable[J]. Equipment

- for Geotechnical Engineering, 2019,20(2):33-36.
- [9] 韩剑,刘强,李浩,等.光电复合缆应用解析[J].中国新通信,2015,17(2):78-79.  
HAN Jian, LIU Qiang, LI hao, et al. Analysis of photoelectric composite cable application[J]. China New Telecommunications, 2015,17(2):78-79.
- [10] 尹锋雷,周礼文.一种水下光电复合缆的设计与制造[J].电线电缆,2013(3):17-18.  
YIN Fenglei, ZHOU Liwen. Design and production of an underwater power optical cable[J]. Electric Wire & Cable, 2013(3):17-18.
- [11] 张洁.浅谈光电复合缆应用技术[J].无线互联科技,2015(23):135-136,146.  
ZHANG Jie. Discussion on application of photoelectrical composite cable[J]. Wireless Internet Technology, 2015(23):135-136,146.
- [12] 陈奇.基于光电复合缆的深海摄像系统技术方案探讨与开发[J].海洋技术,2013,32(4):89-92.  
CHEN Qi. Technical solution and development of a deep-sea video system based on optical composite cable[J]. Ocean Technology, 2013,32(4):89-92.
- [13] 王苗苗,顾玉民,杨帆.海底可视技术在大洋科考中的应用和发展趋势[J].海洋技术,2012,31(1):115-118.  
WANG Miaomia, GU Yumin, YANG Fan. Application and development trend of the sea-floor visualization technique in ocean scientific survey[J]. Ocean Technology, 2012, 31(1):115-118.
- [14] 张汉泉,吴庐山,张锦炜.海底可视技术在天然气水合物勘查中的应用[J].地质通报,2005,24(2):185-188.  
ZHANG Hanquan, WU Lushan, ZHANG Jinwei. Application of the sea-floor visualization technique in gas hydrate exploration[J]. Geological Bulletin of China, 2005,24(2):185-188.
- [15] 张锦炜,盛堰,陶军,等.深海摄像系统及其在天然气水合物调查中的应用[J].气象水文海洋仪器,2008(4):43-46.  
ZHANG Jinwei, SHENG Yan, TAO Jun, et al. Sea-floor videotape system and its application in gas-hydrate exploration in South China Sea[J]. Meteorological, Hydrological and Marine Instruments, 2008(4):43-46.
- [16] 刘敬彪,据汝强,盛庆华.基于光缆的深海摄像系统的设计与实现[J].电子技术应用,2012,38(3):30-32,36.  
LIU Jingbiao, JU Ruqiang, SHENG Qinghua. Design and implementation of camera system in deep sea based on optical cable[J]. Application of Electronic Technique, 2012,38(3):30-32,36.
- [17] 朱伟亚,何智敏,万步炎,等.海底地质勘探多次取芯钻机试验研究[J].矿业研究与开发,2010,30(4):33-36,110.  
ZHU Weiya, HE Zhimin, WAN Buyan, et al. Study and test of a multi-coring drill for seabed geological prospecting[J]. Mining Research and Development, 2010,30(4):33-36,110.
- [18] 朱礼平,王希勇,严焱诚,等.空气钻井随钻监测技术及其应用[J].天然气工业,2009,29(1):64-66.  
ZHU Liping, WANG Xiyong, YAN Yancheng, et al. MWD technology in air drilling and its application[J]. Natural Gas Industry, 2009,29(1):64-66.
- [19] 朱礼平,卫亚明,冯靓,等.随钻监测技术在气体钻井中的应用[J].海洋石油,2008,28(4):87-90.  
ZHU Liping, WEI Yaming, FENG Liang, et al. The application of monitoring while drilling to gas drilling[J]. Offshore Oil, 2008,28(4):87-90.