

MDES2000 型微钻实验装置的研制

刘 蓓^{1,2}, 胡远彪¹

(1. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 2. 武警黄金第五支队, 陕西 西安 710100)

摘要: MDES2000 型微钻实验装置可模拟真实钻进情况, 可开展岩石研磨性与可钻性试验、金刚石钻头性能参数及寿命试验、优化钻进规程参数试验等室内的各种微钻实验研究工作。该实验装置可通过手动或程序控制完成模拟钻进工作, 能够实现钻进过程中各项钻进参数(钻压、钻速、扭矩、转速及进尺)的监测、采集、处理及存储功能, 还可建立钻进参数报表文件数据库。该实验装置对岩心钻探研究工作具有很好的实际指导意义。

关键词: 微钻实验装置; 智能控制; 钻进参数; 数据采集

中图分类号: P634 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2014)05-0057-04

Development of Micro-Drilling Experimental Device 2000/LIU Bei^{1,2}, HU Yuan-biao¹ (1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. No. 5 Detachment of the Gold Army, CAPF, Xi'an Shaanxi 710100, China)

Abstract: Micro-drill experimental device 2000 (MDES 2000) can stimulate field conditions, including rock abrasiveness and drillability tests, the diamond bits performance parameters and service life tests and optimization of drilling practice parameter tests and can do some other micro-drilling experimental researches in laboratory. Drilling stimulation work can be made, and the monitoring, collecting and storing the parameters (bit pressure, penetration rate, rotary torque and spindle stroke) can be realized in drilling process with a database of drilling parameters report file being built. This experimental device has a great practical significance for the core drilling research.

Key words: micro-drill experimental device; intelligent control; drilling parameter; data collection

在进行地质钻探施工时, 位于地下的钻头具有不可见性, 影响钻头工作性能的不确定性因素众多。因此, 地质钻探面临的主要任务是如何优化钻进参数、降低钻探成本、提高钻探效率^[1]。要解决这些问题, 就必须从碎岩工具、碎岩机理和钻进工艺等方面入手。为适应现代化科学钻探及教学实际所需, 给钻头设计、碎岩效率及钻进规程与地层的适应性研究等提供科研平台, 中国地质大学(北京)地质超深钻探国家专业实验室研发了 MDES2000 型微钻进实验装置。

MDES2000 型微钻实验装置是测定(评价)金刚石钻头性能、岩石可钻性及钻头与钻进地层适应性的专用实验装置。在室内设定的测试条件下, 使用微型钻头对岩样进行智能化钻进, 采用现代精密测试技术(硬件和软件)进行全程跟踪测量、记录钻进状态的相关试验数据与技术参数, 同时应用数理统计方法对获取的实验数据进行处理, 评价金刚石钻头与岩石的适应性及钻进效果。

1 实验装置结构组成

MDES2000 型微钻实验装置主要由 3 部分组成, 即钻进实验台、主机控制操作平台和数据采集处理系统。在钻进过程中, 该实验装置具有动态数据监测、采集、处理和存储功能, 并且可通过手动或程序控制完成钻进工作^[2]。

1.1 钻进实验台

钻进实验台如图 1 所示, 钻进实验台是各机构行为功能的具体实现部分, 执行主机操作控制台发出的指令, 完成钻孔定位、给压、钻进及转速控制等一系列工作。钻进试验台通过安装的测试传感器, 同步测量钻压、转速、钻速及扭矩等数据, 并把实时数据信号反馈给主机控制操作平台。

钻进实验台主要机构组成包括: 动力头(三相同步变频电机、动力传动机构、钻进主轴机构、同步带及钻具等)、提升给进机构(伺服电机、升降机、上平台)、平台移动机构(齿轮减速电机 I、齿轮减速电机 II、链轮链条机构)、泥浆循环系统(冷却泵、泥浆池、水龙头)、数据测量传感元件(拉压传感器、反扭矩传感器、伺服电机、变频器)。

收稿日期: 2014-01-13

基金项目: 国土资源部深部地质钻探技术重点实验室开放课题“地质岩心钻探智能化关键技术实验研究”

作者简介: 刘蓓(1986-), 男(汉族), 陕西西安人, 中国地质大学(北京)硕士研究生在读, 武警黄金第五支队助理工程师, 地质工程专业, 从事钻探设备及钻具方面的研究工作, 北京市海淀区学院路 29 号, liubei02105228@163.com。

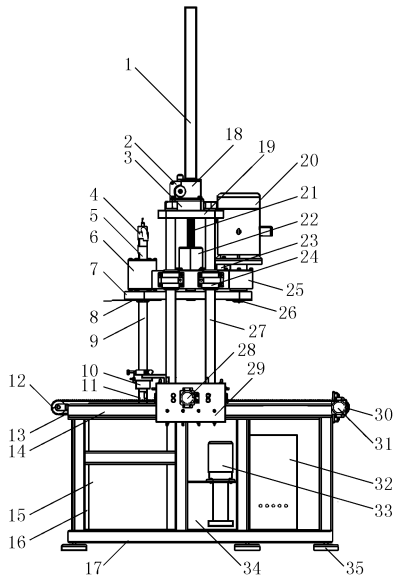


图1 钻进实验台

1—丝杠保护罩;2—伺服电机;3—丝杠底座;4—水龙头;5—钻进主轴;6—钻进主轴机构;7—梯形齿同步带;8—皮带轮 I;9—钻杆;10—扶正机构;11—钻头;12—导向轮;13—链条;14—滑轨;15—岩样;16—岩样箱;17—实验台底箱;18—SWL 升降机;19—上平台;20—三相同步变频器;21—给进丝杠;22—轮辐式拉压传感器;23—反扭矩传感器;24—直线轴承;25—动力传动机构;26—皮带轮 II;27—导向轴;28—齿轮减速电机 I;29—平台移动机构;30—链轮链条机构;31—齿轮减速电机 II;32—电源及总控箱;33—冷却泵;34—泥浆池;35—防震垫铁

动力头可实现岩石钻进功能,提供钻头需要的转速和扭矩。采用变频器控制电机的转速,可实现无极调速。利用梯形齿皮带轮传输动力,可保证钻进时所需的更大的扭矩,并确保钻进主轴与电机转速同步变化。

提升给进机构可实现动力头在钻进时给进、增压、提升钻具等功能。采用伺服电机和 SWL 型升降机控制动作,由于伺服电机位移控制精确,还可实现钻进速度的测量反馈工作。采用转速比 16:1 的升降机可提供足够的钻进压力。

平台移动机构可实现动力头在水平面内的四方向运动。在钻进开始(完毕)时,可完成定位或移动孔位工作,前后移动功能采用减速电机和链轮链条机构实现,左右移动功能采用减速电机和丝杠传动机构实现。在左右移动机构上安装有钻具扶正机构,钻进状态下可控制钻具震动偏斜,确保钻头垂直稳定钻入岩样。

泥浆循环系统可实现钻进状态时冷却钻头和携带岩粉的功能。实验台底箱被分为岩样箱和泥浆池两个部分,泥浆通过冷却泵进入钻杆内,流经钻头携带岩粉进入岩样箱,经过沉淀之后的泥浆流入泥浆

池,从而形成一个完整循环过程。

数据测量传感元件用于测量和采集钻进时的钻压、反扭矩、转速和钻速,包括拉压传感器、反扭矩传感器、伺服电机系统、变频系统,通过电子测量和采集元件把数据信号传输给 PC 系统。

1.2 主机操作控制台

主机操作控制台主要由一台工业平板 PC 机与一系列的功能开关组成(见图 2)。操作台通过 PC 机的可视化界面监控、显示钻进实验台实时的运转状态,可通过手动或系统程序向钻进实验台发出需要完成的动作指令。采用控制手柄可实现动力头在水平面内 4 个方向的(前、后、左、右)运动,上升/下降开关可控制动力头的提下钻、给进、加压等竖直方向的动作,速度控制开关(转速控制旋钮和给进速度控制旋钮)可控制动力头回转速度和给进速度(分别采用变频系统和伺服电机系统实现无级调速),其他控制开关还可以完成恒压或恒速钻进及水泵启停等操作功能。

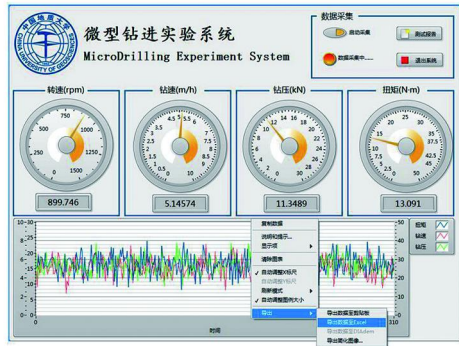


图2 主机操作控制台

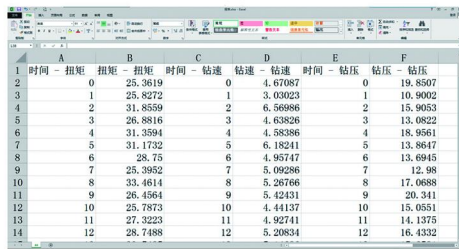
1.3 数据采集处理系统

数据采集处理系统界面如图 3(a)所示,基于 LabVIEW8.0 开发环境创建用户操作界面,包括数据采集、处理、显示和存储等后台程序。在进行钻进实验时,数据采集系统主要功能是利用安装在钻进实验台上的传感器采集数据,通过已编程的函数功能对数据进行程式化转换处理,最后以表盘方式实时显示钻进过程中的转速、钻速、钻压、扭矩等参数,并在底部的图形区域以不同颜色分别绘制扭矩-时间曲线 $T=f(t)$ 、钻速-时间曲线 $V=f(t)$ 和钻压-时间曲线 $P=f(t)$ 。经过数据采集处理系统处理后的数据文件可保存或导出至需要的位置(见图 3b)。数据采集处理系统采用工业触摸平板 PC,手指触摸

方式操作控制系统界面,使用上方便灵活。



(a) 数据采集



(b) 数据导出

图 3 数据采集系统

数据采集处理系统操作步骤。

(1) 数据采集。开机后自动进入“微型钻进实验系统”,首先点击右上角的“启动采集”按钮即可实时显示钻进过程中的各项参数,同时自动记录下历史数据。这时在“启动采集”按钮下方显示“数据采集中……”的指示灯,信号采集频率为 10 Hz。

(2) 导出历史数据。在历史记录曲线框区域中的任意位置内长按,弹出右键菜单,如图 3(a)所示,然后选择“导出”→“导出数据至 Excel”,会弹出 Excel 表格,如图 3(b)所示,并记录有钻进过程中的各项历史数据,点击 Excel 软件中的“另存为”按钮即可将采集的历史数据保存至本机任意位置,还可通过“USB”接口(见图 2)复制至外部存储设备,备后期数据统计分析。

(3) 退出系统。点击“启动采集”按钮,以停止数据采集工作,然后点击“退出系统”按钮即可退出数据采集处理系统。

2 智能控制原理

MDES2000 型微型钻进实验系统运行基于 windows XP 操作环境^[3],采用中文菜单用户界面,系统操作与按钮操作相结合,其工作控制原理如图 4 所示。基本工作控制原理为:钻进执行—反馈实际运转状态—调整钻进参数—控制钻进状态。

进行钻进实验时,传感器(元器件)采集钻压、

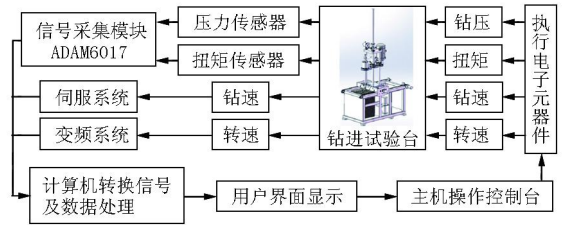


图 4 MDES2000 型微钻实验装置工作原理

扭矩、钻速及转速等参数,通过不同功能的信号采集模块及系统元器件(伺服系统可测出钻速,变频器可直接测出扭矩和转速^[4])把数据信号传输给 PC,钻压、扭矩、钻速及转速数据经微型钻进试验系统程式化处理显示在用户可视界面,操作人员通过显示界面可看到钻压、扭矩、钻速及转速实时变化状态^[5],若 PC 机通过有线或无线连接至 Internet,可远程监控钻进实验装置的运转状态,同时下载和保存数据^[6,7]。操作人员根据实验技术要求,通过主机操作控制台调整微钻实验台的运转工作状态。如图 5 所示,通过控制伺服系统的模拟量信号来实现钻速和钻压改变;通过变频器控制动力头回转电机的电压和频率从而控制回转转速和输出扭矩;通过设置在钻进试验台上的限位信号开关还可控制动力头上、下行程范围,以保护设备安全。

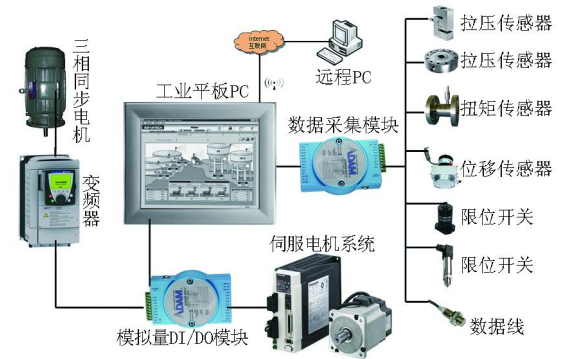


图 5 主机操作控制台功能实现原理

3 技术参数及应用

3.1 基本参数

MDES2000 型微钻实验装置基本功能包括动力的启动和停止、钻具的升降、冲洗液压力和流量控制等,可完全实现人工与智能化程控,其主要技术参数指标见表 1。考虑到微钻实验装置的应用领域和测量精度的要求,为方便维护和维修,降低经济成本,尽量降低各机构的复杂程度,因此只安装了必备的数据参数测试元器件,满足用户所需实验参数即可。

3.2 实验与应用

表1 MDES2000 主要技术参数

功能属性	基本参数	备注
试验钻头/mm	Ø46 ~ 60	
钻孔深度/mm	0 ~ 800	
动力头回转速度 ($r \cdot \min^{-1}$)	0 ~ 1500 0 ~ 1000	1:1无级变频调速, 扭矩:45 N·m 1:1.5无级变频调速, 扭矩:65 N·m
动力头回转功率/kW	7.5	皮带轮传动, 三相同步电机驱动
动力头行程/mm	上下行程:800 左右行程:500 前后行程:500	丝杠给进, 伺服电机驱动 丝杠给进, 减速电机驱动 链条给进, 减速电机驱动
钻进压力/kN	0 ~ 20	丝杠给进, 功率:0.55 kW
钻头冷却方式	泥浆循环	流量:80 L/min, 压力:12 kN
钻进模式	恒压钻进恒速钻进	伺服电机系统控制
试验最大岩样尺寸/mm	500 × 500 × 800	长 × 宽 × 高
实验装置完全尺寸/mm	1100 × 800 × 3500	长 × 宽 × 高
总质量/t	2.5	不含岩样重

目前, MDES2000 型微钻实验装置已经调试完毕, 经过测试其精度完全满足基本试验工作需要。图6是在微钻实验装置上采用新研制的某型号金刚石复合片钻头钻进素混凝土块时的钻进参数变化曲线, 由于素混凝土强度较低且气泡状孔隙多, 在钻头钻进破碎过程中, 钻压成增大和减小2个阶段循环波动变化, 可看到扭矩变化与钻压变化趋势相一致, 钻进速度比较稳定, 保持在5 m/h左右, 说明实验装置实验结果符合实际钻进情况, 工作性能稳定。

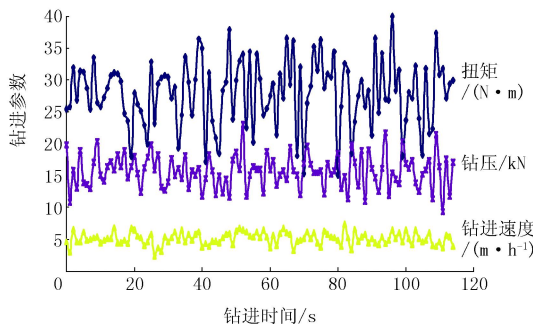


图6 钻进参数实时变化曲线

微钻实验装置可为现场实际钻探工作提供充分的实验钻进参数和效果评价, 优化钻进规程参数^[8]。根据实际钻探的需要, 可采用相应规格的钻头(不仅仅局限于金刚石钻头), 同时确定模拟地层的岩样, 利用微钻实验装置进行室内模拟钻进试验。通过对钻压、回转速度、扭矩及泵量等参数进行组合试验, 对比不同参数组合情况下钻进时的钻速变化, 可以优选出钻进效率最高时对应的钻进规程参数指标。通过历史存储参数表还可查出影响钻进效率的主要因素, 为下一步实验提供改进方案。

微钻实验装置可用于测岩石的研磨性和可钻性, 并对岩石研磨性和可钻性进行分级^[9]。测量单位进尺消耗钻头量或单位碎岩体积所消耗的钻头量, 钻头消耗量与单位进尺或单位碎岩体积的比值即为岩石的相对研磨性指标。基于微钻实验台, 采用微型专用钻头钻进现场取回的岩心, 并采集钻进速度等参数指标^[10]。从而可对比不同岩石的研磨性和可钻性。

微钻实验装置还可用于研究金刚石钻头的使用寿命, 可选择不同钻进规程参数, 研究单位时间或单位回次钻头的磨耗量, 在保证钻速要求的同时选择钻头使用寿命长的规程参数, 以提高经济效益。另外, 还可用于新型钻头的碎岩能力及碎岩机理的研究, 检测类似刹车片等摩擦材料质量, 测量摩擦材料磨耗比等。

4 结语

MDES2000 型微钻实验装置全部系统(硬件和软件)均由中国地质大学(北京)地质超深钻探国家专业实验室自主设计研发, 并在室内做了一些试验进行检测, 其钻进、监测、数据采集、数据处理和人工/智能控制性能均能满足以上实验测试的要求, 技术指标达到了设计初期预想的效果。该实验装置将用于教学、科研和对外服务工作, 为研究钻头寿命、岩石研磨性、可钻性、优化金刚石钻进规程及碎岩机理等工作提供了很好的实验平台。

参考文献:

- [1] 周文青. 微钻试验台的可靠性研究[D]. 湖北武汉: 武汉理工大学, 2011.
- [2] 史晓亮, 段隆臣, 陈小松, 等. 多参数钻进实验台的硬件系统设计[J]. 地质装备, 2002, 3(3): 33-35.
- [3] 尹玉波, 刘银. 金刚石钻进规程的实验室模拟及参数校核[J]. 安全与环境工程, 2003, 10(3): 69-70.
- [4] 桂暖银, 刘宝林, 王小刚, 等. 可移动式多功能微机自动控制钻进实验台的研建[J]. 探矿工程, 1998, (6): 24-26.
- [5] 史晓亮, 段隆臣, 吴来杰, 等. 微钻实验台的研制与应用[J]. 煤田地质与勘探, 2002, 30(1): 63-64.
- [6] 王軻. 自控钻进试验台参数检测与控制技术实验研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2010.
- [7] 张恒春. 智能化多功能实验台钻进参数检测与控制系统的设计与实现[D]. 湖北武汉: 中国地质大学, 2012.
- [8] 史晓亮, 段隆臣, 陈小松, 等. 一种确定金刚石最优钻进规程的新方法[J]. 地质装备, 2002, 3(2): 19-21.
- [9] 屠厚泽, 孔健. K-20 微钻实验台[J]. 探矿工程, 1988, (4): 12-15.
- [10] 史晓亮, 段隆臣, 王蕾, 等. 微钻法进行岩石可钻性分级[J]. 金刚石与磨料磨具工程, 2002, (3): 32-34.