

# 钻机性能参数测试系统的研制

丁景祥

(煤炭科学研究总院西安研究院, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 简要介绍了新研制钻机性能试验装置的测试技术方法、构成, 测试试验台架、加载装置、加载控制器、测试控制系统等。

**关键词:** 钻机; 性能参数; 测试; 加载装置; 测控

**中图分类号:** P634.3    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1672-7428(2010)06-0045-05

**Development of Test System of Drill Performance Parameter/DING Jing-xiang** (Xi'an Branch of China Coal Research Institute, Xi'an Shaanxi 710054, China)

**Abstract:** The paper introduced the newly developed test device of drill performance about the testing method, composition, testing bench, loading device, load controller and testing control system.

**Key words:** drill; performance parameter; testing; loading device; test and control

## 1 概述

钻机是完成钻探施工的主机, 它带动钻具和钻头向地层深部钻进, 并通过钻机上的升降机来完成起下钻具和套管、提取岩心、更换钻头等辅助工作。钻机性能参数直接关系到施工成败、质量优劣、效率高低, 关系到钻机研制等诸多方面。钻机性能参数的试验测试是很重要的一个关键环节。不同类型的钻机有不同的测试要求。

钻机的研制和生产需要快速的找出当前钻机主要性能参数的静态、稳态、动态数值和变化趋势, 需要找出钻机在使用中的薄弱环节, 需要改进和加强的数值参数等。这就需要在室内试验时模拟野外工作环境, 快速试验测试出这些动静态参数数值和变化趋势, 帮助人们研制和生产出各种不同类型更适合于野外不同情况下使用的安全可靠钻机、钻探装备和钻探工艺。另外钻机大规模生产的产品检测检验, 也需要一种理想的方便快捷的方法和手段。

多年以来, 先后用压力表、压力传感器、扭矩仪、光线示波器、瞬态波存器、微机系统、虚拟仪器等, 研制成功多个钻机测试台, 对钻机性能参数不断更新进行测试研究。但这些试验台只能满足对钻机的主要技术质量指标检验, 而要对钻机的过度响应性能进行快速分析, 原来的采集速度、存储器容量、分析软件等都不能满足。为此, 就急需研究高速度数据采集、大容量存储数据、快速、方便的新型钻机试验

研究测试系统。

## 2 系统结构设计思路

钻机的测试主要是针对钻机研究分析的性能参数测试和对钻机组装调试与设计制造性能参数的验证测试, 以及钻机产品的质量检验性能参数的测试。测试装置由钻机的驱动动力、钻机的负载加载装置、钻机性能参数测试控制系统等几大部分组成。钻机的负载加载有回转加载装置、给进/起拔加载装置、综合加载装置、重力加载装置等。同时加载装置有相对应的控制方法和方式。

被测试钻机的固定台架, 原则上要求固定可靠牢固, 安装、拆卸方便。在测试台架上有相对应钻机参数测试信号转换的传感器安装机构和就地信号线缆转接箱, 方便传输信号电缆电线的连接。

钻机性能参数测试控制系统, 由中心控制器(协调系统各部件的工作)、加载装置控制器(按照不同钻机的测试要求, 控制负载制动的大小和工作曲线方式)、传感器(钻机各种性能参数转换成电信号的装置机构)、数据采集器(将各种钻机性能参数通过传感器输出的电信号, 按照一定的规律采集存储, 通过通讯接口传输到中心控制器并对数据进行分析处理, 同时保存在数据库中, 供显示数据和图形及数据查询)、数据图形输出装置, 还有工作台人机对话协调的机构等组成。

收稿日期: 2010-01-03; 修回日期: 2010-06-07

**作者简介:** 丁景祥(1952-), 男(汉族), 陕西周至人, 煤炭科学研究总院西安研究院研究员, 自动控制专业, 从事钻探装备及钻探工艺测试控制方法技术研究和钻探机具制造专用设备的研制开发工作, 陕西省西安市西影路102号(西安高新技术产业开发区锦业一路82号), dingjx@126.com。

测试控制系统的设计要求:控制模式多样化,数据采集速度快,采用数据处理功能强大模糊方式,数据报表输出格式规格,保存数据时间更长,数据查询方便。系统留有冗余量升级、扩展、维护、标定、校准、调零、使用等。

控制系统中除以上部分外,还有系统工作模式控制、系统各种保护和防护、系统标定、校准、检定、修正等机构及系统操作管理级别等部分。

### 3 测试系统功能

(1) 钻机研究试验中各种性能参数测试:根据科研工作对钻机全部或部分性能参数进行检验测试,范围是根据科研课题要求对钻机性能参数进行测试。

(2) 钻机装配调试测试:钻机装配调试或工业型式试验时对钻机参数进行测试。

(3) 钻机生产制造产品质量检验测试:根据钻机的设计标准,对钻机质量进行检验测试。

### 4 钻机加载装置设计要点

钻机测试试验加载装置满足钻机研究测试、钻机生产组装调试设计制造验证时测试、对钻机产品质量进行快速检验测试。

#### 4.1 回转加载装置设计

在满足钻机试验室的最小和最大加载制动转矩、转速、功率要求值的同时,还要考虑过负荷试验能力的测试加载使用,并留有足够的冗余量。钻机的回转加载,就是在钻机回转运动时给钻机一个相应大小的制动力矩。钻机的加载必须满足全程特性,只用一种现成的制动器不能满足钻机测试加载的要求。所以采用电涡流制动器,满足于3000 r/min的高转速旋转;采用磁粉制动器,满足低速使用的组合控制装置加载。全程用微机自动控制电气完成钻机测试时的转矩和转速及功率加载,实现了钻机输出无损耗、恒系数、宽转速和宽转矩传递回转加载测试。设计加载能力钻机主轴最大转矩的测量上限为15000 N·m,最高允许超限值可达20000 N·m。充分满足了钻机研究、组装调试、产品质量检验的测试要求,保证了较高的测试精度,全量程内自动切换量程、自动校准、自动调零、自动标定。额定吸收功率300 kW;允许最高转速5000 r/min。磁粉制动器是根据电磁原理和利用磁粉传递转矩。磁粉制动器具有激磁电流和传递转矩基本成线性关系。在同滑差无关的情况下能够传递一定的转矩,响应速度快、结

构简单、无冲击、无振动、无噪声、无污染、节约能源等优点。组合使用,分别用在低端和高端。加载全程实行上行下行自动控制自动平滑无级切换,呈现为电控一体加载,保证设置加载特性的曲线和控制特性的精度。研制成功适合钻机的回转加载装置,解决了测试自动加载难题。新研制的钻机加载特性曲线,不需要增速器和变速器,大大简化了测试台架的结构,实现钻机加载可控功能。功率为恒功率加载装置,给钻机测试试验带来极大的方便,大大降低了试验台架的成本费用。

#### 4.2 给进/起拔加载装置

钻机的给进/起拔加载装置,是测试钻机给进力和起拔力的重要装置。采用液压装置对给进/起拔施加一反作用力,额定加载力0~300 kN,过载能力20%。设计给进/起拔最大加载能力400 kN,加载设置和实施系统自动控制,设计有手动和自动加载功能,用拉/压力传感器进行钻机给进和起拔能力测试。大范围使用中测试准确和坚固耐用是研究的关键。

#### 4.3 综合加载装置

模拟野外环境时,首先是钻机需要按一定规律变化动态回转和给进/起拔加载,是按照不同关系的回转、给进/起拔、钻杆摩擦力、浮力等方法实现综合加载。同时在试验室更换一台被测试的钻机,或测试钻机性能时,需要识别测试钻机的型号规格,配备相对应的传感器来测量,同时施加对应的方法供工艺工作状态进行模拟和测试。

综合加载是测试钻机模拟实地运行时,回转、给进、起拔、摩擦、跑偏斜滑、浮力等综合作用时的性能参数。在机架受到不同力作用时,结构产生的应力和变形,会破坏机架结构体。

加载装置的负载控制器,控制特性的控制设计很重要,加载特性控制不好,直接影响静态、动态、稳态的测试结果,对钻机实际参数影响较大,造成评判结论失误。所以,加载控制器设计成为智能化、多功能,可设置使用状态类型,可控制加载转矩、转速、功率、特性的智能型装置。加载装置工作是根据系统命令的要求,严格控制加载指标参数,使加载装置工作稳定可靠。

钻机测试台架由易安装拆卸钻机固定平板,加载装置(包括回转、给进/起拔、综合加载、机架加载等)、供配电装置(包括380、660、1140 V)、软起动装置、机械传动装置、信号转换装置组成。

## 5 钻机测试控制系统

### 5.1 系统原理

有了合理科学的试验台架后,要可靠、准确地测试出钻机的实验数据,是测试系统的关键部分。

钻机测试控制系统的基本原理如图1所示,采用回转钻进测试加载装置;给进/起拔力测试加载装置;采用DSP技术和CPLD技术,很好地解决了钻机各种性能参数测试。

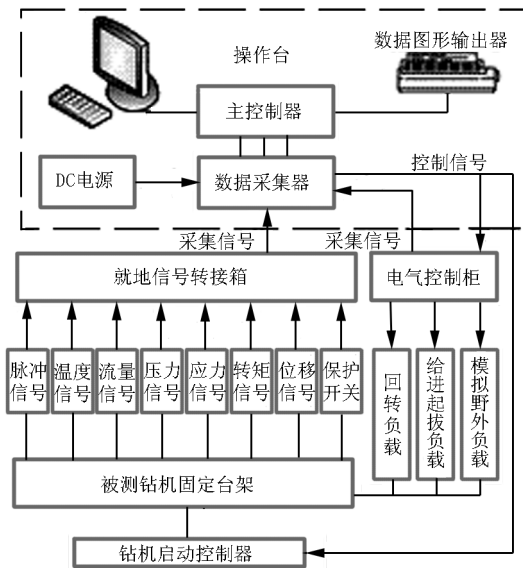


图1 钻机性能测试示意图

钻机测试控制系统的研制内容包括控制模式;参数信号采集的对应传感器;数据采集装置(适配器、采样频率、传输方式、速度、通讯、兼容性);数据处理装置(内存大小);数学方法和经验方法、标准等;系统协调管理控制器;显示:数据、图形;报告:格式、标准、默认;标定、校准、检验、修正,模拟、数字;数据查询;方式、类别;系统操作管理维护级别:操作人员;操作管理一级、二级、三级;硬件技术支持,软件技术支持等。系统可靠性,自然随机干扰防护,恶意攻击伤害保护等。

工作方式模式功能:根据所测试类型选择设置研究型、装配组装型、按标准质量检验型测试功能;输入模拟量通道为32路;输入脉冲量通道为16路;采集信号形式为每一通道都可识别0~5V、1~5V、4~20mA、0~10mA、热电阻、热电偶、频率等传感器信号自动识别;采集速度为1~5000ms设置;量程和报警范围为各路参数量程测试和报警范围可方便分别设置;输出模拟量通道为8路;输出数字开关量通道为8路;数据容量为2TB。

钻机性能参数测试传感器,根据不同标准设计

制造的钻机,系统可根据对应标准进行测试。钻机测试主要技术性能指标如下:

(1) 钻机测试检验的性能参数:主轴转矩、主轴转速、钻进速度、累计进尺、给进/起拔力、油温度、机壳温度、马达温度、油泵温度、油缸温度、环境温度、系统压力、回油压力、马达进口压力、马达出口压力、油缸进口压力、油缸出口压力、输入功率、油泵流量、给进/起拔速度、冷却水压力,回转加载装置制动转矩、转速、吸收功率,钻机的输出功率、效率、钻机机身架应力变形参数、机架应力应变及应变位移。

(2) 液压泵站系统参数测试:泵压、泵压的调节范围、泵量、泵量的调节范围、液压的响应、液压的滞后等。

(3) 通道模块有:温度通道、压力通道、流量通道、给进/起拔力通道、转矩通道、转速、功率。

(4) 其他参数:零点、范围、量程、满度、精度取决于对应的传感器。回转加载吸收功率300kW。钻机、钻探设备、钻探机具机身应力应变测试。钻机液压系统的响应和滞后参数的测试。环境状态参数测试。钻机性能控制系统具有自检和诊断故障的部位、元件、软件模块功能。系统测控通道32路可扩展到1024路、脉冲4路、输出控制模拟信号8路、输出开关量控制信号8路。满足多回路测控系统的监测和控制使用,这些都是积木式模块化结构组合。

### 5.2 测试系统组成和功能

数据采集系统是钻机测试系统的重要环节。根据3种测试情况,对于测试钻机参数瞬态变化曲线的系统,采集速度设置在1~600ms之间;对低速数据采集系统,采样设置巡回检测,采集速度设置在2000~4000ms;其余情况设置在700~2000ms之间。系统具有试验测试参数设置功能,根据测试需要参数改变试验条件,同时,可录入相关试验信息及数据,用于最终的数据统计分析,设置3种试验功能。系统自动/手动,数据显示、图形显示,系统数字调零和单点两点多点调零功能,系统数字标定功能,系统数字校验功能,系统数字校正功能,数据检索功能,测试报告输出,稳定运行抗干扰措施,保护功能,测试标准执行和导入/导出删除添加功能,试验报告的导出,硬件参数导入/导出,修改试验方案的名称,数据库文件名称,删除一批试验数据,基本参数说明。需要赋值的基本参数,常用的基本参数,常用带参数的基本参数。

系统软件结构模块如图2所示。

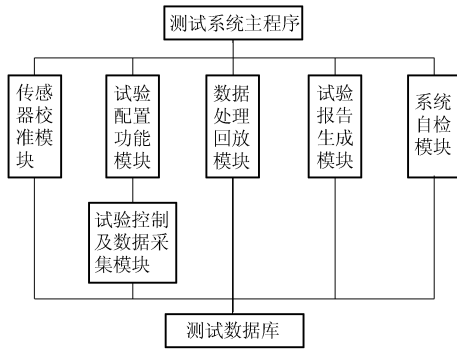


图2 系统软件结构框图

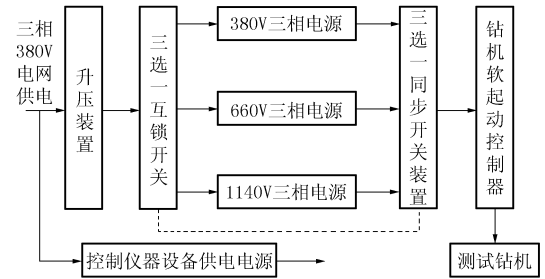


图3 钻机试验测试供电电源示意图

### 5.3 测试系统的主要参数范围及主要测试技术性能指标

(1) 温度通道: 测量范围  $-20 \sim 200$   $^{\circ}\text{C}$ ; 测量精度  $\pm 0.1\%$  F. S; 形式为 Pt100。

(2) 压力通道: 测量范围  $0 \sim 100$  MPa; 测量精度  $\pm 0.1\%$  F. S; 形式为压阻式。

(3) 流量通道: 测量范围  $0 \sim 600$  L/min; 测量精度  $\pm 0.2\%$  F. S; 速度式涡轮输出传感。

(4) 给进/起拔力通道: 测量范围  $0 \sim 400$  kN; 测量精度  $\pm 0.1\%$  F. S; 应变式 mv 输出。

(5) 转矩通道: 测量范围  $0 \sim 20000$  N·m; 测量精度  $\pm 0.2\%$  F. S; 为相位输出传感器。

(6) 转速: 测量范围  $0 \sim 3000$  r/min; 测量精度  $\pm 1\%$  F. S; 脉冲输出传感器。

(7) 功率: 测量范围  $0 \sim 150$  kW; 测量精度  $\pm 0.2\%$  F. S; 传感器形式为功率变送器。

(8) 应力: 机架应力范围  $0 \sim 100000$   $\mu\text{E}$ ; 测量精度  $\pm 0.2\%$  F. S; 应力传感器。

(9) 位移: 机架变形位移范围  $0 \sim 16$  mm; 测量精度  $\pm 0.1\%$  F. S; 位移传感器。

(10) 噪声: 钻机噪声范围  $0 \sim 150$  db; 测量精度  $\pm 0.1\%$  F. S; 噪声传感器。

(11) 振动: 钻机振动范围  $0 \sim 150g$ ; 测量精度  $\pm 0.1\%$  F. S; 加速度传感器。

(12) 其他参数: 零点、范围、量程、满度、精度取决于对应的传感器。

### 5.4 试验测试用供电电源

测试主要是煤矿井下的钻机, 为了测试数据准确可靠, 实验室设计有煤矿井下 380、660、1140 V 等不同等级的电压源(如图3), 根据钻机不同的标准和设计, 按照所需的电源进行试验测试, 保证测试数据的准确可靠性。

钻机的启动、停止控制器设计成智能软启动系统, 根据不同被测试钻机的设计标准设置启动保护

参数值, 可调节试验值。测试功率范围已扩大到 150 kW, 最大值 200 kW, 因此设计一组专用的开关柜, 将配电和电动机启动两项功能合在一起。由于软启动具有一系列优点, 本试验台采用具有国际先进水平的 CMC 电动机软启动器, 这种启动设备是一种将电力电子技术、微处理器技术和控制理论相结合的新型电动机软启动器, 能无阶跃地平稳启动电动机, 避免因采用直接启动、Y/ $\Delta$  启动、自耦减压启动等传统启动方式而引起的机械与电气的冲击, 有效地降低启动电流及配电容量。

测试系统设计有较强的抗干扰性能, 由于供电普遍比较差, 电源波动幅度时常超过 10%, 在交流电源上往往叠加有高频杂波信号, 以及幅度很大的瞬间干扰信号, 很容易破坏机内的程序或参数, 影响测试系统的正常运行。钻机在运行过程中对测试系统的干扰比较严重。对测试系统来说, 主要是设计有多级抗干扰电路和防止接地干扰, 以保证系统稳定可靠运行。由于测试系统分布广, 信号传输线长, 所以其地线标准要求比较高, 有独立的接地装置。其次控制软件实行抗干扰方法, 加大抗干扰能力, 提高系统运行稳定度。

### 6 钻机性能测试系统的主要特点

(1) 测试方法科学、测试数据准确。台架结构简单, 安装拆卸方便灵活, 使用方便可靠。

(2) 加载实现全程自动控制方法新颖、灵活、多变、可控, 方便快捷, 提高了测试自动化程度。

(3) 数据采集系统与通常的采集系统相比较有非常大的优越性, 系统设计有自诊断程序, 维修方便。

(4) 通道数 1024 选择, 每一通道适合任意类型传感器的模块。

(5) 通信采用先进的现场总线设计, 具有简化的网络特性, 多套测试系统可以连网。

(6) 工作方式多, 选择方式设置方便, 自动识别

能力强。

(7)数据库功能强大,容量巨大,能保存足够长时间的测试数据。

(8)系统的功能扩展不需要重新布线,可以就近在总线模块上实施。I/O通道可随意扩展和调整,适应各种复杂多变的现场。

(9)用数字标定技术,使标定简单、快捷、校准方法简单。智能化,丰富的自检、标定、自校,提示和参数设置功能。

(10)线性化表格可编辑,适应各种非线性特性的传感器。

(11)模块化设计使结构简化,抗干扰能力、可靠性提高,可维护性提高。

(12)具有强大的数据分析处理功能,满足过渡过程响应分析。

## 7 结语

钻机性能试验测试装置投入使用以来,运行稳定、检测检验数据准确可靠、人机界面和谐、抗干扰能力强、使用效果很好,为钻机的研制和生产提供了大量准确科学的数据。采用先进的全数字化控制系统,它的加载控制、调整、标定、传输、显示、识别、控

制调节都为数字智能完成,对钻机性能参数进行测试控制,提高测控精度,带来了更大的方便,受环境温度等影响更小,得到了良好的效果。

钻机性能参数测试系统为钻机的科研生产发展起到了重要的作用,为产业基地钻机的大规模研制生产奠定了基础,为钻探装备的自动化控制系统积累了资料和经验。

## 参考文献:

- [1] 谢克成. 自动控制原理[M]. 北京:电子工业出版社,2004.
- [2] 张碧波. 设备状态监测与故障诊断[M]. 北京:化学工业出版社,2004.
- [3] 蔡自兴. 智能控制[M]. 北京:电子工业出版社,2004.
- [4] 雷森. 微机自动检测与系统设计[M]. 北京:电子工业出版社,2003.
- [5] 方严军. 检测技术与系统[M]. 北京:中国电力出版社,2006.
- [6] 刘君华. 现代测试技术与系统集成[M]. 北京:电子工业出版社,2005.
- [7] 诸静. 模糊控制理论与系统原理[M]. 北京:机械工业出版社,2005.
- [8] 孟华. 工业过程检测与控制[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [9] 王仲生. 智能检测与控制技术[M]. 西安:西北工业大学出版社,2002.

## 山东探矿机械厂召开 XD-6 型全液压动力头式岩心钻机施工现场会

本刊讯 2010年6月2日,山东省地质探矿机械厂彩旗飘舞、人头攒动,来自国内地矿、煤田、有色、冶金等行业的百余名钻探专家欢聚一堂,兴致勃勃地参观了山东省地质探矿机械厂的生产厂区。在整洁的装配车间,XD-2、XD-3、XD-4A、XD-5A、XD-6、XDL-5A系列全液压动力头式岩心钻机一字排开,整齐壮观,其精美的外形深深吸引了众多专家的眼球,优越的性能参数赢得专家阵阵喝彩。

随后,与会专家前往山东莱州三山岛西岭金矿区 XD-6型全液压动力头岩心钻机施工现场参观考察。该矿区由山东省第三地质矿产勘查院 306 机施工,矿区地层比较复杂,岩石坚硬、破碎,冲洗液漏失。自 2009 年 4 月至今,该钻机共施工了 4 个斜孔,台月效率均在 500 m 以上,最高达到 539 m,已累计完成钻探工作量 6000 余米。目前正在施工的 ZK96-1 孔,设计孔深 1900 m,钻孔倾角 67°,采用 S75 金刚石绳索取心钻探工艺,现孔深已达 1907 m 尚未终孔,钻机运转正常平稳。据现场操作人员介绍,该钻机施工 2000 m 深孔绝没问题,且还有更大潜力。

该钻机的性能特点是:设计钻深能力为 2000 m,给进行

程长,不用倒杆,减少了岩心堵塞,提高了回次进尺和取心率;液压传递动力,工作时可连续调整转速、钻压等参数,工作平稳、噪声低;仪表齐全,可随机掌握各种钻进参数;全部采用按钮、把手操作,劳动强度低;动力头让开孔口为侧向油缸滑移,施工斜孔更显其优越性。该钻机结构紧凑,占地小,操作安全,劳动强度低,搬迁方便,符合环保、节能、高效、低碳经济等要求。

通过现场参观考察,与会专家一致认为,XD-6型全液压动力头式岩心钻机设计理念先进,性能可靠,体现了目前国产岩心钻机的最高水平。该钻机的试验成功,证明国产动力头岩心钻机的设计制造水平和实际使用性能已经达到世界先进水平,其销售价格只是进口钻机的 1/3,性价比较高。

山东省地质探矿机械厂生产的系列全液压动力头式岩心钻机已被国内地勘队伍所接受,并销往国外。国产全液压动力头式岩心钻机的发展和应用正在迈向一个新的台阶,以先进的全液压动力头钻机代替传统钻机的时代已为期不远了。

(张敏彭双供稿)