

钻井机辅助操作平台研制

敖春来¹, 吕光辉¹, 柳锐涛², 张凯祥³

(1.中国人民解放军 68612 部队,宁夏 银川 750021; 2.中国人民解放军 66259 部队,内蒙古 呼和浩特 010051; 3.宁夏机械研究院股份有限公司,宁夏 银川 750021)

摘要:钻井机辅助操作平台主要用于对操作人员进行钻机装备的模拟训练,使操作员迅速熟悉钻机的操作和使用方法,全面掌握装备的性能和提高训练效果与水平。钻井机辅助操作平台,采用半实物仿真模拟开展项目研制,即采用仿实方案,操作结果通过电视或投影显示设备反馈给受训人员。实时仿真设备完成指令控制和效果显示,接口设备完成数据采集和通讯,仿真机实现虚拟钻机模拟训练。

关键词:钻井机;模拟训练;仿真;人机交互;辅助操作平台

中图分类号:P634.3⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2018)11-0045-05

Development of Auxiliary Operation Platform for Drilling Rig/AO Chun-lai¹, LÜ Guang-hui¹, LIU Rui-tao², ZHANG Kai-xiang³(1.The Chinese People's Liberation Army 68612 Armed Forces, Yinchuan Ningxia 750021, China; 2.The Chinese People's Liberation Army 66259 Armed Forces, Hohhot Inner Mongolia 010051, China; 3. Ningxia Machinery Research Institute Co., Ltd., Yinchuan Ningxia 750021, China)

Abstract: The drilling rig auxiliary operation platform is mainly used for simulation training of the operator for the drilling rig assembly, so that the operator can quickly be familiar with the operation and usage of the drilling rig, fully master the performance of the assembly and improve the training effect and level. Semi-physical simulation was adopted for development of the drilling rig auxiliary operation platform, namely, the simulation plan is employed, while the operation results are feedback to the trainees through TV or projection display equipment. The real-time simulation equipment completes command control and effect display, the interface equipment completes data acquisition and communication, and the simulation machine realizes virtual drilling rig simulation operation.

Key words: drilling rig; simulated training; simulation; human-computer interaction; auxiliary operation platform

0 引言

钻井机作为水文水井钻探施工中的核心设备,也是给水工程保障的主要装备。随着近年来部队给水工程保障任务的日益繁重和专业技术人员新老交替,新一代钻井机装备部队后,如何使广大官兵快速掌握先进钻井机操作要领,使新装备尽快形成战斗力,同步提高给水部队遂行野战给水工程保障能力,成为困扰给水部队的重、难点问题。

战斗力的生成离不开扎实的理论学习和经常性的实装训练。但经常性的实装训练却不能与理论学习同步展开,主要原因有以下几点:一是钻井作业展开要求高、难度大。如使用新一代进口钻机钻进一眼上千米的水井,需要花费几百万甚至上千万元的经费,即使是只组装装备,不进行实际钻井施工,也需要动用运输车、吊车、平拖、挖掘机、推土机、空压机、发电机、泥浆泵站等近百台(部)装备,还要考虑

钻井机对道路、施工场地的诸多方面要求。因此使用钻机进行经常性的实装训练不切合部队实际。二是实装训练与装备保障矛盾突出。新装备操作与保障要求高,一旦损坏不仅维修费用高,更重要的是零配件维修保障困难。三是实装训练经费需求量大与缺口大。国外引进钻井机每年的正常维护保养经费数额大,实装训练的经费数额更大。因此实装训练经费缺口很大,难以保障经常性的训练。

基于上述现实问题,如何才能不间断地进行实装操作训练使进口钻机尽快形成战斗力,同时节约训练经费,降低装备保障难度就成为摆在我们面前的刻不容缓的现实问题。经多方深入研究和详细论证,结合部队训练实际,我们研制了钻井机辅助操作平台。

该平台主要用于对操作人员进行钻机装备的模拟训练,使操作员迅速熟悉钻机的操作和使用方法,全面掌握装备的性能和提高训练效果与水平。

收稿日期:2018-04-18

作者简介:敖春来,男,汉族,1978年生,水文地质和钻探工程专业,现从事野战给水及钻探设备的研究与开发工作,宁夏回族自治区银川市西夏区怀远西路643号技术室,396892199@qq.com。

1 系统组成

1.1 硬件构成及功能

1.1.1 操作台

操作台主要由 1:1 仿真操作面板和操控元件组成,主要完成以下功能:

- (1)输入训练操控信号(含人工作业信号模拟);
- (2)模拟钻机操作平台,为训练提供高仿真平台。

受训人员通过模拟台上的操作面板进行仿真训练,进行钻机装备的仿真作业控制。控制面板的外观尺寸、手柄按钮布局及操控逻辑与实装相同。

1.1.2 数据采集设备

数据采集设备是操纵面板和仿真机进行数据交换的主要手段,负责将操纵面板控制电信号转换为仿真机可以识别的数据帧,并将仿真机生成的数据转化为操纵面板的声、光信号。

1.1.3 仿真机

在仿真机上装有钻机的虚拟模拟器系统软件,数据采集装置实时采集各操作面板的控制信息,利用事件触发实时反馈操作动作,播放真实动作画面,提高教学、训练能力。

1.2 软件构成及功能

如图 1 所示,钻机训练模拟器系统软件包括信号接受处理模块、模拟动作反馈模块、仿真训练和系统帮助四大部分。

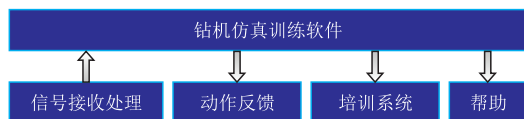


图 1 仿真训练软件组成

1.2.1 信号接受处理模块

本模块将数据采集系统得到的信号接收处理,使得钻井仿真训练模拟器有可操作的接入控制信号。

1.2.2 模拟动作反馈模块

动作反馈处理模块将生成场景及设备动作影音效果,根据工作现场录制的视频、拍摄的照片、采访资料等材料整理成格式化文件,利用多媒体资料数据库集中处理管理,及时为操作人员和在场观摩人员提供操作模拟情况,将信息文件反馈给展示系统。

1.2.3 仿真训练

仿真训练系统有操作和考试两种运行模式。

(1)操作模式。操作联系模式提供模块化的向导式联系,将钻机整个作业流程分解成若干动作步

骤,操作员可以根据自己的需求选择进行专项训练,这种运行模式能方便对操作员进行专项培训,适用于不同工作岗位上的技术人员培训,也适用于对于某项操作不熟练的技术人员培训。操作培训模式提供了钻机整个生产作业流程分步完成打井作业过程的向导培训。

(2)考试模式。对操作员每一步操作步骤是否合格,软件提供考核评判。考核模式可以提供文字信息也可以设置成视频信息反馈,为考试人员提供有限的帮助或者完全无帮助操作。为技能训练考核提供一系列手段。

1.2.4 系统帮助

通过系统帮助模块,受训人员可以阅读实装和模拟器的构造、工作原理和使用维护说明。

2 主要技术参数

2.1 训练模拟系统

(1)模拟器操作平台的面板布置、操纵杆的操作方式和特性与实际装备保持一致;(2)能够对钻机训练操作进行模拟,并具有训练科目、内容、条件等设置功能;(3)具有钻机作业场景模拟显示功能,提供逼真的临场感;(4)在训练过程中具有提示向导功能,提示以文字、动态图片的方式在系统画面出现。

2.2 视窗系统

(1)提供场景模拟;(2)提供操作细致化动作视频展示。

2.3 仿真计算系统

(1)双核 CPU、主频 2.5 GHz 以上,硬盘 1 T 以上,内存 2 G 以上;(2)采用 Windows 操作系统。

2.4 系统可靠性

(1)连续工作时间 ≥ 4 h;(2)平均故障间隔时间 ≥ 100 h;(3)工作温度 $0 \sim 40$ °C;(4)相对湿度 $\leq 85\%$;(5)电源 AC220 V $\pm 10\%$ 。

3 原理和功能

3.1 设计构想

利用钻井机辅助操作平台进行模拟训练的目的是使操作员熟悉掌握钻机装备的实际作业步骤和操控方法。钻井机实装操作中,操作人员通过操纵手柄、按钮等经过机械、液压或电控装置直接对钻机作业机构施加动作控制。因此训练模拟台操作面板设置了与实装控制装置布局完全一致的开关、指示灯

及手柄,训练人员通过对主控机模拟操作平台各种开关、手柄的控制,通过软、硬件接口将实际的操纵信息转化为三维动画或视频,将模拟出的设备运行状态通过视听设备展示出来,完成整个钻机操作模拟。而且,可以通过软件对训练科目、内容、条件等进行设置,从而有针对性的进行训练。在设计中,始终遵循仿真原则,使训练模拟器材的操作与实装的操作一致,保证模拟训练的拟实性,实现作业动作和功能的模拟以及作业环境、噪声的模拟。

3.2 设计原理

针对钻机操作的特点,采用半实物仿真模拟开展项目研制,即采用仿实方案,操作结果通过电视或投影显示设备反馈给受训人员。操作台完成操作控制、指令输入,实时仿真设备完成指令控制和效果显示,采集设备完成数据采集和通讯,仿真机实现虚拟钻机模拟训练等后台操作数据处理。整套系统依托西门子工业 PLC 实现数据采集汇总,交由工控计算机配合组态软件进行数据处理,最后输出给显示平台做人机交互(见图 2)。

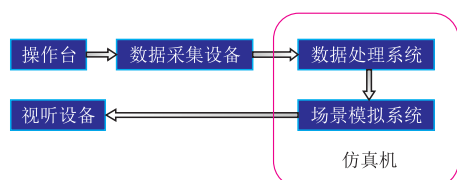


图 2 半实物仿真原理框图

3.2.1 操作台

测绘钻机实际操作台,1:1 进行复制。操作杆、按钮、仪表盘采用市场采购与设计加工相结合的方式,操作杆及按钮需要改造,为信号采集提供接口及测量设备的安装。

3.2.2 数据采集系统

操作台的操作输入分为数字量型输入和模拟量型输入两种类型。

(1)数字量型输入,包括发动机离合器挂挡、慢给进启动阀、减压钻进旁通阀、辅助卷扬支臂伸缩手柄、主卷扬手柄等,将这类按钮、操作杆背后连接微动开关,再为这些开关配置电源驱动放大,使其转换为仿真机的数字量采集卡能够识别的电压信号。

(2)模拟量型输入信号,包括钻压调节阀、慢给进调节阀、泥浆泵调节阀、给进压力控制阀等。这些信号采集配合一定的传感器设备将其放大信号变为仿真机模拟量采集卡能接收的电压信号,或者通过

检测设备的通信模块与计算机通信接口进行通信,使得仿真机能得到所有需要的数据。

采集系统使用西门子工业 PLC,可以可靠准确的判断出操作动作,并通过工业总线与仿真机连接,传输仿真机可以直接识别使用的数据。所有信号采集可以控制在 4 ms 之内,保证数据实时性和操作动作的精确性(见图 3)。

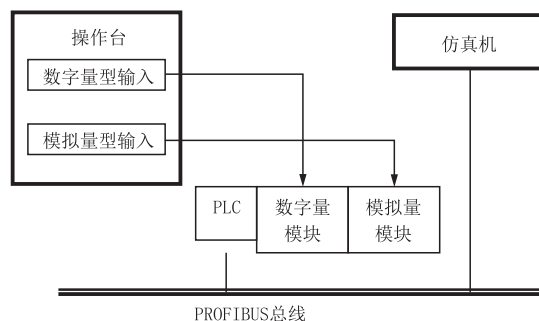


图 3 信号采集系统结构图

3.2.3 仿真机

仿真机以 Windows 为开发系统平台,以研华工业计算机提供硬件平台,由 WinCC 组态工程软件完成开发设计。工业计算机提供稳定的工作环境,WinCC 组态工程软件是西门子公司为工业软件开发设计的工程开发软件,具有安全、稳定的特点。采集系统与仿真系统平台采用 PROFIBUS 总线通信,也是由西门子公司开发的世界范围内应用最为成功广泛的工业现场总线之一,数据传输速度为 12 kbps,具有高可靠性高实时性等特点(见图 4)。

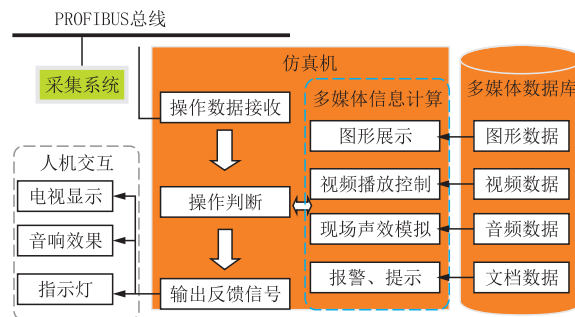


图 4 仿真机系统结构图

仿真机的人机交互方式选用视频、图片和文字提醒方式展示,根据采集来的操作信号,实时反馈。显示输出使用 80 in LED 显示屏幕或投影屏幕,输出的屏幕分 4 部分。

(1)状态参数栏。该栏在屏幕的最上方,该区域显示仿真设备的目前运行状态,动力设备启动状态、

系统参数等仿真设备的内部参数。

(2)操作指导栏。该栏在屏幕左侧,提供设备操作提示步骤,可以回顾操作者操作过程。

(3)设备参数栏。提供仿真设备的所有面板仪表,显示按比例绘制设备的操作面板,仿真系统的模拟表都将出现在面板上,会根据系统计算出的数值,完全模拟实现仪表显示。

(4)提示栏。该栏在屏幕右侧,分为动作演示窗口和报警、提示信息窗口。

动作演示窗口会根据操作者的操作动作,经过计算模拟播放录制好的动作录像,使操作者能直观地看到在实操时对设备的动作影响及设备实际动作状况。报警、提示信息窗口会提供出错报警及危险提示。

3.3 主要功能

3.3.1 仿真训练

系统建立训练过程模块和考试模块并配备数据库,用以满足两种训练模式实现(见图5)。

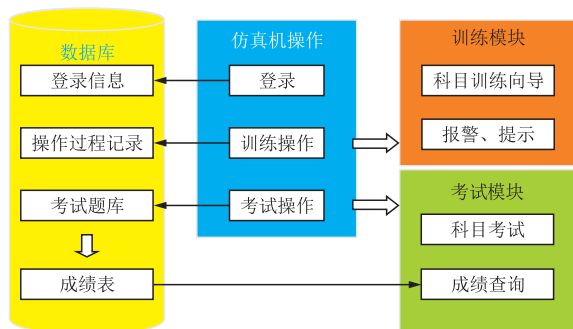


图5 训练、考核模块结构图

3.3.2 系统检测

系统检测主要用于诊断训练模拟台故障,通过测试仿真机与数据采集设备间的通讯状态,可以显示操作面板上的操纵设备(摇杆、按钮)是否正常连接,并可以控制模拟台相关指示灯的动作。

3.3.3 环境设置

环境设置模块主要用于设置仿真训练时的虚拟场景参数,包括背景音效、工况选择、视角参数设置等。

3.3.4 图形、影像计算

图形、影像输出,依靠组态软件的控件工具实现,将采集好的视频录像、图形、音像以及部分三维立体展示模型转化成系统可直接利用的文档形式。系统运行中需要输出图形、影像等展示、显示多媒体信息时,通过组态软件内嵌控件,实现调用。控件提供多种调用参数,可控制多媒体的播放进度、时间、

循环、速度、大小和缩放等功能。

4 关键技术问题及解决措施

4.1 关键技术问题分析

4.1.1 操作台操作元件的信号转换

仿真操作台是按照真实钻井操作台仿制,操作台上布满的操作元件在实际中均是有动作含义的,而且安装设备操作台背后的连杆、按钮、旋钮等元件均有执行机构、连杆机构。而仿真操作台则没有,信号的采集是一个很大的挑战。

4.1.2 程序编辑

由于仿真设备是自主研发,因此没有成熟的直接可以使用的软件,必须使用计算机软件开发,因此开发成本、人才、时间成为制约方案成功率的不确定性因素。

4.1.3 人机交互

仿真系统是否能起到训练效果,是否能真正模拟钻机的现场操作,是否有临场感,这些都需要辅助操作平台具有良好人机交互能力。而用仿真设备去实际模拟一个大型、复杂的钻井设备,是非常困难的。尤其操作时的动作反馈,既要操作动作及时响应还要正确模拟和展示操作结果。

4.2 解决措施

4.2.1 操作台操作元件的信号转换

仿真设备要将这些操作元器件的信号全部采集起来,需要可靠的信号采集系统。针对信号的采集和转换,在操作端改造操作元件,在操作杆、按钮、旋钮等操作元件背后,加装用以采集信号的接近开关、行程开关或者电位器编码器等传感设备,在数据采集端采用PLC作为采集系统核心设备,配备专门的模拟量输入输出模块,稳定可靠的解决信号的采集问题。

4.2.2 程序编辑

采用西门子WinCC组态软件,WinCC能为工业领域提供完备的监控与数据采集(SCADA)功能。具有良好的开放性和灵活性。其最大的优势就是开发程序只需集中组态软件的编程技术,将大大节约开发的技术成本、人力成本和时间成本。

4.2.3 人机交互

为仿真系统的交互性,采用了两个解决方案相辅相成:

一是在硬件上采用大尺寸液晶电视或投影屏幕作为展示设备,利用大尺寸显示设备的高分辨率优

势,同窗口多栏目,完成操作台指示、步骤提示、操作结果演示和系统状态显示,全面完整的信息展示更好的模仿了实操训练。

二是多效果显示操作结果,针对操作过程中出现的复杂变化,设计同时显示图形、录像、文字、动画等提示信息,并附有声像模拟。例如某动作执行时,画面将同时播放实拍的视频信息、现场录制的音频资料并根据设置可选操作向导。全方位的现场信息提供了良好的临场感。

现代仿真技术近年来的长足发展为本项目的研制提供了良好的技术基础。钻机训练模拟器基本上采用成熟技术,硬件基于成熟的PC平台和总线网络平台,操作台等人机接口器件采用与实装相同的方案;软件开放度好,便于进行二次开发。

5 应用效果

该项课题研制成功后,针对给水工程保障任务的日益繁重和专业技术人员新老交替的实际,能够使广大官兵快速掌握先进钻机操作要领,使新装备尽快形成战斗力,大幅提高了给水部队遂行野战给水工程保障能力,符合未来高技术条件下给水部队快速构筑给水站的要求。通过近两年的实际运用,得到了参训者的一致好评。该成果也得到了兄弟单位的青睐,正在积极洽谈合作事宜。该钻井机辅助操作平台也适用于水利、矿山、石油等工程施工领域同类型钻井机的操作使用培训,因此,该设备具有较高的军事、经济效益和广阔的推广应用前景,社会、经济效益显著。

6 结语

(1)钻井机辅助操作平台主要是用于为操作人员提供模拟操作训练环境,遵循仿真原则,充分利用仿真计算机技术和虚拟仿真技术,使训练模拟器材的操作与实装的操作一致,保证模拟训练的拟实性。钻井机辅助操作平台与实装相同的操作界面,仿真作业时的视觉、听觉操作环境,操作逻辑与实装基本相同,受训人员进入训练工位便可以模拟完成钻机作业的训练。在训练模式下,还能够提供相应的操作向导提示、错误提示,能够使受训人员更快更全面的掌握操作步骤和方法。

(2)钻井机辅助操作平台能够使广大官兵不间断进行实装操作训练,使操作员迅速熟悉钻机的操

作和使用方法,快速掌握进口钻机操作要领,全面掌握装备的性能和提高训练效果与水平,使新装备尽快形成战斗力,同步提高给水部队遂行野战给水工程保障能力和非战行动中矿难救援能力。

(3)钻井机辅助操可解决目前给水部队实装训练中的多个难题,比如克服了使用进口钻机钻井作业展开要求高、难度大,以及进行经常性的实装训练维修费用高、零配件维修保障难、经费需求缺口大等实际困难,确保了实装训练安全、优质、高效、低耗。

(4)整机性能优越,性价比高,实用性强。在方案设计中,吸取相似产品的先进技术,充分利用仿真计算机技术和虚拟仿真技术,进行系统优化设计,保证产品具有先进性。此外,还充分考虑产品的经济性,在满足使用要求的前提下,提高产品的性价比。在设计中认真贯彻执行《武器装备研制的标准化工作规定》的要求,提高产品的通用化、系列化、模块化水平,使产品具有较高的标准化程度。尽量采用成熟技术和成熟工艺,使产品具有较好的工艺性。

(5)采用多媒体文件进行动画演示,临场效果好,直观。

(6)使用PLC完成控制台的操作信号采集,汇集操作数据,采集速度高,响应快。

(7)使用工业计算机、PLC、组态软件进行开发,立足于成熟工业技术,其中组态软件更是具有延续性、可扩充性和封装性(易学易用)。

总之,钻井机辅助操作平台的研发,为给水部队战斗力提升、为钻探行业的人才培养、技术革新带来了新的手段和尝试,具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 吕光辉,李巍,张士勇,等.干式浅井钻机的研制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(5):43-44.
- [2] 韦猛,霍宇翔,李谦.虚实结合的地质工程实践教学方法改革探索——钻探虚拟仿真实验教学平台研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(1):87-92.
- [3] 吕光辉,营兵,敖春来,等.野战条件下洗井抽水装置的研制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(11):44-47.
- [4] 张敬南,张缪钟.实验教学中虚拟仿真技术应用的研究[J].实验技术与管理,2013,(12):101-104.
- [5] 许刘万,王艳丽,左新明.我国水井钻探装备的发展及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(4):1-7.
- [6] 郭巍,薛林福.虚拟野外地质实习系统(VFGTS)——野外地质实践教学平台[J].世界地质,2010,29(3):522-526.
- [7] 薛丹,罗代升,吴小强,王正勇.人为计算机仿真的一种方法[J].成都信息工程学院学报,2007,22(2):213-217.
- [8] 秦政,边信黔,施小成,等.水下运载体重力辅助惯性导航系统仿真平台[J].武汉大学学报(信息科学版),2008,33(7):755-758.