

# 一种提升矿用电气产品数字化综合试验能力的研究方案

赵 雷, 崔仕杰, 姜绪超

北京天玛智控科技股份有限公司, 北京

收稿日期: 2024年7月1日; 录用日期: 2024年11月26日; 发布日期: 2024年12月17日

## 摘要

本文介绍一种矿用电气产品数字化综合试验台的技术方案和系统拓补, 通过该试验台可以模拟、采集被测产品在不同负载下、不同供电下的电压、电流、波形等电气参数变化情况, 有助于及时发现电气参数潜在问题或隐患, 从而提升产品质量, 同时该试验台将检测过程和结果进行数字化处理, 实现对检测过程和检测结果的实时记录与信息分享, 实现对历史数据管理和回放功能。

## 关键词

矿用, 综合试验台, 技术方案, 系统拓补, 数字化

# A Research Plan to Enhance the Digital Comprehensive Testing Capability of Mining Electrical Products

Lei Zhao, Shijie Cui, Xuchao Jiang

Beijing Tianma Intelligent Control Technology Co., LTD, Beijing

Received: Jul. 1<sup>st</sup>, 2024; accepted: Nov. 26<sup>th</sup>, 2024; published: Dec. 17<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

This article introduces a technical solution and system expansion for a digital comprehensive test bench for mining electrical products. Through this test bench, the changes in electrical parameters such as voltage, current, and waveform of the tested product under different loads and power supplies can be simulated and collected, which helps to timely discover potential problems or hidden dangers in electrical parameters and improve product quality. At the same time, the test

**bench digitizes the detection process and results, realizes real-time recording and information sharing of the detection process and results, and realizes historical data management and playback functions.**

## Keywords

**Mining, Comprehensive Test Bench, Technical Solution, System Expansion and Supplementation, Digitalization**

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

中共中央、国务院印发了《数字中国建设整体布局规划》指出，建设数字中国是数字时代推进中国式现代化的重要引擎，是构筑国家竞争新优势的有力支撑[1]。加快数字中国建设，对全面建设社会主义现代化国家、全面推进中华民族伟大复兴具有重要意义和深远影响[2]。早在 2006 年，数字化矿山就被学者提出[3]，并就数字化矿山体系结构模型[4]、煤矿数字化矿山发展及关键技术[5]、四层全域模型[6]、煤矿数字化矿山架构[7]、数字化矿山存在的问题等开展了探讨与展望[8] [9]。

数字经济时代，煤矿总体的信息化程度还有待进一步提高，生产过程中的各种数据和信息还无法实现有效关联[10]。企业生产研发过程中，对矿用电气产品实现数字化综合试验，有助于提升煤矿试验能力和检测能力总体信息化水平。数字化综合测试借助高速率、低延时和广连接的移动通信特点[11]，将解决单一的测量参数执行效率低，测试周期长，数据共享实时性不强，影响测试时效性的问题。数字化综合试验技术在煤矿设备试验方面的推广和应用，将高效支撑煤矿检测设备的多参数融合测试、远程操控和可视化数据实时共享，实现测试结果远程调用，助力科研人员跨距离、多部门进行试验验证、问题分析与研究、故障复现等多场景模拟演练，助力实现煤矿设备质量提升。

## 2. 研究矿用电气产品综合试验台的现实背景

伴随煤矿综采工作面无人化开采技术的不断发展，市场相继开发了全新系列综采工作面控制装备、控制技术，促进了新产品研发、迭代速度不断加快，智能传感技术、多设备联合控制技术、高速率、高实时性工业以太网技术、5G 技术等在井下推广和应用。这对矿用电气产品的综合测试能力提出了迫切的要求。常见电气参数试验台面临如下问题：

- (1) 测试功能单一。传统的煤炭电气产品电气参数测试需要依次执行，且不断更换测试仪表，延长了测试时间，研发人员也无法观测产品测试过程中多个参数同时变化情况。
- (2) 试验数据管理不方便。测试结束后，需汇总不同电气参数测试结果，不便于测试数据和现象实时共享。
- (3) 测试数据流动时效性差。对于跨区域测试，需要多岗位人员与被试产品同时到位才能进行参数的测试，很难做到数据多跑路、人员少流动的远程测试目标。

基于上述情况，对矿用电气产品进行数字化综合试验能力研究，有助于提升矿用电气产品在数字化试验过程中，通过减少试验次数并保存综合试验数据，从而及早发现产品故障和潜在风险，将产品问题消灭在设计和出厂检验阶段，提升产品质量。

### 3. 一种矿用电气产品综合试验能力技术方案和系统拓补图

以矿用设备在带负载情况下进行绝缘耐压、功耗、通信和表面温度综合测试为例, 讲解一种数字化多参数电气性能综合试验台的技术方案, 如图 1 所示。

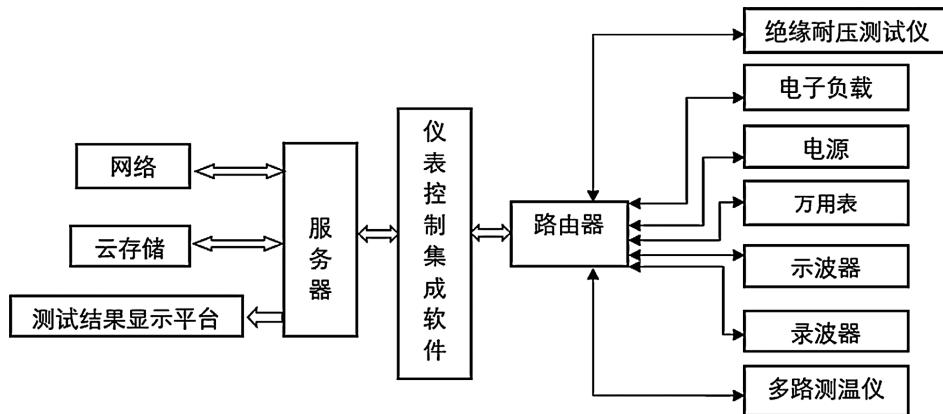


Figure 1. Technical solution diagram

图 1. 技术方案图

技术方案实现步骤: (1) 通过软件界面, 调度单台或多台设备, 完成测试参数设置、设备输出控制、测试结果保存; (2) 设备与软件连接方式: 软件与设备之间采取通用的通信接口, 实现软件与设备之间通信; (3) 数据存储: 将测试数据和结果保存在服务器或云服务中心, 方便对数据查看、调度和分析; (4) 测试数据共享: 使用软件, 完成设备远程参数配置和测试数据实时共享, 实现数据多跑路, 减少人员流动, 提升测试效率。

结合图 1 中技术方案, 对矿用数字化电气参数综合试验台系统结构进行了设计, 系统结构图如图 2 所示。服务器和仪表经通信端口, 通过本地设置或者远程操作, 开启仪表集成测试软件, 实现对仪表操控, 同时将测试过程中动态数据和图像实时共享, 并完成对测试结果的本地保存或者云端存储。

### 4. 应用示例

对照图 2 中系统设计方案, 将系统设计方案中模块逐一进行落实, 组建矿用电气产品数字化综合参数试验台。该试验台中包含的绝缘耐压测试仪、电子负载、电源、万用表、示波器、录波器、多路测温仪。电子负载用于模拟被测设备负载; 电源为被测试设备提供适配的电压和电流, 同时输出电源自身的电压、电流、功率信息等; 万用表用于测量和显示被测点电压、电流、功耗信息等; 示波器用于被测点瞬态信号、通信信号的捕捉和分析, 例如被测设备供电、断电瞬间电压、电流波形, 串口通信信号的质量和波特率等; 录波器用于被测点信号的长时间录制、显示并回放; 多路测温仪用于对被测设备多个测试点同时进行温度采集和显示。被测设备供电后, 各个仪表之间没有直接逻辑关系, 各个仪表均可单独对某一参数进行测试。使用该综合试验台, 通过远程操作演示(如图 3 所示), 对矿用通信产品进行测试, 测试结果如图 4 所示。

### 5. 现实指导意义

该试验台具有如下的指导意义:

(1) 实现数据多跑路、人员少流动的开放试验台, 减少了人员流动带来的时间成本和人力成本, 提升了测试效率。

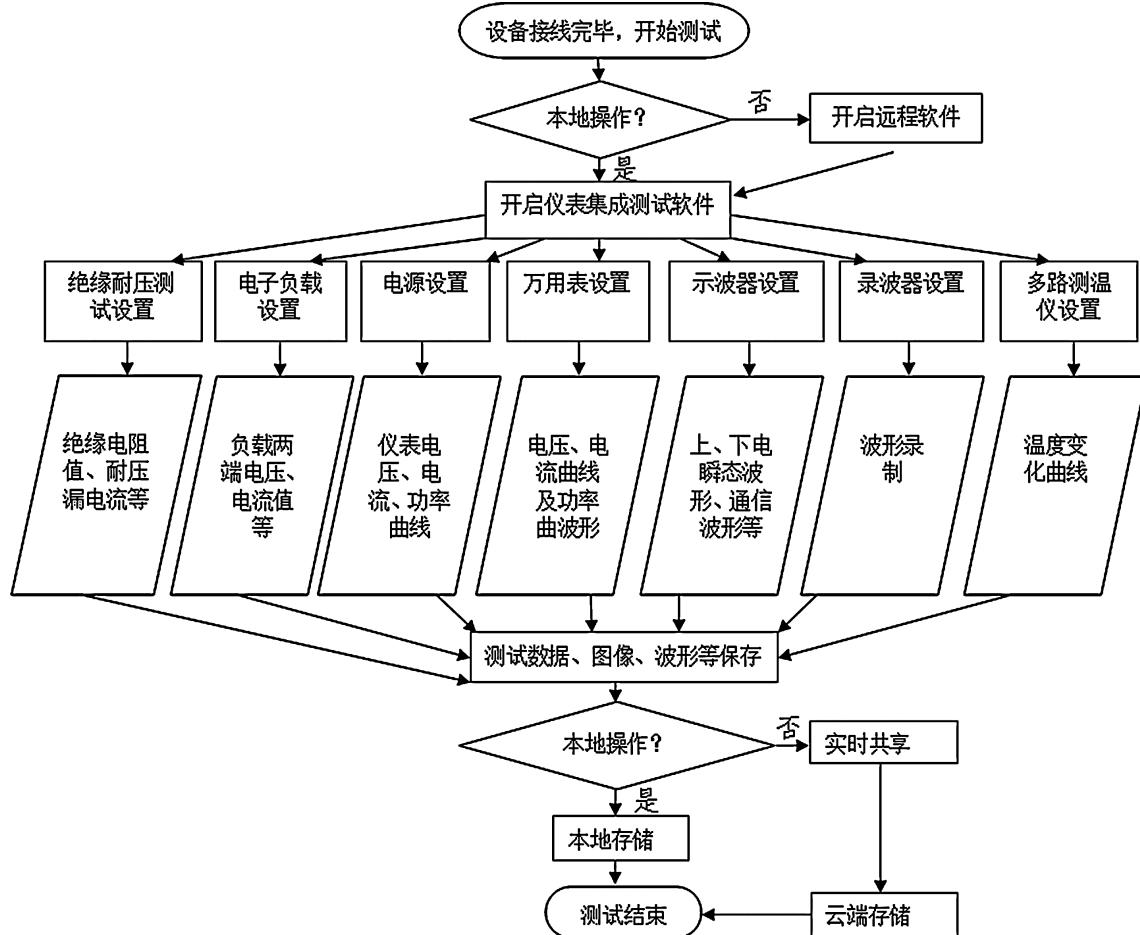


Figure 2. System design plan diagram  
图 2. 系统设计方案图



Figure 3. Example diagram of remote control  
图 3. 远程控制示例图

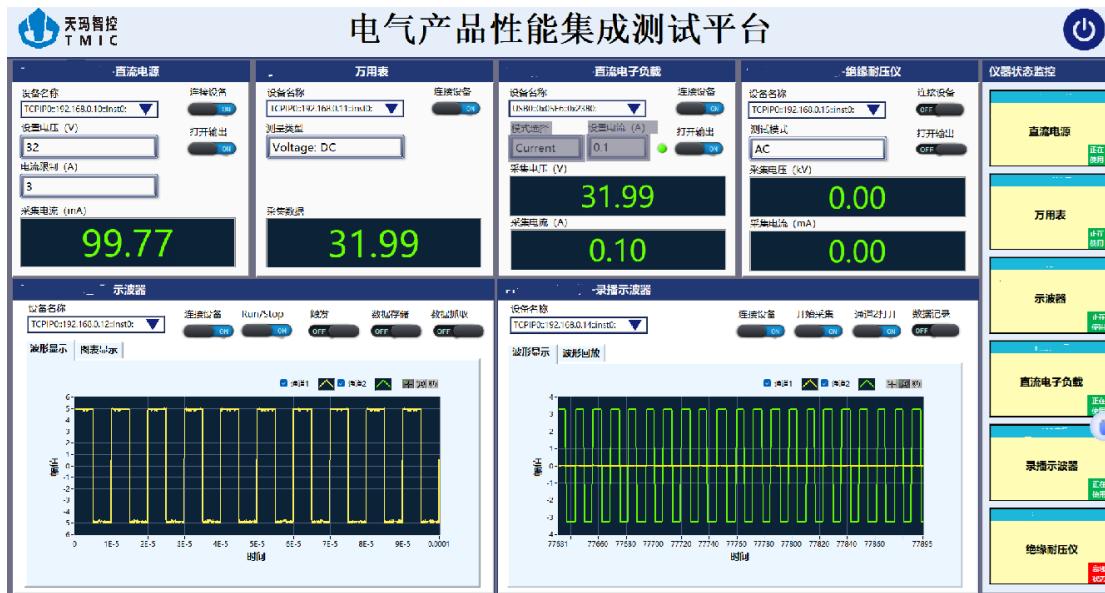


Figure 4. Application example diagram  
图 4. 应用示例图

(2) 实现对测试过程中参数实时变化的记录。测试过程中参数变化数据，反应了被测设备在使用中的参数波动情况，有助于对产品内在品质和波动趋势进行分析，从而及时发现、消除潜在问题或隐患，提升产品质量。

(3) 该试验台可以模拟、采集被测产品在不同负载下、不同供电下的参数变化情况，有助于分析、研究产品在实际使用中可能发生负载变化、电压波动导致的不确定事件，为产品在实际使用中的注意事项和应急预案提供数据支持。

(4) 该试验台具有通用性。该试验台不针对某一行业或者特定产品，只要被测产品参数在试验台范围之内，均可进行测试。

## 6. 结语

矿用电气产品综合性能试验能力研究，实现了数字化测量方式，具有开放、共享特性。文中展示数字化综合试验台实现了对测试设备远程访问、参数配置，对测试现象和结果的实时存储，同时可满足测试数据实时共享，方便实验人员对关心的指标进行反复验证，对关心的结果进行数据分析，解决了实验人员必须到场试验的困难，提升测试效率和测试灵活性。随着对矿用电气产品综合性能试验能力研究不断提升，将有更多先进技术和设计理念引入到矿用产品的试验中，必将对矿用产品质量提升起到很好促进作用。

## 参考文献

- [1] 中共中央国务院印发《数字中国建设整体布局规划》[J]. 自然资源通讯, 2023(4): 6-8.
- [2] 戎珂. 中国式现代化视阈下的数字中国建设[J]. 人民论坛, 2023(17): 12-16.
- [3] 潘冬. 我国矿山数字化建设的探讨[J]. 矿业研究与开发, 2006, 26(z1): 36-39.
- [4] 李白萍, 赵安新, 卢建军. 数字化矿山体系结构模型[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2008, 27(6): 829-831.
- [5] 吕鹏飞, 郭军. 我国煤矿数字化矿山发展现状及关键技术探讨[J]. 工矿自动化, 2009, 35(9): 16-20.

- 
- [6] 张建平, 柴洪静. 数字化矿山建设的全域模型[J]. 煤矿开采, 2012, 17(2): 1-4.
  - [7] 张小卫, 王彬彬, 赵怀勇. 煤矿企业数字化矿山建设架构[J]. 建筑工程技术与设计, 2020(17): 3942.
  - [8] 贺耀宜, 武钰. 数字化矿山建设中存在问题分析及对策[J]. 工矿自动化, 2014, 40(11): 30-33.
  - [9] 吴德政. 数字化矿山现状及发展展望[J]. 煤炭科学技术, 2014(9): 17-21.
  - [10] 王国法, 王虹, 任怀伟. 智慧煤矿 2025 情景目标和发展路径[J]. 煤炭学报, 2018, 43(2): 295-305.
  - [11] 葛世荣, 张晞, 薛光辉. 我国煤矿煤机智能技术与装备发展研究[J]. 中国工程科学, 2023, 25(5): 146-156.