文章编号：2096-1472(2019)-03-51-03
DOI:10.19644/j.cnki.issn2096-1472.2019.03.015

水声装配试验生产线异构数据采集系统设计

李 涛，罗瑜霞，李 佳，刘小光
(中船重工西安东仪科工集团有限公司,陕西 西安 710072)

摘 要：为解决水声装配试验过程中数据采集和管理困难的问题，在分析水声装配试验流程基础上，针对需要采集的数据特点，提出一种基于工作流程的装配试验数据采集方法，建立了水声装配试验生产线的数据采集系统，并通过数据库软件开发进行了工程应用，提高了水声装配试验生产线的数据采集数字化比率及生产效率。

关键词：水声装配；异构数据；数据采集；生产线
中图分类号：TP319 **文献标识码**：A

Design of an Acquisition and Storage System of Heterogeneous Data for the Underwater Acoustic Assembly and Testing Production Line

LI Tao,LUO Yuxia,LI Jia,LIU Xiaoguang
(*CSIC Xi'an Dong Yi Science Technology & Industry Group Co.Ltd.,Xi'an* 710072,*China*)

Abstract: In order to solve the problem of data acquisition and management in underwater acoustic assembly tests,the paper proposes a data acquisition method for underwater acoustic assembly tests,based on the analysis of underwater acoustic assembly test flow and the characteristics of data to be collected.The paper also establishes a data acquisition system for underwater acoustic assembly and testing production line,and carries out an engineering application through database software development,which effectively improves the data acquisition digitalization ratio and production efficiency of acoustic assembly and testing production line.

Keywords:underwater acoustic assembly;heterogeneous data;data acquisition;production line

1 引言(Introduction)

水声系统主要部件是由若干个声学换能器按照一定的位置关系组成的声学基阵，其装配过程主要包括机械零件精加工、压电陶瓷片筛选、陶瓷片粘接、预紧装配、换能器性能测试、基阵配阵等多道工序。装配过程需要使用密度测量仪、声速测量仪、弹性模量测量仪、介电常数测试仪等测量仪器采集前盖板、后质量块、螺杆、陶瓷片的密度、声速、介电常数、弹性模量、泊松比、尺寸、谐振频率、阻抗、介电常数等数据[1,2]。

由于水声系统装配过程数据采集类型较多，也需要使用不同的测试仪器，实现数据自动化、数字化采集的难度较大，目前水声系统装配过程数据采集手段落后，主要以人工测试、记录为主，智能化、集成化程度低，不仅耗时费力，而且测试数据难以二次获取或查询。为解决上述问题，以下在对水声系统装配试验工作流程进行分析的基础上，提出了一种结合单台计算机和密度测量仪、声速测量仪、弹性模量测量仪、介电常数测试仪、三维尺寸自动测量仪、自动化水池测试系统实现对水声装配试验生产线的各种异构数据进行数字化采集的方法，并进行了相应的系统设计和软件开发，可以解决目前水声装配试验过程各种数据采集手段依赖手工操作、数字化程度低的问题[3,4]。

2 水声系统装配生产线流程分析(Process analysis of the assembly line for underwater acoustic system)

2.1 水声系统装配流程

水声系统装配试验过程是由原材料、元器件经过加工、装配、试验形成水声系统产品的全过程，具体包括机械零件精密加工、压电陶瓷片筛选测试、陶瓷片涂胶粘接、换能器预紧装配、换能器性能测试、声学基阵配阵、包覆层硫化、声学基阵性能测试、后端阻抗匹配等工艺流程，如图1所示，至少包括11个工位、20多个工序。该流程的特点是整体数据

www.rjgcz.com

种类多、数量大，前后环节数据耦合程度高，涉及机械、电子、声学等多个学科，数十个种类、数千个数据的采集。但是由于采用人工测量和记录，数据结果难以获取、查询和关联，很不利于相互间的匹配，以及与其他种类数据的匹配。不但影响水声系统产品的生产效率和费用周期，而且也无法保证水声系统的产品合格率和质量一致性。

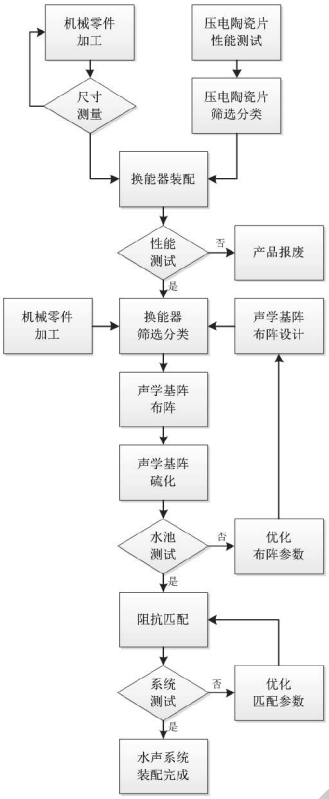

图1 水声装配试验流程图

Fig.1 Flow chart of underwater acoustic assembly test

2.2 数据的关系与分类

根据图1所描述的水声装配试验流程，该过程一般需要使用密度测量仪、声速测量仪、弹性模量测量仪、介电常数测试仪采集前盖板、后质量块、螺杆、陶瓷片的密度、声速、介电常数、弹性模量、泊松比等数据；使用三维尺寸自动测量仪，采集前盖板、后质量块、螺杆、陶瓷片的尺寸数据；使用阻抗分析仪采集陶瓷片与单个换能器的谐振频率、反谐振频率、阻抗、介电常数、导纳曲线相角等数据；使用自动化水池测试系统导出换能器基阵的发射生源级、指向性、接收灵敏度、接收灵敏度不均匀性、机械转角和波束相为特性的斜率、发射特性、接受特性等数据。

从数据类型上来讲，主要有机械尺寸数据，主要包括前盖板、后质量块、螺杆、陶瓷片的外形尺寸数据；材料特性数据，主要包括密度、弹性模量、泊松比等数据；声学特性数据，主要包括不同材料中的声速等；电学特性数据，主要包括阻抗、介电常数、谐振频率等。以上不同种类的数据，其间存在着多关联、强耦合、非线性的特点，各种数据关系复杂多变，需要进行多个层次上的数据匹配与耦合。如在声学基阵的装配过程中，由于各声学换能器单元的不一致性，需要根据电容、阻抗、谐振频率等性能数据综合对比分析，从数百个换能器单元中选取一定数量的合适单元与布阵位置间进行关联匹配，以获得更为优异的声学基阵发射声源级和收发指向性。

3 异构数据采集系统组成(Composition of heterogeneous data acquisition system)

从以上数据分类和水声装配试验流程可以得出，必须使用不同的测量仪器采集多种装配试验数据。为此，可以在计算机上，通过串口、USB接口、网口三种通讯方式来连接各种测试仪器，形成针对水声装配过程异构数据采集系统。其中，串口连接密度测量仪、弹性模量测量仪、介电常数测试仪；USB接口连接声速测量仪、三维尺寸自动测量仪；网口连接阻抗分析仪、自动化水池测试系统。该数据采集系统组成如图2所示。

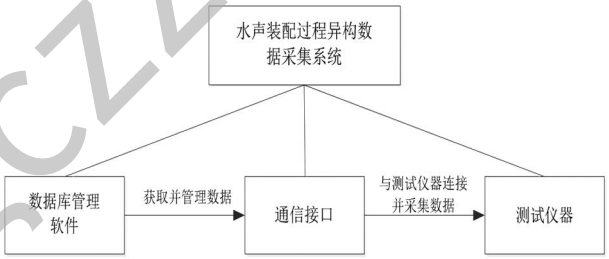

图2 水声装配异构数据采集系统组成

Fig.2 Composition of underwater acoustic assembly heterogeneous data acquisition system

该异构数据采集系统主要由数据库管理系统、通信接口与测试仪器三大部分组成。其中数据库管理系统包含上位机硬件部分与数据库管理软件部分，通信接口包括串口、USB接口与网口三种通信方式，测试仪器主要包括密度测量仪、弹性模量测量仪、介电常数测试仪、声速测量仪、三维尺寸自动测量仪、阻抗分析仪、自动化水池测试系统等。其基本原理是通过各种测试仪器直接测量水声系统各个零部件、元器件的数据，数据通过通信接口上传并连接上位机，数据库管理软件获取并管理数据[5]。

4 数据管理系统实现(Implementation of data management system)

由于水声系统具有装配工艺不稳定和更改频繁、实际装配过程随机性大、生产状态难以控制和周期长等特点，为实现装配数据的有效采集和管理，需要解决三方面技术难点：根据工艺内容和数据采集要求，实现数据采集点位置采集方式和采集内容的细化配置；实现对采集过程的控制，在出现

www.rjgcz.com

技术问题时，使装配数据和技术问题处理过程的信息能够得到完整地采集和管理；实现多源异构采集数据的存取和组织，满足采集数据追溯和汇总的需求[6]。

水声装配试验异构数据管理系统采用模块化的设计，将系统的使用分为测试员和校验员两种用户；采用业界主流的C#语言为开发工具，是在Windows平台上开发的人机界面操作的数据交互软件；将采集和处理的数据存放在SQLite数据库中。通过与计算机的连接更加直观化的显示数据，提供一个数据访问对象类负责对存储的数据进行管理和操作，规范数据存储格式；通过串口、USB接口、网口三种通讯方式来采集和处理数据。通过与计算机的连接更加直观化的显示数据。以需求分析为基础，将整个系统划分为三个功能模块：登录模块、测试员模块、校验员模块[6]。其中测试员模块和校验员模块可以进一步细分。该系统的功能模块结构图如图3所示。

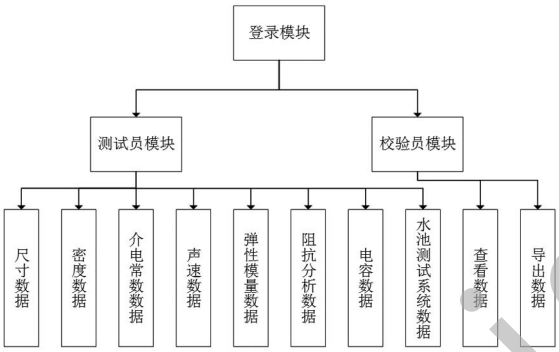

图3 异构数据管理系统功能模块结构图

Fig.3 Function module structure diagram of heterogeneous data management system

测试员功能模块包括输入尺寸数据、密度数据、介电常数数据、声速数据、弹性模量数据、阻抗分析数据、电容数据、水池测试系统数据。不同的数据需要不同外接仪器测量和导入，并且需要按照一定的顺序采集，因此将测试分为前盖板、后质量块、螺杆、陶瓷片、换能器、自动化水池，四部分按顺序采集数据。前盖板、后质量块、螺杆数据管理界面如图4所示。

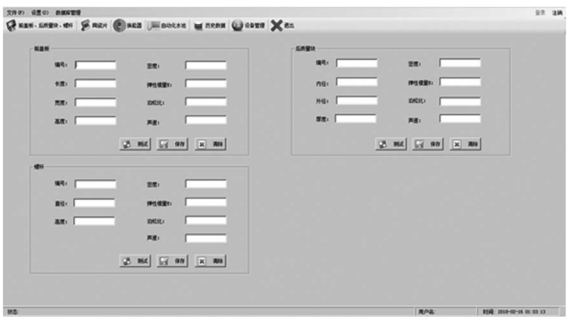

图4 数据管理系统界面

Fig.4 Data management system interface

在水声系统的装配试验实施阶段，装配工人接收具体的装配任务，并根据装配流程进行装配试验操作。当进行至数据采集点时，工人按照该节点的数据采集流程，采用对应的采集方法或设备依次对每项采集内容进行数据采集，并将采集的数据实时地进行传输和存储[7,8]。

5　结论(Conclusion)

本文针对水声系统装配试验过程的异构数据采集和管理困难的问题，在分析其装配试验数据采集流程基础上，提出了基于工作流程的水声装配试验生产线装配数据采集和管理方法，并设计了水声装配试验生产线异构数据采集系统，可以为水声系统装配试验生产线过程控制和质量管理提供了有效的支撑。

参考文献(References)

[1] 边翔,吴燕妮.一种提高换能器产品合格率的改进结构和工艺[J].水下无人系统学报,2015,23(3):183−186.

[2] 胡氢,王辉.夹心式复合换能器的研制[J].现代制造工程,2007(6):121−123.

[3] 王琦.基于超声波换能器的数据采集系统设计[D].大连理工大学,2009.

[4] 王福亮,韩雷,钟掘.引线键合机换能器计算机数据采集系统[J].计算机应用研究,2005,22(5):159−160.

[5] 张佳朋,刘检华,宁汝新,等.面向离散装配的过程和数据集成管理技术[J].计算机集成制造系统,2011,17(4):716−725.

[6] 万峰,刘检华,宁汝新,等.面向复杂产品离散装配过程的数据采集和管理方法[J].计算机集成制造系统,2012,8(8):1819−1828.

[7] 王巍,刘泉.旋转机械综合实验台测试数据采集系统设计[J].武汉理工大学学报,2009,6(11):116−125.

[8] 冉宝春,郭庆吉.应用LabSQL构建和访问数据库的方法[J].工业仪表与自动化装置,2005,3(6):48−50.

作者简介：

李　涛(1979−)，男，博士，高级工程师.研究领域:水声探测，水下航行器.

罗瑜霞(1984−),女，硕士，工程师.研究领域：水声工艺技术.

李　佳(1987−)，女，本科，工程师.研究领域：水声工艺技术.

刘小光(1986−)，男，本科，工程师.研究领域：水声检测技术.

www.rgcz.com