

## 基于虚拟仪器的核能海水淡化实验测控平台

Measurement and control platform for the experiment of desalination based on virtual instruments

作者：宋二猛 贾海军

清华大学核能与新能源技术研究院

**应用领域：**现场测试

**使用的产品：**美国 NI 公司的 LabVIEW6i ,PXI-1010 ,PCI 板卡数据采集系统 ,SCXI-1102B ,MXI-3 ,NI-4351 (PXI) ,NI-6031E (PXI)

**挑战：**快速开发基于虚拟仪器的核能海水淡化实验系统的测量和监控系统，高效实时的测量和监控实验中各种温度、压力、流量、压降及液位等并可进行连续的数据采集和记录。

**应用方案：**用美国 NI 公司 LabVIEW 系统开发平台、先进的 PXI 测量和数据采集技术和压力传感器及热电偶等，开发了基于虚拟仪器的核能海水淡化实验测控平台，有效的解决了实验的测量问题。

### 介绍

为了研究竖直蒸发管高温多效海水淡化（VTE—MED）系统的工艺流程和关键工艺技术及稳定运行时候的热工水力学参数影响等，清华大学核能与新能源技术研究院建立了大型双塔 4 效高温多效海水淡化实验装置。为了测量各部位的温度、压强及流量等热工参数，建立了基于虚拟仪器的海水淡化实验测控平台。使用高精度的数据采集板及计算机等并在 LabVIEW 平台中实现了将传感器及热电偶的电压信号采集、输出存储和分析。

### 测量系统组成

VTE-MED 海水淡化系统的实验回路是一个十分复杂的热工回路。需要测量和监控的热工水力学参数有流量压力温度等，分布于系统的各个部位，如图 1 就是用 LabVIEW 做得测量系统的示意以及部分热工参数分布图。

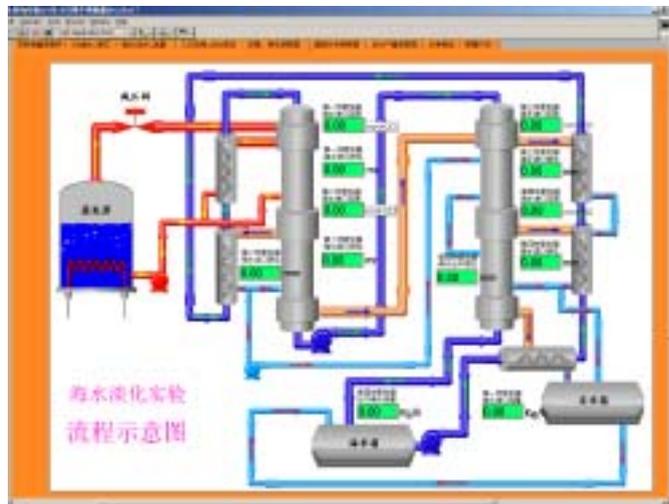


图 1 海水淡化实验系统流程示意图

整个热工测控系统由美国 NI 公司的 LabVIEW6i ,PXI-1010 ,PCI 板卡数据采集系统 ,SCXI-1102B ,MXI-3 ,NI-6031E (PXI) ,压力传感器 ,热电偶 ,工业控制计算机以及激光打印机等组成。系统构成框图如图 2。

现场测量仪表尽量采用高精度、高可靠性的的仪表。具体用到的有：压力和差压传感器采用 1151 系列电容式压力、差压传感器，测量精度均为 0.25%；流量采用金属转子流量计；温度测量采用 NiCr-NiSi 铠装热电偶，经互校标定后精度在 1℃ 之内。

实验装置的数据采集及处理系统采用虚拟仪器测量平台。由压力传感器和转子流量计采用 24V 直流

电源统一供电，输出信号为 4~20mA，然后经过 250 标准电阻变换成 1~5V 电压信号后接入一块 6031E 的板卡进入数据采集系统。现场安装的铠装热电偶经补偿导线接入一个温度采集系统然后接入另一块 6031E 板卡进行调理。

通过采用精密的现场测量仪表和 NI 公司的 16 位高速高精度数据采集系统，最高采集速度达 100kbps/channel，完全保证了实验动态参数的采集和处理要求。

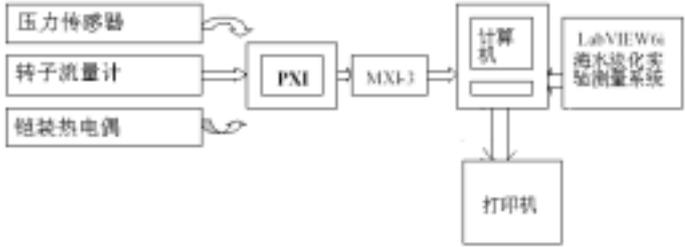


图2 海水淡化实验测量系统构成图

**基于虚拟仪器的海水淡化实验系统测控平台**

该平台整体系统采用美国国家仪器公司的虚拟仪器专用开发平台 LabVIEW 6i 系统。LabVIEW 6i 系统采用图形化变成语言，简单易学并且还提供了强大的图形和分析功能，使得测控系统直观方便和高效。

实验系统测控平台的用户界面采用 LabVIEW 的标签翻页功能,监测系统的功能一目了然，各界面之间的相互关系层次清晰，选用方便。

实验测控系统参数列表输出用户界面如图 3。界面主要部分为实时参数表。包括了 56 个现场测量通道的实时数据测量显示。各个数据包括通道、名称、测量数据及单位等。在通道一栏还包括了一些必要的报警指示。当某些数据产生异常时候输出闪烁标志。对于个别对于实验安全有影响的参数专门设置了报警程序，在控制室和实验现场都有警铃报警。



图3 测量平台界面图

实验中一些重要数据的变化趋势对实验调试和实验结果都有很大的影响，为了形象的观测这些变化趋势，实验测控系统编制了一些参数的实时曲线图，如图 4 所示就是实验系统中各部分流量的实时曲线。对于系统中比较重要的参数比如关键部位的液位，各效压降压力等都编制了实时曲线，通过这些曲线的监测可以有效的控制系统的稳定运行，方便的进行实验的调解工作。

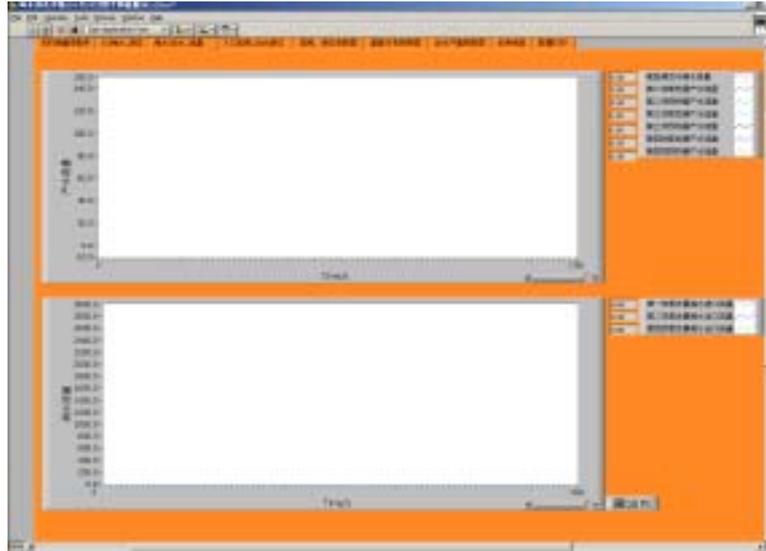


图4 实验参数实时曲线

为了清晰体现系统各部分参数测点，测控平台还编制了多个系统重要参数图。通过 LabVIEW 强大的图形功能可以形象地显示出整个系统的流程和测点等。图 1 就是测量平台上系统流程示意图之一。

#### 基于虚拟仪器的海水淡化实验系统测控平台和一般测控平台比较

海水淡化是 985 项目的重大课题之一，测量信号多，有温度、流量、液位、压力和压差信号等。由于采用 LabVIEW 开发平台和 NI 的 PXI 测控平台的强大数据采集和信号处理功能，在较短的时间内完成了该实验的测试系统。

采用 PXI 测控平台和 LabVIEW 开发工具使得各种不同的信号可以统一在一个程序里面实现方便的采集和保存。并且采集精度高，界面友好直观。而采用一般的数据采集板和其他的开发工具则很难快速高效和直观的实现这些功能。

海水淡化实验系统测控平台还备有一套使用 RS-232 串行通信的数据采集卡和使用 Visual Basic 开发的测量平台。和基于虚拟仪器的测控平台相比，串行通信数据采集在本实验中功能的实现和维护都存在很大的差距。

首先，使用串行通信的这套数据采集系统由于测量通道有限无法把热电偶产生的信号和其余的 1~5V 电压信号同时采集。而必须分在两个采集程序里面实现。

其次串行通信的数据采集程序开发不如使用 LabVIEW 开发的基于虚拟仪器的热工测量平台简单方便。LabVIEW 是图形化编程语言，简单易用。适于一般的工程师开发。而串行通信采用 Visual Basic 开发语言，必须熟悉编程语言的专门人员编写。

由于 LabVIEW 强大的图形和分析功能，使得开发人员可以很容易设计出实用直观而且功能强大的采集程序。比如一般的工程师通过使用 LabVIEW 开发系统在基于虚拟仪器的热工测控平台中可以很方便的实现简单明了的实时曲线的设计和画出系统流程图以及设置一些报警装置等。而对于一般的工程师用 Visual Basic 开发系统开发串行通信的数据采集程序对这些功能则很难实现。而必须比较专业的程序员才可以很好的实现上述功能。

并且由于开发环境的不同，两者开发的采集程序界面也很不相同。如图 5 是使用串行通信进行温度数据采集的开发界面。与前面的 LabVIEW 开发的应用程序界面相比这个应用程序界面远没有后者直观清晰。实时曲线显示也不够清晰明了。而系统流程图等就更加难以实现。

可见 LabVIEW 开发平台在简单易用，功能强大，界面友好方面都有很大的优势。

在采集速度和精度上，两种平台的差异也很大，基于虚拟仪器的热工测控平台采用 16 位的高速高精度采集模块，精度和速度都优于一般的串行通信数采设备。

另外基于虚拟仪器的热工测控平台在 Data Socket 技术支持下, 很容易的实现了实验网络化, 实验室内和远程网络终端都能实时读取实验数据, 实时了解实验进展, 而使用 VB 开发的实验测量系统则很难实现这种网络功能。



图5 用 VB 开发的串行通信数据采集程序

**结论**

通过应用美国 NI 公司的 LabVIEW 和 PXI 等先进的虚拟仪器技术, 在较短时间内, 成功开发了基于虚拟仪器的海水淡化实验系统测控平台。通过使用先进的数据采集模块和功能齐全的的 LabVIEW 开发环境, 这个测控平台可以方便直观高效的完成 VTE-MED 海水淡化系统这个复杂的实验回路的各种热工水力学参数的测量和实验监控。LabVIEW 易学易用的特点使得开发人员大大减少了开发时间, 提高了工作效率。而 LabVIEW 开发平台强大的数据库和网络应用功能模块也使得测控系统在网络和数据处理方面都表现出很大的优势。