

压缩机性能测试系统

Compressor Performance Test System

作者：王鸿钰

单位：上海仪器仪表研究所

应用领域：产品测试

使用的产品：LabVIEW、NI DAQ、SCXI

挑战：

用基于计算机的测控系统代替手工操作，提高自动化水平，改善工作条件，确保监测数据的精确、可靠。

应用方案：

以 NI 公司的 LabVIEW 软件、DAQ 卡、SCXI 卡和现有的变送器等构成一套基于 PC 的压缩机性能自动测试系统。

介绍：

压缩机是一种工业生产中广泛使用的机械设备。这种机械依靠在气缸内作往复运动的活塞或作旋转运转的转子的作用，使吸入气体的体积缩小而提高压力，以满足生产需要。这种产品的结构比较复杂，除机械、电气部分外，还有气、油、水等多种回路。为了保证和提高

压缩机的质量，对其性能进行测试是一个不可缺少的环节。但是到目前为止，这项工作基本上是以手工为主进行的。因此，工作效率低、劳动条件差，测试结果的可靠性、准确性也不高。少数单位开发了自动测试系统，不过，并没有很好地用上去，或者，测点少，功能不强。本文针对国内现状提出一种基于计算机的自动测试系统方案。

1 总体结构

本文介绍的测试系统由带有 PCI 总线的工业控制计算机、NI 公司的 LabVIEW 软件、1 块 DAQ 采集卡、9 块 SCXI 调理卡（1 块 SCXI-1121、7 块 SCXI-1125、1 块 SCXI-1162）、1 台 12 槽机箱 SCXI-1001 和温度、压力、流量变送器、4-20mA 开关量等构成（图 1）。在计算机的控制之下，

按照国标《一般用容积式空气压缩机性能试验方法》（GB3853）的规定，测定单级和两级压缩的压缩机性能，绘制特性曲线，打印试验报告。

测试系统采集的参数有：吸气温度、压力；排气温度、压力；压缩机转速、轴功率；强电系统的电压、电流、功率；冷却水的温度、压力、流量；供油系统的压力、温度等。与此同时，测试系统还通过输出控制电路对机组的工作状态进行控制。

2 信号 I/O 和调理

按照试验要求和标准规定，测试系统的测温范围为 0~200℃，测量吸入/排出空气温度和冷却水温的误差 ≤ ± 0.2℃，测量油温的误差 ≤ ± 1℃。为满足要求，将被测温度经标准铂电阻 Pt100 等转变为 100.00~176.00 Ω 的电阻

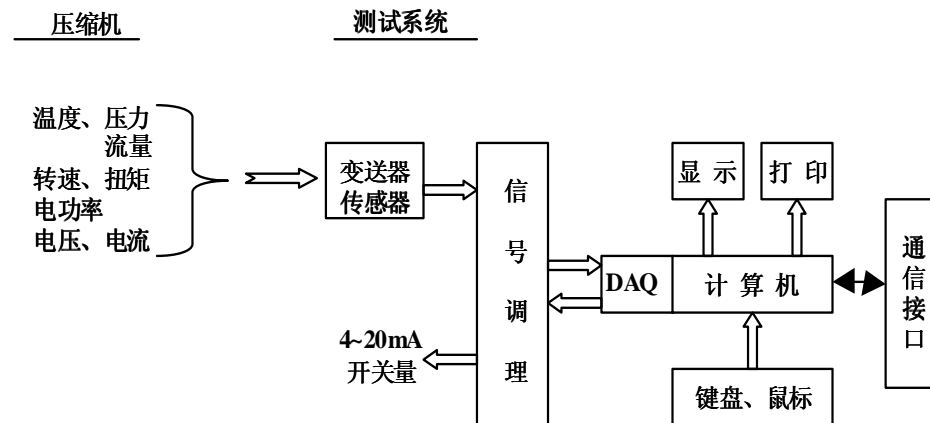


图1

或 4~20mA 的电流，送 SCXI-1121 和 SCXI-1125 调节，然后输入 PCI-MIO-16E-4 DAQ 卡。

SCXI-1121 有 4 个隔离的输入通道，每个通道都带有激励源。测试系统利用它提供的 0.15mA 精密（准确度为 $\pm 0.04\%$ ）恒定电流，将电阻信号转变为精确的电压信号，以四线制方式测出此电压；经隔离、放大、抗噪音滤波后（以适应恶劣的现场环境），送 DAQ。

SCXI-1125 有 8 个隔离的输入通道。在输入端子 SCXI-1138（含有 249Ω 的精密电阻）的配合下，将变送器输出的 4~20mA 电流转变为 1~5V 电压，以读数的 0.08% 精度对其进行测量。按标准规定，测量吸排压力的误差小于 $\pm 0.4\%$ 即可（测量油压的误差小于 $\pm 2\%$ ），故 SCXI-1125 也用来测量气压、油压（已由变送器变换为 4~20mA 电流）。此外，SCXI-1125 的 5V 输入通道还用来测量经互感器和变送器变换的交流电流、交流电压和功率（精度要求为 $\pm 0.5\%$ ）等强电电量。

各块 SCXI 卡的输出分别接入具有 16 个单端模拟输入通道的 PCI-MIO-16E-4 DAQ 卡的不同通道。DAQ 卡可以高达 250kS/s 的采样速率采样，5V 量程时的测量精度为读数的 0.07%。在各输入模块的配合之下，完全满足了动态测试、“同时读取”工况参数和较高的测量精度要求。此外，这种 DAQ 卡还带有 2 个模拟输出口，8 个数字

I/O 口等。

压缩机的转速和输入扭矩用转速转矩传感器转变为数字量，冷却水的流量经流量变送器转换为数字量，然后经过具有 32 个输入通道且以光耦隔离的 SCXI-1162 卡也送入 DAQ 卡测量。

DAQ 的数字 I/O 口除用于输入测量外，还通过输出控制电路控制配电柜的继电器、接触器的通断；而它的模拟输出部分则通过 D/A 转换及相关电路向阀门定位器输出 4~20mA 电流，控制阀门开度，调节流过的水量或气体压力。

3 试验流程和程序

测试压缩机性能的程序用 LabVIEW 图形化编程环境编制，利用它的模块化、层次化结构，工程技术人员在几周内即可构成或基本构成要求的测试系统。这种解

决方案直观、简单易学，使用起来也不复杂。在本系统中，测试程序大致由试验管理模块、数据采集模块、输出控制模块、数据处理模块、显示模块、文件管理模块和报警模块等构成。软件程序借助于 DAQ 卡采集被测量和控制试验的进行。利用键盘、鼠标和显示器（图形化软面板）等进行人机对话。软件的主要功能与试验流程（图 2）相对应：

1. 运行试验管理模块，按照试验要求和 GB3853 标准等规定，输入试验的类型、试验的项目、额定参数、规定的工况参数、试验条件和硬件配置等。

2. 运行采集和控制等模块，起动机组预运转，扫描轴承、机壳等部位的温度，考核零部件的配合情况，判断机组能否平稳运行。

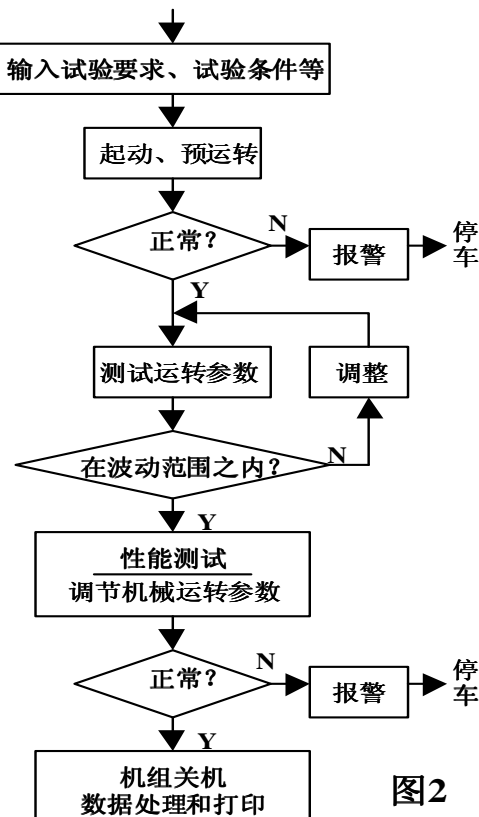


图 2

3. 机组能平稳运行则转入下一步，按 GB3853 的要求，将运转参数，如冷却水温、总压力比、主轴转速等，调整（测量、计算、比较、调整）到允许的波动范围之内。

4. 在规定的工况下，测量吸排气温度、压力，冷却水温度、压力，油系统温度、压力、压缩机转速与轴扭矩等。进行常规性能测试，处理测得的数据和显示测试结果。

5. 调节阀门的开度和主轴转速等，进行超温、最高许可转速、最高许可压力等试验。考核机组能否可靠运转。

6. 机组关机。运行数据处理模块和文件管理模块等，详细分析、处理测得的数据。如，以测得的温度、压力等计算求得压缩机的排气量，以测得的转速、扭矩求得轴功率，以排气量和轴功率求得规定工况下的比功率；绘制示功图、气流脉动曲线等；打印试验报告和将试验文件存档。

7. 压缩机试验期间，测试系统不断对其转速、压缩比、排气温度和油温等进行监控，发现越限则立即调用报警模块报警和强行停车。

上述以 LabVIEW 等实现的系统既可用于产品出厂检验，又可用于型式试验；既可用于测点较少的小型产品测试，又可用于测点较多的机组性能测试。

4 结束语

LabVIEW 是一套专为数据采集、数据分析和数据表

达而设计的图形化编程环境，功能强大、灵活直观，可大幅度减少传统系统设计所需的开发时间；DAQ 卡、SCXI 卡是以模块为基础的硬件，也给系统的组建、变更和维护带来很多方便。可以想像，以 LabVIEW 和 DAQ 卡、SCXI 卡等构成的压缩机性能自动测试系统肯定会给用户带来许多好处，在行业中也有较高的推广价值。若在硬件中增加新的插卡/机箱，在软件中增加新的功能模块，测试系统的功能还可进一步扩展。如，将测点扩展到几百点，或同时测试多台机组的性能；扩大系统的输出控制功能；分析测得的数据，提出产品改进意见或方案；在企业内部或企业间通信，协同工作，共享有关数据等。