

# 1 前言

## 1.1 课题研究的背景及意义

传统的电机测试技术一系列工作都由手工完成，即手工调节，人工读表，人工处理实验数据。通过多次测试方可获得所需要的数据以及曲线。传统的电机测试人为因素对测试的结果影响很大，这依赖于测算人员的操作熟练程度。同时操作人员是否注意力高度集中对测试结果影响也有较大的影响。传统的电机测试诸多因素制约了测试结果的可靠性以及准确性。测试周期长，测试效率低，劳动强度大，测试可靠性和准确性难以保证，这些都制约了电机测试技术的发展。

随着计算机技术，测试技术的飞速发展，为新的测试技术提供了技术支持。电子技术的发展，尤其是数字化仪器，智能仪器以及集成电路的快速发展，使得测试仪器的精度越来越高，功能越发强大。电子技术和计算机技术的产物—虚拟仪器技术，使得测试技术进入到了一个新的发展纪元。

利用数据采集卡，传感器和计算机组成的测试系统对电机进行测试。实验数据通过传感器经数据采集卡进入到计算机中，有计算机内部的 Labview 软件进行数据的处理，数据存储以及数据处理结果的现实，并完成对电机的控制。相比传统电机测试，这大大降低了测试人员的劳动强度，更为重要的是降低了人为误差，大大提高了测试结果的可靠性和准确性。并且新的测试技术大幅提高了测试速度，能够及时的反馈测试结果，方便设计人员对电机进行调整和改进。

以虚拟仪器为基础的测试技术，可以对电机众多参数进行测量。这对评估电机性能，提高电机性能有着重要意义。

## 1.2 电机测试技术介绍

步进电动机作为能量转换的机械设备，在各个行业中广泛应用，与人们的日常生活息息相关。随着各行业的不断发展，对步进电机的性能要求越来越高，因此步进电机的性能指标也在不断提高。因而，对步进电动机的性能准确的评定显得尤为重要。

电机测试是利用仪器，仪表等相关设备，按照标准规定，对电机的力学性能，电气性能以及可靠性等指标进行检验。测试可以使标准规定的所有项目，也可以是其中的一部分项目。电机测试技术主要演技电机各种特性及参数，测试原理和方法。这包括电机的工作特性、机械特性、热，磁场、电流电压参数的测试，误差分析和实验数据处理。

现如今电机的型号，种类规格众多，所需的测试项目多，传统的测试仪已经不能满足现代化生产的要求。高效，高质的电机测试技术，已成为电机测试的重点。

### 1.3 电机测试技术国内外发展现状及趋势

在国外电机测试是非常重要的一个环节，为保证电机质量，国外的电机生产厂家要求零件供应商对零件做到全面的检测。最为重要的是对电机整体进行测试。现如今，国外大多采用计算控制的自动测试系统。著名的国外企业有美国的 Magtrol 公司，日本管源、横河和国际计量器公司。更为前沿的是 Magtrol 公司最新开发的采用 DSP (Digital Signal Processing, 数字信号处理) 的测试机系统。在国内 DSP 还是比较空白的领域。另外，国外还有全虚拟仪器的电机测试系统，设有显示器，控制器和功率仪，用软件代替大部分硬件，实现计算机全虚拟化测试。在软件方面 NI 公司的 Labview 集数据采集，数据存储，数据处理，曲线拟合，图形化显示等于一身，功能十分强大。

在国内，由于我国科技相对落后，加之在这方面我国起步比较晚，电机测试整体水平相比国外还有一定差距。国内电机测试大体可分三类：第一类是小型乡镇企业采用的指针式仪表。如电流表，电压表，功率仪等。实验人员通过读数，记录，整理数据，绘制曲线，形成报告。此法费时费力而且精度难以保证。第二类是使用各种电子测量仪器，电参数测试仪测量电流、电压、功率、功率因数等。转矩转速仪测量电机在运行状态下的转矩、转速以及输出功率等。此法工人人员工作强度有所减小，但是不能进行复杂数据处理，报告仍需要人写。第三类是少数大型企业和科研机构采用自动测试设备。虚拟仪器技术应用于电动机测试方面比较少，华中科技大学，上海聚星仪器有限公司等在这方面走在国内前列。

总体而言，利用虚拟仪器技术在测试电机在发达国家已普遍应用。而我国基本上还是采用传统的测试方法，虚拟仪器在我国应用还不够广泛，但从整体来看呈现上升态势。

### 1.4 课题研究内容

步进电动机虽然具有动态相应快，无累积误差，可直接驱动负载等特点，但是也存在失步以及震荡等缺点。因而，如要在生产生活中更好的运用步进电动机，就必须全面掌握步进电动机的特性。由于步进电动机特性繁多，本文针对步进电机的角频特性和矩频特性进行研究。

步进电动机是将驱动的电路的脉冲信号转化为角位移信号，驱动电路每发出一个脉冲，步进电动机就走一个步距角。步进电动机的转速和转向是由定子绕组的脉冲电流决定的，通过改变脉冲信号的频率就可以改变步进电动机的转速，通过改变相序就可以改变步进电动机的转向。在步进电动机的许多机械特性中，矩角特性和矩频特性是最重要的两个。

矩角特性反映了步进电动机电磁转矩  $T$  随偏转角  $\theta$

的变化关系。定子一相绕组通直流电后，如若转子上没有负载转矩，转子齿和通电相磁极上的小齿对齐，此位置为步进电动机的初始位置。当转子上外加负载转矩后，转子齿就要偏离初始位置，磁力线有着缩减的趋向，产生电磁转矩，直到它与负载转矩相平衡。矩角特性是步进电动机最为主要的性能指标之一。

步进电动机的输出转矩与控制脉冲频率之间的关系称为矩频特性。步进电动机的矩频特性曲线是一条下降的曲线，在连续运行的状态下，步进电动机的转速随着脉冲频率的不断增高而不断升高，但步进电动机带动负载的能力却是不断下降的。步进电动机的矩频特性反映了步进电动机带负载的能力。

对步进电动机转角的测量由角位移传感器来完成。角位移传感器采用的是非接触式设计，与同步分析器和电位计等传统的角位移测量仪器相比，有效提高了长期可靠性。它的独到设计，在不使用诸如滑环、叶片、接触式游标、电刷等易磨损的活动部件前提下仍可以保证测量精度。角位移传感器具有以下特点：该传感器采用特殊形状的转子和线绕线圈，模拟线性可变差动传感器（LVDT）的线性位移，有较高的可靠性和性能，转子轴的旋转运动产生线性输出信号，围绕出厂预置的零位移动 $\pm 60$ （总共 $120$ 度）。此输出信号的相位指示离开零位的位移方向。转子的非接触式电磁耦合使产品具有无限的分辨率，即绝对测量精度可达到零点几度。

对步进电动机转矩的测量由转矩传感器来完成。转矩传感器利用扭轴把转矩转换成扭应力或扭转角，再转换成与转矩成一定关系的电信号的传感器。扭轴的形式有实心轴、空心轴、矩形轴等。按照作用原理不同，扭应力式转矩传感器可分为电阻应变式和压磁式两种；扭转角式转矩传感器可分为振弦式、光电式和相位差式三种。其中电阻应变式转矩传感器结构简单，制造方便，但因使用导电滑环，振动频率较低，不适于高速旋转体和扭轴振动较大的场合使用。

数据采集卡是将从传感器和其它待测设备等模拟和数字被测单元中采集到的非电量或者电量信号，送到上位机中进行分析，处理。实验室常用的数据采集卡有 USB 和 PCI 两种，如 1394 卡。该测试中用到了 PCI-1710。

数据存储处理以及图形显示用到 NI 公司的 Labview 软件。Labview 是一种程序开发环境，由美国国家仪器（NI）公司研制开发的，类似于 C 和 BASIC 开发环境，但是 Labview 与其他计算机语言的显著区别是：其他计算机语言都是采用基于文本的语言产生代码，而 Labview 使用的是图形化编辑语言 G 编写程序，产生的程序是框图的形式。

## 2 测试系统方案设计

### 2.1 电机及测试内容

电机种类繁多，按照不同的标准，有多种分类方法。该测试系统采用的是混合式步进电动机 1104YG404。

#### 2.1.1 步进电动机介绍

步进电机是一种感应电机，它的工作原理是利用电子电路，将直流电变成分时供电的，多相时序控制电流，用这种电流为步进电机供电，步进电机才能正常工作，驱动器就是为步进电机分时供电的，多相时序控制器。虽然步进电机已广泛应用，但是步进电动机不同于普通直流电机，必须由双环形脉冲信号、功率驱动电路等组成控制系统方可使用。

步进电动机具有以下优点（1）步距值不受各种干扰因素的影响。例如，电压大小，电流数值，波形以及温度变化等。转子的转速主要取决于脉冲信号频率，转子的总位移量取决于总的脉冲信号数。（2）无累积误差。步进电动机每转一圈，累积误差为零。（3）控制性能好。启动，转向以及其它任何运动方式的改变，都会在会在很少数的脉冲个数内完成

日常生活中比较常用的步进电机包括反应式步进电动机、永磁式步进电动机、混合式步进电动机和单项式步进电动机等。而混合式步进电动机综合了反应式步进电动机和永磁式步进电动机的优点，具有步距角小，动态性能好等优点，是目前使用最广泛的一种类型，混合式步进电动机又分两相和五相。

#### 2.1.2 实验测试内容及方案设计

步进电动机具有众多特性，该测试系统针对步进电机的矩角特性和矩频特性进行测试。

矩角特性是步进电动机最主要的机械特性之一，它反应了电磁转矩随偏转角度变化的关系。定子一向在通直流电后，如果转子上没有负载转矩，转子将会在初始位置。如果转子存在负载作用，转子将会偏离初始位置，此时，磁力线有试图缩短的倾向，从而产生电磁转矩，知道电磁转矩与负载力矩相平衡。

矩频特性反应了输出转矩与脉冲频率之间的关系。步进电动机的矩频特性曲线是一下降的曲线，步进电动机转速越高，其带动负载的能力越低。矩频特性可以反应步进电动机带动负载的能力。

该测试系统主要有计算机、PC1-710 数据采集卡、转矩传感器 ZH07、增量式圆光栅编码器 YGM506 以及 Labview 软件组成。其系统原理图如图 2-1 所示。

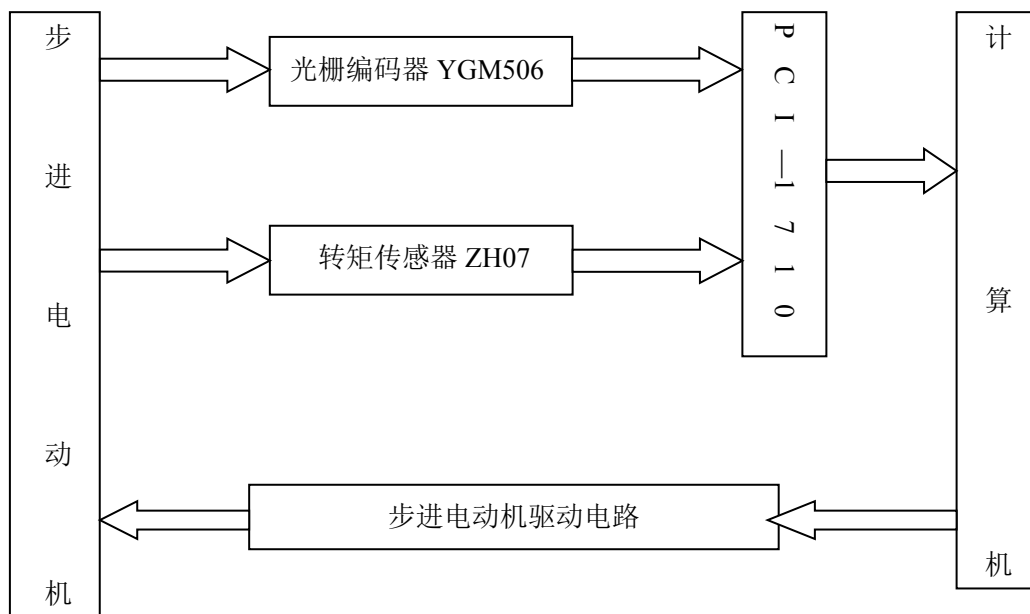


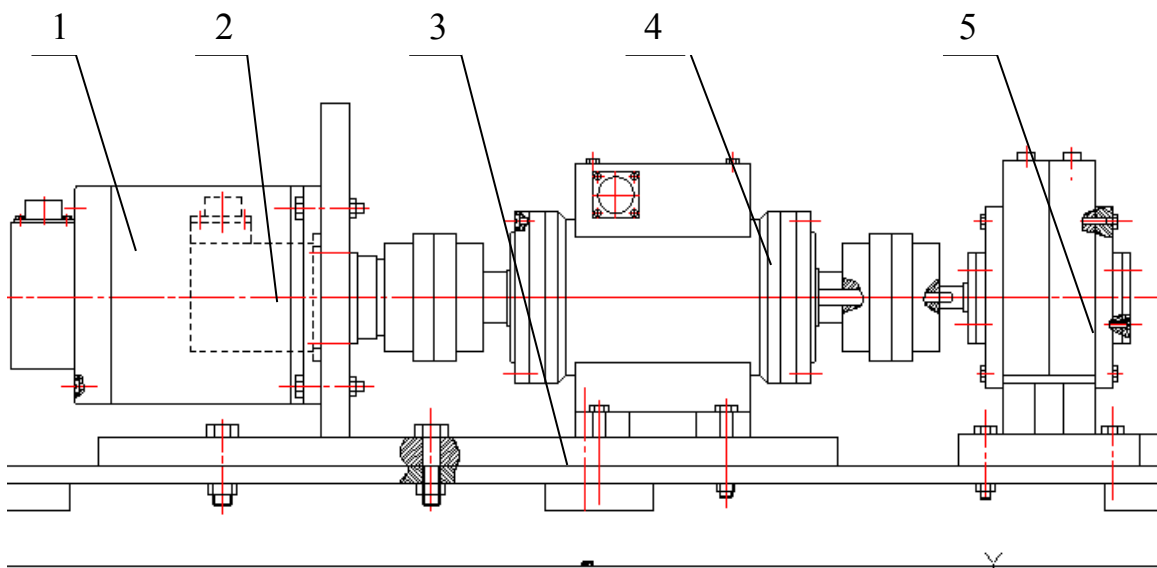
图 2-1：系统原理框图

测试系统中 PCI-1710 数据采集卡起到中间桥梁的作用，将转矩传感器、转角传感器采集的数据送入到计算机进行处理。

转角传感器 YGM506 负责角位移的测量。YGM506 具有原理构造简单，机械平均寿命可在几万小时以上，抗干扰能力强，可靠性高，适合于长距离传输等优点

在测量步进电动机转矩时,既要测量电机连续运行时的转矩变化,又要测量电机单步运行时的瞬态转矩,因此必须使用动态转矩传感器。转矩传感器 ZH07 可以满足上述要求。

系统测试的机械结构示意图 2-2 所示。



1. 步进电动机 2. 光栅编码器 3. 底板 4. 转矩传感器 5. 负载

图 2-2: 测试系统结构示意图

光栅编码器通过皮带和步进电动机同步转动，而转矩传感器通过自制的连轴器一端同步进电机轴相连，另一端同负载一端相连，这样可以和步进电机达到同步，时时采集数据。

## 2.2 测试系统硬件介绍

该测试系统用到了研华 PCI-1710 数据采集卡，增量式圆光栅编码器 YGM506，动态转矩传感器 ZH07，计算机，永磁式步进电动机 110BYG404 等硬件设施。

### 2.2.1 研华 PCI-1710 数据采集卡

PCI-1710 是一款 PCI 总线的多功能数据采集卡。其较为先进的电路设计使其具有高质量，多功能。其中包括常用的测量和控制功能：12 位 A/D 转换、数字量输入、数字量输出以及计数器/定时器功能。图 1 所示为研华 PCI-1710 数据采集卡实物图。

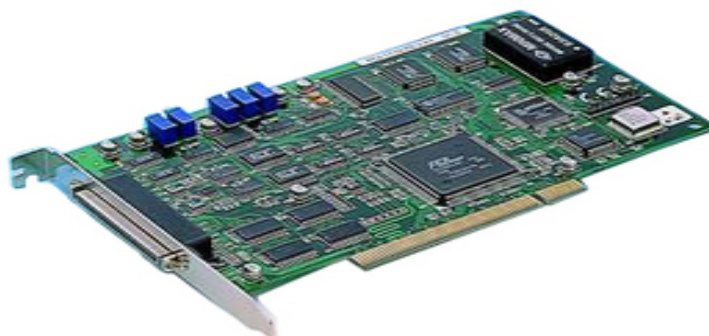


图 2-3: 研华 PCI-1710 数据采集卡

研华 PCI-1710 数据采集卡共 68 引脚，具有 16 路数字输入、16 路数字输出、16 路模拟输入以及计数/定时等功能。其引脚图如图 2-4 所示。

### 2.2.2 增量式圆光栅编码器 YGM506

YGM506 将位移信号转换成周期性的电信号，再将电信号转变成计数脉冲，用脉冲的个数表示位移的大小。YGM506 实现的转角信号的时时采集，其实物图如图 2-4 所示。

AIO	68	34	AI1
AI2	67	33	AI3
AI4	66	32	AI5
AI6	65	31	AI7
AI8	64	30	AI9
AI10	63	29	AI11
AI12	62	28	AI13
AI14	61	27	AI15
AIGND	60	26	AIGND
AO0_REF*	59	25	AO1_REF*
AO0_OUT*	58	24	AO1_OUT*
AOGND*	57	23	AOGND*
DI0	56	22	DI1
DI2	55	21	DI3
DI4	54	20	DI5
DI6	53	19	DI7
DI8	52	18	DI9
DI10	51	17	DI11
DI12	50	16	DI13
DI14	49	15	DI15
DGND	48	14	DGND
DO0	47	13	DO1
DO2	46	12	DO3
DO4	45	11	DO5
DO6	44	10	DO7
DO8	43	9	DO9
DO10	42	8	DO11
DO12	41	7	DO13
DO14	40	6	DO15
DGND	39	5	DGND
CNT0_CLK	38	4	PACER_OUT
CNT0_OUT	37	3	TRG_GATE
CNT0_GATE	36	2	EXT_TRG
+12V	35	1	+5V

图 2-3: 研华 PCI-1710 数据采集卡



图 2-4 增量式圆光栅编码器 YGM506

### 2.2.3 动态扭矩传感器 ZH07

动态转矩传感器采用应变片电测量技术，在弹性轴上组成应变桥，在应变桥外加电源便可以测出使该弹性轴受扭的电信号，应变信号经过放大后，经压/频转换，变成与扭矩应变成正比的频率信号。ZH07 实物图如图 2-5 所示。



图 2-5：动态扭矩传感器 ZH07

### 2.2.4 测试系统其他硬件

该测试系统还用到步进电动机、计算机以及数据传输线等其他硬件设施。测试系统所用到的步进电动机型号为 110BYG404。

## 2.3 本章小结

本章主要对测试系统的机械方案设计进行了说明，介绍了该测试系统的构成以及测试实验台的设计。简单的介绍了步进电动机以及步进电动机的一些特性，并表达了该测试系统所要测试的内容：矩角特性和矩频特性。简单介绍了测试系统中各个硬件部分。



### 3 测试系统软件设计

该系统使用 Labview 编成，完成对步进电动机转角和转矩的测量，并完成对所采集的数据进行存储，处理以及处理结果的显示，同时实现对步进电动机的驱动运转。

#### 3.1 Labview 简介

Labview 是美国国家仪器（NI）有限公司研制开发，它有别于其他计算机语言，采用图形化编成，即 G 语言编程。Labview 在虚拟仪器领域，是使用最广泛的编成语言，NI 的 Labview 也因此几乎成了虚拟仪器的代名词。Labview 采用数据流编成、模块化设计的思想，每一个功能都是通过一个模块完成，每一个模块都是一个子 VI 程序。Labview 具有以下优点：（1）尽可能的使用通用硬件，使得仪器的差异不再是硬件而是软件。（2）充分挖掘了计算机潜能，拥有强大的数据处理能力，可以创造出功能更为强大的仪器。（3）充分考虑用户需求，用户可以根据需要自己定义，创造需要的仪器。

##### 3.1.1 Labview 程序构成

在打开的 Labview 程序中，我们可以看到 Labview 程序是由前面板（panel），和流程图（diagram）组成。

（1）前面板（panel）为用户图形界面，即 VI 虚拟仪器的前面板，通过前面板将用户和程序联系起来，同时也是程序运行和输入的交互界面。用户可以在前面板放置一些输入控件和显示控件等。图 3-1 为 Labview 前面板。

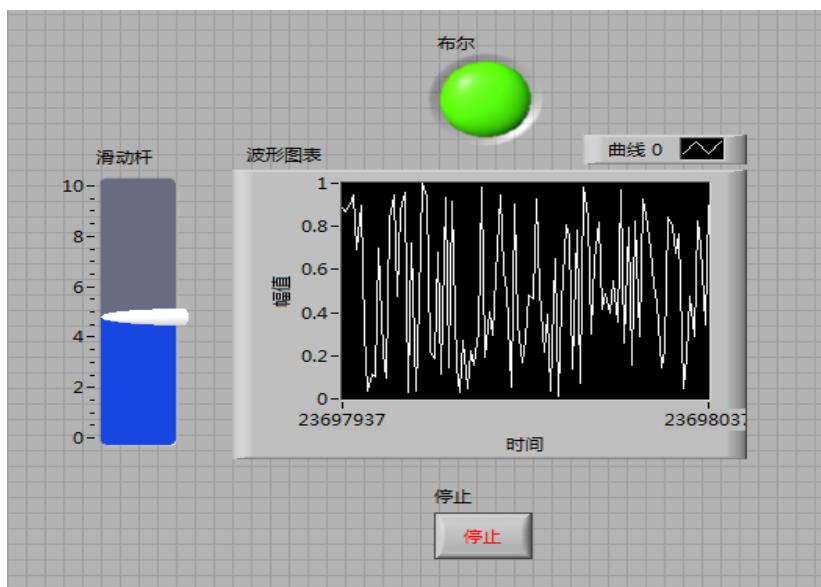


图 3-1: Labview 前面板

(2) 流程图 (diagram) 中用户可以编写 Labview 程序源代码, 以此来控制前面板定义的输入输出控件实现输入输出功能。流程图中包含众多编程、信号处理、测量 I/O、数学以及用户函数库等。其程序框图如图 3-2 所示。

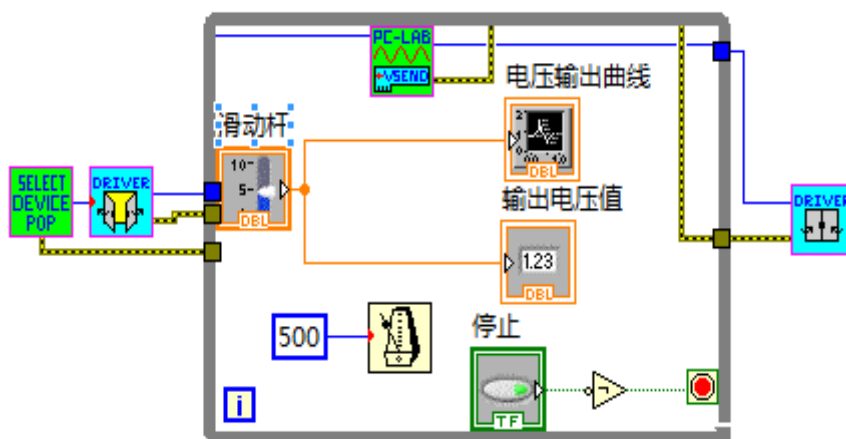


图 3-2: Labview 程序图

图 3-3, 3-4 所示为后面板的函数选板, 用户可以从函数选板中选择输入, 输出、执行过程控制、数组, 簇、比较、布尔以及定时等等。后面板为 Labview 的核心部分, 程序的所有功能都是通过后面板实现, 用户很有必要熟悉后面板中一些常用选件的功能以及使用方法等。

值得一提的是, 后面板中有一个用户函数库, 这是为了方便非 NI 公司的数据采集设备使用 Labview 设立的一个库。这样, 用户即时使用的不是 NI 公司的硬件设备, 只要安装驱动后一样可以使用 Labview 进行编成控制实现所要的功能。该测试中所使用的数据采集卡为研华 PCI-1710, 在安装了驱动程序后, 便可以在 Labview 下使用。

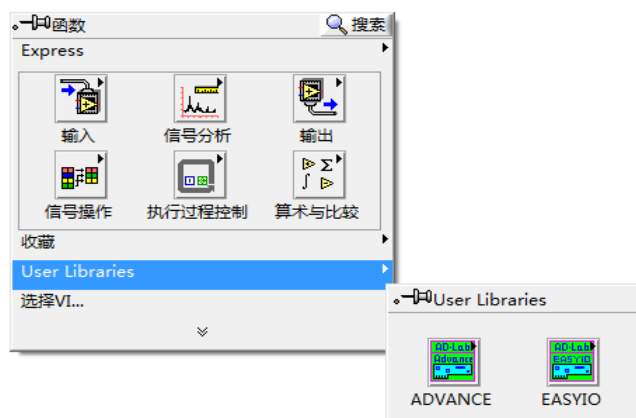


图 3-3: Labview 用户函数库

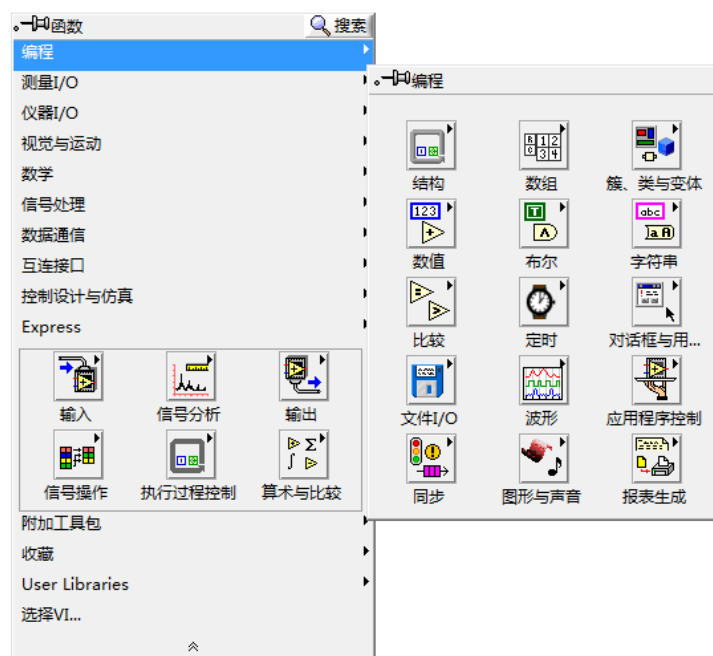


图 3-4: Labview 函数选板

由于函数选板过于复杂，在此只作简单的介绍，更多功能还需参考相关书籍。

### 3.2 测试系统软件方案设计

由于 Labview 采用模块化编成，所以测试系统中各部分功能都是通过功能子 VI 程序实现。该测试系统中主要包括：驱动模块、数据采集模块、数据处理模块、数据存储模块以及信号输出模块。其软件框图如图 3-5 所示。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/255321033114011200>