

基于 LabVIEW 和 PXI-7358 多轴运动控制卡的

地震模拟振动台控制系统设计

Control System Design for Earthquake Simulator Based on LabVIEW Software and PXI-7358 Multi-axis Motion Controller

作者：宫金良 赵现朝 高峰

单位：上海交通大学 振动、冲击、噪声国家重点实验室

应用领域：

控制设计

使用的产品：

PXI-1042 机箱

PXI-8186 控制器

PXI-7358 运动控制卡

UMI-7774 通用运动控制接口

PXI-6511 工业数字 I/O 卡

LabVIEW 7.1

LabVIEW RT(实时模块)

Control Design and Simulation Bundle

挑战：

短期内实现 8 台伺服电机的变参数同步控制，为并联机构的多电机控制应用提供解决方案，突破重载系统中的冗余输入技术难题，并实现快速响应。

应用方案：

方案全部采用 NI 产品，以 PXI-1042 内嵌 PXI-8186 控制器为核心，硬件设计采用 PXI-7358 多轴运动控制卡和 UMI-7774 接口板驱动 8 个电机，采用 LabVIEW 7.1 软件的电子齿轮功能轻松实现其中两个电机的完全同步，并利用 PID 软件包的强大功能实现快速开发。

介绍：

地震模拟振动台是集激振、分析、测试为一体的技术，我们将其与并联机器人技术、冗余驱动技术相结合，研究开发了具有独立知识产权的 DZ10 型地震模拟振动台。基于 PXI-7358 运动控

制卡和 LabVIEW 软件中的电子齿轮功能，成功的解决了项目中的冗余驱动问题，极大的降低了控制系统设计的难度。功能强大的控制系统设计软件包提高了设计的灵活性，有效的缩短了程序开发周期。

序言：

地震模拟振动台是地震工程研究的重要手段，是集激振系统、测试系统和分析系统于一体的现代振动试验系统。由于地震模拟振动台不仅负载量大，而且能模拟天然地震波和人工地震波，因此在原子能反应堆、海洋结构工程、水工结构、堤岸结构和桥梁结构等方面发挥着重要的作用。

传统的地震模拟振动台大都采用液压驱动。液压驱动属于力封闭控制，在多电机驱动时能够通过液压缸中液体的自身弹性达到同步控制的目的。为了消除液压系统带来的污染，减小制造成本，我们提出采用冗余输入电机驱动的地震模拟振动台，并设计了具有自主知识产权的冗余驱动模块，该模块能将两个输入通过机械方式转换为单输出。地震模拟振动台的机构本体为一并联机构，由 8 个伺服电机驱动以实现重载，因此在控制系统设计上需要保证 8 个伺服电机的同步和响应的快速性。

本系统以 PXI-1042 内嵌 PXI-8186 控制器为核心，PXI-7358 多轴运动控制卡驱动 8 个电机，采用 LabVIEW7.1 软件中的电子齿轮功能实现其中两个电机

的完全同步。本系统从软件到硬件均采用 NI 的产品，具有很好的集成性和兼容性，并能够以最短的周期完成。

地震模拟振动台机械系统：

我们开发的 DZ10 型地震模拟振动台系统综合了并联机器人技术、冗余输入技术等，采用了已申请国家发明专利的双驱动模块作为振动台的输入。整个台面为 1×1 米，由六条运动链和八个伺服电机驱动，其中采用双驱动模块的两套电机必须保持控制上的同步。图 1 和图 2 分别是双驱动模块和 DZ10 型地震模拟振动台样机。



图1 双驱动模块

控制系统设计：

控制系统设计要综合考虑机械本体、目标要求、开发周期等各种因素：

1) 系统为八轴运动控制，首先确定运动控制卡为八轴控制卡，如 PMAC、ADLINK、NI、固高等产品均可选。



图2 DZ10 型地震模拟振动台样机

2) 系统中的双驱动模块要求两个输入电机同步控制, 为了简化设计, 采用 LabVIEW 软件中的电子齿轮功能是个不错的选择。

3) 与 VC、VB 相比, LabVIEW 软件及控制软件包提供了强大的 PID 算法, 数据分析, 处理功能。

4) 要能有效的缩短开发周期。显然, LabVIEW 图形化的编程语言对编程者要求很低, 能使开发者集中于专业知识的应用。

最终确定本系统总体结构是基于开放式实时测试平台 PXI-1042, 以嵌入

式 PXI-8186 作为主控制器, 内插 NI 公司的 PXI-7358 运动控制卡实现 8 个伺服电机的运动控制, 所有 8 个伺服轴为联动方式。NI 的 7358 运动控制卡和 PXI-8186 的通讯由 PXI 插槽实现, 因而具有很快的传输速度。

PXI-7358 运动控制卡主要完成运动控制, 而地震模拟振动台的输入输出信号等开关量, 如操作按钮及状态指示等, 则通过 PXI-6511 数字输入卡实现, 最多具有 64 点的开关量 I/O。同时, 由于 PXI-7358 运动控制卡本身具有回零、正负限位控制等功能, 因此各轴原点及

限位开关通过 UMI-7774 接口板卡直接连接到 PXI-7358 运动控制卡上。

PXI-7358 运动控制卡对各伺服轴的控制是以速度指令输出的形式给出的, 即伺服驱动器工作在速度随动状态, 位置闭环则由 PXI-7358 运动控制卡完成, 因此, 位置检测码盘信号除接至伺服驱动器外, 还需要接到 PXI-7358 运动控制卡上。系统硬件的结构如图 3 所示。

在实际施工时, 由于交流伺服系统工作时 (主要是逆变时) PWM 脉宽调制载波的干扰作用非常强, 因此除了在电气系统上采取了相应的抗干扰措施, 如采用三相电源噪声滤波、三相电抗器外, 还从控制柜整体结构上采取了相应的应对措施, 把包括上位机 PXI 设备、PXI-7358 运动控制卡、UMI-7774 端子板、PXI-6511 数字输入卡等在内的核心控制器布置在弱电数控柜中。同时, 把伺服放大器、接触器、空气开关、滤波器、电抗器等集中在强电柜中, 体积较大的变压器则单独封装。

软件设计:

软件设计中需要解决的首要问题就是地震波形的生成。采用 LabVIEW 的波形生成器, 能够方便的生成各种频率成分、各种类型的波形。然后将这些波形文件作为地震模拟振动台的振动数据, 利用并联机构的反解方程转换成八个电机的输入数据。

首先要确定丝杠安装的初始位置 $A(i)$ 和第 i 支链与滑鞍相连的球铰中心点 $B(i)$, 通过反解即可确定第 i 支链与动平台相连的球铰中心点 $C(i)$ 和 $B(i)$ 点在固定坐标系下 x 的坐标 $dx(i)$ 。

电机码盘每转 1 圈是 2000 个脉冲, 四分频后即 8000 个脉冲。丝杠为四头, 螺距为 12.5mm, 可以求得丝杠导程是 50mm, 所以 1 毫米对应 160 个脉冲。MATLAB 脚本文件中插入上述分析结果, 利用 LabVIEW 强大的矩阵处理功能, 使得方程的求解更直观,

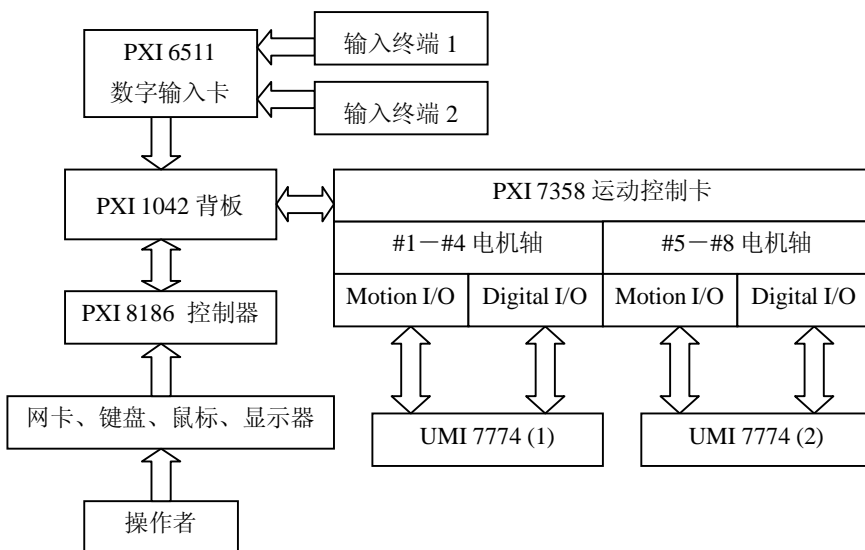


图3 地震模拟振动台控制系统框图

而且程序的后期维护更加方便。图 4 是

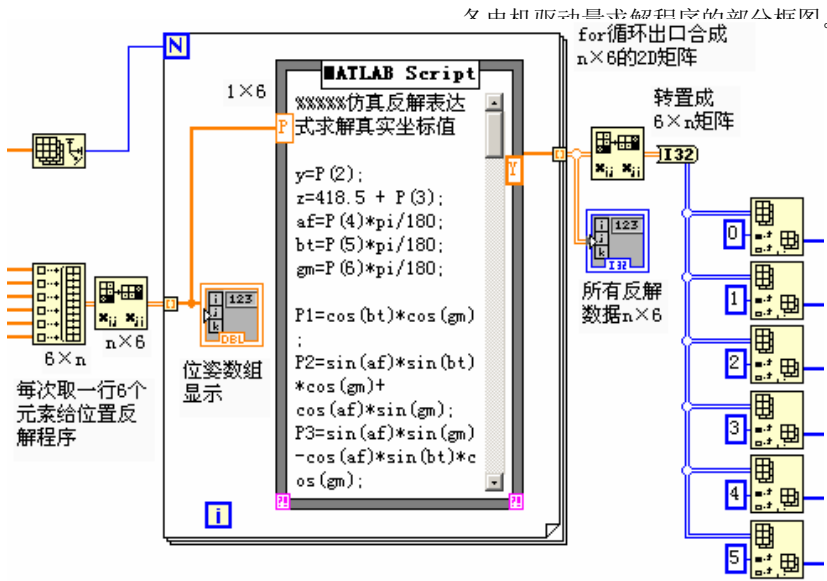


图 4 地震模拟振动台电机驱动量求解程序框图

有了输入数据，还要解决八个输入电机的空间向量分配问题。由于软件提供的向量空间是 3 轴的，而并联机构各个驱动电机的速度值、加速度值在每一时刻、每一位姿时都是不同的，因此多电机的变参数控制成为并联机构控制系统设计的一个关键问题。我们采用循环赋值的方法很好的解决了这一技术难题。

图 5 为该 DZ10 型地震模拟振动台控制系统的面板设计，其中包括八个电机轴的分配、设置速度、加速度参数、运动速度幅值和各电机驱动量显示等。

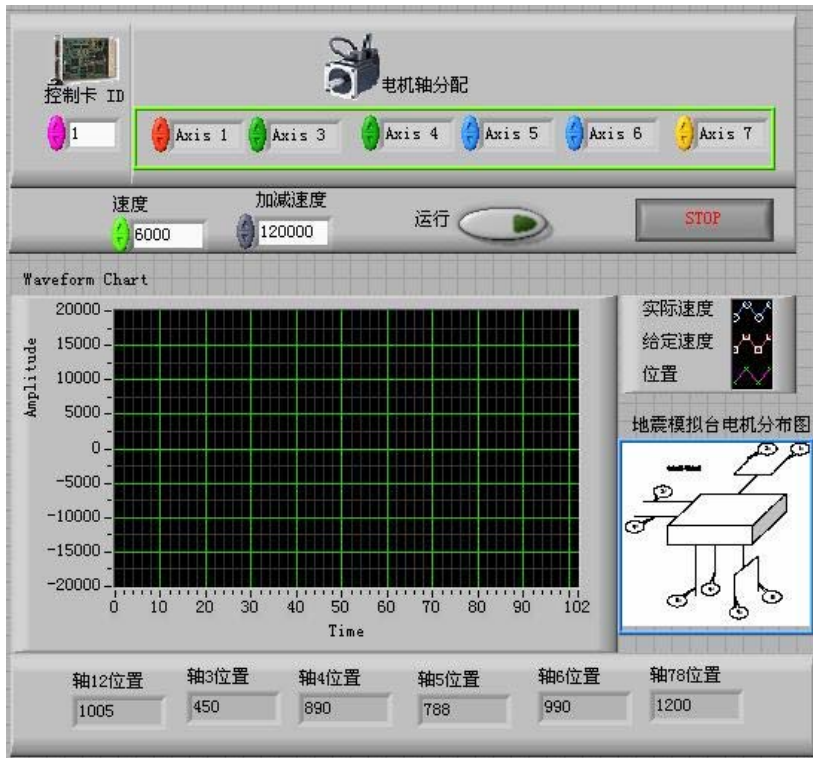


图 5 地震模拟振动台控制面板设计

结论:

基于美国 NI 公司的 LabVIEW 软件、PXI 设备、多轴运动控制卡等先进的虚拟仪器技术，我们用极短的时间成功开发了 DZ10 型地震模拟振动台控制系统的设计，为国家杰出青年基金项目（50125516）的顺利完成奠定了基础。

LabVIEW 易学易用的特点使得开发人员大大减少了开发时间，更多的专注于专业知识的应用，极大的提高了工作效率。LabVIEW 强大的 PID 控制系统设计软件包则更为工业控制领域的研发人员提供了一条捷径。同时，如果系统从硬件到软件均采用 NI 的产品，能够实现很好的集成性和兼容性，为产品的质量提供保障。