

基于 NI 实时控制器的六自由度平台测控系统研究

池震宇 乔晓晖 宋登瑞

(河北环航科技股份有限公司 河北 张家口 075000)

摘要:六自由度平台作为一种全新的模拟器,用于航天空间运动姿态方面的模拟和规划,在六自由度平台的行程范围内,可以凭借其强大的功能去重新演绎各种空间运动,有着六种自由运动的维度,通过对六个液压缸的精确控制和解耦算法,可以实现不同自由度的位子控制。本文着重分析依托 NI 虚拟器基础上的六自由度平台测控系统,了解该系统运行的可靠性和安全性。以通用计算机作为核心,在硬件平台基础上,由用户设计定义,具有仿真面板,有测试软件实现测试功能的一种全新计算机仪器系统,也有着强大的功能优势。

关键词:NI 实时控制器;六自由度;系统设计

0 引言

六自由度并联运动平台有着结构稳定、效率高且承载能力大等多方面的特点,兴起以来逐渐广泛地应用到如汽车、飞机等一些运动模拟实验设备,也取得了十分理想的结果。在六自由度运动平台测控系统中,需要积极满足其高时效性和精确度,更要具备极强的图形图像交互功能。而基于 NItime 的六自由度运动进程平台测控系统可满足六自由度运动平台实时测控的高要求。

1 基于 NI 实时控制器的六自由度平台概述及系统结构

1.1 概述

六自由度运动平台可以实现对于原有轨迹的在线跟踪和监测,作为一种可以为航空飞行提供飞行模拟或是运动人模拟的机构,在应用到航空航天领域的同时,也能够运用在人们的日常生活中,作为一种娱乐体感游戏的形式出现,有着强大的功能,而本文依托 NItime 虚拟器分析六自由度运动平台的控制策略,能够缓解以往可靠性、时效性不高等控制问题。以通用计算机作为核心的应用平台上,可以由用户自定义,且有着以下几点优势,首先使用了基于 NItime 虚拟仪器后,能够灵活配置各类关卡,增加了硬件的灵活性与多样性。其次,选择了 Lab view 开发软件,能够简化传统的软件研发方式,Lab view 作为一种新型的图形化编程工具,也是所见即所得的可视化工具,建立了人机界面后能够提供大量的控制对象内容,有利于图形化编程语言的落实。最后,使用混合编程不仅能够解决开发周期短和运算过程复杂之间的矛盾,应用 Lab view 还可以通过仿真接口工具实现对 matlab 搭建的复杂控制模型的直接调用,从而完成相对复杂的系统设计计算分析仿真等一系列的工序。

1.2 系统结构

本文所研究的这种六自由度运动平台测控系统可以在同一个计算机上来运行 Windows 系统和 NItime,其中前者进程是一种非实时性的进程,要负责六个液压缸位移的数据,还要采用正确的算法了解平台的运行情况,同时,以三维动画数值和曲线等一系列的形式展示在被监控的界面上,但是在这个过程中仍然要注意的是,后者进程与前者相比是一种具有动态性的实时性进程,可以第一时间观测到采集液

压缸上传感器的信号。格外注意的是需要在规定时间内完成数据采集、处理和解算等一系列工序并且严格控制其输出信号,减少对控制效果的影响。一方面实现对操作系统的实时性控制,另一方面还能完成非实时性任务,以共享内存的方式实现数据交互,更能够体现出高效拓展功能。

2 基于 NI 实时控制器的六自由度平台测控系统设计

2.1 硬件设计

本文基于 NItime 实时控制器的六自由度平台测控系统所应用到的硬件为 IACP-4000 工业级控制计算机,由于平台需要对 6 个液压缸进行控制,也说明系统需要 6 路 A/D 转换输入, D/A 输出信号,系统中还要采用一块岩华 PLC-818HG 多功能板卡,可以实现 16 通道单端的 A/D 转换。

2.2 软件设计

首先是需求分析,基于 NI 实时控制器的六自由度平台测控系统需要明确平台的需求,第一点是实时性高,能够保证平台测控系统对于液压动作器的闭环控制周期为 1-2MS,而使用传统的 Windows 系统无法满足实时性的需求。第二点是可靠性高,由于该系统相对大型,若测控系统出现故障或失控时,总会对平台机构造成无法恢复的损伤。第三点是计算量复杂,需要计算位子更换的证据和反解模块,且测量和控制信号较多,确保测控系统可以实现对六路液压的动作基本控制。

其次,本文基于 NItime 实时控制器的六自由度平台测控系统软件也将选择 lab view 作为主要的开发工具,软件设计中分别采用上位机和下位机双层结构,可以将所涉及到的用户交互功能均放置在上位机上,在控制算法和实时控制功能的下位机,实现在线监测运动情况,也能够有效解决用户界面和实时运算两者之间出现的冲突矛盾。在用户层设计中,考虑到六自由度平台的测控系统中所应用到的软件也是所在公司的主要开发工具,需要完成相应的友好型用户界面设计。

最后是核心层的设计。由于六自由度平台闭环控制需要较高时效性和可靠性,因此核心层设计至关重要,大多数的板卡都配备实时操作系统下的驱动,还能够设计专家 PID 控制模型。

3 基于 NI 实时控制器的六自由度平台测控系统运行测试

基于 NI 实时控制器的六自由度平台测控系统，在完成硬件和软件设计后需要接受检测，经过一系列的调试和检测后能够确保投入到正常的使用。为了更好地进行平台系统测试，本文参照了国外一些成功的经验，借鉴了多家机构的相关参数要求，以及目前用于体感游戏娱乐中的相关参数，对性能加以综合来确定该六自由度平台测控中的各种参数指标。其中还包括如行程速度等一系列的内容在经过正弦和暂态的运动测试以后能够发现各个自由度的工作范围以及平等的输出精度，都能够达到预期的效果，也说明了六自由度平台的测控系统工作状态十分稳定，能够有效地满足测控的精度效度和稳定性等一系列的要求。本文在硬件上选择了 NItime 实时控制器，将其作为整个控制系统的核心，在此基础上搭建一些硬件接口电路，能够完成对六自由度平台系统的实时控制与监测，在这一系统体系下，接口方便灵活，且硬件驱动简单，系统安全可靠，再加上软件开发周期短等一些优势，也说明了本文基于 NItime 实时控制器的六自由度平台测控系统是一个相对高端的数字控制器。经过测试后，再完成多个自由度平台研

制中的关键技术和软件工作，也能够为后续 NItime 实时控制器的六自由度平台测控系统设计和完善积累更多的工程研制经验。

4 结语

总而言之，本文基于 NItime 开发了六自由度的平台测控系统，能够实现在同一台计算机上完成实时与非实时性的任务，以共享内存的方式实现数据交互。该方案的有序执行消除了上下位机通信过程中可能造成的延时，更有效节约大量成本。而经过运行测试后也发现该系统有着较高的精度，可以有效满足实时性控制的需求，再加上图形交互能力极强，其通用型平台中更是可以对该系统进行更深层次的延伸和扩展，其应用价值十分可观。

参考文献：

[1] 郑群. 船舶模拟控制器中的六自由度仿真系统设计 [J]. 舰船科学技术, 2019, 41(04):34-36.
[2] 王耀东, 徐建明, 徐胜华. 基于 CoDeSys 平台的六自由度工业机器人运动控制器设计 [J]. 计算机测量与控制, 2018(11)22-23.
作者简介: 池震宇 (1985.06-), 男, 汉族, 河北张家口人, 本科, 研究方向: 机电控制。

(上接第 4 页)

表 3 螺栓受力校核

	拉伸应力评定	剪切应力评定	复合应力评定
○ 级准则	$\frac{F_t}{N_{Rd}} \leq 1$	$\frac{F_v}{V_{Rd}} \leq 1$	$\frac{F_t^2}{N_{Rd}^2} + \frac{F_v^2}{V_{Rd}^2} \leq 1$
计算结果	0.248	0.184	0.0957
评定	通过	通过	通过

为拉应力设计值 $N_{Rd}=24\text{kN}$ ，剪应力设计值 $V_{Rd}=48.1\text{kN}$ ，在螺栓应力评定时，螺栓面积不变，采用 F_t 代替 f_t ， F_v 代替 f_v ， N_{Rd} 代替 f_{tb} ， V_{Rd} 代替 f_{vb} 。

由上表知：按照 ○ 级准则进行评定，螺栓所受拉伸应力、剪切应力及复合应力评定均通过。在自重载荷和地震载荷作用下，螺栓能够保持完整性，满足抗震要求。

5 结语

本文针对核电厂内多管道连接及阀门处、辐射水平较高的辐射热点，设计的框架固定式屏蔽装置，采用蒙特卡罗方法对屏蔽厚度进行精细化设置，采用铅橡胶板及铅锡合金板层合的复合屏蔽材料，屏蔽效果显著，结构减重明显，可

有效减少工作人员的受照剂量。随着核电技术的不断发展，辐射防护工作也面临更多挑战，本文中阐述的屏蔽装置仍属于传统屏蔽，在后续设计工作中，需更注重新型屏蔽材料的研发，并将根据现场环境及需求增加一些机械化、自动化的辐射屏蔽装置。

参考文献：

[1] 王川. 浅谈核电站辐射防护的主要任务 [J]. 辐射防护, 2008, 28 (2):125-128.
[2] 韩毅, 于跃伟, 陈法国, 等. 核电站辐射热点临时屏蔽装置研制现状 [J]. 核电子学与探测技术, 2016, 36 (12):1263-1267, 1277..
[3] 国家核安全局. HAFJ0053-1995 核电设备抗震鉴定试验指南 [S]. 北京：中国标准出版社, 1995.
[4] AFCEN. Design and Construction Rules for Mechanical Components of PWR Nuclear Island: RCC-M 2007[S]. 2007.
[5] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. GB 13625-2018 核电厂安全系统电气设备抗震鉴定 [S]. 北京：中国标准出版社, 2018.