

哈工大为“天神”牵手贡献多项技术支持

发布时间：2011-11-3 14:00:06 阅读数：

哈工大报讯(闫明星 吉星)11月3日,我国首个空间实验室天宫一号与神舟八号飞船在深邃的太空中成功完成“天神”牵手,实现了载人航天工程首次空间交会对接任务。为了这次太空牵手的成功,“天神”在地面上预先做了成百上千次演习。以服务国家航天科技事业为己任的哈尔滨工业大学,参与了与此次交会对接相关的多个科技项目研发,攻克了多项技术难题,为“牵手”成功提供了重要的技术支持。

空间对接机构热真空试验台：提前预演“空间对接”

太空环境非常恶劣,出现许多在地面不会出现或者很容易解决的问题。比如,在地面环境中轻易不会粘合在一起的金属块,在高真空的太空中会像粘合剂粘在一起甚至焊在一起那样无法分开,这就是“冷焊现象”。平时机器的轴承正常运转就要加注一些润滑剂,但是在高真空环境中液体很容易蒸发,再加上高温差,一般的润滑剂根本就不好用。

对接机构能否适应太空极限环境,是空间对接成功与否的关键。哈工大机器人研究所和上海805所合作研制了空间对接机构热真空试验台,真实模拟了对接机构在高低温、真空等各种太空极限环境下的对接过程。

空间对接机构热真空试验台,利用等效质量模拟原理实现了热真空环境下飞船对接的全过程模拟,是我国第一次在真空罐内实现大型对接模拟试验,也是国内首次实现了大型地面动态测试设备在真空条件下的试验测试。

空间对接机构热真空试验台是对接机构上天之前最后一道测试程序,非常关键。空间对接机构热真空试验台,作为空间对接机构地面测试最重要的试验设备,需要攻克的技术难题更多,包括真空放电、冷焊现象、真空润滑等一系列问题。目前,俄罗斯试验台主要采用半自动半人工操作,哈工大机器人研究所项目组研制的空间对接机构热真空试验台实现了全六自由度模拟、全电动控制,在专用操作室采用3维虚拟环境下的遥操作技术,据悉,我国是世界上第三个拥有此项技术的国家。

该项目从2007年开始研制到2010年结束。在设计层面,项目组进行了大量试验和探索,解决了大温差卡死、真空润滑等问题。研制的道路并不是一帆风顺的。在真空润滑上,项目组就走了许多弯路。一开始,项目组采用了常规润滑手段,发现常规润滑不能满足需要时项目组转而采用固体润滑,但发现并非所有部件都可以采用固体润滑,于是引入了真空高低温油脂。最后,项目组依据环境条件将油脂和固体润滑结合使用,有效解决了真空润滑问题。

目前,空间对接机构热真空试验台已经进行了4次大型综合测试,每次测试至少要持续1个月,通过完整模拟对接机构对接过程、获得测试机构在不同温度环境下的状态,很好地解决了大型、复杂装配的可靠性等问题,证明了对接机构热真空试验台已经完全满足了对接机构在多种条件下的地面测试等任务需求。

九自由度运动模拟系统：为“牵手”精准定位

“牵手”的正式说法应该是飞船与目标飞行器的交会对接。“交会是指两个或两个以上的飞行器在空间轨道上按预定的位置和时间靠近相会。对接则是指两个飞行器在空间轨道上实现机械结构上的连结。”哈工大控制与仿真中心姚郁教授介绍说。“天神”牵手要在高速飞行的条件下完成,位置稍有偏差都可能“擦肩而过”,甚至“迎面相撞”。因此,交会过程中必须实现精准定位,调整好双方的姿态才能顺利完成任务。这就需要在实施对接之前,导航、制导与控制系统应使飞行器的相对位置、相对姿态及相对速度都达到符合要求的技术状态。

哈工大负责研制的九自由度运动模拟系统就是用于模拟交会过程中神舟八号和天宫一号空间运动的地面仿真设备。这套设备主要包括目标三轴台、追踪三轴台、三维平动系统3部分。其中目标三轴台用于模拟目标飞行器即本次实验中的天宫一号的姿态变化,追踪三轴台用于模拟追踪飞行器即本次实验中的神州八号姿态的变化,三维平动系统则用于模拟两个飞行器之间相对位置变化。3个部分都要实现三个维度的控制,即所谓就自由度运动模拟系统,3个部分联动实现“牵手”位置的精准定

新闻搜索

 搜索

今日新闻

投票

十大新闻

位。

在这个模拟系统的研制过程中，哈工大科研人员突破了机械结构设计、驱动与控制、测量与标定、高速实时通讯等多项关键技术，其综合指向精度指标达到国际领先水平。该系统于2008年正式投入使用，并开展了一系列相关试验，比2010年波音公司采用同类仿真设备的时间整整提前了两年。

空间对接机构恢复性能测试台：对接机构性能的“监视器”

2007年-2009年，哈工大机器人研究所和上海805所再度合作，成功研制了空间对接机构恢复性能测试台。

该测试台按照运动控制模式和载荷控制模式测定对接机构组件的运动学和力学特性参数，实现被测机械组件在常温和高低温条件下的恢复性能测试。

空间对接机构恢复性能测试台通过相对简单的方法进行加工、位移等测试，识别对接机构的运动和力学性能，发现其性能是否有变化以及是否达到综合要求。因此，从对接机构出厂到北京合练，再到酒泉基地发射，都需要空间对接机构恢复性能测试台进行测试。如何保障测试台的一致性空间对接机构恢复性能测试台的关键。项目组在方案设计阶段就提出模块化设计思路：采用模块化设计的测试台软件简单易用、操作灵便，使各地技术人员都能够迅速掌握操作技能；人机界面上采用基于操作向导的人性化设计，每一步都有明确指示，降低了操作复杂性，保障了对接机构的安全性。目前，项目组已经陆续交付3台恢复性能测试工装，为对接机构各个阶段的恢复性能提供了测试保障手段。

整机特性测试台：对接机构精度的“标尺”

哈工大机器人研究所参与神舟八号项目自单元部机的测试起步，从2000年开始，研究所针对对接的单元部件进行研发，包括捕获锁测试台、丝杠测试台等，均圆满完成了任务。在此基础上，机器人研究所于2001年着手研制整机特性测试台。整机特性测试台主要测试对接机构装配静态力学性能，整个测试台高5米多，具有六个自由度，可实现常规条件下的对接机构整体力学和精度测试。整机特性测试台是我国研制的第一台对接机构整机测试大型专用设备。其中的关键技术难题就是攻克空间力随动问题，空间力随动用于解决大行程精度测试，是对接机构精度是否合格的重要标尺。整机特性测试台于2003年底交付使用，至今已经成功进行了上千次测试工作，获得了总装及八院领导的多次好评。

对接机构总装、总调关键测量装置：对接机构量产的“催化剂”

神舟八号顺利发射并和天宫一号成功对接，并不是该项工程的结束，而是又一个开始。哈工大机器人研究所和上海航天八院合作的目光开始在对接机构总装、总调环节上下功夫。目前，对接机构的安装调试还是以人工状态为主，装配和调试效率较低，通常调试一台对接机构需要几个月时间。为此，哈工大机器人研究所项目组于2010年开始研制对接机构总装、总调关键测量装置。

该项目针对总装、总调中的重大工艺问题，实现装调过程中对接机构姿态的随动跟踪和实时测量，突破对接环姿态一致性和锁系同步性的要求，大幅度提升对接机构总装总调效率、装调和质量稳定性。通过该项目开发，可以实现对接机构在装调过程进行自动采集、测量分析、结果描述，并根据结果进行及时快速调整。这样不仅减少人工状态，实现自动化操作，而且减少人为因素和经验依赖性，保证了对接机构的一致性，可以使对接机构真正量产。据悉，该项目已基本完成，并将于2011年年底进行验收。

据哈工大机器人研究所朱延河副教授介绍，经过多年的努力，项目组已初具规模，团队中包含了10余名青年骨干教师。在赵杰教授带领下，项目组团结协作、刻苦攻关，解决了在技术、管理和工艺等方面遇到的一系列难题与瓶颈。科研工作既是快乐的，也是辛苦的。在整机台研制初期，正式场地还没有建成。在简陋的临时场地，项目组成员为了加快项目进度，加班加点，一干就是几个月，有时候没有时间回宾馆，就在简易床上打个盹。在空间对接机构热真空试验台调试中，需要在高低温环境下进行了多次试验。外边烈日炎炎，而室内却是零下五六十度的低温，有一次工装的防护罩衣开了线，由于空间狭小无法佩戴手套作业，项目组成员只能徒手进行缝纫，结果双手被冻伤了。在真空罐铺设电缆时，赵杰教授率领项目组不顾零下五六十度的高温，抱着木桶粗细的电缆，挥汗如雨地进行作业。而哈工大机器人研究所项目团队刻苦攻关、不怕辛苦的精神，也在航天八院上下留下了良好的口碑。

对接机构综合试验台运动模拟器：为空间对接奠定基础

掌握空间交会对接技术及建立空间实验室是中国航天“三步走”战略的第二步第二阶段的主要目的，而对接机构的研制是实现航天器空间对接的关键。而作为能够模拟常温与高低温环境中的空间飞行器对接过程的对接机构综合试验台是研制空间对接机构及其复杂动态对接过程的重大关键试验装备，也是最重要的地面模拟设备之一。由哈工大电液伺服仿真及试验系统研究所研制的对接机构综合试验台运动模拟器则是对接机构综合试验台最重要的核心设备，它的主要作用是模拟常温与高低温环境中的空间飞行器在对接过程中的相对运动，用于航天器空间对接机构的研制、测试和鉴定试验。

谈起对接，大家总把它比作“太空之吻”。其实，大家想得太简单了。比如双方仅仅是碰一下，那根本不算对接成功。所谓的对接，分为初步接触、捕获、校直缓冲、拉紧锁定等几个步骤。据电液伺服仿真及试验系统研究所副所长丛大成介绍，对接机构综合试验台运动模拟器是对接机构综合试验台重要的运动机构和关键组成部分，采用半物理仿真的方法，成功兼顾灵活的数学仿真特性及物理模拟的逼真性，实时模拟两个飞行器在设定对接初始条件下的对接动力学过程。其中，参与试验的对接机构为真实产品，采用数学模型描述两飞行器的质量、惯量特性和飞行器姿控系统作用，采用超长行程六自由度运动模拟器再现两飞行器对接过程的相对运动，完成空间两飞行器对接过程中飞行器相对运动的模拟，实现被试对接机构的接触、碰撞、锁紧、拉近等过程。

空间对接过程的地面模拟对于对接机构综合试验台运动模拟器的各项性能指标均提出了极高要求。对接机构综合试验台要求对接机构综合试验台运动模拟器具有超大空间六自由度运动能力、超长工作行程、高系统频宽、高定位和轨迹复现精度、模态各向同性好、低速稳定性好、高实时性、耦合小和安全可靠等特点。

虽然技术指标要求高，但哈工大项目组是有所准备的。在电液伺服仿真及试验系统研究所所长韩俊伟教授带领下，项目组2004年开始着手这个项目，并进行了一系列的前期技术攻关、预研和理论准备，这为2006年开始的项目设计评审打下了良好基础。虽然打的是“有准备战”，但面对的困难却一点也不少，为此项目组成员集思广益、刻苦攻关，先后进行了几百次地面试验。他们对机械和控制等各个方面进行逐一分解，走过了仿真实验、加工测量、部件测试等一道道工序。为了保障进度，项目组每个月都要汇报进展情况。2008年5月开始的一年间，黄其涛老师等项目组成员更是长驻805所。

通过不断努力，项目组解决了对接六自由度运动模拟器超大工作空间、高精度、高响应和低速稳定等挑战性技术难题。该项目建立了空间六自由度运动模拟器的刚柔混合复杂结构精确解析模态模型，并基于复杂结构模态的总体设计方法设计出具有超大工作空间、高响应的运动模拟器；利用误差分析与分配、变形控制、液压缸位移精确标定等技术，保证了运动模拟器的高精度要求；基于模态控制技术，补偿了超长行程液压缸一阶模态对系统频宽的影响，使运动模拟器达到高精度和高响应等技术要求；采用低摩擦液压缸制造技术和系统摩擦力精确补偿技术，解决了系统低速稳定性问题；同时，应用有效层空间保护控制技术等实现了运动模拟器系统安全可靠运行。

对接机构综合试验台2008年底进行了对接机构样机的对接性能测试试验、对接机构能力件的测试试验，至今已完成对接机构模拟样机产品的测试试验、对接机构初样产品二套的测试试验、对接机构正样产品一套的性能试验、鉴定试验和交付验收试验。试验的结果表明，对接机构综合试验台运动模拟器系统运行稳定可靠，位姿精确度高，重复性好，各项功能及性能指标完全达到研制任务书的要求。

该项目的成功研制，为载人航天复杂的空间动态对接过程地面模拟试验提供了最重要技术保障，为对接机构的研制、验收和鉴定试验奠定了基础。此外，六自由度运动模拟器挑战性技术难题的顺利解决，使我国完全独立自主地掌握世界顶尖六自由度运动模拟器的高度集成制造技术，处于世界领先水平。

编辑：刘培香 来源：哈工大报

相关新闻

[哈尔滨工业大学为天宫神八对接提供技术支持](#) 11-3

[“海洋二号”、“天宫一号”引发航天科普热 热点事件成为科普触媒](#) 10-10

[酒泉基地有个梅州仔“锅炉工”](#) 10-8

[哈工大四项技术护航天宫一号](#) 10-8

[酒泉基地有个梅州仔“锅炉工”](#) 10-8

成功助推天宫一号升空 哈尔滨工业大学名头大响 10-8

成功助推天宫一号发射升空 哈尔滨工业大学名头大响 10-8

哈工大七百余名师生为“天宫一号”发射成功喝彩 10-8

天宫一号各项试验进展顺利 10-8

哈尔滨工业大学多项技术助力天宫一号 10-8