

1月11日,被誉为“中国天眼”的500米口径球面射电望远镜(FAST)顺利通过国家验收,投入正式运行。

“中国天眼”位于贵州省黔南布依族苗族自治州平塘县的喀斯特洼坑中,是世界最大单口径射电望远镜,其建设单位为中国科学院国家天文台。

对于参观“中国天眼”的人们来说,最深的印象莫过于它那巨大的反射面,俗称“大锅”。这口“大锅”呈球形,口径达500米、锅沿距离锅底高差150米、倾角近60°,其表面是厚度仅1毫米且开孔50%的铝合金面板。未来,如何对望远镜的这口“大锅”进行日常的巡检维修以及清理,且不能损坏承重有限的反射面板?

随着“中国天眼”的正式运行,由中国科学院国家天文台和航空工业特飞所合作研制的“微重力蜘蛛人”设备也将投入使用,解决“大锅”的日常维护问题。其主要采用了蜘蛛人体重(浮力)配重平衡技术,利用氦气球浮力抵消蜘蛛人自身的大部分体重,保证蜘蛛人可在“大锅”表面行走和进行相关检查维护作业,且不会对“大锅”造成损坏以及影响到FAST的正常观测。



口径达500米、高差150米,“中国天眼”日常检修维护有啥“黑科技”

刷“锅”修“锅”全靠“蜘蛛人”

要求之高

不能伤了这口“锅” 还不能影响观测

“微重力蜘蛛人”设备最主要部分是一个直径超7米的氦气球。圆球内部,设有隔层,分别注入了氦气和空气。

“氦气主要提供升力,而空气的存在是为了调节整个气囊内部的压力。因为在实际情况中,随着温度或者高度的变化,气囊内压力也会有所变化。比如温度如果升高导致气囊压力超过安全阈值,那就要释放一定的空气进行降压。”航空工业特飞所工程技术中心技术部部长纪章辉表示,一般情况下,气囊的压力都会控制在安全范围内。

研发团队之所以选用了氦气这种轻质气体来产生设备所必需的净浮力,是因为“氦气不像氢气,易燃易爆。其密度小,属于惰性气体,常温常压下不会产生化学反应。”纪章辉解释,作业时,配合着相应的安全措施,氦气球将“吊”起作业人员让其能够在望远镜反射面上“飞檐走壁”。整个设备能够满足一名成人在“大锅”上进行正常作业的需求,其运作的基本原理就是靠浮力减轻自重,从而达到刚好适用于作业面上“行走”的平衡。

他表示,在正式作业前,还会称量工作人员的体重和气球的净浮力,然后调整配重重量,以达到“大锅”内行走和作业的平衡要求,设备所配置的水箱也属于配重的一部分。“如果作业时,出现极端情况,导致气球浮力下降,‘蜘蛛人’可拉动水箱上的阀门放水,恢复之前设备的平衡状态,为蜘蛛人迅速转移至安全地方争取时间。”

另外,“微重力蜘蛛人”可以不使用电子设备,维护检修作业时无线电干扰,不会影响到FAST的正常观测,而且也可以实现多个“微重力蜘蛛人”对“大锅”不同部位的同时作业,从而提高作业效率。纪章辉表示,项目组之前也尝试过长臂索吊或无人机,但因不易定位和观察遂放弃。

研制之精

花半年时间试验 计算出设备配重公式

让“微重力蜘蛛人”能在“大锅”上“飞檐走壁”进行作业的背后,是长达半年的设计、试验以及计算。

纪章辉介绍,团队从2018年11月份就到达贵州考察“天眼”现场,并开始进行前期可行性论证。“从2019年2月到8月,我们就作了详细的设计、计算以及摸底试验,并开始生产制造。”去年10月,该设备正式被国家天文台验收。

在论证研制阶段,纪章辉及其团队进行了有限元分析,收集了“天眼”所在地一年的风速数据,计算并模拟试验在六种工况下,设备的运作情况,同时还要分析评估“大锅”的反射面板和在“大锅”内矗立的多个测量基墩的承载能力。“因为我们在将氦气球下到‘锅’里,于‘锅’内牵引移动和完成任务回收时,都要利用‘大锅’边缘的转移平台和测量基墩架设索道,所以必须保证绳索的张力不会对这些辅助设施造成破坏。”

更重要的是,团队通过精密计算找到蜘蛛人自重及配重和氦气球浮力之间的平衡值,研究出适用于不同人(体重)和环境(温度、海拔高度)通

用公式。“这样我们在实际操作时,就可以直接套用,在确定蜘蛛人后作一些配重的加减就行。”

当“微重力蜘蛛人”进入“大锅”开始作业时,通过基墩架设索道,整个设备将受到不同方向三条绳索的牵引,使蜘蛛人的活动集中在一个三角形范围内。“这样做更具稳定性且更好准确定位。”纪章辉解释。

蜘蛛人除了穿戴好防护设施外,手臂、膝盖、脚底等都会戴上减压板,避免压力过大对碰触到的反射面板造成损坏。特飞所工程技术中心试飞试验部的蜘蛛人谢洪源告知了在“大锅”内“行走”的“秘诀”:双脚撇开呈八字形,手指尖轻轻接触反射面板以助力向前。“作业时还得考虑到风速,如果现场监测达到了3米/秒,最好作停留观察。”

据悉,考虑到整个望远镜及周边区域对电波宁静环境的要求,未来整个作业团队还将规范相关指令信息的传递,多使用标准统一的手势或旗语,避免因使用对讲机而造成对望远镜天文观测的干扰。

人才筹备

开展人才培养战略 合作服务“中国天眼”

贵州省人民政府与中国科学院日前在贵阳签署战略合作协议,双方将进一步加强人才培养使用、科技体制改革、科技成果转化等,更好服务“中国天眼”,提升我国相关科研领域水平,推动地区经济发展。

作为世界最大单口径射电望远镜的FAST,也被称为“中国天眼”,自2016年落成启用以来,实现了多项自主创新,显著提高了我国相关学科、相关领域产业技术水平和自主创新能力。在此期间,贵州与中科院不断合作,已将“中国天

眼”打造成了贵州的特色“新名片”,衍生出的射电天文大数据处理平台成为贵州大数据产业发展的重要组成部分。

近年来,双方不断推动人才培养项目落地。2014年,中科院国家天文台·贵州师范大学天文研究与教育中心成立;2019年12月20日,贵州师范大学天文系正式成立,将与国家天文台共建天文学科,共建“南仁东班”。这些具体合作都是为今后FAST的运行、维护、技术升级和改造等培养高层次的后备人才。

据新华网



“微重力蜘蛛人”在中国天眼里“飞檐走壁”

链接

“微重力蜘蛛人”设备

- 由中国科学院国家天文台和航空工业特飞所合作研制。
- 采用蜘蛛人体重(浮力)配重平衡技术,利用氦气球浮力抵消蜘蛛人自身的大部分体重,保证蜘蛛人可在“大锅”表面行走和进行相关检查维护作业,且不会对“大锅”造成损坏以及影响正常观测。