

· 访谈 ·

“天琴计划”太空中捕捉宇宙涟漪

2016年2月11日,美国国家科学基金会(NSF)宣布第一次直接探测到引力波的存在,引起全世界的广泛关注,这项成果被认为是物理学界里程碑式的重大成果。目光聚焦中国本土引力波探测工程,由中山大学牵头、利用人造卫星探测空间引力波的“天琴计划”经过媒体的多番报道,逐渐为关心引力波探测的人们所注意。

未来引力波的探测,中国应该有一席之地

中山大学2014年便有了“天琴计划”的设想,2015年7月开始启动。为什么要启动引力波探测的相关研究?近日,中山大学校长、中国科学院院士罗俊在接受媒体采访时表示:“引力波的探测,对开辟了观测宇宙的新窗口,意义非常重大。引力波是从另外一个视角观测宇宙,将更深刻地了解宇宙的演化。宇宙的演化过程会有不同频段的引力波,而引力波可以追溯早期的宇宙,也可以看得到恒星的形成过程,看到一个星的衰亡,或者黑洞的并合出现的引力波。”同时他呼吁:“未来引力波的探测,中国应该有一席之地,有自己的引力波探测平台,有自己的引力波天文台。不管国外是否探测到,中国科学家都要行动起来”。

已有20年关键技术储备

在2015年1月接任中山大学校长之前,罗俊在华中科技大学多年从事引力相关方向的研究,其所在的引力实验室被称为“世界的引力中心”。“‘天琴计划’不是今天才提出的,而是一直边建设边积累,在‘十二五’规划期间,国内不少科学家关注到引力波,并建议申报引力波大科学工程。其实工程已在陆续开展,第一期是测地,第二期才是观天,探测引力波。”经过多

年的系统研究,罗俊的研究团队已经完成了“天琴计划”的一些关键技术的储备:星间激光测距技术,即在两颗星之间用激光干涉的方法精确测量距离,同时还积累了10多年的惯性传感器技术,曾在2006年搭载卫星进行试验,2013年第二次卫星搭载。

“天琴计划”历时20年,发射6颗卫星助研究

“天琴计划”的预期执行期为2016—2035年,历时20年,先后发射6颗卫星帮助研究,具体分4个阶段来完成:

1) 2016—2020年,完成月球/深空卫星激光测距、空间等效原理检验实验和下一代重力卫星实验所需关键技术研发。主要研发成果包括:新一代月球激光测距反射器、月球激光测距台站、高精度加速度计、无拖曳控制(包含微推进器)、高精度星载激光干涉仪、星间激光测距技术等。

2) 2021—2025年,完成空间等效原理检验实验和下一代重力卫星工程样机,并成功发射下一代重力卫星和空间等效原理实验卫星。主要研发成果包含:超静卫星平台、高精度大型激光陀螺仪、以及进一步提高加速度计、无拖曳控制(包含微推进器)、高精度星载激光干涉仪、星间激光测距等技术。

3) 2026—2030年,完成空间引力波探测关键技术,完成卫星载荷工程样机。

4) 2031—2035年,进行卫星系统整机联调测试、系统组装,发射空间引力波探测卫星。

简单来讲,“天琴计划”大致分为4个部分

来进行:1) 首先是“月地测距”,就是月亮到地球的距离。这在中国是从来没有过的首次测量。通过测距测得月亮以及地球的动态变化。同时检验牛顿万有引力常数的变化。2) “月地测距”研究过后会发射一颗卫星做“天琴”前期的研究,来验证爱因斯坦广义相对论中的原理,以及“天琴”未来研究所需要的技术。3) 而后发射两颗卫星,一前一后绕着地球转,通过两颗卫星之间的激光测距来测两颗卫星之间距离的变化,由此可测量出地球质量的分布、内部的矿产资源等。4) 最后,发射3颗卫星到距地球50万km的高轨上,3卫星上将安装推力可以精细调节的微牛级推进器,实时调节卫星的运动姿态,使得检验质量始终保持与周围的保护容器互不接触的状态。高精度的激光干涉测距技术将被用来记录由引力波引起的、不同卫星上检验质量之间的细微距离变化,从而获得有关引力波的信息(图1)。

“天琴计划”与LIGO、LISA有何不同?

LIGO是在地面探测引力波,而“天琴计划”将会在空间中进行测量。在空间中可以将测量到频率更大更低的引力波,一方面可以从侧面验证LIGO引力波源、引力波传播的性质,另一方面,也可能探测到大质量甚至超大质

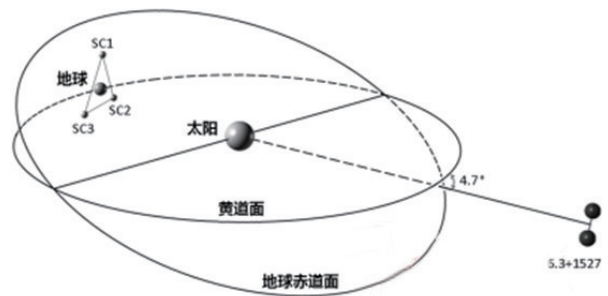


图1 “天琴计划”空间引力波探测实验示意
(图片来源:《南方日报》)

量的黑洞。LIGO 科学联盟核心成员、加州理工学院教授陈雁北接受媒体采访时表示,国内科学界尚没有引力波实验项目,希望此次 LIGO 探测到引力波的事实,能够对“天琴计划”起到推动作用。

与国外的 LISA 或 eLISA 等计划不同,“天琴计划”的卫星将在以地球为中心、高度约 10 万 km 的轨道上运行,针对确定的引力波源进行探测。这样能够避免测到引力波信号却无法确定引力波源的问题,而且有望帮助节约大量卫星发射方面成本。

“天琴计划”第一步正在启动立项

据“天琴计划”团队核心成员介绍,目前该计划才刚刚开始,第一步正在启动、立项。而计划启动的“天琴计划”综合设施的第一期工程包括 3 万 m² 的天琴综合研究大楼、1 万 m² 的山洞超静实验室、位于南山山顶的 5 km² 教学、科研、科普多功能观测站,之后将利用简称的综合研究设施为阵地,发展空间引力实验关键技术,在引力理论与实验分析、卫星平台与控制、光学测量与遥感、地月系统物理实验 4 个方面展开系统研究。

对于“天琴计划”的资金来源,罗俊在接受媒体采访时表示,目前珠海市政府已经答应投入约 3 亿元经费启动“天琴计划”基础建设,主要负责山洞实验室的挖掘、多功能观测站的站址土地平整和上山道路的修建。综合研究大楼、山洞超静实验室的洁净实验室工程、多功能观测站的基建工程以及各种仪器设备还需要另外寻求资金渠道支持。

中山大学一直是国内引力波研究的先行者

其实在 20 世纪 80 年代,中山大学引力物理研究室(图 2)已经是国际引力波研究大家庭中的一员,相关引力波研究成果达到或超过国际先进水平。

1969 年,当美国马里兰州立大学的约瑟夫·韦伯宣称,他已探测到不排除为引力波的信号,引起世界物理学界

极大的注意。随后,我国的引力波探测研究也开启。其中,中山大学是国内引力波研究的先行者。

1973 年,中国科学院高能物理研究所与中山大学开始了合作探测引力波的有关事宜,时任中山大学物理系教授陈嘉言(图 3)等大力支持并开展合作,这是国内正式研究引力波的开端,从而开启了我国引力波研究的步伐。

1976 年,国家科委和教育部决定把这项研究正式立项,确定为国家重点研究项目。与此同时,1976 年,在陈嘉言的地下室实验室装起了引力波天线模拟系统。以陈嘉言为首的研究小组边建设,边测试,终于取得了第一批实验数据。

1979 年,中山大学引力波专用实验室正式建成,这是当时国内仅有的两个同类型实验室之一。1980 年初,中大完成组装常温共振型引力波探测器。1981 年 6 月,常温引力波探测系统开始实验性运行,测出和记录了天线的热噪声,得出了理论灵敏度同实测灵敏度一致的结果。在陈嘉言为首的老一辈科学家带领下,中国的引力波探索很快就结出了硕果,甚至达到了世界领先水平。



图 3 陈嘉言工作照
(图片来源:《光明日报》)



图 2 20 世纪 80 年代的中山大学引力物理研究室
(图片来源:《深圳特区报》)

1982 年 4 月 9 日,陈嘉言因公殉职,终年 46 岁。北京大学原校长、中国科协主席周培源教授来函吊唁称:“这不仅是中国大学的重大损失,也是中国物理学界的重大损失。”而他的辞世,也一度导致国内引力波研究停滞。

“天琴计划”或将使中山大学成为引力波研究国际重镇

时隔 30 余年,中山大学启动“天琴计划”,在国际引力波探测方面争取一席之地。“天琴计划”是一个重要且庞大的项目,“这应该是一个国家计划的科研行为,希望得到国家各层面的支持。”罗俊表示。据悉目前国内已有 10 多个大学和研究所参与了“天琴”的工作,国际上,LISA 计划课题组的几位核心成员也有意向开展合作,“天琴计划”将成为中方牵头的国际合作项目。“天琴计划”的启动或将使中山大学成为引力波研究国际重镇。

文/刘志远(《科技导报》编辑部)
(责任编辑 陈广仁)