

上行

流水号:  
密 级: 无  
紧急程度:

# 中国科协内部文件稿纸

标题: 关于报送推动引力波科学研究的建议的请示

主 送: 昭平书记

领导批示:

林润华  
阅研。

3/6

拟同意，请书记阅示。

吕昭平 2020年6月17日  
吕昭平 2020年6月17日  
研究学会和科协之系。  
研究学会和科协。  
6.17.

吕昭平 2020年6月17日

主办部门: 学会学术部(企业工作办公室)

综合处核: 公文流转  
2020年6月16日

主办部门领导:

业务处核: 邓帆  
2020年6月15日

拟同意。

刘兴平 2020年6月16日

林润华 2020年6月16日

承办人: 李先鹏  
2020年6月15日

会签部门:

联系电话: 61604

附件件数: 1

注: 正文另页

进 第 675 号  
册 2020 年 6 月 7 日

附件

领导批示：

# 科技工作者建议

2020 年第 XX 期

(总第 XXX 期)

中国科学技术协会

2020 年 X 月 X 日

## 关于推动引力波科学研究的建议

**【按】**自 2015 年首次直接探测到引力波以来，引力波已迅速成为国际上基础物理与天体物理前沿研究的热点，预计十余年内宇宙起源问题将有取得重大突破的历史机遇。在日前中国科协组织开展的 2020 年重大科学问题和工程技术难题征集发布活动中，中国天文学会申报的“引力波将如何揭示宇宙奥秘？”入选为 20 个重大问题难题之一，受到科学界关注。我们组织专家在总结国内外研究进展的基础上，深入分析引力波研究的瓶颈和难

点，从加强科研项目统筹、搭建创新平台、完善交叉学科建设、加强专业人才培养等方面提出了政策建议。

引力波是广义相对论预言的一种时空涟漪，是时空本身的一种波动现象，这种波动在传播中很少受到物质分布的影响，所以保留着引力波源的原初信息。引力波的发现打开了观测宇宙的一扇新窗户，引力波的波形中包含了关于时空与物质的丰富信息，通过观测引力波源在宇宙中的产生与分布，可以研究宇宙本身的形成和演化过程，探索包括宇宙膨胀、暗物质、引力、核物质物态方程、原初黑洞等物理现象与规律，有望解答广义相对论与粒子物理的标准模型所遗留下来的深层次科学问题，从而加深对自然界的理解。

## 一、引力波探测研究的国内外进展情况

### （一）引力波探测的国际发展趋势

目前国际上引力波探测研究按照引力波频率来分，主要包括千赫兹的高频地面引力波探测、毫赫兹的空间引力波探测、纳赫兹的脉冲星测时阵列探测和极低频的宇宙微波背景辐射极化探测四种。此外还有电磁波、中微子等协同观测，以提升科学产出。

一是千赫兹的高频地面引力波探测。目前，国际上正在进行千赫兹引力波常规探测的观测站主要是美国的激光干涉引力波天文台（LIGO）和意大利的“室女座”引力波天文台（Virgo），引力波源包括双黑洞并合、双中子星并合等。德国的 GEO600 观

测站主攻引力波探测前沿技术，持续为 LIGO 和 Virgo 探测器进一步升级提供支持。日本独立研发了 KAGRA 低温探测器，并加入了 LIGO 和 Virgo 的协同观测。印度在美国的帮助下，正在筹建 IndiGO 探测器，将于建成后加入 LIGO-Virgo-KAGRA 协同观测，进一步提升对引力波源的高精度定位。此外，美国和欧洲正在分别研发下一代地面引力波探测器，有望将现有灵敏度提高十倍以上，从而能够探测到千倍以上的引力波事例数，将几乎囊括宇宙中所有的恒星级黑洞并合事件。

二是毫赫兹的空间引力波探测。欧洲与美国的宇航局合作研究的空间激光干涉仪 LISA 计划由三颗无拖曳卫星组成，能够探测毫赫兹引力波，探测目标包括中等质量和大质量的双黑洞并合、银河系内相对论性双星系统、极端质量比旋近事例等。LISA “探路者” 试验卫星于 2015 年成功发射，验证了必要的关键技术，并获得了重要的观测资料，预计于 2034 年启动完整的 LISA 计划，持续进行 4 到 10 年的观测。日本也正在针对多频段观测，研讨开发空间引力波中频段探测卫星项目 DECIGO。

三是纳赫兹的脉冲星测时阵列探测。国际上澳大利亚、欧洲、美国三个脉冲星测时阵列已运行十余年，探测目标是近邻宇宙中来自超大质量双黑洞并合的纳赫兹引力波。三个测时阵列团队合作构建了国际脉冲星测时阵列，开展联合数据分析。虽然迄今并未探测到纳赫兹引力波，但脉冲星测时阵列探测已给出了纳赫兹引力波辐射的上限值，逼近理论预言，对于研究超大质量黑洞和

星系演化具有重要意义。

四是极低频的宇宙微波背景辐射极化探测。宇宙微波背景辐射物理研究是探知宇宙起源的重要观测手段，其核心科学目标之一是捕获宇宙微波背景辐射极化的原初起源信号，并对极早期宇宙模型进行严格筛选。目前国际上利用宇宙微波背景辐射探测极低频引力波已经在南半球布局。美国的宇宙微波背景 4 阶段实验 (CMB-S4) 和位于智利北部的 Simons 天文台等都把搜寻原初引力波这一宇宙大爆炸的余晖作为核心科学目标。

## (二) 引力波探测的国内发展趋势与布局

在引力波研究领域，美国、欧洲和日本由于投入早、研究历史长，具有绝对的领先地位。国内近些年已意识到引力波的重要性、前沿性和竞争性，开始大力发展相关的实验和理论研究。

一是千赫兹引力波探测。国内开始筹划构建小型的探测器原型，用于相关技术的验证，但现仍处于起步阶段。该方面的工作将有益于以后攻关研究千米级的大型地面引力波探测器，以期参与到引力波探测的国际网络中并发挥作用。

二是毫赫兹引力波探测。中国科学院、中山大学等多家单位提出了自主研发的太极计划、天琴计划，力争与国际上的 LISA 计划媲美。太极计划和天琴计划的相关团队最近分别发射“探路者”卫星进行了实验技术的基本验证，得到了初步的数据与分析结果；更进一步的实验正在紧锣密鼓的布置之中。

三是纳赫兹引力波探测。我国以贵州五百米口径射电望远镜

领衔、包括多家天文台的若干射电天文望远镜的中国脉冲星测时阵列在 2019 年正式成立，开始逐渐累积数据，以进行后续引力波信号的分析。随着测试数据的积累，对引力波的探测精度将越来越高。同时，我国也是国际合作项目下一代大型射电天文装置“平方公里阵”（SKA）的重要成员国之一。

四是极低频原初引力波探测。我国目前正在西藏阿里地区建设北半球第一个地面观测实验装置，计划建设出世界先进水平的 CMB 实验平台。建成后将与美国 BICEP4 联合，实现一南（美国主导、中方参加）一北（中方主导、美方参加）的地面 CMB 实验，对原初引力波观测实现全天区覆盖。

五是电磁波段的协同观测。我国也正在自主研发相关的望远镜和天文卫星项目，包括引力波暴高能电磁对应体全天监测器（GECAM）、爱因斯坦探针（EP）、大视场巡天望远镜（WFST）、中国空间站光学巡天望远镜（CSST）等。这些设施将会积极投入到未来引力波的电磁随动观测中去，提供引力波源的电磁对应体的信息。

## 二、引力波科学研究的难点

引力波研究是一门新兴的交叉科学，需要综合天文学、物理学、数据科学和工程科学等领域的知识，目前在发展中面临以下难点。

一是如何构建高精度的引力波波形。从引力波本身来说，基本的物理问题是引力下的两体问题；该问题自爱因斯坦创建广义

相对论以来没有得到过完整的解决，在引力波领域需要有个恰当的唯一象处理。如何准确理解广义相对论下的两体问题、从而构建高精度的引力波波形，使其适用的参数空间满足实际探测项目的需求，是引力波研究中亟需解决的难点问题。

二是如何快速并有效地处理引力波数据。从引力波数据特点来说，基本的问题是复杂的时序数据的处理和对应的系统物理参数的提取。如何快速并有效地处理引力波数据、如何最大限度地从引力波信号中提取物理信息、如何理解引力波信号背后对应的天体物理过程、以及如何利用引力波信号揭示引力的本质等，将影响引力波能否提供高质量的科学产出。

三是如何结合多频段和多信使对引力波进行协同探测。从多波段与多信使的探测来说，解决如何有效结合不同特点的多个频段对引力波的协同探测，以及如何综合引力波观测与相应的电磁对应体随动观测的丰富信息，从而最大可能地反推引力波波源的物理性质、并精确测量宇宙学参数等问题，将能提供多方位的观测视角去理解引力波过程，最大化其科学产出。

### **三、推动引力波科学研究的政策建议**

一是加强国家科研项目统筹和科技攻关。引力波研究属于前沿性的基础科学研究，其成果将是震撼性、革命性和催化性的，更需要国家层面的长期重视，所以，应加强统筹谋划部署，做好顶层设计和战略布局，将引力波研究纳入国家科技战略规划中。应充分利用我国现有在引力波理论、技术及工程方面的研究基础，

设立国家层面的引力波研究大科学项目。从国家层面整合协调各科研单位的优势力量，鼓励各科研单位之间开展联合攻关。

二是搭建引力波创新平台和促进科学资源共享。引力波科学中基本物理规律的检验和理论研究、数值模拟和数据分析、以及结合引力波和电磁对应体的多信使观测是核心课题，建议将这部分内容列入国家重大项目规划进行重点研究。针对引力波事例的天体物理解读和多信使观测，在科技部、国家自然科学基金委设置专项课题，探讨借助大数据分析方法解决相关难题的可能性。同时，建议扶持大数据分析方法对应的数据处理软件包的开发。

三是完善交叉学科建设和交叉研究。应顺应新一轮科技革命带来的学科融合趋势，在高校专业设置上向大平台宽口径转变。在国内高校的天体物理专业设置涵盖天文学、物理学、数据科学以及工程科学等的引力波科学交叉学科，丰富和完善相关专业设置和培养方案。同时，通过建设引力波科学研究合作中心的方式，鼓励在各高校和科研单位之间开展引力波科学交叉研究，逐步通过交叉学科建设推动引力波研究新方法、新理论、新技术的产生与团队的培养。

四是加强专业人才培养及人才储备。以科研项目为依托，实施“人才+项目”的培养模式，建立引力波专业人才培养与科研项目紧密结合的机制。要培育既有天体物理背景又有理论物理、数据科学等知识的复合型人才，并形成人才梯队。通过储备引力波研究人才，建立起具有国际领先科研能力的引力波团队，促进



并保障我国引力波探测项目的顺利实施。

供 稿：中国科协学会学术部

---

分送：中共中央办公厅、国务院办公厅。

中央组织部、中央宣传部、全国人大教科文卫委、全国人大社会建设委、全国政协教科卫体委、发展改革委、教育部、科技部、工业和信息化部、财政部、卫生健康委、国研室、中科院、社科院、工程院、自然科学基金委。

---

中国科协办公厅

2020年 月 日印发

