

浦江创新论坛 研究报告

(2023 年第 15 期, 总第 176 期)

上海浦江创新论坛中心

2023 年 9 月 22 日

2023 浦江创新论坛专题简报之十五

大科学装置开放共享助力基础科学前沿探索

编者按：未来（科学）论坛以“‘大科学’时代下的物理基础前沿：大科学装置与国际合作创新”为主题，来自粒子物理及相关领域专家围绕国内外大科学装置赋能物理学研究展开深入研讨。本篇专题报告对未来（科学）论坛的嘉宾观点进行梳理，供参考。

2023 浦江创新论坛专题简报之十五

大科学装置开放共享助力基础科学前沿探索

先进大科学装置是国之重器，亦是支撑原始创新的重要科技基础条件平台。粒子物理学探索原子核及亚核尺度物质结构和规律，逐渐成为依托大科学装置与国际合作来攻克前沿问题的研究范式。我国正在抓住新一轮科技革命加速演进的重大机遇，与世界各国展开基于大科学装置建设与运用的国际对话。与会嘉宾一致认为，当前国际环境下，仍需以开放的思维和行动推进国际科技合作，谋划参与全球科技治理、提升大科学装置效能、推动先进技术的国际协同合作，实现依托国际大科学合作的教育、科技、人才一体化发展。

一、从微观到宇观：大科学装置赋能物理学研究不断开拓新前沿

一是大科学装置助力科学家不断获得新发现、揭示新规律、开拓新应用。欧洲核子中心高级研究员、LHC-ALICE 国际合作组前发言人卢西亚诺·穆萨表示，欧洲核子研究组织（CERN）拥有世界上最大的粒子物理实验室，能够揭示多种基本粒子定律与宇宙规律。北京航空航天大学/东京大学教授、大爆炸宇宙学与元素起源国际交叉科学研究中心主任梶野敏贵指出，超新星的发现是伽马射线观测站（E&M）、光学观测台（LAMOST、Subaru）、中微子试验探测器（JUNO）、引力天文台（LIGO、Kagra）等多波段、多手段、多学科国际合作的成果。中国科学院院士、全国人大社会建设委员会委员詹文龙强调，惠州核科学中心（HNSC）产生的光强为 μ 的光束，从理论上来说， μ 的物理动机或可通过 g-2 发现第五种力的存在证据；从应用上来说， μ 自旋探针可运用于超导体， μ 介子透视图可运用于大体量与厚体积成像及重金属检测等领域。

二是大科学装置越建越庞大，物质结构研究的尺度越来越极限。

法国 IJC 实验室研究员，Belle II 国际合作组发言人卡里姆·特拉贝尔西表示，CERN 制造了世界上最大的加速器与探测器，用于研究宇宙中最小的粒子，同时运用电脑算法不断开发新技术是以达到超越极限的可能。大型强子对撞机（LHC）是一个隧道周长高达 27 千米的环形加速器，粒子通过超导磁体磁力约束粒子围绕环形结构接近光速运动，在每秒产生超过 10 亿次的粒子碰撞中激发出新的微观粒子。大型离子对撞机实验（ALICE）通过铅核-铅核之间以每核子 2.76TeV 的质心能量对撞，可产生极高的温度与能量密度，产生的夸克-胶子浆足以解除夸克禁闭。梶野敏贵表示，超新星核合成同位素产额比约束中微子质量排序，是基于 SN1987A 超新星模型、太阳系丰度和宇宙射线的观测值三大条件形成的反向质量排序。目前他基于 SN1987A 模型，通过捕获中微子开展 ^{138}La 和 ^{11}B 的核合成规律研究。

三是大科学装置通过升级迭代不断进化。中国工程院院士、中科院上海高等研究院研究员、上海光源科学中心主任赵振堂表示，同步辐射光源从第一代仅为高能物理而设计和建造，到第二代专用于同步辐射应用，再到第三代主要依靠 ID（衰减器/摇摆器）低发射率的三代发展，现在迎来了全球范围内第四代设施的快速发展，聚焦于高相干性的衍射限制发射率。詹文龙表示，强流重离子加速器（HIAF）和加速器驱动嬗变研究装置（CIADS）输送相对论强离子束（RI2B）的能力是在不断迭代与升级的。

四是大科学装置能级越来越高，赋能范围越来越广。卡里姆·特拉贝尔西表示，Belle II 基于日本高能加速器研究机构（KEK）的超级 B 介子工厂（Super KEKB）加速器和 Belle II 探测器，打造为非对称能量的双环正负电子对撞机。经过十年的运行之后，SuperKEKB 对撞机取得了 $2.226 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 的瞬时亮度，并打破 CERN 记录成

为物理之最。赵振堂表示，上海光源作为我国第三代同步辐射光源的代表，产生的 X 射线可研究原子和分子维度上的物质结构，可以通过成像进行谱学和大分子结构研究。既可用于基础科学研究，亦可服务于产业应用。得益于此，上海光源自 2009 年建成开放以来，孕育了许多重量级的科学研究与产业技术成果。

二、从国内到国际：全球链接助力教育、科技、人才一体化发展

一是大科学装置的建设与运营需要国际“朋友圈”。中国科学院院士、复旦大学科研院院长马余刚认为，粒子物理与核物理同属大科学领域，大规模的国际合作是其天然属性。没有国际合作，重离子对撞机（RHIC）的螺旋形径迹探测器（STAR）可能不会如此成功。西亚诺·穆萨指出，欧洲核子研究组织（CERN）成立于 1954 年，始终致力于地理与文化的多样性发展，CERN 拥有 23 个成员国，12 个欧盟成员国，10 个准成员国与 4 个观察员，用户来自 110 余个国家，其中 23% 为女性。卡里姆·特拉贝尔西指出，Belle II 作为探索 and 了解宇宙的独特装置，国际合作是拓展人类认识宇宙极限的关键，这需要整合国际力量，利用先进技术设计建造探测器、收集处理数据并对数据展开分析与解释。

二是基于大科学装置的国际合作是培养青年人才的有效途径。马余刚认为，国际合作是培养青年人才、增进双边情感与多边沟通的有效途径。卡里姆·特拉贝尔西指出，Belle II 的组织成员来自世界各地，多元化的工作环境有助于青年成长。梶野敏贵强调，基础物理学研究是从现象发现原理，需要脚踏实地，切忌跟风追赶，他寄语青年科学家，探寻真理，发奋拼搏，共商共议。

三是基于大科学装置的国际合作与交流促进学科间交叉融合。詹

文龙表示， μ 介子在未来的研究开展中，从学科角度上来说，基础物理学是关键，且多学科交叉融合的力量不可或缺；从大科学装置角度上来说，强流重离子加速器（HIAF）和等离子唤醒加速场（PWFA）起到至关重要的作用，同时需要使用像光谱仪在内的其他科学仪器。

整 理：李航祺、周少丹