

美国粒子物理战略计划暨有关讨论



Higgs 玻色子



中微子质量



暗物质



宇宙加速度



探索未知

③ 重新调整在费米实验室的活动与努力将改进的 PIP-II 项目变成加速器综合体，它将在新的长基线中微子装置最初运行时提供超过 1 MW 的功率。

④ 增加对第二代暗物质直接探测实验所计划的投资。

⑤ 增加对 CMB 研究和继续多部门协调参与研究方向上的拨款。

⑥ 重新协调具有新战略计划的加速器研发 (R&D) 活动，强调开发那些能创造价格低廉的新一代加速器。

在年度预算上小的改变会对美国粒子物理研究的能力和取得成果的时间有很大的影响。在投资方面的一个主要回报是由在 P5 承担的那些要做但经费受限制的各个项目之间的拨款只有相对较小增加的现实确定的。

① 一个小的在有限时间内增加拨款以保证对暗能量谱装置 (DES) 的支持，这会产生高影响的科学回报。

② 保持世界领先的加速器和设备的研发。

③ 美国的研究能力是需要保持的。

④ 在费米实验室的缪子-电子实验 (Mu2e) 是

要按时完成的。

⑤ 长基线中微子项目的进行不应被拖延。

⑥ 第三代暗物质直接探测的能力将按时间规划完善地研发。

P5 计划中给出的低预算情景是不太靠得住的。

这已经接近一个临界点了，超过它美国就不能再主持一个大型项目，同时保持那些要确保项目成功的核心计划。没有了这种能力，美国将失去作为本领域全球领导者的地位，这样那些富有高度成效的国际合作关系将会从根本上发生改变。

超出我们局限的项目还有高优先的选择：

① 展开加速器的研发 (R&D) 以使得我们能构造低成本的具有非常高能量的未来机器，并且可能给社会提供粒子物理以外的益处。

② 继续在 ILC 的探测器项目上起世界领导作用，并且提供加速器的关键元件，日本的 ILC 应该继续。

③ 在本土建造大型水-基中微子探测器作为 LBNF 的液氩探测器的补充，并且围绕费米实验室提供的世界上最高强度的中微子束流，统一全球的长基线中微子研究团体。

(李学潜 译)



从“三大前沿”到“五驾马车”

邢志忠

(中国科学院高能物理研究所 100049)

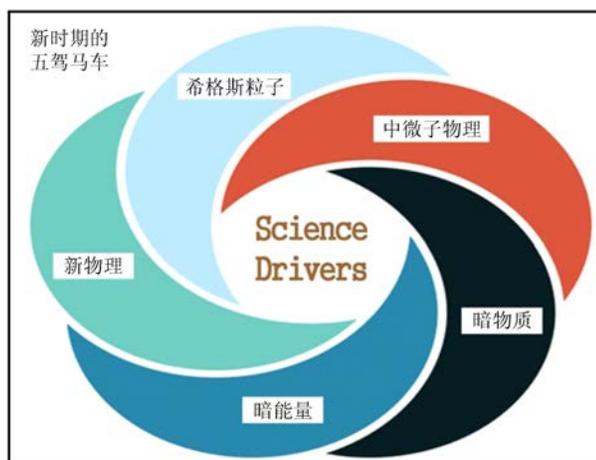
2008 年 5 月底，美国能源部和自然科学基金委员会辖下的“粒子物理学项目优化小组” (Particle Physics Project Prioritization Panel, 简称 P5) 发布了未来 10 年美国粒子物理学的发展规划报告，其中重点阐明了基础物理学的“三大前沿”——能量前沿 (The

Energy Frontier)、强度前沿 (The Intensity Frontier) 和宇宙前沿 (The Cosmic Frontier)，以及它们所包含的重大科学问题。标志着能量前沿的加速器就是坐落在欧洲核子研究中心的大型强子对撞机 LHC，它的首选科学目标是寻找被称作“上帝粒子”的希格斯玻色

美国粒子物理战略计划暨有关讨论

子, 以求部分解开基本粒子的质量起源之谜。2012年7月, LHC 不负众望, 发现了人们企盼已久的希格斯粒子, 从而确认了标准模型的所有粒子组分。这一发现将1964年提出“布劳特-恩格勒特-希格斯机制”的弗朗索瓦·恩格勒特 (Francois Englert) 和彼得·希格斯 (Peter Higgs) 送上了2013年的诺贝尔物理学奖领奖台。在强度或亮度前沿方面, 大亚湾反应堆实验于2012年3月成功地测得最小的中微子混合角 θ_{13} , 轰动了国际物理学界, 并推动中微子物理学从此进入精确测量的时代。以暗物质和暗能量为主题词的宇宙前沿这些年来也毫不寂寞, 不断传出令人兴奋的突破和进展。2011年的诺贝尔物理学奖授予了率先发现宇宙加速膨胀的索尔·帕尔马特 (Saul Perlmutter)、布莱特·施密特 (Brian Schmidt) 和亚当·里斯 (Adam Riess), 象征着该领域发展阶段的一个新高潮。

时隔6年, P5项目优化小组再次为以全球为背景的美国粒子物理学发展战略把脉, 提出了值得优先投资的科研“五驾马车” (Five Science Drivers): 希格斯工厂、中微子实验、暗物质探索、暗能量和宇宙暴涨以及新粒子与新相互作用。显而易见, “五驾马车”方案是“三大前沿”路线图的延续, 两者并没有本质区别。由于这五大前沿课题相互交叉, 每一方面的进展和突破都会对其他方面带来深远的影响。譬如



暗物质的寻找可以通过天上的间接测量实验和地下的直接测量实验来实现, 但是产生暗物质粒子以及测量它们的基本性质则离不开高能加速器实验。另一方面, 尽管引力波的探测和极高能宇宙线的研究等课题没有明显地被包含在“五驾马车”中, 它们始终处于非加速器粒子物理学和天体物理学的前沿。

不言而喻, 制定中国粒子物理学的发展路线图也离不开“三大前沿”与“五驾马车”的整体思路, 但是我们的指导原则应该是“有所为”和“有所不为”。中微子物理学是中国“有所为”的一个标志性方向, 继大亚湾实验之后, 江门中微子实验正在推进之中。后者力图回答“中微子的质量顺序是否与夸克和带电

轻子的质量顺序有所不同”等基本科学问题, 具有显著的国际竞争力。

粒子物理学的发展史一再提醒我们, 重大突破之路往往没有明确的路标, 在探索未知的旅途中一定会有我们意想不到的风景。正如帕尔马特所说的那样, “现在我们距离找到宇宙全貌的那幅图景越来越近了。暗能量是一片黑暗中的一个闪亮的光点, 为那些我们之前从来没有想过的问题提供了线索。对于物理学家而言, 所谓的终极快乐, 就是看到一个你可以探究的秘密出现。”

