

· 科学家在想什么 ·

美国粒子物理战略计划暨有关讨论

编者按：2014年3月，美国能源部和自然科学基金委员会“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年美国粒子物理学发展规划报告。鉴于粒子物理学领域对P5报告的普遍关注，本刊邀请李学潜教授将其概要译成中文，并邀请到几位专家谈了对P5报告的看法。

发现的大厦

——以全球为背景的美国粒子物理战略计划

美国粒子物理学界更新了它对于未来的看法。P5报告给出了对未来10年以及更长远的规划策略，它会促进新的发现并且保持美国作为全球领导者的地位，这个目标要由能源部科学事务处以及物理和数学科学方面的自然科学基金理事会通过给予特别的投资来实现。

粒子物理学是高度成功的，由发现来推动的科学。它探寻物质和能量最根本的构成，它也在揭示支配我们看到的每件事的最深奥的关联，这包括了宇宙的最小和最大的结构。现在已取得的那些基本发现已经很好地回报了早先的投资，那么正在到来的机遇将把我们推向全新的领域。粒子物理的研究鼓舞年轻人致力于科学。

粒子物理是全球性的。为了讨论最迫切的科学问题并且保持作为全球领导者的地位，美国必须既主持一个独特的，世界级的设备，又要作为建在别国的顶尖设备的积极合作者。

选择是必须的。更新的策略推荐在具有最优机会的地方进行投资，为了得到最大的影响和在未来十年中最有效地利用资源，就要从大量优秀的可供选择的项目中进行挑选。

一年来，从整个学术界认真研究的结果提炼出五个相互交织的科学导航课题：

- ① 将 Higgs 玻色子作为为将来发现服务的新工具
- ② 继续开展与中微子质量有关的物理研究
- ③ 确认暗物质相关的新物理
- ④ 了解宇宙的加速；暗能量和暴涨
- ⑤ 探索一切未知：新粒子、新相互作用和未知的物理原理

美国的粒子物理计划是要前进到发现的新纪元。

● P5 报告推荐了 5 个科学导航课题相关实验的优先性和最佳时间顺序表。这些机遇存在于最小、中等和很大的投资规模中，总体而言，它们会在今后 20 年左右的时间内导致重大科学成果的持续出现。

● 从时间顺序上，大的项目包括测量 (μ 子) 的 g-2 和在费米实验室的 μ 子 - 电子转换 (Mu2e) 实验，在大型强子对撞机高亮度升级方面的强力合作，以及美国本土建造的长基线中微子设施 (LBNF)，这个设施要接受费米实验室改装加速器 (PIP-II) 产生的世界最高强度的中微子束流。

● 美国继续参加日本的国际直线加速器 (ILC)，要强势参与到比较有利的预算项目中。

能清楚地体现美国的领导地位，而且只需要中等或小规模投资并在近期有可能做出发现的那些领域，包括暗物质的直接探测、大型的巡天望远镜 (LSST)、暗能量谱仪 (DESI)、宇宙微波背景 (CMB) 实验，以及包括短基线中微子实验的小项目集合。

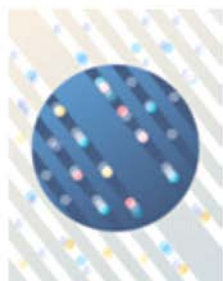
推荐几个方向上的重大改变：

- ① 增加投入到建设新装置的预算份额。
- ② 重新规划建在费米实验室的长基线中微子实验，使之成为国际设计、协调和财政支持的项目。

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