

2017年粒子物理学热点回眸

李营¹, 周宁²

1. 烟台大学光电信息科学技术学院, 烟台 264005

2. 上海交通大学物理与天文学院粒子物理与核物理研究所, 上海 200240

摘要 2017年高能物理领域的探究主要围绕标准模型的高精度检验、新物理的探寻这2个方面前进。本文盘点2017年在标准模型的检验与新粒子直接探测、重味物理与CP破坏、量子色动力学与强子物理、中微子物理、暗物质探测5个方面取得的进展,并对高能物理的未来发展作一展望。

关键词 粒子物理; 标准模型; 新物理理论; 暗物质; 中微子; 新强子

粒子物理又称高能物理,是研究构成整个宇宙基本粒子的性质、相互作用、相互转化规律的学科,是目前研究物质内部结构规律的最前沿学科。当前研究认为,人们所认识的宇宙世界是由原子和其他基本粒子组成,原子则是由原子核与电子组成,原子核是由质子和中子构成,而质子和中子是夸克和胶子构成的。随着实验和理论的发展,科学家形成了描述宇宙构成和相互作用的“标准模型”。在标准模型中,基本粒子分为4类,分别是夸克、轻子、中间玻色子和希格斯粒子(Higgs)(图1)。其中,中间玻色子起着“媒介”作用,通过规范作用控制着基本粒子间的强、电磁和弱相互作用。所有的基本粒子通过与希格斯粒子发生相互作用而获得质量,因此希格斯粒子被称为“上帝粒子”。

物理学是一门实验科学,任何理论都需要实验验证。标准模型的理论得到了精确的实验检验。2012年位于欧洲核子中心大型强子对撞机(Large Hadron Collider, LHC)发现了希格斯粒子,完成了粒子物理标准模型最后一块“拼图”,同时也表明标准模型是成功的规范对称理论。然而,标准模型目前有许多悬而未决的

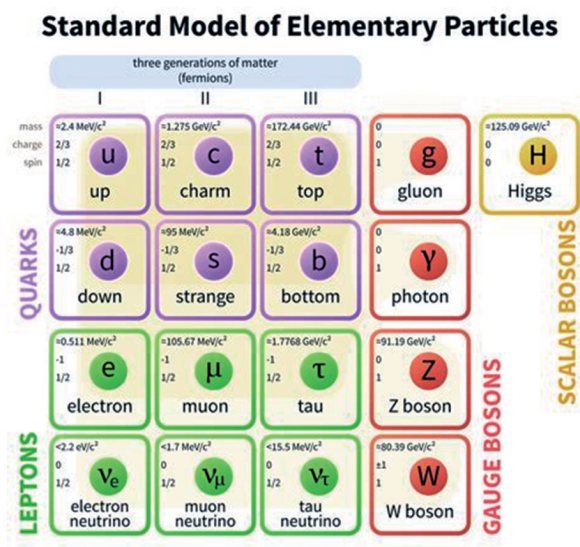


图1 标准模型中的基本粒子

问题,如暗物质、暗能量、宇宙中正反物质不对称、希格斯粒子质量的精细调节等问题。这些问题让科学家相信标准模型不应该是终极理论,而是某高能标理论(新物理)在电弱能标下的有效理论。因此标准模型的高

收稿日期:2017-12-25;修回日期:2018-01-04

基金项目:国家自然科学基金项目(11575151, 11235005);山东省自然科学基金项目(ZR2016JL001)

作者简介:李营,教授,研究方向为高能理论物理,电子信箱:liyong@ytu.edu.cn

引用格式:李营,周宁. 2017年粒子物理学热点回眸[J]. 科技导报, 2018, 36(1): 6-11; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2018.01.001

精度检验和新物理的探寻是后希格斯时代粒子物理学界的主要研究内容。2017年高能物理领域也是围绕上述2个方面前进的。本文从标准模型的精确检验与新物理的直接探测、重味物理、强子物理、中微子物理及暗物质探测5个方面介绍2017年粒子物理学的重要进展。

1 研究进展

1.1 标准模型的检验与新粒子直接探测

2012年,质量为125 GeV的标量粒子被发现后,高能物理学家的心态是矛盾的,一方面希望该粒子就是标准模型所预言的希格斯粒子,另一方面又渴望它不是标准模型所预言的粒子,而是某新物理的“类希格斯粒子”。借助于LHC,高能物理学家正在通过精确测量标准模型参数,尤其是电弱物理和希格斯物理部分,从而判定希格斯粒子是否是标准模型粒子。LHC上的ATLAS和CMS这2个实验组担负着这个重任。

2017年,LHC的碰撞能量调整至13 TeV,ATLAS和CMS 2大探测器各采集了约50 fb⁻¹对撞事例的数据。实验科学家通过分析 $H \rightarrow b\bar{b}$, $\mu\mu$, $\tau\tau$, $\gamma\gamma$, $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4l$, $H \rightarrow ZZ^*$ 等过程以及 $t\bar{t}H$ 耦合常数进而确定希格斯粒子的性质及与其他基本粒子的耦合常数^[1-3],数据分析结果显示该标量粒子越来越接近标准模型所预言的粒子。借助于LHC大量的数据,ATLAS和CMS还对W和Z粒子的质量、温伯格角 θ_w 、顶夸克质量、 α 等电弱参数进行了精确测量,这些测量有助于进一步了解标准模型。需要说明的是,目前的数据仅占期望数据的2%,随着数据的累计,上述测量的精度会进一步提高。

除精确检验标准模型外,ATLAS和CMS另一大重任是直接寻找“新粒子”,如超对称理论所预言的“超伙伴粒子”。2017年,ATLAS和CMS 2个实验组对stop、slepton、W'、Z'、leptoquark、重中微子、矢量型夸克、高维度粒子、复合粒子、甚至暗物质粒子等进行了全方位搜索^[1-3],非常遗憾,2个实验组尚未找到上述粒子存在的直接证据。这些“无迹象”的实验结果也促使高能物理学家展开新一轮的“超标准模型新物理”的研究。

1.2 重味物理与CP破坏

通常情况下,将粲夸克、底夸克称为重味夸克。重味物理中,正反中性重味介子(如 D^0 与 \bar{D}^0 , B^0 与 \bar{B}^0 , B_s^0 与 \bar{B}_s^0)可以通过箱图进行相互转化(图2),继而发生混合,使得中性重味介子在飞行过程中变身为自身的反粒

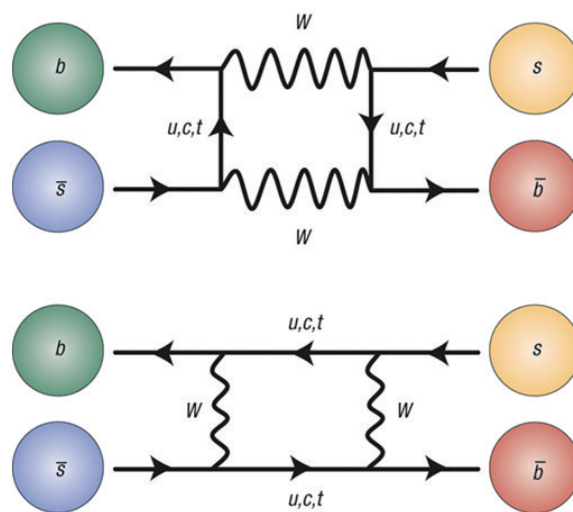


图2 B^0 与 \bar{B}^0 混合示意

子。对于中性重味介子,实验上测量到的是二者混合后的质量本征态 m_H 和 m_L ,实验上测量 B_d 和 B_s 介子的质量本征态质量差 Δm 分别为^[4]

$$\Delta m_{B_d} = 3.33 \times 10^{-10} \text{ MeV}$$

$$\Delta m_{B_s} = 1.17 \times 10^{-8} \text{ MeV}$$

除了标准模型的粒子外,新物理粒子也可以通过箱图影响二者的质量差,甚至部分新物理模型的中性粒子可以通过树图直接对质量差产生贡献。因此, Δm 的精确测量可以对新物理模型给出很强的限制。除了中性介子可以发生振荡外,在某些重子数破坏新物理模型(如R-宇称破缺的超对称模型)框架下,正反重子之间也可以产生混合和振荡。2017年,LHCb合作组首次对 Ξ_b^0 和 $\bar{\Xi}_b^0$ 的振荡进行了测量^[5],但是并没有观测到振荡迹象。希望未来更高精度的实验能对重子混合给出精确测量。

2001年,B介子工厂就已经在B介子非轻衰变中发现了CP破坏现象,2016—2017年,LHCb实验组开始在重味重子衰变和重介子多体衰变中寻找CP破坏信号。2017年,科学家首次在 Λ_b 重子衰变过程中发现CP破坏信号^[6],这是人类首次在重子衰变中观测到CP破坏现象。此外,多体衰变中也存在较大的CP破坏,然而涉及到较多的共振态和非微扰贡献,理论计算相当困难。但是,实验室发现的CP破坏程度太小,还不足以解释宇宙中正反物质不对称性,科学家还要寻找新的CP破坏源。

随着实验精度和亮度的提高,尤其是大型强子对撞机的运行,在B物理中发现部分实验结果与标准模型的预言存在较大偏差^[7]。图3列举了目前实验与理论比较后出现的各种偏差^[8],可以看出,最大的偏差来自于 $B \rightarrow D^{(*)} \tau \bar{\nu}$,其中关联后偏差的置信度可达到 4σ ,这是当前粒子物理中实验与标准模型理论出现的最大偏差。

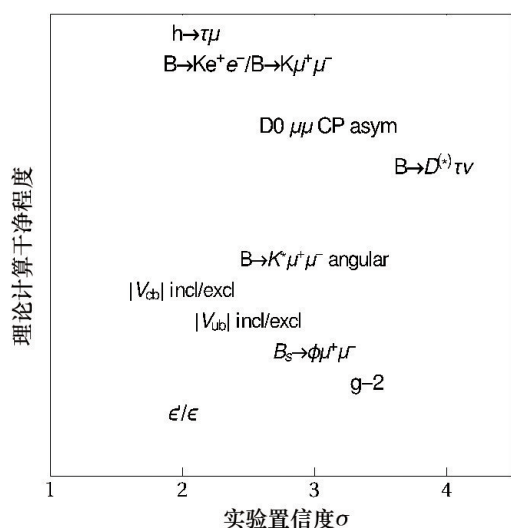


图3 目前实验中存在与标准模型预言不一致的几个观测量

在标准模型中, $B \rightarrow D^{(*)} \tau \bar{\nu}$ 是一个树图为主的过程,为了降低强子不确定性,可以定义 $R(D^{(*)})$

$$R(D^{(*)}) = \frac{\Gamma(B \rightarrow D^{(*)} \tau \bar{\nu})}{\Gamma(B \rightarrow D^{(*)} \mu \bar{\nu})}$$

在标准模型下,重夸克对称性保证 $R(D^{(*)})$ 理论预言误差较小。在树图过程中出现大偏差意味着新物理粒子可能出现在TeV量级。为解释这个反常,理论上提出了许多方案,如引入新的Leptoquark、 W' ,以及更多的带电希格斯粒子等。目前还没有一个理论完全使人信服。

在标准模型中,味道改变中性流衰变过程,如 $b \rightarrow s l l$,在树图层次上是严格禁戒的,只有在圈图(企鹅图)层次上才能发生。除了标准模型的粒子外,新物理中的大质量粒子也可能以“虚粒子”形式进入圈图。随着实验精度的不断提高,味道改变中性流衰变过程成为重味物理研究新物理的前沿阵地。2014年以来,LHCb实验组测量得到^[9-10]

$$R_K = \frac{BR(B^+ \rightarrow K^+ \mu^+ \mu^-)}{BR(B^+ \rightarrow K^+ e^+ e^-)} = 0.745 \pm_{0.074}^{0.090}(\text{stat}) \pm 0.036(\text{syst})$$

该结果与标准模型预言 $R_K=1+O(10^{-4})$ 的偏差为 2.6σ ,该偏差意味着轻子的普适性在 $O(m_b)$ 能标下就受

到破坏,这对标准模型提出了新的挑战。为了解释上述现象,理论物理学家同样构建了破坏轻子普适性的新物理理论,如家族非普适的 Z' 模型,Leptoquark模型等。需要说明的是,理论上构造的这些模型所预言的新粒子在LHC上至今都没有被直接发现。其他的反常,如 $B \rightarrow K^* l l$ 角分布过程中“ P_2 反常”,也被认为是新物理存在的迹象。

1.3 量子色动力学与强子物理

在粒子物理中,1个正反夸克对结合成的粒子称为介子,3个夸克结合成的粒子称为重子,最常见的重子是组成原子核中的质子和中子。2017年,中国科学家在LHCb上利用 $K^- \pi^+ \pi^+ \Lambda_c^+$ ($\rightarrow p K^- \pi^+$)末态发现了双粲重子 $\Xi_{cc}^{++(11-12)}$,其质量约为3621 MeV,它的夸克结构在粒子家族的位置如图4所示,这是科学家首次探测到双粲型重子。

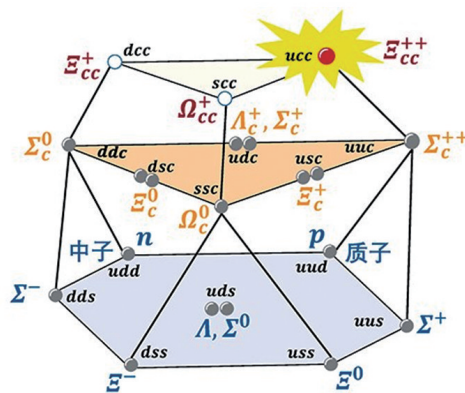


图4 Ξ_{cc}^{++} 在重子谱的位置

对于质子或中子,3个夸克遵循精细计算的轨迹彼此绕转,但是双重夸克重子不同,它的行为更像是一个行星系统,其中2个重夸克类似于2个重星相互绕转,而轻夸克的轨道则围绕双星系统转动。研究 Ξ_{cc}^{++} 的性质有助于建立关于由2个重夸克和1个轻夸克组成的系统如何运转的理论。

除了介子和重子之外,称其他夸克结构为“奇特强子”。2003年Belle合作组首次在电子-正电子对撞机上发现了 $X(3872)$,该粒子质量非常接近于 DD^* 的阈值,衰变宽度比其他可通过强衰变的粒子窄很多,它被理论学家解释为分子态、四夸克态等。近年来,高能物理实验学家在Belle、BaBar、LHCb和中国BES实验上陆续发现许多奇特强子态,被称为X、Y和Z粒子。2013年,BES-III合作组与Belle合作组分别独立发现了带电的 $Z_c(3900)$ 粒子,它既含有正反粲夸克对,又含有带电

的轻夸克对,最低阶 Fock 态展开就存在 4 个夸克。因此相比起夸克模型中的强子, $Z_c(3900)$ 是肯定奇异的。2017 年, BESIII 合作组利用挑选出来的 6000 多个事例,通过分波分析的方法拟合数据,测定 $Z_c(3900)$ 的自旋-宇称为 $J^p=1^+$ ^[13]。新强子态的寻找与物理性质的测定让科学家对量子色动力学和夸克模型进行更加深入地研究。

在量子力学中,自旋是质子的固有属性。关于质子自旋起源,物理学家最初认为质子自旋是组成它的 3 个夸克自旋的总和,但深度非弹性散射实验结果却显示夸克仅能解释质子自旋的一小部分^[14],该现象被称为“质子自旋危机”。由于质子内的夸克是被胶子捆绑在一起,科学家认为或许胶子也对质子自旋起贡献,但是得不到理论支持。2017 年, χ QCD 研究小组使用了上亿 CPU 小时的资源,历经 2 年的数值模拟、数据分析和理论计算,完成了目前最精确的关于质子中胶子自旋贡献的格点色动力学数值模拟,模拟结果证实胶子自旋约为质子自旋的 $(50\pm 10)\%$ ^[15],如图 5^[16]所示,该结果与目前实验的结果一致。该研究将有助于科学家进一步研究质子内部复杂的动力学结构。

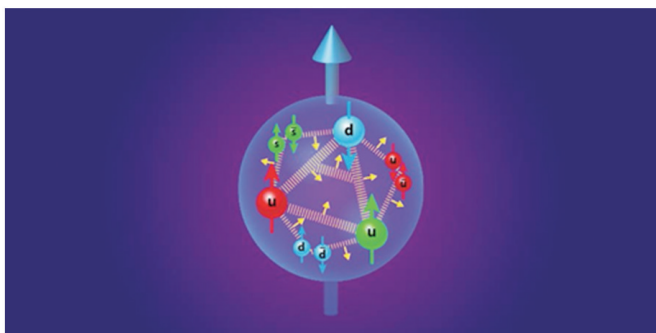


图5 质子的自旋主要的贡献者是胶子

1.4 中微子物理

中微子共有 3 种“味道”,分别是电子型中微子 (ν_e)、 μ 型中微子 (ν_μ)、 τ 型中微子 (ν_τ),是自然界中的基本粒子。中微子的质量比其他粒子轻许多,且很难同其他物质发生相互作用,因此科学家至今还无法精确测量它们的质量。由于中微子是中性粒子,目前还无法判定中微子的反粒子是否是其自身,如果是,中微子称 Majorana 粒子,否则称为 Dirac 粒子。意大利 GERDA 实验目前正在利用中微子双 β 衰变进行判断,目前还没有看到 Majorana 粒子信号。

中微子的质量本征态和味道本征态不一致导致中

微子可以出现混合,混合通过么正矩阵 (PMNS 矩阵) 表征^[4]

$$U_{PMNS} = \begin{bmatrix} U_{e1} & U_{e2} & U_{e3} \\ U_{\mu 1} & U_{\mu 2} & U_{\mu 3} \\ U_{\tau 1} & U_{\tau 2} & U_{\tau 3} \end{bmatrix}$$

中微子混合意味着不同味道中微子在传播过程中会相互转化,这种现象称为“中微子震荡”。理论计算显示,中微子振荡由 PMNS 矩阵和中微子质量差共同决定。PMNS 矩阵有 6 个参数 (3 个混合角 θ_{12} 、 θ_{13} 和 θ_{23} , 1 个 CP 破坏相角 δ , 2 个 Majorana 相角 α_1 、 α_2 ; 其中 Majorana 相角仅在中微子是 Majorana 粒子时才有物理意义)。中微子质量一般记为 m_1 、 m_2 和 m_3 , 其质量差则通过 Δm_{21}^2 、 Δm_{31}^2 和 Δm_{32}^2 表示。2016 年中国大亚湾中微子实验把 θ_{13} 的精度提高到 4%, 现在仍然是世界最精确值^[17]。2017 年, T2K 实验在 68% 的置信度下,测得 $\Delta m_{32}^2 = (2.54 \pm 0.08) \times 10^{-3} \text{ eV}^2/c^4$, $\sin^2 \theta_{23} = 0.55^{+0.05}_{-0.09}$ ^[18]。此外,中微子质量顺序也是未知的。NOvA 和日本超级神冈实验的大气中微子数据都倾向于正的质量顺序,即 $m_1 < m_2 < m_3$, 但是置信度并不高。中微子中的 CP 破坏也是研究热点之一。

自 2011 年起,实验上探测到的反应堆中微子数目低于理论模型的预期值,被称为“反应堆中微子反常”。理论学家认为该反常的起因是部分中微子在传播过程中转变成了不可探测的“惰性中微子”。2017 年,大亚湾实验组利用超过 200 万个中微子事例,通过比较不同核燃料成份时的中微子数目推算各个同位素的中微子产额。实验发现^[19],核燃料中最主要的成分铀 235 (^{235}U) 产生的中微子数目与模型预期不一致,主流理论模型的预期比实际观测高了 8%。因此认为,反应堆中微子反常很可能是理论模型对 ^{235}U 中微子产额计算不正确所致,而不是由于存在“惰性中微子”。

1.5 暗物质探测

作为宇宙中约占 27% 的暗物质,其物理性质仍旧是一个未解之谜。理论物理学家提出很多暗物质模型,预言一些超出标准模型的暗物质候选粒子以及暗物质和普通物质之间存在某种新型相互作用。为此实验物理学家开展了一系列的暗物质探测实验,包括直接探测 (探测太阳系附近的暗物质粒子和地球上原子碰撞信号,如中国 PandaX 实验和 CDEX 实验),间接探测 (探测宇宙中暗物质粒子湮灭或者衰变的产物,如中国 DAMPE 暗物质卫星实验和美国 AMS 实验) 以及对撞

机探测(高能粒子对撞产生暗物质,如LHC上的ATLAS实验和CMS实验)。这3种探测模式相互独立,并且相互验证,力求全面覆盖暗物质可能存在的参数空间。

2017年,暗物质探测研究取得了重要进展。直接探测实验方面,位于中国锦屏地下实验室的PandaX-II 500 kg级液氙实验进一步优化实验,继续采集和分析实验数据,推进暗物质探测灵敏度,先后发表了自旋相关的暗物质和普通物质相互作用的限制,轴子的物理限制,暗物质和普通物质非弹性散射相互作用等多个结果。2017年8月8日在国际粒子天体物理大会上,PandaX-II发布了世界最大的暗物质探测曝光量(54 t·d)的数据分析结果,给出了最低暗物质与质子、中子的自旋无关相互作用截面上限为 $8.6 \times 10^{-47} \text{ cm}^2$ (对应暗物质质量为 $40 \text{ GeV}/c^2$),在暗物质质量大于 $100 \text{ GeV}/c^2$ 的大质量区间给出了目前国际上最强的测量限制^[20],如图6所示^[19]。

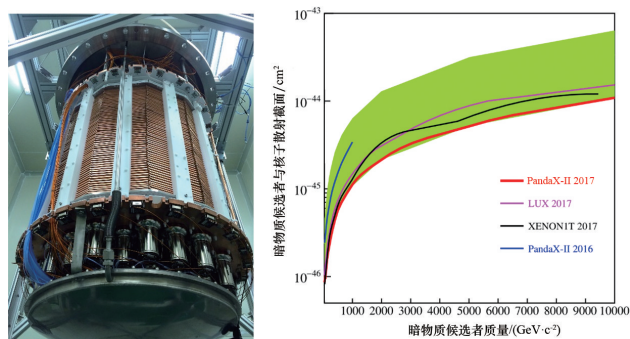


图6 PandaX-II实验及其54 t·d曝光量数据结果

2017年,位于意大利的XENON1T实验成功运行,其灵敏区域液氙体量达到了2 t,是目前世界上运行的体量最大的暗物质探测实验。XENON1T实验的首个结果和PandaX-II实验结果发表在同一期的《Physical Review Letters》上^[21]。在小质量暗物质区域,利用高纯锗探测的中国CDEX实验也在2017年公布了新的结果,尤其是在暗物质质量低于 $4 \text{ GeV}/c^2$ 的区域,推进了自旋相关的暗物质和中子相互作用的国际上最强的限制。上述实验结果意味着传统的暗物质候选粒子理论在目前实验结果的限制中逐渐面临了很大的挑战。在未来一年里,一方面,暗物质直接探测实验将继续推进灵敏度,进一步扫描暗物质参数空间,以期有所发现;另一方面,实验学家和理论学家正积极探索新的暗物质理论和直接探测方法。

在暗物质间接探测方面,中国的暗物质探测卫星DAMPE在轨运行近2年后发布了首个物理结果,取得

了目前国际上精度最高的电子宇宙射线探测结果^[22]。DAMPE实验具有世界领先的高能电子、伽马射线的能量测量准确度和区分不同种类粒子本领,能够寻找暗物质粒子湮灭过程中产生的一些非常尖锐的能谱信号。值得注意的是,在DAMPE公布的高能电子宇宙射线能谱中,在1.4 TeV能量处出现了异常的能谱精细结构(图7)^[22],还需要更多的后续数据来确认该结构是否真实以及研究其起源。

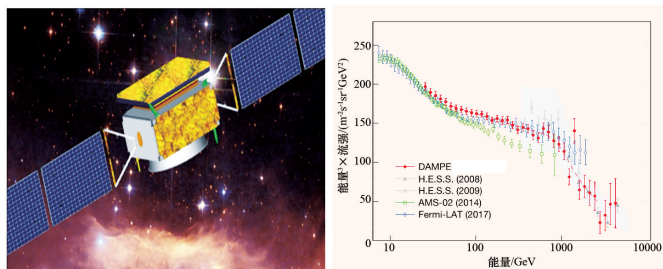


图7 DAMPE实验及其测量高能电子宇宙射线能谱

LHC上的ATLAS和CMS实验可以用来探测暗物质产生带走的能量或者直接探测暗物质和标准模型粒子相互作用的中间传播子。相比于直接探测实验,对撞机探测对于小质量的暗物质有很好的灵敏度,和直接探测实验结果互补。ATLAS和CMS实验在2017年分别积累了大约 50 fb^{-1} 的13 TeV对撞能量的数据,目前数据中还没有暗物质产生的迹象。在2018年底升级之前,预计会有 120 fb^{-1} 的数据,这两个实验正在继续分析对撞数据探测暗物质的信号。

值得注意的是,中国在暗物质直接探测、间接探测上已经达到了世界前沿,并积极参加欧洲LHC上的实验展开暗物质对撞机探测。这3个方向相互检验,一旦其中一个方向发现了疑似暗物质信号,其他2个方向将对疑似信号进行细致全面的寻找。

2 结论与展望

2017年,高能物理学家在各个研究方向继续努力,持续推进了各方面的认知前沿。加速器物理方面,利用大型强子对撞机ATLAS、CMS和LHCb,全方位继续检验标准模型并寻找新物理,目前尚未发现新物理存在的直接信号;但是在重味物理中发现了反常,LHCb和BES-III利用大型强子对撞机和北京正负电子对撞机在强子物理方面积极探索。非加速器物理方面,一方面是开展中微子研究,另一方面是暗物质的直接探

测和间接探测,目前给出了暗物质质量测量限制和部分可疑信号,但还需要更多数据来研究暗物质。此外,高能物理学家在未来环形正负电子对撞机(CEPC)、超级 Tau-Charm 工厂(STCF)和超级 Z 工厂(HZF)项目预研做了许多前瞻性工作。高能粒子物理学界始终为实现重大突破而积极准备着。

参考文献(References)

- [1] Indico. The fifth annual large hadron collider physics (LHCP 2017)[EB/OL]. [2017-05-15]. <http://indico.ihep.ac.cn/event/6419/>.
- [2] Indico. The international symposium on lepton photon interactions at high energies (LP 2017)[EB/OL]. [2017-08-07]. <http://indico.ihep.ac.cn/event/6183/>.
- [3] Indico. The third China LHC physics workshop (CLHCP 2017)[EB/OL]. [2017-12-23]. <http://indico.ihep.ac.cn/event/7102/>.
- [4] Patrignani C, Group P D. Review of particle physics[J]. Chinese Physics C, 2016, 40(9): 100001-100006.
- [5] Aaij R, Adeva B, Adinolfi M, et al. Search for baryon-number violating Ξ_b^0 oscillations[J]. Physical Review Letters, 2017, 119(18): 181807.
- [6] Aaij R, Adeva B, Adinolfi M, et al. Measurement of matter-antimatter differences in beauty baryon decays[J]. Nature Physics, 2017(13): 391-396.
- [7] Amhis Y, Banerjee S, Ben H S, et al. Heavy Flavor Averaging Group[J/OL]. [2017-12-23]. <http://www.slac.stanford.edu/xorg/hfag/>.
- [8] Zoltan L. The role of flavor in 2016[J/OL]. [2017-12-23]. <https://arxiv.org/abs/1704.02938>.
- [9] Aaij R, Adeva B, Adinolfi M, et al. Test of lepton universality using $B^+ \rightarrow K^+ \ell^+ \ell^-$ decays[J]. Physical Review Letters, 2014, 113(15): 151601.
- [10] Aaij R, Adeva B, Adinolfi M, et al. Test of lepton universality with $B^0 \rightarrow K^{*0} \ell^+ \ell^-$ decays[J]. Journal of High Energy Physics, 2017(8): 055.
- [11] Aaij R, Adeva B, Adinolfi M, et al. Observation of the doubly charmed baryon Ξ_{cc}^{++} [J]. Physical Review Letters, 2017, 119(11): 112001.
- [12] Li R H, Lü C D, Wang W, et al. Doubly-heavy baryon weak decays: $\Xi_{cc}^0 \rightarrow p K^-$ and $\Xi_{cc}^+ \rightarrow \Sigma^+ (2520) K$ [J]. Physics Letters B, 2017(767): 232-235.
- [13] Ablikim M, Achasov M N, Ai X C, et al. Determination of the spin and parity of the $Z_c(3900)$ [J]. Physical Review Letters, 2017, 119(7): 072001.
- [14] Aidala C A, Bass S D, Hasch D, et al. The spin structure of the nucleon[J]. Reviews of Modern Physics, 2013, 85(2): 655.
- [15] Yang Y B, Sufian R S, Alexandru A, et al. Glue spin and helicity in the proton from lattice QCD[J]. Physical Review Letters, 2017, 118(10): 102001.
- [16] Steven D. Viewpoint: Spinning Gluons in the Proton[J/OL]. [2017-12-23]. <https://physics.aps.org/articles/v10/23>.
- [17] Stefano G, Carlo G, Marco L. Daya Bay[EB/OL]. [2017-12-15]. <http://www.nu.to.infn.it/exp/all/dayabay/>.
- [18] Abe K, Amey J, Andreopoulos C, et al. Measurement of neutrino and antineutrino oscillations by the T2K experiment including a new additional sample of ν_e , interactions at the far detector[J]. Physical Review D, 2017, 96(6): 092006.
- [19] An F P, Balantekin A B, Band H R, et al. Evolution of the reactor antineutrino flux and spectrum at daya bay[J]. Physical Review Letters, 2017, 118(25): 251801.
- [20] Cui X, Abdurkerim A, Chen W, et al. Dark matter results from 54-ton-day exposure of PandaX-II experiment[J]. Physical Review Letters, 2017, 119(18): 181302.
- [21] Aprile E, Aalbers J, Agostini F, et al. First dark matter search results from the XENON1T experiment[J]. Physical Review Letters, 2017, 119(18): 181301.
- [22] Collaboration D, Ambrosi G, An Q, et al. Direct detection of a break in the teraelectronvolt cosmic-ray spectrum of electrons and positrons[J]. Nature, 2017(552): 63-66.

Hot topics review of particle physics in 2017

LI Ying¹, ZHOU Ning²

1. Department of Physics, Yantai University, Yantai 264005, China

2. Institute of Nuclear and Particle Physics, School of Physics and Astronomy, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China

Abstract In particle physics of 2017, most works focused on testing the standard model (SM) and searching for signals of new physics beyond SM. In this article, we review the hot topics in the past year, including direct measurements of SM and new physics, heavy flavor physics and CP violation, QCD and new exotics, neutrino physics and dark matter. The future development of particle physics is also prospected.

Keywords particle physics; standard model; newphysics; dark matter; neutrino; exotics ●



(责任编辑 傅雪)