

高杰:高能环形正负电子对撞机(CEPC)项目取得标志性进展

李娜

科技日报社,北京 100081

2018年11月14日,高能环形正负电子对撞机(CEPC)《概念设计报告》(Conceptual Design Report, CDR)正式发布。该报告分为《加速器卷》和《探测器与物理卷》,负责《加速器卷》的中国科学院高能物理研究所研究员高杰(图1)表示,这是CEPC项目重要的历史性和标志性进展。

众所周知,2016年,知名物理学家、诺贝尔物理学奖获得者杨振宁与中国科学院高能物理研究所

所长王贻芳,曾就中国是否应该建设大型粒子对撞机在媒体展开争论,并引起广泛关注。现在大型粒子对撞机的基础研究进展如何?《科技导报》(以下简称《科》)就此采访了高杰(以下简称高)。

《科》:CEPC《概念设计报告》正式发布了,作为其中《加速器卷》的负责人,请介绍一下加速器在对撞机中的地位,以及在整个设计过程中,你和同事们经历了什么样的方案选择过程?

高:加速器是对撞机的核心系统,加速器系统与探测器系统构成完整的对撞机。2012年,科学家发现了希格斯粒子,也就是所谓的“上帝粒子”,它是宇宙标准模型粒子列表中曾经缺失的最后一个粒子。虽然是基本粒子,但希格斯粒子的独特之处是,

除了可以给予其他标准模型中的基本粒子以质量,还可能同宇宙目前未知的与质量有关的部分进行相互作用。所以,利用希格斯粒子可以进一步探索未知的物质世界和宇宙。除了标准模型中所描述的物质世界,还将探索标准模型之外的物质世界,例如暗物质。

在CEPC加速器的概念设计过程中,我们一直坚持一条清晰的设计思路和设计路线,即通过认真、扎实和创新性的研究,逐渐确立和完成基准设计方案。我们的目标是找到性价比最高的方案,因此,设计团队首先从单环对撞机开始摸起,对在设计过程中所遇到的物理与技术问题逐一进行细致研究,当发现设计目标与所研究方案之间出现问题时,及时地提出新的设计思路和创新型设计方案,再进行研究、论证并找到各个方案所对应的制约因素和亮度极限。因此,在CEPC加速器概念设计报告阶段中历经了“单环麻花轨道方案”“带Crab-Waist对撞的局部双环方案”“带Crab-Waist对撞的先进局部双



图1 高杰

中国科学院高能物理研究所研究员,CEPC-SppC机构委员会副主席,CEPC-SppC加速器负责人,国际直线对撞机(ILC)理事会理事,亚洲直线对撞机指导委员会主席(胡辰旭 摄)

收稿日期:2018-09-26;修回日期:2018-10-12

作者简介:李娜,编辑,研究方向为科技传播,电子信箱:lina@cast.org.cn

引用格式:李娜.高杰:高能环形正负电子对撞机(CEPC)项目取得标志性进展[J].科技导报,2018,36(22):155-157;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2018.22.015

环方案”“带 Crab-Waist 对撞的全局部双环方案”。经过比对,不同方案的亮度极限与设计目标,最终于 2017 年 1 月 14 日确定以“带 Crab-Waist 对撞的全局部双环方案”设计为基准设计,“带 Crab-Waist 对撞的先进局部双环方案”为备选。上述的研究过程和方案确定过程被记录在 2017 年 4 月发布的 CEPC 进展报告中。2017 年 11 月 4—5 日,对 CEPC 加速器概念设计报告进行了预国际评估,并在 2018 年 6 月 28—30 日对 CEPC 加速器概念设计报告进行了正式的国际评估。

《科》:CEPC 加速器的《概念设计报告》国际评估情况如何?

高:CEPC 加速器概念设计报告国际评估委员会由 15 名专家组成,主席是来自欧洲核子中心的 Katsunobu Oide 教授,他也是欧洲核子中心未来要建设的 100 km 周长的正负电子对撞机加速器设计负责人,其他来自世界各大实验室的评委也都是国际加速器领域的知名专家。

CEPC 加速器概念设计报告得到了国际评估专家的一致认可,评估委员会对 CEPC 设计工作中取得的令人瞩目的进展给予了肯定,并对概念设计报告的完成表示祝贺,认为“CEPC 加速器概念设计报告已经达到成熟水平,可被批准进入技术设计报告阶段”。

《科》:CEPC《概念设计报告》正式发布,对于 CEPC 的研究和建设来说意味着什么?

高:CEPC 在概念设计报告完成前处于设计研究阶段,分别在 2016 年和 2018 年获得科学技术部支持的 2 期预研经费,每期均为

3000 多万元。在国家科学技术部以及其他机构与单位(如国家自然科学基金委、中国科学院、北京市科学技术委员会和王贻芳院士科学家工作室等)的经费支持下,CEPC 预研和国际合作研究进展顺利。在 CEPC 概念设计期间,CEPC 关键技术研究、CEPC 土建设计及选址工作、国际合作、人才培养与队伍建立等方面均进展顺利。为了推进 CEPC 关键技术预研、产业化准备及促进 CEPC 预研中所产生的高新技术向相关企业进行技术转移,2017 年 11 月 7 日,成立了 CEPC 产业促进会(CEPC Industrial Promotion Consortium, CIPC)。CEPC 加速器概念设计报告的正式发布是一项重要的历史性和标志性进展,这意味着工作可以进入下一个 CEPC 加速器技术设计阶段,也就是到 2022 年完成 CEPC 的技术设计报告(Technical Design Report, TDR)。届时,CEPC 加速器的优化设计、关键技术预研和产业化准备工作就完成了;如果 CEPC 能在完成 TDR 后获准建设,CEPC 就可以开始施工开建,并于 2030 年左右建成。

《科》:现在 CEPC 正在争取的建设路径是什么样的?

高:2015 年 10 月,中国共产党十八届五中全会公报中提出,中国将“积极牵头组织国际大科学计划和大科学工程”。2018 年 1 月,习近平主席主持召开的中央全面深化改革领导小组第二次会议上审议通过了《积极牵头组织国际大科学计划和大科学工程方案》;2018 年 3 月,国务院正式对外公布了这一方案,为 CEPC 这样的关于物质科学的大科学工程的培育、评估、审批

和建设铺平了政策道路。按照方案部署,到 2020 年,国家将培育 3~5 个大科学计划和大科学工程,待培育成熟之后再从中选择 1~2 个项目实施建设。目前,CEPC 的首要目标是争取先进入培育阶段,并希望通过坚实的研究工作,最后能够进入实施阶段。

《科》:能介绍一下对撞机选址的相关情况吗?

高:现在到 2030 年是一个非常重要的战略机遇窗口期。为了保证工作顺利按照规划的节奏完成,每一步工作都设置了明确的时间节点,CEPC 概念设计与选址工作一直在同步进行。

具体到选址考虑的因素,首要的就是地质条件。建设大型对撞机要有好的地质基础,比如要有稳定的岩石,要能承受一定级数地震的烈度、震动频率和幅度,地下水的情况也得满足要求,要有充足的水、电力等资源;在满足地质条件的前提下,还需要有一个很好的社情环境,有利于建设一个 10 万人居住的高水平国际化科学城。目前,已经考察了河北秦皇岛、陕西黄陵县、深汕特别合作区、浙江湖州、河北雄安新区以及吉林长春等,在地方政府的大力支持下,在一些选址地进行了较为深入的地质勘探,这些选址地的地质条件完全满足工程建设要求。

《科》:2018 年年底,日本将决定是否建设国际直线对撞机(ILC),你作为国际直线对撞机亚洲指导委员会的主席和国际直线对撞机理事会理事,能否介绍一下 ILC 的背景情况及 ILC 与 CEPC 的关系?

高:2007 年 8 月,国际未来加速器委员会(ICFA)决定直线对撞机

将采用超导加速器技术,同时,未来直线对撞机将作为全球国际合作项目,因此超导型取名国际直线对撞机(International Linear Collider, ILC)。ILC 全球设计团队于 2005 年成立,负责人为 Barry Barish 教授(Barry Barish 因发现引力波而获 2013 年诺贝尔物理学奖)。2013 年 6 月,ILC 全球设计团队完成技术设计报告(TDR)。目前直线对撞机国际合作组(Linear Collider Collaboration, LCC)由来自欧洲核子中心的 Lyn Evans 教授(欧洲大型强子对撞机加速器负责人,于 2012 年 7 月发现希格斯玻色子)负责。2017 年,日本高能物理协会建议 ILC 从希格斯粒子能区开始建设,称为 ILC 250 GeV 希格斯粒子工厂。

2019 年,欧洲要制定高能物理未来 5 年发展战略。欧洲战略将视日本政府的表态,来决定是否继续将 ILC 纳入未来 5 年高能物理发展战略之中。因此,日本政府需要对 ILC 的建设作出明确表态。

我个人感觉,日本同意建造 ILC 250 GeV 的可能性很大。ILC 将是世界最大的超导直线加速器,ILC 250 GeV 总长度 20 km,核心技术是工作在 2 K 下的 1.3 GHz 超导加速器技术,ILC 质心能量有提升到 1 TeV 的潜力,这是 ILC 的主要优势。但是,ILC 只有一个对撞点,并且只有一个可以进行试验的探测器,同时在 Z 和 W 能区亮度低,不具竞争力,这些是 ILC 的劣势。

CEPC 是环形对撞机,可同时

具有多个对撞点(CDR 设计中采用两个)和探测器,除了在希格斯粒子能量处的亮度高,在 Z 和 W 低能区也具有更高的亮度,同时,在 CEPC 实验结束后,尽管正负电子的对撞能量原则上不会超过 350 GeV(这是 CEPC 相对 ILC 的劣势),但可以在同一隧道里建造一台超级质子对撞机(Super proton proton Collider, SppC),并有在其后进行电子质子对撞等的可能性。因此,粒子种类和物理研究的丰富性和发展潜力巨大,这些构成 CEPC 的独特优势,可与 ILC 互补。

总之,2018 年无论对于 CEPC、ILC 还是国际高能物理发展史来说,都是一个具有重要历史意义的里程碑之年。

(责任编辑 王丽娜)