



对撞机能为我们撞出什么？

□ 王贻芳



王贻芳，中国科学院院士，中国科学院高能物理研究所所长。他长期从事高能物理实验研究，是北京正负电子对撞机北京谱仪的设计、建造及前期研究的领导者，同时也是大亚湾中微子实验和江门中微子实验的提出者和领导者。他率领大亚湾反应堆中微子实验团队，在国际上首次发现一种新的中微子振荡模式，并精确测量了振荡幅度，这一成果被世界权威学术期刊《科学》杂志评为“2012年十大科学进展”。他还获得了“基础物理学突破奖”，是首位获得该奖的中国科学家。

人类探索微观世界的努力从未停止过，现代大型加速器和对撞机的建造和加入，加快了微观世界的探索进程和研究成效。物质世界是由一些微观粒子组成的，比如大家熟知的原子就是其中之一，但是随着研究的深入，科学家们发现，原子还可以继续拆分成更小的质子、中子和电子。更令人惊讶的是，这还不是认识微观世界的终点。因为，科学家又发现了数以百计的不是由质子、中子和电子组成的新粒子，而且发现质子、中子等粒子本身还有复杂的内部结构。这些全新发现，在没有加速器和对撞机这样的大科学装置之前是难以完成的。不断深入的微观粒子研究到底有什么用？1988年10月24日，中国第一台高能加速器——北京正负电子对撞机建成，这是我国第一个大科学装置。凭借这一“国之重器”，我国成功跻身当时的世界八大高能物理实验研究中心，跃上了世界科技前沿大舞台。

深入微观世界需要高能利器

在20世纪之前，人类对于世界运行规律的认知，几乎都只停留在宏观物体和现象上。然而在19世纪最后几年，从伦琴发现了X射线、J.J.汤姆逊发现了电子、卢瑟福发现了 α 射线和 β 射线等实验开始，物理学家们这才渐渐打开一扇神奇的微观世界的大门。为了更好地观察这些连显微镜都无法观测到的微观粒子，科学家需要可控的粒子束，于是，美国物理学家劳伦斯发明了回旋粒子加速器。这种设备可以将微观粒子加速，并控制粒子的运动方向。经过几代科学家的不断完善，这类粒子加速器逐渐成为粒子物理学家研究微观世界必不可少的利器。但是，早期粒子加速器能量利用率不高，观测效果不佳。于是，科学家们又想出一个办法，将两束粒子直接进行碰撞，由此发明了对撞机，这样可以最大限度地利用粒子加速后的所有能量，观测效果大幅提升。利用加速器和对撞机这样的大科学装置，粒子物理研究不断地刷新着人类对微观世界的认知。

尤其是对撞机等大科学装置出现之后，科学家更是如虎添翼，不断突破人类对微观世界的认知边界。当初，有了对分子、原子等微观粒子的认识，我们人类才有机会掌控巨大的核能，才可能创造出大量全新的材料，发明各种强大的仪器设备。微观粒子中还蕴藏着怎样的秘密？这些看起来十分高冷的研究会不会改变世界和人类的未来？我们还需要有足够的耐心拭目以待。

北京正负电子对撞机撞出一片天地

1989年国家邮政局发行了一枚特种邮票，专门纪念科技领域发生的一

件大事——北京正负电子对撞机竣工。1988年10月建成的这一大科学装置，究竟为我们撞出了什么？

北京正负电子对撞机在完成对撞以后，取得了非常丰硕的成果。在科学上我们有一些重大的成果：第一个就是把 τ 轻子的质量给测了出来。 τ 轻子是最基本的粒子之一，是电子的兄弟，比电子要重一些。它的质量对粒子物理的研究来说是非常重要的一个参数，当时大家测量 τ 轻子质量有一点偏差。我们北京正负电子对撞机把这个偏差修正了回来，这个修正大约达到了3倍的标准偏差，误差降低了10倍。第二个就是对标准模型预测的希格斯粒子质量做了一个比较大的修正。第三个就是发现了一些新的粒子，2013年发现了一个全新的粒子叫作Zc(3900)，它实际上应该是由四个夸克构成的，这是我们第一次看到这一类全新的物质形态，是非常重要的发现。Zc(3900)的发现在国际上有很大的影响，入选了美国物理学会《物理》杂志2013年的国际十一大物理学重要成果之首，中国的高能物理因此在国际上占有了一席之地。

北京正负电子对撞机除了它的科学产出之外，也带动了我国国家的高技术的发展，比如说中国的互联网的引入，电子邮件的引入。移动互联网本身和今天的互联网经济，都非常依赖于当时欧洲核子中心的重大的技术发明。1989年，蒂姆·伯纳斯·李当时在欧洲核子中心的计算中心工作，为了解决物理学家之间需要沟通信息、沟通数据、沟通程序等各种各样的需求，他发明了一个万维网的技术。

这个技术在1991年正式对世界发布，欧洲核子中心构建了世界上第一个WWW网站，第一个网页的浏览器。中国第一个WWW网站，就是由于北京正负电子对撞机的投入，使得我们跟国际上有了最密切、最快速的联系，这种联系最终使得我们能够把最新的技术引到中国来。

北京正负电子对撞机，包括后面2004年开始的一个重大改造工程，一共耗资8.8亿元人民币，计划运行至2030年，前后参与的人数大约有1000多人，一台8.8亿元的设备使用了40年以上，1000多人使用，这应该是一个非常经济的投入。有人认为，高能物理耗资巨大，其实是错误的理解。高能物理的研究模式非常特殊，它在先期需要一个巨大的投入，但是在这之后，它的设备可以长期有效地使用。基础科学研究目前主要依赖于大科学装置，特别是粒子物理的研究，因为它研究的是物质的更深层次的结构，需要用比较短的波长去看它，所以必须要有大科学装置，比如说用加速器去看它，这个研究会产生很多重要的科学成果。那么这些科学成果，因为反映的是物质的最深层次的结构，所以更加基础，反映的是最深层次的这个物质的规律。

下一代对撞机的社会价值

随着科学的发展，科学家们所研究的目标越来越趋向于微观和高精度，因此需要更高能量的粒子。未

来，粒子物理研究将向何处发展？还能有什么石破天惊的新发现？世界各国的科学家都在摩拳擦掌，跃跃欲试。“工欲善其事，必先利其器”，更深入的研究离不开更加强化的大科学装置。目前，欧洲大型强子对撞机正在升级改造过程中。而我国科学家也提出了建造下一代环形正负电子对撞机的宏大构想，预计投资高达360亿元人民币，建设周期长达10年。中国提出的环形正负电子对撞机有非常清晰的重要的优点：第一个优点，高亮度。环形对撞机的亮度是直线对撞机的亮度的大约3倍左右。第二个优点，性价比高。环形对撞机可以有多个探测器，也就是说周长100公里的环形的正负电子对撞机和日本的30公里长度的直线对撞机造价是基本一样的，但环形对撞机一年获得的希格斯粒子的数量是直线对撞机的6倍。因为亮度差了3倍，探测器又长了2倍，加起来是6倍，所以，从性价比来看环形对撞机超过直线对撞机大约6倍左右。环形对撞机的隧道可以用于质子对撞，所以可以升级设施，可以复用。第三个优点，环形对撞机是一个多用途的加速器，它可以同时产生高能同步辐射。它同步辐射的能量和强度很大程度上超过现有专用的同步辐射光源。这个光源在材料科学、工业、科学研究方面有非常重要的应用，所以它是一个多用途的加速器。

历史上对撞机催生了加速器的广泛应用，比如说现在大家手机上用的触摸屏，最早来源于欧洲核子中心。现在医院里广泛使用的核磁共振的设施MRA，来自美国的费米实验室，它

解决了重大的超导磁铁技术上的各种问题。欧洲核子中心的真空技术，也为太阳能发电作出了重要贡献。未来中国的科学技术也会给我们带来很多无法估量的社会价值。技术转化跟科学技术的水平密切相关。这里面核心的核心首先是要科学领先，然后技术领先，才能够在别人前面做技术转化。如果科学不领先，自然技术就不领先，就不可能率先实现技术转化。我们高能所也做过一些技术转移转化的工作，最近高能所完成了加速器中子俘获治疗的技术，通过它可以辐照癌细胞，治疗各种比较特殊的癌症，比如说弥漫性的癌症，它也是目前最先进的癌症治疗手段之一。

装置有价，贡献无价

科学界认为，基础研究是原始创新的源头、核心技术产生的关键。近代人类社会文明的每一次重大进步都是由基础研究成果所引发的技术进步推动的，而基础研究更是我们科技自立自强的基石。如今探索自然规律的



推动构建人类命运共同体 发挥中国航天技术优势

□ 胡忠民 陈建奇

2019年2月20日，习近平总书记会在会见探月工程嫦娥四号任务参研参试人员代表时强调指出：“为推动世界航天事业发展继续努力，为人类和平利用太空、推动构建人类命运共同体贡献更多中国智慧、中国方案、中国力量。”探索神秘的太空是人类的梦想，是人类共同利益所在，构成推动人类命运共同体的重要内容，发展航天事业成为实现这一目标的重要举措。

中国作为世界上最大的发展中国家，成功探索出了一条独立自主、具有中国特色的航天之路，为推动构建人类命运共同体创造了坚实的航天基础。60多年来，在党中央坚强领导下，经过几代航天人接续奋斗，中国航天从无到有、从小到大，创造了以东方红一号卫星、神舟五号载人飞船和嫦娥一号月球探测器三大里程碑为代表的辉煌成就。2020年12月17日，嫦娥五号返回器携带月球样品成功着陆，标志着我国月球探测工程“绕”“落”“回”三步走计划的圆满完成。2021年5月15日，天问一号火星探测器携带祝融号火星车成功降落在火星北半球的乌托邦平原，数天后祝融号走下降落平台，实现了一次任务同时完成环绕、着陆、巡视三个目标，这是世界宇航史上的第一次。2021年10月16日，神舟十三号载人飞船顺利将3名航天员送入太空，实施空间站阶段的第2次载人飞行任务，开启了为期6个月的在轨驻留，开展机械臂操作、

出舱活动、舱段转移等工作，这也将成为中国航天史上的又一里程碑。

航天无国界，中国始终秉承开放合作理念发展航天事业，与国际同行共同探索浩瀚宇宙，推动全人类探索未知世界的伟大实践。嫦娥四号搭载了沙特、瑞典、德国、荷兰等国的科学载荷，共同完成人类历史上首次月球背面软着陆。在嫦娥五号任务中，中国与欧空局、阿根廷、纳米比亚、巴基斯坦等国家和国际组织开展了测控领域协同合作。在天问一号探火任务中，法国和奥地利分别提供了激光诱导击穿光谱仪和火星磁力仪。中法两国联合研制海洋卫星，其获得的数据将由双方科学家共享。中意合作张衡一号卫星搭载了意大利研制的高能粒子探测器等相关载荷，为全球7级以上地震电磁信息分析和地震机理研究等提供新的技术手段。

中国积极发挥航天技术优势，为解决人类共同面临的挑战提供中国服务。一是卫星通信联通世界。卫星通信为人们提供丰富多彩的电视广播和语音广播，为偏远地区、海上和空中提供必要的通信，为发生自然灾害的区域提供宝贵的应急通信，为欠发达或人口密度低的地区提供互联网接入。目前，中国的卫星通信资源已实现全球75%以上人口和90%以上主要航线的通信覆盖，建立了“一带一路”地区重要的通信系统和完善的服务体系。二是北斗导航服务全球。北斗卫星导航系统是中国自主建设、独

立运行，并与世界其他卫星导航系统兼容共用的全球卫星导航系统。2020年7月31日，北斗三号全球卫星导航系统正式建成开通，中国从此成为世界上第三个独立拥有全球卫星导航系统的国家。目前全球已有120余个国家和地区使用北斗系统。三是风云、高分卫星助力防灾减灾。中国的风云系列气象卫星在气象观测与预报、应对气候变化等领域发挥着重要作用。截至目前，中国已成功发射18颗风云气象卫星，8颗在轨卫星稳定运行。有19个国家通过中国气象局卫星广播系统实时接收风云卫星数据，29个国家建成风云卫星数据直收站，24个国家注册成为风云卫星国际用户防灾减灾应急保障机制用户。

在共享卫星资源促进发展中国家经济社会发展方面，作为南南高科技合作的典范，中国与巴西联合研制了6颗中巴地球资源卫星，广泛应用于两国国土资源、农作物估产、环境监测等领域，还为拉美、非洲和东盟等许多发展中国家无偿提供了50余万景遥感卫星数据，得到国际社会的广泛赞誉。10多年来，中国先后向尼日利亚、巴基斯坦、玻利维亚、白俄罗斯等国出口了各类应用卫星，同时还采用政府无偿援助方式向埃及、埃塞俄比亚和苏丹等国援助了卫星，帮助埃及建立了卫星总装集成及测试中心。面向广大发展中国家举办了各类卫星应用培训班，为其培养专业技术人才，充分体现了中国负责任大国的

担当。

面向未来，中国航天推动构建人类命运共同体应当发挥更大的作用。推动构建人类命运共同体建设，把中国发展和世界发展结合起来，推动航天事业高质量发展，把中国人民的利益同世界人民的共同利益结合起来，携手各国共同应对人类面临的各种风险挑战，实现互利共赢、共同发展。

一是着眼解决人类共同关心的问题，为和平利用太空贡献中国智慧。探索浩瀚宇宙是全人类的共同梦想，中国航天从无到有、从弱到强，发展到今天，在探测月球、火星和小行星等方面积累了丰富的经验。面向未来，为体现大国担当，我国应牵头实施一些有前瞻性的国际航天项目，在探索研究人类生命起源、域外生命、近地小行星撞击风险以及全球气候变化等人类共同关心和未来发展的问题上提供中国智慧。例如在“共商、共建、共享”理念指导下联合俄罗斯等相关国家建设“国际月球科研站”，开展月球和深空探测研究；向国际社会开放“中国空间站”，为相关国家提供宇航员培训和搭载实验的机会，向着构建外空命运共同体迈出坚实的一步。

二是利用我国发展航天技术的经验，为广大发展中国家发展航天事业贡献中国方案。航天技术是一个国家综合实力的体现，我国作为世界上最大的发展中国家，根据本国条件和自身实际，利用较少的财政投入取得了

举世瞩目的成就，走出了一条完全不同于西方国家、具有中国特色的航天发展之路。与西方高投入发展航天的模式相比，中国的方案对于那些经济条件不好，并希望在较短时间内发展自己航天事业的发展中国家具有很好的借鉴意义。

三是发挥航天技术的带动作用，为发展中国家经济社会发展贡献中国力量。当今社会，发展中国家所面临的最突出问题经济社会发展问题，我国在发展航天技术的同时十分重视将航天技术应用到国民经济的方方面面，促进经济社会发展和人民生活水平的提高。解决这些问题的中国方案非常适合发展中国家。卫星技术是解决欠发达地区数字鸿沟问题最快捷、最有效和最经济的手段：利用通信卫星解决偏远地区民众上网、看电视等普遍服务问题；利用遥感卫星解决防灾减灾和农业估产问题；等等。顺应各国人民过上更好日子的强烈愿望，中国航天的技术优势将有力促进世界各国尤其是发展中国家的经济社会发展，推动经济全球化朝着开放、包容、普惠、均衡、共赢的方向发展，为构建人类命运共同体作出新的更大的贡献。

