

学习是人民政协的基因。从学习中走来，也必将在学习中走向未来。  
近日，全国政协教科卫体委员会组织开展“科普走进生活”读书群活动，在总主题中分为不同的议题开展研讨，其中一个主题即为“科普中国 物理和宇宙”。  
群中的委员不乏是相关领域的“大咖”。他们结合所读书目和自己工作的亲身经历向委员们分享了这些知识的最新进展与心得体会。  
为了让读者更多地了解这些信息，本刊摘编了部分委员的发言——

## 教科卫体委员会“科普走进生活”读书群

# 委员“大咖”带领我们邂逅神秘宇宙世界

本报记者 王硕 整理



### ■ 已知的粒子只占5%，那剩下的呢？

全国政协委员，中国科学院高能物理所研究员、阿里原初引力波探测首席科学家张新民

谈起宇宙，每个人都有自己的看法和理解。这说明每个人都有对宇宙奥秘的好奇心。大家经常谈到的大爆炸宇宙模型不仅影响了人类对宇宙的认知，也同时成为人类社会的一个文化符号，不断地辐射着方方面面，由此衍生出来的艺术文化、影视作品层出不穷。

然而，对于宇宙研究的科学性，直到20世纪90年代中叶，一直不被看好，时常被质疑。因此，民科在这一领域也十分活跃。

2019年诺贝尔物理学奖授予了从事物理宇宙研究的美国普林斯顿大学教授 James Peebles，在解读时，强调了 Peebles 教授的工作使宇宙学从哲学思考、定性讨论、饭后茶余的闲谈，变成了基于物理规律的具有理论和实验两方面的定量学科。

自1998年暗能量发现以来，由于天文观测和实验技术的突破以及学科间的交叉驱动，宇宙学研究发展迅猛，取得了一系列重大的进展，使宇宙学的研究步入了精确的辉煌时代，同时也对物理学提出了一些重大挑战——物理学家和天文学家发现目前已知的粒子只构成宇宙物质中的5%，而宇宙主要部分的95%是“暗物质”和“暗能量”。即使这5%，科学家在宇宙空间至今也没有找到所对应的反物质。

那么，反物质是怎么丢失的？暗物质是由什么组分构成的？暗能量到底是什么？它的物理本质是什么、能开发利用吗？宇宙大爆炸前是什么、能检验吗？这些基本问题向全世界的科学家提出了挑战。

根据我多年在工作、研究中的体会，暗物质和暗能量问题很类似于100年前相对论和量子论建立前的困惑。暗物质和暗能量之迷可称为21世纪现代物理学中两朵新的“乌云”。它将极有可能孕育出新的物理学重大发现乃至科学革命，对于未来的科学发展具有难以估量的重要作用。

暗物质是指具有质量但不会和光发生直接作用的物质。需要指出的，暗物质看不见，是指用光（电磁波）看不见；但如果用引力波就能“看”得见了。

暗能量则是指充满宇宙空间，驱使宇宙膨胀加速、具有负压强的能量。

暗物质的主要研究目标是发现其组成的基本粒子，而暗能量研究的主要科学目标是认识它的物理本质。

我国对暗物质、暗能量的研究早些年是以理论研究和国际合作为主的。

2005~2008年，由中科院基础局主持制定了我国暗物质暗能量探测研究的路线图，提出了“上天、入地、到南极”的战略规划。通过这些年来的努力，我国科学家在“悟空”暗物质卫星对暗物质粒子的间接探测、四川锦屏地下实验室对暗物质粒子的直接探测以及通过参加国际天文观测（BOSS、eBOSS等）合作组、对于暗能量的探测方

面都取得了重大的进展。  
需要指出，对于宇宙起源、暗物质和暗能量的探索，属于基础研究，但它所涉及的技术是高精尖的。另外，这些重大前沿科学问题的研究是长周期的，需要一代一代人不间断地持续努力。需要改革我国的科技评价体系，吸引年轻人加入这一领域、从事职业研究。

### ■ 物理学的发展：知道的越多，不知道的更多

全国政协委员，中国科学院院士、中科院理论物理研究所所长蔡荣根

我是一名从事理论物理研究（引力和宇宙学研究方向）的科研人员，就自己的知识和认识，我感受到物理学的发展，知道的越多，会发现不知道的会更多。

物理学是一门研究物质相互作用和运动规律的学科，它是一门基础学科，更是现代科学和技术的基础。我们周围的客观世界，小到组成质子、中子的夸克，大到整个宇宙都是由物质构成的。这注定以揭示物质基本结构、相互作用以及运动规律为己任的物理学对人们理解自然的奥秘，推动经济社会发展会起到极其重要的作用。

三次工业革命的历史充分地反映了这一点。

17世纪和18世纪牛顿力学体系和热力学理论的建立催生了以蒸汽机的利用为代表的工业革命；19世纪麦克斯韦电磁理论的建立催生了以电气使用为代表的第二次工业革命；而20世纪初建立的相对论和量子力学则催生了以原子能和信息技术的使用为代表的第三次工业革命。

这三次工业革命的共同特点是首先在揭示客观世界的基本规律上取得了突破，而后导致了技术的创新和突破，从而极大地改变了人们的生产和生活方式。

到19世纪末，以经典力学、热力学、电磁学和光学为代表的经典物理学已趋完备。所以英国著名物理学家威廉·汤姆孙在英国皇家学会1900年的新年演讲中充满激情地说道：物理学的大厦已基本建成，以后的物理学家只能做些修修补补的事了。

但是物理学晴朗的天空中还飘着两片乌云，一片是所谓的黑体辐射的“紫外灾难”，另一片是迈克尔逊-莫雷实验预示的“以太说”的破灭。正是这两片乌云导致了20世纪物理学的蓬勃发展。黑体辐射的“紫外灾难”导致了量子论，而“以太说”的破灭导致了相对论。这二者被称为20世纪物理学的两大成就，也是现代物理学的两大支柱。

基于量子论和相对论，物理学本身在20世纪得到了极大的发展，也推动了其他学科和技术的发展。从而20世纪被称为物理学的世纪。

除了相对论和量子论，20世纪物理学还有许多重要的进展和成就。譬如，1915年，爱因斯坦提出了广义相对论，颠覆了人们对牛顿万有引力定律的认知，这是对引力本质认识的质的飞跃。广义相对论的两大预言：引力波和黑洞，最近也被实验观测到和证实，二者都获得了诺贝尔物理学奖。

另外，人们建立了两个标准模

型：一个是描述物质微观结构的粒子物理标准模型。随着粒子物理标准模型的最后一步（希格斯粒子，也被称为“上帝粒子”）于2012年在欧洲大型强子对撞机上被发现，粒子物理标准模型取得了极大的成功。另一个是基于爱因斯坦的广义相对论和量子场论建立的描述宇宙演化的宇宙学标准模型。现代天文学观测与宇宙学标准模型预言基本一致，人们可以基本理解从宇宙大爆炸到现在138亿年的宇宙历史演化。

经过20世纪及本世纪二十余年的物理学蓬勃发展，物理学的大厦是否已经完成？非常遗憾，这个答案是否定的——我们知道的越多，我们不知道的更多。物理学向更深的层次，更复杂的体系，以及更广的尺度演进，向我们展现了更多的未知世界。

现在观测到的暗物质和中微子质量的存在，预示着粒子物理标准模型是不完备的。

2021年缪子反常磁矩的精确测量显示了实验与理论预期存在超过四个标准偏差。这显示存在超越粒子物理标准模型的新物理。但是新物理在哪里？它是什么？我们还一无所知。

暗物质是超出粒子物理标准模型的新粒子，还是一些宏观物体譬如宇宙早期形成的原初黑洞？人们还没有答案。

中微子的质量起源？我们也不知道。

宇宙学标准模型尽管与天文观测基本一致，但是粒子物理标准模型描述的物质只占宇宙成分的5%，除了占28%的不知道的暗物质，还有占更多成分、达到67%的暗能量，我们也不清楚它的本质。

另外，作为宇宙学标准模型的重要组成部分，我们的宇宙在极早期（宇宙诞生后10<sup>-32</sup>秒左右）经历了一个极短时间的加速膨胀过程（被称为暴胀过程），但是什么驱动了宇宙早期暴胀？我们也不知道。

特别需要强调的是，近年随着天文观测精度的提高，人们发现高红移宇宙学观测测得的宇宙膨胀速度与邻近宇宙学观测得到的膨胀速度超过了四个标准偏差。这个严重的问题被称为“哈勃常数危机”。这预示着宇宙学标准模型需要修改，还是存在某些测量误差人们还没有理解。这样的“危机”也可能预示着新的物理学突破的机会。

当然物理学还存在其他许多重要的问题。例如，黑洞已经被观测到了，但是黑洞的内部结构如何？黑洞的本质是什么？是否存在一个自治的量子引力理论？所有相互作用可以被纳入一个统一的框架吗？量子信息与时空的起源有本质关系吗？等等都有待于人们去探索、去回答。

暗物质和暗能量被称为21世纪物理学天空上的两片乌云。人们相信，这些问题的解决也会导致物理学的新革命并进而催生新的技术。

### ■ 奇妙的“光”

全国政协委员，武汉大学高等研究院副院长、国家重大科技基础设施上海光源二期工程原总工程师何建华

“光”是物理世界最直观、最奇

妙的存在。对光的研究早在2000多年前的古希腊时代就开始了。我国春秋战国时期伟大的思想家、科学家墨子也发现了光的反射定律。

关于光的本质是什么，历经了几百年的争论。直到近代电磁波理论与量子力学的发展和实验证实，才最终确定了光是一种电磁波，同时也具有粒子的属性，我们称之为光子。按照基本粒子分类，光子是玻色子，可以高密度聚集处于相同的状态，从理论上说光的亮度没有物理极限。

光照亮了世界，带来了世界的色彩斑斓、绚丽多姿。人们的日常生活极大地依赖光的利用。但光对世界的影响、光的奇妙之处，远远不止这些。

地球上一切生命赖以生存的能量归根结底都来自太阳光。植物的光合作用创造了人类赖以生存的丰富植物、食物和能源。光通讯成为现代信息社会的基础，光刻技术成为现代工业制造最璀璨的明珠。光学显微镜让人们看到了微观世界的奥秘。人类对浩瀚宇宙的探索也主要是通过接收遥远星光发出的光——电磁波来实现的。

发明更强的光把我们的世界从微观到宏观照得更亮、实现更多用途，是物理学家和工程师们永远的追求。

20世纪60年代，基于受激辐射光放大原理的激光器问世，激光器在科研、通讯、精密加工、军事、医疗等领域得到了广泛的应用，被誉为20世纪最伟大的发明之一。通过科学家们不懈的努力，激光的强度与功率也不断提高，目前超强超短激光的峰值功率已经可以达到10拍瓦级（1亿亿瓦），超越了在自然界观察到的最强光。

利用受激辐射光放大原理产生的激光是单频的，波长主要在红外、可见光和紫外波段，目前所能达到的最短波长限于紫外光区。有没有可以覆盖宽光谱范围又具有极高亮度的光源？科学家们另辟蹊径，发现了利用高能电子同步加速器产生的电磁辐射来获得高亮度光源的新途径。

高能电子在磁场作用下运动方向发生改变时，会沿切线方向发出很亮的同步辐射光，同步辐射光源由此诞生。同步辐射光源及其衍生而来的自由电子激光光源成为另一类新型先进光源，具有宽光谱、高亮度、波长连续可调的特性，可以覆盖从红外、紫外到X射线的全光谱范围。特别是在用途非常广泛的X光波段，其光亮度比起常规的X光机要高出10亿倍以上。

同步辐射光源是研究物质微观结构的利器，涵盖从蛋白质、细胞到晶体、薄膜、纤维、纳米材料等各种物质研究，在其相关的诸多学科与产业领域都有广泛的应用。

近三十年来同步辐射光源得到了快速发展，成为诸多学科领域前沿研究与高新技术研发的独特平台。

目前比较有挑战性的应用领域、方向包括：量子材料与器件、新能源电池、催化、新药研发等；特别对我国而言，还有极紫外光刻。

特别是人工光合作用研究，如果获得突破，将对人类粮食生产带来根

本性的影响。光合作用机理研究涉及大量的生物分子结构及变化、相互作用、电子转移等复杂过程，实现人工光合作用需要对上述过程进行系统研究与精准调控，从目前看，没有比同步辐射光源更好的手段了。当然，这也是极具挑战性的研究，难度很大。

当我们仰望星空，捕捉到超新星爆发的绚丽光彩，那正是自然界的同步辐射光源在向我们闪耀光芒。有理由相信21世纪是光的世纪，奇妙的光还将为我们的世界创造更多奇迹。

### ■ 利用粒子对撞机加深对宇宙起源与演化的认知

全国政协委员、中科院高能物理研究所研究员高杰

我的本职工作是高能粒子对撞机，在这里就物质、宇宙与对撞机话题做一个交流。

2005年，《科学》杂志发布了人类所面对的125个科学本源问题，反映了人类面对的共性挑战。其中，第一个问题便是“宇宙由什么构成？”。粒子物理的基石标准模型告诉我们，宇宙物质由一系列诸如夸克、胶子等基本粒子所组成，而希格斯场与所有的基本粒子相互作用，并赋予粒子质量；此外，希格斯场也与粒子物理前沿的暗物质、宇宙相变等重大问题紧密相关。

2012年，欧洲核子研究中心（CERN）宣布在27km周长的对撞机LHC上发现了科学家在20世纪60年代理论预测的希格斯玻色子。这一发现揭示了物质质量的产生机制，是人类认识自然的重要里程碑。比利时理论物理学家弗朗索瓦·恩格勒和英国理论物理学家彼得·希格斯因希格斯玻色子的理论预言获2013年诺贝尔物理学奖。

在希格斯玻色子发现以后，粒子物理的发展面临着重大转折：一方面标准模型得到有力验证；另一方面理论和实验的研究都表明这并不是终点，粒子物理仍面临如下重大前沿问题亟须解决——基本粒子的质量和不对称性的起源是什么？物理真空是否稳定？超越标准模型的新物理、新粒子以何种形式、在哪个能标出现？宇宙中物质-反物质的不对称性，暗物质、暴胀存在的形式和作用的机制是什么等等。

无疑，对上述任何问题的解答都意味着人类认知的巨大突破。通过希格斯玻色子性质的精确测量和研究是探索上述问题最有希望的探针，是最可能找到通向未知物质深层和宇宙奥秘的突破口之一。

人类对上述共性问题探索的步伐从未停止。自20世纪60年代粒子对撞机被发明以来，粒子对撞机成为人类研究宇宙万物基本单元——微观粒子最为重要的工具。利用粒子对撞机加深人类对物质深层和宇宙起源与演化的认知是全球科学家的主流共识。

2012年7月，希格斯玻色子发现后，中国科学家抓住机遇，于2012年9月在国际上提出建设可作为“希格斯粒子工厂”的“环形正负电子对撞机（Circular Electron Positron Collider, CEPC）”国际大科学装置。同时，建设希格斯工厂也是全球高能物理界公认的未来发展的必由之路和共同追求。2020欧洲粒子物理学战略更新新认

定建造正负电子希格斯工厂是未来粒子物理对撞机发展的最高优先级。日本和美国也在积极筹划“希格斯工厂”。

基础研究是科技创新的根基和源泉，是所有技术创新、应用与发展的总机关，也是国际竞争的战略焦点之一。基础科学大科学装置作为科技界的“国之重器”，是大国竞争博弈的焦点之一，代表国家科技实力的最高水平。

2021年3月印发的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》中指出，在未来中国深入推进科技体制改革，完善国家科技治理体系的过程中，我国应“主动设计和牵头发起国际大科学计划和重大科学工程”。

习近平总书记在2021年5月的两院院士大会、中国科协第十次全国代表大会上的讲话中再次重申，中国的科学家和科研机构“要主动设计和牵头发起国际大科学计划和重大科学工程，设立面向全球的科学研究基金。”

“主动设计和牵头发起国际大科学计划和重大科学工程”这一国家战略的落地实施，将为加快建设科技强国，实现高水平科技自立自强，促进世界科学中心东移，起到关键作用。

中国作为全球经济体量第二大国家，应面对竞争，抓住战略机遇，勇于面对全球共性挑战，拓展人类对物质和宇宙的认知边界，为人类科学文明作出中华民族应有的贡献。

### ■ 大科学装置也要考虑区域布局

全国政协委员，教科卫体委员会主任、科技部原副部长曹健林

四十年来，以同步辐射光源为代表的中国大科学工程之建设和应用水平有迅速提高，已经成为中国科技进步和综合国力提高的标志之一；另一方面也看到，如果从国家经济总量和综合实力、国家从事研究发展工作人数和高等教育规模等需求来看，我国的大科学工程（高水平开放共用研发平台）数量还太少，水平也还不够高，尤其是少有原创、独到和国际领先。

我认为，我们的建设速度还应大大加快；特别是还应鼓励基础科学界和工程技术界提出更加大胆的方案。和我国几十年来大规模基础设施建设相比，大科学工程花钱真不是大钱。

另一个建议是大科学工程应该多考虑相对边远地区和科技力量的全国合理分布。

以我的亲身经历为例：贵州的“天眼”（全球单口径最大的射电天文望远镜）所在地建设前是一个极其偏远落后的深山区，“大锅底”居住的几家人要走7公里山路才能到公路边，公路边的村委会只有一张桌子，来人超过10名就没有坐的地方。而如今，村委会之地是一个星级酒店，周边有数不清的民宿，早已成为贵州旅游的新名片和网红打卡地，估计那一带一年的旅游收入增加值足够建几个“天眼”。

因此，我认为，除了天文口的大科学装置有类似的要求之外，物理、材料、工程、生命科学与技术等的大装置建设优先考虑西部地区。这类大装置是重要的科学研究和技术创新之利器，对于吸引、凝聚和留住人才有不可替代的作用，也将大幅度改变科技人才的“孔雀东南飞”现象。