

ICAN的激光器会使用成千上万个光纤激光器。 图片来源:PHIL SAUNDERS

谁来拯救“玩不起”的高能物理

光纤激光点亮未来粒子加速器

在不断发展的物理高能隧道的尽头,光还会是光吗?该领域对更强大加速器的追求正在与社会为其支付费用的意愿相冲突。

高额投入带来困境

瑞典日内瓦附近的欧洲核子研究组织(CERN)中的大型强子对撞机(LHC)拥有27公里长的圆形隧道,探测器和教堂差不多大,其费用有将近100亿美元。接下来,物理学家想要建造一个31公里长的国际直线对撞机,费用高达250亿美元,并且他们还在探讨建造更大的机器和更长的隧道。迟早,这些野心将会陷入困境——除非一些花费彻底便宜下来的新加速器技术得以实现。然而,一个欧洲物理学家团队在简单的光纤激光器中看到了希望。

几十年前,研究人员就已经知道激光脉冲可以加速带电粒子,但直到几年前,他们才能用该方法产生足够高质量的粒子束。余下需要克服的问题就是数量:能够在合理的效率下,以足够高的重复率产生足够强烈脉冲的激光并不存在。

现在,一些欧洲物理实验室的联盟称,他们可以在不建造一个新的高能激光器的情况下满足必要的条件。这就需要用到光纤激光器——它们是电信行业的主力,并将其所有的产出结合成为一个超级粒子束。在欧盟为其长达18个月的试点项目投资50万欧元后,这些实验室使用64个光纤激光器顺利合并光束。如果欧盟下一个7年研究预算允许(目前尚未敲定),他们希望用成千上万个光纤扩展建成一个全尺寸的激光器。

循序渐进的尝试

物理学家不仅到达了国家预算的极限,同时也到了技术的极限。为了寻找新的物理现象,他们最终会加速轻子——比如电子和正电

子——至超过5TeV(5万亿电子伏特)的能量。不过,若想使用今天的技术到达这一步,将耗费数百兆瓦(MW)的电力,相当于一个中型电站的所有输出。“没有技术可以为超过5TeV的轻子对撞机服务。”法国原子能委员会实验室的Roy Aleksan如是说。其难题在于,目前用于加速离子的无线电波无法提供足够大的动力,因此需要大量连续的微波腔以达到高能量。而这些微波腔并不能很有效地将插接电转化为电子束功率。

30多年前,美国加州大学洛杉矶分校的John Dawson和Toshiki Tajima提出了一个截然不同的策略:在激光激起的等离子体中对粒子进行加速。等离子体本质上是一种带电粒子(离子和电子)的气体。如果一个高能激光脉冲发射到等离子体中,激光的电场会排除那些很轻的电子,而更重的离子则很少移动,其尾流中就会有缺乏电子的正电荷泡沫,随后会出现一个负电荷(在电子重新涌入时形成)区域。结果就会形成一个和脉冲前进方向平行的强大电场。这种“尾流电场”可以大幅加速电子——来自等离子体的电子或是专门注入其中加以利用的电子。

当Dawson和Tajima提出这种尾流电场加速技术时,激光脉冲还无法足够短促有力。不过,20世纪80年代中期罗彻斯特大学的Gérard Mourou和Donna Strickland发明了啁啾脉冲放大(CPA)技术。通过该技术,研究人员可以得到10-100GV/m GV/m为十亿伏每米强度的尾流电场,比传统的射流加速(10-50MV/m)的能量强度要高3个数量级。不过粒子物理学家并没有严肃对待这种技术,因为它生产出的是质量差和低亮度的粒子束。

然而,2006年,加利福尼亚的伯克利国家实验室在仅仅3.3厘米长的等离子体管道中创造出了一个高质量的1-GeV(十亿电子伏特)电子束时,怀疑者们开始对其刮目相看。2009年,国际未来加速器委员会和国际超高强度激光委员会

设立了一个联合工作组,旨在调查这些新型激光技术如何帮助加速器的发展。在2011年发表的报告中,工作组草拟了一项计划——使用成百上千个激光等离子体模块构成的正负电子对撞机来加速粒子。该机器将比现在的加速器小很多——不过几千米长——而且很可能成本要小得多,而它能够达到1到10TeV的能量。

光纤激光器登场

不过必要的激光器仍然不存在。尽管CPA使研究人员创造了具有足够高峰值功率的激光脉冲,但这种激光器通常会一秒一次地进行发射,对于产生强烈的粒子束来说过于缓慢。对应TeV数量级加速器的激光器需要每秒产生数以千计甚至数以百万计的脉冲,以避免巨大的能量消耗,同时还需要高的功率转换效率。“这就需要使其整体得到提高:高峰值功率、平均功率和效率。”Aleksan称。

该报告提出了一个长期的研发项目来开发必要的激光器。不过,目前在巴黎高等理工学院工作的Mourou有一个更好的想法:使用一个在电信行业中很普遍且便宜的工具,即光纤激光器——仅仅是掺杂了镱的光纤。在加入其他来源的光后,光纤激光器可以在高效率下以高重复率产生粒子束。而它们所缺少的是产生超短、大功率脉冲的能力。

因此,Mourou提出,联合成千上万个光纤激光器的产出以创造一个可以驱动TeV加速器的光束。该系统会通过从种子激光器中获得短脉冲,将脉冲拉伸并在大量光纤激光器中放大来进行运作。之后这些脉冲就会重新组合成一个单独的光束,并被压缩产生短的、大功率的脉冲,再将成千上万个光纤激光器产生的脉冲组合成为一个单独的光束。所有的光束都必须很精确地处于各自的相位,否则一些光束会破坏性地干扰其他光束,从而

减弱最终形成的光束的能量。“人们觉得这很疯狂。”Mourou称。

Mourou促成了国际相干放大网络(ICAN)与CERN、英国南安普顿大学、德国弗劳恩霍夫研究所的同行的合作。在一年半的研究后,他们表示这种相干组合可以实现。在其于今年早些时候完成的最终验证中,他们将64个光纤激光器组成8×8的方阵,使其光束平行出现。在允许光束可以轻微重叠的前提下,研究人员能够观测到每个光束和离其最近的4个相邻光束的干涉模式。摄像机记录了这些模式,在检测了相位中的任何差异后,一个反馈回路会回到有问题的光纤激光器中,并立即调整相位恢复正常。

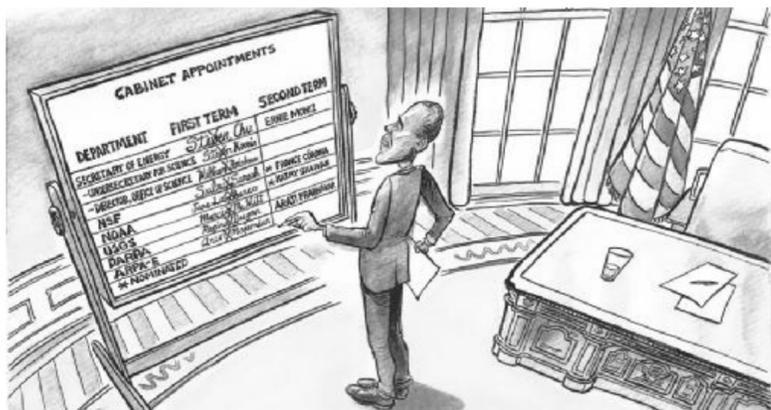
检测并调整一个粒子加速器所需要的约3万个光纤激光器是十分艰巨的任务——Mourou认为其艰巨程度相当于设计欧洲极大望远镜所遇到的挑战。不过ICAN的验证证明了这一原理的可行性。

ICAN项目吸引了其他看到高峰值功率和快速脉冲激光器希望的组织的注意。相同的技术可以为被称作自由电子激光器的一种X射线光源提供低成本以及医疗同位素。“ICAN项目预示着在基于激光和等离子体的粒子加速领域的一场革命。”俄罗斯罗蒙诺索夫莫斯科国立大学Skobeltsyn核物理研究所的Alexander Pukhov如是说。

在项目的技术应用到其他领域之前,Mourou和其团队需要证明他们可以建造一个具有所需功能的全面的激光器。如果下一个欧盟研究预算可以提供他们所需的300亿欧元资金,他们也许可以说明其原理论证是否预示着粒子物理学的光明未来,还是仅为昙花一现。“他们需要开发出一个加速器。”Aleksan说,“然后人们就可以说‘这正是我们可以使用的东西’。”(张冬冬)

老手打造的新团队

——《科学》点评美科学机构领军人物



奥巴马的新团队缺乏活力,但是可能有更多的管理经验。 图片来源:MIKE JENKINS

对他的任命。观察者表示,Moniz在政府中的状态是安逸的。到DOE之前,他在克林顿科学政策小组担任了两年的高级官员。从那时以来,他一直是政府和白宫顾问小组的中坚力量。“像Ernest一样了解华盛顿的科学家并不多。”前DOE高级官员David Garman说。

这样的熟悉能够解释Moniz进行DOE管理改革的行动。除了重组DOE的领导班子结构外,他正在讨论简化17个实验室和成本为50亿美元的科学办公室所构成的庞大网络的方法。

国家科学基金会主任: France Córdova 与 Subra Suresh

国会将国家科学基金会(NSF)从今年自动减计划的冲击中拯救出来,奥巴马要求其预算在2014年增长10.5%。但是,尽管NSF的预算受到优待,France Córdova将仍需要她的管理技巧——她在过去10年担任普渡大学和加利

福尼亚大学河畔分校校长时早已练就这一本领,同时在克林顿首个任期里担任宇航局局长Dan Goldin的首席科学家的3年中获得了对华盛顿的认知。

担任NSF主任后,她面临的最大挑战是,维持NSF基本的学科研究项目,并且不忽视新的机遇。前任主任Subra Suresh创建了OneNSF模板来启动项目,这些项目有助于促进高风险合作研究、企业家精神和国际合作等政策。

NSF的2014财年预算申请将进一步推动它们。但是参议院拨款委员会主席Barbara Mikulski告诉NSF,一旦国会通过的预算未能与总统对于NSF的6个研究理事会的总体预算要求相匹配,则可能需要缩减OneNSF的资金。

Córdova也将需要一个战略以推动白宫整改STEM(科学、技术和工程)教育的计划。尽管国会反对总统提出的使NSF成为3个领导机构之一,以及增加STEM教育全部资金的建议,但是白宫不太可能放弃该计划。

另外,在紧缩的预算中,为国家昂贵的新科

学设施寻找资金,这个长期的挑战也可能再次进入人们的视线。与此同时,生态观测网络仍在飞速发展,而且,今年相关部门为NSF开建大型综合巡天望远镜的经费申请大开绿灯。

国家海洋和大气管理局局长: Kathryn Sullivan 取代 Jane Lubchenco

20年前,成为首位在太空行走的女性后,Kathryn Sullivan开始在国家海洋和大气管理局(NOAA)从事更平凡的工作。作为该机构的首席科学家,“她是解决麻烦问题的能手”,能够帮助清理麻烦项目。

现在,Sullivan被奥巴马提名取代NOAA局长、海洋科学家Jane Lubchenco,她将负责完成一些相同的项目。而在她的任务清单的前排,是一个120亿美元的卫星项目——联合极轨卫星系统(JPSS),该项目已经经历了20年的成本超支和改组问题。

作为一位地质学家,Sullivan以首席科学家的身份参与了JPSS早期版本的工作,并在2011年回到NOAA担任高层领导时,开始推动重要改组工作的实施。海洋学家James Baker表示:“她理解重大技术所带来的问题。”

Baker还预测,Sullivan在俄亥俄州运营博物馆和科学教育项目的经验,迟早会在她推动NOAA从建立气象模型到调节渔业等一切事务上派上用场。

后续精彩

白宫还将宣布其他许多重要科学职位的任命。在DOE,公开职位包括科学办公室主任、一个负责监管科学和能源项目的新副部长职位,以及促进新技术商业化的能源高级研究计划局局长。

地质调查局(USGS)的最高职位也需要新的人选,但是前任局长Charles Groat表示,找到一个合适的候选人十分困难。因为USGS的预算已经停滞,他表示:“这已成为一个管理衰退局面的职位。”(张章)

科学线人

全球科技政策新闻与解析

政事

美科罗拉多河面临水荒威胁



研究人员称,气候变化会在将来导致更多的水库削减水量。 图片来源:T. Ross Reeve

一个不好的消息是,美国科罗拉多河的水坝管理者将削减明年鲍威尔湖(美国西部一个巨大的水库)所释放的水量。科罗拉多河流经科罗拉多大峡谷,为拉斯维加斯市数百万的家庭以及亚利桑那州和加利福尼亚州的大型农场供应水源。

美国垦务局8月16日宣布,10月起,格兰峡谷大坝的出水量将减少9%。居民和农民仍将获得和现在一样的供水量,但是这一决定突显了未来供水短缺的可能性。加州奥克兰市太平洋海洋研究所气候专家Peter Gleick说:“我认为,这是一个对科罗拉多河沿岸用水者的严重警告——我们遇到了大麻烦。”

在历史上,当落基山脉的积雪融化后,科罗拉多河河水会暴涨,之后到了夏天水位又会回落。两个巨大的水坝改变了这一境况,它们全年调节河流的水量并产生数十亿千瓦的电力。1966年,巨大的鲍威尔湖因北亚利桑那州格兰峡谷大坝的建造而形成。其下游575公里处的胡佛水坝于1936年修建,并因此形成了靠近拉斯维加斯市的一个大水库——米德湖。

根据2007年美国7个州之间达成的关于科罗拉多河的用水协议,垦务局必须保证一定的水库供水。这两个水库堪称美国最大规模的水库,目前处于半满的状态。垦务局科罗拉多河上游地区主管Larry Walkoviak在一个声明中说:“在过去的100年间,这是一段最糟糕的长达14年的干旱期。”

由于干旱,从集水区流入科罗拉多河上游和鲍威尔湖的水量很少。今年7月份的水量只有正常水平的13%,因此鲍威尔湖持续干涸。从10月1日开始的下一个运营阶段,垦务局将释放9.23立方千米的水,而以往该数值通常是10.15立方千米。(段敬涛)

人事

美宇航局副局长辞职



Lori Garver

美国宇航局(NASA)于日前宣布,NASA副局长Lori Garver在4年任职之后辞职。作为由NASA局长Charles Bolden领导的第二把手,Garver在商业太空运输和捕捉小行星任务等发展计划中担任重要角色。她还曾在总统奥巴马的竞选和任职期间就空间政策提供建议。Garver未来将担任总部设于华盛顿的民航飞行员协会总经理。(苗妮)

美研究员因不端行为受制裁

美国俄亥俄州克利夫兰市凯斯西储大学的一名皮肤病研究员因不端行为,受到研究诚信办公室(ORI)的制裁。Pratima Karnik承认,她向国立卫生研究院提交的经费申请中的一些内容,抄袭了她曾同行评议过的一份经费申请书,以及8篇研究论文和一份专利申请。位于马里兰州洛克威尔的ORI于8月6日表示,Karnik已同意让自己的研究接受监督,并在公共卫生服务方面的同行评议或建议中将其除名两年。(苗妮)