

# 高能物理学在国民经济中的作用

朱 爱 民 编 译

高能物理学着眼于发现和了解物质的结构。但是,这一基础学科必须同其他学科竞争,以期吸引投资者的重视。

应用科学追求将投资资本快速地转变为可行的市场产品。在经济困难时期,这一点对投资机构及政府是有吸引力的。而经济方面的利益及技术方面的关联也成了高能物理这样的基础科学的成功与否的检验标准。

高能物理学,不管它最初的学术目的如何,也确实具有在副产品方面成功的重要记录,但当人们的注意力集中在基础知识的突破上时,常常会忽略它所带来的相关效益。这方面的一个最突出的例证就是伦琴在 1895 年发现电子可以产生 X 射线。

**成就** 粒子物理学拥有大型而复杂的研究工具——加速器和探测器,它本身就是一项非常成功的技术。

高能物理学基本上是一门实验科学。最近 15 年中,共有 33 位物理学家因新发现和新技术而获得诺贝尔物理学奖,其中的半数以上是粒子物理学家。

**应用科学的结合** 随着实验的越来越困难,科学的突破往往跟随着新思想和新技术而出现。粒子物理学工作的主要部分是应用物理学、技术和信息学,它们也象工业界那样讨论革新、质量及性能价格比等指标。

副产品系指两个方面而言。有些技术是因高性能加速器和探测器的直接需要而搞起来的,其他领域从中受益。同时,高能物理研究又从工业界和其他科技领域接收许多新技术。

不久以前,这类科技活动的规模还不怎么大,但目前的实验合作已能包罗几大洲的成百上千的研究人员,这就导致高度组织性的复杂的基础结构的发展。高速、大数据量的通讯是很平常的要求,它业已推动这门技术发展

到登峰造极的地步。

基本的研究工具——加速器和探测器——必须非常可靠。在一年中的大部分时间内这些装置必须不间断地运行,成千上万的研究人员以此为生。

加速器和探测器尽管非常复杂,但其运行效率实际上能达到 80%。一个实验的成功运行意味着在成千上万个电子学读出通道中在一个时刻最多只能有 1—2% 的失灵。一些加速器一年的运行时间超过基极负载电厂的运行时间。

**受加速器影响而产生的技术** 有很多技术是得益于加速器技术而产生的:超导电性和低温学,离子源;超高真空和相关科学,高频和微波工程,机械工程,电子工程和功率电子学,控制,仪器仪表,测量及加速器技术本身。

**由实验产生的技术** 实验物理产生的效益可以列出一长串,足够写一篇大文章,其中包括:电离粒子的测量装置(盖革计数器是第一个),数据获取系统,计算机控制,高速度的在线图形识别和数据选择,模拟工作,计算和联网,模-数转换,数据读出系统(CAMAC)等。

**加速器应用** 1989 年, Oscar Barbalat 曾经论述过这一问题。加速器除了应用于粒子物理、核物理和原子物理研究外,还在其他许多领域发挥作用:用加速器产生的同步辐射研究凝聚态物质和材料科学;用加速器产生的离子源研究凝聚态物质和材料科学;用裂变源产生的中子研究凝聚态物质和材料科学;用辐射研究化学和生物学;在医学中用于诊断和放疗;工业过程中的离子植入、辐照处理、食品防腐、卫生保健等;动力工程和能源研究;放射性废物焚化……

**模拟** 科学一度要么是理论研究要么是实验研究。由于有了高速度、大功率的计算机,模拟现在又成了一种补充的方法。高能物理研究

机构利用其一半以上的计算能力进行模拟研究,获得了丰富的经验。例如,由国际合作研究的 EGS (电子- $\gamma$  簇射)解码,由 SLAC 实验室向 1000 多个高能以外的用户发布,它是用电子加速器进行一切癌症研究和治疗的先决条件。核级联研究的重大发展源自强子簇射的模拟。现在已经可以使用这类编码进行劈裂源设计和惰性聚变研究。

**计算和联网** 为了探索越来越稀少的现象,物理学研究必须有更大的数据样本,因而也就要求更高的事例率。计划在 CERN 建造的大型强子对撞机 LHC 实验中的高速数据流在每秒比特数方面可以与全世界的公共通讯率相比。为了适应如此大的数据率,需要一流的甚至更高级的计算机,还需要有用于分析及模拟的图形识别装置和软件。

这些高数据率实验涉及到全世界范围的大型国际合作,其最主要的通讯手段是计算机网络。

在一项大型实验中,至少有一半的工作是与信息学有关的,主要是与工业部门的合作。控制方面的发展,如已经采用的 CERN 世界网络(WW)就能近乎同时地利用世界各地计算机中的数据,专家们正对此进行进一步的研究。

高能物理研究机构也正率先对大量数据进行并行处理和筛选。

罗马的理论物理学家们研制了一种计算机,它们的计算能力空前强大,且造价很低。这种计算机本来是为格点规范计算而设计的,现在却到处有售。

**专利和版权** 当今,投资机构看重可见的技术潜力,大型的花钱多的纯粹和应用科学喜欢利用专利、版权及由此产生出的效益等“硬性”指标。在应用科学和工业界,每位科学家或工程师平均每年可望有 0.1 项专利。这样,投资机构就能按照专利的完成情况来评价研究所的工作。

高能物理学家却出不了多少专利。其主要原因不是缺少什么有意义的技术潜力,而是因为他们有自由合作的传统,常将成果发表在公

开发行的、极易获得的杂志上。

另一个原因是研究理论没有明显的直接应用,即使是最有远见的科学家也看不到这一点。通常也没有什么诱因使他们愿意办理既费力又花钱的专利申请手续。

在一个大型国际合作组中,究竟谁是知识产权的所有人呢?要解决这一问题,可以援引出版论文的著作权,因而专利就属于较大的组。但是,科研领域获得的专利必须让整个领域能够无偿获得,以便推动进一步的发展。

**经济效益** 在 1975 年和 1984 年 CERN 开展高科技工业合同项目,这批合同价值七亿五千万瑞士法郎。政府也要求工业界估计出他们与 CERN 合作的受益情况。估计对外部用户的销售利润是 CERN 原合同的三倍。

日本 KEK 实验室进行了一项类似的研究。在 1971—1991 年间,工业界的购买项目每件至少有 500 万日元,总计约为 1000 亿日元。这一数量相当于 KEK 同期材料花费的一半。调查结果表明在多半的情况下销售值提高了 10%,在近半数情况下造价减少了 10% 以上。

北京正负电子对撞机的建造使得中国的好几个工业部门能够提供符合西方标准的关键技术部件。这一成就的获得是中国工业界与中国科学院高能物理所密切合作的结果。工业界的伙伴们看到了这种实惠,他们可能寻求更大的合同。

高能物理研究的这些好处已为人们所了解,但是,目前尚没有一种明确的方法来测量这种经济效益。这种效益常常出现在与主要经济统计联系不密切的领域。例如,物理学的许多副产品出现于测量装置领域,它们本身不象大批量生产的产品那样具有市场,但它们却在生产过程中和医学科学等方面起着重要作用。

飞行安全检测是一个例证。监测行李和空运货物的灵敏仪器是根据高能物理技术发展起来的。每一个机场都装备了这类仪器,这本身在国民生产总值的估算中不是一笔大数,但它和空运大有关系,而空运确实是国民经济的一大部分。

高能物理学家们一直在利用他们的专门经验和广泛的国际联系与医学、能源研究、计算机和网络及同步辐射方面的人士进行着富有成果的合作。有时，这些物理学家在这类合作中起推动作用，欧洲超级计算机计划的发起就是一个例证。

几家大公司承认，为高能物理研究发展高技术是一件好事，他们已准备为此而投入资金。

**专项协议** 人员的交流和会商是经常发生的。有些公司(如计算机公司)就在高能物理研究机构里设点。另外一些公司则定期派专家到各大研究中心去。这类工作的经济效益尚未估计过，但 CERN 目前打算更积极地参与这些工作。

俄罗斯的 Budker 研究所准备以向别的研究机构及工业界出售产品的方式赚取他们的一半进项。他们研制了许多种放射源，可用于化工等领域。该所还为客户专门建造加速器，并已成功出口到日本和韩国。

日本的 KEK 实验室和德国的 DESY 实验室都出售他们的同步辐射束线机时。KEK 还利用其质子同步加速器开办了一个癌症治疗中心。同时他们也研制了利用轻离子技术的专用治癌中心。DESY 和 SLAC 利用高强度同步辐射 X 射线发展了非侵入性血管造影技术。许多事业有成的公司都是从物理学起家的，邻近 SLAC 实验室的美国“硅谷”就是最好的实例。这些公司在电子学、控制、软件和测量装置方面的工作都特别活跃。

**研究中心** 尽管全世界研究粒子物理的大学及其他研究机构有 200 多家，但粒子物理的研究中心却只有美国、欧洲、俄罗斯、中国和日本的几个大型实验室。这些实验室反映了所在地区的经济发达程度。所有这些大实验室都在北半球，而且大多是在工业化地区。

由于各国的经济情况不同，所以很难对各实验室的水平进行比较。

为了进行比较，必须将工作人员和用户一起考虑。在欧洲和美国，研究工作是由科研“用户”来进行的，而用户团体是不断变化的。在这

种情况下，实验室负责提供基础设施和加速器。比如，CERN 就拥有一个世界性的用户群体，在 CERN 的整个 3000 人的编制中，纯研究人员只有 100 人。

在俄罗斯和中国，他们的研究机构是令人尊敬的科学院的一个组成部分，研究物理学家大多是科学院的人，是属于在编人员。日本的情况则介乎上述两者之间。

**教育和国际合作** 在 CERN，每年都有近千名新的科研用户进入，他们的平均年龄在 25—30 岁之间，大多(60%以上)来自 CERN 的四个大成员国——法国、德国、意大利和英国。CERN 的另一部分用户来自美国和前苏联国家。剩余的 25% 的用户来自 CERN 的小成员国和别处(如以色列、印度等)。

这些学生在高度竞争的环境中接受了各种技术的实地培训。这一经历对各界人士都是非常宝贵的。这些年轻人中有三分之二最终投身于工商界，有三分之一的职业是远程通讯、计算机及网络。

这一教育观点及其相关的国际主义也正是欧洲“人才流动”计划的目标，该计划促进相当数量的年轻科学家在全欧范围内流动，高能物理学界在这方面起了个带头作用。

**扩大国际合作** 高能物理研究机构是二战后所能见到的最直接“大科学”的产物。他们的研究成果激励了其他国际计划的出台。其中包括著名的欧洲南方天文台、欧洲分子生物学组织、欧洲联合核聚变实验装置、欧洲空间局和欧洲同步辐射装置等。

正是由于纯科学和大批热情的年轻科技大学生的结合，加上工业方面的知识，才使各种大型装置得以建成。

目前，人们正致力于超越地区界限扩大物理研究机构之间的国际合作。几家高能物理研究所已经签订了一份备忘录，同意协同研制下一代正负电子直线对撞机。与此同时，美国超导超级对撞机(SSC)的停建业已促使美国物理学家转而参加别处的高能物理研究计划。

**工业合作** 各大研究中心在内部生产及专

# 等离子体技术及其应用

徐 阳

等离子体是由大量相互作用但仍处于非束缚状态下的电粒子组成的宏观体系,是和固态、液态、气态同一层次物质第四态。自然界的物质主要以这几种状态出现。

人类对等离子体的认识开始于19世纪30年代气体放电管中电离气体的研究,到20世纪20年代,等离子体的基本概念和特征运动的时空尺度已基本建立,30年代到50年代初在借鉴其它学科研究方法的基础上建立了等离子体物理的基本理论框架和描述方法。同时把其研究范围从电离气体、金属中电子气拓展到电离层和某些天体。但只是从50年代起,在受控热核聚变研究和空间技术的巨大推动下,等离子体物理才得到充分的发展并成熟起来,终于在70年代末成为物理界公开的一个独立分支科学。近10多年来,在基础工业和高技术领域低温等离子体科学的广泛应用,更推动了等离子体与其它物理及基础学科、技术领域的相互渗透和交叉,从而增强了等离子体科学和相关技术在国民经济中的影响。

等离子体研究促进了低温等离子体技术在工业工程人员、技术人员和手工工匠的聘用方面的政策存在很大的差异。

在日本,研究与工业方面的合作有明确的政策,因此,KEK实验室只聘用很少的工程技术人员,没有聘用手工工匠。实验室的运行、元器件及装置的生产、样机的建造完全由工业界承担,实验室及有关大学负责提出产品规格和设计要求。在这样一种情况下,技术转让自然就不成为一个问题。这种安排的优点在于科学家们能充分受惠于工业界的经验和设备。

中国和俄罗斯的研究所则是另一种情形,他们自身都有很大的生产能力,因而能在所内生产出所需的大部分材料。

各个领域中的广泛应用。低温等离子体技术近年来以极其迅猛的势头进入了工业应用的各个领域,除去在传统的焊接、切割、照明、冶金、化工、磁流体发电等方面继续扩展其应用之外,在微电子加工、光记录和磁记录技术、材料的表面改性、镀膜、超细超纯材料的制备等新技术领域都显示了独特的优越性,创造了极大的经济效益。与此同时,在臭氧制造、核废料和有毒物质处理等环境保护方面也取得重大进展。方兴未艾的低温等离子体技术的广泛应用得益于多年来低温等离子体物理研究;同时,这些应用又都有力地推动着低温等离子体物理研究的深入开展。

等离子体研究开辟了高技术开发的新领域。随着等离子体物理研究的深入,等离子体研究领域从原来的中性等离子体扩展到非中性等离子体,由于认识到非中性等离子体(电子等离子体、离子等离子体)与中性等离子体一样具有集体效应并掌握了其规律,引起了一批崭新的具有革命性意义的高技术项目的出现,如具有数十吉瓦量级的高功率微波器件的开发,从

美国和欧洲的研究所的情况界于上述两种极端情况之间.他们的政策是自己生产样机、提出新的加速器方案并自行生产加速器部件,因此,他们的研究所也具有相当大的生产能力和技术能力,并经常利用这些条件从事研究发展工作。但欧洲的趋势则是要确定地增大工业的投入。

地域方面的这些方式上的不同是国际未来加速器委员会(ICFA)最感兴趣的研究课题之一,每一种方式都有自己的长处。是否存在一种最好的方式,抑或是是否可以提出一种折衷的解决方案,人们只能拭目以待了。

(编译自《CERN Courier》1994年第3期)