

高能加速器的发展而出现的 一些新技术、新设备

高能加速器的建造和发展，既是建立在当代科学技术的基础上，同时它又反过来直接或间接地促进科学技术的发展和提高。除了高能加速器的束流可以用于研究现代科学技术，诸如同步辐射、强中子源、负 π 介子以及高能重离子点燃受控热核反应外，高能加速器的部件、器件、材料的研制以及有关的工艺技术，甚至一些计算方法等，对现代科学技术都有着实际的应用价值和促进作用。因为高能加速器是一个庞大而复杂的科研设备，主要供基础研究之用，所以它的性能的先进性和技术经济指标的要求，全都高于工业生产设备。设备建成以后，还要不断改造、提高性能。除每年的中小改进外，一般每四、五年要进行一次大的改造，往往要求器件、材料、工艺在现有的水平上再提高一步。它的设计计算的方法也比传统的工业中应用的要更精确。这些方面的水平的提高自然会促进相应的科学技术发展。

离子源

高能加速器中的离子源是用来产生带电粒子的，它有较强的流强、较好的束流光学性能以及稳定的能量，在科学技术中可以有广泛的用途。近年来离子源和低能离子设备在发达资本主义国家里，已经成为一种工业产品。

用加速了的离子去轰击物质表面，能使离子打入物质的一定深度，实现半导体材料的掺杂，这是一个大有应用价值的技术，它比以往采用的扩散法优越得多。用离子源将所需要的金属离子加速到一定能量，轰击半导体基片，实现离子注入，可以严格地控制离子的种类、能量、强度和注入时间，能保证实现预期的工艺要求。利用离子注入还可以对一些无法用扩散法的元素实现掺杂，因此它已成为提高半导体器件质量的一个重要手段。

利用能量很稳定、聚焦很好的微离子束来轰击样

品，并测量其产生的X射线的强度和特征，又是分析半导体样品表面成分的一个有效途径。

空间科学用的等离子体推进器的研究，不论在设计计算方法或工艺技术上，都与离子源技术有着相互的联系。

离子源的发展，对于受控热核反应的研究也是很重要的。最近，有的高能物理实验室利用负离子源和剥离薄膜来发展中性束流，正进行着大量的工作。

大型电真空器件

第二次世界大战中雷达技术的发展，为直线加速器的研制提供了基础，相继制成了用慢波结构加速的电子和质子直线加速器。

速调管是用来向电子直线加速器提供功率源的大型电真空器件。为了建造高能电子直线加速器，美国斯坦福直线加速器中心（SLAC）研究发展了频率近3000兆赫的速调管，脉冲输出功率达到40兆瓦以上，再经过改进，功率将达到140兆瓦。他们的研究成果已逐步转移给邻近的生产电真空器件的凡利恩（VARIAN）工厂。

近几年在建造大型正负电子对撞机过程中，SLAC和西德研制成频率近400兆赫，连续波输出功率500仟瓦的速调管。西欧中心正在拟建能量为700亿电子伏的正负电子对撞机，为了充分补偿电子辐射损失功率，也许还要研制功率更大的速调管。

高能质子加速器的注入器，质子直线加速器的功率源一般采用频率为201兆赫的栅控管，脉冲功率5兆瓦，如缩短脉冲宽度可达10兆瓦。人们为了提高功率转换效率，试图改用速调管。正在研究供医用的质子直线加速器，将采用频率400兆赫的速调管。

高能质子同步加速器中引出束流时采用冲击磁铁。当引出时，要在近百毫微秒的短暂间隔内，使电源上建立起强磁场，从而使粒子束团偏转，离开原来的环

形轨道。作为这样迅速上升的电源的开关，一般都采用重氢闸流管，因它可以承受电流几千安培，电压一百仟伏以上，它也是脉冲雷达重要的部件。

直线加速器本体也可以说是一个大型的电真空设备，因此研制直线加速器和发展加速器用的大型电真空器件，必然促进和影响电真空技术的发展，而这些技术在能源研究和近代科学技术（雷达）中有着重要的应用价值。提高油田的开发率就是一例。我们知道单用油井和泵开采石油，最终只能取得地下石油较低的百分比。为了提高这个百分比，正在利用和研究一些办法。目前已采用的一种办法是向油层注入高压的特殊液体，以增加层的裂纹，使油较易流动。还正在研究一种有希望的方法，是对地层加热，以减低石油的粘度，增加流动性。由于地层是绝热体，用通常的加热方法是不行的，而利用高频加热可能是解决这个问题有效手段，就像使用微波炉灶来进行高效率的烹调一样。据称美国 SLAC 实验所有这方面研究的计划。

此外大功率速调管也被考虑在空间太阳能站应用，以将太阳能传输到地球上。

也正是由于加速器与电真空技术有很多相通之处，在加速器研究中产生了一种新的电真空器件。1977年苏联新西伯利亚加速器研究所研制成一种样管，用加速器产生的相对论电子束来产生微波，功率可以达到几千兆瓦，高功率转换率比一般电真空器件高，可达70—80%，据估计还可以更高。因此引起当时参加国际高能加速器会议各国专家的极大兴趣。

电磁技术

高能加速器的部件从数量和重量来说，以磁铁最多，环形同步加速器主体主要是磁铁。高能加速器要求磁铁有精确的磁场形态，各磁铁间形态相同，其允许误差在万分之几的范围，并要求保持运行中和长时期内稳定可靠。研制磁铁主要涉及电磁技术，其中包括材料的磁性测量、磁场设计、制造工艺、供电电源、磁场及电流的检测和传感元件等一系列问题。

要保证几百块或上千块的磁铁有精确而且几乎相同的磁场，就必须对材料作出精确的磁性测量，这种测量要能真实地反映材料的特性；还必须对生产的大批材料进行迅速的测量，以便于根据磁性加以分批，然后实行掺合。

六十年代中期开始，逐步发展了用计算机设计磁场，这不仅提高了磁场计算的精度，而且代替了大量的模型实验，可以比较方便地改变条件求得较佳的设计。这种方法在类似的电磁设计中有着实用的价值。

精确的磁场设计需要相应的制造工艺来实现，虽然磁铁制造工艺与电机制造相似，但是无论是冲片、叠

装和线圈的位置，其精度都要高得多。

七十年代新建的高能加速器的磁铁供电已采用直接与电网相连，不再采用传统的电动机—发电机—飞轮机组和相应的整流引燃管等。为了得到重复性很好，失真度和纹波很少的电源波形，对可控硅元件稳定可靠性有很高的要求，并要采取相应的滤波、控制等手段。

为了实现对磁铁的质量检查，要发展从探头到数据处理一整套的磁场测量。加速器运行中要保证磁场的稳定，要对磁铁电源的电流进行检测和控制，这就要研究测量精度在万分之一以上的电源传感器和相应精度的数模转换。

加速器研制中涉及的这些要求，给电磁技术提出了一系列新的课题，这些问题的解决对电工技术有很多应用价值。精确地测量材料的磁性，采用计算机设计计算磁场和相应的制造工艺保证，可望提高电工产品的技术经济指标和性能。

超导和低温技术

一般认为，发展高能加速器的超导磁体，是超导和低温技术大发展的一个跳板。因为到目前为止，还没有一个设备所需要的超导磁体材料和低温液氮的数量超过高能加速器。粗略地说，一个一万亿电子伏的加速器，需要百余吨超导线材。要筛选出这上百吨的材料，要求生产的材料是它的两倍或更多。要使这么多的超导材料在磁体上冷却到4.2°K，并保持它，则要研制每小时上千升的液氮机组。大容量的液氮机组效率高而经济。这些材料、设备和相应技术的发展，对研制大型的超导电机、超导电缆等电工器件、超导运输工具和受控热核反应装置等，将提供雄厚的技术基础。美国布鲁克海文实验所，就在研究超导磁体的基础上，开展了超导输电线的研究。

为了减低直线加速器加速腔壁的功率损耗，提高单位长度的加速能量，六十年代开始了超导微波腔的研究。超导腔对工艺要求极其苛刻，不允许一串腔列上出现一点未充分抛光或小小的毛刺，因此在制造单元数较多的腔列时，有很大的困难。但是使单个腔的Q值达到极高，可以作为频标，其相对稳定度可到 10^{-11} ，超过原子频标的水平。

总之，在研制高能加速器过程中发展起来的技术，都能直接或间接地促进一些相应的科学技术的前进步伐。美国 SLAC 实验所与 VARIAN 工厂的结合是一个很成功的例子。1974年西欧中心举办了一个展览会，称为高能物理所引起的工艺问题，也正是旨在推广高能物理研究过程中发展起来的技术，受到各国人士很大的重视。

（徐绍珏）