

北京正负电子对撞机与工业技术

章 炎

(中国科学院高能物理研究所)

工业高技术是建造对撞机的基础。而建造高性能指标和高可靠性的对撞机必将推动并突破工业高技术的前沿。25年来国际高能加速器和高能粒子探测器的发展历史充分体现了两者间相互影响的良性循环。北京正负电子对撞机的建成及其对工业技术的影响标志着这种良性循环的开始。

只有工业技术和社会经济发展到一定的水平,发展高能物理才有可能,这是不言而喻的。北京正负电子对撞机作为一项高技术科研项目,能在短短四年内,从破土动工到初步建成,实现对撞,正是说明了这一基本事实。

新中国成立后,经过30余年的发展,已经形成了门类齐全、相当完整的工业体系,在机电工业、国防工业和原材料工业的不少领域都已达到比较高的技术水平。这正是中央决心立足国内、自行设计、自行建造对撞机工程的基本依据之一。

北京正负电子对撞机的总体设计是在1982年完成的,主要的设计指标以及涉及的加速器技术、探测器技术均反映了80年代初期的同类机器的国际水平。这就使这项工程当时面临着一种态势:我国工业技术的水平和能力已经具备了基本的条件,但是又有差距,有很多关键技术需要突破,有不少薄弱环节需要提高。正确的方针是:一方面充分利用极为有利的高能物理领域良好的国际合作条件,有针对性地积极吸收、消化国外先进技术,并尽可能扩散到工业部门;另一方面以工程任务项目来带动,促使国内工业部门,特别是国防工业部门,将其优势技术向对撞机工程项目上转移和发展,并积极组织联合攻关,提高水平,掌握技术,使之适应对撞机部件的需要。对撞机工程建造几年来的实践,正是贯彻执行了上述方针。

现在,对撞机建成了。它雄辩地说明了高能物理事业必须有工业的强有力支持。在这同

时,通过很多我们亲身经历的生动事实,还可以得出另一条结论:高能物理事业是促进、提高、发展工业技术的主要推动力之一,而这也正是国际高能物理事业几十年来不断发展的历史一再证明的。

西欧核子研究中心(即CERN),30多年来建造了一代又一代的高能加速器。正是这些加速器大工程对西欧的工业技术发展有着巨大影响。针对这项软科学课题,CERN多次对西欧工业界进行广泛、细致的调研。

曾承担CERN定货合同的企业,普遍在接受新的合同额、质量、产量、产品换代、降低成本、内部合作、企业改组等方面都有积极的、显著的影响。与此同时CERN还作出多方面的努力,开展各种形式的交流并与工业界联合组成各种层次的组织,来加强双方的了解、联合和合作。1974年4月,CERN组织了来自工业、科研和大学的300人的大型会议,开了三天。会议交流、展示了250项高技术项目,加强了与工业界的了解和联系。1979年,CERN25周年时举办了有600m²展厅面积的技术成果展览。1985年,成立“与工业界关系委员会”,专门研讨与工业界的合作前景和技术转移。近二、三年来,更为广泛地成立了各种专业技术组织,与工业技术的交流和合作更加强了。

在中国,北京正负电子对撞机是第一个付诸实施并刚刚建成的加速器工程,历史还短,而且从投资额、技术领域的广度和深度以及对工业技术的影响,都处于低层次。同时,对撞机工

程建成究竟对我国工业技术带来什么样的影响,也还没有来得及进行广泛、深入的调查,分析和归纳。这里只是对这个问题的初步的、广泛的有局限性的阐述。

加速器技术和探测器技术实际上是核技术(包括电物理和核电子学等)、雷达技术、广播电视技术、真空技术、特种电机技术、精密加工和特种加工技术、计算机技术、自动控制技术和精密工程测量技术等的转移、发展和综合。对撞机工程上专用设备的研制、生产,就必然促使这些方面的工业技术得到不同程度的提高和突破。下面我们举一些实例。

S 波段高功率速调管原国内最高水平仅为 15—20MW 脉冲输出功率,工作寿命平均低于一千小时,不能满足工程需要。经过研究所和工厂双方紧密合作和几年来的努力,吸收、消化反映国外 80 年代初水平的全部生产工艺和质量保证措施,逐步改造了原生产线。现在生产的管子功率已达 34MW,提高了近一倍,接近国外 80 年代初的水平,工作寿命也有很大的提高。对撞机注入器所用的 16 只速调管,由于前阶段调束只要求注入器提供 1.1GeV 能量,故均未工作在额定功率,除有两只管子一直工作在 22MW 外,其余都工作在 20MW 以下,累计工作时间已达七千小时,目前仍在工作。实际平均工作寿命虽尚待今后长期运行,才能评价,但已可初步看出,寿命指标已有明显提高。这样,不仅此类型管子的国内水平大大提高一步,相应技术和措施如能予以推广,我国大功率电真空器件的技术水平,均能得到推动和提高,这对国民经济和军事工业有着重要意义。例如,宽带连续波 30kW 彩电速调管,由于应用这项技术,质量明显提高,深得好评;又如高技术跟踪项目“自由电子激光技术”需要一种 10 μ s 宽脉冲速调管,虽难度甚大,但目前我国已有可能研制、开发这类管子。当然,目前国外同类型速调管水平已达到 50MW 寿命仍保证二万小时,故仍有不小的差距。

盘荷波导加速管我国过去能生产,主要用于医疗加速器,生产能力约为四个月出一节,而

且质量和性能不稳定。通过对撞机工程的推动,已形成稳定批量生产能力,现每月可生产四节,而且质量稳定,成品率高,性能达到国际先进水平。这项技术和生产手段对国民经济有广泛的推广价值。

240m 周长的储存环大容积超高真空铝真空盒系统的静态真空达 10^{-10} Torr, 比我国原有水平提高了三个量级。相应的大抽速超高真空溅射离子泵和分布式离子泵,现均达到国际水平并具备批量生产能力。一年来整机连续运行的情况证明,该系统性能优良,工作可靠。这不仅为有关企业发展了新的产品系列,更重要的是为我国多项高技术的发展提供了基础。

强磁场高精度磁铁的批量生产和直径为 4.2m 重量为 31t 的大型螺旋管线圈的研制成功(均达到国际先进水平),为我国电工工业和加速器工业开辟了新的技术领域,初步具备参加国际投标的能力。高精度冲模的制造技术、叠装技术、绝缘技术和整体固化技术对国民经济都有推广价值。突破了大电流高稳定度稳流电源技术。过去我国只能生产几百安培电流的稳流电源,稳定度为 10^{-4} 。现在能批量生产几百安培到四千安培电流,稳定度为 10^{-5} 的系列产品,进入国际先进水平行列。其中 4100A 稳流电源输出功率达 1.2MW,为国内第一台功率最大的高稳定度稳流电源。目前的主要差距是元器件质量不稳定,从而影响故障率。这主要通过严格筛选来解决。

双间隙充气脉冲闸流管是为大功率速调管配套的脉冲调制器上的关键部件,是消耗性部件,过去一直从国外进口。在对撞机工程任务推动下,吸收、消化国外先进技术,试制成功阳极最大峰值电压 50kV,最大峰值电流 5kA 的双间隙充气脉冲闸流管,其主要性能指标全部达到国外同类管子 80 年代初的水平,并已投入批量生产。一年前,对撞机已逐步用国产管子替代进口管子,并经受了负荷运行的考验。差距主要是在工作寿命上,国外管子一般可达数千小时,而头两只国产管子目前只能达近千小时。
(下转第 61 页)