

科学家

生命的意义 在于不断学习、探索和进取

谢家麟*

(高能物理研究所 北京 100039)

关键词 学习,探索,进取



谢家麟主持学术讨论会

谢家麟,加速器物理与技术专家,中国科学院院士。1920年8月出生于哈尔滨。1943年毕业于燕京大学物理系。1947年赴美国留学。1948年在加州理工学院获硕士学位。1951年在斯坦福大学获博士学位。回国途经檀香山时被阻,美国以所学专业与国防有关为由,不许离境。重返美国后,自1953—1955年在芝加哥领导建成一台世界能量最高的45MeV医用电子直线加速器。1955年秋返回祖国,开展了可向高能发展的电子直线加速器的研制,1964年建成投入使用。1981—1986年先后担任北京正负电子对撞机(BEPC)的设计、预研和建造的技术负责人和工程经理。以后根据国际科技发展的新动向,建议和领导开展了自由电子激光(FEL)的研制,1993年建成亚洲第一台出光的红外自由电子激光装置(BFEL)。前后曾获国家科技进步奖特等奖,中国科学院科技进步奖特等奖,何梁何利科技进步奖,胡刚复实验物理奖等多项奖励。

我是学物理的,从大学到留学,都在物理系念书,但从工作经历来说,却是偏重技术。由于理工两方面知识的结合,国家建设的需要和领导、同志们的支持,故以平庸之资,有幸为国家添了些砖瓦。这里简单地以我亲身参加的几项科研工作做为案例,谈些体会。

1 关键是边干边学

1952年我在美国斯坦福大学“微波与高能物理实验室”进行研究工作。那时芝加哥麦卡瑞斯医学中心希望建立一台尖端的放疗装置,而斯坦福实验室刚刚建成一个能量为6Mev的医用电子直线加速器,因此麦卡瑞斯医学中心前来要求协助研制一台高能量(45Mev)医用电子直线加速器,认为将高能电子射入人体内部治疗深度肿瘤更为有效。实验室领导介绍我前往主持此事。我学的是微波,对多学科综合的加速器只有不多的了解,斯坦福大学只答应给我提供一根加速管和大功率速调管的部件,加工则由芝加哥的一个化妆品公司(Helene Curtis)的机修车间担任。这样的条件对于研制一台没有先例的医用加速器装置,显然是非常困难的。我当时年轻胆大,到芝加哥后登报招聘了一名助手,便毅然边干边学地开展了工作。在研制过程中遇到许多特殊的、无例可循的设计和研试的问题,要求独辟蹊径,加以解决。如:因缺少尾端负载而使用了行波、驻波混合的加速模式,为了获得大的辐照场而一反常规地使用磁铁作为散束之用,将尺寸为毫米的电

* 中国科学院院士,高能物理研究所研究员

收稿日期:2003年8月28日

子束均匀扩展为 20cm、控制辐照场中的中子和射线的含量、测定高能电子 50%致命剂量等等。为了解决这些遇到的新问题，我白天和助手动手做实验，晚上自学补习自己缺少的理论知识，经过两年多的努力奋斗，终于研制成功当时世界上能量最高的医用电子直线加速器，并投入安全使用。此事在当时芝加哥报纸上曾有大篇幅的报道。1976 年美国斯坦福直线加速器中心所长 W.K.H. 潘诺夫斯基教授来京讲学，高能物理研究所在北京饭店一个会议厅内与他座谈。见面之初，他对我说的第一句话就是“你在芝加哥做的加速器仍在工作。”后来知道它一共运行了 30 年，使我颇为引以自慰。现在回想，一个人有了博士学位，在知识的海洋里不过是一瓢水，只有在掌握了基础的业务知识之后，联系实际，边干边学才能创造出新鲜的事物。

2 不断探索，百折不回

1955 年回国后，我参加的第一项规模较大的科研工程是研制一台可向高能发展的电子直线加速器。这个工程包括多种学科的尖端技术，而当时国内现代工业刚刚起步，西方对我禁运，苏联对我保密，建器所需器材根本无法获得，任务的艰巨是可以想见的。领导对此工作的支持是巨大的，分配了成绩优秀的大学生，动土兴建了实验楼，科研经费也不加限制。但在技术上我们面临的是“要吃馒头先种麦子”的局面。要做加速器首先得做出当时世界上功率最大的速调管来产生微波，要做出性能指标超过当时国内工业产品几十倍的脉冲调制器，来做速调管的电源，要做调制器的关键部件脉冲变压器，还要做脉冲变压器铁心的绕制镀膜机。如此等等，难以尽述。不但工作量很大，更重要的是有许多我们不掌握的关键技术。大功率速调管在几十万伏高压下工作，最初是要解决高压击穿关，解决之后产生了高功率微波，又出现了微波输出窗的击穿问题。每次击穿，管子暴露大气，在分析原因，改进设计之后，要经过几个月的加工过程。我们的青年同志，都要抱着部件搭乘公共汽车去跑加工。他们无私的辛勤奉献和百折不回的探索精神，使这项工作终于在 1964 年建成出束，随即投入使用。这台加速器建成的意义是重大的，它体现了自力可以更生，

科研可以促进工业。事实上，它也是我国高能加速器的预研，为 20 年后北京正负电子对撞机的顺利建成奠定了人才和技术的基础。

3 在国际高能物理界占有一席之地

“文化大革命”末期，我国开始建造一台 50GeV 质子同步加速器，我被任命为加速器总设计师，领导设计工作。后改为建造“北京正负电子对撞机”(BEPC)，从 1981—1986 年，我担任对撞机技术领导(后任工程经理)。这是中美科技合作协定中的第一个重大项目。

BEPC 是高能物理研究的重要手段。它由约 200m 长的直线加速器和约 240m 周长的储存环组成。负电子和正电子可分别被加速到最高 2.8GeV，在环中沿相反方向以接近光速的速度作迴旋运动并在探测器中心迎头相撞，产生高能反应。正、负电子平均要在环中运转约公里，每迴旋 1 周，在截面小于 1mm² 的区域对撞。可以看出，对撞机中正、负电子运动的时间、空间的要求是十分严格的，说明了研制的技术难度。

BEPC 是一件规模庞大的科研工程，是一个集体合作的产物，是领导的大力支持，全国工业界和科技界的大力合作，高能物理所上千的科技人员的奋力拼搏和国际合作的结果，个人的作用只是很小的一个方面。它在 1988 年首次实现了对撞，经过进一步优化工作条件后，它的亮度(对撞机的主要性能指标)高出美国同类装置 4 倍，现已用它完成了几个重要的高能物理课题的研究，其中质量的测定是 1993 年世界最重要的高能物理成果之一。从此，我们在国际高能物理界占据了一席之地。

BEPC 是集中了多学科和尖端技术的大科学工程，世界上只有几个科技发达国家能够建造。由于各国的物理目标、工业水平、技术条件、投资力度、进度要求等等都不一样，所以世界上没有两台对撞机是一样的，每台装置都有它特有的系统组合和性能特色。因此，研制过程就是集成创新的过程。我在抓总岗位上的主要任务是对影响对撞机性能的一些物理参数的决策，如：储存环磁铁孔径，高频加速系统频率，正、负电子注入能量，正电子产生能量等等；在组织管理上要确定必须预研的项目，协调子

系统在总经费中的合理份额,保证工程进度的 CPM 方法的实施等。这些方面国内外专家的意见有时并不是统一的,我们必须根据具体情况,加以解决。在储存环聚焦结构的理论设计、磁铁及电源系统、直线加速器和微波系统、高频加速系统、自动控制系统、北京谱仪探测系统、电子学系统、超高真空系统、辐射防护系统等方面,都存在我国具体条件的制约,需要科技人员创造性地解决设计与建造问题。由于对撞机包括多种尖端技术,因此它被认为是一个国家科技水平的主要标志之一。

4 自由电子激光研制进入国际先进行列

自由电子激光(FEL)出现于 20 世纪 70 年代末期。它与利用能级跃迁的常规激光基于完全不同的原理,它是通过加速器产生的电子束做扭摆运动时产生的辐射来工作的,具有波长连续可以调变、短脉冲、高功率等特点,有十分重要的科研和生产的应用前景。它被发明之后,世界科技先进国家纷纷竞起研制。我国 FEL 的研究也纳入了“863”计划,1988 年我在“863”经费支持下,作为课题负责人在高能物理研究所承担了北京红外自由电子激光(BFEL)的研制任务。

研制光波波段的 FEL,是一个技术要求很高的工作。它要求加速器提供品质极好的强流电子束,在很长的距离保持约 1mm 的直径,通过一个磁场交替变化的扭摆磁体的间隙,电子做扭摆运动而产生辐射,在磁体两端放置光学反射镜。使光波与电子束多次作用达到饱和,再由反射镜一端引出应用。实现 FEL 要求的电子束流性能指标是高流强、低能散、低发射度,而这些要求又是相互矛盾制约的,对加速器性能提出严重的挑战。由于技术要求苛刻,各国从事此项研究的实验室大约只有半数获得成功,建成出光,达到饱和。

我们成立了研究室,利用前面提到的 60 年代建成的电子直线加速器,组织一批敢闯敢干的青年同志,贯彻老、中、青结合,多学科协同的原则,深入地研究了技术要求的主要矛盾,认识到采用热阴极

微波电子枪产生电子是保证束流性能指标的最佳选择。但在实施中遇到许多具体的困难,拦住前进的道路。首先是稳定性不够,然后是束流品质欠佳,这些问题解决后,又面临光腔输出、输运系统和扭摆磁体的钕铁硼永磁材料在辐照下性能不稳等问题。依靠全室同志的努力和相互密切配合,终于解决了我国具体条件下的各种技术问题,在 1993 年建成出光,达到饱和,成为继美欧之后亚洲第一台红外自由电子激光装置,说明我国在这个领域进入国际先进行列。

BFEL 现已为许多单位的科研工作提供使用,推动了我国科技的发展。特别是当前美、欧都投入了巨大的力量正在建造 X 光自由电子激光,认为它可提供极大强度的短脉冲相干 X 光,会对许多科技领域的发展起革命性的推动作用。我国也正在中国科学院上海原子核研究所开展紫外自由电子激光的研制。BFEL 的建造经验,显然为我国 FEL 向更短波长发展奠定了基础。

我从事科研实验工作,迄今已有 60 年。倘若问我有什么体会可言,我想推荐“逐步近似,由粗而精”的工作方法,来推动大大小小的研究工作,即在着手一件探索性的实验或是发展新的器件、设备时,只要有可能,就要根据基本原理,推出近似的各参量之间的数量级的关系,然后因陋就简,进行初步的试验,取得一些感性认识,然后再进行正式设计、制造。换句话说,就是在可能时首先进行“粗估”,“初试”。我在斯坦福大学读书时,曾听 F.布洛赫教授(F. Bloch, 1952 年诺贝尔物理学奖获得者)讲授量子力学,在讲到一些近似方法时,他多次说:“物理学家是靠近似生活的”(physicists live on approximation)。在计算机速度、存储、软件等一日千里发展的今天,也许有人并不赞成这个提法,认为创新研制是可以一蹴而就的。但这话深深印入我的脑海,形成我的工作方式,使我终身受益,故现在写出提供青年科技工作者参考。