

# 创业之路

李广林 朱孚泉 任文彬 顾孟平

2012年2月14日,在国家科学技术奖励大会上,谢家麟院士获得了2011年度国家最高科技奖。作为我国加速器事业的开拓者和带头人,谢家麟先生为我国研制建造加速器奉献了50多年,作出了重大贡献。本文主要简述了20世纪五六十年代我们在谢家麟先生带领下研制建造电子直线加速器的艰难历程。谨以此文向谢先生祝贺和致敬!

回顾往事,真所谓创业难,加速器的研制建造更是难上加难。在20世纪50年代,我国第一台电子直线加速器研制过程中所遇到的困难是很多的,有的困难现在的年轻同志可能难于想象。1956年,当时的原子能所决定要搞一台电子直线加速器。由谢家麟先生负责并制定有关研制方案,并成立了研制小组,因为1955年刚从美国回来的谢先生在美国曾经主持研制成一台治疗肿瘤的电子直线加速器,是这方面的专家。开始时这个小组还不到十个人,除谢家麟先生外都是刚走出校门参加工作的年轻人。当时所面临的情况可以用两句话形容,即“一无所知”和“一无所有”。“一无所知”是指除谢先生外,其他人对加速器理论和技术一点都不了解,甚至有不少人是第一次听到加速器这个名词。“一无所有”则是由于当时我国的工业和科研水平还相当落后,严重缺少研制建造加速器所需的基本条件。因此,加速器的研制是从学习有关知识,创造有关条件开始的。

开展工作的第一步是进行人员培训。从1955年冬天起所里就为大家组织了核物理和核电子学等课程。谢家麟先生等专家又亲自讲授了微波技术、微波电子学和电子直线加速器理论等。一段时间后大家才对加速器原理、构造和应用有了一定了解。谢先生还把从美国带回的一些资料拿出来供大家学习参考。大家边工作,边学习,热情高涨,每天晚上办公室的灯光都是亮的,多数人仍然在那里工作或学习。同时所里也派人到国内外学习有关知识和技术。1957年派任文彬、李广林到前苏联乌克兰物理技术研究所实习半年,1960年又派潘惠宝、李广林去学习了两个月。由于后来中苏关系恶化,这一

次回国时我们搜集的资料,甚至连笔记本都被扣留而没能带回。另外,所里还派朱孚泉等去南京上海了解调制器有关技术,派顾孟平等到电子所和电子管厂了解大功率微波电子管技术等。这样,经过几年的学习和工作,边干边学,在原子能所逐步组成了一支几十人的包括不同专业,有一定科研能力的加速器研制队伍。

研制工作要进行大量的理论计算,但当时没有电子计算机,谢家麟先生就亲自带领任文彬等用手算和手摇计算机计算加速管参数和加速器的其他有关数据。

除了上述困难,更大的问题是开始时我们几乎什么仪器设备都没有,国内又买不到。电子直线加速器是一个微波型加速器,微波实验室是必需的。但是我们连最基本的微波信号发生器都没有,波导驻波测量器没有,波导元件也没有。怎么办?答案只有一个:自己做。我们自己用反射速调管制作了信号发生器,尽管性能不太好,又很笨重,但也能用它做实验了。还制作出了波导驻波测量线。当时国内还没有生产出十厘米波导管,我们就设计用黄铜板拼接再焊上法兰并镀银,制成各种波导元件。连检波用的晶体架也是自己设计由工厂加工制成,信号放大器也是自己做的。通过香港才买到一台美国产的微波信号发生器,随着国内工业发展,可以买到一些仪器和设备了,进一步完善了微波实验室。后来国内的工厂也生产出了S波段无氧铜波导管(在此之前我们曾用电铸的方法制造了能在真空状态下使用的铜波导管),使我们能开始设计制造加速器的波导传输系统所需的各种波导元件并进行测试,为加速管的测量做准备。1958年,当时成都电讯工程学院聘请的苏联微波专家列别捷夫来所参观后对我们的工作大加赞赏,认为是他在中国看到的最好的微波实验室。这项从无到有的创造条件的工作是由李广林等克服了多种困难完成的。

电子直线加速器需要大功率的微波功率源。30 MeV的加速器需要一个输出脉冲功率20MW的十厘米波段的速调管,它与军事有关,国外不可能卖

给我们。前苏联曾答应提供 2~4 MW 的磁控管,但后来也食言,拒绝给我们。没有其他办法,只能自己研制。在谢家麟先生指导下,由顾孟平、秦玖等速调管组同志仅凭一张速调管照片和一篇原始文献就开始了设计并与北京电子管厂合作研制生产速调管。但研制大功率速调管,需要一整套专门设备和特殊工艺,而所里只能做机械加工,他们常是抱着速调管的部件,搭乘公共汽车去位于东郊的电子管厂去进行工艺处理。最后凭着艰苦奋斗与勤奋钻研的精神,圆满地完成了任务。1960年,我国第一个大功率微波速调管终于制作完成,出了 3 MW 以上的功率。被誉为当年原子能所最红的一朵红花。

为速调管提供脉冲高压的脉冲调制器同样遇到难题。因为买不到脉冲高压放电用的氢闸流管,经过朱孚泉等脉冲组同志们的研究,参考有限的一些资料研制了用铜球构成的高压脉冲火花球放电器,解决了这个问题。同时建立了调制器实验室,研制成了脉冲变压器磁芯绕制机等,并最终完成了难度相当大的高压脉冲变压器,最终研制成 80 MW, 300 kV 的高压脉冲调制器,保证了大功率速调管的测试和加速器的运行。

现在的速调管都是由晶体振荡器产生信号再放大后来推动的,但当时也没有这种设备。我们就用输出功率 150 kW 的可调磁控管制成强信号发生器作为速调管的前级,保证了速调管的工作。

加速管的制作也不简单。电子直线加速器的加速管称为盘荷波导,是由一片片加工好的盘片装配到无氧铜管里而成,精度要求高,4~5 微米量级。为此潘惠宝等在所里建立了精加工车间和精密机械测量实验室。我们工厂师傅的技术不错,加工精度能够保证。但盘片和无氧铜圆波导的装配则要用热胀冷缩的办法。为此,设计制作了专门装配盘荷波导的炉子和工具,保证了装配的精度。

加速器的工作需要高真空,而开始时连抽高真空的扩散泵也买不到,得自己制造。后来我们又制造了当时比较新型的钛离子泵,取代了油扩散泵。

电子直线加速器包括很多部分,有很多部件。制作这些部件涉及多种专业理论、技术和加工工艺,几乎都要从头学起。我们和工厂的师傅们一起,通过试验,失败,再试验,逐步掌握了这些技术和工艺。如电子枪用到的金属与玻璃封接技术,多种电

镀技术,氩弧焊和真空炉氢炉钎焊技术,自动控制电子学(国内刚开始使用半导体管,许多电路都得自己焊接制造),聚焦,恒温水控制,束流测量以及辐射防护,等等。

总之,在整个研制过程中我们碰到过各种各样的困难,但在谢家麟先生带领下,我们克服和解决了所遇到的各个难题。谢先生勇于克服困难的精神和态度以及制定的研制方案在这方面起了关键作用。1964年冬,我国第一台 30 MeV 电子直线加速器调试出束,结束了我国没有自制电子直线加速器的历史,推动了我国加速器事业的发展。还应提到,在那个时期,加速器的研制工作还受到了整风、反右、大跃进、四清等政治运动以及三年经济困难的干扰或影响,否则它还能提前几年完成。

正如谢先生当年所说:“要吃馒头得先从种小麦开始”。所有的事都要从头学起,从头做起。加速器创业之路就是这样走过来的。

在谢家麟先生的带领下,我们的队伍不断发展壮大。1958年11月成立了加速器研究室,下设几个组,分别研制静电加速器、质子直线加速器和电子直线加速器。20世纪60年代除建成 30 MeV 电子直线加速器外,还同时研制成了 4.5 MeV 电子回旋加速器和随后为二机部九院试验用的 5 MeV 电子直线加速器。谢先生还指导协助九院研制了脉冲中子管。1966年谢先生出版了《速调管群聚理论》的专著。70年代初研制了“模拟核爆炸”的单脉冲强流电子加速器。80年代则在高能所领导完成了 90 MeV 电子直线加速器和北京正负电子对撞机重大工程的建造。在对撞机基本建成后,谢先生又领导研制北京自由电子激光并获得成功,并研制成了新的紧凑型电子直线加速器。谢先生还先后在科学院电子所和清华大学讲授了微波电子学和电子加速器等课程。谢先生在几十年里亲自带出的不少学生,现在已成为国内不少单位加速器研制生产的骨干力量,大大推动了我国加速器研制及加速器医用和辐照应用事业的发展。

特别应该强调的,由谢家麟先生指导和培养出来的这支科技队伍在北京正负电子对撞机工程建设多个领域中发挥了重要作用。

谢家麟先生不断探索,知难而上,勇于克服困难的精神值得我们学习。我们对此十(下转第9页)

正负电子对撞机技术难度很大,许多技术当时在国内都是空白,还要在短短几年内做出,才有强烈的竞争力做出重要的科学工作。当时国内外有不少好心人为我们担忧。有人为我们打了一个比喻,说我们好比站在铁路月台上,要想跳上一辆飞驰而来的特别快车。如果跳上了就飞驰向前,如果没有抓住,就摔下来粉身碎骨。

谢家麟担任对撞机总设计师(后任工程经理),对工程设计精心做出了正确的决策。对决定对撞机性能的一些物理参数进行了仔细的研究,在设计上采取措施以保证高亮度的实现,实现了高能物理和同步辐射的“一机两用”。他调整各大系统在总经费预算中的合理份额。他提出采用关键路径方法(CPM)来指导总体工程进展,紧紧抓住工程建设的关键环节,保证了正负电子对撞机的顺利建造。谢家麟带领工程团队精心设计、精心组织、精心研制、精心安装、精心调试,高质量地完成了对撞机的建造任务。北京正负电子对撞机最终按指标按计划完成,不超预算,成为我国科学大工程的典范。谢家麟不但在科学技术方面做出了卓越的贡献,在管理上也做出了同样卓越的贡献。

1988年10月北京正负电子对撞机成功实现对撞,是我国在高科技领域的一项重大突破性成就。仅用了4年时间、2.4亿人民币,创造了国际同类工程中建设速度快、投资省、质量好、水平高的奇迹。对撞机的性能优异,它的亮度是美国SPEAR的4倍,为中国高能物理实验创造了优越条件,从而在此对撞机上获得了多项高能物理的重要成果,在国际权威的粒子数据表上就有400多项数据是由北京谱仪合作组在北京正负电子对撞机上测定的。从此,我国在高能物理领域占据了一席之地,与其他国家享有平等的合作关系。另外,对撞机实现了“一机两用”,在进行高能物理实验的同时产生同步辐射,开展多种学科的研究,促进了我国科学技术的发展。“北京正负电子对撞机和北京谱仪”获中科院科技进步奖特等奖,国家科技进步奖特等奖,谢家麟由于出色的领导和开创性的工作,在获奖人员中排名第一。

美国斯坦福大学马戴教授(J. Madey)在1976年使用电子直线加速器产生的高能电子束通过扭摆磁体,建成了自由电子激光放大器和振荡器,开创了一个非常重要的研究方向。世界上科技先进国家

纷纷投入大力研究。为了跟踪世界战略性高科技发展,1986年谢家麟领衔向国家提出建议,开展北京自由电子激光装置(BFEL)的研制。这是又一项技术上极其困难、挑战性极大的任务。谢家麟领导科技工作者经过多年的努力,终于在1993年建成北京自由电子激光装置,是我国在这一高技术领域的重大突破。

今天,谢家麟获得国家最高科学技术奖,是对他为祖国所作出的杰出贡献的高度赞赏,也是对几代从事高能物理的人员努力做出的成果的肯定,这既是谢先生的荣誉,也是有关的广大科技工作人员的荣誉。谢先生是我国科技人员学习的楷模,我们今天祝贺谢先生得到国家最高科学技术奖的时候要很好地向他学习。今天再次回想建造高能加速器的那个关键的转折点,谢先生引领我们走出那至关重要的关键的一步,走上正确的道路。回想谢先生在建造对撞机过程中的领导,回想谢先生的种种重要贡献。不由得要再次向他热烈祝贺。敬祝谢先生身体健康,幸福如意。

#### 作者简介

叶铭汉,中国工程院院士,1949年毕业于清华大学物理系。先后在中科院近代物理研究所、物理研究所、原子能研究所、高能物理研究所工作,现为高能物理研究所研究员,博士生导师,中国高等科学技术中心学术主任。1984~1988年间任高能物理研究所所长,在北京正负电子对撞机工程建设中,全面负责北京谱仪的设计和建造,并参加领导北京正负电子对撞机的研制。



(上接11页)分钦佩,也使我们受益良多。感谢他对我们的指导和培养!

谢家麟先生在晚年仍然坚持不止步地攀登科技高峰,正如他的著作《没有终点的旅程》,在科学技术道路上,他一直在前进!他有着淡泊名利、乐观平和的心态,写书赋诗与老同事和学生们保持密切联系,每逢他生日及节日,大家都会去拜望祝寿,他都高兴地和大家畅谈并合影留念。他良好的精神状态使我们印象深刻。谢先生在高寿之年获得“国家最高科技奖”,我们万分高兴,衷心祝愿他健康快乐、长寿幸福!

(中国科学院高能物理研究所 100049)