

纪念杰出的物理学家张文裕百年诞辰

丁林恺[†]

(中国科学院高能物理研究所 北京 100049)

编者按 今年,正值著名的核物理学家、宇宙线和高能物理学家、中国宇宙线和高能实验物理的主要奠基人、中国科学院院士张文裕先生(1910—1992)百年诞辰,本刊特约请丁林恺研究员撰写此文,追忆先生的科学成就、研究经历和学术风格,以表达对张文裕先生的追思和怀念之情¹⁾。



图1 张文裕

1 μ 原子的发现

1949年1月,张文裕在 Review of Modern Physics 上发表了一篇单独署名的题为《用云雾室研究铅、铁及铝箔对介子的吸收》(A cloud-chamber study of meson absorption by thin Pb,

Fe and Al foils, Rev. Mod. Phys. 1949, 21:166)的学术论文,这篇论文标志着被称为“张原子”的 μ 原子的发现。

为了了解张文裕发现 μ 原子的科学背景,要回顾一下上个世纪三四十年代粒子物理研究的状况。直到1930年,人们知道的“基本粒子”只有质子、中子、电子和光子四种。1932年,美国物理学家安德森(C. D. Anderson)在宇宙线中发现了正电子。稍前,在1930—1931年间,英国物理学家狄拉克(P. A. M. Dirac)已经从理论上预见到正电子的存在,他的关于电子的理论导出了电荷不变原理,表明每一种粒子一定存在一种电荷共轭粒子,即它的反粒子。安德森的发现是反粒子的第一个证据,证明了狄拉克理论的正确性,并使已知的“基本粒子”家族扩大了近一倍(有的粒子,例如光子,自身就是它的反粒子)。正电子的发现激发了物理学家更深入地去了解“基本粒子”的家族,去探讨“基本粒子”世界的奥秘。当时,以及之后十几年,因为宇宙线是唯一可以利用的高能粒子源,在这一科学方向上的探索

是通过研究宇宙线的性质来进行的。

新粒子发现的下一个里程碑是 μ 子的发现以及对 μ 子性质的研究,这件事和张文裕的 μ 原子发现密切相关。1935年,日本理论物理学家汤川(H. Yukawa)从理论上提出存在一种将质子和中子结合在一起组成原子核的、传递核力的媒介粒子,并推算其质量约为电子质量的300倍。几乎在同一个时间段,在1934至1936年间,安德森和尼德迈耶(S. H. Neddermeyer)通过观察宇宙线中的带电粒子穿透物质的能力,断定在宇宙线中存在一种新的带电粒子,其中有的带正电,有的带负电,这些粒子的质量介于电子和质子之间。这种新发现的粒子被称为介子(meson)。

介子发现之后,由于其粒子质量与汤川预言的传递核力的粒子质量相近,许多物理学家认为它们就是汤川所预言的粒子。但这在当时只是一种猜想,并未获得实验的证明;也就是说,实验上并未观察到这种介子与原子核之间的核相互作用。在随后的几年,一方面由于第二次世界大战,基础研究的人力物力都受到影响,另一方面也由于利用宇宙线进行粒子性质的实验研究所具有的复杂性,介子是否传递核力的问题并没有得到回答。战后,一些基础性研究又陆续开展起来。十年前在宇宙线中发现的介子是否就是直接联系于核力的粒子,又成为物理学研究前沿的一个热点问题。

张文裕当时在美国普林斯顿(Princeton)大学

2010-08-12 收到

[†] Email:dinglk@ihep.ac.cn

1) 此文内容主要依据张文裕先生生前对笔者的口述,并参考了张先生几篇重要的学术论文。——笔者注

帕尔默(Palmer)物理实验室进行核物理研究工作。他对该问题深入地进行了调查和分析,决心通过一项新的实验,给这个问题一个不容置疑的回答。他认为回答这个问题的关键,是通过实验了解这种宇宙线介子中的负粒子(即负介子)减速慢化并停下来之后的“命运”。如果介子不传递核力,那么正、负介子靠近原子核时,都不会发生核作用;如果介子传递核力,正介子靠近原子核时,会被核的库仑场排斥而有足够的时间发生自由衰变,将看不到核作用,而负介子则会被原子核吸引,在发生自由衰变之前更早就应该与原子核发生核作用。介子的自由衰变与核作用是两种不同的相互作用,不仅相互作用图像不同,产生的次级粒子也不同。于是他决定设计一个云雾室系统来专门研究这个问题。他对实验设计的总体要求是要将宇宙线介子慢化,并记录它们停止时与几种不同的原子核发生作用的图像。他的设计方案是:首先用1m厚的铅层将宇宙线介子慢化,又通过符合计数管选择进入云雾室的介子,通过反符合计数管去掉侧向进入的粒子,以及虽进入了云雾室但未停止于其中又穿出云雾室的介子。为了能尽可能地记录下介子停止时的行为,他在云雾室内放置了多层不同厚度的金属箔(在三个实验阶段,分别放置铝箔、铁箔和铅箔)。这一实验设计的优点和特点非常突出:如果负介子使原子核受到激发,蒸发出来的几个MeV的核碎片可能穿出薄箔,在云雾室中显现出重游离径迹;如果负介子与核发生作用并把它约100MeV的静止能量给了核,在云雾室中会看到含几个分叉的星形核碎片,它们也是重游离径迹;如果负介子与核发生作用后,如费米(E. Fermi)和泰勒(E. Teller)预期的,它的约100MeV静止能量被 γ 射线带走,则包含多层薄金属箔的云雾室正适合测量这个 γ 射线转换出来的电子对,它们显现轻游离径迹;如果负介子停止并与核发生电磁相互作用,被核电磁俘获,如惠勒(J. A. Wheeler)预期的,在一个玻尔轨道到另一个玻尔轨道间发生辐射跃迁,则多层薄箔云室可以观察到几个MeV的 γ 射线转换出来的电子所形成的轻游离径迹。在发生反应产生核碎片或出现 γ 射线的情况下,使用不同质量的金属箔可观察相互作用过程对靶核质量的依赖。在当时,为了弄清介子是否是核作用粒子并进一步研究介子的性质,这确实是一个很周密、很完善、很先进的实验设计。

张文裕在1947年开始设计、建造这套云雾室系统。在当时的宇宙线和核物理实验条件下,云雾室是

既能显示作用图像,又能分辨次级粒子的最先进的粒子探测仪器。但云雾室同时也是当时最复杂的粒子探测设备,包括精密机械加工、电子自动控制、事例判选及触发、恒温控制、脉冲高压及照明、照相等多个系统。在此之前,张文裕并没有云雾室的工作经历,但他毅然独自挑起这一重担。一年之内他就完成了云雾室各个系统的设计、建造、安装和调试,1948年初即投入实验数据采集。这既显示了张文裕娴熟高超的实验技术,也可以想见当时他那争分夺秒、日夜奋战的研究激情。

基础性研究竞争激烈。就在他建造云雾室的阶段,意大利和英国物理学家对介子性质的研究获得了一些新的结果。1947年,考弗西(M. Conversi)、潘西尼(E. Pansini)和匹香尼(O. Piccioni)对宇宙线介子和原子核之间的相互作用进行了实验研究,得到的证据表明,介子与核的作用非常微弱。也是在1947年,鲍威尔(C. F. Powell)和他的合作者开发了用照相乳胶探测带电粒子的技术,并将乳胶置于高海拔地区,用于探测宇宙线粒子。他们先是观察到宇宙线中有一种小质量的带电慢粒子,可以进入原子核并发射重粒子(即核碎片)。他们把这种粒子也称为介子。随后,他们又观察到这种宇宙线介子在乳胶中停止并产生次级介子的现象。这一发现确定了宇宙线中存在两类介子:第一类介子(后来叫 π 介子)可以衰变为第二类介子(后来叫 μ 介子),后者正是宇宙线中的贯穿成分,也就是安德森和尼德迈耶在1934至1936年间发现的介子(注:自1962年发现两类中微子之后,“ μ 介子”一词不再使用,而称为“ μ 轻子”或“ μ 子”。

尽管张文裕为他的云雾室实验设定的一个主要目标已被上述实验结果回答,他仍然逐一仔细扫描了自己获得的云雾室照片,分析了自己获得的数据。1948年5月1日在华盛顿举行的美国物理学会会上,张文裕以题为《寻找来自停止介子的重粒子》(Search for heavy particles from stopped mesons, Phys. Rev., 1948, 74: 1236)首次报告了他获得的部分结果:当介子在金属箔上停止时,没有发射单个的或星形的重游离粒子的证据。到1949年1月,他即在Review of Modern Physics上发表全面介绍该实验和实验结果的论文。这篇论文的一个重要结论是:没有观察到宇宙线介子(即 μ 介子)和原子核的核作用。

这表明,考弗西等和张文裕分别通过自己的实验,先后证明了安德森等在1934至1936年间发现的

宇宙线介子并非汤川预言的传递强相互作用的粒子,而是一种电磁相互作用粒子.按照今天的粒子分类观点,可以说,他们率先证明了这种介子是轻子家族中比电子重的第二个成员,揭示了轻子家族的存在.

但同时,张文裕获得了另一个非常重要的发现:当宇宙线负介子(即负 μ 子)停止在金属箔上,他观察到有1—5MeV的低能电子或电子对发出,低能电子或电子对的方向指向负 μ 子停止的地方.这一结果是考弗西和鲍威尔他们的实验没有也不可能得到的.

张文裕的发现表明,当负 μ 子穿过云室的金属层和金属箔逐渐慢化后,通过与原子核的电磁相互作用,可以被原子核俘获,形成一个特殊的原子.这时负 μ 子处于绕核的特征玻尔轨道,可以具有不同的能态,可以从较高的能态向较低的能态跃迁.他观察到的1—5MeV的低能电子或电子对正是这种跃迁光子的产物.在登载张文裕论文的同一期Review of Modern Physics上,惠勒发表了《 μ^- 介子和核的电磁相互作用的一些结果》一文,强调了张文裕对 μ^- 停止并发射1—5MeV的低能电子的实验结果是 μ^- 核俘获并在能级之间跃迁的第一个实验证据.

普通原子核俘获 μ^- 形成的这种原子是一种新的物质形态,后来被称为 μ 介原子(或 μ 原子).由于 μ 子的质量比电子大200倍, μ^- 在 μ 原子中的某一玻尔轨道只应为电子相应轨道的1/200,即 μ^- 比电子离核更近,因而用 μ^- 作为探针来观察核的结构要准确得多.所以,这一发现对于原子核结构的研究具有十分重要的科学意义.

一个重要的科学发现常常导致一门新兴学科或技术的发展. μ 原子这种新的物质形态的发现引起了物理学界的热情关注,他们十分重视用 μ 原子研究原子核的巨大优越性.宇宙线中的 μ 子数量稀少,能量及方向皆不可控,促使物理学家要尽快建造“ μ 子工厂”来深入开展这一研究. μ 子工厂是利用人工加速器产生大流量的慢 μ^- ,用它轰击各种原子核,形成大量的 μ 原子,并通过测量 μ^- 在不同玻尔轨道间跃迁所辐射的 γ 射线(或X射线)来研究原子核的结构.

1953年,第一台 μ 子工厂在哥伦比亚大学建成,第一个实验就是检验张文裕的宇宙线结果.没过几天就通知张文裕,二者定性的结果完全相符.由于 μ^- 可以位于核外许多不同的轨道,有很多种跃迁,放出的X射线的能量有的很相近,有的很不同,要求X射线探测器要有很高的能量分辨率.在上世纪

60年代之前, μ 原子的研究受到X射线探测技术的局限.1964年,半导体探测器发明后,X射线的能量分辨率提高了几倍到几十倍.著名美籍华裔物理学家吴健雄从1964年开始用半导体探测器系统地测量 μ 原子.她和她的研究小组花了二十年功夫,差不多对所有的原子核都用 μ 原子进行了研究.1977年,吴健雄和赫斯(V. W. Hughes)总结了这个领域的研究结果,他们在三大卷巨著《 μ 子物理》一书中写道:“当减速的负 μ 子被原子核俘获时,形成 μ 原子.用云室研究宇宙线负 μ 子减慢和被核俘获时,第一个观察到产生X射线的是张文裕.”张文裕的这一发现,常被称为“张辐射”、“张原子”.今天, μ 原子研究领域已经硕果累累,张文裕作为 μ 原子的发现者,在国际科学界享有盛誉.

μ 原子的发现不仅导致了 μ 原子物理的发展,还开创了更为广阔的奇异原子(包括 π 原子、K原子、超子原子等等)研究的新领域.

2 杰出的实验核物理学家

张文裕1949年发现 μ 原子,时年39岁.如前文所述,这一发现归因于他的周密的实验构思和成功的实验实现.他具有清晰的物理思想,对于待研究、待观察的现象进行了全面、深入、透彻的物理分析,对如何利用实验手段来达到物理目标有精辟、巧妙、独到的安排,并亲自动手予以实现.开始设计此项实验时他年仅37岁,已具有很丰富的核物理研究经验和娴熟的核物理实验技术.这与他此前在实验物理领域十几年的历练密不可分.

张文裕1910出生在福建惠安沿海山村的一个普通农民家庭,家庭人口多,生计艰难.在兄弟姐妹八人中,排行第四的张文裕唯一幸运地有机会读书.上过两年私塾,四年小学,他考上了泉州培元中学.后因兄、姐相继早逝,父亲要他回家干活养家.他不愿放弃求学机会,因得到了老师、亲友的资助,得以继续上学.念了三年半中学,为了反抗家庭的包办婚姻,张文裕只身离家来到北京.在谢玉铭教授的帮助下,经过补考被破格录取进入燕京大学物理系学习.在校学习期间,张文裕一面读书,一面打工,养活自己并缴纳学费.他帮老师改过卷子,帮别人补过课,在学校农场果园当过小工,到过水利工地帮助测量等.幼年和青年时期的生活经历,养成了他勤奋努力、不畏艰辛、自强不息的习惯和性格.1931年张文裕完成大学学业,在燕京大学物理系任助教,同时进

行研究生学习,1933年取得硕士学位。

在燕京大学的四年学习,张文裕打下了扎实的物理基础,受到了实验物理的良好训练。他在晚年回忆说,这所大学在物理教学中一贯强调实验的重要性,要求学生了解每一个实验的原理,掌握每一个实验的方法,动手操作,获得数据,正确处理数据,直到写出合格的报告。在张文裕往后几十年的科学生涯中,他秉承和发扬了在大学期间老师们的教诲,重视科学实验,由实验获得真知,由实验作出科学结论。他是一贯这样要求自己,也是一贯这样要求后辈的。

1934年,张文裕通过了庚子赔款公费留英考试,1935年到英国剑桥大学留学,进入卡文迪什实验室攻读博士学位。当时,卡文迪什实验室已有六十多年的历史,对近代物理学的发展曾经做出过许多具有里程碑意义的贡献,如电子的发现、中子的发现、元素转变的发现,等等,使它成为世界上最有声望的物理学研究中心之一。当时的实验室主任、诺贝尔奖获得者卢瑟福(E. Rutherford)就是张文裕的导师,他是一位被誉为原子物理学之父、硕果累累的核物理学家。他确认了放射性来自原子的内部,确立了一种原子可以转变为另一种原子;他通过 α 粒子穿过物质薄箔的散射实验,发现了原子核的存在;他以 α 粒子轰击稳定核,首次实现了人工核反应。他的许多重大贡献,载入了物理学发展的史册。到上世纪30年代中期张文裕进入卡文迪什实验室时,虽然量子力学和原子模型理论已经得到发展,但是原子核的结构还不很清楚,人工放射性才发现了一年多,复合核理论刚刚提出。卡文迪什实验室的考克饶夫(J. D. Cockcroft)和瓦耳顿(E. T. S. Walton)在1932年造出了世界上第一台高压倍加器,第一次实现了人工对质子、氘核等的加速,并用于引起核反应。利用天然和人工放射性元素,利用人工加速的粒子流,这个实验室正在开展核物理研究前沿的一系列实验研究。经历了多年艰辛生活的磨砺,能够在核物理学发展的这个重要时机进入这样一个世界一流的实验室,能够汇入这支掌握最先进的实验手段、通过变革原子核而了解原子核的研究精英队伍,能够亲自聆听当代物理学大师和许多名师的教诲,师承他们的研究风格,张文裕格外珍惜这个难得的机会,他勤奋学习,刻苦工作,掌握了许多最先进的核物理实验方法和技术。

在卡文迪什三年多时间,他参加了几项最前沿的核物理研究。在埃里斯(C. D. Ellis)领导的天然放射性实验组,他用放射性氦的 α 粒子轰击 ^{27}Al ,发

生核反应得到放射性元素 ^{30}P ,伴随中子的发射,他观察到了 ^{30}P 的共振能级;接着又用 α 粒子轰击 ^{25}Mg ,伴随质子的发射,也观察到了放射性同位素 ^{28}Al 的产生并存在具有类似特点的共振能级。这两个实验的结果表明,观察到的共振效应与伴随发射的粒子相关,而原子核的位垒并未表现共振能级的结构。张文裕在晚年回忆这一段的工作时说:“当时对原子核的结构还不很清楚。玻尔提出原子核的液滴模型后,我们就想用 α 粒子作探针去研究核的结构。当时已经认识到不同能量的 α 粒子都可以进入核,但有选择,有的能量进去的多一些(即有共振现象),表明核不是光滑的,不是一个点,而是有大小的,有连续性;不是一个刚球,而是一个软的东西。”

在埃里斯组的工作使张文裕受到了实验核物理的严格训练。他回忆说:“埃里斯是我在核物理和核技术方面的启蒙老师。名义上,我的导师是卢瑟福,但真正的导师是他。埃里斯亲自教我制备放射源。为了制备氘源,清早四五点钟就要开始工作,他都来帮助我。他教我如何写文章,每篇文章都经他修改后才送给卢瑟福审阅,然后再送出去。”由此可以看到卡文迪什实验室强调实验技能和动手能力培养的优良传统和严谨的学风,对年轻研究人员的严格要求和热情关心。年轻学子张文裕以自己的勤奋工作和刻苦钻研,博得了导师的喜爱。

随后,张文裕在考克饶夫领导的研究组参加了两项核反应研究工作。一项是用高压倍加器加速的氘核轰击轻元素 ^7Li ,产生放射性元素 ^8Li 并伴随质子发射, ^8Li 又发射 β 射线转变为 ^8Be 。仔细测量末态质子的射程,他发现伴随 ^8Li 产生的质子总达不到能量守恒所预期的射程。对此,他们提出的一种可能的解释是: ^8Be 总是产生于激发态,退回基态时放出两个 α 粒子。测量 α 的能谱,发现它是一个连续谱,由此判断激发态的分布很宽,半寿命仅约 10^{-16}s 。这一工作以《来自轻元素放射性衰变的 α 粒子》为题发表在1937年的Nature上。另一项研究是与哥德哈伯(M. Goldhaber)及嵯峨根(R. Sagane)合作,利用高压倍加器的束流轰击不同的靶核,以产生新的放射性元素。稍早于他们几个月,波特(W. W. G. Bothe)等用质子束轰击Li,再用得到的17.5MeV的 γ 去轰击不同的元素,产生了6种新的放射性元素 ^{68}Ga , ^{106}Br , ^{16}Ag , ^{112}In , ^{120}Sb 和 ^{179}Ta 。张文裕和他的合作者考虑到,从稳定原子核拿掉一个中子的阈能比17.5MeV明显地低,因而试图用中子去产生新的放射性同位素。他们改用氘核轰击Li和B,得

到能量低于 13.5 MeV 的中子,通过“中子丢失”反应,产生了上述 6 种新放射性元素的前 5 种,并测量了每一种放射性元素的半寿命和相对产额.他们发现,在相同的高压倍加器束流下,使用氘产生的中子比使用质子产生的 γ 可得到高几倍、几十倍至上百倍的放射性元素产额.在这些工作中,他们还注意到一种激活很强的短寿命同位素的产生,测得衰变半寿命为 8s,最后确定为 $^{16}\text{O}(n,p)^{16}\text{N}$ 过程.张文裕在晚年回忆说:“这个过程现在早已熟悉,可在当时还完全不清楚,是头一次研究.其中,中子和 ^{16}O 的反应在反应堆的设计中要非常小心地考虑,因为反应堆冷却介质(水或重水或气冷)里都有氧,产生出来的 ^{16}N 有放射性,会造成辐射损伤.”他们的这一工作以《高能 γ 射线和中子产生的放射性》为题发表于 1937 年的 Nature 上.

1943 年秋天,张文裕离开西南联大的教职,来到美国普林斯顿大学帕尔默物理实验室.这是美国历史最长的实验室,许多老一辈著名物理家在这里工作过.这家实验室与英国卡文迪什实验室有很深的渊源,它继承卡文迪什的传统,强调科学实验的重要性.有过几年卡文迪什实验室的工作经历,张文裕对帕尔麦实验室的科研环境很是适应.



图 2 张文裕在普林斯顿大学帕尔默实验室分析他的云雾室照片

在普林斯顿,在他发现 μ 原子之前,1944—1946 年,张文裕还获得一项重要研究成果.他与法国学者罗森布鲁姆(S. Rosenblum)合作,利用普林斯顿回旋加速器 80cm 直径的磁铁,自制了一台 α 粒子能谱仪,这台谱仪的能量分辨率是当时最好的.利用这台谱仪,他测量了多种放射性元素的 α 粒子能谱.为了记录经过磁偏转的 α 粒子,他与罗森布鲁姆一起发明了世界上最早的多丝火花探测器.这

台多丝火花室由 8 根丝组成,只对游离大的 α 粒子灵敏.这种新型探测器的开发在当时是核探测技术的重要创新,也是后来大型丝室、漂移室等速度更快、定位更精确的电子学探测器的前驱.粒子探测技术的这一创新在核物理学界获得很高的赞誉,并常常被指出是张文裕的贡献.对此,张文裕常向同事们说:“这种探测器的主意是罗森布鲁姆提出的,我不过完成了设计、加工,使它成为现实,特别是在强磁场与真空中可以使用.有的文章谈到这种新型探测器时只提到我,没提到罗森布鲁姆,这是不公道的.”这段话充分体现了张文裕的实事求是的科学精神和高尚的道德情操.

1949 年,张文裕转任普渡(Purdue)大学物理系教授.他把在普林斯顿使用的云雾室带到普渡,继续进行 μ 子被核吸收现象的实验研究.到 1954 年他已找到 21 张指向停止 μ^- 的电子和电子对的照片.在普渡大学这段时间,他还系统地研究了海平面宇宙线的贯穿簇射,并对奇异粒子 Λ^0 作了系统全面的研究.他们当时对 θ^0 (即短寿命中性 K 介子, K_s^0) 和 Λ^0 寿命的测量结果, θ^0 为 0.80×10^{-10} s, Λ^0 为 2.8×10^{-10} s,同 30 年后粒子表所列结果相当接近,而后者是利用加连器的强束流作出的.在奇异粒子研究的早期,在利用宇宙线进行这一研究的不利条件下,他的实验结果能达到这样好的水平,足见他对自己实验的严格要求和认真把关.

3 不遗余力地推动我国实验高能物理科学的发展

科学家的命运总是和国家的命运息息相关、紧紧相连的.1937 年,正当张文裕在卡文迪什实验室的核物理研究日益得心应手,新成果层出不穷之际,他却再也安不下心继续做研究了.抗日战争已经开始,南京失陷,日寇大肆屠杀我国同胞以及种种恶行都在英国的报纸上有详细的报道.国难当头,一代青年满腔热血要报效祖国.他向剑桥研究生院提出了提前进行博士学位考试的请求.考试通过后,利用等待颁发博士证书的几个月空隙,张文裕到柏林一家工厂学习探照灯技术,计划学成回国后到防空学校用技术为抗日作贡献.

1938 年 11 月初,张文裕由英国回到抗日战争的大后方贵阳.等了一个多月,防空学校要他“另谋高就”.这真正是报国无门!随后,经过物理学家吴

有训介绍,张文裕到四川大学任物理学教授.半年后,又应南开大学聘请,转任西南联大物理系教授.张文裕在西南联大开了核物理课程《天然放射性和原子核物理》.这是国内第一次开的核物理课程,对象是助教和研究生.有了在卡文迪什实验室这个核物理前沿研究中心的经历,慕名前来听课的人不少,虞福春、唐敖庆、梅镇岳(他们当时是助教)、杨振宁(当时是研究生)都参加过听课.

除了教学,张文裕最关心的还是要在国内开展核物理的实验研究.当时西南联大虽是全国最知名的高等学府,也不具备开展核物理实验研究的哪怕是最起码的条件.张文裕设法自己创造条件.他和赵忠尧先生想建造一台静电加速器,一有功夫就上街去跑杂货摊,想找一些零件.跑了两年,除了找敲水壶的工人作了一个铜球,搞到了一点输送带,作了个架子外,其他一无所获,最后不得不放弃了这个计划.他们感叹地说:“这项工作只有留给后代去完成了!”

作核物理实验的条件不具备,张文裕就改作宇宙线.他找了三个年轻人帮忙,什么都从零开始,自己准备工具和材料,自己吹玻璃、抽真空作盖革计数管,做出一台四路符合的宇宙线计数器.他们在昆明郊区找了个仓库,用它测量了宇宙线强度随天顶角和方位角的变化,所得结果在当时中国物理学会的年会上作了报告.

到1942年,日本侵略军侵占了缅甸和云南西部,昆明常遭敌机轰炸,局势愈来愈乱,西南联大的教学很不正常,在国内开展核物理研究的希望一个一个地幻灭了.张文裕决定再到国外深造,为以后的发展准备条件.得到时任普林斯顿大学帕尔麦实验室研究教授的美国物理学家莱登伯(R. Ladenberg)的邀请,张文裕于1943年去他的实验室进行访问研究.

1949年新中国成立了,张文裕受到极大鼓舞,又一次报效国家的机会到来了.他准备尽快回国为国家建设和科学发展贡献自己的力量,只因夫人临近分娩未能成行.随后因朝鲜战争爆发,像他这样的研究核物理的著名科学家,要回到中国自然受到美国政府的阻挠.他几次申请都没有下文.1956年,张文裕夫妇冲破重重阻碍,终于带着六岁的儿子回到了祖国的怀抱.

回国以后,张文裕在中国科学院近代物理研究所领导宇宙线研究.看到当时国家的条件虽然有限,仍对科学事业的发展大力扶持,科学研究的条件和规模同出国前已大不一样,真是今非昔比,令他充满

信心.位于云南的宇宙线高山站是当时国内仅有的高能物理实验基地,为了能在比当时加速器已达到的能量更高的能区进行宇宙线核作用研究,张文裕提出了在云南高山站增建一套当时国际上规模最大的云雾室组的建议.当时,这是一项很先进的宇宙线研究计划.事实上,他回国前就对此有所考虑和筹划,回国时就带回了建造大云雾室用的高级平面玻璃和一些实验仪器.大云雾室组于1958年开始建设.建成后,观察到了一个可能的大质量带电粒子,并开展了一系列宇宙线课题研究,从这个实验基地里,培养了我国一代宇宙线研究人才.

前文关于 μ 原子研究的发展过程,还揭示了宇宙线实验和加速器实验之间的关系,以及开发先进的粒子探测技术的重要性.张文裕曾深有体会地说,发现一种新的物理现象只是认识的开始.而物理学的发展,定量的研究是很要紧的.宇宙线做出定性的工作就可以了,精确定量的工作靠宇宙线是不行的,要用加速器做.用宇宙线做十年,用加速器做一两分钟就可以了.他又说,探测器的分辨率很重要,没有半导体探测器的发展,就不会有今天 μ 原子的深入研究.因此,张文裕回国后,直到他去世,他孜孜以求的就是要建立我国的高能物理实验基地,培养和形成我国的高能物理研究队伍.这是他晚年的一个追求,一个梦想.

1964年,我国退出杜布纳联合核子研究所,在这之前我国每年要向该所提供大笔经费,在国内却没有自己的粒子加速器实验基地.这是张文裕心目中最大的缺憾.他深深懂得,没有自己的高能粒子加速器,没有自己的高能物理实验基地,就不能凝聚一支高能物理研究队伍,中国的高能物理就没有根.1972年9月初,张文裕与朱洪元、谢家麟等18位科学家写信给周恩来总理,提出了发展我国高能物理事业的想法,建议建造一座中国自己的高能加速器,开展高能物理的研究.不到两个星期,他们的信就得到周总理的亲笔批示,强调“这件事不能再延迟了.科学院必须把基础科学和理论研究抓起来,同时又要将理论研究和科学实验结合起来.高能物理研究和高能加速器的预制研究,应该成为科学院要抓的主要项目之一.”1973年,中国科学院高能物理研究所成立,张文裕担任所长,开始了加速器方案的论证,以及加速器和探测器的预制研究,建设了所需的实验室和规模较大、工种较齐全的机械加工厂,为建造加速器和探测器提供了良好的物质条件.1981年,国家调整高能物理基地建设方案,他主持论证,最后确定了建造正负电子对撞机,并

选择正负电子束流的能量位于聚物理研究的最佳能区. 1984年,北京正负电子对撞机开工建设,终于圆了张文裕多年的一个梦.



图3 1984年北京正负电子对撞机开工典礼上,邓小平与张文裕亲切交谈

张文裕为发展我国的高能物理事业呕心沥血,贡献了他晚年的全部精力,直至生病期间还坐着轮椅到对撞机工地了解工程的进展.可以令他欣慰的是:北京正负电子对撞机于1988年建成,1989年实现对撞.它的运转已使我国聚物理研究的许多方面跻身国际领先地位.高能电子放出的同步辐射光,已

用于能源、材料、生物、化学、生命科学、凝聚态物理、表面物理和超大规模集成电路等方面的应用研究,对解决有关科学技术问题做出了贡献.

张文裕为加强我国与国际高能物理界的合作、友谊与交流做了大量工作,为中国的高能物理研究走向世界做出了贡献.他曾担任第一、二届中美高能物理合作委员会中方主席,开辟了中美高能物理领域合作的局面,派遣了大批研究人员出国学习,掌握先进技术,为北京正负电子对撞机和北京谱仪的建设打下了良好的基础.这支队伍后来成为我国高能实验物理及加速器建造的中坚力量.

张文裕曾长期兼任中国科学技术大学教授和近代物理系主任,对该系的建设和学生的培养给予了极大的关注;曾主讲《普通物理》这一重要的基础课程.他十分重视教育与科研相结合,始终突出“物理学是一门实验科学”的思想,十分强调实验教学.

热爱祖国,为振兴祖国的科学事业不遗余力、奋斗不止,贯穿在张文裕的全部生活中.他的科学态度,他的探索精神,他的谦逊宽厚、平易近人的品德,和他的科学贡献以及学术造诣一起,深深受到晚辈的怀念和尊敬.