

# 杰出的物理学家吴健雄

## ——纪念吴健雄先生诞辰110周年

郑志鹏

(中国科学院高能物理研究所 100049)

吴健雄出生于1912年5月31日,至今正好110周年。在她诞辰110周年之际,谨写此文弘扬吴先生为世界科学做出的卓越贡献,并回忆几件与她接触过的往事,缅怀她为中国高能物理发展所作的贡献,纪念这位被誉为东方居里夫人的杰出的物理学家。

### 不平凡的一生

吴健雄先生出生在江苏省苏州市太仓县的一个书香门第。父亲吴中毅知书达礼,重视子女的教育,反对当时社会上轻视妇女的习俗,崇尚男女平等,认为女孩子也有受教育的权利。于是他把女儿吴健雄送到小学、中学读书,像男孩一样培养,使她从小就受到良好的教育。父亲对她一生影响极大。

1923年,吴健雄在家乡读完小学,考入苏州市第二女子师范学校,1927年以优异成绩从师范学校毕业,担任一所小学的教师。两年后她以优异成绩考取南京中央大学数学系,一年后转入物理系,攻读她钟爱的物理专业。

大学毕业后她先在中央研究院工作了一年,后于1936年赴美留学。原定去密歇根大学,后因在加州大学伯克利分校参观了劳伦斯刚发明的回旋加速器,受劳伦斯的影响而改到伯克利上学,师从著名核物理学家、诺贝尔物理奖获得者埃米里奥·赛格雷教授。1940年获得物理学博士学位。之后她到过史密斯学院和普林斯顿大学工作。1942年与袁家骢结婚,主婚人是加州理工学院的诺贝尔物理

奖获得者密立根教授。同年她参加了曼哈顿计划。1944年到哥伦比亚大学工作直到退休。在美学习和工作期间,她一直怀念祖国和亲人,心系祖国的发展。

1973年10月她和丈夫袁家骢回到阔别37年的祖国,受到了周总理的亲切接见。周总理请他们帮助分析云南站发现的宇宙线事例,并对陪同访问的高能物理研究所所长张文裕先生说:“一定要尽快把高能加速器预制方案搞出来”。此后她和袁家骢多次回国访问、讲学,曾受到邓小平同志的接见。他们访问过中国科学院及属下的研究所以及几所高校,还有吴健雄家乡的中小学。他们曾几次参观、访问高能物理研究所,参观北京正负电子对撞机和北京谱仪。他们为祖国的飞速发展而兴奋,也向中国领导人建言献策,提出许多有关发展祖国科学、教育和培养人才的建议。他们还捐款设立教育基金,促进教育事业的发展。从他们身上我们看到了一对海外华裔的拳拳爱国之心。



图1 1973年10月周恩来总理会见吴健雄和袁家骢教授

## 杰出的科学成就

吴健雄先生在物理学方面有诸多贡献,其中最著名的要数她主持的 $^{60}\text{Co}$ 的 $\beta$ 衰变实验。该实验证实了李政道和杨振宁两位先生早先提出的在弱作用下宇称不守恒的理论。正是由于这个理论被吴健雄实验(1956年底)证实后,李政道、杨振宁才获得了1957年的诺贝尔物理学奖。但吴健雄先生的名字不在获奖名单之中,因而受到物理界的广泛关注,许多人深感不平。有一种解释是诺贝尔奖只限三人,而参加吴健雄实验的还有美国国家标准局低温组的其他三个人,因此不好平衡。大多数人不同意此种说法。因为参加实验的四人中,谁是实验的提出人,方案的设计人,实验的主持人?答案很清楚,是吴健雄先生,她才是实验的灵魂人物。如果实验选一个人代表,非吴健雄莫属。这样李政道、杨振宁加上吴健雄不是正好吗。但历史事实不是这样。后来,有包括李政道在内的多名诺奖得主曾为吴健雄先生提名诺贝尔物理学奖,但始终未能成功。为什么会造成这种遗憾,当时诺奖评选时是如何考虑的?这个问题只有等到诺奖解密的一天了。

吴健雄虽未获得科技界的最高奖——诺贝尔奖,但她在实验物理上取得的杰出贡献还是被国际物理界所认可的。1987年她获得有较高声誉的沃尔夫奖以及以后又获得许多重要物理奖。

吴健雄先生在物理上还有多项重要成就。她参加曼哈顿计划时发现铀裂变时产生氙,她深入研究了氙的中子吸收截面,对原子弹的成功制造极为关键;她是 $\beta$ 衰变研究的权威,以坚实的实验数据确定了费米理论的正确性;她和合作者发现弱作用与电磁作用一样都存在4.7倍的磁矩反常值,启示了以后粒子物理标准模型电-弱统一理论的创立。吴先生还是 $\mu$ 型原子物理研究的前驱,是无中微子的双 $\beta$ 衰变研究的开拓者。

总之吴健雄先生的实验研究工作面广而深,以思想创新,作风严谨,数据准确、可靠而闻名于科学界。李政道先生评价她是二十世纪最杰出的物理学家之一,在实验物理学研究上取得了伟大的成就,

对当代物理学的发展起到了极重要的推动作用。

## 心系祖国科学教育,力促中国高能上马

吴健雄及丈夫袁家骝虽长期在美国工作和生活,但仍念念不忘中国科学教育的发展。在周总理、邓小平接见时为国内科学教育如何发展,如何培养人才提出过许多中肯的建议。还阐述过重视基础科学,在中国建立高能物理实验基地的建议。

经过认真思考和调研,1977年他们夫妇二人和李政道先生一起写信给当时的高能物理研究所所长张文裕先生,提出中国高能加速器建造应选择省钱,有丰富物理目标的方案。1981年初由于国民经济调整,八七工程,即40 GeV的高能质子加速器建设下马,吴健雄夫妇听说后非常着急,并和李政道商议如何推动中国的高能物理实验基地的对策。他们建议中国应立即派专家赴美洽谈。不久,高能所的朱洪元、谢家麟到了美国与李政道、潘诺夫斯基、吴健雄、袁家骝以及美国几个高能物理实验室的专家开会讨论中国高能物理的前景。会后一致同意在中国建造 $2\times 2.2$  GeV正负电子对撞机是最好的方案,造价只有八七工程的三分之一,且物理窗口内容丰富,又可以做同步辐射应用研究,能达到一机两用的效果(图1)。朱洪元、谢家麟二位征求了在美访问的中国学者的意见,得到“基本同意此方案”的回应。他们回国后又征求了国内同事的意



图2 朱洪元(右3),谢家麟(右1),吴健雄(右2),威尔逊(右4)等在美国讨论中国高能加速器方案

见,也获得了大多数赞同的回答。最后经过多方努力,特别是李政道和邓小平、方毅的频繁沟通,最终该方案获得批准。

1981年12月邓小平对中科院上呈的建造北京正负电子对撞机方案文件批示如下:这项工程已进行到这个程度,不宜中断,他们所提方针比较切实可行,我赞成加以批准,不再犹豫。

小平同志一锤定音,结束了中国高能加速器“七上七下”的坎坷历史,为中国高能物理发展掀开了新的一页。李政道、吴健雄、袁家骝对中国高能对撞机的上马功不可没。1984年北京正负电子对撞机建设开始,1988年建成,历时四年。在此期间,吴健雄夫妇一直关心、支持北京正负电子对撞机工程的建设。

### 访问高能所,关心基地建设

自1984年起吴健雄、袁家骝夫妇曾多次访问高能所,我参加接待的有两次,记得一次是1986年,另一次是1988年。两次都在北京正负电子对撞机工程的建设期间。

当我第一次近距离见到这两位仰慕已久的、世界著名的物理学家,而且能聆听他们谈话时,心情是非常激动的。

他们和蔼可亲,谦虚平和的态度和对祖国科学事业由衷关怀之情给我留下了极深的印象。吴健雄先生讲话带有苏州口音,绵绵细语,而袁家骝先生则是持北方口音,声音宏亮。为了表达确切,他们讲到某些专业术语时则用英语。叶铭汉先生(时任高能所所长),谢家麟先生(时任对撞机工程经理)向他们介绍对撞机工程进展时,他们非常认真地聆听,不时提出问题,如:你们怎样保障工程进度?你们的经费够不够?

谢家麟先生回答说,我们严格按CPM(关键路线控制)计划做,每周检查一次。同事们的工作热情很高,高能所许多人为了按时完成任务,经常加班加点,节假日也不休息。我们有的研究人员为了保证加工质量,长期在生活条件艰苦的地方驻厂,这样既保证了进度又保证了质量。吴健雄说大家



图3 吴健雄、袁家骝参观对撞机磁铁

做工程很辛苦,只有能吃苦才能取得成功。

叶铭汉先生说对撞机工程得到了全国的支持,参与这项工程的有数千人。工程四人领导小组起到了很好的协调、管理和调度作用。工程经费虽紧,但我们想办法在保证质量的前提下尽量不超支。在工程领导小组协调下,工厂只收成本费,省了不少钱。

会见后大家高兴地合影留念。然后他们到对撞机、谱仪和同步辐射实验室现场参观(图3)。参观时,吴健雄和袁家骝夫妇的兴趣极高,时常会提出专业性很强的问题和建议,大家领教到一位实验物理学家(吴健雄)和一位加速器、探测器专家(袁家骝)的真才实学。当他们知道加速器、谱仪和同步辐射主要部件都是国内生产时,非常高兴,十分赞赏我们这种自力更生精神。

另一次会见是在1988年10月,参加人员有高能所新一届领导班子和工程经理,以及工程总师们(图4)。当吴健雄、袁家骝从座谈中知道对撞机和谱仪工程建设基本完成,加速器正在调试束流,争取早日实现正负电子对撞时,他们十分高兴,并表示祝贺。我记得吴健雄说,当时选择正负电子对撞机方案考虑到价格相对便宜,物理目标丰富,但也有挑战,即技术难度要比打固定靶的加速器大得多,当时是有些担心的。你们现在经过努力,克服了各种技术难关,真了不起,值得祝贺。

会见后不久的1988年10月16日对撞机实现了正负电子成功对撞,我们将这一消息第一时间告诉了他们。他们当然非常兴奋,这是他们期待已久的结果。



图4 1988年的一次会见。第一排左起谢家麟、叶铭汉、袁家骝、吴健雄、方守贤、郑林生。  
后排左起李德中、郑志鹏、王津、王迪、石寅生、徐绍旺、马彤军、陈森玉、章炎、王恒久

三十多年后的今天,北京正负电子对撞机(BEPC)和北京谱仪(BES)经过不断地升级改造,现已成为世界八大高能实验室之一,在 $\tau$ -粲物理研究领域不断取得国际一流水平的成果,已在世界高能物理占有一席之地。饮水思源,大家不会忘记中国高能物理基地的开拓者李政道、吴健雄和袁家骝的功绩。

## 一次难忘的会见

1992年5月31日在北京钓鱼台国宾馆举办了“中国当代物理学家联谊会”。这是一次具有历史意义的盛会,有三百余位来自海内外的老、中、青三代物理学家。我很荣幸参加了这次大会。我看到了老一辈的物理学家严济慈、赵忠尧、周培源、王淦昌,美籍华人物理学家李政道、杨振宁、吴健雄、袁家骝、任之恭、顾毓琇、朱经武,以及来自台湾的吴大猷。会议由朱光亚和李政道主持,严济慈、赵忠尧、周培源、吴大猷、吴健雄、任之恭、汪德昭、王淦昌等先后讲话。他们讲到人生体会,对科学事业执着的追求,所做出的科学成就,给与会者留下极深的印象。会议休息时间,全体参会代表受到江泽民

等时任国家领导人的接见,并合影留念。

会后又组织了一些活动,由老一辈的科学家同与会的中青年代表会面。我很荣幸同吴健雄会见交谈(图5)。她见到我一面握手一面问:“对撞机、谱仪怎样啊?”我回答说,“对撞机亮度很高,谱仪运行良好,中美物理学家合作刚完成了 $\tau$ 轻子质量测量实验”。她说:“我听李政道提起过这个实验,证实了轻子普适性理论,很重要”。她接着与下一位同志,高能所的张闯握手交谈,详细询问了BEPC运行的情况,在得知BEPC的对撞达到了设计指标,实现了稳定高效运行时,她连声说:“好,好!”

在茶歇时,我和吴先生又一次见面,接着交谈。她问我“你们是什么原因想到做 $\tau$ 轻子质量测量实验的?”我说:“是在八十年代末,根据当时国际权威的PDG(粒子数据组)给出的质量值,发现 $\tau$ 轻子的弱耦合常数不等于 $\mu$ 轻子的耦合常数,即轻子普适性假设可能破坏了。我们决定在北京谱仪上重新测量 $\tau$ 轻子质量”。她问你们用的什么方法?我回答说“用能量扫描法,逐渐逼近 $\tau$ 的产生阈值。这与通常测量产生截面的拟合方法不同”。她又问:“你



图5 亲切的会见(吴健雄(左1)、郑志鹏(右2)、张闯(右1))

们结果如何?”我回答说:“精度比PDG的结果好了10倍,关键是我们测量到的质量比以前世界平均值小了7 MeV,按照这个新的测量值,标准模型的轻子普适性假设是成立的”。

她说:“你们的方法创新才有这样好的结果。你说这个实验也有美国人参加?”我说:“是的,1991年成立了北京谱仪合作组,美国有十所大学,研究所的二十位物理学家参加,加上中方的近百位来自高能所和几所高校的物理学家,大家一起合作完成了这项实验”。我们在请吴健雄在一张绘有BEPC上 $\tau$ 轻子质量精确测量结果的纪念封上签字时,她兴奋地说:“我的两个梦想现在都变成了现实,一个是中国人在自己的加速器和谱仪上做出了世界级的物理成果;另一个是海峡两岸的中国科学家在自己的国家里欢聚在一起……”

后来我们的话题转到了另一个我参加过的 $^{48}\text{Ca}$ 无中微子的双 $\beta$ 衰变实验上。是她先提出的,她说:“你和叶铭汉等人做的 $^{48}\text{Ca}$ 无中微子的双 $\beta$ 衰变实验,当时是怎样想到要做此实验的?”我说:“选择这个题目是受到何祚庠、庆承瑞的启发,让我们了解到无中微子的双 $\beta$ 衰变实验非常重要,可以检验轻子数是否守恒及中微子的属性(狄拉克型或马约拉纳型)。从诸多同位素中我们选中了 $^{48}\text{Ca}$ 是因为受了你们实验的启示,其衰变能为4.27 MeV,比较大,因而易于探测。你们实验用火花室,我们用的是 $\text{CaF}_2$ 晶体,之所以选择 $\text{CaF}_2$ 晶体是因为它既含有适量的 $^{48}\text{Ca}$ 同位素,同时配上光电倍增管后可作探

测器,记录电子或其他带电粒子。我和祝玉灿了解到当时长春光机所能生长出国内最大的 $\text{CaF}_2$ 晶体,到长春光机所协商后他们同意租借给我们四块总重达37千克的大质量 $\text{CaF}_2$ 晶体(含43克 $^{48}\text{Ca}$ 同位素)。于是我们将实验的初步设想告诉了叶铭汉,他听后十分支持这一设想,同意参加实验,和我们一起确定了实验方案,并派他的研究生游科,作为博士论文课题也加入到实验中来,在实验中起了重要作用”。吴健雄静心地听后问:“你们的实验在哪儿做的?”我说:“在北京郊区门头沟的煤矿井下512米深处下做的。这样可以大大减小宇宙线本底,但工作条件很艰苦。在那里连续取数七千五百多小时。得到了 $^{48}\text{Ca}$ 无中微子的双 $\beta$ 衰变半衰期下限”。吴健雄说:“从去年的Phys. Lett. B\*杂志上看到你们的结果,比我们的结果好了4倍”。我说:“我们的实验是从你们实验得到启发后才做的。结果还不错是因为有大质量的 $\text{CaF}_2$ 晶体,又加上在矿井下,再加上探测器周围厚厚的屏蔽体,使本底降低了五个量级”。

我们的谈话轻松愉快,但因她还有别的安排,我只好终止谈话,与她告别了。此次接见和谈话三十年过去了,但我至今还记忆犹新,仿佛就发生在昨天。

现在想起来,我真的很荣幸,能有机会接触到吴健雄先生这位杰出的物理学家,能亲耳聆听她的讲话,面对面地与她谈话,并从中受益匪浅。我很幸运,很幸福,也希望更多人能分享到这种幸福感,能更多地了解这位中华民族科学史上百年难遇的“东方居里夫人”,这就是我写此文的初心。

\* 我们的文章发表在:Phys. Lett. B 265.53.1991, 给出的结果: $^{48}\text{Ca}$ 无中微子的双 $\beta$ 衰变半衰期下限为 $0.69 \times 10^{-5}$ 。吴健雄实验结果为 $1.61 \times 10^{-5}$ 。

## 参考文献

- ① 李政道1997年在北京大学纪念吴健雄大会上的演讲。摘自李政道文集,浙江文艺出版社。
- ② 北京正负电子对撞机工程建设亲历记——柳怀祖的回忆。湖南教育出版社