

方守贤与重离子加速器

赵红卫

(中国科学院近代物理研究所 730000)

方守贤先生与病魔顽强地抗争了10个多月后，2020年1月19日离我们而去。噩耗传来，噙泪静思，先生音容笑貌萦绕在耳，精神品学铭刻于心。方先生是我国高能加速器事业的开拓者和奠基人之一，是我国加速器大科学装置战略科学家，一直坚守在加速器科学研究的前沿，为我国核科学和粒子加速器事业的持续发展做出了重大贡献。我有幸与方先生相识多年，先生对近代物理研究所、重离子加速器发展和我本人曾给予指导和帮助，每每想起这些，心中对先生的敬仰之情油然而生。

一、方先生与离子源

我第一次见到方先生是1992年在北京香山参加加速器的学术年会。我当时是近代物理所一名博士研究生，知道方先生是高能物理所所长，领导建设了北京正负电子对撞机，心里想他是加速器领域的大专家，参会期间就有意近距离见到先生，但没有机会与他说话。方先生给我的第一印象就是个头高、声音宏亮，我看他要仰视，他看起来有点消瘦，但儒雅、和蔼。那时我已开始学习离子源，但与方先生见面的机会并不多。后来我去了俄罗斯杜布纳联合原子核研究所工作学习，那时就听说20世纪50年代末60年代初在该所工作学习的中国知名科学家中有方守贤先生。

1998年我和饶亦农一起在济南参加加速器学会组织的第三届“希望杯”青年优秀论文评选报告会，我记得方守贤、陈佳洱、王乃彦、何多慧等几位老师是评委，方先生当时是加速器学会理事长，也是该报告会评委专家组组长。当时我们实验了一种电子回旋共振(ECR)离子源的约束磁场新工作模

式，依然记得我做完报告后，方先生问我的带有鼓励性的问题：“做新东西不容易，你们实验了一种新的磁场分布，这很好！束流强度有提高，束流稳定性怎样？国外同行有人重复你们的实验吗？”报告会结束后的第二天下午，苏萍等人和我们一起去陪方先生散步，有人从口袋里拿出当时比较流行的由四个金属环连接成的结扣，开玩笑问当时在场的人谁能解开，没想到方先生说“小赵，你是做实验的，肯定能解开。”我胀红着脸硬着头皮接过金属环链，众目睽睽下花费了点时间终于解开了，总算没有在方先生面前丢脸。那年我获得“希望杯”青年优秀论文评选一等奖，经方守贤、陈佳洱、何多慧三位老师推荐，我获得了1998年第六届中国青年科技奖。推荐意见是苏萍领着我去找方先生修改的，他逐字逐句修改，非常认真。



图1 2006年方守贤与陈佳洱、魏宝文一起审核
超导ECR离子源技术鉴定意见

2006年10月19日在兰州召开了中国科学院知识创新工程重大项目“超导高电荷态ECR离子源”技术鉴定会。当时有9位核科学领域的两院院士参加了该鉴定会，方先生任鉴定委员会主任。开会的

前几天,基础局有位领导对我说,方院士原本计划是开完学术委员会会议后,当天晚上就要回北京,第二天高能所还有其他会议,听说我们要开这个技术鉴定会,他是特意改变了行程。那天鉴定会上方先生宣读完鉴定意见,会议结束后与我走出会议室时说到,鉴定意见中有一句“在高电荷态 ECR 离子源技术方面处于国际领先水平,对 ECR 离子源技术发展起到引导作用”,原本是“对 ECR 离子源技术发展起到指导作用”,是他提出修改为“起到引导作用”,他问我这样修改是否更精准,我回答说这样更准确。方先生总是非常严谨。

二、方先生与兰州重离子加速器冷却储存环

方先生是1992年被聘为兰州重离子加速器国家实验室学术委员会委员,从1999年至2012年长期担任兰州重离子加速器国家实验室学术委员会主任兼重离子加速器专业委员会主任。这一段时间是兰州重离子加速器冷却储存环 CSR 建设期和建成后开始运行取得成果的重要时期。作为重离子加速器国家实验室学术委员会主任,方先生几乎每年来近代物理所1至2次,为 CSR 建设和运行提出宝贵的指导意见和建议,为兰州重离子加速器发展做出了重要贡献。

在 CSR 建设期间,我是两台电子冷却装置系统负责人。方先生曾对我说:“你们兰州所在我们国



图2 2002年方守贤与杨晓天在近代所超高真空实验室

家首次开展加速器束流冷却的工作,束流冷却对加速器非常重要,特别是将来大型强流离子加速,电子冷却会发挥很重要的作用,你们要多组织一些人长期做束流冷却研究,可能还要做随机冷却研究”。

在 CSR 建设期间,方先生曾经很担心我们的超高真空系统,在这方面国内以前的工作积累不多,认为技术难度很大。在2002年8月18日参加兰州重离子加速国家实验室学术委员会会议期间,还特意去近物所超高真空实验室现场检查指导。CSR 全长约500 m(包括束流线),真空表面积约500 m²,全环最终实测平均真空度 5×10^{-10} Pa,这样的真空度已保持10多年了,这是我国在大型真空系统中获得的最高真空度,也是国际同类装置中真空度最高的。方先生曾给予了很高的评价。

在2008年7月 CSR 国家验收大会上,方先生作



图3 方守贤在2008年 CSR 国家验收大会上讲话



图4 2010年3月方守贤参加在近代物理所举办的兰州国家科学技术研究中心规划会议

为 CSR 工艺鉴定验收专家组组长,指出“HIRFL-CSR 工程以较少的投资,使我国重离子冷却储存环技术达到了国际先进水平”。

三、方先生与重离子肿瘤治疗装置

近代物理所 20 世纪 90 年代初开始重离子治疗癌症的基础研究,2006 年至 2009 年利用兰州重离子回旋加速器提供的碳离子束进行了 103 例浅层肿瘤患者治疗临床试验,2009 年至 2013 年利用冷却储存环 CSR 提供的碳离子束进行了 110 例深层肿瘤患者治疗临床试验,2012 年至今正在进行重离子治疗癌症专用装置的产业化和推广。长期以来,方先生对近代物理研究所重离子肿瘤治疗事业非常关心。

2015 年 7 月,方先生获悉武威重离子肿瘤治疗装置的回旋加速器注入器已开始束流调试,很快同步加速器也将开始束流调试,他打电话给我,想去武威加速器现场看看。实际上我们很早就想邀请方先生去武威指导,但从兰州至武威要 3 个多小时的车程,总是担心先生已 80 多岁了,太辛苦。8 月 1 日我陪着方守贤、陈佳洱、王乃彦三位 80 多岁高龄的老先生从兰州出发去武威碳离子治疗装置现场参观。他们饶有兴致地实地参观了回旋加速器注入器、同步加速器、治疗室、控制室、电源系统和水冷系统等,询问了很多问题,听取了武威重离子医



图 5 2015 年方守贤、陈佳洱、王乃彦参观武威碳离子治疗系统



图 6 2018 年方守贤参加“武威碳离子治疗系统临床试验方案”专家研讨会

院叶延成院长对该医院的规划介绍。本想让三位老师在武威多停留 1~2 天,但他们都说非常忙,坚持第二天就从武威乘车赶到兰州中川机场,飞回北京了。老先生不辞辛苦、身体力行、脚踏实地、兢兢业业的精神让我很感动。

2017 年 3 月的一天上午,方先生打电话给我,说要与我讨论一些关于同步回旋加速器的问题。方先生觉得超导同步回旋加速器在质子治疗方面也许有优势,他与我讨论了很多与磁场分布、超导线圈冷却、束流引出、运行成本和这类加速器长期可靠性等方面的问题,电话上我们说了半个多小时。先生兴趣广泛、知识面广、思维敏捷,不断探索,是我们后辈的楷模。

2018 年 6 月 12 日,86 岁高龄的方先生受邀参加了由国家医疗器械审评中心组织的“甘肃武威碳离子治疗系统临床试验方案”专家研讨会。方先生对一些实际情况和问题比较了解,他在该会议上向参会的相关领导和专家大声疾呼:“国家要缩短一些大型医疗器械各种审评过程,要鼓励国产自主知识产权的医疗器械尽快进入市场。”

四、方先生与加速器驱动的次临界嬗变系统

20 世纪 90 年代末方守贤与丁大钊先生推动和领导了我国加速器驱动的次临界嬗变系统(ADS)研

究,他们曾牵头负责科技部两期与ADS研究相关的973项目。近代物理所2010年在詹文龙院士领导下开始了ADS研究,从2011年至2017年牵头负责完成了中科院战略性先导专项“未来先进核裂变能——ADS嬗变系统”研究。经专家组认定,近代物理所与高能物理所合作实现了ADS超导直线加速器前端示范样机高功率连续质子束流大于2毫安、32千瓦、100小时的运行,是目前国际上连续束流超导直线加速器达到的最高束流功率和最长运行时间,处于国际领先水平。近10年来,方先生多次作为专家组组长或成员、项目研究顾问,曾给予ADS研究许多关心、支持、指导和帮助。

2014年近代物理所与美国LBNL合作研制的2.1 MeV质子RFQ加速器实现了10 mA连续束稳定运行,并通过10 mA、2小时束流不中断连续测试。当时我把束流调试情况向方先生汇报,他非常高兴,除表示祝贺外,他特别叮嘱一定要进行束流长期稳定运行研究,特别是要注意束流损失研究。2015年8月我曾陪方先生在兰州实地参观5 MeV ADS超导质子直线加速器,当看到那台RFQ加速器时,他说:“这台RFQ做的很漂亮,小时量级也很稳定,但你们还需要长时间运行,只有长时间运行才能暴露一些问题,美国的散裂中子源和日本J-PARC的RFQ都出了问题,美国劳斯阿拉莫斯实验室的RFQ曾经短时间达到100 mA质子束,你们要好好研究其中的问题”。2017年11月ADS先导专项科学院总体验收会议上,方先生作为评委专家,还向我发问:“强流质子加速器在世界上是非常困难的,束流功率很高,一旦有损失,放射性和机器保护都是大问题,要求束流损失要小于1 m/W,你们是如何进行束流损失控制的?在超导段有无束流损失?”



图7 方守贤2017年在ADS项目验收会上进行评述和提问

与方先生相识多年,深深体会到先生治学严谨、诲人不倦、为人磊落,胸怀我国加速器大科学装置发展的全局。正如魏宝文院士所说:“老方对我国加速器事业发展贡献很大,特别是在CSR建设和运行期间,对近物所曾给予很大的支持和帮助”。詹文龙院士曾说过:“方先生治学严谨,总是实事求是,很公正,没有门户之见。过去这么多年对近物所评价很客观,近物所及其人才发展较弱时,他总是给予鼓励,当取得好的成果发展较好时,方先生又会提出更高的要求;方先生即使到80多岁了,有时还亲临科研一线,还不断有新的想法,比如最近几年他提出来的兼顾自由电子激光的双环同步辐射装置的新方案,我很赞同。”

方先生远见卓识、兴趣广泛,对我国加速器发展曾提出许多战略性意见,对加速器多个领域都有非常深入地研究,例如正负电子对撞机、同步辐射光源、散裂中子源、加速器驱动次临界嬗变系统、质子束肿瘤治疗等。方先生总是充满活力,富有创新精神,且身体力行、经常深入加速器工程第一线。方先生甘为人梯,乐于举荐年轻人,经常激励年轻人求真务实、勇于创新。

方先生不幸去世是中国科技事业的重大损失。我们沉痛悼念并深切缅怀方守贤先生!