

铭记心底的激情时光

蔡少辉

(北京应用物理与计算数学研究所 北京 100088)

于敏院士是我国著名核物理学家、理论物理学家、核武器专家。今年8月16日是他80华诞喜庆。于敏先生把毕生的精力和智慧献给了祖国的核事业,在原子核理论、核武器的基础理论、等离子体和自由电子激光理论研究等方面建立了不朽的功绩。在此,我祝于敏院士健康长寿、家庭幸福、学术生命长青!

1965年第四季度,于敏先生领导一个科研集体在上海奋战100天,完成了一套从原理到构形基本完整的氢弹物理设计方案。我有幸亲身参与了全过程。下面谨以我的亲身经历,从我的视角写下这一段文字,力图重现那些难忘的激情时光。

1963年9月,核武器研究所成立核心研究小组,研究装有热核材料的原子弹(也称加强型原子弹),开始向氢弹研究过渡。到1964年初,研究所机构调整,理论部成立时,氢弹原理的探索工作还只是在11室和12室部分人中进行。直到1965年初,中国科学院原子能研究所轻核反应理论组的理论物理学家黄祖洽(此前,他已兼任核武器研究所理论部副主任)、于敏等人调入武器研究所后,探索工作才在理论部4个研究室(1室、11室、12室以及13室)中陆续地全面开展起来。

是年2月,在研究所副所长彭桓武、朱光亚的指导下,由理论部主任邓稼先、副主任周光召主持,组织有关方面的专家和研究人员,回顾了前一段氢弹理论研究工作,分析了美、苏等国氢弹发展的历史,制定了研究所探索氢弹的理论研究规划。确定:第一步,突破氢弹原理;第二步,完成重量不超过1吨(为的是能上导弹)、威力为100万吨梯恩梯当量的热核弹头的理论设计(代号1100),力争在1968年前实现首次氢弹试验任务。当时由于“加强弹”的计算结果与该目标相差太远,人们普遍怀疑是否还有什么“新原理”或“新机制”未被掌握。其后,理论部便出现了半年时间的多路探索的局面。探索过程并不顺利,一条条途径提出后又被否定。这就是当年夏天氢弹理论研究的形势。正是探索工作紧锣密鼓,希望尚未见端倪,而1968年突破氢弹的期限已迫在眉睫。

在认识到像1100那样先进的热核弹头是不可能一蹴而就后,理论部领导适时调整了突破氢弹的途径和步伐。决定在确保主力(11室、12室)继续进行理论上的探索研究前提下,抽调一部分力量抓紧加强弹的设计工作,以便在实现1100目标之前,安排若干次档次较低的热核装置试验,目的是补充和验证我们在氢弹知识方面的不足。

1965年8月27日,在理论部全体大会上,邓稼先主任把即将在明年进行的小规模加强弹爆炸试验的设计任务交给了1室,并把打算在后年进行的百万吨级氢航弹热试验用的弹头优化设计任务交给了我们13室。会上邓主任和各位副主任在讲话中一致要求我们在国庆节前赶赴上海华东计算技术研究所,以便利用该所国庆假日期间空出的全部机时,集中突击一百天,用当时已经掌握的加强弹原理,配以可能取得的最好的核材料为后盾,完成口径指定、重达数吨、当量百万吨级的氢航弹优化设计任务。这就是当时被戏称为“老原理新应用”的一项突击任务。说白了,就是要我们用加强型原理,靠拼材料、拼个头、拼重量的办法,优化设计一架飞机能驮的百万吨级热核弹头。

理论部大会结束后,室领导当即决定,除书记吴中祥、副主任徐锡申(主管状态方程和辐射平均自由程两个小组)等人留守北京外,由主任兼副书记孙和生(主管炸药爆轰和流体力学两个小组)、副主任蔡少辉(主管核反应后物理小组)和刚从南京大学计算数学系调来的副主任彭清泉(主管核反应后计算数学小组)率4个与武器设计直接有关小组的科研人员和为数不多的科研辅助人员共50多人,抓紧时间准备于9月底前赴上海。

为此,各组都在抓紧做好出发前的准备工作。核反应后物理组与数学组安排了陈辅之、谢国强等对当时理论部用于研制加强弹反应后的常用计算机软件做了一番调查,并从程序的物理建模、基本假设,到数学推导和差分格式以及与之配套的物理参数等,都做了一次彻底的清理。我们除了请彭桓武、黄祖洽、于敏、秦元勋等专家给大家讲了他们个人对加强

弹的看法外,还请了1室、12室一些从事过加强弹理论设计的经验较丰富的年轻人如邹志高、高飞等给大家传授经验。此外,副组长孟昭利等还根据几位部主任的意见准备了一批到上海计算的模型。实践表明这些准备工作对我们这次会战取得决定性胜利起了重要的保证作用。

9月27日,在老孙带领下,大家扛着自己的行李、被褥(当时计算所只能给我们每人准备一个铺有稻草垫子的双层铁床的铺位)、计算软件、科研记录本等资料,乘火车直奔上海。次日便来到坐落在上海郊区嘉定县城外,被一大片金黄色稻田包围着的华东计算技术研究所。主管我室并代表理论部领导指导我们这次突击会战的理论部副主任于敏也随同前往。

抵达目的地后,大家便马不停蹄地着手安装从北京带来的各种程序,进行调试和对算。国庆节晚上,在紧张的“备战”气氛中,13室全体出差人员,除在机房算题者外,围坐在计算所主楼五层东侧大教室里,举行了一个欢乐、简短而有意义的联欢会。晚会在高唱《歌唱祖国》的歌声中开始。大家一边吃着点心、水果,一边欣赏自编的短小文艺节目。孙主任的口技、詹皇业的南拳、徐华生的手风琴独奏、王玉华等表演的女声小合唱“洗衣歌”和于敏的“三国演义”的一段说书都博得大家的喝彩。

得益于出差前周密的准备,我很快便从程序的物理假设和方程中查明,造成程序计算中系统中子数不守恒的原因。10月5日我与彭清泉一起主持研究程序改编工作。考虑到当时计算任务紧迫,决定在原来理论部532程序的基础上作局部修改。叶光立、刘金栋等人在很短的时间内先后完成了1301、1302程序的编制工作,解决了中子数不守恒问题。

与此同时,加强弹的优化设计则按核反应前、后分工,在几个组长的组织下有序地进行着。反应后物理小组人员,在副组长孟昭利的带领下,按选材不同划分成两个题目组分别由陈辅之、张钧主持,对模型进行优化设计。他们时而汇聚在一起沟通、讨论,时而又分头探索。由于当时计算机的稳定性很差,每次算题除计算员、程序员必需在场外,还需要有物理专业人员保驾,以便及时发现和解决问题。因此全体物理和数学专业人员以及科研辅助人员一起混合编组排班,夜以继日地轮番到机房算题。每去一次机房,大家便抱回一大堆纸带卷。留在办公室的人员便忙着画图、登记、分析、讨论,并准备下一批要算的模型。在强烈的使命感鼓舞下,大家热情高涨,干劲冲

天,很快就算出了一批模型。从结果看,它们离领导对我们这次出差的要求并不远,只要加入少许贵重材料,威力就可以提高到100万吨(而不是像后来某些报道所说的那样,“威力总上不去,已经很重了,当量只有几十万吨”)。但是这批模型的聚变份额都很低,这表明其中的热核材料并没有充分燃烧。不过大家对此并没有太深究。或许是由于当时受到对加强型原理不被看好的思想所影响吧。

面对这批计算结果,于敏并不感到意外。事实上早在他还在中国科学院原子能研究所轻核理论组进行氢弹应用基础研究时,就曾经对原子弹中加入聚变材料的加强型原子弹进行过探索。不过那时是在缺乏必要的原子弹知识情况下进行的。当时就发现在加强型原子弹中,聚变材料虽然能起到加强原子弹威力的作用,但由于加强弹中聚变材料燃烧不充分,这种加强作用是不充分的。如今于敏受理论部主任会议之托,率大家到上海出差,就是要研究如何把加强型原理与现实的原子弹配合起来,完成加强型装置优化设计任务。于敏有一个特点,不论做什么事情,要么不做,要做,就绝不敷衍了事,一定要全力以赴,做得最好。

在上海出差的日日夜夜,于敏总是亲自深入计算机房,埋头于输出纸带卷中仔细分析计算结果。为了找出问题所在,继续前进,他从众多的计算模型中挑出3个用不同核材料设计的模型,进行深入细致的系统分析。考虑到与他一起出差的年青人涉足氢弹探索时间不长,大都缺乏氢弹的基本知识和科研的实践经验。为了在工作中提高他们的水平,也为了找出问题所在,于敏决定把他过去4年在中国科学院原子能研究所探索氢弹机理时积累下来的氢弹物理知识,结合眼前加强弹优化设计的实践给大家做系列报告。

10月13日,于敏开始了他在上海持续约两周的一系列报告的第一讲。他从炸药起爆开始,将加强弹的全过程划分为原子阶段,热核爆震阶段和尾燃阶段,并对其中每一阶段的特征物理量进行分析。他结合物理粗估,对内爆动力学、中子学、热核反应动力学、辐射流体力学等有关现象进行系统分析。正是通过这样的学术报告,使大家对加强弹的热核爆震阶段和尾燃阶段的中子-氙的循环和增值、粒子能量沉积、火球传播与激波形成等过程有了深刻的认识。也正是通过这一系列报告,于敏进一步理清了头绪。通过分析,发现加强弹内中子造氙过程太慢。他在报告中明确指出,正是由于加强弹内,中子-氙循

环过程赶不上弹体解体过程,从而导致在这批加强弹的热核爆震阶段中,“火球内的能量释放率干不过能量损耗率,差了几倍!”在如此巨大的赤字压力下,火球的温度焉能不每况愈下呢。要摆脱这一困境,要么设法减慢火球传播速度,要么提高能量释放率……”于敏说。

在他的指导下,大家一边学着动手分析更多的模型,一边继续尝试着改进设计。然而,情况并没有很大改观。有人试着人为地提高热核材料的密度,结果却十分诱人。

显然,大幅度地提高热核材料密度是一个关键!“你们能办到吗?”于敏问。

众人的目光刷的一声便转向搞炸药爆轰和流体力学的同事们身上。这引来了流体力学粗估强手徐华生的一句话:“这么高的密度要靠炸药是绝对办不到的!”

是的,要实现如此高的压缩度,单靠提高炸药能量利用率的办法是绝对办不到的。于敏紧紧抓住了问题的关键,开始了新的思考。怎么办?要靠原子能!加强弹中的原子弹的能量难道没有用上吗?此前人们曾指望原子弹起爆后就能给聚变材料创造自持燃烧所需要的高温高密度条件。如今情况并非如此,问题出在那儿?经过深入细致的分析,问题终于明朗化了:在加强弹中,原子弹爆炸后出现许多物理因素,有的起好作用,有的起破坏作用。限于弹体的构形,它们不可能很好地配合。如何选用性能合适的材料,采取什么样的构形,才能促进起好作用的物理因素,抑制起破坏作用的物理因素?于敏又陷入苦苦的思索之中。

时值深秋,正是上海郊县公社稻子开镰收割时节。空气中处处弥漫着清新的稻谷香。晚饭后,只要工作允许,人们总喜欢三三两两结伴在田间小道上走走,以寻求难得的短暂身心放松。10月29日,星期五晚饭后,我和老于在附近田间小道上散步。当我们谈到应如何创造条件让热核材料充分燃烧时,于敏直截了当地指出,加强弹的构形不利于热核材料的压缩和燃烧。他详细地给我谈了他的看法。我被他的崭新思维所吸引,也被他所列举的无可辩驳的论据所折服。“那我们马上就动手干吧!”我说。“先算两个模型看看。一个比较理想……,另一个比较接近实际……”他说。显然,这是他经过深思熟虑后想要走的关键两步。那天晚上我们谈得很晚。露水开始沾湿我们的衣裳。阵阵秋风袭来,使人感到一些寒意。我们便加快步伐往回走。农历十月初六的上弦月很快就要下沉到西边远处地平线下了。回到办公室,

我立即找老孙谈起于敏的想法,他表示十分的支持。当即便去找小孟一起商量。

显然,在当时情况下,要在计算机上对如此复杂构形的氢弹进行数值模拟是不可能的。按照于敏的想法,先验证原子压缩是否能使聚变材料自持燃烧。为此准备了两个模型。通过改变计算模型的外边界条件的办法,模拟原子弹能量通过某种机制瞬间作用在被扳机身上。

11月1日晚上,华东计算技术研究所J501机房,在柔和的灯光下,计算组组长汤敏君在拨弄着计算机操作台上的键钮。台面上的小氖灯在欢快地闪烁。我和小孟蹲在机房地板上忙着查阅纸带卷,检查输入、输出数据是否有差错。于敏在一旁拿着计算尺和铅笔不时地在算点什么又写点什么。计算机在忠实地执行着主人的指令。它时而发出美妙的旋律,时而又发出数值求解叠代过程中所特有的沉重循环喘息声。“你们听,现在到了最难闯的阶段了,能量方程老叠代不出来,得赶紧缩小时间步长!”小汤说。只见她又在操作台上拨弄几下。渐渐地,机器又奏出流畅的韵律,人们在喜出望外地交换脸色。纸带卷上缓缓地输出令人兴奋的数字。一切都是那么振奋人心!最后的结果如于敏所料。兴奋之余,临时又加算了一个材料比例不同的模型。结果也不坏。隔天,另一个模型的计算也取得了完美的结果。至此,两类共三个模型的计算结果表明,只要能驾驭原子弹的能量,我们就能设计出羽毛丰满的百万吨级的氢弹!

华东计算技术研究所主楼五层东侧大教室里,13室全体出差人员安静地围坐在大黑板前。我简略地介绍了上述两类三个模型的计算结果和特点。黑板上列出的数据立即引起台下一片热烈的议论。

在众人殷切的目光期待下,于敏登上讲台给大家做学术报告。他首先向大家介绍新模型的设计思想。他说“过去大家都很重视对原子弹的压缩,现在看来,热核材料的压缩更重要!”接着他列举了陈辅之等人最近算的一个理想模型的结果。当人为地把热核材料压缩度提高一倍后,加强弹的烧氙量和威力都大幅度地增加了。

“要实现这么大的压缩度,靠炸药不行,要靠原子能。”

接着他提到储连元(物理组组长,当时因参加农村“四清”运动,不在现场)的即兴发言之所以不能实现的原因后,详细地论证了原子弹能量的利用和氢弹构形等一系列问题。

本来在报告开始时,大多数人只是抱着对于敏的设想感到新奇,对计算结果感到意外前来听讲的。随着他的报告的深入,大家终于被他那深入浅出的语言,严密的逻辑思维,无懈可击的推理和充分的论据带进了氢弹王国。这时会场上一片欢腾,群情激昂,气氛非常热烈。

当下,老孙便把在上海出差的室领导、小组长找来和于敏一起开会研究。决定:加强弹的优化设计是上级布置的任务,不能怠慢,必须继续抓紧完成;抽调物理组的于庆祥、周云翔、张天树、虞锦岚四人和我一起(到12月加强弹优化工作基本完成时,又抽调了黄书科、陈云尧、陈贵凡、陈继祖等参加),配合于敏另外开辟一条突破氢弹原理的技术途径;立即启动大型计算机程序1303的编制工作,以适应探索新原理的需要。

会后,我与老彭一起研究程序的编制问题。老彭从数学组抽调了刘金栋(负责程序的主控和输入/输出部分)、叶光立(中子方程)、王玉春(能量方程)、徐芳源(流体力学和核子数方程)四人参加编程工作。我负责程序的物理和数学建模,以适应新原理氢弹的模拟计算;于庆祥等广泛地向程序用户征求意见,以补充新的输出量的计算公式。北京理论部对这项工作给予了极大的关心和支持。12室派出李恩征、潘龙翔、何源武三人前来支援。这就使1303程序继承了理论部当时反应后程序中的最新成果和经验。与此前的程序相比,1303程序除了满足前面提到的中子数守恒外,还对核子数方程组和粒子能量沉积计算也作了较大的改进。此外为满足原理探索者和工程设计者的不同需要,对程序的输入、输出功能做了较大的修改和扩充。

编程工作(那时还不能使用机器语言编程,全靠手编指令完成)于11月上旬启动。在大家废寝忘食、夜以继日的努力下,经过大约一周的功夫,于11月14日投入使用。这一速度,即使按现在的标准也是惊人的。应该说,如果不是在理论部原有基础上改编的话,如果不是有这么一支上下一致、团结协作、不计个人得失、一心为祖国争光,为中国人争气、全身心投入的科技队伍的话是不可能办到的。

在编制程序的同时,新原理小组在于敏指导下向纵深发展以扩大战果。与此同时,于敏又着手考虑组织人员论证新原理中采用的特殊构形并非是异想天开,而是有充分的理论根据的。为此,他找到当时也在上海出差的蒙特卡洛小组的吴翔、张锁春、胡锦涛等人一起讨论,指导他们用随机模拟方法计算一些

物理过程的弛豫时间。在取得肯定的定量结果后,于敏又根据对新原理的物理过程的定性分析,鼓励吴翔等人考虑把复杂的二维问题作合理的物理近似化成一维半的几何问题。这些工作为后来编制氢弹工程设计所需的定量计算软件做好了充分的技术准备。正是在这种紧张热烈的气氛下,于敏不断地给自己提出问题、解决问题,并把研究工作步步引向深入。经过这段时间的系统工作,我们在氢弹探索工作中发现了一批重要的物理现象和规律。这些规律对随后的氢弹物理设计和核试验诊断都有重要指导意义。这样,按照新原理设计的氢弹理论方案雏形便逐渐浮出水面。这时大家的心情难以用笔墨形容。11月下旬邓稼先主任闻讯从北京赶来上海。他原先只打算在上海逗留三天,以便赶赴12月9日在前方基地召开的规划会议。听了于敏的介绍后,他立即对新原理表示首肯,并决定要在上海多留两天。他不仅详细地听取了新原理的汇报,作为另一手准备,他还十分满意地听取了两个月来大家在加强弹优化设计工作中所取得的进展。

12月初,老邓与老孙一起把我们在上海工作中取得的成果带回北京。几天后,于敏也奉调回京汇报,随后又到基地,多次就氢弹原理问题向有关领导、有关方面作了汇报。留在上海的同志则继续深入研究氢弹原理。12月中旬,留守北京的副室主任徐锡申根据上海的需求,派了物态方程组的李茂生和余冠儒两人赶到上海,帮助我们用上较为严格的状态方程。此时加强弹的优化设计工作已进入初步总结阶段。1965年年底、1966年年初,我们终于带着丰硕的成果,陆续返回北京,胜利地结束了100天的奋战。

这样,从1965年9月27日到1966年1月4日,整整100天!100个日日夜夜,终于凝聚了一套从原理到构形的基本完整的氢弹理论方案,从而为提前实现1968年前爆炸氢弹期限争取了最大的主动。在接下来的不到一年时间里,在部、院党组的坚强领导下,在理论部领导与专家们的强有力的组织和领导下,理论部全体科研人员拧成一股绳,在完成1966年5月9日含热核材料的原子弹空爆试验后,于1966年12月28日成功地完成了减当量的氢弹原理试验。接着于1967年在周总理和主管科研的聂荣臻元帅的亲自过问下,全体人员力排“文革”的干扰,终于在1967年6月17日,在祖国西北部成功爆炸了我国第一颗330万吨梯恩梯当量的机载氢弹!中国人民被人欺侮、任人宰割的时代一去不复返了!

40年过去了,这一瑰丽的历史篇章是我们每一个参加会战的科研人员永远不能忘怀的.时至今日我们虽已两鬓染霜,然而岁月易逝,记忆难忘,大家还清楚地记得与于敏在一起度过的日子,忘不了于敏埋头于堆积如山的纸带卷中,专心致志地分析计算结果的身影和深入浅出、引人入胜的讲课情景;也忘不了于敏在工作之余与大家一起漫步于乡间小

道,到嘉定县城逛孔庙,一路上谈笑风生,谈“红楼”聊“水浒”,说“三国”,背古诗……,也忘不了与于敏一起说说笑笑吃一角钱一碗的“澄桥豆腐”……的情景.

(本文作者是菲律宾归国华侨,北京应用物理与计算数学研究所研究员,博士生导师)

最善于指导实验工作的理论家

吕 敏

(中国人民解放军总装备部系统工程研究所 北京 100101)

1952年,我从浙江大学毕业分配到中国科学院近代物理研究所(现中国科学院高能物理研究所、中国原子能科学研究院和许多核科学研究所的前身).来到研究所,听说有一位叫于敏的人,业务特别棒.认识于敏以后,发现他是很普通的一个人,除了头有些谢顶外,没有什么特别聪明的特征.钱三强、彭桓武、王淦昌、赵忠尧等知名学者担任研究所的所长、副所长,彭先生找我谈话,说从事核理论的人较多,从事实验核物理的人太少,让我跟随王淦昌、萧健参加宇宙线实验,因此我没有机会和于敏在一起工作.

许多年后,我们先后奉调从事国防科技事业,才真正在科学技术上有较多接触,才真正认识到他在物理上的特长.他不但在理论上有极高造诣,水平非同一般,而且特别重视理论与实验相结合,在与他多次接触中得到许多帮助,对他十分钦佩,也十分感谢.

虽然年轻人都很尊敬于敏,但与他相处也很随便,简称“老于”,几十年过去了,今天,大家仍然称他老于.我和老于还有一点特殊的联系,1954年研究所从北京东城区东皇城根迁到中关村,是中国科学院最早搬到中关村地区的研究所,研究所当时改名为物理所(后来又改名为原子能研究所,属中国科学院和二机部双重领导)¹⁾.研究所的五层楼是当时中关村唯一的大楼,现在还在,位于现中国科学院文献情报中心的东北边.于敏所在的理论室(5室)在三层,我在3室,在五层,一楼有一个公用电话,来电话时传达室老头就大声叫“于敏电话”,因为我的名字和老于声音相近,按拼音只差一个字母,常常不清楚,经常是两个人都跑出来问是谁的电话.直到

最近还有人错把我当作“于敏”,让我也沾上了“两弹一星”金质奖章的光.

大家都佩服老于的理论造诣,接触过他的外国专家也对于他称赞不已.在我看来,老于是最重视实验工作的理论家.

老于是核武器理论设计方面的公认权威,每当理论家们争论,辩论到关键时候只要有一句“老于是这么说的”,激烈的争论便会嘎然而止,在理论问题上没有人不尊重老于的看法.而老于则特别重视实验数据,特别重视实验工作,特别关心实验工作的进展.在我国核武器的早期发展阶段,当氢弹试验成功以后,有个别理论家发表一种看法,认为核爆炸试验只要获得威力数据,证明理论设计正确,就够了,没有必要再做很多诊断测量工作,这种观点在实验工作者中间引起很大混乱.而老于在这个问题上态度非常明确,一再强调实验是第一性的,所有的核试验数据都非常重要,应该千方百计多获取数据,检验理论设计的程序,为改进设计提供依据.核试验发展证明了老于观点的正确性,随着核装置设计水平的提高,要求通过核试验提供更多的数据,带动了核试验实时物理诊断测量工作的深入.在核试验转入地下以后,每次核试验都要求进行许多物理测试,安排许多测试项目,核试验物理测量队伍得到很大提高,也为我国核武器的发展作出了贡献.我们实验工作者对此深深感谢老于的支持和帮助.

老于不但在原则上支持核试验的诊断测试工

1) 1973年,在中国科学院原子能研究所一部的基础上组建成现在的中国科学院高能物理研究所.原子能研究所二部于1984年组建成为中国原子能科学研究院,属核工业部领导——编者注