

- [6] M. Tanaka ,S. Tsuge ,S. Kiyama et al. ,SA YO Y Research Report , (1996 - 1997) , - 118.
- [7] J. H. Kim , J. Y. Lee. , *J. Appl. Phys.* , **35** (1996) , 2052.
- [8] H. Takakura et al. , International Solar Energy Society 1997 Solar World Conference , (1997) ,11.
- [9] 赵允平 ,电源信息报 ,第 7 期(1997) ,7.
- [10] K. Zweibel et al. , 25th Photovoltaic Specialists Conference , (1996) ,745.
- [11] R. W. Birkmire , 26th Photovoltaic Specialists Conference , (1997) , 295.
- [12] C. Ferekides et al. , Conf. Record 23th Photovoltaic Specialists Conference , (1993) , 389.

浅谈物理学在核武器发展中的作用³

郑绍唐

(北京应用物理与计算数学研究所 ,北京 100088)

摘 要 本世纪 30—40 年代 ,核物理的重大发现和发展开辟了人类利用核能的新纪元 .核物理学的新发现首先被用于军事目的 .中国在发展核武器的早期集中了一批杰出的物理学家 ,他们与力学家、数学家和工程技术人员一起 ,以他们的忠诚、智慧和勤奋创造了辉煌的业绩 .

关键词 物理学 ,核武器发展史

SOME OBSERVATIONS ON THE ROLE OF PHYSICS IN NUCLEAR WEAPON DEVELOPMENT

Zheng Shaotang

(*Institute of Applied Physics and Computational Mathematics, Beijing 100088*)

Abstract The important discoveries and developments of nuclear physics during the 1930 's—1940 's opened a new era in the use of nuclear energy. The new discoveries were first applied to military purposes. In her early days of developing nuclear weapons China assembled a number of distinguished physicists who worked together with mechanics , mathematicians and engineers. With their loyalty , intelligence and diligence , they accomplished great achievements.

Key words physics , the history of nuclear weapon

核武器的出现和发展无疑是 20 世纪人类生活中的一件大事 .它已影响到政治、经济、军事和外交等多个方面 .

1 本世纪 30—40 年代核物理的重大发现和发展开辟了人类利用核能的新纪元

本世纪 30 年代 ,世界上科学最发达的国家是西欧的英、法、德三国 .1932 年 2 月 27 日 ,英国剑桥大学卡文迪什实验室的查德威克 (James Chadwick) 发现了中子 .1932 年 ,德国的海森伯

(W. Heisenberg) 和苏联的伊万年科 (. . .) 独立发表原子核由质子和中子组成的假设 .1934 年 ,法国的约里奥·居里夫妇 (F1 & IIJoliot Curie) 用 α 粒子轰击原子核 ,发现人工放射性 .意大利物理学家费米 (Enrico Fermi) 用中子轰击能够得到的所有元素 ,在短短几个月中发现了 60 多种新的人工放射性核素 ,很快跑到世界原子核研究的前列 .1938 年秋 ,德国放射化学家、德国威廉皇帝化学研究所

3 1998 - 05 - 25 收到

所长哈恩(Otto Hahn)和助手斯特拉斯曼(Fritz Strassmann)获悉 1 约里奥·居里和南斯拉夫人萨维奇(P. Savitch)用中子轰击铀时发现产物中有元素镧,于是重做实验,发现了铀核裂变现象.由于这一现象当时是不可理解的,哈恩发表文章时没有对他们的发现作出明确的物理解释,是犹太血统的奥地利女物理学家丽丝·迈特纳(Lise Meitner)与流亡在玻尔研究所工作的、她的外甥弗里希(O. R. Frisch)借助于玻尔(Niels Bohr)的液滴模型,提出核裂变概念,解释了哈恩和斯特拉斯曼的实验结果,并把这一现象定名为裂变(类似于生物学中细胞的分裂过程),还根据爱因斯坦(Albert Einstein)的质能等当原理预言裂变时将放出巨大能量.弗里希很快将裂变的发现告诉了玻尔,正好玻尔准备动身去美国,等他到了美国后又告诉了费米.费米得悉这一消息后立即研究实现链式反应的可能性.因为要使裂变放出的巨大核能的利用成为可能,必须在裂变时放出足够数量的中子,如果每次裂变反应放出的中子除去损耗的以外,还有 1 个以上的中子去引起下一个裂变,裂变反应就能接连不断进行下去,形成所谓“链式反应”,核能就能在大块裂变材料中大规模释放出来,因此认识到在一定条件下制造出惊人威力的武器是可能的.很快,在 1939 年 4 月,法国的 F1 约里奥·居里、前苏联的库尔恰托夫和美国的费米小组都宣布测到了裂变的次级中子.1941 年 7 月,美国在费米和西拉德(L. Szilard)领导下开始设计核反应堆.1942 年 12 月 2 日,在芝加哥大学一座网球场,反应堆达到了临界态,实现了自持的链式反应,功率 0.15W.这是世界上第一座可控原子核链式裂变反应堆,从此人类开始了原子能利用的新纪元.

2 核物理学的新发现首先被用于军事目的

同历史上许多科学技术的新发现一样,核物理学的新发现也首先被用于军事目的.正当核物理学迅速发展的时候,1939 年 9 月,希特

勒挑起了第二次世界大战.身受纳粹迫害之苦、流亡在美国的 3 个犹太裔匈牙利物理学家西拉德、维格纳(E. Wigner)和特勒(Edward Teller)深恐纳粹德国首先生产出原子武器来,他们说服爱因斯坦于 1939 年 8 月 2 日写信给美国总统罗斯福,吁请总统注意到“近 4 个月里,通过约里奥在法国的工作与费米和西拉德在美国的工作,已经有把握地知道,在大量的铀中建立起原子核的链式反应会成为可能..由此可以制造出极有威力的新型炸弹来.”在信的推动下,1939 年 10 月,总统决定成立铀顾问委员会.1941 年 12 月 7 日,珍珠港事件爆发,8 日,美英对日宣战,美国卷入第二次世界大战,研制原子弹的工作大大加速.1942 年 8 月成立新管区——曼哈顿工程区(Manhattan Engineering District),9 月 17 日,任命格罗夫斯(Leslie R. Groves)准将为工程区负责人.几个月内,3 个秘密城市在美国 3 个人烟稀少的地方兴起,这就是:田纳西州的橡树岭(Oak Ridge),在那里分离铀同位素;华盛顿州的汉福特(Hanford),建起 3 个巨大的反应堆生产钚[1940 年底,西博格(Glenn T. Seaborg)在加利福尼亚大学发现了钚,并在 1941 年 5 月证实中子对钚-239 与铀-235 一样也能裂变];另一个就是新墨西哥州的洛斯·阿拉莫斯科学研究所(Los Alamos Scientific Laboratory),负责设计和制造原子弹.负责实施链式反应和提取钚的是物理学家康普顿(Arthur H. Compton),负责电磁分离法分离铀同位素的是物理学家劳伦斯(Ernest O. Lawrence),负责气体扩散法分离铀同位素的是化学家尤里(Harold C. Urey).理论物理学家奥本海默(Julius R. Oppenheimer)任洛斯·阿拉莫斯研究所所长,理论物理学家贝特(Hans A. Bethe)任理论部主任.由于原子弹开始阶段的研究工作既是科学性,又是高度理论性的,在洛斯·阿拉莫斯集中了一大批卓越的物理学家,像费米、N1 玻尔、E1 赛格雷(Emilio G. Segrè)、特勒和英国物理学家 J1 查德威克、O1 弗里希、K1 福克斯等都曾在那里工作.他们与冶金学家、化学家和工程师一起,只用了两年时间就

研究、设计、制造了两种不同类型(“枪法”与“内爆法”)的3颗原子弹。1945年7月16日,一枚内爆法原子弹在阿拉莫戈多(Alamogordo)试验成功。1945年8月6日,一枚枪法原子弹在日本广岛上空爆炸,9日,又一枚内爆法原子弹在长崎上空爆炸。两次原子弹爆炸的死亡人数超过10万。8月15日,日本政府正式宣布投降。

第二次世界大战结束后,前苏联在1949年8月29日爆炸了第一颗原子弹,打破了美国的核垄断。1950年1月31日,杜鲁门总统决定进行氢弹的研制工作。1951年春,找到了氢弹的设计原理。1952年11月1日进行了原理试验,代号“迈克(Mike)”。这次试验用液氘作聚变材料。用固体聚变材料的实用氢弹试验是在1954年3月1日进行,代号“强盗(Bravo)”,威力达1500万吨TNT当量。

前苏联在1953年8月12日试验了根据萨哈罗夫设计思想设计的大威力助爆型裂变弹,威力为40万吨TNT当量。1955年11月22日,进行首次氢弹试验,威力为160万吨TNT当量。

英国在战时与美国共同研制原子弹。战后,1946年,美国国会通过“原子能法”,中断了战时的合作关系。1947年1月,英国才作出生产原子弹的决定,并于1952年10月3日,在澳大利亚爆炸了第一颗原子弹。1954年,美修改了原子能法,允许有限制的情报交换。1958年4月28日爆炸了第一颗氢弹。据H.贝特说,美国有把收集到的每次前苏联核试验的碎片分一些给英国人的习惯。1960年,英国人曾经告诉贝特,他们从分析前苏联的1955年氢弹试验的沉降物中发现了设计氢弹的秘密。当然,从分析沉降物可以获得氢弹需要压缩的信息,却不能告诉他们如何实现压缩。

法国是第四个爆炸原子弹的国家,于1960年2月13日爆炸第一颗原子弹。法国的氢弹发展比较缓慢,第一次氢弹试验是在1968年8月24日,比中国落后了20个月。

3 中国在发展核武器早期集中了一批杰出的物理学家

中国决定发展原子核物理研究、建设原子能工业是在1955年。在前苏联援助下于1958年7月建成一堆一器,即一座研究性重水反应堆和一台回旋加速器。1957年10月15日,中苏签订国防新技术协定,协定规定,为援助中国研制原子弹,前苏联将向中国提供原子弹的教学模型和图纸资料。1958年3月开始组建五厂、三矿,即衡阳铀水冶厂、包头核燃料元件厂、甘肃兰州铀浓缩厂、酒泉原子能联合企业、青海核武器研制基地和郴县、衡山大浦、上饶3个铀矿。1959年6月20日,前苏共中央致信中共中央,提出拒绝提供原子弹教学模型和技术资料。1960年8月撤走援助核工业的233名苏联专家,带走了重要的图纸资料。从此,中国走上了完全依靠自己的力量发展核武器的道路。

1964年10月16日,中国爆炸了第一颗原子弹。西方国家原来估计,中国用前苏联援助的重水反应堆的钚制造一颗原子弹,最早也得在70年代初。但中国第一颗原子弹根本没有用钚,而是用高浓度铀-235,这使他们大为惊讶,这说明中国已经掌握了铀同位素分离技术。

原子弹试验成功以后,1965年5月14日又进行了一次空投原子弹试验,紧接着,1966年5月9日进行了一次含热核材料(氘化锂)的原子弹空爆试验,10月27日在本国国土上进行了装有核弹头的中近程(射程894km)导弹核武器试验,所装原子弹设计更加先进,体积小、重量轻,弹头总重1290kg,威力112万吨TNT当量。可见我国在发展原子弹阶段跨的步子是相当大的。

当我国的核武器研制单位正忙于研制原子弹的时候,1960年底,我国有关部门就部署一部分人成立一个组,先走一步进行氢弹的原理探索,由理论物理学家黄祖洽任组长。不久,理论物理学家于敏参加并任副组长。曾经参加过这个工作的还有朱洪元、何祚庥等40余人。他

物理

们研究了高温高密度等离子体状态下许多基本现象和规律,包括各种形式能量之间的相互转换、弛豫和损耗,各种类型波的发生、发展和相互作用,能量输运过程、热核燃料点火与燃烧的规律等。在研究氢弹物理基础的同时,也不断探索实现氢弹的途径,解决了一些基本问题,也提出了一些可能的技术途径并建立了相应模型。在完成第一颗原子弹的理论设计方案后,核武器研制单位的理论部就有一部分人从1963年9月开始探索氢弹,领导这一工作的主要有物理学家彭桓武、邓稼先、周光召和数学家周毓麟等。黄祖洽在两边兼职。1965年1月,原中国科学院原子能研究所的一部分人调到九院,两支队伍合了起来。经过两年左右时间的多路探索,一条途径提出来,否定了,再提另一条途径。探索过程十分艰苦,有一段时间里似乎有“山穷水尽疑无路”的感觉。最后在1965年9月,由于敏带领一支队伍在上海利用华东计算技术研究所的J501每秒5万次的计算机突破了氢弹原理,10月提出了从原理到构形基本完整的物理方案。后来又经过反复讨论,进一步计算,进行爆轰实验,使设计不断完善,终于在1966年12月28日成功地进行了氢弹原理试验。从氢弹的原理、材料与构形这3个要素来分析,这次试验装置都是正确的。只是为了测到更多的实验数据,试验安排在塔上做,这样威力不能太大,故意降低了威力。经过这次试验以后,只经过半年时间就在1967年6月17日爆炸了一个空投氢弹,威力300万吨TNT当量。世界上习惯于用从原子弹到氢弹的时间间隔来衡量各国核武器的发展速度。从第一次原子弹爆炸到氢弹试验成功,中国的速度是世界上最快的(见表1)。

表1 各国从第一次原子弹爆炸到氢弹试验的时间间隔

国家	首次原子弹试验	首次两级热核试验	时间间隔
美国	1945年7月16日	1952年11月1日	87个月
苏联	1949年8月29日	1955年11月22日	75个月
英国	1952年10月3日	1958年4月28日	66个月
法国	1960年2月13日	1968年8月24日	102个月
中国	1964年10月16日	1966年12月28日	26个月

美国是世界上第一个掌握核武器设计制造技术的国家,一切都要从头做起,当时连原子弹、氢弹是否能制造出来都不清楚,研制氢弹所必不可少的计算机条件又很差,所以美国时间花得长一些是可以理解的。但与其他工业发达国家比较,还是很能说明问题的。在实现氢弹的原理突破后,我们又用很少的核试验次数,实现多次技术飞跃,使核武器达到相当高的水平。

研制核武器先要有物理思想,根据物理思想建立相应的模型,然后论证其可行性,在可行性得到肯定后再进行概念设计。在这一过程的每一步骤中,都必须对研究对象所包含的物理现象和规律有非常清楚的了解,解决随时随地遇到的各种物理、力学与数学问题,为此又常常必须进行一些基础性的研究。核武器研究的特点是:(1)理论研究非常重要。由于核材料非常昂贵,核试验兴师动众,耗资巨大,因此不像发展有的技术科学那样可以依靠反复试验。核武器研制要求把可以通过其他手段(如理论计算、实验室实验、爆轰实验等)解决的问题不留到核试验中去。理论设计又是其他工作的第一步,因此,当年主管核武器研制的领导同志把理论部形象地叫做“龙头”,意思是只有龙头先动起来,龙身子才能跟着动。(2)计算机十分重要。由于研究对象中所包含的物理过程的复杂性,无论是进行分解研究还是总体研究都离不开计算机的帮助——依靠高速、大存储量计算机进行大规模科学计算,只有这样才能掌握物理过程的变化规律,从“量”上把握住全过程的变化发展。我国在两弹攻关阶段集中了一批权威物理学家和数学家。其中物理学家有:朱光亚,他在1946—1949年在美国密执安大学研究生院物理系学习并获得博士学位,1950年4月回国;王淦昌,他于1934年在德国柏林大学获博士学位,同年回国;彭桓武,他在1938年赴英,获英国爱丁堡大学哲学博士和科学博士学位,于1947年底回国;程开甲,他在1946年留英,1948年在英国爱丁堡大学获哲学博士学位,1950年回国;郭永怀,他于1945年获美国加利福尼亚州理工学院博士学位;陈能宽,他在1950年

获美国耶鲁大学研究院物理冶金博士学位,1955年回国;邓稼先,他在1950年获美国普渡大学物理学博士学位,同年回国;周光召,他于1954年北京物理学系研究生毕业;于敏,1951年北京物理学系研究生毕业;黄祖洽,1950年清华大学物理学系研究生毕业,等等.数学家有:1944年赴美、1947年获哈佛大学文理学院博士的秦元勋;1957年于莫斯科大学获副博士学位的周毓麟;1960年于莫斯科大学获副博士学位的李德元,等等.

4 核武器的研究发展需要大量物理人才,也需要多种学科专门人才的协同配合

核武器是一门综合性的、多学科的科学技术,涉及到的学科与专业有理论物理、核物理、辐射流体力学、爆轰物理、动高压物理、统计物理、工程与材料科学、电子学与光电子学、化学与化学工程、应用数学与计算数学以及计算机科学等.

在物理设计阶段,物理学人才发挥着重要的作用.开始时,尽管许多物理学家在他们以前的研究领域已经有了名气,但谁都不知道原子弹、氢弹是个什么东西,究竟怎样制造.理论物理学家在早期探索过程中往往表现出更好的适应性,他们具有物理根底扎实、数学技巧熟练、知识渊博等优点.例如周光召先生,过去搞的是基本粒子,但一碰到爆轰物理问题,很快就钻了进去,并且解决了一个在理论计算中相当长的一段时间里悬而未决的重要问题,还编写了一本有独创性的爆轰物理讲义,俨然成了爆轰物理专家.这只是一个例子,像这样的例子并不是个别的.在解决像核武器制造这样的应用问题的研究工作中,大家都是碰到什么问题就解决什么问题.在所学与所用之间,不可能做到专业十分对口.在工作中可以看出,有的院校在培养

学生时很注重与专业的结合,但培养出来的学生反而显得知识面窄,基础也不够,虽然刚参加工作熟悉工作较快,但在以后的工作中,往往显得后劲不足.

除我国的核武器研制单位外,原中国科学院原子能研究所(现中国原子能科学研究院)也是我国核科学研究基地,在那里也有大批物理学工作者发挥着重要作用.要特别提出的是核物理学家钱三强先生.他在1937年赴法留学,在巴黎大学镭学院居里实验室和法兰西学院原子核化学实验室从事原子核物理研究,1946—1948年与何泽慧等发现铀三分裂和四分裂现象,于1948年回国后在培养原子核科学研究人才、建立新中国原子核研究基地、组织核科学技术研究和核武器原理探索方面都作出了重要贡献.

制造核武器少不了核材料.在核材料生产中有许多物理问题.我国著名女理论物理学家王承书先生,在1941年留学美国,1944年获密执安大学哲学博士学位,1956年回国后在铀同位素分离工作中作出了重要贡献.

物理学在核武器发展中的作用是多方面的,非一篇短文所能尽述.但毫无疑问,没有本世纪30—40年代核物理的重大发现就不会有核武器,如果没有一批从当时世界上科学最发达的德、英、法、美等国接受了先进科学知识、学成回国的物理学家的参与,没有国内培养的优秀物理人才的参与,我国核武器的原理突破和突破以后的发展就不会像现在这样快、这样好.当然核武器科学技术是综合性的、多学科的,研制核武器需依靠多种人才的共同努力.

当前,世界上高科技的发展突飞猛进,如果要想在其中占有一席之地,就必须像我国发展核武器科学技术那样,走创新的、有中国特色的道路,为此就必须重视基础研究,大力培养青年人才,其中培养掌握扎实基础知识的物理学人才具有十分重要的意义.