

DOI: 10.3724/SP.J.1224.2009.03249

我国核武器工程的开创

俞大光

(中国工程物理研究院, 北京 100088)

摘要: 本文简述我国开发核武器工程的决策过程及其时代背景, 较详细地回顾了在不利的条件下, 依靠自力更生、艰苦奋斗和全国的大力协同, 在较短的时间内完成我国第一代核武器研制的全过程: 原子弹和氢弹技术的突破和武器化, 多个武器型号定型并陆续生产交付部队。文中列举了“两弹”工程中出现几个较大问题及其解决情况。最后简述了第二代核武器研制的状况和已有基础, 并展望其前景。

关键词: 核试验; 原子弹; 氢弹; 武器化

中图分类号: TJ

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2009)03-0249-07

1 引言

核武器的建造是一项大型工程: 需要经过核材料的开发、核武器的物理设计、工程设计、制造、试验到定型生产等多个步骤才能完成; 要求多种学科的人才配备、必要的计算、测试手段和设备、厂房和试验场地等的建造。如此大规模的工程必将运用国家的大量资源、资金, 需由国家组织科技力量攻关才能完成。

核武器拥有巨大的毁伤作用, 又能与先进的运载工具相结合形成威慑力, 因而这项工程又必然受到国际上核大国的阻挠和牵制甚至威胁。这项工程的重要性, 决定了只能由国家最高领导下决心来启动并组织实施。1956年11月, 全国人大常委会决定成立第三机械工业部(简称“三机部”), 负责搞核武器。1958年, 毛泽东同志指出: “搞一点原子弹、氢弹, 我看有10年工夫完全可能。”他批示“要大力协同, 做好这件工作”, 动员全国各有关部门和地方, 适当集中必要的人力、物力、财力投入原子能事业。随后, 成立了以周恩来总理为首的中央专门委员会(简称“中央专委”), 以

便有效地组织领导各有关方面协调一致地工作^[1]。在中央正确、得力的领导下, 虽然有苏联背信弃义地撕毁援助协定和美国要对我国实施核绝育手术的威胁, 然而通过全国的大力协同, 经过各方调集来从事核武器工程人员的艰苦奋斗, 终于提前一年实现了毛泽东同志的预言。

本文仅回顾我国第一代核武器的研制历程, 不涉及研制工房和试验场地的建设, 也不涉及核材料的研制生产。

2 艰苦奋斗, 探索前进, 实现原子弹爆炸试验

苏联撕毁协定后曾藐视我国的核开发能力, 说再过20年我国也搞不成原子弹。此前苏联提供过一些极不完整的原子弹资料, 但需要加以理解及进行反向推理过程方能运用。众所周知, 核爆炸装置的物理设计离不开高性能的电子计算机。由于当时我国计算条件极差, 手摇计算机甚至计算尺也得派上用场(图1)。为了弄清资料上数据的正确性, 只能艰苦奋斗, 用体力来拼。个别数据经

收稿日期: 2009-08-10; 修回日期: 2009-09-10

作者简介: 俞大光(1921-), 男, 汉族, 湖南长沙人, 研究员, 中国工程院院士, 中国工程物理研究院专家委员会成员, 研究方向为核武器电子学系统。Email: yudg@cae.cn

反复计算就是对不上, 校验计算方法虽无差错, 却由于资料上的原有错误, 以致花费了许多劳动和时日。在某方程的求解问题上就曾因此而步入歧途, 是在秦元勋同志的研究下才使求解过程回到正轨的。这无疑多花费了许多精力和时间, 却是科研探索中难以避免的^[2,3]。



图1 研制核武器初期用的简陋计算设备

核装置的物理设计必须与其各组成部件的实验紧密结合, 部件自身的性能和部件相互接触处的界面影响都必须经过实验研究, 并将研究结果融入核装置整体的物理设计, 再进行整体的模拟实验并获得成功结果后, 才能基本保证设计的正确性。这些实验中都含有真实炸药爆炸, 都只能在爆轰实验场进行。根据经福谦同志领导的实验研究, 发现某些部件边缘的爆轰波稀疏效应和界面不稳定性都不如原来估计的严重^[4]。爆轰实验的跨步同样不敢大, 因而次数多, 工作量大。早期, 只有北京八达岭长城外的简陋实验场, 条件艰苦。为了抢时间, 搭起帐篷做工房, 用开水炉制蒸汽以熔铸炸药^[5]。

核装置的部件和整体实验都必须经过试件的结构设计和加工制造。由于有些试件形状独特或有甚高的精度要求, 常需要进行细致的工艺研究和反复多次的加工检测。又由于当时拥有的设备条件极其有限, 有时只好由抽调来的人员回原单位求援协作, 例如某一重要精密部件, 就是当时刚由三机部 410 厂调来的谢家祺同志返回原厂协

作, 并指挥安排完成加工的^[6]。核装置上起爆用的电雷管因有特殊要求, 是由院领导吴际霖同志亲自给他在延安自然科学学院的学生、五机部 804 厂郭力杰总工程师写信, 由黄有成同志去联系协作研制完成的^[7]。

核装置还需要一个中子点火设施, 称为中子源。有置于核装置外部的中子源, 也有装入核装置内部的内中子源, 当时决定采用后者。由王方定同志牵头率领十多人在简陋的条件下(图 2)奋战 300 多个日日夜夜, 克服了多个技术难点, 才完成了研制工作^[8,9]。有了这个中子源, 还得检验它在炸药爆轰作用下, 能否正常动作。这一实验由于药量大, 无法在前述的简易爆轰试验场进行。幸喜我国的第一个核武器研究实验基地经过从全国汇集的千军万马、在经济困难粮食严重不足时期苦战三年多, 终于 1963 年初初步具备了入迁条件。



图2 研制内中子源的简易工棚

核装置的起爆必需从外部引发。用来引爆核装置上多个电雷管的部件称为引爆装置, 其输出参数应满足核装置的引爆要求, 即具备多路互不影响的高压同步电脉冲。由于对各雷管爆轰输出的同步时差要求极高, 增加了研制引爆装置的难度。在科研组群策群力、边学边干, 在协作单位研制提供重要器件的情况下, 得以按时完成任务。但美中不足, 提供首次核爆炸试验的引爆装置, 仍

重达 30kg 以上^[10]。又由于对其可靠性不很放心，在那次核试验的引爆控制系统中加添了人工刹车按钮。试验时要求刹车岗位人员在数秒时间内连续看表监视高压是否满足要求，准确操作按钮以防发出不合格的引爆脉冲。由于此岗位责任重大，致使神经较紧张的同志不敢担当，最后，由领头研制引爆装置的惠钟锡同志勇敢接手，使试验正常进行。

以上种种，为我国第一个核装置试验按计划时间进行创造了条件。在核试验场条件和核爆效应试验准备齐全后，于 1964 年 10 月 16 日成功地进行了我国首次核试验^[11]。这次试验的成功打破了核大国的核垄断，顶住了美国对我国的核威胁，也回击了苏联对我国的核藐视。

3 尽快完成原子弹武器化，形成战斗力

我国第一个核爆炸装置试验成功，随即发表了公报，让全国人民欢欣鼓舞，但并未因此而形成我国的核反击力量。当务之急应是尽快完成原子弹的武器化，好在对此已早有准备。原来我国在启动核武器研制之初就已将核炸弹定为第一个目标。从 1960 年起已逐步确定运载战机及其改装方案、投弹参数、炸弹壳体尺寸和气动外形、环境条件地面模拟试验项目及要求、引爆控制系统方案和所属部件研制、地面测试和飞行遥测设备研制等。由于创业之始技术贫乏和设备短缺，为了抢进度，将大量低层次的部件、有特殊要求的非标准设备和器件等都拿到国内有关企业去协作，同时派专人联系、了解甚至参与工作，直到对成品的测试检查和验收完成。这些工作在总体上可称顺利，体现了中央提出的“大力协同”的要求，也使去协作的人员增长了知识和技能。到 1963 年末，已成功完成按设计要求的试验弹引爆控制系统飞行鉴定试验。

为即将进行的首次空投核试验做准备，核试验研究所提出了在弹内预置设施，在投弹后起爆

前的某时刻发出特定指令信号，通过无线电遥测接收并转发到地面主控站的要求。又为了掌握技术，从武器化需要考虑，拟探索在实弹飞行中测量雷管起爆同步时差和主装炸药爆轰出中子的时间的技术。这两项新任务成为首次核试验后遥测系统研制组的工作重点。经过紧张的设计加工和爆轰实验部门的密切配合，在新研制基地的爆轰试验场，于寒冬季节紧张地奋战两个多月，基本完成了地面的模拟试验。

由于试验弹质量太大而振动试验的荷重能力不足，为进行整体振动试验，研制人员提出下承兼上挂的方案，经研究认为可行。执行中在装满炸药的试验弹上插好全部雷管以后，忽然发现弹壳带电。为了避免一场严重事故的发生，试验队伍的领导龙文光同志紧急决定试验队伍迅速撤离后听命，仅留少数人员排查原因。不料此现象是由室内干燥橡皮垫与参试人员鞋底相摩擦引起，采取措施后重新集中参试人员完成试验，一场虚惊宣告结束。

各项地面研究和试验完成以后不久，就有千军万马聚集在核试验场，在那里进行试验的准备和部署工作。遥测队伍进入到离试验靶标 10 余千米的 654 站，准备就绪并经地面试验一切正常后，即进行空投无核材料的试验弹作为全场综合预演。由此，却迎来了新的挑战：预演中显示出有干扰信号导致两套遥测接收车中一台不能正常工作。为排除故障，只能在有限的时间内尽快找出干扰源。然而，虽付出紧张劳动，也承场地有关部门热情配合，仍然不见其踪影。带着问题参试的结果，一是未能完成遥测转发指令的任务，二是未能观察到中子的信号。事后再用较多时间巡查干扰源仍无所获！时过一年左右，当时参加 654 站工作的李幼平同志在日常工作中意外抓到“嫌犯”：干扰源可能就是载机上专用于开启弹仓前转发遥测载频信号的功率放大器，它能在失去激励信号时产生自激振荡而形成干扰。估计可能由于

当时载机上执行投弹任务的同志在投弹后未及时切断功率放大器电源(任务书上无此要求)所致。经后来的空投核试验证明了这个估计是完全正确的^[12]。

1965年5月14日首次空投原子弹核爆成功(图3),标志原子弹的武器化迈出初始的一步。由于用作试验的核炸弹重达数吨,因而突防能力脆弱。为了前进一步,还得及早研究将核装置装入弹道导弹的问题。此问题解决的关键在于要使核装置和引爆控制系统小型化轻量化,并能适应弹头飞行中的恶劣环境。好在这些问题也都已作过不少研究,在与导弹研制部门技术协调后,经过必要的设计修改,即可进入试件加工、环境适应性检验、总装测试等工序。但对总装好的核弹头经飞行再入大气层的恶劣环境后,能否在预设高度正常爆炸做出恰当检验,却成为一个难题。为了较快的获得问题的解决,只能进行实弹飞行核试验。这种在本国领土上空飞行的导弹核试验有极大的安全风险,国际上尚无进行的先例。以周恩来同志为首的中央专委显示出极大毅力和勇气,作出了试验决定,同时提出了缩小风险的种种措施和要求,包括试验期间要从导弹飞行走廊临时疏散万余居民。在中央专委的督促检查和聂荣臻元帅的总指挥下,经过参试人员本着聚精会神于试验任务、遵守不谈“文革”运动中政治观点的纪律,齐心合力于1966年10月27日成功地实现了这种史无前例的核试验。



图3 载机投下我国第一颗试验核炸弹

4 原子弹有了, 氢弹也要快

原子弹有了, 氢弹也要快, 这是毛泽东同志的要求。有了原子弹就打破了核大国的核垄断, 但毕竟威慑作用还不是很大, 还必须进一步拥有氢弹。你有的我也有, 才能更有效地防止核战争。我国在这方面也早有准备。早在1960年初, 就集中了二三十位研究人员, 在原子能研究所组建了一个专门研究小组, 对热核材料的性能和热核反应机理等做了不少预先研究。待我国第一颗原子弹装置爆炸成功以后, 及时地将由于敏、黄祖洽等同志率领的研究小组调入第九研究院, 在院领导彭桓武、朱光亚的领导下, 与已有核裂变装置设计经验的人员一起, 研究进行热核爆炸装置的物理设计。经过对所提出多种方案的讨论比较, 由于敏同志带领研究人员到上海华东计算所仔细计算, 再经回院讨论, 终于确定了其中的一个方案为首选。所有这些只用了一年多时间。

从原子弹到氢弹, 核爆炸装置有很大的改型。自持的热核反应只能在原子弹爆炸形成的极高温下进行, 因此通俗地说成是“氢弹中要有个原子弹”。科学的说法是“热核爆炸装置中必有其核裂变放能部分”。这部分被称为“初级”, 而由初级提供的能量引发并自持进行热核反应的部分则称为“次级”, 从初级到次级间如何做到恰当地耦合是热核爆炸装置研究的重点之一。

热核爆炸装置的物理设计初定以后, 即展开各项试制和局部试验工作。经过一段时间的研究, 确定了首先进行一次地面塔架核试验, 以较方便地、尽可能多地取得诊断核反应情况的数据。但因爆高的限制, 只能进行减威力的原理试验, 这可较方便地从热核爆炸装置中裁减聚变材料量的方法来实现。为了抢时间, 这次试验赶在核试验场处于天寒地冻的1966年末进行, 在大风劲吹的环境中, 在只有帐篷可住的条件下(图4), 自然增加了广大参试人员的不少困难, 但都被参试人员

的热心和毅力所战胜，终于在 12 月 28 日取得了试验的成功。这标志着我国已经突破了氢弹技术，或说我国第一颗氢弹已经爆炸成功。



图 4 参试人员的艰苦生活情景

因为氢弹的原理已经突破，本来很快就能进行大威力氢弹试验，但顾及载机投弹后的安全，必须在弹体上装降落伞，经研制试验降落伞成功后，于 1967 年 6 月 17 日才进行试验。这次试验实质上是为了氢弹大气层爆炸效应的测试而做，也为今后大威力大气层核爆炸试验做准备。

5 氢弹的武器化构成我国的核威慑力量

随着我国弹道导弹研制的进展，运载能力的提高，在氢弹爆炸试验成功后，战略导弹部队接连提出新型核弹头的研制要求。从需要和可能性相结合的考虑出发，经过武器使用部队与有关研制部门的共同研讨，形成研制任务书，由国家审批后下达，作为各方进行研制和相互协调的依据。在各个新型号核弹头中，都是用热核战斗部实现战斗使命，也就是提出了氢弹武器化的具体目标要求。

由于任务书中提出的完成时间要求都不很长，只能对核装置的构成方案按照所需的威力、容许的尺寸、重量和协调的安装条件等，依据已经试验成功的原理方案，重新进行物理设计和工程设计，并安排必要的局部、整体研究和考核实验

来完成。对引爆控制系统的研制也基本如此，但须依据新弹头的飞行弹道参数和要求适应的环境条件重新设计研制。

这里只对几个新问题作些简介。一是核弹头的整体试验鉴定问题。随着核弹头威力的加大和运载导弹射程的变远，显然难以像 1966 年唯一一次的导弹核试验那样进行。只能与使用部门讨论协商，取得共识采用飞机空投核爆试验加导弹发射模拟飞行试验相结合的鉴定办法来代替。

二是由于曾在某一型号的核装置设计中，采用了一种新的材料，在稍长时间的储存后，用该材料制成的部件发生损坏。为此，经过重新研究试制和较长时间的部件储存试验，才通过会议验收。这影响到该型号核装置的定型不得不推迟几年时间。

三是随着核弹头小型化要求的提高，在核弹头内装入核装置和引爆控制系统后，剩余空间狭小，无法再装入遥测上弹设备以进行核装置的模拟飞行试验鉴定。经与使用部门讨论协商后，只能在模拟核装置地面环境模拟试验项目内，增添新项目来代替飞行鉴定。

四是在地面环境条件模拟试验中，因人为制定的试验条件过于苛刻，以致通不过此项目地面试验的部件，往往能在实际飞行试验中经受住考核。查其原因，多为从实测环境条件取得的极大量的数据简化成便于执行的试验环境条件时，难以做到恰如其分。为了确保产品质量，研制中从严要求是必要的，但过分苛求则将阻碍事业的发展，因而也是不可取的。在遇到问题时进行实事求是的研讨，对过苛的试验条件和试验方法做出修改是必要的。

以上四个问题只是笔者印象比较深的。出现并加以解决的问题还很多，不可能一一列举。经过 20 多年的努力，先后完成了多种热核弹头的定型，并根据部队的订货需求，陆续进行小批量生产，装备部队形成了战斗力。在国庆 50 周年纪念

时, 安装在相应导弹上接受了检阅。

6 转入第二代核武器研制, 展望未来

开拓核武器的工程道路, 从组建机构到多种型号核武器小批量生产, 到装备部队形成战斗力, 总共只用了约 28 年时间, 期间进行了 20 多次核试验, 总的说来是快的, 也是节省的。主要的原因在于: 中央领导重视和全国的大力协同; 参与人员事业心强, 自觉遵循周恩来总理“严肃认真、周到细致、稳妥可靠、万无一失”的教导, 能在困难环境下艰苦奋斗; 当时核武器在世界上早已存在, 人家能做到的我们经过努力也必能做到, 研制人员具有坚强的信心; 叠式安排, 提前开始下一步的预先研究, 节省了时间。

笔者因年龄关系未参加第二代核武器的研制工作。回忆介绍也只能到此为止。由于已有第一代核武器的研制经验作为基础, 第二代核武器又早已在第一代核武器研制的后期即已进行探索预研, 估计第二代核武器在我国现已基本完成, 其性能较第一代必会有大幅度提高, 以之装备部队后, 其威慑作用亦必有相应的增长。

我国研制核武器的目的是为了遏制核威胁和核战争。首次核试验成功后就已郑重向全世界宣布在任何情况下绝不首先使用核武器或威胁使用核武器。我国在核军备控制方面的最终目标是全面禁止并彻底销毁一切核武器, 而 1996 年签署的《全面禁止核试验条约》至今尚未全面生效。主要核国家虽然已经停止进行核试验, 但核武器的研究并未停止, 仍在运用数值模拟、非核爆试验等方式持续地进行着。在当今的世界里, 虽在 60 多年的时间里, 在各式战争中, 核武器从未被使用过, 但仍然被认为是主要的战略威慑力量。已有的核武器, 其性能必须跟上时代。对仅用于反击的核武器, 必须有较强的生存能力和突防能力, 要有较长的有效储存期限。因此我国的核武器工程在第二代研制任务的后期, 在探讨不做核试验

的情况下仍能发展核武器技术, 并建立相应的必要设施的前提下, 应在提高机动性能和突防能力, 提高储存安定性和寿命, 增强安全和保安性能等方面继续前进。

参考文献

- [1] 刘杰. 毛泽东的核战略思想[G]//中物院发展史编辑部. 创业之路: 中物院发展历程回忆史料 第一集. 绵阳: 中国工程物理研究院, 1998: 11-16.
- [2] 秦元勋. 科学有险阻、苦战能过关[G]//中物院发展史编辑部. 创业之路: 中物院发展历程回忆史料 第一集. 绵阳: 中国工程物理研究院, 1998: 247-252.
- [3] 傅樱. 繁忙的计算、美好的回忆[G]//中物院发展史编辑部. 创业之路: 中物院发展历程回忆史料 第一集. 绵阳: 中国工程物理研究院, 1998: 253-260.
- [4] 经福谦. 爆轰实验研究工作的片断回忆[G]//中物院发展史编辑部. 创业之路: 中物院发展历程回忆史料 第一集. 绵阳: 中国工程物理研究院, 1998: 105-110.
- [5] 花平环. 长城脚下的简易试验场[G]//中物院发展史编辑部. 创业之路: 中物院发展历程回忆史料 第一集. 绵阳: 中国工程物理研究院, 1998: 208-214.
- [6] 谢家祺. 回忆“596”任务, “大力协同”攻技术关[G]//中物院发展史编辑部. 创业之路: 中物院发展历程回忆史料 第一集. 绵阳: 中国工程物理研究院, 1998: 94-96.
- [7] 黄有成. 雷管研究发展概述 二、以我为主“大力协同”进行第一代雷管的外协试制[G]//中物院发展史编辑部. 创业之路: 中物院发展历程回忆史料 第一集. 绵阳: 中国工程物理研究院, 1998: 200-204.
- [8] 赖祖武. 关于点火中子源的发展概况[G]//中物院发展史编辑部. 创业之路: 中物院发展历程回忆史料 第一集. 绵阳: 中国工程物理研究院, 1998: 261-270.
- [9] 罗德勤. 点火中子源技术攻关的前前后后[G]//中物院发展史编辑部. 创业之路: 中物院发展历程回忆史料 第二集. 绵阳: 中国工程物理研究院, 1999: 79-89.
- [10] 祝国梁. 火花雷管同步装置研制历程[G]//中物院发展史编辑部. 创业之路: 中物院发展历程回忆史料 第一集. 绵阳: 中国工程物理研究院, 1998: 223-227.
- [11] 钱绍钧. 中国军事百科全书: 军用核技术分册. 2 版. 北京: 中国知识出版社, 2008: 160-165.
- [12] 俞大光. 忆 654 站[G]//中物院发展史编辑部. 创业之路: 中物院发展历程回忆史料 第二集. 绵阳: 中国工程物理研究院, 1999: 15-21.

China's Initiation of the Nuclear Weapon Project

Yu Daguang

(Chinese Academy of Engineering Physics, Beijing 100088)

Abstract: This paper intends to reveal the decision-making process and the epoch background of China's nuclear weapon project. As one of the men involved in the project, the author reviews the whole process of development of the first generation of nuclear weapon in China. It is made clear that, owing to the spirit of self-dependence, hard struggle and broad cooperation, the breakthrough of A-bomb and H-bomb technologies and their subsequent weaponization was realized with simple and crude means in a short time. To illustrate, the author analyzes the situation in which some major problems arose and then were tackled. To conclude, the research underground of and the prospects for development of the second generation of nuclear weapon are discussed briefly.

Key words: nuclear test; A-bomb; H-bomb; weaponry

□ 责任编辑：王佩琼