

广岛长崎原子弹爆炸的回顾与反思

侯明东

1945年8月6日，美国一架B-29战略轰炸机在日本广岛上空投下了第一颗原子弹，8月9日又在长崎投下第二颗原子弹，至今已整整60年了。原子弹的使用尽管迫使日本于1945年8月15日宣布无条件投降，结束了第二次世界大战。但是并未为人类赢得永久的和平，相反地却把世界带进了原子战争的时代，笼罩在广岛长崎上空的原子弹烟云，绵延到整个世界，核武器从此开始威胁全人类。



发链式裂变反应。超临界状态可以通过两种方法来达到：一种是“枪法”，另一种是“内爆法”。

原子弹的基本构造并不复杂，主要部件包括核装料（铀-235或钚-239）、引爆装置、炸药、中子源、中子反射层、弹壳等。

原子弹中的引爆控制系统在预定时间或条件下发出引爆指令，使炸药起爆，炸药的

一、原子弹的物理基础

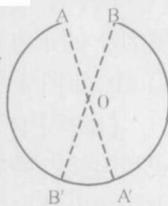
原子弹是利用原子核裂变反应瞬时释放巨大能量的核武器。其基本原理是：铀-235、钚-239等重核在中子轰击下发生裂变反应，这一过程同时放出2~3个中子和200MeV的能量（相当于 3.2×10^{11} 焦耳）。放出的中子，有可能继续引起其他重核裂变。如果每一个核裂变后能引起下一代核裂变的的中子数平均多于1个，裂变系统就会形成自持的链式裂变反应。重核裂变链式反应，必须在一定质量的体积中才能进行。能使重核裂变链式反应持续进行的裂变物质的最小质量，叫做临界质量，与临界质量相对应的体积，叫做临界体积。原子弹中要放置足够数量的裂变材料，但未使用时，它们必须处于次临界状态。使用时，要使处于次临界状态的裂变装料瞬间达到超临界状态，并适时提供若干中子触

的爆炸产生推动力并压缩反射层和核装料，使之达到超临界状态，核点火部件适时提供若干“点火”中子，使核装料内发生链式裂变反应，在极短的时间内释放巨大能量，形成猛烈的核爆炸。从炸药起爆到核点火前是起爆压缩阶段，通常要几十微秒时间；从核点火到链式裂变反应完成是裂变放能阶段，只需要十分之几微秒，经200代就可以全部裂变，1千克铀-235或钚-239释放的能量相当于2万吨TNT炸药爆炸时所释放的能量。这样巨大的能量，使整个弹体和周围介质都变成高温高压等离子气团，中心温度可达 10^7 K，压力达 10^{15} Pa。

二、原子弹的研制过程

从1938年底奥托·哈恩发现原子核裂变到1945年原子弹投入使用仅仅花费了6年多的时间，所以如此迅速地就解决了一系列的关键技术问题是由于

则电荷的线密度为 $\rho = Q / (2\pi R - d)$ 。
圆弧A'B'的带电量为 $q = \rho d = Q d / (2\pi R - d)$ ，在 $d \ll R$ 的条件下，A'B'可视为点电荷，所以，环心的电场强度为 $E = kq / R^2 = kQd / (2\pi R - d)R^2$ ，方向指向圆心。



(山东省金乡一中高一物理组 272200)

曼哈顿计划的成功实施。在第二次世界大战波及全球背景下，美国政府接受了爱因斯坦的建议，1941年12月6日罗斯福总统批准了研制核武器的曼哈顿计划，秘密拨款共25亿美元，从而原子弹的研制进入真正的实施阶段。陆军工程兵建筑部副主任莱斯利·格罗夫斯少将为工程总负责人，年仅38岁的著名理论物理学家罗伯特·奥本海默为技术总顾问，罗斯福总统还赋予该工程“高于一切的特别优先权”。曼哈顿计划规模异常庞大，它的成功之处在于：一是它集中了大批的优秀物理学家和技术人员参加了这一计划，很多人具有博士学位，众多诺贝尔奖获得者也在其中，高峰时期参加者人数逾10万人。二是具有统一的规划和领导、明确的分工和高效的协调，开创了科学、军事和工业的三位一体的“大科学”典范，为原子弹的研制成功提供了可靠的组织保证。

曼哈顿计划的第一个成果是费米领导创建的世界第一座原子反应堆。该装置长10米、宽9米、高5.6米，形状如堆，内装52吨核反应材料，其中6吨是金属铀，另46吨是氧化铀。由一层铀一层石墨堆积而成，总共有57层，中间有洞，可以插入由镉制成的控制棒，总重量达1400吨。1942年12月2日，在芝加哥大学的这座原子反应堆首次达到临界运行。这是人类历史上首次由人工控制的核裂变反应，从实验上论证了链式反应理论，为原子弹的制造提供了可靠的理论基础。

制造原子弹的材料是铀-235，它在天然铀中只占0.7%，其余的占99.3%的是铀-238。因此铀-235的浓缩是制作原子弹的关键。曼哈顿计划的橡树岭核反应材料工厂不惜重金全力投入提取铀-235的研究。比较成功的方法是电磁分离（劳伦斯方法）和气体扩散（尤里方法）。劳伦斯方法是采用质谱仪的原理，利用铀-235和铀-238质量上的差异而使之分离。在田纳西州建立的电磁分离厂中建造了空前的电磁铁，磁极的直径为15英尺。尤里方法是根据较轻的分子比较重的分子容易迅速地通过多孔障壁的原理，于是把铀制成六氟化铀气体，使它通过4000次多孔障壁就能得到纯度为99%的铀-235。至1945年6月底，已生产出50千克铀-235，达到了一枚原子弹需要的量。原料是美国凭借与比属刚果所达成的秘密协议，于1940年秋得到了1250吨铀矿石，曼哈顿工程展开后，又购入350吨氧

化铀，这些铀原料就是曼哈顿工程的物质基础。

由西伯格博士领导的核反应材料工厂，主要生产另一种裂变材料钚，1943年2月28日在加利福尼亚汉福莱特建立了提炼钚的工厂，至1945年7月生产出60千克钚-239。

位于新墨西哥沙漠中的洛斯阿拉莫斯实验室，是整个曼哈顿工程的核心，这里承担着原子弹的研制工作和总装任务，由奥本海默负责，汇集了大批声名赫赫的科学家，洛斯阿拉莫斯实验室被称为“诺贝尔奖获得者的集中营”。研究工作异常艰巨，但仅仅用了两年时间就攻克了一系列的理论和关键技术难关，终于在1945年7月初制造出三枚原子弹，分别以“大男孩”、“小男孩”和“胖子”为代号，其中“大男孩”和“胖子”采取内爆法，以钚-239为核装药，而“小男孩”则采取的是枪法结构，以铀-235为核装药。

三、广岛、长崎原子弹的基本参数

1945年8月6日美国投于日本广岛的原子弹名为“小男孩”，弹重4082千克，弹长3.05米，弹径0.711米，装料为50千克丰度为89%的铀-235和14千克丰度为50%的铀-235。因为该弹细长，被称为“小男孩”。使用枪式设计，将一块25.6千克低于临界质量的铀-235用炸药射向三个总重为38.4千克处于低临界的环形铀-235，造成整块超临界质量的铀，引发核子链式反应。“小男孩”装有的铀-235，只有约1千克在爆炸中进行了核裂变，释放的能量约相等于1.25万吨的TNT烈性炸药，即大概为 5.5×10^{13} 焦耳。

1945年8月9日美国投于长崎的原子弹名为“胖子”，是人类历史上第二次使用的核武器，亦是至今为止最后一次使用的核武器。这颗原子弹是用6.2千克钚-239制作的，弹长3.25米，弹径1.52米，重4545千克，释放的能量约相等于2.2万吨TNT烈性炸药，即大概为 8.4×10^{13} 焦耳，比投掷在广岛的首枚原子弹稍大。

1986年3月美日联合成立的广岛、长崎原子弹爆炸辐射剂量重新评价委员会重新估算的广岛爆炸当量为1.5万吨（范围1.2万~1.8万吨），广岛的爆炸高度为580~15米，比高240；长崎为2.1万吨（范围1.9万~2.3万吨）爆炸高度为503~10米，比高180。

四、投弹过程及伤亡情况

1945年7月25日，杜鲁门做出了最后决定，如

果日本拒绝接受波茨坦公告，就对日本使用原子弹。目标委员会正式提出原子弹攻击顺序为广岛、小仓、新泻和长崎。7月29日，美军用重巡洋舰将原子弹的核心部分)))装在金属密封筒里的铀235，从旧金山运到马里亚纳群岛的提尼安岛，原子弹其他部件则由飞机运来。7月31日，在提尼安岛的炸弹仓库内，原子弹装配工作顺利完成，第一枚用于实战的原子弹准备就绪，只要天气许可，从8月3日开始可以随时实施。8月2日，第20航空队下达作战指令，确定8月6日向日本实施原子弹轰炸，出动7架B-29，其中长机装载原子弹，蒂贝茨担任机长；2号机由斯韦尼少校任机长，装载测量仪器，由核物理学家哈罗德·阿格纽负责测量爆炸当量；3号机由马夸特上尉驾驶装载照相器材，由物理学家拉里·约翰斯顿博士用16毫米彩色胶卷负责拍摄；其他3架为气象飞机，另一架在硫磺岛为预备机。8月5日，原子弹/小男孩0被装上蒂贝茨的飞机/埃诺拉·盖伊0。为安全起见，决定起飞后再在飞机上安装原子弹引爆装置。

1945年8月6日凌晨2时45分(当地时间)，蒂贝茨和机组人员驾驶携带原子弹/小男孩0的/埃诺拉·盖伊0号B-29起飞。3时许，/埃诺拉·盖伊0号升至1500米高度，军械专家帕森斯上校和助手莫里斯·杰布逊上尉进入炸弹舱，安装了原子弹最后几个部件，仅留一个电路到投弹前才安装。7时10分(日本当地时间)，气象侦察机报告：广岛上空能见度良好，建议优先轰炸第一目标广岛。7时50分，/埃诺拉·盖伊0号进入四国上空，高度已达到9700米。帕森斯拧下原子弹上一个绿色螺丝，接通了最后一个电路，原子弹处于待爆状态。8时14分17秒，/埃诺拉·盖伊0号炸弹舱猛然打开，将/小男孩0投向位于广岛市中心太田川上的T形相生桥。2号机投下了三个降落伞，伞下是测量仪器和传数据的发报机。50秒后，一道蓝白色的极其强烈的亮光闪过，一个紫红色光点腾空而起，迅速化作急速膨胀的巨大火球，白色烟柱很快升至3000米高空，逐渐形成蘑菇状烟云，烟云不断翻滚上升，一直升到15000米高空。3号机上的高速电影摄影机忠实地记录下原子弹爆炸那令人震惊的情景。

/小男孩0原子弹在相生桥以东约100米的外科医院上空580米爆炸，爆炸地点在广岛市中心偏西北处，顷刻间产生了30万度的高温和时速高达

60千米的强烈冲击波。广岛市中心约12平方千米几乎被夷为平地，全市76328幢建筑物中，4.8万幢全部被毁，22178幢半毁，房屋损失达92%。广岛瞬间变成了废墟。在距离爆心投影点2.8千米半径里，所有的建筑物完全被摧毁，在爆心投影点4千米半径里，大部分的房屋被破坏，但相当部分可以修复。原子弹爆炸后约30分钟，约13平方千米范围内，建筑物燃起熊熊大火。

广岛为日本第八大城市，有居民33万。原子弹造成死亡7.1万人，伤6.8万人。随后又有大量的人死于核子尘埃放射引起的癌症。怀孕的母亲亦因为放射而出现流产，部分初生婴儿畸形发育。据统计，截止到1999年，死于/小男孩0原子弹的人数已上升至20万。目前广岛市依然将相生桥附近的地区列为放射污染区。

/胖子0是第二次世界大战时美国在日本长崎投掷的原子弹的名称。1945年8月9日，即广岛首枚原子弹爆炸后三天，由查理士·斯文尼驾驶的B-29超级空中堡垒轰炸机/博士卡0在长崎上空9000米高度投下。在日本当地时间早上11时02分，在550米高度爆炸。

长崎在爆心投影点2.5千米半径里，所有的建筑物完全被摧毁，同广岛一样，在爆心投影点4千米半径里，大部分的房屋被破坏，原子弹爆炸后约120分钟，约6.7平方千米范围内，建筑物燃起熊熊大火。广岛、长崎均下了带放射性的/黑雨0。

由于长崎地势多山，造成的损害比平坦的广岛较低。长崎有居民20万，约4万人直接死于胖子的原爆，约6.4万人受伤。约7000平方米的建筑物被夷平，毁坏房屋19587所，破坏面积4.7平方千米。之后数以万人死于核子尘埃放射引起的癌症。

原子弹爆炸伤亡人数至今没有准确的统计，各方报道数字不一。1990年5月16日日本政府公布了厚生省的最新调查，到1985年止，受原子弹袭击者，40年累积死亡人数)))广岛201990人，长崎93966人，两市合计295956人。按死亡时间区分，爆炸当天、当天后~1945年底、1946~1985年的死亡人数，广岛分别占死亡总数的23.5%、16%和55.3%(时间不明者占5.2%)，长崎分别占20.1%、10.5%和65.2%(时间不明者占4.1%)。最新调查结果，至1945年底，广岛死亡人数接近8万人，长崎的死亡人数约2.9万人。

五、原子弹的杀伤破坏因素

冲击波 原子弹爆炸时,释放出巨大的能量,爆炸中心温度可到几百万至几千万度,压力达到几十亿至几百亿大气压,在这样的高温高压下,爆炸产物强烈地压缩周围的空气层,而形成冲击波。这种冲击波高速地向各个方向传播,有很大的破坏力和杀伤力。绝大多数建筑,将受到致命的摧毁。冲击波的速度将超过几百千米每小时,而它肆虐的范围会随着核武器当量的增加而增加。冲击波是原子弹的主要杀伤因素,它消耗原子弹全部爆炸能量的55%左右。

光热辐射 核武器的爆炸会伴随有大量的电磁波辐射爆发,分布在可见光波段、红外和紫外波段。主要的伤害机制是造成灼伤及对肉眼的伤害。在天气晴朗时,作用范围可超过冲击波。辐射光的能量是如此之强,它可以在冲击波留下的废墟中再制造一场大火。而热辐射所作用的范围,随武器当量的增加而显著地增长。光热辐射消耗原子弹全部爆炸能量的30%左右。

贯穿辐射 原子弹爆炸时会放出大量肉眼看不见的、穿透力很强的贯穿辐射,主要成分是 γ 射线和中子流。贯穿辐射是普通炸弹所没有的,它的作用时间一般只有10~15秒,1分钟后就大部分消失。贯穿辐射消耗原子弹全部爆炸能量的5%左右。裂变弹和聚变弹的中子辐射有很大不同。然而 γ 辐射的结构是类似的。核反应粒子辐射随距离很快衰减。粒子辐射的结构也与距离有关,在近爆心的地点,中子辐射强于 γ 辐射,但随着距离的增加,中子- γ 射线比将减小。最终,中子成分与 γ 射线成分相比即可忽略。

放射性污染 原子弹爆炸时铀和钚的裂变碎片向外抛散,随后又随尘埃飘落,使附近地区污染上放射性。另外原子弹爆炸放出的大量中子,能使附近很多物质活化变成放射性物质。放射性污染消耗原子弹全部爆炸能量的10%左右。放射性尘埃会被风带到世界各地,并被雨带到地面上来,因此它不仅局限在原爆地,而可能威胁半个地球。贯穿辐射和放射性污染对生物体有严重的损伤破坏作用,可使细胞死亡或变异,引起白血病和癌症。全身摄入高剂量放射性元素的个体将会立即死亡,其他摄入剂量较少的个体虽能存活,但也会随后来的并发症而死去。在一般情况下,冲击波和热辐射的杀伤将远大于放射线的伤害。但是,放射线的辐射伤害比冲击波和热辐射更加复杂,不仅使受照射的个体产生躯体效应,还对后代产生遗

传效应,并且晚期效应可有很长的潜伏期。

六、施用原子弹的道德伦理思考

原子弹是迄今为止人类使用的最残忍的毁灭性的杀伤武器。原子弹的使用从一开始就存在着争议。当时德国已战败宣布投降。从军事角度而言,日本的彻底失败也已不可避免,已没有使用原子弹的必要。从文明和道义出发美国很多政治家和科学家都反对使用原子弹。如总统参谋长海军上将威廉·李海、欧洲盟军总司令艾森豪威尔、太平洋战区总司令尼米兹都认为使用原子弹是不道德的战争手段,美国不应当采取这样的行动;一些当初曾说服罗斯福开始原子弹研制的科学家如利奥·西拉德、萨克斯博士、詹姆斯·弗兰克教授以及奥本海默都明确表示反对美国单方面使用原子弹,原子弹巨大的杀伤力将使众多平民死于非命,是野蛮的屠杀行为,只会引起世界舆论的指责。但是美国最后还是决定对日本使用原子弹,想通过原子弹贬低削弱苏联参战的作用和意义,抬高美国在战胜日本中的地位和作用。同时还能在实战中检验原子弹的威力和效果,在战后确立其美国超级大国的优势地位。

原子弹的使用受到了全世界的谴责,造成极其恶劣的后果和长期的不良影响。它不仅使众多平民死于非命,是野蛮的屠杀行为,而且在战争结束后助长了核军备竞赛,把世界推向核武器威胁的深渊,由此世界进入了一个核竞争、核威胁、核反省的时代。1949年8月29日苏联爆炸了第一颗原子弹/南瓜0(钚弹)。1952年10月美国在太平洋的埃尼威托克岛爆炸了第一颗氢弹。1977年美国研制出中子弹。随着火箭技术的飞速发展,原子弹已经能够从地上、地下、空中、水中任何地方发射,飞向任何打击目标。据1998年的统计,世界上现存的核弹数目为:俄罗斯2.1万枚,美国1.25万枚,英国300枚,法国400枚,中国没有宣布过数目,国际普遍认为不会超过法国。中国发展核武器,目的是不使用并且最终消灭核武器,在世界目前被承认的五个核大国中,中国是唯一宣布不首先使用核武器的国家。美国、俄罗斯、英国和法国都表示,如果必要,它们会首先使用核武器。

人类生活在原子弹的威胁之中。强烈呼吁禁止使用并应尽快销毁核武器。虽然几十年来达成

从电子器件的换代来看计算机的发展

罗盈军

电子计算机的诞生与发展,极大地推进了现代科学技术的发展。从第一台计算机诞生到今天,计算机已经历了四代,而四代机的划分是以电子器件的换代为主体特征。

电子管的发明和第一代电子管数字计算机

(1946~1958年)

1883年,美国发明家爱迪生(T. A. Edison, 1847~1931)发现了热的灯丝发射电荷的现象,并被称之为/爱迪生效应⁰。1889年,英国著名物理学家汤姆孙(J. J. Thomson, 1856~1940)解释了这种现象,并把带电的粒子称为/电子⁰,同年,英国伦敦大学电工学教授弗莱明(S. J. A. Fleming, 1849~1945)开始认真研究爱迪生效应,并且于1904年研制出检测电波用的第一只真空二极管,从而宣告人类第一个电子二极管的诞生。由于弗莱明的二极管在实际应用中比法国科学家布兰雷发明的粉末检波器稳定,因而在当年11月就获得了英国专利。不久以后,意大利科学家马可尼(M. G. Marconi, 1874~1937)就继承了弗莱明的这一专利。1906年,美国发明家德福雷斯特(L. Do. Forest, 1873~1961)在对弗莱明的二极管进行实验时发现,若在阳极A和阴极K的中间加上栅状的电极G,在G上加负的偏压就可以使阳极电流变为零。如果改变栅极电压,就可以使阳极电流发生相应的变化,这个实验结果使德福雷斯特高兴异常。由于德福雷斯特在二极管的两个电极之间增加了一个形状像栅栏的电极,用来控制电流的大小,从而制造出三极管。因而可以用较小的控制电压获得很大的输出电流或电压,具有放大信号的作用,在当时算是非常优秀的电子器件了,但随着时间的推移,三极管的不足之处渐渐表现出来。首先,放大倍数只有3~30倍左右;其次,阴极与栅极之间的电容太大,本身容易产生振荡。1913年,美国学者林格慕在三极管里增加

了限制使用和防止扩散核武器的一系列国际协议,却远远没有达到最终目标,即全面禁止核试验以至彻底销毁核武器。核能的发现是20世纪最伟大的科学成就之一,它确实为人类提供了具有无穷潜力

第二栅极,从而出现了四极管,其放大倍数可达160~600倍。1926年荷兰飞利浦公司首次发明了五极管。电子管的出现,推动了无线电电子学的发展。这一时期的计算机,其特征是采用电子管作为计算机的逻辑元件,运算速度为每秒几千次到几万次,它的特点是运算速度慢,体积大,成本高,可靠性低。

晶体管的诞生和第二代晶体管数字计算机

(1958~1964年)

早在20世纪初,人们掌握了电子在真空中的运动规律,发明了真空三极管(电子管),开创了电子技术的新领域。但是真空三极管的使用效率非常低,加上灯丝过热,使用时间短,特别是处理高频信号的效果不理想,科学家们一直在寻找新的材料来代替真空管的缺陷。位于美国新泽西州的美国电报电话公司贝尔实验室的科学家们在寻找更好的检波材料时,发现掺有某种极微量杂质的锗晶体材料整流性能比电子管要好。这期间,又有一些科学家在有关锗和硅的理论研究方面取得了进展,从而为晶体管发明奠定了基础。1945年秋天,美国贝壳尔实验室成立了半导体研究小组,这一小组由1936年进入贝尔实验室的肖克莱负责,成员有布拉顿、巴丁以及其他科学家。1946年半导体组做出决定,把注意力集中到两种最简单的半导体材料锗和硅上,经过反复实验巴丁和布拉顿制成了固体器件。他们利用两个靠得很近,间距为0.05毫米的触须接点来代替金箔接点,制成了/点接触型晶体管⁰。这一实验发现晶体管具有放大电流的作用。1947年2月6日,世界上最早的实用半导体晶体管问世了。它在首次实验时,能把音频信号放大100倍,其外形比火柴棍要短粗一些。

晶体管发明以后,它的发明者为了谨慎起见,并未急于宣布。一方面是一项发明诞生之后需要同行的反复验证,先应向有关科学家通报;另一方面有个申请专利和技术保密问题。由于这些原因,直到

的新能源,可悲的是,核能的发明首先被用于军事目的,制造出了威力空前巨大的毁灭性武器。但愿,广岛和长崎的原子弹爆炸成为人类核爆炸的绝响!

(兰州中国科学院近代物理研究所 730000)