

核武器的物理基础

南 秀 华

(石家庄军械工程学院)



利用能自持进行的核裂变或核聚变反应释放的能量,产生爆炸作用并具有大规模杀伤破坏效应的武器,总称为核武器。其中,利用铀 235 或钚 239 等重原子核的裂变链式反应原理制成的武器,叫裂变武器,通常称为原子弹。利用重氢 (^2H , 即氘) 或超重氢 (^3H , 即氚) 等轻原子核的热核反应原理制成的武器,叫热核武器或聚变武器,通常称为氢弹。以高能中子辐射为主要杀伤因素的低当量小型氢弹,称为中子弹。

一、原子弹

铀 235、钚 239 这类重原子核在中子轰击下,会分裂为两个中等质量数的核(称为裂变碎片),同时放出 2—3 个中子和约 $2.9 \times 10^{-11}\text{J}$ 的核能。放出的中子,有的损耗在非裂变的核反

应中或漏失到裂变系统之外,有的继续引起重核裂变。如果每一个裂变后能引起下一代裂变的中子数平均多于 1 个,裂变系统中就会形成自持的链式裂变反应,中子总数将随时间成指数增长。例如,当引起下一代裂变的中子为 2 个时,则在不到百万分之一秒内,就可以使 1 千克铀 235 或钚 239 内的约 2.5×10^{24} 个原子核发生裂变,并释放出 1.75 万吨梯恩梯当量的能量。此外,在裂变碎片的衰变过程中,还会陆续

个包括精细的“膝”结构的原初宇宙线能谱 ($10-10^6\text{TeV}$),可精细到别家无法企及从而成为“最后的实验”;可给出基本摆脱了与作用模型的纠缠的宇宙线原初成分测定,至少是对质子、 γ 和 Fe 核份额或能谱的测定。

4. 我们将用同一个“地毯”阵列同时开出三个太阳活动监测窗口: (1) 在 $5-10\text{TeV}$, 利用宇宙线的太阳阴影图通过太阳和行星际磁场的变化去监测太阳活动的月变化; (2) 在 200GeV 到数千 GeV 间,利用对到达地球的宇宙线能谱的经常测量通过太阳对宇宙线谱的调制效应去监测太阳活动随时间的变化; (3) 在 $200-300\text{GeV}$, 开辟一个观测太阳粒子事件、研究恒星对甚高能宇宙线的可能的贡献的窗口。

人们会问:此计划需使用比二期阵列多百倍的探测器,经济上可能吗?诚然,我们不能用闪烁体来拼成“地毯”,但近年来发展起来并在

加速器实验中已有成功运用的 RPC (阻性板计数器)不仅具有很高的空间和时间分辨能力,而且几乎是全塑料、超薄型的,因而成本低、易于大规模生产。然而,这是一种流气式的计数器,若非羊八井这样条件优越的高地,是不敢大规模采用的。上述方案是专为羊八井设计的。

既然羊八井难得的自然和社会条件与适当的技术和规模相结合能如此神奇地调动高山优势开创宇宙线地面实验的新局面,我们就有了一种义不容辞的责任。首先有责任以科学的态度去宣传羊八井的科学价值,使羊八井的事业能得到更多的人的理解和社会的支持,其次是组织现场试验和更具规模的国际合作,化理想为现实。念青唐古拉峰的阳光能点燃亚运圣火,羊八井也应当能为通过“天外来客”宇宙线了解宇宙的努力打开新的一页——那里有无限风光。

释放约 0.2 万吨梯恩梯当量的能量。因此,1 千克铀 235 或钚 239 如果完全裂变,总共可释放出约 2 万吨当量的能量。

要使链式反应自持地进行下去,原子弹中裂变装料必须大于一定的数量,这个最低限量称临界质量。临界质量的大小与裂变装料的种类、密度、形状以及周围环境有关。如果在裂变装料外面包上反射中子性能良好的铀 238 或铍作为反射层,或者提高裂变装料的密度,都能有效地减小其临界质量。原子弹在平时必须处于次临界状态,否则裂变装料中自发裂变产生的中子或空气中游荡的中子,会引起链式反应而造成核事故。原子弹的设计原理是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发链式反应。超临界状态可以通过两种方法来达到:一种是“枪法”,又称压拢型,即把 2—3 块处于次临界的裂变装料,在化学炸药爆炸产生的力的推动下,迅速合拢而成为超临界状态;另一种是“内爆法”,又称压紧型,即用化学炸药爆炸产生的内聚爆轰波,压缩处于次临界的裂变装料,使裂变装料的密度急速提高而处于超临界状态。“内爆法”比“枪法”使用的裂变装料少,因而被广泛采用。

原子弹主要由引爆系统、炸药层、反射层、核装料、中子源等部件组成。引爆系统的作用是起爆炸药;炸药是推动、压缩反射层和核装料的能源;反射层由铍或铀 238 构成。铀 238 不仅能反射中子,而且密度较大,可以减缓核装料在释放能量过程中的膨胀,使链式反应维持更长的时间,从而能提高原子弹的爆炸威力。

原子弹的核装料主要是铀 235 和钚 239。铀 235 存在于自然铀中,但含量只有 0.72%。原子弹需用含量达 90% 以上的高浓铀。钚 239 在中子轰击下发生裂变的几率比铀 235 大,裂变后放出的中子数也较多,用它作核装料对提高武器的威力和小型化较为有利。钚 239 在自然界中不存在,它是通过核反应堆用中子照射铀 238 生成的。但生成物中还有钚 240,它的自发裂变几率很高,钚 240 含量越多,过早点火的危险就越大,因而容易使威力达不到设计指

标。内爆法原子弹所用的钚中,钚 240 含量一般不允许超过 10%。枪法原子弹中不宜用钚作核装料,因为压拢的速度较慢,过早点火的几率就大。

为了触发链式反应,必须有中子源提供“点火”中子。核装置的中子源,可采用:氘氚反应中子源、钋 210-铍源、钚 238-铍源、镅 252 自发裂变源等。

核装置在接到起爆指令后,引爆系统的雷管使炸药起爆,炸药的爆轰产物推动并压缩反射层和核装料,使之达到超临界状态,中子源适时提供若干点火中子,于是核装料内发生链式反应,并猛烈释放能量。随着能量的积累,温度和压力迅速升高,核装料便逐渐膨胀,密度不断下降,最终又成为次临界状态,链式反应趋向熄灭。从雷管起爆到中子点火前是爆轰、压缩阶段,通常只有几十微秒。从中子点火到链式反应熄灭是裂变放能阶段,只需零点几微秒。原子弹在如此短暂的时间内放出几百—几万吨梯恩梯当量的能量,使整个弹体和周围介质都变成了高温高压的等离子体气团,其中心温度可达几千万摄氏度,压力达几百亿大气压。原子弹爆炸产生的高温高压以及裂变碎片和各种射线,最终形成了冲击波、光辐射、早期核辐射、放射性沾染和电磁脉冲等杀伤破坏因素,对现代战争的战略战术产生了重大的影响。

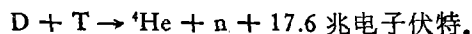
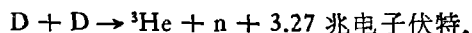
二、氢弹

氢弹的杀伤破坏因素与原子弹相同,但威力比原子弹大 1000 倍以上。

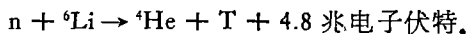
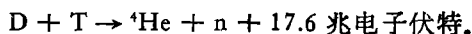
氢弹是利用氢的同位素氘、氚等轻原子核的聚变反应瞬时释放出巨大能量的核武器,又称聚变弹或热核弹。所谓聚变反应就是带电原子核发生聚合的反应。参加反应的原子核必须具备足够的动能,才能克服静电斥力而彼此靠近,聚变反应才有可能发生。提高物质的温度,是使大量原子核增大动能的重要途径。氢弹就是把热核材料加热至几千万摄氏度以上而使之发生聚变反应的。因此又叫热核反应。

挑选合适的热核材料,是人工实现热核反应的重要环节。氘和氚是氢的同位素,原子核

间的静电斥力最小, 较低的温度(几百摄氏度)即可激发明显的聚变反应, 而且反应释放的能量较大, 因此选用含氘、氚的物质作为热核装料是较为合适的。在氘、氚原子核之间发生的聚变反应, 主要是氘-氘反应和氘-氚反应。它们的反应方程式是:



式中 D、T 分别表示氘和氚的原子核; n、p 分别表示中子和质子; ${}^3\text{He}$ 、 ${}^4\text{He}$ 分别表示氦 3 核和氦 4 核。当热核燃烧的温度为几百万至几亿摄氏度时, 氘-氚反应的速率约比氘-氘反应快 100 倍, 因此氘-氚混合物比纯氘的燃烧性能好。另一种适用的热核燃料是固态氘化锂 6, 它的密度可达 0.8 g/cm^3 左右。当氘化锂 6 燃烧时, 主要进行氘-中子循环反应, 即:



在氢弹中, 烧掉 1 千克氘化锂 6, 释放的能量可达 4—5 万吨梯恩梯当量。由于氘化锂 6 中造氘和烧氚的过程结合得非常好, 它比纯氘容易燃烧, 所以一般氢弹都用氘化锂 6 作为热核装料。热核反应的先决条件是高温, 但要使热核装料燃烧充分, 就必须使燃烧区的高温能维持足够长的时间。为此, 就需要创造一种自持燃烧的条件, 使燃烧区中能量释放的速率大于能量损失的速率。这种条件除与热核装料的性质、装量、密度、几何形状有关外, 还与燃烧温度和系统的结构密切相关。氢弹中热核反应所必须的高温、高压等条件, 只能由原子弹爆炸来提供, 因此氢弹里都装有一个专门设计的起爆原子弹, 通常称之为“扳机”。

关于氢弹的具体结构都是保密的。但许多书刊都曾对它作过种种描述。对此可参阅 1975 年出版的《美国百科全书》第 13 卷第 326 页。

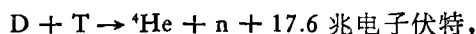
(上接第 33 页)

关于电影、演员、导演等的信息。

* STOCK MARKET REPORT: 用 “stock market quotes” 作为标题行, 给 “martin. wo-

热核反应产生的大量高能中子, 能引起铀 238 核裂变。因此, 为了提高威力, 普通氢弹多以天然铀作为壳体。这种氢弹的放能过程有裂变—聚变—裂变三个阶段, 故称为三相弹或氢铀弹。目前, 三相弹是装备得最多的一种氢弹, 它的特点是威力和比威力都比较大。三相弹的总威力中, 裂变当量所占的份额相当高。一枚威力为几百万吨的三相弹, 裂变份额一般在 50% 左右, 放射性沾染较为严重, 所以有时也称之为“脏弹”。

以高能中子辐射为主要杀伤因素的低当量小型氢弹, 称为中子弹。各种核武器都具有核辐射、冲击波、光辐射等杀伤因素, 但中子弹的核辐射效应大大增强了。因此, 中子弹也称“增强辐射武器”。强辐射和低当量是中子弹的两大特征。中子弹增强高能中子辐射, 可利用氘-氚原子核的聚变反应来实现。其反应式为:



与重核裂变反应相比较, 上述聚变反应有以下几个特点: 第一, 当释放的能量相同时, 聚变反应放出的中子多; 第二, 很大一部分聚变能都被中子带走, 成为核辐射杀伤因素; 第三, 没有带放射性的产物。但是, 中子弹的能量不可能全部来源于聚变, 而聚变反应本身又依靠裂变反应放能来创造条件。所以中子弹实际上也并不很“干净”。根据上述特点, 中子弹一般作为战术核武器使用。

20 世纪 80 年代, 全世界共有各种类型的核武器 5 万多件, 广泛部署在北美、欧亚大陆和海洋上。核武器数量越多, 系统越复杂, 发生技术或人为差错的可能性也就越大。因此, 有关各国都非常重视核武器安全。杜绝意外核爆炸的关键, 是在设计时就采取周密的安全保障措施。例如, 设置多道安全保险装置、配备密码锁、把核部件与其它部件分开贮存、健全法规和严格控制使用权限等等。

ng@eng. sun. com” 发电子邮件, 你将会收到股市行情报告, 每天都有, 直到你要求停止为止。

(编译自美国明尼苏达大学的 Gopher 信息目录)