

原子武器防护知识

刘 云 波

原 子 能 出 版 社

1979

内 容 简 介

本书重点介绍了对原子武器的防护原则和防护方法。全书共分四章。第一章简单地介绍了核武器的爆炸原理、爆炸方式和爆炸景象。第二章主要介绍核武器四大杀伤破坏因素的特性，它对人员和物体能产生哪些杀伤和破坏作用以及对各种杀伤破坏因素的防护原则。第三章为本书重点，较详细地介绍了对核武器防护的具体措施和方法。第四章介绍了核武器爆炸造成人员各类损伤的临床经过、急救和治疗。

本书适合具有初中以上文化水平的广大读者阅读。

原子武器防护知识

刘 云 波

原子能出版社出版

(北京 2108 信箱)

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售



开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $5 \frac{1}{2}$ · 字数 120 千字

1979 年 10 月北京第一版 · 1979 年 10 月北京第一次印刷

印数 001—101,000 · 定价：0.60 元

统一书号：15175 · 165

目 录

前言	(iii)
第一章 核武器	(1)
一、核武器爆炸的简单原理	(1)
二、核武器的威力和杀伤破坏范围	(10)
三、核武器的爆炸方式和爆炸景象	(14)
第二章 核武器的杀伤破坏因素	(21)
一、光辐射	(21)
二、冲击波	(32)
三、早期核辐射	(45)
四、放射性沾染	(54)
五、核武器的综合杀伤破坏作用	(64)
第三章 核武器的防护	(70)
一、防核武器袭击的准备工作	(70)
二、对核武器袭击的防护措施	(73)
三、遭到核武器袭击时的行动	(108)
四、消除核袭击后果的措施	(113)
第四章 核武器损伤的急救和治疗	(132)
一、光辐射烧伤	(132)

第一章 核 武 器

核武器又叫原子武器，通常指的是原子弹和氢弹，氢弹又叫热核武器。近年来出现的中子弹，就是一种小型氢弹。它们都是利用原子核发生裂变或聚变反应瞬间放出来的巨大能量，对人员和各种目标起杀伤和破坏作用的武器。那么，什么是核裂变和核聚变，也就是说，核武器爆炸的简单原理是什么？核武器在使用上有哪些特点？核武器爆炸的外观有哪些特征？对于这些问题有必要加以简单介绍，它会帮助我们正确地认识核武器，更好地掌握对核武器的防护知识。

一、核武器爆炸的简单原理

大家都知道，任何一种爆炸，如煤气爆炸、炸药爆炸，都是瞬间释放大量能量的过程，核武器爆炸（简称核爆炸）也不例外。但是，核爆炸时所释放出来的能量比普通炸弹爆炸时要大得多，这是因为二者释放能量过程的本质是不一样的。普通炸药爆炸是一种化学反应，它所释放出来的能量叫做化学能。煤燃烧也是一种化学反应，它是煤中的碳和空气中的氧结合成二氧化碳，同时释放出化学能，这种化学能是以热能形式出现的。尽管化学反应的种类是多种多样的，但它们都是原子①

① 原子是组成每种元素而保持元素化学性质的最小单位，有多少种元素，就有多少种原子。原子是由原子核和核外电子组成。原子核是由中子和质子等粒子构成。

间的相互作用，在这种相互作用过程中，仅仅是参与反应的原子内的电子位置和运动起了变化，而原子核本身却没有任何变化。显然，化学能就是包含在原子核外电子层中的部分能量在化学反应中被释放出来的。核爆炸则是核反应的一种，它所释放出来的能量叫做原子能，由于这种能量是从原子核内释放出来的，实际上应当叫做原子核能，简称核能。核反应与化学反应不同，它是原子核本身发生了结构的变化，核能就是贮存在原子核中的能量在核反应过程中从核内释放出来的。我们知道，原子核占整个原子容积很小的一部分，它的半径仅为原子半径的万分之一到十万分之一。但是，原子核内物质的密度却是很大的，一个原子核要比它周围的电子层重数千倍，它所包含的质量几乎是原子的全部质量。根据能量和质量关系的物理公式：能量 = 质量 $\times$ 光速²，我们可以看到，物质的质量和能量是成正比关系的，也就是说，物质的质量愈重，它所贮存的能量就愈大。由此可见，原子内所贮存的能量也几乎全部集中在原子核内。这就是核反应放出来的核能比化学反应放出来的化学能要大得多的原因。

原子核内所贮存的能量是怎样释放出来的呢？根据上述能量和质量的关系，要想使核内能量释放出来，就必须发生原子核质量减少的核反应。只要质量减少，能量也就减少，这些减少的能量才会从核内释放出来。

在自然界中本来就存在着质量减少的核反应。人们发现某些化学元素能够自发地放出肉眼看不见的三种不同性质的射线，即 α 射线、 β 射线和 γ 射线^①。这种自发地放出射线的性质叫做放射性，把这类具有放射性的元素叫做放射性

① α —— 希腊文，读作阿尔法； β —— 希腊文，读作贝塔；
 γ —— 希腊文，读作伽马。

元素。放射性元素的原子核，即使不受外部作用，也会自发地发生核结构的改变，放出射线，变成另一种新的原子核，这种过程又叫做核衰变，或者叫放射性衰变。核衰变过程就是原子核自发地发生质量减少，同时将核内多余的能量以射线的形式放出来。1克镭如果全部衰变成较轻的元素铅的话，可以放出 3.4×10^9 卡热量，约等于燃烧 425 公斤煤所释放出的热量。但是，这类自然界存在的放射性元素，它们的衰变速度是很慢的，用各种方法都不能改变它们的衰变速度，也就是说，核衰变时核内能量都是逐渐地小量地放出来，在单位时间内只能放出原子核全部贮存能量的一小部分，这就不能被人们当做能源，加以利用。

为了取得核能，人们曾利用高能粒子，如氦原子核、质子、中子等等作为威力强大的“炮弹”，如同打靶一样，以原子核当做“靶子”去轰击，一旦命中原子核，就会破坏原子核的结构，发生质量减少的核反应，同时放出较大量的能量。例如，用质子轰击锂的原子核，质子就同锂原子核发生质量减少的核反应。如果 1 克质子全部打中锂原子核的话，就可以产生 3.9×10^{11} 卡热量，约等于燃烧 49 吨煤所产生的热量。但是，要使 1 克质子全部都打中锂原子核是非常困难的。我们知道，核在原子内只占极其微小的一点容积，是用任何显微镜也看不见的，质子打中核的机会是太少了，常常在一百万个质子中才可能有一两个打中原子核，就好象射击看不见的目标一样，只有消耗大量子弹才可能有一颗子弹击中目标。想用这种办法取得核能，它所消耗的能量要比反应结果释放出的能量多得多，是非常不合算的。另外，在这种反应中，质子的供应一停止，核反应也就马上停止，它不是连续性的，不能持续放出能量，也就不能用这种方法取得可

供实际应用的核能。

如何能使核能连续不断地释放出来呢？为实现这一过程，必须找到一种能自动地连续进行的核反应，也就是说，只要破坏了某些原子核，就能引起其余原子核连续破裂，从而持续释放大量的核能。好象我们平常烧火一样，只要先点燃一块木柴，就会自动地将其余木柴燃着，而放出较多的热量，供我们取暖和煮饭。核裂变就是这样一种能连续不断释放出核能的核反应。人们又能控制这种反应，利用它释放出的核能来发电和做舰船等的动力。如果不加控制，刹那间发生大量核裂变，在很小的空间内大量能量的突然释放，就可导致爆炸。下面我们就谈一谈什么是核裂变。

核裂变 人们发现有一些重元素，即原子核质量重的元素（铀-235、铀-238、钚-239等），在中子轰击下会发生分裂。它们的原子核吸收了一个中子后，核内质子和中子的能量增加并引起剧烈运动，从而使原子核发生较大的变形（由圆形变成椭圆形），最后分裂成两块质量相近、大小差不多相同的核碎片，同时放出二、三个中子，还伴随放出 γ 射线和能量（图 1-1）。这类核反应就叫做核裂变反应。



图 1-1 铀-235 核裂变示意图

核裂变产生的核碎片，又叫裂变产物。每次裂变放出的裂变产物，可以是不同的。实际上，它们就是质量较原来的原子核为轻的另一些新原子核。大量铀核裂变后，能产生上

百种核碎片，这些核碎片都是轻元素的放射性同位素^①。它们都要发生核衰变放出 β 和 γ 射线，成为核爆炸时早期核辐射中的 γ 射线和放射性沾染的主要来源。

核裂变反应是一个核分裂为两个较轻的核，分裂后的总质量较分裂前显著减少，亏损的质量就转化为巨大的能量。一个铀-235核裂变放出来的能量比煤中一个碳原子燃烧时所放出来的能量要大千百万倍。而1公斤铀-235全部裂变所放出来的能量，则相当于两万吨梯恩梯(TNT)^②炸药爆炸时放出的能量。

一个铀-235原子核裂变所放出来的能量是没有实用价值的。要想从核裂变反应中取得巨大能量，必须使裂变反应连续进行，引起大量的铀-235核裂变。核裂变是如何连续下去的呢？上面已经谈到，一个铀-235核受到一个中子的轰击而产生裂变时，会放出二、三个中子。当这些中子击中别的铀-235核时，这些铀-235核也会裂变，产生更多的中子，如此连续下去，铀-235核的裂变数目越来越多，产生的中子数也越来越多（图1-2）。这样，在一块铀-235中，原子核就会自动地、连续地发生裂变，这种裂变过程叫做核裂变的链式反应。

要想使铀核裂变过程产生链式反应，还需要一定的条件。我们知道，原子核的半径只有整个原子半径的十万分之一，说明原子内部存在着相当广阔的空间。因此，比原子核还要小的中子在铀块中穿来穿去不一定都能击中铀核。如果铀块

① 原子核内的质子数相同而中子数不同的原子称为同位素。它们在元素周期表上占有同一位置，化学性质相同。具有放射性的同位素，就叫做放射性同位素。

② 梯恩梯是一种炸药的名称。

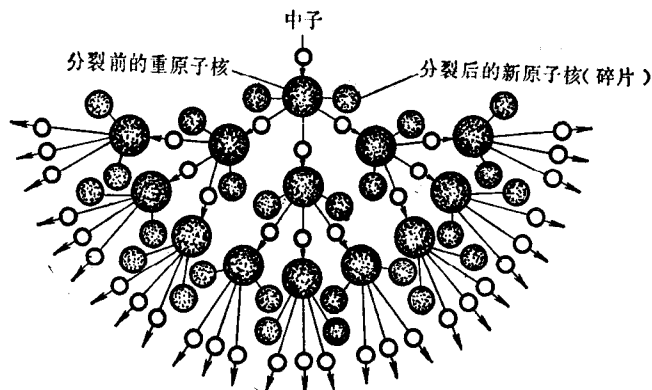


图 1-2 链式反应示意图

太小，就会有很大一部分中子穿过各原子核之间的空隙而飞出铀块，这就不能保证链式反应进行下去。为了使链式反应能进行下去，铀块体积必须达到一定的大小，这个适当大小的体积叫临界体积，它是使链式反应能进行下去的裂变物质（即某些重元素）的最小体积。与临界体积相应的裂变物质的质量叫做临界质量。铀块超过临界体积时，就会由宇宙射线作用下形成的中子，或铀-235核自发分裂所放出的中子，引起链式反应，导致能量突然间地大量释放而发生爆炸。这就是原子弹爆炸的基本原理。

核聚变 人们还发现了一种核反应，它比核裂变放出更多的能量，这就是核聚变。利用加速的轻元素的原子核轰击其它轻元素的原子核，结果发现两个轻原子核可以合成一个较重的原子核，并放出中子和很大的能量。例如， ${}^2\text{H}$ （即氘） $+ {}^3\text{H}$ （即氚） $\longrightarrow {}^4\text{He} + \text{中子} + \text{能量}$ （图 1-3）。这种两个较轻

① 氘读作“刀”，氚读作“川”。两者都是氢的同位素。

的同位素的原子核聚合成一个较重原子核的变化过程，叫做轻核聚变反应。

轻元素的原子核在常温、低能状态

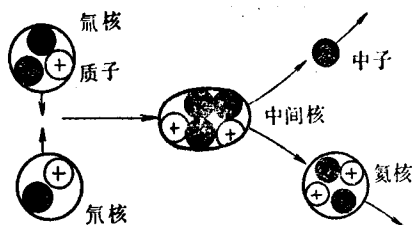


图 1-3 核聚变反应示意图

下，两个原子核不可能靠在一起发生核聚变。要产生核聚变，必须使两个轻原子核中的一个核具有足够的能量，并与另一个轻核靠得很近时，两个核才能聚合在一起。也就是说，只有在轻原子核具有高速运动而发生自由碰撞的情况下，才能发生核聚变。怎样才能使轻核发生高速运动呢？最便当的办法就是加热，加热可使轻原子核运动速度增加，温度越高，原子核的运动速度越快，两个原子核的碰撞机会就越多，发生聚变的机会也就越多。通常必须使轻核处在几千万度高温条件下，聚变反应才能大量进行。由于聚变反应是在非常高的温度下进行的，因此又叫热核反应。

轻核聚变反应时发生更大的核质量减少，因此，比重核裂变反应放出来的能量更大。例如，1公斤氘和氚的混合物完全聚变结合成氦核时，所放出的能量大约是1公斤铀-235完全裂变时所放出能量的3—4倍。氢弹就是利用重核裂变时产生的高温，使轻核发生聚变反应，从而瞬间释放出巨大能量的一种武器。

以上简单地介绍了核爆炸所依据的基本原理。那么，核武器是怎样实现爆炸的呢？下面我们简要地谈一谈原子弹和氢弹的构成。

原子弹主要是由核装料、普通炸药、引爆装置和中子源

等部分组成(图 1-4)。原子弹的核装料是裂变物质铀-235 或钚-239,一般都把它们分成许多块安放在弹体内,每块的质量都小于临界质量,而它们的总质量则比临界质量大好多倍。所以,平时这些裂变物质不能发生裂变的链式反应。当引爆装置点火后,引起各炸药块同时爆炸,它以很大的压力推动各块核装料迅速向中心靠拢,使核装料很快地合拢成为一个球状体,当这个球状体被压缩到超临界质量时,在中子作用下,铀-235 或钚-239 的原子核便发生裂变的链式反应,瞬间释放出巨大的能量,引起猛烈的爆炸。

氢弹的核装料为氘化锂,用原子弹作为引爆装置(图 1-4)。在原子弹爆炸产生的极高温度和中子的作用下,使氘化锂迅速生成了氘、氚等轻原子核,这些轻原子核立刻聚合,同时放出极其巨大的能量,引起更为猛烈的爆炸。在氘、氚进行聚变反应时,能够放出大量高能中子(或称快中子),这些高能中子又能使铀-238 核发生裂变,放出巨大的能量。所以,一般都把氘化锂放在铀-238 制成的外壳里,利用聚变反应产生的高能中子,使铀-238 发生裂变的链式反应,来提高氢弹的爆炸威力。

中子弹的爆炸原理有何特点呢?顾名思义,中子弹就是利用爆炸时产生的高能中子作为主要杀伤因素的一种小型核武器。中子弹爆炸所依据的基本原理与氢弹相同,也是利用氘、氚等轻原子核的聚变反应,瞬间放出巨大能量导致爆炸的。但是,中子弹的引爆方法可能与普通氢弹不同。普通氢弹是用原子弹引爆的,因此,爆炸时除了产生大量高能中子外,还必然产生大量带有放射性的核裂变碎片,造成严重的放射性污染。而中子弹主要是利用高能中子起杀伤作用,不产生严重的放射性污染。为此,不能利用铀-235 核裂变反应

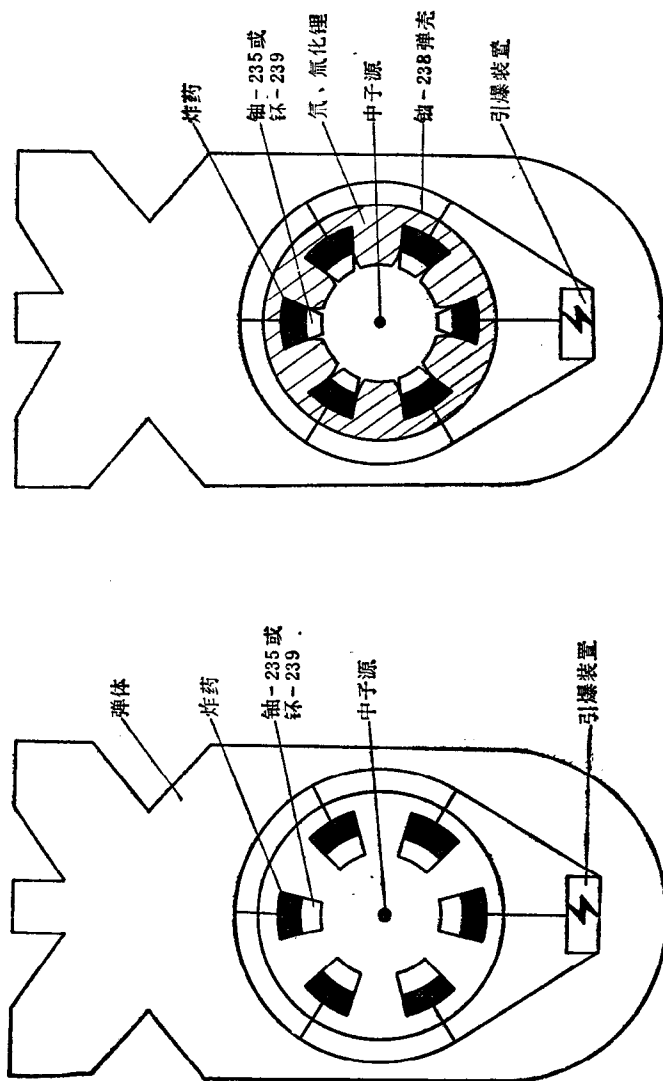


图 1-4 核武器构造示意图

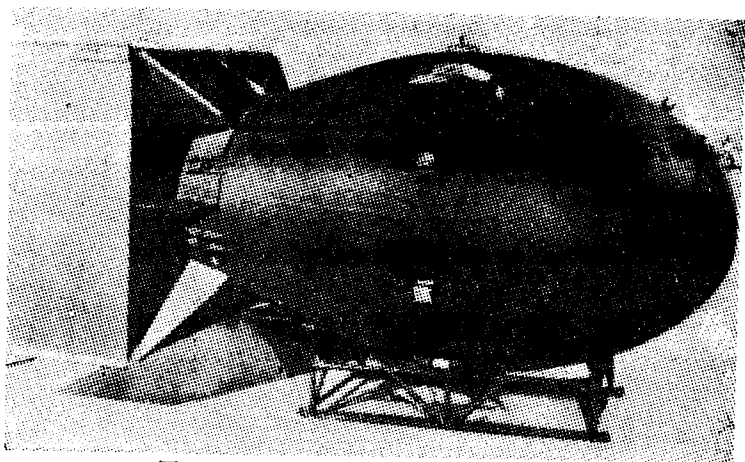


图 1-5 美国早期内爆型原子弹外观图

产生的高温来实现轻核聚变，而必须采用另一种产生高温的方法实现“纯聚变反应”。目前看来有两种方法有可能实现“纯聚变反应”：一种是利用烈性化学炸药产生的高温实现轻核聚变；另一种是利用大功率激光使氘、氚等轻核实现聚变反应。但到目前为止，这两种方法似乎都没有达到实际应用的目。看来，现在的中子弹还不是利用“纯聚变反应”的真正中子弹，可能仍然利用裂变反应产生的高温引起轻核聚变，只不过设法降低裂变反应的威力，使裂变反应释放的能量减少到足以引起聚变反应的最小量，使爆炸时绝大部分能量来自聚变反应，这就增强了高能中子的辐射量。因此，这种中子弹又叫增强辐射弹。

二、核武器的威力和杀伤破坏范围

核武器的威力和核武器的杀伤破坏范围有着密切的关

系，但两者不是一个概念。威力是指核爆炸时释放出的总能量有多少，而杀伤破坏范围系指核爆炸时起杀伤破坏作用的几种因素对人员或物体综合造成的杀伤或破坏的区域大小。

核武器威力的大小，用梯恩梯当量（简称当量）来表示。当量是指核武器爆炸时放出的能量相当于多少重量的梯恩梯炸药爆炸时放出的能量。例如，一颗当量为2万吨的原子弹，是指这颗原子弹爆炸时所放出的能量，相当于2万吨梯恩梯炸药爆炸时所放出来的能量。

核武器的威力，按当量大小分为千吨级、万吨级、十万吨级、百万吨级和千万吨级。一般把当量2万吨以下的核武器算做小型核武器，也就是通常所说的战术核武器。中子弹的当量一般都在千吨级范围内，它也是一种战术核武器。

核武器的威力虽然比普通炸弹要大得多，但它的杀伤破坏范围也还是有限的。例如，在日本广岛没有防护准备的情况下，约1.5万吨当量的原子弹空中爆炸时，造成人员损伤的最远距离在距爆炸中心3—4公里处，而严重损伤仅达到距爆炸中心1.5公里左右的地方。

核武器的杀伤破坏范围，一般指的是核爆炸时对开阔地面上暴露人员和物体造成的杀伤和破坏范围。它用杀伤和破坏的边界，杀伤和破坏的半径以及杀伤和破坏区域的面积来表示。杀伤和破坏的半径是指从爆心或爆心投影点^①到达能造成人员损伤和物体破坏的距离，其最远处称为杀伤和破坏的边界。由杀伤和破坏的半径就可求出杀伤和破坏区域的面积大小。核爆炸对人员造成的伤害程度，从爆心向外，随着距离的增加，伤情逐渐减轻。因此，又可将核爆炸的整个杀

① 爆心投影点是指空中爆炸时爆炸点正下方地面上的一点。

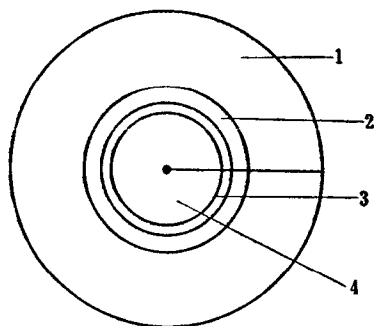


图 1-6 杀伤区分布示意图

- 1—轻度杀伤区； 2—中度杀伤区；
3—重度杀伤区； 4—极重度杀伤区。

伤区划分为极重度、重度、中度和轻度杀伤区。这些杀伤区的分布情形可用几个同心圆来表示（图 1-6），最外圈就代表杀伤边界，也是轻伤边界，里边的几圈各代表着不同程度损伤的边界。由各杀伤区的半径可求出各杀伤区的面积，其中中度和轻度杀

伤区约占整个杀伤区面积的 40—70%。可见，核爆炸时造成人员严重损伤的区域，只占整个杀伤区的一半或不到一半。

核武器杀伤和破坏范围的大小主要决定于核武器的当量。一般说来，核武器的杀伤破坏范围随当量的增大而增大，但并不按当量增加的倍数而成比例地扩大。即使核武器的当量成百倍地增加，它的杀伤破坏范围也只能增大几倍。例如，假如当量为 2 万吨的核爆炸，对地面上暴露人员造成的轻伤边界离爆炸中心 2—3 公里，250 万吨当量的核爆炸时轻伤边界为 14—18 公里，即当量增加 125 倍，杀伤边界仅增加 6—8 倍。

核武器的杀伤和破坏范围还受爆炸方式、地形和气象条件、人员分布情况、防护条件和物体坚固程度等因素的影响。其中受防护条件这一因素的影响尤其明显，在人员有防护的情况下，可以大大缩小核武器的杀伤半径。在日本广岛正是由于没有防护准备，加上木板房屋较多，才造成较大的伤亡。但就是在这样情况下，从爆炸当时有掩蔽和无掩蔽的

伤亡情况对比中，也充分说明了核武器是可以防护的。例如，在广岛距爆心投影点 1600 米以内，约有 3000 名学生在户外处于暴露的情况下，在爆炸后大约有 90% 死亡；而在同一地区内，有近 5000 名学生得到某种掩蔽，在爆炸后只有 26% 死亡。

由上可见，核武器的杀伤破坏范围不是固定不变的，它受很多因素所制约，它的杀伤和破坏效果受很多条件的限制。也就是说，核武器虽然有较大的杀伤和破坏作用，但又是可以防护的。在有防护的情况下，就可以避免和减轻核武器的杀伤和破坏，从而大大缩小核武器的杀伤和破坏范围。

核武器所以能造成人员损伤和物体破坏，归根结底是由于它爆炸时所产生的几种杀伤破坏因素。核武器的杀伤破坏因素与普通炸弹不完全一样。普通炸弹是靠爆炸时形成的冲击波和飞出的弹片杀伤人员和破坏物体的。普通炸弹爆炸虽然在爆炸区也形成高温气体，但温度只有摄氏几千度，而且范围不大，持续时间短，因此由热辐射造成的杀伤破坏作用是微不足道的。核武器的杀伤破坏因素，除了有比普通炸弹强大得多的冲击波外，还有很强的光辐射以及早期核辐射和放射性沾染。这四种杀伤破坏因素在核爆炸释放出来的总能量中的分配比例，一般地说，光辐射约占 35%，冲击波约占 50%，早期核辐射约占 5%，放射性沾染约占 10%。而中子弹则不同，它爆炸时的大部分能量是以高能中子的形式释放出来的，光辐射和冲击波在释放的总能量中所占的比例明显减少，放射性沾染所占的百分数就更小。核爆炸时四种杀伤因素的能量分配比例并不代表各种杀伤破坏因素的杀伤和破坏作用的大小，例如不能因冲击波占总能量的 50%，就说它的杀伤破坏作用范围就比其它的杀伤破坏因素大，也

就是说，这种能量比例关系与各杀伤破坏因素的杀伤和破坏范围大小的比例关系不是一致的。每种杀伤破坏因素的杀伤和破坏作用的大小，主要决定于它们本身的性质，这将在第二章中作详细介绍。

上述四种杀伤破坏因素，每种都有它本身的杀伤和破坏范围，我们这里所说的核武器的杀伤和破坏范围，指的是光辐射、冲击波和早期核辐射等三种杀伤破坏因素对人员和物体造成的综合杀伤和破坏范围，不包括放射性沾染。

三、核武器的爆炸方式和爆炸景象

核武器在作战使用时，可用导弹、火箭运载，也可用飞机投掷和火炮发射。根据作战目的的需要可采取不同的爆炸方式。爆炸方式不同，杀伤破坏作用的效果和范围也不同。核武器的爆炸方式，一般分为空中爆炸、地面或水面爆炸和地下或水下爆炸。

空中爆炸（简称空爆） 一般是指火球不接触地面的爆炸。根据爆炸高度不同，又分为低空、高空、超高空爆炸，还有的分出一个中空爆炸，说明这种分类法都是相对的概念。实际上，根据使用目的，核武器可以在空中任何高度处爆炸。

低空爆炸时，光辐射、冲击波和早期核辐射等三种杀伤破坏因素的作用都比较强，杀伤破坏范围较广。它主要用于杀伤地面或露天工事内的人员，破坏战场地面目标、工矿、交通枢纽和城市地面建筑。这种爆炸方式对地面造成的放射性沾染较轻，对人员的行动影响不大。在爆炸后的较短时间内，人员就可进入爆炸地区。