

# 原子彈的性能和防禦

徐 愈 著



商務印書館

52  
7



# 目次

## 序

一	原子彈的性能和爆炸原理 .....	1
	原子能    原子彈	
二	原子彈轟炸的效果和其威力的研究 .....	13
	原子彈轟炸的效果    原子彈的破壞威力	
三	原子彈和普通炸彈的比較 .....	27
	性能方面    威力方面    原子彈究竟有多大	
	製造的困難和費用    一般的功能和效果	
	在戰爭中的效果	
四	原子彈能不能防禦 .....	34
	過去轟炸的效果和經驗    原子彈的威脅是可以消除的	
五	原子彈防禦的準備和實施 .....	41
	生命物資的防護方法    城市建設計劃的原則	
	城市疏散辦法    工業的防護方法    交通方	
	面的防空設施    結論	

# 原子彈的性能和防禦

(原子武器的威脅是可以消除的)

## 一 原子彈的性能和爆炸原理

什麼是原子彈？原子彈的威力是怎樣產生的？原子彈的性能和爆炸原理又是怎樣的呢？關於這些問題的答案，人人都想知道。然而原子物理學相當複雜，而原子彈製造的秘密尚未公開，我們暫時只能把已知的原子能的原理稍加介紹。因為在這本小冊子裏所討論的中心問題不著重在原子彈的原理和製造方面，而偏重於牠的威力、功效、和防禦上面，所以對它的性能只作一個簡單的介紹，供大家在原子彈問題的研究上作為一般的參考資料。

### 原 子 能

**質量和能** 原子彈的威力比一般普通炸彈要大，這是無須否認的。但是它的威力的來源是什麼呢？也就是說，原子彈的威力從何而來呢？我們知道：過去物理學界都認為物質是不滅的，“能”也是不滅的。那就是說，無論物質的變化如何，它的總質量是不變的。“能”也是這樣，不會加多，也不會減少；比如由機械能可以變為熱

能、電能，但總能量是不變的。而過去的物理學家也認為“能”與物質彼此獨立，互不相涉。但是後來愛因斯坦否定了上述兩個定律，認為物質與“能”是可以互變的。物質可以變成“能”——那就是原子能。

原子彈的發明，就是愛因斯坦定律應用的結果。一顆原子彈的威力來源，就是當它爆炸時，一部份的物質消滅，而重新出現了“能”——就是所謂的“原子能”。

現在讓我們進一步研究原子能是如何發生的。

**元素和原子** 能既係由物質變化而來，那麼讓我們先談一談物質的構成。物質雖有很多種類，但經化學及物理分析的結果，發現世界萬物分析歸納起來也不過幾十種元素。

最初物理學者以為物質的構成是由各種不同分子為基本因子，而結合成各種元素及化合物——那就是我們常見的自然界中的各種物質。後來原子論建立，認為物質的基本因子是“原子”，而且以為原子不能再分下去。元素是相同原子的集合體。同一元素的原子，彼此相同；不同元素的原子，彼此互異。而化合物是兩種以上的原子的結合體。

其實“原子”和“分子”的區別，可以說一種是化學變化的最小單位，另一種是物理變化的最小單位。利用物理的方法，只能把物質分成分子，不能再分下去；而利用加熱和化學分析法，可將物質的分子分解成為原子。元素的分子是由一個或幾個相同的原子組成，如氧的分子是 $O_2$ ；至於化合物的分子則由二個或二個以上不同的原子構成的，例如食鹽（氯化鈉）的分子是由一個氯原子和一

個鈉原子組成。

元素的種類已發現的共有 96 種，原子彈的填充料就是一種叫做鈾的元素。它的原子序數是 92，在已知的 96 種元素中佔第 92 的位置。其餘最後四種都是從鈾和中子的反應產生的，所以只能用人工的方法製成，在自然界中並不存在（鐳 239 有微量在天然礦中存在）。除原子序數 43, 61, 85, 87, 四種元素外，其餘 88 種均已發現在自然界中存在。據推測現在的原子彈的填充料都用鐳了。

什麼叫做原子序數呢？原子序數就是依照元素受陰極射線（即高速度電子）打擊時所發出的 X 射線頻率的平方根加以排列所得的順序，其值恰等於原子核中所帶正電荷總數。

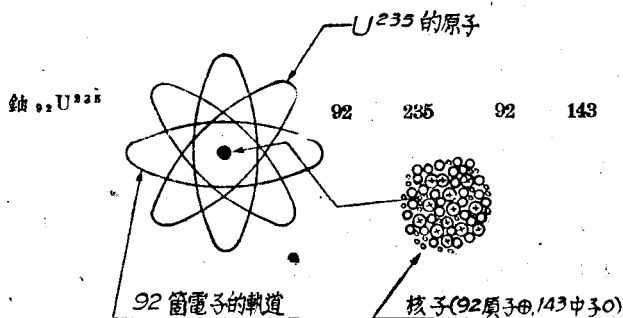
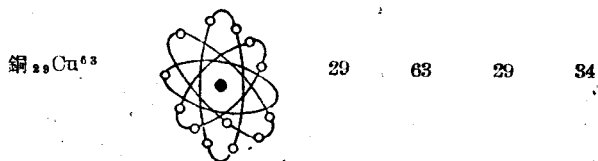
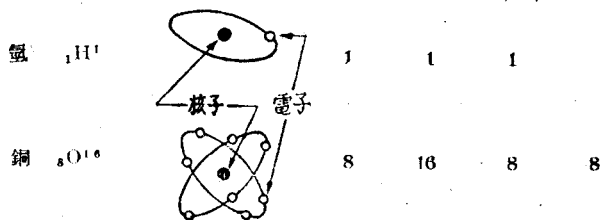
原子的構造 現在一般人對原子的構造都有如是的觀念，認為原子好像太陽系似的，中間有一個核子，也就是原子核，被一羣電子圍繞着，好像羣星拱圍着太陽，而核子則由質子和中子組織而成。因此，目前認為構成物質的基本微粒是質子、中子及電子三種，這個學說已得物理學界普遍的擁護。

現在讓我們談談電子、質子和中子。

電子——電子就是帶有負電荷的最小質量單位。是英國物理學家湯姆森發現的，所謂陰極射線就是高速度的電子流。比如在溶液中的陰離子，在氣體中的負離子及帶有負電荷的物體等，均係物體或微粒上附有電子，所以才有負電荷。而液體中的陽離子，氣體正離子等帶有正電荷的，都是缺少電子的微粒。因為在正常的情形下，物質裏均含有一定數目的電子，其總數與所含的正電荷相等，所以物質的電荷才等於零。當它失去一部電子，那麼物質或微粒就

顯得有正電荷了。

名稱	符號	構造略圖	原子序數	原子量	質子數	中子數
----	----	------	------	-----	-----	-----



第一圖 幾種元素的原子構造略圖

質子——就是帶有正電荷的微粒。在溶液或氣體中存在的陽離子，都是帶有正電荷的微粒，有些離子是由幾個原子所構成。最

簡單的是氫離子 ( $H^+$ )，僅為一個單位電荷的正離子，也就是缺少一個電子的單原子。氫原子是由兩種同位元素混合而成：一種是氕，其質量序數是 1；另一種是重氫，其質量序數為 2。前者佔普通氫氣 99.98%，所以正電的基本微粒是氕離子——現在叫做質子。

中子——中性微粒。電子和質子在原子中電荷數量相等，正負符號相反，在電性上恰巧對稱，可是他們的質量相差過遠，很不相稱，因此令人想到有中性的微粒存在的可能。1930 年起，中子的效應始被察覺。中子不帶電荷，無電性，所以不受磁場或電場的影響而折轉，也不能使氣體變成離子。中子另一方面的特性是它的穿透性，因為它是中性，所以能通過物質不受原子內部電場的影響，以致引起阻礙。惟有當它碰到原子核，即核子時，才發生作用，所以用來打破核子比較有效。

原子核——由質子和中子組成原子核，原子核又叫核子。原子核雖然極端微細，却幾乎佔原子重量的全部。圍繞牠的外面是電子層，所有核外電子的電荷總量雖與核子的正電荷相等，然而質量則幾乎全部集中在核子上，所以原子重量就幾乎是核子量，也就相當於質子加中子的數量。因此，現在的觀念以為原子是空的，不過一些電子圍繞核子運動而已。




核子構造十分複雜，除氫核外，所有核子都是由一些簡單微粒構成的。上面第一圖是幾種元素的原子和核子的構造情形。

鈾的原子序數是 92，然而在天然鈾礦中含有三種同位元素，那就是鈾 234、鈾 235、鈾 238。



所謂同位元素，就是元素的原子序數相同，都是 92，而各同位素的質量不等，有的是 234，有的是 235，或 238（如第二圖）。

鈾 235 的核子中有 92 個質子、143 個中子，周圍有 92 個電子，那就是鈾 235 原子的構造情形。至於鈾 238 的核子中的質子還是 92 個，而中子却是 146 個。它們在鈾礦中所佔的成分以鈾 238 為最多，約佔 99.28 %；而鈾 235 次之，僅佔 0.71 %；所以提煉鈾 235 所化的成本很大（見第二圖）。

鈾的同位元素	鈾的核子	在自然鈾中所佔的成份
鈾 234 ( ${}_{92}\text{U}^{234}$ )		0.008%
鈾 235 ( ${}_{92}\text{U}^{235}$ )		0.71 %
鈾 238 ( ${}_{92}\text{U}^{238}$ )		99.28 %

第二圖 鈾礦的分析

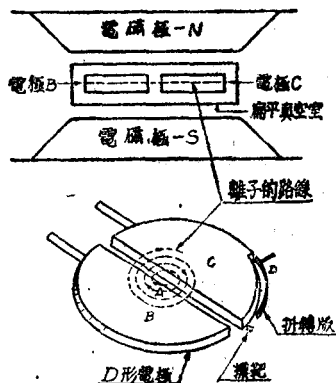
**原子分裂** 由於天然放射性物質的研究，發現鈾是具有放射性的物質之一種。後來克羅克斯發現鈾起變化，慢慢失去其一部份放射性，同時產生另一放射物質，而後者也漸失其放射性。羅遜夫研究鈾系的放射性，也發現由於鈾的放射而產生新的物質，於是首倡“原子分裂”的學說。

原子分裂的學說，主要的是認為放射性係由原子本身的分裂或衰敗而來；不像普通化學反應由於原子與原子之間的變化，或者分子之間的反應而來。現在已證明，一種放射性元素無論自動的或

人爲的起變化，損失一部份質量，也就是說，原子核分裂後，失去一小部份的物質微粒，就成爲另一元素。

由於某些自然存在的放射性元素，可以自動轉變成爲另一種新元素，於是使人想到用高速的微粒去打擊原子，使它分裂。羅瑟夫會利用高速  $\alpha$  粒(氦核)去打擊氮的原子核而有相當的收獲，但以後進展不大，直到中子發現和被應用作打擊原子核的微粒，加之各種用以分裂原子的機器的先後發明，才宣告成功。

迴旋加速機就是一種利用高速微粒打擊核子而分裂原子的機器，由勞倫斯發明。迴旋加速機的構造是在極強的電磁兩極之間，放一扁平的真空室，室內有兩個D字形的半圓而中空的電極，分別連接到交流電的兩極上。這兩個D字形電極之間有空隙，在機器中產生的離子出現在空隙間，並循着螺旋



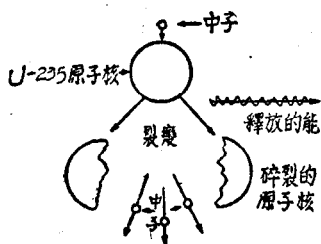
第三圖 迴旋加速機的構造簡圖

的路徑轉出，每次經過D字形電極間時，它的速度因電位差而增加。最後由於帶有負50000伏特的電壓之折轉板的影響，使其折轉，由窗中射出來打擊在靶子上(第三圖)。

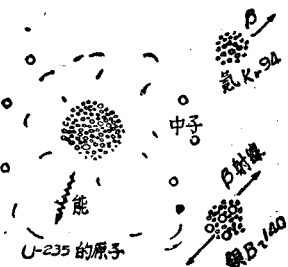
由高速微粒對核子的打擊或撞擊所得到的核子反應，可分爲下列幾類：第一類就是原子分裂；第二類就是核子(或原子核)捕獲中子而不分裂；另外還有一類，却是原子核捕獲中子而自行破裂，

稱為“原子破裂”(或“原子裂變”)。

**原子裂變** 原子裂變就是核子破裂的反應。核子經中子打擊後破裂為二，大小約略相等。這和自然的原子分裂、放射現象、物質的衰敗不同；和前面所說的人工分裂原子，將高速度微粒撞進物質，同時使其分裂一部出來的情形也不同。比如鈾 235 和中子的反應就發生裂變，鈾核於是破裂成大小約相等的核子(破裂)碎塊，成為兩種中等原子量的元素。鈾 235 破裂所得的產物很多，有的已證明是銻，另一種是氙；還有產生銻和鐳。在破裂的反應中，鈾 235 雖然只吸收一個中子，而放出的中子却不止一個，大約由一至三個中子，同是發出大量的能——那就是原子能。所以原子能就是原子裂變時所釋放出來的能量(第四，第五圖)。



第四圖 原子裂變現象之一



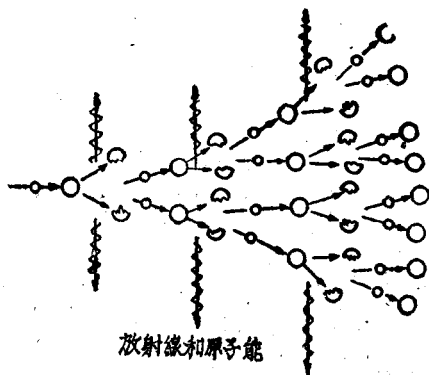
第五圖 原子裂變現象之二

## 原 子 彈

由於原子裂變而發現鈾核破裂時，放出大量的能，於是引起各國科學家對這方面積極地研究，遂發明了原子彈。現在來談一談原

子彈的爆炸原理。

**原子裂變的鏈鎖反應** 自中子發現後，原子核的破裂遂告成功。因為中子無電性，所以能通過物質不受原子內部電場的影響，不像  $\alpha$  微粒或質子遇到核子就被拒而有折轉的趨向。因之中子碰到鈾 235 的原子核即被捕獲吸



收，成為不穩定的

第六圖 原子裂變的鏈鎖反應現象

鈾 236；然後自行破裂而產生釷和鉍兩種元素及 1 至 3 個中子、電子等。當發生裂變的時候，也同時放出大量的能。新由鈾核釋放出來的那兩個或三兩個中子，又去擊着別的原子核，使其自行破裂，再發出更多的中子。而這些中子再擊着別的原子核，如此破裂的過程一再重演，遂發生裂變的“鏈鎖反應”(第六圖)。

**原子彈的爆炸原理** 原子裂變的鏈鎖反應發出的能量極大，同時產生高溫，而中子發出的數目也愈來愈多，所以反應速度就愈來愈快；由於加速反應結果，遂引起爆炸。上面所說的就足以解釋原子彈為什麼會爆炸的原因。

但原子彈實際製造起來，却有許多困難。因為一塊鈾若被中子撞擊，其中一個鈾 235 的核子吸收一個中子而發生破裂，放出兩個

或三個中子，那麼被釋放的自由中子就有四種出路：

第一就是中子飛出物質的外面空間而散失；

第二就是中子被別的鈾<sup>235</sup>核子捕獲而發生破裂現象，再放出幾個中子；

第三是中子被鈾<sup>238</sup>所捕獲，但不破裂。却由原子分裂而成鐳。

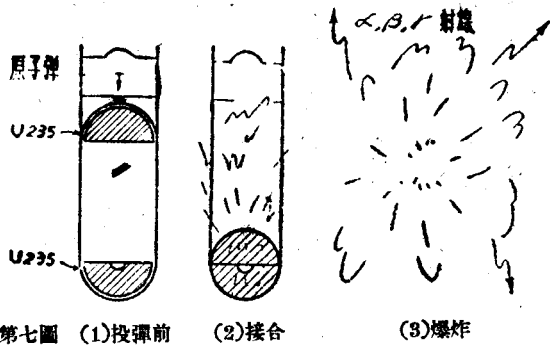
第四是中子被其他雜質捕獲，但不破裂。

中子散失，按照物理學原理，是一種表面效應。一塊鈾的表面面積愈大，它就散失愈快。所以中子散失是和物質（鈾塊）表面面積成正比例。而破裂捕獲和不破裂捕獲是體積效應，它進行的速率和鈾塊體積成正比例。上面說的四種作用同時進行，互相爭搶中子，而只有第二種破裂捕獲能夠再產生中子。若以球體來研究，鈾球愈大，表面面積和體積的比值愈小，也就是中子散失所銷耗的百分比愈小，破裂捕獲因而增高。但是破裂捕獲和不破裂捕獲的對比，就不受這種形狀及大小的影響。所以原子彈的填充料，第一需要較純淨的鈾<sup>235</sup>或鐳，因其接受中子就發生破裂現象，而鐳較鈾更好，所以現在原子彈的填充料都已採用鐳；第二就是鐳或鈾<sup>235</sup>必須有一定的臨界體。

**臨界體的問題** 臨界體就是鈾球的大小恰能產生足夠的中子以應付散失及不破裂捕獲，此時鈾球內部中子保持一個常數，也就是說如果純鈾<sup>235</sup>或鐳塊的體積由小逐漸加大時，就一定會達到一個臨界體，在那種形狀大小下的鈾塊接受一個中子後，由鈾<sup>235</sup>或鐳所產生的中子足夠應付散失及不破裂捕獲，而恰好還多餘一

個中子以引起繼續的反應。若鈾塊小於它的臨界體，中子產生速率小於銷耗，這樣反應鏈鎖不能繼續，根本就不會發生爆炸；若等於它的臨界體，中子產生率和銷耗相等，鏈鎖反應永遠保持一種固定的速度，也不易引起爆炸；如大於它的臨界體，則由於大量游離的中子引起反應，速度就愈來愈大，結果自行爆炸。所以原子彈的特點就在此，而其製造及使用的困難也在此。

爲了解決上述的困難，原子彈中所裝的鈾 235 或釷是分成兩塊或幾塊的，每塊體積都不到臨界體，但湊在一起就超過臨界體，



第七圖 (1)投彈前 (2)接合 (3)爆炸

因而可以發生爆炸。爲了安全起見，在接合以前必須妥爲保護，使其不受外來中子的影響，而應用時也必須有完美的接合，才能發生有效的爆炸(第七圖)。

施放炸彈的時候，由一種定時發動的機械裝置，把這幾塊鈾壓緊在一起，恰好湊成超過了臨界體的大小，爆炸於是就發生了。

能和熱及放射線 原子彈爆炸時，釋放大量的能，並產生高熱，因而引起燃燒和破壞。此外還有幾種放射線，那就是α射線、β

射線、 $\gamma$ 射線。

$\alpha$ 射線是氦的核子( ${}^4_2\text{He}^{4+}$ )，係帶陽電荷的物質微粒，常稱為“ $\alpha$ 粒”。

$\beta$ 射線已證明為高速度的電子流，亦稱為“ $\beta$ 粒”，與陰極射線不同的地方就是它的速度較高，約為光速的 $2/3 \sim 9/10$ 。

$\gamma$ 射線的性質是波長極短，和一般光線或射線不同之處，在其不發生普通反射或折轉的現象。

這三種射線不同之點就在其通過磁場時折轉不一， $\alpha$ 射線較 $\beta$ 射線折轉得少些，並且方向相反，而 $\gamma$ 射線却不折轉。

至於這三種射線穿透的能力也不相同， $\alpha$ 射線最弱，通過幾公尺的空氣就失去穿透力了，所以普通衣服即可擋住它； $\beta$ 射線較強，需要薄的金屬片葉才能擋住，而 $\gamma$ 射線却能穿透幾公厘厚的鉛。

物質密度愈厚防止射線穿透的能力愈大，所以鉛是最好的防阻射線的物質，厚的混凝土也可以阻擋 $\gamma$ 射線的通過。

## 二 原子彈轟炸的效果和其 威力的研究

### 原子彈轟炸的效果

關於原子彈轟炸的效果，雖然我們目前掌握的資料有限，不過假使我們根據美帝國的官方報告來研究，然後再以其他資料來判斷他的真實程度，也就能斷定其大概了。

**原子彈轟炸廣島與長崎的效果** 美國會派一個調查團，對原子彈在廣島和長崎轟炸的效果作了一個調查報告，其內容有幾點可以作我們研究的參考：

#### 第一、襲擊和損害情形

1945年8月6日上午第一顆原子彈落下的時候，是正當廣島剛剛解除警報之際。廣島從來未受過嚴重的轟炸，所以B-29型飛機飛來，市民都不以為意。但B-29去後，忽然空中有一種很猛烈的爆炸聲，他們不知如何應付，以致很多的人和建築被傷害與破壞；但當時日本人民並未十分重視。及至第二次在長崎投下第二顆原子彈，並且也是在警報解除之後，當時仍未引起日本人的注意。其實長崎的防空洞幾乎能容全市人口30%，長崎市民本來可躲入防空洞中，但空中只有兩架B-29飛機，所以他們並不介意，只有四



百人躲避，因此死傷非常慘重。而躲入防空洞的，除洞口附近少數人被灼傷外，其餘都安然無恙。

## 第二，轟炸的效果

### 1. 廣島

廣島是一個圓形城市，地勢很平坦，原子彈爆炸後，全市很多地方發生火災，房屋多被摧毀，但有幾點值得注意：

(1) 建築物 城市商業區，亦即爆炸中心，全部毀成平地，然而被毀的多係普通房屋，至於鋼筋混凝土建築，全區有五十餘座，除十二座被毀，五座完整無恙外，其餘皆修理可用。離災區較遠處，許多磚瓦建築物也沒有很大的損壞，僅有部份瓦片及玻璃震碎而已。總之，廣島的建築因多係磚木造的，易於燃燒，因之受害很嚴重。

(2) 公共事業 城市中的一般公共事業均受損壞。災區的鐵路在兩天後恢復正常。水管在市內地面上的多被毀壞，埋在地下的則無損傷，地下的溝渠設備亦未曾破壞，蓄水池因為是鋼筋混凝土的，所以也無損傷。

(3) 工廠 廣島雖不是工業中心，自戰爭發生後，有許多工廠疏散到那裏，但都沒有在市中心，而散處在四郊，所以損失輕微，除城市中的所有小工廠毀滅了，四郊的大工廠却幾乎全未毀壞，他們的工人有90%未受傷。

### 2. 長崎

長崎的地面是崎嶇不平的，全市被山分為兩部，由於地勢的關係，所以損失範圍較小，也未釀成大火災。但同時也因為地勢關係，