

謀情丙京第

號

技術情報參攷資料第二期

原子炸彈專號

航空委員會
參謀處第二科

編

357
H43

勘誤表

頁	行	字	誤	正	備註
1	12	31	田	由	
2	6	16	排圖一	圖一	
2	12	29	將	得	
4	6	1	輕	氫	圖二
4	6	5	救	微	圖四
6	1	29	之		此字無
6	6	6	一九五	一九〇五	
6	8	3	解		此字無
6	12	13	工人	人工	
6	13	31			此處應加一括弧
6	17	32	CElectric Uolt	Electric Volt	
7	9	4	銻與鈹	鈹與銻	
8	1	9	SORPONNE	SORBONNE	
8	12	12	各核心中		此數字無
9	2	35	入		此字無
9	16	39	之	使之	
10	4	1	Be	Ba	
11	10	2	11,400,000	11,400,000.000	圖十
12	10	1	熟子	熱子	圖十一(右方)
12	2	27	固	因	
13	14	18	如	可	
14	10	33	熱	熱	
15	68	34	績	績	

頁	行	字	誤	正	備 註
17	3	21	各		此字無
18	4	9	隆	薩	
18	18	25	彼皆	彼等皆	
18	16	6	啓	企	
18	17	11	錄	綠	
18	17	36	證	燈	
19	6	7	恰吾	恰似吾	
19	10	35	續	續	
23	15	20	快	快	
24	7	28	曝	爆	
25	15	21	負		此字無
26	4	9	NUO-	Non-	
27	16	21			此處應加一括弧
27	17	14	治	沿	
30	1	25	爲與	爲勇與	
32	4	9	鱗		此字無
37	2	29	Briet	Breit	
38	7	23	微	傲	
38	7	24	秒之	秒稱之	
38	8	9	詎	距	
38	9	31	證	距	
38	16	20	機海	機及海	
39	2	9	擊	擊	

目錄

第一篇 原子炸彈之理論

第一章 引言

第二章 原子之理論

第三章 原子炸彈之基本研究

第一節 原子核之分裂

第二節 鈾與鐳之發見

第三節 鐳與鈾之分裂及中性子之產生

第四節 同位素鈾之分離及 C_{238}U 代替品之提煉

第二篇 原子炸彈之試放及威力

第一章 原子炸彈之試放

第二章 原子炸彈之威力

第三章 對轟炸廣島及長崎之成果

第四章 對原子炸彈之防禦問題

第三篇 原子炸彈之展望及未來

第一章 原子炸彈之前途

第二章 原子平時之利用

附錄 雷達

1. 概說

2. 雷達之原理

3. 雷達之使用及其效能

原子炸彈

第一篇：原子炸彈之理論

第一章 引言

原子蘊藏能力之豐富，早爲人所洞悉，科學家對此種能力之開發，研究已久，此次大戰爆發之初，各國科學家即欲設法加以利用，經過長期不斷之努力，而卒有原子彈之發明，此種偉大之成就，實乃現代科學與高度進步之工業技術之結晶，而爲人類對於動力之利用創一新紀元，此種炸彈威力之巨大由廣島，長崎兩城慘重之毀滅，已獲明證，論者，或謂此種巨大能力之使用，將招致人類之毀滅，或謂將代替世界上之一切動力而成爲今後人類文明進步之泉源，所見不同，立論亦異本篇乃就原子學理及目前所知之材料，與一切物性物理而排想原子彈製造所運用之基本原理及其將來可能發生之影響，作一簡略之論述以供參考。

第二章 原子之理論

(一) 結構：關於原子炸彈之研究，首須瞭解者，厥爲原子之爲物，凡將物質分割由一爲二，二爲四，繼續推行，以至最後不能用同一方法再分之極微小顆粒，通稱爲原子 (Atom)，世界上有九十二

種最單純之物質，稱為元素，如金銀，鈾等是，其餘所有物質，均由此九十二種元素之原子，相互化合而成，稱為化合物，如水為氧元素與氫元素化合而成，食鹽為鈉元素與氯元素化合而成，無論其為元素抑或化合物，均為原子所構成，故原子實可視為構成物質之基石。

原子係極微小之粒子，自非肉眼所能見，亦非任何顯微鏡所能窺其面目，但其構造頗為複雜，可分核心及外殼二部，其核心為質子 (Proton) 量一電荷正一) 及中性子 (Neutron) (量一電荷為零)，其外殼為電子 (Electron) (量為零電荷負一)，(見排圖一)。

每一原子如一微小之太陽系，在其中心之「核」，如日之居中，具有一個或一個以上之質子，往往亦具有同數之中性子，核之四週則為電子，環繞運行于核心，一如「行星」之繞太陽而運行者然，無論何種物質，核之陽電單位，與其外繞之電子數常相等。(即每一電子與核子相配而均衡) 若當原子行為變動其電子與核子之數目不對稱時，吾人稱此時之電子為電化原子。

相對之電荷相互吸引，但高速度可使電子脫離其循環之軌道，正如繞日之地球之離心趨勢，抗拒日之引力然，原子之總量則在核心，故以質子之數與中性子之數相加，即將原子之總重量，原子數與質子數相等(見圖二及圖三) 以其原子之數推知為何種元素，氫為最輕之元素，其原子核祇有一，外繞之電子亦為一其原子量為一，氮之原子核有二，繞核而運行之電子亦為二，其原子量為四，他如氧之原子量為十六，鉛之原子量為二〇七等，故凡九十二種元素中鈾之原子為最重，其原子核有九十二個中性子數為一四六個，故其原子量為二三八也，尋常在一盎司之鈾中即有千萬億億之原子，如以一盎司之氫計算，亦可有二十億億億之原子數目。

至於原子之大小，核之半徑約爲一萬億分之一英寸，最外層之半徑約爲一億分之一英寸，如以核心爲一棒球以之比擬，則電子將爲二千呎外之微點（見四圖）故原子之全部幾爲空間也，如以人髮之厚度計算原子，則雖使原子最外圍之軌道相接觸，亦需五十萬枚原子，互相堆疊，始能如人髮之厚也。

圖 一

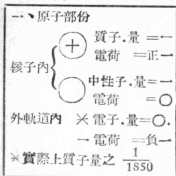


圖 三

圖 二

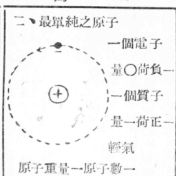


圖 四

原子炸彈專號

三、特殊原子



圖 五

四、原子之體積

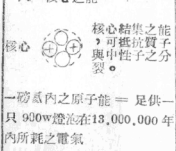


圖 六

五、電子之能



六、核心之能



四

(二) 特性：原子內部空間極大，前已言之，故核心之目標極小，每不易分射，故若以發射物衝擊核心使之分裂時，可能僅射過空間而未命中核心者。但其周圍幾乎毫無重量，而高速度運行之電子，可以供給全部化學反應之能（如煤燃燒或炸藥爆炸時產生之能，見圖五）為避免一切化學作用起見，其核心之外圍集有廣大能力以保護之，但直接衝擊核心破壞其防禦力可使發放其原子能。（見圖六）。

當鏽之核心受腐蝕而結成輕原子之核心時，能自動發放分子及能力（見圖七）。

(三) 原子對宇宙間之影響：科學家相信地殼岩石間之原子潛能，為保留地球熱力之因素，在若干萬年之後，地殼將受原子力之改變而使地球之山脈改變，大陸為海洋，海洋為山岳也。

天文學家因原子擊碎機之原理，足以解釋天體之懷疑，太陽與行星之熱力，昔日懷疑何以太陽體內之燃燒物繼續不熄？何以太陽與體內之燃料能與氧組成偉大輻射力之燃燒？此項問題已因原子能之發現而使之了解，蓋物質化能之原理足證太陽原子之相互撞擊及阻礙，可使物質化為熱能，使殘燼與其他原子連續組合，而產生連環性之物質，故由質化能，又由能化質，在此連鎖式之原子熱能質量變化中就造成無窮之太陽輻射熱力矣。

第三章 原子炸彈之基本研究

第一節 原子核之分裂

以前針對於物質之認識，祇能及於原子，以為原子乃物質之基本，而絕對不能分割者，因早在廿世

紀初期，一般科學家已開始夢想到原子之力量蓋原子中含有極大之潛能也，其時如試想將原子分割，實屬難以使人置信，但其後經物理學家不斷之研究，將原子衝擊，使核分裂，並進而產生今日之原子炸彈，是則已往之夢想，一變而為事實矣。

愛因斯坦相對論之能力，與物質互換之說，為原子炸彈之根據，一物質之分解或合成，咸需多量之能，換言之，使物質分解則可放出多量之能，原子內潛能極大，如能使之分裂，則生巨大之力量。

愛氏曾於一九五年時發明質化能公式之因數，該因數為光線速率之平方，即每秒鐘 $300,000,000$ 公尺速度之自乘積。

至使解原子核分裂之法，原則上有二：

(一)以鏷所放射之陽射線（即 α 綫詳見下文）質點射擊，如用此射線衝擊氦原子，被擊中之核，即有其組織中之一小顆粒，從核內擲出，此小顆粒稱為質子或稱氦核，（因其與氦原子核相同），此時由氦核崩潰而產生氦核，向四方散射一如爆炸然。一九三二年時，居里夫人研究用鏷之放射線以分解原子核問題。彼曾將鉛之原子，置於工人放射器內，使 α 線放射之，將原子核分裂，此時因核之分裂，產生中性子（Neutron），此種中性子係將一切原子核擊碎之武器，為原子炸彈製造之基素，其詳細情形下文分述）。

(二)以質子射擊，此所用之質子，乃以電子衝擊氦原子，使其行星式電子脫離，再使所餘之質子，在一電場作用下，增加其速率，以之射擊氦之原子，如被擊中即有兩個含有極大能量之陽射線質點，從氦原子核射出，鏷核即遭分裂。分裂後其熱能增高，約有電壓 8.5×10^6 電子伏特（C.Electrio Volt）

比原來大數百倍，由此可知經分裂後之原子，其能力甚大也。

上列二種之原子射擊方法，在二十年前，業已實驗成功，對於原子內部所蘊藏之能量，雖未能開發，然已肇其始基矣。

在一九一九年時，羅塞福特氏首次，發明物體人工變質法，彼藉用輕核心發射重核心，因而使之吞噬，然後發射小碎片，再使之分裂，此實係極困難之工作，但在此問題於一九三二年為詹姆士·賈威克爵士發現中性子而大有改進，蓋最初工作之困難，在於因核心具有極大電荷，故彼等相互擠抗，極難使某一核心真能向另一核心發射，中性子則無電荷，故極易使之射入核心及至射入後，原子乃逐漸分裂，例如將水銀原子可化成金原子是也。

第二節 鐳與鈾之發見

以上對於原子核之分裂乃為人工所造成，但亦有少數物質不借外間之攻擊，而其原子核即自行不斷分裂毀滅，而放出大量之能者，此種物質，在化學上稱為放射性元素，主要者為鈾與鐳。

鈾為白色金屬，乃現有元素中，原子量之最重者（原子量二三三八）在自然界中與氧化合成為氧化鈾，存在于瀝青礪中，此元素之發現，初由德國化學家及藥物學家克拉卜洛，於一七八九年將瀝青礪置於硝酸中溶化，再以苛性鉀中和，若鹼性過量，則得一黃色沉澱物，當時以為乃一新元素，其後經法國學者柏黎哥（一八一—一八九〇）證明其為氯化鈾，復由柏氏實驗提煉純而卒告成功。

鈾元素可不受外面任何之刺激，即不斷發出放射線，此乃法人亨利貝客勒（Henri Becquerel）于

一八九六年在法之SOLFONNE由鈾及鈷之化合物所發見，其射線計有三種：（一）陽射線（即 α 線）此常爲帶陽電之放射物，其速度每秒在二萬公里以上，惟在空中，進行至數公分，即完全停止（二）陰射線（即 β 線）乃由電子所組成，其速度約在光速（每秒三十萬公里）十分之九以上，雖在空中進行至數公尺之遠，亦未能減其強度之半，（三）爲與 γ 光相類似之射線稱入線，有強大穿入性，能通過一公分厚之鉛片。

鐳爲放射性元素之一，其放射線較鈾且約強一百萬倍，故當一八九八年居禮夫人發見鐳之消息傳播于全世界時，一般對於鐳所放射之原子能之應用，曾作種種之幻想，預言必將有一時代以一小塊鐳，即可代替許多電燈，鐳之射線可透過任何隱秘之處，供給一切機器所需之動力，並供給其他一切所需之能。

鐳之放射綫雖強，但其產量則極稀少數公噸之瀝青礦，僅可提取數公釐之鐳，故目前原子彈之製造，仍係以鈾爲主。

第三節 鐳與鈾之分裂及中性子之產生

鐳之分裂：利用原子核心中各核子之探討，遂使原子核心之秘密，供諸人類，其分解方法，係利用無線電活動力分析之，原子分解之最先者當爲鈾與鐳，因該二項原子，既較重，亦較不穩定故也，居里夫人曾用種種方法使鐳分解，在定量之無線電動能元素中，使與原子，成固定之比例，而促成該項原子之爆炸，且爆炸於某一預定之時間，此時鐳原子乃射出入光（Gamma Ray）線，但所發出入

光後之原子，尚保留有若干原子核心也，居里夫人所發現之鐳入光，且能應用於近代醫學方面，蓋該種光線，能透入人體肌肉經過人工控制後之入光，足以醫治毒瘤（CANCER）及一切之毒症，（詳見入後章。）

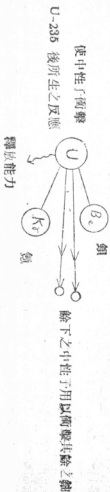
鈾之分裂：鈾為製造原子彈之原料，今試述其成爲事實之最後發現，蓋此項研究，乃始于已故之羅塞爾特氏，彼固發現其理論，而後人完成之也，原子一切之理論，上文已略述其端倪矣，及至一九三二年間分割原子之理想發射體已爲詹姆士，賈威克爵士鑑定，彼確定此無電荷之中性子，能較易射入各種原子內，不久羅馬之浮密教授與其同事發現，彼等能使中性子變更近似一切原子之核心，連最重原子之鈾亦包括在內，如欲了解鈾被分割時將有何種遭遇。在過去確屬一難事，但在一九三八年年間當德籍研究人員發表中性子射入鈾原子核心之結果，使核心裂成兩部而發生強烈爆炸時，其疑難即豁然明矣。

關於人工射擊鈾原子之研究，由來已久，遠在一九三四年，意大利物理學家費爾米氏，曾著文宣稱當用中性子衝擊鈾元素時，發現有電子放出，同時產生一種新元素與鎳頗爲相似，後經費氏及其他科學家，繼續不斷之努力，又知用同一衝擊方法，可依次由此所得之新元素放出電子，而產生多種之新元素，至一九三九年德國威廉皇家研究院漢恩教授，用費氏之試驗方法，更獲得一重要之發明，即當鈾原子核被衝擊時，可分成兩個較輕之核子，而產生極大之能量，漢氏稱此種現象爲軸之分裂，曾引起全世界科學家之興奮與活動。

至一九四〇年丹麥哥本哈根大學勃爾教授發現原子量二三五鈾之同位素，極易由衝擊方法之分裂，在此分裂之過程中，每一鈾原子，約能產生四個中子，由是祇要能將此充分數量之同位素鈾，用中性子

衝擊，使之分裂，則鈾之分裂本身，即能供給充分數量之中性子，足以使其餘之鈾原子隨同分裂，直至所有之鈾均碎成更小之原子為止，此即所謂自動分裂法，化學上名為連鎖反應 (Chain Reaction) 如圖：

(與X光類似) 入線 B線



上圖使中性子衝擊U-235之鈾後，原子分裂，產生鉍及氪及多數之中性子，可使多餘之鈾隨着分裂，如是陸續反覆，其反應謂之「連鎖反應」。

又每磅U-235之原子能，能發放11,400,000瓦一小時之電力，而該種U-235之核心，被中性子彈丸所衝擊時，即發生爆炸而形成輕原子及餘下之中性子，但其結合金較U-235為少，蓋所耗之量，即化成之能也，(參看十圖愛恩可坦定律)。

中性子之產生：中性子為分裂原子核之武器。茲分述其特性及產生方法，蓋中性子為較原子核更小之粒子，呈中和電性，故得中性子之名，為一九三二年查特威克所發見，因其具有極強之透射力，故可用為轟擊原子之砲彈此種砲彈由於產生後千分之一秒鐘內即告消失故不能預為製造放在一盛器內，因此

圖 七

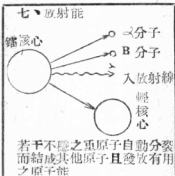


圖 八

八、宇宙之最重原子

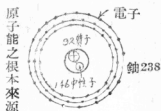


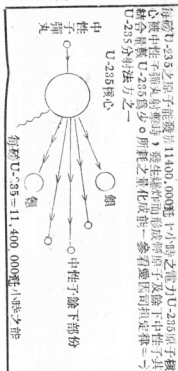
圖 九

九、同位元素
就化學而言、同一原素及其核心含有同數之質子、惟中性子之類則不同、故鈾之同位原素為：



U-238	U-235	U-234
99. %	0.7%	鈾中不足重視者

圖 十

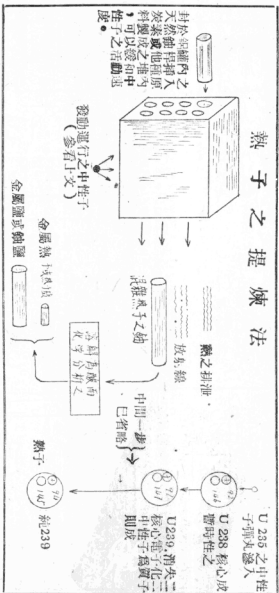


愛因斯坦之相對定律
一磅無論何物 = 11,400,000,000 瓦時

量或能 } 化為 } 能或時
當 能

按此定律計算 U-235 分裂一磅 U-235 之爆炸，可產生 0.9999 磅之化合物，故 0.001 磅之量化成 0.001 x 11,400,000 = 11,400,000 瓦小時之能

熱子之提煉法



使原子彈爆炸所需之中性子，必需在炸彈中製造其製造方法有三：

(一) 利用磁力加速機，電流之交換，使磁場電極不斷改變其正負性，因而發生一正負極亦不斷更換

之磁場，凡帶有電性之質子，在此磁場中，基於同性相拒，異性相吸之原理，乃得不斷相拒相吸，增加其速率及運動能，至相當時期而放出之乃得一離速之衝擊子，再使之衝擊原子生成高速之中性子。

(二) 以鐳與鎳混合，利用鐳所放射之陽射線射擊鎳，而產生中性子，百萬陽射線之粒子，可產生卅個中性子，此中所用之鎳為一種金屬，產於綠柱玉及翡翠兩種寶玉中，在自然界之散佈極廣。

(三) 用重氡原子以每秒三百哩之運動速度，使之互相撞擊，即可產生多量之中性子，

重氡為一九三二年美國哥倫比亞大學教授，尤雷氏所發見，其原子比氡重一倍，故名為重氡，由重氡與氧化所合成之水名重水，在戰前市上已有出售，但大部分均在挪威製造，此與普通水之性質截然不同，而對於生物常呈各種不同現象，如蝌蚪，蠅虫等置之於百分之九十重水中即大部死亡，多數瀝血動物如鼠等，如置於重水中即呈昏迷狀態，但稀釋之重水，對於高等生物並無妨礙，據云六十歲以上之老年人，飲用重水，可以延長壽命，故重水在藥學上實具有重要性。

在自然界之水中，每四千五百份含有重水一份，故重氡之來源，乃由自然界水中提取重水，再用電解方法製取之，如將重氡置於炸彈內，利用德人可發明之二次爆炸方法，第一次爆炸使重氡原子於彈內發生高速運動而互相撞擊，產生多量之中性子，再用之衝擊鈾原子，起第二次具有極大威力之爆炸。

在此三種中性子之產生方法中(二)(三)兩法如能為原子炸彈所用，尤以(三)法為最要，蓋重水為製造原子彈主要原料之一，由盟軍不惜重大代價，轟炸德國控制之挪威重水提煉廠可以見之。

第四節 同位素 (^{235}U 及 ^{238}U) 鈾之分離及 D_2O 代替品之提煉

原子彈之製造，所最感困難者，厥為使同位素鈾與尋常之鈾分離問題，尋常鈾之原子量為二三八，其同位素有多種，根據上文可舉原子彈所用者，則為原子量二三五之同位素，此種同位素與尋常之鈾乃混合存在，二者之質子 (Proton) 之數目相等，而中性子之數目則略有不同， $U-235$ 之質子與中性子總數為二百三十八 (故原子重量為二百三十八) 為純粹天然鈾，總量百分之九十九，三，而用以直接發放原子能之原料，為二百三十五倍之鈾 ($U-235$) 其差數僅為總量之百分之點七，故極難由 $U-238$ 分出 (見圖九) 換而言之，每磅發放能之 $U-235$ 由一百四十磅較無動力之 $U-238$ 混合物中分析而產生之。其分離方法，普通有數種：一為熱力分解法，一為分光分解法其次則為用正子及中性子，射擊尋常之鈾或其同位素使之生成所需之同位素。

上述之分解法，在實驗中已費極大之氣力，所得之同位素，仍極微小，且耗費電力頗鉅，頗不宜于原子彈之供應，故除 $U-235$ 而外，尙有其代替品，即第九十四號之人造原素 Plutonium (暫名為熟子) 蒸鈾乃第九十二號原素重量最重。

美國華盛頓州，漢福特城 (Hanford) 哥倫比亞河邊之曼赫敦 (Manhattan) 原子分射廠為全世界最大之原子製造廠。完全致力於熟子原子之大量生產，利用 $U-238$ 作為原料， $U-235$ 作為能之來源，以相同之比例密切混合於天然鈾中。

在漢福特之生產機構中為若干鈾之大積堆，每小積堆為大塊有孔之黑鉛，孔內插入封閉于鉛質罐中之鈾棒，藉不斷由積堆外抽入之涼水，以防鈾之腐蝕。(見圖十一)

此即謂每一積堆均能自動發生作用甚至無需應用雜，鈳及石蜡等導燃物，作為發動運轉之引導光

體，因往往有流散之中性子，或甚至有宇宙光線，足以發動連鎖反應。

生產機構之設計、規模之大小與機構之管制、必須合乎連鎖反應所需之條件，使按均勻之比例繼續進行，既不使之消弱，又不使之過劇而發生爆炸。

參看十一圖，估計在一秒鐘內，每一百萬 ^{235}U 之核心被分射後，產生二百萬輕原子（試謂銀與氫每一百萬）及一百萬至三百萬之間之運行快速之中性子發射體。

其中一部份中性子從原子之較大空隙溜飛，一部份為許多 ^{238}U 之核心所阻滯，另一部份則為混雜物所阻滯，但一百萬至三百萬中性子發射體中，平均恰有一百萬中性子在下一秒鐘內必能分射另外一百萬之 ^{235}U 原子，於是因實際保持之重復生產比例，故原子能在積堆內之轉動得能連續。

炭和素可能為若干緩和物之一，用以緩和發射體之中性子，此種運行快速之中性子，分射微小核心之機會極少苟不立即溜飛，則運行遲緩之中性子，或將為核心之引力吸收。

由實際之角度觀之欲維持連鎖反應，尚須仔細之設計與良好之管理，其積堆必較連鎖反應所實際需要者略大（即謂原料數十噸），管制須敏感而可靠，如不用鉛質細絲使反應行為中之凝滯物體，易於滑走。則可緩和積堆達於平衡點。

如上文所述每磅 ^{235}U 之分射，其發放之原子能，約等於每時一千一百四十萬瓦之熱力，此種原子能，起初在原子分裂所脫落之微粒中發現，然後因互撞緩和發射體而化為可感覺之熱，最終則形成熱氣，蒸氣，熱水或其他溫液體，而由積堆內大量離去。

以尋常之鈾或釷成 ^{235}U 之鈾，運用積堆之原子，可充作商業上熱與力來源之主要工具，熱子將

為副產品。但在某種情況下，可附于原子能生產方面，無需與鈾劃分也。

漢福特之積堆，採月尋常鈾作為熱源，似極適合，但不甚經濟，蓋積堆必須閉歇，使提出熱子以前，僅耗去一小部分之 $U-235$ 。

有多種鈾礦石，包括大部分氾銻鈾礦（鈾與銻之塊狀礦物）及卡諾特石（鈾錒等之含水硫酸鹽，有放射能，曾作鈾原料之試用品）可產生百分之一到十五之金屬鈾，天然金屬鈾凡化學分析極為簡單，無論其來源為何，天然鈾包含 $U-235$ 百分之九九·三， $U-238$ 百分之零·七，及少許之 $U-234$ ，為不變之比例之三種同位素。

由 $U-238$ 分析 $U-235$ 實為一最難之事，但 $U-235$ 在爆炸工業中殊屬必要且對未來商業管制積極之應用可能亦屬於重要類也，惟不能作化學分析因 $U-235$ 與 $U-238$ 在化學上無異。

其僅能作物理差異上之分析，在重量上主要為百分之一之差點。欲蒸發鈾鹽，必需有多孔防壁及離心法（見圖十二），圖內所示之各種方法，已為曼赫敦原子分射廠採用或試驗，欲完成 $U-235$ 實質上之集合，須經過頗多之階段云。

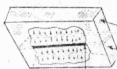
由U-238分析 U-235之四法

1. 溫暖傳播法
2. 透氣氣體傳播法
3. 離心法
4. 電磁分別法

高壓 低壓



外為鋼殼
內為銅管



多孔防壁



旋轉之
筒與電機之軸



磁極

液態鈾循環運行致
使重U-235聚集於
頂頭

較輕之U-235氣體
快速透過防壁

化成氣體之U-235與
U-238之混合體急旋
時較輕之U-235傾
向中心

較輕之U-235分子在強
固之磁場上較U-238易
於轉動故中途折回由分
裂器分成兩種液體

第二篇 原子炸彈之試放及威力

第一章 原子炸彈之試放

原子能之製造，大概已如上述，至其爆炸裝置，茲據各各方之報道從無述及，僅就推想所知其外形

原子炸彈專號

或似一高爾夫球內盛熱子之原子能，四週貯以重水之原子，使其高速運行，核心碰擊進行第一次之爆炸產生中性子再以石蜡緩和其速度以之撞擊鈾原子，而行連鎖反應，產生極大威力之爆炸。下文係英人喬弗萊泰勒爵士所目睹之原子炸彈試驗情形，茲將原文錄後

「余為在新墨西哥，洛薩雷末斯 (Los Alamos) 地方，從事研究之英國科學家集團中之一員，最近關於原子彈實驗工作，大部在該地進行，余且目睹第一枚彈之爆炸，在余向諸君報告以前，余應聲明會自擊多次尋常炸彈之試驗，在上項多次之試驗前，其預期之結果，往往為人所預知，且每次試驗僅僅準備探知該彈將造成如何程度之破壞而已，然第一枚原子彈之測驗，須以截然不同之看法研究，蓋其不能以類似之尺度，預先加以實驗，吾人無法預測此劃時代之試驗，是否趨於完全失敗，據物理學家預示，可能引起牽連中性子之自動傳播反應，而促使爆炸，數理學家會計算機械上之結果，而預測其爆炸之程度，工程師與物理學家已設置一類似用以測驗尋常炸彈之器械，測量其爆炸之效能，但祇因無人預知此種原子彈究將發射與否故亦無人預知此種器械是否適用也。

在洛薩雷末斯研究時，最難確定者，厥為原子能之發放量，有人猜測自零量以至相等於八萬噸 T.N.T. 之量者，在七月某日傍晚，吾輩中有欲前往觀測驗者，彼皆集中於洛薩雷末斯，搭機飛往二百卅哩外荒涼而渺無人烟之所在，是即第一枚原子彈試驗之地也，在清晨三時左右，吾等抵達與繫有原子彈之百呎高塔，相距二十哩之場所，在該處吾等備有裝置無線電收音機之汽車乙輛，吾等圍車聽取試驗地之報告，並盼望爆炸之信號，余等均備有極深之色之玻璃片一條，用以護目。此玻璃片顏色極深，故即使在中午觀日，形似一深綠色未長成之馬鈴薯。余不能從此玻璃片中觀看塔上指示之證光，故在爆炸前

，余對燈光凝視十秒鐘之久，但仍覺黑暗不能辦余用兩目注視燈光之所在地，約二秒鐘，然後戴上深色玻璃片，適在吾人預定之變時間，但見遠較日光明亮不知多少倍之光，暗似奪目之火球。經一二秒鐘後，光芒漸煞，此時約等於日光之強度，故覺其光芒仍普照大地也，余又反身而視，只見離試放地廿二哩以外，叢叢密佈之山谷，一若爲中午之日光所照耀其後余又轉身向火球直望時，見其餘亦膨脹，始則向上昇起，上昇時漸轉時淡，後化爲巨大之雲朵，作菌形之狀未幾沖霄可達四萬呎。

事實之結果，雖恰吾人於極樂觀時預計者，但其整個威力之測驗，終感躊躇不定，故余覺難以置信個人所見者爲確，乃質諸同行者所受之實感，彼等亦具同樣之反應也。吾等初未聞及聲響，因爆炸聲傳二十哩外，需一分半以上之時間，故吾等嗣後須準備收錄試放時之聲浪有人會勸告吾等臥地以禦聲浪之震蕩，但幾無一人遵行，事實上或因在黑暗中，且因該處遍地有響尾蛇與大毒蜘蛛之故，當爆炸聲傳來時不甚響亮，似果亮之裂聲然，掠頭而過，實不若爆炸彈在遠處之爆炸聲，惟其聲響持續有頃，及回洛薩雷末斯時，余見一友人正醒臥於床，彼曾見爆炸之閃光，映照於臥室之天花板上，然閃光之來源，係由一百六十餘哩直射至此也。

余在洛薩雷末斯逗留三次，得見年青而至今尙未知名之英國科學家，且對參加此種計畫成就之重要貢獻，實感幸運，當此新式之高壓爆炸彈被測驗時，概先估量其爆發性，但試驗原子彈時，亦利用此種類似之器械，據現在所指出原子彈相等於炸藥分量之數字，係由此種估量而得，非由核心之估計而推出者，在集團中，有若干英國科學家，彼等之業務即爲專作此種計算，總之余極願一談關於洛薩雷末斯從事研究之美國，英國及歐陸各國之科學家，且對於彼等工作與人壽命運所造成之影響，更爲關懷，且彼

等中，當作自我檢討，有關於原子彈可能被利用于人類利益與損害方面之問題，舉例言之，希望此種新武器之廣大破壞性，真能增強國際間之威信，因而使無一國家敢與國際聯合組織有所抗衡也。」

第二章 原子彈之威力

原子彈既為利用鈾原子能之炸彈，故其爆炸力自屬非常強大，根據愛恩斯坦之能與物質之關係式，可知如能將質量完全燬滅，則任何一克物質所發生之能量，約等於燃燒三千噸煤所放出之熱能，此種宣洩如此龐大能量之原子炸裂，實足令附近之原子以及附近各種物質之全體隨同爆炸，而歸於毀滅，但原子彈之爆炸，鈾之原子並非整個毀滅，祇為部份炸裂或變形，且尚有一部分之原子，因未受中性子衝擊而不能爆炸，因此原子彈之實際威力，比諸鈾原子於全體毀滅時所發生之爆炸力尚屬微小。

據估計一磅二三五鈾之爆炸力約與二十噸 TNT。爆炸彈相等，即等於英國一噸重之地震彈二十枚，同時爆炸之威力，據從事原子彈研究工作之奧力芬特教授所宣佈，最初所使用之原子彈每彈之威力確與此估計相等，但現在所製造者，每枚已等於二萬噸 TNT 炸藥之威力，並相信不久必可製造比上述更大威力之原子彈，此種炸彈之威力，可使二千方英里之地區內之生物，無法生存，如以某一城市為投彈中心，則其橫直一三四里地區內之一切均遭燬滅，比諸普通任何高度爆炸彈之威力，真不知大幾千倍。

吾人均知普通炸彈之爆炸力，乃由複雜化合物之炸藥，在爆炸過程中迅速分解，變成各種氣體，如蒸氣，二硫化硫及氰化氫等時所產生，此種能量約大於使用同重量之水化為水蒸氣所需之熱一萬倍至一百萬倍不等，由此所生之力，使氣體發生高熱度及高壓力，衝破炸彈之鋼殼，而以高速度向外運動，遂

造成爆炸之結果，但此種力量，祇由炸藥之原子間彼此分解而生，並非原子本身爆炸所發出，普通炸彈與原子彈根本不同者在此。

至於原子彈對生物之殺傷力可分數方面言之。

鈾原子之爆裂，令彈內發生極高之熱度，氣體最初發射之速率，據估計約相當於光速廿分之一，即每秒鐘達一萬五千里由此可怕之速度遂造成毀滅之嚴重效果，更因空氣由高熱迅速膨脹所生產之強大壓力，益增長其破壞力。

鈾原子爆裂其放射綫極強，爆炸發生以後，仍能維持相當時間，在此時間內，仍可射入人體內，使骨髓反應，血球破壞，其傷害人畜可以想見。

第三章 對轟炸廣島及長崎之成果

(一) 概論

本章為投擲兩枚原子彈於廣島及長崎兩地轟炸成果之臨時計算，其中不無隱諱之處，故其詳細情形，必俟接獲目前在日本從事工作之盟方觀察團報告書後始得瞭然。

自九月二日日本正式投降後，盟方各報記者，始得許可參觀此二已燬之城市，兩地區已遭實際破壞，但廣島之毀壞似較廣，蓋或因該地地勢平坦，使原子彈之全部爆炸力毫無阻礙，因而散佈全城所致，在長崎之役，盟方利用已改進之原子彈轟炸其中心區域，故其破壞較大，但因分佈於該城若干地段之山脊所限，故破壞範圍則較狹，據報告稱在長崎已轟炸之地區中心，其建築物全部燬壞，僅在少數地點存

原子炸彈專號

一一一

有碎石堆，殘網鐵，焦木，以及城市之彈燬象徵而已。

(二) 廣島

據參觀該地區之記者官稱：此為全世界受損最大之城市，甚於波蘭之華沙或蘇聯之史城，佔全城地區百分之六十之四方英里內完全夷平，其他市區內之房屋及他種建築物已破壞殆盡，且幾至不可修葺。九月八日同盟社日人宣稱：死亡表已達十二萬六千人較日人以前報告之人數多兩倍，同盟社又稱：根據廣島縣政府之報告，其傷亡人數如下：當時炸斃六萬六千人；因傷致死者六萬人。失蹤及相信已死者一萬人，重傷者一萬四千人，輕傷者十萬另四千人，其傷亡數約佔戰前三十四萬三千人中四分之三。（八月廿日所發表之傷亡人數，經官方詳細統計：炸死者三萬三千人，失蹤者三萬人，重傷者一萬三千九百六十人，列入輕傷者佔四萬三千五百人）。

某一記者著述廣島情形稱：「余為一歐洲及太平洋戰區內之戰地記者，但從未見過如此死亡與破壞之場面，當站立於原子彈投落之中心區時，足使驚駭者，除瓦礫及少數仍然聳立之防止地震大建築物之殘垣破壁外，別無一物，鋼條扭歪磚瓦成灰，木材焦黑而化成小碎片，防空避難所已壓倒，吾等行經大花園石之建築物時，碎片仍然下墮不斷（在轟炸後一日）所有樹木亦均被炸燬，小鳥寂然棲止於焦無片葉之樹端」。

(三) 長崎

雖廣島之損害較諸長崎為慘重，但轟炸長崎之原子彈實較為強烈，但其轟炸所及之地區其效果已為環繞該城兩側及後面之弧形崎嶇山脈所限制。

據觀察長崎之記者稱：原子彈之強大破壞力，在彈着之中心地區，顯然可見，長崎建築物之損壞較廣島爲甚，彈着區僅遺留有較少之石屑而已，據目擊者談因着彈地區之中心會成真空，故幾無建築材料之跡象焉。

長崎當局估計，被炸區域，自東至西過及二英里，自南至北則過及三英里以上，五萬棟房屋中，約一萬八千棟已燬，其他建築物僅存者不可多得，轟炸主要目標之一爲三菱托辣斯所有之巨大鑄鋼廠其建築物爲一堆扭曲之鋼桁，但石牆之蹤跡幾無存矣。

據報告稱：在長崎之死亡數目約二萬八千人，若干官方估計謂：約一萬五千人，將因傷致死，但記者認爲不免言過其實，蓋目前之死亡率，每日已逐漸減少至一二十人。

結論、

原子彈雖屬可怕，但日人對其威力不免過陳其詞，意在竭力爭取對彼等所表之同情，且力求分散其歷年殘忍記載之注意力，此實爲參觀廣島與長崎兩地之記者之一般判斷也。

曾在長崎被炸俘虜營居住之荷屬東印度皇家陸軍某軍醫告記者稱，彼並未鼓吹原子彈歷久猶存之殺傷威力然彼確曾證實日方之報告，有若干人僅遭輕微焚燒，或經較輕焚燒而顯已復元者，結果舊病復發，以致在轟炸後數星期內因紅白兩種血球之嚴重缺乏而死去者，該醫官告記者談，患者所發之病徵，爲牙關緊閉喉腫症及皮下微出血症，高熱度與快脈搏等，彼所診治之盟方兩士兵，因發此種病徵而死，【其中一人在炸後之二十天始死去，當時其焚燒情形，似已經過良好之診治云，

該荷蘭醫官談，彼曾查視日方病房紀錄，病勢進步之患者。其血球由每一立方公厘之血液內正常由

七千降至七十或八十而其他嚴重之患者，則降至二百或三百，彼談紅血球之數量，則由每一立方公厘之血液內正常五百萬降至一百八十萬或二百三十萬，在此種嚴重之患者，中間因患復發症而死亡，經過施行驗屍手續，發表會患嚴重之腸道內流血症。

美軍軍官與放射學家所提之證據，足以駁斥大多數口人聲稱關於原子彈轟炸區內放射能歷久猶存之威力，新聞記者們，已視察新墨西哥原子彈試放地之情形，并檢查在該區自應用之放射計上之表示數，放射計上奇泰氏檢數器，顯示原子彈試炸後。不及兩月，在地面上之放射能已減至極微分量，僅在轟炸地區之中心，約五十碼之半徑內，有較高於標準之放射能，在不斷曝發，據放射學家申述。即使在此地區居住亦需連續六百小時始得產生致命之後果云。

原子彈設計主任，格魯夫斯少將曾告記者談，日本當局現已承認廣島轟炸後十一月內，其放射性遠較耐藥量為弱，且承認該城大部死亡人數，由於炸斃者及房屋倒塌而壓死者，間有輻射熱與為火燄焚斃者，格魯夫斯將軍談，一死亡者皆由爆炸時發出之放射光線所致，而非嗣後發出之放射性所致耳。

第四章 對原子炸彈之防禦問題

原子彈之威力已如是強大，目前尚無何種有效防禦可言，但在理論上，其可能之防禦。亦可分積極與消極兩方面言之。

積極方面，根據最近報章所載，其防禦之法乃設法使原子炸彈不及使用以前而使其毀滅。其法係利用高射砲或其他新發明之武器，使攜帶原子彈之飛機被擊而摧毀，其設計係根據英國之雷達，德國之火

箭砲，及美國之無線電導火管，其力量足能於五萬呎距離內，擊毀裝載該彈之飛機，消極方面，係從估計原子彈之威力（可自轟炸後之災區視察其破壞力）而特別設計，及設備完善之防空洞，巨大之空氣壓力，對於地面各種建築物之破壞，自屬難免，但如防空洞之建築得宜，似可減少人畜之傷害，至於各種射綫可以金屬體覆蓋於防空洞，或塗有反光性之顏料，亦可使大部分射綫反射空中，即可減少其效能，X光可以鉛板隔離，中性子綫則以鎘及水將之隔離，凡此種種之防禦，乃純屬理論之探討，至於事實如何，自有待將來之證明。

第三篇 原子炸彈之展望及未來。

第一章 原子炸彈之前途

原子炸彈之發明為一非常重大之事件，故凡負責方面每於敘述或描寫其推論時，常加斟酌，對於發原子能方面，確為人類史冊中最重大之事實，其結果能使整個人類必須和平相處以求生存，否則必致面臨非常重大規模之毀滅也，姑無論原子彈將來如何廣大應用，若謂其真能毀滅全人類，當非事實，但在另一世界大戰中，定將被雙方利用而互相毀滅各大城市，致使實業與工藝，完全停頓，使遺留於未來世界之生命僅中立國及生活於文化外圍之遺民而已，彼等能倖免而得以繼續生存者，蓋不值毀滅耳。此實為人類美麗之寫照也，

因日人之求和，遂產生此駭人武器未來管理之責任問題，任何國家或聯合國羣，似不應壟斷此強大之威力，而應成為全人類之聯合責任，任何國家之人民如屬賢明之士，當不願承擔此驚人之重負，誠

如阿克頓議員所言「強者自敗，絕對強者則絕對自敗」人人亦知此種秘密，不久必將洩漏，縱不洩漏，但某一國之科學家所能造成者，另一國科學家亦必能效仿，事實上，原子彈之源本為國際性者，對於英、法、丹、德及其他代表國之人民，均有關係，若干人士對此事實之評論，均謂重要之工作皆為德國境內之非亞利安人(Neo-Aryan)所作成者，試若希特拉未將彼等迫害，彼等或將先悉原子彈之秘密矣。

目前吾人主要保障，並非在於保守原子彈之秘密，而在於不堪負製造時所需之巨大費用，需要大宗機械，及雇用成千累萬工作人員耳。英美加共耗二十億元，需時數年，經六萬五千人從事工作。故目前世界上極少國家能重複進行此項活動。原子彈似係理想之武器，且或為新聯合國安全理事會所需之唯一武器，在目前世界發展之時期中，聯合國對某一頑強國家之威脅，僅幾枚原子彈而已。

此種新武器之問世以來，使海陸軍之戰略，在一長期間內無法規定，但驟然觀之，似為戰略上之完全革新，廿年前曾有一幻想作家，討論關於「二小時戰爭」問題，彼預言將有大隊敵機將突然在各大城市上空，遮蔽天日，而施行轟炸使整個國土，於瞬息間無法存在，但就此次大戰而論，此類預言已證為不確，然在目前觀之此預言似漸切近，進而言之，一艘戰艦絕不能逃避原子彈之轟炸，蓋當一架飛機能担任數千架飛機之任務時，防空砲火或攔擊等戰術似皆無望矣。試想假若日本神風特攻隊飛機裝有原子彈之情況，則現在之軍事科學勢將類似火藥發明後之騎士時代焉。

若干憂心之預言家會謂原子彈之產生，則吾人之整個文明，今後須潛伏於地下，彼等曾預料全國各大城市，須建築於地下千英尺僅能在簡短之新生時期內，浮現於地面，且僅能在兩大戰爭之安全間歇時出現而已。原子彈是否已如吾人所能幻想尚成問題，蓋其潛在力極大，故吾人是否能深伏地下，使可保

安全，此尙屬疑問矣。

原子能之利用，其前途至爲遠大。若以之利用於毀滅人類之武器，其結果必如上述，誠使吾人不堪設想。苟以之用於工業上，則可使全世界工業，頓然改觀，而人類文明將演進而達最高潮，總之，但望人類能體念相互間之和平，妥爲利用原子，勿使之趨於罪惡之途。

第二章 原子平時之利用

原子力量既經啓發，其運用甚廣，約可分工業方面及醫學方面言之，前者係屬於原子能之控制問題，此問題英、美及各國專家尙在研究，故詳情迄無報道，理論上僅知小點之水，可推動巨大之臥輪，并可以少量物質之原子能力替代煤礦及水電，更可用以灌溉田畝，若能進而使用於飛機之發動機上，則原子之能力，足使飛機飛渡於各行星之間矣。醫學上之應用，經近代科學家研究之結果，已能使此種力量加諸人類利益之上，且近年來已大量應用於世下文係分述其概況：

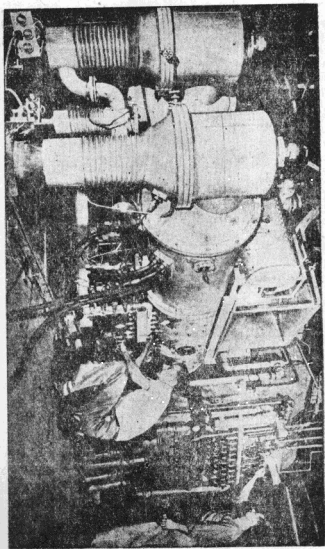
最近美國使用一最現代化之科學工具！原子電解器！亦即所謂原子擊碎機 (Atom Smasher) 此機非真正使原子粉碎，蓋吾人獲悉當原子擊碎時尙無若何方法防止其劇烈爆炸也。

此原子電解器 (Cyclotron) 可使通常之質素改變。本章所述者，係使紅燐變成暫時之放射 (Radio-active) 狀態，天然之放射元素曰鐳 (Radium) 者，當其原子自動分離而成爲無放射性之質素時，通常係絕無危險，鐳經放射後遂漸化爲鉛及氦氣。

在原子電解器內，此紅燐爲核子 (Deuteron) 爲重氫原子之核心所撞擊，使其變爲放射性後，即可將之注入人體內，因其放射量可治血管而分佈於全體，故一般科學家之研究，實用此法以醫治毒癩及其他嚴重之症候。

原子炸彈專號

1. 偉大原子能之平時利用



1. 原子擊碎機亦稱原子電解器，爲一極複雜極珍貴之機器，其內即用以撞擊原子者，此機被喻爲「威爾新怪物」甚爲膾炙人口，因其爲操縱人類認爲最小物質也。原子極小爲吾人所不能見之物，設若原子之數目可以計算時，一科學家曾估計一滴水內之原子當有全世界人口（二十萬萬）於一萬年後之數目，本圖係機械人員調整電解器之情形。

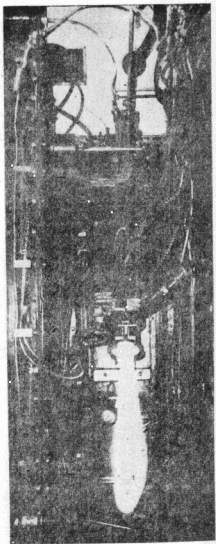


2.

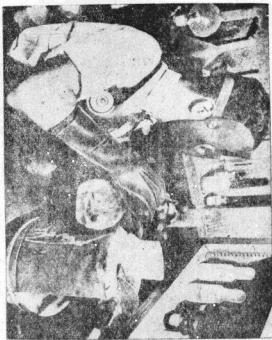
鑄造 使紅燐或不結晶燐，磨成漿狀塗於「靶」上，置入電解器，使其暴露於強烈之電子（Deuteron）綫中，可使紅燐變成暫時之放射性。



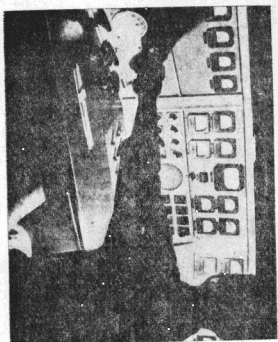
3. 處理開始 機械人員將此塗有質鏽之「靶」置入電解器內時，爲與此強烈之核子線接觸而受傷者起見，通常祇有絕緣之面罩，圍裙及手套，蓋過去之實驗者，曾有被此放射線所傷害而死者。（此原子電解器通常係建於地下）。



4. 鐳光 鐳之放射程序，通常係在電解器內進行，帶有危險性之核子光綫放出時，係在一緊閉之圓筒內，故不爲人所見，但在本圖中，此鐳光乃向外放射，以便於拍攝本照片也，核子光綫 (Beam of deuterion) 之本身，不能看見，吾人所見者爲其放射時，使四週空氣所變爲之青紫色光輝也，拍攝此像者，必須採取非常之預防，並須在器之外方，以遠距離操作，拍攝照片，經此試驗之後，照相機因受此鐳光之接觸其本身亦呈有暫時之放射情形。



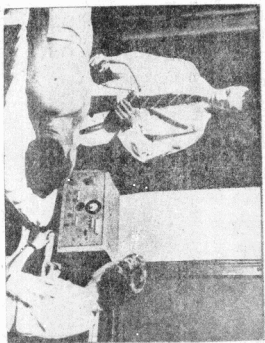
5. 磷之調查 磷受原子綫子衝擊所調查，直至其變為放射性時，必須經過極小心之方法進行，然後即洗以酸類，成磷磷酸鈉，但須經過數種化學程序後始可用以注入人體內。



6. 遠距操縱機 當此原子電解器發生作用時，無人敢進其內，此器係建於地下，指揮此器係由遠距以一種複雜之操縱故操縱之。操縱者常隔以特設之不透放射綫之牆壁，以資保護。



7. 治療 放射性之磷經試驗可用以醫治骨節炎，其症候係因血球過多，特別以紅血球為最，醫生用此磷液以注入病人之體內。



8. 注射後之檢查 病人注射磷酸

後，爲檢查其非積聚於肝部起見，常用一複雜之器械以檢查病人，病人之骨髓間，常有有甚多之磷質，視其對該病之反應即可加以診斷。

雷達

概說

經過四年檢查制度中，此使異軍突起之藝術性新武器——雷達——烟沒於若干之歲月，自日本潰敗

以後，此具有神祕性之雷達，乃得披露於世，本篇乃蒐集有關材料作簡單之研討以供參攷。

雷達 (Radar) 乃一最新之電子發明，用以判定一視界以外物體之位置及距離之遠近其電波能通過雲霧濃烟，使其影像，顯透于鏡板之上，惟不能透入水中及穿過房屋而已，雷達更能指示飛機之方位，距離及高度，一九四五年一月五日晚上，美國空軍特汝斯上校 (Col. Paul Tibbets) 指揮下，裝有特別設備之超級空中堡壘，自遠處之馬里亞那進襲廣島，彼等在惡劣之天氣中受雷達之領導以劃時代之原子彈襲諸日本，故日敵之潰敗雷達不無其功也。

雷達之發明，源自英國，蓋當德國空襲英倫最酣之際，英人藉雷達之報道，乃能以少數之噴火式戰鬥機，截擊龐大之德轟炸機羣，而使英國轉危為安者，雷達致其效，而噴火式飛機成其功也。

雷達為蘇格蘭人勞勃亞歷山大華遜華特爵士 (Sir Robert Alexander Wilson Watt) 所發明，英人初稱之為無線電定向探測器 (R.D.F.)，美人之稱為無線電回應儀，繼以其功效來復如週波，乃由無線電 (Radio)，來回構成一新字雷達 (Radar) 即無線電波往返之義也。

雷達之種類大別為二、(一) 為防空情報雷達 (AWS)、(二) 為射擊瞄準雷達 (GL) (亦稱探照燈指示雷達 SLC)。日本在太平洋戰爭之初葉，對於雷達之發展相去尚遠。迨後俘獲美國 SCR 208, 270, 271 式及英國第 1 式雷達，後勉強應用，并加以進步之研究，遂自成一格矣。

2. 雷達之原理

雷達之基本原理，乃利用無線電波，探測目標之方位是也，探測時使所放出之電波，遭遇目標時，

立即回應，故根據其回應情形，而能判定目標之方位，距離及高度也。

由雷達發射機所發出之電波曰信波 (Pulse) 或信號，據美國浦立特博士 (Dr. Pitt) 與脫夫博士 (Dr. Tuve) 實驗所得，其速度與光線相同，為每秒鐘十八萬六千英里，信波之發出均有一定之空間，而其本身又有一定之週率 (Frequency) 在每秒鐘內所發出之信波數目，吾人稱之為信波回應週率 (Pulse Repetition Frequency)，縮寫為 PRF，信波與信波間時間之差異，謂之信波間隙 (Pulse Width) 以微秒 (Microsecond) 計之微秒者，即一百萬分之一秒鐘之謂也。

PRF 有一定之靜期，即當發射機發出之每一信波，旅行於其航程所及之盡端後，立即歸回原電台，此項來回航程所需之時間，即為該信波之靜期。以某雷達之設計，其有效距離為 60,000 碼，而探測之目標適在其能力所及之 60,000 碼處，則該雷達每一信波必須旅行 60,000 碼之往程，遭遇目標後，又旅行 60,000 碼之回程，故共旅行 120,000 碼之旅程矣 (每一信波之旅程) 吾人又知無線電波每秒之航速為 186,000 哩，即每六微秒鐘 (6Microsecond 即 $\frac{6}{1,000,000}$ 秒) 旅行 2,000 碼，故上述之 120,000 碼之距離，須費時間 60 微秒矣，是以知該雷達每一信波間最大之間隙為三百六十微秒，若目標在六萬碼以內，則其間隙自當縮小若干微秒，故知目標與其雷達發射機之距離。

雷達信波遭遇目標後，即折回原處，以放大器放射于陰極電光真空管中之螢光透鏡上，以「達」(Dot) (Dot or Pip) 之「聲形」指示出目標之影像，一如無線電傳真然，又因信波回應時間之久暫，螢光透鏡上能自動計算目標之距離，此種以真空管電子光線而表示跡象之判斷，英人稱 R.I.P.，美人稱

爲 Pips 爲轟炸員及砲火管制員必修之學問。

最初之雷達，對於高度及經緯度之位置，尙不正確後經研究所得，利用信波之強弱，即可決定之。關於瞄準雷達之利用極端注意高度及經緯方位之測定，故須較爲複雜之雷達裝置，加設分裂換電器，使雷達信波由目標之此方轉入他方，在信波尙未正向目標時，其回應信波有強弱之別，故經分裂換電器之雷達信波，可由目標之雙方回應歸回原處，利用兩方信波之指示，即能決定目標之高度及位置。

通常指示雷達性能時以三項數字識別之(一)爲週率，以若干攏週波 (Megacycles) 稱之(二)爲信回應週率以每秒若干週波稱之(三)爲信波間隙以若干微秒之。

防空雷達，因求探測詎程之增長，故對於目標方位之正確程度，稍爲減弱，但用於瞄準射擊，或探照燈搜索之雷達，則對於目標高度及位置之判別，必須十分精確，故其有效證程略短也。

(三) 雷達之使用及其效能

雷達之於防空用者，其使用有曰固定雷達，及升高雷達，固定雷達，通常裝於高處，因其發出之電波係作真正直線行走而不隨地球之弧形灣曲，爲增大其電波之放射範圍起見，故應設於高處較爲有利，但不能過高，致受地面之反射而影響該儀之使用，(在歐洲德國之雷達站多設於離海面二百呎之處，但日本有數雷達站則高達五百呎)。雷達站之四周不應有山及建築物或其他之障礙，爲達到最高效用起見，其電波線須能掃射三百六十度而無障礙爲限。

升高雷達係裝設於飛機內，而用以夜間偵察敵機海面上之船隻與在夜間或霧內找尋島嶼海岸，大小川脈之位置等，有時更能領導飛機之航行。此種雷達，裝於戰鬥機則作瞄準用。

雷達之於近代作戰貢獻殊多，大戰初期，德機飛渡英倫海峽之際，輒被英國雷達網發現，故能從容以少數之戰鬥機截擊之，德機遭受重創者雷達之功也，在一九四二年間德國潛水艇七百艘，平均每日擊沉船艦一萬六千噸，盟軍幾生嚴重之問題，嗣後因美國潛艇之活躍，及超波雷達之使用，以飛機作海上之搜索，乃能減輕盟軍艦隻之損失。

在一九四三年五月間，盟軍用超波雷達之搜索力量，消滅德國潛艇一百艘使敵人之潛艇政策一蹶不振，蓋有賴於雷達也。