

原子弹与雷達

譯編平砥滕



我替您欣賞个成就
av. 60.



居斐出版社印行

卷頭語

編者要向國人介紹原子彈與雷達，至少有三項原因：

第一，雷達會助我國抗戰獲勝；第二，原子彈能助我國建設；第三，新武器的威力越強大，世界永久和平越有希望，但以我國也能製造新武器為條件。

這話似乎都很奇怪。我國抗戰獲勝，全恃最高當局之堅定戰意和全國軍民的血肉長城。若談武器，則迫降日本，原子彈也許對我有助，至於雷達，我國戰場幾曾見過？怎說會助我國致勝？然而我國勝利直接雖得力於原子彈，間接亦靠雷達之惠。英美軍事專家有句名言，「戰爭是原子彈結束的，但仗是雷達的。」歐戰初期，假使沒有雷達幫助英國抵抗納粹機羣的晝夜猛襲，則美國來不及參戰，英國已經垮了。西歐勝利後的總軍，自然全力進犯近東，設狡謀待逞，竟與日寇會師印度，則軸心勢力則成一氣，今日是何世界正不可知，幸國那有發明原子彈的機會？我國的最後勝利，自然更不必說。

其次，說原子彈能助我國建設也像荒誕不經。「原子能」力大無窮，如能用於工業，對於優良力源供給有限的我國，誠為大助。但是如所週知，原子能工廠，在今日的美國都還沒有建立成功，我國目前的建設，那裏就能利用到它。難道那燬滅廣島於一擊的原子

子彈，也可助我建設麼？事實上，原子彈是一種超級炸藥，只要用在適當的地方，未嘗不可開山鑿河，助成建設。我國的西南西北，或則高山阻絕，或則水利難興。在這種人烟稀少的地方從事水陸建設，原子彈實在馬上就可利用的。至於原子能，供人驅策之期亦決不遠。我國理化學者研究能力素強，政府戰後誠能予以最大的便利，則在力源缺乏的高壓之下，中國原子能工廠的出現，當亦不會落後太久。

最後，目前能造新武器的國家，正在競爭秘密，為的就是世界組織現尚無力，製造新武器尤其是製造原子彈的秘密，倘被侵略國家竊去，世界和平便恐難以維持。我國是個最不會守秘密的國家，編者卻說只要中國也能製造原子彈和雷達，世界和平即可確保，似亦出人意外。實則此說亦不足奇。

首先，雷達是一種比較普通無線電複雜百倍的機器。但在我國，連普通的無線電機件向來都靠外洋供給。像雷達那種複雜機件，我國一旦也能製造時，就等於說我國已在短期間內高度工業化了。我國是個極愛和平卻又極缺實力的國家，如果也高度工業化了，自然代表國際上和平勢力的又一增長。世界和平將因此而得確保，還有疑問嗎？

再說原子彈的製造，如本書所載美國科學家的宣言，凡是高度工業化的國家，只要肯做，都能辦到。我國是個工業後進國，假使一旦也能製造，則世界上一切高度工業化的國家殆已都能製造了。換言之，到中國能造原子彈的時候，原子彈已成普通的兵器。不過到那時候，編者認為倒可保持世界和平，卻應略加解釋。

誠然，當代大哲如羅素和愛因斯坦諸人對於這個問題，都不和編者一樣看法。羅素認為有權力的世界政府一時尙難組織，目前惟一握有原子彈實力的美國，就應乘他國尙未能造原子彈以前，採用有力的步驟，去在蘇聯以外的世界各地推行真正的民主，以誘蘇聯之最後參加。愛因斯坦則認為有實力的世界政府有立即成立之必要，制度不同的國家亦可請其參加。而他們都一致認定原子彈並不足以消滅戰爭，所以美國原子彈的祕密決不可以洩露於人，而只可以交給一個有實力的世界組織。

但編者之意，趕緊組織有實力的世界政府自屬必需。惟格於根深蒂固的國家主權觀念，要立刻完成這個組織，怕不容易，所幸的是，和當代大哲之所慮恰恰相反，世界和平的初步希望或即可以建築在原子彈身上。原來武器發明到利用原子能的階段，已是一個分水嶺。前原子時代的武器和原子時代的武器不同，前者的威力有的能躲避也能抵抗，如刃矛，有的雖難抵抗却能躲避如砲火，至於後者則抵抗與躲避均不可能，交戰雙方只有同歸於盡。但同歸於盡，會是侵略者的初志麼？

讓我們仔細攷查一下。首先，我們應當承認廣大的人羣，本性並不愛好戰爭。過去戰禍之史不絕書，全由少數野心家挑撥而成。這班視戰爭爲爭權奪利的捷徑者，有的是方法去把戰爭推向別國境內，便覺戰禍雖足殺人，決不致殺害自己。而過去發明的種種新武器，雖然一次比一次兇，究竟都有方法可以抵抗或躲避，這也使侵略者覺得只要掩護得法，自己的生命決無危險。驅往前線送死的，全是別人，侵略者不會因新兵器的發

明而戢止野心自是當然的事。過去種種新發明，均未能消弭戰禍，如一般人所希望，原因亦即在此。但在原子彈成了普通武器之後，情形便不同了。到那時候不戰則已，戰則深處後方的戰略中心，必然首成攻擊目標。就真侵略者能夠首先使用原子彈去炸燬對方的工業和戰略中心，使受害者無報復的機會吧。但因此而激成一切愛好和平國家的義憤後，從全世界尤其從中國的廣大腹地，（假如中國能夠自強，屆時也能製造此物）話心都可能有原子彈飛取侵略者的生命。就算侵略者將嘗試於事先儘量炸毀一切和平國的原子彈武庫吧。但原子彈的體積極小，到處可以秘密貯藏，隨時可以秘密移動，試問侵略國有何辦法將全世界的無數原子彈，事先全部炸燬？未來的原子彈如此密三編末節之所示，是越來越不可抵抗的。故在和平勢力壯大的將來，只要世界上還有少數原子彈未被事先炸燬侵略者即隨時有回歸於盡的危險。然則侵略者又何樂而必欲進行這種殺人自殺的無望戰爭呢？以最近的史實為例：歷史上最富冒險性的侵略者，當莫過於希特勒及其黨徒。但在大戰後期，希特勒也迭次提出過和平試探，足見如果明知必死，就是納粹狂徒也必不願發動侵略。則原子彈的大衆化如成事實，原子彈戰爭的威脅，即可因而減到極小限度，具有實權實力的世界政府，就是成功稍遲，似也沒有大害，應當也沒有多大疑問吧。

總之，原子彈的威力越強大，侵略者將越能發覺戰禍對於自己的危險，因而不敢放肆。竊者因此響香禱祝愛好和平的盟邦要多發明些比原子彈和雷達更兇的武器。同時，

能製造原子彈的國家越多，侵略者遭遇大衆報復的危險亦越大，因而他們也會更加不敢放肆。編者所以又主張新武器的祕密應公開，其研究和製造應普遍於世界。尤其應普及到愛好和平已成民族天性的中國。這還是從全體制裁侵略的立場講。若從中國本身的利害講，到原子彈大衆化以後，如果還有一二弱小或弱大國家，由於不知上進，未能製造原子彈，則有原子彈的國家中，如不幸而出現侵略者，他就不妨對於弱者，施行外表比較溫和的蠶食政策。那時候，其他強國縱對弱國表同情，却有鑒於原子戰爭的可怖，誰也不願出來打抱不平。不打抱不平，自然只好妥協。於是未能製造原子彈的國家苦了。我國在過去列強的均勢之下，曾吃盡此種苦頭，今後對於原子彈的製造，千萬不能自甘落伍。

這樣看來，中國不但爲了雷達會間接助我獲勝，原子彈可直接助我建設，才應研究原子彈和雷達。中國不幸還是一個弱大國家，爲了立足於今後的世界，消極不受人欺，積極和列強共建永久和平，更應研究並且製造原子彈與雷達。基於這種看法，編者立意要寫一本小冊子，來提醒國人對於這方面的注意。經兩月來之努力，這本小冊子已經大致草成，編者卻又得爲其中不可避免的若干缺點，向讀者表示歉忱。第一，由於美國的軍事祕密政策，今日就來介紹原子彈的確切內容，尙不可能，作者只能遍搜去年八、九、十、十一，四個月美國各種刊物之所發表，校以英美戰時出版之理化書籍，以求報導之儘量正確。但能做到這一點，重慶美國新聞處圖書館給予的便利，是應當首先致謝的。

。第二由於我國社會對於無線電，尙形隔膜，雷達的詳細敘述，似少有人獲益，故在雷達方面本冊亦只能向讀者作簡略的原理敘述，而未能作詳盡的技術介紹。第三，由於編者學識淺陋，對於科學的譯述經驗尙少，書中謬誤在所難免，有待高明指正。這都是編者認爲應向讀者道歉的。

惟這本小冊子的編譯，初意僅在提高國人研究新武器的興味，絕不想冒充研究和製造原子彈與雷達的指南。我國朝野倘能因此書之提示而對原子彈與雷達的技術方面加以切實研究，則編者已盡拋磚引玉的使命，於願已足。

本稿在付印前，除請國立中央工校化學教授王象夷先生校閱外，又承名記者陳廉貞先生撥冗過目。對於內容編排，提示寶貴意見甚多，特此誌謝！

民國三十五年二月編譯者序於重慶

原子彈與雷達目次

楔子 原子·電子·原子核

第一編 雷達與電子

第一章 電子趣話

一、「同行相妒」的電子們

二、電子也講自由

三、自由到什麼程度？

第二章 電子怎樣做了人類的奴僕

一、直流與交流

二、一個故事（從有線到無線）

三、漫談無線電廣播——波長與週率——天線和電子管——假如人眼能見廣播的波長

四、有聲電影與電視

第三章 雷達和反雷達

四四

- 一、電子怎樣幫助盟邦打勝仗？
- 二、偵察敵蹤的電磁波
- 三、神奇的雷達構造
- 四、雷達建立的戰功
- 五、德國的雷達怎樣被征服的？
- 六、雷達的將來

第二編

原子彈

六四

第一章 天然間的原子爆炸

六四

- 一、原子核中的小天地
- 二、宇宙和太陽的不斷爆炸
- 三、鐳的放射性

第二章 人怎樣造原子彈

七二

- 一、原子核中的能力有多強？
- 二、釋放原子能的鑰匙——中子
- 三、產生中子的天然機器
- 四、軸心國藥材資敵
- 五、原子彈誕生前三個問題

第三章 盟邦的幸運.....八五

一、昂貴和危險都成吉慶

二、曼哈頓區——科學的大賭場

三、祕密的原子彈裝置

四、「這不過是個小炮仗！」

第四章 怎樣管制原子彈？.....一〇一

一、有祕密麼？能防禦麼？

二、美國科學家的建議

三、英哲羅素的建議

四、愛因斯坦論原子彈與世界政府

五、國際上的波瀾——英美蘇各懷異見——莫斯科三外長會議的圓滿措置

第二編 原子時代的展望.....三二一

第一章 原子預言的逐步實現.....一三二

第二章 從電話電視到電嗅電味電觸.....一四二

「戰爭是原子彈結束的，
但，仗是雷達打的！」

楔子 原子，電子，原子核

一、混沌未分時期的原子觀

世界上的事物，千差萬別，互不相同，但我國古代有五行之說，認為它們不外金木水火土五物互相生剋而成。希臘大儒亞理斯多德也認為那是水火土氣四件東西再加上一種精素所構成。到了德謨克里特氏，則認為物質如果無限地細分下去，分到某種小顆粒，就會不能再分。這最後不能再分的粒子稱為原子，(atom即不可分之意)。所有物質都由原子的運動離合而構成。各種物質的原子，其大小及形狀，也都不一樣。

不過德氏的原子論尚不能稱為科學的思想，因為它不過是德氏的玄想，並沒有事實的根據。但到十九世紀，英國大化學家道爾頓氏出，對此偉大的學說加以科學的說明，和實驗的證實，遂出現了近代的原子學說。這學說認為各種元素（當時共知五十幾種）都由極小的粒子——原子組成。這五十幾種互不相同的原子是物質的最後粒子，不能看見，不能製造也不能毀滅，却能彼此化合，造成了這個形形色色的大千世界。

這個原子學說解決了十九世紀的化學工業所提出的多種實際問題。第一，它提供了



多種物質的製造法。它既確定世界上的萬事萬物不過是幾十種元素的原子所配合成功，形態性質雖然各不相同，實際却是互有關係的。那末，許多外表迥不相同的東西，加以分析之後，如果發現他們具有共同的元素，便可以設法使他們互相衍化。例如石膏經鑿，瀉鹽，硫酸四物，外表完全不同，分析之下，却見他們都含有一部份共同元素，硫酸根，於是前三者就都可以設法從硫酸中製造出來。第二，它替化學工業家提供了計算成本的方法。它既肯定了同類原子重量相同，異類原子，重量相異的理論，同時又肯定凡是化學反應都是在重量不同的各種原子間進行的，那末化學反應中，必有某種一定的數量關係存在，亦無疑義。化學工業本有計算原料與成品間的量的關係之必要。得此為計算的根據，化學工業家便又解決了一個大問題。

再則這個原子學說，又奠定了現代化學的基礎，給研究者開闢了不少方便的法門，距今二十多年前的化學教本，全部是建基在原子的不可分性上的，有誰能加反駁？

二、物理學的大革命

但在一八九七年，物理科學上却起了一次大革命。這年四月，英國劍橋大學卡文第許實驗所所長湯姆生(J. J. Thomson)教授宣稱陰極線中都是一些帶有陰電的質點或電子，而電子就是一切原子的共通組成。所謂原子的不可分性並沒有那回事，世間還有較

原子更簡單的東西——電子。這一宣佈，在世界物理學界激起了軒然大波。科學聖殿上一條不可侵犯的聖牛，被牽出去殺掉了。

湯氏估算電子的重量約爲最輕的化學元素氫原子的一千八百份之一。世界當然不大相信，僉認湯氏的實驗多半是不正確的。所謂一千八百份之一云云，不過是另一數學上的游戲罷了。湯氏自己也感到未能滿足，就把他的得意學生威爾遜 (C. T. R. Wilson) 請來，問他能不能設法將那不可捉摸的電子照下相來。這自然是一件近于魔術的困難工作，但除了硬着頭皮去想辦法以外，並無別途可走。威氏用了幾年的光陰，以一架超級照像機去捕捉單個電子的影子，卒於一九一一年得到第一張不很清楚的照片。上面是許多交錯糾纏的線條，代表一些單個的電子途它們的原子射出以後所走的路線。如果說條形的災區是颶風經過的證據，那末這些霧跡乃是電子存在的證明，也就鐵案如山了。

威爾遜的儀器，雲箱 (Ioud Chamber) 及其多方面的改良，成了人類進攻物質世界的最有價值的幫助。如沒有這個，對於原子堡壘所作的一切進攻，差不多都不可能。至今日，它已成了原子科學中一件標準的儀器，和望遠鏡在天文學中，顯微鏡在生物學中的地位一樣。故在此器完成後的第十六年，威氏便以此項成就而獲諾貝爾獎金的殊榮。湯氏所定電子的質量，不過是個估計數，其最正確的決定完成於美國芝加哥大學的密里根 (R. A. Millikan) 之手。密氏立志要直接去稱出原子的重量來，就設計了一種巧妙的方法 (油點法)。此法給了他一種電的天平，比最精確的機械天平還要靈敏數千倍。他

於是把單個的電子分離出來，加以衡量，定出它的重量是氦原子重量的一千八百三十五分之一。

湯姆生發現了電子之後，又想一切元素的原子既然都是中和（不帶電）的，那末，其中必然還有一些帶陽電的部份存在，才能對消電子所帶的陰電。但這事怎麼去證明呢？湯氏的弟子魯瑟福（E. Rutherford）就開始這個题目的探究工作。如果想發現原子內部的性質，就得使用極小的子彈打進原子內部去。魯氏發現了一種子彈——即阿發質點，那是鐳素自己轉變時的一種放射物，被他收集在一個薄玻璃管中加以研究之後，認出它就是帶陽電的氦原子。阿發質點自動地從鐳素中射出時所具的速度是每秒鐘一二，〇〇〇哩，其重量要比一個電子大八千倍。就當日科學之所知而言，它所具的能力實為一切質點之冠——七百萬電子伏特。（Electron-volt）

魯氏用這種質點向金箔和氮氣射擊了幾年，都沒有得到任何可以相信的結果。第一次世界大戰發生了，卡文第許實驗所對原子世界的戰爭暫告停頓。其中的研究員，一夕之間都分散到政府機關去服務了。魯氏卻還找得時間，去繼續自己的試驗工作。在血戰的四年中，他沒有轉移研究的目標。有一次，有個由科學家組成的委員會邀他參加研究反潛水艇的辦法。他竟未肯應召，理由是那時候他的試驗正在緊張階段，似乎氮原子就要被分裂成兩部份了，如邊捨而之他，將來再要有此成績，不知何年何月。所以就向該委員會說：「假使我的試驗成功的話，其重要性比參戰大多了。」

三、物質構造的新圖畫

大戰告終，魯氏繼湯氏爲卡文第許實驗所主任。到一九一九年六月就宣佈了種種驚人結論。數萬條霧跡表示他的阿發射線，直線式地穿行於數百萬的氮原子中。其中却有少數阿發質點好像是在半路上碰到什麼東西似的，突然改道而進。於是他就相信在原子的中心必有一個很堅硬的東西，微小的子彈碰到它，就不能不改變進向。再則經他撞擊的各種原素都有帶陽荷的氫原子發射出來。於是魯氏就發現了原子的另一共同組成，即帶有陰電荷的電子的對立物。這個帶陽電荷的粒子，魯氏命名爲質子 (Proton) 比較電荷重一八三五倍。它就是減去了電子的普通氫原子。科學於是有了物質構造的一幅新圖畫。原來凡是物質都是太一般的原子所構成，而每一原子都有一個具有質量並帶有陽電荷的原子核，在比較很遠的距離圍此核心而旋轉的，又有許多小行星一般的電子。於是他們宣佈一切的物質都是電子和質子組成的。

「次一重要的問題是「一個原子有多少質子」？魯瑟福大胆地推測是「每一原素的原子核中所帶的電荷，應和該原素的原子量成正比例。」至一九一二年他將這一問題交給他的天才內生摩斯萊 (Moseley) 研究，摩氏當時才二十六歲，天縱聰明，不到一年就發現了「原子序法則」，一種原素的原子序代表它在那九十二種化學元素的名單上所佔的順序

亦即代表一種元素所含質子的數目。摩氏表中的第三元素是氫，其原子序為一，亦即含有質子一個。最後一元素為鎊，其原子序為九十二，亦即含有質子九十二個。這個新元素表，比起十八次九次會議所提出的週期表來，接近根本得多了。摩氏的基本建築材料，第一次由科學加以種數的限制。可是不幸得很，三年之後，這位天才青年加入英國陸軍為義勇隊員，不過數月，就在前線中了土耳其人的槍彈而與世長辭。

關於原子構造上的進一步說明，出現於一九一六年。當時有加利福尼亞大學的名理學家和實驗家劍益世 (G. E. Uhlenhuth) 刊佈了一篇論文，提出了質子的新構造。特別提到的是其中電子的位置。他說：環繞核心的是一些假想的立方形殼，殼中藏着不同數目的電子，帶着黏固的地位。三年以後，美國普通電氣公司的郎姆爾 (R. D. Loomis) 引伸劉氏之說，稱核殼外面的電子排列是環的同心球的形式。他要畫出一張原子的圖畫，能夠用以解釋各原素的化學行為，就以摩氏的原子序表為起點。氦（原子序為二）和氫（原子序為一）都是安定的原素，不肯與他種原素化合的。因此，這種元素裏的電子組，一定是代表該種組織，其存在足以使原子沒有化學能力。郎氏的氮原子圖是中心有一核子，那是由固定不動的質子和具有團結這些質子之力的電子做成的。此外便是兩個電子，在一個球形的殼裏環繞核子而旋轉。郎氏說，凡是原子都有一種趨勢要完成其外殼。第一層殼，二個電子就完成了，第二層需要八個電子。

形成安定組織的趨勢說明了元素的化學行為。氫非常活潑因為它的殼只含一個電子

，既然沒有完成穩定的二層的組織，他就需要另請電子加入，以完成之，像在氦中那樣。氦呢，核外有電子十，它代表的是另一安定組織，其第一層殼含有電子二，第二層更大的殼與第一層同二球心，只有電子八，因此這八個原子序數落在二和十之間的元素，都是活潑的，其活潑（或肯和他種元素化合的程度），就看它們的外殼完工到怎樣的程度而定。例如原子序數二的氦之在殼的第二層殼裏只有一個電子。它既然極願把它的外殼造得金甌無缺，最方便的辦法自然就是將這第三個原子送給另一元素，讓自己只保留二個電子在第一層殼中之殼裏，一個安定的外殼組織。最外層未完成的殼所具失去電子的趨勢，小便無礙於其活潑的元素。

對於原子的構造，從此越研究越深奧，成了高級數學中的奇怪玩意兒。爲了避免讀者生厭，只把其簡要說明如下：原子的構造，經由近世物理學者多人的研究，已經是個太陽系一般的構造，其中含有核，核帶陽電荷，原子的全部質量幾乎都在核裏，圍核而轉的是電子，帶陰電荷，與其總電量與核中陽電荷的總量相等，故就整個原子而言，在電荷上是中和的或不帶電的。

第一編 雷達與電子

楔子中已將原子的構造說了一個大概。惟其原子中有電子，所以我們才有電子能的各種利用，終於在大戰的刺激下產生了雷達。惟其原子中又有一個極小而又極重的原子核，爆裂起來，會放出所含絕大的能力，所以我們才有原子能（其實應稱為核子能），其在目前的惟一利用，還只有那對於人類文明成爲絕大威脅的原子彈。本書故以原子的構造楔出兩般新武器。本編的目的，在集中解釋雷達，以爲次篇講解原子彈的準備。但講雷達得先講無線電，因爲雷達只是無線電的高度發展。而講無線電又得先講電子，否則半路說起，許多地方都不易懂。所以現在就從電子講起。

第一章 電子趣話

一、「同行相妒」的電子們

電子是什麼？電子便是電的最小質點。也就是宇宙間的電的單位。楔子中說過，它

的重量已經有人稱出來了，但他的體積究竟太小，無法看出他是什麼模樣。爲了容易瞭解起見，讓我們說它們個個都是圓形的，並且在構造上個個都是一樣的。一樣的小到極小，一樣的帶着陰電，所帶陰電的分量也個個一樣多。它們個個都帶同量的陰電一點最堪注意。因爲我們知道電的性質是同性相拒的。電子既都帶有同量的陰電，結果它們就像羣雄不肯並立或者同行相妒似的彼此交惡，決不肯互相靠近，以求妥協。即在萬不得已而同在一處時亦必設法相隔越遠越好。電子的這種特點，乃是整個理化世界的基石，科學家所以能利用電子來做種種複什工作，也完全是利用它們的這一特點。所以值得我們緊記。

楔子中又說過，一切元素都是含有電子的原子所造成的。元素互相化合而有種類紛繁的物質，故任何物質也都是電子造成的。這樣說來，造物主所以造出電子來，是爲了要它做物質世界的基本建築材料。那末電子各有所司，人類如何能將電子分離出來，替人類辦事呢？

二、電子也講自由

原來地球上的電子，除了在原子中有一定的職守不能離開的以外，還有許多自由電子。天然間的電的現象和地球的磁的作用，一部份都是靠的這種自由電子，而科學家所

駕馭以爲人用的電子，雖不一定是它們，極可能也有它們。現在要問這種自由電子的來源。浮沉於低空和地面的自由電子，以地殼中重原子的解體爲其重要來源。什麼是重原子？重原子便是原子表中最後的幾種元素的原子。它們很重，因爲他們核外的電子，數在九十上下，核中非有足夠的質子便吸不住，而質子卻是有重量的，質子愈多原子越重。至重原子所以往往自動解體，大概由於體積過大之故。譬如鈾的原子就有電子殼七層之多。體積大了，就容易互相撞衝，最外一殼離開核心遠了，外層的電子便不易被核心的質子吸牢。一經衝撞，有些外層電子便被撞到核心吸力之外而宣告自由。天然間的元素所以只有九十二種不能再多，據說便是這種原因。由於衝撞的結果將來的元素種類也許還要變少，也以此說爲根據。

對於這一說法也許有人不滿意，那末還有一說，比較更爲可信。第三篇中將要談到重原子核的自動轉變。重原子核自動轉變時能夠放出核內的電子，還能放出帶陽電荷的質子。質子被放射出來以後，核中陽電荷當然減少，因而就吸不住核外原有的全數電子而最外層的電子也就依次脫離原子而獲自由。

所以無論如何，空中若有自由電子，放射元素的解體總得算是它的一種來源。

自由電子的第二種來源是太陽。隨着太陽的光線來到地球的，經常就有很多的電子。那是因爲太陽中的各種元素是在經常的解體中。而這種自由電子在太陽發生黑點的時候，射到地球上來的數量尤特別多。那是因爲太陽的折皺表皮，偶生裂痕，內部的高熱

流質因之大量衝出之故。我們知道熱度越高，則電子運動的速度必越大，隨之脫離物質的羈絆而獲自由的電子也必越多。故在太陽黑點期中衝出的高熱流質中常常帶出比較平時多過倍徙的電子。太陽裏的電子八向發射，其向地球發射的，到了空氣外層便有一大部份被空氣的分子所絆住而再走不脫。有的因為初時速度尚高能力很強，碰到空氣的分子便把一部份空氣分子的電子碰掉，使其成為帶陽電荷的空氣游子(ions)。有的却附在空氣分子上面使該分子成為帶陰電荷的空氣游子。伴着游子化程序的進行，往往發生美麗的光彩，高空常常發現所謂「北光」「南光」的現象，便是太陽裏來的電子所造成。

自由電子所造成的自然現象，還不至於美麗壯觀而已。還有多種是能對人類社會直接發生影響的。茲舉閃電和地球的磁性為例。

閃電的作用，據美國二位工程師貝拉齊和麥康的多年研究，對於人類的食糧生產，的確裨益極大。原來一條條電紋在天空以每小時六千萬哩的速度進行時，能把空氣中的氮氣化為硝酸，隨雨點入土之後，化瘠土為沃壤。這是天賜農人的肥料。據估算在美國每年一千六百萬次的大雷雨中，由閃電而生的硝酸約一萬萬噸，比所有肥料工廠合併起來的生產量還多！

至於閃電的成因，最新的說法是這樣的。同帶陰電的電子既然總是要互相逐斥的，當它們被空氣中的無數水蒸氣微粒吸進去以後，就都要向微粒中地位最寬敞的地方求疏散。一個圓形的點滴上最寬敞的面積在那裏呢？自然在點滴的表面上。因此，電子便都

在蒸氣微點的表面上找到安身所。到雷雨之際，蒸氣微點遇到冷氣流，便趨於互相凝聚而成大雨滴。凝聚之後，點滴的體積加大了，點滴的總數却減少了。拿少數的大滴來比多數的小點，它們的表面總面積，哪個更不夠寬敞呢？當然是少數大滴的總面積更不夠寬敞。所以小點併成大滴之後，就影響到電子的生存空間。但電子們是彼此交惡的，他們便以猛力互相驅逐，卒使一部份同伴不得不於最後一個跟一個地向電子較少的最近雲層或地面射去。這個電子之流，力大無比，故不但能將沿途的空氣分子撞得發生白熱，形成閃電現象，並能使空氣中的氮氣二氣直接化合而成一氧化氮，進一步再化為硝酸，替人類去肥田。

自由電子對於人類社會直接發生的又一影響，是地球的磁力線對於初期航海家的指導。誰都知道初期的航海家不能離開指南針。指南針的方向總是指南北的，爲什麼？就是因爲地球表上有磁力線，能把帶有磁性的指南針吸在固定的方向裏。地球磁力線在赫德遜灣的東北進入地球後，即貫穿地球中心到南冰洋洲再出現於地面，自南趨北再到赫得遜灣入地。地球面上的羅盤或指南針呢，就都沿着這些回頭的磁力線而北指。

但地球的磁力線，一部份也是自由電子運動的結果。電子運動時何以發生磁的現象，科學家直到現在還沒有方法解釋，但我們確知磁性乃是電子運動時必有現象。用比方來說明或有助於瞭解，不過比方究竟是比方，不可誤認所舉的比方和解釋中的事物完全一樣。有了這一點瞭解，我們就不妨用球的運動來比擬電子的運動。球在空氣中向前

運動時，一定會把空氣中的分子碰開一邊。電子在以太中運動時，應當也會把以太碰開的。一球運動極速時，碰開一邊的空氣，可以帶有力暈而造成一陣風。運動極快的電子也能使碰向一邊的以太帶有力暈，形成一個磁場。被碰開的空氣所造成的風，所取的方向與球的運動成直角。故環繞電子的以太磁場也和電子的進向成直角。截至這裏為止，二者都是類似的。另外一點便不同了。即磁場中的力線是繞着電子的進向而旋轉的，其旋轉且有一定的方向，即置身於電子的後面，看電子的前進時，電子所造成的磁力線，是依着反時針的方向而旋轉的。這乃是實驗家觀察所得的結果，理由尙難確指。有一種說法，認爲電子運動時所以會發生旋轉的磁場，是因爲電子運動時，是旋轉而前的。這一看法雖然無法直接證明，却尙言之成理。拿來解釋他種磁的現象也能講得通。故我們不妨姑且接受，以便部份地解釋地球表面的磁場。

前已說過地球表面上的高氣層，絆住了不少來自太陽的電子，低氣層中又浮沉着許多由放射性元素解體而來的電子。地球的自轉是自西而東的，絆在空氣中的這些自由電子，在大致上也只有隨着地球自西向東。單獨的電子自西向東運動時所產生的磁力線根據前段所述，一定是自南而北的。則踪跡遍於全球的無數自由電子，一致由西向東進行時，他們那無數自南而北的短磁力線聯合起來，便造成了地球上從南極拉到北極的長磁力線，地球本來就是一塊大磁石，由于自由電子的運動，磁性便愈顯著。

或者你會反難說，電子的運動如果會使地球增加磁性，那末，原子中的電子也是永

遠在運動的，爲什麼沒有弄得一切元素都呈磁性。這一反難，的確很有分量，因爲事實上只有少數幾種元素才呈現有磁性，但從原子的構成中也可以尋出解答。以能成磁石的鐵爲例：

鐵的原子序數是二十六。他的第一層殼有兩電子，第二層殼有八電子，第三層殼沒有裝滿，只有十四電子，二加八再加十四是廿四，其餘兩個電子不去裝滿第三層，却跑到那裏去了呢？它們是在第四層殼裏。據科學家的研究，電子有時會在沒有完成一殼之前就丟開創一個新殼。具有這種原子構造的元素，便呈磁性。鐵是如此，此外還可以舉出錳和鎳。這樣組織的電子，能給元素以磁性，是有兩種原因：

第一、凡是完全裝滿了電子殼，在磁性上總是中和的。因爲在這場合，圍核而轉的電子固然各有一個磁場，而這些電子的軌道，却被分佈在各種不同的平面裏，以致大家的磁效彼此對消。但一未完成的電子殼，含有未被對消的磁場，原子便會呈現磁效之可能了。

第二、電子是旋轉而前進的，除繞核而作公轉外，又依其本身的軸心而作自轉，和地球除公轉外又有自轉是一樣，在任一原子中，凡是電子的自轉軸，都是平行的，不過在一單個的原子中，電子的自轉可以在兩個相反的方向中任取其一。電子是可以因自轉而生磁效的，但在鐵裏面，第一殼中二個電子自轉的方向，假定說一是順時針而轉，另一便是反時針而轉，彼此的磁效因此便對消了。第二殼中的八個電子呢，其自轉是四順

時針而四反之、磁效也對消了。第四殼中兩電子的自轉相同，惟有第三殼中的十四電子有九個順轉，五個反轉。結果就有四個電子的自轉未能對消，這四個電子所生的磁效便造成功鐵原子的磁效。原子核也自轉的，但對於磁效，關係尙微。

鐵原子的磁效，在沒有外力加以影響時，便是上述兩部份的綜合結果。別種原子沒有鐵一樣的構造便不呈磁性了。

三、自由到什麼程度

電子爲物，極小，無論那裏都能鑽得進去，所以這本書裏，這張桌子裏，你的衣服裏，鞋襪裏，處處都有電子蹤跡。那末，流經導線爲人服務的電子是否就是這些自由電子呢？最近的科學家已經有人認爲是了。但較穩當的看法認爲導線中的自由電子，並非從外面鑽進去的，而是導線中自己產生的。他們說，導線所以必須使用金屬，尤其要使用銅線，就是因爲金屬原子核的吸引力不夠強大，它的外層電子最易跑開，或彼此易位，成爲金屬中的「自由電子」。而這種趨勢，銅爲最大。金屬導線中既有這種自由電子存在，和發電機相聯時，機中發出的電子就會直接壓迫導線中的自由電子使其沿線前進，直到將線中最後一個電子，卽剛在陽極外面的一個電子，經過陰極推回到電機中。算是走完一個循環；只要電線開着，這種循環當然長流不息。至於導線中失去電子的原

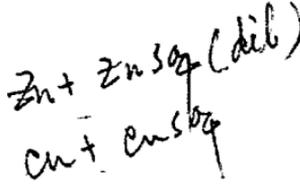
子呢，在一霎時間，他們成了帶陽電的游子，但游子既帶陽電，對於附近的自由電子自然馬上吸住。吸住又放走，放走又吸住，故長期看來，導線中的原子並不因為常常走掉電子而變改性質。

金屬失掉電子的傾向是有大小的，所以不同的金屬有不同的導電性。非金屬不容易失去電子，故非金屬難以傳電。

第二章 電子怎樣做了人類的奴僕

一、直流與交流

科學家在還沒有認識電子以前，就查知了種種關於電流的法則，並依據法則，造出種種裝置使電子爲人類服役了。但也就因為他們當日不知有電子的存在，就弄出了許多錯誤，使我們今日得設法將就著，才能使用那些法則。例如電學大師法累德 (M. Faraday) 和奧爾斯特 (H. C. Oersted) 在一八二〇年前後憑經驗製定了有關電和磁的許多法則，事實上他們對於電磁學上的供獻也許最大，可是他製定了所謂「右手法則」：用右手握住電線，如果環繞電線的磁力線是依着食指以下四指所指的方向，則伸直大指所指的方向即電流的方向。電池上有二極。二極間聯以電線即有電流通過，可以使線上的小燈泡



發光。而小燈泡任何一邊的電線被裁斷時，燈光都會熄滅。那麼，這電流是向那個方向流的。在沒有認知電子的時候，便只有全憑猜測。猜測的結果，要未對了，要未錯了。不幸法累德先生剛剛猜錯了。我們今日知道電子之流是恰和他的法則相反的。他的右手法則，實在應當改成左手法則。可是根據右手法則而作的其他電磁法則和應用太多了，要改就得全體改，極其不便。爲了補救起見，聰明的科學家便把法氏的電流定爲陽電流，而電子定爲陰性。於是電子之流便成陰的電流。陰陽原不過是武斷的名詞，只要把電子說成陰的，法氏傳下來的一切法則就仍可用。因爲陰電向東流，自然等於陽電（如有陽電流的話）向西流。法則與事實相符了。法累德氏在地下亦可安枕了！

現在我們却要應用正確的電子學說來講幾種電的利用。因爲那都是在講雷達以前必須明瞭的。科學家最初利用電子爲人服務時是用的直流電。直流電，什麼？導線中的電子如老順着單一的方向前進不回頭走。那樣形成的電流，便是直流電。直流電的發電機是電池。裏面裝着化學品能生電流的幾種化學藥品，其作用可舉一例來說明。

將一錳棒插在硫酸錳的淡溶液中，有些錳的原子就放出電子而溶解於液中，成爲錳的游子。錳棒保留了這樣脫身出來的電子就帶有陰電。在另一器皿中，置一銅棒於硫酸銅溶液中，則銅的原子也有些微有些放出電子的趨勢，如連一電線於錳銅兩棒之間，則因爲錳所具放出電子而成游子的趨勢，比銅更強的原故，錳棒上的電子，即沿導線流往銅棒。兩棒間的電流不流通則已，流通時總是這樣單向前進的，故稱直流電。但它有一個



缺點，即很難繼續不停爲人做工。乾電池是直流電的一種。使用乾電池的手電筒，我們用的時候，必須將其電輪時時時閉，否則它的光線不久即告暗淡，即是其例。這一缺點在適當安排之下，尚可補救，卻另有一缺點，限制了直流的用途，無法予以補救，即它產生不出足夠的電壓，把電流很經濟地傳送很遠。所以大電力廠所發的卻是交流電。

交流電的發生，不靠物質的化學能力而靠電磁感應。電磁感應，詞太專門了。請是也極容易解釋，要利用電磁感應，必須有導線做成的線圈兩個，第二線圈適以電流；其中電流去置在與進向成直角的平面上形成磁場，前已說過。此時如有第三線圈突然出現於這磁場中，則此第三線圈由於磁場感應也有電流發生。其原因仍可利用電子運動發生磁場的原理來說明。原來第二線圈未入磁場之前，雖無電流，却有許多自由電子。第二線圈被磁場力移向一個磁場時，其中的自由電子隨線圈的移動而移動，也構動了電子的運動。因此也有磁場在與線圈的進向成直角的平面上發生。其結果，在第三線圈移入第一線圈附近時，便有兩個磁場相遇。而這兩個磁場又是相反的，相同的磁場必然相斥。因此第二線圈與第一線圈所產生的磁場的斥力如果夠強，足以勝過第一線圈中自由電子的慣性，則第三線圈中的電子，便不能不沿有線圈向一定的方向行動。於是第二線圈中也有電流發生。

電磁感應的道理不外上述。若問電磁感應所成的電流何以稱爲交流電。則因我們可用種種裝置使第二線圈在磁場中轉運不已。這時候第三線圈中的電子，在前一霎那受感應而向西流，次一霎那，變成應而向東流。電子在電流中的運動是時東時西，故這種電

流與交流電。可知交流電機不同於直流電機之處，在於交流機是將導線中的電子先向西推，繼而東推，時東時西，使導線中的電子往復流動。而直流機則總將導線中的電子向一個方向推動。

這是形式上的不同。再說在功用上，二種電流也有不相同處。誠然，無論交流直流，都可以燃電燈，傳電信，但如（在線路中裝上幾個電容器 Condenser）兩電的功用便不同了。電容器有兩個屏，屏間有絕緣體。（什麼是容器，讀者可以翻閱普通電磁學書籍）。流經線路的，如爲直流通電，則電輪開放時，電子便沿線前進。因爲他們是被電池中出來的電子，在後面推動着，不能不向電容器的某一屏前進。電容器只能容電子留在裏面，却不能使電子通過。電子愈聚愈多的結果，須在器中堆積起來。前已說過，電子都是彼此排斥的，故堆積到相當數量時，便實行彼此驅逐。裏面的電子即使不致因此而逃脫器外，後到的電子也不能進去了。這時候便是器內電子的驅逐力等於電池的發電動電壓的時辰。電池內的電壓是受變化學作用的，去後便變低，因此直流通電的電容器所發的電流總是將瓶瓶衝的電流回過不到一盞鐘，電流便停住了。蘇絲，你還可以增加電壓，再將這些電子去，又可以增大電容器的尺碼，使它容更多的電子。所以我們說一個電容器能容納的電量或電子數量，視器的大小及壓迫電子前進的電力的大小。但用這三種辦法，其功效亦有限得緊。

茲將交流電流時與情形就不同了。我們把能擠進電容器的屏的電子，都擠進去。然

在屏已擠滿之時，我們又把電壓反轉過來，或將電子從屏中吸出來，改換一個方向，推入電容器的另一屏。電子這樣往復流動，時而使電容器這面的屏充電，時而使那面的屏充電。這時候，若在線路的任一部份裝一示電器如燈泡之類，這燈泡因為老有電子經過，便不斷發光。

茲再將直流交流在磁場上的不同說一下。當直流電穩定地流經導線時，圍繞電線有環形的磁場發生，猶如棒上捲着一根雞蛋捲似的。雞蛋捲的大小，視流經線路的電子的多寡為轉移。電子不能再流了，雞蛋捲式的磁場也消滅。改用交流電時，情形却複雜得多。電子開始向一方流時，雞蛋捲開始出現。電子停止不流時，雞蛋捲也消滅了。然而電子馬上反向而流，於是雞蛋捲又出現，不過捲子的方向改變了。從前如果是順時針的方向，現在就是反時針的方向了。電子不流了，捲子又消滅。所以在交流電的電路中，雞蛋捲是跟着電子的往復而時長時消，並且時時反向。

二、一個故事（從有綫到無綫）

有線電報太笨了。爲了傳遞消息，發電的人必須將字數縮得越短越好，然後交由發電員將字分成字母，用點和劃將它們經由一條電線傳到指定的地點。所以在這裏工作的電子，就好像只會比手勢。如能將聲的振動放進電路就可以不用那種笨辦法了。可是那

就等於叫電子開口說話，電力工程師却怎樣也辦不到這事。後來還是聲學專家貝爾(Bell)出來解決問題。

貝氏從事聲學教育多年，積有關於聲帶和人耳作用的智識甚豐。既對這個問題發生興味，便找電學專家合作起來。他是要借用他人的電學知識來有效地應用自己的聲學知識。可見他的發明基本上乃是一個關於聽覺的發明，其有關於電的一端，只是附隨的。他一開始是用一個磁性材料做成的薄膜來代表人耳。他大概是這樣想：「我談話時，聲帶振動，這我知道，也能用手摸出來，我聽話時，我的耳膜也必如聲帶一樣振動，我才能夠聽見。」以此類推，他就認定任一物品，都會響應聲帶的振動而振動。有人說話時，旁邊的書籍桌椅殆無一不起振動。對於這，貝氏相信甚堅，却很難使別人相信，因為無論如何，在他對桌談話時，說是桌在振動，並沒有人能摸出這種振動來。

但貝氏並不因為人家不信而發生搖動。磁在材料製成的薄膜在他對之談話時，雖沒有什麼振動可以用手摸到，他仍然要在薄膜下面置一電磁石，即纏有電線並以電流的磁石，意思是要用電磁石的吸力去顯出膜的振動來。

代表聲帶的裝置做成了，就又在某一處裝一相似的薄膜和電磁石，去代表人耳。原來貝氏相信，薄膜上下振動時，其距磁石的距離，一定時遠時近，磁流因之也能時大時小。磁流既然是能生電流的，磁流的變動自然感應出電流的變動。電流的強弱既然是按照磁流的大小的，自然也是按照薄膜的振動的。這樣，由電線傳出的電流，便能代表出對

膜發言者的聲音振動。到了收音那端，經由電線而來的電流，是沿着電磁石而流。在電流稍強時，磁石的磁性增大，電流稍弱時，磁性減小。薄膜受此吸引，也就時上時下，一如發話方面的薄膜，而發言者的聲音也就完全被重複出來。

上述電話的發明，直到今日並無變動。今日的耳機完全是按照這原理而製。只有口機略微變動，因為在最初的口機中，電流是由發音者的聲音直接造成的。要電流強必須聲音響。現在的口機則在薄膜之下附有一種很鬆的接觸物，並用電池對此接觸物供給電能。那薄膜只是電鈴一般的東西，用普通的聲音向它發言就行了。這是一種進步，不過到底還得有此薄膜，而此薄膜仍是貝爾當日的基本發明。

貝爾的電話機，第一次在一八七六年七月表演於美國費城世界博覽會，由貝氏本人親往表演，但公眾對之並不十分注意。千人萬人看過了，試用過了，叫聲「要得」。過後卻忘記了。

博覽會閉幕前數日，巴西國王由費城政界首領陪着到會參觀。到處都看過了。天已將暮，來到貝氏的棚前。國王抬頭看見貝爾的牌名，笑道：「貝爾教授麼？你來博覽會做什麼？」數年以前，國王曾將他的啞公主送到波士頓貝氏主辦的聾啞學校受訓練。所以國王對於貝氏的發明，極感興趣。

但公眾對於電話的趣味，長進得並不很快。兩年過去了，無人覺得有用電話之必要。他們說：「要到雜貨舖去買東西，不是很可以走去麼？要電話幹什麼？要下鄉看親友

，不會騎馬麼？電話有什麼用。」貝爾博士顯然已失望了，卻仍以口問心。如果近處通電話，大家不感興趣，就該利用基本原理，和相隔很遠，跑去不便的地方通電話。貝爾平日會注意到海邊看守燈塔的人，常以回光訊號器，向往來船舶通消息。他們是把一種「點和劃」的系統放進一束光線裏。貝爾卻想設法將聲帶的振動放進一束光線裏，去代替那笨重的回光訊號機，正和他曾將聲帶的振動放進電線，去代替電報一樣。

一八七八年在華盛頓，貝爾就這樣幹起來。他將一面簡單的薄鏡裝上一隻口機，目的是在他向口機發言時，薄鏡就起振動。薄鏡的振動他看不見，也摸不出，但他對於聲學知道得太多了，故敢斷定薄鏡一定振動。其次就讓日光照在薄鏡上，再讓鏡子反射出來的光束射出窗戶，直達兩英里外的華盛頓高等學校。當他向口機發話時，光束就起閃爍。這種閃爍太快了，人眼看不見的，但貝爾相信準有，因為薄鏡既然振動，照出去的光束一定會閃動。在高等學校方面，他的主要工具是一種感光甚敏的原素，碘。碘的導電性隨射在上面的光的分量而變動。因此他就將一片碘裝在一個橢圓形器具的焦點上，再使電池中的電流通過碘，流到他的耳機上去。

這樣，在光束閃動時，落在碘上的光線自然時多時少，因而能夠通過碘的電流也就時多時少。這時多時少的電流通到耳機裏，就按照傳來的閃爍，把薄膜上下吸引。如發話的人說「你好」，這聲音被光傳過來，在高等學校方面的耳機上，也出來一聲「你好。」這一發明，引起了多少人注意。但是作為科學家的貝爾，在實驗中有了進一步的期

察。首先，他注意到太陽隱去時，他的電話也沒用。晚間當然更不能通話。爲了補救，他就用一支探照光來代替日光。這時他又注意到一件事。用紅光時的成績，似比用紫光更好。紅光能穿過灰塵烟霧而紫光不能。就學理來說這是因爲紅光的波長較長，週率較低，故比紫光更能行遠。這事人類知之已久，卻無人加以思考。例如太陽西沉尚在天邊時的日光，每呈紅色，因爲只有紅光才能穿過若干哩塵埃密佈的空氣，到達眼簾。日光當頂時，呈白色，因爲當頂氣層甚薄，日光中七種顏色的光線，全能透達，乃混合而成白色。又在塵埃蔽空的季節，雖在日午，日光仍呈紅色，但誰肯加研究呢？

貝爾卻不肯放過。他想：「如果紅光有這些好處，就正合於無線電話之用。幹什麼在紫光上瞎費時間呢？我其實還應當利用紅光以下的紅內線，因爲紅光如較紫光合用，則紅內線必較紅光更合用。」

現代科學的泛世界衝鋒，於是就以發現這種紅線以下的電磁波爲目標。在一八九二年，貝爾教授又出現在芝加哥世界博覽會，展覽他的無線電話時，已是利用紅內線下很遠的熱射線來傳達音波的了。他第一步是造成這種熱射線，使其射在一面鏡子上，然後對鏡發言。同時又在展覽會的那頭，裝上一具簡單而巧妙的儀器。儀器中不用鏡子。在一橢圓形的鏡子上裝有一件東西，尖端上安着一片燒着的軟木。當熱線射到，並以時大時小的強度振盪或閃爍時，軟木就時漲時縮，送出一股股的空氣到這件東西上。貝爾此時耳上帶着醫生用的聽診器，就能聽得熱線傳來的話音。

這種裝置被命名為 Radio-Phone 意即輻射電話，因為用的是熱的輻射。熱的輻射能夠穿過煙霧塵埃，但不能夠行遠。但無線電的黎明期已不遠了。因為順着射線譜再往下去，還有許多更低的周率或更長的波長，可以穿過樹林磚瓦，正和紅外線與熱射線能夠透過煙霧一樣。

能擋住短波的東西，遇到長波就擋不住了。這可以這樣說明：試看湖邊滿長着蘆葦的沼地。湖中襲來的小波紋，和葦子的大小一般的，很容易被葦子吸收了去，葦子受到它們的衝擊，便起擺動，原來小波是在對葦子做工作，故穿過了葦子，小波便不見了。但如汽船經過，大浪襲來，葦子就不搖擺，大波是自往自回，穿過葦叢如入無葦之境。同理，那些波長可以和牆壁中的原子的構造相比擬的電磁波如光波之類，遇到牆壁便被吸收，牆外因之便無光可見。那些波長很大，週率很低的電磁波，如無線電波之類，牆壁中的原子便吸不了它，被它透射過去。

三、漫談無線電廣播

1 波長與週率

上節談到波長，這和無線電關係極多。現在要講它的意義，這可以從週率講起。各大都市的電力廠，所發出的交流電，其中電子是在每一秒的一二〇分之一的時間

轉反轉方向一次，或在一秒的六〇分之一的時間裏往復（振盪）一週。換言之即每秒鐘六十週。每秒六十週便是一種週率。但無線電所用週率，總在每秒數百萬到數千萬週之間。現在就讓我們看看什麼要如此。這卻要求我們看：在各種週率中，天線上發生什麼現象。在每秒廿五週時，電子每次上去所生的磁場，一定完全消滅，到電子回頭時，已無殘場可被吹走。（請參閱20頁）每秒六十週時，殘場仍然消滅。每秒六百週時亦然，甚至高到每秒六千週，仍無殘場可用。只有到達每秒六萬週時，才開始可以得到一點殘餘的磁場，可供吹向空隙。當週率到六十萬時，才真能得到無線電放射的效應。這個週率乃是廣播所用各種週率之一。週率再高上去，到六百萬時，放射就更頻繁了。最高的週率可以達到六千萬。似乎週率越高，送出的能力越強。

那末，週率和波長有何關係呢？假想這些磁場是騎自行車的人，每次電子回頭時就有一個騎自行車的人被「吹」向一個特定的方向，同時出發的騎者，自然不止一個，事實上必有許多這樣的人，被向各方向「吹」走。可是為簡單起見，我們只設想其中一個方向。在這個方向裏，有騎車的人在每次電子走了一個完全往復時，開笛出發，每一騎車人代表一個電磁場，故他們在以太中前進的速率都是每秒一八六，〇〇〇哩。他們並不知道自己走了多少路，後面才又有一個騎車者開笛出發。他們只用一定的速率前進就是了。但第一位騎者走了多少路再讓第二騎者出發，我們操縱無線電的人，卻得知道。因為騎者如果是波，則騎者在次一後繼者出發以前走過的哩數便是波長。如果每一秒有一

騎者出發，則第一騎者到第一秒之末第二騎者出發時，必走完了一八六，〇〇〇哩。騎者相距的距離，爲上數，上數就是這時的波長。更簡單點，波長就是各波相隔的距離。因此，每秒如有二位騎者出發，則第一騎者只走了一八六，〇〇〇哩之一半，第二騎者就出發了。這時的波長便是九三，〇〇〇哩。故騎者越出發的密，或無線電波的週率越大，則波長越短。

他們的速度和每秒被放行的次數或週率無關。他們的速度是和以太有關的事。假使電子每秒往復振盪一八六，〇〇〇週，那末每一騎者剛走了一八六，〇〇〇哩的一八六，〇〇〇分之一的路程，或剛走了一哩，第二騎者就出發了。所以在每秒振盪一八六，〇〇〇週的場合，波長即一哩。週率等於一八六，〇〇〇除以波長，或波長等於一八六，〇〇〇除以週率。再簡單不過。

講明白了週率和波長，請進而說明無線電的本身。

2 天線和電子管

無線電所以能夠傳遠，賴有天線。天線就是一具容電器的二屏之一，其另一屏爲地面。兩屏間的絕緣體便是空氣。如將天線與地面聯以導線，便可利用電磁感應法使此導線上的電子受交流性的電流的催動往復運動，隨之導線外圍也就跟着發生本編第一章末所述磁場的變化。

這種磁場變化，是無線電能夠行遠的基本原因，所以讓我們把天線情形再細看一下。電子沿天線的線路上行時，雞蛋捲式的磁場出現了，電子到了天線的盡頭不能再進了，磁場也消滅。電子下行了，磁場又在相反的方向膨脹開來。電子到了下行的盡頭，磁場又消滅。所以只要電子是在天線和地面間上下不停地往復，線路外的磁場也就繼續不停地長消，消長。

使用交流電時，天線上的情形只是如此。但交流電每秒鐘只能改變方向一百二十次，或使其電子每秒鐘作六十個來回。因之受其感應的天線電子也運動得不算快。我們如能利用高週率，即設法使電十上下流動夠快成爲所謂振盪電，那就會有一件趣事發生。你知道電子運動時，必然要推開以太，和船行於水一樣，要把水向兩旁推開一樣。船行如不快，水面的擾亂必很小，因爲它只將水慢慢推開。船過後，水即流回原位，其流回的速度，比船行的速度快多了，故水面不會發生大騷擾。船如走得飛快的話，情形就不同了。高速的船以很大的力把水推得很遠，船過以後，水要流回，其速率卻不會大於其本身所有經常的速度。這個速度比船前進的速度慢多了。所以水面就起很大的波動。

同樣的情形發生於振盪電的電子疾速流動於天線和地面間的時候。電子上下流動，必然要推開以太，造成以太波。以太波是從電子的所在地向外移動的。如果移動夠快的話達到了最寬波幅，電磁場在電子過去以後，即按着它本身的速率消滅了。如波的向外移動在速度上不及電子的流動，則在電子過去以後再回頭經過原處時，波也許還沒有完

全消滅。於是回頭的電子所建立的新磁場，勢必將這殘餘的舊磁場，像吹肥皂泡一樣吹向空中去，使它永不回來。

所以無線電，不多不少，恰是電子在天線地面間作每一往復時這種電磁場之被吹向空際，被吹向空際的，不是電子本身，只是電子的磁場，須緊記。但如不是因為電子運動能造磁場，當然就不會有磁場的被吹去。再如不因我們可以使電子往復極快，也就趕不及在一磁場尚未消滅之前，就好好地把它吹走。

現在讓我們轉移目標研究收電方面的事情。

也從天線看起。天線在空中隨時接收各廣播台傳來的微波。空中這種微波是時時在我們四周的。只因極其微小，人類的感官便無法察知。但收電台方面的天線却有察知這種微波的能力。當一廣播台用前述方式放出某種速率的電磁波時，這種波就以相同的速率落到收電台的天線上，並在那裏造成以相同速率來振盪的電子之流，通過天線，來到檢波器和放大管，去担任管制大量電子的工作。在放大管中，一電子的運動，會告訴十電子何時運動何時休止，一如從原來的廣播台傳到天線上的模型。這樣，第一放大管給我們以十倍於前的電子運動使我們剛剛能在耳機上聽見聲音。若我們不忙收聽，却用以管制第二放大管，則依樣運動的電子就又增多十倍。如此繼續增多，最後就能多到一步田地，可以使放聲筒發聲，一片廣場上的聽衆，人人聽得清楚。這就全靠一種燈泡形的東西名叫電子管。

電子管的用途大極了。以無線電事業而論，它幫着收電台方面檢波，和放大，又幫着發電台方面發出極強的振盪電流以供天線催波之用。它的樣子像燈泡，它的功用，在使電子從物質的羈絆中，脫身出來依照人意去做種種工作。要把電子從物質中趕出來，使能自由活動，可以使用熱力。任何熱的物體都能發射電子。不過發射出來的電子，往往遇到空氣的留難。因為當它們從一塊紅熱的鐵飛出時，會和空氣的原子相撞而飛不遠。電子管呢，幾乎已被抽成真空的狀態，所以電子在裏面就能自由活動。

十九世紀八十年代，愛迪生已注意到他的電燈泡會變黑。他猜得很對，這種積黑是從燈絲而來的。於是便將一個小的金屬屏，封在燈泡裏做實驗。卻見有條電流從燈絲流向屏，而屏則拋出一個影子。在影子遮住的地方，玻璃便不黑。愛迪的這個裝置便是電子管的雛形。他沒有繼續加以研究，自也難怪，因為那時還沒有人知道電子。

英國的佛勒銘教授首次使用電子管于無線電，但那隻管子和愛迪的相似，太簡單了，雖能使電子流出燈絲，却無法加以控制。後來德福萊斯特在燈絲和屏間安上一道柵，並使柵上的電荷雲陰雲陽，這樣一來，驚人的發明方才出世。柵帶陰電時，它就排斥帶陰電的電子，而屏極上得到的電流便小了。柵帶陽電時，它便吸引電子使以極高的速率流過去，於是屏上的電流便大起來。柵的作用就像自來水龍頭。電子可以像自來水一樣，由此龍頭來收放。你要一點點電流可以，你要很強的電流也可以。由於電子管的發期，電子終於受人控制了。

電子既已受人控制，受惠者便不單是廣播事業。電視和雷達均因而相繼完成。現在爲了趣味，索性將電子的各種用途介紹一番。至於電視和雷達怎樣利用電子管，則留待後章作較詳細的論述。

令電子管機器製造業最注意的，要算高射砲瞄準器了。讓我們想想高射砲的砲手要考慮的條款吧！他們必需測得敵機的航速、風速、溫度、氣壓、甚而至於地球的迴轉。這麼多的因素，是沒有足夠的時間作紙上計算的，然而電子管在幾秒鐘之內，就能算得好好的。這樣，高射砲稼就可以在敵機經過的航程內，在適當的時機開砲。

電子管機構很迅速地就被商業性機器採用了。有一座一百二十二隻電子管構成的機器快要完成，那將爲訊號公司每年省下用於校準儀器的十六萬六千個人工。電子計算機比任何數學家都要算得快，而且不會有絲毫錯誤。關於記帳簿和開帳單的工作，以後只要有一位女書記捧着卡片，或者一疊表格，像現在將鋼片送進機器裏一樣地送入計算機內，其餘的工作，都放心讓電子管去工作好了。大的計算機在設計製造着，用來爲工程師們解決高深的教學問題。按按這些鍵，拉拉這些桿，轉轉這些盤就什麼都解決了。

當我們走進一家工廠，我們看到電子管在工作，這些情形，在十年以前是難於想像的。電子管現在和一隻馬達，一扇門，一根運動皮帶，以及其他運動，切割，加熱等機件，聯合使用。這裏是一座巨大的渦輪熱汽機在旋轉，每一個時刻旋轉部份工作的情况，是必須知道的。電子管担任起這種工作。它把壓力、速度、溫度，以及其他重要因素

，隨時量度出來，在表件上指出。所以管理人員，只要看看表件上指針的地方，就知道機內的工作情況了。

我們再走進一家煉油廠，看看電子管表演另一方面的本領。在一個高高的塔裏，正在進行將高辛烷汽油和其他油類分開的工作，分開的速度是不是正當呢？汽油是不是純潔呢？電子管代替了化驗師的工作，通過電氣和表件的程度，將它一一的告訴你了。我們再來看看用合成法製造橡皮工廠吧。假設火爐裏面氣體含有少量的潮氣，則銹點即無法免除，而銹點却是飛機大砲和坦克車的鋼零件的大敵：於是又裝了電子管，來當心和警告工作進行。假若氣體太潮，在控制屏上的一盞紅燈亮起來，管理人員就知道應該如何去做了。這樣一具電子管記錄所測得的潮度，比撒哈拉大沙漠裏面的空氣所含的潮度還要乾燥一千倍哩。

在美國羅克得飛機製造廠，他們已不再用噴嘴來焊合一百九十加侖的汽油箱，這樣節省了六分之五的製造費用。威斯丁豪斯電器公司的工程師們，用一種利用電子管的機械，來琢磨航空母艦上的巨大螺旋推進槳，較以前所用的方法快上七倍。而鋒利的削鋼機，由於電子管自動的照應，在螺旋槳的兩旁工作（直徑二十四呎），以前要兩個星期才能完成的工作，現在僅僅只要兩天就夠了。

幾乎每種工業，都和熱分離不開。而控制熱量必須控制溫度。我們有各式各樣的溫度計，用來度量各種不同的溫度。即使祇要上下百分之一度就能影響生產品的成功與失

敗，那普通溫度計的程度，不是太嫌粗糙了嗎？電子管能以無比的精密度，在表件上告訴我們每一個時刻的溫度，告訴我們熱量是太多還是過少，有許多要燒要焊的機器零件，以前需要八分鐘現在祇需四十秒鐘。

電子管不僅用來控制熱量，也能用來產生熱量，醫生們利用了一套設備，可以在人身體內產生一種人造熱，用來治療關節炎和花柳科等疾病。病人坐在兩塊屏風之間，並沒有接觸什麼東西，一陣無綫電通過他的身體，把內部組織加熱起來，促進生理方面的作用。在這架機器內，有電子管在送出電波——確實是一種無綫電波，利用這種原理的造熱機，在工廠裏已應用得很多了。

假若我們想把金屬品像針頭大的某一點加熱，電子管加熱機是能辦得到的。假若所要熱的是一方碼面積，那也不成問題，它紅得剛剛適合工作上的需要。這是何等的妙啊，在三年以前，我們把層板膠合起來時，往往需要幾個鐘頭，甚至幾天的時間，他現在僅僅幾分鐘就夠了。這樣省下了不少的人工。無論什麼要膠要焊的地方，電子管都能致力。幾片可塑物可被熔成一大塊，條狀金屬可被「縫」合起來，「縫」的速度達每秒鐘一千八百點，真是數都數不清。用「點焊法」縫合金屬時，當整個物體還沒有熱時，就已經焊好了。假若磨一件東西，那祇要撥一撥開關，電子管就會把表面極小的突起部份磨下來，使它光滑。

送一個電子管造熱機給一個管家婦，那一定是令她感激萬分的。在電子爐裏，她可

以做麵包，烘餅乾、燉菜、烤肉，不過在烤麵包捲時，你得不到一個漂亮的金黃外皮。烤牛肉時，你也得不到起皺的表面，那是因為電子管送出的電波所造成的熱，是從麵包和牛肉裏面透出來的。你還可以拿到一個最好的磁盤子，擺在爐裏燒菜，把時間預先校準，當菜燉好時，電子也自動的關熄了。

當需要一種有選擇的動作時，無疑地，那又是電子管的事了。

電子是帶陰電荷的，所以它高與自帶陰電荷的表面，飛向帶陽電荷的表面。這一原理被應用在油漆方面，當一所金厠房需要油漆時，令油漆帶陰電而牆壁帶陽電，牆壁上帶陽電荷的灰塵被沉落在地板上，而帶陰荷的油漆霧點，都趨向牆壁了。鑲粉掉向一個緩緩迴轉的圓鼓，圓鼓經電子管電波的散佈，帶着陽電荷或陰電荷，千百萬顆鑲粉團結成爲十磅大小的圓球落下來，其餘的雜物，則掉在過去一點點，如是鑲石分爲兩堆——一堆是純淨的鑲石，而另一堆是雜物。用這種方法，可以把百分之〇·五的錫，從鑲粉裏分析出來。

有一種工程師們稱呼爲「整流管」的電子管，能把交流電變換爲直流電。直流電是朝一個方向走的正像管子裏的水是朝一個方向走一樣，而交流電則是往返變動的。因爲直流馬達有能變更速度的便利，所以許多工廠裏的機械，都喜裝用直流馬達。但是從發電廠所送出的電力，都是交流，所以要用整流管了。假若有了直流電，而想把它變爲交流電，也可經過一架「換流器」把它換過來的。在戰時物資困難之下，換流機不易獲得

，美國又設計了換直流為交流的電子管了。

由於電子管工作的細密，使「科學化管理」意義為之一新。製造工廠的每一部機器，都有一定的拍節，工作物像流水般地從這架機器流到那架機器，不容有片刻的遲誤。電子管控制每一部機器的步武，使全廠歸於一致。它向一隻馬達說，「你走得太快了。」隨即把它慢下來。在工廠裏每一角落，都有電子管在照顧和節制，使生產能照預定的計劃，毫不阻滯和停頓。

機械工廠用測微尺，量得千分之一吋的尺度，但電子管更得更精密。顯微鏡下的灰塵，是沒有一種機械方法可以量得出來的，祇有電子管能做到。在理論上，它可以量到百萬分之一吋哩！這就可以用在氣體工程方面了。即使僅僅噴口烟般的不潔的氣體闖入，電子管馬上也會把它檢定出來，而給出一個警告的紅燈。菓園主人裝用了一架電子管機器用來選橘子，每年藉此節省了成千的金錢。過重的，過輕的，顏色不好的橘子，都以閃電的速度被拋擲出來。

3 假如人眼能見廣播的波長

人眼能見的波長，自紅到紫，佔一個八音階。廣播用的波長，從最大到最小也約佔一個八音階。如果人眼能見的話，它也許也有顏色，在五五〇千週的呈紅色，上達一五〇〇千週的，呈紫色。

這都不過是尺度的關係。因為線路越長，電子在一度振盪中必須走完的路也越長，線路更長時，每一個波就有時間在電子重來以前走得更遠一點。因為這個關係，所以較長的線路所產生的電磁波，其波長也比較長。

所以我們如果要發出特定的波長，只須使電子以恰恰蓋過那個長度的適當期間，在天綫上振盪即得。那就是說，如將天綫縮短，而電子的振盪仍依常態，則它們走完這較短的距離一定更快，所造成的波長亦必更短。我們如繼續縮短天綫，結果一定產生短而又短的波長，一直短到拿原子本身來當天綫時，所產生的波長也就如此之短，為我們眼睛中的複雜構造，所謂桿體與圓錐體，所能認出。故人眼中的桿體與圓錐體，都不過是具有電磁特性的天綫。電磁波穿過瞳仁，入人眼底，就在一些桿體與圓錐體上造成電流，這個電流造成一種化學變化，把收來的電磁波以光的形式，傳入腦中。

這樣說來，我們不妨推論一下。我們的眼睛如較現在更大，因之眼後的天綫也更大，能和較長的波或較低的週率起共振，那我們在心理和生理上也許就要起反應，看見較長的電磁波了。

假想我們的眼睛真能看見廣播部份的電磁波，（這自然需要極大的眼睛，多大自然難說，）那我們所見的世界，就完全不同了。我們將看不見人，所看見的建築物，只是些鋼骨架子。只有那是不透明的。至于牆，現在看上去是不透明的，那時却將透明如玻璃。一切建築物除了裏面的鋼骨都好像是玻璃所造成，世界已改了樣子。

向全城瞭望時，一些廣播台將如巨大的燈塔。各台放出的光各有不同的顏色，有的綠，有的藍，……現在就將此時所見的顏色說說。假定你能看見這些廣播台，那就不論離台多遠或多近，都能看見台上放出的光，而這光總是一種顏色，綠則常綠，藍則常藍，絕不改變。台上奏樂時，綠光（或藍光）就閃爍起來。因為普通的廣播台，總用的是「一種週率」爲了符合那由音樂或唱歌而起的振動，只能增減這種週率的電磁波的強度。但如此台爲一週率台（monochromatic）它就會放種種不同的光，不過在這場合，隨節目的進行，並沒有光的閃爍。你所見的，將是光的顏色在往復變動。時而淺綠，時而深綠，時而天青。所以最近盛行的「週率廣播台」乃是用改變顏色的方法來代表所奏的節目，而普通廣播台的慣用方法是改變顏色的強度，而不改變顏色本身。

我們說無線電能透過牆壁，你能因爲拳頭不能透過牆壁，便覺奇怪嗎？須知光能透過玻璃，拳頭也不能啊。所以在這裏，我們的對象，不限於人目能見的光線。我們應將光線是能看見或不能看見的觀念三脚踢開。數千年來人類所受的限制，一半是從我們總信「目視爲真」而來。其實我們大家和我們的祖先用眼睛看到的，真是鑿壁窺天，僅見一線。世界上眼看不看的東西多了。只因我們的天線（眼睛）太小或者太大，所以電磁波譜中高於和低於視力的部份，我們都無法接受。（電磁波譜是什麼，講雷達時，首先就講到，請翻閱43頁）

四、有聲電影與電視

就順序言，從無線電廣播到雷達，中間還有一個必經的環節——電視必須于此介紹一下。

1 光電池

讓我們把貝爾的原始電話機再看一下。那電話機是用人聲來控制電流。不過人聲如能控制電流，一張留聲機唱片上的音樂，當然也可以用來控制電流。電話機中的電流是用以控制收話器中的薄膜的。假如我們不用它來控制薄膜，却讓他控制一個手電筒似的燈光，則燈光時強時弱的閃爍，當然可以代表留聲機片上依音樂而發生的振動。

若使此光射到屋子那頭的一個光電池上，光電池就能把光再轉變成電能。利用放大器和發聲筒，電能終於又變成聲音。可見中間一節不用電線銜接而用光，也可以傳播唱片上的音樂，這裏最重要的一件東西自然是光電池。

原來光有釋放某種原子如鉀原子中的電子之力。故如用一真空管，管的中心置一陽極，管玻璃的裏面敷以鉀粉。則將此器曝於光中時，鉀原子中的電子便向陽極飛去成爲電流，光強則電強，光弱電亦弱，若合符節。所謂光電池便是此物。

有聲電影即利用此物以發音。有聲影片的邊緣上有音軌一條從頭貫穿到尾。它的位置落在影片和排洞之間。要使音軌發音，就用一道強烈的電光射透膠片達一光電池。音軌上黑色部份的濃淡與聲音原成正比。因此射到光電池上的濃淡的光，就被轉變或強弱不一的電流，加以放大，通入放聲筒，便可聽出片中人物的音語。

光電池可以把光變為電，也可以把電變為光，經過一組附屬設備後，就能成為機械動作了。遠在戰前，我們即已看到光電池的應用。當我們在火車站，一手提包，一手挾箱，走近一扇門前，正是為難的時候，門却自動地開了。這是因為有一條光線，射在一只裝在隱蔽處的光電池上；我們走到門前，就阻斷了這條光線，於是一條電路連通，一組設備產生動作，門就開了。我們過後，光線又射在光電池上，門又關起來了。

這一原理也被應用在幾百種不同的方面。假若烟囪裏的煙冒得太黑（常常是燃料浪費的表示），一條光線被阻斷了，工程師隨即得到警告，他們是應該如何去注意燃料的情況。它能數清駛過隧道的汽車，在運輸皮帶上走過的瓶子，或印刷機上飛出的紙張。用木漿製造紙張的工廠有了它，出品厚薄一致，逢着破洞或者太薄的，就挑出來了。

走進一所設備完善的製藥廠，你看見光電池在檢定一種溶液，它即告訴化驗師，在這溶液裏面，含有多少維生素。走進另一所煙草公司，你看光電池在將一角五分錢一枝的香烟，從一角的裏面揀出來。你再去進一所工廠，光電池正為他分類並檢點成品每分鐘五萬件。

一架有光電池做為主腦的儀器能分辨二百萬種不同的顏色，而一位最精明的美術家也不過能辨一萬種，以前用猜測來配合顏色的方法，再也用不着了。假如有一位樑上君子，想來光顧你的保險箱，有了光電池，你也可以把他提住。事實上，只要有光綫反射或阻斷光綫的作用，你就可以利用光電池來工作。

因此，光電池的發明，產生了有聲電影，又產生了電視。雷達則是電視的進步。

2. 「百聞不如一見」

電視在今日，是科學上的一種成功，也是一種成功的科學。

人的聽覺和視覺，比較起來，哪個更重要呢？叫人在耳聾和眼瞎之間。任選其一，多數人寧肯選擇前者，即此可知視覺比較重要得多。目前的電影，能看又能聽多好。無線電呢，多年還是瞎眼的。如果無線電也能看的話，無線電工業該怎樣興隆起來。故今日的瞎眼無線電，不出十年必將絕跡。戰後不出五年，必大部份為電視所代替。那麼電視又是怎麼一回事？

首先，我們應明白，用電視來傳達照相是一個點子一個點子那樣傳過去的。這是因為自然界給予我們的通訊法只是點的，不是線的，更非面的。

前已說過，電報須將電文化為點和畫，分多少次傳送出去，太遲鈍了，才發明了電話。但電話也好不了多少。有句古話「百聞不如一見」，這裏便得一個證例。不論我們必

中存有怎樣一張圖畫，用言語來傳達於人時，總得先將他分割成段，成句、成字、成爲個別的音。然後將這些音分無數次傳送於人。每次只一音，多笨！

電視的問題乃將一張圖畫原樣地傳送出去。要知電視怎樣傳送一張圖畫，不妨先看一看新聞紙上的濃淡色圖畫，那就是用千萬個小點子拚成的。爲什麼用小點子？因爲墨水印在白紙上面，總是黑的。要用黑色去印淺灰，深灰，使成一張濃淡色的圖畫，就必得利用一個大小黑點的系統。在這系統中，各黑點的中心總是相隔同一的距離。這是不變的。變動的只是點子的大小。如果點子小，黑點蓋不到的空白地方比例大，我們的眼睛便感到灰色。如果點子極小，空白極大，你便看見淺灰。如果點子極大，有些地方甚至彼此緊貼起來。留下的空白極少，結果便呈黑色。

電視就利用這個技術，將一張圖畫，每次一點地傳送到遠處去。不過傳送的次數是慢不得的。慢了時，眼睛就只見點子，而看不見圖畫。攝製電影的人，要予人目以動作的印象，得在每秒鐘裏發出一種五二五行的精細圖畫三十張之多。畫中人伸臂的動作，分成三十張照片連續地傳給你看時，你看見的，本來只是臂膊的三十種位置，却因太快了，眼睛便受了騙，認爲那是一次很圓滑的動作。這是活動電影的原理，而電視也只有如此。

但電視所以可能，是由於電子學的昌明。開始是由一個電子照相機，即一光電池將畫圖檢起。但畫圖必須分成數百萬個電的跳動，再將這些跳動每次一個地化爲一束目不

能見的射線中的閃爍，從一個廣播台發出來。這些閃爍被接受方面的光電池檢起以後，就又轉變成電流，在銀幕上拼成原樣的圖畫。這倒是不怎麼複雜的。

比較複雜的，是接收方面用以顯影的陰極線管。這管後來又被雷達借用，故不能不詳細介紹一下。

陰極線管的一端裝一玻片。玻片內面塗有一種會發光的粉末。這裏用的那種，並不能在黑暗中放光和夜先光錶上用的一樣。却有一種特別性能，即當一股電子噴在粉上時，粉就放光了。不過怎樣去噴射那股電子呢？要用一電子噴嘴，裝在陰極線管的頸部。電子噴嘴的形狀很像花園中所用噴水器上的噴嘴。噴水的嘴子可以用來控制自來水，集中成流射出去或分成水滴，作為水花噴出去，也能弄成極細的一股水，射向花園的牆上，寫字或作畫。陰極線管的嘴子，也有相同的功用。故又名電子槍。從熾熱的陰極上燒出來的電子。就由這嘴子拿來射經一連串的小縫，把它們逼成一條極整齊極細微的電束。射到管那頭時，電子所蓋過的地方，只有兩層紙那樣厚。

這程序可以很簡單的用一枝手電筒在一間暗室裏表演。手電筒當電子噴嘴，手電發去的閃光束，當電子流，室內的白牆就當發光幕。這樣，閃光射到牆上造成小光點，正和電子流在陰極綫管中的作用一樣。

不過電視要在每秒鐘傳出三十張圖畫，每張分成五百多行，每行分成若干點，一共約需四百萬點。這四百萬個點子得按着前後的次序，一個一個地在一秒之內全部發出。

次序必不可亂。這似乎很難辦。但工程師聰明極了。只要把嘴子順着部位的次序，每秒鐘連續放射四百萬次就行了。嘴子射出的點子，在發光幕上旅行，從左到右走完了一行再走一行，大約走完了五五行，一張圖畫便走成了，（實際上當然還要複什一點，但這是基本原理）。這樣的路綫，電子噴嘴在每秒鐘裏要走三十次，其快可想而知。點子動得非常之快，人目當然看不見點子，只看見綫。綫又完成得非常之快，故人目但能見面，而又變動得快，於是所見只有動作情形。

電子的射束沒有惰性。只要將一磁石放在附近去吸引它，就可以加以控制和指揮，使此光點遵照人意思往來移動。假如我們想利用這光點來作畫。某處要用一個全黑色的點子時，嘴子走到那一處便被關閉，使電子不射出來。過了那一處才又放開。這樣，全面都很光明，只有那一點地方，因為沒有受到電子的照射，便不放光，便呈黑色。顏色是這樣地有黑有白，一張圖畫，自然就出現在陰極綫管的幕上了。嘴子還可以不完全關閉而只關閉一部份，使光點略微暗點，然後又復原。在電視中，這樣的部份關閉有六級。所以幕上不但有黑有白，還可以有明有暗。所造成的圖畫，就比報紙上的濃淡畫更高明，而和美術照片相彷彿。

本章大半取材於美國 Grimes 的電子學演講集 (Meet the Electron)

第三章 雷達和反雷達

一、電子怎樣幫助盟邦打勝仗

「這次戰爭是原子彈結束的，但仗是雷達打的」。盟邦科學界流行着這樣一句公道話。

原來雷達能將人類的視覺延伸到前此不能達到的領域。望遠鏡和顯微鏡都是延伸人類視線的工具，但都有一條件，就是必須有光來照明。在漫天大霧中望遠鏡望不遠了。燈光熄後，顯微鏡也喪失功用。可是雷達可以望遠和辨物，黑夜和烟霧均不能妨礙其視線。故在此次大戰中，它對陸海空作戰人員，幫助極大。它首先幫助英國預先警戒納粹機羣的來襲。後來又幫助盟機風雨無阻地施行對德的定期轟炸。從守到攻，無不依賴雷達之電眼。故其功真不在結束戰爭的原子彈以下。

問它何以能如此，也不過是因爲它是一種驅策電子的新機構。它所放射的那束特種電磁波能夠穿雲度霧。觸到遠近任何一物體時，就會被物體反射一部份回來，在雷達的幕上轉變成形像，使人一目了然於那物體的位置和形狀。無線電定位器是它在英國的名稱。美國叫它做雷達 (Radar) 則係 Radio Detection and Ranging 四字之縮寫，即利用無

線電以偵察及定程之義，兩種名稱中都含有無線電字樣，可知它是無線電之又一型式。關於無線電的原理已於前文述過一個大概了。現在進而詳述無線電的這一戰時新發展，自然不嫌突兀而易懂。

二、偵察敵踪的電磁波

要明白雷達必須追溯到它的淵源——電磁波譜 (Electromagnetic spectrum)；如果電磁波譜是一個極巨的音鍵盤，那末，人目能見的光線就大約落在中段的 C 音鍵處。上數一個八音程是紫外線，更往上，是愛克斯光線，加馬線，宇宙線。上到第三個最高音部還有一大段，是什麼，目前尚未研究出來。回過頭來，再從中段的 C 音鍵處往下數，前三個八音程為紅內線所佔。接着是幾個八音程的無線電波，範圍內大小各音鍵擠得很緊，依次是電視波，週率調節台用波，傳真電波，短波無線電波，標準廣播無線電波，感應熱波，和長波無線電。最後數到了低音部的最下一階時，才是普通的電力波。中段的 C 音鍵以下的第四到第六個八音程——這是介乎紅內線和電視線之間的無線電波區——便是雷達的區域。

如果所有這些音鍵同時發音的話，他們的放射速同為每秒一八六，〇〇〇哩，所以他們只能用週率來分彼此。深在電磁波譜下層的電力射線，週率極低，而高在最高音部

的宇宙線，週率則超越尋常之高，但二者的速度均爲同數——都可以在一秒鐘內環繞地球七遭。不過在那其間中，由電力之源而來的能力只環繞世界送出了六十個巨波，而宇宙綫所送出的小波則數以兆兆計。波數上的這種分野，使電磁譜各部份發生了極不相同的特徵。每秒鐘數百萬億週的週率爲人眼所能接收，就轉變成了可以看見的光。紅內綫因爲週率過低，爲人目所不能接受，却有穿透黑暗或烟霧的能力。紫外綫因爲週率過高亦非人目所能接受，却能在人體中產生了種維他命。週率再高的X光綫能穿過肌肉，木材和五金，而我們所知週率最高的宇宙綫，且很容易穿透十四呎的鉛板。

吾人所最熟悉的電磁射綫，落在無綫電波所在的那一段地方。長波無綫電廣播觀念所以發生，是由於有人發現了低週率和中週率的無綫電波（每秒從一萬到五千萬周），從送波器飛向空際時，就會被環繞地球而高在高氣層之上的一層帶有電荷的氣層所反射，並在地面和上空之間若干連續的點間，上下跳動。其次，人們又發現這些波會隨地球的曲面而折曲，並且當牠們沿地面而放射時，常能達到天波各反射點間的區域。第三，這種波還有一種特徵；即它們從發送器放出後，能夠穿過樹林，建築物等阻礙物而達到接收器。無綫電波的這些特徵，被發現適用之後，洲際和城際的無綫電網乃有建立可能。

在無綫電鍵盤的較低部份積了許多知識之後，實驗家開始研究較高那一部份——即週率爲每秒數百億周的那部份，這裏所遇到的却是全新的一列特徵。當這種週率特高的電波被放射向天際時，它們並不能爲高氣層所反射而回到地面，却只完全消失於空際。

其次它們也不隨地面而折曲，却只沿着一條和地面成切綫的方向前進，直到天邊，消失於空際。第三，它們也不能穿過固體的障礙物，却爲障礙所反射而回頭。總之，電磁波的週率越高，它就越不像無綫電波而越像神祕的「光」波。再則如將以百萬計的此種波峯緊束在一起，它們又可以和探照燈的光束一樣，被集成一窄狹而高度集中的能力之柱，一直射到天邊。對於初期實驗「電視」的人，這幾種特性提供了巨大的利益。高週率的電磁波，在用光來調制時，被證明爲一種具有特強效率的傳遞者，遠非低週率各波所能及。

然而它們有被途中物體反射回頭的傾向，這一特徵却被視爲一種無可補救的害處。但當實驗者向每秒數百億周的週率前進時，他們查出這樣得來的回響是越來越清楚。於是就和夏夜的流星一樣，人們的心頭，突然閃出了雷達的基本原理。而這個原理曾爲世界各處許多人在差不多相同的時候看出，所以尤其像夏夜的流星。放出的電波和射回的電波在速率上同爲每秒一八六，〇〇〇哩。故從波被放出到波被收回，其間所經過的時間，即是從放波器到中途障礙物，再從中途障礙物回到放波器，這次來回所經距離的精確尺度。中途障礙物可以是敵人的飛機輪船或潛艇。如能測出它們的距離來——無論是在黑夜，層雲，或濃厚的煙幕中，只要它們落在一百哩的半徑圈內，即能測出它們的距離來——這就等於說在防禦上我們可以備無患，因爲高射砲的火力可以集中放射，戰鬥機的出擊也可以結集於最危險的幾點。可是進一步看，中途障礙物也可以是敵人的海

岸線、城市、飛機場、鐵路、一些可能投彈或以海軍大砲轟擊的目標。防守性的雷達很可能變為進攻性的武器。這種革命性的解釋，其為人所瞭解却是最近數年的事。

（本節及以下兩節均譯自十月號美國幸福雜誌）

三、神奇的雷達構造

雷達的構造？簡而言之，包含三部：

（一）發波器一具，要能向空際發送脈搏狀的能力之流，週率特別高，力量非常強，比最大的無線電廣播站所放送的，還要強大若干倍。

（二）收波器一具——和發波器直接聯在一起——要能檢出僅當於送出能力的十億分之一回波才合用。

（三）測量時間的裝置，要能將去波和回波間所經時間，以一秒的百萬分之一為單位去記錄下來。和無線電一樣，雷達的作用開始於電子管中電子從「燈絲」向「屏」的流動。在這兩極之間，加上第三種要素「柵」。一個陽電荷流到柵上時，電子得到激勵，就能更多量的在管中流動。一個陰電荷流到柵上時，管中電子之流，就能被它所拒，至於電流完全不能通過的地步。當陰陽兩種電荷以每秒鐘一千次的速率更換地加在柵上時，電子管也以同樣的節奏起着脈衝狀的電流。這個電子管便是主要的振盪器，整個雷達儀器的

時計、都由它來控制的。如果它的脈衝被放大，那就是說用它來管制電池中所貯數千瓦特能力的收放，則其結果仍爲每一秒鐘脈衝一千次，但每次的能力，則均高到數千瓦特。

像這樣每秒數千次的脈衝，拿來供雷達之用時，週率實嫌太低，換言之，它還不能直線前進，射中標的後被反射回來。因此還要把它送進一種叫做磁子機 (Magnetron) 的儀器，或者他種超級高週率的發生機，把每一脈衝中的波峯數，大大增加起來才行。磁子機將這種脈衝的電子放在一個磁場中旋轉起來，使它們以極高的速率飛行，然後再替其中某一部份加速，另一部份減速，結果每秒鐘一百億到二百億波峯的新週率即被產生出來。故從磁子機放射出來的脈衝的電子，就像一些被包裝在壓緊了的彈簧裏的大口徑砲彈，打中目標時，並不就打進去，却只爲本身彈簧的反射作用所彈回。

脈衝電流離開磁子機時，就被閃射到天線上，從那裏再射向天空。從磁子機到天線的這一段閃射，須借助於大而空的導波器，而不能用電線，因爲微波的週率太高了，極易向空際飛散，很難令其沿普通電線而前行的。雷達的天線奇形怪狀，不一而足，有 *Dipoles*, *Horns*, *Pillboxes* 種種名稱，蓋隨用途而異其形狀。一種重要的飛機用雷達的天線，是金屬和塑膠合組的一個丁字形，它從一個拋物線形的大反射器的中心突起，就像一根花蕊，脈衝電流從這個花蕊的尖端放出來時，就反跳到反射器上，反射器則將這股能力集中成一窄狹的橢圓形的電束，射向天空。在每秒鐘向空際傳送以百億計的這

種脈動時，天線每分鐘須作一到二三十週的旋轉。天線放出的電束，依天線所指的角度，可以掃射天空或地面，恰像一支看不見的探照燈光。它的照程，論高可以射中飛得最高的飛機，論遠可以瞄準射線的極處。（和人眼一樣，雷達的照程也能伸長若干倍，只要把它裝在離地夠高的地方。）

如果從天線中射出來的一次脈衝，在它的照程中撞到了一個障礙物——如一飛機，一山峯，一船，一岸甚至一朵含雨的雲——其中便有一小部份馬上被它反射回到放它出去的地方。但這回頭的能力，因為並無方法集中，就向各方散射。所以尋路回到天線的能力，只能當於一瓦特的一個無限小的分數。這是說分量，再說時間，放出去的脈衝及其回波，完畢全程所佔的時間合在一起，也只有一秒的百萬分之幾，所以在磁子機所放出的次一脈衝實行放送以前，它早已回來的了。因為我們知道次一脈衝是被規定在回波到達千分之幾的秒以後才再放出的。在這一微小的間空裏，天線可以自由接受回波而無阻。可是爲了使那巨大的去波不致擠入收波器，因而使那微弱的回波消失在發射的線路中，就要用一種特別的發收箱，發射和接收兩條線路在這箱子裏差不多完全是絕緣的。發收箱和測量極短時間的裝置，二者的設計可以說會絞盡了雷達工程師們的腦汁。

微弱回波射中那拋物線形反射器時，就跳回到了丁字形的花蕊，從此流入接受機，在那裏面被一精密諧配的石英檢出來。不過脈衝電流既已回來了，那原本極高的週率，在將脈衝電流送出又帶回時雖爲必需，現在却已不需要了。爲了將微波週率減低到可供操

縱的水準，就得使它和來自超級高週率發生機的另一超級高週率相混合。簡單說，石英中所遇到的事情，基本上就和無線電中「無極外差收波器」裏面的情形相同。新加進去的週率將原來的週率對消了一大部，這樣一來，這個脈衝的週率便被降低。剩下來的便是一種易於控制的低週率。這低週率的脈衝電流即在下述方式中進行工作。

截至這一點為止，雷達之所感覺，是在人目能見的水準以下。它所看見的，如果要使其對於人目也有意義，則在雷達的視野與人目的視野間，必須找出一個共同點才行。這共同點便由一種和電視中的陰極線管相類似的記振器來求得之。藉着這種陰極線管，返回的脈衝能力便被轉變成種種符號去表示障礙物之方向和距離，使人可以讀出。

陰極線管是裝有一個平圓之幕的一種真空管，幕的內面塗有發光的材料。一股電子便從管的陰極取着一支直束的形狀，流經一柵而達到這發光之幕。這時候這個電子束就對幕上的發光材料加以激勵，使幕上發生一個光點。這個光點可以在多種方式裏叫它工作。在許多種不同的雷達記振器中，這光點能在幕上前後移動每秒一千次，移動所藉的工具，便是一種受制於前述主要時計的電輪。其結果對於人目便是一條耀眼的光束——叫做時基，又稱 *Streak*——橫貫於幕的中心。這個時基和雷達的天線掃描天際的時間被調整得亦步亦趨分毫不爽，由障礙物反射回來的任何微弱的回波，均被作爲一個陽電荷傳在那落在陰極和幕間的柵上。這時，因爲更多量的電子得在管中通過，時基上就出現一個記號，叫做峯這個峯在時基上的地位，便是障礙物距離的尺度。

另外一種記振器叫做平面定位器。在此種記振器中，藉着一具裝在幕邊的電磁石的啓閉，時基是取着輻射線條的形式，從幕的中心射向幕的邊緣。再使這塊電磁石以恰合於天線旋轉的時間，環繞器外而旋轉。譬如說每分鐘二十轉——則時基受其影響，就能像鐘上的指針一樣隨着磁石環幕而走。在這種裝置下，一個回到天線來的回波，被作爲一陽電荷加在陰極線管的「柵」上以後，它就能在時基上造成一極亮的光點。時基移動後，螢光的持久性，在幕上留下一個地圓般的輪廓，將天線所精密觀察到的那片區域完全表現出來。藉着算式和比例尺之助，那光明之點可以立刻被讀成種種的意義，如角度（即對某一固定之點如「正北」的角度是多少）、高度（即離地面之高度是多少）。和距離（即以去波與回波合經的時間對照着已知的速率而劃成的曲線，在幕上則表現爲直線的尺度）。根據這些材料就可以定出障礙物的確實所在了。

四、雷達建立的戰功

1 空中的戰功

雷達乃現代戰爭中一種最多能的武器。爲了適用於各種目的，它的體重，小的只有百磅，大的可以重到三十五噸。內容非常複雜。但以適用的場所爲標準則可分爲空用，海用和陸用三大類。三類之中用途特別多樣的，首推航空用的雷達。飛機如因天氣惡劣

而迷失航線或找不到目標，雷達可以把它們從重雲中引導出來，可以替它們找到目標，又可以自動去運用投彈瞄準器。它永遠被放在以航空母艦為起飛場的飛機中，被其中駕駛員視為不可須臾離的恩物。原來他們要在低空飛行中找到敵人的灘頭和防線，要能察知敵機的蹤跡，並能安全返回母艦，都靠牠的指示。

雷達又能找到敵人的運輸艦隊，幫助魚雷機去放射所載的魚雷，指引轟炸機去集中火力應付夜間來襲的敵戰鬥機，或指引夜間起飛的戰鬥機去進攻敵人的轟炸機隊。它能找到陸上任何一小地點，和浮於海面的一切潛艇。甚至大洋中飄泊着的救生艇，也逃不出它的視線。它能測出暴風中和黑夜中航行的飛機離開地面的確實高度，能夠顯示橫於機前的山峯和風雨線，能夠警告航空人員免得免於空軍互撞。一架飛機或輪船有了它，還可以放送一個特殊的符號，使海上的友艦或陸上的友站在接收到符號以後，停止開火。同理，凡不能放送此特殊符號的機船，就可以被判定為屬於敵方。雷達的這一適應，叫做「識別友敵的雷達」。運用這種雷達時，雷達管理員必須注意一點，即只有身在友境時，才許放送他的特殊符號，不然的話，他就向敵人暴露了自己的位置。但如到了友境，他却忘記放送符號，或者不能確定這地方是否友境而不敢放送符號，那時候，敵人固然要開砲射擊他，就是友人，因為無法辨別，也會對他開火的。

空中雷達在此次大戰中建立了不少大功。一九四四年冬天，惡劣的氣候籠罩歐洲，而短短的冬日又縮短了飛行的時間，那時候，「密爾」式 (Miles) 雷達投彈器，使盟軍

的飛機能夠維持其對於敵境目標晝夜不停的猛炸。那年夏天，它又使英國空軍能在實行挪曼第登陸以前的廿五分鐘，穿過重雲密佈的天空，炸開德人的防禦線。在阿留申戰役中，美機能在極暗的光線中起飛，航行，並對日本陣地施行猛炸，然後安全返防，也全靠着一種舊式的海軍雷達，名叫「飛行搜索器。」

航空雷達在太平洋上的功勞，比在歐洲遠大。一種低週率的雷達，名叫羅倫 Loran（意即長程航行的幫助）的，會將水上飛行的困難大大減輕。一位航員將兩對相隔甚遠的無線電站，調節成諧配狀態，這些無線電站所發訊號被收到後，就在記振器的幕上顯現出來。這樣，接到這些訊號的時間就可以被測定。再將這些材料用經驗推定法和三角測量法加以利用，飛機本身所在的地點，就可以算出來了。「羅倫」和「密開」同用時，以小島為目標的長距離空襲，就更準確更安全了。

在各種雷達中，以海軍飛機用以搜尋海面上敵方潛艇的雷達，單位體積最大。在一九四二年，德國的U形艇，以每天一六，〇〇〇噸的速率擊沉盟國的船舶。到大戰終結時，盟國裝有雷達的飛機，卻能以大約每日一艘的速率擊沉德方的U形艇。太平洋上雷達的另一特殊的適應是低空投彈器名「拉伯」Lobo。它會使盟機在低空中以令人難信的準確，去襲擊日方的船舶。例如有一隊W-12號機，因為裝了「拉伯」，就能以一個月的短期在中國海上擊沉日船一一〇，〇〇〇噸。拉伯也會用以轟炸荷屬東印度的煉油廠。雷伊泰之役，美海軍所以能轉敗為勝，也全靠拉伯之助。

2 海上的戰功

一架巨型機，至多只能攜帶一具幫助航行和投彈的雷達，一具識別友敵的雷達，一具測高雷達，和幾具控制砲座以抵抗敵方戰鬥機夜襲的雷達。一艘輪船卻能全船到處爲雷達所擠滿。大砲座和二等砲座——從五吋到十六吋口徑——有它自身控制發射砲彈的雷達。艦的上層裝有好幾種搜索敵蹤的雷達，辨別友敵的雷達自然也在其內。別動艦隊靠着所裝的雷達，才能一艘緊跟一艘，不致脫隊，才在完全的黑暗和密接的隊形中以高速進行「之」字路線而不致互撞。

當敵艦或敵機遠在若干哩外即被偵知時，它們的行蹤就被顯示在雷達的幕上，跟着負有戰鬥任務的空中巡邏隊接到命令進行襲擊，再如敵人來得更近了，控制艦上大砲開火的雷達，就能向大砲瞄準器供給計測射程，高度和位置的材料，此器則以此項材料爲依據去改正船身的移動等因素，使砲彈射出去，一定可以命中。砲彈射出時，坐在幕前的雷達管理員能夠看見砲彈飛越水面上空的途徑。如果命中了的話，他又可以看見幕上代表敵艦的那個光點開始消失，終於失其所在。這樣，所以在海戰方酣中，戰鬥情報部的人，一樣能對進攻中的我機，敵艦，甚至幾中未中的砲彈有一明晰的圖畫。在一九四一年五月，德艦畢斯麥號第一砲就擊沉了英艦胡德號是雷達之功。英海軍隨即追蹤前進，將畢斯麥號擊沉，也賴有此物。

從一開始，雷達就是海軍中人的興趣所在，因為他們看出對於一個四圍皆水的目標，雷達的功効最著，但海軍的興味特別集中於微波雷達，這是因為一枝微波電束從水面反射時所取的角度，常使它一點也不能回到接收器來。水面反射的回波既不能回來，目標反射的回波就在幕上顯得格外清楚。航空用雷達之幕上常見的那些「地面叢影」，往往使目標顯得模糊不清的，這裏全沒有了。

3 地面的戰功

在陸地上，高射砲用雷達的天線，已發展了一種新形式，能夠鎖一般鎖住敵機的影子，自動地追着它轉移，更牽着一些亦步亦趨的砲座一齊移動。機械的或電子的計算器接收了雷達供給的材料，加以必要的修正，以抵消彈道的偏差，風向，溫度的影響，然後引燃信管使砲開火。小型的雷達曾被製造出來專供灘頭的緊急應用。在暗雲低垂中，一小隊人受命在替大隊傘兵作降落的嚮導。這少數人比全隊早幾分鐘跳下去，找到一處安全着陸場之後，就裝好一具放送機，送出一個密碼。後面的運輸機中所裝的記振器接到了密碼，譯得意義之後，大隊傘兵和給養就跟隨而降。

那有名的飛機降落地面控制法，在多次空降前線業已用過。它乃地面雷達的一種最重要的適用。管理員藉助於目前一架記振器，確切看見了一架要在惡劣氣候中實行降落的飛機之確定地位以後，就引導機中領航員飛到適當的高度和位置，使機身和機場跑道

成爲一線，然後引它飛到離跑道盡頭幾呎的地方着陸。

地面控制的空中截擊法，曾引導戰鬥機羣飛到適當的地位去對敵機施行截擊。

此外地面搜索雷達又可被利用以觀測氣候，法以氣球一架升入雲空，再以雷達的視線追尋其行蹤，並在記振器上測定其行速和距離。如此得來的材料可依據以預測氣候的變化，因爲高空各層的風向和風速，都可藉此推算出來。

地面雷達也會被加以節制，和探照燈同時移動，使夜襲的敵機無法逃出高射砲的火網。

也許功勞最大的地面雷達是那有名的搜索器，它不但對噴氣推進機和 Me 109 號大砲自動瞄準器供給擊落飛彈的材料，並且事實上曾追蹤該彈回到法國海岸，使盟機能夠毀掉它的發射場。

有人估計第一次大戰中平均需彈一七、〇〇〇枚才能射落敵機一架，今天則平均九十枚砲彈，即能擊落敵機一架，這個差別的造成，大半歸功於地面控制的雷達。

五、德國的雷達怎樣被征服的？

然而雷達只是故事的一半。其另一半爲反雷達。這是一九四五年十二月底才由美國軍部發表的祕案。

本來，盟國如只有雷達而沒有反雷達，盟國的轟炸機要能逃過德國雷達的監視而隨時深入德境，便是一件不可思議的事。惟其美國在反雷達上也曾費去大量的精力，得有卓越的成績，才能在短時間內把納粹炸到屈膝投降，收到世界大戰提早結束之美果。

美國在反雷達上花去的金錢，據說在三萬萬元以上。但因此項發明而獲救的船隻與飛機，實不知為上數之多少倍。

反雷達的總司令部是哈佛大學的生物學試驗室。該室在平時是擺滿了猴子和狗頭魚的，後來都被搬走，讓位給一羣電子學工程師去研究掩蔽敵方雷達耳目的方法。反雷達的設計成功了，還得實地試驗其是否合用。他們便以一英里外麻省理工學院的輻射試驗室所裝雷達為對手。兩相苦戰於劍橋的屋頂。

後來拿到戰地使用時，日本的海軍雷達，被它弄得功用全失，盟機對日進攻時，真如入了無人之境。在歐洲戰場卻不然，偏佈歐洲海岸的龐大雷達網，眼睜睜地守着盟方的船和機。德國佔領區內地，還有無數形如電爐的雷達(Wurzours)。在他們的幫助之下，納粹的高射砲，便能針對盟機作準確的射擊。如果盟方沒有反雷達的幫助，對德長期轟炸政策也許就會失敗的。

反雷達是什麼？

原來反雷達專攻雷達的基本弱點。我們知道，雷達送出去的波，若不由標的物反射回來，就無法定出標的物的地位。而這些反射回來的波又太微弱，在平靜的天空雖足以

指出標的之所在，卻經不起擾亂。從事擾亂者，如果利用一架發波器向空射發週率相同的波，那末，就是力量很小或者離得很遠，也可以使敵人的雷達看不清楚天空的真象。利用雷達的這個弱點，盟國科學家製成了許多種反雷達。

（其中一種名叫土巴（Tuba），被安設在英倫南部，向歐陸天空射出大股的無線電波，從事干擾。英機對德夜襲回頭時，土巴便從祖國伸出一隻掩護之臂。在這隻臂膀的蔽護下，納粹的戰鬥機無法找到英機。原來德國雷達幕上所現出的，除土巴的龐大暗影外，什麼都沒有。）

美國的白日轟炸機羣呢，卻因機羣密集（那是對於德國白晝戰鬥機的必須防禦）極易受德國內地用雷達來瞄準的地面大砲所攻擊，他們對於土巴的幫助便不很多。因此，它們就隨機攜帶毯式反雷達（Carpet）。那是一種小發波器，能發射繼續不斷的波去擾亂德國內地雷達的視線。由於這種武器的保護，美國白晝轟炸機的損失，也就減少了一半。

還有一種反雷達，名叫窗式反雷達，乃是一條條鋁質的薄片，從機上擲入空中。鋁片只要二兩重，散在空中以後，在敵人的雷達看來，就像一架完整的轟炸機。英人在一九四三年對漢堡的轟炸中第一次使用了它。當這種無數條的鋁片，被敵人的雷達偵到時，敵方人員一致高叫道：「敵機竟能一變二，二變四，有分身術，真奇怪極了。」

在反雷達被大量使用時，向歐洲作大規模的空襲，成了一件複雜的程序，負有誘敵任務的飛機擲下線條型的窗式反雷達，使納粹的預行警報雷達的幕上，佈滿了無數假轟

炸機。同時英倫南部的土巴反雷達，也放出大股的無線電波，大肆干擾，使空中的混亂更增。每架機上又都帶着毯式反雷達以眩亂敵人雷達的視線。同時又放出更多的窗式反雷達，遮天蔽地，耀眼欲花。使敵人真偽難分。

美國生產了三十二萬噸窗式反雷達。把歐陸披上了燦爛耀目的一件金銀線織物。納粹會懸賞七十萬馬克以求對付之策，並沒有得到有效的結果。

（譯自 Time 一九四五年十二月三日號）

六、雷達的將來

雷達在目前還有若干缺點。它既只能直線前進，就無法察看地面以下的物件。又因它不能夠看透水或許多種固體障礙物，屋子裏面的祕密，它也許永遠無法察知。

在地平面上，雷達的電束會被地面上的凹凸拆散，所以它決不能如一般人的希望，用在汽車或火車上以防撞車。但它的未來用途，究竟還是極大的。

茲將雷達的未來用途，分地面和天空兩方面說明如下：

在地面上，雷達既然可以使我們在黑夜中濃霧中，或者在相離若干哩以外的地方，看見天空的飛機。因此我們就可以相信總有一日不會再有遠路的飛機，在天空中繞圈子而終於找不到降落場。

未來的民用機場上所設上空交通管制塔，將能向一位爲濃雲所包圍的飛行員，告訴他的所在，並指引他平安着陸。從此前進一步，地面上的雷達管理人必能直接指揮飛機的進程，而無須乎機上有人執行他的命令。蓋由一位地面上的人去告訴一位看不見的飛行員他應怎樣做，前進到用一具儀器去自動管制飛機的行動而不要人來干涉，這其間只是一個很短的步驟。自民用航空的立場來看，雷達自然是一種救生的東西，但我們又很難想像潛伏於人類能力中的，還有一種怕人的可能性，就是去建造無人駕駛的飛機，飛彈，火箭和利用噴氣來推進的殺人利器，上面滿裝原子彈，追隨一條不可見的雷達電束，進襲指定的目標。這種情形實現時，世界便太小了，人們極少可以避難的地方，思之不寒而慄。

地面上長着千里眼的人將宰制空中的一切，這是一種可能，比這一可能更加可畏的，是天空中人將能從遠處偵知我們的每一動作，戰時的經驗已經告訴我們，只有極少的幾種物件能逃雷達的眼。即使是停泊在最偏僻的水面上的船，也不能逃出高空偵察機上的雷達之眼。黑夜行進的卡車在遠在數十哩以外的雷達影幕上，一樣要現出移動的軌跡來。立國在一個雷達世界中，將沒有祕密可守。技術先進國和後進國間，鴻溝日闊，先進國不難於反掌之間，將後進國消滅無蹤，這是多麼可怕啊。

不過作爲一種和平工具，空中雷達也有許多用途。航空人員可以很快很精確地替世界各處尚未經過測量的區域測繪地圖。最近美國訊號大隊已試用雷達去測繪月球了。重

雲霧將遮不住人目對於水道，山巒，叢林的鳥瞰。航空人員無論飛到那裏，都能有一張目所不見的機下地圖展在面前。從此「視度爲零」的情形，將不再有。雷達影幕將成爲一張最真切的活動空中航線圖。

再則裝在輪船上時，雷達可以保險船隻不致和冰山暗礁或他船相撞。它能在漫天大霧中，領導一艘開足馬力的輪船，通過極擁擠的港灣而安全靠岸。因此，雖然雷達的許多戰時工作，平時都可能用普通的無線電來代辦，工程界對於雷達的戰後前途，仍作殷切的期望。認爲可以成爲船上或民用航機上不可少的設備。

最近美國陸軍訊號大隊又提示了雷達的一種新用途，即幫助盲人行路。基本的概念是由盲人身上掛一小箱，箱中射出窄窄的一束雷達電束來，盲人只要把這支電束在身邊左右幌動，就可以決定應走的路線。因爲電束碰到一枝電桿一排籬笆或任何一種障礙時，它的回波就反射到一個鏡子裏，再被鏡子集中焦點，射在一個光電池上。這時候盲人的耳機上就發生一種溫和的嗡嗡聲，警告他阻礙物已在近邊了。由箱子所指的方向，盲人可以知道障礙在那一方面。由嗡嗡聲的長短，可以知道障礙物離身邊有多遠。不過箱中射出的電束還是脈衝性質，和真雷達的電束完全一樣才行。如用直流的電束，則從障礙物反射回來的訊號和由日光或人工燈光而來的假訊號全無分別。只有使電束採取脈衝的波動，而光電池也被做得只能對於脈衝的光線發生感應。這樣，一切非脈衝的光原，才不能對它發生影響，使盲人無從辨別。

上舉之例，自然只是戰後雷達新用途之一種。因為雷達工業在美國已是一個二、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇元的大規模工業，美國資本家爲了打開平時的銷路，還非在雷達的平時新用途上努力研究不可。可是對於物理學者，雷達不過是微波的發現所開拓出來的園地之一角。

微波在目前還大部是一種神祕現象。它像水一般流過一根管子，能被人體反射，能被調制以傳遞聲浪或照相。所以能夠控制微波之後，遠隔在數哩以外的人們，不難互相傳遞一支電束，作親切的對談。如果再藉中繼塔或中繼飛機的幫助，電視或電影都可以用微波來廣播了。

最引起高深科學家的驚奇的是：雷達在測量時間上所表現的驚人準確性。人們現在已能把時間計算到百萬分之一秒。所以科學家都在確信關於人類的宇宙——從原子到星球——不久就要有重要的新發現了。有的甚至夢想從月球上會射回一雷達的回波來！

（本節大半取材於拉比教授在 *Atlantic Monthly* 一九四五年十月號上發表的論文）

第二編 原子彈

第一章 天然間的原子爆炸

一、原子核中的小天地

楔子談到原子的構造時，只說到含有質子的原子核帶有陽電荷，沒有談到原子核的其他方面。誠然，化學元素間的差異，只在原子核所帶正電荷數量的多寡，因之也可以說是只在圍核而轉的電子數的多寡。而各種原子間的化學變化，也只在於各種原子外層電子的交接，可是各種元素有沒有互變的可能呢？古人所謂：「點石成金」一類的事，沒有做到的可能呢？作為原子外圍的電子層既不能解答這個問題，要解答只有對原子核加以更深的研究。

再則前篇所談的電子，已被證明為一極大能力來源，電子被利用以後，人類文明已經受惠不少。但電子所帶的陰電荷既然有此大力，則在原子中拖住那許多旋轉如飛的電子的原子核，它所具有的力量也必同樣的強大。科學家由電子能的利用想到了原子核中

所貯能力的利用時，對於原子核的研究也就更緊一步。進一步的研究怎樣呢？

進一步研究的結果，首先告訴我們有許多種元素他們的原子核常有幾種不同的重量。不過這些重量不同的原子核只要他們是屬於同一元素的，那末在電荷上數量總是同一的，因此科學家就把它們定名為同素異量體 (Isotope)。電荷相同，所以同素，輕重不同，故曰異量。

更深的研究，又告訴我們原子核的內部組成，除質子外，還有中子。(此外還有陽電子和重電子，因它們不是尋常物質的基礎構造，從略) 質子的質量為一、〇〇七六，電荷為一個單位的陽電。中子則不帶電荷而重一、〇〇九〇。這兩種質點並處於原子核中的情形，顯然和分子並處於一小滴的水中或一極小塊的結晶體中的情形相同。又我們斷定中子和質子是緊緊擠在原子核中的，這有兩種證據，第一、原子核中的情形果如上述時，依據它們的質量和體積就可以測算原子核的密度。事實上，原子核的密度是和這樣測算出來的相同，這就證明二者真是緊緊擠在核中的。第二、各種對原子核加以衝擊的實驗又告訴我們只有在比較極短的距離中(一個平均的原子核的直徑)，原子核中的這些成份才能強烈地互相吸引，這又使我們不能不認定它們必然是十分緊密地團聚在一起，否則無法解釋普通原子核所具有的極大安定性。依據原子核中所存在的吸引力的性質，彷彿最安定的構造，必得是中子和質子數目相等的構造。這就產生那有名的定則，即各元素的原子量都差不多為其原子序的加倍。不過原子核的體積增大時，在此種短距離中作

用於各質子間的強大的斥力，似乎就要把一些質子趕走，結果遂使一些較安定的重原子核所含質子，往往少於中子。例如氧是輕原子類，核中的質子數或其原子序為八，而其原子量為十六，中子質子恰好同數。金是重原子類，原子序或核中質子數為七十九，而其原子量為一七九，中子就更多了。

二、宇宙和太陽的不斷爆炸

在一秒鐘裏，使整個城市化為灰燼的原子爆炸，從人類或地球的規模上看來，好像很可怕。可是從宇宙的觀點來看時，牠還不及一場大焰火中的一粒火藥星。按照一種理論，人類可以看到的整個宇宙，連同那包含有無數星宿的許多偉大天河，以及尚未被發現或最近剛被人猜想到的許多地球般的行星羣都在內——這一切都開始於一個含有絕大能力的超原子開始在二十億年以前的爆炸，而這個爆炸現在還在繼續。如果這一假說不錯，那麼，我們所覺察的一切能力，從巨星的放光到一個單細胞動物將死時的伸腿，都不過是那偉大的初期爆炸的各種表現。

◎這觀念的創始形式，是「膨脹的宇宙觀」。天文儀器所捕捉到的從遙遠的星球和天河射來的光線，往往比較理論上所應有的色彩更紅，這種所謂「紅色的遷徙」，牠的解釋之一就是人類能見的宇宙所有各部，都在以絕大的速率互相飛開——比較一個爆炸中的炸

彈的殘屑還飛得快。

十五年前，比利時有位科學家名叫勒質特（Lemaître）曾勇敢的暗示這個膨脹的宇宙或爆炸的宇宙，必有一個起點。原來數學把它帶到那個起點上；在那裏，時間空間都不存在。所以一切的物质就是那些形成一切星球的物质，在當時都不過是作為一種絕高的能力集合，而潛伏的存在於一個單一的宇宙原子當中。

以上是宇宙的原子觀，過於渺茫了。還是把話拉得切近人生一點，拿太陽系中萬能之源的日球，來看一下，更為有益。

我們知道日球放射出來的能量是偉大無比的。它向各方輻射，地球所吸收的，實在微乎其微，僅當全量二百億分之一。然即以此微乎其微的分量而言。如用電能的單位「基羅瓦特時」來表示，每分鐘內即為四百八十億（一基羅瓦特時即電表上的一度）。故在夏季晴天正午時候，日光直射地面，每百公畝之地所吸收的日能，若能盡變為工作，當為一萬五千匹馬力。實際上，大部份的日光能量，是在海陸空三界中變為熱能。大氣活動的一切現象，均因這種熱能而產生。空氣流動而成風，海洋蒸發而致雨，更間接而有雷電冰雪洋流，海浪種種現象。他如地下煤層的積貯，亦即太陽輻射能的積貯，遠古森林吸收太陽的輻射能，藉「光化學」的作用，保存其能量於植物之中。後來地質變遷，森林埋沒在內，多年之後即化為煤。又如動物的活動，其動能直接來自食物，間接來自日光。故人類的生活動作以及所需的衣食住，實無一件不是日球的厚賜。

地球所具的這樣偉大的能量，是從那裏來的呢？這個問題曾經苦惱了一百年來的天文學家，與物理學家。他們假設了許多理論，都歸失敗，最後是愛因斯坦創立了質能同價論，說能量是由物質轉變而來的，一克物質完全轉變為能量時，當為九萬億兆（ 9×10^{10} ）二十個〇）「爾格」（能量的單位），可使四千匹馬力的機器運動一年之久，這問題才得到了圓滿的答復。原來地球每秒鐘輻射所損失的質量約四百二十萬噸。地球每天吸收到能量，是一百五十噸太陽的質量轉變而成的。

更進一步自然又要問：地球中的物質循何方式而變為能力。經十年來物理學家的研究，原來就是太陽中多種元素的原子核分解體的結果，故原子核在天然界的最大作用，便是由逐漸解體而釋放其中封閉着的偉大能力。

也許有人說地球由逐漸解體而釋放能力之說無法直接證明，科學家如能在地球上找到一些由逐漸解體而釋放能力的東西來，我們才心悅誠服。那麼請以元素鐳的轉變為證。

三、鐳的放射性

就人類所能觀察到的範圍而言，各種化學元素總是很安定的，雖經若干億年，鐵仍為鐵，氧仍為氧，不會變成其他東西。可是也查出了幾種例外，鐳即其中最著名的一種。

。鑷這種金屬，不藉外力的干涉，自能轉變成為另一元素，名為氡(Radon)，是一種氣體。在轉變的過程中，鑷釋放出一個氦的原子核，所謂阿發質點。鑷之被分裂為氦和氡，是原子核本身自動進行的。

被鑷的自己轉變所釋放出來的質點，被查明為氦的原子核，(氦便是元素表上的第二元素)又被查明為帶有二單位的陽電荷，其質量用質子為單位來計算時，則約等於四。阿發質點來自鑷的核心，且帶陽電荷，他方面，氦的核也帶有極強的陽電荷，因此後者就會對它加以強烈的電力驅斥，而使它得到極高的速率。故它被放射時就帶着爆炸般的運動能。

以上是拉比教授的簡略介紹。這事太有趣了，它不但足以證明太陽的放射能來自它的質量的損失，並且成了今日誕生原子彈的最初胚胎，用特根據美國羅明氏所著普通化學最新修正的第七版詳為說明如下：

鑷的發現，開始於一八九六年一位法國物理學家貝克勒爾的觀察。貝氏發現凡是鈾的化合物都能放射目不能見的光線，這種光線能射透紙包，使包中的攝影用乾片發生感應。他又查出每一種化合物所產生的效應都和其中所含鈾的百分數成正比。却有一種鈾鹽(Carnotite)能夠產生更大的效應遠非內部所含鈾的百分數所能解釋。居里先生及夫人就應貝氏之請，開始研究這是不是因為該礦中含有另外一種元素，能夠比鈾更容易放射，其結果便是一八九八年鑷的發現。

鏷被證明爲鎂的近親。我們今日把它放在週期表中鎂那一行，恰在鎂下的那個地位。在種種方面，它和鎂都很相似，却有幾方面，鏷的性質十分特殊。鏷的一切鹽類和它本身都具有放射性，那就是說，它們能夠繼續不斷地發射熱狀，光狀，和目不能見的放射線狀的能力。這些放射線不但能射透薄片的紙張，其中有些還可以射穿厚塊的鉛。它們使照相底片起感應，又能使空氣取得導電性，因爲它會使若干空氣分子變成帶陽電或帶陰電的游子。

鏷爲什麼有上述性能呢？那是因爲它吐出了三種目不能見的射線。這些放射線和普通的光線一樣，取直線而前飛，却有射透薄紙，薄木甚至薄金屬片的能力。我們若將正在放射的物體取一塊放在一個磁場中（例如一塊天然磁石之旁）就可以看出這些射線會被折曲得離開原來的直路，有些向左，有些向右。這就是說，有些射線帶有陽電荷，有些帶有陰電荷。還有第三種磁線則不受磁場影響。

阿發射線——除了在磁場中的表現以外，三種射線在其他重要方面也有不同的地方。阿發射線中現已知含有帶着兩個陽電荷的氦原子，有時稱爲阿發質點。這種質點從放射體射出時，所具速度極高，每秒九千到一萬三千哩，空氣的分子碰巧被它撞到，就會因此一撞而得到或失掉幾個電子，結果變成游子，使空氣取得導電性。如果空氣在事先是飽和了水蒸氣，復經突然冷卻的，那末，因爲阿發質點的飛過而造成的游子，每個都成了一個細微水滴的凝聚中心。這樣每一阿發質點的前進路線，就被表現爲一條可以

看見的霧跡。

貝塔射線——第二種線既被磁場折向阿發線的反對方面，我們就推知他所帶的是陰電荷。現在我們更知道它是一股電子又名貝塔質點，循直線而前進，速度為每秒一萬六千至十八萬里。電子非常之輕，故極易為磁場所折曲，在極強的磁場中，它們的進路實際會被曲成螺旋形。放射性物體對於照相底片所發生的感應，大半是這種貝塔射線所致。貝塔質點飛經飽和了水蒸汽的空氣時，也會產生霧跡的，不過它們的霧跡，是搖動不定的，並不能循直線前進。

加馬射線——第三種加馬射線既不受磁場的影響，當然是不帶電荷的。它們乃是一種放射的能力，比愛克斯射線還有透射力，其波長約當於普通光線的波長的一萬分之一。透射力最強的加馬射線能射穿數英寸厚的固體鋼，所以鋼鐵工廠有時要用它來代替愛克斯射線去檢查鋼製品內部的暗病或雜質小點，並確切指出其所在的位置。

天然放射物質怎樣轉變？像鈾和鐳這些天然帶有放射性的元素，往往因放射活動而把本身一點一點打碎，變成若干種完全不同的元素。精密的實驗指出阿發和貝塔質點並不同時被吐出卻有先後。一個不安定的原子——例如鈾原子——是在一連串的相續的「爆炸」中使本身片片解體的。在這些爆炸中，它要一個接一個地把阿發和貝塔質點擲到外面來。每經一次爆炸，這解體中的元素即經一次轉變——成爲一種新元素的原子。失去了一個阿發質點所造成的新元素，在週期表上佔有母元素左方前兩格的位置，在原子

量上比母元素少四個單位。反之，失掉一個貝塔質點所造成的新元素，在週期表上佔有母元素右方一格的位置，但在原子量上沒有很多的不同。

關於這些放射性變化中相續而生的產物，須注意的是：鐳是週期表中 2A 組的一個元素。當一個鐳原子（原子量 226）解體時，總由損失一阿發質點開始，如此就轉變成一個氡（原子量 222）的原子，乃零組中的一個元素。

但這個殘存物並不能存在很久，就也要「爆炸」損失另一阿發質點而產生鈾的一種同素異量體（原子量 218）屬於 6A 組。接着第二個阿發質點又吐出來，留下鉛的一種同素異量體的原子（原子量 214）屬於 4A 組。其他轉變接着發生，最後我們得到一種安定的原素，乃是鉛的另一同素異量體。

我們現已認知各種不同的放射性元素屬於三個不同的世系。鐳等的本原，追尋到最後是鈾。他種的放射性原素，乃鈾之所「傳」，但此物本身也可能是解體時的產物。第三世系的元素始於釷，除此三者之外，還有鉀和銣呈現微弱的加馬放射，但放射行為的其他現象都沒有。

第二章 人怎樣造原子彈

鐳及某幾種別的原素既已被查出會自然而然地蛻變，人們便討論到原子核是未知單

位所結成的複雜構造，因之就又生出極大的希望想人工地引起這種轉變來，可是當物理學者真去嘗試這種人工轉變時，卻見即使利用電火花那種極強的熱力也不能使任何原子核有所改變，不過到一九一九年，英國魯瑟福氏，利用阿發質點為高速的子彈以克服原子核中陽電荷的排斥時，卻能將它直接射入氮的原子核，使氮原子核一變而為氧原子核。

魯氏人工成就的這一反應是值得仔細研究的，因為他顯示了更複雜的原素氧，是由氮（阿發質點）和氮這兩種比較簡單的原素所造成。從這個實驗，物理學者才知道從原子核中不但可以跑出阿發質點，還可以跑出質子來。

茲再將德明氏的說法介紹如下

「人工放射也可能麼？」這問題的另一形式便是將一種原素轉變成另一種原素是否可能？

要將一元素轉變為另一元素，我們必須改變原子核上所帶的電荷，這在理論上自然可以由原子核中質子的加減來完成。（核中質子的加減自然產生核外電子數目的加減）

。天然放射性的元素是自動這樣去做，我們能否人工地這樣做呢？

化學家當然想完成這種「點石成金」的奇術。方法是用尺碼夠小速度又夠大的子彈向打算加以改變的元素施行射擊，目的是要讓這種小子彈射透那圍核而轉的電子羣，逕向原子核的本身加以極重的衝撞。子彈何以必須尺寸很小而速度極高，因為環繞原子核而

飛轉的電子速度太高了，子彈的速度低了時，或它的尺碼太大時，便射不進去，（你用一粒大豆去射一架鳳凰時，大豆往往要被扇貫彈開，便是證例）。所以用來射透電子層的子彈只能是一個原子的殘片，如一阿發質點、一質子、一中子、一電子。英國物理學者魯瑟福於一九一九年化氮爲氧的成功，就是由鐳射出的阿發質點做子彈。這種子彈打進氮原子時，就產了兩種東西，其中一種後來被證明爲高速飛行帶陽電荷的氫原子，即質子。魯氏的實驗好像是指出阿發質點撞中氮的原子核時，就發生一種爆炸而這些質子，是在爆炸中被拋出來的，所以才有那樣高的速度。第二種產物，後來被證明爲氧的一個新種，其質點的重量是一七。

一、原子核中的能力有多強？

原子核是一種最特別而且最有趣的東西。裝在一個極小的空間中的是若干單位的陽電荷，他們彼此間排斥極強。這樣，它應當不會安定了，卻竟被查出爲極其安定的構築物。假使其中只有強烈地互相排斥的陽電的話，它一定會立刻爆裂的。乃竟不然，所以人們便結論到必有某種未知的強大吸力，把這些不肯並存的成分團聚在一起。至於這個力量是什麼，是怎樣發生的？現在仍是物理學上的一個大祕密。科學家既然無法知道那使原子核團結不散的力量，他們也就不能知道在一次原子核的反應中會放出多少能力。

來。

那末，一次原子核的反應所釋放的能力的數量就無法計算了麼？也不然，計算的方法雖未因原子核的實驗而發現，却因愛因斯坦的相對論學說而發現，這件事足以例示一種科學內部的各種不同的發展是怎樣相互交錯着去形成那整個的構築。一九〇五年，愛氏將測量時間的鐘的性質，和由測量數種相對運動的不同系統而得的光的速率加以一般的考慮之後發表了「特殊相對論」的學說。作為這一學說的直接推論，他又發表質能同價說。

愛氏的質能轉化公式是：

($E = mc^2$) (質 = 質 × 光速的平方)

式中的單位，能是爾格，質是克，光速是每秒 30,000,000,000 哩。根據這個公式來計算，如果一克物質全部化為能，將得到 900,000,000,000,000,000,000 爾格相當於二千噸煤燃燒所生的熱能，足供大都市一年的電力。

但為簡明起見，我們可以說愛氏的理論是認為如果某一系統（例如一原子核或一集團的原子核）的能力發生了改變，那就在質量上也必然會有一個十分明確的相等改變，相伴而生。這個學說替原子核物理學，供給了一個最有力的工具，因為有了它，我們只要把原子核反應以後質量上的改變測量明白，就能算出發生反應當時所釋放出來的能量來。假使我們能精確測定一個原子核的原來質量，又能查知反應後各種新產物的質量，

那末，兩種質的差數，立刻告訴我們那已被釋放可供利用的能力有多少了。

一九一九年凡爾賽和約簽字之年亦即魯瑟福化氮為氧的實驗完成之年。從那年起原子核物理學的發展也就一步跳到一九三九年，即第二次大戰發生之年，亦即鈾原子的解體被發現之年。介乎二次世界大戰之間的二十年，乃是物理學史中最富革命性的一個時期。愛氏的「一般相對論」在這期間被實驗證實了，我們關於空間時間和引力的觀念就被完全修正。

在這一時期中，發生了那奇異的「知的構築」，所謂量子力學 (Quantum Mechanics) 憑着它，我們乃能對原子和分子的內部具有完全而定量的知識，物理和化學二科也終於被融成一種科學。量子力學拋棄了那古舊的因果律的見解，其所含科學的，哲學的和道德的意義，我們這一代人，還沒有將其完全闡明。故雖知識分子，亦鮮知之。

二、釋放原子能的鑰匙——中子

在科學的和平進步中，最大的實驗上的發展，出現於原子核研究的領域。最有名的一件事是一九三二年英國物理學者利德威克所成就的中子的發現。直接使原子彈爆炸的便是中子，它乃是一種全新的質點，為前此物理學界所未知。在質量上，中子僅較質子大一點點，它只是一個不帶電的光身的核。因之也就沒有帶陰電的電子圍繞着它。它是

中和的，它就不受環繞各種原子核而轉的電子的影響。因此用它做分裂原子的子彈時，能擋住它或將它碰過一旁的，就只有原子核本身。而中子也就因此，很容易透過數吋厚的鉛板或他種密度甚大的東西。

有了這一重大發現之後，原子核的構造，就可能開始被明瞭。在今日它們已被假設至少為中子和質子所構成，而且所含中子往往較質子更多。兩種化學原質如氧與氮，所以不同，是由於他們的原子核中所含質子數目不同，質子數目上的不同，決定了原子核所帶全部電荷之不同。但質子同數的各種原子核，其中所含的中子數，有時不同。這些原子的化學性質是一律的，故被命名為同素異量體。有些元素的同素異量體多到十二種。鈾這種元素，向被認為一切元素中的質量最重的，乃是週期表中最後的一種元素，也被查出有三種重要的同素異量體混在一起。其質量為二三八，二三五，和二三四。三種同素異量體的原子核所帶電荷，均等於九十二個質子，故它們的質量除九十二個質子的質量外，其餘均由中子的質量去足成。

中子是研究原子核的實驗工具，首先認識這一點的，當推義大利的物理學者費密氏 (Fermi) 及其學派。中子既不帶電荷，就沒有強大的電的斥力去阻止它進入原子核。事實上，那團結原子核於不散的吸力，還可能將中子拉進核裏去。當一個中子進到核裏時，其所發生的影響，就和月亮撞了地球一樣可怕。原子經此一撞而震盪失序。在撞衝的結果為中子的被擄時尤其如此。這時出現的是能力的巨大增加，必須使其疏散才行。

追隨於費密之後，全世界的物理學者都爭先恐後地起而進行中子撞擊原子核的實驗。只要幾千塊錢，人們便可以從一個好善樂施的基金總會購得或租得少量的鐳質化合物，以之和粉狀的「鈹」混在一處，便有了了一個極便利的中子來源。因為鈹受鐳中射出的阿發質點的高速射擊而解體時，便有中子射出來。後來發明了一種磁力共振加速機 (Cyclotron) 於是人們又有了一種更有力且更能控制的中子來源。

這樣說來，產生中子的方法，至少有二：(一)用鐳中射出的阿發質點射擊鈹；和(二)用磁力共振加速機使重氫核獲得高能而擊鈹，但此外還有第三種，即由兩個「重氫」的原子核，用每小時三百哩的速度相撞而得之。

納粹在挪威進行原子彈研究所利用的工廠是一個有名的製造重水的工廠，重水即重氫的來源，由此看來，納粹是打算利用重氫來製造中子，也未可知。茲姑誌於此，以待將來證實。

二、產生中子的天然機器

磁力共振加速機是美國羅倫斯博士發明的。羅博士便是這次領導美國提鍊原子彈原料諸人之一。在一九二九年春天，有一天晚上，他偶然讀到一位德國無名研究員外德羅氏所發表的一篇論文，上面載有一張儀器的圖樣，是說明他自己會怎樣用這樣的儀器，

去使一些帶了電的鈾原子在一個真空管中獲得倍於初期的能力。照他的辦法，則一個小的電壓，即可以給予粒子以高速，只要設法使這小電壓能夠在相隔適當的時間，接二連三地加在粒子身上就行。這，很像招呼小孩打秋千。只要在適當的時間把小孩推一把，就可以使這孩子盪得很高，雖則每推一把，只能把孩子送高一點點。

羅博士是最富於想像的天才的。當時那篇論文，未讀終篇，即若有所悟。他本來就在苦思一種方法，去避免在製造子彈的程序中使用高壓電。他找到一種方法，不用高壓電流和精密的真空管設備，仍能使他的子彈得到極高的速度。現在他獲得了一個有價值的線索了。數分鐘後，他就開始替理想中的儀器製圖，並寫下他的數學程式。新機器的主要特點，差不多是立刻來到他的腦中的。次日一早，他就告訴朋友他要發明一種新的科學利器了。

羅氏的設計是這樣的。他要利用一隻形似平鍋的真空桶，使帶電粒子的進程，在裏面受二強大電磁石的吸引而彎曲成圈。每當帶電的粒子在桶中行走了半個圓周時，就讓它受到一次電的推動。在多少次的推動之下，這個粒子自然越走越快，其曲徑也越來越寬，直到最後，走到真空桶的邊緣，粒子就從一個小縫中射出，直達一收集箱，作為強有力的子彈，去對原子核下總攻擊。這樣做時，他還得調整磁場，使粒子在交流電改向之時，恰恰走到適當的地方好受次一「電力」的推進。「普通的交流電還不合用，他預備要用高週率的振盪電。他的希望是用這種方法將一千伏脫的電壓接連使用一千次，即可以

達到一種效果，和一次使用二百萬伏脫的電壓一樣。

這是大胆的創造。行得通麼？一九三〇年一月，羅氏造成了一架新機器。置於一電燈石的兩極間的，是一個直徑只四吋的真空箱，箱中有兩個D字形的絕緣的電極，建在一個高波率的交流電機上。箱的中心有一錫製的燈絲。其餘的部份是玻璃和紅色火漆製成的。這便是第一架磁力共振加速機，一切都如理想而行通了。羅氏之名乃鵲噪一時。但這第一架玻璃機器不過指理論行得通，因為太小了，尚不合於實用。接着他又製成一架金屬的，就能利用一個電壓在二千伏脫的交流電去產生一條氫游子的射線，其能力等於由八萬伏脫的電壓所製成的。到一九三二年，他又製成一付更大的機器，直徑十一吋，能對來自「游子化了的氣體氫」的質子施行加速，使它獲得相當於一百二十萬伏脫的能力。利用這樣高的能力，他就在一九三二年夏使鋰元素解體。

羅氏的實驗室，因此發生了很大的興奮。人人都相信可以得到從未夢見的高電壓。在加利福尼亞洲有一個龐大的磁鐵在第一次大戰後就賦閒在那裏。那是聯邦電報公司替中國政府造的無線電發報機之一部，但一直沒有運到中國來。羅氏就向該公司的副經理說「誰給我麼？」答覆是「行」，於是這七十五噸的怪物就被拖出做研究工作。它馬上被裝置在加州大學新成立的輻射實驗室所附近，單是裝上的鋼線即重八噸之多。羅氏也就跟着被加州大學聘為該所主任。

這架廿七吋半的高射能點製造機，可以使重氫的原子核獲得五百萬電子伏脫的能力

，使氦原子核獲得十萬電子伏脫離的能力。有了這些高速的子彈，各種元素裏所含有的中子都被放出來供人利用了。那個巨大磁石的南極，高如灶台，直徑為四十五吋，管理者須置身於四十呎外，還得將整個機器四圍裝上對於放射有吸收性的護板，才無危險。羅氏就用這架機器，將每一種可能得到的粒子製成高射的子彈，去攻擊每一種原子的核子。一九三五以前，他使兩個重氫的原子核，以高速互撞，化爲一個質子和一個中子，這樣便使中子子彈的來源增多了一千倍。

四、軸心國棄材資敵

中子的發現開始了一系列戲劇般的事項，終於引到原子彈的成功，科學家本來多是利用中子去撞擊輕元素的，費密及其同工諸人却開始在一九四三年前後，研究以中子衝撞重元素鈾，及中子爲鈾所撞時所發生的影響。他爲什麼要研究鈾呢？因爲他想鈾是世間最重的元素，裏面所含質子和中子特別的多，因之如能將鈾擊破，釋放出來的能力一定特別地多。乍初時所得的結果極其令人不解。當時一般人都認爲原子核反應而生的元質，在原子量及電荷上，總要比原來大些，但實驗並未能清楚地證明此點。那是因爲所用中子有速度快慢的不同，因之結果亦異，當時未能明瞭這一點，這問題就一直困擾着物理學家，直到一九三九年初，才有德國的漢氏出而宣佈中子撞鈾而生的產物中有一種是

鎮。漢氏是柏林開薩威廉學院的一個名化學家。他在一九三八年以來即以低能的「慢」中子撞鎊而生鎷，但他莫明其故，就在自然科學雜誌中爲了這事發表了一篇不敢自信的紀錄。接着又函告一位從前的女同事梅特納女士，她是一位猶太籍的奧國女科學家，他們二人自幼同學，後在威廉化學院合作，二十餘年間形影不離，終因納粹之「排猶」運動而致勞燕分飛。梅女士在丹京得到漢氏的報告後便與丹京波爾學院之胡瑞適加以研究，認爲這種鎷原子之由來是鎊原子核崩的結果。他們依照波爾所創核子構造類似「水滴」的新觀念，推論中子射擊於鎊原子核之後，鎊原子核的表面張力不足維繫，即分崩爲兩部份，鎷原子即此等崩片中的一種。他們更計算分崩時所能放出的能量，約爲二萬萬的電子伏特（是能量的一種單位，表示一個電子移行於兩點間，其電位差爲一伏特時所做之功。）梅女士乃將此意告訴正要赴美國普林斯頓大學去的偉大的丹麥原子學者波爾。波爾將此消息帶到美國，全世界的物理學界都爲之鼎沸起來。

一九三九年一月底，卡奈奇學院與華盛頓大學會聯合召開一個理論物理學會議，參加者五十餘人，且有自巴黎與比利時越大西洋而來者。出席人數既較往常爲多，而且有三位都是諾貝爾獎金獲得者，即波爾、費米、烏雷，尤使會場生色，討論的對象完全集中在原子核分崩的問題。我國物理學家王普博士適在卡奈奇學院研究，亦參與討論，且在討論期間，與勞伯斯馬義兩位博士共同發見「遲發中子」爲鎊原子核分崩時之附產物，首先啓示或可從此獲得原子的動能，作實際的利用。從可知在原子彈發展之過程中，我

國科學家亦不無微勞。自此以後世界各處的磁方共振加速機和游子箱都積極工作起來。到年底，就有一百篇論文應聲和鳴。我們知道科學論文必須在做過試驗和計算之後才寫得出。所以不到一年就出現一百篇，不能算是小數目。

但世界科學家爲什麼對於原子核分崩這樣熱烈的討論與研究？答復很簡單。從前觀察過的他種原子核的分崩，結果只能放出一個阿發質點，一個質子，或一個中子。可是鎔這一種元素，現在也從一次原子核的反應中出現了，這自然是一件不同的事。鎔的質量僅逾鈾的一半。當時立刻得到的結論（這結論馬上也被實驗證實了）自然是中子被捕的結果，鈾的原子核已被分裂成兩個幾乎質量相等的新核。每一新核都具有一個四十單位上的陽電荷可謂相當的大。（究竟是鎔還是他種新元素，並無一定，又因後者多是壽命極短的放射性元素，也就無法查知的確是什麼）因此，他們便以巨大的斥力，互相背道而飛。這斥力便形成了它們各自所帶的巨大的運動能。因爲這種分裂的程序和生物身上的細胞分裂頗爲相似，便也被命名爲細胞式的分裂（Eltion）。從這個程序釋放出來的能量，是很容易用愛因斯坦的質能互變關係來算定的。分裂後的兩種殘片，它們的質量之和，較鈾的原來質量略小，就是說有一小部份的質，業已化爲能力了。（依愛氏的算法化爲能力的這部分質量大約是一個中子的質量的五分之一。）

原子核反應所釋放的能量，被查出爲二萬萬「電子伏打」。普通發生於原子間的化學反應所釋放的能力，一般不會超過五個「電子伏打」。兩兩相較自極可驚。原子核反應所

放出的能力既然等於原子間反應所放出的四千萬倍，他的含義何在，在物理學者自然上思即得。再則此時以前，科學家對他們攻擊的目標所加進去的能力總得比這目標分裂時所釋放的能力更多些。現在二萬萬電子伏打的爆炸，却只要動能在一電子伏打以下的懶散的中子即能將其觸發。這樣大的利益自然令人羨煞！研究原子彈的競賽於焉開始。

五、原子彈誕生前三問題

在原子彈尚未成功之前，必須解決三個問題：一、鈾的三種同素異量體是否都能分裂？如不能，其中那一種最爲重要？二、在猛烈的分裂程序中，有沒有中子釋放出來。如果有，平均有多少？三、剩下來不能分裂的同素異量體，會不會吸收中子很多。

關於原子彈發明的公報已說明在一九四〇年即已知道鈾二三五能或某種速度（較速）的中子所分裂，而另一種速度（較遲）的中子則能爲鈾二三八所捕獲。而產三鈾二三九。關於第二問題，當時又知道每次分裂所生的中子，平均在一個到三個之間，而這種中子的速度大都很高。這種知識指出原子彈的發明已有極大的可能性，其理由：如果由分裂程序放出來的中子不止一個，那末，一個鈾核的分裂就會產生足夠的中子去觸發另一鈾核，而全部程序就會像爆炸一般迅速增殖起來，產生所謂「連鎖反應」。

所成爲問題的，倒是第三問題，即每次分裂所生中子雖然不少，但它們從鈾質中經

過時，却有許多要被一種不會產生分裂的程序所吸收。因此，連環反應也就像濕柴中的火焰似的，轉瞬歸於滅熄。再則很顯明地，所用的鈾，必須是很大的一塊，中子才有機會在飛去塊外以前，找到一個能夠分裂的原子核，加以撞擊。還有一點也極重要，即中子的速率必須夠高，才能使連環反應有充足的時間，在巨大的能力釋放程序將整個鈾塊炸成粉末以前，將塊中的鈾二三五原子，「分裂」掉一大部分。

第三章 盟邦的幸運

一、昂貴和危險都成吉慶

盟邦美國能夠首先完成原子彈的製造，並不是偶然的。

第一、她握有充足的鈾源，第二、他握有雄厚的財力、和魄力，去嘗試這個賭博一般的科學競賽，此二點均為軸心國家所遠不及。原來世界上的鈾礦很少，天然鈾在地殼中所佔百分數僅約百萬分之四。所以他的主要用途，向來限於陶器業，發光塗料業，工具鋼業和化學藥品製造業。氧化鈾在還原的環境中能為陶器着色為灰為櫻為綠；在氧化的環境中則着色為黃為橙為紅，故為陶器業所珍視。氧化鈾和含鈾根的碳酸鈉能產生鈾玻璃所獨有的螢光。故鈾的鹽類常被加在發光塗料中，或利用其本身的螢光性以發光，

或利用它做一種催動劑而向在一處硫化鎢和氧化鎢發光。此二用途，耗量已極有限。至於在製鋼業中鈾的應用在給鋼以所需的特性；在化學藥品製造業中，鈾的應用，在充觸媒，使多種有機化學的反應，得以順利發生，故用量尤少。

總之天然間的鈾非常之少，向來只夠供給用鈾極其有限的工業使用，現在要收集大量的鈾去造原子彈，則大規模鈾礦的掌握實為急需。盟邦的幸運，是世界上的鈾產區多在盟邦範圍之內，瀝青礦是鈾的一種氧化物，出在非洲的比屬剛果，和加拿大西北區的大熊湖。另外一種鉀、釷和鈾化合而成的 *Chert* 礦則發見於美國的烏塔州和科羅勒多州。據專家估計，盟邦佔有世界儲備給的三分之二，鈾供給的四分之三。而他們手裡的既知鈾礦要佔全數百分之九十五。德國方面呢，只在捷克的波希米亞省境內，有大規模的瀝青鈾礦，故在一九四〇年德軍侵入比境時，首先便將安提衛普附近，比國一家鈾質提鍊所查封，意思是要沒收其中的存貨，却因比國事先已有準備，將存貨播散提往美國去了，納粹黨人還是撿了個空。

不過盟邦所掘鈾的產區雖然較多，戰時鈾的產量却得設法提高才行。戰前世界的鎢鈾總產量最大半來自大熊湖和比屬剛果。在一九四一年，兩地鈾礦都停了工，惟加拿大的鈾礦公司在昂塔里奧的希里埠尚有一所鈾質提鍊所，藏有存貨可供利用，但也為量無多。故製造原子彈的第一步計畫，即在提高鈾的生產，幸而這是不成問題的。在美加二國聯合努力之下，鈾的產量逐年大增。一九四一年尾，他們所生產的純鈾，不過數克。到

一九四二年夏，提煉純鈾需用的基本原料——褐色的二氧化鈾——已經每月可以攝出三十噸。同年十一月，就有提淨了的金屬鈾六噸之多被堆積下來。一九四三年以後，每日可以出產純鈾五百磅，那時的成本已經低到每磅美金二十六元。後來又改用新法採鍊，缺乏原料的話，遂不復聞。

然而提淨了的金屬鈾並不能直接用為原子彈的原料。因為普通的金屬鈾中，只含有「鈾二三五」（可以分裂的）一四〇分之一，其餘的一四〇分之一三九，都是「鈾二三八」。它不但不能分裂，且能吸收中子，使連環反應歸於停頓。故製造一枚原子彈必須純粹的「鈾二三五」，分量還得很大。倘使從鈾礦提鍊「鈾二三五」的程序，並沒有什麼困難的話，原子彈的原料仍有廉價之可能。事實上，這個程序，就理論言（見下節）已經特別艱難而昂貴，就經驗言，又為前人未曾嘗試的創舉。原子彈的誕生因之困難萬分。

自然，製造原子彈的原料，戰前已知還有一種人工合成的辦法可用，那便是九十四號元素的合成。當費密利用中子撞擊鈾時，它又注意到「鈾二三八」能捕獲中子變成鈾的另一種同素異量體鈾二三九。接着又吐出一電子，使核子中所含陽電荷變為九十三，所以又可以稱之為九十三號元素。但這個新元素的原子太重了，和它的原子核中所帶電荷殊不相稱，因之就不安定。要由不穩定而返於安定，只有馬上解體，由每一原子再吐出一個高速的電子，結果便變成九十四號元素。

九十三號元素有人稱之為海王星元素（Neptunium），九十四號元素有人稱之為冥王

星元素 (Plutonium) (此元素有誤譯爲鈾者實則鈾之英名爲 Polonium, 乃居里夫人所發現, 已是很早的事, 不可不糾正) 這是因爲鈾之英名本有天王星之義。今在天王星元素之後, 又發見新元素, 自可依據天文次序, 名第一種爲海王星元素, 第二種爲冥王星元素。

這兩種新元素, 都是極不安定的東西。故在地球上從未有發見過, 而只是化學家的創造。其中九十三號元素尤不穩定, 化學家雖知其蹤跡, 卻無法製出。勉強可以製出的, 還是九十四號元素, 但它的不安定性, 至少應和鈾二三五差不多, 故費氏當時發見它時, 就懷疑它可以作爲原子彈的新原料, 不久也就證明確乎如此。

九十四號元素作爲原子彈原料有一優點駕乎鈾二三五之上。即它是一種和鈾完全不同的元素, 製成之後, 可以用比較簡單的化學方法從鈾中分離出來。這似可以解決「昂貴」的問題。但它有一極大的缺點, 即製造起來極其危險, 因爲從鈾轉變成九十四號元素, 要經過那中間階段——即九十三號元素的產生與自動消滅。九十三號元素既然是一種極不安定的放射性元素, 這整個的製造程序, 當然極其危險。

然而昂貴的鈾二三五提煉工程和危險的九十四號元素製造工程, 都由盟邦美國來完成了。這固然是由於美國的科技高明, 科學發達, 但同樣技術高明的科學發達的德國, 並未能夠將其發明, 這得算是盟邦的絕大幸運。

美國有的是人力財力資源, 和工作的地點與時間, 又在戰爭緊急之秋, 有魄力雄厚

的羅斯福總統勇於担當責任，遂使原子彈的理論上的可能，得以化為技術上的現實，這是盟方的幸運一。

德國一來由於財力不足，二來由於長受盟機的轟炸，與盟方雷達的偵察，難以找到安全的製造地點。原子彈就始終沒有成爲納粹的兇器。不然的話，美國若干大都市早在尙未參戰以前，就化爲灰燼了。民主國的火藥庫得以保全，最後勝利乃有把握，這是盟方的幸運二。下文就將美國製造原子彈的經過敘述一番。

二、曼哈頓區——科學的大賭場

美國參加原子的競賽是一九三九年秋間的專，那時候羅斯福總統指定了一個非正式的「鈾質顧問委員會」，對原子彈的可能性進行小規模的研究。但到納粹的機械化軍團蜂擁而入法國，整個世界爲之震動時，美國亦卽劍及履及，設法作攻勢的自衛。在珍珠港事件發生前二月（一九四一年十月十一日）羅總統致函邱吉爾，向英國的原子核研究者提出了來美共同工作的計畫。邱氏接受之後，英美兩國便在原子彈的研究上成了合夥。

在一九四二年那危險的整個春季中，這些科學家繼續在無數關防嚴密的實驗室內進行工作。後來這部份工作又移交陸軍部去接管。

所謂「曼哈頓工程區」，就是爲這一工作，所定的嚇人的名稱。區的中央全是最高級軍

官。外面供奔走的，也是軍事人員。在人才和器材兩方面，它都有絕對的優先徵用權。所以隨着該區的充實，幾個大學和工廠中的物理學家，化學家，數學家都相繼宣告失蹤，都給曼哈頓區聘去了。

曼哈頓區所要做的是什麼樣的工作呢？

上文已經說過，在戰前他們已經知道速率甚小的中子，能夠擊破鈾二三五的原子，而釋放極大的能力之流。除了能力以外，牠們的分裂又可能產生更多的中子，轉過來又去擊破別個鈾子，產生所謂鏈反應。却又知道在天然狀態中，鏈反應並不能夠發生，因為普通鈾中，有一絕大部分是鈾二三八，它不但不能和鈾二三五一樣為中子所分裂，反而會吸收新中子，結果使反應不能繼續下去。顯然地，這種有礙反應運行的鈾二三八必須設法分出去才行。怎樣分法呢？這是該區第一個研究的題目。

其次，牠們也知道鈾二三八吸收中子後，可能產生九十四號元素。但製造這個新元素有一困難，即分裂中的鈾二三五所發射出來的中子，多數都會閃光一般飛出那起作用的材料，其餘的會消失在雜質裏，故只有極少數的鈾二三八原子能吸收中子而變成九十四號元素，怎樣設法使中子能被吸收，是該區第二個應研究的問題。

誠然，這二個問題，理論上的解決辦法並不難想。但理論是理論，事實上，所謂鏈反應並沒有人做成功過。因為分離出來的「鈾二三五」還為量太少，九十四號元素也還沒有生產出來。但到一九四二年六月，各有關委員會已向總統呈送報告，要在「鈾二三

五一和九十四號元素的製造上，分頭並進。所以美國此時的行徑，的確是跡近豪賭；非有魄力雄偉的領袖如羅斯福者，斷難貫徹到底。

各委員會敦促着要立刻建立大規模的工廠。哪一種程序最好還不知道，故所有着上去頗有希望的程序，他們認為都有立刻採用之必要。預防萬一實驗失敗的時間都不留了。甚至示範的工廠都來不及設立。大家都怕給粹可能在這場決定命運的競賽中，萬一先得錦標。

呈文上去之後，總統同意了，又批准了設廠的費用。理論已發現了走向目的之路，現在就直接用生產來把這條路放寬起來。

於是曼哈頓區就像一個越滾越大的雪球在全國打滾，尋找人（要一二五、〇〇〇名）尋找錢，（要一、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇元），還要堆積如山的材料和以列車來計算的設備。凡是美國有名的製造公司如伊斯特曼，垂勞，斯東與威布斯特，聯合炭化物和炭公司等，都被徵用來為這件事供獻力量。

大學教授們，內有許多諾貝爾獎金的好得者，紛紛離開了學舍，來到塵埃蔽日的沙漠裏去工作。工人們也乘着自動腳踏車結隊前往——其中有些是精細的新英格蘭工匠有些是南部各州的黑奴，包括了大美國的所有民族。他們只約略知道這件工作的偉大，和極端緊急性。至於它的超越尋常性，只有極少數人知道。這真是有史以來的空前大賭。

在「冶金學實驗所」招牌的掩護下，有名的泰普頓博士指導下的芝加哥大學，成就了

許多最重要的發現。康氏的首席助手是義大利出生的費密博士，他在許多人眼裏被目爲世界最前線的原子核物理學者。此外還有二十來個其他實驗所進行着有關的工作，如加利福尼亞大學等。

是這等的陣營，不愁工作沒有成績。

他們首先要決定的是採用什麼程序，去從天然鈾中分出鈾二三五來。可能的程序很多，而被查出爲可以一試的程序有兩種。一是電磁法，即先將鈾的質點加以荷電，然後令其射經一強大的電磁石，走上一條曲徑。這時候較輕的鈾二三五就在曲徑上被拋得更寬些。在曲線盡頭處安置一些收容的設備，鈾二三五就在那裏被收集下來。剩下來的鈾二三八，則棄而不取。另一法爲飛散法，其精巧處一如第一種，是要將一種氣體狀態的鈾化合物用抽氣設備，使其通過一系列細密無比的超級顯微濾器。鈾二三五的揮發性，比較要強一點就比較容易地濾過去了。因此，濾器外的鈾氣中，所含鈾二三五的百分數就更高。

他們商量的結果，是兩種程序同時採用。電磁法的實驗工作由加利福尼亞大學羅爾斯博士領導進行。（他是磁力共振加速器的發明人，前已講過）飛散法則由烏雷博士指導設計。到一九四三年，兩種實驗都還沒有完成而採用兩種程序的大工廠，已在田納西州諾克斯村附近一片人煙稀少，地名橡樹嶺的地面上建立起來了。

於是各種各式的設備，潮水一般湧進這個新都市。強大的新式幫浦，巨型的電磁石

，各種的機器和儀器形形色色，何止萬數都在泥的海洋和戰場般的混亂中間，一一取得了應取的地位。結果兩個工廠都很成功。提鍊出來的「鈾二三五」，達到了有效的分量。

其次他們又要嘗試去製造那新元素九十四號。前已提到由分裂鈾二三五而得的中子，消散太快不容易被與之並存的「鈾二三八」吸收，因之如無法阻滯中子的消散，九十四號元素就極難造成。他們所想到的辦法不外三種。一是將起作用的燃料增大體積，使中子得要好久才逃得出去。另一是摒除雜質，使中子不致與雜質化合而消失。三是使中子的飛散速度遲緩下來，好將牠們留在鈾質的附近，等待「鈾二三八」去從容吸收。但第一法需要極多量的鈾，事實上難以辦到，第二法可以採用，惟只能收到一部份的效果。必須以第三法來補充。那末第三法又怎樣實行呢？

理論上他們可以將一小塊一小塊的鈾質埋在一種「節制」的物質中。但這節制物質的性態，必須能夠遲緩中子的飛行速度，却又不致吸收它們。用什麼東西合適呢？德國人可能是用的重水。曼哈頓的人則決定用石墨，因為石墨比較易找。

辦法想定了以後，實際的製造工程立即開始。芝加哥大學的足球場旁邊有一塊瓜地，在那裏就有一副古怪的儀器被建立起來。它是一個扁球形，建築的材質是石墨磚，每一塊磚的四角都埋藏着氧化鈾的塊塊。這乃是世界上第一個發生連鎖反應的堆子——一所九十四號元素的「格子塔」和一個石墨做的「節制器」。如果它真如費密博士的理論而工作的話，它就要產生地球上破天荒第一次的連鎖反應或爆炸。

那時間，物理學者是以無比的仔細，帶着極大的惶懼，把這些石墨磚一塊一塊地砌上去。他們自知是踏進了向來無人到過的領域，危險隨時可以發生，何況旁邊便是人烟稠密的百芝加哥，附近還有極多的學生夾着講義去上課呢！

按理論，到所有的石墨差不多都砌完時，連環反應才自動開始。那時候要及時防止一次足以釀成巨災的爆炸，就全靠裏面插着的一些銅條，它們是具有打破連環作用的性能的。不料離開理論上的危險點尚遠，儀器發出警告，原來反應已經開始。幸而銅條早已插在適當的地方，反應受到影響就遲延下來，也就很容易的被阻止了。這真是曼哈頓人們和芝加哥全城的好運。

這次重要的實驗——它是開天闢地第一次連環反應——就成了原子時代的開幕禮。這個堆子是成功的。裏面真製成了九十四號元素，不過這只是個小規模的實驗，程序也使參加實驗的人極其驚恐，美國的魄力是十分雄厚的。在千鈞一髮的戰時，她決不肯等着小堆子的實驗正式完成以後，才進行大規模製造。事實上，遠在這個令人不舒服的辦法被改良以前很久，雅克馬附近沙漠上的漢德福地方，已經在着手建立一個大規模的九十四號元素製造工廠。這片不惹注意的地方，有好多種優點它是孤立於人羣之外的，它有一「大開利水電廠」的巨大水源供給，還有哥倫比亞河可以帶走反應中發生的巨量的熱。

漢福德工廠裏採用的程序，自然還和芝加哥的「堆子」是一樣。不過芝加哥建立的「

堆子」只是試驗性質，漢福德的大堆子，卻是危險得多。理論警告說，這些「大堆子」一旦開始工作，就要發生可怕的輻射潮，並產生多種未知的放射性元素，多數都是具有強烈的毒的。輻射潮所具的毒，並且可能存留甚久，不會遺失，致在一個長時期中，任何生物不能走到一個發生作用的堆子附近而仍舊好好地活下去。

理論既然這樣警告，就得為堆子的管理設計多種精密的辦法，使人可以遠遠躲在極厚的牆壁後面去進行管理工作。即使如此，那些致死的未知物質依舊逃散了。連用來冷卻機器的水都帶有放射性，必須收貯起來，把其中放射性消滅掉，才好任其流入河裏去。吹經工廠的風又帶走了另一危險，因為煙囪裏冒出來的是一種放射性的氣體。於是「九十四號元素的城」，仍然變成了一個極其可怕的區域，雖則和芝加哥的小「堆子」比起來，其可怕有種類的不同。

因此，為了工人的康健，就設立了多種嚴格的事先保衛法。每個工人身上都攜帶着一個驗電器或片段的攝影用軟片。為的是好在夜間做試驗，藉以察看每人所接受的放射量。還有一種儀器，用來測量空氣中帶放射性的塵土。工人的服裝都要經過仔細的處理。又設了一種裝置，在染有放射性的工人走近時，它就會自動報警。

然而在種種戒備之下，漢福德工廠仍舊發生了可怕的後果。冷卻堆子的水，所帶走的能力，使哥倫比亞農田裏的水，相當地熱起來。對於農事似乎是不利的。不過九十四號元素，這種和鈾二三五一樣可供分裂的新元素總算多量的製造出來了。原子彈的原料

因此更見充裕起來。

三、祕密的原子彈裝置

有了原子彈的原料，次一步當然是要實地研究原子彈的製法。但這個次一步，在美國還是提早進行的。在上述各種製造原料的工廠還在建立的時候，這個研究就進行了。一九四三年，加利福尼亞大學的俄本海馬教授領導了另外一班物理學者，在新墨西哥州的羅斯阿拉莫斯沙漠集中，去設計，裝置和試驗那原子本身。鈾堆的建築者努力設法使他們的鈾不致爆炸，這一部份炸彈研究人，則負有另一更可怕的使命，要在最後使他們的鈾在戰爭所指定的時間和地點爆發。

設計原子彈，有幾項必需的條件必須顧到。

第一、炸彈在由轟炸機擲下之前，必須安定，加以處置時才沒有危險發生。第二，原子炸藥，太昂貴了，用時必須求其有效。事實上，原子炸藥的分量只要不夠一定的分量，它便不會爆炸，因有此一事實，故第一項條件很容易顧到。人們如要使原子彈在任何指定的時間爆炸，只要把好多小包的炸藥很快地湊在一起，使它們的總量超過那一定的分量，就成了。

第二項條件也有辦法顧到。是將初起的爆炸限制在一個強固而且很有分量的容器裏

，使炸彈粉碎之前，炸藥能有必需的分量被解體。如不用這種容器的話，初初發生的力量，就能使炸藥分成無數小片，這些小片靠他們自己是不會解體的。然而使用了這樣的容器，炸彈中連環反應完成所能取用的時間，依然非常之短——只有幾個千分之一的秒。所以還得設法保證中子可以在容器炸破以前能夠在炸藥各部處處遊遍。這就是說，必須使用高速的中子。

小於特定大小的原子炸藥的塊兒，所以不能爆發，理由很易看出。在小塊的材料中，塊的表面比塊的體積更大，故穿出表面而跑掉的中子數，和被產生出來的中子數對照起來，就會這樣的多，以致造成連環反應所需中子的增加率總不夠數，因而連環反應不能發生，炸藥依然不炸。尺碼增大時，體積的增加總比表面面積的增加更速。於是產生的中子數，和失去的中子數間的比率，就比例地增高起來。到失去的中子和產生的中子數目對等時，那特定的尺碼便達到了。若鈾塊較此更大則連環反應能夠自動維持下去，炸彈自然便爆炸了。

爲了保持祕密，那特定的尺碼，未經美國官方報告。但也大概提到，說是落在二公斤到二百公斤之間（亦即從四、四磅到二二〇磅）。報上傳說二十五磅重的一塊已刻用爲原子炸彈，但官方未與證實。

關於原子彈本身，除了把那許多塊炸藥湊到一起的方法會有說明以外，其他一概無從參考。各塊被持得極近時，反應馬上開始。反應的速度是如此之大，各塊還沒有被靠

緊以前，就會被炸跑了，炸彈的效率當然隨之減低。要避免此事，只有在一秒的千分之幾的時間裏把各塊湊到一起。用一種槍一樣的機械，將各塊拼到一起就行，因為射發的速度甚高時，力量也必甚大，各塊乃待在接受尚未開始之前，熔成一個固體。

不過即在上述預防被遵守之後，原子爆炸的全力，還未得到充分發揮。這次的效率雖然未經公布，一九四一年那篇關於問題的報告，卻指出在炸藥未被分散得很遠至於反應只好停止以前，可能的分裂能量只能放出百分之一到五。以此為基礎，所以才算出一公斤的鈾二三五，具有三百噸T.N.T.的效力。新聞界所得消息是在日本擲下的原子彈，力量等於二萬噸的T.N.T.照上面推算起來，那炸彈應含「鈾二三五」六十七公斤（或一五〇磅。）不過目前尚效力也許比較一九四〇年時更大，那末，產生上述效力的鈾量自然按照比例可以少些。顯然地，原子彈的質量，連幫助它爆發的種種設備和容具算在一起，也不會大到飛機不能裝載的地步。論尺碼它也很小，因為二十五磅鈾，只佔體積三、三立方吋。

四、「這不過是個小炮仗！」

去年七月十六日美國新墨西哥州曠野舉行了第一次原子彈試驗。爆炸當時，發生了五色繽紛的閃光，所捲起的沙塵及濃煙昇至三千呎高空。有兩人立於六英里外因不堪震

動而壓仆。架托炸彈的鋼架，被蒸發成了氣體。炸後周圍空無一物，僅餘一碩大無朋之洞穴。據協同研究原子炸彈的哈佛大學教授李特博士稱：「原子彈的爆炸力，使立於六哩外的測驗員，因不遵守爆炸時勿觀看的勸告，而被閃爍的火光照得雙目失明且被震倒。我立於五十哩外的地面上，但見一片火焰掩蓋整個地面，即在五十哩外亦受震動恍若地震」。美陸長史汀生稱：「原子彈在首次試驗時，有濃煙衝入同溫層，發生一陣狂風，二百六十航空里外之窗戶，亦為之震動」。這是原子彈的初試啼聲。

原子彈的威力已經十分明顯，只因軍事秘密，當時極少人知。到了八月六日日本廣島首被投彈，世人方知原子戰爭時代已經揭幕。當日的情形：在雷震般的爆炸以後，該城即為火焰濃烟所掩蓋。據美國飛行員的報告：原子彈爆發時，該城立即為光耀如同白晝之閃光所遮掩。數分鐘後，夾雜塵埃的煙峯，昇達同溫層，其熱力可與星體所發生者相比擬。廣島城有河流七條，可作火卷之用，但火焰蔓延之速有如閃電，雖鋼骨水泥的防空洞亦多被燬，東京廣備聲：「原子彈已將廣島所有生物，人畜燒死，死者被焚後，不辨原形，在戶內的人民亦皆為非常的壓力及熱力所悶斃」。廣島全城面積，計六又十分之九平方英里，據美國偵察機所攝照片，顯示該城被毀面積為四又十分之一平方英里，佔全面積百分之六十。

八月九日長崎再被投彈，全城完全炸燬，重要海軍船塢，三菱軍火托辣斯所屬飛機廠，鋼鐵工廠及電力工廠被毀者不計其數。東京每日新聞曾刊有長崎被炸照片三幅，一

幅顯示該城中心區已化爲烏有，眼界所及，處處都是瓦礫。另一幅顯示十里外之農舍，非倒塌即被撤去屋頂。第三幅則爲壓死在牆下之一馬，攝影者稱長崎爲「死城」，僅少數建築物屹立於灰燼中而已。東京廣播，該彈之可怖的「白熱火焰」，將長崎多數市民灼死，屍體暴露部份均呈焦黑，甚至遠在中彈區之外者，身上的暴露部份亦呈疤痕。距火焰中心點五哩外之樹木均已枯倒。

又據本年一月東京電訊：

廣島被炸迄今已達五月，然現仍有人受原子彈轟炸影響不免死亡。今春廣島將無綠草生長。長崎之破壞程度雖與廣島相仿，尙幸四週有山，足爲屏障，但見各工廠之廢鋼爛鐵，散布成行，而各廠屋基則已東倒西歪，因受震而失去原形。長崎之山，隔絕原子彈之威力，使城內其他部分不受影響，然而因此而山脚亦幾被拔去。統計廣島一地被原子彈炸死受傷及失蹤達十三萬人，房屋受損達四萬九千七百二十七棟，受損地區中，有一處之受害周圍達直徑四公里之長。長崎之受損程度較淺，死傷及失蹤者達六萬六千一百四十四人，房屋受損一萬九千五百八十七棟。

以上是原子炸彈的三次試驗給予世人的可怖印象，那末，原子炸彈的威力究竟有多大呢？杜魯門總統稱一枚原子彈具有二萬噸T.N.T.炸藥之威力，較英國十一噸「地震式」之爆炸大二千倍，比超空堡壘二千架所載二萬噸炸彈之爆炸力，尤爲利害，美聯社科學編輯曾以簡明實例作比稱：（一）大小宛如高爾夫球的原子彈威力等於五百萬磅之煤熱（

可供大工廠數年之用。(二)等於未來的宜昌水閘工作數星期所發動之水力。

然而這還只是原子炸彈初與世人相見時所具的威力。據美國惠勒教授談，「目前的原子彈，只是一個小砲仗。原子物理學的基石是愛因斯坦的質能同價說，其程式為能量等於質量乘光速的自乘，它告訴我們世界上一切的物质都不過是凍結的能力。又告訴我們，目前所知最有力的原子核轉變——原子彈或重原子的分裂——只放出了鎖在鈾核質量中的能力的千分之一。那些合成鈾核的小質點，如質子中子等本身並未轉變成能量。它們不過借助於極少一點質量的損失而重新組織在更小的核子裏。假使核中的質子也被轉變的話，炸力一定要強得多多。

再則目前的原子彈總要利用鈾，因為鈾原子是週期表中最大的原子，所以不必使用很大的能力，僅僅一個速率不高的中子，即可將它打破。但鈾在天然間太稀少了，(所佔地殼的百分數只一百萬分之四)，因之提煉出來的「鈾二三五」，固極少，就是可供製造九十四號元素的「鈾二三八」也不多。科學家的進一步研究，如能改用天然間較多的元素，如鉛，氧，氫等為擊破之對象，則原子彈原料，陸海空到處都是。連環反應一開始，全球的同類材料可能都跟着炸裂，那才是人類的末日哩。

所以當美國的科學家們聚集在新墨西哥初試原子彈時，有人(就是費密)由於深信自己的研究過於危險之故，竟懷疑鈾核的連環反應可能從彈中傳播開來，閃光環繞全球，把一切生命化為灰燼。那自然是過慮，原子彈中射出的中子太少了還不夠打開「鈾二三

五]以外他種原子核。但打開別種原子核的辦法已經有了。

今日科學家的製造高能質點的機器 Cyclotron, Betatron 之類，已能使發出的質點，具有高達 $100,000,000$ 電子伏特的能力。可是惠勒氏說還算不得什麼，在空氣界外，有能力更高的質點流注下來。那就是宇宙線。如果加以研究，惠氏相信可以揭發最後的祕密，把任何一種及每一種物體中所藏物質，化為能力。

蘇聯最近的報導，他們的科學家已在高加索山嶺利用氣球從事宇宙線的研究。美國呢，戰後有的是賦閒的空中堡壘，惠勒教授擬向軍部建議借用以裝載十噸重的整個實驗室昇空研究宇宙線。這個辦法自然比利用氣球與山巔活潑得多，美軍部允許了沒有，不得而知，但如竟予便利，則美國將來製成的原子彈，將比目前更兇，而這種更兇的原子彈，出世之期，必不甚遠，這都是沒有人會懷疑的事。

第四章 怎樣管制原子彈

一、有祕密麼？能防禦麼？

原子彈的理論，乃是國際科學界的共有財產。主張祕密的美國政府却在原子彈第一次使用之後，便在公報上原原本本予以介紹，即因這些理論不介紹人家也都知道。但製

造原子彈的技術細節，美國的公報便諱莫如深了。原子彈是怎樣裝置的？究竟多大多重？所用中子是每秒多少噸的速度？這種快慢適中的中子如何在需要時造成。彈壳是用什麼合金？諸如此類的問題不說明，他國要想仿造原子彈便有無從着手之苦。

這是一點，還有，提鍊「鈾二三五」及九十四號元素的理論程序，公報上雖有說明，而實際提鍊時應當注意的條件和使用何種防險的工具，諸如此類的技術細節美國公報亦付闕如。我們知道任一工業程序，都不是依照理論的指示即能順利完成的。坊間化學工藝寶鑑之類的書很多，但誰能按照書上開列的方法造成像樣的化學用品來呢？所以在原子彈的製造上，積有五年經驗的美國確有祕密可守。

至于原子彈能否防禦一問題，我們可以說像在日本施放的那種原子炸彈並不是絕對沒有防禦的方法。有人估計原子彈的威力可能是這樣：（一）被炸中心在當時可能發生極高的熱，幾達星球溫度，但決不能持久。短時間溫度降低以後，要想它還能將被炸區內的物質化為氣體而再度爆炸，便不大可能。（二）當巨能放射的時候，一定產生高壓，這壓力大部份射向天空，因此炸彈爆炸的高度，太高或太低都會影響它的威力。而且壓力可能是不均勻的，所以廣島還能有烟囪幸留未被炸毀。（三）爆炸時和爆炸後一個短時間內，有巨量的射線產生，其中包含鈾放射所產生的大量中子線，和原子核周圍的電子被激撞，而產生的電磁波輻射線。這兩種放射線誠然都能傷害生物但因這種人工放射，都是短命的，一定不會繼續放射很久。

根據上述推測，就擬定了消極積極的防禦辦法兩種。積極辦法是用雷達來搜尋。並用火箭機載着裝有無線電信管的砲彈去擊落原子彈飛機於國境之外。消極的辦法則是設計一種原子時代的防空洞，除特別堅固外，再用金屬做的反射體覆蓋在洞上面，把第一種威力中的熱線反射到空中去。另用銅板來隔絕中子，用鉛板來隔絕電磁波幅射線。

這樣說來，原子彈幾乎不成什麼問題，美國朝野那樣惶惶不可終日豈非自擾？不幸的是，凡事總得請教專家。美國原子彈專家的答復並不如此輕鬆。

美國新共和雜誌去年十月某號上說：近來美國科學家會分別集會，討論原子彈問題，結果，在主要各點獲得一致同意並發表宣言，其要點如下：

(一)「關於原子彈絕無秘密可以保守。釋放原子能所需的原理，乃最近五年來全世界科學界的共有財產。世界上每一文明前進國家，都能在國境以內找出若干能夠在細節上竟其全功的科學家來。同時一文明先進國要生產一枚原子彈也決不會沒有地方去找原料。」

在原子彈的發明中。只有一個重要的秘密，它所涉及的是計劃能否成功的問題。那極昂貴，極危險的事業，必須建立在純粹理論的預言上。每一次發生一場小失敗時，理論是否真行得通的問題，都要被重新提出來。可是那問題現在已經在全世界的觀衆面前戲劇般的答復了。剩下來的僅有秘密，無非技術程序上的問題，這却是任何一組夠格的科學家都能在比較短的時間中予以發現的。

(二)「如果使用更多的更大的，和更有效率的原子彈的話，在不久的將來要在數日之內將任何一國的人口，工業和軍事力量的大部份，予以完成毀滅，是完全可能的事。再則，飛行與火箭的發展還可能使這事完成於幾點鐘工夫，使對方沒有施展有效報復的機會。」

「關於軍事方面，向有一種說法，「有一新的攻勢武器出現，很快就會有一守勢武器出來防禦它。」科學家不能詳細討論防制原子彈的可能方法，但他們說得很明白，要對於原子彈發明一種十分妥善的防禦法，他們還無法提供希望。此次戰爭中，對於德國的V-2式火箭除了摧毀其起飛場以外，並未查出任何防禦方法。何況原子彈所提出的乃是一個全新的問題，因為在這裏一架飛機或一具火箭即能攜帶空前的破壞力。將來的防禦，自然可以超過此次戰時的防禦甚遠，不遑即使我們能夠在九次中設法使原子彈飛不進來，我們就能因此發覺對於第十次，也能同樣防禦嗎？」

「像美國這樣的高工業化國家尤其不堪原子彈的破壞，城市和工廠誠然都可以改建於地下，但其不便，決非現代文明所能忍受，何況這也未見得便是最後的安全保障。而改建的工作，即使我們有決心，也非五年至十年不能成功啊。」

這樣說來，原子彈是既無祕密，又難防禦的，那末，今後的美國乃至整個人類如何才能獲得安全呢？各國從事實際政治的人當然另有看法，這裏却只想把當代幾位有名學者的看法向讀者介紹一下。

二、美國科學家的建議

首先讓我將參加原子彈製造工作的科學家，他們的共同看法介紹一下。前已說過，美國爲了搶鑛鈾二三五，早在一九四二年底實驗室工作尚未完成時，即在田納西州諾克斯村附近一處煙稀少的地方，設立了大規模的鍊鈾工廠。工廠佔地五千九百英畝，四無人煙。由政府在那裏設立一個都市，定名橡樹嶺，供廠內工作人員居住。其中人口約七萬八千人，嘗試以電磁法和飛散法提鍊「鈾二三五」的美國科學家名人如磁力共振加速器的發明人羅倫斯博士，和烏雷博士等均在其中。他們雖然自賭自己研究的成功，卻心憂美國國步艱險，乃於去年十月共同發表原子彈宣言，討論美國今後應取的步驟。語重心長，美國全國科學家界均起而響應。一時要求政府公開原子彈祕密之聲洋溢全國。理化科學家對於政治原是外行，他們的建議容有斟酌之餘地，但他們的基本看法，是可供世人參考的。

原子彈的發明與使用，向世界政治投進了一個重要的新因素，並爲美國和世界創造了一個險象環生的局面。在國難中，科學界同人將原子彈的研究當做一件必要的軍事項目而工作。在那樣做的當時，已是帶着一種憂疑的心情，來看它的最後影響，所以，比起一般人來，我們對於當前的局勢早已做過了較長時間的思考，就覺得將有關原子彈的基本事實，及那些事實對於美國外交政策上的影響向大眾申說，實爲我們分內應爲的

事。原子能的釋放會使我們不能不作一項自己認為十分正確的決定。但我同胞只有在充分明白了這些事實以後，才能聰明的參加我們所作的決定的。如我同胞不願參加這個決定，可能就意味着我國都市的燬壞，我國以百萬計的人民的死亡，甚至我國的滅亡。我們千萬大意不得。

我們討論這個問題，將由分析我們政府可能採取的途徑入手。

第一途徑——外交政策——仍舊貫。

許多經過了嚴重的考慮或者得到適當的報導的美國人，都相信美國不必在外交政策上做什麼特別的改變。所根據的論證是原子彈並沒有改變國際磨擦和戰爭的性質。假以時間，終有一日可以找到有效的防禦辦法，而道德的譴責和畏懼報復的心理亦將有防止原子彈的使用，甚至防止戰爭本身的功用。

但原子彈的主要特徵，是它的極大的破壞力。報紙所載關於廣島和長崎被炸的慘狀，說明了它在目前所具破壞力。在最近將來，人們很可能使用更多，更大和效率更高的炸彈，完成對於任何一國的人口，工業和軍力的毀滅於數日期之中。再則飛行術和火箭的發達還可能使這事完成于幾點鐘內，絕無引起有效報復之可慮。否則軍略地點也可能于事前被外國的間諜炸毀。像這樣極端破壞性的因素，我們製定我們的外交政策時，都是不容加以忽視的。他既對於每一國家的安全，都是一個嚴重的威脅，他就強化了摩擦和戰爭的原因。

諺有云「對於每一攻勢武器都可以找出一種防禦方法」。這話雖有，我們科學家却不能對原子彈的特殊防禦，提供任何希望。惟一直接的防禦辦法是報復，反攻或「預防」的戰爭。但這些辦法並不能使我們已毀的都市復原，已死的同胞復生。將人口和工業分散開來，都藏到地下，是可以減低原子彈空襲的威力的，但這也不是一種適當的永久防禦辦法。

道德的考慮，沒有阻止我國對日使用原子彈，這也許可以說是因為大家在這個決定上沒有被諮詢過。可是很顯然地，大多數盟國人民都對這個決定表示贊成。在戰時，道德的禁令從未阻止交戰國使用任何可怕的武器。何況那些對於原子彈的使用有控制權的人，還可以置身於世界的道德壓力之外呢。

在過去，在侵略者自認有戰勝的機會時，畏懼報復的心理從未能阻止他發動侵略。其實，一國因為恐怕會受原子彈的戕害，往往更要決定先由自己來使用它。

這樣考慮的結果，世界局勢顯已由于原子彈的誕生而起了確定的巨大的變化，我國在製定外交政策時，實非加以最大的考慮不可。

第二途徑——使美國在原子戰術中操必勝權。

許多人覺得如使美國握有原子戰爭中的必勝權，則亦可以得到安全。於是他們建議美國應保守製造原子彈的祕密，應設法壟斷製造原子彈的戰略材料，應製造更多更兇的原子彈，同時將美國的人口與工業分散開來。

那些主張保守原子彈秘密的人，不過是把我自己人領入歧途而已，他國並不致受其誤。蓋關於原子彈已經沒有什麼基本的秘密可守了。政府已將那些引到成功的發現和方法，輪廓地予以公佈了。剩下來的秘密，不過是些科學上的和工程上的細節。要說他國的科學家和工程師，決不能將我們所用或所發明的種種新方法，至少再發明一次，那是自欺之談。英美兩國人用了三年工夫做到將實驗室工作轉變為工廠規模，他國人士既已知道這轉變實際上業已做到，那末，縱使他們的國力薄，資源少，也不難集中力量，於三年到五年的時間中，產生出原子彈來。

祕密政策有一種危險，即一方面鼓勵他國發明原子彈，同時又使我們自己的多數科學家不能得到有關原子彈的詳細報導，因之就人工地對本國的原子核物理與化學的進一步發展予以限制，使其不獲正常的發育。

有人建議另有一法可以獨佔原子彈，即由英美兩國控制製造原子彈的必需原料。可是鈾礦的分佈遍于世界，我們除非採取征服手段，就不可能完成這種單方面的控制。戰前在加拿大，比利時，捷克，和俄國，已有鈾礦發現，戰時一定還有新礦發現。所以要說美國一國或者和英國一起，就能使其餘世界不獲接近足夠的鈾源，因而無法製造原子炸藥，那是愚蠢的想法。

我們既無法希望獨佔原子能，我們能不能比較他國製造更多更好的原子彈藉謀未來的安全呢？

製造更多更好的炸彈，在最近五年中，也許是維持安全的必要手段。可是我們要提出警告，更多更好的炸彈並不能給與我們以永久的安全，原子彈的破壞力太強大了，美國的工業和人口太集中了，因此，握有更多更好的炸彈並不是一種好的防禦方法。一國一經握有某種最低數量的原子彈後，更多的握有便無很大的益處。數年以後，握有少數原子彈的國家，就可把它們裝在火箭上，或者祕密地埋在我國都市的地下，這樣就能在數分鐘內毀掉我國工業資源和人口一大部份。

再則我們如果握有更多更兇的炸彈，那末，他國怕我們會攻擊他們，（理由充分與否是另一問題）就會認為有先下手之必要。我們還不是糟了。

對於目前的原子彈所知道的唯一可能的防禦法，是把工業分散開來。目標既不集中，原子彈的威力自然可以減少。可是我們並無理由去斷定未來的原子彈不會數量更多，破壞力更強，以致工業的分散也只成爲沒有十分保障的防禦法。再則分散辦法，也有困難並且花錢甚多，結果還會造成經濟上的脫節與解紐。最後，美國要舉行工業的分散計劃。勢必加強政府的獨裁權。這很可能把民主和自由企業一古腦兒加以摧毀，那尤其用不得。

第三途徑——馬上征服世界

我們如不向別國告知原子彈的祕密，美國可以保有領導權數年之久。可是差不多是一定的，五年之後，所有強國，都將握有原子彈，在數目上，大小上，效力上，可以舉

行比較廣島長崎上空慘烈百倍的空襲（這是說如無力量或條約加以預防的話）。由於美國工業的集中和人口的稠密，我們對於這種攻擊特別沒有有效的防禦法。如果我們不分散政策的話，我們的工業潛力可能在開戰初期十分鐘內完全被毀！

這就是說五年之後，美國就不能用更多更利害的原子彈來獲得安全了。知道此種情勢的人，有的就建議美國可以施用武力去預防他國製造原子彈，藉以保障自己的安全。但他國要製造原子彈而我國加以制止，他國一定不會和平地同意的，因此，這一行徑實意味着我們必須在今後五年內他國在原子能上尚未爭得平等地位以前，征服整個世界。這又是很難做到的，因為目前的原子彈還不夠厲害，用以征服世界，既不能迅速達到目的，也沒有確實把握。尤其顯明的，是這種政策有違民主的傳習和美國人民的志願。和納粹的行為實際也沒有分別。

第四途徑——國際共管原子能

國際共管原子能是被人廣泛提出的另一法。目前尚無詳細的計畫，我們也不擬作任何提案。我們知道任一這樣的計畫都有困難，它可能爲了保持世界和平而要求我們放棄有關原子能的和平使用的某些可能方式，及我國主權的某幾方面。不過此法如不見用，惡果極其顯明。如果我們忽視原子戰爭，則在不到一世的時間中，我們可能發現自己成了原子空襲的標的。如果我們爲了安全而設法使自己在原子彈戰爭中握有優越地位，我們將于十年之末，發現整個世界都和我國一樣有了足以應戰的武裝。而卽期毀滅的威脅

，可能召致一次「預防性」的戰爭。如果我們承認美國目前在原子能上所享領袖地位，至多只能維持七八年，因而就想馬上征服世界，我們又將發現自己被索連在另一次更大的戰爭中，重違我們的民主信條，復無必勝把握。

既然這些方法均足召致慘禍，我們只有運用全力去謀求國際合作與共管原子能的成。祇有這，才是長治久安的惟一良策。

我們強調敦促美國人民及其領袖要運用最大的思考力，去找出一種國際共管原子能的辦法來。美國必須在促進世界和平上當仁不讓，美國的人民和他國的人民，均應要求各自己的領袖，通力合作尋求控制原子能的有效方法。只能成，不能敗，敗則世界趨於自殺之途了！

三、英哲羅素的建議

美國不妨爲了和平不妨帝國主義一點

因原子彈的發明而引起的各種問題，其嚴重性已爲人們所廣泛認識了，可是世人的政治意識，還難很快就改變到足以使人類免遭浩劫的程度。

在考慮我們應當做點什麼以前，讓我們先斥退幾項無益的概念。有人建議各國應該同意不用此種新武器，但一切的經驗都已證明一旦戰爭爆發，這樣的同意便不會有人遵

守。只有一法可以預防其被使用，便是設法防止戰爭。

再則禁止人們，繼續從事於原子的爆炸性的科學研究，也不會有好結果。我們簡直可以確定的預言比那用在日本的二枚具有更大的破壞性的原子彈，不久即被發明，任何國際協定均不足以阻滯其實現。

有人希望將來可以不起戰爭，因為大家都已知道戰爭必然會造成普遍的毀滅。但這也是違反一切過去歷史的想法。自火藥發明以來，每一新武器無不被歡迎為可以弼滅。事實證明他們為蠢事的工具。歡迎的人誠然是仁慈為懷的，但他們的心理學卻弄反了。所以事實證明他們的期望永遠落空。約束自己不入戰禍的國家，往往是因為他們覺得自己一定會打敗仗。在剛剛結束的這次大戰中許多被德國滅掉的小中立國，他們所以中立，即因此故。但是只要有獲勝的希望，一個國家總不會以「無論勝負兩敗俱傷」為理由而不參加戰爭的。

依余所見，要有穩定的和平只有一種希望，就是讓爭論的一造握有龐大實力，舉世無與比倫，且舉世有目共覩。靠着原子彈能辦到這一點麼？

在目前，只有美國一國擁有已經製造成功的原子彈，而英國則為除美國外惟一知道製造原子彈的詳細秘密的國家。不過這種局面並不能維持多久。一般都認為蘇聯的科學家將於二年之內完成必要的探究，蘇聯政府將於最遲五年之內擁有一批原子彈，以備隨時使用。

擁有原子彈，可以使美國在最近數年內享有卓越的威力，遠非一切他國甚至蘇聯所能及，但這種卓越性是暫時的。如果要使這種暫時的卓越性使用得當的話，必須對於我們的目標和達到這目標的辦法，同有清楚的認識。

舊金山會議所追求的辦法，余認為沒有達成永久和平的希望。該會坦然承認並未創立任何機構去預防主要強國間的戰爭，其所以能夠「坦然」的惟一理由是建立這種機構乃不可能的事。這種機構既不存在，那末，衡以人類已往的愚蠢史，我們大可以說一場主要強國間的戰爭，早晚定要發生的。

足以預防主要強國間的戰爭的機構，在紙面上是容易製造的，不過決不會有一個強國會同意遵守它。百分之九十的人類是寧可以死，不肯稍稍尊重理性的。國家的主權是一切世界和平計劃的障礙物，說原子彈能夠將這種障礙物炸燬，我也不信，除非是用某種間接的方式。

今日世界上只有兩大強國，即美與蘇。至於英國已降為美國的附庸，這一點我懷疑是否已有多數美國人看出來了。蓋英國的偉大，產生於制海權，現在制海權喪失了，英國就全靠美國的好意才能獲得所需的口糧。如果美政府不許我們採用社會主義，我們只能嘆口氣，默然同意，如果美國政府命令我們和整個回教世界作戰，以討好耶穌教徒，我們也只好服從。總之英國已不是一個獨立的強國。尤其是在對俄的關係上，英國的政策不能不聽命於華盛頓。

美蘇兩國的邦交，目前並不怎樣友好，我們也沒有什麼理由設想兩國在最近的將來會逐漸友好起來。幾乎不可避免的，早晚定有戰爭發生。我並不是暗示雙方交戰是對的。相反，我的主張毋寧是一旦雙方都有了原子彈時，任何一方都應以向對方作完全的屈降，對於最不可忍的要求也不加以抗拒，為比較合於理性。不過理性二字在人類交涉中那裏去找呢！

因為原子彈現在尚為西方民主國所專有，所以美俄之戰在現階段多半會以前者方面的勝利而結束。不過戰爭如果再遲幾年發生的話，雙方的力量就見對等了。全世界每一件有價值的東西都要被毀滅，甚至有組織的政府，多半也會停止存在。科學家和物理實驗室將要成為主要的標的，到末了，多半就會沒有一個能夠製造原子彈或能夠指揮任何形式的科學戰爭的人被遺留在世間。

這樣，我們也許可以有幾百年的喘息時間，那時的世界全由野蠻主義來統治，生活卻比較安全。但這樣的世界決不是美國瓦爾街的大亨們或者蘇聯的共產黨人之所願見，因為他們雙方同樣是要求一個高度複雜的經濟組織。

以上的陳說，也許像是主張立刻對俄作戰，可是這樣的結論，只有在看漏了一些重要的因素時才會得到。開戰必須有一個道德上健全的開戰理由，在這種理由不存在的時候，美國人和英國人誰都不會願在一次民窮財盡的長期戰爭之末又立即投入另一場看來似無必要的戰爭的。這樣的嘗試，上次曾做過，已失敗了，再做呢，也不過再失敗一

次。

不過西方民主國家都有理由去運用它們的短暫的力量，去建立一種可能預防未來戰爭的制度，讓我們首先抽象地想想這個制度應當如何。

就理想言，一個打算用以預防戰爭的制度，它所需要的第一條件應當是除了握有次等武器的地方警察隊以外，全世界只有一枝陸海空軍。而這唯一的武力又必須由一單獨的政治權力去指揮，其強應足夠戡定任何叛亂，我們如果只想預防戰爭，而不想到其他，則這唯一的武力屬於一國也好，屬於互相聯盟的若干國也好，屬於泛世界的聯邦組織也好，均無分別。只有它的唯一性是使它成爲和平保障的必要條件。

也許有人要說，如果它行事不公或是暴虐無道，它就會失敗。因爲那是會引起革命的。可見武器改進一分，這話的真實性就減少一分，到原子彈出現的今日，它的真實性就完全消滅。因此，一枝頭等的武力將只能被一相似的武力打倒，決不能再被革命推倒了。

政府無論如何不符人望，都能維持權力於不墜，這一新形勢更增加了民主的重要性。因爲在民主不存在的地方，人們再也不能用十九世紀的政治鼓動方式去建樹它。要使原不民主的國家化爲民主，唯一的方法，只有憑藉外國力量的征服。整個亞洲和歐陸都已證明確是如此。

所以信仰民主的人如果仍主張強國不應干涉他國的內政便錯誤了。以建立和維持民

主制度爲限度干涉他國的內政是應當的。不過此外就只有牽涉到維持和平の場合才應當干涉。

現在再談這個超級國家的主權問題。我們必須在和平與安全中選擇其一。如果世界上繼續主張絕對主權的國家不止一個，遲早必然要起戰爭，而起於最近二三年以後的戰爭，其禍之烈，雖不致滅絕人類，亦將結束人類的文明。

但如只有一國保留其絕對的主權，那末，他國一概都要喪失國家的獨立。這固然是可遺憾的，但卻是不可避免的，我們只有大膽與之靚面相迎。

自然，在理論上還有一種可能，即當年創立國際聯盟時所嘗試過的計劃。那個計劃如果儘力推行到發生效力的地步，應當包括一件事，即凡是贊成建立一個大公無私的泛世界聯邦的國家都得放棄一部份主權。

就理想言，這是正當的解決方法，就實際言，却辦不通，因爲美蘇兩國誰也不肯放棄他們對於本國武力的獨斷的國有權。其他小國自然不必再說。憑藉同意，至多能夠成功的，是舊金山會議中同意的那種十分脆弱的構築。若要用來抵抗原子彈的破壞力，却完全無用。所以世界如果要得到某種程度的安全，就還必需更有內容的東西。

就余個人看來，要保持文明於不毀，只有一種希望。即美國應在他國還沒有握有原子彈以前的數年中，施行一種多少帶點帝國主義性的政策。這數年的喘息時間，應當被利用以建立一種由美國來作主的國際威權，其威權的限度自不得超出各國頭腦清明知道

如何避死求生時所情願忍受的以上。

下文是個人認為華盛頓應當採取的某些選戰步驟之扼要略述：

第一、美國應在蘇聯的勢力範圍以外之一切地區，用一種活潑而熱辣的手段去推進民主，這個步驟首先應適用於西歐，西班牙也包括在內，即對佛朗哥應不再寬容。其次應適用於義大利與希臘，那些地方的真正選舉自由必須堅決地予以維持。再則印度的解放和中國民主的完成，亦應為華府注意的中心。在一切可能的場合，美國人應當力主不受恐佈的選舉自由，和誠實開票。

以後如發生任何嘗試要以非法的手段建立不民主的政府時，如其必要，不妨以武力壓平之。他方面，已有民主政府的國家，應當依一定條件，取得美國的保護，以免遭受外來的侵略。這一定的條件彷彿應當是保證他們的武力不能被利用以反抗美國，無論是獨力反抗或與他國聯合反抗，均不可能。

這樣，一個聯盟就可以很快地建立起來，裏面包含英語世界，西半球，西歐和南歐，印度和中國。在今後數年中與美為友的利益和與美為敵的不利將是非常明顯，美國如果善為利導，即不難向需要美國保護的一切國家提出交換條件，要他們特別在有關武力和外交政策的事項上犧牲一部主權。但這一要求應有限度，即不得超過預防戰爭所必要以上。一俟聯盟的對外力量和內部團結初步建立，美國的控制即當相應而放鬆，逐步讓位於民主的國際控制，這應當是美國的顯明目的。

但對蘇問題依然存在。俄國政府是反對資本主義，和民主的，因此，如果美蘇兩國間，要有真正合作存在，雙方都須承認其對方在各自的勢力範圍中有推行各自制度的權利。第一步只好如此。如果要謀世界永久安全，兩國還得將武力合併爲一，並且還要建立一枝國際武力，將製造和使用原子彈所必需的一切，控制在手才行。

人類如欲免於慘禍，就必須將鈾和今後查出可以製成原子彈的一切原料，悉數交由國際共管。而這種共管還不能單是外交上的政治上的共管，並且應當是軍事上的共管。世界上需有一枝所有民族混合組成的陸海空軍，使軍中任何一單位都不致發生一種國家的偏見。又需有一種權力去檢查各國的軍備，只許他們擁有威力較次的武器。凡是違反有關國家軍備的共同協定的國家，必須立刻加以武裝干涉。

這一切做得到時，原子彈或較此更兇的任何他種武器，都會變成和平和安全的屏障，可是在這一切沒有做到以前，科學的發現將繼續威脅一切文明國家的生存本身。

許多人覺得不能同意國際武裝的觀念，理由是一枝國際武力可能轉化爲法西斯獨裁者。這種危險無疑是存在的。在十七世紀，英國要設立一枝國家常備軍時，也曾有人提出這理由來加以反對。可是英美兩國均已成功地對他們的武力建立起安全的政治管制了，那末，對於國際武力，也可以適用相同的辦法。

不過這危險縱然非常之大，也還值得冒險去試一試，因爲這不過是可能的危險而一。目前的國際無政府狀態，長此繼續下去，則一定要陷入類於浩劫。目今世界的最迫切

需要是政府；自由雖好，也不能不在現階段被放在後一步。

假使在今後數年中，美國政府真是又有力又寬大；真能清楚地宣佈一個令人易懂的民主理想，真能始終一貫地把目標放在避免戰禍上；真能建立一個強有力的國際聯盟，使其同樣目的，那末，蘇聯也不見得一定不願列位於這個純正的國際權威而為其一部的，假使不然，則另一次大戰的發生差不多是必然之事，人類將因之而遭浩劫，自亦同為必然。不過縱使那樣，如其結果是整個世界統一於一個政府，人類仍然有機會去建立永久和平。

利用原子能方法之被發現，是可能成為人類之福的。在一個國際權威的手中，原子炸彈可以使和平能夠持久下去，如有叛亂發生，不久即可被戡定。

而原子能的工業用途，也好像很可能大減生存所需的勞動量和大大提高經濟福利的一般水準。任何地方不必再見貧困，不必再有工作過度的事。有了持久的和平，則為國際武力而花費的支出可能僅當於今日花在作戰和備戰上的一小部份。

這一切好事都有實現可能，只要各國能夠克制國家虛榮心和猜忌心。各國若不能如此克制，則人類歷史上的科學時期一定不會甚久，能夠發現宇宙的祕密的人，彼此互礙，我們只好回到穴居的時代，依賴土地所生果實以為生。到這時代文明無疑還會一點一點恢復起來，不過不久，又將結束於徒勞的頂點。這是人類能力的最好表現嗎？

如果我們要逃避浩劫，就必須學習一種新的政治看法：我們必須設法去懂強國間的

爭執乃是一種比較任何虐政或無道都更壞的罪行。在過去，甚至在剛剛結束的這次戰爭中，也許有適當的理由去打仗，換言之，也許有些場合要避免打仗，就只有向比打仗更壞的罪行屈服。

到將來，則要打仗的場合就只有一種，即在一方握有至上的武力的場合，那較強的一方，才有採用戰爭的理由，弱者自然無之。

如果各大強國的統治者都能明白這個顯明的真理，他們就可以學知如何去利用理性的調解以解決爭端，又可以看出讓一個國際權威去執行這種調解為最有效。但他們如果繼續以舊時的國家榮譽來思想，認為自己總是絕對的對，而別人總是絕對的錯，那末，慘禍之來，便無法可以避免。

在今後這無上重要的數年中，最必需做的一件事是使人類中的政治份子，不但明白當前的危險，還應明白前途的新希望；即有了一個強有力的國際政府，即可以期待一個安全而豐足的新進步時代的降臨。

放在我們面前的有二條路，一條是大善，一條是可想像的大惡。我們選擇那一條路全靠我們自己。

（譯自一九四五年十月號美國常識月刊）

四、愛因斯坦論原子彈與世界政府

一、原子彈能滅絕人類文化麼？ 也許地球上的人民將有三分之二要在原

子彈戰爭中死滅。但文化是不至於全被毀滅的，因為在這可怕的戰爭以後，若有些能思想的人們能在戰爭中保得殘命，又有些書籍保存下來，人們就可以從新開始工作，因之文化是可以重建的。但是，我們之急需防止這樣一個戰爭，是一件極明顯的事。

二、秘密向誰公開才好？ 我並不相信原子彈的祕密必須告訴蘇聯或告訴聯

合國會議，我不相信這個祕密應當告訴任何獨立國家或者獨立國的團體。因為在現行無世界組織的情形下，在國與國間衝突的危險隨時存在着的狀況下，宣洩原子彈的祕密只是促進軍備的競賽，這種競賽是必須制止的，倘若我們要防止另一次戰爭的話。

原子彈的祕密必須交與世界政府，美國應當立即宣佈準備將這個祕密告知世界政府，這個世界政府必須由英美蘇三強創立，同時三強必須將所有軍事力量交給世界政府。由三強來組織世界政府，會將這組織工作變得較為容易。

因為美國和英國保有原子彈的祕密而蘇聯不知道這祕密，所以他們應該邀請蘇聯共同起草政府的憲章，這樣可以消除蘇聯的疑忌，這疑忌是已經存在着了，因為蘇聯覺得英美保守原子彈的祕密主要原因是不願讓蘇聯知道。很明顯的，這第一次的草案，自然不會是盡善盡美，它必得加以修正，使臻於完善，但我們應讓蘇聯明白世界政府可以保證他們的安全。

二、建立世界政府問題

世界政府的憲章若由三個人來起草——一個美國人，一個英國人及一個俄國人，也許會比較許多人共同起草來得更好。自然這些起草委員必得有顧問提供意見，但顧問應只在被諮詢時始發表意見。我相信由三個人起草，可以草成一個具體可行的世界憲章，若由六個人七個人或是七人以上來起草，反會意見分歧，這樣的草案也許窒礙難行的。

在三強採取世界政府的憲章以後，他們應邀請地球上其餘的國家共同參加世界政府，若有不願參加這組織的，應聽其自由，並使他們感覺不參加這種組織也同享安全，但我相信他們將願意參加，自然凡是參加世界政府的國家，都應有發言權，都可以提供意見，修改憲章，但三強必須組織世界政府，不管其餘的國家參加或不參加。

這個世界政府應有權統轄全體的軍事，並且還應有另一種權力，這就是凡是遇到少數分子壓迫多數人的時候，世界政府應出動干涉，因為這種壓迫會產生不安的感覺，是戰爭之禍源，像現在阿根廷和西班牙的情形，世界政府就應當干涉。我們必須清除不干涉的觀念，因為干涉就是保存和平啊！

這個世界政府的建立，不需要等到在三強的每個國內達到同等程度的自由以後方才開始。固然這是事實，就是在蘇維埃的政制下，是少數黨統御全國，但我並不認為這種情形足以威脅世界和平，我們必須記在心中，就是蘇聯的人民在過去並沒有受過一個良好的政治教育，所以要改革蘇聯必須由少數分子來執行，多數人民都無能為此。

我們建立世界政府統轄一切軍事，却並不需要去改革三強國內的組織機構，三人起草委員會可以策劃出方法來，使三國各別不同的政治組織適合於共同的合作。

我惟世界政府的專制嗎？我自然是怕的，但是我更怕未來戰爭的慘酷，任何政府多多少少總有些壞事做出來的，世界政府恐怕也不免於此。但是世界政府較之原子戰爭顯然是好得多了，倘若這樣一個世界政府不能由共同的諒解產生，它必然將在另一種兇殘的方式下出現，因為原子戰爭的結果，必然將產生一個強大無比的國家，憑藉其舉世無匹的軍事力量，統治整個的世界。

現在我們保有原子彈的祕密，我們不能將此祕密宣洩，我們若將這祕密告訴給蘇聯或是聯合國會議，我們將有絕大的危險。但我們必須立即昭告世界，我們保守這個祕密不是爲着保持自己國力的強大，却是希望盡我們之所能，產生一個世界政府，藉以維持全人類的和平。

四、對漸進主張的異議 有許多人贊成組織世界政府，認爲它是人類的最後的目標，但他們却主張逐漸地進行。對於這些人的意見，我自然是表示贊賞。但其困難在於我們在逐步地趨向於世界和平中，繼續保持原子彈實無法使那些不知道原子彈祕密的國家相信我們的目的是在維持世界和平。其結果是產生疑忌和懼怕，因此國與國間的關係變得緊張和危險。所以這些贊成逐漸地產生世界組織的人們，自以爲他們在趨向世界和平，實際上却是使世界戰爭一步步逼近，我們決無時間這樣慢慢地做，倘若我

們希望避免世界戰爭的話，我們必須立即進行組織世界政府。

五、原子的利用與民主 我並不相信一個偉大的原子科學時代能由一個有

組織的科學集團產生，科學是不能像企業公司那樣加以組織的，一個組織的機構祇能應用於業已發明的，却不能由此來發明一個新的，只有自由的個別的私人方能發明新的，你能想像一個有組織的科學團體能夠發現達爾文之所發現的嗎？

我也不相信那些廣大的美國的企業公司適於原子能的發展，美國政府必須控制原子能，這不是因為社會主義是合於理想的，却是因為原子能是在政府的主持之下發展的，若將這一筆財產交與私人或私人的集團，其後果是不堪設想的。至於社會主義，除非發展到組織世界政府以控制一切的軍事力量，也許較之資本主義更易於促成戰爭，因為前者是力量的更大的集合。

去估計什麼時候可以將原子能應用到建設上去，是件不可能的事。現在所知道的，只是如何利用大量的鈾。我們不能預料什麼時候我們能用少量的原子能足夠去發動一輛汽車或是一架飛機，我們也不能預測什麼時候我們能用較鈾為普通的物質去造製原子能。大概鈾是一種原子量最大的元素，這元素在地球上較為稀少，因為它們較之別的元素來得不安定。大多數的這些元素，因為放射性的分離之故已經不存在了。所以雖然原子能的釋放是人類的一個大恩典，但這個恩典也許需要過一些時候，方能贈給人類。

五、國際上的波瀾

上面已將學者對於原子彈問題的看法介紹過了。他們討論這問題時，有的站在美國公民的立場，有的站在英國的立場，有的站在世界的立場，卻都獲得一種共同的見解，即一個真正握有主權的世界政府必須成立，人類才有安全。現在就讓我們將近半年來國際間爲管制原子能而定的辦法比照一下，看人類的安全是否已經有望。

1 美英蘇各懷異見

在理論上，原子彈原無多少秘密可以確保，可是說也可笑，原子彈的製造程序中僅有的一點技術上的祕密，似竟一度形成了盟國間團結的暗影。

美國杜魯門總統在去年美國海軍日發表的演說中，表示他在計劃與英國及加拿大先討論原子炸彈的管制問題（然後與其他國家商討）。去年十一月十五日，美英加三個領袖商定，原子彈之機械細節，仍將保持祕密。杜魯門認爲這一種新武器的破壞力量，在美國手中，乃是一種神聖的付託，由於美國愛好和平，舉世有思想的人士必知此項付託不致遭受褻辱。

但蘇聯對此大爲不滿。外交人民委員會委員長莫洛託夫在十月革命紀念日的演詞中，認爲原子彈不應保守祕密。各強國重整軍備的政策與建立國際聯合機構以確保世界和

平，實互相衝突。原子彈的使用，已表現其巨大的破壞力，原子能的效率，迄今猶未作為防止侵略保障和平之用，所以原子彈製造祕密的保守，實足以成爲充實一國或一國家集團的力量。他並聲明如原子彈的製造過程不公開，蘇聯也將發明原子彈及他項利器。他方面，英國在這個問題上，雖然對美也不滿意，卻極容易冰釋。經首相阿特里之訪美，英美加三國對原子能聯合宣言即發表。大意是不肯輕易就將原子彈的祕密向人公開。內容如下：

(一)我等承認人類所獲之最近科學發明，及應用於作戰之方法及行爲，乃前所未有的毀滅方法，尙無適當之武力防禦。此種方法之運用，事實上任何一國不能獨佔之。

(二)我等鄭重指出設法確保此種新發明使其不爲毀滅之工具而爲人類謀福利，不僅賴於我等三國，並有賴於整個世界。但因我等對原子能之發展及使用，曾有所創見，故對此事，我等應首先爲之倡導。因之我等會商採取國際行動之可能性事情。即(1)防止以原子能作爲毀滅性之用途。(2)提倡關於原子能使用之科學知識。

(三)我等將原子能應用於和平及人類福利之目的。我等深知欲使文明世界不致遭受濫用科學知識之災害，惟有防止戰爭。任何可能發明之防禦方法，其自身均不足有效確保任何具有侵略意圖之國家，不製造原子性之武器。我等亦不忽視其他武器或戰爭之新方法，亦可有發明之可能，這種發明對於人類之巨大威脅或不下於原子能在軍事上之應用。

(四)我等代表保有原子能運用祕訣之三國聲明，我們當一本舉其所知以貢獻世界之初衷，深願與任何互惠之國家，為和平目的計，交換基本科學情報。及舉行科學家之互換，以及科學文化之共倡。

(五)我們深信科學研究之造就，當能使世界科學均能享受其利，而研究自由及意見之自由交換，乃知識進步之要素。因此關於和平用途方面，原子能發展之基本科學知識，業已公諸世界。我們希望更進一步將此類知識，予以同等處理。我們相信其他各國亦將採用此同樣政策。藉以建立互相信賴之範疇，俾使政治協調及合作得以發揮。

(六)我等業已考慮關於公開原子能之實際應用及開展之詳細情報問題，多半以方法及過程上之工業運用為依據。我們不信在獲一有效，互惠，強制性之保障以前，一切國家都能接受之前，宣佈原子能實際應用之技術知識，即有助於原子彈問題之建設性解決。反而可能發生相反的效果。但我們準備一俟獲得防制將原子能作摧殘目的之有力保障時，即按照互惠原則，與聯合國之其他份子，分享原子能工業實用之詳細知識。

(七)為獲得有效方法，以根除原子能作毀滅性目的之應用，及促進原子能有助於工業及人羣之最廣泛應用計，我等主張應早日由聯合國機構籌組一委員會，俾將一切建議提交聯合國組織。該委員會應受命以最迅速之方法進行工作，並有權對於其工作各方面隨時提出建議。該委員會對於下列各點應提出特別建議：(1)使一切國家間為和平目的而交換基本科學情報。(2)管制原子能以確保其僅作和平目的之應用。(3)消除國家性

之原子能武器，及其他可用作集體毀滅之重要武器。(4)藉觀察及其他方法作有效之保證，俾使奉公守法之國家不致遭受由違反及規避法則行爲所發生之危險。

(八)該委員會工作之進行應分若干階段，每一階段之工作，得世界各國必要之信賴後，再進行次一階段之工作。該會應首先致力於科學家與科學知識之交換，以及武備，資源全部知識之探討。

(九)鑒於科學及毀滅性應用之可怖現實，每一國家皆較前更迫切認清國與國間維護法律條款及消滅地球上戰爭之極度需要，欲達到此目的，惟有全力支持聯合國機構，並鞏固及延展其權力，俾造成互相信賴之局勢。使一切人類得以自由致力於和平之大業。我等有堅持不移的決心，盡力完成上列種種之目的。

2 莫斯科三外長會議的圓滿措置

但英美與蘇聯會因這一點小秘密就越弄越僵麼？蘇聯的科學家對於原子核的研究，本來未落人後，目視美製原子彈的出世，自然更要猛着祖鞭。羅素預料蘇聯的原子彈不出二年那能研究成功，現在已經過了半年了，應當已經接近了個中三昧，又何必堅持要美國公開原子彈的祕密呢。故因這個問題而大家鬧僵，在蘇聯認爲不值，在英美亦必認爲不必。所以在去年十二月底三國外長在莫斯科開會時，雙方即在這問題上互相讓步以換取各自在其他方面的更大利益。美國儘管保持「祕密」好了。蘇聯一樣答應參加「聯合

「設置原子能管制委員會」的提案。茲將三外長會議公報中聯合國應設置原子能管制委員會之決議錄下：

原子能這個問題的討論，曾涉及由聯合國大會設置一個委員會的問題。蘇維埃社會主義共和國聯盟，美利堅共和國，和聯合王國的外長們已商得同意，建議聯合國大會考慮，由聯合國設置一個委員會來考慮由原子能的發現而引起的諸問題，以及有關事項。他們已經同意邀請安全理事會其他的常任理事國，法國與中國，連同加拿大，來和他們一起作為提案人，在一九四六年一月間的聯合國第一屆大會上提出下面的決議案。由聯合國大會決議設置一個具有下面所規定的組織與職權的委員會，來處理由原子能的發現而引起的問題以及有關事項。

第一、委員會的設置——委員會係由大會依照下開第五項所擬具的參考條款而設置。

第二、委員會與聯合國各機構的關係：(甲)委員會應向安全理事會提出報告和建議，這些報告和建議應予公開，除非安全理事會因為和平與安全的利益而作不予公佈的指示。在適當的場合，安全理事會應將這些報告轉達大會和聯合國各會員國，並應轉交經濟與社會理事會和聯合國組織的其他機構。(乙)鑒於安全理事會在聯合國大憲章之下，維持和平與安全的主要責任，安全理事會在對安全有影響的事項上，應向委員會發出指示。在這些事項上，委員會應對安全理事會負工作上的責任。

第三、委員會的組織——委員會應由參加安全理事會的國家、各派代表一人和不是安全理事國的加拿大代表一人組成。委員會的每一個代表可以各按需要隨帶助手。

第四、辦事細則——委員會應有它所認為必要的任何一種職員，並應就它的辦事規則向安全理事會提出建議，作為一種程序，安全理事會就應將這些建議予以認可。

第五、供委員會參考的條款——委員會應極力迅速着手處理並調查問題的各方面，且應時時儘可能提出與它們有關的建議。委員會尤其應作特殊的提議。

(甲) 爲着和平的目的，在各國之間擴大交換基本的科學知識；

(乙) 使原子能的管制達到必要的程度，足以保障原子能只能爲和平目的而使用；

(丙) 取締國家軍備中原子的武器，以及其他所有可作大規模毀滅的重要武器；

(丁) 以監視和別的方法，作有效的防衛，保護遵行條約的國家，防止違反與避條約而發生的危險。

委員會的工作必須按各自分開的階段，着手進行。每一階段順利的完成，在着手次一階段以前，應顯出全世界必要的信任。委員會不得侵犯聯合國任何一個機構的責任，但應提出建議，以供那些機構在執行聯合國憲章的條款所規定的任務時加以考慮。

上項決議，在本年初聯合國第一屆大會中，已經化爲行動，中美英蘇加法六國聯合提出了設置原子能管制委員會的提案。獲得多數通過，現已着手組織了。至於該會將來能有怎樣的成績，超出了本書的範圍，故不妄加預測。

第三編 原子時代的展望

本書一二兩編，已將一個原子當中的電子能和核子能，在原子時代開幕之初的種種利用，分別介紹過了。但在未來的原子時代中，兩大能力可能影響人類的地方決不止於前述。我們現正站在毀滅和繁榮的歧路上，但我們不妨樂觀地假定今後的人類當真覺悟了。決不再有互相殘殺的事發生，因之，兩種能力今後一定都很忠實地成爲人類的萬能之僕。那末，在那種原子社會裏，生活將是如何的舒適呢？對於這個問題，站在原子時代門口的我們似乎也應作一合理的測度。

美國坎普佛氏對於電子能的報導，極爲有趣，麥德摩氏對於核子能的報導，極其切實，茲一併譯附於後以餉讀者。

第一章 原子預言的逐步實現

世界有原子彈三，而原子彈的爆炸却有四次。那四次？新墨西哥、廣島、長崎各一次，還有一次威力最猛，乃在一般人的心中。

可畏復可羨的原子時代已經來到了。這是事實。各國人民也都迅如疾電一般全體認
知了這個事實。他們可以拖住時代的前進之輪，但他們又想從原子能的發現得到利益。

原子時代替人類預備了一種怎樣的前途呢？經濟上、社會上、社會上和政治上是不
是馬上都要發生一場使人透不過氣來的革命呢？歷史是否真已到了轉形期？科學和發明
是否真要用它釋放出來的無限力量，將世界翻轉過來呢？下面是作者的預言：

「不出五年，人們將第二次成功地利用原子能於建設。不出十年，它就能在二十多
種方式裏充當人類的忠僕。」

在替人類算命以前，讓我們看看若干世界最大的思想家和科學家怎樣說。

一八九四年——英國的 H. G. 威爾斯預言原子能的泛世界應用，並稱到一九五四
年將有原子彈出現，那時候，文明如不毀滅自己，就得使自己適應一種全新的生活，如
同突然走上另外一個星球一般。

一九〇五年——愛因斯坦宣稱物質就是集中在一起的能力，在一磅的物質裏關鎖着
一百萬萬瓩時的能力。

一九二六年——美國麻省理工學院教授稱物質內含有數量多得不可思議的被
捆住的能力。同年德國科學家希勒色爾博士 (K. Sieglitz) 預言「隨着原子的解放，人類將
忘記世界上會有窮苦的事，這時期已經不遠了。」

一九三九年——諾貝爾獎金的獲得人康普頓博士在科學進步社演講，稱原子能乃科

學追求已久的目標，其供人利用之期已比一般在一年以前所估計的要近多了。被封鎖在原子核中的這種能力十分強大，只要一小點，就夠駕駛一隻大郵船橫渡大洋，或放射一枚砲彈，從芝加哥直轟柏林。

一九四〇年——加里福尼亞省理工學院蘭智爾博士（在原子彈的設計中他是一位領袖人物）。預言原子能將改變地球的面貌。每到星期日，人們可以乘坐不裝螺旋槳的飛機遨翔於地面五十哩之上，任何人因任何用途而需要力的供給時，都可以免費取用。人人都能享受不可思議的方便。

然在珍珠港事件以前不久，關於原子的研究，卻隱入了祕幕。由於瘋狂般的實驗，四年以後，這祕密之幕，被廣島一彈撕成粉碎。釋放出來的能力不但符合於每一預期，似乎還提供了預先的約許，即前人所作關於原子能的釋放與人類前途的預言，也有完全實現之可能。

謹慎的科學家，其數年如一日的祕密性真和他們的天才相伯仲，但揭開了時代之幕，予人以未來世界之一瞥的，也是他們。他們密切參加了原子彈的發明，故能預見即得來的奇蹟。芝加哥大學教職員會議主席，名科學家格斯塔遜（Gusterson）博士曾對未來作一最有效的推測，茲介紹于下。

格氏曾向芝加哥大學執行俱樂部說：「比來自任何力源的力量，大到四〇〇，〇〇〇，〇〇〇倍的能力已能傳送出來了」。還有幾句話，同等重要：「只要資源有着，即

年（一九四六年）四月間便有一家實驗性的原子工廠可以開工。不出五年或十年，這種能力的生產便能弄得很經濟——又說「原子能的發展可能將久覓不得的醫病之方找到。

不過最合邏輯的第一步，顯應是盡量利用原子彈為建設性的超等炸藥。但那使日本二大名城轉瞬化為灰燼的原子彈，能有什麼建設性的用途呢？

最可能的有效用途，也許是用以制止森林失火。在美國奧勒崗州曾有數百萬英畝的良好林場，燒成平地。救火人要于最短期間清出一帶空場使火燒到這裏就不能再蔓延過去，總是徒費氣力。若用一枚極小的原子彈，這事便可在一秒鐘內被完成了。

現在又已有人在揣測原子彈的力量或可用以控制氣候了。佛羅里達市長曾建議在暴風中施放原子彈，看能否把暴風轟散或使其停息。但跟着發生一問題，即暴風加上原子彈的爆炸，會不會產生更大的潮浪，造成更大的損害。不過大家都相信原子彈的爆炸對於氣候必有影響。在長崎被炸那天，日本本來是個大晴天，却有一位傳教士報告原子彈爆炸後不過半小時，就有一場暴風襲擊該地。在另外一次爆炸中，海面原在起着暴風雨爆炸之後不久，暴風雨却止息了。

一九一二年世界最華美的頭等大郵船提坦尼克號觸冰山而沉沒。即在今日，冰山還是航海家的一大威脅。他們在繪製航程圖時，還得將那裏有冰山計算進去。但這種飄浮不定的危險物，很可能用原子彈或安放在固定處所的原子炸藥去清除。整個冰山難以溶化。炸成了小冰块以後，流到稍微暖一點的水裏，就會溶化了。何況原子彈爆炸時還

要發生巨量的魅力，新墨西哥的沙灘都被溶成石片。遇暖即化的冰山，當然更會不住這樣大的熱力。

海洋對於人羣的障礙，單就冰一方面說，也不止冰山一種。世界若干通商大埠，港口附近往往一年就有六七個月被一望無垠的冰封凍着。蘇聯遠處北方，所受長期封凍之害尤巨。這次大戰的結果之一，也許會表現為蘇聯可以利用科學的力量獲得許多不凍港。

這次戰爭告訴了我們，海權國的歷史地位依然如舊。空權雖然是個嶄新的重新因素，它並未能廢掉海上運輸或減低它的價值。目前已是七海一家，至少在通商上，是如此，海上的運輸更重要了。但被海洋吞沒的船舶，如果能使復起的話，數目應比目今世界全體商船還要多。其中多數就都是觸着暗礁和漂浮不定的沙灘而沉沒的。

在這種場合，原子彈的大力，恐不久即將表演。一擊可以夷平都市的爆炸力一定可以剷除水面下的岩石鬼門關，使以後行船永無觸礁之患。我們目前能夠駕駛的力量甚小，尚能濬江除礁，使內河航行的安全日有進步。則有了原子彈以後，海洋中的龐大礁石亦不難被清除。

這還不是全部。古人云：「移山倒海」，以原子彈的大力實在不難辦到。我們可以濬深舊運河，當然也可以建造新運河。法國人當年開鑿巴拿馬運河時，努力十年，依照失敗。後來美國人利用新機器和新科學，（主要是征服黃熱症和瘧疾的科學）就成功了。不過究竟辛苦得很。將來原子力受了控制以後，一條新的巴拿馬運河，用不着幾年，只要

幾個月工夫就可能鑿成了。我們可以預言那時候的陸河步驟是，第一步測定路線，並精確算定需要多少原子炸藥才能把沿途所有的石、土，一齊弄走。第二步就沿着路線掘下一些小洞，埋下一連串的原子弹珠。電鑰一開，聲震霄漢，接着就有烟塵如雲而起。煙消雲散後，一條運河的粗形，已呈在目前，主要的工作已經完工了。最要注意的，新墨西哥和日本的原子彈爆炸，力量是向上向外而不是向下的，所以利用它來開河最為有效。從遠古時起，水上交通便被尊為理想的交通辦法。運河的航行既平滑，又便宜，所以我們的祖先雖必須以雙手去開鑿，亦不辭苦。現在有了原子彈，相信運河系統將遍佈於世界五大洲，密如蛛網。乘船游覽內地的風氣，行見復起。

這是倒海。再談移山。

史前期的獸類往往跨越高山到處游走。牠們走通了的路線人類就跟着走。後來有了鐵路公路，可是都遵循古道而行，不能多所變改。無限的原子力使原子彈所顯露的，卻極可能用以開山，至少也把山路炸得低些，使陸上旅行更趨便利。

世界有些部份遍地是湖沼，另外一些地方則生長其地的人，不知湖沼為何物。從衛生和農利雙方來看，水都是最重要的。有些缺水的地方，似乎只要稍微把地形改變一下，就會形成湖沼，供人游樂。若在這種地方，謹慎使用一個原子彈，應可獲得雙重利益——加深一天然盆地，並在其旁加一土堰，阻水外溢，使成一湖。

談到移山，原子彈還有一種用途。就是開礦。在許多煤鐵礦區，鑛脈往往僅在地面

以下數十尺的地方，用不着開洞進去，卻須用人工把土挖走。但這太累人了。原子炸彈當然可以在幾分鐘完畢工程。

要使原子力去做精細的工作，自然需要很多時間。但在意料之外的短時間裏，就能做到這一步，也很難講。原子的分裂力將怎樣替人類服務？關於這個問題，有各種不同的估計，有的是夢想家的幻念，有的是科學家的理想，幻念太不可靠，科學家的理想也往往失之過於拘謹。爲了興味，這裏略舉幾種，聊見一斑。

在近乎幻想的方面，十年前，有一篇關於原子能的科學總論，預言一磅水裏的原子被擊破時所放出的熱力，可以把一〇〇，〇〇〇，〇〇〇噸的水——尼加拉瀑布四小時流下的水——從冰點提高到沸點。又說一口氣裏所含的原子，如果分裂開來，可以發生足量的能力，使一架飛機繼續飛行一年之久，一張車票裏的原子，可以使很重的一列火車環行全球若干週。一口烟能使一輛曳引機發動一年，一剷煤能使紐約城內全部機器開動五年。

回溯到一九三一年，我們又找到柏林物理研究院，聲稱一克水中含有價值一二五，〇〇〇元的能力——即藉普通辦法須化這許多錢才能產生那麼些能力。兩年後芝加哥大學哈德奈斯教授又估計氫一磅相當於煤一萬噸；一把雪裏的原子能可以替一巨廈生暖一年；一茶匙的水所生的能力可以帶你環游全球，一克物質可以送一架飛機環游世界，不必停下來加煤。美國火箭社社長却換了個新說法，說人類如能利用原子能則不但可罷旅

行月球不久還可以在各星球間作汗漫游！

他方面，芝加哥大學的阿里孫博士，——他是參加原子彈研究的另一大科學家——最近也說，不出數年我們即可以利用原子能來爲整個都市生暖了。全國飛行指導委員會最近也說：「一塊磚大小的薪源可以發出足量的能力，去推動飛機環游世界若干週，這事已經就在眼前，決非幻想了。」可是最好而且最可靠的說法，見於美國政府公佈的原子彈報告，內稱它含有二萬噸 TNT 的爆炸力。

總之，我們已來到了一個力大無窮的新世界的大門。但還要過多久，才能將原子能化爲有效的力源呢？對於這，大家只能臆測。有些偉大的心靈，說從數月到五年，還有些，說要一世代，比較少數人說必需再過一百年。美國曾爲此事舉行測驗，結果却表示，一般人都相信「控制原子能以爲工業及他項目的之用，是最近十年以內的事」。認上述臆測爲確有根據的，是英國伯明罕大學的奧立芬教授，——他也是一個參加了原子彈發明的人——他說不出十年，大規模生產所用的一切力源，都將讓位於原子能了。

多數權威人士，都認爲原子既能被分裂，即能受管制。具此信念者，尤以曾經參加原子彈製造諸人爲多。俄本海馬教授，陸軍部認它雖只設計原子炸彈，仍得分享發明原子能的殊榮。且看他怎樣說。他說世界到一九六五年，將面目全非，變革之大，應爲法累德有關電學的革命工作成功後那二十年所不能比並。

說變革將要來得很快，是很有理由的。我們戰時一切都極緊張，和平後恐亦不能十

分發動。復員不過是多方面再開快車的前奏。人們對於發現方法以利用原子能的重要性，總覺得太清楚了。我們可以相信不久即將出現一場歷史上空前緊張的平時科學競賽。汽車和飛機成爲常用物品的時間，可以拿來對照。第一具汽油自動車發明於一八八二年，但是直到一九一〇年才被廣泛地利用起來。飛機出世後二十年，才得到一般的接受。當馬可尼第一次跨越英倫海峽，發送他的無線電波時，許多自命爲專家的人，曾嚴重地告訴他無線電波決不能跨越海洋。可是馬氏止用了兩年工夫，就完成了遠洋無線電的通訊。

總之，你如武斷原子能的商業化，非多多少少年不辦，那你可能很快就被事實噴嚏。聰明的人，面對着分裂原子的天才成就，和近年來工業上科學上的許多成功，只能說「這事隨時可以辦到」。

今日有許多權威人士僉認汽車和飛機很難望於最近就能利用原子能去發動，那是因爲利用原子能必須伴以重金屬的護甲，太沉重了，汽車和飛機中無法裝載。依他們的見地，原子能必首先供用於巨大的工廠，去間接發電或直接發力，然後將其分配各處以供使用。自然在大輪船中，利用原子的分裂來直接供給發動力是可能的，——事實上早在一九三九年，美國海軍部就撥過二百萬元，專爲原子能的這種利用充實驗費。

然而即使原子能的用途只能如此狹小，世界前途也將面目全新。人類的機械奴隸將無限增多。家庭中的熱和光，將每日只費一二分錢，或竟由公用機關免費供給。全國公

路將晝夜通明，使夜行成爲一種樂事。人們已在預言，每小時二千哩的飛機即將出現，使世界上任何地點，相隔家門不超過六七小時的航程。都市人口將散居四鄉，因爲大家已不必擁擠在城裏，才能接近力源。煤礦將成古代的陳跡。人家的後院裏就可以施行管制的農事，好菜好水果要吃什麼，就種什麼。什麼精美的食品，都可以在花園裏予取予携，不愁缺乏了。

無限的力源，實意味着人人可以在食衣住行各種需要上乃至千萬種奢侈和舒適上，取得最大的滿足。貧窮和飢荒，陋巷和「菜色」，將不復見於世界。人們有了富裕的閒暇可以充分鍛鍊身體，疾病亦將減至極少。又可以多用工夫在學術的探究上，因之心靈得以充分發展，人的智慧與教育將達到一個新的高水準。凡是足以引起戰爭的一切基本的經濟競爭到處都不存在了，生活和舒適所需的東西，既然要什麼有什麼。誰還願去打仗。美國是個資源豐富生活舒適的國家，所以也是一個和平的國家。同理，只要使財富像水一般流入頻年爭戰的貧乏地區，和平之福便可以與世共享。所以行將到來的是一個史未前有的新的高級文化。

在醫術方面，名科學家指出愛克斯光線，鐳和原子能乃是同一放射物質之鍊或能力之鍊中的幾個環節。因此，今日只有愛克斯光線和鐳才能醫治的病，那時候將極簡單地就治好了。

原子秘密誠然極難解釋，解釋出來以後，可以得到的副產品，却也極有價值。將來

究竟是個怎樣的世界，誰也描繪不出。不過各種證據已經告訴我們歷史上一張最大的魔術毯子，已在漸漸鋪開了。就看人類如何利用它，為自己謀幸福呢？還是為自己造毀滅？對於這一點，我們也不必怕。長期來看，人類往往能夠自求多福。原子能必不致於反為人禍的。

（譯自一九四五年十一月號美國 Popular Mechanics 月刊）

第二章 從電影電視到電嗅電味電觸

編者按——雷達對於戰後的最大影響將是間接的。雷達儀器的巨大改良，已使吾人在戰前所具關於電子學的概念多數陳腐無用。雷達裏面的各種零件，有許多許多種是和無線電儀器及電視機器中之所用相同的。雷達中的零件改良了，這種改良的零件，自亦可適用於無線電及電視而獲更好的結果。最近消息，不用電台，私人身上就能攜帶的無線電交通已經可能了，那一定就是利用雷達零件的結果。所以本章所述，在雷達完成的今後更有完全實現的可能。

環繞在我們四週的都是鬼魂。這些鬼魂在人目所不能見的以太中以光的速度溜來溜去。它們沿着電線在紐約和舊金山間潛走，所費時間不到一秒。他們在電視的螢幕上時現時隱。他們並不是死人的鬼魂，而是生人的生魄，這些生人有的是男，有的是女，他們坐在家裏，辦公室裏，卻將他們脫離肉體的人格送到世界各處去報告，悲歡愛惡的消

息，去收集生死成敗的新聞，並在一瞬眼睛的短時間內，將其帶回來。在靈魂論者的可疑的紀錄中，沒有一件事可以拿來和科學在拘魂攝魄上的成就相比並的。

作者身在紐約的寓所，從架上拿下電話來，要和倫敦某街某號的王君談話。十五分鐘後，鈴響了，電話管理員告訴我倫敦方面已準備好了。於是王君和我交談僅就這場對談而論我們二人誰也沒有看見誰，我們都是看不見的，甚至沒有軀體的。工程師們把我們縮成了兩副聲音和兩隻耳朵，然後將牠們的電的對等物，往復的在大西洋上傳送着。靈魂化 Disincarnate 一字在牛津字典中是被剝去了肉體的意思。自來如有剝掉生人的肉體還能使其通話的事，那只有在打電話時做到。人類官能之一，由電的應用得到了脫離軀殼旅行空際的權力，而人的軀體，簡直不知其事。

隨着無線電廣播的完成，靈魂化的程序取得了更迷人的形式。美國總統坐在白宮裏，對着桌上擺着的十幾幅傳話機發表有關國家大事的演講。他的電魂魂穿山越壁，像光線穿過玻璃一樣。行經空際進入每一人家，半個地球都在聽他。剝掉他的軀殼的那副發送電波的儀器，就是那以不可見的光線照着他的小黑盤。我們家中的收音機不過是電的和機械的眼睛，看見了他，便將他以演詞的形式介紹給我們。我們是創造了一種電的玩意兒，我們肉眼所不能察覺的他的某一方面，有了這玩意兒便能覺察了。對於我們，整個的他只是聲音。對於他，整個的我們只是耳朵。

我們現在又有了電視，於是人類靈魂化的程序，又被推進了一步。一幅面孔毫無痛

苦的被分割成每秒鐘二十五萬個光點和暗點。紐約的傳送機發令道：「這是一點點左眼，拿去放在幕上適當的地方。」接收機一聲得令，馬上將這點點左眼同時放在芝加哥，聖路易等十幾處應當放的地方，面孔的其餘各部都是一樣。接收電視的銀幕上出現的形像，乃是一種翳嵌細工。但這細工被多次地撕開了又拚起來，程序進行得非常之快，人眼跟不上它，就把所見的形象整個地接受下來，正和它把街上走路的一個人形整個接受下來一樣。

不日我們還可以有立體電視——幕上出現的是帶彩色的立體形像。活動電影演出的感情誠然可以使我們驚心動魄，可是我們誰都可以認識出來那些代表演員的形像，不過是平面的光點和暗點。將來的電視便不同了。人形與面貌將以生動的姿態出現，它將是立體的。看上去它們的確是在這間屋裏，可是走過去摸摸，或者伸手去接那支靈手獻給你的花。則你之所觸，只是一張銀幕，證明那些對你笑對你做種種姿勢的男女，不過是鬼魂。

有人傳說神游的故事，說某人某人能夠隱約看見遠方的情形。在電視裏我們就有了科學的神游術，它是可以用電流和電鎗來管制的。晶體透視術（西方一種從晶體中觀看亡人的魔術）在晶體變成了一張電視的幕以後，便取得了新地位。

這些玩意兒，對於今後社會能產生什麼結果呢？不難略思即得。距今三五十年以後，假想世界又臨大戰前夕。歐洲各國的外交大員已經束手無策，全憑美國總統和英帝國

所屬各聯邦的首領，出來奔走和平。他們怎樣奔走呢？決不再像張伯倫、希特勒、邊拉第、墨索里尼在一九三九年那樣僕僕風塵，真從本國跑到數百哩外去開會。他們在電的世界中晤談就得了。經過一場鬼魂的談判就可以決定人類文明的命運。

美總統坐在辦公室隔壁一間電視室中。環於四週的，是十幾幅銀幕和今日電影院中的銀幕一般大小。總統是坐在黑暗中，但他其實是置身於一股不可見的紅內線裏。對着他不斷地照的，有一副照相機。它的一顰一笑，均爲此機所攝取。遠方城市裏那幾位和美總統會商的人物，也是如此。故美總統看得見他們的鬼魂出現於四圍的銀幕上，聽得見他們的鬼語。

日本的內閣大臣很激昂的發言道：「馬德里條約第二章第四十二節雖未明言實已暗中禁止我國使用原子能去生產黃金。我徹底反對。現在我拿出這文件來，指出該章該節，諸君可以自己去讀。」這時候他在向圍着它的鬼魂，揮着拳頭。在世界十二處相隔很遠的都城中所設的十二個銀幕上，這日本鬼的玳瑁邊眼鏡後面都在射出兇光，同時那張條約的原文也現出來，大衆可讀。他那緊握的拳頭也和條約一併傳了過來。

「這一節誠然沒有特別提到人造黃金的事」同時出現於十二間屋子的英國首相的鬼魂說。「但我得承認其中一段說到原子能不得用以損害任何簽約國的經濟，財政和金融機構。」商談當中，這十二個鬼魂有時候會同時發言，同時舉手作姿勢，美國總統是主席就不得不擊桌高叫維持秩序，並請大家自己約束一點，好讓會議進行得像樣一點。

上述幻想中的國際會議懷疑的人也許要說有點不對，理由是一切決定世界命運的會議，向來都是秘密的，但任何形式的無線電却是誰都可以收的，恐不可用。工程師却能夠告訴他遠在一九二九年以前很久，大西洋兩岸的電話已經可以做到秘密的地步了。有了特別的機械，聽者自不爲難。即使有個空中的竊聽者，由於特殊的幸運碰到一個傳話的波長，也只會聽見些喋喋夾雜之音。當年已經如此，則未來的重要鬼魂會議也必如此。即使會議的電波，被人偷到銀幕上和放映機上，所看見的也不過是不成形無系統而又常改變的光與暗的污點，所聽見的不過是些雜亂而無意義的噪音。

但這種管制下的電的神游，這種形像心靈和聲音在地球上指定地點的集會，有一真正值得考慮之點，即視覺已從人體上分出去了。即在我們這技術尙稱幼稚的目前，人類已有兩種感覺——聽與視——被剝去了肉體了。這就完了麼？

在現代發明家加入以前，只有詩人，印度的信士和神話製作家，才敢夢想到脫離人身環遊世界的人格。遲至一八七〇年，似乎還沒有人相信人們可以在人的聲音達不到的距離彼此交談。甚至在電話已經發明以後，電的奇蹟可能造成的路線已經預備妥了以後，人們還不相信總有一日，一張人面的影象可以被分成無數點子，再在數千哩外併合起來恢復原狀。昨日的幻想便是今天的真事。正因你我的曾祖輩會把電話和電視看做詩人的月光，所以我才相信電觸一事到將來也一定會成事實。

我怎樣能和遠在舊金山或巴黎的朋友利用電來握手呢？或者我在紐約，而我的愛人

正置身於印度洋的舟中，我怎樣才能伸出一隻能夠達到遠方的電手，去撫摸她的秀髮呢？這個我不知道。你如果一定要我瞎編的話，我也可以這樣回答。我可以幻想把手伸進一個箱子。當皮膚上的電的光輪受檢查時，佈滿箱中的許多金屬小觸角，幾乎撫摩着它。其次我又可以幻想那時就有相符的電波傳於空隙，和目前我在無線電發話機前發言時，有電波散播是一樣。第三從我的溫暖而稍帶濕潤的皮膚上傳出的電波，可能傳於一種儀器，裏面的裝置可以造成一種正和發送方面恰好相同的電場或光輪。接受方面我的朋友，把手放在那個裝置的近邊，相離十分接近，只要保持不與那裝置發生接觸就好了。那時候，就有小的電波流到他的手上，使他覺得是和我握手一樣。電話聽筒中的薄膜既能重複我的聲音，這些波也能造成一種反響，使我的朋友感到和一真手相握是一樣。連手上的小皺紋，皮上的暖意和潤澤，都能覺出。

嗅與味的傳送，雖然和觸覺的傳送，目前同為幻想，前者卻要容易得多。嗅覺和味覺是密切聯在一起的。這就使我認為如果我在紐約要聞到並嘗到紐奧爾良方面一席大菜的滋味，就得把一幅電舌，和一隻電鼻結聯在一起。在這種電的筵席中，滋養料是攝取不到的。當我聞到或嘗到遠處一位烹調名手的新出品時，我仍然可以覺得肚裏餓得要死，不過也有一種好處，即我可以儘量地嘗，儘量地聞，不致發生消化不良病和他種不舒服。最烈的酒我也可以一加侖一加侖的痛飲而不致醉倒。

我們現在看劇情在一張電影片子上展開時，往往認為所聽見的道白和歌唱，是從片

上各位演員口中出來的，竟忘記了影子不會說話。我們的幻想能否如此之強，至於能將五種感覺同時合併，造成一個代表真實的極強的幻象呢？也許能的。在有聲電影沒有成功以前，人們往往懷疑耳目同時受騙的可能。事實已經證明那種懷疑是多餘的了。現在又要使我們同時接受五種分別傳來的感覺印象，這就使我認為我們更沒有分辨的時間了。此外，我們還會發生一種易受欺騙的心境，使我們忘記銀幕上的劇人並非生人。

但感官的電的延展是如何的容易消散啊。我將電話筒挂上之後，世界又恢復了舊觀。我旋動一個電鑰，把電流切斷，那無線電的鬼魂便不見了，他起先是從一放聲筒裡來的還是從一電視幕進來的，都一樣。然而也不必一定如此。這些鬼魂還可以被劫取被誘獲，再被隨時放出來，叫它再行走再歌舞。因為每一振動都可以記錄下來，再生出來。今日有一普通的習慣，凡有重要的無線電演講都收入唱片。英前皇愛德華宣告遜位時，他的動人的臨別贈言在廿四小時後便在紐約市上製成唱片出售了。電視亦然。那變動不居的形像可以被化為音軌，紀錄在一張唱片上，因為那一點一滴傳遞形象的電波可以使其振動一枚紀錄針頭。形象現在是以低沈的呼聲尖銳的長鳴，及各種長短的喘聲來轉譯的。對於沒有受過訓練的耳朵，這是沒有意義的難聽的聲音。可是有經驗的電視專家可以說：「這好像是王某的面孔。至於那第二張紀錄，我幾乎可以斷定是一個公園或草場。青草是那樣奏出的。」

但你不必像電視專家一樣，靜聽這類音的紀錄數月之久，才能分辨出片中人物的個

別面孔。紀錄上的嘈音可以再變成電波，電波又可以再變成可以目睹的形象。他如電觸、電嗅、電味，亦均如此。不論是什麼感官的印象，無不可以當做聲音紀錄下來。而這樣產生的聲音就可以轉變成波，經由實際或電線傳開出，傳到指定地點之後，再被轉變成種種東西，使接受者誤以為那就是感官所觸到所嘗到，所聞到的原物。

在將來的世界中，有某君曾於一九八二年在某名勝地方同某名媛共享盛饌。這是一場香艷的故事，某君得意得很，如果願意的話，他就不難把當時的所見所聞所觸以及所嗅所嘗，完全紀錄下來以備日後的回味。到了一天他又想起這場艷遇時，他就不妨拿出這個紀錄片子來放演。於是名媛的一顰一笑，小音樂隊的間時演奏，樹下的各種花香，都原樣出現，無稍變遷。甚至遠處的名湖與席上的落葉，都一一入目。那是何等快事！

根據以上的說法，人是長生不死的了。那是電的永生！故事中常常提到的亡人在會墓園裏復生數個鐘頭，本是瞎編，但現在也可以信以為真了。因為凡是死人的電魂都可以從他們的音盤式的墳墓裏被召而出。不過召請的方法，不是畫符念咒而是利用電子管，感應線圈，及電鑰之類，和今日無線電收音機中所用相仿的東西。還有一項條件不可缺少。即我們必須利用科學將亡人未死以前的種種，合法地收在錄音片裏。當時如果沒有收，後來就永遠不會有了。

自然，這樣收來的鬼魂，只能做同一的姿勢，重複同一的言詞。他們的手也永遠只能用同一的力量和我們握手。而過去的玫瑰酒，我們再飲時，香味也決不會變。但比起

一篇日記來，這些電靈的確有趣多了。日記上我可以寫「一九四四年十二月卅一日參加歲末盛筵於好萊塢，無人不醉，無面不緋，鐘鳴五下，東方已呈魚白色，始盡歡而散。」但日久之後翻來誦讀時，若不運用等於創造的極大想像力，不能重溫舊夢，而且想像無論如何美滿，總離當日的真實很遠啊！

對於凡爾賽條約簽字的環境，我們知道多少呢？報館的通訊員用了最生動的詞句去描寫各國使節的公開聚會。當日那齣戲的演員，現在尚有健在人間的。可是，就是莎士比亞的文筆也難將當日的情形描寫得恰到好處。我們所需要的是也在場，看見、聽見、觸到威爾遜、克勒孟梭、勞合喬治諸人。我們要直接經驗或參加那件事。過去的真實生活——才是我們所要知道的。賴有科學，由於電話電視和電波與機械的振動的紀錄術的發明，所謂「永生工程學」的基礎已經奠定，我們可以直接經驗過去的生活了。

所以很可能的，你們的斑白的重孫，會經由你們的電靈而和你斷熱。「把那老頭請出來看一下吧」你的後裔說。於是他就爬到樓上，拿出一疊音片來，揮去塵灰，放演起來，就和你今日開演一張留聲機片一樣。這樣一來，你又活了，和你被攝成電波的當時生活得一模一樣。你走路，你哭，你伸臂擁抱。

你的重孫中有人問：「他幹什麼要帶硬領打領結，不厭勒的難過麼？」

另一人評論論道：「顯而易見，我們的青春保持藥「安得路特龍廿七號」當時還沒
有分析出來。六十歲就那樣滿頭白髮，滿面皺紋——多怕人，多不必要，多容易避免啊

！

若將任何一音加以放大，都可以看出那不過是些帶着奇異的鋸齒，圓峯和深溝的波狀線。畢生研究發言和聽話的機構的物理學者和工程學者，能憑記憶在紙上畫出一條很精確的曲線，我們看來不知道是什麼，在他們的心耳裏卻分明聽出一個「船」字的聲音。事實上就有一位德國工程師甚至建議活動電影的製造廠以後不必再用音樂隊。他的辦法是：「用一張紙畫上某種波狀的音軌和音樂家奏樂時所造成的音軌相同，再將它移在一張留聲片子上或一捲影片上，你就可以廢除一切的樂器，不受那些藝術家心情的百十位音樂師的悶氣了。」這種畫線工作如果做得好，誰也不會看出馬腳來。樂中如有某音不合，修改又更容易，只要把曲線的某一寸重畫一下就行了。

這種事現在已能做到了。現在已能做到這一步，則百年以後，或不必百年，我們必能替世上本無的東西，創造出感覺的印象來。拿波狀線來畫美味，我們將創造出各種事實上不可能的美味，用音盤或電影片來供給大家欣賞。拿波狀線來畫天堂和地獄，天使和魔鬼，則丹第，密爾頓的名著也得退避三舍，因為這樣畫出來的是立體的，五官均可以感覺到的東西。這樣就會產生一種新的劇藝，所需要的創造天才，是聯合莎士比亞，魏納爾、密乞蘭智羅，和音軌合成專家，諸人為一體的天才。這種聯合天才的作品，一走可以使人墜入恐怖之深淵，或幸福的巔頂。於是舞台的最後一點形跡都要消失了。戲劇將在家庭中演出，演員都不過是一些幻想的片段，或鬼魂，他們所唱的歌所道的白

都是從來沒有用口唱過道過的。他們居住的宮殿，談愛的花園，也都是些世間沒有的所在，連油畫的佈景都不是！它們原來只是些人造的鬼魂，存在於一個人造世界——
即印度教中的最迷信者，也從不會想到。

（譯自埃普佛著「科學的今日和明日」）



茲爲便利讀者起見特訂定郵購辦法如下：

一、本書定價國幣八百元，函購者不另收掛號郵費

二、凡欲購本書者請將下函空白填好，連同書款一併寄交沙坪壩

國立中央王校內本社並請註明王象夷教授親啓字樣。款到寄

書不誤。

三、書款不收郵票

居然出版社啓

茲由 銀行 匯上國幣 元正

請寄「原子彈與雷達」 本此致

居然出版社

居

月 日

郵購人通訊處：「

~~Handwritten scribbles~~
 $a + b = 1$

$$a(x+y) + b(x+y) = [ax + ay + bx + by] = (a+b)x + b(a+b-x)$$

$$a(x+y) + b(x+y) = ax + ay + bx + by = ax + bx - x + ay + by - y + x + y = (a+b)x + a^2 + b^2 + ab$$

$$x = \frac{(a-b)x + a^2 + ab}{(a-b) + a} = \frac{(a-b) + ab}{a}$$

$$x = \frac{(a-b) + ab}{a}$$

Handwritten scribbles and numbers, possibly including '792'.

Vertical handwritten text on the right side, possibly including '47', '21', '2/1', and '3/1'.

Handwritten text inside a rectangular box, including '#3' and '792311'.

Handwritten text below the box, including '4/1' and '2/1'.