



電綫的發明者
波波夫

(蘇聯) A. Γ. 阿倫伯爾格著 羅耀文譯

中華全國科學技術普及協會出版



本書提要

曾經在一段很長的時間裏，許多人都說無線電是意大利人馬可尼發明的。

但是，無線電發明者的真正榮譽，是應該由天才的俄羅斯發明家波波夫來承受的。因為有了波波夫的「雷暴指示器」，才有馬克尼的接收機，而「接收機的構造，完全是雷暴指示器的重演。」

本書除了全面地介紹了波波夫的生活和獨立工作的作風以外，對於波波夫專心科學實驗和教育的情況也作了細緻的描寫。至于世界上第一架無線電接收機和無線電報第一次應用，都記載得真實而詳盡。在歷史事實的面前，我們不難判斷無線電究竟是誰發明的了。

波波夫在無線電的貢獻以外，還做了近代科學的許多新的實驗，因此他又被稱為多方面的學者。俄羅斯先進的科學界，一致贊揚這位偉大的學者的功績。

目次

傑出的發明家，學者和教師·····	1
獨特作風的養成·····	2
波波夫在水雷軍官班中教學·····	4
波波夫的實驗·····	6
世界上第一架無線電接收機·····	12
無線電報第一次應用·····	21
誰發明了無線電·····	25
多方面的學者·····	31
科學界最高的榮譽·····	32

封面設計：沈左舜

傑出的發明家、學者和教師

俄羅斯是無線電——最近幾十年來最偉大的科學技術成就之一——誕生的地方。人類必將永遠紀念這位天才的俄羅斯學者、無線電發明家亞力山大·斯切潘諾維奇·波波夫。他曾在物理學、電工學和無線電領域內，從事二十五年以上的研究。在這期間，波波夫表現出自己是一個傑出的發明家、學者和教師，他的創作在科學史中和在技術史中都留下了光輝的功績。他是一個熱烈的愛國主義者，並且像其他偉大的俄羅斯學者們一樣，他把自己一切的力量和知識，自己的全部勞動和一切成就，貢獻給可愛的祖國。

樸實的、以自己的研究深刻地引人入勝的、力圖儘可能更快地將它應用到實踐上的波波夫，關於自己的工作寫得比較少。因此，他的某些作品、講演、報告是始終沒有發表的。他的事蹟，我們所知道的，只是從檔案的資料，從他同時代

人們和目擊者底回憶錄中得到的。

彼得洛夫斯基教授——喀琅施塔得水雷軍官班中的波波夫的工作繼承者，在他的「論亞·斯·波波夫科學活動與教育活動」報告中（一九〇六年）說道：「有兩種類型人物。一種人癖好發表言論，且力圖以一定的形式使與每種思想，有時是未經考究過的思想相結合；另一種人則在實驗室中沉靜地工作着，僅在迫切的要求之下，才會使他強制般地執筆。波波夫是屬於後者的。他不喜歡寫作。在某種勇敢而寧靜的思想影響之下，我有過這樣的問題，他是否打算在專門雜誌之一發揚這種思想，而對這個問題經常得到了同樣的回答：『當然我是想寫的，可是我沒有功夫。』」跟波波夫在水雷軍官班一起工作的格阿爾基也夫斯基教授指出了他的這種特點。

獻給波波夫的許多書籍、小冊子，各種雜誌上的文章都詳細地闡明了他的生活和活動。在這本小冊子中將要敘述波波夫怎樣成為當代最有學識的物理學家和電工學家之一，是怎樣成為善於窺探一切新的和發展着的事物的革新者，是怎樣成為幾代第一流俄羅斯無線電專家的領導者和教師。

獨特作風的養成

一八五九年三月十六日，亞力山大·斯切潘諾維奇·波波夫誕生於烏拉爾的土耳其斯克礦山居住區（現今的紅土耳其林斯克）。一八七二年他在初級學校畢業，進入了帕爾明中

等學校。中學畢業之後，十八歲的青年波波夫到了彼得堡。從一八七七年到一八八二年，他在大學中物理數學系數學組學習。在那些年代大學物理學家的主腦人物是彼得魯謝夫斯基教授，他是俄羅斯第一個主持學生的實用物理學課程的。當時在大學中執教的有偉大的俄羅斯學者——化學家門捷列耶夫和布特列洛夫，數學家切別謝夫；後來成了卓越的學者的波耳格曼，赫沃爾松，耶果洛夫也開始了自己的物理學底活動。

當時的大學是一種科學中心，物理學者常在那裏開會。大學中也有學生出席俄羅斯物理化學學會物理學分會的會議。俄羅斯最有名的物理學者都參加了，在會議上聽取科學報告的討論。那時以表演巧妙的物理實驗和作精確測量的本領出名的列耳曼托夫正在物理實驗室工作。波波夫在他那裏獲得了物理學所必需的實際技能，並且養成了研究家所具有對佈置實驗和進行實驗的獨特作風，這種作風是他以後全部活動的特點。

波波夫還在學生時代就對電工學深感興趣，並參加了當時剛成立的俄羅斯技術學會第六（電工）分會的各種活動。那些年代，據波波夫本人的說法，電工學還「在襁褓中掙扎」。當時這門科學只看作物理學部門之一，並且主要是物理學家在研究它。

在俄羅斯技術學會會議上，波波夫熟識了當時偉大的俄羅斯電工學家——雅伯羅奇可夫、羅堆根、奇可列夫和拉奇

洛夫，後來與他們的聯繫也是沒有中斷的。不久，他就在一八八〇年成立的「電工」公司中工作，從事於小電站的裝置和經營。像許多醉心於電工學的其他青年物理學者們一樣，他是一八八一年彼得堡蘇拉電工展覽會的「講解員」。後來，從一八八九年，他主持了尼日新城的博覽會電站，年年夏季到那裏，繼續了九年之久。波波夫的這種電工學領域內的實際工作，影響到他畢業論文題材的選擇（一八八二年），這論文是關於「論直流電磁發電機原理」的問題。

還是高年級學生的時候，波波夫就在自己大學中擔任了助教工作。因此，無怪乎在畢業時大學向他提議留在學校，以便培養為物理學教授。然而波波夫滿懷着要自立研究電磁現象的堅決意圖，謝絕了這個令人樂於接受的建議。他放棄優裕的大學生活，寧願任水雷軍官班（在喀琅施塔得）——俄羅斯第一個電工學校，創立於一八七四年——動電學課程助理員的樸實工作。

波波夫在水雷軍官班中教學

「班裏對教學上良好佈置的關懷——格奧耳基也夫斯基教授這樣寫道，——其結果，也許是，創立了當時俄羅斯中最好的物理研究室，這研究室附屬於班，擁有幾乎是絕無僅有關於電學和磁學的各種各樣的儀器……」。水雷軍官班附設有良好的圖書館，不斷地增添着物理學和電工學的新著作。

一八八三年波波夫在「電」雜誌中發表了自己的第一篇科學論文——「發電機效力最有利的條件」。明晰地提出了問題和簡易而扼要地加以解決，明確地給出了結果——這一切在當時都具有巨大的價值，並說明了這位青年學者傑出的才能。

一八八四年，波波夫在當時還是個青年助理員，就已經代替教員（A·C·斯切潘諾夫）講授動電學了。獨立地講授促進了這位青年學者很快地發展，並克服了他天賦的羞怯性。水雷軍官班中的環境有利於科學研究工作。波波夫一面繼續致力於電工學，另一面還注意到光學的問題。

一八七七年八月十九日發生了日蝕。許多學者，包括德米特里·依凡諾維奇·門捷列耶夫在內，都參加了這次觀測日蝕的準備工作。門捷列耶夫當時雖已五十三歲，在日蝕時也乘上了氣球。俄羅斯物理化學學會爲着觀測日蝕，組織了許多科學考察隊。波波夫參加了到克拉斯諾雅爾斯克的最高規模的考察隊，在那裏的日全蝕繼續了四分鐘。同時參加這個考察隊的沙且倫教授，詳細地記載着這次負責組織太陽光環的光度研究的波波夫所進行的長期而細緻的準備工作。波波夫擬定了研究光環各點的亮度的方法，製造出專用的光度計，勝利地進行了一切觀測，並且修正了他們的結果。

從一八八八年起，亞力山大·斯切潘諾維奇，在水雷軍官班開始講授實用物理學課程，這門課程的任務是「闡明物理學對於化學，對於炸藥和專門軍用品的實用的重要問

題」。一八九〇年他在海軍部技術學校，而後又在水雷軍官班開始講授當時還是新的課程電工學。聽過波波夫講課的人都會想起他是善於簡要明晰地，沒有多餘詞彙地敘述事情的實質。他特別注意實驗室中的實際工作，要求他的聽眾們作好實驗。

在這時期，波波夫的活動是多方面的。按格奧耳基也夫斯基教授的說法，「到一八八九年，在海軍部中，只要與物理學領域尤其是與電工學有關聯的任何一個重大問題，離開了波波夫，就不能解決」。後來波波夫奉派擔任在芝加哥舉行的「電工器材觀摩研究」展覽會的開辦工作，這就很快地增加了他的威望。由於在這方面繼續頑強地進行研究，他在一八九二年發表了對米·拉法耳格「從中心站配電時電路中電勢的調整」論文的「異議」，指出了這篇論文中有設想錯誤的地方，並且糾正了它們。

波波夫的實驗

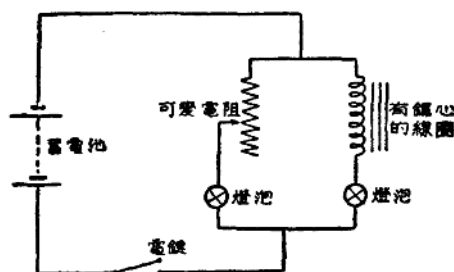
亞力山大·斯切潘諾維奇·波波夫完全獻身於自己的工作。他每天在清早八點鐘以前來到水雷軍官班，一直在那裏工作到下午三點鐘。午飯後他回到實驗室中，到很晚才走。

波波夫非常重視實物教學，並自己想出容易瞭解的、令人信服的實驗。他的某些實驗竟成了經典。強大的感應在回路中出現着慢慢加強的電流底實驗就是這樣的一個例子。

將兩個並聯電路與蓄電池連接。一個電路由可變電阻與



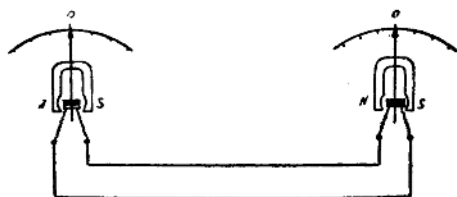
熾熱燈泡組成，第二個電路裝着具有強大感應性（例如，電磁鐵或有鐵心的線圈）的導體，同樣也連接燈泡（圖一）。當合上電鍵成通路時，兩電路中出現了電流，用適當調整阻力的方法，可以使這兩個電路中的電流強度相等。可是從開始合上電鍵的時刻起，這些電流是在不同的時間中開始流通的。例如，在第一個電路中的燈泡馬上就達到正常的熾熱狀態，而在第二個電路中的燈泡則須經過一段時間，鐵心線圈的感應性越大，需時就愈長。這種「波波夫的實驗」現在所用的與當時完全一樣。



圖一 亞·斯·波波夫表演感應性作用的略圖

波波夫另一有名的實驗，是電機的可逆性的表演。為此，波波夫採用了兩個同樣的電流計所組成的電路，作用的原理，在於電流與磁場的相互作用。這兩個電流計的接線柱彼此連接着（圖二）。如果讓其中一個電流計的指針很快地震動，則在永久磁鐵的磁場中，活動小框就將急劇地震動一下，並且在那裏出現電動勢。這電動勢將引起電流，這電流

在通過第二個電流計小框時，迫令與指針同轉於相適應的方面。由此可見，在這個實驗中第一個電流計如果類似於發電機，則第二個電流計就類似於電動機了。當整個系統平靜時，第一個電流計指針發生了偏轉，會使第二個電流計的指針得到震動，因此可以知道，在這種情形中發電機的功用是由第二個電流計所起的作用表現出來的。這表明了發電機與電動機的可逆性。



圖二 波波夫表演發電機與電動機的可逆性的略圖

波波夫的任何實驗，總是想探究現象的動力方面。在他的「熱能轉變為機械能的情況」論文中(一八九四年)，研究了關於沿雲母薄片滾動着的熱的金屬圓柱體和圓錐體的問題。這個屬於研究固體的熱傳導的實驗，作出下面的結論：在金屬薄片上放置一張邊緣稍為提高一點的薄雲母片，而在雲母片上放置不大的熱的金屬圓柱體。微微推動這個圓柱體之後，我們會看到，它將由雲母片的一個邊緣向另一個邊緣前往後地滾動着。將圓柱體代以截錐，則將繞着自己的頂點滾動，而金屬薄片彎曲成弧形時，就在這方面和那方面搖盪起來。這些運動是因金屬片的隆起而引起的，這種凸形則

是由於雲母片的不良傳導性因而將片上局部的熱給予金屬片結果，爲了使雲母片的變冷，必需在它下面放置一塊金屬薄片。

波波夫仔細地注意到電工學領域內的新事物，並立刻將可能有發展的東西記錄下來。波波夫將其整個閒暇貫注在實驗室中，他親自做繞綫圈吹玻璃等工作。由他發起，在水雷軍官班和海軍技術學校中創製了一套小電動機。其中一部分是由他親手製出的。波波夫剛知道愛克斯光的發現（一八九六年一月），他就在科洛托夫協助之下，親自製成了愛克斯光管。藉助於這個光管，波波夫得到了最初的愛克斯光照片之一，並確定出愛克斯光放射的根源是管內的螢光部份。他研究壓縮氣體很感興趣，並作了一些關於液體空氣的公開講演，伴以實物的試驗。

波波夫特別注意於有關高頻率電流的現象。他親自製造了能獲得高電壓的高頻率電流變壓器，和許多用來實驗這樣電流的儀器。赫芝的工作報道很使波波夫感到興趣。赫芝曾研究在介質中電磁波的傳播，它的反射，折射和一系列的其他現象，而這些現象到當時爲止是僅在光學中出現的。波波夫在自己的試驗室中深刻地研究這些現象，製造了爲着這個目標所必需的儀器。還在一八八九年到一八九〇年間，在喀琅施塔得和彼得堡不止一次地發表他的「論光現象與電現象的關係」的科學講演和報告時，他伴以精細地準備好了的、以實物作證的實驗。

在喀琅施塔得海軍會議上（一八八九年），波波夫用這樣的話結束他的講演：「人體的機構還沒有能夠察出在以太中的電磁波的感覺器官；如果能夠發明可以代替我們的電磁感覺的儀器，那末它一定能夠應用於傳達遠距離信號」。由此，我們將看到，從他開始研究電磁波動領域的最初時起，波波夫就已經負起應用它們作沒有電線的遠距離通訊的任務了，即是他想到了無線電。這種卓越的理想，在他過了六年——一八九五年五月七日實現了。

波波夫的講課「論光現象與電現象底關係」大致安排着下列的計劃：（一）電的振盪運動的運行條件和在導體中振盪的傳播。（二）電振盪在空氣中的傳播——電力綫。（三）反射，折射和電射綫的極化。（四）光對電荷的作用。

波波夫在其他講課中，分析了振盪放電的發生和電共振的現象。在準備這些講課用的實驗時，他力求縮短電磁波的波長和用靈敏度更高的儀器來代替接收裝置（電綫或綫圈）的電火花間隙。

一八九一年白朗尼關於金屬粉末（鋸末子）性質的報告發表了，這是論述金屬粉末具有這樣的性質，當附近的感應綫圈放電時能減小其對電流的阻力。（註一）金屑檢波器——具有電極和充滿金屬屑的玻璃管，——是洛奇在他好像重演赫芝實驗中所採用的創造。這種金屬粉末檢波器的靈敏度是遠大於赫芝所採用的那些拙劣的儀器的。

曾有許多重演着赫芝實驗的學者們，在赫芝所首先發表

的見解的影響下，似乎以爲電磁波不過是一種有趣的物理現象，毫無實用的前途。看出了赫芝儀器的某些缺點和採用了金屑檢波器以圖稍微提高一點靈敏度的洛奇也深信這點。就是白朗尼對電磁波也不感興趣。在研究金屬屑的性質時，他偶然看出了它的導電性受隔壁的實驗室中所研究的電磁波的影響發生了改變。這個發現——白朗尼工作的附帶結果——較之他所致力於金屬屑性質的其他一切的研究，具有無可比擬的重要性。

對赫芝的威望的崇拜，和盲目地墨守着他關於電磁波無實用價值的見解，阻礙了科學的發展。唯一不承認當時著名專家們的「權威」見解的學者，就是波波夫。當他們變爲前進的障礙時，他却有勇氣粉碎舊的傳統。波波夫深刻地分析了表面上似乎是偶然的現象，看出了它們的共同性，而發現了沒有電線的通訊方法。

應當指出，就是洛奇和白朗尼於一九〇八年在他給俄羅斯學者們的信中，也承認波波夫是無線電的發明者，並自認他們關於應用電磁波的問題甚至連想也未想過。由此可見，無論是赫芝，無論是白朗尼，無論是洛奇，都沒有從自己工作中作出任何對實際有價值的結論，也都不能實行從獨立的局部問題的純科學研究轉到在技術上可以實現的形式的總結和體現。換一句話說，他們沒有發明無線電。這是波波夫所做成的，他的創造在人類文化史上開闢了新的一頁。

「……爲着可能利用電磁波現象，以達到遠距離信號設

備的目的，不少人物從事於技術裝置品的改進。然而俄羅斯，應當引以自豪的是，第一個實現了這個發明的正是俄羅斯的兒子。」——一九〇七年彼得洛夫斯基教授在其用以紀念波波夫的「無線電報的科學基礎」一書中，對無線電的發明曾這樣地寫過。過了許多年後，已經到了我們這一代，科學院院士蘇列依金在紀念波波夫八十週年誕辰（一九三九年）的文章中，以下面有力的言論描述他發明無線電的作用：「發現電磁波以後，全世界的學者開始研究它的性質，尋求利用它以作沒有電綫遠距離通訊的可能性。然而第一個解決了這些問題，創造了無線電報，製出了發報機和接收機，就是我們偉大的同胞亞力山大·斯切潘諾維奇·波波夫。在貧乏的和技術水平不高的環境中，以自己強大的智慧，用着本國製造的、有時還由他親手做成的儀器，他創造了、發明了和實現了不用電綫的無線電報」。

世界上第一架無線電接收機

一八九五年五月七日，波波夫在彼得堡俄羅斯物理化學學會、物理學分會上發表了「論金屬粉末與電板盪的關係」的報告。在這次報告中，他報道了關於他所發明的接收和記錄電磁信號用的儀器，並實地表演了世界上第一架無線電接收機。這個具有歷史意義的日子被認作無線電發明日。波波夫歡遜地叫自己的儀器為「雷暴指示器」（當時還沒有「接收機」這個詞彙），因為起初由於沒有足夠強大的振源，他

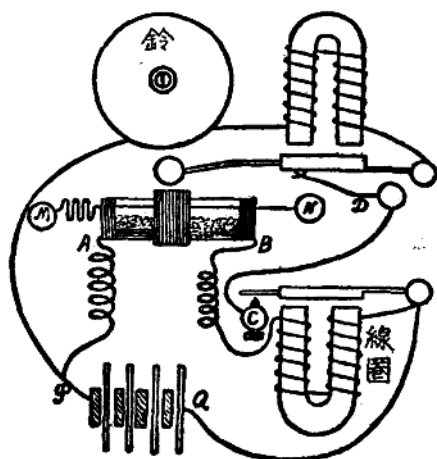
的儀器「會接收」過暴風雨放電所激起的電擾動——閃電。

這個無線電接收機的主要部份之一，是經波波夫改進達到了靈敏度極高的金屑檢波器。這使儀器既適合於講課之用，同樣也適於為記錄大氣放電之用。這樣的結果是波波夫經過精細而全面地研究後才得到的。當他推想在電氣放電情況下，金屑檢波器電阻的減少，是由於粉末的「凝固」成金屬線時，他希望這樣配置金屑檢波器的電極，能促進這綫的形成。實驗了一系列不同作法之後，他停留在由玻璃管（直徑約一厘米，長度六到八厘米）內壁貼上薄白金片所組成的金屑檢波器的結構上。管子是水平放置的，內裝一半細鐵粉，而位於下面的電極就是鐵粉。

在創製了這種具有高度的、令人滿意的靈敏度穩定的金屑檢波器之後，波波夫開始尋求能迅速自動破壞由放電所激起在粉末間的聯系的方法。這個問題是用「抖動器」來解決的——普通的電鈴。電鈴的小鎚，在每一個信號之後打擊金屑檢波器時，抖動了金屑檢波器並破壞了曾使它良好地導電的聯系，同時為它作好接收下一個信號的準備。圖三就是波波夫本人所提出的這樣形式的第一架接收機的略圖。

波波夫的接收機在技術史上首先採用了天綫——節金屬絲，天綫的一端是絕緣的，而另一端與金屑檢波器連接，並通過它與地球連接——接地。為了增強信號，波波夫將靈敏的電磁繼電器與金屑檢波器串聯。繼電器與微弱的電磁信號同步調工作，並閉合震盪電路。除此之外，為了避免金屑檢

波器受到可能的外界影響，採用了金屬屏蔽障。



圖三 世界上第一架無線電接收機——波波夫底「雷暴指示」器略圖

波波夫跟自己的經常工作人員，當時還是年輕的物理學者彼得爾·尼古拉也維奇·雷布金一起，安裝了雷暴指示器，這指示器甚至很好地感知遙遠的（達三十公里）暴風雨放電。於是就首先發現了我們現在所謂、大氣放電的信號。波波夫將自己研究的結果寫在一篇論文「發現和記錄電板盪用的儀器」中（一八九六年一月）。以下就是這篇有關於上圖（圖三）的描述和用它來得出結果的論文中一些摘錄。

「裝粉末的管子橫掛在夾子 *M* 和 *N* 之間的輕軟彈簧上，這彈簧對於大的彈力就從一個夾子方面作之字形的彎曲。管子上面裝置電鈴，其位置以當它動作時能用鈍輕擊管之中部

爲度，爲了防止擊碎，在中部套以橡皮環。最好是將管子和電鈴固定在普通的垂直的木板上，繼電器可以隨便放置。

儀器以下列方式動作。用4—5伏特的電池電流在電路中經常地環流着，由夾子 *P* 流向白金片 *A*，繼續通過裝在管內的粉末流向另一白金片 *B*，並沿電磁繼電器綫捲流回電池。這個電流的強度不夠吸引電磁繼電器的舌片，可是，如果管子 *AB* 受着電振盪的作用時，則電阻將大爲減小，而電流將增加到足以吸引電磁繼電器的舌片。在這個時刻，由電池通向電鈴在 *C* 點被隔斷的電路就接合起來，電鈴開始動作，然而管子的抖動馬上就又減小着它的導電性，同時繼電器將截斷電鈴電路。在我的儀器中，強力抖動後粉末的電阻約爲100,000歐姆，而具有約250歐姆電阻的繼電器，在5—10毫安的電流（調節範圍）——即總電路的電阻降到幾千歐姆以下——情況下就吸引着舌片。每一單個振盪，儀器答以一次短的鈴聲；綫捲不停地放電，每經大約相等的間隔，就發出相當多次的蟬聯的鈴聲……

……具有這樣靈敏度的儀器，可以用作電振盪的各種表演實驗，當把金屬匣子關閉時，很便利的，可以適合於電射綫實驗；在許多類似的實驗中，我所配置的儀器，具有過高的靈敏度。可是由於繼電器在某種範圍內可以改變靈敏度，電池數目也可改變，因而要獲得所希望的靈敏度是很容易的。

儀器的另一應用——它可得出更有趣的結果——是它將