

高 等 教 育 叢 書

東北人民政府文化教育委員會主編

# 電工學底理論基礎

(第一冊)

卡蘭達羅夫 著  
聶 孟

鍾 兆 琥 譯

東北教育出版社

1 9 5 2

卡蘭達羅夫 聶孟 原著

# 電 工 學 底 理 論 基 礎

(第一冊)

П. Л. КАЛАНТАРОВ И Л. Р. НЕЙМАН

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ  
ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

鍾 兆 琥 譯

喬 汝 祺 校

書號: 0044

**電工學底理論基礎 (第一冊)**

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

---

著 者: [蘇聯] 卡 蘭 達 羅 夫、聶 孟

譯 者: 鍾 兆 琥

主編者: 東北人民政府文化教育委員會

出版者: 東 北 教 育 出 版 社

發行者: 新 華 書 店 東 北 總 分 店

印刷者: 瀋 陽 新 華 印 刷 廠

---

印數 1—20,000冊

1952年10月初版

定價: 16,000元

## 前 言

本書係鍾兆璣同志根據1951年蘇聯國營動力出版社（Госэнсргиздат）出版的卡蘭達羅夫（П.Л.Калантаров）與聶孟（Л.Р. Нейман）合著“電工學底理論基礎”（Теоретические Основы Электротехники）修正版（第三版）譯出的。原書經蘇聯高等教育部審定為動力工程學院、電機工程學院以及動力工程學系、電機工程學系用教科書。

全書計三十一章，中譯本分三冊出版。第一冊包括原書第一章至第十一章及書後附錄中的有關部分。為了讀者參考的便利，書末特附印譯者編製的中、俄、英三種文字對照的索引。

讀者對本書如有批評和建議，請投函：“東北人民政府文化教育委員會”。

——編 者

## 著 者 原 序

這一本“電工學底理論基礎”教科書是根據我們原在1948年以同一書名分三冊出版的那部書徹底修正和改寫而成的。

第一章至第四章，第七章至第十一章和第二十四章至第三十一章由Л. П. 聶孟執筆，第六章和第十二章至第二十三章由П. Л. 卡蘭達羅夫執筆，後者並且編撰了書後附錄。

對我們原著和此次修訂版的初稿曾經提過意見與批評的各位同志，我們謹致以由衷的謝忱。

П. 卡蘭達羅夫， Л. 聶孟

## 引 言

### I.

偉大的斯大林時代是社會主義在我國（指蘇聯，以下同——譯者）勝利的時代和我國從社會主義過渡到共產主義的時代；這一個時代底特色是祖國科學與技術底史無前例的昌盛。偉大的十月社會主義革命底勝利給實現我國國民經濟創造了實行普遍電氣化的條件。關於列寧怎樣特別重視國民經濟底電氣化問題這一事實，可以引用他底有名的公式爲證：“共產主義——這就是蘇維埃政權加上全國電氣化”（列寧全集，俄文版，第31卷，第484頁）。

還在1920年的時候，就根據了佛·依·列寧底指示在我國成立了一個俄羅斯電氣化全國委員會（Госэпро）。這個委員會擬訂的電氣化計劃在第八次全俄羅斯蘇維埃代表大會上獲得批准，佛·依·列寧稱這一個計劃爲“布爾什維克黨底第二綱領”，而約·維·斯大林則評論它爲“不加引號的真正統一的和真正國家的經濟計劃底精密草案”（斯大林全集，俄文版，第5卷，第50頁）。約·維·斯大林在堅持實現列寧底電氣化理想的時候曾經說過：“你們可以看到，列寧所主張的國家電氣化不是孤獨地建立電站，而是逐漸地，把國家經濟，農業也在其內，轉變到新的技術基礎上，過渡到現代大生產的基礎上去。這種大生產是這樣或那樣，直接或間接和電氣化事業相聯繫着的”（斯大林：“論國家工業化及聯共（布）黨內的右傾”，斯大林選集第三卷，東北新華書店1949年9月版，第338——339頁），

斯大林進一步又說：“……列寧意會的是，要走向共產主義，單靠蘇維埃政權是不夠的，爲了要走向共產主義，蘇維埃政權必須使國家電氣化，把整個國民經濟改造成大生產。爲了要達到共產主義，蘇維埃政權是有決心走這一條路的”（斯大林全集，俄文版，第11卷，第311頁）。

列寧和斯大林底電氣化計劃的偉大理想在列寧在世的時候就已經開始實行而由於全國人民大衆在布爾什維克黨和其英明睿智的領袖約·維·斯大林底領導下發揮了具有創造力的熱誠和努力，使Госпро底初次計劃在1950年到來之前就超額完成了14倍（即完成了原計劃的15倍——譯者）。現在根據約·維·斯大林底天才倡導使電氣化轉入了新的，更高階段的時候，全體蘇維埃人民開始了建設舉世無雙的新的鉅大的伏爾加河水力發電站。

在斯大林五年計劃年代內，國民經濟底技術基礎，特別是電力基礎底湧湧上昇促進了我國電氣工程各部門（電機製造，電力傳輸，工業，運輸和農業底電氣化，電氣自動控制和電氣通訊，電器製造，電化冶煉和電氣在日常生活中底應用）得到空前未有的迅速發展。

電氣工程底這樣史無前例的發展是和蘇聯電氣科學底發展，和與此對比的電氣應用技術各課程底發展是分不開的。在我們底整個國家內不僅佈滿了第一流的電工器材廠和發電站，並且遍地設立着電氣工程底科學研究所與電氣工程底高等學校和院系。

成爲蘇聯高度技術水準基礎的蘇聯科學底傑出成就是由於列寧——斯大林底黨和蘇維埃人民底領袖——科學泰斗——約·維·斯大林特別關注科學發展所造成的結果。黨用強大有力的認識事物的方法——馬克思與列寧辯證唯物論底方法——武裝了蘇維埃科學工作者。只有這個充滿了批判精神和革命精神的方法，它底基本之一是理論

與實踐底密切結合，只有這樣的方法才能成爲發展先進科學的主導力量。約·維·斯大林不厭倦地注意着我國科學所有各部門底發展並且經常領導它走上正確的途徑。在他底許多演講和著作中，以1938年在克里姆林宮接見高等學校工作者大會上的演講和他底關於語言學問題的有名著作最具有重大意義。約·維·斯大林教導我們說，爲了使先進的科學大踏步地前進和更加完善，需要跟教條主義作鬥爭，需要勇敢的科學膽量，需要科學與實踐，科學與經驗底密切聯繫，需要廣泛地展開批評與自我批評。

在偉大的衛國戰爭勝利結束以後，約·維·斯大林在向蘇維埃科學工作者提出許多新的重要任務的時候說道：“我毫不懷疑，如果我們給予我們底科學家以應有的幫助，他們將會在最近時期內不僅趕上外國的科學成就，並且一定會超過它們。”蘇維埃科學家們解決了許多新的科學上的重要問題並且廣泛地展開了一個擁護科學與生產底堅固結合的鉅大愛國運動來響應這個號召。

社會主義制度在我國保證了科學與技術底迅速而和諧的發展。爲祖國人民服務的崇高和純潔的理想佔有了全體蘇維埃科學家和工程師們底意識，這種理想成爲蘇聯科學與技術更向前進步底保證。

## I.

在俄國，電氣方面的最初研究工作應當歸功於俄羅斯科學家，科學院院士米·華·洛蒙諾索夫（М.В.Ломоносов）。

在科學底各部門都創造了很多輝煌勞績的洛蒙諾索夫在電氣研究方面亦做了很多工作。洛蒙諾索夫特別注意大氣中電氣底研究。在這一方面的研究他是和他底朋友科學院院士李赫孟（Г.В.Рихман）合作做的，李赫孟在某一次試驗時被閃電擊斃。1753年11月26日洛蒙諾索夫在科學院把自己底觀察和理論方面底結論作了一個“關於由電氣

底力量所造成的天空現象之報告”。根據洛蒙諾索夫底理論，大氣中的電氣是由於空氣中所有的微小物體，在氣流上升和下降時，被帶着走時互相摩擦而產生的。在自己底著作中洛蒙諾索夫最先發表了關於北極光底電氣本質的意見。

在自己底理論推索中，洛蒙諾索夫提出了遠超過他所處時代的原理，並且把問題提得非常深刻。舉例說，根據他底建議科學院提出了“試尋出電氣力量底真正原因並且爲它建立一個準確的理論”這個題目作爲獲得1755年獎金的競賽論文題。

與此同時，洛蒙諾索夫總是努力替科學發見尋找實際應用的方法。在自己底著作中他指出了用避雷針防止人和房屋被閃電擊斃的可能性。在這一方面，洛蒙諾索夫在他對於物理學的補充內所說的話特別值得注意，他在這些補充內說出了這樣的意思：在關於電氣的各種實驗中一定有“顯示出對於人類幸福有偉大的希望”的實驗。我們親眼看見洛蒙諾索夫預言中的希望在我們斯大林時代怎樣被實現了。

洛蒙諾索夫在自己底著作中發展了宇宙可認識論和宇宙由物質構成的學說，特別是電氣由物質構成的學說，並且堅強地捍衛了這一個學說。用唯物的見解解決基本的科學問題是洛蒙諾索夫在科學各部門的工作特點，這種看問題的方法成了後來先進的俄羅斯科學家和發明家們底最優良的傳統，這個傳統是他們在科學和技術方面驚人成就底源泉。

院士愛皮努斯（ф. Эпинус）是洛蒙諾索夫底同時代人。他首先發見熱電現象和靜電感應現象。特別值得提出的是愛皮努斯在1758年在科學院所作以“論電與磁底同一屬性”爲題的報告。

現在我們已經知道，在電的現象和磁的現象之間存在着不可分割的聯繫，而這一個原理是關於電磁現象的整個近代學說的基礎。不過

這種信念是科學思想經過了很長久的經驗積累才達到的，而在很長的一個時期內，人們把電的現象和磁的現象看成爲各不相關的獨立的現象。第一部有關磁和電的現象的詳細著作是吉爾柏（Gilbert）寫的，它在 1600 年出版。不過吉爾柏在這一部著作中並沒有得出正確的結論，他說磁和電的現象之間沒有聯繫。

電荷間存在的力底互相作用和磁極間存在的力底互相作用完全相像這一事實當然會使人們對這些現象作出相同的解釋。那時候出現了正磁質和負磁質的一種觀念，以爲它們是分佈在磁鐵兩端的一種特殊的物理主動力，並且是磁作用底原因。不過我們現在已經知道，類似這樣的假設是和磁現象底本質不符的。從科學發展底歷史上看來，這一個假設是仿照着與電底本質相符的陽電和陰電底假設產生的。根據現代的觀念，任何數量的電是處在不斷運動狀態中的單元的陽電荷和陰電荷——質子，電子等等——底總和。

庫倫（Coulomb）在 1785 年首先公佈了表示電荷間力底相互作用和磁鐵底磁極間力底相互作用底量的關係。不過庫倫在那時候已經注意到磁質與電荷之間存在着本質上的分別。這種分別是從下面所講的簡單經驗中得出的結論。我們毫不費力地可以把陽電和陰電隔離開來，但是我們在任何條件之下永遠不能夠把正磁質和負磁質分離開來。

關於這一現象庫倫提出了這樣一個假設：磁鐵體質內的個別微小單元在磁鐵被磁化時變成了一個個的微小的磁鐵，而只有在體積底這樣單元之內正磁質才指向一個方向而負磁質指向相反的方向。

但是，假使在單元的磁鐵內部正磁質和負磁質真能夠獨立地存在，那麼我們還是能夠希望在某一種實驗內用某一些對於單元磁鐵的直接作用把負磁質和正磁質分離開來，就像我們能夠對於總電荷等於零的物質分子用某一種作用把它分成陰（負）電荷和陽（正）電荷，

就是所謂游子。但是，就是在最初級的過程中人們也從來沒有發現過正磁質和負磁質各別存在。

磁鐵現象底真實本質底揭示是上一個世紀初葉底事情。這一個時期內的許多輝煌的發見確定了電現象和磁現象之間的密切聯繫。

在1819年奧斯特（Oersted）在進行實驗中發見了電流對於磁針的機械力的作用。1820年安培（Ampère）證實了通有電流的鎳繞螺管具有和磁鐵相同的作用，因此他說出了這樣的思想：即使以永久磁鐵而論，產生磁作用現象的真正原因也是電流，這些電流是在磁鐵內部沿着某些單元輪廓流動的。這種思想在現代的學說中找到了明確的表達方法；根據近代的觀念，永久磁鐵底磁場是由存在於磁鐵物質內部的單元電流所引起的，而這些單元電流却是電子自轉並且同時在原子內遵循一定軌道繞行所產生的結果。

這樣一來，我們得到一個信念：磁質在實際上並不存在。以上所敘述的一切研究都證實了一個最重要的原理：電底運動永遠是陪伴着磁的現象的。這一個原理就證明了，磁現象並不是像吉爾柏所假設那樣的和電現象毫不相關的。

1831年法拉台（Faraday）報導了電磁感應底發見。他發覺，當一個鎳圈對磁鐵移動時，或者當他對另一個通電流的鎳圈移動時，在第一個鎳圈內就發生了電流。這樣就證明了一個事實：電的現象也可以由於某一些屬於磁現象底領域的動作產生。

1838年俄國科學院院士楞茨（Э. Х. Ленц）創立了一個確定奧斯特和法拉台所發見的現象底共同性與互換性的非常重要的原理。在這一個原理中奠定了電機互換性底重要法則。楞茨確定了感應電流底方向規律，這規律表示出動電學底基本原理——電磁慣性底原理。

關於所有這一切發見，我們必須特別指出法拉台在他底研究工作

中所一貫遵循的，並且在最近年代內在科學院院士米特開維奇（В. ф. Миткевич）底著作內得到了更大發展的基本思想，這就是關於空間中電荷間作用和通電流的線圈間作用之物理真實性的思想。

根據這一些觀念，電荷對電荷的作用是經過一種中間媒質傳導的，並且是由於包圍電荷的空間內發生的一種稱為電場的特殊的物理過程所造成的結果。通電流的線圈間的互相作用亦是由於在線圈周圍的空間發生的一種稱為磁場的特殊物理過程所造成的。

在運動的電荷底隣近既存在着電場，又存在着磁場，因為運動的電荷就是電流。電場和磁場是互相聯繫着的，它們代表了統一的電磁過程底兩方面。從電磁感應底現象可以得出這樣結論：當磁通隨時間變動的時候，就產生了電動勢，也就是說出現了電場。反過來說，當電場隨時間變動的時候，在同一區域底空間也產生了和它有關的磁場。存在於空間底某些區域內的互相關連的電場和磁場底統一物理過程稱為電磁場。

創立嚴密的電磁理論的功績屬於馬克斯威爾（J.C. Maxwell），他把這一個理論歸納在1873年初次出版的他底經典著作“論電與磁”的論文（*Treatise on Electricity and Magnetism*）內。在這一篇論文中馬克斯威爾用數學方式闡明問題並且更深入和更寬廣地討論了法拉台底基本物理觀念。

前進的俄國物理學家協助了法拉台和馬克斯威爾廣泛傳佈電磁場內發生的物理過程底真實性這種觀念。彼得堡大學教授包格孟（И. И. Боргман）和當時的許多其他科學家在大學講座上和在俄國物理與化學協會底物理部和俄國技術協會底電工部所組織的集會上都作了演講和報告。在擁護電與磁的現象底唯物觀點的鬭爭中，科學院院士米特開維奇（В. ф. Миткевич）底功績特別大。他在他底許多卓越的著作

中用最明晰的論據揭露了所謂超距作用觀點底唯心本質。依照超距作用底觀點看來，在互相作用的電荷之間的空間不會有任何物質現象底過程。這一個觀點把電荷間的互相作用這樣解釋：任何單元的電荷都有它本身內在的超越距離對其他電荷發生作用的本領。超距作用觀點底根基是這樣的：當一個受試的電荷被帶進圍繞着帶電物體的空間的時候，作用在受試電荷上的機械力只有在受試電荷被帶進這樣的空間時才能發現。因此，死守這種觀點的人們作出一個不正確的結論，以為談論圍繞帶電物體的空間內所發生的物理過程是毫無意義的。類似的看法必然要否認電荷本身底物理真實性，因為就拿電荷來講，我們也只有在我們底各感覺器官這樣或那樣地接受了它底作用後，才能證實它的存在。這種觀點發展下去，必然走向否認獨立於我們底經驗和認識而客觀存在的物質世界，也就是說，走上唯心論底道路。

按照辯證唯物論底基本原則來說，我們周圍的世界是獨立於我們底經驗和認識之外而客觀地存在的，因此我們應該把電荷以及它們周圍的電磁場也看成爲客觀地存在的物理現實，是物質運動底特殊形態。

赫爾茨（H. Hertz）在 1887—1889 年間試驗成功的電磁波之產生及其散播的工作，列貝捷夫（П. Н. Лебедев）在 1895 年試驗成功的超短電磁波底發生和傳播的工作，他在 1900—1910 年間用實驗證明光底壓力的經典式工作，波波夫（Д. С. Попов）在 1895 年發明的具有世界意義的無線電放射和他所實現的無線電通訊，以及無線電工程所有的理論和應用底繼續發展都用實驗證明並且發展了馬克斯威爾底電磁場學說。

所有上面所講的發見使人們認識到電現象和磁現象之間的深切聯繫。實際上，我們所接觸的都是複雜的電磁現象。

最近時期底特色是對物質底構造一天比一天更深刻的研究。出現

了把物質看成爲電磁構造的觀念。照最簡單的模型看來，物質底原子含有一個帶陽電的核心和一些圍繞着核心旋轉的帶陰電的電子。原子核底放射性蛻變之發見更說明了原子核本身也是一種複雜的結構，它能够再變換。陽電子（Positron）底發見實在是一件可注意的事，它所帶的陽電荷和電子所帶的陰電荷同樣大小，它底質量也和電子底質量同樣大小。當陽電子發生的時候，光子（Photon）變換成兩個單元的電荷——陽電子和電子。

所有這一切和許多別的重要發見之所以特別寶貴，那是因爲它們徹頭徹尾地打破了把原子看作物質底固定不動和不變的元素的那種觀念。物質是經常在運動的，在發展的。物質運動底每一種形態都能够變成具有新的特殊性質的另一種形態。

這些進步的思想使我們在最近的年代中獲得了燦爛的科學成就，開闢了使原子核變換底過程完全服從人類意志的途徑，在這種原子核變換底過程中往往放出了鉅大的能量，這就創造了利用自然界底動力的新而廣寬的可能。

資本主義國家內的統治集團爲了達到自己底帝國主義目的，企圖利用原子能作爲毀滅人類勞動所創造的物質珍寶，作爲大量屠殺人民的手段。

蘇聯所負的任務是要禁止原子能當作破壞底手段來使用，並且要保證它被利用在和平的創造性的目的上。

以上所敘述的關於電工技術底科學基礎底發展是密切地聯繫了實際問題底解決而進行的。在電氣底實際應用方面，多數俄國物理學家和電機工程師也有過特別大的功績。

俄國是電氣照明底出生地。在1802年，卓越的俄國物理學家彼得羅夫（В. В. Петров）發見了電弧現象。他注意到他所發見的現象可

以用作照明。他在自己著作的書中指示出，靠着電弧底幫助“黑暗的地方可以照得足夠明亮”。彼得羅夫也奠定了電弧在煉金術上應用底基礎。在這個世紀底初期（1902——1905年）米特開維奇研究了並且解釋了電弧底本質。雅勃洛契可夫（П. Н. Яблочков）佔有了第一次廣泛地實際應用電弧作為照明的光榮。他在1876年發明了他底有名的電燭並且加以實際應用。利用電弧銲接金屬首次在白拿爾篤斯（Н. Н. Бенардос——1885年）和斯拉維揚諾夫（Н. Г. Славянов）底發明中實現了。在俄國，洛迪琴（А. Н. Лодыгин）第一次在1873年創造了白熾電燈並且加以實際應用。

創造第一具適合於實際應用的電動機（1834年）的功績屬於俄國科學院院士雅可比（Б. С. Якоби），他在1838年用電動機推動了一隻小船在涅瓦河上（在列寧格勒——譯者）航行。

雅可比發明了電鑄術（1836年），把電流底化學作用運用到實際工作中去。

電磁遠程通信（指電報——譯者）是由我們底同胞希陵（П. Л. Шиллинг）發明而首先實現的（1832年），並且由雅可比加以改良。

對於電工技術底發展具有特殊意義的是著名的俄國物理學家斯托列托夫（А. Г. Столетов）所完成的關於鐵底磁性能的研究。自己在1871年所作的“關於軟鐵底磁化作用的研究”這一個報告裏，斯托列托夫第一個確定了鐵底磁化系數跟它底磁化程度的關係，並且發現了在表示這個關係的曲線上有一個最大值。斯托列托夫預見鐵在電氣工程中實際應用底廣闊遠景，他在他底著作結論中寫道：“……在製造和應用電磁的發動機以及那些新型的磁電的機器（在這些機器內鐵底暫時磁化佔據首要地位）的時候，研究鐵底磁化作用可能有實際的重要性。”

特別值得提出的是俄國發明家和學者們在電力傳輸方面的勞績和所佔的優先地位。1874年皮羅茨基（Ф. А. Пирцкий）曾經為他所發明的“沿鐵軌或其他導體用電傳力”的方法申請專利執照，並且完成了他底最初的沿導線傳輸電力的實驗。皮羅茨基在1877年發表的一篇題為“論用電流長距離傳輸以水為原動力的能量”的論文裏，敘述了自己的各種試驗。

經濟上核算的長距離電力傳輸底可能性底第一個科學基礎——從這裏得出當傳輸的電力增大或距離加長時必須升高電壓的結論——是由卓越的電氣工程師拉契諾夫（Д. А. Лачинов）所奠定的。這種思想發表在他為1880年創刊的“電氣”（Электричество）雜誌底第一期所撰的“電氣機械底功能”論文裏。1881年發表的台普萊（М. Депре）底論文“長距離的電功傳輸”含有相似的看法。在以後幾年中台普萊建造了好幾個傳輸電力的裝置。馬克思和恩格斯都知道了台普萊底工作，他們認為長距離傳輸電力的問題具有重大的意義。恩格斯在1883年給貝恩斯坦（Bernstein）的信中天才地預見到這一部門工作在當時的發展對技術、經濟和社會各方面所引起的後果；他寫道：

“……這一個發見徹底地解除了地方條件加在工業上的一切限制，使利用最遙遠地方底水力成為可能，而如果它在開始時僅有利於城市，以後它必然會變成消滅城鄉間對立的最有力的關鍵。十分明顯，由於這一發見，生產力將要無限增長，使資產階級愈來愈無法控制這種生產力……”（馬克思和恩格斯選集，俄文版，第27卷，第289頁）。

第一個用三相交流綫路輸電的工作是由多利沃-多勃羅沃爾斯基（М. О. Доливо-Добровольский）在1891年實現的。用交流傳輸電力的優點是與雅勃洛契可夫在1836年和烏薩金（И. Ф. Усагин）在1882年所發明的固定變壓器輕易地變換交流電壓這種可能性分不開的。多

利沃-多勃羅沃爾斯基建議並且造成了三相變壓器，他同時還享有發明三相交流電動機的重要功績。這些卓越的發明與創造給長途輸電和電力在工業、農業和運輸部門內能廣泛應用底近代發展打下了基礎。

蘇聯電氣技術人員在使用和發展俄國科學家和發明家等革新者底遺產的時候，創造了新的優秀的電氣工程建築，用這些成就貢獻給實現改造自然的偉大的斯大林計劃的全民事業，貢獻給建設共產主義社會的事業。

### Ⅲ.

“電工學底理論基礎”一書底內容和其編寫結構底要領是使讀者在可能範圍內對於電磁現象及發生在各種電工器械中的過程獲得一個嚴整的概念同時也必須推演出計算這些過程的基本方法。

因為這個緣故，本書在前幾章內特別強調了電與磁現象底研討以及表示這些現象特性的量方面關係的各基本定律與公式之建立。這對於用應有的深刻程度去研究以後各章裏的電路與磁路理論和電磁場學說是很必要的。

把電磁現象底學說分成電路與磁路理論及電磁場學說不僅能適應這些現象底分析方法而且有它底實際需要。

電磁現象在工程上應用的時候，往往遇見一些因用途性質所造成的先決條件。舉例來說，在無鎳電工程中，在架設天線的時候，總是竭力使它們在空間相當大的領域內散佈電場和磁場因而為電磁波底輻射創造有利的條件。然而在大多數場合中總是設法使電場和磁場儘可能地集中在最小的體積內。在這種情形下，為了限制電場在電容器內的體積，往往用電容係數很大的材料來作電介質並且把電容器極板盡量靠近放着。為了限制磁場底體積，磁路往往用磁導係數高的材料製造。

用電導係數很高的材料，外面包上一層絕緣物製成的電路可以為