

54577



中等專業學校教學用書

# 油井地球物理 探 測 法

上 冊

蘇聯 斯·格·科馬洛夫著

G11  
2473



燃 料 工 業 出 版 社

中等<sup>下</sup>專業學校教學用書

# 油井地球物理 探測法

上 冊

蘇聯 斯·格·科馬洛夫著  
石油管理總局編譯室譯

蘇聯石油工業部批准作為中等石油專業學校教材

燃料工業出版社

## 內 容 提 要

本書系著包括探測油井的地下地球物理方法和解釋地下地球物理測量所得資料的方法兩篇，分兩冊翻譯出版。

上冊包括探測油井的地下地球物理方法一篇，其中詳細闡述電測的基本原理，進行電測的方法，檢查井內情況的方法，以及其他各種地球物理測井的方法。

本書為中等技術學校‘地下地球物理測井法’及‘地下地球物理測井資料的解釋’兩項課程的教科書，並可供地球物理探測工作人員參考。

\* \*

\*

## 油井地球物理探測法

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ  
ИССЛЕДОВАНИЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

### 上 冊

根據蘇聯國立石油燃料科技書籍出版社(ГОСГОПТЕХИЗДАТ)

1952年列寧格勒俄文第一版翻譯

蘇聯 С. И. КОМАРОВ 著

石油管理總局紅藍寧譯

燃料工業出版社出版

地址：北京東長安街原址上25號

北京市石油工業局總發行所通出了第012號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：姚祖誥 王聯達 校對：虞維新 郭 峨

書號266油36

850×1092 1/32開本 \* 5 1/2印張 \* 142千字 \* 印2,101—3,650冊

一九五四年九月北京第一版第一次印刷

一九五五年四月北京第一版第二次印刷

定價一元三角

## 前 言

在石油工業部中等技術學校的「地下地球物理」專業方面，規定有五種獨立的課程：(1)「地下地球物理測井法」；(2)「地下地球物理儀器」；(3)「電測站和射孔站」；(4)「地下地球物理測井資料的解釋」和(5)「井內的射孔和爆炸工作」。本書包括「地下地球物理測井法」(講授 126 小時)——第一部分和「地下地球物理測井資料的解釋」——第二部分(講授 88 小時)。

由於在地下地球物理的一般問題方面的參考書，比地下地球物理測井資料解釋問題方面的更多些，所以後者敘述得比較詳細。

在本書第一部分中，爲了避免重複起見，把地下地球物理測井資料解釋問題盡量減少；相對地，在第一部分敘述過的，地下地球物理測井資料的解釋教程大綱中的許多問題，則不包括在第二部分以內。

作者對於在審閱原稿時提出許多寶貴而重要的意見的 I. M. 阿立耶夫，B. A. 列夫舒諾夫，H. R. 庫哈連柯，H. E. 愛依得曼，特別是 A. M. 斯列德羅陀里斯基和 C. Ф. 維鮑爾尼等同志，表示感謝。

## 第二篇 油井地球物理探測資料的解釋

### 緒 論

鑽井時應當能够保證：

- a) 製成鑽井穿透岩層柱狀剖面詳圖；
- b) 把各儲油層分割出來，並估計出這些含油、氣層的油、氣含量（飽和率）。

鑽井岩層柱狀剖面圖和所穿透的這些岩層性質的鑑定，一般是根據所採取的岩樣和由井內沖洗出的岩屑來進行的；可是在同一條件下，比這還要重大，並且在有些情況起着主要作用的，要算應用地球物理方法測井所得各種資料。

於測井時，沿着井身進行某一些參數的測定（視電阻率、井內自然電位、 $\gamma$ 射線等），這些參數，能够反映出岩層的物理性質（電阻率、形成自然電場的能力、自然放射性等）。根據這些測定的結果，在鑽井岩層剖面裏面，把各層岩層分割出來，並且把這些岩層所具地質上的特徵，加以確定。

把測井所得結果，轉變為說明鑽井所穿透各層岩層性質的地質資料，這就叫作測井資料的說明 [Истолкование 解釋]。

測井資料的解釋，有條件地可以分成兩個階段：第一階段為根據量測所得結果，確定出岩層某些物理性質上的變化；這一個階段，叫做地球物理上的解釋。然後把由於地球物理解釋的結果，所求出岩層全部物理上性質的總合作為根據，以確定出岩層地質上的性質；這一個階段，叫做地質上的解釋。

因此，在電測測井時，第一階段的解釋（地球物理上的解釋）就是確定岩層的電阻率和形成自然電動勢的位置（Э.Д.С.П.С.）。然後根據這些資料，來鑑定岩層所具的特徵（砂層、黏土層等）、以及這些岩層所含油、氣的含量等。這就構成電測資料在地質上的解釋。

# 目 錄

|         |   |
|---------|---|
| 前言..... | 1 |
| 序言..... | 1 |

## 第一篇 探測油井的地下地球物理方法

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 第一章 電測.....                     | 3  |
| § 1. 基本概念.....                  | 3  |
| § 2. 電場.....                    | 5  |
| § 3. 視電阻率.....                  | 14 |
| (a) 均勻介質電阻率的測定.....             | 14 |
| (b) 視電阻率.....                   | 15 |
| (c) 單極電極系及雙極電極系.....            | 17 |
| (d) 電位電極系及梯度電極系.....            | 17 |
| (e) 電極系的代表符號.....               | 19 |
| (f) 不常用的電極系.....                | 20 |
| § 4. 自然電位.....                  | 21 |
| (a) 電極電位.....                   | 21 |
| (b) 自然電位.....                   | 23 |
| § 5. 三芯電纜電測線路.....              | 25 |
| (a) 原理上的線路.....                 | 25 |
| (b) 半自動記錄.....                  | 27 |
| (c) 自動記錄電位差計.....               | 33 |
| (d) 光電自動記錄電位差計.....             | 34 |
| (e) 自動照像記錄.....                 | 36 |
| (f) 用正弦交流電將電流供給電極 $AB$ 的電路..... | 40 |
| § 6. 用單芯電纜作電測.....              | 41 |
| § 7. 電測的進行.....                 | 48 |
| (a) 曲線的比例尺.....                 | 48 |
| (b) 電極 $AB$ 電路中電流強度的確定.....     | 48 |

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| (e) 記錄電阻曲線及自然電位曲線 .....       | 51         |
| (f) 深度的測量 .....               | 54         |
| (d) 作曲線圖 .....                | 55         |
| § 8. 電路的絕緣 .....              | 56         |
| § 9. 記錄視電阻率及自然電位時所遇到的干擾 ..... | 61         |
| (a) 感應干擾 .....                | 61         |
| (b) 記錄視電阻率曲線的儀器的記錄裝置的振動 ..... | 66         |
| (c) 金屬的影響 .....               | 67         |
| (f) 測量自然電位時的干擾 .....          | 69         |
| § 10. 單電極電測 .....             | 74         |
| <b>第二章 其他各種測井法</b> .....      | <b>77</b>  |
| § 11. 放射性測井 .....             | 77         |
| (a) 原子的構造 .....               | 77         |
| (b) 放射性 .....                 | 78         |
| (c) 放射性輻射線 .....              | 80         |
| (f) 放射性輻射強度的測定 .....          | 82         |
| (d) 中子 .....                  | 84         |
| (e) 放射性測井 .....               | 87         |
| (x) 放射性測井的裝置 .....            | 90         |
| § 12. 油氣測井 .....              | 93         |
| (a) 氣測井 .....                 | 93         |
| (b) 螢光分析 .....                | 98         |
| § 13. 其他幾種測井 .....            | 100        |
| (a) 機械測井 .....                | 100        |
| (b) 電解測井 .....                | 102        |
| (c) 磁力測井 .....                | 104        |
| <b>第三章 井內情況的檢查</b> .....      | <b>106</b> |
| § 14. 測定泥漿電阻率 .....           | 106        |
| § 15. 井內溫度的測定 .....           | 109        |
| (a) 電阻溫度計 .....               | 109        |
| (b) 溫度的測定 .....               | 112        |
| (c) 測定溫度時的干擾 .....            | 113        |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| (c) 溫度計的校準 .....                | 117 |
| (d) 自然熱場 .....                  | 117 |
| (e) 溫度計測量結果的應用 .....            | 118 |
| (ж) 熱測井 .....                   | 121 |
| § 16. 地下水流入井內處所及管外液體流動的測定 ..... | 125 |
| (a) 泥漿电阻計法 .....                | 125 |
| (б) 溫度計法 .....                  | 127 |
| (в) 电阻計和溫度計的應用 .....            | 131 |
| (г) 液面的測定 .....                 | 132 |
| § 17. 井徑的測定 .....               | 133 |
| (a) 感應井徑規 .....                 | 133 |
| (б) 电阻井徑規 .....                 | 136 |
| (в) 進行井徑的測量 .....               | 138 |
| (г) 井徑曲線的應用 .....               | 142 |
| § 18. 測定井身彎曲 .....              | 142 |
| (a) 測量井身傾斜角度的儀器 .....           | 144 |
| (б) 應用電法測量來測定井斜的儀器 .....        | 145 |
| (в) 照像井斜儀 .....                 | 149 |
| (г) 其他各種井斜儀 .....               | 150 |
| (d) 鑽井時的測量井斜工作 .....            | 151 |
| (e) 測量井斜結果的顯示 .....             | 153 |
| (ж) 使鑽具在井底定向的各種方法 .....         | 155 |
| (з) 岩層傾角的測定 .....               | 156 |

# 目 錄

## 第二篇 油井地球物理探測資料的解釋

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 緒 論                    | 158 |
| 第四章 電阻測井法的理論           | 161 |
| § 19. 三次元介質中的電場        | 161 |
| (a) 不均勻介質中的電場          | 162 |
| (b) 視電阻率的測定            | 163 |
| (c) 可以用數學方法解決的情況       | 164 |
| § 20. 不考慮井的影響而計算出的視電阻率 | 165 |
| (a) 岩層接觸時的視電阻率         | 166 |
| (b) 在岩層接觸界面面處的電阻曲線     | 169 |
| (c) 岩層的視電阻率            | 172 |
| (d) 高電阻率岩層             | 173 |
| (e) 低電阻率岩層             | 178 |
| § 21. 無窮厚岩層的視電阻率       | 180 |
| (a) 視電阻率的求出            | 181 |
| (b) 二層離差曲線             | 187 |
| (c) 三層離差曲線             | 190 |
| (d) 離差曲線的等值性           | 192 |
| § 22. 電阻率為無窮大的岩層的視電阻率  | 193 |
| (a) 視電阻率的計算            | 193 |
| (b) 電阻曲線的形狀            | 197 |
| (c) 電阻曲線的極大值           | 200 |
| (d) 泥漿電阻率和圍岩電阻率的不同數值   | 202 |
| § 23. 電阻曲線的形狀          | 204 |
| (a) 高電阻率均質岩層           | 205 |
| (b) 低電阻率均質岩層           | 207 |
| (c) 交互岩層               | 208 |
| (d) 岩層組                | 211 |

|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| (n) 實際電阻曲線.....                       | 213        |
| § 24. 有限厚岩層的視電阻率.....                 | 214        |
| (a) 梯度電極系, 高電阻率岩層.....                | 214        |
| (b) 梯度電極系, 低電阻率岩層.....                | 219        |
| (b) 電位電極系.....                        | 220        |
| § 25. 電極系的選擇.....                     | 220        |
| § 26. 離差測井法.....                      | 224        |
| (a) 測量的進行.....                        | 224        |
| (b) 離差曲線的構成.....                      | 225        |
| (b) 被解釋的離差曲線和理論離差曲線的比較.....           | 228        |
| (c) 電探曲線的右部.....                      | 232        |
| (n) 離差法應用上的限制.....                    | 234        |
| (e) 離差法測井資料處理的結果.....                 | 235        |
| <b>第五章 岩層電阻率 and 它所具物理性質的關係 .....</b> | <b>238</b> |
| § 27. 鹽類水溶液的電阻率.....                  | 238        |
| (a) 地層水的礦化作用.....                     | 238        |
| (b) 鹽類水溶液的電阻率.....                    | 240        |
| § 28. 岩層電阻率.....                      | 244        |
| (a) 岩層電阻率 and 地層水礦化作用之間的關係.....       | 244        |
| (b) 岩層電阻率 and 它的孔隙率以及孔隙形狀的關係.....     | 244        |
| (n) 各種不同岩層的電阻率.....                   | 243        |
| (c) 岩層內礦物組成分對於岩層電阻率所發生的影響.....        | 251        |
| (n) 含油含氣岩層的視電阻率.....                  | 252        |
| <b>第六章 自然電位測井法.....</b>               | <b>255</b> |
| § 29. 自然電位.....                       | 255        |
| § 30. 產生自然電場電動勢的原因.....               | 259        |
| (a) 井內擴散電位.....                       | 259        |
| (b) 濾過電位.....                         | 269        |
| (b) 氧化-還原電位 .....                     | 271        |
| § 31. 地層水礦化程度的測定.....                 | 271        |
| <b>第七章 其他各種測井法.....</b>               | <b>275</b> |
| § 32. 放射性測井.....                      | 275        |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| (a) 放射性測井曲線所具幾種特性.....          | 275 |
| (b) 進行解釋的主要原則.....              | 278 |
| (b) 放射性測井的應用.....               | 280 |
| § 33. 其他各種測井.....               | 284 |
| (a) 油氣測井.....                   | 281 |
| (b) 機械測井.....                   | 287 |
| (b) 於地質方面的應用井徑儀測量井徑.....        | 290 |
| 第八章 應用各種測井法解決有關油礦地下地質各項問題 ..... | 293 |
| § 34. 各井岩層剖面的對比.....            | 293 |
| § 35. 岩層特性的判別.....              | 306 |
| (a) 砂質-粘土質岩層剖面 .....            | 306 |
| (b) 碳酸質岩層剖面.....                | 312 |
| § 36. 岩層含油氣飽和率的估計.....          | 318 |
| (a) 油氣飽和率的測定.....               | 318 |
| (b) 對於岩層內可供油礦採取油氣量的估計.....      | 322 |
| (b) 綜合性的解釋.....                 | 324 |
| (c) 根據測井資料進行油藏的探究.....          | 326 |
| § 37. 岩層柱狀剖面圖的繪製.....           | 329 |
| § 38. 各種油井地球物理探測方法的綜合.....      | 333 |

## 序 言

地下地球物理是在井內所作的物理測井法。由於應用這種方法來研究井內的地質情況，所以它獲得了廣泛的發展。

地下地球物理學，是約在 23 年前蘇聯油礦上所作的測井的基礎上研究和發展起來的一門新的實用地球物理學。

地下地球物理學的基礎，是由電測工作（在井內測量視電阻率 and 自然電位）奠定的。

1929 年 9 月在格羅茲內首次應用電測，開始時是用電阻測井法；在巴庫自 1931 年起用測量自然電位法來補充電阻測量法。

蘇聯地質學家，首先是巴庫和格羅茲內的地質學家（Л. В. 查勃列夫，B. A. 謝列斯基，С. Н. 沙恩金，A. И. 斯那爾斯基等）在 Л. В. 高魯比雅特尼柯夫和 И. М. 古布金領導下，由於他們卓著的工作成績，創立了作為證實油井資料的新方法——電測法。他們指出了電測法的優點，並研究了應用它的方法。

在電測法的研究方面，A. И. 巴爾費諾夫和 Л. В. 查勃列夫領導下的巴庫地球物理學家，Г. Г. 莫羅卓夫領導下的格羅茲內地球物理學家和地球探勘科學研究所電測部門的工作人員，以及 B. H. 達赫諾夫和 B. B. 沙斯柯里斯基領導下的全蘇地球物理探勘處的工作人員等，均有巨大的貢獻。

由於遠在 1933 年已經作出的工作成績，使電測成為蘇聯全部油礦上打油井過程中不可缺少的一部分。

運用電測，就能够在許多地區進行不取心的鑽井，並能在一些地區把取心的工作減少到最低限度；同時迅速地提高了研究井內的地質剖面 and 油田構造的效率。

以後應用電測的範圍擴大了，目前並有效地在金屬礦床和煤田上應用電測，在這些地方除普通的方法外，還利用蘇聯所研究出來的新電測法：滑動接觸法（A. С. 謝密諾夫和 O. E. 符拉基米羅夫）和電解測井法

(B.H. 達赫諾夫和 A.A. 柯爾日夫)。

除電測法外，爲了研究油井所打穿的岩石的特性，以後還出現了其他許多地球物理測井法；放射性測井法 (B.A. 施巴克, Г.В. 高爾施柯夫和 A.H. 格拉馬柯夫, 1934年)，氣測井法 (M.H. 巴里札莫夫, 1934年)，機械測井法 (B.H. 高羅揚, З.Н. 密利克 巴沙也夫和 Г.М. 米寧宗 1935年) 等。目前在這些方法中，放射性測井法和氣測井法意義最大。

與電測法發展的同時，開始廣泛採用檢查井內情況的物理方法。1933—1934年在巴庫和格羅茲內，而後在蘇聯的其他地區，開始採用測定出水點的和管外液體流動的溫度測井法；同時地下地球物理學家開始研究測定井斜的問題。近來在這些工作中，井徑的測量工作佔着極重要的地位。

1934—1935年 Г.С. 莫羅卓夫, Г.Н. 斯特羅茨基, К.Н. 龐達林柯, Е.А. 魏爾巴托夫, A.H. 巴爾費諾夫等，創造了射穿套管的射孔器和放炮式的井壁取心器。

由於在 1939 年成立的國家聯合地球物理托辣斯，(在 1948 年改組爲石油工業部地球物理和地球化學探勘總局)所作的工作，近年來在地下地球物理方面獲得了巨大的成就。在從事於研究地下地球物理問題的「石油地球物理總局」的各單位中，應該特別指出的，是地球物理和地球化學探勘科學研究所。

# 第一篇 探測油井的地下地球物理方法

## 第一章 電 測

### § 1. 基本概念

用以測定被井所鑽透的岩層的性質，和它在井內層列次序的井下電測，就叫做電測井。這種電法探測，是研究岩石的電阻率，及在井內和井周圍所發生的自然電場。

實際上電測就是測定岩石的視電阻率 ( $RC$ ) 及自然電場的電位 ( $EC$ )，同時，也要得到井內這兩種參變數的變化曲線。

大家都知道，電流強度  $I$  (單位時間內流過導體的電量) 與導體兩端的電位差  $U_1 - U_2$  成正比，而與其電阻  $R$  成反比 (歐姆定律)：

$$I = \frac{U_1 - U_2}{R}. \quad (1)$$

由有固定截面的均勻物質所做的導體，其電阻  $R$  與其截面  $S$  成反比，而與其長度  $l$  及某一係數  $\rho$  成正比：

$$R = \rho \frac{l}{S}. \quad (2)$$

係數  $\rho$  叫做物質的電阻率，它可以表示物質導電的能力。

要測定物質的電阻率，就把用此種物質做成的導體連接到電路中去。測出電路中的電流強度  $I$  及導體上的電位降  $\Delta U = U_1 - U_2$  後，就用 (1) 式，求出導體的電阻：

$$R = \frac{U_1 - U_2}{I} = \frac{\Delta U}{I}.$$

然後再測出導體的長度  $l$  及其截面  $S$ 。由 (2) 式推出下式，

$$\rho = \frac{S}{l} R = \frac{S}{l} \cdot \frac{\Delta U}{I}, \quad (3)$$

就可求出物質的電阻率。

在物理學中，用歐姆<sup>①</sup>表示電阻，公分表示長度，平方公分表示截面；因之物質電阻率，就用歐姆公分表示。

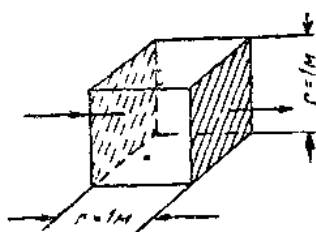


圖 1 岩石的電阻率——按長 1 公尺立方岩塊的電阻，此立方岩塊是擠在兩塊具有無限大導電性的兩平面之間（圖上所畫斜線部分）。

在電測實際應用中，是用公尺及平方公尺來分別表示長度  $l$  及截面  $S$ ，而用歐姆公尺 (ohm) 表示岩石的電阻率。

顯然，用歐姆公尺所表示的岩層電阻率的數值，要比用歐姆公分所表示的岩層電阻率的數值小 100 倍。

這樣，岩石的電阻率，就是在各邊為 1 公尺的立方岩塊兩對面間，以歐姆為單位的電阻（圖 1）。

導體——金屬及電解液（鹽、酸、鹼的水溶液）的電阻率最小；絕緣體的電阻率最大（表 1）。岩層在此兩極端間佔中間地位。

各種物質電阻率的大小

表 1

| 物 質 名 稱  | 電阻率(歐姆公尺)                          |
|----------|------------------------------------|
| 金屬       | $0.016 \times 10^{-6} - 1.10^{-6}$ |
| 電解液      | 0.02 及 0.02 以上                     |
| 絕緣體      | $10^6 - 10^{13}$                   |
| 岩層       | 0.1—10000                          |
| 內有：      |                                    |
| 含水砂層及砂岩層 | 0.1—100                            |
| 黏土層      | 0.6—100                            |
| 碳酸鹽岩層    | 5—10000                            |
| 水化作用沉積岩層 | 100—10000                          |
| 火成岩      | 100—10000                          |

各種岩石的電阻率，從十分之幾歐姆公尺到幾千歐姆公尺不等，但是，同一種岩石的電阻率，通常是固定的。因此，如果知道了何種岩石具有何種電阻率，根據電測資料，便可以判斷出，井所鑽透的是何種岩石，也可以確定岩石成層的次序及其地質特性。根據電阻率就能分出含油

① 歐姆，為導體兩端的電位差為 1 伏特時，通過它的電流為 1 安培時，導體的電阻。

層及含氣層，因為這些含油氣層的電阻率，要比孔隙中只含有水的地層的電阻率大。

測定在自然沉積的狀態下岩石的電阻率和測定物質的電阻率，其作法是相同的，都是將電流  $I$  通過岩層，並在某些點上測量電位差  $\Delta U$ 。但在這種情況下計算電阻率，是不用 (3) 式的，因為我們所研究的是擴展到四面的無限介質，而不是有限的（線狀的）導體。要得出能夠計算岩石電阻率的公式，就必須要知道電流是如何分佈於無限介質中。

## §2. 電 場

假定，我們有一無限介質，此介質具有一定的導電性（圖2）。利用兩個接地（或如一般所稱兩個電極  $A$  及  $B$ ），將電流通入介質。為此，就要作一連接電源的電路；將電極  $A$  及  $B$  接到此電路的兩端。一般認為，電流通過電極  $A$ ，流入介質，而通過電極  $B$  從介質中流出來。當電流分佈於介質中時，便在介質中產生一種電場。

物理學中所說的靜電場，就是由電荷在非導體介質中所造成的電場。利用電極  $A$  及  $B$ ，導入導電介質的電流所造成的電場，與放於非導體介質中的電荷  $A$  及  $B$  的靜電場是一樣的，其差別僅在於：如果說在靜電場中電荷是固定的，那末，在我們所談的這種情況下，由於介質導電性的關係，電荷便是處於運動狀態，並且必須不斷地補充電荷。接到電極  $A$  及  $B$  電路中的電源，對這一點有所保證。

當研究用電極  $A$  及  $B$  導入介質的電流所造成的電場時，上述情況，就使我們能夠應用適於靜電場的概念及術語。所以，首先我們談一談靜電場。

靜電學的基本定律是庫倫定律：真空中兩個點狀電荷<sup>①</sup>，以相等的

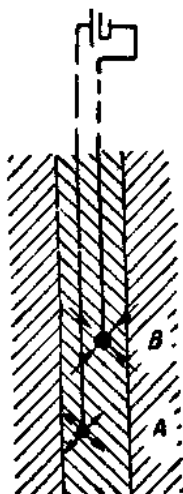


圖 2

① 電荷——一種符號的基本電荷（離子，電子）大量超過另一種符號的基本電荷，結果就形成這裏所說的電荷〔點狀〕電荷就是荷電體和一定的距離及尺寸相比，都是很小的電荷。

力量  $F$  相互作用，相互作用力  $F$  的方向與連接兩電荷體的直線方向相合；此作用力之大小與兩電荷  $e_1$  及  $e_2$  的乘積成正比，而與兩電荷體間距離之平方成反比：

$$F = \frac{e_1 e_2}{r^2} \quad (4)$$

異性電荷相吸，同性電荷相斥。

凡電量在真空中對於相隔 1 公分之另一相等的電量發生 1 達因的拒力，其電量為一絕對單位電量。

電量的實用單位稱為庫倫，其值為靜電單位之  $3 \times 10^9$  倍。

電場可用電場內每一點上的電場強度——即用放到此點的單位陽電荷所受的力來表示。電場強度  $E$  是一個向量，它有大小及方向。

從庫倫定律中得出，在與  $Q$  點上的點電荷  $e$  相距為  $r$  的  $P$  點（圖 3）上的電場強度，其大小為

$$E = \frac{e}{r^2} \quad (5)$$

如果電荷  $e$  是正的，電場強度就向着離開電荷  $e$  的方向。

如果電荷  $e$  是負的，電場強度就向着相反的方向。

如果電場是由幾個電荷所造成的，電場的總強度就等於個別電荷的電場強度的幾何和（電場重疊原理）。在此種情況下，要求出電場強度的值，就應當利用平行四邊形的法則，將個別電荷所形成的電場強度依次加起來。

沿着電場強度的方向，從電場的這一點轉移到另外一點，我們就會求得電場的電力線；電力線每一點上的切線方向，就是電場強度的方向。電力線與正電荷運動的路線一致。

利用電力線就可以明顯地表示出電場；同時一般地是把電力線的密度，選得與電場強度成比例。圖 4 所示，為用電力線（實線）表示的各種電場。

要將單位陽電荷從電場中的一點上移動到另外一點上，就必須要作一些功來克服作用於此電荷的力。所作的功，僅與路線的起點及終點的位置有關，而與路線的形狀無關。