

石油工業技術叢書之三

# 電測站電工讀本

蘇聯 德·阿·索柯洛夫著

姚 祖 誥譯



燃料工業出版社

## 內 容 提 要

本書簡要地敘述了地質、探勘、鑽井的一般知識，並提供「井下電測工」必須了解的電工技術，油礦地球物理，電氣焊接等各方面的知識。

本書是為訓練和提高「電測站電工」技術熟練程度而編著的教材，但亦可供油礦地球物理工作隊工作人員的實用參考。

\* \* \*

## 石油工業技術叢書之三

### 電 測 站 電 工 讀 本

В ПОМОЩЬ НОВЫМ КАДРАМ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
ЭЛЕКТРОМОНТЕР КАРОТТАЖНОЙ БАЗЫ

根據蘇聯國立石油燃料科技書籍出版社(ГОСТОПТЕХИЗДАТ)  
1953年列寧格勒俄文第一版翻譯

蘇聯Д. А. СОКОЛОВ著

姚 祖 詒譯

燃 料 工 業 出 版 社 出 版

社址：北京東長安街燃料工業部

北京市書刊出版業營業許可證出字第012號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：姚祖詒 楊憶美 校對：呂哲人 汪立群

書號300 \* 油45 \* 850 × 1092 1/16開本 \* 6 1/2印張 \* 155千字 \* 定價14,300元

一九五四年十一月北京第一版第一次印刷(1-2,600冊)

# 目 錄

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 前 言 .....                   | 3   |
| 第一章 地質探勘、鑽井及電工知識的簡述 .....   | 5   |
| 第一節 普通地質 .....              | 5   |
| 第二節 石油地質 .....              | 6   |
| 第三節 探勘油田的各種方法 .....         | 8   |
| 第四節 鑽鑿油井 .....              | 8   |
| 第五節 電工知識 .....              | 13  |
| 第六節 電氣測量的各種儀表 .....         | 15  |
| 第七節 岩層電阻率的概念 .....          | 25  |
| 第二章 電源、井下電測用的主要儀器和設備 .....  | 25  |
| 第一節 供電電源 .....              | 25  |
| 第二節 電測主要儀表 .....            | 30  |
| 第三節 井下電測用的設備 .....          | 34  |
| 第四節 自身供電的電測和射孔絞車 .....      | 80  |
| 第五節 電測記錄儀器車和射孔儀器車 .....     | 112 |
| 第三章 各種地球物理測井工作和使用的儀器 .....  | 123 |
| 第一節 電測 .....                | 123 |
| 第二節 測量 IC 和 IIC 的主要方式 ..... | 123 |
| 第三節 橫向電測 (IR 3) (離差法) ..... | 131 |
| 第四節 測量井內泥漿的電阻率 .....        | 133 |
| 第五節 井溫測井 .....              | 135 |
| 第六節 井斜測量 .....              | 138 |
| 第七節 應用井徑規測量井徑 .....         | 143 |
| 第八節 在井內進行套管射孔工作 .....       | 146 |
| 第九節 井壁取心 .....              | 154 |
| 第十節 井內爆炸 .....              | 156 |
| 第十一節 電纜下放和吊升時所遇到的障礙 .....   | 158 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 第十二節 解除井內儀器事故的方法和預防事故的方法 .....   | 161 |
| 第四章 關於電焊業務的一般概念 .....            | 163 |
| 第一節 電弧焊接的要點 .....                | 163 |
| 第二節 單用電焊裝置 .....                 | 164 |
| 第三節 電流種類的選擇,連接導線和電極 .....        | 169 |
| 第四節 焊接的形式 .....                  | 71  |
| 第五節 電弧焊接操作技術 .....               | 173 |
| 第六節 電焊時金屬的變形 .....               | 175 |
| 第七節 鋼及鑄鐵的焊接 .....                | 176 |
| 第五章 安全技術,工業衛生以及防水措施 .....        | 178 |
| 第一節 安全技術 .....                   | 178 |
| 第二節 工業衛生方面的基本要求 .....            | 185 |
| 第三節 預防火災的一些措施 .....              | 186 |
| 第六章 地球物理測井處的工作組織,技術標準和工資支付 ..... | 187 |
| 第一節 地球物理測井處的工作組織 .....           | 187 |
| 第二節 技術定額 .....                   | 191 |
| 第三節 工資支付的方式 .....                | 194 |

## 前 言

最近這幾年來，由於國民經濟的不斷增長以及先進技術的裝置設備，格外強烈地增加對於石油方面的需要。

蘇聯石油工作者們勝利地解決着這一個問題。已經大大超額完成了第四個斯大林五年計劃，而到第五個五年計劃的末期，按照第十九次黨代表大會所指示的石油產量，比起 1950 年來要增加 85%。

在解決這些重大問題方面起着主要作用的，是油礦地球物理，也就是應用物理方法來進行油井和天然氣井的探查和研究。

油礦地球物理探勘，最初只有井下電測。井下電測，是以研究各種岩層的電阻為基礎的。後來，除了井下電測而外，蘇聯學者和專家們為了更詳細地探查鑽井岩層的物理性質起見，曾經研究了許多其他的物理方法，就是：

- (1) 溫度測井(即熱測井)，基於探查井下岩層溫度的變化；
- (2) 機械測井，基於探查井下岩層對於鑽進所具的抗力強度的大小；
- (3) 放射性測井，基於探查井下岩層的放射性；
- (4) 氣測井，基於測定從鑽透井內岩層剖面進入泥漿中的氣體的成分和它的含量。

上述這些物理測井方法中，在目前最有重大意義的是井下電測測井<sup>①</sup>。

依據電測所獲得的資料來確定鑽井所通過岩層的地質剖面，測定含油和含水岩層的厚度以及它在井內的深度。電測測井方法的使用，能够使在鑽井時少取岩心。這樣，就顯然縮短了鑽井所需的時間，並且增加了探查鑽井地質剖面和油田構造的效率。

探查井身的技術情況，也是油礦地球物理的任務。這裏面包

① 實用上一般把「井下電測測井」，簡稱為「電測」。

括：(1) 測量井斜的角度和井斜的方向；(2) 測定下套管注水泥後，水泥上升的高度；(3) 測定井內出水地方的位置；(4) 測量井徑以及其他。

此外，屬於油礦地球物理方面的工作，還有應用射孔器射穿套管使岩層和井身相通；應用井壁取心器，在鑽過的井內採取岩心，以確定鑽井岩層的地質剖面；以及鑽桿在井內被卡住的時候，爆炸鑽桿，把鑽桿鬆脫提出；並且爲了採油時增加油的產量，以及解決和鑽井有關的其他種種問題，也向井內進行「油井爆炸」。

廣泛地展開對各種油礦地球物理方法進行探勘，能够大量節約耗用於探井和採油井的建設資金，並可以很快地了解新的油田。

由於石油工業鑽探範圍的擴展，並由於各種油礦地球物理方法得到普遍的採用，僅僅在最近這幾年中，油礦地球物理探勘工作量，就增加了好幾倍。

隨着油礦地球物理工作量的增加，所用的各種儀器和設備也日臻完善。蘇聯的專家們創造出半自動式和全自動式的電測站，以及射孔工作站來代替舊有簡陋的電測裝置。這些新的電測站和射孔站，都是由蘇聯國內的工廠製造出來的。

基於先進工作者的許多新的技術——斯達漢諾夫工作者和合理化建議者——改善生產過程以達到高度的生產指標，這些生產指標，證明油礦地球物理企業工作者的勞動生產率，有更大增加的可能性。

油礦地球物理工作人員的高度勞動生產率，使油井能够高速度的鑽進，因之，擴大了蘇聯各油礦的石油產量。

# 第一章 地質探勘, 鑽井及電工知識的簡述

## 第一節 普通地質

**沉積岩層** 從事研究地球構造的科學, 叫做地質學。地質學上告訴我們, 由於地球上生物活動以及地表氣溫變化的結果, 地殼形成之後, 地表受着空氣和水流的影響, 就開始發生破壞過程。當地形升高部分受破壞的時候, 這些破碎岩塊的碎末, 就在地形低下的地區沉積下來, 形成所謂沉積岩層。形成破壞岩塊碎末的原生岩層, 則叫做母岩或火成岩。

**沉積岩分類** 按各種沉積岩層不同的形成方式, 分為三個主要類別:

1. 機械或者碎屑沉積 (黏土層、砂層、砂岩層、礫岩層等), 這是由於母岩受着機械力能的破壞結果而形成的沉積。

2. 化學沉積 (岩鹽層、石膏層等), 這是從溶液裏面沉澱出來而形成的沉積。

3. 生物沉積 (石灰岩層、白堊層), 這是由於動植物生機活動而形成的沉積。

如果沉積岩層的碎片沒有膠結物在中間把它們聯繫在一起, 這樣形成的塊狀, 叫做集塊岩。集塊岩按碎片形狀的大小而有所區別。大的圓形或銳角形碎岩叫做頑石; 小的圓塊碎岩叫做石卵; 平扁銳角形不規則的碎岩叫做石礫; 不規則的滾圓了的碎岩叫做石子兒; 圓形顆粒, 比針頭還要細一些的岩石粉末叫做砂。如果沉積岩層碎片被黏土, 矽酸水溶液, 或者石灰等物膠結起來, 則成為後面所敘述的各種形式。

泥土的極細碎屑, 叫做黏土質或簡稱黏土。

黏土中雜有較大數量的砂子, 叫做砂質黏土 (壩母); 雜有較大數量的石灰石, 叫做泥灰岩。成層片狀的黏土, 叫做頁岩。被上覆各層岩層所壓緊的頁岩, 叫做黏土板岩。

由石卵或者石子兒膠結在一起所組成的岩石，叫做礫岩；由石礫膠結在一起所組成的岩石，叫做角礫岩，由砂粒膠結在一起所組成的岩石，叫做砂岩。

沉積岩的層狀層列 在極大多數情況下，沉積岩是佔有廣闊面積的層狀岩層。所以可以把沉積岩叫做層狀層，以區別於塊狀的火成岩。

層狀岩是相當廣闊的，並且是薄板狀的均質岩層，它位於兩平面之間，這兩平面在全部岩層長度範圍以內，相互距離，都是一樣的。這兩平面之間的最短距離，叫做厚度或岩層厚度。岩層上部的界限面，叫做岩層頂板，岩層下部的界限面，則叫做岩層底板。

成層岩層的初期破壞 我們在地面上，看到由於地面破壞作用所產生的，以及由於地球內部力能作用所產生的兩種破壞現象，後者和在地球內部所進行的各種破壞過程有連帶的關係。內部力能作用，是屬於週期性的，有時它具有較大的威力，使地面外形趨於複雜化，而外力作用則把這些複雜化的地形變成平坦。

由於地球內力作用的結果，原來水平的沉積岩層，受着重大破壞作用的影響而發生變化和位置移動，因而形成穹窿形以及各種形狀的褶曲構造。地面上出現隆起地帶和下落地帶，以及其他種種構造地帶。

## 第二節 石油地質

儲油層 石油主要是蘊藏在砂層和砂岩層裏面，並充滿於砂粒與砂粒之間的空隙中。在有孔隙的石灰岩層裏面，也能碰到儲油層，但是比較少見。

最重要的，就是要使含油岩層孔隙之間能够互相貫通。因為在這種情況下，石油易於沿着岩層孔隙流動，這樣的岩層，就叫做具有滲透性的岩層。岩層的滲透率越大，則在採油時從含油層中產生出來的產油量也就越多。

因此，孔隙率和滲透率是含油岩層最重要的兩種物理性質。經常和油伴隨在一起的，有天然氣和水。由於含油岩層的滲透作用，



加以油和天然氣又是比水輕，所以它們就竭力設法佔據含油層內較高的位置，而水則常常位於較低的部分。

爲了適合油和天然氣的聚集，在滲透性的含油岩層上下，必須被覆有不具滲透性的岩層。這些不具滲透性的岩層，一般爲黏土層，在這樣的結合情況下，油和天然氣就集積於穹隆形的岩層構造裏面（圖1）。

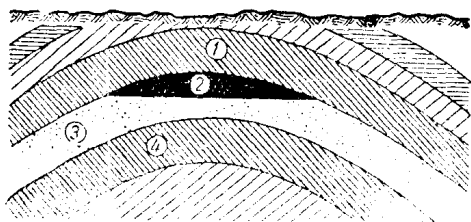


圖1 含油岩層內油、水位置配列圖

1—黏土層；2—砂層中的含油部分；3—砂層中的含水部分；4—黏土層。

**蘇聯油田** 蘇聯最豐富的油田，是在高加索區（巴庫、格羅茲內、邁柯普），在這裏，石油是集滲於砂岩層或砂層中；烏拉爾和伏爾加區（古比雪夫、薩拉托夫、巴什基爾、韃靼），在這裏，石油是集滲於石灰岩層，砂岩層和砂層中。

**石油的成因** И. М. 古柏金院士，基於他在石油地質方面積有多年豐富的經驗，並綜括現有實驗中種種發現和各種假說，構成石油成因的有機學說；以這一種理論作爲基礎，就能夠解決有關石油探勘，以及採油的理論上和實用上的一切問題。關於石油成因有機說的要點，如下所述。在臨近海岸部分，以及靜止的淡水或者鹹水沼澤地帶，都大量發展了水藻和各種微生物。這些有機生物死亡之後，就和隱花植物的芽胞一齊淤積於水流區域的底部，構成柔軟並且有時是相當厚的有機物軟泥層，這樣的軟泥層，叫做腐植泥層（сапропель）。經過好幾百萬年的時間，這一層腐植泥的上面，就被覆着砂層和黏土層。由於被砂層、黏土層和水的覆蓋，沒有空氣進入，又在高温和高壓的情況下，腐植泥內部就發生分解過程。這一種分解過程，一般叫做瀝青化作用（биогуминизация），這就是導向石油和天然氣形成的途徑。最初，石油顯然是散佈於所有的岩層中，後來才沿着岩層孔隙和裂縫，滲集於一定地方而形成儲油層。

### 第三節 探勘油田的各種方法

爲了着手開採具有工業價值的油田，對於這種油田，必須進行探勘工作。探勘油田以確定儲油層的性質，在這一個區域內發育的各種岩層的地質年代，岩層的地質構造，含油岩層的深度，石油的成分，以及確定油田的儲量。在進行油田的詳細勘查工作以前，預先要經過好幾個探勘階段。

第一個階段，包括對於油田的初步探勘。在這一段時期中，如果有含油岩層露出地表的話，就對這些露頭進行觀測，量計這些露出地面的岩層的傾角，如果沒有地形圖，並須進行測量製圖工作。

油田探勘工作的第二個階段，需要一個比較長的時期。在這一段時間內，要進行坑探、鑽淺井以及清除岩層露頭上面的浮土等工作。把這些工作所得的結果，構製成探勘區域的地質圖。

在第二個探勘階段中，要廣泛採用各種地球物理探勘方法。當岩層在很深的地方所鑽鑿的一口探井，需要很大的費用時，就應用這些方法來研究岩層的形態。

有好幾種地球物理探勘方法，並且每一種方法，都是以研究岩層的某一種物理性質爲基礎來進行的。例如，重力探勘就是基於岩層在密度上的差別；磁力探勘就是岩層所具磁性的不同；電法探勘就是研究岩層的電阻率。地震探勘就是研究岩層的彈性。

有了油田區域的地質圖，並進行了地球物理探勘以後，就進入了油田探勘工作的第三階段，也就是說，達到油田鑽鑿深探井的階段。

鑽鑿深探井的任務，就是要確定岩層剖面的詳細分劃；揭露所有含油岩層，以及這些含油岩層的厚度和深度；測定石油的性質，並且計算出全部油田的儲油量。

### 第四節 鑽鑿油井

**總述** 藉助於各種鑽機和鑽鑿工具，從地面鑽到一定深度的圓形截面鑽孔，叫做鑽井工作。

鑽井有直井和斜向井兩種。這些鑽井的深度，能夠達到3000公尺以上。鑽井開始部分，叫做井口，而井的末端部分，叫做井底。井口附近的鑽孔，直徑為250—600公厘，井底鑽孔的直徑為100—250公厘。

按所用破碎岩層方法的不同，鑽井方法分為頓鑽和旋轉鑽兩種。頓鑽鑽井時，是用鑽盤工具向着井底撞擊，把井底岩層撞碎，旋轉鑽鑽井時，則是用鑽盤工具在井底轉動，把井底岩層加以切割，並藉鑽具的轉動把它磨碎。

在鑽井鑽探的實際工作上，僅僅採用旋轉鑽鑽井，這一種方法，又有兩種不同的形式：轉盤式和渦輪式。

**轉盤式鑽井** 是把鑽機的發動機安裝在地面上，並藉助於轉盤，轉動鑽桿以及連接於鑽桿上的鑽頭，由於鑽頭的轉動，把岩層鑽碎(圖2)。

爲了把旋轉運動從轉盤傳送到鑽桿，使用方形截面的稜角形鑽桿，這一種鑽桿，叫做方形鑽桿，或簡稱方鑽桿。方鑽桿的一端和鑽桿接連，另一端和水龍頭連接。

當鑽桿轉動時，由水龍頭向鑽桿裏面供給泥漿。在游動滑車套環上面懸掛着吊升大鉤，在進行鑽井工作時，所有一切應用鑽具，都和水龍頭附着在一起，吊在大鉤上(方鑽桿，鑽桿和鑽頭)。

鑽井時全部鑽具總重量達幾十噸。爲了吊升和下放鑽桿和套管，同時爲了把鑽桿保持在垂直位置，井架上裝有吊升起重機械。

在井架頂部的特殊框架上，裝置固定滑車(天車)。

游動滑車和天車上裝有鋼絲繩，繩的一端接到鑽機絞車上，另一端則固結於井架的底座上面。使用滑車設備時，鋼絲繩所作的工作可以減輕，因而力能上得到節省。

井架由廢鑽桿或者由特種鋼材作成。對於井深1000公尺以下的鑽井，井架的高度為28公尺；對於井深1000公尺以上的鑽井，井架的高度為41公尺。

在開始鑽進以前，先把方鑽桿用方卡瓦固定於鑽機的轉盤上面，然後開動泥漿泵和旋轉機械(轉盤)。司鑽搬動閘把兒，以調節

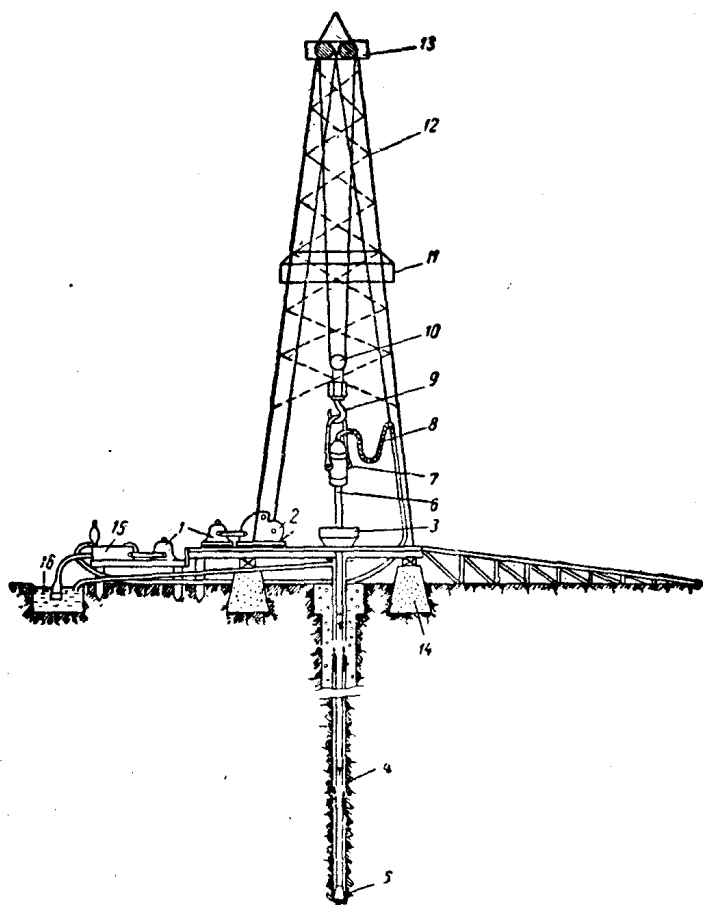


圖 2 轉盤式鑽井

1—發動機；2—絞車；3—轉盤；4—井身；5—鑽頭；6—方鑽桿；7—水龍頭；8—水龍帶；9—大鉤；10—游動滑車；11—平台；12—井架腿；13—天車；14—井架底座；  
15—泥漿泵；16—泥漿池。

鑽頭壓力。鑽頭鑽碎岩層，泥漿沖刷井底，把岩屑帶到地面上來。

轉盤式鑽井的主要缺點，就是要由轉動鑽桿來傳達力能。鑽桿在鑽進工作時，由於感受較大的機械應力的影響，很快的就會失去原來的結構組織。

並且在這種情況下，在鑽井有效過程中所能利用到的力能，僅

僅是發動機力能的一部分，而其餘一部分力能，則耗費於克服鑽井鑽進時所產生的摩擦力，以及其他形態的抗阻力方面去了。

**渦輪式鑽井** 這一種鑽井方式，是由蘇聯許多專家們研究發明出來的，其要點在於動力部分（渦輪）是位於鑽井底部，直接裝在鑽頭上面，利用鑽井的泥漿循環作用來轉動鑽頭，而泥漿則是由泥漿泵通過鑽桿，擠壓到井身裏面去的。

渦輪和鑽頭轉動時，鑽桿停止不動。這樣鑽桿所承受的應力，就大量縮減，而鑽井的鑽進過程，要比轉盤式的鑽井輕便得多。

近幾年來，採用渦輪式的鑽井方式大大地增加了，有逐年擴大的趨勢。由於渦輪鑽的被採用，解決了有關鑽鑿鑽井工作中的鑽鑿定向井這一個問題。

**鑽井時泥漿所起的作用** 旋轉鑽井工作的能够順利完成，在大多數情況下要依靠正確地使用泥漿，和保證所用泥漿的質量。

所用的泥漿，應當能够完成下列各項機能：

1. 在井壁上形成泥壁，以鞏固疏鬆岩層，不讓它崩塌。
2. 藉助於泥漿在井內的循環，把岩屑帶到地面上來，並把井底鑽碎的岩屑清除掉。
3. 鑽進時，能使摩擦受熱的鑽頭冷卻。
4. 鑽到有洞穴，孔隙，裂縫的岩層時，能用泥漿把這些空隙堵塞住。
5. 由泥漿本身的重量，能够對岩層造成一種反壓力，不讓岩層裏面的天然氣、油、水突然地噴射出來。
6. 採用渦輪式鑽井時，能够藉泥漿的循環使渦輪轉動。

泥漿應當具有適當的黏度和比重，所容許的含砂百分率，足够的膠體性能以及其他所需要的品質。

泥漿的黏度，是用時間（秒）來量計的，就是從漏斗通過直徑 5 公厘的管子，流出 500 立方公分泥漿所需要的時間。

在標準情況下進行鑽井所用泥漿的黏度，約為 25 秒。當鑽井情況趨向複雜和困難時，就要增加泥漿的黏度，在泥漿裏面，加入苛性鈉，生石灰，水泥和水玻璃。

所謂泥漿的比重，係指 1 立方公分泥漿的重量來說，它的重量是以克爲單位來表示。在標準情況下進行鑽井時，泥漿比重，採用 1.1—1.2 克/立方公分，而於鑽井發生複雜困難情形時，則採用 1.3 克/立方公分以上的泥漿比重。

重泥漿係用以防止石油和天然氣的噴出，並用於井壁有很多塌陷的地方。配製重泥漿，是採用重晶石( $\text{BaSO}_4$ ) (比重 4.5 克/立方公分) 或者赤鐵礦( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) (比重 5.2 克/立方公分)。

泥漿內含有砂子，會增加鑽桿和泥漿泵的磨損，並使泥漿在井壁上所形成泥壁的品質變壞，以及產生一些其他的不良影響。鑽井泥漿所容許的含砂量，一般以不超過 3% 爲度。

泥漿所具有的膠體性能，就是泥漿能够把它裏面所含的黏土顆粒，保持於懸浮狀態。泥漿膠體性能，是應用沉澱方法來測定的，也就是於刻度的容器內注入泥漿，放置 24 小時，然後測量泥漿的沉澱。

按照沉澱層在容器內的刻度高度，和全部泥漿在容器內的刻度高度的比值，以求出泥漿的膠體性能，也就是按照沉澱的百分率，來確定泥漿的膠體性能。

鞏固井身和注水泥 井內含水，含油以及含天然氣的各層之間的天然障隔，被鑽井穿透而遭到破壞，因而可能造成水、油、氣彼此之間沿着井身而相互交流的結果。

爲了隔離開各個岩層，並且爲了於試油以及採油時，防止井壁塌陷起見，在井內下放套管，並於井壁和套管之間的空隙中注入水泥。

現在有好幾種注水泥的方法，其中應用最廣的，要算畢爾金士法(способ перкинса)。這一種方法的要點，如下所述：當套管下到井內後，於套管末端旋上注水泥的接頭。通過套管對井身進行冲刷，於是循環的泥漿，就由套管和井壁之間的空隙流出井外。

冲刷完畢以後，把注水泥接頭拆下，於套管內放入中心帶有小孔的木塞。再把注水泥接頭旋接於套管末端，並將必需數量的水泥注入井內。

水泥注入井內之後，再把注水泥接頭從套管末端拆下來，於井內放入上部木塞。然後再把注水泥接頭擰上，用泥漿向下擠壓上部木塞，直到下部木塞停留於套管的支撐圈上（упорное кольцо），並且把全部水泥通過下部木塞的孔，流入套管外部空隙中為止。

當上部木塞剛剛達到下部木塞，而把下部木塞上的中心小孔封閉住的時候，泥漿泵的壓力就急劇增加，把泥漿泵停住，將注水泥接頭上面的閘門關閉住，就這樣關閉着，一直到水泥凝固為止。

水泥凝固連續時間從 24—72 小時。在注水泥工作完了之後，就進行試泵，然後就轉入採油工作階段。

## 第五節 電工知識

電、光或熱都是一種能量。電的能量，可以從任何一種能量變換而獲得。

在磁極間或者電磁鐵的磁極間移動導體，把機械能量變為電能量的機械被廣泛的使用着。發電機就是這樣一種轉變能量的機械。

實用上和發電機同樣重要的，還有將化學能量轉變為電能量的轉變器——就是乾電池和蓄電池。

電氣設備的主要部分 如果電能量不是由外面供給的，那末，爲了取得電能量，就要靠它本身的能量。弱電流的設備裏面，像電鈴或者電話，是用乾電池或者蓄電池作為電源。照明設備或電動機，則用裝有發電機的發電站作為電源。

消費電能量的裝置，叫做電能量接受裝置。電動機，白熱電燈泡，電爐，電加熱器等等，都是屬於這類的裝置。因為電能量接受裝置常常和電源有相當的距離，所以要用導線把電能量從電源傳送到用電裝置。

把所有用以輸送電量的導線綜合起來，組成電力網。因此，發電站，電力網和各種用電裝置，就是電氣設備的主要部分。這些主要部分綜合在一起組成電路。電源是電氣裝置的內電路，而電能量接受裝置，則是電氣裝置的外電路。

**電動勢和電壓** 當電能量沿着電路傳送的時候，這就是說，在電路上有電流移動。發電機的兩極間，電池的兩極間以及其他電源的兩極間，都有電位差，如果電路是接通着的話，這種電位差就使電流沿着電路移動，這就是所謂**電動勢** (e.m.f.)。

因為電路的各部分，有抵抗電流的阻力，所以一部分電動勢，就要消費在克服這些電阻上面。內電路（就是電源）也有電阻，因此，在內電路的電阻上，也要消費掉一部分電動勢，或者換句話說，就是在內電路電阻上面發生電壓的損失。用以克服外電路電阻的電動勢，叫作發電機、電池或者其他電源的端子電壓，或者端子電位差。

**電流、電阻和電壓的單位** 量計電流強度的單位，是**安培** (a)。電流通過硝酸銀溶液，在一秒鐘內能夠從溶液內沉澱出 1.1183 毫克 (m) 純銀的電流量，一般作為 1 安培。

電話、電報以及電測測井所用的電流強度，是非常的微弱，因此，量計這樣的電流，要採用等於安培  $\frac{1}{1000}$  的單位，叫做**毫安** (ma)，或者要採用等於安培  $\frac{1}{1\,000\,000}$  的單位，叫做**微安** (mko)。

量計電阻的單位是**歐姆**。一個歐姆，就是在溫度為零度時，高 106.3 公分，截面 1 平方公厘的水銀柱的電阻。在某些情況下，這種電阻單位顯示過小，那末，就要用等於一千個歐姆的單位**千歐姆**，或者用等於一百萬個歐姆的單位**兆歐姆**來量計電阻。而在另一些情況下，用歐姆單位量計電阻成為過大的時候，則採用歐姆的一百萬分之一的單位，來量計電阻，這一種微小的量計電阻單位，叫做**微歐姆**。

作為量計電壓的單位，採用**伏特** (v)。所謂伏特這個電壓單位，係指 1 安培單位的電流強度，通過帶有一歐姆單位電阻的導線，所量得的電壓。如果用伏特這個單位來量計電壓，顯示數值過大的話，那末，就要用**毫伏** (mv) 這一個較小的單位來量計電壓。一個毫伏單位，等於伏特單位的千分之一。

上述有關電工方面的這些基本單位，都是按照偉大科學家安培 (Ампер)，歐姆 (Ом) 伏特 (Вольт) 的姓氏而命名的。電流強度以



字母  $I$  來表示，電阻以字母  $R$  來表示，電壓以字母  $E$  或  $V$  來表示。

**交流電流和直流電流的概念** 如果是沿着電路所通過的電流，在電量上和方向上都固定不變，這樣的電流，就叫做直流電流。

如果在電路上所通過的電流方向不變，但按電流的電量來說，是有所改變，或者時流時息，這樣的電流，就叫做脈動電流或稱間歇電流。沿着電路所通過的電流，在方向上和數量上都是變化着的，則叫做交流電流。

如果在電源電極上裝有電流反向開關，直流電流可以變成交流電流。如果在電路內接入整流器，恰恰同樣地也能把交流電流變成直流電流。

## 第六節 電氣測量的各種儀表

電氣測量所用的各種儀表，按它在動作上的原則，可以分為下列三種型式：

(1) 磁電型的電表，利用永久磁鐵對於活動線圈所發生的作用，進行電流的測量。

(2) 電動型的電表，利用電流在導電體與導電體之間所發生的交互作用，進行電流的測量。

(3) 電磁型的電表，利用電流對於軟鐵發生的磁化作用，進行電流的測量。

**磁電型電表的動作原理** 如果在磁極和磁極之間，放着一個線圈，把電流通到它裏面去，這個線圈就按所通過的電流強度而偏轉一個角度。根據這種原理而製成的磁電型電表，僅供測量直流電流之用。

這種儀表的主要部分是線圈，這個線圈叫做導線框架  $A$  (圖 3a)，它位於馬蹄形磁鐵的北極  $N$  與南極  $S$  之間。在導線框架的轉軸上連有指針。

在導線框架的線圈中通過電流時，線圈就要偏轉，指針就和線圈一起轉動起來。在指針尖端處有刻度尺。