

科學圖書大庫

新版輪機紅皮書(四)

電 學

譯者 呂傳增

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

新版輪機紅皮書(四)

電 學

譯者 呂傳增

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有

不許翻印

中華民國六十七年八月二十六日初版

新版輪機紅皮書 (四)

基本定價 1.60

譯者 呂傳增 招商局大管輪

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 財團法人 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號
發行者 財團法人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 號
承印者 江淮彩色印刷股份有限公司 電話：5413269 • 5416842

譯 序

很早就曉得“Red Book of Marine Engineering”是一本很好的書，但因種種緣故而一直沒有購閱。去年十月上岸逛書店時發現已有1977年的新出版本，結果就毫不考慮地買下並決心帶回船上把它看完。

起初只是隨意翻閱罷了，但自覺效果不佳，又恐怕像已往那樣半途而廢，所以就改變作法而試圖把它翻譯過來，一方面是從中學學習並且練習譯寫；另一方面是藉以消磨船上的休閒時間，把此事當作一種娛遣。反正兩者都以充實自己為前提就是了。

後來我這默默的工作被一些同事曉得，尤其當時的大管張開峯兄更為關心，於是給予諸多鼓勵和讚許，使得找更加振奮，更加堅定這份工作的決心。

今年初，張兄下船之前跟我談到這些譯稿，他建議拿去出版，他說：“你下了一翻工夫，好不容易完成這些譯稿，難道就往家裏一丟，讓它久置之後歸於發霉腐爛嗎？又何不出書而讓更多的人來分享你的成果呢？”我想想也對，這本書不是可供船上輪機人員在實際工作的參考嗎？不是還可供參加河海特考的朋友們參考嗎？結果我答應一試，並請他下船後代為查詢，看看我這生澀的自習筆記是不是有人感興趣？

因為我們都曉得徐氏基金會出版了許多科技方面的書，所以首先就想到“徐氏”。後經張兄剪去一問，以及我下船後再拜見徐董事長一談，頓然對徐先生的偉大抱負與愛國熱忱欽服不已，故而立刻交出已完成的稿子。也不怕粗陋了，只希望同道朋友們能自其中獲得一些可供參考的資料，並把難免的疏漏誤謬之處給予指正。

付印匆促，多虧易飛華、潘啓明協助校對，一併在此致謝。

呂傳增 於夏明輪

六十七年六月十八日

目 錄

譯序

一、三管輪

(一) 直流電	1
(二) 交流電	4
(三) 一般問題	6
(四) 計算問題	21

二、二管輪

(一) 直流電	24
(二) 交流電	25
(三) 一般問題	26
(四) 計算問題	30

三、大管輪

(一) 直流電	32
(二) 交流電	34
(三) 一般問題	36
(四) 計算問題	47

四、輪機長

(一) 直流電	51
---------------	----

(一) 交流電.....	54
(二) 一般問題.....	57
(三) 計算問題.....	71
五、選擇題.....	72
六、補充題	108
七、附錄：電氣符號、線規及電池數據.....	126

一、三管輪

電 學

(一) 直流電 (Direct current)

1. 何謂直流發電機？

答：凡向外電路發出直流電的機器稱之。

2. 說明直流發電機的電流與電壓是如何產生的。

答：導體經過磁場、切割磁力線即產生電壓。電路成封閉迴路時即有電流流動。

3. 直流發電機的磁場是如何激勵的？

答：由其本身所發出的電所激勵。

(譯註：尚有利用永久磁鐵或外電源來激勵)

4. 何謂直流發電機的整流不良 (Bad Commutation) ？

答：就是碳刷的位置不對，輸出電流並非最大值。

5. 何謂整流不良？試舉出十項原因。

答：就是碳刷的位置不對，產生火花。其原因有：

- (1) 碳刷位置太前。
- (2) 碳刷位置太後。
- (3) 整流子粗糙不平。
- (4) 碳刷太硬。
- (5) 雲母片太高。
- (6) 線圈短路。
- (7) 線圈斷路。
- (8) 軸承磨耗低下使整流子不在中心。
- (9) 超載。

(10)碳刷鬆動。

6. 繪線路圖說明串激式發電機 (Series-wound generator) 並說明其用途。

答：這是一種磁場與電樞 (Armature) 成串聯的發電機 (如圖 1 所示)。這種發電機並不常用，但可用來在輸送直流電時增高其電壓。磁場由幾圈粗線繞成，電壓會隨負載的增加而升高



圖 1

7. 繪線圖說明並激式發電機 (Shunt-wound generator) 並說明其用途。

答：這是一種磁場與電樞成並聯的發電機 (如圖 2 所示)。用作電池的充電及交流發電機的激磁電源。磁場由細線繞成，圈數極多。電壓隨負載的增加而下降。

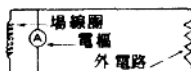


圖 2

8. 繪線圖說明複激式發電機 (Compound-wound generator) 並說明其用途。

答：這種發電機各極有兩組激磁線圈 (如圖 3 所示)。一為數圈粗線繞成而與電樞串聯的串聯場線圈，另一為細線繞成，圈數極多而



圖 3

與電樞成並聯的線圈。這種發電機廣泛用於一般需直流電之處，其電壓從空載到滿載都相當穩定而不改變。

9. 為何用串激式馬達作原動機時不用皮帶傳動？

答：如皮帶斷掉則馬達將超速而失去控制，故不用。

10. 整流子發熱的原因為何？

答：(1)碳刷跳火花。

(2)碳刷接觸不良。

(3)附近的機器發熱。

11. 直流發電機連續超載使用會有何影響？一般發電機可承受多少超載量？又何謂“工作係數” (Service factor)？

答：連續超載使用會使機器發熱。一般發電機可承受 25 % 之超載量。

工作係數是指機器名牌上所標明能承受額定負載之量。例如工作係數為 1.25 即表示該機器可在 25 % 超載下使用。

12. 電樞鐵心 (Armature core) 為何用薄片製成？又為何要用鐵心？

答：鐵心用薄片製成可減少渦流損失。用鐵心的理由是集中磁力線，並提供低阻的通路讓磁力線通過。當然鐵心還用來攜帶電樞線圈。

13. 何謂可變電阻 (Rheostat) ？

答：就是用以改變電路中的電阻而調節電流強度的器具。

14. 詳述兩部直流發電機並聯的步驟。其中一部已在用。

答：(1) 暖機並升高轉速。(譯註：指欲並入者)

(2) 閉入斷路器 (Circuit breaker) 並將電壓調與線電壓相等。

(3) 閉入主開關 (Main switch)，然後調整兩機負荷使平均負載。

15. 設兩發電機已並聯運轉，如何停用其中一部？

答：盡可能把欲停發電機的負荷降低，脫開斷路器及主開關，停下釋載發電機。

16. 如數部發電機在運轉而共同接於一配電板上，其中一部故障？會造成任何危害的結果嗎？

答：如斷路器均設有超載釋放裝置 (overload release) 則不造成損害，因為超載時斷路器會自動跳開。要是系統未裝設超載釋放裝置，則故障的發電機可能從其餘的發電機輸入電流，試圖成一馬達而旋轉，結果將造成過度的火花和負載，使其他的發電機也跳開斷路器以致所有的電動副機都停止。(譯註：甚至造成航行中的主機停轉，船舶失去控制等影響)。

17. 寫出發電機每天至少要檢查一次的事項。

答：負載情況，整流子情況，潤滑系統、原動機 (prime mover) 調速器的作用，軸承溫度及振動情形等。

18. 發電機振動時，在改變任何平衡重量之前要檢查些什麼？

答：(1) 中線不正 (misalignment)。

(2) 軸彎曲 (sprung shafting)。

(3) 旋轉部份受外物擦傷。

- (4)軸上有外物。
- (5)超載。
- (6)螺栓鬆脫。
- (7)調速器故障。

19. 為何電樞和場線圈要保持清潔乾燥？

答：因為電樞和場線圈不潔和潮濕就會過熱。

20. 應對工作中的整流子 (commutator) 注意些什麼？

答：要保持清潔、光滑並且不沾油和油脂。

21. 發電機發電不出的原因為何？

- 答：(1)磁場接反。
- (2)碳刷位置不當。
 - (3)旋轉方向錯誤。
 - (4)轉速太低。
 - (5)磁場線路斷開。
 - (6)剩磁不足。
 - (7)機器短路。

22. 決定直流發電機電壓的因素為何？

- 答：(1)電樞轉速。
- (2)磁場強度。
 - (3)電樞導線數目。

23. 如何決定碳刷的間隔 (spacing interval) ？

答：提起各碳刷，在整流子外圍繞置一張紙，然後在紙上標示各碳刷緣的記號，再提起碳刷，取出紙張量各記號的間距即得。

(二)交流電

1. 何謂交流電 (alternating current) ？

答：就是在任兩瞬時之間電流增強或減弱或方向改變的電流。(即：隨時在改變其強度與方向的電流)。

2. 試述交流電的一個週期 (cycle) 。

答：由 0 點開始朝一方向增加強度至最大，再依同一方向減小至 0，然

後改變方向，朝新方向增至最大再減至 0，於此再度改變而回到原方向。

3. 交流電的頻率 (frequency) 意義為何？何謂 60 週的交流電？

答：頻率就是單位時間內所重複的週期數。60 週的交流電就是每秒鐘內週期重複 60 次。

4. 何謂升壓器 (step-up transformer) ？何謂降壓器 (step-down transformer) ？

答：升壓器是用以升高電壓而減低電流的變壓器。降壓器則是降低電壓但增加電流的變壓器。電壓的改變與一次和二次線圈的匝數比成正比。電流的改變則與一次和二次線圈的匝數成反比。

5. 何謂激磁機 (exciter) ？何以交流發電機要用到它？

答：激磁機就是一小型的直流發電機，向交流發電機的轉子 (rotor) 供應激磁電流。

6. 何謂激磁電流 (exciting current) ？

答：就是用以產生磁場的電流。

7. 何謂功率因數錶 (power-factor meter) ？為何要用到它？

答：功率因數錶是用以表示電路的功率因數的儀錶，讀數為 1.0，0.9，0.8……等。它可以告訴我們電路的情況，因為功率因數可看作效率的百分數，所以最好盡可能把功率因數保持在接近 1.0 之值。

8. 說明簡單交流發電機的原理。

答：一固定極性 (方向) 的磁場受機械移動，在單位時間內切割過不同數目的固定導體感應出不同而交變的電壓和電流。

9. 何謂同步馬達 (synchronus motor) ？

答：就是與發電機轉速同步旋轉的馬達。

10. 交流發電機中何以電樞線圈靜止而使場線圈旋轉？

答：因為轉子轉速過大，很難使線圈固定在整流子上，而且在高速下也很難保持絕緣。

11. 旋轉磁場式交流發電機的滑環 (slip ring) 和碳刷 (brush) 有何作用？

答：用以向轉子上的場線圈供給直流電作激磁之用。

(三)一般問題

1. 伏特、安培、歐姆、瓦特、千瓦之定義為何？

答：(1)伏特 (volt)：電壓的單位，就是使一安培的電流流過一歐姆的電阻所需的電壓。

(2)安培 (ampere)：電流的單位，就是一伏特的電壓接於電阻為一歐姆的電路所流過的電流量。

(3)歐姆 (ohm)：電阻的單位，就是限制一伏特的電壓產生一安培的電流所需的阻力。

(4)瓦特 (watt)：電功率的單位，為伏特與安培的乘積。
($W = VA$)。

(5)千瓦 (kilowatt) = 1000 watt (1 Kw)

(6) 746 watts ($\frac{3}{4}$ Kw) = 1 HP 。

2. 交流電和直流電的定義為何？

答：交流電是會改變流動方向的電流，在兩個方向流動，由零點上升至最大值再降回零點，依其頻率一再重複。

直流電是僅朝一方向流動的電流。

3. 何謂電路 (電的迴路， electrical circuit)？

答：就是電流所流過的封閉通路。

4. 何謂外電路 (外部迴路， external circuit)？

答：就是電路中來自電源和回到電源的那一部分。

5. 什麼是串聯電路 (series circuit)

？試繪圖說明。

答：就是電路中各部連接在一起而電流只有一個通路。如圖 4 所示，即為電池、燈和電磁鐵等串聯在一起的電路。

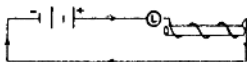


圖 4 串聯電路

6. 何謂並聯電路 (parallel circuit)？試繪圖說明。

答：就是電路中各部連接成具有兩個以上的電流通路。如圖 5 所示。

答：就是電路中各部

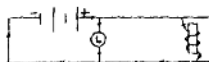


圖 5 並聯電路

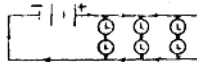


圖 6 複聯電路

7. 試繪一複聯電路 (combination series-parallel circuit) ?

答：見圖 6。

8. 串激馬達作原動機時可否用皮帶驅動？

答：不可。因如皮帶斷掉則負載將全部失去而會造成馬達超速的危險。

9. 何謂開路 (open circuit) ? 開路對串聯電路和並聯電路各有何影響？

答：開路就是斷開的電流通路。可因意外或有意而造成。開關就是故意造成開路的方法之一，它可以切斷串聯電路中各部的電流，但僅切斷並聯電路中成開路部分或分路的電流，其餘部分仍為閉路而有電流通過。

10. 何謂短路 (short circuit) ? 何謂絕對短路 (dead short) ? 串聯電路中短路有何結果？又如何偵測並聯電路的短路？

答：短路就是一低電阻的通路，電流經此路流過。絕對短路是電阻低得使電流全經此路而致電路失效。串聯電路中短路可能不致造成大損害，因為電路中其他的電阻可限制電流的通過。但在並聯電路中電流經此低電阻的通路流過，奪去其他電路的電流，造成其他各路之失效。因此發現其他並聯路的電流減弱或電路失效，即表示有短路現象。

11. 何謂接地電路 (grounded circuit) ? 接地有何結果？兩點接地的結果如何？如何測試船上的接地？

答：接地電路就是電路本身某部分或由別的導體與地連接的現象。一點接地時沒有嚴重的影響，因為不能構成一個完整的電流通路。但如兩點接地時則可能造成短路。兩點接地給電流增加一個不必要的通路。有些電路因兩點接地而造成返回電源的通路。（結果需電之處得不到必要的供電使電路失效。）

船上最簡單的接地試驗，就是利用測試燈 (test lamp)：把測試燈的一根線與電路的一線相接，另一根線與船上的金屬相接，如果燈亮了，就表示電路中未與燈相接的一線有接地現象。這樣並不能顯示何處接地，只表示電路中有某處接地。欲找出接地之處時，自接線盒拉開電路，分別測試各段即可。

12. 何謂歐姆定律 (ohm's law) ?

答：一伏特的電壓至可產生一安培的電流通過一歐姆的電阻。

13. 歐姆定律如何用公式來表示？

答：流經電阻的電流與所加的電壓成正比，以代數式表示如下：

$$I = \frac{E}{R} \quad I = \text{電流 (amp)}$$

$$R = \frac{E}{I} \quad R = \text{電阻 (ohm)}$$

$$E = IR \quad E = \text{電壓 (volt)}$$

例如：110 v 的電壓施於 22 ohms 的電阻則電流為

$$110 \div 22 = 5 \text{ amps.}$$

電流為 10 amps 所施電壓為 150v，則電阻為

$$150 \div 10 = 15 \text{ ohms.}$$

電阻為 15 ohms. 當流過 60 amps 的電流時，則所施電壓為

$$60 \times 15 = 900 \text{ volts.}$$

14. 絕緣體 (insulator) 與導體 (conductor) 之定義為何？

答：絕緣體是對電流具有高電阻的物體。

導體是對電流具有低電阻的物體。

15. 試舉出三種良導體和三種良絕緣體。

答：導體：鋁、銅、銀 (Aluminum、Copper、Silver)。

絕緣體：瓷器、橡皮、雲母 (Porcelain、Rubber、Mica)。

16. 電氣裝備的軸承上有軸承電流 (bearing current) 時會有何影響？要如何預防？

答：會使軸承或軸發生凹穴，(尤其是黃銅軸承)。

把機架與船體接地即可防止。

17. 用壓縮空氣清潔電氣裝置時要注意些什麼？

答：因含有水汽（moisture），所以利用壓縮空氣來清潔並不實用。

如必須使用時，應在使用之前澈底把水排除，使之乾燥才可。

18. 如何求出 $\frac{1}{4}$ 吋線的圓密爾（circular mil）？

答：將英吋的分數值改爲小數三位，去掉小數點，再予平方即得：

$$\frac{1}{4}'' = 0.250''$$

$$250^2 = 62500 \cdots \cdots \text{答數。}$$

19. 影響導線絕緣的主因爲何？

答：電路電壓。

20. 14 號橡皮絕緣線的容量爲何？

答：15 安培。

21. 如何接線？

答：除去絕緣，使兩線端赤裸，刮乾淨，然後把一端包纏在另一端上，緊緊地扭在一起，再把接頭焊接，包上絕緣橡皮至原來厚度，最後爲了機械保護，還要包上磨擦膠帶（friction tape）。

22. 由主配電盤分成若干分支電路（branch circuit）的好處何在？

答：從配電盤較好控制，操作較便利。例如接地試驗時，以及燒掉一個保險絲不會切斷所有的電源。

23. 何謂保險絲（fuse）？試述其功用。

答：就是與電路串聯的低熔點金屬連接物。因它會在預定的溫度熔解，所以超載（電流）時溫度會升高而使其熔解，於是切斷電路而阻止電流的流通。（達到保護電路的作用）。

24. 何謂永久磁鐵（permanent magnet）？

答：通常是一塊經硬化處理後的鋼，置於磁場中感應，取出後仍保有一些磁性，這種鋼稱之。

25. 說明磁力線及磁場的定義。

答：磁力線（lines of magnetic force）是用來說明磁場強度和方向的名詞。

磁場（magnetic field）是一磁鐵或串聯磁鐵的相異二極間所有磁力線所作用到的空間。

26. 相同磁極和相異磁極間的反應各如何？

答：相同磁極互相排斥；相異磁極互相吸引。

27. 繪圖表示磁力線和其方向。繪圖表示磁力線和其方向。



圖 7 磁力線及其方向

答：如圖 7 所示。

28. 何謂剩磁 (residual magnetism)？

答：就是物體受磁場影響後所殘留的磁性。

29. 何謂導磁性 (permeability)？

答：就是金屬磁化或去磁的容易程度。

30. 何謂頑磁性 (retentivity)？

答：就是金屬保持磁力線的能力。

31. 熱對磁鐵的影響如何？

答：會破壞其磁性。

32. 繪圖表示載流導線的磁場。

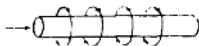


圖 8 載流導線的磁場

答：如圖 8 所示。

33. 說明決定磁場方向的規則。

答：以右手握住導線伸出大姆指表示電流方向，則其餘手指所指即為磁場方向。

34. 何謂電磁鐵 (electromagnets)？

答：就是以載流導線的線圈環繞起來將其磁化的軟鋼或生鐵。電流切斷時生鐵或軟鋼即去磁。

35. 試述決定電磁鐵磁極的規則。

答：以右手握住磁鐵，四個手指為電流方向，則大姆指所指即為北極 (north pole) 的方向。

36. 電磁鐵磁極的位置與線圈中電流的方向有何關係？

答：所建立的磁場總是與電流方向相垂直。

37. 為何軟鐵心被用於電磁鐵？

答：因可迅速磁化和去磁，換言之可控制磁場的方向和強度。

38. 碳刷跳火花的原因為何？

答：(1) 超載。 (2) 碳刷裝設錯誤。 (3) 碳刷接觸不良。

(4) 整流子不平。 (5) 磁場太弱。 (6) 電樞繞線斷路或短路。

39. 試述下列各儀錶的用途。

答：安培計 (Ammeter)：用以量安培或電流。

伏特計 (Voltmeter)：用以量伏特或電壓。

瓦特計 (Wattmeter)：用以量任一瞬間所作的電功率。

瓦時計 (Watt-hour meter)：用以量測單位時間內所作的電功。

高阻計 (Megger)：用以測試絕緣效果的小型手搖直流發電機。

磁電機 (Magnetometer)：用以測試接地和短路的小型手搖交流發電機。

40. (發電機) 電壓太低的原因為何？

答：(1) 超載。 (2) 轉速太慢。

(3) 部分磁極反向。 (4) 部分磁極短路。

41. (發電機) 電壓太高的原因為何？

答：磁場太強；轉速太高。

42. (馬達) 轉速太低的原因為何？

答：(1) 超載。 (2) 碳刷設置錯誤。

(3) 過度磨擦。 (4) 場阻太弱。

(5) 電樞短路或接地。

43. (馬達) 轉速太高的原因為何？

答：(1) 碳刷安置太前。 (2) 場電路斷開。

(3) 接線錯誤。 (4) 場阻太強。

44. 電樞線圈發熱的原因為何？

答：(1) 超載。 (2) 繞線受潮。

(3) 線圈短路。

45. 場線圈發熱的原因為何？

答：(1) 場電流太大。 (2) 繞線受潮。 (3) 超載。

46. 要對直流發電機的軸承注意些什麼？何以在機械觀點來看這是重要的？

答：軸承要保持良好的清潔和潤滑。因為從機械觀點來看，如軸承發熱且有軸承金屬磨耗，則電樞磁場間的氣隙 (air gap) 會改變，因而改變其感應特性。

47. 發電機在工作中的一般注意事項為何？