

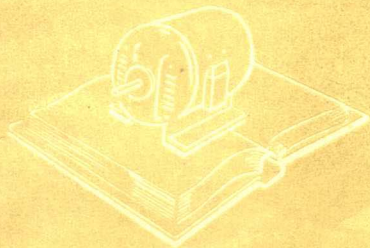
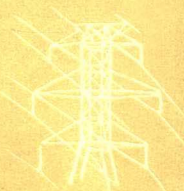


实用电工丛书



直流电机

黄焕焜編譯



商务印书馆





實用電工叢書

直 流 電 機

編譯 黃煥焜
校訂 曾繼國
黃曾俞

商務印書館



直流電機提要——此書是實用電工叢書第二種，係根據 1946 年美國柯尼電工學校 (Coyne Electrical School) 出版的該校技術人員編著的「實用電工叢書」(Applied Practical Electricity) 第三冊編譯而成。內容計共九章：第一章緒論，第二章直流發電機，第三章直流發電機的運行原理，第四章發電機的運用，第五章整流作用、閘極和電刷，第六章直流電動機，第七章直流電動機的開動器和控制器，第八章磁力開動器，第九章直流機的維護，書末附有直流電動機的故障表。直流電動機的應用是普遍的，很多工廠裏尚採用直流電動機來帶動各種不同的機器，而在某些傳動工作中也被採用。此書於直流電機的原理和應用以及修理，都講得詳細，對於這方面的工作人員有相當大的幫助。

實用電工叢書
直 流 電 機
黃煥煥編譯

商務印書館出版

北京東總布胡同 10 號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第 107 號)

新華書店總經售

商務印書館上海廠印刷

統一書號 15017·62

1954 年 7 月初版

1956 年 3 月 3 版

1959 年 3 月上海第 5 次印刷

印張 7 11/16

開本 787×1092 1/32

字數 138,000

印數 18,701—23,700

定價(10) 0.95

目 錄

第一章 緒論	1
第二章 直流發電機	5
1. 發電機的定額	5
2. 運用溫度	5
3. 發電機的速率	6
4. 傳動方式	7
5. 直流發電機的構造	8
6. 機架	8
7. 磁極	10
8. 電樞	11
9. 整流子	11
10. 電刷	12
11. 握刷器	14
12. 軸承	17
第三章 直流發電機的運行原理	19
1. 發電機的磁路	21
2. 激磁	22
3. 在發電機中電壓的建立	24
4. 電壓不能建立	25
5. 電壓的調節和調整率	25
6. 中性面	26
7. 電樞反應	27
8. 電樞電阻和銅耗	29
9. 電刷與供電線上的電壓降	30
10. 發電機的式樣	30
11. 並激發電機	31

12. 並激發電機的電壓特性曲線	33
13. 串激發電機	34
14. 串激發電機的電壓特性曲線	35
15. 串激磁場分接器	35
16. 複激發電機	36
17. 積複激和差複激發電機	39
18. 平複激發電機, 電壓特性曲線	39
19. 逆複激發電機, 電壓特性曲線	40
20. 差複激發電機	41
第四章 發電機的運用	44
1. 原動機馬力的計算	44
2. 發電機開動前的檢查	46
3. 發電機的開動	47
4. 發電機在運用時要當心的事項	48
5. 直流發電機並聯運用(並車)	48
6. 並聯運用的主要法則	49
7. 極性錯誤的校正	51
8. 複激電機做並聯運用	51
9. 作並聯運用的電機必需有相似的電壓特性曲線	52
10. 發電機複激作用的試驗和調節	52
11. 均壓連接線	53
12. 均壓開關的位置	55
13. 發電機並聯所用儀表的連接法	56
14. 發電機的開動、並車和負載調節	57
15. 三線直流制	57
16. 中性線的電流數值和方向	59
17. 平衡系統比較經濟	60
18. 三線發電機	60
19. 平衡(抗流)線圈的原理	61
20. 三線發電機的負載不平衡	62

21. 三線電動機發電機組,或稱均衡機組	63
22. 均衡機的並激磁場和串激磁場的作用	64
23. 不相等負載的均衡	65
第五章 整流作用、間極和電刷	67
1. 整流的步驟	67
2. 電刷必須準確地放在中性面上	69
3. 無間極電機的移刷	70
4. 整流極(間極)的作用和它的極性	72
5. 整流極的強度跟負載而變	74
6. 調節間極電機上的電刷位置	75
7. 調節間極的氣隙	76
8. 電動機的整流作用	77
9. 電動機中性面的位置	78
10. 電動機間極的極性	79
11. 電刷	82
12. 電刷的必要條件	83
13. 電刷的材料	84
14. 一般的電刷材料、電刷的電阻	85
15. 用在猛烈任務的硬電刷	86
16. 電流量較大的軟電刷	86
17. 特殊電刷	87
18. 電刷壓力	87
19. 電刷的銅鑲	88
20. 壓住銅鑲的物質	89
21. 調換和選購電刷	90
22. 在整流子上配裝新電刷	91
第六章 直流電動機	93
1. 直流電動機的式樣	98
2. 電動機的速率和馬力	99
3. 速率調整和速率控制	100

4. 電動機的伏特、安培和馬力定額	101
5. 電動機的轉矩、速率和馬力	102
6. 電動機的轉動方向	102
7. 電動機的反電勢	103
8. 在電動機開動時電樞電路的電阻	105
9. 反電勢對電動機速率的影響	105
10. 直流電動機的特性	107
11. 並激電動機	107
12. 並激電動機的開動轉矩	108
13. 並激電動機的停頓轉矩	108
14. 並激電動機的速率調整	109
15. 並激電動機的速率控制和應用	110
16. 串激電動機	110
17. 串激電動機的開動轉矩	110
18. 串激電動機的停頓轉矩	111
19. 串激電動機的速率調整	112
20. 串激電動機的速率控制	113
21. 串激電動機的用途	113
22. 複激電動機	114
23. 複激電動機的開動和停頓轉矩	115
24. 複激電動機的速率調整和應用	115
25. 差復激電動機	116
26. 差復激電動機的開動和停頓轉矩	117
27. 差復激電動機的速率調整和應用	117
28. 電動機的掣動試驗	122
29. 馬力計算	124
30. 電動機的效率	125
31. 效率計算	126

第七章 直流電動機的開動器和控制器

1. 開動電動機所需的時間	130
---------------------	-----

2. 電動機的開動變阻器	131
3. 接連變阻器	131
4. 直流電動機速率控制法	132
5. 電樞電阻控制速率	133
6. 磁場電阻控制速率最為經濟	134
7. 直流電動機的控制器	136
8. 構造概要	137
9. 三點和四點開動器	137
10. 無壓和無磁釋放線圈	139
11. 開動期間中開動電阻在磁場電路之外	140
12. 停止一只電動機	140
13. 開動器接線頭和接線法	141
14. 調速控制器	141
15. 碳堆開動器	145
16. 碳堆控制器的電路	147
17. 自動開動器	148
18. 遙速控制	149
19. 自動控制器的運用	149
20. 減流電阻	151
21. 停轉電動機	152
22. 緩衝筒	152

第八章 磁力開動器

154

1. 開動時間依開動電流而定	156
2. 過載防護	157
3. 炮彈線圈	158
4. 鼓形控制器	160
5. 簡單的鼓形控制器	161
6. 電動機的反轉	168
7. 鼓形反接開關	169
8. 鼓形反接控制器	170

9. 鼓形控制器的構造	173
10. 反轉和控速的鼓形控制器	174
11. 順轉、開動	176
12. 控制速率	177
13. 反轉位置	178
14. 動力掣動	180
15. 再生掣動	186
16. 起重機的控制	187

第九章 直流電機的維護 191

1. 清潔的重要性	191
2. 油對電機的損害	192
3. 軸承和潤滑	193
4. 保持軸承良好潤滑	196
5. 繞組溫度	197
6. 電機不要碰到水	197
7. 電刷的調節和雲母的刻低	198
8. 整流子表面的修整	200
9. 控制器的維護	201
10. 過載防護裝置的維護	202
11. 電動機不能開動的普通故障	202
12. 電動機啓步太快的原因	203
13. 電動機轉動方向相反的原因	204
14. 電動機開動很慢而功率不夠的原因	204
15. 電動機轉動不穩定的原因	205
16. 電動機速過高的原因	205
17. 電刷發生火花的原因	205
18. 電機過熱的原因	206
19. 不正常的噪音	208
20. 發電機電壓不能建立的故障	208
21. 發電機電壓調整率太差	209

22. 發電機不能並聯運用的故障	209
23. 系統化的試驗	210
24. 試燈、蜂聲器和久磁試驗器的用途	211
25. 便攜式伏特表和安培表的用途	212
26. 溫度表	213
27. 速率表	213
28. 試驗絕緣電阻的重要性	214
29. 維護工作中所用的一般工具	216
30. 噴燈的運用和維護	220
31. 電動機的選擇和裝置	221
32. 電機的維護工作表	223
附錄 直流電動機的故障表	226

第一章 緒論

在牽引工作和某些工業中的電力傳動方面，直流電能及直流電機的應用是極為普遍的。直流之所以被廣泛採用，主要在於直流電動機的性能，它有巨大的開動轉矩和廣闊的速率控制範圍。

很多工廠中，都採用電動機來轉動各種不同的機器，而在某些傳動工作中，廣泛地採用直流電動機。像運轉某一種在負載下很難開動的，需要用變速轉動的，或者要經常反轉的機器，直流電動機是很理想的原動機。

直流電動機的容量不一，小的可製成 $\frac{1}{10}$ 馬力，大的可製成幾千馬力，而傳動的方式也各有很多種，有時一只電動機轉動一只機器，有時一只電動機轉動一系列的機器。

運轉電車、升降機以及電氣鐵道車等等，多採用直流串激電動機，因為它有很大的開動轉矩，它能使一只載重的車輛和升降機，很容易從所在的靜止位置開動，並且迅速地轉到很高的速率。

用於工業傳動的直流電動機，普通運行於 110、220 和 440

伏特的電壓，而在鐵路傳動的電動機，則運行於 250 到 750 伏特的電壓。

由於直流電動機的優越性能，直流電的採用大有利於工業的發展和生活的改良。有些大城市的中心業務區，都需要直流電源的供應，有的是用直流發電機來供應，有的是用整流器或變流機將交流電變成直流電來供應。

幾只直流電機，同時使用時，併車極為容易。直流用得很多的工廠裏，通常都是用直流發電機自行發電的，同時，直流發電機的速率不像交流發電機那樣需要精確，小型的可以用皮帶傳動，這在交流機為不可能，因為皮帶稍有滑動，速率的變化會使併車發生困難。

直流發電機製有各種不同的容量，自 60 瓦特的汽車用發電機起一直可到工業和鐵路電力廠用的幾千瓦特，它的電壓額定可從 6 伏特的汽車發電機起一直到工業用的 440 伏特和鐵道車上用的 600 及 750 伏特。

用皮帶傳動的小型發電機的運轉速率是每分 300 到 1,800 轉，而直接連接在蒸汽、油、或氣體引擎的大型發電機的運轉速率是每分 60 到 250 轉，直接接到往復的蒸汽引擎上的發電機通常需有一隻很大的飛輪來均衡它的轉速，當負載突然增加時飛輪可以輸送功率到發電機上去，一直到引擎的控速器，獲得反應時為止。

直流發電機是不能直接接到汽輪機的，因為汽輪機的速率

太高，這將使電機的整流子及繞組承受着很大的應力，故用汽輪機來轉動直流發電機時，通常需用齒輪耦合，例如一只每分 360 轉的發電機要通過 10:1 齒輪的降速作用，可用每分 3,600 轉的汽輪機來轉動。

一般來說，直流電力的輸送距離很少超出 $\frac{1}{2}$ 或 1 哩的範圍，因為長距離輸送電力需要高電壓，而一般大型的直流發電機發生的電壓，祇不過是 750 伏特。在歐洲曾用過幾隻串激發電機串聯，以產生高壓的直流電能；輸送到相當遠的地方，但運用時的缺點很多，故未有所發展，惟近年蘇聯在這方面已有很大的成就。

在集中使用大量直流電能的地方，如大工廠、礦山、製鋼廠以及繁華的市區，往往離發電廠很遠，直流電能的供應，一般是利用經長距離傳送的交流電，經配電所的換流設備（如電動機發電機組，汞弧整流器，或旋轉換流機等）而變成直流。

除了供應直流電動機的電力外，直流電能還有另一些工業上的用途；如電鍍、電煉金屬、電池充電、電磁鐵運用、以及汽車設備等。

電鍍和電煉金屬工業中所用的直流發電機，電壓是很低的，大都從 6 到 25 伏特，而電流則很高，大的可至幾千安培。

在大的汽車間裏，電池充電用的直流電源是用許多電動機發電機組供應的，工廠和倉庫用很大的曳引機，它的電池則由多用充電發電機充電。

在許多工廠和修理廠中，需要大量的強力電磁鐵，運取鋼鐵材料，它們的操作均需直流電流。

直流在汽車上的用途更多，一輛現代化的汽車，本身就是一個完整的電廠，包括有直流發電機，開動用的直流串激電動機、蓄電池、車燈、點火線圈以及電喇叭等，在許多強力的公共汽車上也常用一只汽油引擎來轉動一只直流發電機以產生電能，再將這電能供應齒輪耦合於轉軸的直流電動機來開動汽車，這種轉動形式可以得到較平穩的開動和停車，同時在上坡時能有較大牽力，在平地上又有較高的速率而不必掉換排擋。

火車列車上面的燈光也是由許多蓄電池與發電機配合供電的，這可以說是直流的另一用途。

由於直流電能和直流電機有着這樣廣泛的應用，對於直流發電機電動機以及其他直流電器的討論與研究該當是一件很重要的事情，本書就各種電機的原理、運用、保養作一通俗的簡單的敘述，這對初學以及有運用、管理與試驗經驗的工作同志當有很大的幫助。

第二章 直流發電機

直流發電機和電動機的機械構造，差不多是完全一樣的，在許多場合中，祇要把磁場連接和電刷位置等稍加改變，同一電機便可用作發電機或電動機。記牢這一點，對研究下述的材料，將有很大的便利；下面涉及電機構造、運用、負載額定、溫度等各節，同樣地適用於電動機和發電機。

1. 發電機的定額 直流發電機的容量通常是以瓩來定額，它是一種大家所熟悉的電功率單位。1瓩等於1,000瓦，約為1.34馬力，在任一直流電路中所消耗的瓦數，等於電壓和電流的乘積。因此，以某一已知電壓的電機來說，負載的瓩值越大，電機繞組裏所承載的電流安培數也越多，一隻直流發電機的瓩定額就是在沒有過度的溫升火花及內電壓降落的條件下，它能繼續承受的負載電功率的瓩數。

如果讓電機持續地承受超過它的額定的負載，電機就可能由於上述三種原因之一而發生故障，要是過份的負載很大而時間又持續很久，電樞繞組勢將燒燬，大多數發電機的設計都需要承短時期的過載容量；過載時間不超出1小時左右，過載容量常為合於額定值的15—20%。

2. 運用溫度 電機的安全溫升，取決於絕緣材料所能耐受而不致受損害的溫度，除絕緣材料外電機中所有的其他材料都

是金屬，它們可以受得住很高的溫度而不致有很大的損害。當然，繞組銅線的溫度越高，它的電阻越大，因而電機銅耗也越高。

一般燃燒性的絕緣材料，如絲、棉紗、及紙等所能耐受的最高溫度是 212°F (或 100°C)，而雲母、石棉、及其他非燃燒性的材料，可以承受 257°F (或 125°C)。假定電機所在的室溫不高出 104°F (或 40°C)，那末一般用燃燒性絕緣材料製成的電機，許可的溫昇當是 $212 - 104 = 108^{\circ}\text{F}$ (或 60°C)，而用非燃燒性材料的許可溫昇，當是 $257 - 104 = 153^{\circ}\text{F}$ (或 85°C)。

一般的發電機和電動機，在額定負載下連續運用，電機製造廠依據各種情況須保證溫升不超出 35°C 、 40°C 或 50°C 。

電機的溫度，可以用一小溫度計放在繞組末端的中間或靠近它來測量；一般的原則：如果用手摸電機架殼靠近繞組的部分，不覺得燙手的話，繞組便不會過份高熱。

3. 發電機的速率 發電機運轉的速率，是由它容量的大小，設計的式樣，和傳動的方法來決定的。速率的額定，當然用每分轉數為單位，但也常常用轉動部分的外緣速率來表示，這速率叫做周緣速率，單位是每秒呎數或每分呎數。作用於電樞導體及整流子的離心力，和電樞及整流子的周緣速率有關，而這個速率和每分轉數和轉動部分的直徑有關，轉速越高或直徑越大，周緣速率也越大。令

D = 轉動部分的直徑的呎數，

N = 每分轉數，

則轉動部分的周緣速率的每分呎數是：

$$v = \pi DN_0$$

這速率不但決定電機的電樞導體或整流條所受的離心力，也決定電刷的損蝕速率以及所用電刷的種類。

電機轉速亦可用每秒弧度數或每秒度數表示，因為旋轉一周就是旋轉了一定的弧度或角度，用機械的觀點來看，每轉一周相當於 2π 弧度或 360 角度，但用電的觀點來看，每周的弧度或角度和磁極數有關，前一種弧度或角度叫做機械度，後一種叫做電機度。在一隻 2-極電機中，每轉一周所經過的機械角度為 360° ，電機度也是這個數字；但在一隻 6-極電機中，每轉過一對磁極就是 360 電機度，而機械度是 120° 。

以多極的發電機與 2 極發電機來比較，如果每極磁通一樣，要產生同樣電壓，多極電機的速率要低得多。2 極或 4 極用皮帶傳動的小型發電機，一般具有長而小的電樞，運轉速率是每分 120 到 1,800 轉；而直接連接在往復引擎的低速大型發電機通常具有 24 隻或更多只磁極，而它的運轉速率則是每分 60 到 600 轉；這種低速發電機的電樞長度短而直徑大；這樣，雖然電樞的每分轉數低但導體截割磁力線的速率仍很高。

4. 傳動方式 用皮帶拖動的發電機，大工廠是不大採用的，因為皮帶傳動有滑脫的可能，而且使用高速皮帶還有危險；但在一些老式和許多小型的工廠中仍採用皮帶拖動的發電機，祇要皮帶皮及皮帶輪選用適當，仍能獲致良好的結果。