



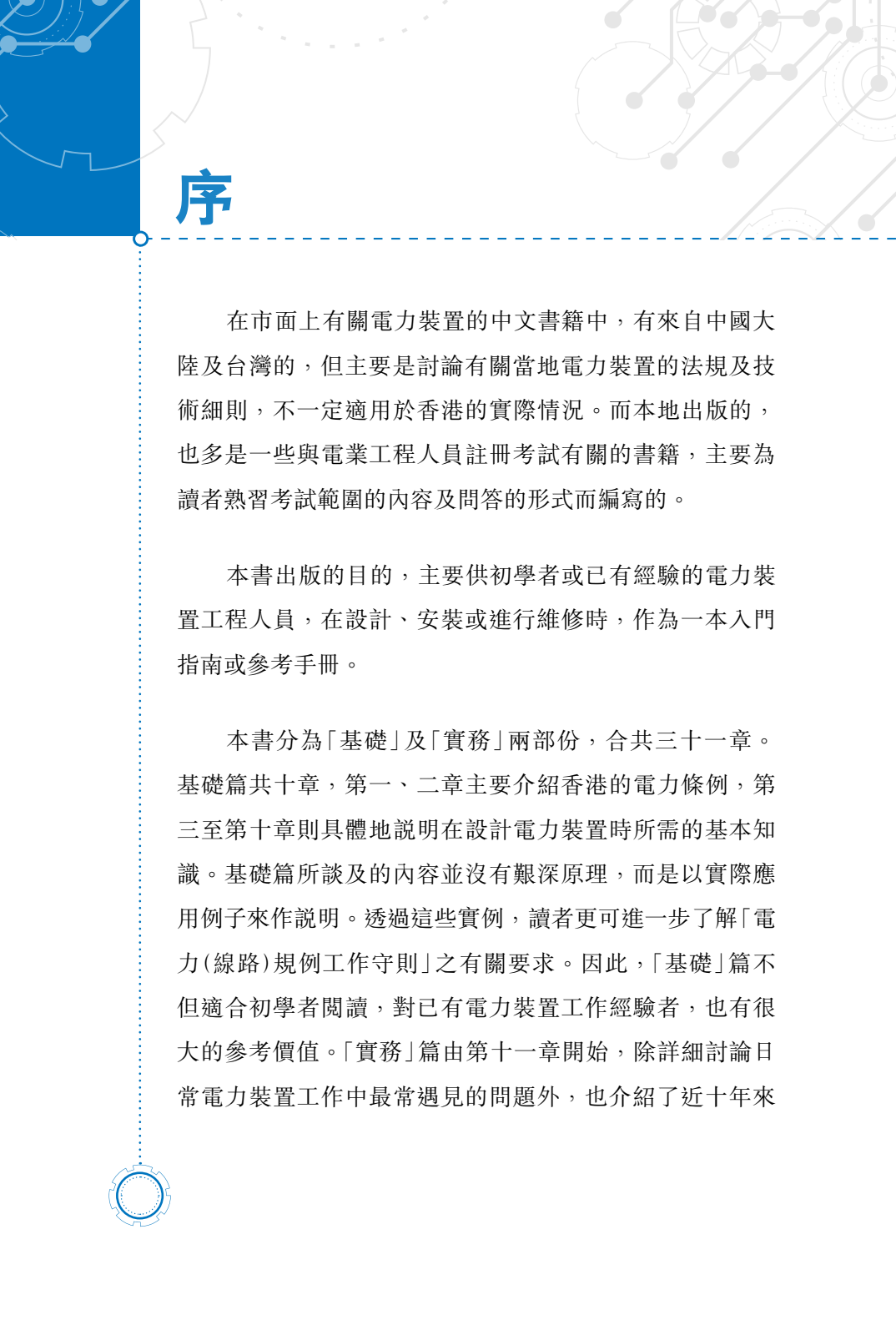
電力裝置 實用手冊

**A Practical Guide to
Electrical Installation**

特許電機工程師精心編寫

陳樹輝 編著

2019



序

在市面上有關電力裝置的中文書籍中，有來自中國大陸及台灣的，但主要是討論有關當地電力裝置的法規及技術細則，不一定適用於香港的實際情況。而本地出版的，也多是一些與電業工程人員註冊考試有關的書籍，主要為讀者熟習考試範圍的內容及問答的形式而編寫的。

本書出版的目的，主要供初學者或已有經驗的電力裝置工程人員，在設計、安裝或進行維修時，作為一本入門指南或參考手冊。

本書分為「基礎」及「實務」兩部份，合共三十一章。基礎篇共十章，第一、二章主要介紹香港的電力條例，第三至第十章則具體地說明在設計電力裝置時所需的基本知識。基礎篇所談及的內容並沒有艱深原理，而是以實際應用例子來作說明。透過這些實例，讀者更可進一步了解「電力(線路)規例工作守則」之有關要求。因此，「基礎」篇不但適合初學者閱讀，對已有電力裝置工作經驗者，也有很大的參考價值。「實務」篇由第十一章開始，除詳細討論日常電力裝置工作中最常遇見的問題外，也介紹了近十年來



「電力(線路)規例工作守則」的主要修訂及「建築物能源效益條例」有關電力裝置的主要規定，務求加深大家對電力裝置的了解並帶來實際的幫助。

本書於編寫時，雖然已經力求簡明易讀，但錯漏之處，尚祈各位見諒及賜教指正。倘若因內文的錯漏而引致的任何損失，作者及出版社恕不負責。



目錄

序	ii
---------	----

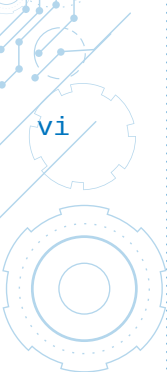
基礎篇

1. 香港的電力條例	2
1.1 電力條例	2
1.2 電力(線路)規例工作守則	5
1.3 供電則例	6
2. 電力裝置擁有人、電業工程人員及承辦商	7
2.1 電力裝置擁有人	7
2.2 電業工程人員	7
2.3 電業承辦商	13
3. 電流需求量的計算	16
3.1 計算電流需求量的常用公式	16
3.2 參差額 (Diversity factor)	20
4. 電纜的選擇	25
4.1 電纜的構造	25
4.2 常用電纜	27
4.3 決定電纜導體大小的計算方法	28
5. 佈線方式	35
5.1 明敷線路方式	35
5.2 藏線方式	37



5.3	線架及線梯	52
6.	電路安排	53
6.1	最終電路	53
6.2	低壓配電系統電路	59
7.	過流保護	62
7.1	過流 (Overcurrent)	62
7.2	過載保護	63
7.3	故障保護	66
7.4	支援保護 (Back up protection)	74
7.5	過流保護器件的位置	75
8.	觸電保護	76
8.1	直接觸電與間接觸電	76
8.2	接地等電位接駁及自動切斷電源	78
8.3	接地安排	80
8.4	接地系統	81
8.5	電路保護導體	84
8.6	接地故障電流的計算	85
8.7	電路保護導體的尺寸	91
9.	常用保護器件	96
9.1	熔斷器	96
9.2	微型斷路器 (MCB)	99
9.3	模製外殼斷路器 (MCCB)	103
9.4	區別運作 (Discrimination)	104
9.5	電流式漏電斷路器 (RCCB)	113
10.	檢查及測試	115
10.1	檢查	115





10.2 測試	116
10.3 電力裝置證明書	124

實務篇

11. 來電總掣	128
11.1 來電總掣的基本設備	128
11.2 來電總掣的技術規定	128
12. IDMTL 繼電器的應用	132
12.1 IDMTL 繼電器	132
12.2 IDMTL 繼電器的設定	133
12.3 IDMTL 繼電器操作特性的選擇	138
12.4 IDMTL 繼電器的測試	142
13. 無功率補償	144
13.1 電容器功率的計算	144
14. 支總電路保護器件的選擇	148
14.1 熔斷器開關(Fused switch)	148
14.2 模製外殼斷路器(MCCB)	150
15. MCCB 的脫扣特性	152
15.1 設定 MCCB 脫扣特性之項目	152
15.2 MCCB 脫扣特性的選擇	154
16. 如何處理「水氣」不夠的問題？	156
16.1 解決「水氣」不夠的可行方法	156
17. 漏電斷路器經常「跳掣」的問題	164
17.1 避免錯誤脫扣的方法	164



18. 保養樓宇「低壓主開關櫃」須知	166
18.1 檢查及測試	166
18.2 檢查和測試時注意事項	167
19. 設計「低壓主開關櫃」時應留意的事項.....	171
19.1 注意事項	171
20. 輔助等電位接駁.....	174
20.1 可能導致觸電的危險情況	174
20.2 防止觸電	175
21. 避雷裝置.....	178
21.1 雷電成因	178
21.2 避雷裝置的基本組成	179
21.3 避雷裝置的檢查及接地電阻測量方法	185
22. 燈膽與光管	187
22.1 白熾燈 (Incandescent lamp)	187
22.2 螢光燈 (Fluorescent lamp)	188
22.3 其他的技術參數	190
22.4 照明光源的選擇——燈膽？光管？	194
23. 從BS6651到BSEN62305.....	195
23.1 風險評估流程圖	195
23.2 如何選擇適當的級別的避雷系統	198
23.3 新舊標準在風險評估上的分別	198
23.4 新舊標準在避雷系統設計上的分別	199
24. 工作守則2009年版.....	203
25. 建築物能源效益條例.....	209



25.1「條例」的主要規定	209
25.2「條例」不適用的範圍	212
26. 電力裝置能源效益規定	215
26.1 配電損耗	215
26.2 電動機裝置	216
26.3 電力質素	218
26.4 計量及監察設施	221
27. 電纜銅損耗的計算	222
28. 工作守則2015年版.....	231
29. 回頭氣	235
30. 關上電源，仍會觸電？	239
31. 電力電容器的檢測	242
31.1 檢測方法	242
31.2 電力電容器星形或角形接法的分別	248

附錄

附錄1 電力(線路)規例條文節錄	250
附錄2 各級電業工程人員註冊資格	255
附錄3 容許參差額列表	259
附錄4 電路特性曲線	261
附錄5 電力裝置實物圖	264
附錄6 本書各篇有關電力裝置常見辭彙	275

The background is a solid blue color. It features several white line-art illustrations of mechanical gears of various sizes and shapes, some with internal concentric circles or dashed lines. Interspersed among the gears are white circuit-like lines, including straight lines, right-angle turns, and lines ending in small dots, suggesting a technical or engineering theme.

基礎篇

1

香港的電力條例

1.1 電力條例

電力條例屬於香港法例第406章。此條例於1990年制定並由機電工程署負責執行。

現時之電力條例主要就電業工程人員、電業承辦商及發電設施的註冊作出規定，訂立電力供應、線路裝設及電氣產品的安全規格，授予以供電商及政府權力以處理電力意外及執行本條例，並就在確保於供電電纜附近進行的活動不會危及安全或電力的持續供應的措施訂定條文。上述條例的詳細內容，可見於此條例的8條附屬則例內：

- 第406A章——電力供應規例
- 第406B章——電力供應(特別地區)規例
- 第406C章——電力(豁免)規例
- 第406D章——電力(註冊)規例
- 第406E章——電力(線路)規例
- 第406F章——插頭及適配接頭(安全)規例 (已廢除)
- 第406G章——電氣產品(安全)規例
- 第406H章——供電電纜(保護)規例



電力條例所涉及的範圍非常廣泛，本書主要探討的是第406E章——電力(線路)規例及其有關之工作守規。此附屬則例於1992年6月才實行。在此之前，電力裝置的一般技術要求及安全標準主要根據本地兩所電力公司的「供電則例(Supply Rules)」及「英國電機工程師學會的佈線規例(IEE Wiring Regulation)」而制定的。

1.1.1 第406E章——電力(線路)規例

此規例可從機電工程署網頁<http://www.emsd.gov.hk>下載，主要就電力用戶之固定電力裝置訂下安全規格。此外就規例之適用範圍及固定電力裝置之檢查、測試及發出證明書等作出規定。

部份條文具有刑罰之阻嚇力，任何人若有違反此等條文，即屬犯罪，可被檢控。根據406E章規例24有以下之規定：

1. 任何人違反第4(5)或(6)、20或22(2)條，即屬犯罪，可處罰款\$10000。
2. 固定電力裝置的擁有人如不遵守第17(1)、(2)、(4)、(5)或(6)條的規定，即屬犯罪，可處罰款\$10000。
3. 固定電力裝置的擁有人如安排他人違反第18條或知情而故意容許他人違反第18條，即屬犯罪，首次定罪可



處罰款\$50000及監禁6個月，因相同罪行再被定罪可處罰款\$100000及監禁6個月。

有關406E章規例4、17、18、20、及22可參看附錄1規例條文。

1.1.2 第406C章——電力(豁免)規例

凡機電工程署署長信納固定電力裝置擁有人能安全地裝設及維修他的裝置，可藉命令作出豁免，使該裝置擁有人、他的電力裝置、他的電業工程人員、其中任何二者或全部不受「電力條例」中關於電力裝置的任何條文規限。

根據406C章的規定，由政府擁有的固定電力裝置以及用於以下用途的固定電力裝置是可以得到機電工程署署長作出的豁免命令：

- 生產及供應電力；
- 鐵路服務的運作；
- 用於電車或纜車軌道上的交通的車輛、車卡或訊號系統的操作或控制；
- 提供或維持公眾電訊服務；
- 行車隧道或鐵路隧道的操作或維修；
- 架空纜車的操作或維修；

- 製作、傳送或播放供公眾接收的電視或電台節目；
- 升降機及自動梯(安全)條例(第327章)界定的升降機或自動梯的操作或控制。

1.2 電力(線路)規例工作守則

電力(線路)規例工作守規(以下簡稱：工作守則)，工作守規本身並沒有任何法例之約束力。意即是若有任何違反工作守規內的條文時，也不可視為觸犯了香港法例而被檢控。

訂立守規的主要目的，是就如何符合電力(線路)規例內的各項規例，提供一般技術指引。舉例說：電力(線路)規例中所述及的「一般安全規定」，此規定內其中之一項要求是：「須應用良好工藝及適當材料」。但是「良好」及「適當」的定義是什麼呢？電力(線路)規例內沒有清晰的界定。因此如何符合電力(線路)規例中所謂「良好」及「適當」的要求，就交給工作守規作詳細解釋了。

其實在工作守規的「引言」中也清楚說明：遵守本守規而行應可達至符合電力(線路)規例各項有關規定的目的，因此所有電業工程人員都以工作守規作為設計及施工上主要的技術指引了。



1.3 供電則例

當用戶向電力公司申請接駁電力時，用戶的電力裝置除了必須符合工作守規守則有關之要求外，也須遵守電力公司所訂明之供電條件及技術規定。若用戶有違反電力公司之供電則例時，電力公司是有權拒絕或終止接駁電力予該用戶。

中華電力有限公司之「供電則例」可在該公司在各區之客戶中心免費索取或在該公司的網頁下載。而香港電燈有限公司所派發的是「接駁電力供應指南」，可在北角城市花園道28號電燈中心9樓憑「電業工程人員證書」（簡稱：電工牌）免費索取或從該公司的網頁得到有關的資料。此指南備有中、英文版本，詳細說明香港電燈有限公司對客戶裝置的一些重要技術要求，有很大的參考價值。

中華電力有限公司網址：<http://www.clpgroup.com>

香港電燈有限公司網址：<http://www.hec.com.hk>



2

電力裝置擁有人、 電業工程人員及承辦商

電力條例之制定在於透過立法來保障電力裝置使用者及施工者的安全。這須要政府、電力裝置擁有人、電業工程人員及承辦商共同努力及合作才可達致安全之目標。

2.1 電力裝置擁有人

電力裝置擁有人是指持有電力裝置使用權的人。例如：大廈的業主、租客、物業管理公司及業主立案法團。

電力裝置擁有人有以下責任：

1. 為其電力裝置提供適當的保養及維修，以防止發生電力意外；
2. 確保電力裝置設施沒有違例的改裝或加裝；
3. 聘用註冊電業承辦商進行任何電力工作。

2.2 電業工程人員

根據現時之電力條例，所有從事「電力工程」的工程人員都必須向機電工程署註冊。目的為確保此類工程只由合資格的電業工程人員進行施工。

「電力工程」是指與低壓或高壓固定電力裝置的安裝、維



修、測試等之有關的工程或工作。固定電力裝置的例子為固定地裝設在樓宇內的配電箱、線路裝置及照明裝置等。從事可攜式電器(例如：檯燈、電視機及雪櫃等)工程的人員，則無須註冊。

2.2.1 電業工程人員註冊證明書

電業工程人員註冊證明書(以下簡稱：電工牌)上除印有持牌人的姓名、註冊編號及有效日期外，還有兩項重要的資料，分別是：工程級別及准許工程。工程級別共分為5個：分別為A、B、C、H及R級；而准許工程則分為：0、1、2及3。

工程級別

1. **A級電力工程**：最高電力需求量不超過400安培(單相或三相)的**低壓**(名詞解釋)固定電力裝置的電力工程。
2. **B級電力工程**：最高電力需求量不超過2500安培(單相或三相)的低壓固定電力裝置的電力工程。B級電力工程包括A級電力工程在內。
3. **C級電力工程**：任何電量的低壓固定電力裝置的電力工程。C級電力工程包括A級及B級電力工程在內。
4. **R級電力工程**包括下列任何一項或多項：
 - NS：霓虹招牌裝置的電力工程；

- WH：儲水量不超過200公升的無排氣管的儲水式低壓電熱水爐裝置的電力工程；
- AC：低壓空氣調節裝置的電力工程；
- 其他：只限在某一或某類裝置或某類房產進行的電力工程。

5. H級電力工程指**高壓**(名詞解釋)電力裝置的電力工程。

● 名詞解釋 ●

特低壓(extra low voltage)：指於正常情況下，在導體與導體之間或導體與地之間，不超過以下的電壓：

- (a) 50伏特均方根交流電；或
- (b) 120伏特直流電。

低壓(low voltage)：指於正常情況下

- (a) 在導體與導體之間超過特低壓但不超過1000伏特均方根交流電或1500伏特直流電的電壓；或
- (b) 在導體與地之間超過特低壓但不超過600伏特均方根交流電或900伏特直流電的電壓。

高壓(high voltage)：指於正常情況下高逾低壓的電壓。

准許工程

准許工程中的數字所表示的含義如下：



- 0 — 所有類別
- 1 — 只可簽發設計證明書
- 2 — 只可進行安裝及維修工程
- 3 — 只可進行維修工程

例如：電工牌上的「工程級別」是A級；而「准許工程」是A0，表示此持牌人可從事A級電力工程中所有類別（即設計、安裝或維修）的電力工作。

「准許工程」是可跨級別的。例如：B0 C2 H3，表示此持牌人可從事B級電力工程中所有類別（即設計、安裝或維修）、C級電力工程的安裝或維修，及H級電力工程中維修的電力工作。

2.2.2 電業工程人員的註冊資格

有關各級電業工程人員所須之註冊資格，可參考附錄2。總括來說，申請人是否符合註冊資格，主要是視乎申請人的學歷及工作經驗而定。

學歷方面

申請人可透過機電工程署認可的考試或修讀該署認可之課程才可達致各個級別有關學歷之要求。

目前只有成功修畢「職業訓練局」開辦的電機工程學課程

或同等學歷者才可以豁免A或B牌筆試。而持有本地或認可大學所頒發之電機工程學學位或同等學歷者則可以豁免C牌筆試。

機電工程署認可的考試詳情表列如下：

級別	舉辦機構	名稱	每年舉辦次數	查詢電話
A	職業訓練局	電工技能測驗	除假期外， 每日均有安排	職業訓練局：2836 1875 機電工程署：2882 8011
B	香港考試局	B級電業工程 人員註冊考試	兩次： 通常在4月及 10月舉行	香港考試局：2328 0061 機電工程署：2882 8011
C	香港大學及 香港理工大學	C級電業工程 人員註冊考試	一次： 通常在11月 舉行	香港大學：2859 7093 香港理工大學：2766 6172 機電工程署：2882 8011

工作經驗方面

申請人在填報有關個人之實際電力工作經驗時須列出以下四項資料：

1. 僱主名稱；
2. 服務期間；
3. 從事工程類別(例如：設計、裝置、維修等)；
4. 曾處理固定裝置的最高電量(例如：400A/380V，200A/11kV)。



機電工程署一般都接受公司信來證明申請人的電力工作經驗。因此，在公司信上最好列明上述有關的資料以證明申請人的實際工作經驗。工作經驗是可以累積計算的。例如在甲公司服務了2年；乙公司服務了3年，而從事的是與電力工作有關的，申請人的累積電力工作經驗便是5年了。

除非機電工程署需要進一步了解申請人所填報的資料，一般來說是不用申請人進行面試的。

2.2.3 註冊電業工程人員的主要責任

註冊電業工程人員的主要責任如下(摘錄自機電工程署網址－<http://www.emsd.gov.hk>)：

1. 須遵照電力條例的規定從事電力工作，尤其是《電力(線路)規例》的各項規定；
 2. 在從事電力工作時須隨身攜備註冊證明書，或在工作地點備有該證明書；
 3. 只可從事註冊證明書上指明類別的電力工作；
 4. 不得以電業承辦商身份承辦電力工程或立約進行電力工作等，除非本身也是註冊電業承辦商。
- 

2.3 電業承辦商

根據現時之電力條例，所有從事固定電力裝置工程的承辦商均須向機電工程署註冊，目的是為確保此類工程只會經由符合資格的電業承辦商聘用合資格的電業工程人員進行。

電力裝置工程除了是指與低壓或高壓固定電力裝置的安裝、校驗、檢查、測試、維修、改裝或修理有關的工程或工作，還包括監督工程和簽發工程證明書，以及簽發電力裝置設計證明書。固定電力裝置的例子為固定地裝設在處所內的配電箱、線路裝置及照明裝置等。從事可攜式電器(例如：檯燈、電視機及雪櫃等)工程的承辦商，則**無須**註冊。

2.3.1 電業承辦商註冊資格

根據電力(註冊)規例第3(1)規定，凡申請註冊為電業承辦商，申請人必須僱用最少一名註冊電業工程人員，或如屬個人的申請人，本身必須為註冊電業工程人員；或如屬合夥商行的申請人，最少有一名合夥人必須為註冊電業工程人員。

註冊電業承辦商是沒有分級別的。但必須履行作為註冊電業承辦商的責任。



2.3.2 註冊電業承辦商的主要責任

註冊電業承辦商的主要責任簡述如下(摘錄自機電工程署網址－<http://www.emsd.gov.hk>)：

1. 只能僱用註冊電業工程人員負責電力工作。轄下的非註冊電業工程人員可依照註冊電業工程人員的口頭或書面指示可從事電力工作。在此情況下，該註冊電業工程人員須知悉並負責該非註冊電業工程人員的工作。而且當註冊電業工程人員不在其身旁時，不得對固定電力裝置的帶電部份施工。
2. 須有效地督導轄下的註冊電業工程人員，並確保他們只從事電力條例規定他們有權從事的電力工作。
3. 不得促使或容許僱員(即註冊及非註冊電業工程人員)在違反電力條例的情況下從事電力工作。
4. 須提供適當及足夠的測試器具、工具、物料及合適地方/工場給僱員進行電力工作。
5. 須儲存過去5年內或註冊為電業承辦商以來，轄下僱員所從事各項電力工作的有關紀錄。
6. 須出示機電工程署署長認為與執行電力條例有關而由承辦商持有或控制下的紀錄、圖則或文件，以供查閱。

7. 須在主要營業地址的當眼處，展示註冊證明書正本(即總店證明書)，並在每個其他營業地址(即分店)的當眼處，展示機電工程署署長發出的該註冊證明書副本(即分店證明書)。
8. 只限在已向機電工程署署長註冊的各營業地址從事或展開電業承辦商業務。



4 電纜的選擇

4.1 電纜的構造

電纜主要由導體及絕緣體這兩部份構成。

4.1.1 電纜導體

最常用的電纜導體材料是銅或鋁。一般用於低壓電力裝置的電纜導體多是採用銅來製成的。而電力公司敷設於地底紅色的 11kV 高壓電纜(見附錄 5 圖 01)，其導體則是採用鋁。

鋁的好處是重量及價錢均比銅輕及平宜。但缺點則是「導電性」只約及銅(以相同截面積計)的 60%。此外，雖然重量比銅較輕，但線身較硬，不便於安裝。

工作守則並沒有規定低壓電力裝置應該採用銅電纜或鋁電纜，但對帶電導體(live conductor)卻有最低截面積的要求。根據工作守則 13A：

- 鋁導體不小於 16mm^2 ；
- 用於導管及線槽內之聚氯乙烯絕緣銅電纜(PVC cu. cable)，其導體不小於 1.0mm^2 ；
- 用於明敷線路的聚氯乙烯絕緣、聚氯乙烯護套銅電纜(PVC/PVCS cu. cable)，其導體不小於 1.5mm^2 。



電纜導體可進一步分為實心(Solid)、絞合(Stranded)及軟線(Flexible)三種。在香港，慣常採用而符合BS 6004 (BS是British Standard (英國標準)的簡寫)的 1.5mm^2 及 2.5mm^2 銅電纜的導體多採用實心的，但 4mm^2 或以上的則採用絞合式的導體。而用於連接「拖板」或一般家庭電器的電纜則多採用柔軟度較大的軟線。

4.1.2 電纜絕緣體

很多材料都適合用作電纜絕緣體。例如：橡膠、塑膠、油浸紙等。但比較普遍使用的是塑膠。目前，作為低壓或高壓電纜絕緣體的主要塑膠材料是：聚氯乙烯(Polyvinyl Chloride 簡稱：PVC)或交聯聚乙烯(Cross-linked Polyethylene 簡稱：XLPE)。

相對於PVC電纜，XLPE電纜有較佳的絕緣性能、熔點較高，可以允許導體操作溫度達 90°C 。所以，電纜的允許載流量(Current-carrying-capacity)比相同截面積的PVC電纜也較大。因價格仍是較PVC電纜高，所以在低壓電力裝置中，仍是採用PVC絕緣電纜為主。雖然如此，XLPE電纜的使用亦已經愈來愈普遍了。

「低壓主開關櫃」(Low Voltage Main Electrical Switchboard)可說是任何低壓電力裝置的心臟地帶(見附錄5圖34)。所以「主開關櫃」的維修及保養便十分重要。若每年能為「主開關櫃」進行最少一次檢查及測試，可大大提高「主開關櫃」在使用時的安全及可靠性。

18.1 檢查及測試

保養「主開關櫃」並不只是一件清除灰塵這麼簡單的工作。主要目的是在保養工作的過程中，找出「主開關櫃」在運作上可能會出現問題的地方，及早進行適當的維修工作。以下各項均是保養「主開關櫃」時適用的檢查及測試項目。

主要的檢查項目包括

1. 檢查電氣接點是否有過熱及不正常現象，
2. 檢查電氣接點是否收緊，
3. 檢查所有的電流錶、電壓錶及指示燈是否操作正常，
4. 檢查所有控制熔斷器及熔斷器的連續性，



5. 檢查所有開關掣、隔離器件及保護器件是否有適當識別標誌及列明額定值，
6. 檢查是否已展示最新的配電系統電路圖。

主要的測試項目包括

1. 所有開關掣、隔離器件及保護器件之機械及電氣操作測試，
2. 絕緣阻抗測試，
3. 接觸阻抗測試，
4. 過流及接地故障繼電器 (IDMTL Relay) 之二次注入測試，
5. 接地環路阻抗測試，
6. 直流充電機及蓄電池之效能測試，
7. 電容器測試。

18.2 檢查和測試時注意事項

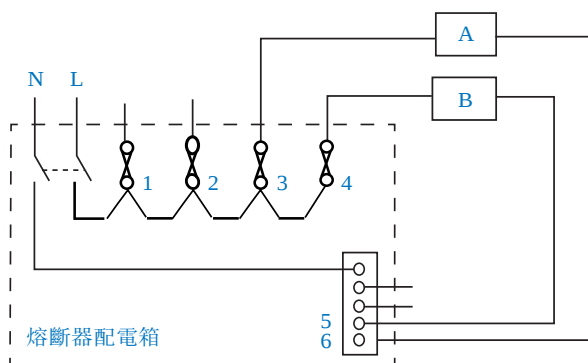
1. 「接觸阻抗測試」主要是測試空氣斷路器 (ACB) 在閉合狀態時可動及固定接點間的「接觸阻抗」。雖然並沒有統一的標準來規範可接受的最大「接觸阻抗」，但一般來說，電流額定值愈大的 ACB，其「接觸阻抗」應較電流額定值較小的 ACB 為細。例如：2500A ACB 的「接



關上電源，仍會觸電？

上一篇談及因「回頭氣」所引至觸電的情況，是發生在帶電的電路上。在一般正常電力維修程序下，一定會關上電源才進行電力維修的工作。但關上電源，也並非百分百安全，是仍有機會發生觸電的情況，而帶來觸電危險的其中一個原因，也是「回頭氣」。

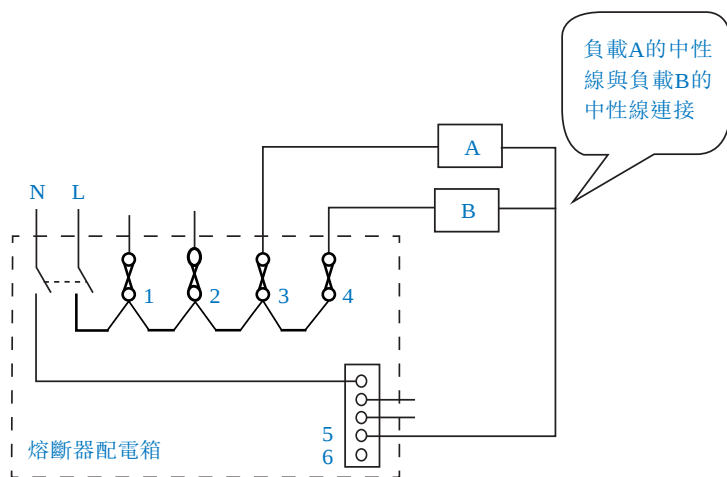
如圖 30.1 示，負載 A 及負載 B 的火線分別接上熔斷器 3 及熔斷器 4，負載 A 及負載 B 的中性線也分別接上熔斷器配電箱內的中性線端子 (neutral terminal) 5 號及 6 號位置。



• 圖 30.1



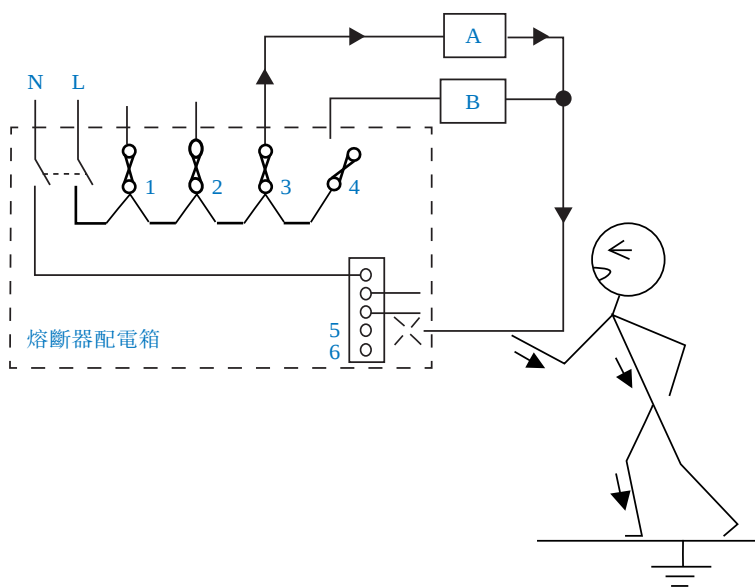
如圖 30.2 示，若負載 A 的中性線不是直接返回及連接配電箱的中性線端子，而是連接了負載 B 的中性線。A 的中性線電流(neutral current)便借用了負載 B 的中性線返回配電箱。這個佈線安排不特增加了負載 B 中性線的負荷，也帶來了本篇所討論的：**關上電源，仍會觸電**的危險。



• 圖 30.2

如圖 30.3 示，假設要更換供電給負載 B 的電線。把負載 B 的電源(熔斷器 4)關掉後，理應可安全地拆除負載 B 的電線。但當從配電箱的中性線端子 5 號位置拆除負載 B 的中性

線時，雖然已經沒有負載B的電流經過，但因負載A仍然接上電源，所以仍有負載A的中性線電流經過負載B的中性線，再經過人體接地。至於是否一定帶來觸電致命的危險？可參看第二十九篇(回頭氣)的分析。



• 圖30.3

在上述例子中，除非在進行電力維修工作前，已把配電箱的總掣關掉，否則一定要提防電路中可能隱藏着的共用中性線 (shared neutral) 所帶來觸電的危險。



電力電容器的檢測

一般住宅、商業或工業樓宇的公眾負荷，例如：水泵、升降機、空調設備等，皆是由電動機推動。這些電感性負荷，都會導致公眾負荷的功率因數(power factor)下降，並且達不到電力公司對用電客整體功率因數不少於0.85的要求。因此為了改善公眾負荷的功率因數，很多樓宇的總掣櫃都配置了電力電容器(power capacitor)作為改善功率因數之用。倘若電力用戶屬於大量用電客戶，電費除了按用電度數(kWH)計算外，也會按每月之最高需求量(maximum demand in kVA)來計算。若電容器不能正常運作，除了功率因數得不到改善外，大量用電客戶的最高需求量亦會因缺乏了電容器的功率補償而上升，因此而要邀付額外的電費。

31.1 檢測方法

下列所介紹兩個檢測方法，只須一些簡單的步驟，便可有效地判斷電容器的運作是否處於正常狀態。



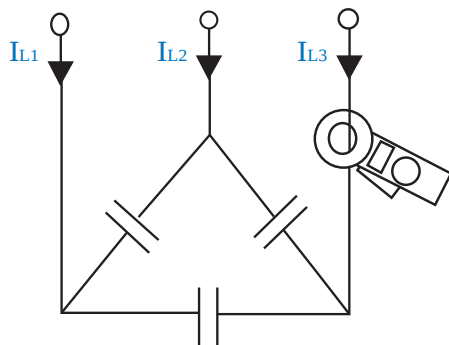
方法一：檢測操作電流

- 用電流鉗錶(如圖 31.1 示)量度電容器的線電流(line current)： I_{L1} 、 I_{L2} 及 I_{L3} 。
- 若實測電流數值不少於電容器滿載電流(full load current)的95%，此電容器的運作正常。
- 三相電容器滿載電流的計算如下：

$$Q = \sqrt{3} \times V_L \times I_L$$

$$\therefore I_L = \frac{Q}{\sqrt{3} \times V_L}$$

(Q – 無功功率(電容器的輸出)； V_L – 線電壓； I_L – 線電流)



• 圖 31.1



● 例一：

一台三相角接法電容器，其額定輸出為 50 kVAr、額定電壓為 400 V。若電源電壓是 380 V，實測電流要達到多少，才可判斷此電容器的運作正常？

● 題解：

要留意此例子中的**電源電壓** ≠ **額定電壓**，因此要先計算當電源電壓是 380 V 時，電容器的輸出應是多少，才計算電容器的滿載電流。

$$\text{因 } Q \propto V_L^2$$

∴ 當電源電壓 = 380 V，電容器的輸出：

$$Q = 50 \times \left(\frac{380}{400} \right)^2 = 45.125 \text{ kVAr}$$

∴ 電容器的滿載電流：

$$I_L = \frac{45.125 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380} = 68.6 \text{ A}$$

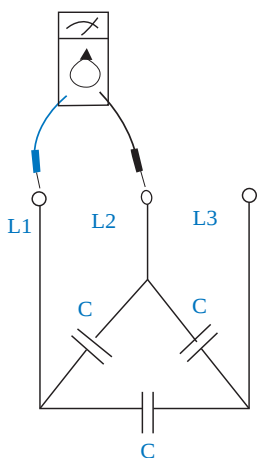
若實測數值： I_{L1} 、 I_{L2} 及 $I_{L3} \cong 65 \text{ A}$ （即 $68.6 \text{ A} \times 95\%$ ），此電容器處於正常運作狀態。



方法二：檢測電容量

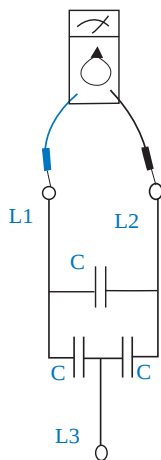
- 關掉電容器電源
- 切斷電源5分鐘後，再把電容器連接電源線的端子(cable terminal)經地線放電
- 以電容錶量度L1-L2(如圖31.2示)、L2-L3 及 L1-L3 之間的電容量

電容器相與相之間的電容量(C_{L-L})的計算如下：



• 圖31.2

簡化成
➡



• 圖31.3



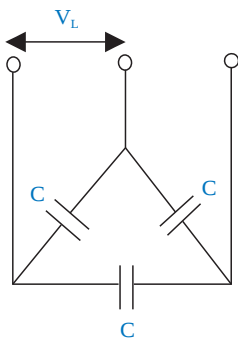
圖 31.3 所示線路，L1-L2 之間的電容量：

$$C_{L-L} = C + \frac{C}{2} = \frac{3C}{2}$$

$$\therefore \text{每相電容量} : C = \frac{2C_{L-L}}{3}$$

- 若實測數值與所計算出來「相與相之間電容量」的誤差範圍在 $\pm 10\%$ 內，可判斷此電容器的運作正常。

電力電容器的銘牌一般都會標示：無功功率 Q 、線電壓 V_L 、頻率 f 、電流 I 的額定值。若沒有電容量的資料，可從以下方式計算：



$$\text{三相電容器的每相無功功率} : Q_{1\varphi} = \frac{Q}{3} = \frac{V_L^2}{X_C}$$

$$\therefore X_C = \frac{3V_L^2}{Q} = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$\therefore \text{三相電容器的每相電容量} : C = \frac{Q}{3} \times \frac{1}{2\pi fV_L^2} \text{ farad}$$

● 例二：

一台三相380 V、50 Hz、50 kVAr 角接法電容器的每相電容量是多少？實測「相與相之間的電容量」應為多少才可判斷此電容器的運作正常？

● 題解：

$$\text{三相電容器的每相電容量：} C = \frac{Q}{3} \times \frac{1}{2\pi f V_L^2} \text{ farad}$$

$$= \frac{50 \times 1000}{3} \times \frac{1}{2\pi \times 50 \times 380^2} = 367.4 \mu\text{F}$$

$$\therefore C_{L-L} = \frac{3C}{2} = \frac{3 \times 367.4}{2} = 551.1 \mu\text{F}$$

若電容錶量度到的「相與相之間電容量」： $C_{L-L} = 551.1 \mu\text{F}$
 $\pm 10\%$ ，可判斷此電容器的運作正常。

● TIPS ●

一台三相380 V、50 Hz、50 kVAr 角接法電容器的每相電容量 = $367.4 \mu\text{F}$ ，其他380 V、50 Hz，無功率： Q_K 角接法電容器的每相電容量 C_K 可從下式計算：

$$C_K = \left(367.4 \times \frac{Q_K}{50} \right) \mu\text{F}$$
$$\text{相與相之間電容量} = \frac{3C_K}{2} \mu\text{F}$$



31.2 電力電容器星形或角形接法的分別

三相電力電容器較少使用星形接法，主要原因是：以使用同等的每相電容量來計算，星形接法的電容器的無功功率，只及角形接法電容器的無功功率之三分之一。

例三：

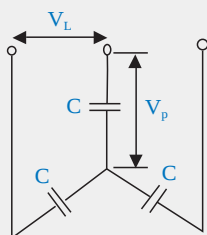
一台三相380 V、50 Hz、50 kVar 角形接法電力電容器的每相電容量是367.4 μF 。若把此三相電容器的電容改為星形接法，求此三相電容器輸出的無功功率是多少？

題解：

$$\text{三相電容器的每相無功功率：} Q_{1\phi} = \frac{V_p^2}{X_C}$$

$$\text{因 } V_p = \frac{V_L}{\sqrt{3}} ; \quad X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$\therefore Q_{1\phi} = \frac{V_p^2}{X_C} = \left(\frac{V_L}{\sqrt{3}} \right)^2 \div \frac{1}{2\pi fC} = \frac{V_L^2}{3} \times 2\pi fC$$



$$\text{三相電容器的輸出無功功率：} Q = 3 \times Q_{1\phi}$$

$$= 3 \times \frac{V_L^2}{3} \times 2\pi fC = V_L^2 \times 2\pi fC$$

$$= 380^2 \times 2\pi \times 50 \times 367.4 \times 10^{-6} = 16.67 \text{ kVar}$$

$\therefore$ 一台三相380 V、50 Hz、50 kVar 角形接法的電力電容器，若把電容改成星形接法後，電容器輸出的無功功率便會下降至16.67 kVar（即原本50 kVar的三分之一）了。

電力裝置實用手冊

A Practical Guide to
Electrical Installation

2019

編著

陳樹輝

編輯

林榮生

美術設計

Venus Lo

排版

何秋雲

出版者

萬里機構出版有限公司

香港鰂魚涌英皇道1065號東達中心1305室

電話：2564 7511

傳真：2565 5539

電郵：info@wanlibk.com

網址：<http://www.wanlibk.com>

<http://www.facebook.com/wanlibk>

發行者

香港聯合書刊物流有限公司

香港新界大埔汀麗路36號

中華商務印刷大廈3字樓

電話：2150 2100

傳真：2407 3062

電郵：info@suplogistics.com.hk

承印者

中華商務彩色印刷有限公司

出版日期

二零一九年三月第一次印刷

版權所有 · 不准翻印

All rights reserved

Copyright ©2019 Wan Li Book Company Limited.

Published in Hong Kong.

ISBN 978-962-14-7007-2



萬里機構



萬里 Facebook