

香港電機工程發展趣誌



筆寫

1

第一卷：源源電力及點燈思源

香港電機工程發展趣誌



再版「EE筆寫」合共四卷，可在香港工程師學會電機分部網頁下載；
其下載連結及二維碼為：

<http://el.hkie.org.hk/Home.aspx?SubMenuID=3bef0b18-403a-42d8-af88-ebf3e2dacacd>



目錄

序	2
前言	3
第一卷：源源電力 及 點燈思源	
第1章 源源電力哪裡尋	4
第2章 無孔不入的電網	11
第3章 變電站的歲月衣裳	17
第4章 繼電保護不言休	22
第5章 點燈思源	27
第6章 燈的哲學	32
第7章 永不言倦的守路者	37
辭彙表	42
對電學有貢獻的歷史人物	46
編後語 及 「EE筆寫」工作小組	48
鳴謝	49
各方評語	50
再版後語 及 再版工作小組	51

序

駕馭電力是人類歷史的一個重要轉捩點。今天，我們能夠盡享現代生活，可說是電之所賜。

人類用電的歷史，其實相當短暫，還不到二百年。一八三一年，法拉第發現了電力、磁力與動力之間的關係，開始了電的新紀元。法拉第亦獲公認為「電力之父」。一八七九年，愛迪生研發了第一盞白熾燈；此後用電技術一日千里，從開始只是照明，到目前包羅「萬」用。時至今天，各式各樣的電器用品已成為我們生活的每一部份，滿足我們生活所需。衣食住行、工作學習、娛樂等等，都非電難成。

比諸鄰近地區，香港有吸收西方文化之利，電力發展開步較早。到上世紀中葉，電已為廣泛應用，電廠電網相繼落成及擴充，為社會經濟蓬勃增長奠定基礎。「EE筆寫」這冊書以二十多則小故事，記錄過去五、六十年香港電機工程的發展，見證香港電機工程師的點滴成就。

自己從事電機工程研究和教育數十載，細讀本書每篇文章，都勾起許多珍貴回憶，感到非常親切。據悉編撰小組皆為香港工程師學會會員，彙編本書是希望為電機業留存幾片雪泥鴻爪，也讓社會，特別是年青一代，多認識電機工程師的職能，寄望部份讀者會以此為志向。

電機工程師(英文簡略為「EE」)性好邏輯，一般「筆寫」原非所長，何況都是工餘義務，編撰諸君肩膊上的重擔，可想而知；其知其難為而為，志氣可嘉；最終得以付梓成書，全仗各人同心協力，摯誠可貴。

香港工程師學會電機分部自始迄今二十九載，本人有幸為分部創會主席。如今能為本書作序，與有榮焉。願本書一紙風行，洛陽紙貴。也藉此機會，向有為本書效力的工作小組致萬二分敬意。

梁維新教授

二零零六年八月

前言

電機工程與我們日常生活是息息相關的。假如沒有足夠及可靠的電力及不同領域的高質素電機工程基建配套，香港經濟怎能起飛？更不可能成為一個國際級的大都會和世界聞名的金融中心。如果沒有了每天接載數百萬人次的鐵路網絡，享譽中外的「東方之珠」亦不可能那麼繁榮。此外，大眾生存所需的「食水」，起居生活中不可或缺的「電器用品」，甚至街道中的「道路照明」等都需要電，可見電機工程對優質生活實在貢獻良多。

回顧數十年香港電機工程的發展，有著多采多姿的掌故，而每個里程碑亦記錄了電業前輩的奮鬥及電機工程人員的貢獻。他們以無比的堅毅，透過專業知識跨越了重重障礙。這一切都值得我們向他們致敬及學習。

香港工程師學會，有來自各不同機構的電機工程師及技術人員。他們都對其專業範疇相當熟識，所以能夠搜集及整理這些不同的電機故事，使大家對「電機工程」有較親切的認識，從而了解他們所作出的種種貢獻。本書共分八篇，有二十八個有趣的故事。每個故事均以一個「電」的家庭成員的對白作開端，書中亦加插了一些圖片、技術博客及電學歷史人物的資料。

最後，希望本書能發揮承先啟後的作用，為從事電機工程的同行注入鼓舞的力量！

戴德謙工程師

二零零六年八月



第1章

源源電力哪裡尋

細說發電廠百年變遷

引子

渡輪駛近南丫島，爸爸遙遙望見島上三支煙囪，便不禁向家人介紹道：「那裡便是南丫島發電廠，我們家在港島區，用電是由此而來的！」

「奇怪。」小女兒應道：「為甚麼香港島用的電，要老遠在南丫島上生產再輸送過來呢？」

「問得好！事實上，香港第一間發電廠根本就在市區內呢！」

這句話立即引起孩子們的興趣。「那後來為甚麼要搬遷呢？」「發電廠這麼龐大，怎能在市區內？」

「好吧，讓我一一解答吧！」



現時的灣仔日街、月街和星街，是住宅林立的寧靜街道。但它們的名字，卻隱藏著不平凡的歷史：原來香港第一座發電廠，即座落其上。街道的名字，便是取自三字經中「三光者，日月星。」一句，寓意電力給香港帶來光明。

不過，星街的發電廠早在一九二二年便已關閉拆卸了。百多年來，香港發電廠的選址亦隨著城市發展而不斷變遷。例如供電給九龍半島及新界區的中華電力曾於紅磡(漆咸道)、紅磡(鶴園)及青衣島設置發電廠，但均已先後拆卸，現香港境內只設有青山、龍鼓灘，以及竹篙灣發電廠。至於為港島、南丫島及鴨脷洲供電的香港電燈，曾先後於北角及鴨脷洲設廠，現時則「落戶」於南丫島，都是距離市區較遠的地方。

發電廠開拓市區

從另一個角度看，香港的發電廠才是「開荒牛」，有助於促進市區的發展，因為發電廠的選址通常是人跡罕至的地方，例如一九一九年的北角電氣道，甚至一九七三年的青衣島南部。由於興建發電廠屬於大型工程，每天需要運送大量工作人員及物料，所以會先在選址鋪設完善運輸網絡。及後，交通便利的地方自然吸引發展商前來投資發展及市民聚居。因此，久而久之，有不少住宅都圍繞著發電廠附近而發展起來。

居民多了，以安全為首要的發電廠便要考慮風險及環保等問題。而且電力需求也會隨著人口而增加，電力公司便要物色新地方建設更具規模的發電廠。因此香港初期的發電廠，目前大多已變為私人屋苑。例如紅磡鶴園發電廠，現時發展成為「海逸豪園」；而當年位於北角的發電廠，現在已變成了「城市花園」。

發電廠選址考功夫

發電廠選址不是容易的事，除遠離人口稠密的地方之外，還要有多方面的考慮：地質是否適合建設大型發電廠？風向及水流則會影響電廠排放物的流向，會把排放物「帶進」市中心嗎？...現代發電廠還要配備多種措

施，務求使發電對環境及人們生活的影響減至最低。例如盡量減低排放，透過採用超低硫燃煤，及安裝煙氣脫硫除氮裝置控制排放的廢氣，以提高空氣質素。

此外，發電廠亦要按「排放要求」及「溫度限制」去處理廢水和生活污水。有趣的是，發電廠通常臨海而建，方便大型貨船供應燃料及抽取海水供冷卻之用。結果發電廠附近經常有釣魚愛好者聚集，因為發電廠排出的冷卻系統用水較為溫暖，故此吸引魚群聚居，也許大家也想不到吧！

光榮引退也不易

建設發電廠固然是大型工程，但發電廠完成其歷史任務後，要光榮引退也不容易。最叫人難忘的，相信是一九九八年以爆破方式拆卸青衣發電廠的五枝巨型煙囪。由於當時煙囪的所在位置，正在兩個大型油庫之間，所以拆卸過程絕不能有絲毫偏差，否則後果不堪設想。

電力公司經過與十多個政府部門洽商、研究及審批，到拆卸當天還需要多個部門配合，例如民航處要飛機航道停航一段時間，警方要設立封閉區，而石油公司更要空出最接近爆破地點的石油氣及油缸，將所有可能發生的危險減到最低。最後，五枝煙囪終於按照原定計劃、在短短數秒間倒下；而曾經是新界九龍七十年代主要電力來源的青衣發電廠，從此便宣告光榮引退。

發電廠的核心 — 發電機組

發電廠內最重要的設施，當然是發電機組。發電機由瓦特所發明、原本用於推動交通工具的蒸汽機演化出來，所以現時大部份發電機的基本原理，是依靠燃燒燃料，將水加熱至產生蒸汽，從而推動渦輪機發電。

在香港，發電所用燃料也經歷了很多變化。六十年代，鶴園發電廠是利用煤炭及由石油提煉出來的黑油作為燃料，燃碳的發電機組只有五兆瓦的發電量，而燃油的發電機組則分別是三十和六十兆瓦。隨著用電量不

斷上升，擁有十台發電機組的青衣發電廠在一九六九年投產，全部均為燃油發電機，總發電量已達到一千五百二十兆瓦了。

後來全球爆發石油危機，電力需求卻與日俱增。所以一九八二年青山發電廠分階段投產，建造了八台燃煤發電機組，總發電量達到四千一百二十兆瓦。當中的發電機組更可煤油兩用，也有採用天然氣發電的，但目前還是以燃煤為主。值得一提的是，青山發電廠是全球最大的發電廠之一。

發電方式多樣化

到了九十年代，香港的發電方式更進入新的里程碑。廣東大亞灣核電站的第一座反應堆於一九九四年投產，由兩台九百八十四兆瓦壓水式反應堆發電機組組成，首次向香港輸入了核能電力。此外，龍鼓灘發電廠於一九九五年投入服務，使用「燃汽渦輪」——即飛機引擎作發電動力組件。它燃燒天然氣，其原理是以熱空氣推動渦輪機發電，再利用餘熱產生蒸氣，推動蒸氣渦輪機產生電力。採用這種「聯合循環」的技術，能把發電的效率提到更高，增加其效益。

除了「傳統式燃燒燃料發電」以及「核能發電」之外，香港的電力公司亦在國內建有利用衝下動力發電的「抽水蓄能發電」，以及積極開發再生能源，例如「風力發電」，這進一步使到發電廠的外貌有重大轉變。

雖然使用再生能源是全球市場的大趨勢，不過無論是風能還是太陽能，都需要佔用極大的地方，在香港這個寸金尺土的城市，這似乎有很大的限制。以目前香港電燈公司在南丫島上設置的首個風力發電站為例，它只提供八百千瓦電力，相比起現時的發電廠，真是小巫見大巫。其次，目前再生能源亦受制於儲電技術，相信有待該技術將來發展至更成熟時，會有助再生能源的發展。

回首過去五、六十年，香港的電力需求有增無減。發電機的運作原理雖然沒有巨大的改變，不過歷年運行效率及生產電量則有倍數的提升，而使用的燃料及技術不斷在改變，細節如怎樣引入新的技術及有效調節發

電機組，把燃料物盡其用等，都反映出香港的工程師學貫中西，在過去數十年間不斷吸收全球各類主流發電方式的知識。他們更藉著與其他地區電力公司的合作及交流，以增進本身的技術，與世界先進水平看齊。源源不絕的電力供應背後，就是這些擁有無比適應能力及學習能力的工程人員不斷努力的成果。東方之珠的維港夜景，獅子山下的萬家燈火，每晚好像向所有工程師致敬一樣。



BLOG

技術博客

燃煤發電是將煤經過燃燒，將熱能傳送到水，變為蒸氣再加壓，然後噴到高中低壓蒸氣缸，推動轉子後，令到發電機運轉發電。整個過程中，水由普通溫度在鍋爐中不斷加壓和吸收熱能，從而提升壓力達到大約163倍大氣壓力，溫度大約538°C，然後將能量釋放到蒸氣缸推動轉子，帶動發電機，發出高壓電達到23.5千伏，再經過中變壓器，提升至超高壓，如275千伏和400千伏，再輸送到電網。

另一種以天然氣或燃油發電模式是，將空氣壓縮，提升溫度後，在燃燒室內燃燒後而產生膨脹動力，推動轉子，帶動發電機。為了達到龐大的膨脹動力，燃燒溫度達到800°C到1300°C，這視乎機組的大小而定，因為動力由直接燃燒而形成，所以此類機組亦稱為外燃機。它的好處是起動快，但其不足處是效率低，因為燃燒室的出口溫度亦超過500°C，會大量流失能量。因為熱能只做一次功能後便排出煙囪，所以叫單循環。

為了善用熱能，將離開燃燒室的超過500°C的廢氣經過蒸氣鍋爐，將廢熱轉送到鍋爐水，將水化為高壓蒸氣，然後推動蒸氣輪機，此等設備稱為聯合循環系統。



圖1-1: 中電第一間發電廠(位於漆咸道)

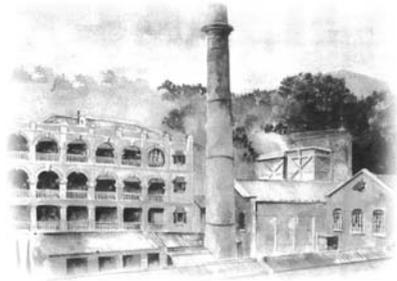


圖1-2: 港燈第一間發電廠(位於星街)

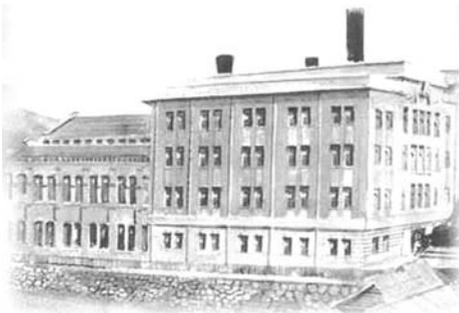


圖1-3: 北角發電廠早期外貌



圖1-4: 紅磡鶴園發電廠



圖1-5: 青山發電廠鍋輪電機組



1-6: 拆卸青衣發電廠工程 — 爆破煙囪的一剎



圖1-7: 青山發電廠



圖1-8: 青山發電廠燃煤發電機組



圖1-9: 南丫發電廠



圖1-10: 龍鼓灘發電廠



圖1-11: 龍鼓灘發電廠聯合循環
燃氣輪機組



圖1-12: 香港首座風力發電站



第2章

無孔不入的電網

從輸電細看本地工程師的工作

引子

「Do you speak English?」小女兒問爸爸。

「Of course, I do! 你在為明天的英語口試練習嗎?」爸爸回答。

「是呀。為甚麼我們要學英語呢?」

「因為香港自開埠以來，一直是華洋共處的地方。能講能寫流利英語，不單在香港工作有優勢，就算調派到外地公幹，也得心應手。」

「I see!」小女兒恍然大悟。

「不說不知，以前的本地人要在滿佈外國人高手及管理層的公司中力爭上游，絕非易事。」爸爸指著坐在按摩椅的爺爺說。

「哈哈！你們現正享受帶給你無比舒適的風扇和冷氣機，所用的電能由發電廠輸送到家中，途經的輸配電網絡是無數工程師的心血結晶。華人工程師擔當著舉足輕重的角色。」爺爺笑著娓娓道來。



電，由發電機送到每家每戶之前，必需經過多重步驟。自發電廠產電後，經高壓架空、地底或海底電纜輸送至各變電站的過程統稱為「輸電」；而由各變電站傳送電力至民居樓宇，稱為「配電」。概括而言，「輸電」是超高壓的，是大電量傳送過程；「配電」則以較低電壓傳送，電量較低。

一直以來，電力公司本著「有電無類」的精神，為香港各區的市民及商戶提供可靠的電力。儘管為郊區居民提供電力，工序較城市高樓多，但電力公司同樣重視那些居民。對於穩定電力的要求，鏗而不捨地務求供電到用戶。供電工程不僅需要電氣技術，也要具備管理項目的才幹。

鐵漢柔情突破輸電障礙

鋪設地底電纜必須申請許可證，然後才可動工。鄉郊電纜工程受到阻撓之事，也並不罕見。有次在正式開始動工之際，突然有外籍村民基於環境問題而提出反對，工程於是受到延誤。當中反對的包括一位外籍女士，而工程本身主要為她的新居改善供電。後來負責的工程師決定帶備一束鮮花去探望她，解釋動工始終都是為改善供電，動之以情。結果該女士不但明白了當中因由，更主動替電力公司遊說其他受影響的村民，整個工程得以順利施工，並在一個星期內完工。由此可見，工程師除了要實幹外，亦要有柔情的一面。

輸配電網絡除了電纜外，俗稱火牛的變壓器也是重要的一環。變壓器的功能是把電力由輸入的高壓，降至低電壓才可送電至民居。變壓器的絕緣體傳統是礦物油的。但考慮到香港人口密集，電力公司便採用了不易燃燒的矽油及六氟化硫作為絕緣體。引進這些新科技，見證了電機工程師的胆大心細，在這些技術上成為世界的領導者。

六十五樓的「牛牛」

香港早期的高樓大廈，自然是首推一九七二年落成，樓高五十二層的怡和大廈(前稱康樂大廈)。當年為供應上層的用電，不惜工本，在四十八樓安裝了兩台變壓器。由於確保安全及防火問題，引入不易燃的PCB代替絕緣油為變壓器的絕緣體。不過，後來發現PCB是有毒物質，於是需要把四

十八樓的變壓器解體運走，並引入六氟化硫為絕緣物料的變壓器。當年，全新的變壓器需沿著大廈外牆慢慢吊上頂樓。為保安全，當時還要疏散部份在大樓內工作的員工。這為以後更高的摩天大廈供電系統，打下穩固的基礎。

時至今日，大多數樓高五十層以上的商業大樓均在高層設有配電站，包括國際金融中心第二期，亦於六十五樓設有配電站，「養」了十多隻的「牛牛」，真真正正是「六十五樓的牛牛」。將於2007年起分段落成，座落在九龍站址，高118層的環球貿易廣場，則會置有48「隻」澆注環氧樹脂的「牛牛」，最高的10台「飼養」在第100層。在大廈高層設置配電站，能減少鋪設超長電纜的成本，同時亦為整幢樓宇提供穩定可靠的電力。值得一提的是，外國大廈內的配電設備，是由物業發展商負責及管理，不過在香港則是由電力公司負責建設及運行。

本地工程人員的崛起

戰後的香港，電力供應系統基本上採用英國標準。但到六十年代中期，香港的用電量迅速增加，加上香港地理環境、氣候、風土與英國大相逕庭，於是乎一批生於斯長於斯的本地工程師，努力不懈地設計出很多配合香港獨特環境的輸配電系統。

例如香港不會下雪，而且濕度較高，亞熱帶氣溫也較英倫為高，所以適合英國的數據及分析，未必能在香港派上用場。因此，香港的本地工程師不可以盡信「書」，而是要摸着石頭過河，根據英國的標準並配合香港的情況，製訂合適的輸配電準則及網絡。

電力系統自動化

此外，本地工程師的努力不懈，最終亦得到管理層的肯定，例如於七十年代為電力公司，在輸配電領域，引入全方位的數據採集和監視控制系統，簡稱「SCADA」，成為東南亞首個採用同類系統的地方。目前，此類系統已發展到第三代，並成為業界標準。新加坡、馬來西亞及泰國等地的電力公司亦以此作為參考，經常來港考察，這不只是香港之光，更是工程師之榮。

其實SCADA一向於外地主要應用在發電廠及輸電系統中的主變電站，而香港工程師則首創用於配電系統上。這個遙距監控系統取代了以往以人手操作輸配電站開關的模式，以提升「供電可靠性」作為主要任務。

看似平平無奇的電線電纜，加上源源不絕的電力供應，背後則是多年來本土工程師努力的成果，亦證明技術實力無分國籍，不論華人西人，只要有才能者，都可創造一番成績。香港的兩間電力公司，在過去數十年所訓練出來的工程師，在發電及輸配電方面所作出的貢獻亦數之不盡，使香港電力的可靠性，能夠在世界名列前茅。



BLOG

技術博客

數據採集和監視控制系統

數據採集和監視控制系統是控制發電及輸配電中不可缺少的系統，使實時數據能進行資料處理，使供電能夠暢順輸送，遙測及遙控點的總和是數以十萬計的，而這些資料是由遠動終端機所收集。遠動終端機是數以千計。這個遙測及遙控的系統通常是設於電力系統控制中心之內。主要分兩個部份：電能管理系統及配電管理系統。電能管理系統能透過通訊網絡與發電廠及變電站的遠動終端機連接，進行電能的全面監視，持續不斷的調節發電量，配合用電的需求。配電管理系統則是與安裝在客戶樓宇內的變電站的遠動終端機連接，進行實時的監控。有了遙測及遙控系統，可以在控制室中心，將電力網絡中的高壓開關作出有需要的「開」或「關」。當然系統的主要功能還包括負載頻率控制、經濟調度、狀態估算及事故預想分析等設施。



圖2-1: 132/11千伏變壓器



圖2-2: 400千伏輸電塔(1)



圖2-3: 400千伏輸電塔(2)



圖2-4: 早期鋪設地底電纜

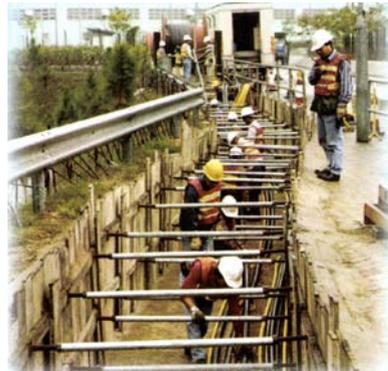


圖2-5: 鋪設地底電纜

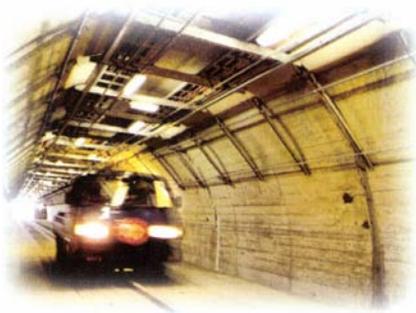


圖2-6: 華富一寶雲電纜隧道

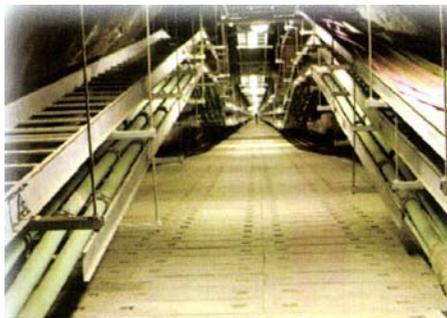


圖2-7: 隧道內的電纜



圖2-8: 鋪設海底電纜



第3章

變電站的歲月衣裳

引子

樓下有一扇大鐵門，長年緊閉，門上寫著「危險！高壓變電」。兒子每次經過，都覺得很好奇。這天，他放學回家，又經過這扇神秘的門。「咦，竟然打開了。」他走近，伸頭探望。

「小兄弟！」一位健壯的技師突然冒出來，把兒子嚇了一跳！「這裡是大廈的變電站，不可隨便進來！」

兒子連忙向內瞄了一眼，說：「裡面有什麼危險的東西呢？」

技師說：「因為輸入大廈的電力要變壓，才可供給家居使用。這些就是變壓的設備了。」

「那為什麼不索性直接向大廈輸入合適的電壓呢？這樣一來，不是可省卻一重功夫嗎？」

「從發電廠出來的電力，變的次數可不只一次呢！你看到對面馬路外，那一幢獨立玻璃幕牆建築物，就是主變電站呢！」

兒子轉身向技師所指方向，說：「那幢原來也是變電站？真看不出來！」

「對啊，你過去看看吧！」技師說完後，慢慢地把門關上……



別以為變電站只屬於技術設施，它隨著人們生活環境不斷改進，變電站的設計亦追上潮流，甚至融入四周環境，成為現代都市的一種標誌。想當年，舊式變電站的外牆一般呈泥黃色或咖啡色，在外面很容易看到那些灰色的變壓器，一派技術設施的風格。但新的一代變電站完全追上潮流，融入現代化社會。

小電站大角色

變電站有何用途？為什麼我們需要高壓變電站呢？

讓我們從簡單的物理學原理說起。把電從一處地方傳送至另一處，期間必有損耗。其損耗值相等於電流的平方乘以電阻(I^2R)。所以在長距離傳送大電量的過程中，要把電壓升高，以減低電流，從而減低損耗；當送到用電的地方，才把電壓降低至一般電器能用的水平，再分配到各家各戶。

此外，設計傳送電力的電壓及電流時，要考慮導體的大小和絕緣性能等要求。

在香港，家居用電的電壓是220伏，但在輸電途中電壓最高達400千伏。其他高壓電壓包括：275千伏、132千伏、22千伏、11千伏等。在六十年代，最高的電壓是66千伏，亦有33千伏的，不過，這些電壓現在已被淘汰了。變電站就是要把電壓轉變為適當的水平。

大型的主變電站設計別有乾坤

獨立的大型主變電站與普通的商住樓宇在建造上為何大相逕庭？變電站內通常是沒有人長時間逗留的，因為現時所有的變電站，都引進了遙遠監控技術。變電站內配備變壓器、開關設備及電纜等元件，並設有兩套主電池，作控制、通訊及訊號收發之用。

變電站中的關鍵設備是俗稱火牛的變壓器，原理跟一般電器用的變壓器差不多，但規模就大得多了，而且因為涉及極高壓的電流，故需要相應的保護及絕緣措施。例如以前變電站的地底都設有一個長方型的隔油池，主要作用是在變壓器因故障而漏油時，避免油洩漏出變電站外。隨著

科技日新月異，電力公司因不同環境及地方的需要，亦有採用乾式或六氟化硫的變壓器；這樣便毋須加建隔油池，對變電站的建築限制也減少了。

不過，變電站在設計上還要面對很大的挑戰，例如受到地域形狀所限制，如不規則的三角形狀、地面可能有不同的斜坡度，以及高度限制。與此同時，變電站必須有足夠空間，讓工程車駛入站內同時又可以掉頭，所以每一部分的佔地，都要盡量善加利用。

小組合變電站應運而生

過去，鄉郊地方大都以架空電線來提供電力。但由於架空電線屬於外露裝置，缺點是容易受天氣影響，因而影響供電的穩定性。

為了提高電力的可靠性，小型的組合高壓變電站便應運而生，同時更可以因應現場的環境，在外殼上配上不同的圖案，例如在郊野外，可以配以樹幹的綠色圖樣；在遊樂區，則可以配以卡通的圖案，千變萬化，各適其適。

這些小型的變電站，看起來儼如一個長型的貨櫃箱，高約二米半，長五米，寬二米。其功用是把地面電纜中的高壓電源，通過變電站內的變壓器轉變成低壓，再經由地底電纜把電送到用戶。站內的元件包括高壓電掣、變壓器、低壓配電板及其他控制設施。有了小組合變電站，減少外露裝置，電力供應就更可靠了。

散發綠色魅力

在這講究環保的時代，變電站的環保設計也大大加強了。縱使大變電站有源源不絕的電力供應，但現時電站都盡量善用日光及戶外光線，從而節省站內照明所消耗的電力。

變壓器的擺放也經悉心調度，以便運用流體力學的自然通風效果，來減少使用大型的散熱抽氣扇，節省電力消耗及減少噪音。新型變電站也採用了其他可持續發展的建築技術，如生命週期設計、保養及維修，搖身一變成為近代的「綠色變電站」。

隨著社會對環境保護及持續發展的需求，電機工程師除了對變電站有專業和深入的認識外，也要學習其他有關環保、節能、再生能源的應用知識。不斷學習，精益求精，才能提供更好的工程方法，應用新的技術設計及建造出更優良的變電站。

不斷創新，力求突破 – 這正正是工程師的一貫使命。

BLOG



技術博客

變電站的容積

普通大廈中的小變電站。電源大多是來自地底電纜，而其電壓是11或22千伏，經過變壓器將電壓降低至380伏特。變壓器的容量通常是1.5兆伏安，足夠一座大廈之用。因此，在一些大型的屋邨，變壓器的數目以至變電站的數目是會增加的。這些小的配電變電站會經由地底電纜連接到大的變電站。而大的主變電站則會有三至四台更大型的變壓器，其容積通常是30到60兆伏安。

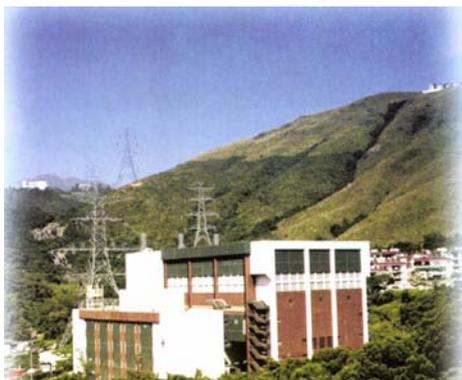


圖3-1: 將軍澳400千伏變電站



圖3-2: 天水圍B 132千伏變電站



圖3-3: 百周年 132千伏變電站



圖3-4: 數碼港275千伏分區變電站



圖3-5: 灣仔 132千伏分區變電站



圖3-6: 添馬275千伏分區變電站

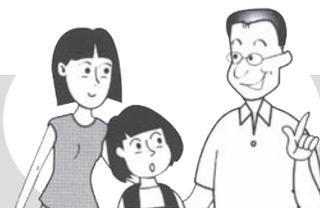


第4章

繼電器保護不言休

鐵腳、馬眼、神仙肚

引子



「十號颱風訊號現正懸掛，受颱風影響，教育署已宣布全港學校明天停課。」電視正播放風球消息，這時窗外剛好有雷電閃過。孩子們反而更興奮。

「太好了！明天不用上課！」小女兒跳起來說。

「不過，」大女兒若有所思地說：「我們不用上學，但應該還有很多人要緊守崗位，否則我們也不可安坐家中看電視吧！」

「對啊，天氣惡劣時仍能享用可靠的電力供應，是香港人的一大幸福呢。」爸爸聽到孩子們的談話，忍不住插口道：「在七十年代初，就曾因為颱風襲港而導致停電，一停停了好幾天呢！你們現在很難想像得到的了。」

「為什麼現在是很少停電？」

「因為現時香港供電系統都做好了周全的保護措施……」

對一般香港人來說，要隨時享用電力可謂不費吹灰之力。但很少人想到，除了倚賴發電機及輸配電的設備外，也靠周全的供電系統保護設備，以及裝配這些設備的專業電機工程師。

在七十年代初，在一場颱風中，有一塊大鐵片被巨風吹至一個輸電變電站的母線上，產生大量故障電流。剛巧電站的保護措施因等待工程而被關掉了，不能將故障迅速隔離，導致大停電。這次停電持續幾天，民生也大受影響。

保護措施的核心 – 繼電器

自此以後，對供電系統的保護措施，也即是所謂「繼電保護」就加強了這些措施的其中一個核心，便是「繼電器」。繼電器的作用是根據電力系統從中獲得電流及電壓的即時資料，來判斷系統元件的狀況。一旦發現故障，繼電器便自動將故障線路的開關打開，把故障從供電網隔離出來。那麼，局部故障便不會造成大範圍的破壞。

繼電器的安裝只是整個保護措施的第一步。之後的測試以及整套「繼電保護」系統在投產前的總運作測試都是極為重要的工作。若這些測試沒做好，繼電器就是安裝了也不一定能發揮作用，甚至可能會導致不必要的停電，近年來一些外國的大停電也是與此有關。

熟練工程師方能勝任

「繼電保護」在電力工程內是對技術要求特別高的一門專業。要成為熟練及專業的「繼電保護」工程師，至少要經過五至十年的專業訓練，並且要對電力系統有一定的認識。從最簡單的過流保護繼電器，到較複雜的保護系統，工程師都要經過嚴格的訓練，才能熟悉安裝、測試、運行和維修等的程序，並要累積不同的經驗，才可以承擔在設計及應用方面的工作。

負責「繼電保護」的工程人員亦是在電力系統投產前堅守到最後的工作人員。他們除了要熟習相關的專業技術外，還需要有「鐵腳、馬眼、神仙肚」的能耐：首先，在「繼電保護」設備所安裝的電站內，他們需要頗長時間站著工作，所以要站立得穩如鐵馬；眼睛則要打醒十二分精神注意繼電器

動作的旗號，這就是馬眼；在投產測試時更往往錯過用膳時間，若沒有神仙肚怎抵得肚餓呢？

科技進步提升「繼電保護」的可靠度

隨著科技發展，「繼電保護」技術也越來越成熟，大大提高保護裝置的性能和可靠性，也方便了對系統故障的事後分析工作。首先，在六十年代以前，繼電器都是電磁式或感應式的機械型設備。六十年代開始應用電子式的繼電器；到了八十年代，則引入內嵌了微型電腦的數碼式設備。九十年代數碼式繼電器漸趨成熟而廣泛應用，所以現時電站內的「繼電保護」設備都是非常嶄新的科技。

另外，「繼電保護」工程的效率也較以前大大提升了。從前沒有方便的通訊設備，測試用於「繼電保護」系統的「引導電纜」就全靠一個簡單的「電話頭」及一條「魔術線」。魔術線是以一個電阻及一顆兩極管半導體組成，有助加快測試速度。若要測試一個轉碟式的過流繼電器，靠的是手動按秒錶，用來測量由投入電流到轉碟轉行到接觸點所需的時間。

此外，測試繼電器時，往往需要超過一名工程師在場地不同的位置分頭工作，雙方要不斷通訊交換數據和測試狀況，很花時間。但時至今日，過流測試有數碼設備可用，容易及準確得多，而有了手提電話，工程師實地測試時的通訊也更方便，所以魔術線現在已經很少人使用了。

保護技術精益求精

隨著電力行業不斷的發展，「繼電保護」的技術在全球仍需不斷進步。例如，在外國很多電網原本並非為買賣電力或長距離大量輸電之用而設計的，但在電力市場開放後，這種輸電網絡的運作模式卻對「繼電保護」產生了很多掣肘。在正常運作時，這些掣肘是可以克服的，但當發生嚴重事故時，「繼電保護」為要保護個別線路，便要將故障隔離，這卻可能會導致骨牌效應，使很多地方停電。這種情況在外國屢見不鮮。所以「繼電保護」要發展成能夠為整個網絡提供全面的系統性保護，尚需很多研究及實踐。

不過，現時香港的供電系統已變得十分可靠了。事實上我們電力系統

「繼電保護」的可靠性是全球數一數二的。例如以前只有一套保護系統，現已改成兩套的主保護及一套後備保護。

雖然七十年代距今不遠，但大部份香港人已對大停電完全遺忘了。「繼電保護」措施及確保它們可靠運作的工程師們，正是東方之珠全天候發放異彩的功臣。



BLOG

技術博客

繼電保護

在電力系統中，「繼電保護」是不可缺少的。其功用是在電力系統發生故障時可以保護電力系統，使有故障的部份可以盡快隔離，而其他未受到影響的部份能繼續正常運作。繼電器保護的任務是自動、迅速、有選擇性將系統中的故障隔離，或在系統出現不正常運作情況時，發出各種信號提醒系統控制人員作出適當的反應。繼電器保護裝置已經由電磁機械型繼電器，發展到半導體型繼電器，進而發展到了以微機為中心的數碼式綜合型繼電器，其保護對象包括了發電機、變壓器、電力輸電線路、電力配電線路(架空天線與地底電纜)和電力電容器等各種電氣設備。繼電保護種類主要有：過電流保護、差動保護、母線保護、變壓器保護等。



圖4-1: 電磁機械式繼電器(1)



圖4-2: 電磁機械式繼電器(2)



圖4-3: 電子式繼電器(1)

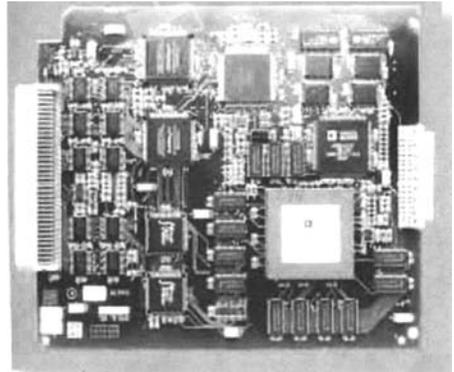


圖4-4: 電子式繼電器(2)



圖4-5: 數碼式繼電器(1)

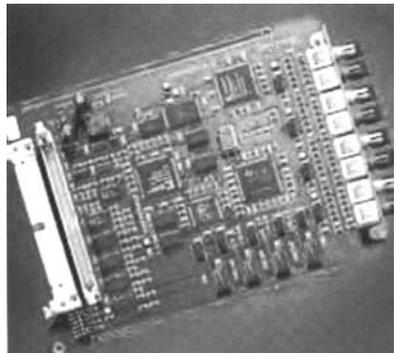


圖4-6: 數碼式繼電器(2)



第5章

點燈思源

淺談家居供電方式的演進

引子

小女兒剛用電腦做完功課，步出客廳想要輕鬆一下，電視正播放新聞報道。

「近日內地A市供電緊張形勢加劇，各學校為了保證高考學生如常溫習，不但向外借電及自行發電，還組織學生買來電筒、蠟燭應急，共同渡過電荒。」電視播放出學生拿著電筒讀書的片段。

「電也會不夠用的嗎？」小女兒回頭看看自己的房間，才注意到自己忘了關燈，不禁感到有點慚愧。

「現在的香港當然不會不夠電用，但我們也應該節約用電。」爸爸回答說：「但幾十年前，電力照明是奢侈品，一般家庭均『惜電如金』，而且為了節省用電，還出盡怪招，險象環生呢。」



電燈泡在1879年由愛迪生研發，迅即成為最重要的電器之一。現時一般家庭擁有數十種不同種類的電器，所以用於照明的電力大概僅佔總用電量百分之十五。但曾幾何時，有很多家庭中的唯一電器，就是電燈了。

一種電力，兩種收費

電力曾是高消費品，因此很多人不需照明時必定會關掉電燈。電燈的用電量當然比風扇及電飯煲等電器少得多。五十年代，香港的供電分「粗電」與「幼電」。「幼電」是供電燈作照明之用，「粗電」則用作其他電力的應用。以電的本質來說，「粗電」的電與「幼電」的電是一樣的。兩者的主要分別，是透過不同的供電路線，提供不同電流的電力，並藉此計算不同的收費。以一個五十年代的家庭為例，「幼電」所經過的電錶為五安培，而「粗電」所經過的電錶則為十安培。「粗電」則較「幼電」便宜約百分之三十，所以當年的電費單會分別列出粗、幼電的耗電量，以及各自的收費。

由於粗、幼電價格相異，人們的消費能力又有限，當時社會上就出現了很多今天已不復見、甚至不能接受的用電方式：由於「粗電」的價錢比「幼電」便宜，有些人到晚上竟以插頭在「粗電」的插蘇取電，經電燈的燈掣，將「粗電」接通「幼電」的線路把電燈點亮，藉此節省電費開支，這不誠實又危險的做法絕不可取。

另外，不少人遇上喜慶日子想在家款待親朋，便會在房子外的街道上擺設晚宴。但是當時街上還未有照明，宴客者便會安裝一些臨時電燈。若住戶使用的是幼電，電力僅為五安培以下，多點電燈會燒菲士（保險絲），所以便把街上的臨時電燈接線到鄰居的電源上。可是他們畢竟不是專業人士，連接電線的水平不高，故很容易造成短路，燒掉電線。故障嚴重的更可引起火警，後果不堪設想。

隨著用電量不斷增加及電器用品的發展，粗幼電分家在七十年代中期便劃上句號。以往分別供應粗幼電的兩個電錶，亦漸漸被安培數值較大的單個電錶所取替。一般來說，現時普通家庭的最低配置已是三十安培的電錶了。

供電入室考功夫

早年申請供電也不如現在般直接簡便。首先，用戶申請安裝電錶時要先付按金，並且需輪候一段時間才獲安排安裝工程。電錶安裝工人以當時稱為大頭車的單車代步，每天僅能安裝約八至十個電錶。當時的唐樓沒有電錶房，只好把電錶安裝在地下樓梯底。工人還需自備「架生」，甚至向居民借用木梯，才能把電錶掛上。接駁電錶的工作也特別花氣力，因為當時的電線外皮是又厚又堅硬的「鉛皮」，不易剪開。後來PVC塑膠皮電線出現了，接駁電錶的工作才較輕鬆。

由於電力公司不會登堂入室為用戶檢查電力裝置才安排供電，所以在安裝電錶後，由電錶至入屋的電線均由用戶自己負責。早期電力保護依賴用鉛線造的保險絲，較難購買。萬一燒掉了，好些用戶便從俗稱「多芯線」的原子線中取出其中一條幼線代替保險絲，可是靈敏度相差很遠，所以安全程度也相對大減。

此外，在早年由於供電設施對所供的電量有所限制，人們購買電器時也不能隨心所欲。當時甚至有屋苑或樓宇規定，住戶要先申請才能安裝冷氣機等大耗電量的電器。若有人不合作，私自安裝了耗電量過大的電器，便可能造成線路負荷過重。倘若家裡沒有合適的斷電裝置，在故障時是靠供電的總掣跳開去中斷電路，便有可能造成全層樓停電。

安全供電締造完美家居

幸好現在家居供電已變得系統化，安全程度亦大大提高。首先，現今的法例規定，所有獲供電單位的插座必須設有漏電斷路器，並在供電前由合資格電業人士檢查及簽發WR1表格，才可以供電。再者，大部份新落成的樓宇均設有分層上升總線裝置，屬於「三相」供電，可支援耗電量較高的電能產品，如即熱式熱水爐等，居民可以享有更大的自由去選用所需電器。

過去六十年，香港家庭的供電及用電方式與時並進，人們生活也因此變得越來越方便舒適。拜法例嚴格執行及電機專業人士的服務所賜，現在

香港人選購電器時都不用再為供電設施而煩惱，所以一般人家中電器種類之多、應用之廣，恐怕已遠超愛迪生的想像了。

BLOG



技術博客

電錶

電錶的主要功用是量度所用電的能量，從而作計算電費之用。用電的單位是千瓦小時，即俗稱一度電。以一個25瓦的走廊電燈為例，一度電可使其不停地照亮40小時。舊式的電錶是電磁機械轉碟式，而最新的電錶已使用微機組合，它更可將所錄取的資料，傳至中央的資料收集中心，以作計算用電量之用。電錶最重要的是其準確度及長期穩定性。隨著微機組合電錶的出現，最新電錶的功能亦更多元化，可以記錄用電負荷及分段時間用電量，不同時段亦可作不同的收費。

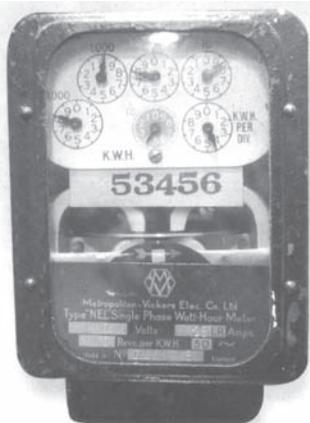


圖5-1: 舊式電錶



圖5-2: 單相電錶



圖5-3: 三相電錶



圖5-4: 舊式電錶裝置(1)

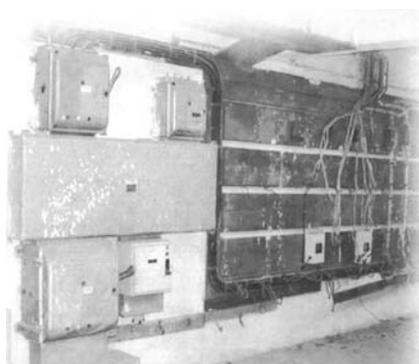


圖5-5: 舊式電錶裝置(2)

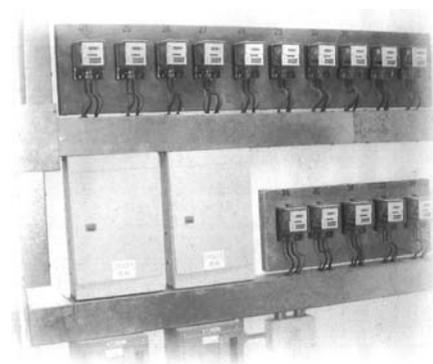


圖5-6: 井井有條的現代電錶裝置



第6章

燈的哲學

燃亮自我、照耀他人

引子

有天爸媽經過珠寶店，媽媽目不轉睛盯著櫥窗內閃爍璀璨的火鑽，一隻手不停地拉著爸爸的衣袖。

機警的爸爸馬上意會到她的心意，所謂「君子不立危牆之下」，爸爸立即轉換話題：「老婆，你知道鑽石為何這麼奪目耀眼嗎？」

「喔？是為了什麼呢？」媽媽從容地答，眼睛一刻也沒離開過那些閃閃生輝的寶石。

「那主要是因為珠寶店用了特別燈光。」爸爸以專家的口吻說：「假如把鑽石放在普通燈光下，可能大為失色。這原理跟豬肉檔故意挑選出能令豬肉看起來新鮮可口的燈光一樣。」



爸爸胸有成竹。以為打消了媽媽的購買意欲，冷不防媽媽回贈一句：「真的嗎？那我們就買顆回家試驗一下吧！」

燈常與好人好事拉上關係。哲人把崇高道義喻作人生的「明燈」，堅定信念是衝破困難的「領航燈」，漫畫家必用燈泡表示想通問題或想出好主意。第一盞人類發明的油燈，距今已至少有二萬多年了。後繼而來的燭燈，據說是羅馬人在耶穌出生後發明，但當時蠟燭價格高昂，非一般人能負擔。一七八零年起的工業革命，催生了無數石破天驚的新發明，後來「電燈之父」愛迪生研發鎢絲燈泡，更是對後世影響深遠。

燈火點點話當年

現在的燈泡林林總總，有透明膽、奶膽、慳電膽以至發光二極管，又有白光、黃光和七彩繽紛的霓虹燈飾。幾十年前，香港的燈泡全部都用人手製造，連吹玻璃都由工人包辦。當時燈泡有大、細膽之分。大膽用於一般照明，細膽則廣泛用於電筒以至酒樓晚宴中乳豬的「眼睛」。

香港曾經擁有成千上萬的山寨式燈泡工廠，許多人就在家裡製造燈泡。到六十年代，飛利浦在葵涌建立了其全港首家燈泡廠，引入先進生產線技術，燈泡製造亦逐步邁向自動化。自此，燈泡生產逐漸成為香港的龐大的工業支柱，更曾是重要的出口產品。

小燈泡大學問

早期燈泡功率(俗稱「火數」)甚低，只有5至10瓦，所以光度不強。燈泡有「釘頭」及「螺絲頭」兩種接腳。釘頭英文稱為Bayonet Cap，簡稱BC頭，是英式接腳。螺絲頭則像螺絲般轉入燈泡座。對安裝燈泡的人來說，釘頭燈靠兩個小接觸點帶電，不易被觸摸，所以較安全；相比之下，螺絲頭帶電面積較大，較危險也易裝錯。釘頭廣泛應用於歐洲生產的燈具，也是多處政府指定使用的。不過由於使用螺絲頭的日本及台灣燈具價格較便宜，所以後者在香港漸受歡迎。

六十年代的燈泡在當時算是昂貴用品。因此公共地方及梯間的燈泡都會套上鐵線造的「豬籠罩」，以防被盜竊。

燈泡有個好兄弟——光管，兩者各有優點。光管在戰後才普及，當年及現時的售價都比燈泡更昂貴，但勝在「長命」，而且在相同用電量下光度較

強。燈泡啟動後更快全亮，但壽命只有五百小時左右，之後便要更換；在需要長期照明或燈火較盛的地方，光管或較實際。

百變色溫映照斑駁繽紛世界

早期的光管多呈青色，按行內術語說是「色溫較高或冷」，色調有欠自然，甚至有點「詭異」。現在技術已大為躍進。不過香港屬亞熱帶地區，人們慣用色溫較冷的藍光管，以營造「熱帶日光」效應，散發更涼快的感覺。

另外，有很多人買光管時，都以為愈白愈亮。其實白光的實際光度較低，只不過比較刺眼，所以產生了較光亮的錯覺。反之，暖和的淡黃光調能散發較暖、溫馨的感覺，實際光度也未必遜於白光，不過這要靠儀器量度才能得知了。

美豔華衣靠燈光

依情況選用合適照明，原來大有學問。街市肉檔以200瓦燈泡照鮮肉，看來更鮮美。同樣，珠寶店採用售價比普通燈泡較貴的「冷膽」，這種燈泡附有一個特別設計的反射罩，能把熱力向後散走，使顧客看珠寶時看得更舒服。以前更曾有高級百貨公司，為了使顧客試穿衣服時感覺更自然，特地找來燈具供應商經過多番測試，才選定所用的光管呢。

若稍花心思，燈光更能提升辦公效率。光管因其發光原理，是按交流電的頻率而不斷閃動的，只是因閃動速度太快（在香港是每秒鐘五十次），肉眼看不出來，但這樣一來會令人們在不知不覺間覺得疲憊。把兩支光管及特定的電路元件連接起來，使驅動兩支光管的電流的相位調轉，兩支光管的明暗變化便剛好互相抵消。這種裝置行內稱為「孖管」。人們在孖管下工作，效率更高，所以也減少了因為疲憊而產生意外的風險，不少工廠均有採用。

電燈售價也每每與光色掛鉤。一般人以為白燈性能較高，常視作首選，供應商也順勢調高價格。原來白燈的成本與其他色溫的燈相若，只是市場需求有別，可謂「同燈不同命」。這種價格差異也造成了有趣現象。以兩幢並排的樓宇而言，行內人單從後樓梯間的電燈色溫，就估計到大廈用料如何了。

繼後「新」燈

電燈的發展史悠久綿長，非短短數行能盡錄。由兩個世紀前碳弧燈、白熾燈和放電燈百花齊放的年代，到一八七九年愛迪生解決了燈絲過熱及熔點問題，同時建造了持久真空狀態，第一顆完整可用的白熾燈才問世。

儘管白熾燈風行過百年，但人類仍不斷尋求新方向。新興「極光燈」藉減省電極氣體離子化，延年益壽至六萬小時。近年(即二零零六年)，時興的發光二極管成為業界新貴，因其壽命長達十萬小時，是不折不扣的「長命燈」；而且操作電壓極低，又可調光調暗和轉換色調，還可配合控制系統演化出千變萬化的色彩及圖案模式，實在商機無限。

若愛迪生尚在人世，看到電燈技術不斷蛻變、日新月異，應該感到驕傲還是驚訝？無論如何，正是愛氏當年那份挑戰極限，知難不退的精神，啟導了後世電燈業一日千里的發展。每當工程師研發出一種新燈，每當電工裝上一顆新燈泡，每當夜幕低垂、千家萬戶亮起點點燈火，美麗的東方之珠便愈加璀璨！



圖6-1：高壓壓鑄鋁道路照明燈



圖6-2：圓柱頭型(透明膠罩)照明燈



圖6-3: 膠罩道路照明燈



圖6-4: 柱頭型行人小徑照明燈

BLOG



技術博客

發光原理

電燈泡是白熾燈，是一種把幼細絲線(即鎢絲)通電加熱至白熾發光的燈。電燈泡外圍由玻璃製造，把燈絲保持在真空，或低壓的惰性氣體之中。作用是防止燈絲在高溫下氧化。

鹵素燈泡，亦稱鎢鹵燈泡，在高溫下，燈泡內的部分鎢絲會被蒸發，從而與鹵素進行化學作用，但蒸發的鎢會重新凝固在鎢絲上，形成平衡的循環，避免鎢絲過早斷裂。因此鹵素燈泡比白熾燈更長壽。

螢光管或稱光管，是一種照明裝置，使用電力在氬或氖氣中激活水銀蒸氣，形成電漿並發出短波紫外線，令管壁上的磷質發出可見的螢光以照明。一般的螢光管以玻璃製造，在兩端裝有插口以連接電源及固定螢光管的位置。與電燈泡不同，螢光管必須設有鎮流器以控制進入螢光管的電流。

此外，一些小型的螢光管，鎮流器會被裝置在光管內，令它可以用在傳統燈泡的燈頭插座上，又稱「節能燈泡」或「慳電膽」。



第7章

永不言倦的守路者

街燈

引子

「老寶，當年你與阿媽約會的『老地方』在哪裡？那一定是個既浪漫又富情調的地方了。」小女兒一面頑皮的說。

爸爸笑了，毫不諱言答道：「對呀，那是世界上最浪漫最有詩意的地方……」

小女兒插嘴：「嘩！是山頂嗎？是淺水灣？尖東海旁？還是……」



這時媽媽也笑了：「錯了！是樓下「士多」旁的街燈。」

小女兒一臉茫然，對這個答案大惑不解。

媽媽接著說：「由我跟你爸爸第一次邂逅、第一次談心，到他鼓起勇氣向我求婚，這枝街燈都照亮著我們。現在我們的孩子都大了，街燈依然每晚照亮街道。每當我們路過，都會回想起當年的溫馨呢！」

看到媽媽甜絲絲的樣子，爸爸有點不好意思，立即換個話題：「你知道嗎？每枝街燈都見證著人間的悲歡離合。多年來，街燈無論在外型和性能上都經過多番演變呢……」

香港享有東方之珠的美譽，除因為高樓林立、萬家燈火，路上的街燈也功不可沒。點點微黃燈火為香港繪畫出醉人夜色，訴說著由小漁港演變為國際大都會的黃金歲月。

一八九零年，港燈為香港建造了第一枝電氣街燈，首五十枝電氣燈在中區德輔道大放異彩，港燈也由此命名。九龍的首枝街燈則豎立於尖沙咀碼頭，至一九三二年已增至八百枝。時至今天，全港街燈數以十萬計，遍佈城內、新市鎮及衛星城市。

社會演變的寫照

百多年來，街燈外型幾經演變，反映著社會變更。四十年代前的街燈典雅而美觀，極富殖民地色彩。五十年代後，香港工業發展蓬勃，地區規劃一日千里，街燈亦變得簡約實用。千禧年代的街燈更集兩者大成，把美觀、實用和高效率的特點兼收並蓄。

街燈外貌也充滿社區特色。例如上環海味街和西港城的街燈一身朱紅，富懷舊氣息；觀塘工業區藍色的街燈，帶出另一番特色；北潭涌郊野公園的街燈是樹幹色，與大自然融為一體；而香港迪士尼度假區則是墨綠色，予人帶出愉快心情；鴨脷洲橋的街燈獨具船錨設計，一派避風塘韻味；山頂的裝飾街燈則盡顯百老匯色彩，搏得遊人讚賞。林林總總，不能盡錄。

功能十八變

除了外觀與時並進，街燈技術也日新月異。最明顯的轉變是由六、七十年代的白光高壓水銀氣燈，演進為八十年代後的黃光高壓鈉氣燈，先後出現深黃低壓鈉膽和金黃高壓鈉膽。白光燈容易吸引飛蟲，燈頭要經常打開來清潔。現時的燈頭已採用密封式設計，防水防塵及防蟲。

早期香港兼用煤氣和電氣街燈，雙管齊下。一九三二年，全港煤氣街燈超過一千九百枝，電氣街燈就有了八百枝。但到了三十年代末，政府全面採用電氣街燈，揭開了街燈電氣化的新紀元。

科技躍進也為街燈「延年益壽」。燈膽壽命由最初不足一百小時，延長

至一九三二年的二千小時，到現時一般長達一萬三千小時（約等於三年）。能源效益也日益提升：原始的白熾燈每一瓦電，只能發出十流明的光亮度，不過，到了高壓水銀氣燈便增至每瓦五十四流明，後來的高壓鈉氣燈更挑戰每瓦一百二十七流明。（流明是量度光度的單位。）

傳統街燈的開關時間跟隨日出日落，由於四季日長有別，工作人員每兩週便需到電掣房調校時間掣。直至八十年代，街燈逐漸引入光敏感應器，按現場光度開關。即使正午但遇上暴雨昏天暗地時，街燈也會自動啟動，照亮市民回家的道路。一般光敏感應器設於燈頭頂部或獨立的控制箱內，安裝時還需注意會否被附近的人工光源（如霓虹燈）干擾。

開關與選址有學問

街燈選址也取決於能源供應。早期的氣燈需配合煤氣管，後期又有利用天線供電及將路燈安裝在天線上，成為「吊燈」；若安裝在建築物外牆，就要以天線或地線供電，俗稱「牆燈」；更有把電線鋪在地下及以導管作保護，再把街燈安裝在柱上；有些更安裝在行人天橋上，一支一支的光管燈照在橋面上，形成獨特的圖案；當然少不了橋底燈和後巷燈。

原來除了人對街燈有要求外，植物對街燈亦有反應。高壓鈉氣燈是會影響一些農作物的正常生長。因此在新界農田附近選擇街燈的位置，須加倍小心。有時更須加裝特製的遮光板，以免影響它們的生長。

用途古怪花名多

街燈外型不斷轉變，燈頭的別名也層出不窮，像電飯煲、珍寶珠、飯鏟頭、黑背脊、哨牙仔、大白鯊和大面盆等。名稱由來也許只有業內人士才懂，但聽起來也風味十足。

在六、七十年代，香港鼠患頗為嚴重，為了幫助市民正確處理捉到的老鼠，政府在部份燈柱掛上老鼠箱，收集捉到的老鼠，箱內有消毒藥水以免發生鼠疫。當時流行的一句話「電燈柱掛老鼠箱」，典故便源於此。

當年的街燈，還有一個很特別的用途，就是每當風雨過後，便會有些

俗稱「和味龍」的龍蟲在燈下飛舞，這些小昆蟲是小朋友的小玩意，甚至是某些人的美味小食！

未來發展千變萬化

科技突飛猛進，為街燈的未來發展創優增值。這包括引入電磁感應燈、具光暗調節功能的電子火牛及藏於燈柱內的電子監察系統，使街燈操作更安全、穩定、長壽省電節能和更有效率。電磁感應燈壽命長達十四年，有助減少更換次數，在汽車川流不息的地段可大派用場。

此外，在屯門及荃灣等一些偏遠的地方，安裝了一些太陽能街燈，正在測試及監察中。另一個新穎概念是在石澳、大潭、南丫島等偏遠地區的街燈配電箱中，安裝GSM接收器，這樣就可在設於筲箕灣的控制中心遙控操作，毋須大費周章派員親身到場，電腦也會準時通過GSM系統開關街燈。在九龍和新界區更安裝了多套電子節能系統，在不影響道路安全標準的情況下，調低功率，節約能源及保護環境。有趣的是，GSM是無線通訊技術，原本為手提電話通訊而設計的，將之應用在街燈控制，真是很具創意呢！

現代科學技術，把人工照明推至高峰。而照明用途更由實用性的普通照明：如道路照明、廣場照明等，發展至美化環境照明：如建築物夜景照明、多元空間立體照明，各款各式，種類繁多。

不過，在眾多的照明設備中，街燈與我們的生活更有著不可分割的關係及感情。因為當人們天寒地凍連夜加班、「飢寒交迫」熬至午夜才趕路回家時，沿途送上溫暖和光明的，就是這些永不言倦的守路者。

BLOG



技術博客

發光二極管

論到最新的燈光科技，不得不提發光二極體。發光二極體的發光原理是將電能轉換為光，也就是對化合物半導體施加電流，透過電子與電洞的結合，過剩的能量會以光的形式釋出，達成發光的效果，屬於冷性發光。現時維港兩岸亦有好些建築物安裝了裝飾照明，就是使用了發光二極管來營造璀璨奪目、千變萬化的燈光效果，各位能否看得出哪幾幢用上了這種照明技術？



圖7-1：早期位於中區的街燈



圖7-2：舊款街燈



圖7-3：高壓鈉膽裝飾燈



圖7-4：早期街燈維修工程

〔第一卷完〕

辭彙表 Glossary

英文名稱(簡寫)	中文名稱(俗名)
Air Circuit Breaker (ACB)	空氣開關
Air-conditioning	空調(冷氣)
Alternating Current	交流電
Arc Fault Test	故障電弧測試
Atmospheric Pressure	大氣壓力
Axle Counter	計軸器
Ballast	鎮流器
Bayonet Cap	釘頭
Boiler	鍋爐
Bushing	套管
Cable Tunnel	電纜隧道
Cast Epoxy Resin	澆注環氧樹脂
Coal-fired Generation	燃煤發電
Colour Rendering	顯色性
Combined Cycle	聯合循環
Cooling System	冷卻系統
Copper Wire	銅線
Counter Weight	對重
Crosslinked Polyethylene (XLPE)	交聯聚乙烯
Current Leakage Circuit Breaker	電流式漏電斷路器
Direct Current	直流電
Discharge	排放裝置
Distribution Management System (DMS)	配電管理系統
Double Decker	雙重機箱升降機
Earthing	接地
Edison Screw	螺絲頭
Electric Vehicle	電動車
Electromagnetic Induction	電磁感應
Energy Management System (EMS)	電能管理系統
Ethylene Propylene Rubber (EPR)	乙烯-丙烯合成橡膠
Extra High Voltage	超高壓

英文名稱(簡寫)	中文名稱(俗名)
Fault	故障
Floor Trunking	電線地槽
Flue Gas Desulphurization Facilities (FGD)	烟氣脫硫裝置
Fluorescent Lamp	熒光燈(光管)
Flush Mounted Floor Trunking	平嵌式地槽
Fuse	保險線(菲士)
Gas Turbine	燃氣渦輪
Generator	發電機
Glare	眩光
Halogen Lamp	鹵素燈泡
Harmonic Effects	諧波干擾
High Pressure Sodium Vapour Lamp	高壓鈉燈
High Voltage Electricity	高壓電力
High Voltage Motor	高壓馬達(摩打)
High Voltage Surge	高電壓脈衝
High Voltage Switchgear	高壓開關
High-frequency Fluorescent Lamp	高頻熒光燈
High-frequency Induction Lamp	高頻無極感應燈
Hybrid Vehicle	混合動力電動車
Hydrochloric Acid	腐蝕性鹽酸
Incandescent Lamp	白熾燈
Induction Lamp	感應燈(極光燈)
Inductive Loops	感應線圈
Insulation Oil	絕緣油
Insulator	絕緣子/絕緣體
Insulator String	絕緣子串
Interconnection	聯網
Internal Combustion Engine	內燃機
Iron Core	鐵芯
Isolation Transformer	隔離變壓器
Kilo Watt Hour (kWh)	千瓦小時
Lead Acid Battery	鉛酸電池
Light Emitting Diode (LED)	發光二極管
Lightning	電擊(閃電)
Lithium Battery	鋰乾電池
Low Voltage Distribution Board	低壓配電板

英文名稱(簡寫)	中文名稱(俗名)
Lumen	流明
Mega Volt-ampere (MVA)	兆伏安
Megawatt (MW)	兆瓦
Melting Point	熔點
Meter	電錶
Motor	摩打, 又名馬達
Mineral Oil	礦物油
Nickel Cadmium Battery	鎳鎘電池
Nickel Metal Hyride (NiMH) Battery	鎳金屬氧化物電池
Noise	雜訊
Nuclear Power Station	核電廠
Ohm's Law	歐姆定律
Oil Circuit Breaker (OCB)	油斷路器(油開關)
Oil-immersed	油浸式
Overhead Line	架空電線/架空線
Overload	過載
Pilot Cable	引導電纜
Plug-in Hybrid Vehicle	電網充電混合型電動車
Power Cable	電纜
Power Quality	電力質素/電力質量/電能質量
Power Station	發電廠
Pressurized-water Nuclear Reactor	壓水式核能反應堆
Primary Cell	一次電池(原電池)
Pumped Storage Power Station	抽水蓄能發電廠
Raised Floor Trunking	高架地台底槽
Rechargeable Battery	可再充電電池
Rectifier	整流器
Relay	繼電器
Relaying Protection	繼電保護
Renewable Energy	可再生能源
Residual Leakage Current Circuit Breaker	漏電斷路器
Rewind	重繞
Rotor	轉子
Secondary Cell	二次電池(蓄電池)
Selective Catalytic Reduction Facilities	除氮裝置
SF6 Gas Circuit Breaker (GCB)	六氟化硫氣體斷路器

英文名稱(簡寫)	中文名稱(俗名)
Short Circuit	短路
Silicon Copper Film	硅銅片
Silicon Oil	矽油/硅油
Socket	插蘇
Solar Generation	太陽能發電
Stator	靜子
Steam Tank	蒸氣缸
Steam Turbine	蒸氣輪機(蒸氣渦輪機)
Submarine Cable	海底電纜
Substation	變電站(火牛房)
Sulphur Hexafluoride (SF6)	六氟化硫
Supervisory Control and Data Acquisition System (SCADA System)	數據採集和監視控制系統
Switchgear	開關裝置(電掣)
Temperature Rise Limitation Test	升溫限制測試
Tower, Pylon	電塔(天線塔)
Traction	曳引式
Trainborne Computer	主電路
Transformer	變壓器(火牛)
Transmission and Distribution Network	輸配電網絡
Tripping	跳掣/跳閘
Tungsten Halogen Lamp	鹵光燈
Turbine	輪機/渦輪機
Type Test	類別測試
Ultra-low Sulphur Coal	超低硫燃煤
Under Floor Trunking	藏地式地槽
Underground Cable	地底電纜
Uninterruptible Power Supply (UPS)	不間斷電源系統
Vacuum Circuit Breaker (VCB)	真空斷路器(真空開關)
Vacuum Tube	真空瓶(真空樽)
Variable Voltage Variable Frequency (VVVF)	變壓變頻控制
Volt, Kilovolt	伏, 千伏
Watt	瓦特
Winding	線圈/繞組
Zinc Battery	鋅乾電池

對電學有貢獻的歷史人物

一. 與電力單位有關的歷史人物

想一想百多年前，全世界都沒有發電機，沒有電燈，「電」只不過是一個名詞。以下簡單介紹「電」的發展史上的一些著名人物，他們在整個電氣世界有很深遠的影響。



1. 庫倫 (Charles Augustin de Coulomb) (1736-1806)

在1785至1791年間，發表了七篇有關電與磁的重要論文，當中包括了電的吸引及排斥定律，電的分佈及庫倫定律。電荷的單位亦以「庫倫」命名。



2. 伏特 (Alessandro Volta) (1745-1827)

在1800年他發明了第一個電池，以一系列金屬磁碟，以酸或鹽水浸泡了的紙板將磁碟分開，從而產生電流。電壓的單位是以「伏特」命名。



3. 安培 (Andre Marie Ampere) (1775-1836)

經研究發現，通有電流的長直導線，在其周圍所建立的磁場強弱，和導線上的電流大小成正比，和導線距離成反比。至於導線周圍磁場的方向亦可判斷，這就是安培右手定則。電流的單位是以「安培」命名。



4. 歐姆 (Georg Simon Ohm) (1787-1854)

是經過十年的實驗，在1826年他發現許多物質有一個特性：在一定的電壓範圍內，電阻是定值，這就是歐姆定律，而電阻的單位，是以「歐姆」命名。



5. 法拉第 (Michael Faraday) (1791-1867)

從事電流與磁鐵相互作用的研究，最終發現馬達的原理，確立現在製造馬達的基礎。他在1833年所提出電解法則(定量地算出電能與化學能之間互換的關係)，對化學、合金等是有很大的貢獻的。電容的單位，是以「法拉第」命名。



6. 亨利 (Joseph Henry) (1797-1878)

是第一個製造出第一部能夠實際運作的電磁鐵，1830年他發現變動的電流和感應電壓之關係。電感的單位是以「亨利」命名。



7. 赫茲 (Heinrich Rudolph Hertz) (1857-1894)

在1887年，他提出了製造電磁振盪器的方法，後來又在實驗中觀察了電磁波的反射、折射等現象。證明電磁波能在空氣傳播，其速度為光速，頻率的單位亦以「赫茲」命名。

二. 電學之父 – 法拉第

法拉第在1831年提出他一生中最重要的發現「電磁感應現象」。在當時用電流環繞一塊鋼鐵，使它成為磁石是普遍認知的事，而由磁能可否轉成電能，則尚未有人知曉，但是法拉第則時常想著這個問題。有一天，他得到一塊圓柱形的長型磁石，長約八吋半，直徑約為四分之三吋。他以二百二十呎長的銅絲，繞成一個中空的圓柱形，並在銅絲接上電流計上。實驗的結果是沒有在銅絲上發現電流。法拉第突然靈機一觸，把整塊的磁石快速插入中空的銅圈中，電流計上的指針就移動了，因此他又快速的將磁石抽出，指針又是在移動。於是一種以感應方法產生的電流就出現了。當然要證明指針的移動不是偶然的。他又做了多次的實驗證明電磁的感應現象。有了第一次的實驗基礎，法拉第再向前邁進，終於發明了全世界第一台的發電機。當然，這一台發電機是很簡陋的，但這卻是日後複雜發電機的始祖。法拉第將這一項發明公諸於世，使電機的發展，造福人群。

其實法拉第對學術與科學是十分有見地的。當時英國學術界是反對在學校教授自然科學的課程。自學出身的法拉第對此感到十分驚奇與不解。因此，他訂下了兩個計劃：第一個是舉辦講座，名為「星期五晚上的演講」，其中有聽眾親自參與的實驗，也有大家一起討論的，使年青人對科學產生很大的興趣；第二個計劃是在每年的最後一星期及最初一星期，舉行科學講座，對象是小朋友，目的是引導他們科學的思維。當年法拉第已經是六十九歲，他對科學的熱忱依然不減，令人敬佩。前英國電機工程師學會每年均作出一系列的演講，名為「法拉第講座」，宣揚電氣的發展，對年青人啟發，亦是追隨這一個偉大的意念。

編後語

「EE筆寫」一書能夠如期在二零零六年十月出版，是香港電機工程界一個重要的創舉。本書由構思、搜集、寫稿、配圖、編輯、排版及印刷，歷時兩載，這一切有賴各工作小組成員的心血及努力。而更重要的是得到業界前輩的幫助和支持，使出版這本書的理想能夠實現。同時，我們承蒙梁維新教授賜序，並得到各公司機構及政府部門提供珍貴資料及圖片，又獲得博達公關有限公司協助編寫本書。在此，謹代表香港工程師學會電機分部向各有關人士送上衷心的感謝。

天下無不散之筵席，現在我們來到書中的最後一段，確實難掩小組成員依依不捨之情。當我們努力整理這些已被淡忘的零碎記憶時，就彷彿坐在時光機重返昔日，感受著一班不辭勞苦、默默耕耘的電機工程人員在不同工作領域上所創出的成績。希望業界各方友好能在此起點上，延續寫下電機工程趣誌的理想，讓普羅大眾對電機工程有一個更廣泛的認識，為香港發展史留下多一點的回憶。

香港工程師學會電機分部
香港電機工程發展趣誌
「EE筆寫」工作小組

主席： 戴德謙工程師
委員： 王志亮工程師
朱琰光工程師
李榮健工程師
何世景工程師
何志誠工程師
胡萬城工程師
高志偉工程師
容啟民工程師
黃永輝先生
崔志雄工程師
梁志明工程師
梁建民博士工程師
陳福祥博士工程師
陳龍工程師
勞偉籌博士工程師
鄭佩雯工程師
劉永年博士工程師
特別顧問：黃耀新工程師
香港工程師學會副會長

香港電機工程發展趣誌
「EE筆寫」工作小組

鳴謝

本書部份照片由以下各公司機構及政府部門提供，謹此致謝

- 九廣鐵路有限公司
- 中華電力有限公司
- 地下鐵路有限公司
- 美捷有限公司
- 香港大學電機電子工程學系
- 香港特區政府水務署
- 香港特區政府房屋署
- 香港特區政府機電工程署
- 香港理工大學電機工程學系
- 香港電車有限公司
- 香港電燈有限公司
- 通力電梯(香港)有限公司
- 蜆壳電器工業(集團)有限公司
- 梅蘭日蘭電子有限公司

本書內容只作為參考之用，「EE」筆寫工作小組已盡力確保資料正確無誤，對資料有誤所引起之損失，「EE」筆寫工作小組及香港工程師學會電機分部概不負責。

各方評語

(當年2006)

香港大學工學院院長吳冬生教授：

「EE筆寫」是一本不可多得的好書，作者以生動有趣的方法，介紹了電機工程對香港的發展和影響。它不但能增加讀者對電機工程的知識，更能引起讀者對「電」探索的興趣，所以「EE筆寫」是一本必看的書籍。

香港英皇書院校長何汝淳：

「EE筆寫」一書，透過不同的電力小故事，生動有趣地道出「電力與生活」及香港過去幾十年來電力發展的心路歷程。幽默的文筆，生活化的典故，相信此書不難成為莘莘學子課外不可多得的益智讀物。

希望此書能「拋磚引玉」吸引廣大青少年培養對電力應用的興趣，從而進一步激發他們對科學發展的持續探索。

香港培正中學校長葉賜添：

「EE筆寫」一書的出版，讓我們在享用「源源電力」之時，「點燈思源」，了解電力來之不易，在光照人間的背後，工程師們在設計及建造各地電網過程中辛酸的經歷；更讓我們對電力供應、電力網站及安全用電有進一步的了解，認識如何將大自然一點一滴的能源，送到家家戶戶，發光發熱。

「供水心臟」高壓摩打維修技術的突破，見證著香港人排除萬難的拼搏精神；「與電同行」可以看到香港集體運輸系統電器化革命背後的故事。今天，建設完善的「電力脈絡」，維持正常電力供應，維護用電設施正常運作，成為供電機構重要課題。如何正確使用電力、裝置電力、善用電力，「法網無邊」讓我們認識電力條例，進一步明白使用者的權益，安全用電。

今天，電力已經成為現代社會不可或缺的能源，各類型大小不同的電池、與不間斷電源系統已經成為我們日常生活的一部份，當中不乏「香港製造」的產品，為我們提供優質的服務。

電是自然界基本現象，也是物質固有的能源。「EE筆寫」將「電力」這艱深課題，以深入淺出及輕鬆手筆，讓我們不單明白「電力」知識，更看到香港機電工程發展的路途、香港人的成就。釋能生電，惠及民生，福澤社群。本書見證著這個道理，對青年學生尤有意義。

再版後語

「EE筆寫」再版工作小組在2023年成立，推動數碼轉型，將「EE筆寫」一書轉化為數碼版。並分拆四卷印刷出版作〈非賣品〉，並配以網上下載。這一轉變旨在配合新一代讀者的閱讀習慣，並以更有效的方式廣傳和保存這份文本。本書於2024年3月再版，閱讀對像是中學生，希望能吸引他們日後在電機工程業界發展。

「EE筆寫」一書再版及透過網絡媒體推廣，可讓更多年輕讀者有機會接觸和了解電機行業背後的故事，使歷史和知識內容得以傳承，也更能符合時代變遷的需求。我們相信，這一轉型將為讀者帶來更豐富的知識和更深入的理解，提供更互動和多元化的閱讀體驗，同時也為電機行業的發展注入新的活力。

再版「EE筆寫」合共四卷，可在香港工程師學會電機分部網頁下載；其下載連結及二維碼為：<http://el.hkie.org.hk/Home.aspx?SubMenuID=3bef0b18-403a-42d8-af88-ebf3e-2dacacd>

香港工程師學會電機分部
香港電機工程發展趣誌
「EE筆寫」再版工作小組

主席： 傅俊皓工程師

委員： 何永業工程師

唐偉明工程師

徐海松工程師

陳福祥博士工程師

楊悠女士

電機分部主席及顧問：

甄家榮工程師



香港電機工程發展趣誌

「EE筆寫」再版工作小組

二零二四年三月

書名： 香港電機工程發展趣誌「EE筆寫」
第一卷：源源電力及點燈思源

著作及編輯： 香港工程師學會 – 電機分部
香港電機工程發展趣誌
「EE筆寫」工作小組

出版： 香港工程師學會 – 電機分部
香港銅鑼灣記利佐治街1號金百利9字樓

版次： 2006年10月香港第一版第一次印刷
2024年3月香港第二版 (合共四卷) 第一次印刷

規格： A5 size：148mm(w) x 210mm(h)

國際書號 ISBN：978-962-7619-82-6
©2024 The Hong Kong Institution of Engineers
Published & Printed in Hong Kong

版權： 本書版權為香港工程師學會所有。除獲版權持有者書面允許外，不得在任何地區，以任何文字翻印、仿製或轉載本書文字或圖表。



家話你知



在每章
〈引子〉
出現的
E家人物



THE HONG KONG INSTITUTION
 香港工程師學會 OF ENGINEERS

Printed and published in Hong Kong
 ISBN-13: 978-962-7619-20-8 ISBN-10: 962-7619-20-5



非賣品