



電力工業生產過程 基本知識

第五分冊

高壓架空輸電綫路

電力工業出版社

1949

電力工業生產過程 基本知識

第五分冊

電力工業部編



電力工業出版社

電力工業生產過程 基本知識

第五分冊

高壓架空輸電綫路

電力工業部干部學校編

電力工業出版社

內 容 提 要

本書簡明的介紹了高压架空輸電綫路的一般知識。

書中首先敘述了綫路的發展簡史和它在電力工業中所佔的重要地位；其次，詳細的介紹了高压架空輸電綫路的組織與運行。

此外，對綫路上的各種故障與產生故障的原因，防止故障的辦法，以及綫路中的巡視與檢修工作，都作了專門的論述。

本書不僅適合於電業系統的轉業幹部學習，而且對一般技術工作人員也有參考價值。

電力工業生產過程基本知識

第五分冊

電力工業部干部學校編

*

252D90

電力工業出版社出版 (北京府右街 26 號)

北京市書刊出版業營業登記證出字第 082 號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

*

編輯：賀光楚 段有幸 校對：陳家驊

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * 1 冊印張 * 104 千字 * 定價 (第 8 類) 0.71 元

1955 年 11 月北京第 1 版

1956 年 5 月北京第 2 次印刷 (3,601—9,630 冊)

序 言

〔電力工業生產過程基本知識〕原是電業管理總局一九五四年局長研究班的教材。局長研究班的教學大綱是在蘇聯專家的幫助下制訂的；而教材的編寫工作，是由電業系統的幾位學術經驗豐富的專業工程師執筆的，他們在編寫過程中，不僅吸取了蘇聯的先進經驗，而且結合了我國現場的具體情況。

由於局長研究班的學員大都是轉業不久的同志，他們都不懂技術，管理業務也不熟悉，因此，在編寫這套教材時，儘量使得內容淺顯，說理簡明，結構嚴密，通俗易懂；並且避免了許多複雜煩瑣的公式。

〔電力工業生產過程基本知識〕不僅適合於電業系統的轉業領導幹部學習，同時也是幫助其他不熟悉電業業務知識的工作同志學習技術知識的一套書籍。此外，對於一般工程技術人員也有參考價值。

這套教材是由下列幾位同志編寫的：第一分冊（鍋爐）——惲肇強同志；第二分冊（汽輪機）——張景泰同志；第三分冊（發電機與電動機）——盛澤閻同志；第四分冊（變壓器和配電裝置）——俞恩瀛同志；第五分冊（高壓架空輸電綫路）——徐博文同志；第六分冊（力能系統的調度管理）——陳德裕同志；第七分冊（繼電保護裝置）——劉倫同志；第八分冊（油務管理）——秦金藻同志。

雖然，編寫這套教材的同志，在主觀上已經盡了最大努力；但由於缺乏寫作經驗，尤其多半是在業餘時間整理的，因而不完善的地方，無疑是存在的。我們誠懇的希望讀者提出意見和批評，以後再版時修正。

電力工業部幹部學校

目 錄

序 言

第一章 緒 論	6
第1節 綫路的發展簡史	5
第2節 綫路是電力工業的一個重要的組成部分	8
第3節 綫路在電力工業中所佔的重要地位	9
第二章 綫路概況和等級區分	13
第1節 綫路的概括介紹	13
第2節 輸電綫路的等級區分	14
第3節 按照綫路的其他特徵分類	15
第三章 綫路的主要部件	17
第1節 綫路部件的主要概況	17
第2節 桿塔	21
第3節 檔距、限距、導綫佈置及綫間距離	32
第4節 基座	35
第5節 導綫及架空避雷綫	37
第6節 絕緣子（瓷瓶）	40
第7節 金具	41
第四章 高壓架空輸電綫路的運行	49
第1節 高壓架空輸電綫路故障的基本原因	49
第2節 輸電綫路上的事故及其分類	51
第3節 綫路事故分析的实例	52
第五章 桿塔方面的故障	64
第1節 桿塔運行的條件	64
第2節 桿塔的偏歪及傾斜	65
第3節 木桿的腐蝕	66
第4節 木桿因遭受雷擊而損壞	69

第5節	木桿燃燒和着火	70
第6節	鐵塔生銹	72
第7節	鐵塔的地下基座部分的損壞	72
第8節	桿塔被車輛碰壞	73
第六章	導綫和避雷綫方面的故障	74
第1節	導綫和避雷綫的運行條件	74
第2節	導綫製造上的缺陷和架設上的缺陷	75
第3節	導綫生銹	76
第4節	導綫振動及其造成的故障	77
第5節	導綫碰綫	79
第6節	導綫的跳躍	79
第7節	向導綫上投擲外物所引起的故障	80
第8節	導綫閃絡所引起的電弧事故	81
第9節	壓接管的損壞	82
第10節	避雷綫的損壞	83
第七章	綫路絕緣子和金具方面的故障	85
第1節	絕緣子的工作條件，關於電氣和機械故障的概念	85
第2節	在綫路上安裝有毛病(缺陷)的絕緣子	87
第3節	綫路絕緣子的衰老現象	87
第4節	絕緣子的污穢	89
第5節	閃絡時絕緣子的損壞	91
第6節	絕緣子的機械損壞	92
第7節	金具的損壞	93
第八章	雷害事故及其預防	94
第1節	雷害事故及其預防	94
第2節	雷電過電壓	97
第3節	防止雷電過電壓的方法。安裝綫路避雷器(管型避雷器)並對它們進行監視	99
第4節	輸電綫上管型避雷器事故研究	103

第九章 高压輸電綫路的運行組織	105
第1節 輸電綫路運行工作的基本概念	105
第2節 綫路工段	106
第3節 檢修工站和巡綫工站	107
第4節 事故備件	109
第5節 運 輸	110
第6節 通 訊	111
第7節 技術文件	112
第十章 輸電綫路的巡視	114
第1節 定期性的巡視	115
第2節 特殊性的巡視	117
第3節 監察性的巡視	118
第4節 故障性的巡視	119
第5節 桿塔上的檢查	119
第十一章 檢查、測量和試驗	120
第1節 綫路各部件的外部檢查	121
第2節 檢查木桿腐朽情況	121
第3節 絕緣子的試驗	124
第4節 連接器的檢查	129
第5節 桿塔接地電阻的測量	132
第6節 檢查綫路上的導綫間隔	135
第7節 導綫覆冰与桿位和管型避雷器的檢查	137
第十二章 高压輸電綫路檢修工作	137
第1節 檢修工作種類	137
第2節 檢修工作的組織	138
第3節 檢修工作的方法	140

第一章 緒 論

第1節 綫路的發展簡史

苏联電氣化事業的發展速度与範圍是舉世無雙的，不僅在向高深鑽研方面有独到的成就，而且研究的範圍也很廣，極均衡地、快速地發展着。例如，安全可靠的燃燒當地劣質煤的火力發電廠；提高熱效率、兼供工業與民用熱能的熱電廠；在全面水利開發中佔重要地位的巨型水力發電廠；電壓最高、輸送電力最大、路程最遠的長途輸電綫路及其龐大的新型變電所；以及把原子能應用於和平建設的世界第一個原子能發電廠等。苏联在優越社會制度之下的這些近代偉大成就，已是盡人皆知。

在很早以前，俄羅斯的許多科學家、發明家和工程師就已經在許多方面創造和發展了電的理論，並把它們應用到電力工業的各個環節上。1834年B.C. 亞可比在世界上首先發明了直流電動機。1873年A.H. 樂德根發明了白熾燈，比美國的愛迪生早六年。1874年Ф. А. 彼羅茨基建成了一公里長的綫路，進行了全世界第一次電力傳輸的試驗。全世界最早的發電廠也是在俄羅斯建立的。

天才的俄羅斯科學家兼工程師M.O. 多里沃-多布羅沃斯基創造了三相交流裝置，並且製成了第一個三相交流發電機和電動機。他在1891年完成了勞芬到佛蘭克富爾特的有名的第一個完善的三相交流的輸電系統——其電壓為8500伏、綫路長度為175公里。這裏應該指出，美國的愛迪生在當時還不能立即體會多里沃-多布羅沃斯基的偉大發明的進步性，而且愛迪

生是當時主要的反對使用交流電的人物。但是事實的證明，使他後來不得不轉而擁護，並且建立了交流的電力系統。到1914年俄羅斯第一個區域發電廠在泥炭沼地建成，使用70千伏的電壓將電能輸送到莫斯科。這是沙皇時代最高輸電電壓的綫路。俄羅斯的科學家和工程師們雖在很早以前就有了卓越的成就，但由於外國資本家操縱了俄國的電力工業和電工製造工業，以及帝俄時代社會制度的限制，俄羅斯的電力工業的發展是很慢的。

在偉大的十月社會主義革命以後，蘇聯大規模的電氣化事業開始了。1918年開始建立窩爾霍夫水力發電廠、喀什爾區域發電廠等大規模的新式發電廠。1920年擬定和批准了全俄國家電氣化計劃，1922年建成了第一個110千伏電壓的輸電綫路，從喀錫拉輸電到莫斯科。不久，110千伏的電力網便飛躍地建立起來。爲了把巨大的德涅泊水力發電廠的電力輸送出來，1932年建成了第一個154千伏電力網，並開始供電。到1933年出現了第一條220千伏的綫路，把斯維爾斯基水力發電廠的電能輸送到列寧格勒，緊接着就出現了大批的220千伏綫路，把許多水力發電廠的電力輸送到莫斯科和其他城市。

現在蘇聯在許多方面都已超越了資本主義國家，綫路方面也並不例外。在偉大的共產主義建設中，爲了把世界上最大的水力發電廠——古比雪夫水力發電廠和伏爾加河上的另一個巨大的水力發電廠——斯大林格勒水力發電廠的電力輸送出來，便必須解決綫路工程中許多新的技術問題，其中最重要的問題是把巨量的電能向極遠的距離輸送。例如把古比雪夫水力發電廠的電力輸送到莫斯科，要經過900公里的長途距離，把斯大林格勒水力發電廠的電力輸送到莫斯科，要經過1000公里的長途距離，而且每迴綫路需要輸送1,000,000至2,000,000瓩

的電力。這些輸電綫路，在電力網的規模上，在新的技術上，都超過了任何資本主義國家的最高成就，並且是首創的。由古比雪夫到莫斯科和由斯大林格勒到莫斯科，這兩條輸電綫路的標稱電壓都是 400 千伏，在目前是最高的輸電電壓，並且運用了許多新的技術研究的成果：如 400 千伏串聯靜電電容器組合導綫和中途開關站等。

我國架空輸電綫路的發展情況，由於缺乏正式記載，也限於手頭材料，目前尚難作出系統的歷史敘述，很難像我們現在所知道的蘇聯綫路發展簡史那樣完整可靠的材料。因此，祇能先就片斷的資料，做簡單的概述：

在 1937 年七七事變以前，我國架設的電壓最高的架空輸電綫路，是南京電力系統的 66 千伏的鉄塔綫路約 20 公里。日本在我國東北華北和台灣也架設有 66 千伏，77 千伏，110 千伏，154 千伏和 220 千伏的輸電綫路。解放以後，在黨的正確領導下，電力工業蓬勃發展，1952 年在京津唐電力系統中開始建設 110 千伏鋼筋混凝土電桿綫路約 90 公里；這是我國首次建設的長距離的鋼筋混凝土電桿綫路，也是第一次把鋼筋混凝土電桿應用到 110 千伏架空輸電綫路。這種綫路很快就得到推廣，到 1954 年就已經建成 500 餘公里。

1953 年我國東北電力系統內已建成 220 千伏鉄塔綫路，約 400 公里；這是我國人民自己建設的第一條最長電壓最高的鉄塔綫路。

1955 年全部使用鋼筋混凝土構件組成的 110 千伏電桿（代替鋼鉄橫担及叉樑），將在京津唐電力系統建成，全長約 100 公里；110 千伏裝配式鋼筋混凝土電桿（即分節電桿）將在蘭州電力系統架設，全長約 80 公里，大部分均在山區。

此外，關於把鋼筋混凝土電桿應用到更高電壓的綫路上的

工作(如 154 千伏)，目前我國正在研究設計中。

第2節 綫路是電力工業的一個重要的組成部分

一、現代的電力工業由三個基本環節組成：

發電廠、電力網和用電設備是現代電力工業的三個基本環節。整個電力工業系統，稱為電力系統。

第一個環節是發電廠：

發電廠一般分為火力發電廠、水力發電廠和原子能發電廠三種。在火力發電廠中，是把燃料的化學能變為電能。在水力發電廠中，是把從高處流下的水的位能變為電能。在蘇聯首先建成的原子能發電廠是把原子能變為電能。

第二個環節是電力網：

電力網包括變電所和不同電壓的綫路，它把電能從發電廠輸送出去並且分配給用戶。在電力網中，只變換電能的規格，例如變換電壓，變換週波，變換交流或直流，但不把電能轉換為其他種能。

第三個環節是用電設備：

用電設備是把電能轉換成其他種實際需要的能的形態。例如把電能轉變為機械能來轉動機器，把電能轉變為光能來照明，把電能轉變為化學能來生產化學物品，把電能轉換成熱能來供給工業用熱，如煉製高級質量的鋼，或是供給取暖或烹飪用熱等。

二、系統與網絡及其各個環節的一般定義：

1. **動力系統** 動力系統也稱力能系統。用電力網相互聯系的發電廠、變電所和用電設備以及用熱力網相互聯系的熱電廠與用熱設備的總體，稱為動力系統。

2. **電力系統** 動力系統中的一部分，包括發電機、配電設

備、昇壓和降壓變電所、電力網的綫路與用電設備等，稱為電力系統。

動力系統與電力系統的區別，在於後者不包括發電廠的熱力或水力部分，也就是說，不包括有關原動機和供給原動機的力能的部分。通常我們所稱的電力系統是不包括汽輪機與鍋爐，或是不包括水輪機與其他水利或水力設施的，但包括發電機在內。電力系統也不包括熱力網（即供熱管道）與用熱設備。

3. 電力網 電力網是電力系統的一個組成部分，它包括變電所和各種不同電壓的綫路。電力網是依照不同的電壓來劃分的。

電力網的作用是把電能從生產電能的工廠（發電廠），輸送並且分配到需要用電的地方去。

電力網是由許多有系統的導綫連接而成（各部分都要適當地絕緣），並且包括着各變電所的開關和操作控制設備、計量設備、變電設備以及調整電壓等項設備。所以，電力網的定義不僅包括網內的導綫，並且也包括變電所和所有的電氣裝置。架設在昇壓變電所與降壓變電所之間的電綫，稱為輸電綫路。輸電綫路是區域電力網或系統電力網的一個組成部分。

第3節 綫路在電力工業中所佔的重要地位

一、輸電綫路工程的發展，解決了發電地點和用電地區之間距離遠的矛盾，這在國民經濟上有着極其重大的意義。

在任何一個國家中，他的動力資源與動力的集中消費地區，常常是不一致的。例如水力集中在江河流域，特別是在水位落差最大的地方；熱力則集中在蘊藏着煤、泥炭、石油、天然氣等礦區；發電廠多設在這些地區。而大的電力用戶則常常是在富有工業原料（如鐵、銅、鋁等礦）的地區，工業城市用電

地點也常常不一定是靠近動力資源的地區。因此，輸電綫路（遠距離電力輸送綫路）便必須担任這項重要的联系任務。

因為有了輸電綫路，便可以把電力從它的蘊藏豐富的地區，特別是水力資源豐富的地區，經過相當長的距離，輸送到需要電力的地區去：工業原料地區、礦業地區、工業城市、重要城市、農場和農莊等。在工業原料豐富的地區，雖然當地沒有動力資源，也可能建設和發展為工業中心；沒有動力資源的礦區，也可以開發。有了輸電綫路，就可以有計劃地有步驟地合理佈置工業地區，這樣，工業地區就不致受到動力資源或電源分佈的影響。

二、充分利用劣質煤發電，來代替貴重燃料，如優質煤和石油等。

很多種劣質煤，不值得運送到遠地方去使用，最經濟的辦法是在劣質煤的產地設立發電廠，把發出的電能通過輸電綫路送到用電地區去，甚至送到貴重燃料（如上等煤、石油）的產地去代替它們。以便讓上等煤用到化學工業和金屬冶煉工業上去，讓石油用去煉汽油、煤油、潤滑油和其他產品等。這也是輸電綫路的一個極其重要的作用。

三、水力發電廠常常利用遠距離輸電綫路來輸送電力。

水力發電廠必須設在江河流域，而用電的用戶又不會集中在水力發電廠附近，因此，必須利用長距離輸電綫路來輸送電力。水力發電廠與長途輸電幾乎是不可分的，所以輸電綫路在電力系統中的作用是很重要的。

四、動力系統中的發電廠如必須燃燒高級燃料時，輸電綫路在系統中所起的重要作用：

發電廠如必須燃燒高級燃料時，常常會發生這樣的問題：究竟是利用鐵路運輸燃料到消費電力的地區去發電好呢？還是

在產燃料的當地發電，再用輸電綫路把電力送到消費電力的地區去好呢？一般的結論是在產燃料的當地發電，再架設綫路輸電爲好。但當發電廠與用戶的距離遠到幾千公里，或是在電力負荷的附近也需要供熱，而今日供熱管道的距離還不能很遠，因而一定得運煤時，才考慮在供電或供熱的中心地區設立發電廠。

利用輸電綫路送電，是因爲輸電比運煤便宜，而且鐵路運輸所負擔的任務是多方面的，如果鐵路運輸不運送這一部分煤就可以用來運送其他的物資。這對國家有莫大的好處。

五、把幾個孤立的地區電力網，用更高電壓的輸電綫路互相連結起來成爲區域電力網，可使供電經濟、可靠。

孤立電廠或孤立的地區電力網，在運行中既不可靠又不經濟。除非有地理上的特殊困難而外，一般應把幾個孤立的地區電力網用輸電綫路連結起來。這樣做有以下的優點：

1. 增加供電的可靠性：把幾個孤立的地區電力網用輸電綫路連接到一起，這樣電源增多，而且供電的方向又是來自多方面的，所以能够提高供電的可靠性。

2. 電力系統內的一切備用發電量，由於有共同的、互相連結的輸電綫路，可進行統一管理，並可共同使用。

孤立的地區電力網，用高壓綫路連接起來以後，備用發電容量可以比幾個孤立電力網的總備用容量減少，特別是在系統中有水力發電廠或在最大機組對備用容量的影響很大的情況下，備用容量更可以減少。這是因爲水力發電廠的水庫有丰水季節，也有枯水季節，靠水庫的調節作用，其備用容量是相當大的，連結到電力系統後，總備用容量可以因而減少。在孤立電力網沒有連結以前，最大機組對備用容量影響很大；連接之後，由於最大機組在檢修時能够錯開，使備用容量可以較各別

的孤立電力網的總計備用容量減少。

3. 輸電綫路把孤立電力網連結到一起，可以將全部設備實行統一的經濟調度，以取得最經濟的運行方式，降低成本，節約燃料。

經濟調度的最主要方式，有以下幾種：

- (1) 充分運用效率最高的機組；
- (2) 配合供熱，充分發揮熱電廠的能力；
- (3) 水力發電與火力發電的經濟配合，
- (4) 配合最經濟的供電方式。

在電力系統的設計中，為了達到以上各項經濟調度的目的，充分發揮各項設備的潛力，並且最經濟地發電、輸電和配電，必須正確地、適當地佈置若干綫路。

在電力系統的運行方面，由於輸電綫路在系統中是極其重要的，所以我們必須重視輸電綫路的運行工作。如果不重視輸電綫路，使綫路發生事故或被迫停止運行，都會瓦解整個電力系統的整体作用，使電力系統陷於癱瘓，這不僅影響電力供應的經濟性，而且停電對工業及民用的損失也是難以計算的，甚至會發生不良的政治影響。因此電業工作者必須重視輸電綫路這一個重要環節。

六、輸電綫路在社會主義建設中的重要性：

電力輸送的開始是在十九世紀的八十年代。第一個從理論上證明遠距離輸送電力的可能性的，是俄羅斯工程師拉齊諾夫(Д. А. Лачинов)，他的論文載在 1880 年「電氣」雜誌上。1882 年德普萊(Депре)建成了 57 公里長的輸電綫路。恩格斯重視了這一成就，並且科學地預見到它的發展前途。恩格斯給柏恩士坦的著名的信件中說：「德普萊的最新發明是將高電壓的電流在比較小的電能損失情形下，能夠用普通的電報綫作遠距離的

輸送，並在終點加以利用。其輸送距離之遠，到現在為止人們還沒有敢於設想。這種事業尚在萌芽時期。這個發明徹底地把工業幾乎由所有的地域條件的限制中解放了出來，同時也使用最遙遠的水力成為可能。假如這個發明在初期僅對城市有利，那麼它終究會成為消除城鄉對立的最有力槓桿。非常明顯，由於這個發明，生產力將增長到使資產階級對於生產力的管理愈無能為力了。]

輸電綫路在社會主義建設中的重大作用，是非常明顯的。

第二章 綫路概況和等級區分

第1節 綫路的概括介紹

綫路是聯繫發電廠、變電所與用電設備的一種傳送電能的裝置，它的主要部分是金屬導綫與絕緣物體。

綫路可以分為架空綫路與地下電纜兩種類型。架空綫路包括：（一）導綫，（二）絕緣，（三）支持物。地下電纜包括：（一）導綫，（二）絕緣，（三）地下構築物。

架空綫路是用木桿、水泥桿（鋼筋混凝土電桿）或鉄塔做支持物而懸空架設的；地下電纜可以直埋地下，或穿入地下管道溝槽之中。

架空綫路也簡稱綫路，地下電纜也簡稱電纜。廣義的綫路，是從電氣的觀點上和它的作用上來講的，是包括架空綫路與地下電纜。因為它的主体都是導綫，作用都是傳送電能；因而統一稱做綫路以示與發電廠和變電所有所區別。

除架空綫路與地下電纜外，在高低壓配電方面，有時也有架空電纜，它本身是電纜，架設方法却是架空架設，所以稱為