

TM7-105C₃

76594

水利电力部干部学校教材
电力工业生产知识

电 力 网

水利电力部干部学校电力教研室編

中国工业出版社

PDG

TM7-105C₃

水利电力部干部学校教材

电力工业生产知识

电 力 网

水利电力部干部学校电力教研室編

中国工业出版社

本书介绍电力网及电力系统的基本概念、线路损失、负荷管理、防雷保护以及一般的运行维护等问题。并着重介绍了线路的基本元件、电力网的电压调整、防雷保护设备及保护方案。

本书可作为管理干部学习有关专业技术知识的教材，也可供技工参考。

水利电力部干部学校教材
电力工业生产知识
电 力 网
水利电力部干部学校电力教研室编

*

水利电力部办公厅图书编辑部编辑（北京阜外月坛南街）

中国工业出版社出版（北京修睦路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可出字第110号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本850×1168毫米·印张27/16·字数50,000

1964年1月北京第一版·1964年8月北京第二次印刷

印数5,351—8,690·定价（科四）0.34元

*

统一书号：K15165·1714（水电-294）

序 言

本教材是我校火力发电生产专业班专用教材，共分六册，它們是：鍋炉、汽輪机、发电厂电气部分、继电保护和自动化、电力网以及发电厂化学水处理。

本教材是在总结該班历年来教学經驗的基础上，全面地探討了过去使用的教材、讲义，平衡了教材內容的深度和广度，并广泛征求了业务单位的意見以后定稿的。

考虑到干部学习的特点，尽量使教材內容結合生产实际，突出重点，照顾全面。文字叙述力求簡明易懂，既便于讲授，又便于自修。

由于編写者水平有限，加以缺乏写作經驗，教材中疏漏謬誤之处在所难免，希望讀者給予批評指正。

水利电力部干部学校电力教研室

1963年7月

目 录

序 言

第一章 电力网及电力系统的基本概念	1
§1-1 电力网及电力系统的发展情况	1
§1-2 电力系统的技术特点	3
§1-3 架空线路的基本元件	5
第二章 电力网的电压降及电能损失	19
§2-1 电力网的电压及电压降	19
§2-2 电力网的电压调整	24
§2-3 电力网的电能损耗	26
§2-4 降低电力网电能损失的措施	27
第三章 电力网的运行及负荷管理	31
§3-1 城市电力网及其接线方式	31
§3-2 电力网的维护	37
§3-3 负荷管理	42
第四章 电力网及电力系统的防雷保护	51
§4-1 雷电的产生	51
§4-2 防雷保护设备	55
§4-3 输电线路的防雷保护	65
§4-4 变电站的防雷保护	69
§4-5 旋转电机的防雷保护	72

第一章 电力网及电力系统的基本概念

§1-1 电力网及电力系统的发展情况

最早的电力网是用直流供电的，而且电压很低，约为100伏。后来在电压方面虽有所提高，但終因是直流关系，对扩大发电厂供电范围，增大输电距离，有一定的局限性，因而未能普遍推广。

三相交流的采用是近代电力网的特点，同时因为发明了提高电压的变压器，遂形成了输电技术发展的另一阶段。但是当时的输电效率是很低的，尚不能圓滿地解决功率输送及减少输电线路损耗的问题。我們知道要减少损耗的基本方法，是增加导线截面积和提高线路电压。增加导线截面积就增加导线材料的重量，因而增加了导线的成本，所以这不是积极的办法。提高电压也能减小损耗且线路的费用增加也比较小，因此最合理的减少损耗的办法，还是提高电压。输电技术的发展，实际上就是走的这条途径，因而输送功率和输送距离就相应地不断增加了。

输电技术向提高电压方向发展虽經明确，但相应的又产生了新的问题，如线路、变压器和电器的绝缘问题与电量问题，就需要加以解决。

由于线路电压的提高，绝缘子的改进就成为输电发展的关键问题。针式绝缘子的应用，在制造上及经济上都有它的局限性，直至悬式绝缘子的发明才打破了这种局面，其线路电压可提高到110~120千伏。

綫路电压的一再提高，使电暈現象問題就更迫切需要解决。經過研究，这一問題可以用增加导綫直徑的办法解决，因为电暈临界电压差不多是与导綫直徑成比例地增加的。現在多采用鋁綫和鋼芯鋁綫作为輸电綫路的导綫，不但避免了电暈的产生与电暈損耗，从而也节约了銅导綫的消耗量。

因为电压的增高，輸电綫长度的加大，相应地又产生了感应电压降及絕緣子串电压分布不均的問題，我們在輸电綫路上增装了电压补偿設備及在絕緣子串上装設均压环等，就是针对这些原因而采取的措施。

由于电力事业的不断发展，由单一的輸电綫路发展成整体的电力网及并列运行的电力系统，因而电厂并列运行的稳定問題也就相应的产生，这个問題在系統运行中，也是很重要的。

发电厂、变电所及用电設備，相互間以电力网的綫路連接起来的整体称为动力系统。整个动力系统的工作就是通过不同的元件把不同类型的能量变换为电能，輸送出去，分配到各个用戶，然后再把电能轉变为其他不同形式的能量加以使用。

动力系统的一部分，包括发电机、配电設備、升压及降压变电所、电力网的导綫及用电設備等組成部分，称为电力系统。动力系统与电力系统的主要区别在于电力系統中不包括热力或水力等动力部分，也就是說不包括有关原动机和供給原动机的力能部分，以及供热和用热設備。

由变电所及各种不同电压綫路所組成的电力系统的一部分，称为电力网。

电力网的任务是輸送电能和分配电能，即把发电厂生

产的电能经过导线输送并分配给用户，为此必须把很多送电线路通过变电所连接起来，这样在变电所中就必须装设电气设备，以便进行变更电压、调整电压、操作开关及进行测量等工作。所以广义的电力网不仅包括网内的导线并且也包括了变电所和所有有关的电气装置。

电力网按其特征、用途和电压的不同可以分为许多种类，例如：直流或交流电力网，低压或高压电力网，城市、农村、工厂电力网等。

为了便于研究，通常把电力网分成下列两类：(1)地方电力网，电压不超过35千伏，供电距离一般不超过30公里的电力网叫做地方电力网，例如：一般的城市、工厂、农村电力网等。(2)区域电力网：电压在35千伏以上，供电区域较大的电力网。

对于35千伏的电力网，可以属于地方电力网也可属于区域电力网。

§1-2 电力系统的技术特点

电能的生产与其他工业生产有不同的特点，由于这些特点，对于电力工业的生产管理及设备装置等方面，提出了一些特殊的要求。如：

一、电能不能储存：在其他工业生产中，产品或者半制品，可以积累在仓库中，以减少工厂各个生产环节的相互依赖关系，但是电能的生产、分配和消费是在同一时间内实现的。发电厂发电量的多少，决定于用户的需要，在任何一短时间内发电量和用电量(包括损失部分)总是保持正确相等的，否则将破坏了它们的平衡。如当负荷大而发电设备容量小时，会发生“限电”现象或者造成影响设备

安全的情况；又如当負荷小而发电設備容量大时，会形成設備呆滯，利用率不高的浪費現象。在此情况下，如何才能达到：既能滿足于負荷的需要而同时又能保証設備合理的安全經濟运行，則是我們电力工业生产者应随时注意加以解决的問題。所以我們在制定电力生产計劃时，必須首先掌握用戶用电情况，負荷性质，給以妥善的平衡計算，以保証电力生产与消費的平衡。

二、負荷的不稳定：各个用戶的用电情况，根据他們的生产特点，生活习惯都具有相当程度的規律性，各自依照他們的需要規律，进行用电。一般說，在一定的時間內基本上还是稳定的。但如以綜合性負荷来看，情况就不同了，負荷在一定的起伏規律情况下，在每一个時間里都有小的波动，很少出現稳定状态。系統愈大，这种波动的幅度愈为显著。假如再遇到异常情况，如因整个电力系统某一个环节发生故障造成运行方式变化时，都会引起負荷的急剧变化，而且这种变化过程非常快，是在千分之几秒或百分之几秒內完成，如此对电气設備的安全运行都是不利的，因而在电力系統中就必须保持有一定的备用容量和随时进行合理的調整負荷的工作，以保証发、供电的稳定可靠。同时还要充分利用設備容量，以达到經濟运行的目的。

三、分布面广，构造复杂：电力网一般分布很广，不但要跨越河川、鐵路，而且还要蔓延于平原及山谷之間，同时設備大部都是露天装置，在变化很多的大自然条件影响下如再加以維護不良等人为原因，都很容易发生事故。此外电力网設備众多，元件复杂零碎，各个都是生产过程中的一个环节，所以如其中任一設備或元件发生了故障，

都会影响整个系统的安全运行。要求电力网的设备、元件，不但能在正常情况下安全经济地运行，而且还能在一般异常运行情况下经得住考验。所以我们对各元件不但要事先作选择性的试验，而且在运行中也要经常不断地作检查性的试验。同时因为事故发生瞬变现象非常迅速，所以在电力网、电力系统中需装有各种自动调整及保护装置等以防止事故的发生，或者一旦发生，也能把事故的影响范围限制到最小的程度。

四、电力工业是先行工业：电力工业与国民经济各部门（包括工业和农业）、日常生活、通讯、城市交通等都有密切的关系，尤其是解放十几年以来，全国各大、中城市和部分专区、县以及不少农村，都有了大小规模不同的发电厂，这个巨大的变化，对合理开发和利用我国的各种资源，促进国民经济的全面发展，将起重大的作用。在此情况下如发生电能不足或停止供应，将直接影响国民经济各部门的顺利发展或使生产停顿，这对人民生活影响很大。因此除了要求电力系统的运行应当高度可靠地保持供电不间断外，同时为了配合国民经济各部门的发展，也要求电力工业能够及时发展。所以电力工业的发展规划，必须要针对一切工、农业的发展规划的需要，取得很好的配合，而且要先行一步，创造有利条件，以利工业、农业的顺利发展。

§1-3 架空线路的基本元件

研究电力网结构时，一般将电力网分为户内电力网和户外电力网两种。

建设于房屋外部的称户外电力网，有架空线和电缆两

种。电缆线路一般是敷设在地下；而广泛采用的则是架空线路，因为它造价便宜，取材方便，便于在城市及以外广大地区建设，并且也容易发现故障地点，便于检修。架空线路则用杆塔将导线悬挂于空中，导线利用绝缘子支持在横担上。

按“高压架空电力线路设计技术规程”的规定，架空线路可以根据其工作电压、用途分为二级，列于表1-1中。

表 1-1 架空电力线路的分级

架空电力线路的等级	架空电力线路规格	
	额定电压	电力用户的级别
I	超过110千伏	所有等级
	35~110千伏	一级和二级
II	35~110千伏	三 级
	1~20 千伏	所有等级

注：根据用户的用电设备对供电可靠性的要求，用户划分为三级：

第一级：如停止供电时，能造成下列严重后果：危及生命，给国民经济带来重大损失，损坏设备，使大量产品报废，打乱复杂性的生产过程，以及使市政生活中要害部门发生混乱。

第二级：如停止供电时，将造成大量减产，工人及机械设备停止工作，工业企业内部运输停顿，以及城市中大量居民的正常活动受到影响。

第三级：凡不属于第一级及第二级的所有其他用电设备（如非系列生产的车间及辅助车间，小城镇等）。

架空线路的主要部件是导线、绝缘子、杆塔和金具。导线的主要作用是传导电流，它是线路的基本部分。导线在传导电流时，必须与地绝缘，因此需要有绝缘子来担负这一任务。为了连接导线与绝缘子，应使用各种类型及各种形式的金具。导线架设在空中，必须有支持物支持它，

以保持导線对地的“限距”，此支持物通常称为支柱或杆塔。

一、杆塔：是悬挂或支持导線和架空避雷綫的，其作用是把导線和架空避雷綫、大地、各种建筑物等相隔离，并使它們之間保持有一定的安全距离。

架空綫路的杆塔，按照它們的用途，可以分为直綫杆塔、轉角杆塔、耐張杆塔、終端杆塔和特殊杆塔（如图1-1，图1-2，图1-3）等。

直綫杆塔（又称中間杆塔）在綫路上用得最多，在平坦的地区，这种塔杆几乎占总数的80%左右。

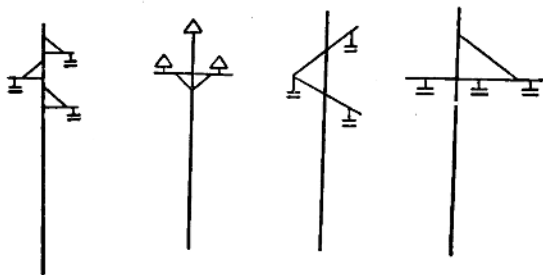


图 1-1 直綫型单杆式木杆

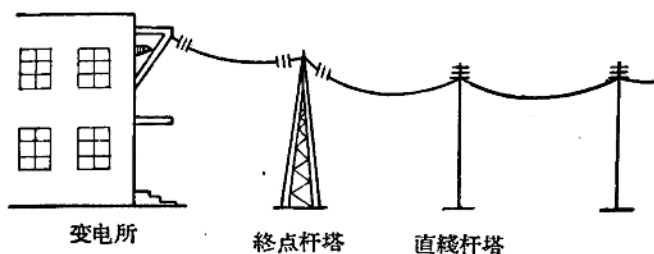


图 1-2 終端杆塔位置图

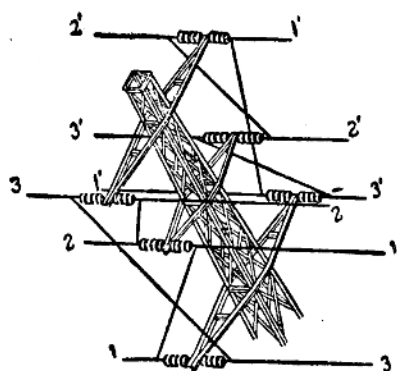


图 1-3 耐張型换位杆塔

1, 2, 3—导线。

杆塔以它的材料分类，有木质杆塔、金属杆塔及钢筋混凝土杆塔（即俗称洋灰杆或水泥杆）等。

木质杆塔便于现场加工组装成不同型式的杆塔，如单杆、双杆以及其他构造不同的木塔。它的优点是：施工简便，移动比较容易，投资也小，而且对防雷保护作用很大。

缺点是：维护工作量大，使用年限短，木材消耗量

也相当可观。

金属杆塔最常用的是铁杆和铁塔，它的构造也有不同型式。它的优点很多，如机械强度大，能够根据机械荷重来设计最经济的塔型，同时也便于运输，因为铁塔的零件可以拆卸运到需要的地方再来组装，使用年限长，事故也比较少，外形整齐美观。缺点是：投资贵，金属消耗量大等。

钢筋混凝土杆塔的优点，首先在于它能够代替木质杆塔和金属杆塔节约木材和钢铁。它既不腐朽也不生锈，不需要作任何防腐防锈工作，比木质杆塔，金属杆塔维护工作简单得多，并且使用的年限也长。分节钢筋混凝土杆塔，我们亦在制造使用，以往没有分节水泥杆，只能使用整根的钢筋混凝土杆塔，但这种杆塔运输起来很笨重，因

此，鋼筋混凝土电杆綫路在以往还只限于平原地区。分节鋼筋混凝土电杆开始生产之后，就可以使用在运输不便利的地区，如山区等。

关于杆塔的材料选择，今后在投資金額允許的条件下，应尽可能地使用鋼筋混凝土杆塔，特别是在高电压永久性的綫路上，更为适宜。这样可以为国家节省許多木材和鋼材，以便将它们用到对国家建設更需要的地方去。

杆塔的结构决定于杆塔的用途、杆塔的材料、綫路电压、回路数目和有无架空避雷綫，以及导綫的布置方式等。

二、导綫：架空綫路的导綫以及置于支柱上的架空避雷綫(作为导綫的大气过电压保护之用)，是在严重的条件下运行着，因为这些导綫受着不同气候的影响，如风吹、雨打、結冰和溫度变化等，以及受到空气周圍的化学杂质的影响。

因此，导綫除了需要有良好的导电率以外，尚需具备足够的机械强度，且能抵抗气候的变化及周圍空气中化学物质等影响，同时导綫的运行还要在保証持續供电的条件下达到最低的費用。

最常用的导綫为：銅綫、鋁綫、鋼芯鋁綫及鋼綫等。但在架空綫路上，銅綫均須用硬抽銅，以增强机械强度。鋁綫因机械强度低，导綫弧垂大，因此杆塔須加高，以致增加投資，所以除适用档距較小的配电綫路外，在輸电綫路上使用鋁导綫的并不多見。鋼芯鋁綫因机械强度高，能承受突然来的机械力，保証綫路的安全运行，故多用在35~220千伏的綫路上。鋼綫在綫路中只用于小功率送电或跨越大河及山谷时需要較大拉力之处，此外架空避雷綫多

用鋼綫。鋼綫均須鍍鋅，以防銹損。

1. 導綫的組成情況(圖1-4):

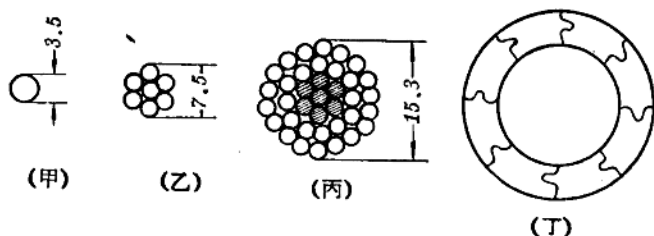


圖 1-4 導綫的構造圖

甲、單股導綫，乙、一種金屬的絞綫，丙、兩種金屬的絞綫，
丁、空心導綫。

(1) 單股導綫——是單根實心的金屬綫，一般只有銅綫和鋼綫兩種(見圖1-4甲)。

(2) 一種金屬的絞綫——它可以用任何一種金屬構成，例如鋼、銅、鋁，每根絞綫可能有7、19或37股組合而成(見圖1-4乙)。

(3) 兩種金屬的絞綫——如同鋼芯鋁綫是用鋼芯綫和鋁導綫兩種金屬綫組合做成(見圖1-4丙)。

(4) 空心導綫——是使用了220千伏或更高電壓的輸電綫上，由於它比多股導綫的直徑更大，所以可以減少或者避免電暈的損耗，其斷面如圖1-4丁所示。它的組成部分是許多扁平綫互相以特制的銷子和插口連接起來，不但保證成為環形，並且保證空心導綫結構的強度。

2. 裸導綫的型號一般有以下幾種:

(1) T-70或L-70(蘇聯型號M-70或A-70)表示裸銅或裸鋁的多股綫，其額定截面為70平方毫米。

(2) LG-95(蘇聯型號AC-95)表示裸鋼芯鋁綫。其鋁

綫部分之截面为95平方毫米。

另外在苏联导綫产品規格中，还有：

(3) ACY-400 表示加强的鋼芯鋁綫，其鋁綫部分截面为 400 平方毫米。导綫机械强度的加强，是以較正常强度的导綫增加了鋼芯截面来获得的，如在ACY-400导綫中的鋼芯部分截面为 93 平方毫米，而在 AC-400 (我国型号 LG-400) 导綫中的鋼芯截面仅为72平方毫米。

(4) ACO-392 表示輕型的鋼芯鋁綫，其鋁綫部分截面为392平方毫米。ACO的鋼芯約較同截面的AC (我国型号 LG) 綫小10%。

三、絕緣子：絕緣子是用来固定带电导体，并使带电导体間或导体与大地間絕緣的一种电气設備。所以它应具有足够的电气强度和机械强度，对化学物的侵蝕应具有足够的防止能力，而且也應适应周圍的大气变化，如：溫度和湿度的变化对它本身的伸縮性和滲透性的影响都要小等等。

絕緣子，总的來說有支柱絕緣子、套管絕緣子和綫路用的各种絕緣子等。現分別叙述如下：

1. 支柱絕緣子：支柱絕緣子呈柱状形，它固定于一定部位上用来支持导体。

它被广泛应用于配电装置和各种电器上。用在屋內的支柱絕緣子如图 1-5 所示；用在屋外的支柱絕緣子，則如图1-6所示。

在110千伏以上的屋外装置中，亦多采用装脚絕緣子，它由35千伏的支柱絕緣子集合而成，不过此种集合而成的高压絕緣子造价很高。如采用柱式絕緣子(如图1-7所示)，則較為便宜。

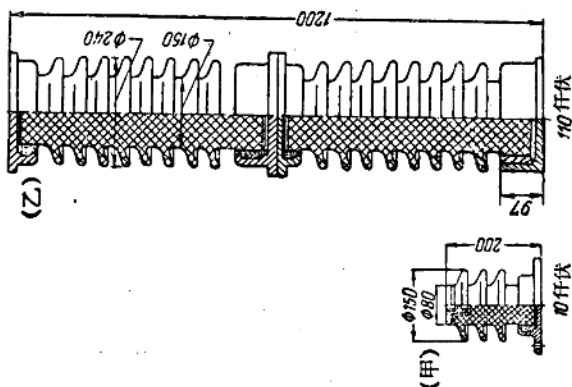


图 1-7 柱式绝缘子
(甲) 10 千伏的绝缘子;
(乙) 110 千伏的合成绝缘子。

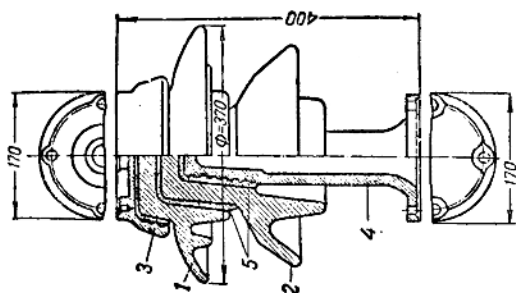


图 1-6 装设支柱绝缘子
1、2—瓷壳；3—金属帽；4—铁脚；
5—水泥胶合剂。

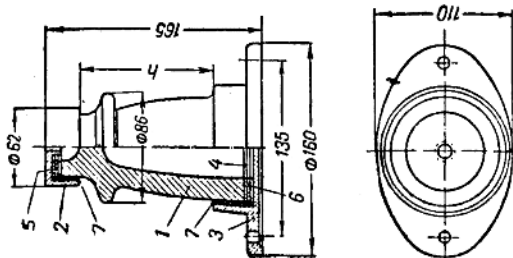


图 1-5 支柱绝缘子
1—瓷壳；2—金属帽；3—金属底座和
法兰盘；4—厚纸或白瓷底；5、6—厚
纸垫圈；7—水泥胶合剂。