

高等学校交流讲义

电 气 設 备

武汉水利电力学院电工学教研组編

只限学校内部使用



中国工业出版社

3
21

本书对农业电力网、水电站与电力抽水电站的主要电气设备与电气主结线图、继电保护装置与二次结线图、配电装置与变电站等作了较全面的介绍。对发电厂与电力系统的一般概念也作了扼要的叙述。

本书根据农田水利工程专业和治河防洪工程专业五年制教育计划编写，因此仅作为以上两专业的教材。

电 气 設 备

武汉水利电力学院电工学教研组编

*

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本787×1092 1/16·印张7 5/8·字数181,000

1961年9月北京第一版·1961年9月北京第一次印刷

印数0001—2,637·定价:(10-6)0.94元

统一书号: 15165·894(水电-128)

前 言

本书是为高等学校“农田水利工程”专业与“治河防洪工程”专业编写的电气设备教材，主要内容是根据我国高等学校上两专业五年制教育计划进行编写的。

全书共分六章，对农业电力网、水电站与电力抽水机站的主要电气设备与电气主结线图、继电保护装置与二次结线图、配电装置与变电站等，作了比较全面的介绍。对发电厂，电力网与电力系统的一般概念也作了简要的叙述。

本书在编写时，除注意加强系统理论与理论密切联系实际外，还适当地考虑到结合专业要求。由于考虑到该两专业对水电站与电力抽水机站两方面的知识要求较多，故以此作为重点。

编写本书时，曾参考下列各书：

1. П. Н. 巴普季丹诺夫、В. Л. 塔腊索夫合著：“发电站和配电站的电气设备”；
2. И. Л. 布茨柯著：“农业电力网”；
3. А. А. 拉茹诺夫著：“发电厂和变电所的电气部分”；
4. М. А. 貝可维奇、В. Л. 谢米诺夫合著：“继电保护装置原理和运行”。

本书在编写过程中承蒙许多兄弟院校提出许多宝贵的意见，谨此致谢。

由于编者的学术水平有限，加以编写时间比较仓促，在本书中可能存在不少问题和缺点，我们热忱地希望各方面对本书提出批评和意见，以便在重版时进行修正，意见请寄武汉水利电力学院电工学教研组。

武汉水利电力学院电工学教研组

1961年5月

目 录

第一章 发电厂、电力网与电力系统的一般概念.....	(1)
§ 1-1 发电厂的种类及其生产过程.....	(1)
§ 1-2 负荷的种类与负荷曲线.....	(3)
§ 1-3 动力系统、电力系统、电力网定义与电力系统的优越性.....	(4)
§ 1-4 电力网的电压.....	(6)
§ 1-5 架设电力网与线路的基本知识.....	(8)
§ 1-6 短路电流的一般概念简介.....	(14)
第二章 农业电力网	(15)
§ 2-1 概述.....	(15)
§ 2-2 农业电力网的特点.....	(15)
§ 2-3 电力网络的计算.....	(17)
第三章 水电站与电力抽水机站的主要电气设备	(29)
§ 3-1 概述.....	(29)
§ 3-2 同步发电机及其励磁装置.....	(29)
§ 3-3 电力变压器与公用互感器.....	(36)
§ 3-4 常用的电动机及其起动设备.....	(46)
§ 3-5 开关设备与熔断器.....	(47)
§ 3-6 过电压与避雷设备.....	(57)
第四章 水电站与电力抽水机站电气主结线图	(60)
§ 4-1 概述.....	(60)
§ 4-2 具有低压发电机水电站的电气主结线图.....	(62)
§ 4-3 具有高压发电机水电站的电气主结线图.....	(66)
§ 4-4 低压和高压电力抽水机站的电气主结线图.....	(70)
第五章 继电保护装置与二次结线图	(72)
§ 5-1 继电保护装置的功用.....	(72)
§ 5-2 对继电保护装置的要求.....	(73)
§ 5-3 继电器的分类、构造、工作原理与代表符号.....	(74)
§ 5-4 发电机的继电保护装置.....	(76)
§ 5-5 变压器的继电保护装置.....	(80)
§ 5-6 电动机的继电保护装置.....	(82)
§ 5-7 二次结线图.....	(83)
第六章 配电装置与变电站	(85)
§ 6-1 概述.....	(85)
§ 6-2 对配电装置的要求.....	(86)
§ 6-3 屋内配电装置与变电站.....	(88)
§ 6-4 屋外配电装置与变电站.....	(94)
§ 6-5 成套配电装置与变电站.....	(99)
附 表	(103)

第一章 发电厂、电力网与电力系统的一般概念

§ 1—1 发电厂的种类及其生产过程

发电厂是生产电能的工厂，它的种类很多，例如水力发电站、火力发电厂、风力发电厂、原子能发电厂等，而我们常见的主要为火力发电厂与水力发电站两种。现将它们的生产过程分述如下：

一、火力发电厂。火力发电厂(简称为火电厂)是利用燃料燃烧时发生的热量使锅炉内的水变成高压高温的蒸汽，然后利用蒸汽所含的部分热能变为使汽轮机旋转的机械能，带动发电机发电。

图 1—1 示出一种凝汽式火电厂(即汽轮机排出的废汽全部经凝汽器凝结成水)的生产过程。

此种发电厂主要部分有：1. 燃料供应机构；2. 锅炉分场；3. 汽机分场；4. 电气分场。

将煤自煤堆经碎煤机碎成小块后送入煤粉制造设备，煤制成煤粉后喷入锅炉的炉膛进行燃烧。鼓风机供给煤粉燃烧所需要的空气；引风机把燃料所生的气体从锅炉的烟道吸出并排出烟囱之外。

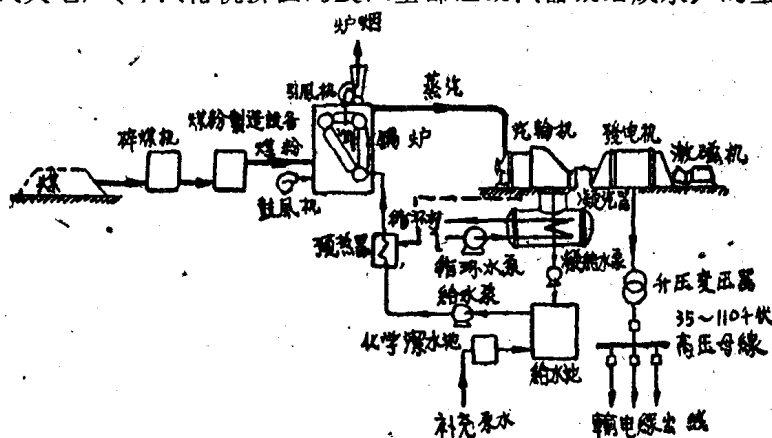


图 1—1 煤粉凝汽式火电厂生产过程图。

水从锅炉中受热变成蒸汽，通入汽轮机做功后，经凝汽器凝成水再由水泵打回锅炉，损失的水用处理过的水来补充。凝汽器冷凝废汽的水经冷却水池或冷却塔循环，损失的水由普通水补充。给水预热器是由汽轮机中部抽汽来把打回锅炉的水预热用的设备，这样可以提高发电厂效率。

汽轮机的机械能使同一轴的发电机产生电能，因为发电厂大多离开用户相当远，所以发出的电能要用变压器升高电压(35 千伏，110 千伏甚至更高电压)。利用高压输电，可以远达几十到数百公里或更远距离以外。

在凝汽式发电厂里，当蒸汽凝结成水时，有大量的热能被循环水带走而损失了。因此，这种发电厂的效率较低，最好的也只得 30~32%，就是说只有 30~32% 的燃料热能变为电能，而其余的燃料热能损失掉了(主要由炉烟和循环水所带走)。

为了提高发电厂的效率，由汽轮机内所抽出的蒸汽，可以送到其他工厂，供工厂生产加热的保温之用；或用它来把水加热，以供我们日常生活中住宅取暖、浴室、洗衣等处之用。除了供给电能外，还兼供热能的发电厂，叫做热电厂。因为热能与电能不同，它不能输送到远距离，所以热电厂多建造在用户附近。

热电厂的生产过程,从供应燃料起,直到蒸汽进入汽轮机止,都和凝汽式发电厂相同。两者的区别是从汽轮机开始,热电厂的汽轮机中部抽出的蒸汽有些被送往生产部门,有些被送往暖汽锅炉。通过暖汽锅炉,可把水加热,再送往需要的处所。剩余的蒸汽,通过汽轮机的各级,作了机械功后,最后进入凝汽器。从汽轮机中部抽出的蒸汽量是根据热力用户对于蒸汽及热水的需要而定的。这样的工作方法,使随循环水损失的热量减少,因而现代化热电厂的总效率可达60~70%。

二、水力发电站,水力发电站(简称水电站)的生产过程比火电厂简单得多,它是利用水来冲动水轮机而将水的势能变为转动的机械能,然后通过水轮机带动发电机再将转动的机械能变为电能,所以不像火电厂那样复杂。

为了在水电站获得必要的势能,一般是拦河筑坝将水位抬高而形成落差,然后利用此落差和所引用的流量来发电;但有时天然地形很有利,本身就形成了落差,那么我们只设法引用其流量就可以发电了。前一种方式通常用于在河道上修建水电站,后一种方式通常用于在渠道跌水处修建水电站或其他引水式水电站上。

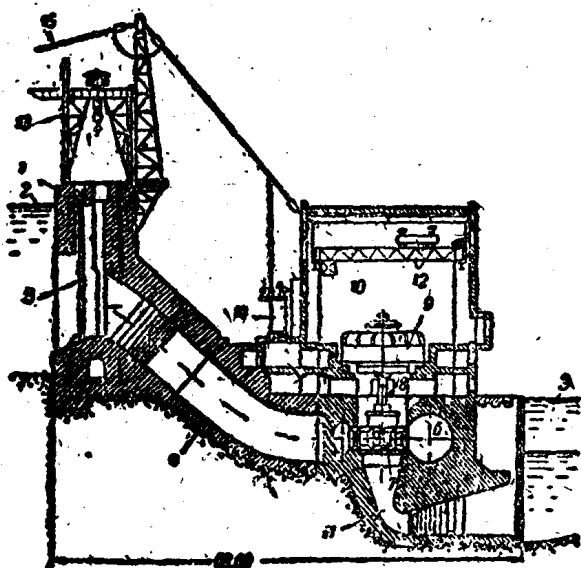


图1—2 水力发电站的截面图

- 1—堤坝; 2—高水位; 3—低水位; 4—压力水管;
5—闸门; 6—蜗壳; 7—水轮机工作轮; 8—水轮机轴;
9—发电机; 10—厂房; 11—尾水管;
12—厂房吊车; 13—闸门起重机; 14—升压变压器;
15—高压线路。

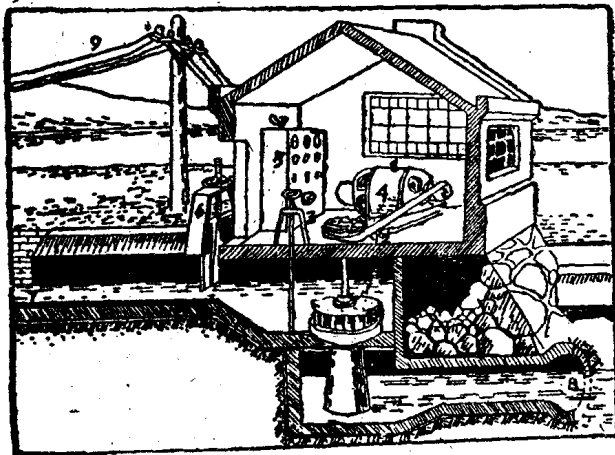


图1—3 农村小型水电站全景

- 1—水轮机; 2—皮带及皮带轮; 3—调速器;
4—发电机; 5—配电盘; 6—闸门; 7—进水管;
8—尾水渠; 9—输电线。

图1—2即为利用筑坝而形成落差的水电站。发电用的堤坝1的上游经过压力水管4而进入蜗壳6,然后通过水轮机工作轮7再经尾水管11而泄入下游低水位3。在水流经过水轮机工作轮时,由于水头和流量的作用使得水轮机工作轮转动,通过共同的轴而带动发电机发电。

图1—3为一利用渠道跌水的小型水电站。发电用的水系从进水管7引入,经过闸门6而进入水轮机室,然后冲击水轮机的转子而作功,作功后的水流经尾水管8而泄入下游。被水流冲动的水轮机转子,由于转速较低,所以必须利用皮带轮加速后再带动发电机发电。发出的电能经配电盘5以后再由输电线9送给用户。

在各类水电站上,一般都设有调速器,如图1—3中之3。设置调速器的目的,主要在于控制水轮机的进水量,从而使水轮机的出力与发电机的负荷要求相适应以保持发电机正常运行。

§ 1—2 负荷的种类与负荷曲线

负荷决定于电力用户的用电功率,通常以瓩为单位。发电厂的负荷就是电力用户的用电功率、自用电功率和线路损失功率的总和。下面准备分负荷的种类、负荷曲线与负荷的特性三个问题来谈:

1. 负荷曲线的种类:

负荷按其性质,工作班制与供电重要程度来分,大致可分为下列三类:

(1) 按用户性质可分为工业负荷与非工业负荷,其中工业负荷依照产品和用电方式不同,又可分为燃料、机械、冶金、纺织等类别;非工业负荷又可分为生活照明、市政交通、农业灌溉用电等。

(2) 按其供电重要程度可分为三类:

第一类——最重要的负荷,如果停电,会危及人们生命,造成设备损坏,生产恢复困难,以及大城市生活不正常。这如冶金工厂、煤矿排水负荷等。

第二类——重要负荷,停电只引起产品的停止生产,如纺织厂等。

第三类——不重要负荷,凡不属于第一类与第二类的负荷,均属此类,停电不会引起用电户的严重损失,如工厂企业附属车间,某些农业用户等负荷。

(3) 按工作班制可分为一班制、二班制、三班制与连续工作制等。

2. 负荷曲线:

它是以负荷的大小为纵座标,以时间为横座标绘制而成的。它综合表明了供电地区各部门的用电特性。一般常用的有年负荷曲线与日负荷曲线二种。

(1) 日负荷曲线:表示一日中供电地区负荷的变化情况(图 1—4)。

(2) 年负荷曲线:表示一年中供电地区负荷变化的情况(图 1—5)。

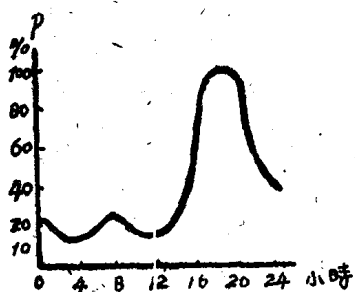


图 1—4 日负荷曲线

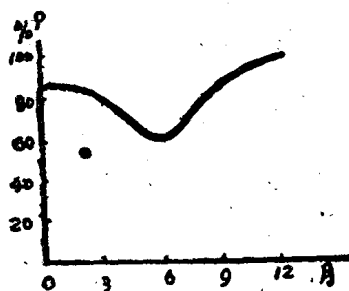


图 1—5 年负荷曲线

3. 负荷的特性:

用户的实际用电情况,在一天和一年四季中都有变化,它的变化程度与用户性质有一定关系。

(1) 工业用户:每天的工作方式和生产范围变化较小(除工厂休息日和假日外),用电情况在一年的各个工作日,大致是不变的,因此工业用户的负荷曲线比较平稳均匀。

(2) 农业用户:农村机械排灌和农副业生产用电常具有季节性,例如夏秋两季的抽水站工作和某些农业方面的负荷,如打谷、碾米、磨面、榨油等(农副业生产和加工也有均匀的工作情况)。

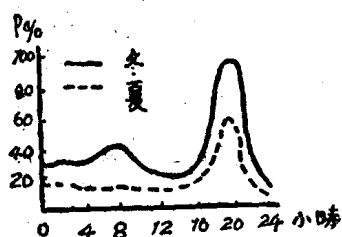


图 1—6 照明负荷曲线

(3) 照明用户：照明用电与季节、供电地区的纬度，居民的生活习惯以及职业种类等有关。照明负荷的特点是：一昼夜中负荷变化很大，冬季日负荷曲线有二个尖峰：冬季早晨居民起床时需要照明，形成第一个尖峰；黄昏后，负荷突增，形成第二个尖峰，此后，商店下班，居民入睡，负荷就下降了。夏季负荷通常在晚上有一个尖峰，但比冬季要小，发生的时间也比冬季要晚些(图1—6)。

§ 1—3 动力系统、电力系统、电力网定义与电力系统的优越性

在电力工业发展的初期，发电厂直接设在用电地区附近，而且彼此互不联系(如图1—7)。后来由于输电技术的发展，逐渐使各个独立工作的发电厂用输电线和变电站联系起来，形成一个供电的整体来供给该地区电力的需要(图1—8)。这种联系范围起先是几十公里，后来发展到几百公里乃至上千公里，联系范围愈来愈大。

经过输电线相互联系的各发电厂的发电机，变电站的变压器和用户的整体称为电力系统。如果我们将电力系统的涵义扩大到包括发电厂的原动机和供给原动机的动力部分(如为热电厂还应加热力网)，那么，由于这一系统充分表现了动力的使用与分配，所以称为动力系统。电力系统的一部分，包括变电站和各种不同电压的线路，叫做电力网。电力网是依电

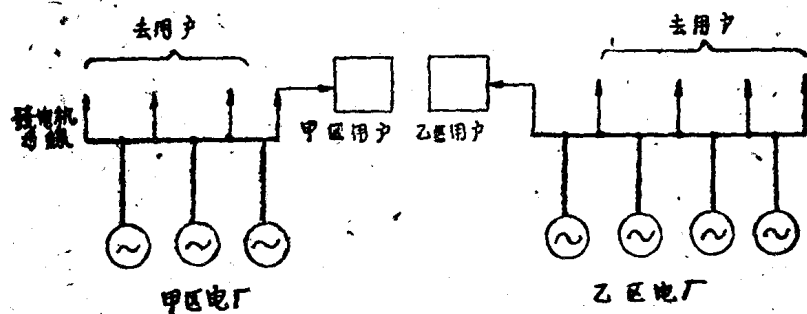


图 1—7 互不连接的发电厂的电气结线图

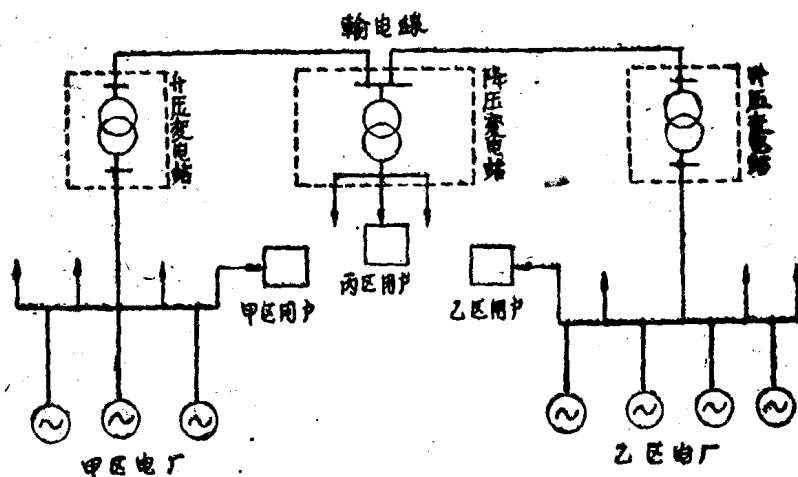


图 1—8 电力系统图

压来区分的，其用途是从发电厂将电能输送与分配到用户去。图 1—9 为说明动力系统、电力系统与电力网区别的示意图。

大力发展电力网，把各个孤立的发电厂联系起来结成电力系统并进一步把较小的系统结成巨大的联合电力系统，这是目前电力工业发展趋向，因为这样做在技术上和经济上比由孤立的发电厂供电有着很大的优越性，这主要表现在：

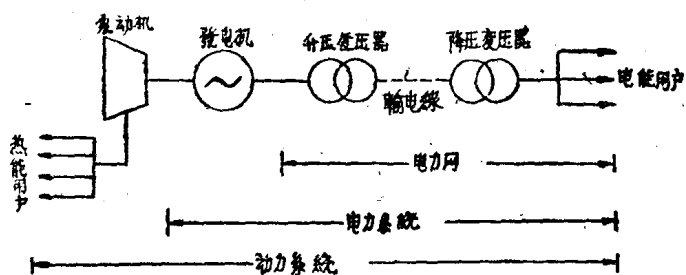


图 1—9 动力系统、电力系统与电力网示意图

1. 可以减少总的装机容量：建立电力系统后，考虑到各个用户的最大负荷并不同时出现；并考虑到许多发电厂可以共用备用容量，因而系统总的装机容量可以减少，这样可以降低投资。

2. 可以建立大型发电厂与充分利用当地动力资源（如燃料、水能），以提高系统运行的经济性：单独运行的发电厂的容量是由它的负荷来确定的，因此，需要建立许多具有机组容量较小的小型发电厂，这种电厂的效率是不高的。在电力系统中，便可在动力资源丰富的地方建立具有机组容量较大的发电厂，这样可以提高发电厂的效率，减少它们的基建投资与燃料运输费用，从而降低了电能生产的成本。

3. 在系统中各发电厂间，可以经济与合理地分配负荷：在电力系统中，根据各类电厂不同的生产特点，对每个发电厂可以确定一个相当于系统的电能生产成本最低的工作状态（当然，这种状态并不是一成不变的，例如随季节而有所改变），这种电能生产的成本较之单独运行时要低。例如：在丰水季节时，我们可以使水电站担任基本负荷，尽量利用天然的水能发电，以节约燃料，降低发电成本；而在枯水季节时，系统的基本负荷改由火电厂担任，此时，水电站可担任尖峰负荷，以充分利用水电站的装机容量。

水电站生产过程比火电厂简单得多，而且运行非常灵活，其机组可以很快起动（2~5 分钟内即可），而火电厂由准备到运行需 6 小时左右，因此，水电站一般宜于担任峰荷，而火电厂一般宜于担任腰荷和基荷，即在比较平坦的负荷部分工作。这样不仅可减少火电厂运行的复杂性，而且也减少燃料的消耗量，对整个系统的经济运行是有利的。此外，由于水电站的机组可以很快起动，故将它用来作为事故备用机组，也是很有利的。

4. 可以提高供电可靠性：由孤立的发电厂供电，当有机组检修时，万一再有机组发生故障，就可能引起供电中断；而在大的电力系统中机组很多，有足够的备用容量，因此供电可靠性大为提高。

如要建立电力系统，就需要付出连接发电厂所必须的电力网和变电所的建造费用。据研究证明：对大、中型发电厂来说，建立电力系统所取得的减低了电厂造价、降低了发电成本与提高了供电可靠性等效益，一般都超过了建造电力网和变电所必需的费用，因此，建立电力系统与组成联合电力系统便成为我国电力工业的一个发展方向。

对于小型水电站而言，如果容量较小，只够供应当地用户，或离系统较远时，一般的可不必投入系统运行。如果容量较大，经过技术经济比较后认为确有价值时，应当投入系统运行。

§ 1—4 电力网的电压

为了便于电气设备的标准化大量生产,必须规定出发电、变电及受电设备的额定电压,表 1—1 列出我国规定的电力设备的额定电压,一切电气设备都应按标准化电压进行制造。

表 1—1 三相交流电的额定电压(频率 50 周波)

受电器的额定电压 (线间)	额定端电压 (线间)		
	发 电 机	变 压 器	
		原 绕 组	副 绕 组
单 位 为 伏			
(127)	(133)	(127)	(133)
230	230	230	230
380	400	380	400
单 位 为 千 伏			
3	3.15	3及 3.15②	3.15及 3.3③
6	6	6及 6.3 ②	6.3 及 6.6③
10	10.5	10及10.5 ②	10.5 及11.0③
—	15.75	15.75	—
35	—	35	38.5
60	—	60	66
110	—	110	121
154①	—	154	169
220	—	230	242

注: 本表列入()内的电压只用于矿井下或其它保安条件要求较高处所。

① 不建议采用, 只有当技术经济上有优越性时才容许采用。

② 这些原绕组电压, 属于直接接于电线或发电机出线端上的升压或降压变压器的电压。

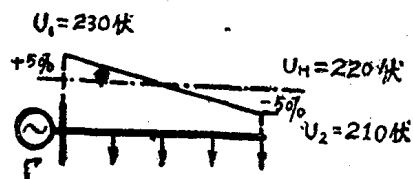
③ 这些副电压属于较大短路电压(8%以上)的降压变压器电压。

能使发电机、变压器和受电器(如电动机、白炽灯等)正常工作, 并具有最经济效果的电压称为电气设备的额定电压。对三相交流电气设备而言, 其额定电压如无特殊说明, 一般都是指线间(即二相间)的电压。

实际上受电器的端电压将不等于它的额定电压。因为由于电压损失的存在, 任何电力网各点的电压均不同, 为了减小这种电压偏移, 最好在电源侧线路的始端将电压提高, 而保持末端的电压接近于额定值(图 1—10)。电压允许的偏移程度决定于受电器和电力网的特性, 通常允许的偏移程度为 $\pm 5\%$, 所以发电机的额定电压比电力网的额定电压高 5%, 例如, 当电力网电压为 6 千伏时, 则发电机额定电压为 6.3 千伏。变压器原绕组的额定电压一般应等于电网的额定电压, 因为它起受电器的作用, 而变压器副绕组的电压由于考虑到电力网的电压损失, 应比电力网的额定电压高 5~10%, 这均可以从表 1—1 中看出。

在设计电力网时, 选择电力网的电压是主要任务之一。输电线路所用的有色金属, 线路的电能与电压损失在输送同样大小的功率时, 将随着电力网电压的增高而降低; 但是另一方面, 当电压升高后, 由于对电器与绝缘子等设备的绝缘要求提高, 因而输电线路的费用也将增加。因此, 在选择电力网电压时, 应根据不同方案, 进行技术经济比较后确定。

但是在很多情况下，不需要进行方案的技术经济比较，而直接根据设计经验，即可选择技术经济指标最好的电力网电压。例如：对于低压城市电力网和照明电力网一般均采用380/220伏；对于使用小功率电动机的车间也采用380/220伏作为电力网电压；如果工厂车间中要用大型的电动机，可由3~6千伏或10千伏的电力网供电；对于距发电厂很远的用户可采用35~220千伏的电压供电，表1—2列出由实际经验得出的各级电压输电线的输送容量与距离。



线路图中常用的符号如表1—3所示。

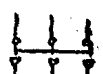
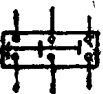
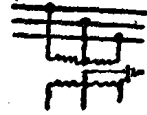
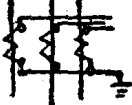
图1—10 电力网的额定电压

表1—2 比较适合的各级电压线路的输电容量和距离(三相单回路)

线路电压 (千伏)	线路种类	极限容量(瓩)	输电距离(公里)
6	架空线	2,000	3~10
6	电缆线	3,000	8
10	架空线	3,000	5~15
10	电缆线	5,000	10
35	架空线	2,000~10,000	20~50
110	架空线	10,000~50,000	50~150
220	架空线	200,000	300

表1—3 线路图中所用的符号

名称	符	号
发电机(三相交流)		
励磁机		
变压器(Y—Y接线)		
闸刀开关		
空气自动开关		

隔、离、开、关		
负、荷、开、关		
油、开、关		
电、压、互、感、器		
电、流、互、感、器(三只)		
电、流、互、感、器(二只)		
电、流、互、感、器(一只)		
熔、断、器	 	 
避、雷、器		

§ 1—5 架設电力网与线路的基本知识

电力网有屋外与屋内两种,屋外电力网建筑于房屋外面,它们由架空线与电缆构成,电缆一般敷设于地下。屋内电力网建筑于房屋内部,它们由绝缘导线和电缆构成,在工厂厂房内有时也用裸导线和金属排。

一、电力网的架空线路

绝大多数的电力网是用架空线路敷设的,广泛采用架空电力网的主要原因,是由于它的费用远较电缆电力网为低,容易发现故障地点,并且易于检修。

架空线路主要由导线、绝缘子、杆塔等部件构成,现分述如下:

1. 架空线路的导线

架空线路的导线以及置于支柱上的架空地线,是在艰难的条件下运行的,因为这些导线受着不同气候的影响:如风吹、雨打、结冰等的影响,以及周围空气所含的化学杂质的影响。因此,导线除了应具有良好的导电率外,尚须具备足够的机械强度,以及抵抗气候条件作用与化学物质影响的特性,此外,导线的运行在保证供电持续性的条件下,达到最低的费用。

按照导线的构造,它们主要可以分为下列各种型式:

(1)单股导线。它是由一般的实心导线所组成,这类导线只由铜与钢所制成(图1—11a)。

(2)由一种金属制成的多股导线——它由铜、铝或钢所制成,一根导线由7、19或37股线绞合而成(图1—11b)。

(3)由两种金属制成的多股导线,如一般的钢芯铝线系由3、7或19根钢线绞成芯线,其外绕以6或28根铝线组合而成(图1—11c)。

导线的钢芯部分承受主要机械应力,而铝线部分几乎传导全部电流。

因为多股导线与同一截面的单股导线比较起来,具有更大的机械强度且易于弯曲,所以多股导线获得广泛的应用。

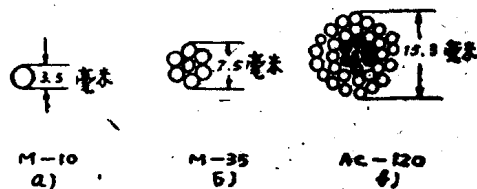


图1—11 架空线路的导线

单股铜线和多股铜线都为硬拉铜所制成,它们具有良好的导电率与足够的机械强度。铜线能抵抗气候条件变化影响,以及空气中所含大量化学物质的影响。铝线和铜线比较,其导电率较铜为差(约为铜的1.6分之一),机械强度较铜小,比重也较铜小,对气候条件变化影响的抵抗性较强,而对化学作用方面的抵抗性较弱。钢导线的导电率不好,但其机械强度则很强,它只能用来输送小容量的电能,由于钢线容易生锈,故必须镀锌以防止生锈。钢芯铝线是一种既有机机械强度又有充分导电率的导线,如与相同导电率的铜线比较,钢芯铝线具有重量大大减小,而外径显著加大等优点:由于直径加大,相应地提高了导线可能发生电晕的电压,其结果是减少了电晕损失。因此,它广泛地使用在挡距较大的35千伏、110千伏及220千伏的输电线路路上。

裸线的型号常用的有以下几种,例如:

(1) M—70或A—70表示裸铜或裸铝的多股绞线,其额定截面为70平方毫米;

(2) AC—95表示裸的钢芯铝线,其铝线部分截面为95平方毫米。

关于铜、铝、钢铝和钢裸线的规格表见附表21。

2. 绝缘子

绝缘子是用来固定带电导体,并使带电导体间或导体与大地间绝缘的一种电气设备。所以它具有足够的电气强度、机械强度和耐热,以及不怕潮湿等性能。

绝缘子总的来说有支柱绝缘子、套管绝缘子与线路绝缘子等几种。支柱绝缘子(图1—12)是固定在一定的部位上用来支持导体的,它被广泛应用于配电装置与各种电器上;套管绝缘子(图1—13)用在配电装置中导体需要穿过墙壁(或隔板)或需穿出电器外壳的场合;至于线路绝缘子则用来支持或悬挂导线,它用于屋外配电装置与架空线路上。下面重点谈谈线路绝缘子的分类与用途。线路绝缘子主要可分为下列三种:

(1)针式绝缘子:如图1—14a、图1—14b所示,用在电压较低(35千伏以下)和导线拉

力不大的线路上。在高压(110 千伏以上)线路上使用针式绝缘子,制造和安装上都有困难。

(2) 悬吊式绝缘子:如图 1—14_a 所示。它制造简单,安装便利,尤其在较高电压的高压输电线路中,悬吊式绝缘子可以随线路额定电压的增加而增加其个数,用以组成绝缘子串(图 1—15),而不受电压的限制。同时悬吊式绝缘子能承受的机械力也较大,因此在 35 千伏以上的线路上,都应当使用悬吊式绝缘子。

每串绝缘子的个数,根据线路工作电压及对线路防污要求而定。如以 $\Pi-4.5$ (即破坏强度为 4.5 吨的绝缘子)为例,其个数可按表 1—4 所示来选择。

表 1—4

架空线的额定电压(千伏)	35	110	220
木质杆塔	2	6	12
铁塔	3	7	14

用于耐张绝缘子串的绝缘子个数较多。在 35~110 千伏的线路上要多用一个绝缘子,而在 220 千伏线路上要多用两个绝缘子。

(3) 棒式绝缘子:棒式绝缘子是一种新型的悬吊式绝缘子,其形状如图 1—14_b 所示,在 110 千伏线路上只需要一个就够了。

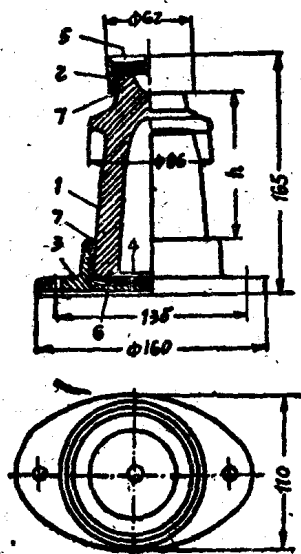


图 1—12 支柱绝缘子

1—瓷壳; 2—铸铁帽; 3—铸铁底座和法兰盘; 4—厚纸或白铁底; 5、6—厚纸垫圈; 7—水泥胶合剂。

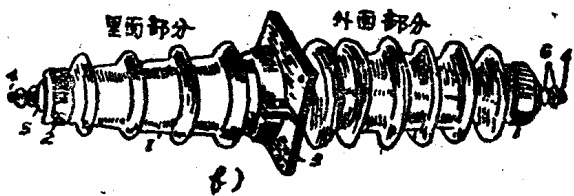
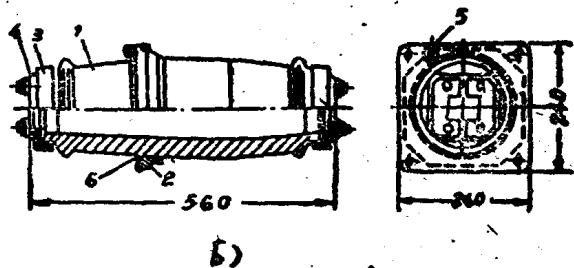
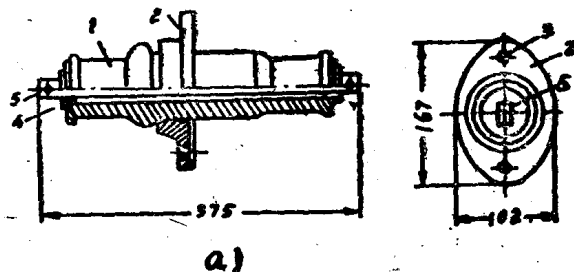


图 1—13 套管绝缘子

a—6 千伏、400 安屋内装置用套管绝缘子

1—瓷瓶; 2—法兰盘; 3—螺栓孔; 4—垫圈; 5—导体。

b—10 千伏母线式套管绝缘子

1—瓷瓶; 2—法兰盘; 3—帽; 4—铜板; 5—接地用螺栓; 6—水泥胶合剂。

c—35 千伏、600 安屋外装置用套管绝缘子

1—瓷瓶; 2—帽; 3—分裂法兰盘; 4—载流柱; 5—中心垫圈; 6—用来固定母线的螺母。

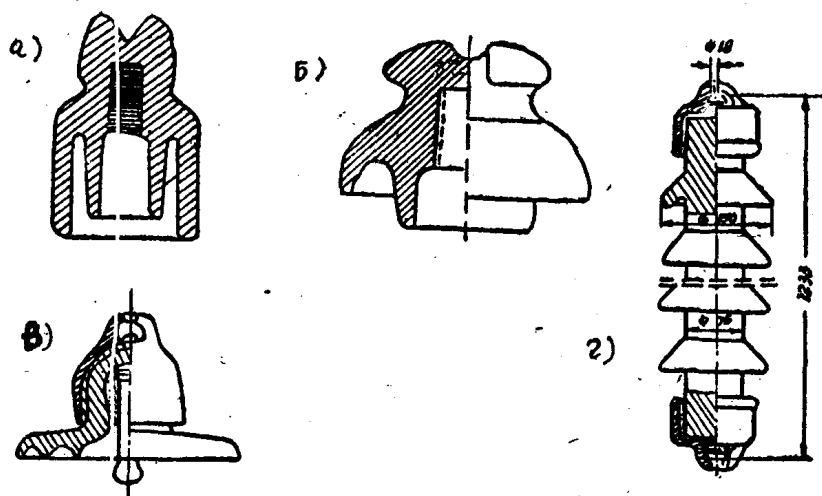


图 1—14 线路绝缘子

a—低压针式绝缘子；b—高压针式绝缘子；c—悬吊式绝缘子；d—棒式绝缘子。

3. 杆塔 杆塔有木质、金属与钢筋混凝土杆塔等。木质杆塔的优点是：施工简便、运输方便、投资较小，对防雷保护有很大作用；其缺点是：维护工作量大、使用年限短，同时要消耗大量木材。金属杆塔（也称铁塔）的优点很多：如机械强度大、便于运输（因其零件可拆卸运到工地安装）、使用年限长、事故也比较少、外形整齐美观；其缺点是：投资较大、需用大量钢材。至于钢筋混凝土杆塔（也称水泥杆）的优点，首先在于它能代替木质和金属杆塔、节约木材和钢材。由于它不腐朽也不生锈，不需要作任何防腐防锈工作。较之木质和金属杆塔维护工作简单得多，并且使用年限也长；其缺点是运输不便，只便于平原与丘陵地区使用。现在制成分节混凝土杆，运输比较方便，可以广泛使用。

杆塔的结构决定于杆塔用途、材料、线路电压等因素，如按用途分，可分为：

(1) 直线杆塔(如图 1—16 所示)：直线杆塔多用于分段杆塔之间，作支承导体之用。在线路上使用得最多的是此种杆塔，尤其在平坦地区，此种杆塔的数目约占杆塔总数的 80%。

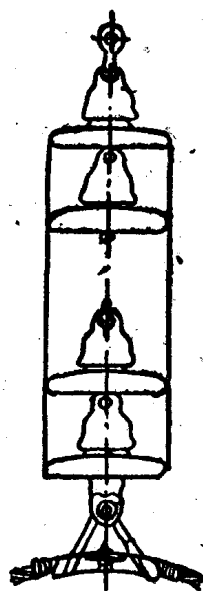


图 1—15 绝缘子串

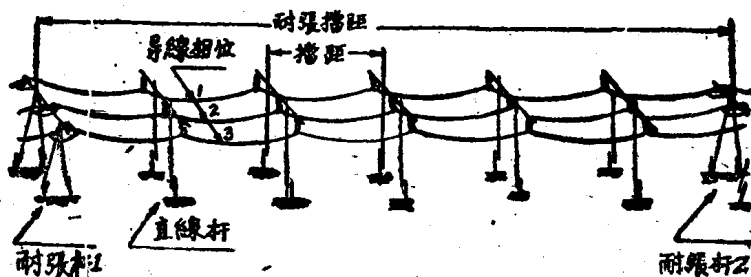


图 1—16 架空线路构造示意图

直线杆塔在正常情况下并不承受顺线路方向的拉力(导线的),只承受导线、绝缘子、绝缘子上复冰及电杆本身的重量,以及因风压而产生的水平力量。也承受事故断线条件下所产生的机械力。

直线型单杆式木杆、双杆式木杆如图1—17、图1—18所示。直线型酒杯式、倒伞式铁塔如图1—19、图1—20所示。

(2) 分段杆塔(图1—16): 这是一种承力型杆塔,它又称为耐张型杆塔式锚塔。它是承受导线及架空地线全部拉力的杆塔,其主要作用是固定导线,以便进行检修与安装工作。它比直线型杆塔能承受较严重的故障,并把线路的故障限制在一定的范围内。耐张杆塔有木杆的、铁塔的和钢筋混凝土杆的。110千伏耐张型铁塔如图1—21所示。

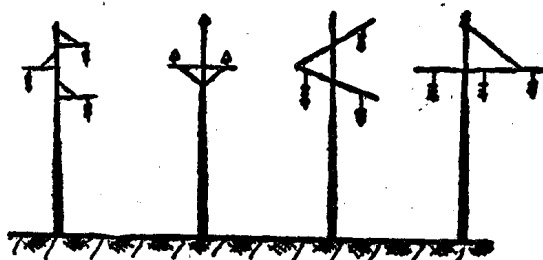
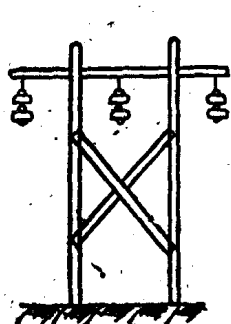
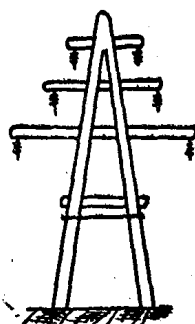


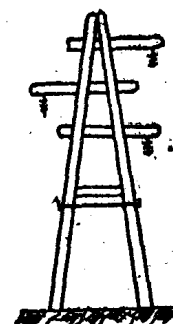
图1—17 直线型单杆式木杆



门形杆



A形杆(双回路)



A形杆(单回路)

图1—18 直线型双杆式木杆

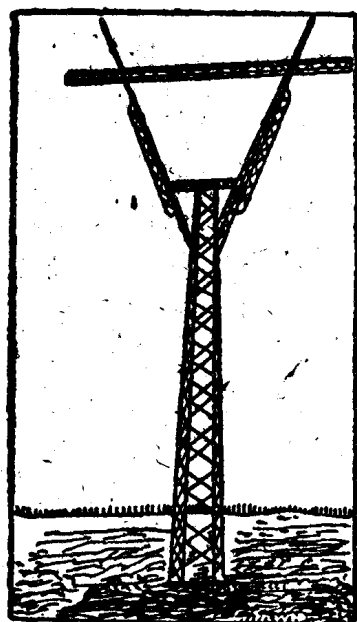


图1—19 酒杯式铁塔

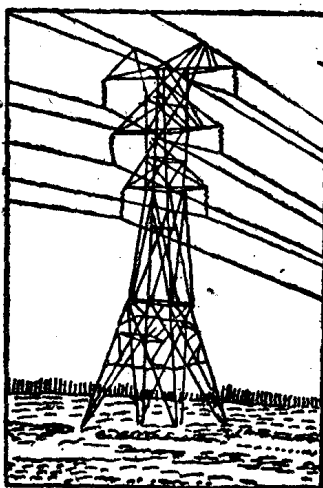


图1—20 “倒伞”式铁塔

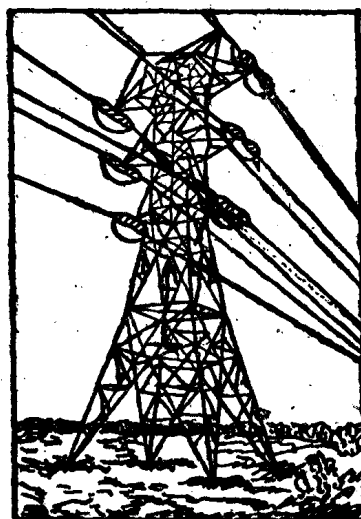


图1—21 110千伏耐张型铁塔

二、电力网的电缆线路

电力网的电缆线路直接埋在地下,很少敷设在排管与电缆沟中。地下电缆线路的优点如下:

1. 由于线路通过的地点或由于架空线路有碍于都市街道的美观不能或不宜架设架空线路者,都可敷设电缆线路;
2. 电缆的运行可靠性大;
3. 不受外界(结冰、刮风、雷击)的影响;
4. 电缆线路埋在地下,路人不能接近,且其通过居民点时,没有高压危险;
5. 与电缆线路相反,架空线路的故障停电却经常地发生,因此,常常引起整个供电系统的长期混乱。

电缆线路的缺点是:

1. 电缆线路的价格比架空线路贵得多。例如 110 千伏的电缆线路较 110 千伏的架空线路约贵 4~5 倍;
2. 建设电缆线路的工期较架空线路为长;
3. 需要较熟练的人员来敷设电缆与安装接线盒;
4. 不易发现与修理损坏的地方。

电力网中主要采用的电缆是三芯与四芯的浸渍纸绝缘的电力电缆。此种电缆,在电压 10 千伏以下者,都制成环带型绝缘,而在电压 20~30 千伏者,则制成分相铅包型。

具有扇形芯线的环带型绝缘的三芯电缆如图 1—22 所示,分相铅包的三芯电缆如图 1—23 所示。电力电缆长期容许负荷表见附表 23 和 24。

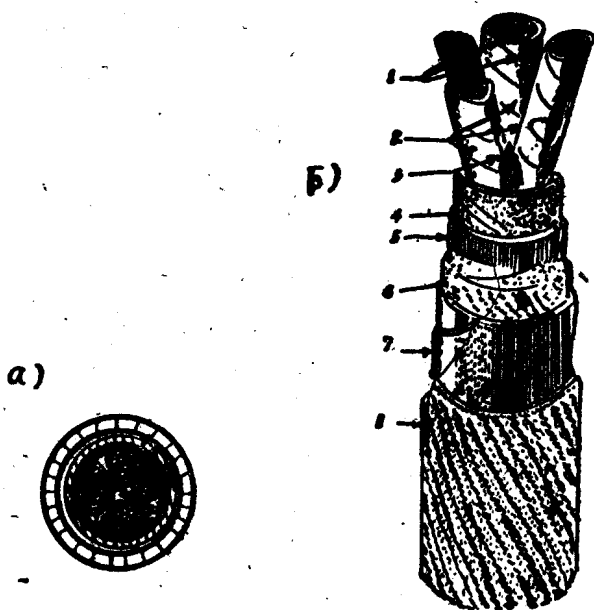


图 1—22 扇形三芯电缆

a—断面; 6—外形
1—铝或铜的电缆; 2—相绝缘用油浸渍纸; 3—黄麻填充物; 4—环带绝缘用油浸渍纸; 5—铅包皮; 6—黄麻层; 7—钢带垫甲; 8—黄麻保护层。

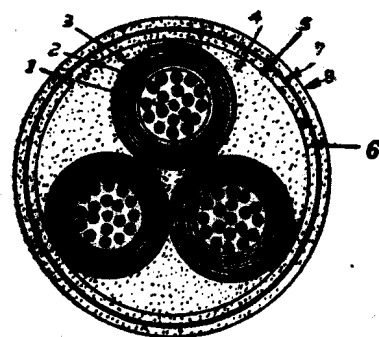


图 1—23 分相铅包电缆

1—电缆芯; 2—纸绝缘; 3—铅包皮; 4—黄麻填充物; 5—纸带; 6—黄麻垫衬; 7—钢甲; 8—黄麻外皮。