

电工进网作业许可 续期注册教育补充教材

贵州版

贵州省电力工程企业协会 编

电工进网作业许可

续期注册教育补充教材

(贵州版)

贵州省电力工程企业协会 编

贵州大学出版社

Guizhou University Press

图书在版编目(CIP)数据

电工进网作业许可续期注册教育补充教材:贵州版 /
贵州省电力工程企业协会编. —贵阳: 贵州大学出版社,
2014.3

ISBN 978 - 7 - 81126 - 677 - 1

I. ①电… II. ①贵… III. ①电工技术 - 技术培训 -
补充教材 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 047725 号

电工进网作业许可续期注册教育补充教材(贵州版)

编 者:贵州省电力工程企业协会

责任编辑:徐 言 廖 波

出版发行:贵州大学出版社

印 刷:贵阳精彩数字印刷有限公司

开 本:889 毫米 × 1194 毫米 1/16

印 张:29.75

字 数:880 千字

版 次:2014 年 4 月 第 1 版

印 次:2014 年 4 月 第 1 次印刷

书 号:978 - 7 - 81126 - 677 - 1

定 价:128.00 元

版权所有 侵权必究

本书若出现印装质量问题,请与出版社联系调换

电 话:0851 - 5981027

编委会

主任:向海平

副主任:潘 军 陶少刚

委员:(按姓氏笔画)

尹 胜 刘 钢 周杰娜 金伟明

胡 波 崔 燕 彭志炜 谭小青

编写组

组长:谭小青

主编:刘卓敏 金伟明

编辑:(按姓氏笔画)

王 宇 王 浩 尹 虹 令狐劲松 石 松

石帅军 许文强 李仙琪 吴秀珍 严 凯

林美玲 杨爱冰 陈利民 陈德权 施宽容

崔 燕 曾强建

前 言

本教材是依据《电工进网作业许可证管理办法》(国家电监会 15 号令)规定:“电工进网作业许可实行注册管理,注册有效期为三年;持有电工进网作业许可证的人员,在许可证注册有效期届满前需办理续期注册手续,并提供掌握进网作业规定、学习新技术和接受事故案例教学等情况的证明材料”,为持有电工进网作业许可证的人员进行续期注册继续教育学习而编写的补充教材。

2013 年 1 月,编委会根据国家电监会《关于做好电工进网作业许可证续期注册继续教育工作的通知》(办资质[2012]148 号)的精神,为规范电工进网作业许可证续期注册工作,指导持证人员学习、掌握电工进网作业新技术,加强安全教育,巩固业务技能,在全国统一培训教材的基础上,结合我省的具体情况,编写了这本适用于贵州省电工进网作业许可续期注册教育的补充教材。

本教材分为公共知识、高压类、低压类、特种类 4 个部分。其中章节上把高压、低压、特种三个类别进网作业电工都需要了解的知识和掌握的技能作为公共知识编入教材的第一部分,其余三部分按高压、低压、特种分类编写。

本教材在内容的选择上力求“本土化、实用化”,用一定篇幅编写了进网作业电工在续期注册继续教育学习中应该了解、掌握并需进一步巩固的知识和技能;除此之外,增加了安全风险管控、环网柜、架空线路防雷、防冰融冰技术、电能计量、集中抄表、中小水电站管理等实用技术,对进网作业电工的工作和学习具有较好的参考和指导作用。

本教材由原贵州电监办委托贵州省电力工程企业协会组织编写。在编写过程中,特邀我省大中专院校、行业专家对书稿进行了多次审查,编写组针对专家提出的宝贵意见对教材进行了多次修改。

本教材在编写过程中得到贵州能源监管办的悉心指导,得到贵阳供电局等企业的大力支持与帮助,在此,谨向有关人员表示衷心的感谢!书中引用了大量的参考文献,对这些文献的作者也表示衷心的感谢!

由于时间和水平有限,书中难免有错误和不足之处,恳请读者批评、指正。

编写组

2014 年 4 月

目 录

第一部分 公共知识

第一章 电力系统基础知识	(1)
第一节 电力系统概述	(1)
第二节 电力系统接线方式	(15)
第三节 电力需求侧管理	(21)
第四节 贵州电力系统简介	(28)
第二章 电气安全技术	(30)
第一节 人身触电事故预防	(30)
第二节 电气火灾事故预防	(31)
第三节 安全生产规定	(34)
第四节 电气安全工作制度	(38)
第五节 安全生产风险管理	(49)
第三章 电工常用仪表及安全工器具	(51)
第一节 电工常用仪表	(51)
第二节 电气安全工器具	(57)
第四章 电力新技术应用及发展趋势	(64)
第一节 配电自动化	(64)
第二节 变电站综合自动化和数字化变电站	(67)
第三节 智能电网	(74)
复习题	(78)

第二部分 低压类

第五章 低压电器及成套装置	(84)
第一节 低压电器概述	(84)
第二节 低压断路器和熔断器	(86)
第三节 低压隔离开关和组合开关	(96)
第四节 低压控制电器	(101)
第五节 低压电力电容器	(104)
第六节 低压接地制式和接地装置	(108)
第七节 剩余电流动作保护器	(116)
第八节 低压成套配电装置	(121)
第九节 三相异步电动机	(126)

第六章 低压配电线路	(139)
第一节 低压架空电力线路	(139)
第二节 低压架空配电线路的施工	(145)
第三节 低压架空线路运行维护与检修	(155)
第四节 低压接户、进户电力线路	(156)
第七章 电能计量和用电业务	(160)
第一节 电能表基础知识	(160)
第二节 电能表接线	(164)
第三节 电能计量装置	(167)
第四节 低压集中抄表简介	(169)
第五节 用电业务知识	(170)
复习题	(181)
第三部分 高压类	
第八章 电力变压器	(186)
第一节 变压器基础知识	(186)
第二节 变压器安装	(192)
第三节 变压器运行与维护	(197)
第九章 高压电器及成套配电装置	(203)
第一节 高压断路器	(203)
第二节 隔离开关	(216)
第三节 高压负荷开关	(224)
第四节 高压熔断器	(229)
第五节 互感器	(233)
第六节 高压成套配电装置	(238)
第七节 环网柜、箱式变电站、电缆分支箱	(242)
第八节 其他高压设备简介	(253)
第十章 架空电力线路	(261)
第一节 架空电力线路基础知识	(261)
第二节 架空导线选择	(264)
第三节 架空电力线路施工	(271)
第四节 架空电力线路运行与维护	(281)
第五节 架空电力线路防冰	(286)
第六节 架空电力线路防雷	(295)
复习题	(303)
第四部分 特种类	
第十一章 电力电缆	(311)
第一节 电力电缆基础知识	(311)
第二节 电力电缆敷设	(314)

第三节	电力电缆附件	(322)
第四节	电力电缆运行与检修	(334)
第十二章	高压试验	(342)
第一节	高压试验基础知识	(342)
第二节	电力变压器试验	(354)
第三节	电力电缆试验	(361)
第四节	断路器试验	(365)
第五节	避雷器试验	(373)
第六节	互感器试验	(376)
第七节	电容器试验	(377)
第十三章	继电保护	(379)
第一节	继电保护基础知识	(379)
第二节	电力线路继电保护	(383)
第三节	电力变压器继电保护	(399)
第四节	继电保护及二次回路测试基础	(407)
第五节	继电保护安全生产风险管理	(414)
第六节	微机保护基础知识	(417)
复习题		(424)
附录一	中小水电站运行维护与管理	(433)
附录二	电工进网作业许可证管理办法	(459)
附录三	电工进网作业许可证续期注册办法	(463)
参考文献		(465)

第一部分 公共知识

电工进网作业许可证分为高压、低压、特种三个类别。我们把这三类进网作业的电工都必须了解和掌握并需进一步巩固提高的技能和知识作为公共知识部分编入了本教材的第一部分。第一部分共有四章内容。

第一章 电力系统基础知识

电能的生产、输送、分配和使用是同时完成的。这需要一个庞大的系统——电力系统来实现。本章主要内容有电力系统概述、贵州电力系统概况、电力需求侧管理、电力系统接线方式。

第一节 电力系统概述

电力系统是一个庞大的系统,从规划、设计到建设,再到运行和管理,涉及的知识面即广又多。本节主要介绍电力系统最基本的概念,如电力系统的组成、发电方式、变电站(所)的类型、电力网的分类、电力系统的质量指标、经济指标等。

一、电力系统的组成

一个完整的电力系统由分布各地的各种类型的发电厂、升压和降压变电所、输电线路及电力用户组成,它们分别完成电能的生产、电压变换、电能的输配及使用。

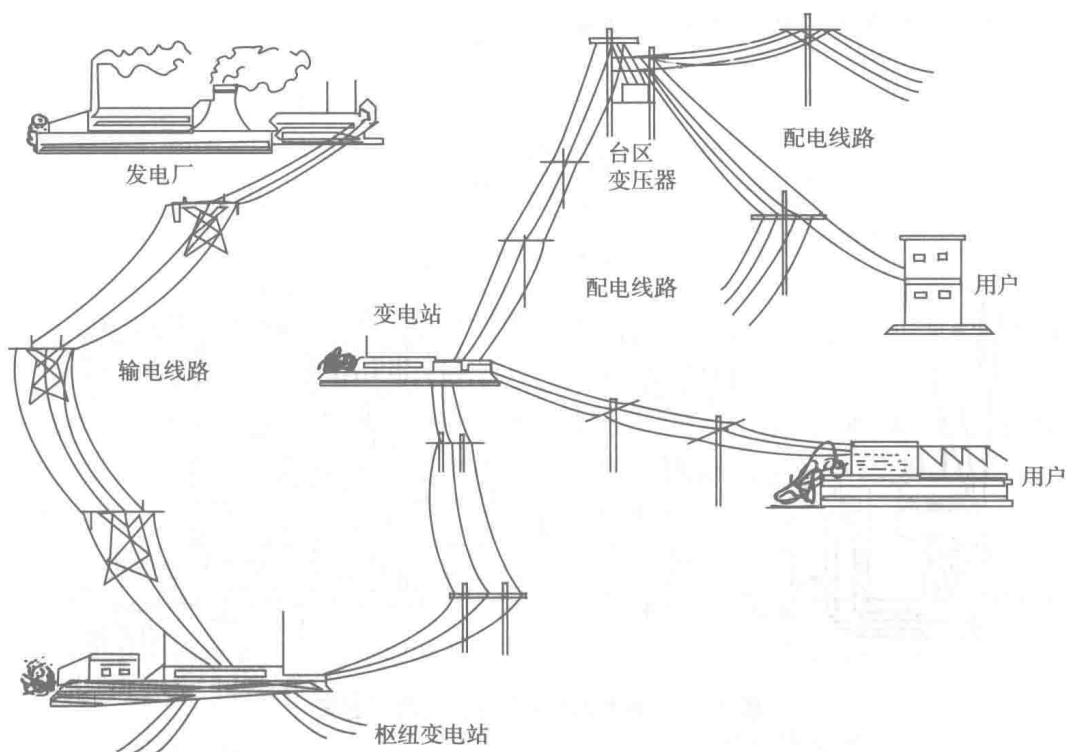


图 1-1 电力系统示意图

图 1-1 所示电力系统的组成有以下几个部分。

(一)发电厂——生产电能

发电厂是电能供应的起点,是生产电能的工厂,在这里把一次能源转换为电能。根据使用的一次能源不同,发电厂分为不同类型。

(二)变电站(所)——变换电能

变电站(所)是电力系统中线路的连接点,是用以变换电压、交换功率和汇集、分配电能的场所。其主要设施包括电力变压器、配电装置、控制设备、保护装置、自动装置、通信设施及补偿装置等。

(三)输配电线路——输送和分配电能

发电厂、变电站(所)、用户是通过各种电压等级的电力线路联系起来的。联系发电厂和负荷中心的电力线路一般称为输电线路,其电压等级较高,一般为 110kV 及以上;联系负荷的中心和各用户的电力线路一般称为配电线路,其电压等级较低,一般为 110kV 以下。

(四)电力用户——使用电能

工厂中电动机等和住宅中电灯、家用电器属于使用电能的设备。它们消耗电能。

综合上述,我们把生产电能、变换和输送电能、分配电能、消耗电能这一连续过程中各种设备连接组成的统一整体称为电力系统。

二、发电方式、变电站(所)、电力网

(一)发电方式

1. 火力发电

火力发电是燃烧煤、石油和天然气来发电,目前我国的电源构成中,以燃烧煤的火力发电设备容量占的比重较大,是主要的发电方式。

火电厂可分为凝汽式火电厂和热电厂,凝汽式火电厂是单一生产电能的热电厂,而热电厂既生产电能、又向用户提供热能。热电厂由于供热距离不能很远,一般建在邻近热负荷的地区,容量也不大。凝汽式火电厂则可建在燃料基地,称为坑口电厂。

凝汽式火力发电厂生产过程见图 1-2 所示。

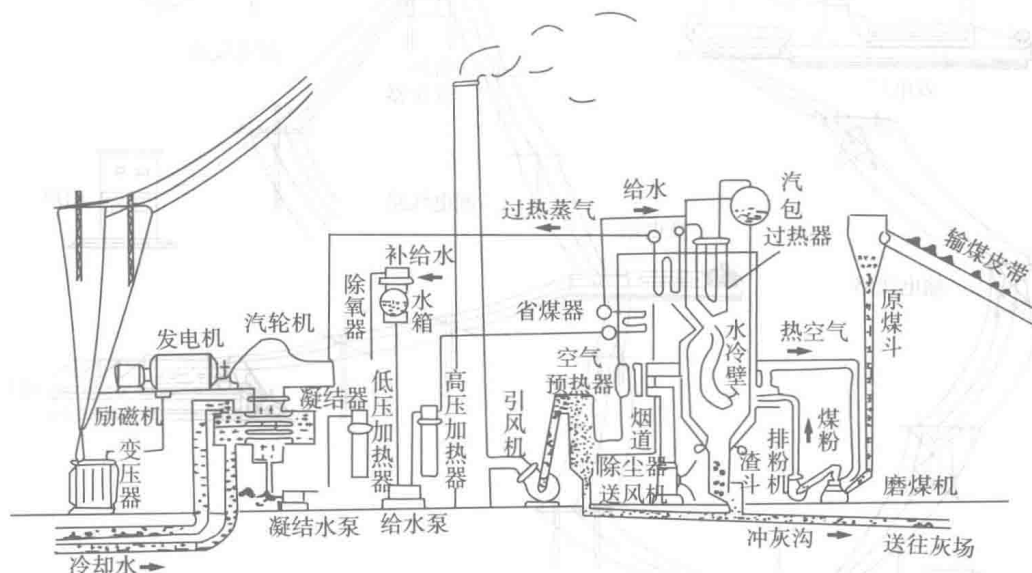


图 1-2 凝汽式火电厂生产过程示意图

火力发电的优点是厂址布局灵活,建设速度快,投资少,缺点是会产生污染和运行费用较高。提倡建设紧靠煤矿的坑口电厂,建设热、电合供的热电厂和工业企业自备的热电联产电厂。

2. 水力发电

水力发电是利用水的位能发电。为了充分利用水能,人们针对河流的自然条件建造适合于河流特点的水工建筑物,以期能得到尽可能大的水的落差。按集中落差方式不同,水电厂一般可分为以下类型:

(1) 堤坝式水电厂

堤坝式水电厂是在河流中落差较大的适宜地段拦河筑坝,形成水库以维持高水位。堤坝式水电厂又可分为坝后式和河床式两种型式。坝后式水电厂单独筑坝,坝身高,水位也高,厂房建在坝后,不承受水压,如图 1-3 所示。河床式水电厂适用于河床平缓地区,由于落差小,将厂房和坝建在一起,构成拦河建筑物的一个组成部分。

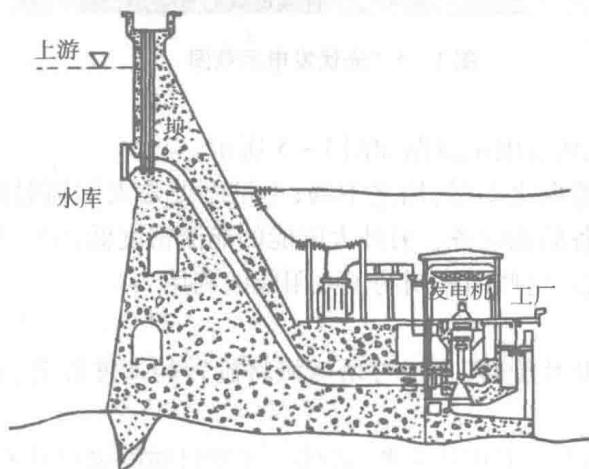


图 1-3 堤坝式水电厂示意图图

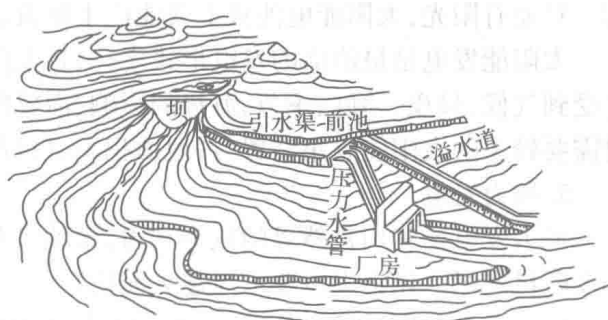


图 1-4 引水式水电厂枢纽布置图

(2) 引水式水电厂

在河流上游,当河床坡度较大时,宜于修建隧洞和渠道以获取最大落差,利用这种方式修建的水电厂称为引水式水电厂,如图 1-4 所示。引水式水电厂不建坝或只建低坝,该坝只起阻水作用,落差靠引水渠道或隧洞形成。

(3) 抽水蓄能式水电厂

抽水蓄能式水电厂有高位和低位两个水库,安装既可抽水又能发电的可逆机组。在高峰负荷时,将高位水库的水放下来,机组作为水轮机—发电机组为电力系统供电,并把发过电的水存入低位水库,在低峰负荷时,机组作为电动机—水泵机组用电力系统的电能将低位水库的水再抽回高位水库,这一过程是把电能再变成水的位能,以备系统负荷高峰时再发电。抽水蓄能式水电厂在电力系统中能起到调峰作用。

无论哪一类水电厂,均是通过压力水管把水引入水轮机的螺旋形蜗壳,推动水轮机转子旋转,带动发电机转动,把机械能变为电能。由上可见,水电厂的生产过程远比火力发电厂简单。

水力发电优点是发电成本低、效率高,不会产生污染,可综合利用水资源,运行灵活,水能可储蓄和调节;缺点是建设周期长,投资大,且水电厂的建设受自然条件的限制。

3. 原子能发电厂

原子能发电是指利用原子核裂变所释放出的巨大核能发电,所以原子能发电厂又称为核电厂。核能可分为两种:一种是重金属元素如铀、钚等的原子核发生裂变放出巨大能量,称为裂变反应。另一种是轻元素,如氢的同位素氘和氚等的原子核聚合成较重的原子核如氦,放出巨大的能量,称为聚变反应。反应堆是核电厂的核心,它是一个可以被控制的核裂变装置。

核电厂的生产过程与火力发电厂相似。水在反应堆内被加热后,沸腾并被蒸发成高温高压的蒸汽,经过管道直接送入汽轮机,推动汽轮发电机做功发出电能。做功之后的乏汽在凝结器中冷却成水后,再用水泵送回反应堆。为防止水汽化后造成污染,除反应堆设有凝土防护层外,全部热力设备及

管道也用防护层屏蔽。

原子能发电的优点是发电成本低,无烟尘污染,所耗用的燃料很少。用核能电厂代替火力发电厂将能大量节约煤炭。缺点是建造的成本很大。还有就是核电厂的放射性污染问题。

4. 太阳能发电

太阳能发电分为两大类:一类是太阳热能发电。它是将太阳热能集中起来加热水,用水蒸气推动汽轮发电机发电。另一类是太阳光能发电。简称光伏发电。光伏发电就是利用光电转换原理使太阳的辐射光通过半导体物质转变为电能,在发电过程中不会产生任何污染或者废弃物。只要有阳光,太阳能电池板上就能产生电流,光伏发电示意图如图 1-5 所示。

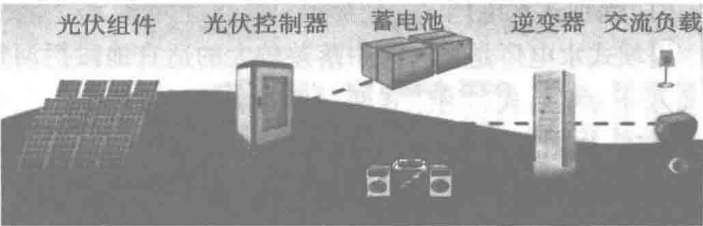


图 1-5 光伏发电示意图

太阳能发电是最清洁的发电形式之一,且太阳能取之不尽,用之不竭;不足之处是太阳辐射的强度受到气候、昼夜、纬度、季节、海拔的影响,需要配备储能设备。另外太阳能的能流密度低,实际利用时需要较大的太阳能收集装置,占地面积大,投资大。这些因素制约了太阳能的利用。

5. 风力发电

风力发电是利用自然界的风为动力,带动风车叶片旋转,再透过增速机将旋转的速度提升,来驱动发电机发电。风力发电要求风速大而稳定。

风力发电利用的是自然能源,相对火电、核电等发电要更加绿色、环保。依据目前的风车技术,大约是每秒三公尺的微风速度(微风的程度),便可以开始发电。

风力发电的优点是发电成本低,无污染,适合分散安装;缺点是设备安装投资大,运行受自然界的影响大。

6. 潮汐发电

潮汐发电是利用海水潮汐涨落时海水水位的升降落差推动水轮发电机组发电。由于太阳和月亮对地球表面不同位置的引力不相平衡,使海水形成有规律升降的潮汐现象,海水有规律的运动形成大量的动能和势能,称为潮汐能。其优点是发电成本低,无污染;缺点是受外界环境影响大。

7. 其他发电形式

(1) 生物质能发电。生物质能是世界第四大能源,仅次于煤、石油和天然气。生物质分为林业、农业资源、生活污水和工业有机废水、垃圾及畜禽粪便等五大类。如垃圾经分类回收利用后形成的固体废弃物可以焚烧发电,1 万 t 生活垃圾焚烧可以转化成约 4 000 万千瓦时电。

(2) 瓦斯发电。煤层气或称煤矿瓦斯,其主要成分是甲烷。煤矿瓦斯发电是一种潜在的、储量巨大的洁净能源。

(二) 变电站(所)类型

根据变电站(所)在电力系统的位置、地位、作用划分,变电站(所)有若干类型,其主要类型如表 1-1 所示。

表 1-1 变电站(所)分类

类型		作用与特点
按作用性质分	升压变电站(所)	一般设于发电厂内或附近,将电压升高,连接电力系统
	降压变电站(所)	一般分布于负荷中心,电源侧连接电力系统,通过变压器把降低电压,使电能便于分配和使用
	开关站	仅连接系统中的各个部分,不起升压或降压作用。根据电力系统稳定性要求而设

类型		作用与特点
按所处地位分	枢纽变电站(所)	为系统中汇集多个大电源和大容量连接线路的枢纽点,其高压侧以交换系统间巨大的功率为主
	地区变电站(所)	一般汇集2~3个中小电源,高压侧以交换功率为主,并供电给中、低压侧的变电站(所),电压通常为110~220 kV
	企业(用户)变电站(所)	专供一个单位或工矿企业用电的降压变电站(所),电压多为35~110 kV
	终端(分支)变电站(所)	处于电网终端或线路分支接入点的降压变电站(所),位置接近负荷点
按布置形式分	室外变电站(所)	除控制室及低压侧设备置于室内,大部分设备均在室外
	室内变电站(所)	所有电压等级的配电装置均置于室内
	地下变电站(所)	地面狭窄的水电站及大城市中心地区用地困难而采用的布置形式。所有电压等级的配电装置均置于地下
按值班形式分	有人值班变电站(所)	重要的或无远动设备的变电站(所)
	无人值班变电站(所)	配备了完善的自动化控制设备的变电站(所)
	无人值班有人值守变电站(所)	配备了自动化控制设备,但还需要安排较少人员值守

(三) 电力网

电力系统中输送和分配电能的部分叫做电力网,它包括了各种电压等级的变电站(所)和输配电线路。电力网有以下分类方法。

1. 电力网按供电范围、输送功率和电压等级分为地方电力网和区域电力网。

一般来讲,电压为110kV以下的电力网,电压较低,输送功率小,传输距离短,主要供电给地方负荷,称为地方网;电压为110kV及以上的电力网,电压较高,输送功率大,传输距离长,主要供电给大型区域性变电所,称为区域网。

2. 电力网按其职能可分为输电网络和配电网络。

输电网络的任务,是将大容量发电厂的电能可靠而经济的输送到负荷集中地区。输电网络通常由电力系统中电压等级最高的一级或两级电力线路组成。配电网络的任务是分配电能。配电线路的额定电压一般为0.4~35kV,有些负荷密度较大的大城市也采用110kV,甚至220kV。

3. 电力网按电压等级可分为低压配电网、中压配电网、高压输电网、超高压输电网和特高压输电网。

低压配电网是指1kV以下的电力网;1~10kV为中压配电网;35kV以前归属高压输电网,但随着我国电力工业的发展,已不再是电网之间的联络线路,在很多城市中已经成为城市配电网的一部分;110kV到220kV称为高压输电网;330kV和500kV称为超高压输电网;750kV以上线路称为特高压输电网。

4. 电力网按接线方式分为开式网络和闭式网络。

负荷点只能从一个方向取得电能的网络,叫做开式网络。单、双回路放射式、干线式和链式接线都属于开式网络。负荷点可从两个或两个以上方向取得电能的网络,叫做闭式网络。环式和多电源供电网络属于闭式网络。

三、电力系统的电压

(一) 额定电压等级

为了使电力设备生产实现标准化和系列化,方便运行和维修,我国规定了一定数量的标准电压,通常称为电压等级。

我国电力系统的额定电压等级有:3、6、10(20)、35、60、110(154)、220、330、500、750、1 000kV。

目前,我国电力系统额定电压等级的应用情况是,3kV、6kV、10kV作为发电厂厂用电的电压等级,其余是电力网的电压等级。其中,10(20)kV既作为发电厂厂用电的电压等级,也作为电力网的电压等级;60kV、154kV为历史遗留,现在已不再发展的电压等级。仅西北电网有330kV的电压等

级。最高电压等级的 1 000kV 输电线路已投入运行。

(二) 额定电压

额定电压是电气设备按长期正常工作时具有最大技术性能和经济效益所规定的电压。常用的电力网、用电设备、电源设备的额定电压如表 1-2 所示。

表 1-2 额定电压(线电压,kV)

电力线路用电设备 额定电压(kV)	电力线路平均额定 电压(kV)	发电机额定 电压(kV)	电力变压器额定电压(kV)	
			一次绕组	二次绕组
3	3.15	3.15	3 及 3.15	3.15 及 3.3
6	6.3	6.3	6 及 6.3	6.3 及 6.6
10	10.5	10.5	10 及 10.5	10.5 及 11
—	—	13.8,15.75,18,20	13.8,15.75,18,20	—
35	37	—	35	38.5
60	63	—	63	69
110	115	—	110	121
220	230	—	220	242
330	345	—	330	363
500	525	—	500	550
750	—	—	750	—

(三) 电力系统各元件额定电压的确定

表 1-2 中电力系统各元件额定电压是如何确定的,下面进行说明。

1. 电力线路与用电设备的额定电压

电力线路额定电压与用电设备的额定电压相同。也与我国电力系统额定电压等级一致。通常也把它们称为电力网的额定电压。

2. 电力线路平均额定电压

所谓平均额定电压,是指同一电压等级中的最高额定电压与最低额定电压的算术平均值。也是电力线路首端和末端电压的算术平均值。如图 1-6 所示,线路 L 的平均额定电压为:

3. 发电机的额定电压

发电机接在电力线路的始端,由于电力线路存在电压损耗,因此要求发电机额定电压高于线路的额定电压。

若发电机的机端有直馈负荷,其额定电压偏移不应超过额定值的 5%,因此发电机的额定电压比线路的额定值高 5%。如表 1-2 中的 3.15、6.3、10.5kV。

若没有直馈负荷的大容量发电机,其额定电压按技术经济条件来确定,不受线路额定电压的限制,例如国产 125MW、200MW、300MW、600MW 汽轮发电机组,其额定电压为 13.8kV、15.75kV、18kV、20kV。这些额定电压没有相应的电网额定电压。

4. 电力变压器的额定电压

根据变压器在电力系统中传输功率的方向,我们规定变压器接受功率一侧的绕组为一次绕组,输出功率一侧的绕组为二次绕组。一次绕组的作用相当于受电设备,其额定电压与所接设备的额定电压相等,二次绕组的作用相当于供电设备,考虑其内部电压损耗,额定电压规定比电网的额定电压高 10% 或 5%。

对于升压变压器,一次绕组与发电机连接,所以其额定电压与发电机的额定电压相同。其二次绕组要比所连接的电力线路额定电压高 5% 或 10%。

$$U_{av} = \frac{121+110}{2} \approx 115kV$$

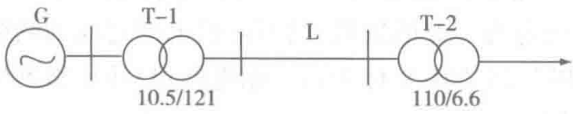


图 1-6 平均额定电压的计算说明图

对于降压变压器,一次绕组与电力线路连接,所以其额定电压与其所接的电力线路额定电压相同。其二次绕组要比所连接的电力线路额定电压高 5% 或 10%。

如果变压器的短路电压小于 7.5% 或直接(包括通过短距离线路)与用户联接时,则按高 5% 的计算。除此之外,都按高 10% 的计算。

四、电力系统的负荷

(一) 电力系统负荷的构成

电力系统的总负荷是所有用户用电设备所需功率的总和。这些设备包括异步电动机、电热器、电炉、照明和整流设备等,在工业部门用电设备中异步电动机所占比例最大。

所有用户消耗功率之和称为电力系统的综合用电负荷。综合用电负荷加上电能传输和分配过程中的网络损耗称为电力系统的供电负荷,即发电厂应供出的功率。供电负荷加上各发电厂本身消耗的厂用电功率,称为电力系统的发电负荷。它们之间的关系如图 1-7 所示。

目前我国按重要程度将负荷分为三类:

1. 一级负荷。对这类负荷中断供电的后果是极为严重的。例如,会造成人身事故、设备损坏、大量废品,导致生产秩序长期不能恢复,市政生活混乱。

2. 二级负荷。对这类负荷中断供电将造成大量减产,使人民的正常生活受到影响。

3. 三级负荷。不属于一、二级,停电影响不大的其他负荷。

一级负荷对供电可靠性的要求最高,理论上,任何情况下不能中断供电;二级负荷对供电可靠性的要求较高,只要不发生特殊情况,都要保证供电不会中断或中断的时间较少;三级负荷对供电可靠性的要求不高,但也不能随意中断供电。

(二) 电力负荷曲线

电力系统负荷随时间变化的规律可用负荷曲线来描述。负荷曲线能直观的反映出用户的用电特点和规律。常用的负荷曲线有:日负荷曲线、年最大负荷曲线、年持续负荷曲线等。

1. 日负荷曲线

日负荷曲线描述负荷一天 24 小时内所需功率的变化情况。分有功日负荷曲线、无功日负荷曲线。为便于绘制和简化计算,常把连续形负荷曲线绘制成阶梯形曲线。如图 1-8 所示。



图 1-7 电力系统负荷间的关系

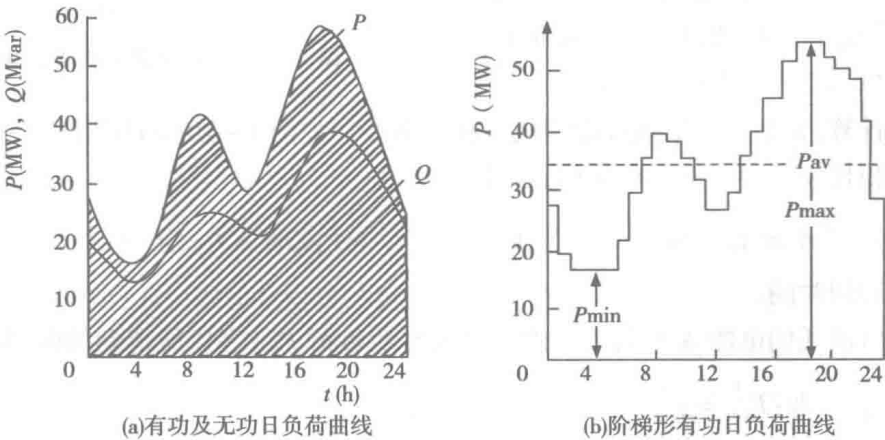


图 1-8 日负荷曲线

负荷曲线中最大负荷 P_{max} 称日最大负荷,又称高峰负荷;日最小负荷为 P_{min} ,又称低谷负荷,最小负荷以下的部分称为基本负荷,它不随时间而变化。简称基荷。高峰负荷与低谷负荷之差称为峰谷差,反映了一天內负荷变化的极限,对系统运行有很大影响。日平均负荷以上的部分称为峰荷,最小负荷与平均负荷之间的部分称为腰荷。

日负荷曲线是运行调度和安排发电厂发电负荷的依据。它可用来计算用户一天消耗的电能,即 $A = \int_0^{24} P dt$

把连续形负荷曲线绘制成阶梯形曲线时,计算可简化为:

$$A = \sum_{i=1}^n P_i \Delta t_i = P_1 \Delta t_1 + P_2 \Delta t_2 + \dots$$

日平均负荷的计算为

$$P_{av} = \frac{A}{24} = \frac{1}{24} \int_0^{24} P dt$$

为了说明负荷曲线的起伏特性,常用负荷率 α 和最小负荷率 β 两个指标来表征。负荷率 α 为平均负荷与最大负荷之比;而最小负荷率 β 为最小负荷与最大负荷之比。即

$$\alpha = \frac{P_{av}}{P_{max}} \quad \beta = \frac{P_{min}}{P_{max}}$$

α, β 越大,日负荷曲线就越平坦,从而可以减少机组启停;有利于调频和调压;有利于降低线损;也有利于使电力系统设备容量得到充分利用。降低负荷高峰,填补负荷低谷,这种“削峰填谷”的办法可以使负荷曲线比较平坦。这两个指标不仅用于日负荷曲线,也可用于其他的负荷曲线。

2. 年最大有功负荷曲线

年最大有功负荷曲线表明一年内每月(或每日)系统最大有功负荷的变化情况。它主要用来安排发电设备的检修计划,同时也为制订发电机组或发电厂的扩建或新建计划提供依据。也可用来决定整个系统的装机容量。

如图 1-9 所示为年最大负荷曲线,其中 A 是系统机组检修计划的时间和容量, B 是系统新建或扩建机组的容量。多出的部分称为备用容量。显而易见,检修机组应安排在负荷最小的时段,而且随着负荷的增长,还应当不断装设新的发电设备。

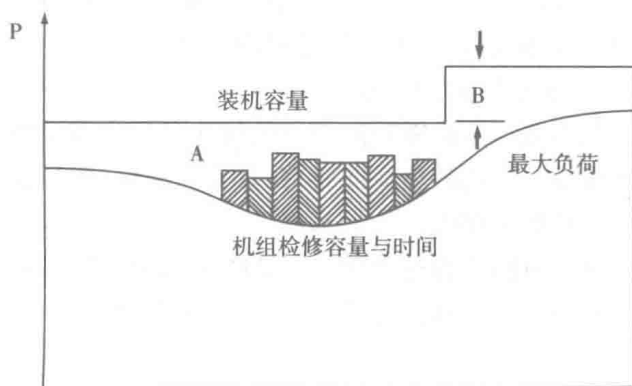


图 1-9 系统年最大有功负荷曲线

3. 年有功持续负荷曲线

年有功持续负荷曲线按一年中系统有功负荷的大小及累计时间顺序排列绘制而成。在安排发电计划、计算电能损耗和进行可靠性估算时常用到这种曲线,如图 1-10(a) 所示。

为便于简化计算,常把连续形曲线绘制成阶梯形曲线。如图 1-10(b) 所示。年持续负荷曲线与横轴所包围的面积代表了用户全年消耗的总电能。即

$$A = \int_0^{8760} P dt = \sum_{i=1}^n P_i \Delta t_i = P_1 \Delta t_1 + P_2 \Delta t_2 + P_3 \Delta t_3 + \dots$$

4. 最大负荷利用时间

将用户一年所消耗的电能 A 与其一年内的最大有功负荷 P_{max} 之比所得到的时间,称为最大负荷利用时间,记为 T_{max} 。即: $T_{max} = \frac{A}{P_{max}}$

T_{max} 的物理意义:假定负荷始终以全年中的最大负荷运行,则经过小时所消耗的电能恰好等于负荷全年按实际负荷曲线运行所消耗的电能。

T_{max} 的几何意义:若把年有功持续负荷曲线与坐标轴所围成的面积用一等值矩形来表示。如图 1-10(b) 年有功持续负荷曲线的矩形 ahio, 矩形的高是 P_{max} , 矩形的底就是 T_{max} 。

已知年有功持续负荷曲线和最大有功负荷, 可计算最大负荷利用小时:

$$T_{max} = \frac{A}{P_{max}} = \frac{\int_0^{8760} P dt}{P_{max}}$$

在电力网的规划设计中, 常用最大负荷和年最大负荷利用小时数和最大负荷估算系统的全年用电量 $A = P_{max} T_{max}$ 。

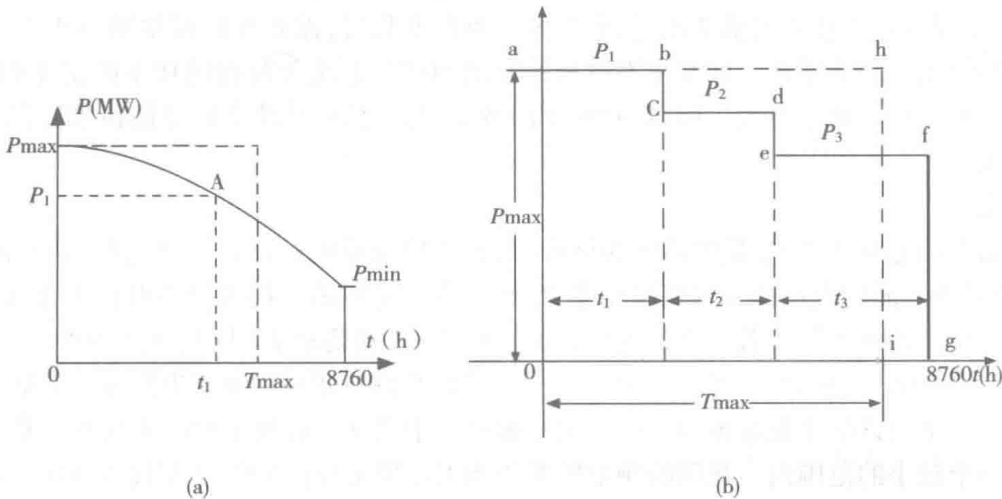


图 1-10 年有功持续负荷曲线

不同性质的用户、不同的生产班次, 其最大负荷利用时间不同。根据运行经验统计出的不同类用户的不同班次的最大负荷利用时间都有一个大致的范围, 如表 1-3 所示。若已知某一类用户的最大负荷, 再从表上查出相应的最大负荷利用时间, 就可算出该类用户全年用电量的近似值。

表 1-3 各类用户年最大负荷利用小时

负荷类型	T_{max}	负荷类型	T_{max}
照明及生活用电	2 000 - 3 000h	三班制企业	6 000 - 7 000h
一班制企业	1 500 - 2 200h	农业用电	1 000 - 1 500h
二班制企业	3 000 - 4 500h		

五、电力系统的电能质量

衡量电能质量的基本指标是频率、电压和波形。另外还有电压和电流不平衡度、电压波动和闪变等。

(一) 频率指标

1. 影响频率质量的因素

(1) 频率与发电机转速的关系

由电机学原理可知, 电力系统的频率与同步发电机的转速有一个固定的关系。即 $f = \frac{pn}{60}$

式中: f —系统频率(Hz); p —同步发电机的极对数; n —同步发电机的转速(r/min)。

上式说明, 运行中的电力系统, 同步发电机转速的变化会引起系统频率的变化。当同步发电机输入的机械功率和输出的电磁功率、原动机与发电机内的各种有功功率损耗达到平衡时, 同步发电机的转速可以维持在某一固定值附近。则电力系统的频率就是一个固定值。

(2) 频率变化的原因

发电机的转速是由作用在其转轴上的转矩平衡情况所决定的。作用在发电机转轴上的转矩主要