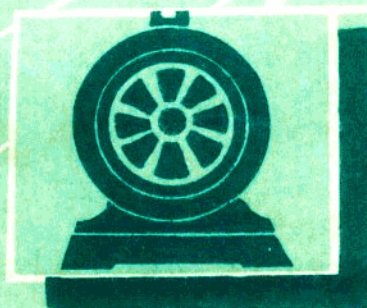
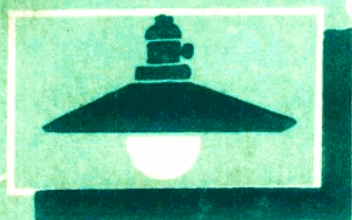


科学技术普及丛书

农村安全 用电知识



山西省科学技术协会編印

前 言

电是现代文明的物质基础，是实现农业四化之一——农业电气化的主要条件；也是实现农业现代化的关键。近几年来，特别是从1958年大跃进以来，随着农村人民公社的建立，农村电气化也有了很大的发展。我省的农业用电，五年來增长了数十倍以上。农村中的高低压线路达12000公里左右。农业用电的市县，由只有太原市郊区发展到现在的晋北、晋中、晋东南、晋南等六十余市县，全省已有28%的人民公社用上了电。电给我省农业生产带来了丰产的保证。现已有了120万亩左右的水浇地，并正在增长中。

但电需要有一定的技术知识和水平才能很好地掌握它。由于过去我国是一个一穷二白的国家，在农村中关于电的科学知识传授很少。近年来虽然由于科学技术普及工作的开展，电的科学知识已逐渐深入农村为农民所掌握，全省农村中已有了近5000人的电力工作人员，七十余个公社有了自办的小电站，总容量达13000瓩以上，但仍然不能满足农村用电日益增长的需要。由于发展得快，很多地方已经用上了电；而当地的群众对电的知识仍然是一知半解。因此发生了一些触电事故，再加上急救方法不妥当，不及时，一些本来可以得救的触电者，也未能获救。

鉴于以上的情况，山西省电机工程学会根据省科协的要求组织了一些会员及有关同志，编写了这本知识讲话。读者阅后，如有问题和意见，请寄本会（会址：太原市国师街11号）。

山西省科学技术协会

1963年10月22日

目 录

前 言

第一讲	什么是农村电气化·····	郁正維
第二讲	电的基本原理·····	祝 平
第三讲	日常发电的几种方法·····	郁正維 祝 平
第四讲	怎样估算农村用电負荷·····	刘乾业
第五讲	怎样制訂农业电气化规划·····	郁正維 肖永丰
第六讲	农村电力綫路的建設·····	刘乾业 肖永丰
第七讲	农村变电所和配电站的建設·····	刘乾业
第八讲	农村配电綫路的运行和維護·····	刘乾业
第九讲	小型发电机的运行和維護·····	刘乾业
第十讲	怎样使用和維護电动机·····	刘乾业
第十一讲	配电变压器的运行和維護·····	祝 平
第十二讲	怎样装电表和計算电费·····	祝 平
第十三讲	电灯的安装和使用·····	沈振鑫
第十四讲	农村电气设备的防雷保护·····	刘乾业
第十五讲	农村电气设备的接地和接零·····	祝 平
第十六讲	触电救护·····	沈振鑫

第一讲 什么是农村电气化

郁正維

自从党中央提出《全国农业发展纲要》以来，对于广大农民的革命干劲，发生了巨大的鼓舞力量，大大推动了农业的技术改革。随着我国的社会主义工业化和整个的社会主义建设事业的飞跃发展，随着我国农村人民公社集体经济的诞生、巩固、发展，广大农村对于实现“四化”的愿望与可能也愈趋强烈。农村电气化这个名词，在广大农村人们的心目中，已经不是一个生疏的东西了。特别是自党中央和毛主席提出了“以农业为基础、以工业为主导”的发展国民经济的总方针，把发展农业放在首要地位，正确地处理工业和农业的关系，坚决地把工业部门的工作转移到以农业为基础的轨道上来”的伟大号召后，大大加快了有计划、有步骤地发展农村电气化的速度。美好的前景，已经展现在人们的眼前了。

但是，什么是农村电气化，这句话的意思应该包括那些具体内容，到目前为止，就我们所知，国内外还没有一个比较概括的说法，而且各处的解释也不尽相同。为了让它在认识上有一个比较统一的概念，就我们的看法，先把什么叫电气化这个概念说一说。简单地说来，电气化就是在生产过程中广泛的大量的使用电气。因为电气是现代技术一切发展的基础，只有在电气化的基础上，才能进一步发展生产过程的全盘机械化和自动化。电气化在人类生产与生活中的广泛应

用，是人类近代文明的一个重要特征。馬克思和恩格斯早在电气化的初期，就預見到电气化将引起人类生产力发展的重大革命。

为了进一步說明什么是电气化，不妨把电气化对生产技术的发展所起的作用談一談。电气化对生产技术的发展所起的作用，大致可以归納为以下几个方面：

第一，实现了生产动力的革命，为人类生产創立了强大的动力基础。任何生产活动都需要动力。蒸汽机的出現，使人类开始掌握了远远超过人力、畜力的强大的自然动力。但是，以蒸汽机为动力，仍然有許多不方便和浪费的地方，只有在普遍采用电力以后，才使人們充分地利用了自然动力。以电力代替蒸汽机来作为各种机械的动力，有着这样一些显著的优点：1. 电力可以集中在电站进行大量生产，因而价格低廉。2. 电力可以分散使用，大小任意，远近皆可，这样不仅使用方便，而且不致浪费动力。3. 使用时容易控制，管理簡便，可以节约动力的无效損耗，而且清洁卫生。因此，电力工业就成为国家工业化的先行工业之一。工农业生产中电力设备装备的减小，成为工农业技术进步的重要标志；按人口計算的电力平均消耗量，也成为国民經济现代化的重要标志之一。

第二，发展了工农业生产中的新的工艺方法，使人类的生产技术向前跨进了一大步。电气利用的最基本特点是开辟了各种形式的能量彼此互换的道路。任何形式的能量（机械能、热能、化学能等）都可以轉化为电能，相反地，电能也很容易轉化为其它形式的能量。由于这种互换的可能以及电气的其它特性，如傳送的方便等，就产生了一系列电气化的新技术。

第三，电气化对其他技术进步的影响非常大。机械化的进一步发展，就和电气化的成就分不开。生产自动化和电气化更是不可分割地结合在一起，所有自动化设备与装置，都不可能不采用电气传动和电气控制及其它电气的设备。化学化以及其他新技术的发展，也同样离不开电能和电气装备的利用。

电气化不仅为人类生产带来巨大的不可计量的经济利益，而且给劳动人民带来在生产与日常生活中的各种幸福。电气化在整个生产技术的进步和国民经济的发展中起着重大的作用。正因为如此，列宁在苏联着手进行社会主义建设时，突出地提出了一个有名的定义：“共产主义就是苏维埃政权加全国电气化。”由此可见，电气化的作用与意义是多么重大了。

从上面所讲电气化的作用，具体到农村来说，就是要在农业生产中凡是能用电气代替的一切劳动，都普遍地使用上电力，以配合水利化、机械化、化学化的逐步发展，抗御自然灾害，发展农业生产，提高农业劳动生产率，减轻人们笨重的体力劳动，从根本上改变城市和农村劳动者的劳动条件和生活状况，改变城乡的经济面貌和文化面貌。也就是伟大的革命导师列宁所指出的：苏维埃政权加上全国电气化就是共产主义了。

农村电气化的实现绝对离不开工业化。不实现农村电气化，就不能从根本上改变农村生产、生活的落后面貌，同时，又影响工业的发展。党中央和毛主席提出的国民经济以农业为基础，以工业为主导的总方针，就是根据这个客观的辩证规律来制定的。近几年，我国农村用电有了很大的发展，但是真正达到农村电气化的，为数还是极微，同时在国

内外也还没有一个标准。不过，就国外各先进工业国家来看，具体到农业生产用电上，約可分为：1.供水设备电气化。包括农业灌溉、畜牧飼养、（喂水、配制飼料、清滌器具及場地）、生活用水。2.畜牧飼养电气化。主要有飼料加工、过秤、輸送、分发、乳品加工方面的挤奶、滤奶、消毒、包装、运输、装卸、牲畜房通风、清除粪便等。3.家禽飼养电气化。包括孵卵器、雛禽保暖、禽舍溫度調節、飼料配制分发、粪便清除等。4.蔬菜种植电气化。如种子的清洁、选种、干燥和装卸，溫室溫床加溫保温，田間灌溉用人工降雨等。5.田間作业电气化。主要有电犁、电动拖拉机、电动康拜因等。随着科学技术的进步，农村电气化的范围和內容将会越来越广泛。前面讲过，按人口計算电力平均消耗量，是国民經济现代化的重要标志之一。由于电力用于农业生产上，主要的表现在增加劳动力和提高产量方面。据国外統計，一个劳动力每年所作的功，相当于150度电，一头畜力相当于600——800度电，而一千瓦电机相当于8,600度电，即每千瓦电机相当于10——14头畜力或55个劳动力。澳大利亚一个农場电气化后，谷类增产60%，土豆100%，肉类60%，牛乳17%；法国现代化电气化农場，平均每十年間增产一倍。苏联牛乳棚电气化后，每生产百公斤牛乳所花劳动力从15工时减少到6工时。每一立方米水用人工提取再分配須花劳动力5个小时，用电气自动化抽水設備只需2分钟。以我国国内的情况来看也是如此，許多地区，在采用电力灌溉，电力加工粮食、作物、飼料之后，不仅保证了在水旱灾年农业产量年年增长，而且減輕了不少笨重劳动，把人力、畜力有效地用到加强田間管理方面。

但是，实现农村电气化并不是一件简单的事。因为实现

农村电气化必須和水利化、机械化、化学化結合起来，更重要的是必須和农业发展結合起来。农业要实现“四化”，离不开工业发展，而工业的发展，又离不开农业的发展。工业现代化和农业现代化，都离不开文化技术的现代化。因此，实现农村电气化必須在国家統一安排下，有計劃、有步骤、有重点地进行。我国是一个貧穷落后的国家，解放之后，在中国共产党领导下，社会主义建設获得了巨大的成就，实现农村电气化的条件与可能越来越有利。但是，我国农村的土地面积非常广闊，据統計全国目前除了16亿亩可耕地之外，还有144亿亩山山水水的地区。我們不仅要對16亿亩可耕地要搞好电气化，对144亿亩的山山水水的地区也要搞好电气化。所以任务是长期而异常艰巨的。为了推动农村电气化的进程，除了工业部門应当在国家統一計劃安排下，坚决地把工业部門的工作轉移到以农业为基础的軌道上来外，在广大农村也必須根据党和国家的方針政策，在目前应当积极地巩固与发展人民公社集体經濟，努力提高农作物产量，同时要根据勤儉办社，勤儉办一切事业的精神增加集体积累，提高文化技术水平，發揮基础与主导的作用。我們深信，有我国社会主义制度的优越性、党中央和毛主席的英明領導，以及全国人民自力更生、发憤图强的革命干劲，一定会使农村电气化的实现提早到来。

第二讲 电的基本原理

祝 平

电是什么，又是怎样在活动？虽然，它既看不见，也摸不着，是这样地神秘，可是经过将近 200 年来各国科学家们的研究、试验分析，终于掌握了它的规律、性能。发现电的一切活动，完全是由电子进行的。电的一些基本性能和水的性能差不多。

原来世界上各种各样的东西里，都有电子，只不过在平常情况下，我们不可能看到而已。宇宙间的各种物质都是由小到不可辩认的最小单位的分子所组成，象一粒绿豆大的水，就有 33,600,000,000,000,000,000 个水的分子，可是这么小的分子还是由原子所组成，而原子却又由中子、质子和电子所组成。所以电子有多么小，可以想象而知了。在平常情况下，电子是不会随便移动的，它总是围绕原子核（就是中子和质子）而旋转。这样，原子也就没有什么特殊的现象，可是一旦电子离开了原子核的旋转轨道，就产生了电的一切现象。

电子流动就成了电流。是什么力量来使电子流动呢？原来电子也和水一样，会从高处往低处流，当一处电子积累得多而另外一处电子比较少时，电子就要由多的地方向少的地方跑。电子多的地方，常称为高电压，电子少的地方常称为低电压，高电压经常向低电压的方向流。就如水经常是从高处向低处流的道理一样。

各种不同的物质，有的电子流动起来比较容易一些，有的却困难一些。原来电子是一个挤一个在物质中流动的，新的电子从一头推进来，原来存在的电子从另一头被挤出去，结果导线中的电子总数就始终不变。有些物质，电子不太容易离开原子核，要花很大的力量才能推动让它离开原有的轨道，如瓷、橡皮、电木、塑料等。这种物质叫做绝缘体；有些物质，用很小的力量就能推动电子，离开原来的轨道如铜、银、铁等，这种物质叫做导电体。但不管那一种物质，由于原子核的吸引，电子保持在一定的轨道上总不愿移动，这种现象就好像有一种力量阻止电子移动似的，这种性能，我们就叫它电阻。

这样，就可得出以下的关系：

两个物体之间，电压差得愈大，推电子移动的力量也就愈大。

两个物体之间联接的导线，电阻愈大，电子愈不易流动，而电压差愈大，电子移动的力量愈大，电子移动得也愈多，电流也愈大。如电压差一样，用不同电阻的导线联结，那么，电阻大的，电子移动就困难，电流也小。电阻小的，电子容易移动，电流也就大。电流既然是电子流动的结果，规定在一秒钟内流过 $6,300,000,000,000,000,000$ 个电子（即630亿亿）通常称为一个电流单位，即一个安培。

什么叫电阻呢？用一种特殊的金属（水银）作标准，在规定的宽度、长度、厚度的水银中，这时阻碍电子流动的力量，定为一个电阻单位，称为一个欧姆。

这样，我们就可以定出电压的单位了。在电阻为一个欧姆的导体中，能够推动电子流动达到一个安培时，这样的力量就定为一个电压单位，并称为一个伏特。

把以上的关系综合起来就得出：

$$\text{电流（安培）} = \frac{\text{电压（伏特）}}{\text{电阻（欧姆）}}$$

这个关系完全和水所具有的性能一样。如果在一个连通两处的管道中，两头水的高度差大些，水流就快一些，水的流量就多一些。要是水面高度的差不变，把管道换粗一些，水的阻力小些，水的流量也可以大些，电也和这些情况是一样的。

人们常提到直流电和交流电。什么是直流电和交流电呢？

电子从一端一直向另一端流动时，这样的电流就叫做直流电。电子一会儿从这一端流向那端，一会儿从那一端流向这一端，这样的电流叫做交变的电流，简称交流电。目前所用的交流电，一秒钟来回50次，简称50周波，对于这样的电叫做50周波的交流电。

直流电在开始时应用很广，后来慢慢地被淘汰了，只有在特殊的要求下，才采用直流电，如象电车、化工用电等，因为它的最大缺点是不能传送得很远，所以采用得不广。

交流电的最大优点是传送方便，利用变压器可以变换成多种需要的电压，可以变成高压，电输送到几百甚至几千公里以外。交流电可以利用结构简单的电动机，使电力变成机械的力量。这些优点都是直流电所不能比拟的，所以现在世界上所用的电绝大部分都是交流电。

第三讲 日常发电的几种方法

郁正維 祝 平

前面我們已經談到了電在我們生活及生產上的重要性，以及電的一些基本原理。現在來談談電是怎樣產生的。一般來說有四種發電的方法：即化學生電、熱電、光電、磁感應電。

用化學的方法來產生電是最早的方法。大約在150年前左右，科學家們就發現如果把兩種不同的金屬放在硫酸的稀溶液中，在這兩種不同的金屬上就會有電壓產生。用導線連接起來以後，就有電流流過。這就是最簡單的化學電池。以後經過不斷的改進，就形成了現在所用的干電池（即手電池及空氣電池等）。這種用化學藥品來變化反應的發電方法比較方便、簡易；但成本太高，而且不能滿足大量用電的需要。所以這種發電的方法只用在需電不多、而不便於安裝發電機的情況下使用。如手電筒、農村無電的地方收音機用電等。

隨後科學家們又發現兩種不同的金屬線、一頭焊接在一起，並且加熱；另外一頭分開來而放在冷的地方。在這分開的兩根導線上就有電壓產生。用導線連接以後也有電流流過。這種發電的方法，雖然很簡單方便；但需要加熱、也就是需要生火才行。同時用這種方法發電效率太低。一般只有百分之几，在最好的情況下也只能達到10%。也不能產生大量的電流。所以這種方法只能用於少量用電的地方，或者利

用余热的地方。如象在农村无电的地方，在煤油灯上装一个热电发生器；在煤油灯照明的情况下还可以供給收音机用。这样就比用电池来得經濟了。

后来又发现用一种含硒材料的粉末，涂在金屬片上，当有亮的光綫照射在上面时，也可以发生电。虽然这种方法的效率很低，但阳光是我們取之不尽、用之不竭、不需要任何費用的强大光源。所以只要一涂好这种材料以后，就可以不要成本来发电了。現在国外已經有了这种試驗性的发电站了，象人造卫星上，也是用这种方法发电来供給人造卫星上的全部用电。現在科学家們已經在設計屋頂上安装这种光电发生器，白天受阳光照射后所发的电用蓄电池貯存起来，到晚上再用。如果大量采用这种方法就可以得到不少廉价的电力。

在100年前左右，科学家們发现了电流可以产生磁，后来又发现了磁也能感应发生电。那就是用一根导綫在磁場中移动时，就能感应出电来。用这种方法，就制造出我們現在所用的发电机。当这种发电机制造好以后，只需要有力量推动发电机轉动，就能够連續不断地发出电来，这种发电的方法，优点是經濟、效率高，能产生大量的电流。缺点是要制造很龐大的机器，而且移动不便。但总的来說是优点多于缺点。特別是有良好的經濟性，适合于广大人民的要求。所以現在主要采用这种方法发电。

下面我們詳細地談談用发电机发电的几种方法，即火力发电、水力发电、原子能发电等一些情况。

火力发电 火力发电采取的形式最多，是目前我国发电厂采用的最主要形式。火力发电厂主要是使用煤炭、柴油、汽油等燃料产生热能，由热能变換为机械能，再由机械能轉

換為電能。常見的有以下几种形式：

1. 蒸汽机发电。是由鍋爐、蒸汽机（也叫蒸引擎）、发电机三个主要部分组成。这种形式发电的生产过程比较简单，就是把煤炭或其他固体燃料送进鍋爐点燃，將鍋爐里的水加热成蒸汽，在蒸汽加热到一定的温度和压力时，把蒸汽送进蒸汽机冲动蒸汽机的活塞，使机器旋轉，再以蒸汽机用皮帶輪或直接連接到发电机的轉軸上拖动发电机旋轉，到一定轉數電就产生出来。农村中抽水用的鍋駝机，就是蒸汽机的一种，也可以用来发电。不过，由于蒸汽机功能小，耗用燃料多，經濟性不高，因此，只适宜于較小的城鎮或农村中使用。

2. 汽輪机发电，是由鍋爐、汽輪机（也叫透平机）、发电机三个主要部分组成。由于汽輪机发电的容量可以从几百瓩到几万瓩，甚至几十万瓩，所以这种形式火力发电厂的生产过程随着容量不同越大越复杂，自动化程度也高。

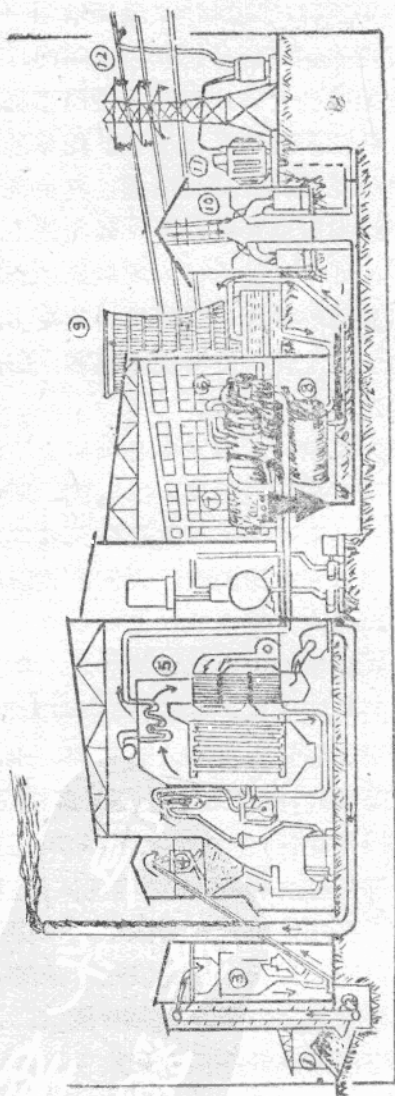
現在我們把汽輪机发电厂几个主要組成部分的特点来談一談。首先是鍋爐部分，这种电厂的鍋爐每小时能蒸发的蒸汽从几吨到几百吨，蒸汽的压力从十几公斤到一百几十公斤，蒸汽的温度从二百多度（摄氏）到五百多度。以原煤来燃燒的鍋爐，一般是用旋轉式的爐排將煤慢慢送进爐膛，經過燃燒之后，煤炭轉到爐排下边的灰斗內，再把他运出去，这种鍋爐叫做煉条爐。把原煤磨成粉末，用噴粉器噴射到爐膛燃燒，燃燒后的煤灰用有压力的水冲出去，或以机械方法把灰清除出去，这种鍋爐叫做煤粉爐。煤粉爐的效率和經濟性比煉条爐高，但設備比較复杂，自动化要求也高，目前我国大型、中型发电厂大多数是采用这种鍋爐。其次是汽輪机部分，汽輪机的容量是以瓩来表示，容量由几百瓩到几万瓩，

最大的已达到二三十万瓩，它的汽压和汽温是和选用的锅炉配合的，汽轮机是用许多以特殊金属制成的叶片，一圈一圈嵌设在汽轮机的转动和静止的叶轮上，然后用盖子密闭起来，当锅炉以相应的压力和温度的蒸汽送进汽轮机，吹动叶片，汽轮机就转动起来，汽轮机每分钟的转速通常是三千转，少数也有到七千多转的，汽轮机的转速必须与发电机的转速配合，否则就要采用变速器来适应发电机的转速。汽轮机常见的有凝汽式和抽汽式两种，凝汽式就是把锅炉送进汽轮机的蒸汽做完了功时的残汽抽出来，经过凝汽器将残余的蒸汽冷却成水，再送到锅炉里去用，因为火力发电厂锅炉里的水都要经过用化学药品或机械方法把水里的杂质、所含的氧除去，所以凝结水是很珍贵的。抽汽式汽轮机，除了把一部分残汽抽入凝汽器冷却成水外。还有一部分或大部分残汽从汽轮机里抽出来送到附近工厂去使用。附近工厂使用发电厂残汽主要是利用它的热能，热能用完后还可以把水返回到电厂，因此这种抽汽式汽轮机的电厂，又叫热电厂。热电厂的经济效率又要比纯粹发电的电厂高。第三是发电机，发电机主要以冷却方式来确定它的形式，目前常见的有空气冷却和氢气冷却两种，采用氢气冷却方式的大多数用于容量较大的发电机。发电机是以汽轮机的机械能转换为电能的最重要部分，没有发电机是不可能产生电能的。图一是一个用汽轮机发电的火力发电厂的发电过程和主要设备的剖视，请大家参考。

3. 内燃机发电。使用柴油、汽油、煤油、煤气来产生动力的都叫内燃机，前三种用油来燃烧产生动力的内燃发电机，组成比较简单，只要有一部内燃机，把各种油打进机器里，经过燃烧产生热能，冲动机器里的活塞，使机器转动起

(图一) 用汽轮机发电的火力发电厂的剖视

说明：①煤仓 ②上煤机 ③筛煤机 ④磨煤机 ⑤锅炉 ⑥汽轮机
⑦发电机 ⑧凝汽器 ⑨冷却水塔 ⑩配电室 ⑪升压变压器
⑫送电线



来拖动发电机旋轉，就可以产生电能。后一种，从机械原理上是和前三种相同的，只是要增加一个煤汽发生炉，把煤炭或木炭或木柴等固体燃料投入炉內，經過燃燒，化成一氧化碳和氢組成的气体，然后送进內燃机里燃燒产生热能，冲动机器里的活塞而产生机械能。简单的說，內燃机发电是一种把燃料的热能轉变为机械能，再由机械能轉換为电能的发电形式。这类发电形式，从机器构造上看是比較简单，操作也不复杂，开停比較方便，有其优越之处，但是，每台机器的容量不能做得很大，消耗燃料比較多，在缺乏油料的国家里，由于油价貴，发电成本很高，因此，一般大中型电厂都不采用这类发电形式。

水力发电 水力发电是利用水冲流的动能来推动水輪机旋轉，从而拖动发电机发出电能。所以这种形式的发电厂，必須設立在水源丰富、流量較大的地方。大型的水力发电厂都建筑在水源充沛的大江大河的上游或中游，其容量可以从几万瓩到几百万瓩，它的組成部分包括水庫、堤壩、水閘、引水管、水輪机和发电机等部分。小型的水力发电厂可以建筑在一般的河流上游，其組成部分与大型水力发电厂大同小异，只是結構、容量上有較大的区别。水力发电的优点比起火力发电来是多的，主要如：①不用燃料；②节省人工；③成本低廉；④操作簡便；⑤环境卫生，同时还能起着防洪、灌溉和改善航运等的綜合利用。在山地的农村里，如果有水源比較丰富的地方，多建些小型水力发电，对促进农村电气化的实现，有很大好处。因此，水力发电厂的建設不論大型、小型都在国民經济发展中有很大的經济价值。近十几年中，有些国家还利用海洋潮水升降的水能来发电，名为潮汐发电，实际上也是水力发电形式的一种。我国的水力資源极为丰富，解放