

高等学校交流讲义

水电站概论

北京水利水电学院编

只限学校内部使用



中国工业出版社

高等学校交流讲义



水电站概论

北京水利水电学院編

中国工业出版社

本书主要是为高等工业学校五年制“水能动力装置”专业使用，也可做为“发电厂电力网及电力系统”与“电力系统自动化”等专业的相应课程的教材。

本书在开始介绍了利用河流水能的基本概念，水电站的基本布置方式，水电站的工作特点，开发河流的综合利用原则及梯级开发的概念等。

其次介绍了组成水电站的各种类型的水工建筑物以及水电站厂房的形式及布置。书中也着重介绍了水电站的机电设备；第五章专门讲解水轮机及水电站的辅助设备，第六章专门介绍了水轮发电机及水电站的电气设备。鉴于目前水电事业的发展，本书也对潮汐式水电站及水力蓄能式水电站做了简单介绍。

本书的后一部分内容包括有水电站勘测及设计的程序、原则以及对不同勘测、设计阶段的工作要求与内容。为了使学生能明了现代大型水利水电枢纽的施工组织及过程，书中也介绍了水电站的施工及运行管理。

本书除作为教材使用而外，也可供从事水利水电的工作人员阅读。

水 电 站 概 论

北京水利水电学院编

中国工业出版社出版(北京修睦胡同16号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第110号)

地质印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $6^{9/16}$ ·字数139,000
1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷
印数0001—1,437·定价(10—6)0.80元

统一书号: 15165·918(水电—143)

前 言

本书主要是为“水能动力装置”专业的“水电站概論”課程所編写的，同时也可作为“发电厂电力网及电力系统”与“电力系统自动化”等专业相应課程的教材。

本課程的設置目的，是使該类专业剛入学的学生对水利水电专业能具有初步的和全面的了解，以便为基础課以及以后的专业課教学打下基础。进行讲授的时间以安排在第一学年为宜，讲授的时数約在60~70教学小时左右。此課程在教学过程中建議尽量配合直觀教具，如模型、图片、放映幻灯等方式，有条件时还应輔以現場参观等活动，以期收到更好的教学效果。

本书的編写是以水利水电科学研究院李方同志在我院教授該課程时的原教材做为基础，在这次审編时李方同志也参加了工作。参加此次編写工作的还有顧慰慈、苏亮、赵宝章、陈耀宗、周文通等同志，最后并由顧慰慈及赵宝章同志担任总的校核工作。

由于时间的仓促以及編者的經驗所限，本书不論在內容、文字以及章节的安排上都还存在不少問題，必須在今后教学实践中不断地加以改进和充实，因此，我們誠懇地希望采用本书作为教材的有关学校师生提出宝貴意見，以便再版时修正。

目 录

前 言

第一章 緒 論	7
1—1. 我国的水力资源及其特点	7
1—2. 水电事业在国民經济中的作用	10
1—3. 我国当前电力工业的方針	11
1—4. 我国水电建設的发展概况	12
第二章 水能的利用及水电站的基本布置方式	16
2—1. 水流能量的利用	16
2—2. 水电站出力 and 負荷	21
2—3. 水电站布置的基本方式	27
第三章 河流的梯級开发与綜合利用問題	35
3—1. 河流的梯級开发	35
3—2. 梯級开发的原則及程序	38
3—3. 河流的綜合利用	41
3—4. 河流綜合利用的經济意义	45
第四章 水电站的水工建筑物	47
4—1. 水电站水工建筑物的种类	47
4—2. 壅水建筑物——壩	48
4—3. 水工閘門	55
4—4. 水电站的引水建筑物	51
4—5. 水电站的輸水建筑物	65
4—6. 水电站的泄水建筑物	69
4—7. 水电站的专门建筑物	72
第五章 水輪机及水电站动力輔助設備	75
5—1. 水輪机的型式、特点及主要部件的作用	75
5—2. 調速系統的功用、組成和动作原理	85
5—3. 水电站厂房內的水系統	92

5—4. 压缩空气系统	95
5—5. 水电站的油系统	97
第六章 水轮发电机及电气设备	100
6—1. 水轮发电机的类型及构造	100
6—2. 水轮发电机的励磁及冷却	104
6—3. 水电站的主接线	107
6—4. 二次回路及厂用电	111
6—5. 变电站	112
6—6. 水电站的自动化和远动化	115
第七章 水电站厂房	118
7—1. 水电站厂房的任务	118
7—2. 水电站厂房的类型及其特点	118
7—3. 水电站厂房的组成部分及其布置	130
7—4. 水电站厂房的设计要求	135
第八章 潮汐发电站与水力蓄能发电站	137
8—1. 潮汐能的利用及潮汐电站的基本布置形式	137
8—2. 潮汐电站的运行方式	143
8—3. 水力蓄能的特征	145
8—4. 水力蓄能发电站的布置型式及其主要设备	148
第九章 水电站的勘测和设计	153
9—1. 水电站的设计任务和设计阶段	153
9—2. 勘测工作的内容和勘测与设计的关系	155
9—3. 水电站勘测和设计工作中的几项基本要求	163
第十章 水电站的施工和运行管理	167
10—1. 水利工程的施工特点	167
10—2. 施工流量的宣泄	168
10—3. 施工围护的形式及构造	174
10—4. 水工建筑物的机械化施工	178
10—5. 水电站机电工程快速安装的主要环节	198
10—6. 水电站的运行管理	201
参考书目	207

第一章 緒 論

1-1 我国的水力資源及其特点

我国是世界上水利资源最丰富的国家之一。我国水力资源的蘊藏量約为五亿八千万瓩，約占全世界水力资源的七分之一。重要的是：我国水力资源的开发条件非常优越，在某些自然条件方面是許多国家所不及的。显然这些优越的水力资源的开发，对我国社会主义建設，对农业、工业、交通运输业等方面的发展，将日益起着巨大的作用。

(1) 水力資源的形成

水力資源构成的基本条件是河川的流量与河川可以利用的水头（即落差）。就构成的自然条件來說，主要是降水量与地形。

我国的降水量主要是雨量。其分布情况是东南多西北少。年雨量最丰沛的地区是台灣，約三千毫米左右。年雨量最少的地区是新疆塔里木盆地地区，平均年雨量不足五十毫米。由于受季风的影响，我国的雨量一般都集中在夏季（即雨季），而冬季降雨很少，特别是积雪很少，所以夏季与冬季的流量相差悬殊，夏季的洪水很大很猛，而冬季的河水很枯很小。

我国的地形情况总的來說西部高而东南低。西部有世界最高的四千米以上的西藏高原，东部及南部則为江河的冲积平原与大三角洲。在高原与平原之間又分布着若干次級高原区、盆地区及丘陵区等。自高原区通至平原区的河流在上、中游段一般均呈現着河流坡度陡峻、河谷狭窄的特点。

这样的特点在我国許多河流上普遍地存在着。

雨量自东南向西北遞減，地形則自东南向西部遞升，这两个自然特点綜合的結果，对我国的水力資源起了很好的調配作用，因此对水力資源的充分利用，提供了极其有利的条件。

河流的地形变化大，如果再加上雨量也充沛，就形成水力資源最丰富的地区。如西藏、云南横断山脉区和四川盆地周圍，正是这样的地区。西北地区雨量較少，但有黄河和其它河流穿行高原、峡谷、盆地之間，所以仍然出現不少优良的水力資源区域。

(2) 我国水力資源的分布情况

我国的水力資源按照各河流系統來說，以长江为最大。长江是我国最大的河流，流域面积一百九十四万平方公里，河口平均流量三万二千五百秒立方米，年总水量超过一万亿立方米。长江干流的总落差有五千多米，它的主要支流的流量也都很大，都有巨大的水力資源。因此长江的水力資源蘊藏量約占全国水力資源总蘊藏量的40%左右；其次是西藏的雅魯藏布江，其蘊藏量約占全国的19%；西南的国际水系，包括怒江、澜滄江、伊洛瓦底江、紅河等，自北向南分別流入緬甸、越南等国，这些河流坡陡水急，雨量又較充沛，所以水力資源都很丰富，其中怒江(在我国境内部分)的水力資源蘊藏量占全国8%左右，仅次于长江和雅魯藏布江而居于第三位。黄河是我国第二条大河，全长四千八百余公里，流域面积达七十四万平方公里，可利用的落差有两千多米，水力資源蘊藏量占全国的6%，居第四位。其余如珠江、东南沿海及东北等水系都蘊藏着不少的水力資源。在全国各区域中以华北地区水力資源較为缺少。

除上述各河流的水力資源外，我国尚有广大的海岸綫，因此沿海地区还蘊藏着大量的潮汐水力資源。

(3) 我国的水力資源的特点

我国的水力資源不仅极为丰富，而且从綜合利用方面、地理地形方面、投資方面、同燃料和火力发电的配合方面来看开发水力資源具有十分优越的条件。

首先是，我国許多水力資源都具有巨大的綜合利用的作用，这些水力資源的开发，大多能同时滿足国家当前防洪、灌溉、发电、航运等等方面的迫切要求。我国不少主要河流如长江、黄河、淮河、海河等都具有輕重不同的洪水灾害，为了防洪常常需要修建一系列的水庫拦蓄洪水，而为了灌溉等目的也往往需要修建水庫，这样为了开发水力資源而修建的水庫等工程就可以同时考虑到国民經济各部門的需要，以最經济的投資取得各方面最大的綜合效益。这种开发河流最合理的原則——綜合利用的原則，只有在社会主义制度、国民經济计划化的条件下，才有可能真正地实现。

我国的水力資源，就其发电方面来看，在地理位置的分布上也是很理想的。水力資源丰富的河流相当均匀的分布在全国各个地区，几乎全部工业区和人口稠密的区域都位于可能由水电站供电的范围之内。而且輸电距离一般也是較短的。同时，我国水力資源的分布也恰恰弥补了煤炭資源分布不均匀的缺陷。在煤炭資源不丰富的地区，恰恰有着大量的水力資源。例如长江流域和西南地区就目前了解煤炭資源較北方为少，但这些地区的水力資源十分丰富。在华北、西北地区虽然水力資源較少，但却有着大量的煤炭，石油資源，这样就起了互相調剂的作用。

我国許多河流的地形、地質条件对水力資源开发也是特

別有利的。主要是峽谷地區較多，落差大而集中，往往可以由較小的工程量得到較大的發電量。這就為降低投資和縮短工期提供了有利的條件。因此，不少工程所需的混凝土及土石方量，同其他國家一些大水电站比較往往只及一半左右。

除了以上一些有利條件以外，我國水力資源的開發也有一些問題需要解決，例如四季雨量不均，洪水與枯水流量相差懸殊，往往需要修建較大的水庫進行調節，庫區淹沒損失也較大；又如華北、西北等地區的河流含砂量很大，不僅對水庫的建設帶來一定影響，而且會縮短水庫的壽命。上述這些問題，經過我們採取一系列措施，是可以逐步得到解決的。

1-2 水电事业在国民經济中的作用

電力是社會主義經濟工業建設的重要條件之一，為了更快地實現我國的工業化和農業現代化；就必須迅速發展電力工業，以不斷適應工農業生產大躍進的需要。

馬克思和恩格斯早就認為，電力將大大地加速創造以社會主義改造社會的物質前提。十月革命勝利之後，列寧在許多地方都曾談到電氣化。他說：“共產主義就是蘇維埃政權加上全國電氣化。”又說：“只有當國家實現了電氣化，為工業、農業和運輸業打下了現代化大工業的技術基礎的時候，我們才能徹底取得勝利。”^①可見，發展電力工業對於建立現代化的技術基礎，有着多么巨大的作用。

我們的國家現在已經開始了一個具有歷史意義的技術革命，以便把整個國民經濟逐步地轉到現代化大生產的技術基

① 見人民出版社“列寧全集”31卷463~469頁“全俄蘇維埃第八次代表大會”文中關於人民委員會工作的報告。

础上去。使全国的城市和乡村逐步实现电气化，就是这个伟大的技术革命的一个重要组成部分，也是客观形势所提出的迫切要求。

水力发电所用的是取之不尽，用之不竭的水源，可以节省大量的燃料，以便应用在工业生产所必需的方面。水力发电的建筑造价较为昂贵，建筑时间也较长，但正式投入生产后管理较简单，事故少、效率高，无须经常大量的投资，故其单位电力价格仍较火电便宜。水电站的兴建往往具有多目标综合利用的开发目的，即除发电外，同时兼可防洪、灌溉、改善航运等，因此常常可以得到国民经济多方面的效益，水力发电机械起动迅速操作灵便，所以当用电的负荷变化很多时，充分地利用水电的机动性去应付剧烈的负荷变化，与火力发电配合工作，可收到最大的经济效益。

解放以后，特别是1958年大跃进以来，随着大中型水电站兴建的同时，还在农村和一部分中小城市，大规模开展了群众办电运动，这一运动的开展是电力工业的一次巨大的普及运动，在我国社会主义建设中是一件有着深远意义的事情，它将以廉价的动力代替一部分繁重的体力劳动，使农业有可能逐步转到机械化、电气化的技术基础上去，从而大大地发展农业生产，不断改善广大农民的物质、文化生活水平。

1—3 我国当前电力工业的方针

在国民经济持续跃进的情况下，我国电力工业也获得了前所未有的发展，由于电力工业的迅速发展，也对其它工业的发展和农业的生产起到了一定的促进作用。然而电力工业仍然不能适应整个工农业发展的需要，所以电力工业的发展还是一个十分重要的问题。

一九六〇年全国电力工业會議上曾提出“……在电力工业建設上，要貫徹中央最近提出的‘水火并举、因地制宜’的建設方針。这个方針是總結了第一个五年計劃建設，特別是最近两年的建設大跃进的經驗，为了更快地发展电力工业，改变电力工业在国民經济中还是一个薄弱环节的情况；同时考虑到在最近几年，尽管水电的比重大大地增加，但是火电的比重还是主要的，这一实际情况而提出的。这是党的两条腿走路方針在电力建設中的具体运用。这一方針是完全适合当前我国电力工业的发展要求的，必須在实际工作中坚持貫徹执行。”

关于发展农村电力方面會議上指出“农村办电，各地可根据具体情况，推广河南省的办电經驗，还有福建、浙江等地的經驗，坚持因地制宜、因陋就简、就地取材、勤儉办电的原則，充分利用各种动力资源。要动力与电力同时并举，自力更生地大搞羣众性的办电运动，加速农村电气化的实现。”（以上均录自1960年全国电力工业會議上水利电力部李葆华副部长的报告）

1—4 我国水电建設的发展概况

(1) 旧中国的水电建設情况

我国水力资源极为丰富，开发条件也极为优越，十分有利于发展水力发电事业。但在过去长期反动統治时期，几乎完全沒有得到开发。从1910年开始到中华人民共和国成立以前的四十年間，除了一度被日本帝国主义侵占过的东北和台湾修建了几处为日本帝国主义的侵略目的服务的水电站以外，全国仅仅修建过十几座小型水电站，总容量只不过一万二千瓩左右，水电事业也和其它方面一样，处于一个十分落

后的状态。

(2) 解放以来水电建设的巨大成就

新中国成立以后，立即开始了国民经济恢复时期，根据党的恢复和发展生产，挖掘潜力，厉行节约的方针，对原有的电力工业进行了巨大的恢复与改造工作，在苏联的帮助下，首先修建和恢复了东北的丰满、镜泊湖两水电站，修复了在西南地区被国民党反动政府破坏了一些小型水电站。同时在个别省内开始了中型水电站的建设。从1953年发展国民经济的第一个五年计划开始以来，水电建设出现了史无前例的新局面。

在第一个五年计划中进行新建和改建的水电站，为旧中国四十年间所修建的水电站总装机容量的数十倍，这些水电站分布在全国各地。

我国的水电建设一开始就注意到河流的综合利用和梯级开发。从1950年开始进行黄河流域的全面勘测和研究工作，1954年完成了黄河流域综合利用规划。并且开始进行长江等许多河流的规划工作，为第二个五年计划的大跃进准备了条件。

第一个五年计划期间建设的电站，除三门峡水电站的主要部分设计是由苏联帮助设计之外，其它水电站全部工作是由我国技术人员完成的，其中包括发电容量达六十余万千瓦的水电站。在机电设备制造方面，新建的水电站的全套水轮发电机及其整套的机电设备，也是我国自己制造的，现在正在进行更大规模的电站设计和试制容量更大的机组。

在我国水电建设发展和成长的过程中，得到了苏联以及其它兄弟国家的大力援助，这也是取得较大成绩的因素之一。

第二个五年计划期间，党中央提出了建设社会主义的总路线和一整套两条腿走路的方针以来，水电建设也进入了一个飞跃发展的新阶段，大中型水电站相继在各地开工，投入运转。目前正在兴建的电站中有几座是装机容量达一百万瓩以上的大型水电站，与此同时在广大农村还兴建了大量的中小型水电站……。所有这些电站全部投入生产后，我国的水电建设将为工农业生产的发展提供巨大数量的电力，使我国更快地向工业化的道路迈进。这种发展速度和规模是世界上任何资本主义国家所不可比拟的。

在水电站的勘测设计方面，经过解放以来十年的实际锻炼，已经培养了具有一定水平、一定数量的勘测设计队伍。现在正在进行着许多座大、中型水电站的勘测设计工作。

我国目前已经完工和正在建设的水电站工程，在技术方面，有不少已经达到了世界先进水平。梅山水电站的连拱坝，坝高88.24米，是世界上最高的一座连拱坝。还有一个水电站的大头坝坝高为135米，比目前世界上最高的意大利的一座大头坝尚高出30米。我国在设计各种轻型坝的技术方面已经积累了一定的经验。在水电站的厂房工程方面，除已修建了地下式厂房，坝内式厂房、闸墩式厂房……此外还有一座水电站采用了厂房顶溢流的形式，它是目前世界上这种型式的水电站中装机容量最大的一个。

在施工技术方面采用了许多新方法，所以施工速度也大大地提高了，往往一座50万瓩以上的大型水电站仅需3~4年的时间就可以投入运转。

机电设备方面，我国也正在研究设计容量巨大的水轮发电机组。

解放以来，我国水电建设的伟大胜利，是在党的正确领导

领导下，贯彻执行党的社会主义建设总路线和一整套两条腿走路方针的胜利；是坚持政治挂帅、大搞群众运动的胜利；是我国社会主义建设和农业的社会主义改造，特别是人民公社运动的胜利。

水电建设是一项改造自然的伟大斗争。在这场斗争中，亿万人民急切地要求改变我国一穷二白的面貌成为自然的主人，解放后短短的时间，随着社会主义革命的胜利发展，中国人民在党的领导下，用自己劳动的双手初步改变了我国水电建设上落后的面貌。为了适应我国国民经济的高速度发展，摆在我们面前的任务还是十分艰巨的，必须继续在党的领导下，高举总路线、大跃进、人民公社三面红旗，继续实现水电建设方面的更大跃进。

第二章 水能的利用及水电站的 基本布置方式

2—1 水流能量的利用

在发电站里，生产着工业、农业和日常生活所必须的电。为了使发电站工作，通常须利用热能或水能。热能是由于在锅炉中燃烧各种燃料而获得的，它应用于火电站上；水能就是水流的能量，它应用于水电站上，在现代力学中把水自高处向低处流动时（例如自高处的湖向低处的湖流动或自瀑布上跌落向下游）所产生出来的能量叫做水能。从物理学中得知，落体重量与落体重心下降高度的乘积决定着所获得的能量的大小，水能的大小是由被利用的水体重量与其重心下降高度的乘积而确定的。

水力发电是利用水的能量变成机械功，再由机械功通过发电机转变为电能。我们知道，如果水从一定的高度流下来，流量愈大则其所放出的能量也愈大，或者某一定量的水愈从较高的上游水位流至下游水位，其所放出的能量也愈大。水电站上下游水位的差我们称为水头或落差。因此流量与水头是水力发电的两个要素。所以为了利用河流的能量，必须采取措施在建设水电站的地点造成水头。

如果水电站所利用的水头为 H 米，通过水轮机的流量为 Q 立方米/秒，则水从 H 高度落下时所具有的功率，将等于 $\gamma Q H$ 公斤米/秒，这里 γ 为水的单位重以公斤计。

在工程上功率常用马力或瓩为单位，它们与公斤米/秒