

50312

789860

0187

高等学校教材

水能利用

陕西机械学院 颜竹丘 主编



水利电力出版社

高等学校教材

水 能 利 用

陕西机械学院 颜 竹 丘 主编

水利电力出版社

0.11
1.10

高等学校教材

水 能 利 用

陕西机械学院 颜竹丘 主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 13.5印张 302千字

1986年11月第一版 1986年11月北京第一次印刷

印数 0001—6120册 定价 2.25元

书号 15143·6185

内 容 提 要

本教材共分七章，前五章为工程水文及水能规划部分，讲述工程水文的基本知识，设计年径流的推求；水资源的综合利用，水能资源的基本开发方式；径流调节的基本原理，年调节计算的时历列表法；计算水电站的保证出力和多年平均年发电量；电力系统各类电站的工作特性；水电站经济计算；水电站的装机容量选择；水电站水库调度等。后两章为水电站建筑物部分，讲述水电站引水建筑物系统的各个建筑物的特性；水电站地面厂房的布置设计，并介绍其它类型厂房的特点等。

本书是“水电站动力设备”专业水能利用课程的教材，也可供其他有关专业的师生及工程技术人员参考。

前 言

本教材是根据修订的水电站动力设备专业（本科四年制）教学计划和教材编写大纲进行编写的，于1983年10月在水电站教材编审小组会上讨论通过。

本教材是以武汉水利电力学院、西北农学院、华中工学院合编的《水能利用》（1981年出版）为基础进行重编的。一方面由于学时减少，在内容上作了适当的调整和精简；另一方面对某些不足之处作了适当的补充和更新，如工程水文基本知识加强了，列为第一章讲述；增加了考虑资金时间价值的经济计算方法；在水库调度中增加了优化调度的概念；在水能计算中应用电算，作为附录放在最后，各院校可酌情取舍；对水电站的有压引水建筑物系统有所加强；水电站厂房突出了地面厂房布置设计等。

本教材的编写工作，绪论、第二、三、四和五章由陕西机械学院颜竹丘编写，第一章由陕西机械学院刘恩锡编写，第六、七章由河海大学陆文棋编写，附录电算程序由陕西机械学院黄强编写。全书由陕西机械学院颜竹丘主编，河海大学伍正诚主审。

对于本教材中的缺点和意见，希望读者批评指正，意见请寄西安市陕西机械学院工程水文及水能利用教研室。

编 者

1985年7月

目 录

前言

绪论	1
第一章 工程水文基本知识	4
第一节 水文的基本概念	4
第二节 年径流	7
第三节 设计洪水	21
第二章 水能资源的开发利用	25
第一节 水资源的综合利用	25
第二节 水力发电的原理	27
第三节 水能资源的开发方式	31
第三章 径流调节	39
第一节 水库特性	39
第二节 设计保证率 and 设计代表期	45
第三节 径流调节的作用及分类	47
第四节 径流调节计算的时历列表法	50
第四章 水能计算及水电站主要参数选择	59
第一节 水能计算的目和基木方法	59
第二节 水电站的保证出力 and 多年平均年发电量计算	65
第三节 电力系统的负荷及容量组成	68
第四节 电力系统中各类电站的工作特性	72
第五节 水电站经济计算	77
第六节 水电站装机容量选择	89
第五章 水库调度	102
第一节 水库调度的意义	102
第二节 时历法绘制水电站水库调度图	103
第三节 水电站水库优化调度简介	108
第四节 动态规划在水库优化调度的应用	112
第六章 水电站水利枢纽及其建筑物概述	121
第一节 水利枢纽及其组成	121
第二节 水电站水利枢纽布置原则	123
第三节 挡水建筑物——坝	126
第四节 泄水建筑物	134

第五节 水电站引水建筑物	137
第七章 水电站厂房	150
第一节 水电站厂房的基本类型及其组成	150
第二节 厂房的水流系统及下部块体结构的布置	159
第三节 电气设备的布置及发电机层高程的确定	162
第四节 机械控制设备及油、水、气系统的布置	165
第五节 起重设备及装配场	167
第六节 厂内交通、采光、通风及保安防火	169
第七节 主厂房轮廓尺寸的决定	170
第八节 副厂房	171
第九节 厂区布置	173
第十节 主厂房(地面)的结构布置	175
第十一节 其它类型厂房简介	176
附录 年调节水电站水能计算电算示例	191

绪 论

“水能利用”是一门研究如何开发利用水能资源的专门技术科学。水能利用的主要形式是利用水能生产电能。因此，水能利用一般即指水力发电。

一、我国水能资源的分布及其开发条件

我国幅员辽阔，河流众多，总长度达42万多km，流域面积在100km²以上的河流就有5000多条，还有星罗棋布的湖泊及沿海潮汐等，水能蕴藏量极为丰富，仅河川水能资源估算为6.8亿kW，居世界首位。可能开发利用的容量约为3.79亿kW，年发电量约为1.9万亿kW·h。如能全部开发，每年所提供的能量约相当于10亿t标准煤。全国水能资源分布概况，可参看表0-1。

表 0-1 全国各地区水能蕴藏量及可能开发水能量

地 区	水 能 蕴 藏 量			可 能 开 发 水 能 资 源		
	出 力 (万kW)	发 电 量 (亿kW·h/年)	占全国比重 (%)	装机容量 (万kW)	年发电量 (亿kW·h/年)	占全国比重 (%)
全 国	67604.71	59221.8	100	37853.24	19233.04	100
华北地区	1922.93	1077.4	1.8	691.98	232.25	1.2
东北地区	1212.66	1062.3	18	1199.45	383.91	2.0
华东地区	3004.88	2632.3	4.4	1790.22	687.94	3.6
中南地区	6408.37	5613.8	9.5	6743.49	2973.65	15.5
西南地区	47331.18	41462.1	70.0	23234.33	13050.36	67.8
西北地区	8417.69	7373.9	12.5	4193.77	1904.93	9.9

注 (1) 本表中水能蕴藏量一项按1万kW以上的河流及部分1万kW以下的河流统计(不包括台湾省)；

(2) 可能开发水能资源一项按单站500kW以上电站统计；

(3) 占全国比重一栏按年发电量计算。

由表0-1可以看出，我国水能资源的分布对于能源的开发极为有利。例如，西南地区缺煤而水能资源丰富；华北内蒙地区水能资源较少，但煤炭丰富；沿海地区河川水能资源不多，却有大量的潮汐能源。再与石油及其他能源配合，构成了极其雄厚的能源储备系统。这是我国采取因地制宜开发利用能源方针的重要条件。

我国水资源综合利用效益较高。在许多河流都有不同程度的洪水威胁，需要解决防洪问题；全国各地都要求发展农田灌溉，西北、华北地区尤为突出；在交通运输日趋紧张的情况下，改善航运也日益迫切；随着工农业的发展，人民生活的不不断提高，供水要求迅速增长。所以，在建设水力发电工程的同时，就有条件统一考虑防洪、灌溉、航运、供水以及其他方面的问题，以获得水资源最大的综合利用效益。

我国许多河流的地形地质条件良好。有不少的水力地址位于峡谷地带，流量大而落差集中，可以用较小的工程量和投资建设水电站。这给我国发展造价低廉的水电建设提供了条件。

当然，我国水能资源的开发也存在一些不利因素。如我国河流普遍存在洪枯流量相差

悬殊,需要修建较大的水库进行水能调节;我国北方一些河流含沙量较大,泥沙治理还是尚待研究解决的问题;有些地区为石灰岩地带,喀斯特溶洞发育,地质条件不利;不少可开发地址因接近人口稠密区,修建水库的淹没和浸没损失较大,移民问题也存在困难等。这些问题随着水电建设的前进和现代科学技术的发展,总是可以得到解决的。如乌江渡水电站已建成的165m高混凝土拱形重力坝,就是建在喀斯特岩溶地区,至今运行正常。

二、我国水电建设事业的成就和展望

建国以来,我国水电建设发展很快。旧中国只修建了一些小型水电站,装机容量仅12000 kW,包括东北日伪时期修建的丰满等水电站在内,也只有16万 kW,年发电量只有7亿 kW·h,在当时分别占世界的第25位和第23位;到1981年底水电装机容量达到2100多万 kW,年发电量655亿 kW·h,分别上升到占世界的第6位和第8位;比旧中国水电装机容量增加了130多倍,年发电量增加93倍多,成绩是巨大的。但是,与我国这样一个10亿人口的大国相比,与我国十分丰富的水能资源相比,按装机容量计算只占可能开发容量的5.5%,年发电量只占可能开发的3.4%,发展水平还很不相称。与工业发达的国家和一些发展中国家相比,差距很大。现将世界上一些国家水能资源及已开发情况列于表0-2,由表中所列的18个国家中,有12个国家水能资源利用程度均在40%以上,其余5个国家也在11%以上,而我国只有3%。

表 0-2 1980年一些国家水电统计资料(按水电装机容量排列)

序号	国 家	装 机 容 量			年 发 电 量			可能开发	可能开发	水能资源
		水电装机 (万 kW)	总 装 机 (万 kW)	水电比重 (%)	水 电 (亿 kW·h)	总发电量 (亿 kW·h)	水电比重 (%)	容 量 (万 kW)	年 电 能 (亿 kW·h)	利用程度 (%)
1	美 国	7665	63078	12	2777	23561	12	20550	7031	40
2	苏 联	5120	28240	20	1800	12950	14	26900	10950	16
3	加 拿 大	4540	7970	57	2510	3667	68	15290	5352	47
4	日 本	2934	14478	20	921	6120	15	4960	1300	71
5	巴 西	2727	3174	86	1269	1374	92	21300	12000	11
6	中 国	2032	6587	31	582	3906	19	37800	19000	3
7	法 国	1928	6290	31	699	2578	27	2100	630	95
8	挪 威	1880	1896	99	835	8400	10	2960	1210	69
9	意 大 利	1585	4655	34	490	1863	26	1920	506	90
10	瑞 典	1465	2700	54	618	963	64	2010	1003	62
11	西 班 牙	1350	3047	44	312	1102	28	2932	675	46
12	印 度	1233	3368	37	469	1163	40	7600	4000	12
13	瑞 士	1111	1370	81	336	482	70	1100	320	98
14	奥 地 利	794	1267	63	291	420	69	1852	492	59
15	南斯拉夫	633	1403	45	282	589	48	1696	636	44
16	墨 西 哥	532	1727	31	162	642	25	2030	994	16
17	罗马尼亚	330	1605	21	121	675	18	803	241	50
18	阿 根 廷	327	1180	28	152	406	37	4810	1910	21

注 表中水电站装机容量和发电量统计资料中包括抽水蓄能电站。水能资源利用程度一项为常规水电站的年发电量与可能开发年电能之比。

目前,国外在开发水能资源、建设水电站方面的发展趋势是:提高单机容量,扩大水电站规模;提高水电站自动化和管理运行水平;大力发展抽水蓄能电站;提高水电容量比;运用“系统工程”理论,研究水电站群、水能资源系统的规划设计和控制,以及研究利用新的水能源等。

能源是社会主义现代化经济建设的战略重点之一。我国电力供应不足,不能满足国民经济发展的需要,煤炭、石油等能源的供应十分紧张,而每年有相当于10亿t标准煤的水能资源白白流走,十分可惜。因此,如何加快和合理地开发利用水能资源,尽量节省有限的矿物燃料资源,是我国能源政策中的一个重要问题。

我国电力建设的方针是:“电的生产和建设,要因地制宜地发展火电和水电,逐步把重点放在水电上”。这个方针是符合我国实际情况,是完全正确的。因此,在大力开发煤炭的同时优先开发水电,加快水电建设,是客观所必需。

水力发电是一次能源与二次能源同时完成,又是成本低、效益高、不污染,可以再生能源。所以,优先发展水电是世界各国开发利用能源的重要经验。无论是工业发达国家还是发展中国家;无论是水能资源较多而矿物燃料较少的国家,还是水能资源较少而矿物燃料较多的国家,在解决能源问题上几乎都是优先发展水电。

为了实现在本世纪末工农业总产值翻两番的宏伟目标,电力建设必须先行。除在煤炭资源丰富地区多建火电站外,就应重视优先发展水电。为此,水利电力部决定要加快水电建设,规划到本世纪末,集中力量在水能资源丰富、开发条件优越的黄河上游、红水河、长江中上游、雅龙江、大渡河、乌江、金沙江、澜沧江中游、湘西及闽浙赣地区的河流上建设十大水电基地。对正在施工的水电站要加快建设,如葛洲坝、龙羊峡、白山、天生桥、安康、铜街子、鲁布革、东江、万安等十几个大型水电站。还计划建设李家峡、龙滩、二滩、三峡等十几个大型水电站。只要认真贯彻电力建设方针,充分发挥广大群众的智慧及科学技术的巨大作用,发挥水能资源的优势,克服困难,艰苦奋斗,尽快把水电搞上去,使我国水电建设事业将进入世界先进水平的行列。

三、本课程的任务和主要内容

“水能利用”是“水电站动力设备”专业的一门专业课程。根据本专业的培养目标,本课程设置的目的是使学生在水电站方面获得一些基本知识。为此,本课程的主要内容有:工程水文的基本概念;水能开发利用的原则和方式;径流调节计算;水能计算与水电站装机容量选择;水库调度;水电站水工建筑物及水电站的厂房布置等。

本课程的水能部分为规划性内容,涉及面较广,概念也较多。除有具体的计算方法外,多为分析和论述,学习时要注意这些特点。

与本课程关系比较密切的教材有《水力学》、《工程水文学》、《水轮机》和水电厂的《电气设备》等。

第一章 工程水文基本知识

为了很好地获得水能及利用水能，在水工建筑物的设计和运行方面均需要工程水文学的知识和水文资料。水文资料，特别是其中的河川径流资料，是进行水文水利计算的基本依据。所采用的河川径流资料在多大程度上符合河流未来径流的情况，这一点将从根本上影响到整个工程规划设计的正确性。水文资料的收集和整编，河川径流的计算和分析，是工程水文学所研究的主要内容。这一章仅介绍水文基本知识及应用年径流的一些必要的计算方法。

第一节 水文的基本概念

一、水循环及河川径流

空中水汽凝结后以降水（如雨，雪等）形式降落至地面，部分入渗至地下。由地面及地下注入河川，这些从河川中流出的水通称径流。在流域出口断面处量测到径流的水量称为径流量。

要研究径流的变化规律，首先必须了解自然界的水循环。

地球上的水分主要存在于地表面上、地表面下以及大气层中三个方面。由于太阳辐射热及地球引力的作用，地球上各部分的水分不断交替运行着。地球表面的水受到太阳辐射热的作用蒸发变为水汽，被气流带到空中，在适当的条件下凝结成水，以降水形式落到地面。降落到地面的水一部分蒸发，另一部分汇入河道流至海洋，这种周而复始的循环过程称为水循环。形成水循环的内因是水的物理特性，因为水随着温度的不同，以固体、液体和气体三种形态出现，因而使水分在循环过程中有转移、交换的可能。外因是太阳辐射热和地球引力。太阳辐射热是地表热能的主要源泉，它促使冰雪融化，水分蒸发，空气流动等，因而是水分循环的动力；地球引力是促使地面水流动归海洋的动力。除此而外，水循环路线的构成和性质，流域的地质、地貌、土壤植被情况，对水循环也有一定的影响。

二、河流及流域

（一）河流

一条河流沿水流方向自高向低可分为河源、上游、中游、下游和河口等。这些以及与此有关的名称分别叙述如下。

河源：河流的发源地。泉水、沼泽、湖泊等常是河流的源头。

上游：河流的上段，它直接与河源相接，其特征是落差大，河谷窄、下切强，水流急。

中游：在上游之下，河道的纵坡被水流冲刷得逐渐变缓。水流下切力衰退而旁蚀力量增强。因此，河槽逐渐变宽和曲折。

下游：河流的下段，河谷宽、坡度缓、流速小、浅滩沙洲多。

河口：河流流入大海、湖泊及与其他河流汇合之处，也就是一条河流之终点。

河长：自河源至河口的沿河距离为河长。一般在五万分之一的地形图上用曲线仪或小分规仪从河口量至河源即得河长。

河系：河流的干支流、溪涧、小沟和湖泊等组成脉络相通的系统为河系，又称水系。河系根据干支流的分布状况可分为扇形河系、羽型河系，平行河系和混合河系等四种几何形态。

河谷：河流延伸的地形低洼处，可以排泄流水的地方称河谷。

河槽：河谷谷底过水的部分为河槽。河槽的横断面，一般是指与水流方向相垂直的剖面，它的下界为河底，两侧为河槽的斜坡，上界为水面线，故又称为过水断面。

河流的比降：有河流纵比降与河流横比降之分。

河流纵比降：河段两端水面（或河底）的高程差叫落差。河源与河口间处水面的高程差叫总落差。单位河长的落差叫纵比降。

当河段纵断面近于直线时，比降按下式计算：

$$J = \frac{h_1 - h_2}{L} = \frac{\Delta h}{L} \quad (1-1)$$

式中 J ——河流纵比降；

h_1, h_2 ——河段上下游两端水面的高程（m）；

L ——河段的长度。

河流横比降：对于河道中的水流，因为地球自转，而产生偏转力及河弯处的离心力。因此河流横断面的水面不是绝对水平的，而有一横比降。

（二）流域

流域是指河流的集水区域。即指把地面和地下的径流汇入河流并补给河流的区域称为流域。流域的周界为分水岭。

河川径流的变化与流域特征有关。在不同的流域上河川径流过程各有不同。

流域特征分几何特征及自然地理特征。几何特征，如流域面积的大小，形状及流域面积随着河长的增长等，而自然地理特征也是反映径流区域性变化的重要指标，如流域的地理位置、地形、气候特征，流域的土壤及地质，植被，以及流域内的湖泊率和沼泽率等。

人类在流域内对自然地理的改造活动有：各种水利措施、水土保持和农业措施。这些活动可以改变水循环的路线和水循环要素。径流形成过程也必然随之发生变化。

三、河川径流的表示方法及其基本特性

（一）径流的表示方法和度量单位

径流的表示方法和度量单位常用的有如下几种：

流量 Q ：单位时间内流过某断面的水体积称为流量，以 m^3/s 计。根据某一断面各个时刻 t 测得的流量 Q ，可绘得流量过程线 $Q = f(t)$ 。各个时刻的流量是指该时刻的瞬时流量。此外，还可以求得日平均流量，月平均流量，年平均流量及多年平均流量值。

径流总量 W ：径流总量表示时段 T 内通过河流某一断面的总水量，以所计算时段内的秒数乘以该时段内的平均流量，就得径流总量 W ，即 $W = QT$ ，以 m^3 、亿 m^3 计或以 cm^3/s

$s) \cdot d]$, $[(m^3/s) \cdot \text{月}]$ 计 $1[(m^3/s) \cdot d] = 86400m^3$; $1[(m^3/s) \cdot \text{月}] = 2.63 \times 10^6 m^3$, 这里 1 月以平均 30.4 天计)。

径流深 Y : 径流深是指计算时段内的径流总量平铺在整个流域面积上所测得的水层深度, 以 (mm) 计。若时段为 $T(s)$, 流量为 $Q(m^3/s)$, 流域面积为 $F(km^2)$, 则径流深 Y 为:

$$Y = \frac{QT}{1000F} (mm)$$

径流模数 M : 单位面积上所产生的流量, 称为径流模数 M , 其表示式有:

$$M = \frac{1000Q}{F} (L/s \cdot km^2)$$

径流系数 α : 径流系数是指某较大时段内的径流深度 Y 与同一时段降水量 X 之比。其计算公式为:

$$\alpha = \frac{Y}{X}$$

(二) 河川径流的基本特性

河川径流最基本的特性是它的多变性。由于地区的气候、降水特性、自然地理条件及人类活动等众多因素的影响及错综的变化, 使得江河中的水流变化无常。径流随时间变化的特性, 可用流量过程线表示。图 1-1 是根据某河某站实测资料绘制的一段流量变化过程线, 图中只绘制了两年流量过程, 以示意之。

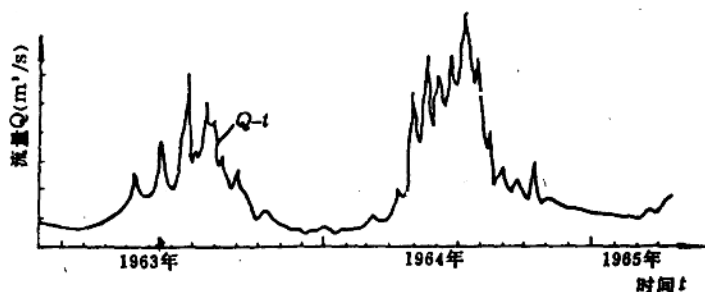


图 1-1 流量过程线

图 1-1 表明河中流量涨落变化多端。在一年内, 洪水期流量大, 变化也大; 枯水期流量小, 变化也小。在不同年份中, 有的年份水量大, 属丰水年, 有的年份水量小, 属枯水年, 并且年内流量丰枯变化过程均不相同。这表明河川径流客观上存在多变性和不重复性。

河川径流虽然多变, 但仍然有其规律性。在长期预报还没有把握的情况下, 必须从过去的资料中研究径流变化的特性和所遵循的某些规律, 以应用于将来。

由于气候和降水总是随着一年四季周期性地变化, 河川径流具有季节的周期性变化。河流中洪水期与枯水期交替出现, 周而复始, 有明显的年循环性。其周期大约是一年。当然, 河川径流的这种周期性变化不能理解为机械的重复和物理学上严格的周期运动。因为

洪、枯水期的长短、起迄时间和水量大小等，在不同的年份里也是各不相同的。至于河川径流的多年变化，虽然丰水年、中水年、枯水年都有，但其交替出现的规律一般不很明确。某些河流有丰水年或枯水年成组出现的现象，但不规则，只能定性地看出一些倾向和趋势，尚无法确定其多年周期性变化规律。

从研究径流的多年变化中，可以发现逐年同一径流特征值（如年最大流量、年最小流量、洪水期径流量、枯水期径流量、甚至年径流量等）彼此之间联系很少，而且有很大的独立性，可视为随机变量。因此，可以将研究随机变量的概率论和数理统计方法用于径流的年际变化，给出径流变化的随机特性。也就是说，将特征径流量的数值同一定的出现机率联系起来，用径流的频率曲线来描述其多年变化。

河川径流还有明显的地区性规律。在同一水文区域内，同一时期里，相邻河流的径流变化具有一定的相似性或称水文同步性。而自然地理条件不属一个水文区域的河流，即使两河相隔较近，水文现象差别也较大，其径流变化并无相似性。

河川径流的这些基本特性直接影响到水电站的工作情况。也为我们分析和使用水文资料指明了途径。由于河川径流的多变性和不重复性，就要求我们收集尽可能长和齐全的水文资料，这是第一位重要的基础工作。年循环性为我们以年为单位进行分析计算，选择典型用于将来以进行水利水能计算提供了依据。地区性特点使我们应用水文相似性规律，通过延长，插补甚至借用等办法，解决本站水文资料短缺的问题。

第二节 年 径 流

一、年径流的意义及其影响因素

（一）年径流的意义

年径流就是在一个年度内，通过河流某一断面的水量叫做该断面以上流域的年径流量。度量年径流量可以用年平均流量(m^3/s)、年径流总量(m^3)、年径流深(mm)或年径流模数($\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$)表示。所谓一个年度，是指以每个日历年的洪水期开始作为起迄时刻，并以跨日历年的形式表示，如1939年5月~1940年4月。这样丰枯水交替循环的年份，称为“水文年”。

研究年径流的目的，在于揭露径流年际变化与年内水量分配的规律。预估未来的径流变化情势，为水利工程的合理修建提供正确的设计依据，以满足国民经济各部门的需要。

（二）年径流的主要影响因素

影响年径流的主要因素分气候因素及流域下垫面因素两种。

气候因素中的年降水量与年蒸发量的逐年变化，是引起年径流量变化的主要原因。并且随流域所在地区的不同，其影响的程度亦不相同。

在湿润地区，水分充沛，年径流量与年降水量之间的关系密切，年降水量在影响年径流量的因素中起着决定性作用。

在干旱地区，降水量较少，年降水量的绝大部分消耗于蒸发。因此年降水量与年蒸发量两项均对年径流量有相当大的作用。影响年降水量与年蒸发量大小的因素很复杂。其中

主要因素是地理位置，它决定了获得太阳辐射热的多寡、离水汽来源（海洋）的远近以及其它气候因素的影响情况等。而这些因素在一定的自然地理区域内基本是一致的。但它们随着地区的不同而变化，呈现出一定的规律性。因此与其有关的年径流量在地区分配上也表现出一定的规律性。

在河川流域承受冰雪补给的地区，影响年径流的因素有两：一是前一年降雪量的多少，二是当年气温的高低。

流域下垫面（包括地形、植被、土壤、地质、湖泊、沼泽和流域面积的大小等）因素概括起来主要从两方面影响年径流量。一方面由于下垫面条件（如植被良好的森林带、湖泊沼泽地区）造成局部地区的“小气候”，改变当地的气候条件，间接对年径流量发生作用。另一方面通过流域蓄水量的改变（如土壤结构，地质条件、湖泊沼泽的调蓄作用，流域面积的大小等）影响年径流量的变化。

综上所述，复杂的影响因素可概括为以下两项：

第一项因素是年降水量，它是大气环流的产物。而大气环流的演变十分复杂，在总的背景下，具体到某一地区、某一时候、随时随地受到各地各时的影响条件而有所变化。在当时当地的具体大气环流演变形势下，能产生多大的降水量还受到下垫面其他因素的影响，因此年降水量及其在一年内的分配带有很大的偶然性。

第二项年蒸发量，它主要受气温和饱和差的控制，也是大气环流的产物。复杂性与年降水量类同，再加之下垫面的错综复杂的影响，因此，年径流量是各种因素变化的无穷组合中间的某一综合作用的产物。

二、设计年径流量的含义及推求

（一）设计年径流量的含义

设计年径流量就是相应于某一设计频率的年径流量。此处所指的设计频率是根据各用水部门的设计标准来确定的。

设计年径流计算的任务是：揭露径流多年变化和年内径流分配的规律，确定设计年径流量和它的年内分配，计算与径流调节有关的正常年径流量即多年平均径流量，以及个别特征流量。

研究年径流的多年变化规律，最理想的似乎是从物理成因着手分析，完全从必然性作用来考虑。但是，目前对理想的成因方法难以作到的情况下，我们考虑下述理由：其一年径流是偶然变量且各年径流之间基本上独立（互相没有密切的关系）；其二作为偶然现象的年径流变化存在着统计规律性；其三作为偶然现象的年径流变化，不仅在一条河流上具有稳定的频率分布规律，并且在多条河流上具有共同的频率分布规律。

因此，对于年径流量多年变化规律可以应用概率理论来分析研究。

（二）设计年径流量的推求

1. 资料分析审查

资料可靠性：这是对原始资料可靠程度的鉴定。从资料来源、资料的测验和整编方法等方面进行检查，并通过上下游、干支流水量平衡等来检查成果是否合理。

资料一致性：计算所用的资料必须具有一致的成因基础，即应由同一成因的资料组成。

对于年径流来说,若影响年径流的因素各年均无明显变化者,则其成因是一致的。对于年径流的影响因素中,流域的气候条件相对稳定,但是下垫面因素,由于有时受到人类活动的影响而显著改变。例如上游修建了引水工程,逐年引用水量不同等,均可使上下游实测资料的一致性遭到破坏。遇此情况,必须进行水量还原计算,使与以往径流资料基础一致,然后再进行分析计算。具体计算参考有关工程水文学,此处不再赘述。

资料代表性:即指设计时所得实测水文资料的统计规律,能否很好地反映长期资料的统计规律,如代表性不好,则会给计算结果带来误差。必须对实测资料进行必要的延长,以改善其代表性。

2. 设计年径流的计算

(1) 正常年径流量:正常年径流量即多年平均径流量值。它是反映河川径流蕴藏量的一个重要水文特征值。

在取得多年流量系列资料后,首先根据绝大多数年份的情况,划定水文年的起迄月份,然后进行年径流的计算。

年平均流量 $\bar{Q}_i$ 为12个月流量的平均值。即:

$$\bar{Q}_i = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^{12} Q_{ij} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (1-2)$$

年径流量(年水量) W_i 为年平均流量乘上一年的时间(12个月或365天或 $31.5 \times 10^6 \text{s}$)。即:

$$W_i = \bar{Q}_i \times 31.5 \times 10^6 \quad (\text{m}^3) \quad (1-3)$$

如有 n 年实测年径流资料,其多年平均流量值为:

$$Q_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{Q}_i \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (1-4)$$

多年平均年径流值为:

$$W_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i \quad (\text{m}^3) \quad (1-5)$$

或

$$W_0 = Q_0 \times 31.5 \times 10^6 \quad (\text{m}^3) \quad (1-6)$$

年径流的多年平均值随着年数的增加而趋于稳定,这个稳定值称为正常年径流量值。当资料年数 $n > 20$ 年时,可直接利用上式来确定正常年径流量值。

(2) 径流的年际变化:年径流系列的总体无法得知,其总体的统计规律也就不可能直接推求。但是为了给工程设计及运行提供依据,必须知道年径流系列总体的变化规律。在上一节中已论述了现行方法中是通过实测样本资料来间接推求(估计)径流年际变化的总体统计规律的。这种方法就是频率计算法。

水利工程的设计数据,通常用频率计算并根据设计频率而求得的。对应设计数据的频率称为设计频率。设计频率和设计数值都反映设计标准。各类水工建筑物的设计标准是由国家制定规范来规定的。

频率计算法中常遇到以下的几个基本概念:

1) 随机变量:为了认识自然界的运动规律,必须进行各种科学实验。在科学试验中,那些被研究的对象显示出这样或那样的实验结果。其中,在相同的试验条件下对同一个研

研究对象反复地进行多次的试验或观察，所得到的竟不是一个确定的结果。这类特点的现象叫随机现象。随机现象用数值或设法用数字表之。我们用变量描述随机现象，这种变量称随机变量。

2) 总体和样本：在概率论和数理统计中，把随机变量的全体即整个系列称为总体。从总体中任意抽取一部分系列称为随机样本（简称样本）。

3) 概率（频率）密度曲线及概率（频率）分布曲线：随机变量的统计规律性可由概率密度曲线（微分曲线）或概率分布曲线（积分曲线）表示之。

把实测水文资料经过整理即可体现上述各特性。如某站有62年流量资料，由大到小排队，按 $100\text{m}^3/\text{s}$ 级差分组，按表 1-1所列项目进行统计和计算。

表 1-1 某实测站流量资料频率统计

随机变量 X ($\Delta X = 100\text{m}^3/\text{s}$)	组内出现 次数	累 积 次数	组内频率 $\Delta P\%$	组内平均频率密度 $\Delta P/\Delta X$	累积频率 $P\%$
1000 ~ 901	1	1	1.6	0.00016	1.6
900 ~ 801	2	3	3.2	0.00032	4.8
800 ~ 701	3	6	4.8	0.00048	9.6
700 ~ 601	7	13	11.3	0.00113	20.9
600 ~ 501	13	26	21	0.00210	41.9
500 ~ 401	18	44	29.1	0.00291	71.0
400 ~ 301	15	59	24.2	0.00242	95.2
300 ~ 201	2	61	3.2	0.00032	98.4
200 ~ 101	1	62	1.6	0.00016	100.0
合 计	62		100		

从表中可以发现，流量出现在 $401 \sim 500\text{m}^3/\text{s}$ 之间的次数最多，而两端的值出现次数最少，也就是说中等大小的年径流量值发生次数较多，而特大、特小值发生次数较少。

以流量值为纵坐标，组内平均频率密度为横坐标可绘出频率密度直方图（图 1-2）。以流量为纵坐标以累积频率为横坐标可绘出频率分布曲线图（图 1-3）。

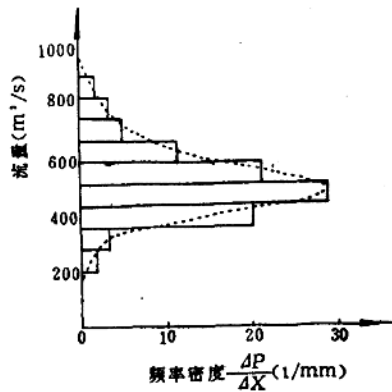


图 1-2 频率密度曲线

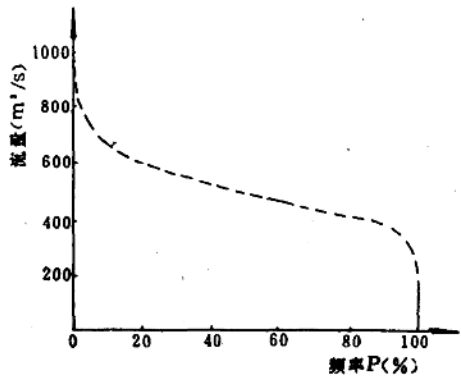


图 1-3 频率分布曲线

在资料项数趋于无穷，且每组的间隔取成无限小时，则频率密度曲线可以设想为一种