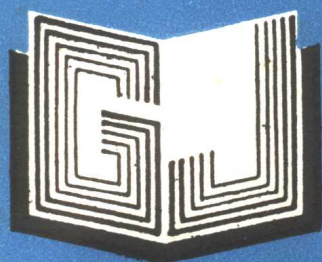


988155



高等学校教材

专科适用

水库调度与运用

河北水利专科学校 娄 岳 主编



高等学校教材

||||| 专 科 适 用 |||||

水库调度与运用

河北水利专科学校 娄岳 主编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书主要是介绍已建水库的防洪调度、兴利(发电、灌溉)调度、库群联合调度、优化调度等的基本原理和方法。同时,对水库规划设计阶段水利计算的主要内容作了扼要的介绍。是水利工程专业的专业书籍,也是从事水库管理工作、规划设计部门的工程技术人员,以及水利院校师生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

水库调度与运用/娄岳主编. —北京:中国水利水电出版社, 1995

高等学校教材 专科适用

ISBN 7-80124-072-3

I. 水… I. 娄… III. 水库调度-高等学校-教材 N. TV697.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 15621 号

书 名	高等学校教材(专科适用) 水库调度与运用
作 者	河北水利专科学校 娄岳 主编
出 版	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044)
发 行	新华书店北京发行所
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市京东印刷厂
规 格	787×1092毫米 16开本 12.25印张 280千字
版 次	1996年6月第一版 1996年6月北京第一次印刷
印 数	0001—1070册
定 价	9.60元

前 言

本书是高等水利水电类专业教学委员会专科教学组的规划教材之一。本教材的编写大纲是由江西、河北等水利专科学校“水利工程管理”专业的教师，通过教学实践，共同研讨确定的。

全书共分九章，河北水利专科学校娄岳编写第一、二、三、四章，顾鼎仁编写第六、七、九章，南昌水利专科学校单漫营编写第五、八章。本书由娄岳主编，东北水利水电专科学校朱伯俊副教授担任主审。

本书在编写过程中得到了水利部水管司等生产、教学、科研单位有关同志的大力支持，并引用了他们的部分资料，在此一并致谢。

限于我们的水平，书中会有些错误和缺点，衷心希望广大读者批评指正。

编 者

1995

62600/01

目 录

前 言	
第一章 绪论	1
第二章 兴利调节	5
第一节 概述	5
第二节 水库特征水位和库容	6
第三节 水库特征曲线	7
第四节 水库水量损失	10
第五节 各用水部门的用水特性	11
第六节 影响死水位选择的因素	12
第七节 年调节水库兴利调节计算	13
第八节 多年调节水库兴利调节计算	21
第三章 洪水调节	27
第一节 概述	27
第二节 调洪计算的基本原理和方法	29
第三节 考虑动库容的调洪计算	34
第四节 水库防洪计算	35
第五节 入库洪水	37
第四章 防洪调度	39
第一节 概述	39
第二节 防洪调度图	39
第三节 防洪限制水位	40
第四节 防洪调度方式的拟定	44
第五节 利用预报预泄、预蓄	49
第六节 防洪调度规则的制订	51
第七节 中小型水库洪水预报及抗洪能力图表的编制	54
第五章 发电调度	58
第一节 水力发电的基本原理和开发方式	58
第二节 水电站保证出力和发电量计算	61
第三节 电力系统、负荷图和容量的组成	71
第四节 水、火电站工作特点及其运行方式	74
第五节 水电站装机容量的选择	77
第六节 发电调度图的绘制	83
第七节 发电调度图的应用	87

第八节	发电调度效益的检查	101
第六章	灌溉调度	103
第一节	灌溉需水过程的推求	103
第二节	年调节灌溉水库调度图的绘制	109
第三节	多年调节灌溉水库调度图的绘制	113
第四节	水库年度计划调度线的绘制	116
第七章	综合利用调度	119
第一节	防洪与兴利结合的水库调度	119
第二节	发电与灌溉结合的水库调度	121
第三节	多沙河流水库的调度	125
第四节	其他方面对水库调度的要求	136
第八章	库群调度	138
第一节	库群规划和调度的基本知识	138
第二节	兴利库群调度	141
第三节	发电库群调度	147
第四节	库群洪水调度	156
第九章	水库优化调度	160
第一节	概述	160
第二节	径流描述	162
第三节	最优化技术简介	164
第四节	单一水库优化调度	177
参考文献		188

第一章 绪 论

一、水资源制约着我国经济的发展

我国水资源总量为 28124 亿 m^3 。其中河川径流量为 27115 亿 m^3 。

世界上评价一个国家或地区水资源的丰歉程度，是以河川径流总量为主要指标。

我国的河川径流总量仅少于巴西 (51912 亿 m^3)、前苏联 (47140 亿 m^3)、加拿大 (31220 亿 m^3)、美国 (29702 亿 m^3) 和印尼 (28113 亿 m^3)，居世界第六位。但由于我国国土辽阔，人口众多，耕地面积大，人均与亩均占有的水量都相当低，约为世界人均水量的 $1/4$ ，亩均水量的 $3/4$ ，是个比较缺水的国家。

我国的河流，多数为雨源型河流。年径流量的分布特点，基本上是由年降雨量的分布特点所决定；总的趋势是自南向北递减，近海多于内陆，山地大于平原。特别是山地迎风坡的年降雨量，远大于邻近的平原或盆地。另外径流量的季节分配也取决于降水的季节变化。一般夏季是我国径流最丰富的季节，南方各省的汛期一般在 5~8 月份，降雨量占全年的 60%~70%；北方各省的汛期，一般为 6~9 月份，降雨量占全年的 70%~80% 以上。同时，我国径流的年际变化也很大，南方河流，丰水年和枯水年的水量相差约 2~3 倍；北方地区的河流，丰枯水量一般相差 4~6 倍，有的高达 10~20 倍之多。

我国水资源的另一个突出问题是水土资源的组合极不平衡，在南方地区（包括长江、珠江、东南沿海及西南诸河）年径流量占全国的 82%，而耕地面积只占 38%，水多地少。而北方地区（包括淮河、黄河、海滦河、东北及西北内陆诸河）年径流量仅占全国的 18%，而耕地面积却占 62%。尤其淮河、海滦河更为突出，其耕地面积占全国的 27%，而径流量只占全国的 4%，地多、水少、人口稠密，缺水相当严重。

我国天然径流的这种时空分布不均，年际变化剧烈，水土资源组合不平衡的特点，大大增加了合理开发利用水资源的复杂程度，使大量的土地资源不能“地尽其力”，工业生产的发展也受到了严重制约。

据调查：我国农田灌溉面积，自 70 年代以来，基本处于停滞和萎缩的状态。1980~1986 年全国农田每年平均受旱面积达 3.4 亿亩，成灾面积为 1.6 亿亩，成灾率高达 46.7%。同时，由于城市和工业用水的迅速增长，水的供需矛盾也日益突出。据了解，我国 480 个城市中有 300 个城市缺水，其中有 108 个城市严重缺水。尤其北方地区，由于经济发展的速度超过了当地水资源的承受能力，加之对水资源的保护措施不力，污染严重，更加重了水资源的匮乏局面。

总之，水资源已成为制约我国经济发展的重要因素。因此，有效保护、合理调配、节约使用水资源应成为我国四化建设中的基本国策。

二、水库工程是调节水资源的主要措施

我国水资源的时空分布状况说明，要确保工农业生产的用水，即使在水量比较丰沛的地区，也必须采取措施补充调节才能满足社会经济发展的需要。

兴修水库是控制调节水资源的一项主要措施。水库能控制洪水，也能将所蓄的水量供给各兴利部门使用。

水库的主要工程有：拦河大坝、输水洞和溢洪道三大部分。由于水库具有防洪与兴利的双重任务，因此，水库的设计标准也包括防洪设计标准与兴利用水标准两个。现分述如下。

1. 防洪设计标准

水库在规划设计阶段，考虑到要减轻或免除洪水对下游城镇及农田的威胁，根据下游防护对象的重要性，而选定某一重现期的洪水作为确定防洪工程规模的依据。此种重现期洪水的选择，要参照原水利电力部 1978 年颁发的《水利水电工程水利动能设计规范》(SDJ12—78) 表 1-1 选定。

表 1-1 防护对象的防洪标准

保护城镇	保护工业区	保护农田面积 (万亩)	设计洪水标准	
			频率 (%)	重现期 (年)
重大城市	重大工业区	>500	1~0.33	100~300
重要城市	重要工业区	100~500	2~1	50~100
中等城市	中等工业区	20~100	5~2	20~50
一般城市	一般工业区	5~20	10~5	10~20
		<5	20~5	5~10

同时为了确保大坝等水工建筑物的安全，还要按水工建筑物的级别，选择某一重现期的洪水，作为水工建筑设计的依据，此种洪水称为建筑物的防洪标准，如表 1-2。

为了提高水库的安全性，当超过正常运用标准的洪水时，水库处于非常情况之下，也能保证水工建筑物的安全，这种防洪设计标准的洪水，称为非常运用的校核洪水，如表 1-3。

**表 1-2 失事后对下游不致造成较大灾害的水利水电枢纽工程
永久性水工建筑物正常运用的洪水标准**

建筑物级别	1	2	3	4	5
洪水重现期 (年)	2000~500	500~100	100~50	50~30	30~20

表 1-3 永久性水工建筑物非常运用的洪水下限值

不同坝型的枢纽工程	建 筑 物 级 别				
	1	2	3	4	5
	洪 水 重 现 期 (年)				
土坝、堆石坝、干砌石坝	10000	2000	1000	500	300
混凝土坝、浆砌石坝和其他水工建筑物	5000	1000	500	300	200

2. 兴利用水标准

兴利用水标准，是根据用水部门的重要性，以及由于减少供水所引起影响的大小而选定的供水保证率。供水保证率的选择同样是参照《规范》进行。例如，灌溉、发电、航运等可参照表 1-4、表 1-5、表 1-6 选择。

表中所列设计保证率,是设计正常用水保证率的简称。用水保证率,是指多年时期内用水部门正常供水的保证程度。设计保证率通常有年保证率 $P_{\text{年}}$ 和历时保证率 P' 两种形式,即

$$P_{\text{年}} = \frac{\text{正常工作年数}}{\text{运行总年数}} \times 100\% \quad (1-1)$$

$$P' = \frac{\text{正常工作历时(日、旬、月)}}{\text{运行总历时(日、旬、月)}} \times 100\% \quad (1-2)$$

采用哪种形式,视用水特性、调节性能及设计要求而定。

三、水库调度运用的任务

水库具有调节天然径流的作用。一座规划设计合理、管理运用得当的水库,它不仅能防洪、灌溉,为城市提供优质水量,为工业提供廉价的电力,为交通提供经济的水运,为渔业提供丰富的水产,而且能为居民创造优美的环境,做到一水多用,一库多能,充分发挥水资源的综合效益。

例如,位于汉江中游的湖北省丹江口水库,它的最大坝高为 97m,总库容为 209.7 亿 m^3 ,是一座综合利用的水利枢纽工程。它的主要任务是防洪,解除汉江下游的洪水灾害;同时装有 6 台 15 万 kW 混流式水轮发电机组。每年可提供 43.6 亿 kW·h 的电力;近期引水灌溉农田 360 万亩,并提高了上、下游河道的航运能力;平均 80 万亩的水库面积可年产鱼 400 万 kg 以上,……等等,为国家创造了大量的社会财富。

一座水库枢纽工程、能否获取最大的综合效益,其关键是在我们尚不能长期准确地预知未来径流情势的状况下,必须根据以往系统的径流资料,按既定的规划设计意图,结合工程的实际情况,绘制出水库调度运用图,并制定水库调度运用的规则,坚持合理调度,实行科学管理。决不允许违背调度规则,仅凭主观意志,不顾客观条件,盲目提前蓄水,或强行放水发电。否则都将会造成不应有的损失,甚至是灾害。

例如,×××水库,由于 10 年动乱的干扰,1974 年 9 月下旬,未到汛末就提前蓄水,超蓄水位达 4.3 m;当 10 月初汉江出现洪峰流量为 24800 m^3/s 的洪水时,又被迫开闸加大泄量,结果造成上淹下冲,直接经济损失在 5000 万元以上。又如,1976 年 1 月至 1978 年 12 月期间,由于系统供电的矛盾突出,又强行放水加大出力,致使库水位长期处于低水位运行。结果使总的发电量减少 5.79 亿 kW·h,减少灌区供水 33.39 亿 m^3 ,给工农业生产都造成不应有的损失。

总之,水库调度运用是一项非常复杂的工作,每一项调度措施,都会影响到上游和下游,当前与今后的国民经济。因此,对这项工作一定要严肃对待,慎重从事。

表 1-4 水电站设计保证率

系统中水电站容量的比重	25%以下	25%~50%	50%以上
水电站设计保证率	80%~90%	90%~95%	95%~98%

表 1-5 灌溉设计保证率

地 区	作物种类	设计保证率
水源缺乏地区	以旱作为主	50%~75%
	以水稻为主	70%~80%
水源丰富地区	以旱作为主	70%~80%
	以水稻为主	75%~95%

表 1-6 航运设计保证率

航运等级	设计保证率
一~二级	97%~99%
三~四级	95%~97%
五~六级	90%~95%

综上所述，水库调度运用的任务：就是必须按照水库规划设计的意图，在保证水工建筑物安全的前提下，根据河川径流的变化情况，国民经济各部门对水库的要求，合理按排蓄泄，最大限度的发挥水资源的综合效益。

同时，合理的水库调度运用，还有助于工程的管理，保持工程的完整，延长水工建筑物的使用年限。

本课程主要是介绍水库的防洪调度，兴利（灌溉、发电）调度，库群联合调度、优化调度的基本原理和方法。同时，对水库设计中主要参数的选择方法也作了扼要介绍，为水库工程的管理，水资源的合理开发和利用打下基础。

四、水库调度运用工作的发展

我国水利事业的发展史，实际是一部调度运用河川径流的光辉史。早在公元前 250 年，在四川省灌县修建的都江堰分洪灌溉工程，就是一座具有综合利用性质的水利枢纽工程，它不仅大大减少了岷江两岸的洪水灾害，同时还能引水灌溉成都平原数百万亩的肥田沃土，将四川变为“天府之国”。

建国后，在党和政府的领导下，我们兴修了大量的水利工程。到 1989 年修建各种类型的水库 82848 座，总蓄水库容达 4617 亿 m^3 ；修建万亩以上灌区 5300 多处，灌溉面积由解放初的 2.4 亿亩增加到 7.25 亿亩；水电站的装机容量由 1949 年的 16 万 kW 发展到 3458 万 kW，年发电量由 7.4 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 增加到 1185 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。总之，40 年来我国的水利工作取得了举世瞩目的成就。

随着一大批水库的建成，水库调度运用工作也得到了一定的进展。早在 50 年代就开始了合理调度的理论研究工作。1964 年水利电力部制订了水库管理规范——《水库管理通则》；70 年代后期，开始在许多发电为主的水库进行了优化调度的研究，对各类优化方法进行了探索与实践，使我国的优化调度工作达到或接近世界先进水平。

随着现代微电子技术的广泛应用，许多工业发达的国家，如美、日、法、意等国家，在重要的防洪地区或全国范围内，建成了洪水监测预报系统，通过各种通信手段，将水文站、雨量站的雨量、水位、流量等数据传输到水库的中央控制室，利用电子计算机，进行运算判断、洪水预报和调度运用，并用无线电向下游地区发出信号。这种水情信息的适时传输、处理及监控，使水库综合运用管理工作达到了一个新的水平。

近年来，我国也非常重视自动化测报技术的应用，在一些重要的水库和防洪地区，都建立了防洪预警自动测报系统，使我国水利管理、防汛、调度运用工作出现了一个崭新的局面。

第二章 兴利调节

第一节 概 述

地理位置和气候条件,决定了我国的水资源具有南多北少、夏丰冬枯、丰枯年间水量相差悬殊的变化特点。要改变这种极不平衡的状况,必须采取人工的措施,拦河筑坝、修渠引水,重新调整河川径流的时空分布,以满足城市生活及工农业生产用水的需要。在水利工作中,将这种重新分配径流的措施称为径流调节。其中在汛期拦蓄洪水、削减洪峰、防止或减少洪水灾害而进行的调节称防洪调节;为满足城市供水、灌溉、发电、航运等要求而提高供水量的调节称为兴利调节。本章主要介绍兴利调节的计算方法。

众所周知,水库的蓄水量是随着来水、用水的情况,时刻都在变化。由库空到蓄满,再到库空,循环一次所经历的时间称为调节周期。按照调节周期的长短可分为日调节、周调节、年调节、多年调节。

一、日调节

日调节的作用是将一天中的均匀来水蓄存起来,集中供应于某一时段的用水。如图 2-1 将 0 点到 18 点的来水流量 Q 蓄存起来,集中供应 18 点至 24 点的发电用水,其流量则可提高至 q 。

二、周调节

周调节的作用是将一周内节假日的多余水量(用电负荷小、发电用水少)调集到其他工作日去用,如图 2-2。这样可以使平日的发电用水流量 q_1 提高到 q_2 。

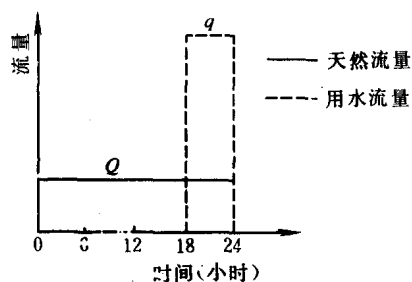


图 2-1 日调节示意图

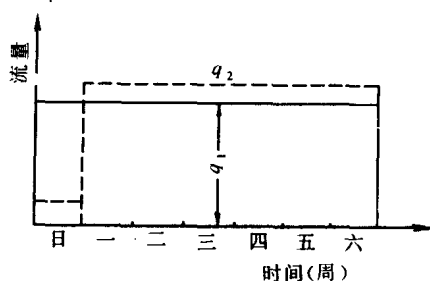


图 2-2 周调节示意图

三、年调节

年调节是将一年中丰水季节多余的水量蓄存起来,提高枯水季节的用水量,其调节周期为一年,如图 2-3。

当库容较大时,如果将全年的多余水量完全被蓄存利用,而不发生弃水,这种调节称为完全年调节。如果其中有部分水量未能利用而被废弃,则称为不完全年调节。

根据经验,一般当兴利库容为河流多年平均水量的 8%~30% 时,可进行年调节。

四、多年调节

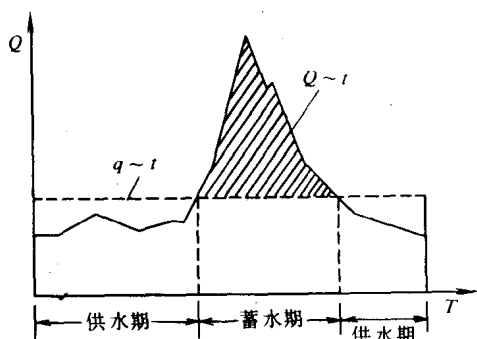


图 2-3 年调节示意图

多年调节是将丰水年多余的水量蓄存起来，用以补充枯水年组的不足水量，如图 2-4。

由于它的调节周期是跨年度的，这种水库往往需经过若干丰水年才能蓄满，然后分配在若干枯水年里使用，而不是每年都蓄满或泄空。

一般认为，当水库的兴利调节库容大于河流多年平均水量的 30% 时，即可考虑进行多年调节。

水库的调节方式主要是年调节及多年调节。在实际运用中，往往一个水库能兼有几种

调节性能，如多年调节水库也能同时进行年调节、周调节、日调节等。

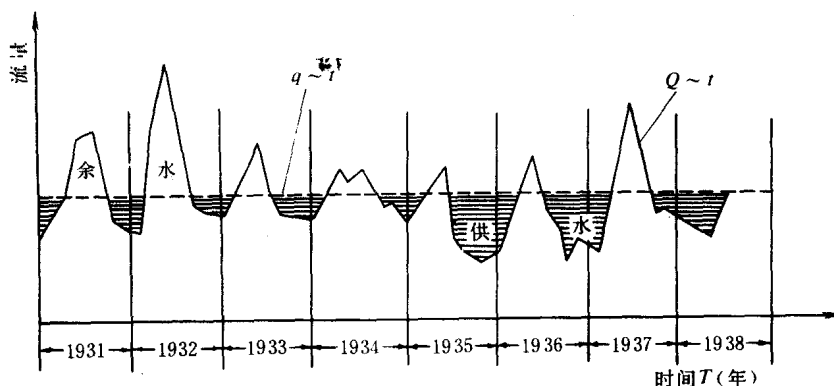


图 2-4 多年调节示意图

第二节 水库特征水位和库容

在设计水库时，需根据河流的水文情况及用水要求，通过水利计算与经济分析，确定出各种水位和库容，如图 2-5。这些水位和库容的意义简述如下。

一、死水位 $Z_{死}$ 和死库容 $V_{死}$

在正常情况下，允许水库降落到的最低水位叫死水位。死水位以下的库容称死库容，也叫垫底库容。死库容的水量是一次性蓄满，它不直接用于调节流量，遇特殊情况除外（如遇特旱年份）。

二、正常蓄水位 $Z_{正}$ 和兴利库容 $V_{兴}$

正常蓄水位是水库在正常运用情况下，在供水期开始时为保证城市供水及农田灌溉应蓄到的水位。正常蓄水位又称设计兴利水位，它与死水位之间的库容称兴利库容。正常蓄水位至死水位间的深度称为消落深度。兴利库容所蓄水量与供水期天然来水量之和，减掉供水期内损失水量后必须满足设计条件下的用水量。

三、防洪限制水位 $Z_{限}$ 和共用库容 $V_{共}$

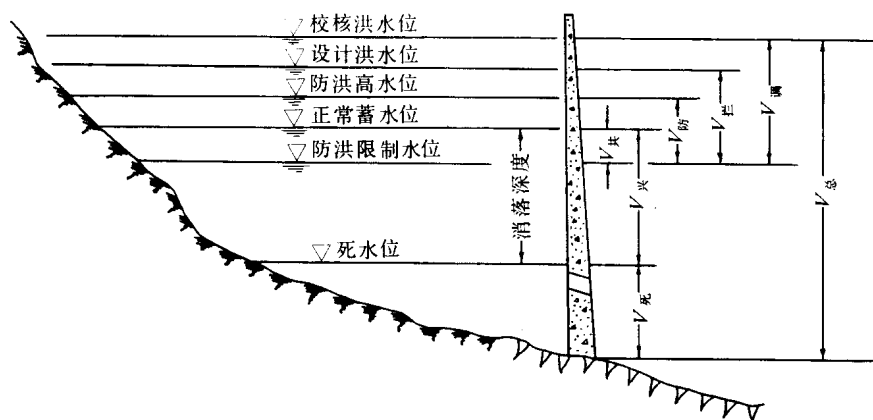


图 2-5 水库特征水位和库容

$V_{共}$ —共用库容； $V_{兴}$ —兴利库容； $V_{防}$ —防洪库容； $V_{拦}$ —拦洪库容；
 $V_{调}$ —调洪库容； $V_{死}$ —死库容； $V_{总}$ —总库容

防洪限制水位又简称为汛限水位。它是汛期洪水来临前不准超过的水位。该水位以上的库容，只有在发生洪水时，才允许暂时蓄存一部分洪水，以消减洪峰，保障下游地区的安全，洪水消退之后，水库要尽快泄洪，使库水位回降到汛限水位。汛限水位可根据洪水的特性，在汛期不同的时段分期拟定。正常蓄水位与汛限水位之间的库容称共用库容。

四、防洪高水位 $Z_{防}$ 和防洪库容 $V_{防}$

防洪高水位是指担负着下游防洪任务的水库，在遇到下游防护地区的设计洪水时，水库按下游允许的安全泄量泄洪，此时水库所达到的最高水位称为防洪高水位。防洪高水位与汛限水位之间的库容称防洪库容。

五、设计洪水 $Z_{设}$ 和拦洪库容 $V_{拦}$

当水库遭遇设计标准的洪水时，正常泄洪设施的闸门全部打开，水库所达到的最高水位称设计洪水位。该水位是主要建筑物设计的依据。设计洪水与汛限水位之间的库容称为拦洪库容。

六、校核洪水位 $Z_{核}$ 和调洪库容 $V_{调}$

当水库遇到校核标准的洪水时，全部泄洪设施都投入运用，由于泄洪能力的限制，水库水位将超过设计洪水位这时所达到的最高水位称校核洪水位。校核洪水位与汛限水位间的库容称调洪库容。校核洪水位以下的库容为水库的总库容。

第三节 水库特征曲线

水库特征是指水库的地形特征。如果库区地形开阔，河道纵坡缓，水库的蓄水容量大，一般的工程效益大。反之，若库区地形狭窄，河道纵坡陡，坝虽高其蓄水量不一定大，其效益自然也小。因此，在规划设计、管理运用阶段，水库的地形特征是很重要的资料。

水库的地形特征常以曲线的形式表示，它又分为静库容曲线和动库容曲线两种。

一、静库容曲线

静库容曲线是假设水库内水流流速为零，水面呈静止的水平状态而绘制的不同坝前水

位下的水位~面积、水位~容积曲线。

1. 水位~面积曲线

水库的水面面积是随水位的高低而变化的。在库区地形图上可用求积仪或数方格的方法，量出不同高程的等高线与坝轴线围成的面积如 F_1 、 F_2 、 $\dots$ 、 F_n ，将不同水位相应的面积点绘在坐标纸上，即可绘出水位 Z ~面积 F 曲线，如图 2-6。

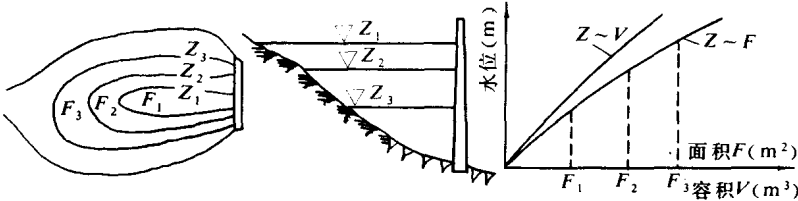


图 2-6 库容、面积与水位关系曲线绘制示意图

通常该曲线的坡度是随库区地形的变化而变化，库区开阔，则曲线坡度平缓，库区狭窄，则曲线坡度陡峻。

2. 水位~容积曲线

水库的水位 Z ~容积 V 曲线，实际是水位~面积的积分曲线，可用下式表示：

$$V = \int_{Z_0}^{Z_1} F dZ \tag{2-1}$$

在实际工作中常用有限差公式求出：

$$V = \sum_{Z_0}^{Z_1} \bar{F} \Delta Z$$
$$\bar{F} = \frac{1}{2}(F_{\text{上}} + F_{\text{下}}) \text{ 或 } \bar{F} = \frac{1}{3}(F_{\text{下}} + \sqrt{F_{\text{下}} F_{\text{上}}} + F_{\text{上}}) \tag{2-2}$$

式中 V ——水库容积， m^3 ；
 ΔZ ——水层厚度， m ；
 $\bar{F}$ ——平均水面面积， m^2 ；
 $F_{\text{上}}$ 、 $F_{\text{下}}$ ——上、下层水面面积， m^2 。

计算时水位~面积关系曲线上查得不同高程的水面面积，再计算相邻高程的平均面积，乘以高差，得出分层容积，自下而上予以累加，即得出相应水位下的总容积。

表 2-1 水库水位、面积、容积曲线计算表

水位 (m)	水面面积 (10^4m^2)	平均水面面积 (10^4m^2)	高差 (m)	分层容积 (10^4m^3)	累积容积 (10^4m^3)
①	②	③	④	⑤	⑥
40.0	0.0	0.0		0.0	0.0
42.0	200.0	100.0	2	200.0	200.0
45.0	450.0	320.0	3	960.0	1160.0
50.0	970.0	710.0	5	3550.0	4710.0
55.0	1540.0	1250.0	5	6250.0	10960.0
60.0	2130.0	1840.0	5	9200.0	20160.0
65.0	2730.0	2430.0	5	12150.0	32310.0

【例 2-1】 据某水库库区地形图分别量出 40~65 m 高程的逐层水面面积如表 2-1 中第②栏，分层容积的计算如表中第⑤栏。其水位~容积、水位~面积曲线如图 2-7。

二、动库容曲线

由于水库随时都有流量汇入(汛期尤为如此)致使水库沿程各过水断面都具有一定的流速，即有一定的水力坡度，因而形成了以坝前水位为起点沿程

向上的壅水曲线，直至与库尾的天然水面相切，此即回水曲线。回水曲线与坝前水位水平面间的容积称为楔形容积。它与坝前水位下的静库容之和，总称为动库容，如图 2-8。

实践证明，在调洪计算中采用动库容比采用静库容更接近实际，尤其库区尾部比较开阔，楔形容积所占比重较大的水库更应采用动库容进行调洪计算。

楔形容积的大小与坝前水位、库区地形、入库流量和出库流量有关。坝前水位高，入库流量大、库区地形开阔，楔形容积就大。一般出库流量对楔形容积影响较小，故在动库容曲线绘制中可以忽略不计。

动库容曲线的绘制方法步骤如下：

- (1) 根据水文资料及工程情况，拟定入库流量的范围及坝前水位的变化幅度。
- (2) 根据库区地形特点，将库区划分为若干库段，如图 2-9。

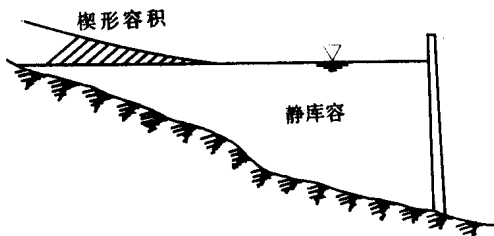


图 2-8 动库容示意图

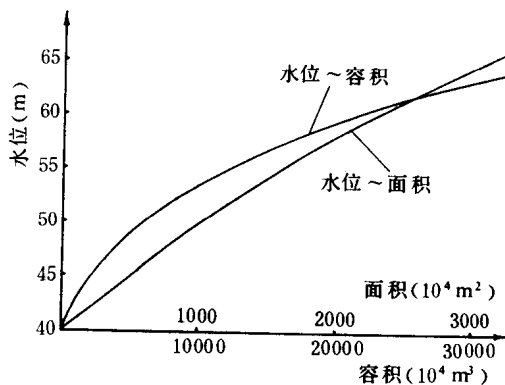


图 2-7 某水库水位~面积、容积曲线

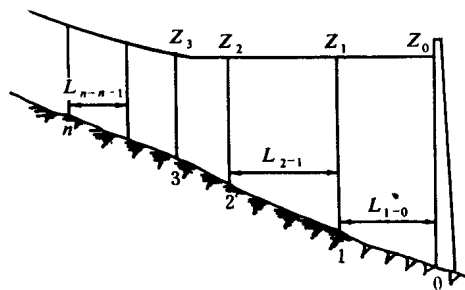


图 2-9 库段划分示意图

(3) 假定不同的坝前水位、入库流量，按水力学方法绘制不同坝前水位，不同入库流量情况下的回水曲线。

(4) 绘制各断面的水位~面积关系曲线 $Z=f(A)$ 。A 为过水断面面积，如图 2-10。

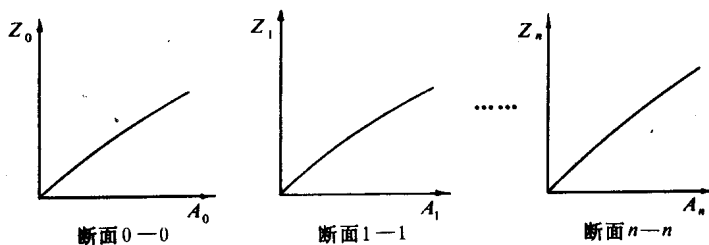


图 2-10 各断面水位~面积曲线示意图

(5) 从水面曲线中找出各断面的水位 Z_{0-1} 、 Z_{1-1} 、 $\dots$ 、 Z_{n-1} ，并查出其相应的断面面积 A_{0-1} 、 A_{1-1} 、 $\dots$ 、 A_{n-1} 。

(6) 查出相应于坝前水位下各断面的静水面积 A'_{0-1} 、 A'_{1-1} 、 $\dots$ 、 A'_{n-1} 。

(7) 计算各断面的面积增值：

$$\Delta A_0 = A_{0-1} - A'_{0-1}$$

$$\Delta A_1 = A_{1-1} - A'_{1-1}$$

$$\vdots$$

$$\Delta A_n = A_{n-1} - A'_{n-1}$$

(8) 计算楔形体的容积：

$$V_{\text{楔}} = \frac{\Delta A_0 + \Delta A_1}{2} L_{0-1} + \frac{\Delta A_1 + \Delta A_2}{2} L_{1-2} + \dots + \frac{\Delta A_{n-1} + \Delta A_n}{2} L_{n-1} \quad (2-3)$$

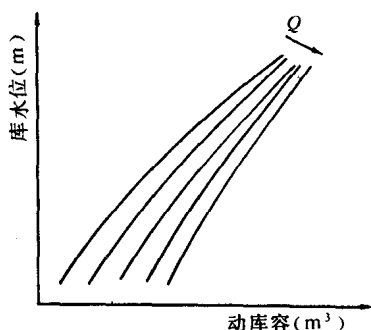


图 2-11 动库容曲线

(9) 据坝前水位查静库容曲线得出相应的静库容 $V_{\text{静}}$ 。

(10) 动库容： $V_{\text{动}} = V_{\text{静}} + V_{\text{楔}}$ 。

此即为某一坝前水位在某一入库流量下的动库容。依此类推，根据若干拟定的坝前水位，入库流量及其相应的回水曲线，可得出若干相应的动库容。

以坝前水位为纵坐标，动库容为横坐标，以入库流量为参数，即可绘出动库容曲线，如图 2-11。

第四节 水库水量损失

进入水库的天然径流量，其中有一部分将被蒸发掉，同时由于建库后水位抬高，水压力加大，其中一部分径流又将会渗漏到下游。因此，在规划设计水库时必须考虑这些水量的损失，以保证供水。

一、蒸发损失

在规划设计时，水库来水量的计算，是根据建库前坝址附近的径流资料推算得到的。水库的蒸发损失是指水库建成后，由于库内原来的陆面变成了水面而多蒸掉的那部分水量。所以蒸发损失量，应是水面蒸发量减去陆面蒸发量的差值。用公式表示：

$$\Delta W = (h_{\text{水}} - h_{\text{陆}}) \times F \times 1000 \quad (2-4)$$

式中 ΔW ——水面蒸发损失量， m^3 ；

$h_{\text{水}}$ ——水面蒸发的水层深度， mm 。该值是气象站利用蒸发皿测得的资料，由于蒸发皿的体积小，所测得的蒸发量往往大于大水体的实际蒸发量。因此，计算时应乘以小于 1 的折减系数（该系数因地区而不同，应根据实测资料分析而定，或按省、区的《水文图集》建议采用的数据）；

$h_{\text{陆}}$ ——陆面蒸发水层深度， mm 。可近似地采用多年平均降雨量减多年平均径流深得到；

F ——水库水面面积， km^2 ；

1000——单位换算系数。

表 2-2 渗漏损失量估算表

水文地质条件	以平均库水位的 消落深度表示	以年蓄水量的 百分数表示
优	0~0.5m/年	0~10%
良好	0.5~1.0m/年	10%~20%
恶劣	1.0~2.0m/年	20%~40%

二、渗漏损失

建库以后,由于水头压力的作用,使库岸、库床、坝基、坝身、坝端产生渗漏,其中坝身、坝端的渗漏容易采取措施解决。因此,水库的渗漏问题主要是在库岸及库床;同时由于构成水库基础的岩层成分很复杂,往往很难用一般

公式去计算解决,通常的作法是根据水库的水文地质条件定出一些经验数据,作为估算渗漏损失的依据,如表 2-2。

例如:某水库水文地质条件很好,平均每年库水位的消落深度可按 0.5m 计算,则每月的平均渗漏损失为 41.7mm。

第五节 各用水部门的用水特性

一个综合利用水库的供水范围是很广泛的,如城市给水、灌溉、发电、航运、渔业、环境卫生等。但是每一个用水部门的要求都不一样,有的是需要消耗一定的水量,如农业灌溉、城市生活用水;有的是利用落差,如水力发电;有的是要求提供一定的深度、面积,如航运、渔业等。同时各部门在用水时间上的要求也各不相同,都有各自的周期变化。因此,在统计各部门用水数量的同时,还要了解各部门的用水特性,研究它们之间的联系,分清主次,以最充分的发挥水资源的综合效益。下面分别介绍一下各部门的用水情况。

一、城市给水

城市给水,在满足市民生活用水的前提下主要是工业用水。工业用水需按产品生产的用水定额来统计。如生产 1t 钢用水定额为 42~386 m³;生产 1000 m 布需水 7~44 m³;生产 1t 纸需水 1000~1760 m³...等可查阅有关的资料确定。但统计中要考虑到循环水的利用。

居民用水与工业用水的规律,一般是白天用水多,晚上用水少;夏季用水多,冬季用水少。它们要求保证供水的程度高,供水的数量稳定,一般城市供水是按等流量供给,如图 2-12。

二、环境用水

随着工业的发展,河流沿岸排入的废污水量也相应增加,使水质污染加重。因此,在设计水库时必须考虑到为了维护河流水质,环境生态的平衡,水库要为下游河道提供一个稳定的流量,提高水体的稀释自净能力。

三、灌溉用水

农业要求水利部门能够按照农作物的需水情况,适时适量的进行供水以保证农业的丰收。因此,要科学的确定农业在不同时期所需供给的水量,要了解灌区作物的种类、种植面积、土壤气候条件、耕作技术等,以确定各种作物的灌水次数、灌水定额(每亩每次灌溉所需的水量)、灌溉定额(每亩作物全部生长期灌溉需水量),统计计算全灌区的用水过程,如图 2-13。

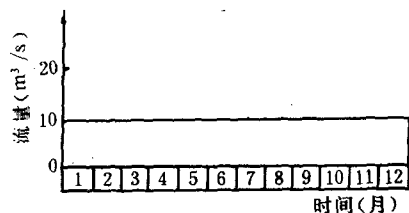


图 2-12 城市给水过程图