



[苏] M. A. 邱金
B. A. 格里高里耶夫
B. K. 雷德金 著
张永平译 叶素如 周之璽 校

水资源综合利用

径流调节计算方法

水利电力出版社

水资源综合利用 径流调节计算方法

[苏]И.У.邱金 B.A.格里高里耶夫

B.K.雷德金著

张永平 译 叶秉如 周之豪 校

水利电力出版社

内 容 提 要

本书全面地阐述水资源综合利用径流调节的理论基础及实用计算方法,着重介绍径流调节的综合算法,包括思路、原则、数学推导,以及作为概括性表达方式的综合诸模图。书中提出了一些新的观点和方法,例如,打破年调节与多年调节的人为界限;新的计算体制;以周期水平衡差量作为水文-水利特征量进行地区综合概括;运用双峰密度函数作为特征量的概率模型;统一的调节计算综合诸模图等,为建立新的径流调节计算理论和方法指出了可能的方向。

本书供从事水利系统和水利工程设计、运行的工程技术人员以及从事径流调节理论研究工作和的人员和研究生参考。

Методика расчета
регулирования стока
(при комплексном использовании
водных ресурсов)

Чокан Шафик Чокинович,
Григорьев Вячеслав Александрович,
Редькин Вадим Константинович
Издательство «Наука» Казахской ССР
Алма-Ата. 1977

水资源综合利用 径流调节计算方法

张永平 译 叶秉如 周之豪 校

*

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
水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 11.25印张 250千字
1985年11月第一版 1985年11月北京第一次印刷
印数0001—3970册 定价2.75元
书号 15143·5724

译 序

开发利用水资源的基本原则之一是对天然径流实行人工调节。因此在现代水利工程建设中，径流调节计算方法及原理已成为规划、设计、运用水工建筑物时进行水利计算的理论基础。开展径流调节计算理论的研究工作，显然是研究水资源开发利用的一项重要任务。

III. Ч. 邱金等合著的《水资源综合利用径流调节计算方法》一书，比较系统、全面地回顾了半个世纪以来，苏联及其他国家某些作者在径流调节计算这一学科领域中所作的主要工作并着重介绍了他们自己的研究成果——径流调节的综合算法（包括思路、原则、数学推导，以及作为概括性表达方式的综合诺模图）。在他们看来，这一方法似乎已经达到了相当的理论高度，可适用于许多复杂的实际情况。但通览全书可知，他们的研究成果也还只局限于单库调节的情况，并没有涉及到跨流域或库群径流调节问题。同时为了便于进行数学推导，在不少地方还作了不同程度的简化处理。

虽然如此，从径流调节计算理论研究的角度来说，这本书仍有许多值得借鉴之处。例如，关于打破年调节与多年调节的人为界限；采用新的计算体制；以周期水平平衡差量作为水文-水利特征量进行地区综合概括；运用双峰密度函数作为特征量的概率模型；以及提出统一的调节计算综合诺模图等。这些都为建立新的径流调节计算理论，指出了可能的、

颇有意义的方向。这也正是翻译本书的目的。

译稿承蒙华东水利学院叶秉如、周之豪两位同志认真校阅，并经清华大学施熙灿同志审校，谨此致谢！

张永平

一九七八年十二月

于成都科技大学

前 言

苏联水利发展的基本方向是进一步修建大型水力枢纽，以便综合解决电能生产、农田灌溉、保证城市及工业企业给水、发展通航及渔业、预防水灾等问题。为执行这一原则性的方针，首先要求建设多目标水库，保证河川径流的高度调节。而确定这种水库设计参数及工作状态是很重要的，同时也是很复杂的任务，但至今还缺乏这种水库计算的完善方法。因此我们研究的目的就在于填补这些空白。

本书建议方法的基础是我们所研究的水库单节工作状态
下径流调节综合计算法^[98-100]，其基本前提和原则如下述。

1) 把水文情势视为连续随机过程，径流调节计算方法的拟定以概率方法为基础。

2) 水文系列按这样的时间间隔（调节周期）划分，在此间隔内相对于给定的需水水平具有一个缺水期及一个余水期。

3) 自变量有径流量、由水量平衡计算求得的间隔内缺水量及余水量、水库供水量以及径流调节周期的历时等。变量均值作为起算的零点，而相对于均值的自变量标准离差（即标准差）作为量度的单位。

4) 将水库有效库容的多年调节部分及年（季）调节部分视为一个整体。

5) 供水在计算时段范围内是变动的，其数值在计算中采用扣除径流损失（蒸发及渗漏）后的有效值。

在上述前提下拟定了计算方法及在初步设计阶段进行相应计算时所用的诸模图。同时，为了达到一定的逻辑连贯性及方法拟定上的某些简化，开始时把水库工作状态作为单节的，以后则作为多节的。

必须声明如下：

1) 在一个水道（在河道干流及在支流）上有可能修建一系列水库，它们的参数及工作状态是相互有关的。

2) 水利发展的现阶段，尤其是在远景阶段，将会出现大规模的跨流域联系。在此情况下，单独考虑的水库参数及工作状态将与整个水利经济地区，甚至更大范围内的水体发生联系。

这时，水库径流调节计算甚为复杂，按现有方法进行计算是不可能的。此问题已不是我们的研究任务，但不久将来我们打算从事此项工作。

所建议的方法只能对单独考虑的单目标和多目标水库进行计算。所建议方法的原则仍可能使用于具有水文、水力、水利及电力联系的水库群的计算方法。

通常只是根据所研究河道及有关断面的资料确定本文系列的统计特征值。在我们的研究中同样也是从这个基础出发的，虽然这样做并不符合估计统计特征真实性的实际情况。按我们的看法，应该根据同一自然地理条件下许多河流的资料来确定这些特征值。作者今后打算也对这些问题进行研究。

本书为合著。III. H. 邱金提出了要解决的问题，并给出了基本的理论前提，拟定了所建议方法的一般性原则及水库单节工作状态下径流调节计算的综合法。他还领导了本书的编写，和进行本书的科学编辑工作。B. A. 格列高里耶夫提

出了径流基本水利特征量分布曲线及其参数（双峰及多峰函数），拟制了计算诺模图，进行了所建议方法与其他计算方法的比较。B.K.雷德金拟定了水库多节工作状态下径流调节计算方法（在固定及变动供水条件下的调节计算模式，以及在考虑损失情况下的计算模式）。

与拟定计算方法有关的研究总结，在1974年（于阿拉木图）全苏协作会议上作了审查。

哈萨克苏维埃社会主义共和国科学院 院士

И.Ч.邱金

目 录

译 序

前 言

第一章 对水利设计提出的水利要求及河川径流调

节理论现状 1

1. 水利综合系统各组成部分及其状态特性 1

2. 水利事业现阶段发展特点及其对水利计算方法的要求 4

3. 径流调节计算现行方法简述 9

第二章 建立径流调节综合计算方法的基本前提 20

1. 把水库有效库容的多年库容部分及季（年）库容部分
作为一个整体联合确定 20

2. 把径流多余量及不足量作为水文-水利系列的计算
变量 21

3. 按调节周期进行水库水利计算 24

4. 把正常径流量作为起算零点，而把径流量标准差作为
度量单位 29

5. 作为径流年内不均匀性基本指标的洪水特征值 30

6. 按变动和有效供水进行水库计算 32

7. 作为径流调节计算理论基础的概率方法 34

第三章 径流水利特征值及其变动规律 36

1. 径流年内分配特征值的估算 37

2. 周期内径流分配统计参数的估算 46

3. 调节参数与径流参数间的规律性 55

4. 当 t_i 为变数时，径流的变动规律 66

第四章 基本水文-水利特征量的分布函数 68

1.问题的提出	68
2.实验性资料	72
3.用双峰曲线代替多峰曲线时的误差估计	76
4.双峰分布曲线的微分方程	80
5.径流水文-水利特征量的双峰分布曲线的参数	87
6.水文-水利特征量的多元分布函数	100

第五章 水文-水利特征量双峰分布曲线的参数

估算

1.双峰曲线似然方程	113
2.统计特征量的分布函数	119
3.用极大似然法计算所得的均值及偏态系数分布	134

第六章 水库单节工作状态下径流调节综合

计算法

1.计算方法的实质	142
2.计算实例	159
3.建议方法的图解计算法	173

第七章 水库多节工作状态下径流多年调节综合

算法

1.水库工作节奏性对调节参数影响的估算	181
2.基本工作状态区及设计来水量	192
3.径流调节计算方法	198
4.按建议方法绘制计算诺模图	201

第八章 径流多年调节综合计算法的解析表达

1.用解析法确定蓄水量分布函数	222
2.确定缺水量及弃水量函数的积分关系式	234

第九章 考虑相邻时期径流量相关的综合算法

1.原始前提	248
2.水库单节工作状态的算法	253
3.按调节周期进行计算的方法	260

第十章 水库年内供水变化时径流调节综合计	
算法	268
1. 水平衡差量的统计参数	268
2. 综合计算法的计算程式	276
第十一章 按有效供水的水库综合计算法	285
1. 蒸发及降水过程的变化规律	285
2. 计算方法	292
第十二章 综合计算法与其他方法的比较	301
1. 比较的方法	301
2. 比较计算的结果	310
参考文献	
附 录 水文-水利特征量分布函数表(双峰偏	
率密度的情况)	

第一章 对水利设计提出的水利要求及河川径流调节理论现状

1. 水利综合系统各组成部分及其情态特性

一切水利部门可按水资源利用特点划分为以下三类。

a) 需水部门：即把水作为物质加以耗用的部门。其中回归到河流或者其他水源去的一部分水量，一般要发生显著的水质变化，如生物的、化学的、温度的变化等。所有形式的给水、灌溉、地区引水等都属于这一类水利部门。

b) 用水部门：即把水作为媒介或物体来利用的部门。一般情况下，这种部门不会引起水质变化及明显的水量损失。属于这一类的有水力发电、航运、漂木、渔业及其他一些经济部门。

c) 公共水利设施部门：包括地区水情改善及水体（以休养为目的的河、湖、塘）的水情改善。属于这一类的有防洪、排水土壤改良、污水净化、河流治理等。

水利事业是一个结构组成复杂，人类经济及文化活动很活跃的领域，包含着大批从事于研究、计算、调节、分配、利用及保护水资源（包括地表水及地下水）的各国民经济部门。

随着技术的进步，不仅水运联系、灌溉、供水系统的大型水库及其他水工建筑物在技术上更加完善和复杂化，从而使这些早已形成的水利部门发生了质的飞跃，而且还建立了新的水利部门：如水力发电、公共水利设施等。由于径流调

节方式复杂的多目标大型梯级水利枢纽的修建及运用（如安哥拉——叶尼塞、伏尔加等梯级），跨流域大水量的再分配，以及地区大型水利系统的形成和联合^[22]，决定了水利事业的进一步任务。

解决水利事业发展问题的复杂性不仅是由于个别国家和地区内水资源的有限性，以及空间和时间上分布不均匀所引起的，而且还在于水利综合系统各组成部分之间存在着工作状态的矛盾。例如水运和水力发电之间存在的矛盾就是这样，前者要求在通航季节内大量放水，而后者则在冬季需要最大流量。灌溉和发电的矛盾也类似。

水利综合系统的基本组成有：灌溉、发电、水运、给水、渔业、漂木、地区引水或排水及某些其他水利部门。

只有在社会主义计划的原则基础上综合解决水利问题，才能达到对水资源经济上最合理的利用。

综合利用水资源可以协调水利事业各部门之间的工作状态矛盾，它是以使整个综合系统生产规定数量的产品所需要的总计算支出最小为准则。

改善水资源综合利用的主要途径之一是在系统方法（СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД）基础上对水利事业采用新的（先进的）设计、规划和管理方法。

系统方法能最充分考虑一切内外关系，正确地估计发展着的水利综合系统作为一个整体及其中各组成部分的必要支出和效益。无论在个别流域还是在上述复杂关系条件（水资源在时间及空间上不均匀分布等）下的大水利经济地区内，系统方法在实现开发方案各阶段中，原则上可以保证获得最优解。因此，应在广泛应用经济——数学模拟方法、系统分析方法及其他手段的基础上实现水利事业发展的最优化。但必

须注意到不仅由于水利综合系统的结构极其复杂，而且还因为大部分原始因素具有概率特性（如河川径流、气候因素、预测的国民经济各部门发展资料等）。只有通过分布曲线才能以可变形式对所述因素作定量估计，这为解决水利设计任务带来一定的困难。

综合利用水资源是目前国家水利发展的基本特征，是今后将更要强调的一个原则。

水利综合系统中，对调节过程具有重大影响的、最重要的组成部分是需水或用水部门。它们的经济意义及情势特征简单归纳如下。

灌溉——基本的、需水量最大的水利部门。包括人工湿润土壤及近地面空气层的一系列措施，以保证农作物最好的生长状态及稳产高产而不受降水量的影响。以经常缺雨为特征的南方干旱地区（荒地、干涸草原）特别广泛地采用了灌溉。在不稳定的天然湿润地区，个别年分植物生长季节内降雨量极少，那里的灌溉也得到相当大的发展。

灌溉分为规则的（或经常性的）及非经常性的两种。前者是指植物生长期多次进行浇灌，后者主要指在生长干草的地面进行一次性浇灌（春灌）。

灌溉与发电及全年用水的水利综合系统某些部门有区别，其特点是具有特别明显的耗水季节性，基本上同农作物的生长期相重合。

水力发电——一个不可缺少的，在多数情况下是水利综合系统中主要的组成部分。

河川水能资源及河川径流本身是取之不尽、用之不竭的，这一点同热能资源（煤、天然气等）有所区别。水电站利用水能资源的特点是极大程度保持电能生产过程中的清洁

（没有火电站所存在的氧气燃烧及空气污染问题）。

决定水力发电发展速度及方向的最大特点是：水电站生产的电能成本低，水电站的灵活性高，可以迅速改变工作出力而不损失电能，较低的事故率及比火电站运转费用小（火电站的运转费用要包括燃料的开采及运输费用）。不过，水电站在修建时需要较高的单位投资，这一指标比火电站大得多。

电力系统负荷图的尖峰部分一般由水电站担负。将来随着低机动性的大型机组火电站的投入，基本上作为“尖峰”电站的水电站将起更大的作用。

水运——水利综合系统中的一个重要组成部分，在此系统中河流、水库及大型渠道都用于货运及客运的通航目的。在苏联，河道上的航运是季节性的用水部门，一般要求在无冰期中由水库泄放相当大的通航用水（保证水道的正常水深）。正如前面所述，这种要求同水电站工作状态发生很大矛盾，此外也减少了其他水利部门引用水的可能性（如灌溉及给水）。

因此在内河航运技术革新中的一个主要任务是采用河道渠化、修建水库、疏浚航道、广泛采用吃水深度小的新船型等方法以及其他措施，来最大限度地减小通航流量。

2. 水利事业现阶段发展特点及其对 水利计算方法的要求

上节提到的各水利部门，其耗水或用水的水量及情势基本上决定了水利综合系统中水库枢纽的供水水平及情势。因此，必须研究和确定灌溉田地的设计需水图及水电站和航运

设计用水图。并在计算水库工作参数时加以考虑。

现在包括水利事业在内的一切国民经济部门正在迅猛发展，因此对于水资源无论是数量方面还是质量方面都提出更高的要求。许多地区，特别是在灌溉及通航主干线所在地区，已经出现水量平衡的紧张状态，这就加深了水利事业各部门在耗用水量及情势方面的矛盾。为了大大提高国民经济用水的保证水平以及协调国民经济各部门在用水情势要求上的矛盾，重要措施之一是实现河川径流的高度调节。借此措施以提高总的水资源利用水平，这是苏联水利事业发展现阶段的特点之一。

为了使水库进行高度的（多年的）调节，水库库容自然就相当大，在其他条件相同的情况下，就要有较大的水面。这一情况联系着两个不利结果：河滩及近河滩的大片宝贵土地发生淹没和浸没；蒸发和渗漏水量损失的增加引起有效供水量的减少。这就要求从总计算支出最小的条件下达到国民经济最大效益这一点出发，按深入的技术经济论证及设计研究结果，来确定水库所需要的库容。在个别情况下，全面研究结果有可能指出在河流的所给断面上实行高度调节是不合理的。

为了达到对某一河道水资源的最全面和多目标利用，必须在其几个断面上进行径流调节。自然，在这种情况下提高了河川径流总的调节程度。河流梯级水库的存在保证了水利及水能资源的高度综合利用和更合理的利用。

对这种梯级水库通常有下列要求。

a) 在布置各水库位置时，必须要使它们之间具有衔接河段，以便河流通航而不受航运季节水量大小的影响。

6) 主要为水力发电所用的水库应当位于径流形成地区的上游河段。

当水电站下游有水库，且这些水库控制着很大部分非电能生产的需水及用水部门时，水电站就可作为纯发电的建筑物加以使用。如这种水电站的上游有库容存在，就可按电力系统负荷变动调整自己的电能生产。

位于综合利用调节水库下游的水电站，要按照其他水利部门用水的要求强迫发电。特别是这种水库基本上用于保证下游农田灌溉或河道通航时，则在植物生长季节（或者航运季节）内就应适当提高水电站的电能生产，同时也就使年内其他时间为供水及卫生放水所必需的径流利用大受限制。

水电站具有进行短期（日及周）出力调节的性能，这对电力系统工作状态有很大意义。为此水电站就必须在上游和下游都设置相应的调节库容。有衔接区段的梯级水电站一般就有这样的条件。

有些情况下，无衔接区段的梯级水电站也可以进行出力调节，其条件是在下游相当长的距离内不要求水位和流量的稳定性（即无引水、航运、冰阻及其他情况）。位于山区河道上的水电站就具备这种条件。

6) 主要用于灌溉的水库一般位于山前和平原河段，即径流扩散地区。在以浇灌农田作为主要水利部门的地区，这种水库在整个水利综合系统中起主导作用，在特枯年份，上游发电水库很可能也要按照灌溉需要进行工作。

在河流本身缺乏必要坝址断面及蓄水盆地的情况下，就要在其旁边修建屯水水库，以便主要地在非作物生长季节蓄存径流，并在需要的时候用以灌溉。

尽管在河道上进行高度径流调节，水资源却仍可能完全