

中等专业学校教材

水文水利计算

扬州水利学校主编

水利出版社

7

4

中等专业学校教材

水文水利计算

扬州水利学校主编

内 容 提 要

本书为水利电力类中等专业学校通用教材。书中介绍水文分析计算和中小型水利工程水利计算的基本原理和主要计算方法。全书包括设计年径流的计算、设计洪水的推求、可能最大暴雨和洪水的估算、沙量计算、水库兴利调节计算、水库洪水调节计算、小型水电站的水能计算、排涝水文计算、潮水位分析计算和人类活动对径流影响的估算等内容。

本书除作为陆地水文专业的通用教材外，亦可供其它水利专业的师生和水利工程技术人員参考。

中等专业学校教材
水 文 水 利 计 算
扬州水利学校主编
(原水利电力出版社纸型)

水利出版社出版发行
(北京德胜门外六铺炕)
水利电力印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 20 印张 455千字
1979年11月第一版 1979年11月北京第一次印刷
1980年11月新一版 1980年11月北京第一次印刷
印数 0001—5040 册 定价 2.20 元
书号 15047·4109

前 言

本书是根据1978年水利电力部制订的中等专业学校教材编审规划组织编写的。它是中等专业学校陆地水文专业的通用教材。

本书包括水文计算和水利计算的有关内容。在编写过程中，力求做到加强基础理论，理论联系实际，注意基本技能和分析问题能力的培养，使学生通过学习，能掌握水文分析计算和中小型水利工程水利计算的基本原理和主要计算方法，能进行一般的水文水利计算工作。书中安排了不少计算例题，便于学生学习掌握本课程的基本原理和计算方法。由于本书为全国通用教材，所以章节内容较多，在讲授时，各地可根据本地区的具体情况进行取舍。

参加本书编写工作的有扬州水利学校郑濯清（编写第一、六、十一、十二章），黑龙江水利工程学校季山（编写第二、十三章），湖南省水利学校刘丽侠、滕树菱（编写第三、八章），湖北省水利学校陈金鸾（编写第四章），成都水力发电学校毛启平（编写第五、九章），辽宁省水利学校吴观彬（编写第七、十章）等七位同志。本书由郑濯清同志主编，吉林省水利电力学校朱伯俊同志主审。

陕西省水利学校和原水利电力部东北勘测设计院的同志参加了本书的审稿讨论。山西省水利学校、长江水利水电学校和黄河水利学校对本书提供了修改意见。谨在此表示谢意。

对于书中存在的缺点和错误，希望广大师生和读者提出宝贵意见，以便今后改进。

编 者

1979年5月

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第一节 水文水利计算的任务	1
第二节 水文水利计算的内容	2
第三节 水文水利计算的研究方法	2
第二章 设计年径流的计算	4
第一节 年径流计算的任务	4
第二节 有充分实测径流资料时设计年径流的计算	5
第三节 径流资料不足时设计年径流的计算	16
第四节 径流资料缺乏时设计年径流的计算	20
第五节 设计年径流的年内分配	23
第六节 枯水径流计算	26
第三章 由流量资料推求设计洪水	29
第一节 概述	29
第二节 洪峰流量与洪水总量的频率计算	32
第三节 设计洪水过程线的推求	49
第四章 由暴雨资料推求设计洪水	57
第一节 设计暴雨的计算	57
第二节 设计净雨的计算	70
第三节 设计洪水过程线的推求	77
第五章 缺乏资料时设计洪水的推求	83
第一节 概述	83
第二节 推理公式法	83
第三节 综合单位线法	126
第四节 经验公式法	130
第六章 可能最大暴雨和洪水的估算	133
第一节 可能最大暴雨的基本概念	133
第二节 暴雨放大原理	134
第三节 当地暴雨法	138
第四节 暴雨移置法	144
第五节 暴雨组合法	148
第六节 水汽辐合上升指标法	150
第七节 统计估算法和频率算法	153
第八节 可能最大暴雨等值线图和时面深关系	155
第九节 可能最大洪水的推求	159

第七章	泥沙计算	161
第一节	概述	161
第二节	多年平均沙量的计算	162
第三节	沙量的年际变化和年内分配	170
第八章	灌溉为主的水库兴利调节计算	174
第一节	基本概念	174
第二节	设计标准	177
第三节	灌溉用水量的计算	178
第四节	水库水量损失计算	186
第五节	水库死水位的确定	189
第六节	年调节计算方法	191
第七节	多年调节计算方法	199
第九章	小型水电站的水能计算	207
第一节	概述	207
第二节	无调节水电站的水能计算	216
第三节	日调节水电站的水能计算	225
第四节	年调节水电站的水能计算	231
第五节	灌溉发电综合利用水电站的水能计算	243
第十章	水库洪水调节计算	246
第一节	概述	246
第二节	无闸门控制的水库洪水调节计算	248
第三节	有闸门控制的水库洪水调节计算	261
第四节	坝顶高程的确定	269
第十一章	排涝水文计算	272
第一节	治涝措施和治涝设计标准	272
第二节	平原地区排涝水文计算	273
第三节	圩区排涝水文计算	278
第十二章	潮水位分析计算	284
第一节	概述	284
第二节	最高和最低设计潮水位分析计算	285
第三节	排涝设计潮水位和潮型分析计算	288
第四节	灌溉设计潮水位和潮型分析计算	289
第十三章	人类活动对径流影响的估算	291
第一节	概述	291
第二节	人类活动对年径流影响的估算	293
第三节	人类活动对洪水影响的估算	298
第四节	人类活动对泥沙影响的估算	302
附表		304
附表 1	皮尔逊Ⅲ型曲线的离均系数 Φ_p 值表	304

附表 2	皮尔逊Ⅲ型曲线的模比系数 K_p 值表	305
附表 3	三点法用表—— S 与 C_s 关系表	307
附表 4	三点法用表—— C_s 与有关 Φ 值的关系表	308
附表 5	$S(t)$ 曲线查用表	309
附表 6	1000毫巴地面到指定压力间饱和和假绝热大气中的可降水量 与1000毫巴露点关系表	310
附表 7	1000毫巴地面到指定高度(高出地面数)间饱和和假绝热大气中的可降水量 与1000毫巴露点关系表	312
附表 8	1000毫巴比湿查算表	314

第一章 绪 论

第一节 水文水利计算的任务

在国民经济建设中，有不少工程是利用水来为人们服务的，例如灌溉、发电、航运、城市和工业用水等工程。还有一些工程是用来排除洪涝为民除害的，例如防洪和排涝等工程。要使这些工程建造得既经济又安全，就必须充分了解水流的变化情况，掌握水情的变化规律。例如在河流上修建一个水库，如果对上游的来水量估计不足，就有被洪水冲垮的危险，给下游人民带来灾害；相反地，如果把上游的来水量估计得太多，从而将坝身筑得过分高大，则又将造成浪费。又如要利用某一条天然河流作为城市或工业用水的水源，那就必须知道这条河流流量的大小及其变化规律，判断它能否满足城市或工业的用水要求，是否需要采取适当的调节方式或另找水源。在修建排水河沟时，同样需要知道泄水流量的大小，才能确定排水道的合适尺寸。上述这些要求，可以通过水文计算予以解决。

水文计算的任务是研究自然界水文现象发展变化的规律，正确估计水文情势的特征，并预测它们将来可能发生的变化情况，从而为水利工程规划设计和其它国民经济建设提供必要的水文数据。

在水利工程实施的各个阶段，都需要掌握水文情势的变化。规划设计阶段，水文计算的主要任务是合理地确定工程措施的规模或标准，使工程既经济合理，又安全可靠。施工阶段，需要水文计算估算出整个施工期间的来水情况，以确定一些临时性建筑物的尺寸和安排好施工计划。管理运用阶段，则需要水文计算预估未来一定时期内的来水情况，以确定合理的调度运用方案，充分发挥已经建成的水利设施的作用。

水文计算的任务是解决认识水文现象发展变化的规律问题。但认识客观规律并不是我们的最终目的，我们还必须更好地利用客观规律来为人类谋福利。因而，在我们认识了水流的变化规律以后，就要设法改造和控制它，使它为人类服务。水利计算的任务就是根据国民经济各部门的要求来运用这些规律，对水利资源进行兴利除害的综合利用计算，以达到改造自然，开发水利资源的目的。

水利资源包括河流、湖泊、地下水、海洋等水体，是国民经济建设中的重要资源。径流调节是开发水利资源的一种主要技术措施。通过径流调节，可以改造径流的天然状态，把天然径流按照我们的需要重新进行分配，使水利资源得到开发利用。为了达到上述目的，必须修建某些水工建筑物，主要是蓄水建筑物（如拦河坝）和引水建筑物（如渠道）等。要兴建适当的水利水电工程来调节径流，首先必须对河流的水文情况、用水部门的要求和调节方式等进行分析，然后通过水利计算，得到结构设计的依据，从而可以决定坝高、溢洪道断面尺寸、水电站装机容量和引水渠道的基本尺寸等数据，以及建筑物和设备的运用程序 and 操作规程。

由上可知，从制定河流开发的初步方案一直到水工建筑物建成后的操作运用，都离不开水文水利计算工作。水文计算找出河流的自然规律，水利计算则运用这些规律控制调节

和重新分配河川径流，达到改造自然，兴利除害，为人类服务的目的。

第二节 水文水利计算的内容

水文水利计算的内容应反映水利建设规划设计中提出来的一些主要问题。对每一具体工程来说，由于服务对象和目的不同，对水文水利计算的具体要求也就不完全相同。

有不少水利工程建设需要知道工程所在的河流断面处多年平均流量的大小，因为它反映了这条河流多年期间可供利用的水量，是河流的一个最基本的水文特征值，因此，需要通过水文计算进行研究。由于河流任一断面各年的水量都不相同，许多工程项目还需要了解水量在年与年之间的变化规律。河川径流在一年之内也有着明显的变化过程，具体表现为河流洪枯水交替的现象，所以还必须研究河流水量的年内变化规律，即径流的年内分配问题。此外，许多用水部门如灌溉、发电、航运、供水等，都需要知道枯水期的水量大小和时间长短。在洪水期间，水量往往很大，可能超过河道的安全泄量，甚至泛滥成灾，因此，研究这一时期的水量大小、变化过程和历时长短，也是水文计算的一项重要任务。在平原地区，为了排除涝水，需要计算排涝的最大流量。沿海沿江地区，河流受潮汐影响，需要分析计算潮水位和潮型特性，为防洪排涝、引水灌溉和航运、发电等工程规划设计应用。

在多沙河流上修建工程后，泥沙淤积可能影响水利措施的运用和效益，为此，水文计算中还要研究河流沙量的计算问题。

在河流上修建水利工程和在流域上进行农林措施以后，对河川的径流形成过程会产生一定的影响，因此，水文计算必须分析改造自然的农林水利措施等人类活动对今后径流变化可能造成的影响。

在河流上修建水库调节径流，可以降低水库下游的汛期洪水流量，减除灾害，又可以提高枯水流量，用于兴利。通过有计划的蓄泄，还可以满足多方面的综合利用。水利计算的主要内容就是叙述有关水库径流调节的基本原理、调节方式和计算方法。对灌溉为主的水库，需要进行兴利调节计算来确定兴利库容、坝高和引水渠道的基本尺寸。有水库调节的水电站，需要进行水能计算，以确定其装机容量和发电量。对防洪水库则应进行洪水调节计算，确定防洪库容、坝高和溢洪道的断面尺寸。

综上所述，可知根据目前中小型水利工程规划设计的要求，水文水利计算的主要内容

为：

- (1) 水文计算，包括设计年径流的计算，设计洪水的推求，排涝水文计算，潮水位分析计算，河流沙量计算和人类活动对径流影响的估算等内容。

- (2) 水利计算，包括灌溉为主的水库兴利调节计算，水库洪水调节计算和小型水电站的水能计算等内容。

随着生产的日益发展，水文水利计算的内容和范围亦将会不断丰富和充实。

第三节 水文水利计算的研究方法

自然现象的变化大体上可划分为两种类型，一种是必然性变化，另一种是偶然性变化。

客观世界中发生的任何现象，都具有必然性和偶然性两个方面。事物的必然性往往通过无数偶然性体现出来，而大量的偶然现象又存在着某种必然性。

水文现象和其他自然现象一样，在它本身的发生、发展和演变过程中，包含着必然性的一面，也包含着偶然性的一面。必然性变化有它的必然性规律（动态规律），偶然性变化也有和它相应的偶然性规律（统计规律）。

由于水文现象同时存在着必然性和偶然性，因而，现阶段水文水利计算的研究方法，总的来说，同时应用着两种不同的方法，即成因分析法和数理统计法。前者是从物理成因着手，去研究水文现象的必然性规律；后者是根据机率理论用数理统计中的频率计算方法，去探索某些水文现象在数值出现方面的偶然性规律。这两种方法各有它的优缺点，在具体应用时，应从实际出发，将两种方法结合起来，取长补短，互为补充，相辅相成，才能较好地解决工程上的水文水利计算问题。

水文计算主要需解决三个方面的问题，即各种水文特征值的数量大小，特征值在时间上的分配过程和在地区上的分布形式。在解决这些问题的实际工作中，又会碰到具有实测资料、实测资料不足和缺乏实测资料等几种不同情况。在具有实测资料的情况下，解决数量问题主要采用频率计算的方法，解决时空分布问题则主要采用选择典型过程进行放大的方法。当实测资料不足时，必须先用相关分析等方法展延系列，然后采用与有实测资料类似的计算方法。在缺乏实测资料情况下，主要采用等值线图、经验公式以及水文比拟等方法，来解决上述三方面的问题。

近年来，对某些重要工程采用了可能最大暴雨和洪水作为非常运用洪水标准，改变了以往洪水计算主要用频率计算方法的局面。估算可能最大暴雨和洪水是一个新课题，也是水文计算的一个发展方向，必须加以足够的重视。

复习思考题

1. 水文计算和水利计算的任务是什么？二者有何联系？
2. 水文水利计算的主要内容是什么？
3. 现阶段水文水利计算使用哪些研究方法？今后发展方向如何？

第二章 设计年径流的计算

第一节 年径流计算的任务

从水文观测资料可以看出，河川径流具有年内变化和年际变化的特征。在我国大体上每年夏秋季为洪水期，其余时期为枯水期，但是洪、枯水期的起迄日期各年并不相同。在各年之间年径流有丰水年与枯水年的差别，有时出现连续枯水年和连续丰水年的交替现象。如黄河曾出现连续十一年的枯水年组，但无严格的固定周期。

河川径流这种自然变化情势往往与用水部门的需要矛盾。例如农田灌溉用水，在丰水年份河流中水量丰富，来水很多，而作物由于降水量多，要求灌溉的水量就少，来水与用水的矛盾不突出。对这种丰水年份，要求的工程规模（如水库的库容或抽水站的装机容量）就可以小些。如图2-1中8月份的来水小于用水，需要水库供水，以满灌溉要求，所需要的库容较小。相反，在枯水年份河流来水少，而作物由于降水量少，气温高，蒸发大，要求灌溉水量多，来水与用水的矛盾很突出。对这种枯水年份，水库的库容或抽水站的装机容量就要求大一些。如图2-2中，5、7、8三个月的来水都小于用水，需要水库供水，库容就大得多。

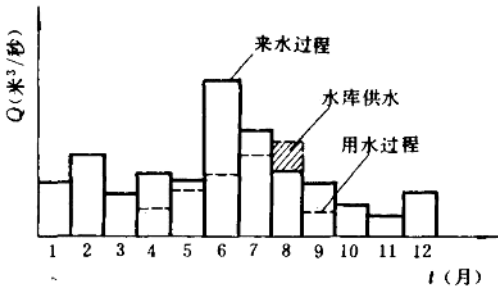


图 2-1 丰水年来水和用水过程对照图

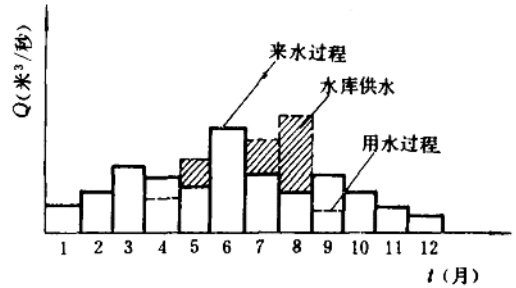


图 2-2 枯水年来水和用水过程对照图

对于不同的年份，来水与用水的组合情况各不相同，各年所需的水库库容或抽水站的装机容量也就大小不一。例如，某灌区有20年的径流（来水）资料和灌溉用水资料，根据各年的来水过程和用水过程，可以求出20个大小不同的库容值或20个装机容量值，设计时，需要选用一个合适的库容值或装机容量值。库容选大些，灌溉用水的保证程度就高些，但投资要多；相反，库容选小些，灌溉用水的保证程度就低些，但投资就少。这就需要根据农业生产的要求和当地的经济、自然地理条件，参照国家规范有关规定来合理地确定。

在同样的干旱年份，即使年来水量相同，但由于径流年内各月分配不同，对工程的规模（如库容大小）也有一定影响。一般来说，径流年内分配不均匀，所需水库库容也就愈大。

要确定某一工程规模的大小，必须先拟定一个合理的设计标准，这个标准在水文计算

中常采用设计频率的概念。要确定一个合理的设计标准，首先应规定某种频率作为标准，规定作为标准的这个频率称为设计频率，水利工程就根据相应于这个设计频率的水文特征值来进行设计。设计频率有时代表工程的破坏率，如洪水的设计频率；有时则代表工程的安全保证率，如年径流的设计频率。年径流的设计频率通常称为设计保证率。相应于某一设计频率的年径流量，称为设计年径流量，简称设计年径流。

工程的规模如库容大小或装机容量的大小，是由来水、用水矛盾的大小和设计保证率来确定的。在一般情况下，设计保证率可根据当地灌溉用水要求，参照国家规范来确定，因此，工程规模的确定，主要是研究来水和用水。关于灌溉用水将在第八章中介绍。水文计算中年径流计算的任务则在于研究来水，即分析年径流的年际变化及年径流在年内的分配规律，提供设计年径流过程或丰水、平水、枯水三种典型年的年径流过程资料，作为径流调节计算和确定工程规模的水文依据。

在实际工作中会遇到设计断面具有充分实测资料、资料不足和缺乏资料等几种不同情况，因此，必须分别不同情况进行研究。此外，枯水径流作为年内分配的重要组成部分，有必要单独进行探讨。

第二节 有充分实测径流资料时设计年径流的计算

一、年径流资料的审查和分析

(一) 年径流资料可靠性的审查

年径流量是在一个年度内通过河流某一断面的总径流量。目前刊印的年径流资料是按日历年整编的，设计年径流计算一般也是按日历年进行的。但是水文水利计算往往不用日历年，而采用水文年或水利年。水文年是以水文现象的循环作为计算的起迄点，例如以汛期开始作为起点，而水利年则以水库蓄水过程的循环作为计算的起迄点，例如以水库开始蓄水作为起点。

不同年度的年径流量及其计算成果是有差别的。北方平原地区的一些测站，由于洪水泛滥、排水不畅及结冰期长等原因，使本年径流到来年6月末才能排完，日历年和水文年年径流值出入较大，应以本年7月初到来年6月末作为水文年统计成果较为合理。一般地区若两种年度的径流量及其统计参数出入不大，则可应用日历年的统计成果。

流量整编资料是年径流计算的依据。为保证计算成果的质量，应在原来整编审查的基础上，进行一番去伪存真的工作，以保证资料的可靠性。如在海滦河年径流资料分析中，发现北运河的通县站，1954年以前测流断面不能全部控制北运河水量，经外业调查加以修正后，资料便较合理。

关于审查的内容和方法，参见《水文资料整编》。

(二) 年径流资料一致性的分析

近年来，随着群众性农田水利建设的迅速发展，在不同程度上改变了天然径流情况。如永定河官厅站以上，1949年灌溉面积为98万亩，1972年增加至286万亩，该年灌溉用水量实测水量的1.76倍。有的河系不但本流域用水量较大，而且跨流域引出或引入大量的河水。如潮白河苏庄站以上，1972年引出3.94亿立方米水量，为实测水量的1.13倍。显然，

这种流域年径流资料的一致性被破坏了，这就需要把受水利建设影响的年径流资料还原到天然情况，然后才能在统一的基础上进行分析计算。

年径流资料的还原问题，实际上是人类活动对年径流的影响问题，目前只能对一些影响较大的因素加以粗略地估算。如兴建大中型水库，由于水面面积增大而增加了蒸发损失；大规模的引水灌溉，特别是旱田改水田，也增加了蒸发损失等等。人类活动主要通过增加地面拦截量使蒸发量增加，从而使径流量减少。我国北方干旱地区水面蒸发与陆面蒸发差值较大，人类活动对年径流量的影响是比较大的，需要进行资料一致性分析和修正，但在南方湿润地区，水面蒸发与陆面蒸发差值较小，人类活动一般对年径流量影响不大，有时可不加考虑。

(三)年径流资料代表性的分析

所谓资料代表性是指样本对总体的代表性。如果实测样本系列是长系列中的一个平均样本，各点的频率位置是长系列中的平均情况，我们就说该实测样本系列对长系列(总体)具有代表性，据此进行统计参数的计算就比较符合实际。如果实测样本系列处于偏丰的时段，就会使均值偏大。要提高样本系列的代表性，应尽可能设法延长系列，并分析和选用代表性较高时段的资料。

1.长短系列统计参数对比分析

假设计站具有1940~60年共21年资料系列，为了要检验这一系列的代表性，可在同一气候区内选择具有长系列资料的测站作为参证站。例如选择某参证站，该站具有1900~60年共61年资料。然后计算参证站1900~60年长系列的统计参数(均值和变差系数)，再计算参证站1940~60年左右各时段的统计参数，如1940~60年，1940~55年，1935~55年等，看哪一时段的参数值与61年长系列的参数值最为接近，则认为参证站这一时段的代表性较高，因而设计站这一时段的代表性也较高，可以采用这一时段的系列进行频率计算。如果检验的结果是参证站1935~55年的代表性最高，而其中1935~39年设计站没有实测资料，则应将缺测年份的资料插补出来，然后按1935~55年的系列进行频率计算。这样做有两个假定：

(1) 长系列的代表性比短系列的代表性高，因而可以长系列为基础来检验短系列的代表性。

(2) 同一气候区内，参证站与设计站年径流的时序变化具有相当高的一致性，因而可以把参证站的代表期直接移用于设计站。

2.累积平均统计分析

累积平均统计分析是对具有长系列的参证站的年径流量，自现在起逐年依次向前按下式计算累积均值：

$$\left. \begin{aligned} \bar{W}_1 &= W_1 \\ \bar{W}_2 &= \frac{W_1 + W_2}{2} \\ &\dots\dots\dots \\ \bar{W}_n &= \frac{W_1 + W_2 + \dots\dots + W_n}{n} \end{aligned} \right\} \quad (2-1)$$

式中 $\bar{W}_1, \bar{W}_2, \dots, \bar{W}_n$ ——年径流量累积均值;

W_1, W_2, \dots, W_n ——自现在起依次向前的各年径流量;

n ——资料年数。

以年径流量累积均值与时间(年)点绘成的关系曲线称为累积均值过程线, 该过程线反映了年径流量的丰枯变化。累积均值过程线随着时间的增长, 变幅越来越小, 变化趋于稳定。到达稳定时间的长短与丰枯变化及变幅有关, 在一定程度上反映了资料系列的代表性。一般认为参证站累积均值过程线达到稳定的这段时间代表性较高, 设计站这段时间的代表性也较高。

海滦河流域的累积平均统计分析成果见表2-1和图2-3, 该图纵坐标为相对值 $K = \frac{\bar{W}_i}{\bar{W}}$, 其中 \bar{W} 为多年平均年径流量。

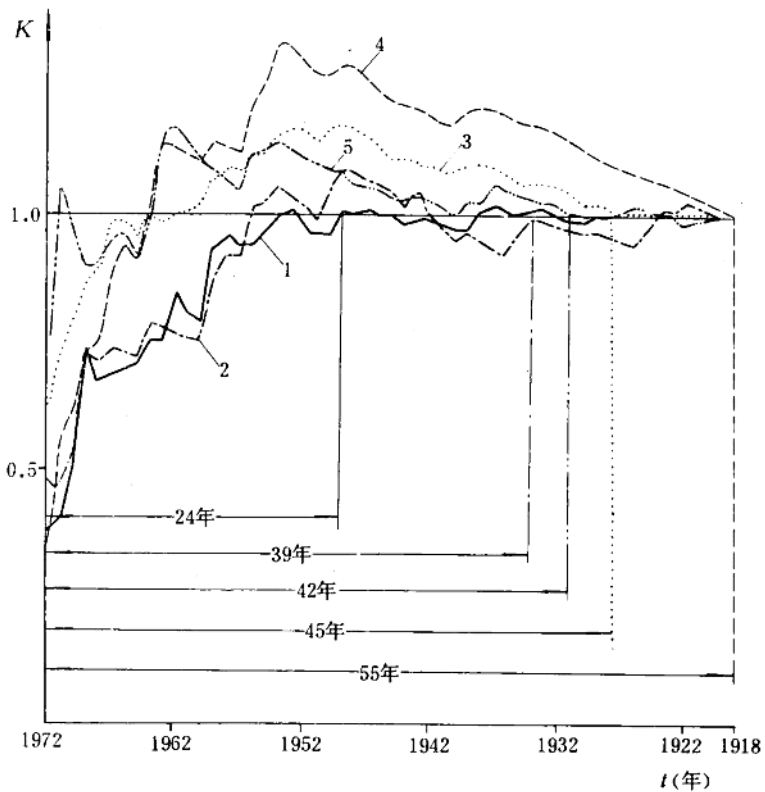


图 2-3 海滦河流域主要控制站年径流累积均值过程线

1—滦县站; 2—密云站; 3—官厅站; 4—黄壁庄站; 5—观台站

由以上图表可见, 滦河流域代表性时期为24年, 潮白河代表性时期约40年, 永定河、滹沱河、漳河代表性时期则长达40年以上。

据有关单位分析, 我国许多河流有较明显的丰枯水周期的规律, 因此, 代表性时期应

包括较完整的丰枯水段。

表 2-1 海滦河流域主要控制站年径流累积平均统计分析成果表

分 析 站 点	资 料 年 份		累积均值达到稳定的时间	
	起 迄	年数	起 迄	年数
滦 河 滦 县	1929~72	44	1949~72	24
潮 白 河 密 云	1918~72	55	1934~72	39
水 定 河 官 厅	1918~72	55	1928~72	45
漳 沱 河 黄 壁 庄	1918~72	55	1918~72	55
漳 河 观 台	1917~72	56	1931~72	42

二、年径流的频率计算

(一)应用数理统计法分析年径流的年际变化

研究国内外一些河流邻近年份年径流量之间的密切程度，发现相关系数都很低，说明年径流量是一种偶然变量，各年径流量之间基本上互相独立，没有密切的关系，这是应用数理统计方法的先决条件。

对其它水文特征值如月径流量、洪峰流量、洪水总量、年或月降水量等，也可作出类似的论证，说明这些水文特征值都可以应用数理统计法进行分析研究。

实践表明，水文现象的偶然性并不是完全杂乱无章，无规律可循的，而是有它一定的统计规律性。图2-4是长江汉口站年平均流量 \bar{Q}_n 频率曲线。从图中可以看出，将多年的长期系列分为若干短期分段绘制频率曲线，当分段的年数加长时，各分段的频率曲线互相接近。这说明当分段的年数加多到一定程度时，就显示出分配特征趋于稳定的这种统计规律性。

实践证明，国内外许多流年年径流量频率曲线一般都和 $C_s = 2C_v$ 的皮尔逊Ⅲ型曲线接近。这说明作为偶然现象的年径流量的变化，在广大地区的各条河流上具有共同的频率分配规律。

根据以上的论证，我们可以应用皮尔逊Ⅲ型曲线来研究年径流量的年际变化。皮尔逊Ⅲ型曲线具有三个统计参数，即均值 \bar{x} 、变差系数 C_v 和偏态系数 C_s 。年径流量频率计算中常用图解适线法（简称适线法）和三点法来确定统计参数。

(二)统计参数及其误差

1. 统计参数的计算公式及含义

在数理统计中，计算统计参数最常用的方法是矩法。矩法计算统计参数的公式如下：

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i \quad (2-2)$$

$$C_v = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (K_i - 1)^2}{n-1}} \quad (2-3)$$

$$C_s = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^3}{(n-3)\bar{x}^3 C_v^3} = \frac{\sum (K_i - 1)^3}{(n-3)C_v^3} \quad (2-4)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2-5)$$

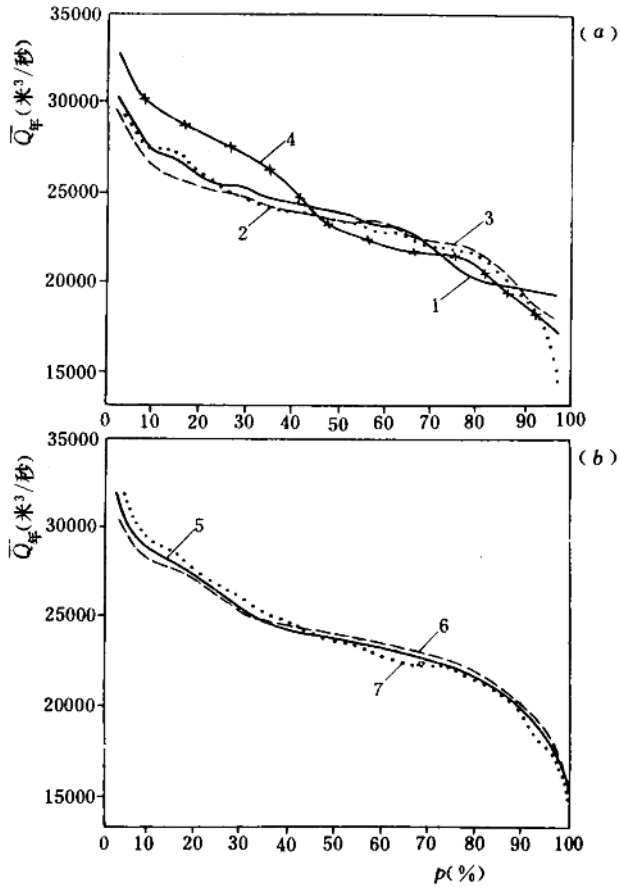


图 2-4 长江汉口站年平均流量频率曲线

1—1865~1866年; 2—1887~1908年; 3—1909~1930年;
4—1931~1954年; 5—1865~1954年; 6—1865~1908年; 7—1909~1954年

式中 n ——项数;

x_i ——观测系列, $i = 1, 2, \dots, n$;

K_i ——模比系数, $K_i = \frac{x_i}{\bar{x}}$;

σ ——均方差。

均值 \bar{x} 在年径流量或其他水文特征值计算中具有重要意义。由于偶然因素的作用, 使河流的年径流量各年都不相同, 但是多年期间累积的结果能得到抵偿, 使多年平均年径流量逐渐趋于稳定。因此, 长期的多年平均年径流量一般也称为正常径流量, 可以用来反映某地区所蕴藏水利资源的多少。

当 C_v 和 C_s 不变时, \bar{x} 的大小对以相对值 K 为纵坐标的频率曲线没有影响, 但如以绝对值 x 为纵坐标, 则变量 x 将与 \bar{x} 成正比而变化。

变差系数 C_v 反映某地区各年水量的相对变动程度或离散程度。水量变动大, 即 C_v 大,

对于水利资源的利用是不利的。当 \bar{x} 和 C_s 不变时, C_v 的大小对频率曲线的影响如图2-5所示。

偏态系数 C_s 反映系列中各种大小数值偏离 \bar{x} 的情况, 亦即表明这些数据在 \bar{x} 两旁是对称分布还是不对称分布。 $C_s = 0$ 时为对称分布, $C_s < 0$ 时称为负偏, $C_s > 0$ 时称为正偏。水文系列多水年出现的机会往往小于少水年, 故一般分配属于正偏。当 \bar{x} 及 C_v 不变时, C_s 对频率曲线的影响如图2-6所示。

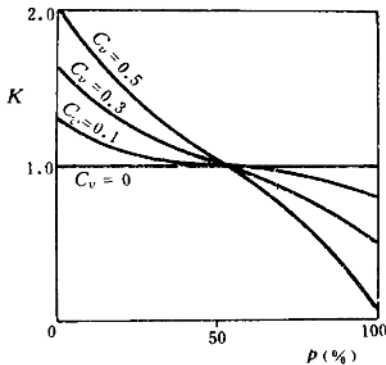


图 2-5 变差系数 C_v 对频率曲线的影响
($\bar{x} = 1.0, C_s = 0$)

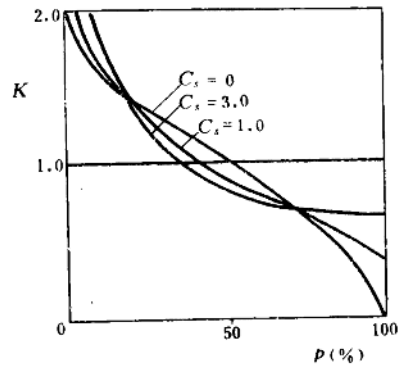


图 2-6 偏态系数 C_s 对频率曲线的影响
($\bar{x} = 1.0, C_v = 0.5$)

2. 统计参数的误差

根据年径流资料计算出来的统计参数只是对总体参数的估计值, 它不可避免地存在着误差。通常误差的来源可分为三类, 即观测整编误差, 计算方法误差和抽样误差。

观测整编误差可以通过提高测验仪器精度, 改进测验和整编方法来减小; 计算方法误差如适线不好和用相关法展延系列等的误差, 可以通过改进计算方法来克服; 抽样误差是由于用样本的统计参数去代表总体的统计参数而造成的, 可以通过一定的假设和数学分析来估计其大小。

假定水文现象的总体为皮尔逊Ⅲ型分配, 且 $C_s = 2 C_v$, 采用矩法公式计算参数, 则各参数的抽样误差 (抽样标准差) 计算公式为

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2-6)$$

$$\sigma_{C_v} = \frac{C_v}{\sqrt{2n}} \sqrt{1 + C_v^2} \quad (2-7)$$

$$\sigma_{C_s} = \sqrt{\frac{6}{n} (1 + C_v^2) (1 + 5C_v^2)} \quad (2-8)$$

$$\sigma_{C_s/C_v} = \frac{1}{C_v} \sqrt{\frac{2}{n} (1 + C_v^2) (3 + 10C_v^2)} \quad (2-9)$$

式中 $\sigma_{\bar{x}}$ 、 σ_{C_v} 、 σ_{C_s} 、 σ_{C_s/C_v} 分别为 \bar{x} 、 C_v 、 C_s 、 C_s/C_v 的抽样误差。

由上述公式可见, 抽样误差的大小随样本项数 n 及变差系数 C_v 而定。