

水文职工培训教材

水文预报与计算

江苏省扬州水利学校李慧珑郑濯清主编

水利电力出版社

水文职工培训教材

水文预报与计算

江苏省扬州水利学校李慧珑郑濯清主编

水利电力出版社

一九八三年二月第 三版

内 容 提 要

本书为水文职工培训教材。书中包括水文预报 和 水文水利计算两部分内容。全书分十二章，主要内容有：水文预报与计算的内容及研究途径，相应水位预报，河道流量演算，降雨径流量预报，降雨径流过程预报，水库调洪演算，枯季径流与冰情预报，频率计算，设计年径流计算，设计洪水计算，水库径流调节计算和 水文水利计算实例等。

本书除作为水文职工培训教材外，可供水文职工和各级水文行政领导干部自学参考。

本书由李慧珑、郑濯清主编，黄伟纶主审。

水文职工培训教材

水文预报与计算

江苏省扬州水利学校李慧珑郑濯清主编

*

水利电力出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

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 13.625印张 302千字

1982年11月第一版 1982年11月北京第一次印刷

印数00001—10040册 定价1.45元

书号15143·5017

出版者的话

为了提高广大水文职工的技术水平和业务能力,适应水文技术现代化的需要,原水利部水文局组织一些有经验的同志编写了“水文职工培训教材”,以供各地举办各种形式的水文职工培训班使用,促进培训工作的开展。1980年11月,在江苏省扬州水利学校召开了“水文职工培训教材”编写工作协调会,讨论并制定了有关教材的编写提纲及编写计划。

“水文职工培训教材”共分六册:《水文学基础》,《水力学基础》,《水文电测基础》,《水文测验》,《水文资料整编》,《水文预报与计算》。

“水文职工培训教材”系以从事水文工作多年,文化程度相当于初、高中的水文职工为主要对象,亦可供其他有初中以上文化程度的干部自学使用。为此,教材面涉及较广,但内容力求简明扼要,通俗易懂,以实用为主,同时也适当介绍一些现代的先进技术。

《水文预报与计算》一书,包括水文预报和水文水利计算两部分内容。水文预报部分主要介绍我国目前应用最为广泛的一些短期洪水预报原理和方法;水文水利计算部分主要介绍中小型水利工程较常用的一些计算方法及其基本原理。

本书由江苏省扬州水利学校李慧珑、郑濯清、杨诚芳和湖南省水利学校严隽凤四同志编写。李慧珑、郑濯清二同志主编,原水利部水文局黄伟纶同志主审。在编写出版过程中,得到有关单位的支持与帮助,谨致谢意。

恳切希望广大读者对本书中存在的缺点和问题提出宝贵意见。

1982年4月

1982/6/28

目 录

出版者的话

第一章 水文预报与计算的内容及研究途径	1
第一节 水文预报的内容及作用.....	1
第二节 水文水利计算的内容及作用.....	4
第三节 水文预报与计算的研究途径.....	7
第二章 相应水位预报	11
第一节 上下游相应水位关系及其影响因素.....	11
第二节 无支流河段的上下游相应水位关系.....	18
第三节 有支流河段的上下游相应水位关系.....	24
第四节 预报方案评定及现时校正.....	30
第三章 河道流量演算	36
第一节 河段水量平衡方程式与槽蓄关系.....	36
第二节 马斯京根法.....	41
第三节 流量演算的用途及发展简介.....	50
第四章 降雨径流量预报	57
第一节 影响产流的因素.....	57
第二节 降雨径流要素的计算.....	61
第三节 降雨径流经验相关图.....	78
第四节 扣损法.....	83
第五章 降雨径流过程预报	89
第一节 流域汇流概述.....	89
第二节 单位过程线法.....	93
第三节 洪水要素简易预报.....	112
第四节 降雨径流流域模型简介.....	115

第六章 水库调洪演算	137
第一节 入库流量预报	137
第二节 调洪演算法	141
第三节 简易调洪演算法	147
第四节 水库防洪抗旱能力查算图表	163
第七章 枯季径流与冰情预报	167
第一节 枯季径流预报	167
第二节 冰情预报	178
第八章 频率计算	188
第一节 频率计算法在水文计算中的应用	188
第二节 频率和重现期	189
第三节 经验频率曲线	191
第四节 统计参数	194
第五节 皮尔逊III型曲线	197
第六节 抽样误差	201
第七节 适线法	203
第八节 三点法	207
第九章 设计年径流计算	210
第一节 年径流及其影响因素	210
第二节 有资料时设计年径流量的计算	213
第三节 缺乏资料时设计年径流量的计算	219
第四节 设计年径流量的年内分配	224
第五节 年径流资料的还原计算	228
第六节 多年平均年输沙量的估算	231
第十章 设计洪水计算	237
第一节 概述	237
第二节 由流量资料推求设计洪水	240

第三节	由暴雨资料推求设计洪水	266
第四节	缺乏实测资料时设计洪水的估算	277
第五节	可能最大暴雨和可能最大洪水简介	297
第六节	设计排涝模数计算	302
第十一章	水库径流调节计算	308
第一节	概述	308
第二节	径流调节计算所需的资料	310
第三节	水库死库容的确定	320
第四节	年调节水库兴利库容的计算	324
第五节	多年调节水库兴利库容的计算	334
第六节	小型水库兴利库容的计算	339
第七节	水库调洪库容的计算	341
第八节	小水电站的水能计算	353
第十二章	水文水利计算实例	357
第一节	沙河水库的设计任务与流域概况	357
第二节	沙河水库兴利库容的推求	361
第三节	沙河水库调洪库容的推求	376
第四节	沙河水库坝顶高程的确定	403
第五节	戴村河段堤防规划设计	404
第六节	某市变电所场址勘选的水文分析计算	409
附表		413
附表 1	经验频率 $P = \frac{m}{n+1} \times 100(\%)$ 值表	414
附表 2	皮尔逊 III 型曲线的模比系数 K_p 值表	418
附表 3	三点法用表—— S 与 C_s 关系表	422
附表 4	三点法用表—— C_s 与有关 Φ 值的关系表	424
附表 5	$S(t)$ 曲线查用表	426

第一章 水文预报与计算的内容 及研究途径

第一节 水文预报的内容及作用

水文预报的任务是对自然界各种水体未来的水文现象作出预报。它的内容是很广泛的。按照水体在地球上所处空间位置的不同，有海洋水文预报、地下水文预报和陆地水文预报等。就以陆地水文预报来说，按预报的对象不同，又可分为径流预报——描述雨洪径流、融雪径流、冰川径流、枯季地下径流变化的要素，如水位、流量、径流总量等的预报；冰情预报——江河湖库的流凌、封冻、解冻日期，冰厚及凌汛最高水位等的预报；泥沙预报——流域在雨后的产沙量，河道和水库在洪水期的输沙量、淤沙量等的预报；水质预报——水中所含盐类、溶解气体及污染物质的预报；台风风暴潮预报——沿海地区受台风侵袭，沿台风路线形成的强烈增水现象的预报；其他与水库运用有关的风浪预报以及与农业生产有关的墒情预报等等。就预报的预见期长短分，水文预报可分为短期与中长期预报。但是短期与中长期预报的预见期并没有明确的分界。短期预报一般是指预报的现象正在发生或出现过程中所作的预报。例如，降雨后要预报流域出口站的洪水过程。由于降雨量是实测的，径流的产生和汇集过程正在流域内出现，这种根据实测降雨所作的预报，预见期只能是从降雨到达地面开始到产生的径流汇集到出口站的时间（称为流域汇流时间），因而是很有限的。小流域只有几小

时，大流域不过几天。为了增长预见期，可以采用先预报降雨再预报洪水，或从形成降雨的天气因素入手直接预报洪水等方法。这些方法就不属于短期预报范围了。目前长期水文预报的预见期一般不超过一年。

水文预报是为国民经济和国防等部门服务的，是防水患兴水利的水利建设事业中不可分割的一个部分。

我国幅员辽阔，水利资源丰富，大多数河流以雨水补给为主要水源。由于受季风和自然地理条件的影响，全国各地降雨量差异很大，降雨量的年内分配和年际变化也很不均匀。因此，旱涝灾害在全国各地交替发生。早在明代，为了预知黄河的水情变化，作出防御措施，就有沿河用快马传递水情的办法。但是，在长期的封建、半封建半殖民地的统治下，水利建设发展缓慢，更谈不上开展水文预报工作。解放后，我国不少江河先后都出现过历史上罕见的特大洪水。随着治理淮河、黄河、海河、长江等等大规模水利建设的开展，水文预报工作在与自然灾害作斗争和发展国民经济的迫切需要中也迅速发展起来。在洪水期，有了洪水预报就能及时地有计划地利用上游水库拦洪错峰，采取加高河道堤防、开放沿河滞洪蓄洪区、组织群众迁移等措施，以减少损失，保障工农业生产以及交通运输和人民生命财产的安全。在枯水年或一年中的枯水季节，有了枯季径流预报，就可以使水库及时关闸蓄水和有计划地泄水，安排提水措施等，以保证灌溉、航运、发电、城市工矿用水的需要，做到综合利用水利资源，发挥水利工程的效益。水利工程施工一般都在水中修筑围堰进行。大型水利工程的施工期往往要跨年度。为了在洪水季节仍能安全施工和在枯水季节选择合适的截流日期，在施工期开展水文预报也是十分必要的。因此，水文情

报和预报工作被称为防洪抗旱斗争的耳目与参谋。

水文预报除了通过防御旱涝灾害发挥水利工程效益，为国民经济和国防等部门服务外，还从多方面直接为这些部门服务。例如，对江河湖库水质的监测和预报，关系到工农业用水和人民生活用水的质量，是水源保护工作的依据；北方河流冬季的冰情预报，关系到水上和冰上的交通运输；沿海台风暴潮预报，关系到港口船只的停泊和启航等等。

我国的水文预报工作从一开始就注意学习国外的经验，并结合我国的情况加以研究和运用。1955年水利部水文局就总结了新中国成立后短短几年中的水文预报经验，编写了《洪水预报方法》一书。之后，在1958、1964、1977及1981年四次召开全国的水文预报技术经验交流及学术讨论会议，先后出版了《水文预报技术经验交流文集》、《水文预报技术经验汇编》、《水文预报方法》等书，在普及技术、传播经验、推动工作方面起了很大作用。各类水利院校为了培养专业人才，也根据不同的学习对象编写了各种类型的水文预报教材。目前不仅在流域、省级的水文部门对一些大江大河发布水文预报，一些地区和基层测站也开展了预报业务，为当地服务。经过多年的实践，对水文预报中的一些常用方法，例如相应水位、流域产汇流计算等，都从其物理成因方面作了较深入的探讨，并提出了适合我国水文特性的改进。同时，针对我国情况在中小型水库演算和预报、沿海地区台风暴潮预报、中长期水文预报以及流域水文模型的应用等方面也有了不小创造。随着社会主义经济建设的发展和水利资源的开发利用，一定会促进我国水文预报技术水平不断提高，而且在广泛的应用中水文预报的作用也将日益显著。

第二节 水文水利计算的内容及作用

水文计算的任务是研究自然界水文现象发展变化的规律，正确估计水文要素的特征，并预估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他国民经济建设提供必要的水文数据。

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，例如防洪和治涝等工程。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，给下游人民带来灾难；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水量的大小及其变化规律，判断它能否满足城市或工业用水要求，是否需要采取适当的调节方式或另找水源。以上这些要求，都可以通过水文计算来解决。

通过水文计算可以认识水文现象发展变化的规律。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，就应设法改造和控制它，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，合理开发、利用水利资源的目的。

水利资源包括河流、湖泊、海洋、地下水等水体，是国

民经济建设中的一重要资源。我国河流众多，湖泊密布，海岸线长，水利资源蕴藏量丰富。但在时间和地区上的分布却很不均匀，并且大部分还没有得到很好的开发利用。在开发利用水利资源时，必须兴建一定的水利工程。主要是蓄水建筑物（如拦河坝）和引水建筑物（如涵闸和渠道）等，以改变水利资源的天然状态，按照人类生产、生活的需要进行调度。要兴建适当的水利工程来调节径流，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，得到工程结构设计的依据，从而可以确定坝高、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与操作规程等。

由上可知，从制定河流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来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。

不同的水利工程，对水文计算的具体要求是不完全相同的。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。由于河流各年的水量都不相同，许多工程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，具体表现为洪水枯水交替的现象。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，许多用水部门都需要知道枯水期的水量大小和时间长短，为工程的规划设计提供依据。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。在多沙河流上修建工程，泥沙淤积可能影响它们的运用和效益。为此，还要研究河流沙量的计算问题。

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。把汛期的洪水蓄在水库里，到枯季少水时期再慢慢放出来，以增加河道、灌溉渠道的枯水流量，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进行有关水库的径流调节计算。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和引水渠道的基本尺寸。对有防洪任务的水库，应进行洪水调节计算，以确定防洪库容、坝高和溢洪道的断面尺寸。有水库调节的水电站，则应进行水能计算，确定其装机容量和发电量。对有堤防的河道进行整治时，则应根据一定的防洪标准来计算河槽断面和堤身断面尺寸的大小，以确定整治的规模。

综上所述，可知根据目前中小型水利工程规划设计的要求，水文计算主要包括设计年径流的计算、设计洪水的推求、排涝计算和河流沙量计算等内容；水利计算主要包括水库兴利调节计算、水库洪水调节计算和水能计算等内容。

解放前，我国曾对一些流域制定过治理规划，如永定河治本计划，黄河治本探讨和导淮计划等。在这些计划中只进行了极为粗略的水文分析计算。解放后，我国水利建设进入了一个全新的历史时期，普遍开展了水文水利计算工作。在解放初期，主要是对大中型工程进行了较多的工作，积累了一定的经验。其后，由于中小型工程的广泛开展，对在缺乏

资料条件下进行水文水利计算提出了迫切的要求。为了适应这种需要, 1958年以后, 各省区先后编制了水文手册和水文图集, 并提出一些富有创造性的水文分析计算方法, 为水利工程规划设计提供科学依据, 作出了重大贡献。近年来, 我国在水文水利计算方面开展了新的分析研究工作, 例如编制了全国可能最大24小时雨量等值线图。在新技术应用和水文计算理论与方法的改进方面, 也开展了许多研究工作, 如流域数学模型的建立、电子计算机的应用等。但因生产的持续发展, 要求不断提高, 并且提出了不少新的课题, 水文水利计算工作还赶不上形势的发展。必须面向生产, 从实际出发, 不断研究创新, 才能适应形势的需要。

第三节 水文预报与计算的研究途径

水文预报与计算是应用水文学的两个分支。它们都是以分析和利用水文现象的变化规律为依据的。广义来说, 水文预报与计算都是对未来水文现象的变化作出预报。水文预报, 尤其是短期水文预报, 着眼于预报正在发生或出现的水文现象。这种预报为防汛抗旱调度利用水利资源服务, 往往需要得出未来水文现象逐日逐时的变化。例如, 要得出某地出现洪峰流量的大小和时间, 或洪水期的水位和流量过程。水文计算则不然。它为工程的规划设计服务, 要考虑工程建成后在长期运行中的情况, 所以要求预报的是未来几十年、几百年、甚至更长时间内水文现象可能的变化。如果要求的预见期比较短, 而且在预报对象正在发生或出现的时候作预报, 人们就可以凭借对客观水文规律的认识和当时的实测资料, 采用成因分析的途径来作预报。例如, 当河段上游站出

现了洪水过程，人们就可以应用河段的水量平衡原理及水流在河段中运动的规律，制定出将上游流量演进为下游流量的计算公式或图表，作为预报下游流量过程的方案。这种方案是在分析了下游流量成因的基础上制定的。当上游的洪水过程一定，用这个方案得到的下游过程也是确定的。短期水文预报就可以采用这一类称为确定性的预报方法。如果要求的预见期增长，因为影响水文现象的各种因素变化和组合非常复杂而使预报变得非常困难。例如在河流的一个断面上，每年都要出现多次洪水，且每年都有一次最大的洪峰流量。年年如此，循环不已，这是人们熟知的必然现象。但是每年的最大洪峰流量数值和出现时间则年年变化，各不相同。这是因为洪峰流量是流域内暴雨和蒸发等气象要素的时空分布及流域内土壤含水量、河网蓄水量、植被等下垫面因素综合作用的结果。这些因素在今后长时期内的变化和组合情况是有很大的偶然性的，所以被称为随机性因素或偶然性因素。显然，企图预报出今后几十年、几百年甚至更长时期中逐年的最大洪峰流量的确切数值和出现时间是不可能的。人们通过大量研究和实践，认为年最大洪峰流量以及各种水文特征值的出现是随机（偶然）现象，可以用统计的方法来进行研究。概率论就是这样一门研究随机现象的统计方法的科学。以概率论为基础对随机现象出现的数值系列（实测的水文特征值）进行统计分析和计算，称为数理统计。水文计算主要是采用数理统计的途径。通过这个途径，可以算出某个断面各种大小的年最大流量、年最小流量、年径流量等水文特征值在未来长时期中可能出现的机会，即常称的多少年一遇。这种方法得出的结果仅是某一数值可能出现的机会，不能预报出这个数值出现在什么时刻。就是说，预报值是不确定的。

由上述看来，水文预报与水文计算由于工作的目的要求不同，分别采用了成因分析和数理统计两种不同的途径来进行研究。然而水文现象变化的必然规律与统计规律是同时存在，互相联系，并且可以相互转化的。因此，在水文预报与计算中，对两种途径的应用也只是各有侧重，而不是截然分开的。在水文预报中，目前广泛应用着在成因分析基础上的经验相关方法。相关关系是一种在许多互有因果关系的因素中选取主要的因素建立的近似关系。由于忽略了一些次要的随机性因素的影响，使这种关系不可能象数学函数关系那样严密。用这种关系所作的预报就有一定误差。误差的大小也是随机的，即不确定的。这种利用大量实测资料建立起来的经验关系是一种统计相关关系，它也是属于数理统计范围内的。为了开展长期水文预报，除了使短期水文预报与气象预报结合，或从大气环流形势、天气系统分析等成因入手作水文预报外，目前也有利用水文现象随机性的统计规律作预报的种种方法。在水文计算中，虽然侧重于数理统计的途径，但在通过水文与气象结合的成因分析途径，估算流域的可能最大降水及可能最大洪水方面，目前国内已取得不少成果。此外，还广泛应用了根据降雨进行的流域产流、汇流计算，以及根据上游洪水过程演算河段或水库的出流过程等确定性的方法。在水利计算方面也同样应用了对水文规律的成因分析与数理统计两种途径。

学习水文预报与水文水利计算，要明确这两项工作的任务和目的要求，了解在方法上的区别和联系。可以说，对水文现象变化成因的分析是这两项工作的基础，而数理统计方法是达到目的的一种重要手段。随着科学技术的发展，对水文现象的成因有待深入探索，预报和计算的新途径也有待不

断开辟。

为了适应初学者的需要，本书在水文预报部分主要介绍了我国目前应用最广泛的一些短期洪水预报原理和方法。在水文水利计算部分主要介绍了中小型水利工程在目前生产上较常用的一些计算方法及其基本原理。希望读者在学完本书以后，结合实际，努力实践，并在水文预报与计算的广阔领域中继续学习，不断提高业务水平和工作能力，以适应形势发展对广大水文工作者的要求。