

函授大学教材



工程水文学

武汉水利电力学院 袁作新 主编



函授大学教材

工程水文学

武汉水利电力学院 袁作新 主编

水利电力出版社

前 言

本教材是根据1986年11月原水利电力部在武汉召开的高等学校函授教学工作会议所制订的高等学校函授教材编写规划, 1987年3月在武汉召开的函授教材教学大纲审定会所审定的高等学校《工程水文学》函授教学大纲编写的, 是高等学校水利类专业《工程水文学》通用函授教材, 主要供水利水电工程专业和农田水利工程专业的大学生使用。

全书共10章, 内容包括工程水文学所涉及的水文测验、水文计算和水文预报等方面, 而以径流形成的基本概念、水文统计的基本方法、年径流分析计算、流域产汇流分析计算、设计洪水的推求及水文预报为主要内容。书中带有△号的部分为选学内容, 各校可根据教学要求酌情取舍。

为了适应函授教学的需要, 本教材力求通俗易懂、深入浅出, 每章附有学习指导、小结、复习题及思考题、习题及简单的习题答案。复习题及思考题不必交教师批改, 它们可以帮助学生在自学完一章的课文后进一步深入复习和思考。习题答案有些是通过绘图或查图得到的, 如学生的答案稍有出入, 并不算错。本教材的内容也可满足本科全日制《工程水文学》教学大纲的要求, 故本教材亦可供本科全日制学生使用, 并且由于有了复习题及思考题、习题等内容, 也会给本科全日制的教学带来很大方便。本教材反映了近年来水文计算和水文预报的新发展, 故也适合从事水文水资源、水利、水电工作的科研及工程技术人员参考。

本书的第6章之后安排了一次测验作业, 具有期中考试的性质, 故不附答案。

本教材由袁作新主编。袁作新编写第1、4、5章, 胡荣轩编写第3、6、10章, 雒文生编写第7、8(第四节除外)、9章, 肖琳编写第2章及第8章的第四节。宋星元担任全书的习题和测验作业的校订工作。在教材的编写过程中, 有些材料引自有关院校、生产单位和科研单位编写的教材及技术资料, 编者在此一并致谢。

本教材由沈晋教授主审。在主审人的主持下, 1988年3月在武汉召开有长江流域规划办公室杨远东、湖北省水利勘测设计院赵孟坚、湖北省水文总站张文华、太原工业大学麻方、北京水利电力函授学院钟震、清华大学梁庚辰、华北水利水电学院孙保沐等同志参加的审稿会议, 对本书初稿进行了认真审查, 提出了修改意见, 对提高教材质量帮助很大。本书编者也参加了审稿会议, 会后对初稿进行了修改, 并将修改稿再送主审人审阅, 又提出了不少重要意见, 使教材的终稿得以更加完善。编者对主审人、审稿人表示感谢。

最后, 我们诚恳希望读者对本书的缺点和错误提出批评意见, 请将意见寄武汉水利电力学院函授部, 以便今后修改和改进。

编者

1988年10月于武汉

目 录

前 言	
第一章 绪论	1
学习指导	1
第一节 工程水文学的研究对象及其在生产建设中的作用, 本课程的目的	1
第二节 水文现象的基本规律及水文学的基本方法	2
第三节 我国的水资源	3
第四节 我国水文事业的发展	4
小结	5
复习题及思考题	5
第二章 水文资料的收集	6
学习指导	6
第一节 水文测站	6
第二节 降水和蒸发的观测	7
第三节 水位观测及日平均水位的计算	10
第四节 流量测验	12
第五节 流量资料整编	20
第六节 泥沙测验简介	26
第七节 水质监测及水质资料整编	28
第八节 水文调查	29
第九节 水文资料的收集	31
小结	31
复习题及思考题	32
习题	32
第三章 径流形成的基本概念	34
学习指导	34
第一节 水循环及水量平衡	34
第二节 流域、水系、河道及其特征	35
第三节 降水	39
第四节 蒸发	43
第五节 下渗	45
第六节 径流的形成	47
第七节 径流的表示方法及度量单位	51
第八节 流域水量平衡	52
小结	53

复习题及思考题	53
习题	54
第四章 水文统计的基本方法	56
学习指导	56
引言	56
第一节 频率计算	56
第二节 相关分析	76
小结	94
复习题及思考题	95
习题	96
第五章 年径流及年输沙量的分析计算	98
学习指导	98
第一节 概述	98
第二节 影响年径流的因素	100
第三节 长系列年、月径流量的推求	102
第四节 代表年年径流量及年内分配的计算	107
第五节 多年平均年输沙量的计算	113
小结	115
复习题及思考题	116
习题	117
第六章 由流量资料推求设计洪水	119
学习指导	119
第一节 概述	119
第二节 设计洪峰流量的推求	122
第三节 设计洪水总量的推求	129
第四节 设计洪水过程线的推求	133
第五节 设计洪水成果的合理性分析	138
第六节 设计洪水的其它问题	139
小结	142
复习题及思考题	142
习题	143
测验作业	144
第七章 流域产汇流分析计算	146
学习指导	146
第一节 概述	146
第二节 产汇流计算中基本资料的整理与计算	147
第三节 前期流域蓄水量及前期影响雨量的计算	150
第四节 降雨地面径流相关图法推求净雨	153
第五节 降雨总径流相关图法——用蓄满产流模型推求净雨	155

第六节	初损后损法计算地面净雨过程	161
第七节	流域汇流分析	164
第八节	单位线法推求流域出口洪水过程	169
第九节	瞬时单位线法推求流域出口洪水过程	176
	小结	184
	复习题及思考题	185
	习题	186
第八章	由暴雨资料推求设计洪水	188
	学习指导	188
	第一节 概述	188
	第二节 暴雨资料充分时设计暴雨的推求	189
	第三节 短缺暴雨资料时设计暴雨的推求	191
	第四节 可能最大暴雨的推求	195
	第五节 由设计暴雨推求设计洪水	199
	小结	204
	复习题及思考题	204
	习题	204
第九章	小流域设计洪水计算	207
	学习指导	207
	第一节 概述	207
	第二节 小流域设计暴雨	208
	第三节 计算设计洪峰流量的推理公式法	211
	第四节 计算设计洪峰流量的地区经验公式法	219
	第五节 小流域设计洪水过程线的推求	220
	小结	225
	复习题及思考题	226
	习题	226
第十章	水文预报	227
	学习指导	227
	第一节 概述	227
	第二节 短期洪水预报	228
	第三节 枯水预报	241
	第四节 冰情预报	244
	第五节 中长期径流预报简介	245
	第六节 施工水文预报	247
	第七节 现时校正和实时预报	250
	第八节 水文预报的评定或检验	253
	小结	254
	复习题及思考题	255
	习题	255

参考文献	257
附录	258
附表I 经验频率 $p = \frac{m}{n+1}$ 值表(%)	258
附表II 皮尔逊III型频率曲线的模比系数 k_p 值表	260
附表III 皮尔逊III型频率曲线的离均系数 σ 值表	269
附表IV 三点法用表—— S 与 C_s 关系表	272
附表V 三点法用表—— C_s 与有关 ϕ 值关系表	273
附表VI 检验相关系数 $r_{\text{总体}}=0$ 的 $r_{\text{样本}}$ 临界值 r_{α} 表	274
附表VII 瞬时单位线 S 曲线查用表	276

第一章 绪 论

学 习 指 导

这一章是本课程的引论，重点在前两节。

通过对第一节的学习，应该知道什么是水文学，什么是工程水文学，工程水文学在水利工程建设各阶段的作用以及本课程的目的。

通过对第二节的学习，应该知道水文现象的3种基本规律及水文学的3类基本方法。对第三节、第四节不做具体要求，通读一遍即可。

第一节 工程水文学的研究对象及其在生产建设中的作用， 本课程的目的

水文学是研究地球上各种水体的一门科学，它研究各种水体的存在、循环和分布，探讨水体的物理和化学特性以及它们对环境的作用，包括它们对生物的关系。水体是指以一定形态存在于自然界一定空间中的水，如大气中的水汽，河流、湖泊、沼泽、冰川、海洋里的地面水和地下的地下水。各种水体都有自己的特性和变化规律，因此，水文学可按其研究对象分为水文气象学、河流水文学、湖泊水文学、沼泽水文学、冰川水文学、海洋水文学和地下水水文学。入海河流的感潮河段具有与上、中游河段不同的特性，研究感潮河段的水文学叫河口水文学。

各种天然水体中，河流与人类生活的关系最为密切，因此，河流水文学与其它水体水文学相比，发展得最早、最快，目前已成为内容比较丰富的一个学科。正是由于这个原因，一般所说的水文学指的就是河流水文学。河流水文学按其研究任务的不同，可划分为下列一些分支学科。

- (1) 水文学原理 研究水文循环的基本规律和径流形成过程的物理机制。
- (2) 水文测验学及水文调查 研究获得水文资料的手段和方法、布设站网的理论、整编水文资料的方法，以及水文调查的方法等。
- (3) 水文实验 运用野外实验流域和室内实验模型来研究水文现象的物理过程。
- (4) 水文地理学 根据水文特征值与其它自然地理要素之间的相互关系，研究水文现象的地区性规律。
- (5) 水文预报 在研究水文现象变化规律的基础上，预报未来的水文情势。
- (6) 水文分析与计算 在研究水文现象变化规律的基础上，对水文资料进行分析与计算，为工程建设，尤其是水利工程建设提供合理的水文数据。

水文学有许多实际用途，它不是一门纯粹的理论科学，通常使用“应用水文学”一词来强调它的实用意义。应用水文学的范围很广，其中，工程水文学是将水文知识应用于工

程建设（主要是水利工程建设）的一个学科。它主要研究与水利工程的规划、设计、施工和运营管理有关的水文问题，内容主要为水文计算和水文预报。此外，属于应用水文学范畴的还有农业水文学、森林水文学、城市水文学、环境水文学等。

水利工程在规划设计阶段主要是确定工程规模。工程规模的确定决定于河流流量的估算。如果把河流流量估算过大，就会使工程规模太大，造成资金的浪费。例如设计水库时，若来水量估算偏大，据以设计的水库容积就会偏大，不能充分发挥工程的效益；反之，来水量估算过小，则水库容量不够，将使水资源得不到充分利用。特别是对河流流量的估算，更关系到工程本身的安全和下游人民生命财产的安全。在泥沙河流上兴建水利工程时，还需要估算蓄水、引水工程的泥沙淤积量，以考虑延长工程寿命的措施。在工程规划设计阶段，水文计算的任务就是为工程设计提供设计水文数据，如设计年径流、设计洪水和设计输沙量等。

在水利工程的施工阶段，为了修建临时性水工建筑物如围堰、导流隧洞和导流渠等，需要计算施工期设计洪水。显然，施工期设计洪水的大小关系到工程的造价与安全。同时，需要提供具有一定精度的中、短期洪水或枯水预报。

在水利工程的运营管理阶段，需要知道未来时期的来水情况，以便据以编制水量调度计划。例如，为了控制有防洪任务的水库，需要进行洪水预报，以便提前腾空库容或及时拦蓄洪水。在工程建成以后，还要不断复核和修改设计阶段的水文设计成果，对工程进行改造。例如，有的工程当初设计洪水估算偏小，后来不得不扩建溢洪道或加高大坝。

总之，在河流上兴建水利工程，必须掌握河流长期水文情势和近期确切水情。工程水文学就是研究这些问题的学科。作为一个水利类专业的学生，必须学习工程水文学的基本知识，初步掌握水文计算和水文预报的方法，以便毕业后能够参加这方面的工作。这正是本课程的目的。

第二节 水文现象的基本规律及水文学的基本方法

一、水文现象的基本规律

水文现象作为一种自然现象，它有 3 种基本规律。

1. 水文现象的确定性规律

水文现象同其它自然现象一样，具有必然性和偶然性两个方面。在水文学中通常按数学的习惯称必然性为确定性，称偶然性为随机性。

众所周知，河流每年都有洪水期和枯水期的周期性交替，冰雪水源河流具有以日为期量的水量变化。产生这些现象的基本原因是地球的公转和自转。在一个河流流域上降落一场暴雨，这条河流就会出现一次洪水。如果暴雨强度大、历时长、笼罩面积大，产生的洪水就大。显然，暴雨与洪水之间存在着因果关系。这就说明，水文现象都有其客观发生的原因和具体形成的条件，它是服从确定性规律的。

2. 水文现象的随机性规律

河流某断面每年洪水期出现的最大洪峰流量、枯水期的最小流量或年径流量的数值，

每年都是不重复的,具有随机性的特点。但是,通过长期观测,可以发现,特大的洪水流量和特小的枯水流量出现的机会较小,中等洪水和中等枯水出现的机会较大,而多年平均年径流量却是一个趋近稳定的数量。水文现象的这种随机性规律需要由大量资料统计出来,所以通常又称为统计规律。

3. 水文现象的地区性规律

水文现象受气候因素(如降水、蒸发、气温等)所制约,而这些气候因素是具有地区性规律的,所以水文现象也在一定程度上具有地区性规律。

二、水文学的基本方法

根据上述水文现象的基本规律,水文学的方法相应地可分为以下3类。

1. 成因分析法

如上所述,水文现象与其影响因素之间存在着确定性关系。通过对观测资料或实验资料的分析,可以建立某一水文要素与其影响因素之间的定量关系。这样,就可以根据当前影响因素的状况,预测未来的水文状况。这种利用水文现象确定性规律来解决水文问题的办法,称为成因分析法。这种方法能够求出比较确切的结果,在水文现象分析和水文预报中,得到广泛的应用。

2. 数理统计法

根据水文现象的随机性,以概率理论为基础,运用频率计算方法,可以求得某水文要素的概率分布,从而得出工程规划设计所需要的水文特征值。利用两个或多个变量之间关系的随机性,进行相关分析,可以展延水文系列或做水文预报。

3. 地区综合法

根据气候要素及其它地理要素的地区性规律,可以按地区分析受其影响的某些水文特征值的地区分布规律。这些分析可以用等值线图或地区经验公式表示,如多年平均年径流深等值线图、洪水地区经验公式等。利用这些等值线图或经验公式,可以求出观测资料短缺地区的水文特征值。这就是地区综合法。

水文学的上述3种基本方法,在实际工作中常常交叉使用,相辅相成,互为补充。

第三节 我国的水资源

水资源通常指逐年可以得到恢复和更新的淡水,而大气的降水是它的补给来源。根据水利电力部1986年的估算,在我国960万 km^2 的辽阔土地上,多年平均年降水量为61889亿 m^3 ,折合平均年降水深为648.4mm,低于全球陆面799mm和亚洲陆面741mm的多年平均降水深。全国河流多年平均径流量为27115亿 m^3 ,年平均地下水补给量8288亿 m^3 ,两者之和为35403亿 m^3 。因为河川径流量中已包括了大部分地下水补给量,扣除重复计算的水量7279亿 m^3 ,则得全国多年平均地面、地下水资源总量为28124亿 m^3 ,折合水深294.6mm。必须指出:在地面水资源补给中,除降水(包括降雪)补给外,还有少量的冰川和高山积雪的融水补给;在地下水资源补给中,还有少量的井泉出流补给。这些水源总量虽小,但在当地却可能是相当重要的水源。此外可以指出:全国水力资源理论蕴藏量为6.92

亿kW, 其中可以开发利用的为3.81亿kW。

我国的水资源量与世界各国比较, 仅次于巴西、苏联、加拿大、美国和印度尼西亚5国, 居世界第6位。但按人口、耕地面积平均, 则处于较低水平。我国人均占有水量只相当世界人均占有水量的1/4, 亩均占有水量只有世界亩均占有水量的1/2左右。因此, 我国的水资源并不富裕。同时, 我国的水、土资源的组合极不平衡。全国有45%的国土处在降水量少于400mm的干旱、少水地带。全国河流径流量的分配: 外流河水系占95.8%, 内陆河水系占4.2%, 而内陆河水系面积占全国35%。长江流域及其以南地区径流量占全国82%, 耕地只占全国38%; 黄、淮、海三大流域径流量只占全国6.6%, 而耕地却占全国40%。南、北水土资源分布相差十分悬殊。此外, 我国水资源年内、年际分配极不均匀, 是造成水、旱灾害频繁的重要原因。我国水资源的特点, 给治水和用水带来许多特殊问题。

从某种意义上讲, 水资源是工程水文学的研究对象, 读者应给以足够的重视。

第四节 我国水文事业的发展

新中国成立以来, 水文事业取得了巨大的成就和丰富的经验。这里只简单叙述水文资料的收集、水文分析计算和水文预报方面的发展情况。

一、水文资料的收集

建国初期, 中国的水文站只有353处。随着国民经济建设的发展, 到1982年水利电力系统的水文站已发展到3401处, 水位站1373处, 水文实验站60处, 以及雨量站点近两万处。建国初期水利电力部就制订了《水文测验规范》, 以后不断修订, 统一了水文测验技术标准, 保证了测验成果的精度。测验仪器设备得到了很大的改进, 大部分测站实现了缆道测流, 并逐步走向自动化。水文资料整编工作取得了很大成绩, 已刊印水文年鉴1700多册, 积累了各种项目的资料80多万站年。但是, 随着资料种类的增加和数量的积累, 以水文年鉴为主的资料形式已不能满足资料管理和使用的需要。从1980年起, 水利电力部开始筹建全国水文资料中心, 并将建立水文资料数据库, 以利用电子计算机存储和检索水文资料。

二、水文分析计算

建国后国民经济建设的蓬勃发展, 促进了水文分析计算工作。在这方面, 积累了丰富的实践经验。1979年颁发了《水利水电工程设计洪水计算规范》, 1983年颁发了《水利水电工程水文计算规范》。1975年以后, 全国开展了可能最大暴雨的研究, 已制成《全国24小时可能最大暴雨等值线图》, 各省也相应地编制了《可能最大暴雨图集》, 并进行了《暴雨洪水查算图表》的编制工作。'80年代初在全国范围内进行了历史洪水的汇编工作, 参加汇编的历史调查洪水涉及6000多个河段, 包括10000多次历史洪水, 各省出版了《洪水调查资料》。从1980年起, 又进行了全国水资源调查评价工作, 1986年已编成《中国水资源评价统计资料汇编》。所有这些工作, 在我国水利建设中都起了重要作用。

三、水文预报

新中国成立初期，由于防洪斗争的需要，在一些较大河流上开展了短期洪水预报，取得了良好效果。随着社会主义建设事业的发展，水文预报技术有了新的发展。对不同自然地理条件下的产流、汇流预报、水库预报、冰情预报、枯季径流和旱情预报的理论和办法，进行了不同程度的研究和探索，积累了许多宝贵经验，初步形成了适合我国情况、具有我国特点的水文预报方法。在防汛抗旱斗争、水库调度运用和工农业生产建设等方面，水文预报起到了很好的参谋和耳目作用。我国已建成比较完整的水文情报站网。截至1981年，全国共有水文情报站8646处，能及时传递水情，保证了水文预报的顺利进行。1985年水利电力部颁发了《水文情报预报规范》，对促进我国水文情报预报工作水平的进一步提高将起到积极的作用。

小 结

工程水文学是将水文学知识应用于工程建设，主要是水利工程建设的一个人文学分文。作为一门课程，工程水文学则是一门实践性很强的课程，书中所介绍的方法大部分都有规范可循（见参考文献[22]~[26]），对于这些方法所依据的理论，本书力求用便于理解的方式加以阐述。同学们只要认真阅读课文，仔细体会各章所附的复习题及思考题，并做好习题，就一定会发现本课程是比较容易学习的。复习题和思考题不交批，但它们可以启发同学深入思考并帮助同学更好地消化该章的内容。

本章中的4节内容，对大家认识工程水文学的实质及认识本课程的性质都是有益的，每位同学至少必须认真通读一遍。水文现象的3种基本规律及与之相应的3类基本方法，其概念将贯穿于全书，读者应认真学习和体会。

作为一个水利类专业的学生，必须掌握工程水文学的基本知识，初步掌握水文计算和水文预报的方法，以便适应水利工程建设中规划、设计、施工和运营管理各阶段的水文工作。

复习题及思考题

- 1-1 什么是水文现象的确定性规律？确定性规律是否可以叫作成因规律？为什么？
- 1-2 什么是水文现象的随机性规律？随机性规律是否可以叫作统计规律？为什么？
- 1-3 水文学的3类基本方法与水文现象的3种基本规律如何相互对应？

第二章 水文资料的收集

学习指导

进行水文分析计算时，需要收集水文资料，为了能正确地使用这些资料，有必要了解它们的来源。水文资料一般是通过设立水文测站进行长期定位观测而获得。水文测站数目有限，设站时间一般还不很长，为了弥补其不足，应进行水文调查。

水文测站既然是获得水文资料的基本场所，同学们最好能到附近的水文测站参观一次，了解一下水文测站设站有何要求、观测哪些项目、如何观测等。

每次水文要素观测后必须进行整理、统计、刊布，才能供各部门使用，这就是资料整理。经整理后的资料按全国统一规定分水系、流域、干支流及上下游，每年刊布一次，称水文年鉴。同学们可到水文站或设计院或水利局等有关单位去查看水文年鉴，以便今后工作时知道如何查找资料。

虽然学习本章的目的是要学会收集水文资料，但中心内容却是要了解降水、水面蒸发、水位、流量等水文要素测验^①的一般方法、日平均水位的计算、流量计算，同时对水位流量关系有一定的了解。

本章重点是流量的测验。

第一节 水文测站

水文分析计算工作所需要的水文资料包括水位、流量、泥沙、冰凌、水质、地下水、降水、蒸发、水温等，我们常将它们称作水文要素。这些水文要素受到气候、地理等多方面因素的影响，不仅表现在在时间上的变化，也表现在在地区上的差异。

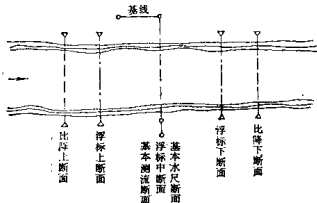


图 2-1 水文测站布置平面图

水文要素是变化的，为了研究、掌握它们的变化规律，一般是在指定地点（或断面）设立水文测站对各项水文要素进行长期观测，并按统一规格进行整理，刊印成册（水文年鉴）供查阅。因此，水文测站是进行水文观测的基层单位，也是取得水文资料

^① “测验”是水文学的术语，即观测或测量。

的基本场所。水文测站平面布置的一般情况见图2-1。水文测站上设置一些断面、基线、水准点，是用来观测水文要素的。

水文测站还可按其测验项目分为雨量站、水位站、流量站等。

水文测站虽是进行水文测验的基地，但是，它所观测到的水文资料只能代表站址处的水文情况。因此，必须布设一定数量的水文测站，形成相互联系的网，靠它们联合作用，来控制大范围的水文现象。这个由很多水文测站组成的网称为水文站网。运用站网所收集的资料，进行分析综合，就可以内插出流域内任何地点的水文要素的特征值。

第二节 降水和蒸发的观测

一、降水观测

河水来源于降水。我国大部分地区的降水以降雨为主，北方地区冬季以降雪为主。下面所讲降水，主要是指降雨而言。

(一) 观测

降水量以降落在地面上的水层深度表示，以mm为单位。观测降水量的设备，通常有20cm口径的雨量器和自记雨量计。这些仪器按一定的要求安放在观测场内，而观测场的位置、环境、面积大小也有一定的规定。

雨量器是一个圆柱形金属筒，见图2-2。雨量器上部的漏斗口，内径是20cm，雨量器下部放储水瓶收集雨水。观测时将雨量器里的储水瓶迅速取出，换上空的储水瓶，然后用特制的量杯测定储水瓶中收集的雨水。

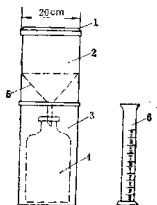


图 2-2 雨量器
1—器口；2—承雨器；3—雨量筒；4—储水瓶；5—漏斗；6—量雨杯

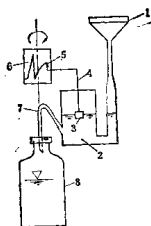


图 2-3 虹吸式自记雨量计构造示意图
1—承雨器；2—浮子室；3—浮子；4—连杆；5—自记笔；6—自记钟；7—虹吸管；8—储水瓶

用雨量器观测降水量的方法一般是采用分段定时观测，即把一天分成几个等长度的时段，如分成4段（每段6h）或分成8段（每段3h）等，分段数目根据需要和可能而定。日雨量是以每天上午8点作为分界，将本日8点至次日8点的降水量作为本日的降水量。

自记雨量计能自动地连续地把降雨过程记录下来。虹吸式自记雨量计的构造见图2-3。

雨水从承雨器进入浮子室，浮子即随水位的上升而上升，并带动连杆使自记笔在装有记录纸的自记钟上向上移动，随着自记钟的转动，各时刻的雨量便记录下来。当浮子室充满雨水时，自记笔移到记录纸上沿，雨水在虹吸管的作用下自动泄入储水瓶，此时自记笔迅速垂直下跌到自记纸的下沿。若雨水仍在不断地下降，浮子室继续充水，自记笔又重新向上移动，降雨过程便由自记笔在记录纸上绘出。

从自记雨量计的记录纸上，可以确定出降雨的起止时间、雨量大小、降雨量累积曲线、降雨强度变化过程等。

(二) 降水特性的描述

在水文学中常用降水量、降水历时、降水强度以及降水在时程上的分配和空间上的分布来描述降水特征。降水量、降水历时和降水强度可以定量地描述降雨特性，称为降水三要素。

1. 降水在时间上的分配

降水量是指一定时段内降落在某一点或某一面积上的总雨量，单位为mm，计至小数后一位。降水历时是指一次降雨所经历的时间，以分钟（min）、小时（h）、日（d）、月、年为单位。降雨强度表示单位时间内的降水量，以mm/min或mm/h计，可分为平均降水强度和瞬时降水强度。若降水历时 T 内，降水量为 P ，则可求出此历时内的平均降水强度 \bar{i} ：

$$\bar{i} = \frac{P}{T} \quad (2-1)$$

若历时很短，趋近于零，就可得出瞬时的降水强度 i ：

$$i = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta T} = \frac{dP}{dt} \quad (2-2)$$

降雨在时程上的分配是不均匀的。可用降雨强度过程线表示降雨强度随时间的变化。图2-4为某雨量站1958年6月12~13日一次降雨的强度过程线，瞬时的和时段（ $\Delta t=2h$ ）平均的。瞬时降雨强度过程线是根据自记雨量计的观测记录整理绘制的，过程线下所包围的面积就是这次降雨的雨量。如果只有雨量器按规定时段进行观测的雨量记录，就只能绘出时段平均降雨强度过程线，过程线下各时段内的矩形面积表示该时段内的降雨量。例如在图2-4中6月12日12~14时的降雨量：

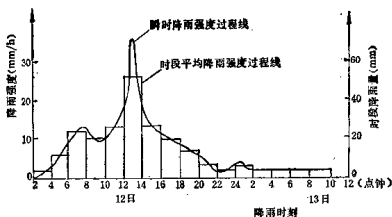


图 2-4 某雨量站1958年6月12~13日一次降雨强度过程线

$$P = 25(\text{mm/h}) \times 2(\text{h}) = 50\text{mm}$$

不难看出，将时段平均降雨强度过程线的纵坐标改换成时段降雨量，则时段平均降雨强度过程线即成为降雨量过程线的直方图（柱状图），图的形状不变。

降雨过程也可用累积降雨量曲线表示，此曲线横坐标为时间，纵坐标代表自降雨开始到各时刻的降雨量的累积值，见图2-5。从累积曲线上可以量取某一时段或某一历时的雨量。曲线上各时段内的平均坡度即为该时段内的平均降雨强度。曲线上各点切线的斜率表示该瞬时的降雨强度。曲线斜率最大处，表示降雨强度最大。曲线水平时，表示没有下雨，雨强为零。

自记雨量计的记录就是雨量累积曲线，但跌落处要接起来。

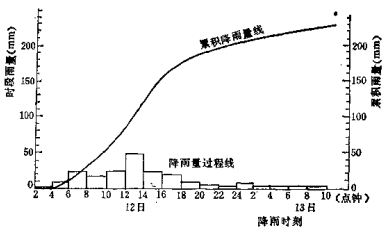


图 2-5 某雨量站1958年6月12~13日一次降雨的累积雨量线

2. 降水在地区上的分布

流域上的一次降雨，在各处测得的雨量并不相等，有的大，有的小。雨量集中，且范围较小的局部地区称为降雨中心。降雨量的这种变化称为降雨量的空间分布，常以降雨量等值线图表示（见第三章第三节）。

水文年鉴中刊布有当年逐日降水量表和各种历时（如5、10、30min，1、3、6、12、24h等）的最大降水量等降水资料，可供水文计算时用。

二、蒸发观测

蒸发是水由液态或固态变为气态的现象，是水面和陆面与大气之间的水量交换的形式之一。自然界的蒸发基本上可分为水面蒸发与陆面蒸发两大类，水面蒸发包括江河、湖泊、水库等水体表面的蒸发，而陆面蒸发则包括土壤蒸发、植物截留蒸发和植物叶面散发等。

水面蒸发是蒸发中最简单的一种，由于它是在蒸发面充分供水情况下的蒸发，此时影响蒸发的因素较少，主要是温度、湿度、风等气象因素。在这一小节里只讨论水面蒸发的观测和计算问题。

1. 水面蒸发的观测

观测水面蒸发的仪器有改进后的E-601型蒸发器、口径为80cm带套盆的蒸发器和口径为20cm的蒸发皿3种。在水文系统观测水面蒸发的标准仪器是改进后的E-601型蒸发器。

冰期用E-601或80cm口径蒸发器观测有困难时,可用20cm口径蒸发器观测,图2-6为80cm带套盆的蒸发器,专门进行水面蒸发研究的蒸发试验站,为了更接近自然水体,使用20m³

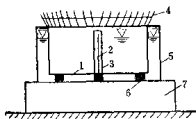


图 2-6 80cm套盆式蒸发器
1—蒸发器; 2—测针; 3—静水圈; 4—防风圈;
5—套盆; 6—木垫块; 7—平台

或100m³的大型蒸发池进行水面蒸发的观测。

蒸发量每天观测一次,以8点为日分界,即从本日8点到次日8点的蒸发量作为本日的蒸发量。

2. 蒸发器的折算系数

用蒸发器测得的蒸发量与江河、湖泊、水库等自然水体的蒸发量有一定的差别,因为它们的受热情况、上空的湿度以及风力的影响都不相同。蒸发器测得的蒸发资料,必须通过折算才能求出自然水面的实际蒸发量,即

$$E_w = KE'_w \quad (2-3)$$

式中 E_w ——自然水面蒸发量;

E'_w ——蒸发器实测水面蒸发量;

K ——蒸发器折算系数,是由蒸发试验站通过对大型蒸发池和各种蒸发器的蒸发量观测资料对比得出的,它与蒸发器的类型、季节、地理位置等有关。

从各地蒸发站的试验资料来看,E-601型的蒸发接近天然,其折算系数常在1.00附近,而80cm蒸发器及20cm蒸发皿的折算系数一般小于1.00。

水文年鉴中所刊布的蒸发资料是蒸发器的观测资料,使用时应注意蒸发器的型号,并进行折算。

第三节 水位观测及日平均水位的计算

水位是指江河、渠道、水库等水体水面的高程,单位为m,计至两位小数,计算高程要有个基面作为起点,通常是以河流入海处接近海面平均高度的某一固定点作为起点,称为绝对基面。目前全国规定用青岛黄海基面作为计算标准。过去有的采用吴淞、大沽、珠江等基面。各种基面的绝对高程是不相同的,使用水位资料时必须注意其所依据的基面。

有的水文站还使用测站基面,这是一种假设基面,它常以观测地点历年最低水位以下0.5~1.0m作为零点,来计算水位高度。

一、观测水位的设备和方法

常用的水位观测设备有水尺和自记水位计两种。

(一) 水尺

按水尺型式不同可分为直立式、倾斜式、矮桩式和悬锤式4种,其中应用最广泛的是直立式水尺,见图2-7。

水位观测包括基本水尺水位和比降水尺水位的观测。基本水尺水位是分段定时观测,水位平稳时,每日8时观测一次,水位变化时,应增加测次。比降水尺观测的目的是为了