



普通高等教育“十五”国家级规划教材

河海大学 梁忠民 钟平安 华家鹏 主编

水文水利计算

SHUIWEN SHUILI JISUAN



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十五”国家级规划教材

水文水利计算

河海大学 梁忠民 钟平安 华家鹏 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十五”国家级规划教材。书中阐述了工程水文设计和水利计算的基本原理与方法,包括:洪水频率分析方法、设计洪水(暴雨、年径流)计算、城市设计洪水计算、可能最大暴雨(洪水)计算、需水量计算与预测方法、水电站水能计算、灌溉工程水利计算以及防洪工程水利计算等内容。

本书为高等院校水文专业本科核心课程教材,也可供从事水文、水利工程管理,交通工程和市政工程专业技术人员使用参考。

图书在版编目(CIP)数据

水文水利计算/梁忠民,钟平安,华家鹏主编. —北京:中国水利水电出版社,2006

普通高等教育“十五”国家级规划教材

ISBN 7-5084-3952-X

I. 水... II. ①梁... ②钟... ③华... III. ①水利工程—水文计算—高等学校—教材 ②水利工程—水利计算—高等学校—教材 IV. TV12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 083196 号

书 名	普通高等教育“十五”国家级规划教材 水文水利计算
作 者	河海大学 梁忠民 钟平安 华家鹏 主编
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266(总机)、68331835(营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16开本 23.5印张 557千字
版 次	2006年8月第1版 2006年8月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	38.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

出版说明

为了贯彻落实教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》(教高[2001]1号文件),制订好普通高等教育“十五”教材规划,教育部高等教育司于2001年8月向有关部委与高校发出《关于申报普通高等教育“十五”国家级教材规划选题的通知》。受水利部人事劳动教育司委托,高等学校水利学科教学指导委员会在刚刚完成第五轮教材建设规划的基础上组织了“十五”国家级规划教材的申报工作。经过广泛发动,积极申报,水利学科教学指导委员会与各专业教学组根据前四轮教材的使用情况、第五轮教材的建设规划以及近几年教学内容课程体系改革所取得的成绩与经验,对申报教材进行了认真的审核,并经水利部人事劳动教育司的同意,向教育部高等教育司推荐了30种教材(其中CAI、多媒体课件3种)。2002年5月教育部印发了《普通高等教育“十五”国家级教材规划选题》,水利学科共有23种(其中包括高职高专教材8种)教材入选。

在列入规划的教材中,除一部分是质量较高、在教学中反映较好的修订教材外,更多的是反映教学内容课程体系改革成果、在内容和体系上有明显特色的新教材,还有3种是经多次使用修改,教学效果较好的CAI、多媒体教材。每种规划教材的作者均是经过各专业教学组认真遴选与推荐的,他们不仅具有丰富的教学经验和较深厚的学术造诣,而且近几年活跃在教学、教改第一线,这为保证规划教材的高质量提供了最重要的条件。

一部优秀教材在保证教学质量上所起的作用是众所周知的。一部优秀教材的产生,除了需要作者的精心编著,更需要使用者将教

学实践中所取得的经验及时地反馈给作者，以便在修订再版时精益求精。因此，我们不仅推荐各院校水利类专业积极选用合适的规划教材，更希望在使用后能将有关的意见与建议告诉作者。经过作者与使用者的共同努力，出版若干种水利类的精品教材是完全可能的。

高等学校水利学科教学指导委员会

2004年7月

前 言

本教材是根据普通高等教育“十五”国家级规划教材编制计划编写完成的，是高等院校水利水电类本科专业的通用教材，同时也是教育部高教司颁布的水文与水资源工程本科专业核心课程教材。

本教材分为水文计算和水利计算两部分。水文计算部分以洪水频率分析、设计洪水（暴雨）计算和设计年径流为主要内容，同时介绍了城市及小流域设计洪水计算、最大可能暴雨（洪水）等方面的知识。水利计算部分以径流调节为主线，介绍了径流调节中需水量的计算与预测方法，径流调节的计算，以及径流调节原理在发电、灌溉、防洪等水利计算问题中的应用。本教材取材丰富，涵盖了工程水文设计及水利计算的主体内容，章节编排合理，体系完整，用例详实，适于本（专）科以上相关专业教学使用，也可供工程技术人员参考。

本教材由河海大学梁忠民、钟平安、华家鹏主编，梁忠民、华家鹏主持编写了水文计算部分，钟平安主持编写了水利计算部分。全书共分12章，各章节的编写人员为：第一章由梁忠民、钟平安编写；第二章、第三章由梁忠民编写；第四章由王栋、梁忠民编写；第五章由刘俊编写；第六章、第七章由华家鹏编写；第八章、第九章、第十章、第十一章由钟平安编写；第十二章由陆宝宏编写。

全书由南京水利科学研究院吴正平教授主审，主审人对书稿进行了认真细致的审查，并提出了许多建设性的修改意见，编者在此深表谢意。

本教材编写中，主要引用和参考了由刘光文主编的《水文分析与计算》（水利电力出版社，1989）和叶秉如主编的《水利计算及水资源规划》（水利电力出版社，1995），同时还参阅和引用了有关院校和科研单位编写的相关教材、著作和技术文献，并在每章的最后列出了主要参考文献。本书的编写和出版，得到了河海大学水资源环境学院、中国水利水电出版社的大力支持，并得到了河海大学“211工程”项目的资助，中国水利水电出版社吴娟编辑对书稿进行了认真仔细的编辑，编者在此一并致谢。

限于编者水平，书中有不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2006年5月

目 录

出版说明

前言

第一章	绪论	1
第一节	水文水利计算学科的基本任务	1
第二节	水文水利计算的主要研究方法	2
第三节	水文水利计算的基本内容	6
	参考文献	8
第二章	洪峰流量及时段洪量的频率分析	9
第一节	水文过程的随机特性描述	9
第二节	洪水资料的分析处理	11
第三节	历史洪水的调查和考证	17
第四节	考虑历史洪水资料信息的洪水频率计算方法	23
第五节	设计成果的合理性分析	33
第六节	洪水设计值的抽样误差和安全修正值问题	36
	参考文献	37
第三章	防洪安全设计与设计洪水	39
第一节	防洪安全设计	39
第二节	设计洪水概念	44
第三节	设计洪水过程线的拟定	48
第四节	设计洪水的地区组成	53
第五节	入库设计洪水	56
第六节	分期设计洪水与施工设计洪水	58
	参考文献	60
第四章	由暴雨推求设计洪水	62
第一节	概述	62
第二节	暴雨特性分析	63
第三节	点暴雨量频率计算	70
第四节	面暴雨量频率计算	78
第五节	设计暴雨量的时空分布计算	85
第六节	分期设计暴雨	89
第七节	由设计暴雨推求设计洪水	92
	参考文献	94

第五章	城市及小流域设计洪水	96
第一节	小流域设计洪水计算特点	96
第二节	小流域设计暴雨	97
第三节	由推理公式推求设计洪水的基本原理	101
第四节	地区经验公式推求设计洪水	108
第五节	城市化对水文的影响	110
第六节	城市排水管网设计流量计算	111
第七节	管渠排水系统设计流量过程线推求	118
	参考文献	124
第六章	可能最大暴雨与可能最大洪水	125
第一节	概述	125
第二节	可降水量	126
第三节	时面深分析	132
第四节	暴雨的极大化	133
第五节	暴雨移置	137
第六节	PMP 时面深曲线绘制	139
第七节	可能最大降雨的时空分布及其在流域上的应用	141
第八节	暴雨组合法	143
第九节	山区可能最大暴雨估算	144
第十节	PMP 等值线图的应用	147
第十一节	PMP 成果的合理性分析	150
第十二节	可能最大洪水	152
	参考文献	153
第七章	设计年径流及其年内分配	154
第一节	概述	154
第二节	影响年径流的因素	157
第三节	具有长期实测资料时设计年径流量及年内分配的分析计算	159
第四节	具有短期实测径流资料时设计年径流量及年内分配的分析计算	165
第五节	缺乏实测径流资料时设计年径流量及年内分配的分析计算	169
第六节	设计枯水径流量分析计算	172
第七节	流量历时曲线	174
	参考文献	175
第八章	需水量计算与预测	176
第一节	用水户分类及其层次结构	176
第二节	工业需水量的计算与预测	178
第三节	灌溉需水量的计算与预测	189
第四节	生态需水量的计算与预测	203
第五节	其他需水量的计算与预测	207
第六节	综合需水过程计算	210
	参考文献	211

第九章	径流(量)调节计算	212
第一节	概述	212
第二节	年调节水库径流调节计算方法	221
第三节	年调节水库保证供水量与设计库容之间的关系	235
第四节	时历法多年调节计算	237
第五节	数理统计在径流调节中的应用	243
第六节	数理统计法多年调节计算	247
第七节	水库水量损失计算	261
	参考文献	266
第十章	水电站水能计算	267
第一节	概述	267
第二节	电力系统的负荷及其容量组成	272
第三节	保证出力和多年平均年发电量计算	277
第四节	水电站装机容量选择	283
第五节	正常蓄水位与死水位选择	292
第六节	水电站水库调度图	299
第七节	抽水蓄能电站简介	302
	参考文献	304
第十一章	灌溉工程水利计算	305
第一节	概述	305
第二节	引水灌溉工程水利计算	309
第三节	蓄水灌溉工程水利计算	311
第四节	提水灌溉工程水利计算	316
第五节	地下水灌溉工程水利计算	319
	参考文献	323
第十二章	防洪工程水利计算	324
第一节	概述	324
第二节	水库防洪水利计算	330
第三节	水库防洪计算有关问题	339
第四节	堤防防洪水利计算	343
第五节	分(蓄)洪工程水利计算	352
第六节	溃坝洪水计算	354
	参考文献	357
附录一		358
附录二		362

绪 论

第一节 水文水利计算学科的基本任务

水资源是人类社会生存发展所必不可少的物质基础。洪水和干旱始终是威胁人类社会生存的自然灾害。从广义来说,水文水利计算学科的基本任务就是分析研究水文规律,为充分开发利用水资源、治理水旱灾害和保护环境工作提供科学的依据。

我国是一个水资源短缺的国家。虽然我国水资源总量居世界第六位(约 $2.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$),但是我国人口众多,按 1997 年统计,人均占有水资源量只有 2220 m^3 ,约为世界人均水量的 $1/4$ 。我国的水资源不仅人均水平很低,而且在地区上分布极不均匀,特别是水资源的空间分布与土地资源的分布不相匹配,使矛盾更加尖锐。黄、淮、海三流域耕地面积占全国的 39%,人口占 35%,GDP 占 32%,而水资源量仅占 7.7%,人均水资源量约 500 m^3 ,是我国水资源最为紧张的地区。长江流域耕地面积占全国的 24%,人口占 34%,GDP 占 33%,水资源量占 34%,人均水资源量约 2289 m^3 。而西南诸河流域耕地面积仅占全国的 1.8%,人口占 1.6%,GDP 占 0.7%,但水资源量却占 21%,人均水资源量约 29427 m^3 ,是我国水资源最为丰富的地区。

我国又是一个水旱灾害频繁的国家。由于我国大部分地区属季风型气候,各地降水主要发生在夏季,容易形成江河的汛期洪水和非汛期的枯水。而降水量在年内和年际间的剧烈变化,既有可能出现罕见的特大暴雨和特大洪水,又有可能出现连续几个月的无雨或少雨,甚至发生持续若干年的干旱现象。据 1950~1990 年统计,全国平均每年受水灾面积约 1.2 亿亩,受旱灾面积约 3 亿亩。如 1954 年长江和淮河、1998 年长江和松花江的大洪水,1959~1961 年连续 3 年全国范围的严重干旱,都给当时的工农业生产、人民生活 and 国民经济发展带来困难。正如司马迁所感叹的:“甚矣哉,水之为利害也。”

各项水利建设的目的,不外乎除水害与兴水利。而除害兴利问题的提出,则是由于天然来水过程,往往与国民经济的需水过程不相适应而出现的矛盾。解决这种矛盾可采取各种工程措施和非工程措施。

每一项水利建设在实施过程中,都可以划分为规划设计、施工及管理运用三个阶段。水利建设即是为了解决来水和需水的矛盾,因此在实施过程中的每一阶段都需要水文工作者提供关于未来水文情势的预告。不过由于各阶段的任务不同,因而对于水情预报的要求有着不同的内容和特点。

规划设计阶段水文水利计算的主要任务是合理地确定工程措施的规模。规模定得过

大,将会造成投资上的浪费;定得过低又会使水利资源不能得到充分地利用,造成资源浪费,或需水量得不到保证,影响社会经济发展。对于防洪措施,还可能造成工程失事,甚至给人民的生命财产带来巨大损失。由于水利工程的使用期间一般为几十年甚至百年以上,因此在规划设计时,必须知道工程所控制的水体在未来整个使用期间可能出现的水文情势(如,某一规定标准的设计洪水过程及其时空组合、某一设计保证率的年径流过程等),以及根据可能的水文情势所确定的开发方式、工程规模和主要设计参数等。水文水利计算正是为了解决这一类问题而服务的学科。

施工阶段的任务是将规划设计好的建筑物建成,将各项非工程措施付诸实施。由于水利工程施工期限一般较长,往往需要一个季度以上,甚至长达几年之久,所以需要修建一些临时性建筑物,如围堰、引水隧洞或渠道等。这样,必须通过水文计算途径预先估计整个施工期间可能出现的来水情势,在此基础上确定这些临时性工程的规模和尺寸。同时,在这一阶段,需要根据未来施工期间的水情变化和工程进度计划,通过水利计算确定水利工程枢纽的初期运行计划和调度方案。在具体施工期间,再结合短期的(例如几天甚至几小时)水文预报,实时进行施工安排和组织调度。

管理运用阶段的主要任务在于充分发挥已成水利措施的作用。因此就需要知道未来一定时期内的来水情况,以便确定最经济合理的调度运用方案。这一阶段对于水文工作的要求,就是根据水文分析计算获得未来长期内可能出现的平均情势,再考虑到水文预报所提供的较短期内的实时预报,通过水利计算拟定出实时的最佳调度运用方案,保证获得最大的社会效益和经济效益。

综上所述,水文水利计算的根本任务就是为水利工程建设提供未来水文情势预估和规划设计参数。规划设计的中心思想,在于拟定一个既经济合理又安全可靠的工程设计方案。掌握建筑物所在水体于未来整个使用期间的水文情势,并据此明确综合开发策略、工程规模和调度运行方案是达到上述要求的基本前提。

国民经济还有许多部门,诸如工矿企业、城市建设、交通运输,尤其是农林水利建设,都需要了解有关的水情变化状况并确定合理的规划和调度运行方案。工矿企业必须解决工业用水的水源问题;城市建设必须解决供水、排洪及排污等问题;在交通运输方面,由于铁路、公路往往需要跨越江河,因而必须研究这些江河的水情变化规律,合理确定有关建筑物的尺寸(如桥梁的高度、涵洞的大小等);在农、林、水利建设方面(如灌溉、排水、防洪、发电等),更需要了解和掌握水情变化规律,并在此基础上正确拟定经济合理的工程措施。此外,对于已建成的水利工程在调度运用时,同样有必要了解水情的未来变化情况,拟定调度运行策略,使现有工程发挥较大的效用。总而言之,国民经济建设从多方面对水文水利计算学科提出了任务和要求。

第二节 水文水利计算的主要研究方法

一、水文计算的主要研究方法

为了更好地了解水文分析与计算这门学科的性质和特点及其与另一学科——水文预报之间的区别和联系,有必要阐明如下的问题,即为什么水利建设对水文工作所提出的基本

要求不能以统一的方法,由一门学科来解决,而是形成了性质不同、方法各异的两门学科——水文计算和水文预报。

这种情况是由水文现象的客观性质所决定的。众所周知,动态规律性与统计规律性是自然现象中客观存在的两种基本规律性,反映着必然性和偶然性两类范畴的存在与作用。在每种现象中都存在着这两种规律的交互作用,水文现象也不例外。

水文计算和水文预报都是解决“预报”性质的任务,有其统一的一面。但另一方面,由于提供的预见期极不相同(水文计算要求预估未来几十年甚至几百年内的情况,水文预报通常只能预报几天或一个月内的未来情况),因而又使两者有所区别。水文预报由于提供的预见期较短,往往是根据现象的前一过程(已发生)来预报后一过程(未来)的情况。这时,必然性联系对于现象的发展起主导作用。因此,在水文预报中,主要采用探讨动态规律性的方法,例如:根据上游断面的水文情况通过水流在河道中的传播规律来预报下游断面未来的水文情势。又如根据降雨过程通过降雨产生径流的规律,来预报洪水的过程。在这种过程中,偶然性虽然也是存在的,但并不决定着过程的本质方面。随着预见期的逐渐加长,对于所研究的水文现象来说,参与控制或影响结果的因素和过程也随之复杂化。这时,现象之间的必然性联系退居次要地位,而偶然性因素显示了重要的作用。因此,在水文计算中主要是采用探讨统计规律性的统计方法,这样就形成了两门不同的学科。

统计分析方法是依据当地的水文气象资料,分析确定水文特征变量 X , 超过给定数值 x 的概率分布函数 $F(x)$, 并用来进行“概率预估”。

$$F(x) = P\{X \geq x\}$$

概率预估不同于确定性预报,它只能预估某事件出现的概率 P 即可能性,而无法预报该事件是否一定出现,以及实际出现的具体时刻。若能对水文特征变量作出正确的“概率预估”,对于工程的规划设计、施工和管理工作都会有帮助的,可以为决策人权衡得失提供客观依据。

现以一项防洪工程措施为例,加以说明。如培修堤防和疏通排洪道以扩大河道行洪能力,若要求排洪能力达到 $Q_m = 800 \text{ m}^3/\text{s}$, 需投资 K_1 万元;若削减排洪流量为 $640 \text{ m}^3/\text{s}$, 则投资也相应降低为 K_2 万元。两流量相应的出现概率分别为 5% 和 10%, 即前者每年受灾的可能性为 5%, 或者说其安全保证程度为 95%; 后者受灾的可能性为 10%, 其安全保证程度为 90%。两种不同的工程规模建成后防洪效益是不同的,从而客观反映出安全与经济的矛盾。据此可以作出若干个方案,综合比较各方案的工程投资与受灾的风险,选定适宜的实施方案。

目前我国在水工设计中,并不是根据工程经济分析结果来决策选取最优方案,而是由规范统一规定工程的设计标准,即规定设计采用相应概率 P 的水文变量作为设计条件。为此,国家和有关部门曾颁发相关的国家和行业标准,以及相应的设计规范,如 GB 50201—94《防洪标准》、SL 44—93《水利水电工程设计洪水计算规范》、SDJ 11—77《水利水电工程水利动能设计规范》等。在进行具体工程设计时,根据水利工程的规模、重要性及效益情况,按其中的规定即可确定其等级和相应的设计标准,并可根据规范中的方法进行工程设计计算。

因此,对水文计算的具体要求是:推求在工程运用期间,当地可能出现的符合设计标准 P 的水文变量或水文过程,如 $P=1\%$ 的设计洪峰流量 $Q_{m,P}$; 3 天洪量 $W_{3d,P}$ 及设计洪水过程线为 $Q_P(t)$ 。

要满足上述要求,水文分析与计算必须研究以下问题:

- (1) 决定各种水文特征值的数量大小。
- (2) 确定该特征值在时间上的分配过程。
- (3) 确定该特征值的空间分布方式。
- (4) 估算人类活动对水文过程及环境的影响。

在解决这些问题的实际工作中,经常遇到两种不同资料条件,即具有充分实测资料和实测资料短缺的情况。

在具有充分实测资料的情况下,现行的水文计算方法主要是采用数理统计方法,来探讨水文现象的统计规律性。即首先对水文特征值的数量大小进行频率分析,以求得这一特征值的频率曲线或概率分布中的参数,进而推求指定设计标准的设计值。

对于时间和空间的分配问题,现行水文计算方法是从考虑数量大小与时空分配的相互联系着手,利用组合频率的概念,并适当地考虑安全因素,然后通过典型过程放大或缩小的具体方法来拟定一种时间和空间的分配方案。

在实测资料短缺的情况下,现行方法主要是以水文现象之间的某些客观联系作为依据,再按照不同的情况,采用不同的具体方法。例如采用相关分析、等值线图、经验公式以及水文比拟法等,来解决上述问题。

从以上所述可以看出,水文分析与计算的成果,主要表现为求得某一水文特征值的频率曲线以及拟定相应的某种时空分配过程。根据这种形式的水文计算成果,在规划设计中拟定合理的措施规模,一般采用设计频率(或平均重现期)的概念。首先规定某种事故或失事的风险率作为设计标准,用来确定各种水文特征值的设计值;再配上相应的时空分配方式。根据这样的水文事件,就可以最终确定工程的规模。规定作为设计标准的这个频率值称为设计频率。应该指出,由于现行水文计算方法在解决数量大小、空间分布和时间分配这三个问题时,理论上还很不完善,因此在实用上就往往不够可靠(特别是在缺乏实测资料时)。鉴于这种情况,目前在水文计算的实际工作中,当计算成果可能偏大或偏小,而根据又不很充分时,往往适当地考虑到安全因素,来确定最后选用的计算成果。

二、水利计算的主要研究方法

除了与水文计算一样,需要采用概率预估的思想方法来解决水利计算的问题外,基于水量平衡原理的调节计算方法是水利计算的主要研究方法。按照研究的对象和重点,调节计算可分为洪水调节和枯水调节,洪水调节主要解决防洪问题,枯水调节重点解决兴利问题。调节计算过程中必须兼顾工程或规划方案的经济性、安全性和可靠性要求。在研究方法上有传统方法与近代系统分析方法之分。

对于综合利用水利工程,传统调节计算方法在处理多目标问题时往往选择一个主要目标,如发电为主、灌溉为主、城镇供水为主等,其他次要目标在兴利调节过程中则简化处理,又如对于水量不大但很重要的部门需水,可选择在来水中扣除的方法处理(百分之百地满足)。

兴利调节计算,需提供供需两方面的信息。径流系列(来水)资料由水文计算提供,

需水量必须结合国民经济、社会和生态环境保护规模与发展状况确定。在以需定供的水利系统中,一般水利工程建设在解决供需矛盾时,都要求有一定的预见性,需水量不以现状实际需水为基础,而是采用设计水平年的需水为基础。需水预测精度是影响工程经济性和可靠性的重要因素,预测结果偏小,工程很快达到设计供水能力,很快就不能满足受水区域的需水要求,供水保证率下降,丧失供水可靠性;反之,预测结果偏大,工程长时间达不到设计效益,建设资金积压,造成经济损失,经济性下降甚至丧失。需水预测是一项十分复杂和困难的工作,目前大都分类预测,根据不同用户的用水特点和需水影响因素采用不同的预测方法,常用的方法有:趋势预测、指标(定额)预测、重复利用率提高法、弹性系数法等。

灌溉、城镇供水等只要求水利工程在特定的时间提供特定数量的水量,属于水量调节的范畴。水量调节计算方法可分为时历法和数理统计法两大类。

时历法是先根据实测流量过程逐年逐时段进行调节计算,然后将各年调节后的水利要素值(调节流量、水位或库容等)绘制成频率曲线,最后根据设计保证率得出设计参数,时历法是先调节计算后频率统计的方法。时历法根据资料情况和计算深度要求又有长系列与典型年法之分,长系列对计算结果作频率分析,得到设计值,其保证率概念明确,在条件许可时,是首选之方法。典型年法以来水的频率代替设计保证率,忽略了供需平衡中“过程”组合,由于来水年内分配影响,往往来水的频率与设计保证率不完全一致。

数理统计法则先对原始流量系列进行数理统计分析,将其概化为几个统计特征值,然后再通过数学分析法或图解法进行调节计算,求得设计保证率与水利要素值之间的关系,也就是先频率统计再调节计算的方法。对于多年调节水库设计,数理统计法可以在一定程度上克服径流系列不够长,即使有较长期的水文资料,多年调节中水库蓄满、放空的次数也不够多的缺陷。根据几率组合理论推求水库的供水保证率、水库多年蓄水量变化和弃水情况等,理论上较为完善;数理统计方法采用相对值计算,便于计算成果处理和概括,以及在不同河流上、不同水库间的计算成果的综合推广应用。为了得到多年调节所必需的连续枯水年的不同组合,实用中常根据历史资料建立随机模型,通过随机试验的方法人工生成足够长的水文系列,供调节计算使用。

水电站水能计算属于水能调节的范畴。水能调节计算比水量调节计算复杂,水能的大小同时受到水量与水头两个因素的共同影响,水能开发的效益还与开发方式以及设备的效率等密切相关。水能计算全过程围绕水量平衡、电力平衡和电量平衡展开,计算方法上,由于水量平衡方程与出力方程组成的方程组无法得到解析解,所以,试算是水能计算中常用的求解方法,在保证出力计算、调度图绘制、多年平均电能计算等许多方面都需要试算,而且根据问题的性质还有顺时序与逆时序的差别。

洪水调节本质上属于水量调节,与兴利水量调节相比,有两点差别:①计算时段变小,洪水调节时段长一般以小时为量级;②在特定的时段调节计算时必须考虑泄流能力的影响,具体求解方法以水量平衡计算和试算为基础,与兴利计算基本相同。

目前水资源的利用愈来愈趋向多单元、多目标发展,规模、范围日益增大。但水资源又不能无限制地满足需求,许多矛盾需要协调,需要整体、综合地考虑。现代意义的水资源规划与管理,已经牵涉到社会和环境问题,故已经不是作为纯粹工程性质的所谓技术科

学的一部分,而是在一定程度上已经从工程技术的水平过渡和提高到了环境规划的水平。因此现代意义的水资源的开发、利用或水利系统的规划、设计和管理运用,其内容、意义、目标都比传统更为广泛。

近代水资源开发利用综合、整体的观点和策略,引起了水资源研究方法有以下三个重要进展。

- (1) 产生了多目标优化、矛盾决策的思想原则和求解技术;
- (2) 流域库群系统整体优化的原则和方法;
- (3) 大系统分层和分解协调优化技术。

水资源的综合利用,是如何处理在规划和管理的优化决策中多个目标或多个优化准则的问题,这些目标样式各异,多半是不可公度(如发电量和灌溉的农作物产量间),甚至有些是不能定量而只能定性的。于是引入运筹学中新发展起来的多目标规划的理论和方法,应用于水资源系统的规划和管理中。

流域或区域范围的水资源问题,往往是一个庞大复杂的系统。例如流域的干支流的梯级库群、兴利除害的各种水利水电开发管理目标、地表地下水各种水源的联合共用等。为了使这样的大系统能易于优化求解,利用大系统的分层和分解协调技术常常是非常有利和必要的。

一个流域或地区水资源开发利用的整体性的概念和特性,导致了最新发展起来的系统工程和系统分析方法逐渐在水资源领域得到应用和不断发展。系统分析是一种组织管理“各种类型系统”的规划、研制和使用具有普遍意义的科学方法。它能更全面深入地进行水资源利用的分析研究,提高水利系统规划、管理的水平和效益。

随着大型水利系统的形成,水质、土地资源、环境质量等问题愈来愈重要,规划水利系统时不仅要着眼工程和水利经济效益,还要考虑对社会和环境的影响,在决策时应充分顾及或协调各方面的合理要求和意见,因此,应用系统分析的方法来研究水资源成为水资源开发利用课题的新方向。

第三节 水文水利计算的基本内容

为了根治洪涝旱等灾害,合理开发水资源,不但需要采取水利工程措施,同时也需要各种适宜的非工程措施。在进行这些工程(或非工程)措施的规划和设计时,“输入”的是设计流域的基本资料(包括地理、地形、气象、水文、社会经济等资料);经过一定的水文计算和水利计算程序,“输出”的是一个符合要求的最优流域规划设计方案;在此基础上进行工程设计(包括确定工程措施及非工程措施的项目、位置及其规模尺寸等基本参数),规划设计工作流程如图 1-1 所示。

优选流域规划设计方案程序分成水文计算和水利计算两个环节。

水文计算是第一个环节,其输入为基本资料,输出的成果是当地可能出现的水文情况,如设计洪水过程线、设计年径流及其过程分配等。水文计算输出的成果是水利计算输入的资料。水利计算则是在掌握了当地自然情况和国民经济对水资源开发的各种要求后,研究分析各种设计方案的经济效益,从中选定最优的参数值,或作出恰当的决策。

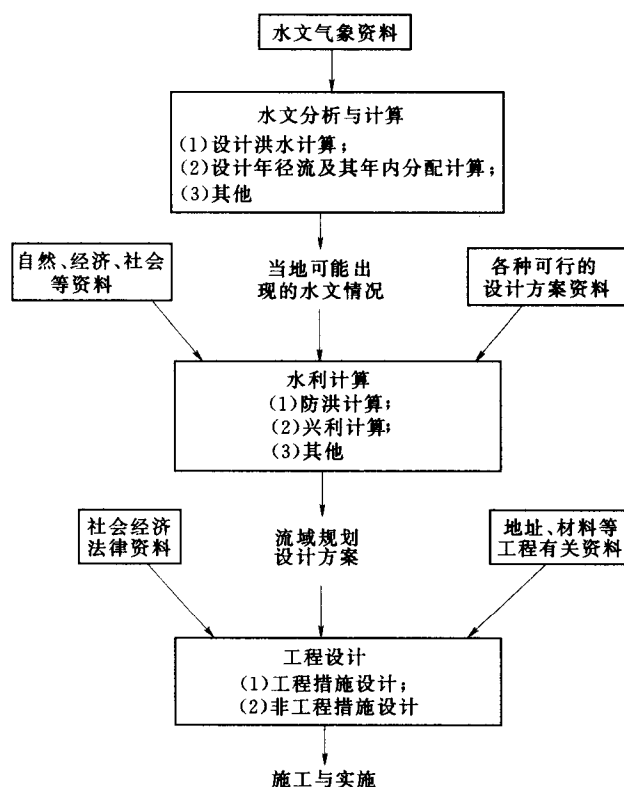


图 1-1 流域综合开发规划设计实施工作流程图

严格来说，规划设计方案实施后，所在流域的天然水文情势必将有相应的改变。因此，在规划设计阶段中就需要预计这部分变化。前述优选方案程序具有动态系统寻优的性质。规模不大的工程措施或非工程措施一般不会显著改变水文情势，在规划设计时可不考虑措施本身的水文效应。当需要估算这部分变化时，通常是先不考虑各项措施可能具有的水文效应，初选出最优设计方案，然后再估算方案实施后的水文效应，对预估的水文特征作必要的修正（见图 1-2），如将坝址洪水修正为建库后的入库洪水，又如考虑水库水体

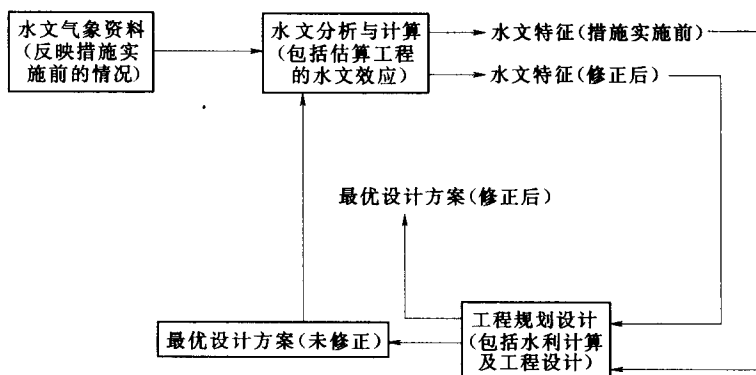


图 1-2 考虑设计方案水文效应修正计算流程图