



高等学校水利学科教学指导委员会组织编审

普通高等教育“十五”国家级规划教材

高等学校水利学科专业规范核心课程教材·水文与水资源工程

水文水利计算 (第2版)

主 编 河海大学 梁忠民 钟平安 华家鹏
主 审 南京水利科学研究院 吴正平



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



高等学校水利学科教学指导委员会组织编审

普通高等教育“十五”国家级规划教材

高等学校水利学科专业规范核心课程教材·水文与水资源工程

水文水利计算 (第2版)

主 编 河海大学 梁忠民 钟平安 华家鹏
主 审 南京水利科学研究所 吴正平

 中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为高等学校水利学科专业规范核心课程教材，同时也是普通高等教育“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与水资源工程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的技术人员使用参考。

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. —2版.
北京：中国水利水电出版社，2008

普通高等教育“十五”国家级规划教材·高等学校水利学科专业规范核心课程教材·水文与水资源工程
ISBN 978-7-5084-5762-8

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（2008）第 108440 号

书 名	普通高等教育“十五”国家级规划教材 高等学校水利学科专业规范核心课程教材·水文与水资源工程 水文水利计算（第2版）
作 者	主编 河海大学 梁忠民 钟平安 华家鹏 主审 南京水利科学研究所 吴正平
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）、68367658（营销中心）
经 售	北京科水图书销售中心（零售） 电话：（010）88383994、63202643 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	175mm×245mm 16开本 24.25印张 560千字
版 次	2006年8月第1版 2008年10月第2版 2008年10月第2次印刷
印 数	3001—7000册
定 价	42.00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

高等学校水利学科专业规范核心课程教材

编 审 委 员 会

主 任 姜弘道 (河海大学)

副主任 王国仪 (中国水利水电出版社) 谈广鸣 (武汉大学)
李五柱 (清华大学) 吴胜兴 (河海大学)

委 员

周孝德 (西安理工大学)

刘 超 (扬州大学)

任立良 (河海大学)

杨金忠 (武汉大学)

梅亚东 (武汉大学)

姜 峰 (大连理工大学)

王元战 (天津大学)

张展羽 (河海大学)

陈建康 (四川大学)

孙明权 (华北水利水电学院)

陈 楚 (水利部人才资源开发中心)

李建林 (三峡大学)

朝伦巴根 (内蒙古农业大学)

余锡平 (清华大学)

袁 鹏 (四川大学)

胡 明 (河海大学)

郑金海 (河海大学)

康海贵 (大连理工大学)

黄介生 (武汉大学)

冯 平 (天津大学)

侍克斌 (新疆农业大学)

孙春亮 (中国水利水电出版社)

秘 书 周立新 (河海大学)

丛书总策划 王国仪

水文与水资源工程专业教材编审分委员会

主 任 任立良（河海大学）

副主任 袁 鹏（四川大学）

梅亚东（武汉大学）

委 员

沈 冰（西安理工大学）

吴吉春（南京大学）

刘廷玺（内蒙古农业大学）

方红远（扬州大学）

姜卉芳（新疆农业大学）

靳孟贵（中国地质大学）

吴泽宁（郑州大学）

陈元芳（河海大学）

冯 平（天津大学）

纪昌明（华北电力大学）

刘俊民（西北农林科技大学）

金菊良（合肥工业大学）

郭纯清（桂林工学院）

总 前 言

随着我国水利事业与高等教育事业的快速发展以及教育教学改革的不断深入，水利高等教育也得到很大的发展与提高。与1999年相比，水利学科专业的办学点增加了将近一倍，每年的招生人数增加了将近两倍。通过专业目录调整与面向新世纪的教育教学改革，在水利学科专业的适应面有很大拓宽的同时，水利学科专业的建设也面临着新形势与新任务。

在教育部高教司的领导与组织下，从2003年到2005年，各学科教学指导委员会开展了本学科专业发展战略研究与制定专业规范的工作。在水利部人教司的支持下，水利学科教学指导委员会也组织课题组于2005年底完成了相关的研究工作，制定了水文与水资源工程，水利水电工程，港口、航道与海岸工程以及农业水利工程四个专业规范。这些专业规范较好地总结与体现了近些年来水利学科专业教育教学改革的成果，并能较好地适用不同地区、不同类型高校举办水利学科专业的共性需求与个性特色。为了便于各水利学科专业点参照专业规范组织教学，经水利学科教学指导委员会与中国水利水电出版社共同策划，决定组织编写出版“高等学校水利学科专业规范核心课程教材”。

核心课程是指该课程所包括的专业教育知识单元和知识点，是本专业的每个学生都必须学习、掌握的，或在一组课程中必须选择几门课程学习、掌握的，因而，核心课程教材质量对于保证水利学科各专业的教学质量具有重要的意义。为此，我们不仅提出了坚持“质量第一”的原则，还通过专业教学组讨论、提出，专家咨询组审议、遴选，相关院、系认定等步骤，对核心课程教材选题及其主编、主审和教材编写大纲进行了严格把

关。为了把本套教材组织好、编著好、出版好、使用好，我们还成立了高等学校水利学科专业规范核心课程教材编审委员会以及各专业教材编审分委员会，对教材编纂与使用的全过程进行组织、把关和监督。充分依靠各学科专家发挥咨询、评审、决策等作用。

本套教材第一批共规划 52 种，其中水文与水资源工程专业 17 种，水利水电工程专业 17 种，农业水利工程专业 18 种，计划在 2009 年年底之前全部出齐。尽管已有许多人为本套教材作出了许多努力，付出了许多心血，但是，由于专业规范还在修订完善之中，参照专业规范组织教学还需要通过实践不断总结提高，加之，在新形势下如何组织好教材建设还缺乏经验，因此，这套教材一定会有各种不足与缺点，恳请使用这套教材的师生提出宝贵意见。本套教材还将出版配套的立体化教材，以利于教、便于学，更希望师生们对此提出建议。

高等学校水利学科教学指导委员会

中国水利水电出版社

2008 年 4 月

第2版

前 言

《水文水利计算》是高等学校水利水电类本科专业的通用教材。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，同时也是高等学校水文与水资源工程本科专业核心课程教材。

水文水利计算是水文与水资源工程专业的主要专业课程，课内讲授64学时，课程设计2周，主要任务是系统地介绍水文水利计算的方法原理及其应用。

根据高等学校水利学科专业规范核心课程教材的建设要求，本教材在第1版的基础上主要对下述内容进行了适当修订：

(1) 对第1章绪论的内容进行了重新组织和改写，增加了水文水利计算研究方法及进展的介绍。

(2) 在第6章可能最大暴雨与可能最大洪水中，按照我国最新《水利水电工程设计洪水计算规范》(SL 44—2006)中当地暴雨放大和移置暴雨放大的方法，对推求可能最大暴雨的方法进行了编写；扩充了暴雨组合法的内容；增加了短历时可能最大暴雨的推求方法；对可能最大暴雨时空分布计算方法的内容进行了重新组织和改写。

(3) 对第8章、第9章的部分基础数据，按新资料进行了修订与更新，对第9章年调节水库时历法的部分内容进行了扩充。

本教材由河海大学梁忠民、钟平安和华家鹏主编，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1章由梁忠民、钟平安编写；第2章、第3章由梁忠民编写；第4章由南京大学王栋和梁忠民编写；第5章由河海大

学刘俊编写；第6章、第7章由华家鹏编写；第8~11章由钟平安编写；第12章由河海大学陆宝宏编写。

本教材由吴正平教授主审。主审人对书稿进行了认真细致的审查，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》（中国水利水电出版社，2003），同时还参阅和引述了其他的相关教材、著作和技术资料，并在每章的最后列出了主要参考文献。本书的出版，得到了河海大学水文水资源学院、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刘小莉编辑对书稿进行了认真仔细的编辑，编者在此一并致谢。

最后，恳请读者对本书的不妥之处提出宝贵意见。

编者

2008年5月



目 录

总前言

第 2 版前言

第 1 章 绪论	1
1.1 中国水资源开发利用及洪水灾害治理	1
1.2 水文水利计算任务与内容	2
1.3 主要研究方法及其进展	4
1.4 本课程主要内容	8
参考文献	9
第 2 章 洪峰流量及时段洪量的频率分析	10
2.1 水文过程的随机特性描述	10
2.2 洪水资料的分析处理	12
2.3 历史洪水的调查和考证	17
2.4 考虑历史洪水资料信息的洪水频率计算方法	24
2.5 设计成果的合理性分析	35
2.6 洪水设计值的抽样误差和安全修正值问题	37
参考文献	38
第 3 章 防洪安全设计与设计洪水	40
3.1 防洪安全设计	40
3.2 设计洪水概念	46
3.3 设计洪水过程线的拟定	50
3.4 设计洪水的地区组成	55
3.5 入库设计洪水	59
3.6 分期设计洪水与施工设计洪水	61
参考文献	63

第 4 章 由暴雨推求设计洪水	65
4.1 概述	65
4.2 暴雨特性分析	66
4.3 点暴雨量频率计算	74
4.4 面暴雨量频率计算	83
4.5 设计暴雨量的时空分布计算	89
4.6 分期设计暴雨	93
4.7 由设计暴雨推求设计洪水	96
参考文献	99
第 5 章 小流域及城市设计洪水	100
5.1 小流域设计洪水计算特点	100
5.2 小流域设计暴雨	101
5.3 由推理公式推求设计洪水的基本原理	105
5.4 地区经验公式推求设计洪水	112
5.5 城市化对水文的影响	114
5.6 城市排水管网设计流量计算	116
5.7 管渠排水系统设计流量过程线推求	123
参考文献	129
第 6 章 可能最大暴雨与可能最大洪水	130
6.1 前言	130
6.2 可降水量	131
6.3 可能最大暴雨	138
6.4 暴雨组合法	147
6.5 短历时可能最大降雨	150
6.6 可能最大暴雨的时空分布	150
6.7 PMP 等值线图的应用	152
6.8 PMP 成果的合理性分析	154
6.9 可能最大洪水	157
参考文献	158
第 7 章 设计年径流及其年内分配	159
7.1 概述	159
7.2 影响年径流的因素	162
7.3 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	164
7.4 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	170
7.5 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	174
7.6 设计枯水径流量分析计算	178
7.7 流量历时曲线	179
参考文献	180

第 8 章 需水量计算与预测	181
8.1 用水户分类及其层次结构	181
8.2 工业需水量的计算与预测	183
8.3 灌溉用水量的计算与预测	194
8.4 生态需水的计算与预测	208
8.5 其他用水的计算与预测	212
8.6 综合需水过程计算	215
参考文献	216
第 9 章 径流(量)调节计算	217
9.1 概述	217
9.2 年调节水库径流调节计算方法	226
9.3 年调节水库保证供水量与设计库容之间的关系	241
9.4 时历法多年调节计算	244
9.5 数理统计在径流调节中的应用	250
9.6 数理统计法多年调节计算	253
9.7 水库水量损失计算	267
参考文献	273
第 10 章 水电站水能计算	274
10.1 概述	274
10.2 电力系统的负荷及其容量组成	279
10.3 保证出力和多年平均年发电量计算	284
10.4 水电站装机容量选择	291
10.5 正常蓄水位与死水位选择	300
10.6 水电站水库调度图	307
10.7 抽水蓄能电站简介	310
参考文献	312
第 11 章 灌溉工程水利计算	314
11.1 概述	314
11.2 引水灌溉工程水利计算	318
11.3 蓄水灌溉工程水利计算	321
11.4 提水灌溉工程水利计算	325
11.5 地下水灌溉工程水利计算	328
参考文献	332
第 12 章 防洪工程水利计算	333
12.1 概述	333
12.2 水库防洪水利计算	339
12.3 水库防洪计算有关问题	349

12.4 堤防防洪水利计算	352
12.5 分(蓄)洪工程水利计算	361
12.6 溃坝洪水计算	364
参考文献	367
附录一	368
附录二	372

第 1 章

绪 论

1.1 中国水资源开发利用及洪水灾害治理

水是人类社会生存发展所必不可少的物质基础，是不可替代的自然资源。洪水和干旱始终是威胁人类社会生存的自然灾害。我国的水资源供需矛盾和洪水灾害问题十分突出，局部地区已成为制约其进一步发展的主要因素，尤其是水资源紧缺有可能引起的粮食安全问题，在国际上也引起广泛关注。以水资源可持续利用支撑社会经济的可持续发展，系统解决水问题，已成为中国全社会的共识，并采取了积极的行动。

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 万亿 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。黄河、淮河、海河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。

近 20 年来，在气候变化和人类活动的共同影响下，我国水资源数量也发生了一定的变化。对比 1980~2000 年系列（代表近期下垫面条件）与 1956~1979 年系列（代表 20 世纪 70 年代下垫面条件），就全国而言，降水量变化不大；南方地区水资源总量增加约 4%，北方部分地区水资源量减少明显，其中以黄河、淮河、海河和辽河区最为显著，4 个区合计降水量减少 6%，水资源总量减少 12%。一方面，水资源数量在减少；另一方面，水资源需求却在增加，这更加剧了水资源的供需矛盾。1949 年我国总用水量仅 1031 亿 m^3 ，人均用水量 187 m^3 ，到 1980 年达 4408 亿 m^3 ，人均用水量 449 m^3 ；1980~2000 年，全国总用水量始终在增长，2000 年全国总用水量为

5628 亿 m^3 ，现阶段仍处于增长趋势。

我国又是一个水旱灾害频繁的国家。我国受东南、西南季风的影响显著，降雨时空分布极不均匀，长江以南地区汛期 4 个月降雨量占全年的 50%~60%，华北、东北、西南地区，多雨期 4 个月雨量可占全年的 70%~80%，热带风暴和台风常常深入内地产生特大暴雨造成洪涝灾害。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。

水灾害不仅取决于自然因素，也与人类活动有着密切关系。我国 50%以上的人口、70%以上的工农业总产值集中于七大江河中下游约 100 万 km^2 的土地上，这些地区地面高程多在洪水水位以下，加之水土资源组合不平衡，水土资源利用上的不合理，造成洪涝灾害频繁，人类对自然的过度干预，也加重了洪涝灾害发生的频度和强度。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。1990 年到 20 世纪末，水灾有愈演愈烈之势，1991 年水灾损失 779 亿元，1994 年达 1797 亿元，1995 年为 1653 亿元，1996 年达 2200 亿元，1998 年已达 2700 亿元。

为了解决水资源供需矛盾、减轻水灾害，我国开展了以防洪减灾和水资源综合利用为主要目标的大规模水利工程建设。截止到 2000 年，全国已建成大中小型水库 8.5 万多座，塘坝等工程 585 万座，蓄水工程总库容达 5756 亿 m^3 ，兴利库容 3134 亿 m^3 ；已建各类堤防 27 万余 km ，其中主要堤防 7.7 万 km ；开辟临时分蓄洪区约 100 处，可分蓄洪水 1000 多亿 m^3 ；大多数流域已形成了包括堤防、水库、分蓄洪工程、河道整治工程的防洪工程体系。

1.2 水文水利计算任务与内容

水文水利计算是工程水文的重要组成部分，总体上可以分为水文计算和水利计算两个主体内容。水文计算的根本任务是分析水文要素变化规律，为水利工程建设提供未来水文情势预估；水利计算的根本任务是拟定并选择经济合理和安全可靠的工程设计方案、规划设计参数和调度运行方式。

任何一个流域的开发与水利工程建设过程中，都必须经历规划设计、施工及运行管理三个阶段（见图 1-1），不同阶段水文水利计算承担不同的服务内容。

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。倘使规模定得过大，将会造成投资上的浪费；如果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，甚至对人民的生命财产酿成巨大的损失。由于水利工程的使用年限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，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。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，在规划设计阶段中还需要预计这部分变化。

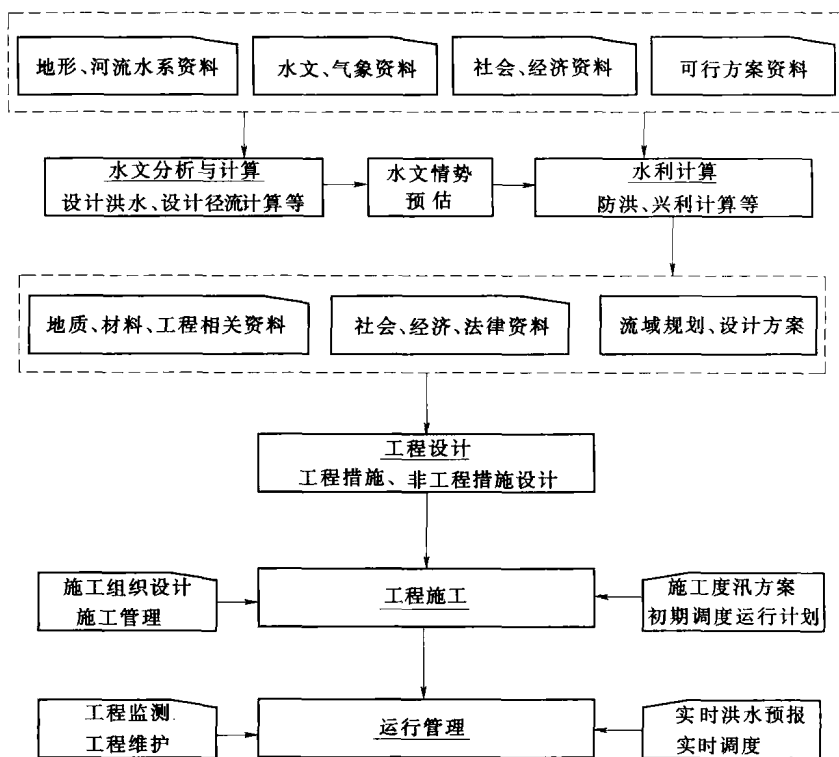


图 1-1 流域综合开发规划设计实施工作流程图

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。

运行管理阶段的主要任务在于充分发挥已成水利措施的作用。为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。

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。譬如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，并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，诸如灌溉、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，对于已成的水利工程之调度运用，同样有必要了解水情的未来变化情况，拟定调度运行策略，能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。

1.3 主要研究方法及进展

动态规律与统计规律是自然现象中客观存在的两种基本规律，反映着事物的必然性和偶然性两类范畴的存在与作用。对动态规律可采用确定性的方法进行描述，如水文科学中采用圣维南方程组描述水流运动；对统计规律可采用随机性的方法进行描述，如根据水文观测样本估计某一水文事件发生的可能性（概率）大小。由于自然水文过程的极端复杂性，确定性和不确定性表象的多样性，动态规律和统计规律的共存和交互作用，决定了对水文现象的认识既要采用确定性的方法，也要采用随机性的方法。在研究水文水利计算的具体问题时，一般联合采用基于质量守恒、动量守恒、能量守恒的确定性数学物理方法和基于概率论与数理统计原理的统计方法，共同解决水文要素预估、工程水文设计、调度方案确定中的科学问题。

1.3.1 水文计算的主要研究方法

在我国水利水电工程设计中，目前是由规范统一规定工程的设计标准，再根据这个标准确定相应的水文事件作为设计条件。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—2006《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，再采用相应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的水文变量或水文过程。譬如设计洪峰流量、某一历时（如1日、3日、5日）洪量及设计洪水过程线，这样的一场洪水称为设计洪水。

从对水文计算的要求可以看出，它解决的是几十年或几百年以上“工程时间尺度”水文情势的预估问题，在采用的方法上，目前主要有水文频率分析和水文气象成因分析两类途径。

水文频率分析方法将水文事件作为随机事件，其变化规律服从概率分布律，所以采用概率论和数理统计方法对未来水文情势进行“概率预估”。与水文学中的确定性预报（如短期降雨径流预报）不同，水文频率分析提供的是对某事件未来出现可能性（概率）大小的估计，并认为该事件在未来的任何时刻都是可能发生的，而且发生的可能性是相同的。因此，可以采用水文频率分析方法对暴雨、洪水和径流事件进行概率预估，作为工程设计的依据。

水文气象成因分析方法认为洪水现象是一种必然事件，取决于降雨和流域下垫面条件，所以可以采用成因途径从形成降雨的物理机制研究洪水事件。对于具体的一个