



世纪高等教育给水排水工程系列规划教材

# 水文学 与水文地质学

杨维 张戈 张平 编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪高等教育给水排水工程系列规划教材

# 水文学与水文地质学

杨 维 张 戈 张 平 编  
主 审 周玉文



机械工业出版社

本书系根据给水排水工程专业与环境工程专业的教学计划与教学大纲要求而编写的。

本书共两篇。第1篇水文学,系统地介绍了河川与径流、水文统计基本原理、河流水情、降水与暴雨强度公式、小流域暴雨洪峰流量的计算等内容。第2篇水文地质学,介绍了地质基本知识、地下水的基本知识、地下水的水质、地下水的渗流运动、不同空隙性地下水的分布特征、地下水资源勘察与评价等内容。为了便于读者学习和掌握本专业的英语术语,各章结束时附有中英文对照的“本章小结”。

本书不仅可作为给水排水工程专业和环境工程专业教学的教材,还可供从事水资源规划与管理、水利工程、水文地质、工程地质及地质勘察等专业的技术人员使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

水文学与水文地质学/杨维,张戈,张平编. —北京:机械工业出版社, 2008.5

21世纪高等教育给水排水工程系列规划教材

ISBN 978-7-111-23937-6

I. 水… II. ①杨… ②张… ③张… III. ①水文学—高等学校—教材  
②水文地质—高等学校—教材 IV. P33 P641

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第051757号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:刘涛 版式设计:霍永明 责任校对:陈延翔

封面设计:王伟光 责任印制:李研

北京富生印刷厂印刷

2008年6月第1版第1次印刷

169mm×239mm·24.25印张·470千字

标准书号:ISBN 978-7-111-23937-6

定价:36.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379720

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

随着给水排水工程专业和环境工程专业教学内容的改革与整合,原设置的“水文学”与“水文地质学”两门专业基础课程已合并为一门课程——“水文学与水文地质学”。依据本课程的教学性质与任务,编写本书遵循的原则是:教材内容切合专业需要,加强学科的基础知识和基本技能内容,注重知识整合,努力反映现代科学技术的新成果。

本书分为两篇,第1篇水文学,第2篇水文地质学。为便于学习和复习,每章结束时附有中英文对照的“本章小结”,同时还附有包括思考题与计算题在内的复习题。

第1篇水文学分为5章,主要内容包括水文学基本知识、水文统计基本原理与方法、河川径流情势特征值分析与计算、小流域暴雨洪峰流量的计算。第2篇水文地质学分为8章,主要内容包括地质基本知识、地下水基本知识、地下水的物理性质和化学成分、地下水的渗流运动、不同空隙性地下水的分布特征、地下水资源勘察与评价以及地下水污染与防治。

本书由沈阳建筑大学杨维、辽宁师范大学张戈、沈阳大学张平编写。第1章由张戈编写,第2、3、4章由杨维编写,第5章由杨维和张戈编写;第6、7、8、9章由张戈编写,第10、11、12章由张平编写,第13章由杨维和张平编写。全书由杨维统稿,英文翻译由杨维完成,田廷山校对。本书由北京工业大学周玉文教授主审。在教材编写过程中,参考并引用了有关院校编写的教材及生产科研单位等的技术资料,编者特此致谢。

敬请读者对本书存在的缺点和错误提出批评与指正。

编 者

# 目 录

## 前言

## 第1篇 水文学

<b>第1章 绪论</b> .....	2
1.1 水文学研究内容 .....	2
1.1.1 水文学及其研究内容 .....	2
1.1.2 水文学分类 .....	3
1.2 水资源、水文循环与水量平衡 .....	4
1.2.1 水资源概念 .....	4
1.2.2 水文循环 .....	4
1.2.3 全球水量平衡方程 .....	6
1.3 水文学研究方法 .....	7
1.4 水文学与给水排水工程专业、环境工程专业的关系 .....	8
1.4.1 与给水排水工程专业关系 .....	8
1.4.2 与环境工程专业关系 .....	9
1.5 水文学简史与近年发展方向 .....	9
1.5.1 水文学简史 .....	9
1.5.2 水文学近年发展方向 .....	11
本章小结 .....	12
复习题 .....	14
<b>第2章 水文学基本知识</b> .....	15
2.1 河流与流域 .....	15
2.1.1 河流基本特征 .....	15
2.1.2 流域基本特征 .....	18
2.2 降水与下渗 .....	20

2.2.1 降水 .....	20
2.2.2 下渗 .....	23
2.3 河川径流 .....	25
2.3.1 河川径流及其表示方法 .....	25
2.3.2 河川径流形成过程及其影响因素 .....	26
2.4 水文测验与信息采集 .....	30
2.4.1 水位观测 .....	31
2.4.2 流量测验 .....	31
2.4.3 水位与流量关系曲线 .....	33
2.4.4 泥沙测验 .....	36
2.4.5 冰情测验 .....	38
2.4.6 水文信息采集 .....	38
本章小结 .....	39
复习题 .....	41
<b>第3章 水文统计基本原理与方法 .....</b>	<b>44</b>
3.1 水文统计基本概念 .....	44
3.1.1 水文统计 .....	44
3.1.2 事件与随机变量 .....	45
3.1.3 总体、个体与样本 .....	45
3.1.4 概率与频率 .....	46
3.1.5 随机变量概率分布 .....	46
3.1.6 累积频率与重现期 .....	48
3.1.7 设计频率标准 .....	49
3.2 统计参数与抽样误差 .....	50
3.2.1 统计参数 .....	50
3.2.2 抽样误差 .....	53
3.3 经验频率曲线与理论频率曲线 .....	55
3.3.1 经验频率及其计算公式 .....	55
3.3.2 经验频率曲线 .....	55
3.3.3 理论频率曲线 .....	56
3.3.4 统计参数对频率曲线形状的影响 .....	60
3.4 水文频率计算方法 .....	62
3.4.1 统计参数初估方法 .....	62
3.4.2 适线法 .....	66
3.5 相关分析 .....	70

3.5.1 概述 .....	70
3.5.2 线性简相关 .....	71
3.5.3 曲线简相关 .....	76
3.5.4 线性复相关 .....	77
本章小结 .....	79
复习题 .....	81
<b>第4章 河川径流情势特征值分析与计算</b> .....	<b>83</b>
4.1 设计年径流的分析与计算 .....	83
4.1.1 年径流及其特性 .....	83
4.1.2 设计年径流量 .....	84
4.1.3 设计年径流量的年内分配 .....	91
4.2 设计洪峰流量(或水位)的分析与计算 .....	98
4.2.1 概述 .....	98
4.2.2 洪水资料审查与样本组成 .....	102
4.2.3 设计洪峰流量与水位计算 .....	105
4.3 设计枯水流量(或水位)的分析与计算 .....	110
4.3.1 概述 .....	110
4.3.2 枯水资料审查与样本组成 .....	111
4.3.3 设计枯水流量与水位计算 .....	112
4.4 径流情势对河流水质的影响 .....	114
4.4.1 河流水质与径流情势关系 .....	114
4.4.2 河流水质在空间和时间上的变化 .....	116
本章小结 .....	116
复习题 .....	118
<b>第5章 小流域暴雨洪峰流量的计算</b> .....	<b>120</b>
5.1 概述 .....	120
5.2 暴雨强度公式 .....	121
5.2.1 点雨量资料整理 .....	121
5.2.2 暴雨强度公式 .....	123
5.2.3 求解暴雨强度公式中参数 .....	125
5.3 流域汇流分析计算 .....	133
5.3.1 等流时线和出口断面流量推演 .....	133
5.3.2 不同净雨历时对流量过程和洪峰的影响 .....	134
5.3.3 等流时线法的讨论 .....	135
5.4 暴雨洪峰流量推理公式 .....	136

5.4.1 基本原理	136
5.4.2 水科院水文所公式	136
5.5 地区性经验公式	146
5.5.1 单因素的地区经验公式	146
5.5.2 多因素的地区经验公式	147
本章小结	147
复习题	150

## 第 2 篇 水文地质学

第 6 章 绪论	154
6.1 水文地质学研究的对象与内容	154
6.2 与给水排水工程专业和环境工程专业的联系	155
6.2.1 与给水排水工程专业的联系	155
6.2.2 与环境工程专业的联系	155
6.3 国内外地下水资源开发利用概况	156
6.4 我国在开发地下水资源中存在的问题	158
6.5 本学科近年来科学研究的发展方向	159
本章小结	160
复习题	162
第 7 章 地质基本知识	163
7.1 地球概述	163
7.1.1 地球的形状和大小	163
7.1.2 地球的主要物理性质	163
7.1.3 地球的外部圈层结构	165
7.1.4 地球的内部圈层结构	166
7.2 矿物与岩石	167
7.2.1 矿物的基本特性	167
7.2.2 矿物的化学成分	168
7.2.3 矿物的形态与物理性质	170
7.2.4 岩石	173
7.3 地质作用和地质年代	178
7.3.1 地质作用	178
7.3.2 内、外动力地质作用的关系	179
7.3.3 地质年代和地层系统	180



7.4 地质构造	182
7.4.1 岩层的产状	182
7.4.2 褶皱构造	183
7.4.3 节理	185
7.4.4 断层	186
7.4.5 地层接触关系	190
7.4.6 地质图	191
本章小结	193
复习题	195
<b>第8章 地下水基本知识</b>	<b>197</b>
8.1 岩石的空隙与岩石的水理性质	197
8.1.1 岩石中的空隙	197
8.1.2 岩石中水的存在形式	200
8.1.3 岩石的水理性质	201
8.2 含水层、透水层与隔水层	203
8.2.1 包气带与饱水带	203
8.2.2 含水层、透水层、隔水层与弱隔水层	203
8.3 地下水分类	204
8.3.1 包气带水	205
8.3.2 潜水	206
8.3.3 承压水	207
8.4 地下水循环	209
8.4.1 地下水的补给	210
8.4.2 地下水的径流	211
8.4.3 地下水的排泄	212
8.5 地下水动态及影响因素	213
8.5.1 影响地下水动态的因素	214
8.5.2 地下水动态类型	215
8.6 地下水的均衡	216
本章小结	216
复习题	219
<b>第9章 地下水的物理性质和化学成分</b>	<b>220</b>
9.1 地下水的物理性质	220
9.2 地下水的化学成分	223
9.2.1 地下水中主要气体成分	223

9.2.2 地下水中主要离子成分	224
9.2.3 地下水中的其他成分	226
9.3 地下水的某些化学性质	227
9.4 地下水化学成分的形成作用	230
9.5 地下水化学成分的分析与资料整理	234
9.5.1 地下水化学分析的种类及要求	234
9.5.2 地下水化学成分的表示方法	235
9.5.3 地下水化学成分分类	239
本章小结	240
复习题	242
<b>第 10 章 地下水的渗流运动</b>	<b>244</b>
10.1 渗流的基本概念	244
10.1.1 渗流	244
10.1.2 过水断面和渗透速度	245
10.1.3 水力坡度	245
10.1.4 流线与流网	246
10.1.5 地下水运动的分类	247
10.2 地下水运动的基本定律	247
10.2.1 达西定律 (线性渗透定律)	247
10.2.2 非线性渗透定律	249
10.3 地下水流向井的稳定流理论	249
10.3.1 取水构筑物的类型	249
10.3.2 地下水流向潜水完整井的稳定流	250
10.3.3 地下水流向承压水完整井的稳定流	251
10.3.4 完整抽水井稳定流公式的讨论	252
10.3.5 干扰井	254
10.3.6 非完整井的稳定渗透运动	256
10.3.7 利用稳定流抽水试验计算水文地质参数	258
10.4 地下水流向井的非稳定流理论	262
10.4.1 承压含水层中地下水流向井的非稳定流运动	262
10.4.2 潜水含水层中地下水流向井的非稳定流运动	266
10.4.3 地下水向非完整井的非稳定流运动	268
10.4.4 有越流补给时地下水流向井的非稳定流运动	269
10.4.5 利用非稳定流抽水试验资料计算水文地质参数	272
10.5 地下水运动的数值计算	280

10.5.1	有限差分法 .....	281
10.5.2	有限单元法 .....	285
10.6	地下水污染质迁移扩散理论 .....	286
10.6.1	地下水污染质迁移扩散模型 .....	286
10.6.2	地下水污染质迁移扩散方程 .....	286
10.6.3	平面一维弥散方程的解析解 .....	287
本章小结	.....	290
复习题	.....	293
<b>第 11 章</b>	<b>不同空隙性地下水的分布特征</b> .....	<b>294</b>
11.1	孔隙水 .....	294
11.1.1	河谷冲积层中的地下水 .....	294
11.1.2	洪积扇中的地下水 .....	296
11.1.3	黄土层中的地下水 .....	298
11.1.4	滨海沉积层中的地下水 .....	299
11.2	裂隙水 .....	300
11.2.1	成岩裂隙水 .....	301
11.2.2	风化裂隙水 .....	302
11.2.3	构造裂隙水 .....	302
11.3	岩溶水 .....	304
11.3.1	岩溶发育的基本条件 .....	305
11.3.2	岩溶水的特征 .....	307
本章小结	.....	308
复习题	.....	310
<b>第 12 章</b>	<b>地下水资源勘察与评价</b> .....	<b>311</b>
12.1	勘察任务与勘察阶段 .....	311
12.1.1	勘察任务 .....	311
12.1.2	勘察阶段 .....	311
12.1.3	勘察工作步骤 .....	312
12.2	水文地质勘察方法与工作内容 .....	312
12.2.1	水文地质测绘 .....	312
12.2.2	水文地质物探 .....	314
12.2.3	水文地质钻探 .....	317
12.2.4	抽水试验 .....	320
12.2.5	地下水动态观测 .....	327
12.3	水文地质勘察成果 .....	328

12.3.1 水文地质勘察报告书 .....	328
12.3.2 水文地质图件 .....	329
12.3.3 勘察报告的阅读和分析 .....	330
12.4 地下水资源评价 .....	331
12.4.1 地下水资源的分类 .....	331
12.4.2 地下水资源的评价内容与原则 .....	332
12.4.3 地下水资源补给量计算 .....	333
12.4.4 地下水资源储存量计算 .....	334
12.4.5 地下水资源允许开采量计算 .....	335
本章小结 .....	339
复习题 .....	342
<b>第 13 章 地下水污染与防治</b> .....	<b>344</b>
13.1 概述 .....	344
13.1.1 地下水与环境 .....	344
13.1.2 地下水污染及其特点 .....	345
13.1.3 地下水污染源与污染途径 .....	346
13.2 地下水污染防治 .....	348
13.2.1 预防地下水污染的措施 .....	348
13.2.2 建立水源地卫生防护制度 .....	350
13.2.3 污染地下水的修复技术 .....	351
本章小结 .....	360
复习题 .....	362
<b>附录</b> .....	<b>363</b>
附录 A 海森概率格纸的横坐标分格表 .....	363
附录 B 皮尔逊Ⅲ型频率曲线离均系数 $\Phi_p$ 值表 .....	365
附录 C 皮尔逊Ⅲ型频率曲线三点法 $S$ 与 $C_s$ 关系表 .....	368
附录 D 皮尔逊Ⅲ型频率曲线模比系数 $K_p$ 值表 .....	370
<b>参考文献</b> .....	<b>374</b>

## 第 1 篇

---

# 水 文 学

## 第 1 章

# 绪 论

### 1.1 水文学研究内容

#### 1.1.1 水文学及其研究内容

##### 1. 水文学

早期的水文学主要是对自然界中的水现象进行描述。随着科学的发展,水文学已经成为一个学科体系,即水文科学。不同的国家、不同的部门对水文学的定义也不尽相同。国际水文科学协会(IAHS)对水文学的目标和任务的定义是:“研究地球上水文循环和大陆上各种水,如地表水和地下水,雪和冰川及其物理的、化学的和生物学的变化过程;各类形态的水与气候及其他物理的和地理的因素间的关系,以及它们之间的相互作用;研究侵蚀和泥沙同水文循环的关系;检验在水资源管理和利用中的水文问题;以及在人类活动影响下水的变化。”《中国大百科全书》中定义为:“水文科学是地球上水的起源、存在、分布、循环、运动等变化规律和运用这些规律为人类服务的知识体系,水圈同大气圈、岩石圈和生物圈等自然圈层的关系也是水文科学的研究领域。”美国国家研究院水科学技术局与其他国家一些部门也有各自的定义。概括起来,水文学是研究自然界中各种水体的形成、分布、循环和与环境相互作用规律的一门科学。应用水文学原理解决工程问题、环境问题和水资源问题,水文学在现代社会的发展中正在发挥着愈来愈显著的作用。

##### 2. 水文学研究内容

水文学研究自然界中水体形成、时空分布、循环和与环境相互作用的关系,为人类防治洪涝灾害,合理开发利用水资源,提供科学依据。从给水排水工程和环境工程的角度来看,随着水资源开发利用的规模日益扩大,人类活动对水环境的影响明显增强,大规模的人类活动干扰了自然界的水循环过程,改变着各个水

体的性质。水情预测与水灾防治,水资源的合理开发利用与保护,都是实施经济社会可持续发展的重要支撑条件。因此,水资源的开发利用和人类活动对水环境的影响研究,已成为现代水文学研究的重要内容。

本书主要介绍水文学众多研究领域中与给水排水工程和环境工程专业相关的部分内容,包括河川径流、水文测验、水文分析的统计方法、河川径流情势特征分析和暴雨资料整理与暴雨公式推求,以及小流域暴雨洪峰流量计算等内容,这些也是工程水文学研究的基本内容。

自然界的水总是以一定的水体形态存在的,如江河、湖泊、海洋、地下水等。这些水体均通过蒸发、水汽输送、降水、地面和地下径流等水文要素紧密联系、相互转化而不断更新,并渗透到地球的各个自然圈层,形成了一个庞大的水循环动态系统。在这个动态系统中,河川径流是水循环的主要环节,也是本专业学习水文学的主要研究对象。

### 1.1.2 水文学分类

作为基础科学,水文学是地球科学的一个组成部分。因为水循环使水圈、大气圈和岩石圈紧密联系,故水文学与地球科学体系中的大气科学、地质学、自然地理学的关系非常密切。水文学开始主要研究陆地表面的河流、湖泊、沼泽、冰川等,以后扩展到地下水、大气中的水和海洋中的水。传统的水文学是按研究的水体对象进行分支学科划分的。随着研究范围的扩大,研究方法的变化,其分支学科也在逐渐增加。因此,水文学的分类与分支学科的形成及其发展过程是紧密相连的。由于分类的依据不同,水文学的分支学科的数量和名称不完全相同。按照理论研究和工程应用,把水文学分为理论水文学(又称水文学原理)和应用水文学两大类。水文学分类大多是在应用水文学基础上进一步划分的。常见分类方法和分类结果如表 1-1 所示。

表 1-1 水文学分类

分类依据	分类与分支学科
研究方法	动力水文学、系统水文学、计算水文学、水文统计学、随机水文学、地理水文学、同位素水文学、数字水文学等
研究对象	河流水文学、湖泊水文学、沼泽水文学、冰川水文学、河口海岸水文学、水气象学、地下水文学、海洋水文学和水资源学等
应用范围	工程水文学、农业水文学、土壤水文学、森林水文学、城市水文学、生态水文学等
工作方式	水文测验学、水文调查学、水文实验学
研究地域	区域水文学、全球尺度水文学(大尺度水文学)
研究时段	古水文学、现代水文学

## 1.2 水资源、水文循环与水量平衡

### 1.2.1 水资源概念

水是地球上分布最广泛的物质之一，它以气态、液态和固态三种形式存在于大气圈、水圈、生物圈和岩石圈中。人们对水资源的认识包含了不同方面的理解。一种观点认为，世界上一切水体，包括海洋、河流、湖泊、沼泽、冰川、土壤水、地下水及大气中的水分，都是人类宝贵的财富，都是水资源。只是限于当前的经济技术条件，对含盐量较高的海水和分布在南北两极的冰川，大规模开发利用还有许多困难。这种对水资源的理解通常归为广义水资源的范畴。

相对于广义水资源的概念，狭义的水资源则仅指在一定时期内，能被人类直接或间接开发利用的那一部分动态水体。这种开发利用，不仅在技术上可行、经济上合理，而且对生态环境造成的影响也是可接受的。这种水资源主要指河流、湖泊、地下水和土壤水等淡水，以及个别地方的微咸水。这几种淡水资源合起来只占全球总水量的 0.32% 左右，约为 1065 万  $\text{km}^3$ ，是水资源研究的重点。目前为人们普遍接受的水资源一般概念，是指全球水量中可为人类生存、发展所利用的水量，主要是指逐年可以得到更新的那部分淡水量。最能反映水资源数量和特征的是年降水量和河流的年径流量。年径流量不仅包含降水时产生的地表水，而且还包括地下水的补给。所以，世界各国通常采用多年平均径流量来表示水资源量。

### 1.2.2 水文循环

地球作为一个由岩石圈、水圈、大气圈和生物圈构成的巨大系统，水在这个系统中起着重要的作用。由于水圈的存在和水的作用，才使得地球各圈层之间的相互关系变得十分密切。水文循环则是这种密切关系的具体标志之一。水文循环现象如图 1-1 所示。自然界的水在太阳能和大气运动的驱动下，不断地从水面（江、河、湖、海等）、陆面（土壤、岩石等）和植物的茎叶面，通过蒸发或散发，以水汽的形式进入大气圈。在适当的条件下，大气圈中的水汽可以凝结成水滴。当凝结的水滴达到能克服空气阻力时，就在地球引力的作用下，以降水的形式降落到地球表面。到达地球表面的降水，一部分在分子力、毛细管力和重力的作用下，通过地面渗入地下；一部分则形成地面径流，主要在重力作用下流入江、河、湖泊，再汇入海洋；还有一部分通过蒸发和散发重新逸散到大气圈。渗入地下的那部分水，或者成为土壤水，再经由蒸发和散发逸散到大气圈，或者以地下水形式排入江、河、湖泊，再汇入海洋。水的这种既无明确的“开端”，也



无明确的“終了”的永无休止的循环运动过程称为水文循环，又称水分循环或简称水循环。水分由海洋输送到大陆又回到海洋的循环称为大循环或外循环；水分在陆地内部或海洋内部的循环称为小循环或内循环。为区别这两种小循环，将前者叫做陆地小循环，而将后者叫做海洋小循环。

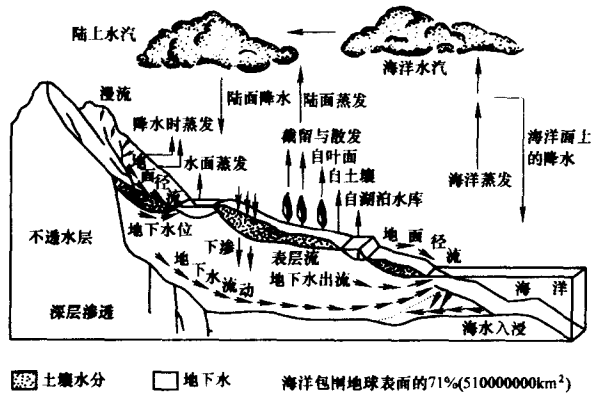


图 1-1 水文循环现象

自然界水文循环的存在，不仅是水资源和水能资源可再生的根本原因，也是地球上生命不息、万代延续下去的重要原因之一。由于太阳能在地球上空间分布不均匀，时间上也有变化，因此，主要由太阳能驱动的水文循环导致了地球上降水量和蒸发量的时空分布不均匀，使得地球上湿润地区和干旱地区的区别，有多水季节和少水季节、多水年和少水年的区别，是导致地球上发生洪、涝、旱灾害的根本原因，也是地球上具有千姿百态自然景观的重要条件之一。

水文循环是自然界众多物质循环中最重要物质循环。如果自然界不存在水文循环，则许多物质的循环，例如碳循环、磷循环等是不可能发生的。河湖中的水位涨落，冰情变化，冰川进退等水文循环中的具体表现形式称为水文现象。水文循环在各种自然因素和人类活动的影响下，时空分布变化上具有下列特点：

(1) 水循环永无止境 任何一种水文现象的发生，都是全球水文现象整体中的一部分和永无止境的水循环过程中的短暂表现。也就是说，一个地区发生洪水和干旱，往往与其他地区水文现象的异常变化有联系；今天的水文现象是昨天水文现象的延续，而明天的水文现象则是在今天的基础上向前发展的结果。任何水文现象在空间上或时间上总是存在一定的因果关系的。

(2) 水文现象在时间变化上既具有周期性又具有随机性 水文现象的周期性，分别有以多年、年、月、日为单位的周期，例如河流、湖泊一般每年均有一个汛期与一个枯季，同时河湖还存在着连续丰水年与连续枯水年相交替的多年周期。海洋和潮汐河口的水位则既存在以日或半日为周期的涨落潮的变化，还存在