

# 工程水文学

〔美〕R.K. 林斯雷

M.A. 寇乐

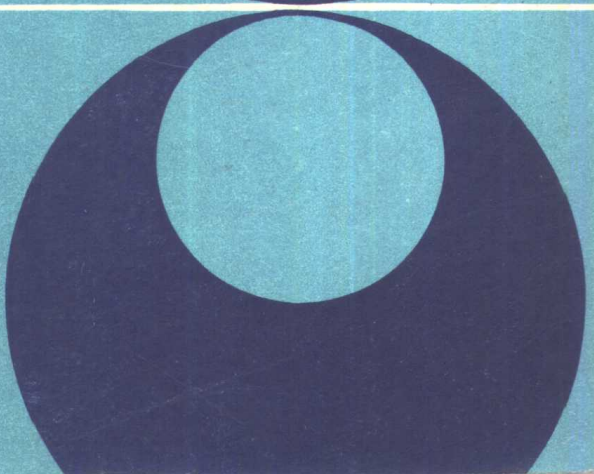
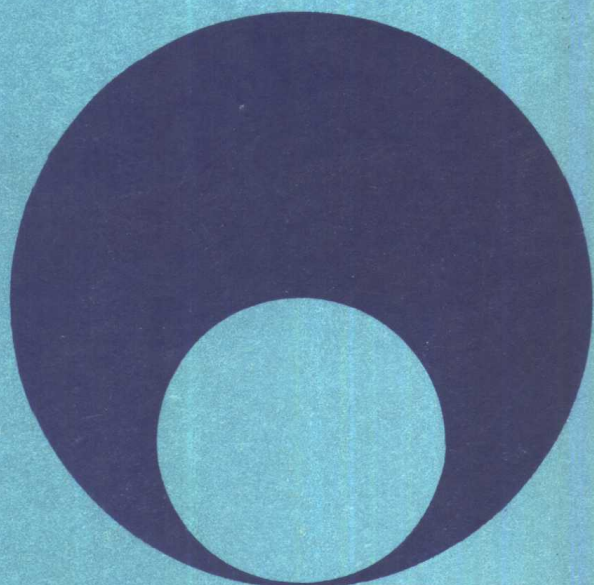
J.L.H. 保罗赫斯 著

刘光文

周之豪

沈曾源

刘吉印 译



水利出版社

Ray K. Linsley, Jr.  
Max A. Kohler Joseph L.H. Paulhus  
**Hydrology for Engineers**  
McGraw-Hill, Inc., 1975

**工 程 水 文 学**

[美]R.K. 林斯雷 M. A. 寇乐 J. L. H. 保罗赫斯著  
刘光文、周之豪、沈曾源、刘吉印译

\*

水利出版社出版

(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

\*

850×1168毫米 32开本 14 $\frac{1}{2}$ 印张 386千字  
1981年5月第一版 1981年5月北京第一次印刷

印数 0001—5910册 定价 2.20元

书号 15047·4108

## 序 言

“工程水文学”第一版在1958年问世以后，业已广泛地作为大学高年级生和研究生的教材。在这些年间，水文科学已有许多重要的发展，而现行技术一般也远远超出了1958年的水平。现在这个第二版是第一版的通盘修订版本。除增加了水文模拟、随机水文学及河流流域地貌等三章新内容外，还对本书的其余部分普遍作了广泛的修订。本书强调了以数字电子计算机作为水文分析工具的重要意义。但认识到这点，并非人人都可得到使用计算机的便利，我们仍然介绍较老的方法，只是不象以前那样具体罢了。对水文学的基本方法不断地予以强调，以及对这些方法的了解，我们相信对于水文学中任何工具的应用来说是必不可少的。

由于世界上大多数国家现已使用公制量计单位，而美国不过刚开始从英制转变，本书正文及图表中都将包括两种制度的单位。在有关气象学的章节中，因一般已很少例外地采用公制单位，通常先给出公制单位而在括弧里注明英制换算数字。在其它章节中，单位则以相反的方式给出。希望这样的安排将对使用公制的国家有所便利，而同时对尚未完全转换成公制的国家也无不便之感。对两种制度的单位均有习题可用。

大学生应该发现水文学是一门饶有兴趣的课目，但它却与大多工程课目很不相同。对于水文学所涉及的自然现象，不适用于如工程力学所能作的那种严格分析。因此，水文学中有更多种式样的问题，具有更多的判断余地，而且看起来问题的解答缺乏准确性。事实上，健全的水文学解答的精度完全能和其它种工程计算的精度相比拟。工程上的不可靠性常由于使用安全系数、硬性标准化的工作程序以及关于材料性质的保守假设而掩饰起来了。

著者非常感谢从国家气象局、斯坦福大学、水文计算公司和别处的同仁们提供的有益建议、资料及其它帮助。特别应该提到S.伯吉斯教授曾仔细校阅了随机方法一章的内容。

R.K. 林斯雷

M.A. 寇 乐

J.L.H. 保罗赫斯

# 符号及缩写表

## 符 号

|         |                     |
|---------|---------------------|
| $A$     | = 面积                |
| $a$     | = 系数                |
| $B$     | = 宽度                |
| $b$     | = 系数                |
| $C$     | = 谢才系数; 系数          |
| $C_p$   | = 综合单位过程线的洪峰系数      |
| $C_t$   | = 综合单位过程线的滞时系数      |
| $c$     | = 系数; 含沙量           |
| $D$     | = 水深; 地面漫流阻滞量; 度-日  |
| $d$     | = 直径; 系数            |
| $E$     | = 蒸发量; 从不透水地区冲泻的泥沙量 |
| $E_a$   | = 参考蒸发率             |
| $E_T$   | = 蒸散发量              |
| $e$     | = 水汽压; 自然对数的底       |
| $e_s$   | = 饱和水汽压             |
| $F$     | = 落差; 投资; 力; 总下渗量   |
| $f$     | = 相对湿度              |
| $f(\ )$ | = 某变数的函数            |
| $f_c$   | = 恒定下渗率             |
| $f_i$   | = 下渗率               |
| $f_o$   | = 初始下渗能力            |
| $f_p$   | = 下渗能力              |
| $G$     | = 地下水流域的保证产水量; 沟蚀率  |
| $G_t$   | = 单宽河面的推移质输沙率       |
| $g$     | = 水位(水尺读数); 重力加速度   |
| $H_a$   | = 汽化潜热              |

$h$  = 高度；水头；赫斯特系数

$I$  = 入流量；前期降雨指数；中间质泥沙量

$i$  = 降雨强度

$i_s$  = 供水率（降雨量减阻滞量）

$J$  = 概率

$j$  = 概率（指数）

$K$  = 马斯京根蓄量常数；频率因数；固结系数；渗透系数；导水系数

$K_r$  = 退水常数

$k$  = 系数；数

$L$  = 长度；基层土壤蓄水能力

$L_c$  = 由流域出口到中心的距离

$L_o$  = 地面漫流长度

$M$  = 融雪率

$m$  = 系数或指数

$N$  = 正常降水量；数

$n$  = 曼宁粗糙系数；系数或指数；数

$O$  = 出流量；运行管理费用

$O_g$  = 地下渗漏量

$P$  = 降水量

$P_e$  = 超渗雨量

$P_r$  = 雷达回能

$p$  = 压力；孔隙率；概率

$pF$  = 毛管势能的常用对数，以厘米水柱计

$Q$  = 流量或径流量

$Q_a$  = 净长波辐射

$Q_{ar}$  = 反射长波辐射

$Q_e$  = 蒸发耗用能量

$Q_g$  = 地下水净入流量（单位面积）

$Q_h$  = 感热输送

$Q_{ir}$  = 入射辐射减反射辐射

$Q_n$  = 净辐射能

$Q_o$  = 发射的长波辐射

$Q_r$  = 反射掉的短波辐射  
 $Q_s$  = 地面径流总量  
 $Q_s$  = 短波辐射; 年平均悬移质输沙量  
 $Q_e$  = 平流能量  
 $Q_e$  = 能量增量  
 $q$  = 流量  
 $q_b$  = 基流量  
 $q_d$  = 直接径流量  
 $q_e$  = 平衡流量  
 $q_h$  = 比湿  
 $q_o$  = 地面漫流量  
 $q_p$  = 洪峰  
 $R$  = 水力半径; 鲍恩比率; 土壤溅击量  
 $R_g$  = 气体常数  
 $R_I$  = 径流指标  
 $R_n$  = 系列的极差  
 $R_s$  = 地面上积沙余量  
 $r$  = 半径; 测距  
 $S$  = 蓄水量; 地面储蓄量; 输沙量  
 $S_c$  = 含水层的蓄水系数  
 $S_d$  = 洼地蓄水能力  
 $S_g$  = 地下水蓄量  
 $S_i$  = 截留蓄水量  
 $S_I$  = 季节指标  
 $S_L$  = 基层土壤蓄水量  
 $S_s$  = 地面蓄水量  
 $S_U$  = 表层土壤蓄水量  
 $s$  = 坡降; 坡度  
 $s_b$  = 河底坡降  
 $T$  = 温度; 导水率; 单位过程线的时间底长  
 $T_L$  = 滞时  
 $T_d$  = 露点  
 $T_r$  = 重现期

$T_w$  = 湿球温度

$t$  = 时间

$t_e$  = 平衡时间

$t_p$  = 流域滞时

$t_R$  = 降雨历时

$t_r$  = 综合单位过程线的单位历时

$U$  = 单位过程线的纵坐标, 表层土壤蓄水能力

$u$  = 波速; 井水力学中的一个因数

$V_e$  = 平衡时的地面滞水体积

$V_i$  = 截留总量

$V_s$  = 洼地蓄水量

$V_0$  =  $i = 0$  时的地面阻滞量

$v$  = 流速

$v_s$  = 沉降速度

$v_*$  = 摩擦速度

$W$  = 下渗指数

$W_p$  = 可降水

$W(u)$  =  $u$  的井函数

$w$  = 容重

$w_r$  = 混合比

$X$  = 变数

$\overline{X}$  =  $X$  的均值

$x$  = 距离; 常数或指数

$Y$  = 变数

$\overline{Y}$  =  $Y$  的均值

$y$  = 垂直距离; 频率分析中的转换变量

$y_n$  = 频率分析中的一个因数

$Z$  = 水井降深; 雨滴函数; 变数

$z$  = 垂直距离

$\alpha$  = 比率; 平流能量的蒸发部分

$\beta$  = 常数

$\Delta$  = 水汽压-气温曲线的斜率; 增量

$\epsilon$  = 混合系数; 比辐射率



$\theta$  = 角度  
 $\Lambda$  = 总势能  
 $\mu$  = 绝对粘滞度, 均值  
 $\nu$  = 运动粘滞度  
 $\gamma$  = 鲍恩比系数  
 $\pi = 3.1416\cdots$   
 $\rho$  = 密度; 相关系数  
 $\Sigma$  = 求和  
 $\sigma$  = 标准差; 斯蒂藩-波尔兹曼辐射常数  
 $\tau$  = 切力  
 $T$  = 推移质经验系数  
 $\Phi$  = 下渗指数; 推移质函数 (泥沙输送强度)  
 $\psi$  = 毛管势能;  $\rho$  的函数; 推移质函数 (水流强度)

### 缩 写 表

$\text{\AA}$  = 埃 ( $10^{-10}$  米)  
*acre-ft* = 英亩-英尺  
*atm* = 标准大气压  
*Btu* = 英国热量单位  
 $^{\circ}\text{C}$  = 摄氏度  
*cal* = 卡  
*cm* = 厘米 ( $10^{-2}$  米)  
*cfs* = 立方英尺/秒  
*csm* = 立方英尺/秒/平方英里  
*d* = 日  
*D* = 达西  
*deg* = 度  
 $^{\circ}\text{F}$  = 华氏度  
*ft* = 英尺  
*g* = 克  
*gal* = 加仑  
*h* = 小时  
*hm* = 百米 ( $10^2$  米)

$Hg$  = 汞柱

$in.$  = 英寸

$K$  = 开

$km$  = 公里 (  $10^3$  米 )

$kn$  = 节 ( 海里/秒 )

$l$  = 升

$lat$  = 纬度

$lb$  = 磅

$\ln$  = 以  $e$  为底的自然对数

$\log$  = 以10为底的常用对数

$Ly$  = 兰利

$m$  = 米

$mi$  = 英里

$mb$  = 毫巴

$min$  = 分钟

$mm$  = 毫米 (  $10^{-3}$  米 )

$mgd$  = 百万加仑/日

$nmi$  = 海里

$ppm$  = 百万分之几

$s$  = 秒钟

$sfd$  = 立方英尺·日/秒

$y$  = 年

$\mu m$  = 微米 (  $10^{-6}$  米 )

# 目 录

## 序 言

## 符号及缩写表

|                          |    |
|--------------------------|----|
| <b>第一章 绪论</b> .....      | 1  |
| 1-1 水文循环 .....           | 1  |
| 1-2 历史 .....             | 3  |
| 1-3 工程水文学 .....          | 4  |
| 1-4 水文学的内容 .....         | 4  |
| 参考文献 .....               | 6  |
| 书目提要 .....               | 6  |
| 习题 .....                 | 6  |
| <b>第二章 气象学与水文学</b> ..... | 7  |
| 太阳辐射及地球辐射 .....          | 7  |
| 2-1 太阳辐射及地球辐射 .....      | 7  |
| 2-2 地面的太阳辐射 .....        | 8  |
| 2-3 地面及大气的热量平衡 .....     | 9  |
| 2-4 辐射测定 .....           | 13 |
| 大气环流 .....               | 14 |
| 2-5 热环流 .....            | 14 |
| 2-6 地球自转的影响 .....        | 14 |
| 2-7 急流 .....             | 15 |
| 2-8 水陆分布影响 .....         | 17 |
| 2-9 迁移系统 .....           | 21 |
| 2-10 锋 .....             | 21 |
| 温度 .....                 | 24 |
| 2-11 温度测定 .....          | 24 |
| 2-12 专门名词 .....          | 25 |
| 2-13 直减率 .....           | 26 |

|      |         |    |
|------|---------|----|
| 2-14 | 温度的地理分布 | 27 |
| 2-15 | 温度的时变   | 29 |
|      | 湿度      | 29 |
| 2-16 | 水汽的性质   | 29 |
| 2-17 | 专门名词    | 31 |
| 2-18 | 湿度测定    | 34 |
| 2-19 | 湿度的地理分布 | 36 |
| 2-20 | 湿度的时变   | 36 |
|      | 风       | 37 |
| 2-21 | 风的测定    | 38 |
| 2-22 | 风的地理分布  | 38 |
| 2-23 | 风的时变    | 43 |
|      | 参考文献    | 44 |
|      | 书目提要    | 46 |
|      | 美国资料来源  | 49 |
|      | 习题      | 50 |

### 第三章 降水 53

|      |         |    |
|------|---------|----|
| 3-1  | 降水的形成   | 53 |
| 3-2  | 降水的形态   | 57 |
| 3-3  | 降水的类型   | 58 |
| 3-4  | 人工降雨    | 59 |
|      | 降水测定    | 63 |
| 3-5  | 雨量器     | 63 |
| 3-6  | 雨量站网    | 68 |
| 3-7  | 雷达测雨    | 72 |
| 3-8  | 卫星估计降水  | 75 |
|      | 降水资料的释义 | 76 |
| 3-9  | 估计缺测降水量 | 76 |
| 3-10 | 双累积线分析  | 77 |
| 3-11 | 面平均雨量   | 78 |
| 3-12 | 深-面-时分析 | 80 |
|      | 降水的变化   | 81 |
| 3-13 | 地理变化    | 81 |

|      |              |     |
|------|--------------|-----|
| 3-14 | 时间变化 .....   | 83  |
| 3-15 | 特大雨量记录 ..... | 89  |
|      | 积雪及降雪量 ..... | 90  |
| 3-16 | 观测 .....     | 90  |
| 3-17 | 变化 .....     | 93  |
|      | 参考文献 .....   | 96  |
|      | 书目提要 .....   | 100 |
|      | 美国资料来源 ..... | 103 |
|      | 习题 .....     | 105 |

## **第四章 河川径流 .....**108

### **水位 .....**108

|     |            |     |
|-----|------------|-----|
| 4-1 | 观读水尺 ..... | 108 |
| 4-2 | 自记水尺 ..... | 109 |
| 4-3 | 峰顶水尺 ..... | 112 |
| 4-4 | 其它水尺 ..... | 112 |
| 4-5 | 站址选择 ..... | 113 |

### **流量 .....**114

|      |                   |     |
|------|-------------------|-----|
| 4-6  | 流速仪 .....         | 114 |
| 4-7  | 流速仪测流 .....       | 116 |
| 4-8  | 化学测流 .....        | 120 |
| 4-9  | 水位-流量关系 .....     | 121 |
| 4-10 | 水位-流量关系展延 .....   | 125 |
| 4-11 | 冰凌对水流的影响 .....    | 126 |
| 4-12 | 取得测流资料的其它方法 ..... | 127 |
| 4-13 | 测流站网规划 .....      | 128 |

### **测流资料释义 .....**130

|      |               |     |
|------|---------------|-----|
| 4-14 | 单位 .....      | 130 |
| 4-15 | 过程线 .....     | 131 |
| 4-16 | 日平均流量 .....   | 131 |
| 4-17 | 测流资料的改正 ..... | 136 |
| 4-18 | 年平均径流 .....   | 138 |
| 4-19 | 河川径流变化 .....  | 140 |

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 参考文献 .....                    | 150        |
| 书目提要 .....                    | 151        |
| 美国资料来源 .....                  | 152        |
| 习题 .....                      | 152        |
| <b>第五章 蒸发及散发 .....</b>        | <b>155</b> |
| 蒸发 .....                      | 155        |
| 5-1 控制蒸发过程的因素 .....           | 156        |
| 5-2 由水量平衡推求水库蒸发 .....         | 157        |
| 5-3 由能量平衡推求水库蒸发 .....         | 159        |
| 5-4 根据空气动力学推求水库蒸发 .....       | 162        |
| 5-5 估计水库蒸发的组合方法 .....         | 163        |
| 5-6 由蒸发器读数及有关气象资料推求水库蒸发 ..... | 167        |
| 5-7 估计水库蒸发方法总结及评价 .....       | 176        |
| 5-8 通过蒸发抑制增加供水量 .....         | 178        |
| 散发 .....                      | 178        |
| 5-9 影响散发的因素 .....             | 178        |
| 5-10 散发测定 .....               | 180        |
| 蒸散发 .....                     | 181        |
| 5-11 由水量平衡推求流域平均蒸散发 .....     | 182        |
| 5-12 利用径流实验小区推求蒸散发 .....      | 184        |
| 5-13 利用土壤蒸发器确定蒸散发 .....       | 184        |
| 5-14 由气象资料推估可能蒸散发 .....       | 185        |
| 5-15 由可能蒸散发推估实在蒸散发 .....      | 186        |
| 5-16 控制蒸散发 .....              | 187        |
| 参考文献 .....                    | 188        |
| 书目提要 .....                    | 192        |
| 美国资料来源 .....                  | 193        |
| 习题 .....                      | 194        |
| <b>第六章 地下水 .....</b>          | <b>196</b> |
| 6-1 地下水的存在状况 .....            | 196        |
| 渗流层中的水分 .....                 | 197        |
| 6-2 土壤-水分关系 .....             | 197        |

|      |                |     |
|------|----------------|-----|
| 6-3  | 平衡点 .....      | 199 |
| 6-4  | 土壤水分的测定 .....  | 200 |
| 6-5  | 土壤水分的运动 .....  | 201 |
|      | 饱和层中的水分 .....  | 203 |
| 6-6  | 含水层 .....      | 203 |
| 6-7  | 地下水的运动 .....   | 204 |
| 6-8  | 渗透率的测定 .....   | 205 |
| 6-9  | 地下水的来源 .....   | 206 |
| 6-10 | 地下水的出流 .....   | 207 |
| 6-11 | 井的平衡水力学 .....  | 208 |
| 6-12 | 井的非平衡水力学 ..... | 209 |
| 6-13 | 边界影响 .....     | 213 |
| 6-14 | 含水层分析 .....    | 214 |
|      | 地下水库蕴藏量 .....  | 216 |
| 6-15 | 保证产水量 .....    | 216 |
| 6-16 | 海水入侵 .....     | 217 |
| 6-17 | 人工回灌 .....     | 218 |
| 6-18 | 承压含水层 .....    | 219 |
| 6-19 | 地下水的时间影响 ..... | 220 |
|      | 参考文献 .....     | 220 |
|      | 书目提要 .....     | 222 |
|      | 习题 .....       | 222 |

|            |                    |            |
|------------|--------------------|------------|
| <b>第七章</b> | <b>流量过程线 .....</b> | <b>226</b> |
|            | 过程线特征 .....        | 226        |
| 7-1        | 径流各组成部分 .....      | 226        |
| 7-2        | 河流退水 .....         | 228        |
| 7-3        | 过程线分割 .....        | 232        |
| 7-4        | 复合过程线分析 .....      | 233        |
| 7-5        | 径流总量推求 .....       | 234        |
|            | 过程线综合 .....        | 235        |
| 7-6        | 单元过程线 .....        | 235        |
| 7-7        | 单位过程线概念 .....      | 236        |

|            |                         |            |
|------------|-------------------------|------------|
| 7-8        | 单位过程线推求 .....           | 239        |
| 7-9        | 由复合暴雨推求单位过程线 .....      | 240        |
| 7-10       | 各种历时的单位过程线 .....        | 242        |
| 7-11       | 综合单位过程线 .....           | 245        |
| 7-12       | 单位过程线的移置 .....          | 247        |
| 7-13       | 单位过程线的应用 .....          | 249        |
| 7-14       | 地面漫流过程线 .....           | 249        |
|            | 参考文献 .....              | 253        |
|            | 书目提要 .....              | 253        |
|            | 习题 .....                | 253        |
| <b>第八章</b> | <b>降雨与径流之间的关系 .....</b> | <b>258</b> |
|            | 径流现象 .....              | 258        |
| 8-1        | 地面储蓄 .....              | 258        |
| 8-2        | 下渗 .....                | 261        |
| 8-3        | 径流循环 .....              | 263        |
|            | 估计暴雨径流总量 .....          | 265        |
| 8-4        | 初始水分条件 .....            | 265        |
| 8-5        | 暴雨分析 .....              | 267        |
| 8-6        | 全暴雨径流的多变量关系 .....       | 269        |
| 8-7        | 暴雨径流时段增量关系 .....        | 271        |
| 8-8        | 用下渗估计径流 .....           | 273        |
| 8-9        | 下渗指数 .....              | 273        |
|            | 估计融雪径流 .....            | 274        |
| 8-10       | 融雪物理学 .....             | 274        |
| 8-11       | 估计融雪率及其径流 .....         | 277        |
|            | 季径流及年径流关系 .....         | 278        |
| 8-12       | 降雨-径流关系 .....           | 278        |
| 8-13       | 利用积雪测量 .....            | 280        |
|            | 参考文献 .....              | 282        |
|            | 书目提要 .....              | 283        |
|            | 习题 .....                | 284        |
| <b>第九章</b> | <b>流量演算 .....</b>       | <b>287</b> |
| 9-1        | 洪水波运动 .....             | 287        |



|             |                             |            |
|-------------|-----------------------------|------------|
| 9-2         | 动力波及运动波 .....               | 290        |
| 9-3         | 天然河道洪水波 .....               | 291        |
| 9-4         | 蓄量方程 .....                  | 293        |
| 9-5         | 蓄量的确定 .....                 | 294        |
| 9-6         | 水库调洪演算 .....                | 297        |
| 9-7         | 河道洪水演算 .....                | 299        |
| 9-8         | 流量演算分析法 .....               | 300        |
| 9-9         | 流量演算图解法 .....               | 302        |
| 9-10        | 动力波及运动波演算 .....             | 305        |
| 9-11        | 用演算推求流域出流 .....             | 308        |
| 9-12        | 上下游水位(或流量)关系 .....          | 311        |
|             | 参考文献 .....                  | 314        |
|             | 书目提要 .....                  | 315        |
|             | 习题 .....                    | 316        |
| <b>第十章</b>  | <b>河道水流的计算机模拟 .....</b>     | <b>318</b> |
| 10-1        | 模拟原理 .....                  | 318        |
| 10-2        | 径流模拟程序的结构 .....             | 320        |
| 10-3        | 参数 .....                    | 324        |
| 10-4        | 融雪模拟 .....                  | 326        |
| 10-5        | 水文学中水流模拟的应用 .....           | 328        |
| 10-6        | 校准及调优 .....                 | 331        |
| 10-7        | 模拟在水文学中的其它应用 .....          | 333        |
|             | 参考文献 .....                  | 335        |
|             | 书目提要 .....                  | 335        |
|             | 习题 .....                    | 336        |
| <b>第十一章</b> | <b>水文学中的概率——设计的依据 .....</b> | <b>338</b> |
|             | 洪水概率 .....                  | 338        |
| 11-1        | 资料选择 .....                  | 338        |
| 11-2        | 绘点位置 .....                  | 340        |
| 11-3        | 洪水的理论分布 .....               | 341        |
| 11-4        | 对数-皮尔逊III型分布 .....          | 343        |
| 11-5        | 极值I型分布 .....                | 345        |
| 11-6        | 设计频率的选择 .....               | 349        |