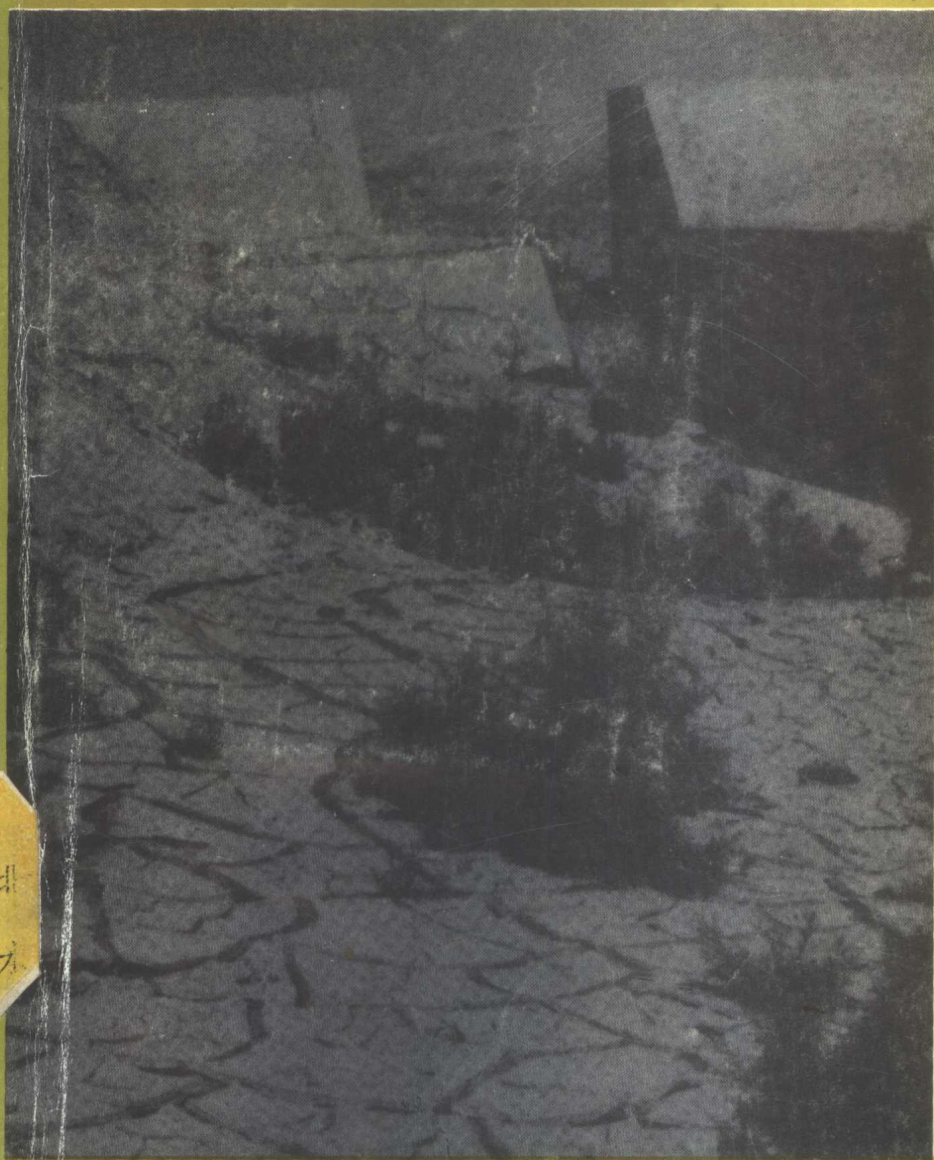


896433

粮农组织
灌溉和排水
丛书
37

干旱地区水文学



中国
农业科技出版社
北京 1988



联合国
粮食及农业组织

512
/104

干旱地区水文学

粮农组织

灌溉和排水

文集

37

作者: K. R. 琼斯(主要撰稿人)

O. 伯内

B. P. 卡尔

E. C. 巴雷特

与粮农组织任职人员

中国农业科学院科技文献信息中心

根据其同

联合国粮食及农业组织

的协议出版

中 国

农业科技出版社

北京 1988



联合国

粮食及农业组织

干旱地区水文学

责任编辑 段道怀

中国农业科技出版社出版 (北京海淀区白石桥路30号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国农业科学院科技文献信息中心印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 24.3 字数: 512千字

1988年12月第一版 1988年12月第一次印刷

印数: 1—3000册 定价: 10.00元

ISBN 7-80026-101-8/s·71

本书原版为联合国粮农组织的灌溉和排水文集 (37) 《干旱地区水文学》(FAO Irrigation and drainage paper NO. 37, Arid zone hydrology, M-56, ISBN 95-5-101079-x, 1981 Rome.)

本书中所用名称及材料的编写方式并不意味着联合国粮农组织对于任何国家、领地、城市或地区或其当局的法律地位或对于其边界的划分表示任何意见。使用“发达经济”和“发展中经济”这两个词是出于统计上的方便，并不是对某个国家或地区在发展过程中已达到的发展阶段作出的判断。

CPP/87/10

ISBN 7-80026-101-8/s.71

版权所有。未经版权所有者事前许可，不得以电子、机械、照相复制等任何方法或其他程序全部或部分翻印本书，或将其存入检索体系，或发送他人。申请这种许可应写信给联合国粮农组织出版司司长（意大利罗马 Via delle Terme di Caracalla, 00100）并说明希望翻印的目的和份数。

©粮农组织 北京 中文版 1988年

3A5-P/07

前 言

干旱地区的水文学和水资源开发规划问题常常完全不同于比较湿润的地区。仅举一例，干旱地区河流总的年流量可能发生在几小时内，然而湿润地区流量可能是全年的。过去，对于干旱地区水文学不太重视，大多数水文学研究和文献均与湿润地区有关。在这些条件下培训出来的水文学家，当转向干旱地区时，便发现他们曾认为是规范的许多假定和方法已不再适用。故或者要重新考虑水文学原理的应用，并耗费时间修正这些原理使之适用于干旱条件方面，或者要将湿润地区的概念应用于实际上并不适用的地区，因而产生很差的效果。

本文的目的是介绍近些年来许多干旱地区水文学家所得到的一些经验。本文并不打算作为有关这一课题的一本权威性教科书。世界气象组织(WMO)是联合国系统中负责制订有关常规水文资料搜集、站网和服务的规范和指南的机构。然而，制订这样的指南还需长时间的准备，联合国粮食及农业组织(FAO)与WMO商定，为该课题提供这一阶段性论文。在此应高兴地指出英国海外开发署(British Overseas Development Administration)对此项工作所给予的支持。

关于本文的专业内容，目的是说明干旱地区主要水文要素的特征，如：降雨、蒸发、径流、泥沙沉积以及在干旱地区特别重要的地下水，然后提供收集和分析每个要素的现场资料的有用知识。对现有文献中已述及的那些问题尽可能少阐述些，以避免重复，同时提供足够详细的实例，以便理解整个问题，而无需参阅有关文献。

最后，本文是野外的水文学家根据个人的经验，为他们在野外工作的同事们所撰写。鉴于此，在对问题的处理以及在实例的选择方面，本文难免有一定的局限性，因为这些实例必然选自作者经验最丰富的世界上那些地区。然而，向从事实际工作的工程师和水文学家提供这种经验，以期能对他们的工作有所帮助，并把我们对干旱地区水文学问题的经验和理解向前推进一步。负责编辑本文的FAO水资源开发和管理处将欢迎读者提出任何建设性意见、想法或建议。

目 录

前 言	III
目 录	V
插图目录	VI
附表目录	VII

水与农业的发展

第一章 引 言	1
第二章 干旱地区的环境和水文测量	4
2·1 环 境	4
2·2 水文站网设计的原则	5
第三章 干旱地区传统的用水方式	7
3·1 径流的控制	7
3·2 暴洪的利用	8

降 雨

第四章 干旱地区降雨的特征	12
4·1 对流性暴雨的特征	12
4·2 暴雨的强度特征	13
4·3 年降雨量的变化	13
4·4 年降雨量的长期趋势	15
4·5 单站年降雨量的统计分析	15
4·6 年降雨量的空间变化	18
4·7 季降雨	18
第五章 降雨的现场测量	25
5·1 雨量站网	26

5.2	自记雨量计、累积雨量计和日雨量计的设置	28
5.3	雨量站	28

第六章	雨量资料的整理、分析和刊布	29
6.1	质量控制	29
6.2	降雨强度的分析	32
6.3	平均面雨量的计算	32
6.4	降雨深度-历时-频率关系	37
6.5	日雨量发生的概率	37
6.6	双累积曲线分析	41

蒸发和蒸散

第七章	干旱地区蒸散的特征	44
7.1	概述	44
7.2	影响蒸散的气候要素	45
7.3	可能蒸散的时空变化	46

第八章	野外测量	52
8.1	主要气候要素的测量	52
8.2	蒸发站网	55

第九章	蒸发和蒸散的计算	56
9.1	Penman 公式	56
9.2	实际蒸散量 ET_a 的计算	61
9.3	自然陆面蒸发和天然植物的用水	66

地表水

第十章	干旱地区地表径流的特征	73
10.1	概述	73
10.2	洪水特征	74

10·3	年径流量和季径流量	78
第十一章 野外测量		
11·1	河流测站网的要求	83
11·2	测站的设备和操作	84
第十二章 资料的整编和分析		
12·1	概 述	91
12·2	流量测量资料的整编	92
12·3	水位资料的整编	113
12·4	水位-流量关系曲线	114
12·5	日径流量的计算	115
12·6	洪 水	115
泥 沙		
第十三章 干旱地区的泥沙特性		
13·1	概 述	124
13·2	气候对泥沙运动的影响	125
13·3	干旱地区的泥沙运动	126
13·4	泥沙的分类	126
13·5	可能的和实际的泥沙输运	127
13·6	流量和输沙量之间的关系	127
13·7	蓄水建筑物的泥沙淤积	127
13·8	冲积河流的泥沙运动	130
第十四章 输沙测量		
14·1	概 述	135
14·2	泥沙输运机理	135
14·3	野外操作	137
14·4	泥沙采样的程序	144
14·5	实验室分析方法	146

14.6	沙样的体积分析法	148
14.7	悬移质输沙计算	150
14.8	推移质	150
14.9	输沙率公式	150

第十五章 泥沙资料的整理和分析

15.1	输沙率-流量关系曲线	155
15.2	输沙率的分析计算	162
15.3	输沙和淤积	169
15.4	结论和建议	178

地 下 水

第十六章	干旱地区地下水的特征	180
16.1	概 述	180
16.2	岩石类型	183
16.3	水文平衡	186
16.4	含水层的输水作用	186
16.5	含水层的蓄水作用	186
16.6	地下水模型	186
16.7	地下水开发	187
16.8	干旱地区的地下水资料站网和查勘	189

水 资 源 研 究

第十七章	干旱地区水文学中有用的专门技术	191
17.1	遥 感	191
17.2	同位素在干旱地区水文学中的应用	193
17.3	河槽几何尺寸在估算河川流量中的应用	198

第十八章 资源评价方法

18.1	引 言	199
------	-----	-----

18·2	地表水的估算和利用	199
18·3	地下水补给的估算	223
18·4	人工地下水补给	257
18·5	水分平衡	264
参考文献		269
附录一	降雨强度的分析	A1
附录二	误差评定	A15
附录三	洪水大小的计算	A33
附录四	输沙率的计算	A47
附录五	卫星遥感在干旱地区降水水文气象学中的应用	A80

插图 目 录

4 · 1	年雨量变异系数与年平均雨量的关系	14
4 · 2	(a) 1846 - 1964 年期间的年雨量 (St. Annes, Jerusalem)	16
	(b) 累积距平 (1846 - 1964) (St. Anne's, Jerusalem)	16
4 · 3	干旱地区和湿润地区测站年雨量的概率分布	19
4 · 4	单站年雨量的空间变化	22
4 · 5	四个月期间实测雨日的频率变化图 (亚利桑那, Tombstone)	24
6 · 1	降雨深 - 历时 - 频率曲线	38
6 · 2	十年一遇一小时降雨量与年降雨量之间的关系	39
6 · 3	日降雨强度的分布	42
7 · 1	干旱地区热通量和蒸散 率典型的昼夜变化	47
7 · 2	在(a)非洲和(b)南美洲不同纬度的季降雨量和可能 蒸散 量分布	49
9 · 1	(a) Penman E_o 和温度之间的关系	58
	(b) Penman E_o 和根据(1)式预测的 E_o (表 9 · 1) 之间的关系	58
	(c) Penman E_o 和辐射之间的关系	59
	(d) Penman E_o 和根据(3)式预测的 E_o (表 9 · 1) 之间的关系	59
9 · 2	观测的和计算的 ET_a 之小时值 (沙特阿拉伯, Sabkha)	63
9 · 3	小块草地的能量平衡 (沙特阿拉伯, Riyadh)	65
10 · 1	1973 年 12 月 27 - 29 日洪水的流量过程线 (Najran 干谷)	75
10 · 2	流域面积和径流量之间的关系 (沙特阿拉伯, Bishah 干谷 流域, 1971)	77
10 · 3	冲积河道中流量对面积和河宽的关系	79
10 · 4	(a) 沙特阿拉伯 Najran 干谷的河床平均高程的时间变化	81
	(b) 沙特阿拉伯 Bishah 干谷测站处的过水断面	81
12 · 1	Manning 公式中不同 n 值之 Froude 数、流量和平 均水深 (沙特阿拉伯, Bishah 干谷)	96
12 · 2	(a) 平坦河床的摩擦系数图 (Lovera 和 Kennedy)	101
	(b) f_b' 作为 Froude 数和 r_b/d_{50} 函数的 Alam 和 Kennedy 图介表示	101
12 · 3	冲积河流中的水力关系 (沙特阿拉伯)	105
	(a) 水力半径与河宽的关系	106

(b) 水位和水力半径与洪后根据比降-面积测量求得的流量之间的关系	106
(c) 冲积河流 d 和 q 之间的关系	108
(d) 冲积河流水力半径与流量之间的关系	109
(e) 实测流量与用 Alam-Kennedy Method 法计算的流量之间的关系	110
12.4 冲积河流上某测站的水位流量比率曲线 (沙特阿拉伯)	116
(a) 根据实测的洪水退水外延的曲线	
(b) 收敛在最高水位和流量点的曲线	
(c) 向边界的“主曲线”外延	
13.1 水库三角洲的淤积形态	128
13.2 坦桑尼亚 Kisongo 水库的纵向剖面	128
13.3 年输沙量的分布曲线 (沙特阿拉伯, El Shefa)	131
14.1 美国堪萨斯城处 Missouri 河泥沙级配的分布	138
14.2 流速, 含沙量和输沙率在断面垂线上的分布	139
14.3 测量平均悬移质含沙量的两种方法	141
14.4 用等速率法采样时, 估算捉放时间和速率的灌模图	142
14.5 泥沙样本分析 — 体积含沙量与重量含沙量的关系	149
14.6 输沙率 Q_s 与挟沙水流流量 Q 之间的关系 Mudiq, Najran 干谷, 1974 年 5 月 6 - 25 日)	152
14.7 流量过程线和输沙率过程线 (Mudiq, Najran 干谷, 1974 年 5 月 9 日)	153
15.1 输沙率 (沙特阿拉伯, Najran 干谷)	157
(a) Q_s 对 Q 的回归	
(b) C 对 Q 的回归	
15.2 输沙率 - 用 Einstein 法外延回归线	161
15.3 复式输沙量-流量关系曲线	
(a) 季节影响	163
(b) 滞后影响	163
15.4 用沙特阿拉伯, Mudiq, Najran 干谷资料说明各个输沙率公式	166
15.5 拦沙率关系图	172

(a) Brown	— 拦沙率与水库库容/流域面积比值之间的关系	
(b) Brune	— 拦沙率与水库库容/年入流量比值之间的关系	
(c) Churchill	— 拦沙率与淤积指数之间的关系	
15.6	悬移质输沙量计算的设计曲线	174
(a)	草地 — 灌丛	
(b)	灌丛 — 沙漠	
15.7	年输沙量作为用随机模型计算的年径流量的函数	177
18.1	年降雨 — 径流的分布 (沙特阿拉伯)	202
18.2	随机径流模型的理论基础	206
18.3	随机生成模型的示意框图	207
18.4	(a) 典型的合成瞬时流量过程线	211
	(b) 瞬时的流量 — 历时曲线 (10 年生成序列)	212
	(c) 基于流量过程线参数的概率分布之上的瞬时流量 — 径流量曲线	213
18.5	生成的干谷入流量之瞬时流量 — 历时曲线, 用于滞蓄洪水和演算出流量 (1 平方米出口)	214
18.6	Liyyah 流域日径流量与日降雨量的关系	217
18.7	Liyyah 流域月径流量与月降雨量的关系	218
18.8	计算的限定值以上的日径流量出现频率的分布	221
18.9	日降雨量的地区变化 (Taif 地区)	222
18.10	计算的年径流之概率分布 (沙特阿拉伯, Najran 干谷)	226
18.11	在里亚德 — 德黑兰公路上 114 公里处沙土水分中的氮含量 (沙特阿拉伯)	232
18.12	排水网和降雨量 (沙特阿拉伯, Liyyah 干谷流域)	238
18.13	模拟的和实测的 1973 年 12 月洪水的特性 (沙特阿拉伯, Najran 干谷)	240
18.14	冲积河槽补给 (稳态) 的分布 (沙特阿拉伯, Najran 干谷)	243
18.15	比较模拟的和实测的水位反应 (沙特阿拉伯, Najran 干谷)	244
18.16	Khulays 流域的地下水位	248
18.17	Bishah 干谷含水层的数字模型 — 结点网	254

附录插图目录

A·1·1	降雨强度分析 — 强度分段法	A9
A·1·2	暴雨强度的最大值	A13
A·1·3	对于不同的初损级, 雨强与等于或大于指定雨强的 降雨量百分数的关系	A14
A·2·1	双累积线曲线分析	A20
A·2·2	水位流量关系曲线 (Mudiq)	A27
A·2·3	水位流量关系曲线, 说明控制变动 (Mudiq)	A28
A·3·1	地区综合 — USGS 法	A38
	(a) $Q_{PT}/Q_{P2.33}$ 的对数 Gumbel 概率分布	A38
	(b) $Q_{PP}/Q_{P0.5}$ 的对数正态概率分布	A38
A·3·2	区域比值 — 站年法	A41
A·3·3	1970 年 3 月 2 日 - 3 日的暴雨 (沙特阿拉伯, El Abis)	A43
A·3·4	合成的流量过程线 — 暴雨移量 (1970·3·2)	A45
A·4·1	检验河段的平面图和纵剖面图	A49
A·4·2	检验河段的断面和等效断面	A50
A·4·3	颗粒分析图	A51
A·4·4	水的运动粘滞度	A53
A·4·5	边墙改正	A54
A·4·6	沙洲阻力曲线	A58
A·4·7	Einstein 法	A61
	(a) 系数 $\alpha = f(d_{65}/\delta)$ 的分布	A61
	(b) $H = 3$ 米时的流速分布	A61
A·4·8	(a) 沉降速度与粒径的关系	A62
	(b) y/H 处悬移质含沙量与不同 Z 值时的相对含沙量 Cy/Ca 的关系	A62
A·4·9	Einstein 系数	A66
	(a) ξ 与 d_{si}/x 的关系	A66
	(b) y 与 d_{65}/δ 的关系	A66
	(c) ψ 与 ϕ 的关系	A66

A·4·10	Einstein法的积分 I_1 和 I_2	A69
	(a) I_1 与 $2di/r'b$ 的关系	A69
	(b) I_2 与 $2di/r'b$ 的关系	A69
A·4·11	(a) 非实测输沙率对平均流速的 Colby 图 (1957, ASCE 手册中的图 2-110)	A79
	(b) 相对含沙量对平均流速的 Colby 图 (1957, ASCE 手册中的图 2-112)	A79
	(c) 有效率对改正系数的 Colby 图 (1957, ASCE 手册中的 2-111)	A79
A·5·1	现行 Bristol 法的流程图	A86
A·5·2	降雨量图	A88
A·5·3	云指数/总雨量回归图	A89
A·5·4	阿曼东北部月的和年的降雨量图	A91
A·5·5	1977 年 3 月 29 日 - 4 月 14 日西北非的雨量简图	A93

附 表 目 录

4 · 1	年降雨量的变率	21
6 · 1	雨量 - 历时比	36
6 · 2	雨量 - 频率比比较	37
7 · 1	Penman Eo 估值一览 (沙特阿拉伯, Najran)	48
8 · 1	USWB A 级蒸发皿系数	54
9 · 1	Penman Eo 估值对气候要素的多元回归	57
9 · 2	新墨西哥 Pecos 河 Acmeartesia 河段深根植物区的耗水量	72
12 · 1	Manning 法 Alam Kennedy 法结果的比较	104
12 · 2	某冲积河道中 Q 、 V 、 R 、 C 和 n 的关系	104
12 · 3	在沙特阿拉伯同一干谷上相距 9 公里两站计算的洪峰流量之比较	112
12 · 4	水深流量关系 (Chezy 公式)	112
13 · 1	半干旱地区的水库泥沙淤积情况	132
13 · 2	超过 400 000 ppm 的悬移质含沙量	134
14 · 1	输沙量术语	136
14 · 2	确定推移质的 Maddock 分类表	154
17 · 1	现时的和最近将来的美国卫星遥感计划	194
18 · 1	西非 Sudano-Sahelian 地区的降雨和径流	201
18 · 2	年径流资料 (沙特阿拉伯)	203
18 · 3	亚利桑那所选站的径流资料一览	204
18 · 4	年供水量和损失量 — 库容和泄水类型的比较	210
18 · 5	沙特阿拉伯 Liyyah 干谷流域月和年径流一览	215
18 · 6	年径流对年降雨量的回归分析 (沙特阿拉伯)	224
18 · 7	降水 and 环境同位素资料	231
18 · 8	降雨 - 流量回归系数的变化 (内华达)	237
18 · 9	Najran 冲积流域对历史流量序列的模拟反应	241
18 · 10	Najran 冲积流域对人工流量序列的模拟反应	242
18 · 11	Khulays 流域暂时的水量平衡	247
18 · 12	博茨瓦纳 Mahalatswe 河的径流记录	262
18 · 13	Mahalatswe 河 10 公里河段的水分平衡	263

18·14	Azraq 流域平均的年水分平衡	265
18·15	Geropotamos 平原的水分平衡	267