

新疆暴雨的若干规律性^{*}

马淑红

席元伟^{**}

(新疆气象科学研究所, 乌鲁木齐, 830002) (新疆交通科研所, 乌鲁木齐, 830002)

摘要

应用熵最大原理导出的公式研究了新疆暴雨时面深分配规律, 并通过近400个水文、气象测站^{32a}资料的分析, 发现新疆暴雨的若干规律, 这对于新疆暴雨研究和水利工程设计及暴雨洪水灾害防治等都有实用价值。

关键词: 熵最大原理, 暴雨时面深, 分配规律。

1 引言

暴雨不仅在湿润地区对国计民生影响很大, 而且在干旱地区也产生严重危害, 1987年汛期, 新疆发生的建国以来的特大暴雨洪水灾害, 造成了巨大损失。因此, 干旱区暴雨研究引起国内有关人士的关注, 并进行探讨。

中国水文、气象部门已对暴雨的成因^[1]和分布规律^[2]及设计暴雨^[3]等作了大量研究, 其中利用不同地域的资料综合出不少暴雨时面深经验公式, 从而对暴雨时面深有了进一步的认识。张学文等把统计物理学理论引入时面深领域^[4], 为暴雨时面深理论研究提供了新的方法, 并将其引入熵原理推导出了暴雨时面深公式^[5]。这些公式已被大量观测数据所证实^[6]。在此基础上, 本文对新疆暴雨中心活动规律(暴雨路径)、暴雨的时间分配规律及各类暴雨的面深分布规律作了研究。这对于新疆暴雨洪水预告和工程设计及防汛、抗洪、减少公路水毁灾害等都具有科学意义和实用价值。

2 资料与方法

根据新疆近400个水文、气象测站^{32a}(1958–1989年)逐日(08–08北京时)降水资料, 参照历史天气图和气象台的天气过程图, 共选出29场暴雨个例。从天气图和降水过程的起止时间(以暴雨对应天气过程来确定降水过程起止时间, 如果这场暴雨受同一天气系统影响, 则认为它是一场暴雨), 确定场次暴雨, 以便统计各场次暴雨主要天气系统的演变并算出各场次降水总量。

在对暴雨的分析研究中, 用近400个水文、气象测站逐日(08–08点)降水资料填写在1:350万地图上, 绘制出各场次暴雨等雨量线图, 并量算了各等级降水笼罩面积和相应降

* 初稿时间: 1994年5月9日; 修改稿时间: 1995年9月29日。

** 马力、沙拉买提同志参加了部分统计工作。

水总量,而且还分项统计了新疆24h(08-08点)最大点暴雨资料、日雨量 $\geq 20\text{mm}$ 和日雨量 $\geq 25\text{mm}$ 全年暴雨频数并进行分析研究,从而揭示了新疆暴雨的若干规律性。

3 新疆干旱、半干旱地区暴雨标准的划分

中国气象部门规定凡日雨量(24h) $\geq 50\text{mm}$ 的雨都称之为暴雨^[7]。新疆是暴雨较少地区,因而根据暴雨洪水成灾事实和干旱、半干旱地区暴雨特点及河川与下垫面渗透力较差的情况,确定的新疆暴雨标准和场次暴雨标准,分别定义为:日雨量 $\geq 20\text{mm}$ 定为干旱区暴雨日;日雨量 $\geq 25\text{mm}$ 定为半干旱地区暴雨日。场次暴雨标准见表1。

表1 新疆场次暴雨标准

暴雨级别	雨区实测最大过程降水量(mm)	雨区内至少有5个测站日降水量(mm)
暴雨	40	20
大暴雨	80	40
特大暴雨	160	80

这种划分拓宽了暴雨研究范围,突出了干旱区的降水特征,有利于寻找暴雨特征及相应影响系统和暴雨路径的关系。在干旱、半干旱地区具有实用价值。

4 新疆场次暴雨中心活动规律及特征

新疆的暴雨既受天气系统的影响,又受地形影响,这就使得新疆暴雨中心活动规律具有独特性。下面就暴雨对应天气系统、暴雨中心活动规律和特征及各类暴雨时面深分布规律等分别进行论述。

4.1 新疆暴雨对应的天气系统

研究结果^[8]表明:新疆暴雨对应的天气系统有5种,即西西伯利亚低槽、南支大槽、副热带大槽、中亚切断低涡和北槽东移(叠加破坏型),其中后4种属副热带天气系统。所以,新疆5-8月暴雨对应天气系统以副热带天气系统为主(80%),其次是西西伯利亚低槽,并发现新疆场次最大暴雨中心活动规律与对应的天气系统相配合。

4.2 地形特征与场次最大暴雨中心活动规律

新疆暴雨除与上述主要天气系统有关外,还与水汽来源和地形有密切关系。新疆四周有高山峻岭,中部有天山横亘,山地间夹有许多大小盆地,如北疆的准葛尔盆地,南疆的塔里木盆地等,且高低相差悬殊,有海拔高达8611m的乔戈里峰,也有低于海平面154m的觉洛浣(在吐鲁番盆地)。

由于新疆处在亚欧大陆腹地,四周距海遥远,水汽输送距离较长。南有世界屋脊青藏高原与印度洋相隔。这里的水汽来源主要有西方路径、西北和东方路径,并以西方路径为主。在特定的水汽入流条件、地势条件加之以戈壁为主的下垫面状况下,使新疆的最大暴雨中心活动规律具有独特性。

新疆场次最大暴雨中心活动规律与地势关系密切。如迎风坡气流的强迫抬升、山谷的狭管作用、喇叭口效应等形成大暴雨(见表2)。

表2 新疆场次最大暴雨中心分布与地形特征

暴雨中心				
日期	地点	场次最大降水量(mm)	影响系统	地形特征
1978. 6. 8- 12	天池	229. 6	副热带大槽	东天山迎风坡
1958. 8. 11- 15	库克苏	116. 4	南支大槽	河谷, 向西开口
1964. 5. 21- 28	努尔	124. 9	副热带大槽	昆仑山迎风坡
1977. 7. 12- 18	庙尔沟	111. 9	西西伯利亚低槽	准葛尔西部山地
1971. 7. 4- 9	台兰	110. 0	副热带大槽	天山南坡西部
1982. 8. 25- 30	台兰	154. 0	中亚切断低涡	天山南坡西部
1980. 5. 20- 25	苏洛克	326. 3	中亚切断低涡	昆仑山西部迎风坡
1976. 6. 15- 21	乌什	95. 3	中亚切断低涡	天山南麓河谷地带
1984. 6. 17- 24	天池	166. 9	中亚切断低涡	东天山迎风坡
1984. 7. 6- 12	大东沟	106. 6	中亚切断低涡	中天山迎风坡
1981. 7. 1- 6	若羌	73. 4(14h)	南支大槽	塔里木盆地东南缘

4. 3 新疆场次暴雨中心活动规律及特征

暴雨路径是连续日雨量图上暴雨中心轴线(连续日雨量图上暴雨中心连线), 它应与天气系统走向一致, 且与暴雨区长轴方向一致。

在暴雨路径定义下, 把新疆各场次暴雨实例按地理位置和场次暴雨中心轴线形状(场次暴雨中心活动规律)归纳为5种^[9]暴雨路径(见图1): A 曲线弧形路径(大曲率型); B 天山东移路径(小曲率型); C 昆仑山东移路径; D 天山东移和昆仑山东移混合型路径; E 西北路径。在上述暴雨路径中, 曲线弧形路径出现机会最多(占33%), 暴雨中心移速最快, 约400km/d; 其次是天山东移路径(23%)和昆仑山东移路径(20%)。这对于新疆暴雨洪水预告以及工程设计具有实用价值。

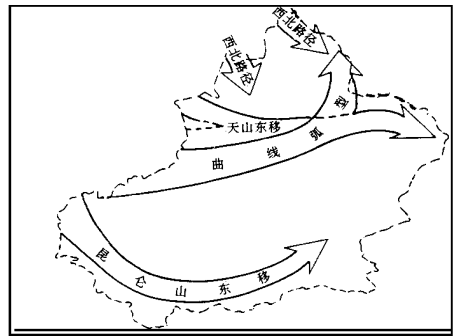


图1 新疆暴雨路径图

4. 4 新疆典型大暴雨路径对应天气系统及雨区范围之间关系

从新疆各场次典型大暴雨等值线分布图中, 分析了各场次暴雨中心分布情况, 从中确定了各场次暴雨的影响范围(雨区范围), 并对各场次典型大暴雨出现日期、经历天数、暴雨路径、对应天气系统、降水总量等进行对比分析, 结果表明: 新疆各类暴雨路径对应天气系统及其经过路线制约雨区(降水总量)大小(见表3), 其中 A 类平均降水总量最大, 一般为 $150.4 \times 10^8 \text{ m}^3$, B 类和 D 类平均降水总量分别为 $131.9 \times 10^8 \text{ m}^3$, $123.0 \times 10^8 \text{ m}^3$, C 类为 $118.3 \times 10^8 \text{ m}^3$, E 类最小为 $66.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

表3 新疆典型大暴雨对应天气系统和暴雨路径及影响范围之间关系

序号	暴雨过程	历时(d)	暴雨路径	主要天气系统	影响范围	雨区总面积(10 ⁴ km ²)	降水总量(10 ⁸ m ³)
1	1958. 8. 11- 15	5	A	南支大槽	全疆(大范围)	73. 5	199. 6
2	1959. 7. 3- 8	6	A	中亚切断低涡	全疆(大范围)	75. 2	156. 4
3	1960. 7. 16- 19	4	A	副热带大槽	天山以北(地区性)	63. 8	81. 2
4	1960. 5. 3- 9	7	C	中亚切断低涡	天山以南(地区性)	88. 6	107. 9
5	1961. 8. 14- 16	3	E	西西伯利亚大槽	北疆北部(局部)	31. 4	33. 7
6	1961. 8. 20- 22	3	A	西西伯利亚大槽	天山山区以北	63. 2	137. 8
7	1964. 5. 21- 28	8	C	副热带大槽	昆仑山北坡	59. 7	120. 4
8	1966. 8. 10- 17	8	C	中亚切断低涡	天山和昆仑山北坡	61. 4	96. 9
9	1970. 7. 20- 26	7	A	西西伯利亚大槽	全疆(大范围)	78. 3	140. 9
10	1971. 7. 4- 9	6	A	副热带大槽	全疆(大范围)	115. 7	225. 8
11	1974. 6. 20- 26	7	A	南支大槽	全疆(大范围)	101. 0	130. 9
12	1975. 7. 14- 18	5	B	南支大槽	天山以北(地区性)	63. 9	104. 5
13	1976. 6. 15- 20	6	A	中亚切断低涡	全疆(大范围)	72. 4	126. 0
14	1977. 6. 13- 19	7	C	中亚切断低涡	昆仑山和天山山区	65. 7	84. 8
15	1977. 7. 12- 18	7	E	中亚切断低涡	天山以北	86. 6	99. 2
16	1978. 6. 8- 12	5	A	副热带大槽	全疆(大范围)	86. 6	170. 8
17	1981. 7. 1- 6	6	G	南支大槽	全疆(大范围)	113. 7	160. 2
18	1982. 5. 29- 6. 3	6	A	南支大槽	天山和昆仑山山区	71. 8	135. 2
19	1982. 8. 25- 30	6	C	中亚切断低涡	天山以南	75. 9	100. 8
20	1983. 5. 31- 6. 4	5	B	副热带大槽	天山以北	50. 8	91. 9
21	1983. 8. 7- 10	4	B	西西伯利亚大槽	天山山区以北	65. 8	84. 8
22	1984. 6. 17- 24	8	B	中亚切断低涡	天山山区以北	80. 3	139. 1
23	1984. 7. 6- 12	7	B	中亚切断低槽	全疆(大范围)	114. 4	189. 0
24	1987. 6. 8- 12	5	G	中亚切断低槽	全疆(大范围)	100. 6	199. 4
25	1987. 7. 24- 29	6	D	北槽南涡, 北槽东移	全疆(大范围)	83. 3	128. 8
26	1988. 7. 21- 25	5	B	西西伯利亚大槽	全疆(大范围)	97. 5	175. 5
27	1987. 6. 19- 24	6	B	中亚切断低槽	天山山区以北	71. 1	146. 4
28	1989. 6. 29- 7. 3	5	C	北槽东移	昆仑山山区	83. 5	134. 8
29	1989. 8. 29- 9. 3	6	D	北槽南涡, 北槽东移	天山、昆仑山山区	84. 5	119. 1

4.5 各类暴雨特征量分析

上节归纳出新疆暴雨路径的5种主要类型,也就是暴雨总量相近,暴雨中心活动规律和形状一致的主要类型。下面分析各类暴雨的平均笼罩面积、平均降水量、最大降水量等特征量分布规律。

在5种主要类型中,以A类雨量最大(其中雨区平均笼罩面积为 $80.0 \times 10^4 \text{km}^2$,占新疆面积的48%,平均雨量为18.8mm),其次是B类(B类雨区平均笼罩面积为 $78.0 \times 10^4 \text{km}^2$,占总面积的47%,平均雨量为16.8mm),C类和D类平均雨量分别为15.1mm、14.7mm,E类雨量最少,各特征量的具体分布情况见表4。

表4 各类暴雨笼罩面积、平均雨深、降水总量分布情况

类 型	雨量笼罩面积(10 ⁴ km ²)	平均雨深(mm)	降水总量(10 ⁷ m ³)	
A	平均	80.0	18.8	150.4
	最大	116.0	19.5	225.8
B	平均	78.5	16.8	131.9
	最大	114.4	14.8	169.0
C	平均	78.4	15.1	118.3
	最大	88.6	16.1	142.6
D	平均	83.9	14.7	123.0
	最大	84.5	15.2	128.4
E	平均	59.0	11.1	66.5
	最大	86.0	11.2	99.3

5 新疆暴雨的地理分布特征

5.1 实测最大24h点暴雨(以下简称为RM₂₄)地理分布特征

RM₂₄地理分布特征是:北疆大于南疆;山区大于盆地;盆地北缘大于南缘;山区的迎风坡大于背风坡;东天山迎风坡大于中天山迎风坡;前山带和中山带(天山山区中山带的海拔高度一般为1500–2500m)的RM₂₄最大(图略)。

新疆准噶尔西部山地迎风坡和天山一带山前迎风坡的RM₂₄为高值区,实测的RM₂₄达80–122.1mm之间,如准噶尔西部山地前山带的哈拉依敏水文站,1963年6月13日实测RM₂₄为122.1mm;东天山的天池气象站,1978年6月11日实测RM₂₄为120.0mm。

准噶尔盆地腹部的RM₂₄值约为30mm,准噶尔盆地北缘的RM₂₄达50mm左右,盆地南缘的RM₂₄的值为35mm左右。

在天山以南的塔里木盆地北缘RM₂₄为40–70mm,而盆地南缘的RM₂₄在30–59.9mm之间,塔里木盆地腹部可达35.6mm。

分析结果表明:新疆RM₂₄以准噶尔西部山地居第1位,天山北坡居第2位,天山南坡居第3位,昆仑山北坡居第4位。

5.2 日雨量 25mm 暴雨频数的地理分布特征

统计表明,在新疆各个山系,其暴雨频数随海拔增高而逐渐增大,并以中山带出现次数最多(见表5)。

表5 新疆各山系1958–1990年中夏季日雨量 25mm 频数垂直变化情况

中天山北坡			东天山北坡			天山南坡			昆仑山北坡		
站名	海拔高度 (m)	频次	站名	海拔高度 (m)	频次	站名	海拔高度 (m)	频次	站名	海拔高度 (m)	频次
哈地坡	960	13	奇台	793	7	尉犁	885	3	于田	1422	3
英雄桥	1920	43	木垒	1200	35	克尔古提	1510	14	努努买买提兰干	1880	17
小渠子	2160	71	开垦河	1500	118	巴仑台	1753	45	努尔	2300	15
天山	3539	22				巴音布鲁克	2450	10			

表5显示了新疆不同山系的暴雨出现最多地带海拔高度有所不同,其中天山山区一般为1500–2500m,昆仑山北坡为1800–3000m高度,阿尔泰山南坡由于缺乏高山资料,难以论述。

5.3 全年日雨量 40mm 暴雨的分布特征

新疆全年雨量 40mm 频数最大地带主要集中在天山山区,并以东天山迎风坡出现次数最多;其次是准葛尔西部山地迎风坡。昆仑山北坡居第3位。阿尔泰山南坡较少。

5.4 新疆夏季日雨量 25mm 暴雨重现期的分布走向

新疆大暴雨多出现在夏季(6–8月),因此,重点分析夏季(6–8月)日雨量 25mm 暴雨重现期的分布、走向(图略)。新疆夏季日雨量 25mm 暴雨多发区是天山山区,平均1–2a出现一次暴雨,其中东天山(乌鲁木齐以西至木垒以东)平均每年出现2–3次,天山中部和天山西部中山带平均每年出现2次。次多发区是昆仑山北坡和准葛尔西部山区以及阿尔泰山南坡平均5a出现一次暴雨^[10]。分析表明,暴雨等值线走向与山体走向一致。

6 新疆暴雨的时面深分布规律

暴雨笼罩面积、时间分配、雨量的大小这三方面的关系在水文学上称为暴雨的时面深。下面就此问题加以讨论:

6.1 暴雨的时程分配

暴雨的时程分配是指某地区的一场暴雨中,雨量与时间的关系。其公式^[11]为:

$$\frac{r}{R} = \frac{t}{T} \left(1 - \ln \frac{t}{T}\right) \quad (1)$$

式中 T 为某地区一场暴雨的维持时间(暴雨历时); R 是 T 时段暴雨总量; t 是 T 时段内某一个时段,故 $t < T$; r 是 t 时段内形成最大降水量。采用图解(见图2)或查表(见表6)方法可求出某地区一场暴雨中的各时段(1min、10min、1h等)最大降水量。

例如:1958年8月某日新疆千佛洞水文站6h20min降水为56.0mm,即 $R = 56.0\text{mm}$, $T = 6\text{h}20\text{min}$,查表5可求出1min, 10min, 1h的最大相对降水(千分比)分别为17, 125, 460,把它们分别与 $R(56.0\text{mm})$ 相乘得0.9mm, 7.0mm, 25.8mm,也就是说千佛洞1min最大降水量为0.9mm; 10min最大降水量为8.9mm; 1h最大降水为25.8mm。这表明,干旱的新疆具有暴雨历时短、雨量大的特点,也就是说暴雨维持时间短,而小雨维持时间长。

6.2 各类暴雨的面深分布规律

暴雨的面深关系,是指一场(各类)暴雨在各等级降水量分别笼罩的面积。其方程^[12]为:

$$\frac{S}{A} = e^{-\frac{R-R_0}{\bar{R}-R_0}} \quad (2)$$

式中 R_0 为某地区一场暴雨等雨量线图上最小一条闭合等雨量(雨深)线的值, \bar{R} 为 R_0 平

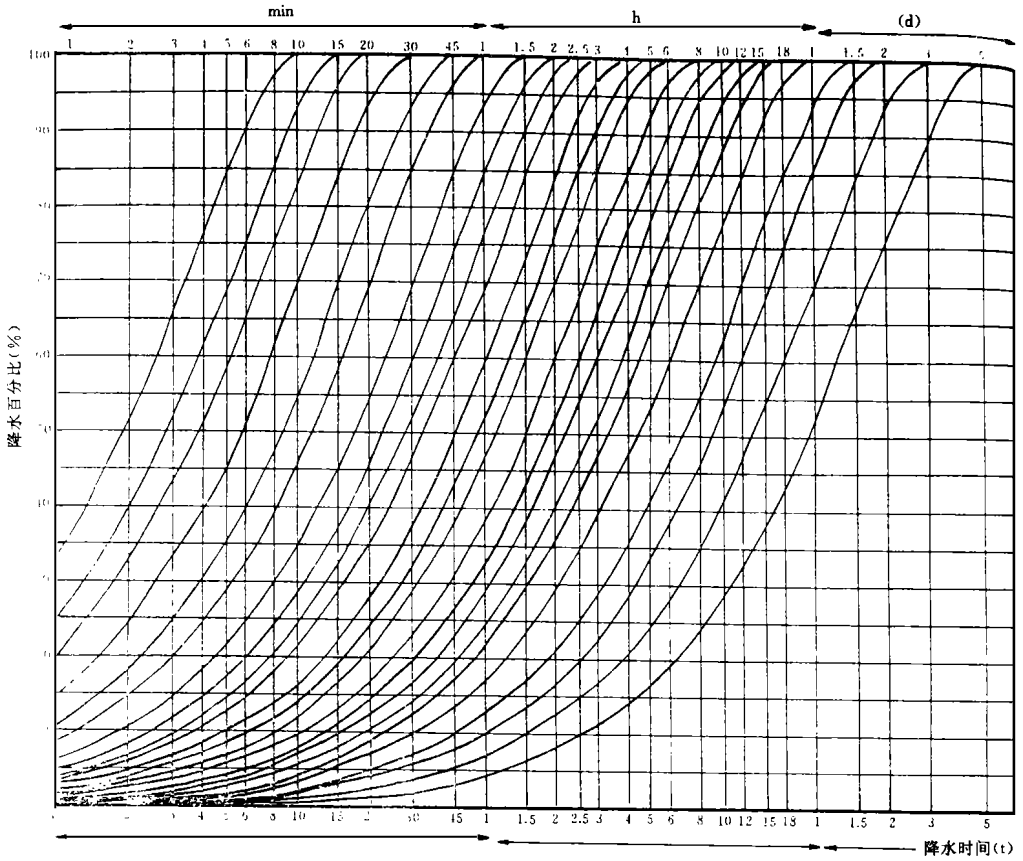


图2 暴雨的时间分配曲线^[12]

均雨量(平均雨深), A 为 R_0 包围的雨区面积, S 为雨量超过 R 区域的面积, R 为雨区内的各等级雨量值, $R > R_0$ 。

对式(2)积分可以求出一场(各类)暴雨在面积上分配规律(见表7)。

表7给出了各类暴雨(最大场次暴雨)在雨量 $> 2.5\text{mm}$ 雨区笼罩面积以及对应各等级降水量的预测值。它表明: 各类暴雨雨量大的出现面积小, 雨量小的出现面积大, 也就是说新疆暴雨具有范围小、局部性强的特点。

进一步分析表7可看出: A类危害最大, 在平均模式中, 雨量 $> 20\text{mm}$ 笼罩面积为 $27.7 \times 10^4 \text{km}^2$ (把 $> 20\text{mm}$ 各等级雨量笼罩面积求和), 也就是说在曲线弧形暴雨路径(大曲率型)影响下, 新疆暴雨洪水平均受害面积约为 $27.7 \times 10^4 \text{km}^2$, 占总面积($165 \times 10^4 \text{km}^2$)的17%, 暴雨洪水危害最重年份, 受害面积为 $41.5 \times 10^4 \text{km}^2$, 占总面积的25%; 其次是B类, 它的平均受害面积占总面积的14%, 危害最严重的年份, 受灾面积约为 $27.6 \times 10^4 \text{km}^2$, 占17%; C类平均受害面积为 $19.6 \times 10^4 \text{km}^2$, 最大受灾面积 $24.4 \times 10^4 \text{km}^2$ 。这为预告暴雨洪水受灾面积和公路工程设计及公路水毁防治对策提供了科学依据。

表7 新疆各类暴雨面深分布规律(预测值)

类 型		各级降水笼罩面积 (10 ⁴ km ²)					
		2.5—10 (mm)	10—20 (mm)	20—40 (mm)	40—80 (mm)	80—160 (mm)	160—320 (mm)
A	平均 (1971.4—9)	29.5	23.2	19.3	7.3	0.68	
	最大	41.3	33.2	28.7	11.6	1.20	0.01
B	平均 (1984.7.6—12)	32.0	23.4	17.4	5.4	0.34	
	最大	52.0	34.6	22.2	5.2	0.2	
C	平均 (1960.5.3—9)	35.2	23.7	15.6	3.8	0.2	
	最大	37.6	26.6	18.8	5.3	0.3	
D	平均 (1989.8.29—9.3)	38.5	25.4	16.1	3.7	0.14	
	最大	37.7	25.5	16.9	4.2	0.18	
E	平均 (1977.7.12—18)	34.5	16.9	6.81	0.7		
	最大	50.0	26.0	10.4	1.2	0.01	

7 结 论

综合上述分析, 可得以下结论:

1. 新疆场次暴雨最大中心路径与对应天气系统的走向一致, 可归纳5种具有不同机率的路径类型, 其中以大曲率型最高, 约占33%, 天山东移和昆仑山东移混合型较低, 仅占7%。

2. 新疆暴雨的各种统计特征如暴雨发生频数、暴雨24h点雨量、暴雨落区等都具有明显的地理分布规律, 尤其受制于地形、海拔高度、山系与山脉走向及坡向等因素的影响。因而, 形成暴雨地理分布特征大致是: 北疆多于南疆; 山区多于盆地, 前山带和中山带暴雨多、雨量大。以天山山脉为例, 迎风坡处于不同地带, 暴雨频数和雨量有较大差异。而暴雨落区与暴雨最大中心路径区域相吻合, 即5种暴雨类型。

3. 应用熵最大原理导出的时面深关系式, 计算了暴雨面深预测值, 结果表明: 暴雨雨量大, 其出现面积小; 雨量小, 则出现面积大。暴雨时程分配也有类似的负指数规律, 即暴雨历时短, 雨量大; 历时长, 则雨量小。

4. 新疆暴雨5种类型中, 以A类危害最大, B类次之。

上述研究结果, 对于预告新疆暴雨洪水灾害、公路工程设计和防治公路水毁以及制定相应防范对策, 提供了科学依据。

致谢: 本文工作得到新疆气象局张学文研究员、中国气象科学研究院朱瑞兆研究员和南京气象学院丁裕国教授的指导, 在此表示衷心的感谢和敬意。

参考文献

- [1] 北方暴雨课题技术组. 暴雨文摘. 北京: 气象出版社, 1987. 1—22.
- [2] 张家宝. 新疆降水概论. 北京: 气象出版社, 1984. 14—16.
- [3] 胡明思. 中国设计暴雨的综合研究. 水文, 1990, 3: 1—7.
- [4] 张学文, 马力. 熵气象学. 北京: 气象出版社, 1992. 154—158.

- [5] 张学文. 暴雨的时面深的理论关系. 新疆气象, 1981, 12: 16- 24.
- [6] 马淑红, 熊建国等. 塔里木气候极值研究及其在油田工程设计中的应用. 北京: 气象出版社, 1995. 88- 92.
- [7] 朱瑞兆等. 应用气候. 北京: 气象出版社, 1991. 266.
- [8] 马力. 新疆典型大暴雨路径与影响系统的关系. 新疆气象, 1993, 16(2): 12- 15.
- [9] 马淑红. 新疆暴雨路径的研究. 新疆气象, 1993, 16(4): 19- 26.
- [10] 马淑红. 新疆暴雨洪水灾害分布特征. 新疆气象, 1994, 17(1): 23- 27.
- [11] 张学文, 马淑红等. 从熵原理得出的雨量时程方程. 大气科学, 1991, 15(6): 17.
- [12] 张学文. 暴雨历时面积深度关系的实用图表. 气象, 1994, 20(5): 28- 32.

SOME REGULARITIES OF STORM RAINFALL IN XINJIANG, CHINA

Ma Shuhong

(*Xinjiang Institute of Meteorological Sciences, Urumqi, 83002*)

Xi Yuanwei

(*Xinjiang Institute of Communication Sciences, Urumqi, 830002*)

Abstract

The paper studied the distribution law of Xinjiang's storm rainfall time area depth by the theory deduced by the entropy maximum principle and found some regularities of storm rainfall in Xinjiang by analyzing 32a observational data about 400 hydrological and meteorological stations. It has practical value for studying Xinjiang's storm rainfall, designing water conservancy and controlling storm rainfall flood catastrophe.

Key words: Maximum entropy principle, Storm rainfall time area depth, Distribution law.