

中国短历时点设计暴雨 时深关系地域分布的研究

王家祁

水利电力部南京水文研究所
暴雨干旱研究室

1983年10月

提 要

本文通过全国年最大1、6、24小时暴雨量统计参数分析和多种历时的雨量参数和历时关系的分析,从多方面探讨了暴雨的雨量历时关系,其中包括各历时暴雨发生季节、年最大值同频率、雨深历时关系公式、变差系数和历时的关系、各历时暴雨的丰枯变化对应等。讨论了这些要素以及1、6、24小时暴雨量的均值、变差系数、实测和调查最大值的地区分布;并强调,时深关系和地形、频率等有比较复杂的变化规律。

目 录

提 要	(0)
一、 前 言	(1~2)
二、 各历时暴雨的发生季节	(2~8)
三、 总深和历时的关系	(9~35)
四、 变差系数和历时的关系	(36~40)
五、 多年丰枯变化	(41~43)
六、 各历时暴雨统计参数分布的对比	(44~48)
七、 结 语	(49~50)
致 谢	(51)
参 考 文 献	(52)

一、前言

1977年末，水利电力部和中央气象局领导的“编制全国可能最大暴雨等值线图组织协调小组”组织全国各地水利和气象部门编制了中国年最大24小时暴雨量统计参数图表；1983年初，水利电力部“暴雨洪水分析计算工作协调小组”又组织全国各地水文部门编制了中国年最大1、6小时暴雨量统计参数图表，从而较系统地完成了对中国短历时暴雨的地区分布的研究。这些成果及1974~1983年期间大量的分析研究工作，一方面提高了目前大量中小型水利工程所需的设计暴雨的精度，另一方面也大大丰富了人们对暴雨性质，特别是暴雨量和历时之间关系（时深关系）的性质的认识。

这两次编图工作的资料利用比以往历次工作有了很大的提高。24小时暴雨编图使用了12万站年资料（一般用到1975年）；1小时暴雨查考了7万多站年，6小时暴雨使用了17万站年资料（一般用到1979或1980年）。参加编图的人员数以百计，包括水利、气象等专业，水文总站、设计院、科研单位及高等及中等专业学校等多方面的单位。在工作期间，开展了多方面的科学研究，进行了多次的学术交流。图稿经过各级反复讨论、检查验收和修改，技术上比较统一，因而精度比以往有了相当的提高。

我国地域辽阔，地形复杂，各地气候差异很大，暴雨的发生季节，天气成因都有所不同，所以暴雨特征值的地域变化非常显著。为了探求这种地域变化的暴雨特征变化规律，必须分析大量的资料。1976年以来的大量暴雨分析工作，基本上将我国目前已观测到和调查到的暴雨普查了一遍，为揭示各历时暴雨的分布提供了良好的基础。

本文主要利用近两年来编制的1、6小时暴雨统计参数图表工作中的分析成果，并参照前几年编制的24小时暴雨分析图表，以及国外在近期的研究工作，对我国历时为1~24小时之间的

短历时暴雨时深关系及其地域分布作了一次分析。

二、各历时暴雨的发生季节

各种历时的最大雨量发生月份的分布是不完全一致的。在北方地区，气温、湿度的年内变化大，降水季节短，暴雨次数少，因此，各种历时的降水季节比较一致。而在西南方，特别是在华南沿海，高温高湿期很长，暴雨天气系统类型较多，暴雨发生季节长，次数频繁，有明显的前、后雨季，各历时暴雨的主要发生月份就有所不同。

表2—1列出了我国各纬带典型测站历年1小时和24小时年最大雨量出现在各个月份的机会，两种历时采用同期系列，由表可见华北的北京站，两种历时最大雨量出现月份的分布相似，频数也接近。在长江流域，两种历时的分布已经有所不同，大雨发生的季节加长。华南沿海明显有两次多雨季节，同一个季节中，两种历时的发生频数相差较大。

如果将中小暴雨年份排除，集中分析各地区最大的若干次暴雨，南北方各历时暴雨的季节分布仍有类似的差异。从海南岛经西汉下游、湘江、淮河、海河、永定河到兴安岭一线的我国东部地区，取 5×5 经纬度为分区，对每区统计其中发生的几十次大暴雨的发生月份，可绘制各种历时的各纬带大暴雨发生最多月份的轴线（图2—1）。该图显示，在 $35^\circ N$ 以北，大暴雨出现在七月的频数最多，30天暴雨以七~八月最频， $35^\circ N$ 以南，各历时之间开始分叉。1小时在 $30^\circ N$ 以南出现春季次多雨季，20~ $25^\circ N$ 纬带，四、五月分变成了主雨季。24小时在25~ $33^\circ N$ 纬带（江南）以暴雨为多， $25^\circ N$ 以南很快变成以八、九月份最频。实际上， $30^\circ N$ 以南的各种历时雨量都存在有前后两个多雨季节，只是主副位置不一，具体月份稍有差异。

表 2—1 典型站逐月发生年最大雨量次数百分率

站名与 纬度	年 数	历时 (小时)	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月
北 京 39° 48'	26	1 24			3.8 3.8	65.4 [△] 57.7 [△]	30.8 34.6	3.8	
张家山 34° 38'	38	1 24	5.3 5.3		21.0 7.9	31.6 42.1 [△]	36.8 [△] 23.7	2.6 15.8	2.6 5.3
南 京 32° 05'	29	1 24	2.5 7.5	7.5 7.5	12.5 32.0 [△]	27.5 30.0 [△]	40.6 [△] 5.0	5.0 12.5	
长 沙 28° 11'	33	1 24	6.1 9.1	12.1 27.3 [△]	9.1 21.2	39.5 [△] 15.2	24.2 21.2	9.1 3.0	
广 州 23° 08'	29	1 24	3.4 10.3	31.0 [△] 17.2	24.1 31.0 [△]	10.3 10.3	17.2 17.2	10.3 10.3	3.4
海 口 20° 02'	26	1 24	7.7 7.7	15.4 7.7	19.2 7.7	15.4 7.7	3.8 7.7	26.9 [△] 46.2 [△]	11.5 19.2

注：△为最大值

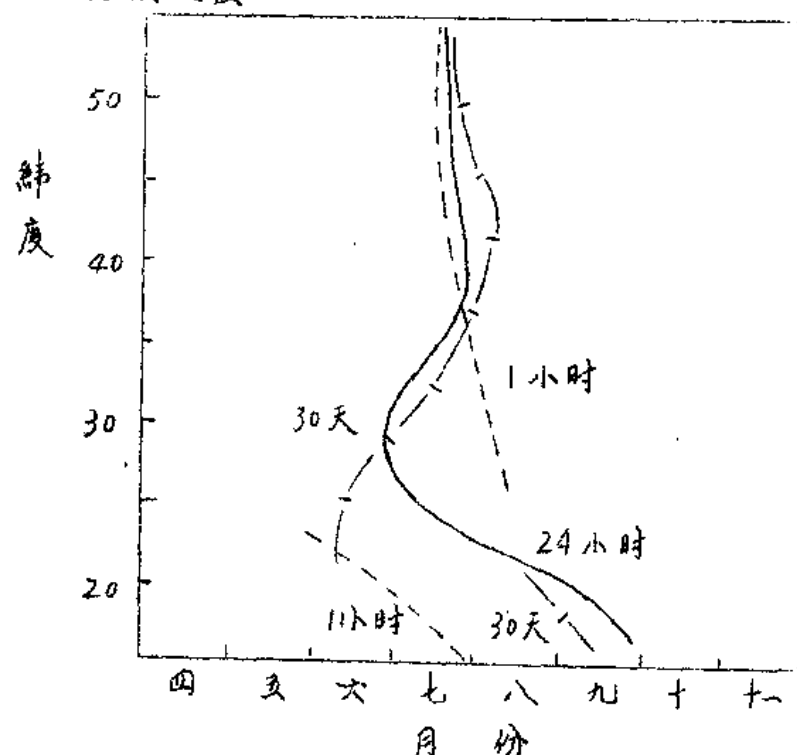


图 2—1 中国东部各纬带大暴雨发生最多月份

为讨论更多历时雨量的发生月份分布，以上海地区和海南岛各站较大的暴雨（分别为五年一遇和十年一遇以上）分析各种历时大暴雨发生月份的分布。图2-2表示，上海地区各种

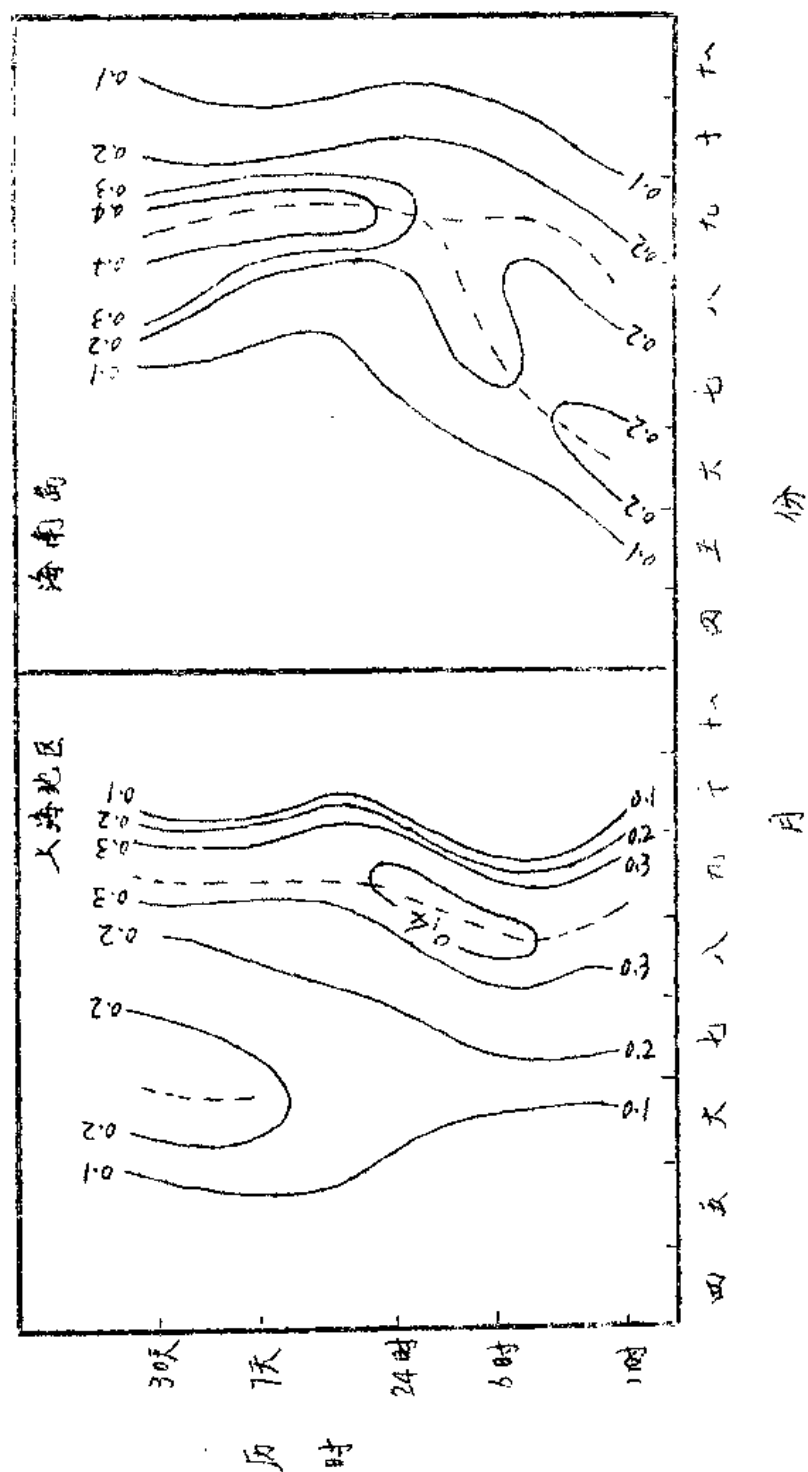


图2-2 上海地区和海南岛各站历时大暴雨发生月份分布

历时的暴雨发生月份的分布比较一致，以八、九月最频。海南岛地区长历时暴雨（1天以上）比较集中于九月，3~24小时暴雨月份扩展为大—九月，1小时明显分成前后两个雨季，频次分散。

既然各历时暴雨发生月份频次有所不同，同年各历时最大雨量往往不发生在同一次降雨之中。

首先可看几个典型测站的各历时年最大雨量发生于同次的比率（图2—3）。图中绘出了与1小时同次和与24小时同次的两组曲线。当历时相差较大时，最大雨量发生于同次的机会较小，1小时和24小时的同次率一般较小。

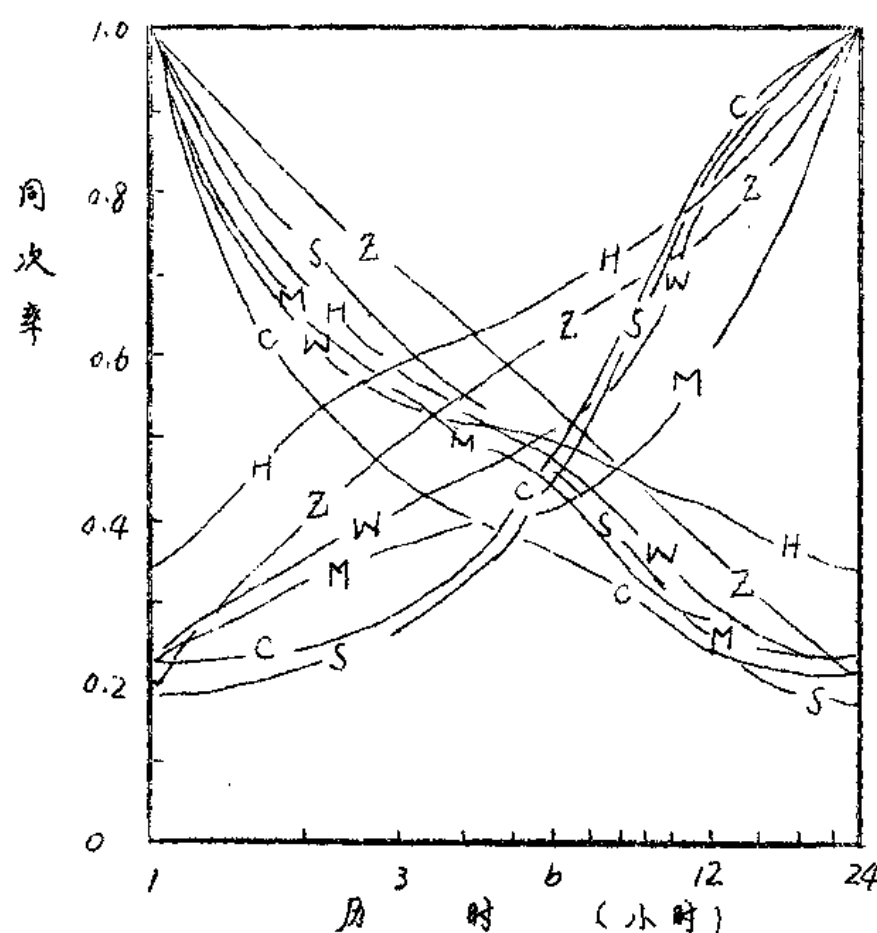


图2—3 各历时年最大雨量与1、24小时同次率

C — 长沙 (湖南)	H — 海口 (广东)
M — 勐海 (云南)	S — 上海 (上海)
W — 武侯镇 (陕西)	Z — 张家口 (河北)

水电部天津勘测设计院对海滦河 420 个站的资料的分析后得到，6 小时和 24 小时年最大雨量发生于同次的机会为 0.72，而 1 小时和 24 小时之间为 0.46；湖南局编图组对 480 站年作了类似分析，相应的同次率为 0.61 和 0.29。我们计算了中国 35°N 以北 447 站年 1 小时和 24 小时的同次率为 0.39， 35°N 以南 967 站年的同次率为 0.33，北方的同次率略高于南方，但地区分布规律不明显，有时相邻测站可相差很大。如上海为 0.18，宁波为 0.48；张家口为 0.21，呼和浩特为 0.58。

全国各个大区的实测和调查最大暴雨对比表明（表 2—2），北方干旱地区各历时最大值往往发生于同一地区的同一次调查暴雨，但大多实测暴雨仍不对应。南方大暴雨的各历时最大值基本上不发生在同一次暴雨之中。如台湾 1963 年 9 月白石暴雨，最大 24 小时雨量为 1248.2 毫米，同次最大 1 小时雨量只有 90.9 毫米。

不同历时特大暴雨的天气分析比较工作还做得不多。有些地区的分析表明，1 小时特大暴雨的天气往往是层状雷阵雨，而 6 小时和 24 小时最大雨量往往有较大尺度的天气系统。所以 1 小时和 24 小时的最大雨量发生于同次的机会较小，而 6 小时和 24 小时最大雨量发生于同次的机会还较多。至于锋面雨和台风雨之间的比较，福建局编图组认为不同历时的最大雨量在锋面雨时同次机会高于台风雨，广东沿海的最大 1 小时雨量发生在前汛期次数较多；日本的分析也表示 10 分钟雨量极值以梅雨占优势。因而，在这些地区，1 小时雨量有锋面雨大于台风雨的趋势。但长江中下游，特别是沿海地区，各历时最大雨量虽非以梅雨占多数。

表 2-2 各 地 区 同 场 次 大 暴 雨 最 大 1 小 时 和 24 小 时 雨 量 (mm)

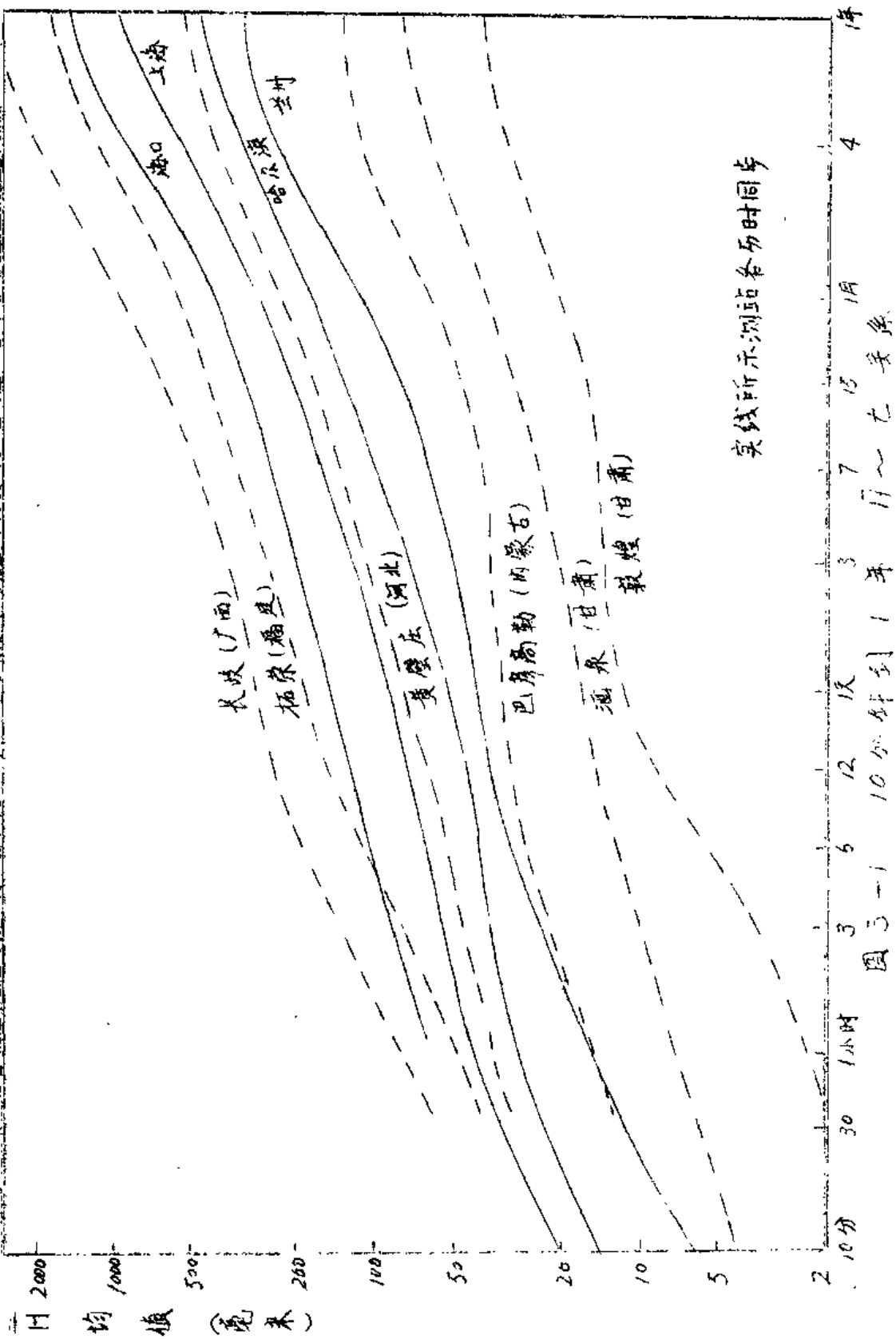
地区	1 小时雨量最大, 24 小时相应在					24 小时雨量最大, 1 小时相应在				
	1 小时最大雨量	发生地点	位置	年月日	同日 24 小时雨量	地点	24 小时最大雨量	发生地点	位置	年月日
海滦河	172.0	罗家屯	滦河	1942.7.20	204.0	罗家屯	609.0	东盛门	北京市	1981.7.23
东北	155.0	大良沟	大凌河	1953.6.24	162.0	大良沟	543.7	新集	湖北荆运河	1959.7.21
	155.8	新集	湖北荆运河	1959.7.21	543.7	新集	951.5	新集	太行山	1963.8.4
	141.3	吉林	吉林	1952.7.14	193.6	吉林	526.0	红家子	辽西	1963.7.19
黄 河	150.0	克山	嫩江	1957.7.15	—	—	684.3	唐家屯	辽东半岛	1981.7.27
	185.6	红窑岭	辽西	1978.7.11	246.6	红窑岭	—	—	—	—
	137.0	瑞村	豫西	1958.7.16	306.0	瑞村	650.0*	仁村	豫西	1958.7.16
西北	252.8	大石槽	渭河	1981.6.20	345.0	大石槽	1400.0*	仁村	豫西	1958.7.16
	225.0*	小叶坝	泾水	1976.6.19	225.0*	小叶坝	225.0*	伊克昭盟	天山	1976.6.19
	240.0*	安集海	天山	1981.6.29	240.0*	安集海	240.0*	安集海	天山	1981.6.29
淮 河	178.9	杨村	苏北	1953.9.21	354.8	杨村	822.0	柳桥	苏北	1960.8.4
	218.1	下陈	豫中	1973.8.5	553.3	下陈	1060.3	林底	豫中	1973.8.7
	169.0	河口南	皖北	1978.7.24	299.0	河口南	—	—	—	—
华 东	165.4	琅溪	浙北	1964.9.10	254.3	琅溪	1248.2	石	台湾	1963.9.10
	147.7	雪峰	浙中	1976.9.2	176.2	雪峰	1672.0	新集	台湾	1967.10.7
	151.4	广桥	上海市	1977.8.22	381.3	广桥	737.6	高山	台湾	1974.6.21
长 江	153.8	峨眉	岷江	1959.	—	—	565.0	千佛岩	岷江	1938.7.11
	127.6	三江口	滇水	1970.8.11	184.9	三江口	477.1	玉山	嘉陵江	1973.9.6
	156.9	安顺	贵州	1977.7.20	—	—	630.4	都峨湾	鄂西	1975.8.9
珠 江	158.0	牛石	桂南	1979.4.28	199.7	牛石	858.0	利	粤西	1959.5.20
	220.2	第洞水库	粤西	1979.5.12	673.1	第洞水库	657.5	老库渡	桂南	1960.7.12
	245.1	东溪口	粤东	1979.6.10	756.1	东溪口	783.0	七林坊	海南	1974.6.13
辽 河	149.2	辽远	粤中	1982.5.12	662.0	辽远	884.0	白石门	粤东	1977.5.30

注: ▲部分场次的数据/1 小时雨量指雨 24 小时雨量指小时的数据。 兴澜水库

三、雨深和历时的关系

在 1、6 小时暴雨统计参数的编图工作中，除了对这两种历时作普遍分析外，不少地区还选择部分测站以更全部^站作了从 5 分钟到 72 小时之间多种历时雨量的分析；我们又从全国的统计资料作了一些分析。

首先从较大的历时范围来观察雨量历时关系的性质。我们最近选择了部分测站分析了从 10 分钟到 1 年的雨量均值和历时的关系（图 3—1），可以看到，在双对数纸上各站的关系线普遍表现为多次变曲的曲线。关系线的斜率（ $\Delta \lg \bar{H} / \Delta \lg t$ ）变化复杂。当历时小于几个小时，斜率较大，即雨量随历时的增加较快；在几小时到几天之间，斜率一般变小，在几天到几个月之间，斜率再次加大；最后，从几个月到几年之间，斜率又变小。这样，从几分钟到 1 年，时深关系的斜率经历了大、小、大、小的变化过程，其中有三个较明显的转折带，每个转折带所相应的历时，在各站之间可以有较大的差异。第一个转折带约在 0.5~6 小时，第二转折带约在 3 小时~10 天；第三转折带一般为 3~6 个月，各站转折带之间有交叉。我们感兴趣的短历时暴雨一般为 1~24 小时之间的暴雨，其间多数地区存在第一个转折（即斜率由大到小），但也有部分测站还存在第二个转折（即斜率由小到大的），因而情况比较复杂。



接着，我们就可以讨论短历时暴雨研究范围内（1~24小时）的时深关系了。由于历时范围缩小，关系线形式较为简单，基本上不发生变曲，但存在有上凸、直线和下凹等三种情况（图3—2）。

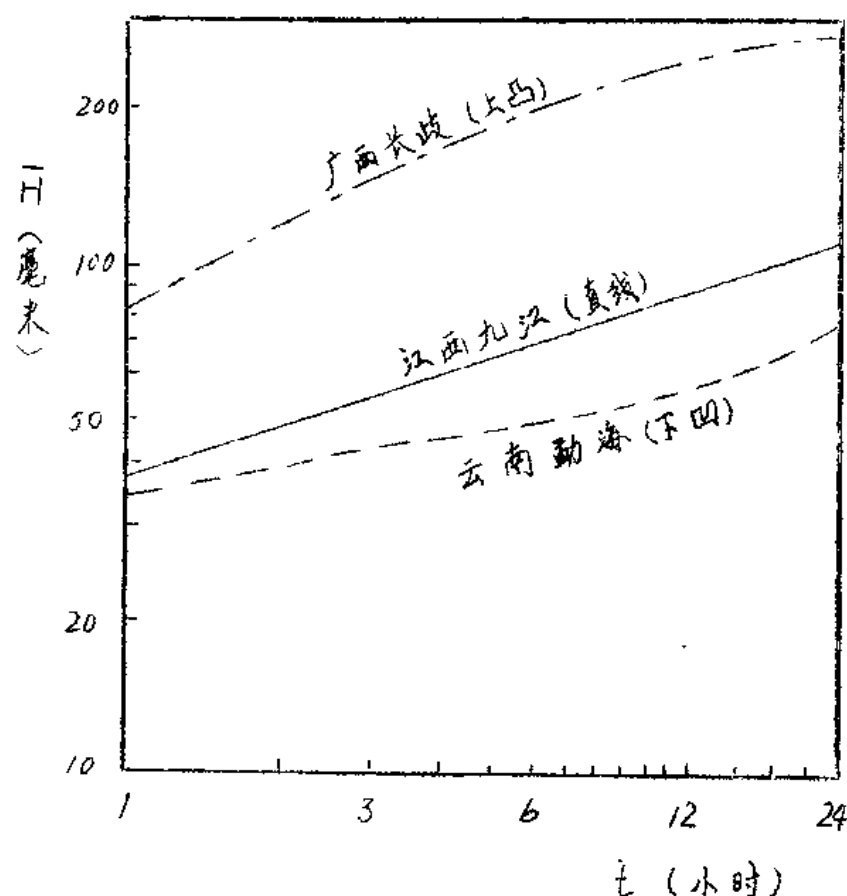


图3—2 $\bar{H} \sim t$ 关系的三种类型

我国时深关系以上凸型分布最广，上凸的程度比下凹型更加严重，且往往具有比较明显的转折关系（即时深关系的斜率在某一个历时附近急剧由大变小）。有的地区，转折关系还不只一个，转折历时在各地有相当的变化，但以1小时和6小时附近较多，如内蒙古、山东、广西、甘肃等地。有的地区，在1小时附近转折明显，如吉林西部和云南。有的则以6小时附近更为突出，如河南中部、辽宁、湖南、广东、贵州等地。有些地区的转折

量有所不同，如宁夏为20~30分钟、3~6小时和12小时。黑龙江、青海等省则不一致。

根据上述情况，我们在编图中统一采用1小时和6小时还是符合多数地区的暴雨时深关系性质的，稍有出入的地区，中间内插误差也是不大的。

为了判断时深关系曲线和直线型的差异程度，我们应当寻求一个指标。

当1~24小时之间的雨量历时关系在双对数纸上可用单一直线表示时，各历时雨量 H_t 和历时 t （以小时计）的关系为

$$H_t = H_1 t^{1-\pi_{1,24}} \quad (3-1)$$

当时深关系为非线性时，根据上述关于转折点的分析，我们将它概化为以6小时为转折点的折线。对于历时为1~6小时之间的雨量，

$$H_t = H_1 t^{1-\pi_{1,6}} \quad (3-2)$$

——对于历时为6~24小时之间的雨量，

$$H_t = H_{24} \left(\frac{t}{24} \right)^{1-\pi_{6,24}} \quad (3-3)$$

式中 $\pi_{1,6}$ 和 $\pi_{6,24}$ 分别为1、6小时之间和6、24小时之间的暴雨递减指数，可由1、6、24小时雨量 H_1 、 H_6 、 H_{24} 算出：

$$\pi_{1,6} = 1 + 1.285 \lg \left(\frac{H_1}{H_6} \right) \quad (3-4)$$

$$\pi_{6,24} = 1 + 1.661 \lg \left(\frac{H_6}{H_{24}} \right) \quad (3-5)$$

令 $\Delta\pi$ 为时深关系形式的判别指标：

$$\Delta\pi = \pi_{6,24} - \pi_{1,6} \quad (3-6)$$

$$\text{即} \quad \Delta\pi = 1.661 \lg \left(\frac{H_6}{H_{24}} \right) - 1.285 \lg \left(\frac{H_1}{H_6} \right) \quad (3-7)$$

$$\Delta n = \lg \left(\frac{H_6^{2.946}}{H_1^{1.285} H_{24}^{1.661}} \right) \quad (3-8)$$

当 $\Delta n > 0$ 时, $n_{6,24} > n_{1,6}$, $\lg H \sim \lg t$ 线上凸。

当 $\Delta n = 0$ 时, $n_{6,24} = n_{1,6} = n_{1,24}$, $\lg H \sim \lg t$ 线为直线。

当 $\Delta n < 0$ 时, $n_{6,24} < n_{1,6}$, $\lg H \sim \lg t$ 线下凹。

我国时深关系以上凸型 (Δn 约为 $0.05 \sim 0.20$) 的分布最广, 包括华北大部、东北一部分、华东南部、中南大部、川藏大部 and 西北大部。过凸型 (即上凸型中上凸程度过高者, $\Delta n > 0.20$) 主要发生在西部高原的部分地区。直线型 (大体相当 $|\Delta n| \leq 0.05$) 分布也较广, 如东北、江南、云贵的部分地区。下凹型 ($\Delta n < -0.05$) 分布地区较小, 主要在东南沿海湿润地带。浙江省金华、温州地区的部分测站, 根据 1, 6, 24 小时三种历时同步系列, 计算的 Δn 值呈现为成片的负值区 (图 3-3)。

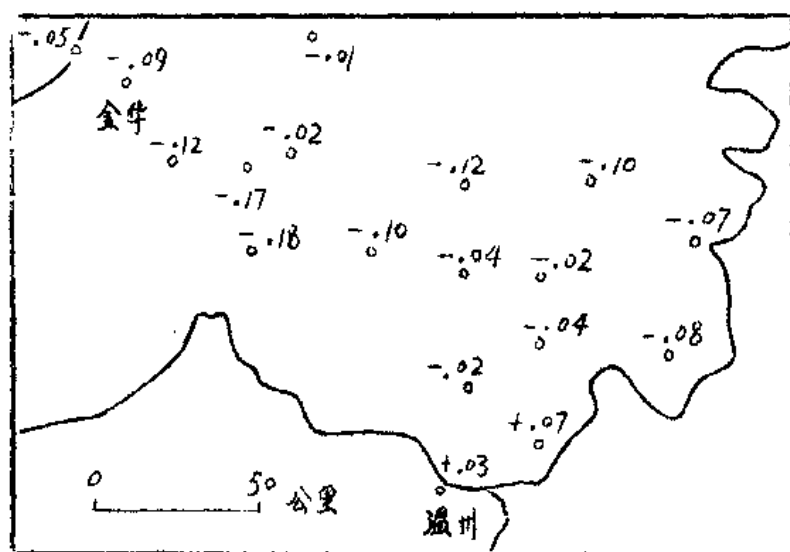


图 3-3 金华温州地区 Δn 分布

为讨论我国大范围内时深关系的变化规律，我们选了两个断面。一个断面是由浙江省温州地经海之滨，向西北经皖南、豫西、关中、陕甘宁到河西走廊；另一个断面由南海向北经海南岛、广西、贵州、四川盆地、白龙江到达兰州。断面长度都在2500公里左右，由湿润地区向干旱地区过渡，在断面两侧分别选取62站（浙陇断面）和34站（粤陇断面）作分析，每站对三种历时采用同步系列用矩法计算统计参数。（图3—4，3—5）