

编号 84007 (暴雨1)

中国设计暴雨面深关系 地域分布的研究

王家祁

水利电力部南京水文研究所

1984年4月



中国设计暴雨面深关系地域分布的研究*

提 要

根据全国大中城市设计暴雨面深关系成果，本文对我国设计暴雨面深关系进行了全面分析，指出我国设计暴雨面深关系的地域分布规律，并提出了我国设计暴雨面深关系的分区原则。

我国设计暴雨面深关系的研究，是从20世纪50年代开始的。当时，我国设计暴雨面深关系的研究，主要是根据国外设计暴雨面深关系的研究成果，结合我国实际情况，进行初步的研究。随着设计暴雨面深关系的研究的深入，我国设计暴雨面深关系的研究，已经取得了长足的进步。本文对我国设计暴雨面深关系的研究，进行了全面的分析，指出我国设计暴雨面深关系的地域分布规律，并提出了我国设计暴雨面深关系的分区原则。

* 此项研究工作由陈学桐同志作了许多工作。

目 录

一、前言	1
二、面平均雨量的计算方法及精度评价	3
三、点面雨深关系	8
3·1 关系形式	9
3·2 综合方法	10
3·3 地域分布	12
3·4 最大时雨深纪录	19
3·5 流域形状系数	22
3·6 讨论	23
四、定深定面雨量关系	30
4·1 概念与发展	30
4·2 分析方法	31
4·3 地域分布	35
4·4 讨论	38
五、雨深关系的影响因素	45
六、结语	56
七、致谢	57
八、参考文献	58
附录	
I、中国各历时各面积实测和调查最大雨量分布图	60
II、中国特大暴雨时面深关系表	70

和

深系平設 時示全角
面美商處 小美了才
而析用 口冰作設
和或分采 十面已某
而或計款 二時都某
付美接 全兩外款
所澤茲 合暴區匠
而而供度另配以舊步
暴款可長兩為核別和
是箇內列款 少个
系 減系平間不陳果
美份流和或期了 成
美訓如度流年析系款
而戊 密求八時美息
之強中阿振七地深
澤的才地人九各面合
而 技拉技一 的線
均美理 系至完是和
平美下定係年研兩款
和深利不扣六兩時分
和而小則面七暴口下
而而小則面七暴口下
暴 甘美兩在坡六或
三系系系 能付的求
計 計 可 省委

調集民部
構成地圖
作會客系
爲對英
計面江面
析樹河英
令江門有
水暴走，
洪倒了怒
兩全作問
義”這些
都了問一
自西冰孔
利與西農
中江川
，則英流
月書有文
云者對了
年子設行
一在會選
八室、果
九公、成
一者會不
然測線如
小快的公

[illegible]

4. 降雨的性质(特别是北方局地雷阵雨和一般天气系统降水之间)不同,会导致点雨关系的差异,有时可成倍相差。

5. 面积的分析范围当时控制在 1000 平方公里以内, 无法反映较大面积暴雨的面积分布性质。

6. 计算办法没有统一, 多数地区采用动鱼动酒关系, 少数省份采用定鱼定酒关系。

当时国力有限，协调会后首要工作是解决时深关系。

(即绘制1小时和6小时点雨等统计参数等值线图)，对点雨等只做了零星的工作。这些工作主要有：补充分析了一些暴雨站次的点雨深关系，整理和校对五百次暴雨点雨深关系表，有的地区分析了定点定面关系。

我们根据全国各地的分析成果加以汇总和补充，并分析综合全国点雨点雨深成果，讨论了若干个问题，以便进一步地研究分析。

二、面平均雨量的计算方法及精度评价

在一个确定边界的地区内，面平均雨量的计算，常用的方法有下列三种：

1. 算术平均法：将所有测站的雨量 H_i 作算术平均，得到面平均雨量 H_A

$$H_A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H_i$$

当测站分布比较均匀时，应用此法最为方便。

2. 泰森法：一九一一年 A. H. Thiessen 提出由两站连线的垂直平分线所围成的多边形面积 A_i 作权重的加权平均雨量代表面平均雨量。

$$H_A = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n (H_i A_i)$$

A 为总面积，等于 $\sum_{i=1}^n A_i$ 。当测站不变时，计算面雨量也比较方便。

3. 等值线法：从相邻两条等值线出， H_{i+1} 之间的面积 A_i 作权重，求算术面平均雨量。

$$H_A = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n \left(\frac{H_i + H_{i+1}}{2} \times A_i \right)$$

此法对测站分布不均匀的情况最为适用。

此外，还有不少计算面平均雨量的方法，主要有下列两类 (1.2)：

1. 测站雨量加权平均，即：

$$H_A = \frac{\sum_{i=1}^n (H_i W_i)}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

W_i 代表权重，其中有测站所在面积代表的面积，与长矩轴和流域边界交点连线的夹角等。

2. 规则网格雨量插值算术平均，即先在地图上给定一个规则站网，然后用测站雨量插补网格点雨量，再用算术平均法将网格雨量求面平均雨量。用邻近的测站雨量插补网格点雨量的方

法有距离 d 的幂函数 d^{-2} 加权法，用周围三站的雨量和坐标 X, Y 造文空网平面内插：

$$H_{x,y} = a + bx + cy$$

或用所有测站作趋势面（包括线性、二次和三次）分析：

$$H_{x,y} = a + bx + cy + dx^2 + exy + fy^2 \\ + gx^3 + hx^2y + ix^2y^2 + jy^3$$

然后计算网格点的雨量。

面平均雨量的计算方法虽然很多，但在选用时应根据流域地形、降雨特性、资料条件（测站个数及分布），计算要求（精度、速度）等情况决定。

我国近年大多分析雨时面深关系，工作较为细致，一般采用等值线法求面雨量。

单次暴雨资料的精度会影响综合雨时面深关系的精度。因此，当分析暴雨面深关系时，必须对资料的质与量作仔细的检查（包括测站密度、观测精度等），对于面雨量分布不可靠的暴雨场次，应予删除。

影响面雨量计算精度的最主要因素是站网密度，图2—1为河南西部一次暴雨的等值线图。图的左例为利用所有测站（107站）绘制的等值线图，右例的站网间隔为经纬度间隔为20'的网格点最近的测站所组成，共24站，据此也可绘制等值线图。该地区面积17000平方公里，平均每站代表面积分别为159和709平方公里。如果只有稀疏的站网（右部），则最大点雨量只有161毫米；而稠密站网的最大点雨量为630毫米，而且有大片雨量在200毫米以上的地区。目前我国站网密度的分布很不均匀，短时雨量的站网更加稀疏，而且在近二、三十年内站网密度是逐步增加的，如广东所分析的几十次暴雨资料，在雨量较大的1000平方公里范围内的测站个数变化于1至15处，因而精度不一致。

根据一些地区资料的分析⁽⁵⁾，面雨等相对误差大致和测站个数 G 的 -0.5 次方成比例（图2-2）

暴雨面分布梯度对面雨估计的精度无疑有很大影响。历时较长，面变化较小时，即使测站不多，估计精度较高，但历时较短，面变化剧烈时（特别是北方干旱地区暴雨），面雨等估计精度很差。例如一九七七年八月一日内蒙古和陕西交界地区出现了大暴雨，经调查，点雨等超过1000毫米的有四处，最大调查点雨等（水多才当，北纬 $38^{\circ}53'$ ，东经 $100^{\circ}50'$ ）达1400毫米，但附近父例最大点雨等（孙家岔，北纬 $37^{\circ}09'$ ，东经 $110^{\circ}20'$ ）只有178毫米，相当调查最大值的15%。

此外，一次暴雨最大站点雨等和次大站点雨等的相差程度也可用以大致反映暴雨面分布的梯度和粗略面雨等分布的精度。如广东一九五八年五月公平暴雨，一次总站最大测站为607.1毫米，次大测站为445.0毫米，面雨等的估计精度较差；而一九七〇年九月割岗寨暴雨的极大和次大站点雨等为650毫米和627毫米，相差较小，面雨估计精度较高。

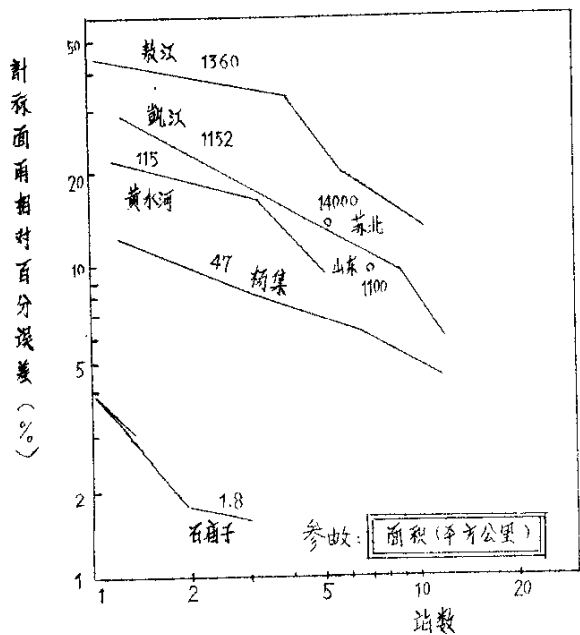


图 2-2 测站个数及其推算面雨的误差

三、动点动面雨量关系

暴雨的面深关系主要有两类，即动点动面和定点定面关系。

动点动面关系反映一次暴雨或多条暴雨综合雨量的各种面深关系及其变化规律。动点动面关系反映一次暴雨或多条暴雨综合雨量的各种面深关系及其变化规律。动点动面关系反映一次暴雨或多条暴雨综合雨量的各种面深关系及其变化规律。

动点动面关系反映一次暴雨或多条暴雨综合雨量的各种面深关系及其变化规律。动点动面关系反映一次暴雨或多条暴雨综合雨量的各种面深关系及其变化规律。动点动面关系反映一次暴雨或多条暴雨综合雨量的各种面深关系及其变化规律。

面积范围计算面雨量比其区的最大面雨量偏小。根据计算结果，广东溪步头一九六八年五月六十三日暴雨，以一小时雨量资料为滑动时间单位，面积为 $0 \sim 400$ 、 $400 \sim 4000$ 、 4000 平方公里以上三个面积区段的小时最大面雨量的起选时间是不一致的⁽⁴⁾。至于不同历时最大雨量的暴雨中心更可能出现在不同的测站上。例如江西中部一九六九年八月九日暴雨历时为 6、12、24 小时和 3 天的暴雨中心分别发生于苑前、富田、白沙和渡头等不同测站上。

3.1 面深关系的形式

面积 A 和平均雨深 H_A 的关系式，一般^{直接}通过雨量的关系建立 $H_A \sim A$ 经验公式；但也有先将等值线形状概化为规则几何形状（如图），将等值线雨深 H_R 和暴雨中心地距到等值线之间的距离 R 建立 $H_R \sim R$ 关系，再转化为 $H_A \sim A$ 关系⁽⁵⁾。

以 H_0 表示暴雨中心雨量，则等值线相对雨量 α_R 为 $\alpha_R = H_R / H_0$ ， $\alpha_R \sim R$ 关系的形式有：

$$\alpha_R = 1 - aR^b$$

以及 $\alpha_R = \exp(-aR^b)$ 等等。

A. Court 假定概化的等值线受椭圆形分布，且沿 X 、 Y 轴方向的雨量剖面都符合高斯分布，得

$$\chi_R(x, y) = \exp(-a^2x^2 - b^2y^2) = \exp(-c^2)$$

的形式。

面平均雨深 H_A 对暴雨中心雨深 H_0 的相对值 $\alpha_A = H_A / H_0$ ，称为点面雨量转换系数，简称点面系数。 $\alpha_A \sim A$ 的关系形式有

$$\alpha_A = 1 - aA^b$$

$$\alpha_A = (1 + aA^b)^{-1}$$

分區可少一些，以便果穩
 時而深，關係的，分析線合，受地
 時、而深，關係的，分析線合，受地
 點、而深，關係的，分析線合，受地
 相、而深，關係的，分析線合，受地
 關、而深，關係的，分析線合，受地

[illegible]

而深关系的地區綜合方法有好几种，多数方法是先綜合出代表性的深关系，即 $H_A \sim A$ 关系，然后再化成相對值关系即： $X \sim A$ 关系（ X 一般指以 A ，下同）。現分述如下：

1、单次典型特大暴雨

的深討其
戰前與敵
官的題報
時暴系，
功大矣大
各騎深校
潮，次而性
暴將暴個
特采火之
銷悉過深
受可認為
叛時，并
叛而系次
一他面但
有其性。
匠才素系
地近作之
當皆當下
舞系伴表
而之系代

2. 绝对值平均

所得第一分H。
暴雨，调查坡地
火均可按比雨
各平今按比心
将水线还料中
可算样，暴雨
，销这时，暴
时单。合系～
合简系线关义
线作关作在救
折并深在存系
分前深。暴雨
供的收差如点
可成表观。立
料时代据关道
灾所内偶有，
雨积作的否均
暴雨系来疑乎
大的关带级作
次同的料等级
多相积资雨分
有和面雨暴哥。
区内和暴与雨系
地所深次系按A
地销雨，考虑A
相同雨，深雨积
相当一雨可面
接到山下，～

3. 絕對值外色

当地区内暴雨次数较多，但又没有一城各所时各面积值而另取所发暴雨中郁处干最大值的暴雨时，也可采用绝对值外包法，

表 3-1 地区内 6 小时 1000 平方公里点面系数
发 生 频 率 (%)

地 区	以 值 出 现 于 下 列 范 围 的 频 率								平 均 又 值
	.20 .29	.30 .39	.40 .49	.50 .59	.60 .69	.70 .79	.80 .89	.90 .99	
华 北		15	12	8	19	38	8		.63
华 东			3	15	21	31	24	6	.73
华 南			7	10	17	22	27	17	.65
西 南	4	17	4	26	9	18	18	4	.62

经过地区综合(在一个地区内取各次点面系数的中值),又的分布呈现一定的趋势(图 3-1, 3-2, 3-3)。现以中国东部地区二十四小时 1000 平方公里的又值为例说明如下:

1. 中国东部地区大多为 0.7 ~ 0.8。
2. 大于 0.8 的地区为江南腹部地区和东北南部。
3. 0.6 ~ 0.7 之间的地区有云贵, 山西, 东北北部。
4. 0.6 以下的地区主要是内蒙^蒙和山西部分地区。

这个分布趋势与一九八一年各地分析的成果基本相似, 多数地区本次成果略高, 少数地区以上次综合的又值较大。

从三种历时 1000 平方公里点面系数的分布对比可以看到, 1 小时和 6 小时又值的地域分布规律大体上和 24 小时的规律相似。但同一个地区, 历时越短, 又值一般越小。

6 小时 1000 平方公里的又值, 多数地区在 0.65 ~ 0.75 之间, 江南中部在 0.75 以上, 东南沿海与东北大部地区在 0.6 ~ 0.7 之间。很多地区 6 小时纳又值比 24 小时降低 0.05 左右。

1 小时 1000 平方公里的又值, 由于资料过少, 所以成果的转