

暴雨代表性露点分析和选择

NOZ-692

目 录

前 言

一、露点的特性及其分析

1. 露点的地理分布
2. 露点的垂直变化
3. 露点的时序变化

二、暴雨、天气形势和露点特性的关系

1. 天气形势与露点的关系
2. 露点与水汽输送关系
3. 露点与暴雨关系

三、暴雨代表性露点选择及可能最大值的确定

1. 暴雨代表性露点选择原则
2. 暴雨代表性露点选择步骤
3. 可能最大露点的选择及其确定方法

4. 实 例

四、结 束 语

附图 1、2，附表 1、2

参考文献

由于对暴雨机制认识水平的限制，目前降水量的计算，尚未完全体现降水的物理过程。一般都认为大气中的所有水汽含量全部凝结下降作为计算的降水量。从而提出可降水概念。根据可降水与比湿关系，以及饱和比湿与露点温度关系，目前国内外在推求可能最大降水方法中〔1〕，都选用了一个在时、空分布上都能代表造成某次暴雨的气团水汽含量的所谓暴雨代表性露点。并寻找它的可能发生的最大值进行极大化。从而估算可能最大降水。

鉴于露点温度对可降水的反映敏感性，使用时需要慎重处理，并为今后开展可能最大降水的估算提供依据，我们以东北地区实测暴雨时露点资料，采用统计成因分析方法，试图揭示它的自身规律，探讨暴雨代表露点选择和控制的技术性问题。

一、露点的特性及其分析

露点是空气中水汽量不变时，经定压冷却而达到饱和所对应的温度。它是表示大气中水汽量多少的物理量。在气象学上已给出它的计算公式和一般特性〔13〕。我们这里是从估算可能发生降水的角度出发，探讨露点的取用问题。

1. 露点的地理分布

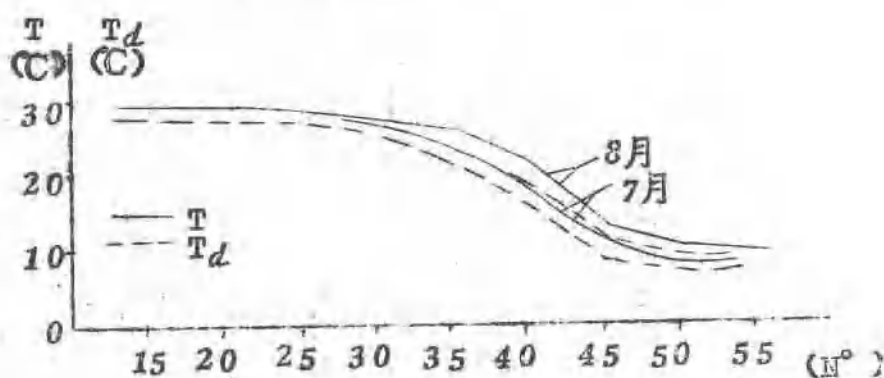
饱和状态水汽量，为温度的函数：随温度增高而增大。因此，太阳日照的明显地域，纬度性所决定的气温的地理分布特性，也决定了露点分布的基本规律。将取不同纬度上露点平均值，（见表1），可发现露点变化几点事实：A，露点和气温的纬度分布是相似的；B，赤道带露点值最高；C，从赤道向极地减少。

如果我们单独考察一下海洋洋面上露点分布，也类似于上述情况。
(见图一，表二)。

露点的纬度分布 (表一)

纬度 (N°)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
气温 (°C)	26.3	26.8	25.3	20.4	14.1	5.8	-1.1	-10.7	-17.1	-22.2
露点 (°C)	21.0	20.0	18.0	14.0	8.0	4.0	-2.0	-15.0	-22.0	-24.0
可降水 (mm)	37.6	36.0	31.0	23.6	16.6	12.0	8.0	2.6	1.4	1.0

北太平洋洋面气温、露点、纬向变化图



图

北太平洋洋面历年平均露点的分布

(表二)

月	项目	15		20		25		30		35		40		45		50	
		T	T _d	T	T _d	T	T _d	T	T _d	T	T _d	T	T _d	T	T _d	T	T _d
7	均值	29.0	27.5	29.0	27.4	28.4	27.0	26.8	25.2	23.7	21.8	18.0	16.8	10.4	8.9	8.3	7.0
	最大	29.6	27.9	29.8	28.0	29.3	27.6	27.9	26.6	24.9	23.0	20.3	19.9	13.3	12.0	11.0	9.5
8	均值	29.0	27.5	29.0	27.4	28.4	27.0	27.8	26.3	26.0	23.5	21.4	19.8	13.8	12.0	10.8	9.3
	最大	29.5	27.8	29.6	27.6	29.1	27.4	28.5	26.8	27.0	25.0	23.3	21.2	15.8	13.9	12.3	10.6
9	均值	29.0	27.5	28.8	27.2	28.3	26.8	27.5	26.0	25.2	22.8	20.4	18.8	13.4	11.8	10.6	9.0
	最大	29.3	27.6	29.5	27.8	29.0	27.2	28.2	26.4	26.4	24.6	22.7	20.8	14.9	13.4	11.8	10.1

从上述图表中可见，在 30°N 开始下降，在 40°N 开始有明显的降低，由 45°N 以后又近似一致。造成这种变化是由大气环流和海流性质相互作用的结果。在图二中所示， $35^{\circ}\sim 45^{\circ}\text{N}$ 范围，正是中、高两环型之间铅直运动最大区，也是暖、冷洋流交绥区。因此，该水域海表水温和其上空大气湍动乱流热交换现象势必强烈，海温、露点自然要有显著降低。由水汽源地的海表露点作为设计流域的可能发生最大值的控制时，上述这点是值得注意的。而且要直接取得洋面上的露点是困难的。国外是根据经验性的结论来考虑的〔2〕。为便于实际工作参考，我们根据文献〔7〕〔8〕资料得出 $130^{\circ}\sim 180^{\circ}$ ， $35^{\circ}\sim 55^{\circ}\text{N}$ 范围内经验关系如下：

海表气温 T 与海表水温 T_W ： $T = 0.80 + 0.96T_W$

海表气温 T 与露点温度 T_d ： $T = 1.5 + 1.02T_d$

海表水温与露点温度 T_d ： $T_W = 0.5 + 1.05T_d$

纬向变化率如（表三）所示。

~~~~~海表露点纬向变化率~~~~~ (表三)

| $N^{\circ}$                            | 15~30 | 30~40.5 | 40.5 | 40.5<br>~45 | 45~55 | 说 明                                                     |
|----------------------------------------|-------|---------|------|-------------|-------|---------------------------------------------------------|
| 变化率<br>( $^{\circ}\text{C}/\text{N}$ ) | 0.1   | 0.7     | 0    | -1.5        | -0.40 | 40.5 $^{\circ}\text{N}$ 平均值<br>为18.9 $^{\circ}\text{C}$ |

由于空气中的水汽含量之多寡，除了来自海洋的蒸发外，一般受气温的高低，蒸发的强弱及地面植被，水陆分布，降水日数等因素的影响。因此，就某纬圈来说，露点并不是常数。但是，我国位于东亚季风区内，夏季季风来自海洋，因而在通常情况下，海上最高，离海愈远而愈低。表（四）、表（五），充分说明了这点。

露点温度向内陆的变化表 (表四)

| 地名  | 位置 (N°; E°)       | T <sub>d</sub> (°C) |      |      | 相对湿度 (%) |    |    |
|-----|-------------------|---------------------|------|------|----------|----|----|
|     |                   | 冬                   | 夏    | 年    | 冬        | 夏  | 年  |
| 海洋上 | 36°N              |                     | 21.5 | 17.1 | 70       |    | 80 |
| 青岛  | 36.4°N, 120.19°E  | -5                  | 14.0 | 10.0 | 67       | 85 | 72 |
| 济南  | 36.39°N, 116.55°E | -7                  | 20.0 | 9.0  | 57       | 64 | 56 |
| 兰州  | 36.6°N, 103.50°E  | -12                 | 12.0 | 3.0  | 59       | 59 | 57 |

沿海与内陆露点变化比较表 (表五)

| 沿海岛上 | T <sub>d</sub> | 沿海地 | T <sub>d</sub> | 大陆内地 | T <sub>d</sub> |
|------|----------------|-----|----------------|------|----------------|
| 花鸟山  | 18.4           | 烟台  | 14.9           | 北京   | 14.6           |
| 平潭   | 19.9           | 青岛  | 15.5           | 石家庄  | 14.4           |
| 基隆   | 18.8           | 上海  | 18.6           | 南阳   | 16.7           |
| 花莲港  | 18.9           | 海门  | 19.2           | 老河口  | 17.3           |
| 台东   | 19.2           | 厦门  | 19.5           | 武汉   | 18.3           |
| 恒春   | 19.5           | 汕头  | 20.2           | 曲江   | 19.0           |
| 平均值  | 19.3           |     | 18.0           |      | 16.7           |

除了上述地理纬度分布特点外，地形地势的影响和地形与大气环流的综合影响也起重要作用，故显出比较复杂的地区的分布性。图(三)为东北地区露点的地区分布示意图。

然而，最大露点的分布，因受局部地区因素的影响，虽与上述情况有相一致，但又不完全相同。从（表六）东北各地实测最大湿度分布表中可显而易见。由此可见，一地的地面历史最高露点值，有可能高于暖湿气团输送途径上一般的递减规律。因此，在选择气团的代表性露点时，需要进行天气成因检查。





东北各地最大湿度分布表

(表六)

| 地名   | $e$<br>毫巴 | $T_d$<br>℃ | 地名  | $e$<br>毫巴 | $T_d$<br>℃ | 地名  | $e$<br>毫巴 | $T_d$<br>℃ | 说明                                                                     |
|------|-----------|------------|-----|-----------|------------|-----|-----------|------------|------------------------------------------------------------------------|
| 大连   | 39.5      | 29.0       | 临江  | 32.7      | 26.0       | 松江  | 29.9      | 24.0       | ①统计年限至<br>1971年止。<br>② $T_d$ 由绝对湿度<br>$e$ 用气表(1)查得<br>均为定时段观测<br>的瞬时值。 |
| 丹东   | 36.1      | 27.0       | 延吉  | 32.0      | 25.6       | 抚松  | 31.5      | 25.0       |                                                                        |
| 庄河   | 38.2      | 28.0       | 长春  | 36.9      | 28.0       | 长白  | 26.0      | 22.0       |                                                                        |
| 桓仁   | 31.7      | 25.0       | 哈尔滨 | 35.1      | 27.0       | 依兰  | 32.8      | 26.0       |                                                                        |
| 清源   | 34.2      | 26.0       | 尚志  | 34.0      | 26.0       | 佳木斯 | 36.2      | 27.0       |                                                                        |
| 宽甸   | 34.7      | 26.0       | 蛟河  | 33.4      | 26.0       | 嫩江  | 32.0      | 25.0       |                                                                        |
| 沈阳   | 37.3      | 28.0       | 敦化  | 32.8      | 25.0       | 兴安  | 26.2      | 22.0       |                                                                        |
| 呼玛   | 30.3      | 24.0       | 海拉尔 | 27.6      | 23.0       | 牡丹江 | 32.9      | 26.0       |                                                                        |
| 齐齐哈尔 | 31.7      | 25.0       |     |           |            |     |           |            |                                                                        |

## 2 露点的垂直变化

从探空资料分析可知，露点垂直分布问题是比较复杂的。在通常情况它是随高度增加而减少，但减少梯度不是一个常数，影响因素很多，归纳起来有：温度的情况；上升及下降运动的发展程度；气流交流过程；凝结、蒸发、降水的变化；水汽的分布情况。因此，从理论上解决露点垂直分布，目前是有一定困难的。

暴雨时，露点随着比湿增加，比湿垂直梯度减慢。但比湿的分布量的各层上差不多是一个比例，且水汽量绝大部分是在1.5~3公里气层内，（见表七），400~500 mb以上高空露点随高度变化比较稳定。由图(4)可见，暴雨中水汽含量有增加减少之外，还有垂直分布变化问题。就每次暴雨发生前、后而言，湿度垂直分布也是多种多样的。概括起来如图(5)(6)所示。

比湿的垂直分布统计表

(表七)

| 站名 | 统计<br>次数 | 雨量范围<br>(mm) | mb  |     |     |     |     |     | 整层<br>(%) |
|----|----------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|
|    |          |              | 850 | 800 | 700 | 600 | 500 | 400 |           |
| 长春 | 9        | 52~127       | 58  | 72  | 83  | 90  | 96  | 99  | 100       |
| 沈阳 | 16       | 58~94        | 55  | 69  | 82  | 90  | 96  | 99  | 100       |
| 延吉 | 5        | 51~135       | 51  | 65  | 78  | 87  | 94  | 98  | 100       |
| 临江 | 13       | 32~108       | 54  | 69  | 81  | 89  | 96  | 98  | 100       |
| 丹东 | 3        | 40~224       | 53  | 68  | 80  | 90  | 98  | 98  | 100       |
| 平均 |          |              | 54  | 69  | 81  | 89  | 96  | 99  | 100       |

暴雨中露点  $\theta^*$  时空演变图

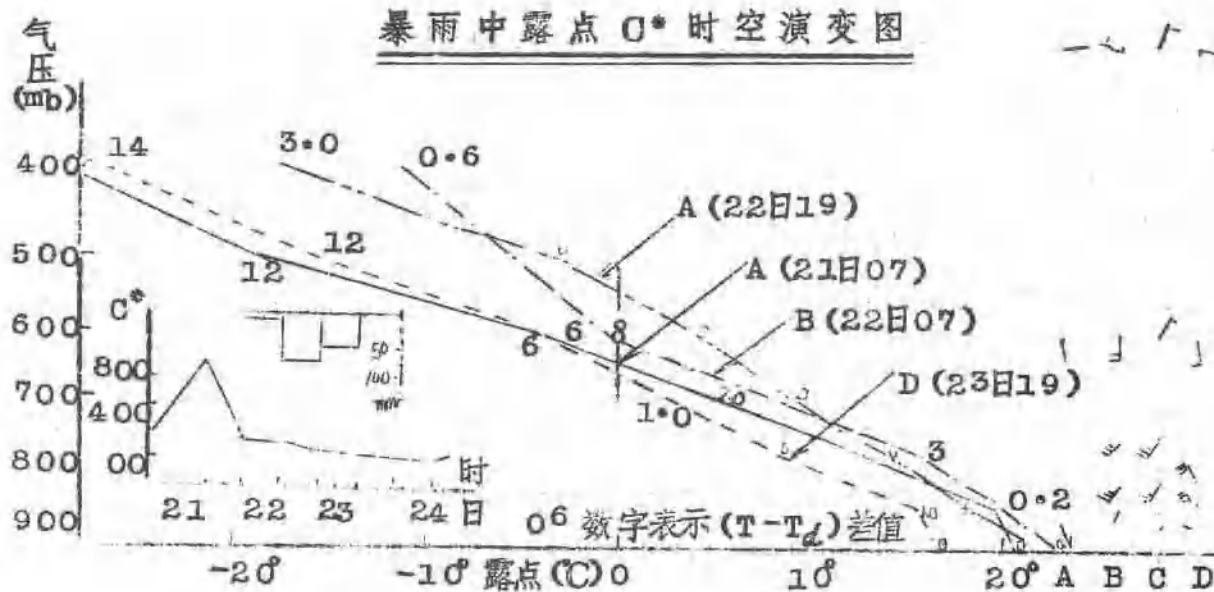


图 4

### 3. 露点的时序变化

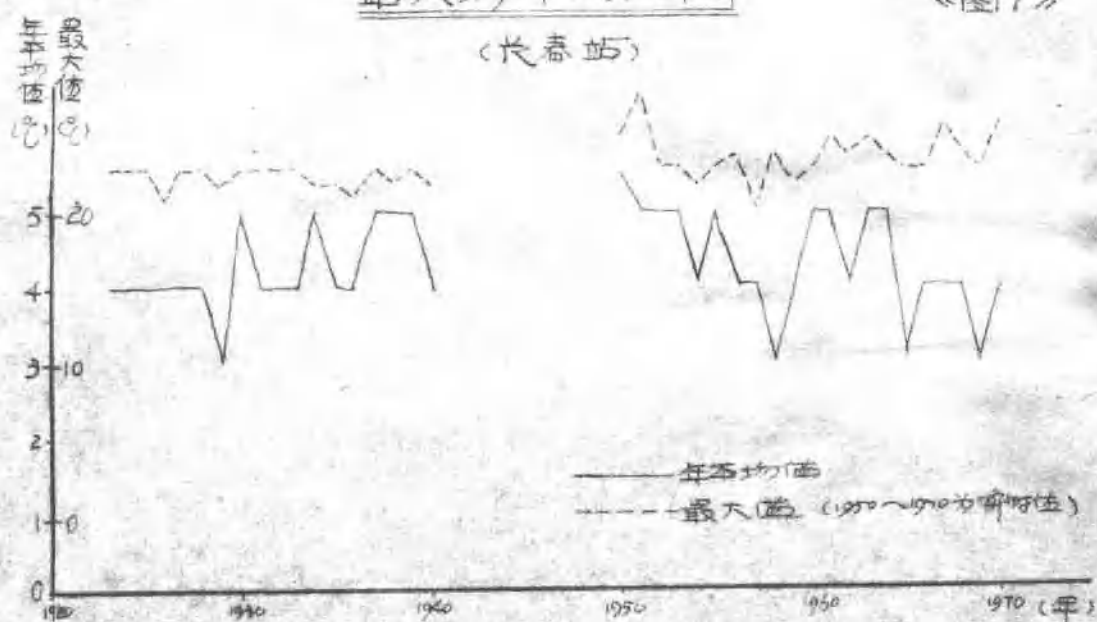
露点在年、季节、月、日的变化同温度的变化十分相似。东北地区，年际与年内变化曲线见图(7)、(8)。由于本区位于东亚季风区内，气温、水汽含量季节性差异很大，因此，露点的季节变化随季风的更替非常显著。从南向北，平原及高山都是夏高冬低春秋居中。



# 露寒历年变化图

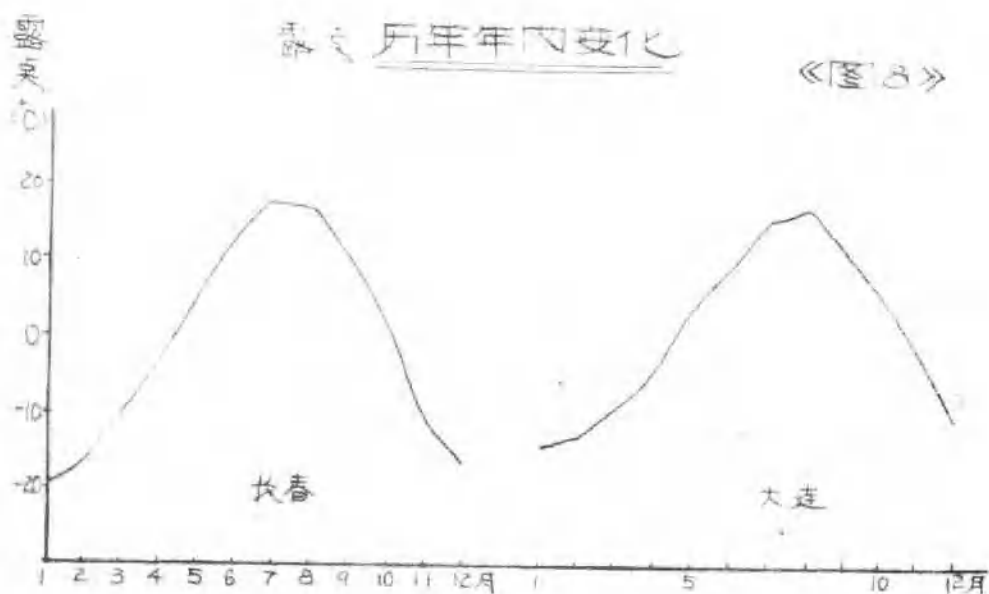
《图7》

(长春站)



# 露寒历年年内变化

《图8》



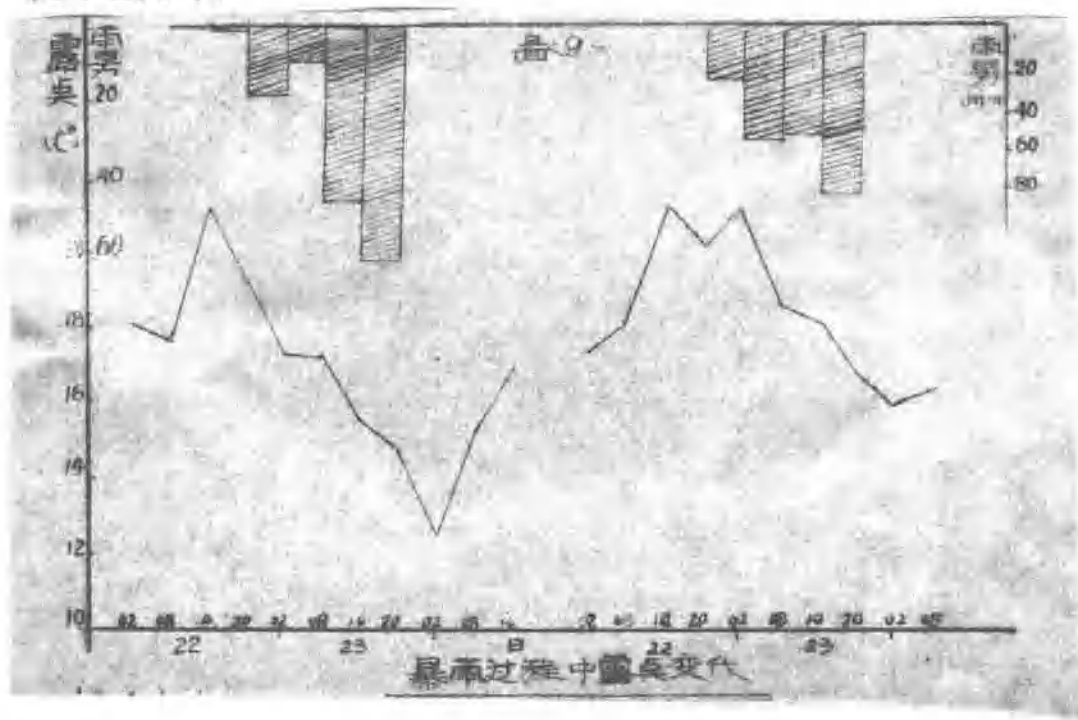
依据文献〔10〕所述，气象要素稳定频率分布所需的资料年，以湿度要求最低。见表(八)。

气象要素稳定频率分布所需的资料年限 (表八)

| 名 称 | 付 热 带 |    |    |    | 热 带 |    |    |    |
|-----|-------|----|----|----|-----|----|----|----|
|     | 内地    | 海岸 | 平原 | 山区 | 内地  | 海岸 | 平原 | 山区 |
| 气 温 | 10    | 15 | 15 | 25 | 5   | 8  | 10 | 15 |
| 湿 度 | 3     | 6  | 5  | 10 | 1   | 2  | 3  | 6  |
| 降 水 | 25    | 30 | 40 | 50 | 30  | 30 | 40 | 50 |

由上可知，露点的时序变化是有稳定性的。就我们统计长春站情况来看，变化幅度是稳定的。据41年的同步期统计，年内最高气温和最大湿度同一天出现者仅有两次（1947、1953年），说明机率虽少，但有出现可能。

就某次暴雨过程而言，露点由高值渐渐减少，见图(9)。这种变化是不稳定的。

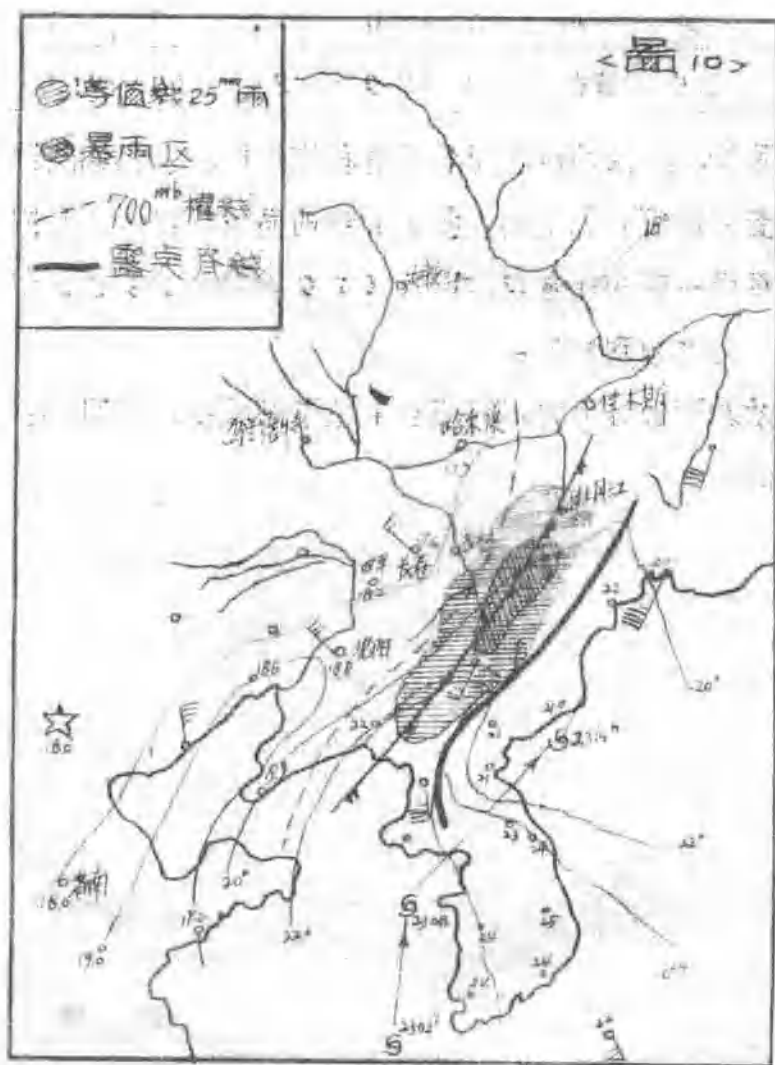


由图中可见，随着水汽含量堆积，露点的最大值总是在暴雨出现之前，即所谓超前性。

## 二、暴雨、天气形势和露点特性的关系

### 1. 天气形势与露点的关系：

露点的分布特性是天气形势配置下的产物。图(13)、(14)表示二种不同天气形势下露点时空分布特点。



暴雨 露点 台风 配置图



1953.8.19 暴雨、露点、锋配置

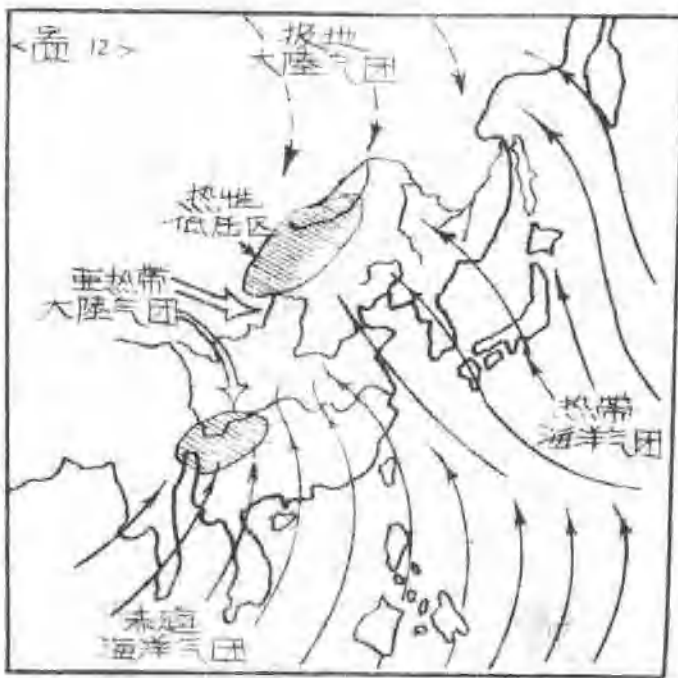
由上述图可见：(1)露点的最大值均在暴雨区边缘暖侧；(2)露点脊线与700 mb面上槽线位置有密切关系，它们的位置和移动方向大体一致；(3)露点最大值出现位置、大小与暴雨路径、暖湿气流输送的



强弱、生消有密切关系。

## 2. 露点与水汽输送关系:

东北地区夏季暴雨时水汽来自东南变性热带海洋气团和江淮一类气旋经由黄海、渤海的涡动输送。对照图(3)、(12)可见,露点空间分布特点是地形地势和水汽输送的综合影响的结果。



夏季气团、气流、水汽输送

在垂直输送上看,暴雨多半在大气的饱和层或近于饱和层 ( $T - T_d < 1^\circ\text{C}$ ) 超过气温  $0^\circ\text{C}$  线时才发生。见图(4)、(6)。

## 3. 露点与暴雨关系:

如果  $500\text{mb}$  以下各规定层上的温度  $T$  与露点  $T_d$  之差为  $T - T_d = 0$  定为整层饱和;  $T - T_d \leq 1$  定为基本饱和;  $T - T_d > 1$  定为不