

# 暴雨过程中干层的研究

林必元

(湖南省气象科学研究所, 长沙 410007)

## 提 要

通过研究暴雨过程中湿度场的垂直分布,发现暴雨发生前在对流层中层(600~400 hPa)存在着一个干层.并据此深入研究了干层的时间演变、成因及引起强天气的机制等.结果表明:垂直方向上湿度的变化非常迅速;干层在暴雨发生前形成,在暴雨发生后逐渐减弱消失;暴雨过程中的干层与其它强天气(雷雨大风、冰雹)过程中的干层有明显不同;干层的上方是深厚的对流稳定层,干层的下方是深厚的对流不稳定层.

**关键词:** 暴雨; 干层; 演变; 成因; 动力作用.

## 1 暴雨过程中湿度场垂直分布形式

大气湿度场是造成暴雨最重要的条件之一.利用1974~1987年6月长沙、怀化、郴州三站垂直方向各层(包括特性层)的探空资料,对发生在这期间的42次暴雨过程中湿度场的垂直分布进行了研究,发现暴雨过程中湿度场的垂直分布有如下3种形式:

(1) 对流层低层是饱和或接近饱和的湿空气,对流层中层存在一个干层,在此干层的上方又是一个接近饱和、相对较湿的层次,如图1a(实线)所示.在湖南6月份(1974~1987)的历次暴雨过程中,此种形式占76.2%.由此可见,这是暴雨过程中湿度场垂直分布的主要形式.首场暴雨大都是这种形式.

在这一形式中,最大干层一般位于600~400 hPa,上下两个湿层分别位于400 hPa以上和700 hPa以下.大气在垂直方向上有明显的分层现象,不仅暴雨过程如此,雷雨大风、冰雹等强对流天气过程也是如此.

(2) 从地面到高层(300 hPa),处于整层饱和( $T - T_d \leq 4^\circ\text{C}$ )状态(图1a虚线).在42次暴雨过程中,此种形式占14.3%.湿度场的这种分布形式,一般发生在连续暴雨过程中.

(3) 既无干层,又未整层饱和的,占9.5%.

分析还发现,不仅暴雨过程中存在一个干层,而且其它强对流天气过程中也有一个干层.但暴雨和强对流天气过程中的干层有明显的差异.从图1b温度露点差随高度的变化可以看出:①冰雹和局地强风暴过程中的干层比暴雨过程中的干层强得多.在冰雹

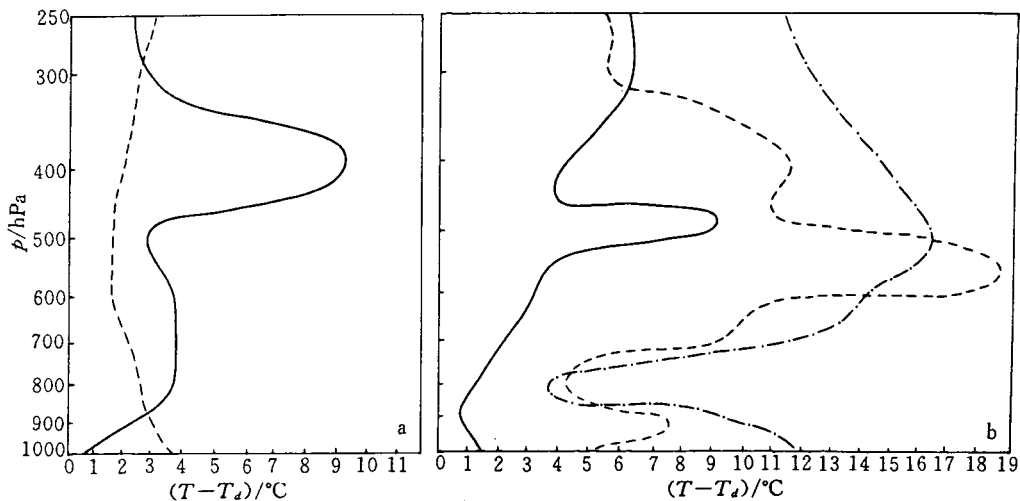


图1 温度露点差随高度的变化(a)长沙1976-06-17 08时(实线)和1976-06-07 08时(虚线)(b)长沙1980-06-12 08时暴雨(实线)、1975-07-30 08时强风暴(虚线)、芷江1963-03-31 20时冰雹(点划线)

和局地强风暴过程中,温度露点差的最大值一般都大于 $10^{\circ}\text{C}$ ,而暴雨过程中,温度露点差的最大值一般都小于 $10^{\circ}\text{C}$ . ②暴雨过程中干层的厚度较薄,一般为 $2\sim 3\text{ km}$ ,没有超过 $5\text{ km}$ 的.而冰雹和局地强风暴过程中,干层的厚度一般都在 $5\text{ km}$ 以上,两者的差别比较明显. ③暴雨过程中,在干层的上方和下方各有一个明显的饱和或接近饱和的层次( $T - T_d \leq 4^{\circ}\text{C}$ ).冰雹和强风暴过程中,一般没有这种饱和层,上下二个湿层比暴雨过程中的湿层弱得多. ④在形态上,暴雨和大风过程中干湿层对比比较大,而冰雹过程中干湿层对比比较小.

## 2 干层的演变与暴雨

既然70%以上的暴雨过程中,在 $600\sim 400\text{ hPa}$ 之间有干层,那么,这个干层是如何演变的呢?从怀化1979年6月暴雨过程前(22日08时)、暴雨过程临近(23日08时)、暴雨开始(24日08时)、第二场暴雨过程临近(25日08时)、第二场暴雨开始(26日08时)和整个暴雨过程结束时(27日08时)温度露点差垂直分布的演变情况(图略)可以得知:

(1)垂直方向上湿度的变化非常迅速.22日08时,750 hPa温度露点差为 $21.7^{\circ}\text{C}$ ,空气十分干燥,但到暴雨临近时的23日08时,750 hPa温度露点差迅速减小到 $1.5^{\circ}\text{C}$ ,空气达到饱和.

(2)暴雨过程临近时,在600 hPa形成一个干层.在此干层的上方和下方都是一个深厚的湿层.干层的厚度不大.

(3)暴雨过程开始后,从地面到200 hPa全部处于饱和状态.

(4) 当第一场暴雨(23 日 08 时~24 日 08 时)短暂停息后, 第二场暴雨临近时湿度场的垂直分布(25 日 08 时~26 日 08 时)又几乎重复出现第一场暴雨的情况. 无论干层的形状、高度和厚度, 还是湿层的分布和演变, 两场暴雨极其相似.

(5) 当整个暴雨过程结束时, 湿度的垂直分布既没有干层, 也没有整层饱和, 呈现上干下湿的分布形式. 高层湿度迅速减小, 低层湿度变化不明显, 仍处于饱和状态.

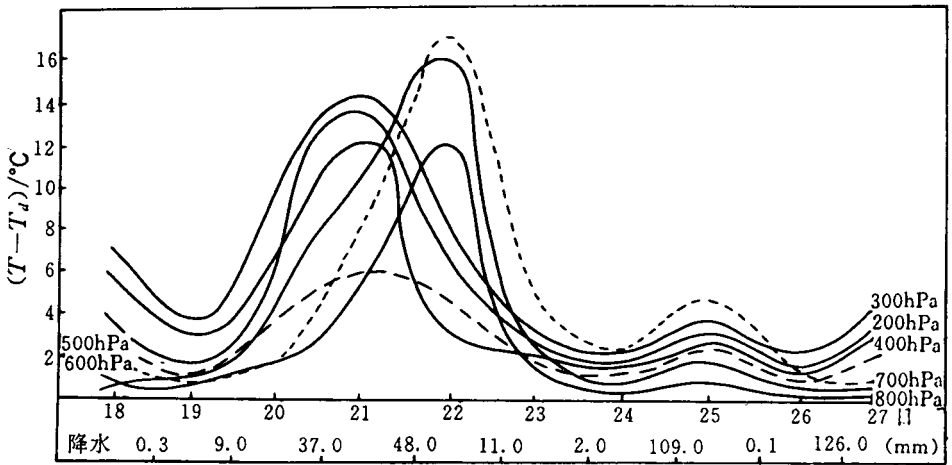


图 2 1979 年 6 月怀化各层温度露点差的演变

图 2 是暴雨过程中怀化各层的温度露点差随时间的演变. 从图中可以看出: 暴雨过程前高层的湿度场首先发生变化, 然后, 这种变化逐渐传到低层. 500 hPa 为过渡层. 暴雨行将结束时, 也是首先在高层的湿度场上反映出来. 500 hPa 以上各层湿度迅速减小, 500 hPa 以下各层湿度变化不大. 同时还可以看出, 在暴雨过程中, 上下层的湿度变化趋势是一致的.

### 3 干层的成因

大气中水汽的分层现象, 从大的方面来说, 与大尺度的系统有关. 但分析表明, 暴雨过程中的干层, 即 600~400 hPa 的干层, 成因比较复杂, 既有大尺度系统方面的因素, 也有云物理方面的因素. 大尺度系统方面的因素表现在:

(1) 冷空气首先侵入高层, 使高层湿度减小, 形成上干下湿的分布形式. 然后干空气下传, 高层增湿, 中层减湿, 低层湿度不变, 使中层形成一个干层.

(2) 冷空气比较浅薄, 势力较弱, 侵入中低层后很快变性. 低层迅速增湿, 高层没受冷空气影响, 湿度不变; 中层没有来得及增湿, 形成了一个干层.

图 3 是 1977 年 6 月 9 日 08 时芷江各层 24 h 变温  $\Delta T$  和 24 h 变湿  $\Delta(T - T_d)$  的配置情况. 从图上可以看出, 在降温的同时, 往往伴有降湿现象. 而且降湿的幅度比降温大, 即较小的降温可导致较大的降湿.

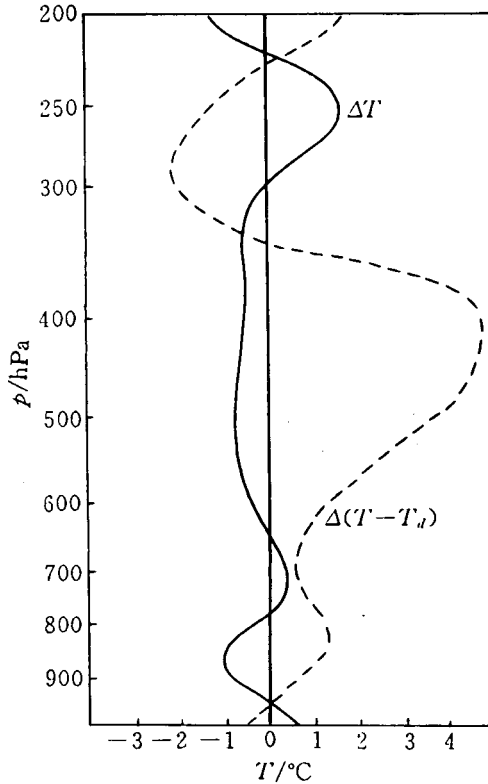


图3 1977年6月9日08时芷江各层24h  $\Delta T$ (实线)、及  $\Delta(T-T_d)$ (虚线)

#### 4 干层引起强天气的机制

从以上分析可知, 600~400 hPa 的干层与暴雨、大风、冰雹等强天气的关系十分密切. 干层在强天气的发生发展过程中, 究竟起什么作用呢? 分析怀化 1979年6月23日08时  $\theta_w$  的垂直分布(图略)和6月23日08时暴雨临近以后温度露点差随高度的变化可以发现: 在干层的下方是深厚的对流不稳定层, 在干层的上方是一个深厚的对流稳定层. 下方的对流不稳定层提供大量的对流不稳定能量, 上方的对流稳定层使不稳定能量得以集聚. 这与暖盖的作用相似, 但成因不同. 暖盖是由逆温层形成的, 而这里的湿盖是由干层及其上方的湿层形成的. 由于垂直方向上存在这样的层结分布, 因而有利于强天气的发生. 对长江中游30多例中尺度对流云团的分析发现, 形成中尺度对流云团最主要的原因是存在一个干层. 即干层引起中尺度对流云团, 中尺度对流云团形成暴雨. 这表明, 干层有明显的动力作用.

## 5 结 语

通过以上分析得到如下结论:

- (1) 在暴雨、大风和冰雹过程中, 通常在 600~400 hPa 存在一个干层;
- (2) 各种强天气过程中的干层有明显的差异;
- (3) 干层形成的原因是高层干层的下传及冷空气侵入中层;
- (4) 干层有明显的动力作用, 这种动力作用促成了强天气的发生发展.

## ANALYSIS AND STUDY OF THE DRY LAYER IN TORRENTIAL RAIN

Lin Biyuan

*(Research Institute of Meteorological Science of Hunan, Changsha 410007)*

### Abstract

The vertical distribution of the humidity field in the torrential rain process is analyzed using the sounding data of three weather stations in Hunan Province during the period of June, 1974~1987. It is found that there was a dry layer in the middle of troposphere (600~400 hPa) before beginning of heavy rainfall. Furthermore, the feature, evolution and cause of dry layer, and their mechanism which led to heavy rainfall, are investigated. The results show that the humidity change in vertical direction was very quickly, the dry layer was formed before the heavy rainfall and would distort gradually after the heavy rainfall. Additionally, the dry layer formed in heavy rainfall was clearly different from that of the other severe convection weathers (such as severe storm and hail). There was an instable convection layer below the dry layer and a convective stability layer over the dry layer.

**Key words:** Torrential rain; Dry layer; Evolution; Cause; Dynamical effect.