

下垫面热力非均匀性及其对冰雹等强对流天气影响的初步研究

沈树勤

(江苏省气象台)

提 要

本文初步分析了江苏省下垫面热力非均匀性及其影响。结果表明：海风锋，较大水体^{*}，不同种类的土壤等所构成的热力非均匀性对冰雹等强对流天气有一定的作用与影响。

一、引 言

天气实践表明：强对流天气容易在某一固定地区形成、发展，例如，在山脉的两侧，湖泊的四周，海陆边界等等。这就表明下垫面的动力和热力作用对强对流天气的影响是不可忽视的⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾。这是因为下垫面的影响，使得对流发展，激发起突发性冰雹、暴雨、龙卷等强烈不稳定天气，造成了某些固定地区严重灾害。

江苏省东临黄海、有数千公里长的海岸

线；省内有太湖、洪泽湖；长江和苏北灌溉总渠（后称总渠）自西向东流过本省；并且省内有不同种类的土壤分布。由于下垫面属性差异，它们受日射增温程度相差很大，构成冷热源水平和垂直分布的差异，引起省内冰雹等强对流天气的落区、移向等有别于平原地区的一般特征⁽²⁾。

本文利用1960—1981年江苏省冰雹等强对流资料⁽⁵⁾，对江苏省几个主要的下垫面热力非均匀性和强对流天气之间关系作初步探讨，进而揭示下垫面热力非均匀性对江苏强

^{*}指太湖，洪泽湖，长江和苏北灌溉总渠等。

对流天气的作用。

二、江苏省下垫面热力非均匀性 及其对冰雹等强对流天气的影响

分析江苏省1960—1981年共22年冰雹等强对流天气的时空分布及移向,有如下几点主要特征。

对1289个例冰雹样本统计(图略)表明:81%冰雹发生在13—19时,其中盛发时段在14—18时,峰值出现在16时。我国大部分地区70%降雹集中在13—19时。世界上大部分降雹也是如此^[2]。

江苏省的冰雹空间分布,总的趋势是靠近海岸一侧的暖陆上,出现两个多雹中心,一个在总渠以北江苏省的东北部,另一个在长江以北南通的“半岛”地区,其中第一个中心比第二个中心多8次,且范围也较大(图1)。

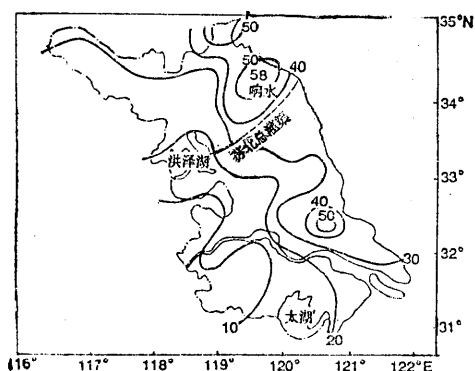


图1 历年冰雹总频次分布图

江苏省历年冰雹气候路径以西北移向为主^[5],似有“雹走熟道”的特征,这反映出一定的大气环流和下垫面条件下,有雹云惯走的通道产生移向相似的雹击带^[2]。

江苏冰雹时空变化及移向特征所披露的气候观测事实表明:形成这种气候的原因除合适的大气环流外^[5],江苏固有的下垫面表现出的热力非均匀性,对强对流的作用是不可低估的。为此下面重点对海风锋,较大水

体,土壤性质等与强对流天气的关系进一步分析。

1. 海风锋对冰雹等强对流天气的影响 海风锋是沿海地区的中尺度特征之一。

白天陆地比海洋增温快,由于湍流混和,热量由下垫面进入贴地面的大气层,并在该层造成水平温度梯度,在沿海海岸出现海风,文献^[1]指出:由海向陆推进的海风前缘,具有类似锋面的温度场和流场结构特征,并伴有一定的天气,因而称之为海风锋。陈良栋研究指出^[6]:当苏北沿海陆地为较弱的偏西气流时,中午前后,由于海风锋上气流辐合的加强和向陆推进,可以触发对流回波就地加强。雷雨顺也曾指出^[2],江苏东临黄海,在海陆风的作用下,赣榆,灌云,响水等地雷暴较强。更确切地讲,我们认为是在海风锋作用下,苏北北部雷暴较强,这与图2所示的江苏东北部多雹相吻合。

我们分析1982年6月17日,1983年5月20日,1984年5月28日,1984年5月29日等几次冰雹过程发现:在沿海岸线上存在风和温度等要素的不连续线,温度梯度一般大于 $6^{\circ}\text{C}/30\text{km}$,较大的为 $11^{\circ}\text{C}/30\text{km}$ 左右,在偏暖陆一侧,冰雹等强对流天气发展加强。图2表明:1983年5月20日12—16时

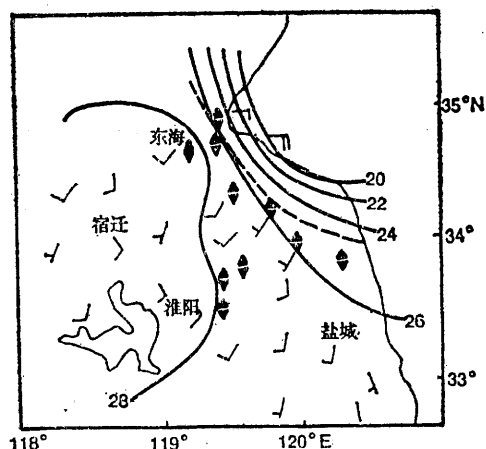


图2 1983年5月20日12时气温和冰雹分布
黑三角为雹击站;实线为等温线;虚线为不连续线

在海州湾海陆之间存在一条不连续线,温度梯度为 $8-9^{\circ}\text{C}/30\text{km}$ 。雷达探测表明:在山东临沂、郯城发现雹云回波,该回波4小时仅移70km,移速很慢,15时后雹云入侵赣榆、东海两县,在南北不到100km范围内,雷雨、冰雹等强对流天气持续6小时。到了21时05分移出灌云县后减弱,表明这次冰雹发展并在暖陆一侧加强,移速减慢是与海风锋作用有关。

1960年5月3日,1961年5月9日,1967年6月4日,1969年5月9日,1983年5月20日等过程,由于海岸存在这条不连续线,即在海风锋的影响下,在海岸两侧出现迥然不同性质的天气:在暖陆一侧出现冰雹等强对流天气,而在海上则是稳定性的大雾。数值模拟试验指出^[3]:由于海风锋的存在,引起扰动涡旋的产生,在扰动涡旋的上升支气流中,使得强对流回波移到该地发展加强,移速也相应减慢。这与1983年5月20日的冰雹过程特征是吻合的,可能也是我省沿海多雹原因之一。而扰动涡旋下沉支的气流正处于冷海面上,下沉气流引起绝热增温,该处大气层结趋于稳定,甚至出现逆温。在冷的海面上可以产生大雾,这与观测事实也是相符的。

2. 较大水体对冰雹移向的阻滞作用

江苏省内水系较多,其中长江自西向东流过本省入海,苏北灌溉总渠横亘省内,在滨海段其宽度200m左右(含排水渠),洪泽湖在水深12m时,其面积为 1809km^2 ,太湖在水深4m时,其面积为 2480km^2 **,相对省内其它水系,这些是江苏省较大水体。它们对冰雹等强对流天气可能存有一定影响。

由图1可以看出,横亘江苏的总渠和长江,在其南北两岸冰雹等强对流出现频数相差很大,在洪泽湖南北,其分布的悬殊也较大。在冰雹盛发的6月份这种不连续分布更为突出,总渠南北两岸相差16—18次,长江

两岸相差8次,洪泽湖两岸相差12次。由此可见,较大水体的北岸22年雹日总数要比南岸多2—3倍,这有可能与较大水体的阻滞削弱作用有关。

冰雹的西北移向多频中心恰好分布在渠北、江北和湖北岸,而其南岸,西北移向的冰雹明显减少(图略),仅一渠之隔的阜宁县比滨海县减少10次,南通和沙州隔江相望,频次相差8次,位于洪泽湖西北岸的泗洪县和湖东南岸的洪泽县其移向频次相差7次,进一步表明了江苏省内较大水体对自西北向东南移行的冰雹有着较明显的阻滞作用,并显示如下两个特征:

(1) 历年过渠与不过渠的西北移向冰雹共52次,其中不过渠的24次,占46.2%;过湖和不过湖的共23次,不过湖为15次,占65.2%;过江和不过江的共21次,不过江有13次,占61.9%,可见长江和洪泽湖比总渠对冰雹的阻滞作用更大些,这是因为江、湖水面比渠面要大,水也深。

(2) 西北移向冰雹跨渠,过江、越湖又往往以天气系统的强弱,过程范围的大小为转移;若以降雹范围 ≥ 10 站作为过程强的标准,则不过江、湖、渠者多为较弱过程。统计表明:累年西北移向的冰雹中不过渠有24次,其中22次(91.7%)属于 ≤ 10 站的弱降雹过程;累年过渠的冰雹共28次, ≥ 10 站的强降雹过程有19次,占67%,另外长江和洪泽湖也同样有这种现象。

因此,在江苏由于较大水体对北路南下冰雹有阻挡作用,由于特定的大气环流和自身的条件不同,有的冰雹可移过较大的水体,有的则在水体北部受阻消失,有的出现沿岸分岔移行。图3a,b分别为1972年6月14日和1976年5月15日两次冰雹移行到苏北总渠北岸出现东西向分岔的例子。

冰雹移行不移过较大水体的现象在国内外均有报道,例如在陕西的雷暴很难过渭河,

**系江苏省水文总站提供,在此表示感谢。

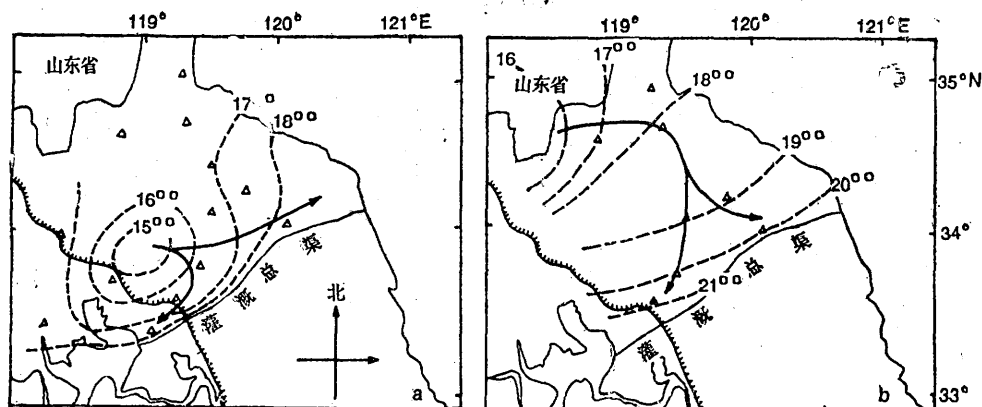


图3 1972年6月14日(a)和1976年5月15日(b)冰雹移行图

在波兰的冰雹很难过维斯瓦河，孔凡铀等也指出，夏季午后，由于水陆温差存在，积云移行遇到较大水体时，往往受阻转向^[4]。

基于江苏省内较大水体对冰雹移行影响的观测事实，利用二维中尺度动力模式对水陆温差引起的环流进行了数值模拟¹⁾。

图4表明在不稳定层结大气和微风情况下，计算各时次的结果。

从计算开始到1.75小时形成两个与河面对称的弱扰动涡旋，之后扰动涡旋位置不动，只是强度增强，到2.75小时后扰动涡旋增强的速度减慢。扰动涡旋始终在河面上形成下沉气流，当雹云移近河面时受扰动涡旋的下沉支气流影响就会减弱，所谓不易过河。而在陆上受扰动涡旋的上升支气流影响，反而使得移近河岸附近的雹云得以发展增强，并出现如图3所示的冰雹移行在江、渠一侧分岔的情况。

3. 地温的非均匀分布对强对流天气的影响

太阳辐射热中的大部分，是通过海洋和陆地表面直接反射或吸收后，再放射到空气中去，使大气增温，而地表面温度是太阳辐射热到达地面的标志之一，对天气的变化及气候的形成具有重要意义。近年来，兰州高原大气所研究认为，陆地下垫面的能量储放过程是影响大陆特别是内陆天气变化的重要因素之一。在我国由于土壤属性不一样，使得地温分布极不均匀，极端最高地温有时可达75°C以上^[7]；周名杨曾对北京地区的地面温度分析得到：冰雹等强对流天气与地温分布关系密切，这类天气一般不落在高温、低温中心，而落在高温脊线一侧、地温较

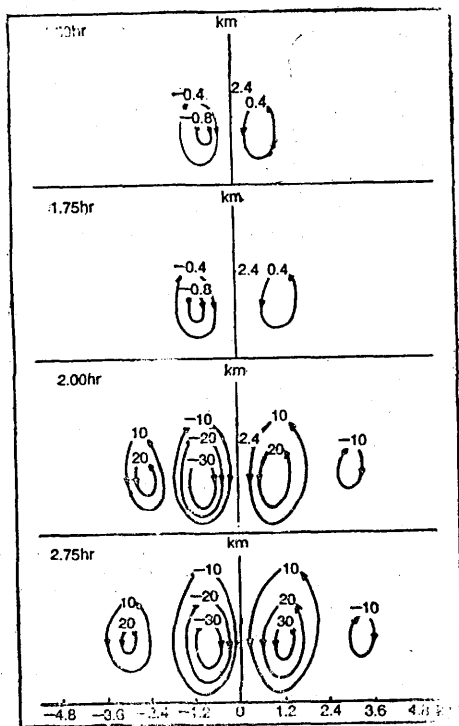


图4 不同时刻扰动流线(单位: $m \cdot s^{-1}$)

1) 钱维宏, 沈树勤, 河流对冰雹移行影响数值模拟研究, 江苏省气象学会大气物理专业会议报告, 1987, 11。

低、梯度较大的地区。文献^[2]也指出：苏北多雹区还与地面土壤种类不同有关。图5表明：苏北土壤分布是比较复杂的，其主要分布为，东部沿海为盐碱土，淮北为黄潮土，砂姜黑土，其余为其他种类的土壤^[8]。文献^[2]指出盐碱土反射日光强，与黑土、沙土地相差4—6℃。统计表明：在晴天午后新沂、邳县的地温与沿海射阳、滨海县等盐碱土的地温相差10℃以上，在该地区存在着南北走向的准定常“锋”区。图6是1984年5月28日14时0cm地面温度和午后冰雹分布图。该图表明：

(1) 图中实线是地温等值线，其分布特

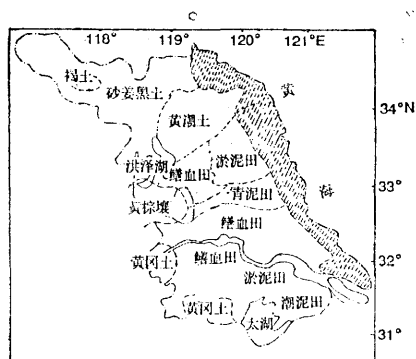


图5 江苏省土壤类型分布

征与土壤分布趋于一致，图5中沙姜黑土域是图6的地温暖脊，最高中心出现在宿迁、泗阳县，其值为50—54℃，在沿海的盐碱土区域地温为36—43℃，其差值为11—14℃，由于土壤属性的不同，构成这一区域的准定常地温“锋”区的可能性。

(2) 这次冰雹等强对流天气于16时左右在地温“锋”区的偏暖一侧形成，以后沿“锋”区发展加强并向偏冷一侧移行。

余志豪和陈良栋^[9]曾从理论上分析了水平不均匀加热对热对流不稳定发展的条件，结果得到当水平不均匀加热的温度梯度 dT_0/dx (T_0 为下垫面温度) 超过其临界值 $(dT_0/dx)_c \approx 0.64^\circ\text{C}/10\text{km}$ 时，则将使不稳定的热对流得到发展。图6中从暖地温中

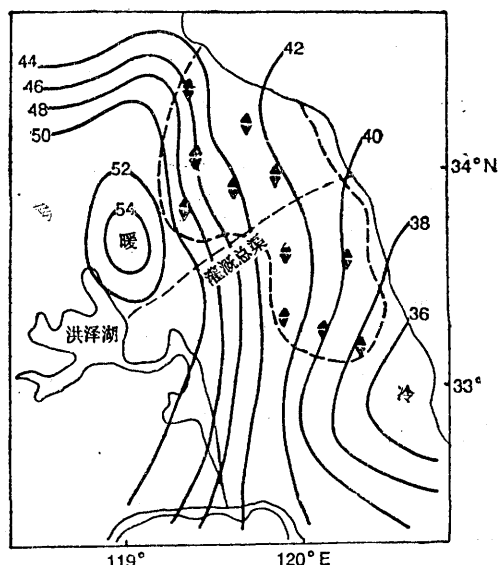


图6 1984年5月28日14时0cm地温和午后冰雹
实线为地温等值线

心至冷地温中心，其水平地温梯度为 $0.9^\circ\text{C}/10\text{km}$ ，最大地温梯度在沐阳—灌云之间，其值为 $1.5^\circ\text{C}/10\text{km}$ ，它们都大于或远远超过了对流不稳定发展的临界值。

我们还曾对地面温度影响对流发展强度进行了数值试验^[10]，结果指出：在大气不稳定层结下，下垫面地温的水平不均匀分布对对流的发生和不稳定发展有直接影响。

三、结 语

通过分析，我们认识到，江苏省下垫面的非均匀分布，构成冷热源水平分布的差异，对强对流发生和不稳定发展有直接影响，其主要结果有如下几方面：

1. 江苏省东临大海，午后沿海多可形成海风锋，但需要指出，在海州湾附近的海风锋更为明显。这可能是江苏省东北角多雹原因之一。同时，在这个地区的南部的总渠对冰雹的阻滞作用，致使渠北冰雹明显多于渠南。另外江苏省淮北地区土壤分布有别于省内其他地区，有利于在江苏省东北角构成准定常地温“锋”区，冰雹等强对流天气于地温偏暖一侧形成，沿“锋”区加强发展，

向偏冷一侧移行。

2. 在江苏省海安、如皋的另一个多雹中心,除了也受海风锋影响和长江阻滞作用外,该区的沙土地与沿海的盐碱土地温存在的差异,加之夏季午后洪泽湖和高邮湖相对周围陆面是冷源,在有利的大尺度条件下,它的存在可以使对流在湖附近组织起来,并且向东南方向移动加强^[11],使得这个“半岛”地区不但是降雹的多频中心,而且具有多龙卷的气候分布特征^[5]。

3. 在合适的环流背景下总渠、长江、洪泽湖对冰雹等强对流天气的移动有阻滞作用。

4. 由于土壤属性不同,造成地温非均一分布,对冰雹等强对流天气的形成和发展有一定影响。

参考文献

[1] 杨国祥,中小尺度天气学,气象出版社,

1983。

- [2] 雷雨顺,吴宝俊,吴正华,冰雹概况,科学出版社,1978。
- [3] 沈树勤,钱维宏,海州湾的海风锋对强对流天气作用的数值试验,气象科学,1989,1。
- [4] 孔凡铀,冷水面对积云的影响——数值试验,大气科学,1987,2。
- [5] 江苏省气象局预报课题组,江苏省重要天气分析和预报,气象出版社,1988,8。
- [6] 陈良栋,槽后形势下华东地区强对流活动特点和临近预报线索,气象,1987,9。
- [7] 葛其芳,地面和地面最高温度记录的用途数例,气象,1983,9。
- [8] 中国科学院南京土壤研究所,中国土壤,科学出版社,1980,3。
- [9] 余志豪、陈良栋,水平非均匀加热对热对流中尺度系统发展的影响,大气科学,1984,8。
- [10] 钱维宏、沈树勤,地面温度影响对流发展强度的数值试验,气象科学院院刊,1989,2。
- [11] 钱维宏,夏季苏北冷湖效应对飑线影响的一个数值模拟研究,气象科学,1987,2。

A preliminary study of the thermodynamic heterogeneity of underlying surface and its influence on severe convective weathers

Shen Shuqin

(Meteorological Observatory of Jiangsu Province)

Abstract

In this paper, the thermodynamic heterogeneity of underlying surface in Jiangsu Province and its effects are preliminarily analysed. The results show that the thermodynamic heterogeneity caused by sea breeze front, larger water body and various soils launches some effects and influence on severe convective weathers, including hail and so on.