



再论“巨凇”的形成

王鹏飞 李子华

我们在1980年《南京气象学院学报》第一期发表了《“巨凇”形成机制的探讨》一文以后，为了广泛了解一些不同的看法，并补充说明一些情况，曾又写了《“大雹”乎？“巨凇”也！》一稿，并在《气象》1982年第2期刊登。现在看到《对“大雹乎？巨凇也！”》的进一步探讨（见《气象》1982年第4期，以下简称《探讨》）一文，对我们的判断有所异议，文中通过计算，指出过冷却雨滴下降过程中升温到0℃时的最大下降距离为2921米，而过冷却雨滴同地面间的实际距离为4000米左右，因此雨滴降到地面时不可能保持过冷态，林西大冰块不可能是巨凇，应以地面冰雹融化成积水后夜间冷却而成的可能性为大。我们认为，这种看法与计算有助于问题的深化，有利于得出更符合实际的认识。经过分析，我们进一步肯定林西大冰块是属于“巨凇”。下面分两个方面来谈：

一、林西冰雹融化后夜间冷却成冰有无可能？

《探讨》一文指出：“由于云下冷堆的局地滞留，冰雹的堆积和融化，夜间的长波辐射热亏损，以及优越

附表

1975年7月25—26日林西站风向风速

时间	19	20	21	22	23	24	01	02	03	04	05	06
风 向	SSE	WNW	WSW	WSW	WSW	WSW	NNE	C	NNW	NW	NW	C
风 速	7.0	3.0	3.0	4.0	2.7	1.7	1.0	0.0	2.0	1.7	0.3	0.0

（2）《探讨》一文猜测林西大冰块可能是地面雹块在当夜因发生融化—蒸发—冻结而形成的。我们认为，在“巨凇”形成后，这种过程当夜在巨凇表面是有可能出现的，它可以改变巨凇表面的冰晶结构及透明度。这一点在《“巨凇”形成机制的探讨》一文的原稿上曾经提及，后因要节省篇幅而删去了。但是，要使分散的小冰雹靠此过程全融后再冻结成大冰块，则可能性很小。如所降的小冰雹是集中堆积的，则由于融化蒸发要吸收热量，将使冰雹的未融部分更易保持不融，因此再度冻结时，将形成内部由许多颗粒状雹粒形成的“冻集体”，很难形成像林西大冰块那样成水平分层结构的冰体。

（3）最主要的理由是，林西这次大冰块并不是隔了一夜后在26日上午发现的，而是在降雹当天傍晚发现的，时间是在20时左右，18时10分至18时40分十二吐降雹，雹后的30分钟下暴雨，大冰块就是在雨止后农民查看灾情时发现的。在降雹后一个半小时左右的时间里，要使冰雹融化—蒸发—冻结并形成15厘米厚的大冰块，这无论如何也是不可能的。

地面积水夜间冻结既不可能，云中降下来的看法也已否定，唯一可能的就是过冷却雨在地面碰冻而形成巨凇。下面我们就进一步对《探讨》一文否定过冷却水能到达地面的理由进行分析，讨论雨滴到达地面时能否保持过冷态。

二、过冷却雨滴是否在距地4000米高度处？

《探讨》一文否定“巨凇”的最主要理由，在于原

条件下的水蒸发等作用，在局部地方使气温降到稍高于0℃。如果这里地面有一些积水，由于干冷风的吹拂，使水蒸发很快，蒸发耗散的热大于局地地面和空气传来的热，水体温度渐渐下降到0℃以下，……就可能冻成一块大冰”。对此，当时在林西防雹试验点的辽宁省气象科学研究所、昭乌达盟气象局和林西县气象局的同志曾设想并讨论过，后来通过调查被否定了。我们认为，这种成冰的可能性是不存在的。理由是：

（1）林西十二吐公社那天出现的大冰块，是在干河沟里。那里如有冰雹融化，积水极易渗入土内或流走，积水维持一夜并结成冰是很难的，而且那样有大冰块的地方也应当较多。但调查结果仅在农田边有些积水，间或还有堆积的冰雹，但却不见其他大冰块。同时，那次降雹过程发生在暖区里，降雹后的夜间并不存在长时间的干冷北风的有利条件。由林西站7月25日降雹后各小时地面风向风速资料（附表）可以看出，雹后大多为偏南偏西风，虽然半夜之后转为偏北风，但风力很弱，造成冻结也不失可能。

始过冷却雨滴区应在距地高达4000米左右的地方。他计算出过冷却雨滴最多下降2921米就要融化，因而雨滴到达地面时就不可能保持过冷态。

但是云中过冷却雨当时是否仅在距地4000米高度处存在呢？如果过冷却雨滴是在距地1000米或更低的高度上，《探讨》一文的计算就成为肯定“巨凇形成”的理由了。为此我们提出了寒冷射流区（Cold Jet Region, CJR）理论，来说明巨凇形成的空中条件。

（1）《探讨》一文利用赤峰早7时的探空资料，计算出0℃层应位于距地3200米高度。赤峰距离林西大约150公里，早7时距离下午降雹时间达11个小时以上，因此这个探空资料不能代表下雹区域当时的情况，而且下雹是小尺度短时间现象，雹云内外同一高度上温度会有很大差别。即使在同一雹云中，泻雹区与上升气流区温度也大不相同。一般泻雹区温度远低于上升气流区，更何况在150公里之外的赤峰呢？

（2）《探讨》一文是计算一个水滴下降而升温的情况，但事实上泻雹区出现的不是一个水滴与不变的环境间的热交换，而是一股包含雹块及冷空气的下冲流的情况。所以，应当考虑的是气柱中一定高度的局地温度变化。

（3）泻雹区在空间上是一个由雹块与冷空气组成的、由云体内向下方冲刷的寒冷射流区（CJR）。在冲刷过程中，将原在该处的云下暖空气排挤开来。射流区直径视泻雹区范围而定，可在数十米到十多公里之间，并随着雹云的移动而移动。在射流区以下的气

柱中，不断有上方下冲的新雹块及新冷空气经过，并不断通过升华冷却、乱流热交换及排挤暖空气等方式，使其下方的温度下降，于是在寒冷射流区所及的地方， 0°C 等温线就不断下凹。十二吐公社这次下雹，雹块大如乒乓球、鸡蛋和拳头，降雹持续时间长达30分钟，个别地方达40分钟。通过这么长时间的寒冷射流，使 0°C 等温线不仅在云中下凹，而且有可能进一步下凹到云底以下的近地面区。这是因为，云下空气不饱和，更有助于冰雹升华吸取潜热，而这种潜热的吸取，并不是一块冰雹之功，而是相继下降的冰雹的累积效应所造成。同时，云下温度高的空气，被寒冷射流所排挤，使之远离射流区。在接近地面的气层中，寒冷射流易使地面堆成冷气丘及冰雹密集区，这对排挤近地面暖空气，并使近地面气层温度降低尤为有利。

(4) 强雹云的寒冷射流区是有一定水平范围的。这次林西雹灾中雹云自北向南移动，在到达林西以前，降雹曾一度减弱并停止，但在到达林西站后，因有接云现象而重新加强并降雹。接云后的雷达回波如图1所示。十二吐公社位于林西站之南约15公里，其开始降雹时间(18时10分)迟于林西站约4分钟，此后林西站与十二吐公社两处(包括此两地之间的地区)同时下雹约6分钟。这说明至少在共同降雹时，林西站与十二吐公社位于同一个CJR区内(见图1)，也证明这次强雹云的CJR区的南北范围约15公里。从雷达回波投影还可看到，林西站降雹时，它正位于雹云左后侧，属弱降雹区；而十二吐公社同时降雹时，它正位于雹云右前方，属强降雹区。对比林西站与十二吐公社降雹情况，林西站的雹块很小，最大的仅象卫生球，降雹时间也短，仅10分钟，雹后降雨也少，仅12.7毫米；而十二吐公社下的雹块很大，一般如乒乓球，少数大如鸡蛋、拳头，降雹持续时间长达30—40分钟，雹后降雨约40毫米，灾情特别严重，全公社被砸光的庄稼就达三万八千余亩。因此可以认为，林西站应属CJR区边缘，而十二吐公社应位于CJR区中心附近。林西站由于降雹，地面气温下降约 8°C (见图2)，可惜十二吐公社没有这次下雹时的降温记录。但可以认为，由于这次CJR区水平范围大，云下暖空气受CJR排挤后，它们只能对位于CJR区边缘(如林西站)有影响，使之不致降温太多；但却难以影响CJR区的中心区域(如十二吐公社)。因此，十二吐公社降雹30—40分钟时间中，其温度下降必远大于林西站，从而使CJR区从边缘到中心，出现一个很大的水平温度梯度(这种温度梯度是国外利用飞机红外摄影探测冰雹路径的重要依据)。于是，十二吐公社的某些部位，短时间温度可低到近于 0°C 甚至低于 0°C ，即 0°C 等温线在CJR区的中心部分，往往可自云中几乎铅直地下垂到与地面接近甚至相交，如图3所示。

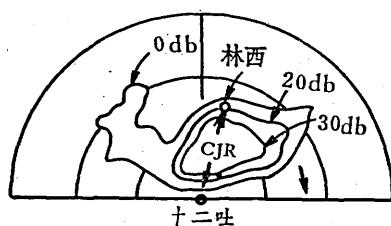


图1 1975年7月25日18时06分PPI图 每圈10公里，仰角1°，粗实线箭头指向为雹云移向

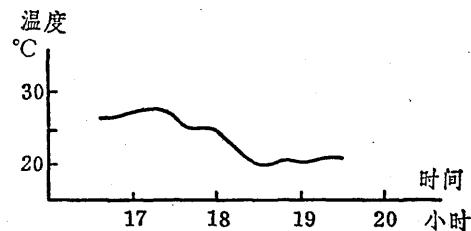


图2 1975年7月25日林西站地区气温的变化

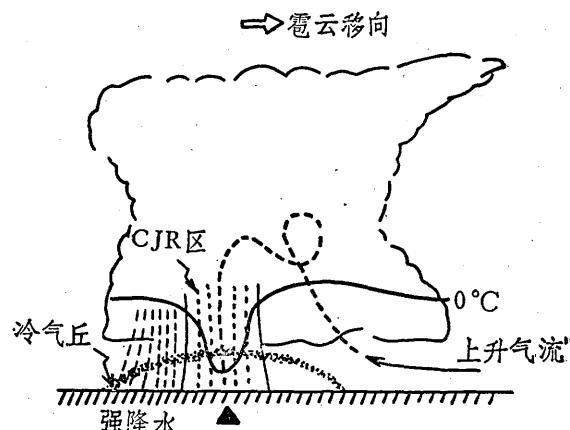


图3 CJR区垂直剖面示意图

(5) 既然 0°C 线在CJR区中心部分可下凹到接近地面甚至个别地方与地面相交，而且由于下雹后，积集在地面的冰雹融化要吸收大量潜热，这就更有利与地面附近在下雹后维持近于 0°C 或低于 0°C 的低温。

(6) 这次十二吐公社在降雹后，下了约40毫米的暴雨。这些暴雨并不全是过冷却水，但在接近CJR的中心部分的暴雨应属过冷却水。它们不仅是在云中的过冷却水，而且是在接近地面几百米高度以下就已存在的过冷却水。这是因为既然 0°C 线下凹了，过冷却水区也必然随之在下凹区接近地面。这就形成了过冷却雨滴到达地面，并碰冻而成巨淞。

(7) 但是CJR区中 0°C 等温线并不是每次均能下凹到近地面甚至到达地面的，而且雹后也不一定均有较大降水。更重要的是CJR区水平范围，不一定每次均象这次那样达15公里。所以林西十二吐公社的巨淞，仍是一种罕见的现象。它仅是在特强的雹暴中，而且仅是在偶然的适当条件下出现的。

三、结论

我们在《“大雹”乎？“巨淞”也！》一文中，仅对地面上巨淞形成的问题作了一些讨论。在本文中，由于《探讨》一文的启发，进一步讨论了形成巨淞的空中条件，提出了CJR区的理论。CJR区的存在，可以从国内许多目睹强烈冰雹下降者描述说“好象一片冰雹组成的瀑布从天际倾倒”而得到肯定。我们认为，林西大冰块不可能在天空形成，也不可能由地面积水冻结而成，用寒冷射流区的理论，来解释空中过冷却雨能够到达地面并碰冻而成巨淞，还是合理的。但目前资料尚嫌不足。我们希望各地对冰雹天气作一些深入细致的观测分析，在发现这种大冰块时，如能获得更多的资料，对这一现象的进一步研究将是有益的。