

雨影——动力学因子

B. W. Atkinson

某一地区单位时间内的降水分布,在很大程度上是气流(在不同尺度上)、云物理和地形等因子相互作用的结果。这些因子中每个因子对降水分布的影响,在本世纪内都作过研究。例如,约在60年前卑尔根学派就论述过大范围带状降水区往往可归结于锋面的存在(Bjerknes 和 Solbery, 1921)。最近的工作虽已得出锋面降水区内较小尺度结构的资料,但与锋面相联系的天气尺度降水区的最初观点并不是完全无效的。在近30年中,云物理学在气象界已经非常普及(Mason, 1971)。在这一时期的早期,微生物学的研究还极少,但在最近10年左右,云动力学的研究已成为一个突出的重点。与此密切相关的山地对降水影响的研究,继三十年代 Glasspoole (1938) 和 Poulter (1936) 的经典性研究之后, Browning 等(1974, 1975), Hill 和 Browning(1979), Bader 和 Roach (1977) 又在这方面作了大量而有成效的研究。

稍微仔细考查一个锋面和地形的作用,就可以得出与其相关的典型降水的区域分布。在锋面特别是暖锋的情况下,整个锋面降水区大致是一个矩形,长轴与锋面平行,而短轴与锋面正交,长度达一、二百公里,即使从七十年代发表的所有关于锋带的工作来看,这也是正确的。这个降水区与锋面抬升有关,随着锋面的移动而移动。需要指出的是,锋面降水的这种观点,不考虑锋面上空气流的多种变化,它是教科书上所常提到的最简单的情况。

山地上产生地形降水,有时可扩展到下风方,最初的原因是地形抬升。在高地上降水的激发和(或)加强,以及下风侧降水的相对短缺,导致降水分布的局地性。常可清楚地见到山地效应的这种结果,例如,可以在英国平均雨量图上见到,有时在更短时期的雨量图上也可见到。但是正如本文要说明的问题,必须小心谨慎地解释这类雨量图。

显然,若在均匀的锋面抬升和地形的综合作用下,我们可以预期有一个与锋面相联系的大范围降水区,其中在山顶上必产生较大的降水;反之,若在一张降水量分布图上高地区域出现了较强的局地性降水,就很容易断定这仅是地形的影响,但是很可能

出错。本文就研究这样一种情况。

降水分布

图1是1967年7月29日三个短时段的降水分布。粗浅地看一看图1b可见,地面降水发生在威尔士和西南半岛的高地区域,在其它地区降水突出地少。若不存在锋面,就会得出似是而非的解释,西部高地导致或增强了降水,东部低地处于雨影区,就如 Hushcke (1959) 所描述的“处于山或山脉的背风

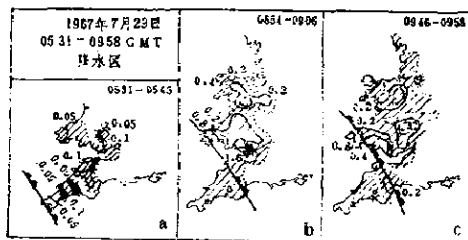


图1 1967年7月29日三个短时段的地面降水分布(mm)

侧的降水显著小于向风侧的”。换言之,我们就会认为地形的影响是最重要的。

但是,我们当然知道,这时有锋面存在,因此可以想到在地面锋面前会有一条好几百公里宽的降水带。在此特定时段内(0854—0906 GMT),锋前雨区确实会正好处于图1b中雨区的附近。但是根据早期的锋面模式,会使我们预计地面降水将发生在英格兰和威尔士,大致在地面锋面和一条与锋面平行的直线之间,由默西河一直延伸到怀特岛。然而在这两条线之间的陆地区域上,有近一半的区域未观测到地面降水。能否这样解释:在锋面造成的降水区内,地形增雨作用发生在西部高地,因此在一个我们原来预期会观测到地面降水的区域里留下了一个雨影?这种概念在某方面或许是正确的,但对天气形势的进一步考查表明,在决定这种特定的降水分布中,其它一些因子也是重要的。

气流和湿度

湿度的垂直分布及大尺度气流的分布见图2、

图 3。图 2 表明，在英格兰东部上空 800—570 毫巴之间的空气是非常干的。图 3 绘制了某一等湿球位温 (θ_w) 面上的一组流线，使用了大尺度气流遵循干绝热、在锋带上遵循湿绝热的假定。它是按下述步骤得出的。大致与暖锋面垂直，做一系列湿球位温

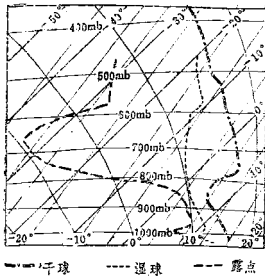


图 2 赫姆斯比 1967 年 7 月 29 日 0600 GMT 温熵图

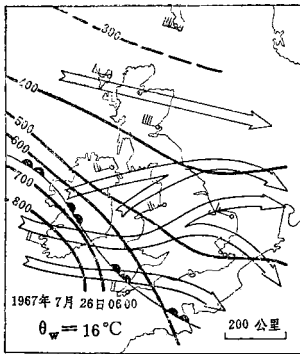


图 3 相对于锋面运动的 $\theta_w = 16^\circ\text{C}$ 面上的流线，实线为等压线

垂直剖面，这些剖面清楚地显示了锋面结构固有的温度梯度。的确，在这类分析中，常常可用特定的 θ_w 值来确定锋区的界限。图 3 表明以等压线表示的 0600 时 $\theta_w = 16^\circ\text{C}$ 面。因此，在爱尔兰西南部 $\theta_w = 16^\circ\text{C}$ 面位于 800 毫巴，而在阿克涅群岛则位于 300 毫巴。此坡度与教科书上暖锋图上的坡度一致。图 3 中粗箭头流线表示与锋面有关的 $\theta_w = 16^\circ\text{C}$ 面上瞬时大尺度气流。假定气流是绝热的，那么由北爱尔兰到伯里克的流线表示由 500 毫巴层升至 400 毫巴层。因此这项分析技术能使我们辨别上升区和下沉区。图 3 清楚地表明，在 $\theta_w = 16^\circ\text{C}$ 面上，强上升发生在西部，东部则为弱上升或无上升区，正如图 2 所表示的，在东部空气是干燥的。

大尺度垂直运动和湿度分布对 0854—0906 G

MT 降水分布的综合作用，以图 4 示意地说明。在图 4 的上方，表示上升区和干空气区及其相互关系。在图 4 的下方为垂直于地面暖锋的剖面，表示出 $\theta_w = 16^\circ\text{C}$ 和 $\theta_w = 13^\circ\text{C}$ 两条等湿线的配置情况（由分析得出），在这两个面上的气流、干空气和湿空气的分布，并表示出云和降水的大致分布。

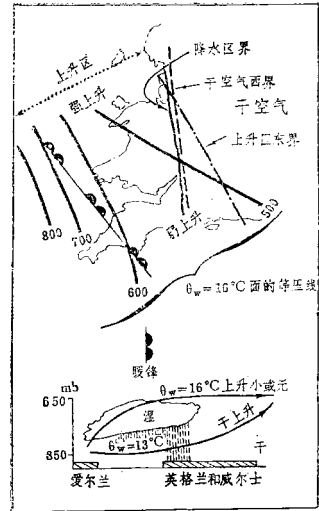


图 4 湿度、气流和降水之间关系示意图

由图 3 及图 4 上部可以看出，在 $\theta_w = 16^\circ\text{C}$ 面上的上升是在爱尔兰海和西南半岛上空，西北上升最强，东南最弱。0854—0906 GMT 的地面降水主要由这种湿空气上升造成，如图 4 下部所示。当然地形对此降水也有一定的增强作用。从默西河口延伸到南部沿岸的三角形区域为干空气的上升区，因为在如此干的空气中上升还不够强到足以产生降水，故未出现地面降水。这或许就是图 1 b 所示的“雨影”(Hushcke 1959 年所定义的)主要成因。当西部的云和零星的中尺度降水区向东移时，它们没有进一步上升，而且它们处于非常干的空气中或其上方，使得降水质点尚未及地就强烈蒸发掉。因此，这种无降水区是与任何地面地形无关的一种动力雨影。我们的讨论中没有考虑其它 θ_w 面上的气流，这是因为 $\theta_w = 16^\circ\text{C}$ 面揭示了该时该地的最大上升，其它等湿球位温面大多仅反映出很小的上升，而在 $\theta_w = 13^\circ\text{C}$ 面上在英格兰东部有强的上升，在威尔士及以西无上升。由于 $\theta_w = 13^\circ\text{C}$ 面上的上升发生在干空气中，故未造成地面降水。

简言之，动力上升(在 $\theta_w = 16^\circ\text{C}$ 面上的气流表现得最清楚)是西部 0854—0906 时降水的主要原

因。在此区内 $\theta_w = 13^\circ\text{C}$ 面上的气流对降水无贡献，而较小尺度的地形增强降水作用无疑是存在的。到东部，在干空气区域， $\theta_w = 16^\circ\text{C}$ 面上的上升很小或停止，而 $\theta_w = 13^\circ\text{C}$ 面上的上升发生在干空气中，其净效应是无地面降水并存在着 Hushcke 的纯描述意义上的雨影。

显然，由本分析得出，这个特殊例子中，锋面上气流的这种配置，与早期经典模式那种简单的均一抬升是不同的。因此，实际地面降水分布与模式预报的不一致。事实上由气流产生的这种在 0854—0906 时的地面降水分布，表面上看起来好象是与其“雨影”相联系的纯地形性降水类型。如图 1c 所示的锋面移入早先的“雨影”区揭示了气流和湿度的这

种锋面尺度的配置对于造成图 1 所示的整个降水区的分布的基本作用。

结 论

十分明显，动力、地形及云物理因子的综合作用，导致 1967 年 7 月 29 日的降水。当锋面雨区向东北移动，就产生一个如图 1b 那样的非常显著的雨影效果。威尔士山地背风侧的少雨，动力因子的作用要比地形及云物理因子重要得多。这个例子是很有趣的，它提示我们，表面上的“雨影”并不总是一般认为的那种雨影。

陆同文译自《Weather》，Vol.38, No.9