

冬季河谷城市上空边界层特征分析*

陈长和 黄建国 龙学著 王海啸 孟金福

(兰州大学大气科学系, 兰州 730000)

陈 榛 妹

(甘肃省气象研究所, 兰州 730000)

关键词 河谷城市、热岛、边界层、烟务层

为了解复杂地面上大气边界层特征及其对污染物输送扩散的影响, 我们于 1989 年 1 月 10 日至 19 日在兰州进行了以边界层探测为主的综合性野外试验。兰州市区所在黄河河谷盆地呈卵圆形, 东西长约 13km, 南北宽约 6km。除东西两端有峡口外, 四周群山环绕, 南山高度 300—500m, 北山高度 200—300m。盆地以内人口密度自东向西增加, 西部为繁华商业区, 东和东北部是大片果园和菜地, 具有郊区特征。本地区冬季静风频率高, 煤烟型污染严重。从附近山顶对盆地内烟雾层观测表明, 冬季市区上空烟雾层经常终日不散, 厚度在 600m 以上, 远高于混合层高度。

试验使用了三台 TS-2A 型系留探空仪探测风温廓线, 一台设在兰州大学校园内(简称兰大), 兰大位于盆地中部略偏西, 海拔高度 1530m, 代表城市下垫面。一台置于距市区 50km 的皋兰县气象站(简称皋兰), 海拔高度 1660m, 代表盆地外农村地区, 测点附近 10km 之内仅有一些高度 100m 左右的小山。另一台系留探空仪置于盆地内紧挨南山脚下的五泉林场(简称五泉), 代表直接受山体影响地区。在市区和皋兰还安装了 M300 声雷达各一台, 进行了地面流场、辐射、湍流观测和污染物监测。本文主要分析边界层垂直结构的平均特征。

试验开始前曾有一次降雪, 地面积雪约 5cm, 1 月 11 日晚又有一次小雪, 以后本地区主要受变性冷高压控制, 天气晴好, 试验期内地面积雪。

一、边界层温度廓线特征

三个地点不同时间的平均温度廓线如图 1, 图上所标北京时减去 1h 3min 即为兰州地方时。皋兰廓线是较典型的农村地区廓线, 夜晚有很强的辐射逆温, 19 时逆温高度 100m, 21 时高度 250m, 以后保持在 250—300m 之间。早晨 9 时, 逆温开始从底部被破坏, 混合层逐渐发展。15 时混合层高度 350m, 17 时气层接近中性。

比较城市(兰大)与农村(皋兰)的温度廓线, 有如下特点: (1) 白天在较强日照条件下, 如 13 时和 15 时, 城市气层温度高于农村 2℃ 左右, 200m 以下则高约 3℃。城市混合层高度也较农村高 50—100m, 与声雷达回波图上显示的混合层高度基本一致。(2) 夜间到早晨, 在

本文 1990 年 3 月 28 日收到, 1991 年 2 月 3 日收到修改稿。

* 国家自然科学基金资助项目。

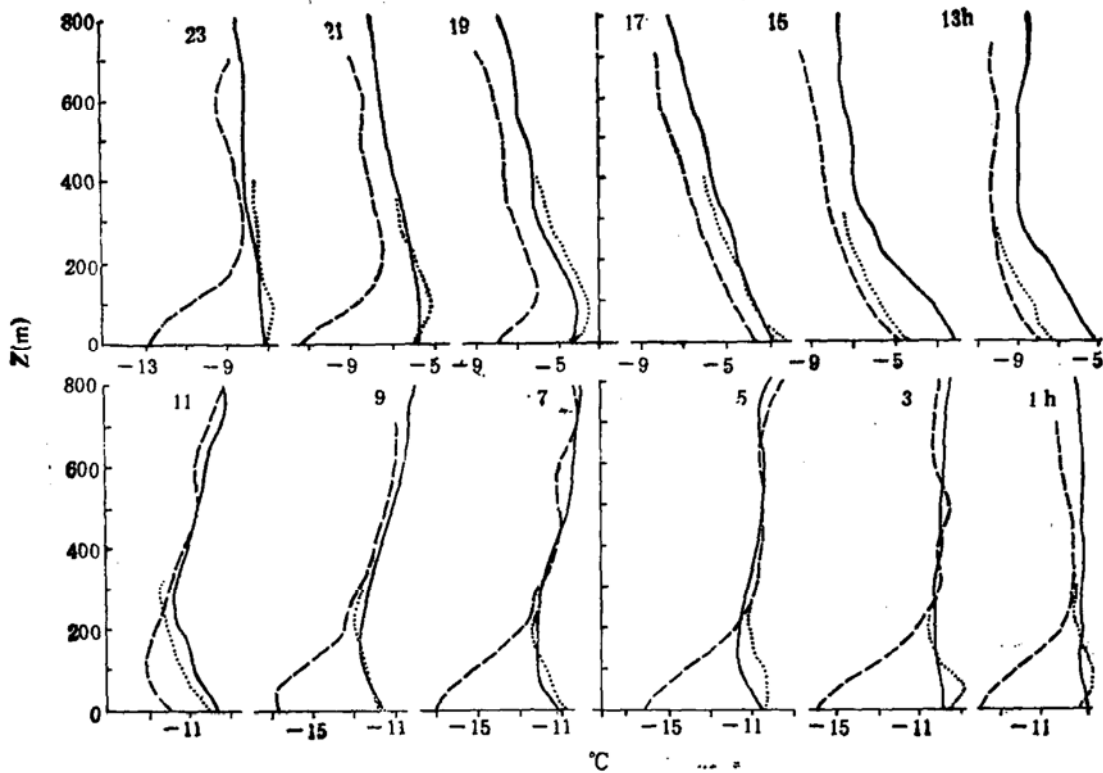


图1 不同时间的平均温度廓线
—— 兰大; ---- 皋兰; 五泉

250m 以上城市温度与农村很一致。但在 250m 以下，兰大是近绝热递减率的城市边界层。皋兰农村是很强的逆温，城乡近地面温差约 5°C ，以 5、7、9 时为代表。(3) 9 时到 13 时之间是由夜间边界层向白天边界层发展的过程，城市混合层发展较高，并且在城市混合层以上有显著增温。(4) 19 时到 1 时是白天边界层向夜间转变阶段，皋兰贴地逆温逐渐加厚，城市由 19 时微弱贴地逆温转变为等温，再转变为近绝热递减率，呈现较典型的城市边界层。

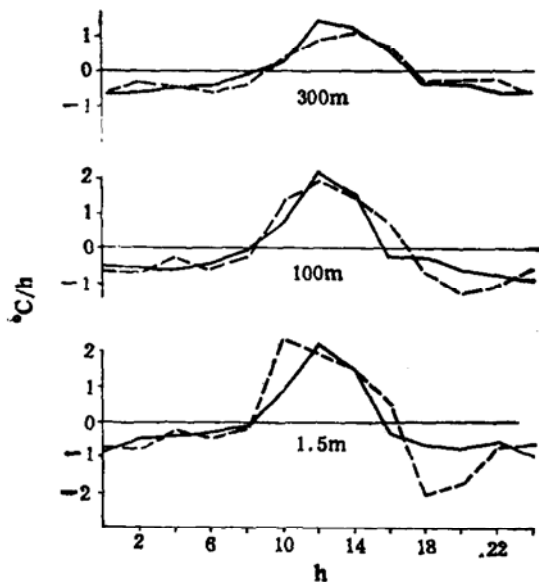


图2 不同高度上的增温(冷却)率
—— 兰大; ---- 皋兰

图2表示，在近地面层农村地区傍晚剧烈降温以建立起强的贴地逆温，上午剧烈增温消除逆温层并发展混合层。相比之下，城市傍晚降温较缓，但中午增温也很剧烈。在 300m 高度以上城市上空增温率超过农村，夜间冷却率则城乡差别不大。

上述分析表明，夜晚到早晨，兰州出现很强的城市热岛，城乡温差约 5°C ，城市冷却率也较小，这与 Oke^[1] 概括的城市热岛现象是一致的。但在兰州观测到的特点是，白天有强烈增温，在近地面处城市温度比农村高约 3°C ，

但在兰州观测到的特点是，白天有强烈增温，在近地面处城市温度比农村高约 3°C ，

温差并延伸到混合层以上,不同于一般城市热岛现象。近地面的增热现象可认为热量主要来自地面,可能是严冬季节强的城市采暖热源的作用;再则,由于城市部分积雪被清除,对太阳辐射的反射率比农村小得多^[2],也是城市白天增温的一个因素。

图1中由11时到15时,城市混合层以上气层中出现较强增温,显然热量并非来自底部的湍流感热输送。沈志宝等^[3]曾比较了兰州河谷内和附近皋兰山顶(相对高度625m)的辐射资料,发现城市上空气溶胶对太阳辐射的吸收十分强烈,估算表明白天可使厚度55hPa的大气层增温5.8℃。可见烟雾层吸收太阳辐射是兰州市区混合层以上大气增温的重要因子。城市上空不同高度都在12时出现增温率最大值,显示了太阳辐射直接加热大气的特征,而农村地区则不然(见图2)。城市上空混合层以上大气吸收太阳辐射而增温,减弱了到达城市地面的太阳辐射,增加了城市大气的稳定度,因而减弱了大气对污染物的扩散能力。

图1中,紧挨南山的五泉测点温度廓线与兰大也有所不同。地面流场和五泉的风廓线表明,背阴积雪的南山脚下,昼夜盛行下坡风,午后城市达到较高温度时,下坡风使五泉上空温度相对降低。但傍晚以后五泉温度反较城市略高,原因尚不清楚。

二、河谷城市低空气流特征

与上述城乡之间昼夜存在的温差相对应,河谷内存在着从东部郊区流向西部市中心的热岛环流。如图3,可见市区上空在高度100m处有一风速极大值(约为2m/s左右),

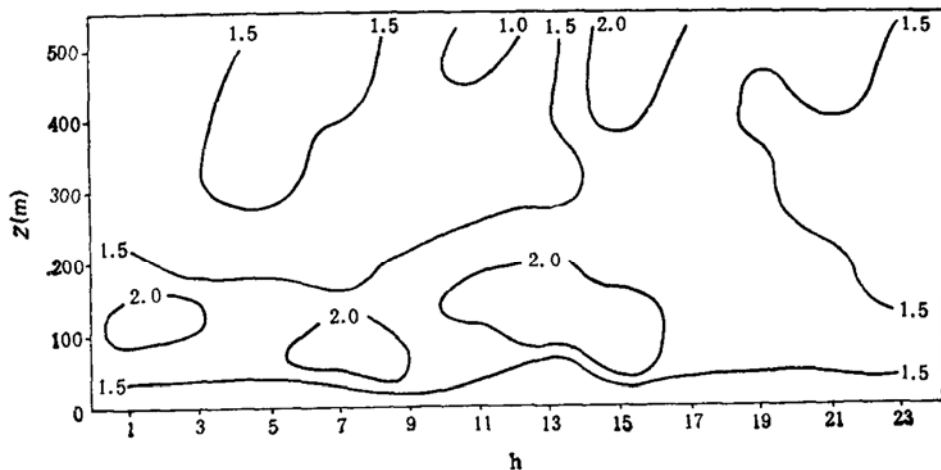


图3 风速时间剖面(兰大)

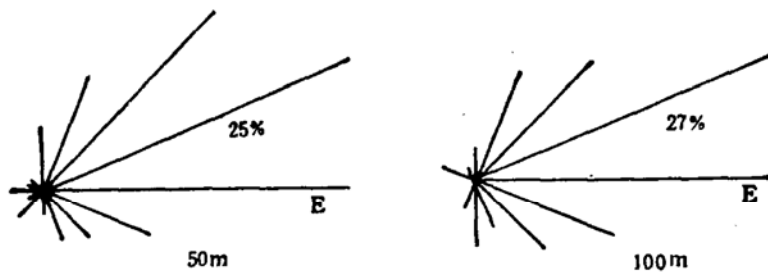


图4 风向频率(兰大)

从01时到15时较强,傍晚较弱,但昼夜维持。图4表示在50m和100m高度均为偏东风(NE到SE之间五个方位),其他风向频率极小。可见在这一高度范围内是一股相对恒定的热岛环

流,昼夜往复的山谷风现象在这里不显著。但在 300m 以上则有白天多东风,夜间多西风的现象。城市上空热岛环流通常比较微弱,容易为天气系统所掩盖。本地区河谷内的热岛环流,由于冬季城乡温差大,并且河谷中的风系受天气系统影响较小,因而明显。过去在本地区的试验^[4]表明,盆地东部气流下沉,而在西部气流上升,与上述盆地中部恒定的偏东气流结合起来看,局地环流的图象就更为清楚了。兰州河谷城市上空的这股偏东气流加重了西部市中心区的大气污染。

参 考 文 献

- [1] Oke, T. R., *Quart. J. Royal Met. Soc.*, **108** (1982), 1—24.
- [2] Oke, T. R., *Boundary Layer Climates*, 2nd ed., Methuen, London, 1987.
- [3] 沈志宝等,高原气象, **1**(1982),4: 74—83.
- [4] 陈长和等,科学通报, **28**(1983),9: 546—549.