

近山地区大气边界层声雷达回波的季节特征

董保群

范锡安

(南京气象学院) (中国环境科学研究院)

提 要

本文根据北京附近某一近山地区冬季和夏季的声雷达探测结果,对比了大气边界层声雷达回波图象在季节上的相似性和差异,分析了冬夏逆温层和对流混合层的生消演变特征,并对声雷达回波图象的几种类型与边界层轮廓线的关系作了初步探讨。

引 言

应用单点声雷达探测边界层大气的初步结果已在作者的另一文章中作了报导^[1]。本文根据北京附近某一近山地区1986年1月和7月的声雷达探测记录,着重分析对比了同一地区冬季和夏季边界层大气的层结特征。S. P. Singal等^[2]曾以印度新德里地区单点声雷达探测取得的连续五年资料,作出温度层结回波图象的某些分类,并统计了与p-T稳定度等级相对应的各类回波出现的频率,但在他们的工作中未曾涉及到各类回波在季节上的异同。就同一地区而言,在一年之中的不同季节里,各选取一段有代表性的时期,进行边界层大气结构的连续探测,不仅有助于研究当地逆温层和对流混合层结构的季节特征,揭示其随季节的演变规律。同时,从大气环境角度考虑,取得这类探测资料又是估算该地区大气污染物浓度的季平均值和年平均值的重要参数。为此,我们根据上述地区1986年1月和7月两次单点声雷达连续探测结果,对比了冬季和夏季边界层大气温度结构的异同。测点距离山系5—10 km,平均山高300—400m。为了检验低空风速的垂直分布对夜间逆温层发展演变的影响,夏季还增加了1000m以下20—08时各层风速的定时探测,并与相应时间的声雷达图象进行了对照。

一、冬夏温度层结声雷达回波图象的相似性

现场探测发现,温度层结的声雷达回波图象,无论冬夏都出现了几种类型。它表明与之相应的边界层大气有着不同的温度垂直结构。但由宏观的对比得出,冬季出现的各种类型与夏季出现的各种类型之间,有一定的相似之处。

1. 梳齿型回波

无论冬夏,梳齿型回波(图略)均出现在日出之后和日落之前这段时间。已经判明,这是对流混合层的回波^{[1],[3]},冬季和夏季的图象相似。

2. 水平波动型回波

图1(a、b)是水平波动型回波结构,冬夏具有相似的特征,大多出现在夜间,它们均具有一个较为平缓的顶部,常常是多层次的,这种结构是逆温层结的一种形态。

3. 倾斜波动型回波

图1(c、d)是倾斜波动型回波结构的实例之一,它们也在夜间形成,常常持续到次日上午,冬夏图象相似,是逆温层结的另一种形态,往往呈多层次重叠排列。

4. 峰型回波

峰型回波(图略)冬夏均有出现,也是夜间逆温层结的一种回波类型。其特征是逆温层底不脱离地面,顶部向上发展至一定高

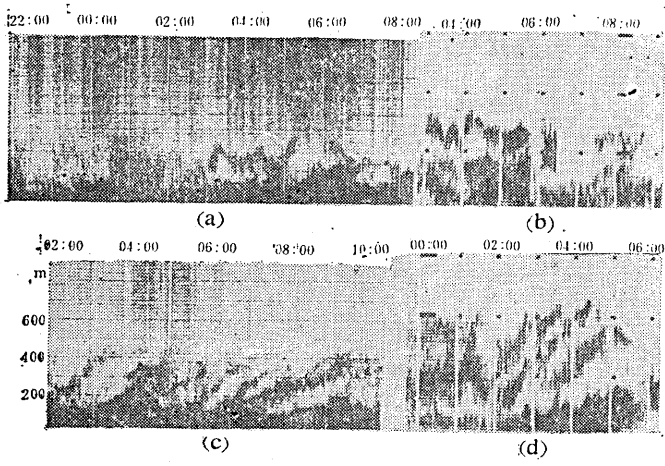


图1 水平波动型回波 (a,b) 和倾斜波动型回波 (c,d)
 a, 1月16日22时—17日08时 b, 7月22日03—09时 c, 1月18日
 02—10时 d, 7月24日00—06时

度后, 再逐步下降。

从以上列出的边界层大气中常见的几种回波图象表明, 由声雷达回波图象反映的边界层大气垂直结构具有多种类型, 尤其以逆温层结更呈现出多种形态。另外, 从1月和7月的图象对比中, 还表明了对于相同类型的声雷达回波图象, 冬夏具有较好的相似性。

二、冬夏温度层结声雷达回波图象的差别

对回波图象的进一步分析对比, 也很容易发现, 在冬夏温度层结相似各个类型中, 尚存在一些差异。

1. 梳齿型结构所代表的对流混合层的厚度冬夏有较大差别, 我们分别将1月和7月梳齿型回波高度的逐时记录求取平均后, 得出冬季的平均高度约为150m左右, 而夏季的平均高度则为300m, 它们也大致相当于冬夏对流混合层的厚度。附表所列之值, 为冬季和夏季测试期间各连续12天中梳齿型回波离地面所达的最大高度。从表中看出,

附表 梳齿型回波逐日最大高度 (m)

冬	320	220	210	200	400	400	320	420	400	280	400	200
夏	700	500	800	500	720	740	800	600	620	550	500	900

冬季最大高度在400m上下, 而夏季可高达900m。

2. 水平波动型回波结构冬季最上层约高300—400m, 而夏季则为500m左右, 有时甚至可高达700m。

3. 倾斜波动型回波的顶部在冬季为400m上下, 而夏季可延伸至800m。

4. 峰型回波结构中, 峰顶的延伸高度冬夏也有所不同, 冬季300—700m, 夏季600—900m。

5. 对流混合层上, 被逆温覆盖的现象会引起熏烟效应,

近年来在大气环境领域的研究中已引起重视〔4〕, 图2是这类复杂层结冬夏演变特征的个例。由图2(a)可见, 冬季对流混合层出现时间较迟, 贴地逆温层被上抬的高度为400m左右, 逆温层强度逐渐减弱, 至当日15时后才逐渐消失。而夏季对流混合层出现较早, 贴地逆温层被上抬后迅速与上层逆温层合并, 上抬高度可达650m, 于当日上午10时左右即行消散 (图2b)。

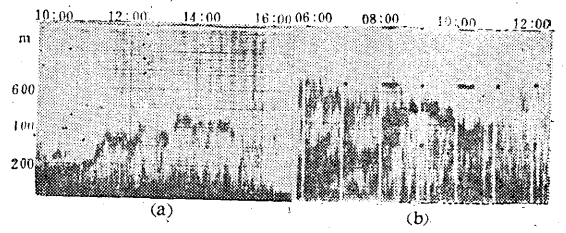


图2 对流混合层上有逆温层覆盖
 a, 1月17日10—16时 b, 7月27日06—12时

此外, 尚有两类回波仅冬季出现, 在夏季探测期间没有发现。它们是: 微风或静风条件下逆温层结的回波 (图3a, 地面平均风速 $< 1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$); 覆盖于对流混合层上的逆温层终日不消失的回波 (图3b)。

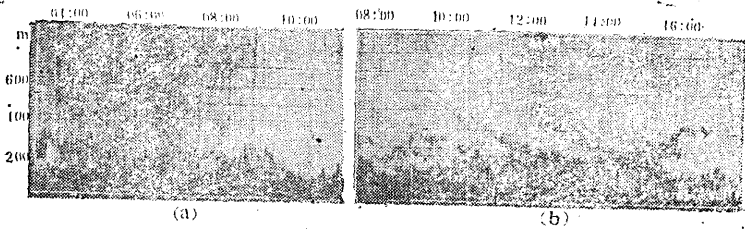


图3 冬季出现的两类逆温层结回波

三、夜间逆温层回波结构与风廓线的相关(夏季)

我们曾将冬季出现的几种逆温结构与相应的地面平均风速作过对照^[1],估计到风速可能是边界层大气结构出现各种形态的主要气象因子之一。为了探讨边界层内风速对逆温层结演变的影响,在分析夏季资料时,我们把最常出现的几类回波与相应时间边界层内风速廓线作了比较,归纳出以下几种情形:

1. 水平波动型回波出现时,边界层内风速随高度变化不大,各高度上的风速也较小(图4a)。因此,水平波动型回波应是小风条件下且风速切变较弱时所形成的一种边界层温度结构。

2. 倾斜波动型回波出现时,相应地边界层内有一定的风速垂直切变,在低空常有风速递减层(图4b)。

3. 峰型回波出现时,边界层内亦有与倾斜波动型结构相类似的风廓线(图4c)。

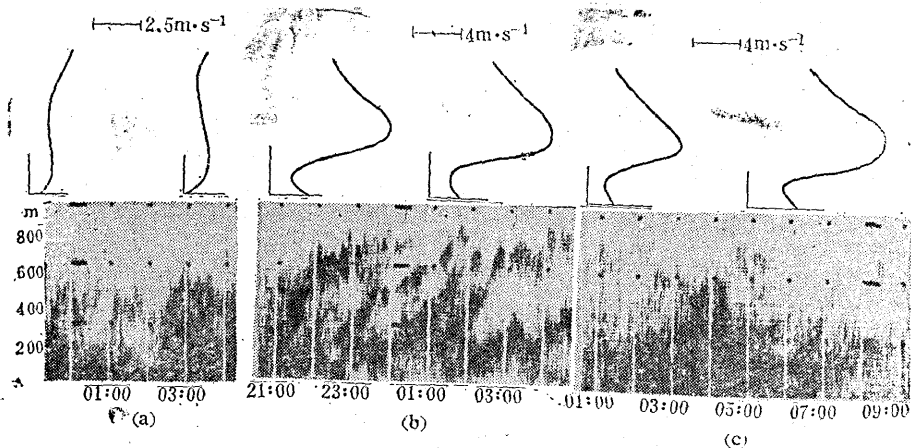


图4 水平波动型回波(a)、倾斜波动型回波(b)、峰型回波(c)与相应的风廓线

根据以上分析,倾斜波动型和峰型两种回波结构,可能是由边界层内风速切变引起的垂直扰动,促使逆温层向上空扩展的结果。

图5是7月21日22时至22日03时的探测实况。从声雷达回波图象看出,在贴地逆温层上,有多层次倾斜波动型回波在发展,其顶部延伸到800m高度上,7月22日03

时后倾斜波动回波消失,而在较低的高度上(300—600m)出现了水平波动型回波。在这期间内对应的边界层的风廓线也有明显变化,在由倾斜波动型回波转为水平波动型回波的过程中,风速垂直切变减弱,400m高度以上风速减小的趋势是十分显著的。

四、结论

1. 冬夏边界层温度垂直结构的声雷达回

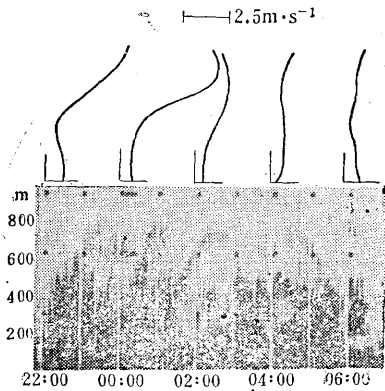


图5 由倾斜波动型演变为水平波动型声雷达回波个例及相应的风廓线

波图象具有多种形态，而不是单一形态，特别是稳定层结的形态更具有多样性；

2. 冬夏边界层温度垂直结构的声雷达回波图象虽然具有多种形态，但同类回波仍有较好的相似性。冬季经常出现的几类主要回波，在夏季也常出现；

3. 冬夏相对应的回波形态在垂直分布上

又具有明显的差异，回波离地面的高度（或回波厚度），夏季一般均大于冬季，各种回波在一天中出现和消失的时间也不一致；

4. 夏季在稳定层结条件下，声雷达回波的形态与边界层中风的结构有一定关系；水平波动型回波与边界层小风速和较弱的风速垂直切变相对应；倾斜波动型回波和峰型回波对应于边界层内相对较大的风速垂直切变。

参考文献

- [1] 董保群、范锡安，近山地区大气边界层声雷达探测的初步分析（待发表）。
- [2] S. P. Singal, S. K. Aggarwal, D. R. Pahwa and B. S. Gera, Stability Studies with the Help of Acoustic Sounding, Atmospheric Environment, Vol. 19, No. 2, pp 221—228, 1985.
- [3] Masayasu Hayashi, Acoustic Sounding on the Lower Atmospheric Inversion Layer, Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol. 58, No. 3, June 1980.
- [4] Edited by F. T. M. Nieuwstadt and H. van Dop, Atmospheric Turbulence and Air Pollution Modelling, 1981.

The seasonal characteristic of sodar echo of the planetary boundary layer in the area near mountain

Dong Baoqun

(Nanjing Meteorological College)

Fan Xian

(The Chinese research Academy of Environmental Sciences)

Abstract

According to sodar observation in the area near mountain close to Baijing in winter and summer, the seasonal variation of sodar echo was compared and the characteristic development of the inversion and mixing layer was analyzed in winter and summer. It was preliminary discussed the relationship between several kinds of echo modes and wind profiles.