

# 915MHz 风廓线雷达和安装在轻航空器上的 风速表在测量湍流方面的比较

Herb Winston Charles Riese Surjit Badesha

## 1 引言

湍流对无人驾驶的轻航空器(如飞艇)的作业影响很大。目前,决定轻航空器业务飞行的主要依据是从无线电探空测风站收集的常规高空气象资料及安装在轻

航空器起降场的天气雷达。这些无线电探空测风站可能远在航空器几百公里以外,并且这些数据可能已过时了几个小时。为了补充这些资料,要求飞行指挥人员使用直观的诊断工具。观测可能出现湍流的云层,或者观察上升的氦气球,是两种经常运用的试图判断高空

湍流和风场状况特征的技术。另外,还可附加使用飞行中心获得的航空器上的风探测器和轻航空器运动感应器所测定的遥测资料。

从航空器上的风探测器测得的数据可以得出均方根(RMS)湍流值,计算出这些均方根(RMS)值以后,就可以把湍流分为三类:轻度、中度和严重。飞行指挥员在做实时的业务飞行决策时,可以把这些数据做为补充资料。

虽然这些测量值在定量表示湍流方面非常有用,但也有局限性。因为探测器是装在飞行器上的,其所测得的气流包括飞行器引起的畸变,所以它们不能代表环境大气的真实状况。另外一个局限是这些探测器只能测量航空器飞行所在高度的湍流,它不能表征高于或低于航空器飞行高度的湍流,而航空器的放飞和回收需要这种资料。

边界层风廓线雷达是一个很具潜力的新装备。为了评价其在决定轻航空器业务飞行方面的使用价值,Radian公司和TCOM,LP联合进行了一项实验。这项研究的目的是为了评价此雷达在描绘低对流层湍流垂直分布方面的能力。

## 2 数据获取

位于北卡罗来纳州伊利莎白城的TCOM的轻航空器试验场,使用了一部Radian公司制造的LAP-3000频率为915MHz的脉冲多普勒风廓线雷达,时间是从1994年3月23日至1994年5月2日。这部风廓线雷达是一种晴空多普勒雷达,它发射的信号能被大气中自然出现的折射指数的梯度反射回来,这使其具有探测无降水情况下三维风场的能力。

试验中使用单部雷达,它的脉冲长度为700纳秒,与105米的垂直分辨率相对应。使用相控阵天线,以五个波束方式工作,包括一个垂直波束和四个与垂直方向呈21度夹角的波束,它们位于四个呈相反的正交分布的方向。每一个波束的驻留时间是30秒,因而五个波束循环一周的时间是2分半钟。结果,每小时大约有23个完整循环。数据取自从157米到2677米的25个高度层。

一个三维风速表被安置在轻航空器的翼上,用来获取大约2700英尺高度上的风的参考数据,风分量每秒取样一次。这些数据被储存在轻航空器上的磁性介质上,并且于每次飞行结束后进行事后处理。在试验期间进行了每次持续时间为数小时的三次飞行:4月6日13:27至17:21;4月8日07:15至09:45和4月21日06:19至11:00,所有时间都是当地标准时间。

## 3 数据处理

对雷达数据进行处理的第一步是平滑原始数据,具体做法是用统计方法将错误的偏离点数据去掉,接着用平滑过的原始数据计算每一个波束的径向风,并且将这些径向风换算为各自的U、V、W分量,然后求出垂直和水平的风向、风速,通过计算平均风的标准差就可以计算出湍流。

对于风速表数据,样本间隔为2分半钟的30秒平均风,计算出各自分量(U、V、W),与尽可能相近的雷达样本相配合。标准差(湍流)可从风速值(用13个值求平均值)计算出来。为了与风廓线雷达的数据进行比较,风速表的测量频数要明显高于通常分析中所使用的。

## 4 数据分析

风廓线雷达通常在整个试验期间运转,而且其获得数据的高度范围也远远超过轻航空器从800米到1000米之间的正常工作高度。本文用的资料是4月21日采集的。

### 4.1 一般风场

图1是4月21日风廓线雷达收集的对流层低层风场的24小时时间-高度剖面图。1.5公里以上,全天是相当一致的西到西北风;而1.5公里以下,全天出现了随高度而显著变化的明显的风切变。特别引人注目的是由北风到北东北风的风切变,它首先于03:00在低层发展起来,并随高度而逐渐加强直到12:00。图1

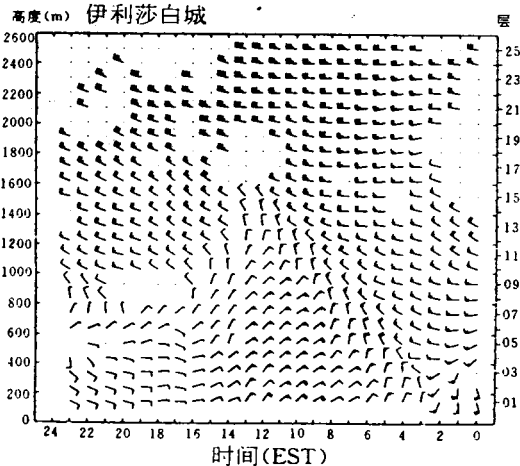


图1 1994年4月21日915MHz风廓线雷达以5个波束收集的风场24小时时间-高度剖面图(北卡罗来纳州伊利莎白城)

中没有风场数据的时间-高度网格点,表明被风廓线雷达测量到的这些点的返回信号没能通过内部一致性检验,其原因是由于局部返回信号太弱或者是非大气的杂乱信号淹没了大气的返回信号。

### 4.2 径向风测量

图 2 给出的是分析中所用的 5 个独立波束的径向风速的 24 小时序列,是第八个高度层(833 米或 2732 英尺)的数据,此高度与轻航空器的飞行高度相对应。

这个分析是为了证实两个反向波束的一致性。由于波束 1、3 和 2、4 是反向的,因而它们所测得的径向速度是大小相同而符号相反。图 2 的数据证实了这一点。

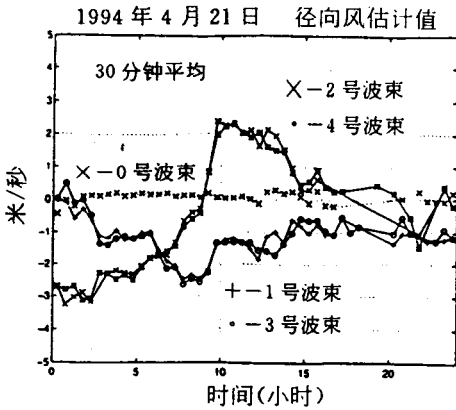


图 2 1994 年 4 月 21 日 915MHz 风廓线雷达以 5 个独立的波束在 833 米高度测量的径向速度 24 小时时间序列图(北卡罗来纳州伊丽莎白城)

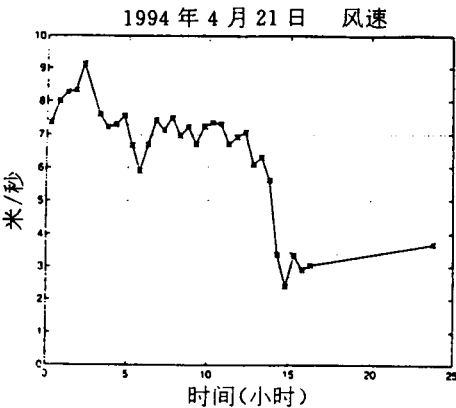


图 3 833 米高度上测量的 30 分钟平均风速的 24 小时曲线图(数据取自 915MHz 风廓线雷达)

### 4.3 平均风速和风向

图 3 和图 4 分别是 833 米高度上 30 分钟平均风速和风向的 24 小时曲线图。这些曲线很好地捕捉了风切变线通过这个高度时的情况。其特点是从 06:00 到 10:00LST,风向由 W-NW 转变到 NE。风切变过后若干小时,平均风速就减小,由 7 米/秒减到低于 3 米/秒。

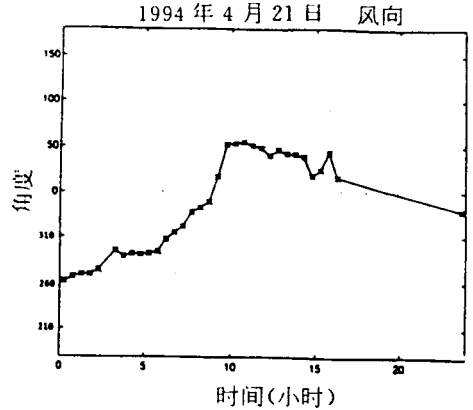


图 4 833 米高度上测量的 30 分钟平均风向的 24 小时曲线图(数据取自 915MHz 风廓线雷达)

### 4.4 风速标准差

图 5 给出的是 833 米高度层平均风速的标准差。当天早在 00:00 至 03:00 出现的高湍流值 1.8 米/秒,反映出凌晨当现测到短时风速达到局地最大 9 米/秒时风的变异性。此后,上午中段时间湍流值显著地下降到 0.2 米/秒。当风切变区接近这个测点时,再次观测到湍流增加到 1.4 米/秒的一个最大值。

### 4.5 湍流比较

图 6 给出的是 4 月 21 日飞行的 80 分钟(转封四)

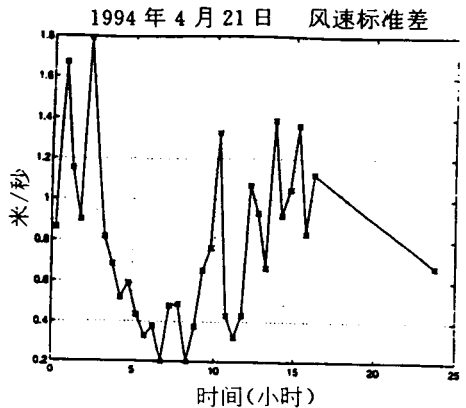


图 5 833 米高度上测量的 30 分钟平均风速标准差的 24 小时曲线图(数据取自 915MHz 风廓线雷达)

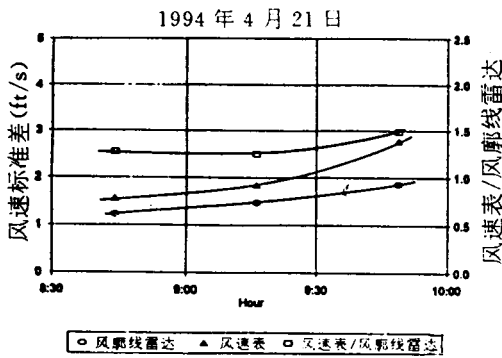


图6 915MHz 廓线雷达和安装在轻航空器上的风速表测量的风速标准差的比较

长时段中,雷达和航空器风速表测量的风速标准差,湍流的单位是以英尺/秒表示,它是轻航空器应用的“行业标准”单位。

风速表测定的湍流比雷达测定的要高,比率大约是1.3到1.5。出现这个差别是因为安装在航空器上的风速表是在一个点进行测量,而廓线雷达测量的是速度起伏被平均了的一团空气。考虑到这种点和空气团的不同,雷达定量测量在尺度上可与风速表尺度相当的湍流的能力,由图6中的数据所确证。

这个观测结果也支持了在不能安装风速表的位

置上使用湍流遥感资料来帮助航空器(飞行)的想法。

## 5 结论

这项试验证实了边界层廓线雷达对于影响轻航空器的尺度范围的湍流有进行定量测量的能力。在三次不同的飞行中,航空器风速表与雷达在测量湍流方面的差异比例是相当一致的。对所用的雷达系统经过优化之后,两者对湍流的测量就可更为一致。这些优化包括使用较大的天线,以发射较小波束宽度的电磁波(较小的取样体积)以及较短的驻留时间,这样就能更好地捕捉到那些被漏掉的更高频率的特征信号。

廓线雷达提供平均风的垂直廓线的能力在轻航空器的作业中也有很重要的作用。本文中给出的切变层的发展过程是可以这种新技术辨认的许多对流层低层的天气现象之一。通过对这些天气现象的早期探测,飞行指挥人员就可能更好地预测天气变化的强度和ación,从而增加航空器作业飞行时间,减少与天气有关的飞行危险。

## 6 参考文献(略)

彭岷译自 *Preprints, 6th Conf. on Aviation Weather Systems, 1995, AMS.* 曹村校

# 气象科技

(季刊, 1973年创刊)

1996年第4期(总148期)

主办单位 气象科技情报研究所  
 编辑 气象科技编辑部  
 (主编 汪永起)  
 出版 气象出版社  
 (北京西郊白石桥路46号)  
 印刷装订 中国地质大学(北京)轻印刷厂  
 一九九六年十一月出版  
 国内统一刊号 CN11-2374 (国内发行) 定价:5.00元