

文章编号: 1006-4354 (2003) 05-25-03

一种新的云物理综合探测航线的设计

陈保国¹, 郭 强¹, 陈争旗¹, 栗 珂²

(1. 陕西省人工影响天气办公室, 陕西西安 710015;
2. 陕西经济作物气象服务台, 陕西西安 710015)

摘 要: 利用卫星全球定位 (GPS) 技术设计了一种新的探测、作业航线, 用于实际探测和作业。通过计算, 预先给出航线上的飞行坐标, 以保障探测、作业飞行能够按照设计完成, 尽可能多地获取云物理资料。

关键词: 云微物理; 探测; 航线; 设计
中图分类号: P481 **文献标识码:** B

采用云物理综合探测技术获取云中的微物理参量, 了解冰雪晶、云滴、雨滴、含水量和温度等云物理量的空间分布状况, 以及对云体实施催化作业后云微物理结构的变化情况, 是进行云物理研究、催化剂性能研究和增雨效果物理检验的基础。国内多数探测飞行航线设计仍沿用旧的地面导航的方法, 难以准确地实现探测飞行目的。探测实践证明, 科学、合理的飞行航线对云的综合探测是十分重要的。本文利用 GPS 技术在探测、作业飞行前对航线科学设计。

1 资料准备

根据当日的地面、850、700 和 500 hPa 天气图资料, 结合卫星云图资料分析, 确定云系的范围、移向、移速, 地面雨区位置。使用雷达实时监测资料配合加密探空资料分析出探测、作业区内云体的厚度、0℃层高度和云内有无强对流等, 根据探测、作业云微物理判据、作业时机和作业部位指标, 综合分析提出探测、作业区域和作业时段, 并据此设计出当日的飞行航线。

2 航线设计

图 1 是催化前后综合探测航线设计。A 区为盘旋上升垂直探测区。垂直探测的目的主要是了解不同层次云微物理特征, 以及不同高度云层间

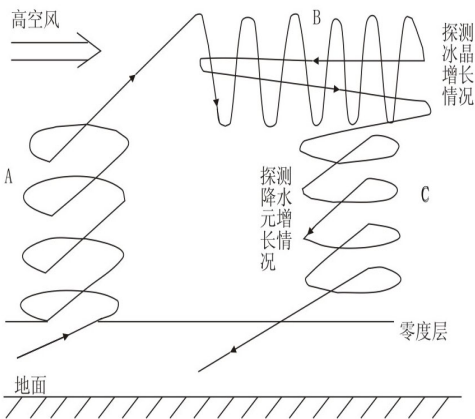


图 1 催化前后综合探测航线示意图

相结合的特点, 了解降水粒子的增长情况。因此, 应当尽可能地观测到降水粒子下落轨迹附近云物理参数分布。探测航线是根据云系降水特征和高空风分布状况设计的。在高空风的上风方设计垂直探测区; 在下风方设计冰晶和降水元增长的探测区。以便在云系的各部位准确获取云物理参数, 为研究工作提供可靠的资料。探测水平范围 <30 km, 爬高方式采取以下步骤。第 1 步: 盘旋爬高 500 m; 第 2 步: 平飞 2~3 min, 左 (或右) 转弯 (半径 3~5 km) 180°; 第 3 步: 再平飞 2~3 min, 做左 (或右) 转弯 (半径 3~5 km) 180°; 第 4 步:

重复第 1—第 3 步的飞行动作至云顶或升限高度。

PMS 粒子测量系统观测在爬高和平飞各层过程中连续进行采样。当飞机飞行到预计作业区(B 区)时,采用 S 形航线上风方播撒(与高空风向垂直),作业时间以不超过 1 h 为宜。随后逆高空风向开始做穿越作业区(B 区)的探测飞行,以了解播撒后冰晶增长情况。脱离作业区后,飞行按照垂直探测航线的第 1—第 4 步的动作盘旋下降在 C 区探测,以了解在 B 区播撒后所产生的降水元的增长情况。本探测航线的优点在于能事先较准确的确定出垂直探测区、冰晶探测区和降水元增长探测区的空间位置,避免了飞行探测的随意性,提高了飞行探测的合理性和科学性。

3 航线空间定位

在地球上任意一点,采用卫星全球定位(GPS)技术,当给定起降场位置经纬度时,即可按照事先的航线设计要求,根据高空风向和空间定位点(探测点及飞行动作点)距原点(起降场)的水平距离计算出航线上各区域各个探测区、播撒区及飞行动作点的经纬度坐标,飞行员只需按照给定的经纬度飞行即可。机载(GPS)系统全程监控,可保证飞机按照设计的航线飞行。如果改变起降场,则可预置起降场的纬度和经度。具体计算原理是,按照经纬度及风向的定义,当给定起降机场的经纬度及所求点的距离和方位,如图 2 所示,已知机场 O 点的经度、纬度以及飞行距离 OA 和方位,求给定点 A 的经纬度。因飞行距离一般小于 300 km,远小于地球半径,可以将球面距离近似为平面问题来处理。由三角函数关系可知经向投影距离 $AB=OA \cdot \cos\alpha$; 纬向投影距离 $AC=OA \cdot \sin\alpha$ 。进一步由经度、纬度的定义可知, O、A 点经度差 $d_{lon}=AB/r$, r 为地球半径。若纬度值为 α ,则在此纬度上沿纬圈的横截面所对应的地球截面半径 $r_1=r \cdot \cos\alpha$,所以在 O 点附近,纬向距离为 OB 所对应的纬度变化值 $d_{lat}=OB/r_1$ 。在编制计算程序时,只须计算一个象限的变化值,对其它象限的变化值,可以在输出结果时,通过加(减)来得到。以从延安机场起降为例,通过下列计算程序进行航线定位计算,可得

到空间定位的具体坐标(表 1)。注意到在下列程序中,仅仅计算了 40~100 km,方位 $0^\circ\sim 180^\circ$ 的值,结果输出时间隔 5° 。

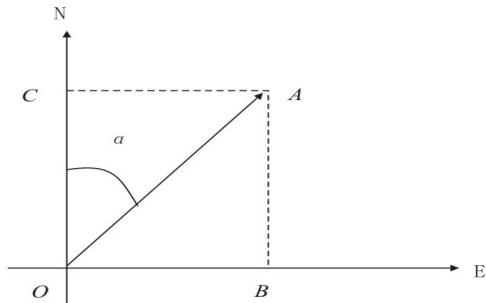


图 2 投影距离及高空定位示意图

计算程序:

```
c  给定固定点,按照风向求上风方 100 km 内等
   间隔各点经、纬度
c  calculate the longitude and latitude from Yan
   Chang Contry
   real
lat (182, 7), lon (182, 7), work1 (180, 7),
work2 (180, 7),
1   dlat (180, 7), dlon (180, 7)
   r=6371.0      ! Eather diameter (km)
   pi=3.1415926
c  如果要改变起始点位置,请改纬度 (alfa) 和
   经度 (sita)
   alfa=36.687    ! latitude
   sita=110.930   ! longitude
   open (4, file='lei.dat')
   r1=r * cos (alfa * pi/180.0)
   do j=1, 7
   do i=1, 91
work1 (i, j) = (3.0+float (j)) * 10.0 * sin
(float (i-1) * pi/180.0)
work2 (i, j) = (3.0+float (j)) * 10.0 * cos
(float (i-1) * pi/180.0)
   end do
   end do
   do j=1, 7
```

```
do i=1, 91
    dlon (i, j) =work2 (i, j) /r * 180. 0/pi
    lon (i, j) =alfa-dlon (i, j)
    dlat(i,j)=work1(i,j)/r1 * 180. 0/pi
    lat (i, j) =sita-dlat (i, j)
end do
end do
do j=1, 7
do i=1, 91
    lon (91+i, j) =alfa+dlon (91-i, j)
    lat (91+i, j) =sita-dlat (91-i, j)
end do
end do
write (4, 5)
```

```
5  format (1x, //, 'wind direction', 1x, 'lat
(40) ', 2x,
1  'lon (40) ', 3x, 'lat (50) ', 3x, 'lon
(50) ',
2  3x, 'lat (60) ', 3x, 'lon (60) '
2  3x, 'lat (70) ', 3x, 'lon (70) '
2  3x, 'lat (80) ', 3x, 'lon (80) '
2  3x, 'lat (90) ', 3x, 'lon (90) '
2  2x, 'lat (100) ', 2x, 'lon (100) ')
write (4, 10) (179+i, (lon (i, j), lat
(i, j), j=1, 7), i=1, 181, 5)
10  format (1x, i4, 10x, 14g12.7)
stop
end
```

表 1 飞行探测点空间定位坐标部分计算结果

风向	40 km		50 km		60 km	
	纬度	经度	纬度	经度	纬度	经度
180°	36.327°	110.930°	36.237°	110.930°	36.147°	110.930°
185°	36.329°	110.891°	36.239°	110.881°	36.150°	110.871°
190°	36.333°	110.852°	36.244°	110.833°	36.156°	110.813°
195°	36.340°	110.814°	36.253°	110.785°	36.166°	110.756°
200°	36.349°	110.777°	36.265°	110.738°	36.180°	110.700°

4 讨论

4.1 人工影响天气是一项科学性很强的工作，是一门发展中的学科。为了科学有效地对云体探测和实施催化，就必须科学设计探测和作业航线。

4.2 利用卫星全球定位 (GPS) 技术，结合人工增雨综合探测和播撒作业的特点，可以事先设计飞行航线。根据探测和作业的要求，利用计算机实现航线定位，只需按照计算的定位坐标飞行即可保证按设计的探测区、探测点和播撒区等完成探测和播撒任务。避免了飞行探测的随意性，提高了飞行探测的科学性和合理性。

4.3 在探测飞行航线设计中，关于播撒区下风方降水元的落区 (C 区) 空间位置的定位问题，还有待根据催化剂扩散情况及高空风的水平输送等

因素进行更细致的研究，才能合理定位。这种航线设计还有待在探测飞行实践中不断完善。

致谢：中科院大气所雷恒池同志在航线方案设计中做了大量工作，在此深表谢意。

参考文献：

[1] 李念童, 李铁林, 郑宏伟. 河南省飞机人工增雨试验方案设计 [J]. 应用气象学报, 2001, 12 (增刊): 200-205.

[2] 胡志晋. 层状云人工增雨机制、条件和方法的探讨 [J]. 应用气象学报, 2001, 12 (增刊): 10-13.

[3] 章澄昌. 人工影响天气概论 [M]. 北京: 气象出版社, 1992. 287-289.