

热气球飞越泰山气象条件 分析及预报

刘清洵

(山东省泰安市气象局, 271000)

提 要

分析了热气球飞行的气象条件及泰山对热气球飞行的影响。利用1988~1995年9~10月历史资料,对适宜热气球飞越泰山的气象条件进行了统计分析,在总结天气形势特征的基础上,针对热气球飞越泰山受诸多气象要素影响的特点,分要素选取相关性较好的因子,分别建立天空状况、低空风向、地面风速预报方程,最后制作综合预报。经1996年、1997年9~10月试报,效果较好。

关键词: 热气球 泰山 气象条件 分析 预报

引 言

热气球是近几年来国内新兴的一项体育活动,随着社会主义市场经济的发展,热气球在社会经济活动中,特别在节日庆典活动和广告宣传中越来越发挥其重要作用。泰安市气象局是我国气象部门最早开展热气球活动的单位,曾于1994年9月泰山国际登山节期间举办了全国热气球飞越泰山邀请赛,1995年

又举办了热气球飞越泰山国际邀请赛,热气球体育表演已成为每年泰山国际登山节文体活动的重要项目之一。近年来又积极为全国各地进行热气球飞行表演进行气象服务。认真分析总结适宜热气球飞行的气象条件及其预报服务经验,努力搞好热气球飞行的气象保障工作,已成为气象预报服务工作的一项新课题。

1 热气球飞越泰山的气象条件分析

1.1 热气球飞行的气象条件

热气球飞行除应具备平坦的起飞、降落场地,起降场静空条件良好外,还必须具备适宜的气象条件。一般情况下,热气球飞行要求起降场地面风速不超过 $6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,飞行高度以下云量不超过5/10成,无降水。而其最重要的是必须要有适宜的风向、风速。

热气球飞行主要依赖于风,离开风热气球将寸步难行。空中风向稳定是保持飞行方向的关键,当风向变化时往往会使热气球飞行偏离预定航线,甚至造成热气球失控,危及飞行安全。而适宜的风速是热气球飞行的决定因素,风速过大会造成起、降困难,在飞行高度上风速过小,特别在弱流场或在高压中心以及局地低压环流控制下,风速小风向乱,会造成热气球在空中滞留或原地旋转,影响飞行任务的完成。

1.2 泰山对热气球飞行的影响

热气球飞越泰山与平原飞行不同,必须掌握山地气象特点,做到趋利避害,才能完成飞行任务,确保飞行安全。总结近几年来热气球飞行气象保障的经验,热气球飞越泰山时必须特别注意山脉背风坡的下降气流和乱流。

巍巍泰山丛山峻岭,峰高谷深,气流运动十分复杂,山脉迎风坡往往产生动力上升气流,而在背风坡又会产生下降气流。升降气流的强度和范围与山峰的高度及坡度有关,山愈高、愈陡,则升降气流愈强。另外,因热力作用产生的升降气流也不容忽视,特别在白天,山坡和山顶增热快,气温比山谷上空同高度的气温要高,所以在山坡和山顶空气有上升气流,在山谷则有下降气流,这样更加剧了动力升降气流的强度。有关研究资料指出^[1],升降气流的强度可达 $15\sim 20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,在垂直方向上,通常升降气流以靠近山坡或山顶 $500\sim 1000\text{m}$ 的层次为最强。多次热气球飞越泰山

的实践证明,泰山山顶上升气流向上发展的高度约为山高的 $1/4$,大约为 400m 左右。泰山海拔高度为 1545m ,因此,热气球飞越泰山时飞行高度控制在 2000m 以上,一般不会受到升降气流的影响。这一点,通过分别在泰山顶峰的迎风坡和背风坡施放升速为 $100\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的氢气球,观测氢气球的升降速度变化情况,也能得到证实。在迎风坡氢气球受上升气流的作用升速加快,升到离山顶 400m 左右的高度,升速逐渐恢复正常;而在背风坡,由于受下降气流的影响,氢气球不但不能上升,反而向山谷下降。

气流越山时,山顶风速很大,而背风坡上由于“背风”,风速很小,在垂直方向上有很大的风速切变,十分有利于山地上空乱流的形成和发展。这种乱流发展的程度主要决定于风速的大小,风速越大乱流越强。除此以外,乱流的发展还与风向同山脊的交角、地形特点以及气层的稳定度有关。风向与山脊的交角越近于 90° 、地形越陡峭、气层越不稳定时,乱流的发展越强,乱流区的范围也越大、越厚。另外,同山地的升降气流一样,山地的乱流也有热力原因形成的,通常在日出后随着气温的升高逐渐形成和发展,午后达到最强。因此,热气球飞越泰山极顶后,不宜急于下降飞行高度,以免被背风坡较强的下沉气流卷入乱流中危及飞行安全。

2 热气球飞越泰山的气象条件预报

9月泰山国际登山节和10月国庆节期间,是热气球飞行的旺季,为此专题研究了9~10月热气球飞越泰山适宜气象条件的预报方法。现概要介绍如下。

2.1 气候资料统计分析

根据热气球最长持续飞行时间和泰山特殊地形特点,经调研,热气球飞越泰山只有一条路线,即从泰山极顶东北方向的平坦盆地大津口乡作为起飞点,顺东北风飞越泰山极顶,最后在泰山南麓的泰安城南开阔地降落。

其飞行气象条件是:2000m以下低空为东北风,低云量不超过5/10成,无降水,地面风速不超过 $6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。上述条件持续3小时以上时,按1个可飞日统计。根据近10年历史资料统计分析可知,适宜热气球飞越泰山的可飞日数月平均为3天,最多的月份可达6天,最少仅有1天。从一日内可飞时段分析,上午最多,约占60%,且多在10时以前;10~14时最少,仅占10%。这是由于气温的日变化,动量下传造成风速增大、乱流发展的缘故。

2.2 天气形势特征

普查历史资料,分析适宜热气球飞越泰山前一天的天气形势,在08时地面图上,我国东北到华北地区有一条NE~SW向或近E~W向冷锋南下,14时图上冷锋已过呼和浩特和承德。08时850hPa图上有低槽或横槽与冷锋配合,槽后锋区明显。锋后冷空气路径一般自贝加尔湖以东,经东北平原南下,由于受长白山脉的阻挡,低层冷空气折向西南经渤海进入华北平原;也有经内蒙古、山西及河北南下的。冷空气一般为中等强度。冷锋多在下午或前半夜过境,次日泰山处于锋后冷高压底部或前部,低空维持东北风,地面风速3~ $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,最适宜组织热气球飞越泰山飞行。

2.3 热气球飞越泰山的气象条件预报

2.3.1 基本思路

热气球飞越泰山适宜气象条件的预报,关键是天气状况和风向风速的预报。在统计分析历史资料的基础上,针对热气球飞行受诸多气象要素影响的特点,采用事件概率回归估计法,利用1988~1995年9~10月08时日本数值预报产品、850hPa图、14时地面图以及泰山单站资料,选取与天空状况和风向风速相关性较好的因子,分别建立预报方程。然后考虑泰山对热气球飞行的影响因素,综合决策,作出次日07~18时热气球飞越泰山适宜气象条件的预报。

起报条件是根据前述适宜热气球飞越泰

山天气形势特征,确定入型条件如下:14时地面图上,鲁中山区处于锋后冷高压底部或前部;若处于冷锋前部,则冷锋为NE~SW向或近E~W向,锋面已过呼和浩特和承德。凡符合上述入型条件均进行统计。

2.3.2 天空状况的预报

适宜热气球飞越泰山天空状况的预报,主要就是预报泰山境内2000m以下云量 $\leq 5/10$ 成,无降水。利用08时日本数值预报传真图和泰山站资料,首先优选预报因子,进行“0,1”化处理(见附表),然后建立预报方程:

$$y_1 = -0.18 + 0.36x_1 + 0.27x_2 + 0.31x_3 + 0.25x_4, \text{ 预报临界值为} 0.54.$$

$y_1 \geq 0.54$ 时,预报天空状况适宜热气球飞越泰山,方程历史拟合率为88.3%。

附表 天空状况预报因子

序号	定义	相关系数
x_1	FSFE03 图泰山站预报无降水 $x_1 = 1$, 否则 $x_1 = 0$	0.82
x_2	FXFE782 图泰山站垂直速度 ≥ 0 , $x_2 = 1$, 否则 $x_2 = 0$	0.68
x_3	FXFE572 图泰山站温度露点差 > 6 , $x_3 = 1$, 否则 $x_3 = 0$	0.73
x_4	泰山站 14 时绝对湿度距平 < 0.5 , $x_4 = 1$, 否则 $x_4 = 0$	0.65

2.3.3 低空风向预报

低空风向预报主要是预报泰山境内2000m以下维持东北风。其预报方程为:

$$y_2 = -0.21 + 0.44x_1 + 0.41x_2 + 0.35x_3. \text{ 预报临界值为} 0.48.$$

其中, x_1 为08时日本数值预报传真图FXFE782山东境内850hPa风向,若为NE风时为1,否则为0,相关系数为0.76; x_2 为FSFE02图35~40°N、115~125°E范围内地

面气压场形势,若鲁中山区处于高压底部或前部,等压线近E~W向或NE~SW向(与纬线交角 $\leq 45^\circ$)时为1,否则为0,相关系数为0.71; x_3 为14时地面图锋后3小时正变压中心位置,若 $+\Delta p_3$ 在 40°N 以北、 112°E 以东时为1,否则为0,相关系数为0.64。

$y_2 \geq 0.48$ 时,预报次日泰山境内2000m以下为东北风,方程历史拟合率为91.5%。

2.3.4 地面风速预报

热气球飞越泰山不仅需要低空维持东北风,而且要求地面风速不超过 $6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,这就要求气压场必须维持一定的气压梯度,否则,气压梯度过大,地面风速往往超过 $6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,气压梯度过小,风向乱,难以维持低空东北风。为此,选取14时地面图上锡林浩特或呼和浩特与济南最大气压差为 x_1 , x_1 在 $4.5\sim 9.5\text{hPa}$ 之间时为1,否则为0,相关系数为0.78;选取14时地面图 $40\sim 47^\circ\text{N}$ 、 $112\sim 125^\circ\text{E}$ 范围3小时变压最大值为 x_2 , x_2 在 $0.5\sim$

1.9hPa 之间时为1,否则为0,相关系数为0.63;选取08时850hPa图上济南与二连浩特气温差为 x_3 ,当 x_3 在 $8\sim 14^\circ\text{C}$ 之间时为1,否则为0,相关系数为0.66。最后建立预报方程:

$y_3 = -0.24 + 0.48x_1 + 0.33x_2 + 0.42x_3$,预报临界值为0.53。

$y_3 \geq 0.53$ 时,预报次日地面风速不超过 $6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,方程历史拟合率为89.4%。

2.3.5 综合预报及其效果检验

当符合热气球飞越泰山天气形势时,若上述3个预报方程中任一方程值小于预报临界值时,则预报次日气象条件不适宜热气球飞越泰山飞行;当预报方程值 y_1 、 y_2 、 y_3 均大于或等于预报临界值时,则预报次日气象条件适宜热气球飞越泰山。

本方法综合预报历史拟合率为 $85/94=90.4\%$ 。经1996、1997年9~10月试用,预报准确率 $12/14=85.7\%$,效果较好。

Analysis of Meteorological Conditions and Forecasting for the Heat Balloon Flying over Taishan Mountain

Lin Qingxun

(Taian Meteorological Office, Shandong Province 271000)

Abstract

The meteorological conditions for a heat balloon flying over the Taishan mountain and the effect of the mountain of a heat balloon flying were discussed. By using historical data from Sep. to Oct. during 1988 to 1995, the meteorological conditions fitting the operation of a heat balloon flying were analysed. According to the weather situation and the characteristic that a heat balloon flying over the Taishan mountain was effected by many elements, some factors of better relativity among the elements were selected, and the forecast equations were established respectively, and then the synthetic forecast was given.

Key Words: heat balloon Taishan mountain meteorological condition analysis forecast