

中国民用航空局飞行标准司

咨询通告

编号：AC-91-FS-2020-34R2

下发日期：202X年XX月XX日

编制部门：FS

批准人：

# 热气球运行指南

## 目录

1 目的 .....	3
2 适用范围 .....	3
3 撤销 .....	3
4 参考资料 .....	3
5 定义 .....	4
6 驾驶员的资格要求 .....	4
7 航空器的适航要求 .....	5
8 起飞和着陆要求 .....	5
8.1 一般条件 .....	5
8.2 起飞和着陆地点的选择 .....	6
8.3 物理特征 .....	7
9 最低安全高度 .....	8
10 人口稠密地区飞行 .....	9
10.1 燃料储备 .....	9
10.2 起飞和爬升 .....	9
10.3 飞越人口稠密区 .....	10
10.4 下降及着陆 .....	10
10.5 飞越输电电缆 .....	11
11 乘客的安全须知 .....	11
11.1 对气球乘客进行安全讲解 .....	11
11.2 对乘客在身体方面的限制 .....	12
12 修订说明 .....	13
附件1 特殊天气现象处置建议 .....	14
附件2 天气状况的获取及研判分析 .....	23
附件3 飞行活动的操作建议 .....	28

---

## 1 目的

随着通用航空的快速发展，各种形式的热气球活动日趋频繁，为规范热气球的运行，保障公众及财产的安全，为从事热气球运行的运营人提供相关指导和建议，特制定本咨询通告。

## 2 适用范围

本咨询通告适用于按CCAR-91 部实施热气球运行的运营人和驾驶员，不适用于其他类型气球。

竞赛类热气球活动应遵守国家体育总局相关规定，可参考本咨询通告。

## 3 撤销

自本文件颁发之日起，2016年8月24日颁发的《热气球运行指南》(AC-91-FS-2016-34)撤销。

## 4 参考资料

《民用航空器驾驶员合格审定规则》（CCAR-61部）

《一般运行和飞行规则》（CCAR-91部）

《载人自由气球适航规定》（CCAR-31部）

《Operation of hot air balloons with airborne heaters》  
(FAA AC 91-71)

《Balloon flight over populous areas》(CAAP 157-1(0))

---

《Guidelines for manned balloon launching and landing areas》(CAAP No. 92-3(1))

## 5 定义

乘员，指气球或飞艇的飞行员或乘客。

机载燃烧器，指携带在气球上用于产生热量来保持球囊内空气温度的装置。通常，机载燃烧器是使用丙烷作为燃料的。

吊篮，指用藤条编制而成的容器，用于搭载飞行员和乘客。

地勤人员（也称为跟踪人员或回收人员），指在地面跟踪气球飞行、并协助气球起飞和回收工作的人员。

热气球，指只能通过加热空气而获得升力的气球。气囊内不应包含除空气和燃烧产物外的其它气体。

测风气球，指一种小型的充有氦气的气球，在飞行前放飞该气球以确定风向和风速，并确定风切变。测风气球为选定起飞和/或着陆地点的辅助工具。

## 6 驾驶员的资格要求

根据CCAR-61部第61.120条规定，以取酬为目的在经营性运行的航空器上担任机长，或为获取酬金在航空器上担任机长，运动驾驶员执照持有人应具有不少于35小时的飞行经历时间，其中20小时作为本类别和级别（如适用）航空器驾驶员的飞行经历时间。未满18周岁的运动驾驶员执照持有人，不得在以取酬为目的的航空器上担任机长。运动驾驶员执照持有人不得从事商业航空运输运行。运动

---

驾驶员执照持有人禁止在自由气球上实施夜间飞行。

对于运行旅客座位数（不含驾驶员）10 人（含）以上热气球实施空中游览的驾驶员，应具有至少 100 小时热气球机长经历。

## 7 航空器的适航要求

根据CCAR-91部第91.9条要求，任何人不得运行未处于适航状态的民用航空器；热气球的机长负责确认热气球是否处于可实施安全飞行的状态，当热气球出现不适航状态时，机长应当中断该次飞行。第91.11条要求，在中华人民共和国国籍登记的民用航空器应当满足CCAR-45部规定的国籍标志、登记标志和标识要求方可运行。载人热气球需满足CCAR-31部要求。

## 8 起飞和着陆要求

### 8.1 一般条件

A. 气球的起飞或着陆区域不应位于航空器活动密度较大的任何区域内，例如：运输机场及其周边区域、机场净空区、空中危险区等，因为出于安全的考虑，该区域不能作为载人气球起飞或着陆的理想区域。

B. 机长在操作气球起飞或着陆时，必须确保可能构成危险的人员、动物、车辆或其他物体均不在起飞或着陆的区域范围内，必要的气球地面操作人员及车辆除外。

---

## 8.2 起飞和着陆地点的选择

A. 起飞地点的选取应考虑下列因素：

- 1、实际物理尺寸；
- 2、有无障碍物；
- 3、起飞后气球飞行的方向。

B. 任何起飞地点的选择都应考虑当地风。对当地风的考虑可以通过以下方式确定：测风气球、烟、树木或其他实物指示；预报或报告的上空风的情况；以及特定起飞地点所特有的局部气象现象（通过个人知识或通过咨询当地气球飞行员来确定）。

C. 此外，应考虑沿预计飞行路径的障碍物位置以及可使用的合适降落地点。一旦选择了起飞地点，且飞行准备已经开始，应仔细考虑任何可能影响或改变飞行计划的情况。例如：风向改变、云层低沉，雾或烟等低能见度影响。

D. 如果起飞地点出现的变化或不利情况无法满足起飞条件，应当将起飞地点移至别处或取消该次飞行。E. 在考虑着陆地点时，应当考虑该地点的适当性。例如：城市街道和高速公路，与气球活动无关的大量人员聚集的小型场地，以及场地内存在障碍物（例如电缆）都不适合作为着陆点。气球驾驶员在考虑地面风向的同时，应当确定在保证以安全高度通过进场路径中的障碍物的上方后，是否有足够的进出场空间进场着陆。

---

### 8.3 物理特征

A. 起飞区域应当在位置与障碍物距离方面符合下列条件，以便可以在常规天气条件下起飞：

1、在气球吊篮的上风面或侧风边，相当于一个球囊直径的范围内不存在任何建筑物或树木，或者在没有地面风的情况下，相当于一个球囊直径范围的任何方位内均不存在任何建筑物或树木；

2、在气球下风面不存在任何起飞离地至少10米高仍无法躲避的建筑物或树木，篱笆或软质植被除外；

3、在气球的上风面或侧风边，相当于2倍球囊直径范围内，不存在电缆。或者在没有地面风的情况下，在2倍球囊直径范围的任何方位内均不存在电缆；

4、在气球下风面不存在任何起飞离地至少30米高仍不可躲避的电缆。

B. 着陆区域（包括其进近路径）的位置与障碍物距离都应当符合下列条件，以确保气球着陆：在气球排气时能够不对气球上或地面上的人员造成伤害，也不对家畜或财产造成损害。应特别注意以下几点：

1、着陆区域进近（上风）边的位置如存在输电电缆，则飞行员在考虑到当时的普遍情况及电缆的电压后，应当能以一个安全的高度平飞或爬升越过该输电电缆；

2、以飞行员预计的气球着陆点为中心，2倍球囊直径的范围内不存在输电电缆；

3、在距离输电电缆1倍球囊直径的范围内不得使用锚绳进行地面牵引；

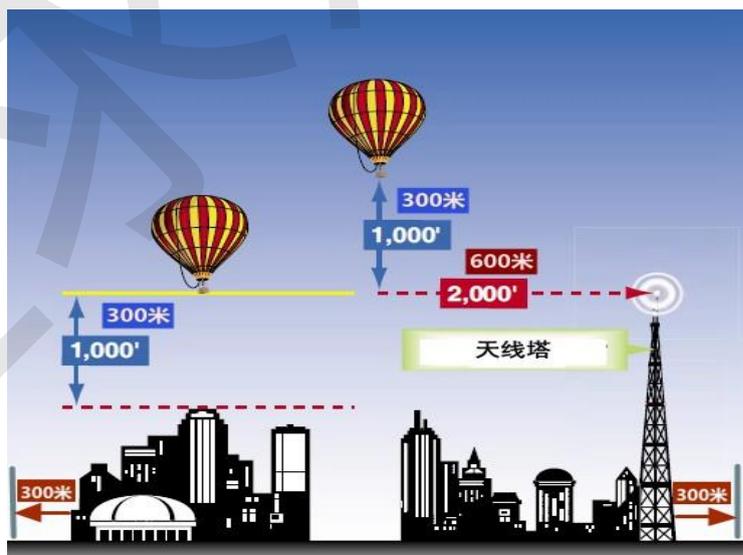
4、在飞行员预计的气球着陆点的进近（上风）边的位置，1倍球囊直径范围内，不存在除篱笆、低矮树木、或软质植被以外的障碍物。

## 9 最低安全高度

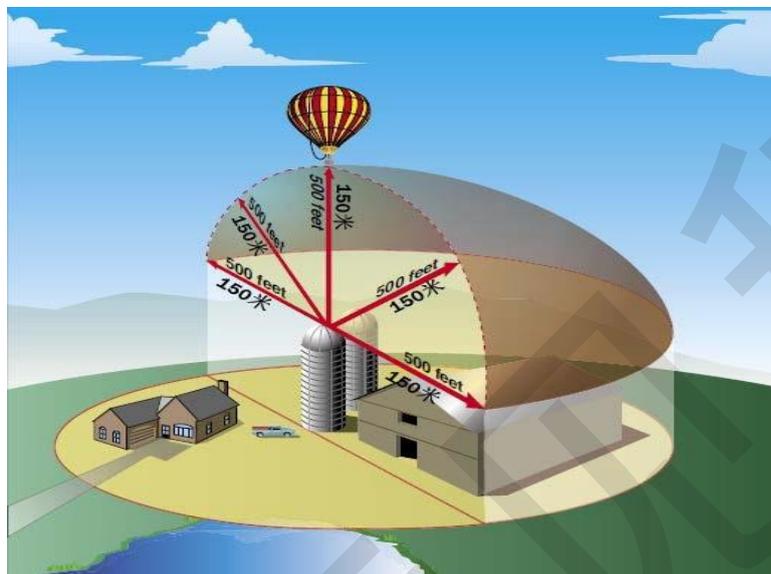
根据CCAR-91部第91.119条要求，除航空器起飞或着陆需要外，任何人不得在低于以下高度上运行航空器：

在任何地方应当保持一个合适的高度，在这个高度上，当航空器动力装置失效应急着陆时，不会对地面人员或财产造成危害。

在人口稠密区、集镇或居住区的上空或者任何露天公众集会上空，航空器的高度不得低于在其 600 米（2000 英尺）水平半径范围内的最高障碍物以上 300 米（1000 英尺）。（见下图）



B. 在人口稠密区以外地区的上空，航空器不得低于离地高度150米(500英尺)。但是，在开阔水面或人口稀少区的上空不受上述限制，在这些情况下，航空器不得接近任何人员、船舶、车辆或建筑物至150米(500英尺)以内（见下图）



## 10 人口稠密地区飞行

### 10.1 燃料储备

相比着陆区域选择性更多的地区而言，气球飞越人口稠密区时应储备更多的燃料，原因是当飞行员计划着陆时，合适的着陆区域可能并不可用。

### 10.2 起飞和爬升

A. 如果气球起飞后几分钟之内的飞行路径将经过居民楼或使用中的商用大楼的任何区域，飞行员在飞过该区域时或在其300米范围内接近该区域时应当保持一定的爬升率。

B. 在任何情况下，飞行员都应当确保气球在起飞5分钟之内到达规定的最低高度300米（1000英尺），或者确保起飞5分钟之内飞离

---

人口稠密区的边界及其周围的300米缓冲地带。

### 10.3 飞越人口稠密区

如果飞行员不计划在人口稠密区内或附近着陆，在气球飞离人口稠密区及其周围的300米缓冲地带之前，飞行员不得下降到离地高度300米（1000英尺）以下。

### 10.4 下降及着陆

A. 如果气球计划着陆的区域位于人口稠密区及其周围300米的缓冲地带，则飞行员可以下降到着陆区域，并在人口稠密区上空利用300米（1000英尺）以下风层。但是，为避免对居民造成过度的干扰，飞行员不得下降到气球周围300米半径范围内任何楼房或建筑物最高点上方100米（300英尺）以下，直到：

- 1、气球到达计划着陆点的1000米范围内，或者
- 2、飞行员预计在5分钟之内到达着陆区域。取二者较晚发生的情况。

B. 在进近着陆阶段，除非气球只能低于30米飞越某居民楼或使用中的建筑物才能安全到达合适的着陆区域，否则飞行员不得低于其上方30米飞越该建筑物。

C. 如果气球在人口稠密区进近至着陆区域的过程中断，除非立刻发现可用的备降着陆区域，否则飞行员应操纵气球飞至障碍物上方至少100米的位置。飞行员应当避免在障碍物上方100米以下的区域进行长时间的机动。

---

D. 如果不能确保顺利着陆，则飞行员不得下降到着陆区域下风边障碍物的高度以下，除非：

1、进近可以安全中断，且与障碍物的距离符合本咨询通告第7条规定的适当的起飞区域中气球与障碍物的距离；

2、有经验的地面勤务人员在场辅助飞行员进行着陆，如利用锚绳地面牵引。

## 10.5 飞越输电电缆

当气球接近输电电缆时，在距离电缆30米的范围内，飞行员应当操作气球保持水平或爬升飞行，并且在考虑到相关条件及电缆的电压后，以一个安全的高度飞越电缆。飞行员还应当考虑到在飞越电缆后着陆时出现低空风向逆转导致撞电缆的可能性。

## 11 乘客的安全须知

### 11.1 对气球乘客进行安全讲解

开始为气球充气前，应当向乘客宣读并讲解安全须知。乘客安全须知必须至少包括如下内容：

A. 飞行过程概述（预计的飞行距离、从气球充气至着陆的不同的飞行阶段等）；

B. 气球充气时乘客所在的位置；

C. 应急设备的位置（灭火器、系留绳、急救箱等）；

D. 禁止吸烟的规定；

- 
- E. 鼓风机可能造成的危险，例如长发及细小物体的吸入等；
  - F. 与气球充气时加热阶段有关的危险；
  - G. 上下吊篮应遵守的程序；
  - H. 乘客在吊篮中的位置；
  - I. 着陆时应遵守的程序（用手抓牢、防冲撞姿势、得到指令方能离开吊篮等）；
  - J. 气球排气回收时应遵守的程序。

## 11.2 对乘客在身体方面的限制

- A. 气球飞行可能会加重乘客以往的某些损伤；
- B. 乘客必须能够从吊篮边沿之上向外看（约106厘米），能够自己抓牢吊篮，全程站立，并在无人协助的情况下进入和离开吊篮；
- C. 乘客可能需要在气球吊篮旁使用脚踏物，并可以抬腿跨越吊篮边沿进入/离开吊篮；
- D. 对于孕妇或怀疑自己已经怀孕的乘客，建议不要乘坐气球；
- E. 在某些情况下，落地时的冲击可能会较大，或者吊篮可能向一边倾斜、翻倒，并在地上拖行。乘客的身体状况应当能够应对落地时的冲击；
- F. 如果乘客做过关节置换手术，请乘客咨询医生后并告知飞行员；
- G. 乘客应当能够步行穿越崎岖地形；
- H. 如果乘客有较严重的过敏症并且是有备而来（例如，带着他的肾上腺素自动注射器、胰岛素等），应告知飞行员。应让乘客知道，

---

乘坐热气球是一项户外、乡村的冒险活动；

I. 因为一些飞行可能花费较长时间，对于定期服药的乘客，应提醒其随身带好所有需要的药物。

## 12 修订说明

热气球自 20 世纪 80 年代引入中国以来，就得到了社会各界的广泛关注，随着通用航空的快速发展，各种形式的热气球活动日趋频繁。近年来，热气球不安全事件多发，为进一步规范热气球的运行、保障公众及财产的安全，对原《热气球运行指南》(AC-91-FS-2016-34)进行了修订。本次修订通过增加三个附件的形式，对计划和完成一次热气球飞行给出一些建议和指导，让热气球飞行员在计划和实施飞行时可以形成清晰的理论基础和操作思路，了解并能应对热气球可能遇到的局地危害性天气。附件 1 特殊天气现象处置建议，对热气球飞行中容易遇到并产生负面影响的四种天气和风的进行了剖析；附件 2 天气状况的获取及研判分析，介绍了热气球预先准备和直接准备期间对天气资料的获取和研判；附件 3 飞行活动的操作建议，从飞行计划、起飞和降落的角度给飞行员一些指导。此外，本次修订对一些表述进行了调整，用语更加规范；删除原第 6 条限用类适航证类别。

## 附件1 特殊天气现象处置建议

与其他航空器相比，热气球会更大程度上受到不稳定气流的影响。通常，气球在平衡状态下的飞行轨迹准确地反映出其运行所在气团的风向和风速。当气球在运行过程中遇到新的气流，发生方向和速度的改变，这时气球的惯性会使这种改变被短暂延迟。这里所说的气流有水平气流、垂直气流以及旋转气流。本文是对四种特殊的气流（风）的特点进行介绍，并给出一些飞行操作建议。

### 1. 伪升力

伪升力是一种空气动力学现象，容易发生在热气球离地起飞期间。在地面迎风站立的热气球实际上对正常的空气流动来说就像障碍物一样，这使得风速在气球的表面递增。风速的变化引发了压力转换（静压减小、动压增大），这便导致了伪升力。



图1-1 伪升力

#### 1.1 伪升力的形成

当气球静止在地面上时，顶部的形状迫使气流在顶部上方压缩，

形成一个低压区。（如图1-1）这个低压区产生升力的方式与飞机机翼产生升力的方式非常相似。此时热气球的升力由两部分组成：球囊内的加热空气产生的升力和通过顶部的空气流动产生的升力。当气球起飞并加速到气团的速度时，顶部的空气流动就会减少，由此产生的升力就不再有效。

### 1.2 伪升力的影响

如果热气球在起飞时处于平衡状态，飞行员没有相应地加火增加热量，就没有足够的升力让热气球保持在空中，因为随着伪升力的消失，部分的总升力减少。无论就绪与否，伪升力在热气球起飞后会快速消散，因此飞行员需要不断加热，做到在加速上升结束之前获得真升力。图1-2在实际情况中，只有风速在4米每秒以上，伪升力才会给操控热气球造成问题。

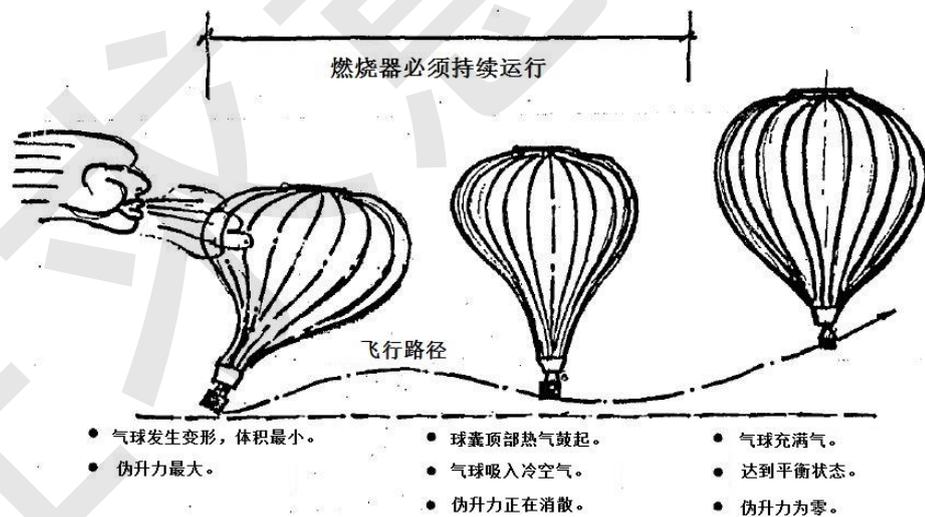


图 1-2 伪升力的过程

### 1.3 热气球在起飞过程对伪升力的应对

伪升力无法避免，对热气球飞行员的起飞阶段形成挑战。飞行员必须不断观察燃烧器的工作状态，观察球囊，合理安排地勤人员，

---

评估热气球的飞行准备状态，并判断升力。起飞过程中，燃烧器噪声的干扰、乘客和地勤人员提出的需求、以及吊篮在地面拖动时产生的物理震动，这些都会给未做好准备的飞行员带来过重的负担。因此，飞行员应当在充气之前仔细准备、检查并组装气球，最大程度地减少在充气过程中以及起飞之前所需的工作。这样做的必要性在于，可以确保热气球发生意外起飞情况下的安全。飞行员必须始终假设起飞期间存在伪升力，假设球囊升力不足，并持续加热，直至气球加速完成并建立了良好的爬升率。在起飞和加速期间，飞行员不可能区分出真升力和伪升力，最好的策略就是加热超过平衡温度，然后在必要时排气，以保持良好的爬升率。另外，风速较快时，合适的起飞场地对于热气球的起飞操控也很重要，因为热气球起飞离地后，由于失去了伪升力，气球的初始爬升率会降低，对于起飞路径中越过下风方向的障碍物将要根据风速在其上方留出更多间距。

#### 1.4 飞行过程中伪升力的情况

当热气球下降并通过低空风切变或急流时，同样的情况也会存在。当热气球穿过风切变的下边界时，气球的顶部暂时处于一个更快移动的空气层中，这时气球的总升力中增加了气流产生的升力。在很短的一段时间内，升力由两个部分组成，即热能产生的升力和气流产生的升力，这两个升力使热气球处于平衡状态。随着下降的继续，热气球的顶部离开了快速移动的空气，空气流量减少，升力的一部分消失。除非飞行员采取行动通过燃烧器加火增加热能产生升力，否则下降率会增加。

## 2. 风切变

---

风切变是沿给定方向（垂直或水平）风速梯度相对过大而产生的旋涡（涡流），形成湍流。给定方向的风速和/或风向变化越大，切变和湍流就越剧烈。

### 2.1 对飞行中热气球的影响

风切变对热气球的危害有多个方面。迅速变化的风向与风速改变了风与气球的关系，扰乱了气球的正常飞行姿态和运行。

有时热气球在爬升或下降时会遇到狭窄的风切变区域及逆温层顶部的湍流。这些逆温现象可在地表至对流层顶的任何区域出现。

地面附近的剧烈逆温是风切变的一种极端形式，对热气球的起飞和着陆有不利影响。例如因夜间降温，山谷中形成了一团平稳的冷空气，但流经山谷的暖空气并未受到明显影响。由于两个气团的差异，会形成一个非常紊乱的狭窄空气层，在这一区域升降的热气球通常会遭遇剧烈的湍流及升力的剧变。

风切变是在很小区域内风速和/或风向的急剧变化，会使热气球遭遇剧烈的升降气流及突变的水平运动。尽管任何高度都会形成风切变，但因热气球靠近地面，低空风切变尤其危险。风向变化 $180^\circ$ 及速度突然变快都与低空风切变有关，而低空风切变通常与过往的锋面系统、雷暴及伴有高空强风（风速超过25节）的逆温现象有关。

### 2.2 风切变中球囊在动态上和热力上发生的变化

球囊对风切变的最初反应是发生变形并获得伪升力。伪升力瞬间发生，并立刻产生效果。相较于伪升力，变形发生稍慢，且变形与气球总重量、球囊体积和风切变的强度成比例的。没有证据表明，某一球囊的设计会使其较其他球囊相比更耐受风切变。产生变形的

---

结果就是球囊体积减小，这会导致热气从球囊口呼出，然后冷气吸入。球囊的变形或收放可能会，而且通常确实会反复发生几次。由于吸入冷空气，每次变形都会导致球囊的平均温度下降。球囊的传热速率同时也大幅提高。风切变消除了依附在球囊表层的静止空气层。静止空气层，或称之为边界层，对气球球囊起着保温作用。如果边界层被阵风吹散，球囊的热流失几乎会翻倍。

### 2.3 遇到风切变的危险

1) 热气球的情况就好像你从气球的运行和承载角度给了气球加倍的载荷。最终结果就是气球的升力显著减小。

2) 球囊对风切变的反应也取决于内压、球囊体积以及总重量的大小。相同体积的热气球，球囊的内压与其升力成正比。压力大小受到球囊大小的限制。在载荷完全相同的情况下，小球囊要比大球囊承受更大的内压。由于高度更大，负载至额定总重量的大球囊要比负载至额定总重量的小球囊承受更大的内压。这些对于飞行员意味着什么？简单地说，由于只有内压才能抵挡这些风力，如果气球遇到了风切变或阵风，载荷轻的气球会比载荷重的气球变形更严重。

3) 强劲的剪切阵风可能使气球的纵轴发生位移。这种垂直位移可能很严重，在严重的紊流中可能达到 30 到 40 度。如果在球囊发生位移的时候燃烧器仍在燃烧，则可能对球囊口造成严重的结构损坏。结构损坏不是指球囊织物的损坏，由于球囊口不存在内压，因此球囊织物在此处不重要。结构损坏是指加强带或加强绳的损坏。这种情况包括升力减小，以及由此产生的球囊压力减小和两条或两条以上加强带或加强绳的损坏。如果加强带或加强绳被烧断，球囊那一

部分的球囊织物将失去支撑力。如果球囊口的压力低或为负压，那么球囊织物将收缩至球囊口，从球囊内部阻碍燃烧器燃烧。随着气球开始下降，气球向下飞行所产生的速度压力挤压没有支撑的球囊织物，这使得球囊织物进一步堵塞球囊口。在某一时刻，或许是下降速度超过8米每秒时，球囊织物受到的压力有可能会变得大到使球囊织物撕裂。这样巨大的内部摆动事实上会从内部使气球撕裂。

注意：在紊流或风切变中随时准备立即关闭燃烧器。在高空时极少迫切需要保持平衡，因此当球囊出现变形时没有使用燃烧器的特殊理由。请注意，燃烧器的喷出的高压火可能使火焰烧到球囊侧边的球囊织物，并导致重大损失。（图1-3）

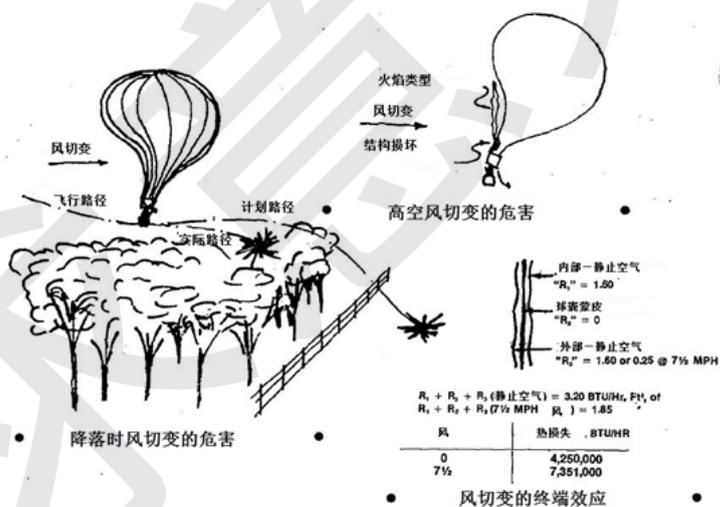


图1-3 风切变的影响

### 3. 涡旋

涡旋与山区地形以及强空中风相关联。在山区飞行应当预先考虑到涡旋，并且尤其是在山峰高度处的空中风预报超过15节时，更应当预先考虑。对涡旋的预测还不成熟。通常涡旋的力量会超过气球的性能。因此，即使球囊温度已接近红线，向下的气流还是会将

气球压向地面。此外，要摆脱涡旋很困难。唯一似乎可行的办法就是越过涡旋顶端爬升出涡旋。

涡旋的垂直段会使气球性能加强。在涡旋的上端保持良好的爬升率将使气球通过惯性飞出涡旋顶端。一旦确定了涡旋区域，则可以通过从高空逾越的方式避免进入该区域。大致的高度为最高地势以上900至1200米。令人惊奇的是，涡旋可能完全没有紊流，但也并非总是如此。

幸运的是，气球飞行通常并不飞越山区。那些选择在山区飞行的飞行员应当意识到那里不只有景色，还有严重的危险；涡旋只是其中之一。

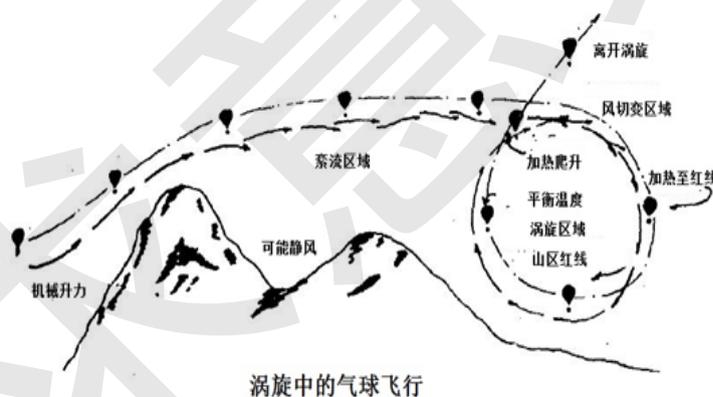


图1-4 涡旋中的气球飞行

## 4. 热气流

热气流只是小规模对流气流中的上升气流。空气与温暖的地表面接触而被加热，在空气中形成对流（垂直或水平空气运动）。当冷空气被送入（水平移动）到较热的地表上或地面被太阳辐射强烈加热时，就会从下方产生这种热气流。

### 4.1 热气流的产生环境

对流的强度取决于地球表面被加热的程度，而地球表面被加热的程度又取决于地球表面的性质。贫瘠的表面，例如沙质或石质荒地和犁过的田地，比植被覆盖的表面受热更快。因此，贫瘠的表面通常会引起更强的对流。相比之下，水面的加热速度要慢得多。

当空气非常干燥时，虽然没有对流型云(积云)，但可能存在对流气流。对流气流的一般上限通常以积云的顶部为标志，这些积云是在空气潮湿时形成的。然而，湍流可能会扩展到这个边界之外。不同类型的表面，以及由此产生的热气流，可以在相当大的程度上影响气球。

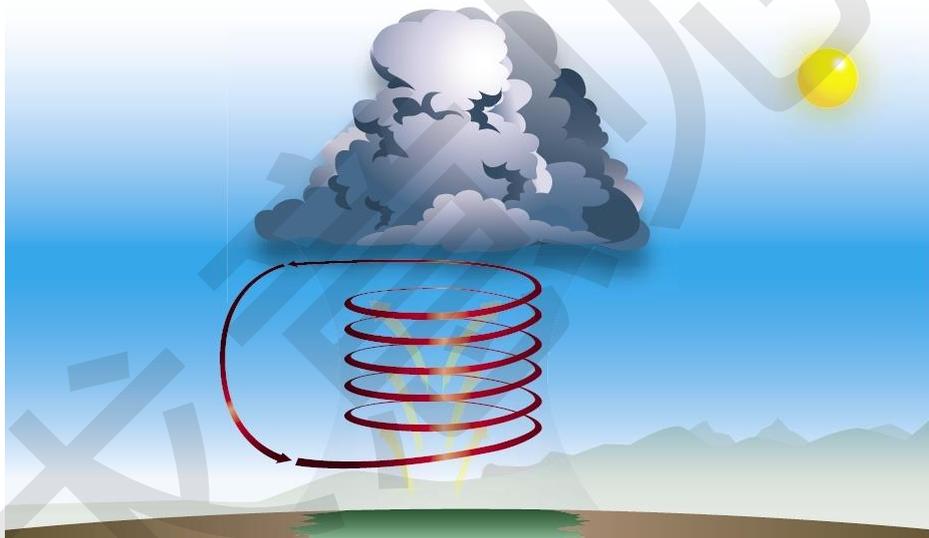


图1-5 热气流的产生原理

#### 4.2 热气流中的飞行状态

如果热气球驾驶员被困在一个热气流环境中，他会发现不通过燃烧器给球囊加热，气球仍然上升。这种上升速度可以很快，可能会超过气球飞行手册上的最大上升速度限制。由于气团也随着气球上升，所以对气球顶部没有明显的压力。因此，顶伞将不会被下压推开(通常称为“浮顶”)。

#### 4.3 进入热气流如何应对

---

根据热气流的大小，一些热气流可能具有类似于小型低压系统的旋转运动。这一运动将气球拉进并迫使它在一个不受控制的圆圈中飞行。对于被困在热气流中的气球，记住“高度是你的朋友”这句格言。首先，飞行员应该确保有足够的高度来清除潜在的障碍；其次，让气球内保持适合平飞的温度。许多飞行员试图立即下降，但这可能会使气球以及乘客面临下降失控的危险，并可能受伤。大多数热气流的升程很短。在几乎所有的情况下，热气流内的气球会在短时间后被热气从顶部“吐出”，飞行员可以下降并根据需要降落。

---

## 附件2 天气状况的获取及研判分析

对于驾驶员而言，飞行准备中必不可少的一部分就是预测飞行期间可能出现的天气状况。为了有效地制定飞行计划，驾驶员需要了解可提前获得的天气信息、获取这些信息的方式以及如何将这些信息应用于飞行过程中。

尽管天气预报并非百分之百精确，但气象学家基于认真的科学研究和计算机建模，能够越来越精确地对气象模式、气象趋势和气象特征进行预测。得益于由气象服务、政府机构和独立气象观察人员所组成的复杂系统，驾驶员和其他航空专业人员均可以从这一庞大的知识库中获取最新的气象报告和天气预报等信息。这些报告和预报有助于驾驶员在气象和飞行安全方面做出明智的决定。

如今，在收集飞行前气象资料方面，驾驶员有很多信息来源。就热气球驾驶员而言，气象网站和天气APP成为主要来源，驾驶员的个人经验和学习经历有助于其选定优质的气象信息来源。

中央气象台网站（[www.nmc.cn](http://www.nmc.cn)）是国内重要的“官方”气象网站，提供了多种天气观测情况、分析图表、天气实况和天气预报，对热气球飞行很有帮助。下面根据飞行需求，简单做个介绍：

### 1. 分析图表

天气的报告、分析图表很多种，对热气球飞行员来说，有三类分析图表很实用：航空气象描绘图、基本天气分析图和雷达回波图。

#### 1.1 航空气象描绘图

该图详细描绘了根据METAR和其他地面观测得出的地表状况，包括温度、气压、降水、大气现象、能见度、露点温度、云底高和风（图2-1）



图2-1 航空气象描绘图

## 1.2 基本天气分析图

天气分析图由计算机生成，涵盖全国和毗邻地区，该图显示了相关区域的云量、风向风速、天气现象、温度和露点；高压中心、低压中心、冷锋、暖锋和台风；海平面气压场等压线、比湿线等（图2-2），有助于大范围了解天气情况。

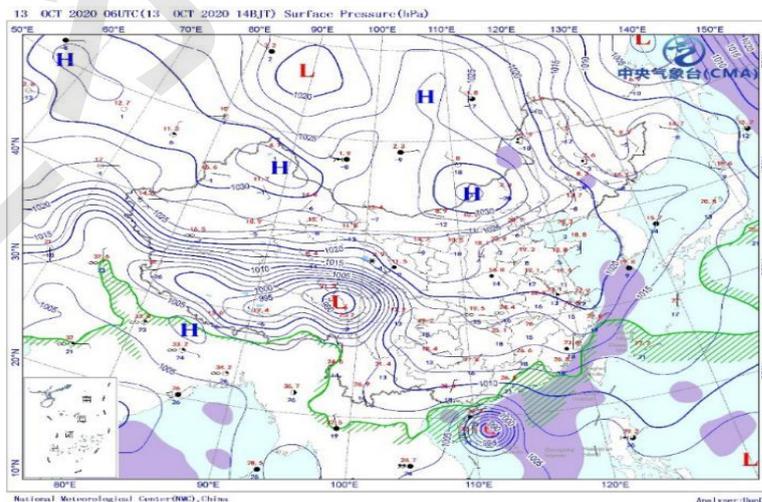


图2-2 基本天气分析图

### 1.3 雷达回波图

雷达回波图是计算机生成的自动雷达天气报告的显示图，显示降水区域以及有关降水特征的信息。（图2-3）应用天气雷达、分析雷达回波图可对台风、雷暴、暴雨、飑线、冰雹、龙卷等灾害性天气强度、位置及其移动变化情况，及时发现及时预警。雷达回波从蓝色到紫色，降雨强度逐渐增强。



图2-3 雷达回波图

热气球驾驶员如果计划在本地飞行，可能不需要了解所有这些天气图、天气报告和天气预报，但是对于大范围的气象模式和气象系统的了解有助于驾驶员更好地了解这些系统如何影响当地天气。了解所使用的主要图表，学习掌握运用技巧，确保飞行计划的准备工作安全、充分，这非常重要。

## 2. 天气预报

热气球驾驶员对气象资料的运用，最需要得到的当然是天气预报，可以直接地判断天气，对飞行做出计划。

## 2.1 七日天气预报

该表预报了自查询当日起七日内每天昼间和夜间的天气状况、风向、风力、最高和最低气温（图2-4）

10/13 周二	10/14 周三	10/15 周四	10/16 周五	10/17 周六	10/18 周日	10/19 周一
	多云 东南风 微风	多云 西北风 微风	晴 西南风 3~4级	晴 南风 微风	晴 北风 微风	多云 西南风 微风
	14°C	18°C	19°C	19°C	20°C	20°C
7°C	5°C	7°C	6°C	7°C	6°C	8°C
多云 东北风 3~4级	多云 北风 微风	多云 北风 微风	晴 西南风 微风	晴 北风 微风	晴 西南风 微风	多云 北风 微风

图2-4 七日天气预报

## 2.2 三小时天气预报

该图预报了从查询之时后，七日内每隔三个小时的精细预报，包括天气状况、降水、气温、风速、风向、气压和湿度（图2-5）

10/13 周二	23:00	14日02:00	05:00	08:00	11:00	14:00	17:00	20:00
多云	多云	多云	多云	多云	多云	多云	晴	多云
降水	-	-	-	-	-	-	-	-
气温	10.9°C	9.7°C	8.4°C	7.2°C	11.8°C	13.8°C	13°C	11.8°C
风速	1.6m/s	1.6m/s	1.4m/s	1.8m/s	1.4m/s	1.7m/s	2.3m/s	1.5m/s
风向	东北风	东北风	东北风	北风	东风	南风	南风	西南风
气压	1026.4hPa	1027.7hPa	1028.4hPa	1029.6hPa	1029.4hPa	1026.7hPa	1024.6hPa	1024.7hPa
湿度	28.8%	30.5%	30.8%	30.3%	26%	26.8%	25%	23.7%

图2-5 三小时天气预报

以上介绍的是通过气象网站来获取和分析天气情况的方法。另外，非官方的天气信息来源也可能会有助于某区域的天气信息的获取。可以与在计划飞行区域飞行的热气球驾驶员取得联系以了解天

---

气模式的细微变化，这是很有好处的，尤其是在初始训练期间或在新区域实施飞行的时候。气象信息的另一个来源是在计划飞行区域内驾驶其他类型航空器的驾驶员。可以通过当地机场的固定基地运营人找到他们。另外，在户外谋生的人们，特别是农民，对当地天气有独特的看法。他们通常可以提供无法通过商业渠道获得的当地天气信息。

对热气球驾驶员而言，全面了解气象是至关重要的；如果没有充分了解气象，驾驶员可能会做出错误决策而起飞热气球，这有可能导致受伤、热气球损坏、或更糟的后果。驾驶员必须使用尽可能多的资源，了解那些可能影响飞行的变量，做出明智决策，确保安全飞行。

---

## 附件3 飞行活动的操作建议

### 1. 飞行前准备之地图与导航

热气球的导航不同于其它任何飞行器的导航，因为热气球无法通过常规方式来控制方向。热气球通过借助不同高度的不同风向实现方向控制。要通过努力学习和实践，热气球驾驶员才有可能在较远的距离确定地面上某个点，然后相对容易和准确地飞向该点。

做好热气球导航，首先要看懂飞行使用的地图。可以使用航空图也可以使用地形图，两者都有其用途，并且各有优缺点。另一种类型的地图可能对气球飞行员更适用，就是由当地的气球运行单位、俱乐部或个人制作的本地地图，上面标注了禁区和敏感区域。电子地图的普遍应用为自制地图提供了很好的解决方案，无论是将清晰的电子地图下载打印，还是直接在手机、平板电脑或笔记本电脑上使用都比较方便。

无论哪一类地图，确保地图及时更新并且北向指示准确非常重要。要检查地图的方向，可选择具有特定方向的某条道路或标志物。然后在地图上确定该标志物的方位，并确定这条路的方向。在地图上放置一个指南针以确定方位角。使用的指南针应当与用于飞行路径计算的指南针为同一个，确保指南针的读数不受任何影响。区分大多数制图员使用的“真北”和指南针上指示的“磁北”非常重要。确定了方位角，可将其绘制在地图上。

自制当地地图时，应明确标示出飞行空域、机场、主要道路和高速公路、城市和小城镇等。另外，为了能安全地在当地运行，通

---

过地图识别、现场勘测定位，还需要在地图上显示飞行障碍，如主要的输电线缆、无线电发射塔、电视塔、水塔、烟囱和其他障碍物等。飞行员应当在飞行前准备阶段认真查看并熟悉所使用的空域地图，这可以帮助飞行员确定飞行中可能遇到的障碍物（塔，输电线等），以及对要在飞行中使用的地标进行定位。

气球驾驶员还可以在地图上预测可能的飞行路线、地标和着陆点，地图的这一功能可能是使用最不充分的。飞行前使用测风小气球可以帮助飞行员获得准确的、实时的现场天气数据，作为飞行计划的依据。飞行员需要知道自己要去哪里，才能根据测得的天气数据计划如何到达那里，这是飞行计划制定的必要步骤。

气球驾驶员比其它飞行器的驾驶员更需要具有在三维空间中把空中风视觉化的能力。持续的空间意识（热气球如何在空中移动）对于保持热气球受控并到达地面上的预期着陆点至关重要。如果没有恰当的计划，也不了解飞行区域的风况和地形情况，就给热气球鼓风充气、让热气球起飞，那所有其它的安全措施都会面临风险。

（图3-1）



图3-1 热气球飞行路线图

随着气球上升，飞行路线向右倾斜。将此视图与地图对照，可以确定飞行期间气球的地面轨迹。

## 2. 效能计划

首先，在讨论效能计划之前，必须对一些术语进行界定。

最大允许总载荷是指在标准条件下，气球能够承载的最大重量。这个数字通常在设计标准中规定，并在与气球有关的型号合格证数据单中说明。同时，也可以在该气球的飞行手册的重量和平衡页面上找到它。加热后，平均100立方米的空气将能承载30公斤的重量。

航空中，有效升力载荷指的是驾驶员、乘客、设备和燃料的可能重量。这一重量是由航空器的最大允许总载荷减去航空器的空重得出（在每个热气球手册中均有）。该术语通常容易与航空中的业载相混淆，后者一般定义为乘员、货物和行李的重量。

对于密度高度的测量，容易使许多新的（和一些不是那么新的）驾驶员感到困惑，因此，有必要进行更进一步的阐释。就热气球飞

---

行而言，可以将密度高度解释为：密度高度只不过是衡量航空器性能的一种方式。是测量空气密度的方法。不应将其与压力高度、真实高度或绝对高度混淆。它不用作高度参考，而用作确定航空器性能的标准。

密度高度如何影响热气球性能？密度高度影响热气球性能的方式有两种。首先，尤为重要，热气球在升起高度时会降低其承载能力。这意味着热气球能够在海平面高度承载635公斤的重量，而在1220米的海拔高度则只能承载520公斤或以下的重量。对于很少离开本地区的驾驶员而言，这极少引发问题。对于从沿海平原到高原飞行的飞行员来说，热气球飞行能力的变化和燃烧器性能的下降是在计划飞行时需要重点考虑的因素。

其次，热气球每升高300米，加热器（燃烧器）的性能会下降4%。这意味着在标准参考日，特定加热器（燃烧器）在900米高度的效率将损失12%，或只能保持其88%的性能。这是由于氧气部分失压造成的，而氧气是构成燃烧的必要条件。

飞行前计划需要考虑热气球的装载情况以及与高度和预期温度相关的热气球性能状况。热气球生产商已在飞行手册中以性能图表的形式提供了确定这些因素所需的信息。性能图被称为列线图或列线表，易于使用并提供出色的计划信息。（图3-2）

性能图表可以以多种方式用于确定某一天气球的性能。这个过程不必在每次飞行开始时计算。许多飞行员会根据所在地区的平均飞行条件列出可能的重量、温度和高度。只要有可用的信息并在适当当时进行查阅，这是可接受的做法。

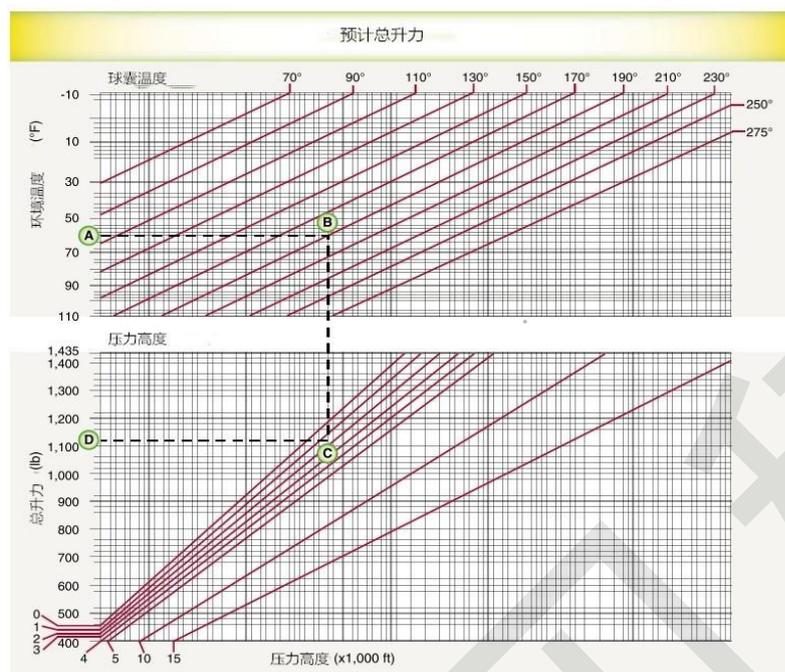


图3-2 样品计算：环境温度60°F（15.6℃）球囊温度190°F（87.8℃）  
压力高度1500ft（457m）

1. 将环境温度带入图表（A点）
  2. 向右找到所需的球囊温度（B点）
  3. 向下找到压力高度（C点）
  4. 向左读取总升力（D点=1120Ib）（508kg）
- 此图为77000立方英尺（2180m<sup>3</sup>）气球的典型性能图

例如基于图3-2的列线图，如果当天气温是60°F（15.6℃）时，可测算在1500英尺（457m）的气压高度，并且球囊温度不超过190°F（87.8℃）时的最大总升力。在此示例中，列线图测定的参数即等同于驾驶员在做效能测算时的参考值（驾驶员应判定自己不得突破规定高度或球囊温度）。测算最大总载荷时，首先应当在列线图A点找到60°F（15.6℃）环境气温值，其次向右移动找到190°F（87.8℃）球囊温度值，随后向下垂直移动到位于1000英尺（305m）与2000英尺（610m）等距处的C点，然后向左平移至与总载荷纵轴相交之处的D点，读取D点的载荷值。在本示例中，经测算得出的最大总载荷为1120磅（508kg）。

再如，同样基于图2中的列线图，已知在气球最大总载荷为1150

磅（522kg）的条件下，如何测算气球可以爬升的最大海拔高度。在本示例中，只需将上一示例中的虚线加以拓展即可。将线段AB延长至与250°F（121℃）环境温度（这是多数气球的最大可持续运行温度值）斜线的相交之处，随后由此交点向下作垂直线，然后将线段CD向右延长至与垂线相交，两线交点数值即为气球可以爬升的最大海拔高度。在本示例中，经测算得出的最大海拔高度为10000英尺（3048m）。

### 3. 起飞和离场

a. 在起飞之前应当慎重考虑出发和爬升阶段的各种问题。应当对障碍物进行评估。如果出现电线或其他障碍物，飞行员应当具有可用的备用行动方案。

b. 将以米每秒为单位的风速乘以60，即可计算出起飞点和顺风向障碍物的最小安全距离（图3-3）。该算法得到的结果为气球在飞行的第一分钟内大致移动的距离。然后，估算障碍物的高度，并加上气球飞越障碍物时所需的高度间距量，即可计算起飞时的初始爬升率。

地面风速	倍增系数	最短水平距离
1米每秒	X 60	60米
2米每秒	X 60	120米
3米每秒	X 60	180米
4米每秒	X 60	240米
5米每秒	X 60	300米

图3-3 风速倍增系数

c. 为了允许在距离估算方面、地面风变化方面或其他不可预见的情况中存在误差，可以在距障碍物的中途挑选出一个显著的地标。

---

如果气球到达中途点时还未能达到最低越障高度的一半，则在到达临界高度（通常离地约6米）前通过拉开排气阀的方式立即终止飞行。

d. 在起飞地点面积狭小及距障碍物距离近的情况下，可能需要在起飞前发出“减重”指令以实现快速的初始上升率。无论使用何种起飞程序，爬升剖面图都应当确保气球在离场轨迹上安全并快速地越过或绕过所有的障碍物。在离场期间保持良好的爬升率，直至气球在目视飞行规则（VFR）条件下达到或超过CCAR-91部第91.119条规定的适当的最低安全高度，这一点同样重要。

#### 4. 进近和着陆方法

热气球飞行的准则是“着陆的最佳高度是最低高度”。任何人都可以在离地30公分的高度着陆；但在离地30米的高度着陆则需要技巧。热气球驾驶员进近的终极目标是在没有引起热气球受损或乘客受伤的情况下，在最佳的可能位置轻巧顺畅地着陆。

一般认为，热气球进近着陆的方法有三种：阶梯式，直线式和大角度。实际上，阶梯式进近和直线式进近属于相同的类型，即控制进近，而大角度进近被视为加速进近。任何进近都可以看成是这两种类型的变体或组合。

##### 4.1 阶梯下降进近

阶梯下降进近方法涉及不同的下降速率。该方法用于确定低层风风速和风向以便在着陆的最后下降阶段开始前考虑其他选择。还有其他方法可以评估低层风状况，比如扔纸条和小气球等。虽然下降路线可以有多种，而且有时是浅层，避免在没有着陆意图时进行低于最低安全高度的长时间平飞是十分重要的。低高度平飞会让

地面观察人员（地面助手）误认为驾驶员已经终止进近，开始在低于最低安全高度的高度平飞。（图3-4）

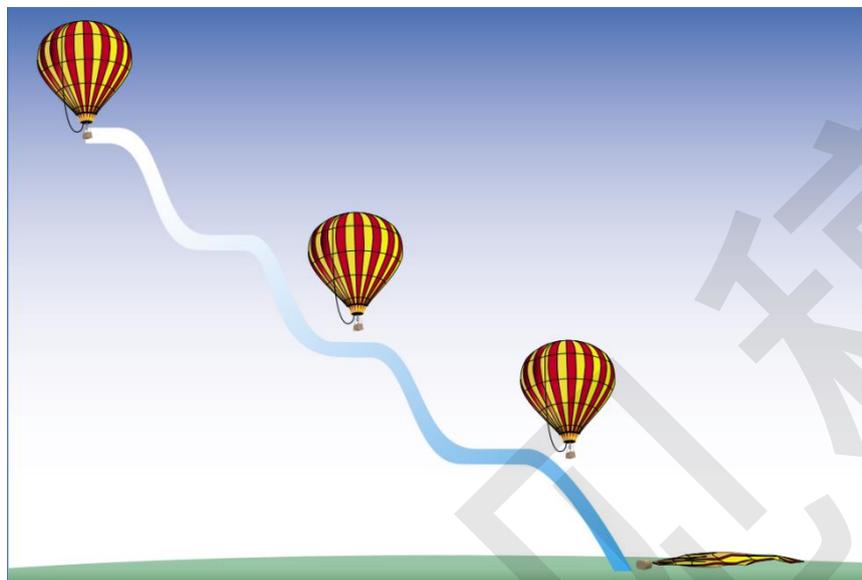


图3-4 阶梯下降进近

#### 4.2 低空进近

第二种进近方式是低空或浅层进近。如果在热气球和预计着陆点之间没有障碍物，低空或浅层进近可以让驾驶员检查更贴近地面的风。热气球离地面越接近，越容易着陆。低空进近适合视野良好、没有障碍物的开阔地带。

#### 4.3 障碍物与进近角度

大部分良好的着陆区并不是很大，而且附近通常会有障碍物。典型的进近要求热气球驾驶员以一定的下降角度驾驶热气球越过路径上的最高障碍物，抵达预期着陆点。但是，如果热气球小于下降角度下降，那么驾驶员就很有必要迅速调整角度以避免障碍物的顶部。在很多情况下，试图通过以很小的高度间距躲过一个障碍（贴着障碍物）飞行会导致一段时间过度操控或过度加火和排气。

缺乏经验的驾驶员经常错过预期的着陆点，从而不得不另寻他处，或者如果驾驶员设法着陆了，却是一个令人不快的硬着陆。对于该效果的解释参见图3-5。



图3-5 进近方式一

在这种进近中，驾驶员决定以最小间距越过障碍物。在A点后的任何过度操控都有可能使气球飞过预定的着陆区域，并且为了保持合适进近角度必须在B点非常接近障碍物。这种类型的进近有利于将预期的着陆区保持在视野范围内，以便热气球精准地在预期的位置触地。这种方法的好处是直线控制以及着陆区即时的视觉反馈。这种方法的弊端是任何预期路线的偏离会导致过度操控，最好的情况也会在B点和障碍物仅“一丝之隔”。

图3-6展示的是同一张垂直剖面图，但有一些微小但很重要的差别。初始进近方式是完全相同的，但初始目标不同。驾驶员没有紧盯着需要以小于1米的间距（图3-5中的B点）越过谷仓才能到达的着陆点，而是“瞄准”和谷仓保持安全越障高度（距谷仓大于3米）的位置（图3-6中的B点），驾驶员明白越过谷仓后只要排一点气就可以快速下降。很明显，热气球会在距离障碍物更近的着陆点降落，

“做足功课”的驾驶员在准备着陆前已经评估了这种可能性。这种方法将过度操控降到最低，极大地增加成功着陆的可能性。

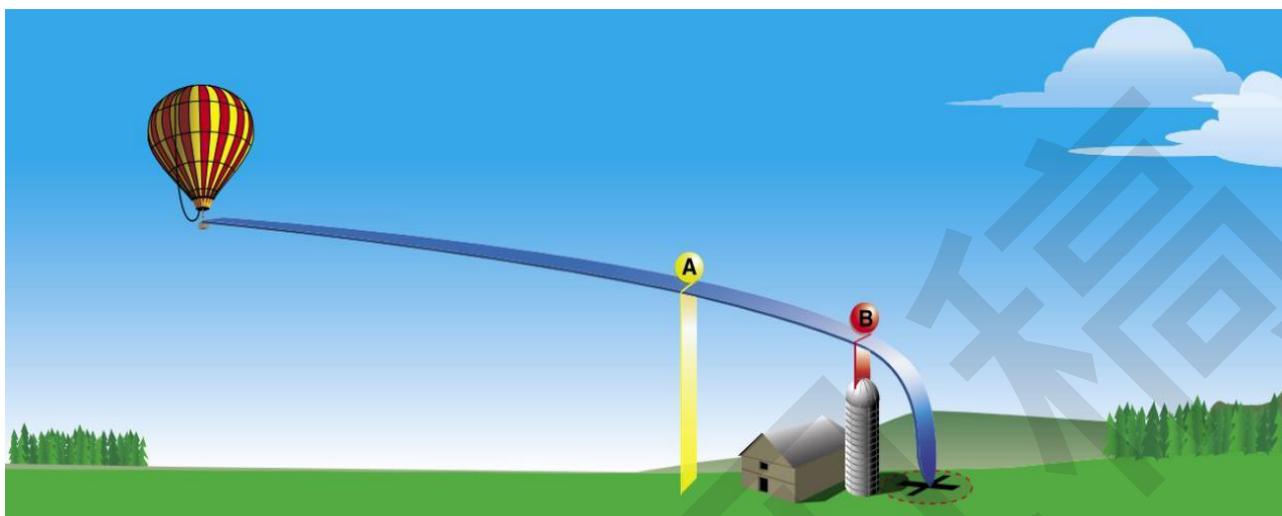


图3-6 进近方式二

这种进近实际上与图3-5中的方法相同，但是有细微的差别。在这种情况下，驾驶员寻找障碍物上方越障高度更合理的B点位置。即使在A点之后会略微偏离进近路线，但如果加以补偿，仍然可以使驾驶员达到预期着陆区。

总结起来，如果热气球和着陆点之间存在障碍物，那么有以下三种安全选择：

- a) 和障碍物保持合理的间距并从高处降落。
- b) 取消着陆，寻找其他降落点。
- c) 低飞进近飞向障碍物，飞越障碍物时保持足够间距，然后着陆

第一个选择最难，要求从高空进近并快速降至低高度。第二个选择最为保守，但如果驾驶员向最后一个着陆点进近，可能不可取。第三个选择比较适宜。低高度飞向着陆点，提供了检查地面风的机会。通过攀升和障碍物保持间距——总是最安全的选择——驾驶员

---

会进行短暂但不会太高的进近。

征求意见稿