

中国民用航空局飞行标准司

咨询通告

编 号：AC-91-FS-2015-30

下发日期：2015年12月29日

编制部门：FS

批准人：胡振江

航空器驾驶员训练指南

-复杂状态预防和改出训练(UPRT)

目录

1. 目的	4
2. 适用范围	4
3. 参考资料	4
4. 名词术语及定义	4
5. UPRT 要求	5
5.1 训练实施要求	5
5.2 训练效果要求	6
6. UPRT 教员培训	7
7. UPRT 训练大纲	9
7.1 训练方法概述	9
7.2 理论知识培训	10
7.3 模拟机训练	10
7.4 UPRT 的要点	11
8. 模拟机使用技巧及限制	12
9. 生效日期	14
附件 1 训练科目及内容	15
附件 2 训练场景和机动飞行参考样例	27
场景 1: 机头过度上仰 (针对翼下挂载发动机的飞机)	27
场景 2: 空速不可靠	29
场景 3: 最低限度的小坡度横滚	31
机动飞行 1: 人工控制低速飞行	33
附件 3 UPRT 改出训练的范例	35
表一. 从过度上仰中改出	35
表二. 从过度下俯中改出	37
附件 4 飞行员应了解的高空高速空气动力学基础知识	39
1 最大升阻比 L/D_{MAX}	39
2 转换高度	40
3 推力受限的状况和改出	40
4 最大高度	40
5 机动稳定性	41
6 马赫俯冲与马赫抖动	43

7 抖振裕度限制的最大高度.....	43
8 高度换速度.....	43
9 失速.....	44
10 高空天气影响可能导致减速或者失速.....	44
11 结冰—防冰使用对性能的影响.....	44
12 飞行中结冰的失速裕度.....	45

1. 目的

为了指导和帮助航空运营人组织实施飞机复杂状态预防和改出的训练(以下简称 UPRT), 进一步提高飞行员应对特殊情况的技术水平, 制定本咨询通告。航空器运营人有责任按照本咨询通告的建议和程序对驾驶员实施相应的训练。

2. 适用范围

本通告适用于运行 CCAR-25 部飞机的航空运营人和驾驶员。

3. 参考资料

《Upset Prevention and Recovery Training》(FAA, AC 120-111)

《Manual on Aeroplane Upset Prevention and Recovery Training》
(ICAO, DOC10011)

《航空气象学》(北航, 章澄昌)

《高速空气动力学》(北航, 刘沛清)

4. 名词术语及定义

复杂状态, 是指飞行中的一种状况, 即飞机无意间超过了沿航线正常飞行或训练期间通常经历的参数值。复杂状态通常指飞机无意中超出下列条件:

- a. 上仰大于 25 度, 或
- b. 下俯大于 10 度, 或
- c. 坡度角大于 45 度, 或
- d. 参数在上述范围内但空速与飞行状态不相符。

UPRT, upset prevention and recovery training (复杂状态预防与改出训练)

失速, 是指超过迎角临界值所导致的气动升力的损失。失速可以在任何姿态和空速下发生, 并可通过持续的失速警告加上至少下列一种情况来加以识别:

- a. 振动, 有时候会较强;
- b. 俯仰失控和/或滚转失控; 和
- c. 不能控制下降速率。

接近失速, 是指接近失速警告与气动失速的飞行状况。

抖杆器，是指一种可让操纵驾驶杆自动振动以警告驾驶员将要发生失速的装置。

惊吓，是指在人类做出正常的应激反应之前，对预料之外事件做出的短期、不由自主的生理和认知上的初步反应。

应激反应，是指对可带来威胁的事件做出的反应，包括生理、心理和认知影响。这些影响可涉及到正面和负面影响，并能加强或有损行为能力。

情景意识，是指对于状态的知识 and 感知。

发展中的复杂状态，是指任何时候飞机偏离要求的飞行航径但并未超出复杂状态所定义的范围。

注意力分散，是指注意力偏离了飞行的主要任务。

飞行航径管理，是指利用机载电子设备或者人工飞行，主动控制飞机以沿着要求的水平和垂直剖面飞行。

飞行中失控（LOC-I），是指由于偏离了飞行航径所造成的事故或事故征候的统称。

基于机动动作的训练，是指关注于某一单一事件或机动飞行的训练。

基于场景的训练，是指通过仿真训练把某种机动飞行融入到真实飞行环境，以培养在某种运行环境下的飞行技能。

负迁移效应，是指一种学习对另一种学习起干扰或抑制作用。负迁移通常表现为一种学习使另一种学习所需的学习时间或所需的练习次数增加或阻碍另一种学习的顺利进行以及知识的正确掌握。

5. UPRT 要求

5.1 训练实施要求

基础的空气动力学理论和不正常飞行状态改出训练是飞行员在取得私照、商照和航线执照时的必修科目，不正常飞行状态改出训练是飞行员为获取相应执照必须接受的相应 UPRT 训练和应该掌握的相应技能。为了提高安全裕度，飞行员的整个职业生涯中应不断强化 UPRT。有效的 UPRT 课程能向飞行员提供所需的知识和技能来预防并改出复杂状态。UPRT 培训应该关注于预防进入复杂状态，而不是等待进入然后改出复杂状态。过去的复杂状态训练主要关注于如何从深度的复杂状态中改出，与之相比，关注预防是一个重要的转变。预防性训练可以时刻让飞行员准备好避免出现复杂状态事件，而改出训练可以让飞行员在复杂状态事件出现时避免造成事故。

所有的航空运营人应对运行 CCAR-25 部飞机的飞行员在初始训练、转

机型训练、差异训练、升级训练、重获资格训练、复训中进行 UPRT 训练，局方不要求设立额外的课程来进行 UPRT。UPRT 应该循序渐进地进行，直至达到相应的要求。成功完成 UPRT 的飞行员应当能够具备预防和识别复杂状态所需的知识和技能，并在必要时能够改出复杂状态。UPRT 不应在熟练检查、航线检查和其他有风险的飞行活动中进行。

5.2 训练效果要求

a. 预防

预防是 UPRT 的首要目标，包括及时采取行动以避免发展成可能的复杂状态。

(1) 作为 PF（操纵飞行员）或者 PM（监控飞行员）时，积极巡视内外部环境，识别可能导致飞行航径偏离的因素并提醒其他机组成员。

(2) 作为 PM，能够与 PF 沟通交流并在必要时采取措施降低出现复杂状态的风险。

b. 识别

能够及时响应并识别正常航径的偏离，并阻止其进一步发展成复杂状态。

(1) 作为 PF，快速识别正常航径的偏离或者航径的非指令性改变。

(2) 作为 PM，积极监控飞机状态、飞行参数并及时喊话提醒任何非预期的飞行航径偏离。

(3) 作为 PF 或者 PM，迅速行动以纠正飞行航径的偏离，避免进一步发展成复杂状态。

c. 改出

及时按照航空运营人制定的程序（设备制造商的程序优先于航空运营人的程序）改出复杂状态，如果航空运营人没有相应程序，应按照本咨询通告中的推荐措施实施改出。

(1) 为及时执行改出程序，PF 负责采取行动，PM 负责喊话提醒所需措施：

- A. 管理飞机能量
- B. 控制航径偏离
- C. 改出至稳定的飞行航径。

(2) 由 PM 监控、PF 完成合适的动作改出飞机复杂状态而不超出飞机

限制。

(3) 当复杂状态由失速造成时，在开始其他改出动作前先改出失速。

6. UPRT 教员培训

有效的 UPRT 的关键是教员。相比其他的飞行员训练课程，如果 UPRT 教员在训练中使用了不合适的教学技巧或者传授了误导性信息，则会带来更加严重的安全问题和后果。因此，有效的 UPRT 教学最根本的环节是要有经过恰当训练、合格并具有精湛理论和实践经验的教员，其不仅能够实施准确的 UPRT，还能使教学的负迁移效应降至最低。

航空运营人应建立相应程序对教员进行训练，确保其持续具备合格的教学能力，并有合适的控制体系来确保教员能持续进行有效的 UPRT 教学。教员培训应该包含以下内容：

a. 模拟机的性能限制

教员应完成有关 UPRT 所使用的每种模拟机的数据和运动仿真限制的相关学习，并能够向学员阐述并讲解这些限制。重点应放在那些可能产生负迁移效应的方面上。全面的教员培训不仅能够提高教学标准化程度和训练质量，还可以降低负迁移效应的风险，此风险很容易在未经培训的教员身上发生。

由于教员缺乏有关模拟机限制的知识，过去曾出现过发生负迁移效应的案例。UPRT 教员应该意识到有效的训练可能会受限于模拟机的设计参数。超出设计参数的操作可能会导致模拟机出现与真实飞机上不一样的操纵输入反应。运动仿真系统并不总是能准确地模拟出在真实飞机上感受到的力反馈和变化率。教员必须清楚的理解模拟机的限制可能会影响到 UPRT 训练，包括：

(1) 模拟机可接受的训练包线；

(2) G 载荷感受/加速失速，这些因素在模拟机的运动仿真中并不会出现，但是飞行员可以在飞行中、飞机的实际反应和改出机动中体验到；

(3) 严重偏离模拟机的有效包线可能导致不正确的模拟机反应。尽管轻微地偏离模拟机的有效包线可能不足以影响训练的有效性，但教员应了解飞机在真实复杂状态下的反应可能与模拟机中经历的有所不同。教员在训练开始前选择并评估特定的复杂状态场景可以降低严重偏离模拟机有效包线的可能性。

b. 教员操作台的使用

教员必须在 UPRT 所用的特定模拟机上完成有关操作面板、系统面板、

环境和故障面板正确使用的培训，包括用来在 UPRT 中提供训练和反馈的详细控制台指示和操作。

c. 熟悉因复杂状态引发的事故或事故征候

航空运营人应该对业界发生的复杂状态事故或事故征候进行分析，并加入到教学中，这样不仅可以让飞行员有直观的感受，还可以增长处理复杂状态事件的知识和技能。

d. 能量管理

对飞机的能量状态理解不当会导致飞行员对飞机操纵的理解出现偏差。UPRT 教员不仅要能理解能量管理，还要能将其作为一种预防复杂状态的措施。教员应该接受特定技能和机动飞行的培训，以便有效示范并向学员传授能量管理的技巧。

e. 空间定向障碍

教员应该接受由各种原因引起的空间定向障碍的训练，包括预防方法，识别线索和从空间定向障碍中改出，因为这种训练很难有效地在模拟机中进行演示。

f. 注意力分散

UPRT 教员应该清楚飞行员注意力分散将如何导致飞机进入复杂状态，同时也要掌握在训练中让学员注意力分散的技巧。合理使用这些技巧也能帮助教员设置出其不意的情景。UPRT 教员应该了解各种不同的让学员分神的技巧，例如：

- (1) 通讯；
- (2) 埋头工作/抬头工作/离座工作；
- (3) 响应反常的/非预期的事件；
- (4) 寻找其他飞机；
- (5) 驾驶舱噪音等级；
- (6) 语言熟练度（飞行机组成员或与管制员之间）；
- (7) 机场设施；
- (8) 飞行组疲劳；

g. 识别和改出方法

教员要能教会学员如何识别复杂状态并运用恰当的改出方法。训练应该包含一些特定例子，从理论讨论和实践演示两方面进行。

h. 识别和纠正飞行员错误

如果在训练中学员的某些错误没有被教员发现并纠正，学员在实际运行中就仍然可能出错。教员应该了解未能发现并纠正学员错误的后果。教员应该熟知常见的飞行员错误，并能找出错误的根源进行针对性训练，以避免造成非预期的飞机状态或出现不当操作（譬如 RA 警告的过量操作）。

i. 特定机型的特点

UPRT 教员应该详细的了解有关机型的操作和识别特点，譬如飞机接近失速抖杆或者包线保护时的反应。

j. 设备制造商的推荐措施

有证据表明使用某一种机型的操作程序可能在另一种机型上产生相反的效果，而这会导致飞机进入复杂状态。训练应该使用设备制造商针对特定机型的推荐程序，或者航空运营人据此开发的复杂状态预防和改出程序。

k. 操作环境

目前的训练并未把各种操作包线的不同操纵特点纳入考虑之中。教员应该接受培训以便能够演示各种运行环境下的效果，并清楚不同运行环境如何影响飞机的操纵特点以及可能导致飞机进入复杂状态的潜在风险。例如，教员可以通过演示低高度和高高度平飞时速度改变 25 节所需的时间，来让学员观察可用推力随高度不同而显著变化。

1. 在模拟机上亲自示范

某些情况下，通过模拟机上座示范，UPRT 的一些要点可能会更易理解，更易训练，更加有效。

m. 评估飞行员达标的的能力

教员要能评估学员何时达到某一合适的熟练程度。教员应该接受培训会如何判断飞行员在 UPRT 事件中的能力，以及是否达到要求。

7. UPRT 训练大纲

7.1 训练方法概述

UPRT 应该按照循序渐进的方式，先引入基本概念和理论学习，然后在模拟机中完成实际技能练习。相似的，熟悉飞机特点以及通过基于机动飞行的训练来提升改出技能应该优先于基于场景的训练。这种渐进式的方法可以让学员更透彻的理解如何识别正在发生的航径偏离、在出其不意的情况下做出恰当反应、以及在必要时有效改出。航空运营人应该开发训练课程来向飞行员提供知识和技能，以便预防、识别并改出非预期的航径偏离

和复杂状态。这些课程应当包括附件 1 中所描述的项目和内容。

7.2 理论知识培训

理论教学为情景意识、洞察力、知识和技能的发展打下基础，因此必须在模拟机训练前完成。为保证效果，模拟机训练应该在理论训练结束后的一个合理的时间内开始。理论知识应该涵盖综合性的和具体的内容。

飞行员应该掌握基础的空气动力学知识，包括气动飞行包线、载荷、方向和横侧控制、载重平衡对操纵的影响、配平以及侧滑。还应掌握高级的空气动力学知识，包括升阻比（L/D）曲线；L/D 曲线与空速的关系；飞机能量状态与飞行高度、空速和姿态的关系；最佳爬升速度、临界高度、最佳高度以及最大高度；所需推力与可用推力的关系；气动稳定性等等。另外还应该包含有关高低空飞机性能的知识。本咨询通告附件 4 提供了高空高速空气动力学基础知识作为培训参考。

7.3 模拟机训练

局方鼓励进行扩展的包线训练，这包括下列需要在 C 级含以上的模拟机上实施的机动飞行：人工低速飞行，人工空速不可靠飞行，人工仪表进离场，复杂状态改出机动等。局方建议航空运营人在开发 UPRT 课程时使用最高等级的全动模拟机，首要目的是在 UPRT 中向飞行员提供最大程度接近真实的环境。UPRT 教员应使用模拟机的运动仿真功能以免影响识别和改出训练的效果。

模拟机训练应该包括基于机动的和基于场景的训练。建议航空运营人在开发模拟机训练课目时咨询飞机制造商。

a. 基于机动的训练

这种训练重点在于任务技巧。基于机动的训练应该包括预防和改出训练，重点强调培养按照要求改出复杂状态所需要的操作技能。基于机动动作训练中只需有限度的强调决策能力。

b. 基于场景的训练

基于场景训练的目标是培养学员具备复杂状态预防、识别和改出所需的洞察力和决策技能，同时在逼真的场景训练中将基于机动的技能加以应用。在初始、转机型、升级训练以及复训中，基于场景训练通常在基于机动的训练之后。

附件 3 列出了几个 UPRT 改出训练的范例，仅供航空运营人和 UPRT 教员参考。

7.4 UPRT 的要点

a. 情景意识和预防意识

经过情景意识和预防意识的培训后，飞行员可以清楚知道，一旦处置不当可能会使出现复杂状态事件的风险增大。训练必须包括航空运营人的标准操作程序（SOP）和机组资源管理（CRM）课程，以达到最有效的预防并减少威胁的效果。关于情景意识和预防意识的训练要求达到的目标包括：

- （1）能够识别增大复杂状态事件发生风险的运行和环境状况；
- （2）预防复杂状态事件的飞行决策技巧（例如，有效的分析、情景意识、资源管理、降低威胁策略以及通过飞行素养和综合判断来打破事故链等等）；
- （3）及早发现飞行航径的偏离；
- （4）及时恰当的干预；
- （5）自动飞行的影响，包括工作模式混淆、正常或降级模式下的飞行包线保护，以及非预期的自动驾驶或者自动油门断开；
- （6）要能识别飞行状况在何时从预防阶段进入到改出阶段；
- （7）对于飞机状态能够以有效的方式交流。

b. 人工飞行的知识、技巧及应用

现代飞机通常在大部分飞行阶段都使用自动飞行系统（例如，自动驾驶或自动油门）。自动飞行系统可以提升安全水平，降低工作负荷，能够实施更精密的运行。然而，持续使用自动飞行系统会导致飞行员的人工飞行技能以及改出复杂状态的能力退化。局方鼓励航空运营人科学提高飞行员的人工飞行技能，包括在航线运行以及初始、转机型、升级、重获训练资格和复训中适当增加人工飞行。

（1）附件 2 中专门列明了几种机动飞行用以提高和保持飞行员的人工飞行知识和技能。

（2）航空运营人应该制定政策鼓励飞行员在条件合适时进行人工飞行。运营人应该制定或审核运行政策以确保飞行员有合适的机会来练习人工飞行技巧，比如在非 RVSM 空域或者工作负荷较低的时候。此外，运营人还应制定或审核运行政策以确保飞行员清楚何时使用自动系统，例如在工作负荷较高或者空域要求精密运行的时候。

（3）使用自动驾驶和/或自动油门进行复杂状态改出。在改出中，保持自动驾驶或自动油门接通可能导致飞机状态出现无意识的改变或调整，这种做法可能并不合适。飞行员不易察觉飞机状态的改变，尤其是在高工作负荷的情况下。

c. 目视参考的使用

飞行员在没有建立可用的目视参考时，更容易丧失情景意识而导致不安全事件，甚至发展到事故征候或事故（例如，仪表气象条件下（IMC）或者夜间）。过去，复杂状态的训练通常都在目视气象条件下进行，这有助于飞行员选择合适的改出程序。为了加强飞行员改出复杂状态的能力，模拟机的机动训练应该在包括目视和仪表气象条件下进行，或者在白天和夜间。这能让飞行员在所有条件下练习识别和改出，还可以体验到重要的生理感受。

d. 飞行员监控

在许多 LOC-I 事故征候和事故中，PM 可能比 PF 更清楚飞机的状态。训练应该加强机组协作，以便通过喊话提醒任何飞行航径的偏离。局方提倡 PM 使用渐进式的干预策略，首先通过交流来提醒 PF 航径偏离（告警），然后给出 PF 建议的行动方案（倡导和主张），最后是直接干预 PF 操作，必要时接管操纵阻止发生事故或事故征候。接管操纵的飞行员应当大声宣布操纵交接。

e. 出其不意

鉴于正常飞行中所发生的复杂状态事件都是非计划的或无意识的，飞行员遭遇后可能会感到吃惊，这不利于识别和改出复杂状态。教员应该在兼顾现实与逼真、以及模拟机的性能和限制的情况下，精心设计场景方案来加强出其不意的效果，这是为了培养机组的协作精神，而不是要打击他们在训练课程中的信心。同时，UPRT 教员还要利用综合的判断使训练的负迁移效应降至最低。以下各点供参考：

（1）在训练中要有多个场景方案以供选择。否则，飞行员会“预料到”科目内容，难以达到出其不意的效果。

（2）教员应该在没有“泄密”风险的环境中讲解场景。否则，设置场景的动机会在飞行员之间共享，而使他们有所预期。

（3）即使教员的动机没有被泄露，教员也应该劝阻飞行员们向其他同事透露其所经历的场景信息。出其不意的场景会让其他同事有机会在训练中出现的危险情况下检验自己的想法和反应，而泄露场景的信息会让这种效果大打折扣。

（4）教员们必须富有创造性，能够千方百计地在模拟机中制造让学员们吃惊的反应。这种方式可以让学员们即使是在没有任何风险的模拟机上也能达到出其不意的效果。

8. 模拟机使用技巧及限制

为了支持利用模拟机进行 UPRT 训练，航空运营人应该为教员提供辅助工具和设备来讲解、培训和讲评 UPRT 的科目。这可能包括音像回放设备、可以预先编程的干扰学员注意力的控制台以及用来确定改出机动是否超出了模拟机或飞机操作限制的反馈工具。

a. 要有一套简单的教员控制工具，可以帮助教员设置让学员分神的场景。让学员分神的应该非标准的干扰事件，能够让学员不必使用检查单进行处置。这些干扰事件可以是天气、其他航空器、空中交通管制以及其他能产生类似效果的措施。

b. 内部或者外部因素都可以造成飞机进入不同的复杂状态。训练中通常不应故意降低模拟机的功能（例如降低飞行操纵的有效性）以造成飞机进入复杂状态。飞机系统失效等内部因素可以造成飞机进入复杂状态，但是这些故障的效果应该是典型的，最好有相应的技术数据支持。教员应利用可行的外部因素实施训练，例如：

(1) 教员可以故意使自动油门脱开，来观察评估学员预防复杂状态的能力，目的是如果学员没有发现并且及时采取修正措施，那么将继续发展并导致进入复杂状态。

(2) 教员可以故意设置最低限度的小坡度横滚，来引导学员开始识别状况，目的是造成一种发展中的复杂状态状况，以便于学员采取行动来阻止出现深度的复杂状态。

(3) 教员可以故意利用外部手段造成机头过度上仰，让学员在极端情况下立即实施改出动作，目的是为了造成深度复杂状态以便于学员必须立即采取合适的改出动作来阻止飞机失控。

c. 教员反馈工具应该能够指示是否超出飞机操作限制，当操作接近飞机限制或者还有合理的裕度可以使用时，向教员提供“注意级”警告（琥珀色），其目的是为了及早提示教员相关操作已接近限制；当操作超出飞机限制时，向教员提供超限警告（红色），在此状况下，模拟机不应该自动冻结，除非预设的裕度被超出，而该裕度是为了保证训练有效或者保证模拟机的安全状况。反馈工具需要监控的参数包含以下内容：

- (1) 空速限制
- (2) 最大操作速度
- (3) 机动速度
- (4) 襟翼放出限制速度
- (5) 最小操作速度

- (6) 起落架限制速度
- (7) 颠簸速度
- (8) 高度限制
- (9) 发动机限制
- (10) 包括同时横滚和俯仰的机动飞行的载荷

d. 应该向教员提供能够指示模拟机超出其气动模型认证限制的设备。这种限制可能是基于迎角和侧滑行程的，由模拟机制造商定义。

e. 有效的和无效的训练包线之间的分界线可能难以明确区分，未必能够在教员控制台屏幕上清楚显示。教员可使用多次重复某一机动飞行科目，让学员感受在预期的训练包线之内或是之外时飞机的操作特点。教员和学员都要意识到这不是为了展示精确的飞机反应，而是为了巩固合适的改出技术。飞机的实际反应无论是在预期的训练包线之内或是之外都可能有所不同。因此，作为教员一定要有综合的判断，而这最好是通过充分理解模拟机的限制得以实现。

f. 飞行员的操作常常会受到 g 载荷的很大影响。但在典型的模拟机中，飞行员仅能感受到不足真飞机 10% 的 g 载荷。教员和学员都需要清楚实际飞行和模拟飞行的这种不同。在模拟机上进行的高空复杂状态改出容易出现振荡现象，如果不使用全套的飞行员和教员显示设备，可能难以察觉。鉴于此，对教员来说，重要的一点就是警惕这些易出问题的改出机动，如果发生问题要向学员合适地讲解这些问题，然后重复练习改出机动直至熟练为止。

9. 生效日期

本咨询通告自下发之日起生效。

附件 1 训练科目及内容

1. 空气动力学知识	
理论	<p>a. 基本的空气动力学理论知识:</p> <ul style="list-style-type: none">● 空气动力学飞行包线;● 载荷因子;● 方向和横侧控制;● 载重平衡对操纵的影响;● 配平;● 侧滑。 <p>b. 高级的空气动力学理论:</p> <ul style="list-style-type: none">● 升阻比 (L/D) 曲线, 最大升阻比 L/D, 以及其对飞机性能的重要性;● 升阻比 L/D 曲线和空速的关系;● 飞机能量状态及其在不同飞行高度、速度和姿态下的应用;● 与飞机性能相关的最佳爬升速度、临界高度和最佳高度, 以及各种偏离 (环境的或飞机的) 对飞机性能的影响;● 所需推力与可用推力的关系;● 推力受限的状况及改出;● 空气动力学稳定性及其对飞行的影响, 包括机动稳定性以及在高低空的特性; 外界环境对气动性和操纵性的影响 (如温度、结冰等等)。 <p>c. 飞机性能 (高空和低空):</p> <ul style="list-style-type: none">● 利用飞机性能 (与机型相关的) 图表来确定外界环境、飞机构型或飞机系统变化对计划的飞行性能的影响;● 要培训飞行员理解当飞机处于临界飞行状况时可能受性能所限而无法达到最大认证高度。飞行员还应该理解一旦所选的巡航速度超出了当时条件下的飞机性能所面临的可能后果;● 要能够识别驾驶舱内关于低速抖动和高速抖动的不同指

	<p>示线索。</p> <p>d. 特定机型的空气动力学理论:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 要建立迎角 (AOA) 意识; ● 与飞机性能和机翼失速角度相关的迎角的重要性; ● 飞机构型 (如襟翼、起落架、前缘缝翼、减速板以及推力设定) 对失速裕度和失速特性的影响; ● 迎角与各种飞机系统的关系, 尤其是警告系统 (如失速警告、抖杆警告、顶杆器等); ● 通用的以及和机型相关的迎角知识; ● 外界环境和飞机系统因素对迎角指示的影响, 以及它们与失速迎角和各种飞机警告系统的关系 (如特定机型的失速警告系统的知识等); ● 迎角指示 (如安装); ● 特定机型的操纵特性, 可以利用获取的迎角信息来阻止或改出复杂状态 (包括失速)。 <p>e. 马赫效应:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 马赫俯冲和马赫抖动及其形成原因; ● 受抖震裕度限制的最大高度; ● 临界马赫数, 及在临界马赫数时机翼上的空气作用力; ● 高速时的操纵面效应。 <p>注意: 有关迎角和马赫效应的培训仅仅应该在扩展适应特定机型时完成。</p>
<p>飞行中</p>	<p>模拟机训练应当在高空 (飞机实用升限 5000 英尺以内) 和 低空 (AGL10, 000 英尺以下) 完成。应该鼓励教员利用正常运行的巡航高度来进行高空培训。为了完全理解在理论培训中所讨论的相关概念, 学员应该能够展示出以下能力:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 当遭遇抖杆时能够识别 (如适用); ● 在高空以不同速度和自动飞行等级机动飞行, 并利用所学的空气动力学原理来阻止复杂状态; ● 要有从驾驶舱的可用数据中获取迎角信息的意识 (如速

	<p>度带上的红黑相间的条纹、俯仰极限指示器以及与俯仰姿态相关的飞行航径指示)，而且飞行员要能展示出可以利用这些数据来阻止复杂状态或者改出复杂状态的能力；</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 掌握有关利用迎角输入来提供告警的系统相关知识，并了解相应的系统限制； ● 利用升降舵输入控制速度，或利用推力、飞机能量状态控制速度，使其与所飞机型相适应。飞行员要展示出利用所学知识改出复杂状态的能力； ● 了解飞机在不同速度、不同构型下以及飞行扰流板收起/伸出时（如果存在不对称）的横滚性能； ● 了解飞机在不同速度、不同构型以及襟翼收上/放出时的俯仰性能。
2. 载荷意识	
理论	<p>要了解飞机的 g 载荷效应，尤其是在飞机处于复杂状态时。要强调运输类飞机上所感受到的 g 载荷效应要比模拟机大得多。在大型客运飞机上剧烈的超重和失重会让飞行员们很不舒服（从旅客舒适和安全角度）。当面临需要快速甚至是剧烈地机动飞行时，飞行员应该克服这种不适。大多数全动模拟机都无法模拟大于或小于 1g 的载荷，因此，我们必须设想驾驶舱在飞行中所承受的载荷不等于 1g 的情况。飞行员在中度颠簸时，可能会感受到显著超重或失重，甚至可能难以蹬到方向舵，未固定好的东西可能四处飞散。然而，应该强调的是小于 0g 的机动并非常态。</p>
飞行中	N/A
3. 能量管理	
理论	<ul style="list-style-type: none"> ● 动能（速度）、势能（高度）和化学能（推力）之间的相互关系； ● 飞机如何进入高能量和低能量状态，以及如何利用可用的输入操作来把飞机的能量状态改出至安全稳定的状态； ● 外界因素如何改变飞机能量状态，以及如何进行修正； ● 应该关注哪些参数来决定采取合适的反应；与其他飞行员交

	<p>又检查并分享信息以增强情景意识；</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 在复杂状态事件中飞行机组应该监控什么，以及 PM 在改出中如何利用恰当的喊话或语言反馈来协助 PF 实施改出。
飞行中	<p>培训应该包括综合性的 CRM 训练，以便拓展机组关于能量管理和减少人为差错的知识 and 技能。为了完全理解理论培训中所讨论的这些概念，飞行员应了解以下方面：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 飞机在低高度、中高度和高高度的加速性能（如在低高度和高高度分别从 200kt 加速至 250kt，这和高空改变马赫数一致），以便体会可用推力的变化； ● 在低高度和高高度下推力曲线顶部的加速性能； ● 最大巡航/爬升/连续推力，以及高高度的起飞复飞推力之间的关系； ● 下降中的加速性能及推力应用； ● 在起飞或进近构型下遭遇前面重型机的尾流。
4. 飞行航径管理	
理论	<p>a. 飞行航径和能量管理系统</p> <p>飞行员应该深入理解正常运行，带故障运行及其影响，以及航径和能量管理系统的综合效果。关于航径和能量管理的培训应该包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 正常系统运行和限制； ● 系统指示和工作模式，包括交叉检查和证实工作模式，理解特定模式如何控制飞机，以及与其他系统的协调配合； ● 故障模式及其影响； ● 常见的特定机型的故障情况； ● 避免常见错误并了解其发生原因； ● 确保正确使用自动系统进行航径管理，并了解错误操作的后果； ● 理解特定机型的特点以阻止无意中误用自动模式引发的 LOC-I 事件（如基于高度的垂直速度或指示空速模式）； ● 在复训时进行系统性回顾； ● 了解常见构型和不同飞行阶段的飞机俯仰姿态、推力设定

	<p>和空速，（与相应机型一致）；</p> <p>b. 人工飞行</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 首先保证正确的飞行航径，其次才是练习人工飞行技能； ● 非直觉因素。举例来说，当使用更大的顶杆力改出大迎角状态时就可能是违背直觉的，尤其是在低高度的时候； ● 另外，对翼下挂载发动机的飞机来说，可能需要减小推力来减小迎角，由于增加推力会导致强烈的上仰力矩； ● 从自动飞行转换到人工飞行，包括从使用飞行指引转换到利用“原始参数”（如适用）。
<p>飞行中</p>	<p>培训应该包括非正常运行情况、仅依靠主要飞行仪表飞行、人工飞行、飞行包线边缘运行等等，这些都可能在日常运行中遇到。例如：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 大重量且接近前/后重心限制的情况下起飞； ● 在进近/着陆构型下，识别并改出小速度/低能量状态； ● 在接近使用升限时识别并改出小速度/低能量状态； ● 爬升至升限高度，稳定在升限高度，从升限高度下降； ● 非计划的从自动飞行转换至人工飞行，包括从使用飞行指引转换至使用“原始数据”（如适用）。
<p>5. 造成复杂状态的因素</p>	
<p>理论</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 环境因素诱发的复杂状态，原因可能是颠簸，山波风，风切变，雷暴，微下击暴流或者飞机积冰。 ● 飞行员诱发的复杂状态，产生原因可能是误解或者仪表交叉检查过慢、姿态和推力调整不恰当、飞行员输入不恰当、无意识、分神、空间定向障碍、飞行员失能、误解自动系统工作模式或是使用不当、因自动系统断开而转换至人工模式以及飞行员的犹豫不决。 ● 机械原因引起的复杂状态，产生原因包括飞行仪表异常/失效、自动飞行设备异常/失效、飞行控制系统故障/失效或者其他系统异常。 ● 和 LOC-I 事件相关的常见错觉（如躯体重力错觉、倾斜错觉、柯氏错觉等等）。教员应该讲解这些错觉产生的原因，

	<p>以及遵守程序来避免产生错觉的重要性。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 因目视参考缺失造成飞机复杂状态的情形，比如小坡度横滚（如不易感知的横滚率，通常小于三度每秒）。
飞行中	教员可以利用这些因素来设置训练科目。
6. 回顾与飞机复杂状态相关的事故及事故征候	
理论	要关注对于造成复杂状态的事件的理解，以及恰当的或不恰当的决策对飞机复杂状态的影响。必要时，改出复杂状态。
飞行中	提倡教员使用过去的与复杂状态相关的不安全事件进行训练。
7. 识别复杂状态	
理论	<p>a. 在正在发展或者已经形成的复杂状态中，一些典型的关于仪表指示的示例。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 机外的目视参考，各种典型的有关复杂状态的仪表指示，重点关注俯仰、推力、横滚和速度趋势。教员应该向学员阐明各复杂状态的内容，以便他们识别飞行参数的偏离； ● 同时也需要包括一些正常情况的训练，以便学员能区分正常和非正常的情况； ● 视情讨论一些其他有关复杂状态的线索，比如声音或者抖动之类的。 <p>b. 俯仰/推力/横滚/偏航</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 飞行员必须对仪表设备，以及与俯仰、推力、横滚和偏航有关的飞行动力学有一个基本的理解，以便能识别飞机的当前状态，并做出正确反应来阻止偏离或改出复杂状态。 <p>c. 有效的仪表巡视</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 应当培训学员有效的仪表巡视技术，学员应能识别正常状态和任何参数偏离 ● 为了阻止因监控不当而出现的航径偏离，教员应该教会学员在所有飞行阶段在何时需监控何种参数、交叉检查及证实。 <p>d. 具备 CRM 技能的机组成员应该能够使飞机回到正常飞行状态，能与其他成员交流飞机状态，包括利用 CRM 喊话来增进</p>

	<p>机组的情景意识。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 有证据表明，PM 相比于 PF, 能更好的察觉飞机状态或飞行参数的不利趋势； ● PM 应该以积极监控飞机状态和飞行参数为任务目标，及时喊话提醒任何非计划的偏离。
飞行中	教员应在整个训练过程中持续强化上述有关复杂状态识别的理论知识。
8. 复杂状态改出技术	
理论	<ul style="list-style-type: none"> ● 强调及时恰当的干预飞机复杂状态。 ● 强调任何时候飞机一旦偏离计划航径必须立刻开始采取措施改出至稳定的飞行航径。 ● 强调 PM 和 PF 必须尽早识别偏离，并且确保立即采取修正措施使飞机回到稳定的飞行航径，而不是等到飞机情况恶化进入复杂状态。 ● PM 可以使用的干预策略包括：提醒 PF 关于计划航径的偏离，建议行动措施，直至接管操纵以避免事故或事故征候。一旦 PM 接管操纵，他应当宣布操纵交接。 ● 姿态指示仪（ADI），主飞行显示屏（PFD）上的姿态指示，抬头显示器（HUD）（如适用），是改出复杂状态的主要参考仪表。 ● 鉴于能见度不断变化，飞行员可能无法依靠外界有足够的目视参考。 ● 航空运营人和设备制造商（OEM）可能已经制定了有关政策来应对预期的飞行航径的微小偏离，诸如坡度、速度、航向等等，还包括相应的标准喊话。上述程序或者 CRM 技术的目的是不仅让 PM 能够注意到超出公司政策设定的参数偏离，还能让 PF 采取修正措施。 ● 改出发展中的复杂状态的操纵动作应该柔和，积极有效，俯仰、横滚和偏航的输入量和变化率要均衡。 ● 可能有必要使用全行程的操纵面偏转；然而，初始改出时如果随意使用全行程的操纵面偏转可能会加剧飞机的复杂状态。过量的或者不恰当的操纵可能让飞机的反应事与

	愿违，这会让飞行员“吓一跳”，从而导致飞机从一种复杂状态进入到另一种复杂状态中去。
飞行中	<p>附件 3 表一和表二中的机头过度上仰和机头过度下俯应该首先在基于机动的训练中练习，然后才是基于场景的训练。对于改出机头过度上仰来说，应该要求学员顶杆使载荷小于 1g。</p> <p>注意：大迎角状态下方向舵控制仍然是有效的，在复杂状态预防和改出中必须要特别留意方向舵的使用。防止操纵面反转十分重要。为了保持机体结构完整性，应该避免快速的全行程操纵面反转。</p> <p>在这项训练中，教员应该：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 使用教员操作台监控改出中的 g 载荷和其他飞行参数； ● 如果改出动作太过剧烈应给出明确的指导意见，例如，改出中超过了机体结构或者其他飞行限制； ● 如果改出不到位应给出明确的指导意见，例如，由于操纵输入不足造成延迟改出或效果不佳； ● 如果改出时操纵输入过量，或者操纵面来回反转，应给出明确的指导意见； ● 当飞行员使用正确的力度改出后，应该提醒他们注意在模拟机中无法感受到 g 载荷可能造成在真飞机上因为可以感受到 g 载荷而使得改出操纵力度略显不足。
9. 复杂状态预防的特别训练项目	
飞行中	<ul style="list-style-type: none"> ● 人工控制低速飞行：低速飞行的目标速度是与飞机构型相一致的 VREF。低速飞行使得飞行员只能以略高于失速速度的速度飞行，这样可以考验飞行员在非进近的情况下机动飞行而不失速。其目的是为了强化学员所学的基本失速特征，并让学员操纵飞机以不同姿态、构型、坡度和高度在逼近训练极限飞行时获得操纵经验和亲身感受。 ● 大坡度转弯：大坡度转弯可以给飞行员提供一些实际的有关 g 载荷的体验和超出正常坡度机动飞行的经验。 ● 空速不可靠人工飞行：空速指示系统故障的训练对于飞行员理解特定的失效模式是很重要的。另外，其他相关系统的连锁故障可以提供一种训练环境——飞行员可以利用复杂状态下尚能使用的设备及功能来练习人工操作飞

	<p>机。在许多事例中，空速不可靠会导致飞行员只能依靠俯仰和推力来控制飞机。进一步说，这些机动要求飞行员必须理解大型运输类飞机的空气动力学性能。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 人工操纵仪表进离场：现代飞机通常使用自动飞行系统（如自动驾驶或自动油门）操作。自动飞行系统十分有用，不仅可以提高安全性和工作负荷管理，还能使得运行更为精确；然而，持续使用自动飞行系统导致飞行员快速改出非预期状态的能力退化了。
10. 系统故障	
理论	<ul style="list-style-type: none"> ● 理解飞机系统，以及系统故障如何造成复杂状态。 ● 航空运营人应该参考 OEM 的检查单和程序，其中包括系统及设备失效的操作指南。
飞行中	<p>系统故障可以诱发飞机进入复杂状态。模拟机允许教员安全地设置在真飞机上不太可能出现的故障。与飞机系统、仪表、推力以及自动设备相关的失效/故障都应该包含在训练之中。如果可能，不准确的飞行参数（如不可靠的空速）也应该作为训练计划的一部分，飞行员可借此学习识别参数错误，预防飞机复杂状态，并保持对飞机的控制。</p>
11. 受飞行包线保护的飞机正常及降级工作模式	
理论	<ul style="list-style-type: none"> ● 理解包线保护的正常模式，以及所有可能的降级工作模式。 ● 可以从飞机制造商那里获取包线保护的综合信息。 ● 航空运营人应该充分培训飞行员了解包线保护在正常、非正常和紧急情况下的不同效果。
飞行中	<p>教员要演示正常和降级模式下的飞行包线保护。突出强调显示符号、仪表指示和飞行特性的不同之处（如适用）。</p>
12. 人为因素	
理论	<p>人为因素是 UPRT 的一个重要且不可或缺的组成部分。飞行员在面对飞机偏离飞行航径或突发复杂状态时的生理和行为反应都属于人为因素的范畴。将人为因素纳入到 UPRT 训练中对于提高飞行员的情景意识和飞行技能也很重要。人为因素包括但不限于机组资源管理、学习和认知过程，以及受训学员在今后</p>

的职业生涯中触类旁通的能力。

● 威胁和差错管理

威胁和差错管理也与 UPRT 息息相关，它包括：飞行员之间以及飞行员与飞机之间的沟通交互技巧、飞机的正常状态、对可能导致复杂状态的环境威胁的识别与管理、对航径偏离的理解与识别，以及如何做出反应并采取行动。威胁和差错管理是应对人为因素的非常重要的手段。

在出现复杂状态事件时，飞行员如果没有经历过类似的情况，那么他们进行有效思考的能力可能就会大打折扣。航空运营人可以通过 UPRT 训练来培养飞行员的这种能力，让飞行员明确哪种操作输入是恰当的，以及如何合理安排任务优先顺序来避免过重的工作负荷。

● 人的信息处理能力

为了让飞行员清楚如何做出正确反应，他们必须要知道如何对信息进行处理。这些都是基础知识，有助于飞行员沟通交流、决策、提高情景意识和机组协作。

信息处理能力包括以下方面：

- 注意力 — 感知能力，可以从环境中获取相关信息
- 洞察力 — 理解所获取的信息
- 判读 — 将相关信息与执行当前任务所需的知识联系起来
- 判断 — 将行动要求与正确反应加以统一
- 决策 — 评估为了达到所要求的结果而需要作出的正确反应或采取某一替代方案
- 行动 — 落实所要作出的正确反应
- 反馈 — 核实所采取的行动是否能够满足正确的任务要求

● 机组资源管理

飞行员要作为一个团队来保持正确的飞行航径，而且 PF 和 PM 要有明确的职责分工。

机组资源管理的训练包括：

- 开发并使用合适的飞行员交流方式，以便对飞机的当前状态达成共识
- 识别飞行航径的偏离，并按照 PF 和 PM 的职责分工进行改出

机组资源管理的训练应能在 PF 和 PM 之间合理分配任务，以避免任一人工作负荷过大。

飞行员应能在大脑中构建一幅飞机实时状况的画面，在飞行过程中不断更新并与另一飞行员交叉证实。PM 依据标准操作程序（SOP）进行标准喊话，这有助于和 PF 沟通交流，使机组能够实施必要的改出动作。

● 情景意识

飞行员需要在监控过程中始终保持情景意识。飞行员要对飞机当前状态以及即将出现的状态保持清醒的画面意识。飞行中出现错觉导致空间定向障碍、受到惊吓、疏忽或自满等因素可以导致飞行员的画面意识中断，进而丧失情景意识。

在飞行航径发生偏离时，重要的一点就是要确保最初采取的措施是正确的，以免适得其反。因此，在出现复杂状态时，及时准确地确定实际飞行状况和飞机能量状态至关重要。找出诱发复杂状态的原因则居于次要位置，可以稍后处理。

飞行员应该使用主要的飞行仪表来帮助确定飞机的飞行状况。姿态指示仪是主要的参考仪表。

情况分析的过程包括：

- 与其他机组成员沟通交流
- 利用姿态指示仪确定飞机的俯仰和坡度
- 通过其他参数来帮助确定姿态
- 评估飞机的能量状态

● 惊吓和应激反应

人在面对意外威胁时会做出应激反应，会出现一系列的生理、心理和认知的改变，从而影响到应对策略，飞行员应该有协调能力协调飞行安全和机组成员之间的关系。

如果飞行中出现的意外事件超出了飞行员的预期，飞行员

	<p>可能会受到惊吓。如果意外事件足够严重或者出现在飞行的关键阶段，那么飞行员对此作出的反应是否正确就决定了整架飞机的命运。</p> <p>UPRT 训练中应尽量包括各种出其不意的场景。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 生理因素 <p>承认视景错觉和前庭错觉（角度和线性）所带来的不利影响并作出恰当反应是 UPRT 的一个关键方面。在训练期间，要涉及下列方面：</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 可以导致空间定向障碍的条件，以及相信并利用仪表来克服障碍 ➤ 避免对姿态、推力进行调整时出现偏差 ➤ 避免飞机出现震荡现象并改出 ➤ 识别和管理飞行中的感官错觉 <p>上面各项均应在理论训练期间予以涵盖，但在模拟机训练时可侧重</p> <p>其中一些项目。空间定向障碍是多起复杂状态事故的一大主因。飞行员不能解决自身感官与飞行仪表之间明显存在的不一致，即为出现了空间定向障碍。如果允许这种障碍继续下去，就会诱发复杂状态。监控飞行仪表以及交叉证实是保持空间方位感的关键。</p> <p>对一些因复杂状态引发的不安全事件分析后发现，疏忽或者忘记监控飞机状态可能导致复杂状态事件。忘记监控仪表或者盯着某一仪表出神均可导致飞机状态出现偏差。例如，在飞行的关键阶段警告灯点亮，就可能造成飞行员注意力分散。许多复杂状态诱发的不安全事件都发生在飞行员过于专注某些任务而忽略了整个飞机状态的时候。</p>
飞行中	UPRT 教员应该在训练中加入人为因素的内容来加强训练效果。

附件 2 训练场景和机动飞行参考样例

三个场景是基于本咨询通告中所描述的基本理论和概念而设置的。局方鼓励开发其他场景以便满足自身训练需要。这些例子应该很容易修改成适合于运输类飞机所用的内容。以下样例并非为了设置某种限制，而是提供一个开发训练课程的框架。

注意：飞机制造商的程序优先于本咨询通告中的建议措施。

场景 1：机头过度上仰（针对翼下挂载发动机的飞机）

场景 1：机头过度上仰（针对翼下挂载发动机的飞机）	
教员任务	设置场景让飞机出现非预期的机头过度上仰（40 度以上），且飞机全推力。
目标	该场景仅适用于翼下挂载发动机的飞机。飞行员要能发现机头过度上仰并立即采取改出措施。如果没有达到明显的机头下俯率，飞行员应该将推力减至某一位置来达到合适的机头下俯率。
强调重点	<ul style="list-style-type: none"> ● 推力对于俯仰力矩的影响 ● 识别和改出 ● 机组配合 ● 迎角管理，包括可用的迎角指示 ● 震惊和惊吓（出其不意） ● 改出复杂状态回到所需飞行航径后应有情景意识，包括航向、地形、高度、其他飞机以及驾驶舱自动设备
模拟机设置要点	为了实现所需的场景，考虑使用以下手段： <ul style="list-style-type: none"> ● 系统故障可以导致错误的俯仰姿态指示 ● 其他系统故障可以导致机头过度上仰 ● 现实的环境威胁可以导致飞行航径偏差
场景因素	<ul style="list-style-type: none"> ● 一旦意识到复杂状态的早期指示，实施相应的改出程序 ● 柔和、从容、积极的操纵输入可以避免增加飞机载荷 ● 如必要，减小推力可以减小上仰力矩
完成标准	<ul style="list-style-type: none"> ● 识别并证实状况 ● 起始改出可以先将推力减至中间位置，直到建立可察觉的下俯率

	<ul style="list-style-type: none"> ● 证实自动驾驶和自动油门脱开 ● 合适的改出措施包括：使用全机头向下的升降舵输入，如需要，使用安定面配平。建立稳定的机头下俯率，应该注意飞机载荷应小于 1g ● 机头接近地平线时，飞行员检查空速，调整推力，并建立合适的俯仰姿态和安定面配平保持平飞 ● 要能展示出让人满意的机组配合能力
常见的飞行员错误	<ul style="list-style-type: none"> ● 不能及时脱开自动驾驶和自动油门 ● 不能在必要时充分减小推力，以获得下俯姿态 ● 推力过度减小 ● 不能使用充分的升降舵输入 ● 不能在需要时使用安定面配平
常见的教员错误	<ul style="list-style-type: none"> ● 不能意识到学员不恰当的操作输入 ● 如果超出认证的模拟机包线，不能给飞行员建议，不会中止训练来避免负迁移效应

场景 2：空速不可靠

场景 2：空速不可靠	
教员任务	故意设置可以导致错误空速指示的场景
目标	飞行员将会发现空速不一致，确定空速数据出现错误，执行非正常程序，利用俯仰和推力设置保持对飞机的控制
强调重点	<ul style="list-style-type: none"> ● 识别 ● 机组配合 ● 迎角管理（如有可用的迎角指示） ● 保持对飞行航径和飞机能量的情景意识并管理 ● 声音和视觉警告（环境和飞机的指示） ● 完成合适的非正常检查单 ● 震惊和惊吓（出其不意） ● 人工飞行技巧 ● 高度对操纵输入的影响
模拟机设置要点	<p>场景要在 IMC 条件下位于或接近最大操作高度时实施。利用模拟机设备来故意产生错误空速指示：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 全部或者部分皮托管/静压孔堵塞或结冰 ● 大气数据计算机失效
场景因素	<ul style="list-style-type: none"> ● 巡航中，一个或者两个空速指示将会失效 ● 发现空速指示错误的飞行员要大声喊出空速差异 ● PF 要保持对飞机的控制并叫出合适的非正常检查单 ● 在场景结束时，教员要和学员讨论可用的飞机迎角指示
完成标准	<ul style="list-style-type: none"> ● PF 要会管理飞机俯仰和推力来避免失速 ● 要能演示出让人满意的机组配合能力 ● 正确识别错误的空速数据 ● 完成合适的非正常检查单 ● 证实自动驾驶和自动油门脱开 ● PM 要向 PF 提供有意义的参数喊话（如姿态和高度偏差以

	及趋势)
常见的飞行员错误	<ul style="list-style-type: none"> ● 不能意识到俯仰控制和迎角的重要性 ● 大幅改变推力 ● 不能完成合适的非正常检查单 ● 过量的操作输入，尤其是俯仰
常见的教员错误	<ul style="list-style-type: none"> ● 不能意识到学员不恰当的操作输入 ● 如果超出认证的模拟机包线，不能给飞行员建议，不会中止训练来避免负迁移效应

场景 3: 最低限度的小坡度横滚

场景 3: 最低限度的小坡度横滚	
教员任务	设置场景以便产生不易察觉的横滚率（小于三度每秒），从而导致非预期的大坡度
目标	飞行员会意识到飞机出现大坡度，并立即实施复杂状态改出程序
强调重点	<ul style="list-style-type: none"> ● 识别和改出 ● 机组配合 ● 迎角管理 ● 自动驾驶（如接通）断开时会出现超出配平能力的操纵力 ● 声音和视觉警告（环境和飞机的指示） ● 震惊和惊吓（出其不意） ● 不同等级的自动程度的效果 ● 高度对于改出的效果 ● 改出复杂状态回到所需飞行航径后应有情景意识，包括航向、地形、高度、其他飞机以及驾驶舱自动设备
模拟机设置要点	<p>场景应设置在允许改出的高度。可以使用干扰机组注意力的措施（如轻微的故障，ATC 指令和天气等）。利用模拟机故意产生缓慢不易察觉的横滚率（小于三度每秒），方法包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 姿态改变 ● 推力不对称 ● 系统故障（如悄悄使自动设备停止工作） ● 为了产生或达到复杂状态的目的，不应该禁用或盲目降低飞行操纵效用来实现空气动力学复杂状态
场景因素	<ul style="list-style-type: none"> ● 教员要故意使飞机出现不易察觉的横滚并达到 30 度以上坡度 ● 任一飞行员将会发现这种情况并喊话坡度大 ● PF 要展示出恰当的改出程序 ● 脱离自动驾驶和自动油门 ● 如果存在机头过度上仰或下俯的情况，识别并采取正确的

	<p>改出措施</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 保持对飞机能量管理和横滚率的情景意识 ● 如必要给飞机卸荷（降低迎角），在机头接近地平线时改平机翼 ● 改出完成后，调整俯仰姿态回到所需飞行航径
完成标准	<ul style="list-style-type: none"> ● 向最近的方向改平机翼 ● 让飞机回到指定的飞行航径 ● 要看到令人满意的机组配合
常见的飞行员错误	<ul style="list-style-type: none"> ● 改出时向错误的方向改平机翼，导致坡度更大 ● 改出复杂状态后，机组失去情景意识且不能回到指定的飞行航径或遵守 ATC 指令 ● 机组发现过慢或不能及时喊话坡度大 ● 执行不恰当的改出程序 ● 不能脱开自动驾驶或自动油门 ● 过慢地减小迎角（给飞机卸荷） ● 不能保持对飞机能量管理的情景意识
常见的教员错误	<ul style="list-style-type: none"> ● 不能意识到学员不恰当的操作输入 ● 如果超出认证的模拟机包线，不能给飞行员建议，不会中止训练来避免负迁移效应

机动飞行 1: 人工控制低速飞行

机动飞行 1: 人工控制低速飞行	
目标	识别低能量状态或高阻力飞机构型, 以及飞机对操纵输入和推力输入的缓慢响应, 来提高飞行员在进行失速训练前对于低速操纵特性的理解
强调重点	人工飞行技巧
模拟机设置要点	<ul style="list-style-type: none"> ● 不限制云底高和能见度 ● 低速机动要在以下两种场景下实施: <ul style="list-style-type: none"> ➢ 低高度光洁构型, 然后减速至飞机形成着陆构型。实施该机动时, 保持最大着陆全重以及相应构型的 V_{REF} 速度 ➢ 高高度光洁构型 (如接近使用上限), 接近最大全重并保持最小光洁速度 ● 目标速度应该低于各种构型的正常速度。最小速度应避免引起抖杆。理想情况下在整个机动过程中可以选择某一速度在避免抖杆的情况下实施合理的机动。发生抖杆而不执行失速改出会导致负面训练效果
场景因素	<ul style="list-style-type: none"> ● 在保持高度的同时, 柔和建立俯仰 (使用配平或升降舵或安定面)、坡度以及推力, 以便减速至所需目标速度 ● 保持直线平飞来稳定速度和配平 ● 改变转弯方向, 左转以及右转, 来观察人工操作特性。 ● 保持与速度和构型相适应的坡度, 左转或右转 90 度 ● 转弯中保持 500fpm 爬升或下降
完成标准	<ul style="list-style-type: none"> ● 恢复至与构型相适应的合适空速, 并建立合适的高度和航向 ● 当建立水平直线匀速飞行时, 即为完成改出
常见的飞行员错误	<ul style="list-style-type: none"> ● 减小推力时带杆力不足, 导致飞机掉高度 ● 减小推力时带杆过度, 导致飞机爬升, 紧接着空速又快速减小 ● 转弯中偏航阻尼补偿不足 ● 视线固定在速度指示上

- | | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none">● 当襟翼放出或收上时不能预见到升力的变化● 推力管理能力不足● 不能充分分配注意力来控制飞机和确定方位 |
|--|--|

附件 3 UPRT 改出训练的范例

表一. 从过度上仰中改出

任一飞行员：识别并证实正在发展的状况。喊话“机头高”	
PF	PM
● 自动驾驶 ¹ ：脱开	● 在整个改出过程中监控姿态、空速，并喊话提醒任何持续的偏离
● 自动油门：脱开	
● 俯仰：施加尽可能多的使机头向下的顶杆力，以获得机头下俯率	
● 推力：调整（如需要）	
● 当空速充分增加时，改出至平飞 ²	

注意：改出至平飞可能需要配平。

注意：如必要，考虑减小推力（翼下挂载发动机的飞机）协助产生下俯率。

1. 自动驾驶断开时可能出现配平过量的情况。
2. 避免因过早改出或过高的 G 载荷而失速。

表一相应的解释说明

<ul style="list-style-type: none"> ● 任一飞行员：识别并证实正在发展的状况。喊话“机头高”
<p>说明：在识别并证实中的关键一点就是清楚的理解飞机的能量状态及其变化率，因为这会影响 PF 的改出处置。</p>
PF
<ul style="list-style-type: none"> ● 自动驾驶¹：脱开 ● 自动油门：脱开
<p>说明：保持自动驾驶或自动油门接通可能导致不易察觉的或不恰当的无意识变化或调整，尤其是在高工作负荷的时候。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● 俯仰：施加尽可能多的使机头向下的顶杆力，以获得机头下俯率
<p>说明：这可能要求全机头向下的操纵输入。如果需要持续的杆力来达到所需反应，那么可以按需使用机头向下的配平来抵消杆力。如果机头向下的输入未能达到所需的机头下俯率，可能需要通过横滚操作来协助俯仰控制。大坡度在减小过度上仰中很有用。坡度角正常情况下不应该超过 60 度左右。持续的机头向下的升降舵力会降低机翼迎角，而这会使得正常的横滚控制很有效。横滚机动会把上仰转变成转弯机动，从而减小上仰姿态。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● 推力：调整（如需要）
<p>说明：对于翼下挂载发动机的飞机而言，除了使用俯仰配平以外，另一种能够有效促使机头下俯的方法就是减小推力。推力只能减小到刚好能够控制俯仰为止。减小推力能够减小上仰力矩。事实上，在一些机型的某些情况下，可能有必要持续减小推力来阻止迎角持续增加。如果俯仰率通过配平和升降舵输入得到控制，不建议减小推力。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● 当空速充分增加时，改出至平飞²
<p>说明：改出至稍微机头向下的姿态以降低进入另一种复杂状态的可能性。如必要，在机头接近地平线时，改平机翼。检查空速，并按需调整推力和俯仰。</p>
PM
<ul style="list-style-type: none"> ● 在整个改出过程中监控姿态、空速，并喊话提醒任何持续的偏离
<p>有证据表明 PM 相对于 PF 而言，常常能更好的发现飞机状态或者飞行参数的不利趋势。</p>

表二. 从过度下俯中改出

任一飞行员：识别并证实正在发展的状况。喊话“机头低”	
PF	PM
● 自动驾驶：脱开 ³	● 在整个改出过程中监控姿态、空速，并喊话提醒任何持续的偏离
● 自动油门：脱开	
● 如必要，首先改出失速	
● *向最近的方向改平机翼 ⁴	
● 推力和阻力：调整（如需要）	
● 改出至平飞 ⁵	

警告： 过度使用俯仰配平或方向舵会加剧复杂状态或导致飞机结构载荷过大。

3. 自动驾驶断开时可能出现配平过量的情况。
4. 可能需要施加向前的顶杆力减小 G 载荷以便改善横滚效果。
5. 避免因过早改出或过高的 G 载荷而失速。

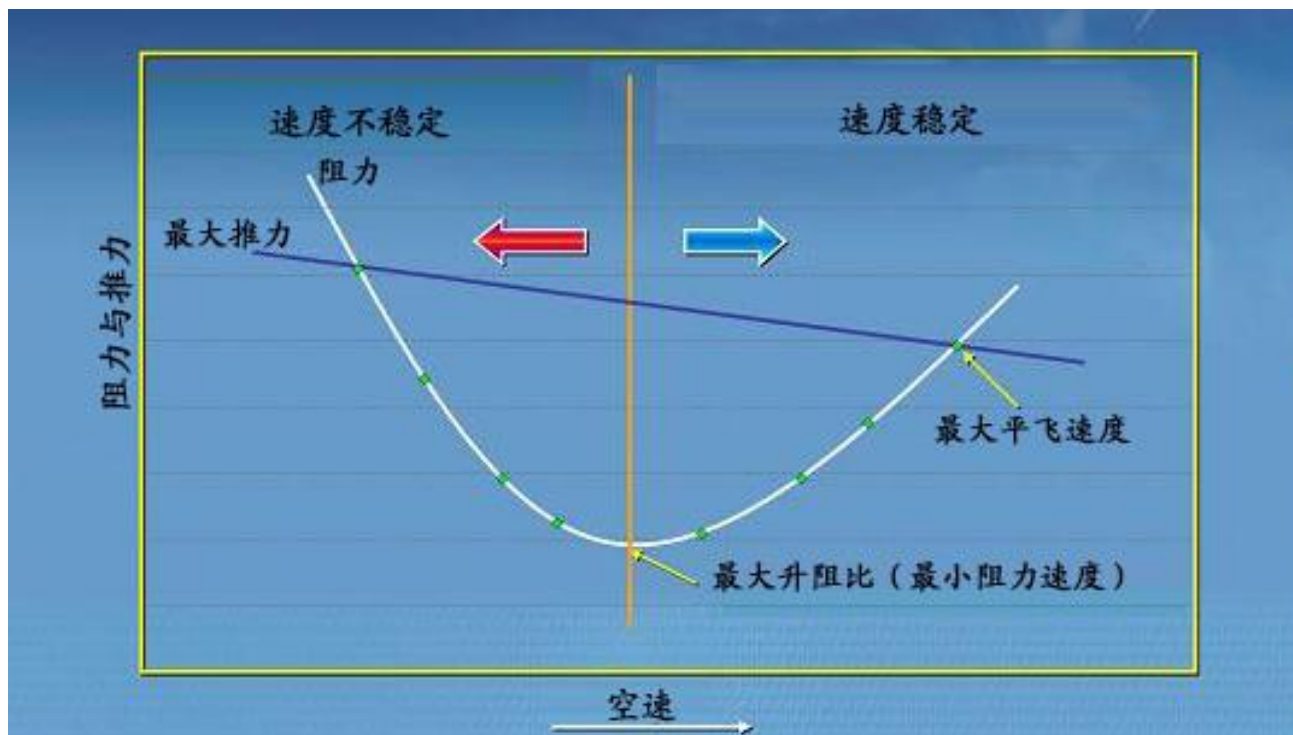
表二相应的解释说明:

● 任一飞行员: 识别并证实正在发展的状况。喊话“机头低”
说明: 在识别并证实中的关键一点就是清楚的理解飞机的能量状态及其变化率, 因为这会影响 PF 的改出处置。
PF
● 自动驾驶: 脱开 ³
● 自动油门: 脱开
保持自动驾驶或自动油门接通可能导致不易察觉的或不恰当的无意识变化或调整, 尤其是在高工作负荷的时候。
● 如必要, 首先改出失速
即使在机头下俯低速的情况下, 飞机也可能在相对较低的俯仰姿态下失速。必须优先改出失速。这可能需要机头向下的升降舵输入, 而这不可能靠直觉做到。
● 向最近的方向改平机翼 ⁴
说明: 可能需要全部的副翼和扰流板输入来柔和地向最近的水平方向改出横滚。很重要的一点就是直到飞机机翼改平以前, 不得增加正的 G 载荷, 而且要使用机头向上的升降舵输入和安定面配平。可能有必要减小带杆力以让飞机卸荷, 从而改善横滚的效力。如果飞机坡度超过 90 度, 在给飞机卸荷时可能感觉像是在‘推人’(篮球术语, 推人犯规)。有必要让飞机卸荷用以改善横滚控制并阻止较大的升力矢量指向地面。
● 推力和阻力: 调整(如需要)
说明: 如果空速很低, 增加推力; 如果空速很大, 减小推力, 如有必要, 拉起减速板。
● 改出至平飞 ⁵
说明: 建立和所需速度一致的俯仰、推力以及增阻设备的形态, 完成改出。
PM
● 在整个改出过程中监控姿态、空速, 并喊话提醒任何持续的偏离。
有证据表明 PM 相对于 PF 而言, 常常能更好的发现飞机状态或者飞行参数的不利趋势。

附件 4 飞行员应了解的高空高速空气动力学基础知识

从纯粹实用的角度出发，FL250 以上的高度定义为高空。

1 最大升阻比 L/D_{MAX}



图中所示的阻力曲线的最低点就是所知的 L/D_{MAX} ，对应速度即最小阻力速度。低于该速度的范围称为低速飞行，高于该速度的范围称为正常飞行。正常飞行具有与速度相关的稳定性。如果总推力设定没有改变，当飞机在稳定的推力设定下以某一稳定的速度平飞时，任何速度扰动（比如颠簸）都会导致速度回到最初の設定值。

低速飞行具有与速度和推力设定相关的不稳定性。当飞机在稳定的推力设定下以某一稳定的速度平飞时，除非增加推力，否则任何造成速度减小的扰动都会导致速度进一步减小。如图中所示，越低的速度越会使飞机阻力增加。阻力的增加会进一步减小速度，这可能会最终导致完全失速。鉴于低速范围的低效和天然不稳定性，因此必须避免在高空以低于最大升阻比的速度飞行。当以低于最大升阻比的速度飞行时，一旦总阻力超过推力，飞机将不能保持高度，摆脱低速状态的唯一可行的选择就是立即下降高度。

一些外部因素，比如风的变化、转弯中增加的阻力、颠簸和结冰等，或者内部因素，比如防冰的使用、自动油门减小、引擎故障或者失效等，都能造成速度损失。现代飞机为了旅客舒适而设计的高阻尼自动油门，通常不能通过快速增加推力来阻止速度低于 $V_{L/D_{MAX}}$ 。

较低的巡航速度也存在潜在风险。当为了节油而使飞机进入效率更高的飞行剖面时，可能需要在高空以更低的马赫数飞行。最终结果将会缩短飞行员识别和应对高空速度恶化的时间。

在任何情况下，飞行员必须确保在高空运行环境下以不低于 $V_{L/D\ MAX}$ 的速度飞行。恰当的飞行规划以及使用公布的爬升剖面与巡航速度将确保这一状况不会发生。

2 转换高度

转换高度是指当某一指定的校准空速(CAS)和马赫数到达同一真空速(TAS)时对应的高度。在该高度以上，通常用马赫数作为速度参考。

3 推力受限的状况和改出

在高空，尤其是转弯过程中，大多数喷气式运输机都是受推力限制，而不是低速抖动限制。飞行组必须要留意外界气温和可用推力。在巡航中，为了避免受推力所限而损失速度，飞行组应使用飞行管理系统来减小坡度（如安装了实时坡度保护功能），或者选择 10-15 度的坡度限制。如果出现高空速度衰减，飞行组应立即采取以下措施恢复：

- 减小坡度
- 增加推力—如果自动油门仍然保持在较低的推力限制时，果断选择最大连续推力
- 下降高度

如果出现高阻力状态而且最大可用推力也不足以补偿速度损失时，唯一可用的选择就是下降高度。

4 最大高度

最大高度是飞机所能运行的最高高度。对现代飞机而言，它是由对每一机型都独有的三个基本特征所确定的。最大高度是以下三者之中最低值：

- 最大认证高度（结构限制），由适航认证确定，通常由机身压力载荷限制决定。
- 推力限制高度—在该高度上，有可用的足够推力来提供某一特定的最小爬升率（100fpm）。
- 抖振或机动裕度限制高度—在该高度上，飞机具有特定的并早于设定的抖振值的机动裕度。

尽管以上限制高度均由现代化的飞行管理系统校对检查，然而，除了相对轻微的机动飞行外，可用推力还可能会限制飞机完成其它操作的能力。

当接近这些限制高度运行时，一旦出现颠簸或者其他环境因素的影响，速度和迎角就存在着改变的可能，而这会造成速度降低或者失速，以及可能出现的高空复杂状态。

所有飞机都装备有某种形式的失速告警系统。飞行员必须弄清楚所驾驶的飞机上安装的系统（抖杆器，振动器，声响警告等）及其所提供的功能。高空环境中，飞机抖动有时是出现严重问题的初始征兆。

5 机动稳定性

速度一定，当改变相同的操纵面位置时，因为高空的气动阻尼更小，飞机在 35,000 英尺高度产生的俯仰率要比 5000 英尺高度更大，导致迎角的改变更大，从而产生更大的升力和更高的载荷。如果操纵系统设计用来提供固定的操纵力与升降舵偏转比率，那么随着高度增加它产生同样的载荷只需更少的力。

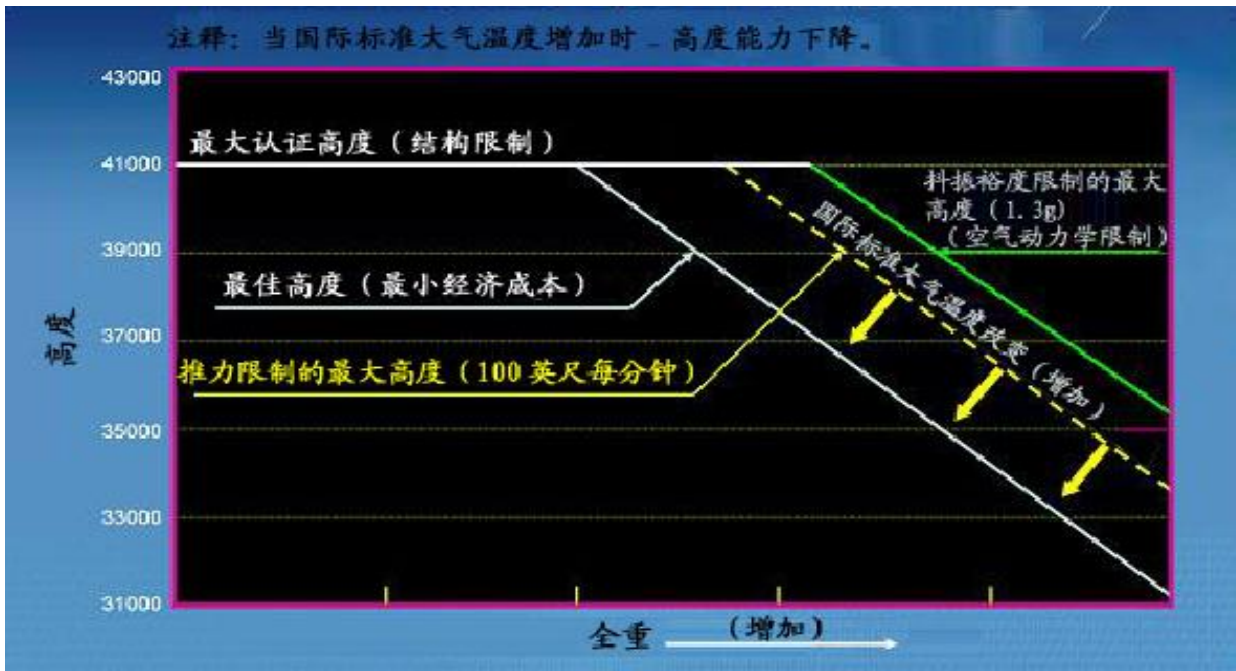
在给定姿态改变量时，飞机的爬升率和真空速是成正比的。因此，在海平面，290 节的校正空速（CAS）下产生 500fpm 升降率的姿态改变量，和在 35,000 英尺高度 CAS290 节（相当于 490 节真空速）产生 900fpm 升降率的姿态改变量是相同的。从本质上来说，这个特性对较小的姿态改变量是准确的，正如保持高度所用的方法一样。这也是为什么在高空要求柔和少量的操纵输入的原因，尤其是在断开自动驾驶的时候。

现代运输类飞机的操作限制是用来保证在这些限制内的运行不会受到不利的操作特性的影响。多种因素会造成超出限制的情况发生，并且所有现代飞机都经过测试，允许飞行员使用正常飞行技巧把暂时的超限状况修正至正常操作包线内。使用大幅度剧烈的操作输入是很不必要的。飞行员不必采取快速剧烈的动作，也不必立即断开正常工作的自动驾驶。一旦发生超速，飞行员应当柔和调整俯仰姿态和/或推力来减小速度。

在高空飞行过程中，最佳高度总是有正常的充足的机动裕度。当接近最大高度时，机动裕度会严重降低。接近最大高度飞行时会降低坡度能力；因此，自动驾驶或飞行组的输入应当保持在抖振界限以下。使用水平导航（LNAV）能确保坡度限制以遵守抖振和推力裕度。使用其他自动飞行模式，或者人工飞行可能进入导致抖振的坡度。当位于或接近最大高度机动飞行时，推力可能不足以保持高度和速度。飞机起初可能处于抖振限制内，但会因推力不足而无法保持必要的速度。以下性能图表可以阐明这些情形。

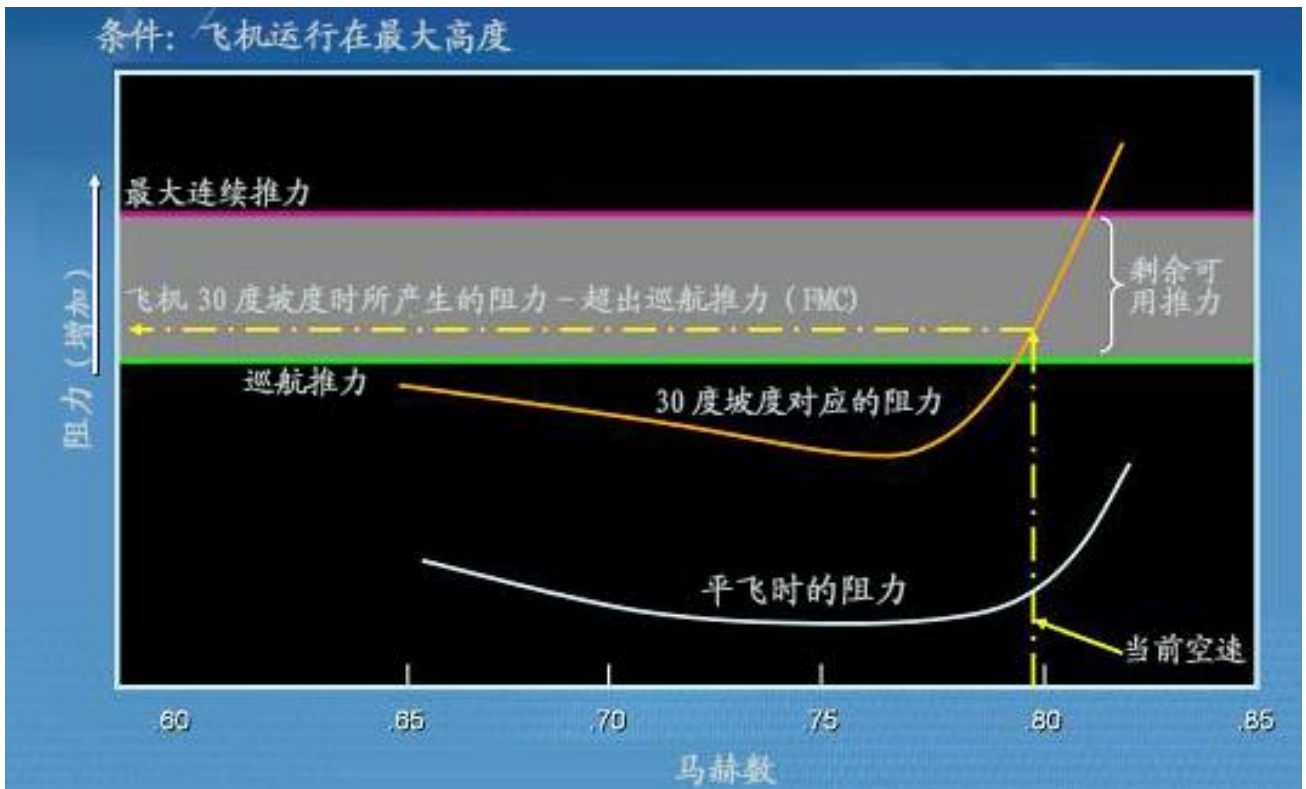
图二显示的是典型的运输类飞机的最佳和最大高度能力。气温升高时，最大高度能力显著下降。区间所示的情形就是，虽然机动裕度依然充足，但随着高度增加，气温会影响推力维持速度的能力。

图二：典型的最佳高度 VS 最大高度



图三显示了对正常巡航速度而言，在确定的重量和高度下飞机依然有剩余推力可用。当以 30 度坡度转弯时，阻力超过了正常的最大巡航推力限制。如果飞行员选择了最大连续推力 (MCT)，那么在同样的情况下仍然有足够的推力来保持转弯坡度。

图三：随坡度增加而增大的阻力 VS 可用推力



6 马赫俯冲与马赫抖动

某些飞机上，速度超过 M_{mo} （最大马赫数）时，会发生马赫俯冲的现象。在临界马赫数以上，当流经机翼上任何一点的气流先达到 1 马赫的速度时，机翼表面就会形成激波，也会出现马赫抖动。随着速度增加，马赫抖动会持续增强，激波会后移，机翼的气动中心也会后移，从而造成飞机的低头趋势。由于因激波移动造成的升力中心改变，飞行员会感觉到飞机的下俯趋势。在现代运输机上，这种现象已经在很大程度上已经消除了。

7 抖振裕度限制的最大高度

飞行中有两种需要考虑的抖动：低速抖动和高速抖动。随着高度增加，发生低速抖动的指示空速也随之增加；随着高度增加，发生高速抖动的速度随之降低。因此，给定一个重量，当高度增加时，高速抖动和低速抖动之间的裕度随之减少。

飞行员通过恰当的使用抖振边界图和机动能力图可以确定能飞的最大高度，并能满足所需的抖振裕度要求。

在高空剩余可用推力受到限制。飞行组必须认识到在任何时候可以通过选择最大可用/最大连续推力，来得到额外推力。然而，在极端的速度衰减情况下，最大连续推力（MCT）可能并不够用。飞行员可能必须使用合适的下降技巧，来阻止速度进一步衰减至接近或进入失速。

8 高度换速度

尽管飞机构型确定后，失速迎角通常也是确定的，但是在高空，后掠翼涡喷飞机可能因为马赫效应而在更小的迎角下失速。相对于低高度来说，飞机在高空的俯仰姿态也会显著变低，而低速抖动可能在即将失速之前出现，因此用以帮助改出失速的可用推力会明显减少，飞行员必须要使用升降舵来控制俯仰姿态。对于改出失速来说，最大限度地减小高度损失不是飞行员应该考虑的因素。飞行组必须要用高度来换取速度。只有在失速状态改出以后，恢复高度才能被置于首要目标。

当迎角超出失速迎角时，飞机进入失速。失速可以用以下一个或多个特征的组合来判断：

- 飞机抖动，有时会非常剧烈
- 失去俯仰控制
- 失去横滚控制
- 无法控制下降率

这些特征常常伴随着持续的失速警告。

9 失速

飞行员要理解迎角和失速的一个基本原则就是机翼可以在任意速度和高度失速。进一步说，俯仰姿态和气动失速没有关系。即使飞机在下降时速度裕度很大，机翼表面也可能失速。如果迎角超过失速迎角，机翼表面就会进入失速。

大多数飞行员已经在模拟机甚至是在飞行训练中经历过接近失速，但从真正的失速中改出则是一种相当不同的情况，因为改出技术是不同的。以前，教员教给飞行员的接近失速改出技术重点在于维持接近失速的状态，并强调最低限度的高度损失（现在这种状况已经纠正了）。在高空，这种技术会因为剩余推力不足而显得难以胜任。不减小迎角是不可能从失速中改出的，并且还一定会损失高度，而这一切和飞机离地面多高没有关系。尽管推力矢量有助于改出失速，但却并不是主要的手段。在失速迎角下，阻力非常之大，可用推力也可能不够用。此外，如果发动机处于慢车，加速会非常缓慢，因此会延长改出过程。在高空，如果可用推力减少，那么对飞行员来说更显得雪上加霜。升降舵是改出失速状态的主要操作手段，因为不管失速从哪个高度开始，如果不减小迎角，飞机将保持失速状态直至撞地。

有效的失速改出需要谨慎柔和的减小机翼迎角。升降舵是所有飞行阶段中的主要俯仰控制手段，而不是推力。

10 高空天气影响可能导致减速或者失速

在高空，上层气流例如高空急流对飞行的影响非常显著。急流区的速度很大，它既可以是利风的顺风，也可以是让人讨厌的顶风。急流区边界的风切变能够导致严重的颠簸以及速度和马赫数的非预期变化。风切变，或者局部的扰动，能够造成巨大瞬时的巡航速度损失，爬升过程也一样可能受到影响。如果飞机性能受到高高度限制并随后遭遇顺风切变，在一些严重的情况下，发动机推力也会衰减。飞行员只能增加推力或者减小迎角来恢复正常的巡航/爬升速度。如果没有额外推力可用，那就可能需要用高度换取速度来让飞机加速，以脱离推力衰减的区域。

11 结冰—防冰使用对性能的影响

飞行员应该理解高空偶尔会出现飞机结冰，并准备好使用除防冰设备。对飞行状况的认真监控在决策中非常关键。

在高空恰当正确的使用防冰设备是非常重要的。飞行员应该认识到使用防冰设备会降低可用推力。一些情况下，一旦开启了防冰设备，推力可能不足以维持巡航速度和高度。

12 飞行中结冰的失速裕度

飞行中结冰是一个严重的危险。它会破坏飞机表面的平滑气流，增加阻力，降低操纵效应以及减小翼形产生升力的能力。和正常情况相比，飞机可能在更高的速度和更小的迎角失速。如果飞机失速，飞行员可能无法控制横滚或俯仰操纵，这会导致飞行中的复杂状态。

即使除防冰系统正常工作，飞机上一些未保护区域所累积的冰也可能会严重增加飞机重量和阻力。

诸如抖杆器之类的失速警告装置通常基于预设的迎角来激活。该设定值会在飞机进入实际失速且抖振或震动开始出现之前发出警告。对光洁状态的飞机来说，飞行员会得到即将失速的充分的警告。然而，一旦结冰，飞机会在抖杆器激活之前出现失速的特征，这是因为冰的聚集减小了失速迎角。在这种情况下，抖杆器或者其他失速告警装置则无法提前给飞行员必要的提醒。

飞行员在遭遇结冰时应当谨慎使用自动设备。自动驾驶和自动油门可以掩盖机体结冰的影响，而这可能造成飞机最终失控。已经有几起事故就是因为自动驾驶施加了极大的操纵杆力，并将飞机配平到失速状态而造成的。如果自动驾驶在为了补偿不对称结冰的影响（或者其他能导致横滚的类似情况）而保持很大的滚转姿态时断开，就会随即出现巨大的滚转力矩而导致飞机进入横滚复杂状态，而飞行员对此可能毫无准备。当自动驾驶断开时，飞行员可能会对飞机已经接近失速边缘感到震惊。

按照飞机的设计要求，一些自动驾驶能够一直操纵飞机直到抖杆。但有的自动驾驶会由于过大的滚转率、滚转角、操纵面偏转率或者不正常的杆力更早断开，此类情况下，自动设备不是失效了，而是它们就是这样设计的。

高空天气会使飞机易于进入复杂状态。雷暴、晴空颠簸、结冰是飞行员制定飞行计划时必须加以考虑的严重天气的一部分。认真研究天气预报、危险天气图及颠簸区域图是避免进入能导致复杂状态的天气条件的关键。

飞机一旦进入巡航阶段，谨慎的飞行员会更新目的地和航路上的天气信息。通过比较更新信息，飞行员能够更准确地确定天气预报图是否准确。如果收到关于严重颠簸的报告，飞行员应当仔细标明预计的颠簸区并绕开。对颠簸区的趋势监控同样重要飞行组应该关注颠簸增强的趋势，如果可能就尽量避开。避开潜在的颠簸区也能降低进入复杂状态的风险。