

编 号：AC-91-FS-2013-19

咨询通告

下发日期：2013年10月12日

编制部门：FS

批准人：万向东

特技飞行

一、目的和依据

随着通用航空的发展，越来越多的飞行爱好者有兴趣尝试包含特技飞行动作的娱乐运动或竞技活动，为了给此类活动参与者提供必要的帮助和指导，提高特技飞行者的技能和知识水平，最大限度的降低特技飞行的安全风险，依据 CCAR-91 部、CCAR-23 部，特制定本咨询通告。

二、定义

(a) 特技飞行是指驾驶员有意作出的正常飞行所不需要的机动动作，这些动作中包含航空器姿态的急剧变化、非正常的姿态或非正常的加速度。其中，非正常的姿态包括：

1. 相对于地平线 60° 以上的坡度；
2. 相对于地平线 30° 以上的上仰或下俯姿态。

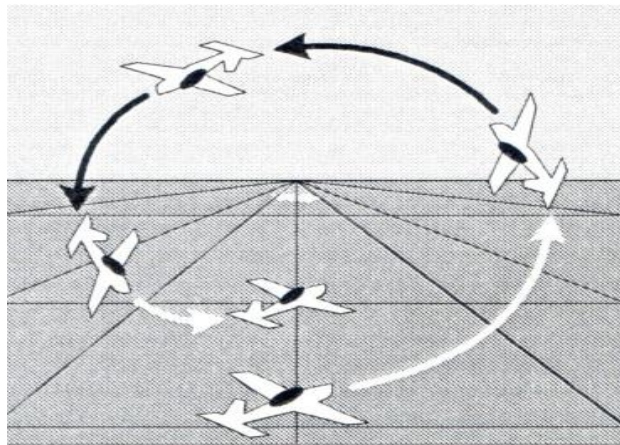
非正常的加速包括突然改变坡度、俯仰和速度。

(b) 特技类飞机，是指座位设置（不包括驾驶员）为 9 座

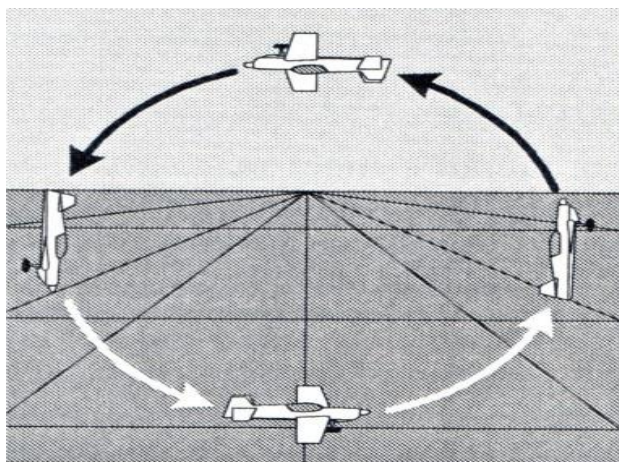
或以下，最大审定起飞重量为 5700 公斤（12500 磅）或以下，除了由于所要求的飞行试验结果表明是必要的限制以外，在使用中不加限制的飞机。

(c) 特技动作的类型和组合方式几乎是无限的，基本的特技动作包括下列类型：

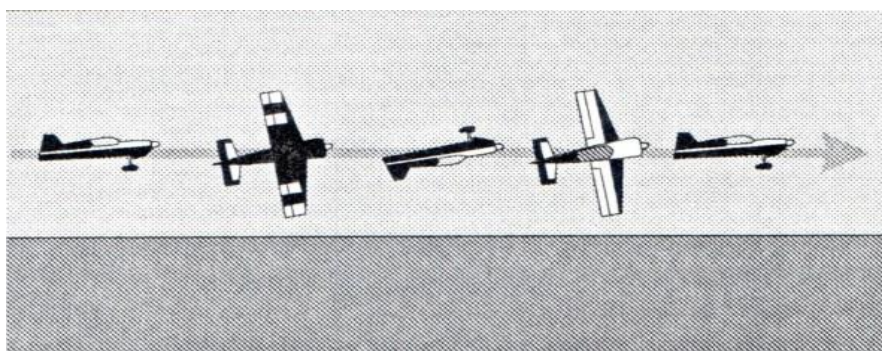
1. 桶型横滚：飞机以水平状态进入，在向左或向右绕飞机纵轴滚转 360 度的同时，沿着圆形桶状轨迹滚转 360 度，飞机改出的方向、高度与进入时一致。



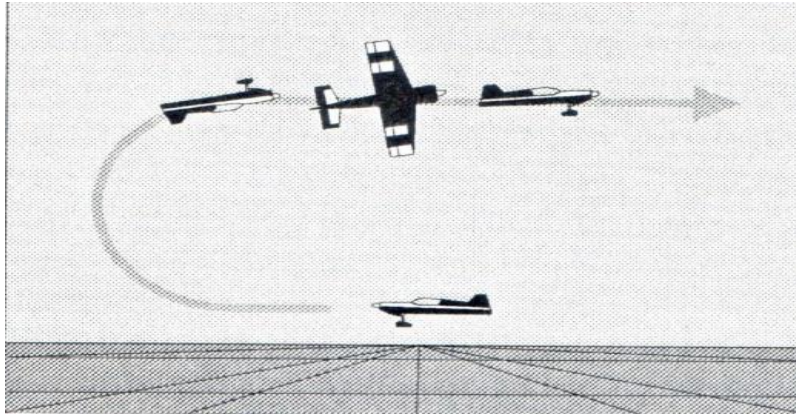
2. 筋斗：飞机以水平状态或带有一定俯冲角度进入，在铅垂面内做轨迹似圆形的飞行，同时绕横轴翻转 360 度，飞机改出的方向、高度与进入时一致。



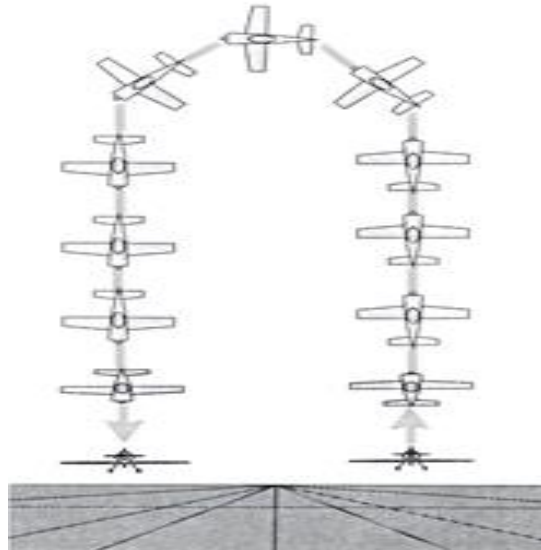
3. 慢滚：飞机在水平飞行航线上，做出向左或向右缓慢翻滚，同时绕纵轴滚转 360 度。飞机改出的方向、高度与进入时一致。



4. 半筋斗翻转：机以水平状态进入，在铅垂面内做轨迹似半圆形的飞行，同时绕横轴翻转 180 度，当翻转到达 180 度位置时，飞机作向左或向右滚转 180 度，水平状态改出。飞机改出的高度大于进入时的高度，其改出的方向与进入时相反。



5. 失速倒转：飞机以较大仰角进入，待速度减小到一定值时，绕立轴向左或向右翻转 180 度，使机头向下（地面）增速飞行，并在垂直俯冲状态改出，飞机改出的方向与进入时相反。



6. 螺旋：飞机失速后，产生的一种急剧滚转和偏转的运动，使飞机机头向下，绕空中某一垂直轴，沿半径很小很陡的螺旋线急剧下降的飞行状态，飞机改出的方向与进入时一致。

三、从事飞行表演活动的特技飞行员的特殊要求

(a) 从事飞行表演的特技飞行员应按照咨询通告《飞行表演的运行要求和措施》（AC-91-17）的要求取得相应的资质。

(b) 真高 1000 米以下实施特技飞行表演的飞行经历要求：

(1) 对于拟在真高 1000 米（含）以下进行特技飞行表演的飞行员，其在 12 个月内至少应有过 3 次特技飞行经历；

(2) 对于拟在真高 500 米（含）以下进行特技飞行表演的飞行员，其在 30 天内至少有过最低高度达到或低于真高 500 米的特技飞行经历；

(3) 对于拟在真高 300 米（含）以下进行特技飞行表演的飞行员，其在 30 天内至少有过最低高度达到或低于真高 300 米的特技飞行经历。

四、特技飞行的安全规定

(a) 除经局方批准外，任何人不得在下列情况下驾驶航空器进行特技飞行：

1. 在任何城市、集镇或居住地的人口稠密区上空；
2. 在露天的人员集会地点上空；
3. 在任何局方指定的区域内；
4. 在任何航路中心线两侧 10 千米范围之内；
5. 距地面 450 米以下；
6. 飞行能见度低于 5 千米时。

(b) 特技飞行只能在昼间目视气象条件下飞行。

(c) 特技飞行的飞机必须符合相关适航规定，否则禁止飞行员在该飞机上进行特技飞行。

(d) 严禁在飞行手册规定的速度以上做快滚；

(e) 在进行特技飞行时，飞行员必须确保：

1. 在飞机上没有松散的物品；
2. 锁好飞机上所有舱门；
3. 固定好空座位上的安全带；
4. 乘客不会干扰飞行员操纵，并且能够与飞行员保持沟通。
5. 所有人都必须系好安全带。

(f) 降落伞的要求

1. 在民用航空器上携带的在紧急情况下使用的降落伞，必须是经批准的型号，并且符合下列条件：

(1) 如果是座垫型(伞背在背后)降落伞，要求在前 120 天内由专业人员包伞；

(2) 如果是其他类型的降落伞，要求：

(i) 当降落伞的伞衣、伞绳和背带全部是由尼龙、人造纤维或其他类似合成纤维，或由抗霉损与抗腐蚀材料制成的，则在前 120 天内由专业人员包伞；

(ii) 当降落伞是由丝织绸、柞丝绸或其他天然纤维以及(i)规定之外的材料制成的，则在前 60 天内由专业人员包伞。

2. 除特殊批准或紧急情况外，任何人不得从中华人民共和国境内飞行的航空器中跳伞。

3. 当民用航空器上载有机组成员以外的人员时，只有机上每个乘员背上经批准的降落伞，驾驶员方可做超出以下范围的机动动作：

(1) 相对于地平线 60° 以上的坡度；

(2) 相对于地平线 30° 以上的上仰或下俯姿态。

4. 本款第 3 项不适用于：

(1) 驾驶员执照或等级的飞行考试；

(2) 由合格的飞行教员按照颁发执照或等级的规章要求所做的螺旋和其他机动飞行动作。

5. 在本款中，经批准的降落伞是指按型号鉴定试验合格或按技术标准规定生产出来的降落伞，或军方批准生产的降落伞。

(g) 飞行中的限制和安全要求

1. 使用空域的要求

特技飞行应选择一个远离飞行活动繁忙机场和建筑区的不拥挤空域。除非有固定的特技飞行训练空域，否则不允许在正常飞行训练区域进行特技飞行。进行特技飞行动作前应仔细观察飞行周边和地形地貌，确保特技飞行空域的净空条件良好，并与其他空域飞行活动无冲突。

2. 噪声限制要求

考虑到在许多特技飞行动作中，飞机的发动机将在高功率设置下运行，为了减少噪音对地面的影响，应尽可能在人烟稀少的地方或较高的飞行高度上进行特技飞行。

3. 飞行中的检查要求。

在开始特技飞行动作之前，飞行员应进行必要的检查(建议使用英文首字母缩略词 HASELL 进行检查)。

(1) 高度 (Height): 是否能够在计划的安全高度以上退出

特技动作；

(2) 机体 (Airframe): 起落架、襟翼是否收上 (如适用), 配平是否在正常范围内；

(3) 安全 (Security): 安全带是否系好和固定好, 舱门是否锁紧, 驾驶舱内是否有松动的物品；

(4) 发动机 (Engine): 发动机仪表检查是否正常, 混合比是否调整适合, 汽化器加温是否设置 (如适用), 燃油是否充足, 供油方式是否正确；

(5) 位置 (Location): 实施特技的空域是否合适, 是否在人口密集区上空, 迫降场地是否已选择, 周边的地形特征是否熟悉；

(6) 观察 (Look-out): 是否对特技飞行的各个方向进行了转弯观察, 周边是否已无其他飞行活动。

对于计划在低高度进行的特技飞行, 在进行低空特技之前, 飞行员应在一个较高的安全高度上进行下列检查:

(1) 通过倒飞的特技动作, 检查驾驶舱物品是否松动和飞机的各系统功能是否正常；

(2) 通过缓慢的筋斗特技动作, 检查飞机的操纵性是否正常；

(3) 通过在已知的高度上做机动动作, 检查飞机性能和高度表指示是否正常；

(4) 通过在 10 秒内做一个 3 至 5 个 G 载荷的转弯, 使心血

管系统适应更大载荷的特技动作。需要注意的是此练习不是最大载荷耐力检查。

4. 飞行超限的预防

(1) 特技飞行中应适时监控空速表、发动机仪表和加速度表的指示，防止出现超限飞行。

(2) 在飞行中的任何时间，只要出现超过极限飞行或出现操作感觉异常以及非正常振动等不正常情况，飞行员应立即返回机场，由有资质的机务维修人员进行维修检查。

(h) 航后检查的要求

飞行中出现机身断裂等严重问题，大多是由于前一次飞行严重超限或者之前多次超限累计所致，因此每次特级飞行结束后，必须全面检查机身是否有应力损伤或疲劳损伤的情况，并在飞机的履历本上记录已有的超限、损坏或维修，以便为下次飞行的飞行员提供参考依据。同时，飞行员或者机务维修人员应把此类情况告知飞机的所有者、运营人或者下一个使用者。每次特技飞行结束后，飞行员不要复位加速度表，以便将此次飞行的最大载荷数据保留给下一位飞行员以供参考。

(i) 其他的安全建议：

1. 必须保持飞机的适航性；
2. 检查自己身体上和精神上是否满足特技飞行的需要；
3. 应该熟悉自己的身体和飞机的极限；
4. 如果出现对飞机状态失去判断，首先恢复或保持水平飞

行状态，不要盲目操纵飞机，防止错误操纵；

5. 实施特技飞行前，应复习意外螺旋和不正常姿态的改出程序和动作；

6. 评估特技动作的顺序安排导致短暂失去意识的可能性；

7. 开始特技动作之前，应复习各动作的程序和飞行数据，同时必须做好充分的 HASELL 检查；

8. 应确保进入特技动作的高度能够完成计划的飞行动作，并在实施过程中随时监控飞行高度；

9. 任何时候，不要超过发动机最大转速和进气压力；

10. 特技飞行中，尤其是在持续的倒飞中，必须监控发动机温度和进气压力；

11. 任何时候不能超过飞机的载荷限制、 V_{NE} 限制或者飞行手册规定的其他限制；

12. 当飞机速度接近或大于机动速度 (V_A) 时，不要做全行程操作或者粗猛操作，也不要再在颠簸气流下给飞机实施较大的载荷，因为乱流容易使飞机应力超限。

13. 建议按照本通告附件 1 的内容，进行特技飞行的风险管理及威胁和差错管理 (TEM)，确保飞行安全。

14. 在实施特技飞行前，了解和掌握本通告附件 2 和附件 3 的相关知识，指导特技飞行的实际操作。

五、生效日期

本咨询通告自下发之日起生效。

附件 1：风险管理（Risk management）和威胁与 差错管理（TEM）

1. 风险管理

风险管理是一个确认风险、评估风险和采取策略应对风险的管理过程，应用于飞行计划实施之前，通过风险评估，确定此次飞行计划是否需要修改。

2. 识别危险源或威胁（风险）

飞行计划实施之前，确认影响飞行的主要因素，例如：

- 飞行员的飞行能力与此次特技飞行计划的动作及连贯性的难易度对比；
- 不适宜的环境条件；
- 飞机适航性问题；
- 飞行员的健康问题和最近的飞行情况；
- 外来的压力。

3. 危险源或威胁（风险）造成不良后果的可能性

3.1 确认危险源或威胁（风险）造成不良后果的程度

3.2 分析谁将会受到影响，可能产生的严重后果是什么？通常来说，在低空特技飞行中的一个差错或者失误对参与者是致命的。

3.3 必须对第三方（其他空域使用者和在地面上的人和财产）进行风险评估。

4 制定降低风险策略

降低飞行难度、省略某个动作、取消飞行或在更高的高度上进行练习等方法降低风险的推荐策略。

5. 实施降低风险策略

坚持既定的飞行计划和降低风险策略。在必要的情况下可以修改计划，但不包括未列入计划的特技动作。确认飞行计划不超过飞机和人的极限。

6. 飞行后总结

- 飞行是否按计划进行？
- 计划是否合理？
- 有无意外事件？
- 今后的飞行中如何改善风险管理计划或策略？

7. 威胁与差错管理（TEM）

7.1 威胁与差错管理（TEM）是一个具有较强操作性的概念，可以应用于每一次飞行，包括特技飞行。它给飞行员提供了一个系统化和前瞻性的方法来识别和管理可能影响飞行安全的威胁和差错。

7.2 威胁与差错管理（TEM）使用许多工具，包括培训、标准操作程序（SOP）、检查单、简令和机组资源管理（CRM）等来协助飞行员管理飞行安全。它作为一种有效的提高飞行安全的方法，已被航空业广泛接受，现在被国际民用航空组织（ICAO）要求作为飞行员从学员到航线运输驾驶员为取得相应驾驶员执照

和等级的训练的重要部分，也是特技飞行员运用到特技飞行的有效概念。

7.3 风险管理和威胁与差错管理（TEM）有一些重叠，特别是在制定、实施计划减少风险阶段和回顾飞行时。通常来说，风险管理是用于判断和决定运行是否在一个可接受的风险“级别”的过程，而 TEM 则是用于管理和保持安全飞行的具体方法。

8. 威胁

8.1 在 TEM 模型中，威胁是飞行员控制之外可能危及飞行安全的事件或危险源（例如气象条件），它们可能是可预见的也可能是不可预见的。飞行员需要良好的情景意识去预见和识别可能遇到的威胁。对于特技飞行，一些典型的威胁有：

- 强风和/或颠簸；
- 高密度高度；
- 其他飞机活动；
- 较高的地形或障碍物；
- 预先存在的飞机结构损伤；
- 地面的第三方。

9. 差错

9.1 TEM 模型认为，作为人类，飞行员犯错是不可避免的。差错可能是有意的或无意的行为，也可能是飞行员的不作为所致。差错分为操作差错、程序差错和沟通差错。外部的威胁也能导致飞行员差错的发生。

9.2 保证飞行安全要求在不正常情况发生之前鉴别和管理可能发生的差错。在特技飞行中一些典型的差错包括：

- 高度表设置错误；
- 飞机的操作差错；
- 未获取特技动作的相关参数或未按照相关参数实施；
- 由于个人冲动而偏离目标程序；
- 没有观察过载或其他限制。

10. 非预期的飞机状态

10.1 没有发现和正确管理威胁和差错可能导致非预期的飞机状态，这种非预期的飞机状态可能是飞行轨迹的异常或飞机构型的错误，它通常会降低安全余度。一个非预期的飞机状态大多数情况下可以恢复到正常飞行状态，但是，如果没有适当的管理，也可能导致一个事故或不安全事件的发生。特技飞行有时需要在短时间内识别并从非预期的飞机状态中恢复。特技飞行中非预期的飞机状态包括：

- 失速前抖动；
- 在能量不足的状态下开始特技动作（高度或速度不够）；
- 接近载荷或者其他机身极限；
- 动作中不正确的高度确认，导致低于所需的安全高度；
- 由于飞行员出现灰视和视野变窄，导致飞机短时失控。

10.2 正确的 TEM 要求飞行员计划和使用适当的对策防止威胁与差错导致非预期飞机状态的发生。TEM 中使用的对策可归纳

如下：

- 规划对策 - 包括飞行计划，飞行前准备会和应急计划；
- 执行对策 - 包括适时监控，交叉检查，工作负荷和自动化管理；
- 评估对策 - 包括在飞行计划执行过程中评估和修改计划，及时的判断和解决问题。

10.3 一旦非预期的飞机状态被识别，注意力应集中在如何操纵飞机恢复到正常状态，而不是考虑差错是如何形成的，因为这可能引发事故。

11. TEM 的应用

11.1 对于每次飞行，TEM 都应该是完整的，它包括潜在威胁和差错的预判和相应对策筹划，以及在飞行每个阶段中，对潜在的威胁和差错及相应对策进行检查，避免由于过于自信而忽视常见的危险。

11.2 差错管理需要接受差错是不可避免的这一事实。使用标准操作程序、检查单，适时监控和交叉检查的程序来减少差错的风险，并管理已经发生的差错。任何时候的保持良好的情景意识对 TEM 是必不可少的。

11.3 下列内容可以帮助飞行员把 TEM 应用到特技飞行中：

- 每次飞行预测可能的威胁和差错，并计划好相应对策；
- 起飞之前和进入连贯特技动作之前，应回顾计划好的飞行程序；

- 起飞简令中应包括预判的威胁和对策；
- 持续不断的对仪表和座舱外进行交叉检查，确认高度和速度，以保持对飞行状态的正确判断；
- 通过优先次序和任务量的合理安排，避免工作超负荷，保持良好的情景意识；
- 识别管理威胁和差错；
- 控制好飞机和飞行轨迹；
- 适时掌控不同特技动作的次序，如果需要，立即中止；
- 识别和管理非预期的飞机状态；
- 控制飞机、保持飞行航迹和果断中止特技动作（如需要）是第一位的；
- 不要过分专注于差错管理；

12. 情境意识

12.1 情境意识是对周围环境中所有要素保持适时地警觉，清楚它们是如何影响你的飞行，以及它们在未来是否会影响你的飞行。情境意识需要飞行员具有良好的预判能力，飞行中通过使用“假如…会怎么样？”的提问方式来提前考虑所有的可能性，积极主动地识别、处理潜在的威胁和差错，这将有助于加强飞行员的情景意识。有关特技飞行的提问包括：

- 飞行员体能；
- 飞行员过载承受度和准备程度；
- 飞机适航性；

- 飞机过载和操纵的限制；
- 飞机空速和发动机的限制；
- 特技动作的相关参数；
- 非正常状态和螺旋的识别和改出；
- 密度高度对性能的影响；
- 区域/地形/地貌；
- 高度限制；
- 云底高和能见度；
- 空域特点和其他飞行活动；
- 外来压力；
- 对人、动物和地面财产可能产生的影响。

13. 决断

13.1 在恰当的时间内，准确的评估、及时的决断和正确的执行等能力是安全的操作飞机和成功实施 TEM 的一个非常必要的要素。

13.2 情绪在决断中往往起着重要的作用，当决断是基于逻辑或者结构化的处理过程时，将减少情绪造成的不良决断结果的可能性。决断可以是前瞻性的（预测一个问题），或反应性的（处理意外问题），但是决断过程通常涉及：

- 识别问题；
- 收集相关信息；
- 产生相关方案；

- 选择最合适的方案；
- 实施决断；
- 当监控到原计划不一致时，进行必要的修正。

13.3 好的决断依赖于良好的情景意识、发现问题的能力和快速找到可用的方案能力，以及不受外界压力的影响决定采取最佳行动的果断。然而，研究表明，飞行员的决断主要基于以往的经验、教训和程序，特别是在时间有限的情况下，例如在特技飞行中。

13.4 特技飞行中所遇到的有些决断需要提前准备处理方法，因为在实施过程中，没有太多的时间来充分考虑一个问题所有方面。主动的决断是可以通过采用 TEM 确定潜在的威胁和差错，并计划相应对策使飞行员做好特殊情况准备。

13.5 要避免因一时冲动而决定实施无计划的特技动作，特别是避免基于外界压力作出这样的决定。

14. 疲劳管理

特技飞行是非常辛苦和劳累的。休息不足或飞行前的辛苦操劳，可能会影响身体机能和载荷承受力。特技飞行期间要制定一个合理的飞行计划，确保良好的身体状态，避免疲劳飞行。

15. 飞行前飞行计划的检查：

- 飞行员的资质是否适合特技飞行；
- 飞行员的身体和心理状况是否适合特技飞行；
- 飞机是否适合于计划的特技飞行科目；

- 是否已检查和了解飞机性能限制；
- 昼间气象条件是否适用于特技飞行；
- 是否选择适宜的飞行区域；
- 空域和高度限制是否已检查；
- 是否已安排好特技动作的顺序；
- 是否已清楚特技动作的相关参数；
- 是否已进行风险管理；
- 低空飞行时，是否已检查飞机载重以及影响性能的密度高度。

16. 飞行前飞机的检查

特技飞行的飞行前检查将包括正常的飞行前的所有检查项目，但更要关注那些与特技飞行安全相关的关键项目。

结构：检查包括支柱和支柱连接，升降舵和方向舵，金属褶皱或织物覆盖和任何结构件是否松动。也要检查操纵面，调整片和动作筒等。

安全带和肩带：确保用于特技飞行的安全带是合适的并处于良好的状态，检查机械锁是否牢固，检查空座位上的安全带是否绑好。

舱门和座舱盖：检查是否锁紧。

操纵系统：所有乘客就座并系上安全带后，确保操纵杆可以自由操作。

未固定物品：不要携带不必要的物品飞行，确保任何未固定

的物品已被固定或存放妥当。检查驾驶舱和行李舱有无异物，是否有松动的物品，保证所有乘客没有携带不需要的物品，确保座舱地板是干净的，烟灰缸是空的和封闭的。

17. 乘客

17.1 乘客进行特技飞行应知道的注意事项：

- 在任何时候安全带必须紧紧地扣好；
- 座椅牢固地锁定在合适位置；
- 不能影响飞行员的操纵；
- 是否适合特技飞行（没有疾病或体检合格）；
- 预先了解飞行动作和感觉；
- 当出现身体不适的状况或安全带和座位有问题时，立刻告知飞行员；
- 通风口开关和呕吐袋的位置。

17.2 不要搭乘对过载不适应的乘客。

附件 2：载荷和限制

1. 什么是“G”载荷？

1.1 G 载荷是作用在飞机上、导致飞机由于在速度或方向上改变而产生加速度的力的一种测量方法。一个 G 是指飞机直线水平恒速飞行时，为了平衡飞机重力或者重量而作用在飞机上的升力。

1.2 一个 60 度坡度水平转弯需要水平飞行的两倍升力，产生 2G 的载荷，是飞机重量两倍。一个特技动作如翻筋斗一般需要 4G 以上的载荷。

1.3 G 载荷可以由一个安装在飞机加速度测量仪测得。

2 正和负的 G 载荷

2.1 “正”的特技飞行动作是指飞机操纵杆向后移动而导致机头上仰的飞行动作，此时 G 载荷会把飞行员压向座椅。注意此处“上仰”和“俯冲”是相对于机身而不是地面。G 载荷作用方向与飞机的升力方向一致。

2.2 “负”的特技动作是指飞机操纵杆向前移动而导致飞机俯冲的飞行动作，此时会产生负的 G 载荷，有把飞行员从座位上提起来的趋势。负的 G 载荷的方向与正的 G 载荷的方向相反。

2.3 负的 G 载荷比正的 G 载荷对飞行员的生理影响更加明显。

3. 特技飞机的 G 载荷极限

3.1 特技类或实用类飞机可以用于特技飞行。两类飞机的主要区别是以 G 载荷表示的飞机结构强度的不同。在飞机适航审定

时，特技类飞机在设计上明显比实用类飞机或正常类飞机载荷范围大。

3.2 许多特技飞机装有 G 载荷表，用于指示特技动作中的最大的 G 载荷。只要飞行中超过飞机的规定极限，则必须由具有相应资质的机务人员检查机体。

3.3 放出襟翼或起落架通常会降低飞机结构承受 G 载荷的能力，特技飞行一般不应该在此构型下实施。

4. 滚转 G 载荷的极限

4.1 飞行手册中规定的飞机的 G 载荷极限是指两个机翼上产生等量的升力的对称情况下的最大载荷。当飞机实施滚转特技动作时

一个机翼上的升力通常比另一个机翼的升力大。这种非对称升力导致不对称的 G 载荷被称为“滚转 G 载荷”。

4.2 滚转 G 载荷的影响是正常 G 载荷的累加，如果在实施快滚特技动作时，在某个操作中达到了一个非常高的 G 载荷，那么飞机结构的极限就很可能被超过。由于加速度表不能指示滚转 G 载荷，所以飞行员必须给予充分的警觉。

4.3 有的飞机飞行手册会同时给出对称性 G 载荷和滚转 G 载荷的极限，但如果飞机飞行手册没有给出滚转 G 载荷极限，一个适用的经验法则是使用对称 G 载荷极限的 $2/3$ 作为滚转 G 载荷极限。

5 飞行手册操作极限

5.1 对于实用类飞机，可实施的机动动作列在经批准的航空器飞行手册和/或驾驶舱的标牌上。

5.2 特技类飞机通常最适合实施标准的特技飞行动作，但是某些类型的特技类飞机可能有一定的限制。特技类飞机的飞行手册或驾驶舱标语牌通常明示不允许的操作或者特技飞行的其他限制。

6. 速度限制

飞机飞行手册会给出飞机的速度限制。与特技飞行相关的限制速度包括：

- V_{NE} - 极限速度；
- V_{NO} - 正常操作限制速度；
- V_A - 机动速度；
- Entry speeds for manoeuvres - 机动动作的进入速度；
- Maximum flick manoeuvre IAS - 最大滚转进入表速。

7. 机动速度

7.1 在机动速度 (V_A) 以上进行全行程的升降舵操作将超过飞机飞机结构极限。当飞机速度小于 V_A 时，在超过飞机结构极限之前，飞机会进入失速。机动速度 (V_A) 应在飞机飞行手册中明确，并在仪表板上标示。当飞机大于此速度时，应避免全行程操纵飞机。

7.2 需要注意的是，规定的机动速度 (V_A) 是以飞机最大全重或最大特技飞行重量为基准，飞机重量变轻时，实际的机动速

度会小于飞机飞行手册给出的机动速度。

7.3 有人可能会认为，在较小的飞机重量情况下，即便超出了规定的飞机 G 载荷限制，由于此时 G 变小，施加在机翼上的载荷也可能不会超过设计极限。但是在此情况下，机身的其它部件，如发动机的连接部位，可能会因为承受载荷过大而发生结构性损坏。因此，只要飞机速度接近机动速度（VA），飞行员必须充分警觉。

8. 老旧飞机

许多老旧飞机没有飞行手册或标牌。飞行员应获得关于此类飞机特技飞行能力的可靠信息。老旧飞机的所有者和飞行员必须认识到时间可能会对飞机结构强度带来影响，如腐蚀、材料的质量、金属疲劳和其他可能降低飞机的结构完整性的因素。

9. 发动机和相关系统

9.1 对于特技飞机，通常都需要设计特殊的系统来应对负的 G 载荷影响，以确保发动机持续供油和润滑。对于没有此类特殊设计的飞机，虽然短时间内承受负的 G 载荷并不会造成发动机停车，但飞行员应该查阅飞机飞行手册，并熟知该飞机负的 G 载荷极限，以防止因供油中断导致发动机停车，或因润滑不足导致发动机过度磨损。

9.2 特技飞行中，飞行员应随时保持警觉，不可超过发动机和螺旋桨的转数（RPM）限制。

9.3 蓄电池需要密封或以其他方式阻止腐蚀性物质漏出。

附件 3：特技飞行中人的因素

1. 加速度载荷（G）的生理影响

1.1 特技飞行动作包括速度和方向的快速变化。这种快速变化对飞机和飞行员产生明显的加速度作用力，从而造成飞行员从轻微的不适到意识丧失的生理反应。

1.2 刚开始进行特技飞行的飞行员可能会出现晕机病、定向障碍和不适感等负面效应。大多数飞行员通过合理的飞行和训练会缓解这些生理反应，并很快会适应标准的特技飞行动作。

1.3 高难度特技飞行需要飞行员承受较高的 G 载荷及加速度的骤变，这些变化将导致意识丧失等危险的生理效应。为保证高难度特技飞行的安全，即便是有经验的飞行员也必须保持相应的练习，清楚自身对加速度的生理极限，避免超出生理极限，导致丧失意识。

2. 正加速度（+G）载荷产生的生理反应

拉升动作产生正加速度（+ G 载荷），造成身体及四肢感觉变重，并难以移动。血液被迫流向下半身及四肢，造成血压降低，导致大脑和眼睛缺氧。在+ G 载荷作用下，大脑和眼睛的血液供应会减少，飞行员可能经历灰视、管状视野、黑视等视力障碍，最终意识丧失。如果+G 载荷作用是稳定增加的，眼睛通常先于大脑受到血压减少的影响，将出现视觉不适的警告，表明失能即将发生。

2.1 灰视

在高的+ G 载荷的作用下，出现的第一个视觉信号可能是视觉丧失和清晰度下降，被称为“灰视”，可能还伴随着周边视力丧失。灰视阶段是过高+ G 载荷作用的警告。

2.2 管状视野

灰视后可能会发生中心视野的缩小，被称为“管状视野”。

2.3 黑视

若+G 载荷继续保持或增加，视野完全变窄，直到完全失去视力和“黑视”发生。飞行员虽然意识清醒却什么都看不到。如果不降低+ G 载荷，可能会马上发生意识丧失。

2.4 快速施加正加速度（+ G 载荷）的影响

如果高的正加速度（+ G 载荷）的施加足够迅速，持续大约五秒或以上的的时间，则会马上出现意识丧失，没有任何低水平的管状视野或黑视等视觉警告过程。

3. 负加速度（-G 载荷）产生的生理反应

推杆动作将对飞行员产生负加速度作用，使血液流向和器官移位都指向头部。飞行员最初的感觉是失重，并有离开座椅的趋势。在轻微-G 载荷作用下，飞行员的头、面部发胀充血。在更高的-G 载荷作用下，可能会出现眼睛的小血管和鼻部出血或头痛。由于这些不适感，飞行员需要更长的时间来适应负加速度（-G 载荷）。

3.1 红视

在高-G 载荷作用下，有人认为飞行员充血的下眼睑会向上

移位，并遮住瞳孔，此时会使导致飞行员视物发红，这种情况被称为“红视”。但是此情况没有被完全证实，有些飞行员质疑其是否存在。

4. G 载荷引起的意识丧失 (G-LOC)

4.1 在+G 载荷作用下，会引发脑血流量减少，使脑部氧供应急剧减少，而导致意识丧失。高-G 载荷作用一段时间后也有产生类似的情况。

4.2 虽然没有血流输氧，但仅依靠大脑和眼睛储备的氧气，短时间（约 4 至 7 秒）高+G 载荷作用可能还不足以引发意识丧失，但超出这个时间，当载荷大于或等于+5G 时，足以导致意识丧失。

5. 加速度 (G 载荷) 失能

5.1 在 G-LOC 事件中，飞行员完全无意识到完全失能会持续很短的阶段，随后是飞行员重新恢复意识的时期，但由于处于精神紊乱的状态，而无法控制飞机。等飞行员充分恢复后，虽然可重新操纵飞机，有可能需要较长的时间才能恢复情景意识，进行正常飞行。

5.2 飞行中的 G-LOC 通常会使飞行员控制力降低，从而减少加速度作用。因此，绝对意识丧失的实际持续时间可能平均只有约 15 秒。接下来相对失能期可能还会持续 15 秒，但也可长达 50 秒。

5.3 完全恢复可能需要几分钟的时间，在此期间，飞行员的

工作能力低于正常水平，可能更容易引发另一个 G-LOC。

5.4 G-LOC 潜在的危险是它经常在飞行员没有觉察的时候出现。离心机研究表明，50%的飞行员不记得曾发生过 G-LOC 活动。原因不明的高度下降或不寻常的飞机姿态都是可能发生 G-LOC 的警告，这可能也是停止特技飞行的很好的理由。

5.5 显然 G-LOC 发生后，特别进行低空特技飞行表演时，飞机失去控制的那段时间是非常危险的。

5.6 视觉症状都是氧储备严重枯竭的警告，如灰视、黑视，这表明 G-LOC 会马上产生，因此，应立即减少加速度作用。然而，因为在没有视觉症状时 G-LOC 也经常发生，所以不应完全依赖于其警告。

6. 从负加速度（-G 载荷）到正加速度（+G 载荷）的变化从 -G 载荷到 +G 载荷作用的快速变化也具有潜在的危险。当飞行员受到 -G 载荷作用时，颈部和胸部的血压会通过心率减缓来应对上半身的血压升高。如果在 -G 载荷作用后快速变化到 +G 载荷作用，上半身血压快速降低，心率不能迅速应对，难以保证大脑充足的血压。-G 载荷持续作用三到四秒后足以降低飞行员正常的 +G 载荷耐力，并有可能在飞行员的正常耐受值（低至 +3 G 载荷）之前就发生意识丧失。

7. 其他加速度作用

特技飞行表演中的 G 载荷通常是正向或负向的加速度作用，但有时也会受到两侧或前后的加速度作用。除此以外，在高难度

特技飞行中，如果不加以适当限制，飞行员也有可能受到猛冲作用。

8. 加速度（G 载荷）耐力

8.1 一般来说，飞行员可忍受大约+5G 载荷的作用，并在较长时间段内没有丧失意识，但这个数值随不同个体而显著变化，同一个体每天的耐受力也会变化。

8.2 下表列出了 G 载荷耐力的正常水平作为参考。

表 1 +G 耐力的阈值

症状	平均阈值	标准差	标准范围
灰视	4.1 G	±0.7 G	2.2-7.1 G
黑视	4.7 G	±0.8 G	2.7-7.8 G
无意识	5.4 G	±0.9 G	2.0 -8.4 G

9. 建立个体 G 载荷耐力标准

9.1 虽然某些飞行员比别人可承受更多的加速度，但都有一个极限值，同一个体其每天的耐力也会有很大的不同。由于规定动作中所需要承受的最大的加速度作用不同，所以，不是全部飞行员都能够参加高难度特技飞行比赛。

9.2 特技飞行员应根据其个体 G 载荷耐力的情况，结合目前的健康状况以及最近的特技飞行情况，随时意识到潜在的危險，并建立其个人的 G 耐力限值。

9.3 通过 3 G 载荷至 5 G 载荷持续作用 10 秒的热身动作，

可确认当天的 G 载荷耐力，并通过增加血压来轻微提高其耐力水平。

10. 抗 G 载荷收紧动作

10.1 抗 G 载荷收紧动作可显著增加+G 载荷耐力，但需在 G 载荷作用前开始启动才能完全有效。有效的收紧动作是为了防止血液汇集在四肢，特别是腿和下半身，从而保持足够的血压到大脑。收紧动作的正确完成可使+G 载荷耐力在正常水平的基础上增加 3G 或更多。

10.2 收紧动作包括下半身肌肉群、腹部、臀部及大腿部位的肌肉。在+G 载荷开始时就要进行收紧动作，直至+G 载荷结束。在+G 载荷作用时，如果放松收紧动作，可能会立即导致 G-LOC。

10.3 经常的特技练习和身体调节练习会增加收紧动作的效果。调节练习旨在增加腹部和大腿肌肉的力量。有氧运动和健身将有助于提高耐力，并有助于高 G 载荷的恢复。但这本身并不会提高 G 载荷的耐力水平。

11. “钩”动作

11.1 在进行肌肉收紧动作外，通常军事飞行员使用“钩”动作或者 Valsalva 的修正动作来进一步提高+G 载荷的耐力。

“Valsalva”是指通过捏鼻子，闭嘴憋气，而使耳部保持畅通。但如果操作不正确，它可能会引发 G-LOC。此动作只能结合收紧动作进行。

11.2 此动作不容易正确做好,需要大量练习才能达到安全、有效和熟练的效果。

首先,深吸一口气,完全关闭声门后持续呼气,增加并保持胸腔内的压力。

其次,大约每3到5秒钟用力短促呼气,并快速吸气。

11.3 这也被称为“钩”动作,因为最初“呼”的声音持续3到5秒钟后关闭了声门,且最后的“K”的声音使得呼气短促,并快速吸气。在+G 载荷作用下,作收紧动作需要不断重复“钩”动作。

11.4 此动作的目的是增加血压,通过保持和增加胸腔内较高的压力,来帮助心脏为大脑提供必要的血液。

11.5 实施此动作时,合理准确地把握时间是关键。如果呼气的时间间隔太短,则动作是无效的,但太长则会增加胸部压力,妨碍血液回流到心脏,造成血液循环丧失,可能引发G-LOC。

11.6 “钩”动作或 Valsalva 修正动作通常用于军事飞行员,允许其在很高+ G 载荷作用过程后段使用。对于特技飞行表演,由于其G 载荷作用的持续时间较短,因此,此动作并不是必须的。在高+G 载荷作用下使用“钩”动作或 Valsalva 修正动作前,飞行员需要好好练习,并仔细考虑其危害。

12. 头部抬高

在+G 载荷作用下,通过降低心脏与头部的直线距离或抬高腿部,可降低保持大脑血液循环所需的压力。为此,某些飞机座

椅可采用半斜倚位置。

13. 抗-G 载荷动作

虽然人们通常认为悬挂练习或倒立可能有利于适应-G 载荷作用，但目前还没有已知的有效方法来对抗-G 载荷的影响，建议通过保持正常呼吸和放松腹部和腿部的肌肉来适应-G 载荷作用。

14. 影响 G 载荷耐力的不利生理因素

14.1 飞行员可通过练习建立自己的 G 载荷耐力。但有些因素会影响其身体状况，G 载荷耐力可显著降低。有研究表明，脱水可降低高达 50%的 G 载荷耐力。降低 G 载荷耐力的因素包括：

- 脱水；
- 低血糖水平；
- 飞行前饱食；
- 疲劳；
- 长时间站立或坐着；
- 缺氧；
- 疾病；
- 吸烟；
- 酒精；
- 毒品；
- 药品；
- 低血压；

- 心血管的健康；
- 最近体重的增加或减少。

14.2 如果飞行员具有以上列出的任何身体状况，建议其进行特技飞行表演前，咨询专业的体检医生。

14.3 长时间不进行特技飞行练习也会降低飞行员 G 载荷耐力。飞行员一段时间未进行特技飞行时，需要进行必要的检查，重新确立其 G 耐力水平。

15. 定向障碍

15.1 人体生理平衡机制对正常飞行中所产生的力的作用就不太适应，对特技飞行更是如此。因此，不能依赖个人身体平衡感觉来确定方向，解决定向障碍的最佳办法是随时以天地线和地面景物作为参照物。

15.2 在进行高的 G 载荷特技动作时，快速的头部运动或头部转动会导致严重的定向障碍，因此应尽量避免。在高的 G 载荷作用下，头部转动还会有导致颈部受伤的风险。

15.3 在进行高的 G 载荷特技动作时，为了保持头部不动或少动，要求飞行员在特技飞行中提前预期需要观察的方向。

15.4 由于在快速旋转（如螺旋）中，飞行员保持对天地线和地面景物的有效参照非常困难，而且人体平衡机制也无法对混乱的信号进行视觉矫正，因此持续快速旋转也可导致定向障碍。

15.5 在特技飞行表演中，如果飞行员的耳鼻喉部发生感染，可能会导致其耳鼻喉部受伤或疼痛，甚至引起定向障碍。

16 G 载荷引发的前庭功能紊乱

16.1 G 载荷是否能引发的前庭功能紊乱目前还不是很清楚，但是在某些高难度特技飞行员的身上已经出现类似情况。它似乎发生在进行高 G 载荷飞行时，特别是 -G 载荷作用下，迫使飞行员的头部从一边转向另外一边时。

16.2 G 载荷引发前庭功能紊乱的症状可能有失去平衡感和特技飞行后感到恶心，该症状有时会持续数天甚至数月。

16.3 出现该症状的飞行员应寻求有经验的体检医生的帮助，并避免在症状存在时继续进行特技飞行。

17 空晕病

17.1 空晕病可能是由于飞行中产生的力作用于人体，特别是作用于腹部器官，导致人体平衡机制紊乱而导致的。

刚开始进行特技飞行时，大多数飞行员都会有一定程度的晕机。但通过练习可以解决或减轻晕机症状。

17.2 尽管在特技飞行中，通过呼吸新鲜空气和短暂休息可能对晕机有所帮助，但仍需要缩短特技飞行时间。在练习中，绷紧腹部肌肉和稳住内部器官，并保持目视参考将有助于缓解晕机。许多特技飞行员通过坚强的毅力克服了最初严重的晕机问题。

17.3 便于使用的呕吐袋，应列入特技飞行训练飞行前检查单。

18 医疗健康

如果特技飞行导致你出现了失能或其他持续的症状，应咨询有经验的体检医生后再恢复飞行。