

团 体 标 准

T/AOPA 0066—2024

整机降落伞系统通用规范

Standard specifications for aircraft emergency parachutes

2024-07-18 发布

2024-07-18 实施

中国航空器拥有者及驾驶员协会 发布

目 次

前言 II

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语、定义和缩略语 1

 3.1 术语和定义 1

 3.2 缩略语 2

4 降落伞系统组成 2

5 技术要求 2

 5.1 材料及外观 2

 5.2 各分系统设计要求 3

 5.3 总体性能 4

 5.4 设计要求 4

 5.5 环境适应性要求 5

 5.6 制造 5

 5.7 安装设计 6

 5.8 检查及维护 6

 5.9 使用限制 6

 5.10 产品标记 6

6 试验方法 8

 6.1 试验条件 9

 6.2 外观和尺寸检查 9

 6.3 ECU 功能检验 9

 6.4 环境适应性试验 9

 6.5 降落伞系统试验数据采集 9

 6.6 降落伞系统试验 9

 6.7 地面静态射伞试验 10

 6.8 地面动态射伞试验 11

 6.9 航空器空中开伞试验 11

7 检验规则 12

 7.1 检验分类 12

 7.2 组批 12

 7.3 出厂检验 12

 7.4 型式检验 13

8 标志、包装、运输和贮存 14

 8.1 标志 14

 8.2 包装、运输和贮存 14

附录 A（规范性） 航空器试验标准 15

参考文献 16

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国航空器拥有者及驾驶员协会（中国AOPA）提出并归口。

本文件指导单位：广州航空器审定分中心、中国民航科学技术研究院。

本文件起草单位：深圳市天鹰装备科技有限公司、常州市小域智能科技有限公司、中国民航大学、西北工业大学、中航通飞研究院有限公司、珠海通飞未来飞行器有限公司、广东汇天航空航天科技有限公司、中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所、中国特种飞行器研究所、北京航空航天大学、中国民用航空飞行学院、中国人民解放军空军航空大学、中航（成都）无人机系统有限公司、四川腾盾科技有限公司、上海飞机设计研究院、新兴际华智能装备技术研究院、航天时代飞鹏有限公司、湖南翔东龙飞机有限公司、一飞智控（天津）科技有限公司、上海峰飞航空科技有限公司、零重力飞机工业（合肥）有限公司、航宇救生装备有限公司、丰翼科技（深圳）有限公司、广州民航职业技术学院、四川航天中天动力装备有限责任公司、杭州迅蚁网络科技有限公司、拓攻（南京）机器人有限公司、广州亿航智能技术有限公司、广州汽车集团股份有限公司汽车工程研究院、御风未来飞行科技、深圳美团低空物流科技有限公司、珠海紫燕无人飞行器有限公司、成都博翼兴航科技有限公司、成都市无人机产业协会、全球无人机协会、西安融军通用标准化研究院有限责任公司、杭州智元研究院、青岛海检集团有限公司、海检集团（深圳）深圳电气科学研究院、清华大学车辆学院、湘潭大学机械工程与力学学院、北京理工大学珠海学院、广电计量集团、温州市航洋航空装备研究院、台州学院、深圳职业技术大学未来技术学院、深圳市大漠大智控技术有限公司、江苏科比特科技有限公司、吉客地空（上海）物流科技有限公司、百纳智航（深圳）科技有限公司、氢鹏科技（浙江）有限公司、深圳市科卫泰实业发展有限公司、深圳市翼飞鸿天无人机科技有限公司、国网电力科学研究院、常州市小域智能科技有限公司、威海飞腾航空科技有限公司、安阳迈杰航空科技有限公司、海南卓凡航空俱乐部有限公司、北京奔熠科技有限公司、西安从吾电子科技有限公司、中国太平洋财产保险股份有限公司、深圳市道通智能航空技术股份有限公司、智控动力（北京）科技有限公司、天津斑斓航空科技有限公司、青岛新动航空科技发展有限公司、广西优可福航空科技有限公司、河南三和航空工业有限公司、微至航空科技（深圳）有限公司、西安羚控电子科技有限公司、深圳市翼享飞通航科技有限公司、天津全华时代航天科技发展有限公司、成都时代星光科技有限公司、重庆驼航科技有限公司、天津华鼎科技有限公司、深圳达德航空科技、厦门无人机协会、广东容祺智能科技有限公司、大道科技（广州）有限公司、大远创新（深圳）未来科技有限公司、重庆中岳航空航天装备智能制造有限公司、深圳大学物理与光电学院、浙江飞航智能科技有限公司、河南坤宇无人机科技有限公司、昆明理工大学、青岛航鹏无人机科技有限公司、河北天遥航空设备科技有限公司、深圳天鹰兄弟无人机科技创新有限公司、深圳市九天创新科技有限责任公司、哈瓦国际航空技术（深圳）有限公司、长沙华羽先翔航空科技有限公司、追梦空天科技（苏州）有限公司、斯塔娜航空科技有限公司、成都亦航创新科技有限公司、广东梵亚科技有限公司、汕头世翼无人机有限公司、深圳市联合救援技术咨询有限公司、嘉兴中创航空技术有限公司、浙江威航智能科技有限公司、浙江省通用航空产业协会、东莞市纳米诺复合材料有限公司、南京赫鸿羲科技有限公司、漯河翰飞智能科技有限责任公司等。

本文件主要起草人：钟日铭、谢启浩、徐晓辉、刘国庆、郝志鹏、付金华、田毅、赵志斌、钟诚文、陈丰华、刘雅琴、柳永波、吴飒、周超、蒋鹏程、于莹潇、彭建、曾东、梁磊、尤向荣、聂永斌、杨寅、赵士磊、王宸、朱清华、张鑫华、洪为伟、邓红华、黄超、陈清海、王飞、贾宗林、董元杰、刘星宇、贾佳、梅繁文、宋浪、孙静、吴泽霖、阳建新、李成、李传增、田丰毅、张新钰、

周旋、张纯良、刘家兴、朱立涵、李勋、张冬军、邓涛、黄龙瑞、方扬、董奕呈、张先平、姜敏、李植环、张淑珍、梁曼舒、王海亮、陶亮、陈仙、陈伟、沈晓媛、战争东、张炳雄、张海涛、杨守利、王宝广、廖旭华、杨子丰、田宇、吕昌、钟远飞、刘京尚、张万宁、王强、白长春、代明明、肖波、徐武、詹光勇、吴义元、张帅、丁柱、孙沛一、周国强、郭建波、于雷、张骞、禹钧锋、冉廷廷、李志钊、薛磊、李韶飞、郑伟、夏中锐、杨浩、林创安、温豆、张康平、赵立兵、刘刚、唐善学、李军华、谷玉晓、程伟。

引 言

整机降落伞系统,用于在所有其他应急程序无法保证安全的紧急情况下拯救乘员及航空器的一种安全装置,当航空器在飞行中遇到紧急状况时,整机降落伞系统可以成为降低航空器受损程度和减少乘员伤亡的一种可接受的方式。

如果按照是否有人驾驶进行分类,可以将整机降落伞分为有人驾驶航空器整机降落伞和无人驾驶航空器整机降落伞。本文件针对的是起飞重量在 2500 千克及以下的正常类飞机、正常类旋翼航空器、特殊类别航空器、初级类航空器、限用类航空器和轻型运动航空器等有人驾驶航空器,以及最大起飞重量超过 150 千克的无人驾驶航空器(即大型无人驾驶航空器),通过对其所用的整机降落伞系统进行技术分析,提出了相应的技术要求和试验方法等。

本文件并不旨在解决与整机降落伞系统使用有关的所有安全问题。本文件的使用者有责任建立适当的安全、健康和环境实践,并在使用前确定相关法规要求的适航性。

整机降落伞系统通用规范

1 范围

本文件规定了整机降落伞系统的系统组成、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等。

本文件适用于起飞重量在 2500 千克及以下的正常类飞机、正常类旋翼航空器、特殊类别航空器、初级类航空器、限用类航空器和轻型运动航空器等有人驾驶航空器，以及最大起飞重量超过 150 千克的无人驾驶航空器（即大型无人驾驶航空器）所用整机降落伞系统（以下简称“降落伞系统”）的研制、生产、交付和安装。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，凡注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第 1 部分：按接受质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

HB 6449 降落伞制造通用技术条件

RTCA/DO-160G 机载设备环境条件和试验程序（Environment Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment）

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

大型无人驾驶航空器 large unmanned aircraft

最大起飞重量超过 150 千克的且没有机载驾驶员、自备动力系统的航空器。

3.1.2

整机降落伞系统 parachute recovery systems, PRS

伞降紧急回收系统

在紧急状态下降低航空器下降速度的降落伞及有关装置的总合。

3.1.3

射伞装置 parachute-ejecting device

利用弹射系统动力源能量迅速拉出或推出降落伞的装置。

3.1.4

开伞损失高度 altitude loss during deployment

从启动开伞至降落伞第一次完全展开，航空器下降的高度。

3.1.5

最低开伞高度 minimum deploying altitude

保证航空器以预定速度着陆所需要的开伞的最低安全高度。

3.1.6

最大开伞载荷 opening shock load

开伞过程中任何情况下，作用在主伞上的最大的负载力。

3.1.7

稳降速度 steady-state descent rate

降落伞系统在稳定状态下的运动速度，又称稳定下降速率。

3.1.8

降落伞手册 parachute manual

降落伞制造商向航空器的制造商或拥有者提供的检查、维护说明和程序，以及与操作或环境限制有关内容等的说明材料。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AFM: 航空器飞行手册 (Aircraft flight manual)

ECU: 电子控制单元 (electronic Control Unit)

PM: 降落伞手册 (parachute manual)

PRS: 整机降落伞系统 (parachute recovery systems)

4 降落伞系统组成

降落伞系统宜由降落伞组件、吊带系统、弹射系统和激活系统等组成。

- a) 降落伞组件主要由伞衣、伞绳、收口装置、组提带和伞衣套（伞包）等组成，是在空气中下落时产生气动阻力的主要部件。
- b) 吊带系统主要由若干吊挂带、连接件等组成，用于连接降落伞和航空器，吊带系统可设计有落地分离组件，便于航空器开伞落地后降落伞和航空器分离。
- c) 弹射系统主要由射伞装置和伞舱等组成，用于迅速拉出或推出降落伞。
- d) 激活系统主要由激活手柄组件、电子控制单元（ECU）和飞控系统等其中一种或多种来组成，用于激活整机降落伞系统。

5 技术要求

5.1 材料及外观

5.1.1 金属件

金属件应满足下列要求：

- a) 制造整机降落伞所用的金属件，其采用的材料应符合图样及相关详细规范的规定。
- b) 金属件应无毛刺、锐边和污点，表面结构要求、圆角半径、零部件标志、焊接、涂漆、铆接、布线以及零件装配等应符合图样及相关详细规范的规定。

5.1.2 纺织材料、纺织缝纫件

纺织材料、纺织缝纫件应满足下列要求：

- a) 制造整机降落伞所用的纺织材料，应符合图样及相关详细规范的要求，同时有效期或使用期应明确。

- b) 纺织缝纫件的缝纫外观质量应与标准样件相一致，并应符合HB 6449或图样、专用规范的规定，其标志应完整、清晰。

5.1.3 塑胶件及其他复合材料件

塑胶件或采用其他复合材料的部件，应满足其设计要求或专用规范规定的外观质量。

5.2 各分系统设计要求

5.2.1 降落伞组件

5.2.1.1 主伞的伞衣、伞绳强度设计应以极限载荷为依据，降落伞组件应能承受极限载荷，不应出现妨碍降落伞系统正常工作的变形或损坏。

5.2.1.2 降落伞应能在规定的重量和高度下保持下降速率不高于其设计下降速率。

5.2.1.3 降落伞组件的设计应保证有序开伞，减少相互缠绕或类似故障。

5.2.2 吊带系统

5.2.2.1 吊带系统的安全布设不应妨碍航空器正常飞行操作，吊带系统的提取力不应超过航空器本身的重力。

5.2.2.2 吊带系统的设计宜减少与发动机或螺旋桨发生碰撞的可能性。通过安装设计或关闭发动机等操作说明仍无法避免与发动机或螺旋桨发生碰撞时，吊带系统应采用合理可承受碰撞的材料制造。

5.2.2.3 机身连接点和吊带系统应承受降落伞极限开伞载荷，不应发生妨碍降落伞系统正常工作的变形或损坏。

5.2.2.4 吊带系统和连接点的配置应能使航空器处于预定的下降和着陆姿态时，最大限度提高机身结构吸收预期着陆载荷的能力并将乘员受到严重伤害的可能性降至最低，还应保持生存空间。

5.2.2.5 存在着陆后降落伞系统拖拽航空器的风险时，可在吊带系统中增设分离装置。

5.2.3 弹射系统

5.2.3.1 在任何情况下，降落伞弹射系统与航空器的连接强度应能承受弹射时带来的后坐力。

5.2.3.2 弹射系统应无障碍地将降落伞组件弹射至伞绳完全伸展。

5.2.3.3 弹射系统安装设计和位置应分析激活降落伞系统有关的起火危险，并在不影响系统功能的情况下降低起火危险的可能性。

5.2.3.4 弹射系统动力源应根据航空器构型和设计要求选择，可采用烟火式气体发生器、固体发动机、压缩气体、动力弹簧等。

5.2.3.5 在降落伞寿命周期内，弹射系统应具有工作可靠性。

5.2.3.6 伞舱应使包装在伞舱内的降落伞在开伞时易于被移出。伞舱内壁和舱口边缘应光滑，不应有毛刺和锐边，降落伞经过的通道不应有钩挂、刮伤织物的突起物和障碍物。

5.2.3.7 伞舱应适当密封，应保持降落伞干燥，应有防水等措施。

5.2.3.8 伞舱温度在电机/发动机热影响和飞行条件下均不应超过降落伞纺织材料限制的温度。

5.2.3.9 伞舱盖在弹射时可顺利移除，在正常使用过程中不应脱落。

5.2.4 激活系统

5.2.4.1 手动激活组件

手动激活组件设计应确保在第10百分位女性到第90百分位男性之间的飞行员/副驾驶方便地激活，在机身中的安装应符合下列条件：

- a) 激活系统的路径不应产生阻力点或其他可能阻止乘员激活系统的阻碍；

- b) 激活系统应沿着其固定路径被保护, 以便其在整机降落伞系统的正常使用寿命内不会发生变化;
- c) 当航空器不使用时, 应有保证激活系统不被误触的安全方法。

5.2.4.2 ECU 自动激活组件

5.2.4.2.1 除非另有使用场景需求, 否则 ECU 应至少具有一套独立于航空器供电系统的电池或电容器等冗余备份电源, 确保在航空器故障条件下为降落伞弹射系统供电。所述的独立电源可以从航空器获取电量。

5.2.4.2.2 在航空器正常飞行期间, ECU 不应干扰航空器操作与运行, 当航空器无法维持正常稳定的安全飞行时, 航空器在所有其他应急程序无法保证安全降落时, ECU 应起到触发弹射降落伞组件的作用。

5.2.4.2.3 开伞时, 应当具有记录开伞时间等开伞有关信息的功能。

5.2.4.2.4 ECU 应具有下列基本功能:

- a) 自检功能: 设备可运行自检程序, 对系统状态进行检测;
- b) 锁定模式: 在该模式下, ECU 处于锁定状态, 不应触发开伞;
- c) 解锁模式: 在该模式下, ECU 处于解锁状态, ECU 可触发开伞程序。

5.2.4.3 飞控系统激活组件

ECU 应具有与航空器飞控系统通讯的能力, 进行控制与信息交互。飞控系统具有足够的安全冗余时, ECU 可作为飞控系统的一部分, 可由飞控系统控制激活系统开伞。

5.3 总体性能

5.3.1 降落伞系统在航空器正常运行期间不应影响航空器性能产生不利影响。

5.3.2 降落伞组件、降落伞连接吊带、降落伞机身连接结构和关联部件应在降落伞开伞和航空器下降过程中承受设计极限载荷的冲击。

5.3.3 虽然在紧急情况下航空器的构型和姿态是无法预测的, 但降落伞系统的设计应允许降落伞在开伞时移除机身上的任何潜在障碍物, 开伞载荷不应造成妨碍开伞的机身损坏。

5.3.4 对于载人航空器, 乘员在正常的约束条件下, 不应由于降落伞开伞引起的飞机动态响应而受到严重伤害。

5.3.5 设计的下降速率应保障乘员在航空器着陆和着陆后免受严重伤害。

5.3.6 降落伞系统部件均应有防止由于正常运行、风化、腐蚀、磨损、温度、振动和老化导致在使用寿命内的性能或强度下降的保护功能。

5.3.7 用于安装降落伞系统的紧固件不应因飞机正常运行而松动或脱落。

5.3.8 降落伞系统应表明被意外激活是极不可能的, 只有在极端紧急的情况下才能激活此系统。

5.4 设计要求

5.4.1 强度

5.4.1.1 降落伞系统的强度设计应根据限制荷载 (在使用中预期的最大开伞荷载) 和极限荷载 (限制荷载乘以规定的安全荷载系数) 来规定。

- a) 除非另有规定, 否则规定的结构设计荷载为极限荷载;
- b) 除非另有规定, 极限荷载系数应符合 1.5 的安全系数要求。

5.4.1.2 降落伞系统的强度验证应通过降落伞极限荷载试验或专用规范的试验方法确定。

5.4.1.3 用于降落伞极限荷载试验的仪器设备应经过标准检定机构校准且在有效期内。

5.4.2 稳降速率及下降速率

处于海拔 1500 m 密度高度和标准温度的条件下，以及风速不大于 5.4 m/s（3 级风等级）时，整机降落伞的稳降速率应不高于 7.9 m/s。适用于特定场景的航空器，稳降速率应满足专用规范的要求。

应记录所有试验的下降速率数据，下降速率数据应根据使用平台重量变化进行修正，以确定航空器总重量对应的下降速率，下降速率应修正为海拔 1500 m 密度高度和标准温度条件下的垂直下降速率。

修正公式为：

$$V_b = V_c \times \sqrt{\frac{\rho_c}{\rho_b} \times \frac{m_b}{m_c}}$$

式中：

V_b — 标准垂直稳降速度，单位为米每秒（m/s）；

V_c — 实测垂直稳健速度，单位为米每秒（m/s）；

ρ_c — 试验现场实测空气密度，单位为千克每立方米（kg/m³）；

ρ_b — 海拔 1500m 对应的标准大气密度，单位为千克每立方米（kg/m³）；

m_b — 标准重量，单位为千克（kg）；

m_c — 实测重量，单位为千克（kg）。

5.4.3 最低开伞高度

最低开伞高度应符合下列规定：

- 降落伞系统的最低开伞高度应为开伞损失高度加上至少 2 秒的稳定下降的高度，开伞损失高度应为本文件 6.6 规定的降落伞系统试验中至少 3 次成功的投放试验记录的该项最大值；
- 若航空器制造商已设定最低开伞高度且设定的该高度不小于上述记录中的最大值，可接受航空器制造商设定值作为降落伞系统的最低开伞高度。

5.4.4 稳定性

降落伞张满后应工作稳定，达到稳定状态后，物伞整体的摆动角度不应超过 $\pm 20^\circ$ 。

5.4.5 系统验证

通过空中试验或基于试验的分析应表明系统在规定的操作包线内执行预定功能，且不应超过降落伞弹射和开伞的设计载荷。

5.5 环境适应性要求

5.5.1 降落伞系统应至少在 -40°C 至 60°C 的温度区间下正常运行，有特殊应用场景要求的，按专用规范执行。

5.5.2 ECU 应根据航空器类型和安装位置，按 RTCA/DO-160G 或专用规范规定的类别和等级进行环境适应性鉴定试验，试验后，ECU 和降落伞系统应正常工作。

5.6 制造

降落伞制造应满足下列要求：

- 降落伞系统的生产制造和组装应符合产品图样及标准的规定；
- 降落伞宜采用包装成型（即预包装）设计，包装成型的结构尺寸应符合设计要求；
- 零部件尺寸、公差及装配等应符合图样及相关技术规范的规定；

- d) 降落伞制造过程中,宜少用扎眼、剪口或其他此类技术,此类技术的使用范围仅限于缝纫或组
装作标记,并且不得因此对降落伞的使用、强度和外观品质造成不利影响;
- e) 降落伞制造应符合本文件及有关标准规定的质量要求,出现的瑕疵不应超过本文件规定的验收
标准。

5.7 安装设计

5.7.1 降落伞手册

应编制针对特定应用场景的降落伞手册 (PM), 确保降落伞系统可以被正确地安装到特定的航空器
上。

5.7.2 协调

安装设计协调应满足下列要求:

- 航空器机身设计方和整机降落伞制造商应充分协调, 并共同批准PM的正确性;
- 对于影响降落伞安装、性能或可操作性的设计或配置更改, 应根据本文件的规定进行重新评估;
- 航空器的机身设计方和整机降落伞制造商应在实施前协调好这些预期的变化, 并应将这些变更
编写到修订版的PM中。

5.7.3 重量和平衡

应将整机降落伞系统的安装因素考虑在机身重量和平衡极限的设计数据中。

5.7.4 降落伞系统安装

降落伞系统安装应符合下列规定:

- a) 用于安装降落伞系统的零部件不应因正常磨损而松动或脱落;
- b) 降落伞与机身连接的结构应符合5.2.2的规定;
- c) 降落伞系统应设计为顺利激活;
- d) 有关乘员保护应符合5.3.4、5.3.5的规定。

5.8 检查及维护

5.8.1 降落伞系统应提供持续适航文件, 明确有寿件, 并说明降落伞系统相关组件的维护周期, 应包
括下列内容:

- 降落伞检查、重新包装和更换间隔;
- 弹射装置检查或更换;
- 外场维护检查;
- 任何其他维护说明。

5.8.2 若降落伞系统不符合持续适航文件时, 维护说明应将降落伞系统标记为“不可用”或“失效”。

注: 不可用的降落伞系统可能导致航空器不适合飞行。这取决于单个航空器的(需求)最低设备的定义, 应在整机
层级确定, 并在适用的整机级文件或手册中突出显示, 与降落伞系统的文件无关。

5.8.3 应提供足够的措施来按照持续适航文件检查降落伞系统。

5.9 使用限制

应规定激活程序和使用限制来确保降落伞系统正常操作, 使用限制信息应置于系统激活位置, 航空
器制造商应在航空器飞行手册 (AFM) 中列出。

5.10 产品标记

5.10.1 标记内容

- 降落伞系统的关键部件应在降落伞容器外部标记下列信息：
- 制造商信息：制造商的名称、商标或代号等；
 - 零部件名称、件号、型号或型别代号；
 - 序列号或生产日期；
 - 保养间隔日期；
 - 标牌或标记。

5.10.2 标牌或标记

航空器制造商应提供清晰可见的标牌或标记，任何人在航空器出口点（外部）附近均应看到。标牌形式应向事故或事件现场的救援或其他人员提供视觉警告，并应符合下列规定。

- a) 标牌或标记的安装和尺寸。航空器制造商应以文本规定方式永久安装警告标牌或标记，并将该方式写入航空器飞行手册（AFM）。
- b) 标牌或标记尺寸和颜色。标牌或标记应遵循下列着色方法：
 - 1) 危险标牌：危险标牌或标记应为红框白字或红框黄字（或相反）带有描述性图形元素，如表1所示和图1所示。

表 1 危险标牌

标牌或标记项	说明
用于内置降落伞装置的危险标牌	一个标有“危险”字样的三角形标牌或标记（参见图 1 所示图例中的标牌示例）应位于内置降落伞的出口附近，由于该处为封闭机身段，可能从外部看不到降落伞系统
危险标牌文字说明	应在危险标牌或标记旁边印有一个说明框，例如采用圆形说明框（见图 1a）或矩形说明框（见图 1b）
危险说明框	危险说明框应提供危险警示语等，可添加紧急情况信息查询用的网址和联系电话等信息

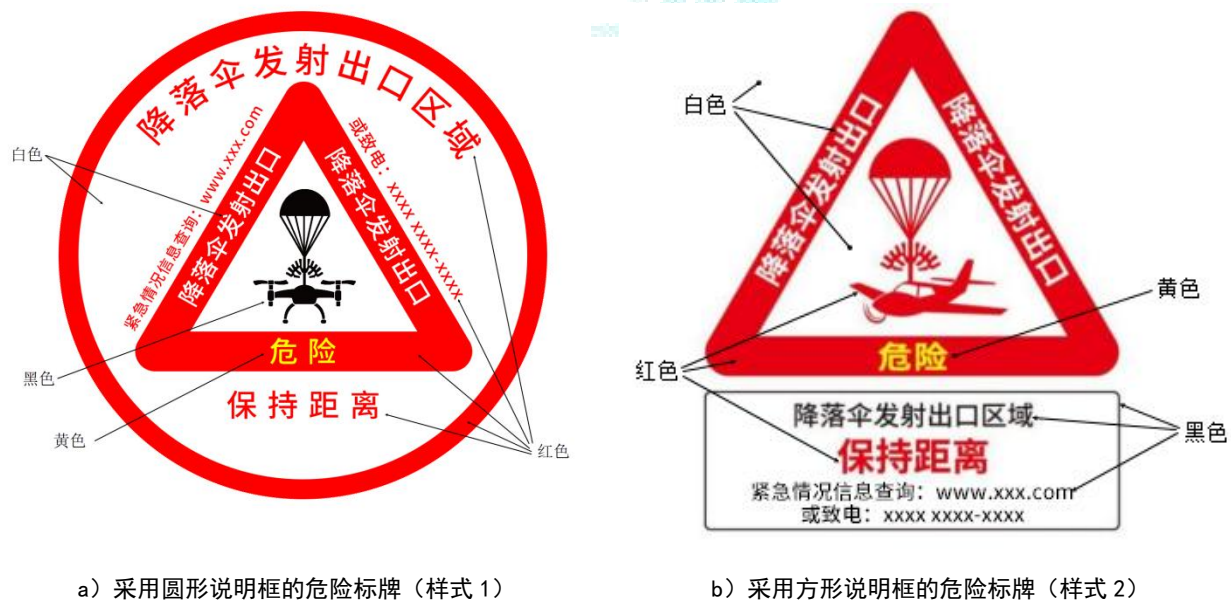


图 1 危险标牌示意图

- 2) 识别标牌：应将标牌标识在发射筒外壳等弹射装置的主体上，在该装置与航空器分离（已发射或仍可爆炸）时，急救人员和安全调查员能够识别该装置。该识别标牌示例见图2。



图 2 识别标牌示例图

- 3) 警告标牌：在靠近舱门或机上人员入口或救援人员应容易看到的地方贴上一个最小高度 2.54 cm 的三角形标牌或标记（参见图3的警告标牌示例）。警告标牌或标记应喷涂为黑色边框黄色中心，并带有描述性的图形元素。警告标牌或标记旁边应附有说明框，用于列出警告文字说明内容。



图 3 警告标牌示意图

- c) 外部标牌或标记应采用反光材料喷涂。

5.10.3 技术支持

航空器制造商应根据降落伞系统的技术要求提供技术出版物，解释或说明使降落伞系统对救援人员不构成危险，确保到达事故现场的救援人员的安全。

6 试验方法

6.1 试验条件

无特殊规定时, 试验应在下列大气条件下进行:

- 环境温度: $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +35\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 相对湿度: 不大于 85%;
- 大气压力: $84\text{ kPa} \sim 107\text{ kPa}$;
- 在不同于上述环境条件下试验时, 应记录实际试验条件并证明其合理性。

6.2 外观和尺寸检查

外观和尺寸检查应符合下列规定:

- a) 目视产品外观质量、缝纫件、塑胶件及其他复合材料件品质, 应符合 5.1 的规定。
- b) 使用规定的测量工具测量产品结构及外形尺寸, 应符合 5.1 和 5.6 的规定。

6.3 ECU 功能检验

对于配置有 ECU 自动激活组件的降落伞系统, 应按有关技术规范上电进行功能检验, 应满足 5.2.4.2 的要求。

6.4 环境适应性试验

6.4.1 降落伞环境适应性试验

除试验前应对降落伞组件进行下列预处理外, 还应在重量、速度等飞行包线范围内进行至少 3 次空投测试, 本试验可和空投试验相结合:

- 试验 1: 在不低于 $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的条件下预处理 16 小时, 将降落伞组件稳定到环境温度并进行空投测试。
 - 试验 2: 在不高于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的条件下预处理 16 小时, 将降落伞组件稳定到环境温度并进行空投测试。
 - 试验 3: 依据 RTCA/DO-160G 标准进行相应类别航空器的标准振动试验程序, 然后进行空投测试。
- 应确定适合使用降落伞的环境因素。

6.4.2 ECU 环境适应性试验

ECU 其他应用环境性试验, 应根据 5.5.2 的规定, 按 RTCA/DO-160G 或专用规范的规定执行, ECU 和降落伞系统应正常工作。

6.5 降落伞系统试验数据采集

每次降落伞系统空投试验时, 应采集下列试验数据或按专用规范的规定采集数据。

- a) 重量数据: 应记录为航空器重量与降落伞系统总量之和, 测量公差应满足专用规范的要求。
- b) 高度数据: 应记录为降落伞系统从开伞到落地期间的高度变化。
- c) 下降速率数据: 应记录为降落伞系统从开伞到落地期间的下降速率随时间的变化。
- d) 最大开伞载荷: 应记录为在降落伞展开充气过程所有开伞载荷的最大值。
- e) 开伞高度损失: 应记录为从启动开伞至降落伞第一次完全展开时航空器或模拟试验平台下降的高度。
- f) 稳定性: 应记录试验过程与稳定性相关的参数及试验现象。

6.6 降落伞系统试验

6.6.1 总则

降落伞组件应在极限载荷条件下进行至少三次成功的投放试验, 验证降落伞的强度, 并测算及验证

降落伞极限载荷、下降速度、最低开伞高度和稳定性，本试验应满足 5.4 的相关要求。每次试验应包括下列操作：

- 每次试验可使用新的降落伞组件；
- 试验重量应包含降落伞组件重量；
- 应按 6.5 的要求为每次试验采集相应的数据。

6.6.2 投放试验成功的判据

一次成功的投放试验判据应满足下列要求：

- a) 降落伞系统应支撑投放试验期间所演示的极限载荷，应满足 5.2.1.1 的要求。
- b) 应满足 5.2.1.2 的要求。
- c) 不应出现因材料、缝线或功能失效而影响适航性的情况。

6.6.3 降落伞强度试验方法

投放试验平台不必是实际的机身。下列试验参数应用于降落伞强度验证的投放试验，通过降落伞强度试验可获得基于动能函数的最小极限载荷安全系数 1.5：

最小试验重量 = $1.15 \times$ 航空器最大起飞重量

最小试验速度 = $1.15 \times$ 航空器最大预定降落伞开伞速度 (V_{pd})

安全系数 = (重量安全系数*) $\times$ (速度安全系数*)² = $(1.15) \times (1.15)^2 = 1.52$ (满足最小 1.5 的安全系数)

*注：如果证明最小动能安全系数为 1.5，则可以选择其他重量和速度的安全系数组合。

6.6.4 降落伞极限载荷

投放试验时，使用多轴加速度传感器等设备进行测算，在至少三次试验中测算的降落伞最大开伞载荷将作为降落伞极限载荷，将用于机身、连接吊带和紧固件的结构试验和分析。

6.6.5 下降速度测量

投放试验时，使用光学测量、卫星定位、气压测量等专用设备对下降速度进行测定，下降速度数据应根据试验平台重量变化进行修正，确定无人驾驶航空器总重量对应的下降速度。下降速度数据应修正为 1500m 密度高度和标准温度条件下的数据，修正公式应按 5.4.2 执行。

6.6.6 最低开伞高度测算

投放试验时，使用光学测量、卫星定位、气压测量等专用设备或按专用规范的方法测定不同时刻的高度数据，还应使用高速录像等设备记录开伞过程，测算出开伞高度损失数据，然后按 5.4.3 测算出最低开伞高度。

6.6.7 稳定性测量

投放试验时，使用陀螺系统/三向传感器等专用仪器进行测定，或者通过地面高速摄像系统等非接触测量手段对试验件进行姿态测量，或者按专用规范的规定执行。

6.7 地面静态射伞试验

本试验应按下列步骤执行：

- a) 将航空器携带降落伞系统固定在水平地面，或者将降落伞系统安装在固定的等效试验平台上。
- b) 在航空器（或等效试验平台）与降落伞系统之间加装压力传感器。
- c) 开启降落伞系统，进行以下测量及验证：

- 1) 验证降落伞系统应无障碍地将降落伞组件弹射至伞绳完全伸展。
- 2) 测量及验证降落伞开伞后坐力, 并将此后坐力作为航空器安装结构载荷的输入。
- d) 试验应至少进行 3 次。

注: 本试验旨在验证降落伞系统满足 5.2.1.3、5.2.3.1 和 5.2.3.2 的要求。为了保证空中试验的开伞成功率, 减少空中试验的次数, 以及降低降落伞系统整体研发的试验成本, 推荐进行本试验。

6.8 地面动态射伞试验

本试验应按下列步骤执行:

- a) 按照降落伞手册进行整机降落伞系统的装机试验, 检查产品是否配套、完整, 伞包封锁装置是否安全可靠。装机试验既可以在真实机身上进行, 也可以在地面等效平台或其他模拟设备平台上进行。
- b) 将降落伞系统固定在设备指定位置上, 该设备可以是真实机身, 或者是能够模拟航空器运行状态的等效试验平台, 如下:
 - 1) 地面可高速移动设备: 启动设备, 将设备的前进速度保持在预设模拟值以内, 打开降落伞系统, 降落伞系统应无障碍地将降落伞组件弹射至伞绳完全伸展, 至少进行3次试验。
 - 2) 塔吊设备: 启动设备, 将携带模拟负载的降落伞系统爬升至预设高度, 投下模拟负载, 当模拟负载的下落速度达到预设模拟值内, 打开降落伞系统, 降落伞系统应无障碍地将降落伞组件弹射至伞绳完全伸展, 至少进行3次试验。
 - 3) 真实机身: 启动航空器, 将前进速度保持在预设模拟值以内, 打开降落伞系统, 降落伞系统应无障碍地将降落伞组件弹射至伞绳完全伸展, 至少进行3次试验。

若有其他等效平台能满足预设速度要求, 可使用其他等效平台进行至少 3 次试验。

注: 本试验旨在验证弹射系统与激活系统功能、开伞程序及安装程序等, 满足 5.2.1.3、5.2.3.1、5.2.3.2、5.7.1 的要求。为了保证空中试验的开伞成功率, 减少空中试验的次数, 以及降低降落伞系统整体研发的试验成本, 推荐进行本试验。本试验包含了开伞程序试验。

6.9 航空器空中开伞试验

6.9.1 本试验旨在验证降落伞系统满足5.3.1、5.3.2、5.3.3、5.3.4、5.3.7的要求, 通过试验或分析证明航空器在不同故障的工况下, 降落伞系统开伞功能都成功激活。集成者将确定并选择是否进行该试验或选做哪一部分试验。

6.9.2 如果降落伞系统在特定故障场景期间的任何时刻发生故障, 应针对该特定故障场景进行重复测试, 直到完成该组测试且没有任何故障为止, 应评估并记录失败原因。

6.9.3 应对降落伞系统在最大起飞重量及最大飞行速度下测试至少 3 次, 不应出现故障。

6.9.4 不同类型航空器控制开伞试验方法应按下列步骤执行:

- a) 所有旋翼机 (单旋翼/多旋翼/混合动力)
 - 完全断电: 航空器在最大前飞速度和最大起飞重量时应经历完全断电, 降落伞系统应具有独立供电能力并无纠缠地部署。
 - 临界数量电机故障: 在测试期间, 此航空器应按集成者要求立即切断相对应的电机推力, 以模拟最坏情况的故障情况。在所有情况下, 降落伞系统都应在不发生纠缠的情况下打开以保护航空器。该测试应在最大前飞速度和最大起飞重量下进行。
- b) 固定翼/混合动力

失速/旋转故障: 应在机翼水平前向失速中进行测试, 降落伞系统应在不发生纠缠的情况下打开以保护航空器, 该测试应在最大前飞速度和最大起飞重量下进行。如果航空器内置了飞行包线保护装置以防止发生失速, 则可以省略此测试。
- c) 固定翼

前倾速度/滚转故障：应在水平飞行和最大滚转时以最大飞行速度（指示空速）进行测试，降落伞系统应在不发生纠缠的情况下打开以保护航空器，该测试应在最大前飞速度和最大起飞重量下进行。如果航空器内置有飞行包线保护装置以防止发生滚转，则可以省略最大滚转测试。

d) 单旋翼

尾旋翼/方向控制故障：应在尾旋翼故障状态下进行测试，此时单旋翼航空器失去方向控制并开始绕主旋翼轴线偏航。本试验应在最大前飞速度（指示空速）状态下进行，降落伞系统应在不发生纠缠的情况下打开以保护航空器。

7 检验规则

7.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式试验。

7.2 组批

伞产品应以批为单位检验。同一批原料、同一工艺连续生产的同一规格产品应为同一批产品。

7.3 出厂检验

7.3.1 产品应经生产质量检验部门按本标准检验合格后方能出厂，并附有检验合格证。

7.3.2 出厂检验项目应符合表 2 的规定。对于配有 ECU 的降落伞系统，出厂检验项目还应包括 ECU 的基本功能检验。

表 2 出厂检验项目表

序号	出厂检验		
	检验项目	要求	检验方法
1	外观检验	5.1	6.2
2	尺寸检验	5.1、5.6	6.2
3	包装检验	8.1、8.2.1	目视或按专用规范进行
4	ECU 基本功能检验	5.2.4.2	6.3

7.3.3 出厂检验应进行全数检验，因批量大，全数检验有困难时可抽样检验，抽样检验方法应按 GB/T 2828.1 计数抽样检验程序一次性抽样方案的规定执行，检验水平为 II，合格质量水平（AQL）取 2.5，根据表 3 抽取样本。

表 3 抽样数量及判定组

批量范围	样本数	合格判定数（Ac）	不合格判定数（Re）
26~50	8	0	1
51~90	13	1	2
91~150	20	1	2
151~280	32	2	3
281~500	50	3	4
501~1 200	80	5	6
1 201~3 200	125	7	8

表 3 抽样数量及判定组（续）

批量范围	样本数	合格判定数（Ac）	不合格判定数（Re）
3 201~10 000	200	10	11
10 001~35 000	315	14	15
35 001~150 000	500	21	22
150 001~500 000	800	21	22
500 001 及以上	1250	21	22
26 件以下应全数检验			

样本中发现不合格数小于表 3 规定的合格判定数（Ac），应判定该批产品合格；若样本中发现的不合格数不小于表 3 规定的不合格判定数（Re），可用备用样品或在原批次中加一倍抽样复检，复检结果合格的，则该批次应判为合格，复检结果仍不合格的，该批次应判为不合格。

7.4 型式检验

7.4.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

- 新产品试制定型鉴定时；
- 正式投产后，如产品结构、材料、生产工艺等有重大改变，可能影响到产品的性能时；
- 产品停产 3 年后，重新恢复生产时；
- 产品发生重大质量事故整改后；
- 国家质量监督机构依法提出型式检验要求或民航适航部门提出适航要求时。

7.4.2 型式检验项目应符合表 4 的规定。

表 4 型式检验项目参考表

序号	型式检验			
	检验项目	要求	试验方法	备注
1	外观检验	5.1	6.2	
2	尺寸检验	5.1、5.6	6.2	
3	包装检验	8.1、8.2.1	目视或按专用规范进行	
4	ECU 基本功能检验	5.2.4.2	6.3	
5	降落伞环境适应性试验	5.5.1	6.4.1	
6	ECU 环境适应性试验	5.5.2	6.4.2	
7	降落伞系统试验	5.4	6.6	包含降落伞强度试验、极限载荷、下降速度测量、最低开伞高度测量在内
8	地面静态射伞	5.2.1.3、5.2.3.1、5.2.3.2	6.7	
9	地面动态射伞	5.2.1.3、5.2.3.1、5.2.3.2、5.7.1	6.8	
10	相关航空器试验方法	5.3.1、5.3.2、5.3.3、5.3.4、5.3.7	6.9	选做，具体见附录 A 表 A.1
检验项目的试验条件应满足 6.1 要求				

7.4.4 型式检验应从出厂检验合格的产品中任意抽取，抽取数量应满足检测要求。如果没有特殊要求，试验样品应从出厂检验合格的产品中随机抽取2件，1件用于检验，1件用于封存备用。

7.4.5 型式检验后如全部检验项目符合标准规定，则判本次型式检验合格。若有任何一项为不合格，允许加倍抽样复检，复检后，若全部符合本标准要求，则判定该次型式检验合格；否则，则判定该次型式检验不合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 产品销售包装上应至少标有下列内容：

- 商标、产品名称及型号；
- 规格参数；
- 产品执行标准号；
- 商品责任企业名称和地址；
- 产品合格标识。

8.1.2 外包装箱上的包装储运图示标志应按 GB/T 191 执行。

8.1.3 标志应清楚明显且牢固，不应因运输条件和自然条件而褪色、变色或脱落。

8.2 包装、运输和贮存

8.2.1 包装

包装技术要求由产品标准规定，随同产品包装应附的基础文件包括产品手册（产品使用说明书）。如客户有特殊要求，按合同有关规定执行。

8.2.2 运输

对于配置了特殊弹射系统的整机降落伞，应使用符合火工品运输车辆等专用特殊作业的车辆运输或按专用规范执行。运输过程中应注意防潮、防震、防暴晒、防重压，应小心轻放，避免激烈碰撞和雨雪淋袭，不应与有毒及有腐蚀性物品混运。包装储运图示标志应符合 GB/T 191 的规定。

8.2.3 贮存

包装好的整机降落伞应贮存在阴凉、通风、清洁、干燥的仓库内，不应与有毒及有腐蚀性物品混存。

附 录 A
(规范性)
航空器试验标准

A.1 常见各种航空器试验标准应符合表 A.1 的规定。

表 A.1 常见各种航空器的试验标准

测试类型	多旋翼	单旋翼	复合翼	固定翼
动力失效	6.9.4 a)	6.9.4 a)	6.9.4 a)	不在应用范围
方向控制 故障	不在应用范围	6.9.4 d)	不在应用范围	不在应用范围
旋转故障	不在应用范围	不在应用范围	6.9.4 b)	6.9.4 b)
滚转故障	不在应用范围	不在应用范围	不在应用范围	6.9.4 c)

参 考 文 献

- [1] GB/T 38152—2019 无人驾驶航空器系统术语
- [2] GB 42590—2023 民用无人驾驶航空器系统安全要求
- [3] GJBz 20338—1996 投物伞空投系统通用规范
- [4] HB 6634—1992 降落伞专业术语
- [5] HB 6449—1990 降落伞制造通用技术条件
- [6] SC—23—14 AG100 型飞机伞降系统
- [7] ASTM F3322—22 Standard Specification for Small Unmanned Aircraft System (sUAS) Parachutes
- [8] ASTM F2316—12 (2022) Standard Specification for Airframe Emergency Parachutes
- [9] ASTM F3408/F3408M—21 Standard Specification for Aircraft Emergency Parachute Recovery Systems

