

T/CASME

团 体 标 准

T/CASME XXXX—XXXX

无人机用碳陶刹车盘设计要求

Design Requirements of C/C-SiC brake disc for Unmanned Aircraft

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国中小商业企业协会 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 分类 1

5 性能 2

6 结构 3

7 材料 4

8 工艺 4

9 试验 5

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由××××提出。

本文件由中国中小商业企业协会归口。

本文件起草单位：×××、×××、×××。

本文件主要起草人：×××、×××、×××。

无人机用碳陶刹车盘设计要求

1 范围

本文件规定了无人机用碳陶刹车盘的术语和定义、分类、性能、设计、结构、材料、工艺和试验等要求。

本文件适用于无人机用碳陶刹车盘的研制，其他如低空有人航空器用碳陶刹车盘可参照执行。

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，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。

SAE ARP 5381 Minimum Performance Recommendations for Part 23, 27, and 29 Aircraft Wheels, Brakes, and wheel and Brake Assemblies

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

无人机 unmanned aircraft

无人驾驶航空器。由遥控设备或自备程序控制装置操纵，机上无人驾驶的航空器。

3.2

碳陶 C/C-SiC

碳纤维增强碳基和陶瓷基复合材料。

3.3

整体式碳陶刹车盘 integral C/C-SiC brake disc

整体结构全部由碳陶材料制备的刹车盘。

3.4

分体碳陶刹车盘 non-integral C/C-SiC brake disc

由碳陶材料制备的盘体和盘毂、紧固件等金属件组成的刹车盘。

3.5

通风式碳陶刹车盘 ventilated C/C-SiC brake disc

两摩擦面间有通风道的碳陶刹车盘。

3.6

实心式碳陶刹车盘 solid C/C-SiC brake disc

两摩擦面间没有通风道的碳陶刹车盘。

3.7

盘体 brake disc body

刹车组件中与摩擦片配合起摩擦制动作用的零件。

3.8

盘毂 disc hub

非整体式碳陶制动盘中与盘体和轮轴连接的零件。

3.9

摩擦面 brake surface

盘体中与摩擦片配合起摩擦制动作用的表面。

4 分类

4.1 按结构形式分类

4.1.1 碳陶刹车盘按结构形式可分为多盘式碳陶刹车盘和单盘式碳陶刹车盘。多盘式刹车盘由随机轮组件转动的动盘和随轴静止的静盘组成。单盘式刹车盘又称为夹钳式刹车盘，由随机轮组件转动的单刹车盘和包含刹车压力装置及摩擦片的夹钳组件组成。

4.1.2 单盘式碳陶刹车盘按结构形式又可分为整体式碳陶刹车盘和分体式碳陶刹车盘。整体式碳陶刹车盘全部由碳陶材料制备。分体式刹车盘由碳陶材料盘体、金属盘毂、紧固件及附属件组成。

4.2 按有无通风道分类

碳陶刹车盘按有无通风道可分为通风式碳陶刹车盘和实心式碳陶刹车盘。

4.3 按碳纤维分类

碳陶刹车盘按碳纤维可分为短切纤维碳陶刹车盘和长纤维碳陶刹车盘。

5 性能

5.1 动能容量

5.1.1 设计着陆停止动能。设计着陆停止动能是在最大着陆重量下可操作的着陆停止状态下的动能，应确定刹车盘的设计着陆停止刹车动能吸收要求，并通过测功器测试验证，刹车盘在整个定义的磨损范围之内能够吸收不少于该水平的动能。

5.1.2 最大停止动能。最大停止动能是在最临界的飞机重量和速度组合的停止状态下的动能，应确定刹车盘的最大停止动能吸收要求，并通过测功器测试验证，刹车盘在整个定义的磨损范围之内能够吸收不少于该水平的动能。

5.1.3 刹车盘动能吸收要求应按下述任一方法计算：

- a) 对刹车机动的一系列的预期事件进行保守合理分析；
- b) 在刹车操纵开始前，根据飞机动能直接计算。

5.1.4 当采用合理分析方法确定动能吸收要求时，需要用到初始刹车时保守的航空器速度值、轮胎与跑道间的预期摩擦系数范围、气动阻力、螺旋桨阻力、动力装置的推力，甚至还包括最不利的单台发动机或螺旋桨故障情况。

5.1.5 当采用直接计算方法确定动能吸收要求时，按公式（1）计算：

$$KE = 1/2 \times m \times V^2 / N \times C \dots\dots\dots (1)$$

式中：

KE——每个机轮的动能，单位为焦耳（J）

N ——装有刹车的机轮个数

M ——航空器重量，单位为千克（kg）

V ——航空器速度，单位为米每秒（m/s）

C ——动能分布系数

5.2 刹车力矩

5.2.1 动刹车力矩按应满足下列要求

- a) 在设计着陆刹车停止中，刹车盘的动刹车力矩应能使航空器的平均减速率满足规定要求，但不得小于 3.05 m/s^2 。
- b) 在最大动能停止中，刹车盘的动刹车力矩应能使航空器的平均减速率满足规定要求，但不得小于 1.83 m/s^2 。

5.2.2 静刹车力矩应满足下列要求

- a) 固定翼航空器刹车盘的静刹车力矩应保证航空器在正常起飞重量状态下，发动机额定工作状态时，在规定跑道上能刹住机轮。
- b) 旋翼航空器刹车盘的静刹车力矩应保证在正常起飞重量和发动机无动力状态下，在规定的坡度上能刹住机轮，并能在旋翼起动或停止时抵消正常的不平衡力矩。

- c) 水上航空器刹车盘的静刹车力矩应保证在最大起飞重量和发动机慢车状态下，在规定的坡度上能刹住机轮。

5.2.3 峰值刹车力矩：在机轮刹车组件的任何正常刹车工作过程中，刹车盘的峰值刹车力矩不应超过其结构力矩的 0.8 倍。

5.3 结构力矩

5.3.1 刹车盘应能承受额定结构扭矩历时至少 3 秒而不失效。

5.3.2 刹车盘的额定结构扭矩为对刹车盘施加的按 5.3.3 或 5.3.4 规定的相应扭矩。

5.3.3 对于每一起落架支柱仅有一个机轮的起落架，额定结构扭矩按公式（2）计算：

$$ST_R = 1.2 (S \times R) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

ST_R ——额定结构扭矩，单位为牛·米（N·m）

S ——机轮额定载荷，单位为牛（N）

R ——机轮额定轮胎负荷半径，单位为米（m）

5.4 防滑系统兼容性

刹车盘的刹车压力-力矩特性应与刹车防滑系统设计相匹配。

5.5 上级组件兼容性

5.5.1 在整个定义的磨损范围之内，刹车盘不应出现对上级组件的干涉和损伤。

5.5.2 在机轮和刹车组件的任何刹车工作过程中，刹车盘不应出现有损于上级组件结构完整性的振动或不可接受的啸叫。

5.6 使用寿命要求

5.6.1 刹车盘在整个定义的磨损范围之内，不允许出现下列故障或情况：

- a) 刹车盘穿透性裂纹、断裂及严重氧化，刹车性能下降超过规定要求；
- b) 刹车盘与机轮刹车组件的零部件之间发生干涉或损伤；
- c) 摩擦面材料剥落面积超过摩擦面总面积的 10%；
- d) 多盘式碳陶刹车盘钢夹的裂纹或断裂，键槽磨损超过允许限制、破损或断裂，铆钉的异常变形、裂纹、损伤、松动及脱落；
- e) 单盘式碳陶刹车盘的盘毂及其连接件的裂纹、断裂、松动、脱落及严重变形。

5.6.2 刹车盘在满足 5.6.1 节的要求下，其使用寿命由供需双方协商确定。

6 结构

6.1 外观、接口尺寸及重量

外观、接口尺寸及重量应符合供需双方商定的要求。

6.2 结构设计

6.2.1 结构设计要考虑碳陶材料体容温度的限制，单位质量能载和单位面积能载不能过大；

6.2.2 结构设计要考虑碳陶材料在使用的刹车压力和速度范围内，摩擦系数应尽可能的稳定；

6.2.3 结构设计要综合考虑刹车压力、线速度、摩擦系数的选值，不允许超过碳陶材料极限摩擦功率限制；

6.2.4 结构设计要考虑刹车盘面积重叠系数不宜过小。

6.2.5 刹车盘上应清楚永久的标记以下信息：

- a) 制造人的名称、商标或者代号；
- b) 产品件号；

c) 产品序列号或制造日期。

7 材料

7.1 材料选择

7.1.1 材料的选择应建立在经验或试验的基础上，并考虑服役中预期的环境条件。

7.1.2 材料应符合国家标准或行业标准，保证这些材料具有设计资料中采用的强度和其它性能，如选择企业标准则应经供需双方协商确定。

7.1.3 碳陶材料应满足下列要求：

- a) 良好的机械强度；
- b) 良好的摩擦性能；
- c) 良好的磨损性能；
- d) 良好的比热容；
- e) 良好的导热性；
- f) 良好的工艺性。

7.2 材料防护

7.2.1 每个结构零件必须有适当的保护，以防止使用中由于任何气候、腐蚀、磨损等原因而引起性能降低或强度丧失，在必须保护的部位有通风和排水措施。

7.2.2 配套金属材料应选择与盘体材料接触不易发生电化学腐蚀，或在高温下发生化学反应的材料。否则，应提供足够的保护，以防止电化学腐蚀或高温化学反应。配套金属材料与碳陶材料在热膨胀性能上的差异不应过度影响碳陶件的静强度和疲劳寿命。

7.2.3 碳陶件的非摩擦表面应视设计使用温度要求进行防氧化处理，防氧化保护处理的材料和工艺应经过评审或鉴定方可使用。

8 工艺

8.1 工艺设计

8.1.1 刹车盘的制造应制定并固化工艺规范，以使制备工艺得到严格控制，保证材料性能满足技术要求。

8.1.2 刹车盘的新制造方法必须通过试验大纲予以证实。

8.2 铸件

铸件必须清洁、完好，无气孔、孔隙或夹杂物引起的表面缺陷，但在不影响可用性的情况下，可允许有少量散沙或滞留气体。如果强度和可用性不受影响，可以去除轻微的表面缺陷。

8.3 锻件

锻件必须匀称，无气泡、飞边、褶皱、接缝、搭头、裂纹、偏析和其他缺陷。在铸件强度和可用性不受影响的情况下，可以去除轻微的表面缺陷。

8.4 螺栓和螺柱

当使用螺栓或螺柱连接盘体和盘毂时，螺纹长度应足以啮合螺母，包括其锁紧功能，应有足够的非螺纹区域以承受所需载荷。

8.5 钢和铝合金零件

钢和铝合金零件的防腐蚀保护应与预期环境相适应。铝合金零件应进行阳极化处理或具有等效的防腐蚀保护。

8.6 碳陶件

碳陶件应按供需双方的商定进行无损检测，可使用射线检测、超声检测等无损检测方法，孔洞大小和分布应符合相关规定，主要承力部位不应有裂纹。

9 试验

9.1 总则

9.1.1 研制的刹车盘应通过 9.2.1 节规定的最低性能标准试验。

9.1.2 研制的刹车盘其他试验项目由供需双方协商确定。

9.2 试验项目

9.2.1 最低性能标准试验项目

试验项目包括设计着陆停止试验、加速-停止试验、结构扭矩试验。具体的试验要求和方法应符合 SAE ARP5381 的规定。

9.2.2 静刹车力矩

将刹车盘装入刹车组件，与机轮组件组合后进行动力试验台。试验条件为最大机轮负载，停留刹车压力，试验中不允许轮胎转动，但可接受轮胎与试验台面间的相对滑动。刹车盘可分别测试干态、湿态、热态下的静刹车力矩。

9.2.3 峰值刹车力矩

通过足够数量的不同刹车压力和能量的动力试验台试验收集刹车数据，并对试验数据进行分析。

9.2.4 刹车压力-力矩特性

在正常着陆刹车能量下，在设计刹车压力范围内，刹车压力逐级递增，直到达到允许的最大刹车压力，统计分析刹车力矩对刹车压力的响应特性。

9.2.5 易熔塞不熔化试验

如果机轮组件设置有易熔塞过压爆裂保护装置，则应进行易熔塞不熔化试验，每次逐步增加刹车吸收动能，直至易熔塞熔化，以确定引起易熔塞熔化的刹车盘吸收能量的最小值。

9.2.6 止动试验

刹车盘在规定时间内止住自由旋转的机轮组件，试验中机轮和刹车的任何部位不得出现永久变形。

9.2.7 湿态刹车试验

此试验用来验证刹车盘在湿态情况下的摩擦系数恢复特性，刹车盘的摩擦系数应与干态刹车的摩擦系数相近。

9.2.8 连续刹车试验

如果航空器有连续刹车要求，则应进行连续刹车实验，在规定的时间内连续进行两次规定工况的刹车试验，以确认其动能吸收和刹车力矩水平满足规定要求。

9.2.9 振动试验

刹车盘在规定工况下进行刹车试验，使用三轴式振动传感器测量轮轴、压力装置、刹车扭矩输出装置等处的振动，统计分析刹车盘的刹车振动性能在所有运营和环境条件下表现本身的动力学稳定性，在不同的振动模态和刹车盘情况下，刹车诱发振动的水平在可接受的范围之内。

9.2.10 刹车寿命试验

刹车盘模拟航空器实际的滑行、起落过程，在动力试验台上进行刹车寿命试验，验证其是否能够满足供需双方确定的使用寿命要求。
