

论球库对系留气球必要性

梁小玲¹, 卢芳春²

(1.中国特种飞行器研究所, 湖北 荆门 448035;
2.空军装备部驻荆州地区军事代表室, 湖北 荆州 434000)

摘要:通过分析气象环境中大风、冰雪、雷电对系留气球的影响, 得出了恶劣的气象环境下, 系留气球使用可用度下降, 球体寿命变短, 氦气透氦率增加。在综合国内外气球生产厂房的基础上, 得出球库建造的可行性, 还分析了建造球库的经济性, 认为建造球库是完全可行的, 经济上也完全是可以承受的。建设球库, 能使系留气球有效规避恶劣天气, 提高系留气球的可用度和寿命, 保护设备和工作人员的安全。

关键词: 系留气球; 球库; 可用度

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2019.05.023

中图分类号: TJ07

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2019)05-0116-04

Necessity of Hangar to Tethered Balloon

LIANG Xiao-ling¹, LU Fang-chun²

(1. China Special Vehicle Research Institute, Jingmen 448035, China; 2. Military Representative Office of Air Force Equipment Department Stationed In Jingzhou District, Jingzhou 434000, China)

ABSTRACT: In this paper, by analyzing the influences of wind, snow and ice, thunder and lightning in meteorological environment on the tethered balloon, it was concluded that the extreme weather conditions would reduce the availability of tethered balloon. Repeated folding would also reduce the sphere of life. In integrated balloons at home and abroad on the basis of the production plant, the feasibility of hangar building was obtained and the economic efficiency of building the hangar was analyzed. It was concluded that it was completely feasible to build the hangar and it was also economically bearable. Construction of hangar, can make the tethered balloon effectively avoid bad weather, improve the availability life of the tethered balloon, to protect the safety of equipment and staff.

KEY WORDS: tethered balloon; hangar; availability

系留气球是依靠浮力升空的空中平台, 可在一定程度上降低地球曲率和局部地形影响, 适合搭载各种通讯、干扰、侦察、探测等电子任务设备, 可长时间滞空, 有效提高我军战场侦察监视、预警探测、通信和电子对抗能力, 在信息获取和提升我军综合作战能力等方面具有重要应用价值^[1-2]。

系留气球在军、民用领域有诸多的好处, 但其使用却受到多因素的干扰, 尤其以气象环境影响为

巨^[1]。为此, 文中着重分析了气象环境对系留气球的影响, 得出球库对系留气球的必要性。

1 气象环境对系留气球的影响

系留气球如果没有球库, 长期暴露在外界环境中, 气象环境(主要指大风、冰雪、雷电)对系留气球的稳定性、安全性都会造成极大的影响。

1.1 大风

风场对系留气球影响主要在于对系留气球性能、载荷、结构和强度方面产生影响^[1]。在风向稳定的风场条件下，系留气球地面锚泊的抗风能力很强，也比较安全，但自然风场为非定常风场，风向千变万化。当系留气球地面锚泊时，地面大风一方面会给球体造成很大的载荷压力，球体材料和结构件更容易受损。另一方面，当风向变化率超过设计要求时，系留气球随风顺桨能力变差，会使球体扭曲，甚至局部破裂，造成球体漏气甚至逃逸。

持续的大风天气下，当系留气球需要进行维护时，人员根本无法靠近。当地面风速过大，导致球体地面锚泊不稳定时，有时需要人力进行拉拽，对工作人员的安全造成一定的影响。特别是，如果系留气球处于沿海地区的台风季节时，根据天气预报的情况，需要经常进行架设撤收。另外，台风刮起的硬质物体有可能造成球体损伤，从而造成灾难性后果。

1.2 降水

降水的种类有很多，对系留气球影响较大的主要是降雪和冻雨。

持续性降雪或短时间内的强降雪，会造成系留气球顶部和平尾大量积雪。如果在北方空气湿度较小的条件下，可以把系留气球升空放到空中吹雪，但如果处于湿度适宜的条件下，积雪会冻住。冻雨是指过冷水滴在下降到地表后，与温度低于 0℃ 的物体相遇发生冻结的一种降水。冻雨是一种严重的高影响灾害性天气^[1]，有很强的黏性，冰层会越来越厚。

冰、雪积聚在球体的表面，会增加气球质量，使浮力减小，同时也会破坏气动外形。在空中，系留气球姿态和飞行稳定性发生变化，导致气球飞行阻力增加，气球稳定性下降，对气球飞行安全构成隐患。地面锚泊时，没有及时除冰雪的情况下会导致整流罩、平尾和地面刮擦，损坏整流罩、尾翼以及罩内设备，更严重的情况下会把球体压垮。

1.3 雷电

我国疆域广阔，气候复杂多样，每年的春夏两季是雷电多发的时期，尤其是南方地区。雷电是自然界中电磁干扰最强的一种放电现象，体积较大的军事装备、军用飞机、雷达、导弹、通信系统、电子设备、仪器仪表、国防电缆等都易遭受雷电的袭击^[1]。中国闪电密度东部比西部高，南部比北部高，沿海陆地区比内陆区高，陆地比海区高。中国闪电高密度区相对较集中，主要出现在 32°~37°N，114°~124°E 和 20°~5°N，100°~115°E 区，年均每经纬度的闪电密度高达 200 次以上。特别是位于 32°~37°N，114°~124°E 内的江苏安徽北部和山东交界黄海的陆地区，年均闪

电密度高达近 300 次^[2]。

雷电对系留气球系统的损伤是全方位的。在雷电的直接效应^[3]和间接效应作用下，球体、球载设备、系留缆绳，直至地面设备和人员，都可能直接或间接地遭遇雷电损伤。当雷雨大风天气系留气球出现紧急状况，地面工作人员走出舱外维护时，雷击产生的跨步电压可能会对其造成伤害。

2 各种气象环境带来的后果

在各种对系留气球不利的气象条件影响下，带来的主要影响有：使用可用度下降、球体寿命变短、氦气渗透率增加等。

2.1 使用可用度下降

可用性是产品在任一随机时刻需要和开始执行任务时，处于可工作或可使用状态的程度，可用性的概率度量称可用度^[2]。GJB 451A—2005 给出的使用可用度定义是：“与能工作时间和不能工作时间有关的一种可用性参数。”其中一种度量方法为：产品的能工作时间：能工作时间+不能工作时间^[2]。时间图解如图 1 所示。

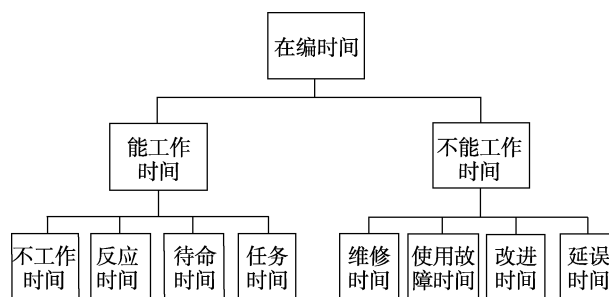


图 1 时间图解

一旦系留气球碰到上述各种影响工作的天气，轻则需要地面锚泊规避，重则需要回收气球，中间会耗费大量的时间。尤其是在台风季，出现预报大风，撤收气球，大风过后，架设气球，如此循环的情况，如图 2 所示。这些时间都属于不能工作时间，由此严重影响到系留气球的使用可用度。

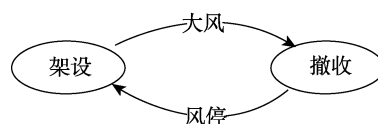


图 2 台风季节系留气球工作图

2.2 球体寿命变短

系留气球一般使用层压材料，由柔性的复合纤维制成的承力层、聚酯薄膜制成的阻气层和聚氟乙烯制

成的防老化层等组成。整个材料很薄,虽然抗拉强度很强,但如果没有球库,遇到紧急状况时,只能回收折叠打包入库。气囊经常反复折叠、拖拽会使以织物为基底的囊体材料局部应力过大,造成局部微孔损伤,由此导致囊体材料的封闭型损伤。同时在折叠过程中,会导致囊体材料的磨损,造成囊体材料表面型损伤和降解。封闭型损伤模式和表面型损伤模式如图3所示。

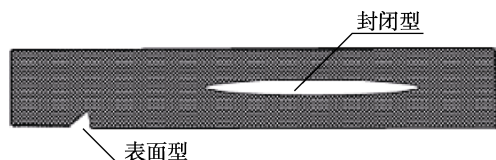


图3 材料损伤模式

2.3 氦气渗透率增加

囊体材料的氦气渗透率会随着上述裂纹密度的变大而增加。对于封闭型损伤,当裂纹深度为结构总厚的10%、20%、50%时,囊体材料氦气渗透率随裂纹密度的变化曲线如图4所示。

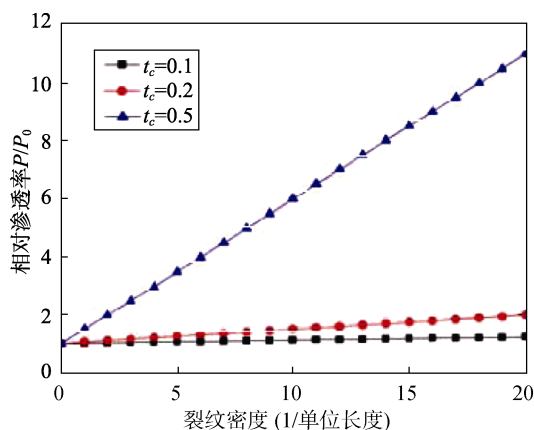


图4 封闭型损伤囊体材料氦气渗透率随裂纹密度变化曲线

对于表面型损伤,当裂纹深度为结构总厚度的5%、10%、20%时,囊体材料氦气渗透率随裂纹密度的变化曲线如图5所示。

从图4、图5可以看出,氦气渗透率随裂纹密度的增大而增加。氦气的市场价格逐年增加,增加了系留气球使用时的经济负担,并且频繁折叠对人力、物力都将是一种考验,特别是大型系留气球。

3 球库建造

3.1 技术可行性

纵观目前各大系留气球生产企业,均有生产制造和检查维护用的厂房,各种工业厂房、机库、仓库等

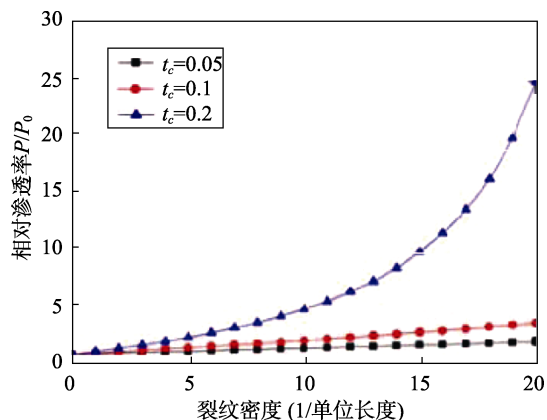


图5 表面型损伤囊体材料氦气渗透率随裂纹密度变化曲线

建筑,都具有大尺寸、大跨度的特点,所以从球库建造的技术是可行的。这些建筑的抗风、防降水和雷电的能力也相当强,足以面对目前的恶劣天气条件。

3.2 经济性分析

各种工业厂房、机库、仓库等建筑基本都是采用钢骨架构建造球库,建造方式相当成熟,建造费用也比较低。另外建造的球库不一定需要密闭结构,那就不需要建造大门,可以节约一大笔的费用,相对比较便宜。

3.3 必要性

建造球库不存在技术性问题,费用也不是很高。当有了球库后,球库可以给系留气球遮风、挡水、避雷,避免系留气球受到损伤,可以明显降低系留气球遭遇灾害天气受损的概率。同时通过轨道或者顶盖等形式,在灾害天气过后,系留气球可以直接使用,不用频繁地架设撤收,增加了系留气球的使用可用度,节省了大量的经费,更是可以减少对球体的损伤。另外,系留气球在球库中检查维修,可以不受气象条件限制,确保了安全性。

综上可知,对执行特定任务和长时间定点运行的系留气球系统,完全有必要给系留气球建造一个球库。

4 结语

系留气球面临着复杂的气象环境,此外,气囊囊体材料还要经受高低温、紫外线辐射、日光老化、酸雨及潮湿环境、臭氧氧化的影响,在室外暴露时间越长,强度越容易下降,对囊体材料的寿命和使用可用度的影响也就越大。同时在特殊恶劣天气条件下,对系留气球、地面设备甚至工作人员的安全都会造成影响。建设球库,能使系留气球有效规避恶劣天气,提高系留气球的可用度和寿命,减少氦气渗透率,保护设备和工作人员的安全。当然,也不是所有的系留气

球都需要球库,这要根据系留气球的实际用途和使用特点而定。

参考文献:

- [1] 卢芳春, 梁小玲. 低空系留气球通信系统设计[J]. 电子设计工程, 2015, 23(4): 137-139.
- [2] JONATHAN I M, MEYER N. The Design of Robust Helium Aerostats[C]// AIAA 5th ATIO and 16th Lighter-Than-Air Sys Tech and Balloon Systems Conferences. Arlington, Virginia, 2005.
- [3] BOLKCOM C. Potential Military Use of Airships and Aerostats[R]. CRS Report for Congress, 2006.
- [4] 李美. 系留气球装备环境工程浅析[J]. 西安航空学院学报, 2015, 33(1): 29-32.
- [5] 高守亭, 张昕, 王瑾, 等. 贵州冻雨形成的环境场条件及其预报方法[J]. 大气科学, 2014, 38(4): 645-655.
- [6] 魏东涛, 胡连桃, 黄亮. 军用电子设备的防雷措施研究[J]. 装备环境工程, 2012, 9(5): 126-129.
- [7] 张鸿发, 程国栋, 张彤. 中国区域闪电分布和闪电气候的特点[J]. 干旱气象, 2004, 22(4): 17-25.
- [8] 倪青松, 荣海春, 王少峰. 系留气球雷电直接效应防护设计[J]. 西安航空技术高等专科学校学报, 2013, 31(1): 6-8.
- [9] GJB 1909A—2009 装备可靠性维修性保障性要求论证[S].
- [10] GJB 451—2005, 可靠性维修性保障性术语[S].
- [11] KHOURY G A, GILLET J D. Airship Technology[M]. London: Cambridge University Press, 1999.