

MH

中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T XXXX—XXXX

架空输电线路航空警示装置技术规范

Technical specification for aeronautical warning devices on overhead transmission
lines

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(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

中国民用航空局 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 航空警示装置分类	2
5 航空警示装置技术要求	2
5.1 通用要求	2
5.2 不发光型航空警示装置	2
5.3 发光型航空警示装置	3
6 设置区域与要求	5
6.1 设置区域	5
6.2 设置要求	5
附录 A（资料性） 架空输电线路航空警示装置的颜色交替设置示意图	6
附录 B（规范性） 输电线路设计和运行的下垂要求	7

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。

本文件由中国民用航空局运输司提出。

本文件由中国民用航空科学技术研究院归口。

本文件起草单位：中国民用航空总局第二研究所

本文件主要起草人：王秉玺、唐赫、边岱泉、朱小波、宋绪家、牛夏蕾、辛宁、舒炎昕、高鸣阳、熊奎、喻辉、叶子。

架空输电线路航空警示装置技术规范

1 范围

本文件规定了架空输电线路航空警示装置的分类、技术要求、设置区域与要求等内容。

本文件适用于对安装在对低空飞行构成安全威胁的架空输电线路上的航空警示装置进行设计及设置。

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。

- GB/T 2317.2 电力金具试验方法 第2部分：电晕和无线电干扰试验
- GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db：交变湿热（12h+12h循环）
- GB/T 2423.10 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
- GB/T 2423.17 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾
- GB/T 2423.24 环境试验 第2部分：试验方法 试验S：模拟地面上的太阳辐射及太阳辐射试验和气候老化试验导则
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 16927.1 高电压试验技术 第1部分：一般定义及试验要求
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.9 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验
- GB/T 35697 架空输电线路在线监测装置通用技术规范
- MH 5001—2021 民用机场飞行区技术标准
- MH/T 6012—2015 航空障碍灯

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

架空输电线路 **overhead transmission line**

用绝缘子和杆塔将导线架设于地面上的电力线路。

3.2

航空警示装置 **aviation warning device**

安装于架空输电线路等障碍物上，为低空飞行人员提供安全警示的一种装置。

注：通常包括不发光型航空警示装置和发光型航空警示装置。

3.3

光束扩散角 **beam spread**

在规定平面上，光强等于该平面上规定最小峰值光强50%的两个方向之间的夹角。

[来源：MH/T 6012—2015，3.1]

3.4

有效光强 **effective intensity**

闪光灯的**有效光强**等同于在同等观察条件下产生同等视程的同色恒定发光灯的光强。

[来源：MH/T 6012—2015，3.4]

3.5

工作电流 **working current**

满足采用感应取能方式的发光型航空警示装置正常工作要求的导线工频电流。

3.6

远程运维 **remote operation and maintenance**

通过信息技术对设备进行远程的数据采集、数据分析、运行状态判断等运维服务。

[来源：GB/T 39837—2021，2.2，有修改]

4 航空警示装置分类

架空输电线路航空警示装置包括以下类型：

- a) 不发光型航空警示装置：安装在架空输电线路的地线上，可通过自身颜色或体积等特征在昼间发挥航空警示作用；
- b) 发光型航空警示装置：安装在架空输电线路的导线或地线上，可通过发光、自身颜色或体积等特征在全天发挥航空警示作用。

5 航空警示装置技术要求

5.1 通用要求

5.1.1 装置在以下环境条件应能正常工作：

- a) 环境温度：-40℃～55℃；
- b) 相对湿度：0%～95%；
- c) 大气压力：50 kPa～106 kPa；
- d) 抗风等级：不低于线路本体抗风等级。

5.1.2 装置需要符合以下规则：

- a) 外观应完整、整洁、无损伤，表面处理应有不引起电晕放电或无线电干扰等现象的措施；
- b) 各零部件及相应连接线应有防松措施，安装后应能承受线路的振动，不在线路上滑动、震动和自转，不易脱落；
- c) 底部应设置合适的排水孔，避免内部积水，同时应具有防止动物影响的措施；
- d) 安装时不应対线路造成磨损或其他机械伤害，不应降低相间距离、对地距离和对杆塔的电气间隙，不宜改变线路本体结构，如改变，应符合线路设计规范。

5.1.3 装置所选择的构件材料需要符合以下规则：

- a) 金属构件应采用耐腐蚀材料，非金属构件应采用耐老化材料；
- b) 外部构件宜选用铝合金、热塑性树脂、高强度复合纤维等能抵抗紫外线引起退化的材料；
- c) 在重污染区域使用时，外部构件可涂覆具备自清洁功能的材料，防止装置在使用一段时间后出现警示颜色改变或减弱等现象；
- d) 表面涂覆颜料不应含铅、铬酸锌或者其他重金属。

5.2 不发光型航空警示装置

5.2.1 结构和外观

不发光型航空警示装置的结构和外观需要符合以下规则：

- a) 应符合 5.1 规定的技术要求；
- b) 整体重量不宜超过 9 kg；
- c) 应为球形，直径不应小于 60 cm；
- d) 应具有永久标识，至少包含产品名称、型号、生产企业名称及地址等信息，文字及符号应简明清晰。

5.2.2 功能和性能

不发光型航空警示装置的功能和性能需要符合以下规则：

- a) 满足目视飞行条件下，在航空器可能接近的所有方向上，至少从空中 1 000 m 或地面 300 m 的距离上应能被识别出来；
- b) 不应被误认为是用来传达其他信息的标志物；
- c) 应采用橙色、黄色、白色或红色单色涂装，表面颜色应符合 MH 5001—2021 中 I.3 的要求；
- d) 表面若包含反光材料，其反光系数宜为 0.3~0.7。

5.2.3 试验要求

不发光型航空警示装置应满足以下试验要求：

- a) 目视检查：装置表面应平整、清洁、无毛刺；
- b) 重量、尺寸和表面色度检测：应符合 5.2.1 和 5.2.2 规定的重量、尺寸和表面颜色要求。

5.3 发光型航空警示装置

5.3.1 结构和外观

发光型航空警示装置的结构和外观需要符合以下规则：

- a) 应符合 5.1 规定的技术要求；
- b) 应包括外部支撑结构、发光模块和电源模块，可配置远程控制模块，整体重量不宜超过 10 kg；
- c) 主体结构应为球形或圆柱形；
- d) 应具有永久标识，至少包含产品名称、型号、生产企业名称、地址以及工作电压等信息，文字及符号应简明清晰。

5.3.2 功能和性能

发光型航空警示装置的功能和性能需要符合以下规则。

- a) 外部支撑结构应符合 5.2.2 规定的技术要求。
- b) 发光模块采用恒定发光方式时，应符合 MH/T 6012 规定的 B 型低光强障碍灯的设计和性能要求；采用闪烁发光方式时，需要符合以下规则：
 - 水平光束扩散角应为 360° ，垂直光束扩散角应不小于 3° ；
 - 水平时，仰角为 0° 时的有效光强应为 $(2\ 000 \pm 500)$ cd，仰角为 -1° 时的有效光强应不低于 750 cd，仰角为 -10° 时的有效光强应不高于 75 cd；
 - 闪光频率应为 $(20 \sim 60)$ 闪/min，布置在机场及周边区域时闪光频率宜选择 40 闪/min，闪光持续时间应为 $(100 \sim 2\ 000)$ ms；
 - 同一架空输电线路应能够实现同步闪光，所有装置闪光前后差异不应大于 $1/60$ s。
- c) 电源模块宜采用感应取能、太阳能或高能电池等供电方式，采用这些供电方式时，需要符合以下规则：
 - 平均无故障工作时间：应不低于 25 000 h；
 - 若采用感应取能供电方式，其最小工作电流应不少于 30 A；
 - 若采用太阳能供电方式，其电池单独供电时间应不少于三十天；
 - 若采用高能电池供电，其电池单独供电时间应不少于三年。
- d) 配置远程控制模块时，应满足以下要求：
 - 搭配中心站和用户系统一起使用，并具备远程运维功能；
 - 远程控制模块具有工作状态信息发送、远程控制、故障上报等功能；
 - 中心站具备数据回传、控制指令接收及发送、故障判断及预警等功能；
 - 用户系统具备装置开闭、同步和发光模式切换等远程控制功能，装置操作记录、工作状态等日志管理功能，以及访问权限、用户口令等系统设置功能；
 - 远程控制模块、中心站、用户系统能够相互通讯；
 - 采用感应取能供电方式时，当架空输电线路供电发生变化且恢复正常供电后，装置能够自动启用并正常运行。

5.3.3 试验要求

发光型航空警示装置需要符合以下试验规则。

a) 常规检验:

- 目视检查: 装置表面应平整、清洁、无毛刺;
- 重量、尺寸和表面色度检测: 应符合5.3.1和5.3.2 a)中规定的重量、尺寸和表面颜色要求;
- 发光性能: 应按照MH/T 6012规定的试验检验方法开展常规检验、电气和光学试验, 应符合5.3.2 b)的要求;
- 电源性能: 应按照GB/T 35697规定的供电电源性能试验要求开展试验, 测试结果应满足5.3.2 c)的要求;
- 功能验证: 应将装置安装在(10~1 000)kV的模拟输电导线上, 开展发光、最小工作电流、最大工作电流、远程控制等功能验证, 重复试验3次, 试验结果应满足5.3.2 b)~d)的要求。

b) 环境适应性:

- 低温性能: 应按照GB/T 2423.1规定的散热试验样品温度渐变的低温试验要求开展试验, 温度为-40℃保持24 h后开启装置运行1 h。在试验期间和试验后, 装置应无任何材料变质或损坏, 能正常工作, 并符合5.3.2 b)~d)要求;
- 高温性能: 应按照GB/T 2423.2规定的散热试验样品温度渐变的高温试验要求开展试验, 温度为+55℃保持4 h后开启装置且连续运行72 h。在试验期间和试验后, 装置应无任何材料变质或损坏, 能正常工作, 并符合5.3.2 b)~d)要求;
- 湿热性能: 应按照GB/T 2423.4规定的地面电子设备湿热试验方法开展温度为+55℃、相对湿度95%、持续时间72 h(3个循环)的试验。试验中装置应无任何不正常现象或材料变质损坏;
- 盐雾腐蚀性能: 应按照GB/T 2423.17规定的盐雾试验要求开展持续时间为48 h盐雾和48 h干燥的试验。试验后, 装置金属构件表面不应出现损坏、锈蚀、点蚀或腐蚀(涂层损坏除外)等现象;
- 防护等级性能: 应按照GB/T 4208规定的防水防尘要求开展试验, 装置防护等级应不低于IP55;
- 太阳辐射性能: 对装置的非金属、非玻璃外部构件应按照GB/T 2423.24规定的试验程序A的要求开展试验, 该试验以24 h为1个周期, 其中8 h照射、16 h不照射, 共应进行56个周期。试验后, 构件不应出现粉化、褪色、开裂、起雾或颜色变化(如透镜变黄)等现象。

c) 电磁兼容性能:

- 静电放电抗扰度: 应按照GB/T 17626.2规定的接触放电试验等级4级的要求, 采用对装置直接放电的方式, 在装置正常工作状态下开展试验, 试验结果评定应达到a类要求;
- 射频电磁场辐射抗扰度: 应按照GB/T 17626.3规定的一般试验等级3级的要求, 在装置正常工作状态下开展试验, 试验结果评定应达到a类要求;
- 工频磁场抗扰度: 应按照GB/T 17626.8规定的稳定持续磁场试验等级5级的要求, 在装置正常工作状态下开展试验, 试验结果评定应达到a类要求;
- 脉冲磁场抗扰度: 应按照GB/T 17626.9规定的试验等级5级的要求, 在装置正常工作状态下开展试验, 试验结果评定应达到a类要求。

d) 电气和机械性能:

- 电晕和无线电干扰: 安装在导线上的航空警示装置, 宜按照GB/T 2317.2规定的可见电晕和无线电干扰电压试验要求开展试验, 试验时间不少于30 min。在试验期间和试验后, 装置应处于正常工作状态, 电晕熄灭电压和无线电干扰水平应满足相应电压等级的架空输电线路金具的要求;
- 雷击性能: 宜按照GB/T 16927.1规定的雷电冲击电压试验要求开展试验, 距离装置5 m(特高压等级电压距离为8 m), 对导线施加相应电压等级绝缘子串耐受水平的标准雷电波各3次。在试验期间装置应无飞弧或击穿现象, 试验后装置应能正常工作;
- 振动性能: 宜按照GB/T 2423.10规定的振动试验要求开展试验, 频率为(10~150) Hz, 峰值加速度10 m/s², 扫频循环次数5次, 危险频率持续时间为(10±0.5) min。试验后装置应无损坏, 能正常工作, 紧固件、连接件、模块及元器件应无松动、脱落等现象;

- 垂直振动疲劳性能：宜开展振幅 ± 0.5 mm，频率（25~50）Hz，振动次数 1×10^7 次的垂直正弦振动试验。在试验期间及试验后，装置应能正常工作，试验后各部件应无松动、无损坏，紧固构件应无滑移和明显磨损，紧固位置的导线应无损伤。

6 设置区域与要求

6.1 设置区域

航空警示装置的设置区域应满足以下要求。

- 在已开放的低空空域内的架空输电线路路上设置航空警示装置。
- 在以下区域的架空输电线路路上设置发光型航空警示装置：
 - 有夜间作业飞行的区域；
 - 经常出现低能见度或复杂气象的作业飞行区域；
 - 跨越高速公路、高速铁路、重要输电通道的区域。
- 在以下区域的架空输电线路路上设置具备远程控制功能的发光型航空警示装置：
 - 机场及周边飞行区域；
 - 飞行培训及低空作业飞行密集区域；
 - 开展森林消防、医疗救护等航空应急救援的区域。

6.2 设置要求

6.2.1 一般要求

航空警示装置设置需要符合以下规则：

- 装置应位于不被其他障碍物遮挡的醒目位置，并能完整展示架空输电线路的轮廓；
- 应提供 360° 的水平覆盖范围，确保飞行员的视野观察不受阻碍；
- 装置表面颜色应与背景颜色形成强烈反差，当装置使用少于 4 个时，宜全部采用橙色；当装置使用不少于 4 个时，宜采用两种或两种以上颜色交替安装，且在每条线路端部安装橙色的航空警示装置，示例可参考附录 A；
- 离地高度不超过 15 m，或在机场跑道端部 450 m 以内的架空输电线路，应设置直径不超过 50 cm 的航空警示装置。

6.2.2 位置

航空警示装置的设置位置需要符合以下规则：

- 不发光型航空警示装置应安装在地线上；
- 采用感应取能方式的发光型航空警示装置，应安装在最高处的输电导线上，采用其他供能方式的发光型航空警示装置应安装在最高处线路上；
- 安装不发光型航空警示装置的最高处线路与未安装该类装置的最高处线路之间的最大允许间距宜为 8 m，并应符合附录 B 中规定的输电线路设计和运行的下垂要求；
- 如发光型航空警示装置未安装于最高处输电导线上时，应同时在地线上安装不发光型航空警示装置，安装了发光型航空警示装置的线路和其上方的最高一根架空线路之间的垂向距离不宜大于 8 m，并应符合附录 B 中规定的输电线路设计和运行的下垂要求；
- 每两个基杆塔之间的架空输电线路路上应至少设置 3 个航空警示装置，其中 1 个应设置在该跨度内架空线路悬垂线的最低点位置。

6.2.3 间距

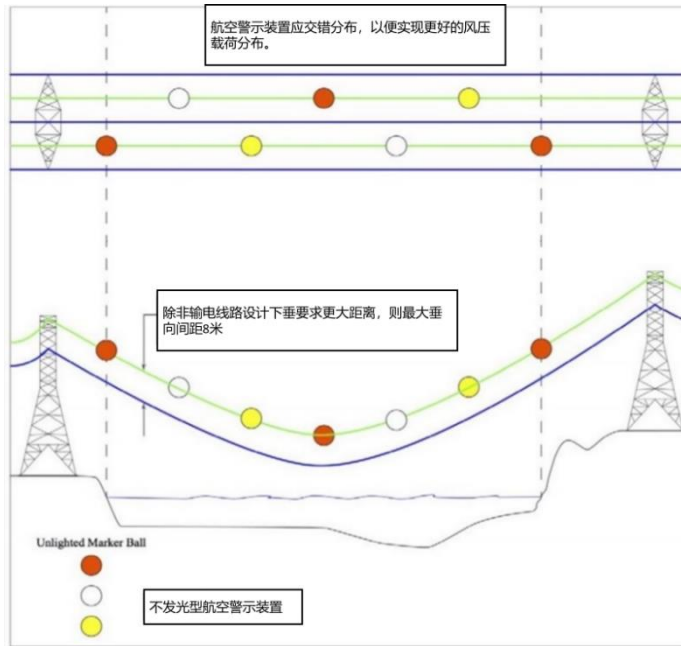
航空警示装置的设置间距需要符合以下规则：

- 在机场及其净空保护范围区域内的架空输电线路路上，航空警示装置的安装间距不应超过 40 m，其中，在机场跑道端部附近等飞行关键区域安装装置的间距宜为 15 m；
- 在其它区域内的架空输电线路路上，航空警示装置安装间距范围宜为（120~150）m；
- 航空警示装置宜等距安装。

附录 A
(资料性)

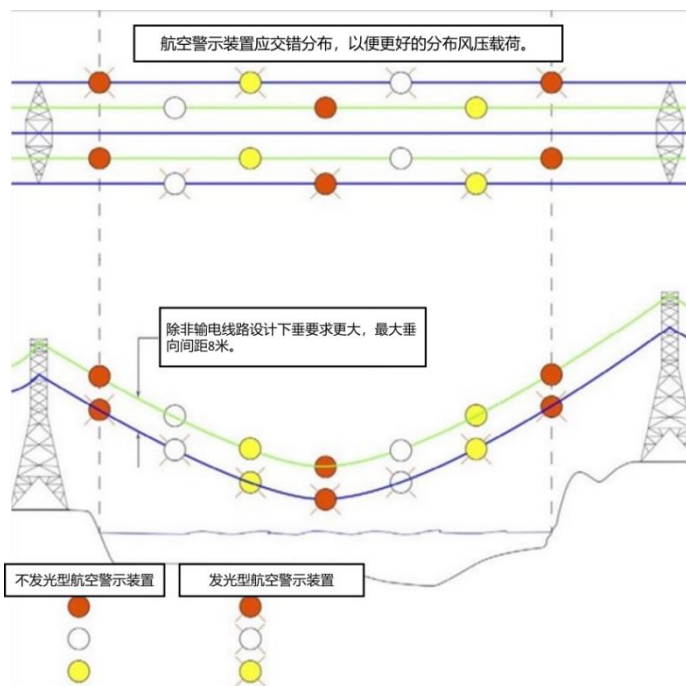
架空输电线路航空警示装置的颜色交替设置示意图

图A.1给出了不发光型航空警示装置交替设置示意图。



图A.1 不发光型航空警示装置交替设置示意图

图A.2给出了发光型航空警示装置交替设置示意图。



图A.2 发光型航空警示装置交替设置

附录 B
(规范性)

输电线路设计和运行的下垂要求

导、地线在弧垂最低点的设计安全系数不应小于2.5，悬挂点的设计安全系数不应小于2.25。地线的设计安全系数不应小于导线的设计安全系数。

导、地线的弧垂偏差不应超过表B.1的规定。

表B.1 导、地线弧垂偏差允许值

档距类型	电压等级	
		110 (66) kV
一般档弧垂	+6.0%、-2.5%	+3.0%、-2.5%
大跨越档弧垂	±1%，正偏差不应超过1 m	

导线相间相对弧垂偏差不应超过表B.2的规定。

表B.2 导线相间相对弧垂偏差最大值

档距类型	电压等级	
		110 (66) kV
一般档	200 mm	300 mm
大跨越档	500 mm	

相分裂导线同相子导线相对弧垂值不应超过以下要求：

- 垂直排列双分裂导线：100 mm；
- 其它排列形式分裂导线：220 kV 为 80 mm，交流 330 kV 及以上、直流±400 kV 及以上线路为 50 mm。