ICS 29.240.20
CCS K47

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 2129—2020

电力设施高空警示球

Power facility high altitude warning ball

2020-10-23 发布　　2020-02-01 实施

国家能源局　　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 组成、产品类别及基本参数 2
5 技术要求 3
6 试验方法 4
7 验收规则 6
8 标志、包装和贮存 7
附录A（资料性附录）平均无故障工作时间 1
附录B（资料性附录）输电导线上的高空警示球安装方案 2
附录C（资料性附录）输电杆塔上的高空警示球安装方案 4

前　言

本标准按照GB/T 1.1-2009《标准化工作导则　第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。。

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这些专利的责任。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由能源行业电力安全工器具及机具标准化技术委员会（NEA/TC 30）归口。

本标准负责起草单位：浙江华电器材检测研究所有限公司、浙江华云清洁能源有限公司、国网河南省电力公司电力科学研究院、武汉大学、昆明飞翔材料技术有限公司、武汉泰可电气股份有限公司、国网四川省电力公司电力科学研究院。

本标准主要起草人：马恒、应鸿、吕中宾、蔡新华、马伦、高义波、姜迪、姚德贵、林琳、董飞、徐爱民、王大兴、杨晓辉、伍川、管保安、何鑫、张志猛。

本标准首次制定。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

电力设施高空警示球

1 范围

本标准规定了电力设施高空警示球术语和定义、组成、产品类别及基本参数、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装和贮存。

本标准适用于安装在110kV及以上输电线路导地线以及杆塔上的电力设施高空警示球的设计、制造、试验、验收。如需在110kV以下输电线路安装电力设施高空警示球，也可参照此标准实施。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改稿）适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

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 2423.4 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 2423.17 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾

GB 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 6388 运输包装收发货标志

GB/T 7256 民用机场灯具一般要求

GB T 13384机电产品包装通用技术条件

GB/T 16422.3塑料实验室光源暴露试验方法—氙弧灯

GB/T 17626.2—2006 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3—2006 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—2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

GB/T 17626.9—2006 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验

DL/T 1098-2016间隔棒技术条件和试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

电力设施高空警示球power facility high altitude warning ball

安装在输电线路上提供警示作用的球体，飞行器在靠近输电线路时，以颜色鲜明的警示球作为参照物，从而准确控制飞行器与线路的安全距离。

3.2

普通型警示球nonluminous warning ball

安装在输电线路地线上的不发光的球体，白天为接近输电线路飞行的飞行器提供警示作用。

3.3

发光型警示球luminatedwarning ball

通过内部的光敏元件自动识别环境亮度，在黑暗状态下启动闪光模式，每分钟频闪40-60次，为夜晚低空飞行的飞机器提供警示作用。

3.4

有效光强 effective intensity

警示球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,单位为坎德拉（cd）。

3.5

最小工作电流 minimum operating current

对采用感应取能方式供电的电力设施高空警示球,保障设备能不依靠其他能源而启动正常工作的最小导线电流，单位为安培（A）。

3.6

平均无故障工作时间 mean time between failures（MTBF）

电力设施高空警示球两次相邻故障间的工作时间的平均值，单位为小时（h）。

4 组成、产品类别及基本参数

4.1 产品组成

电力设施高空警示球主要由警示球单元和安装附件组成，安装附件一般使用橡胶夹块或预绞丝。

4.2 产品类别

电力设施高空警示球分为普通型警示球和发光型警示球两种。

普通型警示球安装在输电线路地线上，白天为接近输电线路飞行的飞行器提供警示作用；发光型警示球安装在输电线路导线上，为夜晚低空飞行的飞机器提供警示作用。

电力设施高空警示球型号由类别代号，发光代号，颜色代号和尺寸代号组成。

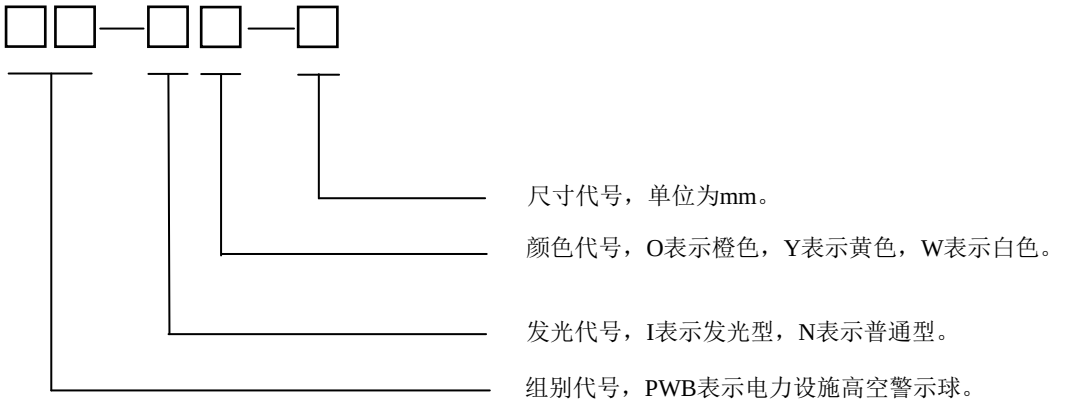


图1电力设施高空警示球型号表示方法

示例：

PWB-IO-300 为发光型橙色警示球，尺寸为直径300mm。

4.3 基本参数

电力设施高空警示球基本参数包括外形尺寸、外观颜色、光强、重量等。电力设施高空警示球基本参数见表1。

表1 电力设施高空警示球基本参数

产品型号	外形尺寸（直径） mm	外观颜色	光强 cd	重量 kg
PWB-NX-300	Φ300±10	橙色，黄色，白色	-	≤5
PWB-NX-500	Φ500±10	橙色，黄色，白色	-	≤6
PWB-NX-800	Φ800±10	橙色，黄色，白色	-	≤9
PWB-IX-300	Φ300±10	橙色，黄色，白色	2000±500	≤6
PWB-IX-500	Φ500±10	橙色，黄色，白色	2000±500	≤7
PWB-IX-800	Φ800±10	橙色，黄色，白色	2000±500	≤10

5 技术要求

5.1 工作环境

5.1.1 工作温度：-40 ℃～55 ℃。

5.1.2 相对湿度：0% ～95%。大气压力：550 hPa～1060 hPa。

5.1.3 抗风等级：17级。

5.2 整机

5.2.1 警示球安装后，导线对地距离和对杆塔的电气间隙需满足安全要求。

5.2.2 适用电压等级：110kV及以上架空输电线路。

5.2.3 重量：满足表1中的重量要求。

5.2.4 尺寸：满足表1中的尺寸要求。

5.2.5 外观颜色：满足表1中的外观颜色要求。

5.2.6 防护等级：IP55。

5.2.7 使用寿命：普通型警示球使用寿命不低于10年，发光型警示球使用寿命不低于5年。

5.2.8 平均无故障工作时间（MTBF）应不低于25000h。

5.3 警示球单元

5.3.1 发光型警示球允许工作电流≥30A。

5.3.2 发光型警示球应具备夜间闪光功能。

5.3.3 发光型警示球夜间闪光频率为40-60次/min。

5.3.4 发光型警示球夜间闪光的有效光强为：2000cd±500cd。

5.3.5 发光型警示球的静电放电抗扰度能应满足GB/T 17626.2要求。

5.3.6 发光型警示球的射频电磁场辐射抗扰度性能应满足GB/T 17626.3要求。

5.3.7 发光型警示球的脉冲磁场抗扰度性能应满足GB/T 17626.9要求。

5.3.8　发光型警示球的工频磁场抗扰度性能应满足GB/T 17626.8要求。

5.4 安装附件

5.4.1　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。
5.4.2　应能承受导/地线的振动。
5.4.3　应不对导/地线造成磨损或其他机械伤害。
5.4.4　安装附件应满足所有的导线类型，根据导线的直径宜选用表2中的安装附件。

表2 安装附件尺寸及对应导线型号

序号	橡胶夹块尺寸（mm）	预绞丝型号	适合导线	适合线径（mm）
1	Φ17.01	FYH-185/25	JL/G1A-185/25	18.90
2	Φ19.44	FYH-240/30	JL/G1A-240/30	21.60
3	Φ21.38	FYH-300/25	JL/G1A-300/25	23.78
4	Φ24.14	FYH-400/35	JL/G1A-400/35	26.82
5	Φ27	FYH-500/35	JL/G1A-500/35	30.00
6	Φ30.24	FYH-630/45	JL/G1A-630/45	33.60
注：未列出的导线型号根据实际情况选择合适的安装附件。				

5.4.5　铰链式安装附件应满足DL/T1098-2016中7.4.3规定的顺线握力要求及7.4.4规定的扭握力矩要求，预绞式安装附件应满足DL/T 1098-2016中7.4.4规定的扭握力矩要求。
5.4.6　安装附件用合成橡胶夹块应具有良好的抗老化、防臭氧、防紫外线和防空气污染的能力，其一般技术条件应符合DL/T1098-2016中7.9.2的规定的。

6　试验方法

6.1 外观和结构尺寸检查

6.1.1　整机重量：整机重量应满足5.2.3要求。
6.1.2　整机尺寸：整机尺寸应满足5.2.4要求。
6.1.3　球罩整体外观为球形，不应有明显的拉伸或挤压现象。
6.1.4　外观应完整、整洁、无损伤。

6.2 功能试验

6.2.1　工作电压验证试验

将整机悬挂在试验变压器的高压端，做好等电位，接上模拟供电电源，遮挡住光敏元件，使其正常闪光。将电压缓慢升至产品的工作电压，保持3min，警示球闪光频率和亮度应符合5.3.3、5.3.4的要求，试验完后，各个部件功能正常，即为通过。

6.2.2　最小工作电流

整机安装到模拟输电导线上，遮挡住光敏元件，从零开始缓慢增加导线电流，直至装置开始闪光，记录导线电流值，应≤30A；重复试验3次。

6.2.3　导线电流变化试验

将整机安装在模拟输电导线上，进行如下导线通流试验：将导线电流从启动工作电流升流至极限工作电流，然后降流至零，重复3次。试验期间及试验结束后，警示球能正常工作，试验通过。

6.2.4　夜间闪光功能

在明亮的环境下，将整机安装到模拟输电导线上，通30A电流，装置应不闪光；遮挡住光敏元件，装置应开始闪光；重复试验3次。

6.2.5　闪烁频率

将整机安装到导线上，遮挡住光敏元件，通30A电流，装置应正常闪光，记录1min的闪烁次数，闪烁频率应满足产品技术要求。

6.2.6　发光强度检测

将整机安装到导线上，遮挡住光敏元件，通30A电流，装置应正常闪光。

依据GB/T 7256 中“14.1 发光强度及其分布”中的试验方法进行。

6.3 防护等级试验

依据GB 4208 中规定的 IP55 等级试验要求进行。

6.4 环境试验

6.4.1　低温试验

按GB/T 2423.1中的“试验Ab:非散热试验样品温度渐变的低温试验”规定的试验要求和试验方法进行。

应能承受严酷等级为：温度-40℃±2℃、持续时间 16h 的低温试验。

试验对象为：电力设施高空警示球、安装附件。

在试验期间及试验后，装置表面无可见裂纹、变形，装置应能正常工作，功能满足5.3.1-5.3.4要求。

6.4.2　交变湿热试验

按GB/T 2423.4中的“Db：交变湿热(12h+12h循环）”中规定的试验要求和试验方法进行。

高温温度为 55℃，试验周期 24h，常温下恢复2h。

试验对象为：电力设施高空警示球、安装附件。

在试验期间及试验后，装置应能正常工作，功能满足5.3.1-5.3.4要求。

6.5 老化试验

6.5.1　盐雾试验

按GB/T 2423.17 中的“试验Ka：盐雾”中规定的试验要求和试验方法进行。

应能承受严酷等级为2的盐雾试验。

试验对象为：电力设施高空警示球及安装附件中的金属构件。

试验后，金属构件表面应无明显锈蚀现象。

6.5.2　抗紫外老化性能试验

按GB/T 16422.3中的“方法A：人工气候老化”中规定的试验要求和试验方法进行，试验持续时间1000h。

试验对象为：电力设施高空警示球壳体及安装附件用合成橡胶夹块。

试验后，试件表面无可见裂纹、发粘和明显变色，则试验通过。

6.6 静电放电抗扰度试验

按照 GB/T 17626.2 规定，在下述条件下进行试验：

a) 警示球在正常工作状态；

b) 接触放电；

c）在外壳和工作人员经常可能触及的部位；
d）试验电压：8kV；
e）正负极性放电各 10 次，每次放电间隔至少 1s。
在试验期间及试验后，装置应能正常工作，功能满足5.3.1-5.3.4要求。

6.7 射频电磁场辐射抗扰度试验

按照GB/T 17626.3 规定，在下述条件下进行试验：
a）警示球在正常工作状态；
b）频率范围：80MHz～1000MHz；
c）试验场强：10V/m。
在试验期间及试验后，装置应能正常工作，功能满足5.3.1-5.3.4要求。

6.8 脉冲磁场抗扰度试验

按照GB/T 17626.9规定，在下述条件下进行试验：
a）警示球在正常工作状态；
b）磁场强度：1000A/m。
在试验期间及试验后，装置应能正常工作，功能满足5.3.1-5.3.4要求。

6.9 工频磁场抗扰度试验

按照 GB/T 17626.8 规定，在下述条件下进行试验：
a）警示球在正常工作状态；
b）磁场强度：100A/m。
在试验期间及试验后，装置应能正常工作，功能满足5.3.1-5.3.4要求。

7 验收规则

7.1 检验类型

警示球的检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

警示球均应进行出厂检验，检验合格后（包括用户特殊要求检验项目）方能出厂，出厂产品应附有产品合格证及证明文件。

7.3 型式检验

7.3.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：
a）新产品定型、老产品转厂生产；
b）产品结构、材料或工艺有较大变动，可能影响产品性能和质量；
c）停产1年以上，恢复生产；
d）正式生产后，定期或累计一定产量后，应周期性进行一次检验；
e）国家质量监督机构要求进行的型式检验。
7.3.2 型式检验样机数量为3台。

7.4 检验项目

警示球各检验类型的检验项目见表3所示。

7.5 合格判定

7.5.1　出厂检验、型式检验的试验方法及检验要求按表3所列项目进行。

7.5.2　出厂检验、型式检验所有指标全部满足检验要求后判定产品为合格。

表3警示球检验项目

普通型警示球					
序号	检验项目	出厂检验	型式试验	检验标准	试验方法
1	外观和结构尺寸检查	●	●	5.2	6.1
2	低温试验	—	●	5.1	6.4.1
3	交变湿热试验	—	●	5.1	6.4.2
4	盐雾试验试验	—	●	5.1	6.5.1
5	防护等级试验	—	●	5.2	6.3
6	抗紫外老化性能试验	—	●	5.2	6.5.2
发光型警示球					
序号	检验项目	出厂检验	型式试验	检验标准	试验方法
1	外观和结构尺寸检查	●	●	5.2	6.1
2	功能试验	●	●	5.3.1-5.3.4	6.2
3	低温试验	—	●	5.1	6.4.1
4	交变湿热试验	—	●	5.1	6.4.2
5	防护等级试验	—	●	5.2	6.3
6	盐雾试验试验	—	●	5.1	6.5.1
7	抗紫外老化性能试验	—	●	5.2	6.5.2
8	静电放电抗扰度试验	—	●	5.3.5	6.6
9	射频电磁场辐射抗扰度试验	—	●	5.3.6	6.7
10	脉冲磁场抗扰度试验	—	●	5.3.7	6.8
11	工频磁场抗扰度试验	—	●	5.3.8	6.9
注：● 表示必须做的项目，— 表示不做的项目。					

8　标志、包装和贮存

8.1 标志

8.1.1　设备标志

在产品的显著位置应有铭牌，内容包括：

a)产品名称、型号；

b)生产厂名、商标、产地；

c)出厂编号；

d)出厂年月等。

8.1.2　包装标志

在包装箱的适当位置，应标有显著、牢固的包装标志，内容包括：

a)生产企业名称、地址；

b)产品名称、型号；

c)设备数量；

d)包装箱外形尺寸（mm）；

e)净重或毛重（kg）；

f)运输作业安全标志；

g)到站（港）及收货单位；

h)发站（港）及发货单位；

i)工程项目名称。

8.1.3　储运图示和收发货标志

包装储运图示和收发货标志应根据被包装产品的特点，按GB/T 191和GB 6388的有关规定正确选用。

8.2 包装

8.2.1　基本要求

产品的包装应满足GB/T 13384，符合牢固、美观和经济的要求，做到结构合理、紧凑、防护可靠。在正常储运、装卸条件下，保证高空警示球不致因包装不善而引起设备损坏、散失、锈蚀、长霉和降低准确度等。

8.2.2　包装环境要求

产品包装时，周围环境及包装箱内应清洁、干燥，无有害气体、无异物。

8.2.3　装箱要求

产品包装后，高空警示球必须保证上下四周予以支撑、垫平、卡紧，保证不会出现晃动情况。

8.2.4　分体包装

高空警示球，配套安装附件及等电位安装附件，应该在规定位置卡紧放好，不卡刮伤球罩。

8.2.5　产品防护

高空警示球的防振、防潮、防尘等防护包装要求需满足 GB/T 13384 中的相关要求。

8.2.6　随机文件清单

随机文件应齐全，文件清单如下：

a)装箱清单；

b)安装使用说明书；

c)出厂合格证；

d)出厂检验报告。

8.2.7　随机文件包装

随机文件应装入塑料袋中，并放置在包装箱内；若整套高空警示球分装数箱，则随机文件应放在主机箱内。

8.3 .贮存

包装好的高空警示球应贮存在环境温度－25℃～+45℃、相对湿度小于80%的室内，且周围无腐蚀性挥发物，无强电磁场作用。

附 录 A
（资料性附录）
平均无故障工作时间

A.1 装置可靠性

装置可靠性可用平均无故障工作时间来考核。平均无故障工作时间（MTBF）是指两次相邻故障间的正常工作时间（短时间可恢复的不计）。

A.2 警示球故障定义

警示球不能正常工作，警示球破裂，变形无法对飞行器起警示作用，发光型警示球在夜间无法闪光工作，称为警示球发生故障。

A.3 警示球平均无故障工作时间

警示球平均无故障工作时间（如考核期一年）可按式（A.1）计算：

$$MTBF=\sum_{i=1}^{n}t_i \Big/ \sum_{i-1}^{n}r_i \qquad (A.1)$$

式中：

t_i——考核期内，第 i 个警示球的正常工作时数；

r_i——考核期内，第 i 个警示球出现的故障次数；

n——系统内警示球总数。

附 录 B
（资料性附录）
输电导线上的高空警示球安装方案

B.1 安装间距

发光型警示球应沿输电导线以约 60m，或其等距安装。如发光型警示球安装在最高的输电导线之外的导线上，还应在架空地线上安装普通警示球。发光型警示球供电的导线和最高一根导线之间的距离不能大于 8m，且不应违反输电导线设计的下垂要求。

如相邻警示球距离符合 60m 的标准，则可在每根导线上交替安装发光型警示球。这种方法可帮助重量和风压荷载系数均匀分布。

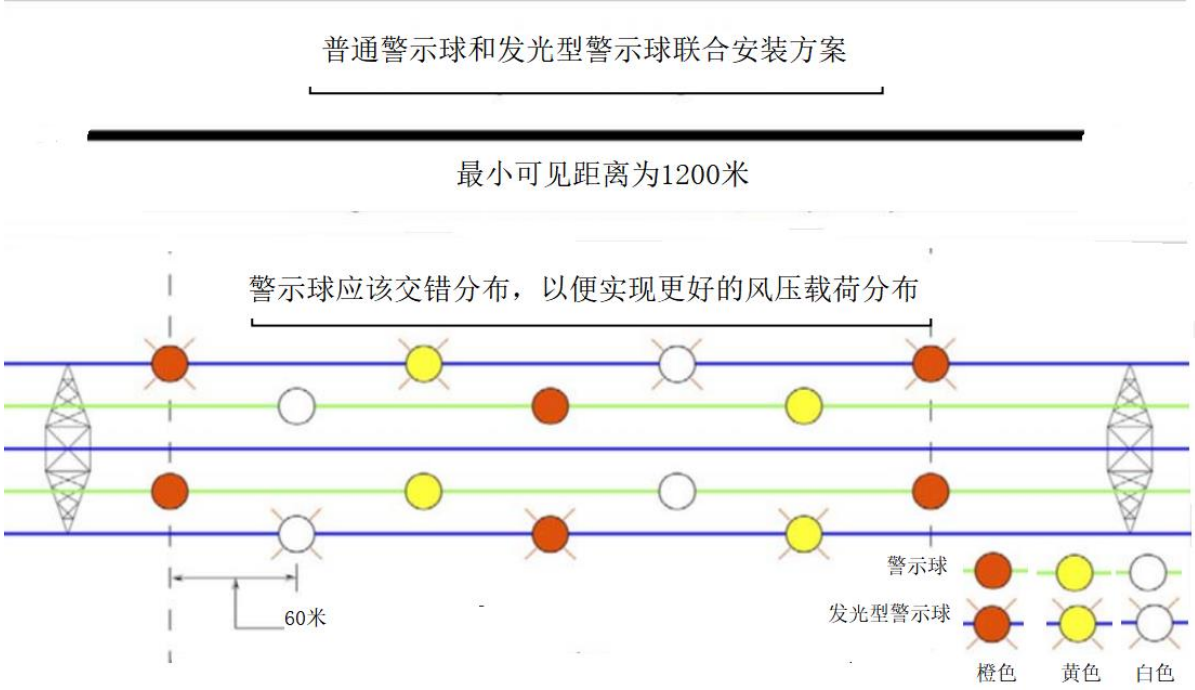


图 B1 警示球安装示意图

B.2 图案

交替配色方案可在所有背景环境下，提供最高的可见性。警示球应交替采用纯色的橙色、白色和黄色进行安装。通常情况下，在每条导线端部应当安装一个橙色警示球，并调整间距（不超过 60m），以容纳其余警示球的安装。当使用少于 4 个警示球时，应全部是橙色。

B.3 导线下垂

由于温度、导线重量、风等因素影响，导线会发生下垂。安装警示球的最高导线与未安装警示球的最高导线处之间的最大允许间距是 8m，且不应违反输电线路设计的下垂要求。

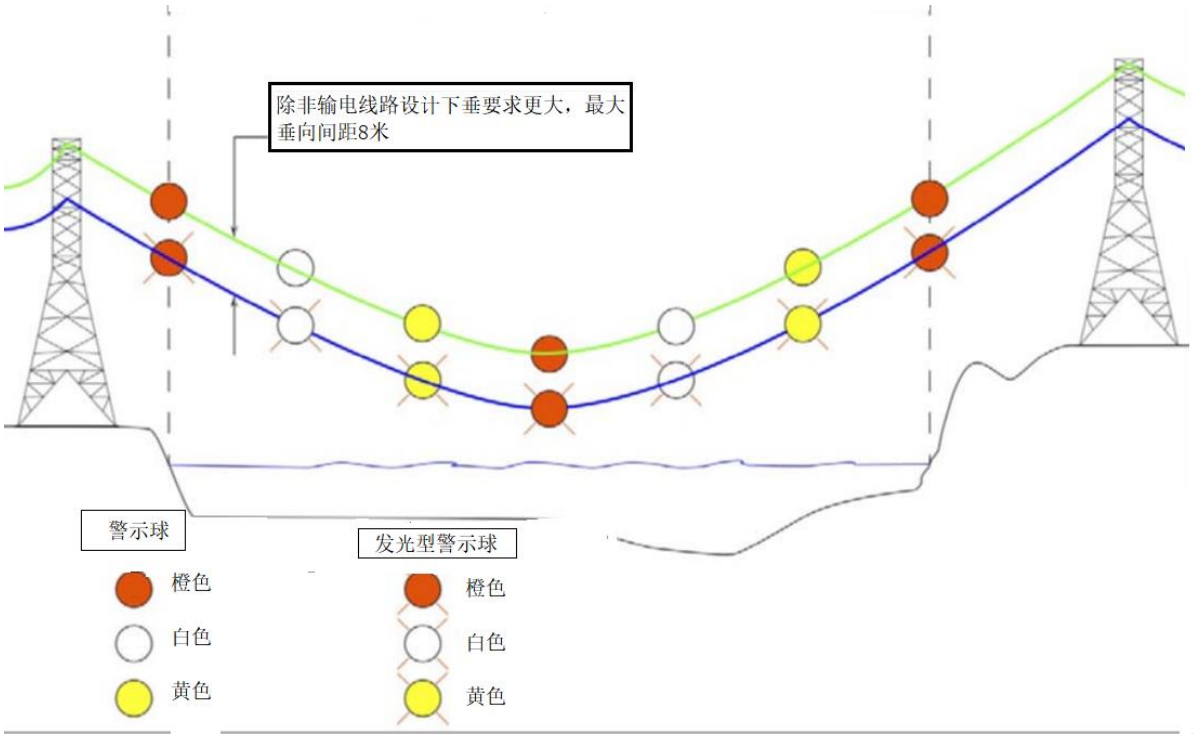


图 B2 垂直方向警示球安装要求

附 录 C
（资料性附录）
输电杆塔上的高空警示球安装方案

C.1 灯光标示安装层

在每个支撑杆塔或相邻地表都应安装一个分三层顺序闪光的发光型警示球组成的告警系统。在杆塔顶部安装一层，在输电导线的最低点高度上安装另外一层，在这两个安装层的大约中间处安装第三层。一般而言，中间层应与其它两层的距离至少 15m。当顶层和底层警示球之间的距离小于 30m 时，可省略安装中间层发光型警示球。

a）顶层。杆塔顶部安装一个或多个发光型警示球，以提供 360° 的覆盖范围，确保视野观察不受阻碍。如警示球的安装给维修人员带来潜在危险，顶层警示球可安装在杆塔最高处 6m 以下的位置。

b）水平覆盖范围。在中间和底层的发光型警示球的安装方式，应可提供至少 180° 的水平覆盖面，且与飞行器航路方向正向垂直。当输电导线位于河流、峡谷等的弯曲处附近，或与飞行器航路不垂直时，警示球的水平光束应提供最有效的灯光覆盖，以警告从任何方向飞抵的飞行员存在输电导线。

c）偏差。警示球的垂向和水平安装，可能受到塔架和/或相邻地形的限制。允许底层和中间层警示球间距与统一间距之间存在 20%的公差。如杆塔的底部高于输电导线的最低点，如导线跨越峡谷，在临近的地面上，应在跨度的最低点平面上安装一个或多个发光型警示去。这些警示球应安装在建筑物或地面上，高度为输电导线的最低点高度。

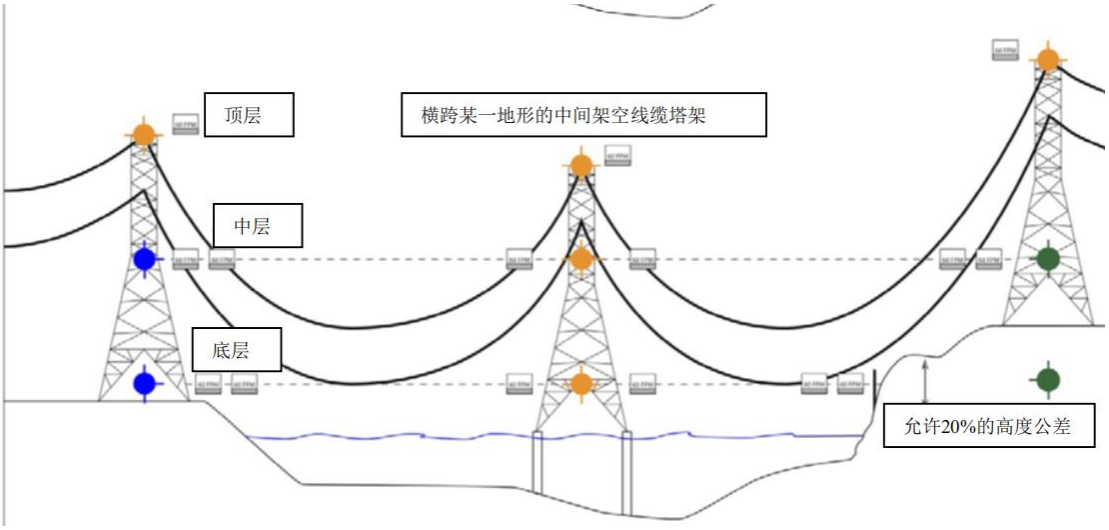


图 C1 输电杆塔警示球安装要求

C.2 闪光顺序和持续时间

输电导线输电杆塔的警示球闪光顺序应为中、上、下，在同一层的灯光同时闪烁。这种闪光模式呈现一个独特的信号，驾驶员应将其解释为输电导线位于灯光附近的警告。如使用发光型警示球为输电导线提供告警，则允许使用较慢的 40fpm 的闪光频率，以使每个警示球能够形成识别特征明确的闪光，中上下闪光模式将很容易被识别。实践经验表明以 60fpm 的频率闪烁的 LED 灯没有足够的时间在每个闪光周期中关闭，看起来好像是恒光灯。将闪光频率降低到 40fpm 有助于更清晰、明确的为飞行员提供信号，进行识别。如只有两层警示球，应以相同的闪光频率/持续时间交替闪亮，就好像有三层警示球一样。

C.3 同步性

尽管没有要求，但推荐每一输电导线的支撑塔架上相应各个发光型警示球同步闪光。