



# 中华人民共和国电力行业标准

DL / T 1727 — 2017

---

## 110kV ~ 750kV 交流架空输电线路 可听噪声控制技术导则

Technical guide for audible noise control of 110kV~750kV  
AC overhead transmission lines

2017-08-02 发布

2017-12-01 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 总则..... 1

5 导线..... 1

6 跳线..... 2

7 金具..... 2

8 架线施工..... 4

9 电晕和可听噪声检测 ..... 4

10 验收..... 4

附录 A（规范性附录） 电场强度计算 ..... 5

附录 B（规范性附录） 可听噪声计算方法..... 7

附录 C（资料性附录） 金具表面场强海拔修正公式 ..... 8

附录 D（资料性附录） 紫外成像仪的使用方法..... 10

## 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》的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会提出并归口。

本标准负责起草单位：中国电力科学研究院、全球能源互联网研究院、陕西电力科学研究院、西安交通大学。

本标准主要起草人：莫娟、李正、樊宝珍、王景朝、沈鸿冰、董玉明、徐金、张霞、马裕超、刘蕊、段舒宁、黄廷政、韩珏、聂京凯、吴健、彭宗仁。

本标准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）。

# 110kV～750kV 交流架空输电线路可听噪声控制技术导则

## 1 范围

本标准规定了 110kV～750kV 交流架空输电线路可听噪声控制的技术原则和要求。  
本标准适用于 110kV～750kV 交流架空输电线路工程。

## 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（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1179 圆线同心绞架空导线

GB/T 2314 电力金具通用技术条件

GB/T 2317.4 电力金具试验方法 第 4 部分：验收规则

GB 3096 声环境质量标准

GB 50233 110kV～750kV 架空输电线路施工及验收规范

DL 501 架空送电线路可听噪声测量方法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**可听噪声 audible noise**

由输电线路电晕所产生的一种能凭人耳直接听到的噪声，单位为 Pa 或  $\mu\text{Pa}$ ，常用 A 声级表示，单位为 dB (A)，0dB (A) 对应  $20\mu\text{Pa}$ 。

## 4 总则

4.1 输电线路可听噪声控制应执行国家的建设方针和技术经济政策，符合安全可靠、技术先进、经济合理的要求。

4.2 输电线路可听噪声控制应符合 GB 3096 相应功能区划分的规定，也应满足工程环评批复的要求。

4.3 输电线路可听噪声控制除应执行本标准的规定外，尚应符合其他现行的有关国家标准和电力行业规定的规定。

## 5 导线

5.1 输电线路的导线表面电场强度  $E$  不宜大于电晕临界电场强度  $E_0$  的 85%，计算方法可按附录 A 执行。

5.2 按照 GB/T 1179 选用导线时，海拔不超过 1000m，可不验算电晕的导线最小外径应符合表 1 的规定。

表 1 可不验算电晕的导线最小外径

标称电压 kV	110	220	330			500			750		
导线外径 mm	9.60	21.60	33.60	2×21.60	3×17.10	2×36.24	3×26.82	4×21.60	4×36.90	5×30.20	6×25.50

- 5.3 输电线路可听噪声的计算方法可按附录 B 执行。
- 5.4 海拔不超过 1000m 时，距输电线路边相导线投影外 20m 处，湿导线条件下的可听噪声限值应为 55dB（A）。

6 跳线

- 6.1 500kV 及以下电压等级的输电线路常规耐张塔宜采用软跳线，750kV 输电线路宜采用笼式或铝管式跳线。
- 6.2 跳线设计时可合理确定分裂型式，控制跳线表面场强和可听噪声。
- 6.3 笼式跳线部分宜与软跳线部分同分裂间距；铝管式跳线与软跳线连接间隔棒宜采用与软跳线等分裂间距设计，750kV 线路铝管端头应加装屏蔽环。
- 6.4 跳线设计时应确保跳线外形流畅，曲率半径合理。

7 金具

- 7.1 金具生产制造应按 GB/T 2314 执行。
- 7.2 330kV～750kV 线路的金具串应采取均压和防电晕措施。220kV 及以下电压等级线路可根据海拔情况确定是否采取均压和防电晕措施。
- 7.3 金具表面场强  $E$  不宜大于金具表面电晕起始场强  $E_0$  的 85%。
- 7.4 海拔 1000 m 及以下，线路金具表面工作场强理论计算控制峰值不宜超过 26kV/cm。
- 7.5 金具表面电晕起始场强海拔修正可按下式计算，具体修正方法参见附录 C：

$$E_{0h}=E_0/(K_1\times K_2)$$
 (1)

式中：

$E_{0h}$ ——海拔为  $h$ （m）时的金具表面电晕起始场强，kV/cm；

$E_0$ ——海拔 1000m 及以下金具表面电晕起始场强，kV/cm；

$K_1$ ——海拔修正系数，见表 2；

$K_2$ ——安全裕度系数，1.2。

表 2 海拔修正系数  $K_1$

海拔 $h$ m	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
修正系数 $K_1$	1.17	1.24	1.31	1.38	1.46	1.54	1.63	1.72

- 7.6 高海拔地区均压环、均压屏蔽环管径修正可按下式计算。

$$\Phi=\Phi_0K_1$$
 (2)

式中：

$\Phi$ ——海拔修正后均压环、均压屏蔽环管径，mm；

$\Phi_0$ ——1000m 及以下海拔条件下均压环、均压屏蔽环管径，mm；

$K_1$ ——海拔修正系数，见表 2。

- 7.7 330kV～750kV 不同海拔条件下，均压环管径和环体半径结构尺寸不宜小于表 3 的取值。

表 3 均压环管径和环体半径结构尺寸取值

电压等级 kV	结构尺寸 mm	海拔				
		≤1500m	3000m	3500m	4000m	5000m
330	环体半径	300				



表 3（续）

电压等级 kV	结构尺寸 mm	海拔				
		≤1500m	3000m	3500m	4000m	5000m
330	管体直径	32	40		46	
500	环体半径	300				
	管体直径	50		60		80
750	环体半径	400				
	管体直径	80				100
注 1：环体半径指绝缘子串轴心至环体管中心距离。						
注 2：海拔为 5000m 时的结构尺寸项目值为理论推算值。						

7.8 330kV～750kV 不同海拔条件下，均压屏蔽环管径和环体半径结构尺寸不宜小于表 4 的取值。

表 4 均压屏蔽环管径和环体半径结构尺寸取值

电压等级 kV	结构尺寸 mm	海拔				
		1500m	3000m	3500m	4000m	5000m
330	$h$	100				
	$R_1$	120				
	$R_2$	170				
	$\Phi$	32	40		46	
500	$h$	300				
	$R_1$	300				
	$R_2$	300				
	$\Phi$	50		60		80
750	$h$	400				
	$R_1$	370				
	$R_2$	370				
	$\Phi$	80				100
注 1：表中各结构尺寸标识示意图如图 1 所示。						
注 2：海拔为 5000m 时的结构尺寸值为理论推算值。						

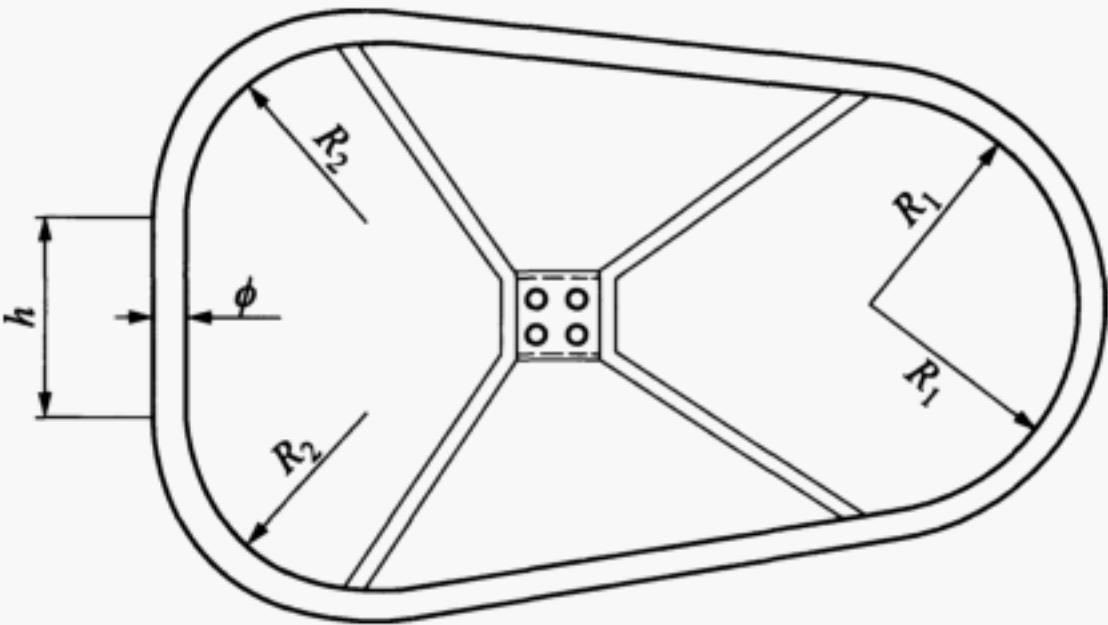


图 1 均压屏蔽环管径和环体半径结构尺寸示意图

7.9 330kV~750kV 悬垂串宜采用均压环和防晕线夹的组合设计，耐张串宜采用均压环和屏蔽环组合或均压屏蔽环。

7.10 防振锤设计时应满足防振基本要求的前提下有效控制起晕场强。

7.11 间隔棒线夹铰链位置宜设置在分裂导线的屏蔽保护范围内。

## 8 架线施工

### 8.1 导线展放

8.1.1 导线运输、现场储藏、施工放线及紧线时，应采取防损伤措施。

8.1.2 与导线接触部分的临锚绳应采取防止导线损伤的措施。

8.1.3 跳线施工安装时应确保跳线外形流畅，符合设计要求。

### 8.2 附件安装

8.2.1 附件安装时不应损伤导线及金具。

8.2.2 除线夹、防振锤、间隔棒使用预绞丝护线条，或设计另有规定外，线夹安装时应在铝股外缠绕铝包带，缠绕时铝包带应露出线夹口，但不应超过 10 mm，其端头应回缠绕于线夹内压住。

8.2.3 均压环和屏蔽环安装应符合 GB 50233 的规定。

8.2.4 金具螺栓或销钉的规格、穿向情况应符合 GB 50233 的规定和设计要求。

## 9 电晕和可听噪声检测

9.1 输电线路电晕检测宜采用紫外成像技术，并符合附录 D 的规定。

9.2 输电线路可听噪声检测应按 DL 501 执行，采用等效连续 A 声级，同时测量噪声频谱。

## 10 验收

### 10.1 导线验收

10.1.1 导线线股损伤及补修处理应符合 GB 50233 的规定。

10.1.2 接续管、耐张线夹、引流管与导线的接口及连接应符合 GB 50233 的规定。

### 10.2 金具验收

10.2.1 跳线弧垂应符合 GB 50233 的规定和设计要求。

10.2.2 笼式或铝管式跳线与导线连接处应符合 GB 50233 的规定和设计要求。

10.2.3 均压环和屏蔽环外观应无磨损、变形、碰撞等缺陷，并应满足 GB/T 2317.4 的要求。

### 10.3 可听噪声验收

输电线路可听噪声验收应按 GB 3096 执行。

附 录 A  
(规范性附录)  
电场强度计算

### A.1 导线表面最大电场强度计算公式

导线表面最大电场强度计算方法见式 (A.1) ~ 式 (A.4):

分裂导线的等效导体半径计算方法见式 (A.1):

$$R_i = R_0 \sqrt[n]{\frac{nr}{R_0}} \quad (\text{A.1})$$

式中:

$R_i$  —— 分裂导线等效导体半径, cm;

$n$  —— 子导线的根数;

$r$  —— 子导线的半径, cm;

$R_0$  —— 分裂圆的半径, cm。

每根导线的等效总电荷  $Q$  计算方法见式 (A.2):

$$U = \lambda Q \quad (\text{A.2})$$

式中:

$U$  —— 相电压 (有效值), kV;

$Q$  —— 等效电荷, mF;

$\lambda$  —— 电位系数, C/m。

每根等效导线的平均表面电场强度计算方法见式 (A.3):

$$E_a = \frac{Q_i}{n} \frac{1}{2\pi\epsilon_0 r} \quad (\text{A.3})$$

式中:

$E_a$  —— 平均电场强度, kV/cm;

$\epsilon_0$  —— 空气介电常数;

$Q_i$  —— 每根导线上的线电荷密度, C/m。

$n$  —— 子导线的根数;

$r$  —— 子导线的半径, cm。

导线表面最大电场强度计算方法见式 (A.4):

$$E_m = E_a \left[ 1 + (n-1) \frac{r}{R_0} \right] \quad (\text{A.4})$$

式中:

$E_m$  —— 导线表面最大电场强度, kV/cm;

$E_a$  —— 平均电场强度, kV/cm;

$n$  —— 子导线的根数;

$r$  —— 子导线半径, cm;

$R_0$  —— 分裂圆的半径, cm。



## A.2 均压环、屏蔽环电场强度计算公式

圆管型单圆环的电场强度计算方法见式 (A.5):

$$E = \frac{U[1+r/(2R) \times \ln(8R/r)]}{r \times \ln(8R/r)} \quad (\text{A.5})$$

式中:

$E$  ——表面电场强度, kV/cm;

$U$  ——相电压 (有效值), kV;

$R$  ——圆环外廓半径, cm;

$r$  ——圆环管径, cm。

上述公式适用于单个均压环、屏蔽环或均压屏蔽环的设计估算, 工程使用产品应满足本标准中推荐的尺寸要求, 并通过型式试验验证。

## A.3 临界场强计算公式

可见电晕的临界电场强度 (峰值) 的计算方法见式 (A.6):

$$E_0 = 30.3\delta m_1 m_2 \left( 1 + \frac{0.298}{\sqrt{r\delta}} \right) \quad (\text{A.6})$$

式中:

$E_0$  ——临界电场强度;

$\delta$  ——空气的相对密度;

$m_1$  ——导线表面粗糙系数, 对于表面平滑的非绞合导线,  $m_1$  为 1, 否则  $m_1$  小于 1; 为均压屏蔽环表面粗糙系数,  $m_1$  取 0.82 或以上;

$m_2$  ——气象系数, 对于不同气象情况,  $m_2$  为 0.8~1.0。

**附 录 B**  
(规范性附录)  
可听噪声计算方法

输电线路可听噪声  $\overline{L_{PA}}$  预估计算方法见式 (B.1) ~ 式 (B.2):

$$\overline{L_{PA}} = 10 \log \sum_{i=1}^Z 10^{AN_i/10} \quad (\text{B.1})$$

式中:

$\overline{L_{PA}}$  —— A 计权声级, dB (A);

$Z$  —— 总相数。

$$AN = 120 \log E + k \log n + 55 \log d - 11.4 \log D + AN_0 \quad (\text{B.2})$$

式中:

$E$  —— 导线表面最大电场强度的平均值, kV/cm;

$AN$  —— 单相 A 计权声级, dB (A);

$D$  —— 测点到被测点的距离, m;

$d$  —— 子导线直径, cm;

$n$  —— 导线分裂数,  $n < 3$  时,  $k = 0$ ;  $AN_0 = -115.4$ ;  $n \geq 3$  时,  $k = 26.4$ ,  $AN_0 = -128.4$ ;

$AN_0$  —— A 计权声级校正常数。

不同海拔情况下应考虑海拔修正, 可按美国 BPA 建议, 海拔每增加 300m, 噪声值约增加 1dB (A)。

附录 C  
(资料性附录)  
金具表面场强海拔修正公式

针对直径为 56mm、77mm 的球和外径为 200mm、管径分别为 15mm 和 20mm 的均压环，进行了多种气压下的电晕试验。试验结果表明，在 45kPa~100kPa 的气压范围内，各电极的起晕电压和熄灭电压与气压近似呈线性关系，如图 C.1 和图 C.2 所示。

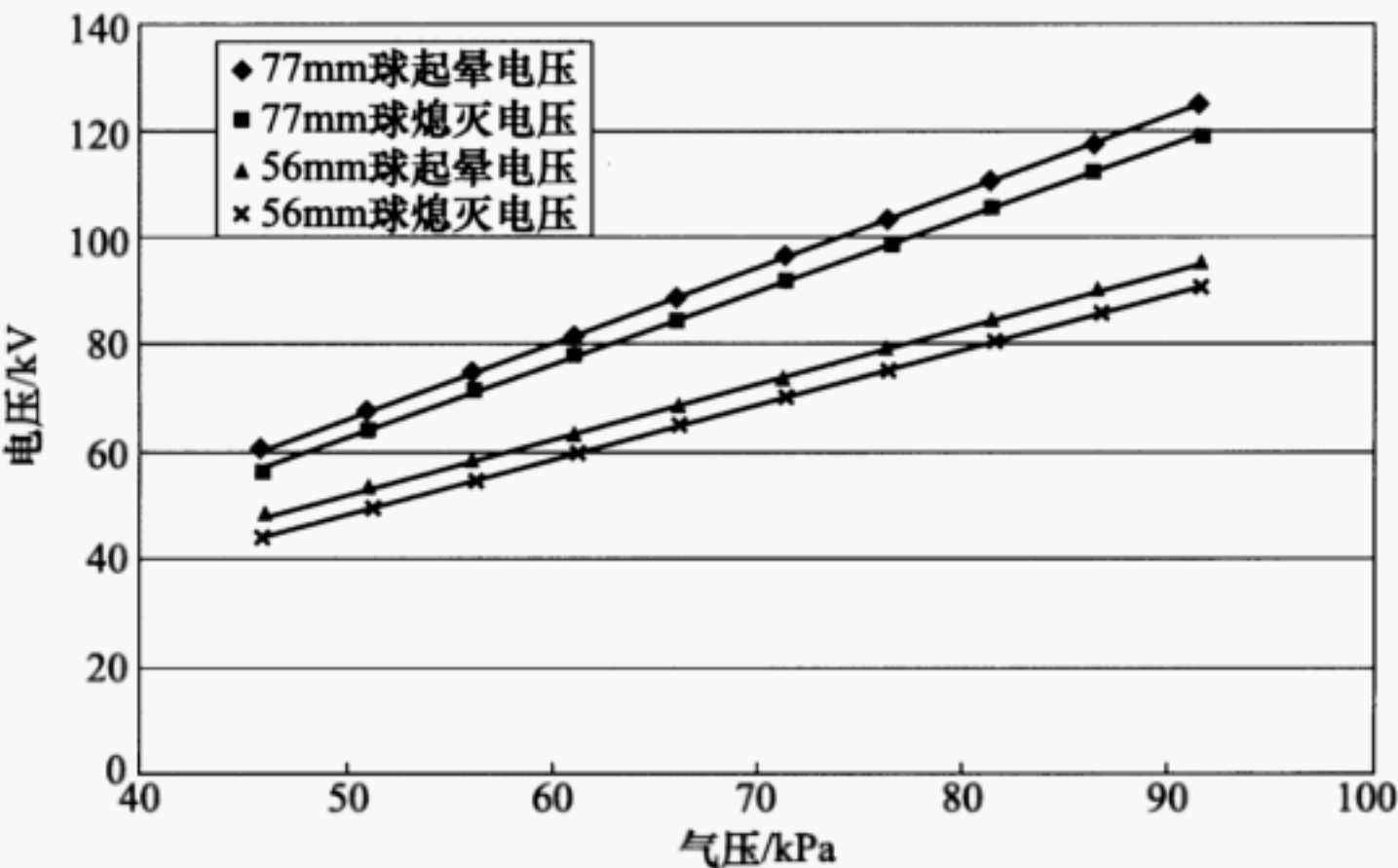


图 C.1 变气压时球的起晕电压及熄灭电压

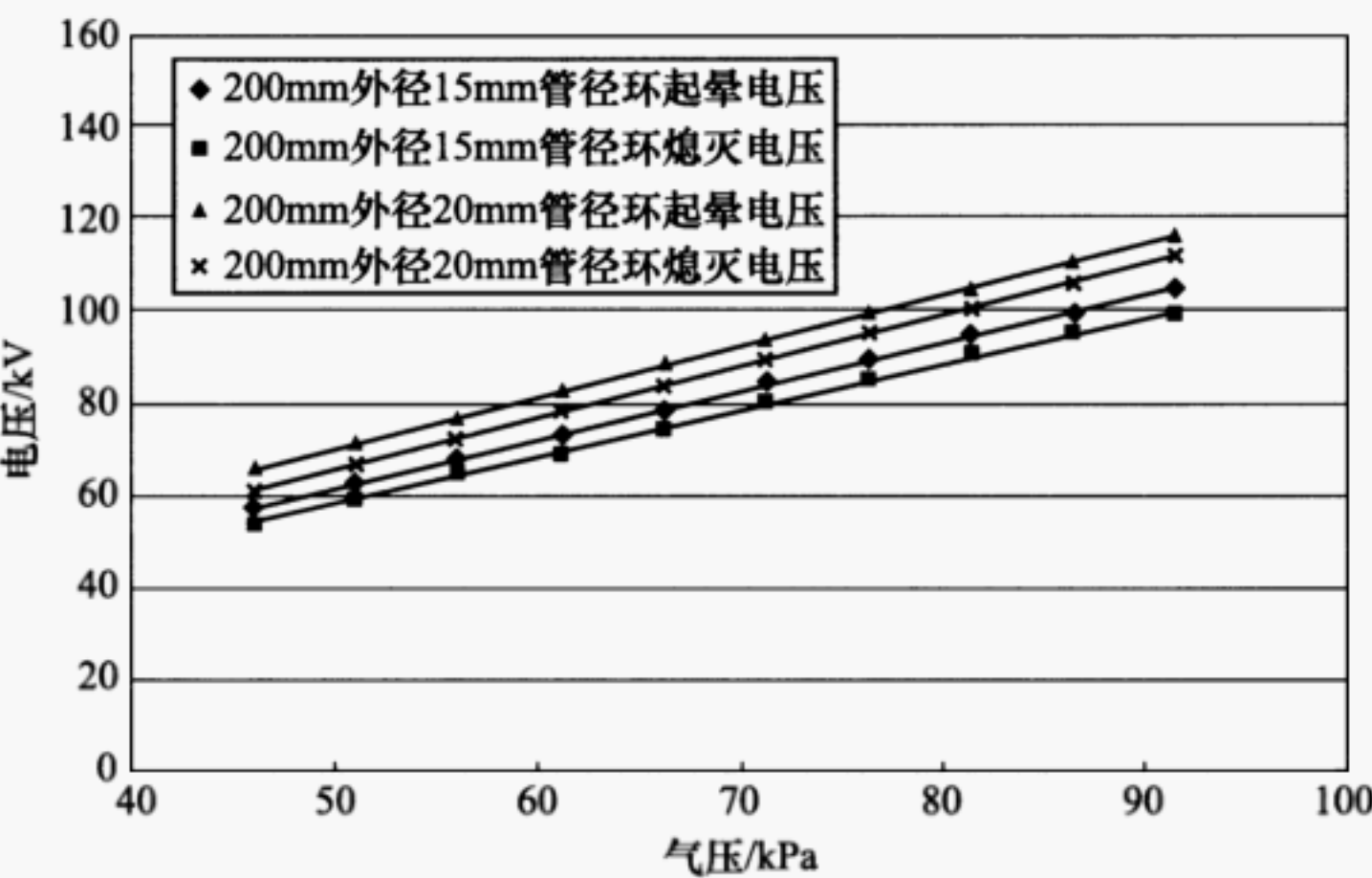


图 C.2 变气压时环的起晕电压及熄灭电压

海拔修正系数可由零海拔下的起晕电压与高海拔下的起晕电压之比得到，不同的电极形式比值有一定的差异，通过对其进行回归分析得到了各电极的系数公式及曲线，如图 C.3 所示。综合分析所有曲线，为了避免裕度过大或偏小，选取了处于中间位置的曲线，即外径为 200 mm 管径为 20 mm 环的修正曲线，其系数计算方法见式 (C.1)：

$$K_1=0.9982e^{0.1086h} \tag{C.1}$$

式中：  
 $K_1$  ——海拔修正系数；

$h$  ——海拔，km。

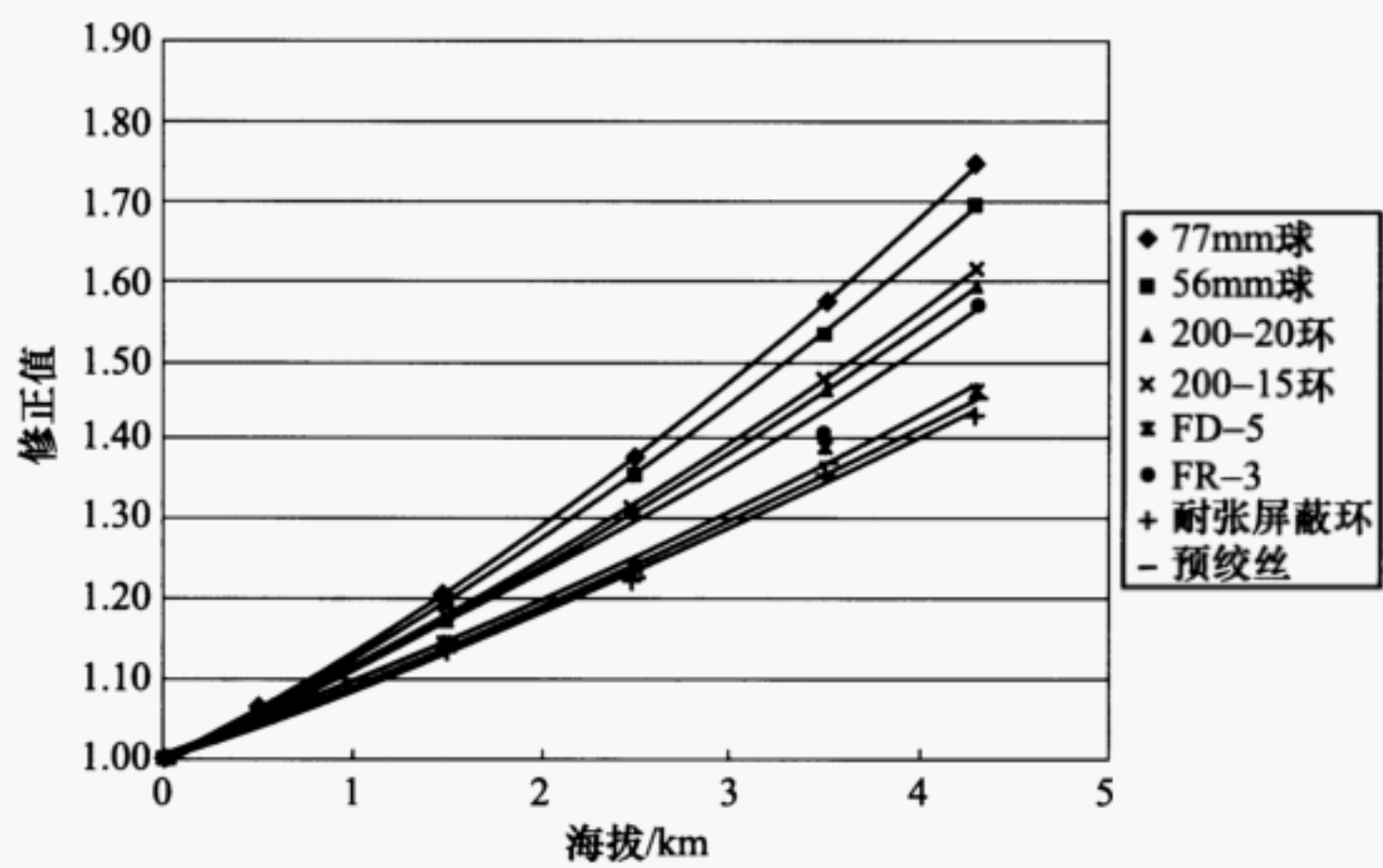


图 C.3 变气压时环的起晕电压及熄灭电压

高海拔控制场强修正法，即：

$$E_{0h}=E_0/(K_1\times K_2) \tag{C.2}$$

式中：

$E_{0h}$ ——海拔为  $h$  (m) 时的金具表面电晕起始场强，kV/cm；

$E_0$ ——海拔 1000m 及以下金具表面电晕起始场强，kV/cm；

$K_1$ ——海拔修正系数，见表 2；

$K_2$ ——安全裕度系数，1.2。

根据球、环、防振锤及均压屏蔽环的计算结果可知，在零海拔条件下，金具表面场强达到 40kV/cm 左右时，会发生电晕放电，因此以该值作为场强修正法的基准起晕场强。依据西安交通大学、国网电力科学研究院的试验结果及国内外海拔修正的相关经验，海拔修正系数可采用表 2 的结果。安全裕度系数应不小于 1.2。



附 录 D  
(资料性附录)

紫外成像仪的使用方法

利用紫外成像仪进行金具的可见电晕试验，试品布置和试验设备依据标准第 4 章的相关要求，测量仪器采用的紫外成像仪的增益应在 0%~100%区间内可调，镜头应有足够的变焦放大倍数，一般不小于 15 倍光学变焦。

试验时，观测者应站在安全位置，为了获得较好的试验结果，选取与试品水平距离 20m 处。将紫外成像仪镜头对准试品，增益调为 60%，并在显示屏上看到试品。逐步升高施加在试品上的电压，直至观察到试品电晕的产生（显示屏上试品表面有喷射状雪花点），维持 5min，并记录该电压作为电晕起始电压；然后逐步降低施加在试品上的电压，直至试品上的电晕消失为止，维持 5min，并记录该电压为电晕熄灭电压，为了便于分析，录像记录整个试验过程，紫外成像仪典型电晕放电图谱如图 D.1 和图 D.2 所示。

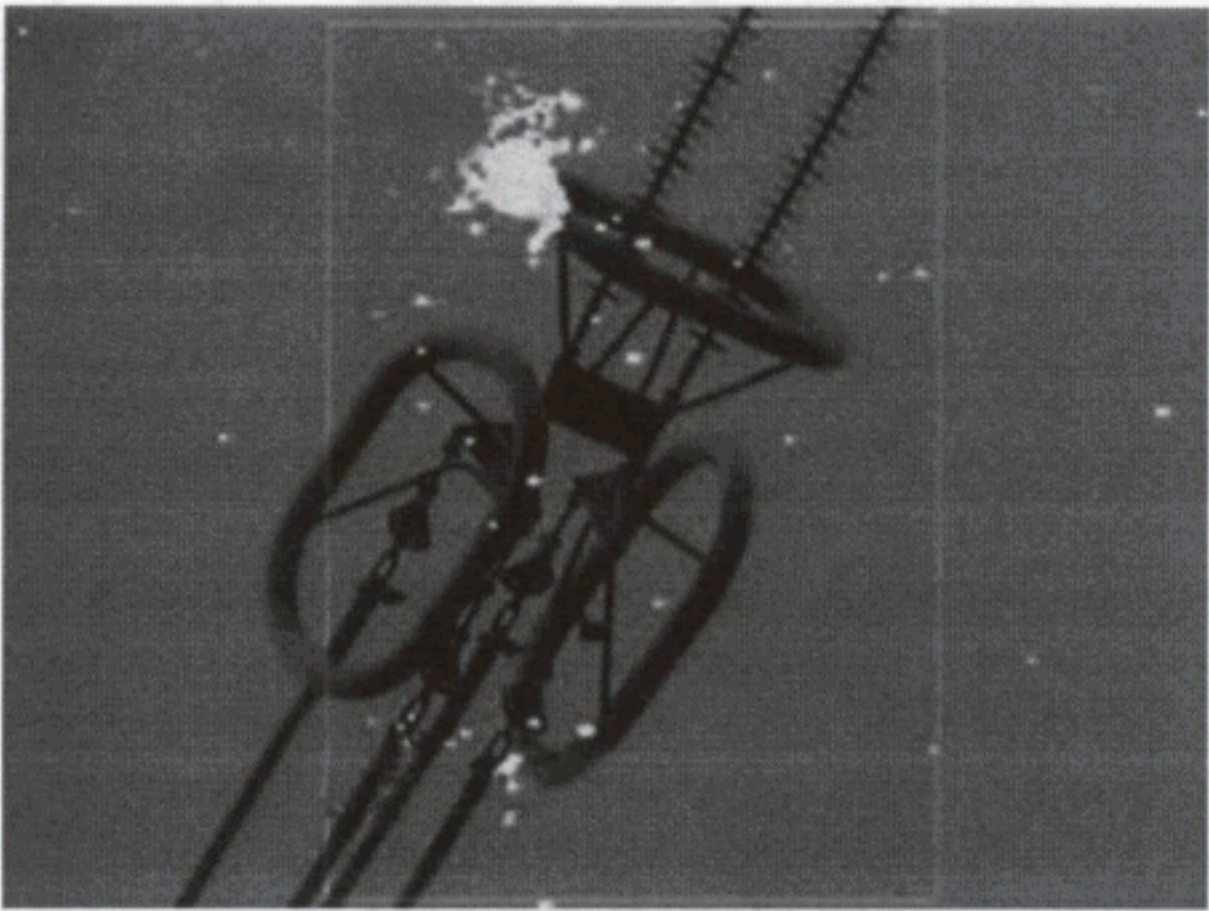


图 D.1 紫外成像仪典型电晕放电图谱（一）

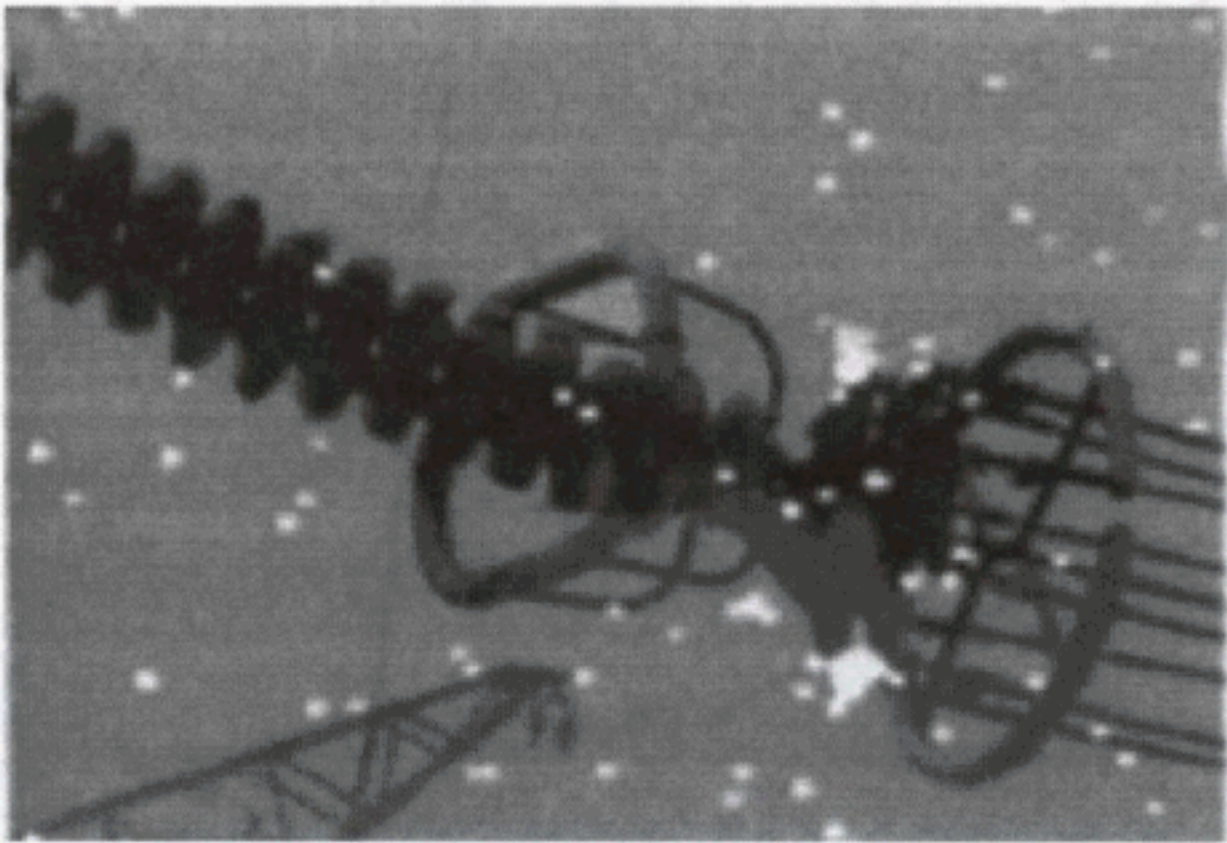


图 D.2 紫外成像仪典型电晕放电图谱（二）



