ICS 29.240.10
K 44

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 24845—2018
代替 GB/Z 24845—2009

# 1 000 kV 交流系统用无间隙金属氧化物避雷器技术规范

**Specification of metal-oxide surge arresters without gaps for 1 000 kV a.c. system**

2018-07-13 发布　　2019-02-01 实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会　发布

# 目　　次

前言 …… Ⅰ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
4　标志 …… 3
5　标准额定值 …… 4
6　运行条件 …… 4
7　技术要求 …… 5
8　试验要求 …… 10
9　型式试验(设计试验) …… 10
10　例行试验 …… 13
11　验收试验 …… 14
12　定期试验 …… 14
13　抽样试验 …… 14
14　气体绝缘金属封闭无间隙金属氧化物避雷器(GIS 避雷器) …… 15
15　铭牌、包装、运输及保管 …… 22
附录 A(规范性附录)　异常运行条件 …… 23
附录 B(规范性附录)　电压分布试验方法 …… 24
附录 C(规范性附录)　作为支柱绝缘子使用的 1 000 kV 交流系统用瓷套避雷器的特殊要求 …… 26
附录 D(规范性附录)　1 000 kV 交流系统无间隙金属氧化物避雷器用监测器 …… 27

# 前　言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/Z 24845—2009《1 000 kV 交流系统用无间隙金属氧化物避雷器技术规范》。

本标准与 GB/Z 24845—2009 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

——增加了额定电压 804 kV、780 kV 避雷器的相关参数(见 7.1)；

——外绝缘耐受试验、残压试验、动作负载试验、工频电压耐受时间特性试验、短路电流试验、抗震试验、弯曲负荷试验等根据最新版 IEC 和近期研究成果进行了相关修改(见第 9 章，GB/Z 24845—2009 的第 10 章)；

——增加了均压电容试验、环境试验和爬电距离检查(见第 9 章)；

——增加了避雷器的异常运行条件(见附录 A)；

——修改了电压分布试验中的计算公式(见附录 B，GB/Z 24845—2009 的附录 A)；

——增加了作为支柱绝缘子使用的 1 000 kV 交流系统用瓷套避雷器的特殊要求(见附录 C)；

——增加了 1 000 kV 交流系统无间隙金属氧化物避雷器用监测器的技术要求(见附录 D)。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国特高压交流输电标准化技术委员会(SAC/TC 569)归口。

本标准负责起草单位：国家电网公司、中国电力科学研究院有限公司、西安西电避雷器有限责任公司、西安高压电器研究院有限责任公司、平高东芝(廊坊)避雷器有限公司、南阳金冠电气有限公司、抚顺电瓷制造有限公司、西安交通大学。

本标准主要起草人：时卫东、陈维江、张搏宇、葛栋、王保山、张翠霞、陈国强、熊易、何计谋、李凡、殷禹、宋继军、徐学亭、汤晓中、郭洁、汤霖、贺子鸣、刘洪涛、王晓刚。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/Z 24845—2009。

# 1 000 kV 交流系统用无间隙金属氧化物避雷器技术规范

## 1 范围

本标准规定了 1 000 kV 交流系统用无间隙金属氧化物避雷器的运行条件、技术要求、检验规则、试验方法和包装运输等。

本标准适用于为限制 1 000 kV 交流系统过电压而设计的电站用瓷套无间隙金属氧化物避雷器(简称“避雷器”)和气体绝缘金属封闭无间隙金属氧化物避雷器(简称“GIS 避雷器”)。

## 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 191 储运图示标志

GB/T 7354 局部放电测量

GB/T 7674 额定电压 72.5 kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备

GB/T 8905 六氟化硫电气设备中气体管理和检测导则

GB/T 11022—2011 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求

GB/T 11023 高压开关设备六氟化硫气体密封试验导则

GB/T 11032—2010 交流无间隙金属氧化物避雷器

GB/T 12022 工业六氟化硫

GB/T 13540—1992 高压开关设备和控制设备的抗震要求

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 26218.1 污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第 1 部分:定义、信息和一般原则

GB/T 26218.2 污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第 2 部分:交流系统用瓷和玻璃绝缘子

GB 50150 电气装置安装工程电气设备交接试验标准

GB 50260—2013 电力设施抗震设计规范

JB/T 10492 金属氧化物避雷器用监测装置

IEC 60099-4:2014 交流无间隙金属氧化物避雷器(Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems)

## 3 术语和定义

GB/T 11032—2010 和 GB/T 11022—2011 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用,以下重复列出了 GB/T 11032—2010 和 GB/T 11022—2011 中的某些术语和定义。

3.1

**外套及伞裙　housing and sheds**

3.1.1

**外套　housing**

避雷器的外部绝缘部件，提供必需的爬电距离并保护内部部件不受环境影响。

注：外套可由几个部件组成，用以提供机械强度并保护内部部件不受环境影响。

[GB/T 11032—2010，定义 3.46.1]

3.1.2

**伞裙　shed**

外套伸出的绝缘部分，用以增加爬电距离。

[GB/T 11032—2010，定义 3.46.2]

3.2

**瓷套避雷器　porcelain-housed surge arrester**

用瓷做外套材料，并带有附件及密封系统的避雷器。

[GB/T 11032—2010，定义 3.59]

3.3

**弯矩　bending moment**

施加在避雷器外套上的水平力乘以避雷器外套安装基座(法兰的下平面)与施力点之间的垂直距离。

[GB/T 11032—2010，定义 3.61]

3.4

**端子水平拉力　terminal line force**

垂直于避雷器的纵轴，在避雷器中心线测量所得的力。

[GB/T 11032—2010，定义 3.62]

3.5

**破坏负荷　breaking load**

垂直作用于瓷套避雷器的纵轴上，导致避雷器外套机械破坏的力。

[GB/T 11032—2010，定义 3.64]

3.6

**芯体　internal parts**

带有支撑结构和内部均压系统(如果有)的金属氧化物电阻片组件。

3.7

**密封(气、水密封性)　seal(gas/water tightness)**

避免对电气和(或)机械性能有影响的物质进入避雷器内部的能力。

[GB/T 11032—2010，定义 3.70]

3.8

**避雷器最大工频荷电率　maximum applied voltage ratio of an arrester under power-frequency voltage loading**

避雷器最大工频荷电率 $\eta$＝避雷器宣称的最大电压分布不均匀系数×工频持续运行电压/工频参考电压。

3.9

**气体绝缘金属封闭避雷器　gas-insulated metal enclosed surge arrester**

**GIS 避雷器　GIS arrester**

气体绝缘金属封闭金属氧化物避雷器，内部没有任何串联或并联放电间隙，并充以不同于空气的

气体。

注 1：气体压力通常超过 1 bar=$10^5$ Pa。

注 2：该避雷器用于气体绝缘开关装置中。

[GB/T 11032—2010，定义 3.51]

3.10

**GIS 避雷器壳体　housing of GIS arrester**

GIS 避雷器的外部金属封闭部分，其与地连接，保护内部部件避免环境的影响。

3.11

**绝缘气体的额定密度 $D_{re}$（或额定压力 $P_{re}$）　rated density of insulating gas $D_{re}$（or rated pressure of insulating gas $P_{re}$）**

由制造厂规定的，在投运前或补气后充入避雷器内的绝缘气体的密度 $D_{re}$（或压力 $P_{re}$），并折算到标准大气条件（+20 ℃，101.3 kPa）下。可以用相对压力或绝对压力表示。

[GB/T 11032—2010，定义 11.3.1]

3.12

**绝缘气体的最低功能密度 $D_{me}$（或最低功能压力 $P_{me}$）　the minimum functional density of insulating gas $D_{me}$（the minimum functional pressure of insulating gas $P_{me}$）**

由制造厂规定，折算到标准大气条件（+20 ℃，101.3 kPa）下的绝缘气体的最小运行密度 $D_{me}$（或最低运行压力 $P_{me}$）。可以用相对压力或绝对压力表示。如果绝缘气体低于此密度，避雷器的额定特性将不能保证，需要及时补气。

[GB/T 11032—2010，定义 11.3.2]

3.13

**绝对漏气率 $F$　absolute leakage rate $F$**

单位时间内气体的漏失量，以 Pa·L/s 表示。

[GB/T 11022—2011，定义 3.6.6.5]

3.14

**允许漏气率 $F_p$　permissible leakage rate $F_p$**

制造厂规定的最大允许绝对漏气率。

[GB/T 11022—2011，定义 3.6.6.6]

3.15

**相对漏气率 $F_{rel}$　relative leakage rate $F_{rel}$**

在充有额定充气压力（或密度）的系统中，相对于气体总量的绝对漏气率。以每年或每天的百分率表示。

[GB/T 11022—2011，定义 3.6.6.6]

## 4　标志

金属氧化物避雷器的铭牌上应至少包含以下资料信息：

——型号；

——持续运行电压；

——额定频率；

——直流参考电压；

——额定短路电流；

——制造厂名；

——避雷器元件装配位置标志；
——制造年月；
——编号。

## 5 标准额定值

### 5.1 标准额定电压

避雷器额定电压(有效值)：828 kV、804 kV 及 780 kV。

注 1：如果工程确有需求且实际工程的工频过电压较低，可以考虑采用额定电压为 804 kV 和 780 kV 的避雷器，但需经过过电压计算校核及试验验证。

注 2：选用额定电压为 828 kV 的避雷器时，工频过电压不超过 1.3 p.u，或不超过 1.4 p.u 且继电保护动作时间不超过 0.5 s；选用额定电压为 804 kV 或 780 kV 的避雷器时，建议工频过电压不超过 1.2 p.u。

### 5.2 标准额定频率

标准额定频率为 50 Hz。

### 5.3 标准标称放电电流

标准 8/20 μs 标称放电电流为 20 kA。

## 6 运行条件

### 6.1 正常运行条件

#### 6.1.1 环境条件

使用避雷器的环境条件：

a) 环境温度在－40 ℃～＋40 ℃范围内；
b) 太阳光的辐射；

注：最高日照强度(1.1 kW/m$^2$)的影响在型式试验中通过把试品预热的方法已予以考虑。如果在避雷器附近有其他热源，避雷器的使用需经供需双方协商。

c) 海拔高度不超过 1 000 m；
d) 最大风速不超过 35 m/s(离地面高 10 m 处，持续 10 min 的 100 年平均最大风速)；
e) 覆冰厚度不大于 20 mm；
f) 污秽等级 d 级及以下地区；
g) 抗震设防烈度 7 度及以下地区；
h) 安装地点：户外；
i) 安装方式：直立式。

#### 6.1.2 系统条件

使用避雷器的系统条件：

a) 系统额定频率：50 Hz；
b) 系统标称电压：1 000 kV；
c) 系统最高运行电压：1 100 kV；
d) 系统短路电流水平：63 kA；

e) 系统中性点接地方式:中性点直接接地;

f) 长期施加在避雷器端子间的工频电压应不超过避雷器的持续运行电压。

### 6.2 异常运行条件

在异常运行条件下,避雷器的设计、制造及使用应特殊考虑。在异常运行条件下,本标准的使用需经供需双方协商。异常运行条件见附录 A。

## 7 技术要求

### 7.1 技术参数

避雷器的主要技术参数见表 1。

**表 1 典型避雷器主要技术参数**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 避雷器额定电压(有效值)/kV | | 828 | 804[a] | 780[a] |
| 系统标称电压(有效值)/kV | | 1 000 | 1 000 | 1 000 |
| 避雷器持续运行电压(有效值)/kV | | 638 | 638 | 638 |
| 避雷器标称放电电流(峰值)/kA | | 20 | 20 | 20 |
| 陡波冲击残压(峰值)/kV | | ≤1 782 | ≤1 730 | ≤1 679 |
| 雷电冲击残压(峰值)/kV | | ≤1 620 | ≤1 573 | ≤1 526 |
| 2 kA 操作冲击残压(峰值)/kV | | ≤1 460 | ≤1 418 | ≤1 375 |
| 直流参考电压[b]/kV | | ≥1 114 | ≥1 082 | ≥1 049 |
| 0.75 倍直流参考电压下的漏电流/μA | | ≤200 | ≤200 | ≤200 |
| 工频参考电流(峰值)[c]/mA | | 24 | 24 | 24 |
| 工频参考电压(峰值/$\sqrt{2}$)/kV | | ≥828 | ≥804 | ≥780 |
| 持续电流 | 阻性电流(基波峰值)/mA | ≤3 | ≤3 | ≤3 |
| | 全电流(有效值)/mA | ≤20 | ≤20 | ≤20 |
| 长持续时间电流冲击耐受/A | | 8 000 | 8 000 | 8 000 |
| 大电流冲击耐受电流值/kA | | 100/每柱 | 100/每柱 | 100/每柱 |
| 并联柱数 | | 4[d] | 4[d] | 4[d] |
| 电压分布不均匀系数 | | ≤1.15 | ≤1.15 | ≤1.15 |
| 柱间电流分布不均匀系数 | | ≤1.10 | ≤1.10 | ≤1.10 |
| 绝缘底座绝缘电阻/MΩ | | ≥2 000 | ≥2 000 | ≥2 000 |

[a] 如果工程确有需求且实际工程的工频过电压较低,可以考虑采用额定电压为 804 kV 和 780 kV 的避雷器,但应经过过电压计算校核及试验验证,具体见 5.1。

[b] 对于典型的 4 柱并联结构而言,直流参考电流通常为 8 mA。

[c] 对于典型的 4 柱并联结构而言,工频参考电流通常为 24 mA。

[d] 4 柱并联结构是经过验证的典型的结构,只要满足本标准的要求,也可采用不同的并联电阻片柱数。

### 7.2 避雷器的绝缘性能

避雷器内部绝缘件和避雷器瓷套的绝缘耐受电压值应符合表 2 的规定。

表 2　绝缘试验电压值　　单位为千伏

| | |
|---|---|
| 额定雷电冲击耐受电压(峰值) | 2 400 |
| 额定操作冲击耐受电压(峰值) | 1 800 |
| 额定短时 1 min 工频耐受电压(有效值) | 1 100 |

### 7.3　参考电压

#### 7.3.1　工频参考电压

避雷器的工频参考电流以及工频参考电压应符合表 1 的规定,并应在制造厂的资料中公布。

#### 7.3.2　直流参考电压

避雷器的直流参考电流以及直流参考电压应符合表 1 的规定,并应在制造厂的资料中公布。在例行试验中,应规定选用的参考电流下的避雷器最小参考电压值和最大参考电压值。

### 7.4　持续电流

避雷器的持续电流应符合表 1 的规定,并应在制造厂的资料中公布。

### 7.5　0.75 倍直流参考电压下漏电流

避雷器在 0.75 倍直流参考电压下的漏电流应符合表 1 的规定,并应在制造厂的资料中公布。

### 7.6　残压

测量残压的目的是为了获得各种规定的电流波形下某种给定设计的最大残压。这些残压可从型式试验数据中得到,也可从制造厂规定和公布的例行试验用的雷电冲击电流下的最大残压中得到。

对于任何电流和波形,避雷器的最大残压可从型式试验时被试的比例单元的残压乘以比例系数算出。比例系数等于公布的最大残压(例行试验时已被检验)与在同样电流和波形下比例单元所测残压之比。避雷器在陡波、雷电、操作冲击电流下残压值应符合表 1 的规定。

型式试验和定期试验时试验应在与实际避雷器并联柱数相等的比例单元上进行,并在试验前测量电流分布不均匀系数;例行试验时试验可以在单个电阻片上进行。

### 7.7　局部放电

避雷器在 1.05 倍持续运行电压下的局部放电量不应大于 10 pC。

### 7.8　密封性能

避雷器应有可靠的密封。在避雷器寿命期间内,不应因密封不良而影响避雷器的运行性能。避雷器的密封泄漏率不应大于 $6.65\times10^{-5}$ Pa·L/s。

### 7.9　多柱避雷器的电流分布

多柱避雷器电流分布最大不均匀系数不应大于 1.10。

### 7.10　热稳定性

经供需双方协商,可按 GB/T 11032—2010 的 9.2.2 进行特殊的热稳定试验,在施加工频电压之前注入的冲击能量应不小于 40 MJ(折算到整只避雷器)。

### 7.11 长持续时间电流冲击耐受

型式试验和定期试验时，避雷器比例单元应按表1的规定通过2 ms方波冲击电流耐受试验，比例单元中电阻片并联柱数与实际避雷器并联柱数相同，试验前应测量电流分布不均匀系数。比例单元可以不考虑热等价性。

抽样试验和例行试验时，避雷器比例单元或电阻片应按表1的规定通过2 ms方波冲击电流耐受试验，试验可以在单片电阻片上进行，但应考虑最大电流分布不均匀系数。

试验后观察试品，电阻片应无击穿、闪络、破碎或其他明显损伤的现象。

长持续电流冲击耐受试验前后参考电压和标称放电电流下残压变化不应大于5%。

### 7.12 大电流冲击耐受

大电流冲击耐受用于抽样试验，动作负载试验的预备性试验。

大电流冲击耐受电流值(峰值)为每柱100 kA。

### 7.13 电压分布不均匀系数

避雷器电压分布最大不均匀系数应符合表1的规定，应采用实测的方法确定避雷器的电压分布不均匀系数。具体试验方法见附录B。

### 7.14 运行电压下的长期稳定性

应通过加速老化试验证实避雷器在持续运行电压下整个寿命期间的稳定性。试验时施加的荷电率应比实际避雷器的最大荷电率高10%。

试验时的荷电率指施加的工频电压与参考电压的比值。

### 7.15 试品的热耗散性能

在涉及热恢复的试验中，试品的性能在很大程度上取决于试品的散热能力，即吸收能量后冷却下来的能力。应通过试验证实试品具有等价于整只避雷器的散热性能。

### 7.16 操作冲击动作负载性能

避雷器应能耐受操作冲击动作负载试验中的各种负载考核，这些负载不应引起损坏或热崩溃。在施加工频电压之前应注入的能量(按整只避雷器折算)不应小于40 MJ。

试验应在与实际避雷器并联柱数相等的比例单元上进行，并在试验前测量电流分布不均匀系数；其中预备性试验时的比例单元可以不考虑热等价性，大电流冲击试验可以在单片电阻片上进行。

若试品达到热稳定，且试验前后残压变化不大于5%，以及试验后检查电阻片无击穿、闪络或破损的现象，则避雷器通过试验。

### 7.17 工频电压耐受时间特性

制造厂应提供避雷器在预热到60 ℃，在注入冲击能量后允许施加在避雷器上的工频电压的持续时间及相应的工频电压值，而不发生损坏或热崩溃的数据。

试验应在与实际避雷器并联柱数相等的比例单元上进行，并在试验前测量电流分布不均匀系数。

提出的资料应至少包括注入能量后$1.15U_r$、$1.10U_r$、$1.05U_r$、$1.00U_r$下的耐受时间。

两次预注入的冲击能量(按整只避雷器折算)不应小于40 MJ，其中$1.00U_r$下耐受的时间应不小于10 s，$1.10U_r$下耐受的时间应不小于1 s。

型式试验和定期试验时，如果不具备试验条件，可以在单柱试品上进行，但试验试品数量应乘以实

际避雷器并联柱数。

由于金属氧化物电阻片的非线性，较高工频电压下的工频电压耐受时间特性试验对试验电源容量要求较高，试验中应确认实际负载电压。经制造厂同意，允许电压波形产生一定的畸变并按峰值计算 $U_r$ 倍数，此时试验偏于严格。

### 7.18 短路电流试验

避雷器应设有压力释放装置，且能将故障电弧转移至瓷套外表面以外，防止瓷套爆炸损坏邻近设备。短路电流试验包括额定短路电流(大电流)试验、降低的短路电流试验、小短路电流试验。额定短路电流试验值为 63 kA，0.2 s；小短路电流试验值为 600 A±200 A，1.0 s 或压力释放装置动作为止。

### 7.19 机械负载

#### 7.19.1 总则

制造厂应规定与安装及运行相关的最大允许机械负载，如弯曲耐受强度、弯曲破坏强度、抗震能力，抗震试验中瓷套破坏应力和弹性模量应由弯曲破坏负荷试验得到。

#### 7.19.2 端子板允许导线张力

制造厂应提供避雷器端子板机械强度计算报告，并应进行试验验证。

每台避雷器应有平面接线端子板以连结管型导线。端子板上的允许导线张力不应低于下列数值：

水平纵向力：4 000 N；

水平横向力：4 000 N；

垂直方向力：5 500 N。

#### 7.19.3 风压力

作用于避雷器单位迎风面积上的风压力应按式(1)计算：

$$\omega_k = \beta_z \mu_s \mu_z \omega_0 \quad \cdots\cdots(1)$$

式中：

$\omega_k$ ——风荷载标准值，单位为千牛每平方米(kN/m$^2$)；

$\beta_z$ ——$z$ 高度处的风振系数，交流特高压避雷器取 1.7；

$\mu_s$ ——风荷载体型系数，通常横截面为圆形时取 0.6，横截面为锯齿状时取 1.2；交流特高压避雷器横截面介于两者之间，建议取 0.8～1.0；

$\mu_z$ ——风压高度变化系数，相关值见表 3；

$\omega_0$ ——基本风压值，单位为千牛每平方米(kN/m$^2$)，按百年一遇进行计算(风速取 35 m/s)，取为 0.766 kN/m$^2$。

**表 3 风压高度变化系数表**

| 离地面高度 m | 地面粗糙类别 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | D |
| 5 | 1.09 | 1.00 | 0.65 | 0.51 |
| 10 | 1.28 | 1.00 | 0.65 | 0.51 |
| 15 | 1.42 | 1.13 | 0.65 | 0.51 |
| 20 | 1.52 | 1.23 | 0.65 | 0.51 |

对于平坦或稍有起伏的地形，风压高度变化系数应根据地面粗糙度类别按表3确定。地面粗糙度可分为A、B、C、D四类：A类指近海面和海岛、海岸、湖岸及沙漠地区；B类指田野、乡村、丛林、丘陵以及房屋比较稀疏的乡镇和城市郊区；C类指有密集建筑群的城市市区；D类指有密集建筑群且房屋较高的城市市区。

#### 7.19.4 抗震要求

制造厂应通过试验提供瓷套避雷器可承受的地震加速度能力。

抗震组合荷载应包括：

——设备自重标准值，包括设备本体、附属部件重量或其他附加等效重量；

——地震作用标准值；

——风荷载标准值的25%，按照设备应用所在地百年一遇的最大风速取值；

——设备内部压力标准值、导线实际拉力等其他荷载。

抗震试验时，安全系数不应小于1.67。

#### 7.19.5 抗弯要求

制造厂应通过试验提供瓷套避雷器可承受的弯曲负载(额定弯曲负荷)耐受能力。

确定避雷器的弯曲耐受负载时应考虑：

——上述规定作用于接线端子板的水平荷载；

——设备自身最大风荷载。

弯曲耐受试验时的安全系数不应小于2.5。

### 7.20 电磁兼容性能

在正常运行条件下，避雷器不应发射出明显的干扰信号。

在1.05倍持续运行电压下，避雷器最大无线电干扰水平不应超过500 μV。

如果同一只避雷器通过了局部放电试验，同时测量了内部和外部局部放电(无屏蔽装置用于避雷器连接、均压环或其他部分)，则可以不进行无线电干扰电压试验。

### 7.21 耐污秽性能

d级及以下污秽地区用避雷器瓷套的等效爬电距离不应小于27 500 mm，e级污秽地区用避雷器瓷套的最小等效爬电距离不应小于34 100 mm。瓷外套的爬电系数、外形系数、直径系数以及表示伞裙形状的参数，应满足GB/T 26218.1和GB/T 26218.2的规定。

### 7.22 耐气候特性

避雷器应能耐受IEC 60099-4:2014中8.12规定的环境试验。

### 7.23 均压电容

内部均压电容应能承受运行条件下的各种应力组合，并且整个避雷器的寿命期间均压电容值应保持稳定。

应对均压电容进行加速老化试验和温度循环试验。

### 7.24 均压环

避雷器均压环最大直径应符合变电站工程设计要求，避雷器在运行中其均压环上不应产生可见电晕。

### 7.25 绝缘底座

避雷器绝缘底座(或底部接线端子)的绝缘水平应高于监测器的绝缘水平。避雷器的爬电距离不应计及绝缘底座的部分。避雷器机械负载试验时应计及绝缘底座的影响,绝缘底座应耐受可能影响其正常功能的机械强度试验而不破坏。

### 7.26 外露金属件

避雷器的所有外露金属件均应具有良好的防腐蚀性能。

### 7.27 兼作支柱绝缘子

避雷器兼作支柱绝缘子使用时,其特殊要求见附录C。

### 7.28 监测器

1 000 kV交流系统无间隙金属氧化物避雷器用监测器的技术要求见附录D。

## 8 试验要求

应依照GB/T 11032—2010第7章。

## 9 型式试验(设计试验)

### 9.1 总则

本节所规定的型式试验适用于瓷套避雷器,试验项目应满足表4的规定。

### 9.2 绝缘耐受试验

试验应依照IEC 60099-4:2014的8.2。

### 9.3 残压试验

除下列特殊要求外,其他应依照GB/T 11032—2010的8.3。

陡波电流冲击残压试验中感性电压降按下述公式修正:

$$U_L = Ld_i/d_t = (L'/n) \times h \times I_n/T_f$$

式中:

$U_L$ ——感性电压降,单位为千伏(kV);

$L'$ ——单位长度的电感值,单位为微亨每米(μH/m);

$L'=1$ 对瓷套避雷器;

$L'=0.3$ 对GIS避雷器;

$n$ ——避雷器并联柱数;

$h$ ——避雷器端子间距离减去电阻片总高度,单位为米(m);

$T_f$ ——陡波冲击电流的波前时间;等于1 μs;

$I_n$ ——对应标称放电电流,单位为千安(kA)。

### 9.4 长持续时间冲击电流耐受试验

试验应依照GB/T 11032—2010的8.4。

表 4　型式试验项目

| 序号 | 试验项目名称 | 试验依据 | 试验方法 | 试品 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 绝缘耐受试验 | 7.2 | 9.2 | 1 只避雷器瓷套及内部绝缘件 |
| 2 | 工频参考电压试验 | 7.3.1 | 9.15 | 1 只避雷器或其所有元件 |
| 3 | 直流参考电压试验 | 7.3.2 | 9.16 | 1 只避雷器或其所有元件 |
| 4 | 持续电流试验 | 7.4 | 9.14 | 1 只避雷器 |
| 5 | 0.75 倍直流参考电压下漏电流试验 | 7.5 | 9.17 | 1 只避雷器或其所有元件 |
| 6 | 残压试验 | 7.6 | 9.3 | 3 只比例单元 |
| 7 | 局部放电试验 | 7.7 | 9.19 | 1 只避雷器或所有部件 |
| 8 | 密封性能试验 | 7.8 | 9.12 | 1 只避雷器的所有元件 |
| 9 | 多柱避雷器电流分布试验 | 7.9 | 9.20 | 全部的电阻片柱(组) |
| 10 | 长持续时间电流耐受试验 | 7.11 | 9.4 | 3 只比例单元 |
| 11 | 电压分布试验 | 7.13 | 附录 B | 1 只避雷器 |
| 12 | 加速老化试验 | 7.14 | 9.6 | 3 只比例单元或电阻片 |
| 13 | 热等价试验 | 7.15 | 9.7 | 至少 1 只避雷器元件[a] |
| 14 | 操作冲击动作负载试验 | 7.16 | 9.8 | 3 只比例单元 |
| 15 | 工频电压耐受时间特性试验 | 7.17 | 9.13 | 每点 1 只比例单元 |
| 16 | 短路电流试验 | 7.18 | 9.9 | 每点各一只避雷器元件 |
| 17 | 弯曲耐受试验 | 7.19 | 9.10.2 | 1 只避雷器 |
| 18 | 弯曲破坏试验 | 7.19 | 9.10.3 | 1 只避雷器外套 |
| 19 | 抗震试验 | 7.19 | 9.11 | 1 只避雷器 |
| 20 | 无线电干扰电压试验 | 7.20 | 9.18 | 1 只避雷器 |
| 21 | 污秽试验 | 7.21 | 9.23 | 至少 1 只避雷器元件[a] |
| 22 | 爬电距离检查 | 7.21 | 9.24 | 1 只避雷器 |
| 23 | 环境试验 | 7.22 | 9.25 | 1 只避雷器元件或比例单元 |
| 24 | 均压电容试验 | 7.23 | 9.26 | 6 只电容器 |
| 25 | 绝缘底座绝缘电阻试验 | 7.25 | 9.22 | 1 只绝缘底座 |

[a] 如果避雷器各元件的参数不同,试品应选择额定电压最高和瓷套的平均直径最大的元件。热等价试验和污秽试验可以合并进行。

### 9.5　大电流冲击耐受试验

试验应依照 GB/T 11032—2010 的 8.19。

### 9.6　加速老化试验

试验应依照 IEC 60099-4:2014 的 8.4。

### 9.7　热等价试验

试验应依照 IEC 60099-4:2014 的 8.6。

### 9.8　操作冲击动作负载试验

试验应依照 GB/T 11032—2010 的 8.5.5。

### 9.9 短路电流试验

试验应依照 GB/T 11032—2010 的 8.7。

短路电流试验后试品不准许有粉碎性爆炸;试验后的试品还应进行弯曲负荷试验。

在进行弯曲负荷试验时,弯曲负荷值取不低于额定弯曲负荷值的 50%;试验时以规定弯曲负荷值的 70%/min 的速率升高至弯曲负荷值,保持 1 min,试验后试品不应破坏。

### 9.10 弯曲负荷试验

#### 9.10.1 总则

弯曲负荷试验包括弯曲耐受试验和弯曲破坏试验两个部分。

#### 9.10.2 弯曲耐受试验

试验应依照 GB/T 11032—2010 的 8.9 进行,试验应在整只避雷器上进行;试验时的额定弯曲负荷值为导线水平拉力和风压力折算到顶端的集中作用力之和的 2.5 倍。

#### 9.10.3 弯曲破坏试验

弯曲破坏试验分为弹性模量测量和弯曲破坏值测量两个部分。

弹性模量测量依据 GB/T 13540—1992 第 5 章进行。

弯曲破坏试验时以规定弯曲破坏负荷的 70%/min 的速率升高至规定的弯曲破坏负荷,保持 1 min;然后继续以规定弯曲破坏负荷的 70%/min 的速率施加负荷,直至试品破坏(能观察得到明显破坏现象,或试验机负荷指示值不再升高)为止,此时的负荷值为试品的弯曲破坏负荷值。

### 9.11 抗震试验

试验应依照 GB 50260—2013 进行,其中地震输入波按特高压设备标准反应谱,设备本体水平加速度应计及设备支架的动力反应放大系数 1.4,动态安全系数不小于 1.67。

试验后局部放电量不应大于 10 pC,密封漏气率不应大于 $6.65\times10^{-5}$ Pa·L/s,内部芯体不应有明显错位和松动,直流参考电压应满足要求。

注:试验时需考虑避雷器顶端的管母线重量或/和导线水平拉力影响,对于兼作支柱绝缘子使用的避雷器,通常按 300 kg 配重考虑。

### 9.12 密封性能试验

应依照 GB/T 11032—2010 中 8.11 的氦质谱检漏仪检漏法。

### 9.13 工频电压耐受时间特性试验

试验应依照 GB/T 11032—2010 的 D.3 进行。

### 9.14 持续电流试验

应依照 GB/T 11032—2010 的 8.14。

### 9.15 工频参考电压试验

应依照 GB/T 11032—2010 的 8.15。

### 9.16 直流参考电压试验

应依照 GB/T 11032—2010 的 8.16。

### 9.17 0.75 倍直流参考电压下漏电流试验

应依照 GB/T 11032—2010 的 8.17。

### 9.18 无线电干扰电压试验

应依照 GB/T 11032—2010 的 8.12。

### 9.19 局部放电试验

应依照 GB/T 11032—2010 的 8.8。

### 9.20 多柱避雷器电流分布试验

除下列特殊要求外，其他应依照 GB/T 11032—2010 的 8.18。

型式试验时应测量避雷器在操作冲击电流(2 kA±20%，波前时间不小于 30 μs，半峰值时间可为任意值)和雷电冲击电流(20 kA±20%，波前时间不小于 7 μs，半峰值时间可为任意值)下各柱的电流分布，电流分布最大不均匀系数不大于 1.10。

例行试验时，应在 $0.01I_n$～$1.0I_n$ 范围内任意两点雷电或操作冲击电流下测量多柱并联避雷器的电流分布，电流分布最大不均匀系数不大于 1.10。

### 9.21 避雷器电压分布试验

具体试验方法见附录 B。

### 9.22 绝缘底座绝缘电阻试验

应依照 GB/T 50150 进行。

### 9.23 污秽试验

避雷器应通过 IEC 60099-4:2014 规定的污秽试验；经供需双方协商，可补充进行实际人工污秽试验，具体试验方法由供需双方协商或参照 GB/T 11032—2010 附录 O。

### 9.24 爬电距离检查

检查时应采用不会伸长的胶布带(或金属丝)，在试品两电极间，沿绝缘件表面(包括瓷件表面的半导体釉层部分，但不包括导电层胶合剂，如水泥胶合剂)量得的最短距离。由多个绝缘件组成的产品，则为其各绝缘件最短距离的总和。

### 9.25 环境试验

试验应依照 IEC 60099-4:2014 的 8.12。

### 9.26 均压电容试验

试验应依照 IEC 60099-4:2014 的 8.16。

## 10 例行试验

出厂的每只避雷器(或电阻片)应按表 5 规定的项目进行试验。如果试品不满足表 4 中所规定的任何一项要求时，则此试品认为不合格。

表 5　避雷器例行试验项目

| 序号 | 试验项目名称 | 试验依据 | 试验方法 | 试品 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 持续电流试验 | 7.4 | 9.14 | 避雷器或元件 |
| 2 | 标称放电电流下残压试验 | 7.6 | 9.3 | 电阻片 |
| 3 | 工频参考电压试验 | 7.3.1 | 9.15 | 避雷器或元件 |
| 4 | 直流参考电压试验 | 7.3.2 | 9.16 | 避雷器或元件 |
| 5 | 0.75 倍直流参考电压下漏电流试验 | 7.5 | 9.17 | 避雷器或元件 |
| 6 | 密封性能试验 | 7.8 | 9.12 | 避雷器元件 |
| 7 | 局部放电试验 | 7.7 | 9.19 | 避雷器或元件 |
| 8 | 多柱避雷器电流分布试验 | 7.9 | 9.20 | 全部的电阻片柱(组) |
| 9 | 绝缘底座绝缘电阻试验 | 7.25 | 9.22 | 绝缘底座 |

## 11　验收试验

当供需双方协商规定有验收试验时,则应对所有的避雷器进行下列试验:

a)　外观检查:检查外观、铭牌及其附件有无缺少或损坏;

b)　工频参考电压试验和持续电流试验;

c)　直流参考电压试验和 0.75 倍直流参考电压下漏电流试验;

d)　标称放电电流下残压试验;

e)　避雷器的局部放电试验;

f)　密封试验;

g)　绝缘底座绝缘电阻试验。

## 12　定期试验

为了控制产品质量,对于生产的产品应 3 年作 1 次定期试验,长期停产后恢复生产时应作定期试验。定期试验是从正常生产的产品中抽取,试验项目见表 6。

表 6　定期试验项目

| 序号 | 试验项目名称 | 试验依据 | 试验方法 | 试品 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 残压试验 | 7.6 | 9.3 | 3 只比例单元 |
| 2 | 长持续时间电流耐受试验 | 7.11 | 9.4 | 3 只比例单元 |
| 3 | 加速老化试验 | 7.14 | 9.6 | 3 只比例单元或电阻片 |
| 4 | 操作冲击动作负载试验 | 7.16 | 9.8 | 3 只比例单元 |
| 5 | 工频电压耐受时间特性试验 | 7.17 | 9.13 | 每点 1 只比例单元 |

## 13　抽样试验

抽样试验主要对电阻片进行,应按批抽取试品。试验项目及试品数量见表 7。抽样试验用的试品不得装入避雷器。

表 7　抽样试验项目

| 序号 | 试验名称 | 试验依据 | 试验方法 | 抽取试品数量 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 长持续时间电流耐受试验 | 7.11 | 9.4 | 1.0%(不少于 5 片) |
| 2 | 大电流冲击耐受试验 | 7.12 | 9.5 | 5 只电阻片 |
| 3 | 加速老化试验 | 7.14 | 9.6 | 3 只电阻片 |
| 注：对同配方、同工艺、同几何尺寸连续生产的电阻片抽取一次。 | | | | |

## 14　气体绝缘金属封闭无间隙金属氧化物避雷器(GIS 避雷器)

### 14.1　范围

见第 1 章。

### 14.2　规范性引用文件

见第 2 章。

### 14.3　术语和定义

见第 3 章。

### 14.4　标识

除第 4 章要求外，增加“20 ℃时绝缘气体的额定压力”和“如果有足够的位置，铭牌上还应包含压力释放装置(如有)动作的气体压力及温度”。

### 14.5　标准额定值

见第 5 章。

### 14.6　运行条件

除第 6 章要求外，在 6.1.1 中，增加“注：在任何海拔高度下，GIS 内绝缘的绝缘特性与海拔高度无关。因而，对这种绝缘特性不需要进行海拔高度校正。”

### 14.7　技术要求

#### 14.7.1　绝缘性能

GIS 避雷器内部元件与金属外壳间的绝缘应满足表 2 的规定。

注：试验在绝缘气体的最低功能密度(或压力)下进行。

#### 14.7.2　局部放电

GIS 避雷器在 1.1 倍持续运行电压下的内部局部放电量应不大于 10 pC。

#### 14.7.3　密封性能

GIS 避雷器的相对年漏气率不大于 0.5%/年。

#### 14.7.4 短路性能

GIS 避雷器金属壳体的设计应符合 GB/T 7674 的要求。如果满足上述要求，并且避雷器壳体安装有与连接开关相同的压力释放装置，不用进行 GB/T 11032—2010 中 8.7 规定的短路试验。

如果 GIS 避雷器具有独立气室，所装的压力释放装置有别于开关金属壳体上的压力释放装置，应依照 GB/T 11032—2010 中 8.7 进行额定短路电流值的试验。

#### 14.7.5 机械负载

7.19 不适用。

#### 14.7.6 电磁兼容性

7.20 不适用。

#### 14.7.7 耐污性能

7.21 不适用。

#### 14.7.8 环境试验

7.22 不适用。

#### 14.7.9 均压环

7.24 不适用。

#### 14.7.10 绝缘气体要求

制造厂应规定 GIS 避雷器所用气体的类型、数量、质量和密度。且应给用户提供更换气体和保持其要求的数量和质量所必须的指导性文件。

对充 $SF_6$ 气体的 GIS 避雷器，新的 $SF_6$ 气体应满足 GB/T 12022 的规定，GIS 避雷器中的 $SF_6$ 气体的湿度应满足 GB/T 8905 的规定。

#### 14.7.11 外壳的要求

##### 14.7.11.1 壳体设计

GIS 避雷器的金属壳体应设置牢固的接地装置，金属壳体应能承受运行中出现的正常和瞬时的压力。

金属壳体的设计应满足 GB/T 7674 的要求。不论焊接或铸造的外壳，其厚度和结构的设计计算，应按压力容器要求进行，并考虑振动、温度变化、短路电流的作用和气候条件的影响。

外壳的设计厚度，应保证在设计压力和内部故障电弧电流及其作用时间内外壳不烧穿：

a) 电流大于 63 kA，0.1 s；

b) 电流等于或小于 63 kA，0.2 s。

对焊接的外壳，制造厂应规定焊缝质量的要求以及焊缝无损探伤的方法和范围。

注：设计外壳时，尚需考虑以下因素：

a) 在相邻隔室运行压力不同时，意外漏气所造成的压力升高；

b) 抗震要求；

c) 电流通过壳体时可能导致的温升以及当日照作用明显时，需考虑其影响。

#### 14.7.11.2 壳体强度试验

a) 破坏压力试验

破坏压力试验不应小于额定压力的 3.5 倍。

b) 非破坏性压力试验

壳体应耐受规定的压力试验而无变形和无泄漏气体现象。

试验压力为额定压力的 $K$ 倍:对于焊接外壳 $K=1.3$,对于铸造外壳 $K=1.5$。

#### 14.7.11.3 壳体检验

对焊接壳体的焊缝,除无法探伤部位外,应按规定进行无损探伤检查。

#### 14.7.11.4 防爆膜的要求

当壳体加装防爆膜压力释放装置时,其动作压力和壳体的额定压力的关系要适当配合以防止防爆膜误动作。

#### 14.7.11.5 认证书

壳体制造厂需提供壳体材料的材质化验认证书。

### 14.7.12 绝缘气体的额定密度(额定压力)和最低功能密度(最低功能压力)

GIS 避雷器的额定密度(额定压力)由制造厂选定。

GIS 避雷器的最低功能密度(最低功能压力)由制造厂规定。低于此密度(压力)值,GIS 避雷器的额定特性不能保证。

绝缘气体的额定密度(压力)和最低功能密度(压力)可用(定体积下)20 ℃时相应的气体密度(压力)来表示。

### 14.7.13 运输振动性能

避雷器的结构应牢固,满足运输的要求而不损坏。

### 14.7.14 其他要求

除 14.7.1～14.7.13 修改外,第 7 章其余条款均适用于 GIS 避雷器。

## 14.8 试验要求

见第 8 章。

## 14.9 型式试验(设计试验)

### 14.9.1 总则

GIS 避雷器型式试验项目见表 8。

**表 8 GIS 避雷器型式试验项目**

| 序号 | 试验项目名称 | 试验依据 | 试验方法 | 试品 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 绝缘耐受试验 | 14.7.1 | 14.9.2 | 1 只避雷器及内部绝缘件(去除电阻片) |
| 2 | 工频参考电压试验 | 7.3.1 | 14.9.3 | 1 只避雷器 |

表 8（续）

| 序号 | 试验项目名称 | 试验依据 | 试验方法 | 试品 |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 直流参考电压试验 | 7.3.2 | 14.9.4 | 装配前全部电阻片 |
| 4 | 持续电流试验 | 7.4 | 14.9.5 | 1 只避雷器 |
| 5 | 0.75 倍直流参考电压下漏电流试验 | 7.5 | 14.9.6 | 装配前全部电阻片 |
| 6 | 残压试验 | 7.6 | 14.9.7 | 3 只比例单元 |
| 7 | 局部放电试验 | 14.7.2 | 14.9.8 | 1 只避雷器 |
| 8 | 密封性能试验 | 14.7.3 | 14.9.9 | 1 只避雷器 |
| 9 | 多柱避雷器电流分布试验 | 7.9 | 14.9.10 | 全部的电阻片组 |
| 10 | 长持续时间电流耐受试验 | 7.11 | 14.9.11 | 3 只比例单元 |
| 11 | 电压分布试验 | 7.13 | 14.9.12 | 1 只避雷器 |
| 12 | 加速老化试验 | 7.14 | 14.9.13 | 3 只比例单元或电阻片 |
| 13 | 热等价试验 | 7.15 | 14.9.14 | 1 只避雷器或经过计算更为严格的比例单元 |
| 14 | 操作冲击动作负载试验 | 7.16 | 14.9.15 | 3 只比例单元 |
| 15 | 工频电压耐受时间特性试验 | 7.17 | 14.9.16 | 每点 1 只比例单元 |
| 16 | 短路电流试验 | 14.7.4 | 14.9.17 | 1 只避雷器元件 |
| 17 | 均压电容试验 | 7.23 | 14.9.18 | 6 只电容器 |
| 18 | 壳体强度试验 | 14.7.11.2 | 14.9.19 | 1 只避雷器外壳 |
| 19 | 绝缘气体试湿度验 | 14.7.10 | 14.9.20 | 1 只避雷器 |
| 20 | 运输试验 | 14.7.13 | 14.9.21 | 1 只包装完整的 GIS 避雷器 |

### 14.9.2 绝缘耐受试验

#### 14.9.2.1 总则

该试验是用于验证 GIS 避雷器的内部元件和金属外壳之间在规定的电压应力下的绝缘耐受能力。

绝缘耐受试验也应确保所有内部元件在不小于运行时的最高应力下进行试验。因此为了验证要求的耐受电压(见 14.9.2.5),可对部件进行单独试验。

试验是在绝缘部件代替金属氧化物电阻片的整只避雷器上进行试验。为了控制沿避雷器轴线的电压分布,可以用均压元件替换绝缘部件。

注：由于 GIS 避雷器对地电容的强烈影响,用均压元件获得线性电压分布可能是很困难的甚至是不可能的。在电压分布不均匀或没有任何均压元件的最严重情况下进行试验,试验结果比较保守。

在试验中,绝缘气体应为规定的 GIS 避雷器最低功能密度(压力)。

#### 14.9.2.2 雷电冲击电压试验

依照 GB/T 16927.1,对 GIS 避雷器试品进行标准雷电冲击电压试验。

试验电压的规定见 14.7.1。

在正负极性下对 GIS 避雷器试品分别连续施加 15 次冲击电压。如果没有发生破坏性放电,则试验通过。

#### 14.9.2.3 操作冲击电压试验

依照 GB/T 16927.1,对 GIS 避雷器试品进行标准操作冲击电压试验。

试验电压的规定见 14.7.1。

在正负极性下对 GIS 避雷器试品分别连续施加 15 次冲击电压。如果没有发生破坏性放电,则试验通过。

#### 14.9.2.4 工频电压试验

试验电压的规定见 14.7.1。

试验时,如果没有破坏性放电发生,则试验通过。

#### 14.9.2.5 GIS 避雷器芯体绝缘结构的耐受试验

当 GIS 避雷器芯体包括电气上串联但几何布置上为并联的电阻片时,其绝缘材料、支撑结构以及电阻片柱之间的绝缘都应进行电压耐受能力试验。

施加的试验电压应考虑上述所有可能承受的电压应力。

在试验时,试品应放置在符合 GIS 避雷器所规定的最低功能密度(最低功能压力)的实际气体中。

### 14.9.3 工频参考电压试验

见 9.15。

### 14.9.4 直流参考电压试验

在 GIS 避雷器未装配前,对 GIS 避雷器的全部电阻片施加直流电压,当通过电阻片的电流等于直流参考电流时,测出电阻片上的直流电压值。如直流参考电压与极性有关时,取低值。

直流电压脉动部分应不超过±1.5%。

试验环境温度为 20 ℃±15 K。

### 14.9.5 持续电流试验

见 9.14。

### 14.9.6 0.75 倍直流参考电压下漏电流试验

在 GIS 避雷器未装配前,对 GIS 避雷器的全部电阻片施加 0.75 倍直流参考电压,测量通过电阻片的漏电流,如漏电流与极性有关,取高值。

### 14.9.7 残压试验

见 9.3。

### 14.9.8 局部放电试验

试验应在整只避雷器上进行,并应按实际运行情况安装。

试验时,试品可以采取屏蔽措施以防止外部的局部放电。

试验时,施加在试品上的工频电压应升至额定电压,保持 2 s～10 s,然后降到试品的 1.1 倍持续运行电压,在该电压下,按照 GB/T 7354 规定测量局部放电,测得的内部局部放电值不应超过 10 pC。

### 14.9.9 密封性能试验

应依照 GB/T 11023。

#### 14.9.10 多柱避雷器电流分布试验

见 9.20。

#### 14.9.11 长持续时间冲击电流耐受试验

见 9.4。

#### 14.9.12 电压分布试验

具体试验方法见附录 B。

#### 14.9.13 加速老化试验

见 9.6。

#### 14.9.14 热等价试验

见 9.7。

注：具体试验方法正在考虑中，对于热等价试验的 GIS 避雷器试品可以为整只 GIS 避雷器或经过计算更为严格的比例单元。

#### 14.9.15 操作冲击动作负载试验

见 9.8。

#### 14.9.16 工频电压耐受时间特性试验

见 9.13。

#### 14.9.17 短路电流试验

增加：

如果 GIS 避雷器具有独立气室，所装的压力释放装置有别于开关金属壳体上的压力释放装置，则依照 GB/T 11032—2010 的 8.7 进行，否则，按 14.7.4 的要求，GIS 避雷器壳体安装有与连接开关相同的压力释放装置，不用进行 GB/T 11032—2010 中 8.7 规定的短路试验。

#### 14.9.18 均压电容试验

见 9.26。

#### 14.9.19 壳体强度试验

##### 14.9.19.1 破坏压力试验

破坏压力试验采用水压法。压力升高速度不应大于 400 kPa/min，破坏压力试验值应不小于额定压力的 3.5 倍。试验后的外壳，即使完整无缺，也不得使用。

破坏压力试验主要考核壳体的设计及工艺的可靠性及安全裕度。该项试验为型式试验。

##### 14.9.19.2 非破坏性压力试验

试验方法见 GB/T 7674。

##### 14.9.19.3 壳体焊缝的检查

全部焊缝应进行目视检查，不能有任何裂缝、气泡、针孔、焊瘤及缩孔；焊缝应光滑，不能有尖角

毛刺。

全部直焊缝应进行X射线探伤检查。

全部环焊缝要进行着色法检查。

#### 14.9.20 绝缘气体湿度试验

若绝缘气体为$SF_6$,在充气48 h后应依照GB/T 8905进行。

#### 14.9.21 运输试验

整只GIS避雷器应正置固定于卡车上,运输300 km,急刹车10次,采用三轴冲撞冲击记录仪,记录不低于5$g$的冲击加速度不少于10次。试验后壳体内电阻片、均压罩应无明显变形,螺钉无松动。实际运输时,采用三轴冲撞冲击记录仪记录的冲击加速度不超过5$g$。

### 14.10 GIS避雷器例行试验和验收试验

#### 14.10.1 例行试验

出厂的每只避雷器(或电阻片)应按表9规定的项目进行试验。如果试品不满足表9中所规定的任何一项要求时,则此试品认为不合格。

**表9 GIS避雷器例行试验项目**

| 序号 | 试 验 名 称 | 试验依据 | 试验方法 | 试 品 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 持续电流试验 | 7.4 | 14.9.5 | 避雷器 |
| 2 | 标称放电电流残压试验 | 7.6 | 14.9.7 | 所有电阻片 |
| 3 | 工频参考电压试验 | 7.3.1 | 14.9.3 | 避雷器 |
| 4 | 直流参考电压试验 | 7.3.2 | 14.9.4 | 装配前全部电阻片 |
| 5 | 0.75倍直流参考电压下漏电流试验 | 7.5 | 14.9.6 | 装配前全部电阻片 |
| 6 | 密封性能试验 | 14.7.3 | 14.9.9 | 避雷器 |
| 7 | 局部放电试验 | 14.7.2 | 14.9.8 | 避雷器 |
| 8 | 多柱避雷器电流分布试验 | 7.9 | 14.9.10 | 每组并联的电阻片柱 |
| 9 | 壳体强度试验 | 14.7.11.2 | 14.9.19 | 壳体 |
| 10 | 绝缘气体湿度试验 | 14.7.10 | 14.9.20 | 避雷器 |

#### 14.10.2 验收试验

应依照GB/T 11032—2010的11.9.3进行。

### 14.11 现场安装后的试验

如果GIS避雷器是以不完整装配的方式发送到现场的,避雷器安装后应进行试验,以检查GIS避雷器性能和工作的正确性。如果需用冲击或工频电压对带有避雷器的气体绝缘开关设备的绝缘能力进行试验,应当将避雷器取出或使之不起作用以便能够进行这些试验。

现场安装后的试验项目:

a) 气体密封性试验;

b) $SF_6$气体的水分检测;

c) 持续电流试验；

d) 工频参考电压试验。

注：如现场的工频电源容量及条件不具备，可只进行试验 a)和 b)。

### 14.12 定期试验

见第 12 章。

### 14.13 抽样试验

见第 13 章。

## 15 铭牌、包装、运输及保管

### 15.1 总则

避雷器的铭牌、包装、运输及保管应满足 GB/T 191 的规定。

### 15.2 铭牌

每只避雷器都应有固定铭牌。铭牌应用耐腐蚀材料制成，字样、符号应清晰耐久，铭牌在正常运行和安装位置处应明显可见。

铭牌上给出的信息资料应满足第 4 章和 14.4 的要求。

对多节元件组成的避雷器应标出避雷器元件编号。

### 15.3 包装

避雷器包装应保证在运输中不因包装不良而损坏，包装箱上应标明：

a) 产品名称及型号，制造厂名；

b) 发货单位，收货单位及详细地址；

c) 产品净重、毛重、体积等；

d) “小心轻放”“向上”“易碎”等字样和标记。

### 15.4 随产品提供的技术文件

避雷器应随产品提供如下技术文件：

a) 包装清单；

b) 产品出厂合格证书；

c) 安装、使用说明书。

### 15.5 运输及保管

产品及附件的包装，都要适合运输、装卸的要求。

避雷器制造商应规定运输过程中允许的冲击加速度，并监测运输过程中的实际加速度。

# 附 录 A
（规范性附录）
异常运行条件

下述是避雷器典型的异常运行条件，在避雷器制造和使用时需要特殊考虑，并应引起制造厂注意：

a） 温度高于＋40 ℃或低于－40 ℃；
b） 使用海拔高度超过 1 000 m；
c） 能引起绝缘表面或安装金具劣化的烟气或蒸汽；
d） 因烟气、灰尘、盐雾或其他导电物引起的严重污染；
e） 过度暴露在严重湿气、潮气、降水或蒸汽中；
f） 避雷器带电冲洗；
g） 粉尘、煤气或烟气的爆炸性混合物；
h） 异常的机械条件（抗震设防烈度 8 度及以上地区，振动，最大风速超过 35 m/s，覆冰厚度超过 20 mm 及高弯曲负载等）；
i） 异常运输或贮存；
j） 额定频率低于 48 Hz 或高于 62 Hz；
k） 避雷器靠近热源；
l） 污秽等级：e 级；
m） 安装方式：水平等其他非直立安装方式。

# 附 录 B
（规范性附录）
电压分布试验方法

## B.1 总则

本试验是在避雷器持续运行电压下，用电流法测量避雷器中电阻片的电压分布，以确定避雷器中电阻片和带电体的杂散电容引起的电压分布不均匀系数。

## B.2 试验电源

试验电源容量应满足短路电流不小于 1 A(有效值)。

## B.3 测量系统

测量系统的不确定度应小于 1%，应给出所有输入电流和输出电流的校正曲线。试验时应按照实际校正曲线确定通过探头的电流。

## B.4 试品

试验应在完整的避雷器上进行，避雷器应是清洁干燥的。试验时的试品高度不应超过现场实际试品高度。试品距墙和房顶的距离不应小于 2.5 倍试品的高度。

## B.5 试验程序

**B.5.1** 探头置于被测电阻片的下端，并应紧贴电阻片。探头的数量应不影响电阻片的电压分布。试验时可同时放入几个探头。

**B.5.2** 试品装好后，在避雷器持续运行电压下分别测量通过各探头的全电流值。

**B.5.3** 沿避雷器电阻片高度每隔 20 cm 至少测量一片电阻片的全电流。在电压分布最高区域，应每隔 10 cm 至少测量一片电阻片的全电流。

**B.5.4** 试验的环境温度应为 25 ℃±10 ℃。

**B.5.5** 试验完成后，打开试品，分别测量每片电阻片的电容及高度。

## B.6 避雷器电压分布不均匀系数

**B.6.1** 电阻片上电压可按实测全电流值与被测电阻片全电流一电压曲线中得出。当确认通过电阻片的全电流中，$I_c \geqslant 2I_r$ 时，电阻片上的电压可按式(B.1)计算：

$$U_i = \frac{I_{ci}}{\sqrt{2} \times 2\pi f C_i} \qquad \cdots\cdots (B.1)$$

式中：

$U_i$ ——被测电阻片上的电压(有效值)，单位为伏(V)；

$I_{ci}$ ——通过电阻片的全电流(峰值),单位为安培(A);

$f$ ——频率,单位为赫兹(Hz);

$C_i$ ——被测电阻片的电容,单位为法(F)。

**B.6.2** 电阻片是任意组装时(包括单柱、多柱及并有电容的避雷器),避雷器电压分布不均匀系数 $K$ 由式(B.2)计算:

$$K=(1+K_v)\times(1+3\times K_c)-1 \quad \cdots\cdots(B.2)$$

$$K_{vi}=(U_i\times C_i/\overline{C})/U-1 \quad \cdots\cdots(B.3)$$

$$K_c=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(C_i-\overline{C})^2}/\overline{C} \quad \cdots\cdots(B.3)$$

式中:

$K_{vi}$——杂散电容引起的电压分布不均匀系数;

$K_v$ ——杂散电容引起的最大电压分布不均匀系数;

$K_c$ ——电阻片电容分散引起的电压分布不均匀系数;

$U_i$ ——第 $i$ 片电压,由式(B.1)决定,$i$ 从 1～$n$;

$\overline{C}$ ——电阻片的平均电容(折算成平均厚度时的电容),单位为法(F);

$C_i$ ——第 $i$ 片电阻片电容(折算成平均厚度时的电容),单位为法(F);

$U$ ——$U_i$ 的平均值(折算成评价厚度时的电压),单位为伏(V)。

# 附 录 C
（规范性附录）
# 作为支柱绝缘子使用的 1 000 kV 交流系统用瓷套避雷器的特殊要求

## C.1 尺寸特性要求

### C.1.1 通用要求

按照工程设计图纸要求执行。

### C.1.2 结构高度和爬电距离允许偏差

a) 结构高度的允许偏差：±(1.5＋0.001$h$)mm。
其中 $h$ 为避雷器结构高度，单位为 mm。

b) 爬电距离允许偏差：
满足 d 级污秽等级的避雷器的等效爬电距离应不小于 27 500 mm，满足 e 级污秽等级的避雷器的等效爬电距离应不小于 34 100 mm，不准许有负偏差，正偏差不作规定。

c) 上下附件端面平行度：0.001$h$。

d) 上下附件安装孔中心圆轴线间最大偏差：2(1＋0.001$h$)。

e) 安装孔角度偏差：1°(顺时针或逆时针方向)。

f) 避雷器的直线度不大于：(1.5＋0.006$h$)mm。

## C.2 机械强度及试验

应进行抗弯破坏抽样试验，试验试品为瓷外套，除均压环和内部零部件外，试品应与实际避雷器一致。

一次供货批量($N$)小于或等于 20 只时，抽取 1 只；一次供货批量($N$)大于 20 只时，抽取 2 只。

第一次抽样如未能通过试验，允许加倍抽样再次进行试验，如重复试验未通过，则认为该批产品不合格。

用于抽样弯曲破坏负荷试验的试品不得用于产品中。

# 附 录 D
（规范性附录）
# 1 000 kV 交流系统无间隙金属氧化物避雷器用监测器

## D.1 技术要求

避雷器应配置带有放电计数功能和监测避雷器漏电流功能的监测器。监测器除应满足 JB/T 10492 外，还应满足下述要求：

a) 在表 D.1 规定的上限记数电流、下限记数电流幅值范围内，以及连续两次冲击时间间隔为 1 s 的情况下应能可靠动作。

**表 D.1 监测器特性参数表**

| 监测器类别 | 上限计数电流（峰值）<br>kA | 下限计数电流（峰值）<br>A | 2 000 μs 方波电流（峰值）<br>A | 大电流冲击（峰值）<br>kA |
|---|---|---|---|---|
| 配用于 1 000 kV 金属氧化物避雷器 | 50 | 100～200[a] | 8 000 | 100/每柱 |
| [a] 即大于 200 A 应保证可靠动作，小于 100 A 应保证可靠不动作。 | | | | |

b) 监测器内非线性电阻片应具有与避雷器相同的方波电流、标称放电电流和冲击大电流的耐受能力。

c) 监测器应进行短路电流试验或热稳定试验，要求电流值 63 kA，持续时间 0.2 s。

采样单元为金属氧化物电阻片的监测器，应进行短路电流试验，试验时沿电阻片表面布置熔丝用于导通短路电流，试品安装高度为现场可能安装高度的最大值。试验后大于 60 g 的监测器内部金属固体碎片不应出现在以试品为中心、规定距离为半径的区域外部；其中规定距离不应超过现场避雷器与其他设备的距离和监测器安装高度的最大值。

采样单元为电磁感应线圈的监测器应进行热稳定试验，试验可在试品上直接进行，试验中要求热稳定电流幅值变化不超过 10%，试验后监测器电流回路不发生开路熔断。

d) 监测器的外露金属零件及内部黑色金属零件均应有防腐蚀措施。

e) 监测器在交接试验时应检查放电计数动作的可靠性。

f) 监测器在交接试验时应检验电流测量的准确性。

## D.2 试验方法

应按照 JB/T 10492 的规定进行试验。

## D.3 检验

监测器的检验分为例行试验、抽样试验、型式试验、定期试验和验收试验。应按照 JB/T 10492 的规定进行试验。