

团体标准

T/CES XXX-2025

12kV 交流传感器内置式户外固封极柱技术条件

Technical specifications for outdoor solid-insulation-embedded poles
built-in current and voltage transducers in 12kV alternating-current
distribution networks

(征求意见稿)

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

中国电工技术学会发布

目 次

前 言 4

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语定义 2

 3.1 2

 3.2 2

4 使用条件 2

5 技术性能要求 2

 5.1 概述 2

 5.2 额定值 2

 5.3 局部放电 4

 5.4 机械寿命 4

 5.5 机械特性 4

 5.6 三相分布参数不平衡泄露电流 4

 5.7 温升限值和温升 4

6 设计与结构 5

 6.1 基本分类 5

 6.2 一般要求 5

 6.3 环氧树脂 6

 6.3 接地要求 6

 6.4 外绝缘要求 7

 6.5 机械强度要求 7

 6.6 防护等级 7

 6.7 X 射线发射 7

 6.8 腐蚀 7

 6.9 合格证 7

 6.10 端子 8

 6.11 绝缘拉杆 8

 6.12 接口要求 8

7 试验要求 8

 7.1 一般要求 8

 7.2 试验分类 8

 7.3 试验项目 9

 7.4 试验顺序 9

 7.5 试验方法 10

8 包装、运输、储存和安装 13

 8.1 总则 13

 8.2 包装 13

8.3 运输 14

8.4 储存 14

8.5 安装 14

9 安全 14

10 对环境的影响 14

附录 A 15

附录 B 17

 B.1 概述 17

 B.2 额定值的选择 17

附录 C 18

 C.1 应随订货单和询问单一起提供的资料 18

 C.2 投标时应提供的资料 18

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这些专利的责任。

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件由中国电工技术学会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次发布。

12 kV 交流传感器内置式户外固封极柱技术条件

1 范围

本文件规定了额定电压 12 kV、额定频率 50 Hz 的户外高压交流真空开关设备用交流传感器内置的户外固封极柱（以下简称：固封极柱）的使用条件、技术性能要求、设计与结构、试验要求、包装、运输、储存和安装等方面的技术要求。

本文件适用于额定电压 12 kV，频率 50 Hz 架空线路户外交流真空开关设备用交流传感器内置的户外固封极柱。

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，标注日期的引用文件，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 191 包装储运图示标志
- GB/T 1408.1 绝缘材料电气强度试验方法第 1 部分：工频下试验
- GB/T 1409 测量电气绝缘材料在工频、音频、高频(包括米波波长在内)下电容率和介质损耗因数的推荐方法
- GB/T 1984-2014 高压交流断路器
- GB/T 1985-2023 高压交流隔离开关和接地开关
- 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 2423.4-2008 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 2423.18-2021 环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Kb：盐雾，交变（氯化钠溶液）
- GB/T 2423.22-2012 环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 N：温度变化
- GB/T 2423.24-2022 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 2567 树脂浇铸体性能试验方法
- GB/T 3906-2020 3.6 kV~40.5 kV 交流金属封闭开关设备和控制设备
- GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP 代码）
- GB/T 4423-2020 铜及铜合金拉制棒
- GB/T 5169.16-2017 电工电子产品着火危险试验 第 16 部分：试验火焰 50W 水平与垂直火焰试验方法
- GB/T 5465.2 电气设备用图形符号 第 2 部分：图形符号
- GB/T 6553 严酷环境条件下使用的电气绝缘材料评定耐电痕化和蚀损的试验方法
- GB/T 7354-2018 高电压试验技术 局部放电测量
- GB/T 11022-2020 高压交流开关设备和控制设备标准的共用技术要求
- GB/T 13384-2008 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 16927.1-2011 高电压试验技术 第 1 部分：一般定义及试验要求
- GB/T 22567 电气绝缘材料 测定玻璃化转变温度的试验方法
- GB/T 31838.2 固体绝缘材料介电和电阻特性第 2 部分：电阻特性(DC 方法) 体积电阻和体积电阻率
- GB/T 31838.3 固体绝缘材料介电和电阻特性第 3 部分：电阻特性(DC 方法) 表面电阻和表面电阻率
- DL/T 402-2016 高压交流断路器
- DL/T 593-2016 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求
- JB/T 8738-2008 高压交流开关设备用真空灭弧室
- JB/T 11203-2011 高压交流真空开关设备用固封极柱

YS/T 649-2018 铜及铜合金挤制棒

T/CES 018-2018 配电网 10kV 及 20kV 交流传感器技术条件

T/CES 064-2021 6kV-20 kV 电容分压式取电装置技术规范

3 术语定义

GB/T 2900.20、GB/T 1984-2014、GB/T 11022、DL/T 402、DL/T 403、DL/T 593-2016、JB/T 8738、JB/T 11203、T/CES 018、T/CES 064 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

交流传感器内置式户外固封极柱（简称：固封极柱，特指传感器内置型） Outdoor solid-insulation-embedded poles with built-in AC transducers

一种应用于户外环境的采用固体绝缘工艺技术，将真空灭弧室、导电杆、软连接和/或电压电流传感器和/或电容取电装置等一体化浇注或封装于绝缘极柱内的部件，具备导电支撑、电气量采集、获取电能等复合功能，电气量采集功能可通过三相固封极柱分别接入电流集线器、电压集线器实现相电压、零序电压、相电流、零序电流的采集，获取电能功能可通过单个固封极柱接入电容取电控制盒实现电源电压的输出，其他可实现同等性能指标的技术方案在满足第 7 章要求的情况下亦可采用。

3.2

三相分布参数不平衡泄露电流 Three-phase distributed parameter unbalanced leakage current

三相电力系统中，在三相固封极柱的一次回路施加正序相电压，因三相固封极柱分布参数不平衡在固定壳体与地之间产生的泄露电流。

4 使用条件

DL/T 593-2016 的第 2 章适用。

5 技术性能要求

5.1 概述

技术性能参数如下：

- 额定值
- 局部放电
- 机械寿命
- 机械特性
- 三相分布参数不平衡泄露电流
- 温升限值和温升

5.2 额定值

5.2.1 额定电压

U_r , 12 kV。

5.2.2 额定连续电流

I_r , 630 A, 1250 A。

5.2.3 额定频率

所在系统正常运行的额定频率为 50 Hz。

5.2.4 额定绝缘水平

额定绝缘水平如表 1 所示。

表 1 固封极柱额定绝缘水平

额定电压 kV（有效值）	额定短时工频耐受电压 kV（有效值）		额定雷电冲击耐受电压 kV（峰值）		截断雷电冲击耐受电压 kV（峰值）
	通用值	断口	通用值	断口	
12	42（42）	48（48）	75	85	85

注 1：括号中参数为湿式参数。

5.2.5 额定短时耐受电流

20 kA, 25 kA。

5.2.6 额定峰值耐受电流

50 kA, 63 kA。

5.2.7 额定短路持续时间

3 s。

5.2.8 额定短路开断次数

≥30 次，按照 DL/T 402-2016 中的 E2 级执行。

5.2.9 电压传感器（适用时）

T/CES 018-2018 第 5 章适用，并做如下补充：

——相序电压的额定变比推荐值为 $(10\text{ kV}/\sqrt{3})/(3.25\text{ V}/\sqrt{3})$ ，额定负荷推荐不小于 $2\text{ M}\Omega$ ，额定准确级 0.5（3P）；

——零序电压的额定变比推荐值为 $(10\text{ kV}/\sqrt{3})/(6.5\text{ V}/3)$ ，额定负荷推荐不小于 $2\text{ M}\Omega$ ，额定准确级 1（3P）；

——连续工作状态的额定电压因数为 1.2，故障工作状态的额定电压因数为 1.9（8 h）；

——特殊用途的额定值由其技术条件规定。

5.2.10 电流传感器（适用时）

T/CES 018-2018 第 5 章适用，并做如下补充：

——相序电流的额定变比推荐值为 $600\text{ A}/1\text{ V}$ ，额定负荷推荐不小于 $20\text{ k}\Omega$ ，额定准确级 0.5S（5P10）；

——零序电流的额定变比推荐值为 $20\text{ A}/0.2\text{ V}$ ，额定负荷推荐不小于 $20\text{ k}\Omega$ ，额定准确级 1S（10P30）；

——额定电流扩大倍数 1.2；

——特殊用途的额定值由其技术条件规定。

5.2.11 电容取电装置（适用时）

T/CES 064-2021 第 5 章适用，并做如下补充：

——相对地电压变比推荐值为 $(10\text{ kV}/\sqrt{3})/(\text{AC } 24\text{ V 或 DC } 30\text{ V})$ ，额定输出功率不小于 5 W；

——特殊用途的额定值由其技术条件规定。

5.2.12 额定失步关合和开断电流（断路器）

GB/T 1984-2014 中的 4.106 适用。

5.2.13 额定容性开合电流（断路器）

GB/T 1984-2014 中的 4.107 适用。

5.3 局部放电

局部放电水平应不超过表 2 规定的限值。

表 2 局部放电测量电压及允许水平

局部放电测量电压（方均根值） kV	局部放电量最大允许水平 pC
14.4	20
8.314	10
5.774	5

5.4 机械寿命

≥10000 次。

5.5 机械特性

满足 JB/T 8738-2008 中的相关要求。

5.6 三相分布参数不平衡泄露电流

三相分布参数不平衡泄露电流不大于 10 mA。

5.7 温升限值和温升

5.7.1 一般要求

GB/T 11022-2020 中 7.5.3 适用，并做修改和补充：

——各种部件、材料和绝缘介质的温度和温升限值如表 3 所示。

表 3 固封极柱中各种部件、材料和绝缘介质的温度和温升限值

部件、材料和绝缘介质的类别	最大值	
	温度 ℃	周围空气温度不超过 40℃时的温升 K
1 触头 裸铜或裸铜合金： ——在氧化性气体（OG）中 ——在非氧化性气体（NOG）中 镀银或镀镍： ——在氧化性气体（OG）中 ——在非氧化性气体（NOG）中 镀锡： ——在氧化性气体（OG）中 ——在非氧化性气体（NOG）中	75 115 115 115 90 90	35 75 75 75 50 50
2 用螺栓的货期等效的联接 裸铜、裸铜合金或裸铝合金： ——在氧化性气体（OG）中 ——在非氧化性气体（NOG）中 镀银或镀镍： ——在氧化性气体（OG）中	100 115 115	60 75 75

部件、材料和绝缘介质的类别	最大值	
	温度 ℃	周围空气温度不超过 40 ℃时的温升 K
——在非氧化性气体（NOG）中 镀锡： ——在氧化性气体（OG）中 ——在非氧化性气体（NOG）中	115 105 105	75 65 65
3 用螺栓或螺钉与外部导体连接的端子 ——裸的 ——镀银、镀镍 ——镀锡	100 115 105	60 75 65
4 绝缘材料以及与下列等级的绝缘材料接触的的金属部件或绕组 ——Y ——A ——E ——B ——F ——H	85 100 115 125 150 175	45 60 75 85 110 135
5 可触及表面 正常运行期间人力控制元件的可被触及表面： ——没有镀层的金属 ——有镀层的金属 ——非金属 正常运行期间不持续握在手心中的其他可被触及表面： ——没有镀层的金属 ——有镀层的金属 ——非金属 正常运行期间不必被触及的表面： ——没有镀层的金属 ——有镀层的金属 ——非金属	55 55 65 65 70 80 80 80 90	15 15 25 25 30 40 40 40 50

5.7.2 海拔对温升的影响

如果固封极柱规定在海拔超过 1000 m 处使用而试验处海拔低于 1000 m 时，表 3 中的温升限值（ ΔT ）应按使用海拔超出 1000m 后的每 100 m 减去 0.5% ΔT 。

6 设计与结构

6.1 基本分类

交流传感器内置式户外固封极柱的结构示意如附录 A 所示，按功能进行分类见表 4。

表 4 固封极柱按功能分类汇总表

序号	功能分类	真空灭弧室	电压传感器	电流传感器	电容取电装置
1	电压型	√	√	/	/
2	电流型	√	/	√	/
3	取电型	√	/	/	√
4	电压-电流型	√	√	√	/
5	电压-取电型	√	√	/	√
6	电流-取电型	√	/	√	√
7	电压-电流-取电型	√	√	√	√

6.2 一般要求

JB/T 11203—2011 的第 5 章适用，并作如下补充：

- a) 固封极柱应能承受机械的、电的和热的效应，其设计还应考虑温度、凝露、湿气、阳光辐射、污秽等环境因素，集成传感器（如有）、电容取电装置（如有）后的电磁环境因素以及老化的影响，以保证设备的安全运行；
- b) 固封极柱在生产中，不应使电压传感器（如有）、电流传感器（如有）、电容取电装置（如有）、真空灭弧室性能降低或性能丧失；
- c) 固封极柱电气连接的接触面宜采用防腐蚀措施；
- d) 应将传感器（如有）、电容取电装置（如有）与真空灭弧室一体化设计，提高固封极柱的抗电磁干扰能力，确保信号传输的稳定性；
- e) 应保证传感器的灵敏度和精度不受固封材料的影响；
- f) 宜在固封极柱关键部位增加均压措施，确保传感器与极柱之间的绝缘性能，避免因绝缘不良导致的信号干扰；
- g) 应根据实际需求选择合适的电容取电装置用电容器，主要考虑电容器的耐压、容量、温度特性和使用寿命，应优化取电路，提高取电效率，确保电容取电装置在宽电压范围内稳定工作；
- h) 电容取电装置应设计合理的散热结构，保证长期稳定运行；
- i) 传感器、电容取电装置的辅助与控制装置，设计时应考虑装置的安装便捷性、耐候性，降低现场安装难度，预留必要的检修接口，方便日常维护和故障处理；
- j) 固封极柱选用导则见附录 B，应随订货单、投标书和询问单一起提供的资料见附录 C。

6.3 环氧树脂

环氧树脂固化物的技术要求（标准试样的机械、电气和热性能指标）见表 5。

表 5 环氧树脂固化物的技术要求

序号	项目	单位	技术指标	试样状态	试验方法
1	弯曲强度	MPa	110~150	常温	GB/T 2567
2	拉伸强度	MPa	70~90	常温	GB/T 2567
3	介电强度	kV/mm	≥18	常态	GB/T 1408.1（试样厚度为 1 mm）
4	介质损耗因素 (tan δ)	——	≤0.015	常态	GB/T 1409
5	表面电阻率	Ω	1×10^{14}	常态	GB/T 31838.3
6	体积电阻率	Ω·cm	1×10^{15}	常态	GB/T 31838.2
7	玻璃化转变温度	℃	85~120	—	推荐采用 GB/T 22567 的 DSC 法进行试验
8	耐漏电起痕性和耐电蚀性	——	不低于 1A2.5 或 1B2.5	常温	GB/T 6553 恒压法 A
注： 对热塑性材料的性能指标有待进一步验证。					

6.4 接地要求

6.4.1 一般要求

固封极柱中传感器和/或取电装置应提供可靠的接地端子，以供连接适用于规定故障条件的接地导体。连接处应标有接地符号。接地符号按 GB/T 5465.2 规定。

6.4.2 外壳的接地

固封极柱的外壳应接地。所有不属于电源或辅助电源的金属件应接地。

6.4.3 电气连贯性

接地电路的连贯性应保证满足所可能承载电流引起的发热作用和电气作用。
对外壳及底座等的相互连接、紧固连接（例如螺栓紧固或焊接）可视为具有电气连贯性。

6.5 外绝缘要求

6.5.1 污秽

按照 d 或 e 级污秽设计，推荐的最小标称统一爬电比距见表 6。

表 6 污秽等级确定的最小标称统一爬电比距

SPS 等级	推荐的最小标称统一爬电比距（USCD） ^a /（mm/kV）
d	43.3
e	53.7

^a统一爬电比距（USCD）是固封极柱的爬电距离除以固封极柱两端最高运行电压的有效值。
[源自：GB/T 26218.1-2010 中 3.1.6]

6.5.2 伞裙

按照 GB/T 26218.3 中第 9 章设计固封极柱的伞裙。

6.6 机械强度要求

固封极柱的一次端子应能承受表 7 规定的静态试验载荷。

表 7 端子静负载试验的静态水平和垂直力示例

静态水平力		静态垂直力 （垂直轴向上和向下） N
纵向 N	横向 N	
500	400	500

6.7 防护等级

固封极柱如配套低电压控制和/或辅助电路外壳，其最低防护等级推荐为 GB/T 4208 的 IP 44，抗机械冲击推荐为 GB/T 20138 的中级水平 IK 7。

6.8 X 射线发射

本条款适用于固封极柱中使用的真空灭弧室。

6.9 腐蚀

DL/T 593-2016 中 5.20 适用。

6.10 合格证

JB/T 11203-2011 中的 5.3 适用, 并做如下补充:

- c) 电流传感器（适用时）：
 - 1) 制造企业名称和/或商标；
 - 2) 电流传感器的全型号；
 - 3) 出厂编号和制造日期。
- d) 电压传感器（适用时）：
 - 1) 制造企业名称和/或商标；
 - 2) 电压传感器的全型号；
 - 3) 出厂编号和制造日期。

- e) 取电装置（适用时）：
 - 1) 制造企业名称和/或商标；
 - 2) 取电装置的全型号；
 - 3) 出厂编号和制造日期。

6.11 端子

固封极柱的端子技术要求如下：

- a) 应使用铜材质端子，其材料性能应符合 GB/T 4423-2020 或 YS/T 649-2018 的要求；
- b) 产品的加工宜采用锻压或挤压毛坯成型后精加工，其电导率应符合铜基 ≥ 56 MS/m 的要求；
- c) 电连接处的镀银层厚度不小于 $8\ \mu\text{m}$ ，镀银层与基体的粘接力应满足在 $180\ ^\circ\text{C}$ 、2 h 高温下不出现明显氧化、起泡、起层、脱落等影响使用的缺陷存在。

6.12 绝缘拉杆

绝缘拉杆的技术要求如下：

- a) 尺寸、形位公差应符合按规定程序审批的图样要求；
- b) 额定绝缘水平按照 DL/T 402-2016 中的 4.3 条执行；
- c) 机械性能应符合产品技术条件要求；
- d) 绝缘拉杆与固封极柱紧固时的力矩应大大于真空灭弧室动导电杆能承受的力矩。

6.13 接口要求

固封极柱如有电压电流传感器或电容取电装置，接线端子应有清晰易见的标志，如采用航插插接形式，应可互换。其中电流传感器二次电压端子用 aS1-aS2、bS1-bS2、cS1-cS2、oS1-oS2 按减极性标志，电流传感器二次电压端子用 Ua-N、Ub-N、Uc-N、Uo-N 按减极性标志，电容取电装置二次电压端子用 x-n 标志，传感器或电容取电装置的接地端子用 N 或接地符号“ \perp ”标志。

交流传感器的二次输出使用有绝缘外套的屏蔽信号电缆引出，芯线截面不小于 $0.5\ \text{mm}^2$ ，长度不超过 1 m 或按约定。信号电缆超过 1 m 时，产品的误差应在带实际使用电缆的状态下测量。电容取电装置的二次输出使用 PVC 线引出，芯线截面积按取电功率核算，长度按约定。

7 试验要求

7.1 一般要求

所有试验都应按相关标准的特定条款进行。需方有要求时供方应提供详细的型式试验报告。所提供的某种设计的固封极柱应进行型式试验，除非可以证明以前的型式试验是适用的。当设计不同时，供方应提供一份已试验和新设计的固封极柱之间的比较文件，应提供新设计固封极柱的试验证据，覆盖所有设计的电气、机械和热应力。

7.2 试验分类

本文件所规定的试验分类如下：

——型式试验：对固封极柱或其组成的柱上开关进行的试验，用以验证按同一技术规范制造的设备应满足的，在出厂试验中未包括的各项要求；

——出厂试验：制造厂任一合适可行的地方对每个固封极柱出厂前进行的试验，用于发现材料和结构中的缺陷，出厂试验不会损坏产品的性能和可靠性；

——特殊试验：型式试验或出厂试验之外经制造方与用户协商同意的试验。

7.3 试验项目

固封极柱试验项目见表 8。

表 8 固封极柱试验项目

序号	试验项目		出厂 试验	型式 试验	特殊 试验	标准条文	规范性标准	备注
1	外观检查		√	√	/	6.1、7.4.1		
2	绝 缘 试 验	交流耐受电压 试验	√	√	/	5.2.4、7.4.2	GB/T 16927.1-2011 4.4、 6.3	
3		局部放电试验	√	√	/	5.3、7.4.3	GB/T 7354-2018 4.3	
4		雷电冲击耐受 电压试验	/	√	/	5.2.4、7.4.4	GB/T 16927.1-2011 7.3	
5		截断雷电冲击 耐受电压	/	√	/	5.2.4、7.4.4	GB/T 16927.1-2011 7.3	
6		二次回路绝缘 耐压试验	√	√	/	5.2.9、5.2.10、 5.2.11、7.4.5	GB/T 11022-2020 8.3.4	
7	误 差 试 验	电 压 传 感 器 误 差 试 验	√	√	/	5.2.9、7.4.6	T/CES 018-2018 7.4.4	
8		电 流 传 感 器 误 差 试 验	√	√	/	5.2.10、7.4.6	T/CES 018-2018 7.4.4	
9	电流传感器复合误差试验		/	√	/	5.2.10、7.4.7	T/CES 018-2018 7.4.4	
10	运行变差试验		/	√	/	5.2.10、7.4.8	T/CES 018-2018 7.4.6	
11	额定短时耐受电流和峰值耐 受电流试验		/	√	/	5.2.5、5.2.6、 5.2.7、7.4.9	GB/T 11022-2020 7.6	随柱上开 关试验
12	电容分压式取电装置性能试 验（如有）		√	√	/	5.2.11、7.4.10	T/CES 064-2021	
13	回路电阻测量		√	√	/	7.4.11	JB/T 8738-2008 6.4	
14	机械试验		√	√	/	5.4、5.5、7.4.12	GB/T 1984-2014 6.101	随柱上开 关试验
15	温升试验		/	√	/	6.2、7.4.13	GB/T 1984-2014 6.5	
16	关 合 和 开 断 试 验	T10~T100	/	√	/	5.2.12、7.4.14	DL/T 402-2016 6.102~6.106	随柱上开 关试验
17		电寿命试验			/		DL/T 402-2016 6.112	
18		异相接地故障 试验			/		DL/T 402-2016 6.108	
19		失步关合和开 断试验			/		DL/T 402-2016 6.110	
20	容性电流开合试验		/	√	/	5.2.13、7.4.15	DL/T 402-2016 6.111	随柱上开 关试验
21	户外型产品交变湿热试验		/	/	√	7.4.16	GB/T 2423.4-2008	
22	户外型产品盐雾试验		/	/	√	7.4.17	GB/T 2423.18-2012 严酷等 级（3）到（6）	
23	户外型产品日照辐射试验		/	/	√	7.4.18	GB/T 2423.24-2013	
24	防护等级试验		/	/	√	6.7、7.4.19	GB /T 4208-2017	随柱上开 关试验
25	防火阻燃试验		/	/	√	7.4.20	GB/T 5169.16-2017	
26	X 射线检查		√	/	/	7.4.21	JB/T 11203-2011 7.4	
27	低温试验		/	√	/	7.4.22	GB/T 2423.1	
28	高温试验		/	√	/	7.4.23	GB/T 2423.2	
29	温度变化试验		/	√	/	7.4.24	GB/T 2423.22	
30	机械振动试验		/	√	/	7.4.25	GB/T 2423.10	
31	机械强度试验		/	√	/	7.4.26	GB/T 1985-2023 7.102.4	
32	热稳定性试验		/	√	/	7.4.27	JB/T 11203-2011 6.8	

7.4 试验顺序

试验项目的组合和试验顺序由供方决定，但型式试验前应通过出厂试验，在一系列型式试验项目之前和之后应测量局部放电量、传感器的相关误差试验和取电装置的性能试验，以检查是否发生了损伤，其性能参数满足 5.2 中要求。

7.5 试验方法

7.5.1 外观检查

- a) 固封极柱的外观和外形尺寸、安装尺寸应符合有关的产品技术条件及设计图样的规定。
- b) 检查产品表面金属部件镀层、漆层是否均匀、牢固，内部部件是否可靠固定，一次与接地端子的螺纹直径不小于 6 mm。
- c) 检查产品的绝缘表面是否有裂纹、起泡、脱落等缺陷。
- d) 检查产品的绝缘爬距大于 375 mm 和最小空气间隙不小于 200 mm。

7.5.2 交流耐受电压试验

试验电压按照 5.2.4 中表 1 中所示，试验方法 GB/T 16927.1-2011 中 4.4、6.3 适用。

7.5.3 局部放电试验

试验按 GB/T 3906-2020 中附录 F 的规定进行，应在 7.4.2、7.4.4、7.4.17 试验项目后进行，试验方法和程序见 GB/T 7354-2018 中 4.3。固封极柱在额定开距下，断口间施加 1.1 U_r ，测量最大允许的局部放电量，应满足 5.3 的限值要求。

7.5.4 雷电冲击耐受电压试验、截断雷电冲击耐受电压

试验电压按照 5.2.4 中表 1 中所示，试验方法 GB/T 16927.1-2011 中 7.3 适用。

7.5.5 二次回路绝缘耐压试验

应按照 GB/T 16927.1-2011 进行工频电压试验，试验电压应为 3 kV，持续时间 1 min。

7.5.6 误差试验

电压传感器误差试验 T/CES 018-2018 的 7.4.4.4 适用，并做如下补充：

- 应分别在固封极柱分合状态下进行，误差满足 5.2.9 要求；
- 应在施加额定电流、电流传感器额定负荷下测试，误差满足 5.2.9 要求；
- 应分别在取电装置额定功率、短路、空载下测试，误差满足 5.2.9 要求。

电流传感器误差试验 T/CES 018-2018 的 7.4.4.2 适用，并做如下补充：

- 应在施加额定电压、电压传感器额定负荷下测试，误差满足 5.2.10 要求；
- 应分别在取电装置额定功率、短路、空载下测试，误差满足 5.2.10 要求。

7.5.7 电流传感器复合误差试验

T/CES 018-2018 的 7.4.4.3 适用，并做如下补充：

- 应在施加额定电压、电压传感器额定负荷下测试，误差满足 5.2.9 要求；
- 应分别在取电装置额定功率、短路、空载下测试，误差满足 5.2.9 要求。

7.5.8 运行变差试验

T/CES 018-2018 的 7.4.6 适用。

7.5.9 额定短时耐受电流和峰值耐受电流试验

GB/T 11022-2020 中 7.6 适用。

7.5.10 电容分压式取电装置性能试验

T/CES 064-2021 的 7.4、7.6 适用。

7.5.11 回路电阻测量

在动、静导电杆间施加额定触头压力下限值，按 GB/T 11022-2020 的规定测量固封极柱主回路两连接点之间的回路电阻。

7.5.12 机械试验

GB/T 1984-2014 的 6.101 适用。

7.5.13 温升试验

温升试验方式按表 9 进行，试品部件（各种部件、材料和绝缘介质）的温度和温升限值不超过表 3 中的规定值，则试品通过了试验。

表 9 不同功能的固封极柱温升试验的额定条件汇总表

功能类型	试验方式
电压型	施加 693 A (1.1 Ir) 电流、11 kV (1.9×10 kV/√3) 电压，电压传感器额定负荷。
电流型	施加 720 A (1.2×600) 电流、电流传感器额定负荷
取电型	施加 693 A (1.1 Ir) 电流、11 kV (1.9×10 kV/√3) (相对地)，取电装置输出接额定功率
电压-电流型	施加 720 A (1.2×600) 电流、11 kV (1.9×10kV/√3) 电压，电压、电流传感器接额定负荷
电压-取电型	施加 693 A (1.1 Ir) 电流、11 kV (1.9×10 kV/√3) 电压，电流传感器接额定负荷，取电装置输出接额定功率
电流-取电型	施加 720 A (1.2×600) 电流、11 kV (1.9×10kV/√3) (相对地) 或 10 kV (相间)，取电装置输出接额定功率，电流传感器接额定负荷
电压-电流-取电型	施加 720 A (1.2×600) 电流、11 kV (1.9×10kV/√3) 电压，传感器接额定负荷，取电装置接额定功率

试验前后，试品在周围环境温度下测量回路电阻，试验后回路电阻的增加不应超过 20%。

如果线圈的绝缘由几种不同的绝缘材料组成，则线圈的温升限值应取具有最低温升限值的绝缘材料的温升限值。

7.5.14 关合和开断试验

T10~T100 试验 DL/T 402-2016 的 6.102~6.106 适用。

电寿命试验 DL/T 402-2016 的 6.112 适用。

异相接地故障试验 DL/T 402-2016 的 6.108 适用。

失步关合和开断试验 DL/T 402-2016 的 6.110 适用。

7.5.15 容性电流开合试验

DL/T 402-2016 的 6.111 适用。

7.5.16 户外型产品交变湿热试验

试验按 GB/T 2423.4-2008 的规定，在下列条件下进行：

- 试品在非工作状态；
- 交变方式：方法 1；
- 上限温度：固封极柱的上限工作环境温度，偏差不超过±2℃；
- 不采取特殊措施排除表面潮气；
- 循环次数：6 个周期。

此项试验结束后 24 h，试品应经受下列试验：

- 目测检查，应无可见的影响功能特性的腐蚀痕迹；
- 按 7.4.2 进行交流耐压试验，试验电压为交流耐压的 80%；
- 按 7.4.3 进行局部放电试验，应满足 5.3 的限值要求。

7.5.17 户外型产品盐雾试验

试验按 GB/T 2423.18-2012 的规定，在下列条件下进行：

- 试品在非工作状态；
- 盐液浓度：(5±1)%；
- 试验箱内温度：40℃±2℃；
- 试验 Kb，共进行 144 h。

试验后试品应接受目测检验，外观特别是标志的清晰度应无改变，应无可见的影响功能特性的腐蚀痕迹，并能通过按 7.4.2 进行的交流耐压试验，试验电压为交流耐压的 80%；按 7.4.3 进行局部放电试验，应满足传感器和取电装置的限值要求。

7.5.18 户外型产品日照辐射试验

对户外型产品进行日照辐射试验。试验按 GB/T 2423.24-2013 规定，在下列条件下进行：

- 试品在非工作状态；
- 试验程序 A（照光 8 h，遮暗 16 h）；
- 上限温度：55℃±3℃；
- 试验时间：10 个循环（10 天）。

试验后试品应接受目测检验，外观特别是标志的清晰度应无改变，并能通过按 7.4.2 进行的交流耐压试验，试验电压为交流耐压的 80%；按 7.4.3 进行局部放电试验，应满足 5.3 的限值要求。

7.5.19 防护等级试验

根据 IP 防护等级按 GB/T 4208-2017 进行安全和防尘防水试验。

7.5.20 防火阻燃试验

按 GB/T 5169.16-2017 第 9 章进行 V-0 等级的垂直燃烧试验。

试验时把外壳材料制成的符合标准的试验样片置入 50 W 水平与垂直火焰试验燃烧室进行点火试验。试样在离开燃烧器火苗的 10 s 内，试样上的余焰应熄灭。

7.5.21 X 射线检查

JB/T 11203-2011 中 7.4 适用。

7.5.22 低温试验

按 GB/T 2423.1 的规定，温度为-25℃±3℃ 或-40℃±3℃，周期为 24 h。

注：对严寒气候的低温值，DL/T 593-2016 的 2.3.4 适用。

7.5.23 高温试验

按 GB/T 2423.2 的规定，温度为 125℃±2℃，周期为 24 h。

7.5.24 温度变化试验

按 GB/T 2423.22 的规定，同时应符合 GB/T 2424.13 的有关要求，严酷度为：

- a) 低温 T_A : $-25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 高温 T_B : $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- c) 试验循环数: 5 次;
- d) 暴露时间 t_1 : 2 h;
- e) 转换时间 t_2 : 3 min。

7.5.25 机械振动试验

将固封极柱按安装方式固定在振动试验台上, 按 GB/T 2423.10 的规定进行轴向振动试验。试验参数为: 振动频率 55 Hz, 加速度 50 m/s^2 , 振动时间 10 min。

7.5.26 机械强度试验

固封极柱的动、静出线端按各自所能承受的机械力, 进行相应的抗弯或抗拉试验, 试验参数应符合相关产品的技术条件及设计图样的规定。试验方法按 GB/T 1985-2023 的 7.102.4。

7.5.27 热稳定性试验

制造商应提供使用的绝缘材料的稳定性不会受电压和热效应影响的证据。

这个证据可以在可比较结构进行的试验的基础上, 在绝缘材料的性能(介质损耗作为温度的函数)的基础上给出, 或通过对固封极柱进行热稳定性试验来给出。

热稳定性试验是在表 3 规定的最高温度限值下、在工频电压为 180% 的额定电压持续时间为 100 h 下进行。

主回路应该由一个接地的电源供电, 对于三相开关设备使用一个具有中性点接地的三相电源。接地导体和接地的任何金属部件应与地相连。

注: 该试验可以和温升试验分开进行, 在温升试验期间的最高温升提高 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行。

如果没有破坏性放电发生, 则认为固封极柱通过了试验。

8 包装、运输、储存和安装

8.1 总则

固封极柱的包装、运输、储存和安装都应按照制造商提供的说明书执行。

因此, 制造商应提供固封极柱的包装、运输、储存和安装说明书。运输和储存说明书应在供货之前的任何方便时间提供, 而安装说明书最迟应在供货时提供。

如果在订单中定义的运行条件在运输和储存中不能保证, 那么供需双方应专门协议。应在运输、储存和安装过程中对绝缘的保护采取专门的措施, 在通电之前应防止产品受潮, 例如要防止雨水、积雪和凝露。

8.2 包装

固封极柱的包装箱和储运图示标志应符合 GB/T 13384 和 GB/T 191 的规定, 并作如下补充:

- a) 固封极柱应采用防潮、防振的包装, 且在包装箱外应有“易碎”、“怕湿”、“向上”、“小心轻放”等明显标志;
- b) 固封极柱及附件宜放置于同一包装箱中;
- c) 包装箱内应装有产品的下列文件, 应妥善包装, 防止受潮、损坏:
 - 1) 产品合格证;
 - 2) 出厂试验报告;
 - 3) 安装使用说明书(包括产品的外形尺寸图、接口尺寸、需要注意的技术特性及元件的安装手

册)，以便使用户对所涉及的主要原理有充分的了解；

4) 装箱单。

8.3 运输

- a) 固封极柱在运输、装卸过程中不得受强烈振动和碰撞，应对运输包装采取缓冲措施；
- b) 固封极柱应避免同易燃易爆等危险品和腐蚀性的物品一起运输；
- c) 固封极柱搬运过程中禁止二次线挤压及受力。

8.4 储存

- a) 在环境温度-25℃~+55℃，通风、干燥且没有腐蚀性气体的室内；
- b) 允许储存期 20 年。

8.5 安装

制造商应提供安全拆箱和吊装所必需的信息。安装时应至少注意下列项目：

- 固封极柱固定接口；
- 所有辅助回路的连接；
- 接地连接；
- 为使固封极柱正确运行所要进行的调整程序。

9 安全

GB/T 11022-2020 的第 12 章使用。

10 对环境的影响

制造商应按要求提供固封极柱对环境的影响的相关信息，宜提供该产品的碳足迹相关评价材料。

制造商应根据要求提供关于拆卸和不同材料的寿命终止程序以及指明回收的可能性方面的说明。

附录 A

(资料性附录)
固封极柱布局示意图

单相固封极柱布局见图 A.1。

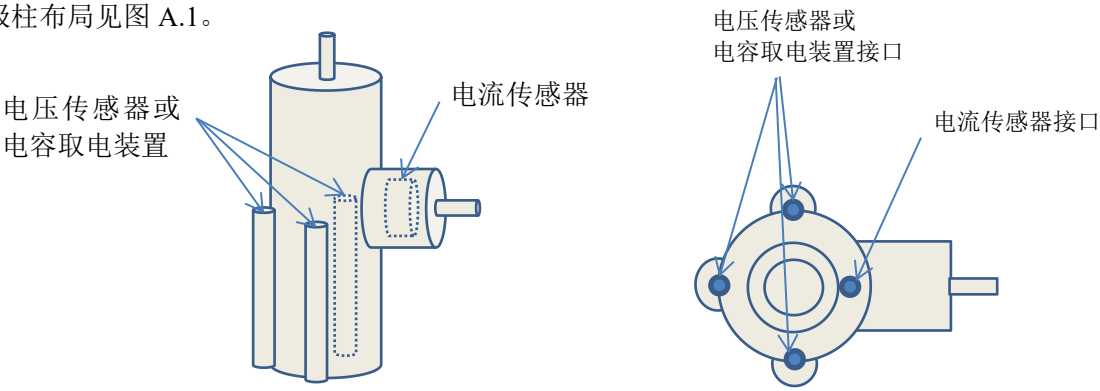


图 A.1 单相固封极柱布局示意图

柱上开关用三相固封极柱组成示意图 A.2。

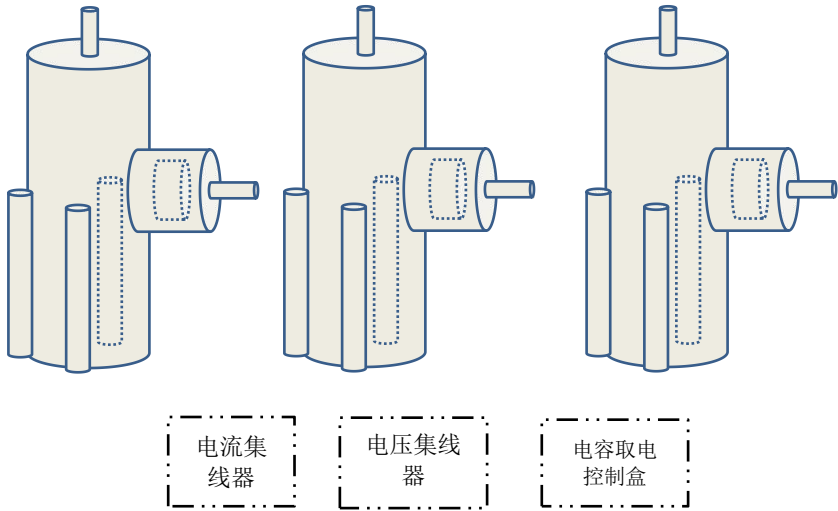


图 A.2 柱上开关用三相固封极柱组成示意图

电流集线器、电压集线器输出可分别采用 8 芯和 5 芯航插连接，用于电流、电压信号输出，接口定义见表 A.1 和 A.2，电容取电控制盒输出接口参见 T/CES 064-2021 中 6.7 要求。

表 A.1 电流集线器航插输出（适用时）接口定义

引脚号	标记	标记说明	电缆规格	备注	图示
1	aS1	A 相电流+	RVSP 0.5mm ²		
2	aS2	A 相电流-	RVSP 0.5mm ²		
3	bS1	B 相电流+	RVSP 0.5mm ²		
4	bS2	B 相电流-	RVSP 0.5mm ²		
5	cS1	C 相电流+	RVSP 0.5mm ²		
6	cS2	C 相电流-	RVSP 0.5mm ²		
7	oS1	零序电流+	RVSP 0.5mm ²		
8	oS2	零序电流-	RVSP 0.5mm ²		

表 A.2 电压集线器航插输出（适用时）接口定义

引脚号	标记	标记说明	电缆规格	备注	图示
-----	----	------	------	----	----

附录 B

(资料性附录) 固封极柱的选用导则

B.1 概述

固封极柱是核心元件，其功能和结构型式多种多样。选择适合给定运行方式的固封极柱，应考虑运行开关设备的类别、额定值及其所处的使用环境。

B.2 额定值的选择

B.2.1 一般要求

固封极柱的额定值取决于封装的真空灭弧室、传感器（如有）、取电装置（如有）的额定值，应满足开关设备在正常负载条件下以及故障条件下的要求。额定参数的数值根据所封装真空灭弧室、传感器、电容取电装置的类别，分别从相关的标准中选取。

B.2.2 绝缘配合和功能选择

固封极柱的额定绝缘水平应根据真空灭弧室、传感器（如有）、取电装置（如有）的类别选择，按 5.2 选取。

固封极柱应在询问单中明确环境条件和具备的功能：

- a) 空气；
- b) 气体（如 SF₆、N₂、CO₂ 等气体）；
- c) 电压采集功能；
- d) 电流采集功能；
- e) 线路取能功能。

B.2.3 额定频率

JB/T 11203-2011 中的 8.2.4 适用。

B.2.4 当地的大气条件和气候条件

JB/T 11203-2011 中的 8.2.5 适用。

B.2.5 使用于高海拔地区

JB/T 11203-2011 中的 8.2.6 适用。

B.2.6 导电连接

JB/T 11203-2011 中的 8.2.7 适用。

B.2.7 传感器

应根据电力系统测量和继电保护的要求，结合工程的实际情况，对传感器的传感原理、配置方式、采样频率、传输方式等进行选型。

B.2.8 取电装置

应根据柱上开关储能、分合闸、馈线终端核心模块、通信模块等功耗，结合工程的实际情况，对取电装置的取电原理、配置方式、传输方式等进行选型。

附录 C

(资料性附录)

应随订货单、投标书和询问单一起提供的资料

C.1 应随订货单和询问单一起提供的资料

在询问或订购固封极柱时，询问者应提供下列资料：

a) 系统的特征

额定电压、频率、系统中性点接地方式。

b) 不同于本文件规定的使用条件（见第 4 章）

最高和最低周围空气温度，所有超过正常的运行条件或影响设备良好运行的条件，例如：异常地暴露于蒸汽、潮气、烟雾、易爆气体、过量的灰尘或烟雾中，热辐射（如日照）、转运设备的外部原因引起的其他振动危险和地震危险。

c) 元件的特征

- 1) 额定电压；
- 2) 额定频率；
- 3) 额定绝缘水平；
- 4) 额定连续电流；
- 5) 额定短时耐受电流 (I_k)；
- 6) 额定短路持续时间（若不是 3 s）；
- 7) 额定峰值耐受电流（若不是 $2.5 I_k$ ）；
- 8) 传感器配置及相关额定值（与本文件要求不一致）；
- 9) 取电装置配置及相关额定值（与本文件要求不一致）；
- 10) 回路电阻值；
- 11) 如果要求，固封极柱所处的环境条件（例如，空气、气体等）；
- 12) 开关设备的类别（例如，断路器，接触器、……）。

除这些项目外，查询者应指出可能影响到投标和订货的每一种情况，例如，特殊的装配和安装条件、试验要求。

如果要求进行特殊的型式试验，应提供有关资料。

C.2 投标时应提供的资料

如果适用，制造上应采取文字描述加图形的方式给出下列资料：

a) 9.1 中的 c) 所列举的额定值和特性。

b) 按要求，提供型式试验证书或报告。

c) 结构特征，例如：

- 1) 最重运输单位的质量；
- 2) 固封极柱的外形尺寸及接口尺寸；
- 3) 外部连接的布置；
- 4) 传感器或取电装置（如有）的安装方式、接线原理图；
- 5) 运输和安装的工具；
- 6) 安装规程；

- 7) 固封极柱的名称和类别。
 - d) 用户应订购的推荐备件清单。
-