

ICS 29.180

K41

CSEE

# 中国电机工程学会标准

T / CSEE 0002 — 2015

---

## 1000kV 变压器/电抗器用高压出线装置 选用导则

Guide for the selection of high voltage lead exit for  
1000kV transformer and reactor



2015-12-21 发布

2016-03-01 实施

---

中国电机工程学会 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 分类及选用原则 .....	1
5 技术要求 .....	2
6 试验 .....	5
7 标志、包装、运输及贮存.....	7

## 前 言

本导则按照中国电机工程学会团体标准的管理办法要求，依据 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。

本导则以交流 1000kV 变压器/电抗器高压出线的设计、研发和试验研究成果为基础，考虑了 1000kV 变压器/电抗器的出线结构特点。

本导则制定的主要技术内容为：

- 规定了适用范围（见 1）；
- 提出了规范性引用文件（见 2）；
- 明确了本导则适用的术语和定义（见 3.1~3.3）；
- 制定了 1000kV 变压器/电抗器高压出线装置的分类及选用原则（见 4.1、4.2）；
- 提出了 1000kV 变压器/电抗器高压出线装置绝缘纸板和绝缘件的技术要求（见 5.1、5.2）；
- 规定了绝缘纸板、绝缘件及出线装置的试验（见 6.1~6.3）；
- 规定了 1000kV 变压器/电抗器高压出线装置的标志、包装、运输及贮存（见 7.1~7.3）。

请注意本导则的某些内容可能涉及专利。本导则的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本导则由中国电机工程学会提出。

本导则由中国电机工程学会高电压专业委员会技术归口和解释。

本导则起草单位：国家电网公司、中国电力科学研究院、泰州新源电工器材有限公司、常州市英中电气股份有限公司。

本导则主要起草人：韩先才、李金忠、孙岗、王晓宁、孙建涛、高步林、刘雪丽、俞英忠、卢国庆、高飞、程焕超、张书琦、冯华、赵志刚、吴超、仇宇舟、遇心如、王健一、汤浩、汪可、郭锐、赵晓宇、关键昕、贾鹏飞、申泽军。

本导则为首次发布。

本导则在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室。

# 1000kV 变压器/电抗器用高压出线装置选用导则

## 1 范围

本导则规定了交流 1000kV 变压器/电抗器用高压出线装置的术语和定义, 分类及选用原则, 技术要求, 试验规则, 标志、包装、运输及贮存。

本导则适用于交流 1000kV 电压等级的油浸式电力变压器和电抗器的出线装置, 其他电压等级的变压器/电抗器出线装置可参照执行。

## 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 1410 固体绝缘材料体积电阻率和表面电阻率试验方法

GB/T 1548—2004 纸浆 粘度的测定

GB/T 2900.5 电工名词术语 绝缘固体、液体和气体

GB/T 19264.1 电气用压纸板和薄纸板规范 第 1 部分: 定义和一般要求

GB/T 19264.2—2013 电气用压纸板和薄纸板规范 第 2 部分: 试验方法

GB/T 19264.3 电工用压纸板和薄纸板规范 第 3 部分: 压纸板

JB/T 8318 变压器用成型绝缘件技术条件

IEC 60763-2: 2007 层合纸板规范 第 2 部分: 试验方法 (Specification for laminated pressboard-Part 2: Methods of test)

## 3 术语和定义

GB/T 2900.5 和 GB/T 19264.1 界定的以及下列术语和定义适用于本导则。为了便于使用, 以下重复列出了 GB/T 2900.5 和 GB/T 19264.1 中的某些术语和定义。

### 3.1

#### 热老化试验 **thermal aging test**

将绝缘材料暴露于高于预计工作温度的高温下, 以热为主要老化因子, 测定其某些性能随时间的变化, 以评定绝缘材料热老化寿命的试验。

### 3.2

#### 机械老化试验 **mechanical aging test**

将试样暴露于某种形式的强化了或加大作用频率的机械应力下, 测量其某些性能随时间的变化, 以评定绝缘材料的机械老化寿命的试验。

### 3.3

#### 电老化试验 **electrical aging test**

将试样暴露于提高了强度或频率的电场下, 测量其某些性能随时间的变化, 以评定绝缘材料电老化寿命的试验。

## 4 分类及选用原则

### 4.1 分类

特高压变压器的高压出线装置可分为间接式中部出线结构、直接式中部出线结构、直接式端部出线

结构。

#### 4.2 选用原则

大容量变压器高压绕组通常采用间接式高压中部出线结构。在运输限制条件允许的情况下宜采用直接式中部出线结构。高压绕组为内绕组或容量较小的特高压变压器，以及并联电抗器，可采用直接式端部出线结构。

### 5 技术要求

#### 5.1 出线装置用绝缘纸板要求

##### 5.1.1 原材料要求

5.1.1.1 原材料应采用 100%未漂硫酸盐针叶木浆。

5.1.1.2 生产用水应采用净化水。

##### 5.1.2 外观要求

5.1.2.1 产品基本尺寸公差（长度、宽度方向）控制在 $\pm 10\text{mm}$ 以内。

5.1.2.2 表面应平整，应无可见分层、裂纹、污染斑点，无气泡、孔洞等，允许有工艺网纹。

##### 5.1.3 性能要求

绝缘纸板性能应符合表 1 和 GB/T 19264.1 中的规定。

表 1 绝缘纸板性能要求及试验方法

序号	性能		要求	试验方法	
	项目	纸板厚度 $d$ mm			
1	厚度偏差 (个别测量值对标称值的 最大偏差) %	$\leq 1.6$	$\pm 7.5$	GB/T 19264.2—2013	
		$1.6 < d \leq 3.0$	$\pm 5.0$		
		$> 3.0$	$\pm 4.0$		
2	紧度（表观密度） $\text{g}/\text{cm}^3$	$\leq 1.6$	1.00~1.20	GB/T 19264.2—2013	
		$1.6 < d \leq 3.0$	1.10~1.25		
		$3.0 < d \leq 6.0$	1.15~1.30		
		$> 6.0$	1.15~1.30		
3	拉伸强度 MPa	纵向	$\leq 1.6$	$\geq 105$	GB/T 19264.2—2013
			$1.6 < d \leq 3.0$	$\geq 110$	
			$3.0 < d \leq 6.0$	$\geq 115$	
			$> 6.0$	$\geq 115$	
	横向	$\leq 1.6$	$\geq 80$	GB/T 19264.2—2013	
		$1.6 < d \leq 3.0$	$\geq 85$		
		$3.0 < d \leq 6.0$	$\geq 90$		
		$> 6.0$	$\geq 90$		
4	伸长率 %	纵向	—	$\geq 3.0$	GB/T 19264.2—2013
		横向	—	$\geq 4.0$	
5	压缩性 $C$ %	$\leq 1.6$	$\leq 10.0$	GB/T 19264.2—2013	
		$1.6 < d \leq 3.0$	$\leq 7.5$		
		$3.0 < d \leq 6.0$	$\leq 5.0$		
		$> 6.0$	$\leq 4.0$		

表 1 (续)

序号	性 能		要 求	试验方法	
	项 目	纸板厚度 $d$ mm			
6	压缩可回复部分 $C_{rev}$ %		$\leq 1.6$	$\geq 45$	GB/T 19264.2—2013
			$1.6 < d \leq 3.0$	$\geq 50$	
			$3.0 < d \leq 6.0$	$\geq 50$	
			$> 6.0$	$\geq 50$	
7	收缩率 %	纵向	—	$\leq 0.4$	GB/T 19264.2—2013
		横向	—	$\leq 0.5$	
		厚度	—	$\leq 4.0$	
8	层间黏结性		—	剥离应使一层或多层 破裂且具有明显粗糙 或发毛的现象	GB/T 19264.2—2013
9	水分 %		—	$\leq 6$	GB/T 19264.2—2013
10	灰分 %		—	$\leq 0.5$	GB/T 19264.2—2013
11	水萃取液电导率 mS/m		$\leq 1.6$	$\leq 4.0$	GB/T 19264.2—2013
			$1.6 < d \leq 3.0$	$\leq 4.5$	
			$3.0 < d \leq 6.0$	$\leq 6.0$	
			$> 6.0$	$\leq 8.0$	
12	水萃取液 pH 值		—	6~9	GB/T 19264.2—2013
13	吸油性 %		$\leq 1.6$	$\geq 11$	GB/T 19264.2—2013
			$1.6 < d \leq 3.0$	$\geq 9$	
			$3.0 < d \leq 6.0$	$\geq 7$	
			$> 6.0$	$\geq 7$	
14	X 光金属粒子检查 <sup>a</sup> 个/dm <sup>2</sup>		—	无可见粒子	GB/T 19264.2—2013 <sup>a</sup>
15	电气强度 kV/mm	空气中	—	$\geq 12$	GB/T 19264.2—2013
		油中	$\leq 1.6$	$\geq 45$	
			$1.6 < d \leq 3.0$	$\geq 40$	
			$3.0 < d \leq 6.0$	$\geq 35$	
		$> 6.0$	$\geq 35$		
16	体积电阻率 <sup>b</sup> $\Omega \cdot m$	空气中	—	$\geq 1.0 \times 10^{12}$	GB/T 1410—2006 <sup>b</sup>
		油中	—	$\geq 1.0 \times 10^{13}$	
17	表面电阻率 <sup>b</sup> $\Omega$	空气中	—	$\geq 1.0 \times 10^{13}$	
		油中	—	$\geq 1.0 \times 10^{14}$	
18	聚合度		—	$\geq 1200$	GB/T 1548—2004

<sup>a</sup> X 光机的分辨率大于等于 48Lp/cm。

<sup>b</sup> 试样不去网纹、不贴电极材料，干燥处理及真空浸油程序同第 15 项“电气强度”。

## 5.2 出线装置绝缘件要求

## 5.2.1 原材料

5.2.1.1 绝缘件应采用 100%未漂硫酸盐针叶木浆，不得含有任何影响电气性能的杂质。

5.2.1.2 生产用水应采用净化水，不得含有影响电气性能的任何杂质。

5.2.1.3 绝缘件所用黏结剂应具有较强的黏结力、耐热性、抗老化性，并保证黏结后产品的性能指标达到表 2 所规定的要求。黏结剂与变压器油应具有良好的相容性。

## 5.2.2 外观

5.2.2.1 绝缘件基本尺寸应符合图纸要求。

5.2.2.2 绝缘件的颜色应为原材料本色。异型件允许有每处面积小于 200mm<sup>2</sup> 因修补而形成的局部色泽差别，修补深度不允许超过厚度的 30%。厚度小于 2mm 的异型件不允许有修补。

5.2.2.3 异型件和模压件内外表面应平整，允许有工艺带纹，应无可见分层、裂纹、污染斑点，无气泡、孔洞，产品加工断面应平整、无毛刺、不允许有炭化现象。

5.2.2.4 结构件的表面应平整，无明显凹凸、气泡、污染斑点等缺陷，粘胶应均匀，不得有开裂、起泡、脱胶、分层等现象。任何机加工部位应平整，不允许有超 0.2mm 的凹凸及楞凸或刀齿印，不允许有炭化现象，允许有因密度和加工产生的色差。

## 5.2.3 性能

绝缘件的性能应符合表 2 的规定。

表 2 绝缘件性能要求及试验方法

序号	性能		要 求			试验方法 <sup>b</sup>
			异型件	模压件	结构件 <sup>a</sup>	
1	紧度 g/cm <sup>3</sup>		0.70~1.00	1.00~1.25	1.15~1.30	GB/T 19264.2—2013
2	水分 %		≤6.0		≤8.0	GB/T 19264.2—2013
3	灰分 %		≤0.6		≤0.8	GB/T 19264.2—2013
4	水抽提液电导率 mS/m		≤5.0		≤15.0	GB/T 19264.2—2013
5	水抽提液 pH 值		5.5~9.0		6.0~10.0	GB/T 19264.2—2013
6	收缩率 %	厚度方向	≤6.0		≤6.0	GB/T 19264.2—2013
		纵向	≤2.0		≤0.5	
		横向	≤2.0		≤0.7	
7	电气强度 kV/mm	1mm~2mm	空气中≥10.0	空气中≥10.0	—	GB/T 19264.2—2013
			油中≥25	油中≥40	—	
		>2mm	空气中≥8.0	空气中≥8.0	油中平行层向 ≥8.0	
			油中≥25	油中≥30		
8	吸油性 %		≥30.0	≥11.0	≥6.0	GB/T 19264.2—2013
9	弯曲强度 MPa	垂直层 向	纵向	—	≥100	IEC 60763-2: 2007
			横向	—	≥80	
10	压缩性 %	压缩性 C	—	—	≤3.5	GB/T 19264.2—2013
		压缩可回复部分 C <sub>rev</sub>	—	—	≥65	

表 2 (续)

序号	性能	要求			试验方法 <sup>b</sup>
		异型件	模压件	结构件 <sup>a</sup>	
11	聚合度	>1100		—	GB/T 1548—2013
12	X 光检测金属颗粒、杂质和气隙 <sup>c</sup>	无可见金属颗粒、杂质、气隙		—	GB/T 19264.2—2013

<sup>a</sup> 该性能指标为层压板生产的结构件，并使用酪阮型黏结剂。  
<sup>b</sup> 结构试验方法依据 IEC 60763-2: 2007。  
<sup>c</sup> X 光机的分辨率 $\geq 48\text{Lp/cm}$ 。

#### 5.2.4 机械加工性能

绝缘结构件应能承受剪切、钻孔、铣切等机械加工，加工后不得有裂纹、脱落、缺口和炭化变色。

#### 5.2.5 黏结剂

成型件所用黏结剂应具有较强的黏结力、耐热性和抗老化性，以及优良的电气绝缘性能，且与变压器油具有良好的相容性，不得污染变压器油，并应保证产品的性能指标达到表 2 所规定的要求。

#### 5.3 出线装置内金属部件

金属件焊接部位无虚焊、漏焊，焊缝均匀，无焊渣污染。金属件表面无锈蚀。若使用铜管，表面应进行钝化处理。与金属复合而成的绝缘件，其金属表面应平整、光滑、无毛刺、无油污等。

#### 5.4 出线装置整体性能

产品经加工处理后整体尺寸应满足设计图纸公差要求，经干燥、浸油、重新脱油、重新浸油、装配后均不应该发生松动。

### 6 试验

#### 6.1 绝缘纸板试验

##### 6.1.1 绝缘纸板例行试验

6.1.1.1 抽样方法：厚度小于 5mm 的纸板以同一原材料、同一生产工艺、同一规格，24h 生产量为一个检验批，同一规格纸板每次抽样 1 张~2 张。厚度大于等于 5mm 的纸板以连续生产的量为一个检验批，抽样间隔时间不得超过 72h。若工艺、原材料有所改变，应跟踪试验。采取在该批纸板中随机抽样的方法抽取样品，同一规格纸板每次抽样 1 张~2 张。

6.1.1.2 例行试验项目为厚度、紧度、水分、拉伸强度、伸长率、收缩率、层间黏结性，参照表 1、表 2。

6.1.1.3 检验结果若有不合格项，则应从该批产品中加倍取样数量对不合格项进行复检，复检结果仍不合格，则该批产品为不合格品。

##### 6.1.2 绝缘纸板型式试验

6.1.2.1 在下列情况之一时，应进行型式试验。

- 新产品试制投入生产时；
- 工艺、材料有重大改变时；
- 日常生产每月检测一次，每 3 个月需覆盖所生产的各种规格产品。

6.1.2.2 型式试验项目为表 1 的全部项目。

6.1.2.3 型式试验的产品应从出厂检验合格的产品中随机抽样 1 张~2 张。

6.1.2.4 检验结果若有不合格项，则应从该批产品中加倍取样数量对不合格项进行复检，复检结果仍不合格，则型式试验不通过。

##### 6.1.3 绝缘纸板特殊试验

特殊试验即材料老化（热老化、机械老化、电老化）等试验，需要进行时，由生产厂与使用单位协



商确定。

## 6.2 绝缘件试验

### 6.2.1 绝缘件例行试验

6.2.1.1 绝缘件性能的例行试验每月检测一次。

6.2.1.2 例行试验项目：

- a) 外观质量检查；
- b) 基本尺寸测量；
- c) 异型件的紧度、水分、收缩率、油中电气强度和 X 光检测；
- d) 模压件的紧度、水分、收缩率、油中电气强度和 X 光检测；
- e) 结构件的紧度、水分、收缩率、弯曲强度（垂直层向）、油中电气强度和 X 光检测。

### 6.2.2 绝缘件型式试验

6.2.2.1 在下列情况之一时，应进行型式试验：

- a) 新产品试制投入生产时；
- b) 工艺、材料有重大改变时；
- c) 日常生产每 6 个月 1 次。

6.2.2.2 绝缘件型式试验项目为表 2 的全部项目。

### 6.2.3 绝缘件特殊试验

特殊试验指材料老化（机械老化、电老化、热老化）等试验，需要进行时，由生产厂与使用单位协商确定。

## 6.3 出线装置试验

### 6.3.1 出线装置例行试验

在出线装置组装前，应对每个部件进行 X 光检测，不得有颗粒及杂质。组装后主要进行出线装置的尺寸测量及外观检查，应满足图纸公差要求，无松动现象。

### 6.3.2 出线装置型式试验

#### 6.3.2.1 绝缘裕度试验

绝缘裕度试验在专用试验装置上进行，试验项目及要求见表 3。

表 3 出线装置绝缘裕度试验项目及要求

序号	试 验 项 目					
1	变压器油试验：介质损耗因数 $\leq 0.005$ （90℃）、耐压 $\geq 70\text{kV}$ 、含水量 $\leq 10\text{mg/kg}$ 、含气量 $\leq 1$ 、颗粒度大于 $5\mu\text{m}$ 的不多于 1000 个/100mL。在绝缘裕度试验前后、预局部放电后、冲击前后进行油谱分析，总烃无明显变化且不含有乙炔					
2	装置连同套管对箱体绝缘电阻和绝缘系统电容、介质损耗因数（ $\tan\delta$ ）的测量：吸收比 $\geq 1.3$ 或极化指数 $\geq 1.5$ （10℃~30℃）；绕组 $\tan\delta\leq 0.5\%$ ；测量套管电容和介质损耗因数					
3	预局部放电试验： $T_1$ 为 30。单相电源，频率 50Hz					
	项 目	$1.1U_m/\sqrt{3}$	$1.5U_m/\sqrt{3}$	$U_1$	$1.5U_m/\sqrt{3}$	$1.1U_m/\sqrt{3}$
	持续时间	5min	5min	$T_1$	30min	5min
	试验电压 kV	699	953	1100	953	699
	局部放电量 pC	10	10	—	10	10

表 3 (续)

序号	试验项目					
4	冲击试验 (操作波/全波/截波): 全波参数, $1.2 \times (1 \pm 30\%) \mu\text{s} / 50 \times (1 \pm 20\%) \mu\text{s}$ ; 截断时间, $2 \mu\text{s} \sim 6 \mu\text{s}$ , 过零不超过 30%; 操作波参数, $T_1 > 100 \mu\text{s}$ , $T_d > 200 \mu\text{s}$ , $T_z > 500 \mu\text{s}$					
	试验项目	SI	LI	LIC		
	试验电压 kV	-1800	-2250	-2400		
5	长时工频耐压试验: $T_1$ 为 5min。单相电源, 频率 50Hz。观察并记录背景噪声、局部放电的起始放电电压、局部放电量、熄灭放电电压。 $1.5U_m/\sqrt{3}$ 下, 每 10min 记录一次局部放电量					
	项 目	$1.1U_m/\sqrt{3}$	$1.5U_m/\sqrt{3}$	$U_1$	$1.5U_m/\sqrt{3}$	$1.1U_m/\sqrt{3}$
	持续时间	5min	5min	$T_1$	10h	5min
	试验电压 kV	699	953	1100	953	699
	局部放电量 pC	10	10	—	10	10

### 6.3.2.2 机械性能试验

机械性能试验及要求见表 4。

表 4 出线装置机械性能试验及要求

序号	振动方向	试验项目	试验要求
1	X、Y、Z轴 方向	夹具正弦频率扫描	量级 0.2g, 从 5Hz~2000Hz 范围内寻找谐振频率, 每分钟 1 倍频。记录响应谱图
2		正弦频率扫描	从 5Hz~2000Hz 范围内寻找谐振频率, 每分钟 1 倍频。 注: 在此项试验前, 在出线装置各部件的连接部位, 做好标记, 便于发现振动是否对出线装置产生影响
3		宽带随机振动	宽带随机振动从 10Hz~500Hz, 持续 30min。根据机械环境等级 2M2, 在 10Hz~200Hz 频率范围内, 加速度频谱密度为 $1\text{m}^2/\text{s}^3$ ; 在 200Hz~500Hz 频率范围内, 加速度频谱密度为 $0.3\text{m}^2/\text{s}^3$
4		冲击振动试验	振动正负方向的加速度为 $100\text{m}/\text{s}^2$ , 脉宽 11ms (正、负方向各 3 次)。在预振动阶段, 以每个方向上的振动为 -18、-15、-12、-9、-6、-3dB 的方式来调整记录 and 振动台, 当发生严重损坏时停止振动台振动
5		正弦频率扫描	量级 0.2g, 从 5Hz~2000Hz 范围内寻找谐振频率, 每分钟 1 倍频。谐振频率与序号 2 的结果对比

## 7 标志、包装、运输及贮存

### 7.1 标志

7.1.1 出线装置包装内应有产品合格证, 其内容应包含如下项目:

- 制造商;
- 产品名称及导则号;
- 产品规格 (长×宽×高);
- 质量;

- e) 检验日期;
- f) 产品批号。

7.1.2 在包装木板或木箱上应贴上有标签, 应包含如下项目:

- a) 制造商名称及地址;
- b) 产品名称及导则号;
- c) 产品规格(长×宽×高);
- d) 净重及毛重;
- e) 包装箱尺寸;
- f) 包装日期及出厂日期;
- g) 标注“防潮”“小心轻放”“勿倒置”“防火”等标记。

## 7.2 包装

7.2.1 打包或装箱前, 出线装置整体应采用密封包装, 并具有防尘、防潮措施。

7.2.2 运输支架与出线装置接触面应有减振、缓冲部件, 固定、结实。

## 7.3 运输及贮存

7.3.1 出线装置在运输过程中应避免阳光直射、受潮、污染并不允许碰撞, 冲击振动最大加速度应不大于 3g。

7.3.2 出线装置应贮存在干燥的仓库内, 应远离通风口、散热器、冷却器、窗口。

7.3.3 贮存库房内空气的相对湿度应不大于 50%。

7.3.4 保持原包装, 使用前不拆开包装。

---

中国电机工程学会标准  
**1000kV 变压器/电抗器用高压出线装置  
选用 导 则**

T / CSEE 0002 — 2015

\*

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京九天众诚印刷有限公司印刷

\*

2015 年 12 月第一版 2015 年 12 月北京第一次印刷

880 毫米×1230 毫米 16 开本 0.75 印张 18 千字

\*

统一书号 155123·2741 定价 **18.00** 元

**敬 告 读 者**

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

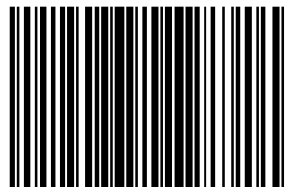
**版 权 专 有 翻 印 必 究**



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123.2741