

ICS 29.180

K 41

**T/CEC**

# 中国电力企业联合会标准

T/CEC 130—2016

---

## 10kV~110kV 干式空心并联电抗器技术要求

Technical requirements of 10kV~110kV dry-type air-core shunt reactor

2016-10-21 发布

2017-01-01 实施

---

中国电力企业联合会 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	2
4 使用条件	4
5 技术性能	5
6 技术要求	7
7 试验	8
8 铭牌	8
9 标志、包装、起吊、运输和贮存	8
10 使用与维护	9

## 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。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电力变压器标准化技术委员会（TC/02）归口。

本标准主要起草单位：云南电网有限责任公司电力科学研究院、中国电力科学研究院、广东电网公司电力科学研究院、国网上海市电力公司电力科学研究院、国网吉林省电力有限公司电力科学研究院、国网河南省电力公司电力科学研究院、中国电力工程顾问集团西北电力设计院、电力工业电气设备质量检验检测中心、国网陕西省电力公司电力科学研究院、北京电力设备总厂有限公司、西安中扬电气股份有限公司、顺特电气设备有限公司、合容电气股份有限公司、特变电工沈阳变压器集团有限公司、特变电工股份有限公司新疆变压器厂、西安西电变压器有限责任公司、江苏华鹏变压器有限公司。

本标准主要起草人：崔志刚、孙鹏、钱国超、张淑珍、梁文进、王伟、赵春明、孙建涛、郭慧浩、黄小华、王黎彦、傅晨钊、吕亮、葛计彬、王琳、胥军、刘全峰、王宇、任玉民、陈荣、王恬平。

本标准首次发布。

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）。

# 10kV~110kV 干式空心并联电抗器技术要求

## 1 范围

本标准规定了干式空心并联电抗器（以下简称电抗器）的术语和定义、使用条件、技术性能、技术要求、试验、使用与维护等要求。

本标准适用于电压等级为 10kV~110kV、额定频率为 50Hz、用以补偿电容电流的干式空心并联电抗器。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本标准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标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB 1094.1 电力变压器 第 1 部分：总则

GB 1094.3 电力变压器 第 3 部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙

GB/T 1094.6 电力变压器 第 6 部分：电抗器

GB/T 1094.10 电力变压器 第 10 部分：声级测定

GB 1094.11 电力变压器 第 11 部分：干式变压器

GB/T 1094.12 电力变压器 第 12 部分：干式电力变压器负载导则

GB/T 2424.1 环境试验 第 3 部分：支持文件及导则 低温和高温试验

GB/T 2900.5—2013 电工术语 绝缘固体、液体和气体

GB/T 2900.10—2013 电工术语 电缆

GB/T 2900.25—2008 电工术语 旋转电机

GB/T 2900.83—2008 电工术语 电的和磁的器件

GB/T 2900.95—2015 电工术语 变压器、调压器和电抗器

GB/T 3955 电工圆铝线

GB/T 4074.1~4074.6 绕组线试验方法

GB/T 4797.7 电工电子产品环境条件分类 自然环境条件 地震振动和冲击

GB/T 4909.1~4909.8 裸电线试验方法

GB/T 7672.6—2008 玻璃丝包绕组线 第 6 部分：玻璃丝包薄膜绕包扁铜线

GB/T 7673.1—2008 纸包绕组线 第 1 部分：一般规定

GB/T 8287.1~8287.2 标称电压高于 1000V 系统用户内和户外支柱绝缘子

GB/T 13542（所有部分） 电气绝缘用薄膜

GB/T 13657 双酚 A 型环氧树脂

GB/T 26218（所有部分） 污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定

GB 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准

DL/T 393 输变电设备状态检修试验规程

DL/T 596 电力设备预防性试验规程

DL/T 627 绝缘子用常温固化硅橡胶防污闪涂料

DL/T 1048 标称电压高于 1000V 的交流用棒形支柱复合绝缘子——定义、试验方法及验收规则

DL/T 5014 330kV~750kV 变电站无功补偿装置设计技术规定

DL/T 5242 35kV~220kV 变电站无功补偿装置设计技术规定

JB/T 6758.1—2007 换位导线 第1部分：一般规定

JB/T 10775 6kV~35kV 级干式并联电抗器技术参数和要求

JB/T 10943—2010 电气绝缘用玻璃纤维 增强挤拉型材——干式变压器用撑条

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。为了方便使用，以下重复列出了 GB/T 7672.6 等标准中的某些术语和定义。

#### 3.1

##### **薄膜 film**

最大厚度可任意限定的薄型塑料制品，厚度比其长度和宽度小得多，一般成卷供应。

注：最大极限厚度通常为几百微米。

[GB/T 7672.6—2008，定义 3.2]

#### 3.2

##### **绕包层 covering**

被缠绕、包覆或编织在裸或绝缘导体上的材料。

[GB/T 7673.1—2008，定义 3.1.3]

#### 3.3

##### **重叠绕包 overlapping**

同一绕包层的相邻膜带边缘相互搭压的绕包形式。

[JB/T 6758.1—2007，定义 3.1.3]

#### 3.4

##### **重叠宽度 width of overlapping**

重叠绕包时膜带边缘搭压部分的宽度。

[JB/T 6758.1—2007 定义 3.1.3]

#### 3.5

##### **绕包绝缘 lapped insulation**

由绝缘膜带螺旋绕包缠绕成同心层组成的绝缘。

[GB/T 2900.10—2013，定义 461-02-03]

#### 3.6

##### **导体绝缘 conductor insulation**

在单根导体上的绝缘或相邻导体之间的绝缘。

[GB/T 2900.25—2008，定义 411-39-01]

#### 3.7

##### **股绝缘 strand or lamination insulation**

在一股导体上的绝缘，或与相邻的股之间的绝缘。

[GB/T 2900.25—2008，定义 411-39-02]

#### 3.8

##### **(线)匝 turn**

组成一圈的一根或多根并联导线。

[GB/T 2900.95—2015，定义 5.3.1]

#### 3.9

##### **匝绝缘 turn insulation**

包绕在每一线匝导体上的绝缘。

[GB/T 2900.25—2008, 定义 411-39-03]

### 3.10

#### 匝间绝缘 **interturn insulation**

相邻匝之间的绝缘。

[GB/T 2900.25—2008, 定义 411-39-04]

### 3.11

#### 温度指数 **temperature index; TI**

表示绝缘材料或绝缘系统耐热能力的摄氏温度值。

注 1: 对绝缘材料, 温度指数是从热寿命关系中对应与给定时间 (通常为 20000h) 推出。温度指数可以作为确定材料温度等级的依据。

注 2: 对绝缘系统, 温度指数可由已知使用经验的, 或从已评定且已确定的参照绝缘系统的已知比较功能性评定中得出。

[GB/T 2900.5—2013, 定义 212-12-11]

### 3.12

#### 包封 **encapsulating**

将工件包上一层热塑性或热固性的防护层或绝缘涂层的工艺过程。

注: 可以采用如涂刷、蘸浸、喷涂、热成型或模塑等合适的方法进行包封。

[GB/T 2900.5—2013, 定义 212-13-03]

### 3.13

#### 包封绕组 **encapsulated-winding**

由浸透环氧树脂胶的无纬玻璃丝带, 通过模具将绕组完全包绕密封, 并热固化成型的一个同心圆形的电抗器部件。数个不同直径的包封绕组部件同心套装形成一个干式空心电抗器。

### 3.14

#### 撑条 **stay**

用于通过支撑形成绕组散热气道的绝缘件。

[JB/T 10943—2010, 定义 3.1.2]

### 3.15

#### 星形支架 **star-shaped support**

用于支撑固定绕组, 并起到汇流作用的星形金属支架。

### 3.16

#### 环氧玻璃钢 **epoxy glass fiber reinforced plastic**

采用热固性环氧树脂为基体材料, 以玻璃纤维为主要增强材料, 加入一定量助剂和辅助材料, 经缠绕、浇注、粘贴、挤压、拉挤, 并热固化成型的部件。其强度相当于钢材, 具有耐腐蚀、电绝缘、隔热等性能。

### 3.17

#### 电线 **wire**

#### 导线

有或无外包绝缘的柔性圆柱形导体, 其长度远大于其截面尺寸。

注: 导线的截面可能有任何形状, 但“导线”一词一般不用于条状或带状导体。

[GB/T 2900.83—2008, 定义 151-12-28]

### 3.18

#### 单丝线 **single wire**

制作电抗器用的单根导线。

3.19

**单丝线电抗器 single wire reactor**

由数根包绕了绝缘膜的单丝线，按一定的规则同心、并联连续绕制成包封绕组，数个这样的包封绕组制成的电抗器。

3.20

**换位线 transposed and shaped winding wire**

以一定根数的包绕绝缘膜的单丝线，按一定的规则编绕、换位，并通过整形、粘接、压制等工艺制成的成形线。

3.21

**换位线电抗器 transposed and shaped winding wire reactor**

由数股包绕了绝缘膜的换位线，按一定的规则同心、并联连续绕制成包封绕组，数个这样的包封绕组制成的电抗器。

3.22

**预期寿命（电气绝缘系统的）intended life（of an electric insulation system）**

电气绝缘系统在使用条件下的设计寿命。

[GB/T 2900.5—2013，定义 212-12-18]

4 使用条件

4.1 正常使用条件

电抗器在下列条件下，应能正常工作：

- 海拔：≤1000m；
- 最高气温：40℃；
- 最热月平均温度：30℃；
- 最高年平均温度：20℃；
- 最低气温：-25℃；
- 最高相对湿度：25℃下为 90%；
- 污秽等级：d 级；
- 最大风速：35m/s；
- 覆冰厚度：≤10mm；
- 地面水平加速度：3m/s<sup>2</sup>；
- 地面垂直加速度：1.5m/s<sup>2</sup>。

4.2 特殊使用条件

4.2.1 当电抗器用于海拔超过 1000m 的地方运行，而试验场所的海拔比安装地点低时，其包封绕组及支撑绝缘所需的空气间隙，应按每增加 100m（对 1000m 海拔而言），空气间隙值加大 1%来校核。

4.2.2 当电抗器是在海拔超过 1000m 处运行，而其试验却是在正常海拔处进行时，如果制造单位与用户间无另外协议，温升限值应根据运行地点的海拔超过 1000m 的部分，以每 500m 为一级，按 2.5%的数值相应降低。如果电抗器的试验是在海拔高于 1000m 处进行，而安装现场的海拔却低于 1000m 时，则温升限值要作相应的逆修正。经海拔修正后的温升限值，应修约到最接近的整数（单位为 K）。

4.2.3 当电抗器用于空气温度超过 4.1 所规定的各最大值中的某一个值时，电抗器的温升限值应按超过的数值降低，并应将其修约到最接近的整数（单位为 K）。如果现场条件可能会使空气受到某种限制，或使空气温度变高，用户应予以阐明。

4.2.4 当电抗器用于地震多发地区运行时，经供需双方协商，应按 GB/T 4797.7 的规定，用计算的方法验证其抗震能力。

4.2.5 当电抗器用于最低温度低于 $-25^{\circ}\text{C}$ 的严寒地区运行时，由用户提出相应的低温技术要求，以及低温适应性试验项目，可参考 GB/T 2424.1 进行低温验证试验并提供试验报告。

4.2.6 当电抗器用于较严重污秽地区或沿海地区运行时，其包封绕组及支柱绝缘子的外绝缘污秽等级应符合 GB/T 26218.1~26218.3 的规定，满足安装环境要求。

## 5 技术性能

### 5.1 型式

户外、单相、干式、空心。

### 5.2 冷却方式

自冷 (ONAN)。

### 5.3 连接方式

中性点不接地的星形连接 (Y)。

### 5.4 工作频率

50Hz。

### 5.5 性能参数

电抗器的性能参数见表 1。

表 1 电抗器性能参数表

额定容量 Mvar	系统标称电压 kV	额定电压 kV	最高运行电压 kV	声级 (声压级) dB (A)	损耗 (75℃) kW
1.00	10	$11/\sqrt{3}$	$12/\sqrt{3}$	55	12
2.00					15
2.67					20
3.33					22
5.00				60	28
6.67					36
10.00					42
15.00					51
0.67	20	$22/\sqrt{3}$	$24/\sqrt{3}$	55	7
1.67					19
3.33					24
5.00					28
6.67				60	35
10.00					43
15.00					55
20.00					63
3.33	35	$37.5/\sqrt{3}$	$40.5/\sqrt{3}$	55	25
5.00					29
6.67					37
10.00				60	43
15.00					55
20.00					63



表 1 (续)

额定容量 Mvar	系统标称电压 kV	额定电压 kV	最高运行电压 kV	声级 (声压级) dB (A)	损耗 (75℃) kW
10.00	66	$66/\sqrt{3}$	$72.5/\sqrt{3}$	60	43
15.00					54
20.00					63
30.00				63	85
40.00					93
80.00	110	$110/\sqrt{3}$	$126/\sqrt{3}$	63	196

注 1: 表中额定容量是推荐值, 如有特殊需要, 用户可与制造厂协商确定, 其损耗、声级可用插值法确定。  
注 2: 表中额定损耗、声级水平是依据行业的平均水平确定。

## 5.6 绝缘水平

5.6.1 电抗器绕组的绝缘水平见表 2。

表 2 电抗器绕组的绝缘水平

单位: kV

系统标称电压 (方均根值)	设备最高电压 $U_m$ (方均根值)	额定雷电冲击耐受电压 (全波峰值)	额定短时感应耐受电压 (方均根值)	匝间过电压试验电压 (峰值)
10	$12/\sqrt{3}$	75	35	66
20	$24/\sqrt{3}$	125	55	103
35	$40.5/\sqrt{3}$	200	85	160
66	$72.5/\sqrt{3}$	325	140	—
110	$126/\sqrt{3}$	480	200	—

5.6.2 电抗器支撑绝缘水平应满足 GB/T 8287.1~8287.2 和 DL/T 1048 的规定。

## 5.7 温升限值

电抗器在正常使用条件下, 在最高运行电压下的平均温升限值应符合 JB/T 10775 的规定, 详见表 3。

表 3 电抗器的温升限值表

单位: K

绝缘耐热等级	绕组平均温升限值
B	$\leq 55$
F	$\leq 75$
H	$\leq 100$

电抗器绕组端子的最高温度不应超过 90℃, 星形支架及其他金属部件的温度, 不应对电抗器任何部分造成损害。

## 5.8 允许偏差

5.8.1 在额定电压和额定频率下, 电抗器电抗设计值与实测值的允许偏差应在±5%以内, 每相电抗值与三相电抗平均值的偏差应不大于±2%。

5.8.2 在额定电压和额定频率下, 换算到 75℃时的损耗, 其偏差不应超过规定值的 10%。

## 5.9 声级水平

电抗器声级应满足安装位置环保要求, 如无特殊规定, 应按照 GB/T 1094.10 的规定, 在额定电压下, 测量点距电抗器基准发射面 2m, 当其高度小于 2.5m 时, 应在电抗器高度 1/2 处测量; 若其高度大于

2.5m, 应在电抗器高度 1/3 及 2/3 处测量。声级（声压级）水平不应超过表 1 的规定。

#### 5.10 燃烧性能等级

电抗器燃烧性能等级按 GB 1094.11 的规定，应达到 F0 及以上。

#### 5.11 预期寿命

在本标准规定的工作条件下正常运行，并按照制造厂商的使用维护说明书要求进行维护的情况下，电抗器的预期寿命不应低于 30 年。

### 6 技术要求

#### 6.1 基本要求

6.1.1 电抗器应符合 GB 1094.1、GB 1094.3、GB/T 1094.6、GB/T 1094.10、GB 1094.11、GB/T 1094.12、DL/T 5014、DL/T 5242 等的规定。

6.1.2 电抗器组件、部件的设计、制造及检验应符合相关标准及法规的要求。

6.1.3 电抗器在设计、制造时，应充分考虑其频繁投切的特殊运行方式，其包封绕组及固定部件等，在预期寿命期内不应产生有害变形及损伤。

#### 6.2 结构及部件要求

##### 6.2.1 单丝线

绕制电抗器的单丝线应符合 GB/T 3955 的规定，其尺寸、拉力、扭转、弯曲等性能应满足 GB/T 4909.1~4909.8 的要求。

##### 6.2.2 单丝线绝缘

单丝线绝缘即导体绝缘，应选用符合温度指数要求的电工用绝缘薄膜进行重叠包绕。绕包层应紧密地、均匀平整地绕包在导体上。绕包层不应缺层，不应有起皱和开裂等缺陷。单丝线电抗器的匝间绝缘与股间绝缘无法有效区分，应统一按匝间绝缘要求。绝缘薄膜应符合 GB/T 13542.1~13542.6 的要求。

##### 6.2.3 单丝线电抗器

应采用包有符合温度指数要求的匝间绝缘层的定长导线绕制，中间不应有接头。绕制过程中，应注意控制工艺分散性。不宜采用调匝环结构。

##### 6.2.4 换位线绝缘

换位线绝缘由股绝缘和匝绝缘构成。数根包绕了导体绝缘的单丝线换位编绕成形为一股换位线，数股包绕了股绝缘的换位线按一定的规则并联排列在一起，并包绕温度指数为 F 级及以上耐热等级的匝绝缘层形成一根绕组线，一根这样的绕组线绕制成一个包封绕组。换位线应符合 GB/T 4074.1~4074.6 和 JB/T 6758.1—2007 的要求。绝缘薄膜应符合 GB/T 13542.1~13542.6 的要求。

##### 6.2.5 换位线电抗器

容量在 10Mvar 及以上的电抗器，应采用匝间绝缘为 F 级及以上耐热等级的换位绕组线绕制而成。

##### 6.2.6 包封绕组

应选用符合 GB/T 13657 要求的 B 级及以上环氧树脂胶为基体，以浸透环氧树脂胶的无纬玻璃纤维带等玻璃纤维制品为补强材料，添加能使固化后的包封绕组绝缘的热膨胀系数与绕组热膨胀系数尽量接近的、能增强包封韧性的助剂，把绕组全部密封包绕，热成型固化形成一个包封绕组。这个包封绕组的环氧树脂层同时承担着支撑、固定绕组的作用，其强度应达到玻璃钢体的要求，不应分层、龟裂。

##### 6.2.7 包封绕组表面

容量在 10Mvar 及以上的电抗器，其最外包封绕组的外表面应按 DL/T 627 的要求，喷涂 RTV-II 型防污闪涂料，每一包封绕组表面的两端部由端部向中心不少于 20cm 部分也应喷涂 RTV-II 型防污闪涂料。污秽等级达 e 级的地区，每个包封绕组表面都应涂覆 RTV-II 型防污闪涂料。RTV-II 型防污闪涂层

## T / CEC 130—2016

在 6 年内不应出现龟裂、剥落等现象。

### 7 试验

#### 7.1 一般要求

例行试验、型式试验和特殊试验的一般要求见 GB 1094.1。

#### 7.2 例行试验

例行试验项目如下：

- 绕组对地绝缘电阻；
- 绕组直流电阻测量；
- 绕组电抗测量；
- 雷电冲击试验；
- 感应耐压试验；
- 环境温度下的损耗测量。

#### 7.3 型式试验

型式试验项目如下：

- 温升试验；
- 声级测量。

#### 7.4 特殊试验

特殊试验项目如下：

- 绕组热点温升测量；
- 外施耐压试验；
- 耐低温性能试验。

### 8 铭牌

铭牌应包含以下信息：

- 型号；
- 户外用；
- 制造方名称；
- 出厂序号；
- 制造年月；
- 绝缘水平；
- 绝缘耐热等级；
- 额定容量；
- 额定频率；
- 额定电压；
- 额定电流；
- 最高运行电压；
- 额定电压及频率下的电抗实测值；
- 冷却方式；
- 总质量。

### 9 标志、包装、起吊、运输和贮存

9.1 电抗器应有“当心触电”安全标志及运输、起吊标志和接线端子标志。其标志图示应符合相关标

准的规定。

9.2 应根据交货地点的实际运输条件，本着便于运输、防潮的原则，将电抗器本体和所有部件包装完好。

9.3 电抗器应具有承受电抗器总质量的起吊装置。

9.4 运输期间，包装应保证产品及部件不得损坏和松动，并应有防振、防潮措施。

9.5 贮存期间，为避免受潮，底座应高于地面 100mm 以上，长期贮存应进行包装。

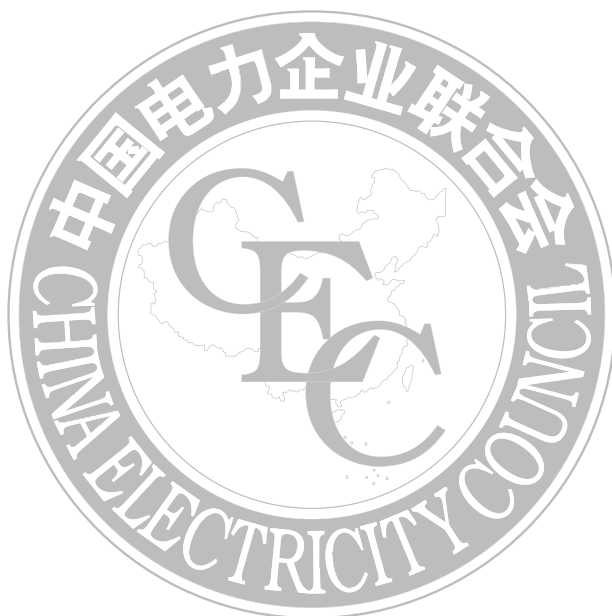
## 10 使用与维护

10.1 投切电抗器的断路器不宜使用真空断路器。应选用遮断容量满足要求、不易产生遮断过电压的断路器。35kV 及以上电抗器应选用 SF<sub>6</sub> 断路器。宜选配相应的操作过电压防范设施。

10.2 应为电抗器配置过电流保护和过负荷保护，以便能快速切除故障。宜选配具有匝间保护功能的保护装置。

10.3 电抗器交接验收及日常运行维护，应按照 GB 50150、DL/T 596、DL/T 393 执行。对于容量在 10Mvar 及以上的电抗器，还宜定期开展下列重点试验、检查：

- a) 每年测量一次绕组直流电阻，其各相直流电阻与三相平均值相互间的差别不应超过 1.5%。与上次测量值比较，其变化不应超过 1.5%。如果超过 1%时，应仔细检查是否存在引线断股等异常。
  - b) 每年进行一次检查维护。检查包封引出线，特别是引线根部应仔细检查，发现断裂应及时补焊修复。用强光电筒或光纤内窥镜检查电抗器通风道，如果发现堵塞应及时清理。同时应尽量观察风道侧边包封绝缘表面有无过热、开裂、鼓包、放电痕迹等异常情况。检查撑条的松紧情况，如发现撑条向上或向下窜动位移较大，如果较松可尝试用手复位；如果较紧，用手不能复位，则宜用无纬玻璃丝带浸胶后绑扎固定，而不能用外力强制复位。
-



中国电力企业联合会标准  
**10kV~110kV 干式空心并联电抗器技术要求**  
T / CEC 130—2016

\*

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>)  
北京传奇佳彩印刷有限公司印刷

\*

2016年10月第一版 2016年10月北京第一次印刷  
880毫米×1230毫米 16开本 0.75印张 20千字

\*

统一书号 155123·3388 定价 **9.00** 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



中电联微信公众号



中国电力出版社官方微信



155123.3388