

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXX—XXXX

高功率密度低损耗干式配电变压器

High-power-density and low-loss dry-type distribution transformer

（征求意见稿）

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国西部开发促进会 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 产品分类 2

5 使用条件 2

 5.1 正常使用条件 2

 5.2 特殊使用条件 2

6 技术要求 2

 6.1 额定值 2

 6.2 功率密度要求 2

 6.3 损耗要求 2

 6.4 温升限值 2

 6.5 绝缘水平 3

 6.6 承受短路能力 3

 6.7 声级要求 3

 6.8 结构与材料要求 3

 6.9 机械与环境适应性 4

7 试验方法 4

 7.1 额定值验证 4

 7.2 功率密度试验 4

 7.3 空载损耗与负载损耗测量 4

 7.4 温升试验 4

 7.5 绝缘试验与局部放电测量 4

 7.6 结构与材料检验 5

 7.7 环境适应性试验 5

8 检验规则 5

 8.1 检验分类 5

 8.2 出厂检验 6

 8.3 型式检验 6

9 标志、包装、运输和贮存 6

 9.1 标志 6

 9.2 包装 6

 9.3 运输 6

 9.4 贮存 6

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专利的责任。

本文件由中国西部开发促进会提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

高功率密度低损耗干式配电变压器

1 范围

本文件规定了高功率密度低损耗干式配电变压器（以下简称“变压器”）的产品分类、使用条件、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于电压等级10 kV级、额定容量30 kVA~2500 kVA、频率50 Hz的三相环氧树脂浇注干式配电变压器。

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，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 1094.1 电力变压器 第1部分：总则
- GB/T 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 1094.5 电力变压器 第5部分：承受短路的能力
- GB/T 1094.10 电力变压器 第10部分：声级测定
- GB/T 1094.11 电力变压器 第11部分：干式变压器
- 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 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（12 h+12 h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 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 5273 高压电器端子尺寸标准化
- GB/T 10228 干式电力变压器技术参数和要求
- GB 20052—2024 电力变压器能效限定值及能效等级

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

- 3.1
干式变压器 dry type transformer
磁路和绕组都不浸入绝缘液体中的变压器。
- 3.2
功率密度 power density
变压器额定容量与本体有效体积的比值，单位为千伏安每立方米（kVA/m³），是衡量变压器紧凑化程度的核心指标。
- 3.3
空载损耗 no-load loss
变压器在额定频率、额定电压下，二次绕组开路时，一次绕组中所吸收的有功功率。
- 3.4
负载损耗 load loss
变压器在额定频率、额定电流下，二次绕组短路时，一次绕组中所吸收的有功功率。

4 产品分类

变压器的产品型号应按照JB/T 3837的规定进行编制，损耗水平优于GB 20052—2024中1级能效要求。

5 使用条件

5.1 正常使用条件

变压器应在下列使用条件下正常运行：

- a) 海拔高度：不超过 1000m；
- b) 环境温度：最高气温+40℃，最高日平均气温+30℃，最高年平均气温+20℃，最低气温-25℃（户外式）或-5℃（户内式）；
- c) 相对湿度：日平均不大于 95%，月平均不大于 90%；
- d) 安装地点：无剧烈振动、无腐蚀性气体、无导电粉尘、无易燃易爆介质；

5.2 特殊使用条件

超出5.1规定的使用条件，如高海拔、低温、户外、污秽、强振动等，由供需双方协商确定，并在合同中注明。

6 技术要求

6.1 额定值

额定电压：

- a) 高压侧：10 kV，调压范围 $\pm 2 \times 2.5\%$ 或 $\pm 5\%$ ；
- b) 低压侧：0.4 kV。
- c) 额定频率：50 Hz。
- d) 额定容量标准值（单位）：30、50、80、100、160、200、250、315、400、500、630、800、1 000、1 250、1 600、2 000、2 500 kVA。
- e) 联结组标号：Dyn11，也可根据需方要求采用 Yyn0 等其他联结组。
- f) 阻抗电压：标准值应符合 GB/T 10228 的规定，偏差为 $\pm 10\%$ 。

6.2 功率密度要求

- 6.2.1 变压器本体功率密度不应低于表 1 的规定，且同容量下本体体积较常规 SCB13 型减小不小于 20%。
- 6.2.2 体积测量以器身外接长方体轮廓尺寸计算，不含外壳、风机、温控、出线铜排等外部附件。

表 1 功率密度要求

额定容量/kVA	功率密度（kVA/m ³ ）不低于
30~100	120
160~400	160
500~1000	220
1250~2500	260

6.3 损耗要求

- 6.3.1 空载损耗、负载损耗（75℃参考温度）均不应超过 GB 20052—2024 中 1 级能效限值的 90%，且总损耗较 GB/T 10228—2023 对应标准值降低不小于 30%。
- 6.3.2 各容量等级损耗限值应在产品技术手册中明确给出，偏差符合 GB/T 1094.1 的规定。
- 6.3.3 空载电流不应大于 GB/T 10228 对应值的 60%。

6.4 温升限值

- 6.4.1 绝缘耐热等级不低于 F 级（155℃），优先采用 H 级（180℃）绝缘系统。
- 6.4.2 在额定运行条件下，各部位温升值不应超过表 2 的规定，符合 GB/T 1094.11 的要求。

表 2 温升限值

部位	温升限值K	测量方法
绕组（平均）	100（H级）/100（F级）	电阻法
铁芯及结构件表面	最大125	温度计法
外壳表面	最大60	温度计法

6.4.3 变压器应具备 120%额定负载长期运行能力，配置风机强迫风冷时过载能力不低于 150%额定容量，符合 GB/T 1094.12 的要求。

6.5 绝缘水平

- 6.5.1 绕组绝缘水平应符合 GB/T 1094.3 与 GB/T 10228 的规定，10kV 级绕组雷电冲击耐压（全波）75 kV、工频耐压 35 kV，低压绕组工频耐压 5 kV。
- 6.5.2 局部放电水平：在 1.5 倍额定相电压下，视在放电量不大于 5 pC；在 1.1 倍额定相电压下，视在放电量不大于 2 pC，符合 GB/T 1094.11 的要求。

6.6 承受短路能力

- 6.6.1 变压器应能承受 GB/T 1094.5 规定的短路热稳定和动稳定试验，试验后无损伤、无变形，绕组直流电阻变化率不大于 2%。
- 6.6.2 短路阻抗偏差应符合 GB/T 1094.1 的规定。

6.7 声级要求

变压器空载运行声级应比GB/T 1094.10对应值低5 dB及以上，且1000 kVA及以下不大于52 dB，1000 kVA以上不大于55 dB。

6.8 结构与材料要求

6.8.1 铁芯

- 6.8.1.1 采用高导磁取向冷轧硅钢片，厚度不大于 0.23 mm，阶梯步进搭接结构，降低空载损耗与噪声。
- 6.8.1.2 铁芯表面做绝缘封闭处理，防锈、防潮、减少运行振动。
- 6.8.1.3 铁芯接地可靠，采用单点接地结构。

6.8.2 绕组

- 6.8.2.1 低压绕组优先采用铜箔绕制，高压绕组采用分段圆筒式或层式结构，环氧树脂真空浇注固化。
- 6.8.2.2 浇注树脂应具备优良的电气、机械与耐热性能，无气泡、无裂纹，阻燃等级不低于 F1 级。
- 6.8.2.3 绕组采用薄绝缘优化设计，在保证绝缘强度前提下缩小径向尺寸，提升功率密度。

6.8.3 外壳与防护

- 6.8.3.1 外壳采用钢板或铝合金板材制作，表面防腐处理，外形美观。
- 6.8.3.2 标准防护等级不低于 IP20，可根据需方要求提供 IP23、IP30、IP40 等防护等级，符合 GB/T 4208 规定。
- 6.8.3.3 外壳设置观察窗、通风散热结构，通风孔布局合理，保证散热效果。

6.8.4 温控与保护

- 6.8.4.1 配置智能温度控制器，实时监测三相绕组温度，具备超温报警、超温跳闸、风机启停控制功能。
- 6.8.4.2 温度传感器预埋于绕组内部，测温准确可靠。
- 6.8.4.3 冷却风机采用低噪声离心风机，启停温度可设定，故障时自动报警。

6.8.5 出线端子

- 6.8.5.1 高、低压出线端子采用铜质材料，导电性能良好，尺寸与机械强度符合 GB/T 5273 规定。

6.8.5.2 端子布局合理，便于现场接线，防护等级符合整体要求。

6.9 机械与环境适应性

6.9.1 整体结构具备足够机械强度，能承受运输、安装过程中的振动与冲击，无松动、无变形。

6.9.2 产品应通过 GB/T 2423 规定的高低温、湿热、振动等环境试验，试验后性能符合要求。

7 试验方法

7.1 额定值验证

7.1.1 绕组直流电阻测量

按照GB/T 1094.1的规定采用直流电阻测试仪，测量各绕组各分接位置的直流电阻，三相电阻不平衡率：线电阻不大于2%，相电阻不大于4%。

7.1.2 电压比测量与联结组标号检定

采用变比电桥或全自动变比测试仪，逐相测量各分接位置电压比，各分接电压比偏差不超过±0.5%，联结组标号与铭牌一致。

7.1.3 阻抗电压测量

短路法，低压绕组短路，高压绕组施加额定频率的正弦电压，电流达到额定值时测量输入功率与电压，阻抗电压实测值与标称值偏差在±10%以内。

7.2 功率密度试验

试验步骤如下：

- a) 拆除外壳、风机、温控、出线铜排等外围附件，保留完整器身；
- b) 用精度不低于 1 mm 的钢卷尺测量器身外接长方体的长、宽、高尺寸，各测量 2 次取平均值；
- c) 计算功率密度见公式（1）：

$$\rho = \frac{S_N}{V} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- ρ——功率密度，单位kVA/m³；
- S_N——额定容量，单位kVA；
- V——器身体积，单位m³。

7.3 空载损耗与负载损耗测量

7.3.1 空载损耗和空载电流测量

额定频率下，低压绕组开路，高压绕组施加正弦波额定电压，测量输入功率与电流，空载损耗不超过GB 20052规定的1级能效限值的90%；空载电流不超过GB/T 10228对应值的60%。

7.3.2 负载损耗测量

低压绕组短路，高压绕组施加额定频率电压，使绕组电流达到额定值，测量输入功率，将实测负载损耗换算至 75 ℃参考温度，换算方法符合 GB/T 1094.1 的规定，75 ℃下负载损耗不超过 GB 20052—2024 规定的 1 级能效限值的 90%。

7.4 温升试验

采用电阻法测量绕组平均温升，优先采用直接负载法，条件不具备时可采用等效负载法；铁芯、外壳表面温度用热电偶或红外测温仪测量，各部位温升不超过表 2 规定的限值。

7.5 绝缘试验与局部放电测量

7.5.1 工频耐压试验

额定频率正弦交流电压，施加于绕组与地之间，持续时间60 s，试验过程中无击穿、无闪络、无明显局部放电。

7.5.2 感应耐压试验

低压绕组施加两倍及以上额定频率的感应电压，持续时间按频率反比折算，最短15 s，试验过程中无击穿、无闪络。

7.5.3 雷电冲击试验

全波雷电冲击电压，依次施加正极性、负极性各3次，波形无异状、绕组无损坏，绝缘恢复后工频耐压合格。

7.5.4 局部放电测量

采用脉冲电流法，试验电压逐步升高至规定值后保持，测量视在放电量，1.5倍额定相电压下放电量 ≤ 5 pC；1.1倍额定相电压下放电量 ≤ 2 pC。

7.5.5 短路承受能力试验

低压绕组短路，高压绕组施加额定电压，分别进行热稳定和动稳定试验，试验后绕组无变形、绝缘无损伤、结构件无松动，绕组直流电阻变化率 $\leq 2\%$ ，阻抗变化率 $\leq 2\%$ 。

7.5.6 声级测量

采用声压法，在规定测点位置测量声压级，计算声功率级，空载声级符合6.7规定，强迫风冷声级增量 ≤ 8 dB (A)。

7.6 结构与材料检验

7.6.1 外观与结构检查

7.6.2 目视结合量具测量，检查整体结构、焊接质量、表面涂层、端子布局，结构应完整、焊接应牢固、涂层均匀、端子规格符合 GB/T 5273 的要求。

7.6.3 材料质量核验

查验硅钢片、铜材、环氧树脂、绝缘件等原材料的质量证明书与材质报告，材料牌号、性能参数符合设计文件要求。

7.6.4 外壳防护等级试验

按GB/T 4208规定的方法进行防尘、防水试验，达到标称防护等级要求。

7.6.5 温控系统功能试验

模拟温度信号，验证风机启停、超温报警、超温跳闸动作逻辑与动作值，温控动作准确，误差 $\leq \pm 2$ K，报警与跳闸输出正常。

7.7 环境适应性试验

7.7.1 试验项目与方法：

- 低温工作试验：按 GB/T 2423.1 规定， -25 °C 下持续 2 h，通电运行正常；
- 高温工作试验：按 GB/T 2423.2 规定， $+40$ °C 下持续 2 h，通电运行正常；
- 交变湿热试验：按 GB/T 2423.4 规定， 40 °C、93%RH，周期 48 h；
- 振动试验：按 GB/T 2423.10 规定，正弦振动，频率 10 Hz~500 Hz，加速度 10 m/s^2 。

7.7.2 试验后产品无机械损伤，电气性能、绝缘性能符合本文件要求。

8 检验规则

8.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

8.2 出厂检验

8.2.1 每台产品须经制造厂质量检验部门逐台检验，检验项目为本文件第六章中规定的全部项目，全部出厂试验项目合格，出具合格证后方可出厂。

8.2.2 出厂检验中任何一项不合格，应返修后重新试验；仍不合格则判定该产品不合格。

8.3 型式检验

8.3.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品试制或老产品转厂生产时；
- b) 产品正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 产品停产一年以上，恢复生产时；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- e) 国家质量监督机构提出型式检验要求时。

8.3.2 型式检验项目为本文件第六章中规定的全部项目。

8.3.3 型式检验应从出厂检验合格的产品中抽取一台进行，全部项目合格，判定型式试验合格；如有不合格项，允许加倍抽样复验，复验仍不合格则判定不合格。

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 标志

9.1.1 每台变压器应装设耐久的铭牌，符合 GB/T 1094.1 的规定，铭牌内容至少包括：

- a) 产品名称、型号；
- b) 标准编号；
- c) 额定容量、额定电压、电压比、联结组标号；
- d) 阻抗电压、空载损耗、负载损耗；
- e) 绝缘耐热等级、温升限值；
- f) 出厂编号、生产日期；
- g) 制造单位名称、地址。

9.2 包装

9.2.1 产品采用防潮、防震包装，适合公路、铁路、水路运输。

9.2.2 包装箱内附带产品合格证、使用说明书、出厂试验报告、装箱单、附件清单。

9.2.3 包装箱外标注产品名称、型号、重量、外形尺寸、向上、防潮、小心轻放等储运图示标志。

9.3 运输

9.3.1 运输过程应固定牢靠，防止倾斜、碰撞、振动，倾斜角度不超过 15° 。

9.3.2 装卸时轻起轻放，严禁翻滚、摔掷。

9.3.3 运输过程应有防雨、防潮措施。

9.4 贮存

9.4.1 变压器应贮存在通风、干燥、无腐蚀性气体的场所。

9.4.2 变压器在贮存期间应定期检查内部气体压力，压力不足时应及时补充。

9.4.3 变压器若长期贮存，应每隔 6 个月检查一次绝缘状况，必要时应进行干燥处理。