

# Q/GDW

## 国家电网有限公司企业标准

Q/GDW 11920—2018

---

### 变压器绕组导体材质热电效应检测方法

Guide for thermoelectric effect method to test winding's

material of transformer

2020 - 03 - 04 发布

2020 - 03 - 04 实施

---

国家电网有限公司 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 检测原理.....	2
5 检测要求.....	2
6 检测方法.....	3
7 检测判据.....	5
附录 A（资料性附录） 绕组导体材质热电效应检测原理.....	6
附录 B（规范性附录） 绕组导体材质热电效应检测仪器规范.....	8
附录 C（规范性附录） 绕组导体材质热电效应检测报告模板.....	9
编制说明.....	10

## 前 言

为规范变压器绕组材质的热电效应法检测原理、检测要求、检测方法及判断依据，制定本标准。

本标准由国家电网有限公司设备管理部提出并解释。

本标准由国家电网有限公司科技部归口。

本标准起草单位：国网重庆市电力公司电力科学研究院、国网重庆市电力公司、国网宁夏电力有限公司电力科学研究院、国网北京市电力公司电力科学研究院、国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、国网山东省电力公司电力科学研究院、国网山西省电力公司电力科学研究院、国网黑龙江省电力有限公司电力科学研究院、保定市恒信达电气有限公司、国网四川省电力公司电力科学研究院、浙江华电器材检测研究所有限公司、国网新疆电力有限公司电力科学研究院。

本标准主要起草人：刘佳、李永福、印华、王谦、刘熊、吴高林、彭华东、周银春、谢刚文、李小平、龙英凯、王献伟、闫振华、马波、刘若溪、刘瑞煌、王广涛、赵富强、刘星廷、张洪达、李琳、谢施君、劳增江、钱国超、宫瑞邦、吴国峰。

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国家电网有限公司科技部。

# 变压器绕组导体材质热电效应检测方法

## 1 范围

本标准规定了配电变压器绕组材质的热电效应法的检测原理、检测要求、检测方法和判断依据。

本标准适用于高压绕组为三角形联接、低压绕组为星型联接的10（6）kV变压器的绕组材质检测，含油浸式配电变压器的低压侧绕组和干式配电变压器高、低压侧绕组。

## 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 1094.1 电力变压器 第1部分：总则

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**热电势** thermoelectric potential

导体内存在温度梯度时，处于热端的电荷向冷端迁移，在导体两端形成的电势差。

### 3.2

**热电效应** thermoelectric effect

导体内因温度梯度产生热电势的现象。

### 3.3

**塞贝克效应** seebeck effect

第一热电效应，在两种不同导体或半导体组成的回路中，若两个接触点具有不同温度，在两种材料间形成电势差的现象。

### 3.4

**塞贝克系数** seebeck coefficient

表征导体或半导体热电效应的物理参数。

### 3.5

**相对塞贝克系数** relative seebeck coefficient

两种材料的塞贝克系数差值。

## 4 检测原理

绕组材质检测原理如图1所示，根据塞贝克效应原理，在两种不同导体串联组成的回路中，导体间形成的热电势见式（1）。

$$U = (S_a - S_b)(T_1 - T_2) \quad (1)$$

式中：

$U$  ——串联导体回路产生的热电势，单位为微伏（ $\mu\text{V}$ ）；

$S_a$  ——导体a的塞贝克系数，单位为微伏每开尔文（ $\mu\text{V}/\text{K}$ ）；

$S_b$  ——导体b的塞贝克系数，单位为微伏每开尔文（ $\mu\text{V}/\text{K}$ ）；

$T_1$  ——接点1的温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

$T_2$  ——接点2的温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）。

详细检测原理介绍见附录A。

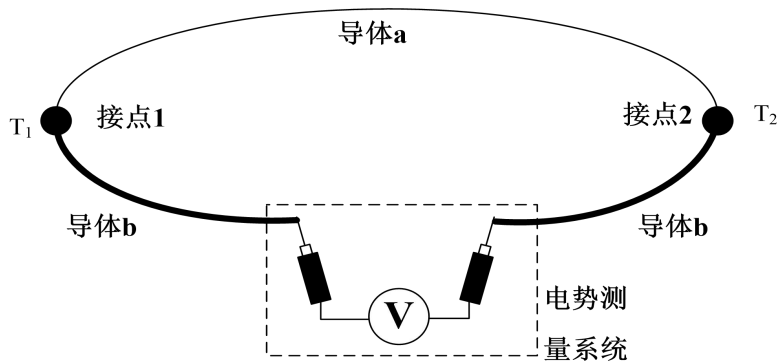


图1 热电效应原理图

## 5 检测要求

### 5.1 检测环境

变压器绕组导体材质测量环境应符合如下条件：

- a) 环境温度： $5^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 相对湿度：不大于 80%。

### 5.2 被试品要求

对变压器绕组导体材质进行检测时，绕组材质检测应逐相进行，并应具备如下条件：

- a) 变压器外观良好，无损伤；
- b) 外部引线已拆除，变压器应断电后在室温环境下静置 24 小时；
- c) 电压比测量和联接组标号检定满足 GB/T 1094.1。

### 5.3 检测仪器要求

变压器绕组导体材质进行检测所使用的仪器应具备如下条件：

- a) 仪器整体应能实现加热、温度测量、温度控制、电压测量、附加误差补偿、显示、存储等功能；
- b) 整机输入宜采用 220V 交流电源，功率不宜超过 2200W；
- c) 整机应能在 5.1 规定环境下正常使用；

- d) 体积及重量应便于实验室和现场携带和使用。
- e) 对检测仪器的其它要求见附录 B。

## 6 检测方法

### 6.1 检测前准备

检测前应开展以下准备工作：

- a) 清理试品接触部位的锈蚀、氧化、污秽，确保接触良好；
- b) 热电势测量表调零。

### 6.2 接线方法

#### 6.2.1 干式变压器

##### 6.2.1.1 低压侧

干式变压器低压侧绕组测量接线如图2所示。接线时，加热夹夹持在中性点铜排靠被测相处，热端测试夹夹持在中性点铜排上尽量靠近加热夹处，补偿测试夹夹持在中性点铜排上并保证与热端测试夹有一定温度差，冷端测试夹夹持在被测相绕组另一出线端。

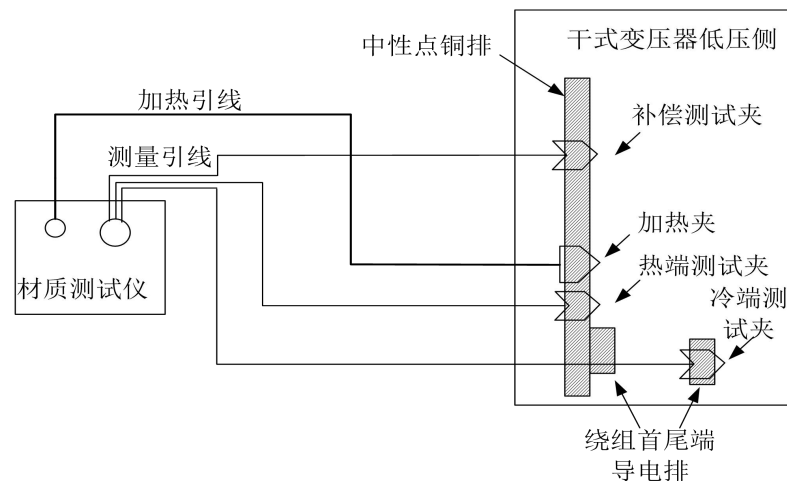


图2 干式变压器低压侧绕组材质测量接线图

##### 6.2.1.2 高压侧

干式变压器高压侧绕组测量接线如图3所示。接线时，断开高压侧绕组三角形型连接引线，连接辅助铜排。加热夹、热端测试夹、补偿测试夹均夹持在辅助铜排上，加热夹靠近被测相连接螺母处，热端测试夹尽量靠近加热夹，补偿测试夹远离热端测试夹并保证有一定温度差，冷端测试夹夹持在被测相绕组下端。

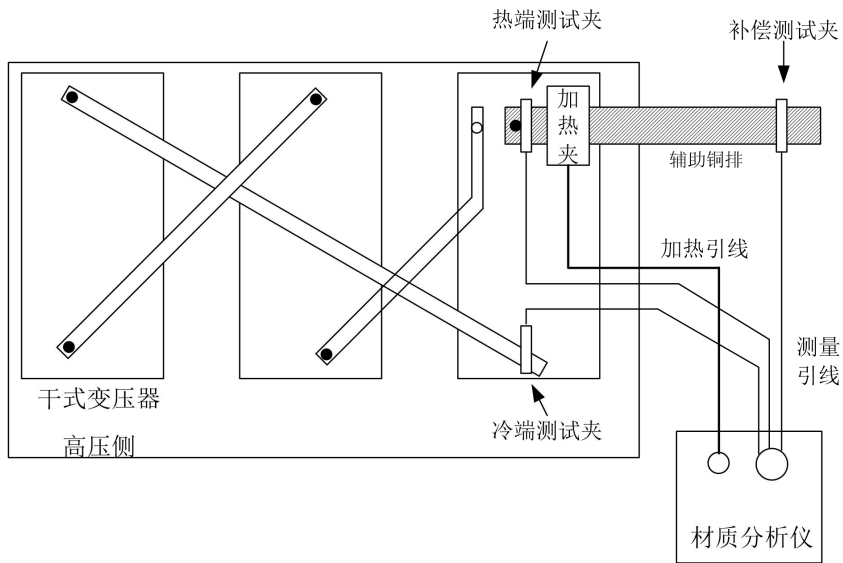


图3 干式变压器高压侧绕组材质测量接线图

### 6.2.2 油浸式变压器

油浸式变压器仅对低压侧绕组进行测量，测量接线如图4所示。应先将器芯吊出露出绕组线包，接线时，加热夹夹持在中性点铜排靠被测相处，热端测试夹夹持在中性点铜排上尽量靠近加热夹处，补偿测试夹夹持在中性点铜排上并保证与热端测试夹有一定温度差，冷端测试夹夹持在被测相出线端。

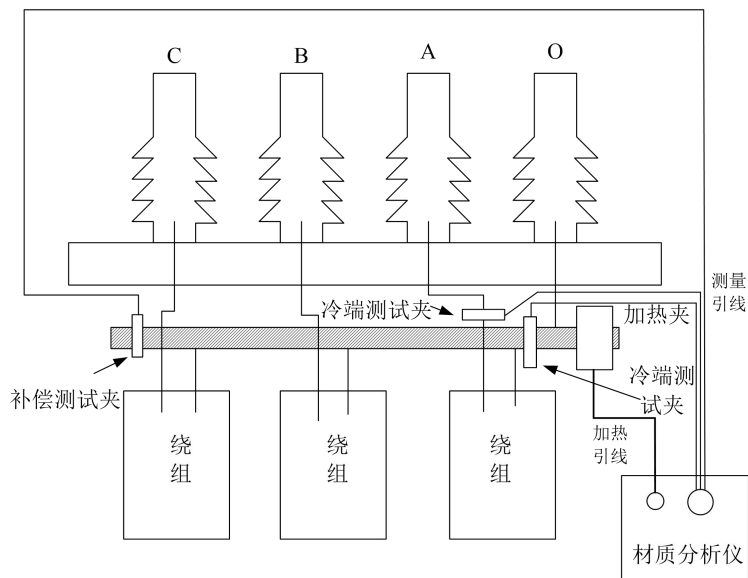


图4 油浸式变压器低压侧绕组材质测量接线图

## 6.3 加热

### 6.3.1 加热温度设定

对被试绕组导电杆（排）加热。干式变压器设定加热温度为150℃，油浸式变压器设定温度为100℃。

### 6.3.2 停止加热条件

当满足以下条件之一时，可以停止加热：

- a) 热电势值大于铝材质的判断值，见第7章检测判据；
- b) 3分钟内热电势值变化不大于5μV。

### 6.4 记录

试验加热过程中应记录被试绕组导电杆（排）的热端、冷端、补偿端温度和热电势值，记录间隔不宜小于2min，记录模板见附录C。

## 7 检测判据

干式变压器低压侧、高压侧和油浸式变压器低压侧检测判据见表1。

表1 检测判据

变压器类型	绕组	热电势值	结果
干式变压器	低压侧	<60 μV	铜
		60 μV~120 μV	结合吊罩拆解、工业CT等方法综合判断
		>120 μV	铝
	高压侧	<260 μV	铜
		260 μV~350 μV	结合吊罩拆解、工业CT等方法综合判断
		>350 μV	铝
油浸式变压器	低压侧	<60 μV	铜
		60 μV~120 μV	结合吊罩拆解、工业CT等方法综合判断
		>120 μV	铝

附录 A  
(资料性附录)  
绕组导体材质热电效应检测原理

### A.1 绕组测量原理

如图A.1所示，配变绕组回路中导电杆和引线排材质通常为铜材质，但当配变绕组材质为铝时，绕组和引线排因材质不同会在绕组两端形成两个接点1和2，如在接点1和2产生温差，在变压器绕组两端就会形成热电势，值如式(A.1)所示。

$$U = S_{Cu-Al}(T_1 - T_2) \quad (\text{A.1})$$

式中：

$U$  ——绕组两端产生的热电势，单位为微伏 ( $\mu\text{V}$ )；

$S_{Cu-Al}$  ——铜铝材料相对赛贝克系数，单位为微伏每开尔文 ( $\mu\text{V/K}$ )；

$T_1$  ——接点1的温度，单位为摄氏度 ( $^{\circ}\text{C}$ )；

$T_2$  ——接点2的温度，单位为摄氏度 ( $^{\circ}\text{C}$ )。

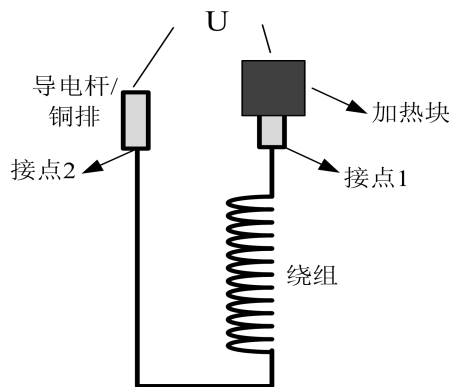


图 A.1 变压器绕组检测

### A.2 绕组检测同步补偿

测量过程中，测量线和加热端铜排之间也会因材质不同和温度差产生热电势，叠加到整个回路中热电势中，需要对该部分热电势进行测量和补偿，按式(2)原理，可在图A.1的基础上增加补偿温度和电势测量，按比例进行热电势补偿，如图A.2所示。经过补偿后的热电势 $U$ 参见式(A.2)计算。

$$U = U_1 - U_2 (T_1 - T_2) / (T_1 - T_3) \quad (\text{A.2})$$

式中：

$U$  ——补偿后绕组两端的热电势，单位为微伏 ( $\mu\text{V}$ )；

$U_1$  ——绕组两端测得的热电势，单位为微伏 ( $\mu\text{V}$ )；

$U_2$  ——补偿铜排两端测得的热电势，单位为微伏 ( $\mu\text{V}$ )；

$T_1$  ——加热点的温度，单位为摄氏度 ( $^{\circ}\text{C}$ )；

$T_2$  ——绕组冷端的温度，单位为摄氏度 ( $^{\circ}\text{C}$ )；

$T_3$ ——铜排另一端（远离加热点）的温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）。

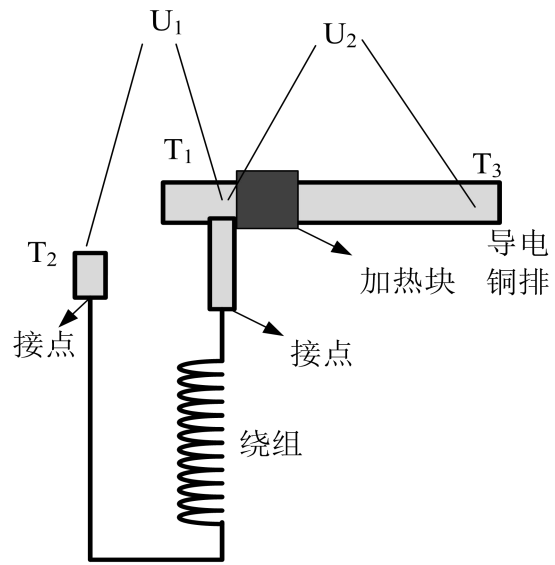


图 A.2 油变绕组热电势测量示意图

**附 录 B**  
**(规范性附录)**  
**绕组导体材质热电效应检测仪器规范**

**B.1 概述**

变压器绕组导体材质热电效应检测仪器整机一般包含加热源、温度测量装置、电压测量装置、后台控制计算装置等。

**B.2 加热源**

加热源宜采用电阻加热方式，加热源应能稳定固定到变压器导电杆上。加热源温度上限应不小于150℃，应具备恒温控制装置，对加热片的恒温控制精度不宜低于±5℃。

**B.3 温度测量装置**

温度测量装置前端温度传感器应采用热电偶，测量范围满足-5℃~200℃，精度不低于1%±1℃，分辨率不低于0.1℃。

**B.4 电压测量装置**

电压测量装置应能在现场进行直流测量，直流测量范围应满足-1mV~ 1mV，精度不低于2%±0.005mV，分辨率不低于0.0001mV。

**B.5 温度与电压测量装置同步性**

温度测量装置与电压测量装置应能在同一个测量点进行温度和电压的同步测量，宜直接将热电偶尾端作为电压测量线。

附 录 C  
(规范性附录)

绕组导体材质热电效应检测报告模板

变压器绕组导体材质热电效应检测模板如表C.1所示。

表C.1 绕组导体材质热电效应检测报告

变压器型号			试验日期			试验人员	
生产厂家			温度			湿度	
绕组	高压侧/低压侧		试验地点				
时间 (min)	T1	T2	T3	U1-3	U1-2	U	
0							
2							
4							
6							
8							
10							
12							
14							
16							
18							
20							
材质判断结果:							

# 变压器绕组导体材质热电效应检测方法

## 编 制 说 明

## 目 次

1 编制背景.....	12
2 编制主要原则.....	12
3 与其他标准文件的关系.....	12
4 主要工作过程.....	12
5 标准结构和内容.....	12
6 条文说明.....	13

## 1 编制背景

本标准依据《国家电网公司关于下达 2018 年度公司第一批技术标准制修订计划的通知》（国家电网科〔2018〕23 号）的要求编写。

本标准的编制背景是由于电力变压器长期存在着使用铝线代替铜线的现象。由于铝代铜线在电力变压器中的使用存在规范缺失，其质量性能参差不齐，并且铝代铜变压器存在过热的问题、易老化、抗短路能力较差、抗氧化性和抗腐蚀性差等，给电网安全运行带来极大隐患。近年来，经过国网重庆市电力公司电力科学研究院等单位的不懈努力，已经形成了一种成熟的配电变压器绕组导体材质检测方法，该方法可无损、快速、便捷地检测出绕组导体是否存在铝代铜问题，目前已经在电网中开始应用推广。

本标准的编制目的是为了配合配电变压器材质检测试验有相应的标准作为指导，规范该项技术使用，同时加快该方法的推广应用。

## 2 编制主要原则

本标准主要根据以下原则编制：

- a) 本标准的编制遵守国家、行业及国家电网有限公司现有设备技术标准、规程和规范，并遵循国家电网有限公司技术标准的编写要求；
- b) 本标准在认真总结热电效应方法检测绕组材质试验技术原理、系统设备以及现场应用经验的基础上编制；
- c) 本标准对配电变压器绕组材质检测的检测原理、检测要求、检测方法、检测判据等方面的内容提出了要求。

## 3 与其他标准文件的关系

本标准与相关技术领域的国家现行法律、法规和政策保持一致。

本标准不涉及专利、软件著作权等知识产权使用问题。

## 4 主要工作过程

2018 年 3 月，按照公司制修订计划，国网重庆市电力公司作为主要编写单位成立了标准编写组。确定了工作内容和工作计划，在认真分析总结热电效应方法检测绕组材质试验技术原理、系统设备以及现场应用经验基础上，编制了《变压器绕组导体材质热电效应检测方法》（草稿），并对后期修改及参数确认等方面进行了分工。

2018 年 5 月，工作组召开第二次工作组会议，综合启动会中要求的任务完成成果，形成了标准的初稿。

2018 年 10 月，国网重庆市电力公司运维检修部组织专家召开了标准讨论会，对标准的结构、内容进行了讨论和明确，形成了标准征求意见稿，采用发函方式广泛、在公司系统范围内征求意见。

2018 年 11 月，国家电网有限公司运维检修技术标准专业工作组（TC04）组织有关专家在北京召开了标准的送审稿审查会，审查结论为：审查组协商一致，修改后以技术标准形式报批。

2018 年 11 月，修改形成标准报批稿。

## 5 标准结构和内容

本标准按照《国家电网公司技术标准管理办法》（国家电网企管〔2018〕222号文）的要求编写。  
本标准的主要结构和内容如下：

本标准主题章分为4章，由检测原理、检测要求、检测方法和检测判据组成。本部分兼顾了实验室和现场检测的要求，本着易用、实效等原则，给出了配电变压器绕组材质检测原理、检测要求、检测方法和检测判据的要求，最后提出了一整套针对配电变压器绕组材质检测的方法标准，以指导材质检测工作的开展。标准中第4章“检测原理”是基础，第5章“检测要求”是在第4章“检测原理”的基础上针对第6章“检测方法”提出了样品、环境、检测设备等所要具备的要求。第7章“检测判据”为第6章“检测方法”提供了具体材质判断依据。

## 6 条文说明

无。

---