

ICS 29.240.01

K 40

备案号: 29009-2010

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 380 — 2010

接地降阻材料技术条件

Technical condition of material for reduced ground resistance



2010-05-24 发布

2010-10-01 实施

国家能源局 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 降阻材料的分类	1
5 技术要求	2
6 试验	2
7 包装与贮存	7

前 言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于印发 2005 年行业标准项目计划的通知》(发改办工业[2005] 739 号)安排制定的。

本标准由中国电力企业联合会提出并归口。

本标准负责起草单位：国网电力科学研究院。

本标准参加起草单位：中南电力设计院。

本标准主要起草人：杜忠东、余莉娜、曾连生、董晓辉、徐勇、王力农。

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中心(北京市白广路二条1号, 100761)。

接地降阻材料技术条件

1 范围

本标准规定了接地降阻材料（包括降阻剂、导电水泥和构成接地模块等接地单元的材料）的技术要求和试验方法。

本标准适用于降低工业、民用电气装置及其他用途的接地装置的接地电阻的降阻材料。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 6566 建筑材料放射性核素限量

GB/T 16927 高电压试验技术 (GB/T 16927.1—1997, IEC 60060—1: 1989, EQV, GB/T 16927.2—1997, IEC 60060—2: 1994, EQV)

NY 5010 无公害食品 蔬菜产地环境条件

DL/T 621 交流电气装置的接地

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

接地降阻材料 **material for reduced resistance**

可以用来降低接地装置的接地电阻，敷设（浇筑）在接地装置中的接地体周围的工程材料。

3.2

降阻材料的标称电阻率 **nominal resistivity of material for reduced resistance**

在常温（25±10）℃下，按本技术条件要求测得的降阻材料（包括制造接地模块等复合接地单元的低电阻材料）的电阻率。

3.3

平均腐蚀率 **average corrosion rate**

金属因腐蚀而失重算得的平均腐蚀率（以 mm/a 计）表示相对均匀的腐蚀程度。

3.4

腐蚀试验 **corrosion test**

在本标准规定的条件下测定降阻材料对接地体的腐蚀率的试验。

4 降阻材料的分类

4.1 分类

4.1.1 按产品的供货种类分类

- a) 降阻剂：生产商提供的，由施工人员在现场按要求将其敷设到接地体周围，可以降低接地电阻的材料，包括导电水泥。
- b) 复合接地单元：供货商提供的由低电阻材料预制成固定形状的接地单元，由施工人员按设计要

求埋设并相互连接，包括离子接地体和降阻接地模块。

4.1.2 按产品的化学性质和使用时的型态分类

- a) 无机固体降阻材料：由无机物组成，使用时呈不可塑状固体或柔性可塑固体。
- b) 有机液体降阻材料：含有有机添加物质，使用时为液体状态。

4.2 分类标志

降阻材料的分类标志为：××—××，见图 1。



图 1 降阻材料分类标志

其中：* A. 降阻剂 B. 模块 C. 其他

** 1. 无机固体 2. 有机液体 3. 混合

例如：A1—导电水泥；A2—液体降阻剂；B1—接地模块；C3—离子接地极

5 技术要求

5.1 一般要求

降阻材料应能在 $-10^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下正常使用，所含有对自然环境产生污染以及对人体有害的物质成分应符合相关标准。

降阻材料应满足 GB 6566 的要求。其内照射指数 $I_{\text{ra}}\leq 1.0$ ，外照射指数 $I_{\text{r}}\leq 1.0$ 。

降阻材料应满足 NY 5010 的要求，各种有害物质的含量应符合规定，含汞 $\leq 1.0\text{mg/kg}$ ，铬 $\leq 250\text{mg/kg}$ ，铅 $\leq 350\text{mg/kg}$ ，砷 $\leq 250\text{mg/kg}$ 。

用于制作复合接地体的金属极棒的截面积应符合 DL/T 621 的规定。

5.2 电气性能

5.2.1 降阻材料在常温下的标称电阻率应不大于 $5\Omega\cdot\text{m}$ 。

5.2.2 降阻材料在按本标准的规定对试品进行冲击电流耐受试验后，所测量的标称电阻率的值的变化应小于 20%。

5.2.3 降阻材料在按本标准的规定对试品进行工频电流耐受试验后，所测量的标称电阻率的值的变化应小于 20%。

5.3 理化性能

5.3.1 降阻材料在按本标准的要求进行失水、冷热循环、水浸泡（这些试验的组合称为稳定性试验）后，所测量的标称电阻率平均值不应大于 $6\Omega\cdot\text{m}$ 。

5.3.2 降阻材料的 pH 值应在 7~12 之间。

5.3.3 无机固体降阻材料敷设到接地体周围凝固后应与接地体接触良好，不产生裂缝。

5.3.4 有机可塑体降阻材料应有自修复能力，不应产生永久的裂缝。

5.3.5 降阻材料不应应对金属接地体产生过量的腐蚀，钢接地体的平均腐蚀率应小于 0.03mm/a 。

6 试验

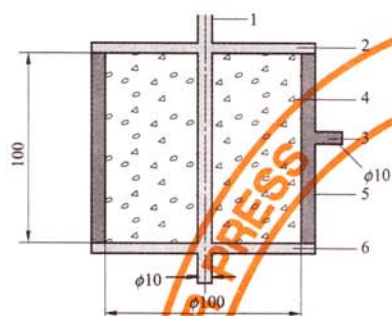
6.1 试验准备

对降阻材料产品进行试验前，要按本标准的要求准备好试品。

6.1.1 试品槽

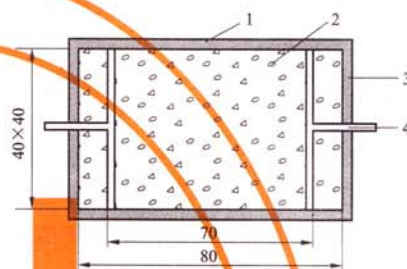
电气性能试验试品槽：制作如图 2 所示的试品槽，内电极用 $\phi 10\text{mm} \times 150\text{mm}$ 热镀锌圆钢制作；绝缘端盖用 $\phi 100\text{mm} \times 5\text{mm}$ 绝缘材料制成。外电极用 $\phi 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 热镀锌圆柱桶制作并焊接上 $\phi 10\text{mm}$ 接线柱。

理化性能试验试品槽：制作如图 3 所示的试品槽，试品槽用绝缘板制成长方形盒子，其内部尺寸为 $80\text{mm} \times 40\text{mm} \times 40\text{mm}$ ，上面盖以同材料的绝缘盖。



1—内电极；2、6—端盖；3—外电极接线柱；
4—降阻材料；5—外电极

图 2 电气试验试品结构尺寸图



1—绝缘板；2—降阻剂；
3—绝缘盒；4—铜电极

图 3 理化性能试验试品结构尺寸图

6.1.2 试品制作

制作试品的降阻材料应在应试厂商的成品中随机抽取，并按其实际使用配方制作，按要求分别装入图 2、图 3 所示的试品槽中，试品的种类和数量应满足本标准 6.3 的规定。

6.2 试验要求及试验项目

对降阻材料的试验要求及试验项目如表 1 所列。

表 1 试验要求及试验项目

序 号	试 验 项 目	试 验 要 求		试 验 方 法
		型式试验	出厂试验	
1	外观检查	☆	☆	6.3.1
2	室温电阻率测量	☆	☆	6.3.2
3	温度特性试验	☆	—	6.3.3
4	酸碱度	☆	☆	6.3.4
5	冲击电流耐受试验	☆	—	6.3.5
6	工频电流耐受试验	☆	—	6.3.6
7	稳定性试验	☆	—	6.3.7
8	腐蚀试验	☆	—	6.3.8
9	放射性核素限量检测	☆	—	6.3.9
10	重金属含量检测	☆	—	6.3.10

6.2.1 型式试验

型式试验在经出厂检验合格的产品中抽取，按 6.1 的要求制作试品。根据表 1 所列的试验项目，按 6.3 所规定的试验方法进行试验，任一次试验结果不能满足技术要求，则认为产品型式试验不合格。在

下列情况时应进行型式试验：

- a) 新产品投产前；
- b) 材料、能力或工艺发生变化时；
- c) 停产半年及以上重新恢复生产线；
- d) 从上一次进行型式试验后满 4 年。

型式试验按表 1 所列项目进行，任一项试验不合格，则产品型式试验不能通过。

6.2.2 出厂试验

在每批次产品中随机抽样，按表 1 所列出厂试验的项目进行出厂试验，任一项试验结果不合格，则出厂试验不能通过。

6.3 试验方法

6.3.1 外观检查

干粉形态出厂的降阻材料颜色和粒度分布应均匀一致，内无异物。其他形态的降阻材料应符合企业标准和出厂说明。

6.3.2 室温下电阻率测量（标称电阻率确定）

6.3.2.1 试品

用于电阻率测量的试品为 3 个。试品模型见图 2，制作试品前内电极及外电极表面应导电良好，内电极外径尺寸应符合 $10\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 要求。

按产品说明书要求调制好降阻材料并装入图 2 模型内，装足并搅拌以排除内部气体，盖好绝缘上盖，垂直放置在蔽光和无热源处，72h 后作为试品。

3 个试品的降阻材料应分别调制。

6.3.2.2 试验方法

室温下电阻率 ρ_r 的测量应在试品调制好并放置 72h，在测量地点放置 2h 后进行，且应记录测量时室内温度。

向试品施加 10mA 工频电流，并测量内、外电极间的电压，求出各试品电阻 R_{si} 后除以模型系数 3.66 得出各试品的电阻率 ρ_{si} 。3 个试品电阻率的算术平均值即为降阻材料室温下的标称电阻率 ρ_r 。测试回路如图 4 所示。

$$\rho_r = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 3.66 \times R_{si} \quad (1)$$

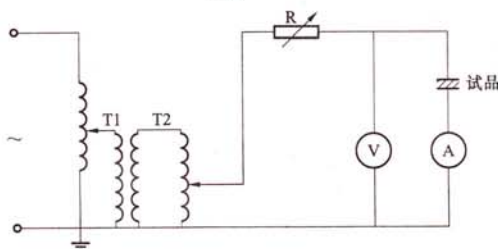


图 4 试品电阻测量回路

6.3.3 降阻材料的温度特性试验

6.3.3.1 试品

将被试材料装入图 3 所示的试品槽内，两极间距离约 70mm（见图 3），搅拌以排除内部气体，盖好绝缘盖，放置 72h 后作为试品，试品数 3 个。

6.3.3.2 试验方法

用电流电压表法依次测量试品电阻，测量时所施加的工频电流为 10mA，分别在室温和 $-15^{\circ}\text{C} \sim -10^{\circ}\text{C}$ 、 $0^{\circ}\text{C} \sim 4^{\circ}\text{C}$ 、 $40^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 四个温度范围内进行四次测量。在进行试验之前，试品应在相应的温度

条件下保持 2h 左右, 测量时的温度为 ($T^{\circ}\text{C}$), $T^{\circ}\text{C}$ 时电阻率按式 (2) 计算:

$$\rho_T = \rho_r \cdot R_T / R_r \quad (2)$$

式中:

R_T 、 R_r ——试品在 $T^{\circ}\text{C}$ 和室温下测得的电阻值;

ρ_r ——室温下标称电阻率。

降阻材料在 $T^{\circ}\text{C}$ 下电阻率为 3 个试品在该温度下电阻率的算术平均值。

6.3.4 酸碱度测量

称取经 50°C 2h 干燥后的降阻剂 3 份, 每份 $20\text{g} \pm 0.1\text{g}$, 分别倒入洁净干燥的 3 个玻璃量杯内, 每份各加入蒸馏水或去离子水 60g, 搅拌 2min 后, 静置 30min, 过滤, 其滤液作为试液。用酸度计测量 pH 值。取 3 个试液的 pH 平均值作为降阻剂的酸碱度测量值。不能过滤时, 则直接测量混合液的 pH 值。

液态出厂的有机降阻材料: 按其使用说明书要求的方法调制后在初凝前测量酸碱度。

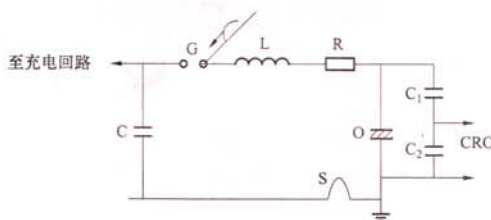
6.3.5 冲击电流耐受试验

6.3.5.1 本项试验在完成 6.3.2 试验后的 3 个试品上进行, 并应在试品制备完成后 72h 内完成。

6.3.5.2 试验前先按 6.3.2 测量室温下工频电阻 R_1 , 然后向试品 (见图 5) 施加波形为 $8/20\mu\text{s}$, 幅值为 2kA 的冲击电流 10 次 (要核算一下电流密度)。相邻两次的时间间隔为 50s~60s, 5 次为一组, 相邻两组试验间隔时间为 30min。记录第 3 次和第 10 次的放电电流和试品上的电压峰值。10 次放电完成并且试品冷却至室温后, 测量试品的试后工频电阻 R_2 , 然后按式 (3) 求出试验各试品电阻的变化率 $\Delta R_1\%$, 并求出 3 个试品变化率的平均值。

$$\Delta R_1\% = (R_2 - R_1) / R_1 \times 100\% \quad (3)$$

全部试验项目应在 1 天内完成。



G—放电间隙; C—主电容; L—电感; R—电阻; O—试品; S—分流器; C_1 C_2 —分压器; CRO—示波器

图 5 冲击电流耐受试验回路

6.3.6 工频电流耐受试验

本项试验在完成 6.3.5 条试验后的 3 个试品上进行, 并在试品制备后 96h 内完成。

试验前先按 6.3.2 测量试品的试前工频电阻 R_1 , 然后向试品施加有效值为 10A 的工频电流, 并持续 10s。间隔 30min 后进行第 2 次循环, 共耐受 5 次。第 5 次试验结束待试品冷却至室温后测量试品试后工频电阻 R_2 。按式 (3) 求出工频耐受后各试品电阻的变化率。

整个试验应在 24h 内完成。

6.3.7 稳定性试验

稳定性试验包括失水试验、冷热循环试验和水浸泡试验 3 个试验项目, 并按所列顺序依次进行。试品制作同 6.3.3.1。

试验开始前及结束后, 分别测出各试品在室温和工频 10mA 下的试前电阻 R_1 和试后电阻 R_2 。

各试品试验后的电阻率按式 (4) 计算:

$$\rho_i = \rho_r \cdot R_2 / R_1 \quad (4)$$

取 3 个试品试验后电阻率的算术平均值, 作为降阻剂试验后的电阻率 ρ 。

6.3.7.1 失水试验

先将恒温箱升至 $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 待用。试品在室温下测量试前电阻 R_1 ，后直立放入恒温箱内 $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，并保持 12h。然后断开恒温箱电源，开启箱门，直至试品冷却至室温后测量试后电阻 R_2 。按式 (4) 得出试验后的电阻率。

6.3.7.2 冷热循环试验

将经 6.3.7.1 试验后的 3 个试品直立放置在专门的容器内浸泡 2h，取出沥水后放置 1h，试品在室温下测量试前电阻 R_1 ，然后按图 6 所列的试验程序进行冷热循环试验。循环程序完成后在容器内浸泡 2h，取出沥水后放置 1h，测量试后电阻 R_2 ，按式 (4) 得出试验后的电阻率。

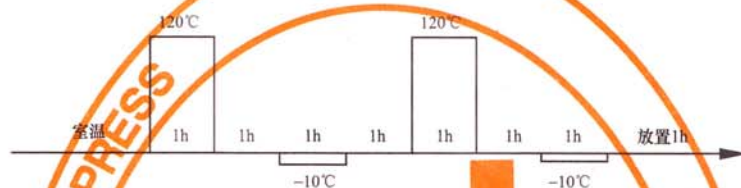


图 6 冷热循环试验程序

6.3.7.3 水浸泡试验

将完成了 6.3.7.2 试验项目的试品进行本项试验。室温下测量试品电阻 R_1 ，然后将试品直立放入盛满水的容器中，放置在蔽光和周围无热源处 28 天，每隔 48h 换水一次。将试品从水中取出沥水放置 6h，在室温下测量试品的电阻 R_2 。若试品为无机固体接地降阻材料，则需检查试品有无裂缝发生，若为有机接地降阻材料，则需检查试品是否发生破损。试验完成后按式 (4) 得出试验后的电阻率。

6.3.8 对金属接地体的腐蚀试验

6.3.8.1 接地体试件

接地体试件由下述 4 种材料的试件组成：符合 GB 704 的普通碳素扁钢和热镀锌扁钢，符合 GB/T 702 的普通碳素圆钢和热镀锌圆钢，镀锌层厚为 $10\mu\text{m} \sim 15\mu\text{m}$ 。每种材料的试件需制备 20 件，由四种材料的试件（各 10 件，共 40 件）组成一组，共两组。

扁钢试件宽为 25mm，厚度 $\geq 2.5\text{mm}$ ；圆钢试件直径为 $\phi 10\text{mm}$ ，每种试件的长度为 50mm。试件应平整、无锈蚀、无毛刺和飞边，试验前应用酒精擦洗干净并在 100°C 下烘干 1h，冷却至室温并随即用分析天平（精度为 0.1mg）称重待用。

6.3.8.2 降阻材料对金属接地体的腐蚀试验

试验时将降阻材料埋置入试验槽中的时间为 60 天。

按要求调制好降阻材料，在试验槽底面平整铺放 35mm~40mm 厚的降阻材料，将一组材料轻轻放入，裸材和镀锌钢材试件分区平放（各区间试件边缘最近距离应不小于 60mm），覆盖厚 35mm~40mm 的降阻材料，并将表面抹平。

1h 后，向降阻剂表面喷去离子水，直至表面水层深约 5mm，然后用双层 PVC 厚膜将容器口封住，以减少水分挥发。容器置于室内无阳光照射、四周无热源处。放置期间每隔 15 天加水一次，水层深约 5mm。60 天后取出，清除试件表面附着物，同时进行外观检查，除锈、酒精清洗称重。按式 (5) 求出每个试件表面平均年腐蚀率。最后得出每种试件表面平均年腐蚀率。

$$V = (\Delta W / S t) (3650 / d) \quad (5)$$

式中：

V —— 试件表面平均年腐蚀率，mm/a；

ΔW —— 试件失重，g；

S —— 试件表面积， cm^2 ；

t —— 试件埋入降阻剂的时间，d；

d ——试件材料密度, g/cm^3 ; 低碳钢为 $7.85\text{g}/\text{cm}^3$, 锌为 $7.14\text{g}/\text{cm}^3$ 。

6.3.8.3 埋地时降阻材料对钢接地体的腐蚀试验

该项试验在户外土壤中进行, 埋设地点应不易积水。地坑底宽为 $400\text{mm} \times 500\text{mm}$, 深为 $600\text{mm} \sim 700\text{mm}$ 。试件埋放方法与要求同 6.3.8.2。上层降阻剂投放地沟表面抹平后, 停留 1h 再回填土壤并夯实。60 天后取出, 按 6.3.8.2 的方法得出每种试件表面平均年腐蚀率。

6.3.9 放射性核素限量检测

该项试验按 GB 6566 执行。

6.3.10 重金属元素限量检测

该项试验按 NY 5010 执行。

7 包装与贮存

7.1 包装

包装应满足:

- a) 降阻材料的包装必须保证在运输中不被损坏。
- b) 包装袋上必须标明产品型号、名称、制造企业、生产时间、贮存期、检验合格标记及数量。

7.2 贮存

降阻材料贮存应满足:

- a) 在室温下置于阴凉干燥处贮存, 防止日晒雨淋。
- b) 若超过了标定的贮存期, 应按本标准所规定的抽样试验项目进行试验, 合格后方可使用。