

T/CASME

中国中小商业企业协会团体标准

T/CASME XXXX—XXXX

石墨基接地体

Graphite based grounding body

征求意见稿

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国中小商业企业协会 发布

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。

本文件由广东景呈电力设备有限公司提出。

本文件由中国中小商业企业协会归口。

本文件起草单位：广东景呈电力设备有限公司、XXX、XXX。

本文件主要起草人：XXX、XXX、XXX。

石墨基接地体

1 范围

本文件规定了石墨基接地体的材技术要求、试验方法、检验规则、标识、包装、运输和贮存。
本文件适用于石墨基接地体的设计、生产和检验。

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 6566 建筑材料放射性核素限量
- GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)
- GB/T 3518 鳞片石墨
- GB/T 10707 橡胶燃烧性能的测定
- GB/T 16927.1 高电压试验技术 一般定义及实验要求
- GB/T 16927.2 高电压试验技术 测量系统
- GB/T 21652 铜及铜合金线材
- GB/T 21698 复合接地体

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

石墨基接地体

用于电力系统接地的新型非金属导电材料，经过高温膨化加工和编织成型，具有稳定的材料性能和良好的导电性能。

4 技术要求

4.1 基本构成

4.1.1 石墨基接地体由石墨基柔性水平接地体、石墨基柔性接地引下线及连接件组成。其中：

- 石墨基柔性水平接地体是由高纯石墨和承力纤维等复合制成的接地材料
- 石墨基柔性接地引下线是由石墨、承力纤维和金属丝等复合制成的高强度柔性接地引下线；
- 连接件是由高强度非金属材质做成，对水平接地体之间和接地引下线与水平接地体起到连接作用。

4.1.2 石墨基柔性接地体的原材料包括石墨、无机或合成纤维、胶粘剂、导电胶以及铜线或其他金属线。其中：

- 石墨为鳞片可膨胀石墨，符合 GB/T 3518 的规定，固定碳含量应不低于 95 %。
- 无机或合成纤维的抗拉强度应大于 2 GPa，使用温度应为-60 ℃~300 ℃。
- 碳纳米管导电胶固化后的体积电阻率应小于 100 Ω•m，水溶性。
- 铜线应符合 GB/T 21652 中纯铜的规定。

4.2 石墨基柔性水平接地体

4.2.1 外观及尺寸

4.2.1.1 接地体应外观紧致，粗细均匀，表面平整，无断线续接点，表面应呈编织形网格状。

4.2.1.2 石墨基柔性接地体横截面应为圆形或矩形，截面规格不小于 600 mm^2 ，圆形截面直径或矩形宽度和厚度的允许误差应小于 5 %。每米长度的接地体与土壤的接触面积不小于 85000 mm^2 。

4.2.1.3 接地体体积电阻率应不大于 $4.5 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{m}$ 。

4.2.1.4 接地模块的尺寸及允差应符合 GB/T 21698-2022 中附录 A 的要求。

4.2.2 环境影响要求

4.2.3 放射性物质应满足 GB 6566 的要求，其内照射指数不大于 1.0，外照射指数不大于 1.0。

4.2.4 重金属含量应满足 GB 15618 中土壤污染风险筛选值的最低要求。

4.2.5 冲击电流耐受性能

接地体经过 50 kA、8/20 μs 冲击电流耐受试验后，温升不高于 200°C ，试品外观不应有断股、烧蚀、鼓胀等缺陷，直流电阻变化率绝对值应不大于 10 %。

4.2.6 工频电流耐受性能

接地体经过 1.5 kA、1 s 工频电流耐受试验后，试品外观不应有断股、烧蚀、鼓胀等缺陷，温升不高于 200°C ，直流电阻变化率绝对值应不大于 10 %。

4.2.7 抗拉强度

接地体经过 2000 N、10 s 的抗拉强度试验后，试品外观不应有断股、破损等缺陷，直流电阻变化率绝对值应不大于 10 %。

4.2.8 抗弯性能

接地体折弯曲率半径不应大于 30 cm，经正反方向各 10 次折弯 90° 后，试品外观不应有断股、破损等缺陷，单位长度直流电阻变化率绝对值应不大于 10 %。

4.2.9 抗扭性能

接地体经 $180^\circ/\text{m}$ 的扭转并保持 10 s 后，试品外观不应有断股、破损等缺陷，直流电阻变化率绝对值应不大于 10 %。

4.2.10 高低温耐受性能

接地体经受高温 100°C 或低温 -60°C ，持续 12 h，恢复室温后，单位长度直流电阻变化不大于 10 %。

4.2.11 耐浸泡腐蚀性能

石墨基柔性接地体耐浸泡腐蚀性能应符合下列要求：

- a) 耐碱性：在 5% NaOH 溶液中室温浸泡 480 h，直流电阻变化率绝对值应不大于 10 %；
- b) 耐酸性：在 5% H_2SO_4 溶液中室温浸泡 480 h，直流电阻变化率绝对值应不大于 10 %；
- c) 耐盐水性：在 3.5% NaCl 溶液中室温浸泡 720 h，直流电阻变化率绝对值应不大于 10 %。

经耐浸泡腐蚀试验后，再将试品经工频电流耐受测试试验后，温升不高于 200°C ，石墨基柔性接地体的外观不应有断股、烧蚀、鼓胀等缺陷，直流电阻变化率绝对值应不大于 10 %。

4.2.12 阻燃性能

接地体的阻燃性能，应达到 GB/T 10707 中燃烧性能等级的 FV-0 级。

4.3 石墨基柔性接地引下线

4.3.1 外观及尺寸

4.3.1.1 接地引下线应外观紧致，粗细均匀，表面平整，没有锈蚀点，无断线续接点。

4.3.1.2 接地引下线应含金属丝或金属带条，需具有防外破性能，与杆塔应方便采用螺栓连接。

4.3.1.3 石墨覆金属线需采用导电胶将石墨均匀、紧密、完整地包覆在铜线或其他金属线表面，不得存在裸露的金属导体。

4.3.1.4 接地引下线截面积不小于 200 mm^2 ，长度不小于 4 m。

4.3.1.5 接地模块的尺寸及允差应符合 GB/T 21698-2022 中附录 A 的要求。

4.3.2 环境影响要求

4.3.3 放射性物质应满足 GB 6566 的要求,其内照射指数不大于 1.0,外照射指数不大于 1.0。

4.3.4 重金属含量应满足 GB 15618 中土壤污染风险筛选值的最低要求。

4.3.5 电阻率

接地引下线本体电阻率应小于 $1.5 \times 10^{-5} \Omega \cdot m$ 。

4.3.6 冲击电流耐受性能

接地引下线经过 50 kA、8/20 μs 冲击电流耐受试验后,温升不高于 200 $^{\circ}C$,试品外观不应有断股、烧蚀、鼓胀等缺陷,直流电阻变化率绝对值应不大于 10 %。

4.3.7 工频电流耐受性能

接地引下线经过 2 kA、1 s 工频电流耐受试验后,温升不高于 200 $^{\circ}C$,试品外观不应有断股、烧蚀、鼓胀等缺陷,单位长度直流电阻变化率绝对值应不大于 10 %。

4.3.8 抗拉强度

接地引下线经过 5000 N、10 s 的抗拉强度试验后,试品外观不应有断股、破损等缺陷,直流电阻变化率绝对值应不大于 10 %。

4.3.9 抗弯性能

接地体折弯半径不应大于 30 cm,经正反方向各 10 次折弯 90 $^{\circ}$ 后,试品外观不应有断股、破损等缺陷,单位长度直流电阻变化率绝对值应不大于 10 %。

4.3.10 抗扭性能

接地体经 180 $^{\circ}$ /m 的扭转并保持 10 s 后,试品外观不应有断股、破损等缺陷,直流电阻变化率绝对值应不大于 10 %。

4.3.11 高低温耐受性能

接地体经受高温 100 $^{\circ}C$ 或低温 -60 $^{\circ}C$,持续 12 h,恢复室温后,单位长度直流电阻变化不大于 10 %。

4.3.12 耐浸泡腐蚀性能

石墨基柔性接地体耐浸泡腐蚀性能应符合下列要求:

a) 耐碱性: 在 5 % NaOH 溶液中室温浸泡 480 h,单位长度直流电阻变化率绝对值应不大于 10 %;

b) 耐酸性: 在 5 % H_2SO_4 溶液中室温浸泡 480 h,单位长度直流电阻变化率绝对值应不大于 10 %;

c) 耐盐水性: 在 3.5 % NaCl 溶液中室温浸泡 720 h,单位长度直流电阻变化率绝对值应不大于 10 %。

试验后,再进行工频电流耐受测试试验,温升不高于 200 $^{\circ}C$,石墨基柔性接地体的外观不应有断股、烧蚀、鼓胀等缺陷,直流电阻变化率绝对值应不大于 10 %。

4.3.13 阻燃性能

应达到 GB/T 10707 中燃烧性能等级的 FV-0 级。

4.3.14 剥离力

室温下石墨层剥离力不应小于 10 N/mm。

4.4 连接件

4.4.1 水平接地体之间、水平接地体与接地引下线连接采用的连接件应为非金属材料,宜采用楔入式结构。

4.4.2 连接件位置接地体搭接长度不小于 150 mm,接续电阻不大于 4 m Ω 。

4.4.3 连接件应具有抗拉强度大,耐老化、耐高低温、耐腐蚀性的特性。

5 试验方法

5.1 测试样品要求

- 5.1.1 试品 1 用于外观、尺寸和允差、电气性能、机械性能、耐高低温性能、耐腐蚀性能测试，见图 1。含金属的接地体其金属端部应与连接金具接头可靠连接，环形夹具应为带针刺环形夹具。
- 5.1.2 试品 2 用于石墨覆金属线剥离力、阻燃性能测试，见图 2。

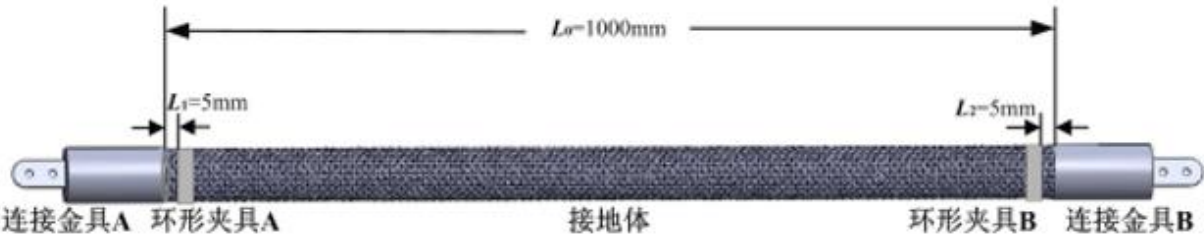


图 1 样品 1 示意图

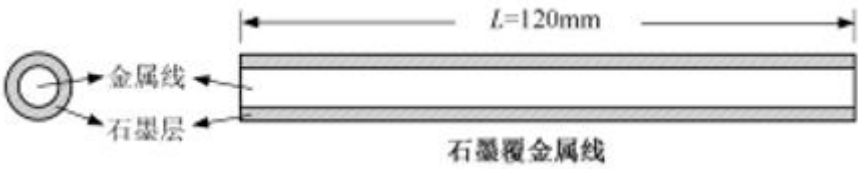


图 2 样品 2 示意图

5.2 外观及尺寸检查

接地材料的外观进行目测检查，尺寸应按图样的规定检查，测量值与设计值的比值应在0.95~1.15之间。

5.3 环境影响试验

- 5.3.1 放射性核素限量检测应按照 GB 6566 执行。
- 5.3.2 重金属元素限量检测应按照 GB 15618 执行。

5.4 直流电阻测试

用小电阻测试仪或四极法测量试品 1 的单位长度直流电阻。采用图 3 的接线方式，C1、C2为电流端，P1、P2为电压端，用环形夹具实现电流端、电压端良好的电气连接。



图 3 四极法测量单位长度电阻示意图

接地体电阻 R_x 应根据式 (1) 计算，接地体单位长度直流电阻 R 应根据式 (2) 计算。

$$R_x = U_x / I_x \dots\dots\dots (1)$$

$$R = R_x / L_1 \dots\dots\dots (2)$$

式中：
 R_x ——接地体电阻；
 R ——接地体单位长度直流电阻；
 I_x ——

L1—— P1、P2之间的距离。

5.5 接续电阻测试

在接地材料靠近连接件位置用铜丝紧密缠绕在接地材料上,得到连接件位置接地材料接续的电阻值。

5.6 冲击电流耐受试验

试验方法应符合GB/T 16927.1和GB/T 16927.2的规定。采用冲击电流发生器对试品1接地材料施加8/20 μ s、50 kA标准雷电流。冲击耐受试验20次,每两次冲击耐受间隔时间不小于30 min,以保证接地体完全散热。实验结束后测量直流电阻,计算接地体单位长度直流电阻,求取20次试验后单位长度直流电阻的平均值。

5.7 工频电流耐受试验

试验方法应符合GB/T 16927.1和GB/T 16927.2的规定。采用工频电源对试品1接地材料施加工频电流,经规定的工频电流耐受5次后,每两次间隔不小于30 min,以保证接地体完全散热。实验结束后测量直流电阻,计算接地体单位长度直流电阻,求取20次试验后单位长度直流电阻的平均值,变化不大于10%,接续电阻不大于4 m Ω 。

5.8 抗拉性能试验

在万能试验机上夹持试品1两端连接金具,缓慢加载拉伸载荷,经受规定的拉力时停止加载并保持10s后,测量并记录试验后试品的单位长度直流电阻。

5.9 抗弯性能试验

选取试品1中点为弯曲点,按曲率半径不大于0.3 m经正反方向各10次弧度90°折弯后,从外观检查确认接地材料无明显损坏,测量并记录试验后试品的单位长度直流电阻。

5.10 抗扭性能试验

固定试品1两端连接金具,使试验样品保持紧绷状态,扭转180°后保持10 s。试验结束后,检查外观,测量并记录试验后试品的单位长度直流电阻。

5.11 高低温耐受试验

接地材料经100℃恒温烘烤,保持12 h取出,置于空气中自然冷却至室温,重复抗拉性能试验,单位长度直流电阻变化不大于10%,连接位置的接触电阻不大于4 m Ω ;接地材料经-60℃恒温冷冻,保持12 h,取出,置于空气中自然冷却至室温,重复抗拉性能试验测量单位长度直流电阻。

5.12 耐浸泡腐蚀性能试验

5.12.1 耐碱性试验

将试品置于60℃以上的干燥箱中烘干1 h后取出,待恢复至室温后,测量并记录试验前试品的单位长度直流电阻,然后置于5% NaOH溶液中室温浸泡480 h,再采用蒸馏水浸泡冲洗的方法去除试品中的腐蚀溶液残留离子,然后再置于60℃以上的干燥箱中烘干1 h后取出,待恢复至室温后,测量并记录试验后试品的单位长度直流电阻。

5.12.2 耐酸性试验

将试品置于60℃以上的干燥箱中烘干1 h后取出,待恢复至室温后,测量并记录试验前试品的单位长度直流电阻,然后置于5% H₂SO₄溶液中室温浸泡480 h,再采用蒸馏水浸泡冲洗的方法去除试品中的腐蚀溶液残留离子,然后再置于60℃以上的干燥箱中烘干1 h后取出,待恢复至室温后,测量并记录试验后试品的单位长度直流电阻。

5.12.3 耐盐水性试验

将试品置于60℃以上的干燥箱中烘干1 h后取出,待恢复至室温后,测量并记录试验前试品的单位长度直流电阻,然后置于3.5% NaCl溶液中室温浸泡720 h,再采用蒸馏水浸泡冲洗的方法去除

试品中的腐蚀溶液残留离子，然后再置于 60 ℃ 以上的干燥箱中烘干 1 h 后取出，待恢复至室温后，测量并记录试验后试品的单位长度直流电阻。

5.12.4 耐浸泡腐蚀性能试验后的工频电流耐受性能测试

浸泡腐蚀试验后的工频电流耐受性能测试前，测量试品单位长度直流电阻。经浸泡腐蚀试验后再经工频电流耐受测试试验，检查接地体外观，测量试品单位长度直流电阻。

5.12.5 耐浸泡腐蚀性能试验后的抗拉性能试验

通过工频电流耐受性能测试的试品，重复抗拉性能测试，再测量试品单位长度直流电阻。

5.13 阻燃性能试验

针对接地材料按照GB/T 10707中的垂直燃烧法进行阻燃性能试验，燃烧性能等级应属于FV-0级。一般取13 cm左右接地材料样品，将其放入垂直燃烧测试仪中，夹持固定后，样品一端在本生灯火焰中灼烧并保持10 s，试验过程中，不存在有焰燃现象，施加火焰后引发的跌落物不点燃脱脂棉等。

5.14 石墨覆金属线剥离力试验

取 3 根 12 cm 长的石墨覆金属线作为试品，其中金属线的直径为 d ，剥去一端 2 cm 长的石墨层使部分金属线裸露后捋直，将裸露部分的金属线穿过厚度不小于2 mm 的金属板中的小孔，小孔内径为 w ($w=d+0.2\text{ mm}$)，用拉力测试仪连接裸露部分的金属线，并将金属线拉过小孔使剩余 10 cm 石墨覆金属线上的石墨层从金属线上剥离，记录最大拉力值 F 。

连续 3 次测试后，求取 F 的平均值 F_0 ，石墨层剥离力按公式3计算。

$$\text{剥离力} = F_0 / (\pi d) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

F_0 ——最大拉力值的平均值；

D ——金属线的直径。

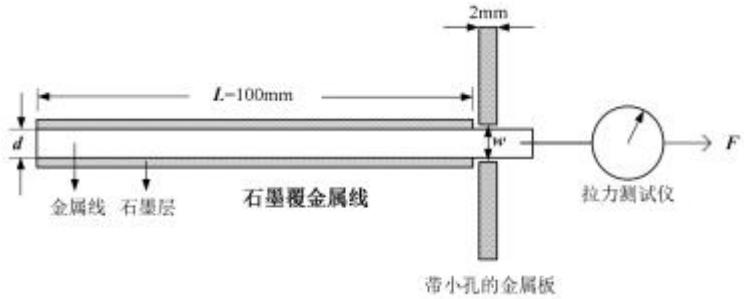


图 4 石墨覆金属线的石墨层剥离力测试示意图

6 检验规则

6.1 检验分类

石墨基接地体的检验分为型式试验、出厂试验、抽样试验和现场交接验收试验。检验要求应符合表 1 要求。

表 1 检验项目及检验要求

序号	检验项目	检验要求				试验方法
		型式试验	出厂试验	抽检试验	现场交接试验	
1	外观及尺寸检查	√	√	√	√	5.2
	环境影响检测 shiyan	√	-	-	-	

2	单位长度直流电阻测试	√	√	√	√	5.3
3	接续电阻测试	√	√	√	√	5.4
4	冲击耐受试验	√	-	-	-	5.5
5	工频电流耐受试验	√	-	√	-	5.6
6	抗拉性能试验	√	-	-	-	5.7
7	抗弯性能试验	√	-	-	√	5.8
8	抗扭性能试验	√	-	-	-	5.9
9	高低温耐受试验	√	-	-	-	5.10
10	耐浸泡腐蚀性能试验	√	-	-	-	5.11
11	耐浸泡腐蚀试验后的工频电流耐受试验	√	-	-	-	5.11.4
12	浸泡腐蚀试验后的抗拉性能试验	√	-	-	-	5.11.5
13	阻燃性能试验	√	-	-	-	5.12
14	石墨覆金属线剥离力测试	√	√	√	-	5.13
注1：√表示检验项目，“-”表示不检验项目。 注2：取 3 根试样 1 依次进行第 1、2、4、5、6、10、11、12、13 项试验；另取 3 根试样 1 依次进行 7、8、9 项试验；取 3根试样 2 进行第 3 项试验，另取 3 根试样 2 进行第 14 项试验。						

6.2 型式检验

发生下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品试制定型或老产品转厂试生产定型；
- b) 产品设计、生产工艺、原材料或生产设备等发生重大变化；
- c) 停产半年及以上后恢复生产；
- d) 出厂试验结果与上次型式试验结果有较大差异；
- e) 用户或有关主管部门提出要求。

6.3 出厂检验

6.3.1 在型式检验合格期限内，产品经由制造厂质量检验部门检验合格后作出标志，并签发产品合格证方可出厂。

6.3.2 当有一项及以上不符合本标准规定要求时，应进行整改，直至所有项目均符合本标准的规定。

6.4 抽样试验

抽样试验样本的大小如表2所示。若接地材料没有通过其中的任何一项试验时，则应按照重复试验程序进行重复试验，可根据情况增加样品数量。

表 2 抽样试验样本大小

批量（N）	样本大小
N ≤ 50	3
50 < N ≤ 2 00	5
2 00 < N ≤ 1 000	7

7 标识、包装、运输和贮存

7.1 标识

应在线盘或卷外侧显示以下标志：

- f) 工程名称；
- g) 产品型号规格号（包含标准号）；
- h) 产品长度；
- i) 皮重、毛重和净重；

- j) 编号或批号;
- k) 制造日期;
- l) 制造厂(商)名;
- m) 目的地(到货站及标段名称);
- n) 其他必要的说明。

7.2 包装

- 7.2.1 接地材料宜采用线盘或卷绕包装,并提供产品吊牌和产品合格证。
- 7.2.2 包装应符合牢固、美观和经济的要求,做到结构合理、紧凑、防护可靠。
- 7.2.3 在正常储运、装卸条件下,保证产品不致因包装不善而引起装置损坏、散失、锈蚀、长霉等。
- 7.2.4 包装箱需符合采购方要求,应具有良好的防水性能。
- 7.2.5 包装箱上应标明:
 - a) 制造厂厂名或厂标及制造厂地址、邮编和电话;
 - b) 产品名称零件号;
 - c) 数量;
 - d) 总质量、净质量及外形尺寸;
 - e) 所执行标准代号;
 - f) “小心轻放”“防潮”或相应标记。

7.3 运输

在每个线盘的外侧轮缘上,均有标记,以标明在装运期间线盘滚动方向,同时可防止线盘上的缆松散。

产品在运输途中防止磕碰、变形。在长途运输途中有防锈蚀措施。

7.4 贮存

产品应存放在通风干燥的仓库内,自出厂之日起,保证产品在18个月内不致锈蚀。
