

ICS 29.050

H 62

备案号: 57227-2017

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1675 — 2016

高压直流接地极馈电元件技术条件

Technical specification for feeding rod of HVDC ground electrode

2016-12-05 发布

2017-05-01 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 总则.....	2
5 标记.....	2
6 技术要求.....	2
7 检测及试验方法	5
8 检验.....	7
9 标志、包装、运输、贮存和质量证书	9
附录 A (资料性附录) 高硅铸铁、高硅铬铁的常用规格尺寸	10
附录 B (资料性附录) 不同材质馈电元件放置在土壤和煅烧石油焦炭中的腐蚀率.....	11

前 言

本标准依据 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。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业高压直流输电技术标准化技术委员会归口。

本标准主编单位：四川桑莱特智能电气设备股份有限公司、中国电力科学研究院、国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司、国网江西省电力科学研究院。

本标准参编单位：中国电力工程顾问集团中南电力设计院、国网浙江省电力公司、国网重庆市电力公司、国网冀北电力有限公司、国网陕西省电力公司电力科学研究院、国网湖北省电力公司电力科学研究院、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。

本标准主要起草人：董晓辉、李义红、曾连生、谭进、谷山强、吴彪、谷琛、王森、裴锋、李志忠、苏凡凡、谭波、苏秀兰、姜文东、时卫东、蒲路、余绍峰、姚尧、刘凡、王辉、范松海、周双勇。

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）。

高压直流接地极馈电元件技术条件

1 范围

本标准规定了高压直流接地极用馈电元件的技术要求、检测及试验方法、包装、运输及贮存等要求。

本标准适用于高压直流接地极馈电元件用碳钢、高硅铸铁、高硅铬铁。

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 191 包装储运图示标志

GB/T 222 钢的成品化学成分允许偏差

GB/T 223.3 钢铁及合金化学分析方法 二安替比林甲烷磷重量法测定磷量

GB/T 223.4 钢铁及合金 锰含量的测定 电位滴定或可视滴定法

GB/T 223.5 钢铁 酸溶硅和全硅含量的测定 还原型硅钼酸盐分光光度法

GB/T 223.7 铁粉 铁含量的测定 重铬酸钾滴定法

GB/T 223.11 钢铁及合金 铬含量的测定 可视滴定或电位滴定法

GB/T 223.67 钢铁及合金 硫含量的测定 次甲基蓝分光光度法

GB/T 223.69 钢铁及合金 碳含量的测定 管式炉内燃烧后气体容量法

GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法

GB/T 3048.2 电线电缆电性能试验方法 第2部分：金属材料电阻率试验

GB/T 3048.4 电线电缆电性能试验方法 第4部分：导体直流电阻试验

GB/T 3048.5 电线电缆电性能试验方法 第5部分：绝缘电阻试验

GB/T 4857.5 包装 运输包装件 跌落试验方法

GB/T 8888 重有色金属加工产品的包装、标志、运输、贮存和质量证明书

GB/T 12706.1 额定电压 1kV ($U_m=1.2kV$) 到 35kV ($U_m=40.5kV$) 挤包绝缘电力电缆及附件 第1部分：额定电压 1kV ($U_m=1.2kV$) 和 3kV ($U_m=3.6kV$) 电缆

GB/T 17848 牺牲阳极电化性能试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

高压直流接地极 HVDC ground electrode

可持续为直流系统传递直流电流的接地装置，由若干组接地导体和活性填充材料组成。

3.2

馈电元件 feeding rod

放置在接地极活性填充材料中的接地导体。

3.3

引流电缆 drainage cable

连接馈电元件和分支电缆的电缆。引流电缆与馈电元件的连接方式如图 1 所示。

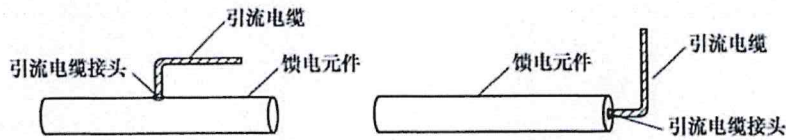


图 1 引流电缆与馈电元件的连接方式

3.4

引流电缆接头 drainage cable joint

连接馈电元件和引流电缆的接头。

4 总则

- 4.1 馈电元件应满足高压直流感地极的设计使用年限要求。
- 4.2 馈电元件应满足对环境保护的要求。
- 4.3 馈电元件应满足高压直流感地极的工作环境要求。
- 4.4 高硅铸铁和高硅铬铁馈电元件与引流电缆的连接应在出厂前完成，并应做密封、绝缘及防腐处理。
- 4.5 引流电缆接头外宜用热缩材料进行保护。

5 标记

馈电元件型号标记方式如图 2 所示，碳钢无引流电缆位置的标记。

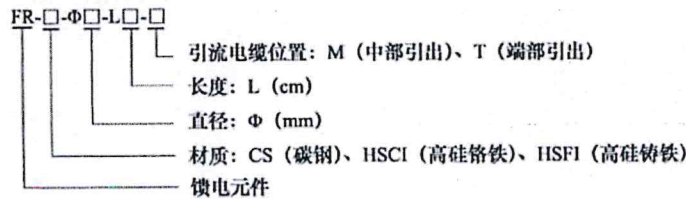


图 2 馈电元件型号标记方式

示例：FR-HSCI-Φ50-L150-M 表示材质为高硅铬铁，直径为 50mm，长度为 150cm，引流线从中部引出的馈电元件。

6 技术要求

6.1 馈电元件技术要求

6.1.1 外观

馈电元件用碳钢外观应无多肉、缺肉、裂纹、氧化皮、夹渣等缺陷，其表面应平整。
馈电元件用高硅铸铁和高硅铬铁外观应无浇口、冒口、飞刺、结疤及黏砂等缺陷，其表面应平滑光洁。

6.1.2 尺寸及允许偏差

6.1.2.1 馈电元件用碳钢的直径及允许偏差要求见表 1，馈电元件用碳钢的长度及允许偏差见表 2。

表1 馈电元件用碳钢的直径及允许偏差

单位: mm

直径 ϕ	允许偏差	直径 ϕ	允许偏差
$5.5 \leq \phi < 7$	± 0.30	$30 \leq \phi < 50$	± 0.50
$7 \leq \phi < 20$	± 0.35	$50 \leq \phi < 80$	± 0.70
$20 \leq \phi < 30$	± 0.40	$80 \leq \phi < 110$	± 0.90

表2 馈电元件用碳钢的长度及允许偏差

单位: mm

长度 L	$L \leq 4000$	$4000 \leq L < 6000$	$L \geq 6000$
允许偏差	+30	+50	+70

6.1.2.2 馈电元件用高硅铸铁、高硅铬铁的直径及允许偏差见表3, 馈电元件用高硅铸铁、高硅铬铁的长度及允许偏差见表4。高硅铸铁、高硅铬铁常用规格尺寸参见附录A。

表3 馈电元件用高硅铸铁、高硅铬铁的直径及允许偏差

单位: mm

直径 ϕ	允许偏差	直径 ϕ	允许偏差
$5.5 \leq \phi < 7$	± 0.30	$30 \leq \phi < 50$	± 0.50
$7 \leq \phi < 20$	± 0.35	$50 \leq \phi < 80$	± 0.70
$20 \leq \phi < 30$	± 0.40	$80 \leq \phi < 110$	± 0.90

表4 馈电元件用高硅铸铁、高硅铬铁的长度及允许偏差

单位: mm

长度 L	$500 \leq L < 1000$	$1000 \leq L < 1500$	$1500 \leq L < 2000$
允许偏差	+15	+20	+30

6.1.3 化学成分

6.1.3.1 馈电元件用碳钢主要化学成分应符合表5的规定。

表5 馈电元件用碳钢主要化学成分

主要化学成分	Si (硅)	Mn (锰)	C (碳)	P (磷)	S (硫)	Fe (铁)
含量 W_i	0.3%~0.35%	0.5%~1.5%	0.1%~0.25%	$\leq 0.045\%$	$\leq 0.05\%$	余量

6.1.3.2 馈电元件用高硅铸铁化学成分应符合表6的规定, 馈电元件用高硅铬铁主要化学成分应符合表7的规定。

表6 馈电元件用高硅铸铁主要化学成分

主要化学成分	Si (硅)	Mn (锰)	C (碳)	P (磷)	S (硫)	Fe (铁)
含量 W_i	14.25%~15.25%	0.5%~1.5%	0.80%~1.05%	$\leq 0.25\%$	$\leq 0.1\%$	余量

表7 馈电元件用高硅铬铁主要化学成分

主要化学成分	Si (硅)	Mn (锰)	C (碳)	P (磷)	S (硫)	Cr (铬)	Fe (铁)
含量 W_i	14.25%~15.25%	0.5%~1.5%	0.80%~1.4%	$\leq 0.25\%$	$\leq 0.1\%$	4%~5%	余量

6.1.4 机械性能

6.1.4.1 跌落性

高压直流接地极用馈电元件经自由跌落试验后表面不应有裂纹、裂缝等缺陷。

6.1.4.2 抗拉强度

经自由跌落试验后，碳钢抗拉强度不应小于 300N/mm^2 ，高硅铸铁和高硅铬铁抗拉强度不应小于 103N/mm^2 。

6.1.5 耐腐蚀性能

碳钢腐蚀率不应大于 $10\text{kg}/(\text{A} \cdot \text{a})$ 、高硅铸铁、高硅铬铁腐蚀率不应大于 $1.0\text{kg}/(\text{A} \cdot \text{a})$ 。

不同材质馈电元件放置在土壤和煅烧石油焦炭中的腐蚀率参见附录 B。

6.1.6 电阻率

20℃时，碳钢电阻率应为 $1.746 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m} \sim 3.026 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$ ，高硅铸铁、高硅铬铁电阻率不应大于 $7.2 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{m}$ 。

6.2 引流电缆技术要求

6.2.1 额定载流量

温度为 90℃时，引流电缆的额定载流量不应小于 15A，且与馈电元件长度相匹配。

6.2.2 绝缘性能

引流电缆绝缘强度不低于 1kV，绝缘层最高工作温度不小于 90℃。

6.3 引流电缆接头技术要求

6.3.1 机械性能

引流电缆接头抗拉强度不应小于引流电缆拉断力的 70%。

6.3.2 绝缘性能

引流电缆接头在 3kV 时的绝缘电阻不应小于 $300\text{M}\Omega$ 。

6.3.3 密封性能

引流电缆接头经密封性试验后，在 3kV 时绝缘电阻应大于初始绝缘电阻值的 50%。

6.3.4 耐温性能

引流电缆接头经耐温性试验后，3kV 时绝缘电阻变化率应小于 50%。

6.3.5 接触电阻

引流电缆接头的接触电阻不应大于 0.01Ω 。

7 检测及试验方法

7.1 馈电元件检测及试验方法

7.1.1 外观

采用目视进行检测，必要时采用放大镜。

7.1.2 尺寸及允许偏差

直径用分度值为 0.02mm 的测量工具在任意位置测量 3 处，取平均值。长度用分度值不大于 1.0mm 的测量工具进行测量。

7.1.3 化学成分

碳钢、高硅铸铁、高硅铬铁的化学成分分析按 GB/T 223.3、GB/T 223.4、GB/T 223.5、GB/T 223.7、GB/T 223.11、GB/T 223.67、GB/T 223.69 的规定进行检测，化学分析取样方法按 GB/T 222 的规定进行。

7.1.4 机械性能

7.1.4.1 跌落性

跌落试验方法应按 GB/T 4857.5 的规定进行，直径 $\Phi 38$ 跌落试验高度规定为 10mm、直径 $\Phi 50 \sim \Phi 75$ 跌落试验高度规定为 20mm。直径大于 75mm 跌落试验高度规定为 30mm。

7.1.4.2 抗拉强度

拉伸试验试样制备和试验方法应按 GB/T 228.1 的规定进行。

7.1.5 耐腐蚀性能

7.1.5.1 试样

用于馈电元件腐蚀性能测试的试验槽模型示意如图 3 所示，试验槽材质采用不锈钢，试验槽高度为 500mm，试验槽直径为 300mm。

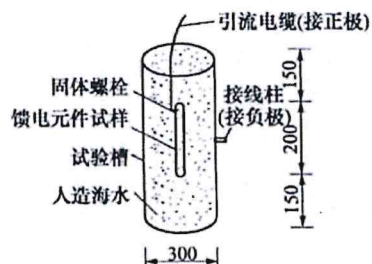


图3 馈电元件腐蚀性能测试试验槽模型示意图

试样尺寸为 $\Phi 20\text{mm} \times L200\text{mm}$ ，试验前对试样进行烘干称重，并记录重量 m_1 。试样端部固定一个螺栓，并连接一根引流电缆，将试样与引流电缆接头用环氧树脂包裹密封。

7.1.5.2 试验方法

按图 3 所示布置试品。试验槽内装满人造海水（人造海水配比按 GB/T 17848 的相关规定进行），并将试样放于人造海水中央。对引流电缆通入直流电流（设备纹波系数小于 1%，能计量电流时间值），电流量为不大于试样表面电流密度的 $80\text{A}/\text{m}^2$ 。碳钢试样通流量不小于 $100\text{A} \cdot \text{h}$ ；高硅铸铁和高硅铬铁试样通流量不小于 $1000\text{A} \cdot \text{h}$ 。

用 500mL 盐酸（密度 $1.19\text{g}/\text{mL}$ ）、1000mL 蒸馏水、3.5g 六次甲基四胺配成试剂清洗试样表面 10min，至腐蚀产物全部清除干净，并立即用自来水冲洗干净。然后将试样放入 6% 的氢氧化钠溶液中浸泡，时间不大于 1min，中和处理后，再用自来水冲洗至试样表面，最后用滤纸吸干，放入无水乙醇中浸泡脱水 5min，再用滤纸吸干后放入干燥器中静置 10h 后称重并记录 m_2 。为减小误差，清洗时，把未经腐蚀的试样在相同条件下清洗处理，求失重，记为 m_0 。

则试样的腐蚀率为：

$$V = \frac{m_1 - m_2 - m_0}{P} \times 8760 \quad (1)$$

式中：

V ——试样的腐蚀率， $\text{kg}/(\text{A} \cdot \text{a})$ ；

m_0 ——未经腐蚀的试样在相同条件下清洗处理后与 m_1 的差值， kg ；

m_1 ——未经腐蚀的试样烘干后称重， kg ；

m_2 ——腐蚀后的试样清洗处理称重， kg ；

P ——试样的通流量， $\text{A} \cdot \text{h}$ 。

7.1.6 电阻率

电阻率及电阻测试分别按 GB/T 3048.2 和 GB/T 3048.4 的规定执行。计算电阻率时电阻测试长度不小于 1m，电阻测量同时记录环境温度，按式（2）校正到 20°C 时的电阻值，并按式（3）计算出相应的电阻率。

$$R_{20} = \frac{R_m}{1 + \alpha_0(A_m - 20)} \quad (2)$$

$$\rho_{20} = \frac{R_{20} \cdot S}{L} \quad (3)$$

式中：

R_{20} —— 20°C 电阻值， Ω ；

R_m ——测量电阻值， Ω ；

α_0 ——电阻温度系数， $^\circ\text{C}^{-1}$ （碳钢取 $0.0016^\circ\text{C}^{-1}$ ）；

A_m ——环境温度， $^\circ\text{C}$ ；

S ——截面积， m^2 ；

L ——测试长度， m 。

7.2 引流电缆检测及试验方法

7.2.1 载流量

引流电缆耐热性按 GB/T 12706.1 的规定进行试验。

7.2.2 绝缘性能

引流电缆绝缘性按 GB/T 12706.1 的规定进行试验。

7.3 引流电缆接头检测及试验方法

7.3.1 机械性能

引流电缆接头拉伸试验试样制备和试验方法应按 GB/T 228.1 的规定进行。

7.3.2 绝缘性

绝缘电阻采用电压—电流法测量，测量方法按 GB/T 3048.5 的规定执行。试样一端剥掉引流电缆绝缘层露出线芯，表面处理干净。引流电缆接头绝缘电阻测试示意图如图 4 所示。夹头 2 尽可能靠近但不能接触环氧树脂。

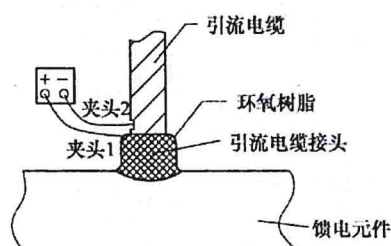


图 4 引流电缆接头绝缘电阻测试示意图

7.3.3 密封性

将引流电缆接头浸泡在 10% 的 NaCl 溶液中 72h，试验结束后取出试样，将其表面水分擦干，放入烘箱内干燥，烘箱温度设置为 90℃，时间为 1h，测量试样的绝缘电阻值。

7.3.4 耐温性

将试样在 -20℃ 的试验箱中放置 2h，取出试样，待试样温度慢慢升至室温，再将试样在 90℃ 的试验箱中放置 2h，取出试样，待试样温度慢慢降至室温，测量试样的绝缘电阻值。

7.3.5 接触电阻

接触电阻采用电桥法测量，测量方法按 GB/T 3048.4 的规定执行。在接头两端各 200mm 内选取接线点，去除电缆一侧的绝缘、护套或其他覆盖物，并将选点处金属表面处理干净。用测量夹具在选点处进行接线测量。接触电阻测量同时记录环境温度，按式 (4) 校正到 20℃ 时的接触电阻值。

$$R_{20} = \frac{R_m}{1 + \alpha_0 (A_m - 20)} \quad (4)$$

8 检验

8.1 一般要求

8.1.1 每种型号的馈电元件按表 8 的规定进行型式试验验证。

8.1.2 供方提供产品时，须提供表 8 中规定的出厂试验检验报告。

8.1.3 需方收到产品后，按批次依照表 8 的规定进行验收试验。

表 8 试验要求及试验项目

产品	试验项目	试验要求			试验方法
		型式试验	出厂试验	验收试验	
锁电元件	外观	√	√	√	详见 7.1.1
	尺寸及允许偏差	√	√	√	详见 7.1.2
	化学成分	√	—	—	详见 7.1.3
	跌落性	√	√	—	详见 7.1.4.1
	抗拉强度	√	—	—	详见 7.1.4.2
	耐腐蚀性能	√	—	—	详见 7.1.5
	电阻率	√	√	—	详见 7.1.6
引流电缆	载流量	√	—	—	详见 7.2.1
	绝缘性能	√	—	—	详见 7.2.2
引流电缆接头	机械性能	√	—	—	详见 7.3.1
	绝缘性	√	—	—	详见 7.3.2
	密封性	√	—	—	详见 7.3.3
	耐温性	√	—	—	详见 7.3.4
	接触电阻	√	√	√	详见 7.3.5

8.2 组批及抽样

锁电元件同一牌号原料、同一规格、连续生产的产品以 200 套为一检验批次，不足 200 套按一批次进行检验，每批抽样不少于该批量的 1% 作为检验样品，最低样品数不少于 3 个。

8.3 检验结果的判定

8.3.1 型式试验

型式试验按产品型号进行。在下列情况之一时，应进行型式试验：

- 新产品投产前。
- 材料或工艺发生变化时。
- 停产半年及以上重新恢复生产线后。
- 从上一次进行型式试验后满 5 年。
- 用户提出要求时。

型式试验在经出厂试验合格的产品中抽取，任一项试验结果不合格，则判定该型号产品型式试验不合格。

8.3.2 出厂试验

产品应按下列要求经供方质检部门逐批检验，检验合格后才能出厂。

- 锁电元件外观、尺寸：逐根检查。
- 锁电元件其他试验项目：有一项不合格者，从该批产品中抽取双倍数量的试样进行重复试验；重复试验结果全部合格，则判定该批次产品合格；若重复试验结果仍有试样不合格，则判定该批次产品不合格。

8.3.3 验收试验

需方应对到货的馈电元件按下列要求按组批进行抽样验收，验收合格后才可使用。

- a) 外观、尺寸：逐根检查。
- b) 其他试验项目：有一项不合格者，从该批产品中抽取双倍数量的试样进行重复试验；重复试验结果全部合格，则判定该批次产品合格；若重复试验结果仍有试样不合格，则判定该批次产品不合格。

9 标志、包装、运输、贮存和质量证书

9.1 标志

在检验合格的每件产品上，应有如下标志：

- a) 供方质量监督部门的检印。
- b) 型号。
- c) 状态（合格或不合格）。
- d) 批号。

9.2 包装、运输及贮存

产品包装应符合 GB/T 191 的规定，产品运输和贮存应符合 GB/T 8888 的规定。

9.3 质量证书

每批馈电元件产品应附有产品质量证书，应注明：

- a) 供方名称。
- b) 产品名称。
- c) 型号。
- d) 规格。
- e) 批号。
- f) 净重和件数。
- g) 供方质量监督部门印记。
- h) 标准号。
- i) 包装日期。

附录 A

(资料性附录)

高硅铸铁、高硅铬铁的常用规格尺寸

高硅铸铁、高硅铬铁的常用规格尺寸见表 A.1。

表 A.1 高硅铸铁、高硅铬铁的常用规格尺寸

单位: mm

直径 ϕ	允许偏差	长度 L	允许偏差
38	± 0.50	1500	+30
50	± 0.70	1500	+30
63	± 0.70	1500	+30
75	± 0.70	1500	+30
100	± 0.90	1500	+30
50	± 0.70	1200	+30
63	± 0.70	1200	+30
75	± 0.70	1200	+30

附 录 B
(资料性附录)

不同材质馈电元件放置在土壤和煅烧石油焦炭中的腐蚀率

不同材质馈电元件放置在土壤和煅烧石油焦炭中的腐蚀率见表 B.1。

表 B.1 不同材质馈电元件放置在土壤和煅烧石油焦炭中的腐蚀率

单位: kg/(A·a)

材料名称	置于土壤中		放置在不同湿度的煅烧石油焦炭中(试验值)			
	理论值	试验值	5%	10%	20%	30%
碳钢	9.1	7~10	0.114	0.286	2.850	5.945
高硅铸铁	0.2~3.0		0.030	0.048	0.060	0.081
高硅铬铁	0.3~1.0(放置在海水中)					