

高压输电线路杆塔接地材料
柔性石墨接地体与接地圆钢对比分析

目录

1.产品外观.....2

2.制作工艺.....2

3.用途2

4.性能2

5.技术要求.....3

6.优势3

7.常用接地材料性能对比表.....4

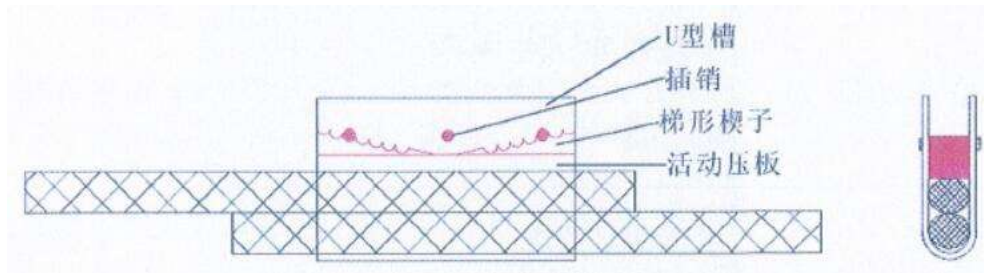
8.石墨柔性接地体与传统接地产品接地效果现场对比.....5

9.镀锌圆钢与石墨柔性接地体杆塔接地案例经济效益对比分析.....5

10.安装施工要求.....6

11.设计计算例表.....7

1.产品外观



施工连接方式示意图

2.制作工艺

采用高纯度石墨鳞片（99.99%）经过高温膨化并与一定配比的玻璃纤维和粘结剂复合、辊压、热塑，绞线以及编织而成的柔性石墨编织物。

3.用途

广泛应用于各类超高压新建输电线路的接地施工，以及各种输电线路接地改造施工中。具有方便、快捷、超耐腐蚀的特点。

该品属非金属导体，耐腐蚀、不生锈、接地电阻稳定、大电流冲击不反击、不损坏、电阻不变、耐高低温、使用寿命长 30 年，免维护、安全可靠。使用不受环境，气候条件限制，安装便捷，无需电气焊，省工省时，节省材料，经费，节能，环保，防盗，尤其适合酸性土壤、碱性土壤、沼泽、湿热地带和海滩使用。

4.性能

- 1) 外观呈半金属光泽
- 2) 直径 28mm，重量 0.5kg/米；
- 3) 对环境无影响；
- 4) 抗弯折坡度 $<70^{\circ}$ ；
- 5) 耐酸碱腐蚀率 $\leq 0.1\%$ ；

5.技术要求

- 1) 外观：接地极石墨线捻拧体均匀、表面光滑、无破损；
- 2) 固态电阻率： $\rho \leq 5 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{m}$ ；
- 3) 冲击电流耐受：8/20 μs , 100kA 18 次不反击 $\Delta R \leq 1.0 \Omega$ ；
- 4) 工频电流耐受：10A 1min $\Delta R \leq 1.0 \Omega$ ；
- 5) 抗拉强度： $\geq 120\text{kgf}$ 10s $\Delta R \leq 1.0 \Omega$ ；
- 6) 高温性能：100℃, 1h $\Delta R \leq 1.0 \Omega$ ；
- 7) 低温性能：-40℃, 1h $\Delta R \leq 1.0 \Omega$ ；
- 8) 酸碱腐蚀率（重量比）： $\leq 0.1\%$

6.优势

1) 改善金属接地材料的腐蚀问题：石墨接地体的所有成分均具有良好的耐腐蚀性，能经受内蒙、新疆、甘肃、宁夏的硫酸盐盐土等各类土壤的腐蚀，寿命不低于 30 年。能经受降阻剂、抗冻剂、绿化化肥及杀虫剂的腐蚀，扩大了降阻技术的应用面。

2) 柔性石墨接地系列产品截面大，表面粗糙构成细孔，能和土壤紧密咬合粘接，可随土壤一起蠕变而不脱离产生空气界面，在土壤季节性干裂、融水沉降、冰冻、冻土融化产生蠕变的情况下，接地极与土壤的接触电阻始终保持稳定的低值。

3) 大电流冲击下良好的动热稳定性，温升高避免土壤烧结；

4) 产品为非导磁材料，在工频及雷击高频冲击下其有效散流长度远远大于钢材类接地体，可使大地网工频接地电阻成倍下降，是高压输电线路、大型电厂、变电站地网降阻的最佳选择。

5) 具有良好的工程性：

- ①重量为金属类接地极的 1/10，轻便易运输；
- ②可避开岩石、树木，开挖面积少，不破坏绿化；
- ③可泥浆回填，回填紧致；
- ④接地极压接互联，无需焊接，无需电源焊机 etc 现场要求。

6) 具有良好的技术经济性：

①免去安规要求的定期检测接地电阻，避免接地改造的重复性投入，节约人力物力，全寿命周期成本最低 ；

②接地系统长期处于休眠状态，只有发生雷击或短路时发挥作用，雷击或短路是极小概率事件，不浪费珍贵的钢材铜材；

③无回收价值，可避免偷盗；

④取代金属类接地材料，减排减霾，实现良好的社会效益。

7.常用接地材料性能对比表

序号	对比项	镀锌圆/扁钢	石墨基柔性接地体
1	吸水性	无	良好
2	耐腐蚀	易腐蚀	接地网整体采用石墨带接地，无金属不腐蚀
3	导电性	电阻略大	石墨导电性能好，电阻低，和铜接近
4	导磁性	导磁材料，在工频及雷击高频冲击下，由于趋肤效应，电导率变小。泄流能力大大降低，接地体有效散流长度急剧减小	非导磁材料，在工频及雷击高频冲击下其有效散流长度远远大于钢材类接地体，可使大地网工频接地电阻成倍下降，是高压输电线路、大型电厂、变电站地网降阻的最佳选择
5	机械性能	硬度大，不易弯曲，弯曲时易破坏表面镀层	质量轻，柔软性好，韧性好
6	双金属腐蚀	全金属设计，整体易腐蚀	接地网整体采用石墨带接地，无金属不腐蚀
7	施工难度	开挖量大，需焊接，焊接处需做防腐处理施工设备繁多，工序多，施工难度大，施工成本较高	开挖量小，施工时只需普通扳手即可操作，施工简便高效，施工成本低
8	使用寿命	3-7 年	40 年
9	运输	产品尺寸较长，质量较重，不易搬运	质量轻便，搬运过程中不会发生碎裂
10	经济效益对比	材料成本低，但寿命较短，30 年需维护 4-10 次，综合成本较高	首次成本略高，但 30 年内无需进行地网维护，综合成本较低
11	耐高温	金属连接处易发生熔变（钢铁熔点为 1539 度）	整体无金属不会发生熔变，耐高温（石墨熔点 3850 度）

8.石墨柔性接地体与传统接地产品接地效果现场对比

本次试验分别对圆钢、铜排、柔性石墨接地体进行了埋地实验。为了保证这次实验的公平性，我们选择在同一块土地，用同样长度的材料进行实验，结果如下：

序号	材料	长度	测量结果 Ω
1	圆钢	5 米	35
2	铜排	5 米	26
3	柔性石墨接地体	5 米	15

9.镀锌圆钢与石墨柔性接地体杆塔接地案例经济效益对比分析

经多次在全国各地不同地形下试验，得出结论使用原镀锌圆钢接地体长度的 $\frac{2}{3}$ 的石墨基柔性接地体即可达到相同降阻效果，假设一条新建 110kV 线路，长度 40 公里，铁塔基数 100 基，运行环境中土壤电阻率在 500-800 Ω 之间，杆塔接地工频电阻目标为 20 Ω 以下。

我们分别使用镀锌圆钢和石墨基柔性接地体，做以下各项经济数据对比分析，以便接地选型参考，详细数据见下表：

对比项目	镀锌钢		石墨柔性接地体	
单基材料用量	依据设计惯例 500~800 Ω /米之间镀锌圆钢用量	150 米	使用原镀锌圆钢基接地体长度的 $\frac{2}{3}$	100 米
单基材料成本	每米重约 0.88 千克，约 10 元/米	1500 元	以目前市场价，约 50 元/米	5000 元
单基开挖土方量	硬质接地，地沟开挖截面 0.4 米宽 \times 0.7 米深	42 立方米	软质接地，地沟开挖截面 0.4 米宽 \times 0.7 米深	28 立方米
开挖和回填土方成本	每立方 150 元工费成本	6300 元	每立方 150 元工费成本	4200 元

单基接地开挖土地面积	沟宽 0.4 米，总长 150 米	60 平方/0.1 亩	沟宽 0.4 米，总长 100 米	40 平方/0.06 亩
单基接地土地补偿成本	每亩 30000 元	3000 元	每亩 30000 元	1800 元
单基人工及机械运输使用成本	运输发电机、切割机、电焊机、防腐工具等车辆及人工费用	800 元	无需任何安装机械，只需材料运输成本	200 元
施工时间	一天安装 1 基	1 天/基	一天安装 2 基	0.5 天/基
单基技工成本	电工及焊工	600 元	无需专业人员	0 元
单基一次投入综合成本小计	12200 元		11200 元	
接地寿命周期	地网寿命 5 年	地网寿命 7 年	地网寿命=线路全寿命周期，引下线寿命 5 年	
线路寿命周期	30 年		30 年	
重新更换次数	5 次	4 次	接地引线无需更换	
更换时单基青苗补偿费用	500 元	500 元	无需青苗补偿	
一次更换成本	9700 元	9700 元	0 元	
单基接地装置，线路寿命周期总投入成本合计	60700 元	51000 元	11200 元	
线路总塔基数	100 基	100 基	100 基	
全线路全寿命周期接地投入	6070000 元	5100000 元	1120000 元	

10. 安装施工要求

1) 埋深：平地丘陵地区不小于 0.8 米，地表为土质的山区不小于 0.6 米，地表为岩石的山

- 区不小于 0.5 米，宽度不小于 0.4 米，且均不得小于耕作深度。
- 2) 引下线采用与石墨接地体相同规格的 $\Phi 28$ 石墨接地引下线（带铠装保护层），引下线与石墨基柔性接地体采用非金属专用夹具连接。
- 3) 接地体与临近设施接地体临近时，为防止反击，两接地体的最近距离不宜小于 7m。
- 4) 埋入接地带需填土夯实，回填土不得掺有石块及其杂物，必要时另取好土壤回填。
- 5) 应实测每一基地装置的接地电阻，测试方法按 GB50065-2011《交流电气装置的接地设计规范》执行。

11.设计计算例表

序号	土壤电阻率	允许电阻	型号	边框 S (m)	射线长度 L (m)	总长度 (m)	总重量 (kg)	土方量 (m³)
1	100 Ω /m	10	JKSML-A28 型	4*10	4*0	40	20	16
2	100-500 Ω /m	15		4*10	4*10	80	40	32
3	500-1000 Ω /m	20		4*10	4*25	140	70	56
4	1000-2000 Ω /m	25		4*10	4*40	200	100	80
5	>2000 Ω /m	30		4*10	4*50	240	120	96

四川健坤科技有限公司 技术部

赵长斌 18982025930

2018-4-28