

柔性石墨基接地在光伏电站中的 设计与探讨

汇报人： 刘洋



CONTENTS

目录

01

背景和意义

02

石墨基接地材料的
特点及性能

03

石墨基接地材料的
工程设计与施工

04

工程应用案例



01

背景和意义



背景和意义

1

光伏电站传统方案采用镀锌、覆铜扁钢等金属材料，不易与土壤贴合，要降低接地电阻须**增大接地网面积**。材料费用、青苗赔偿、土地征用等**费用增加**。



2

金属接地材料重量大，运输困难；现场需要切割、焊接等，**施工工艺复杂**。**施工综合成本高**。



3

金属材料在潮湿或者含盐量较高的土壤中**易腐蚀**，电阻增大，引发接地网**故障**。为满足要求年限就要增大截面积或镀层厚度，**材料成本增加**。



4

金属材料易**引发偷盗**现象，可能造成**接地网被破坏**或者**人身安全事故**。





背景和意义

新的接地解决方案？

综合性能佳



操作便捷

一种非金属接地材料
柔性石墨基接地体

性价比高



背景和意义

石墨基柔性接地体相关定义

1、石墨基柔性接地体：由膨胀石墨、玻璃纤维等材料制成的柔性复合接地体，具有很强的导电性、抗腐蚀性、降阻性和柔软性等特点。



2、铠装式柔性石墨接地引下线：在石墨接地体的基础上制作的高强度防外破、抗紫外线、防雨水冲刷的石墨基柔性接地体专用引下线。



3、非金属夹具：作为石墨基柔性接地体之间、石墨基柔性接地体和铠装式柔性石墨接地引下线之间连接用的连接件。由DMC和SMC材质制作，具有很强的机械强度、耐老化能力和耐受高低温性能。



石墨基柔性接地装置由石墨基柔性接地体、铠装式柔性石墨接地引下线、非金属夹具等构成。

石墨基柔性接地体每盘长度不宜大于100m。



02 石墨基接地材料的特点及性能



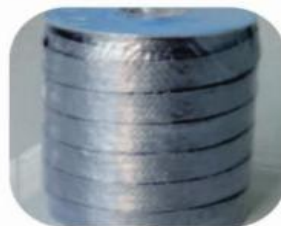
石墨基接地材料特点

国家电网及南方电网关于石墨基柔性接地体新技术推广

石墨基柔性接地体

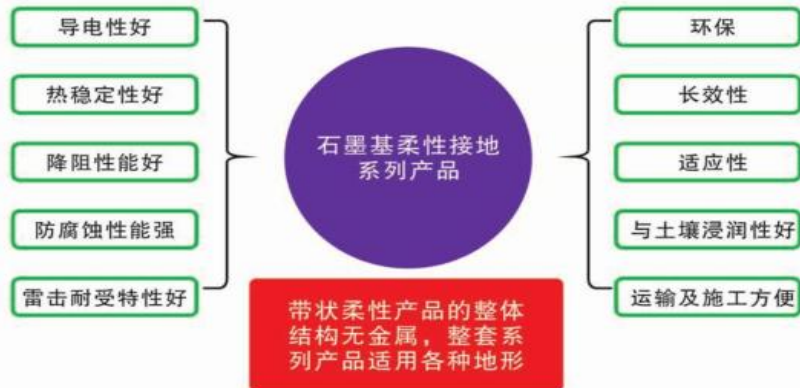


10.2 输电线路的接地技术	103
10.3 输电线路的山头技术	104
10.4 雷电灾害风险评估系统	106
10.5 基于全工况试验的绝缘设计技术	108
10.6 超高压输电工程应用	111
10.7 电力行业雷电灾害评估及预警技术	112
10.8 输电线路分布式雷灾监测技术	114
10.9 石墨基柔性接地体技术	116
10.10 电网气象监测预警技术	118
10.11 110kV~220kV 交流输电线路雷电过电压抑制技术	119
11 新能源发电及应用	122
11.1 新能源发电接入与并网技术	122
11.2 电网新能源接入能力评估技术	124
11.3 新能源发电接入能力计算技术	126
12 电网建设与改造	128
12.1 重大电网改造的电网规划技术	128
12.2 资产寿命周期管理通用技术方法	130
第二部分 应用类技术	133
1 特殊应用类技术	133
1.1 特高压直流输电	133
1.2 41100kV 特高压直流输电技术	135
1.3 特高压交流输电 IP 装置	137
2 直流、换流站类技术	140
2.1 直流换流站技术	140
2.2 换流站直流避雷器技术	142
3 智能变电站技术	143
3.1 高可靠性就地安装小型化保护装置	143
4 电力装备智能化技术	147
4.1 智能变电站继电保护及控制设备智能化技术	147
4.2 电网智能变电站的多类型电源优化互补调度关键技术	149
4.3 适应智能化变电站的智能调度关键技术	151
4.4 电网运行方式的优化及在线监控智能决策关键技术	153



石墨基柔性接地体保证了较好的导电性，并具有良好的耐腐蚀、抗拉、抗扭和抗弯等性能。且在常温下化学性质稳定，相比于常规金属接地材料，具有显著的防腐特性。由于石墨基柔性接地体是柔性材质，保证与土壤胶体在外力作用下有效贴合，减小接地体与土壤间空气间隙对接地电阻的影响。且石墨基柔性接地材料的有效散流面积大于钢材类接地材料，在雷电高频冲击下其有效散流长度远大于钢材类接地体，可显著降低冲击接地电阻。另外还有方便运输与施工、可有效地预防接地体偷盗及人为破坏、生产成本可控等优点。

带状接地体与土壤的接触面积大，所以接触电阻小，降阻效果更为明显；带状接地体在连接时接触面大，接触电阻小，连接性能优越；再者，带状接地体柔韧性更好，与土壤的湿润性好，进出更为紧密；带状产品包装运输方面，相对于同等长度的圆形的缆装来说包装体积小，方便运输使用；带状产品因与土壤接触面积大，所以散流效果就好，能快速的将电流散入大地。





石墨基接地材料性能分析

1、石墨基柔性接地体热稳定性分析

石墨基柔性接地体的电阻温度系数为负值，即温度上升时，电阻下降；
因电流热效应开始温升后，其电阻随之降低，导电能力反而增强。

热稳定校验

依据GB/T 50065-2011《交流电气装置的接地设计规范》
E.0.1条文说明公式计算热稳定系数（C值）

$$C = 10 \sqrt{\frac{TCAP}{\alpha_r \times \rho_r} \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}$$

→ C=5.45



$$S_g \geq \frac{I_g}{C} \sqrt{t_e}$$

T_m ——允许的最高温度(°C)，石墨基柔性接地体取450°C；

T_a ——环境温度(°C)，取40°C；

α_r ——20°C的电阻温度系数，石墨基柔性接地体取2650 $\mu \Omega \cdot \text{cm}$ ；

α_0 ——0°C的电阻率温度系数 (1/°C)，取 $-8.600 \times 10^{-4}/\text{°C}$ ；

K_0 —— $1/\alpha_0$ ，°C，取 $1/(-8.600 \times 10^{-4})$ ；

TCAP——容量因子，石墨基柔性接地体取 $TACP = 1.46276 \text{ J/cm}^3/\text{°C}$ ；

以1kA工频接地故障电流为
例，持续时间0.5s时



截面积 $\geq 129.8 \text{ mm}^2$

所需截面积较小



石墨基接地材料性能分析

2、石墨基柔性接地体腐蚀性能研究

放入pH值在3.10~8.80不等的5种土壤模拟液中进行测试，共历时190d



接地材料腐蚀试验土壤模拟液腐蚀试验

模拟液编号	土壤类型	质量浓度/(g·L ⁻¹)			pH 值
		NaCl	Na ₂ SO ₄	NaHCO ₃	
A	氯盐土	18.040	1.660	—	8.80
B	盐碱土	1.810	17.740	—	8.60
C	草甸土	0.028	0.190	0.110	7.40
D	红壤土	0.138	0.080	0.014	4.40
E	强酸土	0.138	0.080	0.014	3.10



溶液A pH8.80 溶液B pH8.60 溶液C pH7.40 溶液D pH4.40 溶液E pH3.10



石墨基柔性接地材料基本不受土壤条件的限制，
年腐蚀速率为0.13 g·dm⁻²·a⁻¹

以Q235钢对比为例



石墨基柔性接地体耐腐蚀性能显著优于钢材类

强通流能力的石墨基柔性接地材料在土壤中使用寿命预计可超过30年



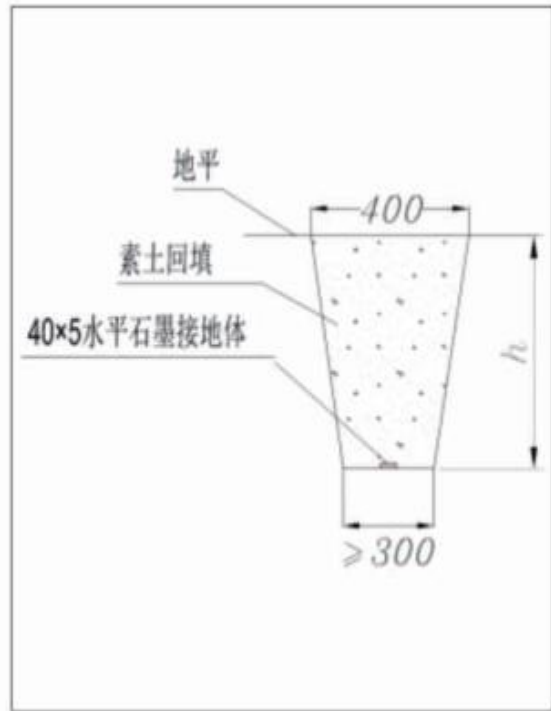
03

石墨基接地材料的 工程设计与施工

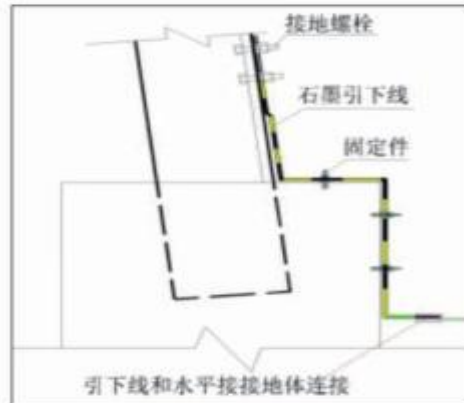


石墨基接地材料的工程设计

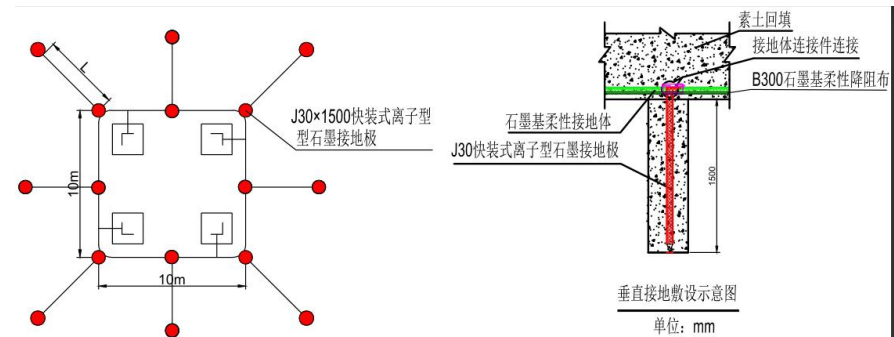
沟槽开挖及埋设



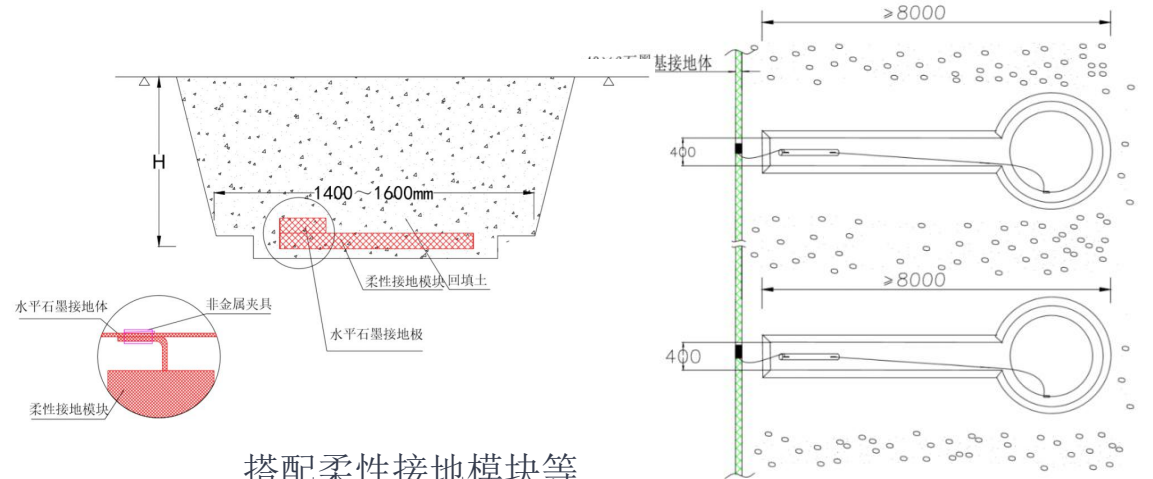
接地引下线



高土壤电阻率地区采用多材料组合成套方案



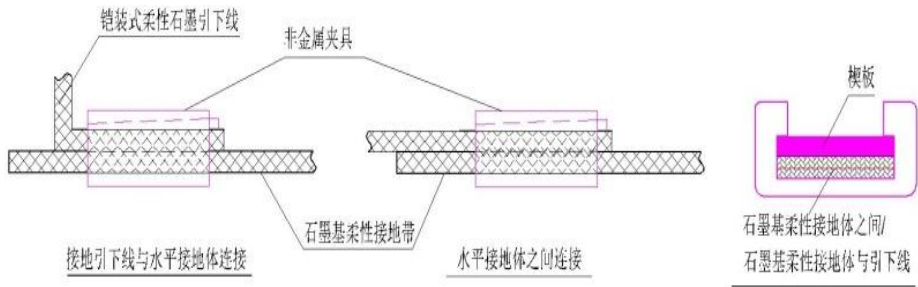
搭配降阻布



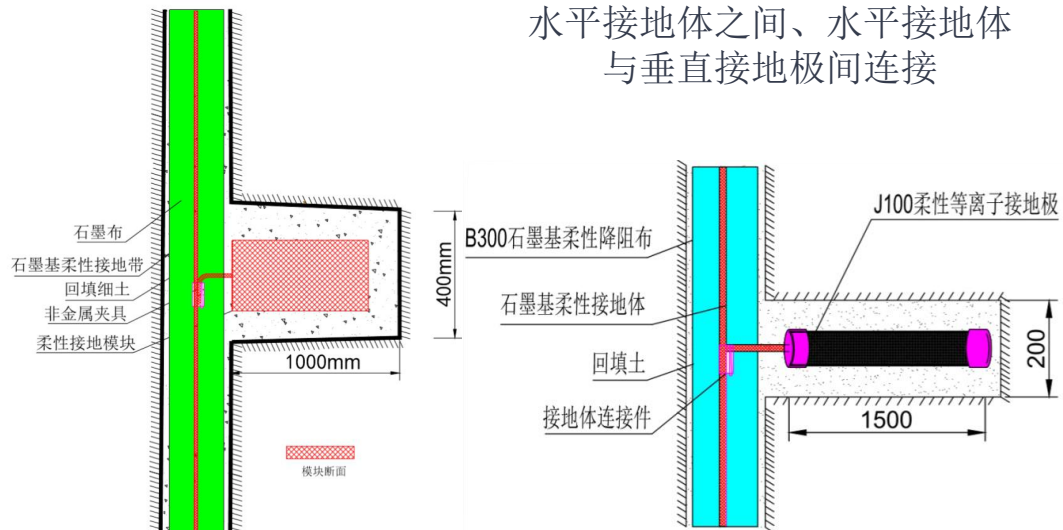


石墨基接地材料的工程设计

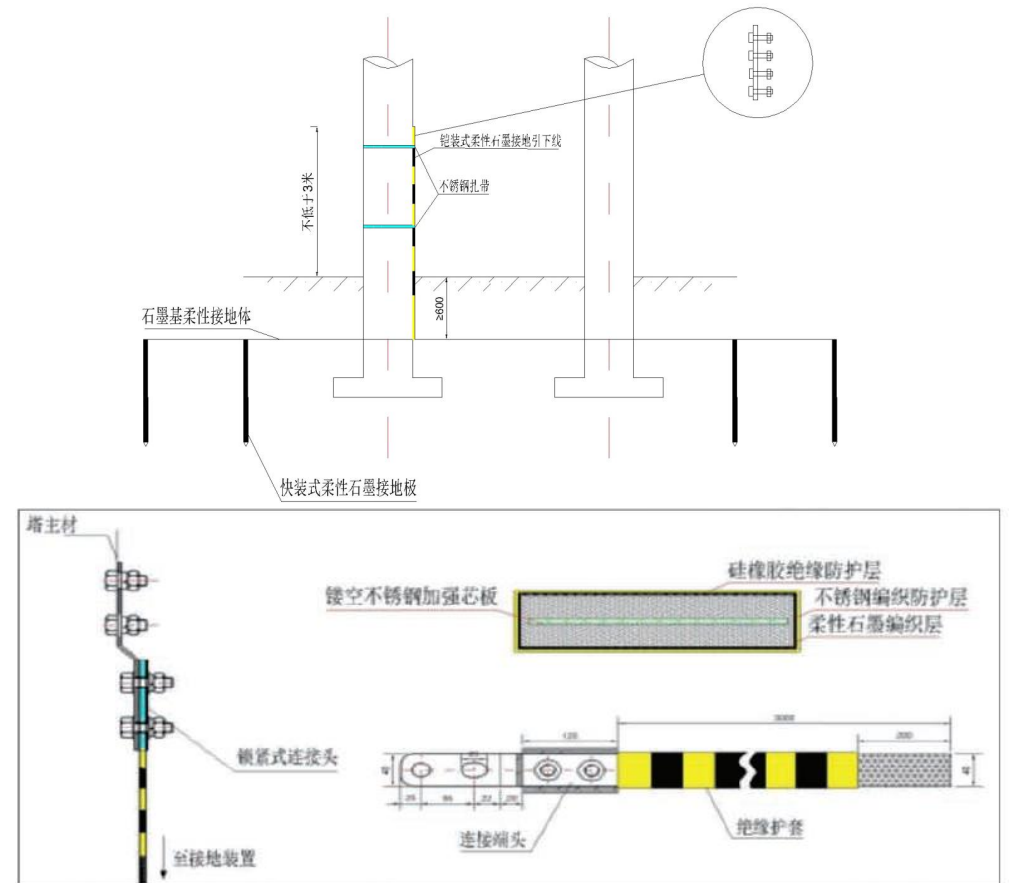
石墨基接地材料 组件间连接



水平接地体之间、水平接地体 与垂直接地极间连接



石墨基接地材料组件 与其他结构件连接





石墨基接地材料与钢材类对比

以50MW光伏场为例

镀锌钢与石墨基柔性接地材料用量对比表

接地材料	施工工艺分析如下
镀锌扁钢	1、市场常规-40×5 镀锌扁钢为 6 米长规格； 2、单米重量 1.256kg, 单根重量 7.536, 总用量 30000 米, 总重量 37.68 吨； 3、焊接点数为 5000 处, 焊接后防腐处理 5000 处；
石墨柔性接地体	1、常规包装为 100 米每卷； 2、单米重量 0.25kg, 单包重量 25kg, 总用量 30000 米, 总重量 7.5 吨； 3、连接点数为 300 处, 焊接后无需防腐处理；

镀锌钢与石墨基柔性接地材料综合对比表

项目	性能	生产	施工	维护
镀锌钢	导电性一般 (IACS8.5), 耐腐蚀性能一般。	生产工艺成熟, 厂家众多	铺设方便, 施工难度大, 需要焊接, 电焊实施可能会导致接头接触不良	一般情况下运行 7 年左右后需要更换; 造价低, 不易被盗
石墨基柔性接地体	非磁性, 提高冲击利用系数, 耐腐蚀性能优越, 抗酸碱。	生产厂家较少	易施工: 可盘绕, 运输方便; 开挖量少, 可蛇形开挖避开岩石、树木等, 回填简单, 采用压接连接, 无需焊接, 无需电源焊机 etc 现场要求	免维护, 可达 30 年以上; 无偷盗价值。

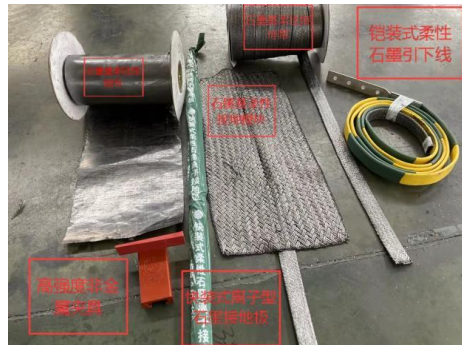
镀锌钢与石墨基柔性接地造价对比表

类型	产品型号	重量 (kg)	材料费 (万元)	运输 (万元)	焊接费用 (万元)	费用合计 (万元)
镀锌钢	-40×5	37680	28.5	5.65	3	37.15
石墨柔性接地体	-40×5	7500	28.5	1.16	0.45	30.11

石墨基柔性接地体性价比优于钢材类



石墨基接地材料的工程施工



连接时采用专用非金属夹具连接

与其他金属接地材料连接

水平接地带和垂直接地极的敷设



04 工程应用案例



工程应用案例

1、云南某山地光伏



光伏厂区主接地网敷设



光伏支架接地

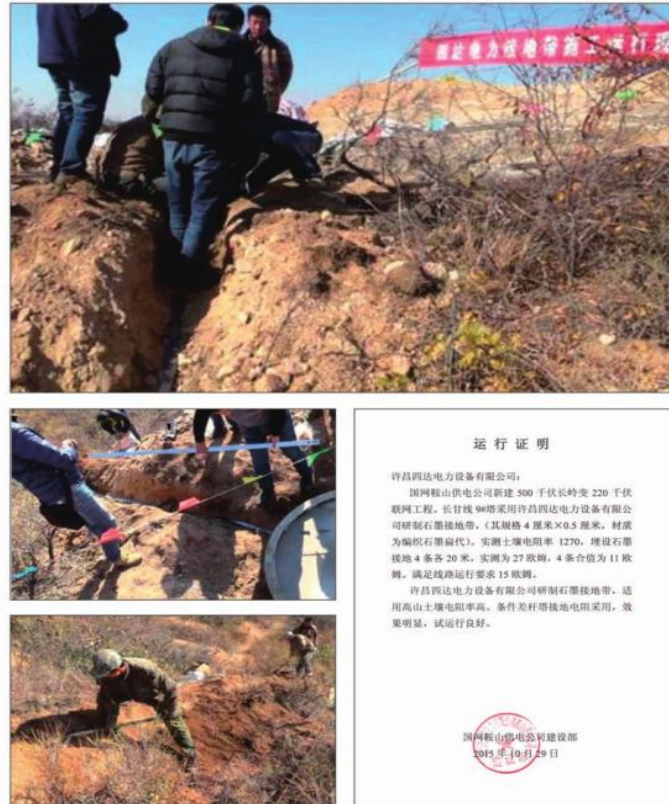


工程应用案例

柴拉直流 ±400kV 施工现场



500kV长岭变220kV施工现场



220kV杨柳~柳北线施工现场



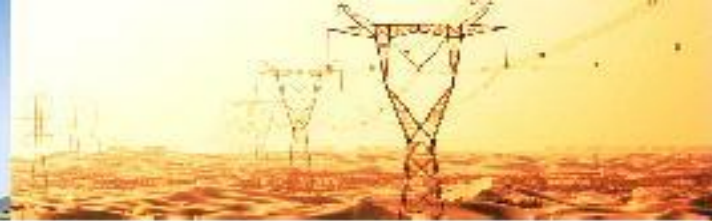


工程应用前景

综上，对于地形较为复杂的山地光伏或输电铁塔，考虑施工便利、后期维护、综合成本等因素，柔性石墨接地体综合性能优于传统金属接地材料，且费用会更低，结合柔性石墨基接地装置在光伏电站中的设计和应用，希望能为今后新建光伏电站中接地材料选型有所参考！

**西南院诚挚邀请各界人士考察合作，积极助力国家“30.60”战略目标
高质量发展！**





谢谢聆听！

