

基于Comsol的电缆中间接头绝缘缺陷电场分析

赵筱赫, 万留杰, 李士强
中国科学院电工研究所, 北京

简介: 作为电力电缆中绝缘最薄弱的环节, 电力电缆中间接头是局部放电的多发部位。在电缆敷设中, 中间接头一般为现场制作, 由于施工现场条件限制及施工人员的操作方法, 可能使接头处出现不同形式的工艺缺陷, 在强电场作用下, 缺陷处首先发生局部放电, 致使中间接头成为绝缘薄弱环节。本文以110KV电压等级的电力电缆为例, 综合分析几种常见的接头工艺缺陷对电场分布的影响, 说明不同的工艺缺陷对电缆内部场分布的影响, 为制订电缆中间接头工艺规范及缺陷控制标准提供参考标准。

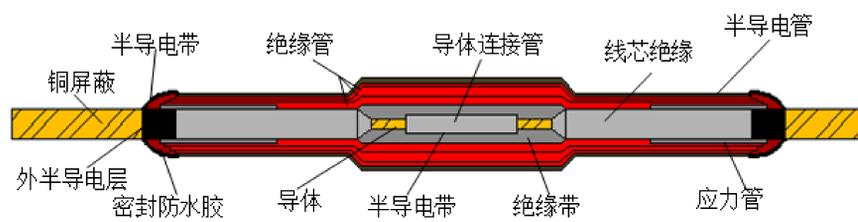
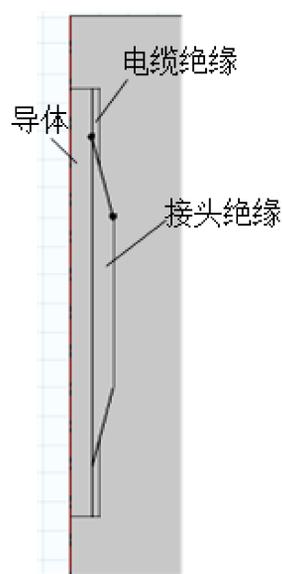


图1. 电缆中间接头结构

计算方法: 本研究根据电缆中间接头的结构, 建立2D轴对称的简化模型, 采用静电场分析模块, 进行不同缺陷下的电场分布计算, 说明不同的工艺缺陷对绝缘层中的电场分布的影响。

$$\begin{cases} \nabla \cdot \mathbf{D} = \rho_V \\ \mathbf{E} = -\nabla V \end{cases}$$

计算模型如图2(a)所示, 包括电缆导体、电缆绝缘及接头绝缘三个部分, 根据常见缺陷类型, 分别设置三种不同缺陷: 刀痕缺陷、导体表面粘附金属颗粒及绝缘中混入的导电杂质, 各自材料属性如图2b所示。设置导体与最外层绝缘之间的电位差为141400V, 根据电缆结构特点, 忽略端部效应。



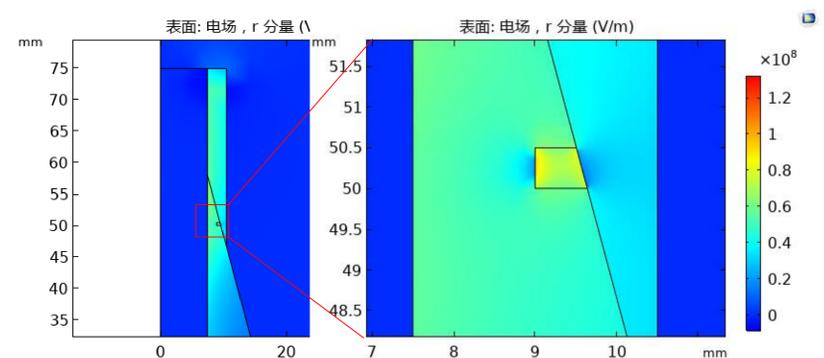
(a) 计算模型

| | 电导率 σ | 相对介电常数 ϵ_r | 相对磁导率 μ_r |
|------|-----------------|------------------------|------------------|
| 铜导体 | 5.99e7 | 1 | 1 |
| 电缆绝缘 | 0 | 5 | 1 |
| 接头绝缘 | 0 | 4 | 1 |
| 刀痕缺陷 | 0 | 1 | 1 |
| 导电颗粒 | 5.99e7 | 1 | 1 |
| 绝缘杂质 | 5.99e7 | 1 | 1 |

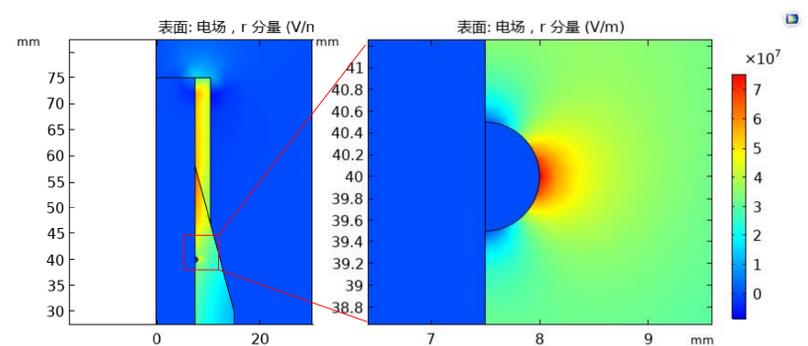
(b) 材料参数

图2. 计算模型及材料参数

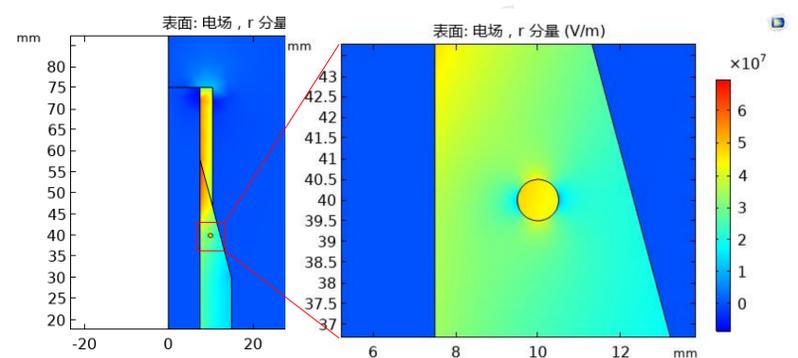
结果: 计算结果如图3所示, 不同类型的缺陷均会造成局部电场畸变。由图3(a)可知, 电缆绝缘剥切过程中, 由于进刀量控制不准造成的刀痕缺陷, 在绝缘中形成小范围空气气隙, 在强电场作用下, 空气中电场较强, 在刀痕附近的绝缘表面易发生局部放电。由图3(b)可知, 导体表面粘附的导电颗粒使周围电场异常增强, 形成绝缘薄弱环节。由图3(c)可知绝缘中混入导电杂质也会造成局部电场的畸变。



(a) 刀痕缺陷分析



(b) 导体表面金属颗粒电场分析



(c) 绝缘中混入导电颗粒电场分析

图3. 计算结果

结论: 仿真计算结果表明, 电缆中间接头的工艺缺陷会导致局部电场分布的畸变, 在缺陷区域形成局部电场增强, 增加了局部放电的概率。同时缺陷的尺寸与电场畸变量有密切关系。以仿真结果制订电缆中间接头制作工艺规范及验收标准, 对电缆中间接头的规范化施工具有重大意义。

参考文献:

1. 李喆, 惠宝军, 徐阳, 皮昊书, 陈志超. 10kV 电缆中间接头典型缺陷局部放电发展过程研究[J]. 电线电缆, 2015(05):5-10
2. 廖雁群, 惠宝军, 夏荣, 徐阳. 110kV 电缆中间接头及本体典型缺陷局部放电特征分析[J]. 绝缘材料, 2014, 47(05):60-67.
3. 常文治. 电力电缆中间接头典型缺陷局部放电发展过程的研究[D]. 华北电力大学, 2013.