

[绝缘子]

750 kV变电站门形架绝缘子金具场强计算及优化

文/湖北省电力勘测设计院 陈 根

针对一个处于设计阶段的750 kV变电站门形绝缘子金具，为了验证其正常运行情况下电场强度是否超限，要对其进行电场分布的研究。首先，根据当前的设计结构，建立三维电场分析模型。在施加额定电压的情况下，对其进行了静电场计算。然后，通过几种不同的结构改进方案，对模型进行修改并重新计算。最后，通过对比不同方案下的电场强度，给出了优化的结构。

变电站中的高压金具是其中的一个重要的组成部分，由于其正常运行时处于高电位，不合理的结构引起金具表面局部放电，会产生可听噪声污染并影响其使用寿命。因此，高压金具的设计是变电站整体设计中一个重要的环节。变电站中的金具主要包括管母、连接金具以及均压环等，在设计阶段，就需要考虑合适的金具结构和尺寸，保障其电场强度值控制在起晕场强以下。

金具设计优化，主要是对其表面的电场强度进行计算分析。目前国内外进行电场分析的主要方法有经验公式法、模拟电荷法以及有限元方法。前两种方法对分析对象进行了一定的简化和理想化处理，计算相对简单快速。而后者主要是精确考虑模型的结构和细节，通过网格离散的方法对分析对象各处的电位及电场分布进行精确求解。

采用有限元分析的方法，针对一台仍处于设计阶段的750 kV变电站门形架绝缘子金具进行结构优化，通过对比几种不同优化方案下的电场分布，最终提出了建议的优化设计方案。

计算模型

建立750 kV变电站门形构架中相V形绝缘子串分析模型，按门形构架、绝缘子、均压环和

母线实际尺寸建立模型。对连接金具、联板和线夹进行合理的外形简化。所有实体被两个空气立方体包围，第一层空气体恰好包住各个设备；第二层空气体为圆拱形，整体模型如图1所示。其中，只建立中相V形绝缘子串、连接金具以及均压环，另外两相只建立导线模型。

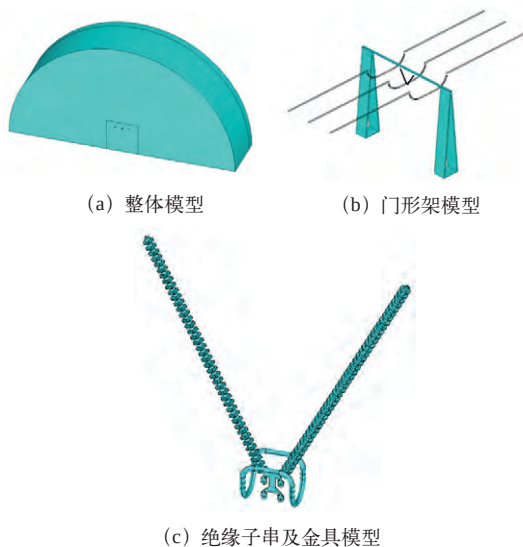


图1 分析对象实体模型

这里需要说明的是，根据有限元分析的相关理论和计算经验，计算区域的选择对于计算结果的影响比较大。这里的半圆柱形区域高为200 m，

长为80 m,在此区域边界的情况下,计算结果的准确度就能够满足工程分析的需要,同时也可以较大地节省计算时间。

原模型场强分布

通过有限元分析软件ANSYS,对实体模型进行剖分控制,可以得到进行电场分析的有限元模型,剖分过程不再赘述。由于在工频情况下,电磁波波长较模型尺寸大很多,该工频电场为似稳电场,可以通过静电场计算的方法进行简化计算。

中相V形绝缘子串的连接金具以及均压环,加载峰值电压 U_m ;另外两相导线按相序分别加载电压 $-U_m/2$ 。中相高压端导线、均压环、连接金具和与其相连的钢脚加载高电位为653 kV,低压端1号绝缘子铁帽和门形构架加载0电位。地面和外包空气边界加载0电位。计算模型中未知电位的钢脚和铁帽为悬浮电位导体,采用耦合自由度方法处理。原设计情况下的马鞍环管径为120 mm,对其进行电场计算,可得到金具的电场分布如图2所示。

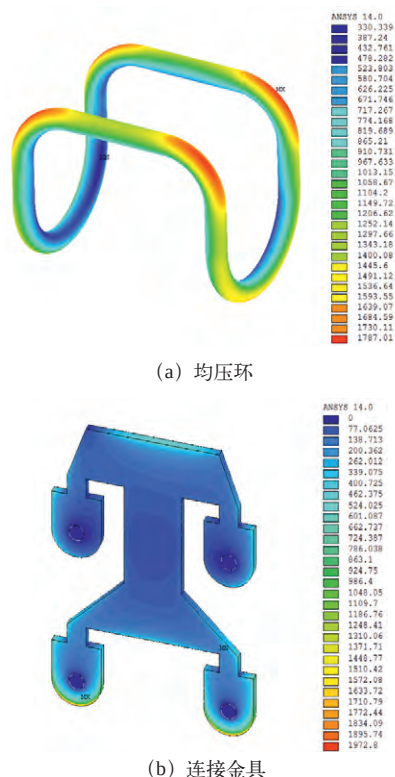


图2 金具表面电场强度云图

从图2中可以看出马鞍环表面最大场强值为17.87 kV/cm,出现在马鞍环上部圆弧处,此时结果小于20 kV/cm,符合场强值的要求;连板表面最大场强值为19.73 kV/cm,出现在均压环底部离

均压环最远处两角,其场强值也小于20 kV/cm,刚好符合场强值的要求,安全裕度很小,需要进行结构改进。

不同结构改进下电场分析

1. 改进方案

根据原设计结构下的电场分布情况,可以提出以下3种V形绝缘子串金具结构改进的方案,来降低其表面电场强度。改进方案主要包括增加均压环以及对现有均压环管径的改变。方案1为原均压环管径不变的情况下,在其下方添加管径为120 mm的跑道形均压环;方案2为单独将原均压环管径改为150 mm;方案3为原均压环管径改为150 mm的情况下,在其下方添加管径为150 mm的跑道形均压环。3种不同改造方案下的绝缘子串及金具结构如图3所示。



图3 绝缘子串金具结构改进图

2. 各方案下的结果分析

按照原结构模型情况下的方法,对模型重新进行修改、剖分、加载和计算,可以得到各改进方案下的金具表面电场强度分布,第一种方案下的结果如图4所示。

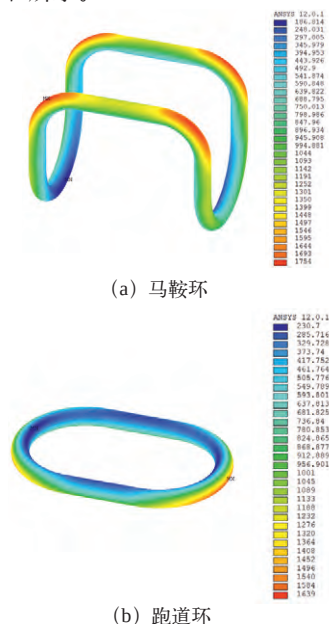


图4 方案1电场强度分布图

从图4可以看出马鞍环表面最大场强值为17.54 kV/cm, 出现在马鞍环上部圆弧处, 此时场强值小于20 kV/cm, 符合场强值的要求; 底部均压环的场强值为16.39 kV/cm, 也小于20 kV/cm, 满足场强值的要求, 可见, 底部加入均压环后马鞍环场强值减小明显, 效果很好。因此马鞍环半径为120 mm, 且在底部加上均压环后各场强值均满足要求。第二种方案下的结果如图5所示。

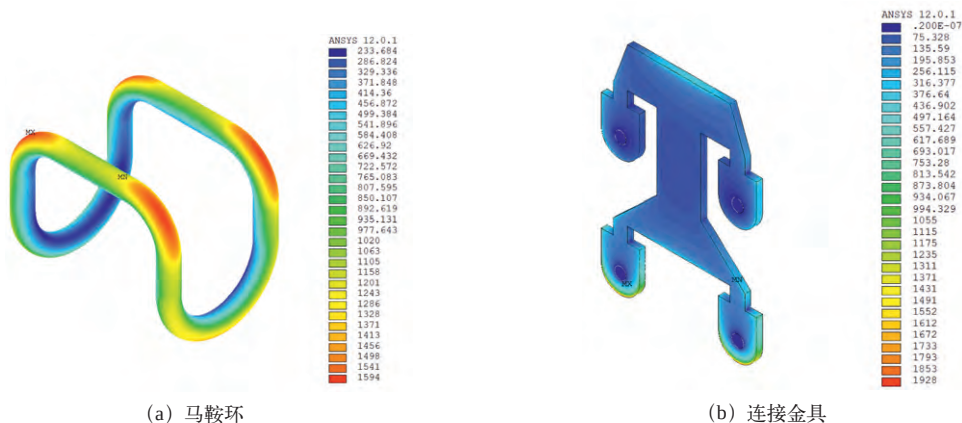


图5 方案2电场强度分布图

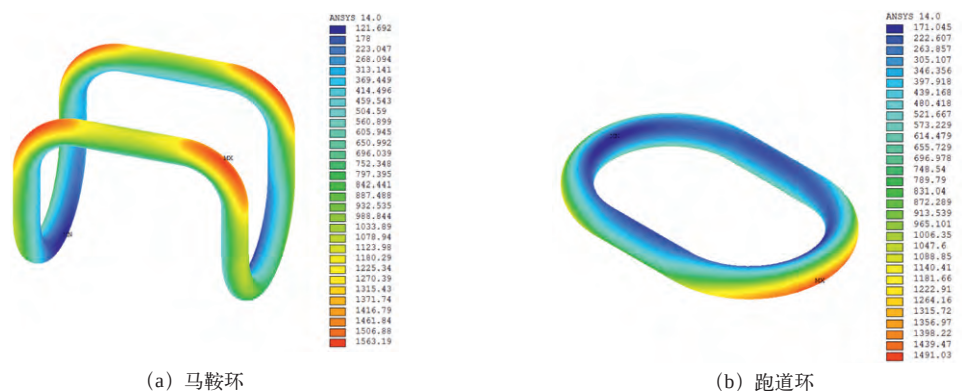


图6 方案3电场强度分布图

从图6可以看出马鞍环表面最大场强值为15.63 kV/cm, 出现在均压环上部圆弧处, 其场强值小于20 kV/cm, 符合场强值的要求; 连板底部均压环表面的最大场强值为14.91 kV/cm, 也符合场强值的要求, 可见马鞍环管径为150 mm并且底部加均压环后连板的场强明显减小, 所以马鞍环管径为150 mm且底部加均压环后的各场强值是符合要求的, 并且与马鞍环半径为120 mm并且底部加均压环相比各场强值还要小一些。

综合分析上面3种改造方案的效果, 从经济性和技术性的角度共同考虑, 建议选择第一种方案进行优化设计。

从图5可以看出马鞍环表面最大场强值为15.94 kV/cm, 出现在马鞍环上部圆弧处, 此时效果较120 mm的明显, 符合场强值的要求; 连板表面最大场强值为19.28 kV/cm, 出现在均压环底部离均压环最远处两角, 其场强值也没超过20 kV/cm, 也符合场强值的要求, 但是安全裕度仍然很小。这说明单独增加马鞍环的管径是不能有效降低金具整体电场强度的, 该方案不满足要求。第三种方案下的结果如图6所示。

结束语

对一台仍处于设计阶段的750 kV变电站门形架绝缘子金具进行了电场仿真和结构优化, 最终得出如下结论。

1) 原设计情况下的绝缘子串连接金具与均压环的电场强度结果偏大, 导致安全裕度很小, 需要进行结构优化来降低电场强度。

2) 通过3种结构改进方案下的电场强度计算, 得出从经济性和技术性的角度考虑, 通过添加均压环的方式可以得到较好的改进效果。EA

(收稿日期: 2015.06.19)

(编辑: 刘群点)