双架空接闪线保护范围探讨及计算

应用滚球法原理对双架空接闪线保护范围进行了分析，提出了实际安装的架空接闪线与理论双平行线的差别，分析了双架空接闪线的保护范围边界的构成，以某仿真方案为例进行运算，分析该例子中双架空接闪线对建筑物的保护情况，并对方案的完善提出了三种不同的调整措施。

黄　旭　张　丹／中机中联工程有限公司

黄　旭／工程师

关键词／Keywords

滚球法·

防雷计算·

双架空接闪线·

根据GB 50057—2010《建筑物防雷设计规范》[1]（以下简称《雷规》），第一类防雷建筑防直击雷应采取装设独立接闪杆或架空接闪线/网，对于高度达10～15 m且面积较大的第一类防雷建筑物，仅采用独立接闪杆很难达到防直击雷防护要求，而且由于面积较大，采用架空接闪网成本较高，这时采用架空接闪线是较好的选择。

本文从双架空接闪线保护范围的分析和实际情况出发，分析了实际双线保护范围与双平行线保护范围的不同，提出了在设计中防雷计算必须验算的雷击危险部位，之后采用一个仿真实例，对该情况中双架空接闪线对建筑物的直击雷防护情况进行了验算，并提出了三种不同的改进方案同时进行了分析。

保护范围分析

当建筑面积较大，单根架空接闪线不能完全保护建筑物时，需要采用多根架空接闪线，《雷规》D.0.6中的计算仅是两根等高平行线的保护范围计算，而实际的架空接闪线是架设在接闪线塔上，当接闪线塔作为端头时，假定两根接闪线平面图布置如图1所示，中心线1－1剖面上的滚球半径为30 m时的保护范围如图2所示，图2中半径30 m的滚球与地面相切，且两个接闪线塔的塔尖点在滚球面上，图2中的阴影部分为受保护范围，既不同于双平行线也不同于双接闪杆的保护范围，当建筑物与架空接闪线端头较近的时候，仅采用双平行线进行计算无说服力。

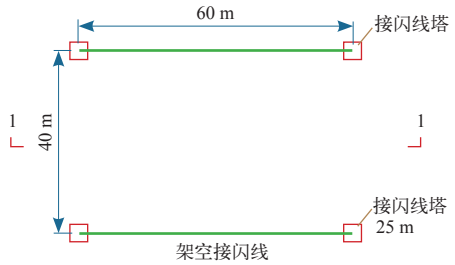

图1　某双架空接闪线平面布置

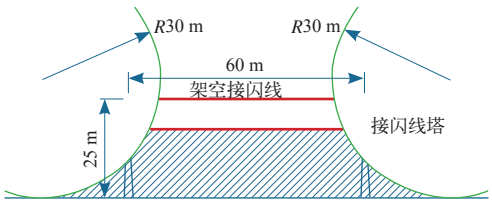

图2　1－1剖面上的滚球半径为30 m保护范围

以上的分析将架空接闪线视为直线，而根据《雷规》要求接闪线根据不同的材质有最小直径要求，在架空接闪线自重的作用下，架空接闪线会有弧垂，依据《防雷击接地安装》99D501－1图集3－57中的表格，架空接闪线长度每增加20 m，弧垂增加0.8 m，在架空接闪线的中点，距地高度最低，在防雷保护计算中必须考虑弧垂的影响。

计算方法

实际使用的双架空避雷针的保护范围并不同于《雷规》附录D中的各种情

中国知网　https://www.cnki.net

况，因此对于双架空接闪线的计算和范围确定应该基于滚球法的基本原理，滚球法的基本原理在《雷规》5.2.12条文说明中有明确讲述：“滚球法是以h_r为半径的一个球体，沿需要防直击雷的部位滚动，当球体只触及接闪器，包括被利用作为接闪器的金属体，或只触及接闪器和地面包括与大地接触并能承受雷击的金属物，而不触及需要保护的部位时，则该部位就得到接闪器的保护”。

在对双架空接闪线保护计算时，应根据实际情况绘制各个最危险方向的滚球，核算各个防雷最不利点是否在滚球外部，从而判断整个建筑物是否处于架空接闪线有效保护范围内。

仿真实例

1. 方案描述

如图3所示，以图3中的建筑为例进行计算验证，图3中某第一类防雷建筑物尺寸56 m×40 m，建筑最高点13 m，采用接闪杆或单根架空接闪线无法实现对该建筑的保护，因此用两根架空接闪线作为直击雷防护，接闪线塔高30 m，接闪线跨度60 m，接闪线最低点为接闪线中点位置，其高度为（30－3×0.8）m＝27.6 m。接闪线及该建筑的平面布置。如图3所示，建筑中防雷最不利点有*A*、*B*、*C*和*D* 4点，若该4点在保护范围内则整个建筑处于双架空接闪线的保护范围内。图中，*X*、*Y*、*M*和*N*点为4个接闪线塔的塔尖点，关于*BD*所在垂直平面对称。

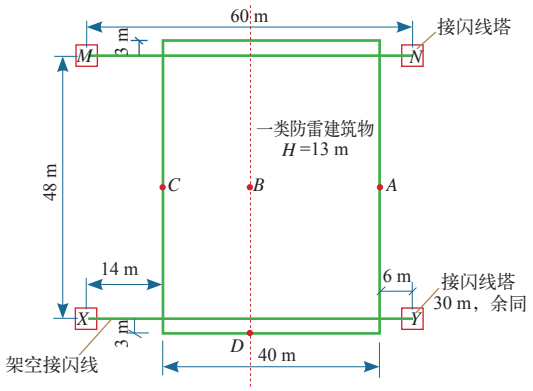

图3　平面布置图

2. 防雷计算

以下分别对于上述4个最不利点分别进行计算分析，计算中对于第一类防雷建筑物，滚球半径取30 m。

（1）*B*点

对于*B*点的验算主要考虑在架空接闪线上方的滚球，即*B*点是否在与两根接闪线相切的滚球范围以外。计算公式采用《雷规》D.0.6。首先因为

$$2\sqrt{h(2h_r-h)}=59.8\ \text{m}>D=48\ \text{m} \qquad (1)$$

故保护范围按两根等高接闪线确定。

根据D.0.6－1，即

$$h_0=\sqrt{h_r^2-(\frac{D}{2})^2}+h-h_r=15.4\ \text{m} \qquad (2)$$

式中，h_r为滚球半径；*D*为接闪线间的间距；*h*为接闪线高度；h_0为保护范围最低点的高度。

保护范围最低点的距地高度大于建筑物的最大高度13 m，因此*B*点在保护范围内。

（2）*D*点

对于*D*点的计算可以假定建筑俯视图的下方有一个滚球，球心为*O*，*O*点在*BD*点所在的垂直面上，该滚球与接闪线及地面均相切，*D*点所在轴线剖面图如图4所示。

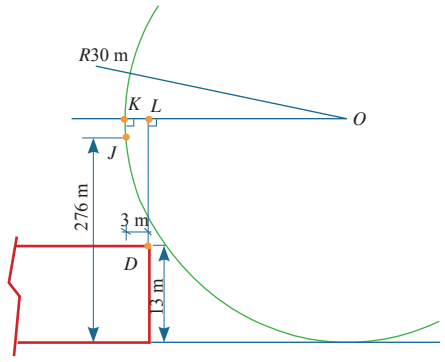

图4　*D*点所在轴线剖面图

图4中*J*点为接闪线，*O*为滚球球心，*K*和*L*分别向球心水平线所作垂线的垂足

$$OK=\sqrt{h_r^2-(h_r-27.6)^2}=29.9\ \text{m} \qquad (3)$$

故*OL*＝26.9 m。因而有

$$OD=\sqrt{(30-13)^2+(29.9-3)^2}\ \text{m}=31.82\ \text{m} \qquad (4)$$

*OD*之间距离大于滚球半径30 m，因此*D*点在保护范围内。

（3）*A*点和*C*点

关于*A*点和*C*点的计算方法是相同的，由于*B*点

中国知网　https://www.cnki.net

受保护，而B点位置对应的接闪线高度最低，因此可以不用考虑接闪线上方的滚球范围，A点和C点一定不会被接闪线上方的滚球接触，需要考虑的危险滚球在建筑侧面。

1）首先计算C点。假定有一个圆心为O_1的滚球在建筑左侧，其与地面相切，且X点与M点在滚球上，如图5所示。

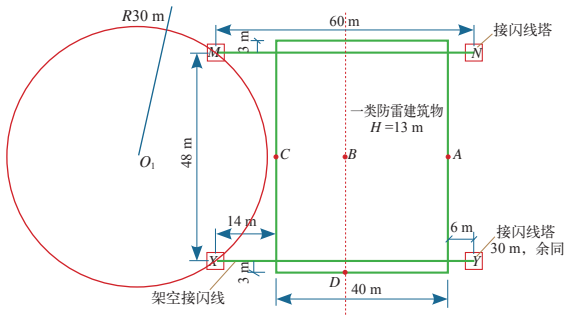

图5　平面布置图

因O_1、X及M点高度均为30 m，此时O_1与XM线的垂直距离为

$$\sqrt{h_r^2-(48/2)^2}=18\ \text{m} \tag{5}$$

又XM直线距建筑物13 m，故

$$O_1C=\sqrt{(18+14)^2+(30-13)^2}\ \text{m}=36.23\ \text{m} \tag{6}$$

故C点在滚球外，处于保护范围内。

2）同样对A点。假定有一个圆心为O_2的滚球在建筑右侧，其与地面相切，且Y点与N点在滚球上，如图6所示。

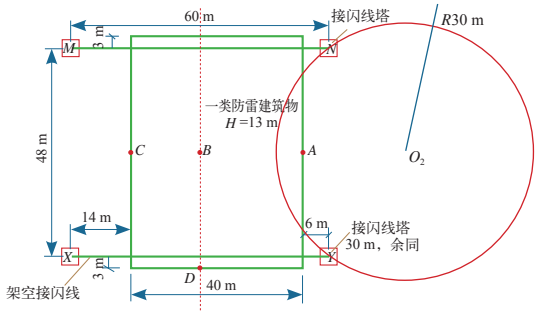

图6　平面布置图

因O_2、Y及N点高度均为30 m，此时O_2与YN线的垂直距离为

$$\sqrt{h_r^2-(48/2)^2}=18\ \text{m} \tag{7}$$

又YN直线距建筑物6 m，故

$$O_2A=\sqrt{(18+6)^2+(30-13)^2}\ \text{m}=29.41\ \text{m} \tag{8}$$

故A点在滚球内，未处于保护范围内。

3. 方案分析

根据以上计算，BCD点在保护范围内，而A点在保护范围外，该点有潜在的雷击危险，因此需要调整方案采取保护措施，扩大保护范围，从而将A点包含进受保护区域，可以采取的措施有以下几条。

（1）增加接闪线

比较容易的保护方案是在YN之间架设接闪线，使得建筑侧面的滚球不再能威胁到本建筑，这样的方案不用进行平面调整，只会增加一定成本。

（2）X、Y两个接闪线塔上移

在不改变接闪线长度的条件下将XY线上移，设上移距离为y，O_2点距建筑外墙距离为x，则

$$\sqrt{x^2+(30-13)^2}>30\ \text{m} \tag{9}$$

故$x>24.72$ m，又有

$$\sqrt{h_r^2-[(48-y)/2]^2}=x-6 \tag{10}$$

故$y>1.115$ m，即XY线至少需要上移1.115 m，才能保证A点在保护范围内，此时需要重新核算D点保护，根据式（5）重新计算有

$$OD=\sqrt{(30-13)^2+(29.9-3-1.115)^2}\ \text{m}=30.80\ \text{m} \tag{11}$$

$OD>30$ m，D点依然在保护范围内。故此调整方案是可行的。

（3）Y、N两个接闪线塔右移

在不改变两根架空接闪线相对位置的条件下，将右侧Y和N两个位置的接闪线塔向右移，可以使右侧危险滚球远离建筑，设至少需要右移距离为z，由式（6）有

$$\sqrt{(18+6+z)^2+(30-13)^2}>30\ \text{m} \tag{12}$$

故$z>0.718$ m。

当Y和N处的两个接闪线塔右移0.718 m即可使A点处于保护范围内。

此时由于线路加长，弧垂增加，需要考虑接闪线上部滚球的影响，由于根据式（2）计算得保护高度为15.4 m，而建筑物最大高度13 m，因此即使弧垂增加2.4 m仍然可以保护，即架空接闪线长度增加60 m时仍然能保护B点。因此本调整方案也是可行的。

虽然以上三个调整方案均可行，但在实际的

（下转第111页）

中国知网 https://www.cnki.net

表 OGG使用前后CPU、内存占用率对比表

资源占用情况	日期	CPU使用率（%）			内存使用率（%）		
		峰	谷	平	峰	谷	平
OGG安装后	10月22日	1.00	0.00	0.01	32.92	31.57	32.03
	10月23日	2.00	0.00	0.02	33.58	31.82	32.75
	10月24日	0	0.00	0.00	32.78	31.38	32.42
	10月25日	2	0.00	0.04	32.17	31.03	31.79
	10月26日	1	0.00	0.02	32.75	31.45	32.47
OGG安装前	10月22日	0.95	0.00	0.01	31.35	30.07	30.50
	10月23日	1.87	0.00	0.02	31.38	29.74	30.61
	10月24日	0	0.00	0.00	30.92	29.60	30.58
	10月25日	2	0.00	0.04	30.64	29.55	30.28
	10月26日	1	0.00	0.02	30.05	28.85	29.79

各项业务的支持。

结束语

综上所述，OGG软件是一种基于数据库日志的数据实时复制产品，广泛应用于灾备系统[3,4]。为满足国家电网公司将27省（市）网客服业务上收的实际需求，本文创造性的将OGG应用于大型客服中心系统建设中，实现占用极少的系统资源，进行实时数据复制，提高了客服中心系统查询客户档案数据的准确性、及时性，维护了业务系统正常稳定的运行。同时，设计了查询库，完成数据的整合、存储和应用。为OGG复制技术应用指明了新的方向，并形成了宝贵经验。

参考文献

[1] 俞凯晟．Oracle GoldenGate软件在数据迁移中的应用 [J]．微型电脑应用，2012 (4)：47-50．

[2] 龚艳．通过Oracle GoldenGate实现灵活实时的数据推送 [J]．信息与电，2012 (3)：110-111．

[3] 闫波，韩秀卓．数据复制技术在灾备系统中的研究与应用 [J]．计算机技术与发展，2007 (9)：250-254．

[4] 罗易．存储数据复制技术在容灾系统中的应用 [D]．重庆：重庆大学计算机技术系，2008．

（收稿日期：2015－01－20）EA

(上接第56页)

设计中，往往有接闪线塔距建筑基础，距道路等的间距要求，还有周边建筑等客观条件制约，需要进行综合考虑以采用最合理、最经济的方案。

结束语

综上所述，本文从双架空接闪线保护范围的分析和实际情况出发，分析了实际双架空接闪线的保护范围，指出了其与《雷规》上双平行线保护范围的不同，提出了在设计中双架空接闪线的防雷计算必须依据滚球防雷的基本原理，验算建筑物受雷击的危险部位，之后采用一个仿真实例，对该情况中双架空接闪线对建筑物的直击雷防护情况进行了分析，通过对不同位置雷击最不利点的计算，判断各点是否处于保护范围，对处在保护范围外的部分提出了三个不同的改进方案，并进行了分析验算。

参考文献

[1] GB 50057—2010 建筑物防雷设计规范 [S]．北京：中国计划出版社，2010．

（收稿日期：2014－07－01）EA

中国知网 https://www.cnki.net