

架空送电线路基础上拔稳定计算公式的修正

王高益

(海南电力设计研究院, 海南 海口 570203)

摘要:通过对《电力工程高压送电线路设计手册(第二版)》和《架空送电线路基础设计技术规定》(DL/T 5219-2005)的对比与分析,同时结合山西院基础设计程序 Tfd2006 的编制原理,发现《架空送电线路基础设计技术规定》中上拔稳定计算公式中个别参数的表述有误,需要对其进行修正,以供同行参考设计。

关键词:送电线路;基础;上拔稳定;公式;修正

Abstract: Through comparing and analyzing "Design Manual for High-voltage Transmission Line in Power Engineering (Second Edition)" and "Technical Regulation for Designing Foundation of Overhead Transmission Lines" (DL/T 5219-2005), and combined with the principle of the basic design process Tfd2006 by Shanxi Electric Power Research Institute it is found that the expressions of several parameters in the formula for calculating uplift stability in "Technical Regulation for Designing Foundation of Overhead Transmission Lines" are wrong. The amendments are carried out for your reference.

Key words: transmission line; foundation; uplift stability; formula; amendment

中图分类号: TM745 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003-6954(2011)01-0056-02

0 前言

上拔稳定是输电线路杆塔基础设计的一项重要内容,按照现行的基础设计规程《架空送电线路基础设计技术规定》(DL/T 5219-2005),其基础上拔稳定根据抗拔土体的状态分为剪切法和土重法两种,两种方法所采用的计算公式均对基础的埋置深度表述有误,使计算出来的基础抗上拔力比实际的偏大,有可能出现通过 Tfd2006 程序计算满足的铁塔基础不满足真正的抗拔要求(备注:在原有设计裕度不大的情况下),为避免因上拔不够导致工程事故,特提出将计算公式中的基础埋置深度进行修正。

1 基础的设计原理和计算模型

1.1 剪切法基础的设计原理和计算模型

采用剪切法设计的基础,其抗拔承载力由基础自重和土体破裂面剪切阻力的竖向分量组成(见图 1)。

剪切法的计算公式为

$$[T] = \gamma_E \gamma_0 (0.4 A_1 c_w h_t^2 + 0.8 A_2 \gamma_s h_t^3) + Q_f \quad (1)$$

由于该型基础以天然不扰动土作为抗拔土体,因此在上拔稳定计算时计算上拔深度应扣除表层非原

状土层的厚度 h_0 ,当地面为植土或耕土层时,一般取为 0.3 m;另外,采用该法设计基础时,上拔稳定的计算深度还应扣除基础底板的高度 Δh 也就是说,采用剪切法设计的基础,其上拔稳定的计算深度 h_1 应是基础埋置深度 h_t 减去 $h_0 + \Delta h$ (即 $h_1 = h_t - h_0 - \Delta h$),而不是基础埋置深度 h_t ,设计采用修正公式(2)进行抗拔稳定计算。

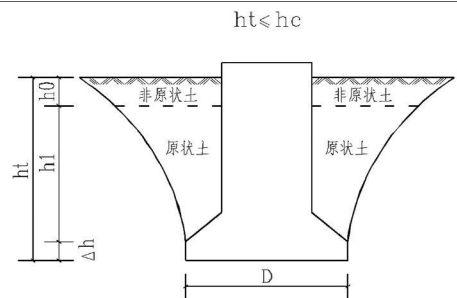


图 1 剪切法计算上拔稳定

$$[T] = \gamma_E \gamma_0 (0.4 A_1 c_w h_1^2 + 0.8 A_2 \gamma_s h_1^3) + Q_f \quad (2)$$

1.2 土重法基础的设计原理和计算模型

采用土重法设计的基础,其抗拔承载力主要由基础自重和基础底板上方上拔角范围内土体重量组成(见图 2)。

土重法的计算公式为(如方形底板)

$$[T] = \gamma_E \gamma_s \gamma_{01} [h_t (B^2 + 2Bh_t \tan \alpha + \frac{4}{3} h_t^2 \tan^2 \alpha) - \Delta V_1 - V_0] + Q_f \quad (3)$$

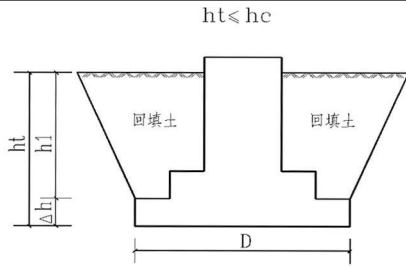


图 2 土重法计算上拔稳定

由于该型基础是埋置于预先挖好的基坑内并用回填土夯实,它是以扰动的回填土构成抗拔土体来保持基础的上拔稳定,计算回填土是从底板台阶上部开始,按上拔角向四周扩展的倒土锥体形成的体积,而不是从底板台阶下部开始计算,因此在上拔稳定计算时计算上拔深度应扣除基础底板的高度 Δh 也就是说,采用土重法设计的基础,其上拔稳定的计算深度 h_1 应是基础埋置深度 h_r 减去 Δh (即 $h_1 = h_r - \Delta h$),而不是基础埋置深度 h_r ,设计采用修正公式(4)进行抗拔稳定计算。

$$[T] = \gamma_E \gamma_s \gamma_{01} \left[h_1 (B^2 + 2Bh_1 \tan \alpha + \frac{4}{3} h_1^2 \tan^2 \alpha) - \Delta V_t - V_0 \right] + Q_f \quad (4)$$

2 计算实例

为了能直观地体现这个参数对基础抗拔力的影响,特以计算实例来对上拔稳定计算公式修正前后作对比分析,并利用时下全国大部分设计院所使用的基础设计程序 Tfd2006加以验证,根据验证的结果,从而说明修正上拔稳定计算公式的合理性、必要性和迫切性。

(1)例如某一铁塔的基础设计资料如下。

基础作用力:上拔力 $T_E = 238.0 \text{ kN}$,水平力 $T_x = 20.5 \text{ kN}$, $T_y = 17.6 \text{ kN}$;

工程地质:土壤重度 $\gamma_s = 16 \text{ kN/m}^3$,上拔角 $\alpha = 18^\circ$,土的内摩擦角 $\Phi = 20^\circ$,土壤凝聚力 $c = 28 \text{ kPa}$,土壤实际饱和度 $S_r = 39\%$,扰动土厚度 $h_0 = 300 \text{ mm}$,无地下水;

铁塔参数:直线塔,正面根开 $= 5500 \text{ mm}$,侧面根开 $= 5500 \text{ mm}$;

剪切法基础尺寸:基础埋深 $h_1 = 2500 \text{ mm}$,底板直径 $D = 1800 \text{ mm}$,主柱直径 $= 800 \text{ mm}$,主柱高度 $= 2100 \text{ mm}$,主柱露头 $= 200 \text{ mm}$,圆台高度 $= 500 \text{ mm}$,底板高度 $= 100 \text{ mm}$;

土重法基础尺寸:基础埋深 $h_1 = 2300 \text{ mm}$,底板宽度 $B = 2000 \text{ mm}$,主柱宽度 $= 800 \text{ mm}$,主柱高度 $= 2000 \text{ mm}$,主柱露头 $= 300 \text{ mm}$,上部台阶[1]宽 $= 300 \text{ mm}$,上部台阶[1]高 $= 300 \text{ mm}$,底板台阶[2]宽 $= 300 \text{ mm}$,底板台阶[2]高 $= 300 \text{ mm}$;

(2)根据上述已知条件,可分别计算出采用剪切法和土重法时的基础允许抗上拔力。

1)剪切法基础允许抗上拔力

修正前采用公式(1)计算,得出

$$[T] = (0.4 \times 2.25 \times 38.2 \times 2 \times 2.5^2 + 0.8 \times 0.62 \times 16 \times 2.5^3) + 44.13 = 383.01 \text{ kN}$$

修正后采用公式(2)计算,得出

$$[T] = (0.4 \times 2.25 \times 38.2 \times 2 \times 2.1^2 + 0.8 \times 0.62 \times 16 \times 2.1^3) + 44.13 = 269.24 \text{ kN}$$

运用 Tfd2006 程序计算得出的结果见图 3。

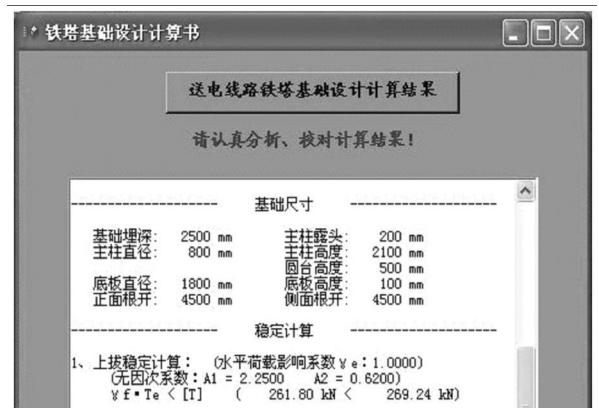


图 3 剪切法 Tfd2006 程序计算结果

由计算结果可以看出,剪切法修正后计算得出的基础抗上拔力与 Tfd2006 程序的计算结果吻合,这个数值是基础实际允许的抗上拔力,同时可以发现,修正前计算得出的基础抗上拔力远远大于修正后的值,是修正后的 1.42 倍。因此,在设计基础时,如果以修正前的基础抗上拔力为依据,势必造成因上拔力不够而导致杆塔倾倒的情况发生。

2)土重法基础允许抗上拔力

修正前采用公式(3)计算,得出

$$[T] = 16 \times [2.3 \times (4 + 2.9893 + 0.7446) - 1.676] + 67.49 = 325.28 \text{ kN}$$

修正后采用公式(4)计算,得出

$$[T] = 16 \times [2 \times (4 + 2.6 + 0.5631) - 1.676] + 67.49 = 269.88 \text{ kN}$$

运用 Tfd2006 程序计算得出的结果见图 4。

由计算结果可以看出,土重法修正后计算得出的

(下转第 86 页)

烟煤,从而根本上解决高负荷运行时炉内大量、严重的结焦问题,改善锅炉安全运行状况及提高锅炉热效率。

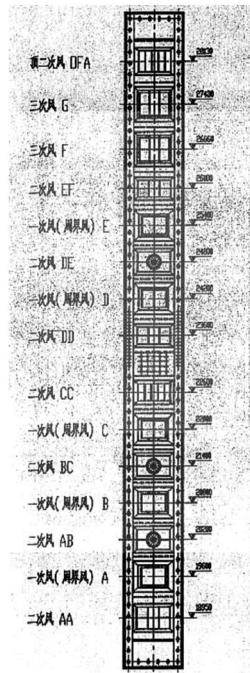


图 1 燃烧器一、二次风间隔布置简图

4 结 语

锅炉结焦是一个复杂的物理化学过程,它与燃料煤种、炉膛结构、运行氧量、炉内空气动力场及温度场、燃烧切圆直径、风煤配合、吹灰使用、燃烧器布置方式等许多因素有关,通过对锅炉结焦原因进行具体分析,针对性地采取有效措施治理改造,可大大减轻炉膛结焦的程度,避免炉内大量结焦、结大焦而危及锅炉安全运行,并由此改善锅炉运行状况,提高运行安全性及锅炉热效率。

本次锅炉改造的成功经验,对大型火电机组节能及优化运行具有一定的参考价值。

参考文献

[1] 容奎恩,袁振福,刘志敏,等. 电站锅炉原理 [M]. 北京:中国电力出版社, 1998.

[2] 华东电机工程学会. 锅炉设备及其系统 [M]. 北京:中国电力出版社, 1999.

(收稿日期: 2010-10-12)

(上接第 57 页)

基础抗上拔力与 Tfd2006 程序的计算结果吻合,这个数值是基础实际允许的抗上拔力,同时可以发现,修正前计算得出的基础抗上拔力远远大于修正后的值,是修正后的 1.21 倍。因此,在设计基础时,如果以修正前的基础抗上拔力为依据,势必造成因上拔力不够而导致杆塔倾倒的情况发生。

行,如果设计时按照现行《架空送电线路基础设计技术规定》中 h_1 的意思表述,计算出来的基础上拔力将远远大于基础的实际抗拔力,在设计裕度不大的情况下,基础将因上拔力不足影响杆塔的安全运行,按照所提理论表述对基础上拔稳定计算公式进行修正,才真正符合基础设计剪切法和土重法的计算原理。

参考文献

[1] 张殿生. 电力工程高压送电线路设计手册 (第二版) [Z]. 北京:中国电力出版社, 2003.

[2] 鲁先龙,程永锋,张宇. 输电线路杆塔原状土基础抗拔力承载力计算探讨 [D]. 中国电机工程学会论文集, 2007.

[3] 王学明. 送电线路掏挖基础抗拔力理论计算公式推导 [D]. 中国电机工程学会论文集, 2007.

[4] DL/T 5219-2005, 架空送电线路基础设计技术规定 [S].

(收稿日期: 2010-09-06)

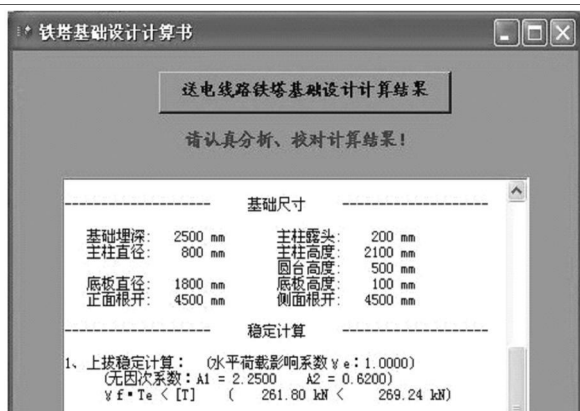


图 4 土重法 Tfd2006 程序计算结果

3 结 论

基础的上拔稳定关系到输电线路的安全稳定运