

基于欧美标准的杆塔导地线荷载组合程序开发

廖邢军,马海云,刘洪昌,鄢秀庆,李彦民

(中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司,四川 成都 610021)

摘要:在输电杆塔结构导地线荷载的计算上,中美欧标准存在一定的相似性,但也存在较大的差异,导致基于中国标准的设计软件无法适用于欧美标准,降低了杆塔设计效率。由于不同地区具体要求不同,目前行业内尚无可用的基于欧美标准的荷载组合通用软件。首先,对中美欧输电杆塔标准荷载组合规定进行了对比研究,总结了中美欧荷载组合的相同点和差异点;然后,在借鉴国内类似软件开发经验的基础上,基于VB.NET语言和欧美标准研发了一套杆塔导地线荷载组合程序,详细介绍了程序原理和结构并对关键技术进行了重点介绍;最后,举例演示了程序的具体应用,为国外工程设计提供参考。

关键词:杆塔;欧美标准;导地线荷载组合;程序

中图分类号:TM 752 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-6954(2021)05-0078-06

DOI:10.16527/j.issn.1003-6954.2021015

Line Load Combination Calculation Software for Transmission Tower Based on European – American Standards

Liao Xingjun, Ma Haiyun, Liu Hongchang, Yan Xiuqin, Li Yanmin

(CPECC Southwest Electric Power Design Institute Co., Ltd., Chengdu 610021, Sichuan, China)

Abstract:For line load calculation of transmission tower structure, there are some similarities between European-American standards and Chinese standards, but there are also great differences between them. As a result, the design software based on Chinese standards is not applicable for foreign projects, which reduces the design efficiency. For far, there is no general software for load combination based on European-American standards available in electric power industry. Firstly, the similarities and differences are analyzed and discussed, and the research results of the related software are referred. And then, based on these, an efficient visual operating program system aimed to realize line load combination calculation of transmission tower based on European – American standards is developed by VB.NET program. The principle and the structure of the proposed program are introduced in detail as well as the key technology of the program. At last, an example is demonstrated, hoping to provide some help for foreign engineering design.

Key words:transmission tower; European-American standards; line load combination; program

0 引言

随着“一带一路”战略的推进,中国电力企业在欧洲、东南亚及非洲地区承担了大量的输电线路工程设计工作。然而在国外工程中,中国标准尚未被广泛接受,较多国家明确提出采用BS EN 50341和ASCE-74等标准(以下简称欧美标准)进行杆塔结构设计。在杆塔结构荷载和构件计算方面,中美欧

标准存在显著差异^[1-11],现行的基于中国标准的设计软件将不再适用。

目前在国外工程中,导地线荷载计算主要采用excel表格手工计算的方法。但是由于杆塔结构荷载组合时因断线、安装和不均匀覆冰的情况多,工况数多,且工况数随回路数几乎呈指数性增长趋势,对于多回路杆塔,采用excel表格手工计算效率低下。

目前,基于中国标准,各设计单位开发了一系列导地线荷载组合程序^[12-13],但都无法适用于欧美

标准。下面在详细分析中美欧导地线荷载组合方法差异的基础上,利用 VB.NET 语言,编写了一套基于欧美标准的输电线路杆塔导地线荷载组合计算程序。最后,通过工程实践验证了该程序的适用性和可靠性。

1 中美欧输电杆塔导地线荷载组合对比分析

1.1 荷载分类

按随时间的变异分类,作用于杆塔结构上的荷载总体上可分为永久荷载、可变荷载和偶然荷载。中美欧标准均将线重、塔重、金具和绝缘子自重荷载视为永久荷载;将风、冰、雪荷载视为可变荷载。中欧标准均将安装检修时的附加荷载、临时拉线张力和锚线张力视为可变荷载。不同的是,中国标准将导地线张力当作独立的变量,视为可变荷载;欧美标准将导地线张力视为线重、温度变化和冰风荷载的因变量荷载,导地线张力同时具有永久荷载和可变荷载成分。同时中国标准将断线张力视为可变荷载,欧美标准视为偶然荷载,分项系数取值大于可变荷载;美国标准将施工荷载单独定义,采用了与可变荷载不同的分项系数。

1.2 荷载组合总效应设计表达式

中美欧标准中杆塔结构均采用极限状态法进行设计,欧美标准表达式与中国标准有较大差异。

欧洲标准分为通用方法和经验方法^[6-7]。虽然在 BS EN 50341-1:2012 取消了经验方法,但欧盟一些国家规范如德国^[8]仍采用经验方法。在通用方法中,又分为组合系数法和重现期法,从表达式来看,除可变荷载取值方法不同外,组合系数法和重现期法类似,均将张力荷载视为因变量,在张力计算时冰风荷载需考虑分项系数和组合系数。而在经验方法中,张力荷载则被视为独立的变量,与中国规范类似。

美国标准根据荷载性质的不同,设计表达式可分为气候相关荷载、破坏控制荷载、施工和维修荷载和法定荷载 4 类^[10]。其中分项系数取值根据重现期、施工安装和断线张力的安全系数确定。由于不同工况下的材料分项系数取值可能不同,为方便设计,可统一将材料分项系数等效为“安全系数”或

“重要性系数”移到等式右边。

1.3 荷载组合工况

中美欧标准所考虑的荷载工况大体相同,总体上可分为大风、低温、覆冰、冰风组合、安装和事故工况 6 类。

1) 大风

大风工况时杆塔荷载为杆塔、导地线风荷载和自重荷载的组合。该工况下,导地线风荷载和张力荷载对杆塔设计的影响较大,而在耐张塔线条风荷载沿杆塔横向和纵向分配上以及张力荷载计算方法上,中美欧标准存在较大差异,欧美标准按理论方法进行计算,考虑了转角的影响。欧美标准规定风向为与横担方向的夹角,而中国标准规定风向为与线路前进方向的角度,两者互成 90°。中国规范导地线风荷载分配系数与风向有关,未明确线路转角影响,中美欧标准有一定差异^[14]。

中国标准规定悬垂塔应计算与线路成 0°、45°(或 60°)及 90°三种风向,耐张塔可只计算 90°和 0°风向。而在欧美标准中,并未明确风向,需设计人员自行判断,也有一些欧洲国家规范明确了计算风向,如芬兰标准^[9]建议的风向有 45°、70°、90°、110°和 135°(等效为与线路前进方向的夹角)。

2) 低温

中国标准低温计算时,不考虑冰风荷载,欧洲标准则需要考虑风荷载。

3) 覆冰

中国标准中没有无风覆冰工况,欧美标准有相关规定,包括均匀覆冰和不均匀覆冰情况。

4) 冰风组合

中国标准考虑均匀覆冰、不均匀弯和扭等情况,一般考虑 10 m/s 的同时风速,工况不同组合系数取值不同。欧美标准也有类似的规定,如美国标准的最大覆冰和相应风速组合。欧美标准除了考虑最大覆冰和相应风速的组合工况,同时也考虑中等覆冰荷载与大风风速组合工况。在冰风荷载组合时,对冰、风和张力荷载,中国标准统一采用分项系数 1.4 和组合系数 1.0(或 0.9);而在欧洲标准通用方法中,需判断冰、风荷载谁占主导,进而采用不同的表达式。

5) 安装

因各国施工方法和水平的不同,中美欧标准在

安装荷载上有较大差异,如:安装时中国规范规定同时风速取 10 m/s,美国标准取 15.6 m/s,欧洲标准则明确可忽略风、冰荷载。中国规范人重荷载标准值按不低于 0.8 kN 考虑且与其他荷载组合;美国规范则按 113.4 kg 考虑分项系数 1.5 且要与其他荷载组合,导致在低电压等级中杆塔结构中人重控制杆件多;欧洲标准与中国标准基本相同。安装时,中国标准可变荷载分项系数取 1.4,组合系数取 0.9,同时考虑动力系数和过牵引系数;欧美国标准分项系数取值与施工方法相关,通常取 1.5,有时也取 2.0,不考虑动力系数和过牵引系数。另外,安装附加荷载取值也不尽相同。

6) 事故

中国标准的事故工况指无风覆冰断线工况,且规定为同一档内断线,对不同回路数的线路规定的断线数不同,回路数越多,断线数越多,断线张力按最大使用张力的百分比进行考虑。欧洲标准规定在计算断线扭转时,不考虑冰风荷载,而在计算断线弯时则需要考虑覆冰荷载,断线张力也是按最大使用张力的百分比进行考虑。美国标准也有类似的失效遏制荷载,包括坠落保护荷载和纵向荷载,其中纵向荷载除了包含断线荷载外,还包含不均匀风、不均匀冰和不均匀温度引起的纵向张力。欧美规范也有断线数目的规定。

从以上分析中看出,欧美标准荷载分类、荷载组合表达式和组合工况与中国标准差异较大,总结见表 1。

2 欧美杆塔导地线荷载组合程序 Gload 介绍

2.1 程序结构

随着国外输电线路工程设计工作的开展,亟需

一套高效、可操作性强、通用的基于欧美标准的杆塔导地线荷载组合程序。文献[13]于 2016 年开发了一套基于中国标准的适用于各种塔型的杆塔导地线荷载组合程序,然而由于中美欧标准的差异,该程序已无法满足国外工程的需要。故参考该程序结构,基于功能强大的 VB.NET 语言进行编程。

导地线荷载组合计算随塔型、气象条件、回路数、施工方法、挂点形式等的不同而不同,甚至欧美不同国家和地区的规定也存在较大差异。为了通用性,根据受力性质的不同,所开发程序将杆塔分为悬垂塔和耐张塔两类,各类均由工况组合、挂点转换、荷载分配、塔库文件、数据输入和结果输出共 6 个模块构成。其中工况组合、挂点转换和荷载分配为程序内核,属于第一层次,为程序最根本算法;塔库文件由一系列可加密解密的塔文件组成,各塔文件规定了不同塔型的控制信息和工况组合信息,主设人可根据工程需求简单地进行编写,属于第二层次;数据输入和结果输出为第三层次,即设计人员根据需选择塔文件和规程输入相关数据调用程序内核完成工况组合计算。其主要流程如图 1 所示。

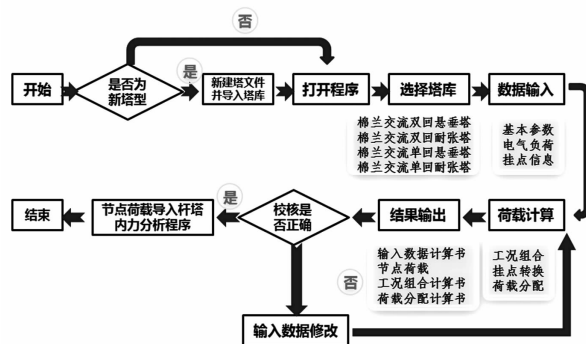


图 1 程序流程

2.2 程序关键技术

所开发程序具有通用性、可视化和安全性等特

表 1 中美欧标准荷载组合比较

项目	相同点	差异点
荷载分类	永久荷载:线重、塔重、金具和绝缘子自重荷载;可变荷载:风、冰、雪荷载。中欧标准均将安装检修时的附加荷载、临时拉线张力和锚线张力视为可变荷载。	中国标准将导地线张力当作独立的变量,视为可变荷载;欧美标准将其视为线重、温度变化和冰风荷载的因变量荷载,导地线张力同时具有永久荷载和可变荷载成分;同时中国标准将断线张力视为可变荷载,欧美标准视为偶然荷载;美国标准单独定义施工荷载。
表达式	极限状态法	表达式不同,参数取值不同
组合工况	荷载工况大体相同,总体上分为大风、低温、覆冰、冰风组合、安装和事故工况 6 类。	1) 大风:风向规定不同,线条风荷载分配系数取值不同。 2) 低温:冰风荷载取值不同。 3) 覆冰:风速取值不同。 4) 冰风组合:风冰荷载取值不同,欧洲标准需判断冰、风荷载大小。 5) 安装:风速、人重荷载、动力系数、过牵引系数取值不同。 6) 事故:纵向荷载、冰风荷载取值不同,断线数规定有一定差异。

点。通过 3 个层次的设定,程序能适用于不同地区各种塔型和回路数的杆塔导地线荷载计算,甚至适用于交直流混压塔型,其关键技术如下。

1) 导地线上的风冰荷载、自重荷载、张力荷载、施工荷载和事故荷载等需要通过工况组合计算才能转换成作用于杆塔的横向、纵向和垂直荷载。工况组合计算过程中,需要考虑线路转角、荷载工况、风向、档距情况、各相或线所处状态等众多工况。所开发程序借鉴了国内程序工况状态符号化的思想^[13],结合国外规范,对符号化原则进行了优化。以悬垂塔为例,在典型工况下的工况组合算法如表 2 所示。

表 2 悬垂塔符号化原则

荷载工况	代号	导地线状态	状态代号
大风/低温	N	有荷载	i
		未运行	0
覆冰/冰风组合	I	有荷载,张力差向前	i
		有荷载,张力差向后	-i
		未运行	0
		未断线	i
断线	B	断线,张力差向前	100i
		断线,张力差向后	-100i
		未运行	0
吊装	L	有荷载	i
		未运行	0
锚线	M	有荷载	i
		未运行	0

2) 欧美标准中各类方法存在一定差异,甚至各

地区标书要求也与标准存在差异,这给程序开发带来了极大挑战,所研发程序通过控制变量法成功解决这一问题。虽然欧美标准中各类方法存在一定差异,但其荷载组合的基本原理是一致的,通过归纳分析发现不同地区的导地线荷载组合计算可采用通用的表达式。因此,将各类系数、风冰荷载、张力荷载、自重荷载等均设置为变量,通过变量取值的不同来体现规程和业主标书要求的差异。以耐张塔正常运行大风工况为例,参考相关文献^[14]研究结论,其导地线荷载表达式及变量情况可表示为如表 3 所示,其余工况情况不再赘述。

表 3 中, W_1 、 W_2 分别为垂直于导地线方向的前后侧水平风荷载标准值; T_1 、 T_2 分别为前后侧张力荷载标准值; G_1 、 G_2 为前后侧重力荷载标准值; γ_w 、 γ_C 、 γ_G 分别为风荷载、张力荷载以及重力荷载分项系数; η 为荷载比例因子; λ 为杆塔模型转向因子,左转时取 -1,右转时取 1; θ 为风向角,可为任意角度; α 为线路转角。

不同标准下,各分项系数取值如表 4 所示。

3) 荷载组合得到线条荷载后,需根据挂点型式将荷载分配到杆塔节点上去,文献[13]通过逐工况逐方向指定挂点及荷载分配比例的方法实现了工程中常用挂点型式的荷载分配。但尚未能解决悬垂塔施工提线转向荷载计算、耐张塔双 V 串跳线吊装计算等工程设计难点问题,所开发程序在此基础上进一步进行了优化。

表 3 耐张塔大风工况表达式

项目	荷载类型	荷载组合表达式
前侧	水平荷载	$F_x = \begin{cases} \lambda \times \eta \times (\gamma_w \times W_1 \times \sin^2(\theta - \alpha/2) \times \cos(\alpha/2) + \gamma_C \times T_1 \times \sin(\alpha/2)), & \text{当 } \alpha/2 \leq \theta \leq 180 + \alpha/2 \\ \lambda \times \eta \times (-\gamma_w \times W_1 \times \sin^2(\theta - \alpha/2) \times \cos(\alpha/2) + \gamma_C \times T_1 \times \sin(\alpha/2)), & \text{其他} \end{cases}$
	纵向荷载	$F_y = \begin{cases} \eta \times (-\gamma_w \times W_1 \times \sin^2(\theta - \alpha/2) \times \sin(\alpha/2) + \gamma_C \times T_1 \times \cos(\alpha/2)), & \text{当 } \alpha/2 \leq \theta \leq 180 + \alpha/2 \\ \eta \times (\gamma_w \times W_1 \times \sin^2(\theta - \alpha/2) \times \sin(\alpha/2) + \gamma_C \times T_1 \times \cos(\alpha/2)), & \text{其他} \end{cases}$
	竖向荷载	$F_z = \eta \times \gamma_G \times G_1$
后侧	水平荷载	$F_x = \begin{cases} \lambda \times \eta \times (-\gamma_w \times W_2 \times \sin^2(\theta + \alpha/2) \times \cos(\alpha/2) + \gamma_C \times T_2 \times \sin(\alpha/2)), & \text{当 } 180 - \alpha/2 < \theta \leq 360 - \alpha/2 \\ \lambda \times \eta \times (\gamma_w \times W_2 \times \sin^2(\theta + \alpha/2) \times \cos(\alpha/2) + \gamma_C \times T_2 \times \sin(\alpha/2)), & \text{其他} \end{cases}$
	纵向荷载	$F_y = \begin{cases} -\eta \times (\gamma_w \times W_2 \times \sin^2(\theta + \alpha/2) \times \sin(\alpha/2) + \gamma_C \times T_2 \times \cos(\alpha/2)), & \text{当 } 180 - \alpha/2 < \theta \leq 360 - \alpha/2 \\ \eta \times (\gamma_w \times W_2 \times \sin^2(\theta + \alpha/2) \times \sin(\alpha/2) - \gamma_C \times T_2 \times \cos(\alpha/2)), & \text{其他} \end{cases}$
	竖向荷载	$F_z = \eta \times \gamma_G \times G_2$

表 4 不同标准分项系数取值

采用标准	γ_G	γ_W	γ_C
欧洲标准,通用方法	1.0	1.0	1.0
欧洲标准,经验方法,大垂荷	1.1	1.3	1.3
欧洲标准,经验方法,小垂荷	1.0	1.3	1.3
美国标准	1.0	1.0	1.0

以单回路酒杯悬垂塔为例,在 500 kV 及以上线路工作中,为避免导线二倍吊装工况控制横担受力导致塔重增加,在设计中常考虑在横担根部构件上设置转向挂点,如图 2 所示。

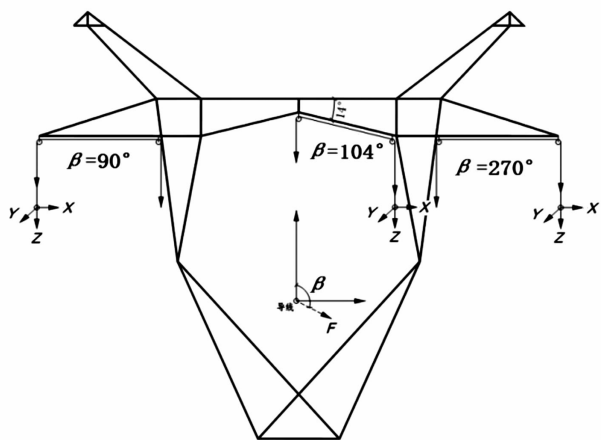


图 2 施工提线转向示意

假定荷载组合计算得到的导线荷载设计值为 F_X 、 F_Y 、 F_Z ,因滑轮转向作用,导线吊点处所受荷载合力变为:

$$F_{X1} = F_X + F_Z \times \sin \beta$$

$$F_{Y1} = F_Y$$

$$F_{Z1} = F_Z - F_Z \times \cos \beta$$

导线转向挂点处所受荷载为:

$$F_{X2} = -F_Z \times \sin \beta$$

$$F_{Y2} = 0$$

$$F_{Z2} = F_Z + F_Z \times \cos \beta$$

式中, β 为拉线拉力方向与竖向的顺时针方向夹角,对左、中、右导取值如图 2 所示。通过滑轮的转向作用,吊装时的竖向荷载由导线挂点和转向挂点共同承担,从而减小了导线挂点处荷载和铁塔整体受力,节约了塔材。

悬垂塔一般在过滑车工况的正过滑车相和施工提线的施工相需要计算转向荷载,其余工况不需考虑。针对此问题,程序通过对相关工况的相关相导线采用特殊的状态代号进行处理,成功

解决了以上难题,避免手工干预和计算,提高了效率。耐张塔双 V 串跳线吊装存在 I 点吊装、V 点同时吊装、V 点前后侧分开吊装等多种情况,随工程原则不同而不同,也是通过采用特殊的状态代号进行区分的。

4)塔型、气象条件、回路数、施工方法、工程地区不同,导地线荷载组合计算的内容就不同。为能在第二层次实现这一目标,程序通过塔文件将核心算法和工程设计需求进行了区分。一个塔文件反映了特定地区、特定气象条件、特定回路数、特定塔型和特定施工方法下的荷载组合信息情况,主要由控制信息和工况组合信息两部份组成。控制信息规定了塔型(悬垂或耐张)、气象条件和回路数等信息,工况组合信息则规定了大风、低温、覆冰、冰风组合、事故和安装等各工况各相(或线)的荷载组合具体算法,根据工程设计需要可灵活修编,如表 5 所示。一系列塔文件构成塔库文件,在后续工程设计中可随时调用。

表 5 CC 塔工况组合信息

参数	内容
数据信息	总相数 8,地线数 2,标准荷载列 8,工况数 44,吊装挂点组 1,荷载比例因子 1。
线相名称信息	左地,右地,左上导,右上导,左中导,右中导,左下导,右下导。
标准荷载名称信息	地线前侧风荷,导线前侧风荷,地线后侧风荷,导线后侧风荷;地线前侧垂荷,导线前侧垂荷,地线后侧垂荷,导线后侧垂荷;地线前侧张力,地线后侧张力,导线前侧张力,导线后侧张力;跳线风荷,跳线垂荷。
标准荷载索引信息	依次为 8 相线风荷、垂荷和张力的荷载在标准荷载中的索引情况,目的是减少冗余数据输入。
标准荷载名称信息	1)90°大风(两侧大张力);2)90°大风(前侧大张力、后侧小张力);3)90°大风(两侧小张力);4)0°大风(前侧大张力、后侧小张力);5)未断线;6)断线方式 1;7)断线方式 2;8)安装工况。
工况组合信息	其中大风工况 4 个,断线工况 30 个,安装工况 10 个。

3 工程实例应用

选取印尼棉兰某工程双回交流耐张 CC 塔对程序的实用性及计算结果准确性进行测试。

该塔转角度数为 $20^\circ \sim 40^\circ$,根据设计原则,需要

计算大小转角情况下的大风工况(含 90° 、 270° 、 0° 风向)、断线工况(断两相导线或断一相导线和一根地线)、跳线吊装工况、锚线工况(先自上而下、再从左到右)共88种工况。计算标准采用美国标准,分项系数根据业主要求取值。软件操作流程如下。

1)根据杆塔计算原则对工况的规定编制“棉兰交流双回耐张塔”塔文件,并通过进制转换加密后导入塔库中。塔文件中数据结构如表5所示。

2)打开程序主界面,选择已建塔文件,根据杆塔计算原则设置规程、安全系数、分项系数、电气负荷、挂点等参数取值,最后点击荷载即可完成导地线荷载计算。经比较,程序计算与 excel 手算结果一致。

除此之外,该程序的准确性和适用性在缅甸等一些紧急投标工程中也得到验证。以缅甸某双回500 kV 线路工程投标为例,根据标书要求,采用欧州标准经验方法,需要考虑 90° 与 45° 大风工况、安装工况以及 90° 与 45° 大风断线工况,悬垂塔考虑一相导线或一根地线,耐张塔考虑断三相导线或断一根地线和两相导线。铁塔指标需要设计进行测算,由于投标时间紧张,采用 excel 手算将无法满足工期要求。通过该程序快速编制了塔库文件,在短时间内即完成了指标测算工作。由于计算时生成了详细的计算书,方便了设计人员校核,也确保了计算的准确性。

4 结 论

欧美杆塔导地线荷载组合程序 Gload 是专门针对在国外工程中杆塔结构导地线荷载组合计算软件。根据杆塔导地线荷载组合计算的特点和欧美标准,通过将工况组合符号化、逐工况逐方向分配荷载和根据杆塔特点建立塔文件的思想,快速实现了各类杆塔结构的导地线荷载计算,并可根据需求变化灵活调整,克服了 excel 表格计算通用性差和效率低下的问题,为国外工程设计提供参考。当然随着国外工程经验的积累,该程序还需进一步优化完善。

参考文献

- [1] 姜琦,邓洪洲,张永飞. 中外规范关于输电线路风荷载的比较研究[J]. 特种结构,2010,27(3):83-85.
- [2] 管娜. 中美规范荷载组合对比[J]. 武汉大学学报(工学版),2012,45(增刊):343-346.
- [3] 王永华,朱江,罗建荣,等. 中美输电线路铁塔设计标准比较[J]. 电力勘测设计,2014(4):75-80.
- [4] 李生泽,黄满长,杨磊,等. 国内外输电线路杆塔设计标准对比分析[J]. 电力勘测设计,2017(1):67-72.
- [5] 汪大海,吴海洋,梁枢果. 输电线路风荷载规范方法的理论解析和计算比较研究[J]. 中国电机工程学报,2014,34(36):6613-6621.
- [6] Overhead Electrical Lines Exceeding AC 45 kV; BS EN 50341-1;2012[S],2012.
- [7] Overhead Electrical Lines Exceeding AC 45 kV; BS EN 50341-1;2001[S],2001.
- [8] Overhead Electrical Lines Exceeding AC 1 kV; Part-2-4: National Normative Aspects (NNA) for Germany (based on EN 50341-1;2012); BS EN 50341-2-4; 2016[S],2016.
- [9] Overhead Electrical Lines Exceeding AC 1 kV; Part-2-7: National Normative Aspects (NNA) for FINLAND (based on EN 50341-1;2012); BS EN 50341-2-7; 2015[S],2015.
- [10] American Society of Civil Engineers. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 74 Guidelines for Electrical Transmission Line Structural Loading (Third Edition) [S]. Reston: American Society of Civil Engineers,2009.
- [11] 架空输电线路荷载规范:DL/T 5551—2018[S],2018.
- [12] 张新房,耿景都. 输电铁塔导线线设计荷载的计算软件开发[J]. 启明星辰,2009,1(7):49-53.
- [13] 廖邢军,张红志,韩大刚. 国内杆塔导地线荷载组合程序开发[J]. 电力勘测设计,2019(1):51-54.
- [14] 廖邢军,黄兴,韩大刚. 耐张塔导地线角度风荷载取值探讨[J]. 特种结构,2018,6(35):61-67.

作者简介:

廖邢军(1987),男,硕士,一级注册结构工程师,主要从事输电线路的勘察设计工作与研究。

(收稿日期:2021-06-15)