

# 1 000 kV 格构式独立避雷线塔风致响应分析

林汪勇<sup>✉</sup>, 陈寅, 张华

(中国电力工程顾问集团中南电力设计院有限公司, 湖北 武汉 430071)

**摘要:** [目的] 为对 1 000 kV 格构式独立避雷线塔风致响应进行研究, 并提出其合理的风振系数取值。[方法] 文章以 1 000 kV 格构式独立避雷线塔为研究对象, 借助有限元软件 ANSYS, 以《建筑结构荷载规范》所采用的 Davenport 脉动风速功率谱密度函数为基础, 基于结构随机振动理论以及频域分析方法, 分析了该类型避雷线塔的风致响应, 并与《高耸结构设计标准》推荐的简化公式所得风振系数值进行对比。[结果] 分析结果表明: 在 B 类地貌、基本风压不大于  $0.60 \text{ kN/m}^2$  时, 该避雷线塔总体变形满足规范要求; 《高耸结构设计标准》推荐的简化公式所得风振系数值以及《变电站建筑设计技术规程》建议值总体小于有限元分析所得值, 结构设计时应特别注意。[结论] 根据本文对比分析结果, 推荐 1 000 kV 格构式独立避雷线塔结构设计时, 风振系数可统一取 2.20。

**关键词:** 1 000 kV 避雷线塔; 格构式; 有限元分析; 随机振动; 风致响应

中图分类号: TM7; TU311.3

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2022)S2-0068-06

开放科学(资源服务)二维码:



## Wind-Induced Response Analysis of 1 000 kV Lattice Independent Lightning Protection Tower

LIN Wangyong<sup>✉</sup>, CHEN Yin, ZHANG Hua

(Central Southern China Electric Power Design Institute Co., Ltd. of China Power Engineering Consulting Group, Wuhan 430071, Hubei, China)

**Abstract:** [Introduction] This paper is aimed to study the wind-induced response of 1 000 kV lattice independent lightning protection tower and propose the reasonable value of wind-induced vibration coefficient. [Method] The wind-induced response of 1 000 kV lattice lightning protection tower was analyzed in this paper with the help of finite element software ANSYS based on the Davenport fluctuating wind speed power spectral density function adopted in the *Load Code for Building Structures* and the structural random vibration theory and frequency domain analysis method. The wind-induced vibration coefficient was compared with that calculated by the simplified formula recommended in the *Standard for Design of High-Rising Structures*. [Result] The analysis results show that the overall deformation of the lightning protection tower meets the specification requirements for the class B landform when the basic wind pressure is not greater than  $0.60 \text{ kN/m}^2$ ; The wind vibration coefficient value obtained from the simplified formula recommended in the *Standard for Design of High-Rising Structures* and the recommended value in the *Technical Code for the Design of Substation Buildings and Structures* are generally smaller than the value obtained from the finite element analysis, so special attention should be paid to it during structural design. [Conclusion] According to the comparative analysis results of this paper, it is recommended that the wind-induced vibration coefficient can be uniformly taken as 2.20 during the structural design of 1 000 kV lattice independent lightning protection tower.

**Key words:** 1000 kV lightning protection tower; lattice; finite element analysis; random vibration; wind-induced response

2095-8676 © 2022 Energy China GEDI. Publishing services by Energy Observer Magazine Co., Ltd. on behalf of Energy China GEDI. This is an open access article under the CC BY-NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

## 0 引言

格构式避雷线塔目前被广泛地应用于变电站以

及换流站当中, 这类结构一般具有轻质、高柔的特点。随着电压等级的升高, 避雷线塔的高度也随之不断增大, 同时随着结构高度的增大此类结构的刚度和

收稿日期: 2021-11-24

基金项目: 中国能建中南院科技项目“滨海地区 1000kV 变电站高耸结构风致响应研究”(40-1A-KY201619-T202)

阻尼进一步降低,从而增加了其对风的敏感性,同时风荷载是此类构筑物结构设计的主要控制荷载。目前 1 000 kV 避雷线塔最大高度为 60 m,具有轻质、高柔、小阻尼等特性,使得 1 000 kV 格构式独立避雷线塔在强风的作用下会产生较大幅度的位移和振动,其风致振动和动力特征分析已成为变电站、换流站结构设计长期关注的重要内容。

国内外专门对避雷线塔风致响应的理论分析与试验研究相对较少,相关设计均为根据规范方法计算得到或者参考输电塔、变电构架相关理论和试验研究成果。陈寅等<sup>[1]</sup>根据 3 种不同的设计规范,对换流站 4 种不同形式避雷塔架进行风振系数计算,通过分析比较,得出避雷线塔风振系数的计算方法和取值标准;李正良等<sup>[2]</sup>以某 220 kV 塔线体系为原型,通过气弹性风洞试验和有限元数值模拟的方式,计算该输电塔的风振系数,并与我国现行规范中的相关取值进行对比;原迁等<sup>[3]</sup>以智利 CHACAO 大跨越工程为例,在 ANSYS 中建立塔线体系有限元模型,从结构的动力特性和风振响应几个方面对单塔及塔线体系进行风振分析;并根据时程分析结果对风振系数进行计算并和规范结果对比。窦汉岭等<sup>[4]</sup>以某 220 kV 的输电线路为工程背景,利用 ANSYS 软件建立了转角输电塔线耦联体系的有限元模型,通过模态分析研究了模型的动力特性,采用谐波合成法在模拟出风荷载,并对转角输电塔线体系的风振响应进行时程分析;邓洪州等<sup>[5]</sup>针对 1 000 kV 特高压输电线路钢管塔进行了高频测力天平风洞试验,得到了作用在模型上的平均风荷载和体型系数;邹良浩等<sup>[6]</sup>利用高频测力天平风洞试验分别得到了 3 种典型的角钢格构式塔架的基底弯矩、基底剪力时程,在此基础上提出了格构式塔架的风载体型系数取值方法,进而计算出上述格构式塔架在不同工况下的风载体型系数;沈国辉等<sup>[7]</sup>在 B 类地貌中进行 4 个塔架模型的天平测力风洞试验,计算塔架在 X 和 Y 方向的体型系数,探讨体型系数随风向角的分布特征,并将试验结果与国内外规范进行比较;林汪勇等<sup>[8]</sup>以 1 000 kV 变电构架为背景,基于随机振动理论通过有限元软件计算得到其位移风振系数,并与标准方法所得风振系数进行比较。

本文在上述研究的基础上,采用有限元软件 ANSYS,基于随机振动理论,以某实际 1 000 kV 变

电站格构式独立避雷线为原型,对 1 000 kV 格构式独立避雷线进行风致响应有限元分析。

## 1 ANSYS 有限元分析模型

本文所研究的 1 000 kV 格构式独立避雷线塔截面型式为三角形,高度为 60 m,弦杆采用圆钢、腹杆采用角钢,其截面尺寸自下而上递减,所处地区为 B 类地貌,100 年一遇基本风压  $w_0=0.60 \text{ kN/m}^2$ 。

采用通用有限元分析软件 ANSYS 建立 1 000 kV 格构式独立避雷线塔的有限元模型,结构阻尼比取 0.02。模型假定所有杆件为铰接,采用三维梁单元 (BEAM188) 模拟各杆件,为便于分析相关数据,将 60 m 高 1 000 kV 格构式独立避雷线塔分为 12 层,有限元分析模型见图 1。模型经模态分析后得到模型的前 6 阶频率见表 1。

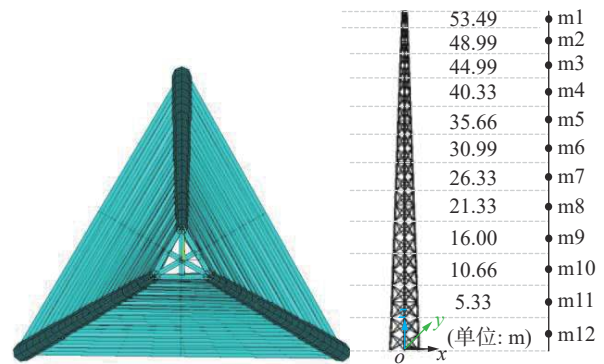


图 1 1 000 kV 格构式避雷针有限元模型

Fig. 1 Finite element model of 1000 kV lattice lightning rod

表 1 前三阶自振频率

Tab. 1 First three order natural frequencies

频率阶次	避雷针频率/Hz	振型
1	1.2413	一阶横向弯曲
2	1.2413	一阶纵向弯曲
3	4.6223	二阶横向弯曲
4	4.6223	二阶纵向弯曲
5	10.1630	三阶纵向弯曲
6	10.1630	三阶横向弯曲

## 2 作用在结构上的风荷载

### 2.1 平均风荷载

按照《建筑结构荷载规范》<sup>[9]</sup>,对于 1 000 kV 格构式独立避雷线塔而言,其各层高度处的平均风荷

载可按照下式来计算:

$$\bar{P}_{(z)} = \mu_{s(z)}\mu_{z(z)}w_0S_{(z)}R_{(z)} \quad (1)$$

式中:

$\bar{P}_{(z)}$  ——避雷针高度  $z$ (m)处平均风荷载(kN);

$\mu_{s(z)}$  ——避雷针结构各层高度处体型系数;

$\mu_{z(z)}$  ——避雷针各层高度处风压变化系数;

$w_0$  ——基本风压(kN/m<sup>2</sup>);

$S_{(z)}$  ——避雷针架各层高度处轮廓面积(m<sup>2</sup>);

$R_{(z)}$  ——避雷针架各层高度处挡风系数。

## 2.2 脉动风荷载

根据我国《建筑结构荷载规范》<sup>[9]</sup>中采用加拿大大学者 Davenport 提出的顺风向脉动风速功率谱密度函数,本文采用该功率谱密度函数来推导脉动风荷载功率谱密度函数,顺风向脉动风速功率谱密度函数表达式为:

$$S_{v(n)} = \frac{4K\bar{V}_{10}^2 x^2}{n(1+x^2)^{\frac{5}{3}}} \quad (2)$$

式中:

$S_{v(n)}$  ——脉动风速谱(m/s);

$K$  ——与地貌相关的表面阻力系数;

$\bar{V}_{10}$  ——10 m 高度处的平均风速(m/s);

$n$  ——脉动风频率(Hz);

$$x = \frac{1200n}{\bar{V}_{10}} \quad (3)$$

将 1 000 kV 格构式独立避雷线塔沿高划分成 12 段,结合随机振动理论,同时结合参考文献<sup>[10]</sup>以及文献<sup>[11]</sup>,可得第  $i$  段脉动风荷载谱计算式如下:

$$S_{P_i(n)} = [\sqrt{24K}\mu_{z_i(z)}^{0.5}\mu_{s_i(z)}w_0A_i]^2 S_{f(n)}\text{coh}_{(i,j)} \quad (4)$$

$$S_{f_i(n)} = \frac{2x^2}{3n(1+x^2)^{4/3}} \quad (5)$$

式中:

$\mu_{s_i(z)}$  ——第  $i$  段的体型系数;

$\mu_{z_i(z)}$  ——风压沿高度变化系数;

$A_i$  ——第  $i$  段迎风面面积(m<sup>2</sup>);

$w_0$  ——基本风压(kN/m<sup>2</sup>);

$\text{coh}_{(i,j)}$  —— $i, j$  两点的互相关函数,相关参数取值见表 2。

将式(4)计算所得脉动风荷载谱输入通用有限元分析软件 ANSYS 进行功率谱分析,经计算可得 1 000 kV 格构式独立避雷线塔第  $i$  段的位移响应根

表 2 避雷线塔相关结构参数

Tab. 2 Structural parameters of lightning protection tower

层数	体型系数 $\mu_{s_i}$	迎风面面积/m <sup>2</sup>	挡风系数 $R$
m1	1.60	1.84	0.79
m2	1.62	4.19	0.49
m3	1.76	4.71	0.42
m4	1.86	6.67	0.37
m5	1.90	7.92	0.35
m6	1.99	9.18	0.30
m7	1.95	10.44	0.33
m8	2.00	12.58	0.30
m9	2.09	15.02	0.26
m10	2.02	16.65	0.29
m11	2.05	18.30	0.27
m12	2.13	19.94	0.24

方差,进而得到构架第  $i$  段位移风振系数,即总位移与平均风压位移的比值,具体见式(6)。

$$\beta_{u(x)} = \frac{u}{\bar{u}} = 1 + \frac{\mu\sigma_u}{\bar{u}} \quad (6)$$

式中:

$\mu$  ——峰值因子,根据《建筑结构荷载规范》取 2.5。

## 3 风致响应分析

表 3、表 4 显示了 1 000 kV 格构式独立避雷线塔塔位移响应以及风振系数沿高分布规律。由表 3、表 4 可以看出:(1)1 000 kV 格构式独立避雷线塔平均位移、均方根位移、合位移以及风振系数沿高整

表 3 X 向位移响应和风振系数

Tab. 3 X-direction displacement response and wind-induced vibration coefficient

层数	平均位移/m	均方根位移/m	合位移/m	风振系数
m1	1.33E-01	4.46E-02	2.44E-01	1.84
m2	1.17E-01	3.91E-02	2.15E-01	1.83
m3	1.01E-01	3.36E-02	1.85E-01	1.83
m4	8.41E-02	2.81E-02	1.54E-01	1.84
m5	6.73E-02	2.24E-02	1.23E-01	1.83
m6	5.21E-02	1.73E-02	9.53E-02	1.83
m7	3.88E-02	1.28E-02	7.08E-02	1.82
m8	2.73E-02	8.98E-03	4.98E-02	1.82
m9	1.66E-02	5.42E-03	3.01E-02	1.82
m10	8.61E-03	2.78E-03	1.56E-02	1.81
m11	3.24E-03	1.04E-03	5.83E-03	1.80
m12	3.69E-04	1.13E-04	6.51E-04	1.76
风振系数加权平均值				1.82

表 4 Y 向位移响应和风振系数

Tab. 4 Y-direction displacement response and wind-induced vibration coefficient

层数	平均位移/m	均方根位移/m	合位移/m	风振系数
1	1.52E-01	7.16E-02	3.31E-01	2.18
2	1.35E-01	6.28E-02	2.92E-01	2.16
3	1.18E-01	5.39E-02	2.52E-01	2.15
4	9.91E-02	4.51E-02	2.12E-01	2.14
5	8.04E-02	3.59E-02	1.70E-01	2.12
6	6.32E-02	2.77E-02	1.33E-01	2.10
7	4.78E-02	2.05E-02	9.92E-02	2.07
8	3.43E-02	1.44E-02	7.03E-02	2.05
9	2.13E-02	8.70E-03	4.30E-02	2.02
10	1.13E-02	4.47E-03	2.25E-02	1.99
11	4.41E-03	1.67E-03	8.58E-03	1.94
12	5.56E-04	1.81E-04	1.01E-03	1.82
风振系数加权平均值				2.06

体均呈增大趋势; (2) X 向风振系数最大值为 1.84, 加权平均值为 1.82, 最大合位移为 244 mm, 相对变形值为 1/246; (3) Y 向风振系数最大值为 2.18, 加权平均值为 2.06, 最大合位移为 331 mm, 相对变形值为 1/181; (4) X 及 Y 向相对变形值均满足《变电站建筑结构设计技术规程》<sup>[12]</sup> 对格构式避雷线塔相对变形值为 1/100 的要求。

#### 4 与标准计算值对比

根据《高耸结构设计标准》<sup>[13]</sup> 自立式高耸结构在 z 高度处的风振系数  $\beta_z$  可按式(6)确定:

$$\beta_z = 1 + \xi \varepsilon_1 \varepsilon_2 \quad (7)$$

式中:

$\xi$  ——脉动增大系数;

$\varepsilon_1$  ——风压脉动和风压高度变化等影响系数;

$\varepsilon_2$  ——振型、结构外形的影响系数。

表 5、表 6 中列出 1 000 kV 格构式独立避雷线塔采用《高耸结构设计标准》推荐的简化公式所得以及有限元分析所得风振系数的值以及两者间的相对误差。

通过对比两种方法所得风振系数的大小以及变化规律可知: 与有限元分析所得风振系数变化规律类似, 标准方法所得风振系数数值为顶部最大, 中间其次, 底部最小。标准方法所得值, 除 X 向风振系数顶部区域大于本文计算所得风振系数数值外, X 向其他

表 5 X 向风振系数比较

Tab. 5 Comparison of X-direction wind-induced vibration coefficients

层数	有限元分析所得风振系数	标准方法所得风振系数	误差	
1	1.84	1.92	4.17%	
2	1.83	1.95	6.15%	
3	1.83	1.94	5.67%	
4	1.84	1.90	3.16%	
5	1.83	1.85	1.08%	
6	1.83	1.71	-7.02%	
7	1.82	1.59	-14.47%	
8	1.82	1.46	-24.66%	
9	1.82	1.33	-36.84%	
10	1.81	1.18	-53.39%	
11	1.80	1.08	-66.67%	
12	1.76	1.02	-72.55%	
加权平均值		1.82	1.55	-17.42%

表 6 Y 向风振系数比较

Tab. 6 Comparison of Y-direction wind-induced vibration coefficients

层数	有限元分析所得风振系数	标准方法所得风振系数	误差	
1	2.18	1.92	-13.54%	
2	2.16	1.95	-10.77%	
3	2.15	1.94	-10.82%	
4	2.14	1.90	-12.63%	
5	2.12	1.85	-14.59%	
6	2.10	1.71	-22.81%	
7	2.07	1.59	-30.19%	
8	2.05	1.46	-40.41%	
9	2.02	1.33	-51.88%	
10	1.99	1.18	-68.64%	
11	1.94	1.08	-79.63%	
12	1.82	1.02	-78.43%	
加权平均值		2.06	1.55	-32.90%

区域以及 Y 向风振系数均小于本文计算所得风振系数数值。顶部区域最大相差 13.54%, 中部区域最大相差 40.41%, 底部区域最大相差 78.43%, 但底部区域风荷载较小对整体受力影响不明显。两者沿高加权平均值, X 向相差 17.4%, Y 向相差 32.9%, 标准方法计算所得风振系数最大值为 1.95, 沿高加权平均值



为 1.55。

总体而言,《高耸结构设计标准》推荐的简化公式所得风振系数计算值比有限元分析所得值小,因为标准公式基本计算理论仍是基于第一振型的惯性风荷载法,计算时仅考虑一阶振型系数,对于类似 1 000 kV 格构式独立避雷线塔这类高耸结构在进行风振计算时,其高阶振型和扭转振型的贡献所占比例是不可忽略的。

综合比较标准所得以及有限元分析所得风振系数值,按《高耸结构设计标准》推荐公式计算所得向风振系数高加权平均值为 1.55 与《变电站建筑设计技术规程》所取 1.5 比较接近,均小于有限元分析所得风振系数值,偏于不安全,对于 1 000 kV 格构式独立避雷线塔这类风荷载为控制荷载的高耸结构,在设计时应特别注意。同时根据本文的对比分析结果,推荐 1 000 kV 格构式独立避雷线塔结构设计时,风振系数可统一取 2.20,进行包络设计。

## 5 结论

本文以 1 000 kV 格构式独立避雷线塔为研究对象,借助有限元软件 ANSYS,基于结构随机振动理论以及频域分析方法,分析了 B 类地貌下,该类型避雷线塔的风致响应,并与规范方法所得风振系数值进行对比,得出的主要结论如下:

1)基本风压不大于  $w_0=0.60 \text{ kN/m}^2$  时,该避雷线塔总体变形满足《变电站建筑设计技术规程》对格构式避雷线塔相对变形值为 1/100 的要求。

2)对于 1 000 kV 格构式独立避雷线塔进行风振计算时仅考虑一阶振型系数,误差相对较大,应考虑高阶振型和扭转振型的影响。

3)在 1 000 kV 格构式独立避雷线塔结构设计时,风振系数可统一取 2.20,进行包络设计。

4)《高耸结构设计标准》推荐方法所得风振系数值以及《变电站建筑设计技术规程》的推荐值均小于本文有限元分析所得值,偏于不安全,结构设计时应特别注意。

### 参考文献:

- [1] 陈寅,陈传新,张华,等.换流站避雷线塔风振系数计算[J].*电网与清洁能源*,2011,27(8):50-52. DOI: 10.3969/j.issn.1674-3814.2011.08.010.  
CHEN Y, CHEN C X, ZHANG H, et al. Wind vibration

coefficient calculation of lightning protection tower in converter station [J]. *Advances of Power System and Hydroelectric Engineering*, 2011, 27(8): 50-52. DOI: 10.3969/j.issn.1674-3814.2011.08.010.

- [2] 李正良,罗熙越,蔡青青.考虑塔-线耦合作用的输电塔体系风振系数研究[J].*建筑钢结构进展*,2021,23(3):119-128. DOI: 10.13969/j.cnki.cn31-1893.2021.03.013.  
LI Z L, LUO X Y, CAI Q Q. A study on the wind vibration coefficient of transmission tower system considering tower-line coupling effect [J]. *Progress in Steel Building Structures*, 2021, 23(3): 119-128. DOI: 10.13969/j.cnki.cn31-1893.2021.03.013.
- [3] 原迁,张德凯.大跨越输电塔线体系风振响应及风振系数分析[J].*山西建筑*,2021,47(6):34-38. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6825.2021.06.012.  
YUAN Q, ZHANG D K. Analysis of wind-induced response and vibration coefficient of long-span transmission line tower [J]. *Shanxi Architecture*, 2021, 47(6): 34-38. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6825.2021.06.012.
- [4] 窦汉岭,程长征.转角输电塔线体系的风振响应分析[J].*合肥工业大学学报(自然科学版)*,2020,43(9):1218-1222. DOI: 10.3969/j.issn.1003-5060.2020.09.013.  
DOU H L, CHENG C Z. Analysis on wind-induced response of corner transmission tower-line system [J]. *Journal of Hefei University of Technology (Natural Science Edition)*, 2020, 43(9): 1218-1222. DOI: 10.3969/j.issn.1003-5060.2020.09.013.
- [5] 邓洪洲,张建明,帅群,等.输电钢管塔体型系数风洞试验研究[J].*电网技术*,2010,34(9):190-194. DOI: 10.13335/j.1000-3673.pst.2010.09.024.  
DENG H Z, ZHANG J M, SHUAI Q, et al. Wind-tunnel investigation on pressure coefficient of steel tubular transmission tower [J]. *Power System Technology*, 2010, 34(9): 190-194. DOI: 10.13335/j.1000-3673.pst.2010.09.024.
- [6] 邹良浩,梁枢果,邹垚,等.格构式塔架风载体型系数的风洞试验研究[J].*特种结构*,2008,25(5):41-43,68. DOI: 10.3969/j.issn.1001-3598.2008.05.013.  
ZOU L H, LIANG S G, ZOU Y, et al. Investigation on wind load shape coefficient of lattice towers by wind tunnel tests [J]. *Special Structures*, 2008, 25(5): 41-43,68. DOI: 10.3969/j.issn.1001-3598.2008.05.013.
- [7] 沈国辉,项国通,郭勇,等.圆钢输电塔架的风荷载体型系数研究[J].*特种结构*,2015,32(5):62-65,85.  
SHEN G H, XIANG G T, GUO Y, et al. Research on body shape coefficients of wind loads on steel transmission towers with cylindrical members [J]. *Special Structures*, 2015, 32(5): 62-65,85.
- [8] 林汪勇,陈寅,杨彪.1000 kV变电构架位移风振系数研究[J].*低温建筑技术*,2013,35(4):75-76. DOI: 10.3969/j.issn.1001-6864.2013.04.030.

LIN W Y, CHEN Y, YANG B. Wind displacement vibration coefficient research of 1 000 kV truss structures [J]. *Low Temperature Architecture Technology*, 2013, 35(4): 75-76. DOI: 10.3969/j.issn.1001-6864.2013.04.030.

- [9] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑结构荷载规范: GB 50009—2012 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.  
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Load code for the design of building structures: GB 50009—2012 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2012.
- [10] 祝曦晨. 输电塔架及输电塔线体系等效静力风荷载研究 [D]. 武汉: 武汉大学, 2017.  
ZHU X C. Investigation on equivalent static wind load of lattice towers and transmission tower-line system [D]. Wuhan: Wuhan University, 2017.
- [11] 张相庭. 结构风工程: 理论·规范·实践 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.  
ZHANG X T. Structural wind engineering: Theory-Standard-Practice [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2006.
- [12] 国家能源局. 变电站建筑设计技术规程: DL/T 5457—2012 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2012.  
National Energy Administration. Technical code for the design of substation buildings and structures: DL/T5457—2012 [S]. Beijing: China Electric Power Press, 2012.
- [13] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 国家市场监督管理总局. 高耸结构设计标准: GB 50135—2019 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2019.  
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China, State Administration for Market Regulation. Standard for design of high-rising structures: GB 50135—2019 [S]. Beijing: China Planning Press, 2019.

#### 作者简介:



林汪勇

林汪勇 (第一作者, 通信作者)

1980-, 男, 湖北公安人, 高级工程师, 武汉大学结构工程专业硕士, 主要从事变电工建结构设计工作 (e-mail) linwangyong@csepd.com。

#### 项目简介:

**项目名称** “滨海地区 1 000 kV 变电站高耸结构风致响应研究” (40-1A-KY201619-T202)

**承担单位** 中南电力设计院有限公司电网工程公司

**项目概述** 本项目基于对 1 000 kV 格构式变电构架以及独立避雷针进行风致响应理论分析、气弹性模型风洞试验、刚性模型风洞试验以及有限元分析, 分析出 1 000 kV 格构式变电构架的相干函数, 得出 1 000 kV 格构式变电构架以及独立避雷针不同风向角下结构风振系数的取值以及等效风荷载情况, 同时建立方便、实用的等效风荷载有限元计算模型, 并提出独立避雷针相关减振措施。为今后 1 000 kV 格构式变电构架以及独立避雷针和其它类似的高耸结构设计提供理论指导和工程设计依据, 具有重要的工程实践意义。

**主要创新点** (1) 开展基于 1 000 kV 格构式变电构架整体模型高频测力天平风洞试验和同步风速测试风洞试验, 进行了 1 000 kV 圆钢管格构式变电构架风荷载体型系数研究, 得到 1 000 kV 格构式变电构架体型系数; (2) 开展基于 1 000 kV 格构式变电构架 2 个典型节段模型同步高频测力天平风洞试验和同步风速测试风洞试验, 测得了模型基底剪力、弯矩和风速时程, 得到了其横风向以及顺风向脉动风荷载及脉动风速的相干函数; (3) 运用刚性节段加 V 型弹簧片的方法设计制作了变电构架气弹模型, 在 B 类风场中, 不同风速、不同风向角下进行了气弹模型的风洞试验, 测得了结构典型位置的位移、加速度响应。

(编辑 孙舒)