

中美规范风荷载计算对比

董睿华

(四川电力设计咨询有限责任公司, 四川 成都 610016)

摘要:介绍了美国规范 ASCE 7-10 中风荷载的计算方法。比较中美规范在风荷载计算方面的异同。提出不同时距(time interval)、不同重现期(MRI)基本风速的转换方法。选取变电站构架中常用的格构式角钢梁作实例分析,利用中美规范对其进行风荷载计算和比较。对采用美国规范进行风荷载计算提出建议,供设计人员参考。

关键词:ASCE 7-10; ASCE 7-05; GB 50009-2012; 风荷载;

中图分类号:TM753

文献标志码:A

文章编号:1000-582X(2014)S2-189-3

近年来,随着中国经济技术水平的不断发展,越来越多的企业开始承接国外(主要为不发达或发展中国家)电力工程的设计工作。在这些涉外工程中,业主往往要求以美国规范作为设计依据。而美国规范在可靠度水平、荷载取值、构件计算等方面均与中国规范有较大区别,所以研究中美规范的异同显得非常迫切和必要。目前,国内已有许多专家学者对此展开研究,并发表了大量相关文献。文中主要以风荷载为研究对象,着重探讨中美规范在风荷载计算方法上的异同。

1 美国规范体系简介

美国建筑结构规范体系建立较早,体系庞杂,在此仅对其主要框架进行简要说明。美国规范体系主要有三部分组成,三部分之间形成一定的层次关系。位于最上层的为样板法规(model code),其次分别为标准(consensus standard)和源文件(resource document)。美规体系现阶段的样板法规为 IBC(international building code)。IBC 作为规范门户,内容涵盖土木工程所有领域,可由它通向各个专门规范。比如,IBC 2009 中的风荷载设计内容,即引自 ASCE(american society of civil engineers)出版的 ASCE 7-10(minimum design loads for buildings and other structures)。

文中的风荷载分析基于最新版美规 ASCE 7-10(以下简称美规)中的相关章节。

2 中美欧规范风荷载计算方法比较

2.1 中美规范风荷载计算方法介绍

中国现行荷载规范 GB 50009-2012(以下简称中规)对于风荷载标准值的计算公式为

$$W_k = \beta_z \mu_s \mu_z W_0,$$

式中: β_z 为高度 Z 处的风振系数; μ_s 为风载体形系数; μ_z 为风压高度变化系数; W_0 为基本风压。基本风压可由基本风速 V 算得:

$$W_0 = 0.5\rho V^2 = 0.625V^2 \text{ (空气密度 } \rho = 1.25 \text{ kg/m}^3 \text{)}。$$

则上面风荷载标准值可以表达为

$$W_k = 0.625\beta_z\mu_s\mu_zV^2,$$

美规规定,对于独立广告牌、烟囱、塔架等可采用直接法(directional procedure)进行风荷载计算,风力计算公式为

$$F = q_z GC_f A_f,$$

式中: q_z 为高度 Z 处的风速压力(对应于国内的 W_0); G 为风振系数(对应于国内的 β_z); C_f 为压力系数(对应于国内的 μ_s); A_f 为受风面积。

上式中的风速压力 q_z 可按下式计算:

$$q_z = 0.613K_z K_{zt} K_d V^2,$$

式中: K_z 为风压高度变化系数; K_{zt} 为地形系数(平地可取 1.0); K_d 为风向系数; V 为基本风速。

由上述计算公式,可以将美规中的风压标准值表示为

$$W_{k美} = 0.613K_z K_{zt} K_d V^2 GC_f。$$

对于变电工程而言,变电站站址往往会选择平

地,其地形系数 K_{zt} 可取 1.0,则有:

$$W_{k美} = 0.613K_z K_d V^2 G C_f。$$

2.2 中美规范基本风速的异同

中规对基本风速的定义为:重现期为 50 年、离地 10 m 高、时距为 10 min 内的平均最大风速;美规的定义为:离地 10 m 高,地面粗糙度 C 类,时距 3 s 内的阵风风速,重现期根据建筑结构的危险级别分为 300 年、700 年或 1700 年不等。

与上一版美规 ASCE 7-05 相比,ASCE 7-10 对基本风速的定义有所变化。主要在于重现期由原来的 50 年(同中规)改为现在的 300 年、700 年和 1700 年。同时,ASCE 7-10 将风荷载在进行荷载组合时的分项系数调整为 1.0;而 05 版美规,风荷载在进行荷载组合时的分项系数为 1.6。

表面上看,两版美规中的风速重现期和风荷载分项系数都有较大不同,但实际上两者承载力极限状态下的计算结果相同,因为 2010 版美规中的重现期是按照与 2005 版美规风荷载相等的原则计算出来的。文献[4]对此有详细阐释。

美规将地面粗糙度类别分为 B、C、D 3 类:B 类为城市及市郊地区,类似于中规的 C、D 类;C 类为乡村及草原,类似于中规的 B 类;D 类为平原及海岸,类似于中规的 A 类。中美规范地面粗糙度对比见表 1。

表 1 中美规范地面粗糙度对比

名称	粗糙度类别			
中国规范	A	B	C	D
美国规范	D	C	B	B

中规在定义风速时并未提及地面粗糙度,但通常情况下,气象台(除沿海地区)都设置在开阔平坦地区,即中规中的 B 类地区,可认为与美国的 C 类相当。

总体而言,中美规范对基本风速定义的主要不同之处在于测量时距和重现期。时距越小,重现期越长,记录所得到的风速就越大,从而导致美规基本风速取值比中规偏大。

2.3 不同时距基本风速的转换

国际电工委员会在其出版的“架空线路设计标准”IEC 60826 附录 A 中给出了不同时距基本风速换算关系,详见图 1。该曲线反映出时距为 t 的基本风速 V_t 与 10 min 基本风速 V_{10min} 的比值。曲线中的地面粗糙度类别与中规相同。假设在国外某一变电站工程中,业主给出 10 min 时距的基本风速为 V_{10min} ,站址所处地面粗糙度类别为 B 类,则通过图 1,可得到时距为 3S 时的基本风速为 $V_{3s} = 1.4V_{10min}$ 。

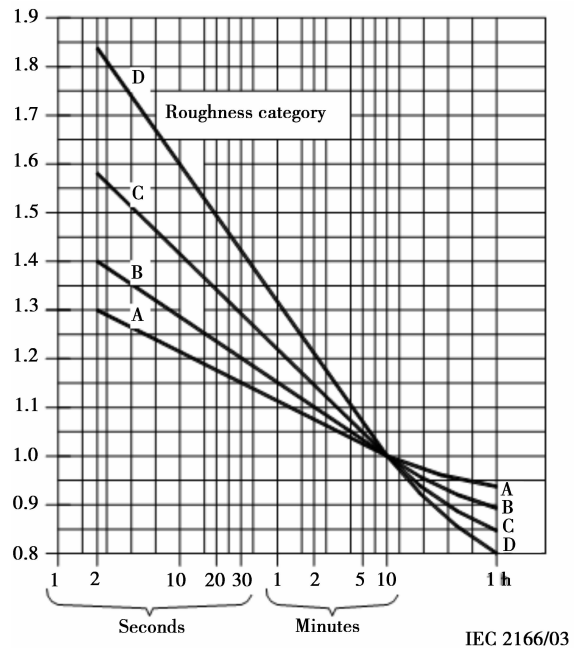


图 1 不同时距风速换算曲线

可见,对同一工程而言,由于中美规范对基本风速时距定义不同,在相同重现期内,美规所采用的基本风速为中规的 1.4 倍。

2.4 中美规范风压高度变化系数的异同

中美规范关于风压高度变化系数的对比情况如表 2 所示。

表 2 中美规范风压高度变化系数比较

高度/m	地面粗糙度类别			
	B(美规 C)		C(美规 B)	
	中规	美规	中规	美规
15	1.13	1.09	0.65	0.81
20	1.23	1.16	0.74	0.88
30	1.39	1.26	0.88	0.98
50	1.62	1.40	1.10	1.14
70	1.79	1.51	1.28	1.26

从表 2 可以看出,对于 B 类地区(美规 C 类),中规风压高度变化系数取值较大;而对于 C 类地区(美规 B 类),在 70 m 以内中规取值较小,超过 70 m 后中规取值较大。

2.5 中美规范风振系数取值的异同

中美规范对风振系数的计算存在较大不同,其根源在于对基本风速的定义不同。

中规采用 10 min 时距内的平均最大风速作为基本风速,当考虑风振效应对结构产生的动力效应时,应对风荷载进行放大,所以风振系数 $\beta_z \geq 1$ 。

美规以 3 s 时距内的阵风风速作为基本风速,

基本风速中已考虑风振因素,其风振系数 $G \leq 1$ 。美规定,对刚性结构物可取 $G = 0.85$;对柔性结构或对动力敏感的结构可按相关公式验算,计算公式较为复杂,限于篇幅此处不做介绍。

3 风荷载计算实例分析

3.1 计算假定

现以某变电站内的构架梁作为分析对象,利用中美规范对其进行风荷载计算。

在国内外已建变电站中,构架梁普遍采用的结构形式之一为格构式角钢梁,这里以国内常用的三角形格构式梁进行计算。假定变电站处于房屋稀少的乡镇地区,50年一遇离地 10 m 高 10 min 平均最大风速为 $V_{10\min} = 30$ m/s。格构式梁的挡风系数(杆件面积与节点挡风投影面积比值)为 0.35。构架梁离地高度 15 m。

3.2 中美规范计算对比

中规风荷载标准值:

$$W_{k\text{中}} = 0.625\beta_z\mu_s\mu_zV^2。$$

构架梁风振系数 β_z 取 1.0;查中规续表 8.3.1 第 35 项,体形系数 μ_s 取 1.9;风压高度变化系数按 B 类粗糙度查表 8.2.1, $\mu_z = 1.13$;基本风速 $V = V_{10\min} = 30$ m/s

求得 $W_{k\text{中}} = 1.21$ kN/m²。

美规风荷载标准值:

$$W_{k\text{美}} = 0.613K_zK_dV^2GC_f。$$

按 C 类查表 27.3-1,风压高度变化系数 $K_z = 1.09$;风向系数 $K_d = 0.85$;基本风速 $V = 1.4V_{10\min} = 42$ m/s;风振系数 $G = 0.85$;查表美规 29.5-2,压力系数 $C_f = 1.6$ 。

求得 $W_{k\text{美}} = 1.36$ kN/m²。

3.3 风荷载分项系数的取值

按照中规,承载力极限状态下风荷载分项系数为 1.4。对构架而言风荷载属于主要活荷载,其风荷载设计值 $W_{\text{中}} = 1.4 \times 1.21 = 1.69$ kN/m²。

按照 2010 版美规,变电站构架风险级别可按 II 类考虑(类似于国内规范中二级重要性等级),基本风速应按 700 年重现期采用,在这个条件下,风荷载设计值的风振系数才能取 1.0。所以,需根据重现期对基本风速进行转换。

不同重现期基本风速的转换可采用 peterka-shahid 公式进行:

$$V_T/V_{50Y} = [0.36 + 0.1\ln(12T)],$$

式中: V_T 表示 T 年重现期基本风速; V_{50Y} 为 50 年重现期基本风速; T 为重现期。

在本实例中,重现期为 700 年的基本风速 V_{700Y} 为

$$\begin{aligned} V_{700Y} &= [0.36 + 0.1\ln(12T)]V_{50Y} \\ &= [0.36 + 0.1\ln(12 \times 700)] \times 42 \\ &= 53 \text{ m/s}。 \end{aligned}$$

由此算得的风荷载标准值:

$$W_{k\text{美}} = 2.17 \text{ kN/m}^2。$$

则风荷载设计值为

$$W_{\text{美}} = 1.0 \times 2.17 = 2.17 \text{ kN/m}^2。$$

若不进行不同重现期风速的转换,即仍采用 50 年重现期基本风速进行计算,则建议分项系数沿用 2005 版美规的规定,取 1.6 为宜。2 种方法风荷载设计值计算结果相同。

通过实例计算可以看出,美规风压设计值计算结果较中规偏大,两者关系为: $W_{\text{美}} = 1.28W_{\text{中}}$ 。

4 结束语

1)中美规范风荷载计算所采用的基本风速不同,主要不同之处在于对重现期及时距的规定。美规按照建(构)筑物不同风险级别,采用不同重现期(300 年、700 年或 1700 年)、空旷场地、离地 10 m 高、3 s 时距内的阵风风速作为基本风速;而中规则采用 50 年重现期、空旷场地、离地 10 m 高、10 min 时距内的平均最大风速作为基本风速。

2)按照 IEC 60826 附录 A 中的风速换算曲线,可对不同地面粗糙度类别的不同时距风速进行转换。

3)中美规范风振系数取值不同。美规风振系数 $G \leq 1$;中规风振系数 $\beta_z \geq 1$ 。

4)美规在计算风压时考虑了风向系数 K_d ,对风压进行折减,中规无此项。

5)在涉外工程中,应注意业主或相关咨询公司提供的基本风速条件,按美规设计需采用 3 s 时距风速,设计时需注意不同时距风速的转换。

6)按美规进行设计时,基本风速的重现期若为 50 年,建议在进行荷载组合时,风荷载设计值采用 2005 版美规中的分项系数 1.6。否则,应按 2010 版美规,确定建构筑物的风险级别,并进行不同重现期基本风速的转换,在此基础上风荷载参与组合时的分项系数可取 1.0。

参考文献:

- [1] ASCE 7-10. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures[S]. ASCE, 2010.
- [2] ASCE 7-05. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures[S]. ASCE, 2005.
- [3] GB 50009-2012. 建筑结构荷载规范[S].
- [4] 刘迪,李立昌. 2010 版美国建筑物荷载规范有关风荷载部分修改简介[J]. 钢结构, 2011(2): 42-43.