

中国规范与南非标准风荷载计算参数比较研究

王建群

中国瑞林工程技术股份有限公司

摘要：随着中国工程公司越来越多参与国外工程，中国结构工程师了解、熟悉并掌握国外规范及其与中国规范的差异很有必要，风荷载作用是结构设计的重要内容，不同国家规范风荷载规定有所不同，本文简要分析了中国规范与南非标准中风荷载的计算方法、荷载组合、参数取值等方面的异同，以期对采用相似规范的涉外工程有所帮助。

关键词：风荷载；南非标准；SANS10160-3；内部风压

近年来，随着一带一路项目的不断推进，中国工程公司越来越多参与国外工程建设。在涉外项目中，很大一部分要求采用当地标准，本文从南非某选矿厂项目实际出发，对南非国家标准SANS10160-3—SOUTH AFRICAN NATIONAL STANDARD Basis of structural design and actions for buildings and industrial structures Part 3: Wind actions (以下简称SANS10160-3)和GB 50009-2012《建筑结构荷载规范》的风荷载计算参数进行比较和分析。

一、两国规范和标准有关风荷载相关内容

(一) 设计方法和设计适用范围

南非国家标准SANS10160系列是民用和工业建筑结构设计标准，Part3主要是风荷载内容其适用范围：

(1) 高度不超过100m的建筑和结构

(2) 高度小于60 m，且高度对直径比率小于6.5的圆形截面的烟囱

中国风荷载相关规定主要体现在《建筑结构荷载规范》中，适用范围较广。两国规范的设计方法均为单一公式设计法，利用等效系数考虑脉动风下动力影响，风洞试验法作为特殊情况的补充。

(二) 相关荷载组合

SANS10160-3和GB50009-2012采用LRFD设计法（极限状态设计法）。其中与风荷载相关的常用荷载组合如下：

(1) $1.2D+1.6L+1.6\times 0.3W$

(2) $1.2D+1.6W+1.6\times 0.8L_1+1.6\times 0.3L_2$

式中：D为恒载， L_1 为可变荷载，W为风荷载。

从中可见，SANS10160-3中风荷载的荷载分项系数为1.6，组合值系数为0.3，比GB50009-2012对应的风荷载分项系数1.4，组合值系数0.6低。

二、风荷载计算参数比较

SANS10160-3以基本风速将南非分成4个风区，如图1。与之对应GB50009-2012是按基本风压将全国分成若干风区。

(一) 计算公式

SANS10160-3规定作用于建筑表面的设计风压标准值的计算公式如下：

(1) $w_i = q_p(z_e) \times c_{pi}$

(2) $w_e = q_p(z_e) \times c_{pe}$

(3) $F_{w,i} = \sum w_i \times A_{ref}$

(4) $F_{w,e} = c_s \times c_d \times \sum w_e \times A_{ref}$

式中， $q_p(z_e)$ —峰值风速压力，kPa； z_e —计算位置高度，m； c_{pi} —内压体型系数； c_{pe} —外压体型系数；

$c_s \times c_d$ —风振系数； A_{ref} —受风作用表面积， m^2 ； w_i —内部风压分布， kN/m^2 ； w_e —外部风压分布， kN/m^2 ；

$F_{w,i}$ —内部风压力，kN； $F_{w,e}$ —外部风压力，kN；

GB50009-2012规定垂直于建筑物表面上的风荷载标准值，计算主要受力结构时按下式确定：

$w_k = \beta_z \mu_s \mu_z w_0$

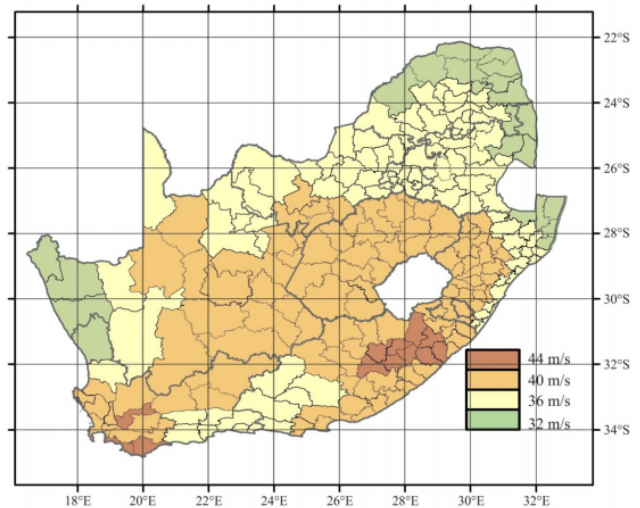


图1 南非全国基本风速分区图

式中： w_k —风荷载标准值， kN/m^2 ； β_z —高度z处的风振系数； μ_s —风荷载体型系数； μ_z —风压高度变化系数； w_0 —基本风压， kN/m^2

(二) 基本参数

1. 基本风速

SANS10160-3规定基本风速 $v_{b,0}$ ：离地高度10m，时距为3s，按50年重现期确定的年平均最大风速；GB50009-2012基本风速 v_0 ：离地高度10m，时距为10min平均年最大风速数据，经统计分析确定重现期为50年的最大风速。

2. 地面粗糙度类别

风压沿高度变化与地面的粗糙度有关，SANS10160-3与GB50009-2012的对比如表1。

3. 风压高度变化系数与风速高度变化系数

SANS10160-3的风速高度系数 $c_r(z)$ ，与之对应的是GB50009-2012的风压高度变化系数 μ_z 。图2、图3反映了这两个系数随高度和地貌变化的趋势。

4. 体型系数与风压系数

SANS10160-3的风压系数 c_p 用来量化风在建筑物表面引起的实际压力或吸力与来流风压的关系。其中外部风压系数 c_{pe} 按受风面积大小的不同分为 $c_{pe,1}$ 和 $c_{pe,10}$ ，前者用于局部构件，后者用于整体结构。另外内部风压系数 c_{pi} ，与外部风压按最不利工况同时考虑，如果内部风压是有利因素， c_{pi} 取0。

GB50009-2012与之对应的是风载体型系数 μ_s 。为了得到各种建筑物表面风压实际大小及分布情况，一般有两种方法，一是将建筑物做成缩小比例的模型，在风洞试验室进行试验；二是在实际建筑物上测定表面压力分布。事实上，SANS10160-3和GB50009-2012都不同程度的参考了欧洲等西方发达国家的资料，从风压系数和体型系数的比较也可看出，两者大致基本相同，最大的区别主要体现在以下几点：

(1) SANS10160-3考虑了建筑物内部风压，引入了内部风压系数。GB50009-2012仅在验算围护构建强度时，规定了考虑 ± 0.2 内表面局部风压体型系数。

(2) SANS10160-3风压系数与建筑物的外形比例有关；SANS10160-3对于受风面（屋面和侧墙）分区较细，不同的分

表1 南非、中国规范地面粗糙度分类对比

类别	SANS10160-3	GB50009-2012
A类	平坦的水平地形没有任何障碍（例如沿海暴露于公海或大湖的地区）	近海海面和海岛、海岸、湖岸及沙漠地区
B类	低植被地区，例如草丛和孤立的障碍物，且障碍物的间距至少为20障碍物的高度	田野、乡村、丛林、丘陵以及房屋比较稀疏的乡镇和城市郊区
C类	村庄，郊区和永久性森林，障碍物的最大间距为20障碍物的高度	有密集建筑群的城市市区
D类	建筑物至少覆盖15%的表面并且平均高度超过15m的区域	有密集建筑群且房屋较高的城市市区

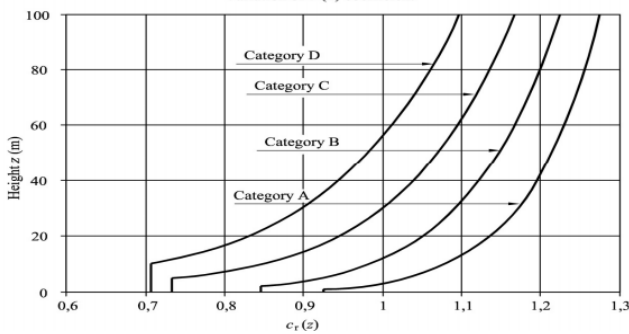


图2 SANS10160-3风速高度系数 $c_r(z)$ 曲线

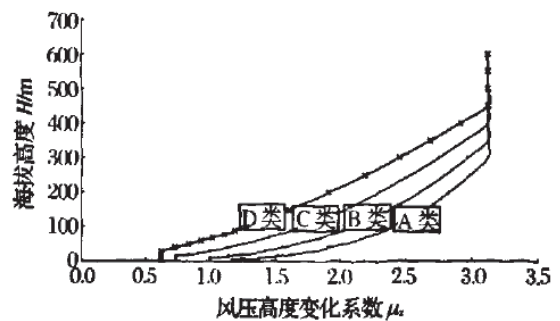


图3 GB50009-2012风压高度变化系数 μ_z 曲线

区采用不同的风压系数，这样更接近于真实情况。

5. 基本风压与峰值风速压力

SANS10160-3规定峰值风速压力

$$q_p(z) = \frac{1}{2} \rho (c_{prob} \times c_r(z) \times c_0(z) \times v_{b,0})^2$$
 ; 单位为kPa

式中 c_{prob} —重现期调整系数； c_0 —地形影响系数； ρ —空气密度，取20℃空气密度。

GB50009-2010规定基本风压 $w_0 = \frac{1}{2} \rho v_0^2$ ；单位为kN/m²。空气密度 ρ 统一标准为一个标况大气压下15℃干空气密度，重力加速度9.8m/s²，单位为t/m³；通常考虑为 $w_0=1/1600v_0^2$

通过对比可以发现SANS10160-3中，重现期调整系数，地

形影响系数，高度系数等均为调整基本风速。而GB50009-2012的重现期调整系数，地形修正系数，高度变化系数是调整基本风压。由此可见，上述这些系数不可直接互相套用。

三、工程实例简单计算比较

取实际工程中的建筑物，分别采用SANS10160-3以及GB50009-2012计算风荷载，初始条件如下：双坡屋面（坡度为1/10），全封闭建筑，建筑物尺寸44m(长)×22.8m(宽)×10m(高)；南非当地提供基本风速 $v_{b,0}=36m/s$ ，地面粗糙度category B

计算结果比较可见：

(1) SANS10160-3考虑了内部风压的双向不利影响，因此，按最不利工况往往较GB50009-2012大很多。

(2) SANS10160-3中侧面墙体外部风压系数取值考虑建筑物的高宽比，算例中 $2h < B$ 取-0.8；与之对应的GB50009-2012的体型系数统一取-0.7

四、结语

4.1 SANS10160-3规定的适用范围较小，超过百米的高层建筑，体型复杂的建构物需要另行参照其他规范内的风荷载内容，GB50009-2012通用性强，参数的选取更加便于工程设计。

4.2 SANS10160-3规定风压分区较多，各分区的风压体型系数不同，更加接近于实际情况；GB50009-2012仅在计算围护结构时考虑局部体型系数的分区。

4.2 SANS10160-3规定风荷载计算需考虑内部风压的不利影响，风荷载工况多，计算出风压标准值普遍比GB50009-2012规定计算出的风压标准值大。

参考文献

[1] 张华庭. 工程抗风设计计算手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.

表2 SANS10160-3与GB50009-2012风荷载计算算例比较

受风面	GB50009-2012 $w_k = \beta_z \mu_s \mu_z w_0$ (kN/m ²)	SANS10160-3		w_i, w_e 求和 kPa	备注
		$w_i = q_p(z_e) \times c_{pi}$ kPa	$w_e = q_p(z_e) \times c_{pe}$ kPa		
迎风墙面	0.32	0	0.54	0.54	
迎风屋面	-0.24	-0.3	-0.4	-0.7	最不利工况
背风屋面	-0.2	-0.3	-0.4	-0.7	最不利工况
背风墙面	-0.2	0	0.34	0.34	
侧面墙体	-0.28	0	-0.54	-0.54	

注：采用36m/s按基本风速统计3s时距与10min时距转化关系得出 $w_0=0.40kN/m^2$