

深圳市工程建设地方标准

SJG

SJG 146 – 2023

## 建筑工程抗风设计标准

Standard for wind-resistant design of building structures

2023-11-02 发布

2024-01-01 实施

深圳市住房和建设局 发布

深圳市工程建设地方标准

建筑工程抗风设计标准

Standard for wind-resistant design of building structures

**SJG 146 - 2023**

2023 深 圳

## 前 言

根据《深圳市住房和建设局关于发布 2020 年深圳市工程建设标准制订修订计划项目（第二批）的通知》（深建标〔2020〕10 号）的要求，标准编制组在国家强制性标准《工程结构通用规范》GB55001-2021、国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012、广东省地方标准《建筑结构荷载规范》DBJ/T 15-101-2022、国家行业标准《建筑工程风洞试验方法标准》JGJ/T 338-2014 和《屋盖结构风荷载标准》JGJ/T 481-2019 的基础上，经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考《The code of practice on wind effects in Hong Kong》-2019（香港风力效应作业守则）、ISO 10137 等有关国内外先进标准，结合深圳市的实际，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准主要技术内容是：1.总则；2.术语和符号；3.基本规定；4.建筑工程风荷载；5.建筑工程风环境；6.建筑工程抗风设计；7.风洞试验与数值风洞模拟。

本标准由深圳市住房和建设局批准发布，由深圳市住房和建设局业务归口并组织深圳市建筑设计研究总院有限公司等编制单位负责技术内容的解释。本标准实施过程中如有意见或建议，请寄送深圳市建筑设计研究总院有限公司（地址：深圳市福田区振华路 8 号设计大厦 16 楼，邮编：518031），以供今后修订时参考。

本标准主编单位：深圳市建筑设计研究总院有限公司  
中国建筑科学研究院有限公司  
深圳华森建筑与工程设计顾问有限公司

本标准参编单位：深圳市投资控股有限公司  
深圳湾区城市建设发展有限公司  
深圳市建筑工程质量安全监督总站  
深圳市国家气候观象台  
哈尔滨工业大学（深圳）  
北京航空航天大学东莞研究院  
广州大学  
深圳市华阳国际工程设计股份有限公司  
深圳大学建筑设计研究院有限公司  
香港华艺设计顾问（深圳）有限公司  
湖南大学  
中冶建筑研究总院（深圳）有限公司  
深圳深港科技创新合作区发展有限公司  
深圳大学

本标准主要起草人员：刘琼祥 陈 凯 王亚勇 张良平 郑庆星  
（以下按姓氏笔画排序）

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 王 戈 | 王 罡 | 王卫忠 | 王启文 | 牛华伟 |
| 邓军文 | 刘 臣 | 刘 伟 | 刘 畅 | 刘 欣 |
| 许维宁 | 孙煜坤 | 麦 浩 | 严亚林 | 李 晖 |
| 李 朝 | 李利孝 | 李应杰 | 杨旺华 | 肖仪清 |
| 吴玖荣 | 张 琳 | 张建军 | 陈申鹏 | 周长标 |
| 庞 涛 | 封周权 | 徐 凯 | 高 云 | 郭晋杰 |
| 唐 意 | 唐小新 | 梁莉军 | 傅继阳 |     |

本标准主要审查人员：魏 璉 欧进萍 任庆英 陈 星 金新阳  
黄用军 王兴法 李庆祥  
本标准主要指导人员：宋 延 龚爱云 刘燕萍 方 军 张 希  
陈天予

# 目 次

|      |                      |    |
|------|----------------------|----|
| 1    | 总则                   | 1  |
| 2    | 术语和符号                | 2  |
| 2.1  | 术语                   | 2  |
| 2.2  | 主要符号                 | 3  |
| 3    | 基本规定                 | 5  |
| 3.1  | 一般规定                 | 5  |
| 3.2  | 地面粗糙度                | 5  |
| 3.3  | 建筑体型                 | 6  |
| 3.4  | 抗风监测                 | 6  |
| 4    | 建筑工程风荷载              | 8  |
| 4.1  | 风荷载标准值及基本风压          | 8  |
| 4.2  | 风压高度变化系数和地形修正系数      | 9  |
| 4.3  | 风荷载体型系数              | 10 |
| 4.4  | 风荷载放大系数              | 29 |
| 4.5  | 风效应                  | 33 |
| 5    | 建筑工程风环境              | 35 |
| 5.1  | 一般规定                 | 35 |
| 5.2  | 行人高度风环境舒适度           | 35 |
| 5.3  | 建筑设计风环境              | 35 |
| 5.4  | 建筑自然通风               | 36 |
| 5.5  | 高层建筑烟囱效应             | 36 |
| 6    | 建筑工程抗风设计             | 37 |
| 6.1  | 一般规定                 | 37 |
| 6.2  | 高层结构抗风设计             | 37 |
| 6.3  | 大跨屋盖结构抗风设计           | 38 |
| 6.4  | 围护结构抗风设计             | 38 |
| 6.5  | 抗风减振控制               | 39 |
| 7    | 风洞试验与数值风洞模拟          | 40 |
| 7.1  | 一般规定                 | 40 |
| 7.2  | 风洞试验                 | 40 |
| 7.3  | 数值风洞模拟               | 40 |
| 附录 A | 风速风向玫瑰图              | 43 |
| 附录 B | 结构振型系数的近似值           | 50 |
| 附录 C | 横风向及扭转风振的等效风荷载       | 52 |
| 附录 D | 1 年重现期风振加速度评估方法      | 58 |
| 附录 E | 阻尼器耗能减振法和调谐式减振器吸振耗能法 | 60 |
| 附录 F | 风洞试验标准模型             | 61 |
| 附录 G | 风环境试验标准模型            | 63 |
|      | 本标准用词说明              | 66 |

|             |    |
|-------------|----|
| 引用标准名录..... | 67 |
| 附：条文说明..... | 68 |

# Contents

|            |  |    |
|------------|--|----|
| 1          | General Provisions   | 1  |
| 2          | Terms and Symbols  | 2  |
| 2.1        | Terms  | 2  |
| 2.2        | Symbols  | 3  |
| 3          | Basic Requirements   | 5  |
| 3.1        | General Requirements   | 5  |
| 3.2        | Terrain Roughness  | 5  |
| 3.3        | Building Shape   | 6  |
| 3.4        | Monitoring for Wind Effects on Building  | 6  |
| 4          | Wind Loading on Building Structures  | 8  |
| 4.1        | Characteristic Value of Design Wind Load and Reference Wind Pressure           | 8  |
| 4.2        | Exposure Factor of Wind Pressure and Correction Factor of Terrain              | 9  |
| 4.3        | Shape Factors of Wind Load   | 10 |
| 4.4        | Amplification Factor of Wind Loading   | 29 |
| 4.5        | Wind-induced Response  | 33 |
| 5          | Wind Environment of Building Structures  | 35 |
| 5.1        | General Requirements   | 35 |
| 5.2        | Wind Environment and Human Comfort at Pedestrian Height                        | 35 |
| 5.3        | Wind Environment of Architectural Design                                       | 35 |
| 5.4        | Natural Ventilation of Building  | 36 |
| 5.5        | Stack Effect of Tall Building  | 36 |
| 6          | Wind-resistant Design of Building Structures                                   | 37 |
| 6.1        | General Requirements   | 37 |
| 6.2        | Wind-Resistant Design of Tall Building Structure                               | 37 |
| 6.3        | Wind-Resistant Design of Large-span Roof Structure                             | 38 |
| 6.4        | Wind-Resistant Design of Cladding Components                                   | 38 |
| 6.5        | Vibration Control for Wind-Resistant Design                                    | 39 |
| 7          | Wind Tunnel Test and Numerical Wind Tunnel Simulation                          | 40 |
| 7.1        | General Requirements   | 40 |
| 7.2        | Wind Tunnel Test   | 40 |
| 7.3        | Numerical Simulation by Computation Fluid Dynamic Method                       | 40 |
| Appendix A | Rose Charts of Wind Speed and Wind Direction                                   | 43 |
| Appendix B | Approximate Vibration Mode Shape of Building Structures                        | 50 |
| Appendix C | Equivalent Static Wind Load in Across-Wind and Torsional Direction             | 52 |
| Appendix D | Evaluation Method on Wind-induced Acceleration during 1-Year Recurrence Period | 58 |
| Appendix E | Energy Dissipation with Damper and Tuned Vibration Absorber                    | 60 |
| Appendix F | Wind Tunnel Test for Standard Model  | 61 |
| Appendix G | Wind Environment Test for Standard Model                                       | 63 |
|            | Explanation of Wording in This Standard  | 66 |
|            | List of Quoted Standards   | 67 |

Addition:Explanation of Provisions ..... 68

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范和指导深圳市建筑工程的抗风设计，保障建筑工程的结构安全，满足建设项目正常使用要求和绿色发展需要，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于深圳市各类建筑工程的抗风设计。

**1.0.3** 建筑工程的抗风设计，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 基本风压 reference wind pressure

风荷载的基准压力，一般按当地空旷平坦地面上 10m 高度处 10min 平均的风速观测数据，经概率统计得出 50 年一遇最大值确定的风速，再考虑相应的空气密度，按贝努利（Bernoulli）公式确定的风压。

#### 2.1.2 体型系数 shape coefficient of wind load

与建筑外形和风向相关的，表征建筑物在给定风速下平均风压大小的系数。

#### 2.1.3 风荷载放大系数 amplification factor of wind load

考虑风荷载脉动的增大效应，在平均风荷载基础上的放大系数。

#### 2.1.4 风向影响系数 wind direction coefficient

考虑风速风向联合概率分布后，不同重现期风压的不同方位角修正系数，通常与风洞试验数据结合使用。

#### 2.1.5 风洞 wind tunnel

以人工的方式产生气流并控制气流用来模拟实体周围气体的流动情况，并可度量气体对实体作用效果的装置。

#### 2.1.6 风洞试验 wind tunnel test

将建筑模型或实物固定在风洞中反复吹风，通过测控仪器和设备提供数据，研究分析空气流经物体所产生的流动现象和气动效应的试验。

#### 2.1.7 计算流体力学 computational fluid dynamics (CFD)

计算流体动力学以流体运动守恒定律为基础，采用计算机数值方法求解流体动力学控制方程，对流体运动以及对物体作用和影响规律进行数值分析的一门交叉学科。

#### 2.1.8 数值风洞 numerical wind tunnel

数值风洞是采用计算流体动力学方法，通过建立计算机仿真模型，计算分析与物理风洞模拟的、或真实自然条件下的流动现象和空气动力学特性的一种研究方法。

#### 2.1.9 地面粗糙度 terrain roughness

风在到达结构物之前吹过 2km（且不小于建筑高度的 20 倍）范围内的地面时，描述该地面上不规则障碍物分布状况的等级。

#### 2.1.10 高层建筑 tall building

10 层及 10 层以上的住宅建筑和房屋高度大于 24m 的其他高层民用建筑。

#### 2.1.11 高耸结构 high-rise structure

高度较大、横断面相对较小的结构，以水平荷载（特别是风荷载）为结构设计主要依据。

#### 2.1.12 大跨度屋盖结构 large-span roof structure

大跨度屋盖结构系指跨度等于或大于 60m 的屋盖结构，可采用桁架、刚架或拱等平面结构以及网架、网壳、悬索结构和索膜结构等空间结构，主要用于影剧院、体育场馆、展览馆、大会堂、航空港以及其他大型公共建筑。

#### 2.1.13 围护结构 cladding components

围护结构是指建筑物各面的围护物，包含围合建筑空间四周的幕墙、墙体、门、窗等，能够

起到有效抵御风荷载的作用。

#### 2.1.14 烟囱效应 stack effect

高层建筑中，由于室内外温差等引起的压差作用，导致空气通过建筑的门窗、幕墙等围护结构缝隙，从室外向建筑内部渗入，在竖向井道和通道汇聚和快速扩散，并在建筑顶部或底部渗出的非受控空气运动现象。烟囱效应强度主要与建筑室内外温差、电梯井道高度、建筑构件渗透特性以及风压作用等因素有关。

#### 2.1.15 鞭梢效应 whipping effect

在水平动力荷载（风、地震）作用下，高层建筑或其他建（构）筑物顶部细长突出部分振动加速度、位移剧烈增大的现象。

## 2.2 主要符号

- $a_{D,z}$  —— 顺风向风振加速度；
- $a_{L,z}$  —— 矩形截面横风向风振加速度；
- $a_{Lc,z}$  —— 圆形截面横风向风振加速度；
- $B$  —— 迎风面宽度；
- $B_z$  —— 脉动风荷载的背景分量因子；
- $C'_L$  —— 横风向风力系数；
- $C'_T$  —— 风致扭矩系数；
- $C_{pe}$  —— 全风向风压系数最值；
- $C_{pi}$  —— 内压系数；
- $C_m$  —— 横风向风力角沿修正系数；
- $C_{sm}$  —— 横风向风力功率谱的角沿修正系数；
- $D$  —— 建筑平面进深（顺风向尺寸）或直径；
- $f_1$  —— 结构第 1 阶自振频率；
- $f_{L1}$  —— 结构横风向第 1 阶自振频率；
- $f_{L1}^*$  —— 折算频率；
- $F_{Dk}$  —— 顺风向单位高度风力标准值；
- $F_{Lk}$  —— 横风向单位高度风力标准值；
- $F_{Lk}$  —— 扭矩谱能量因子；
- $g$  —— 峰值因子；
- $H$  —— 建筑顶部高度；
- $I_H$  —— 结构高度  $H$  处的来流湍流强度；
- $I_{10}$  —— 10m 高度处名义湍流强度；
- $k_d$  —— 风向影响系数；
- $K_L$  —— 平动振型修正系数；
- $K_T$  —— 扭转振型修正系数；
- $m$  —— 单位高度结构质量；
- $R$  —— 重现期年数，或脉动风荷载的共振分量，或平均风速比；
- $Re$  —— 雷诺数；

$R_L$  ——横风向风振共振因子；  
 $R_T$  ——扭转向风振共振因子；  
 $St$  ——斯脱罗哈数；  
 $S_{F_L}$  ——无量纲横风向 1 阶广义风力功率谱；  
 $T_i$  ——结构第  $i$  阶自振周期；  
 $T_{L1}$  ——结构横风向第 1 阶自振周期；  
 $T_{L1}^*$  ——折算周期；  
 $T_{Tk}$  ——单位高度风致扭矩标准值；  
 $v_{cr}$  ——临界风速；  
 $v_H$  ——结构顶部风速；  
 $v_{10}$  ——10m 高度处平均风速；  
 $w_0$  ——基本风压；  
 $w_R$  ——重现期为  $R$  年的风压；  
 $w_k$  ——风荷载标准值；  
 $w_{k1}$  ——迎风面风荷载标准值；  
 $w_{k2}$  ——背风面风荷载标准值；  
 $w_{Lk}$  ——横风向风振等效风荷载标准值；  
 $w_{Tk}$  ——扭转风振等效风荷载标准值；  
 $z$  ——建筑物计算位置离地高度；  
 $\alpha$  ——地面粗糙度指数；  
 $\beta_z$  ——风荷载放大系数；  
 $\rho$  ——空气密度；  
 $\phi_{L1}$  ——横风向 1 阶振型系数；  
 $\lambda_1$  ——1 阶计算系数；  
 $\lambda_j$  ——第  $j$  阶计算系数；  
 $\eta$  ——地形修正系数；  
 $\eta_a$  ——顺风向加速度的脉动增大系数；  
 $\mu_s$  ——风荷载体型系数；  
 $\mu_{s1}$  ——局部体型系数；  
 $\mu_z$  ——风压高度变化系数；  
 $\mu_H$  ——屋盖平均高度  $H$  处的风压高度变化系数，或结构顶部风压高度变化系数；  
 $\zeta_1$  ——结构 1 阶振型阻尼比；  
 $\zeta_{a1}$  ——结构横风向第 1 阶振型气动阻尼比。

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

- 3.1.1** 建筑工程应按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行抗风设计。
- 3.1.2** 建筑设计时,宜避免对其周边既有建筑风环境造成显著不利影响。当新建建筑可能使周边风环境发生较大改变时,应评估其对既有建筑风环境和风荷载的不利影响并采取相应措施;同时也应考虑今后可预见的待建建筑对本建筑风环境的不利影响。
- 3.1.3** 对行人风环境有较高要求的建筑工程,应对其周边风环境舒适度进行评价。对风环境舒适度不满足使用功能要求的,可采取设置挡风装置等措施提高其舒适性,必要时可调整建筑总平面布置。
- 3.1.4** 体型复杂、周边干扰效应明显或风敏感的重要结构应通过风洞试验确定其风荷载。
- 3.1.5** 对于风振舒适度不满足规范要求的建筑,可通过调整建筑或结构方案、增设风振控制系统等措施提高其风振舒适度。
- 3.1.6** 建筑高度超过 200m 的超高层建筑及高耸结构,宜进行烟囱效应分析。
- 3.1.7** 对风振舒适度和变形要求较高的建筑工程,宜对其进行抗风性能监测。
- 3.1.8** 建筑起重机械应考虑风荷载的不利影响。
- 3.1.9** 装配式构件的连接件宜进行脉动风的疲劳验算,对凸窗等结构外围装配式构件的连接件应进行风荷载作用下的承载力验算。

### 3.2 地面粗糙度

- 3.2.1** 进行抗风设计时,应根据建筑工程周边地面植被特征和房屋高度、密集程度等因素,取定不同的地面粗糙度。
- 3.2.2** 地面粗糙度可分为 A、B、C、D 四类: A 类指近海海面和海岛、海岸、湖岸及沙漠地区; B 类指田野、乡村、丛林、丘陵以及房屋比较稀疏的乡镇; C 类指有密集建筑群的城市市区; D 类指有密集建筑群且房屋较高的城市市区。
- 3.2.3** 当建筑场地所处周围地形为平坦地势,并且具备建筑场地周围建筑规划资料时,可按照如下方法对地面粗糙度进行判定:
- 1 以拟建建筑场地为中心、取  $20H$  和  $2\text{km}$  中较小者为半径的圆形区域为考察对象,对来风方向上游  $45^\circ$  扇形区域内(图 3.2.3)所有建筑物分布进行详细分析;
  - 2 不同方位上建筑物分布差异较大时,应区分不同方位角分别计算,且至少应考虑与建筑物主轴方向一致的四个来风方向;
  - 3 计算扇形区域内的平面建筑密度,其中平面建筑密度可按式(3.2.3)进行计算;

$$\rho = \frac{\sum A_{B,i}}{A_G} \times 100\% \quad (3.2.3)$$

式中:

- $A_{B,i}$  ——建筑平面轮廓面积;  
 $A_G$  ——为扇形区总面积。

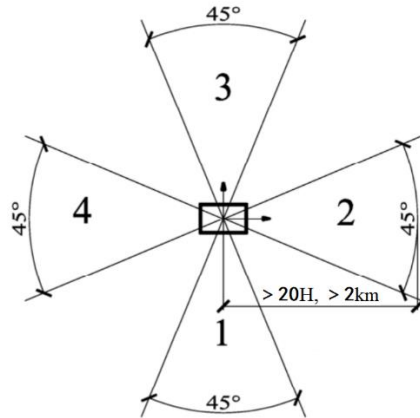


图 3.2.3 与建筑主轴方向一致的四个风向判定区示意图

4 应根据扇形区内的建筑高度和平面建筑密度，按如下原则确定粗糙度类别：

- 1) 开阔的海面、湖面和沿海陆地、海岛等为 A 类粗糙度区；
- 2) 有少量稀疏房屋高度到达 10m 的区域，即平面建筑密度  $\rho < 15\%$ ，可归为 B 类粗糙度区；
- 3) 4~9 层建筑较为密集的区域，即平面建筑密度  $\rho$  在 15%~30% 之间，或者建筑物平面密度  $\rho > 30\%$ ，但超过 10 层的高层建筑平面面积占总建筑面积的比值低于 15% 时，可归为 C 类粗糙度区；
- 4) 超过 10 层的高层建筑密集的区域，即平面建筑密度  $\rho > 30\%$ ，且超过 10 层的高层建筑平面面积占总建筑平面面积的比值高于 15% 时，可归为 D 类粗糙度区。

5 当确定建筑场地上游区域为更为平坦的地势，且距离建筑场地的距离小于 2km 或 20H 中较小者，则建筑场地的粗糙度取为上游平坦区域所属的粗糙度类别。

3.2.4 采用本标准计算方法确定风荷载时，应按照不利原则选取地面粗糙度进行计算；风洞试验时，可根据不同风向选择对应的上风向地面粗糙度进行试验和计算分析。

### 3.3 建筑体型

3.3.1 对于风荷载是控制荷载的建筑结构，在建筑方案设计阶段可进行气动外形优化比选，选择有利于抗风的建筑外形。建筑气动外形优化比选宜采用数值风洞模拟或风洞试验方法进行。

3.3.2 高层建筑的高宽比不宜过大，可通过立面变化、角沿修正等措施降低高层建筑主体结构的风荷载。

3.3.3 屋盖结构不宜采用悬挑过长、迎风仰角过大的几何体型，可通过增加受风区域的通透性等方法降低屋盖结构的局部风压。

3.3.4 建筑顶部附属结构高度不宜过大，可通过气动措施减小风振响应并降低鞭梢效应。

### 3.4 抗风监测

3.4.1 公共类建筑高度 300m 以上，居住类建筑高度 200m 以上及建筑高度 150m 以上且平面凹凸不规则的住宅，宜结合地震反应观测系统设置抗风监测系统。

3.4.2 高层建筑抗风性能监测应包括风环境监测和风致响应监测。风环境监测应包括风速风向监测。风致响应监测应包括沿建筑物不同高度的风致加速度监测、顶部风致位移监测以及建筑表面的风压监测。

3.4.3 抗风现场实测方案应结合当地地形和气象等条件，考虑典型工况和不利工况。

**3.4.4** 风环境监测宜符合下列规定：

1 宜同时选用三向超声风速仪和机械式螺旋桨风速仪两种工作性能不同的风速仪进行风速风向的监测；

2 量程应大于根据设计风速换算的安装位置的风速；

3 风向监测精度不宜低于  $1^\circ$ ，风向分辨率不宜低于  $0.1^\circ$ ；风速监测精度不宜低于  $0.3\text{m/s}$ ，风速分辨率不宜低于  $0.1\text{m/s}$ ；

4 采样频率不宜低于  $10\text{Hz}$ ；

5 风速仪宜安装在专用钢结构支架上并保证其安全性；

6 风速仪安装位置突出屋面的高度，宜以其监测的风场为未受屋面扰流的自由风场为原则，必要时可采用风洞试验、数值风洞模拟或激光测风雷达校准的结果作为参考。

**3.4.5** 风振加速度现场测量应选用技术成熟，耐久性好，抗干扰性强，便于安装、维护和更换的加速度或速度传感器，传感器应能满足量程、采样频率、分辨率、灵敏度、工作环境和使用寿命的要求。

**3.4.6** 风振加速度实测宜进行结构动力特性测试，可选择环境振动法、随机激振法或稳态正弦波激振法等，通过测试结构动力输入与输出时的时程信号，获取结构的自振频率、振型、阻尼比等结构动力特性参数。风振加速度数据采集频率不宜小于  $25\text{Hz}$ ，并应满足同步性要求，数据的时间同步误差宜小于  $0.1\text{ms}$ 。

**3.4.7** 顶部风致位移监测宜选用基于导航定位技术的位移监测仪，以便同时监测主体结构在风荷载作用下的静态位移（平均风荷载引起）和动态位移（脉动风引起）。位移监测的采样频率不宜小于  $10\text{Hz}$ 。

**3.4.8** 风致位移监测应布置至少一个位移监测流动站和一个位移监测基准站。其中位移监测流动站宜布置在楼层顶部空旷位置。位移监测基准站宜布置在周边无遮挡且基本无侧向变形的低矮建筑屋顶处。

**3.4.9** 建筑表面的风压监测点位置，宜布置在风压变化比较显著的建筑物角点处，必要时可参考风洞试验或数值风洞模拟的结果。

**3.4.10** 抗风监测可分为建筑物施工期和正常运营期的监测。考虑到施工期和正常运营期建筑物外部环境和内部布置条件的不同，采集与传输系统宜兼备无线操控和局域网操控的功能。

## 4 建筑工程风荷载

### 4.1 风荷载标准值及基本风压

4.1.1 垂直于建筑物表面上的风荷载标准值，可按下述公式计算：

$$w_k = k_d \eta \beta_z \mu_s \mu_z w_0 \quad (4.1.1)$$

式中：

- $w_k$  ——风荷载标准值 (kN/m<sup>2</sup>)；
- $k_d$  ——风向影响系数；
- $\eta$  ——地形修正系数；
- $\beta_z$  ——高度  $z$  处的风荷载放大系数；
- $\mu_s$  ——风荷载体型系数；
- $\mu_z$  ——风压高度变化系数；
- $w_0$  ——基本风压 (kN/m<sup>2</sup>)。

4.1.2 垂直于屋盖围护结构表面的风荷载标准值，可按下列式计算：

$$w_k = k_d \eta (C_{pe} - C_{pi}) \mu_H w_0 \quad (4.1.2)$$

式中：

- $w_k$  ——屋盖围护结构的风压标准值 (kN/m<sup>2</sup>)；负压标准值不应小于 1.0kN/m<sup>2</sup>，正压标准值不应小于 0.5kN/m<sup>2</sup>；
- $C_{pi}$  ——内压系数，封闭式建筑物围护结构外表面风压为正时，取值为-0.3；外表面风压为负时，取值不小于 0.2，其它情况按照现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 取值；
- $C_{pe}$  ——全风向风压系数最值，包括最大值和最小值，应根据屋盖跨度大小采用不同方法确定，跨度小于 25m 时可按现行行业标准《屋盖结构风荷载标准》JGJ/T 481 第 5.0.3 条执行，跨度大于等于 25m 时，宜由风洞试验确定；
- $\mu_H$  ——屋盖平均高度  $H$  处的风压高度变化系数，按表 4.2.1 取值。

4.1.3 采用本标准计算方法确定建筑结构风荷载时，风向影响系数  $k_d$  应取 1.0，基本风压取值不应小于现行广东省地方标准《建筑结构荷载规范》DBJ 15-101 的规定；当设计工作年限不是 50 年时，应按重现期与设计工作年限相同的原则确定基本风压取值，且不应低于 0.45kN/m<sup>2</sup>。

4.1.4 采用风洞试验方法确定建筑结构风荷载和计算风致响应时，基本风压可考虑不同风向的影响，不同风向对应的风向影响系数  $k_d$  应按表 4.1.4 确定，其它风向的风向影响系数可插值确定。

表 4.1.4 各风向下对应的不同重现期风向影响系数  $k_d$

| 风向  | 50 年重现期 | 10 年重现期 | 1 年重现期 |
|-----|---------|---------|--------|
| N   | 0.96    | 0.96    | 0.95   |
| NNE | 0.96    | 0.96    | 0.95   |
| NE  | 0.99    | 0.98    | 1.00   |

续表 4.1.4

| 风向  | 50年重现期 | 10年重现期 | 1年重现期 |
|-----|--------|--------|-------|
| ENE | 1.00   | 1.00   | 1.00  |
| E   | 0.99   | 0.98   | 1.00  |
| ESE | 0.96   | 0.96   | 0.95  |
| SE  | 0.93   | 0.93   | 0.95  |
| SSE | 0.87   | 0.87   | 0.85  |
| S   | 0.84   | 0.84   | 0.85  |
| SSW | 0.81   | 0.80   | 0.80  |
| SW  | 0.81   | 0.80   | 0.80  |
| WSW | 0.81   | 0.80   | 0.80  |
| W   | 0.81   | 0.80   | 0.80  |
| WNW | 0.81   | 0.80   | 0.80  |
| NW  | 0.81   | 0.80   | 0.80  |
| NNW | 0.91   | 0.91   | 0.90  |

注：1 围护结构承载力设计时，基本风压的风向影响系数应取为1.00；

2 N表示正北、E表示正东、S表示正南、W表示正西，风向间距22.5°，各风向分布参见附录A风玫瑰图。

**4.1.5** 对于高层建筑、高耸结构以及对风荷载比较敏感的其他建筑，基本风压的取值应适当提高；对风荷载比较敏感的高层建筑，承载力设计时应按基本风压的1.1倍取值。

**4.1.6** 对台风引起的荷载进行专项分析时，实测台风数据不宜少于30年。

## 4.2 风压高度变化系数和地形修正系数

**4.2.1** 风压高度变化系数应根据地面粗糙度类别按表4.2.1确定。

表 4.2.1 风压高度变化系数  $\mu_z$ 

| 离地面或海平面<br>高度 (m) | 地面粗糙度类别 |      |      |      |
|-------------------|---------|------|------|------|
|                   | A       | B    | C    | D    |
| 5                 | 1.09    | 1.00 | 0.65 | 0.51 |
| 10                | 1.28    | 1.00 | 0.65 | 0.51 |
| 15                | 1.42    | 1.13 | 0.65 | 0.51 |
| 20                | 1.52    | 1.23 | 0.74 | 0.51 |
| 30                | 1.67    | 1.39 | 0.88 | 0.51 |
| 40                | 1.79    | 1.52 | 1.00 | 0.60 |
| 50                | 1.89    | 1.62 | 1.10 | 0.69 |
| 60                | 1.97    | 1.71 | 1.20 | 0.77 |
| 70                | 2.05    | 1.79 | 1.28 | 0.84 |
| 80                | 2.12    | 1.87 | 1.36 | 0.91 |
| 90                | 2.18    | 1.93 | 1.43 | 0.98 |
| 100               | 2.23    | 2.00 | 1.50 | 1.04 |
| 150               | 2.46    | 2.25 | 1.79 | 1.33 |
| 200               | 2.64    | 2.46 | 2.03 | 1.58 |

续表 4.2.1

| 离地面或海平面高度 (m) | 地面粗糙度类别 |      |      |      |
|---------------|---------|------|------|------|
|               | A       | B    | C    | D    |
| 250           | 2.78    | 2.63 | 2.24 | 1.81 |
| 300           | 2.91    | 2.77 | 2.43 | 2.02 |
| 350           | 2.91    | 2.91 | 2.60 | 2.22 |
| 400           | 2.91    | 2.91 | 2.76 | 2.40 |
| 450           | 2.91    | 2.91 | 2.91 | 2.58 |
| 500           | 2.91    | 2.91 | 2.91 | 2.74 |
| ≥550          | 2.91    | 2.91 | 2.91 | 2.91 |

4.2.2 对于平坦或稍有起伏的地形，地形修正系数取 1.0。

4.2.3 对于山区的建筑物，地形修正系数  $\eta$  应按下列规定采用。

1 对于山峰和山坡，其顶部 B 处的修正系数  $\eta$  可按下列式计算：

$$\eta_B = \left[ 1 + \kappa \tan \alpha \left( 1 - \frac{z}{2.5H} \right) \right]^2 \quad (4.2.3)$$

式中：

$\tan \alpha$  ——山峰或山坡在迎风面一侧的坡度；当  $\tan \alpha$  大于 0.3 时，取 0.3；

$\kappa$  ——系数，对山峰取 2.2，对山坡取 1.4；

$H$  ——山顶或山坡全高 (m)；

$Z$  ——建筑物计算位置离建筑物地面的高度 (m)；当  $Z > 2.5H$  时，取  $Z = 2.5H$ 。

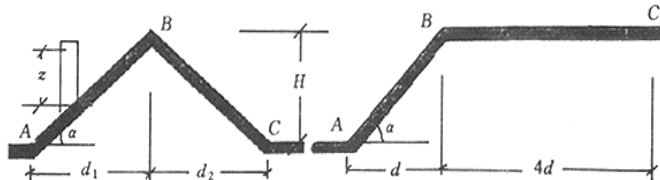


图 4.2.3 山峰和山坡示意图

对于山峰和山坡的其他部位，可按图 4.2.3 所示，取 A、C 处的修正系数  $\eta_A$ 、 $\eta_C$  为 1，AB 间和 BC 间的修正系数按  $\eta$  的线性插值确定；

2 对于山间盆地、谷地等闭塞地形， $\eta$  可在 0.75~0.85 选取；

3 对于与风向一致的谷口、山口， $\eta$  可在 1.20~1.50 选取。

4.2.4 对于远海海面和海岛的建筑物或构筑物，应按表 4.2.4 考虑地形修正系数。

表 4.2.4 远离海面和海岛的地形修正系数  $\eta$

| 距海岸距离 (km) | $\eta$  |
|------------|---------|
| <40        | 1.0     |
| 40~60      | 1.0~1.1 |
| 60~100     | 1.1~1.2 |

### 4.3 风荷载体型系数

4.3.1 房屋和构筑物的风荷载体型系数，可按下列规定采用：

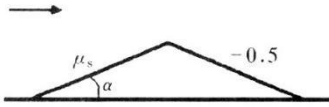
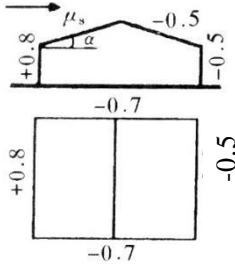
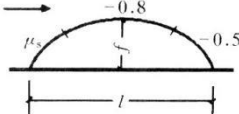
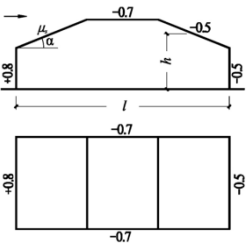
1 房屋和构筑物与表 4.3.1 中的体型类同时，可按表 4.3.1 的规定采用；

2 房屋和构筑物与表4.3.1中的体型不同时，可按类似体型的风洞试验资料采用；当无资料时，宜由风洞试验确定；

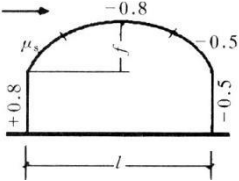
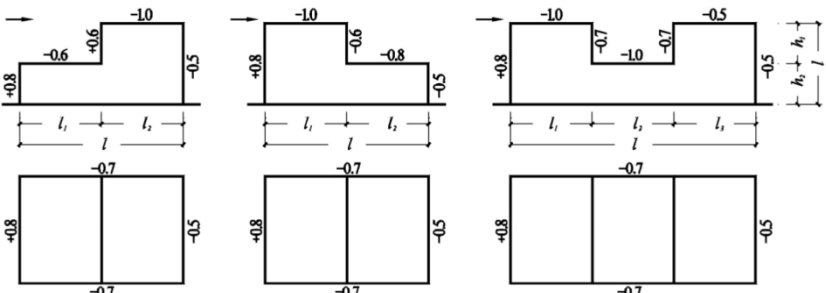
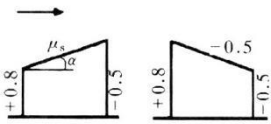
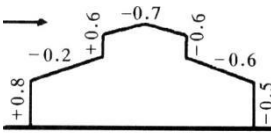
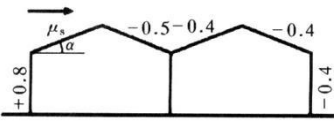
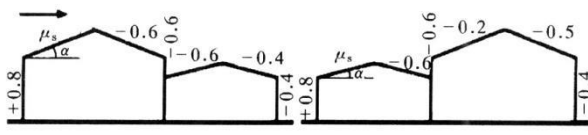
3 对于重要且体型复杂的房屋和构筑物，应由风洞试验确定；

4 对于大跨屋盖结构，除按1~3条考虑体型系数外，还应增加全屋面下压风荷载工况，体型系数取值不小于0.2。

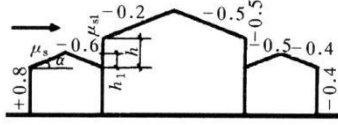
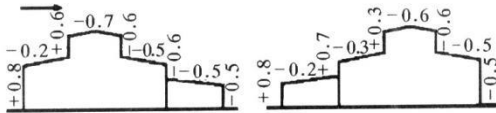
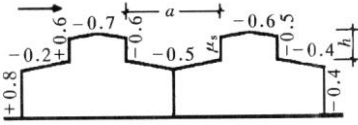
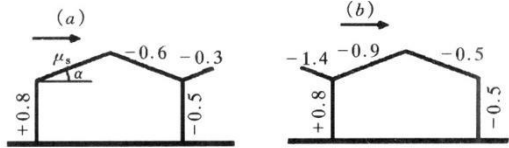
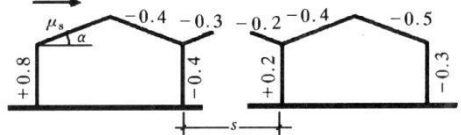
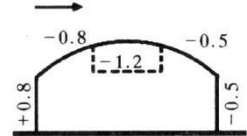
表 4.3.1 风荷载体型系数

| 项次              | 类别              | 体型及体型系数 $\mu_s$   |              |                 |                 |              |                 |      |                 |      |            |   |       |       |            |      |   |   |                 |      |      |      |
|-----------------|-----------------|---|--------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|------|-----------------|------|------------|---|-------|-------|------------|------|---|---|-----------------|------|------|------|
| 1               | 封闭式落地双坡屋面       |  <table border="1" data-bbox="842 571 1086 750"> <thead> <tr> <th><math>\alpha</math></th> <th><math>\mu_s</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>0^\circ</math></td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td><math>30^\circ</math></td> <td>+0.2</td> </tr> <tr> <td><math>\geq 60^\circ</math></td> <td>+0.8</td> </tr> </tbody> </table> <p>注：中间值按线性插入法计算</p>  | $\alpha$     | $\mu_s$         | $0^\circ$       | 0.0          | $30^\circ$      | +0.2 | $\geq 60^\circ$ | +0.8 |            |   |       |       |            |      |   |   |                 |      |      |      |
| $\alpha$        | $\mu_s$         |   |              |                 |                 |              |                 |      |                 |      |            |   |       |       |            |      |   |   |                 |      |      |      |
| $0^\circ$       | 0.0             |   |              |                 |                 |              |                 |      |                 |      |            |   |       |       |            |      |   |   |                 |      |      |      |
| $30^\circ$      | +0.2            |   |              |                 |                 |              |                 |      |                 |      |            |   |       |       |            |      |   |   |                 |      |      |      |
| $\geq 60^\circ$ | +0.8            |   |              |                 |                 |              |                 |      |                 |      |            |   |       |       |            |      |   |   |                 |      |      |      |
| 2               | 封闭式双坡屋面         |  <table border="1" data-bbox="849 840 1093 1019"> <thead> <tr> <th><math>\alpha</math></th> <th><math>\mu_s</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\leq 15^\circ</math></td> <td>-0.6</td> </tr> <tr> <td><math>30^\circ</math></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td><math>\geq 60^\circ</math></td> <td>+0.8</td> </tr> </tbody> </table> <p>注：1.中间值按线性插入法计算；<br/>2.<math>\mu_s</math>的绝对值不小于0.2。<br/>3.当<math>\mu_s</math>的绝对值小于0.4时，尚应考虑<math> \mu_s =0.2</math>反向风荷载作用。</p>  | $\alpha$     | $\mu_s$         | $\leq 15^\circ$ | -0.6         | $30^\circ$      | 0    | $\geq 60^\circ$ | +0.8 |            |   |       |       |            |      |   |   |                 |      |      |      |
| $\alpha$        | $\mu_s$         |   |              |                 |                 |              |                 |      |                 |      |            |   |       |       |            |      |   |   |                 |      |      |      |
| $\leq 15^\circ$ | -0.6            |   |              |                 |                 |              |                 |      |                 |      |            |   |       |       |            |      |   |   |                 |      |      |      |
| $30^\circ$      | 0               |   |              |                 |                 |              |                 |      |                 |      |            |   |       |       |            |      |   |   |                 |      |      |      |
| $\geq 60^\circ$ | +0.8            |   |              |                 |                 |              |                 |      |                 |      |            |   |       |       |            |      |   |   |                 |      |      |      |
| 3               | 封闭式落地拱形屋面       |  <table border="1" data-bbox="869 1176 1069 1355"> <thead> <tr> <th><math>f/l</math></th> <th><math>\mu_s</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.1</td> <td>+0.1</td> </tr> <tr> <td>0.2</td> <td>+0.2</td> </tr> <tr> <td>0.5</td> <td>+0.6</td> </tr> </tbody> </table> <p>注：中间值按线性插入法计算</p>  | $f/l$        | $\mu_s$         | 0.1             | +0.1         | 0.2             | +0.2 | 0.5             | +0.6 |            |   |       |       |            |      |   |   |                 |      |      |      |
| $f/l$           | $\mu_s$         |   |              |                 |                 |              |                 |      |                 |      |            |   |       |       |            |      |   |   |                 |      |      |      |
| 0.1             | +0.1            |   |              |                 |                 |              |                 |      |                 |      |            |   |       |       |            |      |   |   |                 |      |      |      |
| 0.2             | +0.2            |   |              |                 |                 |              |                 |      |                 |      |            |   |       |       |            |      |   |   |                 |      |      |      |
| 0.5             | +0.6            |   |              |                 |                 |              |                 |      |                 |      |            |   |       |       |            |      |   |   |                 |      |      |      |
| 4               | 封闭式折型屋面         |  <table border="1" data-bbox="810 1478 1252 1702"> <thead> <tr> <th><math>\alpha</math></th> <th><math>h/l \leq 0.25</math></th> <th><math>h/l = 0.5</math></th> <th><math>h/l \geq 1</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\leq 10^\circ</math></td> <td>-0.7</td> <td>-0.9</td> <td>-1.3</td> </tr> <tr> <td><math>35^\circ</math></td> <td>0</td> <td>-0.45</td> <td>-0.65</td> </tr> <tr> <td><math>45^\circ</math></td> <td>+0.4</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td><math>\geq 60^\circ</math></td> <td>+0.8</td> <td>+0.8</td> <td>+0.8</td> </tr> </tbody> </table> <p>注：中间值按线性插入法计算</p> | $\alpha$     | $h/l \leq 0.25$ | $h/l = 0.5$     | $h/l \geq 1$ | $\leq 10^\circ$ | -0.7 | -0.9            | -1.3 | $35^\circ$ | 0 | -0.45 | -0.65 | $45^\circ$ | +0.4 | 0 | 0 | $\geq 60^\circ$ | +0.8 | +0.8 | +0.8 |
| $\alpha$        | $h/l \leq 0.25$ | $h/l = 0.5$   | $h/l \geq 1$ |                 |                 |              |                 |      |                 |      |            |   |       |       |            |      |   |   |                 |      |      |      |
| $\leq 10^\circ$ | -0.7            | -0.9  | -1.3         |                 |                 |              |                 |      |                 |      |            |   |       |       |            |      |   |   |                 |      |      |      |
| $35^\circ$      | 0               | -0.45   | -0.65        |                 |                 |              |                 |      |                 |      |            |   |       |       |            |      |   |   |                 |      |      |      |
| $45^\circ$      | +0.4            | 0   | 0            |                 |                 |              |                 |      |                 |      |            |   |       |       |            |      |   |   |                 |      |      |      |
| $\geq 60^\circ$ | +0.8            | +0.8  | +0.8         |                 |                 |              |                 |      |                 |      |            |   |       |       |            |      |   |   |                 |      |      |      |

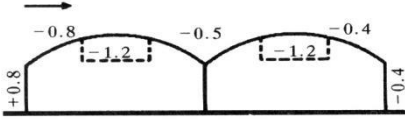
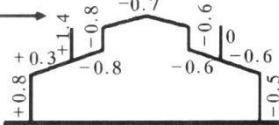
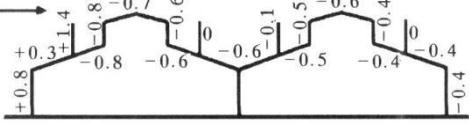
续表 4.3.1

| 项次    | 类别               | 体型及体型系数 $\mu_s$   |       |         |     |      |     |   |     |      |
|-------|------------------|---|-------|---------|-----|------|-----|---|-----|------|
| 5     | 封闭式拱形屋面          |  <table border="1" data-bbox="858 324 1125 504"> <thead> <tr> <th><math>f/l</math></th> <th><math>\mu_s</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.1</td> <td>-0.8</td> </tr> <tr> <td>0.2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0.5</td> <td>+0.6</td> </tr> </tbody> </table> <p>注：1.中间值按线性插入法计算；<br/>2.<math>\mu_s</math>的绝对值不小于0.2。<br/>3.当<math>\mu_s</math>的绝对值小于0.4时，尚应考虑<math> \mu_s =0.2</math>反向风荷载作用。</p> | $f/l$ | $\mu_s$ | 0.1 | -0.8 | 0.2 | 0 | 0.5 | +0.6 |
| $f/l$ | $\mu_s$          |   |       |         |     |      |     |   |     |      |
| 0.1   | -0.8             |   |       |         |     |      |     |   |     |      |
| 0.2   | 0                |   |       |         |     |      |     |   |     |      |
| 0.5   | +0.6             |   |       |         |     |      |     |   |     |      |
| 6     | 封闭式阶梯屋面          |  <p>注：<math>h_1 \geq 3m</math>; <math>0.3 \leq \frac{h_i}{h} \leq 0.7</math>; <math>0.25 \leq \frac{l_i}{l} \leq 0.75</math></p>  |       |         |     |      |     |   |     |      |
| 7     | 封闭式单坡屋面          |  <p>注：迎风坡面的 <math>\mu_s</math> 按第 2 项采用</p>   |       |         |     |      |     |   |     |      |
| 8     | 封闭式带天窗双坡屋面       |  <p>注：带天窗的拱形屋面可按照本图采用</p>   |       |         |     |      |     |   |     |      |
| 9     | 封闭式双跨双坡屋面        |  <p>注：迎风坡面的 <math>\mu_s</math> 按第 2 项采用</p>   |       |         |     |      |     |   |     |      |
| 10    | 封闭式不等高不等跨的双跨双坡屋面 |  <p>注：迎风坡面的 <math>\mu_s</math> 按第 2 项采用</p>   |       |         |     |      |     |   |     |      |

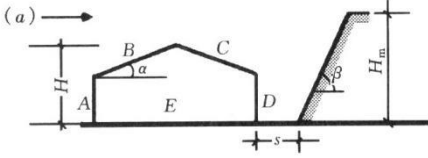
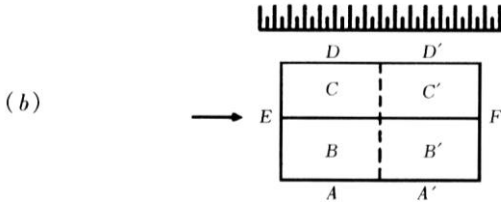
续表 4.3.1

| 项次 | 类别                             | 体型及体型系数 $\mu_s$   |
|----|--------------------------------|---|
| 11 | 封闭式<br>不等高不等跨<br>的三跨<br>双坡屋面   |  <p>注：1.迎风坡面的 <math>\mu_s</math> 按第 2 项采用；<br/>2.中跨上部迎风墙面的 <math>\mu_{s1}</math> 按下式采用：<br/><math>\mu_{s1}=0.6 (1-2 h_1/h)</math><br/>当 <math>h_1=h</math>,取 <math>\mu_{s1}=-0.6</math></p> |
| 12 | 封闭式<br>带天窗带坡的<br>双坡屋面          |   |
| 13 | 封闭式<br>带天窗的<br>双跨双坡屋面          |  <p>注：迎风面第 2 跨的天窗面的 <math>\mu_s</math> 按下列规定采用：<br/>当 <math>a \leq 4h</math> 时，取 <math>\mu_s=0.2</math><br/>当 <math>a &gt; 4h</math> 时，取 <math>\mu_s=0.6</math></p>                        |
| 14 | 封闭式带雨篷<br>的双坡屋面                |  <p>注：迎风坡面的 <math>\mu_s</math> 按第 2 项采用</p>   |
| 15 | 封闭式对立<br>两个带雨篷的<br>双坡屋面        |  <p>注：1.本图适用于 <math>s</math> 为 8m~20m 范围内；<br/>2.迎风坡面的 <math>\mu_s</math> 按第 2 项采用。</p>   |
| 16 | 封闭式<br>带下沉天窗的<br>双坡屋面<br>或拱形屋面 |   |

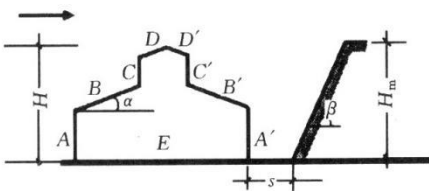
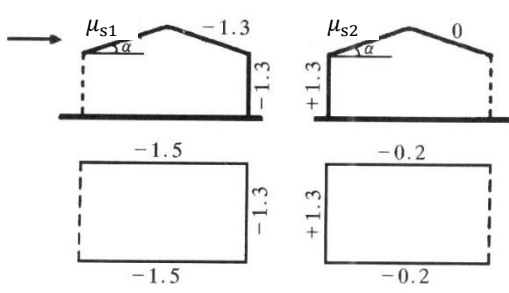

续表 4.3.1

| 项次 | 类别                             | 体型及体型系数 $\mu_s$  |
|----|--------------------------------|--|
| 17 | 封闭式<br>带下沉天窗<br>的双跨双坡<br>或拱形屋面 |  |
| 18 | 封闭式<br>带天窗挡风板<br>的双跨屋面         |  |
| 19 | 封闭式<br>带天窗挡风板<br>的双跨屋面         |  |

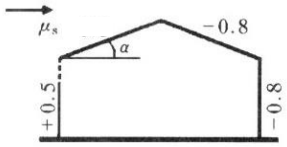
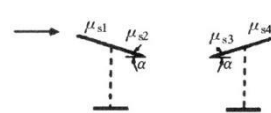
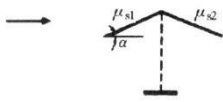

续表 4.3.1

| 项次   | 类别            | 体型及体型系数 $\mu_s$   |          |          |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |     |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
|--|---------------|---|----------|----------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| 20   | 靠山封闭式<br>双坡屋面 |  <p>本图适用于 <math>H_m/H \geq 2</math> 及 <math>s/H = 0.2 \sim 0.4</math> 的情况</p> <p>体型系数 <math>\mu_s</math> 按下表采用:</p> <table border="1" data-bbox="587 611 1241 1061"> <thead> <tr> <th><math>\beta</math></th> <th><math>\alpha</math></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">30°</td> <td>15°</td> <td>+0.9</td> <td>-0.4</td> <td>0.0</td> <td>+0.2</td> <td>-0.2</td> </tr> <tr> <td>30°</td> <td>+0.9</td> <td>+0.2</td> <td>-0.2</td> <td>-0.2</td> <td>-0.3</td> </tr> <tr> <td>60°</td> <td>+1.0</td> <td>+0.7</td> <td>-0.4</td> <td>-0.2</td> <td>-0.5</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">60°</td> <td>15°</td> <td>+1.0</td> <td>+0.3</td> <td>+0.4</td> <td>+0.5</td> <td>+0.4</td> </tr> <tr> <td>30°</td> <td>+1.0</td> <td>+0.4</td> <td>+0.3</td> <td>+0.4</td> <td>+0.2</td> </tr> <tr> <td>60°</td> <td>+1.0</td> <td>+0.8</td> <td>-0.3</td> <td>0.0</td> <td>-0.5</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">90°</td> <td>15°</td> <td>+1.0</td> <td>+0.5</td> <td>+0.7</td> <td>+0.8</td> <td>+0.6</td> </tr> <tr> <td>30°</td> <td>+1.0</td> <td>+0.6</td> <td>+0.8</td> <td>+0.9</td> <td>+0.7</td> </tr> <tr> <td>60°</td> <td>+1.0</td> <td>+0.9</td> <td>-0.1</td> <td>+0.2</td> <td>-0.4</td> </tr> </tbody> </table> | $\beta$  | $\alpha$ | A    | B    | C    | D    | E    | 30°  | 15° | +0.9 | -0.4 | 0.0  | +0.2 | -0.2 | 30°  | +0.9 | +0.2 | -0.2 | -0.2 | -0.3 | 60° | +1.0 | +0.7 | -0.4 | -0.2 | -0.5 | 60° | 15° | +1.0 | +0.3 | +0.4 | +0.5 | +0.4 | 30° | +1.0 | +0.4 | +0.3 | +0.4 | +0.2 | 60° | +1.0 | +0.8 | -0.3 | 0.0 | -0.5 | 90° | 15° | +1.0 | +0.5 | +0.7 | +0.8 | +0.6 | 30° | +1.0 | +0.6 | +0.8 | +0.9 | +0.7 | 60° | +1.0 | +0.9 | -0.1 | +0.2 | -0.4 |
|  |               | $\beta$   | $\alpha$ | A        | B    | C    | D    | E    |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |     |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
| 30°  | 15°           | +0.9  | -0.4     | 0.0      | +0.2 | -0.2 |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |     |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
|  | 30°           | +0.9  | +0.2     | -0.2     | -0.2 | -0.3 |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |     |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
|  | 60°           | +1.0  | +0.7     | -0.4     | -0.2 | -0.5 |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |     |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
| 60°  | 15°           | +1.0  | +0.3     | +0.4     | +0.5 | +0.4 |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |     |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
|  | 30°           | +1.0  | +0.4     | +0.3     | +0.4 | +0.2 |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |     |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
|  | 60°           | +1.0  | +0.8     | -0.3     | 0.0  | -0.5 |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |     |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
| 90°  | 15°           | +1.0  | +0.5     | +0.7     | +0.8 | +0.6 |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |     |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
|  | 30°           | +1.0  | +0.6     | +0.8     | +0.9 | +0.7 |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |     |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
|  | 60°           | +1.0  | +0.9     | -0.1     | +0.2 | -0.4 |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |     |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
|  <p>体型系数 <math>\mu_s</math> 按下表采用:</p> <table border="1" data-bbox="612 1368 1217 1552"> <thead> <tr> <th><math>\beta</math></th> <th>ABCD</th> <th>E</th> <th>A'B'C'D'</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15°</td> <td>-0.8</td> <td>+0.9</td> <td>-0.2</td> <td>-0.2</td> </tr> <tr> <td>30°</td> <td>-0.9</td> <td>+0.9</td> <td>-0.2</td> <td>-0.2</td> </tr> <tr> <td>60°</td> <td>-0.9</td> <td>+0.9</td> <td>-0.2</td> <td>-0.2</td> </tr> </tbody> </table> | $\beta$       | ABCD  | E        | A'B'C'D' | F    | 15°  | -0.8 | +0.9 | -0.2 | -0.2 | 30° | -0.9 | +0.9 | -0.2 | -0.2 | 60°  | -0.9 | +0.9 | -0.2 | -0.2 |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |     |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
| $\beta$  | ABCD          | E   | A'B'C'D' | F        |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |     |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
| 15°  | -0.8          | +0.9  | -0.2     | -0.2     |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |     |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
| 30°  | -0.9          | +0.9  | -0.2     | -0.2     |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |     |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
| 60°  | -0.9          | +0.9  | -0.2     | -0.2     |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |     |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |

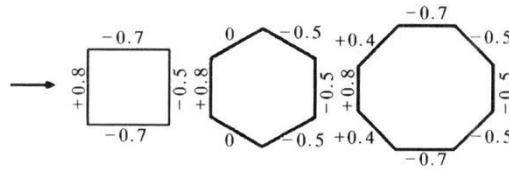
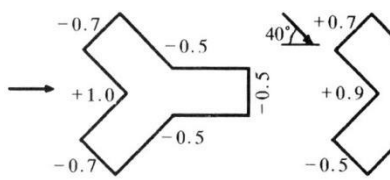
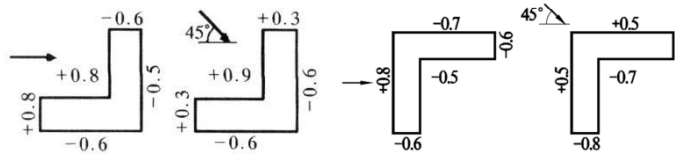
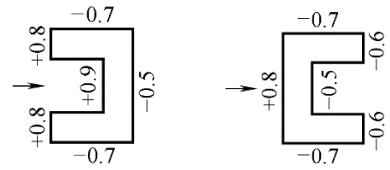
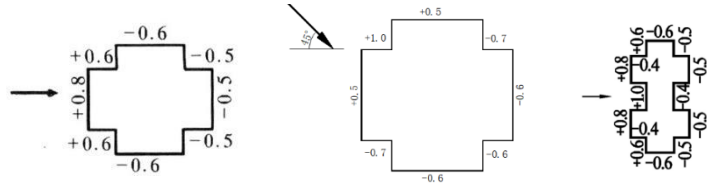
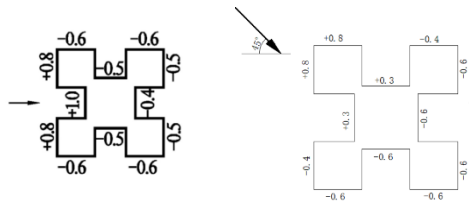
续表 4.3.1

| 项次              | 类别                     | 体型及体型系数 $\mu_s$  |          |            |            |                 |      |      |      |      |      |                 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|------------------------|--|----------|------------|------------|-----------------|------|------|------|------|------|-----------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 21              | 靠山封闭式<br>带天窗的<br>双坡屋面  |  <p>本图适用于 <math>H_m/H \geq 2</math> 及 <math>s/H = 0.2 \sim 0.4</math> 的情况</p> <p>体型系数 <math>\mu_s</math> 按下表采用:</p> <table border="1" data-bbox="550 638 1284 817"> <thead> <tr> <th><math>\beta</math></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>D'</th> <th>C'</th> <th>B'</th> <th>A'</th> <th>E</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30°</td> <td>+0.9</td> <td>+0.2</td> <td>-0.6</td> <td>-0.4</td> <td>-0.3</td> <td>-0.3</td> <td>-0.3</td> <td>-0.2</td> <td>-0.5</td> </tr> <tr> <td>60°</td> <td>+0.9</td> <td>+0.6</td> <td>+0.1</td> <td>+0.1</td> <td>+0.2</td> <td>+0.2</td> <td>+0.2</td> <td>+0.4</td> <td>+0.1</td> </tr> <tr> <td>90°</td> <td>+1.0</td> <td>+0.8</td> <td>+0.6</td> <td>+0.2</td> <td>+0.6</td> <td>+0.6</td> <td>+0.6</td> <td>+0.8</td> <td>+0.6</td> </tr> </tbody> </table> | $\beta$  | A          | B          | C               | D    | D'   | C'   | B'   | A'   | E               | 30° | +0.9 | +0.2 | -0.6 | -0.4 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | -0.2 | -0.5 | 60° | +0.9 | +0.6 | +0.1 | +0.1 | +0.2 | +0.2 | +0.2 | +0.4 | +0.1 | 90° | +1.0 | +0.8 | +0.6 | +0.2 | +0.6 | +0.6 | +0.6 | +0.8 | +0.6 |
| $\beta$         | A                      | B  | C        | D          | D'         | C'              | B'   | A'   | E    |      |      |                 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 30°             | +0.9                   | +0.2   | -0.6     | -0.4       | -0.3       | -0.3            | -0.3 | -0.2 | -0.5 |      |      |                 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 60°             | +0.9                   | +0.6   | +0.1     | +0.1       | +0.2       | +0.2            | +0.2 | +0.4 | +0.1 |      |      |                 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 90°             | +1.0                   | +0.8   | +0.6     | +0.2       | +0.6       | +0.6            | +0.6 | +0.8 | +0.6 |      |      |                 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 22              | 单面开敞式<br>双坡屋面          | <p>(a) 开口迎风                      (b) 开口背风</p>  <table border="1" data-bbox="989 963 1348 1142"> <thead> <tr> <th><math>\alpha</math></th> <th><math>\mu_{s1}</math></th> <th><math>\mu_{s2}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\leq 15^\circ</math></td> <td>-1.4</td> <td>-0.1</td> </tr> <tr> <td>30°</td> <td>-0.8</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td><math>\geq 60^\circ</math></td> <td>0</td> <td>1.3</td> </tr> </tbody> </table> <p>注: 1.中间值按线性插入法计算;<br/>2. <math>\mu_s</math> 的绝对值不小于 0.2。<br/>3 当 <math>\mu_s</math> 的绝对值小于 0.4 时, 尚应考虑 <math> \mu_s  = 0.2</math> 反向风荷载作用。</p>  | $\alpha$ | $\mu_{s1}$ | $\mu_{s2}$ | $\leq 15^\circ$ | -1.4 | -0.1 | 30°  | -0.8 | 0.5  | $\geq 60^\circ$ | 0   | 1.3  |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $\alpha$        | $\mu_{s1}$             | $\mu_{s2}$   |          |            |            |                 |      |      |      |      |      |                 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $\leq 15^\circ$ | -1.4                   | -0.1   |          |            |            |                 |      |      |      |      |      |                 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 30°             | -0.8                   | 0.5  |          |            |            |                 |      |      |      |      |      |                 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $\geq 60^\circ$ | 0                      | 1.3  |          |            |            |                 |      |      |      |      |      |                 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 23              | 双面开敞及<br>四面开敞式<br>双坡屋面 | <p>(a) 两端有山墙                      (b) 四面开敞</p>  <p>体型系数 <math>\mu_s</math></p> <table border="1" data-bbox="734 1534 1093 1668"> <thead> <tr> <th><math>\alpha</math></th> <th><math>\mu_{s1}</math></th> <th><math>\mu_{s2}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\leq 10^\circ</math></td> <td>-1.3</td> <td>-0.7</td> </tr> <tr> <td>30°</td> <td>+1.6</td> <td>+0.4</td> </tr> </tbody> </table> <p>注: 1.中间值按线性插入法计算, 但 <math>\mu_s</math> 的绝对值不小于 0.2; ;<br/>2.本图屋面对风作用敏感, 风压时正时负, 设计时应考虑 <math>\mu_s</math> 值变号的情况;<br/>3.纵向风荷载对屋面所引起的总水平力<br/>当 <math>\alpha \geq 30^\circ</math> 时, 为 <math>0.05Aw_h</math>;<br/>当 <math>\alpha &lt; 30^\circ</math> 时, 为 <math>0.10Aw_h</math>;<br/>其中, A 为屋面的水平投影面积, <math>w_h</math> 为屋面高度 h 处的风压;<br/>4.当室内堆放物品或房屋处于山坡时, 屋面吸力应增大, 可按第 28 项 (a) 采用。</p>               | $\alpha$ | $\mu_{s1}$ | $\mu_{s2}$ | $\leq 10^\circ$ | -1.3 | -0.7 | 30°  | +1.6 | +0.4 |                 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $\alpha$        | $\mu_{s1}$             | $\mu_{s2}$   |          |            |            |                 |      |      |      |      |      |                 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $\leq 10^\circ$ | -1.3                   | -0.7   |          |            |            |                 |      |      |      |      |      |                 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 30°             | +1.6                   | +0.4   |          |            |            |                 |      |      |      |      |      |                 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

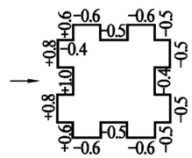
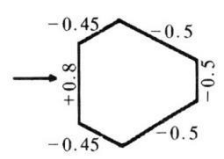
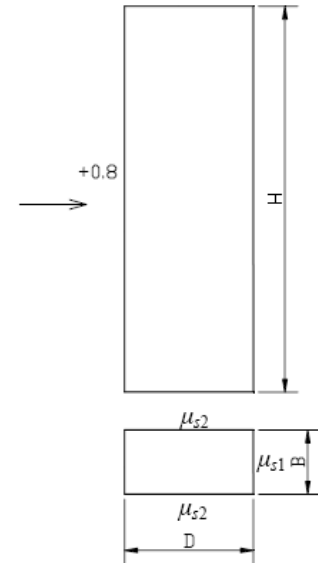
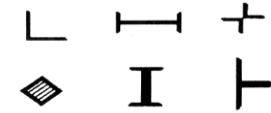
续表 4.3.1

| 项次              | 类别                  | 体型及体型系数 $\mu_s$  |            |            |                 |            |            |                 |                 |      |      |      |            |      |      |      |      |          |            |            |                 |      |      |            |      |      |
|-----------------|---------------------|--|------------|------------|-----------------|------------|------------|-----------------|-----------------|------|------|------|------------|------|------|------|------|----------|------------|------------|-----------------|------|------|------------|------|------|
| 24              | 前后纵墙<br>半开敞<br>双坡屋面 |  <table border="1" data-bbox="973 302 1220 492"> <thead> <tr> <th><math>\alpha</math></th> <th><math>\mu_s</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\leq 15^\circ</math></td> <td>-0.9</td> </tr> <tr> <td><math>30^\circ</math></td> <td>-0.3</td> </tr> <tr> <td><math>\geq 60^\circ</math></td> <td>+0.5</td> </tr> </tbody> </table> <p>注：1.迎风坡面的 <math>\mu_s</math> 按第 2 项采用；<br/>2.本图适用于墙的上部集中开敞面积 <math>\geq 10\%</math> 且 <math>&lt; 50\%</math> 的房屋；<br/>3.当开敞面积达 50% 时，背风墙面的系数改为 -1.1。</p>   | $\alpha$   | $\mu_s$    | $\leq 15^\circ$ | -0.9       | $30^\circ$ | -0.3            | $\geq 60^\circ$ | +0.5 |      |      |            |      |      |      |      |          |            |            |                 |      |      |            |      |      |
| $\alpha$        | $\mu_s$             |  |            |            |                 |            |            |                 |                 |      |      |      |            |      |      |      |      |          |            |            |                 |      |      |            |      |      |
| $\leq 15^\circ$ | -0.9                |  |            |            |                 |            |            |                 |                 |      |      |      |            |      |      |      |      |          |            |            |                 |      |      |            |      |      |
| $30^\circ$      | -0.3                |  |            |            |                 |            |            |                 |                 |      |      |      |            |      |      |      |      |          |            |            |                 |      |      |            |      |      |
| $\geq 60^\circ$ | +0.5                |  |            |            |                 |            |            |                 |                 |      |      |      |            |      |      |      |      |          |            |            |                 |      |      |            |      |      |
| 25              | 单坡及双坡顶<br>盖         | <p>(a)</p>  <table border="1" data-bbox="598 750 1228 896"> <thead> <tr> <th><math>\alpha</math></th> <th><math>\mu_{s1}</math></th> <th><math>\mu_{s2}</math></th> <th><math>\mu_{s3}</math></th> <th><math>\mu_{s4}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\leq 10^\circ</math></td> <td>-1.3</td> <td>-0.5</td> <td>+1.3</td> <td>+0.5</td> </tr> <tr> <td><math>30^\circ</math></td> <td>-1.4</td> <td>-0.6</td> <td>+1.4</td> <td>+0.6</td> </tr> </tbody> </table> <p>(b)</p>  <p>(c)</p>  <table border="1" data-bbox="726 1243 1093 1388"> <thead> <tr> <th><math>\alpha</math></th> <th><math>\mu_{s1}</math></th> <th><math>\mu_{s2}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\leq 10^\circ</math></td> <td>+1.0</td> <td>+0.7</td> </tr> <tr> <td><math>30^\circ</math></td> <td>-1.6</td> <td>-0.4</td> </tr> </tbody> </table> <p>注：1.中间值按线性插入法计算；<br/>2. (a) 应考虑第 29 项注 2；<br/>3. (b) 项体型系数按第 29 项采用；<br/>4. (b)、(c) 应考虑第 29 项注 2 和注 3。</p> | $\alpha$   | $\mu_{s1}$ | $\mu_{s2}$      | $\mu_{s3}$ | $\mu_{s4}$ | $\leq 10^\circ$ | -1.3            | -0.5 | +1.3 | +0.5 | $30^\circ$ | -1.4 | -0.6 | +1.4 | +0.6 | $\alpha$ | $\mu_{s1}$ | $\mu_{s2}$ | $\leq 10^\circ$ | +1.0 | +0.7 | $30^\circ$ | -1.6 | -0.4 |
| $\alpha$        | $\mu_{s1}$          | $\mu_{s2}$   | $\mu_{s3}$ | $\mu_{s4}$ |                 |            |            |                 |                 |      |      |      |            |      |      |      |      |          |            |            |                 |      |      |            |      |      |
| $\leq 10^\circ$ | -1.3                | -0.5   | +1.3       | +0.5       |                 |            |            |                 |                 |      |      |      |            |      |      |      |      |          |            |            |                 |      |      |            |      |      |
| $30^\circ$      | -1.4                | -0.6   | +1.4       | +0.6       |                 |            |            |                 |                 |      |      |      |            |      |      |      |      |          |            |            |                 |      |      |            |      |      |
| $\alpha$        | $\mu_{s1}$          | $\mu_{s2}$   |            |            |                 |            |            |                 |                 |      |      |      |            |      |      |      |      |          |            |            |                 |      |      |            |      |      |
| $\leq 10^\circ$ | +1.0                | +0.7   |            |            |                 |            |            |                 |                 |      |      |      |            |      |      |      |      |          |            |            |                 |      |      |            |      |      |
| $30^\circ$      | -1.6                | -0.4   |            |            |                 |            |            |                 |                 |      |      |      |            |      |      |      |      |          |            |            |                 |      |      |            |      |      |

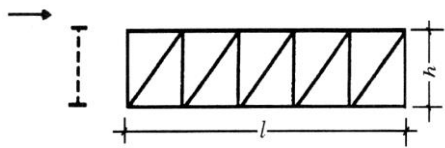
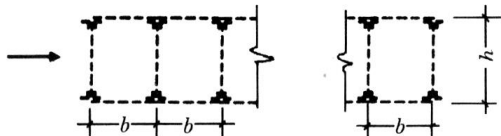

续表 4.3.1

| 项次 | 类别        | 体型及体型系数 $\mu_s$   |
|----|-----------|---|
| 26 | 封闭式房屋和构筑物 | <p>(a) 正多边形（包括矩形）平面</p>  <p>(b) Y型平面</p>  <p>(c) L型平面</p>  <p>(d) 凹型平面</p>  <p>(e) 十字型平面</p>  <p>(f) X型平面</p>  |

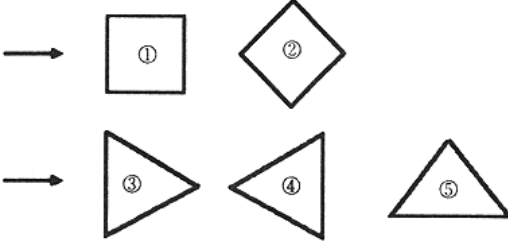
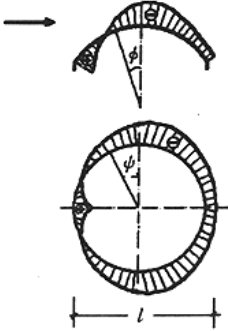
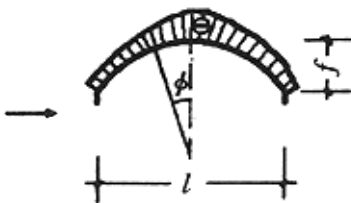
续表 4.3.1

| 项次         | 类别               | 体型及体型系数 $\mu_s$  |      |          |     |   |          |            |      |      |      |      |            |      |  |  |  |
|------------|------------------|--|------|----------|-----|---|----------|------------|------|------|------|------|------------|------|--|--|--|
| 26         | 封闭式房屋和构筑物        | <p>(g) 井字型平面</p>  <p>(h) 截角三角形平面</p>   |      |          |     |   |          |            |      |      |      |      |            |      |  |  |  |
| 27         | 高度超过45m的矩形截面高层建筑 |  <table border="1" data-bbox="973 929 1340 1075"> <tr> <td>D/B</td> <td><math>\leq 1</math></td> <td>1.2</td> <td>2</td> <td><math>\geq 4</math></td> </tr> <tr> <td><math>\mu_{s1}</math></td> <td>-0.6</td> <td>-0.5</td> <td>-0.4</td> <td>-0.3</td> </tr> <tr> <td><math>\mu_{s2}</math></td> <td colspan="4">-0.7</td> </tr> </table> | D/B  | $\leq 1$ | 1.2 | 2 | $\geq 4$ | $\mu_{s1}$ | -0.6 | -0.5 | -0.4 | -0.3 | $\mu_{s2}$ | -0.7 |  |  |  |
| D/B        | $\leq 1$         | 1.2  | 2    | $\geq 4$ |     |   |          |            |      |      |      |      |            |      |  |  |  |
| $\mu_{s1}$ | -0.6             | -0.5   | -0.4 | -0.3     |     |   |          |            |      |      |      |      |            |      |  |  |  |
| $\mu_{s2}$ | -0.7             |  |      |          |     |   |          |            |      |      |      |      |            |      |  |  |  |
| 28         | 各种截面的杆件          |  <p style="text-align: center;"><math>\mu_s = +1.3</math></p>  |      |          |     |   |          |            |      |      |      |      |            |      |  |  |  |

续表 4.3.1

| 项次                    | 类别          | 体型及体型系数 $\mu_s$   |                       |          |   |   |   |            |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |
|-----------------------|-------------|---|-----------------------|----------|---|---|---|------------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| 29                    | 桁架          | <p>(a)</p>  <p>单榀桁架的体型系数: <math>\mu_{st} = \phi\mu_s</math></p> <p>式中: <math>\mu_s</math> 为桁架构件的体型系数, 对型钢杆件按第 34 项采用, 对圆管杆件按第 39 (b) 项采用;<br/> <math>\phi = A_n / A</math> 为桁架的挡风系数;<br/> <math>A_n</math> 为桁架杆件和节点挡风的净投影面积;<br/> <math>A = hl</math> 为桁架的轮廓面积。</p> <p>(b)</p>  <p><math>n</math> 榀平行桁架的整体体型系数:</p> $\mu_{stw} = \mu_{st} \frac{1 - \eta^n}{1 - \eta}$ <p>式中: <math>\mu_{st}</math> 为单榀桁架的体型系数;<br/> <math>\eta</math> 系数按下表采用。</p> <table border="1" data-bbox="606 1097 1220 1500"> <thead> <tr> <th><math>\phi \backslash b/h</math></th> <th><math>\leq 1</math></th> <th>2</th> <th>4</th> <th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\leq 0.1</math></td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>0.2</td> <td>0.85</td> <td>0.90</td> <td>0.93</td> <td>0.97</td> </tr> <tr> <td>0.3</td> <td>0.66</td> <td>0.75</td> <td>0.80</td> <td>0.85</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>0.50</td> <td>0.60</td> <td>0.67</td> <td>0.73</td> </tr> <tr> <td>0.5</td> <td>0.33</td> <td>0.45</td> <td>0.53</td> <td>0.62</td> </tr> <tr> <td>0.6</td> <td>0.15</td> <td>0.30</td> <td>0.40</td> <td>0.50</td> </tr> </tbody> </table> | $\phi \backslash b/h$ | $\leq 1$ | 2 | 4 | 6 | $\leq 0.1$ | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.2 | 0.85 | 0.90 | 0.93 | 0.97 | 0.3 | 0.66 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.4 | 0.50 | 0.60 | 0.67 | 0.73 | 0.5 | 0.33 | 0.45 | 0.53 | 0.62 | 0.6 | 0.15 | 0.30 | 0.40 | 0.50 |
| $\phi \backslash b/h$ | $\leq 1$    | 2   | 4                     | 6        |   |   |   |            |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |
| $\leq 0.1$            | 1.00        | 1.00  | 1.00                  | 1.00     |   |   |   |            |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |
| 0.2                   | 0.85        | 0.90  | 0.93                  | 0.97     |   |   |   |            |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |
| 0.3                   | 0.66        | 0.75  | 0.80                  | 0.85     |   |   |   |            |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |
| 0.4                   | 0.50        | 0.60  | 0.67                  | 0.73     |   |   |   |            |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |
| 0.5                   | 0.33        | 0.45  | 0.53                  | 0.62     |   |   |   |            |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |
| 0.6                   | 0.15        | 0.30  | 0.40                  | 0.50     |   |   |   |            |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |
| 30                    | 独立墙壁<br>及围墙 |   |                       |          |   |   |   |            |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |

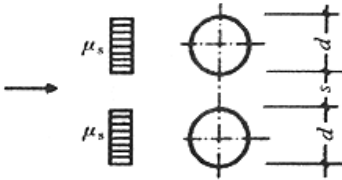


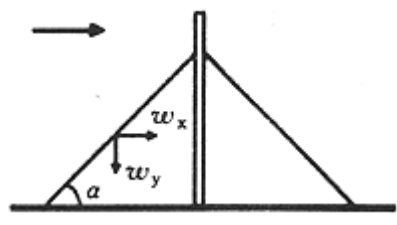
续表 4.3.1

| 项次             | 类别   | 体型及体型系数 $\mu_s$  |                |                  |  |  |                  |     |     |  |     |      |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------------|------|--|----------------|------------------|--|--|------------------|-----|-----|--|-----|------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 31             | 塔架   | <div style="text-align: center;">  </div> <p>(a) 角钢塔架整体计算时的体型系数 <math>\mu_s</math> 按下表采用。</p> <table border="1" data-bbox="616 663 1217 1115"> <thead> <tr> <th rowspan="3">挡风系数<br/><math>\phi</math></th> <th colspan="3">方形</th> <th rowspan="3">三角形<br/>风向<br/>③④⑤</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">风向①</th> <th colspan="2">风向②</th> </tr> <tr> <th>单角钢</th> <th>组合角钢</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\leq 0.1</math></td> <td>2.6</td> <td>2.9</td> <td>3.1</td> <td>2.4</td> </tr> <tr> <td>0.2</td> <td>2.4</td> <td>2.7</td> <td>2.9</td> <td>2.2</td> </tr> <tr> <td>0.3</td> <td>2.2</td> <td>2.4</td> <td>2.7</td> <td>2.0</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>2.0</td> <td>2.2</td> <td>2.4</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td>0.5</td> <td>1.9</td> <td>1.9</td> <td>2.0</td> <td>1.6</td> </tr> </tbody> </table> <p>(b) 管子及圆钢塔架整体计算时的体型系数 <math>\mu_s</math>：<br/>           当 <math>\mu_z w_0 d^2</math> 不大于 0.002 时，<math>\mu_s</math> 按角钢塔架的 <math>\mu_s</math> 值乘以 0.8 采用；<br/>           当 <math>\mu_z w_0 d^2</math> 不小于 0.015 时，<math>\mu_s</math> 按角钢塔架的 <math>\mu_s</math> 值乘以 0.6 采用。<br/>           注：中间值按线性插入法计算。</p> | 挡风系数<br>$\phi$ | 方形               |  |  | 三角形<br>风向<br>③④⑤ | 风向① | 风向② |  | 单角钢 | 组合角钢 | $\leq 0.1$ | 2.6 | 2.9 | 3.1 | 2.4 | 0.2 | 2.4 | 2.7 | 2.9 | 2.2 | 0.3 | 2.2 | 2.4 | 2.7 | 2.0 | 0.4 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 1.8 | 0.5 | 1.9 | 1.9 | 2.0 | 1.6 |
| 挡风系数<br>$\phi$ | 方形   |  |                | 三角形<br>风向<br>③④⑤ |  |  |                  |     |     |  |     |      |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|                | 风向①  | 风向②  |                |                  |  |  |                  |     |     |  |     |      |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|                |      | 单角钢  | 组合角钢           |                  |  |  |                  |     |     |  |     |      |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| $\leq 0.1$     | 2.6  | 2.9  | 3.1            | 2.4              |  |  |                  |     |     |  |     |      |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 0.2            | 2.4  | 2.7  | 2.9            | 2.2              |  |  |                  |     |     |  |     |      |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 0.3            | 2.2  | 2.4  | 2.7            | 2.0              |  |  |                  |     |     |  |     |      |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 0.4            | 2.0  | 2.2  | 2.4            | 1.8              |  |  |                  |     |     |  |     |      |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 0.5            | 1.9  | 1.9  | 2.0            | 1.6              |  |  |                  |     |     |  |     |      |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 32             | 旋转壳顶 | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="437 1227 900 1711"> <p>(a) <math>f/l &gt; \frac{1}{4}</math></p>  <p><math>\mu_s = 0.5 \sin^2 \phi \sin \psi - \cos^2 \phi</math><br/>           式中：<math>\psi</math> 为平面角，<math>\phi</math> 为仰角。</p> </div> <div data-bbox="900 1227 1390 1711"> <p>(b) <math>f/l \leq \frac{1}{4}</math></p>  <p><math>\mu_s = -\cos^2 \phi</math></p> </div> </div>  |                |                  |  |  |                  |     |     |  |     |      |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

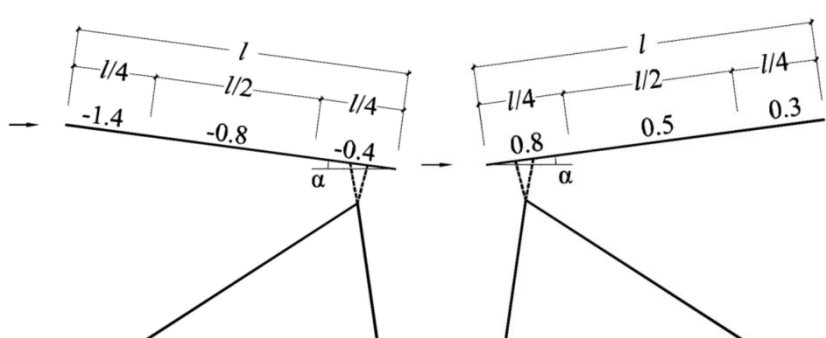
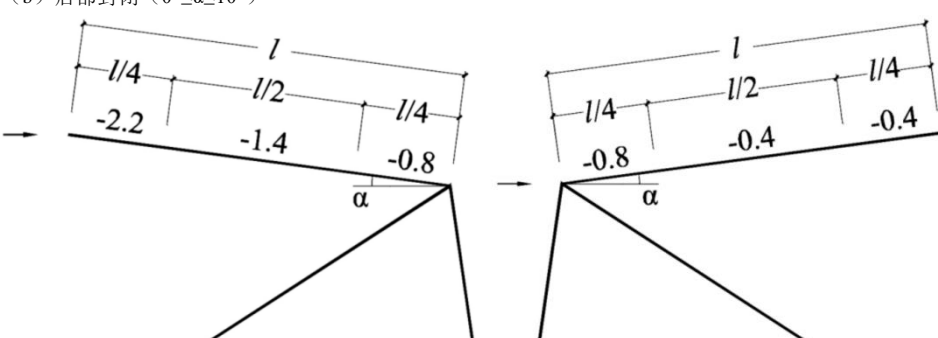
续表 4.3.1

| 项次                       | 类别                   | 体型及体型系数 $\mu_s$ |                    |  |           |           |      |      |                 |       |               |           |           |              |                    |     |     |         |                  |     |     |     |                  |            |      |      |              |     |     |         |      |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
|--------------------------|----------------------|-----------------|--------------------|--|-----------|-----------|------|------|-----------------|-------|---------------|-----------|-----------|--------------|--------------------|-----|-----|---------|------------------|-----|-----|-----|------------------|------------|------|------|--------------|-----|-----|---------|------|------|------|------|-----|---|---------|-----|-----|-----|-----|-----|------------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|---|---------|-----|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|---|---------|-----|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|
| 32                       | 旋转壳顶                 | (c) 封闭式圆形基础穹顶   |                    | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"><math>f/l</math></th> <th>0</th> <th>0.05</th> <th>0.1</th> <th>0.2</th> <th>0.5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">A</td> <td><math>h/l=0</math></td> <td>-0.6</td> <td>0.3</td> <td>0.4</td> <td>0.5</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td><math>h/l=0.25</math></td> <td>-1.4</td> <td>-1.0</td> <td>-0.6</td> <td>0.0</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td><math>h/l=1</math></td> <td>-1.2</td> <td>-1.6</td> <td>-1.2</td> <td>-0.4</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">B</td> <td><math>h/l=0</math></td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td><math>h/l=0.25</math></td> <td>-0.8</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.3</td> </tr> <tr> <td><math>h/l=1</math></td> <td>-1.2</td> <td>-0.8</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.4</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">C</td> <td><math>h/l=0</math></td> <td>0.0</td> <td>-0.2</td> <td>-0.4</td> <td>-0.6</td> <td>-1.1</td> </tr> <tr> <td><math>h/l=0.25</math></td> <td>-0.1</td> <td>-0.4</td> <td>-0.6</td> <td>-0.8</td> <td>-1.2</td> </tr> <tr> <td><math>h/l=1</math></td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.6</td> <td>-1.0</td> <td>-1.3</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">D</td> <td><math>h/l=0</math></td> <td>0.0</td> <td>-0.1</td> <td>-0.2</td> <td>-0.2</td> <td>-0.2</td> </tr> <tr> <td><math>h/l=0.25</math></td> <td>-0.1</td> <td>-0.3</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> </tr> <tr> <td><math>h/l=1</math></td> <td>-0.3</td> <td>-0.3</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> </tr> </tbody> </table> |           |           |      |      |                 | $f/l$ |               | 0         | 0.05      | 0.1          | 0.2                | 0.5 | A   | $h/l=0$ | -0.6             | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.7              | $h/l=0.25$ | -1.4 | -1.0 | -0.6         | 0.0 | 0.6 | $h/l=1$ | -1.2 | -1.6 | -1.2 | -0.4 | 0.6 | B | $h/l=0$ | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | $h/l=0.25$ | -0.8 | -0.4 | -0.4 | -0.4 | -0.3 | $h/l=1$ | -1.2 | -0.8 | -0.6 | -0.6 | -0.4 | C | $h/l=0$ | 0.0 | -0.2 | -0.4 | -0.6 | -1.1 | $h/l=0.25$ | -0.1 | -0.4 | -0.6 | -0.8 | -1.2 | $h/l=1$ | -0.4 | -0.4 | -0.6 | -1.0 | -1.3 | D | $h/l=0$ | 0.0 | -0.1 | -0.2 | -0.2 | -0.2 | $h/l=0.25$ | -0.1 | -0.3 | -0.4 | -0.4 | -0.4 | $h/l=1$ | -0.3 | -0.3 | -0.4 | -0.4 | -0.4 |
|                          |                      | $f/l$           |                    | 0  | 0.05      | 0.1       | 0.2  | 0.5  |                 |       |               |           |           |              |                    |     |     |         |                  |     |     |     |                  |            |      |      |              |     |     |         |      |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
|                          |                      | A               | $h/l=0$            | -0.6   | 0.3       | 0.4       | 0.5  | 0.7  |                 |       |               |           |           |              |                    |     |     |         |                  |     |     |     |                  |            |      |      |              |     |     |         |      |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
|                          |                      |                 | $h/l=0.25$         | -1.4   | -1.0      | -0.6      | 0.0  | 0.6  |                 |       |               |           |           |              |                    |     |     |         |                  |     |     |     |                  |            |      |      |              |     |     |         |      |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
|                          |                      |                 | $h/l=1$            | -1.2   | -1.6      | -1.2      | -0.4 | 0.6  |                 |       |               |           |           |              |                    |     |     |         |                  |     |     |     |                  |            |      |      |              |     |     |         |      |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
|                          |                      | B               | $h/l=0$            | 0.0  | 0.0       | 0.0       | 0.0  | 0.0  |                 |       |               |           |           |              |                    |     |     |         |                  |     |     |     |                  |            |      |      |              |     |     |         |      |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
|                          |                      |                 | $h/l=0.25$         | -0.8   | -0.4      | -0.4      | -0.4 | -0.3 |                 |       |               |           |           |              |                    |     |     |         |                  |     |     |     |                  |            |      |      |              |     |     |         |      |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
|                          |                      |                 | $h/l=1$            | -1.2   | -0.8      | -0.6      | -0.6 | -0.4 |                 |       |               |           |           |              |                    |     |     |         |                  |     |     |     |                  |            |      |      |              |     |     |         |      |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
|                          |                      | C               | $h/l=0$            | 0.0  | -0.2      | -0.4      | -0.6 | -1.1 |                 |       |               |           |           |              |                    |     |     |         |                  |     |     |     |                  |            |      |      |              |     |     |         |      |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
|                          |                      |                 | $h/l=0.25$         | -0.1   | -0.4      | -0.6      | -0.8 | -1.2 |                 |       |               |           |           |              |                    |     |     |         |                  |     |     |     |                  |            |      |      |              |     |     |         |      |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
|                          |                      |                 | $h/l=1$            | -0.4   | -0.4      | -0.6      | -1.0 | -1.3 |                 |       |               |           |           |              |                    |     |     |         |                  |     |     |     |                  |            |      |      |              |     |     |         |      |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
|                          |                      | D               | $h/l=0$            | 0.0  | -0.1      | -0.2      | -0.2 | -0.2 |                 |       |               |           |           |              |                    |     |     |         |                  |     |     |     |                  |            |      |      |              |     |     |         |      |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
| $h/l=0.25$               | -0.1                 |                 | -0.3               | -0.4   | -0.4      | -0.4      |      |      |                 |       |               |           |           |              |                    |     |     |         |                  |     |     |     |                  |            |      |      |              |     |     |         |      |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
| $h/l=1$                  | -0.3                 |                 | -0.3               | -0.4   | -0.4      | -0.4      |      |      |                 |       |               |           |           |              |                    |     |     |         |                  |     |     |     |                  |            |      |      |              |     |     |         |      |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
|                          |                      |                 |                    |  |           |           |      |      |                 |       |               |           |           |              |                    |     |     |         |                  |     |     |     |                  |            |      |      |              |     |     |         |      |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
| 33                       | 圆截面构筑物<br>(包括烟囱、塔桅等) |                 |                    | <table border="1"> <thead> <tr> <th><math>\mu_z w_0 d^2</math></th> <th>表面情况</th> <th><math>H/d \geq 25</math></th> <th><math>H/d = 7</math></th> <th><math>H/d = 1</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3"><math>\geq 0.015</math></td> <td><math>\Delta \approx 0</math></td> <td>0.6</td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td><math>\Delta = 0.02d</math></td> <td>0.9</td> <td>0.8</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td><math>\Delta = 0.08d</math></td> <td>1.2</td> <td>1.0</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td><math>\leq 0.002</math></td> <td></td> <td>1.2</td> <td>0.8</td> <td>0.7</td> </tr> </tbody> </table>  |           |           |      |      | $\mu_z w_0 d^2$ | 表面情况  | $H/d \geq 25$ | $H/d = 7$ | $H/d = 1$ | $\geq 0.015$ | $\Delta \approx 0$ | 0.6 | 0.5 | 0.5     | $\Delta = 0.02d$ | 0.9 | 0.8 | 0.7 | $\Delta = 0.08d$ | 1.2        | 1.0  | 0.8  | $\leq 0.002$ |     | 1.2 | 0.8     | 0.7  |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
|                          |                      | $\mu_z w_0 d^2$ | 表面情况               | $H/d \geq 25$  | $H/d = 7$ | $H/d = 1$ |      |      |                 |       |               |           |           |              |                    |     |     |         |                  |     |     |     |                  |            |      |      |              |     |     |         |      |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
|                          |                      | $\geq 0.015$    | $\Delta \approx 0$ | 0.6  | 0.5       | 0.5       |      |      |                 |       |               |           |           |              |                    |     |     |         |                  |     |     |     |                  |            |      |      |              |     |     |         |      |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
|                          |                      |                 | $\Delta = 0.02d$   | 0.9  | 0.8       | 0.7       |      |      |                 |       |               |           |           |              |                    |     |     |         |                  |     |     |     |                  |            |      |      |              |     |     |         |      |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
|                          |                      |                 | $\Delta = 0.08d$   | 1.2  | 1.0       | 0.8       |      |      |                 |       |               |           |           |              |                    |     |     |         |                  |     |     |     |                  |            |      |      |              |     |     |         |      |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
| $\leq 0.002$             |                      | 1.2             | 0.8                | 0.7  |           |           |      |      |                 |       |               |           |           |              |                    |     |     |         |                  |     |     |     |                  |            |      |      |              |     |     |         |      |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
| 注：1.整体计算用表中的中间值按线性插值法计算； |                      |                 |                    |  |           |           |      |      |                 |       |               |           |           |              |                    |     |     |         |                  |     |     |     |                  |            |      |      |              |     |     |         |      |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
| 2. $\Delta$ 为表面凸出高度。     |                      |                 |                    |  |           |           |      |      |                 |       |               |           |           |              |                    |     |     |         |                  |     |     |     |                  |            |      |      |              |     |     |         |      |      |      |      |     |   |         |     |     |     |     |     |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |   |         |     |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |

续表 4.3.1

| 项次      | 类别    | 体型及体型系数 $\mu_s$  |            |            |            |            |            |            |      |       |         |      |      |       |      |       |       |      |      |       |     |      |      |     |      |      |       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
|---------|-------|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------|-------|---------|------|------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|-----|------|------|-----|------|------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 34      | 架空管道  | <p>本图适用于 <math>\mu_z w_0 d^2 \geq 0.015</math> 的情况</p> <p>(a) 上下双管</p>  <table border="1" data-bbox="470 627 1356 728"> <tr> <td>s/d</td> <td>≤0.25</td> <td>0.5</td> <td>0.75</td> <td>1.0</td> <td>1.5</td> <td>2.0</td> <td>≥3.0</td> </tr> <tr> <td><math>\mu_s</math></td> <td>+1.2</td> <td>+0.9</td> <td>+0.75</td> <td>+0.7</td> <td>+0.65</td> <td>+0.63</td> <td>+0.6</td> </tr> </table> <p>(b) 前后双管</p>  <table border="1" data-bbox="470 940 1356 1041"> <tr> <td>s/d</td> <td>≤0.25</td> <td>0.5</td> <td>1.5</td> <td>3.0</td> <td>4.0</td> <td>6.0</td> <td>8.0</td> <td>≥10.0</td> </tr> <tr> <td><math>\mu_s</math></td> <td>+0.68</td> <td>+0.86</td> <td>+0.94</td> <td>+0.99</td> <td>+1.08</td> <td>+1.11</td> <td>+1.14</td> <td>+1.20</td> </tr> </table> <p>表列 <math>\mu_s</math> 值为前后两管之和，其中前管为 0.6</p> <p>(c) 密排多管</p>  <p><math>\mu_s = +1.4</math></p> <p>注: <math>\mu_s</math> 值为各管之总和</p> | s/d        | ≤0.25      | 0.5        | 0.75       | 1.0        | 1.5        | 2.0  | ≥3.0  | $\mu_s$ | +1.2 | +0.9 | +0.75 | +0.7 | +0.65 | +0.63 | +0.6 | s/d  | ≤0.25 | 0.5 | 1.5  | 3.0  | 4.0 | 6.0  | 8.0  | ≥10.0 | $\mu_s$ | +0.68 | +0.86 | +0.94 | +0.99 | +1.08 | +1.11 | +1.14 | +1.20 |      |      |
|         |       | s/d  | ≤0.25      | 0.5        | 0.75       | 1.0        | 1.5        | 2.0        | ≥3.0 |       |         |      |      |       |      |       |       |      |      |       |     |      |      |     |      |      |       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
|         |       | $\mu_s$  | +1.2       | +0.9       | +0.75      | +0.7       | +0.65      | +0.63      | +0.6 |       |         |      |      |       |      |       |       |      |      |       |     |      |      |     |      |      |       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
|         |       | s/d  | ≤0.25      | 0.5        | 1.5        | 3.0        | 4.0        | 6.0        | 8.0  | ≥10.0 |         |      |      |       |      |       |       |      |      |       |     |      |      |     |      |      |       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| $\mu_s$ | +0.68 | +0.86  | +0.94      | +0.99      | +1.08      | +1.11      | +1.14      | +1.20      |      |       |         |      |      |       |      |       |       |      |      |       |     |      |      |     |      |      |       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| 35      | 拉索    |  <p>风荷载水平分量 <math>w_x</math> 的体型系数 <math>\mu_{sx}</math> 及垂直分量 <math>w_y</math> 的体型系数 <math>\mu_{sy}</math> 按下表采用:</p> <table border="1" data-bbox="694 1680 1133 1960"> <thead> <tr> <th><math>\alpha</math></th> <th><math>\mu_{sx}</math></th> <th><math>\mu_{sy}</math></th> <th><math>\alpha</math></th> <th><math>\mu_{sx}</math></th> <th><math>\mu_{sy}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0°</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>50°</td> <td>0.60</td> <td>0.40</td> </tr> <tr> <td>10°</td> <td>0.05</td> <td>0.05</td> <td>60°</td> <td>0.85</td> <td>0.40</td> </tr> <tr> <td>20°</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>70°</td> <td>1.10</td> <td>0.30</td> </tr> <tr> <td>30°</td> <td>0.20</td> <td>0.25</td> <td>80°</td> <td>1.20</td> <td>0.20</td> </tr> <tr> <td>40°</td> <td>0.35</td> <td>0.40</td> <td>90°</td> <td>1.25</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>   | $\alpha$   | $\mu_{sx}$ | $\mu_{sy}$ | $\alpha$   | $\mu_{sx}$ | $\mu_{sy}$ | 0°   | 0.00  | 0.00    | 50°  | 0.60 | 0.40  | 10°  | 0.05  | 0.05  | 60°  | 0.85 | 0.40  | 20° | 0.10 | 0.10 | 70° | 1.10 | 0.30 | 30°   | 0.20    | 0.25  | 80°   | 1.20  | 0.20  | 40°   | 0.35  | 0.40  | 90°   | 1.25 | 0.00 |
|         |       | $\alpha$   | $\mu_{sx}$ | $\mu_{sy}$ | $\alpha$   | $\mu_{sx}$ | $\mu_{sy}$ |            |      |       |         |      |      |       |      |       |       |      |      |       |     |      |      |     |      |      |       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| 0°      | 0.00  | 0.00   | 50°        | 0.60       | 0.40       |            |            |            |      |       |         |      |      |       |      |       |       |      |      |       |     |      |      |     |      |      |       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| 10°     | 0.05  | 0.05   | 60°        | 0.85       | 0.40       |            |            |            |      |       |         |      |      |       |      |       |       |      |      |       |     |      |      |     |      |      |       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| 20°     | 0.10  | 0.10   | 70°        | 1.10       | 0.30       |            |            |            |      |       |         |      |      |       |      |       |       |      |      |       |     |      |      |     |      |      |       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| 30°     | 0.20  | 0.25   | 80°        | 1.20       | 0.20       |            |            |            |      |       |         |      |      |       |      |       |       |      |      |       |     |      |      |     |      |      |       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| 40°     | 0.35  | 0.40   | 90°        | 1.25       | 0.00       |            |            |            |      |       |         |      |      |       |      |       |       |      |      |       |     |      |      |     |      |      |       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |

续表 4.3.1

| 项次 | 类别   | 体型及体型系数 $\mu_s$  |
|----|------|--|
| 36 | 悬挑屋盖 | <p>(a) 后部通风 (<math>0^\circ \leq \alpha \leq 10^\circ</math>)</p>  <p>注：适用于后部通风率<math>\geq 10\%</math>且<math>&lt; 50\%</math>的情况</p> <p>(b) 后部封闭 (<math>0^\circ \leq \alpha \leq 10^\circ</math>)</p>  |

4.3.2 当多个建筑物，特别是群集的高层建筑，相互间距较近时，宜考虑风力相互干扰的群体效应，可将单独建筑物的体型系数乘以相互干扰系数。相互干扰系数可按下列规定确定：

1 对矩形平面高层建筑，当单个施扰建筑与受扰建筑高度相近时，根据施扰建筑的位置，对顺风向风荷载可在 1.00~1.10 范围内选取，对横风向风荷载可在 1.00~1.20 范围内选取；

2 其它情况可比照类似条件的风洞试验资料确定，必要时宜通过风洞试验确定。

4.3.3 计算围护构件及其连接的风荷载时，可按下列规定采用体型系数：

1 圆形截面构筑物 and 封闭式矩形平面房屋的墙面及屋面可按表 4.3.3-1 的规定采用；

2 檐口、雨篷、遮阳板、边棱处的装饰条等突出构件，负压可取-2.0，正压可取 1.5；两边同时伸出主体墙部分的宽度小于 2 倍的伸出长度时，负压宜取-2.5，正压取值不宜小于 2.0；

3 其他房屋和构筑物可按本标准第 4.3.1 条规定体型系数的 1.25 倍取值；

4 双层幕墙的局部体型系数可按下列规定采用：

1) 外层幕墙为封闭式的，内层幕墙局部体型系数可按内压采用，外层幕墙按表 4.3.3-1 采用；

2) 外层幕墙不为封闭式、外层幕墙开孔率不大于 20% 的双层幕墙，外层幕墙局部风压体型系数按表 4.3.3-1 采用，内层幕墙局部体型系数可适当折减；

3) 外层幕墙不为封闭式、外层幕墙开孔率大于 20% 且不大于 30% 的双层幕墙，外层幕墙局部风压体型系数按表 4.3.3-1 采用，内层幕墙局部体型系数可按与外层幕墙相同采用；

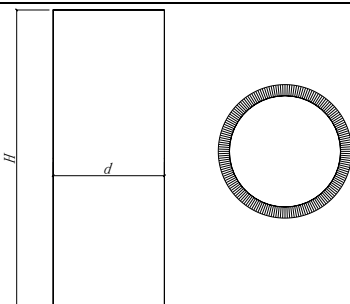
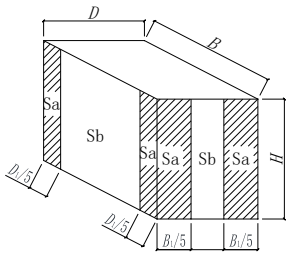
4) 外层幕墙不为封闭式、外层幕墙开孔率大于 30% 的双层幕墙，内层幕墙局部风压体型系数按表 4.3.3-1 采用，外层幕墙局部体型系数可适当折减。

5 对于高层建筑表面尺寸  $a$  小于 1m 的横向或竖向不镂空百叶条，其局部体型系数应采用

临近区域墙体体型系数与局部体型系数的修正系数的乘积，局部体型系数的修正系数按表 4.3.3-2 取值，表中 A、B、C、D、E 工况参见图 4.3.3；

6 对于采用较为复杂外部型材、百叶等横向或竖向遮阳系统的建筑幕墙，宜通过节段模型试验确定。

表 4.3.3-1 局部体型系数

| 项次 | 类别            | 体型及外风压局部体型系数 $\mu_{s1}$  | 备注        |               |           |           |    |      |      |      |  |      |      |      |   |
|----|---------------|--|-----------|---------------|-----------|-----------|----|------|------|------|--|------|------|------|---|
| 1  | 圆截面建筑物、构筑物    |  <table border="1" data-bbox="518 795 973 929"> <thead> <tr> <th></th> <th><math>H/d \geq 25</math></th> <th><math>H/d = 7</math></th> <th><math>H/d = 1</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>正压</td> <td>+1.0</td> <td>+1.0</td> <td>+1.0</td> </tr> <tr> <td>负压</td> <td>-2.6</td> <td>-2.2</td> <td>-1.7</td> </tr> </tbody> </table> |           | $H/d \geq 25$ | $H/d = 7$ | $H/d = 1$ | 正压 | +1.0 | +1.0 | +1.0 | 负压   | -2.6 | -2.2 | -1.7 | 计算用表中的值适用于 $\mu_z w_0 d^2$ 大于 0.015 的表面光滑情况，其中 $w_0$ 以 $\text{kN/m}^2$ 计， $d$ 以 m 计 |
|    | $H/d \geq 25$ | $H/d = 7$  | $H/d = 1$ |               |           |           |    |      |      |      |  |      |      |      |   |
| 正压 | +1.0          | +1.0   | +1.0      |               |           |           |    |      |      |      |  |      |      |      |   |
| 负压 | -2.6          | -2.2   | -1.7      |               |           |           |    |      |      |      |  |      |      |      |   |
| 2  | 封闭式矩形平面建筑的墙面  |  <table border="1" data-bbox="550 1243 941 1377"> <tbody> <tr> <td>正压</td> <td colspan="2">+1.0</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">负压</td> <td>Sa</td> <td>-2.0</td> </tr> <tr> <td>Sb</td> <td>-1.0</td> </tr> </tbody> </table>   | 正压        | +1.0          |           | 负压        | Sa | -2.0 | Sb   | -1.0 | <p>(1) 本条适用于 <math>H &lt; 45\text{m}</math> 的低矮建筑；</p> <p>(2) <math>B_1</math> 为 <math>B</math> 和 <math>4H</math> 的较小值，<math>D_1</math> 为 <math>D</math> 和 <math>4H</math> 的较小值，且 <math>B_1/5</math>、<math>D_1/5</math> 不宜小于 3m。</p> |      |      |      |   |
| 正压 | +1.0          |  |           |               |           |           |    |      |      |      |  |      |      |      |   |
| 负压 | Sa            | -2.0   |           |               |           |           |    |      |      |      |  |      |      |      |   |
|    | Sb            | -1.0   |           |               |           |           |    |      |      |      |  |      |      |      |   |

续表 4.3.3-1

| 项次 | 类别                 | 体型及外风压局部体型系数 $\mu_{s1}$  | 备注   |  |      |  |    |    |  |      |    |  |      |    |                |      |             |      |    |                |      |             |      |   |
|----|--------------------|--|------|--|------|--|----|----|--|------|----|--|------|----|----------------|------|-------------|------|----|----------------|------|-------------|------|---|
| 3  | 封闭式<br>高层建筑的<br>墙面 | <br><table border="1" data-bbox="531 1108 965 1426"> <thead> <tr> <th colspan="2">正压</th> <th colspan="2">+1.0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">负压</td> <td colspan="2">Sa</td> <td>-1.4</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Sb</td> <td>-1.0</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Sc</td> <td><math>r_1 \leq 0.2</math></td> <td>-1.4</td> </tr> <tr> <td><math>r_1 &gt; 0.2</math></td> <td>-1.0</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Sd</td> <td><math>r_2 \leq 0.2</math></td> <td>-1.4</td> </tr> <tr> <td><math>r_2 &gt; 0.2</math></td> <td>-1.0</td> </tr> </tbody> </table> | 正压   |  | +1.0 |  | 负压 | Sa |  | -1.4 | Sb |  | -1.0 | Sc | $r_1 \leq 0.2$ | -1.4 | $r_1 > 0.2$ | -1.0 | Sd | $r_2 \leq 0.2$ | -1.4 | $r_2 > 0.2$ | -1.0 | <p>(1)本条适用于 <math>45\text{m} \leq H &lt; 200\text{m}</math> 的高层建筑；</p> <p>(2) <math>B_1</math> 为 <math>B</math> 和 <math>H</math> 的较小值，<math>D_1</math> 为 <math>D</math> 和 <math>H</math> 的较小值，<math>r_1</math> 为 <math>b_1/B</math> 和 <math>d_1/D</math> 的较小值，<math>r_2</math> 为 <math>b_1/B</math> 和 <math>d_1/D</math> 的较大值。</p> <p>(3) 计算负压时，当 <math>z \leq h</math> 时，取 <math>w_k(z) = w_k(h)</math>，<math>h</math> 为 <math>1/3H</math>、<math>H_0</math>、<math>z_0</math> 三者的大值，<math>H_0</math> 为裙楼总高度，<math>z_0</math> 为截断高度，对应 A、B、C、D 类地面粗糙度分别取 5m、10m、15m、30m。</p> |
| 正压 |                    | +1.0   |      |  |      |  |    |    |  |      |    |  |      |    |                |      |             |      |    |                |      |             |      |   |
| 负压 | Sa                 |  | -1.4 |  |      |  |    |    |  |      |    |  |      |    |                |      |             |      |    |                |      |             |      |   |
|    | Sb                 |  | -1.0 |  |      |  |    |    |  |      |    |  |      |    |                |      |             |      |    |                |      |             |      |   |
|    | Sc                 | $r_1 \leq 0.2$   | -1.4 |  |      |  |    |    |  |      |    |  |      |    |                |      |             |      |    |                |      |             |      |   |
|    |                    | $r_1 > 0.2$  | -1.0 |  |      |  |    |    |  |      |    |  |      |    |                |      |             |      |    |                |      |             |      |   |
|    | Sd                 | $r_2 \leq 0.2$   | -1.4 |  |      |  |    |    |  |      |    |  |      |    |                |      |             |      |    |                |      |             |      |   |
|    |                    | $r_2 > 0.2$  | -1.0 |  |      |  |    |    |  |      |    |  |      |    |                |      |             |      |    |                |      |             |      |   |

续表 4.3.3-1

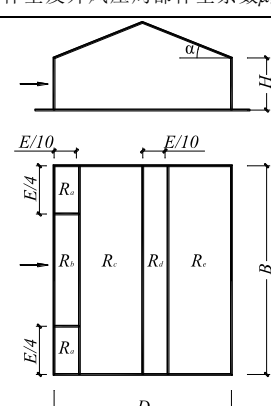
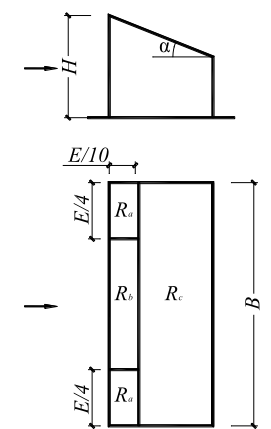
| 项次       | 类别                     | 体型及外风压局部体型系数 $\mu_{s1}$   | 备注           |              |            |    |           |       |                |            |              |              |            |                |            |              |      |       |       |            |              |              |  |       |            |              |              |            |       |              |            |            |            |       |            |            |            |            |   |
|----------|------------------------|---|--------------|--------------|------------|----|-----------|-------|----------------|------------|--------------|--------------|------------|----------------|------------|--------------|------|-------|-------|------------|--------------|--------------|--|-------|------------|--------------|--------------|------------|-------|--------------|------------|------------|------------|-------|------------|------------|------------|------------|---|
| 4        | 封闭式<br>矩形平面房屋<br>的双坡屋面 |  <table border="1" data-bbox="510 705 973 1288"> <thead> <tr> <th><math>\alpha</math></th> <th><math>\leq 5</math></th> <th>15</th> <th>30</th> <th><math>\geq 45</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2"><math>R_a</math></td> <td><math>H/D \leq 0.5</math></td> <td>-1.8<br/>+0</td> <td>-1.5<br/>+0.2</td> <td>-1.5<br/>+0.7</td> <td>-0<br/>+0.7</td> </tr> <tr> <td><math>H/D \geq 1.0</math></td> <td>-2.0<br/>+0</td> <td>-2.0<br/>+0.2</td> <td>+0.7</td> <td>+0.7</td> </tr> <tr> <td><math>R_b</math></td> <td>-1.8<br/>+0</td> <td>-1.5<br/>+0.2</td> <td>-1.5<br/>+0.7</td> <td>-0<br/>+0.7</td> </tr> <tr> <td><math>R_c</math></td> <td>-1.2<br/>+0</td> <td>-0.6<br/>+0.2</td> <td>-0.3<br/>+0.4</td> <td>-0<br/>+0.6</td> </tr> <tr> <td><math>R_d</math></td> <td>-0.6<br/>+0.2</td> <td>-1.5<br/>+0</td> <td>-0.5<br/>+0</td> <td>-0.3<br/>+0</td> </tr> <tr> <td><math>R_e</math></td> <td>-0.6<br/>+0</td> <td>-0.4<br/>+0</td> <td>-0.4<br/>+0</td> <td>-0.2<br/>+0</td> </tr> </tbody> </table> | $\alpha$     | $\leq 5$     | 15         | 30 | $\geq 45$ | $R_a$ | $H/D \leq 0.5$ | -1.8<br>+0 | -1.5<br>+0.2 | -1.5<br>+0.7 | -0<br>+0.7 | $H/D \geq 1.0$ | -2.0<br>+0 | -2.0<br>+0.2 | +0.7 | +0.7  | $R_b$ | -1.8<br>+0 | -1.5<br>+0.2 | -1.5<br>+0.7 | -0<br>+0.7   | $R_c$ | -1.2<br>+0 | -0.6<br>+0.2 | -0.3<br>+0.4 | -0<br>+0.6 | $R_d$ | -0.6<br>+0.2 | -1.5<br>+0 | -0.5<br>+0 | -0.3<br>+0 | $R_e$ | -0.6<br>+0 | -0.4<br>+0 | -0.4<br>+0 | -0.2<br>+0 | <p>1 <math>E</math>取<math>2H</math>和迎风面宽度<math>B</math>中较小者；</p> <p>2 中间值可按线性插值法计算（应对相同符号项插值）；</p> <p>3 同时给出两个值的区域应分别考虑正负压的作用；</p> <p>4 风沿纵轴吹来时，靠近山墙的屋面可参照表中<math>\alpha \leq 5</math>时的<math>R_a</math>和<math>R_b</math>取值</p> |
| $\alpha$ | $\leq 5$               | 15  | 30           | $\geq 45$    |            |    |           |       |                |            |              |              |            |                |            |              |      |       |       |            |              |              |  |       |            |              |              |            |       |              |            |            |            |       |            |            |            |            |   |
| $R_a$    | $H/D \leq 0.5$         | -1.8<br>+0  | -1.5<br>+0.2 | -1.5<br>+0.7 | -0<br>+0.7 |    |           |       |                |            |              |              |            |                |            |              |      |       |       |            |              |              |  |       |            |              |              |            |       |              |            |            |            |       |            |            |            |            |   |
|          | $H/D \geq 1.0$         | -2.0<br>+0  | -2.0<br>+0.2 | +0.7         | +0.7       |    |           |       |                |            |              |              |            |                |            |              |      |       |       |            |              |              |  |       |            |              |              |            |       |              |            |            |            |       |            |            |            |            |   |
| $R_b$    | -1.8<br>+0             | -1.5<br>+0.2  | -1.5<br>+0.7 | -0<br>+0.7   |            |    |           |       |                |            |              |              |            |                |            |              |      |       |       |            |              |              |  |       |            |              |              |            |       |              |            |            |            |       |            |            |            |            |   |
| $R_c$    | -1.2<br>+0             | -0.6<br>+0.2  | -0.3<br>+0.4 | -0<br>+0.6   |            |    |           |       |                |            |              |              |            |                |            |              |      |       |       |            |              |              |  |       |            |              |              |            |       |              |            |            |            |       |            |            |            |            |   |
| $R_d$    | -0.6<br>+0.2           | -1.5<br>+0  | -0.5<br>+0   | -0.3<br>+0   |            |    |           |       |                |            |              |              |            |                |            |              |      |       |       |            |              |              |  |       |            |              |              |            |       |              |            |            |            |       |            |            |            |            |   |
| $R_e$    | -0.6<br>+0             | -0.4<br>+0  | -0.4<br>+0   | -0.2<br>+0   |            |    |           |       |                |            |              |              |            |                |            |              |      |       |       |            |              |              |  |       |            |              |              |            |       |              |            |            |            |       |            |            |            |            |   |
| 5        | 封闭式<br>矩形平面房屋<br>的单坡屋面 |  <table border="1" data-bbox="510 1747 973 1937"> <thead> <tr> <th><math>\alpha</math></th> <th><math>\leq 5</math></th> <th>15</th> <th>30</th> <th><math>\geq 45</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>R_a</math></td> <td>-2.0</td> <td>-2.5</td> <td>-2.3</td> <td>-1.2</td> </tr> <tr> <td><math>R_b</math></td> <td>-2.0</td> <td>-2.0</td> <td>-1.5</td> <td>-0.5</td> </tr> <tr> <td><math>R_c</math></td> <td>-1.2</td> <td>-1.2</td> <td>-0.8</td> <td>-0.5</td> </tr> </tbody> </table>   | $\alpha$     | $\leq 5$     | 15         | 30 | $\geq 45$ | $R_a$ | -2.0           | -2.5       | -2.3         | -1.2         | $R_b$      | -2.0           | -2.0       | -1.5         | -0.5 | $R_c$ | -1.2  | -1.2       | -0.8         | -0.5         | <p>1 <math>E</math>取<math>2H</math>和迎风面宽度<math>B</math>中较小者；</p> <p>2 中间值可按线性插值法计算；</p> <p>3 迎风坡面参考第4项取值</p> |       |            |              |              |            |       |              |            |            |            |       |            |            |            |            |   |
| $\alpha$ | $\leq 5$               | 15  | 30           | $\geq 45$    |            |    |           |       |                |            |              |              |            |                |            |              |      |       |       |            |              |              |  |       |            |              |              |            |       |              |            |            |            |       |            |            |            |            |   |
| $R_a$    | -2.0                   | -2.5  | -2.3         | -1.2         |            |    |           |       |                |            |              |              |            |                |            |              |      |       |       |            |              |              |  |       |            |              |              |            |       |              |            |            |            |       |            |            |            |            |   |
| $R_b$    | -2.0                   | -2.0  | -1.5         | -0.5         |            |    |           |       |                |            |              |              |            |                |            |              |      |       |       |            |              |              |  |       |            |              |              |            |       |              |            |            |            |       |            |            |            |            |   |
| $R_c$    | -1.2                   | -1.2  | -0.8         | -0.5         |            |    |           |       |                |            |              |              |            |                |            |              |      |       |       |            |              |              |  |       |            |              |              |            |       |              |            |            |            |       |            |            |            |            |   |

表 4.3.3-2 局部体型系数的修正系数

| 工况 | 修正系数 |      |
|----|------|------|
|    | 边缘区域 | 大面区域 |
| A  | 0.8  | 0.6  |
| B  | 1.2  | 1.1  |
| C  | 1.3  | 1.4  |
| D  | 1.5  | 0.7  |
| E  | 1.3  | 0.7  |

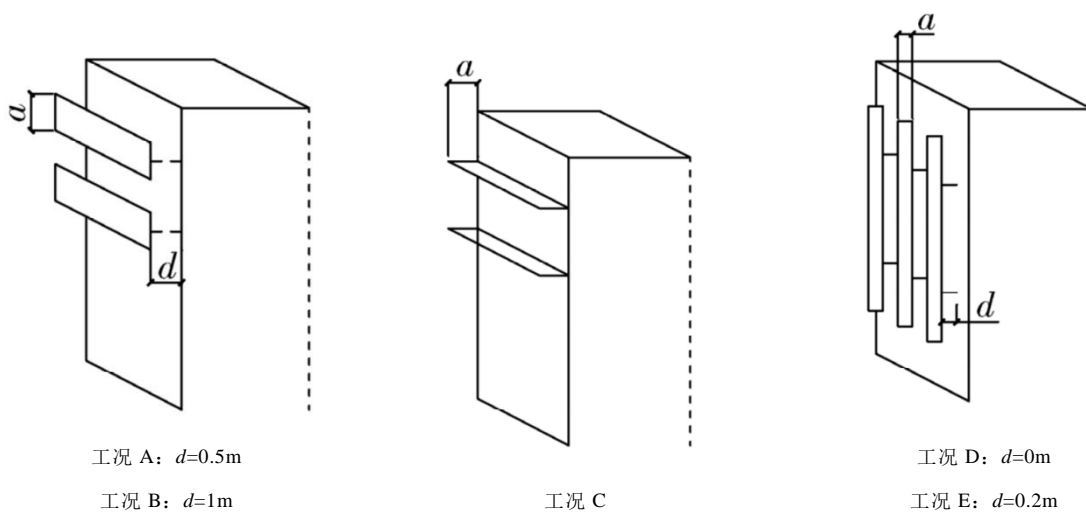


图 4.3.3 工况示意图

4.3.4 计算非直接承受风荷载的围护构件风荷载时，体型系数应按第 4.3.3 条确定，并可根据从属面积按下列规定进行折减：

- 1 当从属面积不大于  $1m^2$  时，折减系数取 1.0；
- 2 当从属面积大于或等于  $25m^2$  时，对墙面折减系数取 0.8，对局部体型系数绝对值大于 1.0 的屋面区域折减系数取 0.6，其它屋面折减系数取 1.0；
- 3 当从属面积大于  $1m^2$  小于  $25m^2$  时，墙面和绝对值大于 1.0 的屋面局部体型系数可采用对数插值，即按下式计算局部体型系数：

$$\mu_{sl}(A) = \mu_{sl}(1) + [\mu_{sl}(25) - \mu_{sl}(1)] \log_{10} A / 1.4 \quad (4.3.4)$$

4.3.5 计算围护构件风荷载时，建筑物内部压力的体型系数可按下列规定采用：

- 1 封闭式建筑物，按其外表面风压的正负情况取 -0.2 或 +0.3；
- 2 仅一面墙有主导洞口的建筑物：
  - 1) 当开洞率大于 0.02 且小于或等于 0.10 时，取  $0.4\mu_s$ ；
  - 2) 当开洞率大于 0.10 且小于或等于 0.30 时，取  $0.6\mu_s$ ；
  - 3) 当开洞率大于 0.30 时，取  $0.8\mu_s$ 。
- 3 其他情况，应按开放式建筑物的  $\mu_s$  取值。

注：1 主导洞口的开洞率是指单个主导洞口面积与该墙面全部面积之比；

2  $\mu_s$  应取主导洞口对应位置的值。

4.3.6 围护结构及相关构件设计，应根据施工阶段的体型系数和内压系数进行补充验算。

4.3.7 对重要建筑宜采用风洞试验方法对可能出现的开启洞口进行模拟，确定内压系数。

## 4.4 风荷载放大系数

4.4.1 计算围护结构（包括门窗）风荷载时的风荷载放大系数应按表 4.4.1 确定。

表 4.4.1 围护结构风荷载放大系数

| 离地面高度 (m) | 地面粗糙度类别 |      |      |      |
|-----------|---------|------|------|------|
|           | A       | B    | C    | D    |
| 5         | 1.78    | 1.84 | 2.26 | 2.68 |
| 10        | 1.72    | 1.84 | 2.26 | 2.68 |
| 15        | 1.69    | 1.79 | 2.26 | 2.68 |
| 20        | 1.66    | 1.76 | 2.18 | 2.68 |
| 30        | 1.63    | 1.71 | 2.08 | 2.68 |
| 40        | 1.61    | 1.68 | 2.02 | 2.54 |
| 50        | 1.59    | 1.66 | 1.97 | 2.44 |
| 60        | 1.58    | 1.64 | 1.93 | 2.37 |
| 70        | 1.57    | 1.63 | 1.90 | 2.31 |
| 80        | 1.56    | 1.61 | 1.87 | 2.25 |
| 90        | 1.55    | 1.60 | 1.85 | 2.21 |
| 100       | 1.55    | 1.59 | 1.83 | 2.17 |
| 150       | 1.52    | 1.56 | 1.76 | 2.04 |
| 200       | 1.50    | 1.54 | 1.71 | 1.95 |
| 250       | 1.49    | 1.52 | 1.68 | 1.89 |
| 300       | 1.48    | 1.50 | 1.65 | 1.84 |
| 350       | 1.48    | 1.49 | 1.63 | 1.81 |
| 400       | 1.48    | 1.49 | 1.61 | 1.77 |
| 450       | 1.48    | 1.49 | 1.60 | 1.75 |
| 500       | 1.48    | 1.49 | 1.60 | 1.72 |
| ≥550      | 1.48    | 1.49 | 1.60 | 1.70 |

4.4.2 对于第 1 阶自振周期不大于 0.8s 的屋盖结构，其主要受力结构的风荷载可按公式 (4.1.1) 计算，风荷载放大系数可按表 4.4.1 的 0.85 倍取值。对于风敏感的屋盖结构或第 1 阶自振周期大于 0.8s 的屋盖结构，其风振响应和等效风荷载宜依据风洞试验结果按随机振动理论计算确定。对于跨度大于 36m 的柔性屋盖结构的风振响应和风荷载，应依据风洞试验结果按随机振动理论计算确定。

4.4.3 高层建筑和高耸结构的风效应包括顺风向风振、横风向风振和扭转风振，与其对应的主体结构风荷载可按第 4.4.4 条~第 4.4.13 条确定。

4.4.4 对于一般竖向悬臂型结构，结构的顺风向风荷载可按公式 (4.1.1) 计算，其中  $z$  高度处的风荷载放大系数  $\beta_z$  可按下列式计算：

$$\beta_z = 1 + 2gI_{10}B_z\sqrt{1+R^2} \quad (4.4.4)$$

式中：

$g$ ——峰值因子，可取 2.5；

$I_{10}$ ——为 10m 高度名义湍流强度，对应 A、B、C 和 D 类地面粗糙度，可分别取 0.12、0.14、0.23 和 0.39；

$R$ ——脉动风荷载的共振分量因子；

$B_z$ ——脉动风荷载的背景分量因子。

4.4.5 脉动风荷载的共振分量因子可按下列公式计算：

$$R = \sqrt{\frac{\pi}{6\zeta_1} \frac{x_1^2}{(1+x_1^2)^{4/3}}} \quad (4.4.5-1)$$

$$x_1 = \frac{30f_1}{\sqrt{k_w w_0}}, x_1 > 5 \quad (4.4.5-2)$$

式中：

$f_1$ ——结构第 1 阶自振频率（Hz）；

$k_w$ ——地面粗糙度修正系数，对 A、B、C 和 D 类地面粗糙度分别取 1.28、1.0、0.54 和 0.26；

$\zeta_1$ ——结构阻尼比，钢结构可取 0.01~0.02，有填充墙的钢结构房屋可取 0.02~0.03，钢筋混凝土及砌体结构可取 0.04~0.05，其它结构可根据工程经验确定。

4.4.6 脉动风荷载的背景分量因子可按下列规定确定：

1 当结构的体型和质量沿高度均匀分布时，可按下列式计算：

$$B_z = kH^{a_1} \rho_x \rho_z \frac{\phi_1(z)}{\mu_z} \quad (4.4.6)$$

式中：

$\phi_1(z)$ ——结构第 1 阶振型系数；

$H$ ——建筑总高度（m），对 A、B、C、D 类地面粗糙度， $H$  的取值分别不应大于 300m、350m、450m 和 550m；

$\rho_x$ ——脉动风荷载水平方向相关系数；

$\rho_z$ ——脉动风荷载垂直方向相关系数；

$k$ 、 $a_1$ ——系数，按表 4.4.6-1 取值。

表 4.4.6-1 系数  $k$  和  $a_1$

| 粗糙度类别 |       | A     | B     | C     | D     |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 高层建筑  | $k$   | 0.944 | 0.670 | 0.295 | 0.112 |
|       | $a_1$ | 0.155 | 0.187 | 0.261 | 0.346 |
| 高耸结构  | $k$   | 1.276 | 0.910 | 0.404 | 0.155 |
|       | $a_1$ | 0.186 | 0.218 | 0.292 | 0.376 |

2 对迎风面和侧风面的宽度沿高度按直线或接近直线变化，而质量沿高度按连续规律变化的高耸结构，式（4.4.6）计算的背景分量因子  $B_z$  应乘以修正系数  $\theta_B$  和  $\theta_v$ 。 $\theta_B$  为构筑物在  $z$  高度处的迎风面宽度  $B(z)$  与底部宽度  $B(0)$  的比值； $\theta_v$  可按表 4.4.6-2 确定。

表 4.4.6-2 修正系数 $\theta_v$

| $B(H)/B(0)$ | 1    | 0.9  | 0.8  | 0.7  | 0.6  | 0.5  | 0.4  | 0.3  | 0.2  | $\leq 0.1$ |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------|
| $\theta_v$  | 1.00 | 1.10 | 1.20 | 1.32 | 1.50 | 1.75 | 2.08 | 2.53 | 3.30 | 5.60       |

4.4.7 脉动风荷载的空间相关性系数可按下列规定确定：

1 竖直方向的相关系数可按下列式计算：

$$\rho_z = \frac{10\sqrt{H+60e^{-H/60}-60}}{H} \quad (4.4.7-1)$$

式中：

$H$ ——建筑总高度（m），对 A 类、B 类、C 类和 D 类地面粗糙度， $H$  的取值分别不应大于 300m、350m、450m 和 550m。

2 水平方向相关系数可按下列式计算：

$$\rho_x = \frac{10\sqrt{B+50e^{-B/50}-50}}{B} \quad (4.4.7-2)$$

式中：

$B$ ——建筑迎风面宽度（m）， $B \leq 2H$ 。

3 对迎风面宽度较小的高耸结构，水平方向相关系数可取  $\rho_x = 1$ 。

4.4.8 振型系数应根据结构动力计算确定。对外形、质量、刚度沿高度按连续规律变化的竖向悬臂型高耸结构及沿高度比较均匀的高层建筑，振型系数  $\phi_1(z)$  也可根据相对高度  $z/H$  按本标准附录 B 确定。

4.4.9 对于横风向风振作用效应明显的高层建筑以及细长圆形截面构筑物，宜考虑横风向风振的影响。

4.4.10 横风向风振的等效风荷载可按下列规定采用：

1 对于平面或立面体型较复杂的高层建筑和高耸结构，横风向风振的等效静风荷载  $w_{Lk}$  宜通过风洞试验确定，也可比照有关资料确定；

2 对于圆形截面高层建筑及构筑物，其由跨临界强风共振（旋涡脱落）引起的横风向风振等效风荷载可按本标准附录 C.1 确定；

3 对于矩形截面及凹角或削角矩形截面高层建筑，其横风向风振等效风荷载可按本标准附录 C.2 确定。

4.4.11 对圆形截面的结构，应按下列规定对不同雷诺数  $Re$  的情况进行横风向风振（旋涡脱落）的校核：

1 当雷诺数  $Re$  小于  $3 \times 10^5$  且结构顶部风速大于临界风速时，可发生亚临界的微风共振。此时，可在构造上采取防振措施，或控制结构的临界风速不小于 15m/s；

2 当雷诺数  $Re$  大于等于  $3.5 \times 10^6$  且结构顶部风速的 1.2 倍大于临界风速时，可发生跨临界的强风共振，此时应考虑横风向风振的等效风荷载；

3 当雷诺数  $Re$  大于等于  $3 \times 10^5$  且小于  $3.5 \times 10^6$  时，则发生超临界范围的风振，可不作处理；

4 雷诺数  $Re$  可按下列公式确定：

$$Re = 69000vD \quad (4.4.11-1)$$

式中：

- $v$ ——计算所用风速（m/s），可取临界风速值 $v_{cr}$ ；
- $D$ ——结构截面的直径（m），当结构的截面沿高度缩小时（倾斜度不大于0.02），可近似取2/3结构高度处的直径。

5 临界风速 $v_{cr}$ 和结构顶部风速 $v_H$ 可按下列公式确定：

$$v_{cr} = \frac{D}{T_i St} \quad (4.4.11-2)$$

$$v_H = \sqrt{\frac{2000\eta\mu_H w_0}{\rho}} \quad (4.4.11-3)$$

式中：

- $T_i$ ——结构第*i*振型的自振周期（s），验算亚临界微风共振时取基本自振周期 $T_1$ ；
- $St$ ——斯脱罗哈数，对圆截面结构取0.2；
- $\eta$ ——地形修正系数；
- $\mu_H$ ——结构顶部高度*H*处的风压高度变化系数，按表4.2.1取值；
- $w_0$ ——基本风压（kN/m<sup>2</sup>）；
- $\rho$ ——空气密度（kg/m<sup>3</sup>）。

- 4.4.12** 对于扭转风振作用效应明显的高层建筑及高耸结构，宜考虑扭转风振的影响。
- 4.4.13** 对于体型较复杂以及质量或刚度有显著偏心的高层建筑，扭转风振等效风荷载 $w_{Tk}$ 宜通过风洞试验确定，也可比照有关资料确定。
- 4.4.14** 对于质量和刚度较对称的矩形截面高层建筑，其扭转风振等效风荷载 $w_{Tk}$ 可按本标准附录C.3确定。
- 4.4.15** 顺风向风荷载、横风向风振及扭转风振等效风荷载宜按表4.4.15考虑风荷载组合工况。风荷载组合系数也可通过风洞试验确定。

表 4.4.15 风荷载组合工况

| 项次 | 顺风向风荷载      | 横风向风振等效风荷载  | 扭转风振等效风荷载   |
|----|-------------|-------------|-------------|
| 1  | $F_{Dk}$    | $0.2F_{Lk}$ | $0.2T_{Tk}$ |
| 2  | $0.6F_{Dk}$ | $F_{Lk}$    | $0.6T_{Tk}$ |
| 3  | —           | —           | $T_{Tk}$    |

表 4.4.15 中的单位高度风力 $F_{Dk}$ 、 $F_{Lk}$ 及扭矩 $T_{Tk}$ 标准值应按下列公式计算：

$$F_{Dk} = (w_{k1} - w_{k2})B \quad (4.4.15-1)$$

$$F_{Lk} = w_{Lk}B \quad (4.4.15-2)$$

$$T_{Tk} = w_{Tk}B^2 \quad (4.4.15-3)$$

式中：

- $F_{Dk}$ ——顺风向单位高度风力标准值（kN/m）；
- $F_{Lk}$ ——横风向单位高度风力标准值（kN/m）；
- $T_{Tk}$ ——单位高度风致扭矩标准值（kN·m/m）；
- $w_{k1}$ 、 $w_{k2}$ ——迎风面、背风面风荷载标准值（kN/m<sup>2</sup>）；
- $w_{Lk}$ ——横风向风振等效风荷载标准值（kN/m<sup>2</sup>）；
- $w_{Tk}$ ——扭转风振等效风荷载标准值（kN/m<sup>2</sup>）；
- $B$ ——迎风面宽度（m）。

#### 4.5 风效应

4.5.1 体型和质量沿高度均匀分布的高层建筑，顺风向风振加速度可按下列式计算：

$$a_{D,z} = \frac{2gI_{10}w_R\mu_s\eta\mu_z B_z \eta_a B}{m} \quad (4.5.1)$$

式中：

- $m$ ——结构单位高度质量（t/m）；
- $w_R$ ——重现期为  $R$  年的风压（kN/m<sup>2</sup>），可根据本标准 4.1.3~4.1.4 的规定取用；
- $\eta_a$ ——顺风向加速度的脉动系数。

4.5.2 顺风向风振加速度的脉动系数  $\eta_a$  可根据阻尼比  $\xi_1$  和系数  $x_1$ ，按表 4.5.2 确定。系数  $x_1$  可按本标准公式（4.4.5-2）计算。

表 4.5.2 顺风向风振加速度的脉动系数  $\eta_a$

| $x_1$ | $\xi_1=0.01$ | $\xi_1=0.02$ | $\xi_1=0.03$ | $\xi_1=0.04$ | $\xi_1=0.05$ |
|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 5     | 4.14         | 2.94         | 2.41         | 2.10         | 1.88         |
| 6     | 3.93         | 2.79         | 2.28         | 1.99         | 1.78         |
| 7     | 3.75         | 2.66         | 2.18         | 1.90         | 1.70         |
| 8     | 3.59         | 2.55         | 2.09         | 1.82         | 1.63         |
| 9     | 3.46         | 2.46         | 2.02         | 1.75         | 1.57         |
| 10    | 3.35         | 2.38         | 1.95         | 1.69         | 1.52         |
| 20    | 2.67         | 1.90         | 1.55         | 1.35         | 1.21         |
| 30    | 2.34         | 1.66         | 1.36         | 1.18         | 1.06         |
| 40    | 2.12         | 1.51         | 1.23         | 1.07         | 0.96         |
| 50    | 1.97         | 1.40         | 1.15         | 1.00         | 0.89         |
| 60    | 1.86         | 1.32         | 1.08         | 0.94         | 0.84         |
| 70    | 1.76         | 1.25         | 1.03         | 0.89         | 0.80         |
| 80    | 1.69         | 1.20         | 0.98         | 0.85         | 0.76         |
| 90    | 1.62         | 1.15         | 0.94         | 0.82         | 0.74         |
| 100   | 1.56         | 1.11         | 0.91         | 0.79         | 0.71         |
| 120   | 1.47         | 1.05         | 0.86         | 0.74         | 0.67         |
| 140   | 1.40         | 0.99         | 0.81         | 0.71         | 0.63         |
| 160   | 1.34         | 0.95         | 0.78         | 0.68         | 0.61         |

续表 4.5.2

| $x_1$ | $\xi_1=0.01$ | $\xi_1=0.02$ | $\xi_1=0.03$ | $\xi_1=0.04$ | $\xi_1=0.05$ |
|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 180   | 1.29         | 0.91         | 0.75         | 0.65         | 0.58         |
| 200   | 1.24         | 0.88         | 0.72         | 0.63         | 0.56         |
| 220   | 1.20         | 0.85         | 0.70         | 0.61         | 0.55         |
| 240   | 1.17         | 0.83         | 0.68         | 0.59         | 0.53         |
| 260   | 1.14         | 0.81         | 0.66         | 0.58         | 0.52         |
| 280   | 1.11         | 0.79         | 0.65         | 0.56         | 0.50         |
| 300   | 1.09         | 0.77         | 0.63         | 0.55         | 0.49         |

4.5.3 体型和质量沿高度均匀分布的矩形截面高层建筑，横风向风振加速度可按下式计算：

$$a_{L,z} = \frac{2.8g w_R \eta \mu_H B}{m} \phi_{L1}(z) \sqrt{\frac{\pi S_{F_L} C_{sm}}{4(\zeta_1 + \zeta_{a1})}} \quad (4.5.3)$$

式中：

$\phi_{L1}$ ——横风向第 1 阶振型系数；

$\mu_H$ ——结构顶部高度  $H$  处的风压高度变化系数，按表 4.2.1 取值；

$S_{F_L}$ ——无量纲横风向第 1 阶广义风力功率谱，可按本标准附录 C.2.4 确定；

$C_{sm}$ ——横风向风力功率谱的角沿修正系数，可按本标准附录 C.2.5 确定；

$\xi_1$ ——结构横风向第 1 阶振型阻尼比；

$\xi_{a1}$ ——结构横风向第 1 阶振型气动阻尼比，可按本标准附录公式 (C.2.4-3) 计算。

4.5.4 体型和质量沿高度均匀分布的圆形截面高层建筑及高耸结构，横风向风振加速度可按下式计算：

$$a_{Lc,z} = |\lambda_1| v_{cr}^2 / 12800 \zeta_1 \cdot \int_{H_1}^H \phi_{L1}^2(z) dz / \int_0^H m \phi_{L1}^2(z) dz \quad (4.5.4-1)$$

式中：

$\lambda_1$ ——横风向第 1 阶计算系数，按本标准附录 C 中表 C.1.1 取值；

$H_1$ ——临界风速起始点高度 (m)，可按式 (4.5.4-2) 计算。

$$H_1 = H \times \left( \frac{v_{cr}}{1.2v_H} \right)^{1/\alpha} \quad (4.5.4-2)$$

式中：

$\alpha$ ——地面粗糙度指数，对 A、B、C 和 D 四类地面粗糙度分别取 0.12、0.15、0.22 和 0.30。

## 5 建筑工程风环境

### 5.1 一般规定

5.1.1 建筑规划布局与建筑空间设计应满足建筑行人高度风环境的舒适度要求及建筑功能对应的风环境要求，并有利于过渡季节建筑自然通风。

5.1.2 进行建筑行人高度风环境舒适度评价时，应覆盖项目周围地面行人活动的道路与路口、建筑主出入口、室外活动和休憩场所、屋顶露天活动场地等风环境敏感区域。

5.1.3 行人高度风环境评估宜依据风洞试验或 CFD 数值风洞模拟获得的风场数据，并结合当地的气象统计资料，给出行人风环境品质的定量评估。

### 5.2 行人高度风环境舒适度

5.2.1 行人高度风环境设计所用气象参数可采用气象台站逐时风速或气象台站日最大风速（附录 A）；当采用气象台站逐时风速时，所依据的风速资料不应少于 2 年；当采用气象台站日最大风速时，所依据的风速资料不应少于 10 年。

5.2.2 建筑物的风环境舒适度应满足表 5.2.2 的要求。基于气象台站日最大风速进行评估时，应采用年超越次数；基于逐时风速进行评估时，应采用小时超越概率。

表 5.2.2 风环境的舒适度分类

| 舒适度类别 | 不同年超越次数或小时超越概率的最大风速 (m/s) |                    |                   | 适用环境              |
|-------|---------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
|       | ≤52次/年<br>(≤1.5%)         | ≤12次/年<br>(≤0.30%) | ≤1次/年<br>(≤0.02%) |                   |
| I     | 3.6                       | 5.4                | 15.2              | 全部适用              |
| II    | 5.4                       | 7.6                | 15.2              | 公园、购物街、广场、人行道、停车场 |
| III   | 7.6                       | 9.9                | 15.2              | 广场、人行道、停车场        |
| IV    | 9.9                       | 12.5               | 15.2              | 人行道、停车场           |
| V     | 不满足以上要求                   |                    |                   | 不适于人员活动           |

注：括号内的百分数为基于逐时风速进行评估的小时超越概率。

5.2.3 当缺乏气象统计资料时，可采用平均风速比评价风环境舒适度。所有风向下的平均风速比均不宜小于 0.1；主导风向下的平均风速比不宜大于 1.2。平均风速比  $R$  应按下列式计算：

$$R = v_r / v_{10} \quad (5.2.3)$$

式中：

$V_r$ ——测点的平均风速 (m/s)；

$V_{10}$ ——当地标准地貌 10m 高度处的平均风速 (m/s)。

### 5.3 建筑设计风环境

5.3.1 新建建筑设计时宜考虑其对既有建筑风环境的不利影响。

5.3.2 既有建筑改造时宜按 5.3.3 条标准改进行人风环境设计。

5.3.3 新建医院、中小学校、幼儿园的出入口行人高度年平均风速不应大于 3.6m/s，其他建筑出入口行人高度年平均风速不应大于 5.4m/s。

## 5.4 建筑自然通风

- 5.4.1 高层建筑面宽较大时，宜考虑立面开洞可自然通风。
- 5.4.2 室内通风环境，宜采用可通风的门窗，换气时间不大于 2h。
- 5.4.3 采用压差式通风门窗幕墙时，上下通风口之间的高差不应小于 12m。
- 5.4.4 30m<sup>2</sup> 以上单间应设有自然通风门窗，或设置自然通风设备。

## 5.5 高层建筑烟囱效应

- 5.5.1 进行烟囱效应模拟分析，应至少考虑冬季及夏季两种不利工况，其中冬季极端气温取值不高于 8℃，夏季极端气温取值不低于 35℃。
- 5.5.2 为保证电梯正常运行，电梯层门承压阈值不应超过 50Pa。对于噪声要求较高的项目，电梯层门承压阈值不宜超过 25Pa。
- 5.5.3 为保证正常使用通畅及安全疏散通道使用安全，普通单扇平开门承力阈值不宜超过 100N。

## 6 建筑工程抗风设计

### 6.1 一般规定

- 6.1.1** 建筑工程抗风设计时，应考虑合适的结构体系，适当进行建筑气动外形优化，以提高结构抗风的安全性、经济性和使用过程中的舒适性。
- 6.1.2** 建筑高度超过 150m 或高宽比大于 5 时，宜考虑横风向风振的影响。
- 6.1.3** 抗风设计时，当大跨屋盖长度大于 300m，高层结构有大悬挑或具有 U 型、蝶形等分肢平面时，宜进行多风向、平面多点风激励下的结构验算；对于围护结构，必要时宜考虑脉动风的疲劳验算。
- 6.1.4** 结构变形验算和承载力设计的基本风压应按本标准 4.1 节的规定采用，风振舒适度验算应采用 10 年重现期风压。
- 6.1.5** 抗风设计时，验算的不利风向角不应少于 4 个。
- 6.1.6** 建筑结构屋面的小塔、天线及运动场看台、悬挑过大的结构，设计时其自振频率除避开主体结构自振频率外，应尽量远离人体感知敏感频率范围，必要时可考虑刚度退化的影响。

### 6.2 高层结构抗风设计

- 6.2.1** 高层结构设计时，宜选用有利于抗风的结构体系，如四周为密柱的强外框（筒）体系、角部带支撑的强外框（筒）体系、巨柱带斜撑的强外框（筒）体系等结构体系。
- 6.2.2** 高层结构抗风设计时，宜进行气动外形优化，如平面削角、平面凹角、立面锥形、立面逐渐退台、立面螺旋式退缩、立面开洞等。
- 6.2.3** 在 50 年重现期风荷载作用下，按弹性方法计算的楼层层间最大水平位移与层高之比  $\Delta u/h$  不应大于表 6.2.3 的限值。

表 6.2.3 楼层层间最大水平位移与层高之比的限值

| 结构类型  | $\Delta u/h$ 限值 |
|-------|-----------------|
| 混凝土结构 | 1/500           |
| 混合结构  | 1/450           |
| 钢结构   | 1/300           |

- 6.2.4** 高层建筑在 10 年重现期设计风荷载作用下，建筑物顶部使用楼层任意方向的水平风振加速度最大值不应大于表 6.2.4 的限值。当有需要时，高层建筑风振舒适度的评估也可参考附录 D，根据 1 年重现期设计风速，并结合结构自振频率对风振加速度进行评价，从而进一步提高风振舒适度等级。

表 6.2.4 结构风振加速度限值

| 使用功能           | $a_{lim}$ ( $m/s^2$ ) |
|----------------|-----------------------|
| 医院             | 0.13                  |
| 住宅、公寓、中小学校、幼儿园 | 0.15                  |
| 酒店、旅馆          | 0.20                  |
| 办公             | 0.25                  |

- 6.2.5** 建筑平面较为规则的高层建筑，可采用质心平动的合成加速度进行结构风振舒适度评估。

6.2.6 结构高度超过 150m 且建筑平面出现以下情形之一时，宜考虑扭转风效应对风振加速度的影响，并宜使用角点加速度进行结构风振舒适度评估：

- 1 建筑长宽比大于 1.5 时；
- 2 平面凹进或凸起的尺寸，大于相应投影方向总尺寸的 30% 时；
- 3 结构扭转周期比大于 0.85 时。

6.2.7 风振加速度计算时，阻尼比取值不宜大于表 6.2.7 规定的限值。

表 6.2.7 风振加速度计算时阻尼比限值

| 结构类型    | 1年重现期设计风速作用 | 10年重现期设计风速作用 |
|---------|-------------|--------------|
| 钢筋混凝土结构 | 1.5%        | 2.0%         |
| 混合结构    | 1.0%        | 1.5%         |
| 钢结构     | 0.8%        | 1.0%         |

6.2.8 带连廊的高层连体结构，应考虑连廊上下表面风吸力的不利影响；连廊两端支座设计时，应考虑连廊横向风振的影响；等效静力风荷载计算时应采用整体结构的振动模式。

### 6.3 大跨屋盖结构抗风设计

6.3.1 屋盖选型时，宜采用对风荷载有利的形式，避免采用悬挑长度过大、局部风压过大的几何体型。

6.3.2 在进行屋盖主体抗风设计时，应考虑不少于 4 个不利风向角的风效应。对于重要建筑或体型复杂或周边环境复杂的情况，宜增加不利风向角数量或按全风向角进行验算。

6.3.3 大跨度悬挑屋盖结构应考虑可能存在的正、负风压作用。

6.3.4 采用空间网格结构的大跨悬挑屋盖第 1 阶竖向自振周期不宜高于 1.2s。

6.3.5 比较规则的单体大跨屋盖结构风致侧向变形不宜大于 1/350，同时竖向变形不宜过大，应根据实际结构体系类型确保结构具有足够的竖向刚度。

6.3.6 大跨度上人屋盖结构水平方向风振加速度不应大于  $0.15\text{m/s}^2$ ，竖向风振加速度不应大于  $0.1\text{m/s}^2$ 。

6.3.7 大跨屋盖结构在 10 年重现期设计风荷载作用下，其风振加速度计算时，阻尼比可按表 6.2.7 采用。

### 6.4 围护结构抗风设计

6.4.1 围护结构抗风设计时，宜分别采用全风向角最大风压力和最大风吸力验算围护结构的承载力及变形。

6.4.2 围护结构应与主体结构有可靠连接，并能适应风荷载及其他作用引起的主体结构变形；面板与檩条连接、檩条与主体结构连接均应进行各种荷载工况组合下的承载力验算，必要时可进行连接部位的承载力试验。

6.4.3 建筑物的端部、角部、悬挑较大部位的围护结构，应考虑局部风压增大的影响。

6.4.4 对于建筑结构安全等级或防水等级较高的金属屋面系统应进行抗风揭性能检测，检测结果应满足设计要求。

6.4.5 幕墙的结构抗风设计应符合现行国家和行业幕墙规程规范及《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068、《铝合金结构设计规范》GB 50429、《钢结构设计标准》GB 50017 和《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的规定。

**6.4.6** 施工阶段的临时围墙（挡）等临时设施，在承载力验算时，基本风压的取值应适当提高，应符合现行深圳市地方标准《建设工程安全文明施工标准》SJG 46 的规定。

## **6.5 抗风减振控制**

**6.5.1** 对于建筑结构的风致振动，可采用结构措施、气动措施或机械措施予以控制。

**6.5.2** 机械措施可按本标准附录 E 采用阻尼器直接耗能减振法或调谐式减振器吸振耗能法。

**6.5.3** 当采用机械措施时，控制装置应经过减振结构或子结构力学性能试验，验证减振装置的性能。

**6.5.4** 风振控制装置的设计工作年限不宜少于建筑使用年限，当控制装置的设计工作年限少于建筑结构使用年限时，控制装置到达设计工作年限时应及时按相关标准进行检测，并重新确定后续设计工作年限或予以更换。

**6.5.5** 控制装置应具有良好的抗疲劳、抗老化性能，并在不影响装置正常工作的情况下考虑防腐、防锈和防火等处理措施。

**6.5.6** 体型较规则的高层建筑，结构风振控制设计应同时计算顺风向和横风向风振效应，当只有一个方向的风振响应不满足规范要求时，可仅在该方向设计单向风振控制系统；当两个方向的风振响应均不满足规范要求时，宜设计双向风振控制系统。对于存在明显扭转效应的高层建筑还应对扭转向风振效应进行验算。

**6.5.7** 设置风振控制系统的高层结构风振分析时，应符合下列规定：

**1** 当主体结构处于弹性工作状态，且风振控制系统处于线性工作状态时，可采用弹性时程分析法计算结构风振作用效应；

**2** 当主体结构处于弹性工作状态，但风振控制系统处于非线性工作状态时，可将控制系统进行等效线性化，并采用弹性时程分析法计算结构风振效应；也可直接采用弹塑性时程分析法计算结构风振效应。

**6.5.8** 如需考虑风振控制系统对高层建筑主体结构风荷载放大系数的影响时，本标准 4.5.2 条与 4.5.3 条所采用的阻尼比，应取为设置风振控制系统的高层建筑结构总阻尼比，结构总阻尼比应为主体结构阻尼比和风振控制系统提供给主体结构的附加阻尼比之和。其中风振控制系统提供给主体结构的第 1 振型附加阻尼比，宜根据风振控制系统的类型进行估算和设计。

## 7 风洞试验与数值风洞模拟

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 风洞试验和数值风洞模拟应符合现行行业标准《建筑工程风洞试验方法标准》JGJ/T 338和现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定。

**7.1.2** 房屋高度大于 150m 或有下列情况之一时，应通过风洞试验确定建筑物的风荷载：

- 1 平面形状或立面形状复杂；
- 2 立面开洞或连体建筑；
- 3 周围地形和环境较复杂；
- 4 建筑物密集，群体互相干扰作用明显的建筑。

**7.1.3** 对于重要且体型复杂的屋盖结构，应采用风洞试验确定其风荷载。

### 7.2 风洞试验

**7.2.1** 主要受力结构的风荷载及风振响应，应通过刚性模型测压试验或高频测力天平试验并结合随机振动理论计算确定。

**7.2.2** 围护结构及其他局部构件的风荷载，应通过刚性模型测压试验确定。

**7.2.3** 对于有明显气动弹性效应的建筑工程，宜进行气动弹性模型试验。

**7.2.4** 对于高度大于 350m 的超高层建筑、高度大于 200m 的连体建筑、长度大于 300m 的大跨屋盖等特别重大或特殊的建筑工程，宜在不同风洞试验室进行独立对比试验。当对比试验结果差别较大时，应经专家评审论证后，确定合理的风荷载取值。

**7.2.5** 风洞试验获得的高层建筑或高耸结构顺风向的基底弯矩，小于规范计算值时，应在试验报告中阐述其原因。对于高度大于 200m 的风敏感建筑或其他特殊的建筑工程，当试验结果低于规范顺风向计算值的 90% 时，应进行专家评审。

**7.2.6** 主体结构设计时，除采用风洞试验获得的高层建筑或高耸结构风荷载外，尚应采用规范顺风向风荷载的 80% 进行包络设计。

**7.2.7** 围护结构设计时，除采用风洞试验获得的风荷载外，尚应采用规范计算值的 90% 进行包络设计。

**7.2.8** 采用规范计算值进行包络设计时，计算参数应按照本标准的有关规定取值。

### 7.3 数值风洞模拟

**7.3.1** 数值风洞模拟适用于计算建筑的风荷载体型系数，也可用于建筑气动外形优化和风环境分析，还可有限制地用于计算动力风荷载。数值风洞模拟方法用于建筑工程前，应按照本节的要求建立数值模型、计算表面风压和周围风速，得到的模拟结果应在合理范围。

**7.3.2** 对于未进行风洞试验的项目，可采用数值风洞模拟方法计算建筑体型系数，其结果用于建筑工程设计时，体型系数取值不应低于现行规范中相近体型的 80%。

**7.3.3** 对于计划开展风洞试验的风敏感建筑，在设计前期，可通过数值风洞模拟方法进行建筑气动外形优化比选，同时为风洞试验布点提供参考。当数值风洞模拟方法作为补充手段并用于建筑工程设计时，数值风洞模拟结果与风洞试验结果的差别应不大于 20%，其结果在风洞试验结果与

规范结果允许差值区间之外时，应进行专项评审。

**7.3.4** 对体型复杂的柔性结构进行风致振动分析时，也可采用数值风洞模拟方法模拟随机动力风荷载时程。

**7.3.5** 数值风洞模拟中的几何模型应符合以下规定：

1 几何模型应反映实际工程的主要几何特征，行人风环境试验时应反映离地高度2m附近建筑及设施的主要几何特征。对难以准确模拟的建筑细部或周边环境，可采用适当的数学物理模型近似模拟；

2 建筑周边地形应通过几何建模实现，难以准确建模的地形、地貌等可采用多孔介质模型、附加源项等方法近似模拟；

3 数值风洞的计算域三维尺度应根据模拟区域确定，计算域入口至模型距离不宜小于模型最大尺度的10倍，模型至计算域出口距离不宜小于模型最大尺度的15倍，模型阻塞比不宜大于5%；对于大型建筑群，包含周边建筑的模拟区域半径不应小于目标建筑最大尺寸的2倍。

**7.3.6** 数值风洞模拟中的网格模型应符合以下规定：

1 网格划分应按照“上疏下密”的整体原则进行，应加密建筑模型边缘易发生流动分离及物理量梯度较大区域的网格，网格尺寸的增长率不宜大于1.2；

2 固壁表面且划分多层平行表面的棱柱形边界层网格，直接解析壁面边界层流动时，应保证主要受力建筑表面 $y^+ \approx 1$ ；采用壁面函数求解边界层流动时，应满足不同壁模型对 $y^+$ 值的要求；

3 应选择不少于2种网格划分方案进行独立性检验，疏密网格数量之比不宜小于1.5倍。加密网格方案考察点的平均风速比或平均风压系数，应满足绝对偏差为 $\pm 0.02$ 或相对偏差为 $\pm 5\%$ ；

4 在几何模型边缘较尖锐的区域、物理量梯度较大的区域、加强层上下各两层、裙楼顶上两层和大悬挑角部等位置，网格应适当加密；

5 行人风环境试验中应适当加密影响行人高度区域的网格以保证足够的网格分辨率，行人高度以内的网格层数不宜少于5。

**7.3.7** 数值风洞模拟中的计算模型应符合以下规定：

1 计算前应建立相应的空数值风洞模型，检查入口、出口以及固壁等边界条件的合理性，并应保证流动特性不沿流向发生变化；

2 流体控制方程中物理量的时间和空间离散宜采用2阶或更高精度的格式；

3 数值迭代求解收敛时，连续性方程、动量方程及湍流变量方程的归一化收敛残差应小于 $1 \times 10^{-3}$ ，能量方程的收敛残差不宜大于 $1 \times 10^{-6}$ ，且收敛流场中关键位置点的物理量统计特征不随时间显著变化；

4 瞬态模拟中时间步长应依据网格尺寸及计算能力设定，且依据相似准则得到的原型采样时长不应小于10分钟，风荷载试验中的原型采样频率也应满足风致随机振动的最低频率要求；

5 采用网格离散的数值风洞模拟方法时，应采用经过验证的适用于钝体建筑结构绕流模拟的湍流模型及模型参数；

6 风环境试验时，宜采用大涡模拟等非稳态湍流模拟方法，当对风环境模拟精度要求不高时，可采用基于雷诺平均湍流模型的稳态或非稳态模拟方法；

7 风荷载试验时，应采用大涡模拟等可求解湍流瞬时涡量的模拟方法。

**7.3.8** 数值风洞模拟的基本品质应符合以下规定：

1 大气边界层数值风洞应保证生成的边界层风场特性符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009中的规定；

2 模拟随机动力风荷载时程时，应在入口处施加合理的脉动风速入口条件，使生成的大气边界层湍流风场特性符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009中平均风速、湍流强度、风

速谱及空间相干函数等的规定；

**3** 数值风洞模拟开展风荷载测试前，应按照本标准附录F的要求建立数值模型计算流场，测点风压的数值风洞模拟结果应在合理范围；

**4** 数值风洞模拟开展风环境测试前，应按照本标准附录G的要求建立数值模型计算流场，测点风速的数值风洞模拟结果应在合理范围；

**5** 当采用零梯度出口边界条件时应保证压力参考点与目标建筑所处压力场之间无明显梯度变化。

**7.3.9** 数值风洞模拟报告中应包括模拟软件、几何建模、网格尺度及数量、计算域尺寸、边界条件、湍流模型及参数、离散格式、收敛标准等基本内容，且应包括风特性自保持性、网格独立性以及与标准模型物理风洞试验的对比验证结果。

## 附录 A 风速风向玫瑰图

**A.0.1** 依据本标准 5.2 节评估行人高度风环境舒适度时，如缺少邻近站点的风速资料，可参考表 A.0.1 中各行政区的风速风向频率与风速分布的各项参数值确定分析参数，各行政区的风速风向玫瑰图参见图 A.0.1-1~A.0.1-10。

**表 A.0.1 各行政区风速风向频率与风速分布的各项参数值**

| 福田区 |             |               |               |            |
|-----|-------------|---------------|---------------|------------|
| 风向  | 频率 $\theta$ | 尺度参数 $\sigma$ | 形状参数 $\alpha$ | 位置参数 $\mu$ |
| N   | 0.1018      | 4.4520        | 2.6280        | 0.8606     |
| NNE | 0.0690      | 4.5970        | 2.6575        | 0.7927     |
| NE  | 0.0662      | 3.4619        | 2.1844        | 0.8054     |
| ENE | 0.0884      | 3.4338        | 2.0274        | 1.0295     |
| E   | 0.1934      | 4.0307        | 2.3250        | 1.0984     |
| ESE | 0.1727      | 3.8992        | 2.7880        | 1.0554     |
| SE  | 0.0319      | 2.3037        | 2.0124        | 1.4412     |
| SSE | 0.0273      | 2.1112        | 1.6992        | 1.4638     |
| S   | 0.0323      | 3.2963        | 3.0480        | 0.5774     |
| SSW | 0.0385      | 2.7745        | 2.4207        | 1.3141     |
| SW  | 0.0320      | 2.7973        | 2.8637        | 1.4921     |
| WSW | 0.0370      | 2.8523        | 1.6533        | 1.6965     |
| W   | 0.0394      | 2.9689        | 1.6368        | 1.7173     |
| WNW | 0.0390      | 3.2626        | 1.3087        | 1.8125     |
| NW  | 0.0140      | 4.5122        | 1.9230        | 0.9837     |
| NNW | 0.0164      | 3.8417        | 2.2746        | 1.1419     |
| 罗湖区 |             |               |               |            |
| 风向  | 频率 $\theta$ | 尺度参数 $\sigma$ | 形状参数 $\alpha$ | 位置参数 $\mu$ |
| N   | 0.0274      | 3.0087        | 1.6417        | 1.9966     |
| NNE | 0.0448      | 2.9652        | 2.0625        | 1.7791     |
| NE  | 0.0996      | 4.7590        | 2.3562        | 1.1606     |
| ENE | 0.0548      | 5.2880        | 2.1652        | 1.0900     |
| E   | 0.0954      | 3.3586        | 2.0178        | 1.3976     |
| ESE | 0.0695      | 3.7342        | 2.1740        | 1.0276     |
| SE  | 0.2189      | 4.4612        | 2.9235        | 0.7466     |
| SSE | 0.0719      | 4.3366        | 2.4316        | 1.1343     |
| S   | 0.0415      | 3.4267        | 2.2631        | 1.3012     |

续表 A.0.1

| 罗湖区 |             |               |               |            |
|-----|-------------|---------------|---------------|------------|
| SSW | 0.0728      | 3.5042        | 2.4192        | 1.5302     |
| SW  | 0.0547      | 4.0499        | 2.8380        | 0.9860     |
| WSW | 0.0188      | 3.9434        | 2.8581        | 0.8360     |
| W   | 0.0247      | 3.1810        | 2.1076        | 1.6629     |
| WNW | 0.0169      | 3.7123        | 3.4532        | 0.4655     |
| NW  | 0.0464      | 2.4322        | 1.9191        | 1.6046     |
| NNW | 0.0419      | 2.9398        | 2.1420        | 1.4785     |
| 盐田区 |             |               |               |            |
| 风向  | 频率 $\theta$ | 尺度参数 $\sigma$ | 形状参数 $\alpha$ | 位置参数 $\mu$ |
| N   | 0.0547      | 5.0030        | 2.0847        | 2.0136     |
| NNE | 0.0897      | 4.8390        | 1.9726        | 1.9864     |
| NE  | 0.1316      | 4.0116        | 2.2449        | 1.4848     |
| ENE | 0.1459      | 3.1996        | 2.3562        | 1.8085     |
| E   | 0.1845      | 3.8981        | 2.1361        | 1.7099     |
| ESE | 0.1279      | 3.3979        | 2.0180        | 1.6293     |
| SE  | 0.0338      | 3.1378        | 2.3251        | 1.6407     |
| SSE | 0.0216      | 2.7000        | 2.4090        | 1.7044     |
| S   | 0.0295      | 2.4859        | 2.0695        | 2.2605     |
| SSW | 0.0130      | 2.2361        | 2.4323        | 2.5158     |
| SW  | 0.0319      | 3.1879        | 2.3971        | 2.5237     |
| WSW | 0.0416      | 3.8756        | 1.9967        | 1.9379     |
| W   | 0.0377      | 4.7891        | 2.8529        | 1.0149     |
| WNW | 0.0263      | 3.9014        | 2.4263        | 1.5243     |
| NW  | 0.0206      | 3.6704        | 1.9030        | 2.1685     |
| NNW | 0.0097      | 4.4107        | 1.9877        | 1.8192     |
| 南山区 |             |               |               |            |
| 风向  | 频率 $\theta$ | 尺度参数 $\sigma$ | 形状参数 $\alpha$ | 位置参数 $\mu$ |
| N   | 0.0629      | 3.5911        | 2.3799        | 1.7339     |
| NNE | 0.0599      | 2.8256        | 1.9738        | 2.0597     |
| NE  | 0.0650      | 2.4577        | 1.9560        | 1.8704     |
| ENE | 0.0755      | 2.4882        | 2.0685        | 1.9095     |
| E   | 0.1321      | 2.7572        | 2.0005        | 2.0418     |
| ESE | 0.1056      | 3.0260        | 2.0852        | 1.8656     |
| SE  | 0.0846      | 3.0161        | 1.9856        | 1.9860     |
| SSE | 0.0464      | 2.6442        | 1.7890        | 2.0978     |
| S   | 0.0627      | 2.4866        | 2.1471        | 2.1470     |

续表 A. 0. 1

| 南山区 |             |               |               |            |
|-----|-------------|---------------|---------------|------------|
| SSW | 0.0640      | 2.8226        | 2.3835        | 1.9863     |
| SW  | 0.0468      | 3.1778        | 2.1699        | 1.8267     |
| WSW | 0.0463      | 2.9267        | 1.8683        | 1.8438     |
| W   | 0.0375      | 2.6693        | 1.5471        | 2.0252     |
| WNW | 0.0392      | 2.9970        | 1.9816        | 1.8004     |
| NW  | 0.0376      | 3.1870        | 2.0528        | 1.7820     |
| NNW | 0.0338      | 3.1007        | 2.1452        | 1.7890     |
| 宝安区 |             |               |               |            |
| 风向  | 频率 $\theta$ | 尺度参数 $\sigma$ | 形状参数 $\alpha$ | 位置参数 $\mu$ |
| N   | 0.0679      | 3.2065        | 2.2607        | 1.7681     |
| NNE | 0.1619      | 3.4557        | 2.4865        | 1.6601     |
| NE  | 0.0910      | 2.3239        | 2.0784        | 1.8484     |
| ENE | 0.0963      | 2.2301        | 1.8588        | 1.6445     |
| E   | 0.0317      | 1.9937        | 1.5744        | 1.9784     |
| ESE | 0.0323      | 2.0845        | 1.7305        | 2.2541     |
| SE  | 0.0518      | 2.7823        | 1.8691        | 2.0433     |
| SSE | 0.0495      | 2.9160        | 1.8722        | 1.8974     |
| S   | 0.1855      | 4.1963        | 2.6159        | 1.6230     |
| SSW | 0.1068      | 3.3310        | 2.2013        | 1.7817     |
| SW  | 0.0325      | 2.7952        | 2.0181        | 1.4837     |
| WSW | 0.0268      | 2.2661        | 1.5595        | 1.9512     |
| W   | 0.0175      | 1.9799        | 1.4945        | 2.1451     |
| WNW | 0.0132      | 2.3849        | 1.5042        | 2.3625     |
| NW  | 0.0167      | 2.5049        | 1.5470        | 2.3266     |
| NNW | 0.0187      | 2.5618        | 1.7589        | 1.8937     |
| 龙岗区 |             |               |               |            |
| 风向  | 频率 $\theta$ | 尺度参数 $\sigma$ | 形状参数 $\alpha$ | 位置参数 $\mu$ |
| N   | 0.0181      | 2.7632        | 1.7901        | 1.9479     |
| NNE | 0.0512      | 3.1007        | 2.1068        | 1.6657     |
| NE  | 0.1115      | 3.3017        | 2.5377        | 1.5271     |
| ENE | 0.0862      | 2.9958        | 2.3989        | 1.6554     |
| E   | 0.1057      | 2.6970        | 2.0499        | 1.7874     |
| ESE | 0.1213      | 3.3066        | 2.3988        | 1.6458     |
| SE  | 0.1854      | 3.3860        | 2.7303        | 1.5272     |
| SSE | 0.0849      | 3.4578        | 3.0870        | 1.2802     |

续表 A.0.1

| 龙岗区 |             |               |               |            |
|-----|-------------|---------------|---------------|------------|
| S   | 0.0187      | 2.9156        | 2.3138        | 1.6246     |
| SSW | 0.0365      | 3.4390        | 2.5962        | 1.5584     |
| SW  | 0.0464      | 3.7697        | 3.1443        | 1.0971     |
| WSW | 0.0387      | 3.3567        | 2.6688        | 1.5609     |
| W   | 0.0402      | 2.9395        | 2.1307        | 1.6362     |
| WNW | 0.0223      | 2.8905        | 1.9449        | 1.8508     |
| NW  | 0.0166      | 2.9273        | 1.8592        | 1.8042     |
| NNW | 0.0162      | 3.0178        | 2.2590        | 1.4595     |
| 龙华区 |             |               |               |            |
| 风向  | 频率 $\theta$ | 尺度参数 $\sigma$ | 形状参数 $\alpha$ | 位置参数 $\mu$ |
| N   | 0.1905      | 3.1500        | 2.2131        | 1.5266     |
| NNE | 0.1138      | 3.2154        | 2.4399        | 1.3149     |
| NE  | 0.0528      | 1.8742        | 1.9996        | 1.9619     |
| ENE | 0.0256      | 1.5805        | 1.6610        | 1.9485     |
| E   | 0.0260      | 1.9182        | 1.5616        | 2.1342     |
| ESE | 0.0435      | 2.6369        | 1.9034        | 1.6510     |
| SE  | 0.1095      | 2.4818        | 2.2207        | 1.9186     |
| SSE | 0.0990      | 2.8250        | 2.7043        | 1.7978     |
| S   | 0.0663      | 2.8556        | 2.3416        | 1.9159     |
| SSW | 0.1412      | 3.0850        | 2.6174        | 1.9045     |
| SW  | 0.0801      | 3.1577        | 2.4717        | 2.0233     |
| WSW | 0.0081      | 2.2102        | 1.7178        | 2.1014     |
| W   | 0.0102      | 2.9446        | 1.6458        | 1.9325     |
| WNW | 0.0038      | 3.9400        | 3.6087        | 1.1649     |
| NW  | 0.0062      | 2.8489        | 1.7464        | 1.5798     |
| NNW | 0.0233      | 3.2337        | 3.7176        | 1.0923     |
| 坪山区 |             |               |               |            |
| 风向  | 频率 $\theta$ | 尺度参数 $\sigma$ | 形状参数 $\alpha$ | 位置参数 $\mu$ |
| N   | 0.0757      | 3.0310        | 1.9982        | 2.1240     |
| NNE | 0.0932      | 3.9400        | 2.2653        | 1.8583     |
| NE  | 0.1552      | 3.3487        | 2.1132        | 1.9655     |
| ENE | 0.0634      | 2.6475        | 1.9632        | 1.7712     |
| E   | 0.0516      | 3.3190        | 2.4056        | 1.8058     |
| ESE | 0.0759      | 2.6707        | 2.5331        | 1.9765     |
| SE  | 0.0479      | 2.4117        | 2.2145        | 2.0827     |
| SSE | 0.2242      | 2.6285        | 2.8396        | 2.0761     |

续表 A.0.1

| 坪山区  |             |               |               |            |
|------|-------------|---------------|---------------|------------|
| S    | 0.0972      | 2.5199        | 2.7010        | 1.9868     |
| SSW  | 0.0349      | 3.8634        | 2.9843        | 1.1800     |
| SW   | 0.0084      | 2.7565        | 1.3844        | 3.2786     |
| WSW  | 0.0131      | 4.3129        | 3.3232        | 1.7694     |
| W    | 0.0190      | 2.4148        | 1.5409        | 2.9116     |
| WNW  | 0.0178      | 3.7574        | 2.2710        | 1.8616     |
| NW   | 0.0116      | 2.6841        | 1.7462        | 2.6847     |
| NNW  | 0.0111      | 3.0473        | 1.6773        | 2.3076     |
| 光明区  |             |               |               |            |
| 风向   | 频率 $\theta$ | 尺度参数 $\sigma$ | 形状参数 $\alpha$ | 位置参数 $\mu$ |
| N    | 0.0571      | 3.1281        | 1.8759        | 2.0517     |
| NNE  | 0.1869      | 3.8749        | 2.6506        | 1.7193     |
| NE   | 0.1798      | 3.7341        | 2.0389        | 1.9479     |
| ENE  | 0.0096      | 1.9224        | 1.2982        | 2.3808     |
| E    | 0.0598      | 1.9644        | 1.8490        | 1.9800     |
| ESE  | 0.0948      | 3.0903        | 2.6587        | 1.5199     |
| SE   | 0.0488      | 2.4058        | 2.0584        | 1.9319     |
| SSE  | 0.1562      | 3.0699        | 2.4672        | 1.8011     |
| S    | 0.0089      | 1.7180        | 2.1355        | 2.0547     |
| SSW  | 0.0043      | 1.3440        | 1.4933        | 2.3471     |
| SW   | 0.0114      | 1.4718        | 1.4542        | 2.2793     |
| WSW  | 0.0224      | 1.3624        | 1.4533        | 2.3784     |
| W    | 0.0750      | 2.3592        | 1.5206        | 2.0937     |
| WNW  | 0.0209      | 2.7094        | 1.3760        | 2.2793     |
| NW   | 0.0102      | 2.4051        | 1.3156        | 2.3736     |
| NNW  | 0.0539      | 2.9138        | 2.1104        | 1.8391     |
| 大鹏新区 |             |               |               |            |
| 风向   | 频率 $\theta$ | 尺度参数 $\sigma$ | 形状参数 $\alpha$ | 位置参数 $\mu$ |
| N    | 0.0676      | 4.1399        | 2.3219        | 1.4929     |
| NNE  | 0.0419      | 2.9857        | 2.5862        | 1.6212     |
| NE   | 0.0275      | 2.6734        | 1.6088        | 1.8104     |
| ENE  | 0.1145      | 2.7531        | 1.8797        | 1.6836     |
| E    | 0.1192      | 2.9066        | 1.9502        | 1.5873     |
| ESE  | 0.1163      | 2.9968        | 2.0809        | 1.6431     |
| SE   | 0.0804      | 2.9960        | 2.0172        | 1.7759     |

续表 A.0.1

| 大鹏新区 |        |        |        |        |
|------|--------|--------|--------|--------|
| SSE  | 0.0747 | 3.3199 | 2.2729 | 1.3529 |
| S    | 0.0824 | 3.1734 | 1.9377 | 1.7115 |
| SSW  | 0.0466 | 2.8853 | 1.9942 | 1.6239 |
| SW   | 0.0405 | 2.6743 | 1.9507 | 1.6231 |
| WSW  | 0.0204 | 2.7952 | 1.9224 | 1.6233 |
| W    | 0.0209 | 2.9794 | 1.9584 | 1.6606 |
| WNW  | 0.0379 | 2.6581 | 1.6973 | 1.9173 |
| NW   | 0.0594 | 2.9865 | 1.8890 | 1.7603 |
| NNW  | 0.0498 | 3.7334 | 1.9195 | 1.4862 |

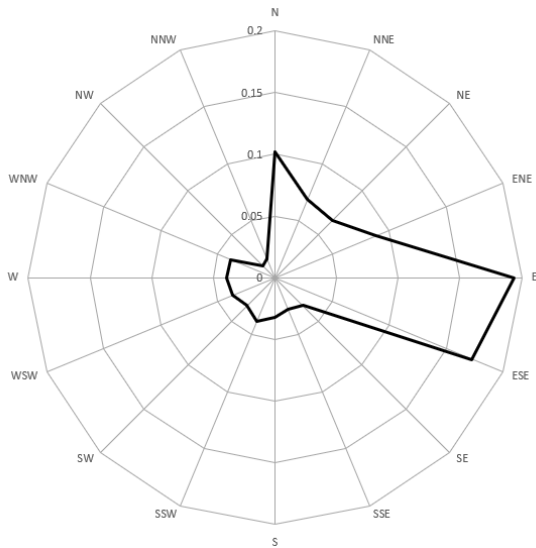


图 A.0.1-1 福田区风速风向玫瑰图

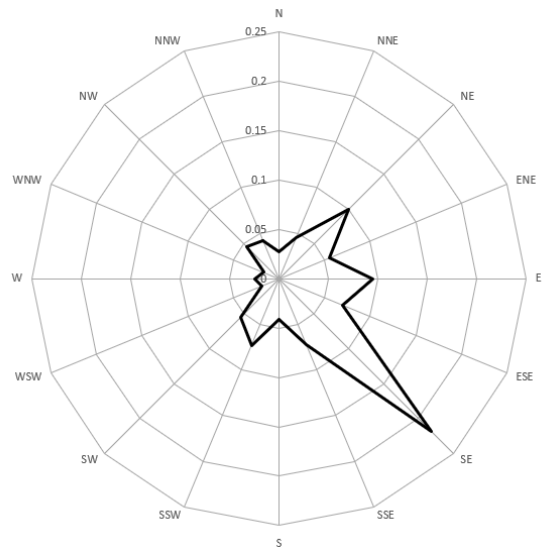


图 A.0.1-2 罗湖区风速风向玫瑰图

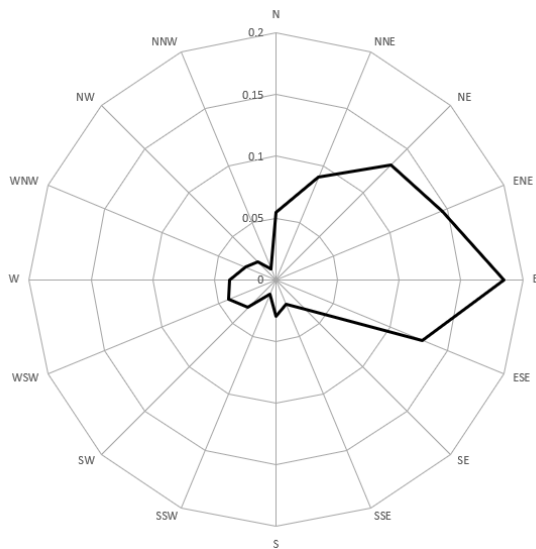


图 A.0.1-3 盐田区风速风向玫瑰图

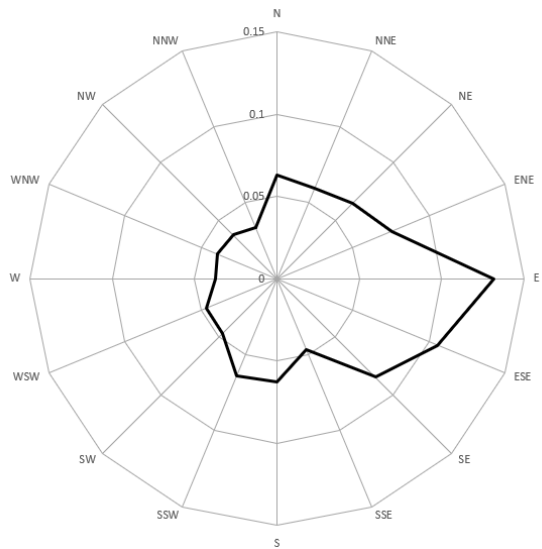


图 A.0.1-4 南山区风速风向玫瑰图

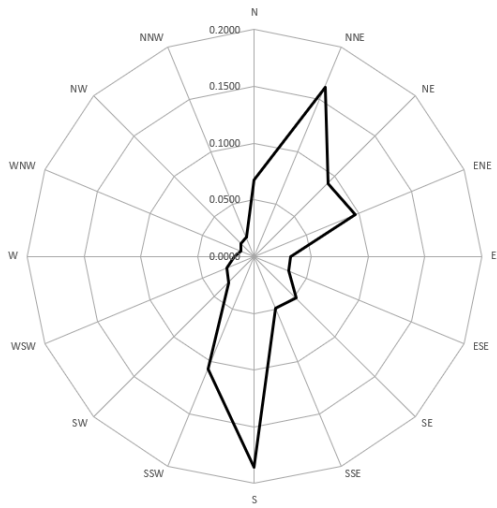


图 A.0.1-5 宝安区风速风向玫瑰图

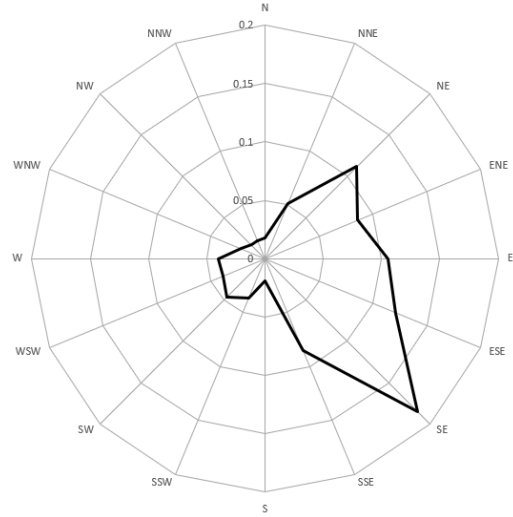


图 A.0.1-6 龙岗区风速风向玫瑰图

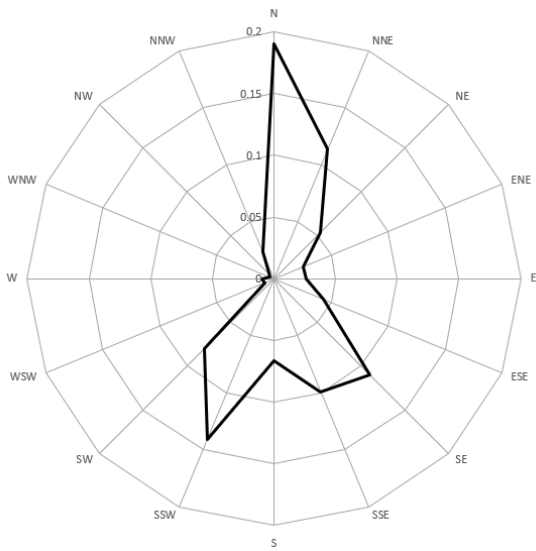


图 A.0.1-7 龙华区风速风向玫瑰图

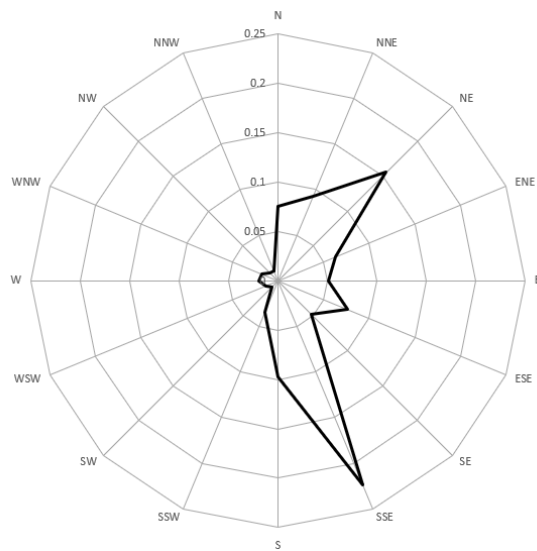


图 A.0.1-8 坪山区风速风向玫瑰图

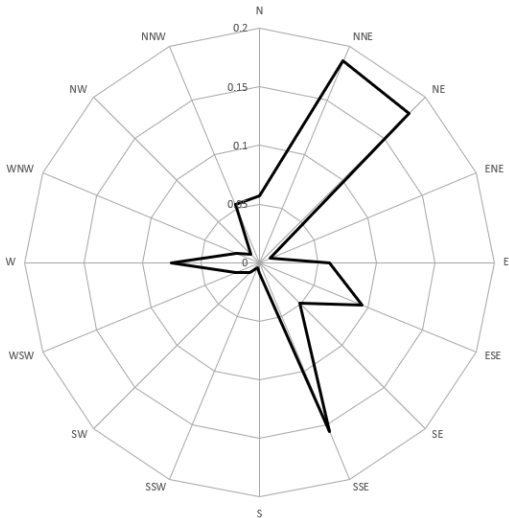


图 A.0.1-9 光明区风速风向玫瑰图

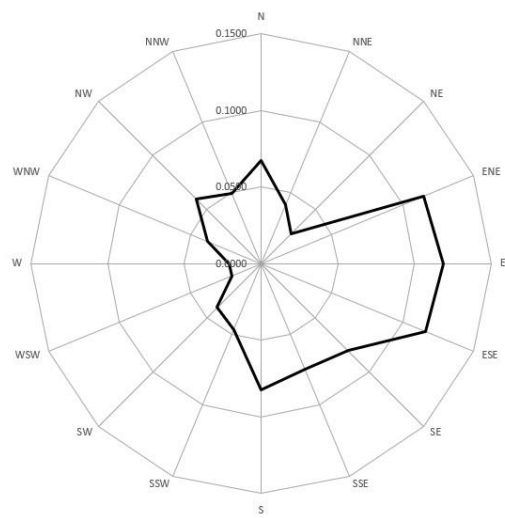


图 A.0.1-10 大鹏新区风速风向玫瑰图

## 附录 B 结构振型系数的近似值

**B.0.1** 结构振型系数应按实际工程由结构动力学计算得出。对顺风向响应可仅考虑第 1 振型的影响，对横风向的共振响应，应验算第 1 至第 4 振型的响应。本附录列出相应的前 4 个振型系数。

**B.0.2** 迎风面宽度远小于其高度的高耸结构，其振型系数可按表 B.0.2 采用。

表 B.0.2 高耸结构的振型系数

| 相对高度  | 振型序号 |       |       |       |
|-------|------|-------|-------|-------|
| $z/H$ | 1阶   | 2阶    | 3阶    | 4阶    |
| 0.1   | 0.02 | -0.09 | 0.23  | -0.39 |
| 0.2   | 0.06 | -0.30 | 0.61  | -0.75 |
| 0.3   | 0.14 | -0.53 | 0.76  | -0.43 |
| 0.4   | 0.23 | -0.68 | 0.53  | 0.32  |
| 0.5   | 0.34 | -0.71 | 0.02  | 0.71  |
| 0.6   | 0.46 | -0.59 | -0.48 | 0.33  |
| 0.7   | 0.59 | -0.32 | -0.66 | -0.40 |
| 0.8   | 0.79 | 0.07  | -0.40 | -0.64 |
| 0.9   | 0.86 | 0.52  | 0.23  | -0.05 |
| 1.0   | 1.00 | 1.00  | 1.00  | 1.00  |

**B.0.3** 迎风面宽度较大的高层建筑，当剪力墙和框架均起主要作用时，其振型系数可按表 B.0.3 采用。

表 B.0.3 高层建筑的振型系数

| 相对高度  | 振型序号 |       |       |       |
|-------|------|-------|-------|-------|
| $z/H$ | 1阶   | 2阶    | 3阶    | 4阶    |
| 0.1   | 0.02 | -0.09 | 0.22  | -0.38 |
| 0.2   | 0.08 | -0.30 | 0.58  | -0.73 |
| 0.3   | 0.17 | -0.50 | 0.70  | -0.40 |
| 0.4   | 0.27 | -0.68 | 0.46  | 0.33  |
| 0.5   | 0.38 | -0.63 | -0.03 | 0.68  |
| 0.6   | 0.45 | -0.48 | -0.49 | 0.29  |
| 0.7   | 0.67 | -0.18 | -0.63 | -0.47 |
| 0.8   | 0.74 | 0.17  | -0.34 | -0.62 |
| 0.9   | 0.86 | 0.58  | 0.27  | -0.02 |
| 1.0   | 1.00 | 1.00  | 1.00  | 1.00  |

**B.0.4** 对截面沿高度规律变化的高耸结构，其第 1 阶振型系数可按表 B.0.4 采用。

表 B.0.4 高耸结构的第 1 阶振型系数

| 相对高度<br>$z/H$ | 高耸结构          |      |      |      |      |
|---------------|---------------|------|------|------|------|
|               | 宽度比 $B_H/B_0$ |      |      |      |      |
|               | 1.0           | 0.8  | 0.6  | 0.4  | 0.2  |
| 0.1           | 0.02          | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 0.2           | 0.06          | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.03 |
| 0.3           | 0.14          | 0.12 | 0.11 | 0.09 | 0.07 |
| 0.4           | 0.23          | 0.21 | 0.19 | 0.16 | 0.13 |
| 0.5           | 0.34          | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.21 |
| 0.6           | 0.46          | 0.44 | 0.41 | 0.37 | 0.31 |
| 0.7           | 0.59          | 0.57 | 0.55 | 0.51 | 0.45 |
| 0.8           | 0.79          | 0.71 | 0.69 | 0.66 | 0.61 |
| 0.9           | 0.86          | 0.86 | 0.85 | 0.83 | 0.80 |
| 1.0           | 1.00          | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

注：表中  $B_H$ 、 $B_0$  分别为结构顶部和底部的宽度。

## 附录 C 横风向及扭转风振的等效风荷载

### C.1 圆形截面结构横风向风振等效风荷载

C.1.1 跨临界强风共振引起在  $z$  高度处振型  $j$  的等效风荷载可按下列规定确定：

1 等效风荷载  $W_{Lk,j}$  可按下列式计算：

$$w_{Lk,j} = |\lambda_j| v_{cr}^2 \phi_j(z) / 12800 \zeta_j \quad (\text{C.1.1})$$

式中：

$\lambda_j$  —— 计算系数；

$V_{cr}$  —— 临界风速 (m/s)，按本标准公式 (4.4.11-2) 计算；

$\phi_j(z)$  —— 在  $z$  高处结构的第  $j$  阶振型系数，由计算确定或按本标准附录 B 确定；

$\xi_j$  —— 第  $j$  阶振型的阻尼比；对第 1 阶振型阻尼比，钢结构可取 0.01~0.02，对有填充墙的钢结构房屋可取 0.02~0.03，对钢筋混凝土及砌体结构可取 0.04~0.05，对其它结构可根据工程经验确定；对高振型的阻尼比，若无相关资料，可近似按第 1 阶振型的值取用。

注：横风向风振等效风荷载所考虑的高振型序号不大于 4，对一般悬臂型结构，可只取第 1 阶或第 2 阶振型。

2 计算系数  $\lambda_j$  可按表 C.1.1 采用。

表 C.1.1  $\lambda_j$  计算用表

| 结构类型 | 振型序号 | $H_1 / H$ |      |      |       |       |       |       |       |       |       |     |
|------|------|-----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
|      |      | 0         | 0.1  | 0.2  | 0.3   | 0.4   | 0.5   | 0.6   | 0.7   | 0.8   | 0.9   | 1.0 |
| 高耸结构 | 1    | 1.56      | 1.55 | 1.54 | 1.49  | 1.42  | 1.31  | 1.15  | 0.94  | 0.68  | 0.37  | 0   |
|      | 2    | 0.83      | 0.82 | 0.76 | 0.60  | 0.37  | 0.09  | -0.16 | -0.33 | -0.38 | -0.27 | 0   |
|      | 3    | 0.52      | 0.48 | 0.32 | 0.06  | -0.19 | -0.30 | -0.21 | 0.00  | 0.20  | 0.23  | 0   |
|      | 4    | 0.30      | 0.33 | 0.02 | -0.20 | -0.23 | 0.03  | 0.16  | 0.15  | -0.05 | -0.18 | 0   |
| 高层建筑 | 1    | 1.56      | 1.56 | 1.54 | 1.49  | 1.41  | 1.28  | 1.12  | 0.91  | 0.65  | 0.35  | 0   |
|      | 2    | 0.73      | 0.72 | 0.63 | 0.45  | 0.19  | -0.11 | -0.36 | -0.52 | -0.53 | -0.36 | 0   |

### C.2 矩形截面结构横风向风振等效风荷载

C.2.1 矩形截面高层建筑当满足下列条件时，可按本节的规定确定其横风向风振等效风荷载：

1 建筑的平面形状和质量在整个高度范围内基本相同；

2 高宽比  $H/\sqrt{BD}$  在 4~8 之间，深宽比  $D/B$  在 0.5~2 之间，其中  $B$  为结构的迎风面宽度， $D$  为结构平面的进深（顺风向尺寸）；

3  $v_H T_{L1} / \sqrt{BD} \leq 10$ ， $T_{L1}$  为结构横风向第 1 阶自振周期， $v_H$  为结构顶部风速。

C.2.2 矩形截面高层建筑横风向风振等效风荷载标准值可按下列式计算：

$$w_{Lk} = g w_0 \eta \mu_z C_L' \sqrt{1 + R_L^2} \quad (\text{C.2.2})$$

式中：

$w_{LK}$ ——横风向风振等效风荷载标准值 (kN/m<sup>2</sup>)，计算横风向风力时应乘以迎风面的面积；

$g$ ——峰值因子，可取 2.5；

$C'_L$ ——横风向风力系数；

$R_L$ ——横风向共振因子。

**C. 2.3** 横风向风力系数可按下列公式计算：

$$C'_L = (2 + 2\alpha) C_m \gamma_{CM} \quad (\text{C. 2. 3-1})$$

$$\gamma_{CM} = C_R - 0.019 \left( \frac{D}{B} \right)^{-2.54} \quad (\text{C. 2. 3-2})$$

式中：

$C_m$ ——横风向风振等效风荷载标准值 (kN/m<sup>2</sup>)，计算横风向风力时应乘以迎风面的面积；

$\alpha$ ——风速剖面指数，对应 A、B、C 和 D 类地面粗糙度分别取 0.12、0.15、0.22 和 0.30；

$C_R$ ——地面粗糙度系数，对应 A、B、C 和 D 类地面粗糙度分别取 0.236、0.211、0.202 和 0.197。

**C. 2.4** 横风向共振因子可按下列规定确定：

1 横风向共振因子  $R_L$  可按下列公式计算：

$$R_L = K_L \sqrt{\frac{\pi S_{FL} C_{sm} / \gamma_{CM}^2}{4(\zeta_1 + \zeta_{a1})}} \quad (\text{C. 2. 4-1})$$

$$K_L = \frac{1.4}{(\alpha + 0.95) C_m} \cdot \left( \frac{z}{H} \right)^{-2\alpha + 0.9} \quad (\text{C. 2. 4-2})$$

$$\zeta_{a1} = \frac{0.0025(1 - T_{L1}^{*2}) T_{L1}^* + 0.000125 T_{L1}^{*2}}{(1 - T_{L1}^{*2})^2 + 0.0291 T_{L1}^{*2}} \quad (\text{C. 2. 4-3})$$

$$T_{L1}^* = \frac{v_H T_{L1}}{9.8B} \quad (\text{C. 2. 4-4})$$

式中：

$S_{FL}$ ——为无量纲横风向 1 阶广义风力功率谱；

$C_{sm}$ ——横风向风力功率谱的角沿修正系数，可按 C. 2. 5 条规定采用；

$\zeta_1$ ——结构第 1 阶振型阻尼比；

$K_L$ ——振型修正系数；

$\zeta_{a1}$ ——结构横风向第 1 阶振型气动阻尼比；

$T_{L1}$ ——结构横风向第 1 阶自振周期 (s)；

$T_{L1}^*$ ——折算周期 (s)。

2 无量纲横风向 1 阶广义风力功率谱  $S_{FL}$ ，可按下列公式计算：

$$S_{F_L} = \frac{S_p \beta_k (f_{L1}^* / f_p)^\gamma}{\{1 - (f_{L1}^* / f_p)^2\}^2 + \beta_k (f_{L1}^* / f_p)^2} \quad (\text{C. 2. 4-5})$$

$$f_p = 10^{-5} (191 - 9.48N_R + \frac{1.28H}{\sqrt{DB}} + \frac{N_R H}{\sqrt{DB}}) \left[ 68 - 21 \left( \frac{D}{B} \right) + 3 \left( \frac{D}{B} \right)^2 \right] \quad (\text{C. 2. 4-6})$$

$$S_p = (0.1N_R^{-0.4} - 0.0004e^{N_R}) \left[ \frac{0.84H}{\sqrt{DB}} - 2.12 - 0.05 \left( \frac{H}{\sqrt{DB}} \right)^2 \right] \left[ 0.422 + \left( \frac{D}{B} \right)^{-1} - 0.08 \left( \frac{D}{B} \right)^{-2} \right] \quad (\text{C. 2. 4-7})$$

$$\beta_k = (1 + 0.00473e^{1.7N_R}) (0.065 + e^{1.26 - \frac{0.63H}{\sqrt{DB}}}) e^{1.7 - \frac{3.44B}{D}} \quad (\text{C. 2. 4-8})$$

$$\gamma = (-0.8 + 0.06N_R + 0.0007e^{N_R}) \left[ - \left( \frac{H}{\sqrt{DB}} \right)^{0.34} + 0.00006e^{\frac{H}{\sqrt{DB}}} \right] \left[ \frac{0.414D}{B} + 1.67 \left( \frac{D}{B} \right)^{-1.23} \right] \quad (\text{C. 2. 4-9})$$

式中:

$f_p$ ——横风向风力谱的谱峰频率系数;

$N_R$ ——地面粗糙度类别的序号, 对应 A、B、C 和 D 类地面粗糙度分别取 1、2、3 和 4;

$S_p$ ——横风向风力谱的谱峰系数;

$\beta_k$ ——横风向风力谱的带宽系数;

$\gamma$ ——横风向风力谱的偏态系数。

折算频率  $f_{L1}^*$  按下式计算:

$$f_{L1}^* = f_{L1} B / v_H \quad (\text{C. 2. 4-10})$$

式中:

$f_{L1}$ ——横风向风力谱的谱峰频率系数;

**C. 2. 5** 角沿修正系数  $C_m$  和  $C_{sm}$  可按下列规定确定:

1 对于横截面为标准方形或矩形的高层建筑,  $C_m$  和  $C_{sm}$  取 1.0;

2 对于图 C. 2. 5 所示的削角或凹角矩形截面, 横风向风力系数的角沿修正因子  $C_m$  可按下式计算:

$$C_m = \begin{cases} 1.00 - 81.6 \left( \frac{b}{B} \right)^{1.5} + 301 \left( \frac{b}{B} \right)^2 - 290 \left( \frac{b}{B} \right)^{2.5} & 0.05 \leq b/B \leq 0.2 \quad \text{凹角} \\ 1.00 - 2.05 \left( \frac{b}{B} \right)^{0.5} + 24 \left( \frac{b}{B} \right)^{1.5} - 36.8 \left( \frac{b}{B} \right)^2 & 0.05 \leq b/B \leq 0.2 \quad \text{削角} \end{cases} \quad (\text{C. 2. 5})$$

式中:

$b$ ——削角或凹角修正尺寸 (m) (图 C. 2. 5)。



图 C. 2. 5 截面削角和凹角示意图

3 对于图 C. 2. 5 所示的削角或凹角矩形截面，横风向广义风力功率谱的角沿修正系数  $C_{sm}$  按表 C. 2. 5 取值。

表 C. 2. 5 横风向广义风力功率谱的角沿修正系数  $C_{sm}$

| 角沿情况 | 地面粗糙度类别 | $b/B$ | 折减频率 ( $f_{L1}^*$ ) |       |       |       |       |       |       |
|------|---------|-------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |         |       | 0.100               | 0.125 | 0.150 | 0.175 | 0.200 | 0.225 | 0.250 |
| 削角   | A/B 类   | 5%    | 0.183               | 0.905 | 1.2   | 1.2   | 1.2   | 1.2   | 1.1   |
|      |         | 10%   | 0.070               | 0.349 | 0.568 | 0.653 | 0.684 | 0.670 | 0.653 |
|      |         | 20%   | 0.106               | 0.902 | 0.953 | 0.819 | 0.743 | 0.667 | 0.626 |
|      | C 类     | 5%    | 0.276               | 0.827 | 1.061 | 1.078 | 1.072 | 1.059 | 0.999 |
|      |         | 10%   | 0.163               | 0.427 | 0.614 | 0.680 | 0.699 | 0.684 | 0.670 |
|      |         | 20%   | 0.223               | 0.938 | 0.965 | 0.857 | 0.792 | 0.736 | 0.708 |
|      | D 类     | 5%    | 0.368               | 0.749 | 0.922 | 0.955 | 0.943 | 0.917 | 0.897 |
|      |         | 10%   | 0.256               | 0.504 | 0.659 | 0.706 | 0.713 | 0.697 | 0.686 |
|      |         | 20%   | 0.339               | 0.974 | 0.977 | 0.894 | 0.841 | 0.805 | 0.790 |
| 凹角   | A/B 类   | 5%    | 0.106               | 0.595 | 0.980 | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   |
|      |         | 10%   | 0.033               | 0.228 | 0.450 | 0.565 | 0.610 | 0.604 | 0.594 |
|      |         | 20%   | 0.042               | 0.842 | 0.563 | 0.451 | 0.421 | 0.400 | 0.400 |
|      | C 类     | 5%    | 0.187               | 0.591 | 0.910 | 0.978 | 0.994 | 0.996 | 0.992 |
|      |         | 10%   | 0.062               | 0.245 | 0.451 | 0.566 | 0.612 | 0.619 | 0.611 |
|      |         | 20%   | 0.106               | 0.898 | 0.611 | 0.489 | 0.448 | 0.424 | 0.427 |
|      | D 类     | 5%    | 0.267               | 0.586 | 0.839 | 0.955 | 0.987 | 0.991 | 0.984 |
|      |         | 10%   | 0.091               | 0.261 | 0.452 | 0.567 | 0.613 | 0.633 | 0.628 |
|      |         | 20%   | 0.169               | 0.954 | 0.659 | 0.527 | 0.475 | 0.447 | 0.453 |

### C.3 矩形截面结构扭转风振等效风荷载

C.3.1 矩形截面高层建筑当满足下列条件时，可按本节的规定确定其扭转风振等效风荷载：

- 1 建筑的平面形状在整个高度范围内基本相同；
- 2 刚度及质量的偏心率（偏心距/回转半径）小于 0.2；
- 3  $\frac{H}{\sqrt{BD}} \leq 6$ ， $D/B$  在 1.5~5 范围内， $\frac{T_{T1}v_H}{\sqrt{BD}} \leq 10$ ，其中  $T_{T1}$  为结构第 1 阶扭转振型的周期（s），应按结构动力计算确定。

C.3.2 矩形截面高层建筑扭转风振等效风荷载标准值可按下列式计算：

$$w_{Tk} = 1.8g w_0 \eta \mu_H C'_T \left( \frac{z}{H} \right)^{0.9} \sqrt{1 + R_T^2} \quad (\text{C.3.2})$$

式中：

$w_{Tk}$ ——扭转风振等效风荷载标准值（kN/m<sup>2</sup>），扭矩计算应乘以迎风面面积和宽度  $B$ （m）；

$\eta$ ——地形修正系数；

$\mu_H$ ——结构顶部高度  $H$  处的风压高度变化系数，按表 4.2.1 取值；

$g$ ——峰值因子，可取 2.5；

$C'_T$ ——风致扭矩系数；

$R_T$ ——扭转共振因子。

C.3.3 扭矩系数可按下列式计算：

$$C'_T = \left\{ 0.0066 + 0.015(D/B)^2 \right\}^{0.78} \quad (\text{C.3.3})$$

C.3.4 扭转共振因子可按下列规定确定：

- 1 扭转共振因子可按下列公式计算：

$$R_T = K_T \sqrt{\frac{\pi F_T}{4\zeta_1}} \quad (\text{C.3.4-1})$$

$$K_T = \frac{(B^2 + D^2)}{20r^2} \left( \frac{z}{H} \right)^{-0.1} \quad (\text{C.3.4-2})$$

式中：

$F_T$ ——扭矩谱能量因子；

$K_T$ ——扭转振型修正系数；

$r$ ——结构的回转半径（m）。

- 2 扭矩谱能量因子  $F_T$  可根据深宽比  $D/B$  和扭转折算频率  $f^*_{T1}$  按下式计算：

当  $f^*_{T1} \geq 0.22$  或  $0.1 \leq f^*_{T1} \leq 0.17$  时，

$$F_T = \frac{0.14 S_T^2}{\pi (f^*_{T1})^{2\beta_T}} \frac{D(B^2 + D^2)}{L^2 B^3} \quad (\text{C.3.4-3})$$

当  $0.17 \leq f^*_{T1} \leq 0.22$  时，

$$F_T = F_1 \exp \left[ 3.5 \ln \left( \frac{F_2}{F_1} \right) \ln \left( \frac{0.22}{f_{T1}^*} \right) \right] \quad (\text{C. 3. 4-4})$$

式中:

$F_1$  ——  $f_{T1}^*$  取 0.22 时的  $F_T$  值;

$F_2$  ——  $f_{T1}^*$  取 0.17 时的  $F_T$  值;

$S_T$  按下式计算:

当  $f_{T1}^* \geq 0.22$ ,

$$S_T = \frac{-1.1(D/B) + 0.97}{(D/B)^2 + 0.85(D/B) + 3.3} + 0.17 \quad (\text{C. 3. 4-5})$$

当  $0.1 \leq f_{T1}^* \leq 0.17$  时,

$$S_T = \frac{0.077(D/B) - 0.16}{(D/B)^2 - 0.96(D/B) + 0.42} + \frac{0.35}{D/B} + 0.095 \quad (\text{C. 3. 4-6})$$

$\beta_T$  按下式计算:

当  $f_{T1}^* \geq 0.22$ ,

$$\beta_T = \frac{(D/B) + 3.6}{(D/B)^2 - 5.1(D/B) + 9.1} + \frac{0.14}{D/B} + 0.14 \quad (\text{C. 3. 4-7})$$

当  $0.1 \leq f_{T1}^* \leq 0.17$  时,

$$\beta_T = \frac{0.44(D/B)^2 - 0.0064}{(D/B)^4 - 0.26(D/B)^2 + 0.1} + 0.2 \quad (\text{C. 3. 4-8})$$

扭转折算频率  $f_{T1}^*$  按下式计算:

$$f_{T1}^* = \frac{f_{T1} \sqrt{BD}}{v_H} \quad (\text{C. 3. 4-9})$$

式中:

$f_{T1}$  —— 结构第 1 阶扭转自振频率 (Hz)。

## 附录 D 1 年重现期风振加速度评估方法

**D.0.1** 高层建筑在 1 年重现期设计风荷载作用下，宜考虑主体结构承受风致振动加速度的振动频率，建筑顶部使用楼层的风振加速度最大值不应大于图 D.0.1 或表 D.0.1 的限值。

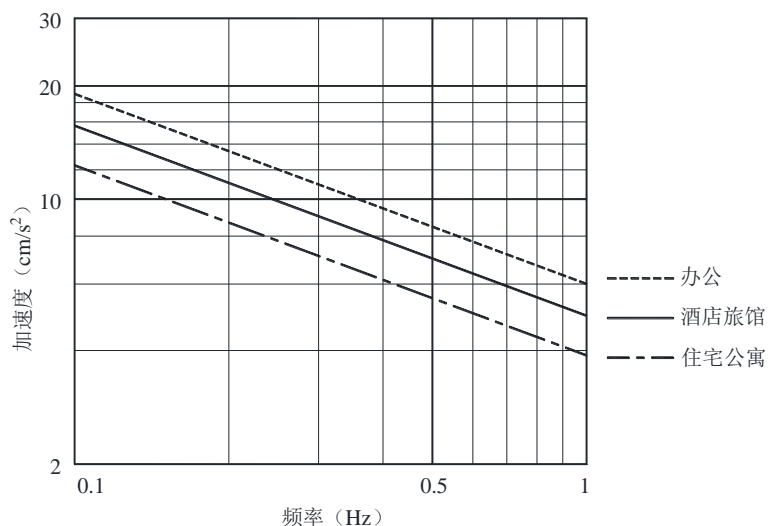


图 D.0.1 1 年重现期设计风荷载作用下建筑顶部使用楼层的风振加速度限值

表 D.0.1 1 年重现期风荷载作用下建筑顶部使用楼层的风振加速度限值

| 频率 (Hz) | 风振加速度限值 (cm/s²) |       |       |
|---------|-----------------|-------|-------|
|         | 住宅、公寓           | 酒店、旅馆 | 办公    |
| 0.1     | 12.27           | 15.62 | 18.97 |
| 0.2     | 8.68            | 11.05 | 13.42 |
| 0.3     | 7.08            | 9.02  | 10.95 |
| 0.4     | 6.13            | 7.81  | 9.49  |
| 0.5     | 5.49            | 6.99  | 8.49  |
| 0.6     | 5.01            | 6.38  | 7.75  |
| 0.7     | 4.64            | 5.90  | 7.17  |
| 0.8     | 4.34            | 5.52  | 6.71  |
| 0.9     | 4.09            | 5.21  | 6.32  |
| 1.0     | 3.88            | 4.94  | 6.00  |

**D.0.2** 对风振舒适度有更高要求的高层建筑，宜考虑主体结构承受风荷载作用时的振动频率，在 1 年重现期风荷载作用下建筑顶部使用楼层的风振加速度可按图 D.0.2 或表 D.0.2-1 确定其风振舒适度限值，并参照表 D.0.2-2 确定其综合风振舒适度等级。

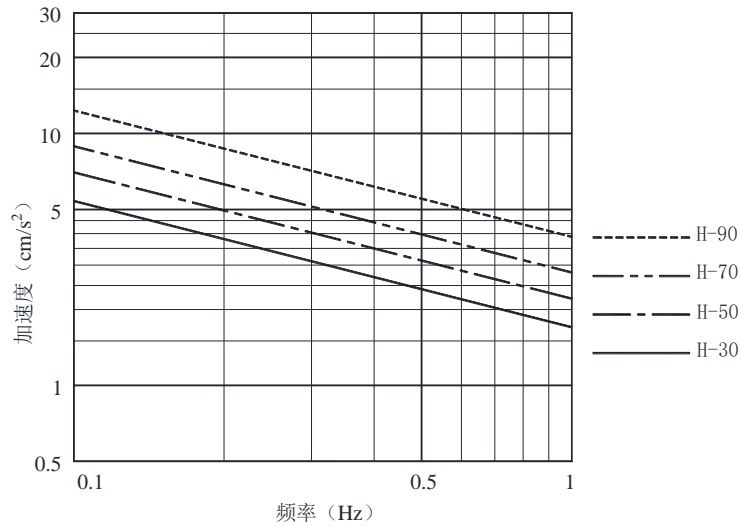


图 D.0.2 1 年风振舒适度等级曲线

表 D.0.2-1 1 年风振舒适度等级指标

| 频率 (Hz) | 风振加速度限值 (cm/s <sup>2</sup> ) |      |      |       |
|---------|------------------------------|------|------|-------|
|         | H-30                         | H-50 | H-70 | H-90  |
| 0.1     | 5.38                         | 6.96 | 8.85 | 12.27 |
| 0.2     | 3.80                         | 4.92 | 6.26 | 8.68  |
| 0.3     | 3.10                         | 4.02 | 5.11 | 7.08  |
| 0.4     | 2.69                         | 3.48 | 4.43 | 6.13  |
| 0.5     | 2.40                         | 3.11 | 3.96 | 5.49  |
| 0.6     | 2.19                         | 2.84 | 3.61 | 5.01  |
| 0.7     | 2.03                         | 2.63 | 3.35 | 4.64  |
| 0.8     | 1.90                         | 2.46 | 3.13 | 4.34  |
| 0.9     | 1.79                         | 2.32 | 2.95 | 4.09  |
| 1.0     | 1.70                         | 2.20 | 2.80 | 3.88  |

表 D.0.2-2 高层建筑综合风振舒适度等级

| 综合风振舒适度等级 | 住宅、公寓     | 酒店、旅馆     | 办公        |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
|           | 1年风振舒适度等级 | 1年风振舒适度等级 | 1年风振舒适度等级 |
| I (良)     | H-50      | H-70      | H-90      |
| II (优)    | H-30      | H-50      | H-70      |

注：H-90表示在水平振动情况下建筑内90%的人有感觉，但不会导致人不舒适的振动程度；  
H-30表示在水平振动情况下建筑内30%的人有感觉，但不会导致人不舒适的振动程度；  
H-50、H-70依此类推。

## 附录 E 阻尼器耗能减振法和调谐式减振器吸振耗能法

**E.0.1** 阻尼器直接耗能减振是将各种耗能元件(阻尼器)安装在结构内部或者结构与基础之间,通过阻尼器两端的相对运动耗能减振。常用的几种直接耗能减振阻尼器有:

1 黏滞阻尼器,即利用活塞推动油缸中的油通过节流孔时产生阻尼力的原理制成,可设计出阻尼力与活塞运动速度的 $\alpha$ 次方成正比的线性或非线性油阻尼器。黏滞阻尼器在使用前宜进行小位移下的耗能曲线验证;

2 黏弹性阻尼器,即由黏弹性材料和约束钢板构成,是一种阻尼力与速度成比例的线性或弱非线性黏弹性元件,在反复力作用下,钢板产生相对位移,使得黏弹性材料产生往复的剪切变形,从而耗散能量;

3 磁流变阻尼器,即以磁流变体为主制成的速度相关型阻尼器;

4 电涡流轴向阻尼器,即基于导体在磁场中运动或在交变磁场中产生电涡流相应的原理进行工作的速度相关型阻尼器。

**E.0.2** 调谐式阻尼器包括调谐质量阻尼器(TMD)、调谐液体阻尼器(TLD)、主被动混合调谐质量阻尼器等。

1 调谐质量阻尼器(TMD),即由弹簧、阻尼器和质量块组成的振动系统,一般支撑或悬挂在建筑结构上。当结构在外激励作用下产生振动时,带动TMD系统一起振动,TMD系统相对运动产生的惯性力反作用到结构上,使其对结构振动产生控制作用。当TMD系统的自振频率与结构某一振型的自振频率一致时,TMD系统对此振型的振动反应控制效果最佳。调谐质量阻尼器的阻尼元件宜采用电涡流阻尼器,也可采用黏滞阻尼器;

2 调谐液体阻尼器(TLD),即装有液体并固定在结构楼层上的刚性容器。当结构产生振动时,TLD中的液体发生振荡。液体振荡对刚性容器壁的动压构成了对建筑结构的减振力。调谐液体阻尼器有矩形TLD和U形TLD等形式;

3 主被动混合调谐质量阻尼器(HMD),即在结构与TMD之间引入一个主动控制力,由此形成主被动混合调谐质量阻尼器,提高TMD的有效性和鲁棒性。

**E.0.3** 当采用调谐式阻尼器控制建筑风振时,应合理计算调谐式阻尼器的最优频率比及最优阻尼比,并考虑质量块的行程限制。

**E.0.4** 调谐质量阻尼器(TMD)可对某一特定频率的结构振动起到较好的控制效果,但对主体结构参数变化存在敏感性,为提高鲁棒性,可采用多重调谐质量阻尼器(MTMD)。布置MTMD时,应优化多重调谐质量阻尼器的频率和阻尼范围。

**E.0.5** 当高层结构风致响应的最大加速度不超过控制指标的1.2倍时,宜采用调谐阻尼器控制结构风致响应加速度。

**E.0.6** 当高层建筑顶部布置有消防水箱,且当结构风致最大加速度超过规范规定的控制指标的1.2倍以内时,宜优先将消防水箱改造为调频液体阻尼器,以控制结构风振加速度。

**E.0.7** 为提高调频液体阻尼器系统的控制性能,宜在调频液体阻尼器系统内部布置挡板、格栅或浆柱等耗能构件来增大调频液体阻尼器系统的阻尼比。

**E.0.8** 当调频液体阻尼器系统内部无耗能构件(纯水TLD系统)时,其系统阻尼比宜取0.5%~1%。

**E.0.9** 配备调频液体阻尼器系统的主体结构进行风致响应分析时,双向调频液体阻尼器系统可近似等效为两个方向互不耦合的单向调频液体阻尼器系统,并进行主体结构在两个主轴方向的风振响应分析。

## 附录 F 风洞试验标准模型

### F.1 低矮建筑测压标准模型

**F.1.1** 低矮建筑测压标准模型应为矩形平面坡屋面建筑（图 F.1.1），全尺度尺寸应为 13.792m×9.22m×3.988m，檐口高度为 3.912m。

**F.1.2** 试验模型的几何缩尺比可根据实际情况选定，应按编号为 1~5 的位置在屋面中轴线上布置测压点（图 F.1.1）。

**F.1.3** 应采用刚性模型测压试验测量标准模型的表面风压分布，地面粗糙度类别应取为 B 类，测试风向角应取为 90°。

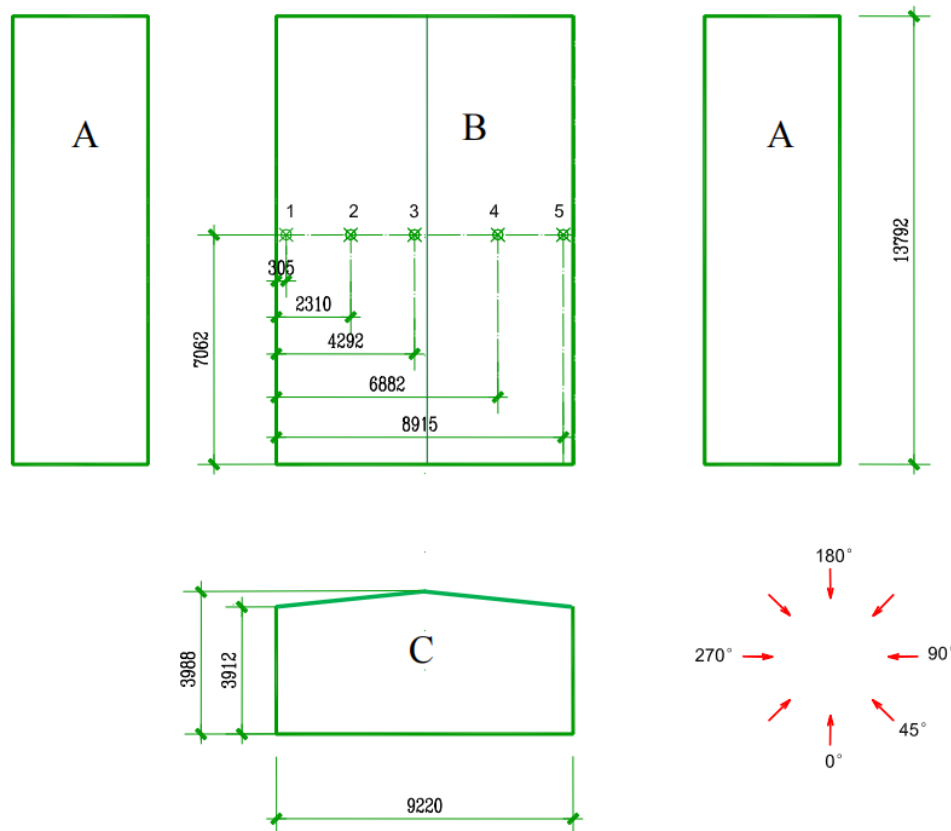


图 F.1.1 低矮建筑测压标准模型的测点布置与试验风向角示意（长度单位:mm）

A—侧墙；B—屋面；C—山墙

### F.2 高层建筑测压标准模型

**F.2.1** 高层建筑测压标准模型应为表面平整、且无任何附属物的矩形平面建筑（图 F.2.1），其全尺度尺寸应为 45.72m×30.48m×182.88m。

**F.2.2** 模型的几何缩尺比可根据实际情况确定，应按编号为 1~20 的位置在模型 2/3 高度处布置测压点（图 F.2.2）。

**F.2.3** 应采用刚性模型测压试验测量标准模型的表面风压分布，地面粗糙度类别应取为 C 类，测试风向角应取为 0° 和 90°。

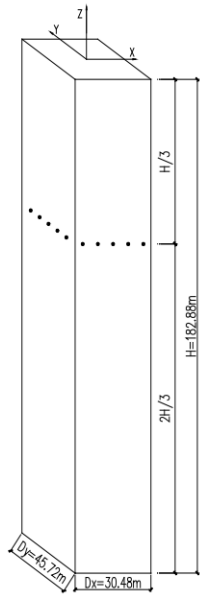


图 F. 2. 1 高层建筑测压标准模型示意图

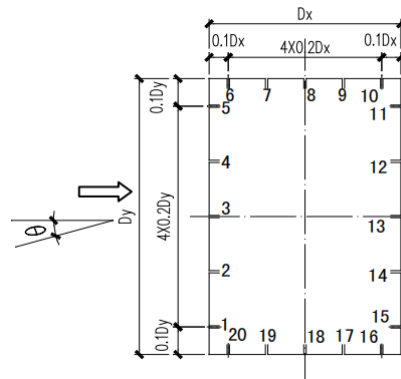


图 F. 2. 2 测点布置与试验风向角示意图

## 附录 G 风环境试验标准模型

**G.0.1** 风环境试验标准模型如图 G.0.1-1 所示，中间较高建筑实际尺寸为  $62.5\text{mm} \times 62.5\text{mm} \times 250\text{mm}$ ，周围建筑实际尺寸为  $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ ，平面分布图如图 G.0.1-2 所示。

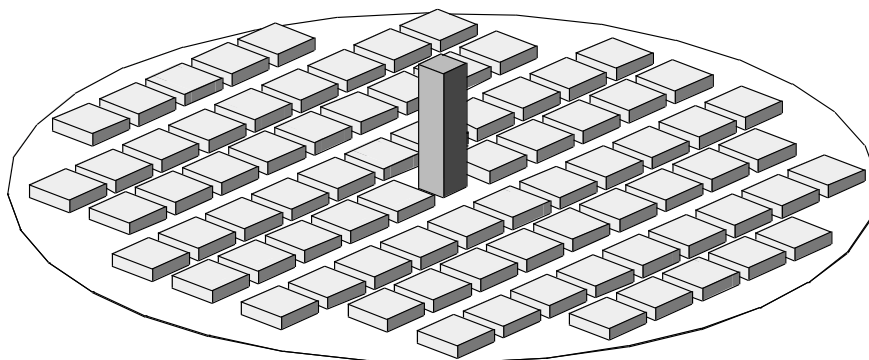


图 G.0.1-1 标准模型轴测图

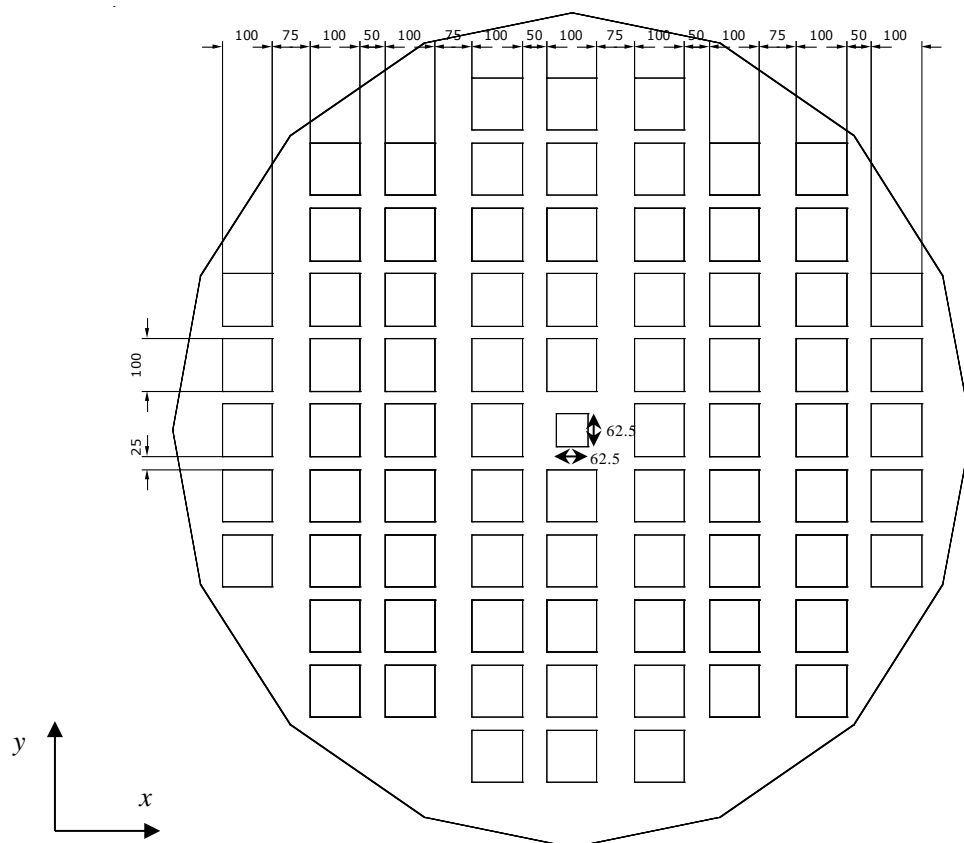


图 G.0.1-2 标准模型平面分布图（单位：mm）

**G.0.2** 模型的几何缩尺比可根据实际情况选定，按图 G.0.2 在中心区域布置 78 个测点，测点之纵向与横向间距均为  $25\text{mm}$ ，各测点平面坐标如表 G.0.2 所示，测点全尺度高度为  $1.5\text{m}$ 。

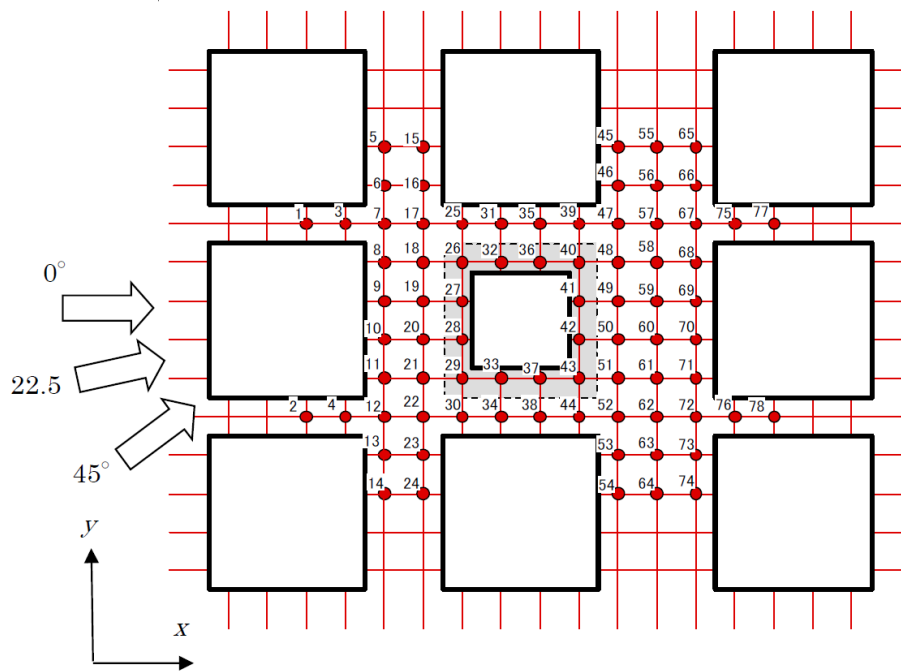


图 G.0.2 标准模型测点分布图

表 G.0.2 标准模型测点坐标 (单位:mm)

| 测点编号 | x      | y      | 测点编号 | x     | y     | 测点编号 | x     | y      |
|------|--------|--------|------|-------|-------|------|-------|--------|
| 1    | -137.5 | 62.5   | 27   | -37.5 | 12.5  | 53   | 62.5  | -87.5  |
| 2    | -137.5 | -62.5  | 28   | -37.5 | -12.5 | 54   | 62.5  | -112.5 |
| 3    | -112.5 | 62.5   | 29   | -37.5 | -37.5 | 55   | 87.5  | 112.5  |
| 4    | -112.5 | -62.5  | 30   | -37.5 | -62.5 | 56   | 87.5  | 87.5   |
| 5    | -87.5  | 112.5  | 31   | -12.5 | 62.5  | 57   | 87.5  | 62.5   |
| 6    | -87.5  | 87.5   | 32   | -12.5 | 37.5  | 58   | 87.5  | 37.5   |
| 7    | -87.5  | 62.5   | 33   | -12.5 | -37.5 | 59   | 87.5  | 12.5   |
| 8    | -87.5  | 37.5   | 34   | -12.5 | -62.5 | 60   | 87.5  | -12.5  |
| 9    | -87.5  | 12.5   | 35   | 12.5  | 62.5  | 61   | 87.5  | -37.5  |
| 10   | -87.5  | -12.5  | 36   | 12.5  | 37.5  | 62   | 87.5  | -62.5  |
| 11   | -87.5  | -37.5  | 37   | 12.5  | -37.5 | 63   | 87.5  | -87.5  |
| 12   | -87.5  | -62.5  | 38   | 12.5  | -62.5 | 64   | 87.5  | -112.5 |
| 13   | -87.5  | -87.5  | 39   | 37.5  | 62.5  | 65   | 112.5 | 112.5  |
| 14   | -87.5  | -112.5 | 40   | 37.5  | 37.5  | 66   | 112.5 | 87.5   |
| 15   | -62.5  | 112.5  | 41   | 37.5  | 12.5  | 67   | 112.5 | 62.5   |
| 16   | -62.5  | 87.5   | 42   | 37.5  | -12.5 | 68   | 112.5 | 37.5   |
| 17   | -62.5  | 62.5   | 43   | 37.5  | -37.5 | 69   | 112.5 | 12.5   |
| 18   | -62.5  | 37.5   | 44   | 37.5  | -62.5 | 70   | 112.5 | -12.5  |
| 19   | -62.5  | 12.5   | 45   | 62.5  | 112.5 | 71   | 112.5 | -37.5  |
| 20   | -62.5  | -12.5  | 46   | 62.5  | 87.5  | 72   | 112.5 | -62.5  |
| 21   | -62.5  | -37.5  | 47   | 62.5  | 62.5  | 73   | 112.5 | -87.5  |

续表 G.0.2

| 测点编号 | x     | y      | 测点编号 | x    | y     | 测点编号 | x     | y      |
|------|-------|--------|------|------|-------|------|-------|--------|
| 22   | -62.5 | -62.5  | 48   | 62.5 | 37.5  | 74   | 112.5 | -112.5 |
| 23   | -62.5 | -87.5  | 49   | 62.5 | 12.5  | 75   | 137.5 | 62.5   |
| 24   | -62.5 | -112.5 | 50   | 62.5 | -12.5 | 76   | 137.5 | -62.5  |
| 25   | -37.5 | 62.5   | 51   | 62.5 | -37.5 | 77   | 162.5 | 62.5   |
| 26   | -37.5 | 37.5   | 52   | 62.5 | -62.5 | 78   | 162.5 | -62.5  |

**G.0.3** 测量内容应为标准模型周围的风速分布，风场来流应为均匀流，风向角应取  $0^\circ$ 、 $22.5^\circ$  和  $45^\circ$ 。

## 本标准用词说明

- 1 为了便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
  - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：  
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
  - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：  
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
  - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：  
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
  - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关的标准、规范执行的写法为“符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 1 《工程结构通用规范》 GB55001
- 2 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 3 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 4 《混凝土结构设计规范》 GB 50204
- 5 《起重机设计规范》 GB/T 3811
- 6 《建筑幕墙层间变形性能分级及检测方法》 GB/T 18250
- 7 《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ 3
- 8 《高层民用建筑钢结构技术规程》 JGJ 99
- 9 《建筑工程风洞试验方法标准》 JGJ/T 338
- 10 《建筑楼盖结构振动舒适度技术标准》 JGJ/T441
- 11 《屋盖结构风荷载标准》 JGJ/T 481
- 12 《建筑结构风振控制技术标准》 JGJ/T 487
- 13 《高层建筑混凝土结构技术规程》 DBJ/T 15-92
- 14 《建筑结构荷载规范》 DBJ/T 15-101
- 15 《钢结构设计规程》 DBJ 15-102
- 16 《高层建筑风振舒适度评价标准及控制技术规程》 DBJ/T 15-216
- 17 《建筑幕墙工程技术规范》 DB 29-221
- 18 《建设工程安全文明施工标准》 SJG 46
- 19 《建筑起重机械防台风安全技术规程》 SJG 55
- 20 《高层建筑混凝土结构技术规程》 SJG 98

深圳市工程建设地方标准

建筑工程抗风设计标准

**SJG 146 - 2023**

条文说明

# 目 次

|      |                 |    |
|------|-----------------|----|
| 1    | 总则              | 70 |
| 3    | 基本规定            | 71 |
| 3.1  | 一般规定            | 71 |
| 3.2  | 地面粗糙度           | 71 |
| 3.3  | 建筑体型            | 74 |
| 3.4  | 抗风监测            | 74 |
| 4    | 建筑工程风荷载         | 75 |
| 4.1  | 风荷载标准值及基本风压     | 75 |
| 4.2  | 风压高度变化系数和地形修正系数 | 76 |
| 4.3  | 风荷载体型系数         | 76 |
| 4.4  | 风荷载放大系数         | 76 |
| 5    | 建筑工程风环境         | 77 |
| 5.1  | 行人高度风环境舒适度      | 77 |
| 5.3  | 建筑设计风环境         | 77 |
| 5.4  | 建筑自然通风          | 77 |
| 5.5  | 高层建筑烟囱效应        | 77 |
| 6    | 建筑工程抗风设计        | 78 |
| 6.1  | 一般规定            | 78 |
| 6.2  | 高层结构抗风设计        | 78 |
| 6.3  | 大跨屋盖结构抗风设计      | 80 |
| 6.4  | 围护结构抗风设计        | 80 |
| 6.5  | 抗风减振控制          | 80 |
| 7    | 风洞试验与数值风洞模拟     | 81 |
| 7.1  | 一般规定            | 81 |
| 7.2  | 风洞试验            | 81 |
| 7.3  | 数值风洞模拟          | 81 |
| 附录 A | 风速风向玫瑰图         | 83 |
| 附录 D | 1 年重现期风振加速度评估方法 | 84 |

## 1 总 则

**1.0.2** 深圳市深汕特别合作区的抗风设计可根据实际情况按本标准执行。对于深圳市建设的高耸结构、构筑物也可按本标准执行。

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

**3.1.2** 本条可预见的待建建筑是指规划审批已通过、近期可能实施的建筑。

**3.1.3** 行人风环境评价主要针对医院和学校入口，以及康养中心和五星级酒店的内部开敞花园等处的行人高度风环境。

**3.1.4** 条文中列举了三种应进行风洞试验的情况，参照现行国家强制性标准《工程结构通用规范》GB 55001 第 4.6.8 条文的解释，对三种情况进行说明。

**1** 体型复杂。这类建筑物或构筑物的表面风压很难根据规范的相关规定进行计算，一般应通过风洞试验确定其风荷载；

**2** 周边干扰效应明显。周边建筑对结构风荷载的影响较大，主要体现为在干扰建筑作用下，结构表面的风压分布和风压脉动特性存在较大变化，这给主体结构和围护结构的抗风设计带来不确定因素；

**3** 对风荷载敏感。通常是指自振周期较长，风振响应显著或者风荷载是控制荷载的各类工程结构，如超高层建筑、高耸结构、柔性屋盖等。当这类结构的动力特性参数或结构复杂程度超过了现有风荷载计算方法的适用范围时，就应当通过风洞试验确定其风荷载。

本条中的建筑结构包括连体高层结构、带凹槽或十字形等复杂平面的结构、两栋以上间距较近且高度相近的高层建筑等。

**3.1.6** 本条中所指的高耸结构是具有观光等使用功能的特殊高耸结构。

**3.1.7** 抗风性能监测是指在强/台风作用下，对建筑工程的风致响应和风环境进行监测，监测内容包括结构顶部位移、楼层水平加速度、建筑表面风压、风速风向和关键受力杆件的应力应变等，可参照本标准 3.4 节的规定执行。

**3.1.8** 本条中的建筑起重机械是指在房屋建筑工地和市政工程工地安装、拆卸、使用的起重机械。其中包括：塔式起重机（以下简称塔机）、门（桥）式起重机、履带起重机、施工升降机。建筑起重机械的设计可参照现行国家标准《起重机设计规范》GB/T 3811 执行，在设计、制造、安装、使用、检测中的防台风安全技术可参照现行深圳市地方标准《建筑起重机械防台风安全技术规程》SJG 55 执行。

### 3.2 地面粗糙度

**3.2.2** 本条引自现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009，保留了 D 类粗糙度。2000 年以后，深圳地区高度超过 150m 的超高层建筑数量激增，高层建筑周边风环境发生较大变化。考虑到超高层建筑群之间存在显著而复杂的干扰效应，采用 D 类粗糙度可能不足以反映位于群体中的高层建筑的风效应，此类建筑风荷载及风致响应宜通过风洞试验确定。当采用规范公式计算时，为保证结构安全性，可采用 C 类粗糙度对此类建筑风荷载进行评估。本标准采用指数律作为风速剖面的表达式：

$$v_z = v_{10} \left( \frac{z}{10} \right)^\alpha \quad (1)$$

A、B、C、D 四类地貌的粗糙度指数  $\alpha$  分别取 0.12、0.15、0.22 和 0.30，梯度风高度分别取 300m、350m、450m 和 550m。根据地面粗糙度指数和梯度风高度，可得出风压高度变化系数如下：

$$\mu_z^A = 1.284 \left( \frac{z}{10} \right)^{0.24} \quad (2)$$

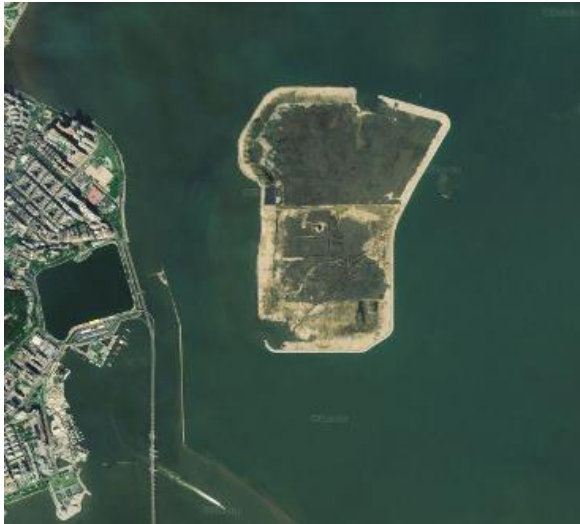
$$\mu_z^B = 1.000 \left( \frac{z}{10} \right)^{0.30} \quad (3)$$

$$\mu_z^C = 0.544 \left( \frac{z}{10} \right)^{0.44} \quad (4)$$

$$\mu_z^D = 0.262 \left( \frac{z}{10} \right)^{0.60} \quad (5)$$

地貌粗糙度的判断可根据项目需要选择以下方式：

- 1 对于地形特征明确的区域，如海岸等地区，在不同方向较长范围内地面覆盖物差异较小，一般均满足本条规定，可按照 3.2.2 条进行经验性判断；
- 2 对于具备建筑场地周围图像资料的情况，宜对照图 1~4 中给出的典型建筑场地照片确定；
- 3 对于建筑场地所处周围地形为平坦地势、且具备建筑场地周围建筑规划资料的情况，可按照本标准 3.2.3 条的方法判定地面粗糙度；
- 4 对于地形地貌复杂的情况，必要时可通过风洞试验、数值风洞模拟对地面粗糙度进行研究分析。



(a) A类示意图 1



(b) A类示意图 2

图 1 A类粗糙度地貌示意图



(a) B类示意图 1



(b) B类示意图 2

图 2 B类粗糙度地貌示意图



(a) C类示意图 1



(b) C类示意图 2

图 3 C类粗糙度地貌示意图



(a) D类示意图 1



(b) D类示意图 2

图 4 D类粗糙度地貌示意图

3.2.4 本条规定了建筑周边不同方位存在多个粗糙度类别时的取值方法。当建筑周边粗糙度分布如图 5 (a) 或 (b) 所示时, 若采用本标准方法计算风荷载, 应选择 A 类粗糙度进行计算; 若采用风洞试验方法确定结构风荷载, 可按照不同方位的实际粗糙度进行测试。

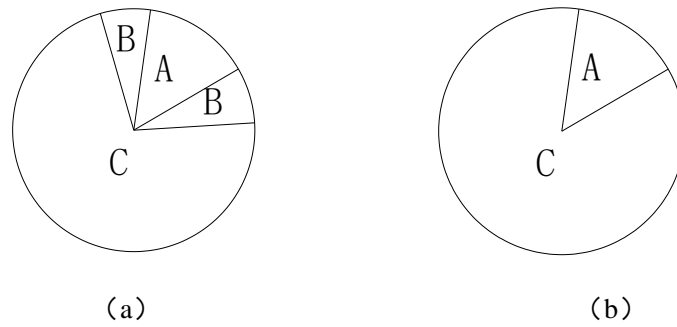


图 5 建筑周边粗糙度分布示意图

建筑周边粗糙度的分析结果出现图 5 (b) 的分布形式时, 如有必要, 可参照图 5 (a) 的形式在 A、C 之间增加 B 类过渡段, 其中 B 类粗糙度对应的范围不宜小于  $10^\circ$ 。

### 3.3 建筑体型

**3.3.4** 相对于建筑主体, 顶部附属结构所在位置风速更高, 容易发生风致振动, 因此需要对其高度、刚度等加以限制。另一方面, 顶部附属结构的气动外形对其横风向响应的影响较大, 采用合适的外形可避免横风向能量集中, 从而降低横风向风致响应。对于顶部常见的桅杆结构可采用格构形式、设置螺旋线等方法。

### 3.4 抗风监测

**3.4.3** 本条工况主要指在不同风向条件, 以及良态风和台风等不同气象环境下的情形, 主要考虑有特殊性的典型工况和对建筑产生较不利影响的工况。

**3.4.6** 环境振动法是利用建筑物在外部环境激励(风荷载、地震作用、地脉动以及其他外部环境激励)作用下产生的振动数据, 进行结构动力特性测试。

随机激振法是利用可产生随机信号激励(包括平均值、均方根或相应的功率谱密度)的激振器, 对建筑物施加外部激励, 收集建筑物产生的相应振动数据, 进行结构动力特性测试。

稳态正弦波激振法是利用可产生稳态正弦信号激励的激振器, 对建筑物施加外部激励, 收集建筑物产生的相应振动数据, 进行结构动力特性测试。

**3.4.10** 本条中提及的正常运营期的抗风监测, 最短监测时间不应少于 5 年。

## 4 建筑工程风荷载

### 4.1 风荷载标准值及基本风压

**4.1.1** 本条适用于主要受力和围护结构风荷载的计算。在现行国家强制性标准《工程结构通用规范》GB 55001 中，将风振系数和阵风系数二者统一为“风荷载放大系数”，为此，本标准将主要受力和围护结构的风荷载标准值计算公式进行统一。将现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 中的风振系数和阵风系数统一表示为 $\beta z$ ，定义为风荷载放大系数；其中主体结构的风荷载放大系数相当于现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 中的风振系数；围护结构的风荷载放大系数相当于现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 中的阵风系数。体型系数统一以 $\mu_s$ 表示，本标准其他位置出现的 $\mu_{s1}$ 表示局部体型系数，为体现其与整体体型系数的区别，保留该符号的使用，且主要用于围护结构的计算。

同时，现行国家强制性标准《工程结构通用规范》GB 55001 指出，垂直于建筑物表面上的风荷载标准值包含了风向影响系数、地形修正系数等参数，为此本标准在风荷载标准值计算公式中也增加了这两类参数。其中风向影响系数根据 4.1.3 和 4.1.4 条的规定执行，地形修正系数根据 4.2.2~4.2.4 条的规定执行。

另外，公式（4.1.1）中的基本风压根据基本风速按下式计算：

$$w_0 = \frac{1}{2} \rho v_{10}^2 \quad (6)$$

式中：

$\rho$  ——空气密度，通常取  $1.25\text{kg/m}^3$ ；

$v_{10}$  ——基本风速，指当地标准地貌（B 类地面粗糙度）10m 高度处的平均风速（m/s），由当地风速样本按相关统计方法进行统计计算，重现期应取 50 年。

**4.1.2** 本条风荷载标准值的计算公式一方面引用现行行业标准《屋盖结构风荷载标准》JGJ/T 481 第 5.0.1 条，另一方面根据现行国家强制性标准《工程结构通用规范》GB 55001，在公式中补充了风向影响系数和地形修正系数。对于跨度小于 60m 的屋盖和大跨度屋盖，都可按式（4.1.2）计算风压标准值。

**4.1.3** 根据实际工程反馈，深圳等沿海城市每年遭受台风的频次较高、强度较大，期间破坏较为严重的多为设计工作年限较短的建筑或临时建筑，因此对设计工作年限在 50 年以内的建筑，根据设计工作年限不同，对基本风压取值做出不同规定。当设计工作年限少于 50 年且大于等于 10 年时，按风速重现期与设计工作年限相同的原则确定基本风压取值；当设计工作年限在 10 年以内时，基本风压不应低于  $0.45\text{kN/m}^2$ 。

**4.1.4** 本标准基于深圳气象资料，采用良态风模拟和台风模拟相结合的方式，并结合实际项目经验，给出了不同风向、不同重现期对应的风向影响系数，一方面可与现行国家强制性标准《工程结构通用规范》GB 55001 相呼应，另一方面为风洞试验研究中的风向影响分析提供参考。目前有稳定记录的风气象数据不足百年，对于较长重现期的风向影响系数一般通过蒙特卡洛模拟等方法获得；当重现期超过 50 年时，各风向的影响系数趋于稳定，可采用 50 年重现期风向影响系数。

## 4.2 风压高度变化系数和地形修正系数

4.2.1~4.2.4 本标准根据国家强制性标准《工程结构通用规范》GB55001,在公式 4.1.1 与 4.1.2 中列入地形修正系数,而在国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 中,地形修正系数是对风压高度变化系数的修正。针对两者的区别,本标准将地形修正系数与风压高度变化系数相互独立,分别按照各自相应的规定取值。

## 4.3 风荷载体型系数

4.3.2 深圳地区超高层住宅项目较多,其群体楼栋数量多、距离近且房屋高度较高,针对此实际情况,应充分考虑群体间的干扰效应,一般情况下相互干扰系数按条文规定取值,对于难以比照类似条件的,宜通过风洞试验确定。

## 4.4 风荷载放大系数

4.4.1 围护结构的风荷载放大系数按下式计算:

$$\beta_z = 1 + 2gI_{10} \left(\frac{z}{10}\right)^{-\alpha} \quad (7)$$

式中 $\alpha$ 为地面粗糙度指数,对应于 A、B、C 和 D 类地面粗糙度,分别取 0.12、0.15、0.22 和 0.30; $I_{10}$ 为 10m 高名义湍流度,对应 A、B、C 和 D 类地面粗糙度,可分别取 0.12、0.14、0.23 和 0.39; $g$ 为峰值因子,考虑深圳地处沿海区域,常遭受台风的影响,台风气候下风场的脉动特性比良态气候的脉动特性强,对围护结构的破坏性更大,因此参照广东省地方标准《建筑结构荷载规范》DBJ/T 15-101,在围护结构风荷载放大系数计算时将峰值因子由 2.5 提高到 3.0,本标准其他情况的峰值因子仍取 2.5。此外,A、B、C、D 四类地面粗糙度的截断高度分别为 5m、10m、15m 和 30m,即对应的风荷载放大系数不大于 1.78、1.84、2.26、2.68。

4.4.2 本条同时包含对屋盖和低矮建筑的规定,其中屋盖高度应按其平均离地高度确定。

4.4.5 对于大跨钢屋盖结构的阻尼比 $\xi_1$ 可取 0.01。

## 5 建筑工程风环境

### 5.1 行人高度风环境舒适度

5.1.1 本标准提及的行人高度一般是离地 1.5m~2.0m 之间。

### 5.3 建筑设计风环境

5.3.3 本条规定可结合表 5.2.3，按超越概率选定行人舒适度等级及对应的最大允许风速，但最大风速不应高于本条风速限值。

### 5.4 建筑自然通风

5.4.1 本条中建筑面宽的设置，应符合现行深圳市地方标准《深圳市城市规划标准与准则》（2021 年修订汇总版）8.4.8.3 条的规定，避免因面宽过大形成屏风效应。

### 5.5 高层建筑烟囱效应

5.5.2 超过 25Pa，有可能产生噪声；超过 50Pa，有可能产生开闭故障。

## 6 建筑工程抗风设计

### 6.1 一般规定

**6.1.2** 工程实践经验表明，建筑平面长宽比大于 4 时，建筑对横风向风振效应较为敏感，也宜考虑横风向风振的影响。

**6.1.3** 本条中多点风激励下的结构验算，是指在结构平面上不同的位置施加相应的风荷载时程并进行时程分析和验算，主要针对跨度较大的屋盖结构和结构形式特殊或平面较为复杂的高层结构，其中对于长度大于 300m 的大跨屋盖结构同时施加风激励的作用点不宜少于 3 个，并根据单跨或多跨屋盖结构的实际情况采用不同的风激励加载位置与方式。较多实际工程设计项目表明，采用多点风激励进行时程分析，对于提高结构局部的风振舒适度和安全性是必要的。

**6.1.6** 人体感知敏感频率范围一般为 1.5Hz~2.5Hz。

### 6.2 高层结构抗风设计

**6.2.2** 建筑物气动优化采用平面削角或凹角时的示意图如下所示，现有研究表明当削角或凹角比例 ( $b/B$ ) 在 5%~20% 范围内时，横风向气动力有明显减小；当  $b/B$  接近 10% 时，横风向的气动力为该范围内最小。

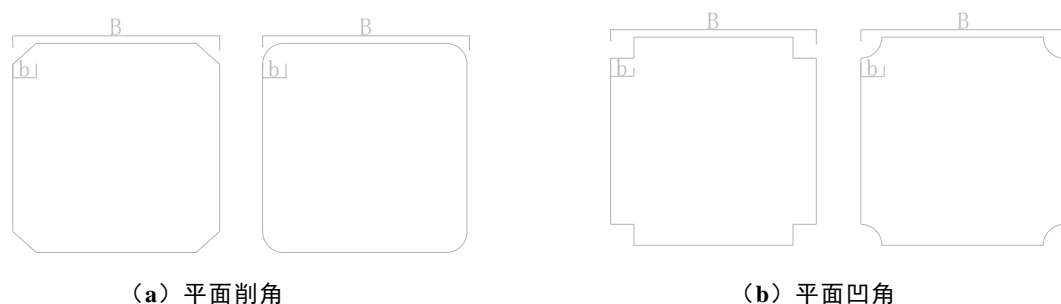
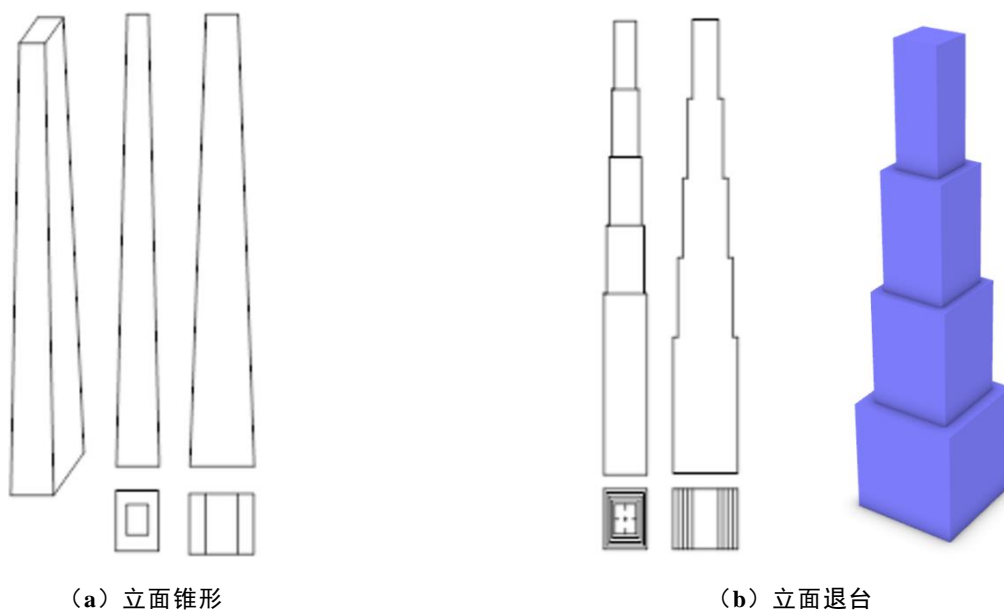


图 6 结构平面气动优化示意图

采用立面变化的气动优化时，可采用下图所示形式，减小沿高度方向的横风向风力谱的一致性。



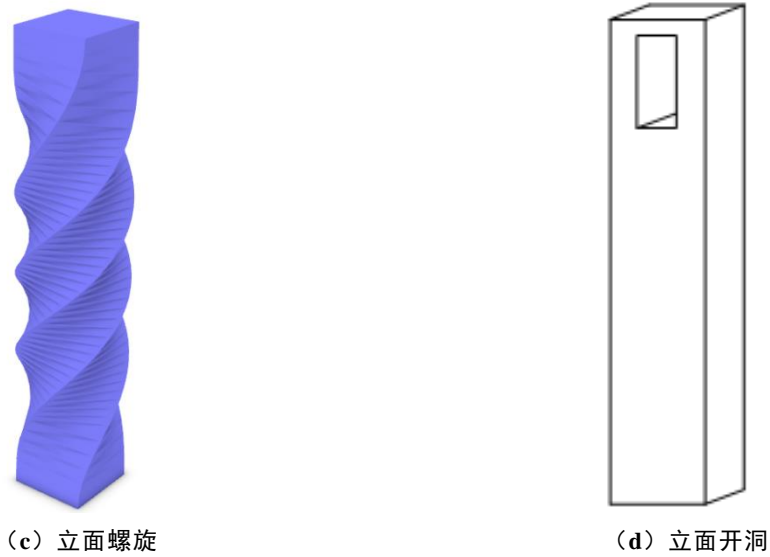


图 7 结构立面气动优化示意图

采用以上平面或立面变化形式除了有助于改善横风向风力谱，降低横风向风荷载及效应外，相对于矩形截面建筑，上述部分形体的顺风向风荷载体型系数也会减小，表 1 给出了部分优化体型（图 8）顺风向整体计算的体型系数。

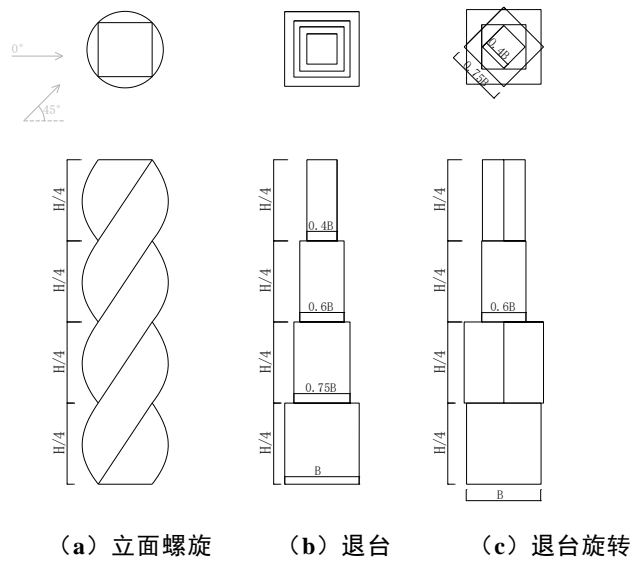


图 8 典型优化体型的气动优化平面与立面示意图

表 1 对应立面变化的顺风向整体体型系数

| 风向  | 立面螺旋 | 退台   | 退台旋转 |
|-----|------|------|------|
| 0°  | 1.1  | 1.45 | 1.2  |
| 45° | 1.1  | 1.1  | 1.2  |

**6.2.3** 为保证高层建筑结构具有必要的刚度，本条结合现行深圳市地方标准《高层建筑混凝土结构技术规程》SJG 98 对楼层风致水平位移加以控制，并对常见结构类型的变形限值进行区分。其中对于混合结构，当结构偏钢结构（即结构柱子整体含钢率在 15% 及以上的情况）时，风荷载作用下楼层层间最大水平位移与层高之比  $\Delta u/h$  不应大于表 6.2.3 中钢结构的变形限值；当结构偏混凝土结构时， $\Delta u/h$  不应大于 1/450。

**6.2.4** 于使用者而言，对风振加速度的感受并不因所采用的结构体系不同而不同，而与不同建筑

功能引导使用者处于办公、学习、休闲、运动、睡眠等不同感知状态相关联。结合现行广东省地方标准《高层建筑风振舒适度评价标准及控制技术规程》DBJ/T 15-216 和其它国际标准，以及多年来使用者的反馈，本标准将酒店、旅馆的 10 年重现期风振加速度限值单列，规定为  $0.20\text{m/s}^2$ ；将住宅、公寓、中小学校、幼儿园与办公的 10 年重现期风振加速度限值规定为  $0.15\text{m/s}^2$  和  $0.25\text{m/s}^2$ ；此外，考虑到医院中涉及的特殊人群对风振舒适度的高敏感性，以及医院建筑高度不断增加的发展现状，其 10 年重现期风振加速度限值严控为  $0.13\text{m/s}^2$ 。

**6.2.6** 当结构平面长宽比较大、扭转不规则或结构扭转刚度较低时，由风荷载引起的扭转响应不可忽略，宜对由于结构扭转引起的角点加速度进行评估。角点加速度可通过扭转角加速度与计算位置距离平面质心的长度的乘积初步计算，也可基于风洞试验获得。

### 6.3 大跨屋盖结构抗风设计

**6.3.2** 本条中全风向角是指以  $10^\circ$  为间隔，绕建筑一周的所有风向角，即含盖 36 个风向角。

**6.3.5** 本条中的大跨屋盖结构是指比较规则的单体结构，如体育场馆等。这类结构在抗风设计时宜对其风致侧向变形进行控制，本条文根据工程经验提出侧向变形控制限值。

### 6.4 围护结构抗风设计

**6.4.4** 根据现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205，对满足以下情况的金属屋面体系需通过抗风揭性能检测：

- 1 建筑结构安全等级为一级的金属屋面；
- 2 防水等级 I、II 级的大型公共建（构）筑物金属屋面；
- 3 采用新材料、新板型或新构造的金属屋面。

**6.4.6** 深圳市属于台风高发地区，极端天气重现概率高，临时围墙（挡）等临时设施在使用期间也可能遇到极端天气。近年来，在台风期临时设施的破坏，以及导致的安全事故较为常见。为提高临时设施的抗风性能，一方面在设计时基本风压的取值应适当提高，另一方面应根据实际边界条件选取合理计算模型进行计算，并采取合理的构造加强措施。

### 6.5 抗风减振控制

**6.5.1** 结构措施是通过优化结构总体刚度来改善建筑结构抗风性能的措施，适当的提高或减小结构总体刚度可在一定程度上优化结构的抗风能力。

气动措施是通过附加外部装置或修改结构外形来改变建筑周围的绕流形态，从而提高气动稳定性的措施。

气动措施包括以下两个方面：

- 1 优化截面形式，如对矩形截面，采用圆角、削角、凹角等设计，或在角部设置扰流板等；
- 2 使建筑截面沿高度改变，如对高层建筑采用楔形立面、阶梯缩进立面，或使截面沿高度旋转、在建筑立面适当位置处开洞等。

气动措施示意图参见本标准 6.2.2 条文说明。

机械措施主要是通过为主体结构上附加阻尼，以减小结构风致振动响应的措施。

**6.5.8** 风振控制系统提供的被控结构第 1 阶振型附加阻尼比，可根据风振控制系统的不同种类，参照《建筑结构风振控制技术标准》JGJ/T 487 中的 4.2.3、5.3.3、6.3.4 与 7.2.6 条文进行估算。

## 7 风洞试验与数值风洞模拟

### 7.1 一般规定

**7.1.2** 结合深圳超高层建筑密集化、高耸化和快速化发展的实际情况，在现行国家标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的基础上，将采用风洞试验确定风荷载的房屋高度要求从 200m 调整为 150m。

对于房屋高度在 120m~150m 之间的超高层建筑宜采用风洞试验确定风荷载。

对于深圳地区大量存在的高度在 100m~150m 之间且平面复杂（如蝶形、井字形、凹凸较大等平面形状）的超高层住宅项目，宜采用风洞试验或数值风洞模拟方法，确定其体型系数等抗风设计参数。

此外，近年来出现一些在立面中间部位开大洞的高层建筑，因穿堂风所产生的窄巷效应对开洞部位及周边的围护结构与幕墙产生的作用非常明显，必要时需进行风洞试验或数值风洞模拟。

**7.1.3** 跨度大于 60m 的大跨度屋盖结构和跨度大于 36m 的柔性屋盖结构，应通过风洞试验研究其风效应和确定其风荷载。跨度在 25m~60m 之间的屋盖结构宜通过风洞试验确定其风荷载。

### 7.2 风洞试验

**7.2.5~7.2.7** 条文中风洞试验结果与规范计算值的比较，均以各自获得的结构顺风向基底弯矩为比较对象。

### 7.3 数值风洞模拟

**7.3.1** 本条中“有限制地用于计算动力风荷载”是指，在有风洞试验结果作参考的情况下，应用数值风洞模拟结果进行结构设计，参照 7.3.3 条执行。

**7.3.2** 对于不进行风洞试验且体型较为复杂与新颖、在现行规范中相近体型可参考度较低的项目，特别是对于井字形、凹凸不规则等复杂平面且高度不是特别高（100m~150m）的建筑，采用数值风洞模拟方法是一种可行的技术手段。为保证结构的安全性，根据此方法确定的体型系数不应过低，因此本条中规定其取值不应低于规范中相近体型的 80%，对于大于规范取值的情况，宜采用数值风洞模拟结果。

**7.3.3** 在建筑方案设计阶段，结构设计人员提前参与，采用数值风洞模拟方法进行气动外形优化及方案比选，可对后期抗风设计发挥重要的作用，也可为后续可能开展的风洞试验研究提供有价值的参考。此外，实际工程中常常遇到在风洞试验完成后，对建筑外立面进行局部修改的情况，如檐口、雨棚、窗户等设计调整，这些变化对结构抗风产生的不利影响难以主观评估，重新进行风洞试验成本高、耗时长，此时可考虑采用数值风洞模拟方法作为补充手段，发挥数值风洞模拟成本低、工期短、信息量大的优势。但数值风洞模拟结果应用于设计时，应与规范结果、前期风洞试验结果进行比较（以各种方法获得的结构顺风向基底弯矩为比较对象），差别应不大于 20%，且取值不应过低，必要时进行专项评审。

**7.3.4** 形状复杂、质量较轻的柔性结构（如索膜结构）对风荷载极为敏感，其风致动力放大效应较为明显，也不便于计算体型系数，通常需要进行风致动力时程分析。其中通过数值风洞模拟可获得结构表面考虑空间相关性的风压时程曲线，进而获得随机风荷载时程曲线，为动力分析提供荷载信息。数值风洞模拟所采用的几何模型、网格模型、计算模型和湍流模型等应符合本标准

7.3.5~7.3.9 的要求。

**7.3.5** 建筑外轮廓尺度在 0.5m 以下的建筑立面凸起或缩进可予以忽略，对于有复杂孔洞的目标建筑，依据等效开洞面积进行简化。

对于外形特征差异较大，流速变化较大的斜面朝向不同的几何模型，计算域尺寸和模型尺寸间的关系其实并不固定，可根据条文建议尺寸假定计算域，并根据实际计算精度要求采用与网格独立性检验类似的方法；当采用试算确定计算域大小时，如不同大小的两套计算域之间的计算结果差别较大，需重新进行选取。

**7.3.6** 网格疏密程度、边界层划分，对计算的影响均体现在网格质量上，如纵横比、正交质量等。而对几何细节的保留，前提也是捕获的细节对计算结果的提升要大于网格处理难度加大对计算精度带来的负面影响。不同流体仿真软件对网格质量的评估方法不同，可从不同求解算法对网格质量的要求，以及将导致网格划分失败或计算失真的质量参数限值进行界定。

## 附录 A 风速风向玫瑰图

**A.0.1** 表 A.0.1 和图 A.0.1 采用的数据为深圳市国家气候观象台提供的日最大风速数据，并采用三参数 Weibull 分布，进行统计分析。

## 附录 D 1 年重现期风振加速度评估方法

**D.0.1** 本标准参考 AIJES-V001-2004 及 ISO10137 确定 1 年重现期风振加速度限值，住宅、公寓建筑 1 年重现期作用下的风振加速限值采用 AIJES-V001-2004 H-90 曲线；办公建筑 1 年重现期作用下的风振加速限值对应 ISO 10137 标准 1 年重现期曲线；酒店、旅馆 1 年重现期风振加速限值则取二者的中间值。