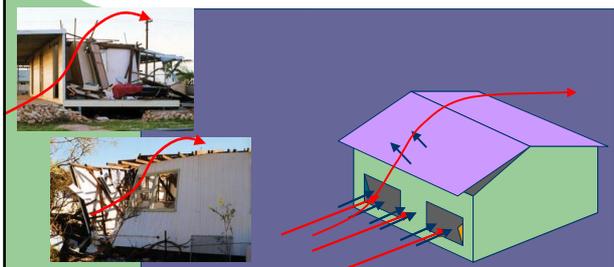


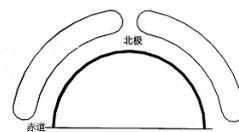
第四章 风荷载



第一节 风的有关知识

一、风的形成

风是空气从气压大的地方向气压小的地方流动而形成的。



大气热力学环流模型

4-2

第一节 风的有关知识

二、两类性质的大风

1. 台风

弱的热带气旋 → 引入暖湿空气 → 在涡旋内部产生上升和对流运动 → 加强涡旋 → …… → 台风

2. 季风

冬季：大陆冷，海洋暖，风：大陆 → 海洋

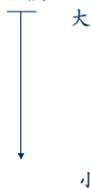
夏季：大陆热，海洋凉，风：海洋 → 大陆

4-3

第一节 风的有关知识

三、我国的风气候总况

风力



台湾、海南、南海诸岛
东南沿海地区
东北、华北、西北地区
青藏高原
长江、黄河中下游地区
云贵高原

4-4

第一节 风的有关知识

四、风级

风力等级表

风力等级	名称	海面状况		海岸船舶现象	陆地地面物现象	距地10m高处相当风速		
		浪高(m)				km/h	n mile/h	m/s
		一般	最高					
0	静风	—	—	静	静、烟直上	<1	<1	0-0.2
1	软风	0.1	0.1	习习渔船感觉晃动	烟能表示方向，但风向标不能转动	1-5	1-3	0.3-1.5
2	轻风	0.2	0.3	渔船张帆时，可随风移行每小时2-3km	人面感觉有风，树叶有微响，风向标能转动	6-11	4-6	1.6-3.3
3	微风	0.6	1.0	渔船渐觉震动，随风移行每小时5-6km	树叶及微枝摆动不息，旗展展开	12-19	7-10	3.4-5.4
4	和风	1.0	1.5	渔船满帆时倾于一方	能吹起地面灰尘和纸张，树的小枝摆动	20-28	11-16	5.5-7.9

4-5

第一节 风的有关知识

I 风力等级表(续)

5	清劲风	2.0	2.5	渔船张帆(即收去远之一部)	有叶的小树摇摆，内陆的湖面有小波	29-38	17-21	8.0-10.7
6	强风	3.0	4.0	渔船加倍张帆，捕鱼须注意风险	大树枝摇动，电线呼呼有声，举伞困难	39-49	22-27	10.8-13.8
7	疾风	4.0	5.5	渔船停息港中，在海上下锚	全树摇动，迎风步行感觉不便	50-61	28-33	13.9-17.1
8	大风	5.5	7.5	近港渔船皆停留不出	微枝折断，人向前行，感觉阻力甚大	62-74	30-40	17.2-20.7
9	烈风	7.0	10.0	汽船航行困难	烟囱顶部及平瓦移动，小屋有损	75-88	41-47	20.8-24.4
10	狂风	9.0	12.5	汽船返航危险	陆上少见，见时可使树木拔起或建筑物吹毁	89-102	48-55	24.5-28.4
11	暴风	11.5	16.0	汽船避之极危险	陆上很少，有时有重大损毁	103-117	56-63	28.5-32.6
12	飓风	14	—	海浪滔天	陆上绝少，其捣毁力极大	118-133	64-71	32.7-36.9

4-6



1 从国际空间站拍摄的飓风伊万云图
1 最高风速214 km/h (59.4m/s)

4-7

飓风伊万在美国已造成45人死亡，其中16人在佛罗里达。
飓风造成的损失在30亿至100亿美元之间。



4-8

飓风伊万摧毁的房屋



4-9

伊万过后，美国佛罗里达州彭萨科拉市附近的一座大桥被飓风伊万摧毁



4-10

台风云娜登陆时卫星云图



4-11

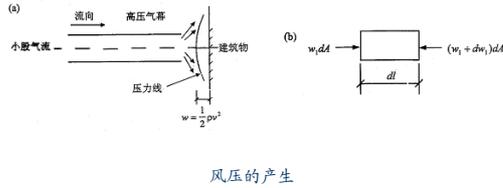
1 台风云娜袭击浙江，截至16日12时的统计，风云娜已在浙江造成164人不幸遇难，失踪24人，受灾人口达1299万人，直接经济损失达181.28亿元。



4-12

第二节 风压

• **风压的定义:** 当风以一定的速度向前运动遇到阻塞时, 将对阻塞物产生压力, 即风压。



4-13

第二节 风压

一、风压与风速的关系

$$-dw_1 = rdl \frac{dv}{dt}$$

$$w = \frac{g}{2g} \cdot v^2 = \frac{0.012018}{2 \times 9.8} v^2 = \frac{v^2}{1630} \text{ kN/m}^2$$

4-14

第二节 风压

二、基本风压

• **基本风压的定义:** 按规定的地貌、高度、时距等量测的风速称为基本风压。

• 基本风压应符合五个规定:

- (1) 标准高度的规定: 一般取为10m。
- (2) 地貌的规定: 空旷平坦。
- (3) 公称风速的时距

$$v_0 = \frac{1}{t} \int_0^t v(t) dt$$

4-15

第二节 风压

式中 v_0 : 公称风速;

$v(t)$: 瞬时风速;

t : 时距。

10min~1h的平均风速基本稳定, 我国取 $t=10\text{min}$ 。

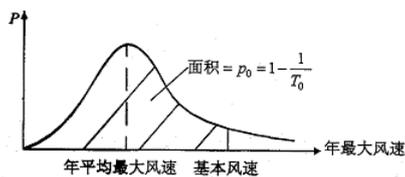
(4) 最大风速的样本时间

Ø 风有它的自然周期, 每年季节性的重复一次。

Ø 一般取一年为统计最大风速的样本时间。

4-16

第二节 风压



4-17

第二节 风压

三、非标准条件下的风速或风压的换算

1. 非标准高度换算

实测表明, 风速沿高度呈指数函数变化, 即:

$$v = cz^a$$

$$\frac{\bar{v}}{v_s} = \left(\frac{z}{z_s}\right)^a$$

$$\text{而 } \frac{w_a(z)}{w_{0a}} = \frac{v^{-2}}{v_s^{-2}} = \left(\frac{z}{z_s}\right)^{2a}$$

4-18

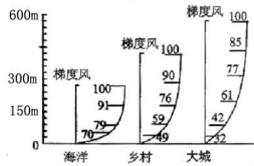
第二节 风压

2. 非标准地貌的换算

√ 梯度风：不受地表影响，能够在气压梯度作用下自由流动的风。

§ 梯度风高度 H_T 与地面的粗糙程度有关，一般为300~500m，地面越粗糙， H_T 越大。

右图：不同粗糙度影响下的风剖面



4-19

第二节 风压

ü 从图中可知，地面越粗糙，风速变化越慢 (α 越大)，梯度风高度将越高；反之，地面越平坦，风速变化将越快 (α 越小)；梯度风高度将越小。

不同地貌的 α 及 H_T 值

地貌	海面	空旷平坦地面	城市	大城市中心
α	0.1~0.13	0.13~0.18	0.18~0.28	0.28~0.44
H_T (m)	275~325	325~375	375~425	425~500

4-20

第二节 风压

l 不同地貌在梯度风高处风速应相同，即：

$$v_{0s} \left(\frac{H_{Ts}}{z_s} \right)^{\alpha_s} = v_{0a} \left(\frac{H_{Ta}}{z_a} \right)^{\alpha_a}$$

则

$$v_{0a} = v_{0s} \left(\frac{H_{Ts}}{z_s} \right)^{\alpha_s} \left(\frac{H_{Ta}}{z_a} \right)^{-\alpha_a}$$

或

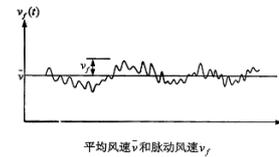
$$w_{0a} = w_{0s} \left(\frac{H_{Ts}}{z_s} \right)^{2\alpha_s} \left(\frac{H_{Ta}}{z_a} \right)^{-2\alpha_a}$$

4-21

第二节 风压

3. 不同时距的换算

⊗ 由于脉动风的影响，时距越短，公称风速值越大。



4-22

第二节 风压

各种不同时距与10分钟时距风速的平均比值

风速时距	1 h	10 min	5 min	2 min	1 min	0.5 min	20 s	10 s	5 s	瞬时
统计比值	0.94	1	1.07	1.16	1.20	1.26	1.28	1.35	1.39	1.50

4. 不同重现期的换算

不同重现期风压与50年重现期风压的比值

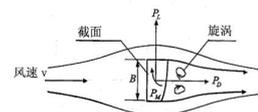
重现期 T_0 (年)	100	50	30	20	10	5	3	1	0.5
μ_r	1.114	1.00	0.916	0.849	0.734	0.619	0.535	0.353	0.239

4-23

第三节 结构抗风计算的几个重要概念

一、结构的风力与风效应

风力：风速 $\xrightarrow{\text{在结构物表面}}$ 风压 $\xrightarrow{\text{沿表面积分}}$ 风力 (三个分量)



流经任意截面物体所产生的力

风效应：由风力产生的结构位移、速度、加速度响应等。

4-24

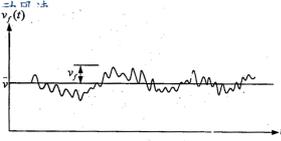
第三节 结构抗风计算的几个重要概念

二、顺风向平均风与脉动风

风有两种成分构成 = 平均风 + 脉动风

$$v = \bar{v} + v_f$$

图：平均风速和脉动风速



4-25

第三节 结构抗风计算的几个重要概念

- | 平均风——静力风效应
- | 脉动风——动力风效应
- | 地面粗糙度的影响：地面越粗糙， \bar{v} 越小， v_f 的幅值越大且频率越高。

脉动风的特性：

- ① 幅值特性
- ü 为一随机过程 $[v_f(t), t \in T]$
- ü 幅值服从正态分布

4-26

第三节 结构抗风计算的几个重要概念

$$f(v_f) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_v} \exp\left(-\frac{v_f^2}{2\sigma_v^2}\right)$$

σ_v ：脉动风速的均方差

$$\sigma_v^2 = \frac{1}{T} \int_0^T v_f^2(t) dt$$

v_{f_i} ： v_f 的一条时程记录曲线

4-27

第三节 结构抗风计算的几个重要概念

② 频率特性

- ü 可用功率谱密度描述
- ü 功率谱密度的定义：脉动风振动的频率分布

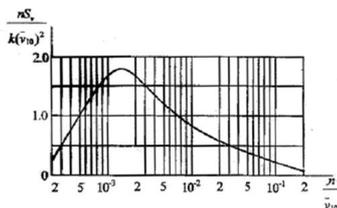
$$S_{v_f}(\omega) = \frac{1}{2p} \int_{-\infty}^{+\infty} R_{v_f}(t) e^{-i\omega t} dt$$

$$R_{v_f}(t) = \frac{1}{T} \int_0^T v_f(t) v_f(t+t) dt$$

4-28

第三节 结构抗风计算的几个重要概念

1 图：Davenport水平脉动风速功率谱密度



4-29

第三节 结构抗风计算的几个重要概念

三、横风向风振

1. 雷诺数

$$R_e = \frac{\text{流体惯性应力}}{\text{流体粘性应力}} = \frac{rv^2}{m \frac{v}{l}} = \frac{r}{m} vl$$

式中： ρ ：流体密度；

μ ：流体粘性系数

l ：垂直于流速方向物体截面的最大尺寸。

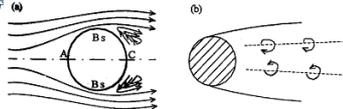
4-30

第三节 结构抗风计算的几个重要概念

- Ø 对于空气: $R_e = 69000v/l$
- Ø 如果 $R_e < 1/1000$, 则以粘性力为主, 为高粘性流体;
- Ø 如果 $R_e > 1000$, 则以惯性力为主, 为低粘性流体。

2. Strouhal数

图: 旋涡的 f_s



4-31

第三节 结构抗风计算的几个重要概念

- 气流沿上风面AB速度逐渐增大, 之后沿下风面BC速度逐渐减小。由于在边界层内气流对柱体表面的摩擦, 气流在BC中间某点S处停滞, 生成旋涡, 并以一定的周期(或频率 f_s)

- Strouhal数定义:
$$S_t = \frac{f_s D}{v}$$

D: 圆柱直径

4-32

第三节 结构抗风计算的几个重要概念

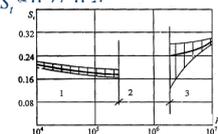
3. 横风向共振

实验表明:

- 当 $3.0 \times 10^2 < R_e < 3.0 \times 10^5$ 时(亚临界范围), $S_t \approx 0.2$;
- 当 $3.0 \times 10^5 < R_e < 3.0 \times 10^6$ 时(超临界范围), S_t 的离散性大;
- 当 $3 \times 10^6 < R_e$ 时(跨临界范围), $S_t \approx 0.27 \sim 0.2$ 。

图: 圆形截面物体与 R_e 的关系

- 1—亚临界范围
- 2—超临界范围
- 3—跨临界范围



4-33

第三节 结构抗风计算的几个重要概念

- Ø 当 $S_t = \text{常值}$ 时, $f_s = \text{常值}$, 则当结构的横向自振频率 = f_s 时, 将产生共振。

常见截面的 Strouhal 数

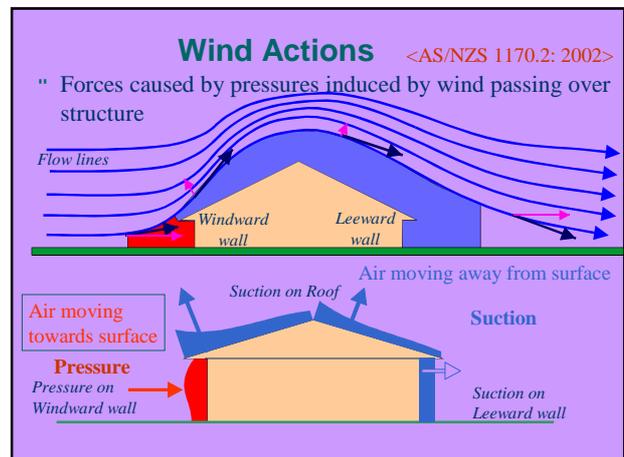
- Ø 工程设计时, 对跨临界范围的横风向共振问题应特别注意。

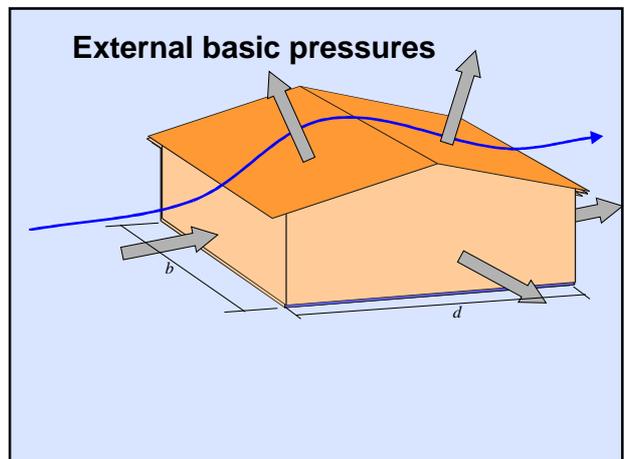
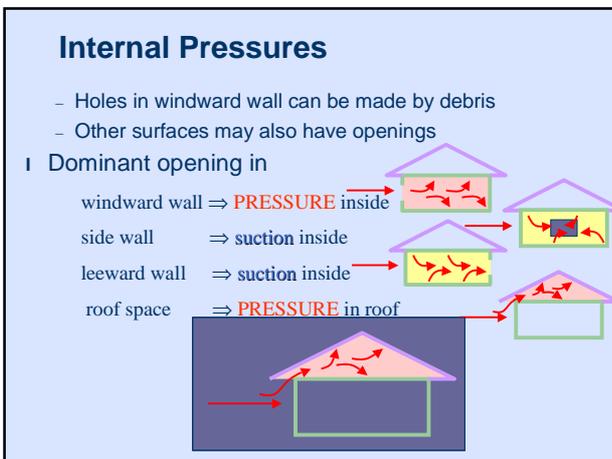
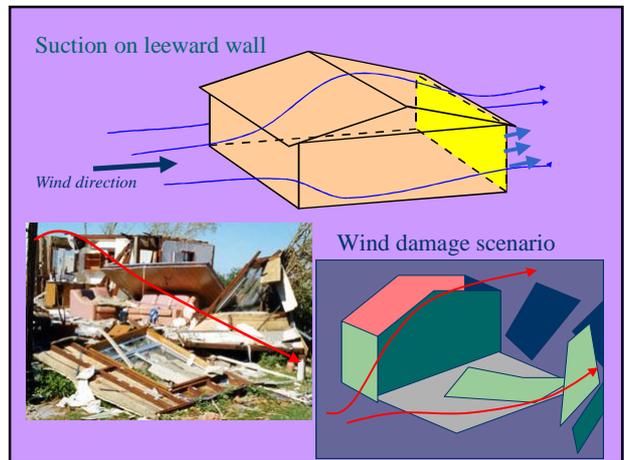
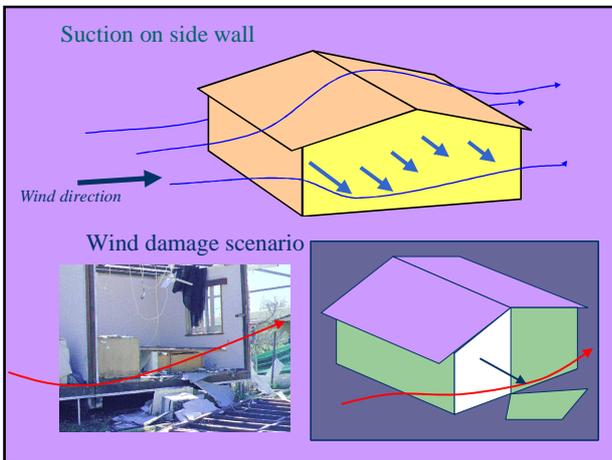
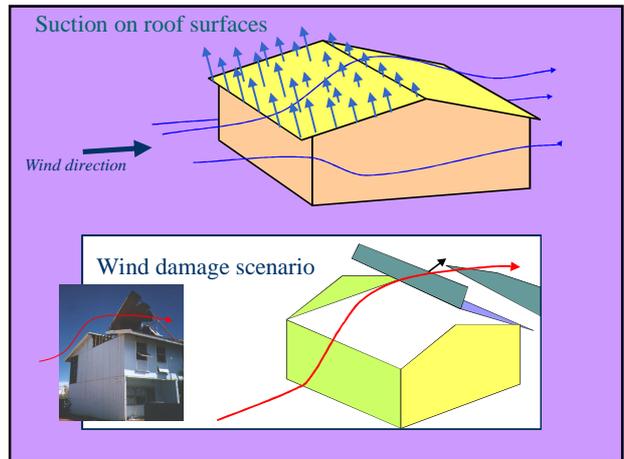
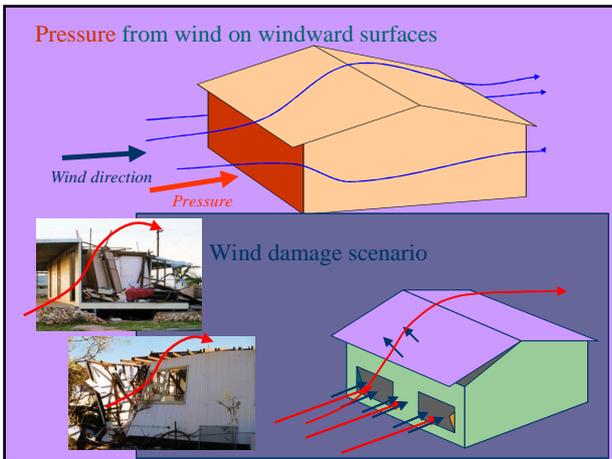
截面	S_t
— □ —	0.15
— — —	0.2
— ○ —	0.2-0.3
	0.3

4-34



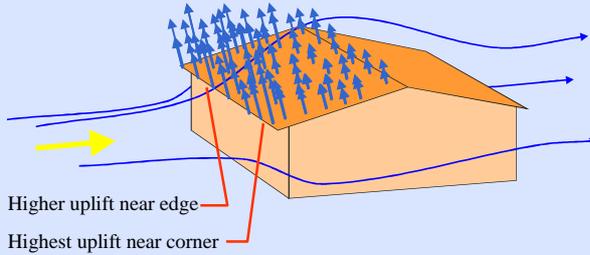
Wind Actions





Area averaging and local pressures

- Wind pressures vary in both space and time
 - small gusts roll across structure (smaller than structure size)
 - high suctions develop near edges (separation)
 - pressure and suction can alternate near points of attachment



第四节 顺风向结构风效应

顺风向效应 = 平均风效应 + 脉动风效应

一、顺风向平均风效应

1. 风载体型系数

$$w = \frac{1}{2} \frac{g}{g} v^2$$

而实际风到达工程结构物表面并不能理想地使气流停滞，而是让气流以不同方式在结构表面绕过。但伯努利方程仍成立，即：

第四节 顺风向结构风效应

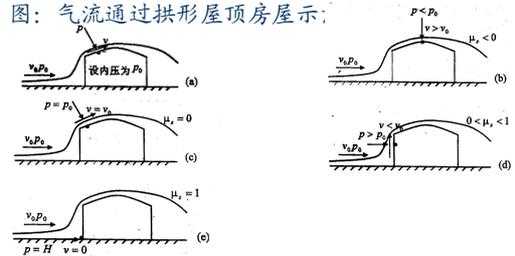
$$p_0 + \frac{1}{2} \rho v_0^2 = p + \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$w = p - p_0 = \left(1 - \frac{v^2}{v_0^2}\right) \frac{\rho v_0^2}{2} = m_s w_0$$

$$m_s = 1 - \frac{v^2}{v_0^2} \Rightarrow \text{风载体型系数}$$

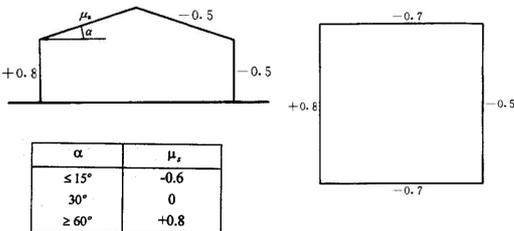
第四节 顺风向结构风效应

图：气流通过拱形屋顶房屋示：



第四节 顺风向结构风效应

图4-14 双坡屋顶房屋风载体型系数



第四节 顺风向结构风效应

2. 风压高度变化系数

$$m_z(z) = \frac{w_a(z)}{w_0}$$

$$\text{或 } m_s(z) = \left(\frac{H_{Tz}}{z_s}\right)^{-2\alpha_s} \left(\frac{H_{Tz}}{z_s}\right)^{-2\alpha_s} \left(\frac{z}{z_s}\right)^{-2\alpha_s}$$

3. 平均风下结构的静力风载

$$\bar{w}(z) = m_s m_z(z) w_0$$

第四节 顺风向结构风效应

二、顺风向脉动风效应

假定：在脉动风作用下，结构主要按第一振型振动。

$$P_d(z) = m(z)w_1^2 y(z,t) = m(z)w_1^2 f_1(z)q_1(t)$$

三、顺风向总风效应

$$w(z) = \bar{w}(z) + w_d(z) = \bar{w}(z) + \frac{P_d(z)}{l_x(z)}$$

$$= \left[1 + \frac{P_d(z)}{w(z)l_x(z)} \right] \bar{w}(z)$$

4-49

第四节 顺风向结构风效应

或

$$w(z) = b(z)m_s(z)m_z(z)w_0$$

其中风振系数

$$b(z) = 1 + \frac{xum(z)f_1(z)}{m_s(z)m_z(z)l_x(z)}$$

令 $n = \frac{um(z)}{m_s(z)l_x(z)}$ 或 $u = n \frac{m_s(z)l_x(z)}{m(z)}$

得 $b(z) = 1 + xn \frac{f_1(z)}{m_s(z)}$

4-50

第四节 顺风向结构风效应

脉动增大系数(建筑结构荷载规范GB50009-2001): x

表 7.4.3 脉动增大系数 ξ

$\omega_0 T_1^2$ (kNs ² /m ²)	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.20	0.40	0.60
钢结构	1.47	1.57	1.69	1.77	1.83	1.88	2.04	2.24	2.36
有填充墙的房屋钢结构	1.26	1.32	1.39	1.44	1.47	1.50	1.61	1.73	1.81
混凝土及砌体结构	1.11	1.14	1.17	1.19	1.21	1.23	1.28	1.34	1.38
$\omega_0 T_1^2$ (kNs ² /m ²)	0.80	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	20.00	30.00
钢结构	2.46	2.53	2.80	3.09	3.28	3.42	3.54	3.91	4.14
有填充墙的房屋钢结构	1.88	1.93	2.10	2.30	2.43	2.52	2.60	2.85	3.01
混凝土及砌体结构	1.42	1.44	1.54	1.65	1.72	1.77	1.82	1.96	2.06

注：计算 $\omega_0 T_1^2$ 时，对地面粗糙度 B 类地区可直接代入基本风压，而对 A 类、C 类和 D 类地区应按当地的基本风压分别乘以 1.38、0.62 和 0.32 后代入。

4-51

第四节 顺风向结构风效应

表 7.4.4-3 脉动影响系数 ν

H/B	粗糙度类别	总高度 H(m)							
		≤30	50	100	150	200	250	300	350
≤0.5	A	0.44	0.42	0.33	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17
	B	0.42	0.41	0.33	0.28	0.25	0.22	0.20	0.18
	C	0.40	0.40	0.34	0.29	0.27	0.23	0.22	0.20
	D	0.36	0.37	0.34	0.30	0.27	0.25	0.24	0.22
1.0	A	0.48	0.47	0.41	0.35	0.31	0.27	0.26	0.24
	B	0.46	0.46	0.42	0.36	0.36	0.29	0.27	0.26
	C	0.43	0.44	0.42	0.37	0.34	0.31	0.29	0.28
	D	0.39	0.42	0.42	0.38	0.36	0.33	0.32	0.31
2.0	A	0.50	0.51	0.46	0.42	0.38	0.35	0.33	0.31
	B	0.48	0.50	0.47	0.42	0.40	0.36	0.35	0.33
	C	0.45	0.49	0.48	0.44	0.42	0.38	0.38	0.36
	D	0.41	0.46	0.48	0.46	0.46	0.44	0.42	0.39
3.0	A	0.53	0.51	0.49	0.42	0.41	0.38	0.38	0.36
	B	0.51	0.50	0.49	0.46	0.43	0.40	0.40	0.38
	C	0.48	0.49	0.49	0.48	0.46	0.43	0.43	0.41
	D	0.43	0.46	0.49	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45

4-52

第四节 顺风向结构风效应

第1振型函数 $f_1(z)$

对于低层建筑结构(剪切型结构)

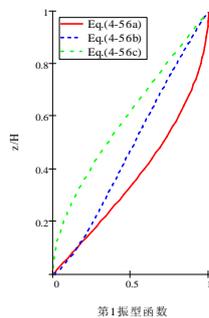
$$f_1(z) = \sin \frac{pz}{2H}$$

对于高层建筑结构(弯剪型结构)

$$f_1(z) = \tan \left[\frac{p}{4} \left(\frac{z}{H} \right)^{0.7} \right]$$

对于高耸结构(弯曲型结构)

$$f_1(z) = 2 \left(\frac{z}{H} \right)^2 - \frac{4}{3} \left(\frac{z}{H} \right)^3 + \frac{1}{3} \left(\frac{z}{H} \right)^4$$



4-53

第四节 顺风向结构风效应

7.2 风压高度变化系数

7.2.1 对于平坦或稍有起伏的地形，风压高度变化系数应根据地面粗糙度类别按表 7.2.1 确定。

地面粗糙度可分为 A、B、C、D 四类：

- A 类指近海面和海岛、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和城市郊区；
- 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。

4-54

表 7.2.1 风压高度变化系数 μ_z

离地面或海平面高度 (m)	地面粗糙度类别			
	A	B	C	D
5	1.17	1.00	0.74	0.62
10	1.38	1.00	0.74	0.62
15	1.52	1.14	0.74	0.62
20	1.63	1.25	0.84	0.62
30	1.80	1.42	1.00	0.62
40	1.92	1.56	1.13	0.73
50	2.03	1.67	1.25	0.84
60	2.12	1.77	1.35	0.93
70	2.20	1.86	1.45	1.02
80	2.27	1.95	1.54	1.11
90	2.34	2.02	1.62	1.19
100	2.40	2.09	1.70	1.27
150	2.64	2.38	2.03	1.61
200	2.83	2.61	2.30	1.92
250	2.99	2.80	2.54	2.19
300	3.12	2.97	2.75	2.45
350	3.12	3.12	2.94	2.68
400	3.12	3.12	3.12	2.91
≥450	3.12	3.12	3.12	3.12

4-55

第四节 顺风向结构风效应

四、示例

已知一矩形平面钢筋混凝土高层建筑，平面沿高度保持不变。H = 100 m, B = 33m, 地面粗糙度指数 $\alpha_s = 0.20$, 基本风压按粗糙度指数为 $\alpha_s = 0.16$ 的地貌上离地面高度 $z_0 = 10m$ 处的风速确定，基本风压值为 $w_0 = 0.44kN/m^2$ 。结构的基本自振周期 $T_1 = 2.5s$ 。求风产生的建筑底部弯矩。

解:

1. 为简化计算，将建筑沿高度划分为5个计算区段，每个区段20m高，取其中点位置的风载值作为该区段的平均风载值，如后页中图所示。

4-56

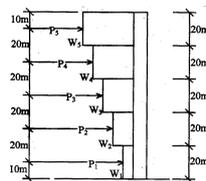
第四节 顺风向结构风效应

2. 体型系数 $\mu_s = 0.13$ 。
3. 由例[4-2]知，本例风压高度变化系数为:

$$\mu_z(z) = 0.713 \left(\frac{z}{10} \right)^{0.4}$$

在各区段中点高度处的风压高度变化系数值分别为:

$$\mu_{z1} = 0.71 \quad \mu_{z2} = 1.11$$



风载计算简图

4-57

第四节 顺风向结构风效应

$$\mu_{z3} = 1.36 \quad \mu_{z4} = 1.55 \quad \mu_{z5} = 1.72$$

4. 按式 (4-65) 确定风振系数。由

$$w_{0s} T_1^2 = 0.713 \times 0.44 \times 2.5^2 = 1.96 \text{ kN} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^2$$

查表4-8得脉动增大系数 $\xi = 1.53$

由式 (4-56b) 计算各区段中点高度处的第1振型相对位移

$$f_{11} = 0.16 \quad f_{12} = 0.35 \quad f_{13} = 0.53 \quad f_{14} = 0.70 \quad f_{15} = 0.89$$

4-58

第四节 顺风向结构风效应

因建筑的高宽比 $H/B = 3$ ，查表4-10得脉动影响系数 $n = 0.62$ 。

将上列数据代入式(4-65)得各区段中点高度处的风振系数:

$$b_1 = 1.21 \quad b_2 = 1.30 \quad b_3 = 1.37 \quad b_4 = 1.43 \quad b_5 = 1.49$$

5. 按式 (4-60) 计算各区段中点高度处的风压值

$$w_1 = 1.21 \times 1.3 \times 0.71 \times 0.44 = 0.49 \text{ kN/m}^2$$

$$w_2 = 1.30 \times 1.3 \times 1.11 \times 0.44 = 0.83 \text{ kN/m}^2$$

4-59

第四节 顺风向结构风效应

$$w_3 = 1.37 \times 1.3 \times 1.36 \times 0.44 = 1.07 \text{ kN/m}^2$$

$$w_4 = 1.43 \times 1.3 \times 1.55 \times 0.44 = 1.27 \text{ kN/m}^2$$

$$w_5 = 1.49 \times 1.3 \times 1.72 \times 0.44 = 1.47 \text{ kN/m}^2$$

6. 根据图4-19所示的计算简图，由风产生的建筑底部弯矩为

$$M = (0.49 \times 10 + 0.83 \times 30 + 1.07 \times 50 + 1.27 \times 70 + 1.47 \times 90) \times 20 \times 33 = 2.01 \times 10^5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

4-60

第五节 横风向结构风效应

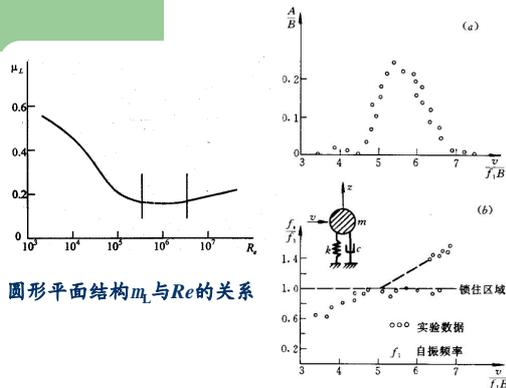
一、结构横风向风力

$$P_L = m_L \frac{1}{2} \rho v^2 B$$

P_L : 横风向风力系数

- ü 亚临界范围 ($3 \times 10^2 \leq Re < 3 \times 10^5$) $\mu_L = 0.6 \sim 0.2$
- ü 超临界范围 ($3 \times 10^5 \leq Re < 3 \times 10^6$) μ_L 不确定 (随机)
- ü 跨临界范围 ($Re \geq 3 \times 10^6$) $\mu_L = 0.2 \sim 0.15$

4-61



圆形平面结构 μ_L 与 Re 的关系

结构横风向共振现象及锁住区域

4-62

第五节 横风向结构风效应

二、结构横风向效应

一般情况下, $\mu_L \leq 0.4$, 而 $\mu_D = 1.3$ 大于 μ_L 的3倍以上, 故一般情况下, 结构横风向效应与顺风向效应相比可以忽略。

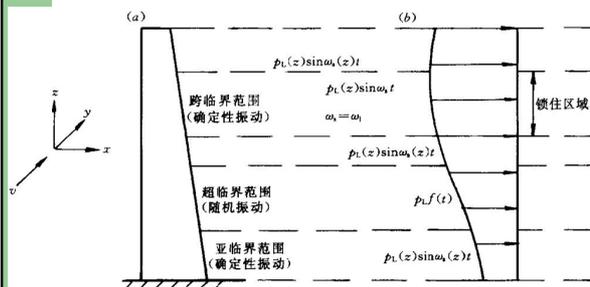
然而, 在亚临界范围, 特别在跨临界范围, 横风向力为周期性荷载, 即:

$$P_L(z, t) = P_L(z) \sin \omega_s t$$

其中
$$w_s = 2\pi f_s = \frac{2\rho S_y v(z)}{B(z)}$$

4-63

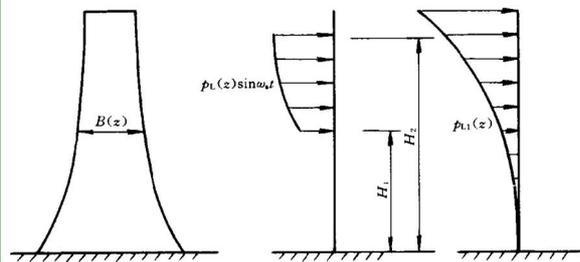
第五节 横风向结构风效应



结构横风向风力分布

4-64

第五节 横风向结构风效应



结构横风向共振计算简图及等效共振风力

4-65

第五节 横风向结构风效应

- 当 ω_s 与结构基本频率 ω 接近时, 结构将产生共振。共振位移反应为

$$y_1(z) = \frac{\int_{H_1}^{H_2} \frac{1}{2} \rho v^2(z) B(z) m_L f_1(z) dz}{2z_1 v_1^2 \int_0^H m(z) f_1^2(z) dz}$$

其中, $H_1 \sim H_2$ 为按 $\omega_1 \sim 1.3 \omega_1$ 确定的共振风速高度。此时, 横风向共振力为:

$$P_{L1}(z) = m(z) \omega_1^2 y_1(z)$$

4-66

第五节 横风向结构风效应

三、结构总风效应

$$S = S_s + \sqrt{S_{ad}^2 + S_{dl}^2}$$

四、结构横风向驰振与颤振

▼ 驰振 (galloping): 在某些情况下, 外界激励可能产生负阻尼成分, 当负阻尼大于正阻尼时, 结构振动将不断加剧, 直到达到极破坏。这种现象称为驰振。

4-67

第五节 横风向结构风效应

▼ 颤振 (flutter): 当物体截面的旋转中心与空气动力的作用中心不重合时, 将产生截面的平移和扭转耦合振动, 对于这种振动形式, 也会发生不稳定振动现象, 称其为颤振。



4-68

补充:

I 图: 风速记录

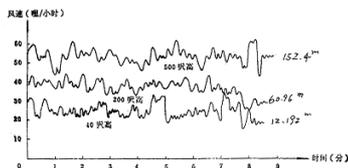


图 3-1 950 织线杆上三个不同高度处的风速记录
(1 坝=0.3848 米, 1 坝=1.609 公里)

4-69

I 上海地区的基本风压

$$w_0 = 0.55 \text{ kN/m}^2$$

$$w_0 = \frac{v_{10}^2}{1600}$$

$$v_{10} = 40\sqrt{w_0} = 29.7 \text{ m/s}$$

主要频率范围

$$\frac{n}{v_{10}} = 1 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^{-3}$$

4-70

计算题:

已知一等截面圆形烟囱, 总高 $H=50\text{m}$, 外径 $D=2.5\text{m}$, 地面粗糙度 $\alpha_s=0.16$ 。基本风压按粗糙度指数 $\alpha_s=0.16$ 的地貌上离地面高度 $z_s=10\text{m}$ 处的风速 $v_0=30\text{m/s}$ 确定。已知结构的基本周期 $T_1=2.0\text{s}$, 风脉动影响系数 $\nu=0.65$ 。问: ① 顺风向风产生的烟囱底部弯矩; ② 该烟囱是否可能发生横风向共振。



4-71