

连栋温室结构设计中动态风压取值方法初探

孙德发, 苗香雯, 崔绍荣

(浙江大学)

摘 要: 在分析比较国外关于温室建筑及我国工业与民用建筑结构荷载规范的基础上, 针对温室结构设计中动态风压的定义方法、计算取值等进行了较深入的探讨; 同时结合工程实践, 提出了一套适合我国温室结构设计中风荷载取值的一般原则: 在现有条件下, 考虑风压高度变化系数和阵风作用因子, 按中国建筑结构荷载规范 (GBJ9- 87) 计算风荷载- 动压是可行的, 可不必进行重现期修正。

关键词: 温室; 动态风压; 结构设计

中图分类号: [S26⁺ 1]; TU 311. 2

文献标识码: A

文章编号: 100226819(2001)0120093203

设计荷载是结构设计的基本依据, 是保证结构可靠性和经济性的首要因素。风荷载作为连栋温室结构设计中主要活荷载之一, 在温室这种轻型结构中占有重要的地位。它的定义、计算取值直接影响着连栋温室结构的安全性和经济性。我国建筑结构规范中对工业与民用建筑中的风荷载定义、计算取值已作了明确的规定, 但对于农业建筑中的温室, 尤其是现代化连栋温室, 至今尚无专门的规范标准可循。目前连栋温室结构风荷载设计主要参照工业与民用建筑规范和国外有关标准, 在安全度、重要性、重现期、风速取值高度、时距等方面存在着很大的差异, 缺乏统一性和针对性。工业与民用建筑中的风荷载取值是否需要修正? 如何修正? 这些问题已成为连栋温室结构设计中风荷载计算的关键和核心。为了保持与建筑结构荷载规范相衔接, 同时结合温室结构的特点(属轻型结构, 使用寿命一般为 20 年, 高度一般不超过 7. 5 m), 本文将在分析比较国外关于温室建筑及我国工业与民用建筑设计荷载规范的基础上, 针对连栋温室结构设计中的风荷载- 动态风压的定义方法、计算取值等进行较深入的探讨。

1 风压的定义

垂直于温室表面的等效静态风压标准值应按下式计算

$$P = C_p q \quad (1)$$

式中 P —— 等效静态风压; C_p —— 压力系数; q —— 动压。

对于同一结构, 无论采用何种规范标准, 压力系

数取值仅与风洞试验有关, 因此可以通过动压来比较不同规范标准下等效静态风压的变化。动压的表达式如 (2) 所示

$$q = f(Q S_1, S_2, S_3, v_0) \quad (2)$$

式中 q —— 动压; Q —— 空气密度; S_1 —— 地形因子; S_2 —— 风压高度变化系数(与地面粗糙度及结构高度有关); S_3 —— 统计因子(与重现期有关); v_0 —— 基本风速。

当自变量 $Q S_1, S_2, S_3$ 确定的情况下, 对于给定高度的动压, 可通过基本风速的变化来比较动压的变化。

2 计算内容及方法

本文的主要目的是通过不同规范标准下动压的计算比较来分析风荷载, 具体用到的规范标准见表 1。

表 1 若干国家的规范标准

Table 1 The standards of different nations

国家	规范标准	风荷载所在页码	适用范围
美国	NGMA	P6~ 12	温室建筑
日本	园艺设施结构安全标准	P3~ 14	园艺设施
中国	建筑结构荷载规范 (GBJ9287)	P79~ 85	工业与 民用建筑

为了具有可比性及分析的方便, 在动压计算时取基本风速为 30 m/s, 时距为 10 min。根据不同时距与 10 min 时距风速换算系数^[7], 上述风速相当于 45 m/s 的瞬时风速(平均时距为 2~ 3 s)。

2.1 按美国温室设计标准计算

在高度 Z 处的动压 q_z 按下式计算

$$q_z = 0.61 K_z (I v)^2 \quad (3)$$

式中 q_z —— 高度 Z 处的动压, N/m²; K_z —— 速度暴露系数(按 C 类暴露计算); I —— 重要性系数(分

收稿日期: 200120620 修订日期: 2001208231

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (59775046)

作者简介: 孙德发, 讲师, 博士生, 杭州市凯旋路 268 号 浙江大学农业生物环境工程研究所, 310029。Email: defasun@163.net or defasun@263.net

别按 $I = 1.0$ 和 $I = 0.95$ 计算), $I = 1.0$ 相当于设计风速的年超值概率为 2%, 重现年限为 50 年, 而 $I = 0.95$ 相当于把设计风速的年超值概率和重现年限调整为 4% 和 25 年; v ——基本风速, m/s 。

当考虑阵风作用因子时(风载的波动性及其与结构的相互作用), 动压 q 应乘以阵风作用因子 G (G 按 C 类暴露考虑)。

2.2 按日本园艺设施结构安全标准计算

速度压强的计算公式如下

$$q = 0.016v^2h^{0.5} \tag{4}$$

式中 q ——速度压强, kg/m^2 ; v ——设计风速, m/s ; h ——各结构构件距地面的高度, m 。

由于设计风速是在给定重现年限(与安全度、标准使用年限有关)按 10 m 高处的最大瞬时风速取值, 当考虑风压高度变化系数 $u_z = (h/10)^{0.5}$ 时, 其速度压强应予以折减。

2.3 按中国建筑结构荷载规范(GBJ9287)计算

建筑结构荷载规范(GBJ9287)关于基本风压是这样定义的: 以当地比较空旷平坦地面上离地 10 m 高统计所得的 30 年一遇 10 m 内平均最大风速 v_0 (m/s) 为标准, 基本风压 W_0 按 $v_0^2/1600$ 确定。

取地面粗糙度类别为 B 类^[6](与美国规范中的 C 类匹配), 风压高度变化系数按 $u_z = (z/10)^{0.32}$ 计算, 但最小值不低于 0.62^[7], 则动压 $q = u_z \cdot (v_0^2/1600)$; 当考虑阵风作用因子时, 动压 q 应乘以阵风作用因子 G (G 按 C 类^[4]暴露考虑)。不同标准下动压计算参数见表 2。

表 2 不同标准下动压计算参数

Table 2 The calculated parameters of dynamic wind pressures under the different standards						
国家	曲线号	地形因子	地面粗糙度	统计因子	基本风速 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	阵风作用因子
美国	1	1.0	C 类	50 年	30	
美国	2	1.0	C 类	50 年	30	G
美国	3	1.0	C 类	25 年	30	
美国	4	1.0	C 类	25 年	30	G
日本	5	1.0	相当于 B 类		45	
日本	6	1.0	相当于 B 类		45	
中国	7	1.0	B 类	30 年	30	
中国	8	1.0	B 类	30 年	30	G

3 计算结果与分析

3.1 结果

不同标准下动压随高度变化曲线见图 1。其中曲线 1——未考虑阵风作用因子时的动压(美国 $I =$

1.0); 曲线 2——考虑阵风作用因子时的动压(美国 $I = 1.0$); 曲线 3——未考虑阵风作用因子时的动压(美国 $I = 0.95$); 曲线 4——考虑阵风作用因子时的动压(美国 $I = 0.95$); 曲线 5——未考虑风压高度系数时的速度压强(日本); 曲线 6——考虑风压高度系数时的速度压强(日本); 曲线 7——考虑风压高度系数时的动压(中国); 曲线 8——考虑风压高度系数和阵风作用因子时的动压(中国)。

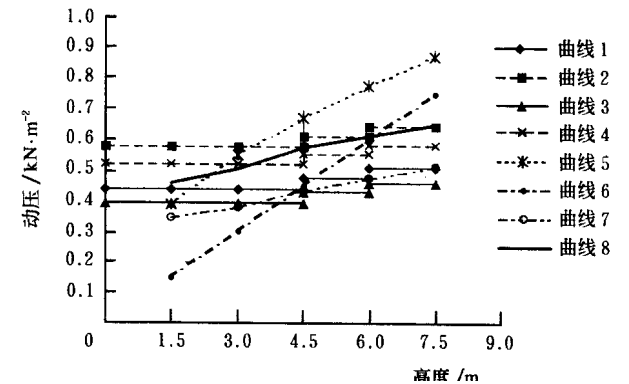


图 1 动压随温室高度变化曲线

Fig. 1 Dynamic wind pressures depending on greenhouse height

3.2 分析

从图 1 中的曲线可以看出(在温室常见高度 3 ~ 6 m 范围内):

按日本园艺设施结构安全标准, 未考虑风压高度变化系数时的动压值最大。这是因为风速是按瞬时最大风速取值的(与安全度、标准使用年限及重现年限有关)。

按中国建筑结构荷载规范(GBJ9287), 考虑风压高度变化系数和阵风作用因子时的动压值(曲线 8)基本介于按美国温室设计标准与日本园艺设施结构安全标准计算的动压值之间。

4 结论与建议

从上面的分析中可以看出: 考虑风压高度变化系数和阵风作用因子, 按中国建筑结构荷载规范(GBJ9287)计算风荷载- 动压是可行的, 可不必进行重现期修正。动压计算表达式为

$$q = u_z \cdot G \cdot W_0 \tag{5}$$

式中 u_z ——风压高度变化系数, 见表 3; G ——阵风作用因子, 见表 4; W_0 ——基本风压, kN/m^2 , 可按全国基本风压分布图的规定取值, 结合《农用塑料棚装配式钢管骨架》(GB4176284)中风压取值和工程实践, 建议连栋温室基本风压取值不得小于 0.35 kN/m^2 (相当于 9 级风)。

表 3 风压高度变化系数

Table 3 The coefficients of wind pressure depending on height

地面粗糙度 ^[6]	高度(0~ 4 5 m)	高度(6 0 m)	高度(7. 5 m)
A	1. 14	1. 22	1. 29
B	0. 77	0. 85	0. 91
C	0. 54	0. 62	0. 62

备注: 中间值线性插入。

表 4 阵风作用因子 G

Table 4 The gust factor

地面粗糙度 ^[6]	高度(0~ 4 5 m)	高度(6 0 m)	高度(7. 5 m)
A	1. 15	1. 14	1. 13
B	1. 32	1. 29	1. 27
C	1. 65	1. 59	1. 54

备注: 中间值线性插入。

[参 考 文 献]

[1] Vassiliou N N. Estimation of dynamic wind pressure for greenhouse structural design [J]. Acta Horticulture, 1990, 281: 149~ 152

[2] Stanhill G, Zvi Enoch H. Ecosystems of the world 202 Greenhouse Ecosystems [Z]. Elsevier Science B. V. Netherlands, 1999: 26~ 41.

[3] 周长吉. 日光温室设计荷载探讨[J]. 农业工程学报, 1994, 10(1): 161~ 165

[4] 周长吉, 程勤阳译. 美国温室制造业协会温室设计标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 6~ 26

[5] 叶淑娟译. 园艺设施结构安全标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 1989: 1~ 13

[6] GBJ9287, 建筑结构荷载规范, 现行建筑结构规范大全[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995: 79~ 80

[7] 《建筑结构荷载规范》管理组主编. 建筑结构荷载实用设计手册[M]. 北京: 中国建筑科学研究院, 1997: 78~ 86

[8] 吴德让. 农业建筑学[M]. 北京: 农业出版社, 1994: 198~ 201

Ling Jian¹, Ma Chengwei¹, Lin Chong¹, Huang Zhidong¹, Shen Liming² (1. Key Laboratory of Agricultural Bioenvironment Engineering, Ministry of Agriculture P. R. China, China Agricultural University, Beijing 100083, China; 2 Shanghai Farm Green Engineering Co., Ltd., Shanghai 200090, China)

Abstract: Heat preservation and energy saving experiment using aluminized thermal screens in greenhouse was conducted. The temperatures inside greenhouse both with and without thermal screens were measured based on experiment. The experimental result showed that air temperature inside greenhouse under aluminized thermal screens can be improved by 3~5 °C, and the air temperature at 40 cm above the screen was 8.8 °C higher than that at 40 cm under the screen. According to calculated results of the heating load of the greenhouse and the overall heat transfer coefficient of the roof with and without thermal screens, the average energy saving efficiency reached about 37%, which reveals excellent thermal performance of aluminized thermal screens.

Key words: greenhouse; aluminized film; thermal screen; energy saving

Preliminary Study on Calculating Dynamic Wind Pressure for Multi-span Greenhouse Structural Design (93)

Sun Defa, Miao Xiangwen, Cui Shaorong (Institute of Agricultural Bioenvironmental Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract: Based on the contrast analysis of loads provided in foreign and Chinese standards, analysis and discussion are mentioned about the definition and estimation of dynamic wind pressures for multi-span greenhouse structural design in details. Meanwhile, taking advantage of past experience in greenhouse structural design a practical method which can be used in greenhouse design was given for wind load. Under the present conditions, it is unnecessary to make modification of statistical reappearing factor in calculation wind load/dynamic pressure when considering the coefficients of wind pressure depending on height and the gust factor according to Chinese architectural structure load standards (GBJ9287).

Key words: greenhouse; dynamic pressure; structural design

Design and Experiment of CO₂ Enrichment and Real-time Control System for Tissue Culture (96)

Ding Yongqian, Ding Weinan, Cui Jin, Li Shijun, Xu Zhigang, Wang Xiaohan (College of Agricultural Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210032, China)

Abstract: In order to improve the environmental conditions of tissue culture in vitro and to investigate the function of CO₂ in the culture, a CO₂ enrichment and real-time control system was developed. Using this system, the growth experiment of subcultured grape (cabernet sauvignon) plantlets was carried out as compared with the traditional tissue culture method (non-CO₂ enrichment). The results indicated that the system worked well, the required ranges of CO₂ concentration [(800~1200) μL/L] could be obtained; and the CO₂ enrichment environment could promote the growth and photoautotrophic capability of the plantlets in vitro.

Key words: CO₂ enrichment; real-time control; biological environment; tissue culture; sucrose-free culture

Effects of Ambient Temperature and Relative Humidity on Physiological Parameters and Performance of Growing Pigs (99)

Wang Kaiying¹, Miao Xiangwen¹, Cui Shaorong¹, Coen M Hogenboom², R. Geers² (1. Institute of Agricultural Bioenvironment Engineering, Zhejiang University, Hangzhou, 310029, China; 2. Zootechnical Centre, K. U. Leuven, Bijzondere weg 12, B-2360 Olenjoele, Belgium)

Abstract: Responses of physiological parameters and activity to humidity and temperature were studied using DSI animal physiological parameters online telemetry system and environmental condition and animal activity detecting system. The results show that body temperature, heart rate of pigs raised under high room temperature in summer, and swine growing performance decreased, especially, under high humidity and temperature. A 10% increase in relative humidity was offset by 1 °C decrease in ambient