

文章编号 1004-924X(1999)06-0081-04

日光温室结构性能的计算机辅助分析

侯丽薇 吴 巍

(吉林农业大学工程技术学院 长春 130118)

卢 镔

(中国科学院长春光学精密机械研究所 长春 130022)

摘 要 借助于计算机辅助工程分析手段,对不同几何形状的日光温室进行受力分析,初步揭示了高度、跨度、间距等几何尺寸对温室结构性能的影响,为日光温室的优化设计提供理论根据,为实际设计与应用提供科学依据。

关键词 日光温室 结构性能 有限元

中图分类号 TP391.72, S123 **文献标识码** A

1 有限单元模型

选用长 30m, $L_a = 5m$, $L_b = 3m$, 间距为 1m, Dia22×1.2 有立柱形日光温室作为研究对象。其后墙为砖墙,后坡为钢筋混凝土板,而前屋面骨架刚度比其他部分小得多,所以日光温室的技术参数见表 1。骨架有限元模型如图 1 所示。其中,骨架选用梁单元,每个骨架由 10 个梁单元组成,塑料选用壳单元,每两个骨架之间共有 32 个壳单元,总共 650 个壳单元。

Table 1 Parameters of frame

Material	dia22×1.2 steel
Yang's module	200GPa ²
Poisson ratio	0.27
Criterion of stress	0.16GPa
Density	$7.85 \times 10^3 \text{kg/m}^3$

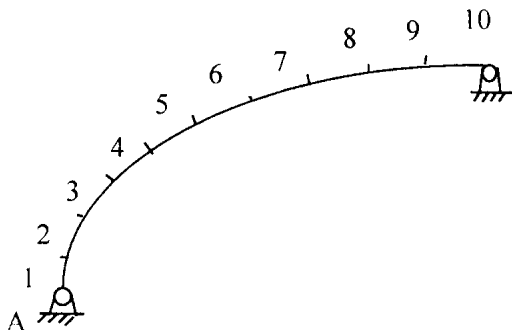


Fig. 1 FEA model of greenhouse

2 不同几何参数对结构性能影响

对日光温室进行结构性能分析的目的是探求在不同载荷的作用下,应力变化情况,找出薄

薄弱环节,为下一步的优化设计提供理论依据。

2.1 不同前屋面形状对结构性能影响

对以下七种前屋面形状列出曲线方程

1 椭圆 $\frac{x^2}{5^2} + \frac{y^2}{3^2} = 1$

2 抛物线 $y = 1.8x$

3 一面坡 $y = 0.6x$

4 双曲线 $\frac{x^2}{5^2} - \frac{y^2}{3^2} = 1$

5 幂函数 $y = 3 \times \left(\frac{x}{5}\right)^m$

6 一坡一立 $\begin{cases} x = 2.5y & y & 1 \\ x = 0 & 0 & y & 1 \end{cases}$

7 圆 $(x - 5)^2 + (y + 2.67)^2 = 32.2$

对几种日光温室进行有限元分析,所受荷载为恒载+雪载+保温草毡重(湿草毡卷在屋脊),分析结果见图表 2。

Table 2 Stress of front frame of different shapes

10^7Pa

Shape	Node									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ellipse	22.3	<u>47.0</u>	19.6	11.0	34.9	38.4	30.5	4.5	28.7	7.88
Parabola	10.3	22.8	<u>45.5</u>	25.9	21.5	16.4	41.6	39.9	0.21	6.26
One slope	15.1	10.4	90.1	15.0	17.1	<u>151.5</u>	90.2	10.3	<u>151.6</u>	15.6
Two slope	28.7	61.7	159.3	<u>248.7</u>	92.5	21.2	100.7	145.7	156.2	13.2
Hyperbola	100	2.9	71.3	109.6	<u>117</u>	94.1	46.1	46.4	10.2	6.53
Power function	44.1	<u>154.6</u>	40.9	41.5	93.6	115.6	107.4	69.1	0.18	9.63
Circle	<u>64.7</u>	3.1	21.7	44.3	<u>64.0</u>	57.0	14.3	27.1	15.5	9.7

对于抛物线形状,骨架的应力值于节点 3 处最大;椭圆形在节点 2 和节点 6 处应力值较大;一面坡形在节点 6 和节点 9 处应力值较大;双曲线形在节点 5 处应力值最大;幂函数在节点 2 处应力值较大;对于圆形在节点 5 处应力值较大。比较上述各曲线的最大应力值,抛物线形的最大应力值最小, (0.454GPa), 说明其结构性能最好;一坡一立形的最大应力值最大,为 2.486GPa, 超出了材料的许用应力。在相同载荷作用下,可见骨架的形状对日光温室的结构性能相差特别大,存在优化形状的问题。

2.2 不同拱间距离对结构性能的影响

拱间距离是指相邻两骨架距离,对抛物线的日光温室进行有限元分析,其他参数同 2.1,得出分析结果如表 3。

骨架的应力值,随着拱间距的变化而不同,当 $d = 600\text{mm}$ 时,骨架的应力值最小,应为 0.249GPa,当 $d = 1400\text{mm}$ 时,骨架的应力值最大,为 1.006GPa;从结构性能来说,选用拱间距离小些为好,但拱间距离过小,与同长度的日光温室相比增加骨架杆数,提高成本,不经济;同时,拱间距离过小,增加骨架阴影面积,降低日光温室的采光性能。因此,选择较优的拱间距是下一步的任务之一。

Table 3 Frame stress of different distance

 10^7Pa

d(mm)	Node									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
600	5.2	12.7	24.9	15.6	9.7	9.2	23.4	20.8	0.2	3.8
800	11.8	39.7	57.8	33	18.4	16.6	26.8	32.5	0.8	4.75
1000	10.3	23.8	45.4	25.9	21.1	16	41.6	39.9	0.2	6.25
1200	43.8	51.6	46.6	40.9	23.9	32	67.8	66.3	0.1	8.53
1400	58.1	90.3	94.3	68.9	26.1	50.2	100.6	99.6	3.3	9.14
1600	26.1	50.5	89.9	57	50.6	40.2	78.1	80.1	2.1	10.7

2.3 不同高度对结构性能的影响

在等跨度的情况下, 分别对 $h = 2600\text{mm}$, 2800mm , 3000mm , 3200mm , 3400mm 的一面坡形状的日光温室进行分析, 材料为 $\text{Dia}22 \times 1.2$ 钢管, 所受荷载为恒载+雪载+保温草毡重+屋脊集中荷载(湿草毡卷在屋脊)。

有限元分析结果见表 4。

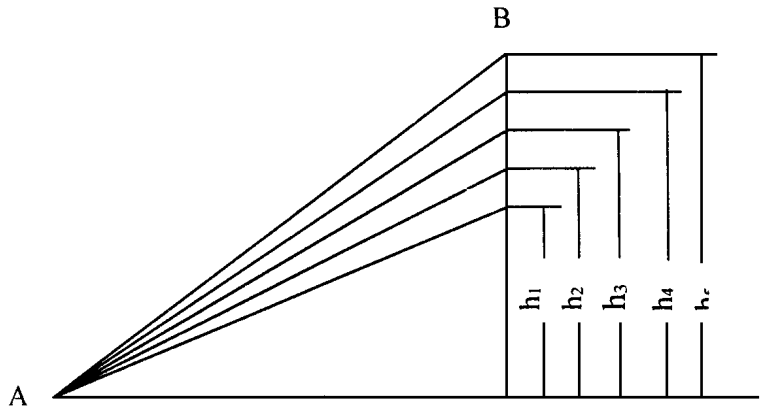


Fig. 2 Greenhouse of different height

Table 4 Frame stress of different height

 10^7Pa

h (mm)	node								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2600	141.9	9.7	84.5	141.1	160	141.1	84.6	9.6	142.2
2800	146.5	10	87.2	145.6	165.1	145.6	87.3	9.9	146.7
3000	151.3	10.4	90.1	150.4	170.6	150.5	90.2	10.3	151.6
3200	156.5	10.7	93.1	155.6	176.4	155.6	93.3	10.6	156.7
3400	162	11.1	96.4	161.1	182.6	161.1	96.6	11	162.2

从中可见, 随高度的不断提高, 日光温室骨架的应力值变大, 结构性能变差, 若高度增大率在 5% 以下, 应力值变化不显著。

2.4 不同跨度对日光温室结构性能的影响

在等高度情况下分别对跨度为 4000mm , 5000mm , 5200mm , 5400mm , 5600mm , 5800mm , 6000mm 的一面坡形状日光温室进行有限元分析, 材料为钢管, 所受荷载为恒载+雪载+保温草毡重+屋脊集中荷载(湿草毡卷在屋脊)。

有限元分析结果见表 5。

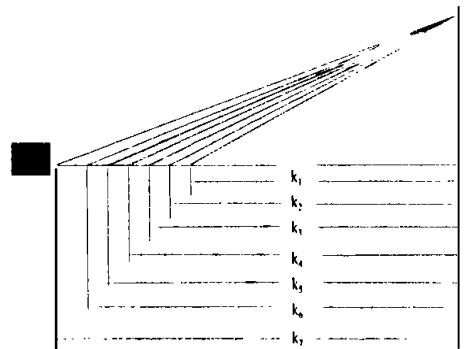


Fig. 3 Greenhouse of different span

Table 5 Frame stress of different span

 10^7Pa

K (mm)	no de								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4800	132.5	9.6	78.7	132	149.9	132.1	78.9	9.5	132.4
5000	151.3	10.4	90.1	150.4	170.4	150.5	90.2	10.3	151.6
5200	150.2	11	89.1	149.6	169.9	149.7	89.4	10.9	150.1
5400	159.7	11.7	94.7	159	180.6	159.2	95	11.6	159.6
5600	169.5	12.5	100.5	168.8	191.7	169	100.8	12.4	169.4
5800	179.8	13.3	106.6	179	203.3	179.2	106.8	13.2	179.6
6000	190.5	14.2	112.8	189.6	215.3	189.8	113.1	14	190.3

对数据分析可知,随跨度变大,日光温室骨架的应力变大,说明其结构性能变差,但应力增加幅度不大。

3 结 论

利用有限元法分析日光温室三种载荷对它的影响,初步揭示了高度、跨度、拱间距,前屋面骨架形状等几何尺寸对日光温室结构性能的影响变化规律,为下一步的优化设计提供了理论依据。

参 考 文 献

- 1 周长吉. 日光温室前屋面采光性能的优化. 农业工程学报, 1994, (1): 157~160
- 2 卢 铿. 用有限单元进行工程分析误差评价与控制. 光学 精密工程, 1995, (6): 34~39

Computer Aided Analysis on Structural Performance of Greenhouse

HOU Li-Wei, WU Wei

(College of Engineering and Technology, Jilin Agricultural University, Changchun 130118)

LU E

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

Abstract

By means of computer aided engineering analysis, the mechanical analysis of greenhouse of different shapes were performed. The influences of height, span and space on structural performance of greenhouse were presented tentatively so as to provide the theoretical foundation for optimization design of greenhouse.

Key Words: Greenhouse, Structural performance, FEM

侯丽薇 女, 1970年生, 硕士, 1998年毕业于吉林农业大学工程技术学院, 现在吉林农大任教, 主要从事农业机械化工程方向的教学与科研工作。