

温室直射光环境界面化模拟计算软件的研制*

何 斌¹, 张玉香²

(1 西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨陵 712100; 2 杨凌职业技术学院, 陕西 杨陵 712100)

[摘 要] 以现有的研究理论为基础, 用 Visual Basic 作为主要的开发工具, 编写了界面化的温室直射光环境模拟分析程序, 对不同纬度、不同方位、不同外形、不同受光时间的温室进行模拟分析, 确定太阳直接辐射在温室内的时空分布, 用于温室性能的测定及设计参数的确定。

[关键词] 温室; 直射光环境; 软件研制

[中图分类号] S214.3

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2003)01-0139-03

20 世纪 70 年代以来, 世界各国的学者对温室光环境的分布及其辅助设计程序进行了深入研究^[1,2]。最近几年, 尽管有人对民用建筑物的环境进行了探讨^[3], 但对用计算机分析温室光环境的研究报道较少。本研究以陈青云、吴毅明、曹永华等^[1,2,4]推导出的光环境分析理论为基础, 以 Visual Basic 语言为主要编程工具, 开发了温室直射光界面化的模拟程序, 运用该程序通过对温室进光量和时空分布特征的分析, 得出一定条件下较优化的结构参数及其变化规律, 以期使温室的设计更趋合理。

1 理论分析及计算模型的建立

直接辐射量瞬时值的计算 根据 Bouguer-Lambert 定律, 实际到达地球表面水平面上和垂直于太阳光线的法线面上的太阳直接辐射, 是天文辐射被大气吸收和散射后的辐射, 其公式为:

$$J_h = J_t P_m^m = J_0 P_2^m \sin h \quad (1)$$

$$J_n = J_0 P_2^m \quad (2)$$

其中 $J_t = (J_{sc}/R_0^2) \sin h \quad (3)$

$$J_0 = J_{sc} [1 + 0.33 \cos(360x/370)] \quad (4)$$

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t \quad (5)$$

$$\delta = 23.45^\circ \sin[(x - 80) \times 360/370] \quad (6)$$

$$t = 15(H + M I/60 - 12) \quad (7)$$

式中, J_h 为地面水平面上实际得到的太阳直接辐射量; J_n 为地面上垂直于太阳光线的法线面上的太阳

直接辐射量; J_t 为地面水平面上的天文辐射量; J_0 为大气上界法线面上的太阳辐射量(用 Lunde 公式); J_{sc} 为太阳常数, 取值 1374 W/m^2 。 h 为太阳高度角; R_0 为日地距离; x 为日序(01-01 时 $x = 1, 12-31$ 时 $x = 365$ 或 $x = 366$); m 为大气光学质量; P_m 为大气透明度; P_2 为 P_m 订正到 $m = 2$ 时的大气透明度; φ 为地理纬度; δ 为赤纬; t 为某时刻的时角; H 为时间的某时; $M I$ 为时间的某分。

直接辐射量累积值的计算 在温室设计中, 不仅要求计算某时刻的辐射量, 有时还要计算某日的辐射总量。辐射量累积值的计算可利用辛普生数值积分方法实现, 其公式为:

$$F = \int_a^b f(x) dx \quad (8)$$

式中, a, b 分别为积分的下限和上限, 将 $a \sim b$ 区间分为 $2n$ 个等间隔的小区间, 各分割点的 x 为 $x_0 = a, x_1, x_2, \dots, x_{2n-1}, x_{2n} = b$; $f(x)$ 为 x 的函数; F 为 $f(x)$ 在 $a \sim b$ 区间的积分值。为计算方便, (8) 式可近似表示为:

$$F = [f(a) + f(b) + 4(f(x_1) + f(x_3) + \dots + f(x_{2n-1})) + 2(f(x_2) + f(x_4) + \dots + f(x_{2n}))] H/3 \quad (9)$$

式中, $H = (b - a)/2n$ 为每个分割区间的长度。

因此, 利用 (8) 式对 (1) 式进行日出至日没的时角积分, 则得:

* [收稿日期] 2002-01-15

[作者简介] 何 斌(1971-), 男, 内蒙古化德人, 讲师, 主要从事建筑环境方面的研究。

$$S_{jh} = k \int_{t_0}^t J_h dt \quad (10)$$

式中, S_{jh} 为地面水平面上太阳直接辐射日总量 (J/m^2); $-t_0, t_0$ 分别为日出和日没时的时角; k 为时角单位转换系数 ($k = 3600(180/\pi)/15 = 13751$)。

目标函数的建立 以上述模拟内容为主, 本研究确定以计算温室内的瞬时直接辐射和累积直射光量及其时空分布为目标, 在此基础上建立目标函数:

目标函数(1):

$$q(t) = \sum_{i=1}^n \int_0^{\pi/2} \tau A_i J_{sc} P_m^m \sin h_i d(d) \quad (11)$$

目标函数(2):

$$Q = \sum_{i=1}^n \int_0^{\pi/2} \tau A_i J_{sc} P_m^m \sin h_i dtd(d) \quad (12)$$

式中, $q(t)$ 为瞬时总辐射; Q 为累积总辐射; A_i 为小曲面面积; P_m 为大气透明度; h 为斜面太阳高度角; τ 为透光材料对直射光的透过率; J_{sc} 为太阳常数。它们的建立是将温室采光面分成 n 个连续的小曲面, 累积每个小曲面上某一时刻 t 在整个温室的瞬时辐射总量以及一天中温室在整个受光时间内所接受的累积总辐射。

温室采光量的计算 对日光温室来说, 室内地面、后屋面、后墙面均有可能接受到直射光, 这 3 个部分接受的太阳直射光量计算公式如下(对全光温室来说, 只计算地面直射光量):

$$J_{hi}(t) = J_n(t) \cdot \sin h(t) \cdot R_i(t) \cdot L_{hi}(t) \quad (13)$$

$$J_{zi} = J_n(t) \cdot \cos h(t) \cdot \cos(A(t) - A_h) \cdot R_i(t) \cdot L_{zi}(t) \quad (14)$$

$$J_{zhi}(t) = J_n(t) \cdot [\cos h(t) \cdot \sin \beta \cos(A(t) - A_h) - \sin h(t) \cdot \cos \beta] \cdot R_i(t) \cdot L_{zhi}(t) \quad (15)$$

式中, J_{hi}, J_{zi}, J_{zhi} 分别为 t 时刻第 i 个小曲面在地面、后墙面和后屋面上的辐照度; $J_h(t)$ 为 t 时刻法线方向上的辐照度; $R_i(t)$ 为 t 时刻第 i 个小曲面的直射光透射率; $A(t)$ 为 t 时刻的太阳方位角; $h(t)$ 为 t 时刻的太阳高度角; A_h 为温室的方位角; β 为后屋面与水平面的夹角; $L_{hi}(t), L_{zi}(t), L_{zhi}(t)$ 分别为小曲面在地面、后墙面、后屋面上的投影长度。计算时, 先判断通过小曲面的太阳直射在温室内的具体位置, 根据每个小曲面两端点在温室内的投影点坐标, 可判断太阳直射在温室内的位置。

2 主程序流程简图

温室直射光环境界面化模拟程序流程简图如图 1 所示。

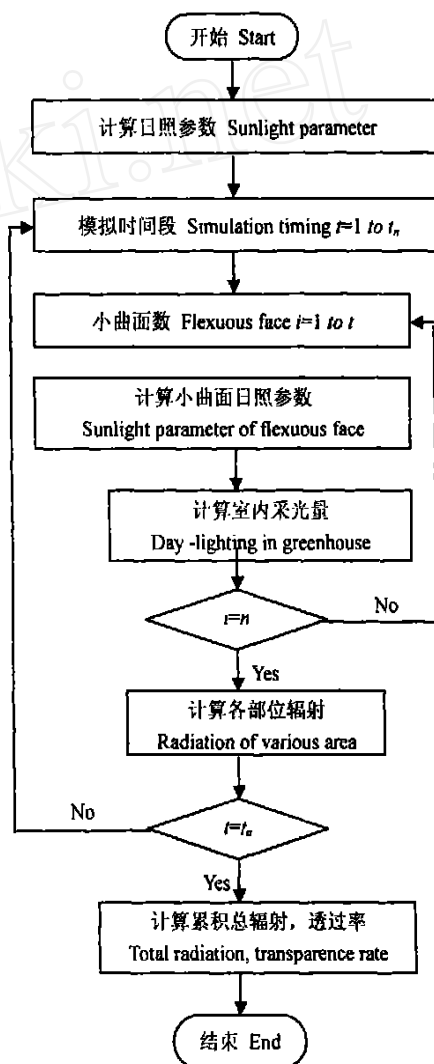


图 1 主程序流程图

Fig. 1 Main program flow chart

3 软件简介

在使用过程中, 通过视窗界面输入数据, 由内部模拟程序完成计算过程。图 2 显示了本程序的全部模块, 每个模块对应相应窗口, 每个窗口由几个按钮及一些文本框组成。用户可以在文本框内输入合适的数据后按确定按钮, 程序会计算出不同位置不同时间温室内的采光量, 并以表格和图形的方式输出结果, 使用十分方便。

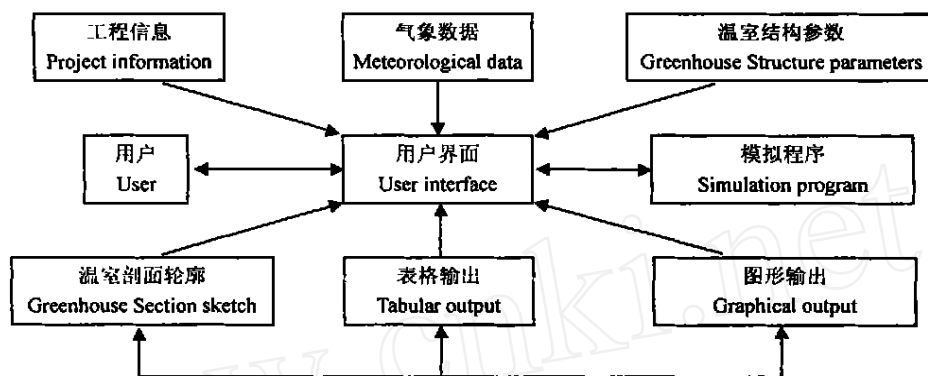


图 2 模块连接图

Fig. 2 Module linkage

4 结 语

温室直射光界面化模拟程序能够对温室的采光性能进行系统的动态模拟分析,可跟踪任意时刻、任意空间位置的瞬时和全天累积辐射状况。由于计算中考虑了地理纬度、大气透明度、温室方位、采光屋面形状、覆盖材料的透光特性、温室骨架遮阴等多种

主要影响因子,模拟结果准确可靠。若能在实践中进一步完善,本程序将会成为一个很适用的辅助设计工具。

与以往的计算机程序相比,由于该程序是用面向对象的语言编写,因此使用起来具有直观、方便、快捷的优点。

[参考文献]

- [1] 曹永华,孙忠富 温室采光辅助设计软件的研制[J]. 农业工程学报, 1992, (4): 69- 77.
- [2] 陈青云,吴毅明 计算机在建筑环境分析中的应用[M]. 北京: 北京大学出版社, 1994
- [3] 陈 锋 建筑环境设计模拟工具包DeST[J]. 暖通空调, 1999, (4): 58- 63
- [4] 吴毅明,曹永华,孙忠富,等 温室采光设计的理论分析方法[J]. 农业工程学报, 1992, (3): 73- 80

Study on direct solar radiation analysis software of greenhouse by using interface simulation techniques

HE Bin¹, ZHANG Yu-xiang²

(1 College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Yangling Profession Training Institute, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on the current research theories and using VB as the tool, the author has compiled the computer simulation program of solar environment. It can be used to simulate and analyse all kinds of greenhouses in different region, shape, time and direction, and also be used to analyse chronological and spatial distributions of direct solar radiation within greenhouse and determine greenhouse structure with light transmissivity. The reasonable structure shape will be obtained.

Key words: greenhouse; direct solar environment; software development