

日光温室燃池形状和深度的模拟研究

刘文合, 许 封

(沈阳农业大学 水利学院, 辽宁 沈阳 110866)

摘 要:根据目前现有燃池加温系统的结构、材料性质和运作条件,利用 ANSYS 软件对日光温室燃池辅助加温系统进行有限元分析,模拟 T 型、圆形、方形的燃池结构,比较 3 种形状对土壤加温效果,选出最优形状。同时以 T 型燃池为例,模拟 1.2、1.3、1.4 m 池深,确定燃池的适宜深度。结果表明:在外界条件相同的环境下,具有相同深度、相同池顶面积的圆型燃池对土壤加温效果最好;T 型燃池深度 1.3 m 对土壤加温效果最好。通过对燃池深度和形状的分析,可为今后燃池加温系统的设计提供理论依据。

关键词:日光温室;燃池;ANSYS;模拟研究

中图分类号:S 626.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)04-0044-06

我国北方地区,冬季农作物的生产问题一直制约着农业生产力的发展,虽然日光温室的引进在一定程度上解决了冬季生产难题,但是在最冷月,特别是极端天气下,农作物仍然会出现冻害的现象。为解决日光温室在冬季生产中出现的低温冷害,一般都采用加温系统,例如锅炉加温、热水加温、电加温等^[1],使用的主要能源是煤炭和电能,但是随着我国出台相应的环境及资源保护条例,这些加温方式不仅运行成本高,同时消耗大量的资源,对环境造成严重的污染。燃池加温是利用生物质能的一种新型的加温方法^[2]。燃池加温的燃料来源广泛,通常以生物质为主,例如秸秆、稻壳、锯末等废弃物,这些燃料不仅廉价、易得,同时耐用。以稻壳为例,冬季投放 1 次可用 1 个多月;而锯末投放 2 次即可越冬。

对燃池供热系统的研究主要集中在对燃料阴燃的传热机理分析,20 世纪中叶,国外的学者对生物质阴燃进行研究,起初的目的是减少以及防止火灾的发生。Palmer^[3]对生物质燃料进行试验,定性研究了阴燃传播速度及能维持阴燃的影响因素;Ohlemiller^[4]用数学的方法对阴燃进行了描述。20 世纪 90 年代中期,国内才开始对阴燃进行研究,基本上是试验研究和理论分析同步开展的,而关于对燃池的结构研究的文献很少,目前燃池的设计大多是根据经验。该试验根据相关文献列举的燃池深度和形状,利用 ANSYS 15.0 版非线性有限元软件建立几种不同的三维有限元模型,通过比较分析,

确定对土壤加温效果最好的燃池深度和形状,以期为今后燃池的建设提供理论依据。

1 燃池的结构

燃池的建造主要在地表以下,其结构主要由进料口、池体、顶板散热板、通风口组成。池壁用 240 红砖粘土砂浆砌筑,顶板用 200 号钢筋混凝土整个浇筑燃池顶板,厚度为 80 mm,在温室外设 1 m×1 m 的进料口,后墙部位设置 2 个排烟口。燃池主要通过池顶板、池壁向周围的土壤及空气进行传热。

该试验主要利用 ANSYS 模拟出 T 型、圆形、方形的燃池结构,比较 3 种形状对土壤加温的效果,从中选取最优形状。同时,以 T 型燃池为例,模拟出池深为 1.2、1.3、1.4 m 的燃池^[5],确定燃池的适宜深度。图 1 是 T 型燃池顶板的平面布置图。

2 燃池加温系统的传热机理分析

生物质燃料发生阴燃反应通过燃池的池壁和池顶向周围的土壤和空气进行加温,从而提高温室内土壤和空气的温度,同时可以降低温室内的湿度。该文的生物质燃料选取稻壳,稻壳阴燃的放热值为: $Q_{\text{放}} = mq$ 。式中: m —稻壳的质量(kg); q —稻壳的热值(MJ/kg)。

2.1 燃池顶板的传热

燃池内燃料阴燃放热,通过池壁以及池顶向温室土壤和空气传热,属于三维导热过程。但是沿燃池顶板边长方向的微元段内温度变化很小,计算时可以忽略。因此,燃池顶板的传热可以看作沿顶板向上的一维非稳态导热,控制方程为^[6]

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda_b}{\rho_b C_b} \frac{\partial^2 t}{\partial x^2};$$

第一作者简介:刘文合(1971-),男,博士,副教授,现主要从事水土工程建筑等研究工作。E-mail:1559697050@qq.com.

基金项目:国家星火计划资助项目(2013GAD650007);沈阳农业大学博士后基金资助项目(74741)。

收稿日期:2014-11-06

表 1 干空气的热物性

Table 1 The thermal and physical properties of the air

温度 Temperature /°C	比热 Specific heat /(J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹)	导热系数 Thermal conductivity /(×10 ⁻² W·m ⁻¹ ·K ⁻¹)
10	1.009	2.454
20	1.013	2.524
30	1.013	2.582
40	1.013	2.652

3.2 边界条件

认为边界 DE、EF 取得足够深,温度变化小,满足第一类边界条件,认为是恒温;边界 CF 属于零迹线,满足第三类边界条件,即通过该边界的热流量为零;边界 AB 和 BC 发生对流换热和辐射换热,属于第三类边界条件,边界 AB 属于燃池的一部分,为有内热源;热量通过边界 BE 向土壤传递,满足有内热源的第三类边界条件。

3.3 ANSYS 有限元热分析过程

(1)前处理,建立有限元模型。根据模拟要求选择

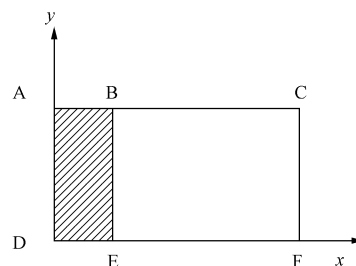


图 2 燃池传热计算单元体

Fig. 2 Computation unit of heat transfer in fire pits

Thermal Mass solid 8node 70 单元类型、输入材料的热力学属性、几何建模、单元网格划分等步骤,利用 PREP7 前处理程序建立土壤温度场模型(图 3)。(2)加载和求解。对模型进行约束、及施加外界荷载利用 SOLUTION 软件中的 Solve 程序求解。(3)后处理。利用 Plot Results 得到相应的输出量,可以生成温度云图、温度梯度图等(图 4~6)。

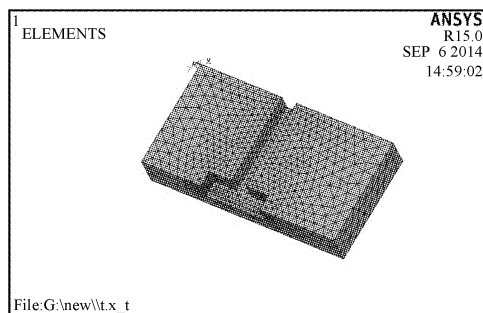


图 3 T 型燃池土壤网格划分图

Fig. 3 Meshing of the T-fire-pit model

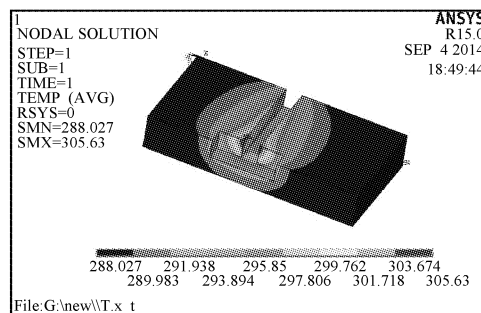


图 4 T 型燃池土壤温度分布云图

Fig. 4 The T-fire-pit temperature distribution

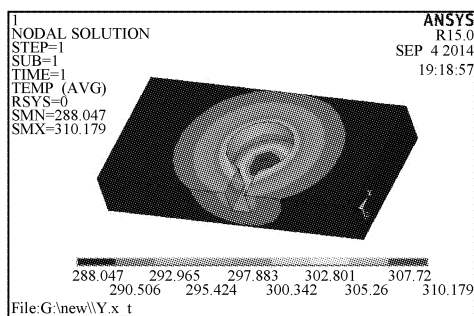


图 5 圆形燃池土壤温度分布云图

Fig. 5 The circular fire-pit temperature distribution

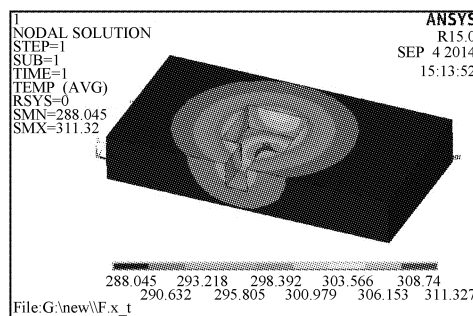


图 6 方形燃池土壤温度分布云图

Fig. 6 The square fire-pit temperature distribution

4 计算结果与讨论

4.1 不同形状燃池的地温变化

利用 ANSYS 有限元分析软件对沿日光温室长度方向的 3 种燃池形状的土壤温度场进行温度结果输出。由于燃池沿温室跨度方向为轴对称实体,因此,在对沿温室长度方向土壤温度输出结果时,以燃池一条边为起

点,以与该起点同对称轴方向的温室边界为终点,土壤深度取地下 0.05 m。对沿土壤深度方向不同土层温度变化规律进行结果输出。在这里取沿燃池跨度方向的 1/2,距离燃池 0.05 m 处的相同位置进行结果输出(图 7~12)。

由图 7~12 可知,从温度数值来看,在沿温室长度

方向的地温变化规律上,靠近燃池的土壤加温效果最好,而随着与燃池距离的增加,加温温度逐渐下降,方形燃池加热温度的最高温度比其它2种都要高,3种燃池在加温过程中的最低温度基本一致;在沿土壤深度不同土层温度变化规律上,圆型燃池的最高和最低的加热温度都比其它2种形状的燃池温度高。从曲线变化率来看,圆型燃池的土壤温度变化情况更均匀,在距燃池

相同位置上,圆型燃池加热温度高于其它2种燃池。因此,圆型燃池对土壤的加温效果更好,这与参考文献[9]的燃池设计方法相一致。

4.2 不同燃池池深的地温变化

研究不同池深对土壤加温效果的影响,以T型燃池为例,池深分别选取1.2、1.3、1.4 m进行土壤温度变化的结果输出(图13~18)。

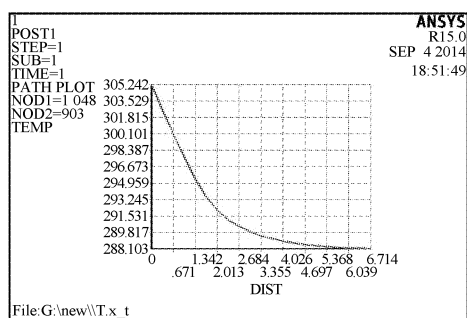


图7 T型燃池土层0.05 m深的温度变化

Fig. 7 The temperature change of T-fire-pit depth 0.05 m area underground

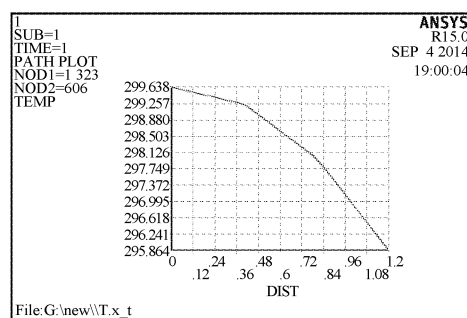


图8 T型燃池不同土层温度变化

Fig. 8 The different areas of soil temperature change of T-fire-pit

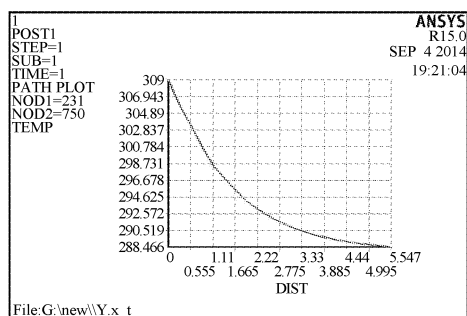


图9 圆型燃池土层0.05 m深的温度变化

Fig. 9 The temperature change of the circular fire-pit depth 0.05 m area underground

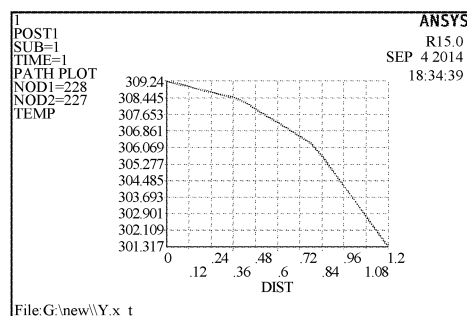


图10 圆型燃池不同土层温度变化

Fig. 10 The different areas of soil temperature change of the circular fire-pit

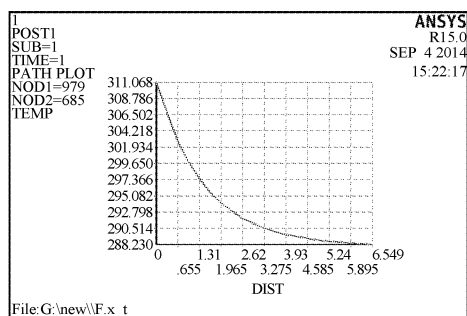


图11 方型燃池土层0.05 m深的温度变化

Fig. 11 The temperature change of the square fire-pit depth 0.05 m area underground

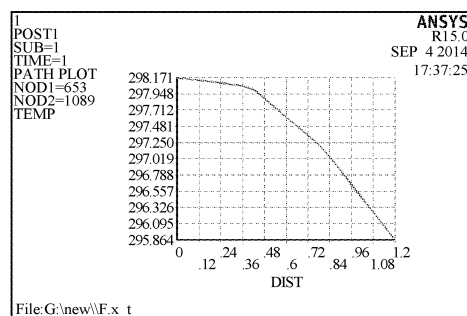


图12 方型燃池不同土层温度变化

Fig. 12 The different areas of soil temperature change of the square fire-pit

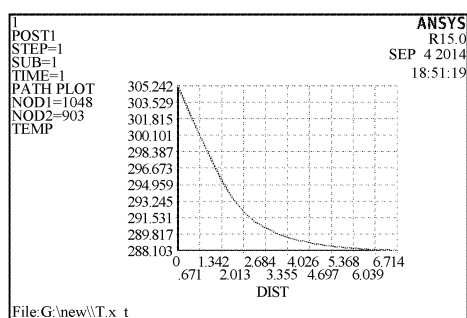


图 13 T-1.2 型燃池土层 0.05 m 深的温度变化
Fig. 13 The temperature change of T-fire-pit(1.2 m) depth 0.05 m area underground

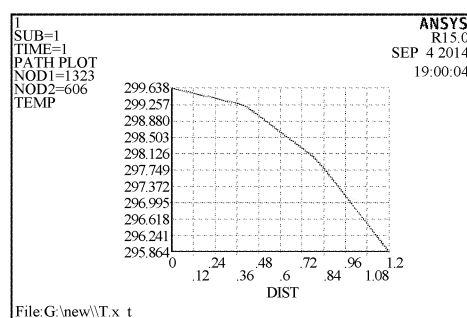


图 14 T-1.2 型燃池不同土层温度变化
Fig. 14 The different areas of soil temperature change of T-fire-pit(1.2 m)

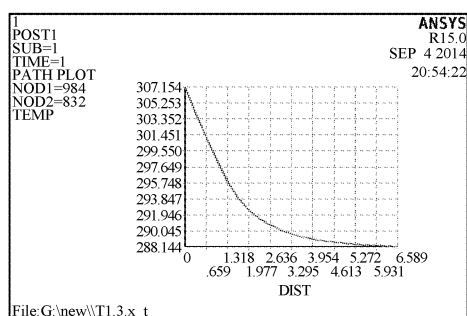


图 15 T-1.3 型燃池土层 0.05 m 深的温度变化
Fig. 15 The temperature change of T-fire-pit(1.3 m) depth 0.05 m area underground

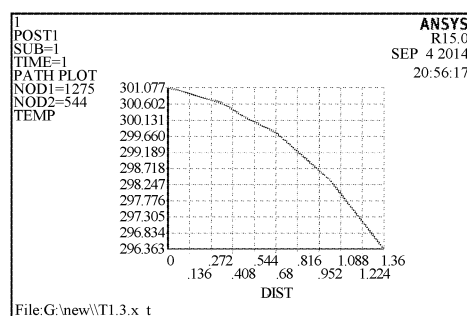


图 16 T-1.3 型燃池不同土层温度变化
Fig. 16 The different areas of soil temperature change of T-fire-pit(1.3 m)

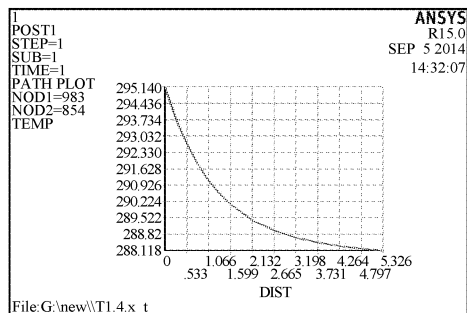


图 17 T-1.4 型燃池土层 0.05 m 深的温度变化
Fig. 17 The temperature change of T-fire-pit(1.4 m) depth 0.05 m area underground

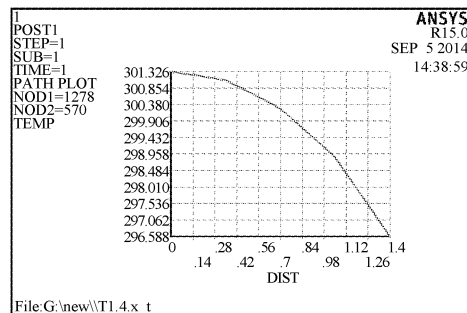


图 18 T-1.4 型燃池不同土层温度变化
Fig. 18 The different areas of soil temperature change of T-fire-pit(1.4 m)

从土壤温度场温变化曲线可以看出,无论是沿温室长度方向还是沿土壤深度方向,3 种燃池深度的曲线变化率基本相同,但是从温度范围来看,池深为 1.3 m 的燃池最高温度和最低温度比池深 1.2 m 和 1.4 m 的高,同时,在距燃池相同位置的土壤,池深 1.3 m 的燃池加热温度比池深 1.2 m 和 1.4 m 的燃池温度高,因此,燃池池深为 1.3 m 的燃池加温效果更好。

5 结论

在外界环境条件和燃料阴燃的种类和数量相同的

情况下,取相同燃池深度,通过比较燃池周围的土壤温度场,确定圆型燃池比 T 型和方型燃池对周围土壤的加温效果好;在外界环境条件和燃料阴燃的种类和数量相同的情况下,以 T 型燃池为例,深度为 1.3 m 的燃池比深度为 1.2 m 和 1.4 m 的燃池加热的温度高。

参考文献

- [1] 白义奎,王铁良,刘文合,等. 燃池在日光温室应用的试验研究[J]. 可再生资源,2005,121(3):11-13.
- [2] 王铁良,白义奎,刘文合. 燃池在日光温室加温的应用试验[J]. 农业工程学报,2002,7(4):98-100.

拉萨市闭锁型人工光照育苗系统的设计与研发

朱荣杰¹, 李宝海², 王世彬¹, 杨 斌¹, 相 栋¹, 卜云龙³

(1. 西藏自治区农牧科学院 蔬菜研究所, 西藏 拉萨 850032; 2. 西藏自治区农牧科学院, 西藏 拉萨 850032;
3. 北京京鹏环球科技股份有限公司, 北京 100094)

摘 要:针对西藏传统日光温室环境下生产的蔬菜种苗成活率低、品质差、不利于种苗的大规模、商品化生产的现状, 西藏农牧科学院研制了一套闭锁型人工补光育苗系统, 该系统配置有育苗生产栽培架、空调系统、CO₂ 补充装置、空气搅拌风机、营养液循环系统和电气控制装置。该系统能够将育苗室和外界隔离, 空间利用率高。采用科学化、标准化管理措施, 运用机械化、自动化手段, 使种苗在最适环境下生长, 具有高效、快速、节能的育苗新技术。

关键词:闭锁型; 人工光照; 工厂化育苗; 设计与开发

中图分类号:S 604⁺.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)04-0049-04

随着西藏蔬菜产业的不断壮大及人们对食品安全的日益重视, 蔬菜育苗的需求量及品质的要求也在逐年

第一作者简介:朱荣杰(1979-), 女, 内蒙古呼和浩特人, 硕士, 助理研究员, 现主要从事设施蔬菜栽培等研究工作。E-mail: zrijtaas@126.com.

责任作者:李宝海(1956-), 男, 内蒙古科尔沁右翼前旗人, 硕士, 研究员, 博士后合作导师, 研究方向为农产品质量安全与检测技术及现代设施农业。

基金项目:国家“863”计划资助项目(2013AA103002-3)。

收稿日期:2014-11-19

提高。传统日光温室环境下生产的种苗存活率低、品质差、整齐度不高, 不利于种苗的大规模商品化生产, 不仅增加了育苗成本, 而且限制了工厂化育苗在西藏的推广与发展。针对该问题, 西藏自治区农牧科学院工厂化果菜立体无土栽培系统及蔬菜工厂化雾培系统研究课题组研发了一种闭锁型人工光育苗系统, 该系统是通过自动化智能控制, 采用标准化生产技术措施, 运用机械化、自动化手段, 使种苗在最佳温湿度和光照环境下快速生长。

闭锁型育苗系统(Closed-type transplant production

- [3] Palmer K N. Smouldering combustion in dusts and fibrous materials[J]. Combustion and Flame, 1957, 1:129-154.
[4] Ohlemiller T J. Modeling of smoldering combustion propagation[J]. Progress in Energy and Combustion Science, 1985, 11:277-319.
[5] 郭继业. 省柴节煤灶灶坑[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
[6] 白义奎, 王铁良, 佟国红, 等. 日光温室燃池即热系统传热机理与数

- 学模型[J]. 农业机械学报, 2006(9):37.
[7] 白义奎. 日光温室燃池—地中热交换系统研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2007.
[8] 杨世铭, 陶文铨. 传热学[M]. 4 版. 北京: 高等教育出版社, 2006.
[9] 田维治. 基于燃池利用供热方式的研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2011.

A Simulation Study on Shape and Depth of Fire-pit

LIU Wen-he, XU feng

(College of Water Conservancy, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110000)

Abstract: According to the current existing fire-pit heating system of structure, material properties and operating conditions. With help of ANSYS software, finite element analysis of fire-pit heating system in the solar greenhouse. T-fire-pit, circular fire-pit, square fire-pit were simulated, the effect of soil heating was studied between three types of fire-pit, to select the best type. Meanwhile, as T-fire-type as example, depth of 1.2 m, 1.3 m, 1.4 m were simulated, to select the suitable depth of fire-pit. The results showed that, in the outside conditions under the same environment, the same depth, the same pool area of circular, square, T-fire-pit had the best effect of soil heating. Using the T-fire-pit, the fire-pit depth of 1.2 m had the best effects on the soil heating. Through the analysis of the fire-pit depth and shape, could provide theoretical basis for the design of fire pool heating system in the future.

Keywords: solar greenhouse; fire-pit; ANSYS; simulation research