

NJ-6 型连栋塑料温室冬季光温环境的实验研

刘 杰 李保明 黄仕伟 孙吉南

(中国农业大学水利与土木工程学院) (山东省烟台市农科院)

摘 要 目前我国的大型连栋温室普遍存在着冬季保温透光性能差、能源消耗高等问题。中国农业大学设施农业工程技术研究中心,在充分研究与吸收具有中国特色的节能型日光温室的高透光率和高采光蓄热性能的基础上,研究设计并在山东烟台地区实际建设了高效节能型连栋塑料温室(称为 NJ-6 型连栋温室)。本文通过对该 NJ-6 型连栋温室的冬季光温环境进行实地实验测试与分析研究,结果表明: NJ-6 型连栋塑料温室具有良好的透光保温性能,冬至日前后温室综合透光率仍接近 60%,夜间在不加温情况下,可维持室内外温差达 10-14℃,节能效果显著。适合于在北方大部分地区推广应用。

关键词 连栋温室;透光率;保温;节能

分类号 S

Study on the Light and Thermal Environment of the NJ-6 Type
Multi-span Greenhouse in Wintertime

Liu Jie Li Baoming Huang Shiwei Sun Ji'nan

(College of Water Conservancy and Civil Engineering, CAU) (Yantai Agricultural Science
Academy)

Abstract At present, the problems in multi-span greenhouse industry are that the light and thermal environment are bad and the energy consumed in greenhouse is great in wintertime. In the wintertime, the authors studied on the light and thermal environment of NJ-6 type greenhouse by experiments in Yantai Agricultural Science Academy, Shandong Province, improved that this greenhouse has good light and thermal preservation effect. NJ-6 type multi-span greenhouse is suitable to be used in most areas of North China.

Key words multi-span greenhouse; light and thermal Environment; energy saving

近几年来,我国温室产业发展迅速,截止到 1999 年底的数据表明[1],我国大陆地区现有现代化大型温室面积约 580 hm²,其中引进温室面积已达 180 多 hm²,90 年代中期以来,根据中国国情和气候特点,自行设计、建造了一批经济、适用的大型温室,面积达 400 余 hm²。而且目前正立项的连栋温室项目与建设速度还在进一步加快,将大大加快我国工厂化农业的

发展。但由于我国的气候条件与同纬度国家相比，其气温年较差要高 10 左右，冬季寒冷，夏季炎热致使从国外引进的大型连栋温室，由于与中国实际条件有差距，盲目建设，因而导致一次性投资大，运行成本高等原因，成本短期内难于回收[2]，因此近些年来很难在国内大面积推广。

由于大型连栋温室冬季生产能耗大，导致运行成本提高，经济效益差，一般估计，在我国北方北纬 35° 左右地区的温室，冬季加温耗能约占总成本的 30%-40%，北纬 40° 左右的地区，约占 40%-50%，北纬 43° 及以上地区，约占 60%-70%[1~3]。因此，对于大型连栋温室来说，温室的保温与节能性能将直接影响温室生产的经济效益。针对这种局面，中国农业大学设施农业工程技术研究中心立足国内，在充分吸收我国日光温室南坡采光面大、透光率高、蓄热性能好等优点的基础上，开发研制了一种新型的连栋温室——NJ-6 型连栋塑料温室，并且已于 1999 年 11 月在山东省烟台市农科院投入使用。

本文以这种新型连栋温室为研究对象，对该温室在保温性能方面进行实验测试与研究分析，为该类温室的实际应用与进一步优化设计提供参考依据。

1 NJ-6 型连栋塑料温室的基本结构

建在烟台农科院的 NJ-6 型温室总建筑面积约 7100m²，其中温室区域南北长 96m，宽 69m，其立面和平面示意图分别如图 1 和图 2 所示。为增强温室的透光和保温性能，该温室采取了以下几个方面的蓄热增温与保温措施：温室建筑结构形式借鉴国内日光温室的不等坡屋面形式，采用东西走向，加大温室南坡采光屋面的面积，和减少结构的遮光量，使白天尽可能多的透过太阳能和蓄热增温；在国内首次将日光温室的高保温性能的外保温被应用于大型连栋温室，该保温被厚约 10mm，内部由无纺布针刺毡制成，外表面是涤纶防雨绸；温室南坡屋顶覆盖双层充气膜以增强温室整体的保温性能；北坡采用双层中空 PC 板，东、西、南三侧墙采用美国 SPS 公司的三层中空 PC 板；北侧设操作间，增加了温室在冬季寒冷季节的整体御寒和保温能力，也便于温室的统一管理；以热水采暖作为温室辅助加温系统，在冬季寒冷季节对室内进行临时补温。

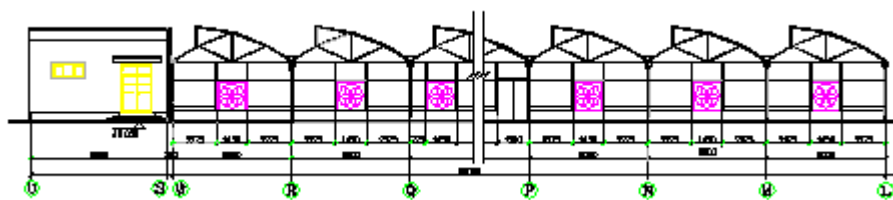


图 1 温室西立面结构示意图

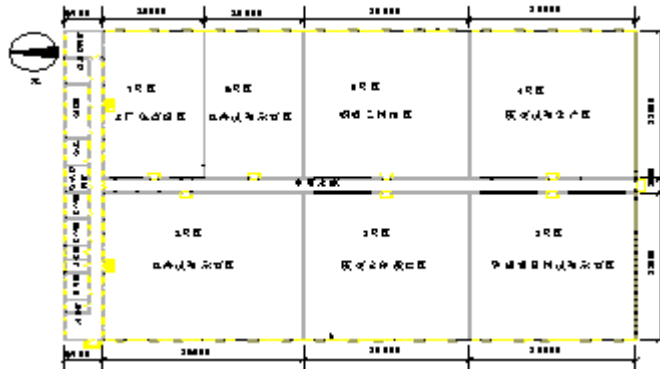


图 2 温室平面布置图

2 温室冬季环境的实验测试

2.1 实验设计

从温室在 1999 年 12 月份建成运行开始，分别对温室的 7 个试验区，运用分布式电脑网络控制与监测系统连接的室内外温湿度传感器连续详细记录（30 分钟记录一次数据）各个温室区室内和温室外温度。分析计算机数据库中记录的数据，对比 1999-2000 年冬季里连续一段时间内及最冷日子里有无保温被覆盖情况下温室内外的温度变化。

NJ-6 型温室在国内首次把保温被运用于大型连栋温室屋面，本试验仅在连栋温室的北部 3 个区（南北方向 6 跨）覆盖保温被，其余南部的 10 跨不设外保温被；本试验可以通过对比同样在不加热情况下，有无保温被覆盖的温室区内的温度，对保温被的保温效果以及温室整体的保温性能进行分析研究。分别选取 2 号（立体栽培区，无保温被）与 1 号（花卉展示区，有保温被），3 号（蔬菜新品种展示区，无保温被）与 1 号进行对比实验。由电脑自动监测与控制系统记录全天各温室区内外温度的变化。

光照测试方面，根据温室内生产情况，选取有代表性的一个区域进行光照测试分析。这里选取 4 号温室区进行布点测试，从中选取沿着温室跨度方向和屋脊方向交叉的最中间一跨为研究对象，沿着跨度方向均匀布置 11 个点，布点如图 5 所示，在 2000 年 12 月 25 日冬至日这天，从日出到日落为止的全天内每隔 1 小时对这些点处的光照度进行测试，同时与当时室外的光照度进行对比试验。

2.2 实验设备和仪器

北京师范大学光学实验仪器厂生产的 ST-80C 照度计和分布式计算机数据自动采集和控制系统。

3 实验结果分析与讨论

3.1 温室的保温性能：

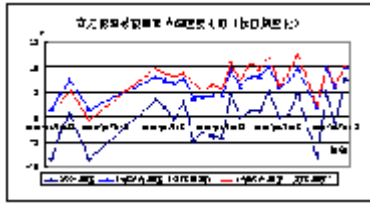


图 3 夜间不加温，无保温被覆盖温室区不同日期早晨 6：00 时温室内外温度变化

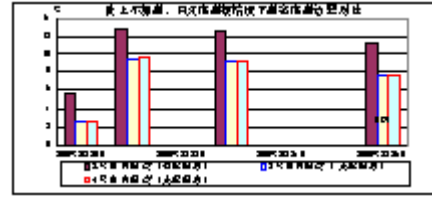


图 4 晚上不加温时不同日期早晨 6：00 时有保温被温室内外温度变化对比

在温室刚建成的当年冬季，通过计算机记录的室外最低温度为-9.1℃，不加温的 2 号温室区室内温度为 1.1℃，温差可达 10.2℃。另外，对从 2000 年 2 月 21 日到 3 月 22 日约一个月时间内早晨 6：00 时温室内外温度的记录数据进行整理，结果如图 3 所示，这里分别取 2 号温室（无保温被，夜间不加温）和 4 号温室（无保温被，夜间不加温）为实验研究对象，由图 3 也可以看出，在不加温情况下，无保温被覆盖的 2 号和 4 号温室区夜间室内外温度差可以达到 8-10℃，而且室外温度越低，保温效果也越明显。

3.2 连栋温室外保温被的保温性能：

选取在温室内不加温的夜间进行测试，通过对从 2000 年 3 月 20 日到 3 月 26 日几天早晨 6：00 三个温室室内外温度记录的分析可以看出，有保温被覆盖的 1 号温室比没有保温被覆盖的 2 号和 4 号温室的室内温度普遍高 3-4℃，如图 4 所示，有保温被覆盖的温室室内与室外温差可达到 11-14℃，而且保温效果越是在室外温度较低的情况下越是明显。

3.3 冬季温室的光照分布与光照度：

在 2000 年 12 月 25 日对温室内光照沿跨度方向分布进行测试，布点如图 5 所示，测得的温室内光照沿跨度方向分布如图 6 所示，从图中可以看出，温室内光照条件好，虽然沿跨度方向在离北柱 5.0m 到天沟正下方的位置处有一条弱光带，但是光照度值也可达 10000lx 以上，可以满足温室内作物生长的要求。尤其是温室内花卉作物大部分放置在高度约 1.0m 的栽培床上，弱光带基本上是落在天沟下立柱的两侧，另外通过来回移动栽培床也可以将弱光带对作物的影响程度降到较小的情况。室内光照最弱点光照度与室外光照度的对比如图 7 所示，分析图 7 中可知，温室内综合透光率较高，最大仍可接近 60%。

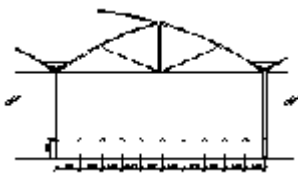


图 5 光照测试布点图

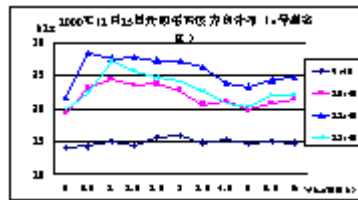


图 6 冬至日前后温室内跨度方向光照分布

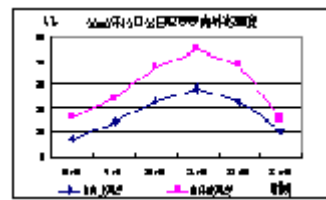


图 7 冬至日前后温室内外光照度

4 结论和建议

1) NJ-6 型节能连栋温室在设计上综合日光温室和连栋温室的优点，并且在国内首次将保温被应用于大型连栋温室屋面上进行冬季保温，由于采用这些手段及北部设操作间和屋面采用

双层膜覆盖等措施，经过 2000 年冬季的测试表明，NJ-6 型连栋温室具有良好的保温性能：晚上不加温而且室外无保温被情况下室内外温差可达 8-10℃；晚上不加温，室外有保温被覆盖的室内外温差可达 11-14℃，适宜于在华北大部分地区推广应用。

2) 温室透光性能显著，冬季温室内光照充裕，综合透光率高，在温室使用一年后的冬至日前后综合透光率仍接近 60%，该温室适宜进行育苗和种植大部分花卉与蔬菜类作物。

参 考 文 献

- 1 王松涛. 引进，给我们带来了什么？——我国引进温室工作综述. 农业机械，2000（11）：7
- 2 万学遂. 我国设施农业的现状和发展趋势. 农业机械，2000（11）：4~6
- 3 Li Baoming, Pan Qiang. Development of Greenhouse Technology in China. In: Zeng Dechao, Wang Maohua. Proceedings of 99 International Conference on Agricultural Engineering. Beijing: China Agricultural University Press, 1999. III-30-33
- 4 白洪涛，卜云龙，周毅强，等. LW-4 型连栋节能日光温室的研究. 农业工程学报. 1998，Vol.14（增刊）：77~81
- 5 刘 杰. 新型节能连栋温室. 农村实用工程技术. 2000（12）：8