

华东型连栋塑料温室结构设计*

俞永华 崔绍荣 苗香雯 沈明卫

(浙江大学)

沈 滨

(浙江省现代农业示范园区)

摘 要 对华东型连栋塑料温室结构设计的特点进行了概括总结。该型温室与进口同类以色列温室相比,具有: 抗雪载性能好; 立柱设计合理; 整体稳定性高; 棚架强度均衡; 简化了拉索与方柱的固定结构等优点。经使用表明,该温室的结构设计符合华东地区的气候特点,适应生产要求,造价低。

关键词 连栋塑料温室 结构设计 承载能力

“华东型连栋塑料温室结构及调控设施的优化设计与实施”系国家科委设立的国家重大科技产业工程——工厂化高效农业示范工程招标项目之一。由浙江大学农业生物环境工程研究所中标,承担设计实施,该温室于1997年11月在杭州蔬菜科学研究所乔司基地建成,占地面积 3276m^2 ,每栋跨度 7m ,肩高 3m 。设施内部空间大,适于使用旋耕机等机械作业,有利于发挥高秆及蔓性蔬菜生产潜力。经一年多生产使用表明,该型温室及其调控设施结构合理,性能优良,技术经济指标达到招标的合同要求;特别在1998年1月22日杭州降大雪,日积雪量近 27cm 。雪载高达 $54\text{kg}/\text{m}^2$ 情况下,华东型温室安然无恙,一切正常。而同期引进的两种同类型以色列温室,一种系A. V. I公司生产的一万余平方米的连栋塑料温室(建在杭州下沙华农现代化农业示范园区,单位用钢量为 $7.3\text{kg}/\text{m}^2$),全部被雪压塌,作物全毁;另一种是A ZARON公司生产的连栋塑料温室(与华东型温室同建在杭州市蔬菜科学研究所乔司基地,单位用钢量为 $13.1\text{kg}/\text{m}^2$) 在雪压下,纵梁严重扭曲,轧轧作响,经捅破全部棚膜后,温室骨架才得以保住,但室内作物全部受损。

鲜明的对比,说明对华东地区使用的大型连栋塑料温室结构设计基本规律值得总结、探讨。

1 华东地区大型连栋温室强度结构设计的主要依据及其特点

华东地区的环境特点是: 夏季高温高湿多台风; 冬季温室不加热以保证较低的使用成本; 冬季多雨雪,最大积雪厚度可达 $25\sim 30\text{cm}$ 。1982年2月杭州亦曾降大雪,当时大范围内多种连栋钢管塑料大棚被压塌。

在华东型温室建成使用的一年多时间里,除经受1998年1月一场大雪的考验外,还经受住了 $72\text{km}/\text{h}$ 和 $67\text{km}/\text{h}$ 的强风袭击。它与杭州同期引进的两种以色列温室,使用对比表明,华东型温室由于屋面设计合理,采光性好;侧窗、顶窗设计合理,密封性好,通风效果好。从而,在冬季华东温室室内气温比以色列温室升温快,且保温性能好;在夏季高温、高湿情况下,华东

收稿日期: 1999-04-28

* 国家自然科学基金资助项目(59775046)

俞永华, 硕士生, 杭州市华家池 浙江大学农业生物环境工程研究所, 310029

型温室室内气温比其他温室低 1.5~ 3.0℃，且能较快散发室内积热。综合各方面性能测定表明，浙江大学农业生物环境工程研究所设计、建造的华东型连栋塑料温室适宜在华东地区应用，符合国情，具有明显的经济效益和社会效益。

下面仅就在 1998 年 1 月一场大雪下，华东型温室与两种以色列温室表现出的不同景象，从温室结构设计上进行对比分析，并提出一些值得注意和考虑的问题。

1.1 坡顶型式和坡度角应有较好的抗积雪性能

由于华东地区温室冬季不加热，因此要求对积雪载荷要有足够的支撑强度。以色列 A. V. I 公司温室采用的单坡弧面室顶(表 1)，坡顶斜率较小，且变化较缓，因而易积雪，抗雪载能力差，且载荷中心位置偏移，易引起整体失稳，导致倒塌。

华东型采用双圆弧拱顶曲线，选取优化的圆弧半径和曲率中心位置，从而使坡顶的坡度角加大，顶部积雪易于滑下，沿沟有足够的支承强度，提高了总体抗雪载能力。图 1 为华东型温室坡顶斜率变化曲线。

1.2 提高坡顶矢高比

温室跨距相同时，提高矢高比，有利于增强抗积雪的能力，表 1 列出了三种温室的矢高比。从表中可见华东型具有较大的矢高比，因而抗雪载能力强，安全可靠。

1.3 合理设计立柱断面，增强抗压稳定性

A. V. I 公司温室立柱采用圆形断面，在任何方向抗弯能力都是相同的，但对温室倒塌而言，主要是受弯矩的作用，主要在温室的纵轴和横轴线两个方向上。华东型温室立柱设计为方形断面，在两个主要方向都保持了良好的抗弯能力，因而没有发生问题。AZARON 公司温室(表 1)采用的是折边开口槽钢立柱，其抗弯能力较封闭的方形断面差，而且纵横两个方向抗弯能力不等，为补偿这一缺点，布置立柱时，应使相邻两立柱开口方向相反。

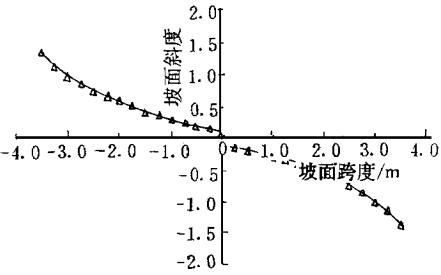


图 1 华东型温室坡顶的斜率变化曲线
ig 1 Slope curve of East-China greenhouse

表 1 三种塑料温室坡顶型式、矢高比等比较

Tab 1 Comparison with the vault shape, the ratio of L to h , etc of three kinds of greenhouses

比较因子	坡顶形式	矢高比(L/h)	立柱断面形状	立柱与地脚连接方式
AZARON 公司 温室		0.256		
A. V. I 公司 温室		0.277		
华东型 温室		0.357		

1.4 合理设计立柱与地基固定方式, 提高温室框架二次抗弯能力

温室构架的承压能力在承受垂直载荷时, 其承载能力是由各种立柱的抗压能力决定的, 但当温室框架承受侧向载荷, 或是当拱顶受不均匀载荷导致失稳产生附加的侧向载荷时, 立柱根部的抗弯能力大小便成为抗温室倒塌的重要因素。表 1 列出了三种温室立柱与地基的固定方式, 从结构示意可见, 华东型立柱底部法兰用地脚螺钉与地基基础连接, 抗弯能力好, 两种以色列温室则由上方较粗的拱杆套在埋于基础中较细的管柱上, 套管和管柱间用螺钉销接, 螺钉受剪切, 抗弯能力差。

2 各部分进行等强度设计

每一构件的承载能力是由受载荷时最薄弱的杆件所决定的, 而一组构件的承载强度又是以其最弱的构件所决定的。

由表 1 所示, A ZARON 温室两个承载立柱之间的主拱顶部采用了双圆弧拱顶曲线焊接桁架结构的拱架。每一个横向主拱架的强度大大提高, 两个主拱架之间从强度计算而言, 两主拱架足够支持计算雪载, 不需加设中间过渡拱架, 但是由于连系纵梁的抗弯强度不够, 从而使纵梁成为坡顶承载的薄弱环节, 当远没有达到设计雪载时, 由于纵梁的弯曲变形, 导致主拱架的扭曲, 温室框架轧轧作响, 行将破坏。最终是靠人力捅破温室顶部的进口薄膜, 并放弃了温室内部的作物, 才得以保全温室整体框架。超强度的横向框架, 由于纵梁的薄弱而不能发挥材料的潜力, 并由于焊接框架结构, 使制造成本大大提高。

3 简化受力的构件

作物载荷是种植温室除风载、雪载和结构本身荷载以外的又一个重要的计算载荷, 除了在强度计算时正确地确定计算工况和作物悬吊计算载荷以外, 还需充分注意结构设计问题。如作物的垂直悬吊载荷, 通过水平的拉索作用于固定在两温室端面之间的立柱时, 会对立柱产生很大的拉力。如杭州蔬菜所在华东型温室内种植的日本锦栗南瓜, 种植密度达每 667 m^2 1600 株, 爬蔓悬吊, 植株和果实重量在 22 kg/m^2 以上。以色列温室(图 2 a)中 4 根拉索 a_1, a_2, a_3, a_4 分别作用于横拉杆 B 上, 再由横拉杆传递至立柱 A , 最后由两个立柱承载。华东型温室则采用螺纹钢制作的圆弧形系杆, 直接固定在两立柱 AA 上承受拉索的拉力(图 2 b), 简化了拉索与方柱的固定结构。

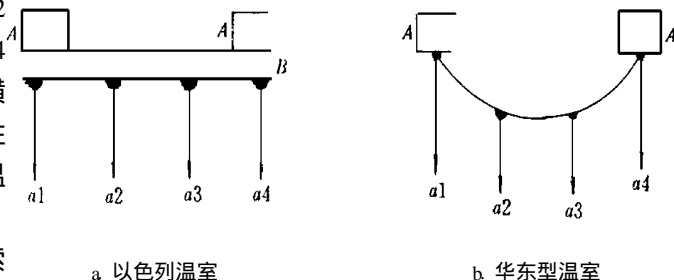


图 2 两种温室拉索的固定结构对比

Fig. 2 Comparison of the fixture between the dragging rope and pillar in the two greenhouses

4 结 论

温室结构强度设计由理论计算与结构设计组成。设计计算与使用实践证明, 正确进行温室结构设计, 在保证性能优良、用钢量少、初置成本与运行成本低的原则下, 根据安装地区的环境条件, 充分考虑各种载荷, 保证温室承载能力好、整体稳定性好, 是温室设计的最重要内容之一。

对连栋温室的拱顶结构、拱顶曲线、矢高比进行优化设计, 确定合理的拱架基部连接结构

形式, 提高温室框架的二次抗弯能力和整体稳定性, 是温室结构设计的主要内容。

参 考 文 献

- 1 美国温室制造业协会 温室设计标准 周长吉, 程勤阳译 北京: 中国农业出版社, 1998. 76p

Structure Design of East-China Type Multi-Span Plastic Greenhouse

Yu Yonghua Cui Shaorong Miao Xiangwen Shen Mingwei

Shen Bin

(Zhejiang University, Hangzhou, 310029)

(Zhejiang Modern Agricultural Demonstration Zone)

Abstract In this paper, the characteristics of structure design of East-China type plastic greenhouse were summed up. In comparison with multi-span plastic greenhouse imported from Israel, it has several advantages: 1) better ability to resist accumulated snow load; 2) more reasonable in pillar design; 3) high stability; 4) balanced in frame strength; 5) simplifying the fixture between the dragging rope and the pillar. The design was conducted in accordance with the climate feature in East-China region, and the cost was much lower.

Key words Multi-span plastic greenhouse, structure design, load capacity