




日光温室

超高效种植技术模式

RIGUANG WENSHI
CHAOGAOXIAO ZHONGZHI JISHU MOSHI

周长吉 邱仲华 等◎著



 中国农业出版社



日光温室

超高效种植技术模式

周长吉 邱仲华 等 著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

日光温室超高效种植技术模式/周长吉等著. —北京: 中国农业出版社, 2016. 7 (2016. 9 重印)
ISBN 978-7-109-21781-2

I. ①日… II. ①周… III. ①温室栽培—研究 IV.
①S62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 135186 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

责任编辑 周锦玉

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2016 年 7 月第 1 版 2016 年 9 月北京第 2 次印刷

开本: 700mm×1000mm 1/16 印张: 14.5 插页: 2

字数: 273 千字

定价: 45.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

■ 内容提要

本书在全面介绍全国及优势省份日光温室发展现状的基础上,收集整理了甘肃、陕西、宁夏、新疆和青海等西北5省份日光温室年亩(1亩 \approx 667米²)收益超过5万元的高效种植技术模式30余种,详细记录了每种技术模式种植者的信息、种植日光温室的结构和设备配置、种植品种与茬口安排、种植效益和营销模式,对每种技术模式的技术特点和推广应用区域进行了分析。书中技术模式来自生产一线,技术成熟、应用成功,对指导各地进行农业产业结构调整、农户建造合理日光温室结构和选择高效种植技术模式具有重要的参考价值。



著 者 (以姓氏笔画为序)

马彩雯 王 浩 王秀峰 王晓冬
王继涛 白义奎 汤青川 李 邵
杨振超 吴乐天 邱仲华 邹志荣
宋远佞 张 勇 张伟兵 张仲保
张真和 周长吉 俞风娟 姜黛珠
高中强 魏 珉 魏 鹏

>> 前言

PREFACE

改革开放政策给我国带来许多新事物，日光温室就是其中一项，其出现产生的震撼至今让人难以忘怀。改革开放以来，日光温室创造的经济、社会、生态效益在种植业中位居首位，为提高城乡居民生活水平和增加农民收入做出了历史性贡献，已成为我国现代农业的重要支柱和标志之一。我国的日光温室作为当今世界上最好的节能减排温室，不仅在国内具有广阔的发展前景，而且已引起国际同行的高度关注。

随着日光温室在我国北方地区的大面积推广，许多地方也遇到了新的难题，首当其冲的就是效益下滑，农民种植日光温室的积极性受到严重挫伤。目前日光温室年亩收入约2万元，比20世纪90年代日光温室年亩收入1万元仅增加约1倍，而同期日光温室年运行成本增加了近4倍，实际比较效益目前只有日光温室开始发展时期的一半左右。经济效益下滑严重不仅影响了日光温室生产者的积极性，而且闲置日光温室的现象也屡见不鲜，造成建设投资与土地资源的浪费。可以说目前日光温室发展已经到了一个十分关键的时期，为了尽快改变效益下滑的局面，日光温室生产必须找到新的发展路径，使之尽快上一个更大的台阶。

为了实现这个目标，中国科学技术协会专门立项委托甘肃省科学技术协会组织专家以西北5省份为重点区域，调研、筛选亩产值超过5万元的日光温室种植模式及其相配套的温室建筑与环境控制设备、经营管理模式，以便为今后大规模提高日光温室生产效益提供技术支持。

课题组深入甘肃、陕西、宁夏、青海和新疆5省份日光温室种植区，通过询问、实测和计算、分析等，确实找到了一批适合当地生产条件的亩产值超过5万元的日光温室超高效种植技术模式，并且其推广面积超过了0.67万多公顷，技术规范，经营模式成熟，具

有可学习、可复制、可推广的特征。这些由当地从事日光温室生产的农民与科技人员通过攻坚克难和充分发挥勤劳、智慧创造出的日光温室超高效技术模式为今后我国日光温室的持续高效发展带来了希望。

为了能尽快将这些成熟的日光温室高效技术模式推广到我国“三北”地区，使日光温室生产者早学习、早实践、早受益，进一步推进日光温室的健康、持续、稳定发展，课题组精选了其中34种模式，并将支撑这些模式的关键技术与经验汇集成本书。本书内容包括适应各地生态条件与生产要求的高效节能日光温室及配套装备、根据当地实际情况合理安排茬口和选用良种、生长采收期的高效栽培管理技术、科学有效防治连作障碍的土肥水管理与嫁接栽培相结合的综合技术、突出特色作物的功能性开发及名牌产品培育、研究开发适宜旅游休闲观光的日光温室生产新技术等。

作为对我国日光温室发展的阶段性总结，我们还约请了国内长期从事日光温室研究和技术推广的学者，就全国总体情况，以及日光温室发达地区（包括山东、辽宁）和西北5省份日光温室的总体发展情况及特色日光温室技术进行了总结，与西北日光温室超高效技术模式一起汇集在本书中，可作为今后日光温室研究的参考。

本书认真贯彻“创新、协调、绿色、开放、共享”新理念，力求理论与实践相结合，突出技术的先进性、实用性和可操作性，文字简练，通俗易懂，可供日光温室主管部门、生产者与有关科技人员借鉴，以促进日光温室可持续高效发展。本书是作者长期科研、生产与推广工作的结晶，凝聚了他们热爱日光温室产业的一片真情，期盼能成为农民朋友学习日光温室生产新模式新技术的好帮手。

由于作者水平有限，本书难免有疏漏与不当之处，敬请读者批评指正。

周长吉 邱仲华

2016年1月2日

前言

上篇 全国及重点省份日光温室发展概况

中国日光温室发展历史现状与前景	2
山东日光温室蔬菜产业发展与技术进步	15
辽宁日光温室发展与实践	22
陕西设施农业产业发展历程与成效	36
宁夏设施农业发展现状与高产范例	52
争创超高效的甘肃日光温室之梦	59
青海设施蔬菜产业发展现状	65
新疆日光温室产业发展现状与前景	81

下篇 日光温室超高效技术模式

甘肃日光温室高效技术模式	98
日光温室茄子一大茬高效种植模式	98
凉州区日光温室辣椒越冬一大茬高效栽培模式	102
日光温室火龙果高效种植模式	105
日光温室西瓜一年四茬高效种植模式	109
日光温室人参果高效种植模式	115
日光温室红提葡萄高效种植模式	119
日光温室番茄—辣椒轮作高效种植模式	123
甘州区日光温室辣椒越冬一大茬高效种植模式	127
日光温室香菇高效种植模式	131
日光温室甜瓜一年三茬高效栽培模式	134
陕西日光温室高效技术模式	138
日光温室草莓高效技术模式	138
日光温室冬春茬黄瓜高效生产模式	141
日光温室冬枣高效生产模式	144
日光温室周年番茄高效生产模式	147

日光温室番茄—黄瓜轮作高效生产模式	150
日光温室有机黄瓜套种苦瓜高效生产模式	154
日光温室茄子—大茺高效生产模式	157
日光温室樱桃高效种植模式	160
日光温室有机香瓜高效生产模式	163
宁夏日光温室高效技术模式	166
日光温室秋延后葡萄高效生产模式	166
日光温室食用菌高效生产模式	169
日光温室蔬菜育苗高效生产模式	173
日光温室甜瓜—番茄轮作高效生产模式	178
日光温室早熟毛桃高效生产模式	182
新疆日光温室高效技术模式	185
阿克苏日光温室蔬菜一年三茬栽培高效模式	185
新疆日光温室周年二茬果菜栽培高效模式	192
芹菜—辣椒/甘蓝/生菜/菜豆间套复种立体高效种植模式	196
日光温室平菇高效种植模式	200
日光温室双孢菇高效种植模式	204
青海日光温室高效技术模式	208
日光温室草莓高效种植模式	208
日光温室平菇高效种植模式	211
日光温室丝瓜高密度吊蔓栽培高效种植模式	214
塑料大棚高效技术模式	218
塑料大棚枸杞高效育苗模式	218
塑料大棚长枣高效种植模式	221

上篇

全国及重点省份 日光温室发展概况

中国日光温室发展历史现状与前景

中国的温室栽培史可追溯到2 200多年前的秦始皇统治时期。据史料（中国汉代学者卫宏所著的《诏定古文官书序》）记载，当时，秦始皇为了焚书坑儒，“密令冬种瓜于骊山坑谷中温处，瓜实成。”国外，虽然罗马人曾于公元前42年，把肥沃的土壤装入木箱，播种黄瓜，箱上覆盖滑石薄板，冬季白天移出室外阳光下，夜间搬入室内保温，黄瓜可提早结实。但是真正保护设施用于作物栽培，始建于公元1385年，法国用玻璃亭子栽培花卉。1700年，英国将玻璃亭子改建成玻璃房。美国在19世纪前建造了世界上第一座商用玻璃温室。1967年，荷兰创建了荷兰式采光温室，又称欧洲型连栋温室，并为此后世界许多国家所采用。可见，中国是古代温室园艺的发源地。

新中国成立后，迫于大宗农产品短缺的压力而实行的以统（派）购为核心的计划经济体制，设施园艺的发展受到制约。改革开放后，农产品统（派）购制度被取消，为设施园艺的发展注入了生机和活力，设施园艺产业进入高速发展时期。

一、历史沿革

据文献考证，早在20世纪30年代，地处北纬 41° 的我国鞍山旧堡区域昂堡村一带就开始利用日光温室生产蔬菜，其结构形式为一坡一立式，前立窗高0.6米，坡面采光角 $18^{\circ}\sim 20^{\circ}$ ，北侧设立风障，前屋面夜间盖草帘保温（图1）。这种温室冬春季节可生产耐寒叶菜，2月下旬以后可定植黄瓜，到3月下旬上

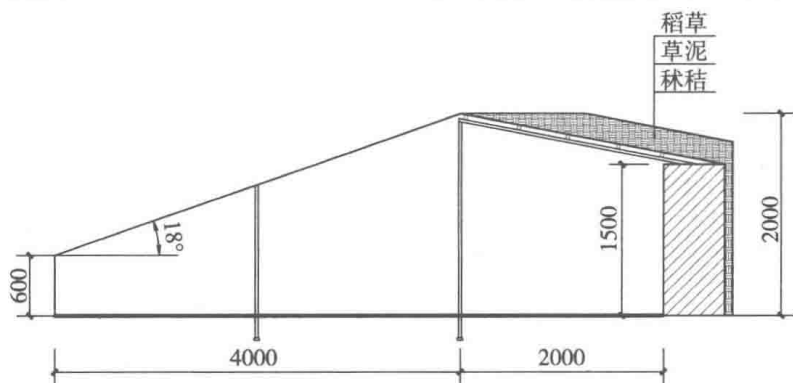


图1 一坡一立式鞍山日光温室（单位：毫米）

市。50年代，鞍山对日光温室的结构做了三项改进：①取消前立窗，将屋面角度提高到 30° （鞍山冬至日正午太阳高度角为 25.5° ），冬至正午时，阳光可与坡面形成 55.5° 交角，增加了透光量。②后墙高度降到 $0.7\sim 0.8$ 米，使后屋面仰角达到 26° 以上，保证冬至前后阳光能直射后屋面和后墙。③增加了前防寒沟和纸被覆盖的层数（图2），显著提高了温室的采光和蓄热保温效果，果菜类的提早延晚使生产期进一步延长。1963年以后，随着我国农用塑料薄膜的国产化，塑料薄膜开始取代玻璃成为透光覆盖材料，于是简便易建、造价低廉的塑料薄膜日光温室应运而生（图3）。

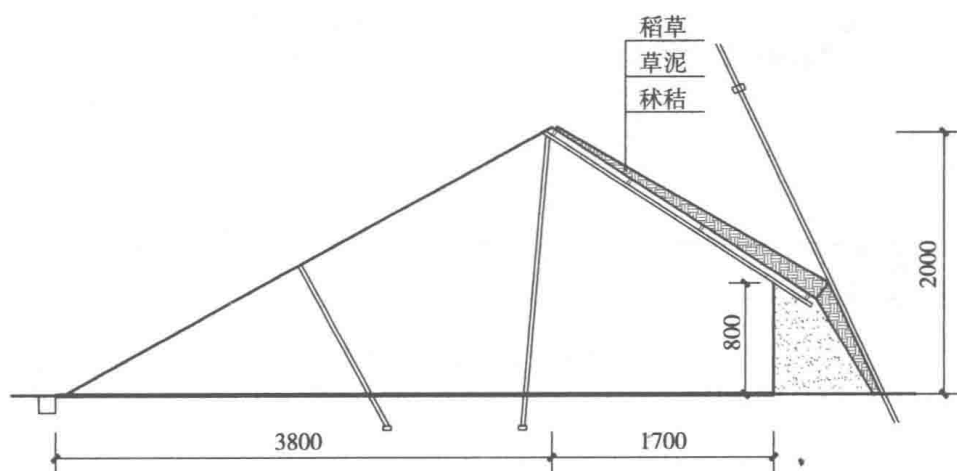


图2 一面坡式鞍山日光温室（单位：毫米）

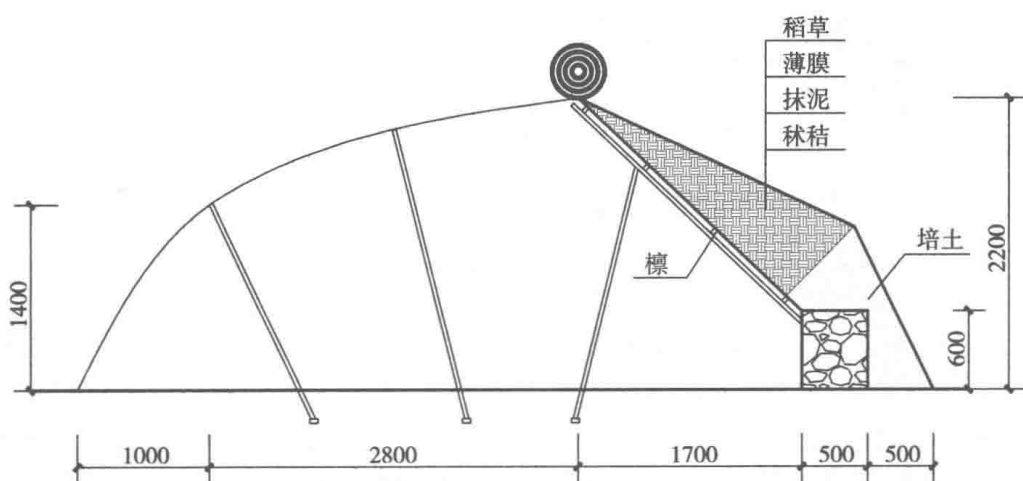


图3 鞍I型日光温室（单位：毫米）

二、创新发展

20世纪80年代初期，辽南地区率先突破了“以粮为纲”的束缚，利用农

区冬半年闲置的耕地，搭建塑料日光温室种植蔬菜，收到了稳粮增菜增收和改善蔬菜市场供应等一举多得的效果，并在鞍山日光温室的基础上，继续改进采光和蓄热保温技术，形成了感王式和琴弦式两种有代表性的塑料日光温室构型（图4和图5），且在1985—1986年取得了历史性突破。海城和瓦房店等地在-20℃的严寒条件下，日光温室黄瓜完全不加温，实现了安全越冬生产。

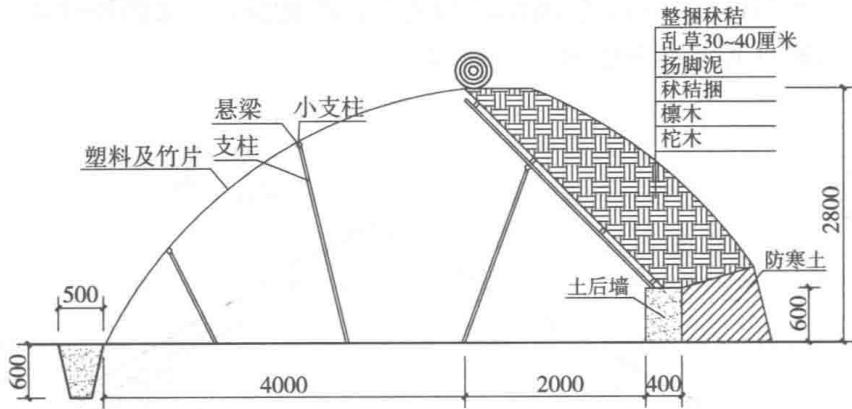


图4 感王式塑料日光温室（单位：毫米）

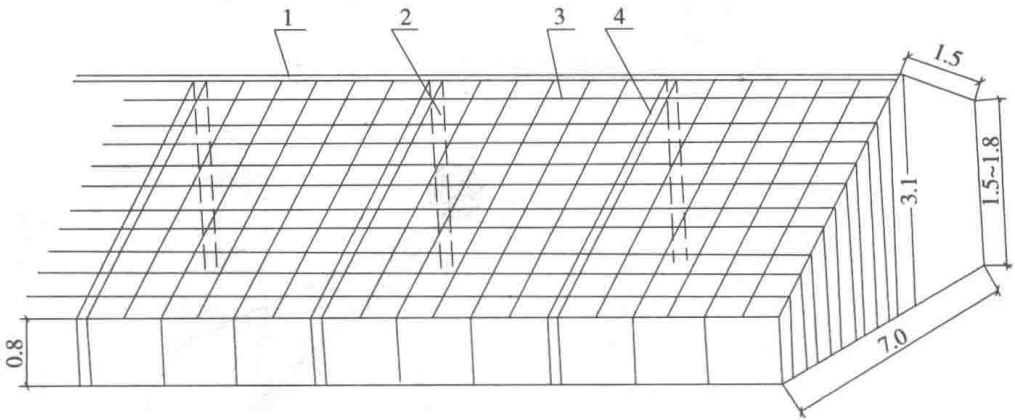


图5 悬索结构日光温室（单位：米）

1. 竹竿骨架 2. 中柱 3. 8号铁丝 4. 钢管桁架

为了总结推广辽宁的经验，有效解决我国北方冬鲜菜供应问题和增加农民收入，全国农业技术推广总站（现为全国农业技术推广服务中心），于1987—1989年在“三北”及黄淮地区开展试验示范工作并取得了初步成功。时任国务院副总理的田纪云同志，在新华通讯社为此刊发的国内动态清样上批示，要求结合菜篮子工程的实施逐步示范推广日光温室高效节能栽培技术。1990年，全国农业技术推广总站正式立项，在北京、天津、河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、陕西、甘肃、宁夏、河南、山东、江苏等14个省（自治

区、直辖市)组织开发推广,并成立了“日光温室高效节能蔬菜栽培技术开发协作网”(以下简称“协作网”)。

在开发推广初期,各地根据辽南的经验,按照合理采光原理(冬至太阳高度角与采光屋面角之和不小于 50°)设计建造的日光温室,在冬春日照百分率高、极端最低温度在 -25°C 以上且基本无持续阴雨(雪、雾)天气的“三北”地区,温室效应很好,进行喜温蔬菜越冬不加温生产的成功率很高。但在日照百分率较低且冬春持续阴雨(雪、雾)天气较多的黄淮地区,则温室效应差,进行喜温蔬菜越冬不加温生产的成功率低;而将在地处北纬 $40^\circ\sim 41^\circ$ 的“辽南”地区适宜的日光温室照搬到北纬 $33^\circ\sim 36^\circ$ 的黄淮地区,则温室效应良好,进行喜温蔬菜越冬不加温生产的成功率也很高。这表明适当加大日光温室的采光屋面角,可提升其温室效应。

根据上述情况,以及太阳高度角的日变化规律和年变化规律,全国农业技术推广总站的项目主持人张真和同志与“协作网”专家组商讨后提出了新的日光温室采光设计原理——合理采光时段原理,并建立了数学模型:

$$\begin{aligned}\sin\alpha &= \sin\alpha_{10} / \cos\theta_{10} \\ \alpha_{10} &= 50^\circ - h_{10} \\ \sin h_{10} &= \sin\Phi \sin\delta + \cos\Phi \cos\delta \cos\omega_{10}\end{aligned}$$

式中: θ_{10} ——当地时间上午10时太阳方位角,为便于计算可用 30° 代替;

ω ——当地时间上午10时太阳时角;

h_{10} ——当地时间上午10时的太阳高度角;

Φ ——当地地理纬度;

δ ——赤纬,冬至日为 -23.45° ;

α ——日光温室合理采光时段屋面角。

同时,为了提升日光温室的蓄热保温能力,根据协作网的研发成果,还提出了新的日光温室保温设计原理——异质复合蓄热保温体原理,就是通过选用不同的建筑材料,将日光温室的墙体和后屋面建成异质复合蓄热保温墙体,即内墙和后屋面底层选用密度高热容量大的建材,使其成为白天蓄热、夜间放热的载热体;外墙和后屋面上层选用密度低导热系数小的建材,使其成为绝热体。

基于上述对日光温室采光和保温技术理论的创新,“协作网”把各地学习辽南经验,按照合理采光原理设计建造的简易日光温室定为第一代日光温室,并依据合理采光时段原理和异质复合蓄热保温体原理,通过验证试验,提出了第二代日光温室采光和保温设计参数(表1和表2),指导各地优化提升日光温室的结构性能。实践证明,与第一代日光温室相比,第二代日光温室的室内外最低温差可加大 5°C 以上,越冬生产安全性显著提高。

表1 合理采光屋面角与合理采光时段屋面角比较*

北纬	冬至正午太阳 高度角 (H_0)	冬至10时太阳 高度角 (h_{10})	合理采光 屋面角 (α_0)	合理采光时段 屋面角 (α)	合理采光时段 屋面角与合理 采光屋面角之差
33°	33.5°	26.67°	16.5°	27.21°	10.71°
34°	32.5°	25.81°	17.5°	28.24°	10.74°
35°	31.5°	24.95°	18.5°	29.27°	10.77°
36°	30.5°	24.09°	19.5°	30.30°	10.80°
37°	29.5°	23.22°	20.5°	31.35°	10.85°
38°	28.5°	22.35°	21.5°	32.40°	10.90°
39°	27.5°	21.49°	22.5°	33.45°	10.95°
40°	26.5°	20.61°	23.5°	34.52°	11.02°
41°	25.5°	19.74°	24.5°	35.58°	11.08°
42°	24.5°	18.87°	25.5°	36.65°	11.15°
43°	23.5°	17.99°	26.5°	37.74°	11.24°

* 在计算表1中的合理采光时段原理时,冬至的太阳方位统一采用太阳方位角计算结果,即30°。

表2 第二代日光温室结构参数

北纬	合理采光 时段屋面角	跨度 (米)	后屋面 正投影宽度 (米)	脊高 (米)	长度 (米)	墙体做法
33°	27.21°	7.0	1.0	3.0~3.5	50~60	①土墙:内侧为 ≥ 1 米厚的干打垒或草泥垛成的高强度墙体,外侧培土,培土厚度 \geq 当地冻土层; ②优质复合墙体:内侧为24~50厘米厚的黏土砖或毛石砌墙,外侧为12~24厘米厚的空心砖墙,中间填充10~20厘米厚的膨胀珍珠岩或过筛炉渣等
34°	28.24°	7.0	1.0	3.2~3.7	50~60	
35°	29.27°	7.0	1.0	3.4~3.9	50~60	
36°	30.30°	6.5	1.2	3.1~3.6	50~60	
37°	31.35°	6.5	1.2	3.2~3.7	50~60	
38°	32.40°	6.5	1.2	3.4~3.9	50~60	
39°	33.45°	6.5	1.2	3.5~4.0	50~60	
40°	34.51°	6.0	1.4	3.2~3.7	50~60	
41°	35.58°	6.0	1.4	3.3~3.8	50~60	
42°	36.65°	6.0	1.5	3.4~3.9	50~60	
43°	37.74°	6.0	1.5	3.5~4.0	50~60	

三、重大贡献

日光温室的构型为中国独创,日光温室的节能技术世界领先,日光温室生产的碳排放几乎为零,其重大贡献主要体现在以下三个方面。

（一）实现了温室节能减排最大化

与常规连栋温室和塑料大棚相比，第二代日光温室采用东西延长的方位、合理采光时段屋面角和异质复合蓄热保温体的设计建造技术，可以最大限度地利用冬季的太阳辐射能，在日照百分率 $\geq 50\%$ 、五年一遇极端最低气温高于 -25°C 的地区，常年不用加温即可进行喜温园艺作物安全越冬生产。据农业部统计，2014年全国日光温室已突破100.67万公顷，其中能进行喜温园艺作物越冬生产的面积超过84万公顷，每公顷可比传统加温温室节约标准煤375吨，2014年冬季至2015年春季可节约标准煤约3.2亿吨，相当于少排放二氧化碳8.3亿多吨、二氧化硫269万多吨、氮氧化物234万多吨。如果与欧美的现代化温室加温生产相比，其节能减排的贡献额还可增加3倍以上。所以，我国作为温室生产大国，通过创新发展日光温室生产，为节能减排做出了巨大贡献。

（二）提高了蔬菜市场供应均衡度

据全国农业技术推广服务中心统计分析，2014年全国有96.67多万公顷日光温室用于蔬菜生产（其中不用加温即可进行喜温蔬菜越冬生产的面积约80万公顷），可生产蔬菜1.45亿吨，占设施蔬菜生产总量的51.8%，人均106.2千克。一般认为，淡旺季价格波动幅度不大于1倍，作为蔬菜市场供应均衡度较好的指标。2014—2015年，全国36种蔬菜淡旺季月均批发价的波动幅度仅为0.58~0.71倍，可见蔬菜市场供应的均衡度已经很高了，这其中日光温室蔬菜生产的发展起到了不可替代的作用。

（三）促进了农民增收与社会和谐

据不完全统计，全国大约有700多万农户1400多万劳动力从事日光温室园艺生产，户均实现纯收入4万元以上，不仅解决了这些农户的就业和增收问题，而且有效缓解了过去因冬季赌博造成的家庭暴力、邻里不和等社会问题。

四、研发成果

20世纪80年代以来，全国各地日光温室园艺技术的研发工作取得了丰硕的成果，其中以日光温室节能技术为核心的重大综合性研发成果有三项，分别是全国农业技术推广服务中心等单位主持完成的“日光温室蔬菜高效节能栽培技术开发”、山东省农业科学院蔬菜研究所等单位主持完成的“新型日光温室蔬菜系统技术工程研究与开发”和沈阳农业大学等单位主持完成的“工厂化农业（园艺）关键技术研究及示范”，均荣获了国家科技进步二等奖。各地设施园艺科技工作者，在日光温室结构性能优化方面，开展了大量富有成效的研发

工作，取得了一些有价值的应用成果。现简要推介如下。

（一）阴阳型日光温室

在常规日光温室的北墙外增加一个朝北的采光屋面，两采光屋面共用一道支撑墙体，形成阴阳型日光温室（图6），采光屋面朝南的为阳面温室（俗称“阳棚”），采光屋面朝北的为阴面温室（俗称“阴棚”）。这种阴阳型结构的日光温室，不仅可以利用日光温室群内闲置的间距空地利用起来，而且还能显著提升日光温室的整体蓄热保温性能。其阳面温室与常规日光温室一样种植喜温蔬菜，阴面温室最佳的利用方式是栽培食用菌，也可种植喜冷凉的蔬菜，可以使日光温室群的土地有效利用率提高到60%~70%。阴阳型日光温室在设计与建造上，要特别注意预防屋顶聚集雨雪。

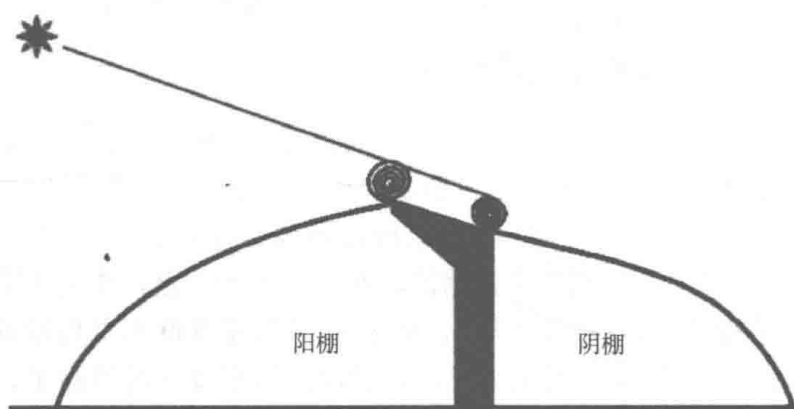


图6 阴阳型日光温室

（二）可变采光屋面角日光温室

这种日光温室设计的精巧之处在于日光温室的主体结构按照合理采光原理设计，但将主采光屋面倾角设计为可变的，当天气晴好时将其主采光屋面顶部抬升，使其达到合理采光时段原理所要求的屋面倾角；而夜间和阴雨雪雾霾天气，则将其恢复到合理采光屋面倾角状态（图7）。这样，晴好天气可以实现最佳采光蓄热；夜间和阴雨雪雾霾天气可以缩小散热面积，减少热量损失。

（三）热交换蓄热北墙

通常情况下，日光温室墙体的有效传导蓄放热层厚度仅为20~30厘米。将日光温室北墙建成热交换蓄热保温体，其结构设计是：内外墙均为370毫米厚砖墙，在外墙南侧设置120毫米厚的聚苯板作为隔热保温层，内外墙之间填充50厘米厚的素土，并在素土填充体的中部和上部各设置一条通风道，采用风机强制送抽风，使北墙内部预设的通风道与日光温室内形成循环气流。白天