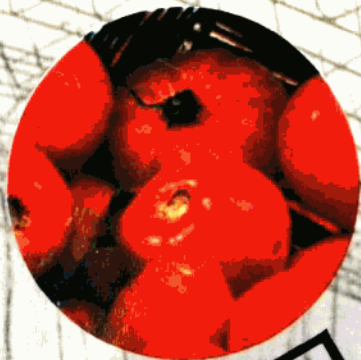


中国农业出版社

节能温室 日光蔬菜栽培指南

凌志杰 田与光 于爱民 主编



主 编 凌志杰 田与光 于爱民

主 审 余 坤 刘贺昌

编 者 (按姓氏笔划为序)

于爱民 田与光 余 坤 李义林

张 琦 张印茹 凌志杰 魏小晨

前 言

节能日光温室是80年代中后期在加温温室基础上发展起来的一种新型蔬菜保护栽培设施。它具有采光性能好、保温性强的优点，能充分利用北方冬季日光资源，在不加温的前提下，完全采用人工设施进行深冬季节蔬菜生产。这一技术的产生和发展，大大缓解了北方深冬季蔬菜，尤其是新鲜果蔬供求矛盾突出的问题，是我国蔬菜生产的重大技术变革。目前，节能日光温室蔬菜生产已成为北方农村发展两高一优农业，振兴农村经济的突破口。它不仅是我国传统农业向现代化农业转变的标志，而且将会促进社会农产品的极大丰富和加工、运输、市场和服务等后续环节的迅速发展，进而促进农村经济思想观念的深刻变革，但随着温室面积的逐年成倍增长，随之而来的就是技术普及问题。广大农技推广人员和菜农迫切需要关于节能日光温室蔬菜栽培方面的技术书籍，为此我们借鉴吸收国内外有关的新技术、新成果、新经验，总结自己多年来从事保护地蔬菜，尤其是近年来从事节能日光温室蔬菜开发、研究、推广方面的经验教训编写了此书，以供农业院校师生、农业技术员、菜农等参阅，并可作为农职中及农村初中“三加一”技术培训教材。

本书立足京、津、冀等地生产实际，面向基层，编写中强调理论联系实际的原则，力求内容的科学性、系统性、先

进性、实用性的统一，努力做到条理清楚、编排合理、语言通俗易懂、图文并茂，注意吸收新技术，做到先进、可靠、准确、有效。全书共分七章，包括节能日光温室设计、结构类型与建造、节能日光温室黄瓜、西葫芦、西瓜、甜瓜、番茄、青椒、茄子、香椿、草莓等栽培技术，节能日光温室周年栽培利用，温室蔬菜病虫害防治等内容。

由于水平有限，时间仓促，难免有不妥之处，敬请批评指正。

编 者

1994 年 5 月

目 录

第一章 节能日光温室的设计、主要结构类型及建造	1
第一节 节能日光温室的采光设计	1
第二节 节能日光温室的保温原理及设计	6
第三节 节能日光温室的规格参数	10
第四节 节能日光温室主要结构类型和性能特点	13
第五节 节能日光温室的建造	17
第二章 节能日光温室瓜类蔬菜栽培	26
第一节 节能日光温室黄瓜栽培	26
第二节 节能日光温室西葫芦栽培	44
第三节 节能日光温室西瓜栽培	52
第四节 节能日光温室厚皮甜瓜栽培	60
第三章 节能日光温室茄果类蔬菜栽培	68
第一节 节能日光温室番茄栽培	68
第二节 节能日光温室茄子栽培	93
第三节 节能日光温室辣椒栽培	107
第四章 节能日光温室香椿栽培	122
第五章 节能日光温室草莓栽培	128
第六章 节能日光温室的周年利用	132
第七章 节能日光温室蔬菜病虫害	138
第一节 温室常用农药	138
第二节 温室蔬菜主要病害	142
第三节 温室蔬菜主要虫害	169

附录一	植物生长调节剂在蔬菜上应用实例	172
附录二	蔬菜种子的绝对重量、每克粒数、需种量、寿命和使用年限参考表	179

第一章 节能日光温室的设计、主要结构类型及建造

在我国的北方，冬季日照时数短，光照强度弱，天气十分寒冷，要跨越严寒的冬季，在不加温条件下进行喜温蔬菜的生产，必须具备增温保温采光性能优良的保护地设施，即结构合理的日光温室，才能使栽培获得成功。节能日光温室则具有采光性好、保温性强的优点，能充分利用北方冬季日光资源，在不加温前提下，完全采用人工设施进行深冬喜温蔬菜的生产。

第一节 节能日光温室的采光设计

一、光照与蔬菜生产

光照在绿色植物的生长发育中，起着极其重要的作用，只有保证足够的光照条件，叶绿素才能把二氧化碳和水合成碳水化合物，从而使植物生长发育形成产量。同时阳光又是不加温日光温室唯一的增温条件。因此，温室光照条件的好坏，决定着温室蔬菜栽培的成功与否。光照条件包括光照时数、光照强度、光照质量、光照分布等几方面内容，在蔬菜生产中最主要的是光照强度和光照质量。光照强度的高低直接影响着植株的生长、花芽的形成、座果率和产量的高低，光照质量则与果实的品质、色泽及产量有着重要关系。因此，在温

室采光设计时，必须保证有足够的光线射入温室。

节能日光温室一般都是用于冬季生产。冬季光照时间短，日照强度弱，为满足生产要求，则必须保证温室最大程度获得光源，而温室内光照强度的强弱，取决于季节、天气、地理位置和温室结构等多方面原因。诸多因素之中，唯有温室结构能够被我们人为所控制，不同温室采光性能不同。因此温室采光设计时，必须考虑以下几点：

1. 温室的方位与采光 节能日光温室的方位，必须座北朝南，东西延长，这样才能保证在冬季有足够的光线射入温室内。实际生产中，有的认为方位以正南偏东为好，有的则认为正南偏西些为好。偏东可以早见光，上午升温快，但冬季非常寒冷，节能日光温室在北方冬季不加温条件下，不能过早地揭开草帘，否则会使温度下降和使温室产生大量的雾气，影响增温、透光，还易加重病害发生。从冬季温度变化看，在一天中的上午和下午，太阳高度角相同的两个时刻，往往下午某时刻的外界气温较高，所以温室方位适当偏西，可以延长午后光照时间，有利于夜间保温，增加前半夜温度，有利于植物的生长。据调查，节能日光温室在冬季生产时，以东西走向、座北朝南、方位正南至正南偏西 8° 之间为宜。

2. 温室的透明面、角度与采光 日光温室具备两个屋面，一个前屋面和一个后屋面。后屋面用于保温和放置覆盖物，而前屋面为透明面，用于采光。太阳光照射到温室的透明面后，并不是全部透入温室内部，而是一部分透入温室内部，一部分被透明面反射到外界空间，一部分被透明面吸收。在温室的设计过程中我们只有增加透光量，减少反射光量和吸收光量，才能保证有较多光量透入温室。

前屋面对光线的吸收量大小，与透明覆盖物种类和前屋

面骨架粗细有关系。对于某一种透明覆盖物，它对光线的吸收量是一定的，那么前屋面对光的吸收量，主要取决于前屋面骨架的粗细。因此在温室的设计中，在考虑能充分承重的前提下，应最大限度地减小骨架的粗度和增大骨架间距。

前屋面对光线的反射光量是影响光线透入温室的最主要的因素，是建造温室最应考虑的一个问题。在温室的设计中，只有最大限度地减小反射光量才能保证有大量的光线透入温室。而反射光量的大小与透明面的倾角和太阳高度角有着重要联系，见图 1-1，随着透明面倾角的增大，透射入温室内的

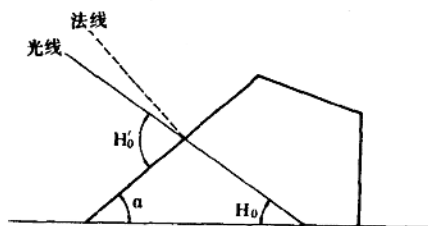


图 1-1 光线投射角、太阳高度角与屋面角 (α) 的关系

光量相应增加。当透明面与太阳光线呈直角时（即光线与棚面的夹角为 90° ），透射光量达到最大。但要建造一座冬至日中午太阳光线与棚面呈直角的“理想采光”温室是不可能的，也是不科学的。因为，在我国高纬度的北方地区，要想使冬至日中午光线与棚面呈直角，棚面的倾角必须很大，要达到 60° — 70° ，实际上具有这样采光角的一座温室必然是中脊高、栽培面积小、透明面陡立、后墙高、保温差的畸形温室。据光线反射原理，光线投射角从 90° 降至 50° 时，透过透明面的光量下降不明显。因此，设计温室采光屋面时，只要使冬至

时中午太阳光线与棚面的夹角大于或等于 50° ，便能达到合理采光要求。那么一地区合理的采光角应为当地纬度减去冬至日太阳赤纬 (-23.5°) 再减去 40° 。如北纬 40° 地区，合理的透明面角度为 23.5° ，即在北纬 40° 地区的温室合理采光角最少应达到 23.5° ，如果设计温室为拱圆型，北纬 40° 地区其高跨比最少应达到 $1:2.2-2.3$ 。同样方法可以计算出其它纬度地区的合理采光角及高跨比。不同纬度地区合理采光角及高跨比见表 1-1。

表 1-1 不同纬度地区合理屋面角和拱圆型温室最佳高跨比

北纬 (度)	合理采光屋面角 (度)	高度与跨度比
36	18.5	$1:2.8-3.0$
37	19.5	$1:2.7-2.8$
38	21.5	$1:2.4-2.5$
39	22.5	$1:2.3-2.4$
40	23.5	$1:2.2-2.3$
41	24.5	$1:2.1-2.2$
42	25.5	$1:2.0-2.1$
43	26.5	$1:1.9-2.0$

实际上，在冬至时上、下午的太阳高度角要小于中午太阳高度角，因此在建造温室时往往在合理采光角的基础上加上 $6^\circ-7^\circ$ ，这样才能保证冬至前后上下午合理采光。

3. 温室透明面的形状 北方节能日光温室透明面的形状大体有拱圆型、一斜一立式两种形式。根据生产实际看，拱圆型效果较好，特别是在冬季太阳高度角较小的情况下，由于拱圆的前半部陡度大，透入温室内的光量大，在光照强度大、太阳高度角较大的春秋季节，中后部又能很好地透过大量

的光线，即这种形状能够适应太阳高度角的变化，各个季节都能保持较好的透光量。而一斜一立温室的透光则不具备这一特点，因此，拱圆型温室的采光性能优于一斜一立温室采光性。

4. 前后坡的比例 在采光设计中前后坡的比例也很重要，透明面投影在温室跨度中所占比例关系着采光性能的好坏。一般来讲，透明面投影在温室跨度中所占的比例越大，透光性越好。但冬季透明面又是夜间散热的主要部位，透明面过大，保温性要随之下降。进行冬春季生产，必须考虑温室的保温性能，保证作物生育温度要求。根据各地的经验，跨度在6—7米之间的温室透明面投影与温室跨度的比例在1:1.15—1.22之间较为合适，这样既能保证有足够的透光面积，又具有良好的保温性。

5. 塑料薄膜与采光 目前生产中应用于日光温室生产的有两种薄膜：一种是聚氯乙烯为原料制成的聚氯乙烯无滴膜（PVC），厚度在0.08—0.13毫米之间；另一种是以聚乙烯为原料制成的聚乙烯无滴膜（PE），厚度在0.08—0.10毫米之间。两种膜对各种波长的光的透过率表现不同。对于可见光，新的干净的聚氯乙烯无滴膜的透过率明显好于聚乙烯薄膜。而对于土壤向外传热的长波辐射，聚氯乙烯膜的透过率明显低于聚乙烯薄膜，所以，聚氯乙烯膜比聚乙烯膜的保温性较强。两种薄膜对不同波长光的透性见表1-2。但是聚氯乙烯无滴膜与聚乙烯膜相比，容易吸尘，导致薄膜表面污染，使透光率下降，因此聚氯乙烯膜要想保持较好的透光性，必须经常清扫。从无滴性看，聚氯乙烯膜无滴性能好，保持稳定，而聚乙烯无滴膜无滴性、稳定性相对聚氯乙烯差一些。因此生产中多采用聚氯乙烯无滴膜进行覆盖。

表 1-2 两种塑料薄膜透光率的比较

项 目	波长 (μm)	聚氯乙烯膜 (0.1mm 厚)	聚乙烯膜 (0.1mm 厚)
紫 外 光	0.28	0	55
	0.30	20	60
	0.32	25	63
	0.35	78	66
可 见 光	0.45	86	71
	0.55	87	77
	0.65	88	80
红 外 光	1.0	93	88
	1.5	94	91
	2.0	93	90
	5.0	72	85
	9.0	40	84

6. 温室的长度与采光 一座温室必须具备合适的长度, 才能达到良好的采光, 一般讲温室两侧山墙影响温室两端采光。如果温室太短, 两侧山墙遮光区在温室中所占比例大, 影响增温保温和温室两侧作物受光, 从而影响生产及产量, 如果温室过长, 又会给农事作业、管理运输带来不便, 因此温室的长度最好是在 50—70 米之间。

第二节 节能日光温室的保温原理及设计

一、节能日光温室的保温原理

用于深冬早春季节生产的节能日光温室, 保温是关键, 日

光温室内的热量来自于太阳光辐射。白天，阳光透过温室，照射在土壤、墙体上，使空气、土壤、墙体和骨架升温，并储蓄热量。夜间主要有三方面热量支出，通过温室的维护面（包括墙体、薄膜、后坡、覆盖物），以辐射、对流、传导的形式向外散热，即称贯流放热；通过薄膜上孔洞、缝隙、门等向外放热称缝隙放热；通过温室土壤向温室外界传导热量称地中放热。其中少部分被作物吸收利用转变为化学能供植物生长和形成产量。由于冬季温室的内外温差大，热量散失快，所以必须设计较好的保温结构，才能达到减少放热、增加蓄热保温的目的，为冬季生产创造条件。

二、保温设计

温室热量散失有贯流放热、缝隙放热、地中放热三种主要形式，节能日光温室的保温设计就是要设计减少这三种放热的合理的温室结构。

1. 温室的墙体保温设计 温室的墙体主要包括后墙及两侧山墙。在寒冷的冬季，墙体是受寒风侵袭的主要部位，也是温室保温蓄热的主体。墙体的保温性能好坏是温室保温性能好坏的关键。实践表明，用于冬季生产温室的墙体厚度都在 80 厘米以上，高在 150—180 厘米，多砌成复合墙体。温室的墙一般由砖、石、土等建筑材料堆砌成。土、砖的导热性比石头差，所以土墙、砖墙比石墙保温性好，而石头蓄热性好，所以石墙白天蓄热多，夜晚向温室内放热多，有利于提高夜温。生产中要根据本地实际设计保温性良好的墙体。常见的墙体，一是 74 厘米空心砖墙，即 4 个 12 厘米砖墙分别中空 6、14、6 厘米，构成三空心墙体，总宽度 74 厘米。为防止墙体透风散热，增强蓄热能力，要把外层 6 厘米空心、中

间 14 厘米空心填上炉灰，这种墙体可以不向墙外培土防寒，因此在土壤偏砂、堆土困难地区及取土不便的城郊采用较好。二是土墙，在土壤可塑性较好的地区可采用土墙。土墙具有经济实用、保温性能良好、建造容易的特点。一般用草坯砌成，也可以用草泥堆成或木板打成，但厚度应在 1 米以上。三是 37 厘米空心砖墙或 50 厘米厚的石墙，墙外面再培土 50—100 厘米厚，也可起到同样的保温作用。但这种方法在土壤偏砂地区不宜采用，否则，堆土对墙体造成过大压力，致使墙体遭到破坏。总之，要立足本地实际，本着经济实用的原则，建造符合保温要求的墙体。

2. 温室后屋面（后坡）的角度、长度、厚度与保温 温室的后坡，起着蓄热保温作用，后坡设计时要从保温蓄热和承重两个方面来考虑。后坡的蓄热好坏与后坡厚度及仰角有着十分重要的关系。后坡仰角必须保证大于当地冬至日中午太阳高度角加 12° 。北方寒冷地区后坡仰角一般在 35° — 42° 之间，这样可以保证在寒冷的 12 月、1 月、2 月份阳光能照射到后坡上，有利于温室后坡白天积蓄较多热量。后坡的长度一般因温室的跨度、脊高和仰角大小而有所不同，一般应在 130—160 厘米之间，后坡的投影在 80—140 厘米之间，设计时要根据不同的结构设计不同的后坡长度。对于无柱结构温室投影长度应适当短一些，在 85—90 厘米之间较合适。对于拱圆形，琴弦微拱，有柱温室后坡可长一些。后坡投影与跨度的比例应保证在 1:6—7 之间。在北纬 40° 以上的高纬地区，后坡投影宜长些，在 120—140 厘米之间；北纬 40° 以南地区可适当缩短一些，在 85—120 厘米之间。后坡厚度靠近脊点处较薄，远离脊点处较厚，后坡厚度不应低于 30 厘米，后坡的结构应采用异质复合结构，才能达到保温目的。为了

增强后坡的永久性，避免年年拆装，可以在抹完房箔泥后，充填炉灰，然后再在上面抹一层草泥，覆上一层薄膜防雨，上面再抹一层泥，防止薄膜的损坏。也可以使用玉米秸、芦苇做房箔，上面抹一层草泥再铺地膜，然后铺上 30 厘米的草末或杂草，踩紧后，放置一层玉米秸或高粱秸，上面再盖一层土，以达到防火和便于操作的目的。

3. 防寒沟 为防止室内土壤向温室四周传导热量，提高温室前脚温度，减少土壤横向传热，要在温室前底角及两山墙外侧挖设深 50 厘米，宽 40 厘米的防寒沟，沟内填充干草、树叶、草末、马粪等，要注意填充的物质要干才能起到防寒作用。为防止雪水融化流进防寒沟，防寒沟周围水分使防寒物变湿，防寒效果降低，可以用地膜铺在沟底部及两侧，把防寒物与土壤隔离，上盖一层新地膜，再盖干土。

4. 透明面多层覆盖 透明面白天透光，使温室增温，而夜晚则是散失热量的主要部位，所以在夜晚必须对透明面进行多层覆盖，尽可能减少热量散失。一般应采用双层蒲草苫，每层苫厚 4 厘米，在寒冷的 12 月中旬至 2 月上旬，在两层草帘中间夹一层聚乙烯薄膜，可有效地减少热量散失，能保证在外界温度达 -20°C 的月份清晨室内最低温度仍保持在 8°C 以上。这种方法比采用纸被防寒保温效果无明显差异，且其操作方便，经济适用，不怕雨雪。

5. 温室的门及塑料薄膜接合部位设计 温室的门要建在山墙一侧，要设立高门坎和缓冲间，温室的门不能与缓冲间门相对，门高度不超过 150 厘米高，宽在 60—70 厘米之间，最好门的内外安装两块门板，或墙外面安装门板，里面挂上门帘。根据各地经验，在门里再用塑料薄膜围成一个小的缓冲间，对阻止寒风侵入有很大的缓冲效果。

由于不同结构日光温室，薄膜的固定方式不同，形成的薄膜孔隙大小及缝隙放热量不同，为了便于放风，一般日光温室的薄膜要设置两块或三块进行覆盖，相邻的两块薄膜要重叠 20—30 厘米，以减少缝隙放热。放风时扒开一条缝隙进行温室内外气体交换，不放风时拉严。拱圆形温室，采用压膜线固定薄膜，薄膜绷得紧，风天不会被吹动，翘开风口，所以风口处缝隙放热较少，琴弦式日光温室采用竹杆压在薄膜上，再用铁丝穿透薄膜固定在骨架上，薄膜的绷紧度差，在风力作用下，铁丝穿孔会越来越大，风口也易被风吹开翘起，所以缝隙放热量明显高于拱圆式温室。薄膜与温室前脚地面及后坡坡顶交接部分薄膜埋土长度不应少于 15—20 厘米，以减少缝隙放热。有的温室的顶部隔一段距离挖一个直径 20 厘米左右的通风孔，在孔上粘上相应粗度象袖子一样的长 40—50 厘米的薄膜筒。放风时支起筒子，闭风时放下叠合，这种方法放风量小，操作也不方便，风大时风筒容易被吹开造成缝隙放热，因此这种方法生产上较少应用。

第三节 节能日光温室的规格参数

节能日光温室主要规格参数有温室跨度、高度、长度、后墙高度、后坡仰角、采光角、墙体厚度等。

一、跨 度

日光温室的跨度，决定着温室栽培面积的大小，施工覆盖及操作的难易。温室的跨度一般都在 6—7 米之间。这样的跨度，在保证达到合理采光的前提下，能够有较适合的脊高、后坡角度和后墙高度，及较适宜的栽培空间。如果跨度小，栽

培面积相应变小，生产操作很不方便；如果跨度过大，要想达到合理的采光角及采光量，必然要提高脊高及后墙高度，一方面给防寒保温带来困难，另一方面给施工带来困难，高、跨度的增加，必然要求骨架强度的增加，强度增加就要增加骨架的粗度，致使温室造价也会相应提高很多。因此，应根据本地所处地理位置选用合适的跨度，一般低纬地区（38°以南）采用7米跨度较合适，38°以北采用6—6.5米跨度较合适。

二、高 度

温室的高度指温室的脊距地面的高度，在跨度确定的情况下，不同的地理位置可以根据采光的要求，调整确定温室的高度，以达到采光的合理要求，6—7米跨度的温室高度在北纬40°地区在2.6—3.0米之间较为合适。

三、温室长度

温室长度一般在50—70米较合适，如果过长必然给上膜、田间作业、管理、产品运输带来方便，如果长度过短，单位面积造价相应提高，同时两侧山墙遮阴，弱光区在温室中占的比例大，影响产量。温室最短应大于30米。

四、后墙高度及后坡仰角

对于跨度6—7米的温室，后坡的长度保持在1.5—1.6米之间，后坡的角度在38°—42°之间，这样的尺寸便于白天蓄热，夜间保温，并且后墙高矮适中，便于室内行走和减少筑墙的用工用料。