

蔬菜设施建造与 配套栽培技术

主编 苏鹤 赵建波



中原出版传媒集团
大地传媒

 中原农民出版社

蔬菜设施建造与配套栽培技术

主编 苏 鹤 赵建波

中原出版传媒集团

 中原农民出版社

· 郑州 ·

图书在版编目(CIP)数据

蔬菜设施建造与配套栽培技术 / 苏鹤主编;赵建波等编. —郑州:
中原出版传媒集团,中原农民出版社,2014.9(2014.11重印)
ISBN 978-7-5542-0844-1

I. ①蔬… II. ①苏… ②赵… III. ①蔬菜园艺-设施农业 IV. ①S626

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 210153 号

蔬菜设施建造与配套栽培技术

SHUCAISHESHIJIANZAOYUPEITAOZAIPEIJISHU

出版:中原出版传媒集团 中原农民出版社

地址:河南省郑州市经五路 66 号

邮编:450002

网址:<http://www.zynm.com>

电话:0371-65751257

发行单位:全国新华书店

承印单位:新乡市天润印务有限公司

开本:710mm×1010mm 1/16

印张:14.5

字数:265 千字

版次:2014 年 9 月第 1 版

印次:2014 年 11 月第 2 次印刷

书号:ISBN 978-7-5542-0844-1

定价:28.00 元

本书如有印装质量问题,由承印厂负责调换

本书作者

主 编 苏 鹤 赵建波
副主编 王桂芳 陈文予 张志美
编 者 (以姓氏笔画为序)
张 洁 岳凤丽 郑丰声
郭文静 唐钢强

前 言

设施农业是综合应用工程装备技术、生物技术和环境技术,按照动植物生长发育所要求的最佳环境,进行动植物生产的现代农业生产方式。设施农业作为现代农业的显著标志,既是实现农业现代化的重要过程和手段,也是增加农民收入的一个重要途径。

目前,温室大棚蔬菜生产一直占据着设施农业生产的主导地位,温室大棚蔬菜生产大幅地提高了蔬菜单位面积产量和效益,有效地增加和保障了蔬菜的市场供给,极大地丰富了人民群众的“菜篮子”,增加了农民的收入。但是,相当数量的农民从事温室大棚蔬菜生产的技能及经营水平较低的问题仍比较突出,特别是设施新发展区,蔬菜种植户的技术与管理能力亟待提高,这已经成为制约设施农业大发展的重要因素。还有的新建设施未能严格按照标准建设,升温、保温性能差,稳固性、载荷能力存在极大隐患。为大力提高广大菜农朋友设施蔬菜种植经营水平与能力,为蔬菜产业的健康发展提供科技支撑和人才保障,全面推进设施农业又好又快发展,我们组织部分蔬菜专家编写了这本《蔬菜设施建造与配套栽培技术》。本书结合当前生产实际与气候特点,着重讲解了适宜发展的温室大棚建造结构、设计原理与建造技术,提出了温室蔬菜生产的茬口安排与推荐种植品种,并重点介绍了当前温室大棚蔬菜生产面积较大的黄瓜、番茄等品种的优质高效栽培技术等。

本书理论联系实际,通俗易懂,可操作性较强,可供培训蔬菜技术人员之用,也可供广大蔬菜生产者、基层农业技术干部阅读参考。本书的编写得到河南农业大学园艺学院孙治强教授的大力指导,在此表示衷心感谢。

由于编写的时间仓促,加之笔者水平所限,书中难免有错漏之处,恳请读者批评指正,并提出宝贵的意见和建议,以便修订时加以完善。

编者

2014年6月

目 录

第一章 蔬菜设施基本概念与术语	1
第一节 农业生产设施的种类	1
第二节 蔬菜生产设施常用术语及概念	2
第三节 中原地区蔬菜设施的基本参数	5
第二章 蔬菜设施设计原理与建造技术	9
第一节 日光温室类型结构与设计原理	9
第二节 日光温室建造技术	24
第三节 塑料大棚类型与结构	27
第四节 塑料大棚建造技术	32
第三章 蔬菜生产设施建造图解	35
第一节 砖墙双弦钢管焊接骨架日光温室建造图解	35
第二节 砖墙“几”字形钢骨架日光温室建造图解	42
第三节 土墙双弦钢管焊接骨架日光温室建造图解	46
第四节 土墙混合骨架(钢竹骨架)日光温室建造图解	50
第五节 连栋智能温室建造图解	52
第六节 连栋大棚建造图解	58
第七节 固定式钢骨架双拱塑料大棚建造图解	60
第八节 固定式钢骨架单拱塑料大棚建造图解	62
第四章 温室大棚蔬菜栽培关键技术	66
第一节 施肥技术	66
第二节 育苗技术	73
第三节 水肥一体化技术	87

第四节	环境调控技术	91
第五节	硫黄熏蒸器防病虫害技术	95
第六节	黄蓝粘虫板应用技术	97
第五章	主要蔬菜种类温室大棚高效栽培技术	99
第一节	日光温室蔬菜主要栽培模式	99
第二节	温室大棚黄瓜高效栽培技术	103
第三节	温室西葫芦高效栽培技术	134
第四节	温室苦瓜高效栽培技术	141
第五节	温室大棚番茄高效栽培技术	150
第六节	温室大棚辣椒高效栽培技术	170
第七节	温室茄子高效栽培技术	180
第八节	塑料大棚秋芹菜高效栽培技术	189
第六章	温棚大棚蔬菜减灾技术	193
第一节	温室大棚蔬菜常见生理障碍及防治	193
第二节	温室大棚蔬菜灾害性天气预防与应对措施	210
第三节	温室大棚蔬菜病虫草害综合防治技术	219

第一章 蔬菜设施基本概念与术语

第一节 农业生产设施的种类

设施农业是指利用人工建造的具有一定的空间结构和环境调控能力的农业设施,来进行高产、高效种植、养殖生产的现代农业,其目的是获得高产、优质、均衡供应的农产品。广义的设施农业包括设施种植和设施养殖。狭义的设施农业主要指设施种植,其中设施蔬菜生产占了较大比重。

农业生产设施种类较多,大多用于蔬菜生产。常见蔬菜设施种类有风障、阳畦、温床、遮阴棚、防雨棚、网室、塑料棚(包括大中小棚、连栋大棚等)、温室(包括节能日光温室、单栋玻璃温室、连栋温室等)等。

1. 节能日光温室

节能日光温室是指以日光为主要能量来源,由透光前屋面、外保温帘(被)、后坡、后墙、山墙和操作间组成,具有保温和蓄热双重功能的单屋面温室。节能日光温室坐北朝南,东西向延伸,可以进行作物越冬生产。

2. 塑料大棚

塑料大棚是指以竹、木、钢管等材料做骨架(一般为拱形),以塑料薄膜为透光覆盖材料,内部无环境调控设备的单跨单栋结构的生产设施。一般可分为双拱塑料大棚和单拱塑料大棚,双拱塑料大棚的骨架采用上下弦结构,单拱塑料大棚则采用单弦结构。

3. 连栋大棚

连栋大棚是指两跨或两跨以上通过天沟连接的无隔墙大棚。连栋大棚一般采用圆拱形屋顶、长方钢管立柱支撑、塑料薄膜覆盖。可根据需要安装外遮阳系统、自动开窗系统等。

4. 连栋温室

两跨及两跨以上,通过天沟连接起来,采用透光覆盖材料作为全部或部分围护结构,具有一定环境调控设施、设备的温室设施,为连栋温室。利用电子技术和计算机技术,对全部或部分作物生长、发育的环境实行有效监测和调控的连栋温室,为连栋智能温室。与蔬菜生产有关的连栋温室主要进行集约化育苗和无土栽培、农业观光等项目。

连栋大棚、连栋温室均为两跨或两跨以上通过天沟连接的无隔墙设施。但连栋温室屋脊多采用“人”字形双屋面结构,也有拱圆形顶、锯齿形顶、平屋面顶或其他特殊造型;主立柱选用壁厚 2.5mm 以上、截面 70mm×40mm 以上长方钢管,水平梁壁厚 2mm 以上,拱杆壁厚 1.5mm 以上;屋顶及侧立面选用玻璃、PC(聚碳酸酯)板材、多层或充气薄膜等覆盖;配备有风机、湿帘、内外遮阳、开窗等通风降温 and 冬季加温设施、设备,有的还采用自动化控制或根据生产需要安装有自动喷淋、灌溉系统;可以进行园艺作物周年生产,一般多用于高档盆栽花卉、鲜切花种植,或进行蔬菜、花卉等种苗生产。连栋大棚一般采用拱圆形顶;主立柱长方钢管壁厚一般 2.5mm 以下,拱杆多采用内径 25cm、壁厚 3.0mm 以下的钢管;选用塑料薄膜覆盖;有的安装外遮阳系统、自动开窗系统等,一般没有强制通风降温系统等;多用于果树或冬季叶菜类蔬菜生产。

5. 异型温室

异型温室,即不规则温室。是指具有不规则地缘边界或非常见结构的温室设施。其骨架多采用三角交叉的空间桁架形式,利用蜂窝状的张拉力形成整体张力,达到最佳的结构稳定性。屋面多采用阳光板、充气薄膜等覆盖。该类温室主要用于生态餐厅、展示观光、科研实验、示范推广、高效种植养殖、农产展销等,如鸟巢温室、飞碟温室、柱形温室、球形温室等。

第二节 蔬菜生产设施常用术语及概念

一、节能日光温室建设常用术语

1. 温室方位角

指温室屋脊线与温室建设所在地子午线走向的夹角。

2. 温室长度

指温室沿屋脊方向的长度。对于日光温室,常指两山墙内表面之间的距离。

3. 温室跨度

指日光温室后墙内侧墙面和温室前沿骨架与地面基础交叉处内侧之间的距离。

4. 温室间距

指两座温室之间的距离。

5. 温室面积

温室占地面积是指建设温室所占用的土地总面积,包括墙体、工作间占用的面积和温室之间空地面积等;温室使用面积是指室内前墙、后墙、山墙墙体之间

的面积,包括室内道路、沟渠等面积。

6. 脊高

指温室屋脊线与地平面之间的距离。

7. 后墙高度

指日光温室的后坡内表面和后墙内表面的交线与地平面之间的距离。

8. 后坡仰角

指日光温室后坡内表面与地平面之间的夹角,也叫后屋面仰角。

9. 前屋面角

又称采光屋面角。指日光温室前屋面与地面的交点同屋脊点之间的连线和地平面之间形成的夹角。

10. 荷载

也叫载荷,是指所有温室骨架构件(如拱杆、拉杆等)能安全承受作用于构件中部的垂直向下的压力。包括永久荷载(恒荷载)、可变荷载(施工检修集中荷载、风荷载及雪荷载)等。

二、塑料大棚建设常用术语

1. 棚高

是指大棚骨架最高处钢管中心线与棚内自然地面之间的距离。

2. 棚宽

是指大棚骨架钢管两外侧壁与地面接触部位中心线之间的距离,又称大棚跨度。

3. 棚长

是指大棚骨架纵向两端钢管与地面接触部位中心线之间的距离。

4. 棚头、棚尾

能进入大棚、设门的一侧为棚头,相对另一侧为棚尾。

三、连栋大棚和连栋温室建设常用术语

1. 基础

(1)基础 即承受温室下沉、上拔、倾翻等荷载的建筑物底脚。常用钢筋混凝土浇筑或用砖砌成。

(2)基础垫层 即位于基础下部,由混凝土、三合土或灰土等材料组成的,为找平地基基面、保证基础底面标高、提高地基承载力和对基础底面起保护作用的建筑构造层。

(3)独立基础 即独立柱下不连续地承受上部结构作用力的基础。

(4)条形基础 即墙下设置的连续长条形基础。

(5)基础圈梁 即在条形基础给定标高处,沿砌体墙水平方向按构造配筋设置的封闭状混凝土梁式构件。

2. 骨架结构组成

(1)骨架 即支撑和承受温室大棚覆盖材料、运转设施和一切安装在它上面的附属设备,包括自重和其他荷载的建筑物。是由轻型材料(目前主要以轻钢管材为主)制成的各种构件连接成多个单元组合在一起的几何不变体。

(2)立柱 即温室大棚中直立的起支撑作用的构件。多用型钢制成。

(3)天沟 即连接温室大棚屋面,并起排水作用的结构承重构件。常用冷轧镀锌钢板制成。

(4)檩条 即架在屋架或山墙上面,用来支持椽子或屋面的长条形构件。也叫桁条。

(5)椽子 即放在檩上,架着屋面覆盖材料的条形构件。

(6)拱架 即拱形的,用以支持屋面覆盖物,承受风、雪等荷载,由杆件组成的诸多三角形拼接且节点全部是铰接点的构件。

(7)横梁 即连栋温室、大棚屋架的下弦,与地面平行、与天沟垂直的长条形杆件。

(8)斜撑 即倾斜地支撑于垂直的或平行的杆件之间的长条形杆件,用以加强垂直杆件与水平杆件衔接和温室骨架整体结构的刚性杆件。

(9)卡槽 即用硬质材料(薄钢板、铝、塑料等)制成的槽状物。嵌入卡簧,用来固定塑料薄膜,形成温室大棚透光覆盖层。

(10)卡簧 即用弹性钢丝弯曲成形的弹簧。在卡槽铺上塑料薄膜后,将它嵌入槽内,可固定薄膜。

(11)天窗 即安装在屋面上的通风窗。

(12)侧窗 即安装在侧墙或山墙上的通风窗。

3. 基本概念

(1)跨度 即连栋温室、大棚一个屋面下,垂直屋脊方向室内两相邻柱轴线之间的水平距离。对于连栋温室和连栋大棚即为相邻天沟中心线之间的距离。(对于外围护墙没有承力柱的温室大棚,跨度按屋面梁的底脚中心线或墙体轴线计算。连栋温室的跨数与跨度的乘积等于温室总宽度。)

(2)开间 即沿屋脊方向室内两相邻柱轴线之间的水平距离。

(3)檐高 即从室外地平标高到天沟下沿的垂直距离。

(4)脊高 即从室外地平标高到屋面基部的垂直距离。

(5)坡度 即双坡屋面的坡度,以坡面与地平面的夹角表示。

(6)下弦高度 即指温室大棚屋面主构架下沿离地面的高度,通常与横梁和天沟离地面的高度近似。

(7)山墙 即垂直于温室大棚屋脊的外墙。

(8)侧墙 即平行于温室大棚屋脊的外墙。

(9)屋脊 即屋面相交所形成的最高棱脊。

(10)荷载 即作用于设施结构上的力,也叫载荷。包括永久荷载(恒荷载)、可变荷载(屋面均布荷载、施工检修集中荷载、风荷载及雪荷载)和偶然荷载。

(11)设计荷载 即设施结构设计时所采用的荷载取值。

(12)永久荷载 即在结构使用期间,其值不随时间变化,或其变化与平均值相比可以忽略不计,或其变化是单调的并能趋于限位的荷载。主要指永久性结构自重,包括墙体、骨架、透光覆盖材料及所有固定设备的重量。任何作用于结构上超过 30 天的荷载视为永久荷载。

(13)可变荷载 即在结构使用期间,其值随时间变化,且其变化与平均值相比不可以忽略不计的荷载。包括屋面均布荷载、施工检修集中荷载、风荷载和雪荷载等。

(14)偶然荷载 即在结构使用期间不一定出现,一旦出现,其值很大且持续时间很短的荷载,如爆炸力、地震力和撞击力等。

(15)作物荷载 即由吊挂在设施骨架上的作物质量所引起的荷载。

(16)基本风压 即以当地空旷平坦的地面上按规定离地高度、规定重现期和规定时距统计所得的平均最大风速为标准,由风压和风速关系式确定的风压。以当地空旷平坦地面上 10m 高度,30 年一遇 10min 平均最大风速为标准。

(17)基本雪压 即由当地空旷平坦地面上按规定重现期统计所得的积雪自重值。以当地 30 年一遇最大积雪量的自重确定。

第三节 中原地区蔬菜设施的基本参数

一、日光温室建设的主要参数

1. 方位角

温室坐北朝南,东西延长,偏西 $5^{\circ} \sim 8^{\circ}$,一般不超过 10° 。

2. 温室长度

温室适宜长度为 50~60m,一般不超过 100m。温室过长,不利于温湿度调控;过短,则单位面积投入成本增加。

3. 温室跨度

一般净跨度 7~9m 较为适宜。下挖式温室、设置立柱支撑的,跨度可适当增加。

4. 温室间距

在冬至日,前后两排温室之间的距离应保证后排温室有 6h 以上的光照时间。间距一般设置为 6~8m。

5. 脊高

根据温室跨度不同,一般 3~4.5m。跨度越大,脊高要求越高。

6. 后墙高度

根据温室跨度、脊高不同,一般 2.5~3.5m。

7. 前屋面角

前屋面角一般为 25° ~ 35° 。前屋面底脚处屋面切线角宜为 60° ~ 70° ,距前屋面底脚水平距离 1m 处屋面切线角宜为 40° 左右,距前屋面底脚水平距离 2m 处屋面切线角宜为 25° 左右。见图 1-1。

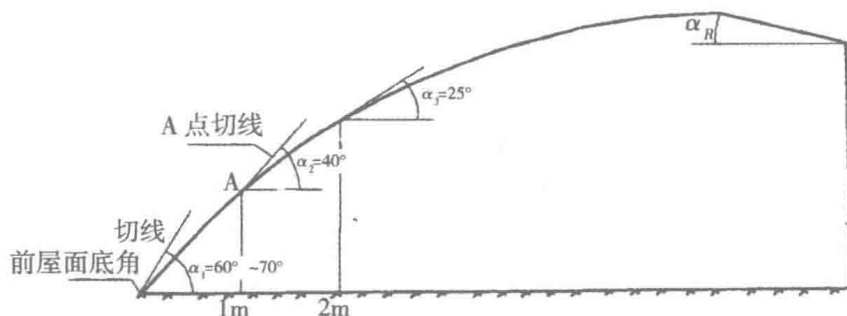


图 1-1 温室横剖面示意图

8. 后屋面角

日光温室后屋面(即后坡)和地平线的夹角,为日光温室的后屋面角,适宜值为 25° ~ 40° 。

9. 荷载

温室主体结构的基本风压荷载为 0.4kN/m^2 ,能抵抗住当地空旷平坦地面上 10m 高度、30 年一遇 10min 平均最大风速。温室基本雪压荷载为 0.5kN/m^2 ,能抵抗住当地 30 年一遇最大积雪量的自重。

二、大棚建设的主要参数

1. 棚高

棚高一般为 2.2~3.2m。一般 6~8m 跨度的大棚,高度为 2.2~2.8m;8~

10m 跨度的大棚,高度为 2.8~3m;10m 以上跨度的大棚,高度为 3m 以上。

2. 棚宽

根据不同作物的生长高度、幅度及长势和管理上的需要,以及土地限制等,棚宽一般为 6~14m。跨度 6m 的可以采用单拱骨架,跨度 6m 以上大棚须采用双拱骨架,跨度更大的室内还要合理设置立柱支撑。

3. 棚长

棚体长度依据地形而定,可为 20~100m,一般 40~60m 为宜。

三、连栋大棚和连栋温室建设主要参数

1. 长度和宽度

以自然通风为主的连栋温室和连栋大棚最大宽度限制在 50m 以内,30m 左右为好;以机械通风为主的最大宽度可达到 60m,50m 左右为好。温室长度一般在 100m 以内,60m 以内为好。总占地面积一般为 5 000~10 000m²。连跨数和开间数主要根据现场土地的宽度和长度来确定。

2. 跨度

跨距可选择 6.4m、7.2m、8m、9.6m、10.8m、12m、12.8m 等,一般多选用 8m、12m。屋脊多选取南北走向。

3. 开间

开间一般为 2~4.5m,多选择 4m,也有的为 3m、5m 等。特殊用途的不受此限制。

4. 檐高

檐高一般为 3m、3.5m、4m、4.5m 等。

5. 脊高

脊高一般控制为 3.3~6m。特殊用途的不受此限制。

6. 坡度

采用玻璃覆盖的坡度多选择为 22°或 23°,采用阳光板覆盖的多选择 23.5°。一般情况下不超过 25°。

7. 下弦高度

一般跨度 7~8m 的,不小于 2.4m;跨度 9~10m 的,不小于 3.0m;跨度 12~15m 的,不小于 3.6m。

8. 设计荷载

连栋温室、连栋大棚结构的设计荷载,应满足《建筑结构荷载规范》GBJ9 的有关规定。结构和构件在承受最不利的可能的设计荷载组合时,构件中产生的应力不得超过所用材料的许用应力,不发生倒塌、倾翻和掀顶等恶性事故。

9. 永久荷载

永久荷载为 $0.11 \sim 0.15 \text{ kN/m}^2$ 。多数温室大棚结构重量较轻,要注意防止风吹产生的上拔力,室内、室外可加设拉线。

10. 作物荷载

作物荷载为 15 kg/m^2 以内。

11. 风载

基本风压为 0.6 kN/m^2 。

12. 雪载

基本雪压为 0.5 kN/m^2 。

13. 最大排雨量

最大排雨量为 140 mm/h 。

14. 温室间距

以不影响温室正常采光为宜。一般相邻温室之间,要留有 3 m 以上的距离,用于道路、排水沟设置和防止冬季滑落积雪堆积损坏侧墙覆盖材料。

15. 钢管材料

钢管应选用符合 GB/T13793—92 标准的热镀锌钢管,壁厚大于 2.0 mm ;方钢壁厚大于 2.5 mm ,截面尺寸一般不小于 $50 \text{ mm} \times 80 \text{ mm}$ 。

16. 聚碳酸酯(PC)中空板

厚度为 6 mm 、 8 mm 、 10 mm ,透光率在 80% 以上。

第二章 蔬菜设施设计原理与建造技术

第一节 日光温室类型结构与设计原理

日光温室是我国北方特有的一种以日光为主要能量来源、由透明塑料薄膜覆盖采光的单屋面温室。建设方位坐北朝南,东西向延伸。墙体等围护结构具有保温、蓄热双重功能,能进行最大限度采光蓄热、最小限度地散热,充分利用光热资源。日光温室基本不加温,成功实现了我国北方地区冬春反季节瓜果蔬菜 and 喜温性花卉的生产与供应。

一、日光温室的结构设计原理

日光温室主要作为冬春季生产应用,建1次少则使用3~5年,多则8~10年。所以在规划、设计、建造时,都要在可靠、牢固的基础上实施,达到一定的技术要求。日光温室建筑设计中包括场地的选择、场地的布局以及温室各部位的尺寸、选材等。日光温室各部位的尺寸即日光温室建筑设计参数,主要包括温室方位、温室跨度、高度、前后屋面角度、墙体和后屋面厚度、后屋面水平投影、防寒沟尺寸和温室长度等。在确定日光温室建筑参数时应重点考虑采光、保温、作物生育和作业空间等问题。由于日光温室的基本能源来自太阳,又需要在严寒冬天使用,因此特别要强调充分采光,严密保温,白天让尽可能多的太阳光能进入室内,并蓄积起来;夜间尽可能减少室内热量逸出温室,使室内维持一定的温度水平。因此除了坚固以外,充分采光和严密保温是日光温室设计的基本要求,同时也应考虑作物生育和人工作业空间等问题。

日光温室各部位的长宽、大小、厚薄和用材决定了它的采光和保温性能,根据近年来的生产实践,温室的总体要求为采光好、保温好、成本低、易操作、高效益。其合理结构的参数具体可归纳为“五度”“四比”“三材”。

(一)“五度”

指各个部位的角度、高度、跨度、长度和厚度的大小尺寸。

1. 角度

包括前屋面角、后屋面仰角及方位角。

冬春季节是日光温室的主要生产期,也是太阳辐射最弱的季节,要得到最

大、最多的太阳光辐射升温,就要求太阳光对前屋面保持更长时间的垂直照射。选择合适的方位角能延长不同时间段太阳光的照射时间。选择合适的屋面角则能够减小太阳光的入射角度,增加光线透过率(透光率)和光照强度,及减少反射造成的光照损失。

(1)前屋面角度及形状

1)前屋面角度是指前屋面与地平面的夹角。这个角度越大,前屋面与用光的交角(投射角)越大,透过的光线也就越多。理论上讲,太阳光垂直(太阳光与塑料薄膜间的夹角为 90° ,入射角为 0°)照射前屋面时,透过率(透光率)最大,反射率最小,光强最高,升温效果最好,此时前屋面与地平面的夹角角度最合适,即理想屋面角。但理想屋面角仅为理论角度,一方面由于温室前屋面非平面结构,因此只要较多部分(上半部分)受到理想的光线照射就行;另一方面由于建设成本和保温效果的限制,温室脊高又不可能过高,因此温室前屋面角不可能太大。一般温室前屋面角为当地地理纬度减少 6.5° 左右,如我国华北地区平均屋面倾斜角度要达到 25° 以上。这个角度是平均角度,由于前屋面是拱形的,每个部位的角度不一样,在温室的前沿底脚附近,角度应保持在 $60^\circ\sim 70^\circ$,中部应保持在 30° 左右,上部靠近屋脊处 $10^\circ\sim 20^\circ$ 较为合适。有的地区将半拱圆式日光温室的采光面分成若干个切线角,自前屋面底脚开始每1m一个切线角,如前底角(采光屋面前底脚与地面的夹角) $50^\circ\sim 60^\circ$,1m切线角处 $35^\circ\sim 40^\circ$,2m处 $25^\circ\sim 30^\circ$,3m处 $20^\circ\sim 25^\circ$,4m处 $15^\circ\sim 20^\circ$,最上部 15° 左右。

2)确定采光面的形状时要兼顾到如下几点:①采光性;②便于雨水流失,下雨时雨水不会滞留在棚膜上形成“兜水”;③易被压膜线压紧,有风时不会“兜风”;④离前屋面底脚0.5~1.0m处应有一定的空间,便于工作人员操作,有利于作物生长。在相同的高度、跨度下,圆—抛物面组合式屋面透光率最高,一坡一立式和椭圆形最差,圆面和抛物面的居中。实践表明:这种形状的屋面顶部附近角度较大,雨水容易流走,不易“兜水”;腰部拱圆弧度较大,易被压膜线压紧,不易“兜风”;而且前底角附近空间较大,便于操作。

(2)后屋面仰角 后屋面仰角是指后坡内侧与地平面的夹角。后屋面应保持一定仰角,仰角太小遮光太多,仰角过大则不方便屋顶维修。后屋面的仰角应视使用季节而定,但至少应略大于当地冬至正午时的太阳高度角,以保证冬季阳光能照满后墙,增加后墙的热量。一般温室后屋面角至少应略大于当地冬至正午时的太阳高度 $5^\circ\sim 8^\circ$,应保持为 $35^\circ\sim 45^\circ$ 。正午时太阳高度角、入射角与前屋面角、后屋面仰角之间的关系见图2-1。