

4 日光温室的建造技术

4.1 概述

温室又称为暖房，是一种以玻璃或塑料薄膜等材料作为屋面，用土、砖做成围墙，或者全部以透光材料做为屋面和围墙的房屋，具有充分采光、防寒保温能力。温室内可设置一些加热、降温、补光、遮光设备，使其具有较灵活的调节控制室内光照、空气和土壤的温湿度、二氧化碳浓度等蔬菜作物生长所需环境条件的能力，成为当今蔬菜保护地设施之一。

日光温室是一种在室内不加热的温室，即使在最寒冷的季节，也只依靠太阳光来维持室内一定的温度水平，以满足蔬菜作物生长的需要。

由于塑料工业的发展，加之玻璃易破损，农村日光温室大多以塑膜为屋面材料。特别是我国北方在土温室基础上兴起的塑料日光温室，具有明显的高效、节能、低成本的特点，深受菜农及消费者的欢迎，是发展高产、优质、高效农业的有效措施之一，将会得到更快的发展。

实践证明，凡室外最低温度不低于 -25°C 的，利用塑料日光温室的特殊结构性能，可使室内保持 5°C 以上的温度时，均可获得满意结果。

我国日光温室及栽培技术独具特色，在发展中国家处领先水平。其工艺路线与发达国家没有可比性，发达国家以钢结构、大型日光温室为主，我国以中小型为主；发达国家覆面材料以聚酯为基材的透光材料为主，我国以塑膜(聚乙烯膜和多功能膜、无滴PVC棚膜)为主要覆面材料。我国日光温室投资回收期短，竹木结构的当年可收回投资，钢结构的投资回收期一般为2~4年。我国日光温室的调控手段落后于发达国家。

日光温室是四位一体生态型大棚模式的重要组成部分之一。它的建造是在沼气池、猪舍及厕所建造的基础上进行的。所以，沼气池要先建，猪舍与温室同步进行。当然，若将现有日光温室改建成“模式”也是可以的，在日光温室的一端建造沼气池和猪舍即可。因此，对沼气池、厕所、猪舍、日光温室的建造顺序也需根据具体条件灵活掌握。

4.2 日光温室的类型

日光温室通常坐北朝南，东西延长，东、西、北三面筑墙，设有不透明的后屋面，前屋面用塑料薄膜覆盖，作为采光屋面。

日光温室从前屋面的构型来看，基本分为一斜一立式和半拱式。由于后坡长短、后墙高矮不同，又可分为长后坡矮后墙温室、高后墙短后坡温室、无后坡温室(俗称半拉瓢)。从建材上又可分为竹木结构温室、早强水泥结构温室、钢铁水泥砖石结构温室、钢竹混合结构温室。

决定温室性能的关键在于采光和保温，至于采用什么建材主要由经济条件和生产效益决定，比较常用的温室有一斜一立式温室和半拱式温室。“模式”日光温室一般采用带有后墙及后坡的半拱式日光温室，这种温室既能充分利用太阳能，又具有较强的棚膜抗摔打能力。因此，温室结构设计及建造以半拱式为好。

4.2.1 一斜一立式温室

一斜一立式温室是由一斜一立式玻璃温室演变而来的。70年代以来，由于玻璃的短缺，塑料工业的兴起，塑膜代替玻璃覆盖一斜一立式日光温室最初在辽宁省瓦房店市发展起来。现在已辐射到山东、河北、河南等地区。

如图4.1所示，温室跨度7米左右，脊高3~3.2米，前立窗高80~90厘米，后墙高2.1~2.3米。后屋面水平投影1.2~1.3米。前屋面采光角达到 23° 左右。

一斜一立式温室多数为竹结构，前屋面每3米设一横梁，由立柱支撑。

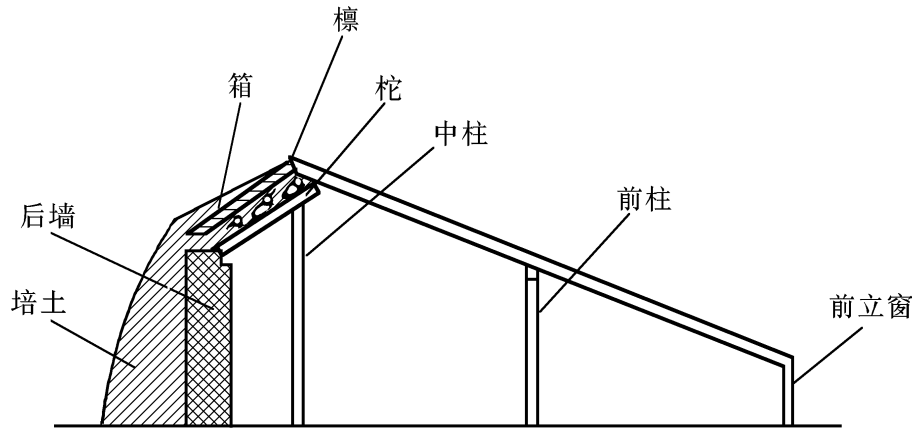


图4.1 一斜一立式温室

这种温室空间较大，弱光带较小，在北纬 40° 以南地区应用效果较好。但前屋面压膜线压不紧，只能用竹竿或木杆压膜，既增加造价又遮光。

80年代中期以来，辽宁省瓦房市改进了温室屋面的结构，创造了琴弦式日光温室。前屋面每3米设一桁架，桁架用木杆或用25英寸钢管、用直径为14毫米钢筋作下弦，用直径10毫米钢筋作拉花。在桁架上按30~40厘米间距，东西拉8号铁线，铁线东西两端固定在山墙外基部，以提高前屋面强度，铁线上拱架间每隔75厘米固定一道细竹竿，上面覆盖薄膜，膜上再压细竹竿，与膜下细竹竿用细铁丝捆绑在一起。盖双层草苫。跨度7.0~7.1米，高2.8~3.1米，后墙高1.8~2.3米，用土或石头垒墙加培土制成，经济条件好的地区以砖砌墙。近年来温室垒墙又出现了用使用过的编织袋装土块速垒墙的做法。

琴弦式温室如图4.2所示。

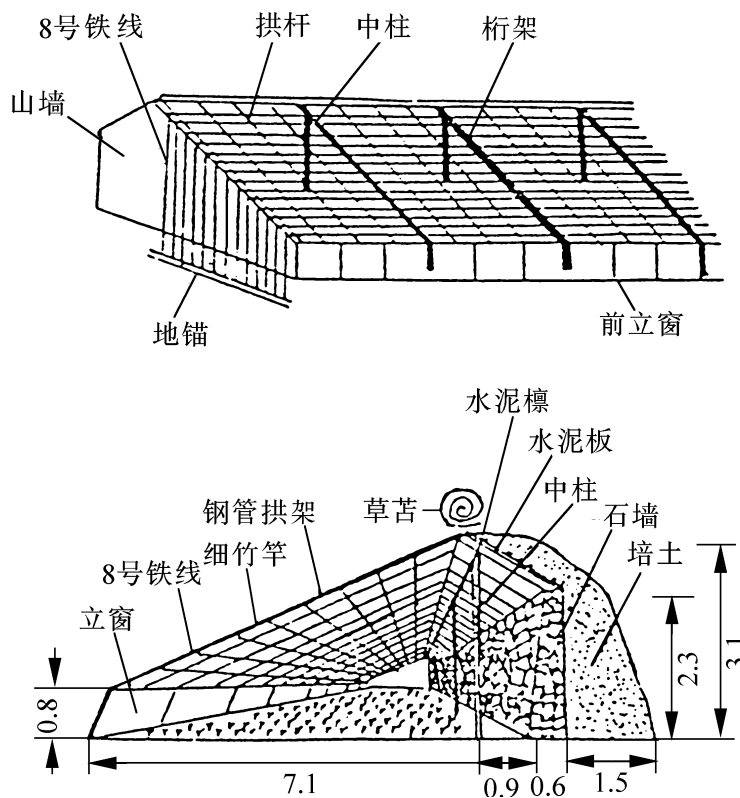


图4.2 琴弦式日光温室(单位:米)

近两年来一斜一立式或琴弦式温室又发展成前屋面向上拱起，以便更好地压膜和减轻棚膜的摔打现象。

4.2.2 半拱式温室

半拱式温室是从一面坡温室和北京改良温室演变而来。70年代木材和玻璃短缺，前屋面改松木棱为竹竿、竹片作拱杆，以塑料薄膜代替玻璃，屋面构型改一面坡和两折式为半拱型。温室跨度多为6~6.5米，脊高2.5~2.8米，后屋面水平投影1.3~1.4米。这种温室在北纬4℃以上地区最普遍，如图4.3所示。

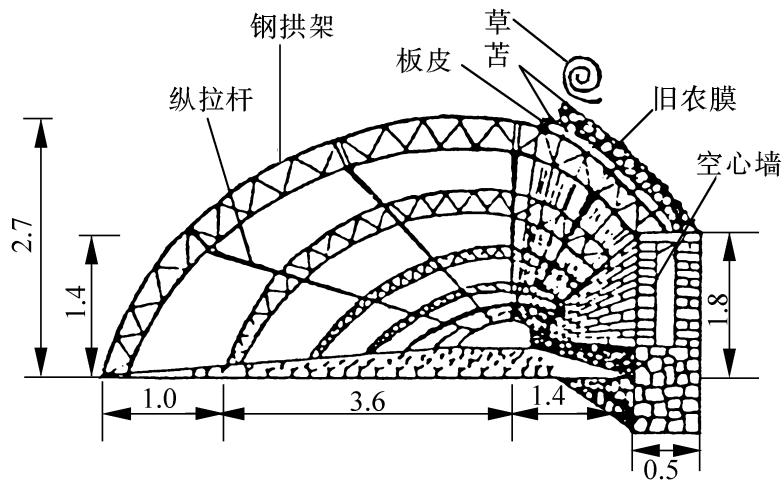


图4.3 半拱式温室(单位: 毫米)

日光温室中无柱钢竹结构如图4.4所示，矮后墙长后坡竹木结构日光温室、高后墙矮后坡竹木结构日光温室如图4.5、图4.6所示。

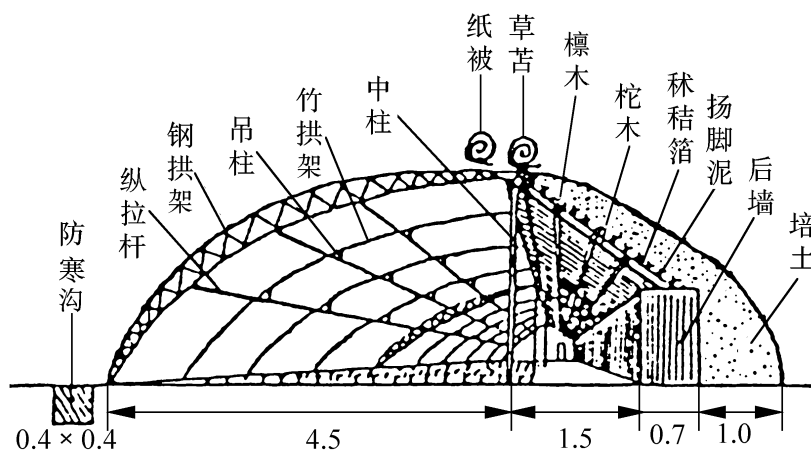


图4.4 无柱钢竹结构日光温室(单位: 毫米)

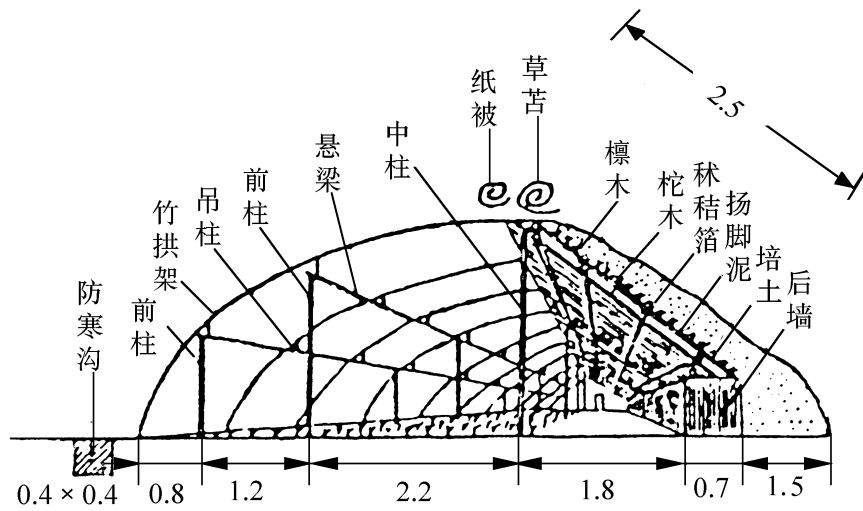


图4.5 矮后墙长后坡竹木结构日光温室(单位:毫米)

从太阳能利用效果、塑膜棚面在有风时减弱棚膜摔打现象和抗风雪载荷的强度出发,半拱式温室优于

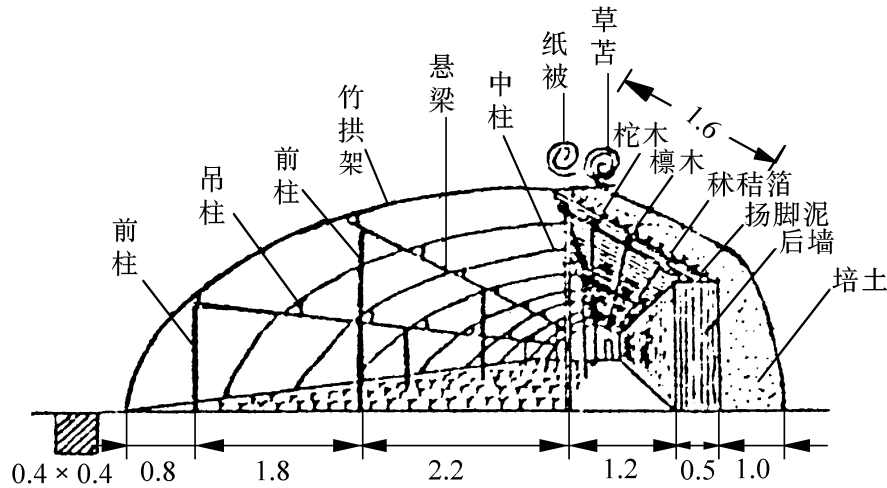


图4.6 高后墙矮后坡竹木结构日光温室(单位:毫米)

一斜一立式温室。故优化的日光温室设计是以半拱式为前提的。

4.3 日光温室的结构设计与建造

4.3.1 日光温室的几何尺寸

日光温室的几何尺寸见图4.7所示。

- (1)跨度(L) 后墙内侧至前屋面骨架基础内侧的距离;
- (2)后墙高(h) 基准地面至后坡与后墙内侧交点
- (3)温室高度(H) 基准地面至屋脊骨架上侧的距离;

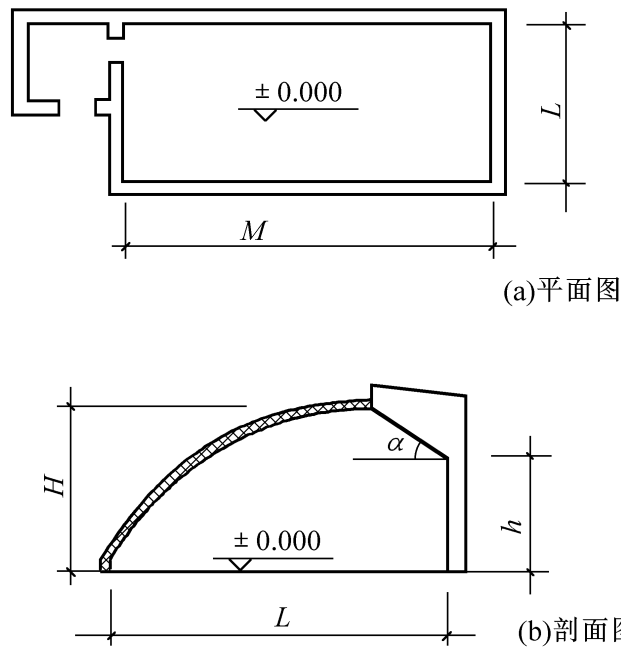


图4.7 日光温室几何尺寸定义图

- (4)后坡仰角(a) 后墙内侧斜面与水平面夹角；
 (5)温室长度(M) 两山墙内侧距离；
 (6)温室面积 温室跨度L与长度M的乘积。

4.3.2 日光温室建筑设计原则

(1)温室方位 日光温室要尽量减少后墙遮荫。一般应座北朝南，但对高纬度(40° 以北) 和晨雾大、气温低的地区，冬季日光温室不能日出即揭帘受光，这样，方位可适当偏西。偏离角应根据当地纬度和揭帘时间确定，一般不宜大于 10° 。温室方位的确定尚应考虑当地 冬季主导风向，避免强风吹袭前屋面。

(2)温室间距 间距的确定应以前栋不影响后栋采光为前提。丘陵地区可采用阶梯式 建造；平原地区，也应使冬至日上午10时阳光能照射到温室的前沿，即使土地资源非常宝 贵的地区，也应保证冬至日中午阳光能照射到温室前防寒沟。

(3)温室总体尺寸 主要指剖面尺寸。一般根据温室的跨度和高度，组成标准温室，而后墙 高度和后坡仰角应根据操作空间要求和当地气候条件确定。有关温室总体尺寸的确定将在后 面加以介绍。

为了便于操作，温室长度不宜大于100米，温室面积以小于667平方米(1亩)为宜。

4.3.3 温室构造

(1)温室周围或一侧应设置防寒沟，深度一般应为0.5米，宽度宜0.3~0.5米，内填保温材料 。保温材料热阻应接近或达到后墙热阻，并应保持干燥，防水防潮。防寒沟可设在温室内、外，但室内效果更佳。

(2)冬季以北风或偏北风为主导风向的地区，温室北侧应设风障。

(3)为了方便操作，温室前屋面骨架在距温室前沿0.5米水平距离处的高度不应低于0.7米 ，宜在0.7~0.8米。

(4)为适应目前草苫的规格和便于压膜线固膜，温室骨架间距应在0.6~1.2米，推荐在0.75~1.0米。

(5)山墙上应设置上人台阶，高于2米的山墙和后墙应设安全防护栏，栏高不低于0.9米。

4.3.4 塑膜覆盖日光温室结构与建造

(1)塑膜对直射光光线透过率特性 不同投射角射光对塑膜的透过率如图4.8所示。由图4.8可知塑膜光线

透过率与直射阳光的投射角不呈单调的线性关系。当投射角在 $0^\circ \sim 40^\circ$ 时,直射光的透过率变化不大,能保证透过率大于80%,只有投射角大于 45° 时,透过率才明显减小,大于 60° 时,急剧减小,故直射光线对棚面的投射角在 40° 以内时,即能获得较好的光线透过效果。

(2)日光温室断面形状 日光温室断面尺寸如图4.9所示。日光温室跨度 L 、后墙高 h 、后坡仰角 α 、高度 H 、南屋面角度 α_0 是决定日光温室结构的主要参数。

(3)南屋面角度 α_0 研究表明,采光总量的多寡与采光屋面形状无关,而是由透明屋面最高点到其前棚着

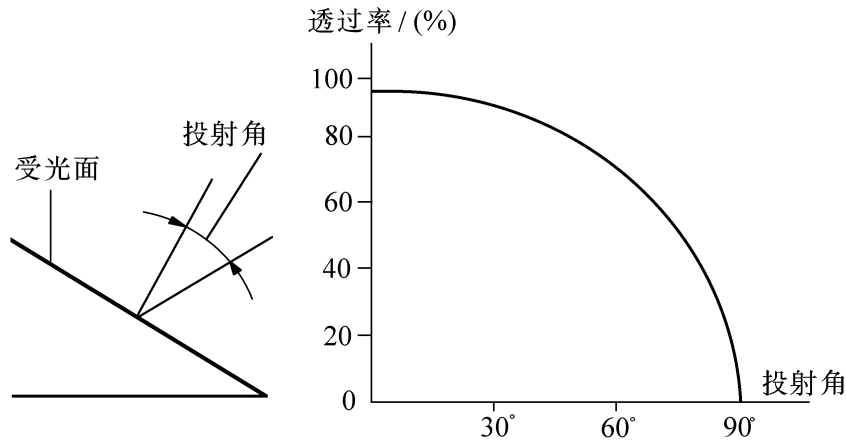


图4.8 不同投射角直接光对塑膜的透过率

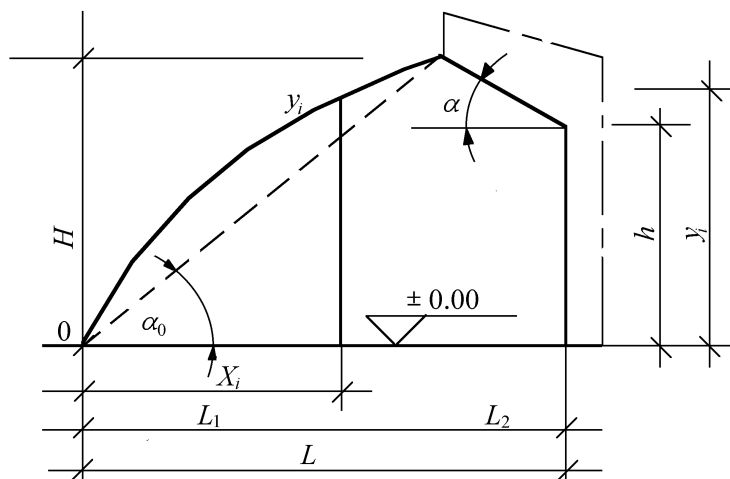


图4.9 日光温室断面尺寸图

地点处的直线与水平地面夹角 α_0 来决定。由于不同地区接收的太阳辐射能不同,经理论推导,在北纬 $33^\circ \sim 43^\circ$ 地区南屋面角度 α_0 优化值如表4.1所示。

表4.1 屋面角度 α_0 优化值

φ	30°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°
α_0	23.5°	24.0°	25.0°	26.0°	27.0°	28.0°	29.0°	29.5°	30°	31°	32°

(4)棚面形状 虽然棚面形状与采光量多寡无关,但从棚面牢固性出发,棚面摔打现象与棚面弧度有关。棚面摔打现象是由棚内外空气气压不等造成的。当棚外风速大时,空气压强(静压)减小,棚内产生举力,棚膜向外鼓起;但在风速变化的瞬间,由于压膜线的拉力,棚膜又返回棚架,如此反复,棚膜就反复摔打。

根据理论分析可知,对于跨度为5.5米和6.0米的温室,棚面曲线的合理轴线设计公式为:

$$Y_i = [H / (L_1 + 0.25)^2] \times (X_i + 0.25) \times [2(L_1 + 0.25) - (X_i + 0.25)]$$

式中： Y_i 为棚面对应于 X_i 的弧线点高； X_i 为距温室南端的水平距离； L_1 为日光温室棚膜在水平方向上的投影宽度。对跨度为6.5米和7.0米的温室，用下述公式计算：

$$Y_i = [H / (L_1 + 0.30)^2] \times (X_i + 0.30) \times [2(L_1 + 0.30) - (X_i + 0.30)]$$

如以北纬 $\varphi=41^\circ$ 为例，日光温室跨度为 $L=7$ 米，后墙高度 $h=2$ 米，优化 $a_0=30^\circ$ ，如选取 $a=35^\circ$ ，则经弧线公式计算，其结果如表4.2所示。

表4.2 $\varphi=41^\circ$ ，7米跨度，后墙高2米的日光温室弧线点高/米

X_i	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	5.43(L_1)
Y_i	0.85	1.29	2.02	2.57	2.93	3.10	3.12(H)

这样即可设计出光效高、棚面摔打轻而又方便操作的优化日光温室。

(5)温室的高度与跨度 温室的高度与跨度是密切相关的。目前“模式”中的温室设计普遍是高度矮、跨度增大。它带来的弊端有许多人已认识到了，而在实际做的时候绝大多数人又把它忽视了。这是人们希望温室可播种面积越大越好，而导致跨度增大。根据理论分析及实际经验，推荐温室的跨度与高度如表4.3所示。

表4.3 温室的高度与跨度的关系

跨度/米	温室高度/米			
5.5	2.4	2.8		
6.0		2.6	2.8	3.0
6.5		2.6	2.8	3.0
7.0		2.6	2.8	3.0

(6)温室的后墙、山墙的建造 日光温室后墙高度一般为1.8~2.2米，不宜低于1.6米。后墙要距房屋3~4米外，沿着温室延长方向划线。后墙、山墙按建筑材料可分为泥垛、砖石两种。无论是用泥还是用砖，基础最好是用砖或石头砌0.5米高，这样可有效地抗伏雨淋冲水泡，延长温室的使用寿命。墙体若用砖砌，内层砖墙24厘米，中间保温夹层12厘米，外层砖墙厚12厘米。保温夹层可填充珍珠岩、炉灰碴等如图4.10所示，若用泥垛，要用扬脚泥垛，底宽1米、顶宽0.8米。后墙可培土，以便增强保温效果。

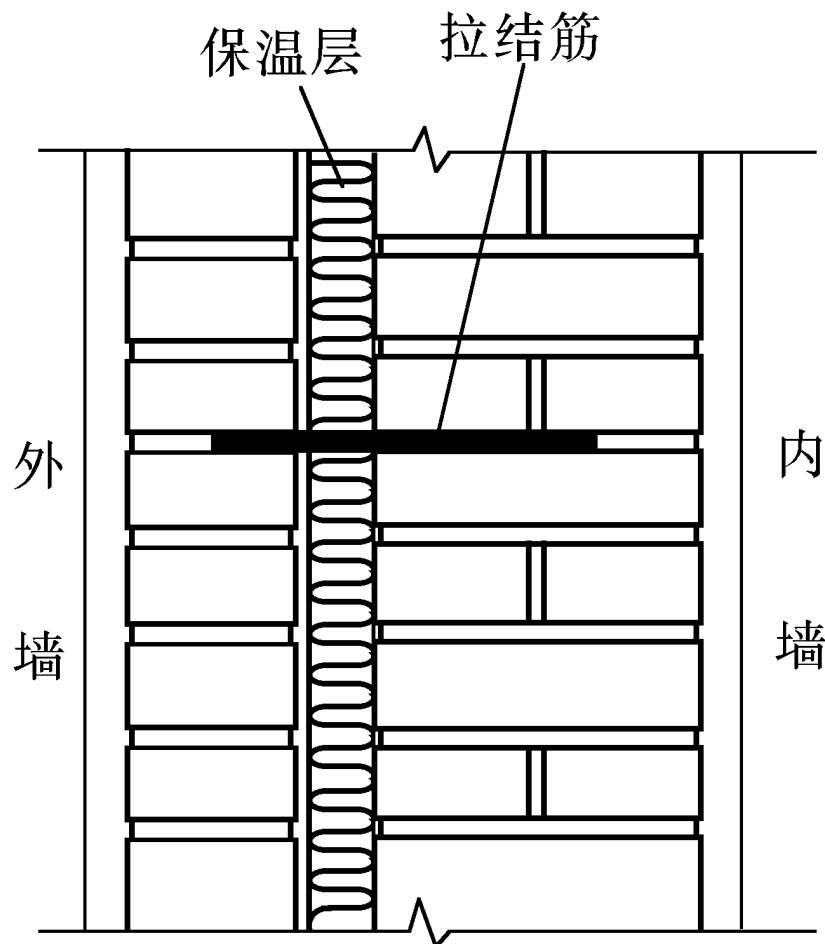


图4.10 砖砌异质复合墙体

(7)后坡及拱架 后坡与水平面夹角称后坡仰角，一般 $\alpha=35^{\circ} \sim 45^{\circ}$ ，不宜小于 30° ，坡长1.7米左右为好。温室骨架可采用钢管骨架、氧化镁骨架及竹木结构骨架。对于竹木结构骨架，拱架采用直径3~4厘米的竹架或4~5厘米宽的厚竹片制成，竹竿长5米，竹片长6米，间隔0.8米左右。设两排前柱，每3.3米远一根，支在悬梁上。悬梁与每个拱架之间安装约15厘米长的吊柱，把拱架支起固定，这种结构称为悬梁吊柱。悬梁选8厘米粗、3.5米长的硬杂木。中柱支撑在后坡前部，应选用粗10厘米以上、长2.5米以上的硬杂木，每隔3.3米一根，与前柱在一个平面上。后坡第一层是硬杂木搭在中柱与后墙上，称柁木，数量同中柱。用材选粗12厘米、长大于2米(比后坡长度长0.4米左右)的。柁木上边有4道粗10厘米、长度不小于3.5米的檩木，檩子上勒箔，可用玉米秸、秫秸等，箔上边抹两遍扬脚泥。抹第二遍时铺一层废旧塑料。扬脚泥上放一层茆，再抹泥或培土，还可铺整捆玉米秸、稻草等，总厚度达0.6米以上。

(8)棚膜的选用 东北地区应用的棚膜主要有聚氯乙烯膜(占4/5)、聚乙烯膜(占1/5)。聚氯乙烯膜几乎全是无滴膜。

4.4 日光温室的热工设计

日光温室的保温与采光占有同样的地位，是日光温室成败的关键因素之一。目前对日光温室的传热机理研究尚不成熟，各地建造日光温室的用材也很不规范，为此，参照有关资料，给出了我国日光温室围护结构的低限热阻，如表4.4。

表4.4 日光温室围护结构低限热阻

室外设计温度/ $^{\circ}\text{C}$	低限热阻 $R/(\text{米}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{瓦})$	
	后墙、山墙	后屋面
-4	1.1	1.4
-12	1.4	1.4

-21	1.4	2.1
-26	2.1	2.8
-32	2.8	3.5

围护结构热阻按 $R=\delta/\lambda$ 计算。其中 R 为热阻 ($\text{米}^2 \cdot \text{℃}/\text{瓦}$)； δ 为材料层厚度(米)； λ —材料导热系数($\text{瓦}/\text{米} \cdot \text{℃}$)。对于多层复合结构，其总热阻为各层热阻之和。表4.5给出了日光温室常用材料的导热系数，可供设计参考。

表4.6为我国北方主要城市日光温室冬季设计室外参考温度。

表4.5 常用材料导热系数 $\lambda/\text{瓦}/\text{米} \cdot \text{℃}$

称	砖	草苫	夯实土	珍珠岩	聚苯乙烯	稻壳	炉渣	混凝土	水泥砂浆	加草粘土
千克/ 3)	1800	100	2000	50~160	20~50	150	800	2500	1800	1600
	0.81	0.086	1.16	0.0186~ 0.0465	0.0407	0.0930	0.29	1.74	0.93	0.76

表4.6 日光温室室外设计温度

城市	吉林	哈尔滨	沈阳	锦州	乌鲁木齐	兰州	银川	西安	呼和浩特	太原
度/℃	-29	-29	-21	-17	-26	-13	-18	-8	-21	-14
城市	北京	石家庄	天津	济南	连云港	青岛	徐州	郑州	洛阳	
度/℃	-12	-12	-11	-10	-7	-9	-8	-7	-8	

4.5 日光温室地下热交换土壤蓄热系统的设计

温室的设计要求充分利用太阳能。在温室中，在冬季，特别在晚秋或早春季节有时白天室内气温超过栽培合适温度时，为了不使室内气温过高，一般采用白天向室外放气的方法来排除室内的多余热量以降低室温，地下热交换土壤蓄热系统就是要把白天多余的热量通过埋设在温室地下的管道循环贮存在土壤中，在夜间再作为热源向室内放热，把土壤作为蓄、放热源的一种方法。

4.5.1 地下热交换土壤蓄热系统的工作原理

日光温室地下热交换土壤蓄热系统工作原理就是利用风机把太阳辐射产生的棚内热空气，通过地下管道送入地下，在热空气通过地下时，由于土壤温度低，就在地下产生热量的交换，土壤吸收一部分热空气中的热量，土壤温度提高，将多余热量贮存起来。气温与地下土壤温度差越大则吸收的热量就越多，当气温与土壤温度相等时，就不会产生热交换，就不能起到贮存热量的作用。图4.11是地下热交换土壤蓄热系统工作原理示意图。

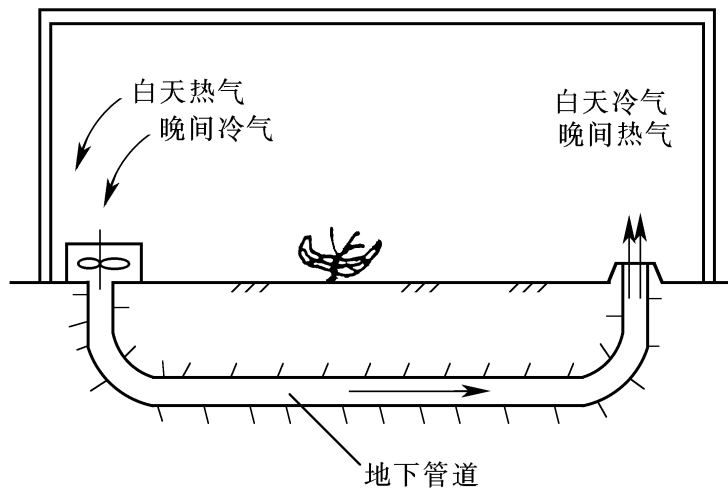


图4.11 地下热交换土壤蓄热系统工作原理图

如图4.11所示，在风机作用下，白天棚内热空气从风机口进入地下，空气在地下降温后从另一端出口流出冷空气，称之为贮热过程。晚间则相反，土壤中的热空气从图4.11中右侧出口流入温室内，而温室内冷空气通过风机进入地下。实际工作中，可以根据温室内气温范围，决定是否开启风机。一般地讲，当温室内气温在 $10^{\circ}\text{C}\sim 22^{\circ}\text{C}$ 正常温度范围内时，风机应处于停止状态。

4.5.2 地下热交换土壤蓄热系统的结构

图4.12为地下热交换土壤蓄热系统结构示意图。它由六部分组成：风机；地下热交换管道；出口；贮气槽；地下隔热层；自动控制装置。地下热交换管道沿温室横向(即东西方向)铺设，距东墙内侧0.3米处砌有贮气槽，贮气槽两侧接近底部均匀开孔与地下热交换管道相通，贮气槽上部开口盖以木板，中间开孔放置风机。

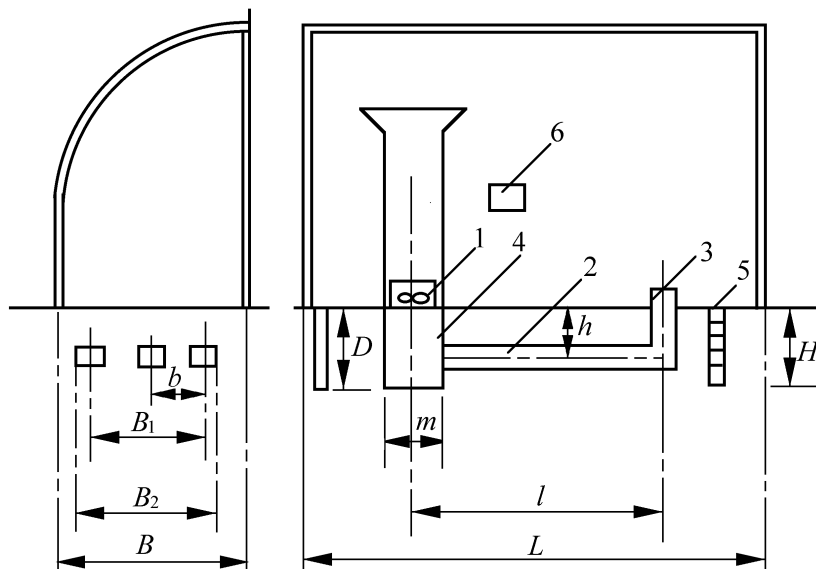


图4.12 地下热交换土壤蓄热系统结构示意图

1. 风机 2. 地下热交换管道 3. 出口 4. 贮气槽
5. 地下隔热层 6. 自动控制装置

4.5.3 地下热交换土壤蓄热系统主要参数的确定

主要参数包括管道材料与形状，地下管道长度 l ，管道埋设深度(即管道中心至地表面距离) h ，相邻两管道水平间距 b ，管道内表面积 A_p ，贮气槽的尺寸，隔热层埋设深度 H 和风机选择等。在实际应用中，应根

据具体温室条件，适当地选择地下热交换土壤蓄热系统的结构参数。