

第 1 章

寿光冬暖塑料大棚的建造 技术及其性能特点

寿光冬暖塑料大棚是坐北朝南、前坡面大、后坡面小、东西向伸长的塑料薄膜日光温室。是全国劳动模范、中共十五大代表、潍坊市和寿光市人民功勋获得者、农民高级农艺师、山东省寿光市孙家集镇三元朱村党支部书记王乐义带领本村农民于 1989 年研制成功的。由于在研制此大棚中是以原寿光单斜面塑料大棚（加温土温室）为基础，参考了辽宁瓦房店节能塑料日光温室的某些结构及用材特点，并依据建造日光温室的有关理论和当地的地理纬度、气候等自然条件，对大棚的采光增温、御寒保温性能、栽培面积比例等诸方面都进行了创造性改制。所以此冬暖塑料大棚不仅光能利用率高，增温、保温性能强，节能效果显著，经济实用，结构安全可靠，抗风雪能力较强；而且还造价较低，栽培面积比例较大，经济效益显著。因此，易于推广应用，在我国北纬 41° 以南冬季不太严寒地区比较适用，是目前在全国范围内，尤其华北地区应用面积最大的一种日光温室。

第一节 寿光冬暖塑料大棚的布局规划和总体尺度、 方位、棚面角度的设计

一、建棚场地的选择

（一）场地位置条件

冬暖塑料大棚是投资较大、应用年限较长的固定园艺设施。为便于管理，应规划集中建设，且需选择有发展前途，能不断扩大建棚规模，形成大棚群的场地。在农村，将大棚建于村南比村北好，但不宜与住宅区混建；在城市郊区，不宜将大棚建在工厂下风地段，以免受毒烟污气为害，以利发展绿色食品蔬菜。在山区，可借用自然避风向阳的梯田坎壁、土崖作后墙建造冬暖大棚，可节省建材费用，增强贮热、挡风、御寒保温性能。

（二）光照和通风条件

太阳光照射是冬暖塑料大棚的最主要光、热资源。因此，必须选择具有充足光照条件的场地建造冬暖大棚。大棚基地正南向的建筑物及树木等遮阳成荫物离最前排大棚前脚处的距离，应不小于该遮阳物最高遮阳点于冬至正午时投射阴影的长度（距离）；而大棚基地东南向或西南向的遮阳成荫物离最前排大棚前脚处的距离，应不小于该遮阳成荫物的最高遮阳点于“冬至”正午时投射阴影长度的 2 倍。因为物体在离正午 4 小时投射阴影的有效距离（正南正北水平距离）为正午时投射阴影长度的 2 倍。值得注意的是物体投影长度

不仅与物体高度有关，而且与投影系数有关；投影系数大小不仅与季节日期和白昼时间有关，而且还与不同地理纬度地区的太阳高度角大小有关。如在冬至这天的正午时间，北纬 33° 地区的太阳高度角为 $33^{\circ}55'$ ，物体投射阴影距离系数为1.5；而在北纬 40° 地区的太阳高度角为 $26^{\circ}33'$ ，投影系数为2。物体愈高，投影系数愈大，则遮阳投影的距离愈长。因此，在选择建棚场地时，要注意遮阳成荫物的有效投影距离。

建大棚场地的地势，以北高南低坡降 $8^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 为好，以增加地面受光强度和延长受光时间，提高冬季和春季棚内的地温，促进蔬菜生长。

因在冬季晴日中午和春秋季节棚内温度较高，需要及时通风换气降温，所以选择建棚场地时，还应具备较好的通风条件，但不可在风口处。

（三）土壤条件

大棚蔬菜栽培，一般是多茬次立体高产栽培，因此，要求良好的土壤条件。最好是选用物理性状良好、耕层疏松、富含腐植质的肥沃土壤。其优点是吸热性能强、透水透气性好，适耕性强，有利于根系生长。并要求前茬在3~5年内未种植瓜类、茄果类蔬菜作物，以减少病害发生。

（四）水利和电力条件

建大棚的场地，还要求地下水位较低、排水良好。如果地势低洼，地下水位较高，会导致棚内湿度过大，土壤升温缓慢，蔬菜根系生长不良，易感病害。大棚场地要求水源充足，水质良好，冬季水温较高，以深井水为宜。如果大棚场地具备良好电源，不仅便于提水浇地或实行滴灌、渗灌，不会明显因浇水而降低地温，易于控制棚内温度，有利于棚内蔬菜生长，而且还可采用电热线育苗或电热线补温。在遇到连续阴雪天气的情况下，还可在棚内设挂电灯，补充棚内光照，对蔬菜大棚栽培更为有利。

（五）交通运输条件

要建设大棚群，大规模实施大棚蔬菜商品化生产，必须考虑到交通运输问题。因此，大棚建设场地，要选择交通方便，离住处不太远的地方，以便于管理和对所产鲜菜及时运输销售。

二、大棚群的布局规划

（一）先行规划，实行规模化生产

在大棚建造场地选定后，首先要根据场地的地形、面积和形成大棚群实行蔬菜规模化生产的要求，进行总体规划，绘制出大棚布局平面图，按图合理布局。要对建造大棚的场地中农民承包的零散土地，统一规划为蔬菜生产责任田，实行连片大面积承包，发展大棚蔬菜生产，形成大棚蔬菜生产集中区。

（二）大棚群的布局

寿光冬暖塑料大棚的群体，多采用与主路对称的布局。常以南北伸延的路为主路，在路东西两侧建造数排东西向伸长的大棚，对称排列。各侧的数排大棚群体要分成数个单元，单元间设有纵横道路，道路宽4~6米，以保证双排卡车能够通过。大棚群间的主路和群体单元间的纵横生产路，要与公路相通，以便于运销蔬菜。

（三）同列相邻排大棚之间合理间距的推算

以一年中北半球地区的太阳高度最低，物体投射阴影最长的冬至这天，前排大棚的棚脊产生的阴影不影响后排大棚的采光为标准，来计算确定同列大棚前后排间的距离（即同列前排冬暖塑料大棚的后墙根到相邻后排大棚的前沿）。而棚脊最高遮阳成荫点的（含卷起的草苫高度）有效遮荫系数（向正北方向投射阴影的长度为有效阴影长度）主要与棚脊高度、太阳高度角、方位角有关，而太阳高度角、方位角又随季节和一天中的时刻不同而变化。在北半球，地理纬度越高的地区，“冬至”的太阳高度角越小，有效遮荫系数越大，同样的棚脊高度，投射的有效阴影越长。在冬至这天，以正午的有效遮荫系数最小（即太阳高度角余切函数最小），而以离正午 4 个小时（例如正午为 12 时，是指 8 时和 16 时）的遮荫系数最大，约等于正午有效遮荫系数的 2 倍。因此，冬至正午的有效遮荫系数（即太阳高度角余切函数值）乘以 2，再乘以棚脊最高遮荫点高度，便是棚脊最高点的高度投射的阴影最大有效遮荫长度。此遮荫长度减去棚脊最高点至后墙内侧水平距离，再减去后墙底宽，便是同列前后相邻大棚间的合理距离。可用下式计算：

$$\textcircled{1} L = H \cdot 2b - L_1 - L_2$$

$$\textcircled{2} b = \operatorname{ctg} h$$

在式中： L 为同列前后相邻冬暖塑料大棚的合理间距（米），即前栋大棚的后墙根至后栋冬暖大棚的前沿之距。 H 为冬暖塑料大棚的棚脊最高遮荫点高度（含卷起的草苫捆直径高度）， b 为冬至正午时的有效遮荫系数，即冬至正午时的太阳高度角的余切函数值。 L_1 为冬暖塑料大棚的棚脊最高遮荫点到后墙内侧的水平距离（米）。 L_2 为冬暖塑料大棚后墙底宽，即后墙下部厚度（在寿光市，下挖栽培床面的冬暖塑料大棚的后墙底宽为 2.5 米；而平地建造的冬暖塑料大棚后墙的底宽为 1.2 米）。

在式中， h 为“冬至”正午时的太阳高度角。 $h = 90^\circ - \text{当地纬度} + \text{赤纬度}$ （赤纬度即太阳直射点所在纬度，北半球的冬半年取负值，冬至时赤纬度为 $-23^\circ 27' \approx -23.5^\circ$ ）。依据 h 值（冬至时当地太阳高度角的度数），从此书表 1-4 中或从中学生数学用表中查出 h 角度数的余切函数（ $\operatorname{ctg} h$ ），便是有效遮荫系数 b 值。

例如，我们要在位于北纬 36° 的济南郊区建造冬暖塑料大棚群，设计的大棚高度为 3 米，棚脊上草苫捆直径高 0.45 米，棚脊最高遮荫点至后墙内侧的水平距离为 1 米，后墙底宽为 1.2 米，那么，同列前后相邻排冬暖塑料大棚间的合理间距应是多少米呢？

计算方法是：

先求出此处冬至正午时的太阳高度角（ h ）度数。可用下式求出： $h = 90^\circ - \text{当地纬度} + \text{赤纬度}$ 。将当地的地理纬度数值和冬至时的赤纬度代入上式，则 $h = 90^\circ - 36^\circ + (-23.5^\circ) = 30.5^\circ$ 。

再从表 1-4 或中学生数学用表中查出 30.5° 相对应的余切函数值为 1.705（即 $\operatorname{ctg} 30.5^\circ = 1.705$ ），此函数值便是北纬 36° 地区冬至正午时的有效遮荫系数 b 值。

将上述已知数值代入式中则 $L = (3 \text{ 米} + 0.45 \text{ 米}) \times 2 \times 1.705 - 1 \text{ 米} - 1.2 \text{ 米} = 11.77 \text{ 米} - 1 \text{ 米} - 1.2 \text{ 米} = 9.57 \text{ 米}$ 。即此处建 3 米高寿光冬暖塑料大棚，同列前后相邻排大棚间的合理间距为 9.57 米。

在同一纬度地区建造不同高度的寿光冬暖塑料大棚，因遮荫高度不同，投射的有效阴影长度不同，故此，同列前后相邻大棚的合理间距也不同。而在不同地理纬度地区建造相

同高度的寿光冬暖塑料大棚，因不同纬度地区冬至正午时的太阳高度角的度数不一样大，所以同一时间的大棚有效遮荫系数也不一样大（即不同度数角的余切函数值不等），故有效遮荫长度也不等。所以同列前后相邻大棚的合理间距也不等。现在，以在不同纬度地区设计高度 3.7 米、3.5 米、3.0 米、2.8 米、2.5 米的寿光冬暖塑料大棚，同列前后排相邻大棚的合理间距如表 1-1 所列。

表 1-1 同列前后排相邻冬暖大棚的合理间距

冬暖大棚 所处地理 纬度地区	大棚的棚 脊高度 (米)	棚顶草苫 卷起的直 径(米)	冬至正午 时太阳高 度角度数 (°)	冬至正午 时有效遮 荫系数	大棚最高遮 荫点至后墙 的水平距离 (米)	大棚后 墙底宽 (米)	同列前后相邻排冬暖塑料大棚的合理间距 (计算所得正确数值,米)
北纬 31°	3.7	0.4	35.5°	1.402	0.8	0.6	$(3.7+0.4) \times 1.402 \times 2 - 0.8 - 0.6 = 10.10$
	3.5	0.4	35.5°	1.402	0.8	0.6	$(3.5+0.4) \times 1.402 \times 2 - 0.8 - 0.6 = 9.54$
	3.0	0.4	35.5°	1.402	0.8	0.6	$(3.0+0.4) \times 1.402 \times 2 - 0.8 - 0.6 = 8.13$
北纬 33°	3.7	0.4	33.5°	1.511	0.9	0.8	$(3.7+0.4) \times 1.511 \times 2 - 0.9 - 0.8 = 10.69$
	3.5	0.4	33.5°	1.511	0.9	0.8	$(3.5+0.4) \times 1.511 \times 2 - 0.9 - 0.8 = 10.09$
	3.0	0.4	33.5°	1.511	0.9	0.8	$(3.0+0.4) \times 1.511 \times 2 - 0.9 - 0.8 = 8.54$
北纬 35°	3.7	0.45	31.5°	1.632	1.0	1.0	$(3.7+0.45) \times 1.632 \times 2 - 1.0 - 1.0 = 11.55$
	3.5	0.45	31.5°	1.632	1.0	1.0	$(3.5+0.45) \times 1.632 \times 2 - 1.0 - 1.0 = 10.89$
	3.0	0.45	31.5°	1.632	1.0	1.0	$(3.0+0.45) \times 1.632 \times 2 - 1.0 - 1.0 = 9.26$
北纬 37°	3.7	0.5	29.5°	1.767	1.2	1.2	$(3.7+0.5) \times 1.767 \times 2 - 1.2 - 1.2 = 12.44$
	3.5	0.5	29.5°	1.767	1.2	1.2	$(3.5+0.5) \times 1.767 \times 2 - 1.2 - 1.2 = 11.74$
	3.0	0.5	29.5°	1.767	1.2	1.2	$(3.0+0.5) \times 1.767 \times 2 - 1.2 - 1.2 = 10.00$
北纬 39°	3.0	0.6	27.5°	1.963	1.3	1.4	$(3.0+0.6) \times 1.963 \times 2 - 1.3 - 1.4 = 11.43$
	2.8	0.6	27.5°	1.963	1.3	1.4	$(2.8+0.6) \times 1.963 \times 2 - 1.3 - 1.4 = 10.65$
北纬 41°	2.8	0.7	25.5°	2.097	1.4	1.5	$(2.8+0.7) \times 2.097 \times 2 - 1.4 - 1.5 = 11.78$
	2.5	0.7	25.5°	2.097	1.4	1.5	$(2.5+0.7) \times 2.097 \times 2 - 1.4 - 1.5 = 10.52$

三、寿光冬暖塑料大棚的总体尺度、方位、棚面角度的设计

在设计寿光冬暖大棚时，必须依据地理纬度、气候条件、场地面积、地形等自然情况，处理好大棚的总体尺寸关系，使总体尺寸关系处于适宜范围，方使大棚具有采光性强，保温性好，节能和经济实用的独特优点。

(一) 大棚的高度、跨度、长度

高度、跨度、长度配合得当，则采光角度和前后坡水平宽度比例适当，采光增温和贮热保温性能都好，棚内空间范围也适当，既能减轻山墙遮阳成荫影响，易于控制调节棚温，又利于作物生长发育和便于人们对作物栽培管理。因此，在北纬 39°~41°的冬季严寒地区，宜采用脊高 3.0~2.5 米、跨度 8~7 米、前坡与后坡的水平宽度比为 1:0.5~0.7，长度 39~57 米（3.6 米一间，一般 10~15 间），墙底宽度 1.4~1.5 米。在北纬 38°及其以南冬季寒冷能结冻地区，宜采用棚脊高 3.0~3.7 米、跨度 8~12 米、前坡与后坡的水平宽度比为 1:0.2~0.3，长度 56~74 米（3.6 米一间，一般 15~20 间），墙底宽度 0.6~1.2 米。如果跨度不变而增加高度，虽然因采光角度加大，采光性能增强，棚内光照强度增大，白天升温快；但因保温比变小，保温效果降低，夜间降温快而夜温更加低。如果高度不变而增加跨度，或跨度不变而降低高度，则因前坡面采光角度变小，透光率下

降，不利于增光升温，往往因棚内光照弱、温度低而影响作物生长发育。如果冬暖塑料大棚的东西长度短于 30 米，棚内作物受两边山墙挡遮阳光影响，而生长发育不良。如果大棚的长度长于 80 米，不仅棚内温度不易控制一致，而且因容积过大，升温慢、降温也慢，不便调节棚温。并因加大了棚内东西往返距离，使生产资料 and 产品的运输也不方便。

（二）大棚后墙的适宜高度、宽度

大棚墙体的宽度和后墙高度关系着大棚贮热御寒保温性和后坡负重大小，棚内外作业是否方便。

后墙矮，保温比大，有利于保温，但因墙矮而导致后坡角度大，一则室内外作业都不方便，二则在冬季太阳高度角小于大棚后坡角度时期，后坡不得阳光直射，不利于后坡白天增温。后坡高，保温比小，保温性差，且因后坡面角度小，斜棒（檩条）负重过大，影响后坡面的使用寿命，综合考虑，大棚脊高 2.5~3.0 米时，后墙高度以 1.6~2.0 米为宜；棚脊高 3.0~3.5 米时，后墙高度可增加到 2.0~2.2 米；棚脊高度 3.7~3.9 米时，后墙高度 2.2~2.4 米为宜。后墙及山墙的宽度（厚度）与墙体结构和不同地理纬度地区冬季严寒程度有关。寿光冬暖塑料大棚的后墙和两山墙均为土墙实心结构，多数大棚的墙体是用麦稷泥培成（群众称泥托墙），一般不易倒塌。但也有个别的大棚，为预防雨淋塌墙体，而采用砖砌外墙皮，或内外砖墙皮夹土心。实践证明，土墙实心结构的墙体，其贮热保温性能，比砖砌外皮土墙和两砖破皮夹实心土墙都好。墙体的适宜厚度，一般是当地最大冻土层厚度再加上 30 厘米。例如，在北纬 39°~41°地区的最大冻土层一般为 70~100 厘米，而冬暖大棚的墙体厚度 120~150 厘米为宜；在北纬 36°~38°地区的最大冻土层为 50~60 厘米，墙体厚 100~110 厘米为宜；在北 35°以南地区的最大冻土层为 10~30 厘米，这里冬暖大棚的墙体厚度 60~80 厘米为宜。

近几年来不少寿光菜农在建造冬暖大棚中，为了既增加棚体的贮热保温性能，又能防止墙体遇雨淋冲后倒塌，而采取建造栽培床面下挖的厚坡墙大棚。即用机械将棚内栽培床面下挖 40~50 厘米深，将挖取的耕作层以下的生土用作培筑墙体。山墙和后墙都内面陡外面坡，上端截面宽 100 厘米，基部截面宽 200 厘米。一般棚脊高 3.5 米的大棚，其后墙高度为 2.0~2.2 米。墙体的剖面呈不等腰梯形。调查结果证明，这样的大棚，在深冬严寒的夜间，棚内气温比一般大棚的气温高出 2~3.4℃；而在夏季遇雨时，墙体不易出现倒塌。

（三）冬暖大棚前、后坡水平宽度

大棚的后坡短，前坡长，透光面增大，白天增温效果好；但因后坡短而贮热量少，夜间保温能力差。反之，后坡长，能增加贮热量，有利于保温；但因前坡采光面缩小，而不利于白天采光增温。寿光冬暖塑料大棚前、后坡的水平宽度一般为：在北纬 39°~41°地区，跨度 7~8 米、脊高 3.0~2.5 米的大棚，后坡的水平宽度 2.5~3.0 米为宜。在北纬 36°~38°地区，跨度 8~12 米、高度 3.0~3.7 米的大棚，后坡水平宽度 1.8~2.2 米为宜。在北纬 35°以南地区，跨度 10~12.5 米，脊高 3.5~4.0 米的大棚，后坡水平宽度 1.5~2.0 米为宜。

另外，据鞍山园艺研究所的研究和亢树华报道，在北纬 41°~42°的高寒地区，为了既有利于大棚采光，又有利于严寒冬季保温，可在后坡的中部至棚脊部设置一段活动后坡，白天

打开增光，晚上覆盖上保温，待天气转暖，阳光走向直射的季节到来时，将活动后坡全部揭下。这一增光保温措施，也适于寿光冬暖塑料大棚在北纬 41° 以北的高寒地区采用。

（四）大棚的方位与采光保温关系

就坐北朝南东西向延长的寿光冬暖塑料大棚的方位而言，有人主张大棚的方位应偏东一些，其理论依据是植物在上午的光合作用强，光合生产率高；每向东或向西偏一度，太阳光直射时间出现的早晚相差约 4 分钟，偏东 10° ，可比正南方位早见到直射阳光 40 分钟，因此有利于棚内蔬菜作物的光合作用。但也有人认为，如果是加温的棚室可以这样做。但寿光冬暖塑料大棚是日光温室，在严寒的冬季，不能过早地揭开草苫，否则棚温不仅不能上升，反而会明显下降。所以，从采光的角度来看，偏向东南虽然好，但实际上在冬季严寒的地区建寿光冬暖塑料大棚（日光温室），又以偏向西南为好。这样可延长午后日照时间，有利于下午采光增温和夜间保温，使大棚的夜温比较高。综合上述两方面的意见及其理论和实践依据，在确定寿光冬暖塑料大棚的建造方位时，一般掌握：在北纬 35° 以南冬季早晨不太寒冷的地区，大棚的方位以偏东为宜；而在北纬 $39^{\circ}\sim 41^{\circ}$ 冬季严寒地区，大棚的方位以偏西为宜；在北纬 $36^{\circ}\sim 38^{\circ}$ 地区，大棚的方位宜正南方向。实践证明，不论方位偏东或偏西，均以偏 $5^{\circ}\sim 6^{\circ}$ 为宜，若偏的最大也不宜超过 10° 。

在规划设计寿光冬暖大棚时，不论大棚的方位需向正南或偏向东南或偏向西南，都必须首先确定出正南方向。通常人们所指的“南”有三个不同含义：一是指的以地理上的子午线（经线）确定的南；二是所指的以地球磁力线形成的指南针所指的南；三是夜间以北极星相反方向的南。在建造冬暖大棚时所求的“南”，是以子午线确定的南为准。那么，怎样依据时间来推算不同地区的子午线正南和偏东南、偏西南呢？

依据北京时间 12 时子午线经度数，与地球每自转 1° 所需时间，和筹建冬暖大棚的某场地所处地理经度，可推算出建大棚场地的子午时间。在子午时间于筹建冬暖大棚的场地上，与水平地面立一直杆，晴日直杆投影的方向为正北方，相反方向为子午线正南方向。可用“ $F=12\text{ 时}+(D-C)\times E$ ”，这一算式求出某筹建冬暖大棚场地的子午时间。

式中：

F = 某筹建冬暖大棚场地的子午时间（指北京时间）；

C = 某筹建冬暖大棚场地处于地理位置的经度；

D = 北京时间 12 时的子午线经度数（即东经 120° ）；

E = 地球自转 1° 所需时间（即自转 1° 所需 4 分钟，也就是需 $1/15$ 小时）。

现举一例：有一个单位要在位于东经 105° 、北纬 37° 地区建寿光冬暖塑料大棚，大棚的方位应该朝向正南，即朝向正午的太阳方向。那么什么时间是这里的正午时间呢？计算的方法是： $F=12\text{ 小时}+(120-105)\times 4\text{ 分}=12\text{ 时}+60\text{ 分}=13\text{ 时}$ 。即这里的子午时间是北京时间 13 时。在此地垂直于水平地面立一根直杆，此时（13 时）直杆投射阴影的相反方向就是子午线正南方向。

在同一经度的北纬 $39^{\circ}\sim 41^{\circ}$ 地区建造冬暖大棚，大棚的方位应偏西 5° ；确定偏西 5° 方向而立杆见影的时间是 13 时 20 分（即 $13\text{ 时}+4\text{ 分}\times 5=13\text{ 时 }20\text{ 分}$ ）如果在同一经度的北纬 35° 及其以南地区建造冬暖大棚，其方位应偏东 5° ；确定偏东 5° 方向而立杆见影时间是 12 时 40 分，即 $13\text{ 时}-4\text{ 分}\times 5=12\text{ 时 }40\text{ 分}$ 。

上述推算寿光冬暖大棚方位的方法，适用于北半球三个不同纬度范围地区：

一是北纬 $39^{\circ}\sim 41^{\circ}$ 及其以北地区棚向偏西 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 。

二是北纬 $36^{\circ}\sim 38^{\circ}$ 地区棚向正南。

三是北纬 35° 及其以南地区棚向偏东 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 。

(五) 设计大棚的合理棚面角度

棚面角度是指大棚前坡面与地平面的夹角度数。棚面角度越大，前坡面与阳光的交角越大（即太阳投射角越大），透过的光线也就越多（即透光率越高），反射光率越低。反之，太阳投射角越小，阳光透射率越低，反射率越高。但如表 1-2 所示，太阳投射角度与透光率并非是简单的正比例关系，而是当太阳投射角在 $50^{\circ}\sim 90^{\circ}$ （即入射角 $40^{\circ}\sim 0^{\circ}$ ）的范围内时，随着太阳投射角度的减小（即随着入射角的加大），透光率虽略有下降，但变化不显著；当太阳投射角处在 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$ （即入射角处在 $60^{\circ}\sim 40^{\circ}$ ）范围内时，透光率随投射角的减小（或随入射角的加大）而明显下降；当太阳投射角处在 $0^{\circ}\sim 30^{\circ}$ （即入射角处在 $90^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ）范围内时，透光率将随入射角加大（或随投射角减小）而急剧下降。

表 1-2 聚氯乙烯棚膜覆盖大棚前坡面与阳光的交角大小 与光入射率、反射率的关系

太阳投射角度($^{\circ}$)	光入射角度($^{\circ}$)	光入射率(%)	光反射率(%)
90	0	86.57	0.0
80	10	84.36	2.5
70	20	84.27	2.7
60	30	84.18	3.2
50	40	83.59	3.9
45	45	82.68	4.8
40	50	81.76	6.4
30	60	77.28	10.9
20	70	66.18	22.1
15	75	60.94	30.2
10	80	50.85	40.8
5	85	40.14	53.6

大棚的南坡面与太阳直射光线构成的交角（投射或入射角）大小，既决定于太阳的高度角，又决定于大棚前坡面的倾角（即棚面角）。太阳的高度角是随着纬度、季节和时间的不同而变化的。因此，在大棚的采光设计上，其前坡面的倾斜角度（前棚面角）应当与太阳光线配合成比较适当的角度。以使大棚尽可能多地吸收太阳光和热。由表 1-2 可看出，当太阳投射角为 90° （或者说入射角度为 0° ）时，光入射率最高，这个角度最为理想，因此，我们就把 90° 的太阳投射角的棚面角称为“理想棚面角”。但实际上这是不可能和不科学的，因为在我国北方高纬度地区建造前坡大、后坡小、基本是一立一斜式、坐北朝南的冬暖大棚（日光温室），如果要使棚面角成为“理想棚面角”，就要使棚面角达到 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ ，如此，将是一栋前坡陡、中脊过于高、栽培床面积窄小、保温性能差、建造成本高而不适用的大棚。由表 1-2 可见，太阳投射角 40° 与 90° 相比，光透过率仅下降三个百分点。如果以太阳光投射角 50° （入射角 40° ）为设计参数，算出的棚面角度，在冬至这天 12 时的短时间内，太阳光投射角为 50° ，而在 10 时至 14 时的大部分时间内太阳光投射角达不到 50° ，这是因为 10 时到 14 时的太阳高度角比 12 时低 $5.51^{\circ}\sim 6.97^{\circ}$ 。因此，我

们要以 $33^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 入射角（即 $57^{\circ}\sim 55^{\circ}$ 太阳光投射角）为设计参数。理想棚面角度，减去 $33^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 这个参数，得出的棚面角度的棚面与阳光的交角，即使在太阳高度角最低的冬至这天的 10 时至 14 时这段时间，光入射角也小于 40° （即光投射角也大于 50° ），其透光率仅比入射角度为 0° （投射角度 90° ）的“理想棚面角度”下降三个百分点；然而棚脊高度却比“理想棚面角度”情况下计算的棚脊高度降低了很多。因此，我们便把理想棚面角度减去 $33^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 这个参数所得出的角度，称为合理的棚面角度。实践和理论均以证明，以合理的棚面角度设计和建造不同跨度及相应脊高的寿光冬暖塑料大棚，适宜于北纬 41° 以南我国北方广大地区。

为使冬暖大棚能充分利用冬季的阳光，在北半球任一纬度地区设计建造大棚时，都应以前冬至这天中午的太阳高度角作为设计依据。这是因为在蔬菜反季节于大棚内栽培期间，冬至这天的太阳高度角最低。任一纬度地区“冬至”中午的太阳高度角可由下列式求出：

$$b=90^{\circ}-C+S$$

式中 b 为太阳高度角； C 为当地纬度； S 为太阳的赤纬度。所谓赤纬度是指太阳光垂直照射水平的地理纬度。即指太阳射线与水平地面构成的交角为 90° 的地点的地理纬度（表 1-3）。

表 1-3 北半球节气与赤纬度

节 气	夏至	立夏	立秋	秋分	春分	立春	立冬	冬至
H/月	21/6	5/5	7/8	23/9	20/3	5/2	7/11	22/12
赤纬(S)	$23^{\circ}27'$	$16^{\circ}20'$		0°		$-16^{\circ}20'$		$-23^{\circ}27'$

现在我们来设计寿光冬暖塑料大棚的合理棚面角度（ a ）：

先求出理想棚面角度（ a' ）：

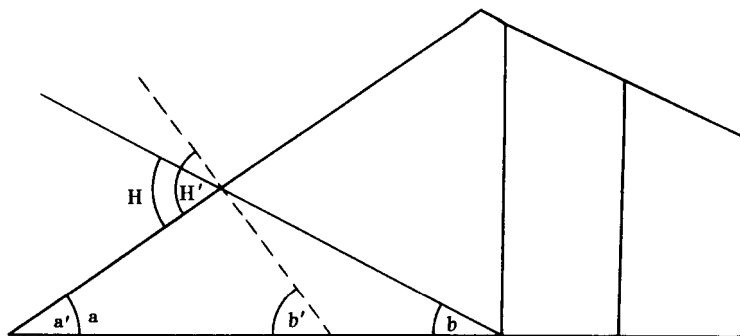


图 1-1 寿光冬暖塑料大棚的合理棚面角度

从图 1-1 看出，在要求 $\angle a$ 为理想棚面角度（ a' ）的条件下：

$\angle H = \angle H' = 90^{\circ}$ （太阳光直射线与法线重合，入射角度为 0° ）

$\angle b = \angle b'$ ， $\angle a = \angle a'$

所以 $\angle a = \angle H - \angle b$ ，即 $\angle a = 90^{\circ} - \angle b$

又因为： $\angle b = 90^{\circ} - C + S$ ，

所以： $\angle a = 90^{\circ} - \angle b$

$$=90^{\circ}-(90^{\circ}-C+S)$$

$$=C-S$$

即理想棚面角度等于当地的地理纬度减去“冬至”时的赤纬度。

如，假设欲要在北纬 38° 的某一地区建造寿光冬暖塑料大棚（日光温室），则其设计的理想棚面角度为： $\angle a = 38^{\circ} - (-23^{\circ}27')$

$$= 38^{\circ} + 23^{\circ}27'$$

$$= 61^{\circ}27'$$

在求出理想棚面角度后，理想棚面角度减去 $33^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 这个入射角设计参数，便是合理棚面角度。即合理棚面角度 $= 61^{\circ}27' - 33^{\circ} \sim 35^{\circ} = 28^{\circ}27' \sim 26^{\circ}27'$ 。

（六）合理确定寿光冬暖塑料大棚的前坡面水平宽度和棚脊高度

寿光冬暖大棚前坡面的垂直水平宽度比棚脊高度，是棚面角（ $\angle a$ ）的余切函数。即 $\text{ctga} = \text{前坡面垂直水平宽度} / \text{棚脊高度}$ 。因此，我们设计出合理棚面角度后，可依据棚面角余切函数（表 1-4），来设计大棚前坡面的水平宽度和棚脊高度。可以先确定适宜的棚脊高度，棚脊高度乘以棚面角度余切函数，便是相应的前坡面垂直水平宽度。如棚面角度为 27° 、棚脊高度确定为 3 米时，从表 1-4 中查到 27° 度角的余切函数值 1.963，则大棚前坡面垂直水平宽度 $= 3 \text{ 米} \times 1.963 = 5.889 \text{ 米}$ 。

表 1-4 棚面角余切表

角度	余切值	角度	余切值	角度	余切值
10.5°	5.396	19.5°	2.824	28.5°	1.842
11.0°	5.145	20.0°	2.747	29.0°	1.804
11.5°	4.915	20.5°	2.675	29.5°	1.767
12.0°	4.705	21.0°	2.605	30.0°	1.732
12.5°	4.511	21.5°	2.539	30.5°	1.705
13.0°	4.331	22.0°	2.475	31.0°	1.665
13.5°	4.165	22.5°	2.414	31.5°	1.632
14.0°	4.011	23.0°	2.356	32.0°	1.600
14.5°	3.867	23.5°	2.300	32.5°	1.570
15.0°	3.732	24.0°	2.246	33.0°	1.540
15.5°	3.606	24.5°	2.194	33.5°	1.511
16.0°	3.487	25.0°	2.145	34.0°	1.483
16.5°	3.376	25.5°	2.097	34.5°	1.455
17.0°	3.271	26.0°	2.050	35.0°	1.428
17.5°	3.172	26.5°	2.006	35.5°	1.402
18.0°	3.078	27.0°	1.963	36.0°	1.376
18.5°	2.989	27.5°	1.921	36.5°	1.351
19.0°	2.904	28.0°	1.881	37.0°	1.327

也可以先确定大棚前坡面垂直水平宽度，前坡面水平宽度除以棚面角度余切函数，便等于相应的棚脊高度。如棚面角 27° ，前坡面垂直水平宽度为 5.889 米时，可从表 1-4 中查到 27° 角的余切函数 1.963，则相应的棚脊高度 $= 5.889 \text{ 米} \div 1.963 = 3 \text{ 米}$ 。

大棚后坡角度的余切函数 $= \text{后墙外边至棚脊垂足的水平宽度} / \text{棚脊高度}$ 减去后墙后沿高度。因此，用查棚面角度余切表的办法，可合理地设计后墙高度和后坡角度。使后坡角

度等于或小于当地“冬至”正午时的太阳高度角，尽可能也使后坡受阳光直射，以增加冬暖大棚后坡的增温和保温性能。

（七）大棚前坡拱面的切线角度

如图 1-2 拱面所示，在我国北方地区目前推广的日光温室中，辽宁瓦房店日光温室和河北永年日光温室，其透光前坡面基本是拱圆形的，是截取前坡面高于栽培床地面 50 厘米的坡面起拱的。这样的冬暖大棚的前坡拱面，太阳光投射角度较大，采光性能好，棚温升得快；再配合上较宽的后坡，保温性也好。就可使喜温性蔬菜在北纬 $39^{\circ}\sim 41^{\circ}$ 地区的严寒冬季，在这样的日光温室保护下，亦能安全越冬，正常生长发育。但这类日光温室的栽培床面积比例较小，生产上不够经济。

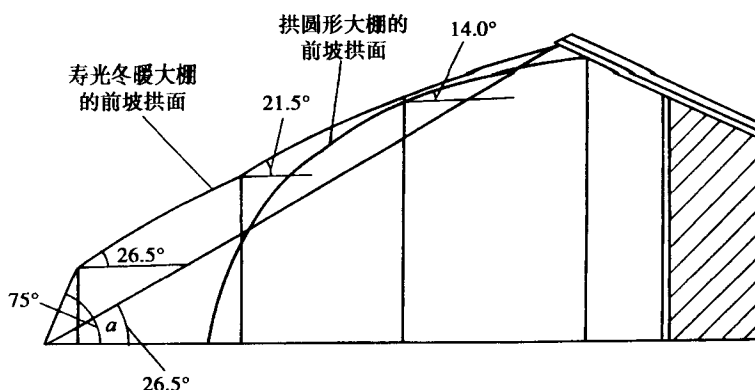


图 1-2 冬暖大棚的前坡拱面

而寿光冬暖大棚的前坡拱面，是从棚面角的角顶处拔起形成前窗面，前窗面的上边是架置在前立柱上端和侧柱上端的横杆，从横杆至棚脊形成略呈拱形的前坡面。为增加栽培床面的受光，由后至前棚面的切线角度逐渐加大。以棚脊高 3 米、前窗高 0.8 米、前坡垂直水平宽度 6 米的大棚，前窗角 75° 距前窗檐 2、4、6 米处的切线角度，分别为 26.5° 左右、 21.5° 左右、 14.0° 左右。这样的前坡拱面，虽较拱圆形前坡面的透光角度小，透光率略低，但采光面积显著比拱圆形的大。生产实践充分证明，寿光冬暖塑料大棚的前坡拱面，不仅跨栽培床宽度较大，而且采光面积较大和栽培床面积受光好。所以采用此大棚进行喜温蔬菜越冬茬栽培，既安全可靠，又经济实用。但应注意：目前，寿光冬暖塑料大棚多为脊高超过 3 米、采光坡面水平宽度（即栽培床宽度）超过 6 米的。对于棚脊高 3.5 米以上、采光坡面水平宽度 8 米以上的冬暖大棚，在起拱时要掌握做到：距前檐 7~8 米处的切线角度不宜小于 11° 。

第二节 寿光冬暖塑料大棚的类别、结构建造和性能特点

目前，大面积推广应用的寿光冬暖塑料大棚，按其跨度、棚脊高度、结构和建材等方面的差别，可分为以下七种：

第一种是跨度 8 米、脊高 3 米的，称寿光冬暖塑料大棚 I，是最先推广应用的冬暖塑料大棚。

第二种是跨度 10 米，脊高 3.5 米的，称寿光冬暖塑料大棚 II，是目前推广应用面积最大的性能较好的一种大棚。

第三种是跨度 11.5 米、脊高 3.7 米的，按照推广应用时间早晚，这种大棚排第三位，故称寿光冬暖塑料大棚 III。由于先从寿光市五台镇推广应用的，群众又称其为寿光五台式冬暖塑料大棚。

第四种是跨度和高度与寿光冬暖塑料大棚 II 相同，而不同之处是：墙体加厚，而且内侧陡直，外侧呈坡；棚内栽培田面比棚外地面低 40~50 厘米，称寿光冬暖塑料大棚 IV。因墙体是用链轨车从棚内推生土筑成，故群众也称其为推墙大棚。是目前各种寿光冬暖塑料大棚中，保温性能最强，而且耐用和造价较低的一种冬暖塑料大棚。

第五种是寿光冬暖塑料大棚 V，是寿光市于 20 世纪 90 年代中期开始推广采用的钢架拱梁大棚。此大棚多为脊高 3.7 米、跨度 11.5 米，有脊柱而无中、前立柱；但也有的脊高 3.3 米，跨度 8.8 米，无立柱、脊柱的。

第六种是寿光冬暖塑料大棚 VI，是脊高 4 米、跨度 12.5 米、前坡水平宽度 9.2 米的最新钢架冬暖塑料大棚。

第七种是跨度 7.5 米，棚脊高 2.5 米，栽培床宽 5.2 米的竹木简易型寿光冬暖大棚。是在寿光改良式春用型塑料大棚结构的基础上，后墙和两山墙的厚度都加厚到 1 米，后立柱距后墙的距离缩为 0.7 米改建而成的。现将上述七种大棚的结构、性能介绍于下：

一、寿光冬暖塑料大棚 I 的结构建造及其性能特点

(一) 寿光冬暖塑料大棚 I 的结构建造 (图 1-3)

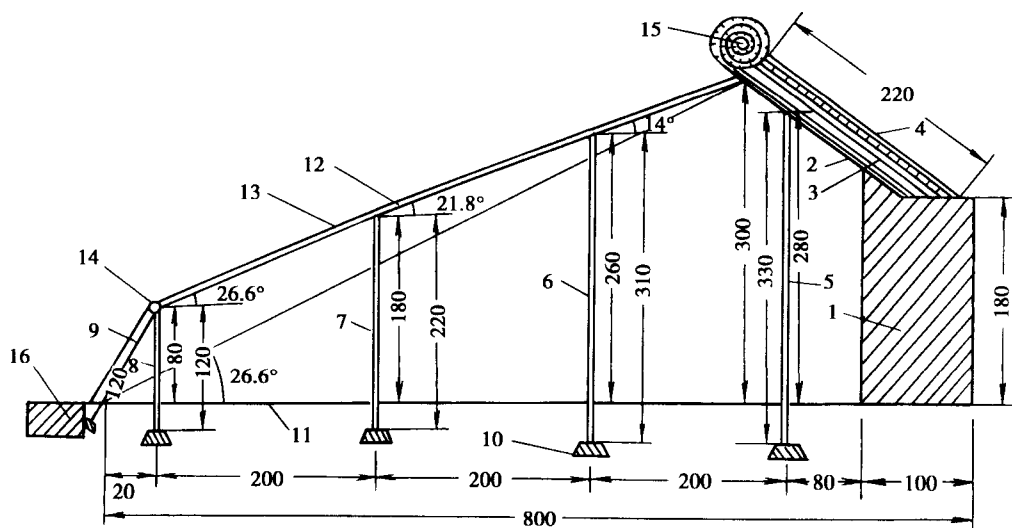


图 1-3 寿光冬暖塑料大棚 I 结构横断面示意图 (长度单位：厘米)

1. 后墙 2. 后坡斜棒 3. 后坡玉米秸、麦草泥 4. 后坡表面塑料膜 5. 后立柱 6. 中立柱 I
7. 中立柱 II 8. 前立柱 9. 拱杆 10. 基石 11. 水平地面 (棚内栽培床面) 12. 拱杆
13. 聚氯乙烯棚膜 14. 横杆 15. 稻草苫 16. 防寒沟

此大棚主要由墙体、立柱、前坡面、后坡面、透明覆盖物和不透明覆盖物等几部分组

成。

1. 建墙体 包括后墙和东西两个山墙。建棚场地（地址）选定后，要按设计的冬暖大棚跨度和长度，先在建此大棚场地的最北边向南量出 1.5 米，两头定点打上灰线。然后用夯和杵打实后墙的地基。同时按此法打线打实两个山墙的地基。建墙用土要从距墙基 1.5 米远的墙外挖取，不能从棚内取土，以防打乱土层，影响作物生长。打制墙体主要有三种方法：一种是草泥培墙，即用麦穰和成硬草泥，用铁锤取泥墙，边培泥，另一人用“打锤子”边把墙体打出垂直于地平面的墙面；另一种是用潮湿土加模板（取夹板），杵打成墙，并趁墙体潮湿时，用泥匕（或铁铲）把墙面拍实打光，使墙皮结实；再一种是土坯垒墙体，并以麦穰泥泥墙皮。以上三种方法，以第一种方法制成的土墙防寒保温性能最好，而且比较坚固耐用。但采用哪种方法合适，要视土质而定。墙的厚度在 1 米左右。因墙厚，后墙后沿高 1.8~2.0 米，前沿 2.0~2.2 米。山墙顶高 2.9 米（建成后的山墙顶高 3 米）。建山墙时，在大棚的一头要留出高 1~1.5 米、宽 0.5~0.8 米的门口。北方地区冬季西北风较多，在东山墙留门为宜。为了防止外界冷空气直接进入大棚内，最好门外建一缓冲间。缓冲间的大小可根据具体情况而定，如果缓冲间较大，可作为工作室或工具室用。

2. 埋设立柱和戗柱 立柱是支撑大棚前后坡棚架、棚膜、草苫等物的支柱，并承担雨雪的重力（量）和风力，是寿光冬暖塑料大棚稳固的保障。因此，立柱预制时要掌握质量，在埋设立柱时一定要严格按照要求来做。将预制好的钢筋水泥混凝土立柱运到棚内，然后按规定尺寸挖坑、填基石、竖埋立柱。此种大棚的立柱自北向南共 4 排。

第一排立柱也叫后立柱，是支撑后坡面和前坡面顶部以及草苫的主要立柱，所以承受的重量最大。后立柱总长 3.3 米，需埋入地下 0.5 米，地上高度 2.8 米。同排东西相邻后立柱的距离 1.8 米，距后墙 0.8 米。埋后立柱的具体方法是在离后墙 0.8 米处挖长宽各 30~40 厘米、深 60~70 厘米的坑，在坑内放一块面积至少大于立柱横截面积 1~2 倍的基石，基石的作用是防止立柱受压后下沉。立柱放坑内时，要注意其顶端的槽口应顺南北方向，以便于放置拱杆。后立柱顶端应向后墙方向倾斜 5 厘米（即顶端按垂线位置向北倾 5 厘米），以平衡坡的重力。埋土时要分层进行，逐层捣实。

第二排立柱也叫中立柱Ⅰ，总长 3.1 米，埋入地下 0.5 米，地上部分 2.6 米，距第一排立柱 2 米，同排相邻立柱相距 3.6 米，顶端的槽口也应顺南北方向。埋立方法同第一排，但要与水平地面垂直。

第三排立柱也叫中立柱Ⅱ，总长 2.2 米，埋入地下 0.4 米，地上部分 1.8 米，距第二排立柱 2 米，同排相邻立柱相距 3.6 米。顶端槽口顺南北方向。也要求埋立得牢固垂直。

第四排立柱也叫前立柱，总长 1.2 米，埋入地下 0.4 米，地上部分 0.8 米，同排相邻前立柱的距离 1.8 米，其顶端槽口也应顺南北方向。挖坑埋柱方法与中立柱相同。

在前立柱以南 20 厘米处，有排向北倾斜的斜柱，也叫戗柱，其上部顶在前立柱顶端的横杆上，其作用是架设横杆和承担大棚前坡重力的向南分力。戗柱总长 1.2 米，需埋入地下 0.38 米，地上部分 0.82 米，埋戗柱时应在前立柱南 0.2 米处挖坑，使戗柱上端斜靠前立柱埋入。戗柱顶端的槽口顺东西向，以便在其上架置横。同排相邻戗柱的距离 3.6

米。

3. 挖坠石沟，埋坠石 在两山墙外 1.5 米处各挖一道长 6 米、宽 0.5 米、深 1.4~1.6 米的坠石沟，每道坠石沟里需放入 27 块坠石。大棚东西向越长、越高，需埋入的坠石块应越大，一般 40~60 米长的大棚，每块坠石的重量 20~30 千克。坠石埋入的位置，要与每排立柱和拉紧钢（铁）丝的位置取齐。将坠石埋入后，要把埋土砸实。坠石上要拴上备接钢丝或铁丝，备接钢（铁）丝要露出地面至少 0.5 米。

4. 建造后坡 后坡对整个大棚的御寒保温、承担重量的作用极为重要。建大棚时要严格按操作规程，物料的质量要求要高。

埋设斜棒：斜棒也叫檩条，应采用长 2.2 米、直径 9 厘米左右的圆木（若用刺槐等优质圆木，直径 6~7 厘米粗的即可），在斜棒一头距上端 5 厘米处锯一凹切口，切口搭在后立柱上，另一端搭在后墙上。斜棒上头的上面半边，要锯平后略加制凹，以便安置拱杆时，拱杆的粗头安置于斜棒上头上面的凹处。每一后立柱上安放一根斜棒，将所有后立柱都安放上斜棒后，要添草泥使后墙顶部呈与圆木上缘平行的斜面。在两山墙的后坡上，各安放两根斜棒，并放在山墙的两个边上，以作垫木，防止拉紧钢（铁）丝勒入墙体中，造成钢丝松弛，导致后坡塌落和毁坏山墙。山墙上安放上斜棒后，添草泥使斜棒正好埋入山墙中。

上后坡钢丝：寿光冬暖塑料大棚所用的东西向拉紧钢丝，多为 26 号粗的，如果大棚的长度不足 50 米，也可用 24 号粗的钢丝。目前市面上销售的 24 号和 26 号钢丝有两种：一种是镀锌钢丝，防锈时期长，耐用；另一种是电镀钢丝，当时光亮好看，但因防锈时间较短，不够耐用。若采用铁丝代替钢丝，宜用 8 号铁丝。后坡共用 7 根东西向拉紧钢丝，其中一根在斜棒下面近后立柱处作吊线；两根合并在后坡斜棒上端；另一根留作在建成后坡以后，在后坡外面中间，拴拉放草苫的绳子；其余 3 根均匀铺在后坡斜棒上。上拉紧钢丝时，先把钢丝的一头固定在坠石备接铁丝或钢丝上，放好后在另一头用紧丝钳拉紧，并固定在相对应的坠石备接钢（铁）丝上。每根拉紧拉好的钢丝，均需用钉子固定在后坡的每根斜棒上，以防下滑。

处理后坡：把宽 3 米、厚 0.01 毫米的聚乙烯薄膜铺在后坡钢丝上，并铺盖后坡下端墙体斜坡。把玉米秸秆捆成直径 15~20 厘米的小捆，紧密地排在塑料薄膜上，玉米秸秆应铺的长出后立柱顶部 20~30 厘米。玉米秸秆上面再盖 30 厘米厚的草泥。后坡下部（即后墙上部北半边）应尽量做成“乙”形，以便揭盖草苫时人员在此行走。为进一步加强后坡的保温性能和防雨雪淋湿后坡保温层，可在后坡表面再盖一层旧塑料薄膜。

5. 建造前坡棚面 在两山墙前坡上各放置两根长 7 米、直径 10 厘米左右的木棒作垫木，并添草泥使木棒正好埋入山墙内。

架置横杆和拱杆：在钱柱上端槽口处顺东西方向依次绑好横杆，横杆是长 6~7 米、直径 7~8 厘米粗的竹竿。同时绑好南北坡向的拱杆，拱杆是用 8.5 米左右、直径 8~9 厘米的竹竿。拱杆应呈拱形，并紧紧嵌入前、中、后立柱顶端的槽口中，用 12 号铁丝穿过立柱槽口下边备制孔，把拱杆绑牢固。拱杆与横杆衔接处要整平整，并用废旧塑料薄膜或布条缠起来，以防扎坏棚膜。绑好后的所有拱杆必须保证在同一拱面上。

上前坡钢丝：前坡共用拉紧钢丝 20 根，其中 3 根要均匀地放在拱杆下面作吊线用，

另外 17 根在拱杆上均匀铺设，其间隔距离在 45 厘米左右，并拉紧固定在两山墙外边的坠石备接铁丝上。最靠棚顶部的一根钢丝与后立柱上斜棒（檩条）顶端处钢丝之间的距离约为 20 厘米，以增强顶部承担草苫的重量。拱杆上与拉紧钢丝交叉处，应锯一个小缺口，使钢丝嵌入缺口，再用 12 号铁丝绑牢，以防拉紧钢丝下滑。

绑垫杆：为了防止棚内的膜水被拉紧钢丝挡阻而流滴到作物上和便于棚膜的固定，在拉紧铁丝上要绑上垂直于拉紧钢丝的细竹竿，即垫杆。垫杆是用直径 2 厘米左右、长 2~3 米的细竹竿，几根细竹竿接起来，从大棚前沿一直到棚顶，并用细铁丝紧绑于东西向拉紧的钢丝上。相邻垫杆的间距为 60 厘米左右。

绑上垫杆后，至此整个大棚的骨架就搭成了。

粘接塑料棚膜：选用幅宽 3 米、厚度 0.12 毫米的三块聚氯乙烯（PVC）无滴膜，压缝 5 厘米，用聚氯乙烯塑料薄膜粘合剂粘为 8.9 米宽的整体塑膜，或选用一块幅宽 9 米、厚度 0.08 毫米的乙烯——醋酸乙烯（EVA）无滴防尘长寿膜为整体棚膜，在整体棚膜的一边，粘合上一道 2 厘米宽的“裤”，“裤”里穿上 14 号铁丝，以备上棚膜后，通过铁丝东西向拉紧棚膜边和固定天窗通风口的宽度。另裁两块与大棚一样长的塑膜，其中一块宽 100 厘米，在一边粘合上一道 2 厘米宽的“裤”，穿上 14 号铁丝，作为盖敞天窗通风口用；另一块宽 70 厘米，也一边粘合上一道 2 厘米宽的“裤”，穿上 14 号铁丝，以备置于前窗内面的下半部，作为挡前窗底脚风的前窗内层膜。

可用 200℃ 电熨斗加热粘接塑膜。操作时先将两块薄膜边缘压缝 5 厘米，平放在一块具有平滑木楞的长方形木板上，再在压缝上放一张牛皮纸条，用加热的电熨斗慢慢地在牛皮纸条上加一定压力滑过，这时薄膜起一层小白泡，即可揭去牛皮纸条，两块塑膜就粘接为一块了。

若大棚采用扒缝放风设置，宜在前坡面留两道缝口，用三块薄膜覆盖，由棚底角以南 40 厘米处地面至棚脊后 40 厘米处，覆盖三块薄膜的幅宽分别为 2.5 米、5 米、1.5 米，并要在在一边卷入一条塑料绳，用电熨斗热合，以便在扒缝放风时不易损坏薄膜。

上棚膜：选择晴朗、无风、温度较高的天气，于中午进行上膜。在上膜之前先把塑膜伸置于阳光下晒软，然后用长 7.5 米、直径 5~6 厘米的两根竹竿，分别卷起棚膜的两头，再东西同步展开放到大棚前坡架上。当棚顶和前缘的人员都抓住棚膜的边缘，并轻轻地拉紧对准应盖置的位边后，两头的人员开始抓住卷膜杆向东西两头方向拉棚膜，把棚膜拉得绷紧，随即卷膜竹竿分别绑于山墙外侧的钢丝上，并用大铁钉固定于山墙外侧。在上棚膜时，由上坡往下坡展顺膜面，在顶部留出 50 厘米宽与大棚一样长的天窗通风口不盖整体膜。在大棚的前窗膜垂到地面后要多留出 50 厘米左右宽盖在地面上，并以土压严。穿于整体棚膜天窗通风口边裤鼻里的 14 号铁丝，在上膜后要东西拉紧，两头固定住。上完整体棚膜，随即上天窗通风口敞盖膜，将其有裤鼻的一边在南边（即天窗通风口南边），先把穿在裤鼻里的 14 号铁丝联同薄膜一块轻轻地伸展开，当此膜对准覆盖南坡 50 厘米宽（即盖过天窗通风口，与整体棚压缝 15 厘米）盖过棚脊及后坡 40 厘米宽时，将其拉紧，用泥把盖在后坡及棚脊上的一边压住，并泥严，以防止透风。在东西两山墙内侧的对应天窗通风口处，置有套着小钢圈的拉链，把穿在天窗通风口敞盖棚膜裤鼻里的 14 号铁丝拉紧后，拴于拉链的小钢圈上，这样就可通过拉链很方便地拉敞、拉盖天窗膜。对前窗内层

膜的上法是：把穿有铁丝的内层膜拉紧，并使其与前窗外层膜平行伸展，将未穿铁丝的一边于靠棚角处用土埋压 15 厘米；穿有铁丝的一边拴固于前立柱的中上部。

对于留两道通风口扒缝放风的冬暖大棚，要上三块棚膜。为了防止雨雪水顺膜面流入棚内，上棚膜时由下而上地盖膜，上一块膜的下边压着下一块膜的上膜边 10 厘米。但也有的为了扒缝放风方便，采取上、下两块棚膜压着中间膜的膜边 10 厘米。

上压膜杆或上压膜线：在棚膜上要绑上与垫杆上下相对的压膜杆，压膜杆是用直径 1.5 厘米、长 2~3 米的细竹杆，2~3 根竹竿接起来，沿垫杆放置好，用 18 号铁丝穿透棚膜，把垫杆和压膜杆绑在一起，每根竹竿上绑 2~3 道细铁丝。但靠近大棚顶部 30 厘米不绑，以便放风。穿铁丝绑垫杆和压膜杆时务要小心，穿孔越小越好，若穿孔过大，会造成透风散温，影响大棚保温性能，甚至引起棚膜损坏。

有的为了压膜且不穿透棚膜，不用压膜杆，而采取专用的塑料绳压膜线压棚膜。其断裂强度要在 60 千克以上，按前坡拱形面长度加 40 厘米截成段备用。在上压膜线之前，应事先备置好地锚，以备拴系压膜线。每间大棚的前坡面有 6 道垫杆，因此要正冲每间大棚 6 道垫杆正中间设置 6 道铁条地锚圈。这 6 道地锚铁圈都拴在一个公用横木或废旧横水泥柱上，并将其埋在棚前角外，深度 40 厘米。上压膜线时，上头拴在棚脊之后东西向拉紧的钢丝上（拉紧钢丝也作拴苦子绳用），拉紧一定程度后，下头拴在前角外的地锚铁圈上。大棚上好压膜线后，由于垫杆向上支撑棚膜，而压膜线于两垫杆中间往下压棚膜。因此，棚膜压得牢固，且使大棚前坡面呈现波浪状。波浪状棚面，并不影响采光性。

6. 上草苫（帘）大棚的草苫或草帘一般用稻草和尼龙绳筋打成。草苫长度是从棚脊至前窗底脚外地面的长度再加长 1.5 米。草苫的厚度和宽度因不同气候地理纬度地区而不同，在北纬 $39^{\circ}\sim 41^{\circ}$ 严寒地区，一般草苫 4~6 厘米厚，1.1~1.3 米宽。在北纬 $36^{\circ}\sim 38^{\circ}$ 地区，一般草苫的厚度为 3 厘米左右、宽度 1.3~1.5 米。在北纬 35° 以南地区，一般草苫厚 2~2.5 厘米、宽 1.4~1.5 米。每床草苫的重量 40~50 千克。在棚顶的后边有一道东西拉紧的钢丝或铁丝（24 号钢丝或 8 号铁丝），把草苫从后坡搬至棚顶后部，一头固定在铁丝上，同时在草苫底下固定两根套拉草苫的拉绳，每根拉绳的长度应为草苫长度的 2 倍再加上 2 米，拉绳最好是尼龙防滑绳或麻绳，以便于放、拉草苫，对棚面盖、敞。有的每床草苫只用一根拉绳。草苫的覆盖方法有两种：一种是从东至西依次摆放，覆盖时采取覆瓦状，即两边一床草苫的东边，压着东边一床草苫的西边 10 厘米。从大棚的后坡顶部覆盖到前坡前窗脚前的地面。最西边草苫的西边，要用一条尼龙绳或麻绳从后坡顶部到前坡前窗脚压紧，防止大风揭苫。另一种覆盖草苫的方法是，由东至西，先隔一个草苫覆盖一个草苫，盖到大棚东头后，再由西到东把未覆盖的草苫覆盖，使其两边压着相邻草苫的相邻边。以上两种覆盖草苫的方法各有其利弊。第一种覆盖草苫方法，防风保温性强，不容易被西北风刮揭草苫；但在遇到连续阴雪天气突然转晴后，不便于揭草苫防闪秧。第二种覆盖草苫的方法，便于揭草苫，防闪秧。但防风效果差。

7. 挖建防寒沟 防寒沟能有效地阻挡棚内土壤热量外传，防止棚前沿的作物根系受低温伤害。故防寒沟是冬暖大棚（日光温室）的重要结构部分。具体作法是在大棚前沿外，挖一条深相当于当地最大冻土厚度、宽 40~50 厘米、长与棚长相同或略长于棚长的沟，整平沟底后垫铺入一层旧塑料薄膜，以防止地下水分上返，然后填入 45 厘米厚并经

压实的麦糠、杂草等保温材料，上面盖一层不漏水的旧塑料薄膜，并用土盖住。

大棚建成后不宜立即应用，应密闭半月，利用晴日棚内的光照和高温（可达 60～70℃）对棚内的环境进行消毒灭菌，以杀灭病菌和害虫。经过密闭消毒灭菌后的大棚即可进行整地、施肥、定植作物。也可先施肥、整地后，再进行高温烤棚，然后降至适温后定植作物。

建造冬暖大棚用工用料见表 1-5。

表 1-5 寿光冬暖塑料大棚 I 建造用料用工情况（以占地 672 平方米计算）

名 称	规 格	数 量	用 途
水泥立柱	330 厘米×10 厘米×10 厘米钢筋混凝土	45 根	后立柱
	310 厘米×10 厘米×10 厘米钢筋混凝土	22 根	中立柱 I
	220 厘米×10 厘米×10 厘米钢筋混凝土	22 根	中立柱 II
	120 厘米×8 厘米×8 厘米钢筋混凝土	45 根	前立柱
	120 厘米×8 厘米×8 厘米钢筋混凝土	22 根	斜柱(戗柱)
圆木棒	长 2.2 米、直径 10 厘米左右的优质木	49 根	后坡斜棒、山墙后坡垫木
	长 7 米、直径 10 厘米左右	4 根	山墙前坡垫木
竹 竿	长 8.5 米左右、直径 9 厘米左右	22 根	拱杆
	长 6~7 米、直径 7 厘米	14 根	前立柱上横杆
	长 7 米、直径 5~6 厘米	2 根	卷棚膜两头
	长 2~3 米、直径 2 厘米左右	700 根	垫杆、压膜杆
钢丝、铁丝	24 号钢丝(或 8 号铁丝 300 千克)	200 千克	作大棚东西拉紧钢丝
	12 号铁丝和 14 号铁丝	各 20 千克	绑横杆、拱杆、吊蔓线
	18 号铁丝	15 千克	绑压膜杆
塑料薄膜	宽 3 米、厚 0.12 毫米无滴、防尘膜	125 千克	前坡面棚膜
	宽 3 米、厚 0.01 毫米普通聚乙烯膜	10 千克	后坡防水膜
	宽 1.3 米、厚 0.007 毫米地膜	10 千克	地面覆盖、盖防寒用
石块	重 20~30 千克的石块或水泥混凝土块	54 块	作坠石拴拉紧钢丝
	1 面为立柱横截面积 2 倍以上的石块	156 块	作立柱、戗柱的基石
铁钉	长 5~8 厘米	260 个	固定铁丝
草苫	长 9 米、宽 1.2 米、厚 3 厘米稻草苫	92 床	覆盖保温
拉绳	长 20 米、直径 0.8 厘米左右的尼龙防滑绳	184 根	拉敞草苫
其它	建棚总用 2 日	200 个	
备 注	①此大棚为宽 3 米、长 84 米、占地 672 平方米。②表中所列用料用工数量仅供参考。并因各地的价格不同，而建造冬暖大棚的造价差异较大。		

（二）寿光冬暖塑料大棚 I 的性能特点

1. 光能利用率高 寿光冬暖塑料大棚 I 光能利用率高的主要原因：一是高度较大、跨度较小，前坡面略呈拱形。前坡底角（即棚面角）为 26.6°，大棚前檐以北 2、4、6 米处的棚面切线角度，分别为 26.6°、21.8°、14.0°。在山东、河北、河南、山西、辽宁省南部及相同地理纬度地区的气候条件下，冬、春季采光量较大，比原寿光单坡面春用型塑料大棚的采光量高出 20% 以上。二是采用聚氯乙烯无滴膜或无滴、防尘膜覆盖前坡面。这种薄膜的膜上不容易形成小水滴，只形成一层水膜，故透光能力强，反射光损失少。而普通聚乙烯薄膜的膜面上易形成小水滴。因此会反射掉大量的光线。无滴防尘聚氯乙烯棚膜，比聚乙烯棚膜提高透光率 30% 以上。三是在结构上去掉了原寿光单坡面塑料大棚南北向的架膜竹竿，而以东西向拉紧的钢丝或铁丝代之，这就减少了遮荫，相对增加了光

照。另外，若采用镀铝聚脂膜作反光幕，可明显增加大棚内的光照强度。尤其在阴天的情况下，可使棚内的光照强度达到 1 万勒克斯左右。

2. 增温、保温性能强 其原因主要有三方面：一是光能利用率高，太阳光的透过能力强，所以增温速度快。在严冬季节，只要太阳光线充足，上午拉开草苫后 2 小时左右，就能使棚内气温提高 10~15℃。而原寿光单斜面春用型塑料大棚只能提高 8℃左右。二是后墙及山墙厚度增加到 100 厘米，这个厚度比山东北部地区严冬最大冻土层厚度还超出 50 厘米，比原寿光单斜面春用型塑料大棚的墙体厚度 50 厘米增加了一倍，比当地最大冻土层厚度增加了 50 厘米。由于墙体加厚，贮热御寒保温性能就增强，既能有效地阻隔低温侵入，又能把白天太阳的光照变成热能贮存起来，夜间又缓慢向棚内空间放出，使夜间棚内温度不致太低。三是采取了多层覆盖措施，增加了地膜覆盖和草苫上面再加盖一层塑料薄膜的保温措施，使其在隆冬严寒季节，棚内气温和地温都有明显的提高。另外，大棚前窗脚外设有防寒沟，显著减轻了棚内、外土壤的传导热量，增强了前窗脚内土壤保温性。

3. 适用地区范围广，经济实用 这种大棚适用于北纬 41°以南的冬季严寒和较寒冷的广大地区。尤其适用于北纬 39°以南冬季结冻寒冷地区，在无需人工加温的情况下，能成功地生产喜温性蔬菜，可于棚内实行反季翻茬栽培，生产反季鲜菜。可进行多种喜温性蔬菜秋冬茬、越冬茬、冬春茬生产，从而充实和丰富了保护地反季节栽培蔬菜的园艺内容。在北方冬季寒冷地区，过去冬季生产喜温蔬菜，需要在人工加温的温室内进行，加温费用约占总费用的 50%~70%。且管理难度大，不适于大面积推广应用。而自从二十世纪 80 年代末期寿光冬暖塑料大棚研制成功以来，用此大棚生产秋冬茬、越冬茬、冬春茬喜温蔬菜，不仅节省燃料费用，降低生产成本，且便于管理，经济实用，所以适宜于大面积推广应用。现在，利用冬暖大棚大规模、大面积进行喜温性蔬菜翻茬反季生产，已成为司空见惯之事，而且高产、优质、高效益。

4. 结构安全可靠，抗风雪能力强 此大棚因整体结构合理和稳定性好，所以抗雪压能力和抵抗风的能力都很强。一般极少出现因大雪压塌棚架或因暴风揭棚顶的灾情。

5. 造价较低，效益显著，易于推广应用 建造寿光冬暖塑料大棚所用材料，多可就地取材，因此造价较低，与多数农民的支持能力相适应。且经济效益高，因此非常便于推广应用。目前，建造 667 平方米面积的这种冬暖大棚，其费用约计 1.0 万~1.2 万元；而每 667 平方米大棚的年经济效益可达 1.5 万~3.0 万元。由此可见，冬暖大棚蔬菜生产是属于低投入，高产出的经济结构型。在我国北方冬季严寒及有霜冻的广阔地区，有着广泛推广应用的价值。

二、寿光冬暖塑料大棚 II 的结构建造及其性能特点

此大棚是在寿光冬暖塑料大棚 I 的过程中，将其进一步改良而形成的。这种大棚的结构原理和结构建造方法，与寿光冬暖塑料大棚 I 相同，这里不再重述，而将其结构及性能特点的不同之处介绍于下：

（一）寿光冬暖塑料大棚 II 的结构建造

在建造结构上，寿光冬暖塑料大棚 II 与 I 相比，主要有如下不同：