

# “甘州模式”大跨度半地下式日光温室 建造技术及效果评价

白晓军<sup>1</sup>, 华军<sup>2</sup>, 张文斌<sup>2</sup>, 李文德<sup>2</sup>, 王勤礼<sup>3</sup>

(1. 甘州区农业技术推广中心 甘肃张掖 734000; 2. 张掖市经济作物技术推广站 甘肃张掖 734000;  
3. 河西学院 甘肃张掖 734000)

**摘要:** 介绍了甘州区大跨度半地下式日光温室结构及建造技术。该温室与传统日光温室相比, 建造成本低, 土地利用率高, 内部空间大, 便于机械化作业, 降低了人工成本; 采光面积大、升温快、保温性能好, 提高了果蔬产量, 冬季生产更加安全。解决了传统日光温室空间狭小不利于机械化作业和智能化设备安装等问题, 具有栽培空间大、机械化智能化程度高、上市早、产量高、增收效果明显等优势, 是西北高原地区周年设施蔬菜生产安全高效实用的新型日光温室。

**关键词:** 日光温室; 大跨度; 建造技术; 效果评价

**中图分类号:** S641.2 **文献标志码:** C **文章编号:** 1673-2871(2023)09-157-08

## The “Ganzhou Model” large-span semi underground solar greenhouse construction technology and effect evaluation

BAI Xiaojun<sup>1</sup>, HUA Jun<sup>2</sup>, ZHANG Wenbin<sup>2</sup>, LI Wende<sup>2</sup>, WANG Qinli<sup>3</sup>

(1. Ganzhou District Agricultural Technology Popularization Center, Zhangye 734000, Gansu, China; 2. Zhangye Cash Crop Technology Popularization Station, Zhangye 734000, Gansu, China; 3. Hexi University, Zhangye 734000, Gansu, China)

**Abstract:** The structure and construction technology of large-span semi underground solar greenhouse in Ganzhou District are introduced. Compared with traditional solar greenhouses, this greenhouse has lower construction costs, increased land use efficiency, large internal space, and is convenient for mechanized operations, reducing labor costs; the large lighting area, fast heating, and good insulation performance have increased the yield of fruits and vegetables, making winter production safer. It solves the problem of limited space in traditional solar greenhouse that is not conducive to mechanized operations and intelligent equipment installation. It has advantages such as large cultivation space, high degree of mechanization and intelligence, early market launch, high yield, and obvious income increase effect. It is a new type of solar greenhouse with safe, efficient, and practical annual facility vegetable production in the northwest plateau region.

**Key words:** Solar greenhouse; Large span; Construction technology; Effect assessment

甘州区位于甘肃省河西走廊中部, 地处东经 100°6′~100°52′, 北纬 38°32′~39°24′之间, 南依祁连山, 北邻内蒙古阿拉善右旗, 属大陆性气候。农业区海拔 1200~2500 m, 年平均气温 6~8 °C, 年平均日照 2932~3085 h, 发展节能日光温室具有充足的光热资源。早在 20 世纪 80 年代开始就探索发展设施蔬菜, 建造了不同类型的日光温室, 逐步增加了冬季鲜菜供给, 丰富了城乡居民的菜篮子, 增加了农民收入。但是, 这些传统日光温室也存在比较突

出的问题。一是日光温室墙体薄(墙体基础厚度 3.0 m, 顶部厚度 1.2~1.4 m), 冬季蓄热保温性能差, 特别是在深冬季节棚外最低气温有时可达到 -28 °C, 棚内的蔬菜作物经常发生低温冻害, 损失惨重, 严重影响了蔬菜的正常供给和菜农收入。二是传统日光温室跨度一般在 8.0~9.0 m, 长度 50.0~60.0 m, 脊高在 4.0 m 以下, 单座占地面积 667 m<sup>2</sup> 左右, 室内空间狭小, 生产管理主要靠人工, 农业机械无法在棚内耕作, 智能化管理设施无法安装使

收稿日期: 2022-12-15; 修回日期: 2023-03-27

基金项目: 甘肃省陇原青年英才项目; 陇原青年创新创业人才团队项目(2021LQTD23); 甘肃省科技计划项目(20CX9NG239); 甘肃省教育厅产业支撑计划项目(2021CYZC-43); 2022 年张掖市级重点人才项目; 人才引进培育专项(ZY2022RC01)

作者简介: 白晓军, 男, 高级农艺师, 主要从事蔬菜栽培技术与示范推广工作。E-mail: baixiao9966@126.com。

通信作者: 华军, 男, 高级农艺师, 主要从事蔬菜新品种选育及栽培技术与示范推广。E-mail: huajun\_333@126.com。

用,导致生产成本低、生产效率低。为了提高日光温室的光热性能,保证冬季蔬菜安全生产,实现农机农艺结合和机械化、智能化生产管理,降低生产成本,提高生产效率,张掖市和甘州区农业技术人员成功试验推广了甘州区大跨度半地下式日光温室,被农民朋友称为“甘州模式”日光温室,为西北高原地区周年设施蔬菜生产提供了一种安全高效实用的新型日光温室。据甘州区农业农村局统计,“甘州模式”日光温室从2018年开始试验推广到2022年底,已在甘州区推广456 hm<sup>2</sup>,此模式在西北高原及同类地区应用前景广阔。

## 1 主要结构参数

### 1.1 跨度、长度、高度

参考农业部种植业管理司2014年制定印发的《日光温室发展的适宜地区及优型结构参数》,按照甘州区冬至日合理太阳能截获设计日光温室合理前屋面角度,在增加跨度和长度、提高单座温室面积和土地利用率的的同时<sup>[1-2]</sup>,增加温室高度,增大温室前屋面角,使温室前屋面角不小于27°,提高了温室的采光蓄热效能。温室内净跨度15.0~16.0 m,长度100.0~135.0 m,脊高达到7.0 m(图1)。南北方

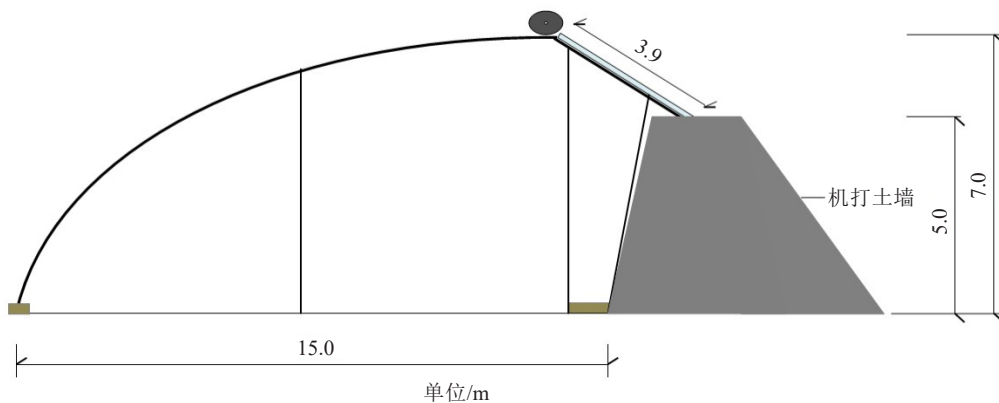


图1 “甘州模式”大跨度日光温室剖面

Fig. 1 “Ganzhou Model” large span solar greenhouse profile

向两座温室间距不小于9.0 m。

### 1.2 后屋面仰角、长度

后屋面仰角关乎后墙冬季日间墙体蓄热,以不遮光为原则,仰角设计为31°~40°。后屋面长度一般为2.0~3.9 m,在一定的范围内适当增加后屋面长度可减少温室前屋面散热面积,有利于夜间保温<sup>[3-5]</sup>。海拔低的区域建造温室可选择较短的后屋面,海拔高的区域建造温室可选择较长的后屋面。

### 1.3 墙体厚度、高度

温室墙体为土墙,用机械碾压而成,可以减少打墙人工成本。后墙和山墙墙体底宽7.0 m,后墙高5.0 m,顶宽2.2 m以上。山墙最高处7.0 m,顶宽1.9 m以上。山墙和后墙外侧全部覆盖棚膜和棉毡,以利保温和保护墙体。温室整体为半地下式,种植区域地面低于零水平面0.7 m左右,半地下式土墙日光温室蓄热保温性能更好<sup>[6-14]</sup>。

## 2 场地选择与规划

### 2.1 场地选择

温室建造场地要选择地形开阔、地势较高、排

水良好、土层深厚的地块,要避开风口、泄洪道,要有水电条件,交通便利。温室的东西南方向30.0 m内应无高大遮光障碍物。

### 2.2 场地规划

场地确定后,要进行总体规划(图2),规划工作包括温室方位和间距、田间道路和排灌体系以及附属建筑等。场地规划好以后,绘制平面设计图。



图2 现场规划放线

Fig. 2 Site planning and setting out

2.2.1 规划准备工作 准备罗盘仪、花杆、钢尺、米绳、标桩、白灰等,并对规划区进行总体测量。

2.2.2 连片规模 集中连片新建10座以上,便于配套水电等基础设施。每座占地面积(包括墙体在

内)2000 m<sup>2</sup>以上。

2.2.3 确定温室方位 要求坐北朝南,东西延长,正南偏西 5°~8°,用罗盘仪准确测定方位。

2.2.4 确定温室间距 以冬至前后、前排温室不对后排温室构成明显遮光为准,以使后排温室在冬至前后日照最短的季节里,每天保证 6 h 以上的光照时间。在甘州区适宜的温室间距应不小于 9.0 m。

2.2.5 温室间道路设计 依据地块大小和地形地貌,确定温室群内温室的长度和排列方式,长度以 100.0~130.0 m 为宜。然后再确定田间道路的设置。在温室群内东西两列温室间应留 6.0~8.0 m 宽的通道(包括绿化带),并附设排灌沟渠。南北每隔 5~7 排温室设 1 条 4.0~5.0 m 宽的东西向通道。

2.2.6 排灌水渠的设计 在温室大棚前脸处挖一条与大棚同长的排水沟,排水沟宽 0.5 m 以上,深约 0.3 m,以便让棚面上流下的水随时流走,防止积水过多流入棚内。排水沟与温室内蓄水池通过暗管相通,收集棚面地面雨水,节约用水。在山坡上建筑的日光温室,为防暴雨、洪水冲刷,应在温室南北侧和东西两侧各设 1 条防洪道。

2.2.7 附属设施设计 低压线路应设在两列温室之间的一侧,电杆不能影响日光温室采光,低压线不能影响车辆运行。

### 3 主要建造技术

#### 3.1 土墙砌筑

3.1.1 建造时间 施工时间可以从春季开始,最迟不晚于 9 月底竣工,应保证在投入使用时墙体干透。

3.1.2 土墙砌筑 该温室为半地下式设计,种植区域地面低于零水平面 0.7 m 左右(图 3)。温室后墙高 5.0 m 以上,脊高 7.0 m 以上。山墙应保证同拱架一样的弧度和长度。土墙砌筑,采用机打土墙的方式,就是用挖掘机、配合链轨式推土机进行机械化建造墙体,墙基放线宽度大于墙体实际宽度 2.0 m。首先把温室耕地表层 40~50 cm 耕作层的熟土取出来,堆放到温室南侧,待墙体建完后回填;然



图 3 机打土墙

Fig. 3 Machine driven soil wall

后用挖掘机取土筑墙,每增加 50~60 cm 用链轨式推土机反复碾压多次,不留缝隙,确保压紧夯实,一直建设到预定的高度,再用挖掘机切削成上窄下宽的形状;山墙和后墙连接处采用山墙包后墙的方式。为了保护土墙不受雨水的侵蚀,山墙和后墙外侧全部覆盖棚膜和棉毡。

3.1.3 平整地面 在日光温室墙体建成之后,首先应及时平整温室内地面,然后浇大水,利用大水沉实温室的地面,特别是温室前圈梁基础位置必须浇水沉实。

#### 3.2 拱架制作及安装

3.2.1 前屋脚圈梁和后墙圈梁 在温室前屋脚设置 C25 混凝土圈梁,规格为 300 mm×300 mm。在后墙顶设置 C25 混凝土圈梁,规格为 250 mm×250 mm,并埋设预埋件用于固定梁架。

3.2.2 屋面拱架与安装 前后屋面主拱架采用 Q235B 热浸镀锌高频焊管,拱架上弦选用直径 50 mm(壁厚 2.75 mm)热镀锌钢管,下弦为直径 25 mm(壁厚 2.0 mm)热镀锌钢管,中间用 12 mm 钢筋作为腹杆拉花。温室前屋面拱架长 15.6 m,后屋面骨架长 3.9 m。后屋面两主骨架中间布设 1 根直径 50 mm(壁厚 2.75 mm)热镀锌钢管作为檩条,长度 3.9 m。主拱架加工好后就可以安装,将拱架的前端和温室前底脚圈梁上的预埋件相焊接,后端和后墙圈梁上的预埋件相焊接,主拱架间距 3.6 m。前屋面再布设 2~3 道直径 32 mm(壁厚 2.5 mm)镀锌钢管东西向连通每一根主拱架。前屋面两主拱架中间均匀布设 5 道直径 32 mm(壁厚 1.4 mm)镀锌钢管副拱架,贯通连接前后屋面,副拱架的前端和温室前底脚圈梁上的预埋件相焊接,后端和后墙圈梁上的预埋件焊接。在屋脊处用 50 mm×50 mm、壁厚 5 mm 的角铁做温室横梁,角铁焊接纵向相联贯通,长度与温室整体长度(包含山墙)一致,角铁缺口朝向后屋面。安装时要保证所有拱架的高度、角度一致,焊接要牢固(图 4)。



图 4 拱架安装

Fig. 4 Arch installation

### 3.3 地锚及钢绞线布设

钢绞线在温室前后屋面东西贯通布设,规格为26#镀锌钢丝。其中在温室后坡每间距10 cm拉1道东西贯通的钢绞线,脊高以南经通风口至前屋脚以北6.0 m处每间距15 cm拉1道钢绞线,从前屋脚以北6.0 m处开始,每间距20 cm拉1道钢绞线,固定每根拱架。东西山墙外侧埋设与钢绞线同等数量的地锚,每道钢绞线两端用地锚固定拉紧,两山墙地锚长1.2 m(埋深1.1 m)。后墙根外侧和温室前沿底部地锚长0.8 m(埋深0.7 m),用于固定棚膜、棚面和后墙面压膜绳等,温室前沿每1.8 m埋设1个地锚,后墙根外侧每3.6 m埋设1个地锚。

### 3.4 后屋面建造

后屋面采用彩钢板覆盖,彩钢板厚200 mm,密度 $12 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,彩钢板和后屋面钢骨架固定在一起。板上用水泥砂浆抹面及防水卷材处理。后屋面施工的总体要求是,要保证整个后屋面顶部呈南高北低平缓的斜坡,坡面平整无缝,注意不能让雨、雪渗入后屋面。

### 3.5 立柱架设

温室内东西向共设3排立柱,分别在后墙根处、走道前沿和前屋面棚架中间位置,以分散棚架、棚面覆盖保温层和风、雪等载荷。后墙根处立柱间距1.8 m,走道前沿立柱和前屋面棚架中间位置立柱间距均为3.6 m。立柱可用水泥方立柱(120 mm×80 mm,配筋6根),也可用镀锌钢管(直径75 mm,壁厚3.0 mm)。水泥立柱或钢管立柱上端与对应的主拱架、檩条焊接固定,下端预制水泥底座,下面安放垫石支撑(图5)。



图5 立柱架设

Fig. 5 Column installation

### 3.6 前屋面覆盖棚膜

前屋面覆盖棚膜选用水晶PO消雾流滴膜、EVA膜等,要在无风的晴天中午进行,分清膜面正反,棚膜上下各穿一条钢丝固定,东西和上下两端拉紧,用压膜绳(用渔网丝质压膜绳)压实。前屋面顶部、底部共设通风口2道,采用卷膜器通风,顶

部风口宽度为3.0 m,底部通风口宽度为0.8 m,通风口均加设40目防虫网。

### 3.7 辅助设施建设

3.7.1 卷帘机及保温被 保温被(由无纺布、拉力毡、泡毡、PE布组成,层数5~7层)宽2.0~3.0 m,单位质量 $3.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上,表层具备防水、防老化性能,芯层具备良好的保温隔热性能。卷帘机有后置上拉式、前置卷轴上推式、侧置卷轴上推式和轨道式等类型,安装方式各不相同。要根据温室的长、宽、高和保温被质量,选择适宜卷帘机的类型和功率。

3.7.2 吊蔓钢丝 室内东西拉10道横向吊蔓钢绞线,在每个种植垄上方的钢绞线上南北方向固定2根铁丝;根据不同吊蔓作物的质量,每隔3.0~6.0 m用铁丝将钢绞线与前屋面骨架连接。

3.7.3 蓄水池 水池为半地下式,建在温室临近水源一侧,距山墙0.5~0.8 m。蓄水池长8.0 m、宽2.0 m、深2.0 m,容积 $32 \text{ m}^3$ ,中间用120 cm砖墙隔开,隔墙底部距池底15 cm处留一直径5.0~8.0 cm的过水孔。

3.7.4 看护房 单栋日光温室只能有一个看护房,且要与温室相连通,占地面积应小于 $15 \text{ m}^2$ ,地面不能用水泥硬化。看护房墙体为砖混结构,配套安装钢结构或铝合金门窗,屋顶为10 cm厚保温彩钢板。看护房建在温室山墙侧面,看护房与山墙之间的门洞内壁采用砖头衬砌,各温室看护房要统一规格、统一标准设计建造。

### 3.8 智能化设施设备安装

温室安装空气温度、空气湿度、土壤温度、土壤湿度、光照度、二氧化碳浓度等智能感知设备,实现环境数据的显示、远程传输和远程监测。配套自动卷帘、自动放风通风、水肥一体化灌溉等物联网智能化管控系统和视频图像采集监控系统。配套建立室外小型气象站(图6)。



图6 室外小型气象站

Fig. 6 Outdoor small meteorological station

## 4 效果分析

### 4.1 土地利用率高

笔者团队对甘州区党寨镇雷寨村、花家洼村的大跨度和普通小温室的土地利用率进行了统计分析,结果详见表1和表2。

从表1中可以看出,随着日光温室长度的增加,日光温室室内净种植面积占总占地面积的比率逐渐提高。100.0~135.0 m长的大跨度半地下式日光温室室内净种植面积与总占地面积的比值为0.373~0.393,平均数0.385;50.0~65.0 m长的日光温

室净种植面积与总占地面积的比值为0.326~0.342,平均数0.335。这一结果说明在相同面积的土地上,建造大跨度日光温室比建造小温室可增加室内种植面积3%~6%。从表2可以看出,在6.67 hm<sup>2</sup>的土地上,全部建造长度为65.0 m的小温室,则温室室内净种植总面积为2.28 hm<sup>2</sup>。如果全部建造成长度为135.0 m的大跨度日光温室,则温室室内净种植总面积可以达到2.62 hm<sup>2</sup>,室内净种植面积比小温室多0.34 hm<sup>2</sup>。从表2还可以推算出,建成室内净种植面积2.28 hm<sup>2</sup>的日光温室基地,采用大跨度日光温室模式只需要占用土地5.8 hm<sup>2</sup>,采用小温室模式

表1 不同类型单座日光温室土地利用效率

Table 1 Land use efficiency of different types of single solar greenhouses

类型	长度(含墙体)/m	跨度/m	室内面积/m <sup>2</sup>	墙体面积/m <sup>2</sup>	道路面积/m <sup>2</sup>	阳光带面积/m <sup>2</sup>	占地面积(含阳光带)/m <sup>2</sup>	室内种植面积(不含走道)/m <sup>2</sup>	种植面积/占地面积
大跨度	135.0	15.0	1815(121×15)	1155(165×7)	124(4×31)	1215(135×9)	4309	1694(121×14)	0.393
	130.0	15.0	1740(116×15)	1120(160×7)	124(4×31)	1170(130×9)	4154	1624(116×14)	0.391
	125.0	15.0	1665(111×15)	1085(155×7)	124(4×31)	1125(125×9)	3999	1554(111×14)	0.389
	120.0	15.0	1590(106×15)	1050(150×7)	124(4×31)	1080(120×9)	3844	1484(106×14)	0.386
	110.0	15.0	1440(96×15)	980(140×7)	124(4×31)	990(110×9)	3534	1344(96×14)	0.380
	100.0	15.0	1290(86×15)	910(130×7)	124(4×31)	900(100×9)	3224	1204(86×14)	0.373
平均									0.385
小温室	50.0	9.0	396(44×9)	204(68×3)	80(4×20)	400(50×8)	1080	352(44×8)	0.326
	55.0	9.0	441(49×9)	219(73×3)	80(4×20)	440(55×8)	1180	392(49×8)	0.332
	60.0	9.0	486(54×9)	234(78×3)	80(4×20)	480(60×8)	1280	432(54×8)	0.338
	65.0	9.0	531(59×9)	249(83×3)	80(4×20)	520(65×8)	1380	472(59×8)	0.342
平均									0.335

注:大跨度温室阳光带为9.0 m,小温室阳光带均为8.0 m。下同。

表2 建造占地面积6.67 hm<sup>2</sup>不同类型日光温室土地利用效率

Table 2 Land use rate of different types of solar greenhouses with a construction footprint of 6.67 hm<sup>2</sup>

类型	长度(含墙体)/m	跨度/m	占地面积/hm <sup>2</sup>	阳光带面积/hm <sup>2</sup>	墙体面积/hm <sup>2</sup>	道路面积/hm <sup>2</sup>	室内走道面积/hm <sup>2</sup>	可种植面积(不含走道)/hm <sup>2</sup>
大跨度	135.0	15.0	6.67	1.88	1.79	0.19	0.19	2.62
	130.0	15.0	6.67	1.88	1.80	0.20	0.19	2.61
	125.0	15.0	6.67	1.88	1.81	0.21	0.19	2.59
	120.0	15.0	6.67	1.87	1.82	0.22	0.18	2.57
	110.0	15.0	6.67	1.87	1.85	0.23	0.18	2.54
	100.0	15.0	6.67	1.86	1.88	0.26	0.18	2.49
小温室	50.0	9.0	6.67	2.47	1.26	0.49	0.27	2.17
	55.0	9.0	6.67	2.49	1.24	0.45	0.28	2.21
	60.0	9.0	6.67	2.50	1.22	0.42	0.28	2.25
	65.0	9.0	6.67	2.51	1.20	0.39	0.29	2.28

需要占用土地6.67 hm<sup>2</sup>,大跨度温室模式比小温室模式可以节省用地0.87 hm<sup>2</sup>。

### 4.2 建造成本比较低

2020年甘州区党寨镇陈寨村、雷寨村等建造的全钢架智能化大跨度日光温室按照后墙长度计算,

平均造价为2200元·m<sup>-1</sup>,长度100.0~135.0 m的大跨度日光温室室内净种植面积平均造价为178元·m<sup>-2</sup>。同年上述2个村建造的全钢架小温室按照后墙长度计算,平均造价为1300元·m<sup>-1</sup>,长度50.0~65.0 m的小日光温室的室内净种植面积平均造价为

182元·m<sup>2</sup>。1m<sup>2</sup>室内净种植面积的平均造价大跨度日光温室比小温室低4元,大跨度日光温室长度超过小温室的2倍时,造价就比小温室的低(表3)。

### 4.3 蓄热保温性能好

一方面在夏秋高温炎热季节白天日光环境下,大跨度半地下式日光温室墙体厚蓄热能力强,能够

表3 不同类型全钢架智能化单座日光温室建造价格

Table 3 Construction price of intelligent single seat solar greenhouses with different types of all steel frames

类型	长度/m	跨度/m	单价/(元·m <sup>-1</sup> )	总造价/元	室内种植面积(不含走道)/m <sup>2</sup>	室内净种植面积造价/(元·m <sup>2</sup> )
大跨度	135.0	15.0	2200	297 000	1694(121×14)	175
	130.0	15.0	2200	286 000	1624(116×14)	176
	125.0	15.0	2200	275 000	1554(111×14)	177
	120.0	15.0	2200	264 000	1484(106×14)	178
	110.0	15.0	2200	242 000	1344(96×14)	180
	100.0	15.0	2200	220 000	1204(86×14)	183
平均						178
小温室	50.0	9.0	1300	65 000	352(44×8)	185
	55.0	9.0	1300	71 500	392(49×8)	182
	60.0	9.0	1300	78 000	432(54×8)	180
	65.0	9.0	1300	84 500	472(59×8)	179
平均						182

吸收更多的棚内热量,可以显著降低棚内温度,延缓棚内温度升高速度。另一方面在冬春低温寒冷季节大跨度半地下式日光温室由于墙体厚,白天采光蓄积的热量多,夜间释放的热量也多,可以显著提高夜间棚内空气温度,延缓棚内温度降低速度,不易出现低温冻害。笔者在甘州区党寨镇雷寨村和花家洼村对大跨度温室和普通小温室的夏季和冬季室内温度变化进行了观察试验,结果表明在6—7月份夏季高温时期大跨度半地下式日光温室白天室内温度较墙体薄跨度小(墙基厚度2~3m、跨度8~9m)的日光温室低2~3℃,不容易出现高温危害。在12月至翌年1月冬季最冷时期大跨度半地下式日光温室室内夜间最低温度平均8℃,较墙体薄跨度小(墙基厚度2~3m、跨度8~9m)的日光温室温度高出6.5℃。大跨度半地下式日光温室能很好地满足秋冬茬、早春茬黄瓜、辣椒、茄子、番茄等各类蔬菜作物生长发育温度10~30℃的温度需求。

### 4.4 环保生态高效实用

一是大跨度半地下式日光温室设施主体材料为土壤,采取就地取土垒积而成,未破坏耕地生产功能,不释放影响作物生长的有害物质,不会导致土壤污染,对设施内作物生长的影响较小,在建设的过程中环保、生态。温室建成后除墙体和道路等占用的土地不能耕种外,阳光带的空地和温室内土地一样(图7),也具有较好的可耕种性,增加了可耕种土地面积。二是通风采光更好,棚内温度波

动幅度小,空气湿度小,病虫害发生轻,精准施肥灌溉程度高,农药水肥使用量少,使农产品品质提高。三是棚内空间大,适宜中小型机械棚内作业(图8),方便智能化设施设备安装使用,更易于农机与农艺相结合,大幅减少耕种、管理、采收等环节人工投入,降低生产成本,提高生产效率。适宜种植



图7 温室阳光带种植农作物

Fig. 7 Planting crops in the greenhouse solar belt



图8 农机进棚耕作

Fig. 8 Agricultural machinery entering the greenhouse for cultivation

植株较高大的果树等经济作物<sup>[15]</sup>,适合发展观光休闲农业,开辟了设施农业增收新途径。

#### 4.5 增产增收效果良好

生产实践证明,大跨度日光温室与小温室相比,冬春季节蔬菜长势良好,种植的番茄、辣椒、茄子、黄瓜等蔬菜 667 m<sup>2</sup>产量提高 10%~15%,上市期可提早 7~10 d。通过 2020—2022 年对甘州区党寨镇陈寨村、雷寨村、花家洼村、梁家墩镇五号村、长安镇二闸村进行调查,大跨度日光温室平均年产值 1000 元·m<sup>-1</sup>(按照后墙长度),小日光温室平均年产值 500 元·m<sup>-1</sup>(按照后墙长度)。按占地面积计算,大跨度日光温室产值 31.2 元·m<sup>-2</sup>,折合 667 m<sup>2</sup>产值 20 810.4 元;小日光温室产值 23.4 元·m<sup>-2</sup>,折合 667 m<sup>2</sup>产值 15 607.8 元。大跨度温室 667 m<sup>2</sup>产值较小温室高出 5 202.6 元。也就是说,同样占地面积为 6.67 hm<sup>2</sup>的日光温室基地,建造大跨度温室可比建造小温室每年多增加产值 52 万元以上。

按净种植面积计算,大跨度日光温室净种植面积产值为 81 元·m<sup>-2</sup>,折合 667 m<sup>2</sup>产值 54 027 元;小日光温室净种植面积产值为 70 元·m<sup>-2</sup>,折合 667 m<sup>2</sup>产值 46 690 元;大跨度温室年 667 m<sup>2</sup>产值比小温室高 7337 元。也就是说,同样室内净种植面积为 6.67 hm<sup>2</sup>的日光温室基地,建造成大跨度温室可比建造成小温室每年多增加产值 73 万元以上(表 4)。大跨度温室与小温室相比,其优势主要在于提高了冬春季室内温度,提高了蔬菜产量、质量,提早了上市时间。接受调查的农户反映,同样时节种植同样的蔬菜在大跨度日光温室单位面积所投入的生产资料和人工成本并不比在小温室高,大跨度日光温室单位面积建造成本还低于小温室,因此大跨度日光温室较小温室增加的产值也是增加的纯收入。按室内净种植面积计算,大跨度日光温室比小日光温室每年 667 m<sup>2</sup>可多增加纯收入 7000 元以上。

表 4 不同类型全钢架智能化单座日光温室产值

Table 4 Output value of intelligent single seat solar greenhouses with different types of all steel frames

类型	长度 (含墙体)/m	跨度/m	单位长度年 产值/(元·m <sup>-1</sup> )	年总产值/元	占地面积年 产值/(元·m <sup>-2</sup> )	室内净种植面 积年产值/(元·m <sup>-2</sup> )
大跨度	135.0	15.0	1000	135 000	31.33	79.69
	130.0	15.0	1000	130 000	31.30	80.05
	125.0	15.0	1000	125 000	31.25	80.44
	120.0	15.0	1000	120 000	31.22	80.86
	110.0	15.0	1000	110 000	31.13	81.85
	100.0	15.0	1000	100 000	31.02	83.06
平均					31.20	81.00
小温室	50.0	9.0	500	25 000	23.15	71.02
	55.0	9.0	500	27 500	23.31	70.15
	60.0	9.0	500	30 000	23.44	69.44
	65.0	9.0	500	32 500	23.55	68.86
平均					23.40	70.00

## 5 结 语

建设“甘州模式”大跨度半地下式日光温室可以节约土地(图 9),建造成本相对较低,其冬季采光保温性能好,农机农艺结合度高,生产性能、生产效率和经济效益比小温室都较高。西北高原地区采用大跨度半地下式日光温室进行冬季蔬菜生产会更安全。据甘州区农业农村局统计,目前,这种大跨度半地下式日光温室已在甘州区推广 456 hm<sup>2</sup>,在西北高原地区具有广阔的推广应用前景。



图 9 “甘州模式”大跨度日光温室

Fig. 9 “Ganzhou Model” large span solar greenhouse

## 参考文献

- [1] 周长吉,刘晨霞.提高日光温室土地利用率方法评析[J].中国果菜,2009(5): 15-20.
- [2] 魏琴芳,马骥.对日光温室发展中土地利用率的探讨[J].农业工程技术:温室园艺,2006(8): 22-23.
- [3] 田兴运,何斌,朱雄伟.日光温室结构优化现状与新思路探索[J].东北农业科学,2020,45(4): 58-62
- [4] 郭玉珍,赵亮,丁明元,等.非耕地半地下式日光温室的建造与应用[J].中国蔬菜,2010(11): 52-53.
- [5] 程季珍,程伯瑛,郭素英.山西省日光温室结构及材料研究[J].农业工程技术:温室园艺,2006(7): 13-14.
- [6] 宋明军,赵鹏,赵树春,等.不同跨度组装式日光温室光热环境性能研究[J].中国农机化学报,2018,39(4): 28-33.
- [7] 翟莲,刘晓东,翟洋,等.浅谈高寒地区大跨度日光温室结构设计[J].商品混凝土,2013(1): 104.
- [8] 胡永军,吕从海,赵小宁.大跨度半地下日光温室结构设计与应用[J].农业工程技术:温室园艺,2011(5): 32-34.
- [9] 陈来生,靳伟,林顺花,等.青海半地下式日光节能温室结构及建造[J].青海农林科技,2010(4): 13-14.
- [10] 宋继昌.半地下式大跨度日光温室建造中存在的问题与改进措施[J].现代农业科技,2013(18): 199-199.
- [11] 保延福,陈来生.青海高原大跨度半地下式日光温室建造技术及效果评析[J].安徽农业科学,2013,41(34): 13421-13422.
- [12] 陈端生.日光温室采光和保温设计要点[J].新疆农机化,20042(3): 51-53.
- [13] 白青,张亚红,孙利鑫.基于温波传递理论的日光温室墙体蓄热层及墙体厚度分析[J].农业工程学报,2016,32(22): 207-213.
- [14] 许红军.日光温室太阳辐射模型构建与墙体蓄热层厚度的研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2020.
- [15] 刘全国.大跨度高空间节能型日光温室在果树上的应用[J].河北果树,2007(5): 9-10.