

日光温室设计建造原理与技术



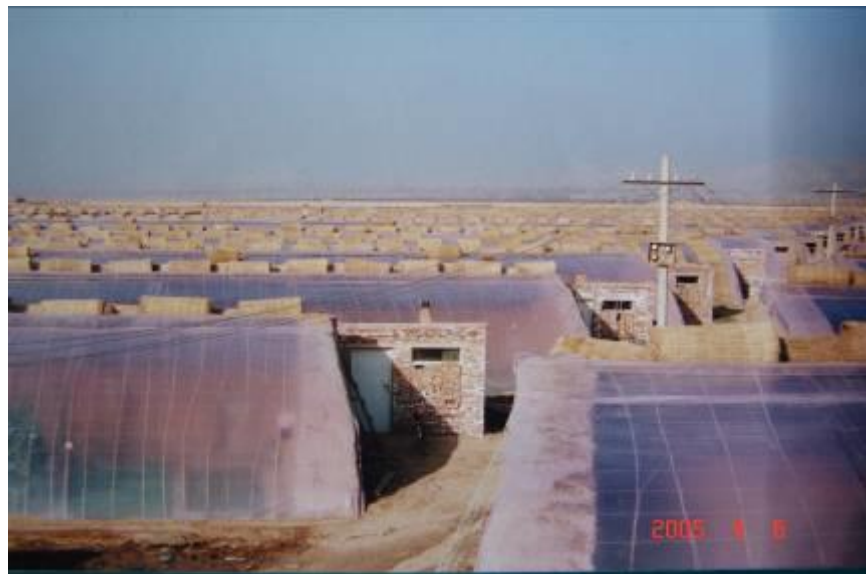
甘肃农业大学园艺学院

谢建明 教授

Email: xiejianming@gsau.edu.cn

日光温室概况

- ▶ 中国农业科技工作者和农民群众共同创造的具有中国特色的农业设施
- ▶ 90年代以来，在北方迅猛发展起来。
- ▶ 目前，全国1300万亩，甘肃80万亩，为丰富城乡人民菜篮子做出了重大贡献。
- ▶ 实现了周年生产。



日光温室概况

➤ 生产作物种类

- ✓ 蔬菜：番茄、茄子、辣椒、黄瓜、番瓜、西瓜、甜瓜等。
- ✓ 果树：葡萄、油桃、樱桃等。
- ✓ 花卉：非洲菊、百合、香石竹、月季、满天星等鲜切花



日光温室概况

▶ 产值与效益：

4.0-5.0万元/亩，是大田作物的25-70倍，是露地蔬菜的10-20倍，纯收入2-3万元。

▶ 成本：建造 10.0-20.0 万元/亩，生产 0.6-0.8 万元/亩



性能指标

- ▶ 深冬季节晴天白天气温可升至 30°C 以上，室内气温最低时，室内外温差达 $25-30^{\circ}\text{C}$ 以上；
- ▶ 深冬季节可种植上市黄瓜、番瓜、番茄、茄子、辣椒等喜温性蔬菜及甜瓜、西瓜等耐热性蔬菜。



日光温室设计-----结构组成

- 前屋采光面：采光、升温、隔热
- 后屋面：蓄热、隔热
- 后墙：蓄热、隔热
- 山墙：蓄热、隔热
- 保温帘（被）：隔热
- 蓄水池：蓄水、提高水温
- 缓冲间：缓冲温度、贮存、住宿





➤ 日光温室设计

- ✓ 跨度：4种跨度（8m、9m、10m、11m）
- ✓ 骨架：几型钢、组装式桁架（镀锌）
- ✓ 墙体：石墙、加气块+沙、空心砖+沙、土墙
- ✓ 前屋面：直线+曲线、曲线+曲线
- ✓ 后屋面：彩钢夹芯板、木板+单面彩钢夹芯板、

结构组成-----墙体



土墙体

结构组成-----墙体



空心砖+沙土墙体



结构组成-----墙体



沙袋墙体

结构组成-----墙体



草砖墙体



结构组成-----墙体



石墙





加气块+沙土+加气块



砖+沙+砖



加气块+沙土

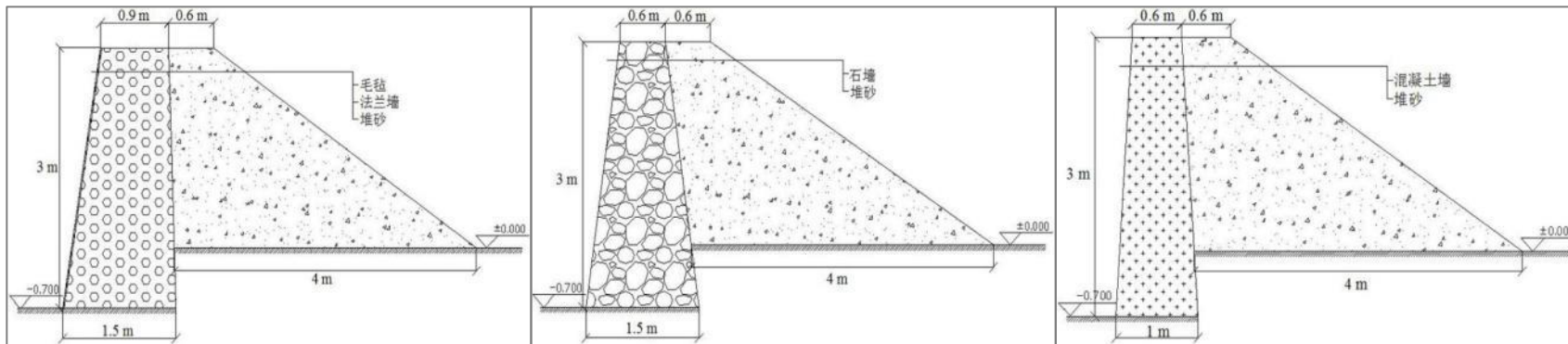
结构组成——墙体



复合墙体

非耕地日光温室墙体设计

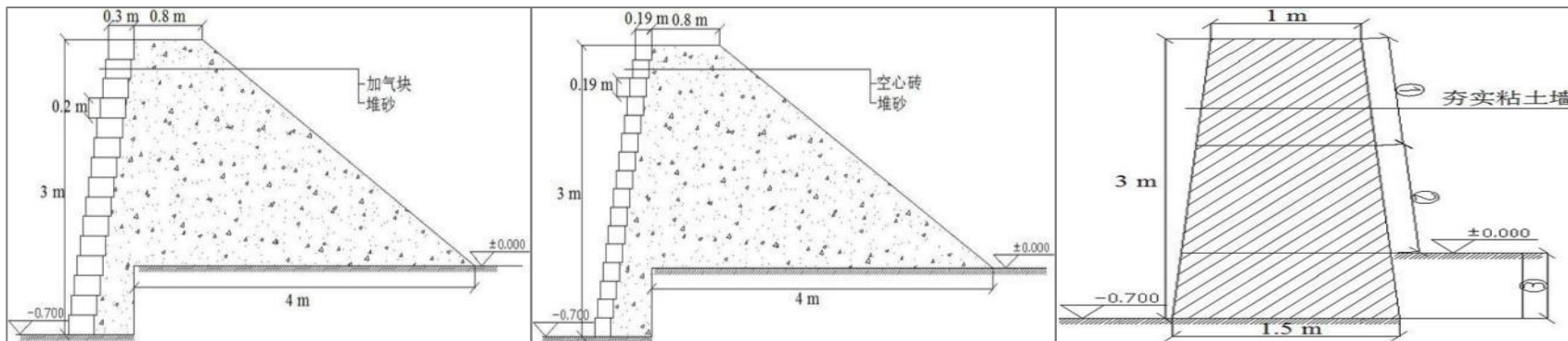
1、5种非耕地日光温室墙体



法兰式砂石墙体

卵石砌筑墙体

混凝土墙体



加气块墙体

空心砖墙体

粘土夯实墙体



非耕地日光温室墙体设计

2、5种墙体蓄热保温性能分析

分析温度光照条件：日光温室内外逐时温度及太阳辐照度

时刻/时	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12.7室内气温(T1)/°C	10	11.5	11.5	11.5	11	10	8	6.5	5.5	4	7	14.5
12.9室内气温(T1)/°C	15	15	14.5	14	14	14	14	14	14	10.5	12	14.5
12.7室外气温(T2)/°C	-8.7	-9.3	-9.3	-10.4	-12.1	-13.3	-12.7	-14	-14.6	-14.6	-8.7	-7.1
12.9室外气温(T2)/°C	-8	-8	-8.5	-9	-9.5	-9.5	-9.5	-10	-10.5	-10	-6.5	-3.5
12.7室内水平面太阳辐照度(q1)/W m ⁻²	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	65
12.9室内水平面太阳辐照度(q1)/W m ⁻²	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	252	334

时刻/时	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
12.7室内气温(T1)/°C	16.5	15	21	18	15.5	14	8.5	5.5	7	9.5	10	10
12.9室内气温(T1)/°C	25.5	32	31	31.5	29.5	24.5	17	15.5	16.5	16.5	16	15.5
12.7室外气温(T2)/°C	-5.1	-3.1	-2.7	-2.2	-1.3	-2.7	-5.6	-6.6	-7.6	-8.7	-10.4	-11
12.9室外气温(T2)/°C	-2.5	-1.5	-0.5	0.5	1	1.5	0	-2	-2.5	-3.5	-4	-4.5
12.7室内水平面太阳辐照度(q1)/W m ⁻²	172	245	258	90	5	0	0	0	0	0	0	0
12.9室内水平面太阳辐照度(q1)/W m ⁻²	443	470	400	277	140	45	0	0	0	0	0	0

酒泉地区：2015年12月9日（典型晴天）、12月7日（典型阴天）



非耕地日光温室墙体设计

2、5种墙体蓄热保温性能分析

结果：日光温室墙体蓄放热量及蓄热层厚度

方案	墙体结构	天气	热阻 $R/m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	热惰性指 标D	墙体内表 面日间净 蓄热量 $/MJ \cdot m^{-2}$	墙体内表 面夜间净 放热量 $/MJ \cdot m^{-2}$	墙体外表 面全天净 热耗散量 $/MJ \cdot m^{-2}$	有效蓄热 层厚度/m	蓄热层厚 度/m
1	夯实粘土墙体	晴	1.39	22.92	7.75	5.67	2.13	0.12	0.27
		阴			-0.75	6.45	2.33	0.15	0.34
2	法兰式堆砂墙体	晴	2.49	33.29	7.37	6.26	1.20	0.15	0.30
		阴			-1.30	7.59	1.32	0.20	0.36
3	混凝土堆砂墙体	晴	2.00	32.36	7.50	6.24	1.36	0.14	0.30
		阴			-1.28	7.57	1.49	0.20	0.35
4	石墙堆砂墙体	晴	2.00	35.07	8.18	6.80	1.20	0.15	0.32
		阴			-1.54	8.55	1.32	0.20	0.37
5	加气块堆砂墙体	晴	3.13	32.49	0.61	0.49	0.92	0.12	0.30
		阴			0.02	0.45	1.02	0.14	0.34
6	空心砖堆砂墙体	晴	1.89	28.74	4.67	3.74	1.59	0.14	0.33
		阴			-0.52	4.36	1.75	0.20	0.36



非耕地日光温室墙体设计

2、5种墙体蓄热保温性能分析

结论:

- 典型晴天时，较夯实粘土墙，砌筑石墙的内表面日间净蓄热量提高了5.5%，法兰式石墙、混凝土墙、加气块墙、空心砖墙分别降低了4.9%、3.2%、92.1%、39.7%；
- 法兰式石墙、混凝土墙、砌筑石墙的内表面夜间净放热量分别提高了10.4%、10.1%、19.9%，加气块墙、空心砖墙分别降低了91.4%、34.0%；
- 法兰式石墙、混凝土墙、砌筑石墙、加气块墙、空心砖墙的外表面全天净热耗散量分别降低了43.7%、36.2%、43.7%、56.8%、25.4%。
- 综合成本及热特性，5种非耕地日光温室墙体中，蓄热保温性能以石墙最优，其次是混凝土墙，均显著优于普通粘土墙；
- 空心砖墙体、加气块墙体不能满足日光温室夜间室内热环境需求，不建议在实际生产中推广应用。



非耕地日光温室墙体设计

2、墙体厚度对蓄热保温性的影响

(1) 法兰式堆砂墙体厚度对蓄热保温性的影响

法兰墙下底厚度/m	天气	墙体内表面日间净蓄热量/MJ m ⁻²	墙体内表面夜间净放热量/MJ m ⁻²	墙体外表面全天净热耗散量/MJ m ⁻²
1.2m	晴	7.41	6.18	1.33
	阴	-1.26	7.50	1.45
1.5m	晴	7.37	6.26	1.20
	阴	-1.30	7.59	1.32
1.8m	晴	7.33	6.33	1.10
	阴	-1.34	7.67	1.21

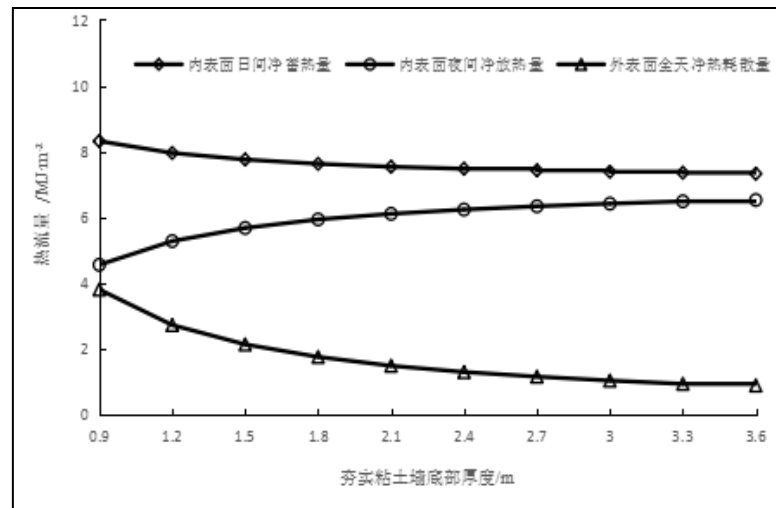
结论：随着厚度的增加，法兰式堆砂墙体蓄热保温性能略有提升，效果不明显。



非耕地日光温室墙体设计

2、墙体厚度对蓄热保温性的影响

(2) 夯实粘土墙体厚度对蓄热保温性的影响



晴天时日光温室不同厚度夯实粘土墙体的蓄放热量

结论：从2.7 m增至3.6 m，墙内表面日间净蓄热量降低了2.0%，内表面夜间净放热量提高了4.7%，对温室性能影响不大。

结构组成-----后屋面



草屋面



结构组成-----后屋面



磷镁板屋面



彩钢板屋面

结构组成-----保温覆盖



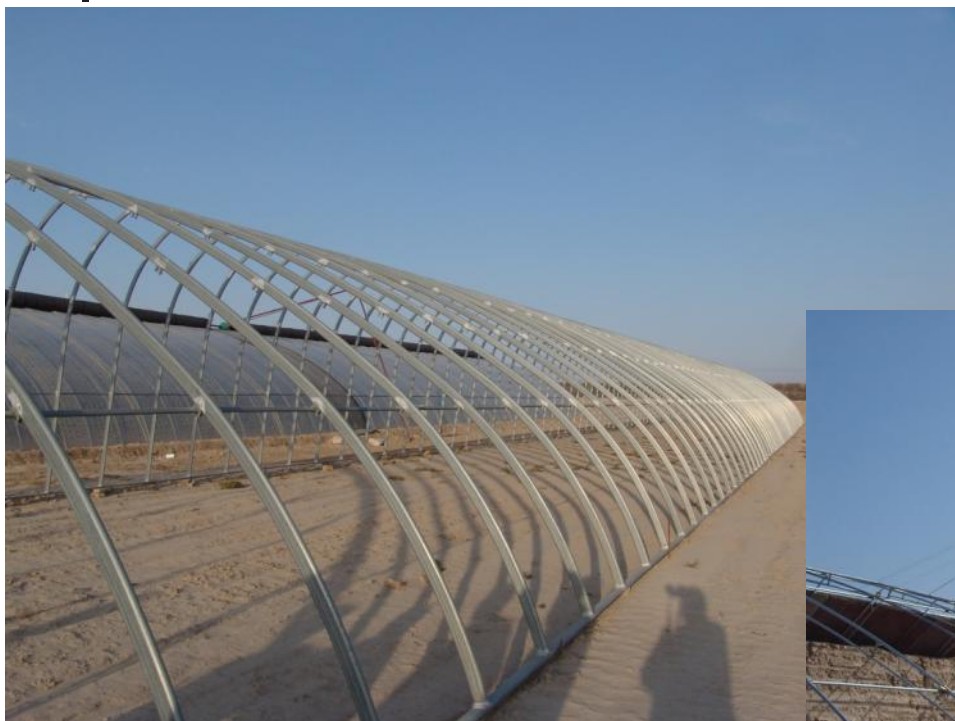
草帘

结构组成-----保温覆盖



保温被

结构组成-----前屋面



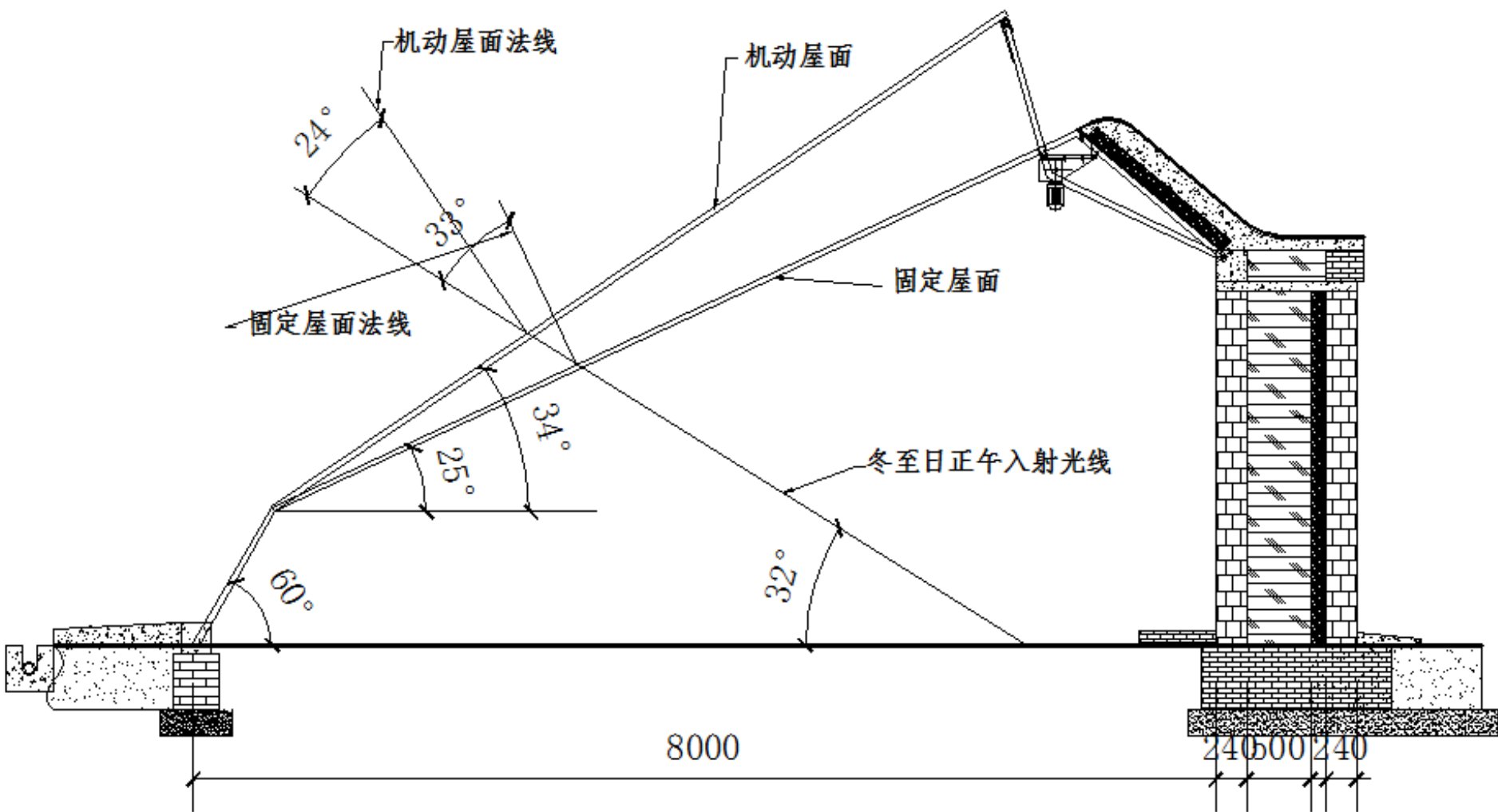
全钢架

结构组成-----前屋面



钢竹混合结构

可变倾角日光温室



甘肃日光温室主要结构参数

1、前屋面采光角

■ **正午理想屋面角** = $\Phi - \delta$ (Φ : 当地地理纬度; δ : 赤纬)

■ **合理屋面角** = 理想屋面角 - 45°

考虑到合理采光时段 (合理采光4小时) 的要求, **合理采光时段屋面角** = 理想屋面角 - $45^\circ + 6^\circ =$ 理想屋面角 - 39°

(举例: 兰州纬度为 36.5° , 冬至赤纬为 -23.5° , 则正午理想屋面角 = $36.5^\circ - (-23.5^\circ) = 60^\circ$; 合理采光时段屋面角 = $60^\circ - 39^\circ = 21^\circ$)

甘肃日光温室主要结构参数

2、后屋面仰角

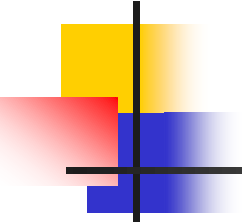
要保证立冬到立春期间正午不遮阴，

■ **后屋面仰角**=太阳高度角= $90^{\circ} - \Phi + \delta = 90^{\circ} - \Phi -$

$16.3^{\circ} = 73.7^{\circ} - \Phi$ ，（立冬和立春的 δ 为 -16.3° ）。

（举例：兰州取 37.2° 即可保证立冬到立春后屋面不遮阴）

■ 考虑到我省河西各地光照资源丰富，后屋面仰角可适当增大，一般 $38^{\circ} - 42^{\circ}$ 较适宜。



甘肃日光温室主要结构参数

3、跨度与脊高

跨度在8-10m，高度3.8-4.8 m，高跨比1:2，取上限时，要考虑采取半地下式或其它提高保温能力的措施。

4、墙体厚度

土墙厚1.3-1.5m；砖墙或石墙等要保证24cm的蓄热层，后墙外或墙中间加10cm厚聚苯板等隔热材料。

5、后屋面投影长度

1.2-1.6m均可，一般以1.4m较好。

6、温室长度

60-100m均可，考虑到劳动力的充分发挥和卷帘等机械设备的应用，以80m左右较好。



甘肃日光温室主要结构参数

7、防寒沟设置

温室前脚外10cm处埋设50cm 深10cm厚聚苯板较为理想。

8、前后排温室间距

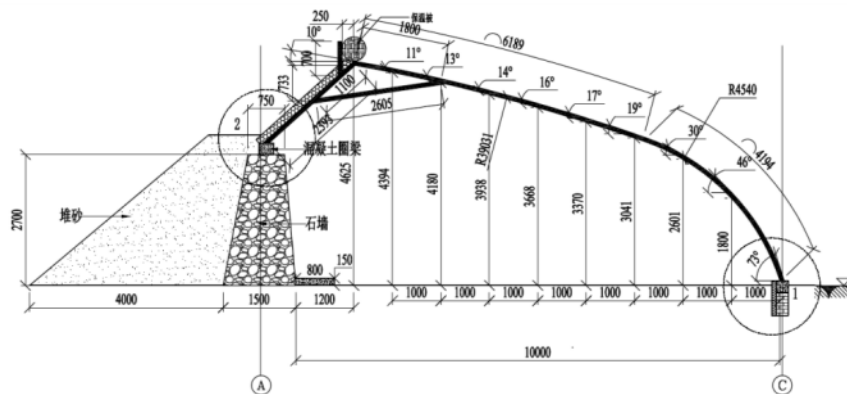
一般以温室脊高的2倍作为前后排温室的间距，如脊高为3.8m，则间距以7.6m即可。

9、温室方位

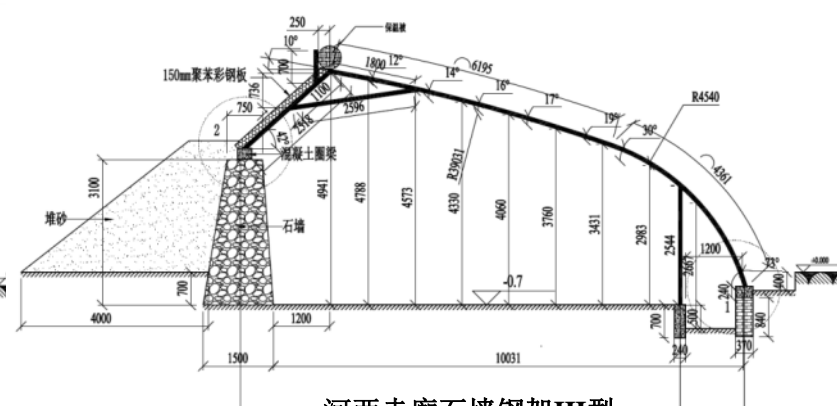
基本方位为坐北朝南，东西偏移不能超过 10° ，考虑到我省大部分地区冬季寒冷，而光照资源丰富，以南偏西 $5^{\circ} - 7^{\circ}$ 最好。

日光温室设计

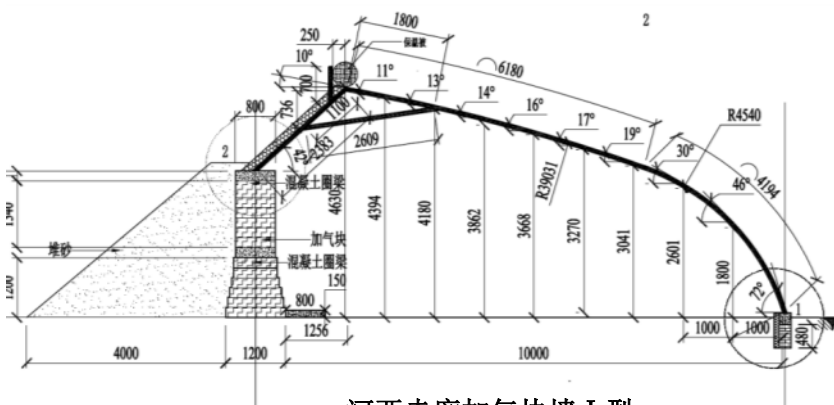
4、河西走廊全钢装配式系列日光温室（2014）



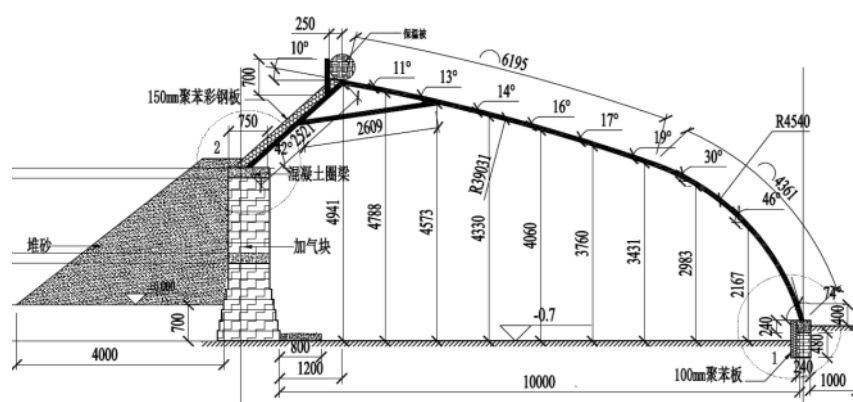
河西走廊石墙钢架 I 型



河西走廊石墙钢架 III 型



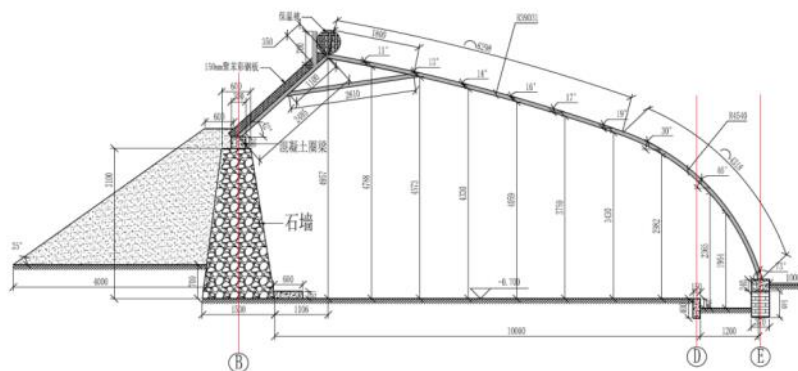
河西走廊加气块墙 I 型



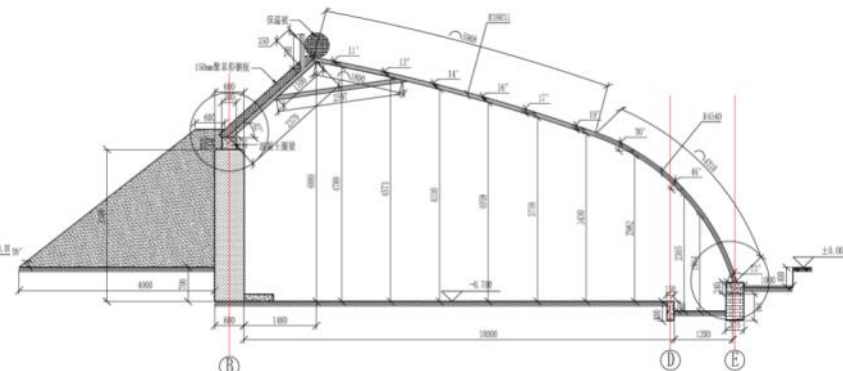
河西走廊加气块墙 II 型

日光温室设计

5、河西走廊不同墙体装配式系列日光温室（2015）



石墙双走道日光温室



混凝土墙体双走道日光温室

主要特征：

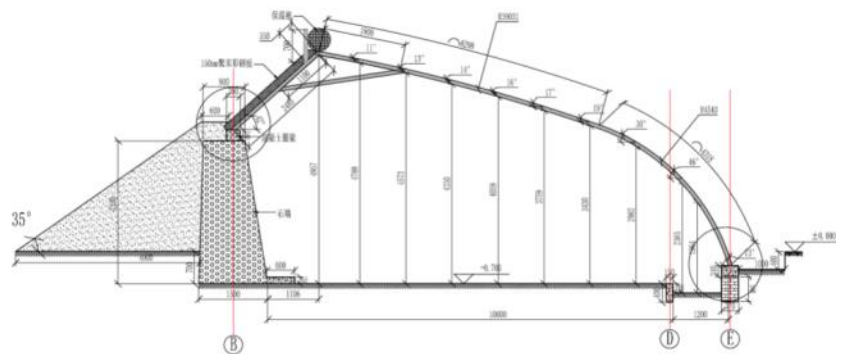
- (1) 墙体结构：砌筑石墙堆沙、法兰式石墙堆沙、混凝土墙堆沙
- (2) 骨架结构：全钢装配式镀锌几字钢骨架
- (3) 后屋面结构：彩钢夹芯板
- (4) 走道：前置走道、前后双走道
- (5) 前屋面形状：曲线+曲线
- (6) 参数：

跨度：10m

脊高：4.9m

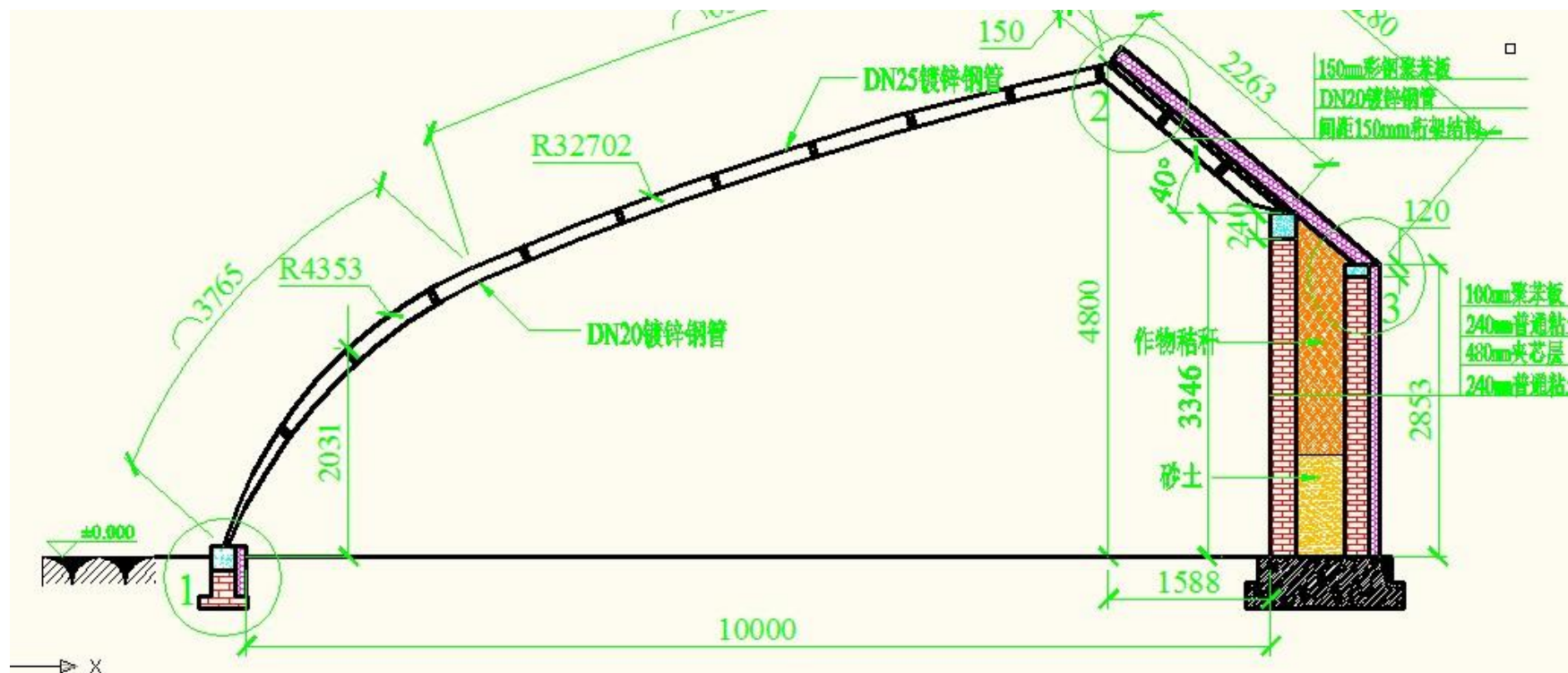
后屋面角：42°

前屋面最小角：11°



法兰式石墙双走道日光温室

复合墙体日光温室

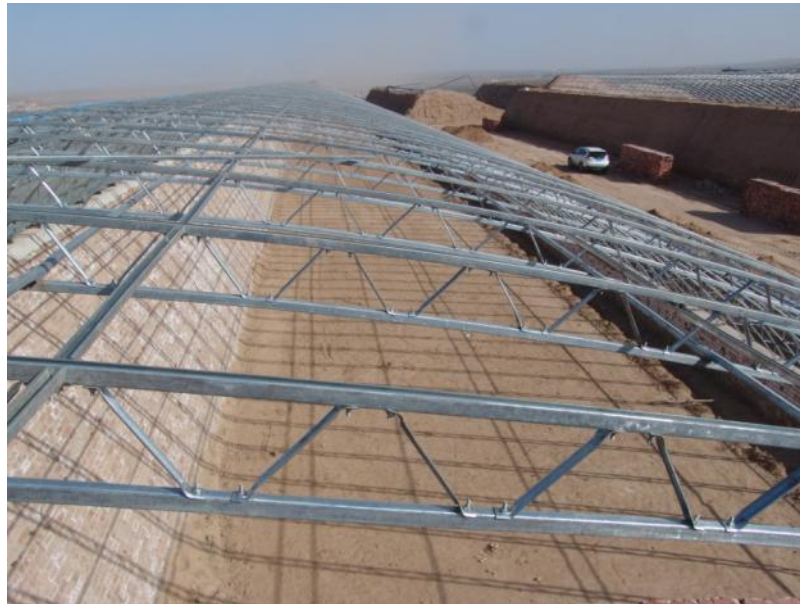


日光温室实践

全钢装配式日光温室



日光温室实践



装配式温室

日光温室实践



装配式温室

日光温室实践



装配式温室

日光温室实践



装配式温室

日光温室实践



几字钢生产线

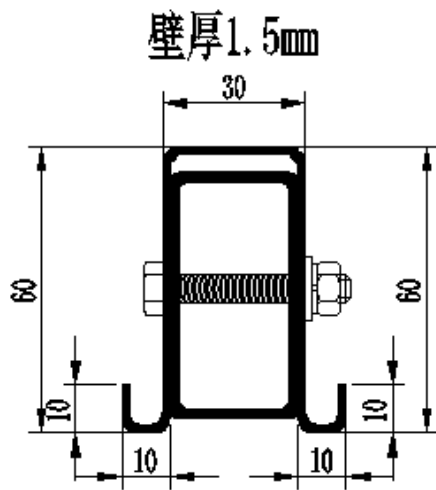
日光温室实践



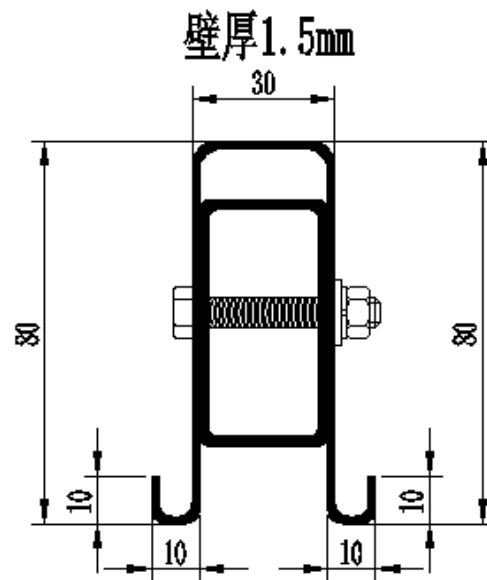
装配式温室



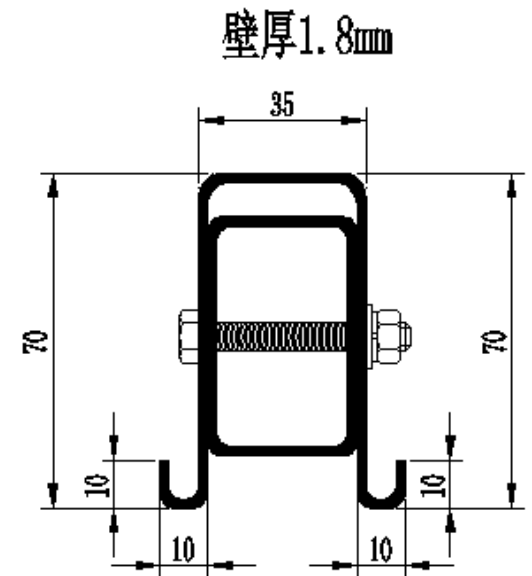
几字钢温室骨架断面设计



30*60*1.5



30*80*1.5

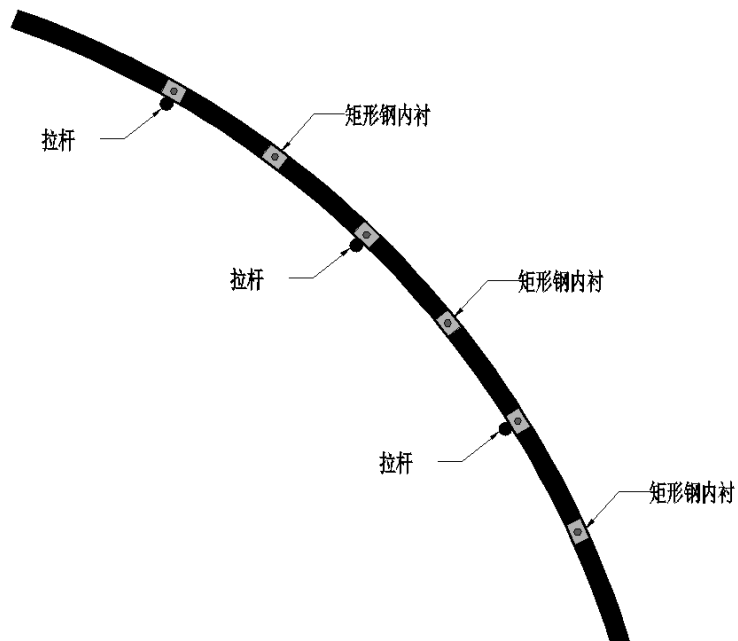


35*70*1.8



几字钢温室骨架断面设计

加强几字钢骨架设计



在2个拉杆与拱杆连接点设置矩形钢内衬



几字钢温室



拉杆与拱杆连接点

日光温室实践



装配式温室

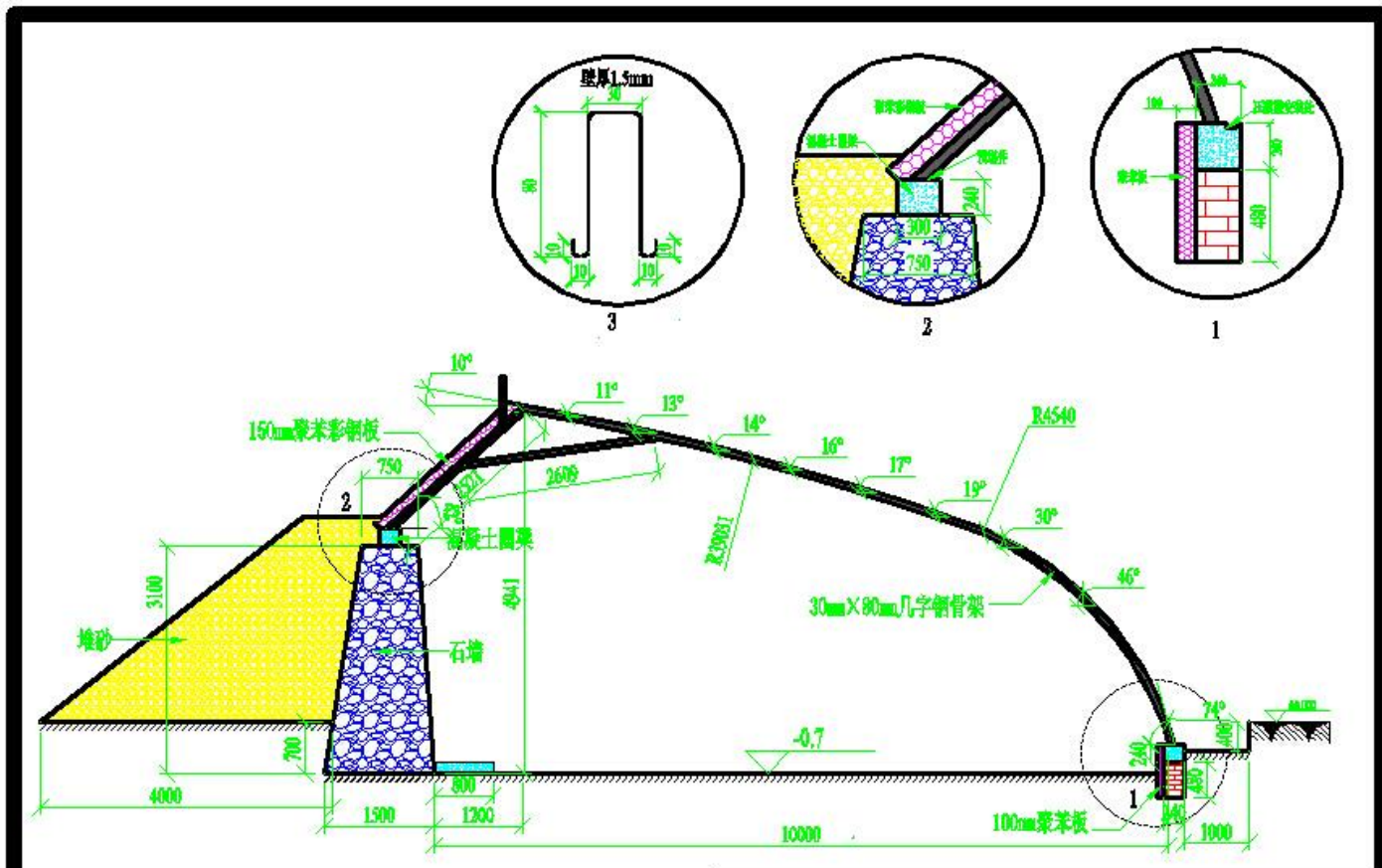


日光温室实践



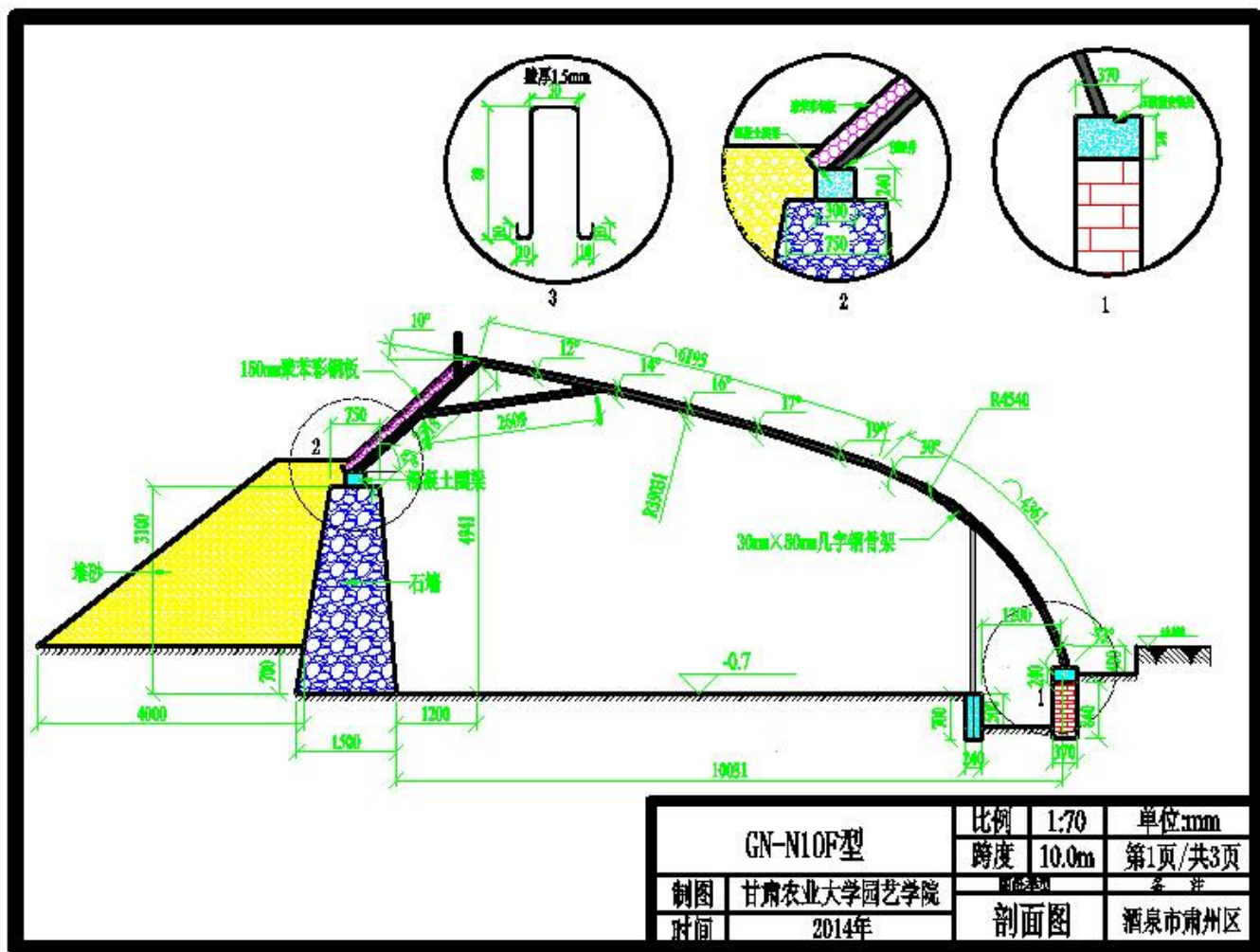
装配式温室

日光温室实践



GN-N10B型		比例	1:70	单位:mm
		跨度	10.0m	第1页/共3页
制图	甘肃农业大学园艺学院	制图人		备注
时间	2014年	剖面图		酒泉肃州区丰祥示范点

日光温室实践





甘肃省酒泉肃州区示范点



示范温室建设

墙外堆沙



混凝土山墙



法兰式砂石山墙



法兰式砂石后墙





甘肃省张掖临泽县示范点



河西走廊砖墙钢架I型日光温室



甘肃省武威天祝县示范点





其他县区推广

环县



靖远县

永靖县



兰州新区

日光温室实践



焊接钢骨架日光温室

日光温室实践

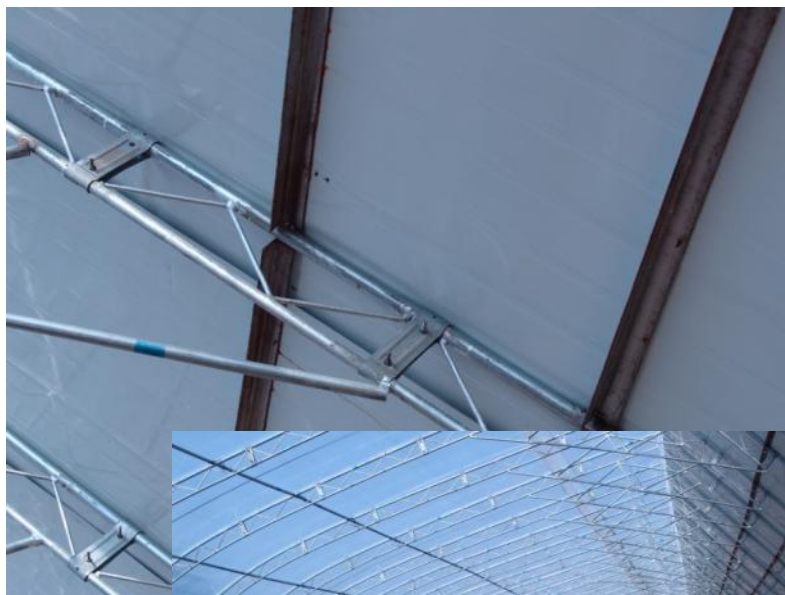


磷镁骨架温室

日光温室实践



日光温室实践



夹芯彩钢后屋面

日光温室实践



石墙温室



日光温室实践



沙袋温室

日光温室实践



蜂窝墙体结构

2011/8/25 9:59am

日光温室实践



碎石墙体结构

日光温室实践



外墙保温

日光温室实践



壁柱墙体结构

2011/9/9 5:41pm

日光温室实践

- ◆ 墙体结构24砖墙+10cm苯板+24砖墙



日光温室实践



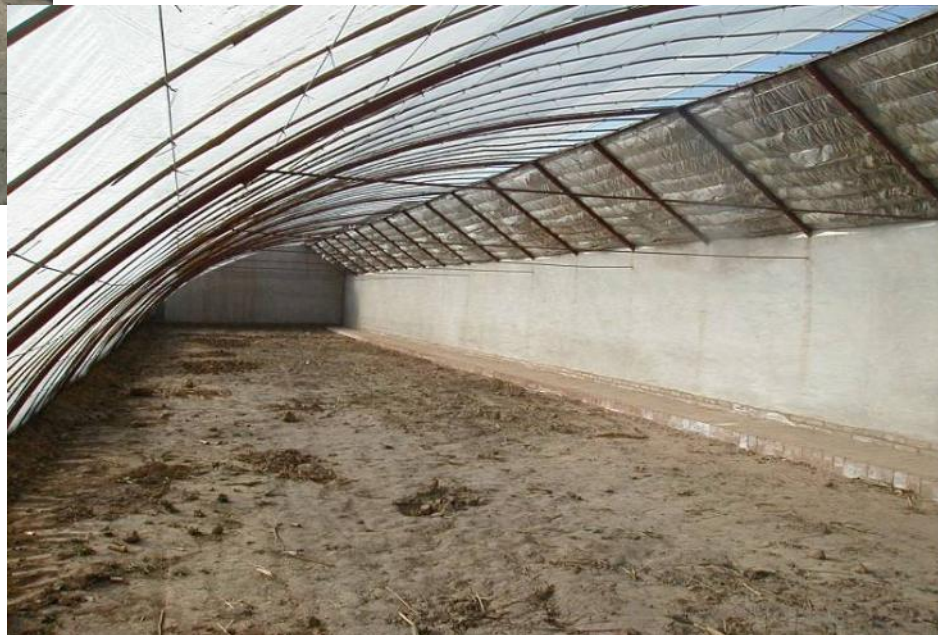
装配式墙体

日光温室实践



草屋面日光温室

日光温室实践



草屋面温室

日光温室实践



屋面排水



日光温室实践



温室门

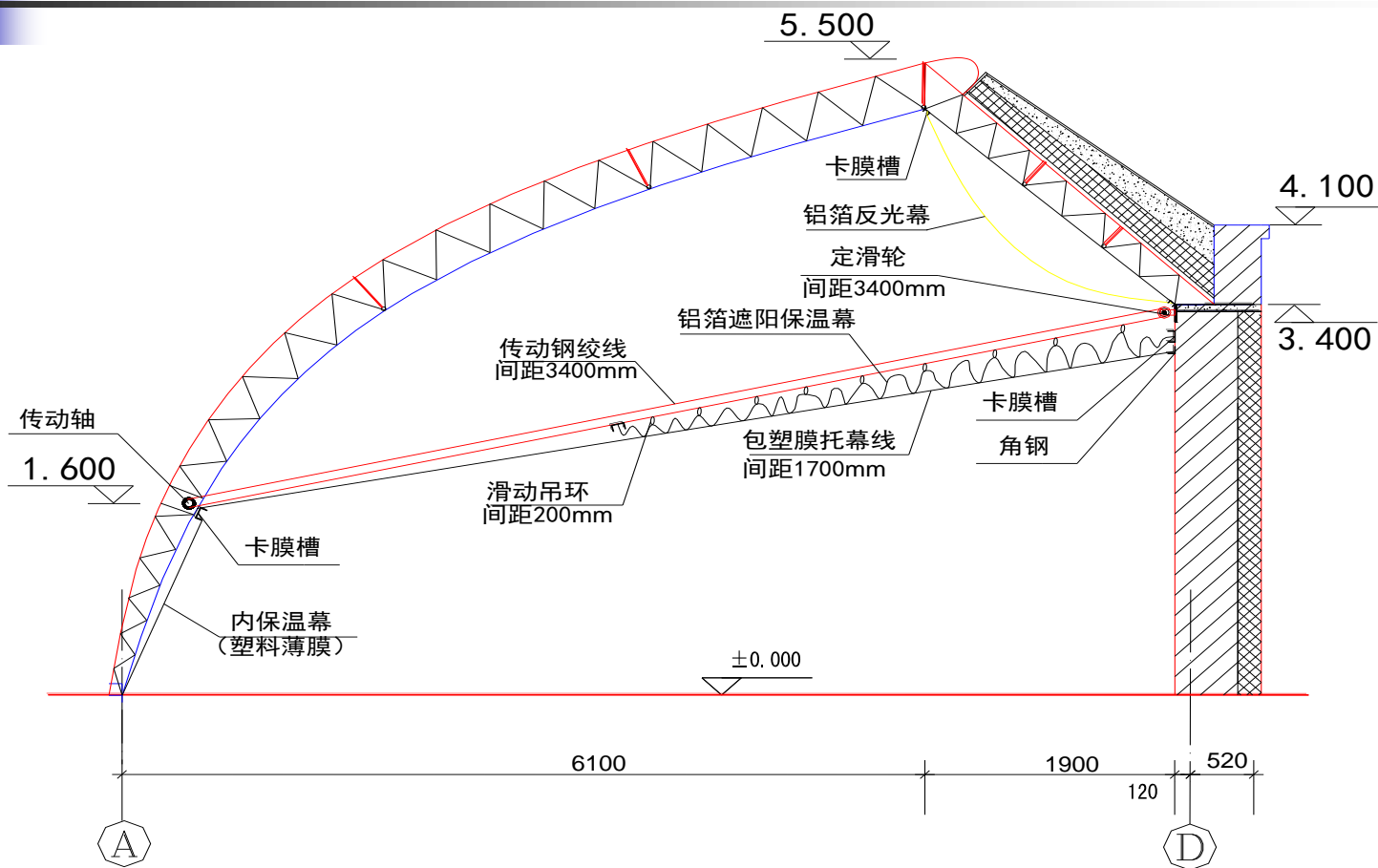


日光温室实践



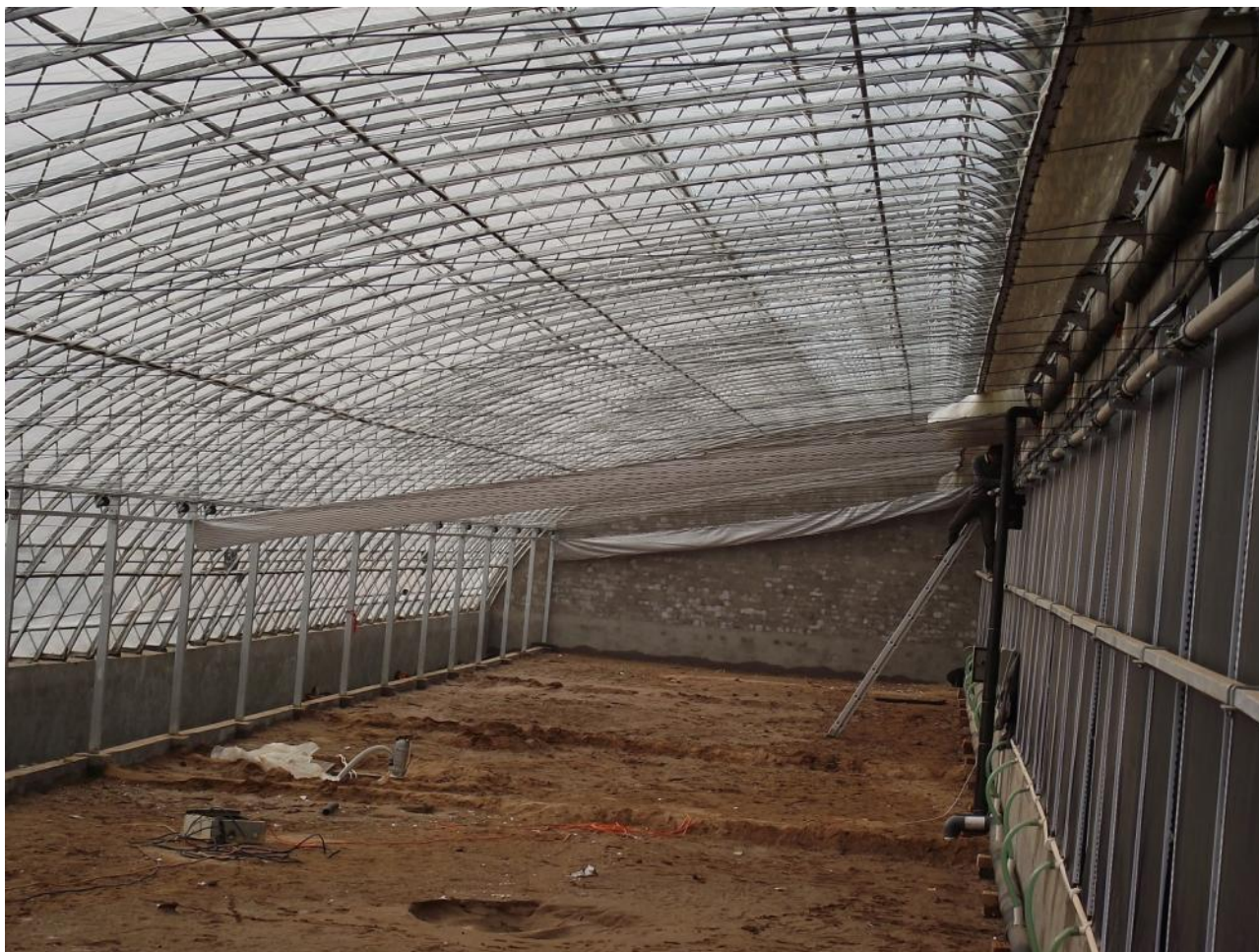
走道前置式日光温室（8.0m）

日光温室实践



日光温室内保温设计

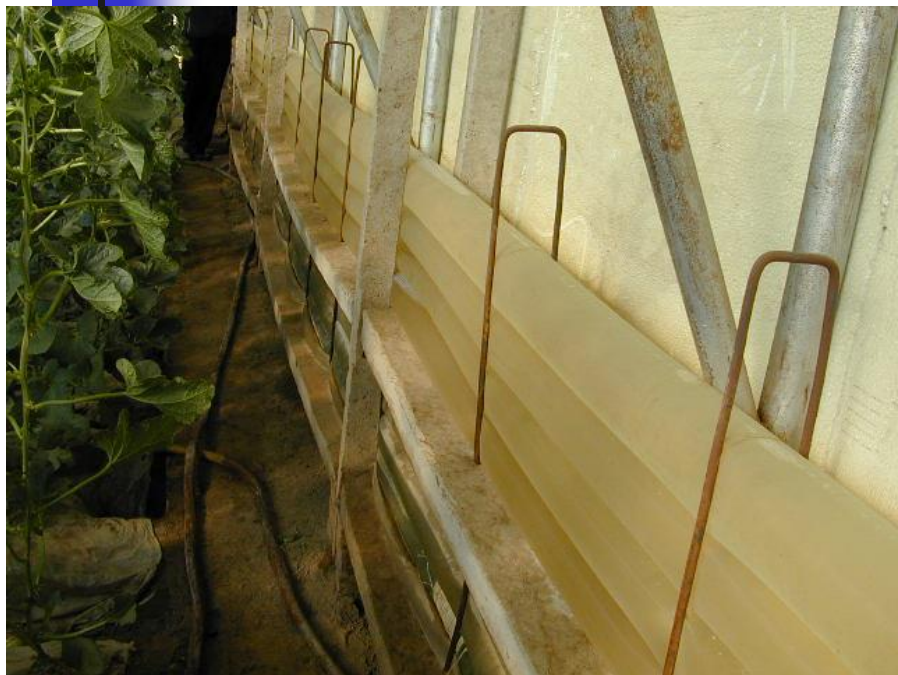
日光温室实践



日光温室实践

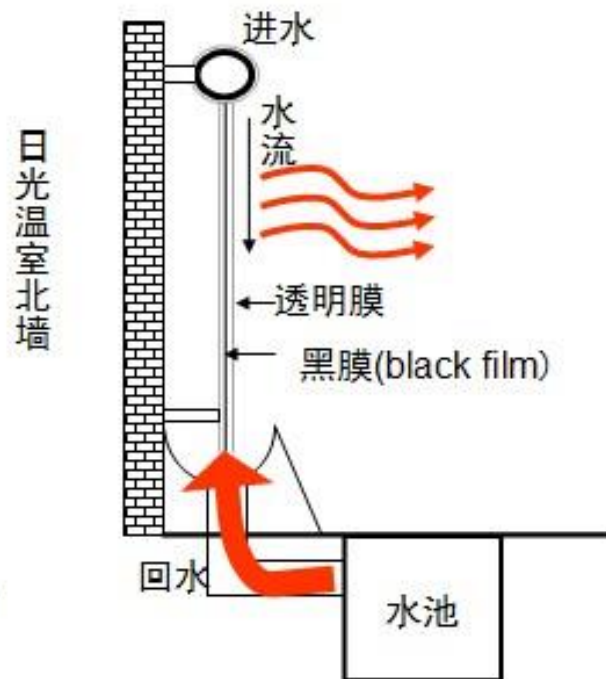
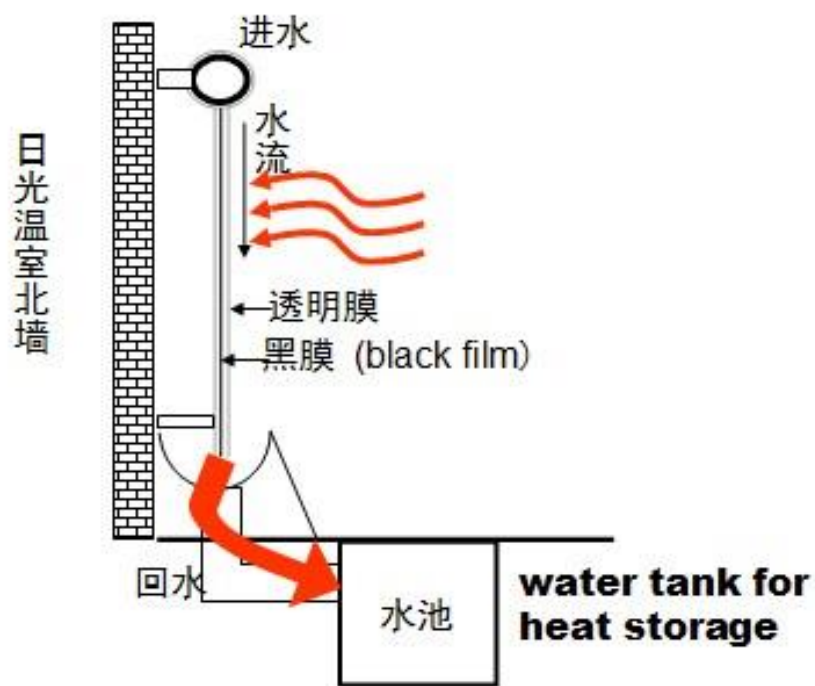


日光温室实践



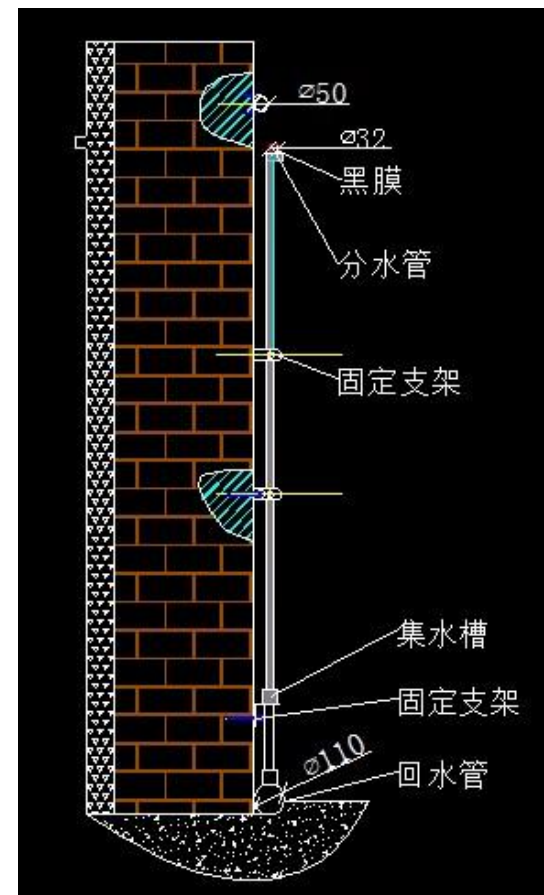
水墙蓄热温室

日光温室实践



主动蓄放热系统

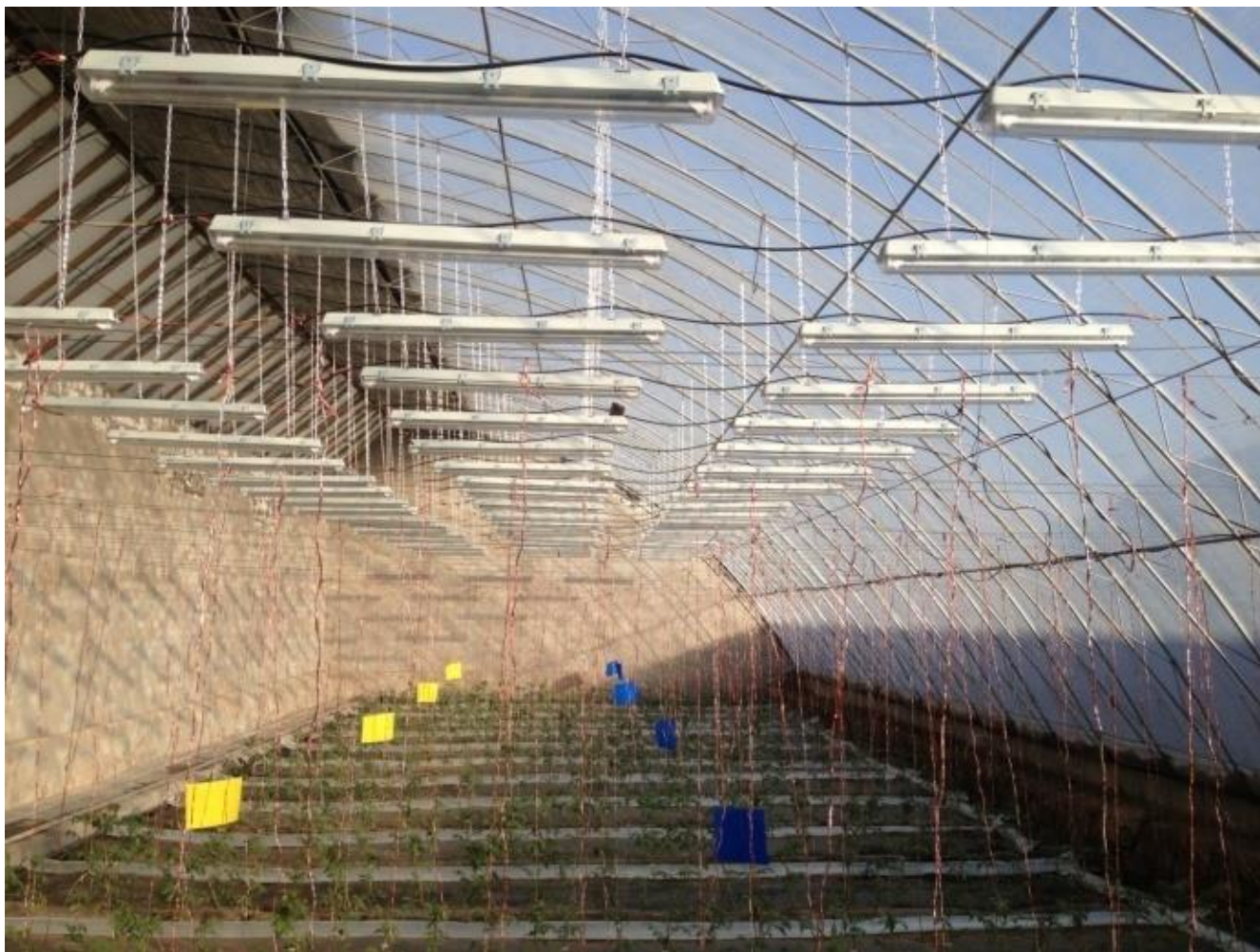
日光温室实践



日光温室实践



日光温室实践

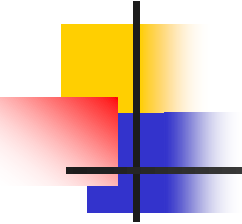


日光温室实践



日光温室实践





谢谢！