

# 现代温室环境控制系统



---

甘肃农业大学园艺学院

谢建明 教授

Email: [xiejianming@gsau.edu.cn](mailto:xiejianming@gsau.edu.cn)

# 现代温室概念

- 大型
- 连接屋面
- 不受自然气候影响
- 能全天候生产
- 可自动化调控

**园艺设施的最高级类型。**





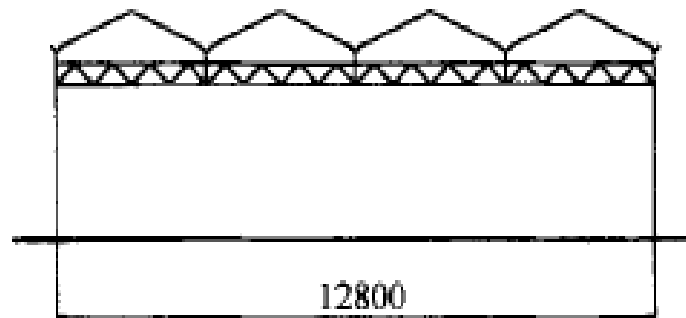
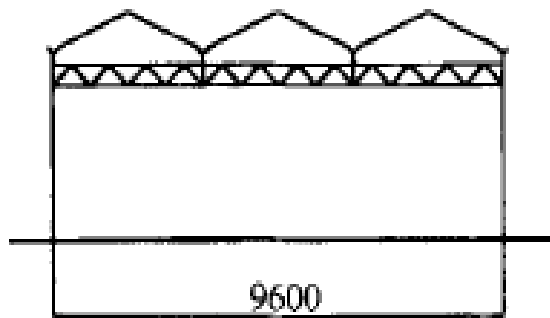
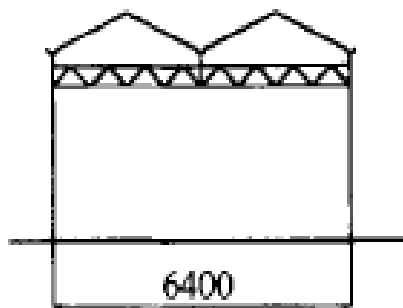
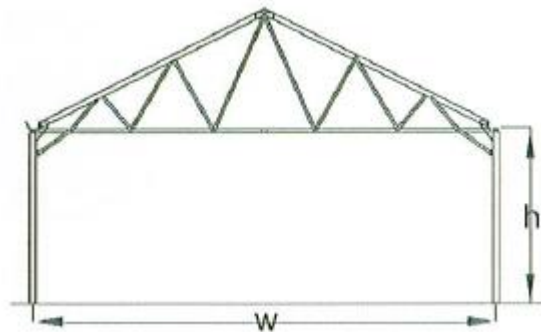
# 主要内容

---

- **类 型**
- **主体结构**：平面结构；基础；立柱；  
横梁；天沟；屋架
- **系统组成与配套设备**
  - ✓ 自然通风系统
  - ✓ 幕帘系统
  - ✓ 加热系统
  - ✓ 降温系统
  - ✓ 补光系统
  - ✓ 补气系统
  - ✓ 灌溉施肥系统
  - ✓ 控制系统

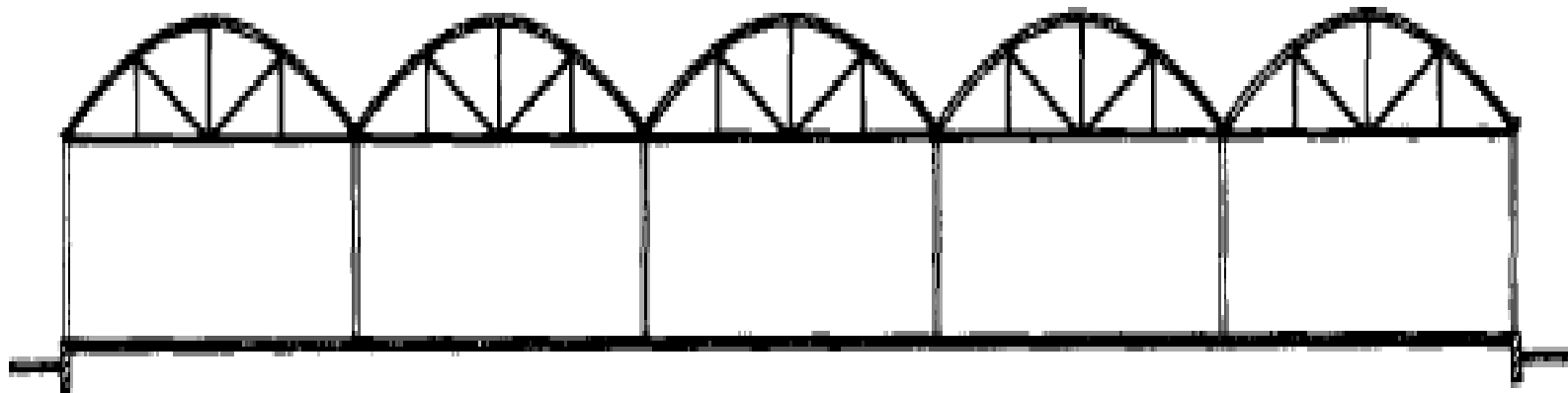
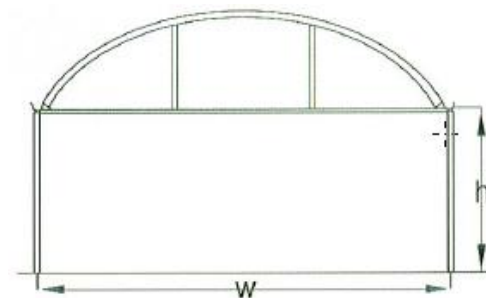
# 现代温室类型——屋脊型

- 以玻璃、PC板等硬质材料覆盖
- 外形美观
- 造价较高
- 荷兰、日本较多



# 现代温室类型——拱圆形

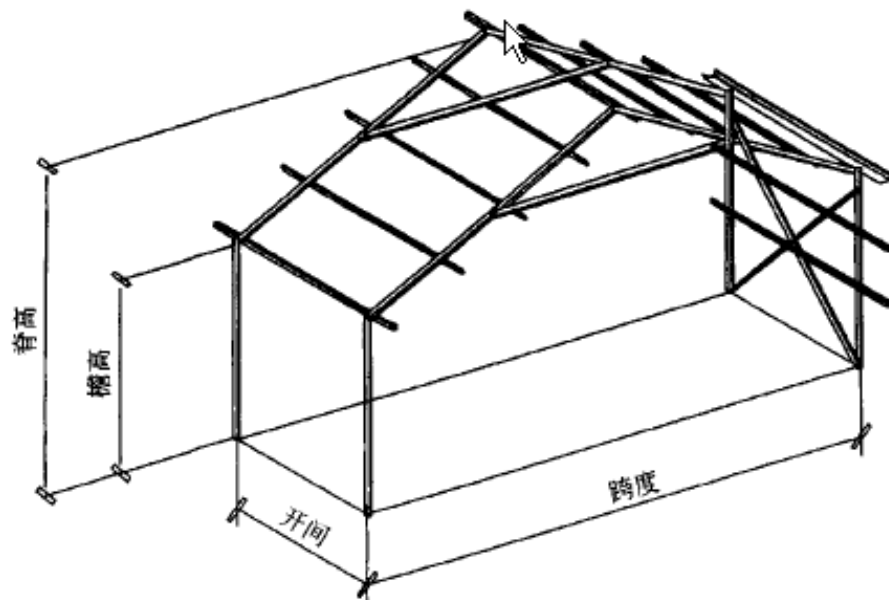
- 以塑料膜覆盖
- 造价较低
- 以色列、美国、西班牙、韩国等应用较多



# 现代温室主体结构-建筑尺寸

## 单元尺寸

- ✓ **跨度**：最终承力构架在支点间的距离。6-12.8 m
- ✓ **开间**：最终承力构架间的距离。3.0/4.0/5.0 m
- ✓ **檐高**：柱底到屋架与柱轴线交点之间的距离。3.0-5.0 m
- ✓ **脊高**：柱底到屋架最高点的距离。

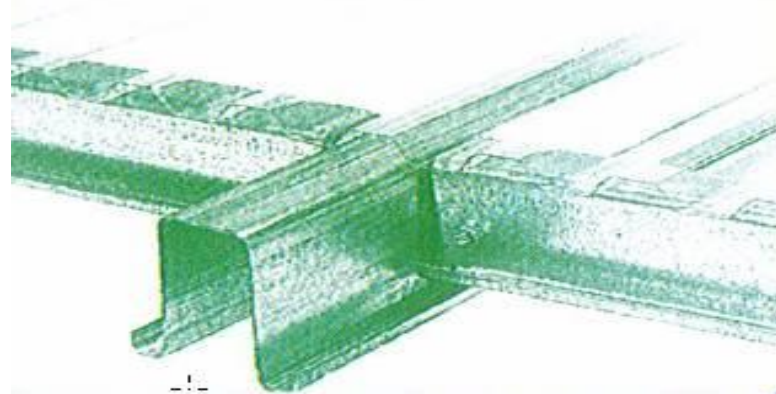
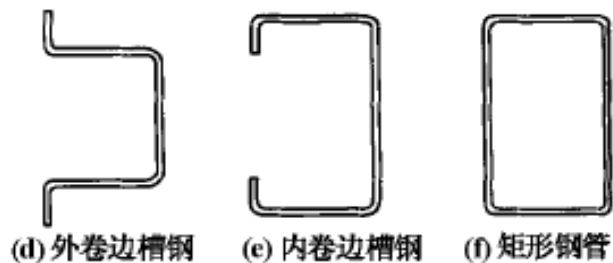
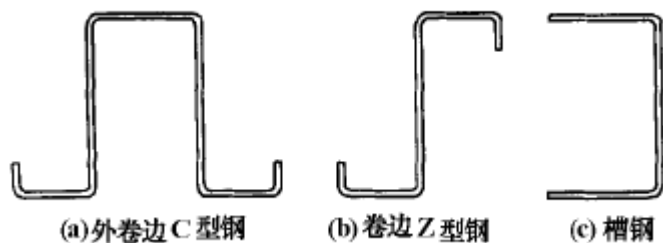


## 总体尺寸

- ✓ **自然通风方向**：≤40 m 单体面积：1000-3000 m<sup>2</sup>
- ✓ **机械通风方向**：≤60 m 单体面积：3000-5000 m<sup>2</sup>

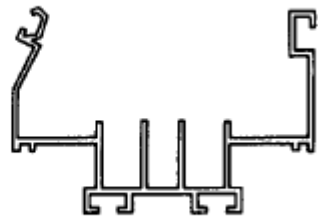
# 现代温室主体结构-结构材料

- **钢材**：梁、柱及其构件的加工、制作，扁钢、槽钢、角钢、薄壁型钢、无缝钢管等制成，经过热浸镀锌防锈蚀处理，具有很好的防锈能力。



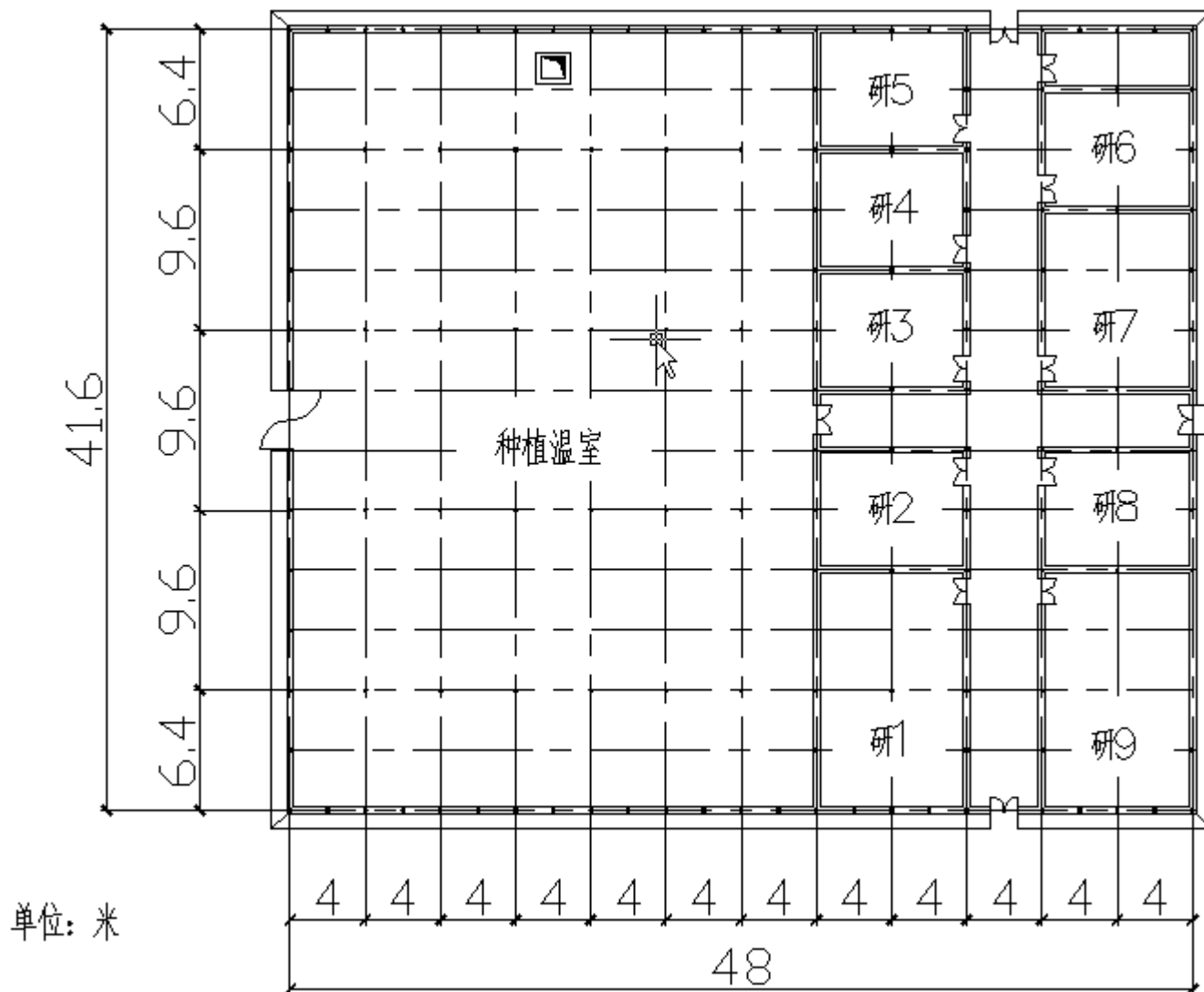
# 现代温室主体结构-结构材料

▶ **铝合金型材**：制作屋顶、门窗，经抗氧化处理，轻便美观、不生锈、密封性好，推拉开启省力。



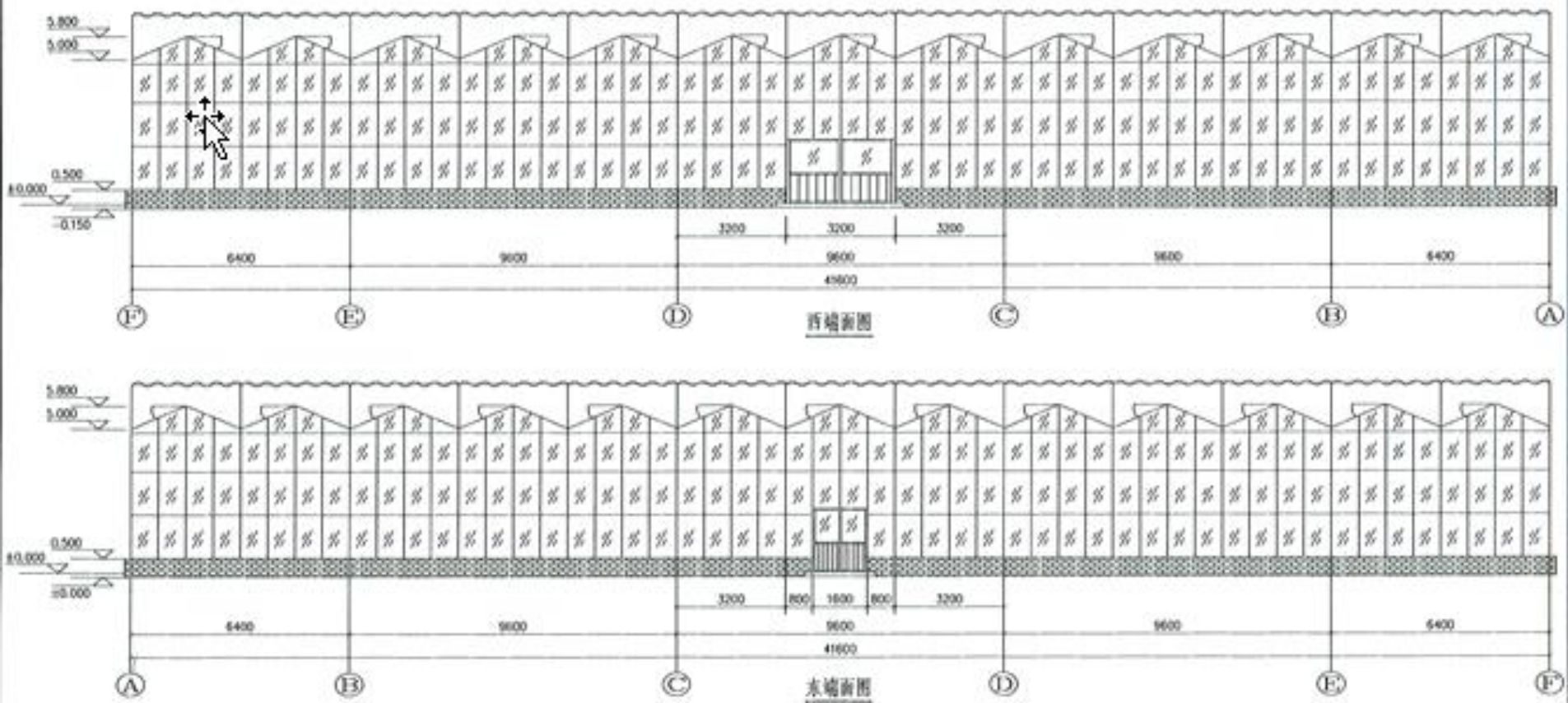
# 现代温室主体结构-平面图

甘农大实训温室



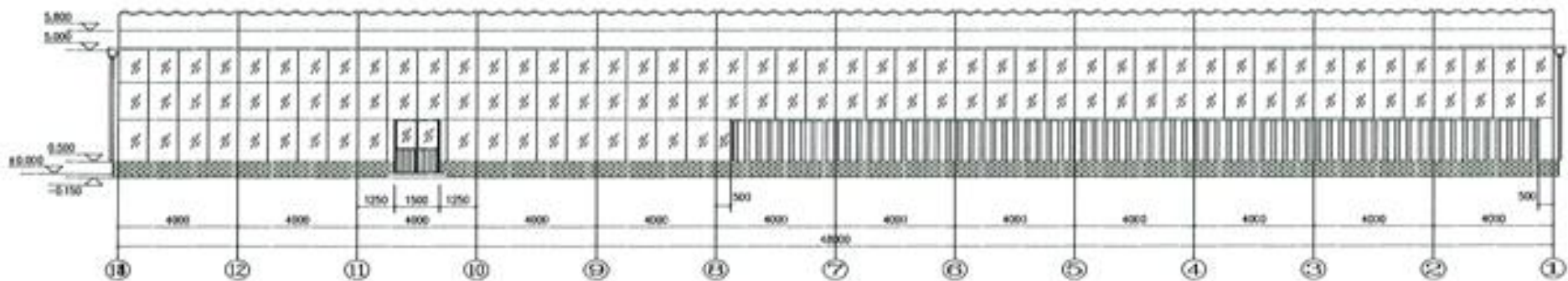
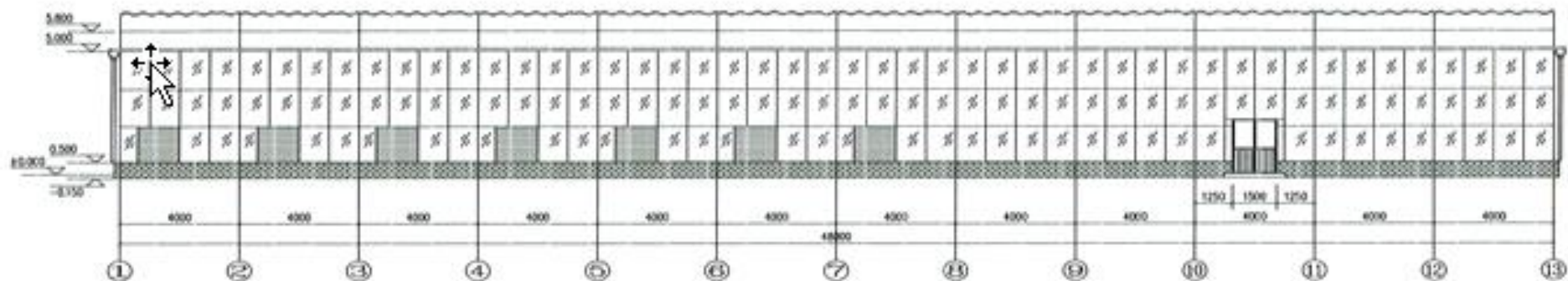
# 现代温室主体结构-端面图

## 甘农大实训温室



# 现代温室主体结构-侧面图

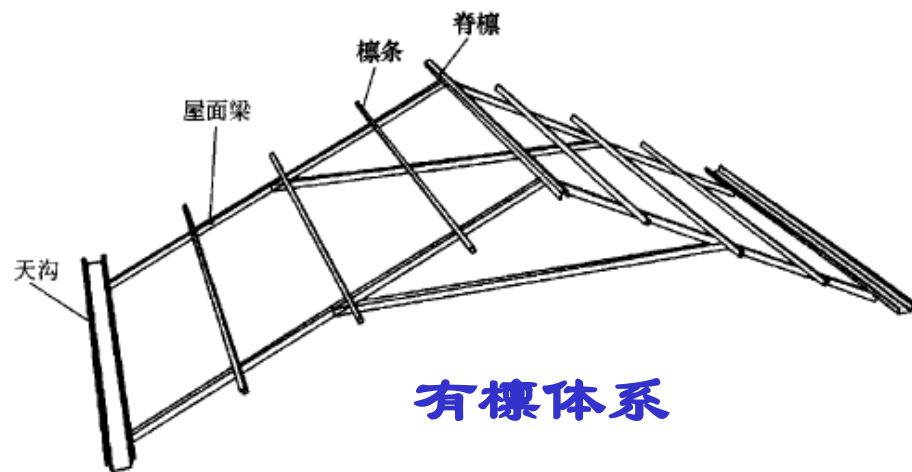
## 甘农大实训温室



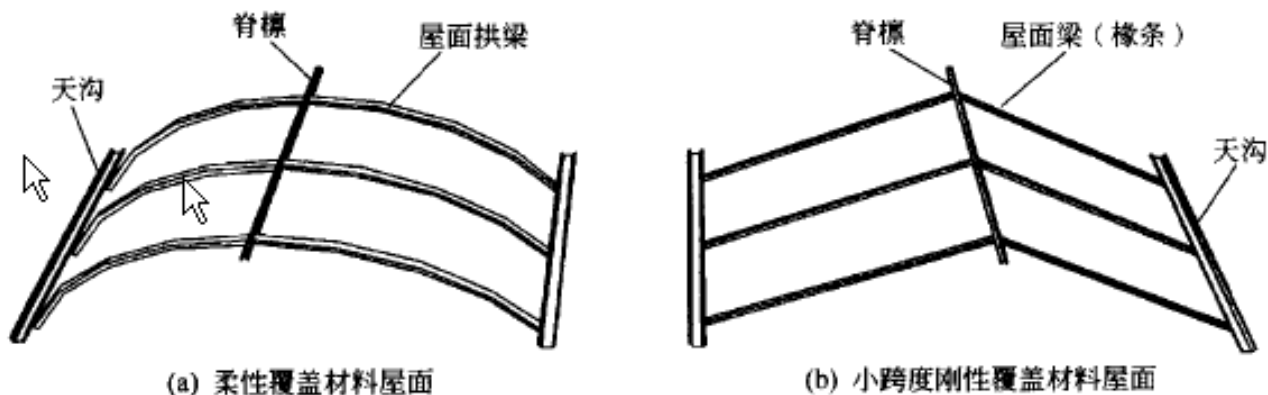
# 现代温室主体结构-屋盖结构

是温室承受纵向作用的结构系统

- ▶ 有檩体系：大型温室多采用
- ▶ 无檩体系：跨度小于3.2m的刚性覆盖材料和各种柔性覆盖材料。



有檩体系



(a) 柔性覆盖材料屋面

(b) 小跨度刚性覆盖材料屋面

无檩体系

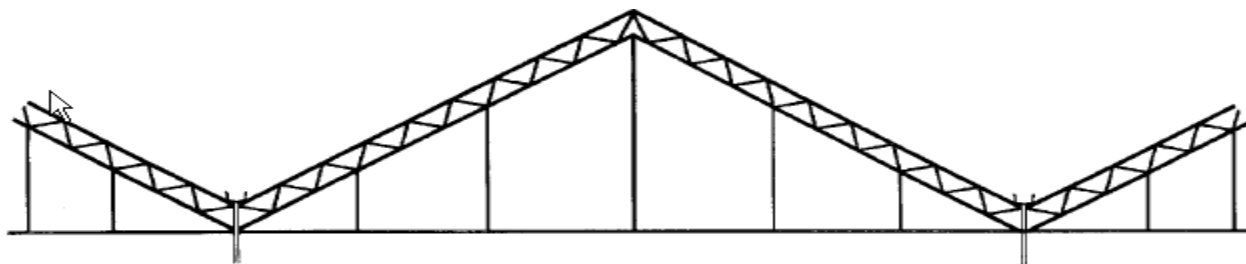
# 现代温室主体结构-屋架结构

与立柱一起构成主要承力系统

- 桁架式屋架结构：结构简单、加工方便、8-12 m跨度受力十分合理、最大15 m，目前最常见。



- 组合式屋面结构：结构复杂，制造、运输、安装要求高，常用于跨度大于12 m的结构，目前仅在欧洲大跨度温室中应用。



# 现代温室主体结构-基础

**基础：**是连接结构与地基的构件，它将风载、雪载、作物吊重、构件自重等安全地传递到地基。基础由预埋件和混凝土浇筑而成。

- 独立基础
- 条形基础



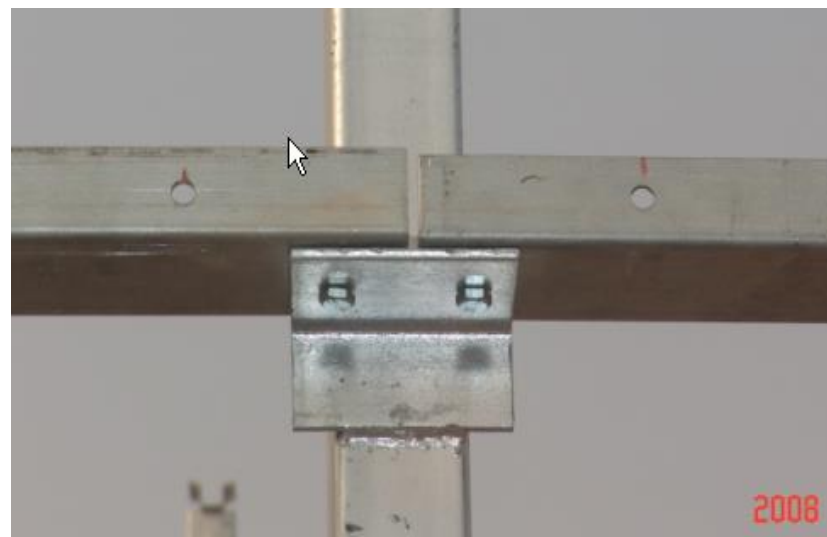


# 现代温室主体结构-骨架

## 立柱



# 现代温室主体结构-骨架



# 现代温室主体结构-骨架



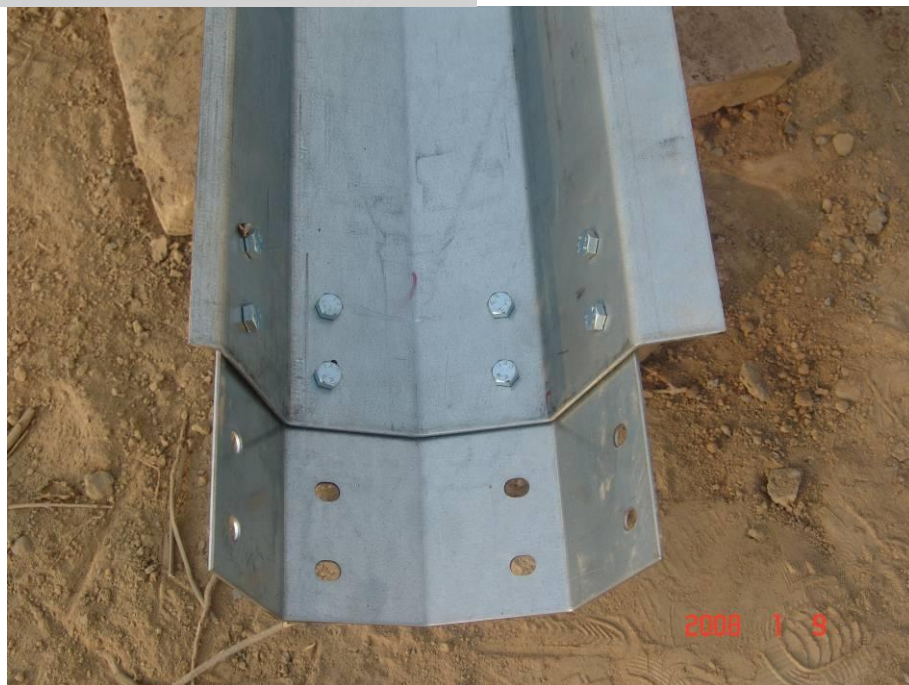
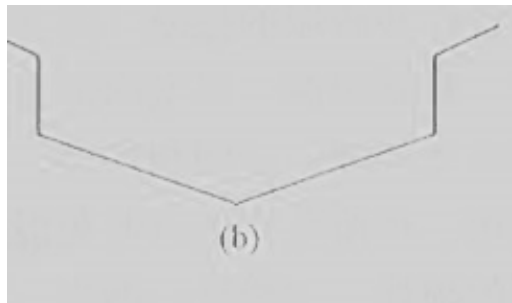
# 现代温室主体结构-骨架



# 现代温室主体结构-天沟

## 天沟（排水槽）

- 收集和排放雨水
- 连接单栋温室成连栋温室
- 传递屋面荷载
- 坡降：一般0.5%
- 遮阴：地面积的5%



# 现代温室主体结构-天沟

## 防滴露

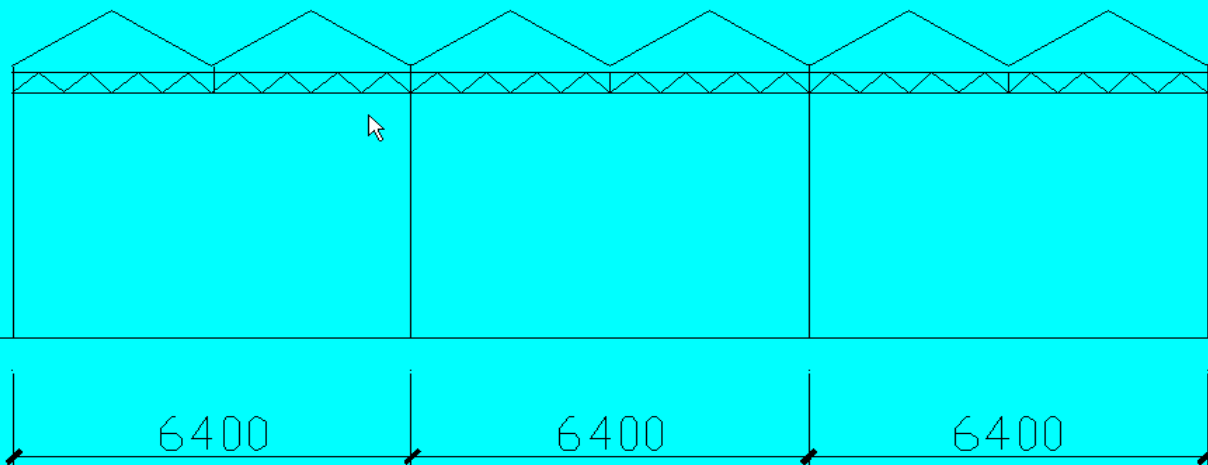
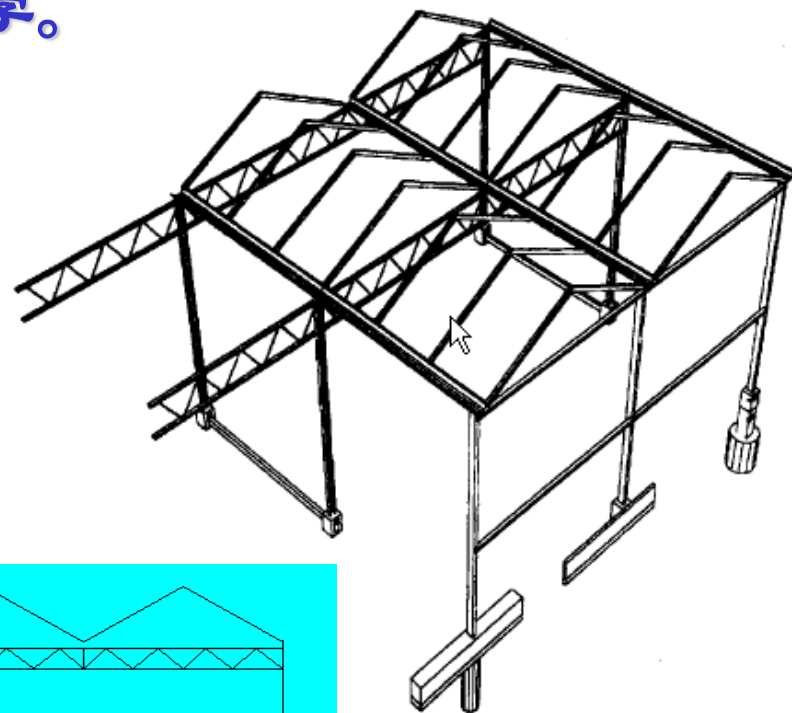


# 现代温室类型—Venlo型

来源于温室诞生的一个小镇的名字。

## 参数

- ✓ 结构单元跨度：6.4/9.6/12.8 m
- ✓ 屋面单元跨度：3.2 m
- ✓ 屋面角： $26.5^\circ$
- ✓ 屋面标准高度：0.8 m
- ✓ 常用檐高：3.0/3.5/4.0/4.5/6.0 m





## 现代温室类型—Venlo型

### 结构材料：

- ✓立柱和檩条：热浸镀锌轻钢结构
- ✓屋面梁：水平桁架结构
- ✓屋盖梁：铝合金型材“人字形”对接
- ✓天沟：热浸镀锌或铝合金
- ✓屋面和侧墙：4mm玻璃

# 拱圆形温室结构特点

- 采用塑料薄膜，自重较轻，可增大薄膜安装件的间距，大量减少安装件的数量；
- 框架结构比玻璃温室简单，用材量少，建造成本低；
- 多采用双层充气薄膜，内外温差较小，在冬季可减少薄膜内表面冷凝水的数量；
- ✓ 可分别提高内外层薄膜的使用寿命。外层薄膜不与结构件直接接触，而内层薄膜由于受到外层薄膜的保护，可以避免风、雨、光的直接侵蚀；
- ✓ 双层充气膜的透光度较低。在光照弱的地区和季节生产喜光作物时不宜使用。



## 第二节 现代温室配套系统

---

- ✓ 自然通风系统
- ✓ 加热系统
- ✓ 幕帘系统
- ✓ 降温系统
- ✓ 补光系统
- ✓ 补气系统
- ✓ 灌溉施肥系统
- ✓ 控制系统



# 现代温室配套系统-自然通风系统

## ➤ 位置

- ✓ 顶窗通风
- ✓ 侧窗通风
- ✓ 顶侧窗通风

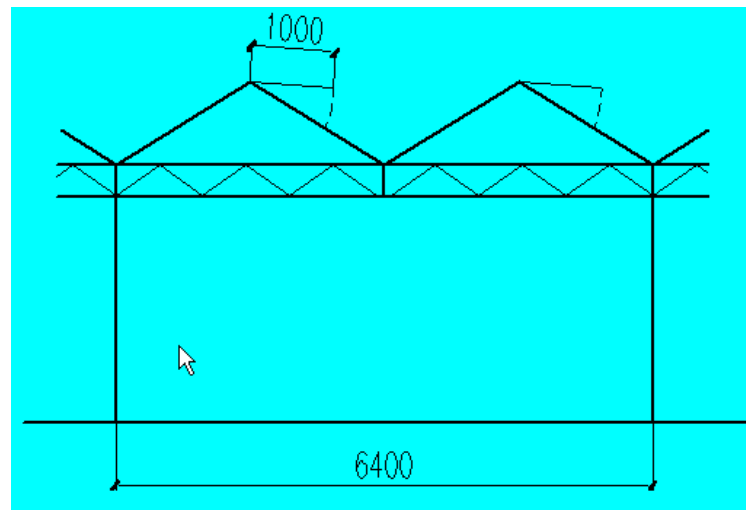
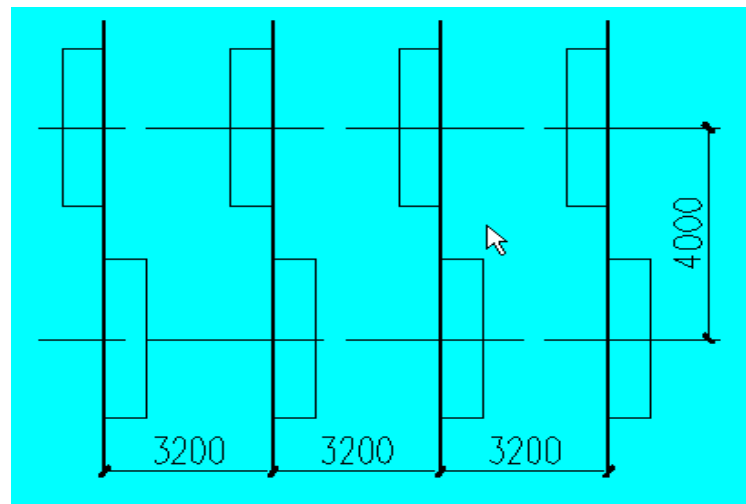
## ➤ 运动方式

- ✓ 转动式：玻璃、PC板
- ✓ 移动式：玻璃、PC板
- ✓ 卷帘式：膜温室

# 现代温室配套系统-自然通风系统

## 顶窗通风：

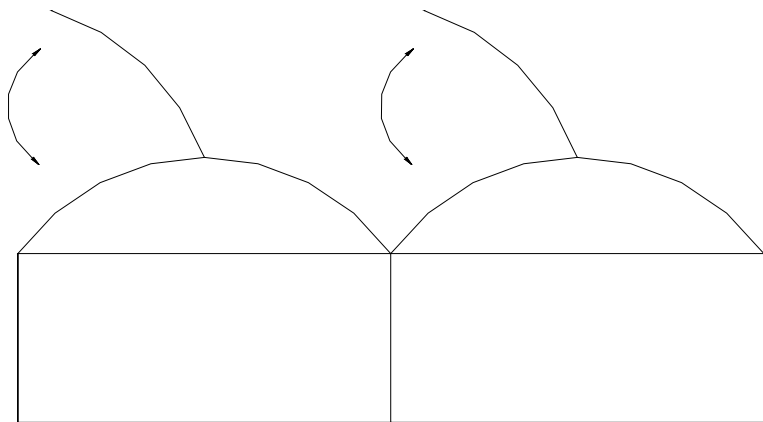
- ✓ Venlo型单向或左右交错开窗
- ✓ 通风量不足（通风比8-10%）
- ✓ 双向开窗可以更好地适应外界条件的变化。



# 现代温室配套系统-自然通风系统

## 顶窗通风：

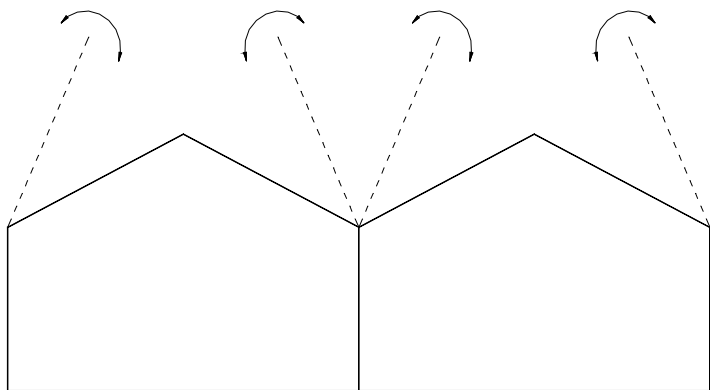
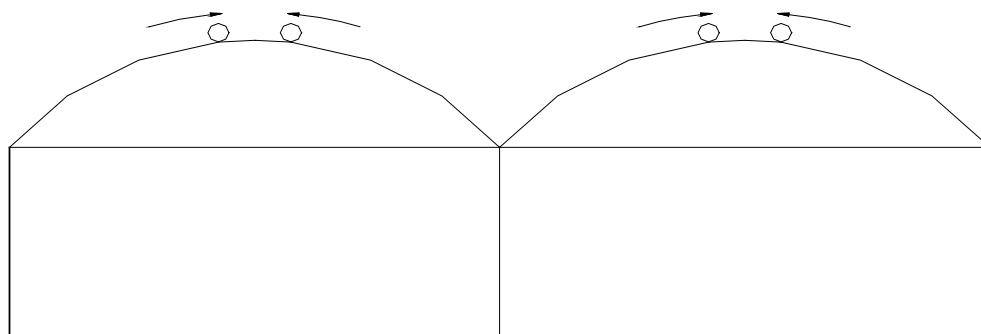
- ✓ 拱型温室半拱开启
- ✓ 通风量较Venlo型大（通风比16-20%）
- ✓ 开启角度仍较小



# 现代温室配套系统-自然通风系统

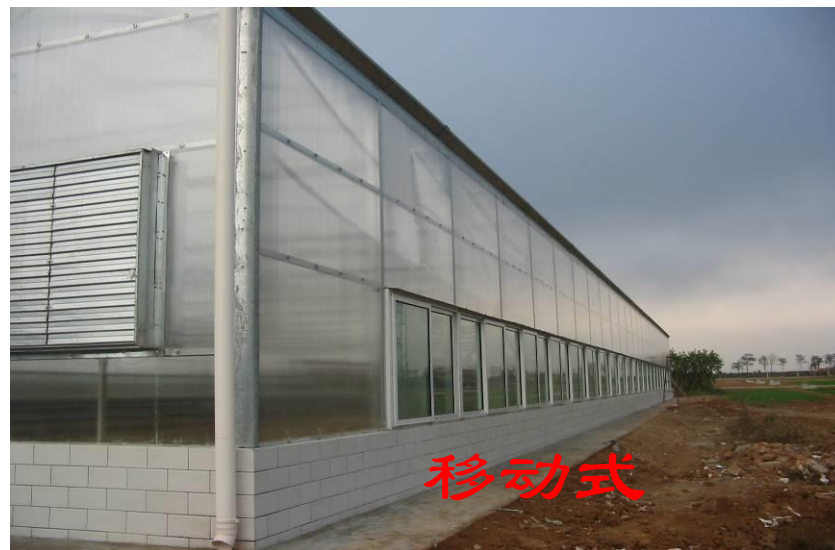
## 顶通风

- ✓ 全开启
- ✓ 通风量大

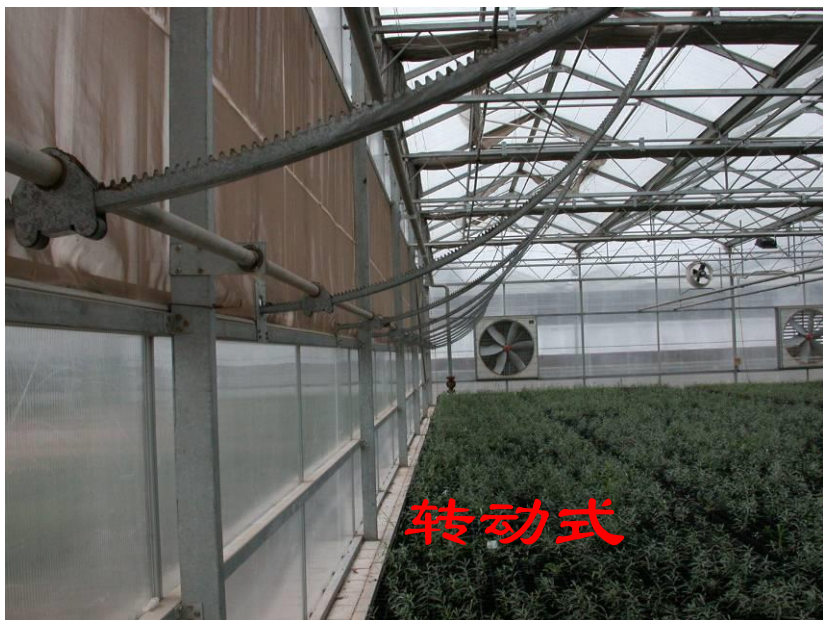


# 现代温室配套系统-自然通风系统

侧窗通风



移动式



转动式



卷帘式



## 现代温室配套系统-加热系统

---

现代化温室面积大，没有外覆盖保温防寒，只能依靠加温来保证寒冷季节园艺作物正常生产。加温系统采用集中供暖分区控制，有热水管道加温和热风加温两种方式。

# 现代温室配套系统-加热系统

## 热水管道加温

利用热水锅炉，通过加热管道和散热管加温。

### 设置：

- 按管道的移动性可分为**升降式**和**固定式**
- 按管道的位置则可分为**垂直排列**和**水平排列**

### 散热管排列要求：

- 保证温室内温度均匀，水平温差**不超过1℃**；
- 热源能根据温室作物生长的变化而变化；
- 保证热水在管道内循环流畅。



# 现代温室配套系统-加热系统

## ✓ 特点

- 以煤为原料，经济；
- 温度均匀，上升速度慢，下降速度也慢；
- 加热管道可兼作作业车的轨道，便于作物的日常管理；
- 所需设备和材料多，一次性投资大，安装维修费时、费工；
- 需另占土地修建锅炉房等附属设施。



# 现代温室配套系统-加热系统

**热风加热** 利用热风炉，通过风机将热风送入温室加热。采用燃油或燃气进行加热。

**特点：**

- 温度上升快，下降也快；
  - 均匀性差，效果不及热水管道
  - 设备和材料较热水管道节省；
  - 安装维修简便，占地面积小；
  - 适用于面积比较小的连栋温室
- ✓ 1500m<sup>2</sup>，4-5万元
- ✓ 400m<sup>2</sup>，2万左右



燃油热风炉



燃煤热风炉

# 现代温室配套系统-加热系统

北京西达农业工程科技发展中心

WJR系列温室供暖燃煤热风炉



型号	外型尺寸 直径×高(mm)	输出热量 大卡/小时	热风出口 温度(℃)	日光温室 供暖面积(m <sup>2</sup> )	温室增温 (℃)	耗煤量 (kg/h)
WJR-2	415 × 1250	20000	60-80	200-300	5-10	3-5.5
WJR-5	800 × 2600	50000	60-120	600-1000	5-10	10-14.5
WJR-10	1000 × 2750	100000	60-120	1200-2000	5-10	20-28.5
WJR-15	1150 × 2950	150000	60-120	1500-3000	5-10	30-42.5
WJR-20	1290 × 3400	200000	60-120	2000-4000	5-10	45-56.5

# 现代温室配套系统-幕帘系统

## ➤ 内遮阳保温幕

铝箔条或镀铝膜与  
聚酯线条编织的**缀铝膜**

- ✓ **保温节能**：增温 $3-4^{\circ}\text{C}$ ，  
最大 $7^{\circ}\text{C}$ ，节能20-40%
- ✓ **遮阳降温**：反射光95%，  
降温 $2-4^{\circ}\text{C}$ 。
- ✓ **减少蒸发和蒸腾**：



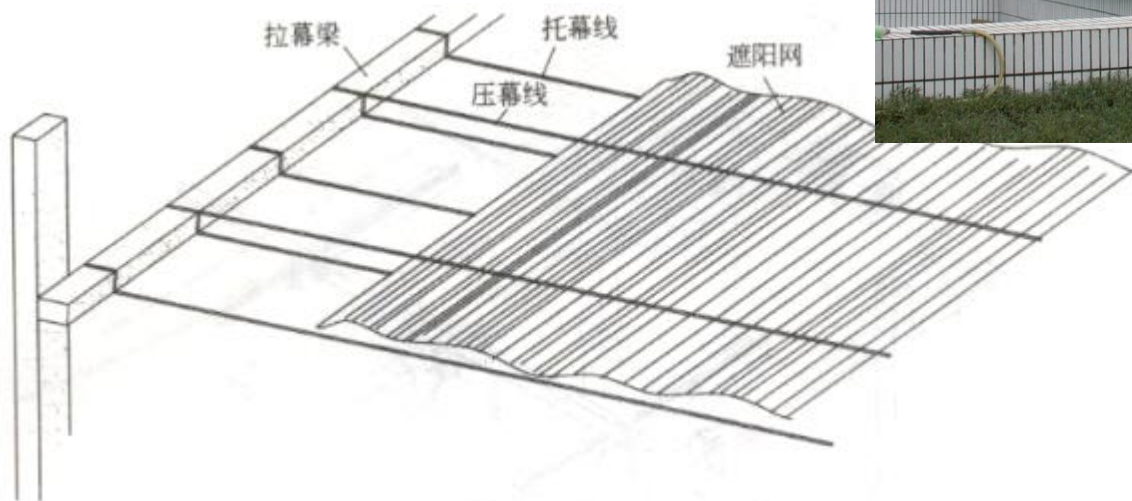
# 现代温室配套系统-幕帘系统

## ➤ 外遮阳幕

50-70%的遮阳网或缀铝膜，距顶30-50cm。

✓ 遮阳降温：4-7℃，最大10℃，

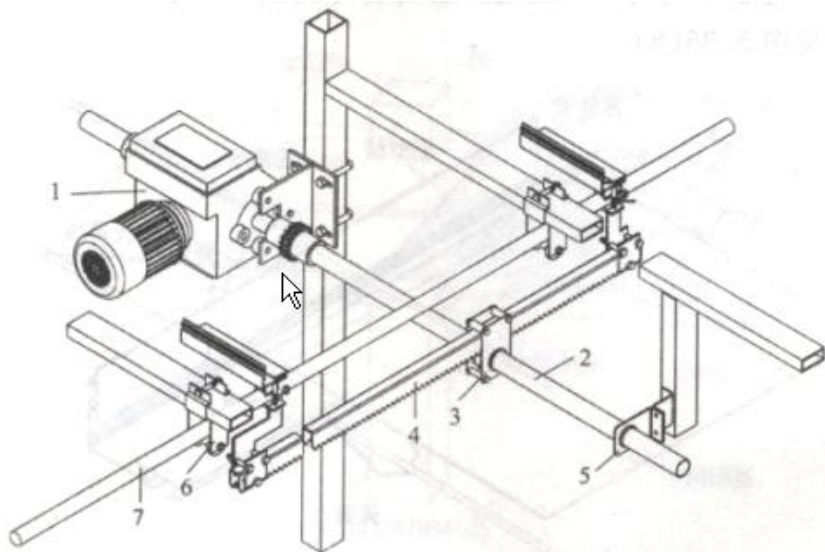
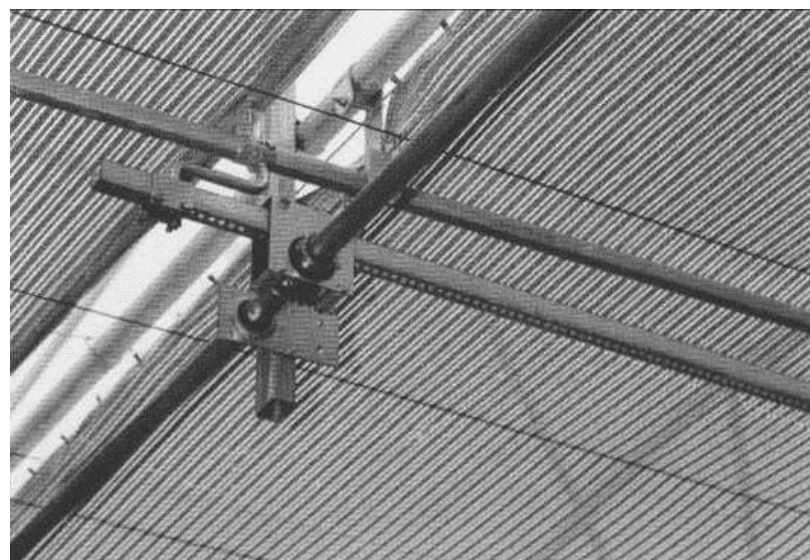
✓ 防止日灼：



# 现代温室配套系统-幕帘系统

## ➤ 齿轮齿条拉幕系统

- ✓ 组成：减速电机、驱动轴、齿轮、齿条、推拉杆、支撑滚轮
- ✓ 特点：传动平稳、可靠性高、造价略高。

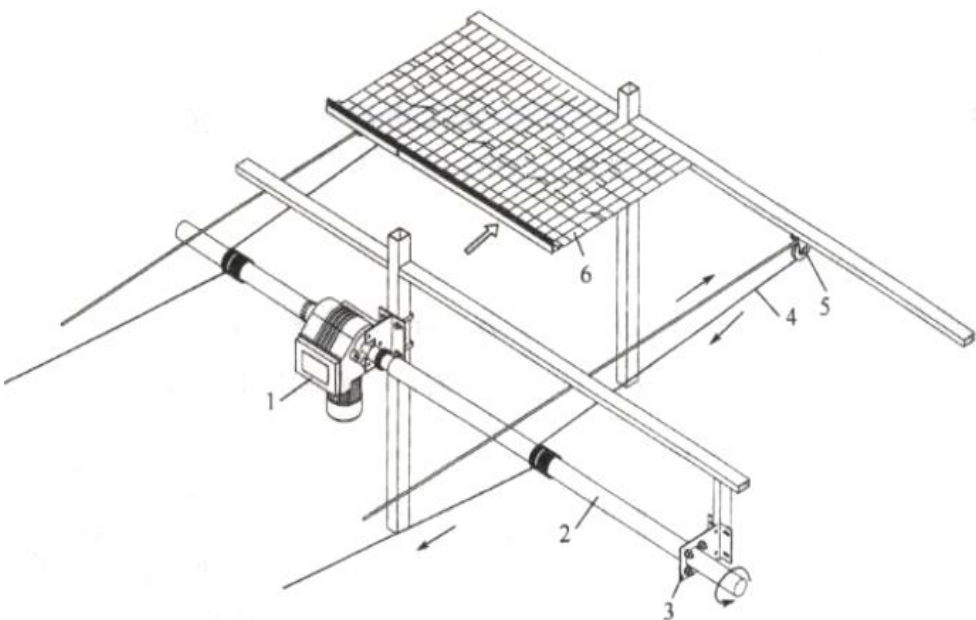


(b) B型齿轮齿条驱动机构

1—减速电机；2—驱动轴；3—B型齿轮；4—齿条；5—轴承座；6—支撑滚轮；7—推拉杆

# 现代温室配套系统-幕帘系统

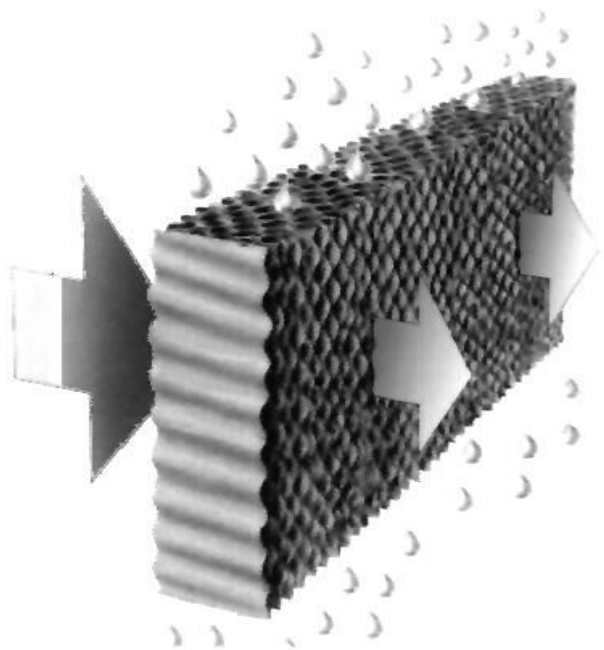
- 钢索轴拉幕系统：
- 组成：减速电机、驱动轴、轴承架、驱动线、换向轮
- 特点：速度快、成本低。



# 现代温室配套系统-降温系统

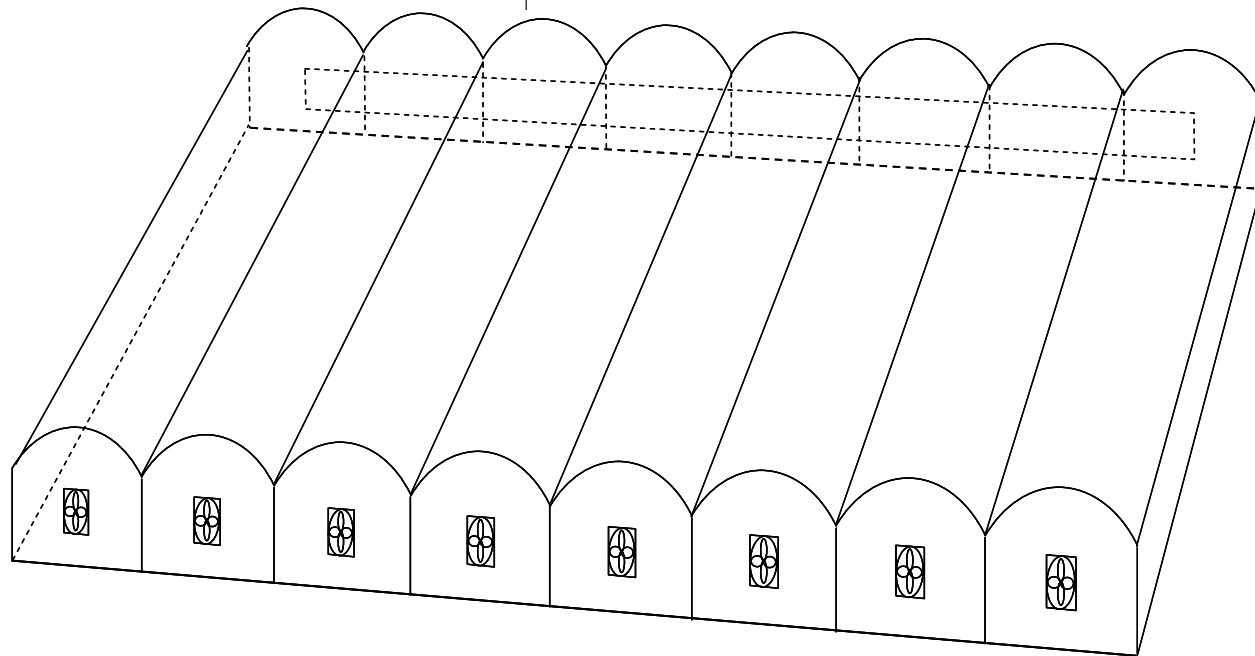
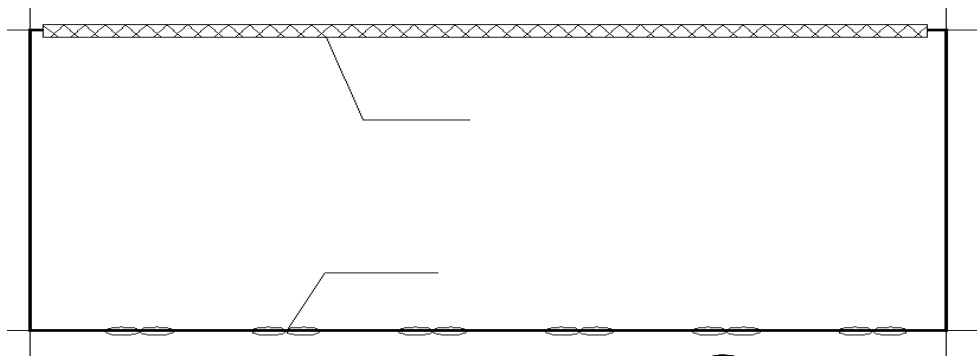
## ➤ 湿帘风机降温系统

原理：利用水的蒸发降温原理。风机启动，室内形成负压，外界空气从湿帘缝隙穿过，与潮湿介质表面水汽交换，导致水分蒸发和冷却，冷空气经由温室吸热后经风机排出，达到降温的目的。



# 现代温室配套系统-降温系统

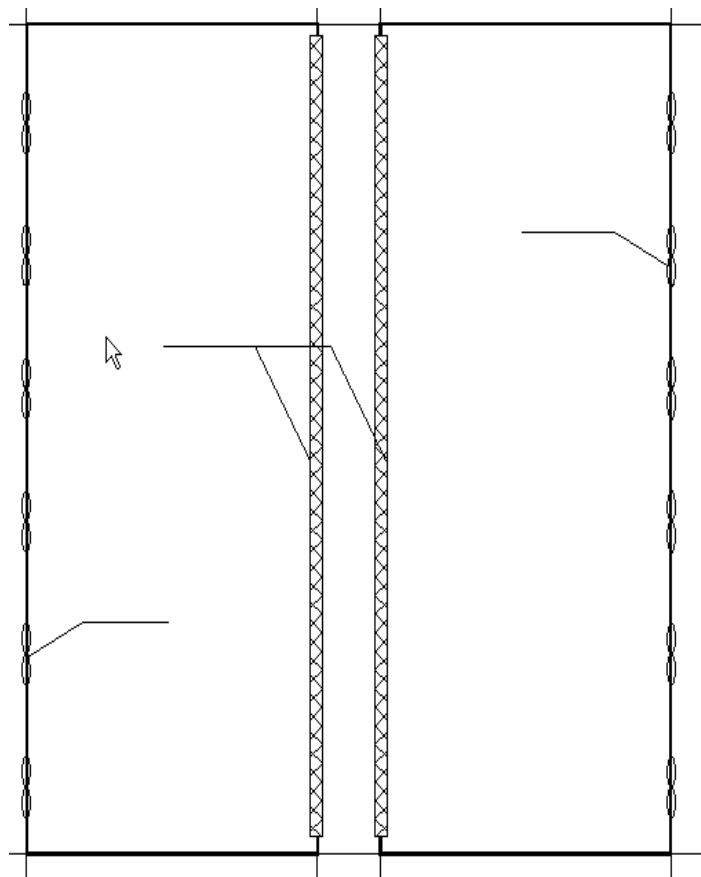
## 湿帘风机布局示意



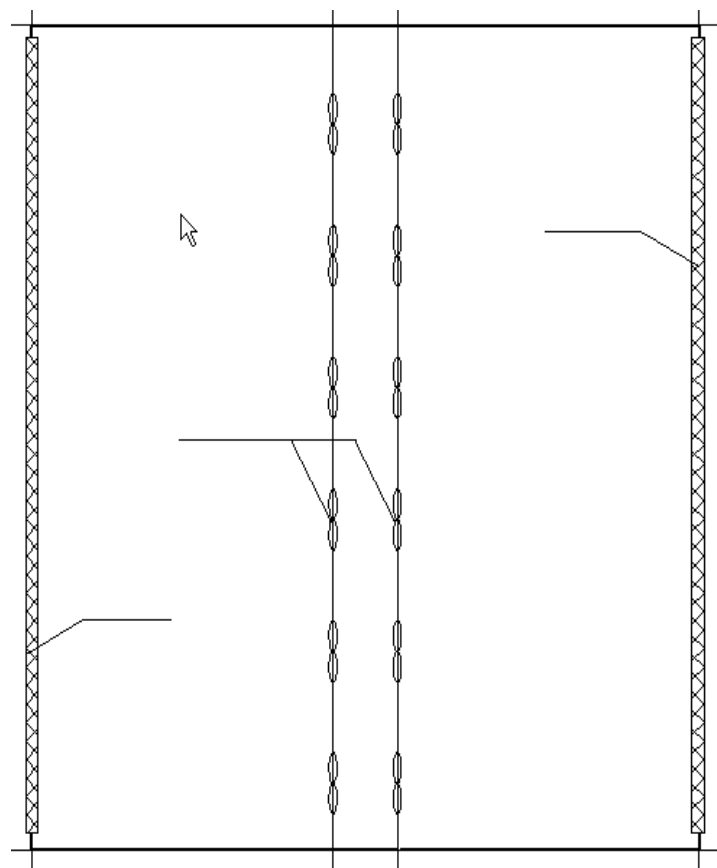
# 现代温室配套系统-降温系统

## 湿帘风机布局

### 方案1



### 方案2



# 现代温室配套系统-降温系统

## ➤ 湿帘风机降温系统

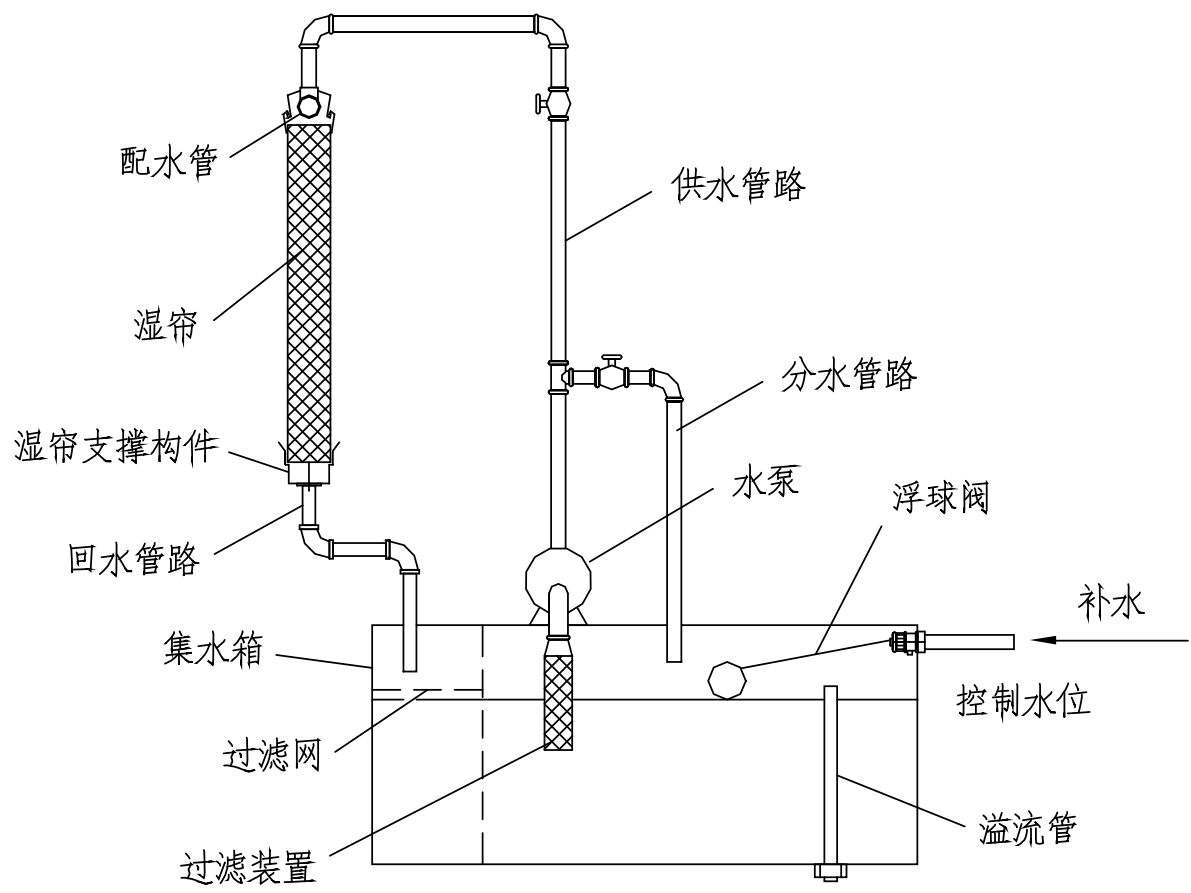
- ✓ 启动前关闭自然通风窗，打开湿帘外翻窗；
- ✓ 要防止气流“短路”；
- ✓ 风机可以分组启动；
- ✓ 水泵停止30分后关风机，晾干湿帘
- ✓ 水要清洁，湿帘要求均匀湿润。



# 现代温室配套系统-降温系统

## 湿帘风机降温系统

湿帘系统简图



# 现代温室配套系统-降温系统

## 湿帘风机降温系统

### 湿帘回水管

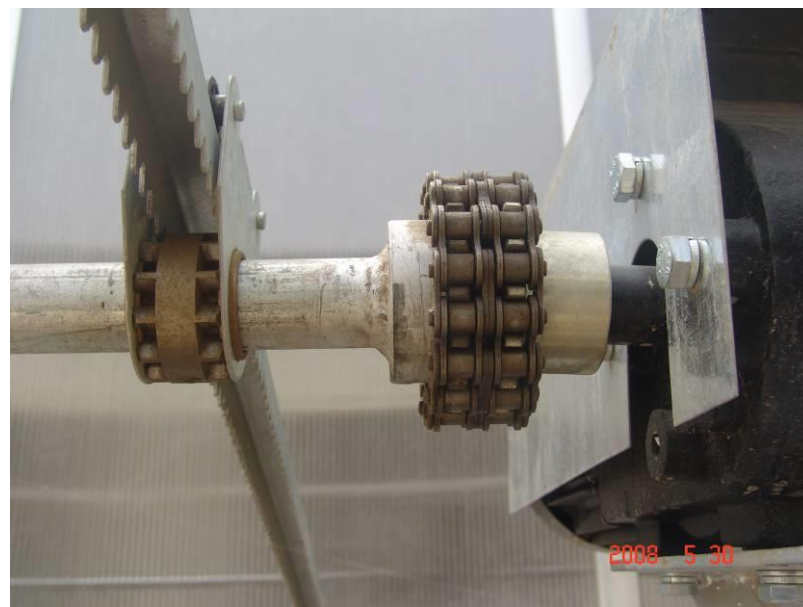


### 湿帘池浮子

# 现代温室配套系统-降温系统

## 湿帘风机降温系统

### 外翻窗



### 齿轮齿条

# 现代温室配套系统-降温系统

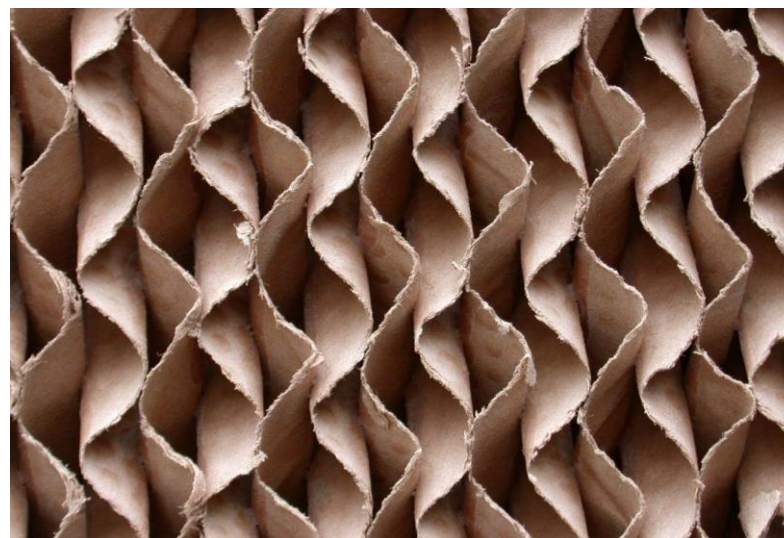
## 湿帘风机降温系统

### ➤ 风机参数：

- ✓ 轴流风机，风量大，压力小；
- ✓ 间距小于8 m；
- ✓ 直径：1.5 m；
- ✓ 功率：0.75-1.1 KW
- ✓ 风量：10000-50000m<sup>3</sup>/h

### ➤ 湿帘：

- ✓ 材料：波纹状的纤维纸浆
- ✓ 高度：1.5 m
- ✓ 厚度：0.1 m
- ✓ 风速：1.2-2.3 m/s



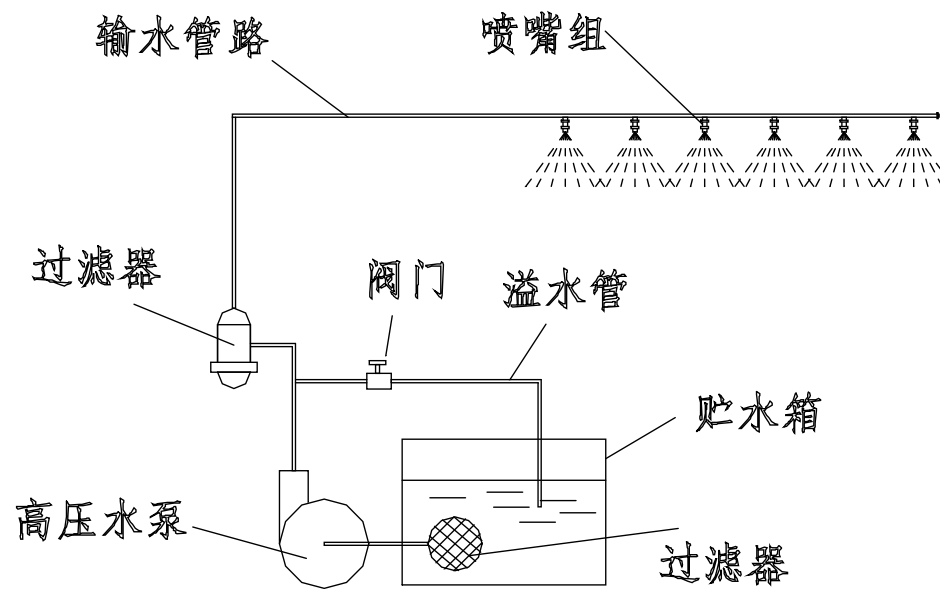
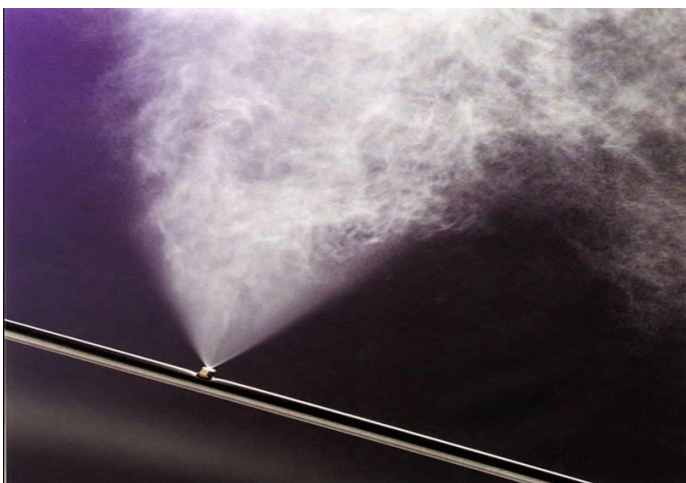
# 现代温室配套系统-降温系统

## ➤ 微雾降温系统

## ■ 高压细雾系统

**原理：**高压泵（3.5-6.0M）加压后的水经过雾嘴形成微米级的雾粒，喷入温室蒸发，降低温度。

- ✓ 降温：3-10℃；
- ✓ 适于相对湿度低，自然通风好的温室；
- ✓ 适于长度大于40m的温室。



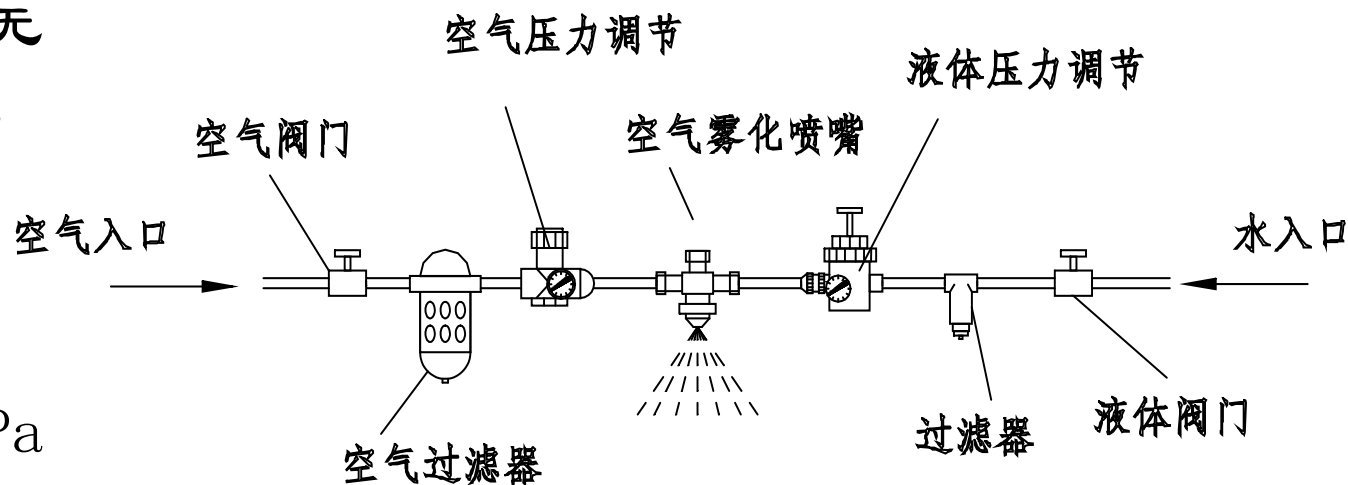
高压细雾系统

# 现代温室配套系统-降温系统

## ➤ 微雾降温系统

### ■ 低压射流雾化系统

- ✓ 气力雾化，无需高压水泵。
- ✓ 水压：0.2-0.4MPa
- ✓ 空气压力：0.07-0.35MPa
- ✓ 设备不易损坏，运行费用低。



# 现代温室配套系统-补光系统

## ➤ 目的

- ✓ 光周期补光：延长光照时间，满足光周期要求；
- ✓ 光合补光：增加光照强度，提高光合速率；

## ➤ 特点

- ✓ 光周期补光：较弱光照即可，主要应用在花卉生产。
- ✓ 光合补光：要求照度大，成本高，一般在10000Lx以上，主要应用在育苗。

## ➤ 补光灯要求

- ✓ 防潮设计
- ✓ 发光效率高
- ✓ 使用寿命长



# 现代温室配套系统-补光系统

## ➤ 人工光源

### 发光效率

- ✓ 白炽灯: 12-20 lm/w (40-200w)
- ✓ 卤钨灯: 19-20 lm/w (75-250w)
- ✓ 荧光灯: 66 lm/w (40w)
- ✓ 高压水银灯: 36-55 lm/w (100-400w)
- ✓ 金属卤化物灯: 94-118 lm/w (100/400w)
- ✓ 高压钠灯: 117-132 lm/w (100/400w)

400 w和1000 w最常用,一般寿命2400小时, 光通量  
3700/130000 lm,



# 现代温室配套系统-补气系统

---

## CO<sub>2</sub>施肥系统

- **必要性：**无土栽培下，经常出现CO<sub>2</sub>“饥饿”状态。
- **施肥时间**
  - ✓ **时期：**苗期；叶菜定植后；果菜开花结果期
  - ✓ **时间：**晴天上午照光0.5-1h后，每天2-3h。

# 现代温室配套系统-补气系统

## CO<sub>2</sub>施肥系统

### ➤ 方式

#### ✓ 瓶装压缩CO<sub>2</sub>

- **压力**： 11-15 MPa， 高压金属容器内。
- **组成**： CO<sub>2</sub>容器； 压力调节器； 流量计； 电磁阀； 时间控制器； 管道

#### ✓ 燃烧法：

- **燃料**： 丙烷、 丁烷、 酒精、 天然气等
- **组成**： 燃料供应系统； 点火装置； 燃烧室； 风机； 自动监控装置。



# 现代温室配套系统-补气系统

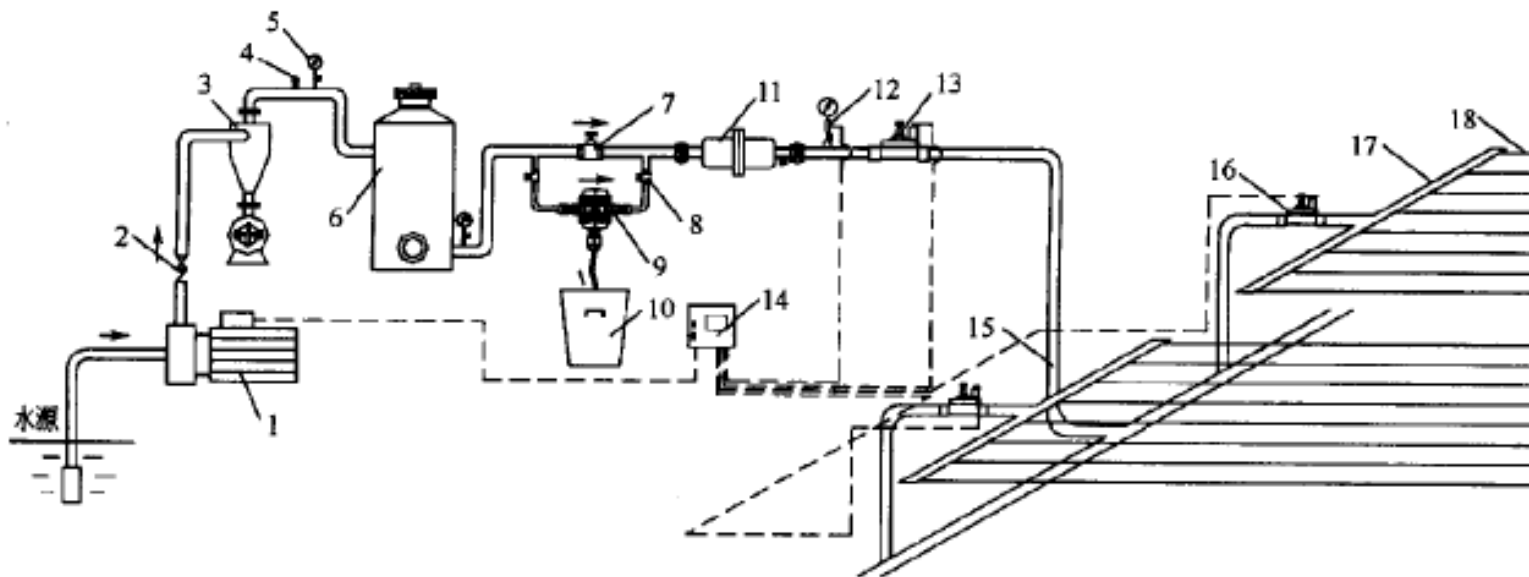
## 环流风机（循环风扇）

- 作用
  - ✓ 使CO<sub>2</sub>分布均匀；
  - ✓ 使温度、相对湿度均匀；
- 性状参数
  - ✓ 分为简洁型和数字控制型
  - ✓ 换气量：4000-7000 m<sup>3</sup>/h
  - ✓ 送风距离：45 m
  - ✓ 功率：0.2 KW



# 现代温室配套系统-灌溉施肥系统

## 典型微灌系统图



- 1—水泵及动力机；2—止回阀及总阀、3—水砂分离器；4—排气阀；5—压力表；  
6—介质过滤器；7—施肥控制阀；8—施肥开关；9—水动施肥器；10—肥液桶；  
11—叠片过滤器；12—压力传感器；13—主控电磁阀；14—电控箱；15—供水干管；  
16—灌区阀门；17—供水支管；18—滴灌管（或毛管+滴头、微喷头）

# 现代温室配套系统-灌溉施肥系统

## 施肥灌溉系统首部



# 现代温室配套系统-灌溉施肥系统

移动喷灌机



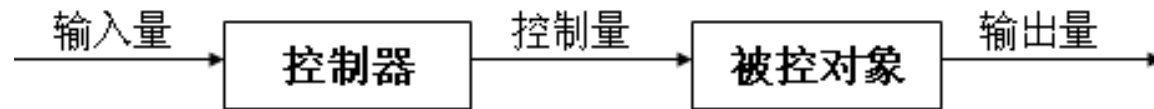
滴箭



# 现代温室配套系统-控制系统

## ➤ 自动控制

在没有人直接参与的情况下，采用控制装置，使被控对象或过程自动地在一定精度范围内按照预定的规律运行变化。



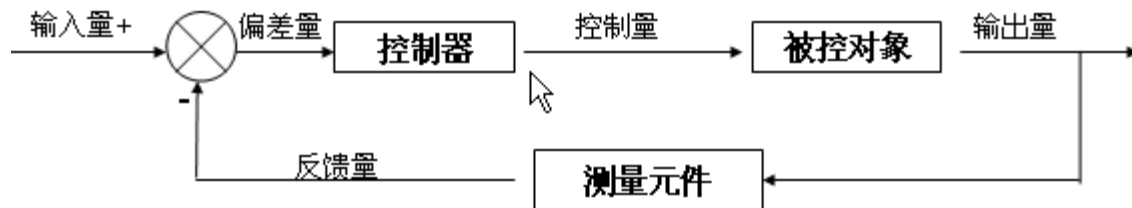
## 开环控制

- ✓ 只有正向控制，无反馈控制，输出量对控制量无影响；
- ✓ 结构简单，易于设计和调整，无稳定性问题；
- ✓ 用于控制要求不高的场合，如遮阳网的启闭。

# 现代温室配套系统-控制系统

## ➤ 自动控制

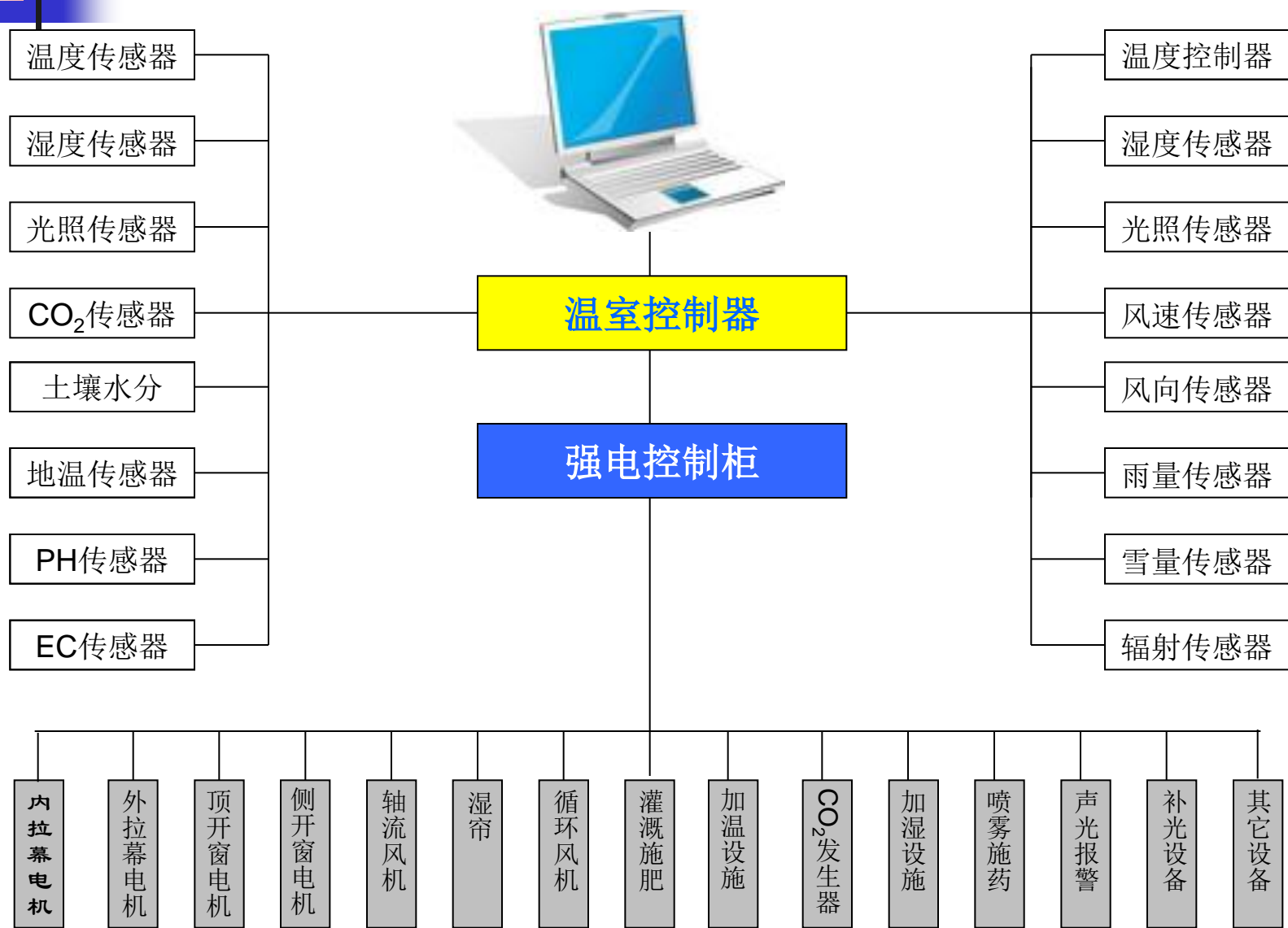
在没有人直接参与的情况下，采用控制装置，使被控对象或过程自动地在一定精度范围内按照预定的规律运行变化。



## 闭环控制

- ✓ 既有正向控制，又有反馈控制，输出量对控制量直接影响；
- ✓ 具有自动修正被控量偏离给定值的作用，达到自控；
- ✓ 稳定性有待提高。

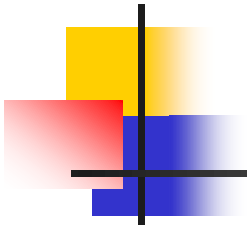
# 现代温室配套系统-控制系统



# 现代温室配套系统-控制系统

## 控制柜





THE END