太阳能利用的基本原理和应用技术

谢建 13888808516 xiejian9@126.com
QQ:769218171
云南师范大学能源与环境科学学院
云南师范大学太阳能研究所
2017年7月19日

目　录

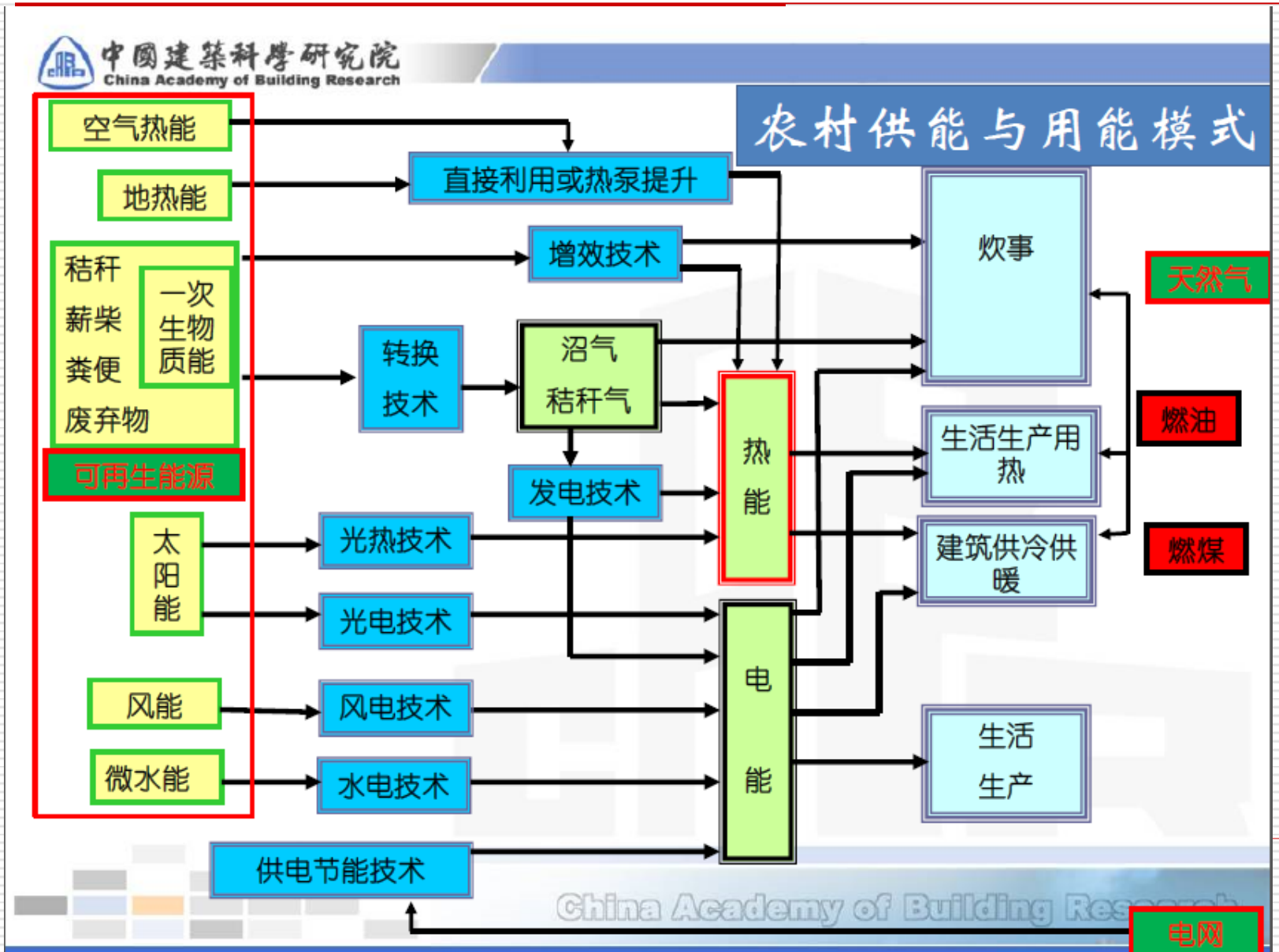
可再生能源规划和发展（光伏）

- 《可再生能源“十三五”发展规划，到2020年非化石能源占能源消费总量比例达到15%，2030年达到20%；
- 其中，太阳能发电1.6亿千瓦（光伏1.5亿千瓦）。“十三五”规划，光伏能源成为中国未来新能源发展重要的一个方向；；
- 截止2016年光伏占能源比重仅为1%，到2035-2040年光伏的能源消费占比要达到10%，光伏发电总量达到1.2万亿度，替代煤炭5亿。

2017年7月18日

- 国家发改委新闻发言人严鹏程指出：
- 据统计,上半年全国清洁能源发电量同比增长5.15%,占全部发电量的比重达到27.2%,同比提高1.8个百分点。其中,风电增长25.7%,太阳能发电增长80.3%,核电增长20.8%。
- 据测算,上半年清洁能源发电量相当于减发煤电500亿千瓦时,减少电煤消耗2200万吨。

农村供能与用能模式概述



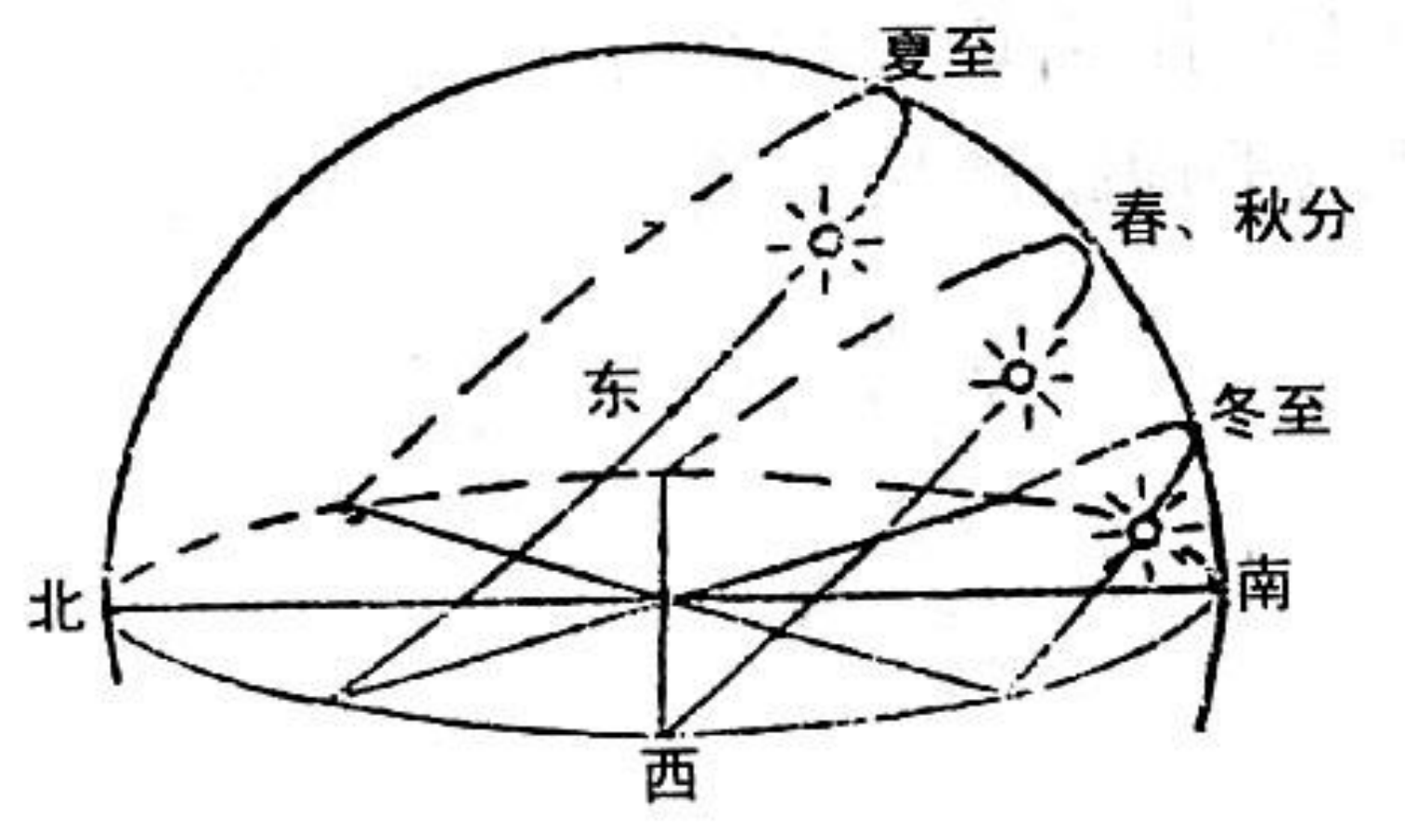
一、太阳能利用的基础知识

1、太阳与地球

2、我国的太阳能资源简介

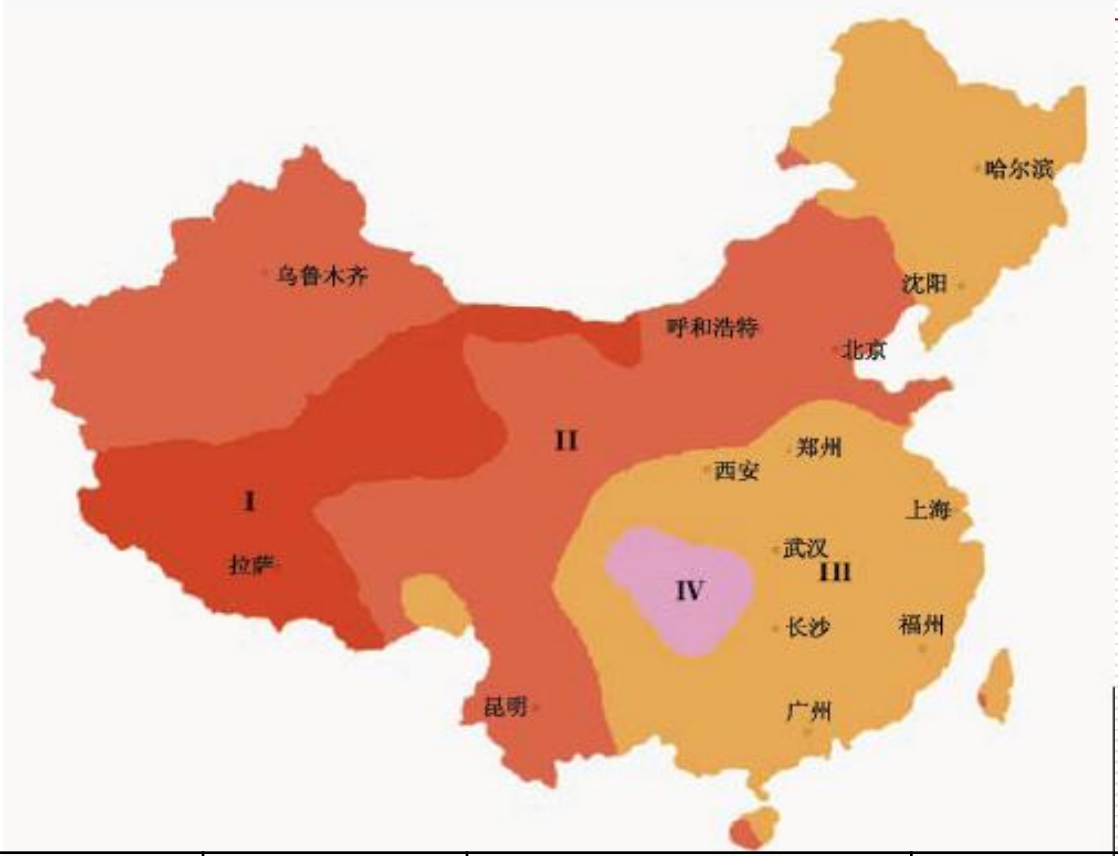
1、太阳与地球

一年内太阳运行轨迹图



根据地球运动规律正确选择太阳能装置的方位角和倾角

1、我国的太阳能资源



中国水平面太阳辐射分布图

等级	资源带号	年总辐射量（MJ/ m²）	年总辐射量（kWh/ m²）	平均日辐射量（kWh/m²）
最丰富带	I	≥ 6300	≥ 1750	≥ 4.8
很丰富带	II	5040 – 6300	1400 – 1750	3.8 – 4.8
较丰富带	III	3780 – 5040	1050 – 1400	2.9 – 3.8
一般	IV	< 3780	< 1050	< 2.9

2、太阳能光伏发电原理和应用技术

- 家庭分布式微网
- 商业地产智能微网
- 公共建筑智能微网
- 公共设施系统
- 工业园区、海岛智能微网
- 地面集中式电站

2、太阳能光伏发电原理和应用技术

单晶硅太阳电池

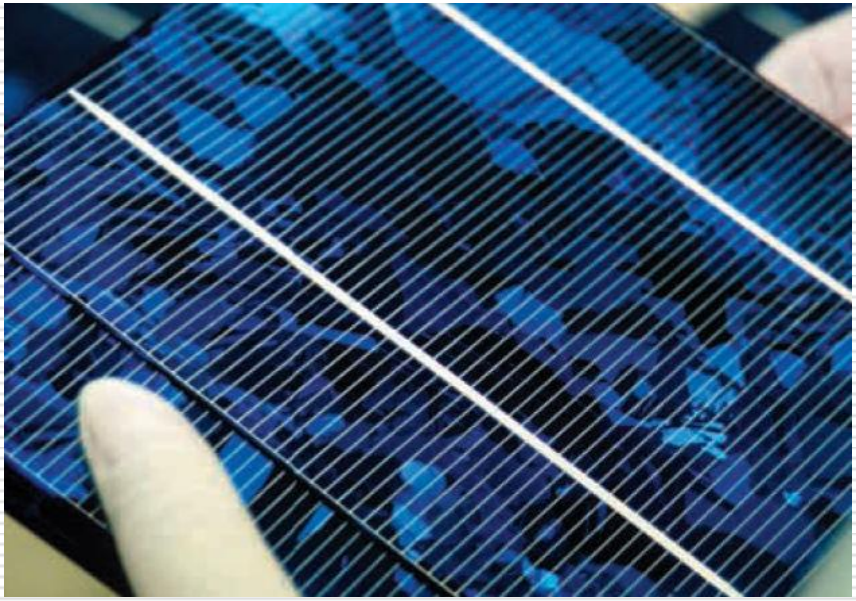
实验室最高效率：

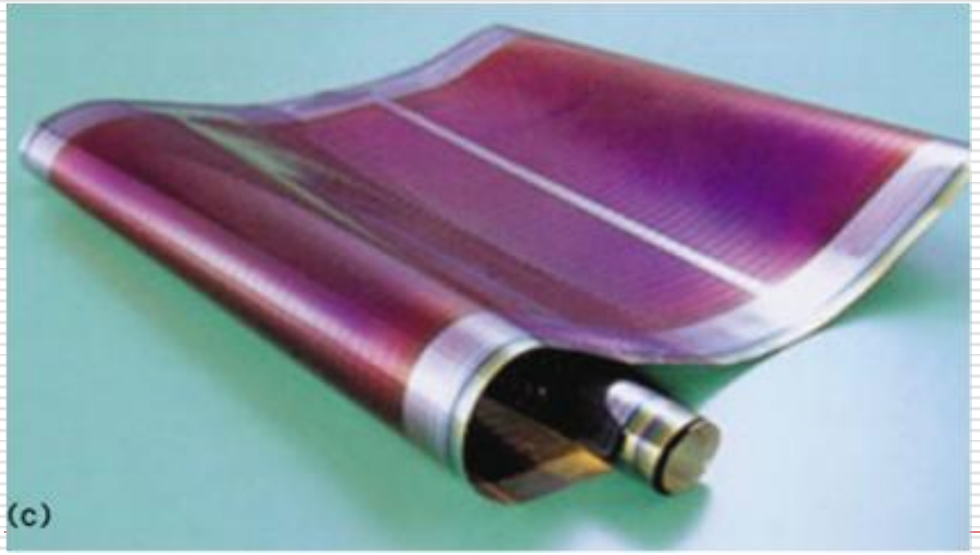
商业化批量生产效率：18%

多晶硅太阳电池

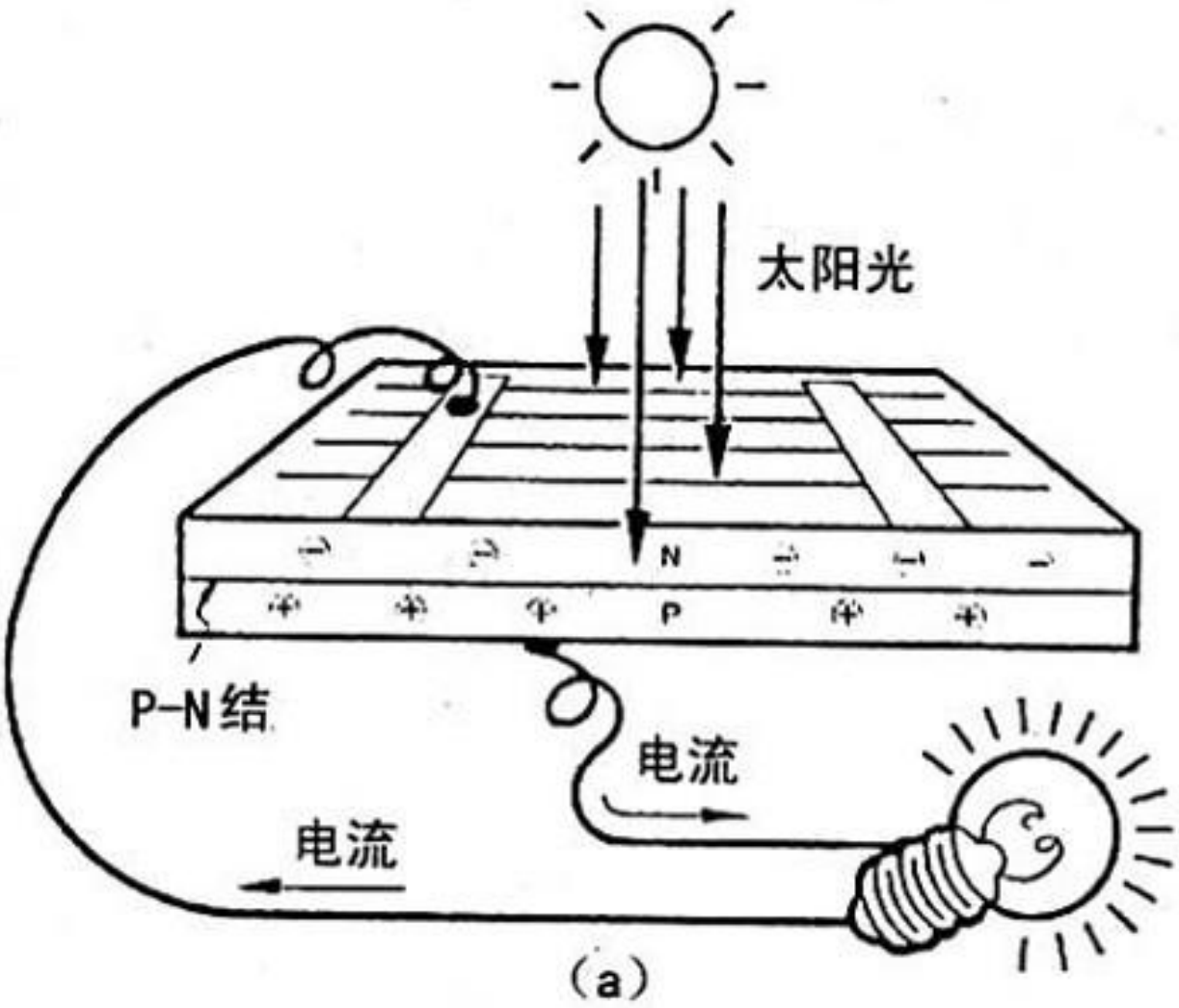
实验室最高效率：

商业化批量生产效率：17%



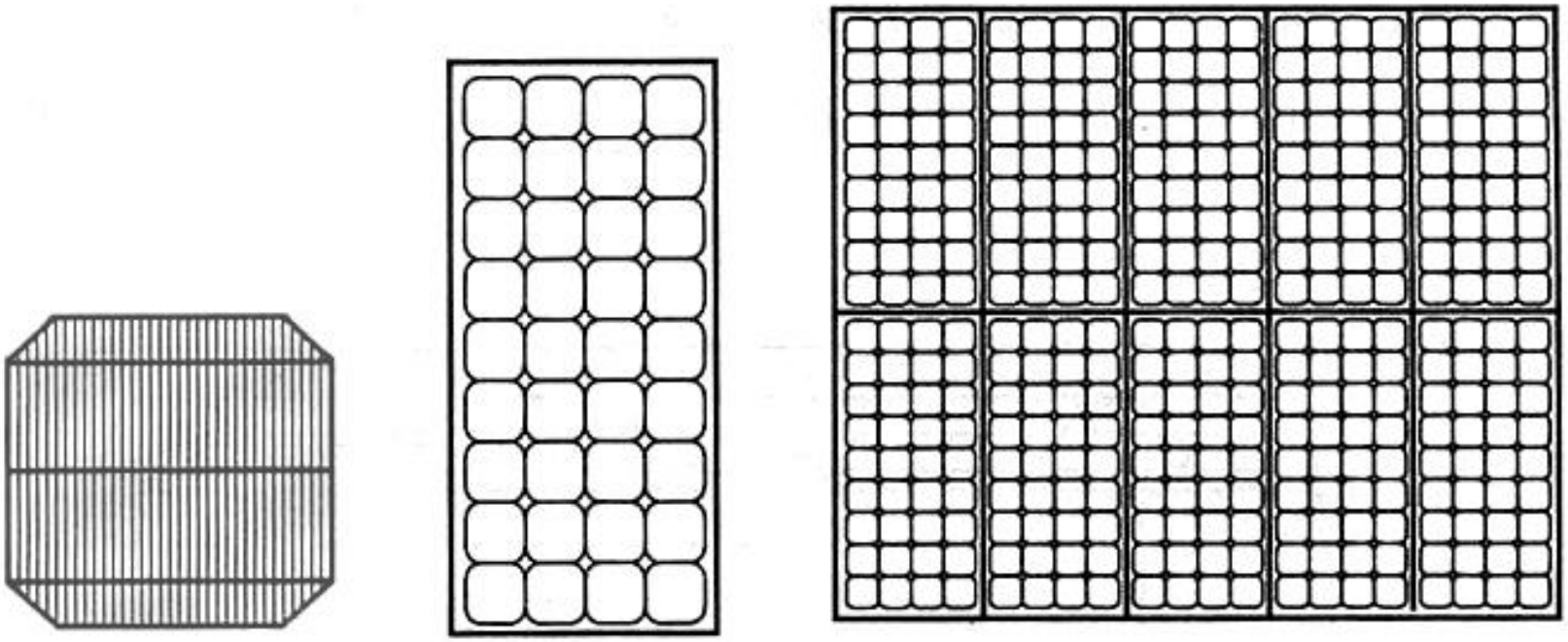

(c)

太阳电池发电原理

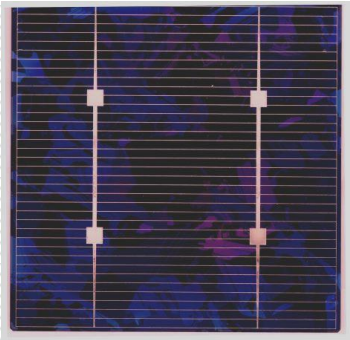


(a)

太阳电池组件与阵列



(a) 单体　　(b) 组件　　(c) 方阵



商品化太阳电池组件信息

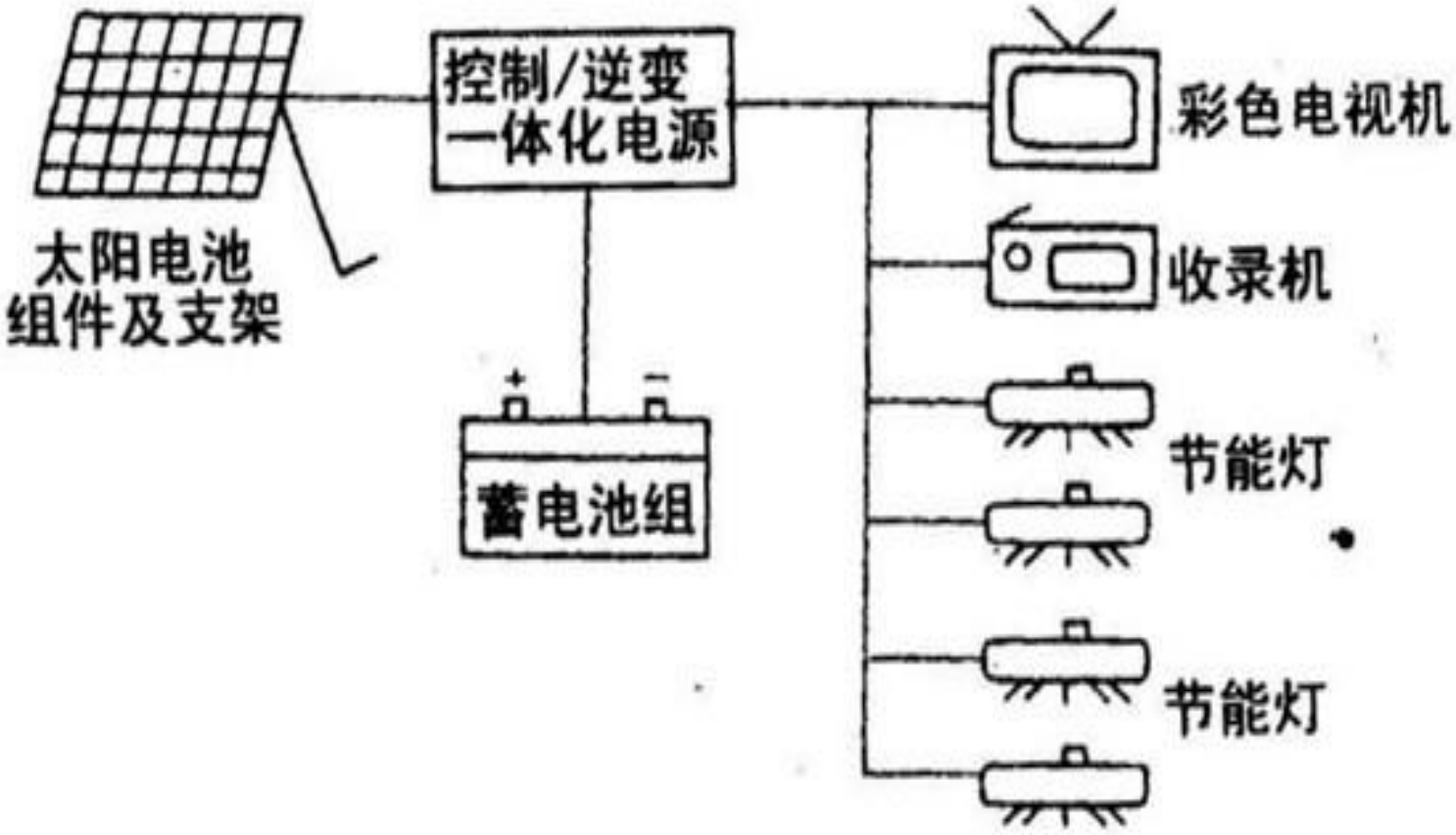
组件型号： Module Model	55D(P)1000X445
电池片类型： Cell Type	单晶（多晶）
测试条件： Test Conditions	AM 1.5, Ec=1000W/m², Tc=25℃
额定功率（Pmax）： Rated Maximum Power	55 Wp
最大系统电压： Maximum System Voltage	1000 V
额定电压（Vmp）： Rated Voltage	17.1 V
额定电流（Imp）： Rated Current	3.22 A
开路电压（Voc）： Open-Circuit Voltage	21.4 V
短路电流（Isc）： Short-Circuit Current	3.40 A

质量保证二十年

20 years performance warranty

EPREI ISO 9001 CNAB CNAB 012-Q QC 合格 Passed

离网型光伏发电系统



离网太阳能独立供电系统结构图:

并网光伏发电系统组成

- 光伏组件方阵
- 光伏防雷汇线箱
- 直流配电柜
- 并网逆变器
- 交流配电柜
- 计量装置
- 监测装置
- 防逆流装置（不可逆流并网系统安装）



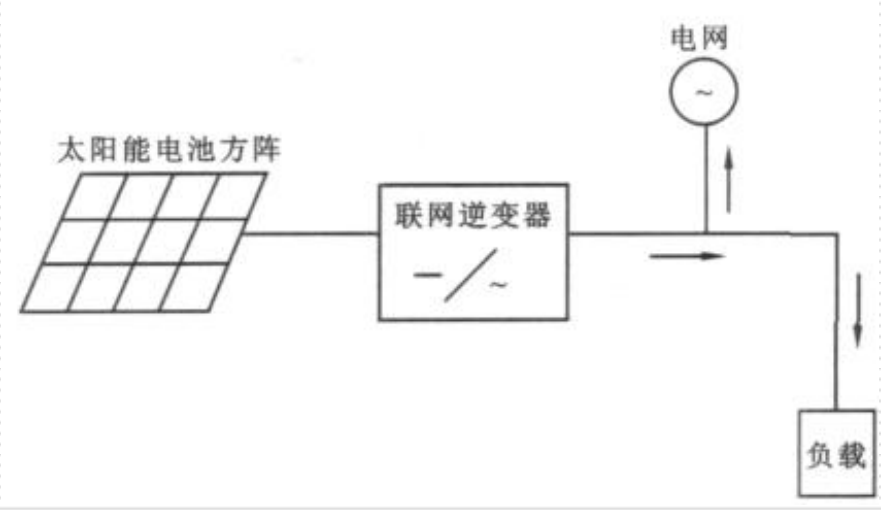




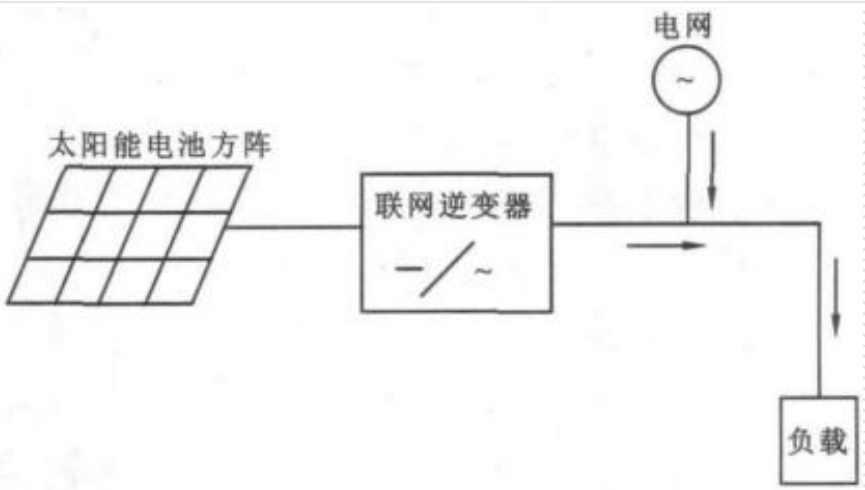

并网光伏发电系统的两种形式

◆可逆流系统：光伏系统电力剩余时送入电网，电力不足时由电网供电。

◆不可逆流系统：光伏系统的发电量始终小于或等于负荷用电量，电力不足由电网供电，即光伏系统与电网形成并联向负载供电。



图（a） 可逆流系统



图（b） 不可逆流系统


电谷锦江
电谷锦江国际酒店
POWER VALLEY JINJIANG INTERNATIONAL HOTEL

建筑集成光伏

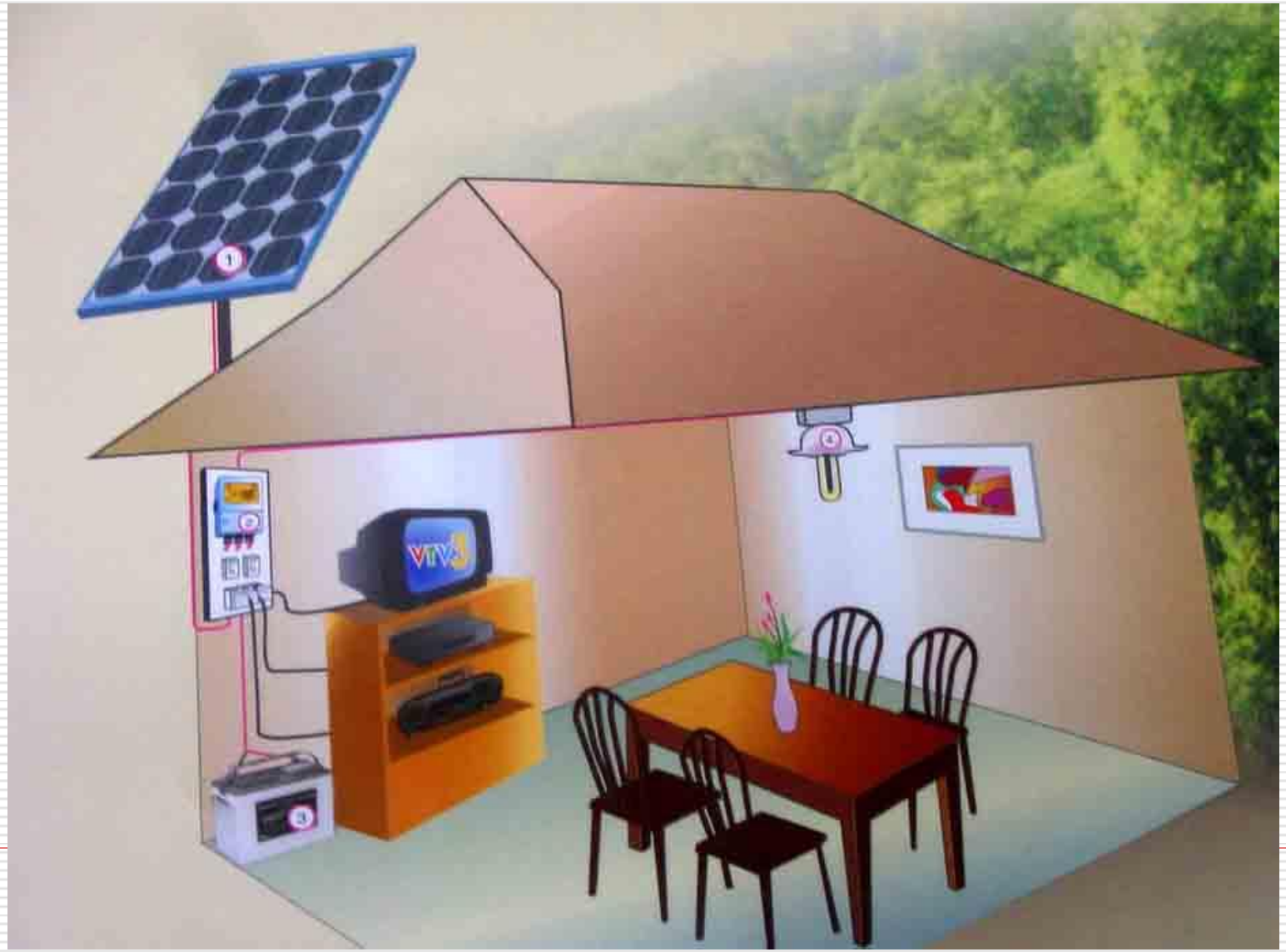
BIPV


天
普

BAPV

建筑附加光伏

户用光伏发电系统



户用光伏发电系统

家庭分布式光伏解决方案

家庭屋顶光伏

家庭屋顶光伏

家庭庭院光伏

家庭庭院光伏（薄膜电池）

家庭阳光顶

商业地产智能光伏（企业）

商业

公共建筑智能光伏（学校）

医院

展览馆

杭州火车站光伏系统

2017年6月29日，杭州火车南站屋顶分布式光伏发电项目通过验收，正式并入国家电网。该项目占用屋顶面积约5.2万平方米，总装机容量4.2兆瓦，预计年发电量420万千瓦时。

光伏幕墙

公共设施光伏系统（移动通讯）

光伏公交站台、广告灯箱

光伏遮阳棚

工业园区、海岛智能光伏

大型集中式地面光伏电站

分布式扶贫屋顶光伏电站

分户式光伏系统

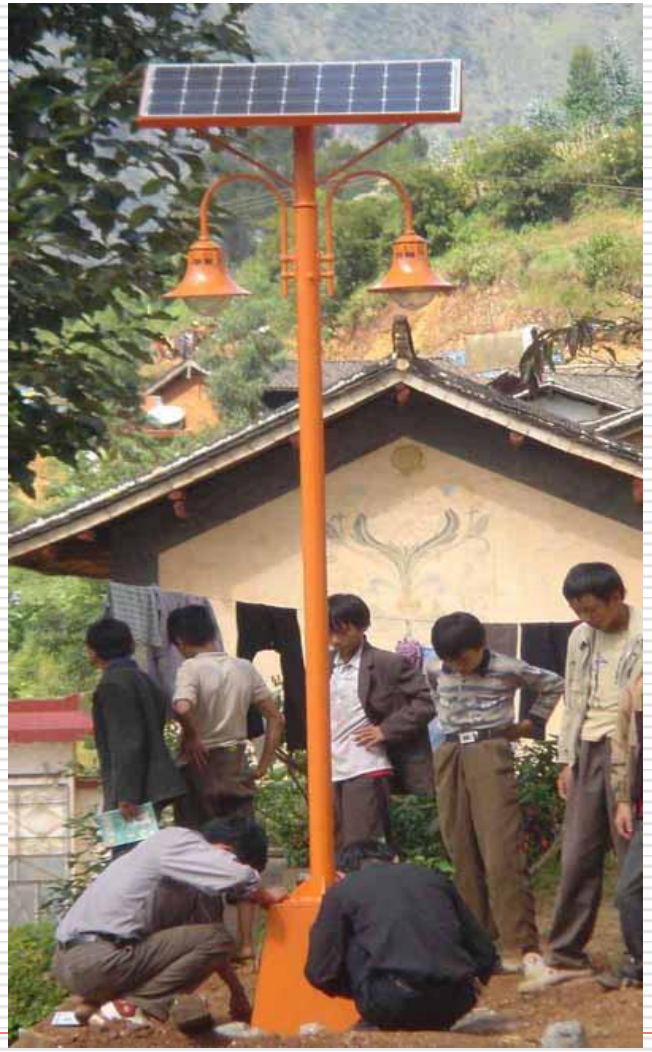
村落光伏集中供电系统

小区庭院灯光伏系统

道路安全监控

道路应急电话

太阳能路灯



草原应用的太阳能路灯

太阳能路灯的主要部件

护林防火中继站通讯系统(165W)

交通信号灯

并网光伏电站

山西省运城市万荣县依托荒山坡地优势，加快发展光伏发电，总投资4.7亿元的50兆瓦光伏发电站目前在万荣县皇甫乡加紧建设，预计投产后年发电量可达6500万千瓦时。

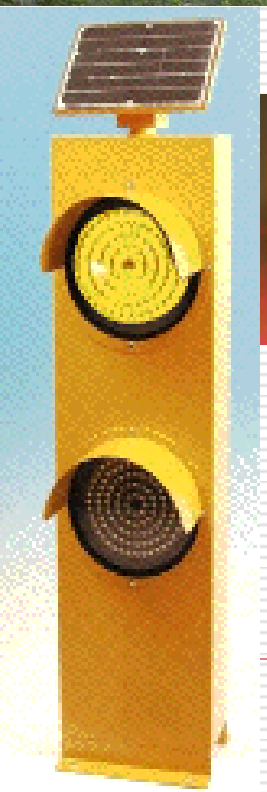
并网光伏电站

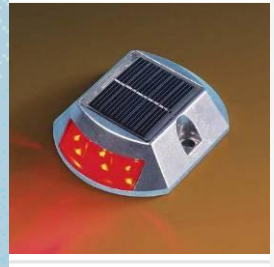
云南省在石林县建设的20MW光伏电站

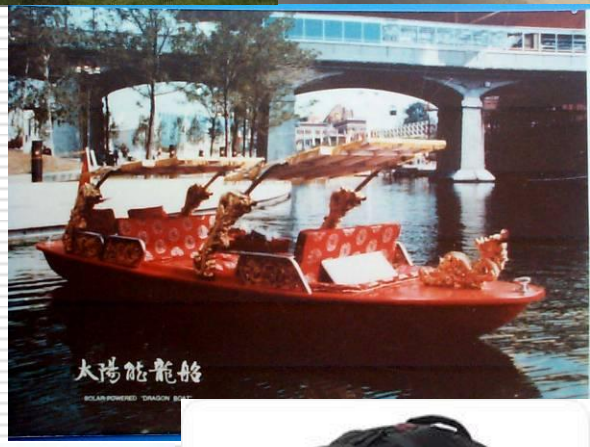
并网光伏电站（单轴跟踪）

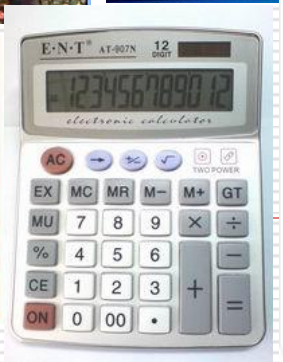
并网光伏屋顶（防逆流）

Solar Products









什么是光伏农业

- 光伏农业就是将太阳能发电广泛应用到现代农业种植、养殖、灌溉、病虫害防治，以及农业机械动力等领域的一种新型农业。
- 它以太阳能设施农业一体化发电站为核心，将太阳能发电和现代农业技术相结合，应用在种植、养殖、加工和综合利用 ，农业种植和养殖技术交流推广，人才培训、观光农业、农产品物流等功能于一体。
- 将太阳能发电、现代农业种植和养殖、高效设施农业相结合，可以说，光伏农业是一场实现农场变工厂、田间变车间的生产方式的变革。（目前光伏农业自发展至今称谓有光伏农业、农光互补、农业光伏等名称，有待统一）

光伏农业有何优点

- 一、不破坏土地性质，节约资源
- 二、可根据作物需要创造生长环境
- 三、可满足农业用电需求，产生发电效益
- 四、可发展观光科技农业
- 光伏农业是现代化农业与清洁能源紧密结合的产物。与传统农业相比，更重视科技要素的投入，更加注重经营管理，对劳动者的素质有更高的要求。将农业活动、科技示范等元素融为一体，发挥产业集群效应。

光伏+生态农业

太阳能杀虫灯

光伏种植

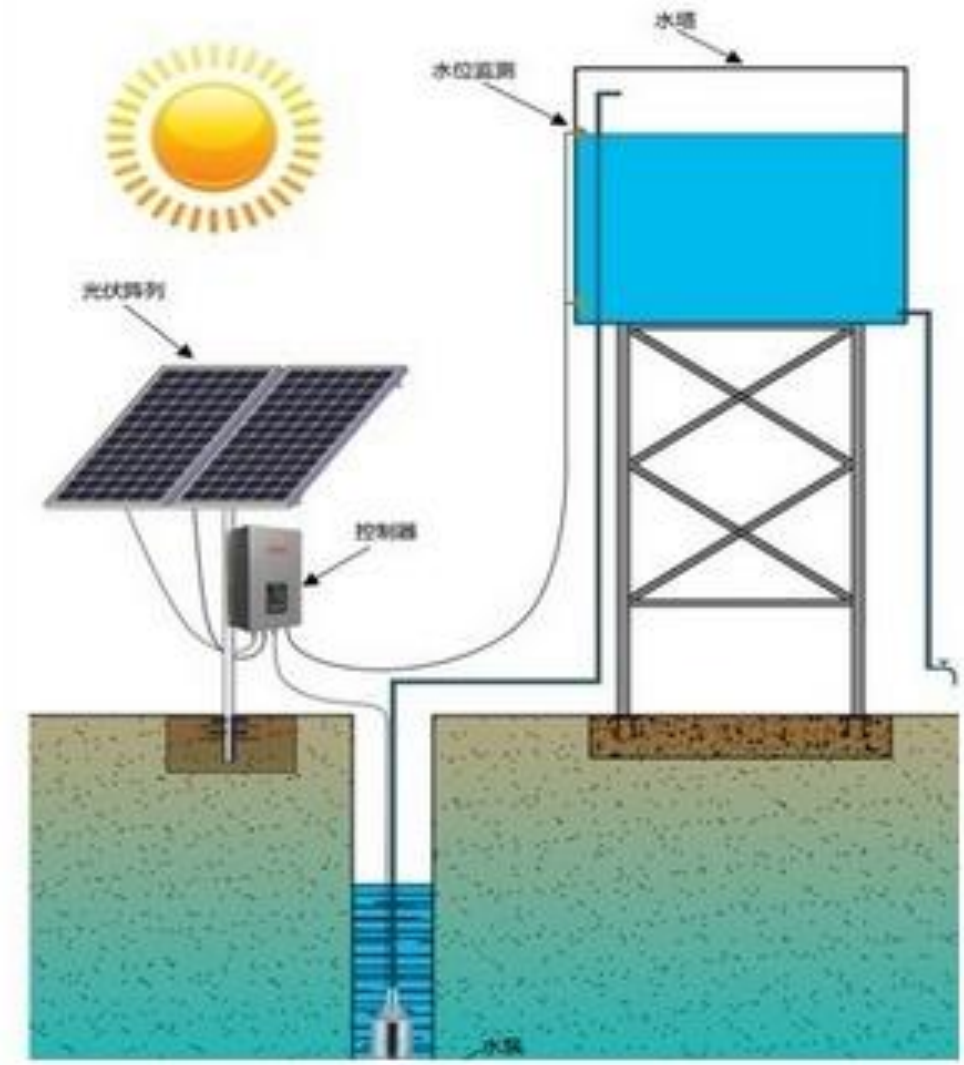
光伏+生态牧业

光伏养殖：

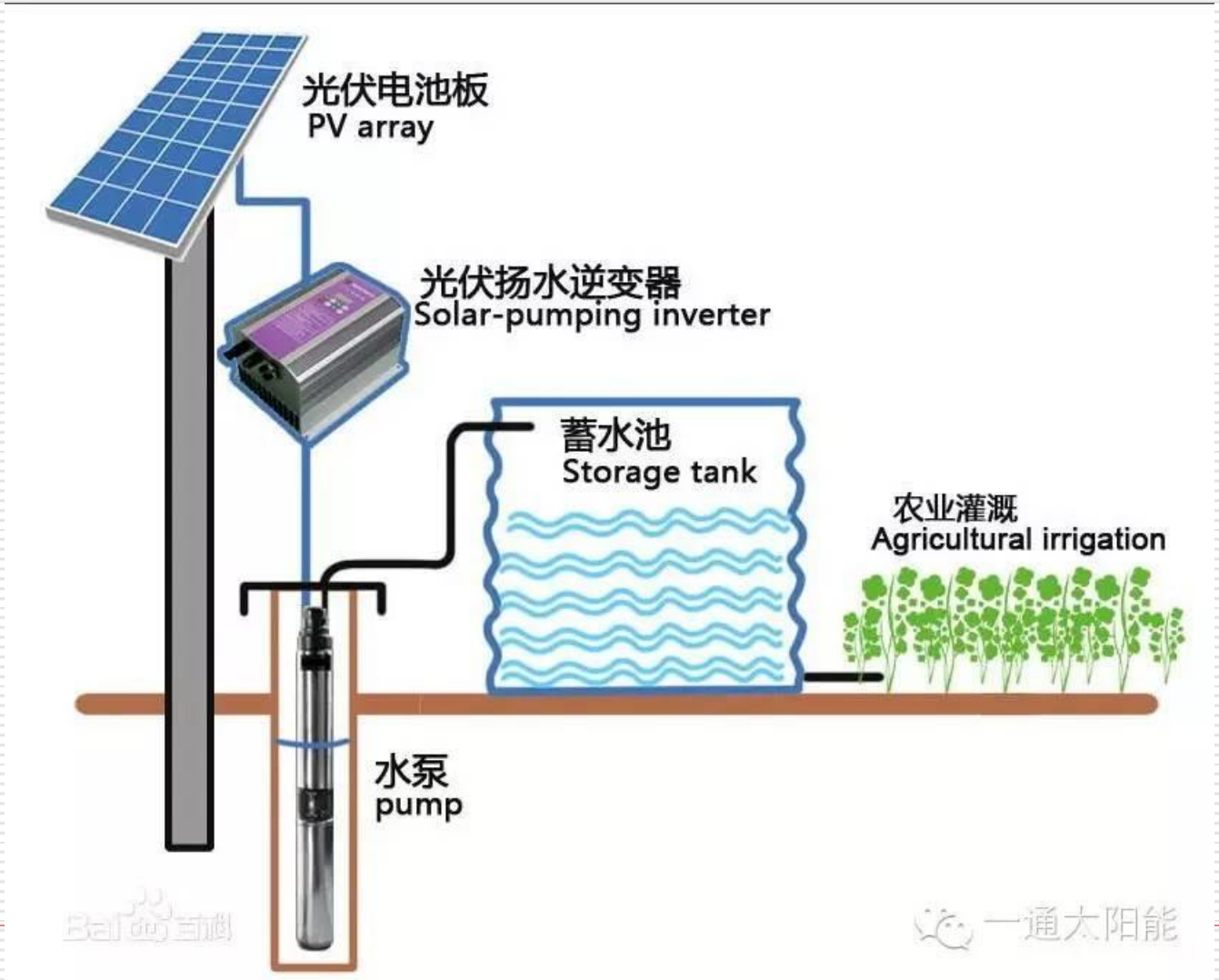
畜禽(牧业)光伏模式：

畜牧屋顶

太阳能光伏提水

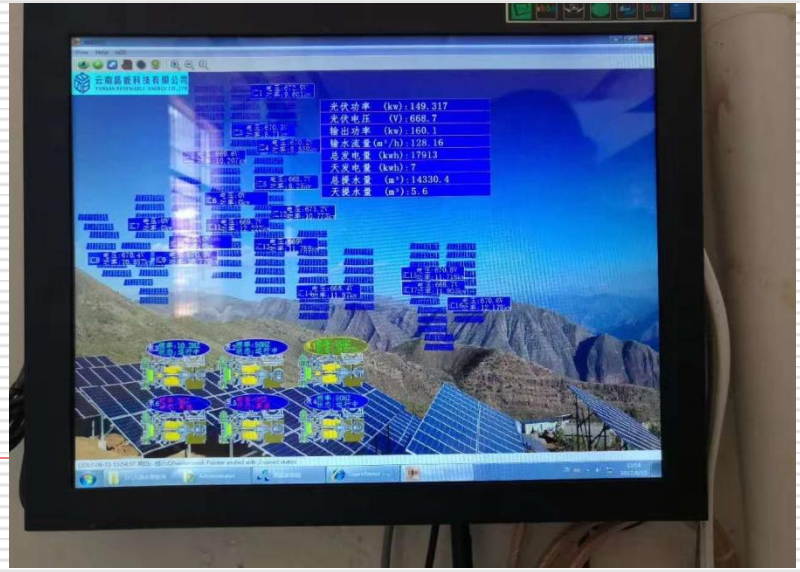


太阳能农业灌溉的应用


光伏电池板
PV array
光伏扬水逆变器
Solar-pumping inverter
蓄水池
Storage tank
农业灌溉
Agricultural irrigation
水泵
pump
一通太阳能

光伏农业灌溉

云南在金沙江的光伏提水项目



云南在金沙江的光伏提水项目

- 云南省目前最大太阳能光伏抽水工程在元谋县姜驿乡建成，项目从金沙江提水，总扬程为**1100**米，分三级抽水，水泵总功率**15x75kw**，太阳电池**1.6MW**，解决干热河谷地区人畜饮水和农作物栽培用水。
- 造价：含光伏、水泵　**1-1.2**万元**/KW**
- 不含：管网建设、修建蓄水池、修建道路、净水设备等。

光伏屋顶

光伏村舍：

浙江宁波市农村

山东省沂源县东里镇梅家坡光伏村

食用菌光伏模式

河北省承德市平泉县黄土梁子镇梁后村光伏设施农业食用菌扶贫园区内种植香菇

固定式水面电站

漂浮式水面电站

光伏+生态渔业

渔光互补：

四川通威集团推出的"渔光一体"养殖模式

蔬菜(瓜果)光伏模式：

林光模式：

药材光伏模式：（山东）

水利光伏模式（甘肃、沙漠治理）

牧光互补

光伏大棚

薄膜光伏大棚

光伏大棚

光伏农业

种水稻

种玉米

种生姜

种茶叶

种大豆

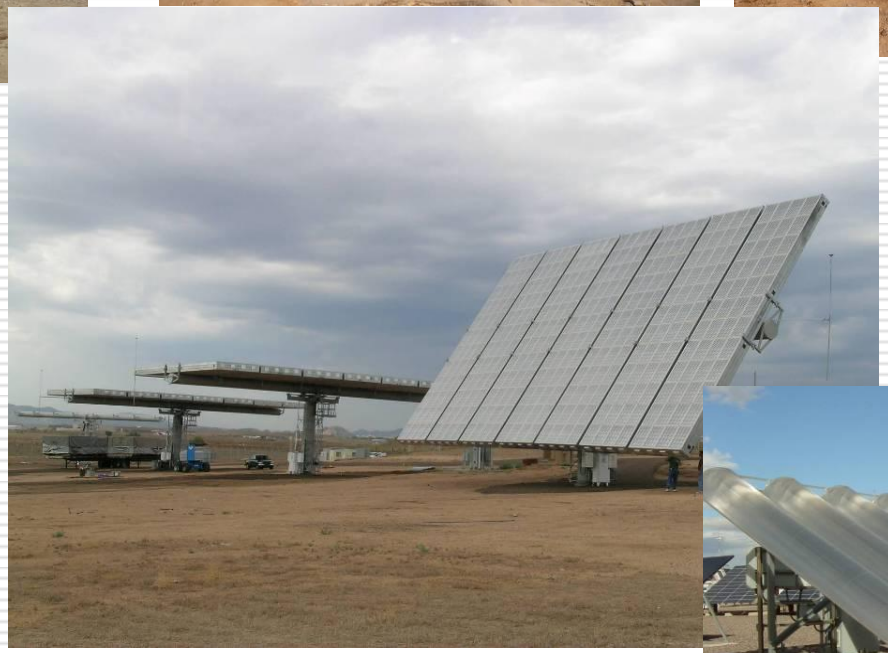
养殖

油菜-水稻循环种植

其他应用

阳光温室

各种自动跟踪系统 Solar Tracking Systems



聚光光伏系统

低倍聚光太阳电池

我国未来的空间站

3、太阳能热利用技术

- 十三五发展目标
- 能效标识
- 太阳灶
- 太阳能热水器产品
- 闷晒式太阳能热水器（非主流产品）
- A、平板太阳能热水器
- B、真空管太阳能热水器

“十三五”发展目标

规模指标

到2020年太阳能热利用集热面积保有量达到8亿平方米（560 GWth），年度总投资额约1000亿元。

说明：4.4亿平方米（十二五保有量）
5.5亿平方米（十三五产量）
1.8亿平方米（十三五淘汰量）

4.4+5.5-1.8≈8亿㎡

结构指标

到2020年，巩固提升家用太阳能热水系统；继续扩大与建筑结合太阳能热水

工程；开展供热制冷和工农业热力等示范应用。实现民用热水、供暖制冷、

大型区域供热、工农业热力的市场结构。

太阳能热水器的质量检测

- 国家太阳能热水器质量检测中心（北京、武汉、昆明）
- 部分省设有太阳能等可再生能源相关的检测机构等
- 相关检测机构应通过国家质检机构的评审认可，具备相应的检测资质。

产品根据国家标准进行检测

热泵的检测装置

能效标识（能效系数 CTP）

- 《家用太阳能热水器系统能效限定值及能效等级》是中国太阳能热利用行业的首部国家强制性标准。
- 能效系数包括了“得热量”和“热损”，通过检测和换算得到。

能效等级	1级	CTP ≧0.50
	2级	0.32≦CTP < 0.50
	3级	0.10 ≦ CTP <0.32

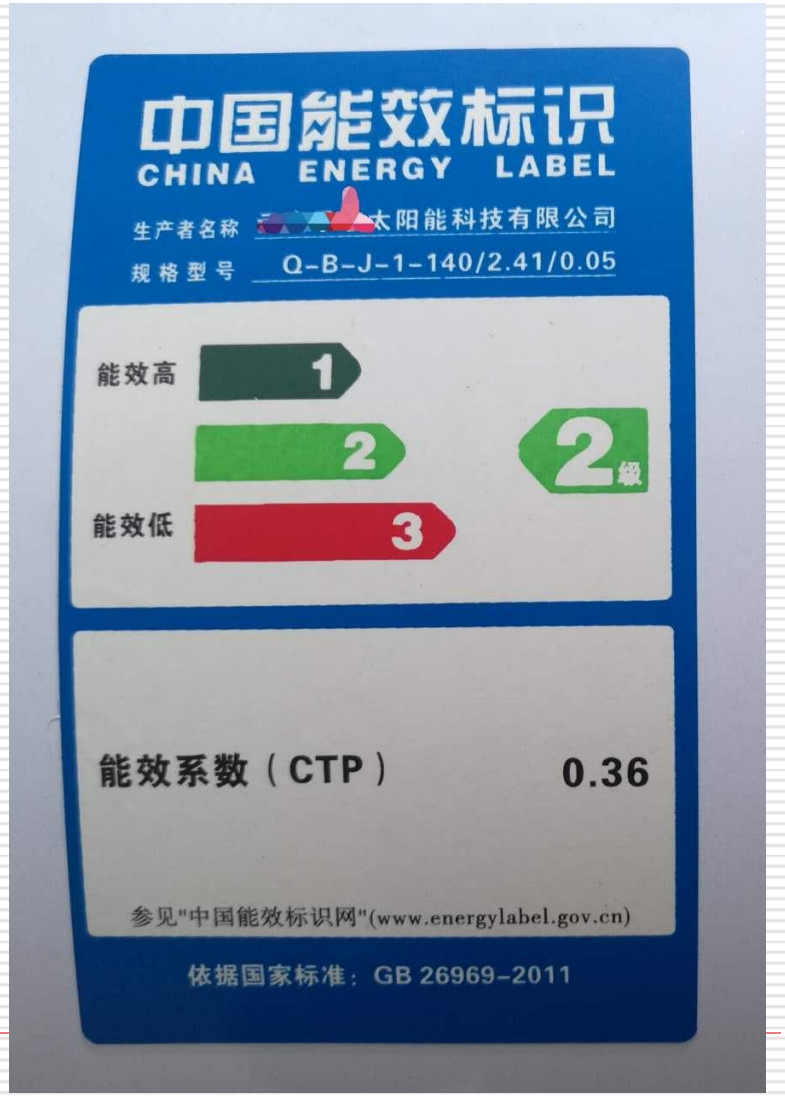
产品合格的标识


中国能效标识
CHINA ENERGY LABEL
耗能低
1
2
3
2级
耗能高
生产者名称：
云南火鹰太阳能热水器有限公司
规格型号：
Q-B-J-1-149/2.45/0.05
能效系数(CTP)
0.39
依据国家标准：GB 26969-2011


太阳能
产品合格证
产品名称 家用全玻璃真空管太阳能热水器
执行标准 GB/T19141-2011
规格型号 Q-B-J-1-140/2.41/0.05
水箱容积 140L
采光面积 2.41M²
工作压力 0.05MPa
水箱内胆材质 SUS304-2B不锈钢
内胆厚度 0.31mm
管数 20管
真空管规格 Φ 58X1800
生产编号
制造商：[redacted]太阳能科技有限公司
地址：昆明市经开区白水塘工业园区
全国服务热线：400-6160-617
网址：www.ynlege.cn

合格标识的比对


中国能效标识
CHINA ENERGY LABEL
耗能低
1
2
3
2级
耗能高
生产者名称：
云南火鹰太阳能热水器有限公司
规格型号：
Q-B-J-1-149/2.45/0.05
能效系数(CTP)
0.39
依据国家标准：GB 26969-2011

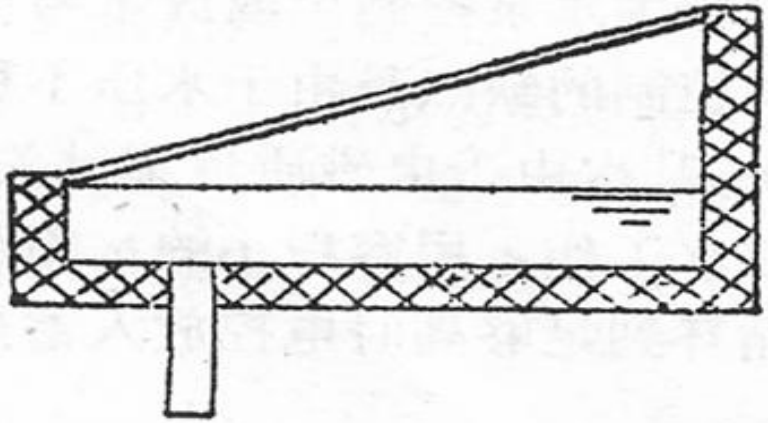

中国能效标识
CHINA ENERGY LABEL
生产者名称
太阳能科技有限公司
规格型号
Q-B-J-1-140/2.41/0.05
能效高
1
2
能效低
3
2级
能效系数（CTP）
0.36
参见"中国能效标识网"(www.energylabel.gov.cn)
依据国家标准：GB 26969-2011

太阳能灶技术

闷晒式太阳能热水器

图 2-30　塑料袋式热水器

（二）浅池式热水器

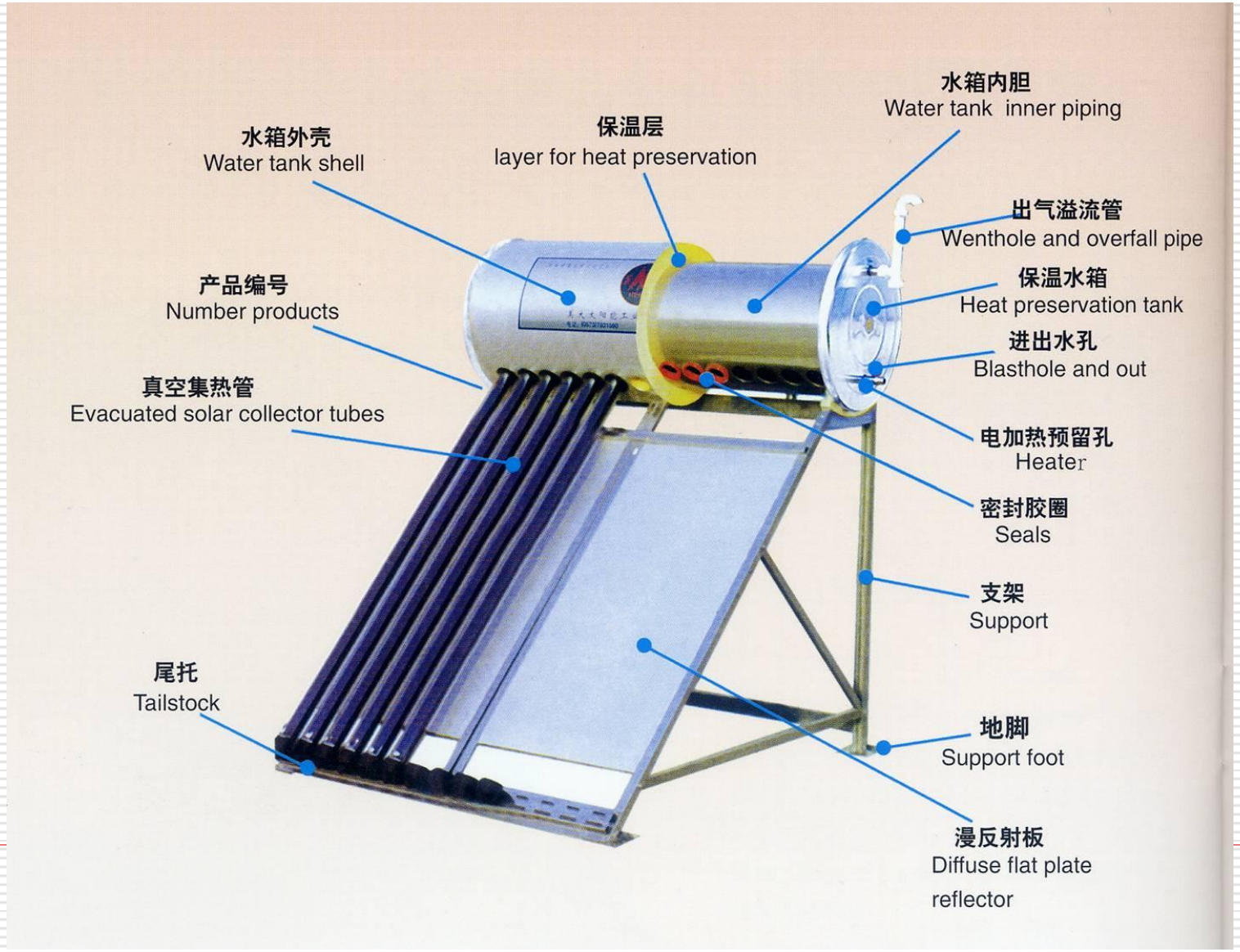


浅池式热水器是
放、水平放置的浅水
2-31 所示。池内水
10 cm 左右，顶部盖
面倾斜的玻璃或塑料
和四周加防水层并

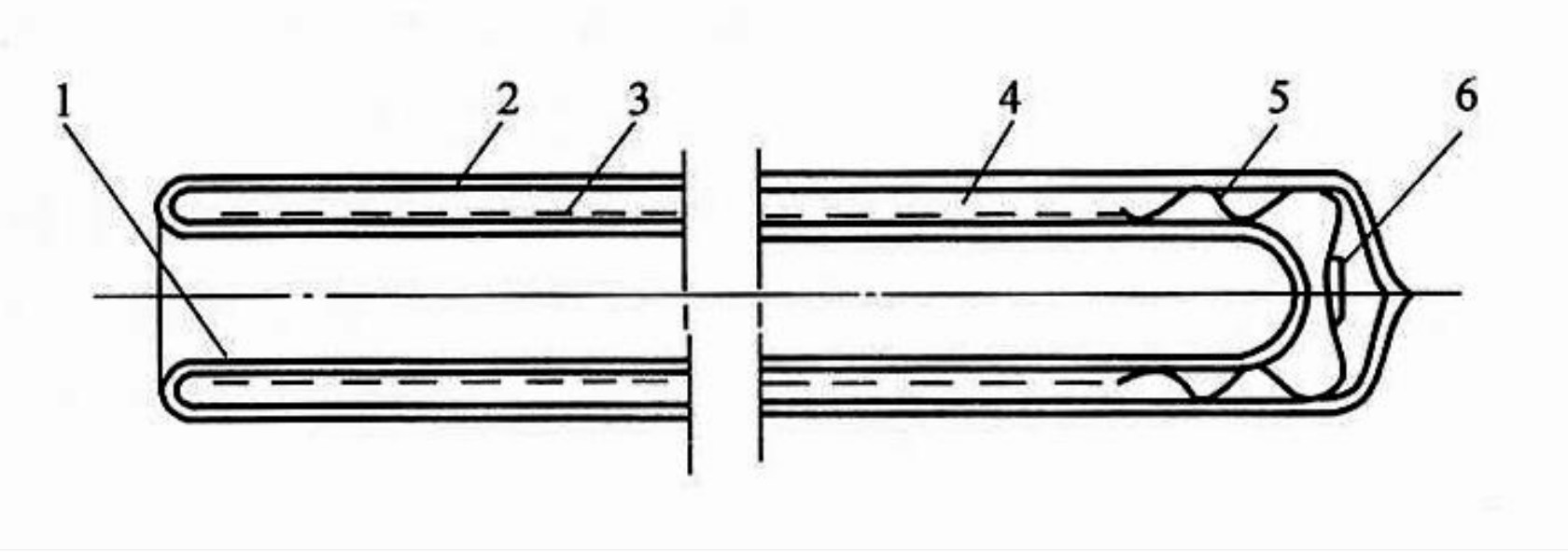
A:平板太阳能热水器

B:真空管太阳能热水器

真空管太阳能热水器的主要部件

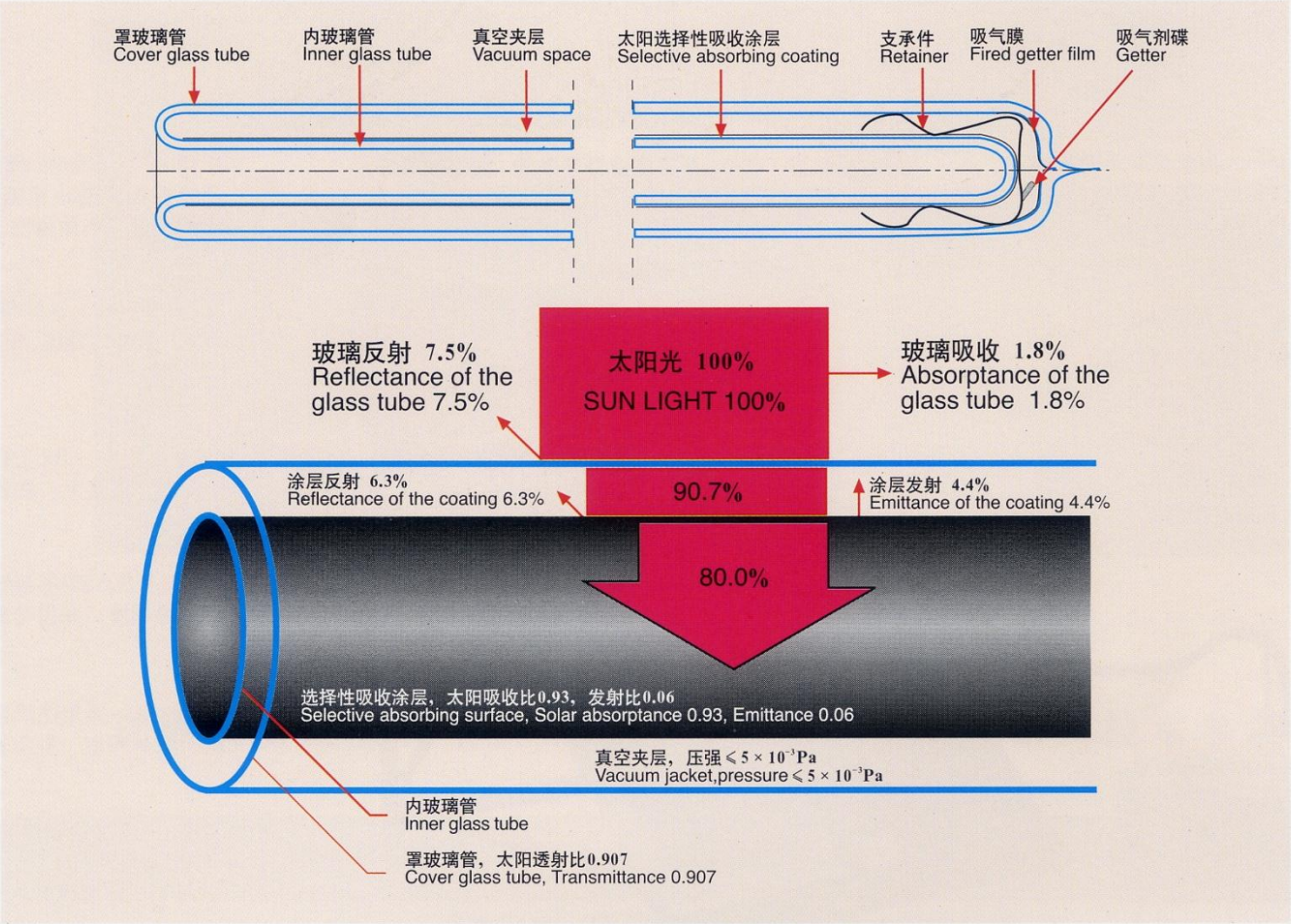


真空太阳能集热器

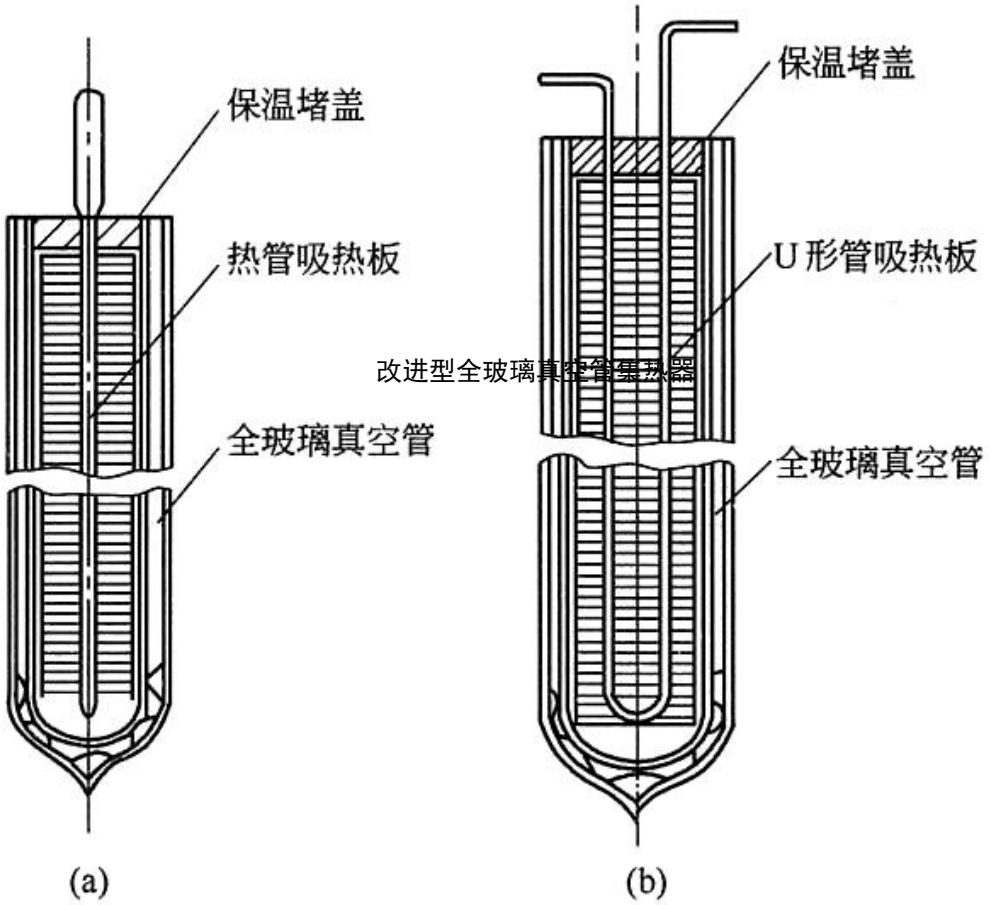


1、内玻璃管　2、外玻璃管太阳　3、选择性吸收涂层　4、真空夹层罩玻璃管　5、弹簧卡子　6、消气剂

全玻璃真空太阳集热管结构



改进型全玻璃真空管集热器

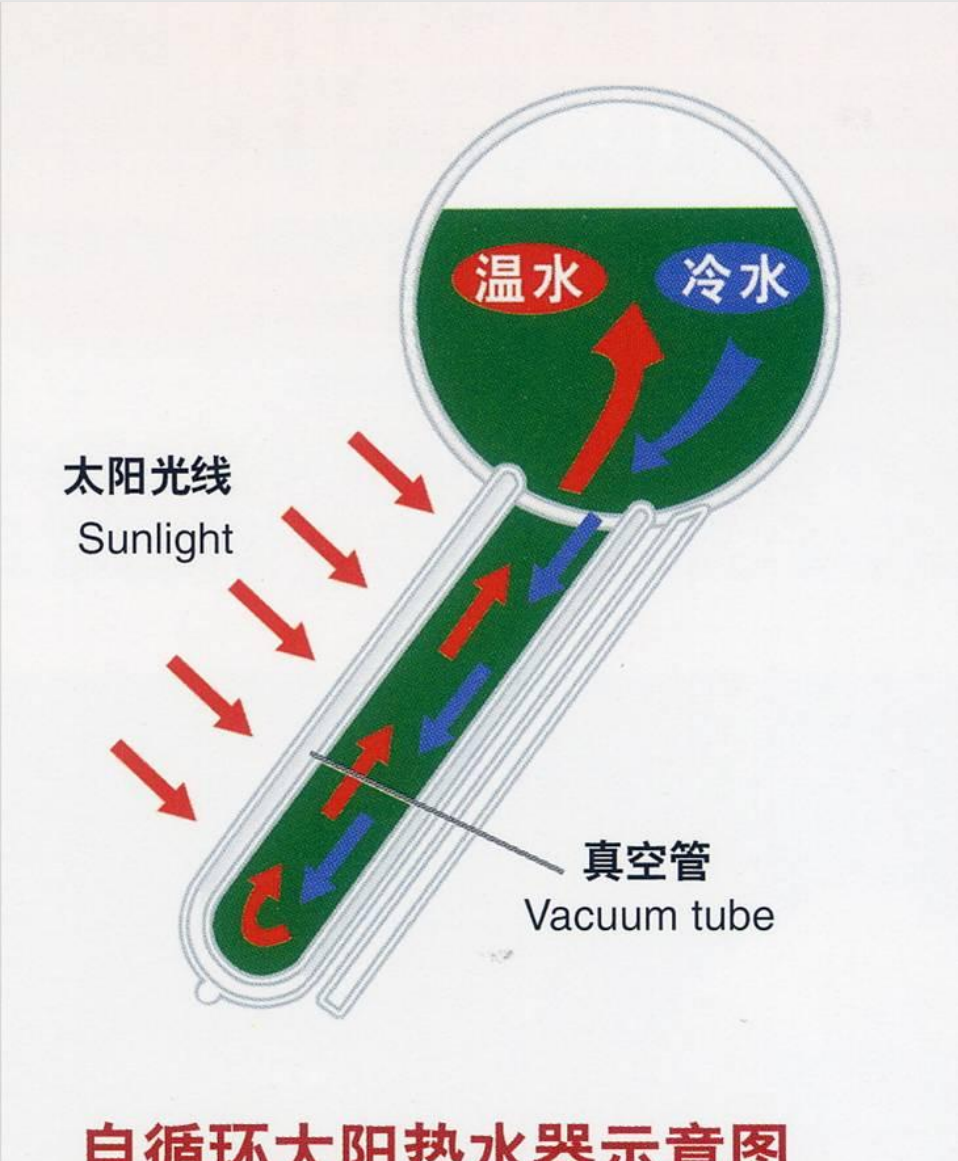


改进型全玻璃真空管集热器

不锈钢保温水箱

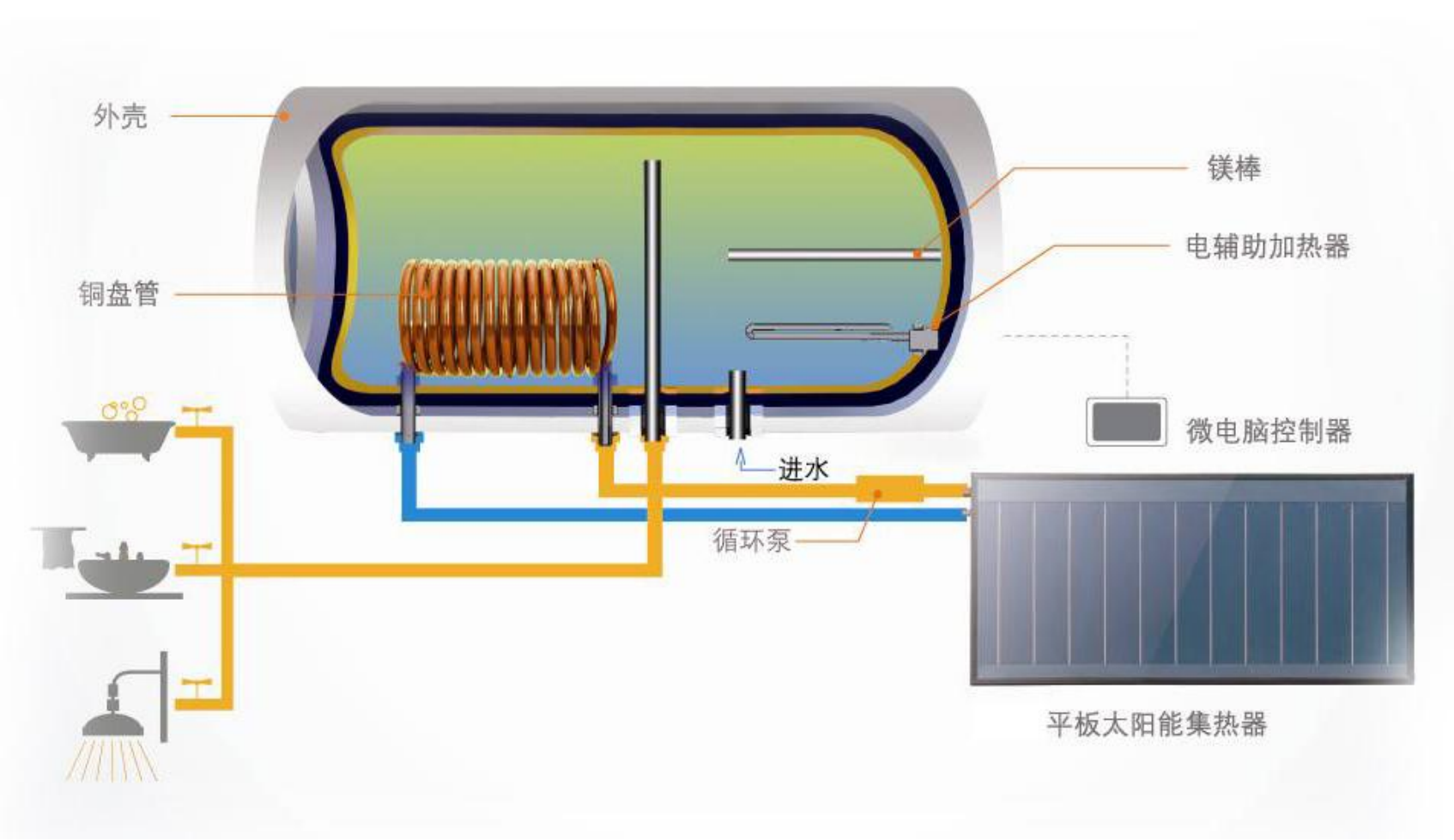
搪瓷储热水箱

太阳能热水器工作原理



自循环太阳热水器示意图

分体式太阳能热水器系统



内蒙古克什克腾旗国税局

户用太阳能热水器系统

太阳能热水器系统工程

农村应用的太阳能装置

农村应用的太阳能热水器


健 新
健 新

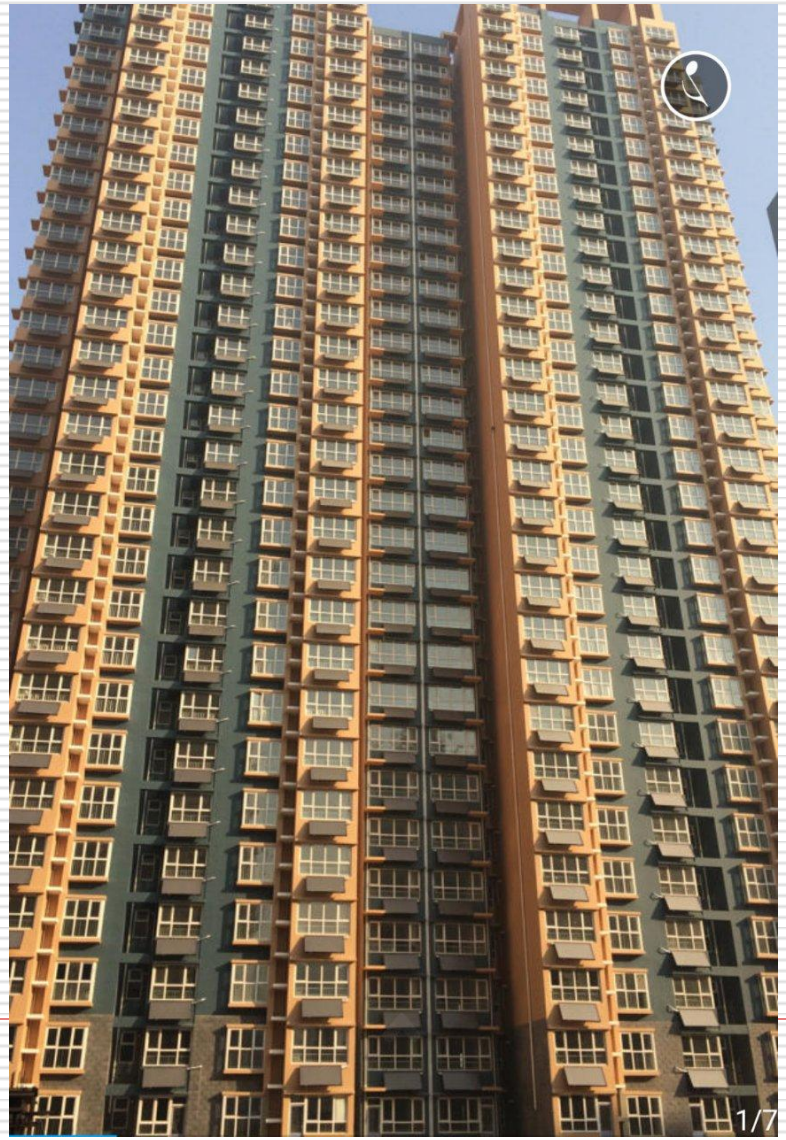
农村应用的太阳能装置

太阳能热水器与建筑屋顶结合

太阳能能与建筑结合

太阳能在高层建筑的应用

山东：100米以下住宅全部推太阳能光热



垂直镶嵌式太阳能集热系统

“光栅式太阳能”热水器（河北）

窗户护栏式太阳能集热系统

“光栅式太阳能”热水器

平屋顶和斜屋顶太阳能集热系统

“光栅式太阳能”热水器

空气能热泵热水系统

太阳能热水工程取得较大进展

太阳能商业化干燥技术

太阳能商业化干燥技术

温室型

太阳能辣椒干燥系统

太阳能辣椒干燥系统

占地600m2干燥温室，配置4000支真空管太阳能系统，2套15匹空气源热泵机组，30m3储热，10KWp光伏风机动力系统，600m2固定式干燥床的太阳能辣椒干燥系统。

太阳能咖啡干燥系统的应用

2700支真空管太阳能空气集热器系统---咖啡渣干燥

太阳能热泵粮食干燥系统

两组400m2平板型太阳能空气集热系统，两套15匹空气源热泵机组构成粮食干燥收储系统。

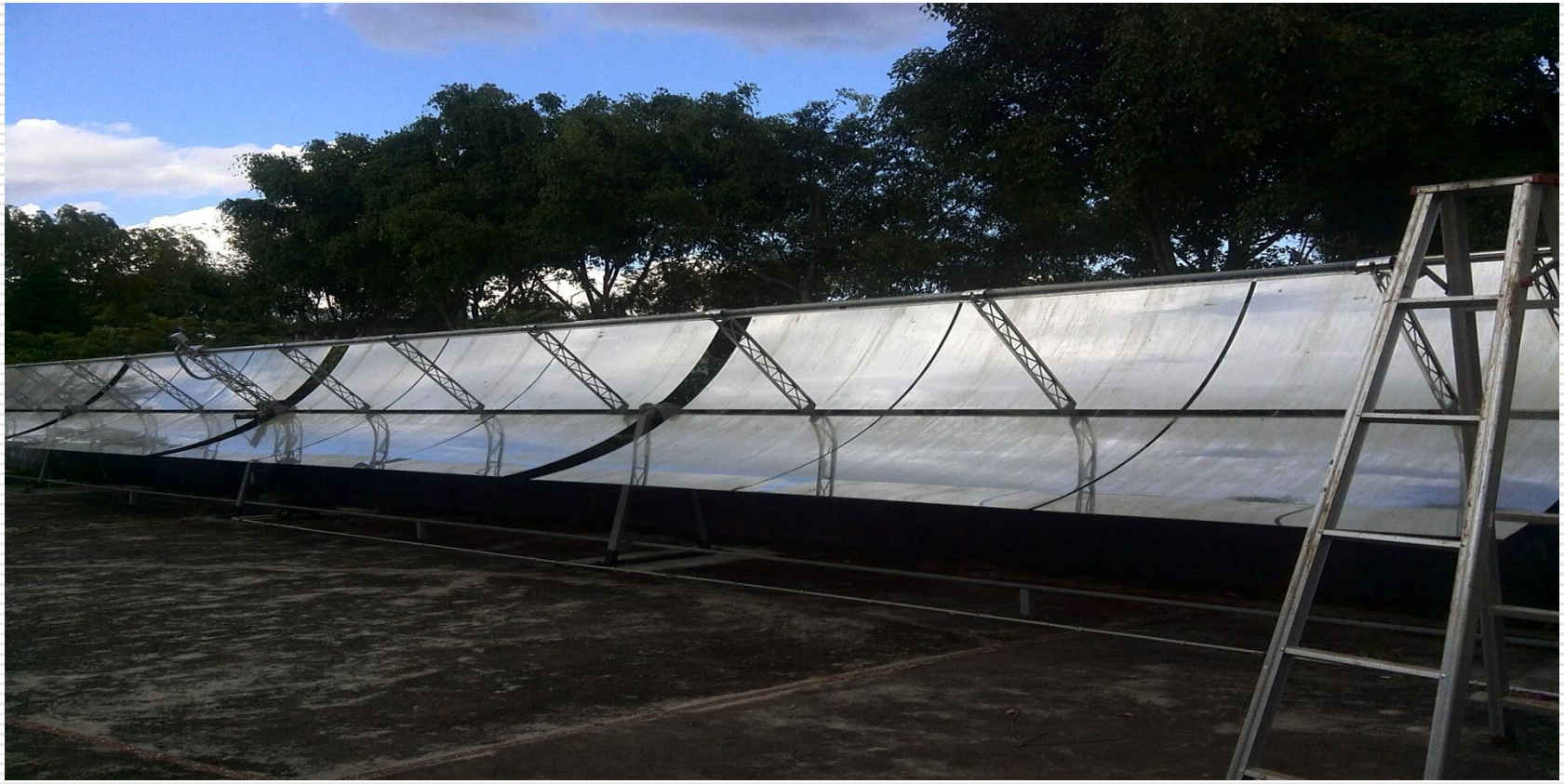
太阳能热泵三七干燥系统

200m2干燥温室，配置2000支真空管太阳能系统，1套15匹空气源热泵机组的三七干燥装置

太阳能茶叶杀青装置

采光面积100m2的聚光太阳能集热系统，1m3储热油箱，提供220℃的热源，供给5口杀青锅使用

太阳能茶叶杀青装置

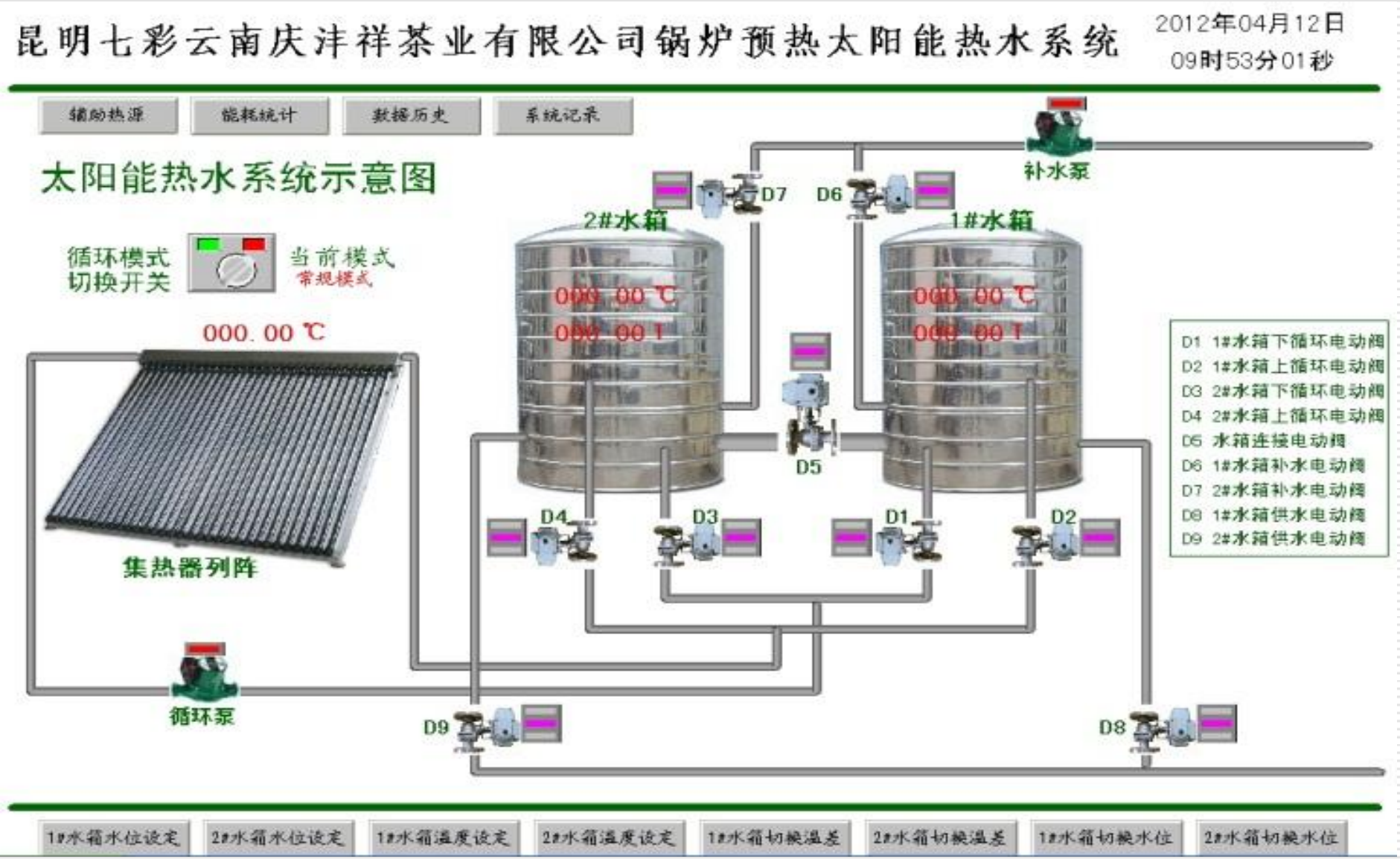


通过太阳能生产220℃导热油，提供180℃使用温度

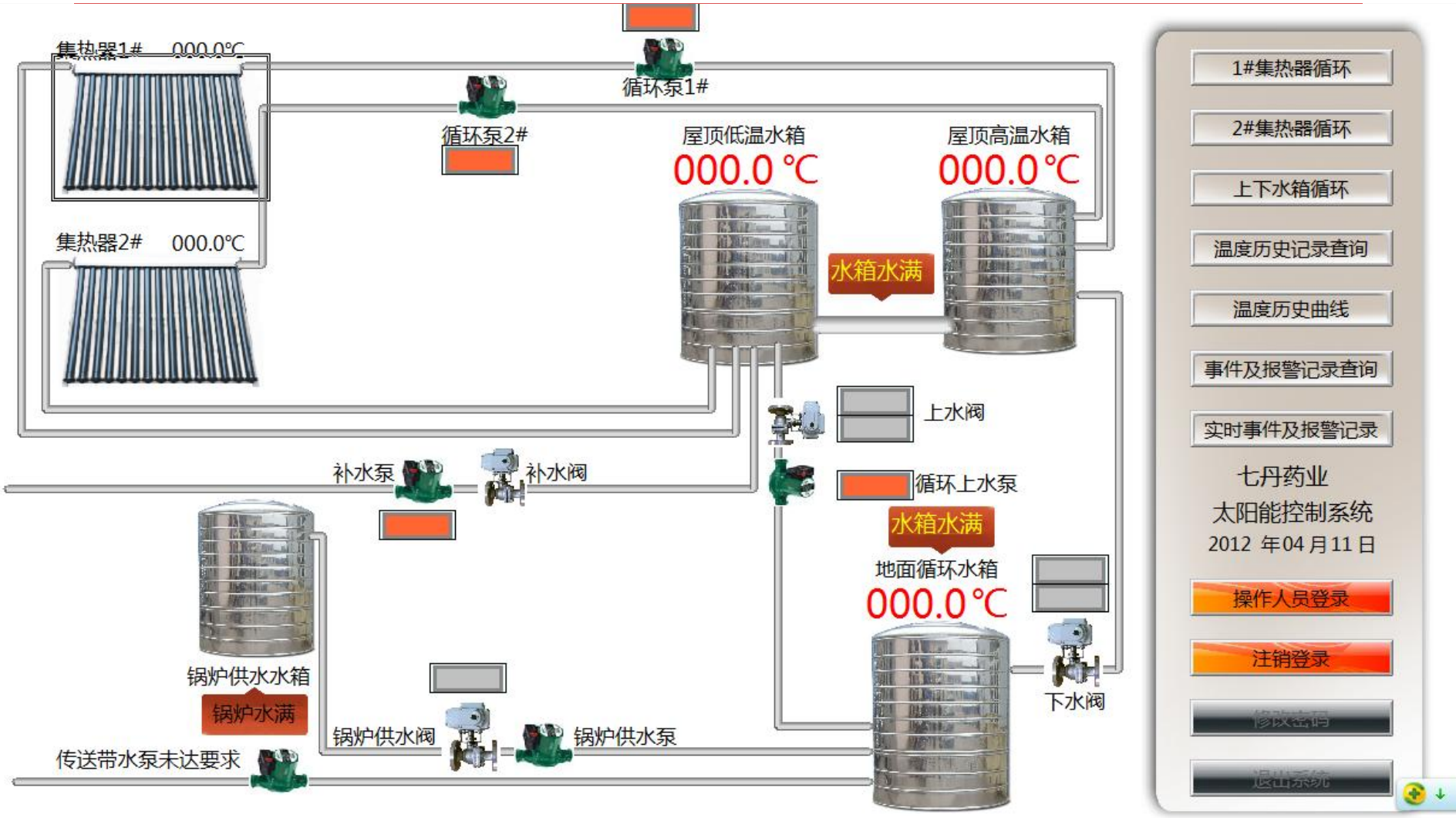
太阳能工农业应用信息平台与远程控制

控制系统采用**PLC**集中控制，温度变送器进行温度数据采集，液位变送器进行水位数据采集，**PLC**数据通过**3G**无线路由连接广域网，通过远端计算机启动监控软件，可对系统各温度，湿度、水位及各阀门、水泵、风机控制，历史数据查询，软件控制权限设定等操作。

太阳能工农业应用信息平台与远程控制



太阳能工农业应用信息平台与远程控制

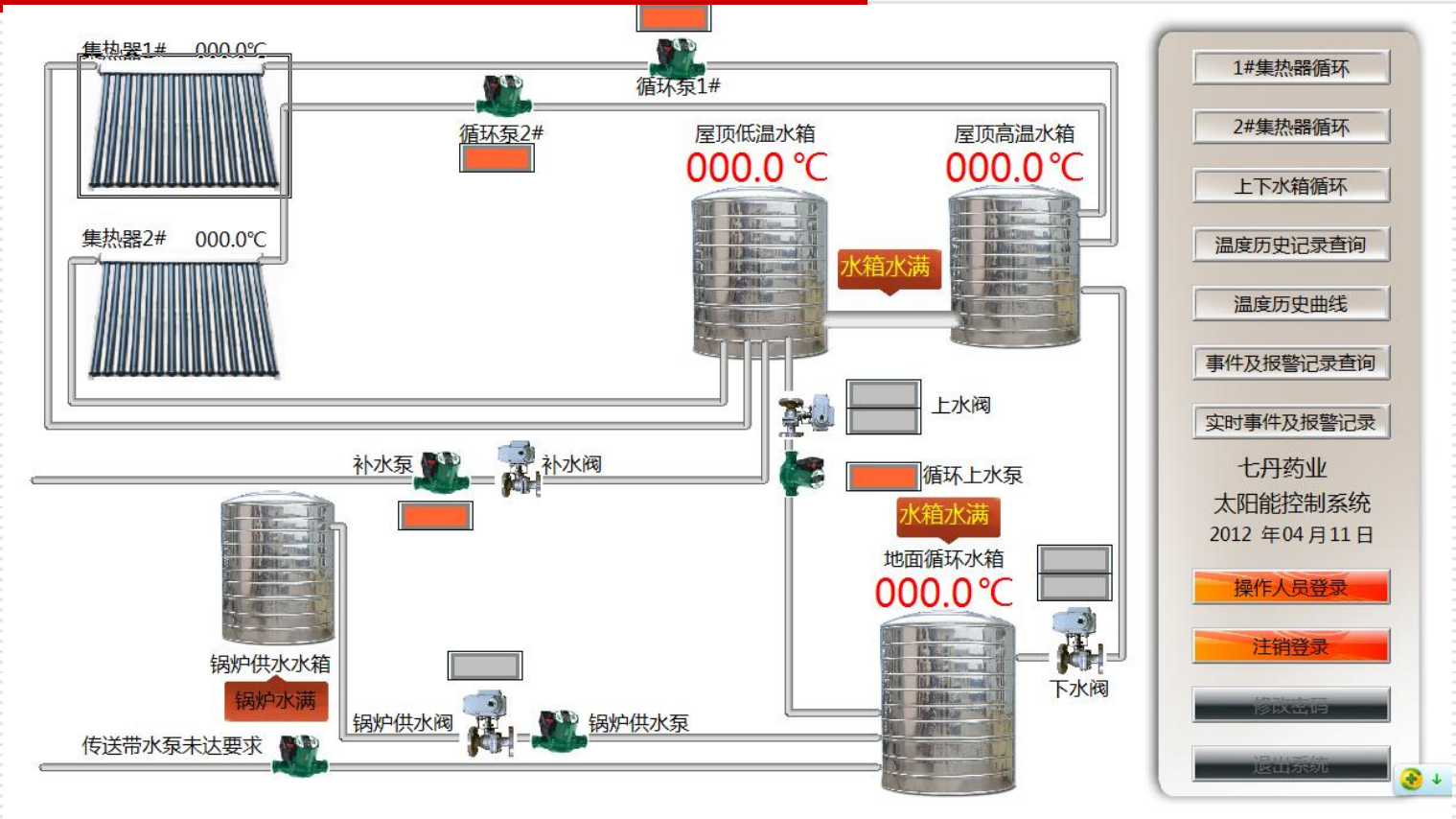


空气源热泵烘干装置

热泵干燥机组

太阳能热泵干燥装置

太阳能锅炉的节能改造



通过控制与耦合，自动调配各部分的热量产生和走向，实现进/出水量、蒸汽压力、温度，燃料消耗、蒸汽消耗的调度计量、远程监控与信息共享。

太阳能锅炉的节能改造

云铜稀贵药业

1吨燃油蒸汽锅炉

晴朗天气下每天节约柴油**15Kg**，全年节油约**4**吨。

太阳能锅炉的节能改造

丘北县达平食品3吨燃煤蒸汽锅炉

太阳能在育种育苗中的应用

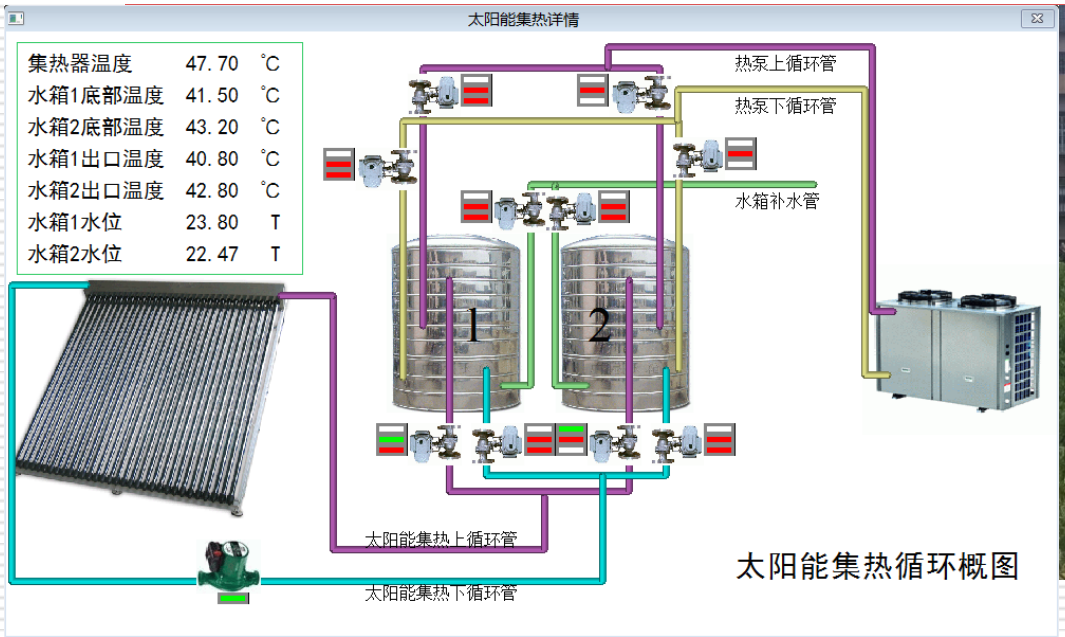
- 针对云南滇中部分地区水稻育种温室中存在的栽培层冬季及早春季节地温低影响温室的光热环境、水稻生长环境及水稻育种效率的问题，系统综合了太阳能集热、储热、热泵、地暖换热及工业控制技术，实现温室栽培层泥水温升10-20℃，从而达到水稻育种由一年二熟变三熟的目的。

太阳能在育种育苗中的应用

系统以2400支真空管太阳能集热系统，2台15匹热泵辅助作为增温热源，采用双水箱切换循环方式，两组水箱进行独立循环，高温供热、低温储热，达到了热源一用一备的目的，大大提高了系统热源的稳定性和可靠性。栽培层内采用双盘管换热，可根据实际增温情况进行切换，增减换热面积。

太阳能在育种育苗中的应用

太阳能在育种育苗中的应用

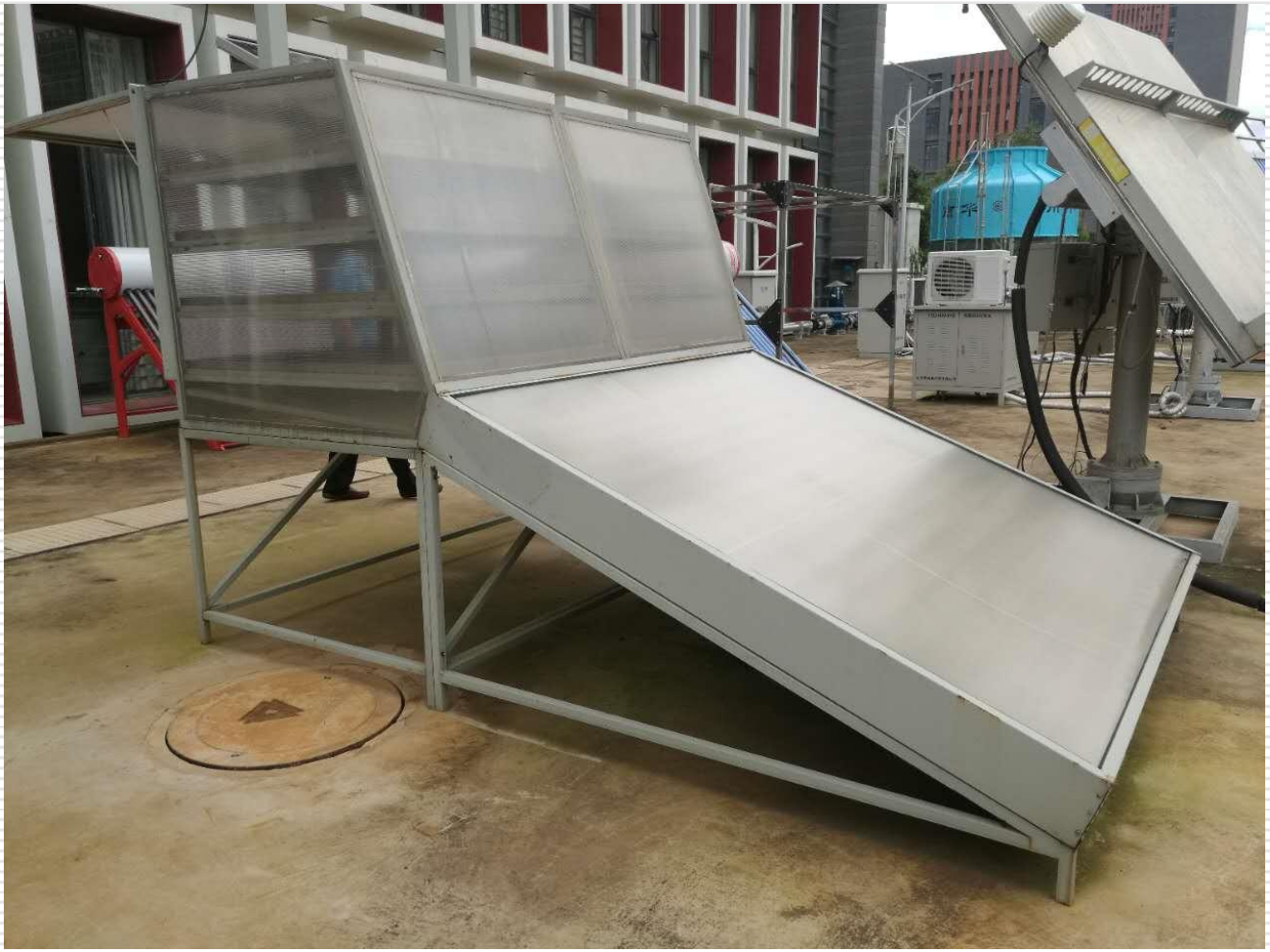


太阳能集热循环概图

系统控制采用远程工业控制技术，实现了系统的全自动运行。同时辅助热源的启停可根据天气情况实现自动启停，无需人工干预。栽培层温升方式设置了定温模式及对比模式，即定温升温的控制方式和对比温差升温的方式，以提高系统的通用性。

太阳能在大中型沼气工程中的应用

户用太阳能干燥装置



户用太阳能干燥装置

户用太阳能干燥装置的应用

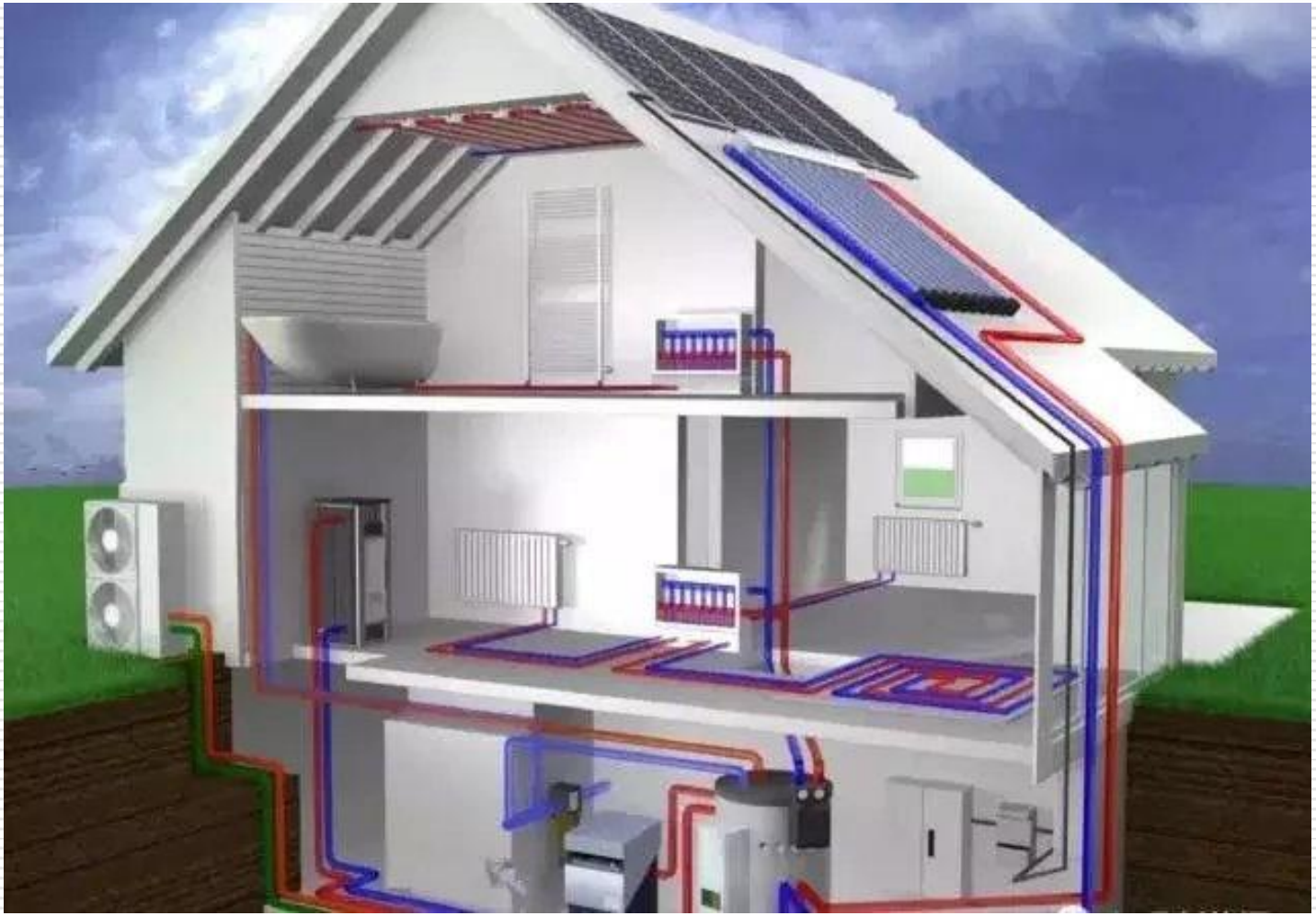
户用太阳能干燥装置

户用通用型太阳能干燥装置集光热、光伏一体的基本模块，采光面积11M2，占地面积6M2，摊晒面积9M2，配套光伏电池40W和5个风机，随太阳辐射强度自动调整风力和风量。基本模块既可独立使用，又可根据实际需求多个组合成一套大型太阳能干燥装置。进行粮食、坚果、瓜果、中药材、花卉、肉类食品等农、林、畜等多种产品干燥。

户用太阳能干燥装置在农村应用

太阳能微厨

太阳能+多能源采暖系统



专家怎么说

- 2017年6月29-30日全国减煤清洁供热西安会议上专家说：
- “早期的太阳能采暖工程运行已经10多年的历史，但是无论是规模还是市场发展速度远远落后于热水”。
- 中国太阳能热利用产业联盟理事长张晓黎告诉三秦都市报记者，“随着陕西绿色发展理念的确立和环保的压力，清洁供暖将催生采暖领域的快速发展，可以说未来太阳能采暖将会以更快的速度发展。”

专家怎么说

“早期的太阳能采暖工程运行已经10多年的历史，但是无论是规模还是市场发展速度远远落后于热水。”中国太阳能热利用产业联盟理事长张晓黎告诉三秦都市报记者，“随着陕西绿色发展理念的确立和环保的压力，清洁供暖将催生采暖领域的快速发展，可以说未来太阳能采暖将会以更快的速度发展。”

清洁供热政策和措施

5月19日，财政部、住房城乡建设部、环境保护部和国家能源局发布通知，决定开展中央财政支持北方地区冬季清洁取暖试点工作。

通知明确，中央财政支持试点城市推进清洁方式取暖替代散煤燃烧取暖，并同步开展既有建筑节能改造，鼓励地方政府创新体制机制、完善政策措施，引导企业和社会加大资金投入，实现试点地区散烧煤供暖全部“销号”和清洁替代，形成示范带动效应。

北京市住房和城乡建设委员会
北 京 市 财 政 局文件
北京市规划和国土资源管理委员会

京建法〔2017〕11号

北京市住房和城乡建设委员会
北 京 市 财 政 局
北京市规划和国土资源管理委员会
关于印发《北京市超低能耗建筑示范工程项目及奖励资金管理暂行办法》的通知

各区住房城乡建设委，东城、西城区住房城市建设委，经济技术开发区建设局，各区财政局，各区规划国土资源分局，各有关单位：

为贯彻实施《北京市“十三五”时期民用建筑节能发展规划》

— 1 —

天津市发展和改革委员会日前对外公布《天津供热发展“十三五”规划》（以下简称《规划》），提出在规划范围内2020年规划集中供热面积达50353万平方米，新增集中供热面积13053万平方米。其中，主城区现状集中供热面积25931万平方米，新增供热面积5010万平方米，规划集中供热面积30941万平方米；滨海新区现状集中供热面积6371万平方米，新增供热面积4880万平方米，规划集中供热面积11251万平方米；远郊五区现

【资讯 政策】全文|山东省人民政府关于印发山东省“十三五”节能减排综合工作方案的通知

2017-07-05 太阳能产业资讯

—还没关注？ 伸出手指点这里 ———

山东省人民政府

关于印发山东省“十三五”节能减排综合工作方案的通知

鲁政发〔2017〕15号

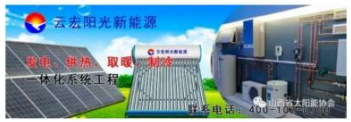
各市人民政府，各县(市、区)人民政府，省政府各部门、各直属机构，各大企业，各高等院校：

现将《山东省“十三五”节能减排综合工作方案》印发给你们，请结合实际，认真贯彻执行。

一、“十二五”节能减排工作取得显著成效。全

【关注】今年首批8亿元清洁取暖奖补资金下达

2017-07-10 山西省太阳能协会



来源：山西日报

7月7日，从省财政厅了解到，为加快推进冬季清洁取暖，打好蓝天保卫战，省财政积极盘活财政存量，加快资金统筹力度，先行下达今年第一批冬季清洁取暖省级奖补资金8亿元，大力支持清洁能源取暖。

据介绍，燃煤污染控制是今年我省大

重磅｜河北省“煤改”补贴支持政策出台

2017-07-03 IMSIA国际金属太阳能产业联盟

河北省煤改气，煤改电补贴政策出炉，近日，河北省政府出台《关于加快实施保定廊坊禁煤区电代煤和气代煤的指导意见》，为改善生态环境和提高生活质量，到2017年10月底前，禁煤区完成除电煤、集中供热和原料用煤外燃煤“清零”，禁煤区实施“煤改电”“煤改气”将能享受到一系列补贴支持政策。

农村“煤改电”可领这些补贴：

1、设备购置补贴85%按设备购置安装(含户内线路改造)投资的85%给予补贴，每户最高补贴金额不超过7400元，由省和市县各承担1/2，其余由

太阳能塔式发电站

槽式太阳能聚光器

云南普洱茶厂应用的槽式太阳能中高温系统

抛物面碟式太阳能发电

太阳能高温热发电

25-kWe Boeing/SES Dish-Stirling Systems on test in Huntington Beach, CA

Figure 1. Dedication of the dish/Stirling system at the Pentagon in Washington, D.C. Shown in the picture are the concentrator and the STM 4-120 Stirling engine/generator package.

本讲座部分内容采用了网络等资料的信息，在此一并致谢。