



# 光伏发电和其他可再生能源 在新型城镇化和农村扶贫中的应用

李世民 研究员

甘肃自然能源研究所/联合国工业发展组织国际太阳能中心 副所长

全国可再生能源学会、光伏专业委员会 委员

甘肃省太阳能风能协会 副会长

地址：兰州市城关区人民路20号 邮编：730046

E-mail: [lishimin@gneri.org](mailto:lishimin@gneri.org)

[lishimin@unido-isec.org](mailto:lishimin@unido-isec.org)

Tel/Fax: +86-931-8386006

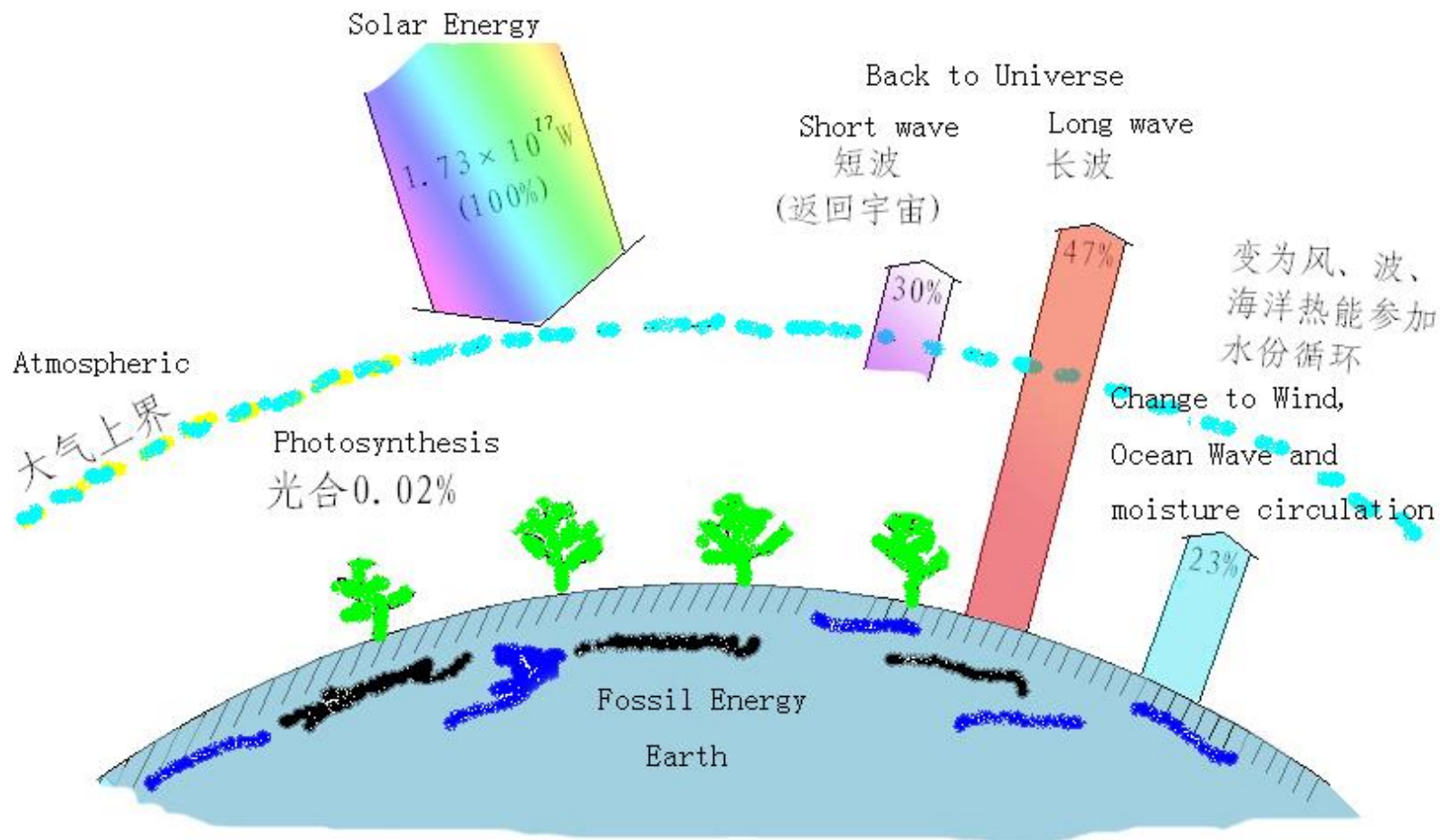
Mobile: +86-13919243187

QQ:541905421

Web: [www.gneri.org](http://www.gneri.org)

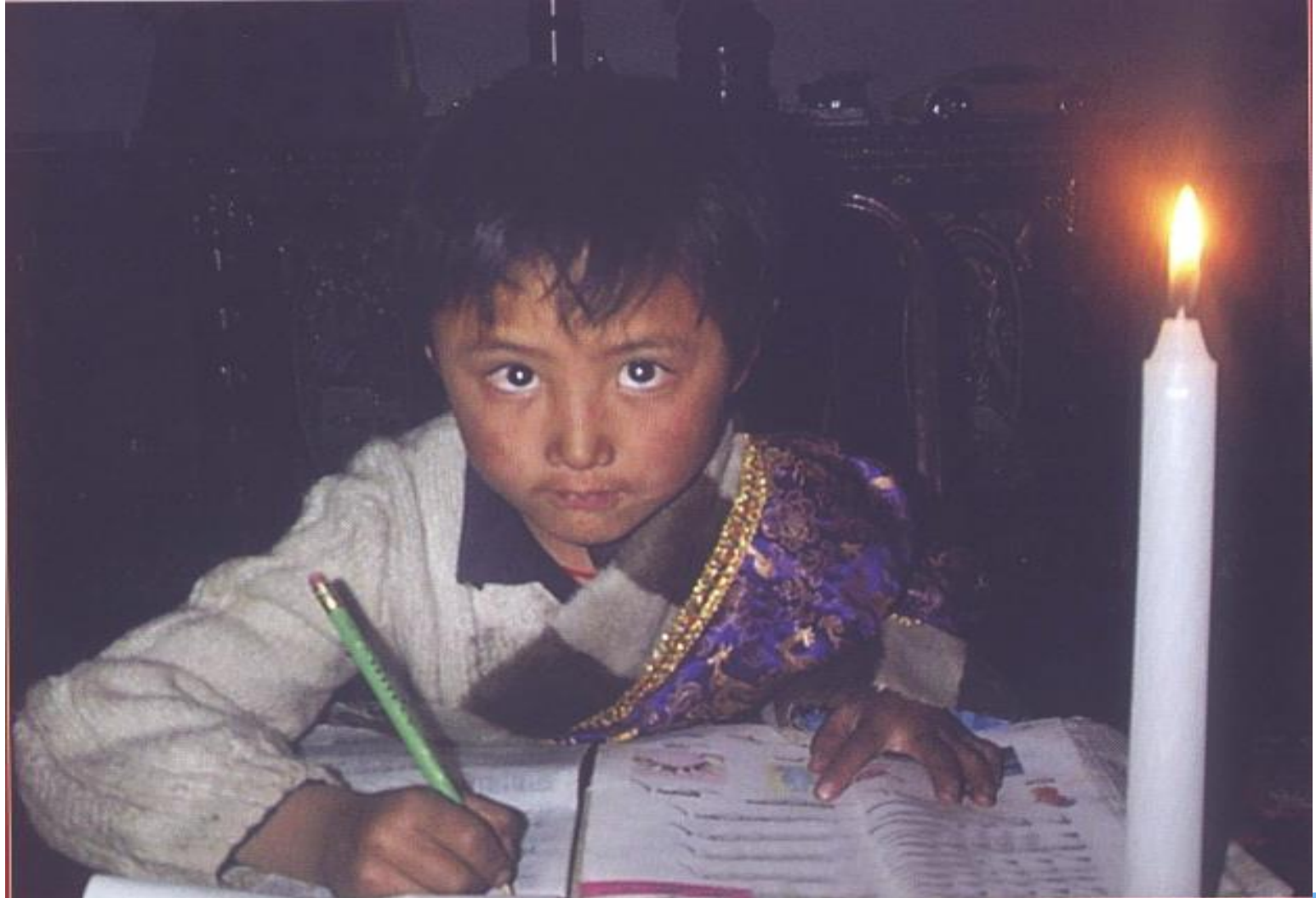
联合国工业发展组织国际太阳能技术促进转让中心  
亚太地区太阳能研究培训中心  
甘肃自然能源研究所

# 地球上的太阳能



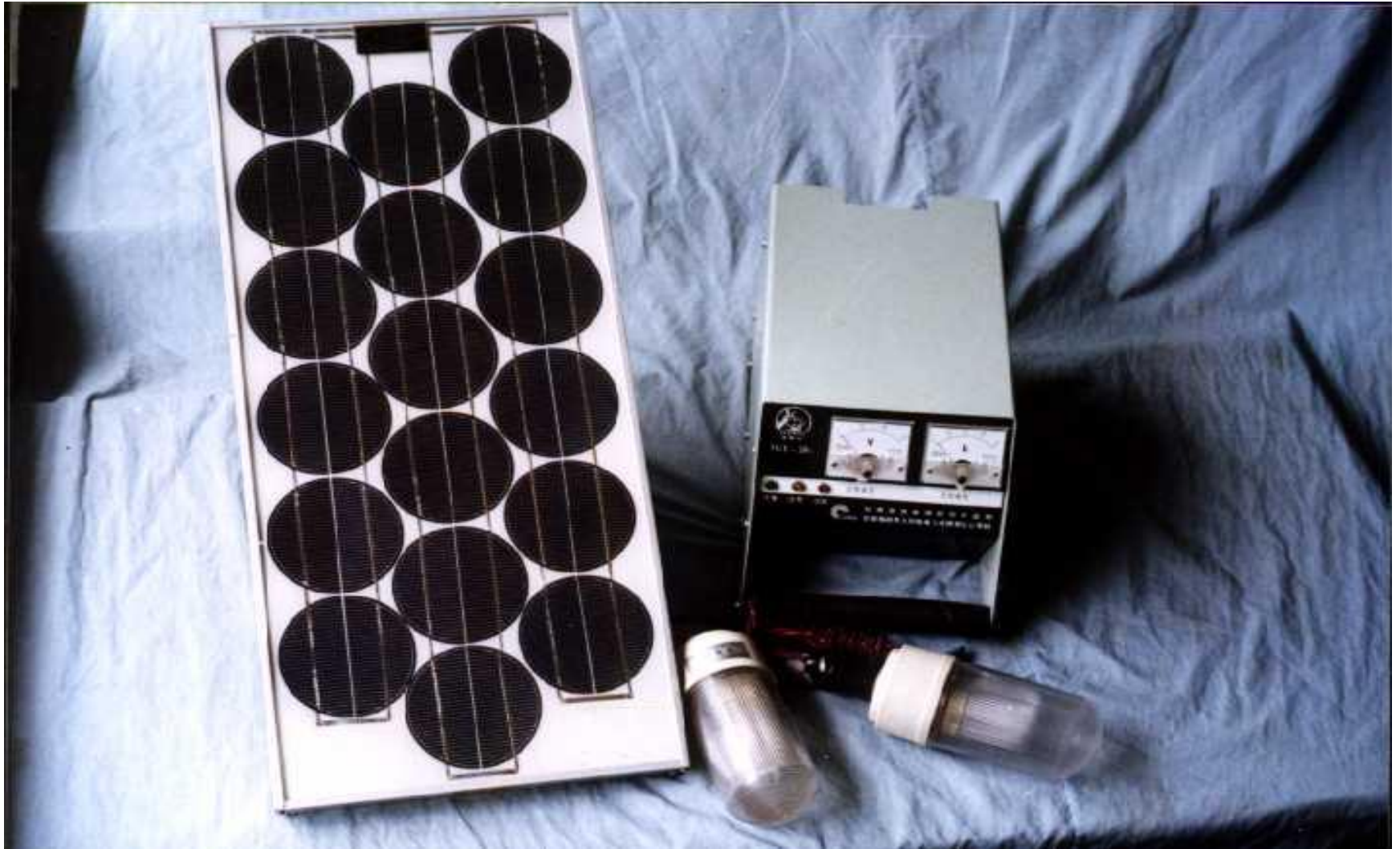


# 太阳能发电解决无电地区的照明问题





# 户用光伏电源





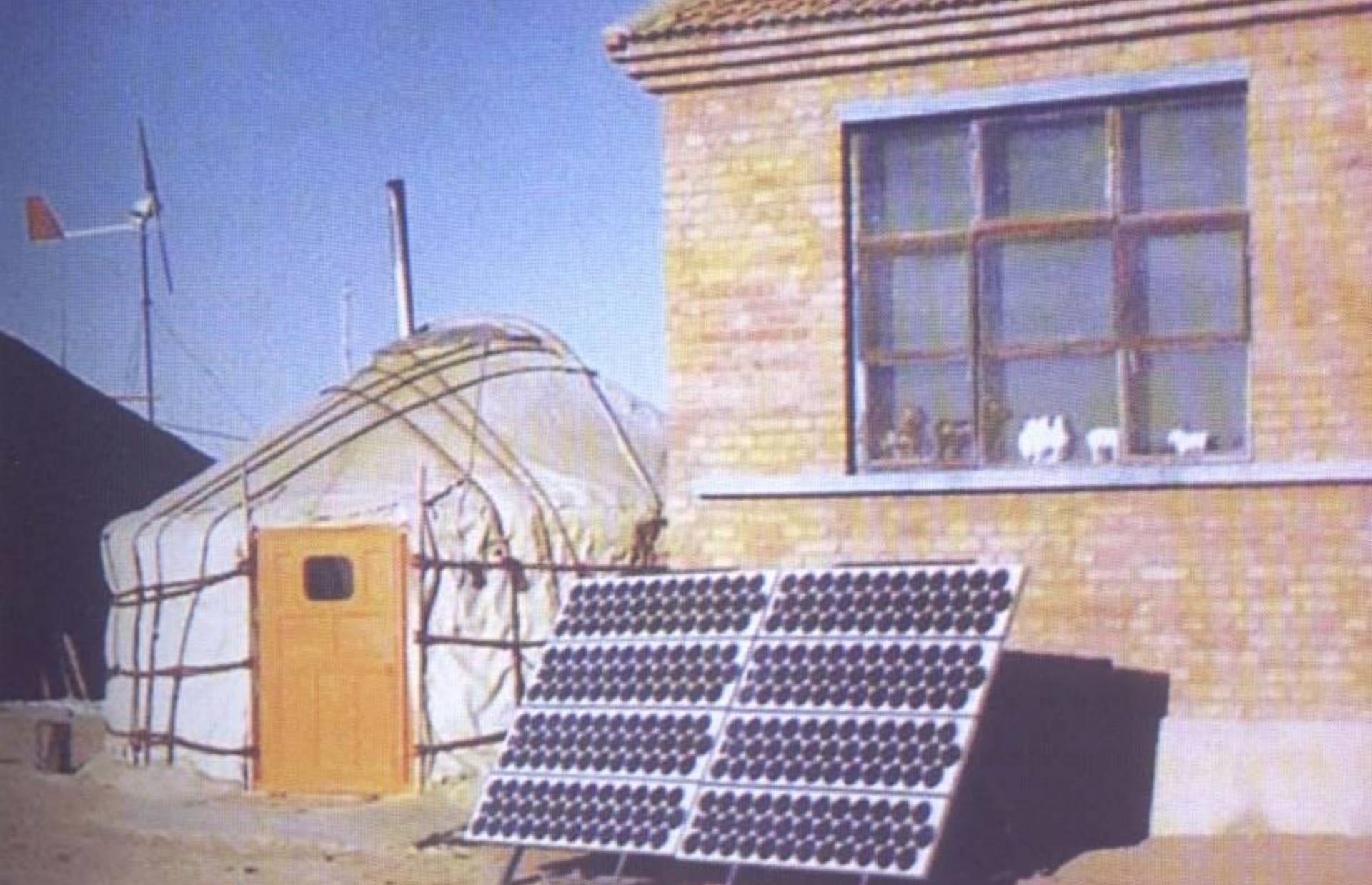
# 养蜂人家



草原流动商店 (内蒙古 2000年)

Mobile store on grassland (2000 Inner Mongolia)





牧民新居（内蒙古）

New house of herdsmen (Inner Mongolia)



太阳能台球室

PV powered billiard ball







## 西藏阿里的村级电站（2001）

美国开发组织国际太阳能技术促进转让中心  
亚太地区太阳能研究培训中心  
甘肃自然能源研究所

# 光伏路灯

















## 大型并网电站







# 敦煌10MW光伏电站





# 多晶硅光伏阵列





# 多晶硅光伏组件，条形混凝土基础

**YINGLI SOLAR**

Yingli Energy(China)Co.,Ltd  
ADD.No.3389 Chaoyang North  
Road,Baoding, China  
P.C.:071051  
TEL: +86 (312)8929801  
FAX: +86 (312)8929800  
http://www.yinglisolar.com

Module Type: YL230P-29b      Application Class:A  
Rated Max. Power:                      230.0 W (± 3%)  
Rated Voltage: 29.5 V    Open Circuit Voltage: 37.0 V  
Rated Current: 7.80 A    Short Circuit Current: 8.40 A  
Max.Series Fuse: 15 A    Max.System Voltage: 1000 V

Please see the serialnumber on the frontside of module  
Fire Resistance Rating: Class C

**Test condition: AM 1.5, 25 °C, 1000W/m<sup>2</sup>**

CE         

**Warning!** ---  
Read the installation and operation manual before installing, operating or servicing this unit. Do not connect or disconnect plug contacts, during the system is under load current. Not following this instruction brings you in DANGER!

**MADE IN CHINA**





# 双结非晶硅光伏组件



**GS SOLAR** GS-SOLAR (FUJIAN) COMPANY LIMITED  
www.GS-Solar.com

**Thin Film Solar Module (Double junction a-si)**  
Module Type: GS-40E

Specifications at STC: Irrad. 1000W/m<sup>2</sup>, AM1.5, Cell T 25°C

Nominal Pm:	40W	Min Pm:	38W
Voc:	62V	Vm:	46V
Isc:	1.11A	Im:	0.87A

Maximum System Voltage: 1000V  
Max Source Circuit Fuse: 3A  
Fire Rating: Class C  
Dimensions: 1245 X 635 X 7.5mm (31.5mm)

**Warning – Electrical Shock Hazard**  
Refer to Installation Manual before installing operating or servicing this unit. For field connections, use 2.5mm<sup>2</sup> wires insulated for a minimum of 90°C

6 945263 400065  
MADE IN CHINA



# 非晶硅光伏阵列









# 汇流箱的安装



# 汇流箱



# 逆变器房



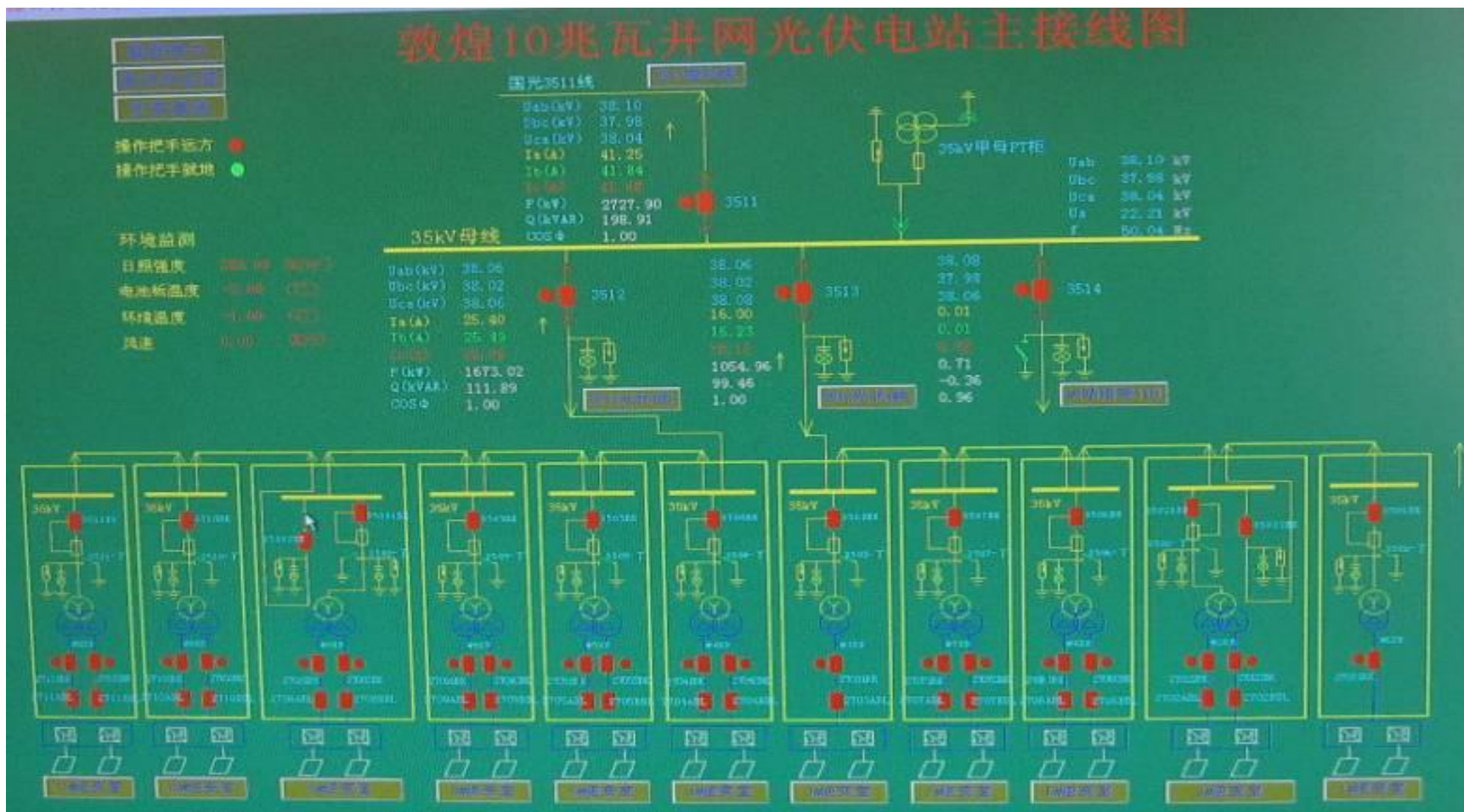


# 变压器





# 系统管理显示屏





# 青海共和20MW光伏电站





# 汇流箱安装









# 组串型光伏逆变模式

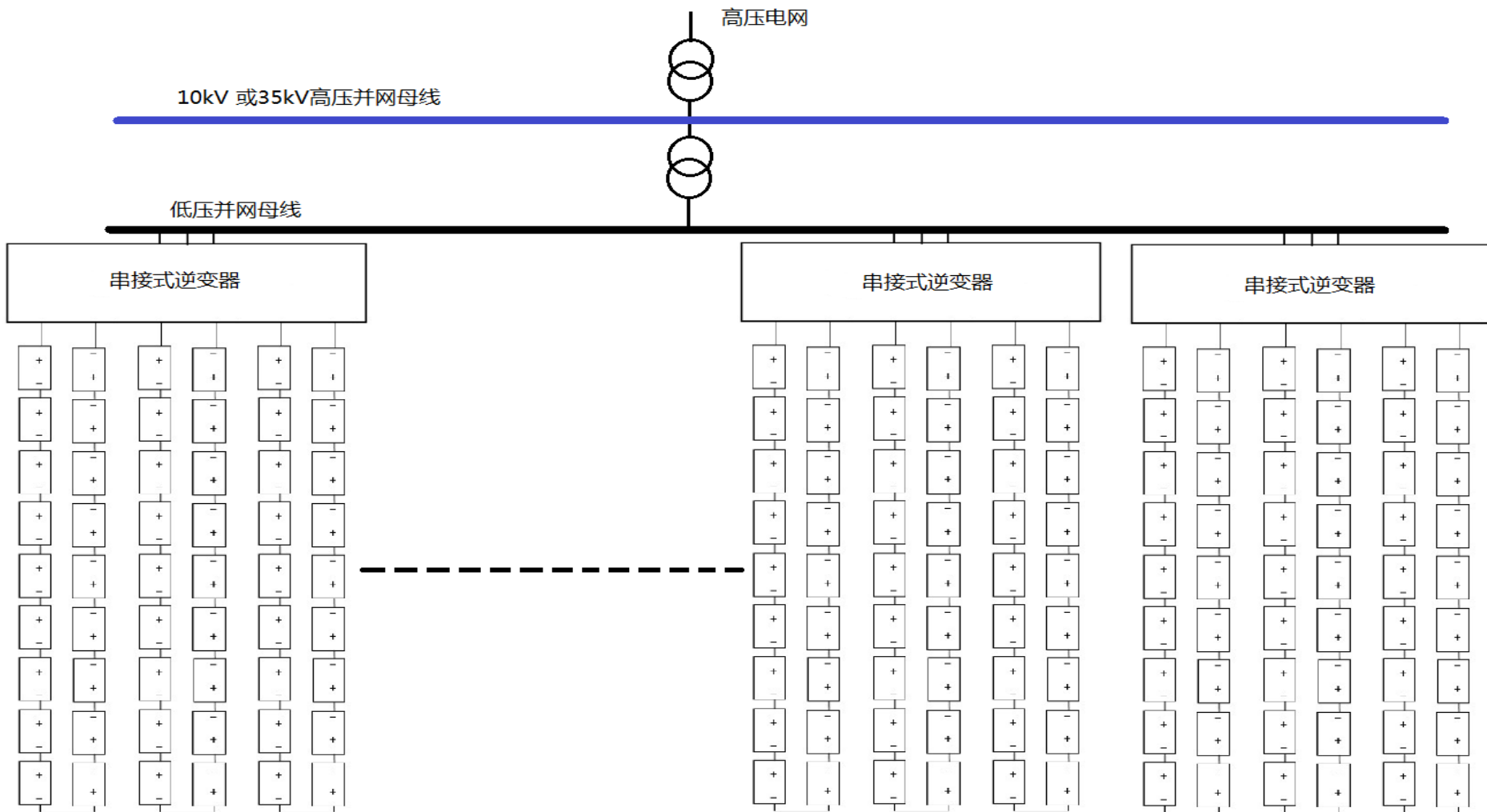








# 串接式并网发电模式





# 3. 光伏建筑一体化技术



# 光伏建筑一体化

- 光伏建筑一体化，主体是建筑，光伏技术室附加在建筑上的发电装置。
- 光伏技术的附加不仅不能影响建筑的性能和美观而且应该尽可能的提高建筑的实用效果。
- 光伏建筑一体化设计和实践，使光伏发电系统与建筑屋顶和外墙有机的合为一个整体，成为建筑结构的组成部分，既能利用建筑屋顶和外墙上的太阳能发电，又充分利用光伏组件取代部分建筑外装饰和屋顶材料，达到了显著降低光伏发电和建筑造价的效果，有非常广阔的发展前景。



## 建筑一体化模式：

- 1、屋顶发电+屋面降温
- 2、透光屋顶采暖、采光+发电
- 3、外墙装饰、保温+发电
- 4、光伏遮荫蓬发电

## 技术特点：

一般为中小型，分布式，通常在用户侧并网；满足自发自用和并网送出发电。



# 1、屋顶发电+屋顶面降温











# 新“秦砖汉瓦”







## 浙江合大公司的光伏瓦

# Triple Junction a-Si Solar Modules (Uni-Solar, USA)



5 15:48









# 建设在宁夏中卫的光伏屋顶村









## 5kWp 光伏屋顶

联合国工发组织国际太阳能技术促进转让中心  
亚太地区太阳能研究培训中心  
甘肃自然能源研究所





## 2、透光屋顶（太阳能采暖、采光） +光伏发电



# 联合国工业发展组织国家太阳能技术促进转让中心













# 光电板为材料的阳光中厅

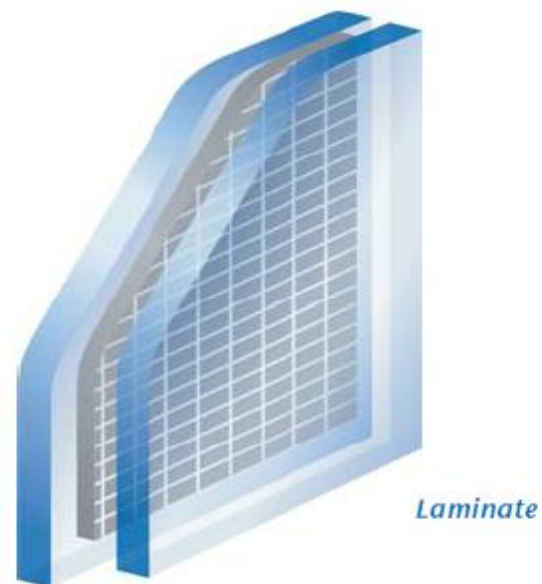


# 3、外墙装饰、保温+发电





# 双玻组件、中空保温组件







# 光电板在建筑上的应用



# 墙壁设置型



利用外墙面安装光伏发电是充分利用建筑外墙壁的一种方法。

问题：

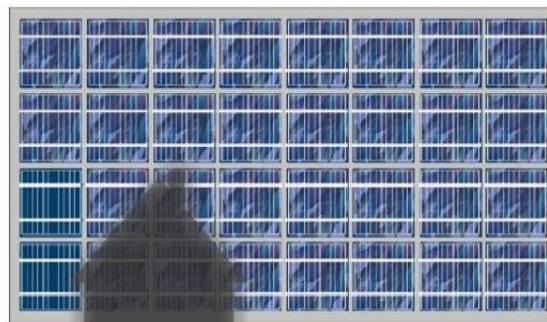
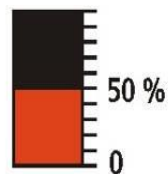
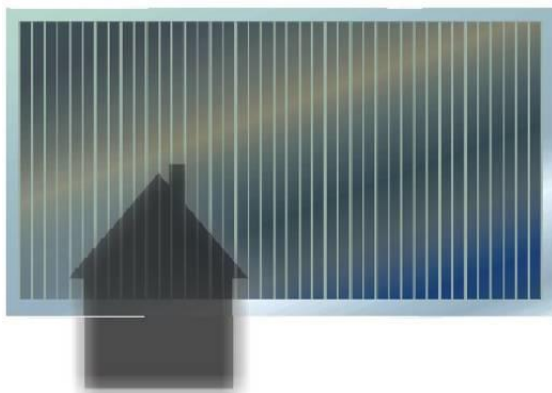
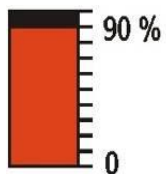
- 遮阳
- 垂直墙面的辐射低于屋顶



# 半透明非晶硅薄膜光伏组件



同样的遮阴面积，对非晶硅太阳电池的发电性能的影响要比晶体硅电池要小得多。





# 4、光伏遮荫蓬发电





光伏遮阳棚是一种充分利用光伏组件达到遮阳和发电的典型BIPV设计。





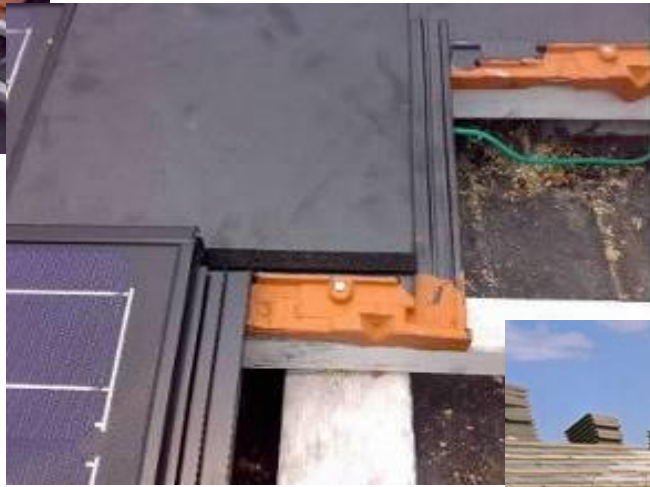




© Total Energie

alibaba.com







# 建设在宁夏中卫的光伏屋顶村







# 农光互补

农光互补就是光伏发电技术与农业大棚技术的结合。

农业大棚：保温，种植反季节植物或特种植物。

优点：充分利用大棚顶面安装光伏发电，减少因光伏电站需要占地对投资的压力。

缺点：光伏组件的遮阴会影响某些农业种植物的生长和品质。



# 农光互补

- 农光互补要从农业生产出发，充分考虑大棚内种植物或养植物对阳光的要求，选择喜阴的农作物或者养植物。
- 农光互补要考虑建设规模和上网条件，不能勉强或强求。
- 农光互补投资和建设要和当地政府和土地承包商协调，理清责权利。





# 浙江同景科技（集团）有限公司

江山市

（庞居洞与鹿门寺之间）的农光互补地面光伏电站，地面种植黄豆。





# 同景集团30兆峰瓦农光互补光伏地面电站 (浙江江山市凤林镇株树村)





# 江苏即墨市普东镇“农光互补”光伏电站





# 江苏常州市武进区嘉泽镇花都光伏大棚





# 山东合者光电新能源建设20MW高效中药园





# 宁夏中卫光伏农业大棚





# 宁夏中卫光伏农业大棚





# 宁夏中卫光伏农业大棚







# 宁夏中卫光伏农业大棚





# 鱼光互补

鱼光互补是指在鱼塘或浅海养鱼场地建设光伏发电站的技术。这项应用具有比农光互补更优越的应用前景。

**优点：** 充分利用鱼塘和养鱼场水面或陆地建设光伏电站，不仅可以有效减少因光伏电站需要占地对投资的压力，而且光伏组件的遮阴对养鱼也有积极的作用。可以增加渔业产量。

**缺点：** 水面施工较为困难，光伏阵列基础投资较大。



# 江苏盐城市建湖县的“渔光互补”发电站





# 常熟沙家浜“渔光互补”电站





# 光伏扶贫

- 光伏扶贫工程将解决贫困地区无电和贫困家庭无收入的问题，关系到扶贫本身和对光伏产业的拉动，意义重大。
- 光伏扶贫是实现精准扶贫的有效途径，使贫困群众在建设分布式光伏发电项目中直接增收，在项目中参股分红，实现就业；
- 支持贫困户建设分布式发电项目。同时为在贫困区建设光伏电站的企业提供中长期利率优惠的项目贷款；是探索社会力量参与扶贫的有效方式。



# 经济评估

- 每千瓦投资：8000元
- 年发电约： $1\text{KW} \times 6\text{小时/天} \times 365\text{天} \times 80\% = 1752\text{kWh}$
- 按每度电0.67元计费（其中上网标杆电价0.25元，国家补贴0.42元）。
- 每年收入： $1752 \times 0.67 = 1174\text{元}$
- 如果国家扶贫资金支持，项目建成后不仅每天能发出绿色无污染电力，而且农户将会每年获益千元左右。即便是全部费用为银行贷款，通常7-8年就可以收回全部投资，而后的十几年里就会获得纯收益。



# 3. 光伏建筑一体化设计简介

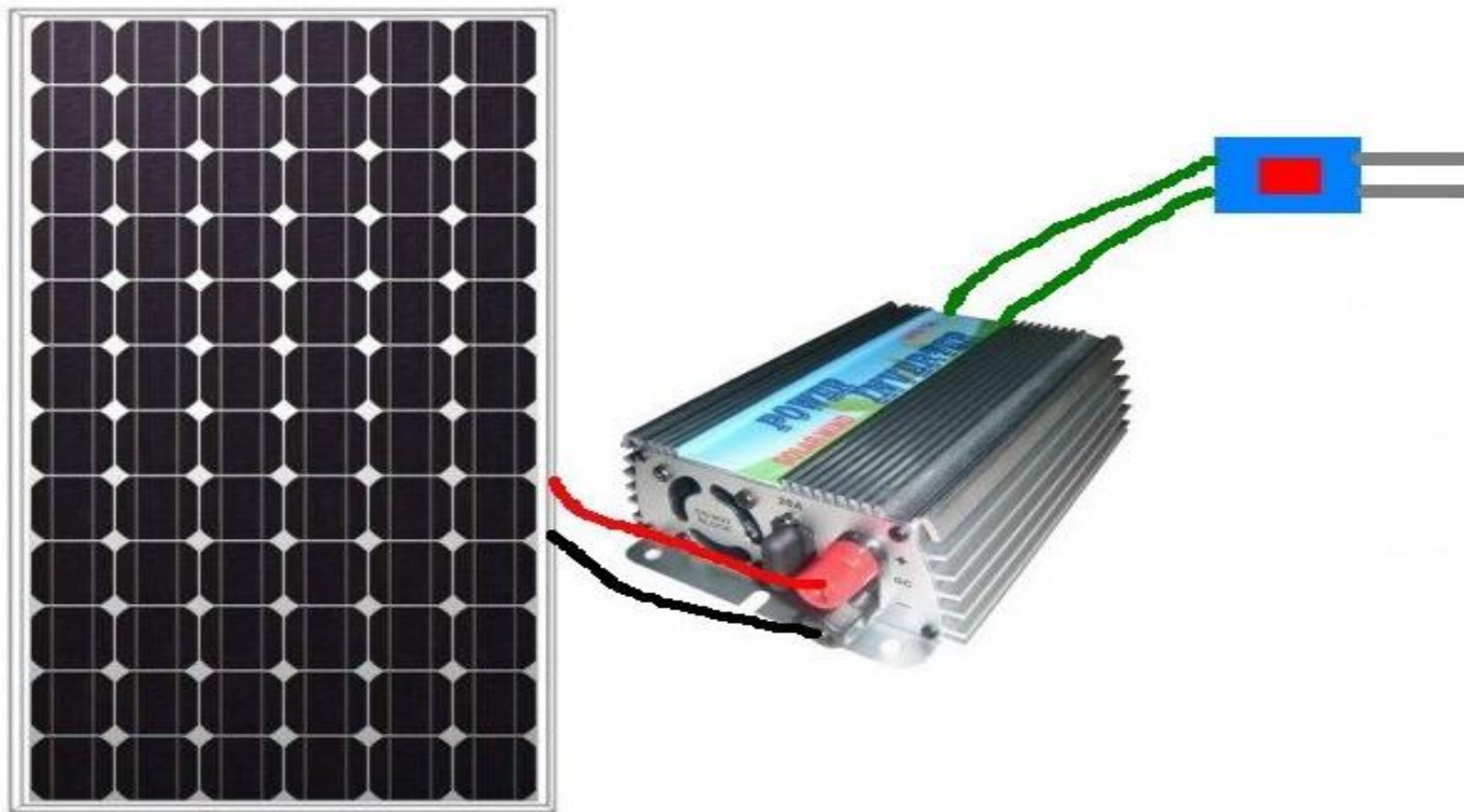
# 安装在窗户上的光伏并网发电系统







# 250W光伏家用并网发电系统



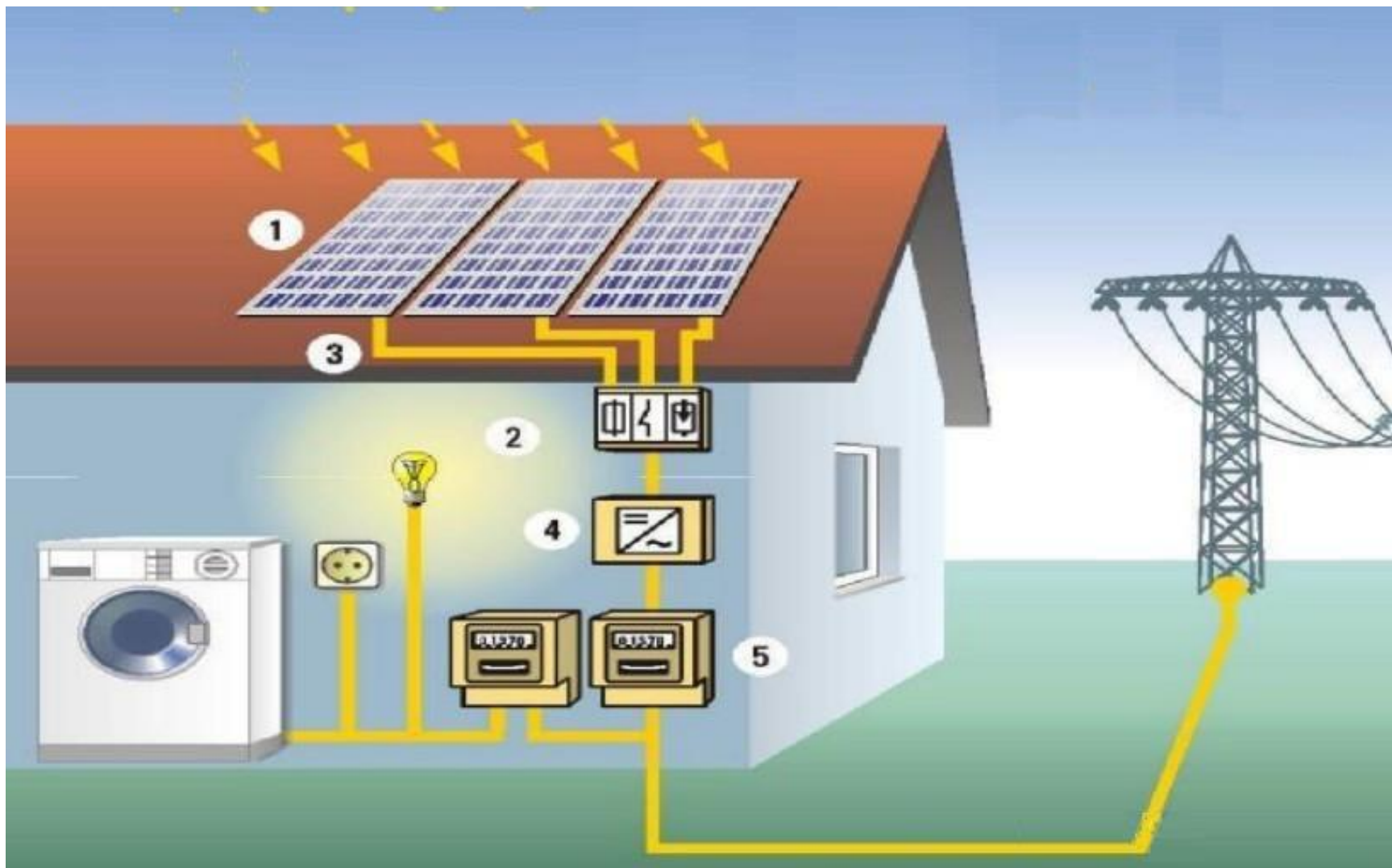


# 设计依据

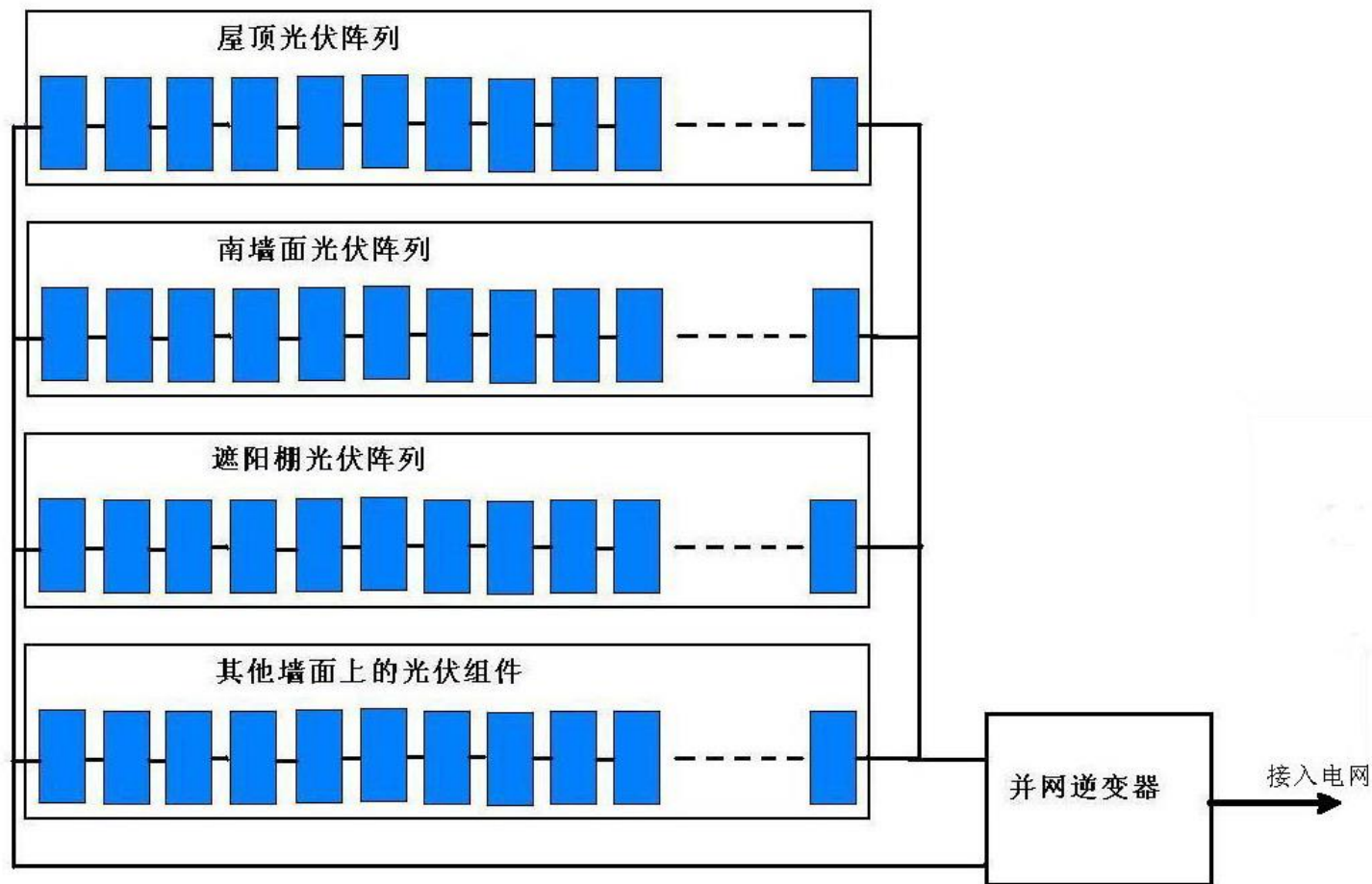
- **GB 50797-2012 光伏发电站设计规范**
- **CJS01—2010 太阳能光伏建筑一体化用用技术导则（暂行）（浙江省标准）**
- **DB11/T881-2012 建筑太阳能光伏系统设计规范（北京市地方标准）**



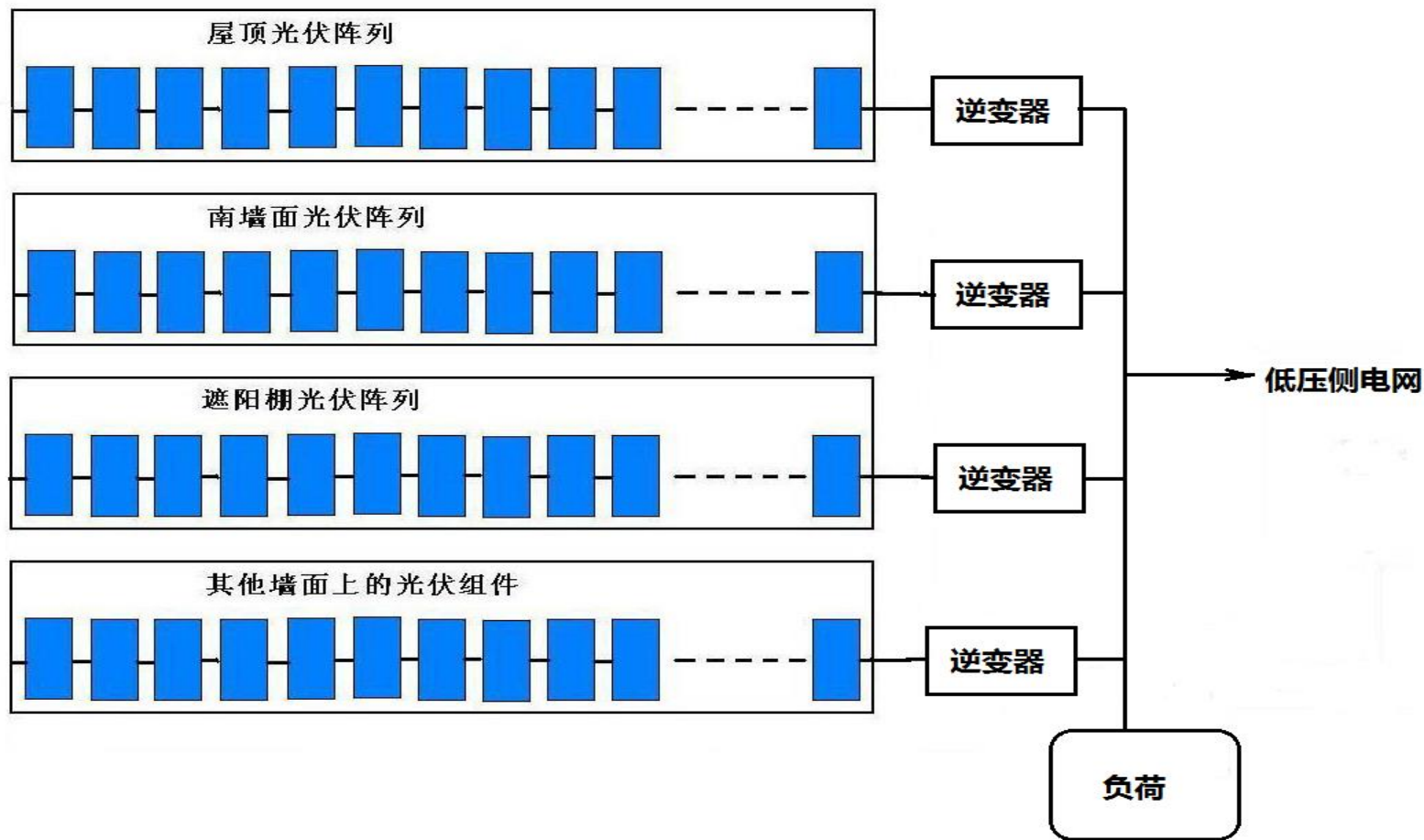
# 民用建筑光伏一体化及接入方式



# BIPV集中逆变上网方案



# BIPV分别逆变上网方案





# 并网电站的设计计算

- 设计容量相关参数：

- 1、平铺：6.7-7.2平方米/kWp

- 2、地面支架：10-25平方米/kWp

- 3、投资：0.8-1.2万元/kWp



# 系统设计

## 光电板倾角

- 通常要获得全年最大能量，应将光电板倾角设计成与当地地理纬度角相等。
- 倾角为地理纬度+15度可在冬季获更大能量。
- 倾角为地理纬度-15度可在夏季获更大能量。
- 最佳倾角要因地制宜。
- 可考虑跟踪系统



## 3-1. 太阳能辐射资源评估

- 取当地或临近地区的太阳能辐射资源数据
- 要求有近**10**年的平均太阳能辐射数据。
- 水平面总辐射（直射辐射，散射辐射）





# 水平面辐射折算到倾斜面

- 逐月计算每个月倾斜面上的太阳能辐射量

- $I_t = I_b \times [\sin(\alpha + \beta) / \sin \alpha] + I_d$

$R_b$ ——倾斜光伏阵列面上的太阳能总辐射量

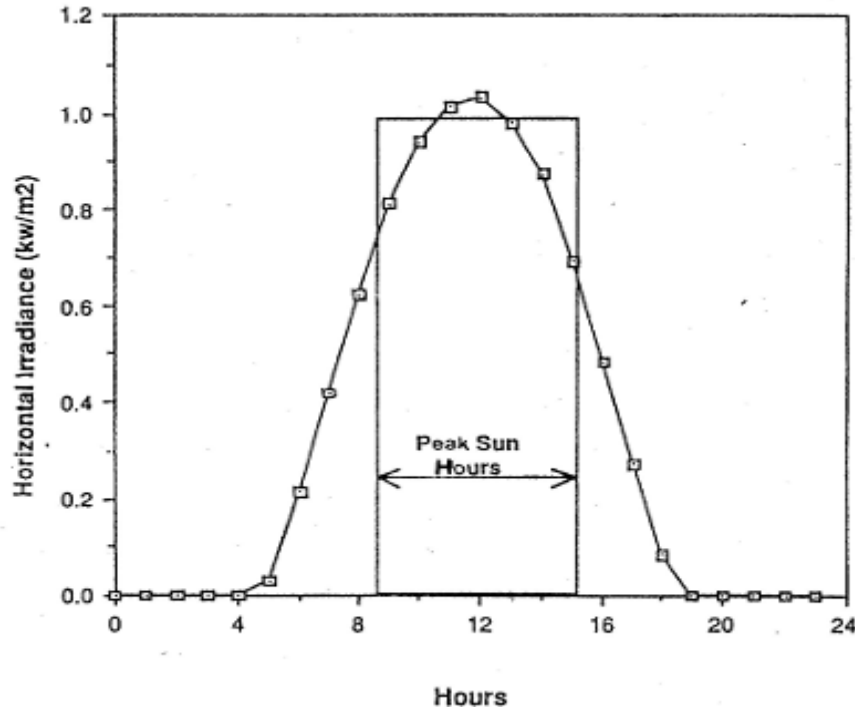
$I_b$  ——水平面上太阳直接辐射量

$I_d$  ——散射辐射量

$\alpha$ ——中午时分的太阳高度角  $\sin \alpha = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi$

$\beta$ ——光伏阵列倾角

# 计算峰值小时数 (h)



$$I = \frac{\quad}{1000}$$

- I: 倾斜面上的月平均日总辐射量 (Wh/m<sup>2</sup>)
- H: 峰值小时数 (h)

## 3-2. 光伏组件选型

### • 选型原则:

- 1、应尽可能选择性能稳定可靠的优质产品、确保**25年**的发电寿命。
- 2、光伏组件应选择较大尺寸和输出功率的组件，有利于节省支架和施工工作量。

• 外形尺寸：长 宽 高

• 电气性能:

- 1、额定最大输出功率 $P_m$
- 2、光伏组件的工作电压 $V_{pm}$  (V)
- 3、光伏组件的开路电压 $V_{oc}$  (V)
- 4、光伏组件的工作电流 $I_{pm}$  (A)
- 5、光伏组件的短路电流 $I_{so}$  (A)



单晶硅电池组件



多晶硅电池组件



柔性非晶硅电池组件



非晶硅电池组件



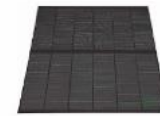
半透明非晶硅电池组件



单晶硅与非晶硅相结合电池组件(单面发电或双面发电)



碲化镉薄膜电池组件



钙钛矿薄膜电池组件

## 太阳电池按技术分类





# 逆变器选型





# 逆变器效率

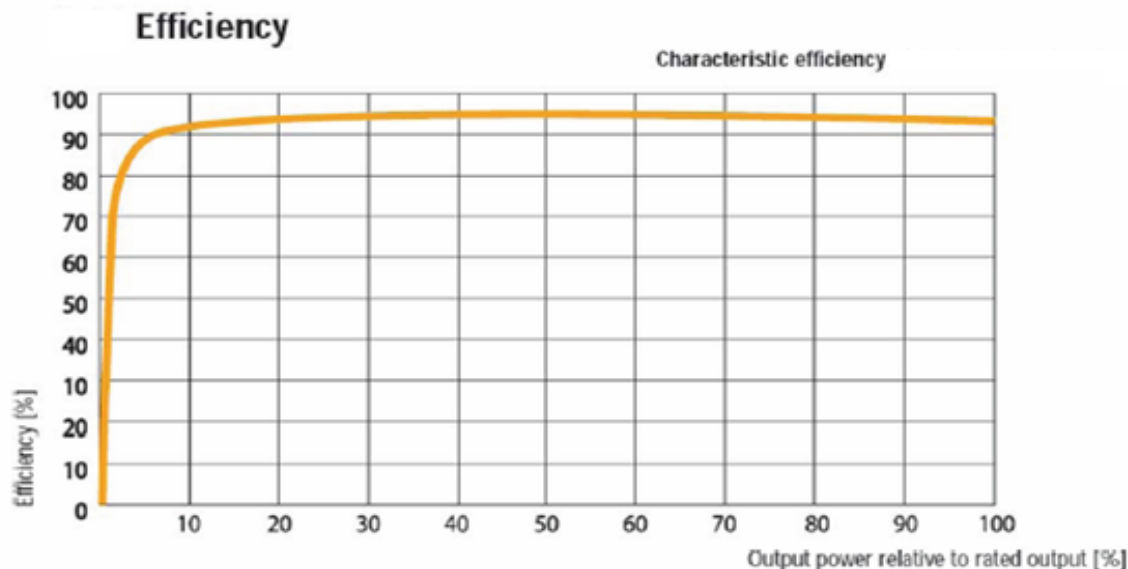
欧洲效率:

$$\eta_e = 0.03\eta_{5\%} + 0.06\eta_{10\%} + 0.13\eta_{20\%} + 0.1\eta_{30\%} + 0.48\eta_{50\%} + 0.2\eta_{100\%}$$

美国加州效率:

$$\eta_e = 0.04\eta_{10\%} + 0.05\eta_{20\%} + 0.12\eta_{30\%} + 0.21\eta_{50\%} + 0.53\eta_{75\%} + 0.05\eta_{100\%}$$

欧洲效率和加州效率的主要区别在50%，75%和100%处。



## 3-4. 光伏组件串联数计算

光伏组件串的串联数应满足下列公式

$$N \leq \frac{V_{dc \max}}{V_{oc} \times [1 + (t - 25) \times K_v]}$$

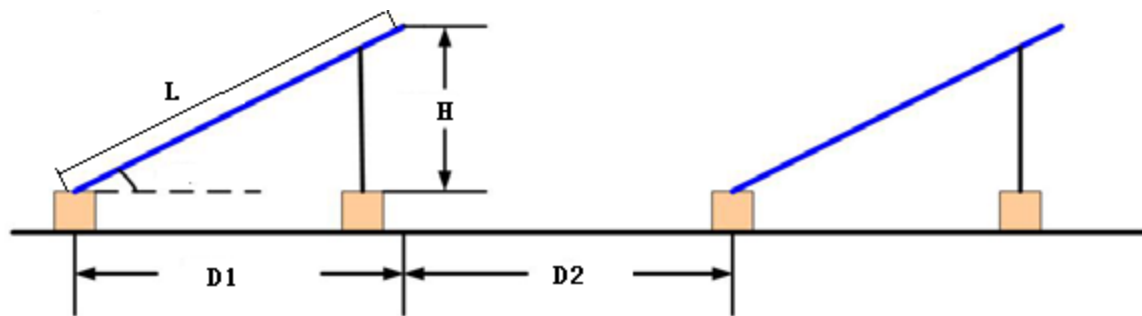
$$\frac{V_{mppt \min}}{V_{pm} \times [1 + (t' - 25) \times K_{v'}]} \leq N \leq \frac{V_{mppt \max}}{V_{pm} \times [1 + (t - 25) \times K_v]}$$

式中： $K_v$ ——光伏组件的开路电压温度系数；

- $K_{v'}$ ——光伏组件的工作电压温度系数；
- $N$ ——光伏组件的串联数（ $N$ 取整）；
- $t$ ——光伏组件工作条件下的极限低温（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
- $t'$ ——光伏组件工作条件下的极限高温（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
- $V_{dc \max}$ ——逆变器允许的最大直流输入电压（ $\text{V}$ ）；
- $V_{mppt \max}$ ——逆变器MPPT电压最大值（ $\text{V}$ ）；
- $V_{mppt \min}$ ——逆变器MPPT电压最小值（ $\text{V}$ ）；
- $V_{oc}$ ——光伏组件的开路电压（ $\text{V}$ ）；
- $V_{pm}$ ——光伏组件的工作电压（ $\text{V}$ ）。

# 遮阳距离计算

如果要求在全年最差日（冬至）的上午9:00到下午3:00期间不遮阳，则前后阵列的最短距离：



$$0.707H$$

$$D_2 = \frac{0.707H}{\tan[\arcsin(0.648\cos\varphi - 0.399\sin\varphi)]}$$







## 3-7. 汇流箱选型

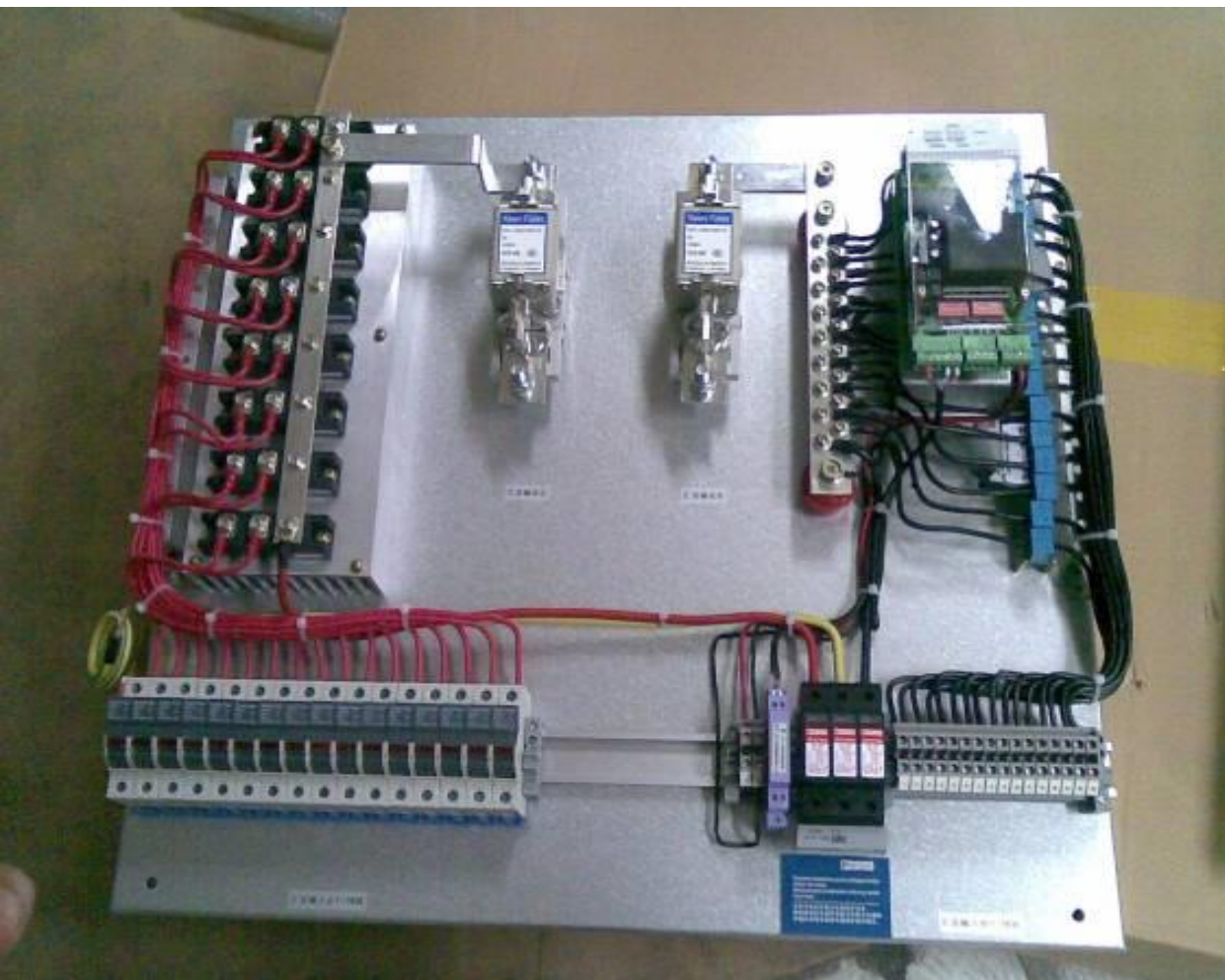
对于大型并网发电系统，为了减少光伏组件与逆变器之间的连接线，方便维护，提高可靠性，一般需要在光伏组件与逆变器之间装设汇流箱（直流汇流装置）。将多路组件串汇并成一路。



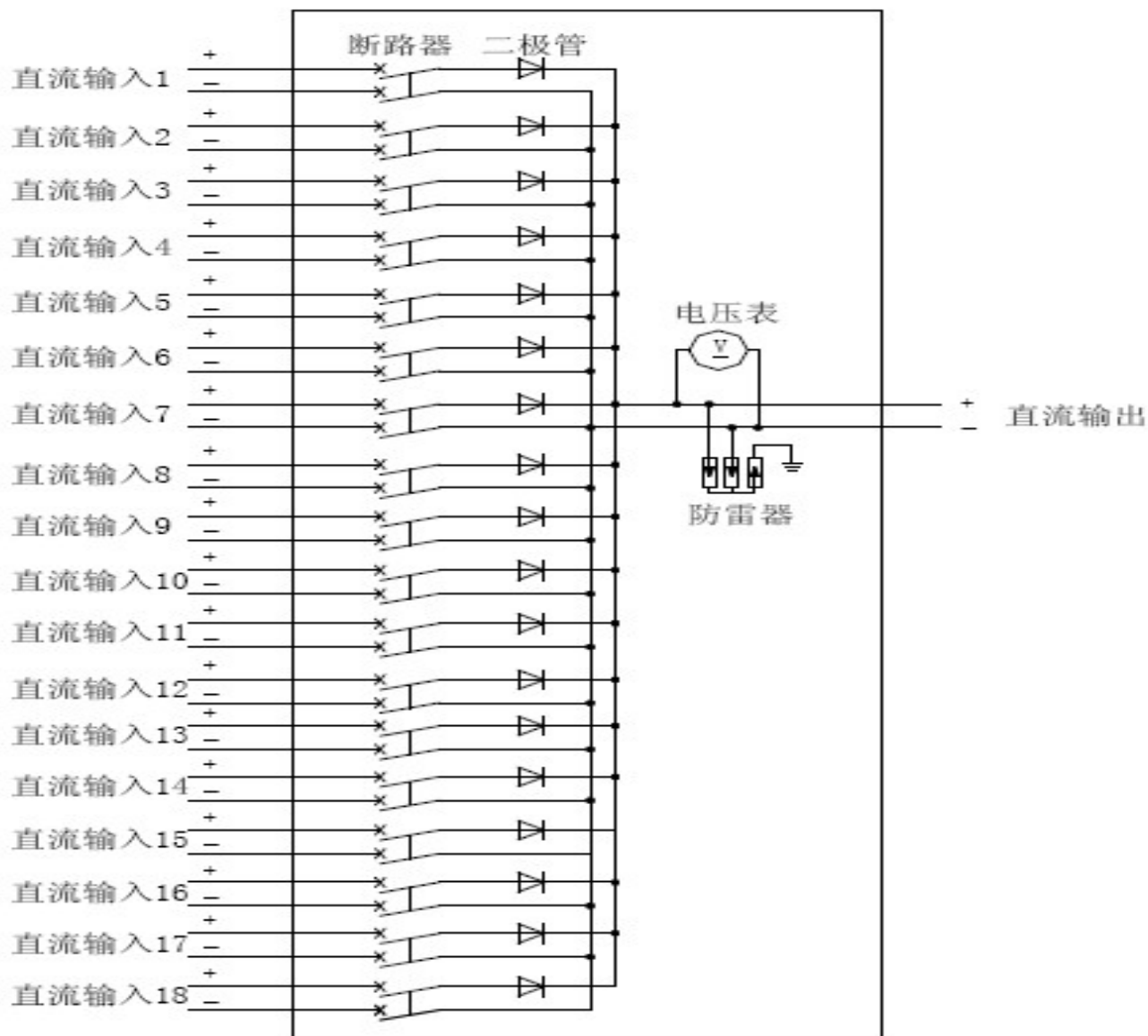
# Combiner box



# 汇流箱

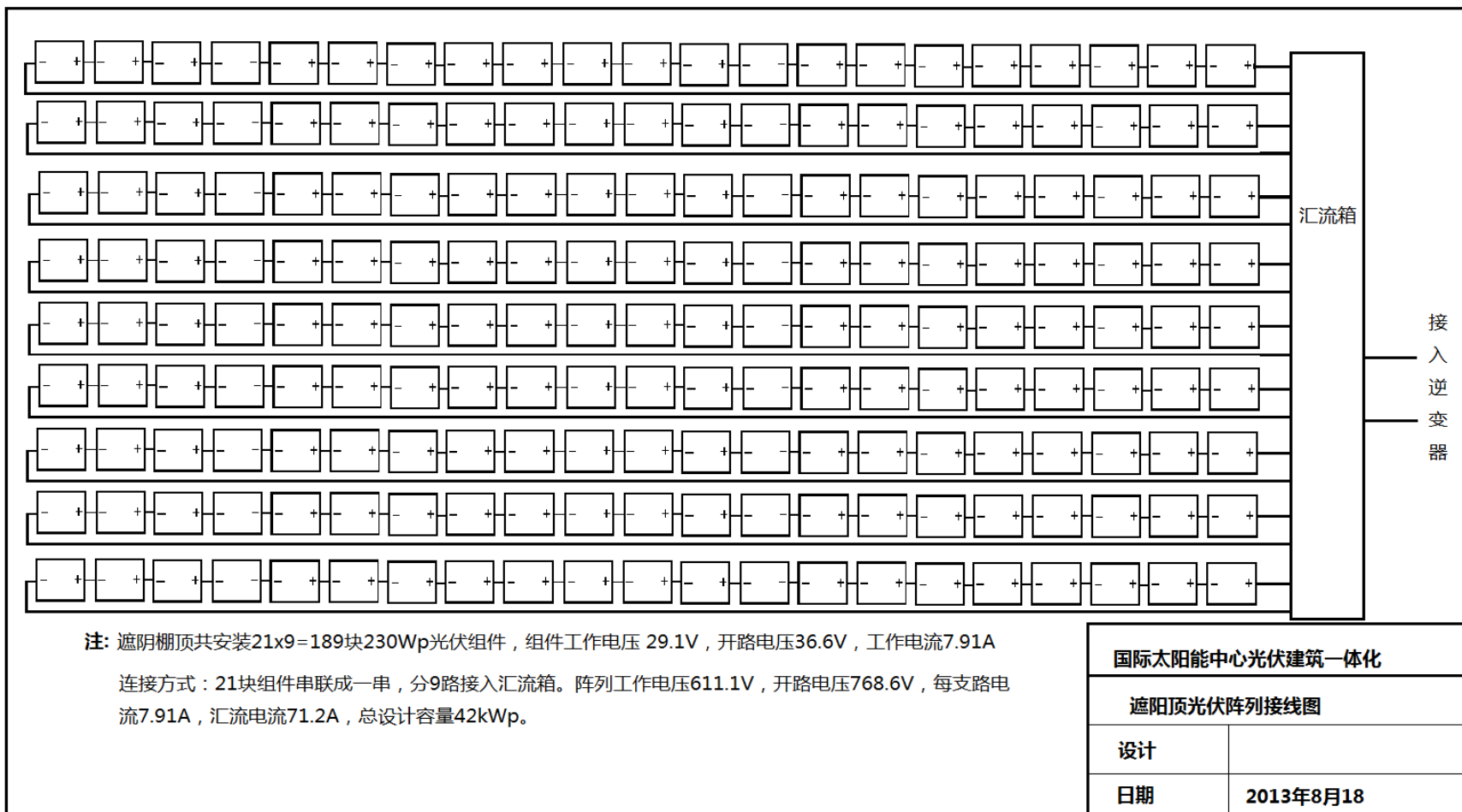


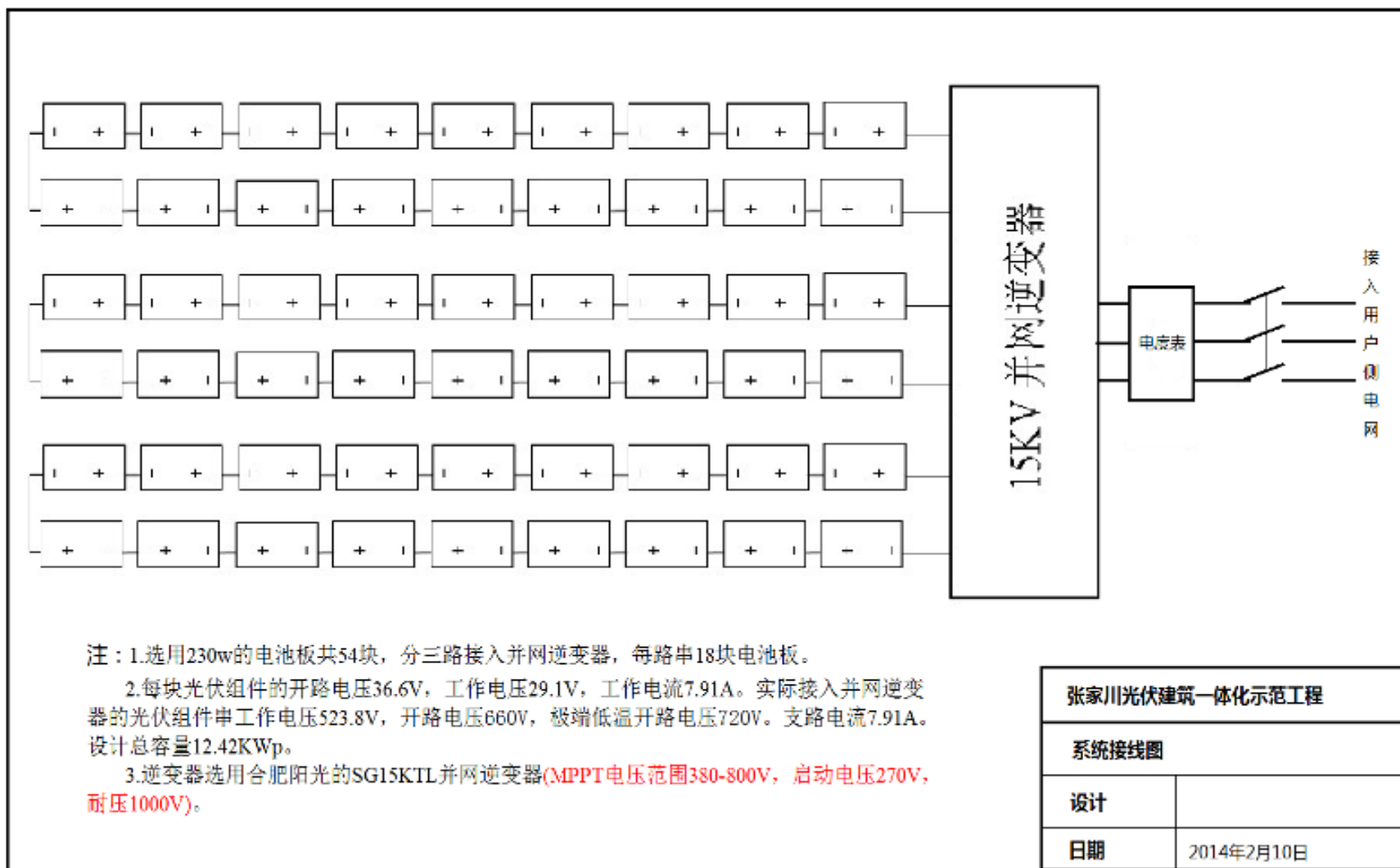
光伏电站选用光伏阵列防雷汇流箱，其中检测模块可以对每路电流进行检测，监控光伏组件组串，对防雷模块等状态接点进行故障报警。





# 42KW遮阳篷光伏阵列接线图





## 3-8. 电缆选型

- 1) 光伏直流部分电缆线要求：由于光伏发电场地较大，输电电流较大，线路较长，因此在电缆设计时不仅要考虑电缆的安全承载电流，还要根据电缆长度计算电缆压降导致的线路损耗。要选择足够截面积的导线，同时尽量缩短线路长度以免线路损耗过大。

光伏直流部分电缆线应满足抗紫外线、抗老化、抗高低温、防腐蚀和阻燃等性能要求，选用国标双绝缘防紫外线阻燃铜芯电缆。

- 2) 交流电缆线要求：

选用铜芯电缆，或合金铝电缆（参见国标图集）。



# 防雷及接地

- ① **光伏组件**：光伏支架应与建筑接地可靠等电位连接，也可采用单独直接接地的方式进行防雷保护。
- ② **主、辅建（构）筑物的防雷保护设施**：按《建筑物防雷设计规范》（GB50057-94）、《建筑物电子信息系统防雷技术规范》（GB50343）及《交流电气装置的过电压保护设计技术规程》（DL/T 620）等标准综合考虑。





# 三、 太阳能光伏系统发电量评估



# 年发电量估算

$$E=H*Pe*K$$

- H—光伏组件表面的年总太阳辐射量 (kWh/m<sup>2</sup>, 太阳峰值小时(h));
- Pe—光伏组件安装总量 (kWp);
- K—系统总效率 (%) .



# 光伏技术在建筑上的其他应用

- 1、光伏通风系统
- 2、光伏冷暖空调系统
- 3、光伏+太阳能热水器采暖系统
- 4、光伏+空气集热器采暖系统



# 1、光伏通风系统

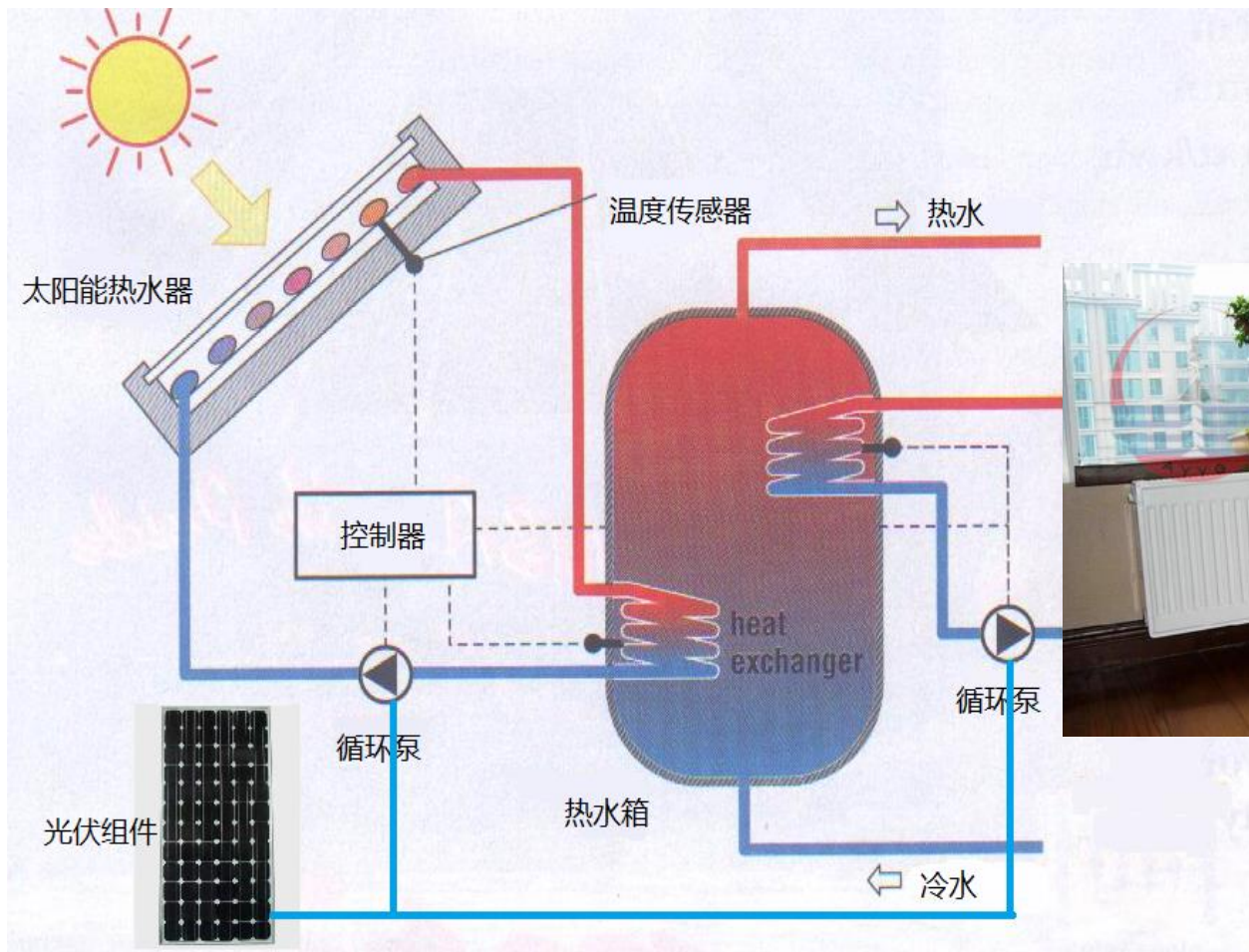
光伏通风系统是采用光伏发电组件直接驱动风扇或鼓风机对建筑内部进行通风或换气技术的应用系统。



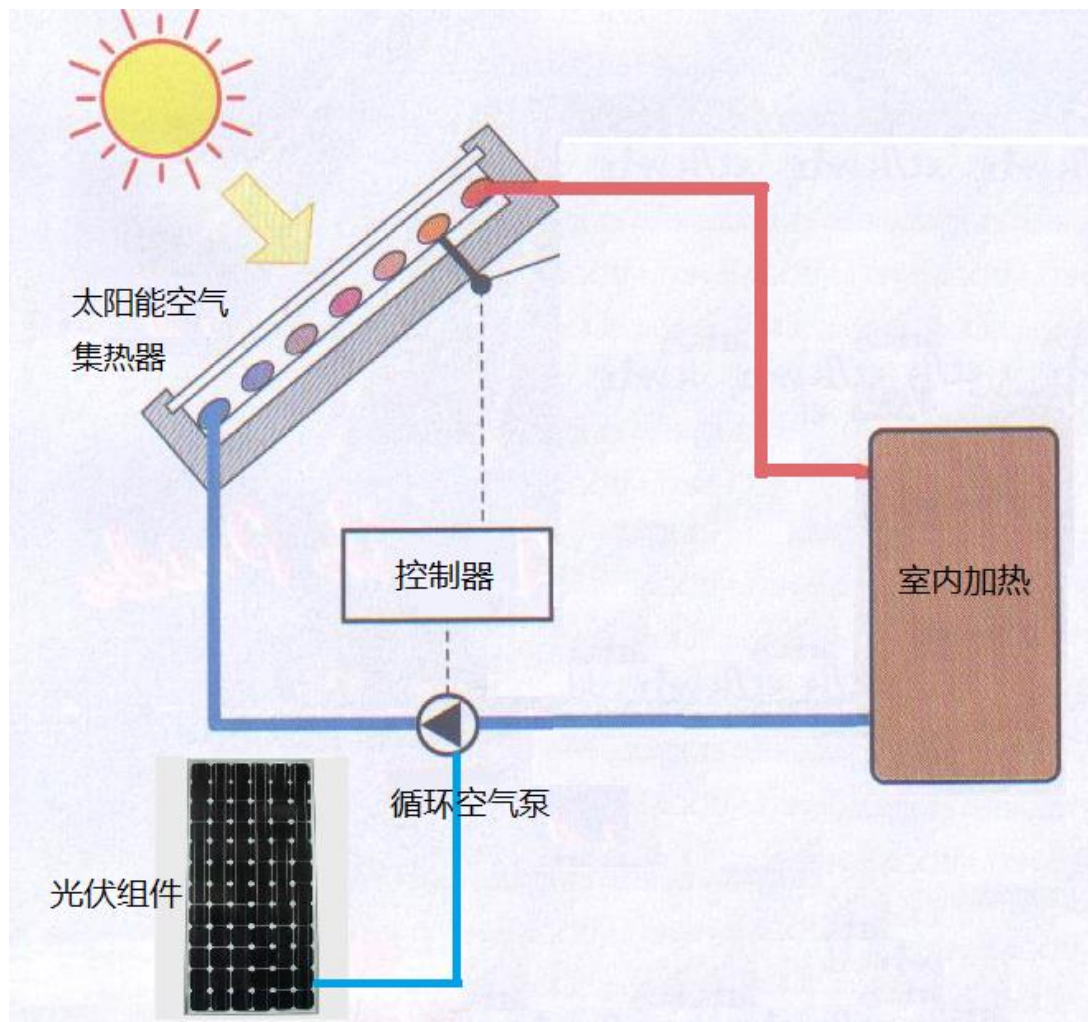
## 2、光伏+太阳能热水器和采暖系统

光伏太阳能热水器采暖系统是在太阳能热水和采暖系统中采用光伏水泵进行强制循环，可以保持光伏水泵的启动与太阳能热水器采暖系统完全同步，大大提高系统效率，降低造价和运行费用。

# 全太阳能热水采暖系统



### 3、光伏+空气集热器采暖系统





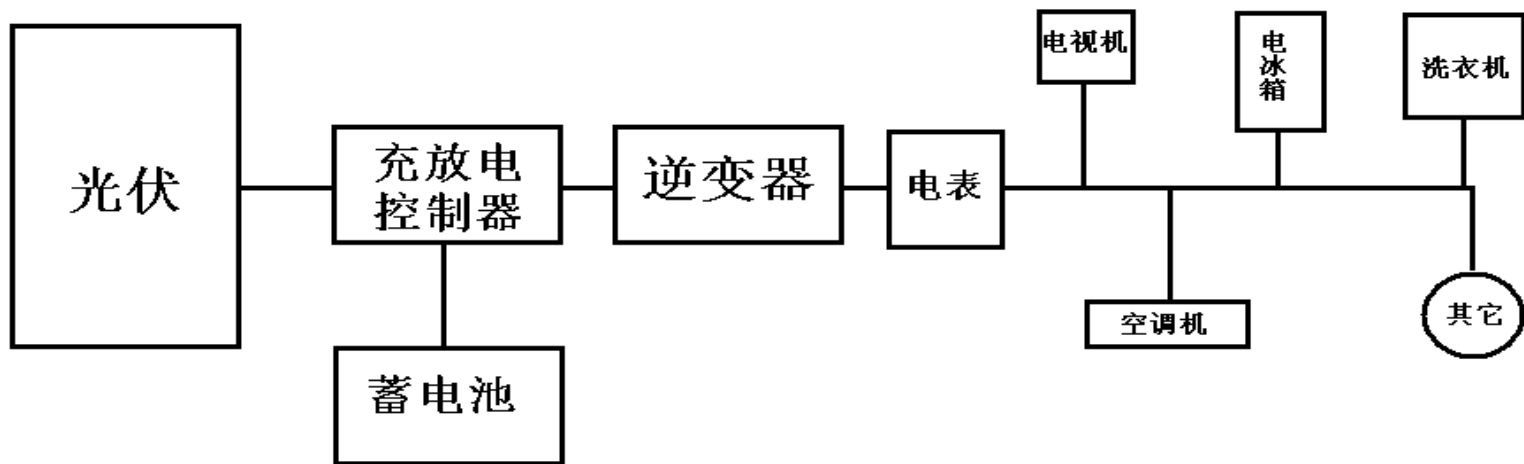
## 4、光伏冷暖空调系统

光伏空调技术是由光伏发电驱动空调机对建筑内部温度进行调节的技术，由于光伏发电与空调机的有机结合和发电与负荷的极佳配合，该技术及其产品有着非常广阔的市场前景。

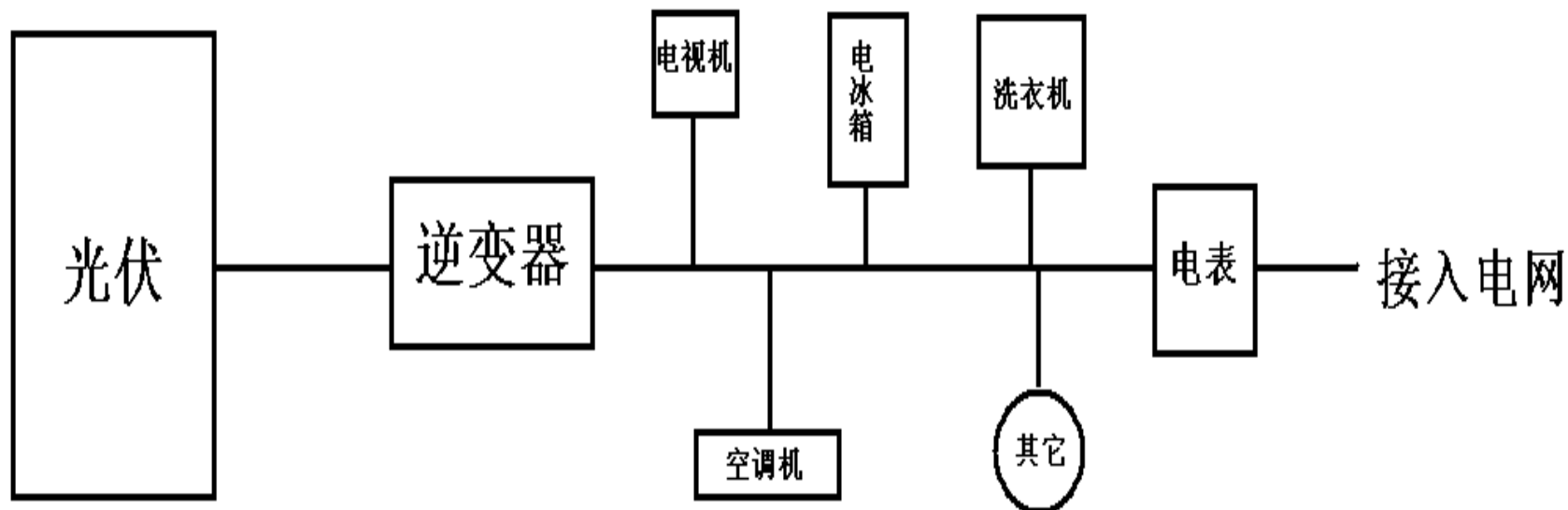




# 具有蓄电池储能的光伏空调系统

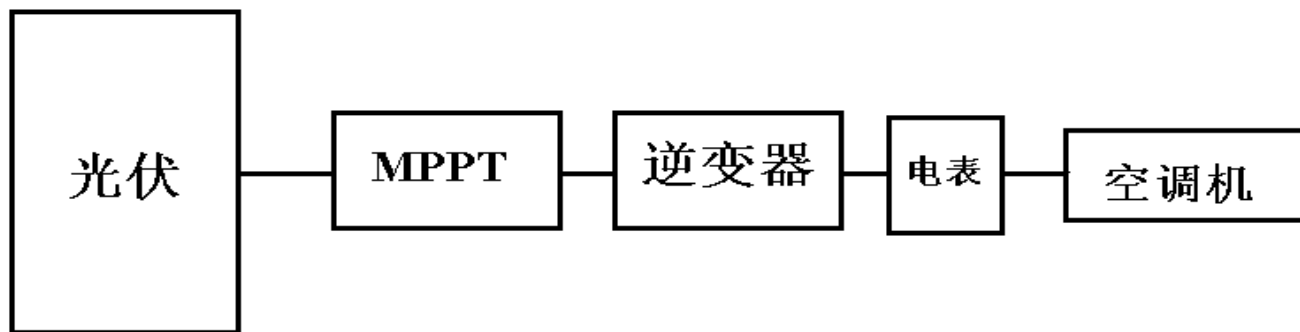


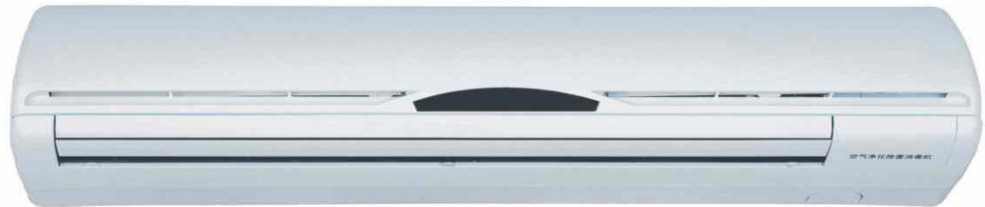
# 并网型光伏空调





# 直驱型光伏空调







- 太阳能建筑一体化具有广泛的应用前景，光伏建筑一体化由于其主要安装在用户建筑上，在投资回报、建设、维护、使用等方面都具有大漠光伏电站所没有或欠缺的优越性，但也存在很多具体技术问题。要努力发展适合光伏建筑一体化所需要的各种材料，打造新“秦砖汉瓦”，解决好光伏和建筑相结合过程中存在的问题，平衡光伏发电和建筑的美观、采光、暖通、供电等方面的协调关系。要做到建筑和光伏发电的完美结合，相辅相成，相得益彰。



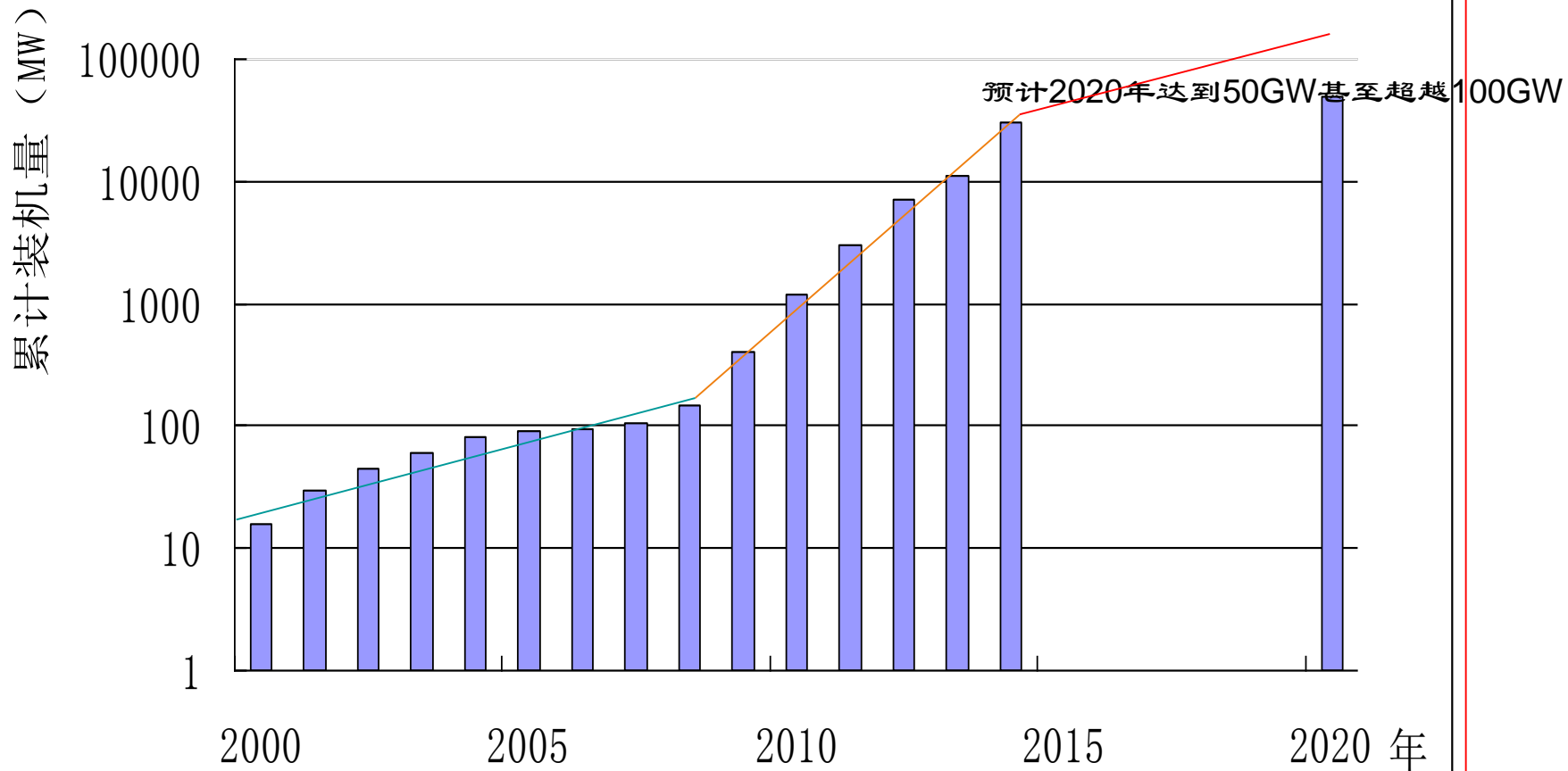
# 4. 光伏市场前景



# 2014年全球光伏发电市场发展

- 中国10.52GW，累计30GW
- 德国2GW，累计37GW
- 日本8—9GW，累计15—16GW
- 意大利1.5-2GW,累计 19-20GW
- 西班牙125MW，累计4.6GW
- 澳大利亚890MW，累计3.7GW
- 韩国500MW累计2GW
- 泰国794MW，累计1.2GW
- 马来西亚累计150MW
- 瑞士300—350MW，累计1.15—1.3GW
- 以色列累计481MW

# 中国大陆近年来光伏累计装机量及未来预测







# 中国市场

- 2011年我国光伏装机容量是3GW(300万千瓦),
- 2012年新增装机为4GW, 累计到7GW。
- 2013年提出10GW的目标,实际新增装机容量达到11.3GW, 累计18.3GW。
- 2014年提出的新增目标是14GW, 实际安装10.5GW, 仅完成目标的76%, 累计达到28.8GW。
- 2015年计划全国新增光伏电站建设规模17.8GW, 而且逐步把重点向江浙广东等发达地区转移, 这反映了显示了中国政府节能减排, 消除雾霾的决心和勇气。



## 2015 年光伏发电建设实施方案

序号	地区	2015 年新增光伏电站建设规模 (万千瓦)	备注
合计	全国	1780	
1	河北	120	其中 30 万千瓦专门用于光伏扶贫试点县的配套光伏电站项目
2	山西	65	其中 20 万千瓦专门用于光伏扶贫试点县的配套光伏电站项目
3	内蒙古	80	
4	辽宁	30	
5	吉林	30	
6	黑龙江	30	
7	江苏	100	
8	浙江	100	
9	安徽	100	其中 40 万千瓦专门用于光伏扶贫试点县的配套光伏电站项目
10	福建	40	
11	江西	60	
12	山东	80	
13	河南	60	
14	湖北	50	
15	湖南	40	
16	广东	90	
17	广西	35	
18	海南	20	
19	四川	60	
20	贵州	20	
21	云南	60	
22	陕西	80	
23	甘肃	50	其中 25 万千瓦专门用于光伏扶贫试点县的配套光伏电站项目
24	青海	100	其中 15 万千瓦专门用于光伏扶贫试点县的配套光伏电站项目
25	宁夏	100	其中 20 万千瓦专门用于光伏扶贫试点县的配套光伏电站项目
26	新疆	130	
	兵团	50	



- 据有关部门预计，从2015年到2020年，每年中国光伏发电的装机容量都将超过15GW。从2021年到2030年，每年太阳能发电的装机容量将不低于10GW。从而使得光伏产业成为中国经济长久和稳定的发动机。



# 到2014年底甘肃光伏发电装机量已经突破了5GW，风力发电突破了10GW。

- 由于电站建设速度过快和当地消纳能力不足，导致我国西部大部分光伏和风力发电出现了发电和输电的矛盾十分严重，弃光、弃风现象比较普遍。有的地方弃光弃风的比例达到40%甚至更多。

# 2015甘肃集中式、分布式光伏电站规模指标表

- 按国家能源局有关要求，对弃光限电严重的河西五市，除配合特高压外送通道安排的项目外，不再安排新增备案规模指标。对其他市、州，按电网接入条件和市场消纳能力予以安排。

序号	市州	规模(万千瓦)
1	白银市	4
2	平凉市	4
3	甘南州	4
4	兰州市(含新区)	3
5	庆阳市	3
6	临夏州	3
7	天水市	2
8	定西市	2
	<b>合计</b>	<b>25</b>



# 光伏扶贫试点配套光伏电站指标分配图

甘肃省下发《关于下达2015年光伏电站项目备案规模指标及有关问题的通知》，明确了光伏扶贫试点光伏电站配套规模指标，将25万千瓦光伏扶贫项目指标分配给12个光伏扶贫试点县。

序号	光伏扶贫试点县	规模（万千瓦）
1	定西市通渭县	2
2	天水市清水县	2
3	张掖市民乐县	2
4	陇南市礼县	2
5	甘南州临潭县	2
6	临夏州东乡县	2
7	庆阳市环县	2
8	平凉市庄浪县	2
9	白银市会宁县	2
10	武威市古浪县	2
11	定西市临洮县	2.5
12	酒泉市瓜州县	2.5
	合计	25



# 中国市场潜力

- 据统计，中国发电总量为4.6万亿度左右，如果以这个基数的10%用光伏发电替换，应装机250GW，这个目标也需要至少目前产量的10年的才能满足。
- 中国现有大约400亿平方米建筑面积，屋顶面积40亿平方米，加上南立面大约50亿平方米可利用面积。如果仅用1%的面积安装太阳能电池，也可以装大约10GWp的光伏发电装机市场。



# 分布式光伏发电在新型城镇化及建筑节能中的应用前景

- 新农村建设的需求
- 新型城镇化建设的需求
- 建筑节能环保的需求





## 谢谢！

- 电话: **0931-8386006**
- 传真: **0931-8386 006**
- QQ: **541905421**
- 地址: 中国 兰州 城关区人民路20号
- 邮编: **730046**
- 电邮: **lishimin@unido-isec.org**
- 网址: **www.unido-isec.org**



# 太阳能热发电技术



**单机容量:10-20MW**  
**工作温度: 565/1049 °C**  
**转换效率: 20%**  
**造价: \$4.0~2.7/W**





## 安装在加利福尼亚的塔式热发电系统

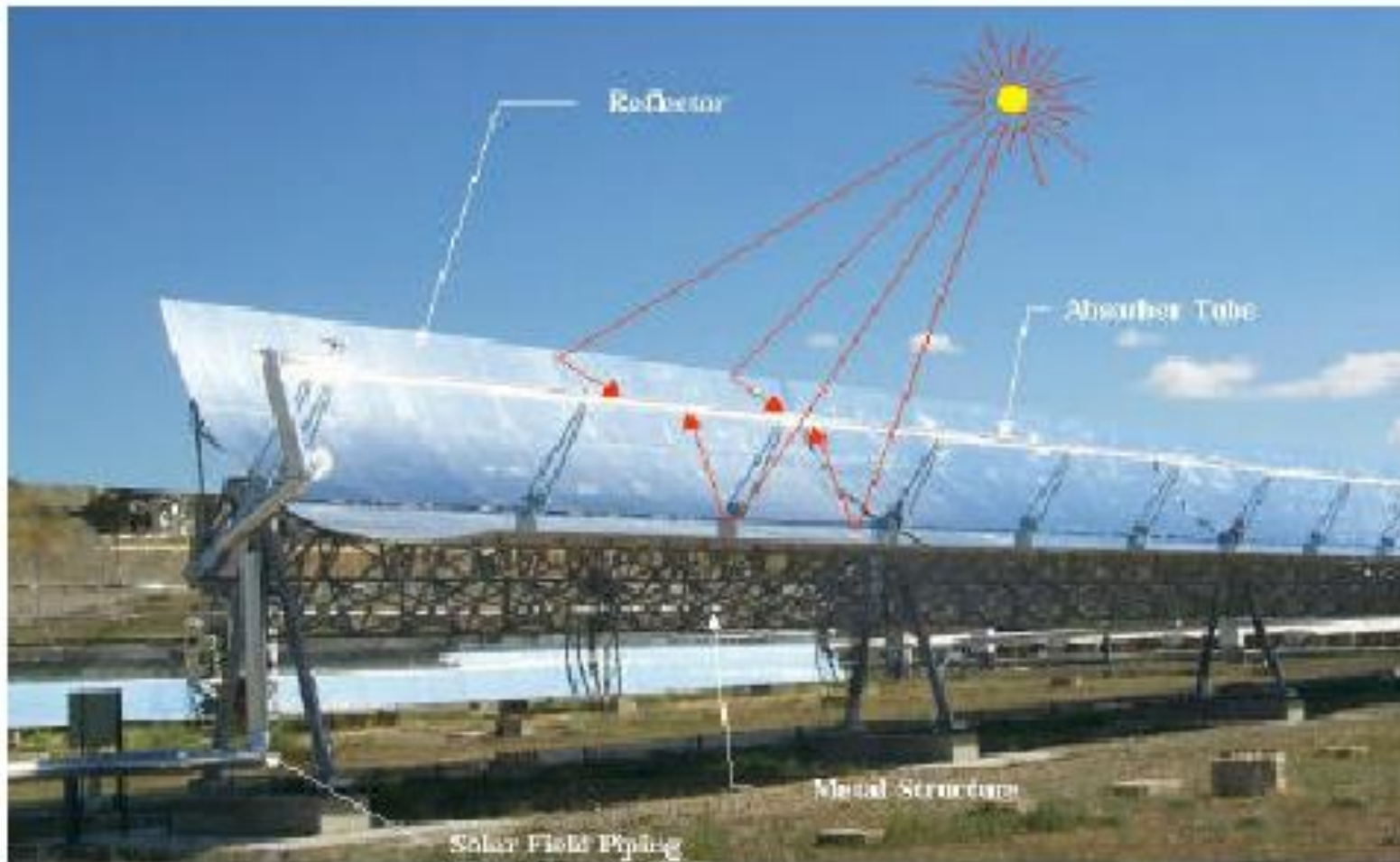


## Power tower in Barstow, California.



# 槽式发电集热器系统

容量:30-320MW  
工作温度:390/734 °C  
转换效率: 20%  
价格:\$4.4~2.5/W

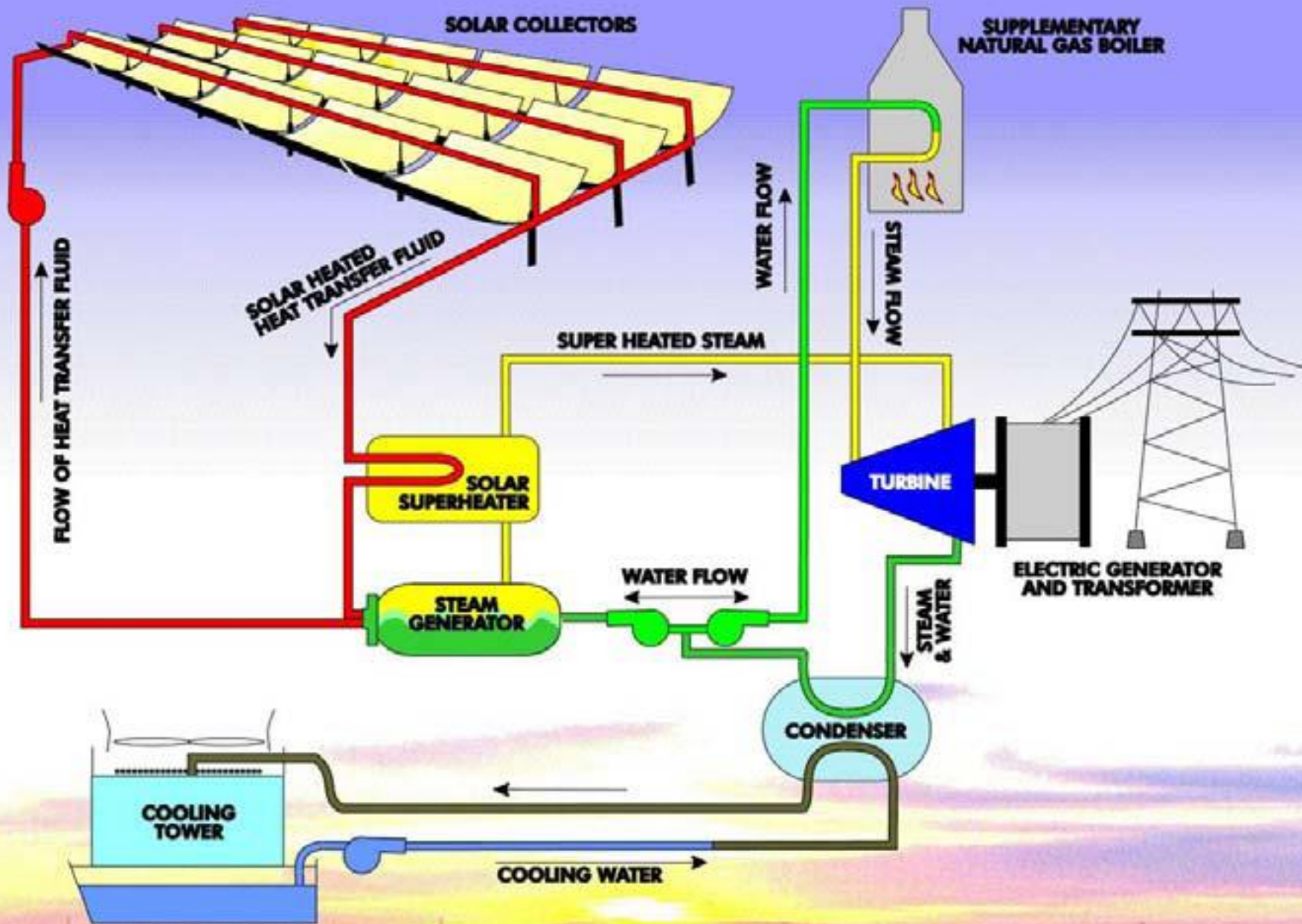






# 槽式发电集热器系统









# 线性菲涅尔太阳能集热系统









## 斯特林热发电

容量:5-25MW

工作温度 750/1382℃

转换效率: 25%

价格: \$12.6~1.3/W





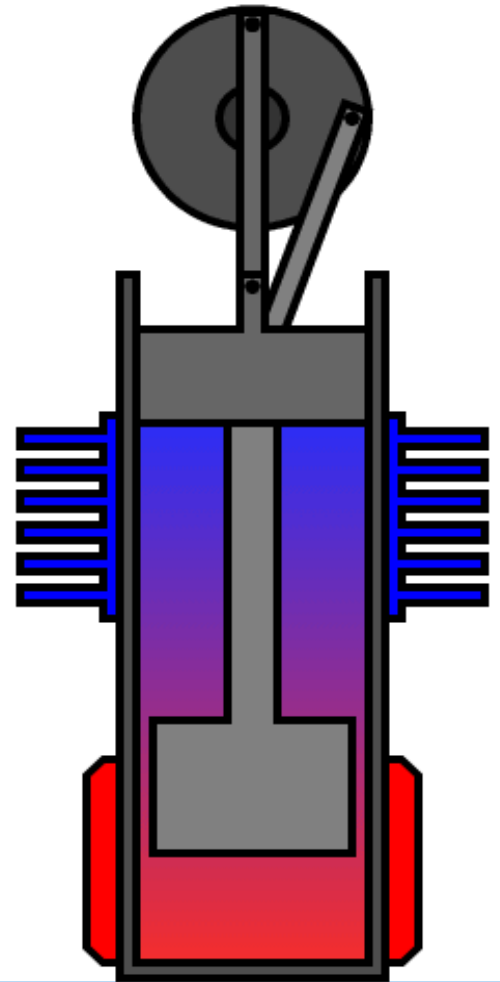
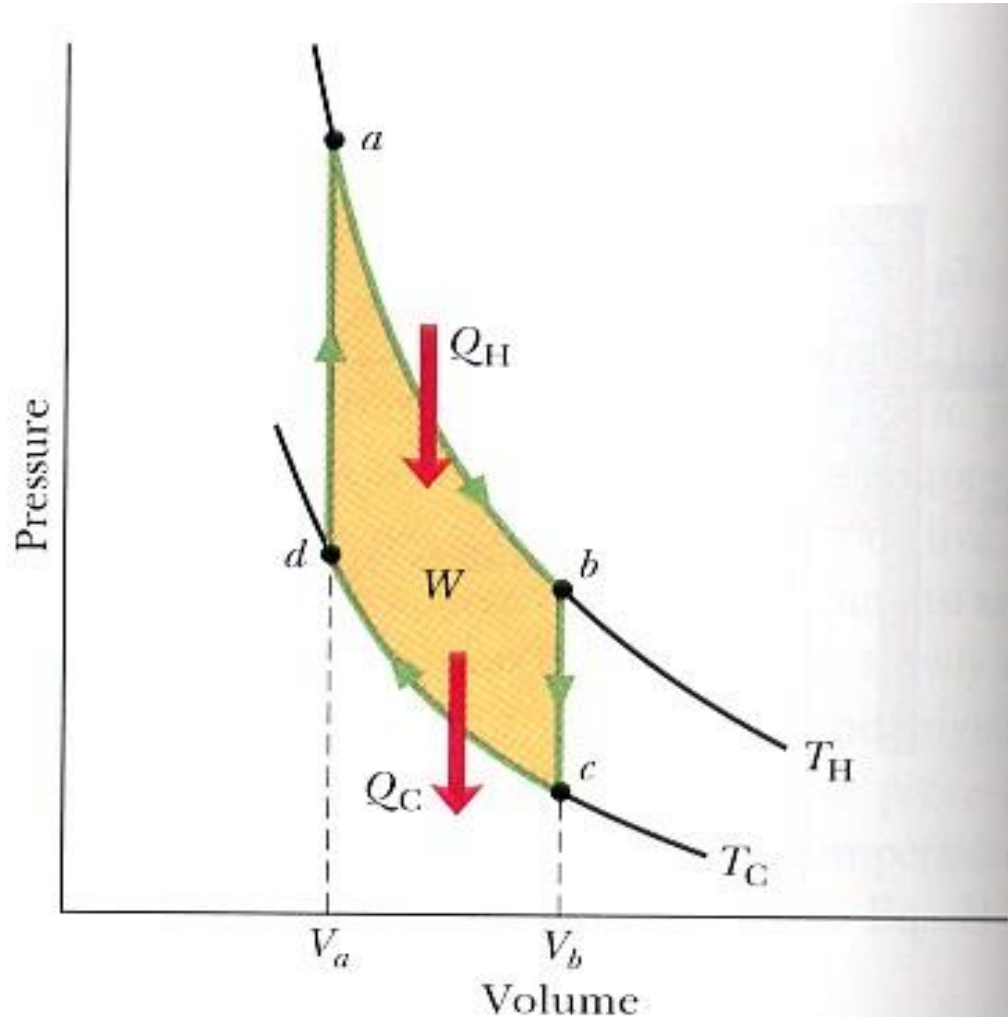
联合国工业发展组织国际太阳能技术培训中心  
亚太地区太阳能研究培训中心  
甘肃自然能源研究所



## 斯特林热机



## 斯特林热机 P-V 曲线







## 斯特林热发电的优缺点

### 优点是：

- 1、可获得较高的的工作温度，发电效率较高。
- 2、单机可设计成小容量（2-10KW），单独运行，易于产品化，商品化。
- 3、没有传热液体管道，检修方便。

### 缺点是：

- 1、和光伏发电相似，不能采用储热的办法储能。
- 2、发电受太阳能辐射影响较大，输出功率不稳定。



## 利用甘肃荒漠建太阳能电站

甘肃省全省总土地面积45.44万平方公里，山地多，平地少，全省山地和丘陵占总土地面积的78.2%。全省土地利用率为56.93%，其中农用地为3.81亿亩；建设用地0.14亿亩；未利用地2.87亿亩（约930平方公里）。占全省总土地面积的2.05%，包括沙漠、戈壁、高寒石山、裸岩、低洼盐碱、沼泽等。这对全省经济和社会发展来说，是十分可观的后备土地资源。也为应用太阳能提供了优越的条件。

如果我们能全部利用那些未利用的荒漠戈壁和荒山（约930平方公里）建设太阳能光伏发电：可建约75000MW（7500万千瓦）光伏电站，年发电量约350亿度电的无污染电站。比2个大亚湾核电站发电量还要大。



# 风力发电技术



- 风力发电机可以安装在农村或牧场，可以改善边远地区的经济状况。风电建设只占地约**2%**，大部分土地仍旧可被农牧利用。当地人民可通过土地占用费得到补偿，提高土地的价值。

风能是目前价格最低的可再生能源之一。

风能是当地的能源资源。



## 可利用风能

风能的密度50-250W

风速超过3m/s的时间500-1500小时

中国的可开发风能资源是10亿KW,大于水能资源的3.8亿KW。



# 风力功率

风力可由下式计算

$$P = \frac{1}{2} \rho v^3 A$$

$P = [W]$  风轮上的投入功率

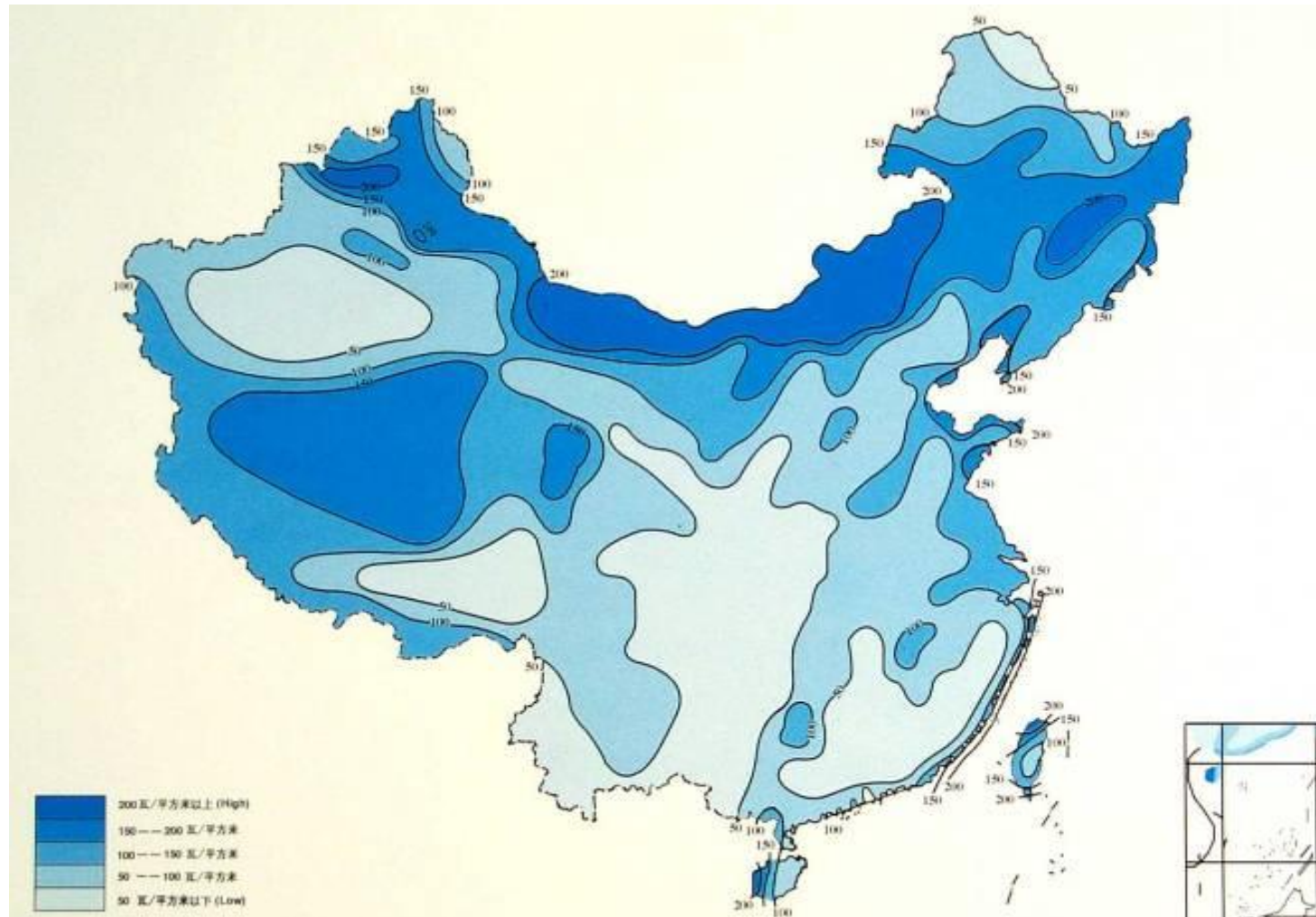
$\rho = [kg/m^3]$  空气密度

$v = [m/s]$  风速

$A = [m^2]$  风轮的截面

# Distribution of Effective Wind Power Density in China (W/m<sup>2</sup>)

中国有效风能资源分布









Small wind turbine  
for family 小型家用  
风机



Wind/PV hybrid power station  
风光互补发电站



## Wind Farm(Guangdong)



Wind Farm (Zhejiang)



Wind Farm (Xinjiang)



## Wind Farm (Inner Mongolia)









昵图网 [www.nipic.com](http://www.nipic.com) BY: share8888

NO:20100829172802325356

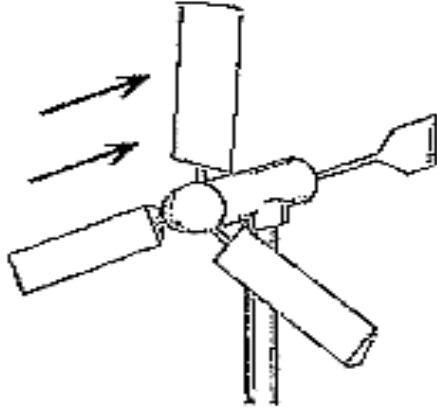






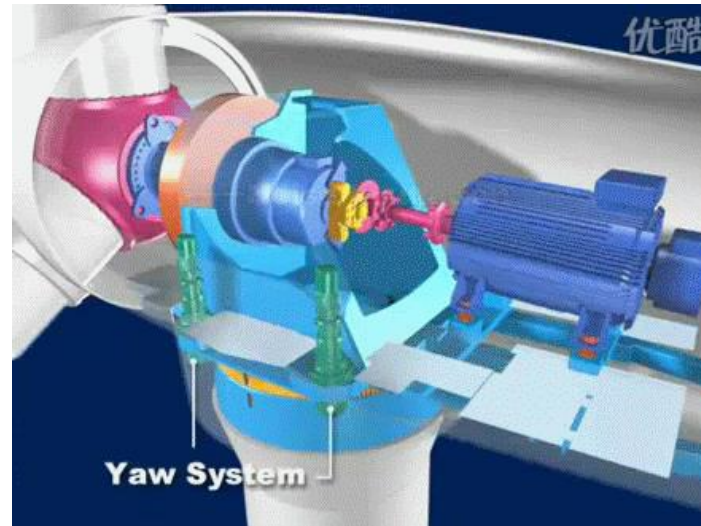
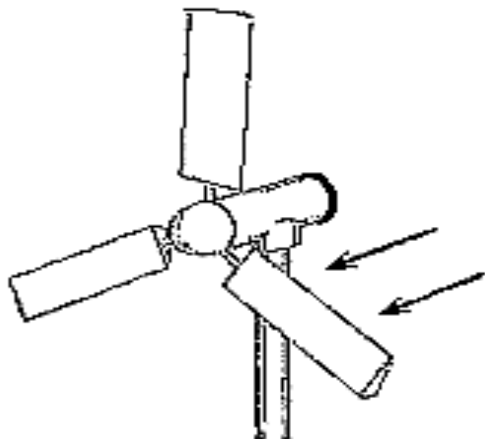
# UPWIND TURBINE

迎风型



# DOWNWIND TURBINE

背风型



## 风力发电机的规格



小型 ( $\leq 10$  kW)



中型 (10-250kW)

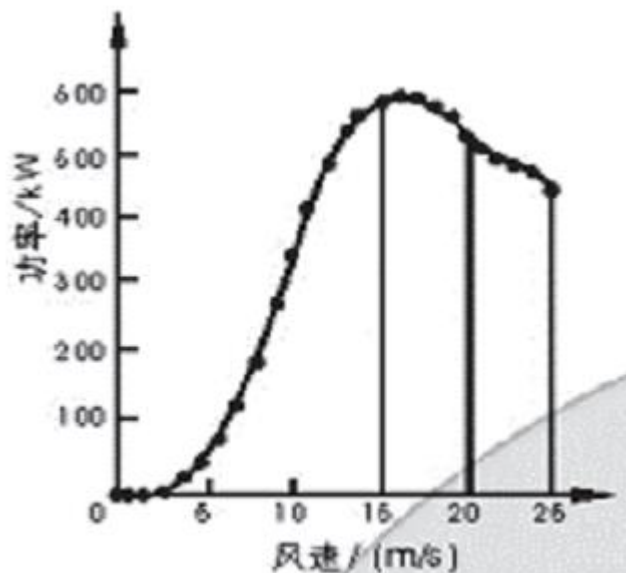


大型 (250 kW - 2+MW)

## 定桨型风机

当风速高于额定值，风机会自动失速，  
限制输出功率。

当发电机突然失去负载，或者遇到强大  
风力时应该停止使用。

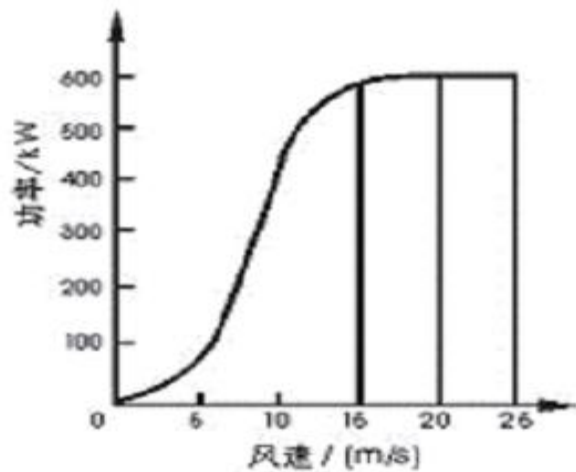


定桨距风力发电



## 变桨式风机

- 桨片角度可随风速变化而变化
- 不需要刹车系统
- 当风速高于额定风速后，输出就相对稳定了。



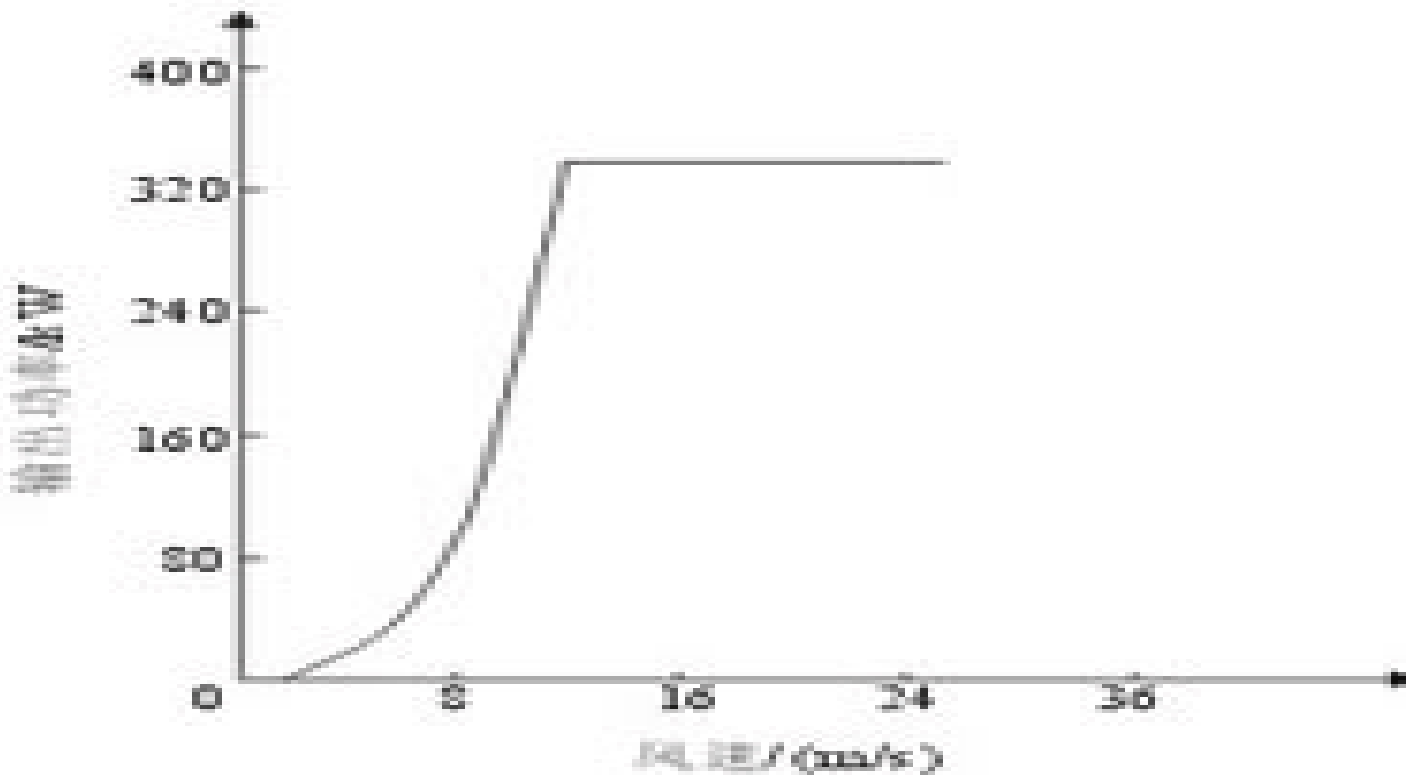
变桨距风力发电



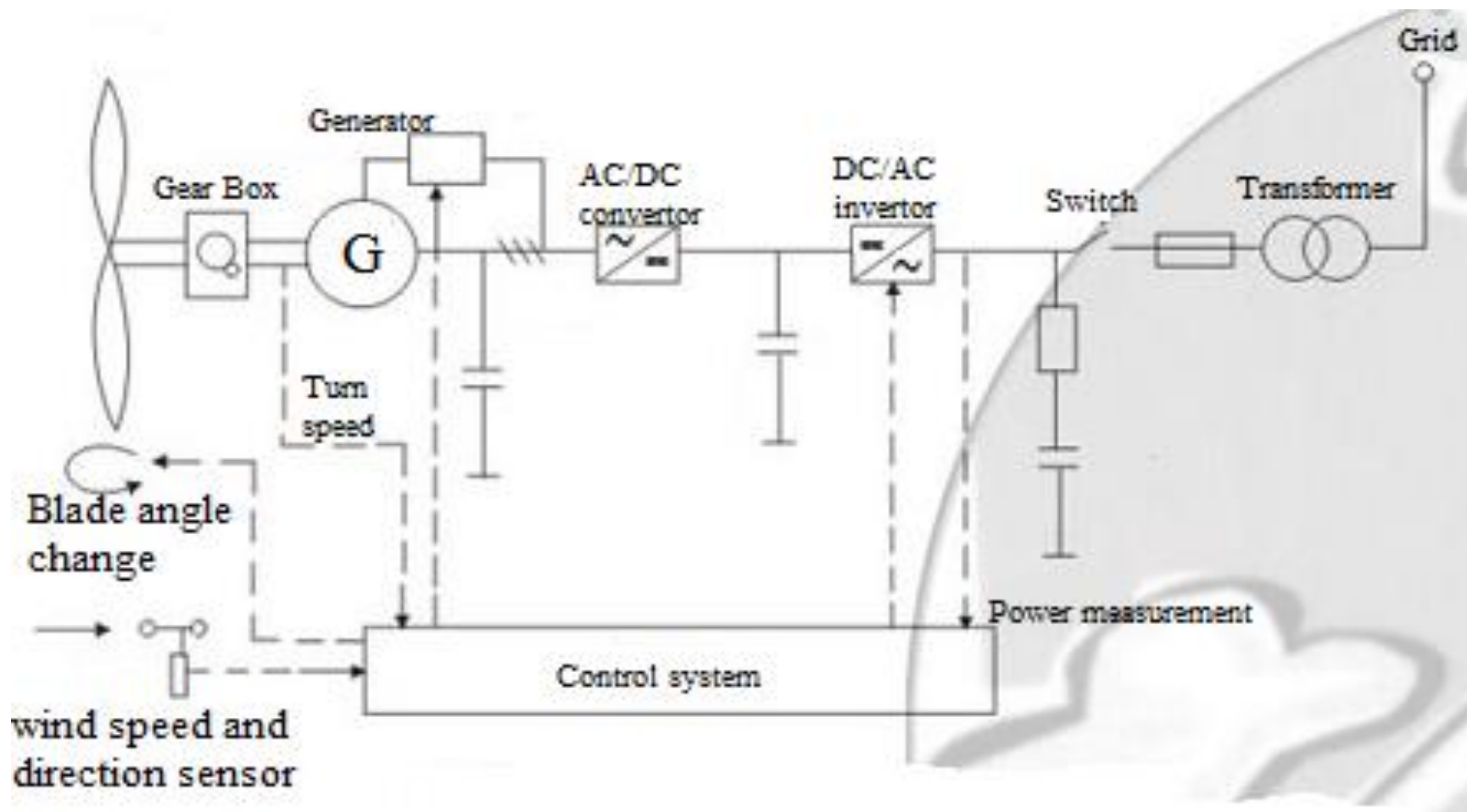


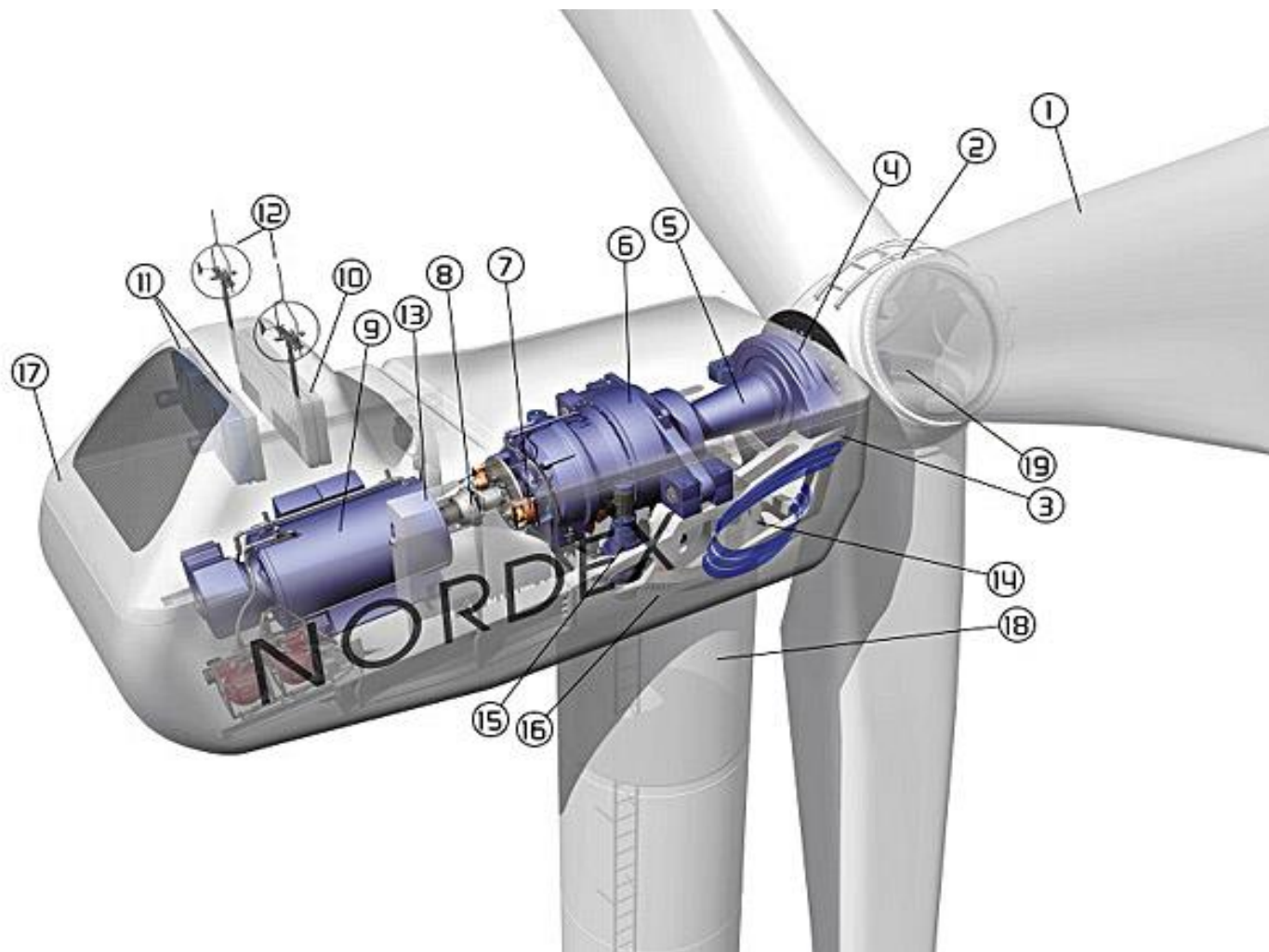
## 变速型风机

- 根据风速调节最佳的风机转速以保持最大的能源输出。  
这种风机通常适用于大型风机。



## 变速型风机



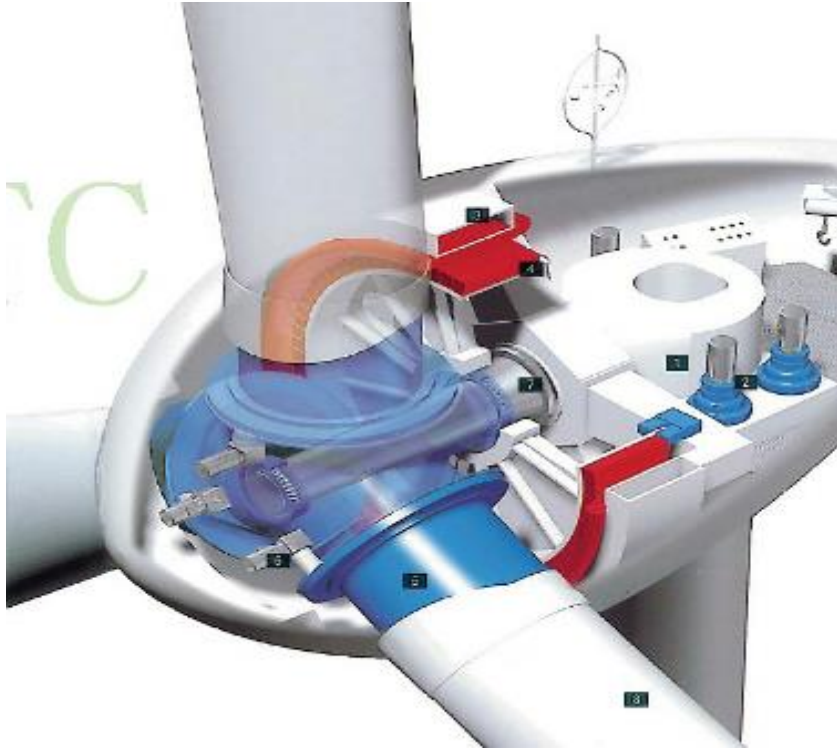


- 1、 blade
- 2、 wheel hub
- 3、 engine room
- 4、 connector
- 5、 main axis
- 6、 gear box
- 7、 brake
- 8、 connector to generator
- 9、 generator
- 10、 gear box heat sink
- 11、 generator heat sink
- 12、 wind speed and direction sensor
- 13、 control system
- 14、 hydromantic system
- 15、 yaw driver
- 16、 yaw bearing
- 17、 cover of engine room
- 18、 tower
- 19、 blade angle changer





# 直驱式





## 垂直轴风机



**TIMAR**  
泰玛科技  
www.cnTIMAR.com

深圳市

集成智慧 能源未来

深圳市泰玛风光能源科技有限公司  
Shenzhen TIMAR Scenery Energy Technology Co., Ltd



风力发电机

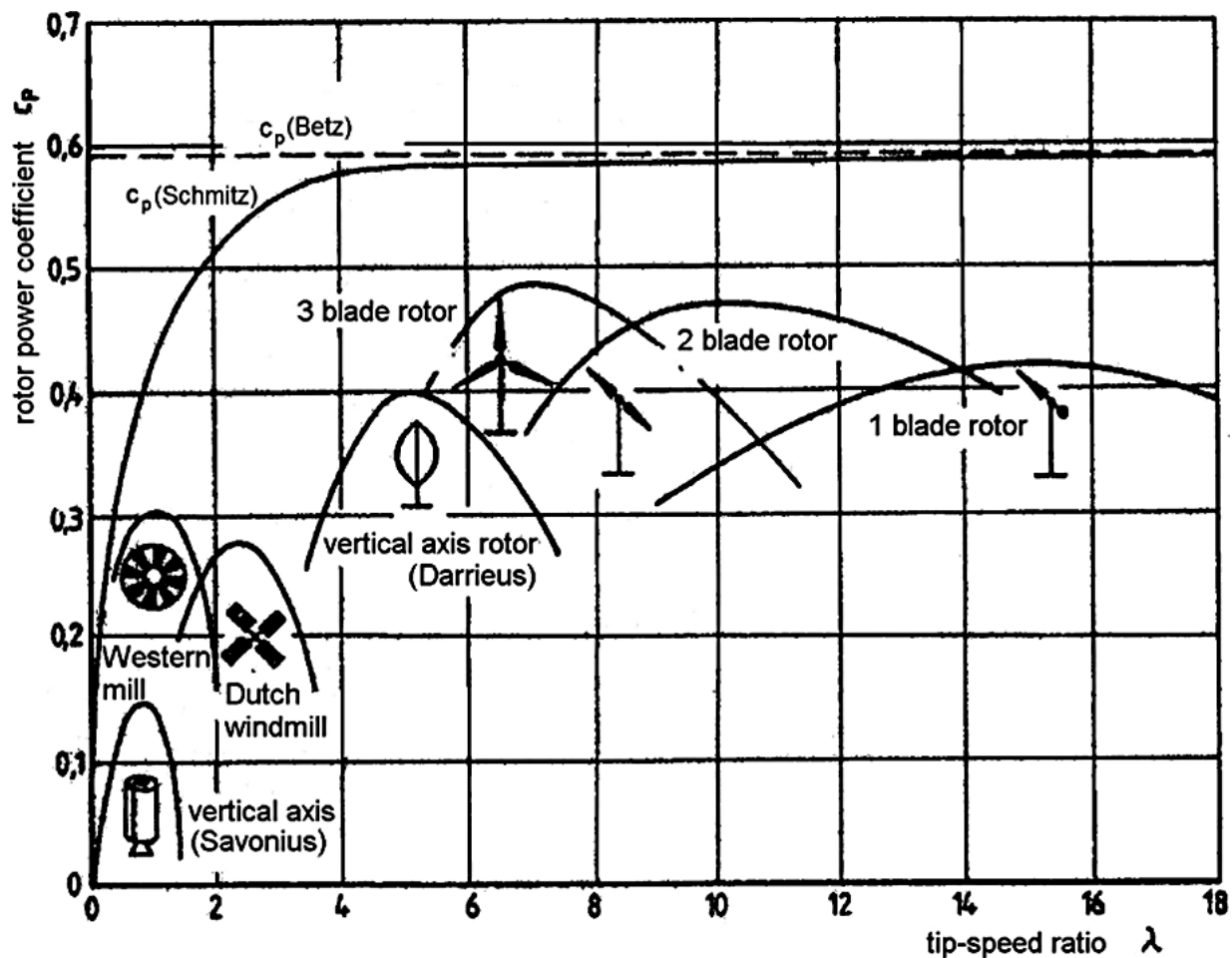
青岛金泰达工贸有限公司



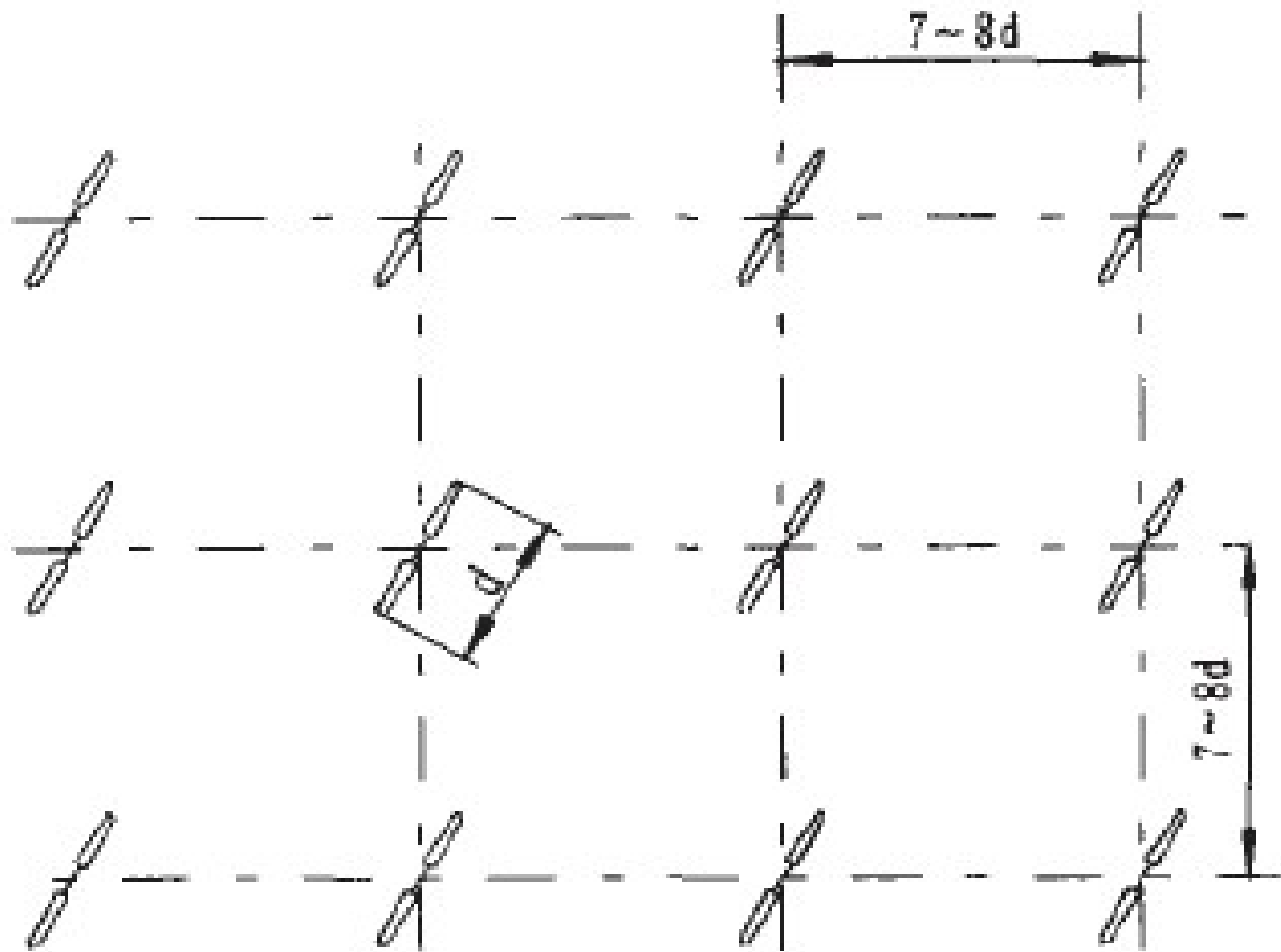




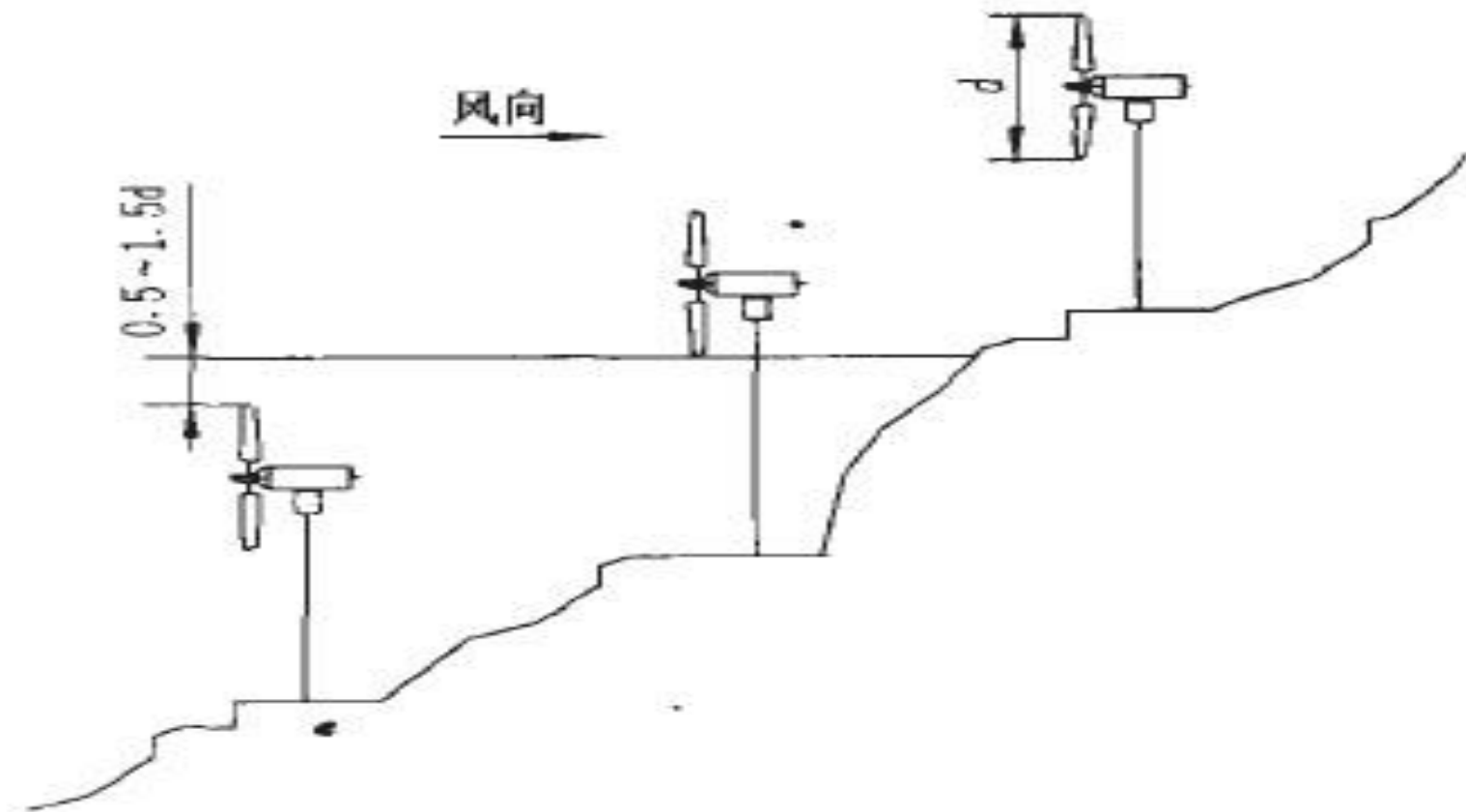
# 根据当地风力资源选择不通类型的风力发电机



## 风电场布局

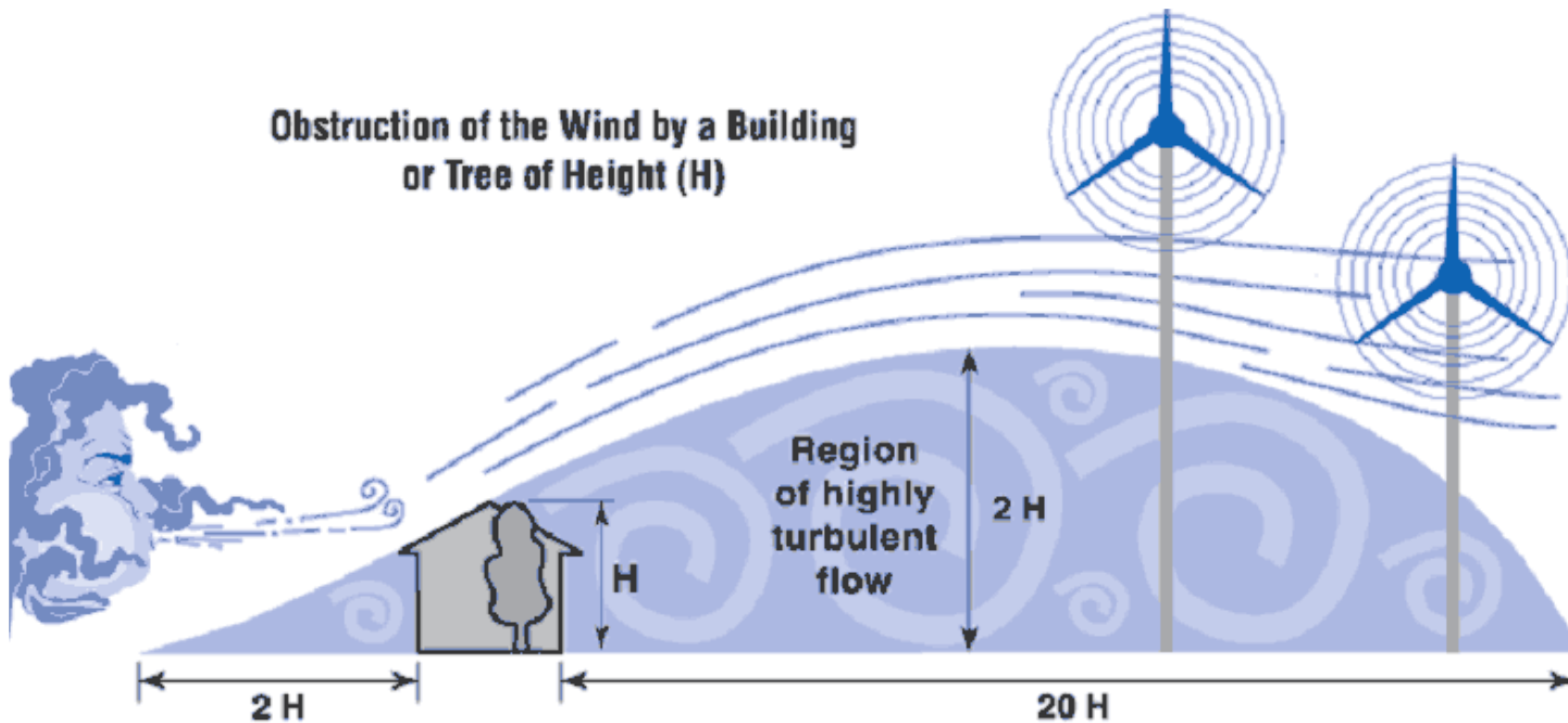


## 风电场布局



**图 3 风力发电机在迎风坡的排列**

## 物体对风的影响





## 风力发电机的年发电量估算

风力发电机的年发电量可以用以下公式进行估算：

$$AEO = 1.64 D^2 V^3$$

AEO = 年发电量 kWh/year

D = 风轮直径 m

V = 年平均风速 m/s



## 混合可再生能源系统

- 风光互补混合系统
- 风水互补混合系统
- 通常，混合系统是用于独立发电系统



风 · 光 · 电  
Wind - Sun - Electricity







30KW风光互补太阳能电站（西藏 那曲）

30KW hybrid wind and PV mutual complemented solar power station  
(Naqu Tibet)



300KW风光互补太阳能电站（甘肃 马鬃山）

300KW hybrid wind and PV mutual complemented solar power station  
(Mazongshan Gansu)



# 生物质能源利用技术



## 生物质能

- 生物质能利用是以农作物秸秆、畜禽粪便、林产废弃物、有机垃圾等农林废弃物和环境污染物为原料，通过生物质转化技术进行无害化和资源化处理，将植物蓄存的化学能与物质资源深度开发和循环利用



## 1) 直接燃烧和发电

- 我国年产农作物秸秆约7亿吨，大部分以直接燃烧的方式作为农村主要生活用能，年利用量约1.2亿吨标准煤
- 生物质能发电分为直燃发电和气化发电

## 2) 生物质裂解与干馏

- 生物质热解技术的整套工艺采取类煤加工技术，将秸秆、树枝叶、野草、木屑、谷物皮核等生物质原料，在隔绝空气条件下热解干馏，得到可燃气、木炭、木焦油、木醋液产品。
- 可燃气经过净化后，可达到城镇人工煤气标准，热值在15兆焦/立方米以上，是民用炊事燃气的理想气源。



### 3) 沼气的开发与利用

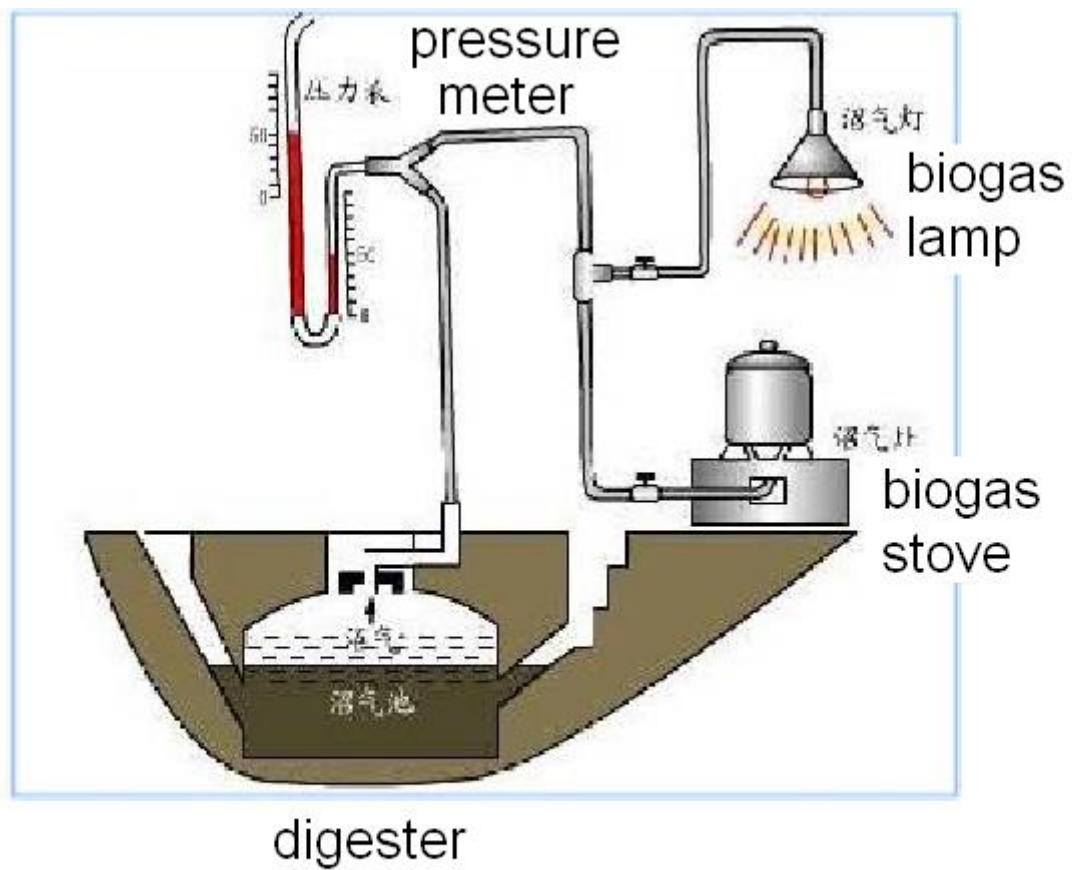
#### (1) 农村户用沼气池

目前中国农村人口约10亿，约占全国总人口的60%。每人年平均消费标煤960kg，其中生活用能为539kg，占56%。生活耗能中主要的仍然是秸秆（32.8%）、薪柴（21.2%）及煤炭（34.3%），沼气仅占1.01%。沼气仍然是辅助能源。



- 中国的农村户用沼气池遍布全国，**31**个省（市）全部建造有沼气池。其中建造数量超过**20**万户的有**16**个省（市）。





# Digester made of bricks, stone and sand

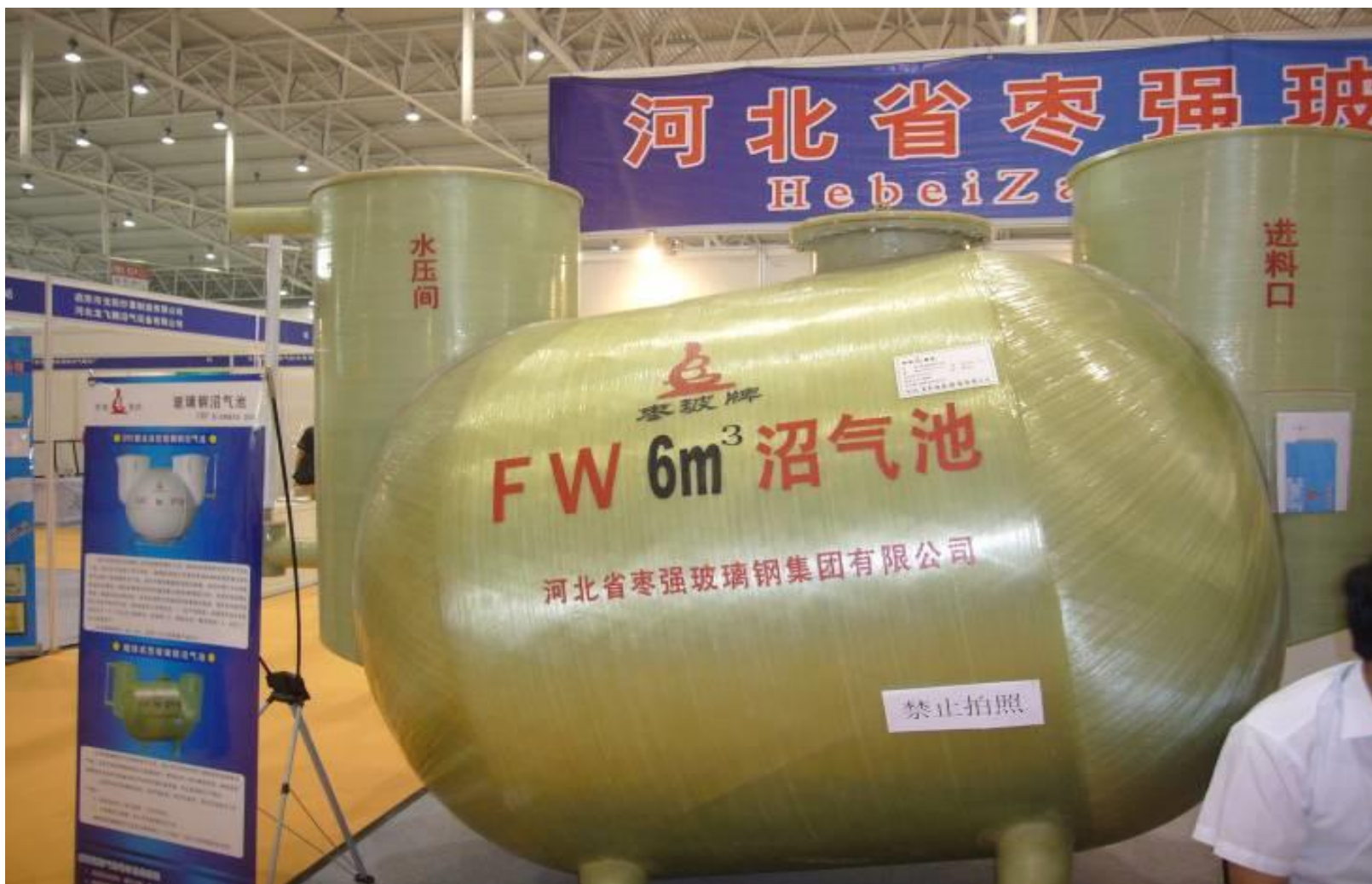




# 甘肃农村饮水安全工程



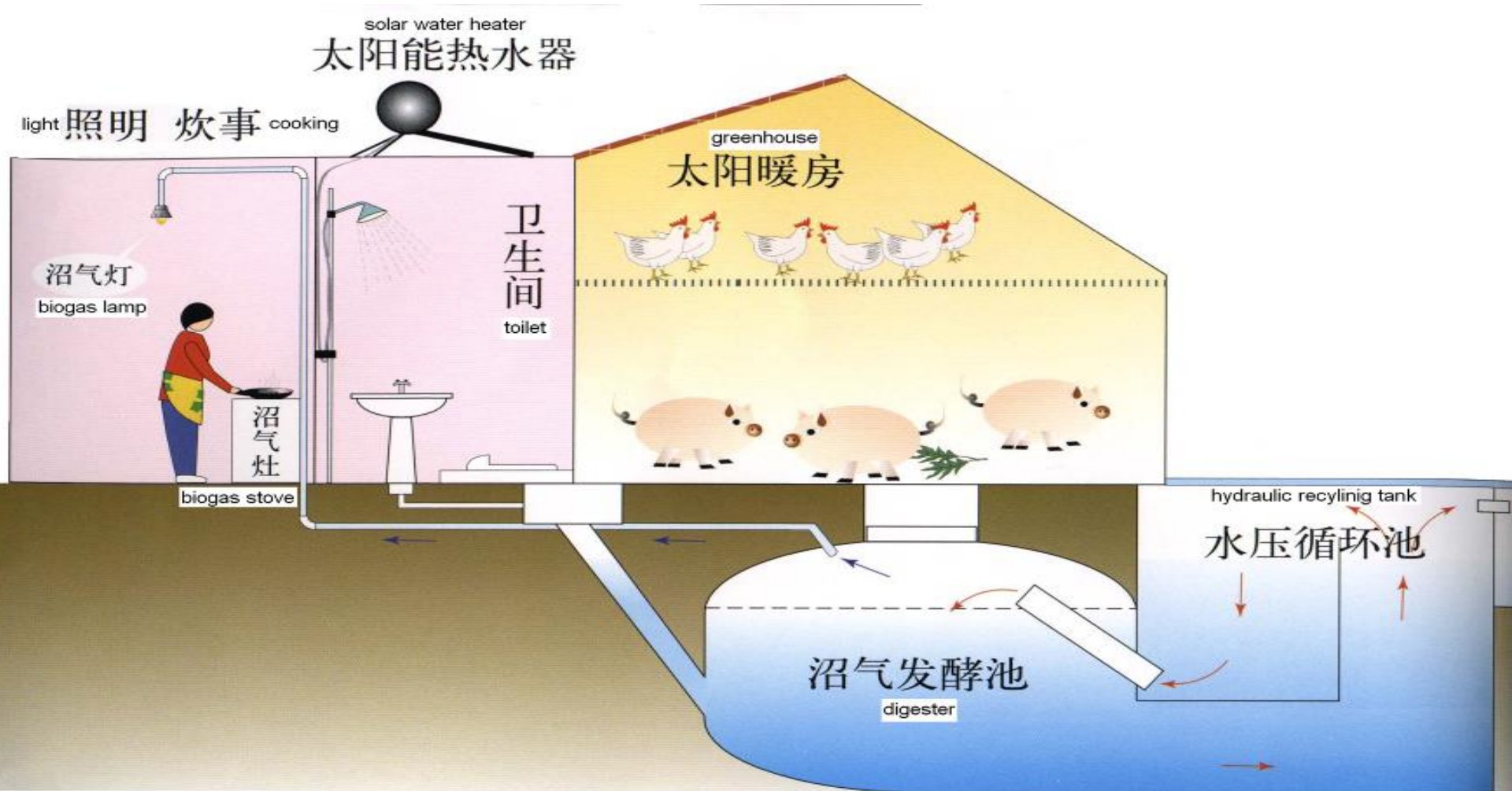






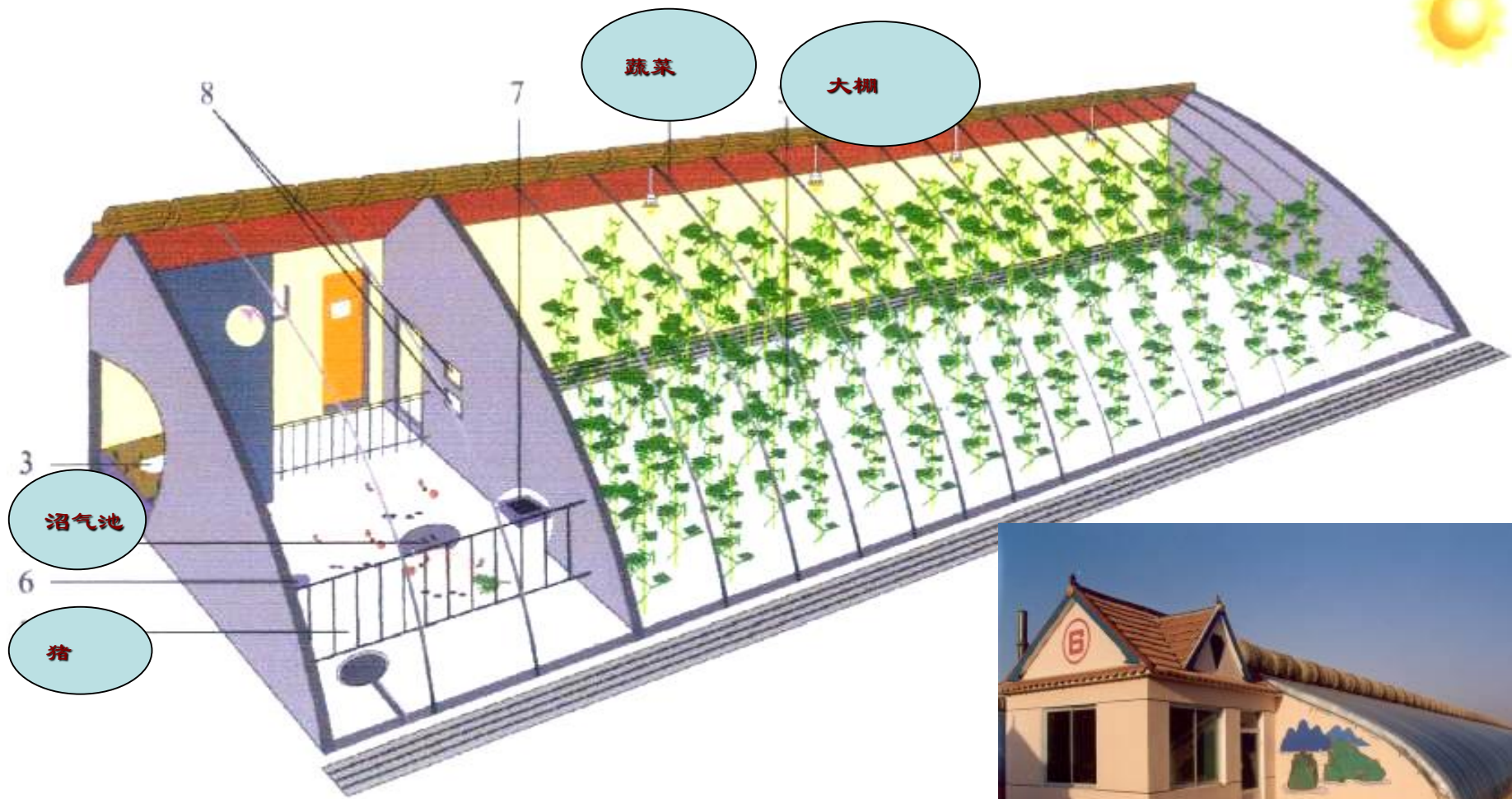


# 太阳能沼气综合利用





# 四位一体



模式结构示意图











# 沼气锅炉





1958年，  
毛泽东同志在武  
汉、安徽等地视  
察农村沼气时指  
出：**沼气**  
**又能点灯，又能**  
**做饭，又能做肥**  
**料，要大力发展**  
**，要好好推广。**



1980年7月10日和1982年9月21日，邓小平同志先后两次在四川视察农村沼气，他指出：

- 发展沼气很好，是个方向
- 沼气发展要有一个规划
- 要抓科研，沼气也要搞三化，即标准化、系列化、通用化
- 这是一件大好事，大家要重视一下
- 搞沼气还能改善环境卫生，提高肥效，可以解决农村大问题



1991年3月，江泽民同志在湖南考察沼气农户时指出：

农村发展沼气很重要，一可以方便农民生活，二可以保护生态环境。

2006年10月

1日，温家宝总理在视察川渝灾区后指出：“农村基础设施建设要做好四件事：一是道路，二是水利，三是电网，四是沼气。”







## (2)大、中型沼气工程

沼气工程生态化已成趋势。

- 常规厌氧消化装置逐渐定型
- 新型高效的厌氧消化工艺，如**UASB**、**AF**、**UBF**等在沼气工程中的应用约占**50%**





# 云南利用沼气工程治理污染



## 4) 生物质致密成型

- 将松散的秸秆、木屑及稻壳等废弃物经挤压成棒状或颗粒状燃料，还可进一步将棒状或颗粒状燃料加工成机制炭
- 特点：生产工艺、设备简单，易于操作，生产设备对各种原料的适应性强，固化成型的燃料便于贮运，易于实现产业化生产和大规模使用



小麦秸秆块



玉米秸秆块



大豆秸秆块



棉花秸秆块



## 5) 生物质气化及发电

- 已开发出多种固定床和流化床小型气化炉，以秸秆、木屑、稻壳、树枝等为原料生产燃气，热值为4~10兆焦/立方米

## 6) 生物液体燃料

### A 燃料乙醇

- 采用含糖和淀粉的农作物（甘蔗、玉米、小麦、高粱等），通过发酵生产乙醇。该项技术已趋成熟并正在有规模应用
- 在车用燃料行业推广使用乙醇汽油是我国政府实行的能源领域又一战略性举措
- 我国生产燃料乙醇的原料丰富多样

## B 生物柴油

- 把植物和动物油脂与甲醇或乙醇等低碳醇用酸性或碱性催化剂进行酯化反应，生成的以脂肪酸甲酯或乙酯为主要成分的新型清洁燃料
- 具有良好的环保性、较好的发动机低温启动性、较好的安全性、良好的燃料性能
- 生产技术基本成熟，主要生产工艺：化学法、生物酶法、超临界法



- 目前我国已查明的油料植物有1554种，其中种子含油量在40%以上的有154种
  
- 存在问题：
  - ◆ 准确可靠的原料资源尚不落实
  - ◆ 采收储运过程原始
  - ◆ 技术产业化基础薄弱
  - ◆ 产品市场竞争力不强





# 微小水电技术



**水能资源是我国最重要的可再生能源资源之一**  
**水能资源占我国常规能源剩余可采储量的40%左右，仅**  
**次于煤炭**

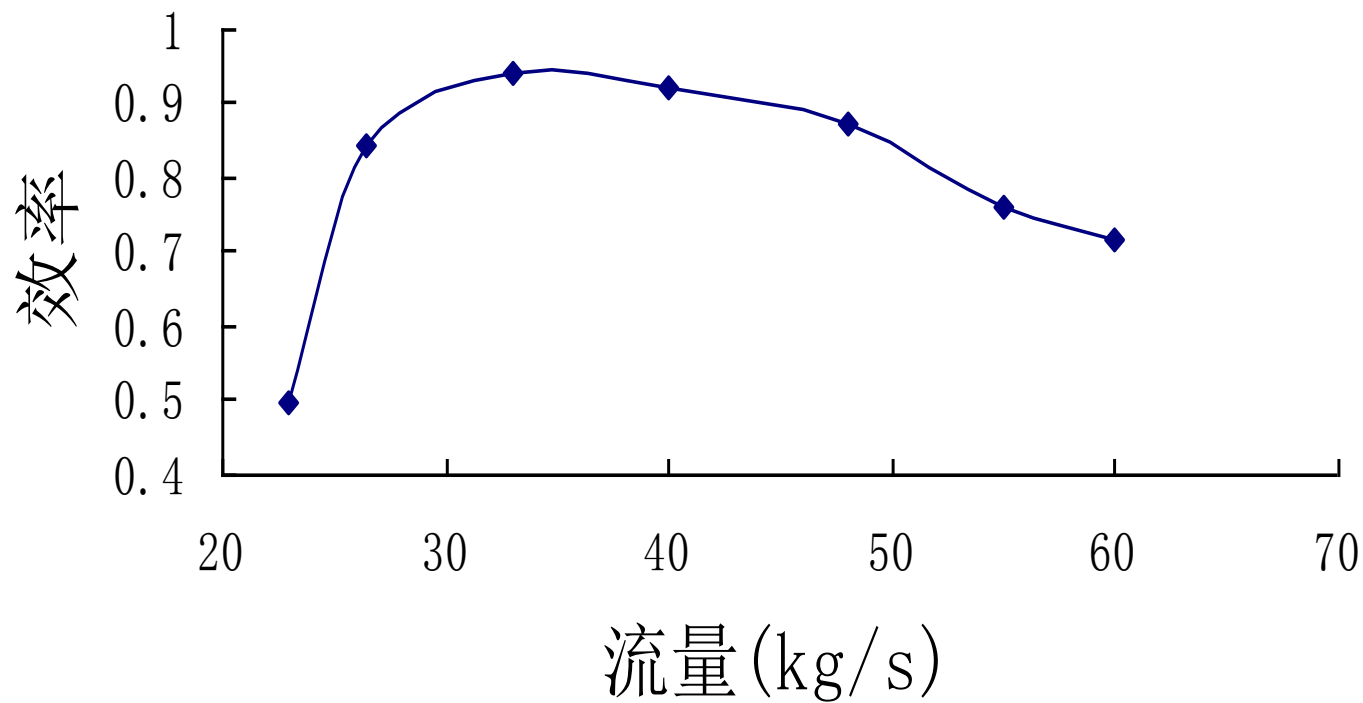


## 小水电定义

国家	微型 (KW)	微小型 (KW)	小型 (MW)
美国	< 100	100 - 1000	1 - 30
中国	-	< 500	0.5 - 50
俄罗斯	< 100	-	0.1 - 30
法国	5 - 5000	-	-
印度	< 100	101 - 1000	1 -15
巴西	< 100	100 - 1000	1 - 30
挪威	< 100	100 - 1000	1 - 10
其他	< 100	< 1000	< 10



## 流量-效率曲线





## 水力发电功率估算

$$N \text{ (kW)} = \eta_1 \times \eta_2 \times g \text{ (m}^2/\text{s}^2) \times H \text{ (m)} \times Q \text{ (m}^3/\text{s)}$$

N —— 发电机功率 (kW)

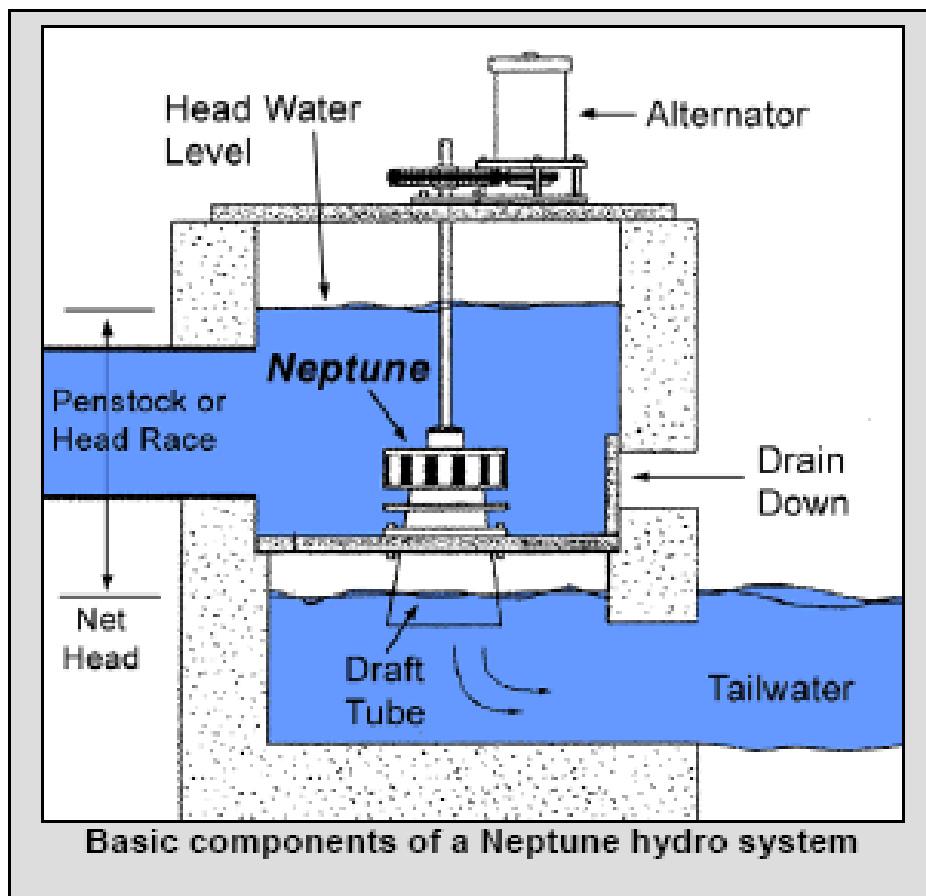
$\eta_1$  —— 发电机机组效率, 0.4~0.7,

$\eta_2$  —— 水系统效率, 0.80~0.95,

g —— 重力加速度常数, 9.8 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>。

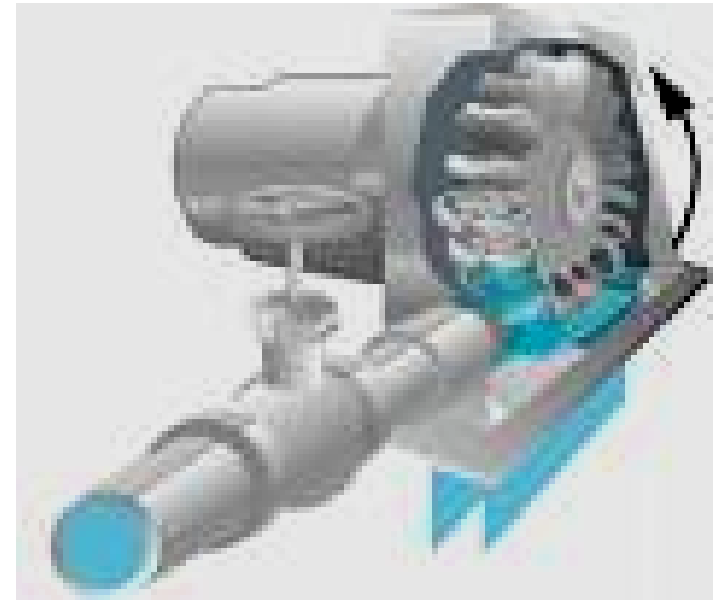
H —— 有效水头高度

# 适用于低水头的小水电(1.2~6m)





## 高水头微水电 (大于10米)







## 可再生能源发电建设投资估算

独立光伏发电投资：4－5万元/kW

并网光伏发电投资：0.8－1.2万元/kW

风力发电投资：0.2－0.7万元/kW

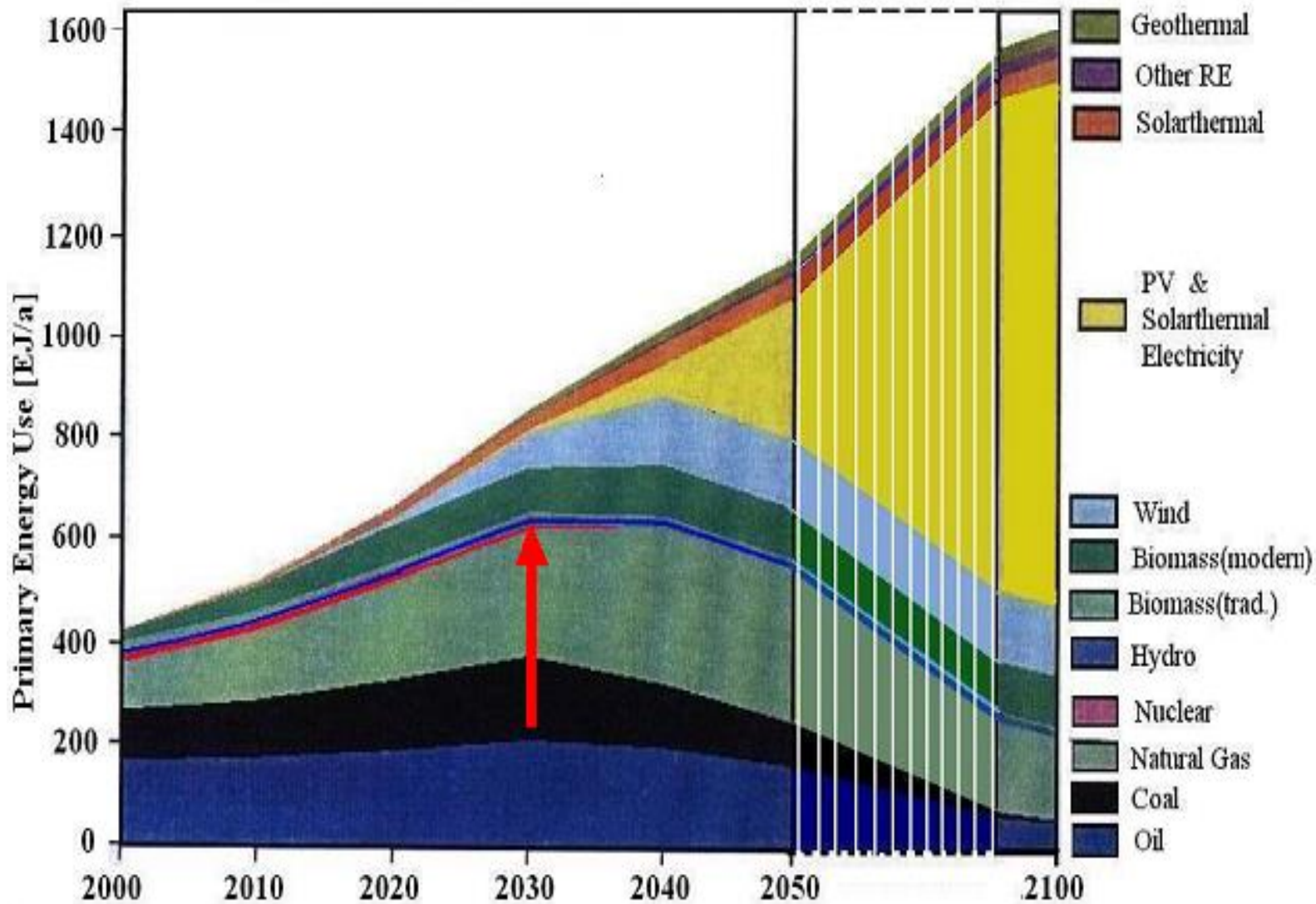
小水电建设投资：0.5－1万元/kW



## 我国可再生能源发展展望

国家提出2020年可再生能源发展重点领域：

- 1、水电：达到3亿千瓦
- 2、农林生物质发电总装机容量达到2200万千瓦、垃圾焚烧发电达到200万千瓦、建成规模化畜禽养殖场沼气工程10000座
- 3、风电达到3000万千瓦
- 4、太阳能达到1800—2000万千瓦
- 5、太阳能热利用年替代能源量达到4000万吨标准煤
- 6、地热能年利用量达到1200万吨标准煤，并建成潮汐电站10万千瓦





## 谢谢！

- 电话: **0931-8386006**
- 传真: **0931-8386 006**
- QQ: **541905421**
- 地址: 中国 兰州 城关区人民路20号
- 邮编: **730046**
- 电邮: **lishimin@unido-isec.org**
- 网址: **www.unido-isec.org**