

风光互补发电系统

1.1 风光互补发电系统的特点

风力发电系统利用风力发电机，将风能转换成电能，然而通过控制器对蓄电池充电，最后通过逆变器对负载供电。该系统具有日发电量较高，系统造价较低，运行维护成本低等优点。缺点是小型风力发电机可靠性低，常规水平轴风力发电机对风速的要求较高。光伏发电系统利用光电板将太阳能转换成电能，然后通过控制器对蓄电池充电，最后通过逆变器对负载供电。该系统的优点是系统供电可靠性高、资源条件好、运行维护成本低。发电与用电负荷的不平衡性是风电和光电系统共同存在的一个缺陷，它是由资源的不确定性造成的。风电和光电系统发出电能后通过蓄电池储能稳定供电，但是每天的发电量受阳光、风力的影响很大，阳光、风力较弱会导致系统的蓄电池组长期处于亏电状态，这是引起蓄电池组使用寿命降低的主要原因。较风电和光电独立系统，风光互补发电系统具有以下特点：

- （1）风光互补发电系统弥补了风电和光电独立发电系统在资源上的缺陷，利用太阳能和风能的互补性，提供较稳定的电能；
- （2）在风光互补发电系统中，风电和光电系统可以共用一套蓄电池组和逆变环节，减少系统造价；
- （3）整个系统是两种发电系统进行互补运行，因此，在保证同等供电的情况下，可大大减少储能装置的容量；
- （4）风光互补发电系统可以根据用户需要合理配置系统容量，在不影响供电可靠性的情况下减少系统造价；
- （5）风光互补发电系统可以根据用户所在地的季节及天气变化情况优化系统设计方案，在满足用户要求的情况下节约资源。

1.2 适合风光互补地区分析

太阳能和风能是最普遍的自然资源，也是取之不尽的可再生能源。图 1 为我国太阳能风能分部情况。

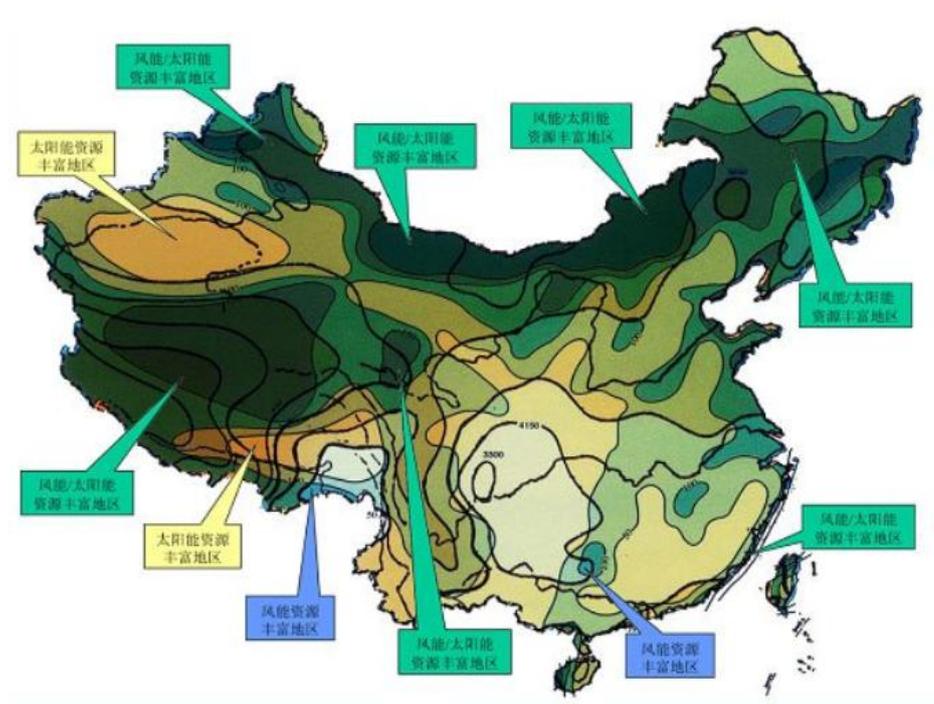


图 1 风能太阳能分部图

风能是太阳能在地球表面的另外一种表现形式，由于地球表面的不同形态对太阳光照的吸热系数不同，在地球表面形成温差，地表空气的温度不同形成空气对流而产生风能。因此，太阳能与风能在时间上和地域上都有很强的互补性。白天太阳光最强时，风很小，晚上太阳落山后，光照很弱，但由于地表温差变化大而风能加强。在夏季，太阳光强度大而风小，冬季，太阳光强度弱而风大。太阳能和风能在时间上的互补性使风光互补发电系统在资源上具有最佳的匹配性，风光互补发电系统是资源条件最好的独立电源系统。综合考虑宁夏北部、甘肃北部、新疆东部、青海西部和西藏西部等地最适合风光互补发电，河北西北部、山西西北部、内蒙古南部、宁夏南部、甘肃中部、青海东部、西藏东南部和新疆南部等地次之。虽然东南沿海最适合风力发电，但台风的破坏性太大，有可能一次性将风光互补发电设备摧毁，因而根据实际地点考虑是否安装风光互补发电装置。

2、风光互补发电系统的结构

风光互补发电系统主要由风力发电机组、太阳能光伏电池组、控制器、蓄电池、逆变器、交流直流负载等部分组成，系统结构图见图 2。该系统是集风能、太阳能及蓄电池等多种能源发电技术及系统智能控制技术为一体的复合可再生能源发电系统。

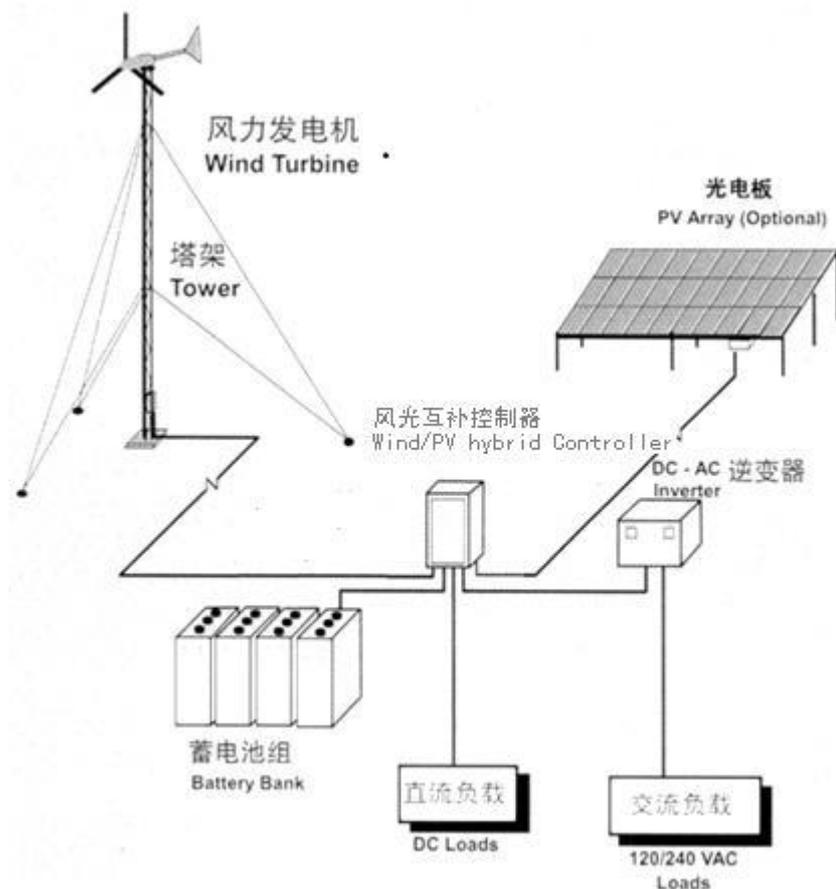


图2 风光互补发电系统结构

(1) 风力发电部分是利用风力机将风能转换为机械能，通过风力发电机将机械能转换为电能，再通过控制器对蓄电池充电，经过逆变器对负载供电；

(2) 光伏发电部分利用太阳能电池板的光伏效应将光能转换为电能，然后对蓄电池充电，通过逆变器将直流电转换为交流电对负载进行供电；

(3) 逆变系统由几台逆变器组成，把蓄电池中的直流电变成标准的 220v 交流电，保证交流电负载设备的正常使用。同时还具有自动稳压功能，可改善风光互补发电系统的供电质量；

(4) 控制部分根据日照强度、风力大小及负载的变化，不断对蓄电池组的工作状态进行切换和调节：一方面把调整后的电能直接送往直流或交流负载。另一方面把多余的电能送往蓄电池组存储。发电量不能满足负载需要时，控制器把蓄电池的电能送往负载，保证了整个系统工作的连续性和稳定性；

(5) 蓄电池部分由多块蓄电池组成，在系统中同时起到能量调节和平衡负载两大作用。它将风力发电系统和光伏发电系统输出的电能转化为化学能储存起来，以备供电不足时使用。

3、离网风光互补发电系统设计及配制方案

风光互补发电系统作为一个独立发电系统，从风力发电机、太阳能电池组件及储能系统容量的配置都有一个最佳配置设计问题，需要结合风力发电机、太阳能电池组件安装地点的自然资源条件来进行系统最佳容量配置的设计，本例将以云南昆明作为设计地点。

3.1 选定地区的气候分析

昆明位于东经 102° 10' 至 103° 40'，北纬 24° 23' 至 26° 22'，市中心位于北纬 25° 02' 11"，东经 102° 42' 31"。

昆明属北纬低纬度亚热带-高原山地季风气候，由于受印度洋西南暖湿气流的影响，日照长、霜期短、年平均气温 15℃。气候温和，夏无酷暑，冬无严寒，四季如春，气候宜人，年降水量 1035 毫米，具有典型的温带气候特点，城区温度在 0—29℃之间，年温差为全国最小，这样的气候特征在全球少有，因此，昆明素以“春城”而享誉中外。图 3 为昆明地区气候详细数据。

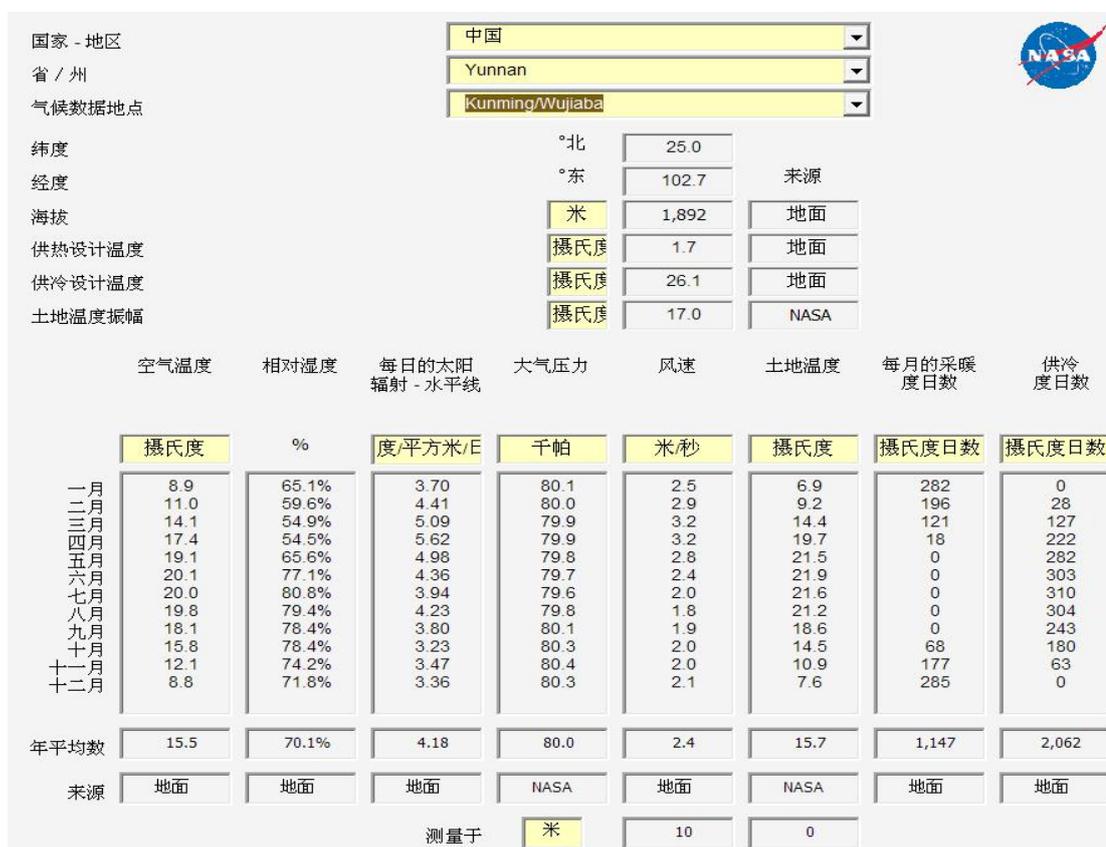


图 3 气象软件 retscreen 截图

3.2 家用电器功耗分析

为了尽量合理而准确的设计，我们在这里分析计算了一般家庭使用的用电器功耗，见表 1，以及在各月使用情况，见表 2。

表 1 家庭用电器功耗表 (w)

名称	数量	标称功率 (w)
节能灯	×5	20w
彩色电视机		100 w
电风扇	×2	40 w
电冰箱		120 w
电饭锅		300 w
洗衣机		230 w
微波炉		500 w
抽油烟机		185 w
电热壶		400 w
电脑		180 w
空调		1600 w

表 2 各电器每月日均使用时间 (h) 及日均总功耗 (kwh)

日 均 使 用 时 间 月 份	电 器												日 均 耗 能
	节 能 灯	彩 色 电 视 机	电 风 扇	电 冰 箱	电 饭 锅	洗 衣 机	微 波 炉	抽 油 烟 机	电 热 壶	电 脑	空 调		
一月	7	6	0	8	1	0.3	0.5	1	1	5	0.2	4.744	
二月	7	6	0	8	1	0.3	0.5	1	1	5	0.2	4.744	
三月	6	6	0	9	1	0.3	0.3	1	1	5	0.2	4.664	
四月	6	6	0	12	1	0.3	0.3	1	1	5	0.2	5.024	
五月	6	6	2	12	1	0.5	0.2	1	0.5	5	0.2	4.980	
六月	5	6	4	16	1	0.5	0.2	1	0.5	5	0.2	5.520	
七月	5	6	6	16	1	0.5	0.2	1	0.5	5	0.2	5.680	
八月	5	6	5	16	1	0.5	0.2	1	0.5	5	0.2	5.600	
九月	5	6	0	12	1	0.3	0.3	1	1	5	0.2	4.924	
十月	5	6	0	10	1	0.3	0.4	1	1	5	0.2	4.734	
十一月	6	6	0	8	1	0.3	0.5	1	1	5	0.2	4.644	
十二月	7	6	0	8	1	0.3	0.5	1	1	5	0.2	4.744	
平均												5.000	

3.3 蓄电池部分设计

首先确定系统直流电压，确定的原则是：1 依据国家电压标准即 12V、24V、48V……，2 要尽量提高电压，减少线路损失。3 最好不要超过 300V，以便于选取设备。综合考虑风光互补发电系统专用控制逆变器额定电压大多为 48V，所以这里我们选取 48V 为系统直流电压。

蓄电池容量

$$B_c = \frac{A \times Q_1 \times N_1 \times T_0}{C_c \times V} \dots\dots\dots (1)$$

- 式中 A — 安全系数，取值为 1.1~ 1.4;
 Q₁ — 日耗电量
 T₀ — 温度系数，一般在 0℃ 以上取 1, -10℃ ~ 0℃ 取 1.1, -10℃ 以下取 1.2
 C_c — 放电深度, 据图 4 分析, 由于当地气温一直在零度以上, 所以我们取稍高值 0.8
 N₁ — 自给天数, 这里取 3 天
 V — 工作电压, 取 220v

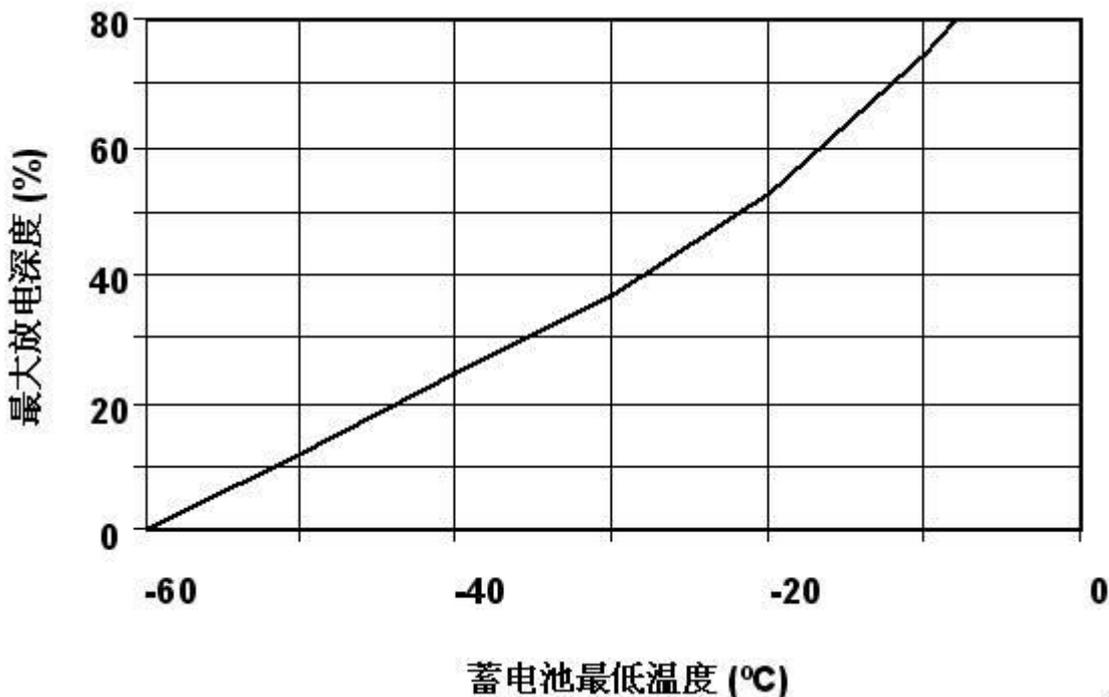


图 4 C_c- T 关系图

所以 $C_c = \frac{1.4 \times 5000 \times 3 \times 1}{0.8 \times 48} = 546.875 \text{ Ah}$

我们取单个标准电压为 12v, 容量 200Ah (10h)

蓄电池串联数 = 48v ÷ 12 = 4 (块)

3.4 光伏发电部分设计

3.4.1 首先确定光伏发电部分负载功耗

用电器日平均能耗为 5kwh, 考虑到当地风能和太阳能资源的综合情况, 我们将光伏和风机的电能贡献比定为 7: 3, 所以风光互补发电系统中由太阳能发的电能为 $5\text{kwh} \times 70\% = 3.5\text{kwh}$

月	每日的太阳辐射 - 水平线 度/平方米/日	每日的太阳辐射 - 倾斜的 度/平方米/日
一月	3.70	4.72
二月	4.41	5.19
三月	5.09	5.47
四月	5.62	5.55
五月	4.98	4.65
六月	4.36	4.01
七月	3.94	3.68
八月	4.23	4.08
九月	3.80	3.87
十月	3.23	3.52
十一月	3.47	4.25
十二月	3.36	4.36
年平均数	4.18	4.44

图 6 RETSCREEN 软件截图

年平均峰值日照时数为 4.44h

3.4.2 确定光伏阵列

这里我们先择峰值功率为 200W 峰值电压 38.3V 峰值电流 9.65A

光伏组件实际功率数=2×4×300=1600W

3.4.3 太阳能电池方阵前后间距的计算

根据图 7, 我们可以清楚计算出方阵前后间距。

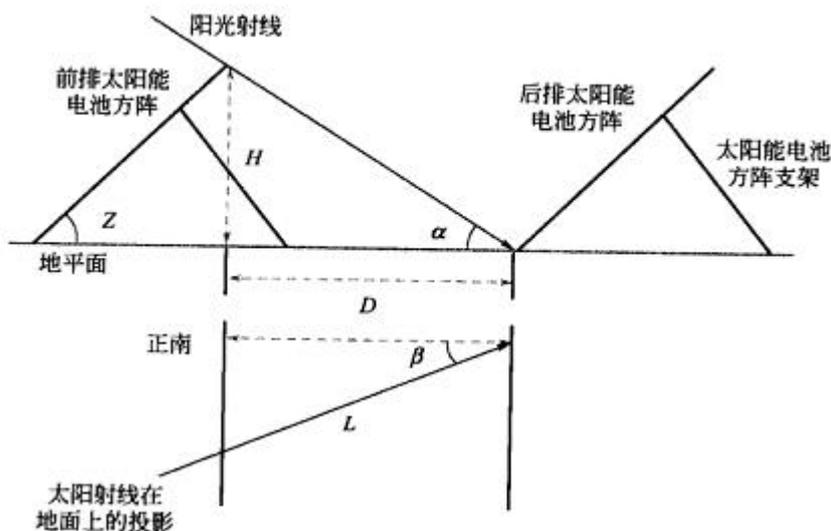


图 7 方阵间距示意图

$$\alpha = 24.75^\circ$$

$$\beta = 45.55^\circ$$

$$D = 1090\text{mm}$$

3.4.4 太阳能日均发电量

影响太阳能电池组件发电能力的因素很多，如温度、日照强度、阴影、晶体结构及负载阻抗等诸多因素。为计算简便，可采用下述简易方式进行估算

$$Q = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4 \times \eta_5 \times W_p \times T_p \dots\dots\dots (9)$$

Q — 太阳能日均发电量 (kwh)

η_1 — 灰尘遮蔽损失 (0.93)

η_2 — 输配电损失 (0.98)

η_3 — 逆变器损失

η_4 — 温度损失因子 (0.95)

η_5 — 充放电损失

W_p — 太阳电池组件峰值功率 (kw)

T_p — 当地峰值日照时数

风力发电部分设计

1 由风力发电部分分担的用电功耗为 $5\text{kwh} \times 30\% = 1.5\text{kwh}$

按照当地气象台提供的近几年的风速实测数据，统计得到风速情况，由于大部分时间当地的网速值都在 2m/s 左右，低于水平风力机的 3m/s 的启动风速，所以我们选取风力发电机启动风速为 2m/s，额定风速为 8m/s 的垂直风力发电机，由此可以算出昆明地区 1kw 风力发电机的各月发电量，见表 3

表 3 昆明地区 1kw 风力发电机的各月发电量 /kwh

月份	发电量	月份	发电量
1	62.77	7	22.74
2	89.12	8	22.74
3	106.01	9	18.99
4	97.36	10	17.81
5	50.80	11	34.04
6	28.64	12	30.16

风力发电机的输出功率与风速的三次方成正比，也就是说，当风速值有较小的变化时，输出的功率将产生较大的变化，所以，选择风力发电机的设计风速与当地风能资源达到最大匹配，可以提高风力发电机的能量输出，根据上面的计算结果，可考虑选用 2 台 500w 风力机联网发电。

4、系统可靠性分析及最终方案

表 4 各月份充放电情况

	风能发电	光伏发电	负载消耗	差值
一月	62.77	163.15	142.32	83.60
二月	89.12	179.48	142.32	126.28
三月	106.01	189.08	139.92	155.17
四月	97.36	191.81	150.72	138.45
五月	50.8	160.84	149.4	62.24
六月	28.64	138.67	165.6	1.71
七月	22.74	127.04	170.4	-20.62
八月	22.74	140.90	168	-4.36
九月	18.99	133.88	147.72	5.15
十月	17.81	121.67	142.02	-2.54
十一月	34.04	146.95	139.32	41.67
十二月	30.16	150.58	142.32	38.42

根据上表 4 我们可以得出，风光互补发电系统在二、三、四月份发电量远高于负载耗电量，造成一定的浪费，而六、七、八月连续亏电，七月份是所亏电能已经超过蓄电池的 85% 的最大放电深度，此时有三种方案解决此问题：1 继续增加风机数量或电池板数量，可解决夏季电量不足的问题。2 为了平衡这些因素，我们可考虑增加蓄电池容量，我们将蓄电池改为 12V 150AH，再并联一组。

5、结论

根据以上的详细分析计算，在此得出了一个比较合理的设计，得出1、在计算过程得出，如果家用电器中加上空调或电暖器等大功率电器，，冬夏两季用电量要比春秋两季多很多，会使系统均衡设计难度增加，造成系统可靠性降低或浪费；2、风光互补装置的费用要比光伏系统造价低很多，这也为普及新能源提供了可能。

项目案例图片分享



