

# 陕北地区家庭分布式光伏发电项目的投资分析

刘 渊

(陕西地方电力(集团)有限公司榆横工业区供电分公司, 陕西 榆林 719000)

**摘要** 本文以陕北地区 5kW 家庭分布式光伏发电项目投资为例, 首先对各种鼓励支持政策、补贴政策和并网政策, 光伏的国家规划以及陕西省内的应用进行分析概述, 之后论述了 5kW 分布式光伏发电系统组成, 并对其发电量进行计算, 在此基础上, 计算了建设系统投资成本及现金流, 最后, 重点采用敏感性分析法分析了初始成本等 3 种变量对投资净现值的影响。文章最后给出投资分布式光伏电站的有关建议。

**关键词:** 分布式光伏发电; 政策; 补贴标准; 投资成本; 现金流; 敏感性分析

## Financial Analysis of Distributed Photovoltaic Power Generation Project of Northern Shaanxi Area Family

Liu Yuan

(Shaanxi Regional Electric Power Group Co., Ltd, Yuheng Industrial Area  
Power Supply Branch, Yulin, Shaanxi 719000)

**Abstract** In this paper, taking northern Shanxi family distributed 5kW PV power generation project investment as an example, first of all to encourage and support policy, subsidy policy and the policy analysis of photovoltaic grid connected, the national planning and application in Shaanxi Province, then discusses the composition of 5kW distributed photovoltaic power generation system, calculate and its generating capacity, on the basis of this, the construction of the system of investment cost and cash flow, the calculation of the final, using sensitivity analysis method, the influence of focus on the initial cost and other 3 kinds of variables on the net present value of investment. Northern Shaanxi area in this paper distributed photovoltaic power plant investment advice.

**Keywords:** distributed photovoltaic power generation; policy; subsidy standard; the cost of investment; cash flow; sensitivity analysis

光伏发电是我国重要的战略性新兴产业, 大力推进光伏发电应用对优化能源结构, 保障能源安全, 改善生态环境, 转变城乡用能方式, 具有重大战略意义。

光伏发电项目包括光伏电站项目和分布式光伏发电项目, 光伏电站项目是指作为公共电源建设及运行管理的光伏发电项目; 分布式光伏发电项目是发电功率在几千瓦至数十兆瓦的小型分散式、布置在用户所在场地或附近建设、就地消纳的发电系统, 目前有以下三种类型。

第一种: 全部上网。光伏系统直接通过变压器

并入 10kV 公共配电网, 其全部发电量按照光伏上网电价全部出售给电网企业。

第二种: 联网微电网。光伏系统在低压用户侧并网, 带储能系统, 脱网运行, 其全部发电量供用户端使用。

第三种: 自发自用、余电上网。光伏系统在用户侧并网, 不带储能系统, 不能脱网运行, 其模式为“自发自用, 余电上网”。这是世界上最多的光伏发电应用形式, 目前国内 90% 以上的建筑光伏系统属于该类型。

分布式光伏发电应用范围广, 在城乡建筑、工

业、农业、交通、公共设施等领域都有广阔应用前景。

## 1 光伏发电的主要政策

### 1.1 纲领性政策

我国政府支持分布式光伏项目建设，最近两年政策性的主要文件见表 1。

### 1.2 价格补贴及税收政策

近年光伏发电价格补贴及税收优惠政策的主要文件见表 2。

### 1.3 并网接入政策

国家电网公司关于分布式光伏发电项目并网接入的主要文件见表 3。

表 1 我国光伏发电政策性文件概述表

时间	文号	文件名称	主要政策概述
2013 年 7 月	国发[2013]24 号	《关于光伏产业健康发展的若干意见》	进一步完善并网、补贴、融资等政策支持。其中最大的创新模式是支持自然人在自家屋顶上建分布式光伏，借款规模可达 5~50 万
2013 年 7 月	陕发改新能源 [2013]1025 号	《陕西省发改委关于大力推进太阳能发电产业加快发展的通知》	进一步落实国务院 24 号文件精神，极力鼓励各种形式的分布式光伏发电项目
2013 年 9 月	陕发改新能源 [2013]1348 号	《陕西省发改委关于加快推进光伏发电项目建设工作的通知》	极力推进分布式光伏发电项目建设
2014 年 9 月	国能新能 [2014]406 号	《关于进一步落实分布式光伏发电有关政策的通知》	从完善发电电网和并网运行服务，完善发电的电费结算和补贴拨付，融资服务等 15 个方面提出落实意见

表 2 光伏发电价格补贴文件概述表

时间	文号	文件名称	主要政策概述
2013 年 8 月	发改价格 [2013]1638 号	《国家发改委关于发挥价格杠杆作用促进光伏产业健康发展的通知》	对分布式光伏发电价格，实行按照全电量补贴，电价补贴标准为每千瓦时 0.42 元（含税）。自用有余上网的电量，由电网企业按照当地燃煤机组标杆上网电价收购。自用电量免收随电价征收的各类基金和附加，以及系统备用容量费和其他相关并网服务费
2013 年 1 月	2013 年第 3 号	《国家税务总局关于中央财政补贴增值税有关问题的公告》	明确纳税人取得的中央财政补贴，不征收增值税
2013 年 8 月	陕西省政府第 16 次常务会议	审议并原则通过《关于示范推进分布式光伏发电实施意见》	从 2013 年起连续三年，陕西将按每年约 100MW 规模，通过屋顶发电、建筑一体化等方式建设分布式光伏电站。省级财政将按照 1 元/W 的标准给予建设主体一次性补助
2013 年 9 月	财税[2013]66 号	《财政部、国家税务总局关于光伏发电增值税政策的通知》	自 2013 年 10 月 1 日至 2015 年 12 月 31 日，对纳税人销售自产的利用太阳能生产的电力产品，实行增值税即征即退 50% 的政策
2014 年 10 月	国能新能 [2014]447 号	《国务院扶贫关于印发实施光伏扶贫工程工作方案的通知》	从 2014—2020 年，用 6 年时间开展光伏扶贫工程

表 3 分布式光伏发电项目并网接入文件概述表

时间	文号	文件名称	主要政策概述
2013 年 3 月	向社会正式发布	《国家电网公司关于做好分布式电源并网服务工作的意见》	全面支持太阳能等分布式电源并网工作，实施“免费接入，全额收购”政策。分布式光伏项目免收系统备用容量费，电网企业在并网申请受理等全过程服务中不收取任何费用。单个项目不大于 10kW 的个人（家庭）分布式光伏发电项目，采用登记制管理，仅需填报备案登记表。380V 接入的分布式光伏不用签调度协议。45 个工作日完成建设实现并网运行

这些政策的实施都将会极大地推动光伏发电技术在我国的应用。

## 2 分布式光伏发电项目的规划及应用现状

### 2.1 国家光伏规划情况

根据《可再生能源中长期发展规划》和《可再生能源发展“十二五”规划》，“十二五”期间，新增太阳能发电 20000MW，到 2015 年，太阳能发电装机达到 21000MW，其中并网和离网的分布式光伏发电系统安装容量 10000MW。到 2020 年，太阳能发电装机达到 50000MW。

2012 年 12 月，国务院正式通过了《太阳能发电发展“十二五”规划》。截至目前，规划已经做出了四次调整。在此前基础上提高 1.4 万 MW，而在最初 1 万 MW 的基础上更是提高 2.5 倍。

### 2.2 在陕西的应用现状

据 OFweek 行业研究中心统计，截至 2012 年底，全国累计光伏安装量总计 6942MW，其中大型光伏电站共计 4392MW，与建筑结合安装的光伏发电系统共计 2390MW。

2012 年，西安市经开区一家公司利用 4 栋厂房屋顶建成总装机 1.2MW、年生产 120 万 kW·h 的光伏发电项目。项目采用自发自用、富余电量上网的方式运行。据其推测，每年可为企业节约电费约 82 万元，并从上网电价销售中可获得 8.6 万元运营收入。

2013 年 5 月，杨凌示范区居民夏宝国花费 7 万余元在自己的两层小楼屋顶上覆盖起 50 块太阳能光伏板，建成总容量 12kW 的分布式家庭光伏电站。实现了陕西省首例居民光伏发电项目并网。据媒体报道，这些光伏板一年可以发电 1 万 kW·h，自家用 2000kW·h，其余的都将出售给国家电网。光伏上网电价确定在 1 元/kW·h，大概 7 年后，可以实现盈利。

2013 年 5 月，韩城市东白矾村 20 户村民总投资约 150 万元，统一集中联排建成 150kW 光伏电站，年均可利用 1000h、提供电力 15 万 kW·h，所发电量除满足村民自用外，多余电量上网，还有售电收入。这是陕西省首个太阳能应用示范村。

2014 年 1 月，榆林市子洲县苗家坪镇张宏文投资 2 万元，在该家窑洞顶建成由 10 块 200W 多晶硅太阳能板、10 个微型逆变器组成，并网电压为交流 220V 的规模 2kW 分布式家庭光伏电站。据媒体

报道，该系统年发电量 2880kW·h，按照目前上网电价 1 元/kW·h 左右计算，预计 8 年左右可收回成本。

## 3 家庭太阳能光伏发电成套系统

下文以家庭屋顶 5kW 分布式太阳能光伏发电成套系统为投资分析的基础。

### 3.1 系统组成及接线

根据常规，5kW 分布式光伏发电系统主要有光伏组件、逆变器、控制器、光伏支架、电缆、配电箱等组成，该项目占用屋顶面积 50~75m<sup>2</sup>。系统接线方式如图 1 所示。

### 3.2 发电量计算

本论文以在陕北地区安装为例。陕北地区属于太阳能 III 类资源区，即太阳能资源可利用区。年日照时数为 2600~2800h，年平均日照百分数为 60%~64%，年平均太阳总辐射量为 5000~5200MJ/m<sup>2</sup>。

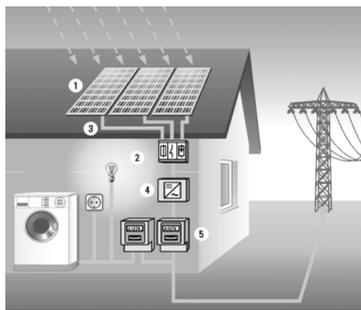


图 1 家庭分布式发电系统安装接线示意图

上述 5kW 分布式光伏发电系统年发电量见表 4。

表 4 5kW 分布式光伏发电系统年发电量计算表

符号	名称	单位	数值	备注
$W$	装机总量	kWp	5	
$H$	年峰值日照小时数	h	1512	$H=I_h/I_0$
$\eta$	光伏电站系统总效率	1	1	
$I_h$	倾斜面年总太阳辐射量	kW·h/m <sup>2</sup>	1512	
$I_0$	标准太阳辐射强度	kW/m <sup>2</sup>	1	
$L$	首年发电量	kW·h	7182	$L=WH\eta$
年数	年衰减率			
1	0.0000	kW·h	7182	
2	0.0150	kW·h	7074	
3	0.0140	kW·h	6975	
4	0.0130	kW·h	6885	
5	0.0120	kW·h	6802	
6	0.0110	kW·h	6727	
7	0.0100	kW·h	6660	

(续)

符号	名称	单位	数值	备注
8	0.0090	kW·h	6600	
9	0.0080	kW·h	6547	
10	0.0070	kW·h	6501	
11	0.0060	kW·h	6462	
12	0.0050	kW·h	6430	
13	0.0040	kW·h	6404	
14	0.0030	kW·h	6385	
15	0.0020	kW·h	6372	
16	0.0010	kW·h	6366	
17	0.0010	kW·h	6360	
18	0.0030	kW·h	6340	
19	0.0050	kW·h	6309	
20	0.0070	kW·h	6265	
21	0.0090	kW·h	6208	
22	0.0110	kW·h	6140	
23	0.0130	kW·h	6060	
24	0.0150	kW·h	5969	
25	0.0160	kW·h	5874	
25年总发电量		kW·h	161897	
年平均发电量		kW·h	6476	

## 4 项目投资成本测算

### 4.1 系统建设投资计算

根据专业太阳能光伏发电解决方案服务商提供的数据, 5kW 项目造价费用见表 5。

表 5 5kW 分布式光伏发电系统建设投资造价表

名称	规格	数量	单价	合价
光伏组件	250W 多晶硅	20	1100	22000
逆变器	5kW 单相逆变器	1	7800	7800
控制器	5kW	1	4700	4700
光伏支架	满足屋顶安装	1	5600	5600
电缆	交直流 1kV 电缆	1	2200	2200
配电箱	含空开等	1	900	900
其他材料	其他主辅料	1	1500	1500
设备运输费		10%	44700	4470
建筑安装费		15%	44700	6705
政府一次性补贴	1 元/kW	1	5000	5000
总造价				50875

### 4.2 项目现金流计算

以下分析测算均以自发自用余电上网的模式考虑。对于自用电量, 考虑家庭光伏电站只能在白天发电, 而白天人们又在上班的特点, 因此按照大约 1/3 自用、2/3 上网的电量进行分配。

对于太阳能板的使用寿命, 按照 25 年计算。

计算中不考虑通货膨胀, 不对太阳能板进行更新改造, 不考虑后期运行维护费用。

根据上述有关政策, 家庭分布式电站项目现金流入主要包括年全发电量补贴、年上网电量收入以及因自发自用电节省费用三部分。政府补贴依据陕西省关于家庭分布式光伏发电补贴具体规定, 按照所发电全电量每度补贴 0.42 元, 上网电价每度收入按照榆林市脱硫标杆电价 0.45 元计算, 自用电量节省费用按照榆林地区居民生活电价 0.49 元计算。

因此, 收益=自发自用电量\*(用电电价+0.42)+余量上网电量\*(脱硫电价+0.42)。

依据上述原则, 5kW 分布式光伏发电系统每年现金流入见表 6。

表 6 5kW 分布式光伏发电系统年现金流计算表

序号	项目	公式	结果
1	初始投资	$A$	50875.00
2	年均发电量 (kW·h)	$D$	6475.89
3	年余量上网电量 (约 2/3) (kW·h)	$D_1=D*2/3$	4317.26
4	年自发自用电量 (约 1/3) (kW·h)	$D_2=D-D_1$	2158.63
5	年全电量补贴 (标准 0.42 元/kW·h)	$E=D*0.42$	2719.87
6	年余量上网电量收入 (脱硫标杆 0.45 元/kW·h)	$E_1=D_1*0.45$	1942.77
7	年自发自用电量节省费 (居民生活 0.49 元/kW·h)	$E_2=D_2*0.49$	1057.73
8	折旧 (平均年限法/25)	$F=A/25$	2035.00
9	利润	$G=E+E_1+E_2-F$	3685.37
10	年应缴税费 (3%)	$H=G*3%(\text{税率})$	110.56
11	净利润	$G_1=G-H$	3574.81
12	年营业现金流量	$I=G_1+F$	5609.81

## 5 投资敏感性分析

下文采用敏感程度法分析项目初始投资成本、系统的余量上网电量以及年总发电量对项目净现值

和投资回收期的影响。

投资项目的敏感性分析，是在假定其他变量不变的情况下，测定某一个变量发生特定变化时对净

现值（或内含报酬率）的影响。

### 5.1 初始投资成本的敏感性分析

初始投资成本变动后，净现值变化见表 7。

表 7 5kW 分布式光伏发电系统初始投资变动计算表

序号	项 目	公式	变动百分比				
			-20%	-10%	基准	10%	20%
1	初始投资	$A$	40700	45788	50875	55963	61050
2	年均发电量/kW·h	$D$	6476	6476	6476	6476	6476
3	年余量上网电量（约 2/3）/kW·h	$D_1=D*2/3$	4317	4317	4317	4317	4317
4	年自发自用电量（约 1/3）/kW·h	$D_2=D-D_1$	2159	2159	2159	2159	2159
5	年全电量补贴（标准 0.42 元/kW·h）	$E=D*0.42$	2720	2720	2720	2720	2720
6	年余量上网电量收入（脱硫标杆 0.45 元/kW·h）	$E_1=D_1*0.45$	1943	1943	1943	1943	1943
7	年自发自用电量节省费（居民 0.49 元/kW·h）	$E_2=D_2*0.49$	1058	1058	1058	1058	1058
8	折旧（平均年限法/25 年）	$F=A/25$	1628	1832	2035	2239	2442
9	利润	$G=E+E_1+E_2-F$	4092	3889	3685	3482	3278
10	年应缴税费（3%）	$H=G*3%$ （税率）	123	117	111	104	98
11	净利润	$G_1=G-H$	3970	3772	3575	3377	3180
12	年营业现金流量	$I=G_1+F$	5598	5604	5610	5616	5622
13	年金现值系数（ $i=10%$ ， $n=25$ 年）	$f=(1-(1+i)^{-n})/i$	9.08	9.08	9.08	9.08	9.08
14	现金流入总现值（ $P$ 现值， $I$ 年金）	$P=I*f$	50810	50865	50920	50976	51031
15	净现值	$P_1=P-A$	10110	5078	45	-4987	-10019
	初始投资的敏感程度		[(10110-45)/45]/20%=1118				

由上表可以发现，在其他条件不变的情况下（投资造价影响折旧），当前投资造价净现值极接近 0，是盈亏分界点，投资无意义。前期建设投入成本增长，将出现投资不经济，投资建设成本减少 20%，则可由一定盈利。

初始投资变化的敏感程度为 1118，表明初始投资对项目净现值非常敏感。对利润额、投资回收期影响巨大。

### 5.2 余量上网电量的敏感性分析

余量上网电量变动后，净现值变化见表 8。

表 8 5kW 分布式光伏系统余量上网电量变动计算表

序号	项 目	公式	变动百分比				
			-20%	-10%	基准	10%	20%
1	初始投资	$A$	50875	50875	50875	50875	50875
2	年均发电量/kW·h	$D$	6476	6476	6476	6476	6476
3	年余量上网电量（约 2/3）/kW·h	$D_1=D*2/3$	3454	3886	4317	4749	5181
4	年自发自用电量（约 1/3）/kW·h	$D_2=D-D_1$	3022	2590	2159	1727	1295
5	年全电量补贴（标准 0.42 元/kW·h）	$E=D*0.42$	2720	2720	2720	2720	2720
6	年余量上网电量收入（脱硫标杆 0.45 元/kW·h）	$E_1=D_1*0.45$	1554	1748	1943	2137	2331
7	年自发自用电量节省费（居民 0.49 元/kW·h）	$E_2=D_2*0.49$	1481	1269	1058	846	635
8	折旧（平均年限法/25 年）	$F=A/25$	2035	2035	2035	2035	2035
9	利润	$G=E+E_1+E_2-F$	3720	3703	3685	3668	3651
10	年应缴税费（3%）	$H=G*3%$ （税率）	112	111	111	110	110
11	净利润	$G_1=G-H$	3608	3592	3575	3558	3541
12	年营业现金流量	$I=G_1+F$	5643	5627	5610	5593	5576
13	年金现值系数（ $i=10%$ ， $n=25$ 年）	$f=(1-(1+i)^{-n})/i$	9.08	9.08	9.08	9.08	9.08
14	现金流入总现值（ $P$ 现值， $I$ 年金）	$P=I*f$	51225	51072	50920	50768	50616
15	净现值	$P_1=P-A$	350	197	45	-107	-259
	初始投资的敏感程度		[(350-45)/45]/20%=34				

通过上表可以发现，余量上网电量的敏感性强度达到 34，说明年余量上网电量每降低 1%，净现值将降低 34%个百分点。但无论增长还是降低，净

现值都非常小，即投资回报率很低。

### 5.3 总发电量的敏感性分析

总发电量变动后，净现值变化见表 9。

表 9 5kW 分布式光伏系统发电量变动计算表

序号	项目	公式	变动百分比				
			-20%	-10%	基准	10%	20%
1	初始投资	$A$	50875	50875	50875	50875	50875
2	年均发电量/kW·h	$D$	5181	5828	6476	7123	7771
3	年余量上网电量(约 2/3) /kW·h	$D_1=D*2/3$	3454	3886	2159	4749	5181
4	年自发用电量(约 1/3) /kW·h	$D_2=D-D_1$	1727	1943	4317	2374	2590
5	年全电量补贴(标准 0.42 元/kW·h)	$E=D*0.42$	2176	2448	2720	2992	3264
6	年余量上网电量收入(脱硫标杆 0.45 元/kW·h)	$E_1=D_1*0.45$	1554	1748	971	2137	2331
7	年自发用电量节省费(居民 0.49 元/kW·h)	$E_2=D_2*0.49$	846	952	2115	1164	1269
8	折旧(平均年限法/25 年)	$F=A/25$	2035	2035	2035	2035	2035
9	利润	$G=E+E_1+E_2-F$	2541	3113	3772	4257	4829
10	年应缴税费(3%)	$H=G*3%$ (税率)	76	93	113	128	145
11	净利润	$G_1=G-H$	2465	3020	3659	4130	4685
12	年营业现金流量	$I=G_1+F$	4500	5055	5694	6165	6720
13	年金现值系数( $i=10%$ , $n=25$ 年)	$f=(1-(1+i)^{-n})/i$	9.08	9.08	9.08	9.08	9.08
14	现金流入总现值( $P$ 现值, $I$ 年金)	$P=I*f$	40847	45884	51681	55957	60994
15	净现值	$P_1=P-A$	-10028	-4991	806	5082	10119
	初始投资的敏感程度		[(10119-806)/806]/20%=58				

由表 9 可知，年总发电量每升高 1%，年净现值将增加 58%，投资收益明显改善。

综合以上分析，年总发电量对项目投资净现值的影响最大，但由于其在一定技术条件下的不可超越性，初始投资成本成为最具影响力的因素。

## 6 结论

通过分析可以发现，5kW 家庭分布式光伏发电项目前期投资成本较高、回收期过长，当下在陕北地区投资基本处于盈亏分界点，投资风险较大。由于此类项目环境效益、社会效益明显，因此，建议政府机构及国家电网公司能提供的更大的优惠政策，让投资家庭分布式光伏发电项目有利可图，从而推动我国分布式光伏发电项目的快速发展。

## 参考文献

- [1] 苏剑, 周莉梅, 李蕊. 分布式光伏发电并网的成本/效益分析[J]. 中国电机工程学报, 2013(34):50-56.
- [2] 黄河. 家庭分布式光伏发电项目的财务分析[J]. 安徽电气工程职业技术学院学报, 2014(1): 72-77.
- [3] 太阳能光伏产业“十二五发展规划”[EB/OL]. (2012-2-24). [http://www.gov.cn/gzdt/2012-02/24/content\\_2075802.htm](http://www.gov.cn/gzdt/2012-02/24/content_2075802.htm).
- [4] 李雷, 杨春. 我国光伏产业现状与可持续发展策略研究[J]. 中外能源, 2012, 17(4): 28-37.

### 作者简介

刘 渊 (1981-), 男, 2004 年毕业于西安理工大学自动化专业, 大学本科, 从 2005 年开始主要从事 10kV 电网规划与设计, 以及县级供电公司生产技术管理工作。