

太阳能综合利用比较

张立阳

陕西建工第八建设集团有限公司 陕西 西安 710068

摘要: 太阳能是一种经济环保可再生的能源。利用太阳能光伏光热板发电、制热水,联合热泵供热采暖等是一个很好的用能方式。系统在太阳辐射强度较强时,一方面产生电能供热泵机组利用,另一方面产生热水供给用户采暖或生活热水。在太阳辐射强度较低时,以空气源热泵作为主要供热方式。

关键词: 太阳能光伏光热板; 热泵; 热水箱; 光伏蓄电池

引言: 随着科技的进步、人们生活水平的提高,能源需求量逐年增长。化石能源的大幅度开发利用,在获得能源的同时,给环境也造成了相当大的污染和破坏。为了长远考虑,必须找到例如风能、太阳能、潮汐能等可再生的新能源,并充分高效利用。以减少对固有化石能源的依赖,减弱对环境的污染,共建一个和谐绿色的生存环境。我国北部、西北部太阳能资源丰富,收集利用潜力很大。高效合理的应用太阳能资源成为近年来热议的话题。

1 太阳能资源现状分析:

参考“各资源区的太阳能年总辐照量”:

I区: 资源丰富区, $\geq 6700\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$;

II区: 资源较富区, $5400\sim 6700\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$;

III区: 资源一般区, $4200\sim 5400\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$;

IV区: 资源贫乏区, $< 4200\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

按一年365天,一天24小时,一小时60分,一分60秒。平均太阳辐照强度,有如下计算值:

$$6700\text{MJ}/365/24/60/60 = 212.46\text{W}/\text{m}^2$$

$$5400\text{MJ}/365/24/60/60 = 171.23\text{W}/\text{m}^2$$

$$4200\text{MJ}/365/24/60/60 = 133.18\text{W}/\text{m}^2$$

很可观的数值,如果将太阳辐照量尽量吸收,根据季节所需逐时取用,能源紧缺问题,迎刃而解。

2 太阳能利用效率等统计:

太阳能系统效率,是系统将光能转换成热能或电能的百分比。决定系统效率的因素主要有: 优质零部件、合理设计和精确施工等。

目前,我国太阳能行业普遍能够达到的太阳能热水系统效率为33%左右,而国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015-2021规定为“太阳能热水系统 $\geq 42\%$ ”^[1]。国外,太阳能热水系统效率最高可达到53%。国内,太阳能系统效率最高可达到51.6%。

太阳能光伏发电: 市场上领跑者各类光伏板光电转换效率: 薄膜光伏组件13%,单晶硅光伏组件17%,高倍聚光光伏组件30%。

太阳能光伏光热一体化组件主要由光伏与光热两个部分组成^[2]。新型PVT系统的电压约提升了0.5~1.5V,光电转换效率、填充因子、输出功率及发电量平均提高了9.76%、1.49%、3.75%、4.02%。而复合系统热效率比常规平板集热器低22%左右。

3 太阳能+热泵系统综合利用比对:

为寻求利益最大化、太阳能利用最大化,对现有市场上太阳能产品效率统计、系统组合,计算如下表:

太阳能热水效率选取: 国家标准42%,国内技术提高预期效率52%。

热泵热水机(COP): 《商业或工业用及类似用途的热泵热水机》GB/T 21362-2008,第4.3.3条热水机名义工况时的性能系数(COP)一次加热式指标,普通型空气源热泵COP = 3.7; 低温型空气源热泵COP = 3.1; 水源式热泵COP = 4.5^[3]。

3.1 太阳能光伏板、太阳能集热板系统综合使用效率,详见“表1”

表1 太阳能制热水综合利用率

表1	太阳能利用效率		空气能/水源热泵COP			太阳能发电全用于热泵热水机制热水,各系统的制热水利用率			
	发电效率 η	热水效率 η_0	低温型	普通型	水源式	A、发电→低温 空气源热泵	B、发电→普通 空气源热泵	C、发电→水源 热泵取热	D、发电→(水源 热泵取热+用冷)
1	13%	42%	3.1	3.7	4.5	0.403	0.481	0.585	1.04
2	17%	42%	3.1	3.7	4.5	0.512	0.611	0.743	1.32

续表:

表1	太阳能利用效率		空气能/水源热泵COP			太阳能发电全用于热泵热水机制热水,各系统的制热水利用率			
	发电效率 η	热水效率 η_0	低温型	普通型	水源式	A、发电→低温 空气源热泵	B、发电→普通 空气源热泵	C、发电→水源 热泵取热	D、发电→(水源 热泵取热+用冷)
3	30%	42%	3.1	3.7	4.5	0.93	1.11	1.35	2.4
4	13%	52%	3.1	3.7	4.5	0.403	0.481	0.585	1.04
5	17%	52%	3.1	3.7	4.5	0.512	0.611	0.743	1.32
6	30%	52%	3.1	3.7	4.5	0.93	1.11	1.35	2.4

以表3-1第1行为例,拟定单位时间获得的“太阳能Q = 1KW”,计算如下:

A(发电→低温空气源热泵)利用率

$$= (Q \times \eta \times COP) / Q$$

$$= (1 \times 13\% \times 3.1) / 1$$

$$= 0.403 < 42\% \text{ (太阳能供热水利用效率)}, \text{ 此方案}$$

初期投资较高且效率低,不建议采用。

B(发电→普通空气源热泵)利用率

$$= (Q \times \eta \times COP) / Q$$

$$= (1 \times 13\% \times 3.7) / 1$$

$$= 0.481 > 42\% \text{ (太阳能供热水利用效率)}, \text{ 此方案初}$$

期投资较高,但太阳能综合利用效率有所提高,可通过技术经济比较后,再决定使用。

C(发电→水源热泵取热)利用率

$$= (Q \times \eta \times COP) / Q$$

$$= (1 \times 13\% \times 4.5) / 1$$

$$= 0.585 > 42\% \text{ (太阳能供热水利用效率)}, \text{ 此方案初}$$

期投资较高,但太阳能综合利用效率有所提高,可通过技术经济比较后,再决定使用。

D(发电→(水源热泵取热+用冷))利用率

$$= ((\text{发电} \rightarrow \text{水源热泵取热}) + (\text{水源处取热后水源温度降低可利用的冷量})) / \text{单位太阳能}$$

$$= (Q \times \eta \times COP + Q \times \eta \times (COP - 1)) / Q$$

$$= ((1 \times 13\% \times 4.5) + (1 \times 13\% \times (4.5 - 1))) / 1$$

$$= (0.585 + 0.455) / 1$$

$$= 1.040 > 42\% \text{ (太阳能供热水利用效率)}, \text{ 此方案初}$$

期投资较高,但太阳能综合利用效率有所提高,可通过技术经济比较后,再决定使用。

3.2 太阳能光伏光热一体化使用效率表:光电转换效率提高9.76%,光热转换效率低22%。

太阳能发电效率选取:

$$\text{薄膜光伏组件} 13\% \times (1 + 9.76\%) = 0.143,$$

$$\text{单晶硅光伏组件} 17\% \times (1 + 9.76\%) = 0.181,$$

$$\text{高倍聚光光伏组件} 30\% \times (1 + 9.76\%) = 0.329.$$

太阳能热水效率选取:

$$\text{国家标准} 42\% \times (1 - 22\%) = 0.328,$$

$$\text{国内技术提高预期效率} 52\% \times (1 - 22\%) = 0.402.$$

太阳能光伏光热系统综合使用效率,详见“表2”

表2 太阳能光伏光热一体化制热水综合利用率

表2	太阳能利用效率		空气能/水源热泵COP			太阳能光伏光热一体化发电全用于热泵热水机制热水,各系统的制热水利用率			
	发电效率 η_1	热水效率 η_2	低温型	普通型	水源式	E、太阳能热水+ 低温空气源热泵	F、太阳能热水+ 普通空气源热泵	G、太阳能热水+ 水源热泵取热	H、太阳能热水+ 水源热泵取热+用冷
1	0.143	0.328	3.1	3.7	4.5	0.77	0.856	0.97	1.469
2	0.181	0.328	3.1	3.7	4.5	0.889	0.998	1.143	1.776
3	0.329	0.328	3.1	3.7	4.5	1.348	1.546	1.809	2.962
4	0.143	0.402	3.1	3.7	4.5	0.845	0.93	1.045	1.544
5	0.181	0.402	3.1	3.7	4.5	0.964	1.073	1.217	1.851
6	0.329	0.402	3.1	3.7	4.5	1.423	1.621	1.884	3.037

以表2第1行为例,拟定单位时间获得的“太阳能Q = 1KW”,计算如下:

E(太阳能热水+低温空气源热泵)利用率

$$= (Q \times \eta_2 + Q \times \eta_1 \times COP) / Q$$

$$= (1 \times 0.328 + 1 \times 0.143 \times 3.1) / 1$$

$$= 0.770 > 42\% \text{ (太阳能供热水利用效率)}, \text{ 此方案初}$$

期投资较高,但太阳能综合利用效率有所提高,可通过技术经济比较后,再决定使用。

F(太阳能热水+普通空气源热泵)利用率

$$= (Q \times \eta_2 + Q \times \eta_1 \times COP) / Q$$

$$= (1 \times 0.328 + 1 \times 0.143 \times 3.7) / 1$$

$$= 0.856 > 42\% \text{ (太阳能供热水利用效率)}, \text{ 此方案初}$$

期投资较高,但太阳能综合利用效率有所提高,可通过技术经济比较后,再决定使用。

G(发电→水源热泵取热)利用率

$$= (Q \times \eta_2 \times Q \times \eta_1 \times \text{COP}) / Q$$

$$= (1 \times 0.328 \times 1 \times 0.143 \times 4.5) / 1$$

$= 0.970 > 42\%$ (太阳能供热水利用效率),此方案初期投资较高,但太阳能综合利用效率有所提高,可通过技术经济比较后,再决定使用。

H(太阳能热水+水源热泵取热+用冷)利用率

$$= (Q \times \eta_2 \times Q \times \eta_1 \times \text{COP} \times Q \times \eta_1 \times (\text{COP}-1)) / Q$$

$$= (1 \times 0.328 \times 1 \times 0.143 \times 4.5 \times 1 \times 0.143 \times (4.5-1)) / 1$$

$= 1.469 > 42\%$ (太阳能供热水利用效率),此方案初期投资较高,但太阳能综合利用效率有所提高,可通过技术经济比较后,再决定使用。

从计算数据分析:相同采光面积的“太阳能光伏板发电”,“太阳能光伏光热一体化组件”,通过不同能源利用系统的合理组配,太阳能能源利用率得到了提高,计算值大多接近或超过100%利用。

充分有效的对太阳能利用,在满足制热水的需求下,发电量也可供建筑各类电器及安防控制等用电系统使用。达到清洁能源利用的目的。根据能量守恒定律,太阳能转化为可利用热水并有效储存的过程中,对周围环境有一定的冷却作用,有缓解“城市热岛效应”的作用。对改善全球变暖的大环境也有可观的作用。

4 太阳能利用的优缺点如下:

4.1 优点:普遍、无害、巨大、长久等。

a普遍:阳光普照陆地、海洋、高山、岛屿等处。开发利用无须开采运输。

b无害:太阳能不会污染环境,是清洁能源之一。

c巨大:每年到达地球表面上的太阳辐射能约相当于130万亿吨煤,其总量属现今世界上可以开发的最大能源。

d长久:太阳产生核能速率估算,氢的贮量可维持上百亿年,地球寿命约为几十亿年,相对而言太阳的能量是用之不竭的。

4.2 缺点:分散性、不稳定性、效率低和成本高等。

a分散性:到达地球表面的太阳辐射总量很大,但能流密度很低。

b不稳定性:受到昼夜、季节、地理纬度、海拔高度等天文地理条件的限制,以及晴、阴、云、雨等气象因素的影响。到达某一地面的太阳辐照度是间断的且极不稳定的,这给太阳能的规模集成应用增加了难度。

c效率低和成本高:目前太阳能利用的发展水平,理论上是可行的,技术上也是成熟的。但太阳能利用装置,效率偏低,成本较高。

5 前景展望:

5.1 太阳能发电光伏板、光伏光热板吸取太阳光能,并对建筑屋面、建筑外立面起到了遮阳作用。

5.2 空气能热泵热水机利用光伏板的电能,吸取太阳光能的散射热量,并对屋面、建筑外立面等吹冷风对其降温。使得逃逸的太阳光能的散射热量也得到利用。

5.3 水(地)源热泵热水机利用光伏板的电能:吸取小区人工湖水、地下水、土壤源热量,大大提高制热水功率,增加可利用热水量。同时对室外人工湖水、地下水、土壤源降温,缓解地面人员的湿热感。

5.4 水环热泵热水机利用光伏板的电能:夏季及过渡季,房间通过水系统吸取各空调房间多余热量,对个空调房间制冷;同时将所吸收房间热量通过水环热泵系统对热水箱加热,大大提高制热水功率,增加可利用热水量。达到供电制冷供热水三联供系统。

5.5 冬季可通过太阳能热水箱取热对各空调房间供生活热水及供暖。

结束语:随着设备工艺的进一步提升,太阳能光伏光热一体化组件光电转换效率、太阳能热水系统效率、空气能/水源热泵COP(磁悬浮离心机IPLV值可达11~13)等的提高。清洁能源的开发利用前景可观,合理布置系统综合高效利用能源必将得到大幅提高。为国家节能减排政策提供技术、产品的支持。

参考文献

[1]《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015-2021

[2]基于太阳能热电联产的热利用分析[J].刘黎飞,罗会龙,田盼雨,常乐.低温建筑技术.2016(11)

[3]《商业或工业用及类似用途的热泵热水机》GB/T 21362-2008