

2016

中国太阳能热发电及采暖行业发展蓝皮书  
China CSP and Solar Heating Industry

# BLUE BOOK



国家太阳能光热产业技术创新战略联盟

# 2016 年中国太阳能热发电 及采暖行业发展蓝皮书

国家太阳能光热产业技术创新战略联盟

2017 年 3 月 北京

总执笔人：

王志峰 中国科学院电工研究所

执笔人：

王志峰 中国科学院电工研究所（太阳能热发电）

杨 铭 中国科学院电工研究所（太阳能采暖）

詹 晶 中国科学院电工研究所（太阳能热发电产业政策及数据统计）

校 对：

张剑寒 中国科学院电工研究所

下载网址：

<http://www.nafste.org/>

<http://www.cnste.org/>（试运行）

# 目 录

一、	行业发展现状评估.....	1
(一)	从业企业的数量.....	3
1、	截至 2016 年底各类企业的数量.....	3
2、	“十二五”新增企业数量.....	5
3、	生产线数量.....	6
4、	产能数据.....	6
(二)	生产线数量排名（表 1 中所列十项的资产情况）.....	7
1、	行业总资产.....	7
2、	实现利润.....	7
3、	产业规模.....	8
4、	产业结构优化.....	8
5、	2010-2016 生产线数量变化.....	8
(三)	规模企业.....	8
1、	规模企业的生产能力、厂家数量.....	8
2、	业务类型及总资产.....	8
3、	近五年自主创新能力的效果.....	9
4、	国际化经营、出口产品及对外工程承包国别.....	10
5、	民营企业、国企、外企占比情况.....	10
6、	“十二五”发展落实情况.....	13
(四)	行业发展主要问题.....	16
1、	产品急需验证.....	16
2、	产品质量及结构.....	16
3、	产业国际化程度.....	17
4、	自主知识产权的保护产品.....	17
5、	装备生产能耗差距.....	17
6、	技术支撑能力.....	17
二、	“十三五”面临形势的判断.....	19
(一)	国内外经济发展趋势对太阳能热发电技术的影响.....	19
(二)	发展面临的机遇.....	21
1、	电网对电源稳定性需求.....	21
2、	能源互联网中多能互补和热电联供.....	21
3、	建设西部低碳城镇的需求.....	25
4、	战略新兴产业和“一带一路”产业需求.....	27
5、	技术发展带来的产业升级.....	29
(三)	面临的挑战.....	31
1、	光伏电价的快速降低.....	31
2、	我国集成技术运行经验积累薄弱.....	32
3、	制造业产能过剩，低质低价竞争出现.....	32
4、	有从业经验的工程技术人员短缺.....	32
5、	国外技术品牌对我国企业及技术发展的挑战.....	33
6、	技术驱动面临研发和中试资金投入不足等问题.....	33
7、	技术标准设计规范缺失，产品检验能力亟待建立.....	33

(四)	市场需求分析及预测.....	34
<b>三、</b>	<b>“十三五”行业发展指导思想、发展目标及任务.....</b>	<b>34</b>
(一)	经济目标.....	34
1、	全行业总产值规模.....	34
2、	单位生产成本的目标.....	34
(二)	产品结构调整目标.....	35
1、	核心装备国产亿元目标.....	35
2、	新兴服务业的发展.....	35
3、	形成 3-5 家国际知名生产商.....	35
(三)	技术目标.....	35
(四)	主要任务.....	36
(五)	稳步实现国际化.....	36
<b>四、</b>	<b>对策措施.....</b>	<b>37</b>
(一)	制定标准规划，引导行业发展.....	37
(二)	建立质量监督体系.....	37
(三)	建立行业预警体系.....	38
(四)	持续向国家建议给予本行业持续支持.....	38
(五)	技术方面瓶颈突破.....	38
(六)	实现以太阳能为主的源端和负荷端互补系统的实施.....	39
(七)	开展国际合作、实现全球布局.....	39
(八)	充分发挥联盟和协会组织的作用.....	39
(九)	呼吁政府加大财税资金支持.....	39
<b>五、</b>	<b>教育及宣传.....</b>	<b>40</b>
<b>六、</b>	<b>太阳能采暖行业发展.....</b>	<b>41</b>
(一)	主要方法及技术障碍.....	41
1、	目前我国太阳能采暖发展概况.....	41
2、	未来太阳能采暖发展方向.....	48
(二)	太阳能采暖项目案例.....	49
1、	项目名称：大规模太阳能-工业余热用于城市集中供热示范工程.....	49
2、	项目名称：河北经贸大学跨季节蓄热太阳能集中供热系统示范项目.....	53
3、	主要参数：.....	55

## 一、 行业发展现状评估

近年来，我国在太阳能热发电领域已取得一定成果，但距离产业化仍有一定距离。虽然，高精度聚光器、槽式真空吸热管等关键器件的国产化生产线已经可以供应市场，高精度聚光、高性能吸热和大容量储热商业化技术逐渐成熟；但由于缺乏大型太阳能热发电技术工程实践和规模化并网发电项目的支持，我国太阳能热发电的产业基础还比较薄弱。我国太阳能热发电用材料的制备和生产与国际先进水平仍有差距，快速启动汽轮机、碟式斯特林发动机等重大装备的设计与制造能力较为薄弱，大规模太阳能热发电站设计集成和系统优化技术仍需验证。

我国市场 2016 年新增装机量为 10.2MW，包括 12 月 26 日并网发电的首航节能敦煌 10MW 熔盐塔式电站，10 月 12 日并网投运的甘肃阿克塞 800 米熔盐槽式示范回路，装机 200kW。截至 2016 年底，中国太阳能光热发电的总装机容量达到 28.3MW。虽然中控德令哈 10MW 熔盐塔电站于 2016 年 8 月 20 日并网发电，但因该项目是基于此前的 10MW 水工质项目的改造工程，故这一新增装机量不列入 2016 年的新增装机统计。中国科学院电工所 1MWth 的塔式熔融盐集热部分也于 2016 年 7 月建成并运行。

我国在建的项目包括中科院电工研究所主持的“十二五”863 课题，槽式光热发电技术研究与示范项目的 9000 平方米槽式集热/蒸发系统；华强兆阳张家口 15MW 改良菲涅尔光热示范项目、兰州大成敦煌 10MW 菲涅尔熔盐电站等试验性示范项目，以及中广核德令哈 50MW 槽式电站。

首航节能敦煌 100MW 塔式电站、中控太阳能德令哈 50MW 电站、中尚明德玉门东镇导热油槽式 50MW 太阳能热示范项目等商业化示范项目已经陆续开始动工。

国务院总理李克强 2016 年 1 月 22 日主持召开国务院常务会议，部署深入推进以人为核心的新型城镇化，更大释放内需潜力。会议指出，城镇化是中国发展最大的潜力所在。由此可见，我国西部正处于亟待发展的状态，城镇化需求较大，新能源发展作为推动力不可忽视。

2016 年 9 月国家能源局发布了《关于建设太阳能热发电示范项目的通知》，并公布了第一批太阳能热发电示范项目共 20 个，发改委发布了光热示范项目电价，每千瓦时标杆电价为 1.15 元。

2016年12月国家能源局、国家发展改革委相继发布了《能源发展“十三五”规划》、《能源技术创新“十三五”规划》、《可再生能源发展“十三五”规划》、《太阳能发展“十三五”规划》、《电力发展“十三五”规划(2016-2020年)》。各项文件中均提出了可再生能源及清洁能源发展的必要性,更明确了发展中面临的诸多问题。

《太阳能发展“十三五”规划》提出:到2020年底,太阳能发电装机达到1.1亿千瓦以上,其中,光伏发电装机达到1.05亿千瓦以上,在“十二五”基础上每年保持稳定的发展规模;太阳能热发电装机达到500万千瓦。太阳能热利用集热面积达到8亿平方米。到2020年,太阳能年利用量达到1.4亿吨标准煤以上。与此同时,到2020年,光伏发电电价水平在2015年基础上下降50%以上,在用电侧实现平价上网目标。

《能源发展“十三五”规划》提出“十三五”时期非化石能源消费比重提高到15%以上,天然气消费比重力争达到10%,煤炭消费比重降低到58%以下。按照规划相关指标推算,非化石能源和天然气消费增量是煤炭增量的3倍多,约占能源消费增量总量的68%。清洁低碳能源将是“十三五”期间能源供应增量的主体。

《可再生能源发展“十三五”规划》以实现2020年非化石能源比重目标为核心,以解决当前可再生能源发展所面临的主要问题为导向,明确了“十三五”期间可再生能源的发展目标、总体布局、主要任务和保障措施。可再生能源“十三五”规划包括《可再生能源发展“十三五”规划》这个总规划以及水电、风电、太阳能、生物质能、地热能5个专项规划,占了能源领域“十三五”14个专项规划的近一半,特别是首次编制了地热能发展规划。预计2020年可再生能源发电占比27%,可再生能源新增投资约2.5万亿元。

《电力发展“十三五”规划(2016-2020年)》提出西北地区:“十三五”期间,重点加大电力外送和可再生能源消纳能力。加快准东、宁东、酒泉和陕北特高压直流外送通道建设;根据市场需求,积极推进新疆第三回、陇彬、青海外送通道研究论证。

2016年12月22日习近平主持召开中央财经领导小组第十四次会议上强调推进北方地区冬季清洁取暖等问题。

2016年12月23日，中共中央政治局常委、国务院总理李克强主持召开会议，审议通过《西部大开发“十三五”规划》，部署进一步推动西部大开发工作，要增强可持续发展支撑能力，必须紧紧抓住基础设施和生态环保两大关键，并提出完善相关政策，引导东中部不污染环境的产业、吸纳就业多的产业向西部梯次转移，鼓励东部地区制造业到西部沿边地区投资设厂。提高能矿资源勘探开发、精深加工和利用水平，延长产业链、价值链。

我国市场2016年迎来太阳能热发电示范项目电价等相关政策的正式落地，预计2018年中国将迎来装机容量的大规模增长。

在太阳能低温领域，主要市场仍是提供生活热水，急需要进行产业升级。太阳能采暖是未来太阳能低温发展的重要方向，虽然目前被动式太阳能已经取得较为丰富的成果，但是主要技术研究还是集中于直接受益窗、空气集热蓄热墙和阳光间，缺少创新型技术。另外，当前还未实现被动式太阳能热利用与建筑一体化设计，被动式太阳能利用成本过高、影响建筑美观，导致被动式太阳能推广率不高。在主动式太阳能采暖方面，根据单体采暖建筑实测数据发现，热水系统集成热效率在40%左右、保证率不足35%，系统在寿命期内无法回收初投资。针对城镇的建筑群实现太阳能采暖还处于研究的初期阶段，需要进一步的技术研发。在太阳能空调方面，为了保障太阳能空调的连续性问题，一般采用燃气或燃油锅炉作为辅助热源。真正的中温集热器与双效溴化锂相结合的规模化应用太阳能空调，尚需要诸多技术开发研究，尤其是适用于变温度品位的吸收式空调技术需要突破。

我国研制的中温太阳能集热器为太阳能在工农业加热领域的应用奠定了基础，但要实现规模化、低成本可靠应用，满足不同应用场合的中温太阳能集热器，构建适用的太阳能热源方案替代或用于不同的工业加热环节、多能互补的太阳能工业加热系统以及用于实现中温能量蓄存与调节的蓄能材料等方面仍然面临着许多挑战。

## （一） 从业企业的数量

### 1、 截至2016年底各类企业的数量

太阳能热发电产业情况见表1。表中括号中的数字表示从业单位数量。从业生产企业、工程建设单位、设计科研机构、大学、专业媒体等总数约228家。

表1 太阳能热发电产业链分类及厂家数量——截至2016年12月31日

序号	技术类别	内容
1	专用材料 (19)	1、超白玻璃原片 (3) 2、反射镜 (6) 3、熔融盐 (4) 4、导热油 (3) 5、管路高温伴热带 (3)
2	聚光器及减速机 (40)	1、塔式定日镜 (5) 2、槽式聚光器 (12) 3、碟式聚光器 (5) 4、菲涅耳聚光器 (12) 5、聚光器减速机 (6)
3	吸热器 (21)	1、槽式真空吸热管 (12) 2、塔式吸热器 (5) 3、Liner Fresnel 吸热器 (3) 4、碟式吸热器 (1)
4	流体运输类 (8)	1、盐泵 (2) 2、油泵 (6)
5	换热器 (38)	1、油/水蒸发器 (10) 2、盐/水蒸发器 (5) 3、油/盐换热器 (3) 4、气/水换热器 (20)
6	发电设备 (14)	1、汽轮机 (4) 2、发电机 (5) 3、微燃机 (2) 4、斯特林机 (3)
7	控制设备 (13)	1、聚光场控制设备 (5) 2、全场 DCS 控制设备 (8)
8	电站设计科研机构 (12)	省级及以上设计院, 各种体制省级及以上科研机构 (12)
9	电站投资, 建设单位 (48)	1、聚光场 (3) 2、热岛 (4) 3、动力岛 (5) 4、EPC 总包 (6) 5、电站投资单位, 包括央企、国企和民企 (30)
10	服务类 (2)	各种设备, 部件的性能测试和咨询 (2)
11	教育单位 (8)	1、涉及太阳能热发电本科以上学历的大学 (5) 2、科研机构 (1) 3、培训机构 (2)
12	专业媒体 (5)	太阳能热发电主要的网站和报纸, 媒体 (5)

从表中可见, 在从业属性中, 电站投资建设单位多, 有 48 家。性能测试和咨询得服务业单位最少, 只有 2 家。专业媒体少, 只有包括本联盟在内的 5 家。

在生产方面，聚光器和各种换热器的企业较多，总数超过 100 家。说明我国的设备制造能力较强。其中聚光器约占 40%，以真空吸热管为代表的吸热器厂家不多，只有聚光器的 1/2。这说明了项目中投资占比高的聚光器是投资人的热点。

## 2、“十二五”新增企业数量

表 2 太阳能热发电新增加厂家数量——2016 年 1 月 1 日—12 月 31 日

序号	技术类别	内容
1	专用材料 (1)	1、超白玻璃原片 (0) 2、反射镜 (0) 3、熔融盐 (1) 4、导热油 (0) 5、管路高温伴热带 (0)
2	聚光器及减速机(3)	1、塔式定日镜 (1) 2、槽式聚光器 (2) 3、碟式聚光器 (1) 4、菲涅耳聚光器 (0) 5、聚光器减速机 (0)
3	吸热器 (1)	1、槽式真空吸热管 (0) 2、塔式吸热器 (1) 3、菲涅尔吸热器 (0) 4、碟式吸热器 (0)
4	流体输运类 (0)	1、盐泵 (0) 2、油泵 (0)
5	换热器 (0)	1、油/水蒸发器 (0) 2、盐/水蒸发器 (0) 3、油/盐换热器 (0) 4、气/水换热器 (0)
6	发电设备 (1)	1、汽轮机 (0) 2、发电机 (0) 3、微燃机 (0) 4、斯特林机 (1)
7	控制设备 (1)	1、聚光场控制设备 (1) 2、全场 DCS 控制设备 (0)
8	电站设计科研机构 (3)	省级及以上设计院, 各种体制省级及以上科研机构 (3)
9	电站投资, 建设单位 (27)	1、聚光场 (3) 2、热岛 (0) 3、动力岛 (0) 4、EPC 总包 (4) 5、电站投资单位, 包括央企、国企和民企 (20)
10	服务类 (0)	各种设备, 部件的性能测试和咨询 (0)
11	教育单位 (0)	涉及太阳能热发电本科以上学历的大学 (0), 科研机构 (0), 培训机构 (0)

12	专业媒体 (0)	太阳能热发电主要的网站和报纸, 媒体 (0)
----	----------	------------------------

由表 2 可见, 电站投资和建设单位新增加较快, 而制造业的数量几乎没有增加, 第三产业的服务, 教育和媒体类的数量也没有增加。2016 年 9 月国家颁布了太阳能热发电电价后对电站投资有非常明显的拉动。预计对下游的拉动会在 2017-2018 年逐步显现, 到 2018 年下半年会出现井喷态势, 尤其是第三产业方面。

电站集成的核心是设计, 由于火力发电市场的萎缩, 我国的火电设计力量基本都从 2015 年下半年开始关注太阳能热发电, 并展开了相应的工作。但由于示范项目较少, 因此 2016 年被新拉入行业的设计院不多, 这从 2016-2017 年初的几次投标就可以看出。图 1 显示了各类性质单位数量的对比。

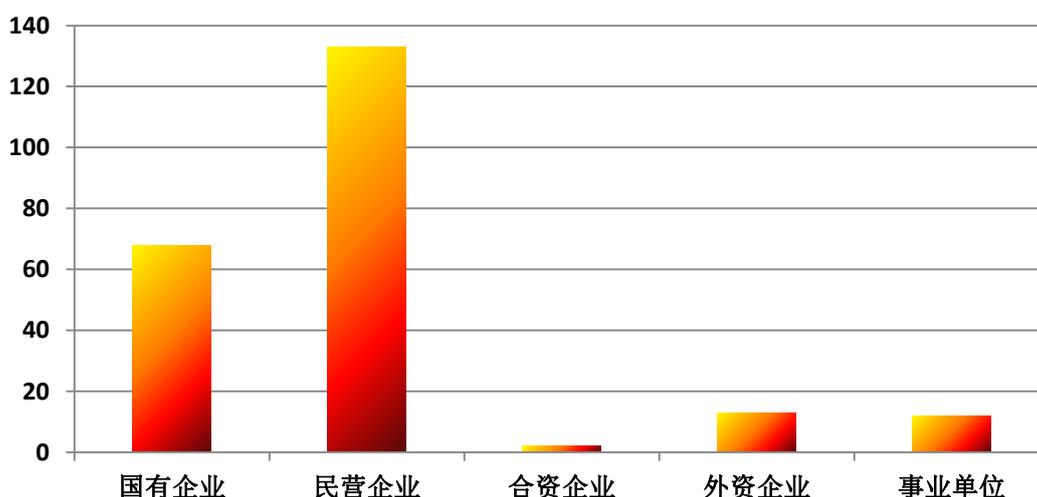


图 1 从业各类性质单位数量的对比

### 3、 生产线数量

在回复了蓝皮书问卷调研的 22 家单位中, 有 15 家已建产品生产线, 包括吸热器生产线、熔融盐生产线、导热油生产线、定日镜生产线、聚光镜生产线、机械&液压传动生产线、全场 DCS 控制设备生产线、各种玻璃反射镜生产线。生产线投资共计约 41.8 亿人民币。

### 4、 产能数据

表 3 各类别年产能数据

类别	年产能
槽式真空集热管	可装备电站（不带储热）1.2GW
槽式聚光器	可装备电站（不带储热）2GW
塔式定日镜	可装备电站（不带储热）1GW
菲涅尔聚光器	可装备电站（不带储热）0.1GW
熔盐	7万吨
导热油	110万吨
聚光器跟踪减速器	34万台（约1.7GW）
高温集热镀膜钢管	120km
超白玻璃	700吨/天，2GW
各种反射镜	可装备电站（不带储热）2GW
电站全场控制系统	600套

## （二）生产线数量排名（表 1 中所列十项的资产情况）

### 1、行业总资产

包括专业设备在内的电站投资，实验系统投资，科研，设计，检测平台，生产线投资等 5 部分，2016 年新增投资约 6 亿。太阳能热发电行业总资产约 160 亿。以上总资产不包括上市企业的股市市值在内。由于一批示范项目将于 2017 年开工，以及其对产业链的拉动，预计 2017 年行业总资产可以达到 400 亿。

### 2、实现利润

因为电价政策 2016 年末出台，整个行业基本没有实现终端销售电力利润。行业内部的其他产品销售收入也均较低。

### 3、 产业规模

产业目前侧重于研发和开展示范电站的前期工作，产业规模要随着示范项目的开展逐步扩大。包括专用装备，实验回路，示范电站等，目前还处于起步阶段。

### 4、 产业结构优化

产业结构目前基本合理，随着招标的开展和示范项目的建设，聚光器集成业，尤其是减速机生产企业的数量和能力将得到优化。在电站设计集成能力方面，设计院的作用将逐渐凸显。起步早，实践经验多，案例多的设计院将获得较高的分值。随着示范项目的开展，检验检测等服务业将得到迅速发展。我国的太阳能热发电产品质量认证也即将开始。

### 5、 2010-2016 生产线数量变化

2010-2014 年，我国各类产品的生产数量处于逐年增加的状态。2015-2016 两年期间，核心装备生产线数量基本没有变化。2016 年在熔融盐，熔融盐高温真空管方面各新建了 1 条生产线。

## (三) 规模企业

### 1、 规模企业的生产能力、厂家数量

规模化生产企业包括定日镜、槽式聚光器、槽式真空管等 3 个方面。

定日镜可规模化供货的厂家有 3 家，产能 40 万平方米/年。

槽式聚光器的有 12 家，产能 1.5GW，1500 万平方米/年。

真空管骨干生产厂家 5，产能 1GW,40 万只/年；

### 2、 业务类型及总资产

2016 年企业总资产在专用材料、专用设备、电站设计科研机构单位、电站投资、建设方面的大致情况如表 4：

表 4 业务类型及总资产

序号	技术类别	资产总额（亿元）
1	专用材料	350
2	聚光器及减速机	5
3	吸热器	100
4	流体运输类	2
5	换热器	75
6	发电设备	300
7	控制设备	5
8	电站设计科研机构	8
9	电站投资，建设单位	600
10	服务类	0.3
11	教育单位	1
12	专业媒体	0.03
总计		1446.33

### 3、 近五年自主创新能力的效果

1) 2016 年 7 月，中国科学院电工研究所建成了 1MWth 的熔融盐吸热换热回路，并成功运行。

2) 2016 年 8 月 20 日，中控太阳能德令哈 5MW 水介质+5MW 熔盐介质塔电站并网发电。

3) 2016 年 8 月，西安航空动力公司 MW 级碟式斯特林太阳能热发电示范电站（50×20kW）建于陕西铜川。

4) 2016 年 10 月 12 日，甘肃阿克塞 800 米熔盐槽式示范回路，装机 200kW，成功发电运行。

5) 2016 年 12 月 26 日，首航节能敦煌 10MW 熔盐塔式电站并网发电。

#### 4、 国际化经营、出口产品及对外工程承包国别

表 5 国际化经营情况

技术类别	西班牙	德国	法国	印度	伊朗	泰国	日本	斯里兰卡	韩国	美国
专用材料	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
专用设备		√	√	√		√		√	√	√
吸热器	√	√		√						

其中，导热油、熔融盐、塔式吸热器、槽式聚光器、机械&液压传动、菲涅耳聚光器、真空吸热管、菲涅尔吸热器生产商中已有向全球进行供应的厂商。

#### 5、 民营企业、国企、外企占比情况

根据收集到的数据统计得出，在太阳能热发电技术类别中企业分布如下：

表 6 民营企业、国企、外企数量情况

序号	技术类别	国有企业	民营企业	合资企业	外资企业	事业单位
1	专用材料	2	13		4	
2	专用设备	3	35	2		
3	吸热器	4	17			
4	流体运输类	1	7			

5	换热器	11	23		4	
6	发电设备	10	4		1	
7	控制设备	9			4	
8	电站设计科 研机构	10				1
9	电站投资， 建设单位	18	30			
10	服务类单位		1			1
11	教育单位					8
12	专业媒体		3			2

表 6 显示了民企大都分布在聚光器，吸热器和工程投资建设领域。本批示范项目制造业企业作为电站业主入围较多，但随着项目的开展，到 2018 年后，这种投资大的领域可能会逐步被资金雄厚的央企和大国企替代，民企将更加侧重装备制造。

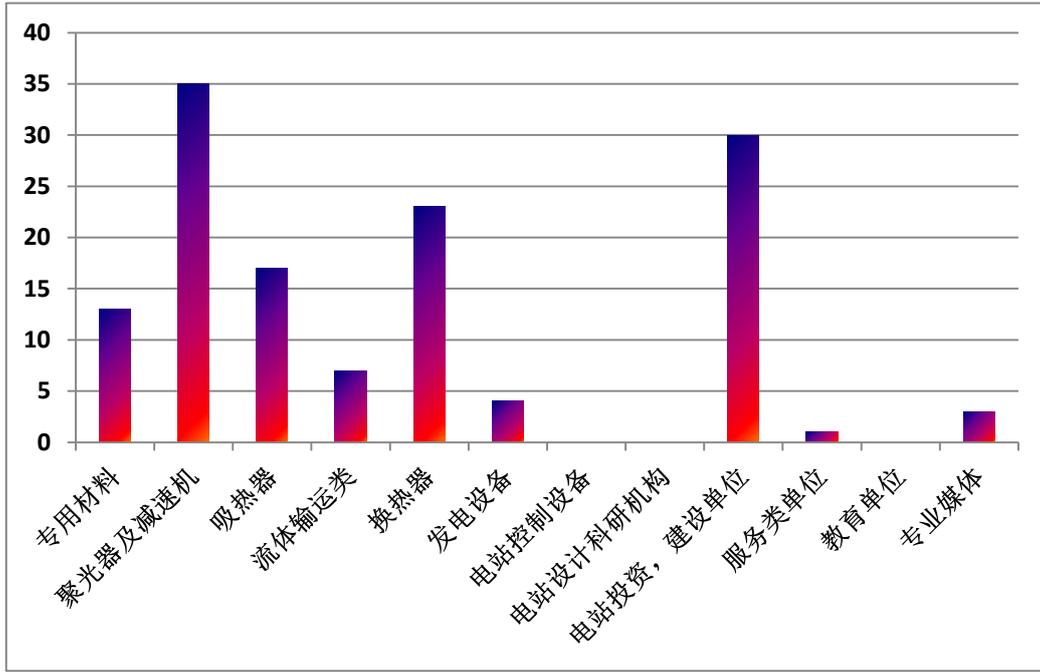


图 2 民营企业在太阳能热发电产业链上的分布

由图 3 可见，国有企业目前主要分布在电站投资和建设上。在设计，发电设备，塔式吸热器，各种换热设备上也有相当的数量。可见我国火电的产业技术基础可支撑太阳能热发电行业的发展。这说明，太阳能热发电承接火电的技术能力是可能的，并且已经开始。

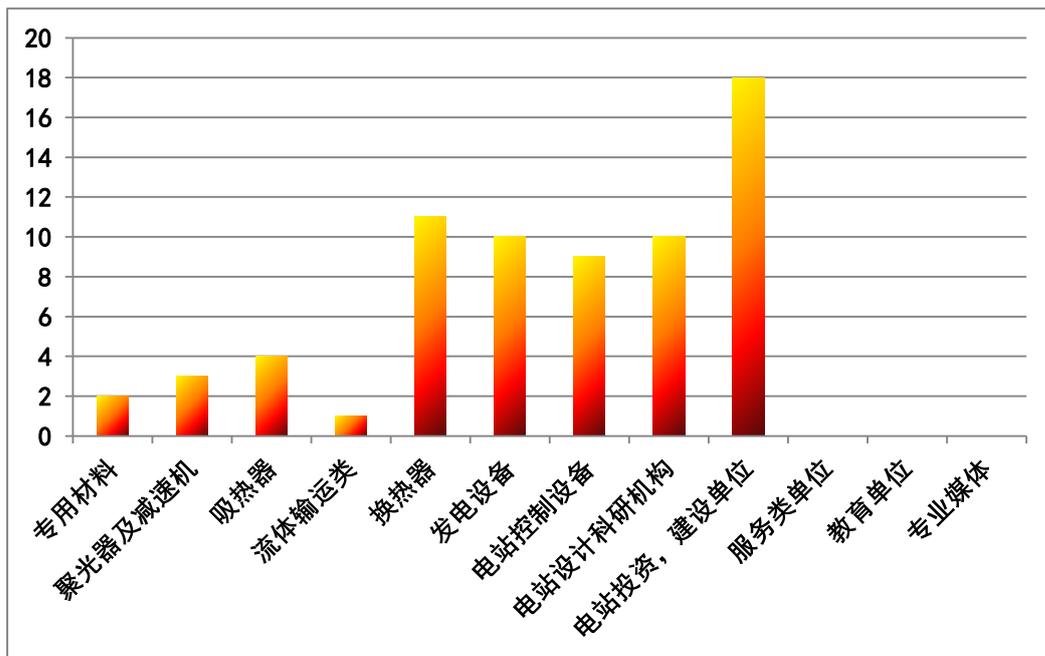


图 3 央企和国有企业在太阳能热发电产业链上的分布

我国包括高校在内的事业单位在产业链上主要从事教育，专业从事太阳能热发电科研的科研机构较少。目前值得重视的是，国有企业的大型研究院开始从事太阳能热发电技术的研究。例如国电投中央研究院，国网电科院，中国电力科学院，华能清洁能源研究院等。但我国在太阳能热发电重大基础研究方面的力量仍显薄弱。

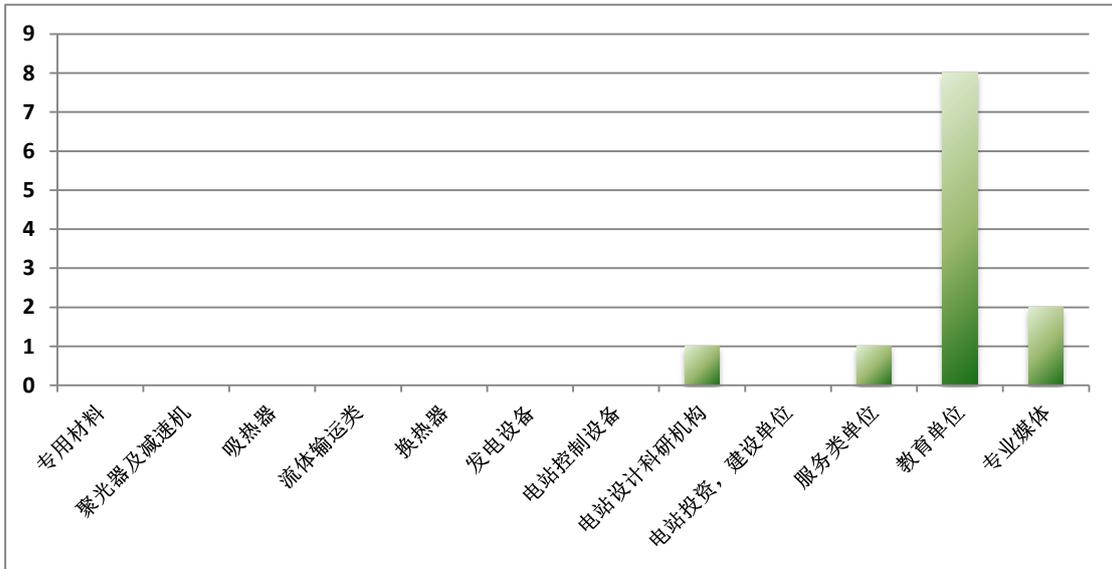


图 4 事业单位等在太阳能热发电产业链上的分布

## 6、“十二五”发展落实情况

截至 2015 年底，全国已建成实验示范性太阳能热发电站(系统)6 座，装机规模为 1.388 万千瓦；2016 年 9 月，国家能源局印发《关于建设太阳能热发电示范项目的通知》(国能新能[2016]223 号)，确定第一批 20 个太阳能热发电示范项目，其中包括 9 个塔式电站，7 个槽式电站和 4 个菲涅尔电站，总计装机容量 134.9 万千瓦，分布见图 5。项目主要分布在青海省、甘肃省、河北省、内蒙古自治区、新疆维吾尔自治区五个省区，其中以甘肃项目数最多，分布见图 6。

图 6 和图 7 显示了示范项目的地点、太阳能 DNI 和效率情况。示范项目全部分布在我国北方地区。除了张家口市外，在甘肃，青海，内蒙古和新疆等西北地区。从图 6 可见，建站地点的年 DNI 值基本在 2000kWh/m<sup>2</sup> 左右，没有超过 2200kWh/m<sup>2</sup> 的。图 7 可见示范项目的效率分布在 15-22% 之间。

如图 8 所示，电站分布地域的 GDP 处于较低的经济地区(2014 年 GDP 数据)。

张家口示范项目落在我国 GDP 第三档地区。

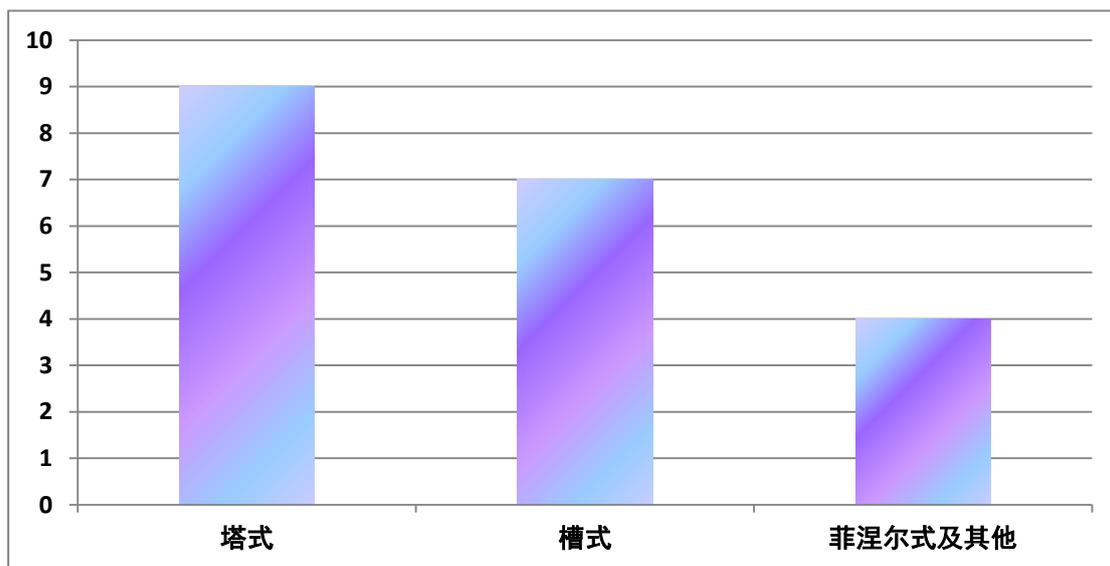


图 5 示范项目的聚光类别

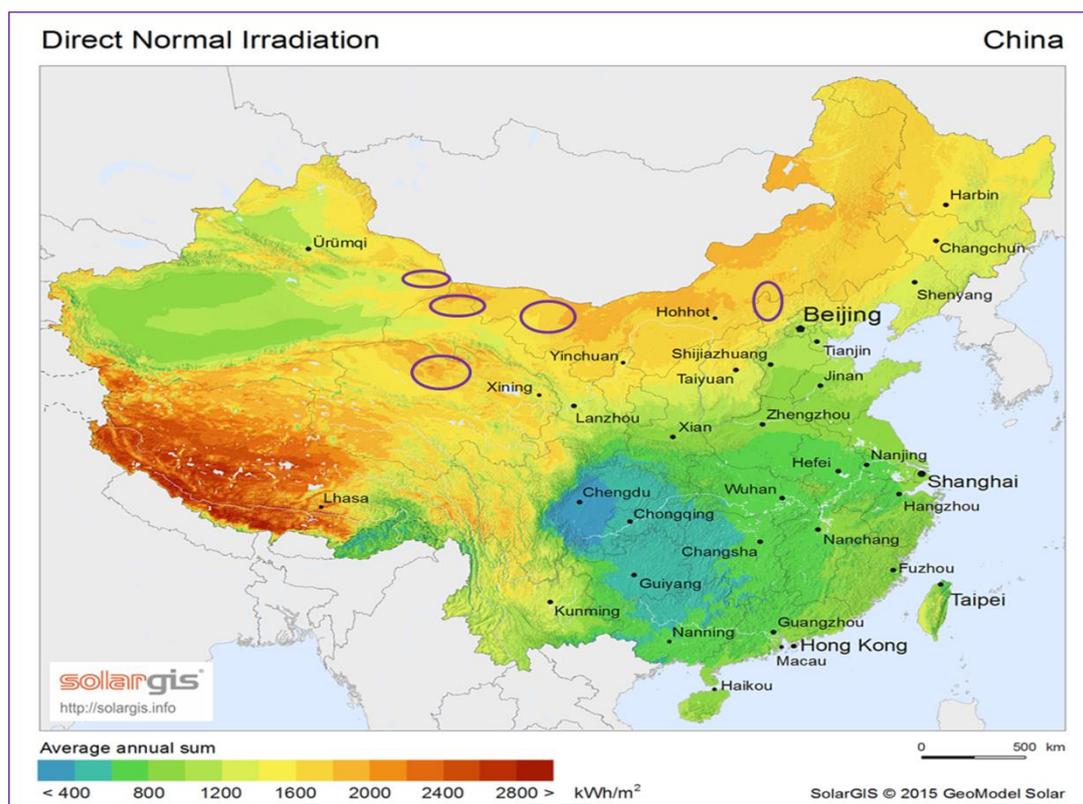


图 6 示范项目的分布地域分布

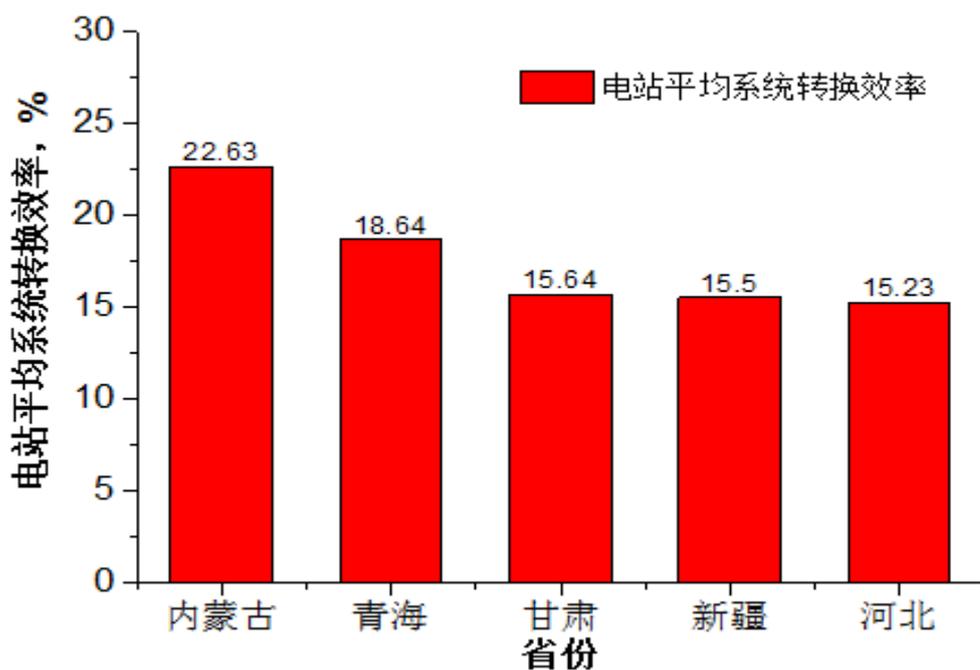


图7 示范项目的申报年发电效率

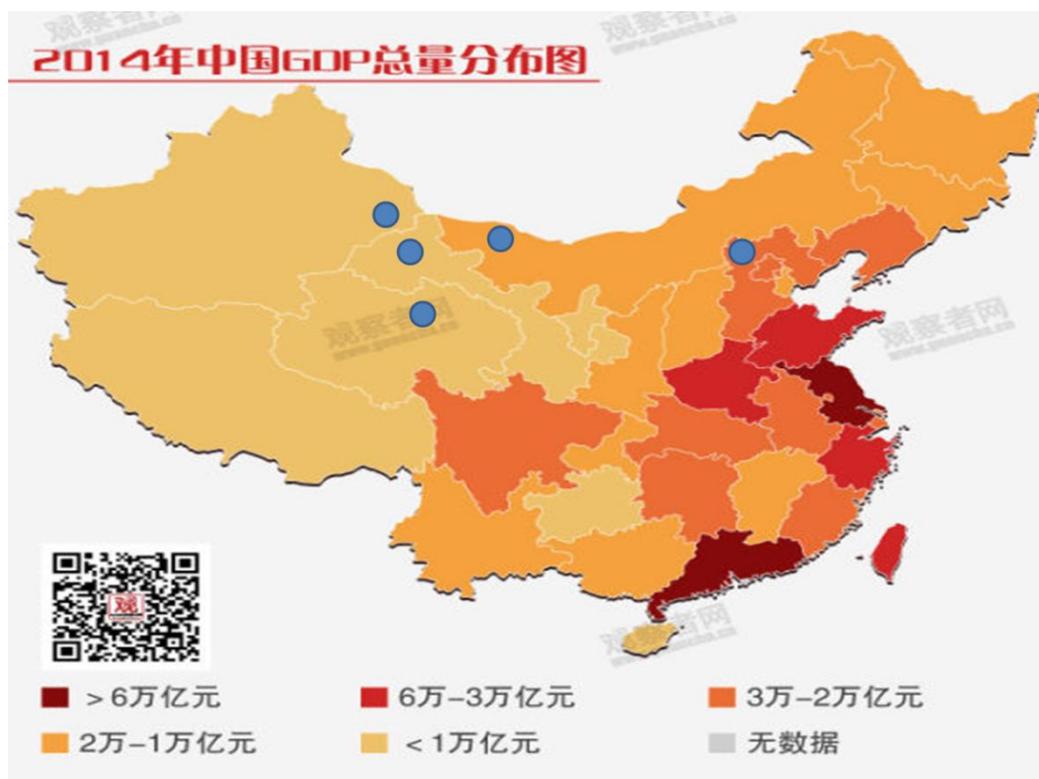


图8 20个示范项目在GDP图中的分布

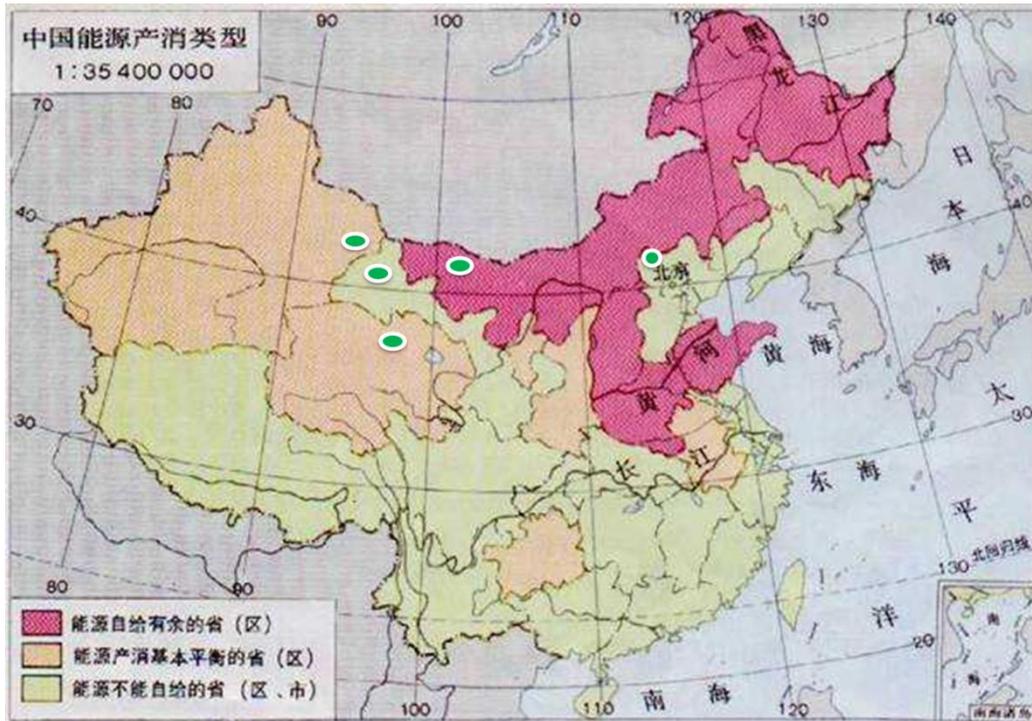


图 9 20 个示范项目在我国能源产销平衡图中的分布

#### (四) 行业发展主要问题

##### 1、 产品急需验证

在技术方面，全球太阳能热发电商业化经历了将近 30 年的时间。近 50 座商业化电站培育形成了槽式真空管、曲面玻璃镜等装备制造商，其中真空管以肖特、Rioglass 为代表，几乎提供了所有商业化电站的真空集热管，曲面玻璃反射镜方面以美国 Glasstech 等为代表，形成了热弯钢化玻璃生产技术和产能，并研发了热弯钢化玻璃生产设备，成为全球主要的热弯钢化设备供应商。同时，相关商业化电站建设，也带动并形成了以 Abengoa, Sener, Brightsource, SolarReserve 公司等为代表的一批系统集成与总包公司，随着西班牙等国家和地区太阳能热发电政策的变化，这些公司也纷纷活跃在美国、中国、非洲、中东、智利和印度等全球太阳能热发电市场。伴随着全球太阳能热发电商业化电站建设步伐的加快，全球基本形成了以欧美发达国家为垄断的太阳能热发电装备制造、系统集成总包和产业链集成建设能力。

##### 2、 产品质量及结构

聚光器和吸热器是集热场的核心，也是需要相互配合的产品。从表 3 可见，2016 年我国的槽式聚光器产能可装备约 2GW 电站，高于对应的真空管产能装备 1.2GW。聚光器的生产取决于反射镜玻璃的产能。建筑玻璃在我国是一个大产业，转型容易。随着示范项目的开展预计越来越多的建筑玻璃，汽车玻璃企业将转型到太阳能热发电聚光器制造行业。为聚光器提供玻璃原片，反射镜和整机。

定日镜产能取决于传动箱的产能，目前传动箱产能为年装备 1.7GW 电站。

聚光器产能可以满足我国示范项目的建设。

### 3、 产业国际化程度

我国太阳能热发电相关产品已实现向国际市场销售或样品出口。产品主要分布于槽式反射镜，太阳能用超白浮法玻璃，导热油，聚光器用回转传动减速器，高温镀膜钢管和槽式真空集热管等产品。

### 4、 自主知识产权的保护产品

调研企业中部分公司已拥有自主知识产权的保护产品，联盟建立了专利池，保护联盟成员的产品。

### 5、 装备生产能耗差距

目前产品形成了产能，但由于市场的原因，产能均不大。因此装备生产能耗数据不全。

### 6、 技术支撑能力

#### (1) 技术创新对行业效益贡献率

积极推进产业技术创新能力建设，实现重大共性关键技术突破，加快传统能源向可再生能源的转型升级，是当前能源发展的迫切任务。推动产业技术创新能力发展是贯彻落实中央关于加快转变经济发展方式、推进能源清洁化和可持续性融合的重要手段，是实现制造强国战略的重要抓手，推动产业结构迈向中高端、培育战略性新兴产业的关键支撑。

根据调研反馈材料统计得出，60%的研发机构及企业在 2016 年都申请了新产

品专利，部分授权，部分受理当中。其中民企对行业的贡献率在逐步提升。

## (2) 新产品

2016 年度我国原创性新产品不多。聚光器，吸热管，系统集成的商业化基本还是依据过去已有的技术生产。

但 2016 年出现数家专业研制和生产聚光器的企业，这是值得注意的动向。

## (3) 基础研究和应用基础研究的能力

我国太阳能热发电基础研究能力居于国际先进行列。在第一代到第四代太阳能热发电聚光吸热部件的研制，效率指标，吸热器强化换热，各种储热技术研究，非稳态聚光热力系统仿真等方面都与国际同行持平。

我国在太阳能热发电产品的性能检测和评价的研究落后于德国，日本和美国，西班牙等国。但我国在太阳能聚光型集热器非稳态效率测试方法的研究中处于国际前列。

## (4) 企业创新能力

企业中研究投入约占企业总投入的平均百分比约为 12%，科研技术人员平均百分比约 25%。我国民企和国企的创新能力均较高。在太阳能热发电的二十个示范项目中，自主研发的技术占了较大的份额。

首批光热发电示范项目主要技术的来源单位类别见图 10。

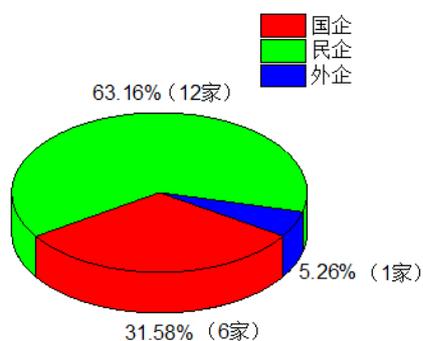


图 10 太阳能热发电示范项目技术来源企业类别

## 二、“十三五”面临形势的判断

“十三五”期间将是我国太阳能热发电产业商业化、规模化建设的初级阶段，随着国家首批 20 个太阳能热发电示范项目陆续开工建设，太阳能热发电设备制造能力、系统集成能力和工程施工能力将不断得到提升，技术标准体系将不断得到完善，光热发电项目的投资成本将逐步降低，经济效益水平会不断提高，产业发展规模化、商业化趋势将更加明显，在全球低碳减排大环境下，太阳能热发电可能成为我国未来的新能源利用的重要方式。

### （一）国内外经济发展趋势对太阳能热发电技术的影响

人口和经济增长是能源需求不断增长的关键驱动因素。根据《BP 世界能源展望》（2016 版）研究结果，2035 年，世界人口预计将达 88 亿，较现在增加 15 亿。世界经济的发展意味着需要更多的能源。根据《BP 世界能源展望》（2016 版）研究结果，世界能源消费在 2014 年到 2035 年将增长 34%。我国历年来经济发展和用能增加的情况见图 11。

年份	GDP (万亿元)	增速%	能源消费总量 (亿吨标煤)	增速 %	全社会用电量 (万亿kWh)	增速 %
2009	33.53	8.7	31.0	6.3	3.6973	6.2
2010	39.79	10.3	32.5	5.9		13.1
2011	47.15	9.2	34.8	7.0		11.7
2012	51.93	7.8	36.2	3.9	4.9591	5.5
2013	56.88	7.7	37.5	3.7	5.32	7.5
2014	63.64	7.4	38.4	2.2	5.5233	3.8
2015上半年	29.68	7.0		0.69	2.6624	1.3

图 11 我国 GDP 和能源消费增长情况

我国能源负荷中心的可再生能源资源就地供应能力不足，决定了我国清洁能源开发以大基地为主、电能的远距离传输有较大的需求。图 12 是大规模西部清洁能源电力外送东部的趋势，图中横轴为外送电量。预计 2050 年，40%的西部

电力、太阳能风能电力都要外送。太阳能热发电能够平抑电力波动的特性可以使得大型可再生能源电力弃风、弃光率大大降低，是实现我国清洁能源由西部送往东部和南部的前提。图 13 显示，对于 1000 万千瓦光伏+200 万千瓦太阳能热发电装机的配合电力系统，设太阳能热发电站具有不同的储热时间 2h, 4h 和 10h。三种场景下光伏的弃光率分别为 10.17%、7.53%和 5.82%。太阳能热发电对光伏大规模接入电网的促进效果明显。

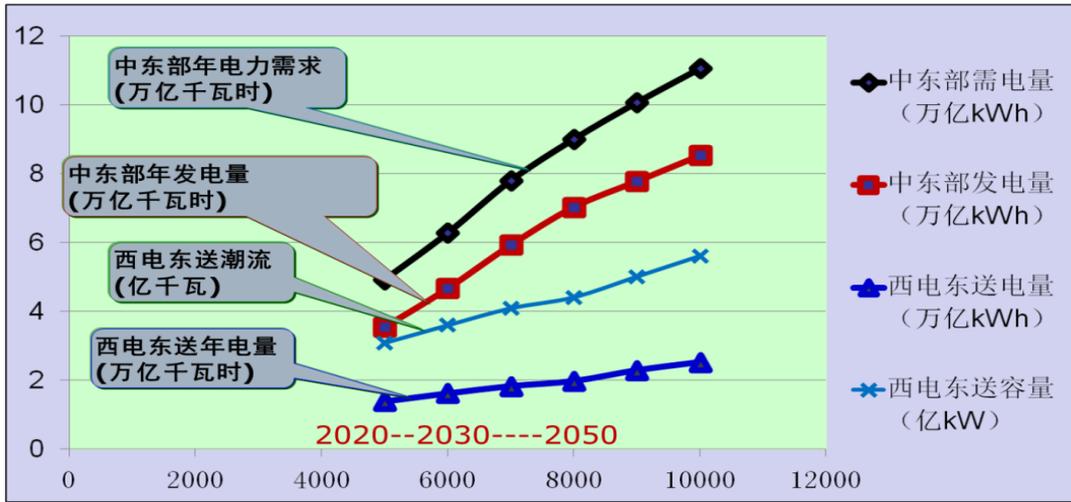


图 12 我国中长期（2020-2030-2050 年）西电东送发展趋势预测

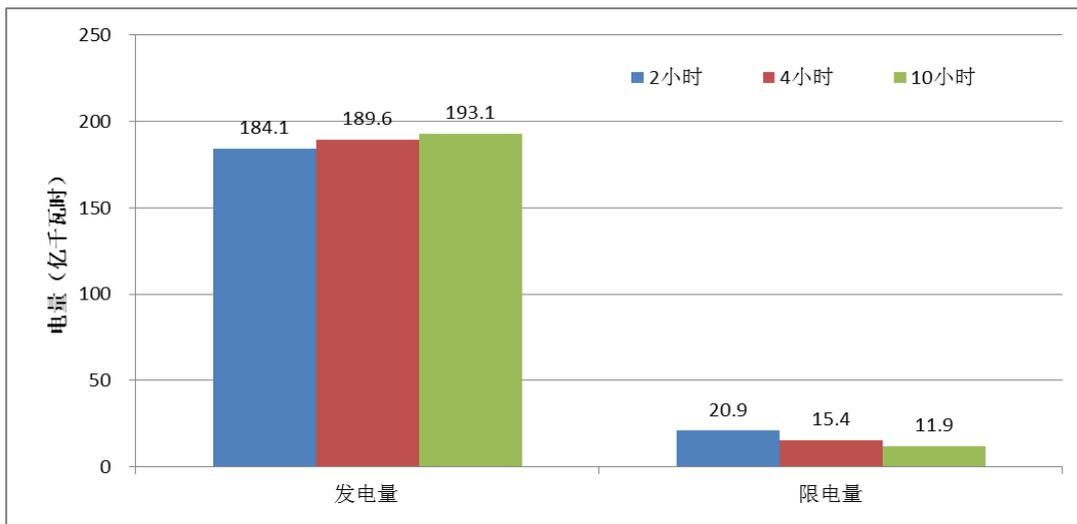


图 13 太阳能热发电对电网接纳光伏发电能力的影响

## （二） 发展面临的机遇

### 1、 电网对电源稳定性需求

从图 14 中可见，在 2020 年 1000 万千瓦光伏规划装机的基础上，分别新增 200 万千瓦光伏和光热装机，两种场景下的弃光率分别为 13.02%和 10.17%。可见增加太阳能热发电对减少弃光率是非常有效的。是一种电网需求的，可稳定输出的可再生能源。

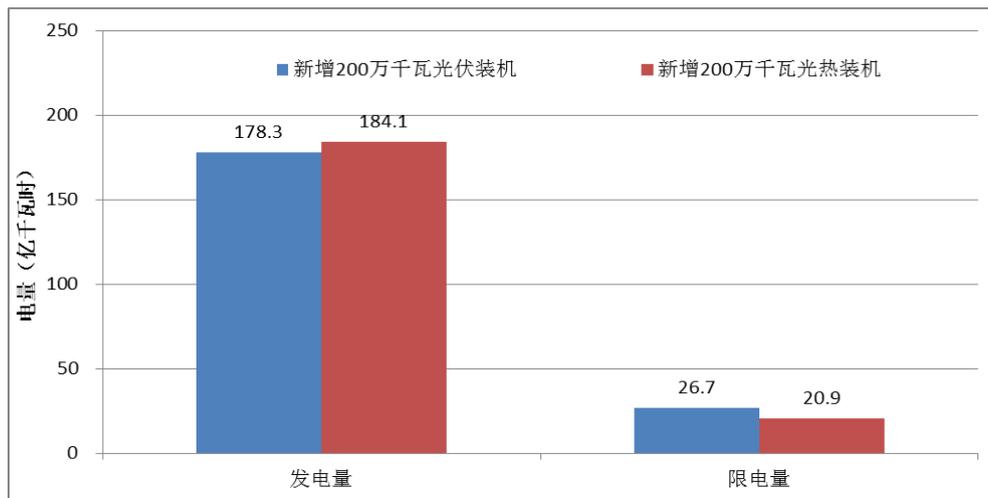


图 14 太阳能热发电对电网接纳光伏发电能力的影响

### 2、 能源互联网中多能互补和热电联供

可再生能源需要就地消纳或大规模上网的话，首要条件是稳定，其次是具有足够的经济性。由于可再生能源本身的不连续、不稳定性，因此需要进行多能互补，储能和多能互补调控单元的作用就是保证能量的连续性，并达到足够的稳定性。其结构如图 15 所示。不稳定的可再生能源通过储能和调控使其按需输出稳定的能量。但由于储能价格高，因此太阳能热发电成为多能互补中的主力能源。

能源互联网中流动的除了电流外还有热流。太阳能热发电热电联供是可再生资源高效利用的重要手段。热电联供可使太阳能利用的总能效率达到 65%以上。从能量转化的基本定律出发，对所收集到的太阳能从热能的梯级利用与品位的角度，基于对总能的梯级利用采用“温度对口，梯级利用”的原则，把热机发电和余热利用或供热联合，实现热电联供的梯级利用可大幅度提高能源综合利用效率。

太阳能热电联供技术可以提高太阳能总能利用效率,实现太阳能就地消纳和太阳

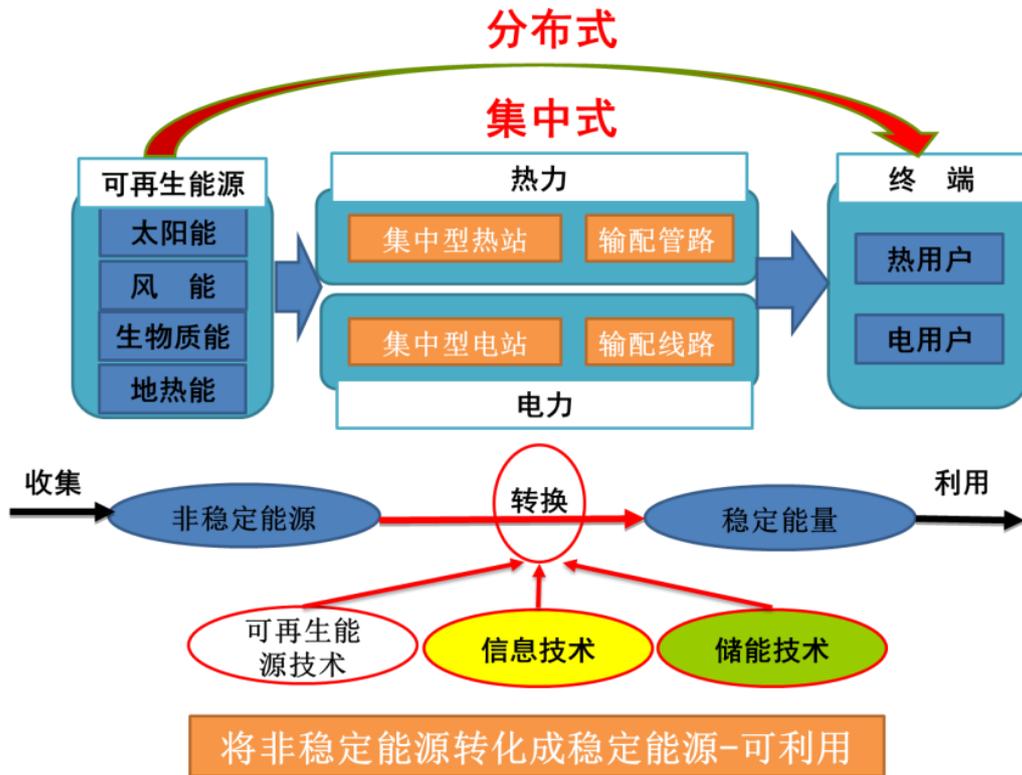


图 15 多源多目标的能量体系

建筑采暖的重要技术,而使用大型太阳能热发电站进行热电联供,是我国西北地区建筑采暖技术革命的一个重要方向。太阳能热电联供系统是一种新型的区域能源综合利用系统,建在用户的附近,可以同时供应电能、制冷和热水,是更可靠、更高效和更加环保的能源系统。太阳能热电联供系统兼顾节能和环保两个因素,提高能源利用率,降低污染物排放,打破传统的单一供电、供热或供冷的方式,提高能源系统经济性,具有广阔市场应用前景。

G. Franchini 等研究了槽式和塔式太阳能热发电系统对传统朗肯循环和热电联供循环的不同性能,结果如图 16 所示。当与热电联供循环结合后,槽式和塔式系统都可具有相对传统朗肯循环更高的转换效率。Suzan Abdelhady 等介绍了在埃及一种小型离网的太阳能槽式热电联供系统的优化设计与分析,系统所发电量 and 产生的热量采用就地消化的方式以符合当地相应能源需求。如图 16 所示,系统可以在保证 6MW 发电功率时,同时提供 21.5MW 的热功率,如下图 16-17 所

示，此时系统总能利用效率可达 85%。此系统可满足 3300 个农民家庭和 2 家工厂的电力和用热需求。

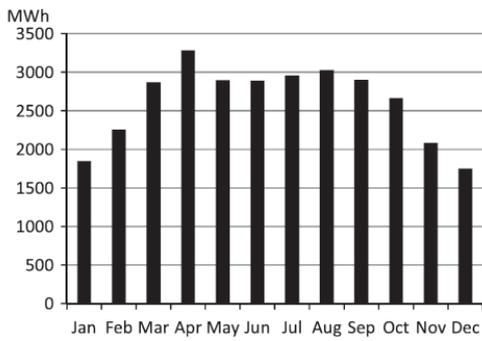


图 16 月发电量

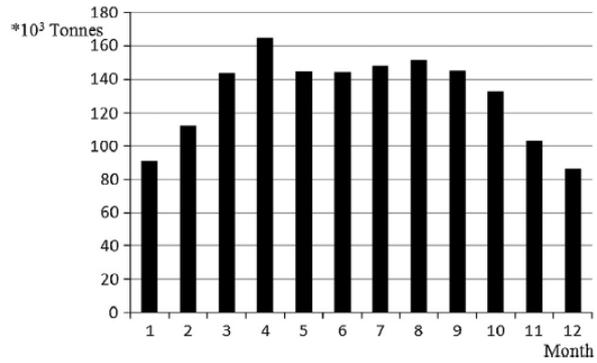


图 17 月供热量

Jean-Louis Bouvier 等对采用双轴跟踪形式的小型太阳能槽式直接发生蒸汽的微型热电联供系统，进行了试验研究，如下图 18 所示，系统分别在晴天和多云不同气象条件下进行了试验测试， $46.5\text{m}^2$  的集热器面积的热电联供系统在 DNI 为  $897\text{W}/\text{m}^2$  时可全天 8 小时运行连续产生  $33\text{kg}/\text{h}$  的饱和蒸汽，同时提供出  $18.3\text{kW}$  的热功率以及  $1.4\text{kW}$  的电功率。实验数据表明此系统在小流量时系统效率较高。

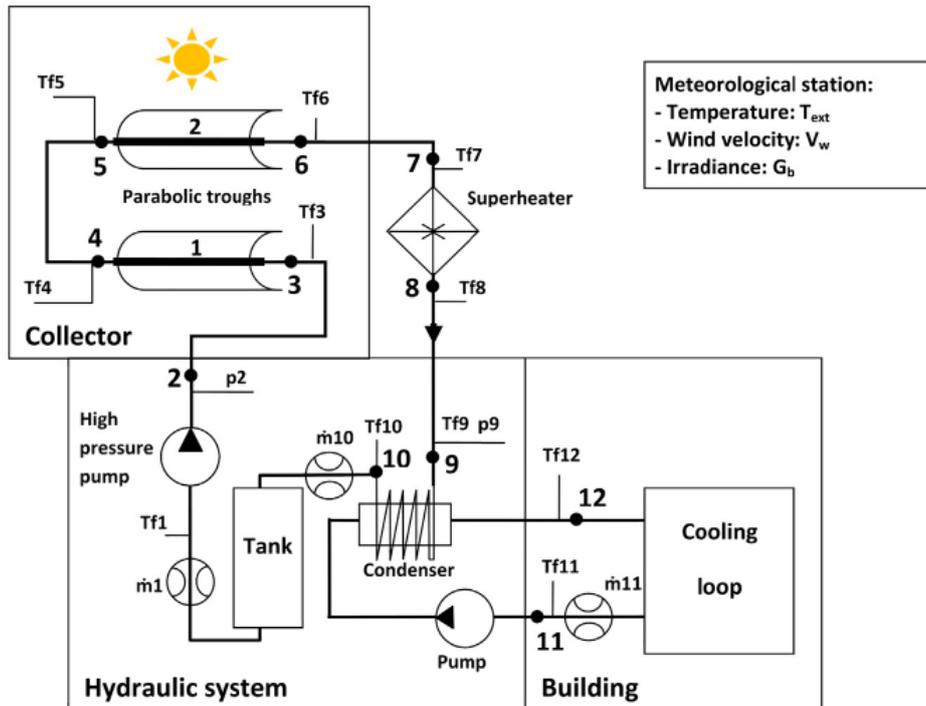


图 18 小型太阳能热电联供系统示意图

M. Hasan Nia 等对一种新型的太阳能热电联供系统进行了实验研究，该系统采用菲涅耳聚光器和热电模块相耦合的方式在提供电力的同时也可以预热冷水。菲涅耳聚光器采用单轴跟踪，采光口面积为  $0.09\text{m}^2$ ，实验结果表明在太阳辐照度为  $705.9\text{W}/\text{m}^2$  时可以有  $51.33\%$  的效率发电  $1.08\text{W}$ ，同时产生  $30.93\text{W}$  的热量供应。

Monica Borunda 等对一种新型的将太阳能槽式系统与有机朗肯循环的发电单元和蓄热单元相耦合的热电联供系统进行了设计、分析和模拟仿真。这种新型系统可有效的为纺织厂提供相应的电力负荷和热能负荷。结果表明在有效利用余热后可回收近  $55\%$  的能量，大大提高了系统总运行效率。相关发电效率，热力装置效率等如下图 19 所示。

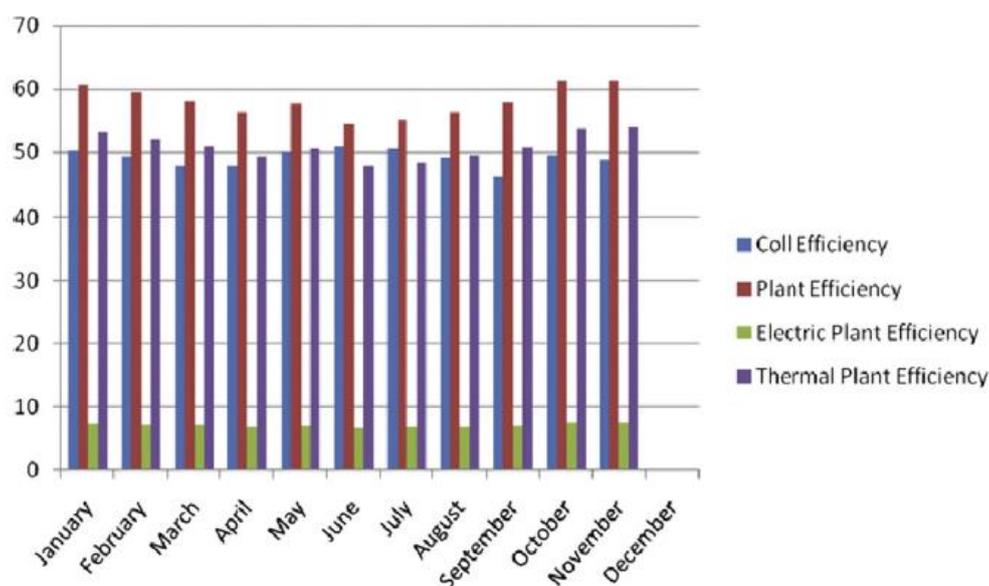


图 19 热电联供系统月效率曲线

Sotirios Karellas 和 Konstantinos Braimakis 对希腊的一个太阳能冷热电联供系统进行了技术和经济分析研究，此系统由  $50\text{m}^2$  太阳能槽式集热器，ORC 循环以及 VCC 循环组成。如下图 20 所示，可分别在夏天提供冷负荷，热负荷及电力负荷，在冬天提供热负荷和电力负荷。最终得出此系统在夏天时可产出  $1.42\text{KW}$  的电力， $53.5\text{kW}$  的热负荷以及  $5\text{kW}$  的冷负荷，ORC 可用能效率约为  $7\%$ ，可有效减少一次能源消耗  $12\%$ ，投资回收期约为 7 年。

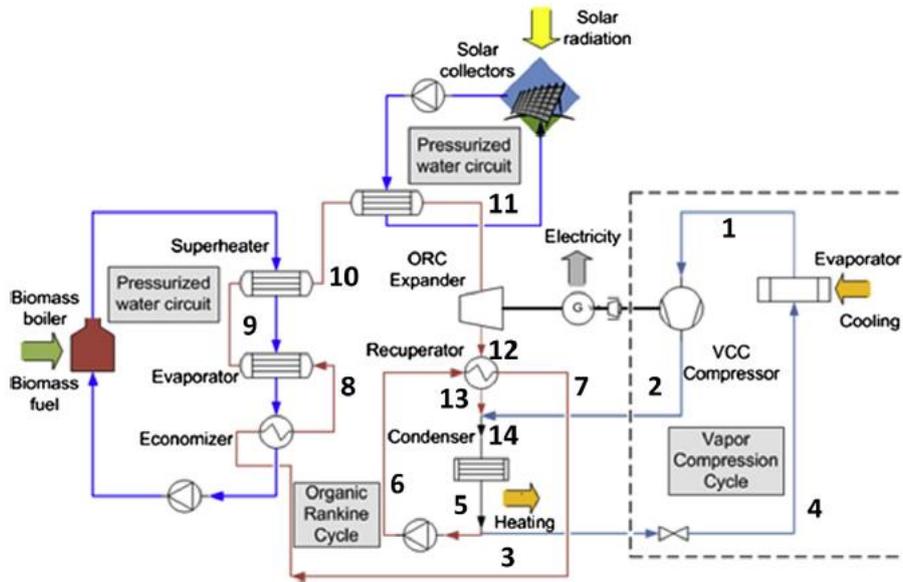


图 20 太阳能 PTC+ORC+VCC 冷热电联供系统示意图

### 3、 建设西部低碳城镇的需求

自从 20 世纪 70 年代末改革开放以来,我国成为世界发展最快的发展中国家,也是目前世界上第二大的能源生产国与消费国。目前我国能源建设中存在的主要问题之一是不合理的能源结构,清洁优质燃料占比低。目前我国能源消费以煤炭为主。煤炭燃烧造成环境污染更加严重,并且排出大量的二氧化碳、硫、汞等废气,需要对环境进行污染治理,保护生态环境已迫在眉睫。由于煤炭消费比重大,造成二氧化碳排放强度相对较高,由燃烧煤造成二氧化硫与烟尘的排放量约占总排放量的 70~80%。近年来我国大部分城市出现了严重的雾霾现象,其大气污染主要是由燃烧大量化石能源排放的污染物与机动车尾气混合而成的。在我国北方地区冬季采暖期间由于能源消耗量的大量增加,造成本地污染物排放强度加大,这是重污染天气高发的根本原因,而一旦气象条件不利,就可能形成重污染。自 2016 年进入冬季以来,北京已经发布 2 次空气重污染红色预警,分别是 12 月 8 日-10 日和 12 月 16 日-21 日,尤其是自 16 日夜间开始,北京经历了今年来持续时间最长、程度最重的雾霾天气过程。因能源消费所带来的环境污染问题在人们的社会经济生活中日益突出。据中国工程院预计,2020 年我国采暖的二氧化碳排放量将达到 9 亿吨。我国西部地区太阳能资源丰富(图 21),全国陆地面积接受的太阳能辐射能约为 17000 亿吨标准煤,其中年日照时数大于 2200 小时,

总辐照量高于  $5000\text{MJ}/\text{m}^2$  的太阳能资源丰富或较丰富的地区面积较大，约占全国总面积的  $2/3$  以上。

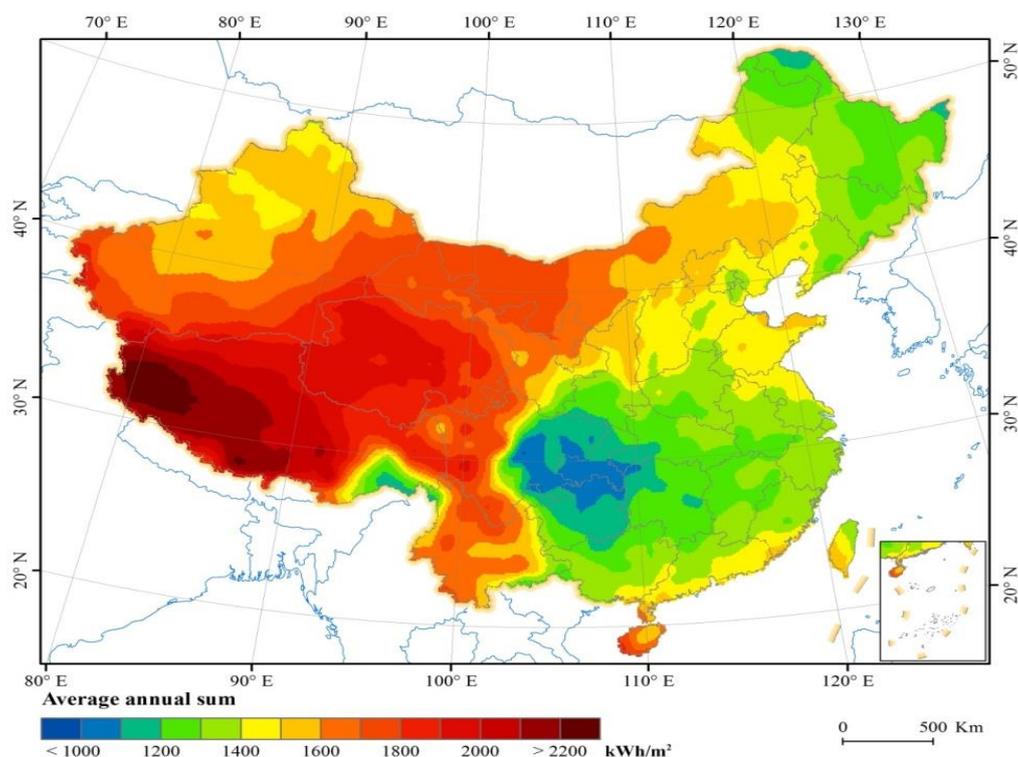


图 21 我国太阳能资源分布

为保证能源供应，实现可持续发展，我国政府采取了积极的应对措施，国家能源局发布的《能源技术创新“十三五”规划》中提出绿色低碳是能源科技创新的主要方向，重点将集中在新能源大规模开发利用等领域，也将集中攻关和重点对大型太阳能热发电及热电联供电站设计技术、关键部件设计制造技术以及太阳能热电联供高效梯级利用技术开展研究。国家发改委对外发布的《可再生能源发展“十三五”规划》对可再生能源供热和燃料利用指标进行量化。该规划提出，为实现2020年和2030年非化石能源占一次能源消费比重分别达到15%和20%的能源发展战略目标，要进一步促进可再生能源开发利用，加快对化石能源的替代进程，改善可再生能源经济性，其中，到2020年，各类可再生能源供热和民用燃料总计约替代化石能源1.5亿吨标准煤。

国家主席习近平在2016年12月主持召开中央财经领导小组第十四次会议强调，推进北方地区冬季清洁取暖，关系北方地区广大群众温暖过冬，关系雾霾天能不能减少，是能源生产和消费革命、农村生活方式革命的重要内容。要按照企

业为主、政府推动、居民可承受的方针，宜气则气，宜电则电，尽可能利用清洁能源，加快提高清洁供暖比重。面对这一目标，开发高效的可再生能源系统，提高能源利用效率，减少能源消耗是关键。太阳能热电联供系统兼顾了系统节能和高效的特性与可再生能源的清洁和环保的特性，为解决这一问题提供了一个新的思路和可行的方案。

#### 4、 战略新兴产业和“一带一路”产业需求

“一带一路”是丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路的合称，由习近平主席在 2013 年提出，是新时期推动互联互通、实现经济融合发展的战略创举，蕴藏巨大潜力。丝绸之路经济带，是中国与西亚各国之间形成的一个在经济合作区域，大致在古丝绸之路范围之上。在中国，包括西北陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆等五省区，西南重庆、四川、云南、广西等四省市区。它不是一个实体和机制，而是合作发展的理念和倡议，是依靠中国与有关国家既有的双多边机制、区域合作平台，旨在借用古代“丝绸之路”的历史符号，高举和平发展的旗帜，主动地发展与沿线国家的经济合作伙伴关系，共同打造政治互信、经济融合、文化包容的利益共同体、命运共同体和责任共同体。

“一带一路”沿线国家人口总数达 46 亿，经济总量约 21 万亿美元，分别占全球的 63%与 29%。沿线大多数是新兴经济体与发展中国家，它们普遍处于发展的上升期，因此，通过“一带一路”战略构想的规划实施，有利于沿线国家经济的发展，可能成为全球经济发展的一极。目前，约 60 个国家表示将参与支持“一带一路”战略。“一带一路”也为能源合作带来新的契机。比如在丝绸之路经济带上，中亚国家有着良好的资源基础，在与中国庞大市场对接方面也有着良好意愿，加之中国与中亚各国的睦邻友好关系，为双方能源合作打下扎实深厚的基础。

“一带一路”的建设让光热发电的推广迎来了难得的机遇。光热发电无论在产业制造还是应用方面，都与“一带一路”战略高度契合。同时，“一带一路”沿线各国不仅有丰富的光热市场、资源，还为光热电站建设提供了必要的资金、技术和人才交流平台，有利于发挥各国在光热领域的优势，实现互利共赢。

目前，全球光热投运装机约 4400MW，项目数量在 120 个左右。在已经并网的电站中，美国占 40%，西班牙占 53%。在规划和在建装机中美国占 56%、西班牙

占 24%、中东占 8%。自去年以来，以色列、沙特阿拉伯、南非等国的光热装机量增长迅猛。



图 22 “一带一路”路线图

2016 年，全球光热发电建成装机容量增长放缓，在 2015 年 4940MW 的基础上只增加了 76.86MW，总的在运行装机容量达到约 5017MW，增幅仅 1.56%。南非新增装机 50MW，中国新增装机 20.2MW，美国新增装机 2MW，摩洛哥新增装机 1MW，意大利新增装机约 0.66MW。

当前，世界能源市场剧烈波动，各国能源发展面临复杂局面。低油价对传统化石能源带来了巨大冲击，同时也为太阳能等新能源行业的发展创造了难得的机遇。另外，在环境问题日益严峻的今天，各国政府高度重视节能减排和推动新能源产业发展。光热发电对太阳能利用效率相对较高、稳定性强，还可以很好地和传统化石能源相结合，能有效解决煤、常规油气和非常规油气在开采、运输领域的资源浪费和污染问题。因此，尽管光热发电目前还面临诸多困难，但未来一定能够战胜困难，实现光热发电的蓬勃发展。

在“一带一路”路线图中，显然不能缺少沿线各国之间的能源合作。而能源作为“一带一路”建设的重点行业之一，已展现出从单边向区域性合作的转变趋势，为中国新能源企业开展国际合作创造了前所未有的机遇。

## 5、 技术发展带来的产业升级

据 IEA 预测，太阳能热发电的电价在 2030 年降低到 6 美分/kWh。美国 DOE 给出了太阳能聚光器的技术进步将使得聚光器成本降低到 50 美元/平方米，如图 23 所示。

世界各国太阳能热发电的专利分布见图 24。可见美国和德国是太阳能热发电发明的技术大国，实际的创新性工作的源头。在本联盟的组织下，国内外太阳能热发电 23 家单位联合研究的成果表明（图 25），太阳能热发电在中国的学习曲线将大幅度降低。到 2025 年一次投资将减低到 1 万元人民币/kW（图 26），相应的电价为 0.6 元人民币/kWh（图 27）。

在太阳能热发电新技术中，除了传统的系统优化技术，系统和设备可靠性技术，设备的成本和效率技术外，可满足电力负荷鸭型曲线的系统与电网的调度技术，超临界太阳能热发电技术，超临界二氧化碳太阳能热发电技术，固体介质吸热器，重金属合金吸热器介质技术等是特别值得关注的。太阳能热转变为化学能，制取液体和气体燃料技术也是值得注意的技术。

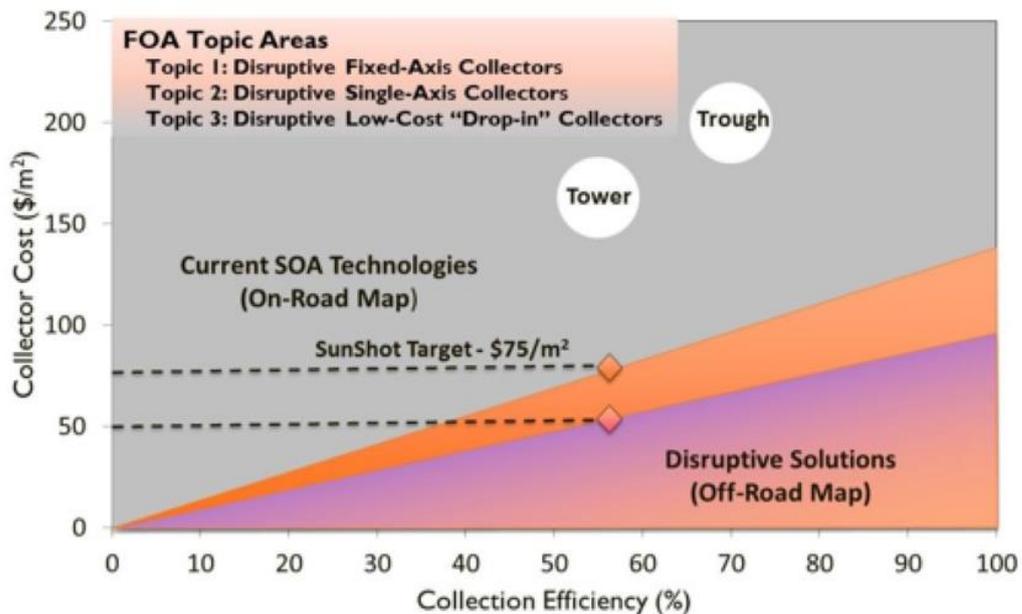


图 23 DOE 太阳能聚光器成本和效率发展

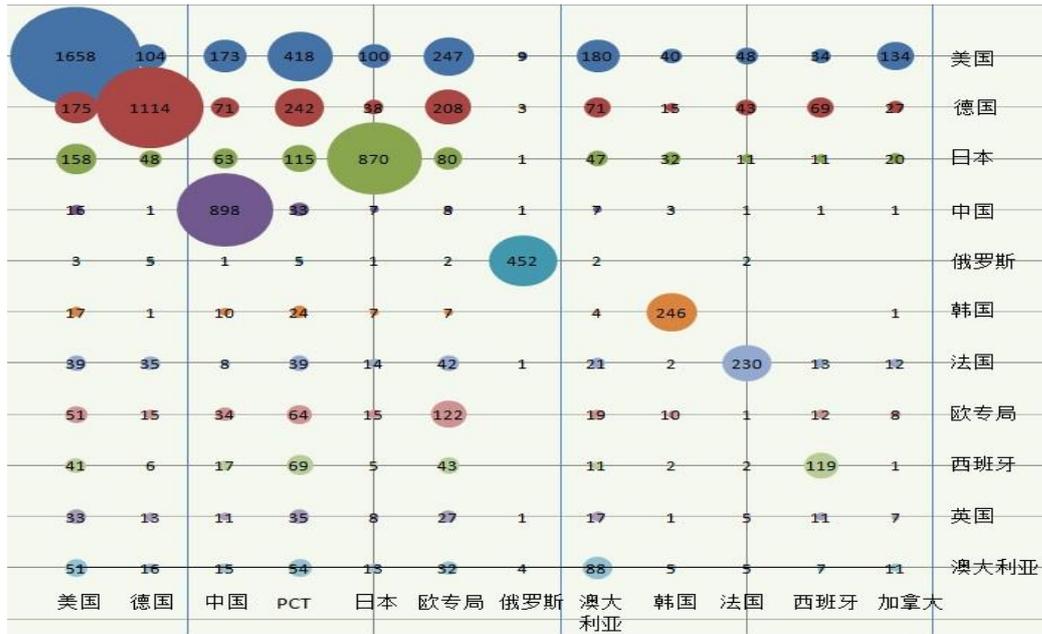


图 24 国际太阳能热发电专利国家分布



图 25 太阳能热发电电价研究团队

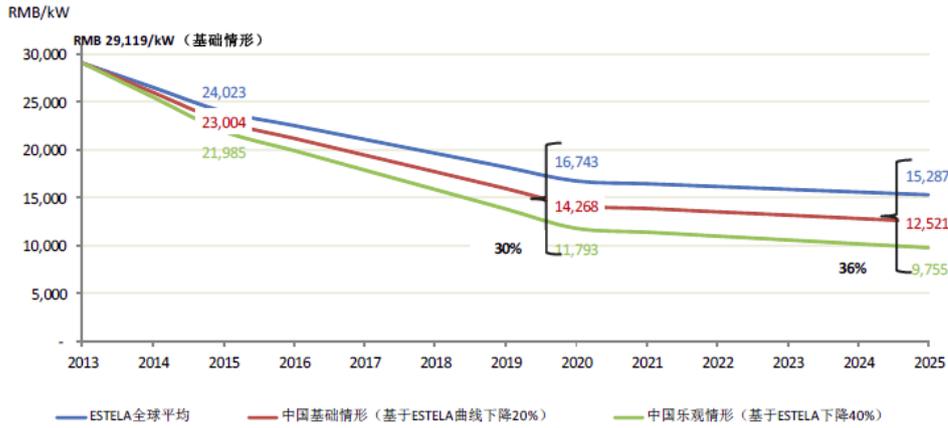


图 26 中国太阳能热发电一次投资学习曲线

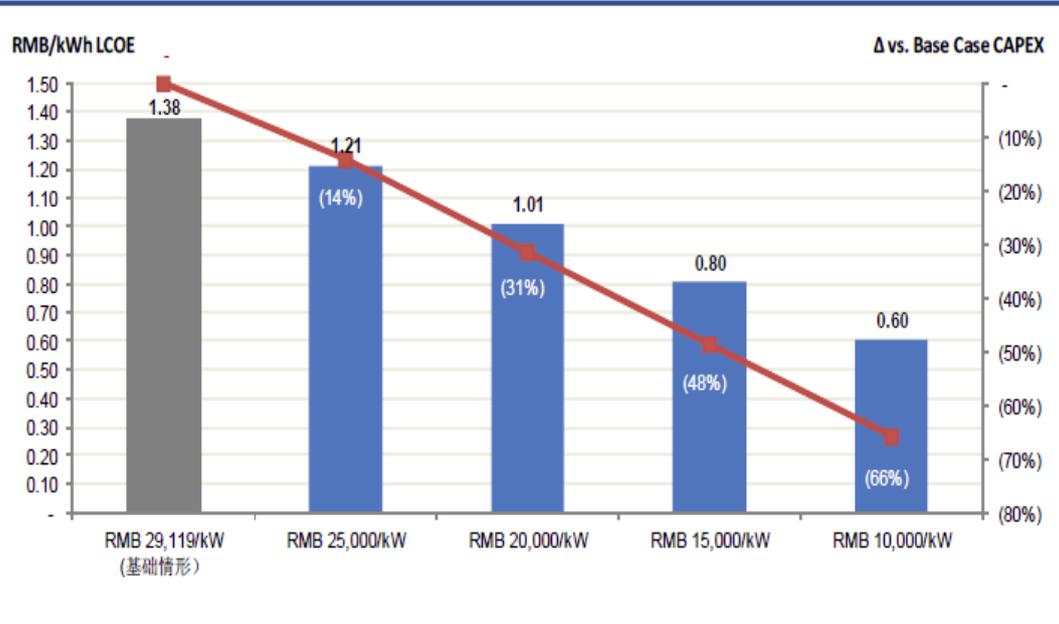


图 27 电价和一次投资的关系

### (三) 面临的挑战

#### 1、 光伏电价的快速降低

太阳能热发电与光伏竞争时面临的挑战是成本电价。根据国家发展改革委的文件《国家发展改革委关于调整光伏发电陆上风电标杆上网电价的通知》(发改价格[2016]2729号), 2017年光伏标杆电价定案如下: 在适用时间方面, 2017

年 1 月 1 日以后纳入补贴规模的专案，在 2016 年底备案，但无法在 2017 年 6 月 30 日以前完工并网者，适用 2017 年电价。具体价格见表 7。

表 7 太阳能光伏国家公布的电价政策

资源区/分类	2016 上网电价	2017 上网电价	区域内包含地区
I 类资源区	0.8	0.65	宁夏，青海海西，甘肃嘉峪关、武威、张掖、酒泉、敦煌、金昌，新疆哈密、塔城、阿尔泰、克拉玛依，内蒙古除赤峰、通辽、兴安盟、呼伦贝尔以外地区
II 类资源区	0.88	0.75	北京，天津，黑龙江，吉林，辽宁，四川，云南，内蒙古赤峰、通辽、兴安盟、呼伦贝尔，河北承德、张家口、唐山、秦皇岛，山西大同、朔州、忻州、阳泉，陕西榆林、延安，青海、甘肃、新疆除 I 类外其他地区
III 类资源区	0.98	0.85	I, II 类资源区以外地区
分布式光伏	0.42	0.42	

电价单位：RMB/kWh

来源：中国国家发改委，资料整理：EnergyTrend

我国 I-III 类资源区的太阳能热发电电价均为 1.15 元/kWh，光伏的电价与太阳能热发电的电价相比降低幅度较快，对太阳能热发电的推广造成较大压力。

## 2、 我国集成技术运行经验积累薄弱

截至 2016 年 12 月 31 日，我国太阳能热发电可全系统运行的 200kW 以上电功率项目 4 个，在建的项目 3 个。目前我国还没有设计部门完成过一个完整的太阳能热电站设计并运行。设计方法、设备可靠性、运行方法均要有实践的过程，这对近期建立大量的商业化电站带来挑战。此时首批示范项目的电站业主单位会考虑选用国外已有经历的技术团队来主导设计或不同程度地参与设计，以及系统的调试运行。

## 3、 制造业产能过剩，低质低价竞争出现

我国玻璃和机械制造业产能大，在火力发电开始受到国家政策限制后，太阳能专用设备方面的生产商会大幅度增加。在价格快速下降的同时也不可避免的出现产能过剩和低质低价的现象。因此应尽快启动已经建立好的检测体系和质量监督体系，为太阳能热电站发展保驾护航。

## 4、 有从业经验的工程技术人员短缺

我国太阳能热发电的发展质量和速度很大程度上取决于从业人员的技术能力。太阳能热发电技术在聚光，吸热，材料，储热，发电，控制等环节上我国均储备了一定的技术人才。但距商业化要求还相差很远。特别是有经验的工程技术人员和电站运行人员。联盟和有关单位应该尽快利用我国已有设施办理各种工程培训，研制电站仿真机。使得我国太阳能热发电专业人才队伍在近 3 年有一个较大幅度的增加，以满足我国太阳能热发电示范项目和太阳能热发电商业化的需要。

## **5、 国外技术品牌对我国企业及技术发展的挑战**

国外太阳能热发电技术和产业已发展 40 余年，建设电站 4500MW。我国的装备企业，电站集成企业起步不到 10 年。电站的实战经验与国外相比不足。太阳能热发电核心装备如太阳能真空集热管，槽式聚光器，定日镜等集热设备在国外已经有实际商业化电站 30 年以上的使用经历。国外的太阳能热发电站的设计软件，设计方法等也已经应用于数十个电站上。这些均对我国的产品造成极大的压力。目前正在建的中广核 50MW 槽式项目，国华电力的 100MW 塔式项目等设备采购和招标情况也说明了这一点。

## **6、 技术驱动面临研发和中试资金投入不足等问题**

我国太阳能热发电的科研投入和产业化投入目前处于起步阶段，技术转移和中试的资金不足。产业前期推动的力度不大，发展速度受阻。

由于科技部未启动可再生能源专项，2016 年全行业投入研发资金比 2015 年“十二五”末期大大减少。仅仅国家自然科学基金从技术概念探索的角度支持了太阳能热发电和太阳能热利用的相关研究。

2016 年 9 月，示范项目名单公布，企业投入太阳能热发电的力度增加。属于央企的国家电网，华能，国电投，中能建等均成立了专门的太阳能热发电工程研究机构。

## **7、 技术标准设计规范缺失，产品检验能力亟待建立**

2016 年全国太阳能标准委员会成立，中电联牵头成立了 IEC 标准工作组，电归总院牵头了行业标准 16 项，本联盟制定了联盟标准 12 项。2016 年 3 月，联盟建立了产品检验、检测实验室并与认证公司签署了合作协议，2017 年开始

产品认证业务。

#### （四） 市场需求分析及预测

国家“十三五”能源规划已经明确到 2020 年，我国太阳能热发电装机 4000MW。按照第一批示范项目的基本预期，太阳能热发电站的年均发电时数 4500 小时。因此到 2020 年，我国太阳能热发电年发电量将达到 180 亿 kWh。

再加上一批“多能互补”及热电联供项目的需求，我国太阳能热发电到 2020 年末的总保有量将达到 5500MW。

太阳能热发电热电联供的采暖建筑面积预计达到 900 万平方米。

随着我国太阳能热发电技术的成熟发展，预计我国太阳能热发电产品的出口也将开始。到 2020 年，预计出口重点为南非，北非，西亚，南美等国和地区。出口量将达到 4000MW。主要为真空管，槽式和平面反射镜，定日镜驱动装置和定日镜整机，电站装备检测设备等。

### 三、“十三五”行业发展指导思想、发展目标及任务

#### （一） 经济目标

##### 1、 全行业总产值规模

到 2020 年，太阳能热发电国内保有量达到 4000MW，总产值 800 亿元。年行业总产值约 200 亿元。

出口 4000MW 太阳岛核心装备和材料，总产值约为 360 亿元。

全行业总产值约为 1200 亿元。

由于行业产品的划分，出现年销售百亿的装备型生产企业可能 1-2 家。主要分布在聚光器行业。

##### 2、 单位生产成本的目标

到 2020 年，定日镜销售价格达到 700 元/m<sup>2</sup>，槽式吸热管达到 2300 元/根。

玻璃反射镜 120 元/m<sup>2</sup>, 槽式聚光器达到 550 元/m<sup>2</sup>, 带有 6 小时储热的太阳能热发电站一次投资达到 2000 万元/MW, 比 2010 年下降约 48%。

## (二) 产品结构调整目标

### 1、 核心装备国产亿元目标

太阳能聚光器, 吸热部件以及 EPC 总包行业的产值较高。应出现 1-2 家年产值过百亿的公司, 过十亿的公司应该出现 20 家左右。太阳能聚光器用玻璃反射镜的竞争将进一步加大, 建筑玻璃行业和汽车玻璃的重点企业将进入该领域。反射镜生产商将由目前的约 6 家减少为 2-3 家, 并且主要是汽车玻璃公司。

在塔式熔融盐吸热器方面的生产数量应在 30 个左右。每个吸热器的价格约亿元。我国的化工装备厂和锅炉厂将是该产品的竞争者。但总体行业产值不大, 2017-2020 年约在 50 亿以内。

### 2、 新兴服务业的发展

太阳能电站设计顾问, 设计软件工具等的编制, 装备检测, 系统性能检测评价, 标准和规范研究等方面, 仿真机研制, 操作人员培训, 设备维修, 镜场清洁等方面的工作已经随着示范项目的开展逐渐开始。预计到 2020 年, 该行业 4 年总的产值将达到 1 亿元。

### 3、 形成 3-5 家国际知名生产商

通过首批示范项目的锻炼, 我国将出现 3-5 家可承接国际业务大型 EPC 公司。该公司既有技术案例, 实际经验, 也有充分的资金。这些 EPC 公司将在 2020 年前形成, 包括国有企业和民营企业。

## (三) 技术目标

到 2020 年, 我国太阳能热发电站年平均效率(annual average efficiency)达到 17%,

储热系统效率达到 90%;

电站年满发小时数达到 4500 小时;

玻璃反射镜镜面反射比 93%;

槽式吸热管表面耐温度达到 600°C;

塔式吸热器选择性涂层吸收比 92%，常温发射比 10%，650°C 发射比 25%;

定日镜销售价格 750 元/m<sup>2</sup>;

槽式集热器销售价格 600 元/m<sup>2</sup>;

#### (四) 主要任务

针对我国目前的产业技术情况，今后一段时间的主要任务是：

##### (1) 在工程技术层面：

加强集成创新，提升设计能力；开展产品质量检验，为示范项目保驾护航。  
加强聚光器技术研究，大幅度降低成本。提高吸热器和吸热部件寿命。

(2) 在科学技术层面：加强储热材料体系研究，对低熔点，高分解温度的储热材料给予足够的关注；

研究熔融盐吸热器可靠性技术；

研究太阳能热发电站系统仿真技术，为集成技术提供支撑；

研究新原理吸热器，可自适应光斑能流分布的非稳态变化；

研究新概念聚光器，削减余弦损失。

研究吸热器传热流体，对重金属，化学流体等给予关注。

#### (五) 稳步实现国际化

可再生能源市场的国际化是全球一体化的趋势，目前我国的太阳能热发电技术刚刚起步，还需要更多的实践以使得产品性能和集成能力达到成熟和优化。在此过程中，国外的技术和装备不可避免地进入中国市场。这有助于提高中国的工程技术能力。

中国对外出口技术和市场应分步骤稳步推进。

- 1) 出口基本材料，例如玻璃反射镜玻璃原片，玻璃反射镜，熔融盐；
- 2) 出口装备，定日镜驱动器，定日镜整机，定日镜场控制系统，槽式聚光器，槽式真空管；
- 3) 出口成套设备，太阳岛，集热岛等设备；
- 4) EPC 总包；
- 5) 检测设备成套出口，为西亚，南非，北非和北美的发展提供技术平台和产品保障；
- 6) 电站投资。在电价合适的国家进行电站投资，例如南美，摩洛哥等国家。

到 2020 年实现以下国际化目标，

- 1) 在国家上承接 EPC 项目 5-6 个，对外工程总容量达到 500MW；
- 2) 出口定日镜 200 万平方米；
- 3) 出口槽式聚光器 200 万平方米；
- 4) 出口槽式反射镜 100 万平方米；
- 5) 出口传动系统 5 万台套；
- 6) 出口槽式真空管 10 万支。

## 四、 对策措施

### （一） 制定标准规划，引导行业发展

健全技术标准体系，加强太阳能热发电产业布局的统筹规划，合理安排大型太阳能热发电在高比例可再生能源系统中的基本负荷电力特征，妥善处理太阳能发电与电网建设的关系。根据当地资源、能源、配套产业、人才等条件，科学规划新兴能源设备制造产业的布局。

### （二） 建立质量监督体系

加强质量监管，鼓励企业走专业化和差异化的发展道路。调动全社会对太阳能质量的共治局面，尽快形成部门协调、专业监管和用户参与齐抓共管质量的局面，使得我国太阳能从“数量时代”进入“质量时代”：需建立健全技术标准体系，加强市场监管，对关键设备实行强制检测和认证，这些对扩大我国太阳能应用市场、规范产业发展秩序至关重要；需按照市场规律尽快研究建立一整套对企业技术实力、管理水平、市场拓展和盈利能力、信用等级等方面的综合评估机制，合理设置行业准入门槛；需通过强制性的优胜劣汰手段，淘汰落后产能，给优势企业留出更大的市场发展空间；加强知识产权保护力度，营造企业自主创新良好环境，鼓励企业走技术专业化、产品差异化的发展道路。

### **（三） 建立行业预警体系**

建立国家质量监督属性、第三方独立、公共的太阳能热发电技术测试实验平台。为不同类型、不同设计的太阳能系统及部件提供权威仿真研究与现场检测服务；建立国家级的、公共的、具有中国特色的太阳能系统实证性研究示范基地，出示权威认证实验结果，以发展和监督太阳能热发电技术和产业化。

### **（四） 持续向国家建议给予本行业持续支持**

加强政府引导，将太阳能热利用纳入基础设施建设规划和管理，并完善热利用价格政策，建立支持太阳能热利用的热价补贴机制。将太阳能热利用纳入当地城市基础设施建设规划和管理，加速太阳能热利用产业发展。将太阳能热利用纳入到补贴范围，并加大对太阳能热利用的补贴支持力度，将可再生能源发展纳入节能减排指标考核体系，实施可再生能源电力配额制度，研究碳税政策的机理和效果，制定适合于中国国情的碳税和碳交易政策，出台分阶段的针对不同应用形式的激励扶持政策等。

### **（五） 技术方面瓶颈突破**

太阳能热利用资源丰富、使用清洁、能量调节作用强的优点十分突出，但目前仍然存在使用成本高、实现稳定供能控制要求复杂等突出难题。解决问题的核心仍然是关键技术、材料等的突破。包括适应不同温度水平的功能性光热转换材料、集热工质、高效换热的全光谱吸收方法和装置、储热材料和高效储放热方法、匹配动态集热的太阳能制冷循环和工质材料、多能互补的太阳能热能供应方法等。

技术突破是实现太阳能热利用低成本、规模化应用的关键。

#### **（六） 实现以太阳能为主的源端和负荷端互补系统的实施**

大规模太阳能技术发电系统并网接入技术标准和规范；研究基于天气数据的精确预测技术；研究增强以太阳能为主的源端和负荷端互补系统并网能力的储能、多能源互补运行与控制技术。在规划设计方面，应统筹太阳能发电发展规模、当地负荷消纳能力、电源调节能力、电网承载能力四者之间的关系；应统筹太阳能发电、风电等各种新能源以及配套电网的发展规划，特别是在西北风电和太阳能资源都比较丰富的地区，优化风电和太阳能发电外送通道。推进电力价格形成机制和调度方式改革，促进实现节能经济调度和可再生能源优先上网。

#### **（七） 开展国际合作、实现全球布局**

要加强与联合国及所属机构、国际能源署、国际电工委员会、电子电气工程师学会等国际组织的交流合作，联合举办全球能源互联网国际会议和论坛。对全球太阳能光热能源资源总量、分布、利用条件和开发现状进行全面梳理和信息收集，加强信息共享，整合国际机构和各国已有的资源调查成果，建立与国际组织、政府、企业、社会之间的沟通渠道，分析各个国家对太阳能资源发展和电力供需发展的趋势，结合相应国家的规划目标，梳理出近期可实现大规模太阳能光热资源开发的目标区域。积极向有关国际组织和政府机构建言献策，参与相关国际规则制定，建立会员沟通交流机制，实现优势互补、协同发展。

#### **（八） 充分发挥联盟和协会组织的作用**

依托现有国家间行业性组织，如国际能源署、国际可再生能源机构、国家太阳能光热产业技术创新战略联盟，中国可再生能源协会等的作用，通过组织开展国际交流与合作，搭建合作交流平台等方式在全球范围内积极推动太阳能热利用技术的发展。

#### **（九） 呼吁政府加大财税资金支持**

通过财政和税收政策鼓励太阳能热发电技术及产业发展的企业，创新清洁能源发电应用模式，对于新型可再生能源利用形式，在发展起步期间给予更高的电价补贴。

## 五、 教育及宣传

国内中小学的科普教育中加入太阳能热利用部分进行早期宣传，国内各高校加大可再生能源利用的宣传力度。各个媒体网站也应大力宣传使用可再生能源的益处，推进可再生能源在民众中使用的首当性。

表 8 宣传教育太阳能热利用的专业媒体平台

教育单位名录	媒体名录	官方科普平台
国内各中小学	国家太阳能光热产业技术创新战略联盟 官网	北京市太阳能热利用科普基地（依托单位：中国科学院电工研究所）
国内各高校	CSPPLAZA 光热发电平台	
国内各可再生能源研究所	智慧能源	
	北极星电力网	
	能源观察	
	太阳能产业资讯	
	电力大数据	
	中国循环经济协会可再生能源专业委员会 ( CREIA ) <a href="http://www.creia.net/">http://www.creia.net/</a>	
	国家可再生能源产业技术创新战略联盟	

	<a href="http://www.chnreia.org/">http://www.chnreia.org/</a>	
	中国新能源网 <a href="http://www.newenergy.org.cn/">http://www.newenergy.org.cn/</a>	
	新能源和可再生能源网 <a href="http://www.crein.org.cn/">http://www.crein.org.cn/</a>	
	太阳能科普网 <a href="http://kepu.himin.com/">http://kepu.himin.com/</a>	
	中国可再生能源信息网 <a href="http://www.cnrec.info/">http://www.cnrec.info/</a>	

## 六、 太阳能采暖行业发展

### (一) 主要方法及技术障碍

#### 1、 目前我国太阳能采暖发展概况

##### 1) 太阳能建筑采暖形式和技术特点

我国从“七五”期间就开始太阳能建筑采暖方面的研究。从太阳能采暖方式来分，主要分为被动式采暖和主动式采暖。两者最大的区别在于被动式采暖（俗称被动太阳房、太阳房）不需要机械能驱动就可以实现建筑采暖。在一些较为寒冷的地区，仅依靠被动采暖无法满足室内环境要求。因此，在此基础上，利用水或者空气作为传热介质，实现主动式供热。下文所述的太阳能建筑采暖专指主动式太阳能采暖。

从传热介质来分，太阳能建筑采暖分为热水采暖系统和空气采暖系统，二者具有不同的技术特点，详见表 9。空气作为传热介质，具有良好的防冻、防夏季

过热效果，较少的维护量，但是由于其较小的比热和密度、较大的粘度，其换热效果相对较差，很难达到较高的集热效率。同时，空气采暖系统无专属的储热设备，易导致建筑室内温度波动过大，对于城镇住宅类建筑适用性较差，较适用于以白天使用为主的公建建筑和对室内热环境要求不高的改善型农村住宅类建筑。鉴于我国中低温太阳能热水器、储热水箱的产业化发展，太阳能热水采暖系统在我国发展规模相对较大，以下主要针对太阳能热水采暖系统进行详细说明。

表9 太阳能空气与热水采暖系统的特点对比

序号	性能指标	太阳能热水采暖系统	太阳能空气采暖系统
1	经济性（成本）	1600 元/m <sup>2</sup> （采光面积）	500 元/m <sup>2</sup> （采光面积）
2	典型供热工况下集热效率和系统效率	50%（集热效率） 45%（系统效率）	45%（集热效率） 37%（系统效率）
3	冬季防冻	采用集热器排空、低速反循环防止集热器冻结；采用伴热带防止室外管路冻结。（伴热带耗电量有可能高于集热器实际得热量，系统有效得热量为负值）	不存在防冻问题
4	夏季过热	用遮光布遮盖集热器表面，但有时还是难以控制“水箱沸腾”现象的出现	夏季可开启通风孔，可以形成太阳能烟囱，有助于室内纵向通风
5	系统后期维护	管路维修（确保不漏水）、水处理（防止管路阻塞）、控制柜维护、更换破损集热管等，维护量	每年清洗风口过滤网，更换老化的通风塞。维护量小

		大	
6	室温波动	室温波动小	如无夜间补热，室温昼夜波动大
7	加工工艺	已形成产业化、系列化集热产品以及水箱等关键产品质量有一定的保障	正在形成成型产品，产品质量对供热效果影响很大

太阳能热水系统主要由太阳能集热系统、储热系统、辅助热源系统、供热末端以及自控系统组成(如图 28 所示)。系统优先使用太阳能集热系统，根据温差控制逻辑，将热量输送并储存在水箱中，当水箱温度无法满足供热要求时，启动辅助热源（如热泵、电锅炉、燃气等）维持水箱既定温度。末端循环泵根据室温控制阈值要求，实现自动启停。

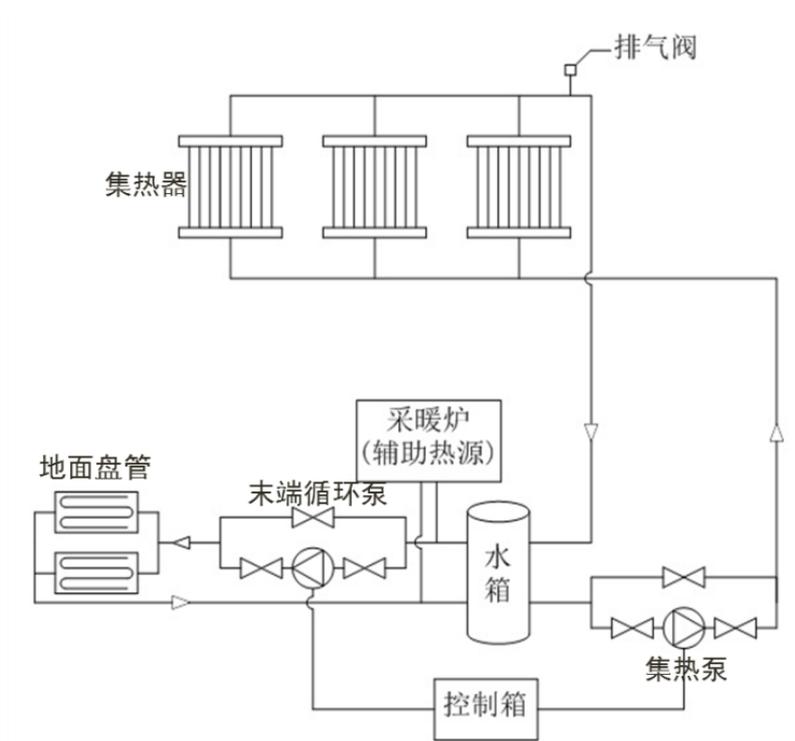


图 28 太阳能热水采暖系统运行原理

## 2) 产业发展情况

太阳能热水器已然成为我国目前产业化水平最高的太阳能光热利用产品，并已经成功解决了部分城乡建筑的生活热水供应问题。根据 SHC (Solar Heating & Cooling Program International Energy Agency) 2014 年度报告《Solar Heat Worldwide 2014》(2016 Edition) 中的相关数据，至 2014 年底，我国目前太阳热水器保有量已经达到 4.2 亿 m<sup>2</sup>，装机容量达到 289.5GWth，占世界装机总量的 70.6%。如图 29 所示，几乎所有的太阳能集热器均用于解决生活热水问题。我国在利用太阳能解决生活热水方面，已经为世界树立了典范。但随着生活热水市场的饱和，我国太阳能热水器产量已经出现明显下滑（见表 10）。业内公认发展太阳能采暖是未来提升行业产能、促进建筑供能体系低碳化发展的重要方向。

表 10 我国太阳能集热器年生产总量及保有量变化

年份	总产量 万 m <sup>2</sup>	年产热 MWth	比上年增 长 (%)	保有量 万 m <sup>2</sup>	年产热 MWth	比上年增 长 (%)
1998	350	2450	--	1500	10500	--
1999	500	3500	42.9	2000	14000	33.3
2000	640	4480	28.0	2600	18200	30.0
2001	820	5740	28.1	3200	22400	23.1
2002	1000	7000	22.0	4000	28000	25.0
2003	1200	8400	20.0	5000	35000	25.0
2004	1350	9450	12.5	6200	43400	24.0
2005	1500	10500	11.1	7500	52500	21.0
2006	1800	12600	20.0	9000	63000	20.0
2007	2300	16100	27.8	10800	75600	20.0
2008	3100	21700	34.8	12500	87500	15.7

2009	4200	29400	35.5	15000	105000	20.0
2010	4900	34300	16.7	22170	155190	23.8
2011	5760	40320	17.6	27110	189770	22.3
2012	6200	43400	7.6	32310	226170	19.2
2013	6360	44520	2.6	37470	262290	16.0
2014	5240	36680	-17.6	41360	289520	10.4
2015	4350	30450	-17.0	44210	309470	6.9

注：数据来源于《太阳能热利用十三五规划》报告相关内容。

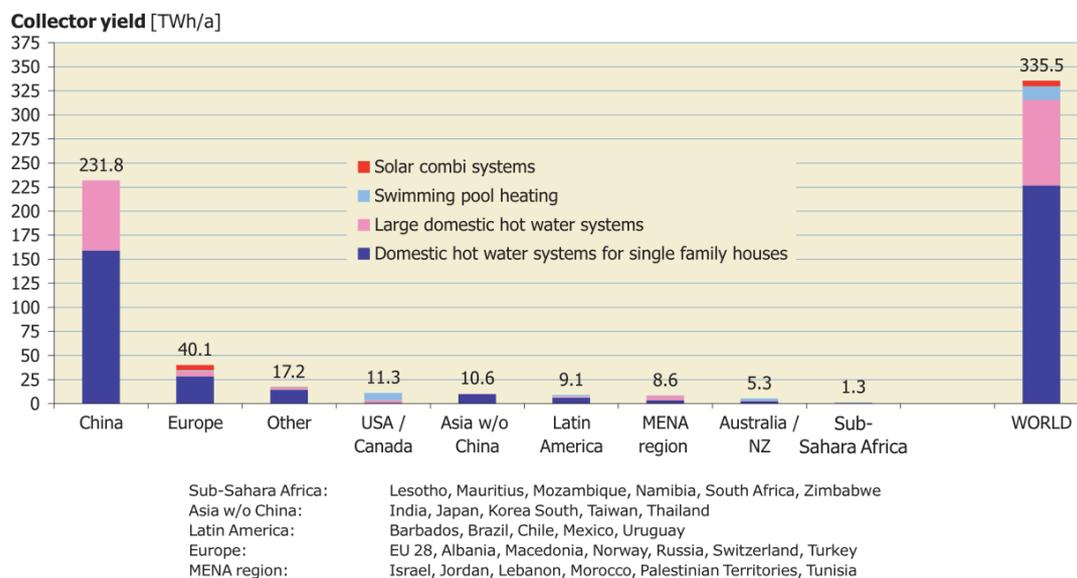


图 29 全球主要国家 2014 年太阳能中低温热利用系统分类

目前我国太阳能热水采暖尚未实现大规模产业发展，示范工程则主要针对单体建筑，北京地区是此类采暖系统发展最大的地区。2008-2013 年是北京地区发展太阳能热水采暖系统的最为迅速的时期，根据相关不完全统计，截至 2013 年，北京地区太阳能热水采暖技术已有近 50 万平米建筑的应用。从建设的区域分布来讲，主要分布在北京周边的郊区县，平谷区、门头沟区、房山区、密云县、昌平区等区县。其中，平谷区的应用份额最大，平谷区拥有将军关村、玻璃台村、挂甲峪村、南宅村、太平庄村、井峪村、张家台村、大东沟村、大庙峪村、东四道岭村、向阳村等 10 余个村镇的整村建设及 1000 余户的太阳能新民居示范户，

建设面积达 35 万余平米。2014 年后，随着近几年京郊无烟煤补贴力度的加强以及煤改电政策的推进，太阳能热水采暖系统的经济性优势越发不明显，相应的示范工程数量明显减少。

### 3) 目前太阳能建筑采暖的主要问题

太阳能采暖效果，除与太阳能集热器配比面积有关外，还受建筑物建设地点、建筑材料、房屋结构、建筑朝向、居住人口、生活方式等多种主客观因素影响。即便是同一建筑物，在不同季节其运行效果也不尽相同。根据现场实测效果，目前太阳能采暖系统安装的比例范围（太阳能集热面积/建筑面积）基本在 1/8-1/6，整个采暖季太阳能采暖保证率在 20-35%。从室内热环境角度来看，在气温不是很低的采暖季初期和末期，在不使用辅助能源只启动太阳能集热系统的情况下，房间温度可达到 16℃ 以上。在冬季最冷的三个月里（12 月、1 月、2 月），不启动辅助设施的条件下，太阳能采暖房间（节能建筑）的平均温度为 10-12℃，与非采暖房间的温差在 10℃ 左右。太阳能热水采暖系统有较为明显的节能减排效果，但是 2014 年后无更大规模的推广应用，主要原因如下：

**(1) 系统冬夏冷热不平衡问题难以解决。**采暖季太阳能保证率 20-35%，非采暖季仅使用太阳能热水作为生活热水使用，由于生活热水能耗仅为建筑采暖负荷的 1/10，使得过多的热量无处释放，系统储热容量有限，系统过热现象严重。过热引起系统组成部件老化，炸管等现象频发，降低了系统使用寿命，增加了系统维护量，用户体验差。

**(2) 系统组成部件多，控制复杂，一般用户不易操作。**例如，太阳不足时用户须开启备用热源，两套系统的切换操作麻烦，用户掌握运行困难。

**(3) 系统仅冬季使用，使用时数少，储热容量有限，很难达到高比例采暖保证率。**根据实测数据显示，太阳能采暖保证率仅为 20-35%，节能减排效果有限，农户一般认为节能效果不明显，也在一定程度上阻碍了规模化应用。

**(4) 系统经济性优势不明显。**根据对示范工程的经济性分析发现，单位热价（考虑初投资折旧和运行费用）约为 0.4-0.6 元/KWh（热量），与其他可再生能源相比，基本无经济优势。

表 11 不同类型太阳能热水采暖系统系经济性分析表

序号	项目		低温太阳能热水集热系统					聚光型 太阳能 集热系 统	空气集 热器+ 空气源 热泵
			生物 质炉	电加 热	地源 热泵	水源热 泵	空气源 热泵		
1	单位 面积 运行 成本 (不 考虑	辅助 热源 单位 面积 耗能 量/年	17.7k g/m <sup>2</sup>	73.1K Wh/m <sup>2</sup>	27.7K Wh/m <sup>2</sup>	32.7KW h/m <sup>2</sup>	29.0KW h/m <sup>2</sup>	30.6KW h/m <sup>2</sup>	29.0KW h/m <sup>2</sup>
2	系统 折 旧)	能源 计算 单价	1.5元 /kg	0.5元 /KWh	0.5元 /KWh	0.5元 /KWh	0.5元 /KWh	0.5元 /KWh	0.5元 /KWh
3		单位 面积 运行 成本/ 年(元 /m <sup>2</sup> )	27.5	36.6	13.9	16.4	14.6	15.3	14.6
4	采暖季运行 费用(150平 米),元/年		4125	5490	2085	2460	2190	2295	2190
5	单位建筑面 积初投资(元 /m <sup>2</sup> )		约410	约380	约570	约600	约560	约672	约458
6	单位建筑面 积系统折旧 费(元/m <sup>2</sup> )		20.5	19.0	28.5	30.0	28.0	22.4	22.9

7	单位建筑面积热价（元/m <sup>2</sup> ），考虑系统折旧与运行费用	47.5	55.6	41.9	46.4	42.6	37.7	37.5
8	单位热量热价（元/KWh），考虑系统折旧与运行费用	0.47	0.55	0.42	0.46	0.42	0.37	0.37

综上所述，太阳能冬夏冷热不平衡是目前分布式太阳能热水采暖系统推广中面临的根本问题之一，由此引发的经济性、维护量大等问题是影响太阳能建筑采暖的根本原因。只有突破跨季节储热技术，实现太阳能的夏热冬用以及四季利用才是未来实现规模化太阳能采暖的有效途径。

## 2、 未来太阳能采暖发展方向

### 2.1 集中型太阳能热站的优势

基于太阳能中温集热和跨季节储热技术的集中型太阳能热站是未来太阳能采暖发展的重要方向之一。

(1) 聚光型太阳能中温集热满足热网供热品位要求。

目前我国城市供热一次热网的供/回水温度有 95/70℃，80/65℃，或蒸汽供热 130/70℃。多数城镇热网采用 95/70℃和 80/65℃的供回水温度要求。利用高效的中温集热恰能满足供热品位的要求，也是未来聚光型太阳能中温集热器又一重要的应用领域。

(2) 大容量跨季节储热技术可以实现太阳能的四季利用。

在非采暖季，将收集到的太阳能蓄存于大容量储热体中，待采暖季可以提取

出来，输入供热热网中。太阳能四季运行，大大提高使用时数，使得系统运行的经济性明显改善，根据北欧国家应用经验，2016 年系统热价可降低至 0.2-0.3 元/kWh（热量），与其他可再生清洁能源相比，具有明显的经济优势。此外，系统四季运行避免了集热系统因过热造成的部件老化，延长系统使用寿命。另外，大容量跨季节技术的合理应用，也为供热系统中太阳能保证率达到 100%提供了前提条件。

（3）集中型热站具备高智能化控制系统以及专业维护团队，规避了分布式系统维护困难问题。

集中型热站可全部实现集热、储热以及供热系统的智能化控制运行，基本实现无人值守。根据北欧相关国家的运行经验，1 个集热面积为 7 万平米、储热容量为 22 万立方米水体的集中型太阳能热站仅需要 5 个人进行维护。

## 2.2 集中太阳能热站的种类及发展概况

集中太阳能热站的种类大概可以分为两类，一类是以回收工业余热为主，太阳能集热作为负荷调峰系统的集中供热系统。此类系统以太阳能热发电热电联供和工业余热回收太阳能供热系统为主。另一类是大型太阳能直接供热系统，以太阳能供热为主，兼顾其他可再生能源应用，形成为太阳能为主的区域清洁能源供热中心，太阳能采暖保证率达到 50%以上。

由于跨季节储热技术的限制以及商业引导机制的缺失，我国尚未形成规模化的集中型太阳能热站集成设计能力、关键部件和装备的施工能力、以及热站运维能力。自十二五以来，我国的政府以及相关企业也在逐步尝试此类系统的示范应用，并基于示范工程，突破关键技术，引领未来的规模化应用。

### （二） 太阳能采暖项目案例

#### 1、 项目名称：大规模太阳能-工业余热用于城市集中供热示范工程

地点：内蒙古赤峰市

业主：清华大学、赤峰和然节能科技股份有限公司

项目来源：国家“十二五”科技支撑计划项目。

建设时间：2015.8.26—2016.8.28

### 系统原理：

示范工程位于内蒙古赤峰市的一家铜冶炼厂内，该厂建有 20MW 工业余热回收系统，该系统每年为赤峰市的集中供热管网提供总量约 500,000GJ 的热量，为约 100 万平方米的建筑面积提供供热。在示范项目正式运行后，该工业余热回收系统将为示范项目提供热量。

项目场地示意图如图 30 所示，项目工业余热系统位于铜厂北厂区的工业余热机房，地埋管储热系统及太阳能系统位于铜厂南厂区的一座小山上，距离工业余热机房约 1300 米，高度差约 60 米。整个示范项目占地面积 1 万  $m^2$ 。项目地埋管储热体总体积为 500,000  $m^3$ 。

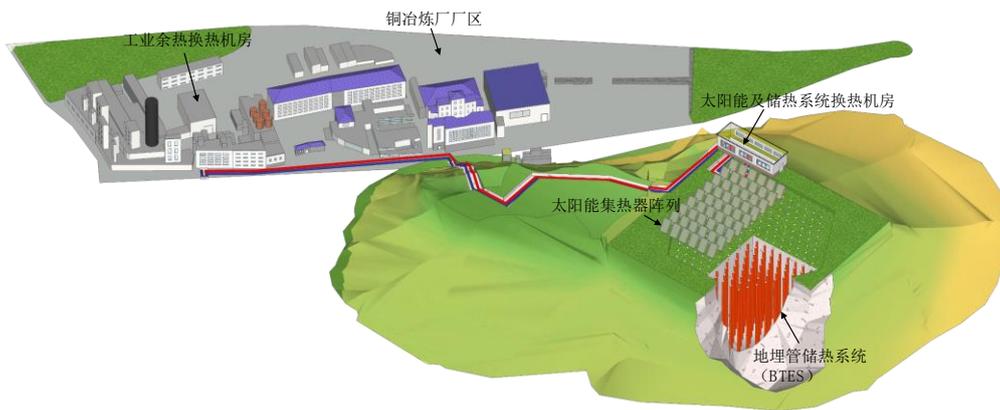


图 30 赤峰大规模太阳能-工业余热用于城市集中供热示范工程场地示意图

根据系统功能划分，示范系统包括太阳能子系统、工业余热子系统、地下储热子系统。系统的运行周期分为储热期和取热期，分别对应赤峰当地的非采暖季（4月16日—10月14日）和采暖季（10月15日—4月15日）。两个不同周期内，系统的运行方式不同。

在储热期，系统的运行方式如图 31 所示：

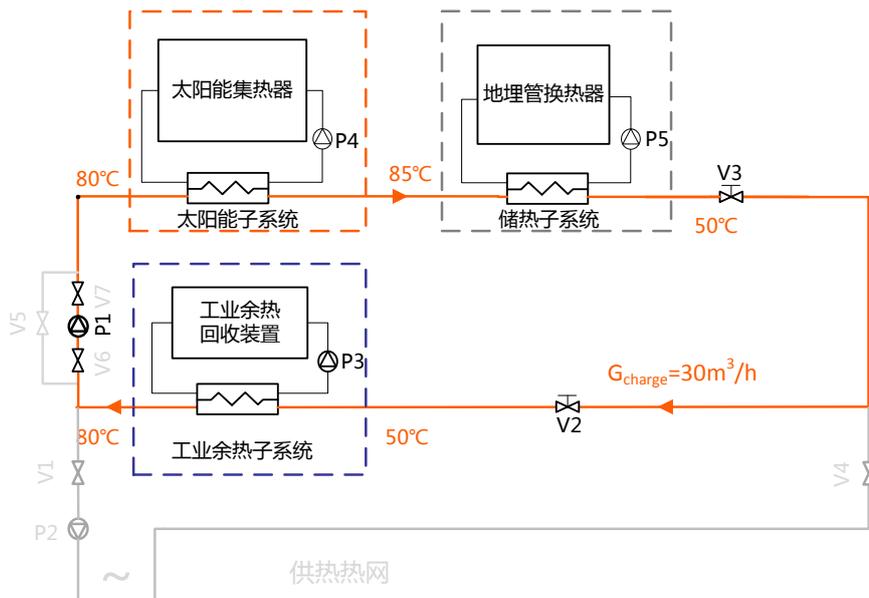


图 31 赤峰城市集中供热示范工程系统储热运行示意图

系统的储热循环泵 P1 开启，储热循环流量为  $30\text{m}^3/\text{h}$ 。储热工质在铜厂的工业余热子系统内被加热到  $80^\circ\text{C}$  后经过太阳能子系统，温度继续升高到  $85^\circ\text{C}$ ，随后进入地下储热子系统，与地埋管换热器内循环工质换热。在这个过程中，储热工质对地下土壤放热，工质温度降低到  $50^\circ\text{C}$ ，随后回到工业余热子系统回收工业余热，如此循环。

在取热期，系统的运行形式如图 32 所示：供热循环泵 P2 启动，太阳能子系统与储热子系统之间的流动方向切换，来自供热热网的一部分低温回水 ( $30\text{m}^3/\text{h}$ ) 首先流经储热子系统提取储存在地下的热量，然后经太阳能子系统的进一步加热，达到  $45^\circ\text{C}$  左右（如图中蓝线所示）。另外一部分载热流体 ( $270\text{m}^3/\text{h}$ ) 则进入工业余热子系统回收工业余热，温度升高至  $65^\circ\text{C}$  左右（如图中红线所示）。两股流体混合后进入热网供暖。热网的低温回水通过将吸收式热泵集成在末端的各供热站内获得

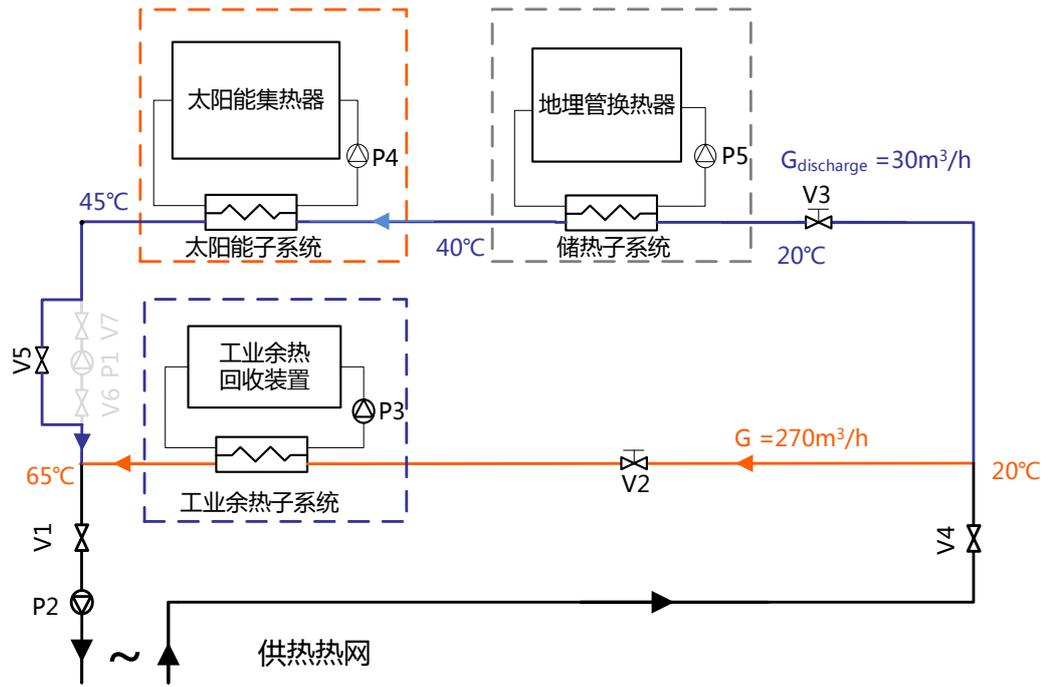


图 32 赤峰城市集中供热示范工程系统取热运行示意图

主要设计运行参数：

主要设计参数如表 12 所示：

表 12 项目主要参数表

设置参数	单位	值
集热器面积	m <sup>2</sup>	1002
集热器效率曲线	-	$\eta=0.497-1.483 T_i^*$
土壤导热系数	w/(m • k)	0.852
土壤初始温度	°C	10

典型工况的运行参数

储热期：

工业余热侧出水温度：70°C（白天）/80°C（夜间）

太阳能集热侧出水温度：85℃（最高） / 75℃（平均）

储热系统入水温度：75℃（平均）

储热系统出水温度：55℃（平均）

换热循环流量：30m<sup>3</sup>/h

循环管路压力：0.65MPa（工业余热热力站） / 0.10MPa（储热热力站）

换热循环泵功率：18.5KW

储热循环泵功率：18.5KW

U型管集热器阵列管循环泵功率：12kW

CPC集热器阵列循环泵功率：5kW

#### **取热期：**

储热系统入水温度：25℃（平均）

储热系统出水温度：45℃（平均）

太阳能集热侧出水温度：60℃（最高） / 50℃（平均）

换热循环流量：30m<sup>3</sup>/h

循环管路压力：0.65MPa（工业余热热力站） / 0.10MPa（储热热力站）

换热循环泵功率：18.5KW

储热循环泵功率：18.5KW

U型管集热器阵列管循环泵功率：12kW

CPC集热器阵列循环泵功率：5kW

## **2、项目名称：河北经贸大学跨季节蓄热太阳能集中供热系统示范项目**

地点：河北省石家庄市学府路47号路北

业主：河北经贸大学

建设方：北京四季沐歌太阳能技术集团有限公司、河北达祥投资有限公司

建设时间：2012年10月至2013年11月

系统原理：

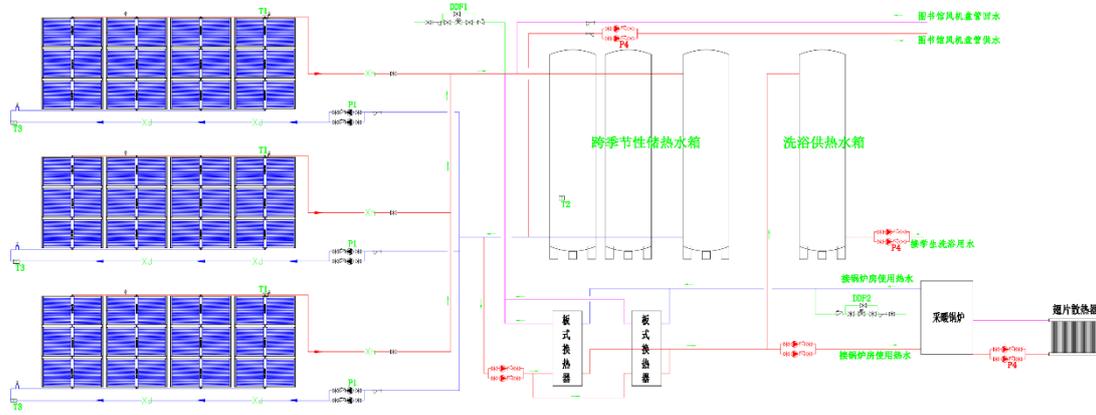


图 33 河北经贸大学跨季节蓄热太阳能集中供热系统运行原理图

特别说明：整个系统，包括太阳能集热器、洗浴供热水箱、跨季节储热水箱、归丽晶药罐、控制箱、相关水泵及管件阀门等。

(一) 总体设计思想 机械循环 定温放水 确保供水 安全稳定 最大限度节约能源

1、太阳能集热系统对跨季节储热水箱进行循环加热，直至跨季节储热水箱内水温达到设定高温。当跨季节储热水箱温度下降到一定温度值时再次进行循环加热。跨季节水箱加热循环等程全部由蝶阀进行调节。

2、洗浴供热水箱通过自来水压力进行补水，自来水在补出水箱前通过板式换热器提取跨季节储热水箱中的热量进行间接加热。当跨季节储热水箱内的水温达到设定温度时，输送到池浴锅炉加热系统进行二次加热后使用。

3、翅片式散热器供热循环：首先采用跨季节储热水箱内热量通过板式换热器加热后的采暖循环热水，如跨季节储热水箱内水温达不到换热要求温度时，采用跨季节储热水箱内的热水直接与采暖末端进行循环；当跨季节储热水箱温度再次降至直接采暖温度以下时，采用锅炉与采暖末端进行循环加热。此功能为手动操作。

4、图书馆风机盘管供热循环：采用跨季节储热水箱内的热水直接与风机盘管末端进行循环，当跨季节储热水箱温度再次降至直接采暖温度以下时，采用锅炉与采暖末端进行循环加热。此功能为手动操作。

5、太阳能系统自动控制功能有：温差循环、防冻循环。其他补水、供热采暖系统控制为人为操作。

## (二) 运行原理

### 1、集热：

太阳能集热器与供热水箱的温差循环：当集热器 T1-跨季节储热水箱 T2 $\geq$ 7 $^{\circ}$ C，温差循环泵 P1 启动；当集热器 T1-跨季节储热水箱 T2 $\geq$ 3 $^{\circ}$ C，温差循环泵 P1 停止；

### 2、防冻

当集热器 T3 温度低于设定温度（5 $^{\circ}$ C）时，循环泵 P1 启动；当集热器 T3 温度高于设定温度（10 $^{\circ}$ C）时，循环泵 P1 停止。

## 3. 主要参数：

### 1) 基本项目信息

(1) 集热面积：1.16 万平米（总面积）

(2) 储热容量：水箱储热量 2 万余吨。

(3) 供热面积：80160 m<sup>2</sup>（14 栋宿舍楼）+3000 m<sup>2</sup>（图书馆）

(4) 辅助热源容量：蒸汽型锅炉两台

### 2) 运行参数：

(1) 集热温度：45-85 $^{\circ}$ C

(2) 储热温度：50-85 $^{\circ}$ C

(3) 热网温度：55-60 $^{\circ}$ C

(4) 流量、压力：200T/H, 0.4MPA

(5) 用水量：每人 32L/次（45°），洗浴比例 25%，则每日用热水总量为 121 吨，热水负荷 15.2GJ/天，全年洗浴使用时间按照 275 天进行计算，年热负荷为 4180GJ。

(6) 燃料消耗量：12622294KWh/年

#### 实际运行情况：

- 1) 测试方法介绍：本项目按 GB 50495-2009《太阳能供热采暖工程技术规范》进行检收测试
- 2) 测试时间和周期：检测点分部：当地辐照量的检测，环境温度，环境湿度，提供采暖的室内温度；生活给水进水温度及流量，每栋楼的进出水，子循环管道，主循环管道，板式换热器四个接口，水箱内分为三个不同高度水位点，供回水管网等都可安装能量测试表（温度、平均小时热量、合计热量）。通过检测出的数据进行不同季节蓄热量统计。

发展集中型太阳能供热站是未来太阳能光热规模化应用的重要方向。结合高效太阳能中温集热技术，突破大容量跨季节储热技术将是发展集中型太阳能热站的必要前提。与丹麦等北欧国家相比，我国集中型太阳能供热站仍处于发展初期阶段，技术体系尚不完善，还没有掌握核心科技。此外，太阳能供热热价与常规煤炭等能源相比仍相对较高，且一次投资高，需要政府、企业、民众的共同努力，建立长效激励机制，实现集中型太阳能供热站的规模的逐步扩大和持续性发展。



联盟微信公众账号



联盟官网



热发电大会网站

地址：北京市海淀区中关村北二条6号中国科学院电工研究所北院403室

电话：010-82547214

邮箱：cnste\_org@126.com