

太阳能资源

1.1 太阳辐射

太阳源源不断地以电磁波的形式向四周放射能量就称为太阳辐射。自然界中的物体温度越高,其辐射波的波长就越短,由于太阳表面的温度很高,大约是 6000K,所以太阳辐射以短波为主,而且能量巨大。太阳每秒钟损失 400 万 t 的质量,变为能量射向宇宙空间,虽然地球可以捕捉到的能量只有其 22 亿分之一,但每分钟仍可以得到相当于 4 亿 t 烟煤的热量,所以说太阳辐射对地球和人类的影响是非常大的。太阳在 50 亿年的漫长时间中只消耗了 0.03% 的质量,现在的太阳正值稳定、旺盛的中年期,不必担心太阳的寿命,关于地球即将毁灭的谣传显然是谬论。

到达地球上的太阳辐射能量只有很小的一部分,但它的作用却是相当大的。

其一,对地理环境的影响。直接的作用:如岩石受到温度的变化影响而产生风化。间接作用:地球上的大气、水、生物是地理环境要素,它们本身的发展变化以及各要素之间的相互联系,大部分是在太阳的驱动过程中完成的。地球表面划分为五带,为什么要划分五带呢?因为地球表面各个地方的纬度不同,不同纬度地带获得的太阳热量是不一样的。如热带一年中太阳可以直射,获得的热量最多;寒带太阳高度很低,并且有长时间的极夜,所以获得的热量最少,也就是因为太阳辐射具有纬度差异导致了各地获得的热量也有差异。但是在热量盈余的地方比如赤道,温度并没有越来越高;热量亏损的地方,比如两极,温度也没有越来越低,而是保持相对稳定。对于整个地表来说,热量应该是平衡的,因而热量多余和热量不足的地方,要发生热输送。

其二,太阳辐射为我们的生产和生活提供能量。人们对太阳辐射作用最直接的感受来自于它是人们生产和生活的主要能源。如植物的生长需要光和热,晾晒衣服需要阳光,工业上大量使用的煤、石油等化石燃料是太阳能转化来的,被称为“储存起来的太阳能”,还有太阳灶、太阳能热水器、太阳能干燥器、太阳房、太

阳能发电、太阳能电池等。除直接使用的太阳能外,地球上的水能、风能也来源于太阳。

西藏的首府拉萨有一别称——“日光城”,为什么叫这个名称呢?因为西藏自治区位于青藏高原上,地势较高,太阳光到达地表的路程短,空气稀薄,天空中云量少,损失少,所以太阳辐射强,日照时间长,而被称为“日光城”。

直辖市重庆有个别称——中国的“雾都”。为什么这个地方一年中多雾呢?这个地方海拔较低,受四川盆地地形的影响,使得水汽积聚不易上升,水汽增多,而西南季风不可能越过秦岭,只能影响四川盆地,故带来大量水汽,并且距海较近,所以一年中阴雨天多。天空中经常阴云密布,所以光照少,太阳辐射能贫乏,所以人们常用“蜀犬吠日”来形容四川盆地的气候特色。

近年来,由于臭氧层变薄,特别是南极和北极地区,到达地面的紫外光辐射越来越多。入射的红外光辐射,有一部分被二氧化碳、水蒸气和其他气体吸收,而在夜间来自地球表面的较长波长的红外辐射大部分则传到了外空。这些温室气体在上层大气中的积累,可能会使大气吸收长波热辐射能力增加,从而导致全球气候变暖和天气变得多云。虽然臭氧减少对太阳能集热器的影响甚微,但温室效应可能会增大散射辐射,并可能严重影响太阳能集热器的作用。

1.2 太阳能资源特点

太阳能是太阳内部连续不断的核聚变反应过程产生的能量。地球轨道上的平均太阳辐射强度为 1367kW/m^2 。地球赤道的周长为 40000km ,从而可计算出,地球获得的能量可达 173000TW 。在海平面上的标准峰值强度为 1kW/m^2 ,地球表面某一点 24h 的年平均辐射强度为 0.20kW/m^2 ,相当于有 102000TW 的能量,人类依赖这些能量维持生存。太阳是一个巨大、久远、无尽的能源。尽管太阳辐射到地球大气层的能量仅为其总辐射能量(约为 $3.75 \times 10^{26}\text{W}$)的 22 亿分之一,但已高达 173000TW ,也就是说太阳每秒钟照射到地球上的能量就相当于 500 万 tce。

太阳能资源及其开发利用特点如下。

(1) 储量的“无限性”。太阳能是取之不尽的可再生能源,可利用量巨大。一年内到达地球表面的太阳能总量折合标准煤共约 1.892×10^{13} 千亿 t,是目前世界主要能源探明储量的一万倍。太阳的寿命至少尚有 40 亿年,相对于人类历史来说,太阳可源源不断供给地球的时间可以说是无限的。相对于常规能源的有限性,太阳能具有储量的“无限性”,取之不尽,用之不竭。这就决定了开发利用太阳能将是人类解决常规能源匮乏、枯竭的最有效途径。

(2) 存在的普遍性。虽然由于纬度的不同、气候条件的差异造成了太阳能辐射的不均匀,但相对于其他能源来说,太阳能对于地球上绝大多数地区具有存在的普遍

性,可就地取用。这就为常规能源缺乏的国家和地区解决能源问题提供了美好前景。

(3) 利用的清洁性。太阳能像风能、潮汐能等洁净能源一样,其开发利用时几乎不产生任何污染,加之其储量的无限性,是人类理想的替代能源。

(4) 利用的经济性。一是太阳能取之不尽,用之不竭,而且在接收太阳能时不征收任何“税”,可以随地取用;二是在目前的技术发展水平下,有些太阳能利用已具经济性,如太阳能热水器一次投入较高,但其使用过程不耗能,而电热水器和燃气热水器在使用时仍需耗能,太阳能热水器已具有很强的竞争力。随着科技的发展以及人类开发利用太阳能的技术突破,太阳能利用的经济性将会更明显。

1.3 我国太阳能资源

气候学家根据太阳辐射在纬度间的差异,将世界划分为四个气候带。我国是其中太阳能资源最丰富的地区之一,和同纬度的美国类似,比欧洲和日本要好得多。特别是西部地区,年日照时间达 3000h 以上,青藏高原则和印度、巴基斯坦同为地球上最好的太阳能资源区,接近世界上最著名的撒哈拉大沙漠。我国 2/3 以上地区的年日照大于 2000h,年均辐射量约为 $5900\text{MJ}/\text{m}^2$,我国太阳能资源可利用面积达 96% 以上。

我国幅员广大,有着十分丰富的太阳能资源。据估算,我国陆地表面每年接受的太阳辐射能约为 $50 \times 10^{18}\text{kJ}$,全国各地太阳年辐射总量达 $335 \sim 837\text{kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$,中值为 $586\text{kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ 。我国太阳能资源分布的主要特点有:太阳能的高值中心和低值中心都处在北纬 $22^\circ \sim 35^\circ$ 这一带,青藏高原是高值中心,四川盆地是低值中心,太阳年辐射总量西部地区高于东部地区,而且除西藏和新疆两个自治区外,基本上是南部低于北部;由于南方多数地区云雾雨多,在北纬 $30^\circ \sim 40^\circ$ 地区,太阳能的分布情况与一般的太阳能随纬度而变化的规律相反,太阳能不是随着纬度的增加而减少,而是随着纬度的增加而增长。

按接受太阳能辐射量的大小,全国大致上可分为五类地区:一类地区,全年日照时数为 $3200 \sim 3300\text{h}$,辐射量大于 $1750\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,相当于 $225 \sim 285\text{kgce}$ 燃烧所发出的热量。主要包括青藏高原、甘肃北部、宁夏北部和新疆南部等地,这是我国太阳能资源最丰富的地区,与印度和巴基斯坦北部的太阳能资源相当,特别是西藏,地势高、太阳光的透明度也好,太阳辐射总量最高值达 $2560\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,仅次于撒哈拉大沙漠,居世界第二位,其中拉萨是世界著名的阳光城。二类地区,全年日照时数为 $3000 \sim 3200\text{h}$,辐射量为 $1400 \sim 1750\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,相当于 $200 \sim 225\text{kgce}$ 燃烧所发出的热量。主要包括河北西北部、山西北部、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。此区为我国太阳能资源较丰富区。三类地区,全年日照时数为 $2200 \sim 3000\text{h}$,辐射量为 $1050 \sim 1400\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,相当于 $170 \sim$

200kgce 燃烧所发出的热量。主要包括山东、河南、河北东南部、山西南部、新疆北部、吉林、辽宁、云南、陕西北部、甘肃东南部、广东南部、福建南部、江苏北部和安徽北部等地。四类地区,全年日照时数为 1400~2200h,辐射量为 $900 \sim 1050 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,相当于 140~170kgce 燃烧所发出的热量。主要是长江中下游、福建、浙江和广东的一部分地区,春夏多阴雨,秋冬季太阳能资源还可以。五类地区,全年日照时数为 1000~1400h,辐射量小于 $900 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,相当于 115~140kgce 燃烧所发出的热量。主要包括四川、贵州两省和重庆市。以上所提及的一、二、三类地区,年日照时数大于 2000h,辐射总量高于 $1300 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,是我国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,具有利用太阳能的良好条件。四、五类地区虽然太阳能资源条件较差,但仍有一定的利用价值。我国太阳能辐照的四个资源带如图 1.1 和表 1.1 所示。

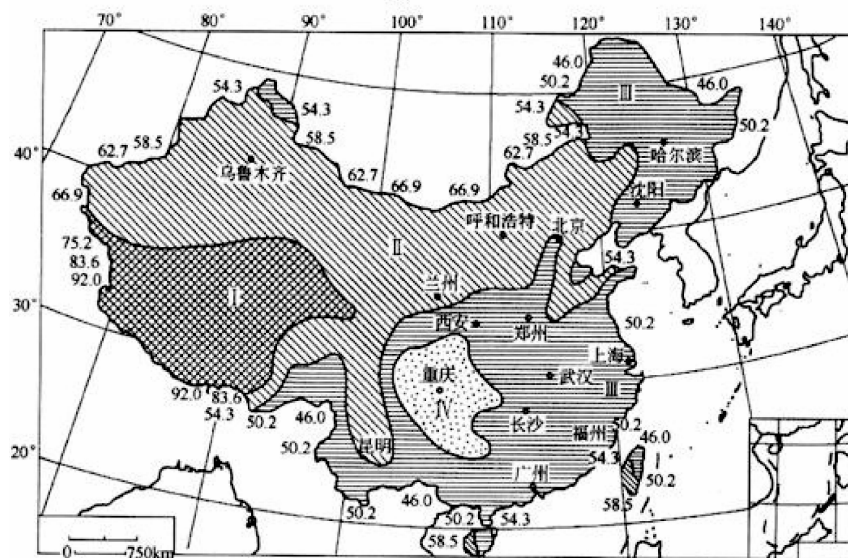


图 1.1 中国太阳能的四个资源带

表 1.1 我国太阳能资源分区表

资源带	资源带号	辐射量/ $(\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}))$	占国土面积百分比/%
最丰富带	I	≥ 1750	17.4
很丰富带	II	1400~1750	42.7
较丰富带	III	1050~1400	36.2
一般带	IV	≤ 1050	3.7

但从相对数看,我国人均太阳能热水器普及率并不是很高。当前我国人均太阳能热水器普及率为 $189\text{m}^2/\text{千人}$,仍然低于欧盟。与全球普及率最高的塞浦路斯 $897\text{m}^2/\text{千人}$ 、以色列 $745\text{m}^2/\text{千人}$ 和奥地利 $341\text{m}^2/\text{千人}$ 相比更有较大差距,如图 1.2 所示。

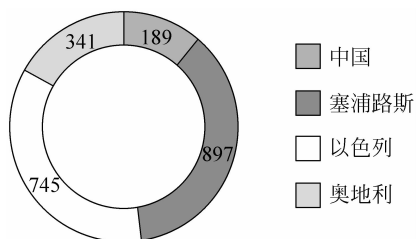


图 1.2 太阳能热水器普及率比较

第 2 章

太阳能热利用的发展

2.1 中国古代太阳能热利用

太阳能热利用是指利用太阳能集热装置,得到不同温度的热源,然后利用热源进行不同形式的工作。

1. 阳燧取火

公元前 1000 年,在世界上许多民族还处在钻木取火、摩擦或击石取火的时代,勤劳智慧的西周人发明和使用阳燧(凹面镜),为人类的文明做出了卓越的贡献。《周礼·秋官司寇》说:“司烜氏掌以夫燧取明火于日”。《淮南子·天文训》:“故阳燧见日则燃而为火。”高诱注:“阳燧,取金杯无缘者,熟摩令热,日中时,以当其下,以艾承之,则燃得火也。”正因为阳燧使用的这种神圣性,在人类后来的体育运动中把它与点燃火炬仪式结合起来,最有典型意义的就是奥运会的“圣火”取火仪式。天津市艺术博物馆今收藏着一件汉代阳燧,是我国现存最早的阳燧。古代用太阳能取火,还有冰透镜和火珠。

2. 太阳与农业

春种一粒粟,秋收万担粮。“万物生长靠太阳”,没有太阳的光和热,就不会有地球上的生命,也就不会有农业。太阳能是农作物生长的原动力,是人类社会存在和发展最重要的物质基础。太阳对农业的贡献还在于根据太阳位置确定农业季节,称为太阳历,用以确定农时、安排农业工作。

太阳辐射一方面是形成一定的气候生态环境的重要因素,另一方面与包括农作物在内的植物的生活有多方面的直接关系。可见光能被细胞中的叶绿素吸收,进行光合作用。其中,蓝紫光作用下的光合产物,蛋白质较多,红橙光作用下的光合产物,碳水化合物较多。绿光不被吸收,因而绝大多数植物呈绿色。紫外区的辐射对生长有抑制杀伤植物的作用,如紫外线消毒。红外区的辐射对植物的光周期有作用。还有热效应,被吸收转化成热能。总之不同波长的光对植物有不同的作用。太阳能

还被运用到蔬菜花果生产上,太阳能农业温室就是一种很好的利用。古代还用太阳能储存粮食。《种树说》:收藏麦子“宜烈日中乘热而收,用苍耳叶或麻叶碎杂其中,则免化蛾”。

3. 太阳与晒盐

艳阳高照的日子,蓝天上白云朵朵,虽然在海边,但是空气中没有多少风,热得要命,对于晒盐人来说这可是难得的好天气。晒盐人斗笠下的脸被晒得红红的,粒粒汗花挂在皮肤上,在阳光下一闪一闪亮晶晶的。海水在骄阳之下慢慢自然蒸发,经过落盐、漂花、旋盐之后就可以扫盐了。据说郑成功到台湾时,大军三万多人食盐成了问题。他们就在海边建了一畦畦的晒盐池,最终把海滨变成了银色世界,就这样台湾晒出了自产的海盐。

4. 日晷

公元元年前后,中国人又发明了利用太阳投射的影子来测定时刻的装置。通常由铜制的指针和石制的圆盘组成。铜制的指针叫做“晷针”,垂直地穿过圆盘中心,起着圭表中立竿的作用,石制的圆盘叫做“晷面”,安放在石台上,使晷面平行于天赤道面。在晷面的正反两面刻划出十二个大格。当太阳光照在日晷上时,晷针的影子就会投向晷面,移动着的晷针影子好像是现代钟表的指针,以此来显示时刻。

5. 日光浴

古人已知道日光浴对健康的好处。春秋战国的《列子》指出:“人应当负日之暄也。”《内经》则说:“无厌于日,必待日光。”日光中含紫外线、红外线和可见光,对改善人体的新陈代谢、增加食欲、改善睡眠和提高机体抗病能力等很有帮助。日光浴俗称晒太阳,是一种借助阳光来健肤治病的自然疗法。人受细菌感染先从皮肤开始,经常接受日光浴,可有效杀菌或抑制细菌生长。

6. 太阳能医疗

太阳能在医疗方面也有应用。《黄帝内经》和《本草纲目》记载着我们祖先公元前3~5世纪就掌握的日光疗法。古人还曾用太阳光中的紫外线检验骨伤。《洗冤集录》说:“验尸骨伤损处,用糟醋泼罨尸首,于露天以新油伞覆,欲见处迎日隔伞看,痕印见。”让光线通过油伞,使有利观察的射线充分集中,这与现代医学上用紫外线检查伤痕的道理相同。

古代人类利用太阳的地方还很多,不一而足。

2.2 国外太阳能热利用

公元前3世纪,希腊人和罗马人用“燃烧镜”(凹面镜)作武器聚焦太阳能点火并点燃敌方战船的船帆;公元前7世纪,开始使用凸透镜聚集太阳能取火。

公元 100 年,意大利史学家普林尼修建了第一个保温隔热的被动式太阳能房。

6 世纪,东罗马帝国皇帝 Code 颁布法律保护房屋和公共建筑的太阳能浴室,以便挡板不阻挡太阳光热的射入。

14 世纪,印第安人的祖先称做 Anasazi,在北美地区他们冬季住在悬崖南侧直接面对太阳的地方。

1500 年,罗马人在浴室修建了面南的大窗户让太阳光直射来吸热。

17 世纪,有学识的人接受了太阳和其他恒星是相同的观念。1615 年出现了一台利用太阳能加热空气使它膨胀做功的抽水机。

1643—1715 年,法国国王路易十四统治时期是太阳能实验的一个时代。

18 世纪,欧洲贵族利用太阳能墙储存成熟的水果(水果墙),英国与荷兰利用倾斜的面南的玻璃墙促进了太阳能温室的发展。

1767 年,瑞士科学家贺瑞斯发明了第一台太阳能集热器(太阳能热水箱)。

1774 年,法国巴黎有人举行了一场用透镜会聚阳光把金属熔化的表演。

19 世纪,富有的欧洲人开始修建和使用太阳能温室和保温房,法国科学家用从太阳能集热器获得的热量产生蒸汽为蒸汽机提供动力。

1837 年,英国天文学家赫胥黎在去非洲好望角的探险途中,把一个黑箱子埋入沙土中,箱上用双层玻璃保温,使箱内温度达到了 116°C ,于是他就用这种简易的太阳能装置烧饭。

1861 年,法国科学家 Augustin Mouchot 取得了太阳能设备的专利权。

1870 年, Augustin Mouchot 利用太阳能炊具、太阳能水泵灌溉、太阳能蒸发器制酒和水蒸馏(广泛的利用太阳能)。工程师 John Ericsson,“美国的第一个太阳能科学家”,开发了太阳能驱动的船只。太阳能驱动的印刷机开始在法国运行。

1891 年,巴尔的摩发明家 Clarence Kemp(美国真正的太阳能之父)对第一台最大商业化的太阳能热水器申请了专利。

1892 年,发明家 Aubrey Eneas 成立了波士顿太阳能发动机公司,发明了太阳能驱动的发动机来代替煤炭或木头驱动的蒸汽机。

1897 年, Clarence Kemp 的太阳能热水器在加拿大 Pasadena 的家庭普及率达到了 30%。

20 世纪应用情况:

1901 年,美国加州建成一台太阳能抽水装置,采用截头圆锥聚光器,功率为 7.36kW 。1902—1908 年,美国建造了五套双循环太阳能发动机,采用平板集热器和低沸点工质。

1908 年,洛杉矶卡内基钢铁公司发明了现代的屋脊式太阳集热器。

1913 年,埃及开罗以南建成一台由 5 个抛物槽镜组成的太阳能水泵,每个长 62.5m ,宽 4m ,总采光面积达 1250m^2 。

1936年,美国天体物理学家 Charles Greeley Abbott 发明了太阳能开水器。

1940年,太阳房出现大量需求,有主动式太阳房和被动式太阳房。

1941年,在佛罗里达地区大约有六万套太阳能热水器在使用。

1950年,美国建筑师 Frank Bridgers 设计了世界第一栋太阳能办公建筑。

1955年,以色列泰伯等在第一次国际太阳热科学会议上提出选择性涂层的基础理论,并研制成实用的黑镍等选择性涂层,为高效集热器的发展创造了条件。

1960年,美国佛罗里达建成世界上第一套用平板集热器供热的氨-水吸收式空调系统,制冷能力为5冷吨。

1977年,美国总统卡特在白宫安装太阳能板,推动太阳能系统利用的发展。澳大利亚悉尼大学研究发明“渐变膜”选择性吸收涂层,用于太阳能真空集热管。

1979年,第二次美国石油危机,太阳能贸易协会在华盛顿特区成立。

1983年,美国威斯康星州颁布太阳能利用的法律保护城市花园的“充足的光照”,随后亚利桑那州、密歇根州也通过了类似的法律。

1990年,东京有大约150万栋建筑使用了太阳能热水器。以色列大约30%的房子安装了太阳能热水系统,所有的新房子都要求安装太阳能热水系统。希腊、澳大利亚和其他几个国家在太阳能利用上都有突破性进展。澳大利亚悉尼大学发明“干涉膜”选择性吸收涂层。

1996年,联合国在津巴布韦召开“世界太阳能高峰会议”。

2.3 中国太阳能热利用30年

1978年3月,国务院副总理方毅指出,要广开能源,抓紧进行太阳能、地热、风力、潮汐等能源研究。

1979年1月,国家科委新能源专业组筹备组在京成立,太阳能是其中一个专业组。

1979年9月,中国太阳能学会成立暨全国第二次太阳能利用经验交流会在西安召开。北京市太阳能研究所成立。

1980年7月,中国太阳能学会加入国际太阳能学会。

1980年8月,由中国太阳能学会主编的《太阳能》杂志创刊,正式在全国发行。

1984年3月,中共中央、国务院发布《关于开展绿化祖国运动的指示》,要求开发小水电、太阳能等。

1986年9月,农牧渔业部在京召开全国家用太阳能热水器、农村太阳灶评选交流会。

1986年,平板型太阳集热器产品技术条件国家标准颁布实施。

1987年5月,我国引进加拿大的太阳能热水器板芯生产线,在北京市太阳能研

究所举行开工典礼。

1990年,累计推广太阳能干燥装置 7369 m²,太阳能温室 3253 万 m²,太阳灶 11.79 万台。

1992年6月,中国农村能源行业协会成立。

1995年,我国太阳能热水器生产企业超千家,年产真空管太阳能热水器约 20 万台。

1996年,我国真空玻璃集热管生产线总量超过 40 条,总产量超过 2000 万只,行业年销售额 12 亿元。

1997年,推出全不锈钢太阳能热水器,江苏、浙江数百家品牌蜂拥而起,太阳能热水器从此上了一个新台阶。

1998年,山东、江苏、浙江三省纷纷上马太阳能热水器,使全国太阳能热水器生产企业突破 1000 家,从业人数达 50 万人。

2001年,我国的太阳能热水器的使用总量达 2000 万 m²,大量的真空集热管出口国外。

2002年,山东、江苏、浙江等省太阳能热水器厂家蜂拥而起,接近 2000 家。

2003年,一批大型家电企业加入太阳能热利用行业。“非典”期间太阳能热水器畅销全国,供不应求。年产太阳能热水器 1200 万 m²。

2004年,《世界可再生能源》杂志图示:中国太阳能热水系统总保有量占全世界的 76%。

2005年,国际新能源与可再生能源论坛在人民大会堂召开。国际可再生能源大会在北京召开。

2006年1月,《中华人民共和国可再生能源法》颁布实施。

2006年11月,我国首部太阳能科普书籍《太阳能世界》由科学普及出版社出版。

2007年,济南世界太阳能大会召开。中国太阳能热水器强制安装政策在各省市开始颁行。世界太阳能大会在北京召开。

2008年2月,我国太阳能热利用产业门户网站“中国太阳能产业联盟网”开通,成为国内外了解太阳能热利用行业的最大门户网络。

2008年,奥运会奥体中心、帆船基地、网球中心、射击馆等处广泛应用太阳能热水系统。

2008年5月,时任国家副主席习近平视察太阳能企业,鼓励太阳能热水器产业大发展。

2008年,一批 70 后、80 后太阳能企业家登上舞台,为产业带来了新的经营方式和活力。太阳能热水器企业央视黄金广告时间夺标,太阳能广告在央视盛行。太阳能热水器超过电、燃气热水器总和,占到了热水器市场的半壁江山。力诺总