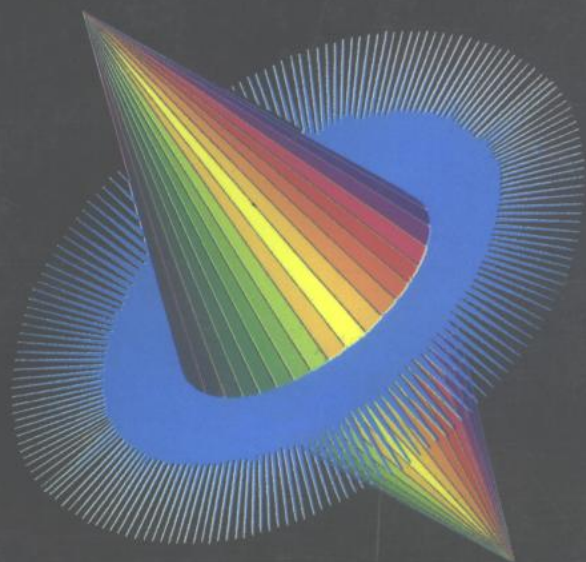




李申生 编著



首都师范大学出版社

太阳能物理学

TAIYANGNENG WULIXUE

(京)新 208 号

ER66/01

图书在版编目(CIP)数据

太阳能物理学 Taiyangneng Wulixue/李申生编著. —北京:
首都师范大学出版社, 1996.6

ISBN 7-81039-637-4

I. 太… I. 李… III. 太阳能-物理学 IV. TK511

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 19265 号

首都师范大学出版社

(北京西三环北路 105 号 邮政编码 100037)

北京国马印刷厂印刷 全国新华书店经销

1996 年 6 月第 1 版 1996 年 6 月第 1 次印刷

开本 850×1168 1/32 印张 12.875

字数 295 千 印数 0,001—1,500 册

定价 23.00 元

前 言

太阳能是人类赖以生存、发展,在生活和生产各方面都不可或缺的最古老的能源。但是,“太阳能利用”作为一门学科,却还只是近半个世纪以来的事。由于它涉及的面很广,上从天文、气象,下到地理、水利,横向不仅包括数学、物理、化学和生物等基础科学的知识,还需要具备多种工程技术方面的知识。因此,可以说它是一门新兴的多学科交叉的边缘学科。

多年来,世界范围内有关太阳能利用的专著和教科书已经出版了不少,但是,多半都从太阳能与工程技术结合的角度出发,讨论太阳能的实际应用较多。而对太阳能的基础,即从太阳能物理学的角度出发,讨论太阳能的产生根源、太阳能与物质的相互作用以及太阳能的光—热转换和光—电转换的机理则嫌不足。

此外,我国从事太阳能利用起步较晚,从 20 世纪 70 年代中期才正式开始,逐步形成队伍并建立机构,尽管研究课题先后都纳入国家“六五”、“七五”、“八五”科技攻关计划,但从事这方面工作的科技人员大部分都是“半道出家”,他们虽然通过对自身所参与的研究项目已经取得和积累了相当丰富的实践经验,但是对于太阳能的基础理论却还缺少系统、全面的了解。

为了适应我国四个现代化建设对开发新能源(主要是核能和广义太阳能)的探索与实际应用的需要,特别是为了有计划、有步骤地培养从事新能源开发工作的中、青年科技人员,使他们具有比较系统的基础理论以及一定深度和广度的知识面,并对当前国内外有关方面的最新发展情况有比较全面的了解,编著者深感很有必要出版一本介绍太阳能物理学的专著以饕读者。但是,由于水平

目 录

绪论	(1)
0-1 开发新能源的重要性	(1)
0-2 太阳能利用的广阔前景	(10)
0-3 太阳能利用的发展简史	(17)
参考文献	(27)
第一章 太阳辐射能	(28)
1-1 概述	(28)
1-2 太阳能的起源	(43)
1-3 太阳常数和太阳光谱	(57)
1-4 到达地面上的太阳辐射及其光谱	(68)
1-5 地面上可资利用的太阳能	(86)
参考文献	(112)
第二章 太阳能的光—热转换	(114)
2-1 概述	(114)
2-2 流体力学基础	(115)
2-3 光热转换理论简介	(129)
2-4 平板型太阳能集热器	(168)
2-5 聚焦型太阳能集热器	(190)
参考文献	(218)
第三章 太阳能的光—电转换	(221)
3-1 概述	(221)
3-2 光致电离和光伏效应	(230)
3-3 理想太阳电池	(234)
3-4 太阳电池的最大光伏效率	(251)

3-5	影响太阳电池 $J-U$ 特性曲线的参量分析	(264)
3-6	太阳电池的串联和并联	(277)
3-7	太阳电池的发展现状和前景	(284)
	参考文献	(290)
第四章	太阳能的贮存	(295)
4-1	概述	(295)
4-2	太阳能热贮存的分类及一般要求	(310)
4-3	太阳能的显热贮存	(315)
4-4	太阳能的潜热贮存	(334)
4-5	太阳能的显热—潜热贮存	(344)
4-6	太阳能的可逆化学反应热贮存	(361)
4-7	太阳能的电贮存(一)	(371)
4-8	太阳能的电贮存(二)	(389)
	参考文献	(400)

绪 论

0-1 开发新能源的重要性

一、能源的分类

自然界的能源,可以根据其形成条件、使用性能以及利用技术状况进行分类,如表 0-1 所列.

表 0-1 自然能源的分类

按形成条件分类 按使用性能分类 按利用技术状况分类		一次能源	二次能源
常规能源	燃料能源	泥煤、褐煤和石煤 烟煤和无烟煤 油页岩和油砂 原油 天然气 植物秸秆(生物质能)	煤气 焦炭 汽油、煤油、柴油和重油 液化石油气 甲醇和乙醇(酒精) 苯胺
	非燃料能源	水能	电力 蒸汽和热水 余热
新能源	燃料能源	核燃料	沼气和氢气
	非燃料能源	太阳能 风能 潮汐能 海洋能 地热能	激光

(一) 按形成条件分类

按照形成条件,可将能源分为两大类.一类是自然界中以天然形式存在的能量资源,如原煤、原油、天然气、油页岩、核燃料、植物秸秆、太阳能、风能、水能、地热能、海洋能、潮汐能等等,统称为“一次能源”,也就是**天然能源**.另一类是由一次能源直接或间接转换而成的其它种类和形式的能源,如煤气、焦炭、人造石油、汽油、煤油、柴油、重油、电力、蒸汽、热水、酒精、沼气、氢气、激光等等,统称为“二次能源”,也就是**人工能源**.

“一次能源”还可以根据它们能否“再生”(即根据产生周期的长短)而分为可再生能源和非再生能源两类.**可再生能源**是指能够重复产生的自然能源,如太阳能、水能、风能、海洋能、潮汐能、生物质能等等,它们可以供给人类使用很长时期也不会枯竭.而**非再生能源**则是指不能在短期内重复产生的天然资源,如原煤、原油、天然气、油页岩和核燃料等,这些能源的产生周期极长(往往需达数百万年之久),因此产生速率远远跟不上人类对它们的开采速率,总有一天会被人类耗用殆尽.

(二) 按使用性能分类

按照使用性能,能源又可分为燃料能源和非燃料能源.属于**燃料能源**的有矿物燃料(煤、石油、天然气等)、生物燃料(藻类、木材、沼气、各种有机废物等)以及核燃料(铀、钍、氘、氚等).除核燃料包含原子核能以外,其它燃料都包含有化学能,其中有些还同时包含有机机械能.例如,不少石油和天然气矿藏都具有很大的天然压力,开采时能够自动从井下喷射到地面,再经过管道输送出去.在**非燃料能源**中,多数包含着机械能,例如风能、水能、潮汐能、海流和波浪动能等;有些包含着热能,例如地热能、海洋热能、余热等;有些包含着电磁辐射能,例如太阳能,激光能等;有的则包含着电能,例如电力等.由此可见,不同的能源转换所提供的能量形式是不同的.

(三) 按利用技术状况分类

按照利用技术状况,可将能源分为“常规能源”和“新能源”两大类。**常规能源**(亦称“传统能源”)是指在现阶段的科学技术条件下,人们已经广泛使用、且技术比较成熟的能源,如煤炭、石油、天然气、水能等。而太阳能、风能和地热能等虽然被人类利用的时间比较早,但一直未能像上述矿物燃料那样得到广泛充分的利用,直到近年来才开始引起人们的重视。其它如核燃料、沼气、氢气、激光和海洋能等也都在近几十年甚至近十几年才逐渐受到人们的重视,而在利用技术等方面还有待于进一步改善与提高,所以统称为**新能源**。

所谓新能源,实际上是与常规能源相对而言的。煤炭、石油等在人们开始利用的时候,也曾经把它们称为新能源。但是后来由于人们日益广泛地加以利用,就逐渐地成为常规能源了。而所谓新能源,还存在有一个探索和创新的含义,在常规能源供应日益紧张的情况下,必须从其它方面寻找新的出路,以解决能源短缺问题,保证工农业生产的不断发展和人民生活水平的不断提高。所以,从能源资源的发展以及能源利用技术的改革来说,也可以把它们称为新能源。

二、当前世界能源的利用状况

(一) 20 世纪世界能源消费的增长状况

本世纪以来,世界范围的能源消费量大幅度增长,1900 年的世界能源总消费量约为 $7.75 \times 10^{11} \text{kg}$ 标准煤,而 1975 年就已增加到 $85.7 \times 10^{11} \text{kg}$ 标准煤,即增长了 10 倍。可以说,现代化的社会是建筑在巨大的能源消费之上的。而每人每年所消费能源的多少,往往被看作是一个国家贫富的标志。社会越发达,现代化的程度越高,能源的消费量就越大,并且对于能源质量的要求也就越高。近 40 年来,世界的经济发展很快,许多国家高速度地实现了现代化,这些都有赖于能源的大规模开发和更有效地利用。本世纪以来,在世界经济发展的几个阶段中能源耗费的增长状况,如表 0-2 和图 0-1 所示。

表 0-2 20 世纪世界能源的消费增长

年 份	能源消费总量 (10^{11} kg 标准煤)	人均占有量 (kg 标准煤/人·年)
1900	7.75	493
1925	15.65	796
1950	26.64	1080
1975	85.70	2140
2000*	>170.00	>3000

* 2000 年的世界能源消费量为预测最低值。

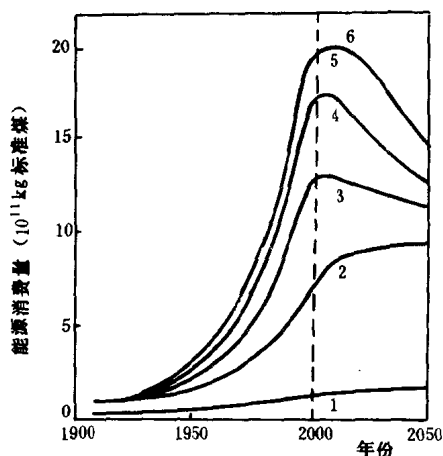


图 0-1 世界能源消费增长示意图

1——水力及自然能；2——煤炭；
3——石油；4——天然气；5——核
裂变能；6——太阳能及核聚变能等。

由表 0-2 中所列的数字可以看出，在 1900～1950 年的 50 年间，能源消费量增长了两倍多，而在 1950～1975 年的 25 年中，能源消费量也增长了两倍多。如果说，在过去的二三十年里，只有美国、前苏联、日本以及西欧几个主要的工业发达国家实现了现代化的话，则在未来的二三十年里，必将会有越来越多的国家要建立起自己的现代化生产和生活，整个人类生活

都要逐步实现现代化，从而对于能源的需求将会大幅度地增长。因此，预计到本世纪末，世界能源的消费量至少将需要 200 亿吨标准煤，即比 1975 年又增长了两倍多。

（二）20 世纪世界能源的构成状况及其变化

本世纪内,在与世界范围的能源消费量大幅度增长的同时,世界能源的构成状况也发生了很大的变化,如表 0-3 所列. 在本世纪初,石油在能源构成中刚露苗头;而到了 50 年代,中东大油田的开发利用以及世界各国石油和天然气生产的迅速发展,使石油逐渐成为主要能源. 在过去的二三十年中,许多国家依靠廉价的石油和天然气,建立起现代化的生产和生活,创造了人类历史上空前灿烂的物质文明.

表 0-3 1900~2000 年世界能源构成的变化

年 份	10 ¹¹ kg 标准煤	能 源 构 成 (%)			
		煤炭	石油	天然气	水力、原子能*
1900	7.75	95.0	4.0**		1.0
1937	20.13	69.7	18.9	5.2	6.2
1950	26.64	59.3	29.8	9.3	1.6
1955	34.26	52.7	34.4	11.2	1.7
1960	44.78	48.9	35.8	13.4	1.9
1965	55.88	40.6	41.2	16.1	2.1
1970	74.20	32.6	46.6	18.7	2.1
1975	85.70	30.7	47.2	19.3	2.8
1985	125.56	32.7	44.2	22.5	26.1***
2000	170.66	44.3	56.6	32.4	37.4***

* 水力、原子能按每度电等于 0.123kg 标准煤计算.

** 1900 年的石油所占百分比中包括天然气.

*** 包括非商品能源在内.

(三) 21 世纪前期世界能源的消费增长及构成变化的预测

1990 年 10 月在北京召开的国际电力能源会议上,世界能源会议项目部主任 J. R. 福里斯(Frisch)对 2000~2020 年世界能源的前景作了预测性介绍,大致情况如下:

1. 人口增长预测:全世界人口在 1973~1985 年间平均年增长率为 2%. 预测 1985~2000 年间将降为 1.6%,而 2000~2020 年间将进一步降为 1.2%. 世界人口总数将由 1985 年的 48.4 亿增至 2000 年的 61.5 亿,2020 年可能达 78.3 亿. 在 1985~2020

年的 35 年内所增加的约 30 亿人口中,发展中国家约占 90%以上,达 27.7 亿。

2. 经济发展年增长率:全世界在 1973~1985 年间经济发展平均年增长率为 3%(其中工业发达国家 2.6%,发展中国家 4.65%)。预测 1985~2000 年间的平均年增长率为(2.4~3.2)% (其中工业发达国家(2.2~2.85)%,发展中国家(3.1~4.7)%);而 2000~2020 年间将降为(1.8~2.8)% (其中工业发达国家(1.5~2.3)%,发展中国家(2.8~4.2)%)。所列两种预测值前者为最低值,后者为适度值,下同。

3. 能源需求年增长率:全世界在 1973~1985 年间一次能源消费量平均年增长率为 1.8%(其中工业发达国家 1.1%,发展中国家 3.8%)。预测 1985~2000 年间将维持在(1.5~2.0)% (其中工业发达国家(1.0~1.4)%,发展中国家(2.5~3.1)%;而 2000~2020 年间将降为(1.0~1.4)% (其中工业发达国家(0.37~0.78)%,发展中国家(1.9~2.3)%。

4. 单位国民生产总值的能耗:全世界在 1973~1985 年间由于节能而使单位国民生产总值的能耗平均每年下降 1.1%。预测 1985~2020 年间平均每年将下降(0.85~1.2)% (其中工业发达国家(1.1~1.4)%,发展中国家(0.4~1.1)%。

5. 人均能源消费量:全世界 1985 年人均能源消费量为 2.50t 标准煤(其中工业发达国家 6.68t,发展中国家 1.02t)。预测 2000 年时人均能源消费量为 2.44~2.62t(其中工业发达国家 7.02~7.51t,发展中国家 1.10~1.21t);而 2020 年时为 2.33~2.72t(其中工业发达国家 6.99~8.12t,发展中国家 1.23~1.45t)。

6. 能源生产量:全世界 1985 年一次能源生产量为 $125.6 \times 10^{11} \text{kg}$ 标准煤(其中工业发达国家 $77.3 \times 10^{11} \text{kg}$,发展中国家 $48.3 \times 10^{11} \text{kg}$)。预测 2000 年将达到 $158.4 \sim 170.7 \times 10^{11} \text{kg}$ (其中工业发达国家 $87.8 \sim 94.8 \times 10^{11} \text{kg}$,发展中国家 $70.6 \sim 75.9 \times 10^{11} \text{kg}$);而至 2020 年将可达 $192.2 \sim 224.9 \times 10^{11} \text{kg}$ (其中工业发达国

家 $96.1 \sim 111.6 \times 10^{11} \text{kg}$, 发展中国家 $96.1 \sim 113.3 \times 10^{11} \text{kg}$). 各种能源的预测生产量如表 0-4 所列.

表 0-4 2000~2020 年世界各种能源生产预测(10^{11}kg 标准煤)

年 份	2000	2020
一次能源总计	158.4 ~ 170.7	192.2 ~ 224.9
煤 炭	39.8 ~ 44.3	51.2 ~ 64.0
石 油	53.4 ~ 56.6	58.9 ~ 66.2
天 然 气	29.1 ~ 32.4	32.5 ~ 38.5
水 能	9.1 ~ 10.1	13.4 ~ 16.3
核 能	8.6 ~ 10.1	12.9 ~ 17.4
新 能 源	0.6 ~ 1.1	2.7 ~ 5.8
非商品能源	17.8 ~ 16.2	20.6 ~ 16.7

根据以上所述, 可以看到在 21 世纪前期, 能源形势有以下几个特点:

1. 尽管世界范围内的各种能源生产量在不断增长, 但是由于人口也在不断增长, 特别是发展中国家的人口增长率较高, 因此人均能源消费量从 1985 年到 2020 年的 35 年间, 基本上处于徘徊状态而并无明显增长, 这就促使经济发展的年增长率也处于徘徊状态甚至略有下降的趋势.

2. 尽管能源生产总量在 1985~2020 年间的平均年增长率达 1.7%, 但与能源需求的平均年增长率相比, 并无明显的“余地”. 而 2000~2020 年间能源生产总量的平均年增长率为 (1.0~1.5)%, 能源需求的平均年增长率为 (1.0~1.4)%, 显见, 正是能源生产总量的平均年增长率限制了能源需求的平均年增长率.

3. 在 2000~2020 年间, 石油和天然气的生产量增长相当有限, 并且如不能发现新的特大型油气田, 则石油和天然气的产量都将在 2020 年或以后不久达到峰值, 随后即将逐年递减; 而煤炭虽然贮量较多, 还有较大的潜力, 但是由于对环境的污染比较严重, 多数工业发达国家都不愿大量开采和利用. 另外, 在这段期间内,

水能和核能都将增长 50% 以上,而新能源更增长 4.5~5.3 倍,表明这三种能源在 21 世纪前期以后还将大幅度增长。

4. 表 0-4 中所列非商品能源,主要是指农业秸秆和薪炭林等,特别在发展中国家,绝大多数为农民和牧民等自行砍伐作为燃料,并不进入商品能源的市场.随着世界范围内的都市化现象日益严重,耕地面积不断减少,这部分能源的生产量并无显著增长,所列数值并非由少到多,而是由多到少,说明它只是作为商品能源的补充。

三、世界范围的常规能源危机

在世界能源的总消费量中,美国、前苏联、日本以及西欧几个经济发达的现代化国家消费较多.他们的人口约占世界总人口的 20%,而能源消费量却占 60% 以上.其中尤以美国的能源消费量最多,平均每人每年的消费量达 12t 标准煤以上,前苏联为 6.6t,西欧几个工业发达国家为 5~6t,日本为 4.8t.从这些国家的能源生产量与消费量的相对关系来看,只有前苏联可以满足本国的需要并有部分能源(主要是石油和天然气)出口,其它国家都需要进口大量的能源,特别是依赖于中东的石油.在这些国家的能源消费中,石油和天然气所占的比重很大(达 60~90)%.因此,50 年代中期爆发的第一次中东战争,酿成了工业化发达国家的第一次能源危机,而 1973 年爆发的第四次中东战争,更给西方世界带来了比较严重的能源危机.例如日本的国民经济生产总值由往年的年增长率高达 10% 陡降为负增长率 2%,损失近 500 亿美元;而美国的国民经济生产总值的损失更高达 900 多亿美元.1991 年初的海湾战争,主要也是西方工业化发达国家为了争夺石油资源、确保能源供应所引发的。

能源危机的发生,促使人们对石油、天然气、煤炭等常规能源的蕴藏量和开采量进行了一番认真的调查研究.结论是认为世界石油的可采储量约 900 亿吨,按照目前的生产水平,仅能开采 30 年左右;天然气资源的总储量也很有限,预测它将比石油晚一二十

年开采完毕. 煤的总储量虽较丰富, 尚可供人类开采和使用二三百
年之久, 但由于环境保护的限制, 预计煤的生产量在 21 世纪即将
达到高峰. 在本世纪内, 能源消费的大幅度增长以及石油资源的短
缺, 将成为世界能源问题的焦点. 可以这样估计, 即 80 年代世界能
源的供应将会越来越紧张, 而在石油生产量逐年下降的 90 年代,
将会出现更为严重的能源危机, 而且那时的危机才真正是世界性
的. 因此, 对于新能源的开发和利用, 就日益受到世界各国的重视,
逐渐把越来越多的人力、物力、财力和科学技术投入到新能源的
开发和利用的研究上去.

总的估计是, 目前全世界每年消费的总能量约为 $0.34Q$ ($1Q = 2.52 \times 10^{17} \text{ kcal} = 1.05 \times 10^{18} \text{ kJ}$), 其中美国即达 $0.14Q$, 约占
40%. 总消费量大约每隔 10~12 年增长一倍. 将来, 全世界都进入
大规模开发时期, 每年的能源总消费量将达 $1.40Q$. 目前已探明的
全部非再生常规能源的储量大致为: 天然气~ $10Q$, 石油~ $13Q$, 油
页岩等~ $20Q$, 裂变核燃料~ $70Q$, 煤~ $170Q$, 总共约为 $283Q$, 仅
能维持 100 年左右.

四、新能源的开发利用

如上所述, “新能源”只是一个相对的概念. 任何一种能源, 从
它被人们发现直到广泛地加以利用, 往往都要经历一个比较长的
历史过程. 今天我们广泛使用的常规能源如煤炭、石油、天然气等
等, 它们也都曾经有过被人们称为新能源的历史. 就石油而言, 我
国早在将近 2000 年以前就已利用过它了, 但当时只是简单地加以
燃烧, 并且使用的范围也很小; 等到内燃机发明以后, 它才获得了
广泛的应用. 直到 19 世纪下半叶, 在人们的心目中, 石油还是一种
不寻常的“新能源”. 原子核能也是如此, 从它的发现到实际应用,
也经历了将近 30 年之久. 20 世纪 30 年代末期, 原子核的裂变反
应初次获得成功, 展示了人类利用这种新能源的广阔前景. 近二三
十年来, 世界范围内的原子能工业得到了迅速的发展, 已逐渐被人
们视为常规能源. (在我国, 由于原子核能的利用起步较晚, 所以直

到目前还把它视为新能源。)

随着人们目前广泛使用的常规能源的逐渐枯竭,为了保持整个社会生产的不断发展和人民生活水平的不断提高,就不得不逐渐把关注的重点转移到新能源的开发和利用上去。预计在 21 世纪内,新能源将在世界能源的消费构成中占据越来越重要的地位。有人曾把原子核能和太阳能称为 21 世纪的能源。

0-2 太阳能利用的广阔前景

一、太阳能资源的含义

通常所谓的**太阳能资源**,不仅包括直接投射到地球表面上的**太阳辐射能**,而且包括象**水能、风能、海洋能、潮汐能**等间接的太阳能资源,还应包括通过绿色植物的光合作用所固定下来的能量即**生物质能**。现在广泛开采并使用的煤炭、石油、天然气等等,也都是古老的太阳能资源的产物,即由千百万年前动植物本体所吸收的太阳辐射能转换而成的。水能是由水位的高差所产生的,由于受到太阳辐射的结果,地球表面上(包括海洋)的水份被加热而蒸发,形成雨云在高山地区降水后,即形成水能的主要来源。风能是由于受到太阳辐射的强弱程度不同,在大气中形成温差和压差,从而造成空气的流动所产生的。潮汐能则是由于太阳和月亮对于地球上海水的万有引力作用的结果。总之,严格地说来,除了**地热能和原子核能**以外,地球上的所有其它能源全部来自太阳能。这也称为“**广义太阳能**”,以便与仅指太阳辐射能的“**狭义太阳能**”相区别。

二、太阳能资源的特点

(一) 太阳能资源的优点

与常规能源相比较,太阳能资源的优点很多,并且都是一般的常规能源所无法比拟的。概括起来,可以归纳为以下四个方面:

1. **数量巨大**:每年到达地球表面的太阳辐射能约为 130 万亿吨标准煤或 3600Q,即约为目前全世界所消费的各种能量总和的

1×10^4 倍。

2. 时间长久:根据天文学的研究结果,可知太阳系已存在大约 50 亿年左右。太阳能的根源是在太阳内部的高温($\sim 2 \times 10^7 \text{K}$)和高压($\sim 3 \times 10^{16} \text{Pa}$)条件下进行的由四个氢原子核聚变成一个氦原子核的热核反应。根据目前太阳辐射的总功率以及太阳上氢的总含量进行估算,尚可继续维持 10^{11} 年之久。对于人类存在的年代来说,确实可以认为是“取之不尽,用之不竭”的。

3. 普照大地:太阳辐射能“送货上门”,既不需要开采和挖掘,也不需要运输。普天之下,无论大陆或海洋,无论高山或岛屿,都“一视同仁”。既无“专利”可言,也不可能进行垄断,开发和利用都极为方便。

4. 清洁安全:太阳能素有“干净能源”和“安全能源”之称。它不仅毫无污染,远比常规能源清洁;也毫无危险,远比原子核能安全。

(二) 太阳能资源的缺点及其克服方法

太阳能资源虽然具有上述几方面常规能源无法比拟的优点,但也存在着相当严重的缺点和问题,主要有以下三个方面:

1. 分散性:到达地球表面的太阳辐射能的总量尽管很大,但是能流密度却很低。平均说来,北回归线附近夏季晴天中午的太阳辐射强度最大,约为 $1.1 \sim 1.2 \text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$,即投射到地球表面 1m^2 面积上的太阳能功率仅为 1kW 左右;冬季大致只有一半,而阴天则往往只有 $1/5$ 左右。因此,想要得到一定的辐射功率,就只有两种可行的办法:或者使采光面积增大,或者使采光面的集光比增大(即提高聚焦程度)。但是前者将需占用较大的地面,而后者则会使成本大大提高。

2. 间断性和不稳定性:由于受到昼夜、季节、地理纬度和海拔高度等自然条件的限制以及晴阴云雨等随机因素的影响,太阳辐射既是间断的又是不稳定的。为了使太阳能成为连续、稳定的能源,从而最终成为能够与常规能源相竞争的独立能源,就必须很好

地解决蓄能问题,即把晴朗白天的太阳辐射能尽量贮存起来以供夜间或阴雨天使用.但就目前而论,蓄能恰好是太阳能利用中最薄弱的环节之一.

3. 效率低和成本高:就太阳能利用的目前发展水平来说,有些方面虽然在理论上是可行的,技术上也是成熟的,但是因为效率普遍较低,成本普遍较高,所以经济性较差,还不能(至少不容易)与常规能源相竞争.在今后相当长的一段时期内,太阳能利用的进一步发展,特别是大规模的推广使用,主要受到经济性的制约.因此,当前的研究重点之一,就是尽可能地提高效率和降低成本,加强经济上的竞争力.

三、太阳能利用的广阔前景

从近期来说,利用太阳能供热和采暖是具有现实意义的;而从远景发展来说,大规模地开发和利用太阳能,将会满足人类长期对大量能源的需求.

太阳辐射能的直接利用,基本上有两种方式,即太阳能直接转换成热能,称为**光—热转换**;太阳能直接转换成电能,称为**光—电转换**.下面分别加以简单的介绍.

(一) 太阳能的光—热转换

这是目前技术最为成熟、成本最为低廉、因而应用最为广泛的形式.其基本原理是将太阳辐射能收集起来,用以加热物体而获得热能.目前使用得较多的太阳能收集装置有两种:一种是**平板型集热器**,例如太阳能热水器、太阳能干燥器、太阳能蒸馏器以及箱式太阳灶等;另一种是**聚焦型集热器**,例如反射式太阳灶、太阳能开水器以及高温太阳炉等.

(二) 太阳能的光—电转换

太阳能的大规模利用,主要是用于发电.太阳能发电有两种方式,一种是**光—热—电转换**方式,另一种是**光—电直接转换**方式.

1. **光—热—电转换方式:**就是利用太阳辐射产生的热能发电,一般是由太阳能集热器将所吸收的热能转换成工质的蒸汽,再