



能源开发概论A

第十章 新能源开发

能源与矿业学院/矿业工程系
中国矿业大学（北京）



目 录

第一节 太阳能开发

第二节 风能开发

第三节 海洋能开发

第四节 地热能开发

第五节 生物质能开发

第六节 氢能开发

第一节 太阳能开发

目 录

1. 概述

2. 太阳能热发电系统

3. 太阳能光伏发电系统

4. 大规模使用太阳能发电的问题

目 录

1. 概述

2. 太阳能热发电系统

3. 太阳能光伏发电系统

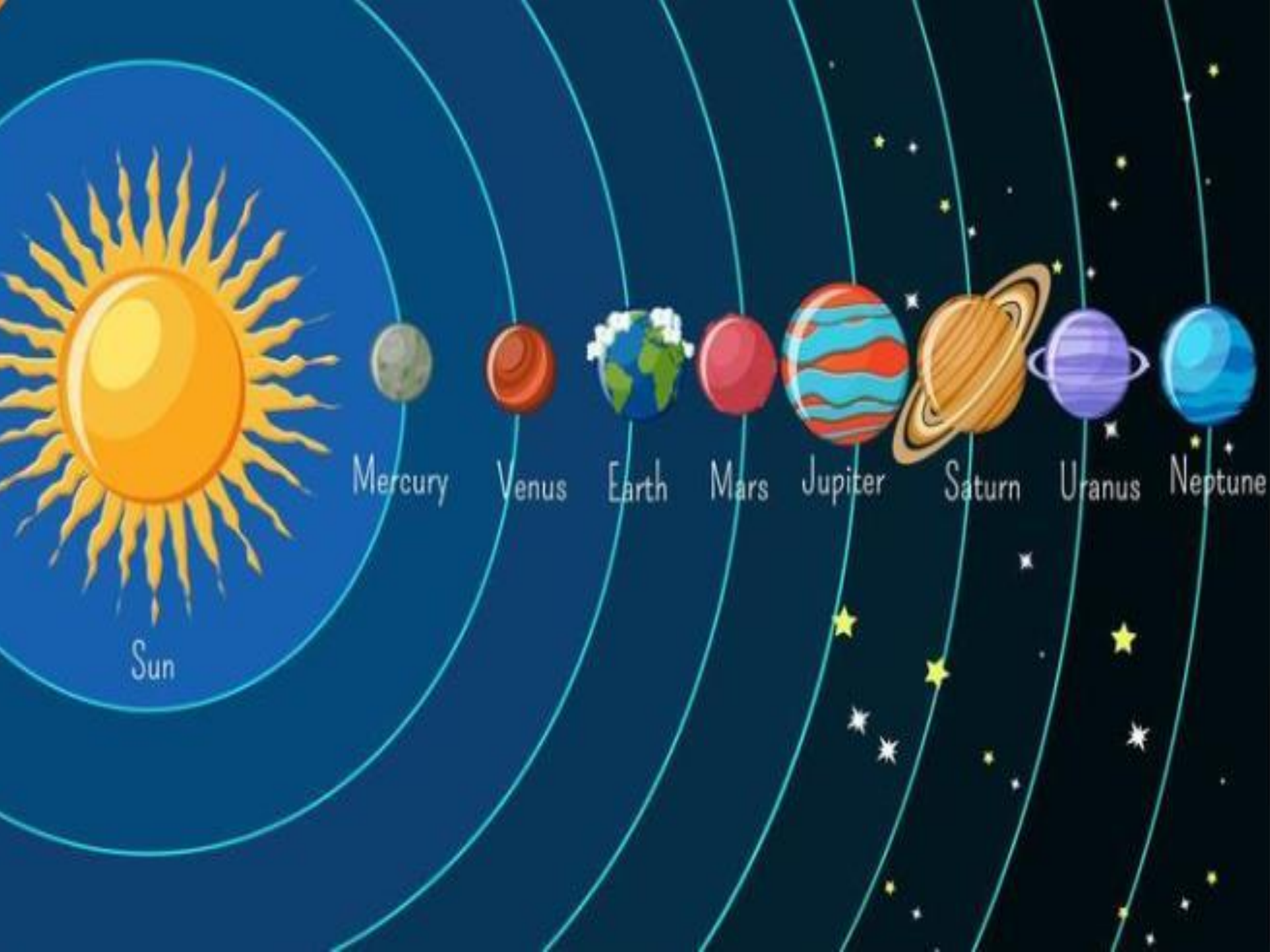
4. 大规模使用太阳能发电的问题

1. 概 述

太阳：

太阳的本质是一个炽热的气态球体，主要指标：

- 1) **组成气体**：氢和氦
- 2) **直径**：约为 $1.392 \times 10^9 \text{m}$ ，约为地球直径的109倍
- 3) **体积**： $1.412 \times 10^{27} \text{m}^3$ ，约为地球体积的130万倍
- 4) **质量**： $1.989 \times 10^{30} \text{kg}$ ，约为地球质量的33万倍
- 5) **平均密度**： $1.408 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ，约为地球平均密度的1/4。
- 6) **内部温度**：高达 $8 \times 10^6 \sim 2 \times 10^7 \text{K}$ ，
- 7) **内部压力**：高达 $3 \times 10^{16} \text{Pa}$ 。



Sun

Mercury

Venus

Earth

Mars

Jupiter

Saturn

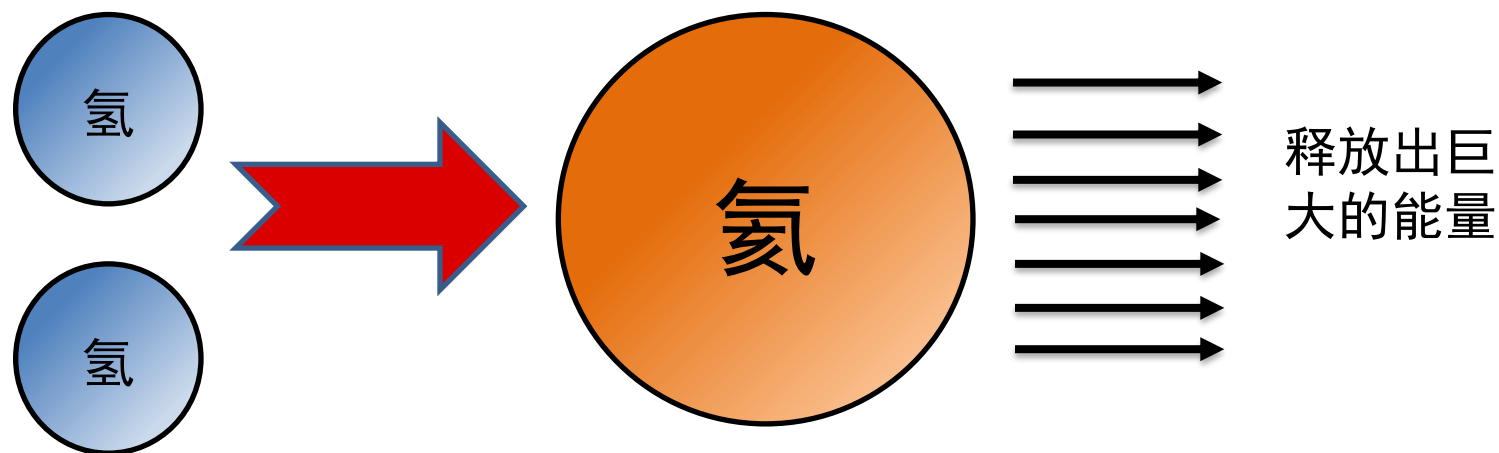
Uranus

Neptune

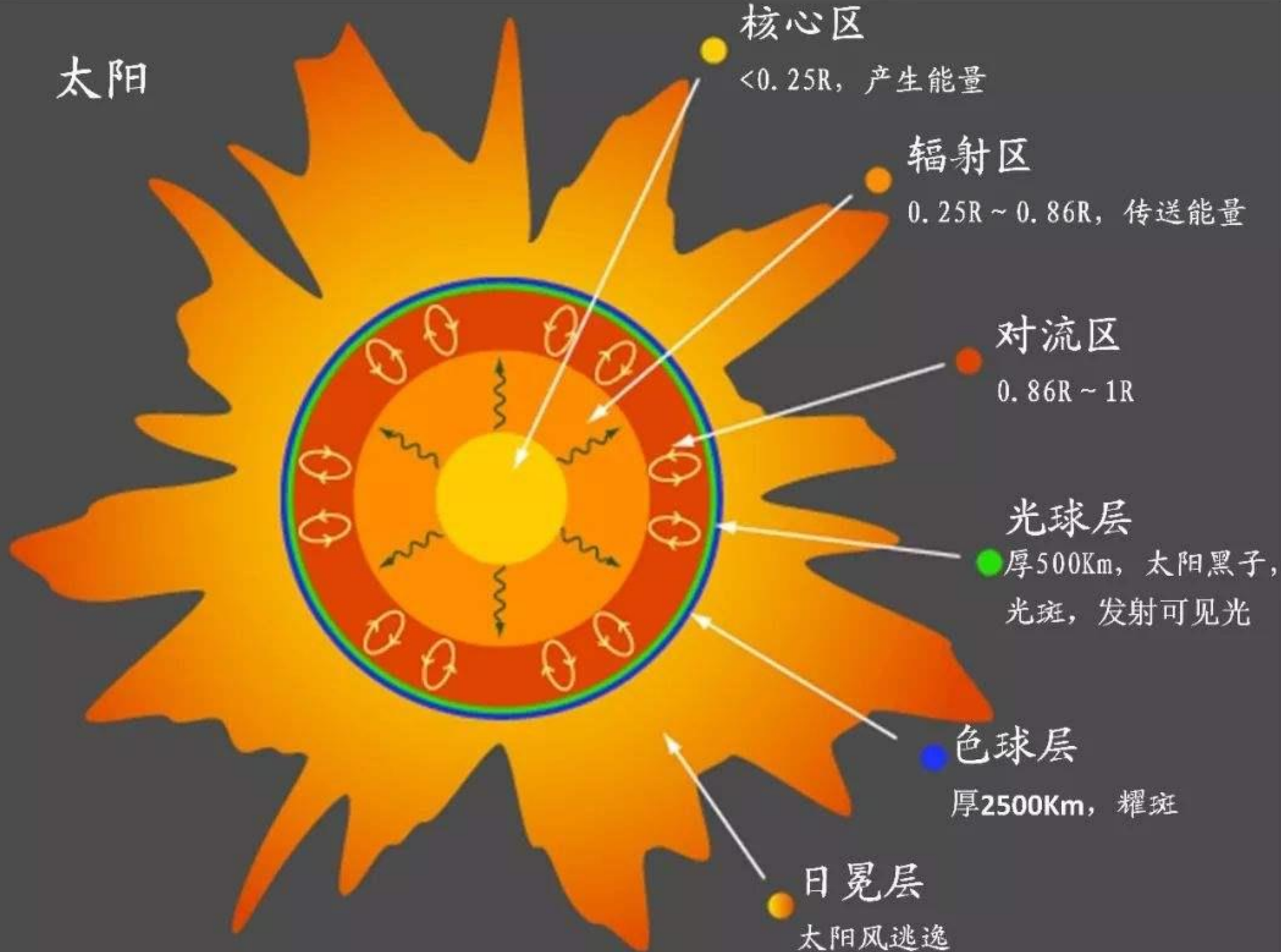
1. 概 述

太阳能：

太阳能一般指太阳光的辐射能量。在太阳内部进行的由“氢”聚变成“氦”的原子核反应，不停地释放出巨大的能量，并不断向宇宙空间辐射能量。太阳内部的这种核聚变反应，可以维持几十亿至上百亿年的时间。



太阳

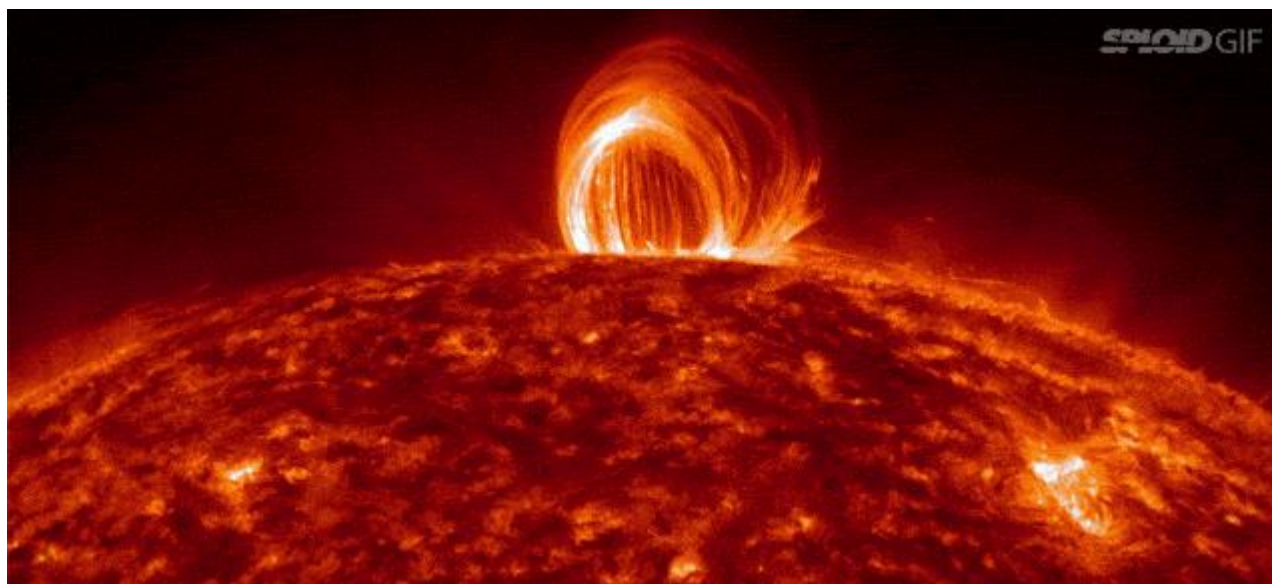


1. 概 述

太阳表面：



**NASA SDO卫
星拍摄的太阳
表面等离子体
的运动.**



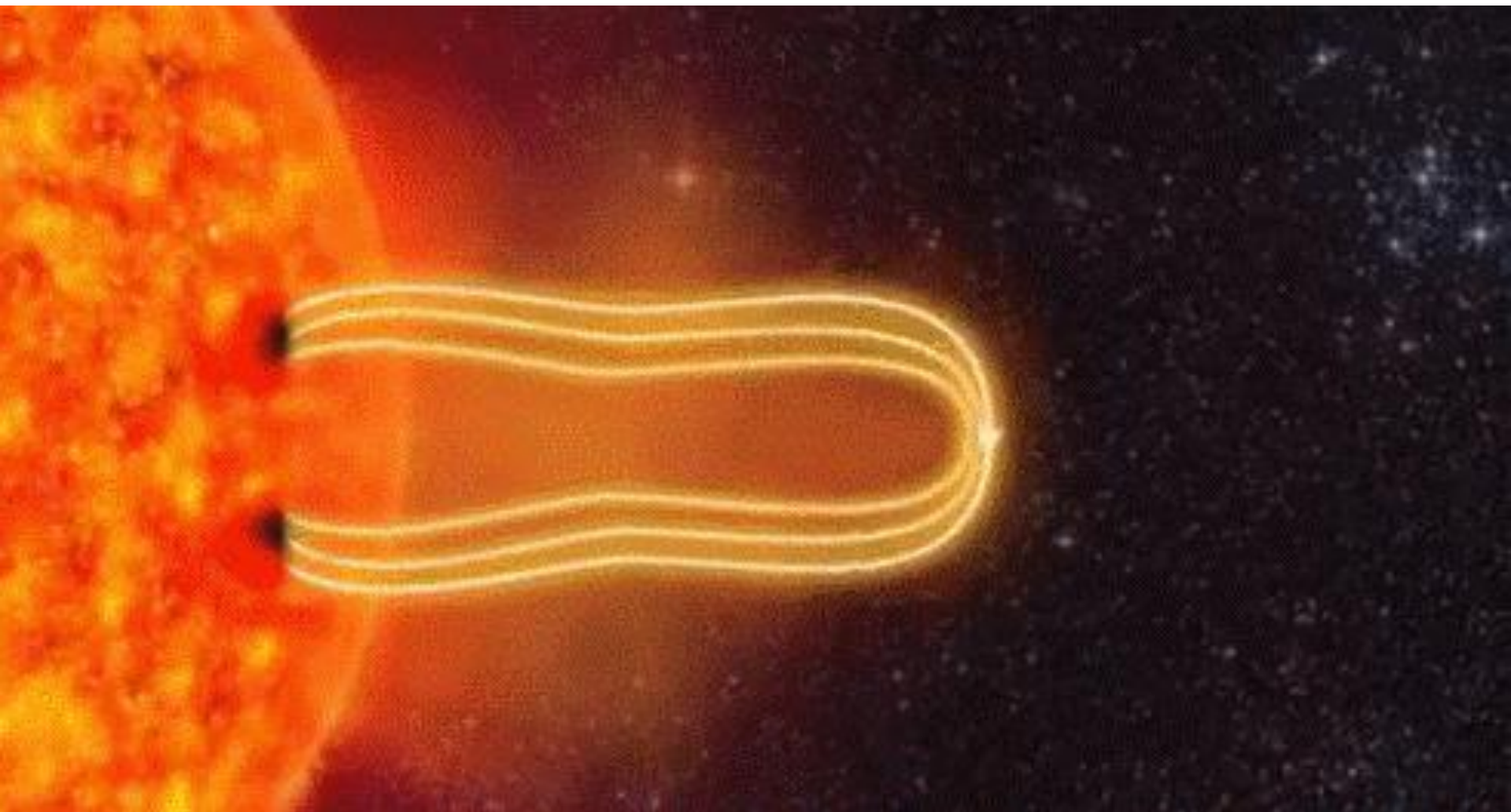
1. 概 述

太阳风和极光：

当太阳上有强烈爆发和日冕物质抛射时，太阳风携带着的强大等离子流可能到达地球极区。这时，在地球两极则可看见瑰丽无比的极光。

1. 概 述

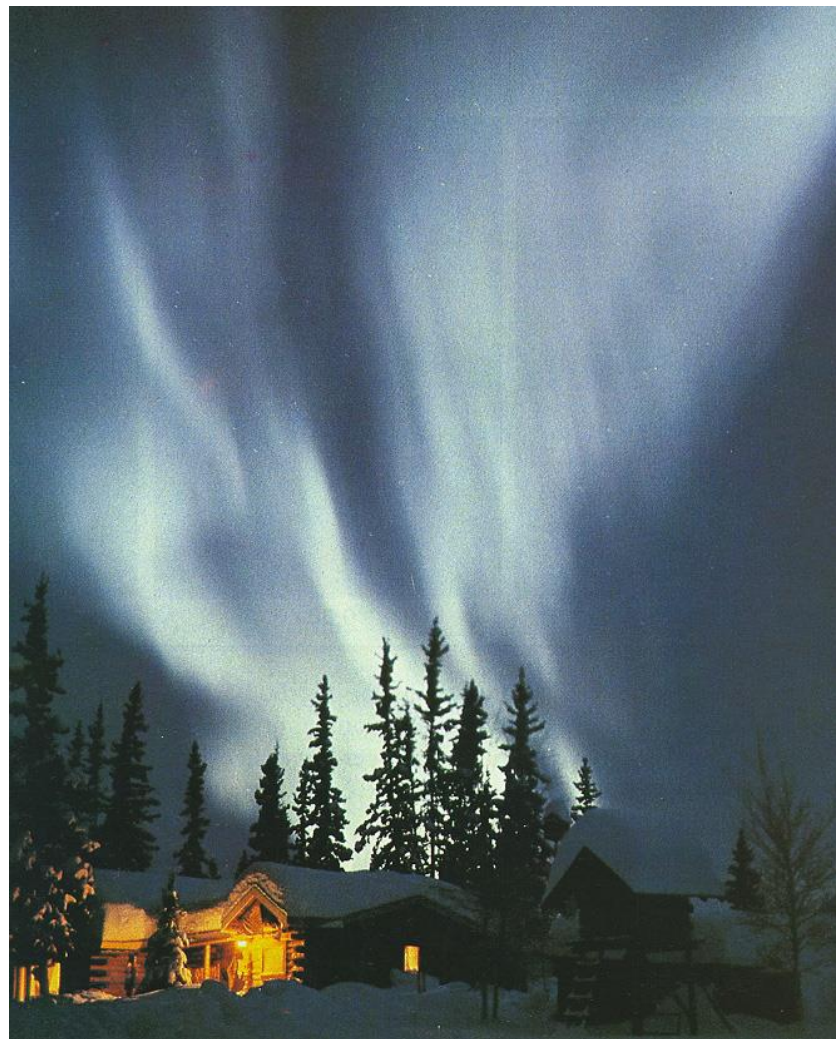
太阳风和极光：



太阳风与地磁场层的相互作用形成极光

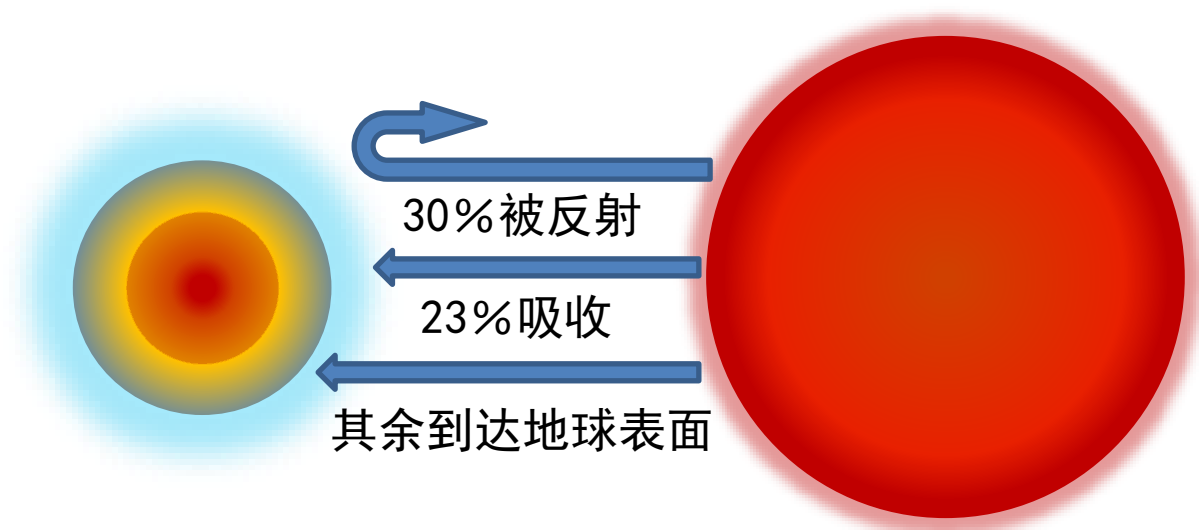
1. 概 述

太阳风和极光:



1. 概 述

太阳向宇宙空间发射的辐射功率为 $38 \times 10^{22} \text{kW}$ 的辐射值，其中 $1/20000000000$ 到达地球大气层。到达地球大气层的太阳能，30%被大气层反射，23%被大气层吸收，其余的到达地球表面，其功率为 $8 \times 10^{13} \text{kW}$ ，也就是说太阳每秒钟照射到地球上的能量就相当于燃烧 $500 \times 10^4 \text{t}$ 煤释放的热量。



1. 概 述

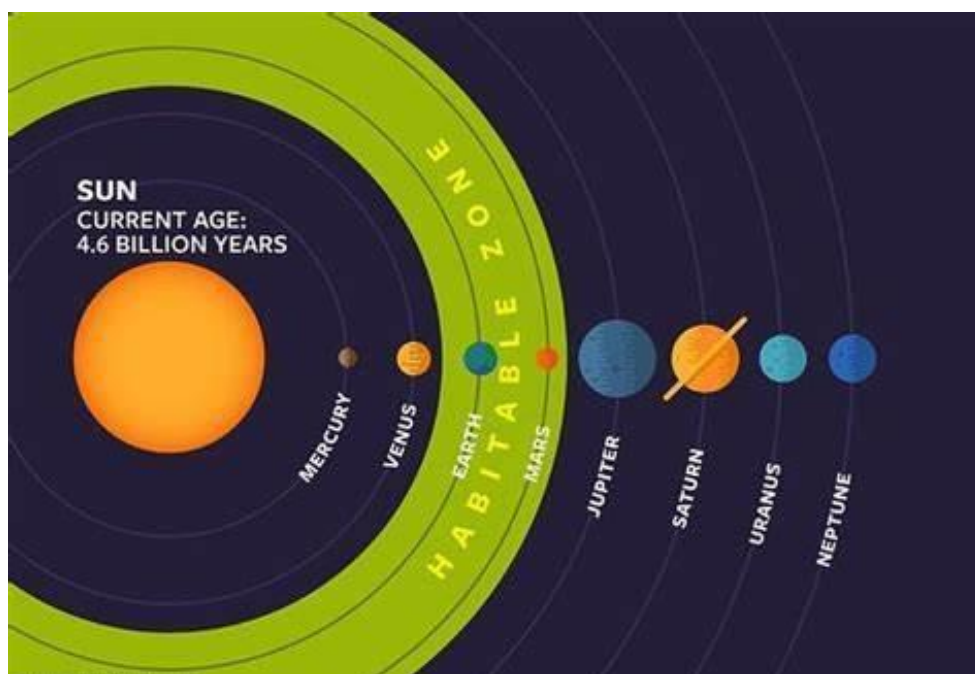
太阳向宇宙空间发射的辐射功率为 $38 \times 10^{22} \text{kW}$ 的辐射值，其中 $1/20000000000$ 到达地球大气层。到达地球大气层的太阳能，30%被大气层反射，23%被大气层吸收，其余的到达地球表面，其功率为 $8 \times 10^{13} \text{kW}$ ，也就是说太阳每秒钟照射到地球上的能量就相当于燃烧 $500 \times 10^4 \text{t}$ 煤释放的热量。

狭义的太阳能则限于太阳辐射的光热、光电和光化学的直接转换。

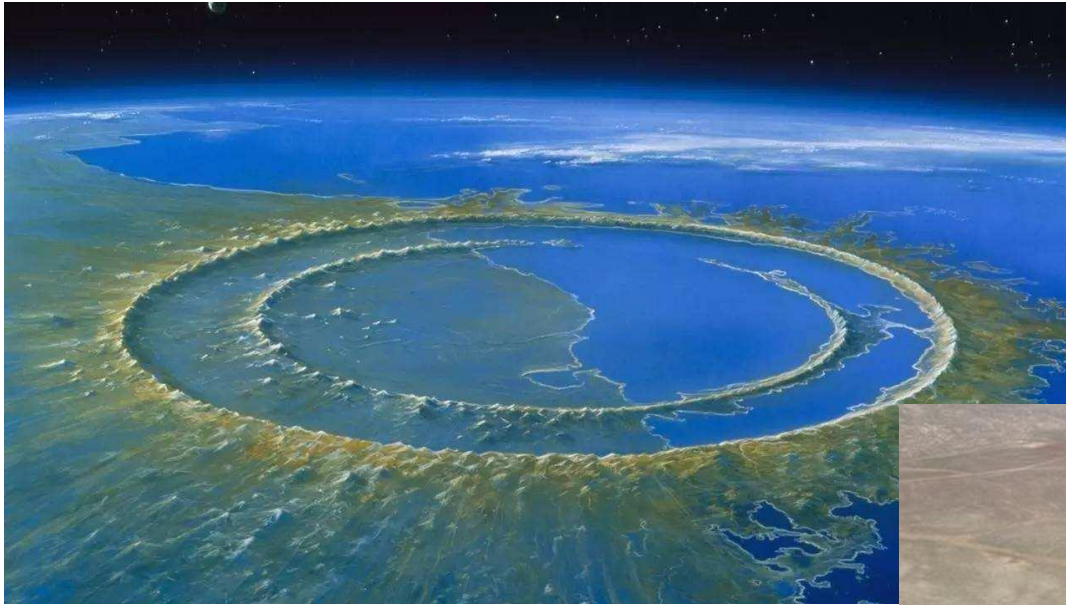
广义上的太阳能是地球上许多能量的来源，如风能、化学能、水的势能等等。

1. 概 述

太阳的光和热是地球上一切生命活动的基础，如果没有太阳能量来使地球变暖，地球的温度就会降低到星际空间的温度，即接近于绝对零度。这时动植物就要被严寒夺去生命，世界将变成一片死寂。



6500万年前，一颗直径大约10公里的陨石从天而降，引起了巨大的海啸和全球大火，烟尘遮天蔽日终年不散，植物因无法进行光合作用而枯死，动物因得不到食物而大量灭绝。这场灾难也被认为是导致了恐龙的灭绝。



趣味思考：
为什么陨石会刚好
掉进陨石坑里？



目 录

1. 概述

2. 太阳能热发电系统

3. 太阳能光伏发电系统

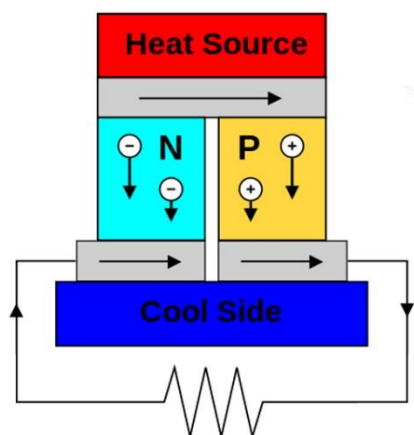
4. 大规模使用太阳能发电的问题

2. 太阳能热发电系统

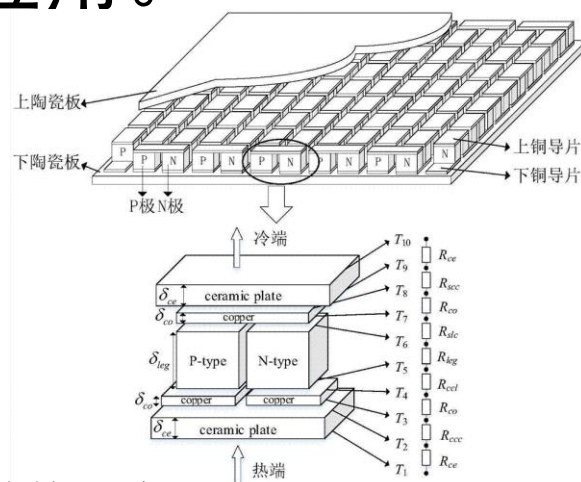
太阳能热发电技术可分为两大类：

一、利用太阳能直接发电

如利用半导体材料或金属材料的温差发电、真空器件中的热电子和热离子发电、碱金属的热电转换以及磁流体发电。其特点是发电装置本体无活动部件，但功率很小，尚未进入商业化应用。



半导体温差发电原理及结构示意图



2. 太阳能热发电系统

太阳能热发电技术可分为两大类：

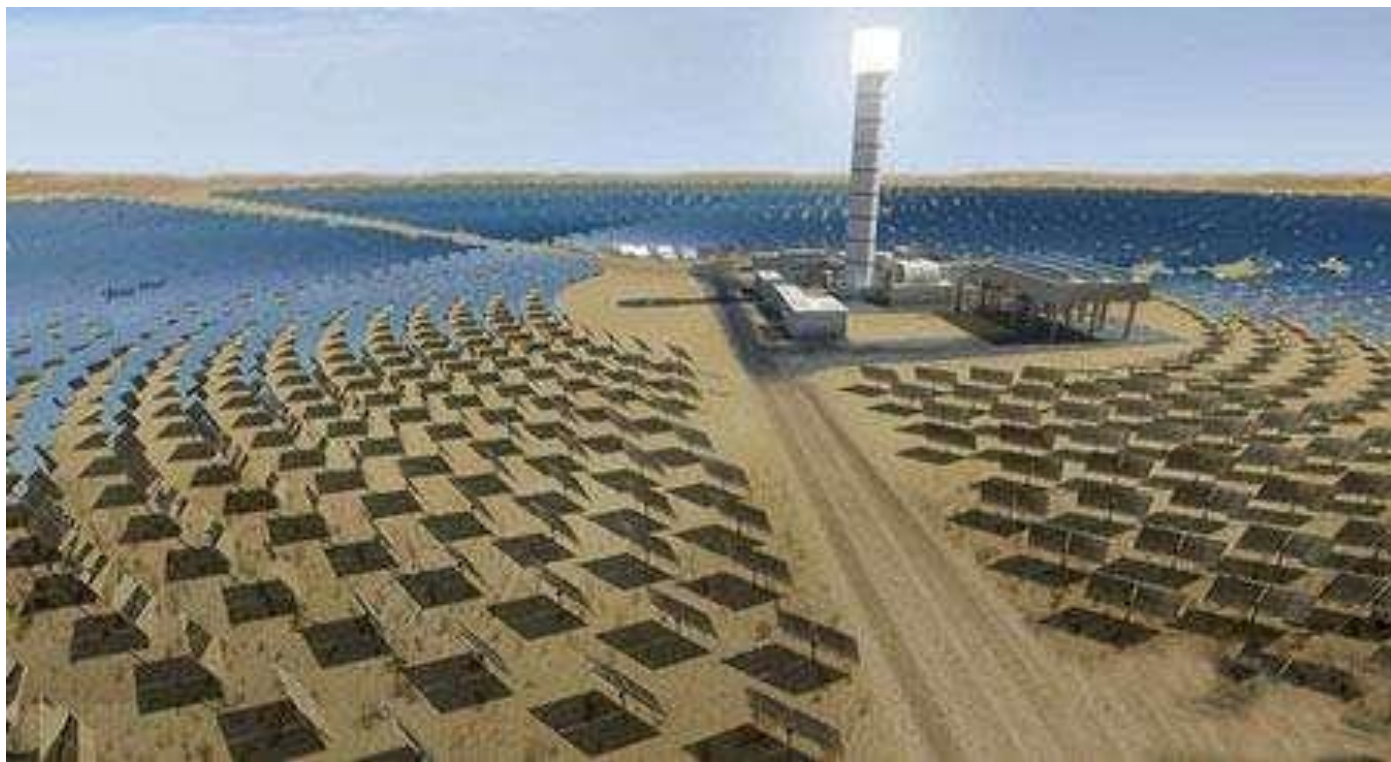
二、太阳能热动力发电

利用太阳集热器将太阳能收集起来，加热水或其他介质，使之产生蒸汽，驱动热力发动机，再带动发电机发电。这种类型已达到实际应用水平，美国等国家已建成具有一定规模的实用电站。

利用太阳能进行热发电的能量转换过程：

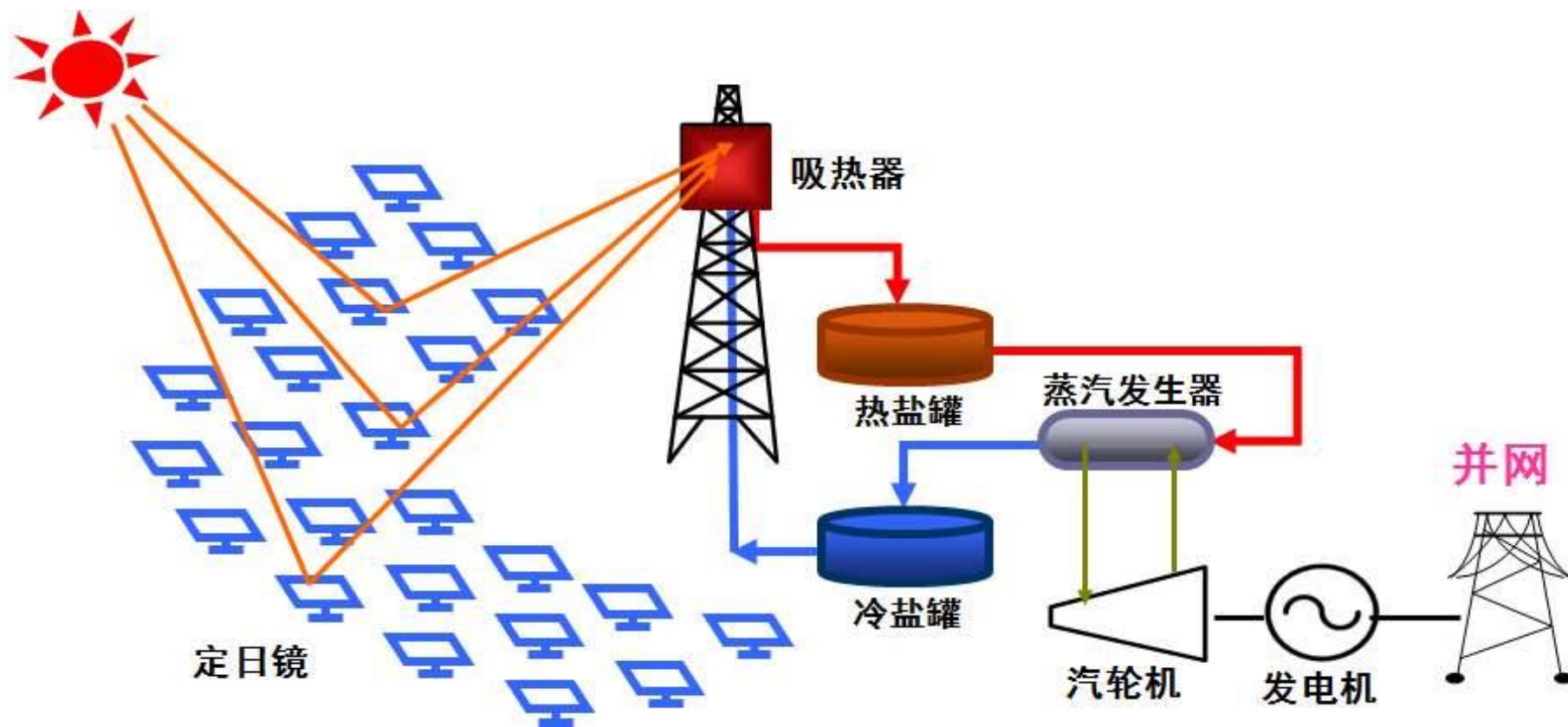


2. 太阳能热发电系统



具体做法：收集太阳辐射的热量，加热热水产生高温水蒸汽，驱动汽轮机发电。

2. 太阳能热发电系统



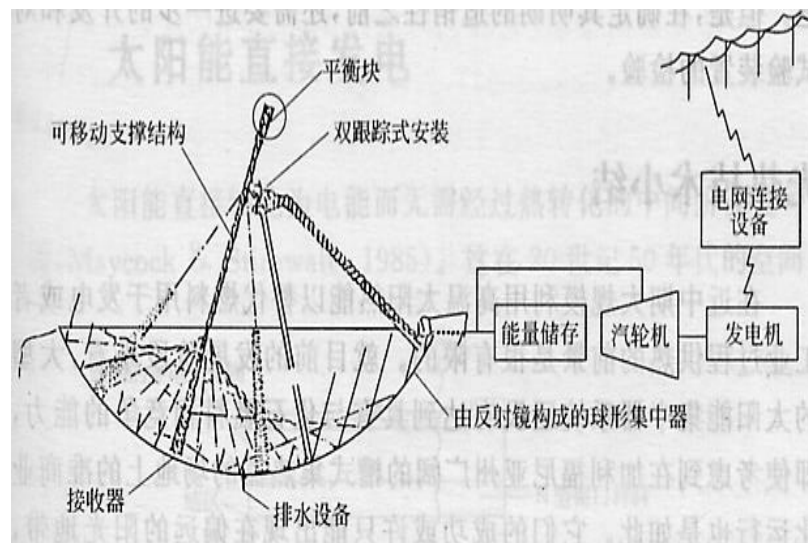
塔式太阳能热动力发电的示意图

2. 太阳能热发电系统

◆ 太阳坑发电技术

在地面挖一个球形大坑，坑壁贴上许多小反射镜，使大坑成一个巨大的凹面半球镜，它将太阳能聚焦到接受器，以获得高温蒸气。试验证实太阳坑发电的方案是可行的。

未来废弃露天矿坑的潜在利用形式？

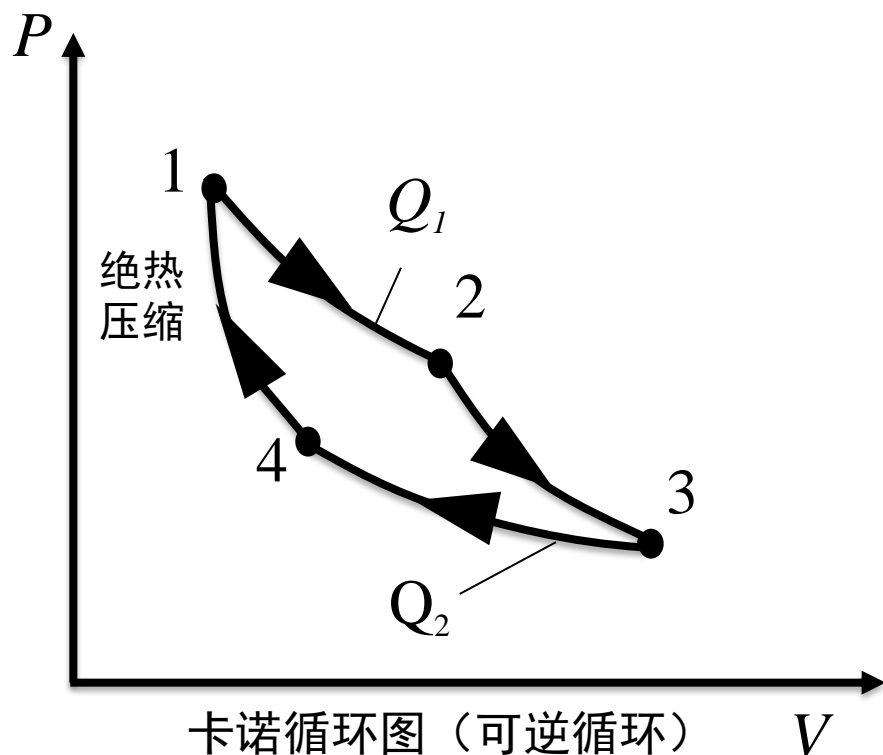


太阳坑发电技术示意图

2. 太阳能热发电系统

热能如何转变为机械能？ **卡诺循环！**

理想热机的卡诺循环4过程如下：



绝热压缩（工质温度由 T_2 提高至 T_1 ）

定温吸热（工质在 T_1 下从同温度的高温热源吸取热量 Q_1 ）

绝热膨胀（工质温度从 T_1 降至 T_2 ）

定温放热（工质在 T_2 下向外部低温热源定温排出热量 Q_2 ）

2. 太阳能热发电系统

在相同的界限温度 (T_1 和 T_2) 间, 卡诺循环热效能最高:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

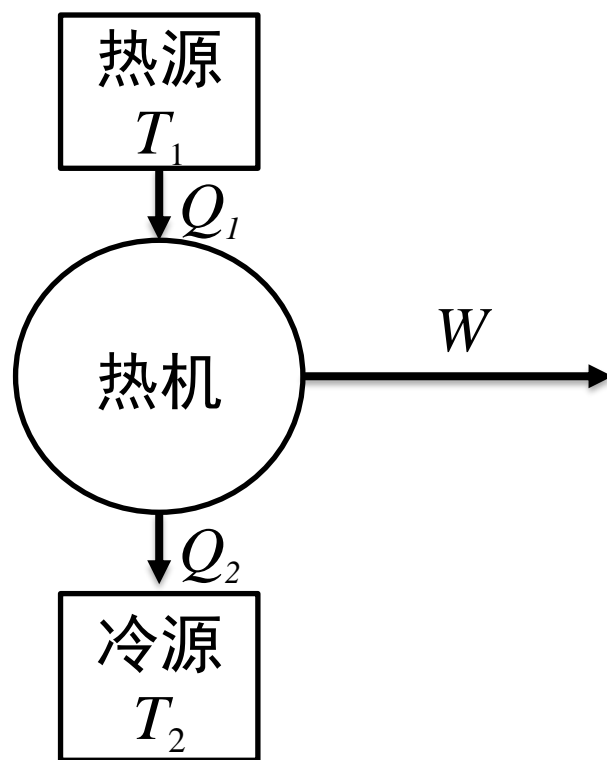
任何实际的热力循环由于不可逆损失与非定温传热, 不可能达到如此高的热效率, 故卡诺循环是一个理想的循环。

卡诺循环的研究, 使热能转变为功的过程成为可能, 并对提高实际循环的热效率提出了方向。

2. 太阳能热发电系统

将热能转换为机械功的条件及理论上可得到的最大转换功率，已由热力学第二定律和卡诺循环原理阐明。

热力学第二定律表明，任何热机都不可能从单一**热源**吸取热量并使之全部变为**机械功**。所以，热机从热源吸取的热量中必有一部分要传递给另一低于热源温度的物体，称之为**冷源**。



理想热机示意图

2. 太阳能热发电系统

理想热机的效率与热源、冷源的温度之间的关系，可由卡诺循环定理给出：

$$\eta_m = \frac{W}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

式中： η_m -----理想的热机效率

W -----热机输出的机械功

Q_1 -----热源向热机供给的热量

Q_2 -----热机向冷源排出的热量

T_1 -----热源温度，K

T_2 -----冷源温度，K

2. 太阳能热发电系统

由上式可知，要提高热机效率，**热源**的温度应尽可能**高**，**冷源**温度应尽可能**低**。

对于太阳能热发电系统来说，冷源（即冷凝器）的温度主要取决于环境，而在实际应用中冷源的温度是很难低于环境温度的。

因此，提高热机效率的主要途径，是**提高热源的**温度。但温度过高也会带来诸多问题，如对结构材料的要求苛刻，对聚光跟踪的精度要求高，集热器的热效率随着温度的增加而减少等，所以过提高热源的**温度**也并非总是有利的。

2. 太阳能热发电系统

太阳能热发电系统的总效率 η_s 为集热器效率 η_c 、热机效率 η_m 和发电机效率 η_e 的乘积

$$\eta_s = \eta_c \cdot \eta_m \cdot \eta_e$$

由于太阳能的不稳定性，系统中必须配置蓄能装置，以便夜间或雨雪天时提供热能，保证连续供电。也可考虑组成太阳能与常规能源相结合的混合型发电系统，用常规能源可补充太阳能的不足。

目 录

1. 概述

2. 太阳能热发电系统

3. 太阳能光伏发电系统

4. 大规模使用太阳能发电的问题

3. 太阳能光伏发电系统

太阳能光伏发电系统：

通过太阳能电池(又称光伏电池)将太阳辐射能转换为电能的发电系统称为太阳能电池发电系统(又称太阳能光伏发电系统)。

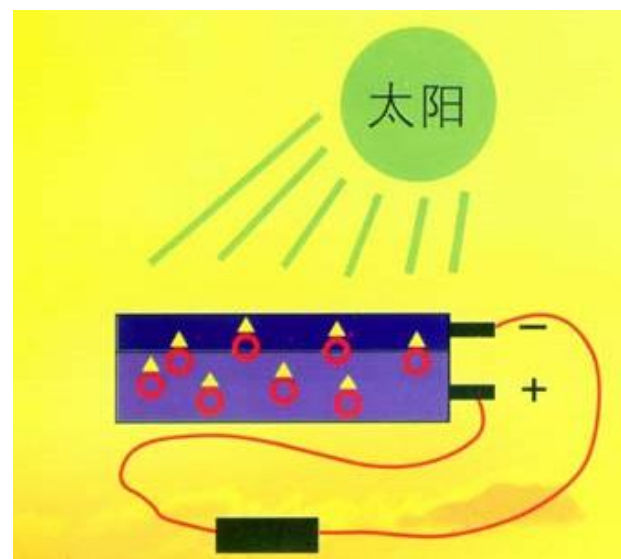
太阳能光伏发电目前工程上广泛使用的光电转换器件晶体硅太阳能电池，生产工艺技术成熟，已进入大规模产业化生产。



3. 太阳能光伏发电系统

光电转换原理：

当阳光照射到太阳电池上的时候，电子（用红圈表示）受到光子的激发而发生迁移，它们向着太阳电池的上表面运动（深蓝色区域），使得太阳电池的上表面和背面中含有的电子数量不平衡，如果将太阳电池的上下表面用一根导线连接起来，就会在太阳电池的正极和负极之间产生电流。



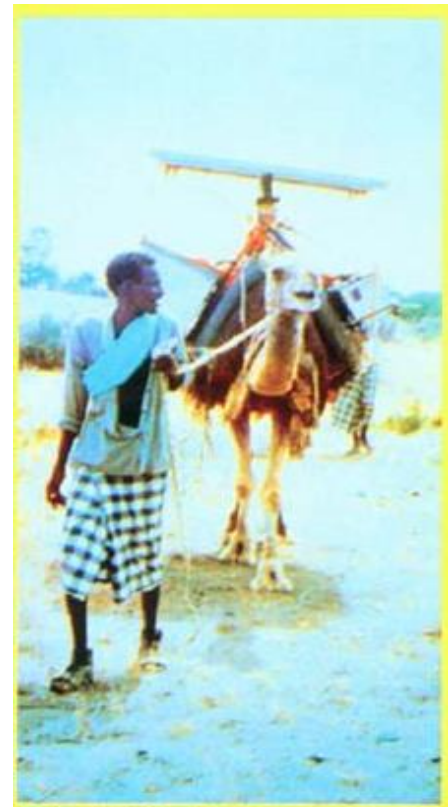
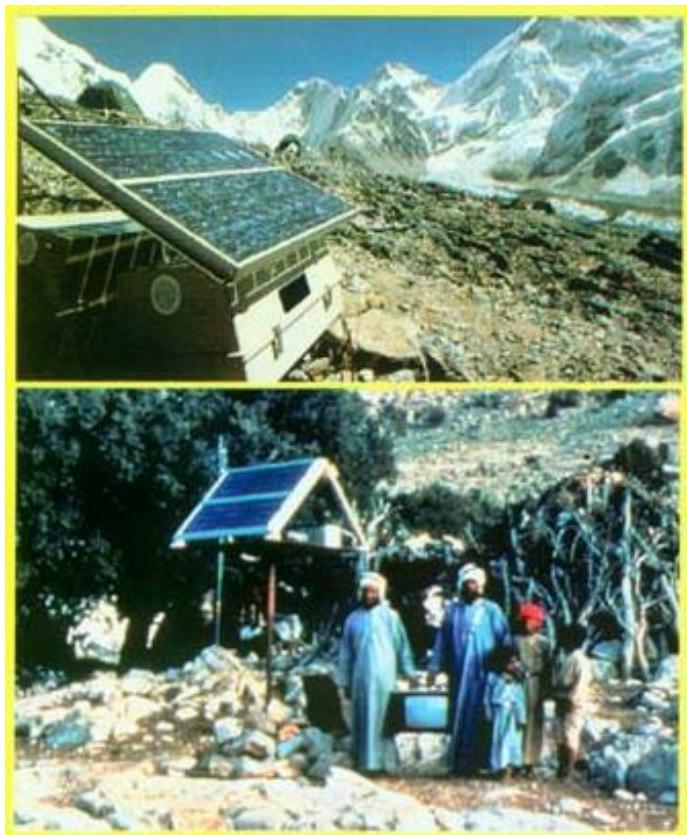
3. 太阳能光伏发电系统

太阳能光伏发电系统的运行方式主要可分为**离网运行**和**联网运行**两大类。

离网运行：未与公共电网相连接的太阳能光伏发电系统称为**离网太阳能光伏发电系统**，又称为独立太阳能光伏发电系统，主要应用于远离公共电网的无电地区和一些特殊处所。

例如为公共电网难以覆盖的**边缘偏僻**农村、牧区、海岛、高原、沙漠的农牧渔民提供照明、看电视、听广播等的基本生活用电；为通信中继站、沿海与内河航标、输油输气管道阴极保护、气象台站、公路道班以及边防哨所等**特殊场所**提供电源。

3. 太阳能光伏发电系统

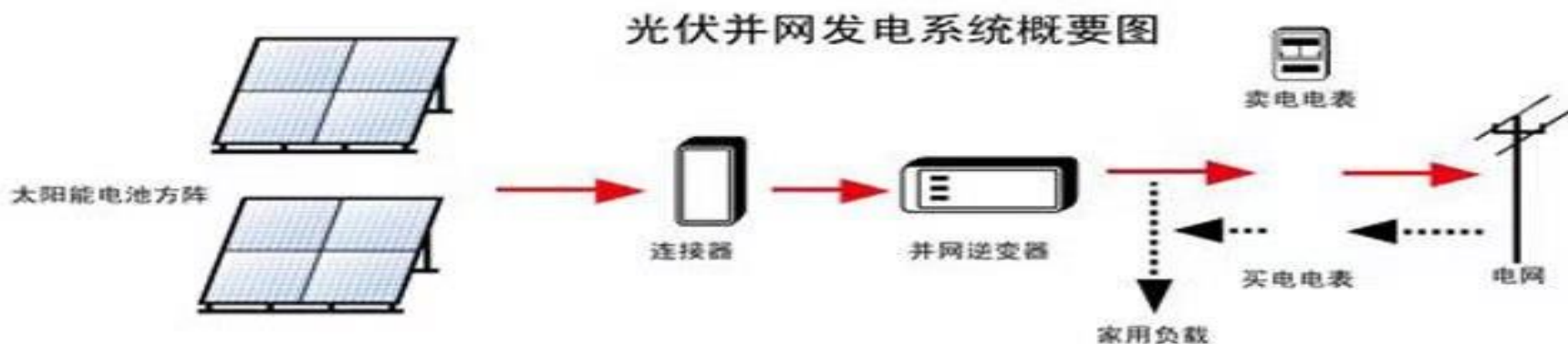


在我们的地球上，有二十亿人口处于缺电少电的地区，光伏系统是解决这些偏远地区的能源供给问题的理想方式。

3. 太阳能光伏发电系统

太阳能光伏发电系统的运行方式主要可分为**离网运行**和**联网运行**两大类。

联网运行：与公共电网相连接的太阳能光伏发电系统称为联网太阳能光伏发电系统，它是太阳能光伏发电进入大规模商业化发电阶段，成为电力工业组成部分之一的重要方向，是当今世界太阳能光伏发电技术发展的主流趋势。



3. 太阳能光伏发电系统

太阳能光伏发电系统的运行方式主要可分为**离网运行**和**联网运行**两大类。

联网运行：与公共电网相连接的太阳能光伏发电系统称为联网太阳能光伏发电系统，它是太阳能光伏发电进入大规模商业化发电阶段，成为电力工业组成部分之一的重要方向，是当今世界太阳能光伏发电技术发展的主流趋势。

特别是其中的**光伏电池与建筑相结合**的联网屋顶太阳能光伏发电系统，是众多发达国家竞相发展的热点，发展迅速，市场广阔，前景诱人。

3. 太阳能光伏发电系统

太阳能利用与建筑一体化

光伏电池所发的电能，最终还是为人们的生活服务的，所以太阳能利用设备和建筑一体化是未来发展的趋势。

太阳能建筑一体化就是将整个建筑物充分利用太阳能，充分利用自然光照明，采用太阳能空调、采暖系统，使用太阳能电池板供电。所有这些系统与建筑有机的融为一体，使建筑总能耗达到最小。



目 录

1. 概述

2. 太阳能热发电系统

3. 太阳能光伏发电系统

4. 大规模使用太阳能发电的问题

4. 大规模使用太阳能发电的问题

太阳能利用已有几十年的历史，它虽有一系列优点，但发展至今，年发电量与人们的期望值相差较远，影响发展的几个根本问题如下：

1) 要覆盖大量地面。

太阳能每年发电 $10^8\text{kW}\cdot\text{h}$ 的电量需要覆盖地面 $1.25 \times 10^4\text{km}^2$.近年提出的屋顶太阳能电站可能是解决办法。



美国伊凡帕太阳能发电站，通过17.3万块太阳能板上的镜子反射太阳光至135m高的塔顶部的锅炉，集中太阳光把锅炉中的水变成蒸汽，驱动发电机。

4. 大规模使用太阳能发电的问题

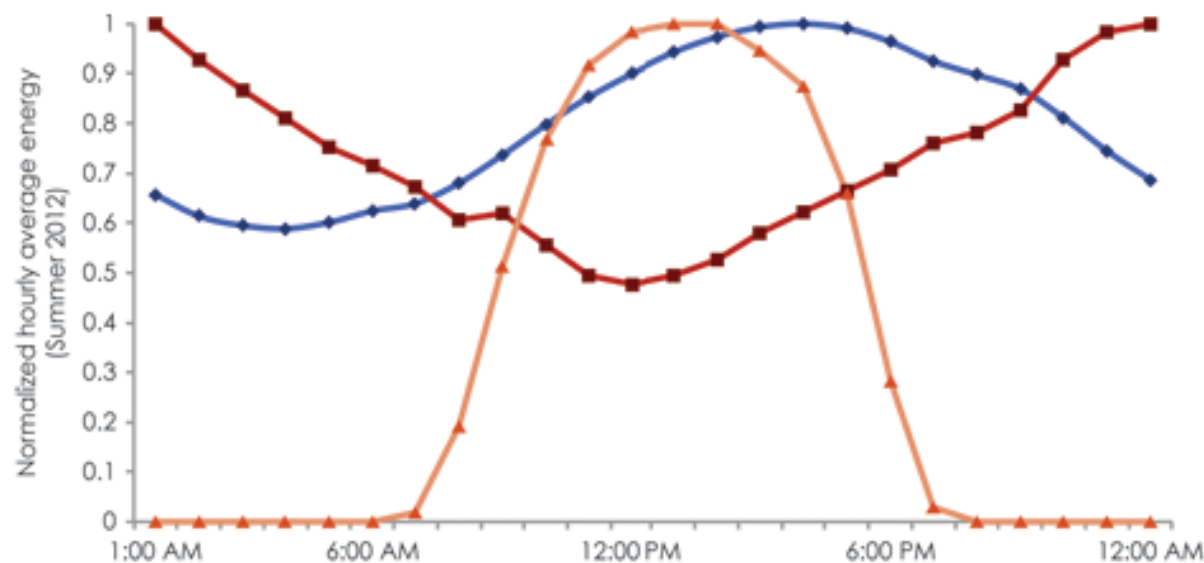
太阳能利用已有几十年的历史，它虽有一系列优点，但发展至今，年发电量与人们的期望值相差较远，影响发展的几个根本问题如下：

1) 要覆盖大量地面。

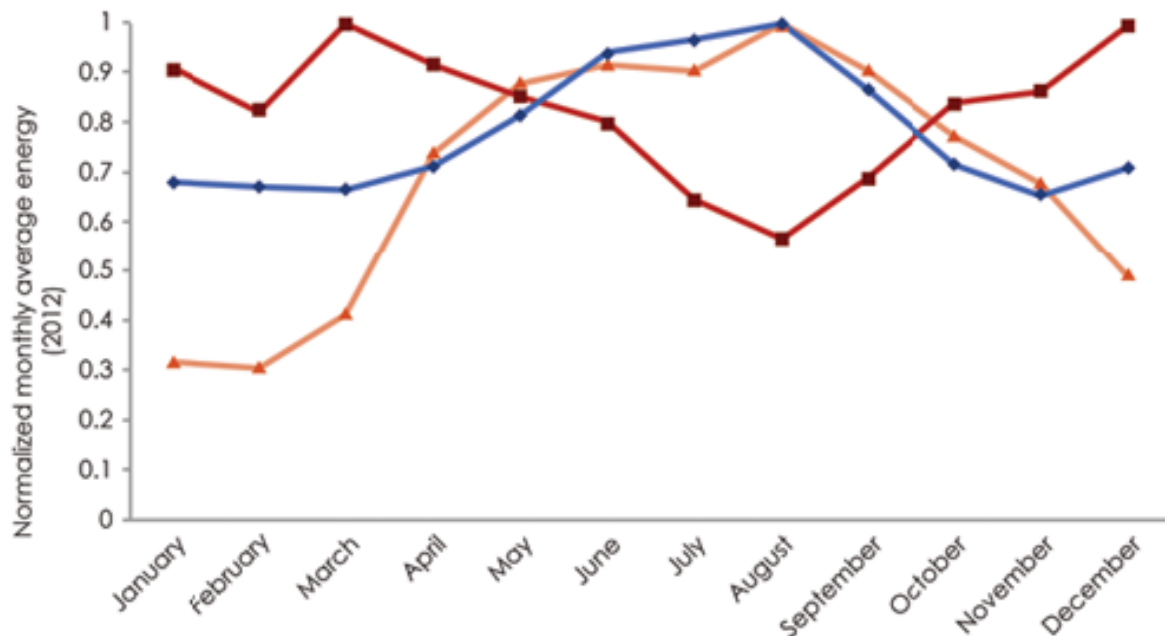
太阳能每年发电 $10^8\text{kW}\cdot\text{h}$ 的电量需要覆盖地面 $1.25 \times 10^4\text{km}^2$.近年提出的屋顶太阳能电站可能是解决办法。

2) 发电不稳定，储电投资太大，且需要维护。

4. 大规模使用太阳能发电的问题



清洁能源
的间歇性
不利于电
网的稳定



4. 大规模使用太阳能发电的问题

(2) 当前研究的主要问题：

1) 材料与器件结构的研发。

包括研究电极材料、提高器件的转换效率、使用薄膜技术和剥离技术、大规模生产技术等

2) 改善跟踪和聚光技术。

使太阳能电池板自动正对太阳；使用聚光技术，提高太阳能电池温度。

3) 建立空间发电站，使发电不受昼夜天气影响。

4) 与风能、海洋能发电形成组合发电和并网。

5) 与建筑业结合，大规模发展屋顶太阳能电站。

4. 大规模使用太阳能发电的问题

◆ 太阳空间电站——未来能源基地

随着地球上石油、煤炭资源的日益枯竭和环境污染的不断加剧，人类把目光投向太空，预计到下个世纪初将建成空间电站，以解决日益紧张的能源问题。

4. 大规模使用太阳能发电的问题

◆ 太阳空间电站——未来能源基地

空间电站实际上是利用太阳能发电的卫星，这些卫星表面覆盖有太阳能电池板，能够吸收积聚大量太阳能并将其转化为电能，通过微波束将电能传送回地面。

由永远朝向太阳的太阳电池列阵，能把直流电转换成微波能的微波转换站，发射微波束能的列阵天线等三部分组成，通过天线以微波形式向地面输电。在地面上则要建一个面积达几十平方公里的巨型接受系统。

4. 大规模使用太阳能发电的问题

◆ 太阳空间电站——未来能源基地

太空太阳电站是十分巨大的。据计算一座 $8 \times 10^{10} \text{W}$ 的太空太阳电站：

- 太阳电池的列阵面积达 64km^2 ；
- 要装配几百亿个电池片；
- 把微波发往地球的天线列阵面积需 2.6km^2 。

4. 大规模使用太阳能发电的问题



在近地轨道直接组装太阳能电站

4. 大规模使用太阳能发电的问题

太阳空间电站优点

- 可以充分利用太阳能，同时又不会污染环境；
- 不用架设输电线路，可直接向空中的飞船和飞机提供电力，也可向边远的山区、沙漠和孤岛送电。
- 科学家预测，一旦建成空间电站，人类可以不断获得能源，地球能源利用将产生革命性变化。

4. 大规模使用太阳能发电的问题

太阳空间电站碰到的问题

- 空间运输成本问题

法国电力公司课题研究部顾问吕西安·德尚说，要使太阳能卫星变得可行，空间运输成本最少也得降低99%。

- 能量转换的效率问题

慕尼黑理工大学空间技术研究所名誉所长哈里·鲁普认为，在把太阳能输送到地球的过程中存在的能量转换的效率问题。微波束可能会把经过其传输路径的鸟或人“烤熟”并可能引起电磁干扰，扰乱飞机的雷达系统。

4. 大规模使用太阳能发电的问题

太阳能发电的前景

- ◆ 专家预测，到2050年，全世界耗电量的1/4将是太阳电，到21世纪末，可能会达到50%以上。到那时候，人类居住的房屋将发展成金字塔型。因为外壁用“非晶硅太阳能砖”砌成的这种形状的住宅，可用最大面积采光发电，并用高效的贮电装置贮存起来供人们使用。
- ◆ 人类将在宇宙空间建设大型的太阳能发电厂，卫星上的电能将通过微波输电设备，源源不断地送回地球，且损耗率低于2%，人们再也不用为地球上能源枯竭和污染问题而发愁了。

思考题

- 1、何为太阳能？广义的太阳能是指什么？
- 2、太阳能热发电技术可以分为哪两类？太阳能热发电系统的总效率如何计算？
- 3、认为太阳能利用有哪些优点和缺点？





能源开发概论A

谢谢！

能源与矿业学院
中国矿业大学（北京）

