

# 太阳能与光化反应

武振国

(化工系)

**提 要:** 本文主要介绍太阳能和由此引起的光化反应的特点, 并阐述太阳能开发、利用的现状和发展前景。

**关键词:** 太阳能, 光化反应

众所周知, 太阳是个取之不尽, 用之不竭的巨大能源, 这种能量是太阳进行热核裂变反应辐射的一种电磁波。太阳辐射在地球上的能量是极为壮观的。地球所蕴藏的能量中, 有 99.9% 以上来自于此, 因此可以说, 太阳是一切生命体能量的源泉。太阳能巨大, 但到达地球表面的能量却极稀薄是其主要特点, 尽管如此, 每年仍能传给地球约  $3 \times 10^{21}$  仟焦 (约  $6 \times 10^{17}$  千瓦·小时/年) 的能量, 这相当于目前人类在一年内所耗能量 (约  $10^{13}$  千瓦·小时/年) 的 1 万倍以上。就我国而言, 每年从太阳获得能量约  $10^{16}$  千瓦·小时, 相当于  $1.2 \times 10^4$  亿吨“标准煤”燃烧放出的能量。我国从南到北太阳能强度为  $0.56 \sim 0.80$  千瓦/米<sup>2</sup> 不等, 相当于每秒钟每平方厘米土地上可获得  $7.5 \times 10^{-2}$  焦耳的能量。地处中原的河南, 每年每平方米的面积上可获得约  $5 \times 10^6$  焦耳的能量。因此如何开发、利用这些能量为人类谋福利, 乃是摆在科学工作者面前的一项光荣而艰巨的任务, 这也是解决世界能源短缺的途径之一。

生产和科学发展, 为人们提供了利用太阳能的多种途径, 概括起来有二个重要方面: 其一是将太阳能转换为热能、电能和化学能等。要实现这种转换需借助于一种媒介—物质材料, 如光—热转换材料、光—电半导体

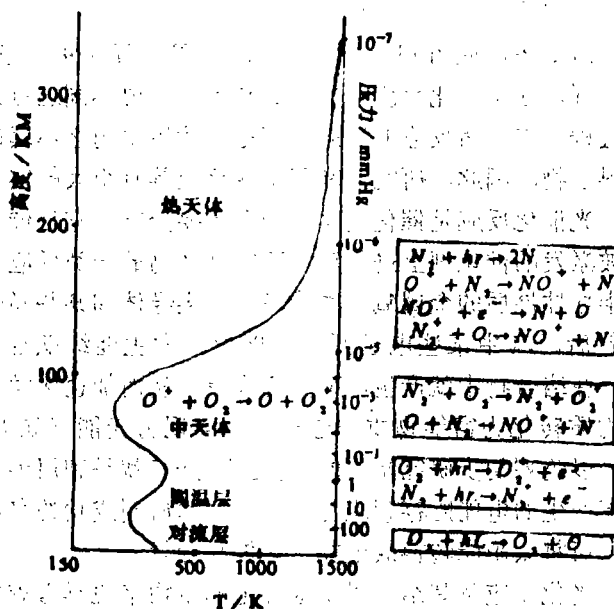
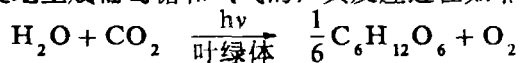


图 1

①收到日期: 1988.08.30

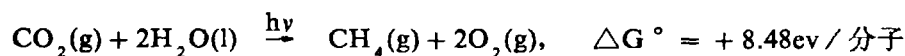
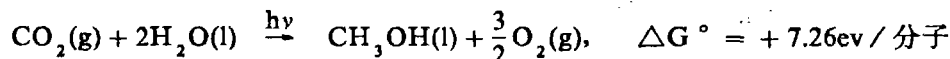
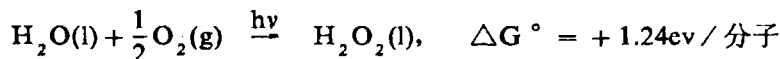
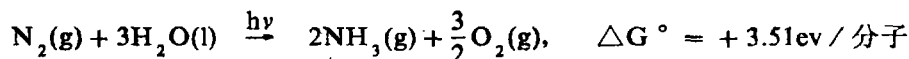
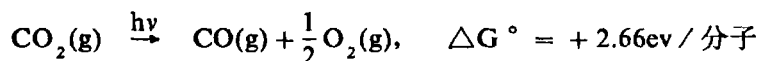
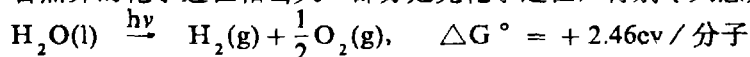
材料……。目前我国和许多国家都开展了此项研究工作,并取得了一些可喜的成果。例如已成功地应用了太阳灶、太阳房、硅光电池和太阳能自动投饵机等。其二是直接利用日光促进化学反应此称光化反应。后者是反应分子因吸收光量子(一个光量子能量为  $h\nu$ )而引起的化学反应。太阳能虽然巨大,但它是一种温和的自然能源,因此它不能使化学反应高速进行,这是太阳能化学变换的重要特征之一。例如绿色植物的光合作用,就是  $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{CO}_2$  在耐光作用下,植物的叶绿体吸收红色和蓝色光(太阳光是多波长的混合光)后,缓慢地生成葡萄糖和氧气的,其反应过程如下:



$$\Delta G^\circ = 496\text{KJ}$$

在白天时,因吸收紫外光而使大气加热所引起的某些光化反应过程如图 1 所示。

自然界的化学过程相当大一部分是光化学过程,特别令人感兴趣的是如下反应:



由上述反应可知:一、在光的作用下可以使一些标准自由焓( $\Delta G^\circ$ )大于零的反应得以实现,这是光化反应与通常的热反应主要不同之点,而热反应只能进行自由焓减小的自发过程;二、诸反应的反应物都是自然界中用之不竭的物质,而反应产物又多半是些可作燃料之物,因此,研究、利用这些反应具有很大的实际意义。

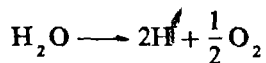
光催化反应是催化化学的一个重要分支,它是催化剂在光的照射下引起激发后,反应物被激发的催化剂上进行反应而得到产物的一类反应。用于此类反应的催化剂多是一些具有半导体性质的金属氧化物或高分子半导体和某些易受激发的金属络合物等,当它们受光照射后,其中某些电子便获得能量,发生能级跃迁,而在半导体中便产生空穴—电子对,在络合物中就产生电荷分离现象,从而加速化学反应进行。利用此类反应可加速由低能物质转化为富能物质的过程,以实现将光能(如太阳能)转变为化学能加以贮藏之目的。以色列初步研究制出的“光化学电池”就是利用半导体材料制成的,它可将白天日光照射下产生的电能贮存到晚上使用;西德研制成功的名曰“太阳能增殖反应堆”的太阳能储存器,可将太阳能转换成电能、热能和冷量。

光化反应及其结果对于地球上的生物来说具有难以估量的意义,地球从太阳接受的能量中,虽然只有 0.1% 左右被光合作用所固定,但它是地球上所有植物进行光合作用唯一能量来源。有人估计,由于植物的光合作用,在地球上全部陆地面积,包括森林、农田、

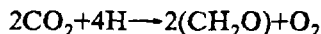
沙漠等。每年约有 200 亿吨的碳素被植物固定下来变为有机物。在海洋里, 浮游植物每年同化碳素的总量约为 1550 亿吨, 略等于陆地上植物的  $\text{CO}_2$  的同化量的六、七倍。如此规模巨大的光合作用, 仅使地球表面上每年光合成的有机物质至少有  $10^{13}$  公斤 (约 1 万亿公斤)。此乃是地球上的生物赖以生存的物质基础。

化学反应的实质是化学价的重新改组, 据此若能按人的意愿做到只断裂某些特定的价, 使分子中的原子或原子团重新组合, 即可按人们的需要来合成具有特定结构和性质的化学物质。在解决此问题时, 光化反应给我们提供了一条可行途径, 这是因为当分子吸收不同频率的光后, 可达到不同的激发态, 产生不同的化学反应, 而且特殊频率的光可以激发分子的某一部位, 而保持其它部位不受影响, 这样可使光化反应具有较高的效率和较好的选择性。因此只要能设法控制光的频率, 即可得到所需的光化学合成的物质。

光合成反应一般认为是由两步组成的, 一是在日光照射下水分解为原子氢, 并释放出氧气,



二是受活化的氢原子用来还原空气中  $\text{CO}_2$ ,



这就是碳水化合物的构成单位——甲醛分子( $\text{CH}_2\text{O}$ )的由来。

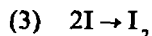
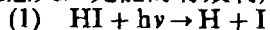
一个有实用价值的光化反应, 除应具备反应物易得、价格便宜、易找到有效催化剂等条件外, 尚应具有较高能量的转换效率。例如对于高能化合物的光化合成:



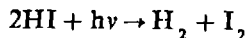
$\text{A} \rightarrow \text{B}$  应具有较高的能量转换效率, 即要求物质 A 所吸收的光能够尽可能多的引起化学反应。当然上述反应的可逆性愈高愈好, 因为只有如此, 当进行逆反应时才能释放出更多的热能( $\Delta H$ )。由于光化反应是由分子吸收光量子开始的, 因此可用被吸收的光量子在光化反应中的效率——量子效率( $\varphi$ )来表示光能转换的效率。后者可用下式表示:

$$\varphi = \frac{\text{给定时间内反应分子数}}{\text{同样时间吸收光量子数}}$$

显然,  $\varphi$  值愈大, 光能的有效利用率就愈高。例如在 HI 的光解中, 其过程是:



(1) + (2) + (3)得:



说明, 吸收一个光量子, 能引起两个 HI 分子销毁, 因此量子效率  $\varphi = 2$ 。在链反应中量子效率可以是很大, 且  $\varphi$  值为  $10^4$  是非常一般的。例如在  $\text{Cl}_2$  和  $\text{H}_2$  的化合反应 (链反应) 中, 若混合物中无杂质存在时, 每吸收一个光量子可产生  $10^6$  个 HCl 分子。

综上所述, 太阳能是一个无限的能源, 它和化学反应有着密切关系。将太阳能转变为化学能、热能等, 是个具有战略意义的研究领域。在近二十年来, 无论在理论研究或是实际应用上均取得了许多成就, 其发展前景是光明的。例如, 光合作用的化学模拟的人工固碳及光解水制氢, 一旦模拟成功, 就可达到人造粮食和从水中获得廉价氢之目的, 这样既