

# 略谈光解水制氢方法

李功龙 刘东河 李宗贵  
甘肃能化金昌能源化工开发有限公司  
DOI:10.12238/ems.v6i1.6655

**[摘要]** 近几年来,在社会经济发展速度不断加快的形势下,社会各行各业对于能源的需求也越来越高。于是,人类开始关注新型能源的研究与探索。氢能是一种清洁、高效、安全的二次能源,是深受人们认可的绿色能源。光解水制氢方法是目前较为有效的制氢方式,基于此,本文从光解水制氢的原理入手,重点针对光解水制氢方法进行了详细的阐述,并分析了光解水制氢方法应用时的常见影响因素,探讨了当前新型光催化材料及光解水制氢方法的发展趋势,旨在为社会各行各业提供更多的氢能,满足各行各业发展对于能源的使用需求。

**[关键词]** 光解; 水; 氢能; 方法

**中图分类号:** TK91 **文献标识码:** A

Talk slightly about the method of producing hydrogen by light-dissolving water

Gonglong Li Donghe Liu Zonggui Li

Gansu Energy Chemical Jinchang Energy and Chemical Industry Development Co., LTD

**[Abstract]** In recent years, under the situation of accelerating social and economic development, the demand for energy in all walks of life in the society is also getting higher and higher. Therefore, human beings began to pay attention to the research and exploration of new energy sources. Hydrogen energy is a kind of clean, efficient and safe secondary energy, is recognized by people green energy. Photolysis water hydrogen production method is a more effective way of hydrogen production, this paper, from the principle of photolysis water hydrogen production, water hydrogen production method, and analyzes the common factors of photolysis water hydrogen production method application, discusses the current new photocatalytic materials and the development trend of water hydrogen production method, aims to provide more hydrogen for all walks of life, meet the demand of all walks of life development for the use of energy.

**[Key words]** photolysis; water; hydrogen energy; method

氢能是一种可再生能源,由于反应产物只有水,所以不会对生态环境产生污染。加大光电化学分解水系统的开发力度,并在这一系统的运行下,直接利用太阳能将水分解成氢和氧,然后再对太阳能进行转化,使之成为容易被储存和运输,且能量密度较高的氢能,可以最大限度的满足社会各行各业发展过程中对于能源的使用需求,但是,如何利用太阳能,将水分解成氢和氧,依然是一个值得深入思考的问题。

## 1 光解水制氢方法的原理

光解水制氢方法的原理非常简单,一个是光合作用,另一个是光催化反应。首先,植物利用光能,可以将二氧化碳和水转化成有机物和氧气。自2008年8月6日,美国麻省理工学院的科学家在实验室将光合作用再现,并发现光合作用将水分解成氢和氧,产生能够燃烧的氢气和氧气之后,就引发了太阳能使用的革命<sup>[1]</sup>。光合作用广泛存在于自然界中,整个光合作用过程,

主要发生两个化学反应,一个化学反应会让植物的叶绿素分子失去两个电子,另一个化学反应会让水分子发生分解。其次,在光催化反应中,催化剂不仅能够吸收光能,还可以将光能转化成化学能,为水分解成氢气和氧气提供便利条件。

## 2 光解水制氢的主要方法

### 2.1 光电化学法

所谓光电化学法,指的是利用光阳极吸收光能,并将水分解成氢气和氧气的方法。应用光电化学法制氢,不仅需要使用到电解液和光阳极材料,还需要对光阳极的稳定性与耐久性进行重点控制。首先,对太阳能进行吸收和转化,使之成为电能。阳极、阴极和电解质溶液三者融合在一起,就形成了光化学电池。其次,阳极在电解质的支持下,对太阳光进行吸收,并在半导体极上产生电子。利用外电路,使电子流到阴极后,水中质子接受电子,就会产生氢气。需要注意的是,与其他光解水制氢方

法相比,光电化学法制氢的效率并不高,制备系统的结构也比较复杂<sup>[2]</sup>。目前,针对光电化学法的研究,主要集中在光阳极材料的吸光性的提高、光阳极的稳定性和耐久性的增加、电解液性质的优化等方面。结合近年来的研究成果,虽然在光电化学法的应用方面,已经明显提高了光电转换效率,保证了制氢过程的稳定性,但是依然存在着制氢成本较高、过度依赖贵金属催化剂等问题。

#### 2.2 光均相光助络合法光

所谓光均相光助络合法光,指的是利用光照激发催化剂分子,从而将水分解成氢气和氧气的方法。在光照的刺激下,催化剂和反应分子就会反应形成络合物。在络合物经过配位络合、能量传递和电子传递等一系列过程之后,就会明显提高光化学反应。光催化反应主要分为两种:一种是均相,另一种是多相。在光催化法的应用过程中,既可以使用人工光源,也可以使用太阳光。对光催化法有用的太阳光波段为紫外光和可见光的高频段。在实际的光催化法制氢过程中,通常会将三吡啶钌作为主要的光敏剂。虽然光催化法的制氢效率高于光电化学法,但是特殊催化剂和电子给体的应用成本之高,却严重影响了这一方法的普及。

#### 2.3 半导体光催化法

半导体光催化法的应用,强调在光催化剂的支持下,对水进行分解,并获得氢气。这种制氢方法的应用过程比较复杂,在太阳光照射环境下,光催化剂就会对光进行自动捕获、吸收,并产生激子。绝大多数的激子会当场复合,而剩余下来的激子就会逐渐迁移至表面反应活性中心,并对水进行分解。与其他制氢方法相比,半导体光催化法的稳定性较低,且不能保证光利用效率和量子效率。

#### 2.4 其他制氢方法

在光解水制氢方法中,还会使用到其他制氢方法。例如,热解水制氢方法,是一种在高温下利用催化剂将水分解成氢气和氧气的制氢方法。只是这种方法的应用不仅需要用到高温环境和光催化剂,还需要对高温环境下的气体收集问题和分离问题进行妥善的处理<sup>[3]</sup>。再例如,生物质发酵制氢方法,指的是利用生物质发酵方式产生氢气的制氢方法。只是这种方法的应用,不仅需要以生物质为原料,还需要对生物质发酵过程中产生的废渣与废液进行妥善的处理。不同的光解水制氢方法,有着不同的优势和劣势,工作人员需要根据实际情况和需求,选择合适的制氢方法。例如,如果需要大规模制氢,建议选择使用光电化学法和热解水制氢方法。如果需要小规模制氢,那么就可以选择使用光催化法和生物质发酵制氢法。

### 3 光解水制氢方法的影响因素

光解水制氢方法的应用,容易受到光源、催化剂以及反应条件等多方面因素的影响。首先,光源因素。光源的波长和强度,对于光解水制氢的效率有着直接的影响。比较理想的光源是波长范围在400—700纳米之间的可见光。另外,由于紫外光区域的水吸收效率最高,所以以紫外光为光源,也能够一定程度上提

高光解水制氢的效率。其次,催化剂因素,在光解水制氢过程中,催化剂的主要作用是对可见光进行有效的吸收和转化,使之成为化学能,并为水顺利的分解成氢气和氧气提供保证。目前,常用的催化剂主要有以下几种:第一金属氧化物、第二硫化物、第三磷化物等。最后,是反应条件。光解水制氢的效率受到反应条件的影响也比较大。如果反应温度不合适、压力大小不合适、pH值控制不严格,光解水制氢的效率也会大幅度降低。一般情况下,提高反应温度,能够促进水的分解速率,但也会增加能源消耗;而提高压力和pH值,则能够提高氢气的产量。

### 4 新型光催化材料的应用

近几年来,在众多光催化材料中,尤以金属氧化物、金属硫化物和氮氧化物等光催化材料的采购价格最为实惠,获取难度最低,应用效率最高。除了这些传统的光催化材料之外,我国还对新型光催化材料加大了研究力度。

#### 4.1 Hg-MOFs纳米材料

MOFs材料是一种由金属离子、金属簇和刚性配体配位构成的材料,又被叫做多孔配位网状物、金属预计框架,具有特殊的三维网络结构。这种结构的密度偏高、孔偏多、分散相对均匀,所以比表面积也比较大。MOFs材料结构的特殊性,决定了其在催化、吸附等方面有着突出的应用优势。MOFs材料在过渡族元素,例如Fe、Co、Ni等的应用比较广泛。某些学以Hg为中心离子,进行纳米材料的合成,并发现Hg-MOFs的光催化性比较强。

#### 4.2 TiO<sub>2</sub>包裹金纳米棒核壳材料

TiO<sub>2</sub>材料的禁带宽度偏大,吸收的能量并不多,所以太阳能的利用率也不够高。目前,我国关于TiO<sub>2</sub>材料的研究主要集中在TiO<sub>2</sub>基催化剂方面,这是一种可见光响应效果非常突出的光催化材料。在研究成果中,发现对贵金属纳米材料表面等离子共振现象加以利用,可以明显提高TiO<sub>2</sub>材料对可见光的吸收率。金纳米材料不仅有着丰富的形貌特征,其吸光特性还非常广泛,可以对太阳光谱进行全色吸收,并实现太阳能转换率的提高。而且,晶纳米材料还可以与电子受体TiO<sub>2</sub>结合在一起,保证催化效率的稳步提高。另外,还有部分专家学者对金属纳米材料表面直接生长出纳米结构的TiO<sub>2</sub>材料进行了重点研究,并发现在可见光条件下,催化剂可以对光解水制氢的反应过程进行有效的催化。

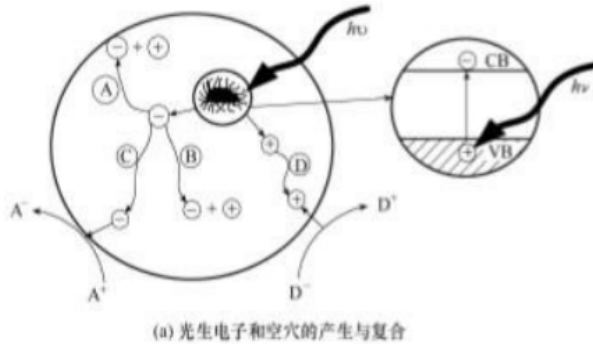
可见光照射到GNR上,会形成LSPR现象,TiO<sub>2</sub>材料与GNR接触的界面上,热电子会通过短时间迁移到TiO<sub>2</sub>材料表面的方式,对TiO<sub>2</sub>材料表面水分子进行处理,并保证氢气的有效获取。在GNR表面处,空穴的存在,可以对甲醇进行氧化,而且,GNR本社也是一个具有空穴捕获功能的电子富集体,可以为光生电子和空穴的分离创造便利条件确保在可见光条件下,保证光解水制氢的顺利进行。图1为TiO<sub>2</sub>光催化氧化反应机理示意图。

#### 4.3 花球状结构复合材料

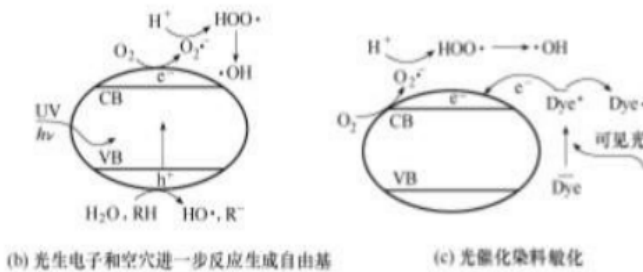
作为一种非常重要的钨酸盐,钨酸铈材料的应用表现出了结构好、制备容易、价格实惠、光电活性优、光学性质稳定等优势。可以作为半导体光催化材料,应用到光解水制氢过程当中。将多种不同的半导体复合材料融合在一起,还可以产生复合

效应,对单一半导体的应用优势进行增强。利用微波辅助合成技术,可以合成一种带有花球状结构,且应用性能更优的复合材料。将这种复合材料应用到光解水制氢过程中,可以对光解水制氢的效率进行大幅度提高。

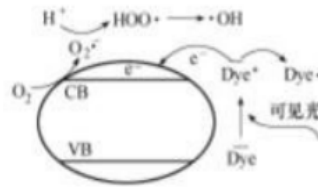
进行集成,不仅可以实现能源可持续利用的目标,还可以降低社会经济发展对于传统能源的依赖性。第四,朝着环保和可持续性的方向发展。光解水制氢方法本身就具有较强的环保性,具有可持续利用的潜力。在未来的一段时间内,专业领域的专家学者还需要对技术应用的环保性与可持续利用性进行重点研究,尽可能的减少光解水制氢过程中废渣、废液等问题的产生。第五,朝着商业化推广的方向发展。在科学技术不断进步的形势下,光解水制氢方法也必然会通过商业化推广方式,应用到其他领域当中,并发挥其应用的作用和优势。例如,在能源领域,氢气作为一种清洁的能源,可以用于燃料电池车辆、电力生产、化学合成、工业生产等领域当中,为我国能源结构的优化、环境保护工作的开展以及社会经济的可持续发展提供保证。



(a) 光生电子和空穴的产生与复合



(b) 光生电子和空穴进一步反应生成自由基



(c) 光催化染料敏化

图1 TiO<sub>2</sub>光催化氧化反应机理示意图

### 5 光解水制氢方法的发展趋势

在未来的一段时间内,光解水制氢方法将会朝着以下五个方向发展。第一,朝着多技术联合的方向发展。将多种不同的光解水制氢方法联合在一起,可以通过优势互补、强强联合提高制氢效率,降低制氢成本。例如,光电化学法和热解水制氢方法就可以联合在一起。第二,朝着新材料研发的方向发展。在未来的一段时间内,专业领域的专家学者可以对更多新型的光阳极材料、光催化材料以及生物质原料等进行研发,并借助新型材料的应用提高制氢效率,降低制氢成本。第三,朝着新能源集成的方向发展。例如,将光解水制氢方法与太阳能电池、风能等新能源

### 6 结语

综上所述,光催化制氢方法,在我国新能源开发、生态环境保护等领域中有着极为广阔的发展前景。要想将光催化制氢方法的应用优势充分发挥出来,继续挖掘其在其他领域的应用潜力,必须要在未来的研究和应用过程中,持续探索和优化光解水制氢的原理与方法,提高制氢效率和质量,降低制氢成本。另外,还要加强光解水制氢方法和应用场景的研究,为社会的可持续发展做出贡献。

### [参考文献]

[1]胡建强.提高光催化剂光解水制氢效率的方法概述[J].化工技术与开发,2015,44(5):43-45,49.  
 [2]中国科学院大连化学物理研究所.一种海洋绿藻两步法生物光解水制氢方法:CN03110981.0[P].2004-08-18.  
 [3]李思凡.光解水制氢材料表征方法的研究进展[J].化工技术与开发,2021,50(7):38-42.

### 作者简介:

李功龙(1986--),男,汉族,甘肃民勤人,本科,高级工程师,从事煤化工项目建设及运营。