

太阳能热化学与燃料电池联合的发电系统

郑志美^{1,2} 刘泰秀^{1,2} 刘启斌^{1,2}

(1. 中国科学院工程热物理研究所, 北京 100190;

2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要 本文提出了一种新型的太阳能与燃料热化学互补的发电系统, 集成了太阳能热化学燃料转化过程与固体氧化物燃料电池 (SOFC) 单元。200~300°C 中低温太阳能驱动甲醇热分解反应, 将太阳能转化为富氢燃料 (H_2 、CO) 的化学能, 产生的太阳能燃料用于驱动 SOFC 燃料电池进行发电, 实现了太阳能及甲醇燃料的高效发电利用。同时, 采用微型燃气轮机 (MGT) 对 SOFC 余热及未反应燃料进行回收, 实现动力余热的高效梯级利用, 进一步提升了系统的发电效率及能源利用率。设计工况下, 系统发电效率达到 58.24%, 太阳能净发电效率为 41.1%。该研究为太阳能和清洁燃料的高效利用提供了新途径。

关键词 太阳能热化学; 太阳能燃料; 固体氧化物燃料电池

中图分类号: TK123

文献标识码: A

文章编号: 0253-231X(2020)11-2627-08

A Power Generation System With Solar Thermochemical and Fuel Cell

ZHENG Zhi-Mei^{1,2} LIU Tai-Xiu^{1,2} LIU Qi-Bin^{1,2}

(1. Institute of Engineering Thermophysics, Chinese Academy of Science, Beijing 100190, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract A combined solar energy and clean fuel power generation system integrating solar thermochemical and solid oxide fuel cell is proposed. The mid-and-low temperature solar energy at 200~300°C is upgraded to chemical energy in the form of syngas (H_2 and CO) through methanol decomposition. The solar fuel is used to drive fuel cells for power generation, which realizes efficient utilization of solar energy and methanol fuel. Meanwhile, the exhausted gas from SOFC is recycled by micro gas turbine (MGT), so as to achieve high-efficiency cascade utilization of waste heat, and further improve the power generation efficiency and energy utilization efficiency of the system. On the design condition, the net solar energy electricity efficiency and the system electricity efficiency are 41.1% and 58.24%.

Key words solar thermochemical; solar fuel; solid oxide fuel cell

0 前言

可再生能源的大力开发利用被认为是解决能源危机和环境污染的有效途径, 如水电、生物质能、太阳能等的开发利用受到广泛关注^[1]。其中太阳能燃料转化是新兴的可再生能源重要利用技术。通过聚光集热过程, 太阳能被转化为热能, 进而驱动化学吸热反应, 将太阳能转化为燃料化学能, 常见的聚光方式有槽式、塔式、蝶式、菲涅尔式等。

现阶段, 太阳能热解水、甲烷重整等太阳能高温热化学转化过程反应温度较高, 均需要 800°C 以上, 具有系统结构复杂、成本高、热化学转换效率低、散热损失大的不足, 而太阳能中低温热化学可在 200~300°C 进行反应, 具有较高的热化学转化效

率且能够与化石燃料进行热化学互补, 有着良好的应用前景。其中槽式太阳能集热器, 作为商业化太阳能聚光集热器, 其集热温度能够达到 300~400°C^[2], 适用于中低温太阳能热化学过程。基于太阳能甲醇裂解的中低温太阳能热化学, 集成甲醇分解和中低温太阳热能, 通过实验研究, 甲醇转化率能够达到 90% 以上, 太阳能热化学效率接近 60%^[3,4]。通过热化学反应, 将甲醇转化为合成气, 合成气通过内燃机利用, 太阳能发电效率达到 24.66%^[5]。受到卡诺循环的限制, 热力循环的发电效率较低, 由于产物合成气中氢气含量较高, 易于通过燃料电池进行利用。燃料电池是一种清洁、高效的能量转换装置, 能

收稿日期: 2020-04-08; 修订日期: 2020-10-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No.51722606)

作者简介: 郑志美 (1994-), 男, 博士研究生, 主要从事多能互补分布式能源系统研究。通信作者: 刘启斌, 研究员, qibinliu@iet.cn。