

太阳能发电技术综述

孙奕冉

香港城市大学工学院 香港 100084

摘要: 能源资源可以分为可再生能源资源和非可再生能源资源。由于严重的环境问题，例如空气污染、气候变化和自然资源的衰减，人们开始关注使用可再生能源来进行发电。太阳能是其中一种被广泛研究和实际运用的可再生能源资源。最近，随着人类人口和能源需求的增加，太阳能领域亟需进行新的技术和改进，以满足全球能源需求和提高能源效率。本文主要关注太阳能，并讨论了太阳能技术的历史、创新、改进和未来展望。

关键词: 太阳能；新能源

1. 太阳能的历史

19 世纪中期，法国科学家亚历山大 - 埃德蒙 - 贝克勒发现了光伏效应。他认为将两个金属电极放入导电溶液中，光可以增加发电量。这一突破被定义为“光伏效应”，对后来使用硒元素的光伏发展产生了影响。1873 年，威洛比 - 史密发现硒具有光导潜能，导致威廉 - 格里尔斯 - 亚当和理查德 - 埃文斯 1876 年发现，硒在暴露于阳光下时会产生电。几年后，在 1883 年，查尔斯 - 弗里茨实际上生产出了第一批由硒片制成的太阳能电池，其效率为 1%，因此普遍将太阳能电池的实际发明归功于弗里茨。

然而，我们今天所知的太阳能电池是用硅而不是硒制成的。因此，一些人认为太阳能电池板的真正发明与达里尔 - 查平、卡尔文 - 富勒和杰拉尔德 - 皮尔逊在 1954 年在贝尔实验室创造的硅光伏电池有关。许多人认为，这一事件标志着光伏技术的真正发明，因为它是第一个能够真正为电力设备提供一天中几个小时电力的太阳能技术实例。第一个硅太阳能电池能够以 4% 的效率转换太阳光，还不到现代电池的四分之一。

在 20 世纪 70 年代，石油危机和日益增长的环境问题导致了对太阳能的研究和开发的增加。第一块商用太阳能电池板于 1954 年由贝尔实验室推出，其效率为 6%。到 20 世纪 70 年代，太阳能电池板被用于为偏远地区的家庭和建筑物供电。太阳能电池板的成本继续下降，到 20 世纪 90 年代，太阳能已成为传统能源的一个可行的替代品。

2. 太阳能发电的技术

2.1 光伏电池

2.1.1 薄膜太阳能电池

薄膜太阳能电池是第二代太阳能电池，它是通过在玻璃、塑料或金属等衬底上沉积一层或多层薄膜，或称薄膜（TF）而制成。薄膜太阳能电池在商业上有几种技术，包括碲化镉（CdTe）、铜铟镓二硒（CIGS）和非晶硅薄膜（a-Si, TF-Si）。

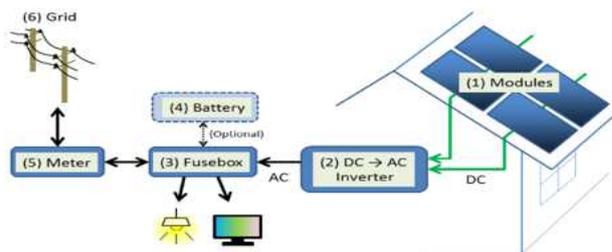


图 2-1 并网住宅光伏发电系统示意图

2.1.2 钙钛矿太阳能电池

钙钛矿太阳能电池 (PSC) 是一种包含钙钛矿结构化合物的太阳能电池，最常见的是混合有机 - 无机铅或卤化锡基材料作为光捕获活性层。钙钛矿材料，如甲基铵铅卤化物和全无机铯铅卤化物，生产成本低廉制造简单。

使用这些材料的实验室规模设备的效率从 2009 年的 3.8% 增加到 2021 的 25.7% 在单结结构中，并且在硅基串联电池中，效率增加到 29.8%，超过了单结硅太阳能电池的最大效率。因此，截至 2016 年，钙钛矿太阳能电池已成为发展最快的太阳能技术。

2.2 聚光太阳能

聚光太阳能发电 (CSP), 也称为“聚光太阳能热能”, 使用透镜或反射镜和跟踪系统来聚集阳光, 然后利用产生的热量通过传统的蒸汽驱动涡轮机发电。

聚光技术范围很广: 其中最著名的是抛物线槽、紧凑型线性菲涅尔反射器、斯特林碟和太阳能塔。各种技术用于跟踪太阳和聚焦光线。在所有这些系统中, 工作流体都被集中的阳光加热, 然后用于发电或储能。热存储有效地允许夜间发电, 从而补充光伏。CSP 产生的太阳能份额很小, IEA 表示, 到 2022 年, CSP 的存储费用应该更高。

3 太阳能发电的发展与现状

在 20 世纪 90 年代中期, 由于石油和天然气的供应问题、全球变暖问题以及光伏相对于太阳能的经济地位不断提高, 住宅和商业屋顶太阳能以及公用事业规模的光伏电站的发展再次开始加速。

近几年来, 全球太阳能光伏的增长一开始主要是在欧洲, 但随后转移到亚洲, 尤其是中国, 目前我国是太阳能产能最大的国家。尽管集中式太阳能发电增长了十倍以上, 但在总发电量中所占的比例仍然很小。目前我国绝大部分电能来源仍然是煤炭。

4 太阳能发电与环境

太阳能发电比化石燃料发电更清洁: 太阳能发电在运行过程中不会导致任何有害排放。太阳能发电站的温室气体排放量低于每千瓦时 50 克, 如果有电池储能, 则可达每千瓦时 150 克。相比之下, 没有碳捕获和储存的联合循环燃气发电厂的排放量约为每千瓦时 500 克, 而燃煤发电厂约为每千瓦时 1000 克。与所有能源类似, 其生命周期的总排放量主要来自于建筑, 在太阳能设备的制造和运输过程中转向低碳电力, 将进一步减少碳排放。

然而, 一些有害材料如铅会被用于太阳能电池板的生产。截至 2022 年, 过氧化物的环境影响很严重了, 环境学家认为铅可能成为一个棘手的问题。2021 年国际能源署的一项研究预测, 到 2040 年, 铜的需求将翻倍。该研究表明, 供应需要迅速增加, 以满足大规模部署太阳能和所需电网升级的需求。

5 太阳能发电面临的问题

从二氧化硅中提取的高纯度硅锭, 开始生产太阳能电池。太阳能只在白天可用。由于这个原因, 只有在有阳光的

时候, 光伏板和其他收集器才能将阳光转换成其他形式的能量。因此, 需要一个新的储能系统来获得不间断的电力供应。这个备用系统也是一个额外的成本, 使太阳能系统更加昂贵。在传统的硅太阳能电池中, 太阳光谱的所有波长部分都不会被太阳能电池所吸收。它们只吸收了太阳光谱的某些部分。其他部分则被浪费了。与其他能源转换系统相比, 太阳能电池的转换效率非常低, 一般在 20% 左右。

在需求量较大的时候, 需要许多光伏电池来吸收足够的能量。由于面板过热, 光电板的效率急剧下降, 因此需要大量的太阳能板来解决这一问题, 这样会导致需要很大的面积建设电厂并且会有很大的投资成本。

此外, 只有在阳光充足的时候才能最高效地利用太阳能。在天气或气候条件不可持续的地区, 太阳能并不是最可靠的来源。太阳能电池的有效性在很大程度上取决于空气污染的程度。废气、粉尘和气溶胶也导致太阳能电池的电流减少了 10% 和 7%。

6 太阳能发电的前景和新兴技术

随着技术的进步, 太阳能的效率和成本效益不断提高, 太阳能发电的未来有着非常好的前景。国际能源机构 (IEA) 预测, 到 2050 年, 太阳能可能成为世界上最大的电力来源, 占世界电力生产的 35% 左右。

太阳能研究的关键领域之一是开发新的材料和技术以提高效率和降低成本。钙钛矿太阳能电池已经显示出有希望的结果, 其效率达到 25% 以上。有机太阳能电池也正在开发中, 这种电池重量轻、灵活、生产成本低。

6.1 反太阳能技术

为解决夜晚太阳能无法发电问题, 根据传统的太阳能电池, 太阳落山后不能产生电力。在反太阳能电池的概念下, 可以在夜间使用太阳能电池发电。根据反太阳能电池的概念, 地球可以看成是一个热源, 而夜空则考虑辐射式光伏和来自先进辐射冷却领域的概念。热辐射电池的物理原理与传统光伏相似。当发生 PN 结与周围环境在黑暗中的热平衡时, 电池对光子的随机吸收等于电池的随机发射, 并且费米平面通过半导体保持在恒定水平。当 PN 结比其周围环境更高的温度时, 且设备试图冷却时, 来自于该设备的辐射出的东西会支配吸收。当电池与一个热储器连接时, 电池温度保持恒定。由于这种情况, 增强的发射使载流子浓度最小化, 低于其平衡值, 这使空穴和电子的费米级向相反方向分裂,

并在结上产生一个反向偏置电压。没有被光子吸收平衡的空穴和电子和空穴对的重新结合，导致额外的电子和空穴通过触点插入，以平衡失去的一对。当电池与负载相连时，这种情况会导致电流流动。热辐射光伏电池与传统光伏电池的主要区别是：它的电流的流动方向相反。产生的电压的符号也是相反的。

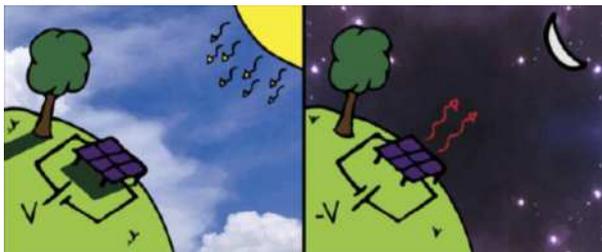


图 6-1 反太阳能的概念

6.2 因地制宜的发展太阳能

由于一个地区的太阳能发电量取决于太阳辐照度，而太阳辐照度随时间和年份的变化而变化，并受纬度和气候的影响。光伏系统的输出功率还取决于环境温度、风速、太阳光谱、当地污染情况等因素。因此，在未来，为提高太阳能发电的经济性，降低太阳能发电的成本，建设太阳能电站可以根据当地气候、日照时间、湿度等多方面因素，与风能、潮汐能等能源互补，真正达到能源的可持续化。

7 总结

太阳能技术经过数十年的发展，已经逐步成熟。但由于其不稳定的情况和较低的功率效率，目前仍然无法代替主流的煤、石油等能源的发电。此外，目前太阳能发电投入成本较高，不利于广泛用于民用。因此，创新是太阳能领域的一个重要因素，以最大的效率来发展它。在未来，人类需要在效率、功率、容量等因素上加以研究。并且根据当地的气候地理等因素，与其他新能源相互结合，突破难关，甚至在以后实现对地球的母星——太阳能的完全充分利用，才能

真正让人类兴盛繁荣。

参考文献：

- [1] Luke Richardson. Solar Tech[N]. ENERGY SAGE, 2013.
- [2] Sumedha R.G. Weliwathage, Udara S.P.R. Arachchige. Solar Energy Technology[J]. JOURNAL OF RESEARCH TECHNOLOGY AND ENGINEERING, 2020.
- [3] E. Kabir, P. Kumar, S. Kumar, Adedeji A. Adelodun, Ki-Hyun Kim. Solar energy: Potential and future prospects[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.82, 894-900, 2018.
- [4] T.E. Girish. Nighttime operation of photovoltaic systems in planetary bodies[J]. Solar Energy Materials and Solar Cells, 2006.
- [5] Black, Lachlan E. New Perspectives on Surface Passivation: Understanding the Si-Al₂O₃ Interface Springer[J], 2016.
- [6] Lojek, Bo. History of Semiconductor Engineering [M]. Springer Science & Business Media, 2007.
- [7] Converse, Alvin O. “Seasonal Energy Storage in a Renewable Energy System” [J]. Proceedings of the IEEE, 2018.
- [8] Sachiko oda. “Electric farms in Japan are using solar power to make money and grow crops.” [N]. The Japan Times, 2022.
- [9] G ü r t ü rk, Mert. “Economic feasibility of solar power plants based on PV module with levelized cost analysis” [M]. 2018.
- [10] Rabaia, Malek Kamal Hussien; Abdelkareem, Mohammad Ali; Sayed, Enas Taha; Elsaid, Khaled; Chae, Kyu-Jung; Wilberforce, Tabbi; Olabi, A. G. “Environmental impacts of solar energy systems: A review” . Science of the Total Environment, 2012.