

# 全球水上光伏产业的发展与前景分析

马长磊

中国水利电力对外有限公司 北京 101100

**[摘要]**目前,水电行业面临前所未有的压力。随着新兴技术的不断进步,水上光伏发电已经成为新能源发电的主流方向。其具有发电高、土地使用量低、易结合其他产业的特点,被喻为“向未来过渡的最有效杠杆”,是目前光伏产业重要的发展方向。在全球温室效应日趋严峻的形势下,新能源的发展已经成为人类社会共同的追求;在与日俱增的世界科技竞争格局下,发展自主研发力量,不断提高科技生产力水平,进而提高我国水上光伏产业在国际市场的竞争力,为我国伟大复兴提供动力。

**[关键词]**水上光伏;新能源;环保;国际市场分析

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.09.220

## 1 概念及种类

水面光伏电站是中国近年来兴起的新能源项目,具体是指在水塘、天然湖泊、水库、蓄水池,甚至还有采煤塌陷的区域等地方,建造水面光伏发电模组电站。水上光伏电站主要包括桩基固定式和浮动式两种,主要根据工作形式进行区分。

桩基固定式水上光伏电站的基本型式以“固定桩基+固定支架”主要形态存在,以“固定桩基+追踪支架”为主要辅助型式;而浮动式水上光伏电站,则包括了漂浮管式和浮筒式两种形态。在实际使用中,根据水平的深浅判断,当水深 $\leq 3\text{m}$ 时,可选择桩基锚固式;当水深通常 $> 3\text{m}$ ,且径流稳定性、水位变化通常 $< 6\text{m}$ 时,则可选择浮动式。

## 2 水上光伏SWOT分析

### 2.1 优势分析

水面光伏电站的优点主要表现在发电量较高。首先,由于水面面积有着相对广阔的特点,因此能够最大限度的降低阴影对光伏组件所吸收太阳光的负面影响;其次,对双面太阳能光伏组件而言,水面对太阳光的反射量也远大于地面和山地表面的反光率;最后,利用水面对光伏组件的制冷效果,就可以有效减少温度,进而减少了光伏发电系统的温度损失。因为一般在水面上的光伏组件的温度较地面上的降低约 $5^{\circ}\text{C}$ 以下。所以,在光电产业中,比较同等条件下的地面光伏电站,一般水面光伏电站的发电量约高5%,具有天然的优势。除了环境的优势以外,光伏组件对于水体的污染几乎可以不计,新材料的光伏组件具有环保性。

### 2.2 劣势分析

目前,水中光伏电站相比于地面电站,现场的工作环境往往存在高温湿、耐盐雾性、阵风有浪的特征,也存在着相应的不稳定性,因此无论光电组件、悬浮固体架台,或是设备,都极易发生受损的情况。所以,水中光伏电站对装置的耐候性、可靠性都提出了更高质量的要求。但同时,水中光伏电站也面临着设备形式简单,不可以依据日照状况随意移动等问题,亟须解决。另外,尽管水上工作环境更便于清洗组件,并可有效避免对人及动物的损害,但由于水面光伏电站可能会造成垃圾淤积,并受限自然湖水枯、丰水期影响,以及大风降温等不确定原因而造成的水面条件改变,也因此增加了运维复杂度。

### 2.3 机会分析

水上光伏产品由于具有模组安装的方便,容易和其他产品相结合,有利于发展新兴产业。水上光伏可发挥“光伏+”的资源优势,使光伏电站与水产养殖等行业实现深度融合。一方面,光伏组件的覆盖可以降低水体的蒸发能量,从而最大限度维持了水体生态,并且还能够降低水生植物的光合效能,对藻类生物的生长提供了必要的抑制作用,从而可以改变水体环境,提高了水体含氧量;另外,光伏电站还可以为水产养殖时

的辅助设施,如增氧机等设备供应电能,既降低了电网基础设施建设的投资成本,也增加了水产养殖的产出,进而增加了整个商业模式的附加值。

随着国内外对于水上光伏产业的研发,以及技术上的创新,在国家政策的引导下,国内光伏市场在短短的5年间由无到有,由有到精,实现了由量变到质变的飞跃。在后疫情时代,资金和科技投入将会达到一个空前的高度。

## 2.4 挑战分析

水上光伏产品对于设备要求比较高,在性能上要稳定,具有耐腐蚀性、防水防潮等特性。除外,还要具有耐紫外线照射、耐腐蚀、耐冻胀、耐风浪等能力;支架材料必须使用高强度、防腐材质;汇流箱、逆变器以及变压器等设备须提高防尘、防水级别(至少满足IP65等级),并具有良好抗腐蚀能力。

近年来受到新冠疫情影响,对于行业前景发展产生了不可估量的影响。多家公司因疫情原因导致资金链断裂,严重影响产品研发;自2020年起,因疫情导致的停产停工也是对整个水上光伏行业的重要打击,相信在今后市场条件宽松、政策引导等更多利好消息的出现,对于整个水上光伏行业发展具有重要的意义。

## 3 全球水上光伏产业发展现状

据最新调查数据表明,目前世界水面光伏的总可使用面积仅为 $50.45\text{亿km}^2$ ,而按照1%的开发利用率测算,世界水面光伏发展潜能至少为 $500\text{GWp}$ (峰值功率)。从2008年世界上第一个商业化的水面光伏项目在美国应用以来,水面光伏行业在世界的使用规模就不断增长,并于2017年开始步入了指数级别上升阶段。截至2021年5月,中国全国已建成的水面光伏项目为487个,累积装机容量约为 $2.3\text{GWp}$ 。目前,已经构成以东南亚区域为主要中心、欧美市场为主导、以小型(低于 $2\text{MWp}$ )和漂浮型水面光伏电站为主的市场格局,中国水面光伏行业未来发展方向势必将会扩大市场规模、降低成本、完善技术标准,并继续向更高功率比的方向发展,同时产业结构也将更加合理。

### 3.1 发展现状分析

世界水上光伏产业的发展,一般可以分成三个阶段。第1阶段为2007-2013年,为缓慢上升阶段,累计装机容量约为 $4.8\text{MW}$ ;第二阶段是2014-2016年期间,为发展的提速阶段,在大中型水面光伏设备以及新兴市场的拉动下,全国水面光伏的总装机量开始出现了显著提升;第3阶段则是在2017年开始步入高速发展阶段,全国水面光伏的累计安装容量呈现了指数级别上升,特别是在2017和2018年期间,年新增安装容量分别超过了 $362$ 和 $771\text{MW}$ ,完成了跨越式发展。截至2021年年底,基础技术产品进入到全面升级换代的时代,随着新技术的研发,更多更先进的产品得到市场的认可与投放,这对于水上光伏行业的发展具有重要的推进作用。

据世界可再生能源网站预计,至2022年底,其新增装机容量将达到世界上所有光伏项目新增装机容量的2%。由此可见,世界上光伏行业已步入了高速发展期。从截至2021年5月的世界累积装机容量来看,亚洲地区贡献了约96%的装机容量;其中,我国以1041MWp的世界累积装机容量排名世界第一位,占据了世界累积装机容量的71%,比2020年约增长了5%,而日本、朝鲜、中国台北则各占世界市场比例的16%、5%、3%,基本与上年持平。

受水域面积、项目成本、政府资金投入等各种因素的影响,当前水上光伏项目的类型大多是小型应用。根据截至至2021年5月世界水中光伏建设项目规模的数据表明,规模不足2MWp的世界水中光伏建设项目为249个,大约占世界水中光伏项目总项目数的71%,而由于对水中光伏行业发展需求的迅速增长,目前大型水上光伏电站的建造在技术上已取得了重大突破,将成为未来十年建设水上光伏电站的主要趋势。

### 3.2 发展趋势分析

按照世界银行最近你统计的水面光伏项目信息,在2016-2021年,全球水面光伏电站的建造成本约在0.92-3.52美元左右,而具体的建造成本则取决于电站规模、所在位置,以及水域环境。其中,在2018年印度的水上光伏项目的最低竞拍价最高可达0.83美元,这为进一步减少项目建造成本提供了更高的条件,随着成本的逐步降低,发展中国家对于这项新兴技术的引进兴趣也变得更加浓厚,国际市场将更加广阔。另外,据中国太阳能光伏研究院报告指出,近年来在东南亚地区水上光伏项目建设的浮体装置生产成本降低明显。与此同时,建设规模较大(约50MW)的水面光伏电站的度电成本,和同等规格的地面电站的差别也不大。

### 4 我国水上光伏产业市场前景

对比欧美等国来看,中国的水上光伏行业发展起步迟滞,中国第一个水上光伏电站试点建设项目——湖北枣阳市熊河水库建设项目(装机容量为20MW)在2016年完成投资,而随着中国国内政府政策支持较好、商业模式逐渐成熟,截至2021年底,中国已经成为了世界上水中光伏项目总装机容量第一的大国,并且成为世界市场最大规模水上光伏电站的重点建设国家。而目前,中国水上光伏建设项目大多布局于近海、沿江等城市。其中,以江苏的项目总量最多,其天合光能成为了其中的代表项目,在水上光电研发领域走在了国内前列;而以天津的项目并网容量最多,截至2021年占比全国24%。

按照因地制宜策略,在我国充分利用海岸滩涂、荒废的芦苇荡等荒芜地,按照科学可持续原则,进行合理产业布局,将多种工业模式与光伏融合,比如,把渔业养殖和光伏发电结合,利用光伏下方水面开展鱼虾养殖,我国目前最大“渔光互补”的光伏发电项目,总水域面积4492亩,计划每年发电量为2.2亿千瓦时,形成一种资源多种产业节约环保的模式,不但解决当地的用电问题,还最大限度的反补农业。促进了我国在水产养殖领域,由传统单一模式向规模化、专业性、智能化、现代化,为我国“经济+科技”发展起到了先河作用。

随着中国水路航运太阳能光伏发电系统产业链不断优化提升,更加成熟的应用案例与方法也不断涌现。如三峡公司就明确提出了“大规模水上光伏技术电站项目智能化方案”发展理想,采取“水上光电专用智能汇流箱+箱式逆变房”的管理模式,具备“入水不浸、无线通讯、弹性接地”三大特点,使水力发电量更高、更健康可靠性,且投入更少。杭州正泰新能源开发公司等民营企业明确提出了“合筑锦绣光伏”的理想,进一步蓬勃发展了渔光互补电站项目,除了进行水下栽培、水上发电技术外,还借助了大数据分析云端技术服务平台,全

方位远程监测、专人管控,有效保证了系统的安全性与可靠性运营。另外,由于挡浪墙、围堰建设等技术方法的完善与提高,中国水上光伏技术工程项目的发展经验已从湖泊逐步进入海洋,并已成功实施了如慈溪海涂项目等海上光伏技术工程项目,更扩大了中国水中光伏技术的发展领域。

据IRENA(国际可再生能源署)的统计资料表明,中国光伏发电的平均度电成本费用比世界光伏发电的平均度电费用低25.3%,而建设成本费用则比世界的平均建筑费用低27.3%。可以看到,在光伏装置和开发应用技术方面,中国有着很大的成本优势。

### 5 发展建议

随着对泰国、印度、巴西等国的水上光伏工程的进一步规划,发展中国家对于该领域的研究也在不断深入,打破了欧美、日韩等发达国家技术垄断的局面,使得产业发展更加充满活力。

面对现有的500GWp全球最大水面光电模组的巨大潜力,国内企业应该充分抓住机会,积极建立水面光电工程项目,并进一步开拓新的技术,以扩大产品的发展空间。根据现有的目标市场,进一步细分工程项目,加大与市场交流,紧密聚焦相关市场资讯,参与国内工程项目投标建设,运用已中标工程项目打造更具国内品牌效应的示范性工程项目。国内政府部门和公司也可有针对性的与中国市场加强信息交换,积极寻找合作机遇,同时运用已中标的工程项目,深入分析对比各个关键环节的投资成本与经验,并建立了标准数据,以便推行工程示范。

根据政府已制定的优惠政策,和尚无进一步发展计划的潜在光伏交易市场,政府注重于市场培育。针对中国自然资源充足、耕地资源紧张、电价制度健全、光伏扶持政策较好的发达国家与区域,在全球市场树立品牌声誉和信任度,并宣介中国公司在采面沉陷收缩区废弃土地处理、渔业光伏等新应用领域所累积的宝贵经验与技术能力,以促进中国光伏公司由制造优势向品牌转变,提升其全球影响力。在积极进行品牌的时候,也培养了当地地区市场发展对水上光伏的发展自信。

利用已有的国际双边、多边合作机制,以及“一带一路”战略的深入实施,打造了属于中国的IP名片;合理运用中国政府所建设的多边、双边技术合作平台,积极促进示范性项目建设,努力打造我国“水上光伏”国家名片,不断扩大“水上光伏”的内涵与外延,并通过政府政策主导、项目引领,为中国光伏企业走出去创造了良好的外部环境。

### 结论

在倡导节能环保大背景下,新能源持续高效的发展将是全世界企业共同面临不可绕开的重要议题,而当前中国水中光伏行业相对于其他能源资源开发的行业来说,已经具有了绝对的价值优势,而目前全世界水中光伏行业也处在提速发展阶段,因此中国公司需要抓住行业发展最新的国际合作机遇,以充分发挥低成本设备和劳动力的资源优势,学习最新的技术与科研成果。同时,由于挑战和机会存在,国家政府也可加强有关政策引导和谋划布局,并运用现有的产业结构来实现经济发展,比如通过中国三峡集团水电改造工程项目,把原来的构造简单、工业发展条件不充分、经济发展方法较原始的工程项目,改建为符合新能源、新科技的工程项目,以推动产业结构提升;通过与政府之间的协作,积极促进重点行业市场培养,为中国光伏企业走出去营建了良好前提条件。

### 参考文献

[1]孙杰.水上光伏电站应用技术与解决方案[J].太阳能,2017(6):32-35.