

国内外大型光伏电站项目进度管理模式差异及效率对比分析

李 岩

国家电投工程公司 山东济南 205200

摘 要：国内大型光伏电站项目的进度效率明显高于国外项目，这归功于国内“目标倒排”的审批制度、EPC 总承包模式下的供应链垂直整合能力和数字化管理技术的普及应用，国外项目则着重于合规性、生态融合与风险分担，所以项目周期比较长，本文通过创建“硬指标 + 软因素”的效率对比矩阵，量化了建设周期、单位成本、并网延迟率等硬指标，分析了文化差异、供应链韧性、技术迭代速度等软因素，给出了依照“适配性框架”的改进意见，给全球能源转型背景下光伏项目管理模式革新给予参照。

关键词：光伏电站；进度管理；模式差异；效率对比；EPC 模式；PPP 模式

在全球能源结构向可再生能源转型的大潮里，光伏产业作为清洁能源的关键部分，正在经历着前所未有的快速成长期，本文将会从项目管理的制度，技术以及生态这三个方面来全面剖析国内外光伏电站项目进度管理的特征，借助“硬指标 + 软因素”的效率评价体系，找出影响项目进度的主要因素，并给出有针对性的改良意见。

1. 国内外大型光伏电站发展现状

1.1 国内大型光伏电站发展现状

近年来，在政策与技术的双轮驱动下，中国光伏产业实现了令世界瞩目成绩，到 2024 年，中国太阳能光伏装机总容量已突破 1865 吉瓦，占据了全球总容量的一大份额，国内大型光伏电站的发展具有如下特征：第一、项目规模不断增大，集群化发展态势突出，拿青海省来说，相继创建了诸多大型光伏基地项目，青海共和 50MW 熔盐塔式光热示范项目以及 2.2GW 光伏项目的建成，体现出了国内在高海拔复杂环境下大范围光伏电站创建方面的实力，这种集群化的创建方式有益于资源的集中使用，而且给项目推进进程赋予了规模效应。政策推动作用明显。国内推行的“风光大基地”政策给大型光伏电站项目快速推进给予强有力保障，政府简化审批流程，给予财政支持等手段加快项目落地建设，青海隆基乐叶光伏科技有限公司的项目从手续办理到基础建设再到设备安装调试仅用 6 个月时间就实现基建开工到投入生产，国内政策执行效率高^[1]。

1.2 国外大型光伏电站发展现状

全球范围来看，光伏电站发展存在区域差别，IRENA

报告显示，到 2024 年时，亚洲可再生能源装机容量增加 421.5 吉瓦，占比达 72.0%，其中中国贡献最多，其他地区的发展特点为：欧洲地区的光伏项目重视生态融合和可持续发展，很多光伏电站同农业，旅游业结合，做到经济效益和环境效益双赢，德国是欧洲光伏产业的领跑者，其审批流程比较成熟，注重公众参与和透明度，某种程度上保障了项目的长久可持续，但也许会拉长项目时延。中东地区以大型光伏项目为主，沙特阿拉伯的 Sudair 光伏电站，是沙特国家可再生能源计划 (NREP) 的重要组成部分，总装机量 1.5GW，总投资额 23.7 亿美元，此类项目多为政府项目，规模大，但是建设周期较长。北美地区尤其是美国在光伏与储能技术的结合上走在前列，美国推广的“分布式能源”模式简化了小型光伏项目审批流程，很多州都实行“快速通道”审批，加快项目推进速度，这种模式有利于发展分布式光伏，但大型集中式光伏电站建设进度管理有困难^[2]。

2. 国内外大型光伏电站项目进度管理模式的差异研究

2.1 制度层面，审批机制与政策方向

国内大型光伏电站项目的审批存在“目标倒排”，强调效率与结果导向，“风光大基地”等国家战略背景下，政府各部门配合，简化流程，给项目推进开辟“绿色通道”，青海 2.2GW 光伏项目从启动到全部并网约 1 年，高效审批效率很大程度上得益于政府政策与部门协同。相较之下，国外项目的审批程序更看重合规性以及公众参与情况，德国的光伏项目审批大致包含项目申请，公示并接受反馈，最后做出审批决定这三个环节，整个流程比较重视透明度并且征求

公众意见,审批时长一般要三个月左右,美国所推行的“分布式能源”模式虽说给小型项目赋予了“快速通道”的审批途径,不过大型项目还是得经过严格的环境评价以及公众听证等程序,这就致使项目在前期准备阶段耗费了不少时间。政策导向上,国内政策侧重于规模扩张和技术革新,用补贴,税收优惠等手段来推动光伏产业发展,国外政策侧重于可持续发展和市场机制,重视光伏项目同生态环境的协调以及长远的经济效益^[3]。

2.2 技术层面,数字化管理与智能运维

国内大型光伏电站项目在数字化管理上做得很好,像众和工程管理软件这样的数字化工具被大量使用在项目的整个生命周期里,项目规划,设计,采购,施工和运维都被整合在一起管理,利用物联网技术加上移动应用,现场施工的情况可以随时监控并收集数据,项目管理者远在千里之外也能了解施工进度,发现问题并马上解决,项目管理的效率得到很大的提高。国外项目智能化运维和能源管理有优势,英臻科技给欧洲工商业光伏项目做的能睿(UniEnergy)新能源资产全周期数字化管理平台,靠电价预估模型和电池寿命分析模型做到能源成本改良和设备高效运维,这种智能化能源管理系统在项目建设期间对进度直接影响不大,不过对项目长久经济性和可持续发展很有意义。在技术应用侧重点上,国内更加重视施工阶段的数字化管理,提高建设效率,国外则更加重视运营阶段的智能化,提高能源产出和设备维护^[4]。

2.3 生态层面,管理模式与风险分担机制

国内大型光伏电站项目多采取EPC(设计-采购-施工)总承包形式,这种模式之下,承包商需对项目的设计,采购,施工全流程负责,利于达成供应链的垂直整合并做到资源的优化调配,国内完整的光伏产业链给予EPC模式的执行以强有力的支撑,从组件制造到工程建设,各个环节协同合作的能力较强,这有益于缩减项目周期并削减成本。国外项目大多采取PPP(政府和社会资本合作),大型基础设施项目更是如此,PPP模式通过长久协定把设计,创建,融资,运作等全生命历程风险在政府和私人资金上展开分配,拿沙特Sudair光伏项目来说,此项目由ACWA电力,沙特水电控股公司(Badeel)和沙特阿美电力公司联手开发,这样做的好处是分担风险,不过也因为各方利益调和而拉长项目周期。在风险管理上,国内EPC模式下的承包商主要承担施

工风险,业主保留运营和市场需求风险,而国外PPP模式中风险分配更加细化,政府和社会资本各自承担自己最能控制的风险,有利于提高项目长期稳定性,但也可能增加项目前期谈判时间及难度。

3. 国内外大型光伏电站效率比较

3.1 硬指标对比

建设周期,国内大型光伏电站项目比国外的要快很多,特别是1GW以上的项目,以青海2.2GW光伏项目为例,从项目备案到全容量并网仅用时11个月,其根本原因是EPC总承包模式下的“分阶段并行施工”机制,在项目立项阶段就开始进行组件预制、桩基施工图纸设计,在施工阶段采取“500人+200台设备”的集群作业模式,单日可完成15MW组件安装,比传统施工方式效率提高40%。反观沙特Sudair1.5GW项目,虽然也是大型项目,但由于审批和施工条件的限制,整个建设周期长达3年,其中仅前期环保评估就需要6个月的时间(需要经过沙特环境、水和农业部的3轮听证),而施工过程又因为高温(夏季地表温度超过50℃)需要采取“半日工作制”,单日施工量只有5MW,并且每两个月还要对设备进行一次高温维护,从而延长了工期。单位成本,在国内光伏项目上,成本低的优势并不是体现在平准化度电成本(LCOE)这个度量指标上,更多地是在产业链条上控制的更彻底。根据IRENA2024报告中指出,中国新建太阳能光伏LCOE为0.033美元/千瓦时,比全球新建太阳能光伏项目便宜23%,主要体现在三个方向:一是施工的费用,国内工人平均150美金/天,是欧美地区的1/3,国内1GW项目施工大约需要1.2亿美金,国外1GW项目施工成本大约需要2.5亿美金。二是供应链上的成本,国内光伏的组件本地化率是100%,1GW的项目大概1000个组件,每个运输半径都在500公里之内,运输费用只需要200万即可,国外的光伏需要从中国进口光伏组件,运输费用是海运+陆运的费用是800万美金/GW。并网延迟率,在国内的光伏项目中,其并网的效率远远高过国外的项目,而延迟风险的可控程度也高出国外的项目,从行业的角度出发,2024年国内大型光伏项目并网延迟率基本低于5%,国外同类型项目延迟率在15%-20%左右。国内低延迟最根本在于电网协同前置机制,项目开始便有地方能源局牵头召开地方并网协调会议,在并网的技术标准、时间节点上达成一致,例如青海2.2GW项目到第6个月建设中后期便签好电网接入

协议,最后并网调试仅用时 45 天^[5]。

3.2 软因素分析

文化差异,文化层面的决策模式不一样,就会直接对项目进度推进的快慢产生影响。国内项目管理讲究“统一决策,快速执行”,这样的文化特点体现在大光伏项目上就是“三级联动机制”,政府部门(譬如能源局)抓大政方针统筹,EPC 总承包商抓施工组织统筹,组件供应商抓材料设备统筹,三方每周一次进度协调会,决定的事情当天反馈回来。像青海隆基乐叶 6 个月建成投产那项目里头,对于桩基施工方案改动问题,政府、设计单位、施工单位三方协商只用一天时间就把这事定下来,避免耽误了工期。但是国外项目却因为被“民主决策、人民共决”的文化所影响,决策的时候很注重大家各抒己见,往往要花不少时间来讨论利益分配方面的事儿。以德国 500MW 光伏项目为例,该项目需要经过社区代表、环保组织、农场主三轮公众听证会,仅就“光伏板铺设是否会影响农田灌溉”这一问题进行讨论就耗费了 2 个月时间,且最终要修改 15% 的施工面积,造成工期延长 3 个月。国内“结果导向”的文化倾向,使得国内项目团队更注重进度目标的达成,如在冬季施工时,国内项目团队采取增加保暖设施、轮班作业等措施,实现“冬季不停工”,而欧洲项目受到“工作与生活平衡”文化的影响,冬季停工 2-3 个月,造成进度上的差距。

供应链韧性,国内光伏产业链的完整性与协同性,对项目进度形成了强韧支撑,国外供应链分散且依赖性强,成了进度瓶颈,从产业链覆盖看,国内做到硅料(自给率 95%)、硅片(100%)、组件(100%)、逆变器(90%)全链条本土化,大型项目可凭借“产业链联盟”提前 6 个月锁定产能,像青海 2.2GW 项目在备案阶段就同隆基、阳光电源签了设备供应合同,保证组件每月供应 180MW,不会断供,国外供应链严重依靠进口,欧洲光伏组件自给率仅 30%,中东项目组件进口占比达 90%,受国际物流影响较大。

技术迭代速度,国内光伏产业技术转化效率与应用规模,能有效提高项目建设效率,国外技术迭代的“慢节奏”导致其无法迅速享受技术红利,在施工技术上,国内大型项目普遍采用“智能施工装备”,无人机放线(效率提升

50%),光伏组件安装机器人(单日安装 5MW),BIM 数字化建模(碰撞检测准确率 98%)的使用率均达 40%,如青海共和项目利用 BIM 技术改善电缆铺设路径,缩减施工返工量 30%,缩短工期 15 天。但国外智能施工装备应用率仅为 15%,德国某 700MW 项目还用人工放线,效率比国内低 40%。从组件技术角度来说,国内 2024 年的 TCON、HJT 等高效组件在大型项目应用占比 60%,这种高效组件的转换效率比常规组件高 3-5%,可以减小 10% 的组件数量,缩短 10-15 天的施工时间,国外高效组件占比仅 30%,因为国外组件厂技术转化期太长,12-18 个月,国内只需要 6 个月;

结束语:

综上所述,对国内大型光伏电站项目进度效率高,主要优于“目标倒排”的审批制度,EPC 总承包模式下的供应链整合以及数字化管理技术的应用,不过国内模式在公众参与,环境影响评价等环节还存在改进之处。国外项目在合规性管理、生态融合与长期风险分担方面的经验可以学习,PPP 模式下的风险分配制度,智能能源管理,重视公众参与的决策过程,这些都有利于提升项目的长期可持续性,不过可能会造成项目周期较长。

参考文献:

- [1] 汪若宇. 电力系统中光伏发电并网技术应用研究[J]. 电力设备管理,2024,(23):128-130.
- [2] 戚浩明. AHP 在区域大型光伏电站项目选址中的应用[J]. 电气时代,2024,(12):30-34.
- [3] 党天刚,陈庆文. 大型光伏电站场区 35 kV 电缆选型及设计实践[J]. 太阳能,2024,(11):100-105
- [4] 袁振邦. 沙特某大型光伏电站电气先进技术应用解析[J]. 中国高新科技,2024,(22): 109-111.
- [5] 徐楠. 沙漠地区大型光伏电站预制管桩施工工艺优化[J]. 人民珠江,2024,45 (S2): 80-82.

作者简介: 姓名: 李岩(1988-10), 性别: 男, 民族: 汉, 籍贯: 山东省济南市, 学历: 研究生, 职称: 工程师, 研究方向: 土建施工技术研究、新能源项目管理。