

# 光伏储能电站的经济性分析

■ 张 鯤

(国网综合能源服务集团有限公司, 北京, 100052)

在光伏电站中应用储能技术,既能够有效储存不可再生资源,又能够将其转化为可再生资源,为电网提供支撑、调峰等各种服务,增强电网运行的安全性。近几年,电力行业得到了前所未有的发展,风电、光伏等可再生能源行业所占的发电量比例显著提高,但是,随着无法储备能源的增加,其给电网的正常运行带来了一定影响。而光伏储能电站的出现能有效解决上述问题,其适用范围广、适用性强,可推动电力行业的更好发展。基于此,本文以光伏储能电站的组成和优势为切入点,先介绍光伏储能电站的三种模式,再从财务和用电费用两方面入手评价光伏储能电站的经济性,以供参考。

## 一、光伏储能电站的组成和优势

### (一)组成

光伏储能电站是指以储能理念为前提,由各种系统组成的发电系统,其能通过光伏逆变器、双向换流器转换自身能量。从组成成分上来看,其主要包括铅碳、蓄电池、胶体等,可通过高低压开关和变压器对电网传输电能,再利用配电和计量装置对配电进行自由切换,最后辅以现代化技术实现数据的采集和计算。

### (二)优势

在传统的观念中,电能是无法储存的。而光伏储能电站不仅改变了传统观念,还可以将储存的电能用于各方面,带动电力行业的快速发展。分析日常用电可以发现:白天用电量高,价格贵;夜间用电量少,价格低。因此,光伏储能电站可以在夜间存储电能,然后在白天使用储存的电,以此节约工厂开支。一方面,光伏储能电站能均衡输送电能,减少建设环节,迎合绿色环保的建设需求。另一方面,光伏储电站能减少安全事件的发生,确保电能持续供应。

## 二、光伏储能电站的三种模式

### (一)电源直流侧的储能系统

位于电源直流侧的储能系统可以安装于直流系统中。发电系统、蓄电池系统共同使用一个逆变器,蓄电池的充电、放电特性和光伏发电的特性之间存在较大差异,原系统中的功率跟踪系统是为了

配合光伏输出而存在的,不适合储能蓄电池的特性。因此,需要改造或重新制造逆变器,在满足光伏的逆变需求的同时,保证其具备管理蓄电池能量的功能。一般来讲,该系统属于单向输出,效率高,可以无缝连接,输出波动小,能够提高发电输出的稳定性。同时,该系统也具有一定的缺点,比如:需要特殊设计逆变器,不适合升级改造已有的部分光伏电站;蓄电池只能接受单元内的电力,无法接受临近单元的电力。

### (二)电源交流侧的储能系统

位于电源交流侧的储能系统,能使用独立的充电放电控制器及逆变器对蓄电池充电。实际上,就是针对现有的发电系统增设储能装置,其可以在任何一个电站进行升级,也可以根据电网的实际情况建设一个独立运行的储能电站。在该系统中,无论是充电还是放电,均由智能化系统控制,如此,既可以集中站内多余的电力,又能调度站外的多余电力,从而促使系统安全、高效地运行。

交流侧接入方案适用电网储能,也适用独立的地区,能形成单独的供电系统。储能系统可以用于新建电站,也可以改造已建电站,并分地建设发电场、储能电厂,关联性小,方便管控运行和维修。其缺点是,因为储能、发电是独立的,需要专门的系统进行协调和控制,所以造价比较高。

### (三)负荷侧的储能系统

位于负荷侧的储能系统,多指移动电动设备和应急电源,比如移动电话、可充电的电动汽车等。

## 三、光伏储能电站的经济性分析

光伏储能电站经济性的分析可以从多个方面进行,最具代表性的就是财务方面与用电费用方面。基于此,本文也从这两个方面入手分析光伏储能电站的经济性。

### (一)从财务方面分析经济性

#### 1. 建设期的投资

从经济性的角度分析光伏储能电站,可以以储能容量为单元预算投资,通常为1MW/h,高出的部分另外计算。结果显示,其全部投资约100万元,其中,建设期的材料费用高,约90万元,其余10

万元包括占地费、安装费、人工费等。为了确保用电安全,需要及时更换电池。根据当前的行情来看,电池的费用大约为 50 万元。当然,这些不包含发生意外时的费用。但是,因为这些因素具有不确定性,所以暂时不列入考虑的范围。

## 2. 运营期的投资

在光伏储能电站的运营过程中,运营成本主要包括日常运营的材料费、工作人员的工资费和福利费等。具体如下:

第一,各组件的清洗费。通常情况下,不同地区的清洗次数、费用不同。例如:西北地区的电站位于北纬 35—49 度,地处沙漠或戈壁滩,太阳辐射多,需要多次清洗,相应的,清洗费用就比较高。按照 2MW 的规模来看,春季、冬季每月清洗一次,夏季、秋季每 1.5 个月清洗一次,全年下来的清洗费用约 3 万元。而位于东部地区的光伏储能电站,受地理地形、气候等因素的影响,每年的清洗费用和西部地区相比较低。因此,两者一折中,每年的清洗费大约是 3 万元。

第二,维修费用。分析已投运的光伏储能电站发现,其故障多发生于汇流箱、逆变器等设备。在电站的建设和运行初期,这些设备需要进行一段时间的磨合,稍有不慎就可能出现故障,等到中后期,故障发生率明显减少,相应的支出也随之减少。由数据调查和相关计算得知,设备的维修费用是每年 6 万元。

第三,工作人员的工资和福利费。为了节省成本,光伏储能电站多建立在偏远地区,因为需要较多的电池板,再加上其他设备的运行,工作量相对较大,所以需要配备大量的巡检人员,定期定点地进行检查,以便及时发现和处理故障。另外,除巡检人员外,还需要维修人员、技术人员等。总的来看至少需要 10 名左右的工作人员。结合当下的行业薪酬,每年仅工作人员的费用就达到 80 万元。

第四,其他费用。其他费用包括制造费、管理费等,大约是 50 万元。该数据和西南部地区某电站基本相似,可以参考。

综上,2MW/h 的光伏储能电站,其全年总支出不到 300 万元,销售收入参考其他已经投入的光伏储能电站,大约是 550 万元,除去缴纳的税费,净现值收益率比较好。

## (二)从用电费用方面分析经济性

事实上,光伏储能电站在用电费用方面就能节约很多费用。如上文所述,光伏储电站可以在电价低的夜间储存电能,然后在白天的用电高峰期释放出来,以此来节省电费。不同用途的用电价格不同,比如:商业用电峰值是每度 1 元左右,低谷期是每度 0.5 元;工业用电峰值同样也是每度 1 元左右,但低谷期每度不到 0.3 元;家庭用电峰值是每度 0.9 元,低谷期是每度 0.4 元。结合这些数据,若使用上述方法,节约费用情况如下:按照商业用电 2 万度来算,至少可以节约 15 万元的用电费用;以工业用电每月 20 万度来算,至少可以节约 170 万元的用电费用;虽然家庭用电量小,但是也能节约将近 300 度电,可以节约 150 元。比对上述用电情况可发现,在日常电力使用中,光伏储能电站的经济性更高。

## (三)案例分析

以某省的光伏电站为例,其电站装机为 30MW<sub>p</sub>,包括晶硅和非晶硅电池,以 35kV 的电压等级外送电能。统计其 2018 年的发电、限电情况可以发现,其全年共限电 252.9 万 Kw·h,年总限电率为 7.33%。下面,以相关数据和电价为参考,对电池储能系统进行设计,并分析其经济性。

第一,项目投资。项目投资分为建设期投资和运营期投资,建设期投资包括地基、设备费用等,其中,地基等基础费用比较少,可以忽略。一般来说,项目是以 1MW/h 梯次储能容量为单位,因此,本案例同意以该梯次为单位进行投资测算,超出范围根据容量推算。1MW/h 梯次利用储能系统总投资 100 万元,当电池使用寿命到期后进行更换,更换成本 50 万元,其他设备继续使用,具体数据见表 1。

表1 储能系统投资构成

序号	明细	金额(万元)
1	设备材料成本	89.75
2	施工和电气安装	2.75
3	人工成本	2.39
4	制造费用	0.76
5	燃料动力	0.07
6	运费	4.45
总计		100
更换梯次电池包成本		50

第二,财务分析。由于每天限电量处于 1—

7MW·h的时间居多,因此将1—71MW/h作为光伏储能电站的最佳选择范围,预测容量范围内的经济性(见表2)。行业内普遍将税前的内部收益率8%作为项目是否参与投资的参考标准,分析表2数据得知,储能容量处于1—3MW·h时,税前投资回报率比行业的收益率要高,当容量为4MW·h时,则低于行业的收益率。在1—3MW·h的容量方案中,计算税后净现值发现,容量为2MW·h时的净现值为34.16万元,最高。因而,将此容量作为研究对象,以寿命1500次计算,实际调度运行,综合运行天数217天,当电池包达到寿命后,立即进行更换。因此,储能系统的运行年限长达14年,建设期6个月。

表2 1—7MW/h储能系统投资回报率和净现值

容量 (MW/h)	成本 (万元)	系统 寿命 (年)	税前 投资 回报率 (%)	税后 投资 回报率 (%)	税后 财务 净现值 (万元)
1	150	13	11.11	8.87	24.47
2	300	14	9.84	7.92	34.16
3	450	16	8.43	6.88	25.39
4	400	9	7.1	5.45	-9.45
5	500	11	6.14	4.78	-30.16
6	600	12	5.07	3.99	-62.68
7	700	13	4.25	3.43	-96.94

根据综合运行天数来看,每年发电量为43.56万kW/h,按照1.08元/kW/h计算,每年的售点收入约47.04万元。分析财务情况(见表3)发现:本案例总投资为308.99万元,同样按1.08元/kW/h计算(含税电价),除去增值税后,销售收入约564.35万元;所得税前投资回报期为8.46年,所得税后投资回报期为9.14年,内部收益率分别为9.84%、7.92%,其中,税前内部收益率超出行业标准;税前、税后的财务净现值分别为50.40万元、34.16万元,这说明本案例的净现值收益良好。另外,在本案例执行过程中,资产负债率由(第一年)80.8%降至5.33%(最后一年初),这说明本案例的项目财务风险比较低,债务偿还能力强。

表3 财务汇总情况分析

项目名称	数值
装机容量(MW/h)	2
年上网电量(MW/h)	435.60
总投资(万元)	308.99
建设期利息(万元)	2.99
流动资产(万元)	6.00
销售收入总额(万元)	564.35
总成本费用(万元)	350.57
发电利润总额(万元)	207.68
项目投资回收期(税前)(年)	8.46
项目投资回收期(税后)(年)	9.14
项目投资内部收益率(税前)(%)	9.84
项目投资内部收益率(税后)(%)	7.92
项目投资财务净现值(税前)(万元)	50.40
项目投资财务净现值(税后)(万元)	34.16

第三,敏感性分析。储能系统的动态评价指标受投资成本、年上网电量等因素影响。其中,含税上网电价、上网电量对系统收益率产生的影响相同,售电收入直接影响项目的收益。一般而言,项目所得税后的内部收益率会随着上网电价或上网电量(含税)呈类似线性变化的关系。应注意的是,当上述两者降低10%时,税前的收益率将降至8%,达到行业内的基准。此时,项目税后的收益率降至6.43%,这说明针对当前的上网电价,储能项目可以承担10%的上网电价或发电量下降的风险。以税前收益率8%为基准评判是否进行投资时,项目的平准化成本为0.97元/MW·h。当项目静态投资明显增加时,所得税后的内部收益率持续降低,但是降低幅度缓慢。若静态投资在现有基础上增加12%,则税前的内部收益率同样会降至8%,和行业内的基准收益率相符。这时,税后收益率降至6.43%,提示该项目至少能够承受12%的成本增加风险。

#### 四、结语

综上所述,光伏储能电站的应用可以有效解决不可再生能源给电网带来的影响,提高日常用电的稳定性。本文从财务和用电费用方面对光伏储能电站的经济性进行了分析与评估,希望能在证实该系统价值的同时,研发出更多先进的技术,以进一步提升电网风险的可控性,提高各方的经济效益。

【作者简介】张鲲(1988—),男,山东枣庄人,博士研究生,中级经济师,国网综合能源服务集团有限公司,研究方向为综合能源。