

DOI:10.3969/j.issn.1674-1951.2019.04.013

# 固定可调支架系统调节策略改进分析

Analysis on improved adjustment strategy for adjustable fixed bracket system

吴少璟, 周长友, 陈彬, 陆刚

WU Shaojing, ZHOU Changyou, CHEN Bin, LU Gang

(合肥阳光新能源科技有限公司, 合肥 230001)

(Hefei Sunshine New Energy Technology Company Limited, Hefei 230001, China)

**摘要:**传统固定可调支架系统全寿命周期选用一种固定调节策略,即全寿命下每年的调节次数不变,然而因为全寿命周期组件的衰减和人工调节费用的增加,该调节方法并不是最优策略。基于目前常用的折现后的损益模型,以合肥阳光新能源科技有限公司格尔木项目数据为例,分析确定经济效益最优的合理调节方式,结果表明:全寿命周期内前8年选择每年4次调节,随后选择每年3次调节可以使效益最优。

**关键词:**光伏发电;辐照量;全寿命周期;固定可调支架;调节策略;经济性分析;损益模型

**中图分类号:**TM 615      **文献标志码:**B      **文章编号:**1674-1951(2019)04-0056-03

**Abstract:**The traditional fixed adjustable bracket system uses a fixed adjustment strategy throughout its life cycle which means the number of adjustment time per year is unchanged in the whole life cycle. However, because of the degradation of PV panels and the increase of manual adjustment cost, the traditional method is not the optimal strategy. Based on the discounted profit and loss model, it analyzes and determines the reasonable adjustment method with the best economy based on the data of Golmud Project of Hefei Sunshine New Energy Technology Company Limited. The results show that adjusting 4 times per year in the first 8 years and adjusting 3 times per year in the following years of the whole life cycle can optimize the benefits.

**Keywords:**PV generation; insolation; the whole life cycle; fixed adjustable bracket; adjustable fixed bracket; economic analysis; profit and loss model

## 0 引言

随着固定可调支架进入人们的视野,如何最大化固定可调系统的收益是一个广泛关注的话题,增加调节次数毫无疑问可以增大倾斜面辐照量<sup>[1]</sup>,然而费用也会随着调节次数的增加而相应增加。本文基于经济性分析,以合肥阳光新能源科技有限公司格尔木项目数据为例,考虑可调支架系统带来的额外收益和支出,提出了一种新的计算模型,分析合理调节模式使经济效益最佳。本文所用的辐照量数据来源于PVsyst中的MN7.1数据库,PVsyst软件是一套著名的光伏系统仿真模拟软件,由瑞士Geneva大学环境科学学院André Mermoud博士开发。PVsyst软件主要用来对光伏发电系统进行建模仿真,分析影响发电量的各种因素,并最终计算得出光伏发电系统的发电量,可应用于并网系统、离网系统、水泵

和直流系统等,软件含有丰富的NASA和Meteonorm气象资源库、国内外组件数据库和逆变器数据库及定量分析工具等,深受国内外工程设计、产品研发、设计院和高校等光伏从业人士的欢迎<sup>[2]</sup>。本文选用的是Meteonorm7.1,该数据库是目前世界范围内应用最为广泛,同时在我国最为准确的数据库之一<sup>[3]</sup>。

## 1 传统固定可调系统经济性模型

固定可调的额外收益得益于多次角度调节增加的倾斜面辐照量,固定可调支架每年调节 $t$ 次的辐照量增加值 $\partial_i$ 可示为

$$\partial_i = T(t) - T(1), \quad (1)$$

式中: $T(1)$ 为固定式支架系统的辐照量, $(\text{kW} \cdot \text{h})/\text{m}^2$ ; $T(t)$ 为每年 $t$ 次调节的辐照量, $(\text{kW} \cdot \text{h})/\text{m}^2$ 。

基于增加的辐照量和系统方面相应的参数,计算增加的收益。光伏电站的寿命为25年,因此进行经济性分析时需考虑折现率的影响,而折现率表示的是金钱的时间效应<sup>[4]</sup>。每kW组件增加的收益可

表示为

$$NPV_{\text{benefit}}(t) = \sum_{N=1}^{25} \frac{P\delta_t(1-\Phi_0)(1-\Phi_1)^{N-1}\eta}{(1+i)^{N-1}}, \quad (2)$$

式中:  $P$  为上网电价, 元/(kW·h);  $\eta$  为系统效率, %;  $i$  为折现率, %;  $\Phi_0$  为组件首年衰减, %;  $\Phi_1$  为系统每年衰减, %;  $N$  为年数, 1 为首年, 全寿命周期 25 年;  $t$  为年调节次数;  $NPV_{\text{benefit}}(t)$  为  $t$  次调节下, 折现后因发电量增加而增加的总收益。

以每 kW 组件作为单位进行计算, 计算出相较于固定式多出来的费用分为 2 种, 一种是固定可调支架相比于固定式支架增加的费用, 另一种是人工调节费用, 该费用会随着调节次数的增加而增加。增加的额外支出见式(3)。

$$NPV_{\text{costtotal}}(t) = C_{\text{initialcost}} + t \sum_{N=1}^{25} \frac{C(1+u)^{N-1}}{(1+i)^{N-1}}, \quad (3)$$

式中:  $NPV_{\text{costtotal}}(t)$  即  $t$  次调节下, 折现后因初始投入增加和人工费用增加而增加的总成本, 元/kW;  $C_{\text{initialcost}}$  为系统初始投入, 元/kW;  $C$  为单次调节人工费用, 元/kW;  $u$  为每年人工费用增加的比例, %。

基于固定可调支架系统相比固定式支架系统的额外折现收益和花费, 折现净利润

$$NPV_{\text{final}}(t) = NPV_{\text{benefit}}(t) - NPV_{\text{costtotal}}(t), \quad (4)$$

将折现收益式(2)和折现花费式(3)代入后可得

$$NPV_{\text{final}}(t) = \sum_{N=1}^{25} \frac{P\delta_t(1-\Phi_0)(1-\Phi_1)^{N-1}\eta - tC(1+u)^{N-1}}{(1+i)^{N-1}} - C_{\text{initialcost}}, \quad (5)$$

式中:  $NPV_{\text{final}}(t)$  为最终折现的现金流, 即折现收益减去折现支出。

因此, 当  $NPV_{\text{final}}(t) \geq 0$  时, 可以确认  $t$  次调节优于固定式支架系统。同理, 当  $NPV_{\text{final}}(t)$  达到最大时, 说明使用该调节次数在全寿命周期内最优, 即工程上最常使用的调节次数。

## 2 模型应用于分析

下面取 2018 年格尔木领跑者项目为例进行推算, 其中的人工费用和人工费用增加数据基于当地劳务水平以及固定可调支架系统调节方式和合肥阳光新能源科技有限公司相关数据的估算, 式(5)中的相应数据为  $P=0.31$  元/(kW·h),  $\Phi_0=2.00\%$ ,  $\Phi_1=0.55\%$ ,  $i=5\%$ ,  $\eta=83\%$ ,  $C_{\text{initialcost}}=100$  元/kW,  $C=2$  元/kW,  $u=5\%$ 。

取每年调节次数  $t$  分别为 2, 3, 4, 12, 其中  $t=2, 3, 4$  的取值基于目前工程经验, 目前常见取值为  $t=3$  或 4。工程中  $t>4$  次较少采用, 但为便于分析, 取  $t=12$ , 即每月调节 1 次的数据进行对比分析。不同

调节次数下, 峰值小时数与固定支架峰值小时数差值  $\delta_t$  以及与固定式支架系统的折现现金流差值  $NPV_{\text{final}}(t)$  见表 1。由表 1 可知, 年调节次数为 3 时 NPV 差值最大, 所以传统方法会选用 3 次作为调节次数。

表 1 年调节次数与固定式支架的峰值小时数差值

Tab. 1 Difference between the number of adjustment per year and the peak hours of the fixed bracket

调节次数	与固定式支架的峰值小时数差值/(kW·h)·m <sup>-2</sup>	与固定式支架的 NPV 差值/(元·kW <sup>-1</sup> )
2	92.0	144.8
3	112.5	177.1
4	122.5	172.4
12	132.3	-113.6

## 3 分析模型改进与应用

以上模型中有一个默认的假设, 即年调节次数不会随年份变化而变化, 若每年 3 次调节, 那么全寿命周期 25 年内都将是 3 次调节<sup>[5]</sup>。实际上由于组件存在衰减率, 输出电量会逐渐降低, 效益会逐渐减少, 而人工费用会逐渐增加, 说明随着年份的增加, 每年的 NPV 一定会减少。因此, 或许可以通过减少调节次数来增加收入, 判断的依据是不同调节次数下 NPV 的差值, 可表示为

$$NPV_{\text{final}}(t, N) - NPV_{\text{final}}(t-1, N) = \frac{P(\delta_t - \delta_{t-1})(1-\Phi_0)(1-\Phi_1)^{N-1}\eta - tC(1+u)^{N-1}}{(1+i)^{N-1}}. \quad (6)$$

式(6)为第  $N$  年,  $t$  次调节与  $t-1$  次调节折现总收益的差值。以 3 次调节为基准, 则  $t-1=3$ , 即  $t=4$  基于式(6)计算 4 次调节的额外收益, 结果如图 1 所示。

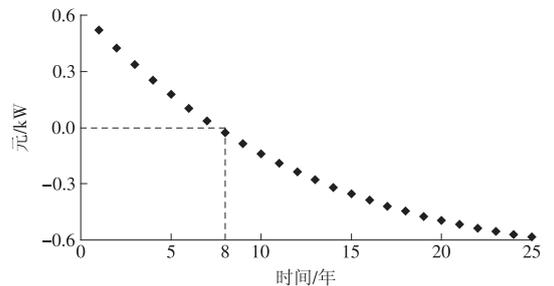


图 1 以 3 次调节为基准计算 4 次调节的折现现金流

Fig. 1 Discounted cashflow of 4 times adjustments based on 3 times adjustments

图 1 的计算结果表明: 全寿命周期前 8 年, 每年 4 次调节比每年 3 次调节可获得更明显经济效益; 8 年后, 每年选用 3 次调节更趋于合理。

同理, 依据式(6)以 2 次调节的 NPV 为基准比较 2 次和 3 次调节, 检验能否进一步优化。结果表

明:不同年份每年调节 2 次与每年调节 3 次折现总收益差值均为负值,说明不同年份每年调节 3 次始终优于每年调节 2 次。因此,较为合理的调节方式应为全寿命周期前 8 年采用每年 4 次调节,8 年之后均采用每年 3 次调节。在这种情况下,相比于传统的均使用 3 次调节,每 1 kW 组件收益由原来的 177.10 元增加至 178.95 元,增加了 1.85 元,提高了 1.03%。

## 4 结论

(1)考虑资金折现,综合分析固定可调支架系统产生的额外收益和支出,存在合理的每年调节次数使固定可调支架系统的折现净利润最佳;进一步考虑组件存在衰减率,每年调节次数不同可获得更为显著的折现净利润。

(2)根据格尔木领跑者项目相关数据资料,相较于固定式支架系统,如果每年调节次数不变,固定可调支架系统选择每年 3 次调节可获得最佳折现净利润;如果全寿命周期内每年调节次数可变,采用前 8 年每年调节 4 次,之后每年调节 3 次的调节方式

更为合理。

## 参考文献:

[1]毕金锋,平瞳其,吴雪萍. 刚察扎苏合光伏电站固定可调支架发电效益分析[J]. 实验室研究与探索,2016,35(1):31-33,53.  
 [2]罗贇. 基于 PVsyst 的独立光伏系统设计[J]. 信息通信,2015(5):53-55.  
 [3]王小杨,黄平祖,陈荣荣. 基于 PVsyst 与 Meteonorm 的太阳能资源评估结果分析[J]. 建筑电气,2017,36(7):36-40.  
 [4]王晶,高建设,宁宣熙. 收益法评估中折现率研究[J]. 管理世界,2011(4):184-185.  
 [5]黄天云,白盛强. 倾角可调光伏支架结构的研究[J]. 太阳能,2013(15):34-36,41.

(本文责编:白银雷)

## 作者简介:

吴少璟(1992—),男,安徽合肥人,助理工程师,工学硕士,从事光伏系统设计方面的工作(E-mail:1743921922@qq.com)。

# 《华电技术》来稿要求

(1)文章主题明确,材料真实,结构严谨,文字简明准确,符合创新性、科学性、实用性原则,学术类、专题类、综述类论文一般不超过 5000 字,其他文稿 4000 字以内为宜。

(2)文章题目不超过 20 字,提供 5~8 个中文关键词,200~300 字的中文摘要,并翻译成英文;同时还需提供作者单位及英文名称,作者姓名及汉语拼音,城市名及邮政编码。

(3)摘要内容包括目的、方法、结果、结论四要素,要求用词准确,简明扼要;关键词应紧扣主题,并符合电力主题词表要求等。

(4)文稿应正确使用国家法定计量单位及符号,对文中首次出现的非公知公用的缩略语要在括号中注明全称,对外文字母、数学符号要区分其大小写、正斜体、上下角标。

(5)插图要有图序和简洁的中英文图题,并将图序、图题、图注等标在相应图框下方。

(6)参考文献仅著录作者亲自阅读过并在文稿中直接引用的公开发表的文献,在引文处标注序号。参考文献表中所列专著和论文应标明:作者、文献题名、出版社、出版地、出版年和页码,或者期刊名称、年号、期次、页码,并在题名后标注文献类型标志:[M]图书;[C]会议录;[G]汇编;[N]报纸;[J]期刊;[D]学位论文;[R]报告;[S]标准;[P]专利;[DB]数据库;[CP]计算机程序;[EB]电子公告;[A]档案;[CM]舆图;[DS]数据集;[Z]其他。

(7)国家、省部级重大科研攻关项目及基金资助项目,请注明项目名称及项目编号。

(8)文稿请提供 word 电子文档,文中图片可以以单独电子文档提供(文档格式:. dxf,. dwg,. eps 等矢量图格式)。请勿一稿多投,不论采用与否,恕不退稿。30 天内未接到本刊录用通知,作者可自行处理。

(9)作者需提供:姓名、出生年、性别、民族、籍贯、职务、职称、学位、研究方向、有效联系电话、电子邮箱、通信地址、邮编等。

欢迎登录《华电技术》网站(www. hdpower. net)进行网上投稿。

《华电技术》编辑部联系方式:

地址:河南省郑州市郑东新区龙子湖湖心岛湖心环路 27 号 邮编:450046 咨询电话:0371-58501042/1058

广告:0371-58501038 传真:0371-58501055

E-mail:hdjs-chd@vip.163.com hdjs@chec.com.cn