

分布式光伏发电在胜利油田井场的应用

谢 炜¹ 王兆棋²

东营海利丰志成工程设计咨询有限公司 山东东营 257000

摘要: 太阳能资源的开发利用是我国能源发展战略和调整电力结构的重要措施之一,中石化大力推进和使用新能源,构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系。本次分布式光伏发电在胜利油田井场应用按照“就近并网、本地消耗、低损高效”的原则,利用井场空地新建分布式并网光伏发电系统。通过对项目区域太阳能资源进行评估、光伏方阵组件选型、优化安装倾角及方位角、安装高度及间距,采用经济可行的光伏组件和并网方式,可以实现良好的经济效益和环境效益。对努力构建安全、绿色、油田特色的现代分布式电源具有特殊的意义,对油田新能源建设具有示范作用。

关键词: 油田井场光伏电站;太阳能资源条件;组件选型;方阵运行方式选择

Application of distributed photovoltaic power generation in well site of Shengli Oilfield

Wei Xie¹, Zhaoqi Wang²

Dongying Haili Fengzhicheng Engineering Design Consulting Co., LTD., Dongying shandong 257000

Abstract: The development and utilization of solar energy resources is one of the important measures for China's energy development strategy and adjustment of power structure. Sinopec vigorously promotes and uses new energy to build a clean, low-carbon, safe and efficient modern energy system. The application of distributed photovoltaic power generation in the well site of Shengli Oilfield follows the principle of “nearby grid connection, local consumption, low loss and high efficiency”, and uses the open space of the well site to build a new distributed grid-connected PHOTOVOLTAIC power generation system. Good economic and environmental benefits can be achieved by evaluating solar energy resources in the project area, selecting photovoltaic array modules, optimizing installation inclination, azimuth Angle, installation height and spacing, and adopting economical and feasible photovoltaic modules and grid connection. It has special significance to construct safe, green and oilfield characteristic modern distributed power supply, and has demonstration effect on oilfield new energy construction.

Keywords: Oilfield wellsite photovoltaic power station; Solar energy resource conditions; Component selection; Square matrix operation mode selection

引言:

太阳能资源的开发利用已纳入了国家能源发展的基本政策之中,是我国能源发展战略和调整电力结构的重

要措施之一,《国家能源局关于建立可再生能源开发利用目标引导制度的指导意见》(国能新能[2016]54号)^[1]明确规定山东省的全社会用电量中非水电可再生能源电力消纳量比重要达到10%以上。《山东省可再生能源电力消纳保障机制实施方案》(鲁发改能源[2019]1233号)文件明确了可再生能源电力消纳责任权重及考核办法,通过电力批发市场购电的电力用户2020年最低消纳责任权重14%。

中石化提出着力构建以能源资源为基础,以洁净能源和合成材料为两翼,以新能源、新经济、新领域为重

作者简介:

1.谢炜(1975.5),男,本科学历,工学学士学位,中级职称,研究方向为油气田地面工程,东营海利丰志成工程设计咨询有限公司;

2.王兆棋(1991.4),男,本科学历,中级职称,研究方向为油气田地面工程,东营海利丰志成工程设计咨询有限公司。

要增长点的“一基两翼三新”产业发展格局,大力推进和使用新能源,构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系。到2023年建成清洁、高效、低碳、循环的绿色企业,6年内清洁能源产量占比超过50%^[2]。

作为安全环保、节能减排的新能源与油田生产协调发展试点工程,本次分布式光伏发电在胜利油田井场应用按照“就近并网、本地消耗、低损高效”的原则,利用油田井场空地新建分布式并网光伏发电系统,新建清洁能源示范标杆,对努力构建安全、绿色、油田特色的现代分布式电源具有特殊的意义,对油田新能源建设具有示范作用。

一、太阳能资源条件分析及应用方案设计

确定分布式光伏发电井场地理位置信息后,首先根据国家及省份太阳能资源分布图,统计光伏发电选址区域年日照数、年辐射总量及平均日辐射量,并引用Meteonorm提供的多年平均逐月分析数据,对项目拟选区域太阳能资源进行评估。确定所选区域气象条件符合逆变器和电池组件的工作温度范围并持续安全可靠运行。

根据《太阳能资源评估方法》(GB/T 37526-2019),以年水平面总辐射量为指标,对太阳能的丰富程度划分为最丰富、很丰富、丰富及一般共4个等级。依据项目区域太阳总辐射年总量,确定拟选区域所属太阳能资源丰富区域等级在丰富以上,保证项目区域太阳能资源具有一定的开发价值。同时,判断拟选区域对应水平面总辐射稳定度(CHRS)在很稳定、稳定、一般、欠稳定共4个等级划分的前3个等级之中,确保其稳定度评价过关。太阳能资源丰富区域等级和稳定度均满足的井场将作为分布式并网光伏电站选址区域。

接下来对太阳能资源丰富区域等级和稳定度均合格的选址井场进行接入系统方案优选。

井场进行接入系统方案主要讨论光伏方阵并网发电方式^[3]。光伏方阵组成1个并网发电单元,发电单元直流输出经1台组串逆变器逆变为交流电后接入低压并网配电箱,低压并网柜通过电缆接入井场内已建配电箱母线,实现并网发电功能,系统方案采用不可逆流并网系统。一次系统接入方案参照《国家电网公司分布式光伏发电接入系统典型设计方案》中的XGF380-Z-2方案,分布式光伏井场主要采用0.4kV电压等级并网,三相交流电就地接入新建杆上变低压侧综合配电箱,因接入模式为自发自用,在并网节点单套设置并网电能表,并借助当地供电公司的专业团队负责计量装置安装、并网验收和并网调试。

1. 光伏方阵组件选型

光伏组件(也叫太阳能电池板)是太阳能发电系统中的核心部分,其作用是将太阳能转化为电能。光伏组件性能的各项参数主要包括:标准测试条件下组件峰值功率、峰值电流、峰值电压、短路电流、开路电压、最大系统电压、组件效率、短路电流温度系数、开路电压温度系数、峰值功率温度系数等,其各项参数指标的优劣直接影响着整个光伏发电系统的发电性能。目前光伏组件主要有三种^[5]:晶体硅太阳能电池、薄膜太阳能电池和聚光太阳能电池,晶体硅太阳能电池又分单晶太阳能电池板、多晶太阳能电池板。其中:

(1) 晶体硅电池应用最广泛,占80%以上,晶体硅电池的优点是转换效率较高、占地面积小,缺点是硅耗大、成本高,比较适于城市地区;

(2) 薄膜电池近年增长迅速,占10%以上,其优点是硅耗小、成本低,缺点是转换效率低、投资大、衰减大、占地面积大,比较适于偏僻地区的并网电站和建筑光伏一体化;

(3) 聚光电池的优点是转换效率高,缺点是不能使用分散的阳光、必须用跟踪器将系统调整到与太阳精确相对,目前主要用于航天航空。

目前分布式光伏组件主要选用单晶太阳能电池板、多晶太阳能电池板两种。其中:

(1) 光电转换效率:单晶硅太阳能是当前开发得最快的一种太阳能电池,单晶硅太阳能电池的光电转换效率为18%左右,最高的达到24%,这是所有种类的太阳能电池中光电转换效率最高的;多晶硅太阳能电池的光电转换效率约16%左右。

(2) 弱光下的光电转换效率差别:在弱光环境中,单晶硅组件的光电转换效率同样高于多晶硅组件。

(3) 组件寿命比较:单晶硅一般采用钢化玻璃以及防水树脂进行封装,因此其坚固耐用,使用寿命可达25年,多晶硅在使用10~20年后,衰减高于单晶硅。

(4) 性能价格比较:多晶硅太阳能电池从制作成本上来讲,比单晶硅太阳能电池要便宜一些,材料制造简便,节约电耗,总的生产成本较低,因此得到大量发展。从性能价格比来讲,单晶硅太阳能电池还略好。

根据中国电子信息产业发展研究院、中国光伏行业协会组织专家编制的《中国光伏行业发展路线图》,随着光伏市场的不断发展,高效电池将成为市场主导,单晶硅电池市场份额将会逐步增大,预计到2025年达到48%,其中N型单晶硅电池的市场份额由2016年的3.5%

提高到2025年的30%，而多晶硅电池的市场份额将由2016年的80%下降到2025年的48%。

多晶硅与单晶硅太阳能电池性能对比分析结论如下：

①晶体硅电池技术成熟，产品性能稳定，产品市场占比大，使用寿命长。

②商业化使用的太阳能光伏电池中，单晶硅转换效率最高，多晶硅其次；在同样的环境中使用同等时间之后，单晶硅组件的衰减率低于多晶硅组件；在使用10~20年后，单晶硅组件的光电转换效率要高于多晶硅组件。

③晶体硅电池组件故障率极低，运行维护最为简单。

④在开阔场地上使用晶体硅光伏组件安装简单方便，布置紧凑，可节约场地。

⑤尽管非晶硅薄膜电池在价格、弱光响应，高温性能等方面具有一定的优势，但是使用寿命期较短。

⑥两种晶体硅电池最大的差别是单晶硅的光电转化效率高于多晶硅电池，也就是相同功率的电池组件，单晶硅电池组件的面积小于多晶硅电池组件的面积。若仅考虑技术性能，在工程实际应用过程中，无论单晶硅还是多晶硅电池都可以选用。多晶硅光伏组件转换效率偏低，单瓦造价相对便宜，适合建设用地较为充足的工程；单晶硅光伏组件转换效率较高，单瓦造价相对偏高，适用于建设用地紧缺的工程。

2. 光伏方阵运行方式选择

光伏方阵的运行方式有简单的固定式、倾角季度调节式和自动跟踪式三种类型。自动跟踪式又可分为“单轴跟踪”、“双轴跟踪”两种类型。

固定式表述为光伏方阵固定安装在支架上，一般朝南正南方向放置，且有一定的倾角。倾角可根据当地辐射和地理位置进行优化选择。

单轴跟踪式方阵通过围绕位于光伏方阵面上的一个轴旋转来跟踪太阳。该轴可以有任一方向，但通常取东西横向，南北横向，或平行于地轴的方向。最常见的是轴取为南北横向，且有一定的倾角。斜单轴跟踪系统能够提高安装组件整体发电量20%以上。

双轴跟踪式方阵有两个可以旋转的轴，通过旋转这两个轴可使得方阵面始终和太阳光垂直，从而最大可能捕获太阳能。双轴跟踪系统能够提高安装组件整体发电量35%以上。

倾角季度调节式在大型光伏电站使用较少。倾角季度调节式与倾角设为最优的固定式相比，年总发电量提高5%左右，考虑其造价的增加以及人力成本的增加，该

运行方式整体而言并不经济。

固定式与自动跟踪式各有优缺点：固定式初始投资较低、且基本免维护。自动跟踪式初始投资稍高、需要一定的维护，但年发电量较倾角最优固定式相比有较大的提高。尤其是双轴跟踪系统，发电量提高比较明显，但其成本、占地面积增加较多，支架故障维护也更频繁；采用固定式光伏发电方阵布置方式，具有电池板布局整齐美观，站区分区明确，设备编号和管理方便，运行和检修清扫方便等优点。

综合考虑跟踪系统成本和占地费用，而发电量和电价销售收入相对较少的情况下，并场光伏发电项目推荐使用固定式方案。

3. 光伏组件串并联

为了得到较高的电压，并通过最大功率点跟踪系统来获得最佳的发电效果，需要将各个光伏组件用串、并联的办法连接成为光伏阵列。

$$N \leq \frac{V_{dcmax}}{V_{oc} [1 + (t - 25) \times K_V]}$$

$$\frac{V_{mppt\ min}}{V_{pm} \times [1 + (t' - 25) \times K_V']} \leq N \leq \frac{V_{mppt\ max}}{V_{pm} \times [1 + (t - 25) \times K_V']}$$

式中：N——光伏组件串联数（N取整）；

K_V ——光伏组件的开路电压温度系数；

K_V' ——光伏组件的工作电压温度系数；

t ——光伏组件工作条件下的极限低温（℃）；

t' ——光伏组件工作条件下的极限高温（℃）；

V_{dcmax} ——逆变器允许最大直流输入电压（V）；

$V_{mppt\ max}$ ——逆变器MPPT电压最大值（V）；

$V_{mppt\ min}$ ——逆变器MPPT电压最小值（V）；

V_{oc} ——电池组件开路电压（V）；

V_{pm} ——电池组件工作电压（V）。

当 $V_{mppt\ max}$ 为1000V， $V_{mppt\ min}$ 为200V时，540W_p单晶硅组件一个组串的组件串联数需在4~19块；当 $V_{mppt\ max}$ 为950V， $V_{mppt\ min}$ 为200V时，540W_p单晶硅组件一个组串的组件串联数需在4~18块。

4. 安装倾角及方位角

方阵倾角采用Meteonorm软件进行分析，计算得到在不同倾角下方阵斜面上太阳辐射量，在倾角30°~33°时光伏阵列倾斜面上太阳能年总辐射量最大，最大值为1541kW·h/m²·a，并结合《光伏电站设计规范》GB 50797-2012附录B中光伏阵列最佳倾角参考值，选择设计倾角32°。一般在北半球，光伏组件朝向正南（即方位角为0°）时，光伏组件的发电量最大。光伏电

池方阵采用固定式支架, 方位角为 0° 。

5. 安装高度及间距

参照GB 50797-2012《光伏电站设计规范》6.7.3条款跟踪系统内组件最低点离地不宜低于0.3m, 考虑方便安装施工, 结合场地排涝等现状, 安装离地低点高度确定为0.5m。

阵列间的距离对光伏电站的输出功率和转换效率有很大影响, 北纬40度地理位置太阳能光伏板前后间距确定原则为冬至当天的9:00至下午3:00, 光伏方阵不被遮挡, 计算前后间距为6.2m。

6. 并网接入

参考《光伏电站设计规范》(GB 50797-2012)和《分布式电源接入配电网设计规范》(Q/GDW 11147-2013)中, 对于单个并网节点, 接入的电压等级应按照安全性、灵活性、经济性的原则, 根据分布式电源容量、发电特性、导线载流量、上级变压器及线路可接纳能力、用户所在地区配电网情况确定。最终并网电压等级应根据电网条件, 通过经济技术必选论证确定。若高低两级电压均具备接入条件, 优先采用低电压等级接入。

7. 发电量预测及经济效果评价

分布式光伏电站的发电量按照下列公式进行计算。

$$E_p = H_A \times \frac{P_{AZ}}{E_s} \times K$$

E_p : 上网发电量 Kw.h

H_A : 太阳能总辐射量 Kw.h/m²

P_{AZ} : 组件安装容量

E_s : 标准条件下的辐照度 (const=1 Kw.h/m²)

K : 综合效率系数

根据光伏组件年衰减情况分析表^[4], 第一年衰减按2.5%计, 以后逐年衰减0.6%计。10年内衰减不超过10%, 15年总衰减不超过20%。太阳能电池组件选用2200块540Wp项目初始理论发电量 $E_p=1541 \times 1173.96 \times 0.843=152.50 \times 10^4 \text{kW} \cdot \text{h}$, 运行15年累积发电量 $2138.97 \times 10^4 \text{kW} \cdot \text{h}$, 投资静态回收期5.2年, 经济效益及环境效益可观。

二、结束语

油田地面设施运行是产能大户, 也是用能大户。机械采油井场用电区域点多、面广, 利用井场空地实施光伏发电可实现全部自发自用, 符合国家提倡的不限规模的光伏类型。通过对井场光伏发电方案的优化论证, 采用经济可行的光伏组件和并网方式, 可以实现良好的经济效益和环境效益。

参考文献:

- [1]2018年光伏发电统计信息[R]. 国家能源局, 2019.
- [2]2020年中国光伏行业发展路线图[R]. 中国光伏行业协会, 2021
- [3]太阳能光伏发电系统设计与应用实例[J]. 电源技术, 2017 (01)
- [4]李继伟, 周琼. 光伏发电系统储能技术的研究[J]. 石化技术, 2017 (03)