

山地光伏电站间距计算与合理选址

特变电工新疆新能源股份有限公司 ■ 王建勃* 何银涛 黄华

摘要: 随着荒漠光伏电站可利用的平整场地越来越少,山地光伏电站逐渐增多,而山地光伏电站阵列间的遮挡问题比较普遍,从而造成光伏电站发电量下降,影响企业效益。本文以光伏规范阵列间距的理论计算公式为依据,结合山地丘陵地形的特点,推导出山地光伏电站的间距计算公式,并对山地光伏电站的选址提出建议,可为山地光伏电站的场地平整及总平面布置等工作提供一定的指导。

关键词: 山地光伏电站; 光伏阵列; 间距计算; 选址

0 引言

光伏电站是利用光伏组件将太阳能转换为电能,然后通过汇流箱、直流柜、逆变器、变压器等一系列设备将电能转换为特定参数的系统。发电量的大小将直接影响光伏电站的收益,而阴影遮挡是影响光伏发电的主要因素之一。根据 GB 50797-2012《光伏发电站设计规范》要求,光伏阵列间距设置要保证在全年每天 9:00~15:00(当地真太阳时)时段内前、后、左、右互不遮挡。

本文以北半球为论述对象,故所述纬度均指北纬。

1 遮挡计算

GB 50797-2012《光伏发电站设计规范》第 7.2.2 条给出了一般荒漠电站光伏阵列的间距计算公式:

$$D = L \cos \beta + L \sin \beta \frac{0.707 \tan \phi + 0.4338}{0.707 - 0.4338 \tan \phi} \quad (1)$$

式中, L 为阵列倾斜面长度; D 为两排阵列之间的距离; β 为阵列倾角; ϕ 为当地纬度。

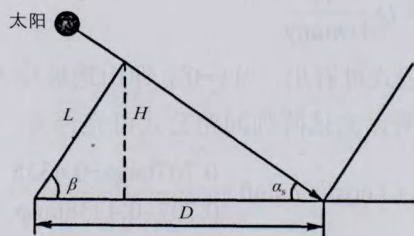


图 1 阵列间距示意图

由图 1 可看出,规范给出的光伏阵列间距计算公式只适用于平整地面,而在如图 2 所示坡度角为 γ 的山地上并不适用。为了更深入地了解山地光伏阵列间距的特性,对规范中的公式进行推导完善。

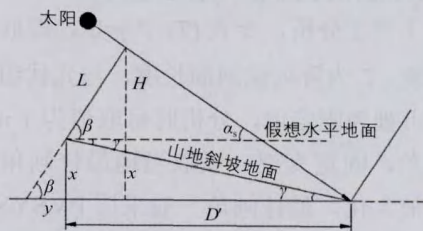


图 2 山地阵列间距示意图

如图 2,为求出山地光伏阵列的间距 D' ,根据相似三角形原理,以 L 、假想水平地面及太阳

收稿日期: 2014-11-19

通信作者: 王建勃(1984—),男,本科,主要从事光伏电站设计等工作。wangjianbo360@126.com

入射光线所围成的三角形, 与以 L 及其延长线、 $D'+y$ 、太阳入射光线所围成的三角形相似, 令

$$\frac{0.707\tan\phi+0.4338}{0.707-0.4338\tan\phi}=n \quad (2)$$

可列出以下方程式:

$$\frac{H}{x+H} = \frac{H\cot\beta+Hn}{X\cot\beta+D'} \quad (3)$$

简化后可得:

$$D' = \frac{H\cot\beta}{1-n\tan\gamma} + \frac{Hn}{1-n\tan\gamma} \quad (4)$$

由于 $H\cot\beta=L\cos\beta$, $H=L\sin\beta$, 可得:

$$D' = D \frac{1}{1-n\tan\gamma} \quad (5)$$

式 (5) 的推导前提是山地坡度为南高北低的情况, 同理可推导出山地坡度为北高南低的公式为:

$$D' = D \frac{1}{1+n\tan\gamma} \quad (6)$$

由公式可看出, 当 $\gamma=0^\circ$, 即山地坡度为 0° 时, $D'=D$, 所以光伏阵列间距公式可完善为:

$$D = \left(L\cos\beta + L\sin\beta \frac{0.707\tan\phi+0.4338}{0.707-0.4338\tan\phi} \right) / \left(1 \pm \tan\gamma \frac{0.707\tan\phi+0.4338}{0.707-0.4338\tan\phi} \right) \quad (7)$$

式中, γ 为山地坡度角, 当坡度为南高北低时式中“ \pm ”取“-”号, 当坡度为北高南低时地式中“ \pm ”取“+”号。

2 不同纬度的光伏阵列间距特性

为了便于分析, 令式 (7) 中 $\gamma=0^\circ$, 即取平地为研究对象。 L 为阵列倾斜面长度, 与光伏组件尺寸相关, 可视为固定值, 分析时可取值为 1 m 。 β 为阵列倾角, 固定支架一般取当地最佳倾角来达到发电量最大化, 最佳倾角一般采用 PVSYST 等光伏专业软件进行计算^[1], 其值与当地纬度成正比, 根据工程经验 β 值与当地纬度 ϕ 值相差 $1^\circ \sim 2^\circ$, 为了便于分析令 $\beta=\phi$, 不影响分析结果的正确性。

综上所述, 将式 (7) 简化为:

$$D = L\cos\phi + L\sin\phi \frac{0.707\tan\phi+0.4338}{0.707-0.4338\tan\phi} \quad (8)$$

分析 ϕ 在 $0^\circ \sim 50^\circ$ 范围变化时 D 的变化趋势, 如图 3 所示。

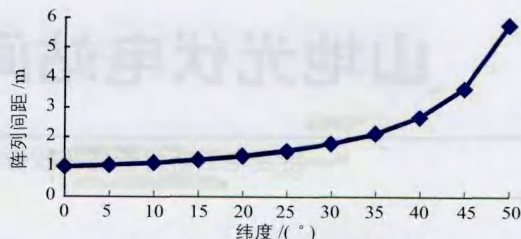


图 3 阵列间距随纬度变化曲线

根据图 3 可得出以下结论:

- 1) 相同规格的光伏组件按最佳倾角安装, 其阵列间距随纬度的增加而增大;
- 2) 当纬度达到 45° 时, 阵列间距是纬度为 0° 时阵列间距的 3.66 倍, 此时阵列间距曲线斜率变大, 表明单位面积的发电量明显减小。

3 相同纬度不同坡角的阵列间距特性

山地光伏电站项目中存在各种方向的坡角, 其中北高南低的坡角不会使阵列间产生遮挡, 而南高北低的坡角会使阵列间产生遮挡, 故本文主要研究相同纬度时南高北低的坡角与阵列间距的特性。

根据本文第 1 节所推导的光伏阵列间距计算公式, 分别以北纬 5° 、 15° 、 25° 、 35° 、 45° 为例分析当 $H=1$ 时南高北低坡角在一定角度之间变化时阵列间距的特性, 结果如图 4~图 8 所示。

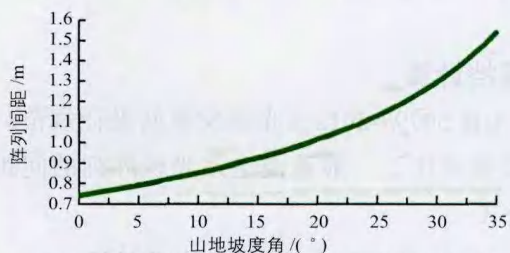


图 4 北纬 5° 不同坡角下阵列间距变化特性图

图 4 表明:

- 1) 在北纬 5° , 坡角在 $0^\circ \sim 35^\circ$ 范围变化 (考虑施工机械最大爬坡角度为 35°), 阵列间距随坡角的增大而增大;
- 2) 在坡角达到 35° 时, 阵列间距达到 0° 坡时

的约 2 倍, 单位面积发电量有所降低, 但仍在可接受的范围内, 故在北纬 5° 以内山地项目选址时南高北低的坡角应小于 35° 。

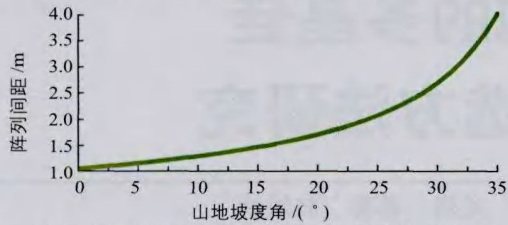


图 5 北纬 15° 不同坡角下阵列间距变化特性图

图 5 表明:

1) 在北纬 15° , 坡角在 $0^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 范围变化 (考虑施工机械最大爬坡角度为 35°), 阵列间距随坡角的增大而增大;

2) 在坡角小于 30° 时变化平缓, 坡角大于 30° 时变化陡峭, 阵列间距达到 0° 坡时的约 2.5 倍, 单位面积发电量明显降低, 故在北纬 $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 范围内的山地项目选址时南高北低的坡角应小于 30° 。

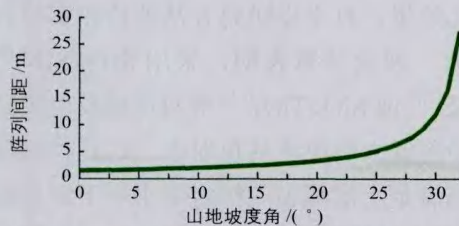


图 6 北纬 25° 不同坡角下阵列间距变化特性图

图 6 表明:

1) 在北纬 25° , 坡角在 $0^{\circ} \sim 32^{\circ}$ 范围变化, 阵列间距随坡角的增大而增大;

2) 在坡角小于 24° 时变化平缓, 坡角大于 24° 时变化陡峭, 阵列间距达到 0° 坡时的约 3.1 倍, 单位面积发电量明显降低, 故在北纬 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 范围内的山地项目选址时南高北低的坡角应小于 24° 。

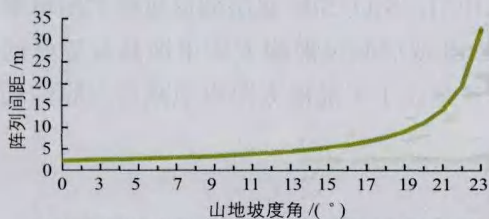


图 7 北纬 35° 不同坡角下阵列间距变化特性图

图 7 表明:

1) 在北纬 35° 坡角在 $0^{\circ} \sim 22^{\circ}$ 范围变化, 阵列间距随坡角的增大而增大;

2) 在坡角小于 16° 时变化平缓, 坡角大于 16° 时变化陡峭, 阵列间距达到 0° 坡时的约 2.9 倍, 单位面积发电量明显降低, 故在北纬 $25^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 范围内的山地项目选址时南高北低的坡角应小于 16° 。

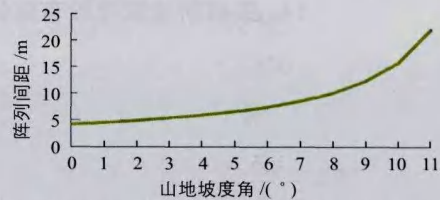


图 8 北纬 45° 不同坡角下阵列间距变化特性图

图 8 表明:

1) 在北纬 45° 坡角在 $0^{\circ} \sim 11^{\circ}$ 范围变化, 阵列间距随坡角的增大而增大;

2) 在坡角小于 10° 时变化平缓, 坡角大于 10° 时变化陡峭, 阵列间距达到 0° 坡时的约 3.8 倍, 单位面积发电量明显降低, 故在北纬 $35^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 范围内的山地项目选址时南高北低的坡角应小于 10° 。

4 结语

近年来山地光伏电站项目逐渐增多, 但光伏相关规范却没有给出关于山地光伏电站的阵列间距计算公式, 本文以 GB 50797-2012《光伏发电站设计规范》为依据, 将光伏电站阵列间距计算公式推导完善, 使公式可应用于山地项目, 并对不同纬度山地项目的选址给出建议, 为山地项目的总平面布置及场地平整方案提供参考性理论依据。

参考文献

- [1] 杨刚, 陈鸣, 陈卓武. 固定式光伏阵列最佳倾角的 CAD 计算方法 [J]. 中山大学学报 (自然科学版), 2008, 47(S2): 165 - 169. 太阳能