

光伏方阵东西向及南北向相互遮挡对发电效率的影响

马岩锋

华光环保能源（西安）设计研究院有限公司 陕西 西安 710032

摘 要：近年来山地光伏发电项目越来越多，在设计及施工过程中，众多因素导致方阵东西向及南北向相互遮挡，导致电站发电效率大打折扣。本文通过软件模拟分析及现场试验数据对比论述不同遮挡对发电效率的影响程度，对设计及施工环节提出系统性建议及结论，同行可参考本文数据，采取相应措施保障电站发电效率，达到电站经济性目标。

关键词：光伏方阵；遮挡；发电量；投资收益率

1 概述

现行《光伏发电站设计标准》GB50797-2012（局部修订条文）7.2.2条，第（2）款：光伏方阵各排、列的布置间距宜使每天9：00~15:00（当地真太阳时）时段内东西向、南北向互不遮挡。

当电站按照以上原则进行方阵布置设计时，电站发电量及经济性评价均是以此为基础的，也就意味着当相互遮挡偏离标准较大时，发电量相应下降，电站经济性（投资收益率）下降，当程度较严重时可能导致投资无效甚至失败。

本文以实际项目为例，深入分析比较不同遮挡对发电量的影响程度，并对设计及施工环节提出系统性建议及结论。

2 工程实例

某山地光伏项目，直流侧装机容量151.9441MWp，采用550Wp双面组件，组串串联数28，组件为2×14竖

向布置，升压站1回220KV出线，升压站配置1台SZ18-130000KVA箱变。方阵采用固定支架倾角26°朝正南，东西向随坡就势布置。

电站建成并网发电后，发电效率不佳，排查发现问题之一是1095个组串（折合容量为16.863MWp，占总容量11.10%）存在被相邻方阵东西向或南北向不同程度遮挡。

3 软件模拟成果

3.1 所采用的软件

PVsyst 8.0.6，数据源meteonorm8.2（1996-2015）。

3.2 模拟成果

（1）正常条件（符合规范不相互遮挡时）发电小时数

序号	模拟条件	有效小时数（h）
1	固定支架正常条件：平地、朝正南、倾角26°，桩间距7.2m，前沿高度2.5m，反射率20%。	1398

（2）东西向相互遮挡时

序号	模拟条件	有效小时数（h）	与正常条件相比的损失率
1	固定支架东西向遮挡：平地、朝正南、倾角26°，桩间距7.2m，前沿高度2.5m，反射率20%，东西向净间距0.2m，东西向高差1.0m，南北桩间距7.2m。【共3列，其中2列有被遮挡】	1377	-1.50%
2	固定支架东西向遮挡：平地、朝正南、倾角26°，桩间距7.2m，前沿高度2.5m，反射率20%，东西向净间距0.2m，东西向高差2.0m，南北桩间距7.2m。【共3列，其中2列有被遮挡】	1377	-1.50%
3	固定支架东西向遮挡：东坡15°、朝正南、倾角26°，桩间距7.2m，前沿高度2.5m，反射率20%，东西向净间距0.2m，东西向组件随坡就势调平，南北桩间距7.2m。	1386	-0.86%
4	固定支架东西向遮挡：东坡15°、朝正南、倾角26°，桩间距7.2m，前沿高度2.5m，反射率20%，东西向净间距0.2m，东西向高差1.0m，南北桩间距7.2m。【共3列，其中2列有被遮挡】	1380	-1.29%
5	固定支架东西向遮挡：东坡15°、朝正南、倾角26°，桩间距7.2m，前沿高度2.5m，反射率20%，东西向净间距0.2m，东西向高差2.0m，南北桩间距7.2m。【共3列，其中2列有被遮挡】	1380	-1.29%
6	固定支架东西向遮挡：西坡15°、朝正南、倾角26°，桩间距7.2m，前沿高度2.5m，反射率20%，东西向净间距0.2m，东西向组件随坡就势调平，南北桩间距7.2m。	1369	-2.07%
7	固定支架东西向遮挡：西坡15°、朝正南、倾角26°，桩间距7.2m，前沿高度2.5m，反射率20%，东西向净间距0.2m，东西向高差1.0m，南北桩间距7.2m。【共3列，其中2列有被遮挡】	1336.5	-4.40%
8	固定支架东西向遮挡：西坡15°、朝正南、倾角26°，桩间距7.2m，前沿高度2.5m，反射率20%，东西向净间距0.2m，东西向高差2.0m，南北桩间距7.2m。【共3列，其中2列有被遮挡】	1336.5	-4.40%

(2) 南北向相互遮挡时

序号	模拟条件	有效小时数(h)	与正常条件相比的损失率
1	固定支架正常条件: 平地、朝正南、倾角26°, 桩间距6.7m, 前沿高度2.5m, 反射率20%。	1391	-0.50%
2	固定支架正常条件: 平地、朝正南、倾角26°, 桩间距6.2m, 前沿高度2.5m, 反射率20%。	1377	-1.5%
3	固定支架正常条件: 平地、朝正南、倾角26°, 桩间距5.7m, 前沿高度2.5m, 反射率20%。	1353	-3.22%
4	固定支架正常条件: 平地、朝正南、倾角26°, 桩间距5.2m, 前沿高度2.5m, 反射率20%。	1317	-5.79%

注: 系统损失设置不同时, 有效小时数略有不同, 本文着重比较不同遮挡工况下的损失比例。

4 现场实验

4.1 实验条件

标准组串(550W_p, 串联数28, 组件为2×14竖向布置), 晴天, 光照较好。

4.2 实验工具及人员

实验工具: 遮挡物(条幅)、电流钳表;

实验人员: 观察记录及号令员1人、扶持遮挡物4人。

4.3 实验方法

模拟现场实际遮挡工况, 采用遮挡物分别对标准组串局部区域进行遮挡, 同步记录遮挡前及遮挡后的电流值(现场没有条件测量电压, 暂不考虑电压影响), 以此估算光伏方阵东西向遮挡对发电量的影响。

实验中为了最大限度减小太阳光照变化对实测值的影响,

实验时先将遮挡物就位, 待观察到阳光强度稳定, 钳表电流值稳定时, 号令将遮挡物瞬间撤离, 同时读取变化的钳表电流值, 记录好遮挡前及遮挡后的钳表电流值。

4.4 组件及电池片编号

为便于表达, 实验对标准组串中的每个组件及组件电池片进行了编号, 具体如下:

(1) 标准组串中组件编号示例图

1	2	...	13	14
15	16	...	27	28

(2) 组件电池片编号示例图

1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6
2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6
3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6
4-1	4-2	4-3	4-4	4-5	4-6
5-1	5-2	5-3	5-4	5-5	5-6
6-1	6-2	6-3	6-4	6-5	6-6
7-1	7-2	7-3	7-4	7-5	7-6
8-1	8-2	8-3	8-4	8-5	8-6
9-1	9-2	9-3	9-4	9-5	9-6
10-1	10-2	10-3	10-4	10-5	10-6
11-1	11-2	11-3	11-4	11-5	11-6
12-1	12-2	12-3	12-4	12-5	12-6
12-1	12-2	12-3	12-4	12-5	12-6
11-1	11-2	11-3	11-4	11-5	11-6
10-1	10-2	10-3	10-4	10-5	10-6
9-1	9-2	9-3	9-4	9-5	9-6
8-1	8-2	8-3	8-4	8-5	8-6
7-1	7-2	7-3	7-4	7-5	7-6
6-1	6-2	6-3	6-4	6-5	6-6
5-1	5-2	5-3	5-4	5-5	5-6
4-1	4-2	4-3	4-4	4-5	4-6
3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6
2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6
1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6

4.5 现场实验实拍



图4.5-1 东西向遮挡组件电池片



图4.5-2 钳式电流表测量电流变化情况



图4.5-3 南北向遮挡组件电池片

4.6 实验数据采集及分析

序号	遮挡情况	组串输出电流数据采集成果				电流平均降低比例												
		分组	不遮挡电流(A)	遮挡电流(A)	电流降低比例													
1、模拟组串东西向遮挡																		
1.1	遮挡第14、28块组件的6列电池片宽度。	第1组	1.54	1.51	-1.95%	-1.33%												
		第2组	1.51	1.50	-0.66%													
		第3组	1.48	1.46	-1.35%													
		第4组	1.43	1.41	-1.40%													
		第5组	1.55	1.53	-1.29%													
1.2	遮挡第14、28块组件的5、6列电池片宽度。	第1组	1.31	1.21	-7.63%	-7.80%												
		第2组	1.25	1.16	-7.20%													
		第3组	1.32	1.20	-9.09%													
		第4组	1.38	1.27	-7.97%													
		第5组	1.41	1.31	-7.09%													
1.3	遮挡第14、28块组件的4、5、6列电池片宽度。	第1组	1.53	1.39	-9.15%	-9.70%												
		第2组	1.47	1.31	-10.88%													
		第3组	1.47	1.34	-8.84%													
		第4组	1.45	1.30	-10.34%													
		第5组	1.40	1.27	-9.29%													
1.4	遮挡第14、28块组件的3、4、5、6列电池片宽度。	第1组	1.48	1.30	-12.16%	-9.90%												
		第2组	1.25	1.16	-7.20%													
		第3组	1.71	1.54	-9.94%													
		第4组	1.70	1.53	-10.00%													
		第5组	1.67	1.50	-10.18%													
东西向遮挡电流降低百分率 <table><tr><th>遮挡情况</th><th>电流降低百分率</th></tr><tr><td>无遮挡</td><td>0.00%</td></tr><tr><td>遮挡14、28的6列</td><td>-1.33%</td></tr><tr><td>遮挡14、28的5、6列</td><td>-7.80%</td></tr><tr><td>遮挡14、28的4、5、6列</td><td>-9.70%</td></tr><tr><td>遮挡14、28的3、4、5、6列</td><td>-9.90%</td></tr></table>							遮挡情况	电流降低百分率	无遮挡	0.00%	遮挡14、28的6列	-1.33%	遮挡14、28的5、6列	-7.80%	遮挡14、28的4、5、6列	-9.70%	遮挡14、28的3、4、5、6列	-9.90%
遮挡情况	电流降低百分率																	
无遮挡	0.00%																	
遮挡14、28的6列	-1.33%																	
遮挡14、28的5、6列	-7.80%																	
遮挡14、28的4、5、6列	-9.70%																	
遮挡14、28的3、4、5、6列	-9.90%																	

续表：

序号	遮挡情况	组串输出电流数据采集成果				电流平均降低比例
		分组	不遮挡电流(A)	遮挡电流(A)	电流降低比例	
2、模拟组串南北向遮挡						
2.1	遮挡第23、24、25、26、27、28块组件的下半区域1、2排电池片。	第1组	1.48	1.42	-4.05%	-5.29%
		第2组	1.41	1.34	-4.96%	
		第3组	1.39	1.32	-5.04%	
		第4组	1.39	1.32	-5.04%	
		第5组	1.36	1.29	-5.15%	
		第6组	1.50	1.42	-5.33%	
		第7组	1.49	1.41	-5.37%	
		第8组	1.45	1.37	-5.52%	
		第9组	1.43	1.35	-5.59%	
		第10组	1.43	1.35	-5.59%	
		第11组	1.37	1.29	-5.84%	
		第12组	1.34	1.26	-5.97%	
2.2	遮挡第23、24、25、26、27、28块组件的下半区域1、2、3、4排电池片。	第1组	1.66	1.53	-7.83%	-7.28%
		第2组	1.69	1.55	-8.28%	
		第3组	1.71	1.59	-7.02%	
		第4组	1.74	1.63	-6.32%	
		第5组	1.73	1.61	-6.94%	
2.3	遮挡第23、24、25、26、27、28块组件的下半区域1、2、3、4、5、6排电池片。	第1组	1.67	1.49	-10.78%	-11.21%
		第2组	1.76	1.56	-11.36%	
		第3组	1.76	1.56	-11.36%	
		第4组	1.75	1.55	-11.43%	
		第5组	1.61	1.45	-9.94%	
		第6组	1.52	1.34	-11.84%	
		第7组	1.58	1.40	-11.39%	
		第8组	1.56	1.38	-11.54%	

南北向遮挡电流降低百分率

遮挡情况	电流降低百分率
无遮挡	0.00%
挡下半区域1、2排	-5.29%
挡下半区域1、2、3、4排	-7.28%
挡下半区域1、2、3、4、5、6排	-11.21%

5 造成东西向、南北向遮挡的原因分析

(1) 目前，光伏发电项目测绘的地形图在小范围与实际地形有所偏差；

(2) 当地形复杂时，目前主流可做光伏方阵布置的软件，做出的方阵布置与实际地形匹配度不佳。

(3) 当山体坡度较大时，在支架基础施工中，为保证施工机械及施工人员有基本作业面，往往对地形进行小范围平整，这样就造成了小范围实际地形和原始地形有所差异；

(4) 方阵布置设计中未对以上(1)、(2)及(3)

所述的问题进行修正;

(5) 支架可调高度不能完全适应实际地形。

(6) 支架安装施工时, 施工人员未对方阵进行针对性调平。

(7) 在有限的土地面积上盲目追求装机容量而导致方阵南北间距太小。

6 避免东西向、南北向遮挡的建议措施

(1) 在用软件做完光伏方阵布置时, 设计人员有必要详细踏勘现场, 依据现场各小范围实际地形对方阵布置进行二次修正。

(2) 光伏方阵支架基础施工完毕, 现场测量每个基础顶的坐标和高程, 设计人员据此调整每排、每列光伏方阵的安装目标高度。

(3) 高度可调支架的调节范围以上述第(2)条为依据进行设计。

(4) 支架安装人员充分理解支架调节平整目标, 制定切实可行的安装调平方法, 并在施工中严格执行。

(5) 在用地成本和南北间距而导致发电效率下降之间找到平衡点, 不能盲目减小方阵南北向间距。

7 结论

目前光伏发电项目投资收益率普遍约为6%~8%, 而发电量的损失率和投资收益率的降低基本成正比例关系, 当光伏方阵东西向、南北向因多重因素而导致相互遮挡时, 电站发电量相应下降, 电站经济性(投资收益率)下降, 当遮挡程度较严重时可能导致投资无效甚至失败。因此, 设计人员及工程管理人员在项目执行过程中应时刻牢记光伏方阵不同程度的东西向、南北向相互遮挡对发电量的影响程度, 在地形较复杂时尽可能避免相互遮挡的发生, 并在设计和施工中采取本文建议措施, 相信一定能建设成优质项目, 达到电站经济性目标。

参考文献

[1] 中华人民共和国国家标准《光伏发电站设计标准》GB50797-2012 中国计划出版社;