

光伏组件在热斑条件下的温升研究

苏州 UL 美华认证有限公司 ■ 朱华

摘要：根据标准 ANSI/UL 1703 测试条件，通过研究太阳电池片不同遮挡面积对旁路二极管电流、电压的影响，以及在相同遮挡面积时，单片电池片不同遮挡方向对光伏组件各部件材料的温度影响，得出光伏电站维护依据及光伏电站设计需要考虑的因素。

关键词：ANSI/UL 1703；光伏组件；热斑；温升；旁路二极管

0 引言

美国国家标准 ANSI/UL 1703 为全球第一个光伏标准，于 1986 年颁布第一版，目前国际光伏标准 IEC 61730-1/2、IEC 61215 及我国光伏标准 GB/T 9535、GB/T 20047 的大部分内容均是参照 ANSI/UL 1703 中的内容制定。ANSI/UL 1703 中“光伏组件的温升测试”对光伏组件的安全性及性能评估有极其重要的评估价值。该研究主要评估光伏组件的各种材料在开路、短路及热斑条件下的温度变化是否超出材料的热承受能力；通过测试也同样反映出光伏组件在实际应用时，在热斑条件下的安全性。本文从光伏电站的实际应用出发，主要讨论热斑条件下的光伏组件的温度变化情况。

平均风速 1 m/s 下进行，或校正到该条件下进行^[1]；同时，要求模拟热斑遮挡的材料应为 0.18 mm 厚的黑色聚乙烯材质；光伏组件安装需要根据组件安装手册的要求进行，测量线路如图 1 所示。

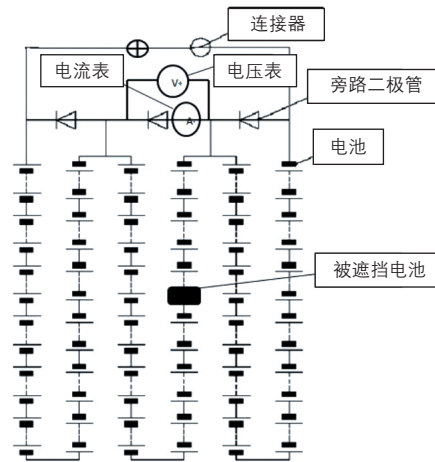


图 1 遮挡条件下的测量线路图

1 测试条件要求

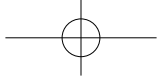
根据标准环境要求，测试需要在环境温度 10 ~ 55 ℃、光谱 AM1.5、辐照度 100 MW/cm²、

2 测试数据

采用 1 块由 72 片 156 mm×156 mm 太阳电

收稿日期：2018-01-11

通信作者：朱华 (1977—)，男，高级工程师，主要从事光伏安全技术方面的研究。hua.zhu@ul.com



池组成的多晶硅光伏组件,在环境温度为 23.7°C 、光谱 AM1.5、辐照度 $100\text{ MW}/\text{cm}^2$ 、平均风速 1 m/s 下对组件进行测试。用于测试的组件的安装方式如图 2 所示。

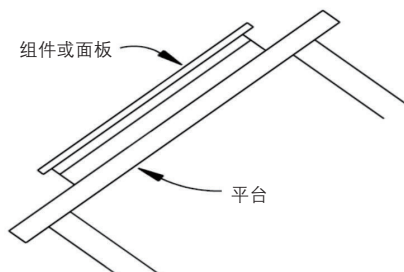


图 2 组件安装示意图

对光伏组件进行遮挡,在组件中心位置,平行于电池片主栅方向遮挡电池片为横贴,如图 3 所示;垂直于电池片主栅方向遮挡电池片为竖贴,如图 4 所示。在测试过程中同时监控被遮挡电池片所在电池串的旁路二极管的电流、电压及组件的短路电流,通过测试得到的数据如表 1、表 2 所示。

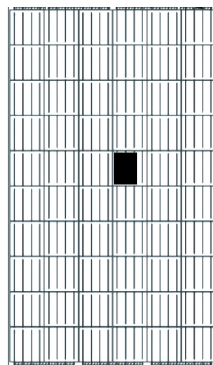


图 3 横贴

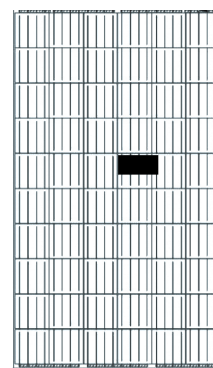


图 4 竖贴

表 1 横贴条件下,被遮挡电池片所在组串的旁路二极管的电流、电压

序号	遮挡单片电池片面积比例 /%	遮挡不同面积的电池片所在组串的旁路二极管的电压 /V	遮挡不同面积的电池片所在组串的旁路二极管的电流 /A	组件的短路电流 /A
1	25	0.61	2.3	9.1
2	33	0.92	3.8	9.1
3	50	1.00	4.5	9.1
4	75	1.37	6.8	9.1
5	100	1.70	9.0	9.1

表 2 竖贴条件下,被遮挡电池片所在组串的旁路二极管的电流、电压

序号	遮挡单片电池片面积比例 /%	遮挡不同面积的电池片所在组串的旁路二极管的电压 /V	遮挡不同面积的电池片所在组串的旁路二极管的电流 /A	组件的短路电流 /A
1	25	0.77	2.6	9.1
2	33	1.00	4.4	9.1
3	50	1.16	5.4	9.1
4	75	1.45	7.4	9.1
5	100	1.70	9.0	9.1

根据表 1、表 2 测得的数据,绘制出不同遮挡方向及遮挡面积时,被遮挡电池片所在组串的

旁路二极管的电压及电流值比较图,如图 5、图 6 所示。

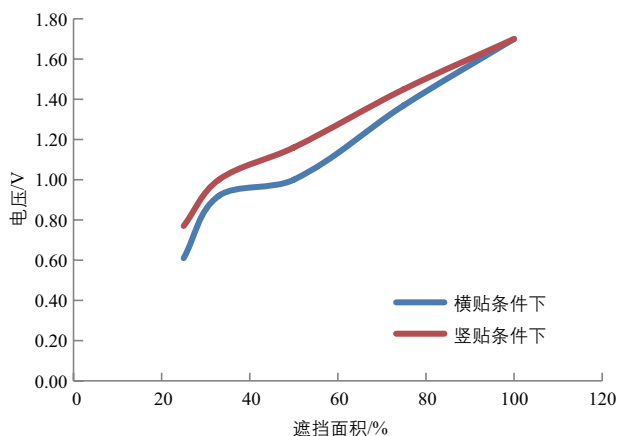
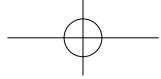


图 5 不同遮挡方向时, 遮挡不同面积的电池片所在组串的旁路二极管的电压

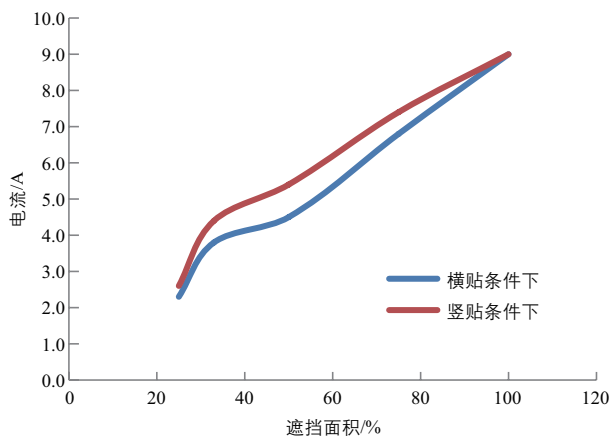


图 6 不同遮挡方向时, 遮挡不同面积的电池片所在组串的旁路二极管的电流

从以上数据及图可以看出, 随着单片电池片遮挡面积的增加, 流经遮挡电池片对应保护的旁路二极管的电流、电压也随之增加, 但整块光伏组件的短路电流不变, 从而流经遮挡电池片的电流减少, 这样遮挡电池片的功耗也随之减少, 旁路二极管起到了保护光伏组件的作用。

根据 ANSI/UL 1703 标准的要求, 选取单片电池片遮挡 50% 面积, 考虑横贴及竖贴两个方向, 测量组件的各部件温度, 测试数据如表 3 所示。

由表 3 可知, 相同遮挡面积下, 横贴时形成的热斑现象比竖贴时形成的热斑现象明显, 即横贴时形成的热斑对光伏组件材料热性能的影响更大。

应用到实际光伏电站中, 当一开始组件的热斑面积较小时, 虽然组件输出电流变化较小, 但

表 3 不同遮挡方向的温升

序号	测试点	横贴热斑时 温升 / $^{\circ}\text{C}$	竖贴热斑时 温升 / $^{\circ}\text{C}$
1	组件正面玻璃中心	115.9	107.2
2	组件背面背板中心	108.3	100.4
3	接线盒内温度	51.3	42.7
4	接线盒内部表面	48.9	42.3
5	接线盒下面的背板	44.1	40.2
6	组件输出导线	42.2	41.9
7	层压机件边框胶	15.4	15.0
8	接线盒内胶	41.8	41.2
9	旁路二极管 1	42.5	42.0
10	旁路二极管 2	54.1	53.2
11	旁路二极管 3	41.9	41.3
12	边框	15.7	15.2
13	连接器	12.2	12.0
14	环境温度	23.7	23.7

组件热斑局部功耗较大, 对组件寿命影响较大; 当组件的热斑面积变大时, 虽然旁路二极管起到保护作用, 但由于旁路二极管未全部导通, 对组件材料热考验仍然很大, 另外随着二极管长时间大电流的工作, 对二极管寿命也产生了很大地影响, 所以需要及时清洗组件, 尽可能减少热斑时间。

综上所述, 在相同热斑条件下, 横装光伏组件比竖装光伏组件对组件材料的耐温要求更低, 可使组件得到更高的可靠性。

3 结论

根据本文测试可得出以下结论: 在相同热斑条件下, 横装光伏组件对组件材料的耐温要求较低, 可靠性更高, 因此, 可选择耐温要求更低的材料, 有利于进一步降低组件成本。在光伏电站设计及组件选购时, 可考虑这一有利因素, 以获得更高的电站投入性价比。

参考文献

[1] ANSI/UL 1703, Flat-plate Photovoltaic Modules and Panels[S].

太阳能

2018 年我国前三季度风电并网运行情况

国家能源局

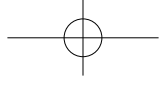
据行业统计，2018 年 1~9 月，全国新增风电并网容量 1261 万 kW，到 9 月底累计风电并网容量达到 1.76 亿 kW；全国风电发电量 2676 亿 kWh，同比增长 26%；平均利用小时数 1565 h，同比增加 178 h；全国弃风电量 222 亿 kWh，同比减少 74 亿 kWh。

1~9 月，风电新增并网容量较多的省(区、市)为内蒙古(193 万 kW)、江苏(156 万 kW)、山西(117 万 kW)、青海(110 万 kW)、河南(86 万 kW)；平均利用小时数较高的省(区、市)为上海(1909 h)、江苏(1857 h)、云南(1848 h)、辽宁(1750 h)、福建(1722 h)。

表 1 2018 年我国前三季度风电并网运行情况

省(区、市)	新增并网容量 / 万 kW	累计并网容量 / 万 kW	发电量 / 亿 kWh	弃风电量 / 亿 kWh	弃风率 /%	利用小时数 /h	各省承诺的全年弃风率控制目标
合 计	1261	17592	2676	222	7.7	1565	
北 京	0	19	2.5			1310	0%
天 津	27	52	5.9			1432	0%
河 北	61	1241	204.5	7.9	3.7	1675	6.7%(冀北新能源平均)
山 西	117	978	150.8			1590	4.2%(新能源平均)
内 蒙 古	193	2832	445.0	65.5	12.8	1572	12%
辽 宁	29	739	126.4	1.3	1.0	1750	8%
吉 林	9	514	75.2	4.2	5.2	1480	—
黑 龙 江	16	586	84.7	3.4	3.9	1467	—
上 海	0	71	13.6			1909	0%
江 苏	156	791	128.1			1857	0%
浙 江	11	143	21.8			1568	0%
安 徽	11	238	35.8			1568	保 10% 争 0%
福 建	38	289	47.1			1722	0%
江 西	48	221	29.7			1427	0%
山 东	36	1093	170.2			1591	2% 左右
河 南	86	326	40.6			1356	0%
湖 北	79	324	47.9			1667	保 10% 争 0%
湖 南	43	306	43.7			1566	4%(新能源平均)
广 东	0.8	348	43.7			1280	0%
广 西	37	197	28.8			1627	0%
海 南	0	34	3.8			1119	—
重 庆	5	39	5.8			1573	0%
四 川	33	242	34.6			1545	0%
贵 州	5	377	52.1	0.9	1.8	1402	3%
云 南	0.4	832	153.9			1848	保 10% 争 0%
西 藏	0	1	0.1			1325	—

(转第 18 页)



标,我们不但可降低太阳能热发电的成本,提高竞争能力,还可推动雾霾问题的解决。

北京工业大学马重芳团队同河北冀中能源井陉矿业集团开展了产学研合作。2018年9月5日,河北冀中能源井陉矿业集团一期投资3.6亿元的塞北管理区“农光互补+智慧能源”特色小镇项目顺利开工。该项目技术支持单位为北京工业大学,将采用北京工业大学低熔点熔融盐传热储热技术、线性菲涅尔太阳能集热与谷电互补的清洁能源供能技术。据悉,本项目供暖建筑面积达30万m²,镜场面积为16.8万m²,熔融盐用量为3900t,蓄热容量为300MWh,覆盖现代农业1400亩,蒸汽供应能力为23t/h。项目二期将扩大二次聚焦线性菲涅尔镜场,建成太阳能热电联供系统,当然这是有难度的。项目采用“农光互补”模式,上面布置集热镜场,下面进行农业经营,以期实现清洁能源与现代农业的融合,充分契合了当地可再生能源示范区与现代农业示范区的发展理念,在兼顾经济效益的同时,可解决当地居民工业供热等民生问题。

另外,北京工业大学还在同企业及兄弟院校合作,倡导将熔融盐的蓄热与火力发电相结合,使火力发电站变成蓄能电站,有助于实现火力发电削峰填谷,这是除抽水蓄能以外的另一种蓄能解决方案。

总之,无论哪种方案,都要立足因地制宜、

多能互补的原则。无论是科研院所还是高等院校,无论是国有企业还是民营企业,都要协同创新,合力攻关。

不忘初心, 坚守梦想

在两个多小时的采访中,虽然年近八旬,但马重芳谈起他诸多研究的领域如数家珍,趣味盎然,足见其对科学研究热爱有加。访谈中,他给笔者留下深刻印象的是,在大家迷茫于“太阳能热发电路在何方”之际,他表现出“继续攻关、坚守梦想、不言放弃”的坚定决心。正如“2017年度中国太阳能热利用科学技术杰出贡献奖”颁奖词中所说的那样:

“几千年来红轮之火,带给大千世界的万物之源和眼睛。不管云遮雾掩,不论雨骤风狂,即便夕阳西下,仍奉献给黑夜以光亮,寒冷以温暖,产业以动力。人们对这光明和能量的来源,敬仰、追逐,从未停息。人,拥有一个梦想不难,难的是能一生坚守对梦想的实践。他在生活中低调,在科研中严谨,在实践中活力无限!他建立一个实验室,引领一支队伍,研发熔融盐蓄热技术以解决能量连续的难题。他的成就代表着‘大容量、低成本、长寿命、无污染’的熔融盐蓄热技术走向民生,开启了绿色‘储能春天’!”

我们祝愿他更多的研究成果能够惠及全球太阳能热利用事业,也祝愿他的科学精神广为传承。

太阳能

(接第78页)

省(区、市)	新增并网容量 / 万 kW	累计并网容量 / 万 kW	发电量 / 亿 kWh	弃风电量 / 亿 kWh	弃风率 / %	利用小时数 / h	各省承诺的全年弃风率控制目标
陕 西	46	405	53.1	1.2	2.3	1508	弃电比下降 1.8%, 控制在 2.2%
甘 肃	0	1282	176.1	43.3	19.7	1366	23%
青 海	110	267	28.8	0.4	1.3	1200	0%
宁 夏	64	1001	144.9	2.3	1.6	1475	—
新 疆	0	1806	276.5	90.3	24.6	1531	26%

备注: 1) 并网容量、发电量、利用小时数来源于中电联; 2) 弃风电量、弃风率来源于国家可再生能源中心、相关电网企业; 3) 各省承诺的全年弃风率控制目标为各省(区、市)在落实《解决弃水弃风弃光问题实施方案》工作方案中承诺的2018年全年弃风率控制目标,“—”表示工作方案中未提出弃风控制目标 太阳能