

太阳能电池精确分选问题及解决方法

王国峰 龚海丹 邹伟 高敏鸽 陈如龙 张光春

(尚德太阳能电力有限公司,江苏 无锡 214028)

摘要 太阳能电池的精确分选对组件的性能及质量控制起着极其重要的作用,它将不仅影响到组件的电性能输出,而且极有可能引起曲线异常和热斑现象,导致组件的早期失效。本文从测试设备的软、硬件方面着手,详细分析了影响电池精确分选的主要原因,并且针对每个主要原因进行实验分析、验证,提出解决方案,最终发现对电池片 $I-V$ 曲线拟合可以有效地解决电池片精确分选的问题,并最终通过大量的数据分析验证方案的有效性,目前这一方法已得到广泛应用。

关键词 电池精确分选;曲线拟合;标准差

The Problems and Solutions of Solar Cell Accurate Sorting

Wang Guofeng Gong Haidan Zou Wei Gao Minge

Chen Rulong Zhang Guangchun

(Suntech Power Co., Ltd, Jiangsu, Wuxi, 214028)

Abstract The accurate sorting of solar cells plays an important role in the performance and quality control of the modules. It will not only affect the output performance of PV modules, but also dramatically reduce the phenomenon of abnormal $I-V$ curve and hot spots responsible for modules initial invalidation. In this paper, starting by an analysis of the software and the hardware of test equipment, we analyzed the main reason which affected accurate sorting of cells. Based on these results, we analyzed and validated the corresponding tests and presented the solutions. At last, through a lot of data analysis, we demonstrated the validity of the solutions. At present, this method has been widely used.

Keywords cell accurate sorting; curve fitting; standard deviation

1 前言

近来,越来越多的光伏界专家、学者开始关注太阳能电池精确分选问题,因为电池分选精确与否,一方面将影响到组件的电性能输出,主要原因是,光伏组件是由若干电池片串联而成,其中工作电流最小的电池片将限制整个组件的工作电流,如果电池片分选不当,导致组件中电池片工作电流

差异过大,电流的限制作用将导致组件功率损失,进而有可能影响到整个发电系统的正常工作;另一方面,若一串电池中产生的电流不一致时,通过这串电池的电流将在问题电池上引起热斑,这种热斑的温度与周围电池的温度相差较大,过热的区域可引起 EVA 的加快老化黄变,使该区域透光率下降,从而使热斑进一步恶化,导致组件的早期失效。因此,解决电池片的精确分选问题变得尤为重要及迫切。

收稿日期:2010-07-30

作者简介:王国峰,男,毕业于南京航空航天大学,长期从事实验室可靠性研究及检测技术工作,目前在无锡尚德电力有限公司担任光伏产品检验实验室主任 E-mail: guofeng.wang@suntech-power.com

本文选用两家太阳模拟器供应厂商的产品,脉冲模拟器 A 和脉冲模拟器 B,这两款产品目前在国际上都被普遍运用和认可。我们从硬件和软件上着手,通过大量的实验比对、数据分析、相关改进,较大幅度提高了电池片的分选精度,并最终提高了组件中电池片的匹配性,大幅度地减少了光伏组件在实际应用中出现热斑的几率,提高了光伏组件的输出稳定性和可靠性,为我们的用户带来更多的效益。

硬件上我们通过提高模拟器的光谱匹配度、光强的均匀性,一定程度提高了电池片的重复测试精度;而软件上我们运用曲线拟合的方法,来降低测试误差提高电池片的重复测试精度。模拟器 A 的测试软件是根据 $I-V$ 曲线上实测的数据点选取电流、电压乘积最大值,定义为 P_{mp} , 相对应电流值即为 I_{mp} ; 模拟器 B 的测试软件则有两种处理方式,一种是和模拟器 A 一样选取实测点;另一种则是将这些实测的数据点进行拟合,通过对 $I-V$ 曲线进行平滑处理后选取 P_{mp} 及相应的 I_{mp} 。这两种选点方式的差异在于第一种选点方式没有考虑电流、电压本身的测试精度及重复性,可能会导致两次测试值上下波动,即使两次测试得到的 P_{mp} 相同,其对应的 I_{mp} 却有可能相差很大,将直接影响到电池片的精确分选。本文主要从软件着手运用大量的实验数据分析讨论电池片精确分选问题及其解决方法。

2 模拟器 A 对电池片精确分选的影响

2.1 拟合曲线的选择

模拟器 A 的测试软件是根据 $I-V$ 曲线上实测的 104 个测试点选取 P_{mp} 、 I_{mp} , 因此我们将模拟器 A 测得的 $I-V$ 曲线,通过 Sigmodal 拟合类型中的 Boltzmann 方程(eq1)进行拟合。图 1 是 Boltzmann 方程拟合后的曲线与 $I-V$ 曲线实测点的比较,可以看出拟合的曲线与实测点相当吻合,拟合度达到 0.999 7,表明 $I-V$ 曲线的实测点可以通过 eq1 进行曲线拟合。

$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + A_2 \quad (1)$$

我们对同一片电池在模拟器 A 上两次测试

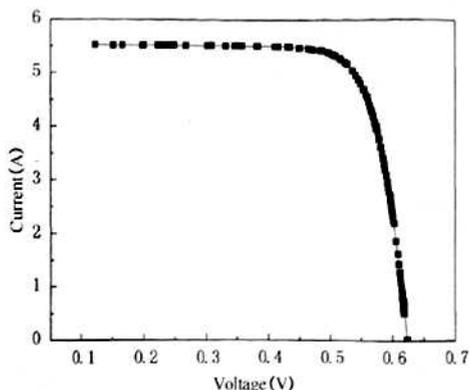


图 1 Boltzmann 方程拟合后的曲线与 $I-V$ 曲线实测点的比较

的 $I-V$ 测试曲线分别采用实测点通过 eq1 方程拟合和非拟合两种方法选取 P_{mp} , 比较其选点结果的差异,图 2 是测试结果。从图上可以看出通过 $I-V$ 曲线非拟合选取 P_{mp} , 两次测试的极差仅为 0.001 W(A 点和 B 点),但是对应的 I_{mp} 却相差较大, I_{mp} 极差为 0.189 A, 因此,如果我们按照 I_{mp} 进行电池分选的话,将出现很大的电流失配。而采用实测点拟合后选取 P_{mp} , 两次测试的极差也同样为 0.001 W(C 点和 D 点),但是相应的 I_{mp} 的极差却仅为 0.026 A。可见将测试点拟合后选取的 I_{mp} 测试重复性明显得到提高,将有助于太阳电池的精确分选。

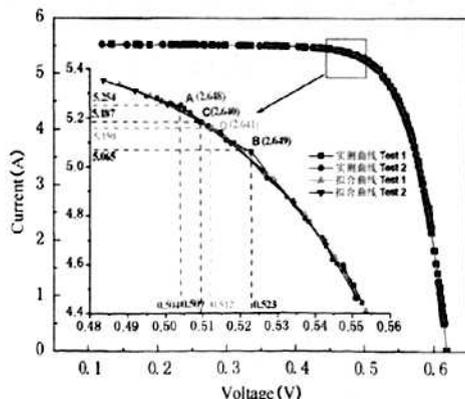


图 2 $I-V$ 曲线两种不同选点方式选取的 P_{mp} 、 I_{mp} 重复测试的差异

2.2 实验验证 $I-V$ 曲线拟合和非拟合对电池片精确分选的影响

将 286 片不同档次的电池片,用模拟器 A 测

试,每片测试两次,分别通过实测点拟合和非拟合两种方法选取 P_{mp} 、 I_{mp} ,图3是测试结果。从图上可以看出,拟合和非拟合得到的 P_{mp} 极差的标准差分别为 0.003 5 和 0.003 7,基本接近。但是

相对应的 I_{mp} 极差的标准差却相差较大,拟合后得带的 I_{mp} 最大极差仅为 80 mA,标准差为 17.47,而非拟合得到的 I_{mp} 最大极差达 150 mA,标准差为 27.84。可见 $I-V$ 曲线拟合后, I_{mp} 测试重复性得到提高。

另一方面,我们将同一片太阳能电池用模拟器 A 每隔 1 h 测试一次,共测试 16 次,比较拟合和非拟合对 P_{mp} 、 I_{mp} 测试重复性的影响,图4是测试结果。从图上可以看出拟合和非拟合得到的 P_{mp} 均值及标准差基本接近,而拟合后得到的 I_{mp} 重复测试的标准差也明显得到改善,由原来的 0.060 降为 0.023。进一步验证了 $I-V$ 曲线拟合后, I_{mp} 测试重复性得到提高,从而可以解决电池片精确分选的问题。

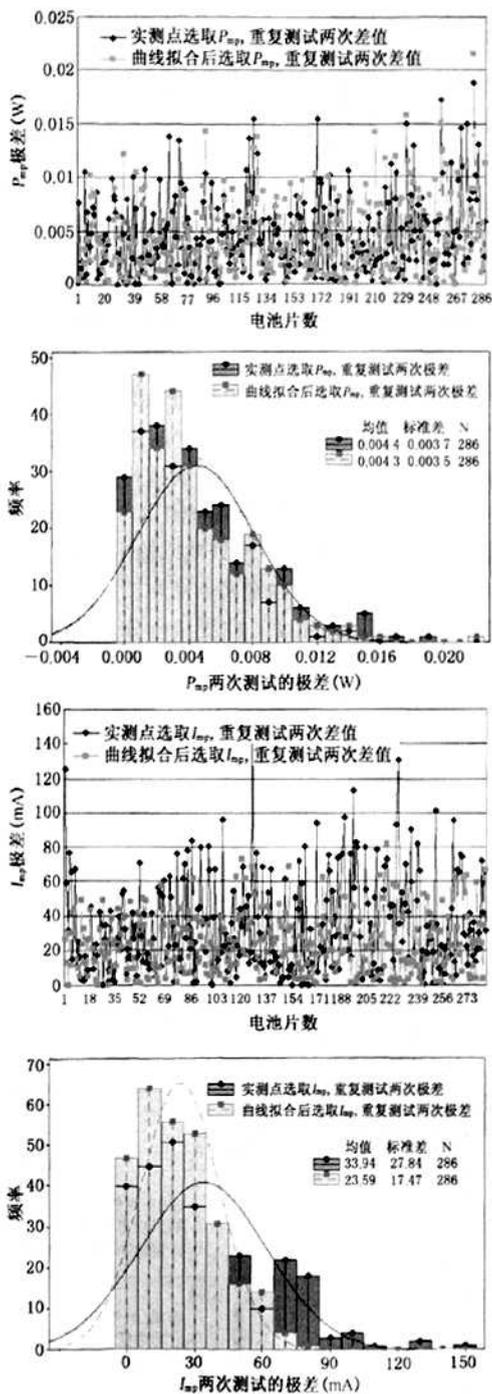


图3 286片电池片两种选点方式重复测试两次的 P_{mp} 、 I_{mp} 极差及其标准差

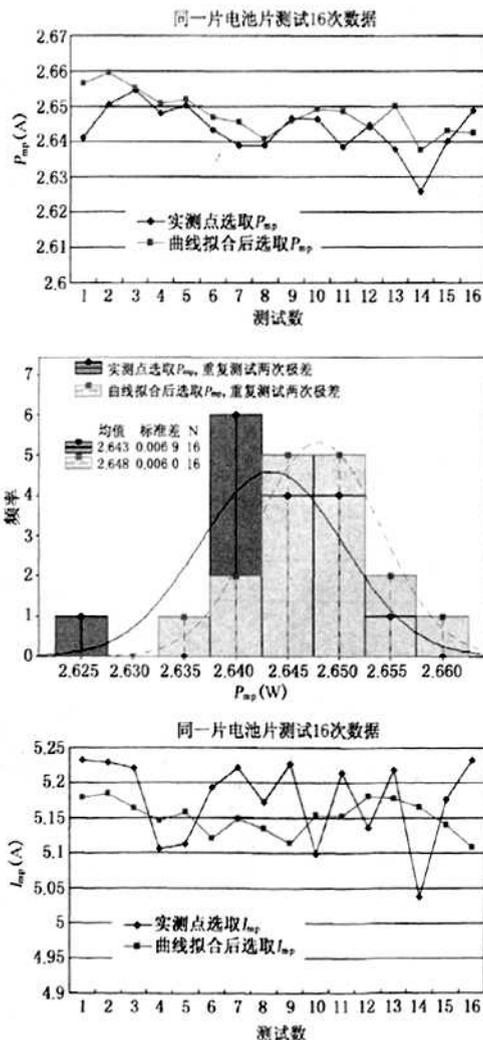


图4 同一片电池片测试16次数据

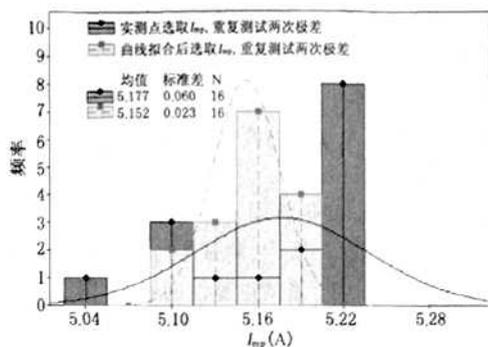


图4 一片电池片重复测试 22 次采用两种选点方式得到的 P_{mp} 、 I_{mp} 测试标准差

2.3 模拟器 A 厂商对软件进行修改后对测试结果的影响

基于我们以上的研究和实验结果,模拟器 A 厂商对他们的测试软件进行了修改,增加了 $I-V$ 曲线拟合功能,软件修改后我们再次对以上结论进行了验证,图 5 是对 99 片电池分别用修改前后

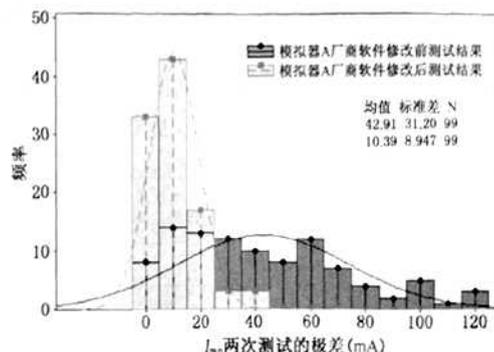


图5 模拟器 A 厂商软件修改后对电池片重复测试的影响

的软件进行测试的结果比对。从图上可以看出 I_{mp} 的极差均值和标准差拟合后明显得到改善,标准差由原先的 32.10 降为 8.94。

接下来,我们把曲线拟合和非拟合两种方法分选后的太阳能电池做成光伏组件,从组件实际输出命中率角度,对以上结论再次进行了验证。将不同方法分选后的电池各做成 1 843 片组件,比较组件实际功率输出与计划功率输出的差值,两者差值在 0~5 W 之内定义为命中。以下图 6 的测试结果表明,使用 $I-V$ 曲线拟合分选做成的组件命中率为 55.13%,而未使用曲线拟合分选做成的组件命中率为 23.16%。由此可见增加 $I-V$ 曲线拟合功能后,电池片分选精确得到提高,相应做成的组件命中率也大大提高,进一步证明了使用 $I-V$ 曲线拟合可以提高太阳能电池的精确分选,从而提高组件的实际功率输出命中率。

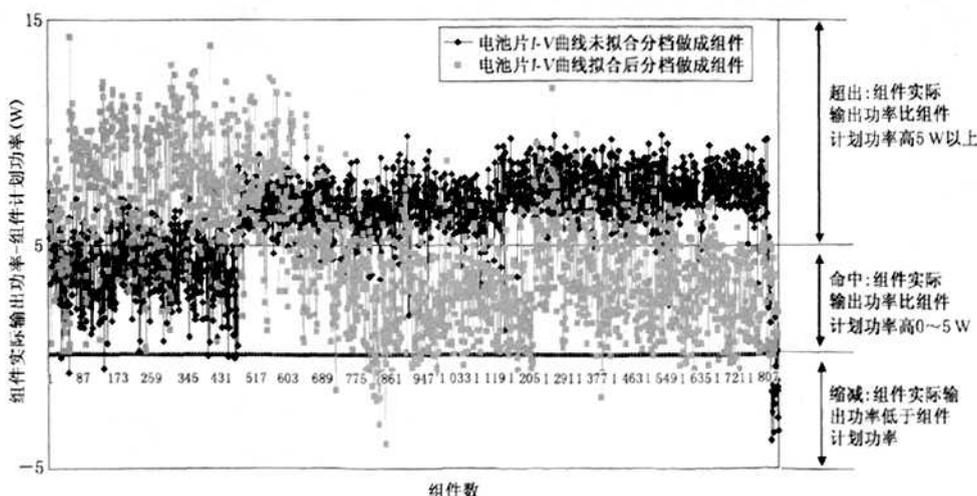
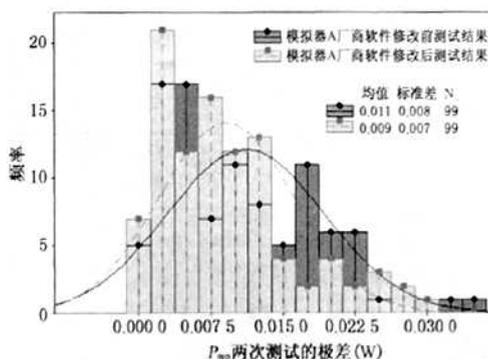
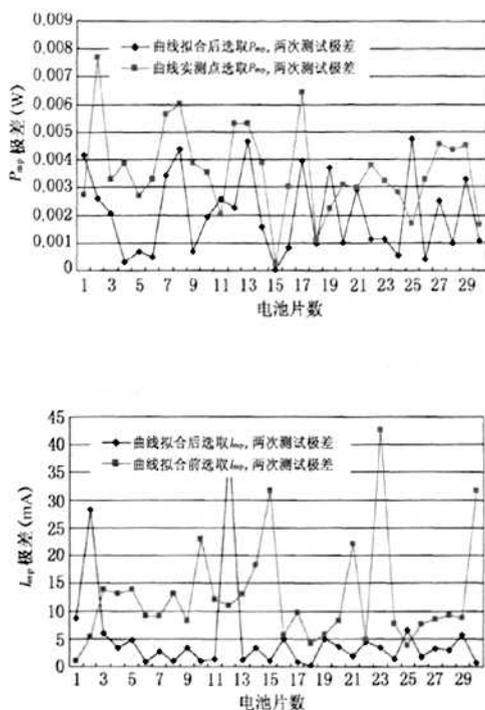


图6 电池片 $I-V$ 曲线采用拟合和不拟合两种分档方式对做成的组件实际输出功率的影响

3 模拟器 B 对电池片精确分选的影响

我们在模拟器 B 上同样验证了以上结论,模拟器 B 的测试精度更高,并且测试软件自带拟合功能,将 30 片不同效率的电池片,每片测试两次,



比较拟合和非拟合两种选点方式对重复测试精度的影响,图 7 是测试结果。从图上可以看出,通过曲线拟合后得到的 I_{mp} 极差的标准差由拟合前的 9.34 降为 8.21。可以看出,模拟器 B 通过曲线拟合后, I_{mp} 测试重复性同样得到进一步提高,有利于电池片精确分选。

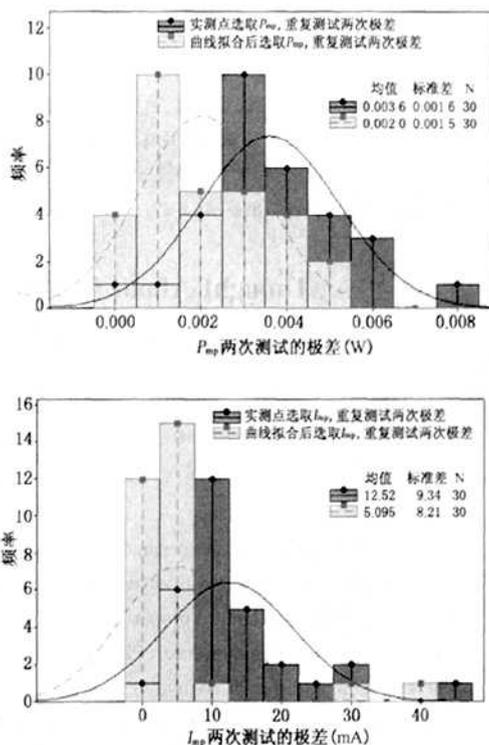


图 7 模拟器 B 两种选点方式重复测试两次的 P_{mp} 、 I_{mp} 极差及其标准差

4 结论

根据以上一系列的实验结果表明,在太阳能电池分选测试中,使用 $I-V$ 曲线拟合选取 P_{mp} 、 I_{mp} 将大大提高 I_{mp} 的测试重复精度,大幅度提高电池

的分选精确度,相应做成的光伏组件的实际输出功率命中率也将大大提高,从而最大限度降低因光伏组件中由于太阳能电池工作电流不匹配引起的功率损失,同时将大大降低出现 $I-V$ 曲线台阶、热斑出现的几率。

太阳能电池精确分选问题及解决方法

作者: [王国峰](#), [龚海丹](#), [邹伟](#), [高敏鸽](#), [陈如龙](#), [张光春](#)
作者单位: [尚德太阳能电力有限公司, 江苏 无锡 214028](#)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Conference_7359592.aspx