

太阳能电池特性的测量

张福轩

2024 年 11 月 23 日

1 整理表格

1.1 测量太阳能电池的端电压 U 和通过负载电阻的电流 I

实验数据处理如表 1 所示。

表 26-1 测量太阳能电池的端电压 U 和通过负载电阻的电流 I
(短路电流 I_s , 开路电压 U_0)

| 第一组 | | 第二组 | | 第三组 | | 第四组 | |
|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| I_s/mA | U_0/V | I_s/mA | U_0/V | I_s/mA | U_0/V | I_s/mA | U_0/V |
| 45.6 | 2.19 | 35.1 | 2.16 | 25.0 | 2.13 | 14.8 | 2.07 |
| I/mA | U/V | I/mA | U/V | I/mA | U/V | I/mA | U/V |
| 45.5 | 0.22 | 35.0 | 0.17 | 24.8 | 0.12 | 14.8 | 0.09 |
| 45.4 | 0.23 | 35.0 | 0.21 | 24.7 | 0.15 | 14.8 | 0.26 |
| 45.4 | 0.63 | 35.0 | 0.31 | 24.7 | 0.26 | 14.8 | 0.33 |
| 45.4 | 1.01 | 35.0 | 0.45 | 24.7 | 0.33 | 14.8 | 0.40 |
| 45.4 | 1.38 | 35.0 | 0.51 | 24.6 | 0.44 | 14.8 | 0.50 |
| 45.4 | 1.53 | 34.9 | 0.65 | 24.6 | 0.54 | 14.8 | 0.56 |
| 45.4 | 1.65 | 35.0 | 0.79 | 24.6 | 0.65 | 14.8 | 0.70 |
| 42.3 | 1.96 | 34.9 | 0.93 | 24.6 | 0.76 | 14.7 | 0.69 |
| 40.7 | 1.99 | 34.8 | 1.10 | 24.5 | 0.97 | 14.7 | 0.73 |
| 37.4 | 2.04 | 34.8 | 1.33 | 24.5 | 1.22 | 14.7 | 0.89 |
| 35.4 | 2.05 | 34.6 | 1.63 | 24.5 | 1.29 | 14.7 | 0.97 |
| 32.2 | 2.08 | 34.1 | 1.72 | 24.3 | 1.58 | 14.7 | 1.15 |
| 32.2 | 2.09 | 31.8 | 1.84 | 23.2 | 1.76 | 14.7 | 1.28 |
| 29.1 | 2.10 | 27.5 | 1.97 | 21.5 | 1.85 | 14.5 | 1.53 |
| 26.3 | 2.12 | 25.7 | 1.99 | 20.1 | 1.90 | 14.6 | 1.51 |
| 22.7 | 2.13 | 19.3 | 2.05 | 18.1 | 1.95 | 13.3 | 1.75 |
| 20.9 | 2.14 | 16.9 | 2.07 | 15.8 | 1.99 | 11.3 | 1.87 |
| 20.0 | 2.15 | 15.4 | 2.09 | 15.2 | 2.00 | 10.5 | 1.90 |
| 16.3 | 2.16 | 12.7 | 2.10 | 13.4 | 2.02 | 9.9 | 1.92 |
| 14.6 | 2.17 | 10.8 | 2.11 | 10.8 | 2.05 | 8.6 | 1.95 |
| 10.0 | 2.18 | 9.2 | 2.12 | 9.0 | 2.07 | 8.4 | 1.96 |

表 1. 测量太阳能电池的端电压 U 和通过负载电阻的电流 I

2 结果展示

2.1 根据表 26-1 测量的 U 和 I 值计算得到的 P 和 R 值
计算得到的 P 和 R 值如表 2 所示。

| 表 26-2 根据表 26-1 测量的 U 和 I 值计算得到的 P 和 R 值 | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 第一组 | | 第二组 | | 第三组 | | 第四组 | |
| R/ohm | P/mW | R/ohm | P/mW | R/ohm | P/mW | R/ohm | P/mW |
| 5.1 | 10.44 | 6.0 | 7.35 | 6.1 | 3.71 | 17.6 | 3.85 |
| 13.9 | 28.60 | 8.9 | 10.85 | 10.5 | 6.42 | 22.3 | 4.88 |
| 22.2 | 45.85 | 12.9 | 15.75 | 13.4 | 8.15 | 27.0 | 5.92 |
| 30.4 | 62.65 | 14.6 | 17.85 | 17.9 | 10.82 | 33.8 | 7.40 |
| 33.7 | 69.46 | 18.6 | 22.69 | 22.0 | 13.28 | 37.8 | 8.29 |
| 36.3 | 74.91 | 22.6 | 27.65 | 26.4 | 15.99 | 47.3 | 10.36 |
| 46.3 | 82.91 | 26.6 | 32.46 | 30.9 | 18.70 | 46.9 | 10.14 |
| 48.9 | 80.99 | 31.6 | 38.28 | 39.6 | 23.77 | 49.7 | 10.73 |
| 54.5 | 76.30 | 38.2 | 46.28 | 49.8 | 29.89 | 60.5 | 13.08 |
| 57.9 | 72.57 | 47.1 | 56.40 | 52.7 | 31.61 | 66.0 | 14.26 |
| 64.6 | 66.98 | 50.4 | 58.65 | 65.0 | 38.39 | 78.2 | 16.91 |
| 64.9 | 67.30 | 57.9 | 58.51 | 75.9 | 40.83 | 87.1 | 18.82 |
| 72.2 | 61.11 | 71.6 | 54.18 | 86.0 | 39.78 | 105.5 | 22.19 |
| 80.6 | 55.76 | 77.4 | 51.14 | 94.5 | 38.19 | 103.4 | 22.05 |
| 93.8 | 48.35 | 106.2 | 39.57 | 107.7 | 35.30 | 131.6 | 23.28 |
| 102.4 | 44.73 | 122.5 | 34.98 | 125.9 | 31.44 | 165.5 | 21.13 |
| 107.5 | 43.00 | 135.7 | 32.19 | 131.6 | 30.40 | 181.0 | 19.95 |
| 132.5 | 35.21 | 165.4 | 26.67 | 150.7 | 27.07 | 193.9 | 19.01 |
| 148.6 | 31.68 | 195.4 | 22.79 | 189.8 | 22.14 | 226.7 | 16.77 |
| 218.0 | 21.80 | 230.4 | 19.50 | 230.0 | 18.63 | 233.3 | 16.46 |

表 2. 根据表 1 测量的 U 和 I 值计算得到的 P 和 R 值

2.2 $U - I$ 曲线

根据表 1 测量的 U 和 I 值绘制得到的 $U - I$ 曲线如图 1 所示。

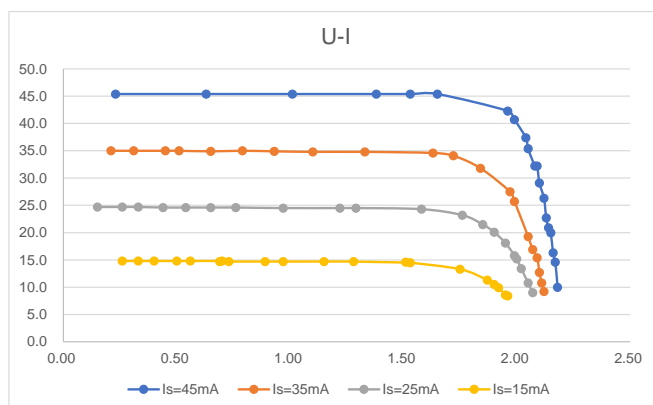


图 1. $U - I$ 曲线

2.3 $P - R$ 特性曲线

根据表 2 测量的 P 和 R 值绘制得到的 $P - R$ 曲线如图 2 所示。

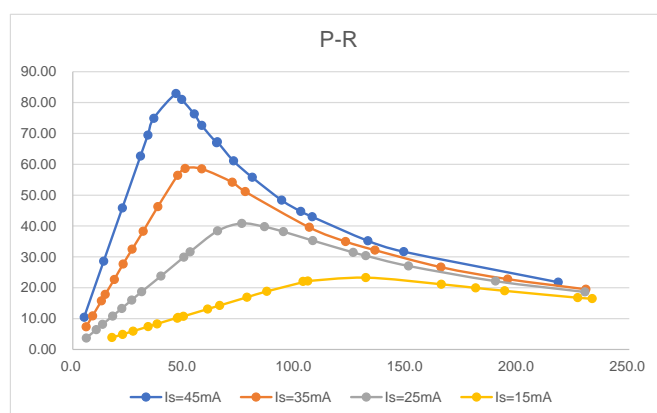


图 2. $P - R$ 特性曲线

2.4 对应于最大功率的负载电压值 R_{max} 和内阻值 R_i

对应于最大功率的负载电压值 R_{max} 和根据书中式 (26-2) 计算出的内阻值 R_i 如表 3 所示:

表 26-3 对应于最大功率的负载电压值 R_{max} 和根据式 (26-2) 计算出的内阻值 R_i

| | 第一组 | 第二组 | 第三组 | 第四组 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|
| R_{max} | 46.3 | 50.4 | 75.9 | 131.6 |
| R_i | 48.0 | 61.5 | 85.2 | 139.9 |
| R_{max}/R_i | 0.965 | 0.820 | 0.890 | 0.941 |

表 3. 最大功率的负载电压值 R_{max} 和内阻值 R_i

2.5 最大功率 P_{max} 和开路电压与短路电流的乘积

最大功率 P_{max} 和开路电压与短路电流的乘积如表 4 所示：

表 26-4 最大功率 P_{max} 和开路电压与短路电流的乘积

| | 第一组 | 第二组 | 第三组 | 第四组 |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| P_{max}/mW | 82.908 | 58.652 | 40.832 | 23.275 |
| $U_0 \cdot I_s / mW$ | 99.9 | 75.8 | 53.3 | 30.6 |
| $F = P_{max} / (U_0 \cdot I_s)$ | 0.830 | 0.774 | 0.767 | 0.760 |
| \bar{F} | 0.783 | | | |

表 4. 最大功率 P_{max} 和开路电压与短路电流的乘积

$$\bar{F} = 0.783$$

这里我使用 Excel 进行计算，计算的中间过程及公式见第 3 节。

3 计算过程

根据表 1 测量的 U 和 I 值计算得到的 P 和 R 值的公式如下。

电阻 R 的公式：

| |
|--------------------------|
| <code>=B5*1000/A5</code> |
|--------------------------|

功率 P 的公式:

=A5*B5

之后的行数逐层下拉与右拉即可。

3.1 计算 R_{max} 和 R_i

根据表 2 测量的 P 和 R 值计算得到的 R_{max} 和 R_i 的公式如下。

R_{max} 的公式:

=INDEX(K3:K22, MATCH(MAX(L3:L22), L3:L22, 0))

R_i 的公式:

=B3*1000/A3

$\frac{R_{max}}{R_i}$ 的公式:

=B27/B28

3.2 计算填充因数 F 的平均值

根据表 2 测量的 P 和 R 值计算得到的 P_{max} 和 $U_o I_s$ 的公式如下。

P_{max} 的公式:

=MAX(L3:L22)

$U_o I_s$ 的公式:

=A\$3*B\$3

$F = \frac{P_{max}}{U_o I_s}$ 的公式:

=H27/H28

\bar{F} 的公式:

=AVERAGE(H29:K29)

Excel 行列关系及计算结果如图 3 所示:

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------|------|-------|------|
| Is/mA | U0/V | Is/mA | U0/V |
| 45.6 | 2.19 | 35.1 | 2.16 |
| 45.4 | 0.23 | 35.0 | 0.21 |
| 45.4 | 0.63 | 35.0 | 0.31 |
| 45.4 | 1.01 | 35.0 | 0.45 |
| 45.4 | 1.38 | 35.0 | 0.51 |
| 45.4 | 1.53 | 34.9 | 0.65 |
| 45.4 | 1.65 | 35.0 | 0.79 |
| 42.3 | 1.96 | 34.9 | 0.93 |
| 40.7 | 1.99 | 34.8 | 1.10 |
| 37.4 | 2.04 | 34.8 | 1.33 |
| 35.4 | 2.05 | 34.6 | 1.63 |
| 32.2 | 2.08 | 34.1 | 1.72 |
| 32.2 | 2.09 | 31.8 | 1.84 |
| 29.1 | 2.10 | 27.5 | 1.97 |
| 26.3 | 2.12 | 25.7 | 1.99 |
| 22.7 | 2.13 | 19.3 | 2.05 |
| 20.9 | 2.14 | 16.9 | 2.07 |
| 20.0 | 2.15 | 15.4 | 2.09 |
| 16.3 | 2.16 | 12.7 | 2.10 |
| 14.6 | 2.17 | 10.8 | 2.11 |
| 10.0 | 2.18 | 9.2 | 2.12 |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------|-------|-------|-------|
| Rmax | 46.3 | 50.4 | 75.9 |
| Ri | 48.0 | 61.5 | 85.2 |
| Rmax/Ri | 0.965 | 0.820 | 0.890 |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------|--------|--------|--------|
| Pmax/mW | 82.908 | 58.652 | 40.832 |
| U0*Is/mW | 99.9 | 75.8 | 53.3 |
| F=Pmax/(U0*Is) | 0.830 | 0.774 | 0.767 |
| F bar | 0.783 | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------|-------|-------|-------|
| R/ohm | P/mW | R/ohm | P/mW |
| 5.1 | 10.44 | 6.0 | 7.35 |
| 13.9 | 28.60 | 8.9 | 10.85 |
| 22.2 | 45.85 | 12.9 | 15.75 |
| 30.4 | 62.65 | 14.6 | 17.85 |
| 33.7 | 69.46 | 18.6 | 22.69 |
| 36.3 | 74.91 | 22.6 | 27.65 |
| 46.3 | 82.91 | 26.6 | 32.46 |
| 48.9 | 80.99 | 31.6 | 38.28 |
| 54.5 | 76.30 | 38.2 | 46.28 |
| 57.9 | 72.57 | 47.1 | 56.40 |
| 64.6 | 66.98 | 50.4 | 58.65 |
| 64.9 | 67.30 | 57.9 | 58.51 |
| 72.2 | 61.11 | 71.6 | 54.18 |
| 80.6 | 55.76 | 77.4 | 51.14 |
| 93.8 | 48.35 | 106.2 | 39.57 |
| 102.4 | 44.73 | 122.5 | 34.98 |
| 107.5 | 43.00 | 135.7 | 32.19 |
| 132.5 | 35.21 | 165.4 | 26.67 |
| 148.6 | 31.68 | 195.4 | 22.79 |
| 218.0 | 21.80 | 230.4 | 19.50 |

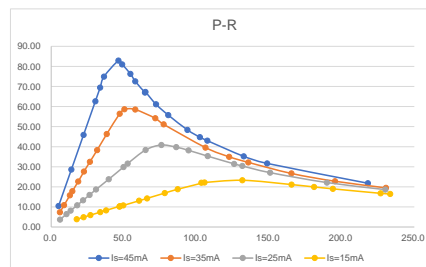
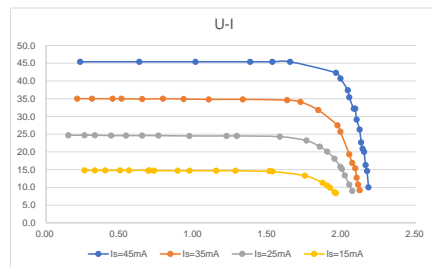


图 3. Excel 行列关系及计算结果