

应用指南

连接器的浪涌电流承受能力

1 简介

该应用指南仅针对 伍尔特电子 TBL 系列接线端子。

所有的电阻只要有电流通过就会发热，这称为焦耳效应。从热的角度来看，电源连接器可以看成是简单的电阻。电源连接器的工作电流通常根据标准来确定，如我们根据的是 UL 1059 标准。在该标准中，最大温升 (ΔT) 为 30K (ΔT 的单位通常为开尔文，温度的单位通常为摄氏度)。

$$T_{\text{connector}} [^{\circ}\text{C}] = T_{\text{ambient}} [^{\circ}\text{C}] + \Delta T [\text{K}] \quad \text{等式(1)}$$

这表示在满载电流下，连接器的内部温度不会超过环境温度 30K。温升与环境温度之和（等式(1)）不超过最大工作温度额定值。

工作电流依据适当的降额曲线选用，能确保连接器的耐用性（如要了解更多信息，请查看 ANE006《连接器的降额》）。

有些应用需要在短时间输入大电流，例如电动滑板车的短时加速、变压器的移相或者电灯镇流器的电容放电。

我们一定要用更大额定电流的连接器应对这种浪涌电流吗？还是说电流可以在短时间内高于额定电流？

2 电流产生的温升

2.1. 工作电流温升

温升可以这样表示： $\Delta T = k \cdot R \cdot I^2$ 等式(2)

其中：

ΔT 为温升 [K]

k 为热温度常数

R 为连接器电阻 [Ω]

I 为电流 [A]

环境（周围环境和装配环境）对于连接器的热特性有很大影响。它决定热能是否耗散及耗散的速度。因此我们将 k 规定为一个常数。

但是，为每一种条件都规定 k 的值是不可能的，所以我们偏向于比较相同条件下的温升。这样我们在等式(2)中看到的常数就会被移除。

当焦耳效应产生的热和连接器耗散的热相等时，就达到了热平衡。

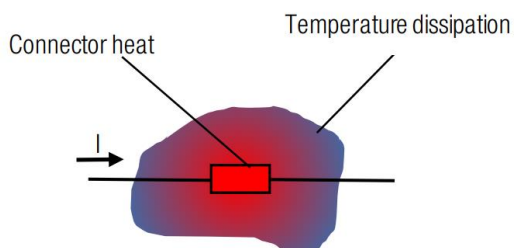


图 1：连接器散热示意图

图 2 给出了一个例子，它是一个普通的连接器在一段时间里的温升测量值， ΔT 一定小于 30K。正如我们所看到的，系统需要几分钟时间使温升变得稳定。

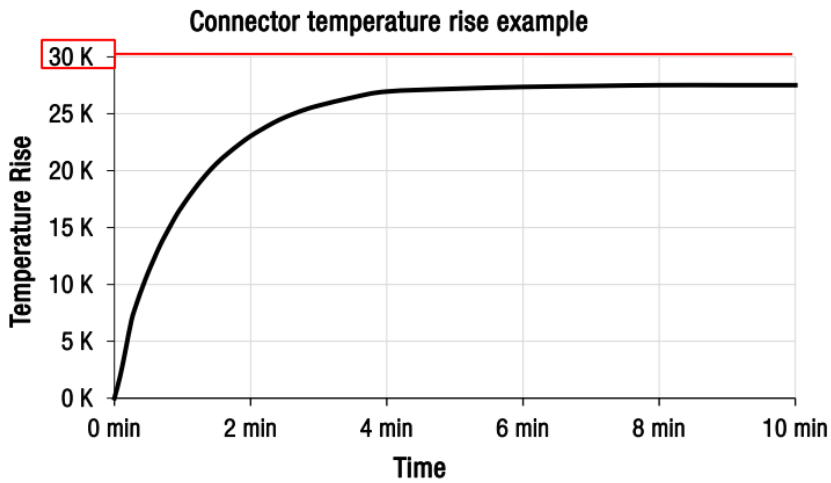


图 2: 连接器在几分钟内的温升

2.2. 电流下的温升时间

现在我们重点讨论图 2 描述的第一分钟内的情况。图 3 是同一条曲线的前 60 秒部分。我们注意到，比如在 10 s 时， $\Delta T = 5K$ ：

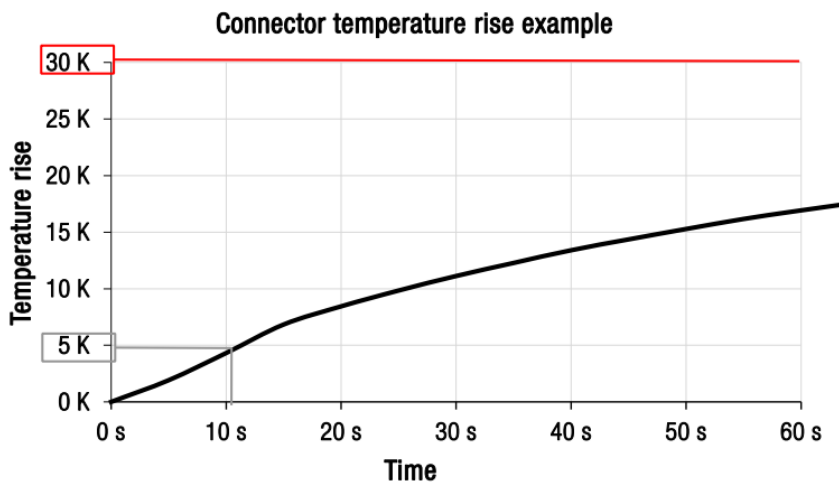


图 3: 第一分钟的温升

我们可以假设，电流有可能在短时间内超过工作电流，而不至于使 ΔT 达到 30K。

问题是，如何估计在温升不超过 30K 的情况下，连接器可以承受一个大电流的时间长短？

3 浪涌电流

3.1. 预测试: ΔT 达到 30K 的浪涌电流时长

我们将通过实验来得出答案，方法是使连接器在超出额定工作电流的情况下工作。每次测试都在温度达到 100°C 时停止，从而不超出最高工作温度。



图 4: 环境温度 19.1°C 下的 TBL 电流过载测试

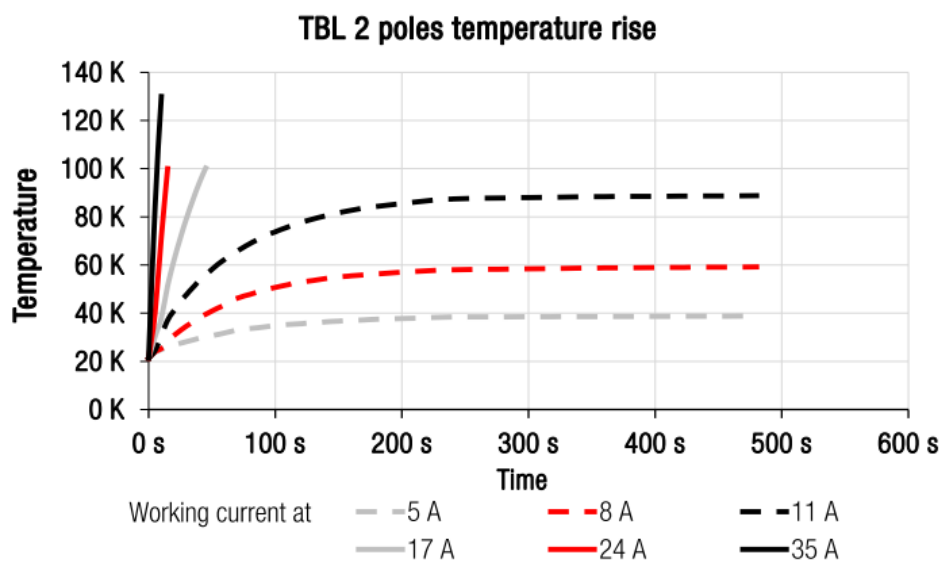


图 5: 高于 5 A 额定工作电流的温升

从曲线得出的结论:

- 额定工作电流下 $\Delta T < 30\text{K}$ ，符合 UL 标准的要求
- 高于额定工作电流时，温升明显超过 30K
- 如果限制时长，有可能将连接器温升保持为 $\Delta T < 30\text{K}$ 。例如，对于这个连接器，我们可以输入 11 A 的电流（工作电流的 2.2 倍），持续 35 s，温升达到 30K。

3.2. 浪涌电流曲线建议:

现在我们需要确认超过额定值的电流可以持续多长时间，并最终在我们的一些连接器上进行测试，以验证浪涌电流和时间。

对于测量值和最终在数据表中标明的值，我们设定了大于 2 倍的安全系数。

3.3. 浪涌电流全面测试

我们测试了一系列具有典型触点数量的连接器（图 6 中的红色曲线），以检查增大的负载电流对连接器不会产生不可接受的影响。图 7 中由 10 个红点标记的所有值都必须要在每个连接器上进行测试（例如 1.1 倍的工作电流持续 20 秒）。目的是验证每个点的 ΔT 不超过 30K。

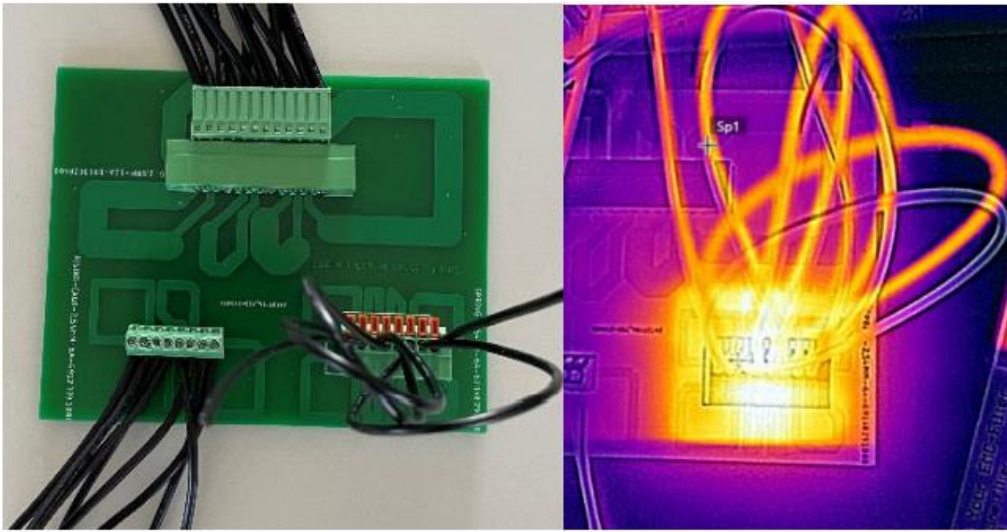


图 6: 浪涌电流测试装置

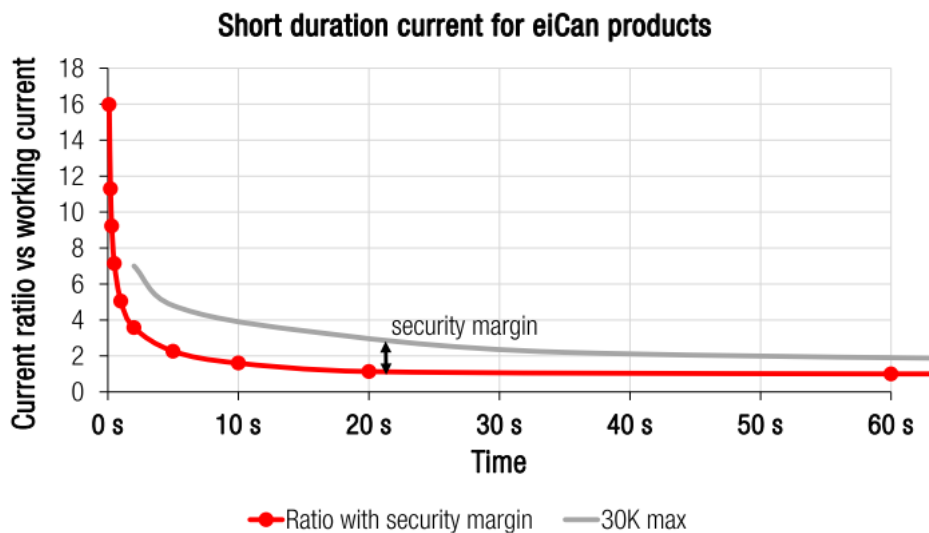


图 7: 典型的 30K 温升电流和安全建议

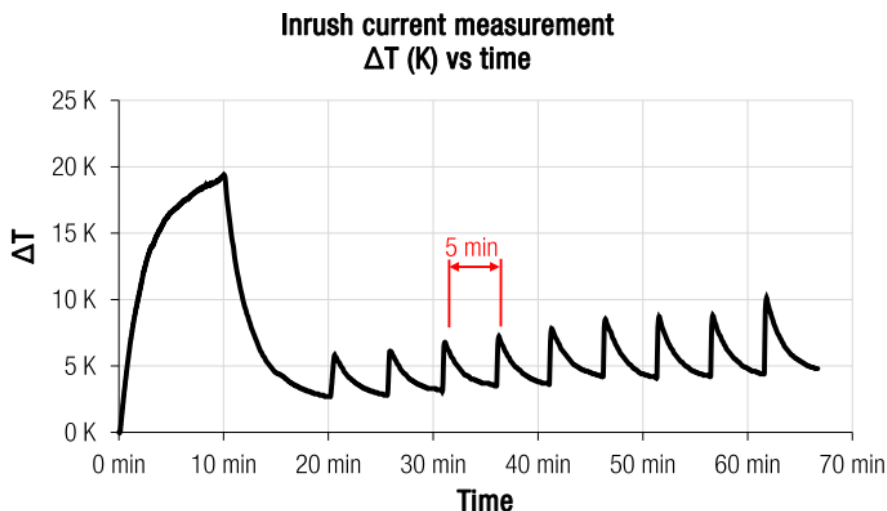


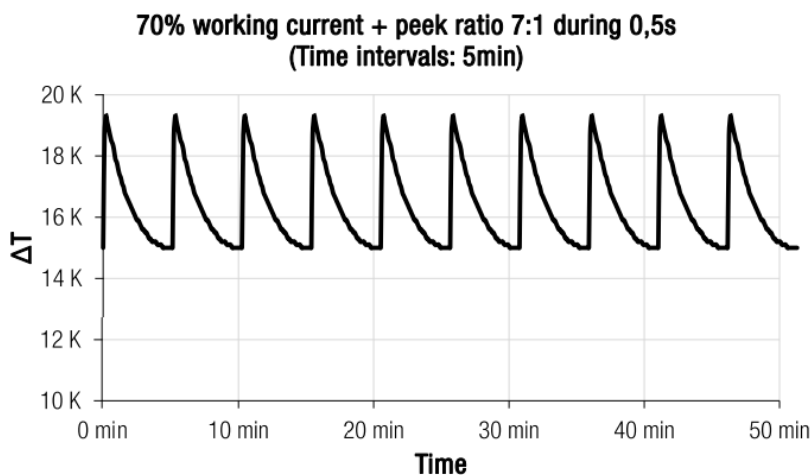
图 8: 浪涌电流测试结果

我们用不同的电流进行了十次测试，并设置了 5 分钟的间隔，从而让温度慢慢恢复到初始值。第一个 ΔT 峰值最大。它持续了 10 分钟的工作电流。所有其他“工作点”对 ΔT 的影响非常小，最大值约为 5K。

3.4. 测试结论

对不同产品进行的所有测试都得出了大致相似的结果。热能必须耗散到连接器周围的环境中，否则能量就会在连接器内累积。在这种情况下，温度会继续升高，给电气部件甚至整个设备带来危险。

图 9 显示了一个连接器，电流为标称电流的 70%，有 10 个比率为 7:1（峰值相对于标称值）的峰值电流，间隔时间为 5 分钟。为了让连接器恢复到初始温度，这个间隔时间是必需的。

图 9: 峰值之间有足够散热时间的 ΔT 曲线

如果温升总是恢复到 15K，系统就是稳定的。

但如果时间间隔缩短，热能就没有足够的时间耗散。图 10 显示，温度在持续升高。这个系统是不稳定的。一段时间后，连接器会损坏，因此必须避免这种情况。

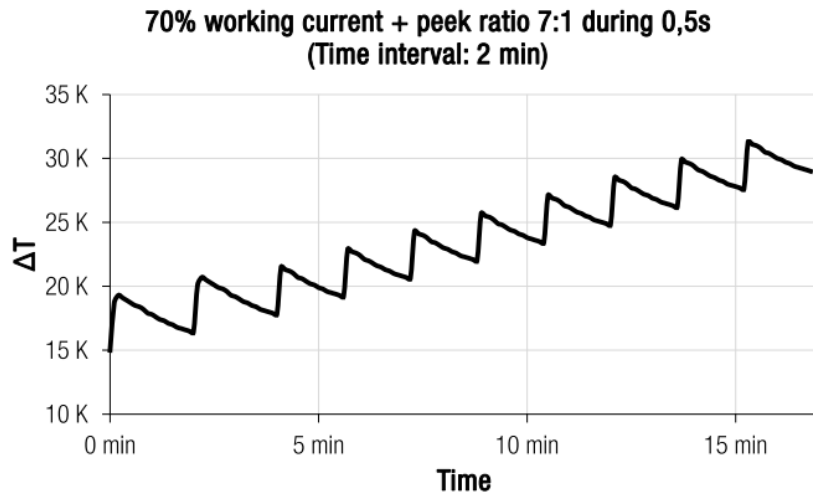


图 10: 峰值之间没有足够散热时间的 ΔT 曲线

散热在很大程度上取决于连接器所处环境: PCB 走线的尺寸, 电线的尺寸, 是否在封闭的盒子中。这里给出的 5 分钟时间间隔, 在不同应用中会不同。

4 最终适用曲线

4.1. 浪涌电流曲线

最后, 依据图 11 和图 12 中曲线, 连接器有可能每隔 5 分钟 (最小值需要在实际条件下验证) 有一个浪涌峰值电流。

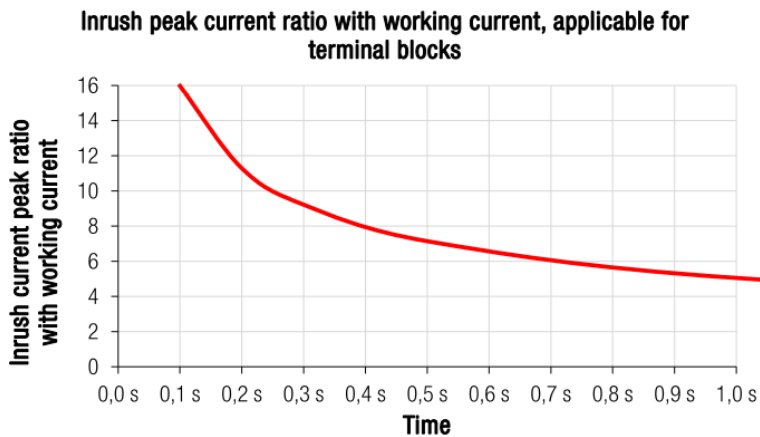
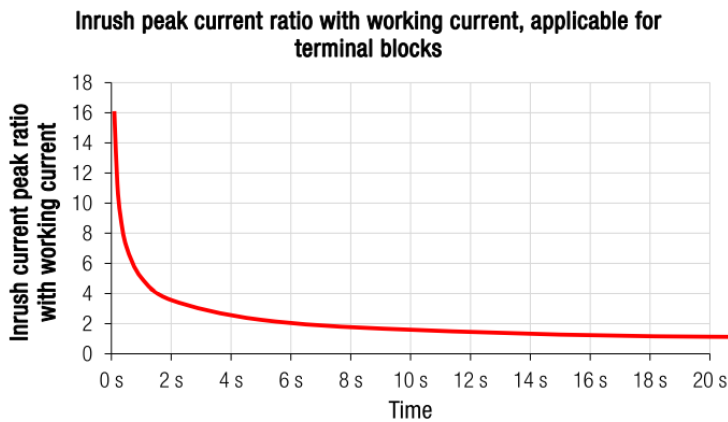


图 11 和 12: WE 连接器 (接线端子) 适用浪涌电流 (注意时间尺度不同)

举例：

如果工作电流为 5 A，那么可以在全电流下使用它，且每 5 分钟有一个峰值电流。例如，峰值电流为额定工作电流的两倍 (10 A)，可持续 6 秒。

4.2. 降额曲线 - 恒定“浪涌”电流

如果使用 WE 连接器，以下曲线显示了与工作温度相关的适用电流（图 13）。

伍尔特电子在任何情况下都会遵守 UL 标准。无论输入何种浪涌电流，最大温升都要 $\Delta T \leq 30\text{K}$ 。因此，满载电流时不能再承受额外的浪涌电流。

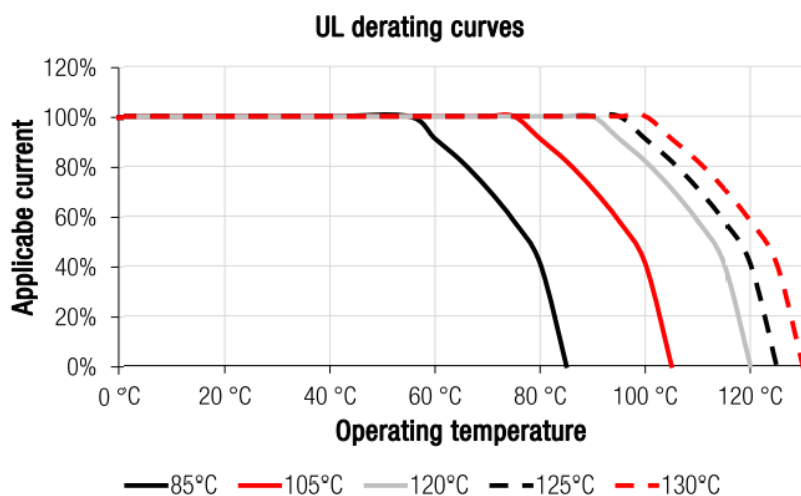


图 13：不同工作温度下的 UL 标准降额曲线

出于安全原因，我们假设浪涌电流下的最大 ΔT 为 15K。这意味着稳定电流下温升的最大 ΔT 可以是 $30 - 15 = 15\text{K}$ 。

使用等式 2，对于同一系统，我们可以得到关于 ΔT 的如下表达式：

$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{I_1^2}{I_2^2} \quad \text{等式 (3)}$$

$$\Delta T_1 = 30 \text{ K and } \Delta T_2 = 15 \text{ K, then } I_2 = \frac{I_1}{\sqrt{2}}$$

如果存在浪涌电流，我们必须将稳定工作电流限制为 $100\% / \sqrt{2} \approx 70\%$ 。

最后，如果想让连接器同时承受连续电流和浪涌电流，我们需要对降额曲线进行如下调整：

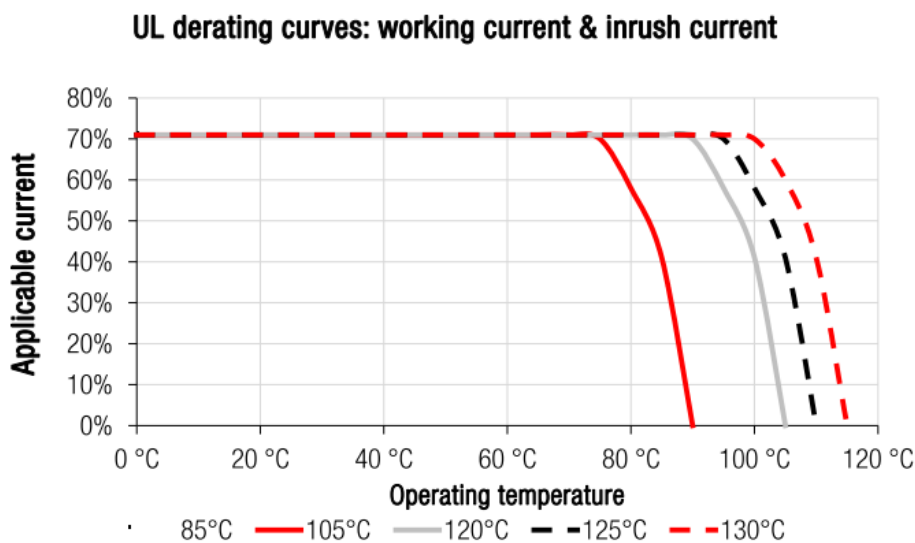


图 14：不同工作温度下连续电流和浪涌电流的 UL 标准 降额曲线（仅针对 WE 接线端子）

请记住一定要在实际条件下进行温升测试，以确认时间间隔足以保持系统稳定。

5 总结

基本规则：

1. 最高温度 < 连接器工作温度
2. 在所有情况下，最大 $\Delta T < 30K$ (UL)
3. 建议在两次浪涌之间至少间隔 5 分钟，从而使温度降至初始温度。
4. 每种情况的散热各不相同，因此每种应用都必须在实际条件下验证（客户须验证 ΔT 在任何情况下都小于 30K）。

本应用指南中的曲线为推荐曲线。伍尔特电子保证规格书中的额定参数。除此之外，客户可根据应用类型和环境温度调整浪涌电流，具体由客户负责。