

合肥中恒微半导体有限公司

2E600M120S1P 安装工艺要求

ZHMAN 2019-06

当前版本：2019年6月1日 V1.0

全部：第一次发布

作者：Sean Tian

欢迎提出意见和建议

您是否认为本文档中的任何信息存在错误、含糊不清或遗漏？您的宝贵意见和建议将帮助我们持续不断地改进本文档的质量。请将您的意见和建议（请注明本文档的索引号），发送电子邮件至：[\[tianx@zhmsemi.com\]](mailto:tianx@zhmsemi.com)

目录

1 一般信息	3
1.1 一般应用信息	3
1.2 静电敏感元件的处理	3
2 将PCB电路板安装到模块上的说明	4
2.1 将PCB电路板安装到可焊模块上的说明	4
2.1.1 额外加固印刷电路板	4
2.2 额外加固印刷电路	5
3 模块装配对散热器的要求	5
4 导热界面材料的应用	6
4.1 采用丝网印刷术涂敷导热膏	6
4.2 替代方法：借助滚筒或抹刀涂敷导热膏	7
5 将模块安装到散热器上	7
5.1 用于将模块安装到散热器上的螺丝	7
5.2 将模块安装到散热器上	8-9
6 将母线排连接至电源端子	10
6.1 连接电源端子时实现理想的应力消除	11
7 机械负载（振动和冲击）	12
8 IGBT 模块的贮存与运输	12

1 一般信息

1.1 一般应用信息

通过在生产过程中执行适当的可靠性测试和100%最终测试，确保符合中恒微半导体IGBT模块要求。

IGBT模块产品数据表和应用笔记中给出的最大值，均为不得超出的规定限值，哪怕只是短时超限也不允许，因为这会导致元件损坏。

本应用笔记未能涵盖所有不同应用和应用条件。因此，应用笔记不能替代用户执行的细致深入的技术评估和检查。因此，不论在任何情况下，应用笔记均不应构成任何供应商同意的保证的一部分，除非供应协议以书面方式另行规定。

1.2 静电敏感元件的处理

IGBT模块是静电敏感元件。静电放电（ESD）可能导致这些模块被过早损坏甚至毁坏。为了防止静电放电造成元件毁坏或过早损坏，所交付的元件均采用了适当的静电防护封装，符合公认的ESD法规要求。

要拆卸静电防护装置，处理未受保护的模块，必须在符合ESD法规要求的工作场所中执行。如需了解更多信息，请参考诸如IEC 61340-5-1和ANSI/ESD S2020等ESD安装准则。



图 1：静电放电标志

2 将PCB电路板安装到模块上的说明

2.1 将PCB电路板安装到可焊模块上的说明

2.1.1 额外加固印刷电路板

利用外接驱动板，可实现尽可能短的栅极-集电极连接，以防止磁耦合，并最大限度地降低栅电路的寄生电感。完成焊接之后，建议采用机械方法，消除模块与印刷电路板之间的应力。可以利用自攻螺丝或类似的紧固方法，通过模块上的4个PCB电路板安装支脚（请参见图2），将PCB电路板安装到模块上，以消除应力。

除用手拧紧螺丝，将PCB电路板安装到安装孔中之外，最好使用有扭矩限制的电子控制的螺丝刀，或至少缓慢旋转的电动螺丝刀（U300U/分钟）来执行这个操作。由于气动螺丝刀输出扭矩不精确，我们不建议使用。

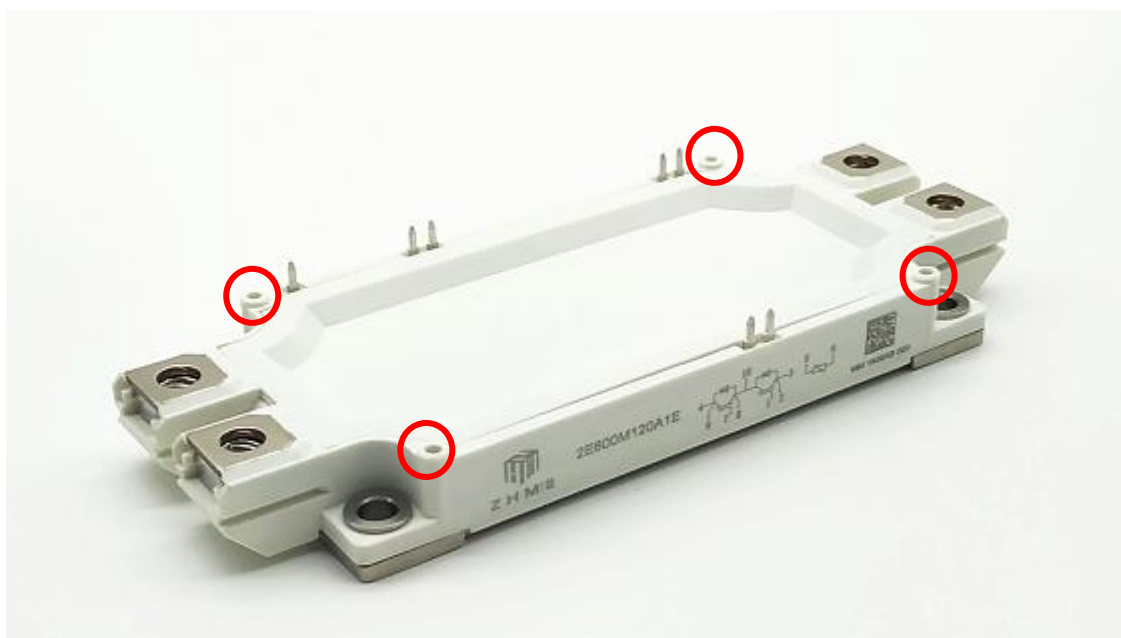


图2: ED 3模块上的PCB电路板安装支脚（红圈）

取决于所安装的具体PCB电路板的厚度和重量，拧入PCB电路板安装支脚内的有效螺纹长度应当至少为 $L_{min} \geq 4$ 毫米，且最长不超过 $L_{max} \leq 10$ 毫米。

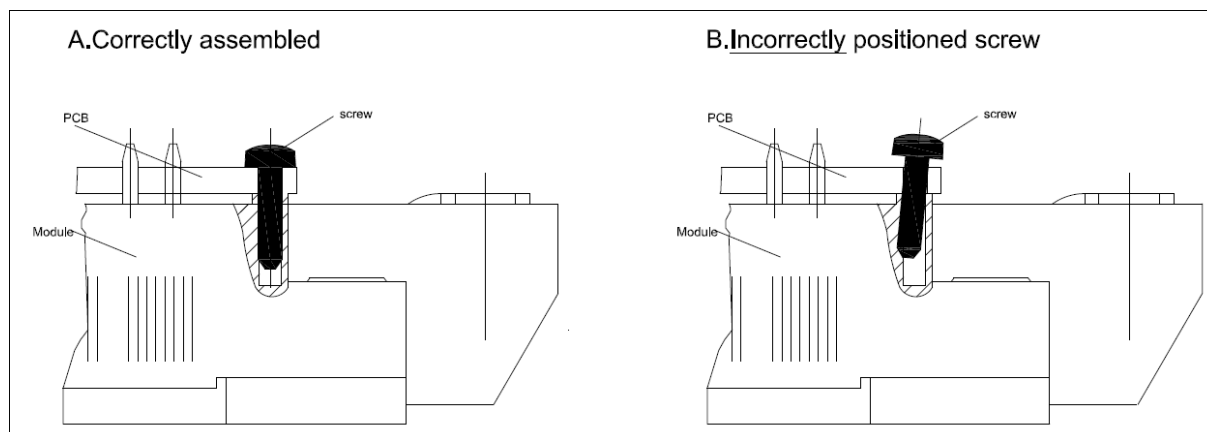


图3： A. 正确地将螺丝拧入PCB 电路板安装支脚
B. 将螺丝拧入PCB 电路板安装支脚的位置错误

安装支脚上半部的1.5 毫米仅用作引导，不能受力。螺丝拧入的过程中，塑料内壁上将自动形成螺纹。推荐的自攻螺丝为，例如：

- EJOT PT WN 1451 K25x10 A2K: $M_{max} = 0.45Nm \pm 10\%$

为避免安装支脚损坏或破裂，必须在安装过程中将螺丝垂直插入安装支脚（图3）。

推荐的螺丝和扭矩基于实验室试验。取决于所使用的螺丝和工具，有必要相应地调整安装过程。PCB电路板安装完毕之后，即可执行焊接（手动焊接、选择性焊接或波峰焊接）。遵循这个安装顺序，可以最大限度地减小对焊点造成的机械应力。如果在开始焊接之前，要借助底板下方的加热板或通过循环热风对模块进行预热处理，那么，必须对预热过程进行控制，以确保预热温度 $T \leq 150^{\circ}C$ ，且时间 $t \leq 30$ 分钟。

在整个焊接过程中，必须小心谨慎，既不能让焊接温度过高，也不能让焊接时间太长，以免辅助引脚导致塑料外壳因过热而变形。按照IEC 68第2条的规定，焊接过程中必须满足最高焊接温度 $T=260^{\circ}C$ ，最长焊接时间 $t_{max} \leq 10s$ 的要求。

3 模块装配对散热器的要求

在开关（ T_{vjop} ）过程中，必须通过散热器，消散模块产生的功率损耗，以免超过数据表中规定的最高允许温度。

模块安装区内的散热器表面条件极其重要，因为散热器与模块之间的导热界面，对将热量从模块传递到环境中的效率有显著影响。

模块底板与散热器表面之间的接触面，必须保持良好状态、无污染，并应采用新的无纺布进行清洁。模块底板与散热器之间的接触面，不得超过下列值：

- 表面平坦度 $\geq 30\mu m$
- 表面粗糙度 $R_z \leq 10\mu m$

散热器必须具备足够的刚性，以满足装配和随后的装运要求，不对模块的底板造成额外的应力或拉力。在整个装配过程中，特别是当PCB电路板与散热器相连时，不得弯折散热器。

4 导热界面材料的涂敷

由于模块底板和散热器各自具备不同的表面形状，两个结合面之间必然存在空隙。为了消散模块产生的功率损耗，也为了高效地将热流从芯片导入散热器，必须采用导热界面材料（TIM）将这些间隙或空腔填实。最优层厚度可以将所有空气挤出，但却不能防止模块底板与散热器表面之间发生金属间接触。在涂敷导热膏（TCP）时，必须确保均匀涂敷。

应当选择具备永久弹性的TIM，以确保始终如一的良好导热热阻。填塞TIM时应当避免污染螺孔，以确保不影响螺杆力矩。

4.1 采用丝网印刷术涂敷导热膏

人工涂敷导热膏，要确保厚度仅为数微米的涂层均匀一致，绝非易事。人工涂敷形成的导热膏层在均匀性和可重复性方面，始终令人存疑。因此，建议采用丝网印刷术，涂敷导热膏（请参见图4）。除均匀、可重复地涂敷导热膏之外，这种方法还允许针对单独模块，调节导热膏的分布。

可通过中恒微半导体技术服务渠道，索取针对特定模块的丝网印刷模板图纸建议书。用户必须测试并检验该模板是否适用于特定TCP以及装配过程和应用。

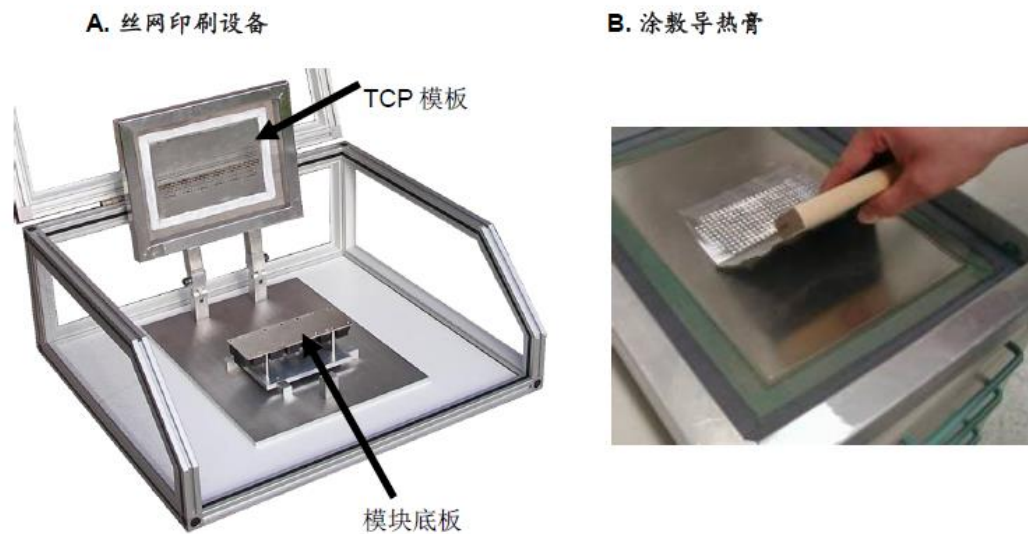


图4： A. 用于涂敷TCP的丝网印刷设备示例
B. 借助丝网印刷模板涂敷TCP

图5所示为采用丝网印刷术涂敷的导热膏在EconoDUAL™ 3模块上的典型分布。



图5 采用丝网印刷术涂敷了导热膏之后的ED3模块底板

4.2 替代方法：借助滚筒或抹刀涂敷导热膏

如果无法采用推荐的丝网印刷术来涂敷导热膏，则应借助滚筒或抹刀来涂敷导热膏。所涂敷的导热膏的层厚，一般应在50微米到100微米之间。原则上，取决于厚度d，可将所需导热膏量，换算为下列体积：

$$\begin{aligned} d = 50 \mu\text{m} &\longrightarrow \text{VTCP} && 0.4\text{cm}^3 \\ d = 100 \mu\text{m} &\longrightarrow \text{VTCP} && 0.8\text{cm}^3. \end{aligned}$$

既可以借助注射剂来测量体积，也可以从软管中挤出。

可以借助通用滚筒或细齿抹刀来涂敷导热膏。遗憾的是，由此形成的导热膏层在均匀性和可重复性方面，始终令人存疑。为确保和检验装配过程合乎质量要求，以及在培训期间，可借助湿膜梳来控制导热膏的厚度。

5 将模块安装到散热器上

5.1 用于将模块安装到散热器上的螺丝

采用下列工具来安装模块：至少达到DIN912 (ISO4762)、ISO 7380、DIN6912和DIN7984等标准中规定的6.8级性能的DIN M5螺栓；加上符合DIN433或DIN125标准的适用垫圈和弹性垫圈，或者与之相当的组合垫圈。

ED3模块数据表中规定的间距和爬电距离是在未装配、未连接的模块上的最短间距和爬电距离。

在开发阶段，依照有效标准，为安装模块选择适用的M5螺丝、垫圈和弹性垫圈时，建议考虑所形成的电源端子与最近的螺丝头或垫圈之间的间距和爬电距离。

5.2 将模块安装到散热器上

安装模块时，必须遵循允许的容差。相关数据表上给出了详细的信息和模块图纸。装配过程造成的模块对散热器的夹紧力，取决于所施加的力矩和散热器的条件。数据表中规定的下列力矩值，是采用具备M5气密螺纹的钢质螺丝在铝质散热器上测得，其典型摩擦系数为 $\mu G=0.2 \cdots \mu G=0.25$ （ μG =散热器内部螺纹的摩擦系数）：

$$M_{\min}=3\text{Nm to } M_{\max}=6\text{Nm.}$$

必须遵循推荐的操作顺序，采用规定的力矩，将模块紧固螺丝一律拧紧。螺丝和/或散热器材料的其他组合，可能要求调节这些机械参数。

为确保模块与散热器之间良好的导热接触，建议在拧紧4颗M5紧固螺丝时，遵循下列操作步骤：

1. 将涂敷了导热膏的模块，放置在散热器上并用螺丝固定。
2. 按下列顺序，以0.5Nm力矩，固定螺丝（用手拧紧，交叉执行）。

螺丝编号：1 - 2 - 3 - 4

3. 按同样的顺序，以3Nm - 6Nm力矩，拧紧螺丝（交叉执行）。

螺丝编号：1 - 2 - 3 - 4

取决于所用导热膏的粘度，可能要求执行一个中间步骤2a，特别是对于高粘度导热膏。这个额外的操作步骤将允许导热膏在装配过程中，根据模块底板和散热器的形状合理分布。取决于所用的导热膏，等待一段时间之后，再执行步骤3。

2. a. 按同样的顺序，以2Nm左右力矩，拧紧螺丝（交叉执行）。

螺丝编号1 - 2 - 3 - 4

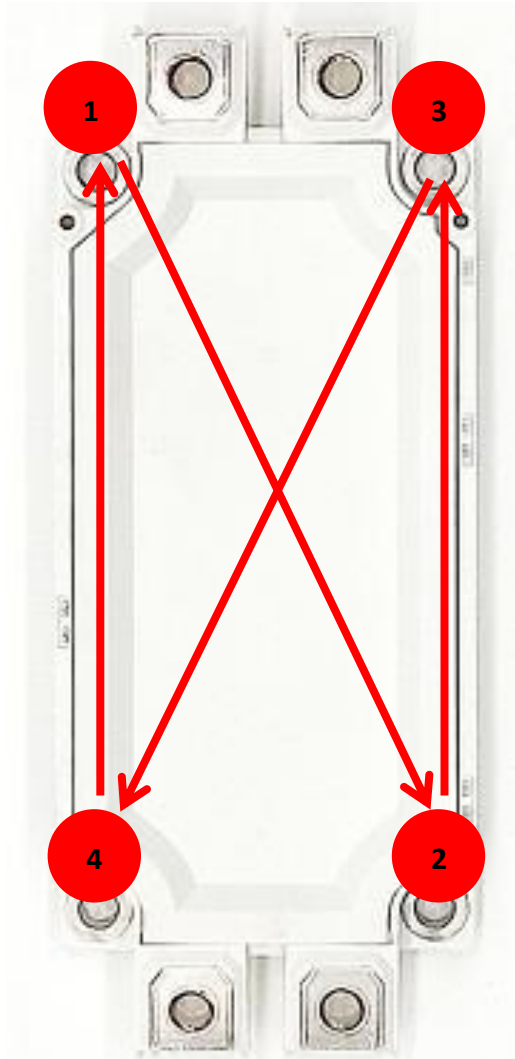


图 6 将模块安装到散热器上时拧紧螺丝的顺序

在使用导热膏时，可能有必要（取决于导热膏的类型）在加热试验之后，检查紧固螺丝的正确拧紧力矩值。在使用导热薄膜来代替导热膏时，强烈建议执行这项额外检查。应用笔记和所给出的力矩值，仅当使用导热膏时有效。因此，绝对有必要采用所拟使用的导热薄膜，自行执行试验和测量！

在选择用在模块与散热器之间的导热界面材料时，应当考虑其导热接触性能和长期稳定性，并咨询导热界面材料生产商。

6 将母线排连接至电源端子

连接模块时，必须遵循单独数据表中给出的允许容差。应当将直流电源侧，连接至采用层压材料的母线排，以最大限度地降低杂散电感，使开关过冲电压保持尽可能低。必须确保依照相关数据表，严格遵守关于电源端子和IGBT芯片上的最高允许电压的规定（请参见RBS0A）。

连接电源端子时，要求采用至少达到6.8级性能的DIN M6 螺丝，加上适用的垫圈和弹性垫圈，或者完整的组合垫圈。应当采用推荐力矩，将之拧紧：

$$M_{\min}=3\text{Nm 至 } M_{\max}=6\text{Nm.}$$

在选择螺丝长度时，必须从螺丝总长度中扣除连接部分的层厚。旋入模块螺纹的有效长度，不得超过规定的最大深度10毫米。将连接部分安装在电源端子上时，必须确保在装配过程或后来的操作中，不会超过规定的力度（请参见图7）。

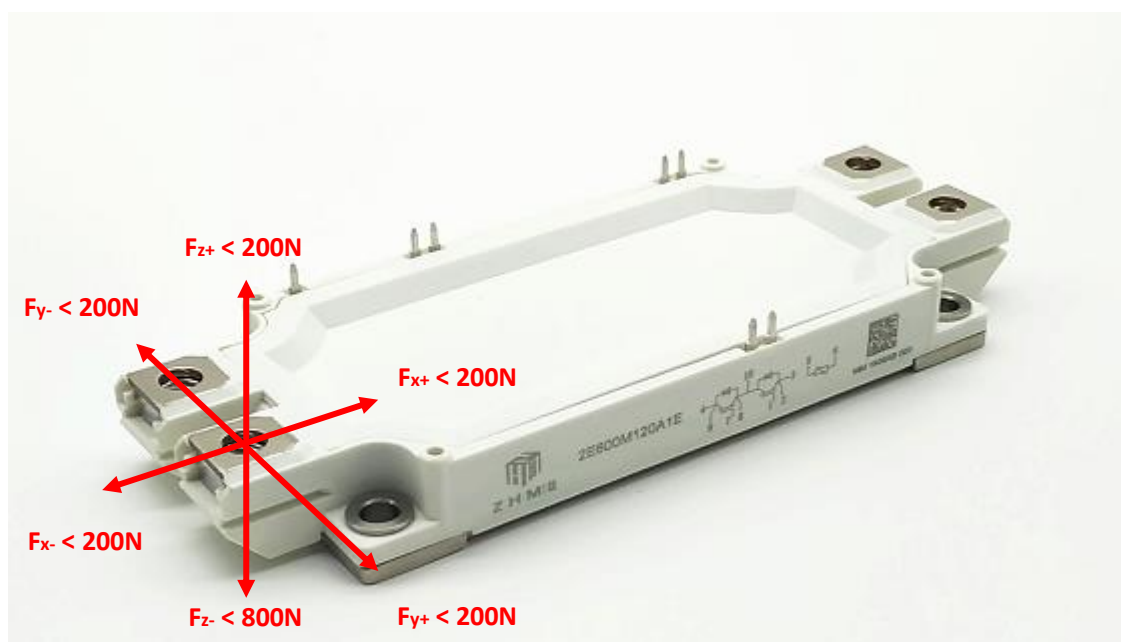


图7：ED3 模块电源端子的最大允许拉力和推力，仅适用于拧入螺丝的操作过程。

6.1 连接电源端子时实现理想的应力消除

连接电源端子时，要尽可能最彻底地消除应力，推荐使用示意图图8或9中所示装配工具。考虑到所有容差，安装块应比电源端子高度低0.5 毫米左右，以便对电源端子施以理想的预加张力，特别是避免在Fz+方向上产生有害的永久性力量（请参见图7）。

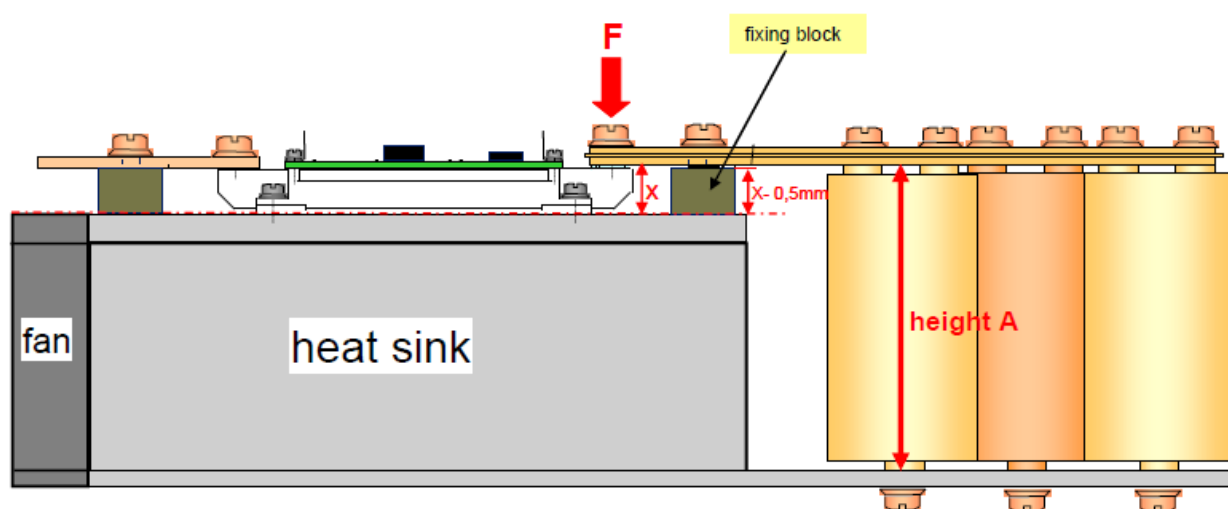


图8 可实现理想的应力消除的ED3装配工具示意图1

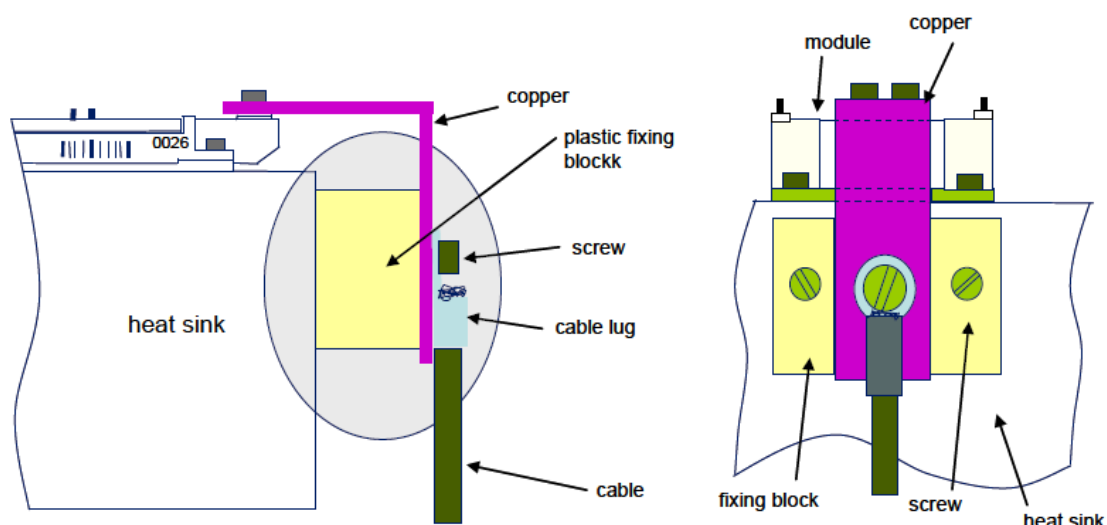


图9 可实现理想的应力消除的ED3装配工具示意图2

7 机械负载（振动和冲击）

ED3 模块结构牢固，其开发阶段明确强调了要在应用中最出色的机械强健性。然而，本应用笔记第6节中给出的电源端子上的拉力和推力的最大允许值。持续的机械负载，特别是振动和冲击，对模块产生的影响，严重依赖于逆变器的机械设置以及应用中的负载模式，不能一概而论。

用户必须采用其应用的机械设置和具体的机械负载模式，对模块在这种特定机械负载下的运行能力进行测试和检验。

8 IGBT 模块的贮存和运输

在模块的运输和贮存期间，必须避免受到冲击或振动产生的极端力量，还应避免极端的环境影响。可以在数据表规定的温度限值内贮存模块，但不建议这样做。

应当在推荐的最长两年贮存期限内，确保符合TR14 中推荐的贮存条件。如果是在推荐的条件下贮存，在进行装配之前，ED3模块无需像离散器件（如，单片机、TO 壳等等）那样进行预先干燥。