应用笔记 AN 2010-06
V1.0, 2010年8月

EconoPACK™ 4 产品系列

安装说明/应用笔记

IFAG IPC MP

www.infineon.com

版本 2010 年 8 月 6 日
英飞凌科技股份公司印制
59568 Warstein, Germany
© 英飞凌科技股份公司版权所有，2010 年。
保留所有权利。

免责声明

本应用笔记中给出的信息仅作为关于使用英飞凌科技组件的建议，不得被视为就英飞凌科技组件的任何特定功能、条件或质量作出的任何说明或保证。本应用笔记的接收者必须在实际应用中验证本文描述的任何功能。英飞凌科技在此声明，未就本应用笔记中给出的任何及所有信息作出任何性质的保证，也不承担任何性质的责任，包括但不限于没有侵犯任何第三方的知识产权的保证。

信息垂询

若需获得关于技术、交付条款和价格的更多信息，敬请联系距离您最近的英飞凌办事处（www.infineon.com）

警告

由于技术要求，组件可能包含有害物质。若需了解相关物质的类型，请联系距离您最近的英飞凌办事处。如果可以合理地预计英飞凌的某个组件可能会导致生命支持设备或系统失效，或者影响该等设备或系统的安全性或有效性，那么在将该等组件用于生命支持设备或系统之前，必须获得英飞凌的明确书面同意。生命支持设备或系统意指用于植入人体内部，或者支持和/或维持、维系和/或保护人类生命的设备或系统。如果这些设备或系统失效，可以合理地假设其用户或其他人的健康将受到威胁。

AN 2010-06
修订记录：日期（2010 年 8 月 6 日），V1.0
先前版本：无
页码：主题（在上一版本的基础上作出的主要更改）
全部：第一次发布

作者：Roland Ott（IFAG IMM INP MP）

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：
[IGBT.Application@infineon.com]

目录

1 一般信息 4
1.1 一般应用信息 4
1.2 静电敏感元件的处理 4

2 对印刷电路板的要求 4

3 压入过程 6
3.1 压入工具 7
3.2 压入力度 7
3.3 额外加固印刷电路板 8

4 压出过程 9

5 模块装配对散热器的要求 10

6 导热界面材料的涂敷 10
6.1 采用丝网印刷术涂敷导热膏 10
6.2 替代方法：借助滚筒或抹刀涂敷导热膏 12

7 将模块安装到散热器上 12
7.1 用于将模块安装到散热器上的螺丝 12
7.2 将模块安装到散热器上 12

8 将母线排连接至电源端子 14
8.1 连接电源端子时实现理想的应力消除 15

9 机械负载（振动和冲击） 16

10 IGBT 模块的贮存和运输 16

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，确保符合英飞凌 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。

2 对印刷电路板的要求

英飞凌科技股份公司业已对 EconoPACK™4 模块采用的 PressFIT 技术进行了检查和测试，证明其适用于具备“化学镀锡”表面的标准 FR4 印刷电路板（依照 IEC 60352-5 + IEC60747-15 标准）。如果印刷电路板采用了其他生产工艺，则需另行测试和检查，以证明合乎其质量要求。

对印刷电路板（PCB）所用材料的要求是：

达到 IEC 60249-2-4 或 IEC 6249-2-5 标准的双面 PCB 电路板

达到 IEC 60249-2-11 或 IEC 60249-2-12 标准的多层 PCB 电路板

为了确保 PCB 板孔与 PressFIT 引脚之间的良好接触，板孔必须符合表 1 所列技术规格。

如果 PCB 板孔的技术规格仅符合终孔尺寸（即，金属镀层孔），那么，取决于 PCB 电路板制造商及其生产能力，不同制造商可能采用不同的钻孔尺寸和金属镀层厚度。这会产生不同结果，从而影响电触点的质量。为此，建议遵循表 1 所列全部准则。

此外，建议采用直径为 1.15 毫米的钻头在 PCB 电路板上钻孔，而不要进行铣削。经验表明，由于所用主轴的振摆公差以及 FR4 材料的收缩，铣削而成的终孔直径通常在 1.12 毫米到 1.15 毫米之间。

	最小值	典型值	最大值
钻孔直径	1.12 毫米	1.15 毫米	
孔内铜镀层厚度	>25 微米		<50 微米
孔内金属镀层			<15 微米
终孔直径	0.94 毫米		1.09 毫米
铜镀层厚度	35 微米	70 微米- 105 微米	400 微米
PCB 电路板金属镀层	镀锡（化学）		
引脚金属镀层	镀锡（电镀）		

表 1：对印刷电路板的要求

如果孔内铜镀层厚度在 25 微米到 50 微米之间，化学镀锡层厚度为 1 微米左右，则可实现试验所得终孔直径。相比于诸如 HAL 印刷电路板等材料，FR4 的镀锡层更薄，因此，所得直径值总是大于 IEC 60352-5 标准规定的 1 毫米。考虑到钻孔直径、铜镀层厚度和镀锡层厚度，终孔直径一般在 1.02 毫米到 1.09 毫米之间。

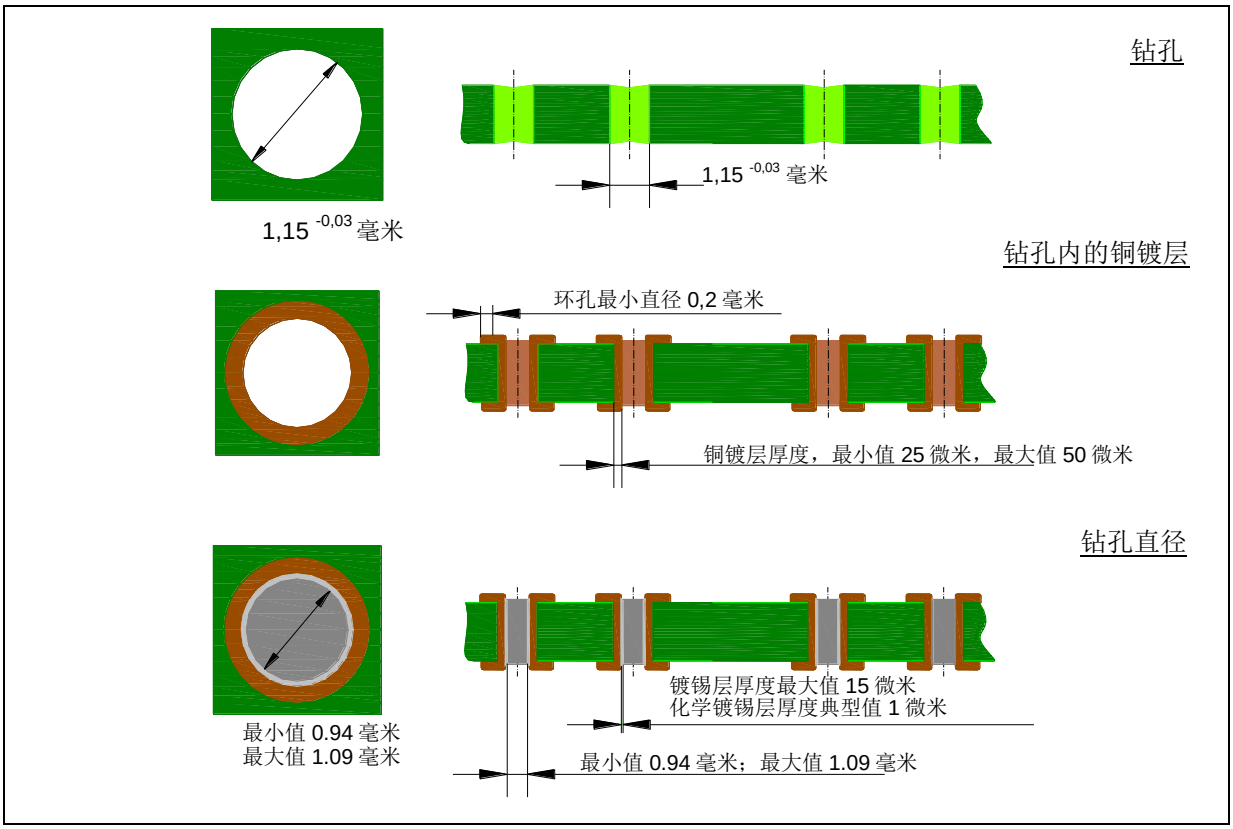


图 1 印刷电路板的结构

PressFIT 技术经检验，符合 FR4 印刷电路板材料的质量要求。

在印刷电路板上执行完毕回流焊接工艺之后，仍可将模块压入电路板中。PressFIT 引脚的保持力并未减弱。

同 Easy 和 Econo PressFIT 模块一样，每个引脚中部与 PCB 电路板上的其他元件之间的距离必须达到 5 毫米。利用用户开发的按压工具，在将元件放置到 PCB 电路板上时，也必须考虑到这个尺寸要求。

PressFIT 模块可以更换最多两次。这家意味着印刷电路板总共可以重复使用三次。在这种情况下，正确处理元件至关重要。

已经被压入，然后又被压出的模块，不能再次被压入。相反，可将该模块焊接到新的 PCB 电路板上。PressFIT 引脚塑性变形，不允许再次压入。

3 压入过程

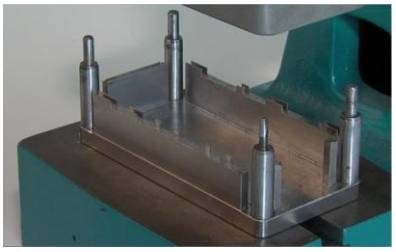
PressFIT 模块通过压入，插入到印刷电路板中。既可以采用简单的曲柄压机，也可以采用专门的机器，执行压入。建议采用可记录力度值和移动距离的压入工具，因为这能确保恒定的质量。这样做可以确保质量始终如一。依照 IEC 60352-5 标准，压入速度应在 25 毫米/分钟到 50 毫米/分钟之间。

请注意，在压入过程中，印刷电路板的放置区与压板的压力区必须相互平行。压板应当固定就位并通过等速运动，将模块压入印刷电路板中。

压入过程中，模块引脚应当插入印刷电路板，直至模块外壳的承力面接触到 PCB 电路板。

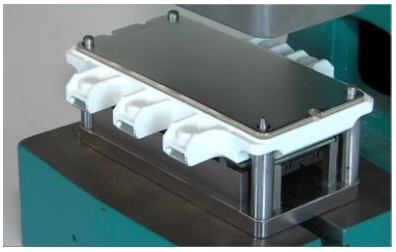
为了在压入过程结束时限制力度，可以在压入工具的上半部加装弹簧。可以根据引脚数量和相应的最小压入力度，调节压入工具的弹簧加载力度。有时候可能不需要弹簧，特别是当压入力度受到控制和限制时。

下面的演示图所示为在英飞凌科技股份公司的实验室中执行的将 EconoPACK™ 4 模块压入电路板的过程。



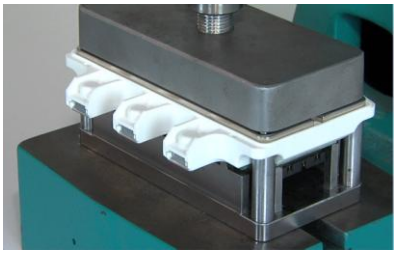
步骤 1:

对齐压机，以确保该工具的上下两个部分相互垂直。



步骤 2:

将 PCB 电路板和模块放入工具。可利用工具导板进行定位。



步骤 3:

通过将工具的上半部向下移动，将模块的 PressFIT 引脚压入 PCB 电路板中。

图 2 EconoPACK™ 4 模块压入过程示例

3.1 压入工具

英飞凌专为 EconoPACK™4 和 EconoBRIDGE™4 模块开发了一个示范压入工具。图 3 所示即为该压入工具。可通过英飞凌的正常渠道，索取该工具的图纸。用户必须测试并检验该工具是否适用于特定安装过程和应用。

针对特定 PCB 电路板调节该工具或开发新工具时，必须考虑到位置接近工具承力面的 PCB 电路板元件，以防压入过程损坏这些元件。

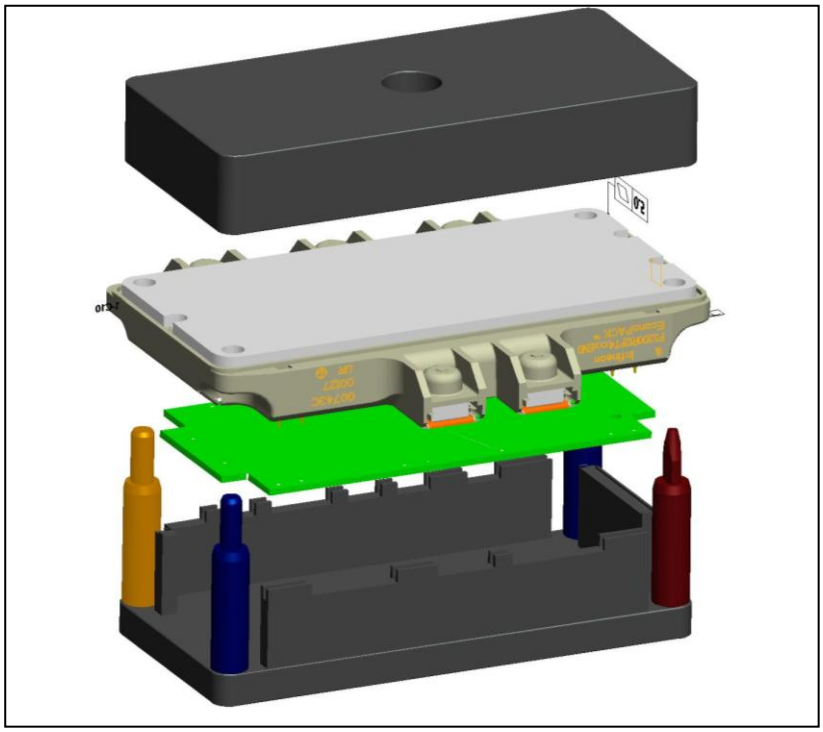


图 3 适用于 EconoPACK™ 4 和 EconoBRIDGE™ 4 模块的压入工具示例

3.2 压入力度

要将模块压入印刷电路板，必须对模块的每个引脚施以约 70N 到 90N 之间的力。压入力度取决于 PCB 板孔直径。由于 EconoPACK™4 模块具备 15 个 PressFIT 引脚，因此，典型的最小压入力度为 1.2kN 左右。

	最小值	典型值	最大值
钻孔直径	1.15 毫米		
压入速度	25 毫米/分钟		
孔内铜镀层厚度	25 微米		50 微米
每个引脚的典型压入力度	70N		90N

表 2 典型压入力度

3.3 额外加固印刷电路板

压入过程结束后，建议采用机械方法加固模块与印刷电路板之间的接触区。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 4），将 PCB 电路板安装到模块上，以加固接触区。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螺丝刀，或至少缓慢旋转的电动螺丝刀（U ≤ 300U/分钟）来执行这个操作。

由于不精确，我们不建议使用气动螺丝刀。



图 4 EconoPACK™ 4 模块上的 PCB 电路板安装支脚（红色圈出）

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。

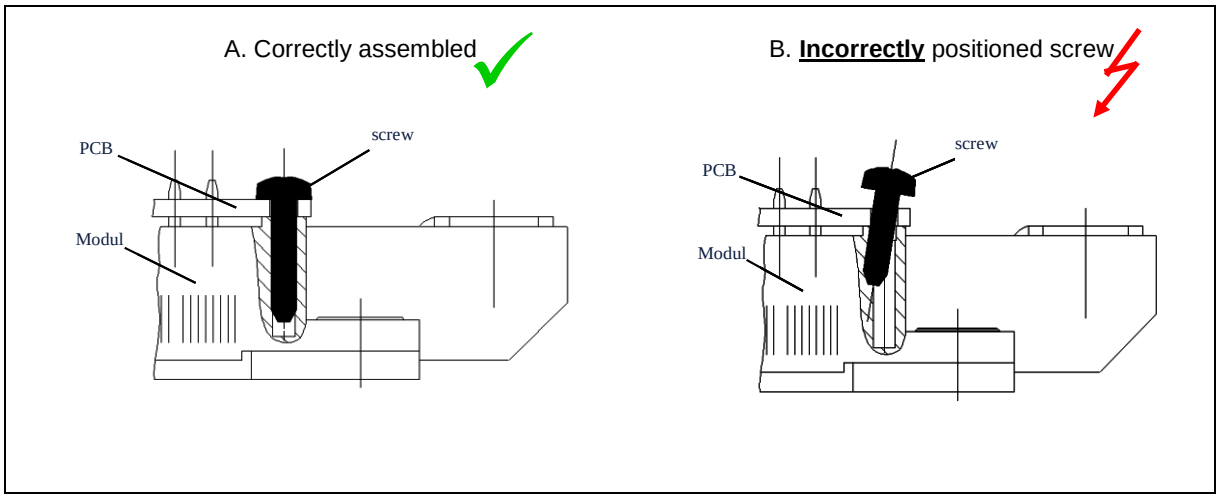


图 5 A. 正确地将螺丝拧入 PCB 电路板安装支脚
B. 将螺丝拧入 PCB 电路板安装支脚的位置错误

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} = 0.65Nm ± 10%

- Ejot DELTA　PT WN 5451 K25x10　　: M_{max} = 0.65Nm ± 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 5）。

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。

4　压出过程

英飞凌专为 EconoPACK™4 和 EconoBRIDGE™4 模块开发了一个示范压出工具。图 6 所示即为该压出工具。可通过英飞凌的正常渠道，索取该工具的图纸。用户必须测试并检验该工具是否适用于特定安装过程和应用。

针对特定 PCB 电路板调节该工具或开发新工具时，必须考虑到位置接近工具承力面的 PCB 电路板元件，以防压出过程损坏这些元件。

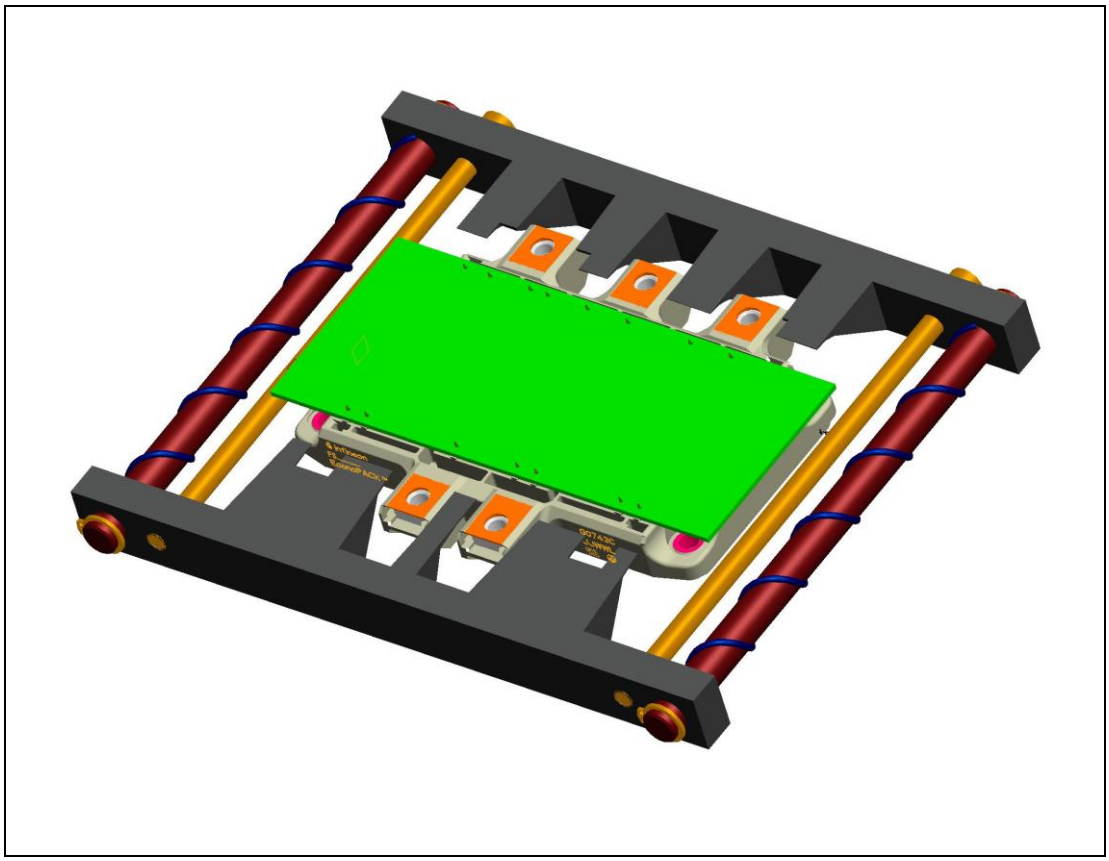


图 6　适用于 EconoPACK™ 4 和 EconoBRIDGE™ 4 模块的压出工具示例

5 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。详细信息请参阅应用笔记 2008-01《结温值定义和使用》。

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，参考长度 L = 100 毫米：

- 表面平坦度≤ 50µm
- 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。

6 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。

6.1 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 7）。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。

可通过英飞凌的正常渠道，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。

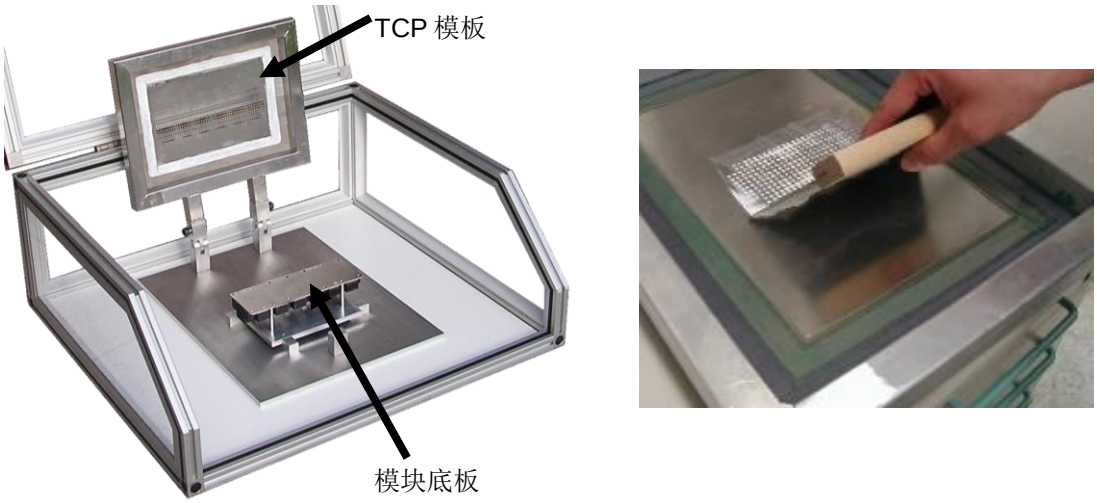


图 7 A. 用于涂敷 TCP 的丝网印刷设备示例
B. 借助丝网印刷模板涂敷 TCP

图 8 所示为采用丝网印刷术涂敷的导热膏在 EconoPACK™ 4 模块上的典型分布。

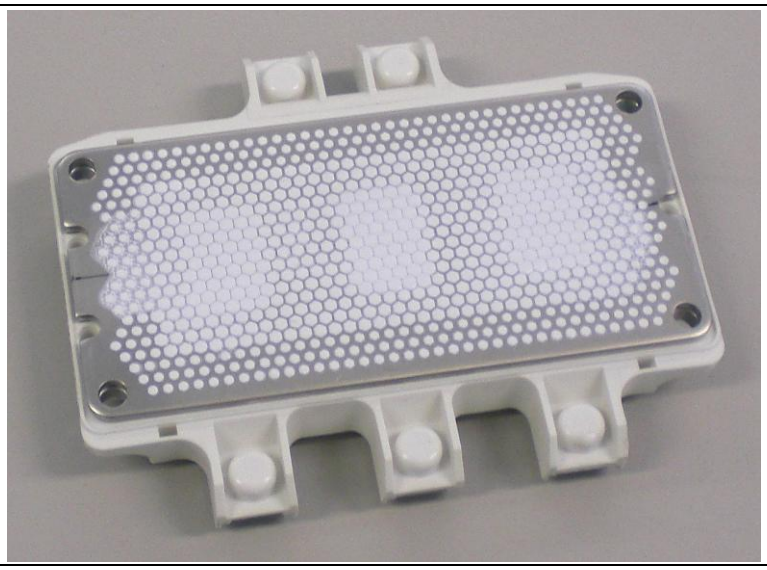


图 8 采用丝网印刷术涂敷了导热膏之后的 EconoPACK™4 模块底板

关于借助丝网印刷模板来涂敷导热膏的更多信息，请参阅应用笔记 AN2006-02《借助丝网印刷模板对英飞凌模块涂敷导热膏》。

6.2 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：

$$d = 50\mu m \rightarrow V_{TCP} \approx 0{,}4cm^3$$
$$d = 100\mu m \rightarrow V_{TCP} \approx 0{,}8cm^3.$$

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。

7 将模块安装到散热器上

7.1 用于将模块安装到散热器上的螺丝

建议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。

EconoPACK™ 4 模块数据表中规定的间距和爬电距离是未装配、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。

7.2 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，是采用钢质螺丝在具备 M5 气密螺纹的铝质散热器上测得，其典型摩擦系数为 μ_G=0,2…μ_G=0,25（μ_G=散热器内部螺纹的摩擦系数）：

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

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）（请参见图 9）。
   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

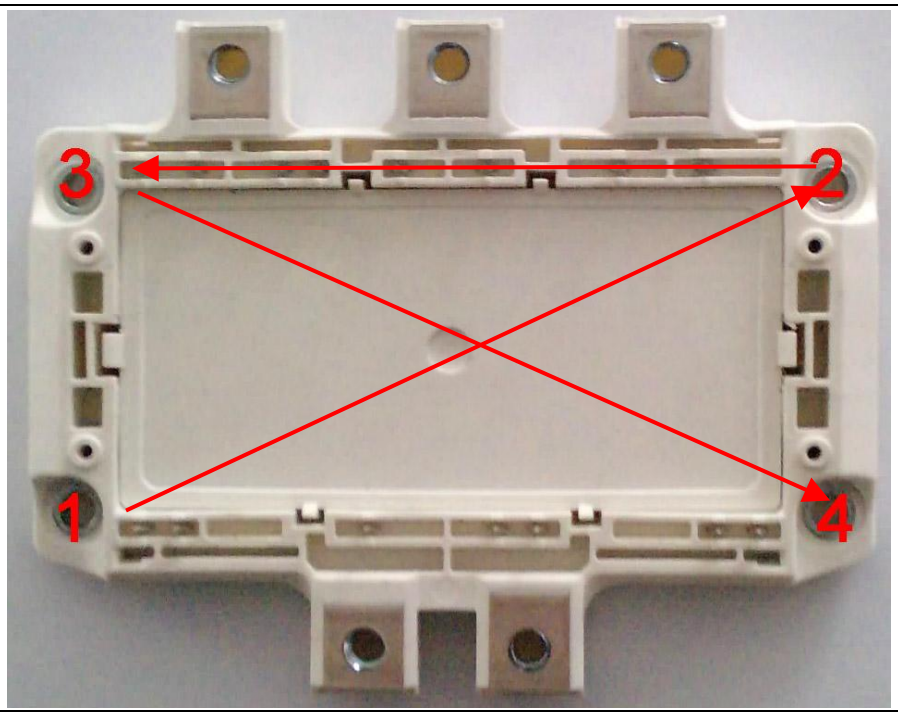


图 9 将模块安装到散热器上时拧紧螺丝的顺序

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才生产商。

8 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 RBSOA）。

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，或者完整的的组合垫圈。应当采用推荐力矩，将之拧紧：

M_{min}=3Nm 至 M_{max}=6Nm.

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 10）。

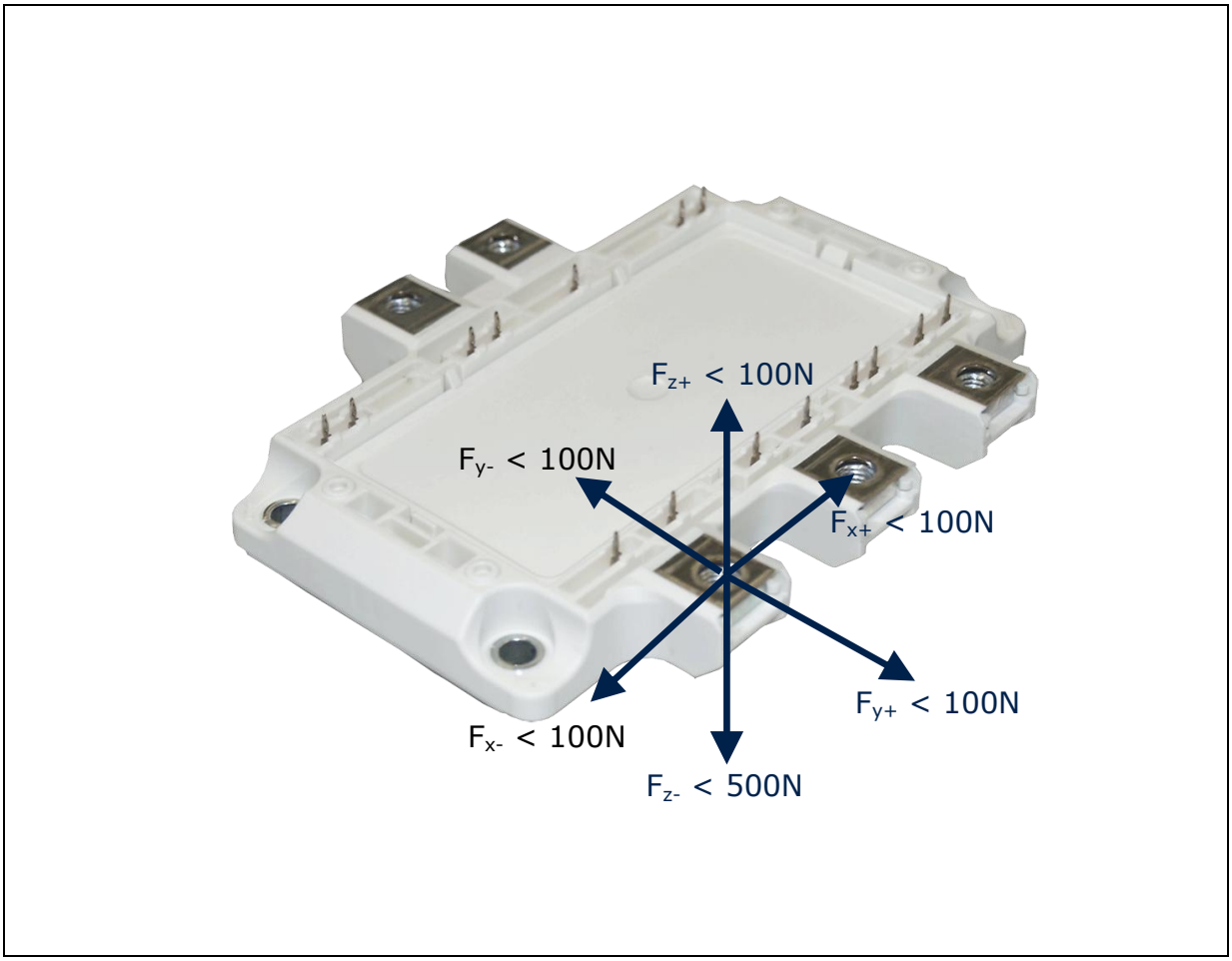


图 10： EconoPACK™4 模块电源端子上的最大允许拉力和推力

8.1 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 11 或 12 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 F_{z+}方向上产生有害的永久性力量（请参见图 10）。

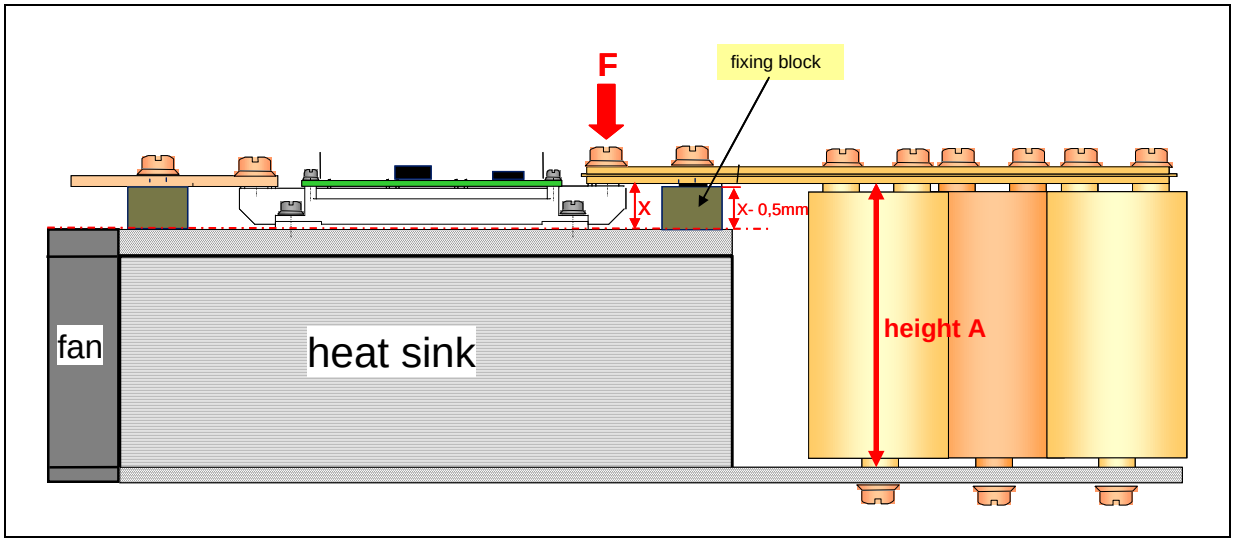


图 11 可实现理想的应力消除的 EconoPACK™ 4 装配工具示意图 1

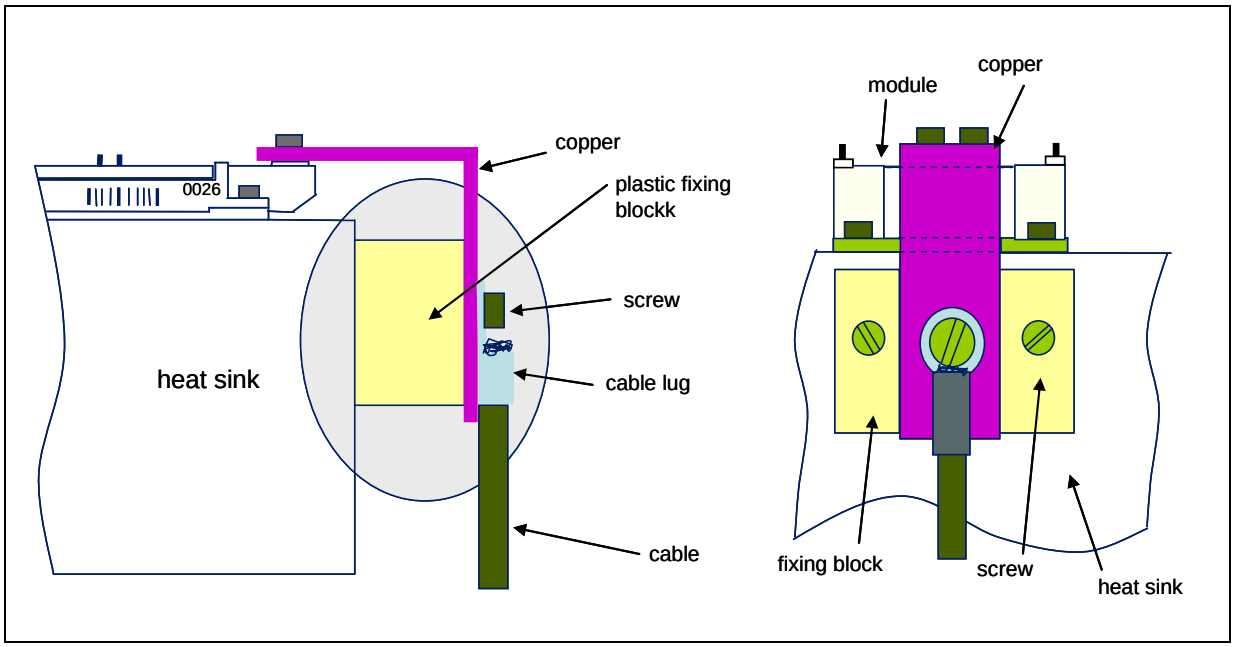


图 12 可实现理想的应力消除的 EconoPACK™ 4 装配工具示意图

9 机械负载（振动和冲击）

EconoPACK™ 4 模块结构牢固，其开发阶段明确强调了要在应用中实现最出色的机械强健性。

然而，本应用笔记第 8 节中给出的电源端子上的拉力和推力的最大允许值，以及第 3.2 节中给出的辅助端子上的压入力的最大允许值，均为安装过程中的一过性机械负载值。

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。

10 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，EconoPACK™ 4 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。