

# 新型散热桥技术及其连接器在 电子设备散热领域中的应用

**Application of new heat dissipation bridge technology  
and its connector in the field of heat dissipation  
of electronic equipment**

吴康

**摘要:**本文将对新型散热桥技术理念特征及其新型连接器在电子设备中的应用特征作分析研讨。并通过多应用方案的比较对散热桥技术、方法及其相关的连接器应用重要性有清晰的认识。

**关键词:**电子设备, 散热桥, 连接器

**Abstract:** In this paper, the technical concept characteristics of the new heat dissipation bridge and the application characteristics of the new type of connectors in electronic equipment are analyzed and discussed. Through the comparison of multiple application schemes, the importance of heat dissipation bridge technology, method and its related connector application is clearly understood.

**Keywords:** electronic equipment, heat dissipation bridge, connector

## 1 新挑战

热管理涉及从消费电子产品到高端航空航天技术等诸多领域。随着电子产品不断小型化以及电源密度的不断提高,热管理已经成为许多设计工程师要考虑的关键因素。任何电子设备和电路都会产生额外的热量。标准台式电脑或智能手机所散发出的热量就是一个例子。提高电路密度可以支持更多性能。这样能够满足市场对降低成本同时拥有更加轻薄、小型化产品的双重需求。随之而来的是设备产生更多的热量,市场对更加优化的、更具成本效益的热管理需求日益增长。可以说,数据通信和无线(尤其是



图 1 电子设备和电路会产生额外的热量示意图

5G)、高性能计算、以太网交换机替代 / 置换路由器和服务器是最能“感受到热量”的市场和技术领域。图 1 所示为电子设备和电路会产生额外的热量示意图。

从图 1 看散热重要。首先要明白为什么会发热,拿电脑cpu来说吧。cpu是由数亿个晶体管组成的,晶体管就相当于电路开关。电流通过连接cpu里面微原件的时候产生的热量,这种是焦耳热。电流通过pn结的时候释放的热量,这个热量占大多数,通常和频率成正比,和电流的平方成正比。所以电脑运算越快,处理器工作量越大,对应的热量就产生的多。这些芯片散发的热量能有多大呢?有网友曾经测试,运行大型游戏时,拔掉cpu或显卡的散热器,刚撤下就冒起了青烟,cpu或显卡瞬间被烧毁的惨状。

## 2 多种应对方案提高可靠和高效性能

\* 传统散热方案的缺陷 传统散热方案不难理解,电子设备的效率与其温度成反比。如果不考虑其他能量交互,那么输出的热量等于输入的功率。这意味着,设备温度的升高会导致整体性能下降。热负荷会导致接触点温度过高、元件寿命缩短和设备过早失效。传统的电子元件通过多种方式进行散热,包括各种类型的散热器、热电冷却器、强

制通风系统、风扇，以及热管等。虽然在一些极端寒冷的应用中，电子元件甚至可能需要加热。为此应聚焦以下现有散热技术及其优缺点，进而分析出一种性能优于传统散热方案的新技术。

\* 散热器的作用 散热器的作用是通过增加与空气接触的面积使设备的最高工作温度低于其设计极限。在此过程中，散热器的工作原理是，与空气的接触面积越大，流向空气的热量就越多。散热器性能（包括自然对流、强制对流、液体冷却及这些功能的组合）是一个涉及材料、形状和表面传热系数的函数。基于这些因素，通过提高散热器材料的导热系数、增加表面积（通常通过添加翅片或金属等表面）和增加整体面积换热系数（通常通过添加风扇、泵和类似设备）来改善热性能。

散热器广泛应用于电子领域，对现代微电子和集成电路（如微处理器、DSP、GPU 等）的可靠和高效性能至关重要。在许多设计案例中，散热器被专门设计为与电子元件热表面接触的金属板。设计工程师也常在表面之间增加一个薄的热界面。散热器通常由已知的热导体制成，如银、铜或铝合金。铜和铝是电子设备中最常用的材料。铜的导热系数 401 瓦特 / 米开尔文（即在 300K 下， $401\text{W}/[\text{m}\cdot\text{K}]$ ），通常比铝（即在 300K 下， $237\text{W}/[\text{m}\cdot\text{K}]$ ）的成本更高。然而，铜的导热效率大约是铝的两倍。铝作为导热体的优势在于，它易于挤出成型，使得复杂截面的制作相对容易。铝的重量也轻于铜，产生的机械应力更小，且有助于设计工程师减轻设备的重量。有些散热器采用铝制成，但使用的是铜芯，这样就最大限度地发挥这两种材

料的最佳热性能和重量特性。图 2 为散热器形状示意图。

从图 2 所知，为了保证与被冷却装置的最佳热接触，散热器的接触面应尽可能平整、光滑。为了将热量传递到散热器，应使用热界面材料来消除气隙。产生这种气隙是原因通常是由零件表面不完全平坦。由于空气是相对较差的热导体，热源与散热器之间存在的气隙有损传热效率。为了消除气隙，可以使用散热垫或由胶体银等材料制成的导热油脂来改善热接触。在某些情况下，还可以使用夹持机构、螺钉或热粘合剂将散热器固定在部件上。

\* 散热垫的应用 散热垫（也称为导热垫或热界面垫，见图 2 最右端示意）是由固体材料（通常是石蜡或硅基材料）预成型的方形或矩形垫片，填充有导热填料。它通常被放置在散热器的底部，帮助热量从被冷却部件中传导出去。散热垫作为一种所谓的相变材料可以改变自身的物理特性。在室温下，它是坚固的。可以在这个阶段对其进行切割，以适应任何表面，使其易于应用。当设备的温度随着使用而升高时，热垫就会软化，贴合设备和散热器表面，填补任何潜在的气隙。通常，即使散热垫性能良好，它也无法像热涂胶（也称热油脂、热化合物或热糊）那样有效地去热。图 3 为散热垫典例形状示意。

散热垫作为一种常用的热界面材料，直接应用于电子元件的表面。而热涂胶通常是管状或注射器状的，易于使用。然而，热涂胶也可能无法达到整洁的效果，不能充分填补巨大气隙。热涂胶在使用时的另一项挑战是，准确地控制用量：用量过少会残留气隙，过多则会导致外溢，可能污染关键部件。



图 2 为散热器与散热垫形状示意图

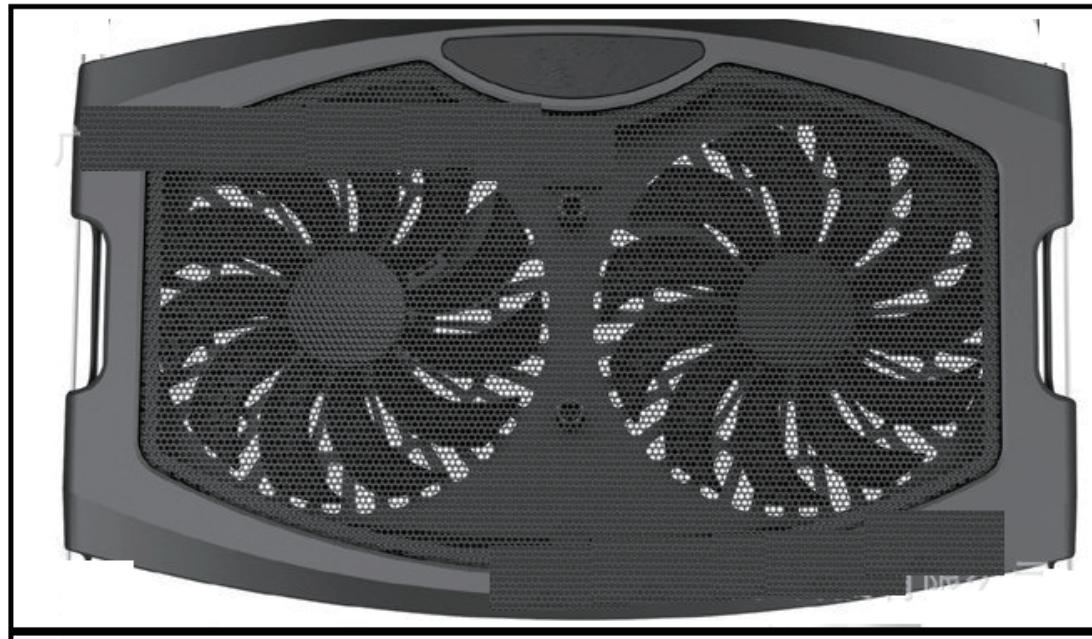


图 3 为散热垫典例形状示意

### 3 新型散热桥技术的应用

随着电子器件与连接件技术的发展，在电子设备散热领域的中创新应用方案与种类也与时俱进。值此以散热桥技术应用为例作重点研讨。其散热桥技术典例示意见图 4 所示。

#### 3.1 散热桥工作原理

一系列高度平行的散热条交错排列让热量从 I/O 模块传递到冷却区；集成式机械弹簧提供界面力和 1.0mm 的压缩行程；板间隙接近零，可实现压缩和热传递。预先组装在 I/O 笼，散热界面可上油(可选)。其技术特点与优点为：装载弹簧的散热桥提供 1.0mm（典型值）的 z 轴压缩行程。每个散热条独立工作实现 x 轴的表面一致性。双弹簧设计确保 y 轴的倾斜一致性。每块板有 3 个接触点，典型桥梁与相邻表面的接触点将超过 150 个干界面热阻比大多数传统跨接式散热片低 20-40%。应该说，散热桥技术克服了以往热控制技术的大部分限制，如设计、磨损、压缩性、可靠性和散热性能。

#### 3.2 散热桥它的技术方案的应用特征

\* 减少热阻 当散热垫被插入电子元件和散热器之间时，会受到压缩。为了通过散热垫获得良好的热性能，必须实现高水平的压缩，以减少热阻。不过，由于散热垫的粘弹性（即变形时会表现出粘性和弹性特征），它会随着时间的推移而凝结和松弛。由于这些特性，热阻性能通常会

在多次循环后降低。

\* 独特的架构 与散热垫和热涂胶相关的性能缺陷直到最近才处于可控范围内。然而，面对不断小型化和电源密度提升的需求，设备设计工程师仍在遭遇挑战，需要创建满足严格性能要求的解决方案。面对内置固定散热器的应用（例如在冷却板、液体冷却板或远程射频设备中，散热器或冷却板位于固定位置，需要直接连接输入 / 输出 (I/O) 端口或插头）中日益严峻的散热挑战，开创了一种新的无风扇散热解决方案。这种被称为散热桥技术的解决方案为传统散热垫或热界面材料提供了一种机械替代方案。

散热桥技术可以提供卓越的热阻性能，而不完全依靠高水平的压缩或力来实现理想的热传递。作为散热垫的机械版替代方案，散热桥解决方案提供了较低且持续稳定的压缩力，可防止因长久使用导致的变形或松弛。不同于散热垫通常无法重复使用，必须进行维修和更换，散热桥技术具有持久性，减少系统维护时的组件更换。散热桥技术取代了传统的散热垫或热界面材料 (TIM)，集成了机械弹簧，可以提供界面力和 1.0 毫米的压缩行程。通过更高的散热桥，压缩行程可以增加到 1.0 毫米以上。热传递是通过散热桥上的散热叠板来实现的，这些叠板使得热量从 I/O 模块传递到冷却区域。

\* 散热运行 散热叠片利用许多高度平行的传热板进行传热，使热量从热源传递到冷却区。散热桥包括集成的

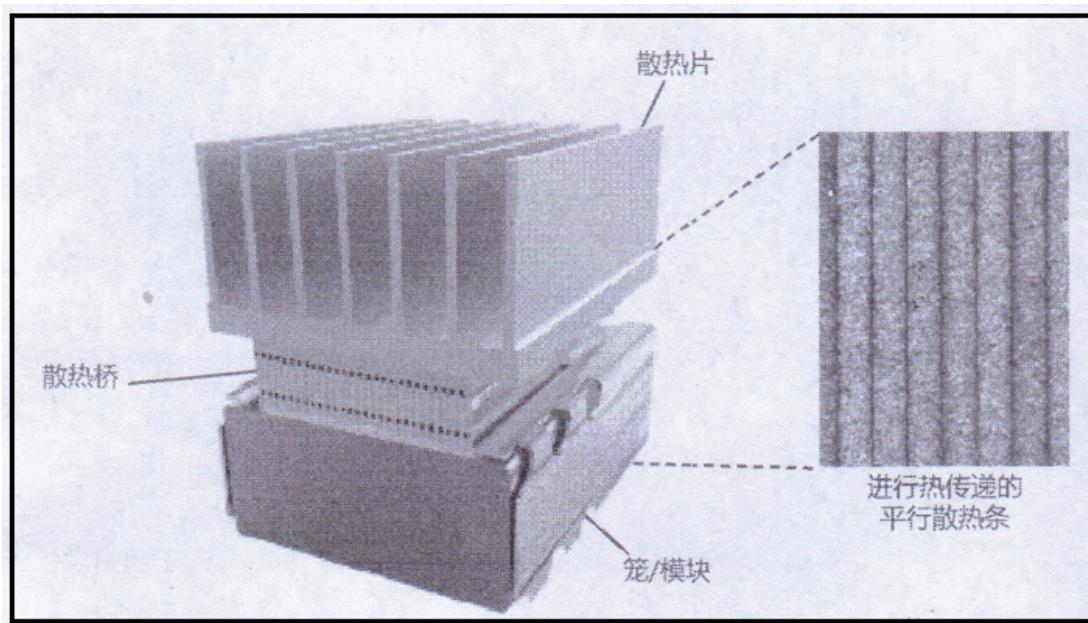


图 4 所示为新型散热桥技术典例示意

机械弹簧，可以提供适当降低且一致的界面力和缩短至 1.0 毫米的压缩行程。其结果是在一个高度可压缩的容器中形成了一个具有良好的热传递性能的散热桥。其他优点还包括：在性能上，比多数传统热阻技术提升两倍。针对使用配备有液体冷却板或热导管冷板的应用，以及气流很少或没有气流的联合散热器或直接机架传导应用进行了优化。随着时间的推移，其耐磨、弹性压缩设计可以保持稳定的热性能，抵抗凝结和松弛。热源与冷却液之间的压缩力低且持续稳定。比多数传统散热技术的寿命更长，避免在维修过程中更换部件。TE 的散热桥技术克服了以往热控制技术的大部分限制，如设计、磨损、压缩性、可靠性和散热性能。因此，它为即将到来的高性能计算时代打开了全新视野。获取更多信息，了解散热桥解决方案如何解决电子设备设计中最具挑战性的散热障碍。

\* 性能指标先进 对于设计工程师来说，关键的性能指标之一是使热界面材料的有效性达到最大化所需要的压缩力。在使用散热垫的应用中，压缩地越多越好。然而，这种情况的主要缺陷是，随着设备尺寸的增加，所需的压缩力急剧增加，这反过来又增加了实现这些力所需的组件的数量。设计规范中可以要求使用固定螺丝和其他机械装置，以便在设备和散热器之间的所有界面处提供必要的压缩。而其结果是，设计更加复杂化，成本更高昂，同时设备的重量也会增加。相比之下，散热桥技术使设计工程师可以

将精力集中在设备本身及其工作特性上，而不是集中在机械压缩设备（如螺丝和压紧装置）所施加的限制上。例如，使用 QSFP 的规格时，将传统的 3W / [m · K] 散热垫压缩 0.4 毫米，大约需要 220 牛顿 (N) 的力，而散热桥只需要大约 10N 的力，同时热阻值优化了近两倍。这可以极大地简化整个机械设计，并提升整个应用中的一致性。

### 3.3 新型散热桥技术的应用特征

\* 散热桥技术是当今最新散热创新技术（其以 TE 公司产为一典例）。与传统的散热技术（如间隔垫或散热垫）相比，其热传导能力提高了 2 倍。开发此项技术是为了解决制造商与设计人员在散热方面的新需求。随着功率需求增长，热量持续增加，特别是在气流受阻、液体冷却或冷板使用局限的应用中。与市场上同类热解决方案相比，该方案具有卓越的热性能。除此之外，散热桥技术还提升了可靠性，得益于其采用的弹性压缩设计，可以长久防止变形和松弛。该技术有助于确保性能始终如一且更为持久，并减少维修期间的部件更换。

\* 应用特征技术 装载弹簧的散热桥提供 1.0mm（典型值）的 z 轴压缩行程。每个散热条独立工作实现 x 轴的表面一致性。双弹簧设计确保 y 轴的倾斜一致性，每块板有 3 个接触点，典型桥梁与相邻表面的接触点将超过 150 个干界面热阻比大多数传统跨接式散热片低 20-40%。

\* 新型散热桥技术是用于输入 / 输出 (I/O) 应用。

其优势是热传导能力提高 2 倍，可靠性和耐用性更加易于维护；在应用上是高性能计算 (HPC)、以太网交换机、5G/ 无线、服务器、以太网 SP 路由器的首选。

#### 4 新型连接器在散热桥技术方案中的应用

散热桥技术适用于任何 I/O 形状规格，散热桥解决方案目前支持小型可插拔接口 (SFP)、小型可插拔双密度接口 (SFPDD)、四通道小型可插拔接口 (QSFP) 和八通道小型可插拔双密度接口 (QSFP-DD) 应用。其图 5 为上述各新型连接器外型示意图。

##### 4.1 关于 QSFP 互连产品组合

\*QSFP 互连产品组合获取您需要的速度（从 Q 到 Z）包括 QSFP+ 和 zQSFP+(QSFP28/56) 在内的完整四通道小型插拔式 (QSFP) 互连产品组合提供了多种简单且可定制的设计选项。单个可插拔接口中可包含四个数据传输通道，并且借助整个 QSFP 产品组合的灵活性，通道数据传输速度可从 10Gbps NRZ 轻松升级至 28Gbps NRZ 和 56Gbps PAM-4。每个通道能够以 10 至 56Gbps 的速度传输数据，因此每个端口支持总计高达 200Gbps 的速度。这些互连产品的密度是 SFP 产品的 3 倍，QSFP 产品组合包含具有单个、联动和堆叠结构的壳体，并提供多种光管、边框底座和散热器选项。

\* 全新 QSFP28/56 边框后侧 1×6 壳体组件，其特色产品为：全新的 QSFP28/56 边框后侧 1×6 壳体组件

能够为高密度交换机和路由器提供增强的设计灵活性。提供 4 信道 (4x) 的 32+Gbps 数据速率。支持 100Gbps 以太网 (28Gbps×4)、100Gbps InfiniBand(IB) 增强型数据速率 (EDR) 要求和光纤信道应用。还可用于当前 10Gbps 和 16Gbps 应用中，具有可观的电气裕度。向后兼容现有的 QSFP 光学模块和电缆组件支持未来的 56Gbps PAM-4 技术。数据，高达 56Gb / 秒的数据传输速率。EMI，更高的 EMI 屏蔽性能，从而实现 56Gbps 的传输速率 10-56。轻松升级设计，从 10Gbps 升级到 56Gbps。

\*zQSFP+ 连接器 数据速率提升，高达每通道 56Gbps。支持 100Gbps 以太网、200Gbps 以太网、100Gbps InfiniBand(IB) 增强型数据速率、(EDR) 要求、128G 光纤通道、25G/50G 联盟、25G NRZ 和 56G PAM-4。吞吐量是传统 QSFP 解决方案的 2.5 倍针对光缆和铜缆的损耗预算更高（速率为 10Gbps）与 QSFP+/QSFP28 电缆和光模块向后兼容。其产品特性：QSFP+ 连接器。在一个接口中提供 4 个通道满足 10Gbps 以太网和 14Gbps IB 要求 (FDR)，密度为 SFP+ 和 XFP 的 3 至 4 倍使用 38 位 SMT 连接器。

##### 4.2 选择应用

应该说 QSFP 产品组合、网络接口、交换机、服务器和路由器、无线基站、测试和测量设备、存储和光纤传输。

##### 4.3 关于堆叠式 Belly-to-Belly zQSFP+ 壳体应用

全新堆叠式 Belly-to-Belly 壳体满足了采用下一代



图 5 为上述各新型连接器外型示意图

48 和 64 硅端口的更高密度开关设计的要求，包括开放计算项目 (OCP) 参考设计。相较于两个印刷电路板 (PCB) 结构，这种壳体支持在每个线卡中使用单一印刷电路板 (PCB) 结构，可节省大量成本。

热增强型 zQSFP+ 壳体热增强型解决方案可通过壳体提供更好的前到后和后到前气流，从而实现更佳的散热效果，以达到行业领先的热性能。具有多个框架安装选项的单个和组合壳体结构。具有 EMI 弹簧的堆叠壳体结构，具有散热器和光导管选项的多种壳体结构，低插入力的框架壳体，可用于高密度面板。向后兼容并且灵活可轻松进行升级。

上接159页

## 6 结论

本文分析了弱电网下并网变流器运行时产生低频振荡的原因，并得到了如下结论：

1) 电网阻抗会使电流环对低频扰动产生放大作用，弱化电流控制器的调节能力，引起变流器输出电流产生低频振荡，导致电网电压振荡。  
2) 弱电网下增大电流环的比例系数可以有效缓解其因电网阻抗对低频信号产生的放大作用，有利于解决电网阻抗带来的不利影响，能够抑制弱电网和微网下的低频振荡问题。当然，电流环比例系数的增加会在一定程度上增加 LCL 谐振频率附近的带宽，增加 LCL 谐振的风险。因此需要对比例系数的取值范围进行限制。为在保证系统的同时实现对低频振荡的抑制，在实际使用时可以结合电网阻抗参数辨识来调整电流环的比例系数。

上接162页

- [7] 孟志鹏，张自成，杨汉武，等. 半导体开关在脉冲功率技术中的应用 [J]. 中国物理 C 辑, 2008, 32(s1):277-279. (Meng Zhipeng, Zhang Zicheng, Yang Hanwu, et al. Applications of semiconductor switches in pulsed power technology. Chinese Physics C, 2008, 32(s1):277-279)
- [8] 马成刚，谢敏，刘云涛，等. 1. 2 MV 脉冲变压器设计及实验研究 [J]. 强激光与粒子束, 2010, 22(3):550. (Ma Chenggang, Xie Min, Liu Yuntao, et al. Design and experimental research on 1. 2 MV pulse transformer. High Power Laser and Particle Beam, 2010, 22(3):550.)
- [9] 丁明军，李玺钦，黄雷，等. 100kV 重复频率高压脉冲电源设计 [J]. 强激光与粒子束, 2012, 24(4):929-932. (Ding Mingjun, Li Xiqin, Huang Lei, et al. Design of 100kV repetition-rate high-voltage pulsed power supply. High Power Laser and Particle Beam, 2012, 24(4):929-932.)

## 5 后话

数据通信和无线（尤其是 5G）、高性能计算、以太网交换机替代 / 置换 (SP) 路由和服务器是最能“感受到热量”的市场和技术领域。毫无疑问，任何电子设备和电路都会产生额外的热量。标准台式电脑或智能手机所散发出的热量就是一个例子。提高电路密度可以支持更多性能。这样能够满足市场对降低成本同时拥有更加轻薄、小型化产品的双重需求。随之而来的是设备产生更多的热量，市场对更加优化的、更具成本效益的热管理需求日益增长。

## 参考文献

- [1] 叶杭治，等. 风力发电系统的设计、运行与维护 [M]. 北京：电子工业出版社，2014. 8.
- [2] Juan Luis Agorreta, Mikel Borrega, Jesus Lopez, et al. Modeling and Control of N-Paralleled Grid-Connected Inverters With LCL Filter Coupled Due to Grid Impedance in PV plants[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2011, 26(3) : 770-784.
- [3] 唐芬. 直驱永磁风力发电系统并网技术研究 [D]. 北京交通大学, 2012.
- [4] 曾正，赵荣祥，吕志鹏，玛丽. 光伏并网逆变器的阻抗重复与谐波谐振抑制 [J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(27) : 4547-4558.

Mingjun, Li Xiqin, Huang Lei, et al. Design of 100kV repetition-rate high-voltage pulsed power supply. High Power Laser and Particle Beam, 2012, 24(4):929-932.

[10] 黄雷，李玺钦，冯宗明，等. 重复频率脉冲功率系统触发器设计 [J]. 强激光与粒子束, 2012, 24(3):681-684. (Huang Lei, Li Xiqin, Feng Zongming, et al. Design of trigger device for repetitive pulse-power system. High Power Laser and Particle Beam, 2012, 24(3):681-684.)

[11] 韩旻. 脉冲功率技术基础 [M]. 北京：清华大学, 2005. (Han Min. Foundation of Pulsed Power Technology. Beijing: Tsinghua University, 2005.)