



图 2. BOSE 汽车音响放大器

Bose 汽车系统

寻找新方法，让我们的产品更加炫酷！

作者：Brad Subat, Bose 汽车系统部机械工程师

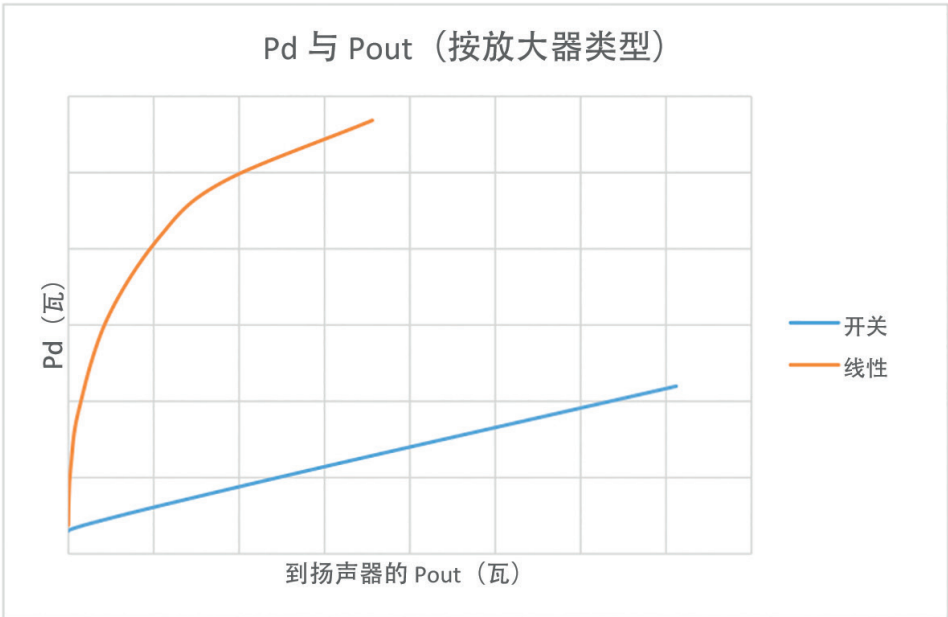


图 1. 功耗与放大器输出功率

与 当今许多行业一样，保持领先的技术并缩短产品的上市时间至关重要。对 Bose 而言，Mentor Graphics 的热分析软件，包括最初的 FloTHERM 和最近的 FloEFD，一直都是我们的制胜利器。我们转而使用 FloEFD 是因为它能处理我们颇为复杂的几何形状，并且具有可内嵌到 CAD 工具 (NX) 的优势。尽管这些工具为产品的热设计提供了深入的见解，但我们遇到的一个新项目倾向于使用之前的设计，基于此我们撰写了这篇文章。

一年多以前，我被第一篇 Mentor Graphics 博客文章深深吸引，这是一篇关于“有机生长的 3D 可打印散热器”的文章（一个系列文章中的其中一篇）。尽管其中的示例与我们的实际产品毫无关系，但我预感到这种

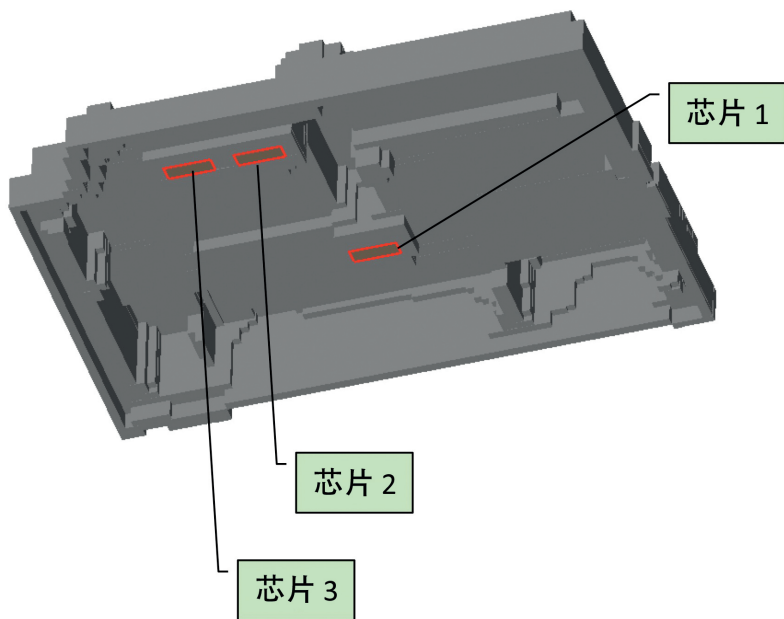


图 3. 功率放大器热源位置

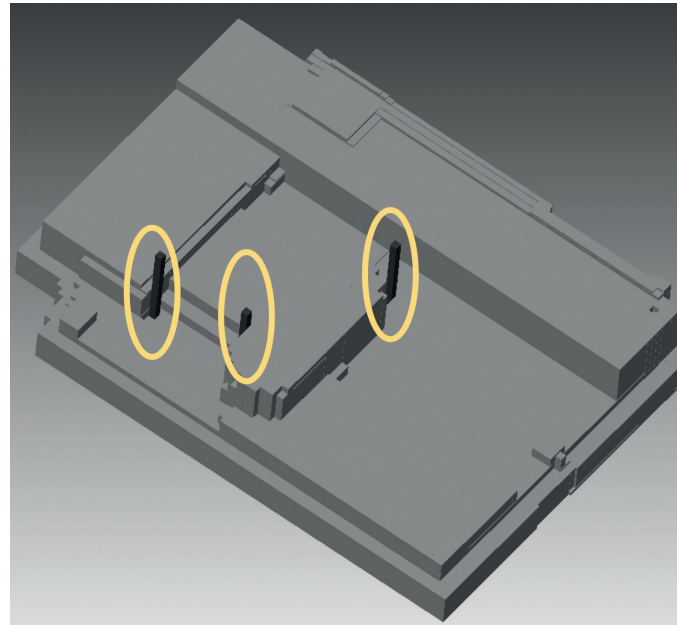


图 4. 转动杆位置

技术一旦成熟，将会在未来几年内助力我们完成我们的目标。在 Bose，我们坚信应该“通过研究开发更好的产品”，因此即便有了一款目前可能很有效的工具，我们仍热衷于开发面向未来的更好工具。之后，我联系了 Mentor Graphics，建议开展一项工业研究合作，将这一自动“生长”的方法应用于跟我们产品接近的情形。他们的侧重点在于针对我们的设计空间开发算法，而 Bose 则主要在关键的进度点提供反馈和测试。

设计汽车音响市场的产品面临许多约束和竞争目标。我们的放大器需要在较宽的温度范围内工作，并且具有很高的产品可靠性和近乎完美的初始质量。在热领域，我们的设计主要涉及到功率放大器、稳压器和数字信号处理器等元器件。传统上，最大的功耗 (Pd) 器件是功率放大器。汽车行业主要使用两种技术，即线性 (AB 类) 和开关 (D 类) 技术 (参见图 1)。线性功率放大器的效率较低，但其成本效益历来要更胜一筹。近年来，随着行业集中改善开关放大器的成本效益，两者之间的成本差距已大幅缩小。下图显示了两功率放大器的功耗差异与功率输出。有关在两个轴上应使用哪些变量和条件生成此数据，可能存在无休止的争论，因此我们将重点研究相对偏差。

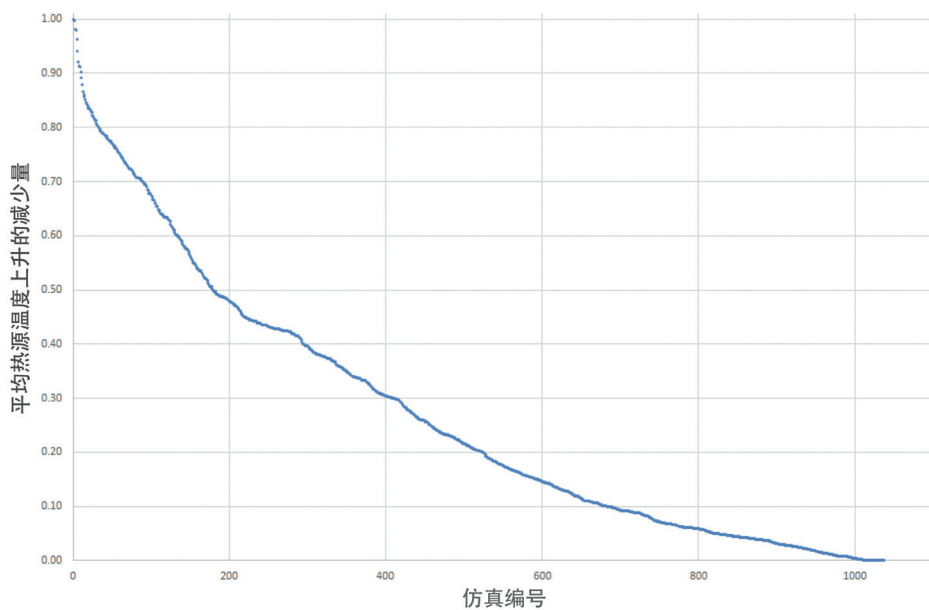


图 5. 功率放大器平均温度在生长过程中的下降情况

鉴于此初始研究的目的，简化模型仅包含线性功率放大器元器件 (图 3)，并在简化的 PCB 上分布均匀的热源。

Bose 目前的放大器设计方法是在外壳的五到六个侧面上使用压铸壳体 (包括铝和镁)。此成长研究中可供发挥的对象是典型尺寸的 PCB 周围的最小标称壁壳。我们包含了若干用于热扩散的较厚部分，并增加了三个算法构建的起始杆位置 (图 4)。

在汽车中，零件复用非常重要，因此汽车公司往往会选择让我们设计可在多个方向使用的壳体。这将赋予他们在不同汽车间采用不同放大器位置和方向的设计自由度。在标准开发期间会考虑多个方向。为简化初始研究，仅考虑将翅片向上的轴方向用于“生长”，因为它往往是温度最高的方向。

图 5 显示了热源温度随着散热器生长而下降的情况。初始下降越快，增加材料的效果越好。随着生长的继续，温度下降的速度会放缓。如果斜率变得很小，则表示必须增加大量材料才能获得很小的温度下降。理想的热设计在达到热目标后仍具有较大的斜率。

图 6 显示了一些生长步骤。

引入仿真并显示有利的结果后，现在需要进行实际热测试，看看这一创新的仿真方法能否奏效。在加工我们的测试外壳之前，我们在 CAD 工具中调整了生长后的设计，以符合高层次压铸设计规则：

- **翅片间距：**零件的反面是模具钢，因此翅片之间需要有足够的模具钢在压铸工艺期间提供冷却和强度。如果支撑钢推得过远，可能会在生产期间断裂，要求进行大修补或提前停用该空腔。
- **斜度：**与塑料注塑零件一样，压铸也需要一个锥体，以便将其压紧到模具中。
- **模具填充是未解决的方面之一。**在量产的情况下，汽车压铸工艺使用极短的高压工艺将熔融状态的金属射入模具，从而在复杂的几何形状中冷却或滞留空气。

如图 7 所示，这些结果让人有理由更看好这种添加剂技术，因为这种独立设计使用的材料更少，且具有相似的热结果。为周密起见，我们还测试了加工壳体，以确认我们选择的的确是温度最高的方向。

与任何研究一样，它也引发了许多其他待探索的方面。因此，在 Mentor Graphics 研究散热器生长的过程中，他们决定同时研究优化算法，通过从设计中移除材料来“做减法”。此算法可应用于上述经过测试的“生长”的散热器。右侧图 8 显示了外壳热阻的增加与移除的散热器翅片材料量的关系。在此具体设计中，首次移除散热器材料预计实际会降低热阻（温度更低）。图 9 显示了在不同阶段的翅片优化与预测温度。

我们决定在移除量为 22% 时进行测试，因为此时热阻上升出现了小的平衡状态。（图 10）

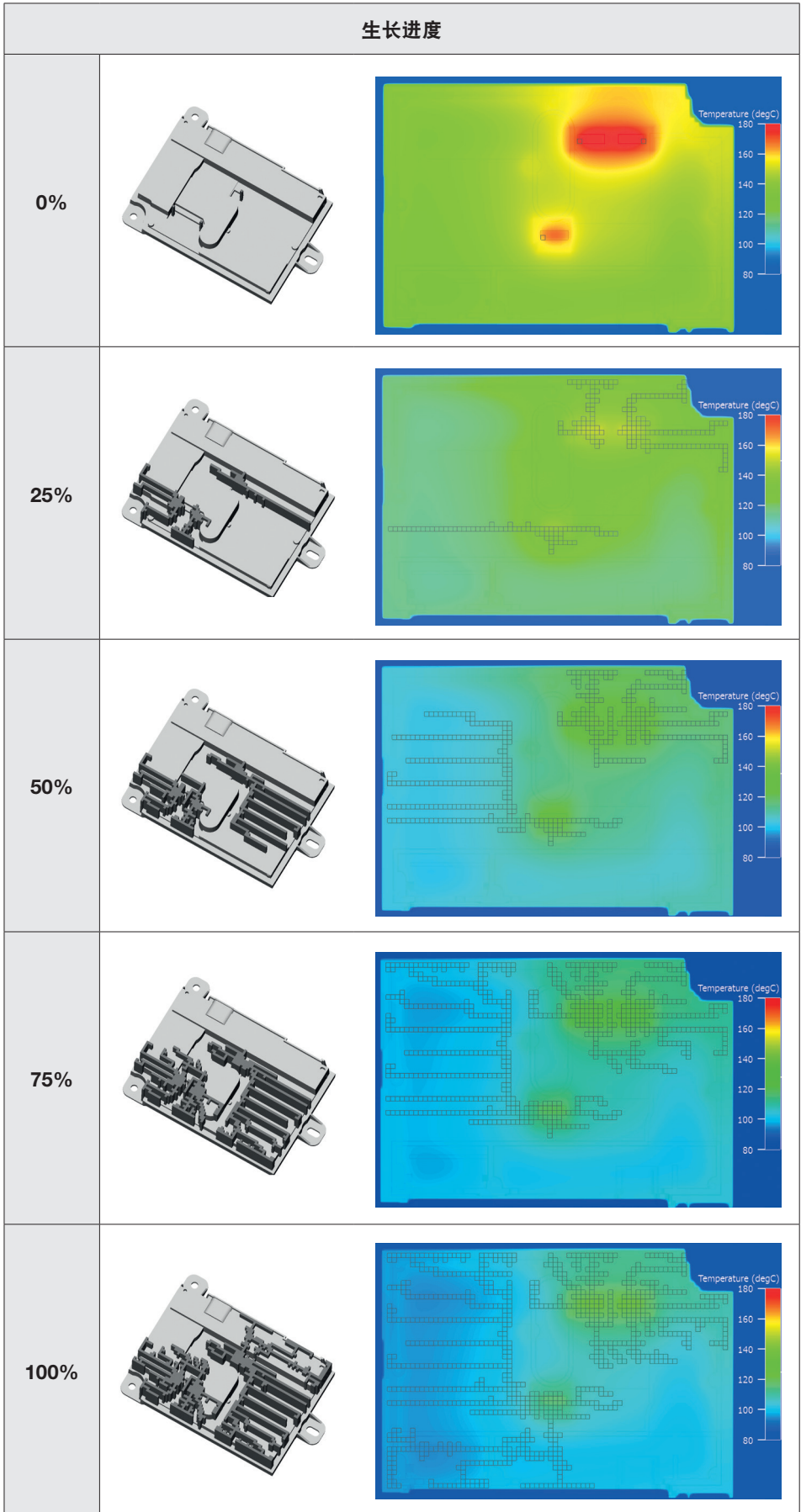


图 6. 生长过程中的翅片生长和温度分布

“Mentor Graphics 和 Bose 一年多以前就将自主生长的散热器视为一项令人感兴趣的创意，现在的事实证明，它在未来完全可能成为一种可行的技术。”

Brad Subat, Bose 汽车系统部机械工程师

预测和结果:					
	散热器体积 (mm ³)	仅翅片的表面积 (mm ²)	PA1 (C°)	PA2 (C°)	PA3 (C°)
现有设计 (预测)	268,475	100,904	119	124	117
生长的设计 (预测)	236,833	76,921	120	122	114
差值	低 12%	低 24%	高 1 度	低 2 度	低 3 度

图 7. 现有的翅片设计与生长的翅片比较

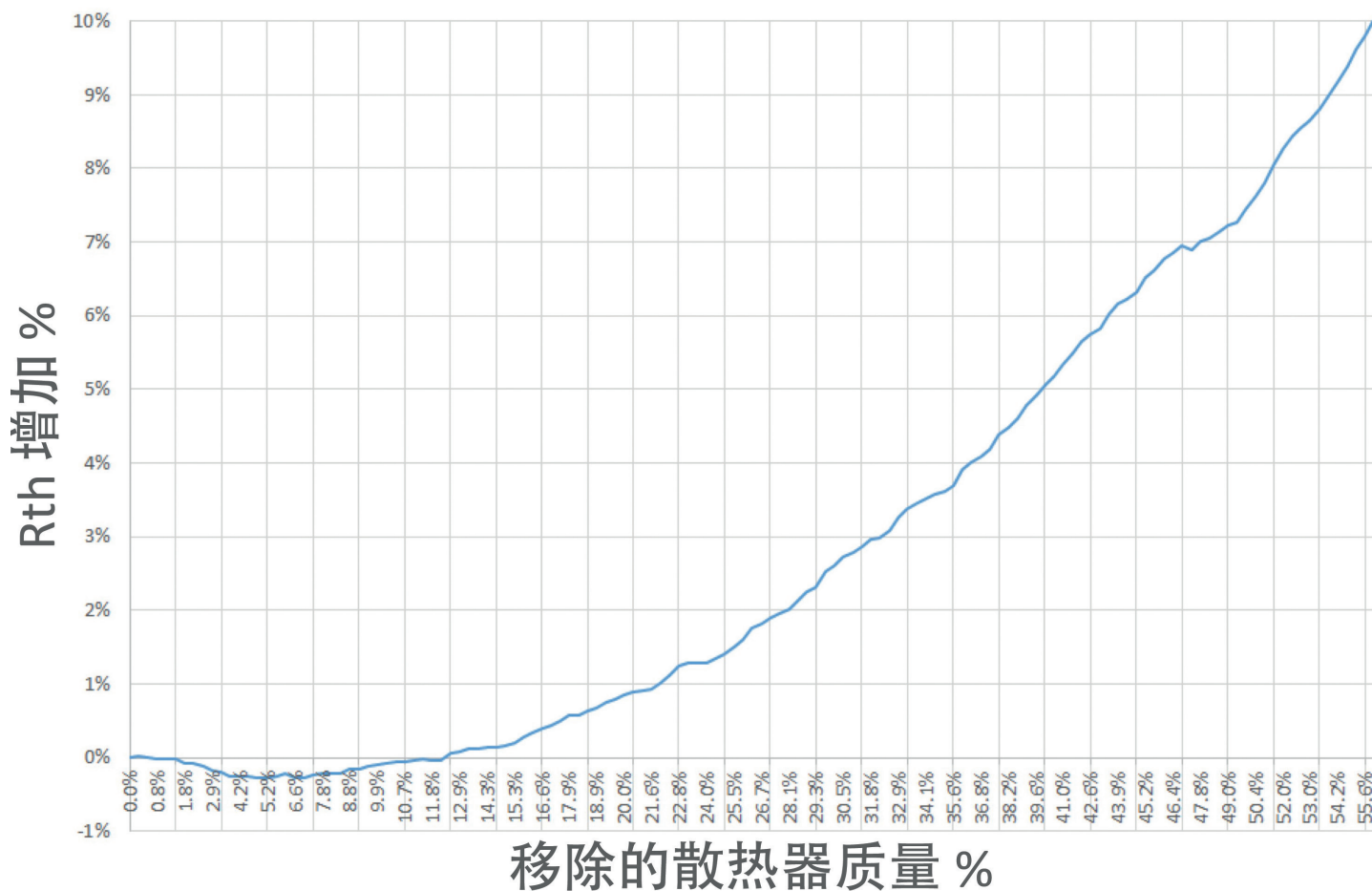


图 8. 热阻增加与移除的散热器质量

同样地，此减法算法的结果也非常令人鼓舞，因为移除散热器材料仅造成极小的温度上升。因此，如果您的产品有一定的热冗余量，并且希望对其进行优化，此方法可能很快就能引起您的关注。

谨此对 Mentor Graphic 团队过去一年的辛勤工作，对此合作项目的看好以及投入的激情表示诚挚的谢意。Mentor Graphics 和 Bose 一年多以前就将自主生长的散热器视为一项颇为有趣的创意，而现在也已证实，它在未来完全可能成为一种可行的技术。期盼 Mentor Graphics 后续采取更多细化措施，看看我们能否对其建立信心，将其加入我们未来的产品开发工具中。

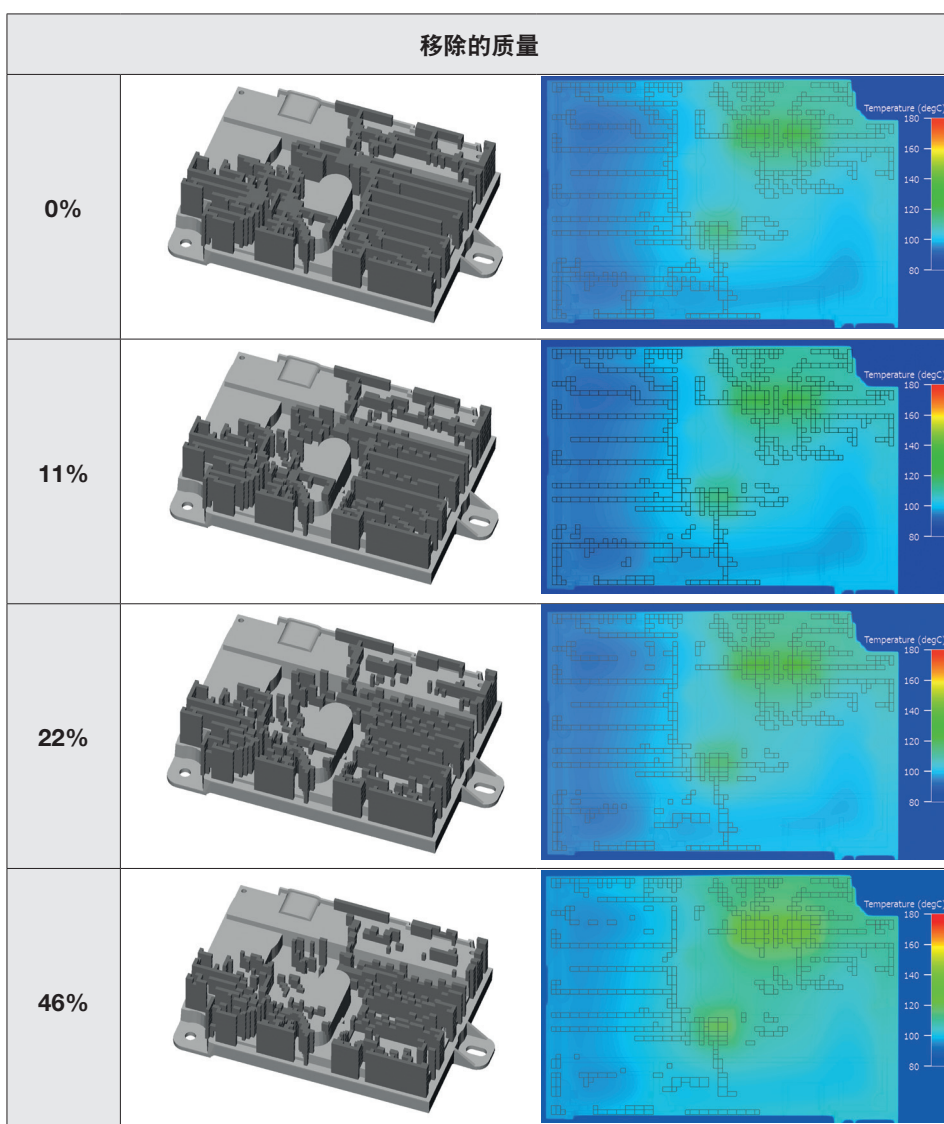


图 9. 翅片质量减小过程中的翅片几何形状和温度分布（几乎无变化）

	散热器体积	仅翅片体积	PA1 (C°)	PA2 (C°)	PA3 (C°)
现有设计 (预测)	268,475	100,904	119	124	117
优化设计 (预测)	219,114	62,268	122	123	117
差值	低 18%	低 38 %	高 3 度	低 1 度	无变化

图 10. 生长的翅片设计与质量减少的翅片设计比较

生长方法涉及一系列的 FloTHERM 顺序仿真。确定热瓶颈数字最大的翅片并在其最冷的一侧添加另一个翅片。然后重复此过程。如果添加翅片会致使热阻增加，则移除该翅片，改在第二大热瓶颈位置尝试添加一个翅片。

“减法”的出发点是细化、离散的散热器定义。初始仿真确定具有热瓶颈最低的部分，将该部分移除，对模型进行重新仿真，并记录热阻的变化。重复该过程，构造热阻变化与散热器质量减少的关系图。

两种方法均采用 Excel 前端、VBA 以及 FloTHERM 的 FloXML 和 FloSCRIPT 技术实现。这些过程是完全自动的，而且鉴于 FloTHERM 网格划分和求解器的稳定性和稳健性，不需要任何手动介入。



Mentor[®]
A Siemens Business

本文章最初发表在 Engineering Edge
第 6 卷第 1 期

请在下述网址下载最新期刊：
www.mentor.com/products/mechanical/engineering-edge

©2017 Mentor Graphics Corporation, 保留所有权利。本档包含 Mentor Graphics Corporation 的专有信息, 只能由原始接收者出于内部商业目的全部或部分复制本档, 前提是在所有副本中都包含此完整声明。接受本档即表示接收者同意采取一切合理措施, 防止未经授权使用这些信息。本档中提及的所有商标属于其各自所有者。

ENGINEERING EDGE

Accelerate Innovation
with CFD & Thermal
Characterization

更多相关文章：

Team Velarde Gears up for Red Bull Air Race

Huawei Technologies Outstandingly Accurate Models

E-Cooling Cooling Power Electronics at Room Level

Ask the GSS Expert Excel export function

Infolytica Corporation Vehicle Thermal Management Simulation with MotorSolve and FloMASTER

Dr. Schneider Group Shortening Product Development Time

Interview: Paul-Henri Matha, Groupe Renault

Groupe Renault Driving down Automotive Headlamp Costs

How To... Characterize an Automotive Thermostat

Graz University of Technology Mixed Flow Diffuser Pump CFD Investigation-methods and test rig evaluation

Koenigsegg Regera Sports Car Brake Cooling Simulation

Irkut Corporation Commercial Aircraft Wing High Lift Modeling

ZFW Successful Electrothermal Simulation Study with Powertester and FloEFD

Electronic Cooling Solutions Unique Design to Generate UAV Electrical Power in Flight

Organic Rankine Cycle Comparing FloMASTER to Experimental Data

Innolux Corporation Thermal Design Approach for Automotive Display Integration

JS Pump & Fluid System Consultants Predicting Water Treatment Plant Performance with FloMASTER

Geek Hub: Spiralled Skyline

兆水科技應用案例