

Maple 12 与 SolidWorks、AutoCAD Inventor 等 CAD 系统协同工作

西希安工程模拟软件（上海）有限公司, 2008

2008-5-1

2008 年 5 月 1 日: Maplesoft 公司发布当今最好的数学软件 Maple 12.0 版本, Maple 12 新增加了大量有趣的工程特征, 如 CAD 模型分析、动力系统建模和控制器设计等。

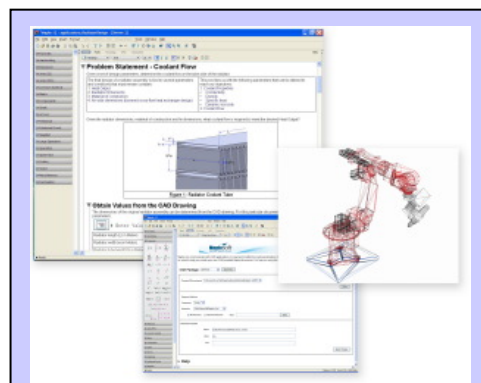
Maple 12 科学计算管理系统与 SolidWorks 2008、Autodesk Inventor 2008 和 2009 版本的双向接口连接, 极大地拓展了您能够对 CAD 模型的分析范围。目前, Maple 的连接功能仅限于 SolidWorks 和 Autodesk Inventor, 但其他类型的 CAD 系统将很快得到支持。

您可利用 Maple 与 CAD 系统之间的双向接口, 直接从 CAD 中获取参数和尺寸, 利用 Maple 强大的数学计算功能, 减少手工转换尺寸和参数带来的潜在错误, 减少并可对参数进行各种数学分析, 以及量纲管理等。从而有效提高设计水平和质量。

Maple 与 CAD 系统的连接功能将科学计算与 CAD 设计集成在一个易于使用的环境中。Maple 12 对参数的科学计算功能包括对各种公式的计算, 公差计算, 单位计算和转换, 优化, 灵敏度分析, “集总” 参数分析, 统计等。通过与科学计算管理平台 Maple 的集合, 产品设计工程实现了真正意义上的“数字化设计”, 创造出优化的设计产品。

Maple 与 SolidWorks、Autodesk Inventor 之间的集成是双向连接。可以通过 Maple 系统中的 CAD Link 将 Maple 工作表与 CAD 模型零件或逐渐进行关联, 在 Maple 中计算的量直接映射到 CAD 模型中的出纳数和尺寸, 从而驱动模型设计。当您在 Maple 完成对参数的数学分析后, 计算和 CAD 绘图会交互式更新。

此外, Maple 还提供多学科系统建模和仿真模块 MapleSim, 产品设计工程师在创建 CAD 模型之间首先对系统快速进行力学特征分析, 验证模型的可行性。MapleSim 的系统对象包括机械、电子、控制、流体、多体系统、信号、热力学等。MapleSim 采用尖端的物理建模技术, 您无需学习程序命令, 只需简单地在屏幕上重新创建系统方块图, 计算机帮你完成其余的工作。



Maple – CAD 双向接口用于从 3D 模型中提取参数, 进行各种设计计算, 然后将结果返回到建模软件中。



附用户案例：汽车散热器的优化设计（Maple 工作表文件）

汽车散热器的设计

西希安工程模拟软件（上海）有限公司, 2008

我们通过下面的应用说明 Maple 与 CAD 系统的连接功能，并介绍了一个典型的使用案例。这个文件没有使用 CAD 系统中命令，因此你需要预先安装 CAD 工具才能执行所有的命令。如果你以及安装了支持的 CAD 系统，您可以直接执行所有的命令。注意如需实现与 CAD 工具的双向接口功能，您还需要安装相应的 CAD 工具。

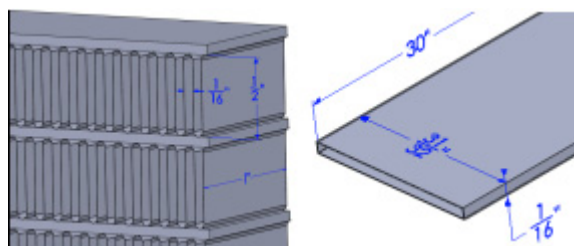
[确定冷却液流量](#)

[冷却液的质量流速率](#)

[确定散热器的尺寸](#)

[新的散热器尺寸](#)

[编辑原 CAD 制图](#)



问题综述 - 冷却液流

给定一组设计参数，定义散热器管侧的冷却液流量。

最终的散热器装配设计与几个参数和条件关联： 这为我们提供了下列参数可以改变，以达到我们的优化设计目的：

- 传热量
- 散热器尺寸
- 构件的材料
- 空气侧尺寸（百叶窗横流式换热器设计）
- 1. 冷却液的属性
 - 传导率
 - 密度
 - 比热
 - 动力黏度
- 2. 冷却液流

给定散热器的尺寸，构件的材料，散热片尺寸，什么样的冷却液流符合期望的热输出？

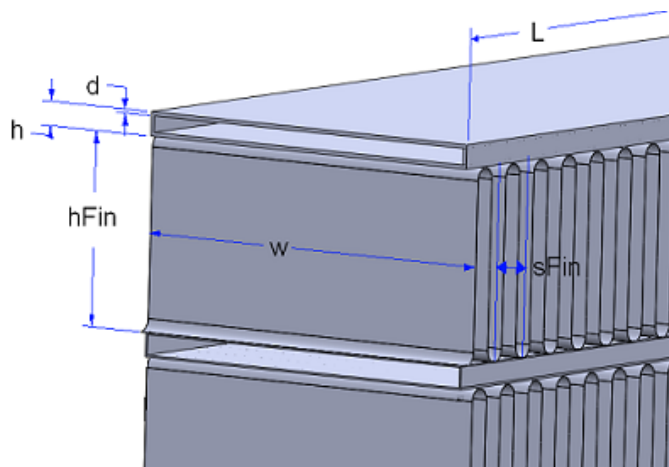


图 1：散热器的冷却液管

▼ 从 CAD 制图中获得尺寸


原散热器装配中的尺寸可从 CAD 制图获取。本文为了文件需要，手工输入下面的参数值。



Enter Values from CAD

散热器的长度 (L), 单位米	0.771441...
散热器的宽度 (w), 单位米	0.0508000...
散热器的高度 (h), 单位米	0.00127000...
散热器的厚度 (d), 单位米	0.000254000...
散热片层数	10.
每层的散热片数目	60.
散热片的厚度 (tFin), 单位米	0.0000254000...
散热片的间隔 (sFin), 单位米	0.0128573...
散热片的高度 (hFin), 单位米	0.0259956...

▼ 定义散热系统的物理参数

进入散热器的散热流体的温度	<input type="text" value="80"/> degC	需要的热耗散*
散热器冷却后的空气温度	<input type="text" value="25"/> degC	219882... W
材料的热传动率	<input type="text" value="250"/> $\frac{W}{m \cdot K}$	
散热器流体（水）的热容量	<input type="text" value="4186"/> $\frac{J}{kg \cdot K}$	
散热器金属的热容量	<input type="text" value="900"/> $\frac{J}{kg \cdot K}$	

* 使用转盘设置需要的热输出

```

T_hot := Do(%MC_Thot + 273.15) [[K]] :
T_cold := Do(%MC_Tcold
+ 273.15) [[K]] :
k := Do(%MC_k) [[  $\frac{W}{m \cdot K}$  ]]:
cFluid := Do(%MC_cFluid) [[  $\frac{J}{kg \cdot K}$  ]]:
cMetal := Do(%MC_cMetal) [[  $\frac{J}{kg \cdot K}$  ]]:
Qdot_平均 := Do(%Qdot_dial) [[W]] :

```

计算给定散热器的热传导率

▼ 计算给定散热器的热传导率

▼ 以定常温度进入散热器装配的流体

计算内管面积:

$$AreaTube_{内部} := (nLevels \cdot (2 \cdot L \cdot (w - 2 \cdot d) + 2 \cdot L \cdot (h - 2 \cdot d)))$$

$$0.7877039453 \text{ } [[m^2]]$$

计算散热片和管道的外部表面积:

$$AreaTube_{外部} := (nLevels \cdot (2 \cdot L \cdot w + 2 \cdot L \cdot h) - nLevels \cdot 2 \cdot tFin \cdot w \cdot nFins)$$

$$0.8018312617 \text{ } [[m^2]]$$

计算散热片的表面积 (总的):

$$SurfaceArea_{散热片} := (nLevels \cdot nFins \cdot 2 \cdot hFin \cdot w)$$

$$1.584695345 \text{ } [[m^2]]$$

流体进入金属的热传导率是:

$$QdotFluid_{初始} := \frac{k \cdot AreaTube_{内部} \cdot (T_{hot} - T_{cold})}{d}$$

$$4.264145374 \cdot 10^7 \text{ } [[W]]$$

从散热片到空气的热传导率是:

$$QdotFins_{初始} := \frac{k \cdot SurfaceArea_{散热片} \cdot (T_{hot} - T_{cold} - \Delta T_{mi} \text{ } [[K]])}{\left(\frac{1}{2}\right) \cdot tFin}$$

$$(1.715713464 \cdot 10^9 - 3.119479025 \cdot 10^7 \Delta T_{mi}) \text{ } [[W]]$$

从管子到空气的热传导率是:

$$QdotTubes_{\text{初始}} := \frac{k \cdot AreaTube_{\text{外部}} \cdot (T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}} - deltaTmi \llbracket K \rrbracket)}{d}$$

$$(4.340621988 \cdot 10^7 - 7.892039976 \cdot 10^5 \cdot deltaTmi) \llbracket W \rrbracket$$

散热器出口金属的温度变化:

$$deltaTmi := \text{solve} \left(deltaTmi \llbracket K \rrbracket \right.$$

$$= \frac{QdotFluid_{\text{初始}} - QdotTubes_{\text{初始}} - QdotFins_{\text{初始}}}{Mdot \llbracket \frac{kg}{s} \rrbracket \cdot cMetal}, deltaTmi \left. \right)$$

$$- \frac{6.865912920 \cdot 10^9}{3600 \cdot Mdot - 1.27935977 \cdot 10^8}$$

散热器出口总的热损耗:

$$Qdot_{\text{初始}} := QdotTubes_{\text{初始}} + QdotFins_{\text{初始}}$$

$$\left(1.759119684 \cdot 10^9 + \frac{2.195993193 \cdot 10^{17}}{3600 \cdot Mdot - 1.27935977 \cdot 10^8} \right) \llbracket W \rrbracket$$

▼ 散热器装配输出的流体

在出口从流体到金属的热传导率:

$$QdotFluid_{\text{最后}} := \frac{k \cdot AreaTube_{\text{内部}} \cdot (T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}} - deltaTf \llbracket K \rrbracket)}{d}$$

$$(4.264145374 \cdot 10^7 - 7.752991587 \cdot 10^5 \cdot deltaTf) \llbracket W \rrbracket$$

从散热片到空气的热传导率是:

$$QdotFins_{\text{最后}} := \frac{1}{\left(\frac{1}{2} \right) \cdot tFin} \left(k \cdot SurfaceArea_{\text{散热片}} \cdot (T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}} \right.$$

$$\left. - deltaTf \llbracket K \rrbracket - deltaTmf \llbracket K \rrbracket) \right)$$

$$(1.715713464 \cdot 10^9 - 3.119479025 \cdot 10^7 \cdot deltaTf$$

$$- 3.119479025 \cdot 10^7 \cdot deltaTmf) \llbracket W \rrbracket$$

从管子到空气的热传导率是:

$$QdotTubes_{\text{最后}} := \frac{1}{d} \left(k \cdot AreaTube_{\text{外部}} \cdot (T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}} - deltaTf \llbracket K \rrbracket \right.$$

$$\left. - deltaTmf \llbracket K \rrbracket) \right)$$

$$(4.340621988 \cdot 10^7 - 7.892039976 \cdot 10^5 \cdot deltaTf$$

$$- 7.892039976 \cdot 10^5 \cdot deltaTmf) \llbracket W \rrbracket$$

散热器装配出口金属的温度变化:

$$\begin{aligned} \text{deltaTmf} &:= \text{solve} \left(\text{deltaTmf}[\text{K}] \right. \\ &= \frac{Q_{\text{dotFluid}}_{\text{最后}} - Q_{\text{dotTubes}}_{\text{最后}} - Q_{\text{dotFins}}_{\text{最后}}}{M_{\text{dot}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right] \cdot c_{\text{Metal}}}, \text{deltaTmf} \left. \right) \\ &= \frac{0.04000000000 \left(-1.716478230 \cdot 10^{11} + 3.120869509 \cdot 10^9 \text{deltaTf} \right)}{3600 \cdot M_{\text{dot}} - 1.27935977 \cdot 10^8} \end{aligned}$$

散热器装配出口流体的温度变化:

$$\begin{aligned} \text{deltaTf} &:= \text{solve} \left(\text{deltaTf}[\text{K}] = \frac{Q_{\text{dotTubes}}_{\text{最后}} + Q_{\text{dotFins}}_{\text{最后}}}{M_{\text{dot}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right] \cdot c_{\text{Fluid}}}, \right. \\ &\left. \text{deltaTf} \right) \\ &= \frac{11.53846154 \left(1.055471810 \cdot 10^{12} M_{\text{dot}} - 9.092293464 \cdot 10^{14} \right)}{2.8980000 \cdot 10^7 M_{\text{dot}}^2 - 8.084569624 \cdot 10^{11} M_{\text{dot}} - 1.907474144 \cdot 10^{14}} \end{aligned}$$

散热器输出的总的热损耗率:

$$\begin{aligned} Q_{\text{dot}}_{\text{最后}} &:= \text{factor} \left(Q_{\text{dotTubes}}_{\text{最后}} + Q_{\text{dotFins}}_{\text{最后}} \right) \\ &= \left(1.759119684 \cdot 10^9 \left(M_{\text{dot}} + 0.000004893051973 \right) \left(M_{\text{dot}} \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - 861.4434849 \right) \left(M_{\text{dot}} - 35537.77144 \right) \left[\text{W} \right] \right) / \left(\left(M_{\text{dot}} \right. \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + 233.9776847 \right) \left(M_{\text{dot}} - 28131.04330 \right) \left(M_{\text{dot}} - 35537.77142 \right) \right) \end{aligned}$$

▼ 冷却液的质量流率

$$\begin{aligned} \text{CoolantFlow} &:= \text{subs} \left(M_{\text{dot}} = x, \text{convert} \left(\frac{Q_{\text{dot}}_{\text{最后}} + Q_{\text{dot}}_{\text{最后}}}{2}, \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \text{unit_free} \right) \right) \\ &= 8.795598420 \cdot 10^8 + \frac{1.097996596 \cdot 10^{17}}{3600 \cdot x - 1.27935977 \cdot 10^8} \\ &\quad + \left(8.795598420 \cdot 10^8 \left(x + 0.000004893051973 \right) \left(x - 861.443484 \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - 28131.04330 \right) \left(x - 35537.77142 \right) \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{solve} \left(Q_{\text{dot}}_{\text{平均}} = \frac{Q_{\text{dot}}_{\text{初始}} + Q_{\text{dot}}_{\text{最后}}}{2}, M_{\text{dot}} \right) \\ 5.247961494, 371.4332903, 31815.33344, 35537.77142 \end{aligned}$$

鉴于有四个解决方案,我们将采用其中一个在合理范围内的典型质量流率:

$$\begin{aligned} M_{\text{dot}} &:= (1.3.3.2)[1] \\ 5.247961494 \end{aligned}$$

▼ 结果分析

散热器确定的冷却液流和已有的尺寸为我们提供了一个标准，选择一个适当的冷却液泵。在确定质量流下，通用的泵将足够，对设备没有特殊的要求。

现在我们知道了运行条件，那么是否对散热器有任何设计更改，但保持相同的热输出，和同样的冷却液流？

鉴于上述计算均使用水作为冷却剂，50-50 乙二醇和水的混合物在理论上将提供相同的热输出，具有相同的冷却流，更小的散热器装配。以下的计算将证实这一点。

▼ 问题陈述 - 散热器尺寸

给定一组新的设计参数和限制条件，发现新的管道和散热片的尺寸。

这一部分，散热器装配最后的设计与几个参数和条件关联，并保持不变：	这为我们提供了下列参数，可通过改变达到我们的目标：
<ul style="list-style-type: none"> ● 热输出 ● 冷却液流 ● 结构的材料 ● 空气侧的尺寸（百叶窗横流式换热器设计） 	<ul style="list-style-type: none"> ● 1. 冷却液属性 <ul style="list-style-type: none"> ● 传导率 ● 密度 ● 比热 ● 动力粘性系数 ● 2. 散热器尺寸

给出热输出，冷却液流，新的冷却液物理属性，结构的材料和散热片尺寸，那么什么新的尺寸可被用到新的已有散热器设计？

▼ 定义散热器系统的新的物理参数

散热器流体的热容量	3386 $\frac{J}{kg \cdot K}$
-----------	-----------------------------

$c_{Fluid2} := Do(\%MC_cFluid2) :$

$T_{hot} := Do(\%MC_Thot + 273.15) :$

$T_{cold} := Do(\%MC_Tcold + 273.15) :$

$k := Do(\%MC_k) :$

$c_{Metal} := Do(\%MC_cMetal) :$

$Q_{dot_平均} := Do(\%Qdot_dial) :$

▼ 计算散热器的热传导率

▼ 以定常温度进入散热器装配的流体

计算内部管道面积：

$$Area_{Tube_{内部}} := (nLevels2 \cdot (2 \cdot L2 \cdot (w2 - 2 \cdot d2) + 2 \cdot L2 \cdot (h2 - 2 \cdot d2))) :$$

计算散热片和管道的外部面积：

$$AreaTube_{内部} := (nLevels2 \cdot (2 \cdot L2 \cdot w2 + 2 \cdot L2 \cdot h2) - nLevels2 \cdot 2 \cdot tFin2 \cdot w2 \cdot nFins2) :$$

计算散热片（总的）表面积：

$$SurfaceArea_{散热片} := (nLevels2 \cdot nFins2 \cdot 2 \cdot hFin2 \cdot w2) :$$

在进口从流体到金属的热传导率是：

$$QdotFluid_{初始} := \frac{k \cdot AreaTube_{内部} \cdot (T_{hot} - T_{cold})}{d2} :$$

从散热片到空气的热传导率是：

$$QdotFins_{最后} := \frac{k \cdot SurfaceArea_{fins} \cdot (T_{hot} - T_{cold} - deltaTmi2)}{\left(\frac{1}{2}\right) \cdot tFin2} :$$

从管道到空气的热传导率是：

$$QdotTubes_{初始} := \frac{k \cdot AreaTube_{外部} \cdot (T_{hot} - T_{cold} - deltaTmi2)}{d2} :$$

在散热器入口的金属的温度变化：

$$\begin{aligned} deltaTmi2 &:= solve \left(deltaTmi2 \right. \\ &= \frac{QdotFluid_{初始} - QdotTubes_{初始} - QdotFins_{初始}}{Mdot \cdot cMetal}, deltaTmi2 \left. \right) \\ &: \end{aligned}$$

散热器入口的总的热损耗：

$$Qdot_{初始} := QdotTubes_{初始} + QdotFins_{初始} :$$

▼ 流出散热器装配的流体

在入口从流体到金属的热传导率是：

$$QdotFluid_{最后} := \frac{k \cdot AreaTube_{内部} \cdot (T_{hot} - T_{cold} - deltaTf2)}{d2} :$$

从散热片到空气的热传导率是：

$$\begin{aligned} QdotFins_{最后} &:= \frac{1}{\left(\frac{1}{2}\right) \cdot tFin2} \left(k \cdot SurfaceArea_{fins} \cdot (T_{hot} - T_{cold} \right. \\ &\left. - deltaTf2 - deltaTmf2) \right) : \end{aligned}$$

从管道到空气的热传导率是：

$$\begin{aligned} QdotTubes_{最后} &:= \frac{1}{d2} \left(k \cdot AreaTube_{外部} \cdot (T_{hot} - T_{cold} - deltaTf2 \right. \\ &\left. - deltaTmf2) \right) : \end{aligned}$$

在散热器装配出口金属的温度变化：

$$\begin{aligned} \text{deltaTmf2} &:= \text{solve} \left(\text{deltaTmf2} \right. \\ &= \frac{Q\text{dotFluid}_{\text{最后}} - Q\text{dotTubes}_{\text{最后}} - Q\text{dotFins}_{\text{最后}}}{M\text{dot} \cdot c\text{Metal}}, \text{deltaTmf2} \Big) \\ &: \end{aligned}$$

在散热器装配出口的流体的温度变化:

$$\begin{aligned} \text{deltaTf2} &:= \text{solve} \left(\text{deltaTf2} = \frac{Q\text{dotTubes}_{\text{最后}} + Q\text{dotFins}_{\text{最后}}}{M\text{dot} \cdot c\text{Fluid2}}, \right. \\ &\left. \text{deltaTf2} \right): \end{aligned}$$

在散热器出口的总的热损耗:

$$Q\text{dot}_{\text{最后}} := Q\text{dotTubes}_{\text{最后}} + Q\text{dotFins}_{\text{最后}}:$$

▼ 定义新的散热器尺寸

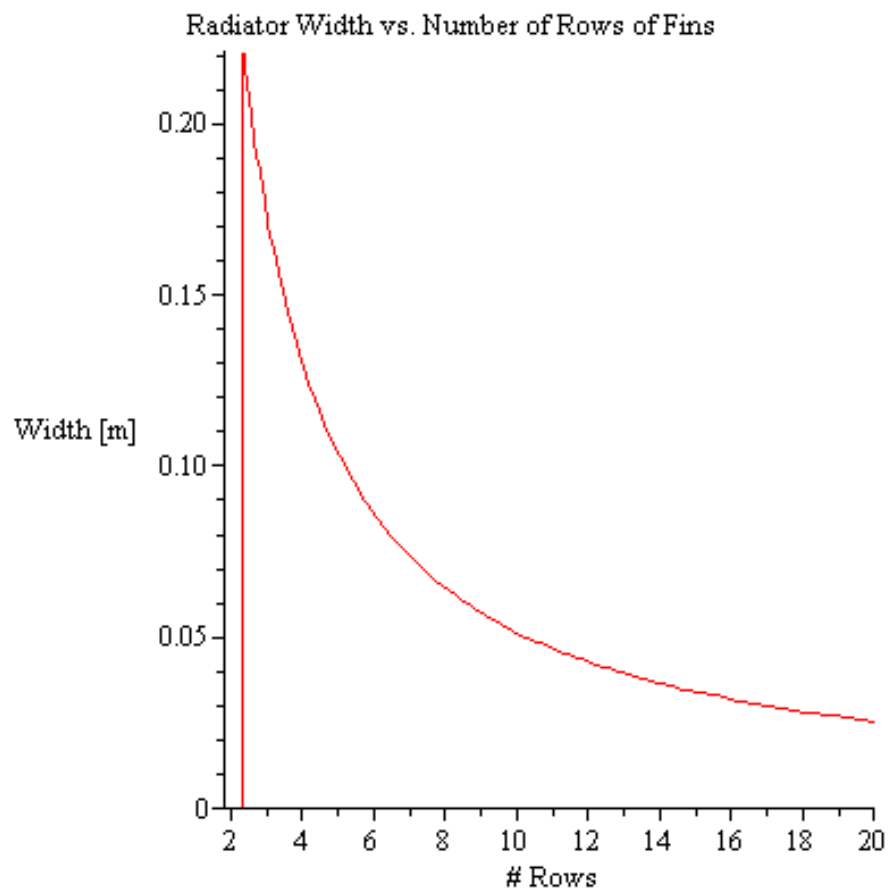
散热器长度	<input type="text" value="30"/> inches
散热器高度	<input type="text" value="0.0625"/> inches
散热器管道的厚度	<input type="text" value="0.01"/> inches
每层上的散热片数目	<input type="text" value="62"/> $\frac{\text{fins}}{\text{level}}$
散热片的厚度	<input type="text" value="0.001"/> inches
散热片的高	<input type="text" value="1"/> inches

$$\begin{aligned} L2 &:= \text{convert}(\text{Do}(\%MC_length), \text{units}, \text{inches}, \text{meters}) : \\ h2 &:= \text{convert}(\text{Do}(\%MC_height), \text{units}, \text{inches}, \text{meters}) : \\ d2 &:= \text{convert}(\text{Do}(\%MC_depth), \text{units}, \text{inches}, \text{meters}) : \\ n\text{Fins2} &:= \text{Do}(\%MC_numb) : \\ t\text{Fin2} &:= \text{convert}(\text{Do}(\%MC_thickness), \text{units}, \text{inches}, \text{meters}) : \\ h\text{Fin2} &:= \text{convert}(\text{Do}(\%MC_fheight), \text{units}, \text{inches}, \text{meters}) : \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{solnw} &:= \text{subs} \left(n\text{Levels2} = x, \text{solve} \left(Q\text{dot}_{\text{平均}} \right. \right. \\ &= \frac{(Q\text{dot}_{\text{初始}} + Q\text{dot}_{\text{最后}})}{2}, w2 \Big) \Big): \end{aligned}$$

基于上述设计要求，下面的图形与散热器的层数和长度关联:

```
plot(solnw, x = 2..20, title
    = "Radiator Width vs. Number of Rows of Fins", labels
    = ["# Rows", "Width [m]"])
```



基于上述图形，为散热器选择一个散热片的行数和对应的适当宽度：

> nLevels2 := 14 :

```
solve( Qdot_平均 = (Qdot_初始 + Qdot_最后) / 2, w2 ) [1] [m]
```

0.03653747498 [m]

▼ 编辑 CAD

现在我们发现了一个合适的能满足设计期望的热传导性能的尺寸组合。，给定新的冷却合成剂，我们可以通过定义新的散热片行数和宽度对 CAD 制图进行编辑。最后对 SolidWorks 制图进行实时更新。

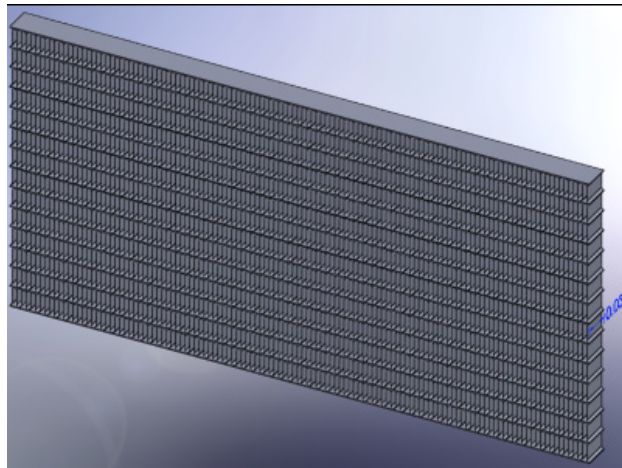


图 2: 更新后的散热器装配