

# 动力电池热管理

## ( Battery Thermal Management System ) BTMS

洪英杰

上海鹰峰电子科技股份有限公司

[www.eagtop.com](http://www.eagtop.com)

## 目 录

我们能够提供什么？ - 动力电池热管理

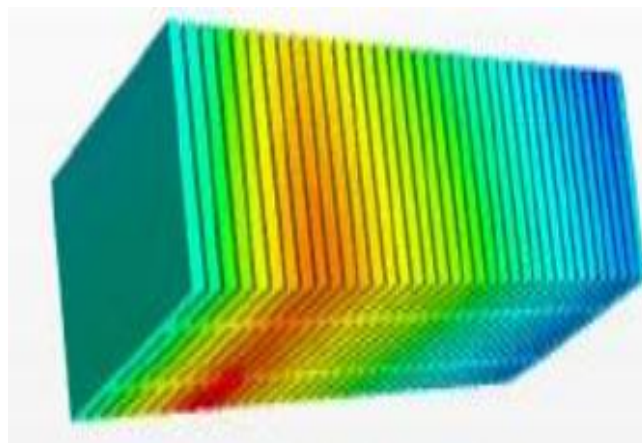
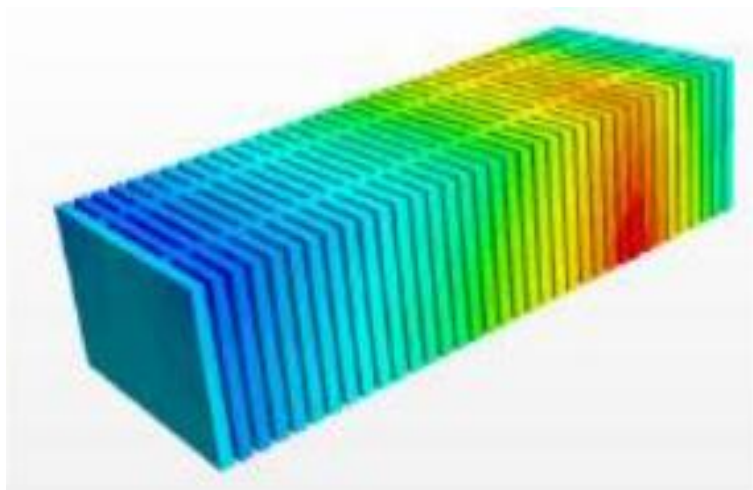
- 为什么需要热管理
- 热管理技术的发展趋势

## 电池热管理研究的意义及现状

热管理系统的主要功能包括：

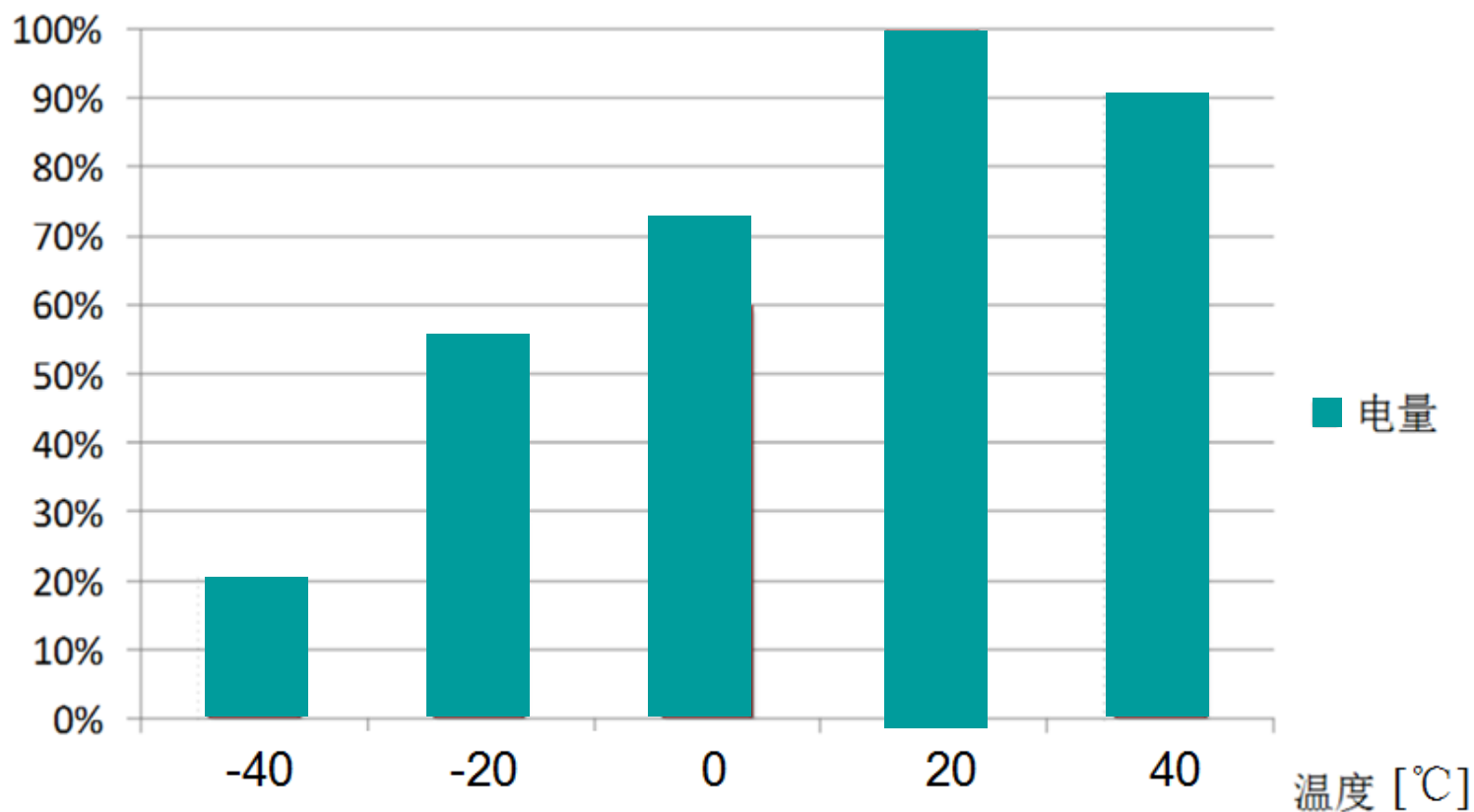
- 1) 在电池温度较高时进行有效散热，防止产生热失控事故；
- 2) 在电池温度较低时进行预热，提升电池温度，确保低温下的充电、放电性能和安全性；
- 3) 减小电池组内的温度差异，抑制局部热区的形成，防止高温位置处电池过快衰减，降低电池组整体寿命。

电池发热温度分布图



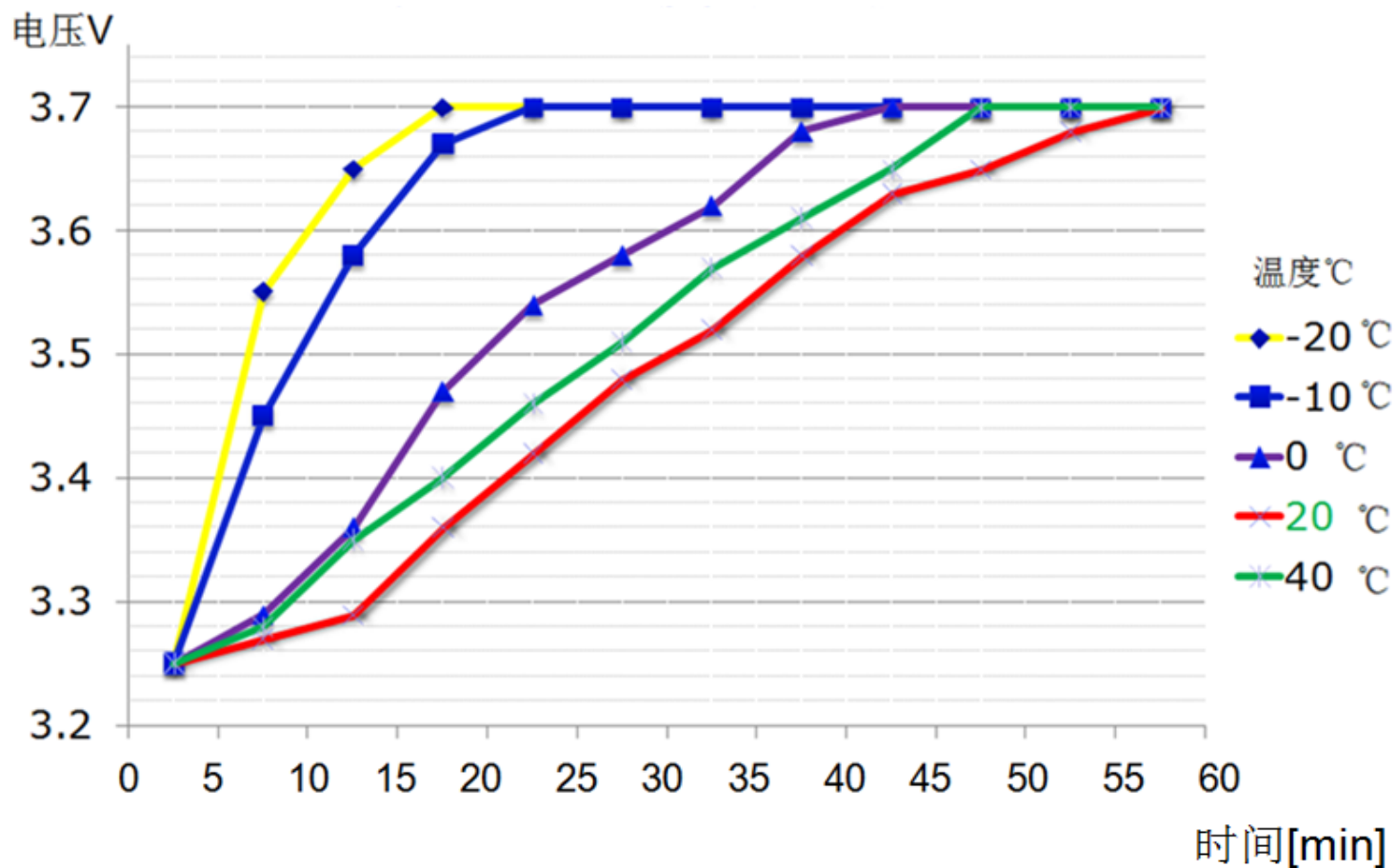
- 因此：对电池的**热管理**是提高电动汽车的可靠性具有重要的意义。

## 温度对电量的影响

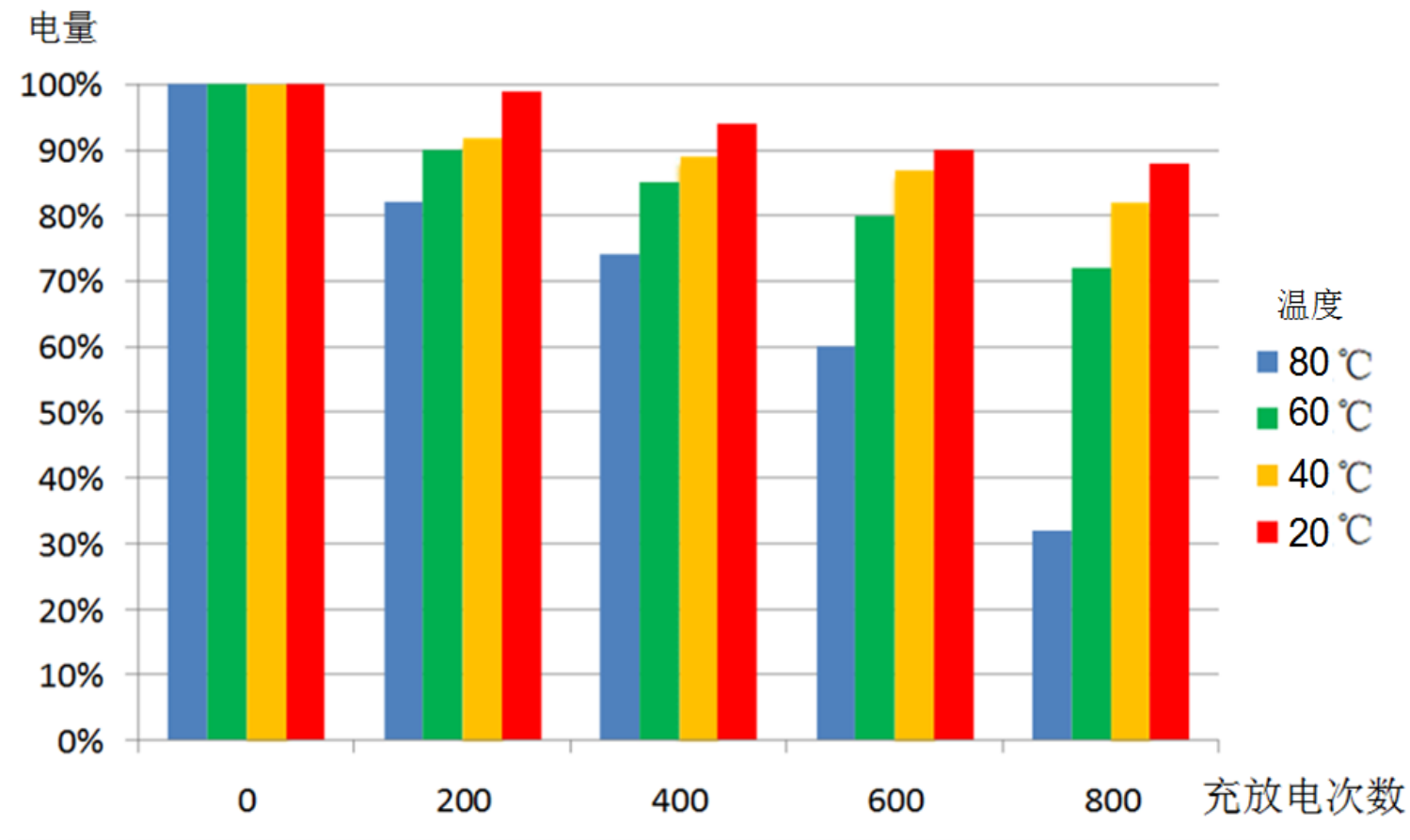


充电过程中，环境温度对电池电量影响较大。

## 温度对充电电压的影响



## 温度对充放电次数的影响



## 目 录

### 我们能够提供什么？ - 动力电池热管理

- 为什么需要热管理
- 热管理技术的发展趋势

## 动力电池热管理分类

按照冷却方式划分：

### **被动冷却系统：**

直接将电池内部的热空气排出车体；

### **主动冷却系统：**

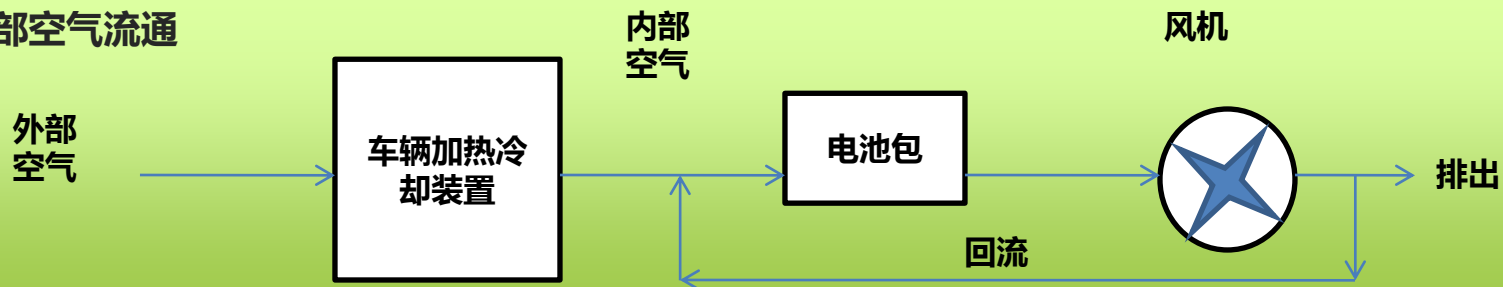
通常具有一个内循环系统，并且根据电池系统内部的温度进行主动调节，以达到最大散热能力。

## 被动冷却

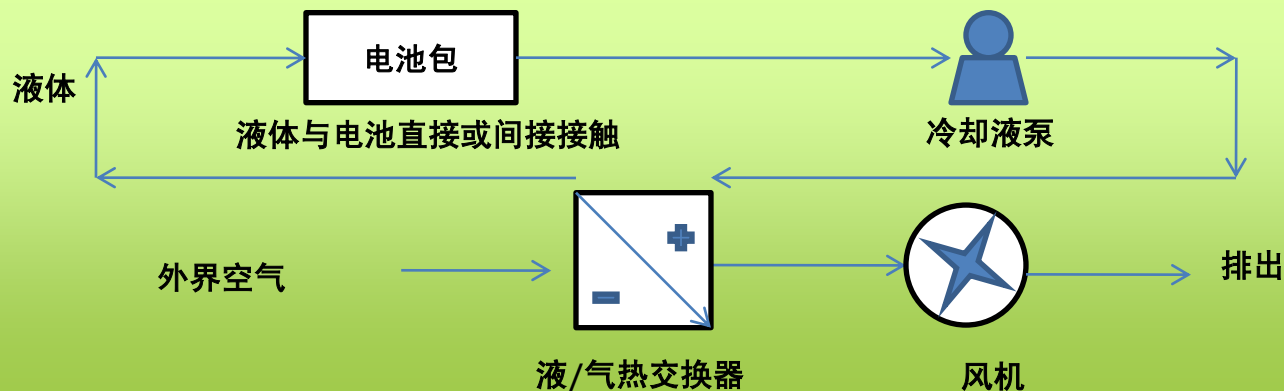
### 外部空气流通



### 内部空气流通

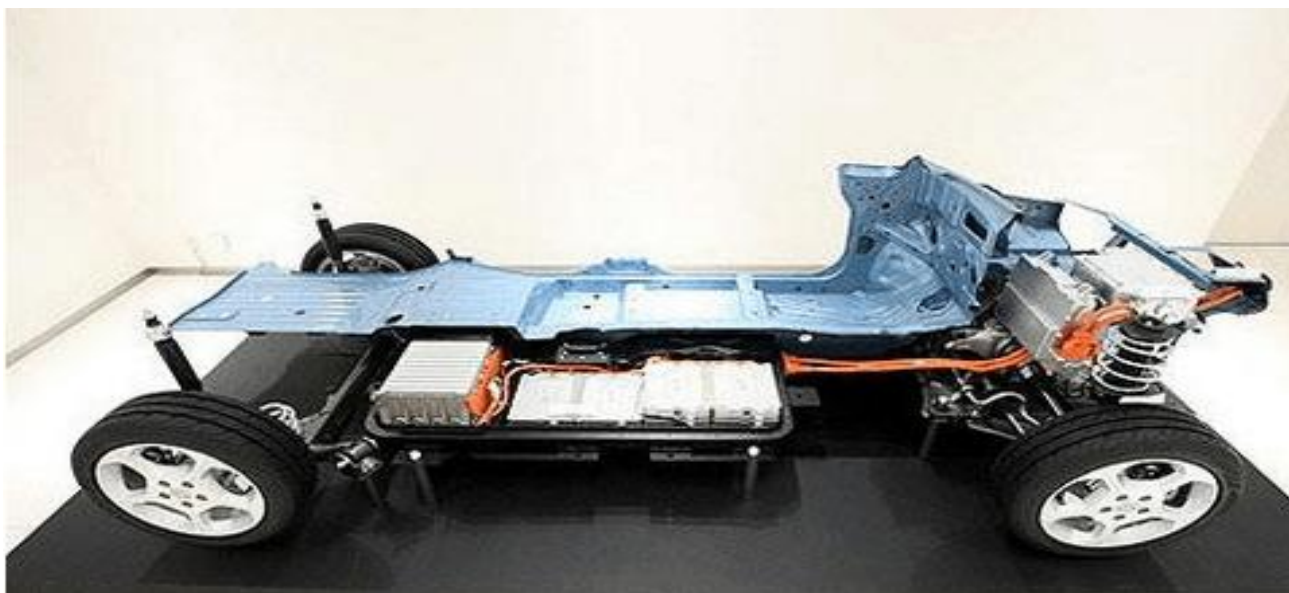


### 液体循环

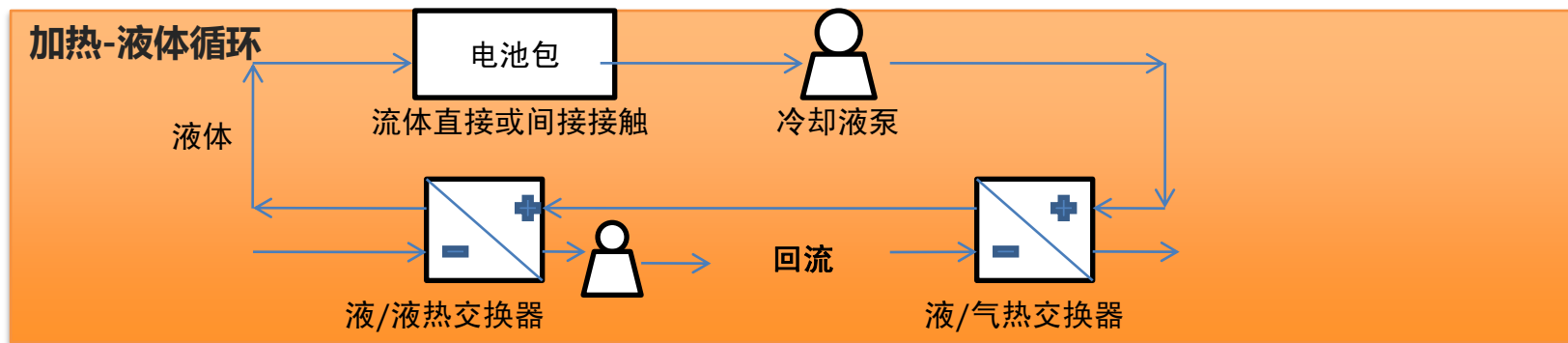
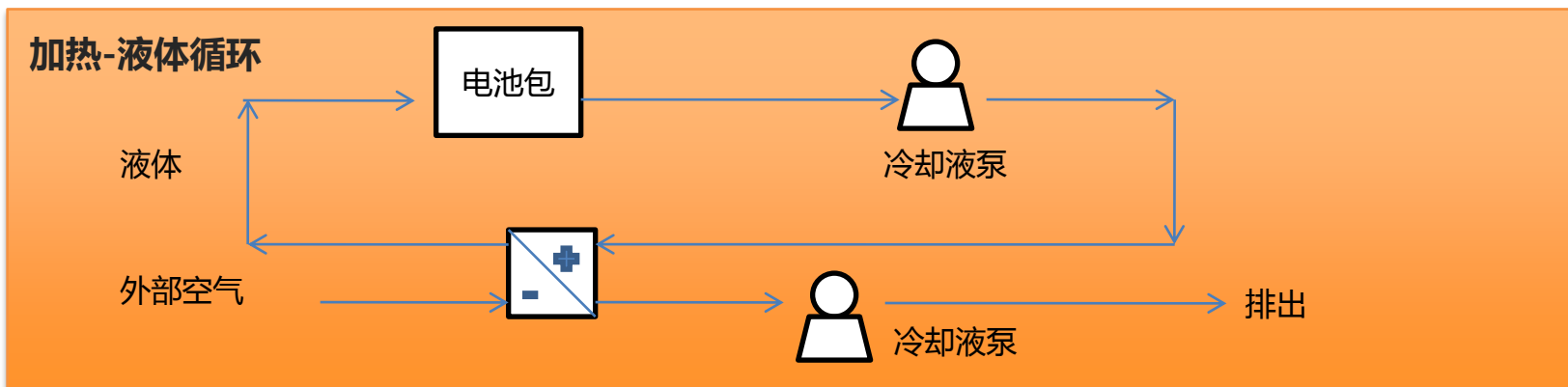
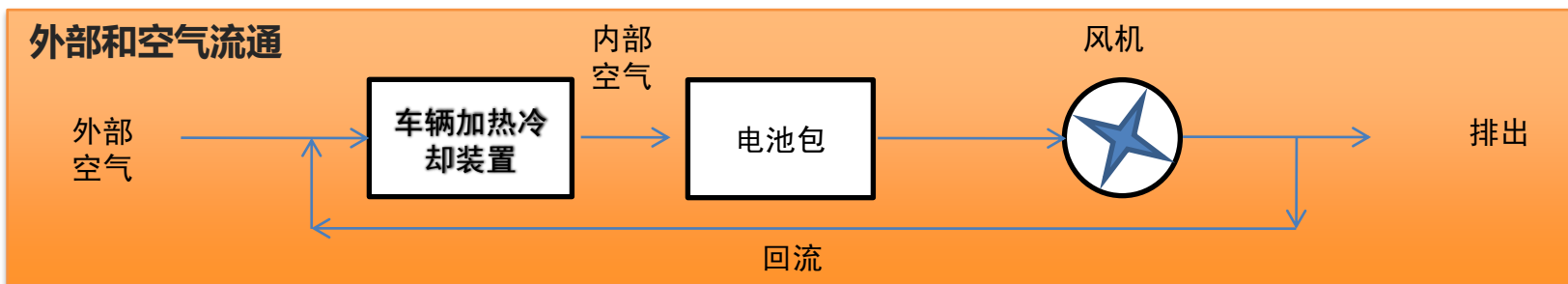


## 日产LEAF的热管理系统

日产汽车公司的LEAF纯电动汽车采用了少见的被动式电池组热管理系统。



## 主动加热和冷却

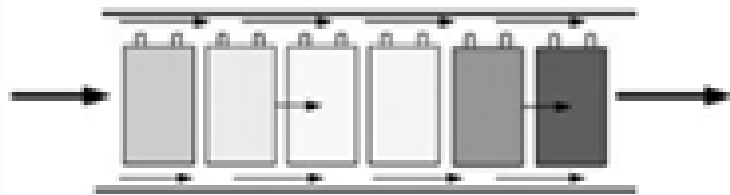


**根据传热介质的不同  
动力电池冷却系统可以分为以下三种：**

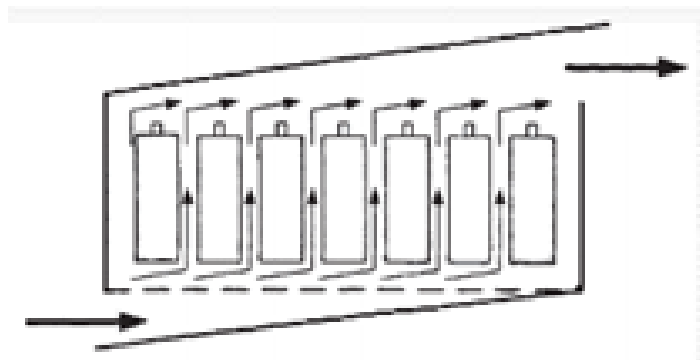
- **空气冷却** ( ACS , air cooling system )
- **液体冷却** ( LCS , liquid cooling system )
- **热管相变冷却** ( PCM , phase change material )

## 空冷系统

### 串行和并行散热方式：



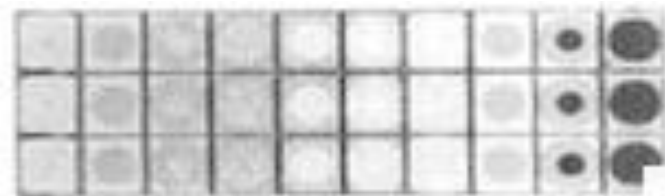
串行通风



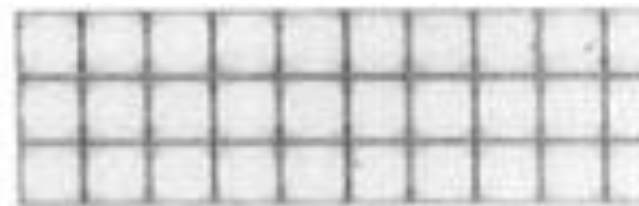
并行通风



无通风时电池组温度场分布



串行通风时电池组温度场分布



并行通风时电池组温度场分布

## 自然和强制冷却方式：

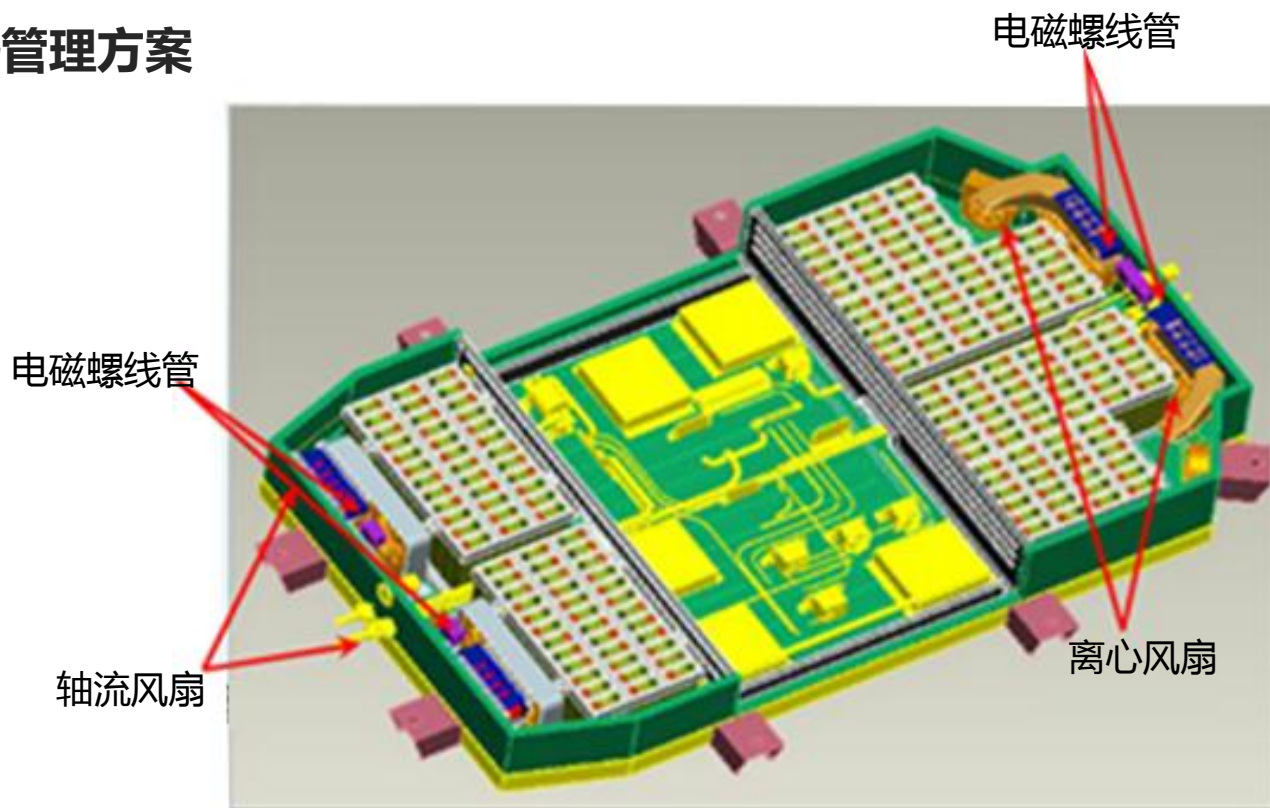
- **自然冷却:**

- 即没有采用冷却风扇，此方式冷却效果比较差。

- **强制冷却:**

- 采用冷却风扇进行冷却，大部分电动汽车都在使用这种冷却方式，在空气充入电池包之前，先通过冷却装置对空气进行冷却，经过冷却的空气能够有效地控制电池包的最高温度。

## 热管理方案



### 空冷方式的主要优点：

- (1)结构简单，重量相对较小；
- (2)有害气体产生时能有效通风；
- (3)成本较低。

### 缺点：

在于其与电池壁面之间换热系数低，冷却、加热速度慢。

## 液冷系统

冷却液分类：

- ( 50%/50% 水/乙二醇 )
- 硅油

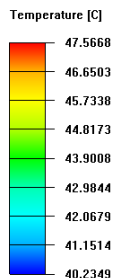
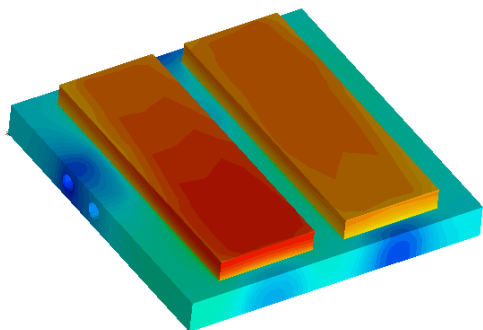
材料属性

| 名称 | 密度<br>[ kg/m <sup>3</sup> ] | 比热容<br>[ J/(kg•K) ] | 导热系数[<br>W/(m•K) ] | 热膨胀系数<br>[ 1/K ] | 动力粘度<br>[ kg/(m•s) ] |
|----|-----------------------------|---------------------|--------------------|------------------|----------------------|
| 水  | 1000                        | 4180                | 0.6                | 0.00021          | 0.001                |
| 硅油 | 960                         | 1500                | 0.15               | 0.00096          | 0.048                |

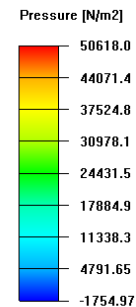
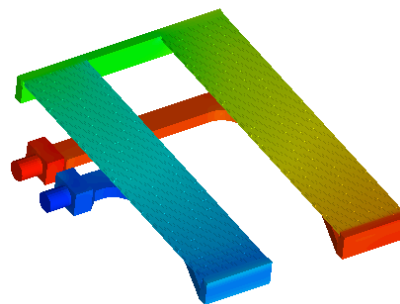
## 冷却液对比数据

稳态温度分布

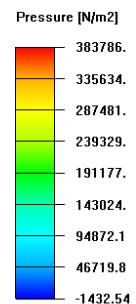
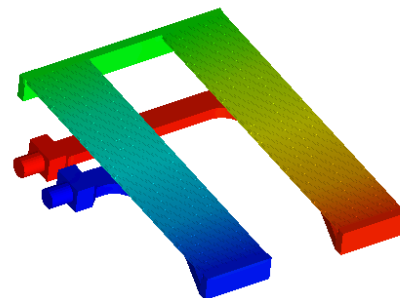
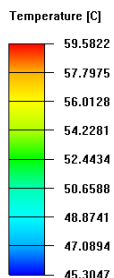
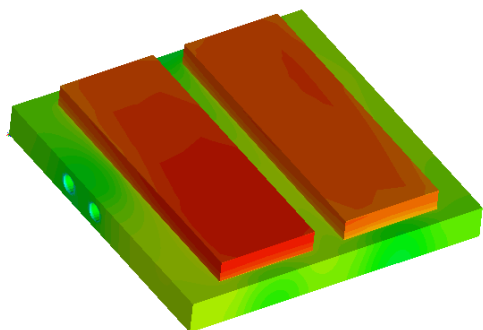
冷却流体：水



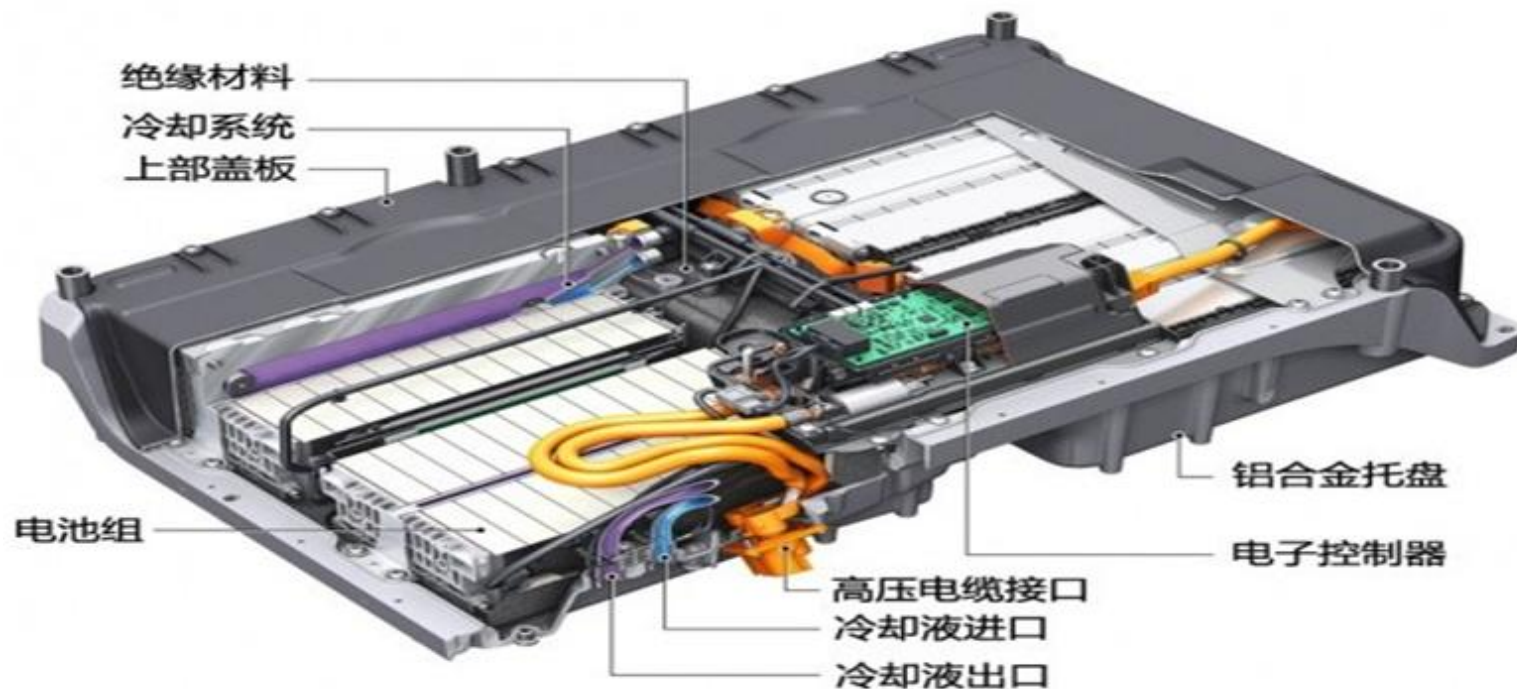
稳态温度分布



冷却流体：硅油



| 流体名称 | 出口温度[℃] | 最高温度<br>[℃] | 压降<br>[ Pa ] |
|------|---------|-------------|--------------|
| 水    | 41.1    | 47.6        | 52373        |
| 硅油   | 43.1    | 59.6        | 385318       |



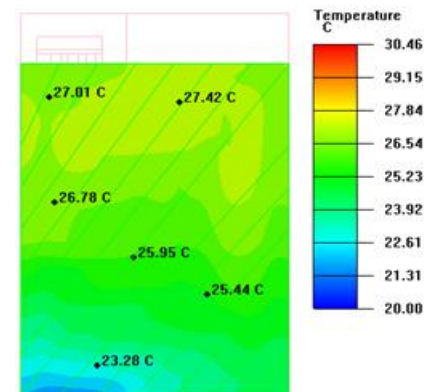
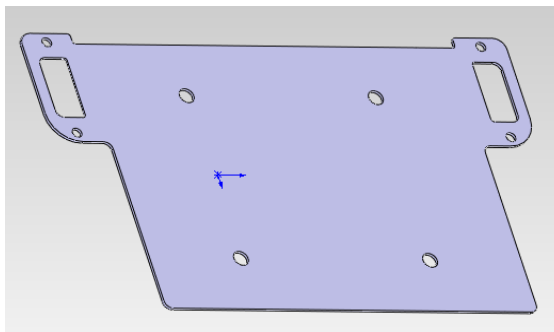
## 液冷方式的主要优点:

- (1) 与电池壁面之间换热系数高, 冷却、加热速度快;
- (2) 体积较小。

## 缺点:

- (1) 结构相对复杂, 需要水套、换热器等部件。
- (2) 重量相对较大;
- (3) 维修和保养复杂;

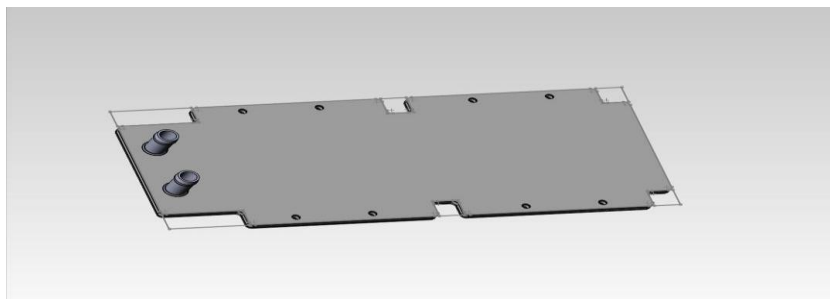
## 鹰峰水冷板在动力电池应用实例一



| 行业       | 制作工艺               | 产品特点         |
|----------|--------------------|--------------|
| 电动汽车燃料电池 | 真空钎焊整面焊接<br>表面阳极处理 | 超薄 体轻 流道设计灵活 |

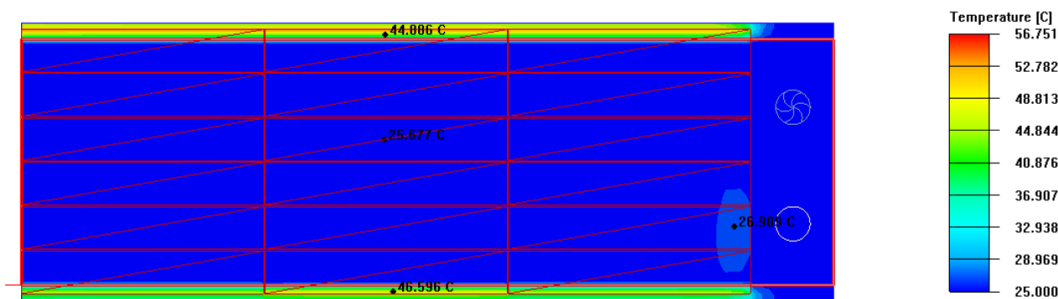
按照客户设计要求，与客户自行设计的方案相比，在不增加流阻的基础上优化液冷板，使燃料电池温升降低了**3度**

## 鹰峰水冷板在动力电池应用实例二



此冷板在10L/min流量下，  
入水口温度25度，冷板最高  
温度27度，温升只有2度。

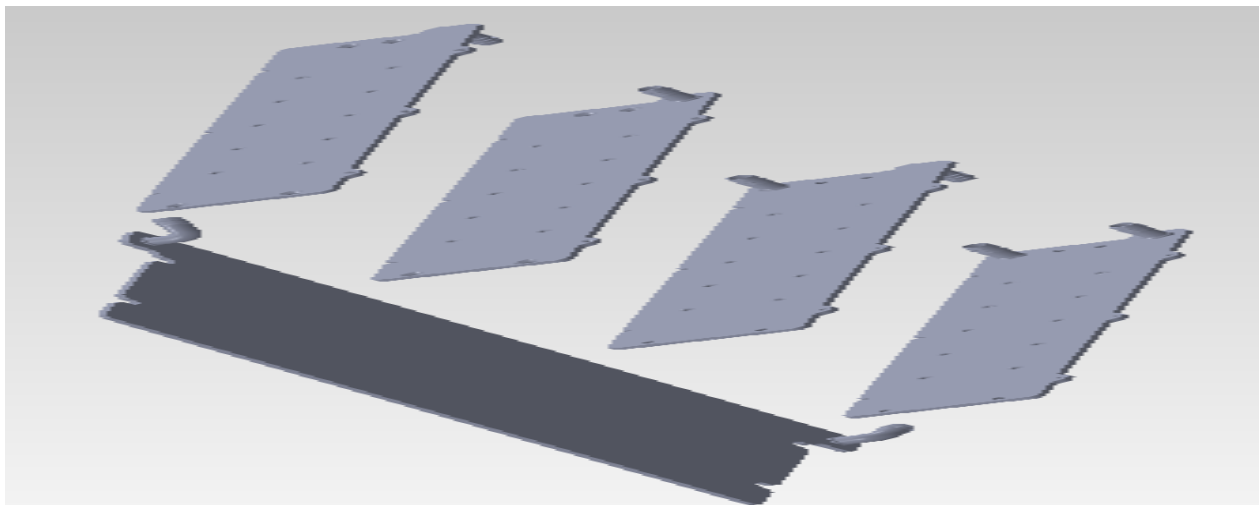
图1.冷板三维图



水冷板最大温度：~27℃

图2.冷板温升仿真图

## 鹰峰水冷板在动力电池应用实例三



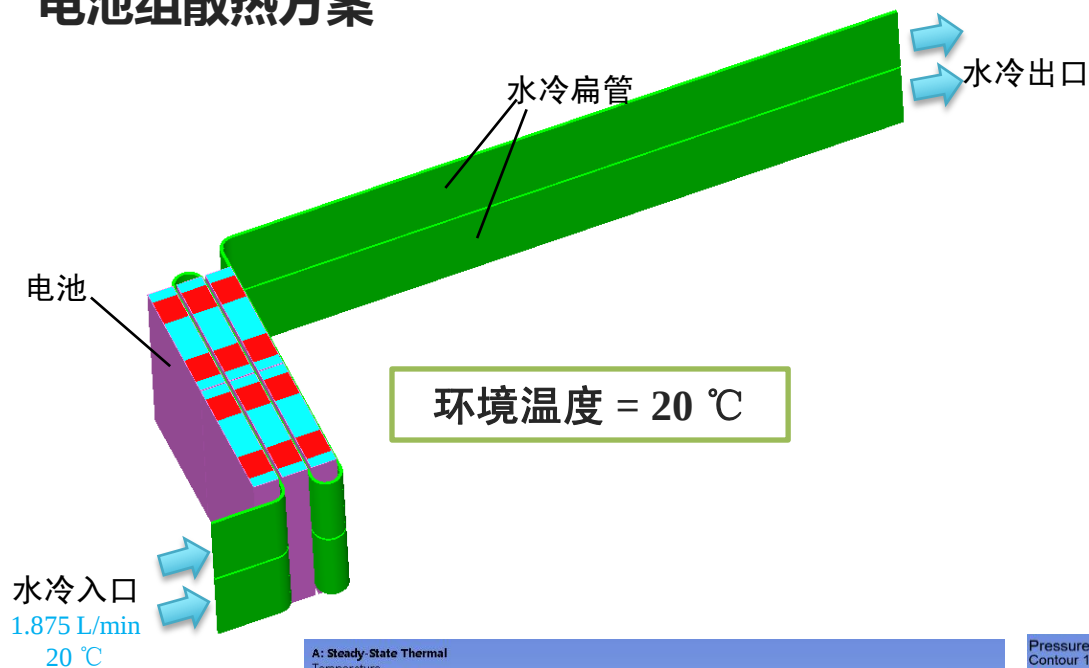
冷板三维图



EAGTOP实际产品

此套冷板运用于电动大巴动力电池散热，运用真空钎焊而成，厚度6mm，非常适用于狭小空间的散热。

## 电池组散热方案



水流入、出口温差  $\Delta t$  根据

$$\Delta t = Q / (c \cdot m)$$
$$= 5 * 6 / (4200 * 0.03125) \text{ } ^\circ\text{C}$$
$$= 0.23 \text{ } ^\circ\text{C}$$

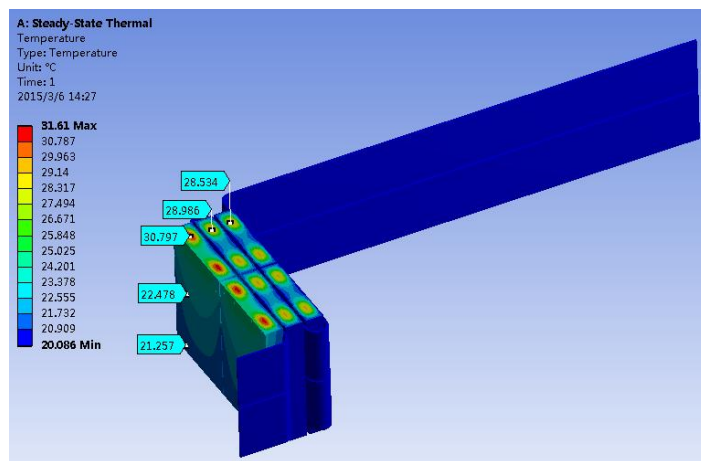


图 系统稳态温度分布

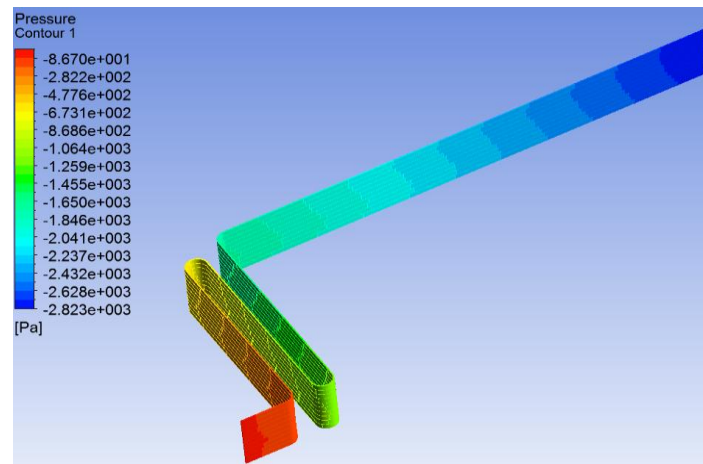
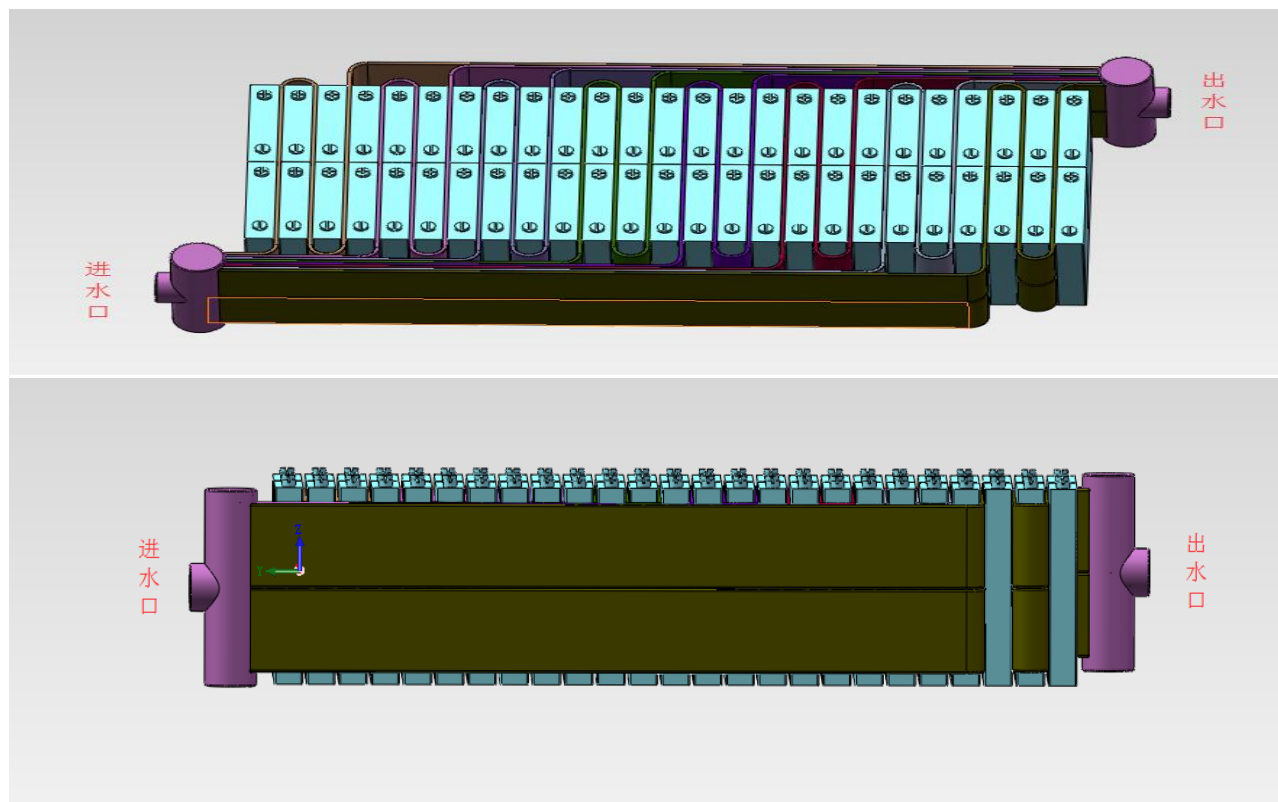


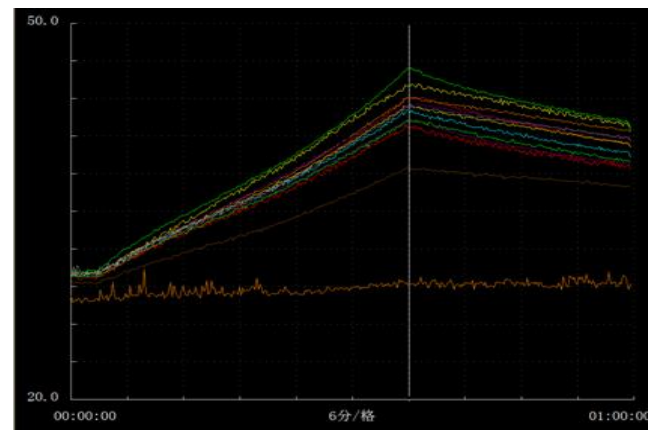
图 单跟扁管内水压分布

## 模组设计方案

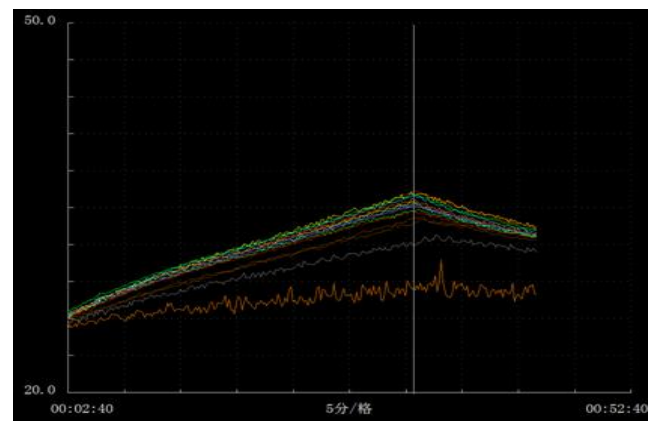
|       |      |       |          |
|-------|------|-------|----------|
| 散热功率: | 250W | 绝缘处理: | 单面绝缘膜    |
| 散热方式: | 强迫水冷 | 尺寸:   | 3mm*60mm |
| 环境温度: | 20℃  | 水速:   | 15L/min  |



## 冷却液对比实验

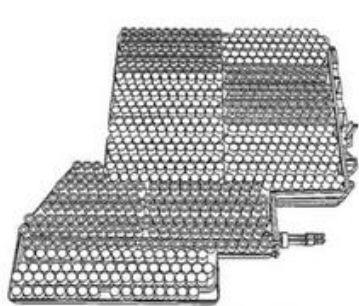


硅 油

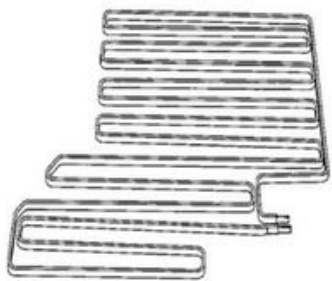


50%/50% 水/乙二醇

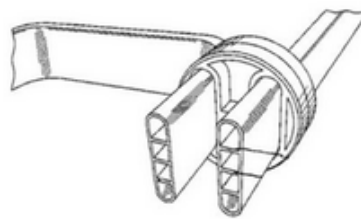
## 特斯拉水冷系统



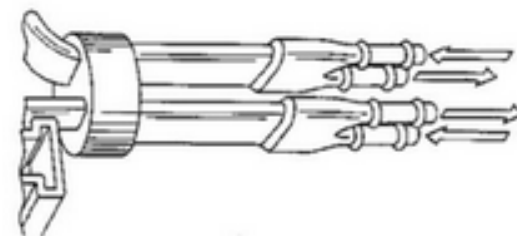
a.内部热管理系统



b.冷却管道



c.冷却管道  
内部结构



d.冷却管道端面结构

## 热管相变冷却

热管是具有导热性能好、结构简单、工作可靠、温度均匀等良好性好的人工构件。

热管的工作液要有较高的汽化潜热、导热系数，合适的饱和压力及沸点，较低的粘度及良好的稳定性。

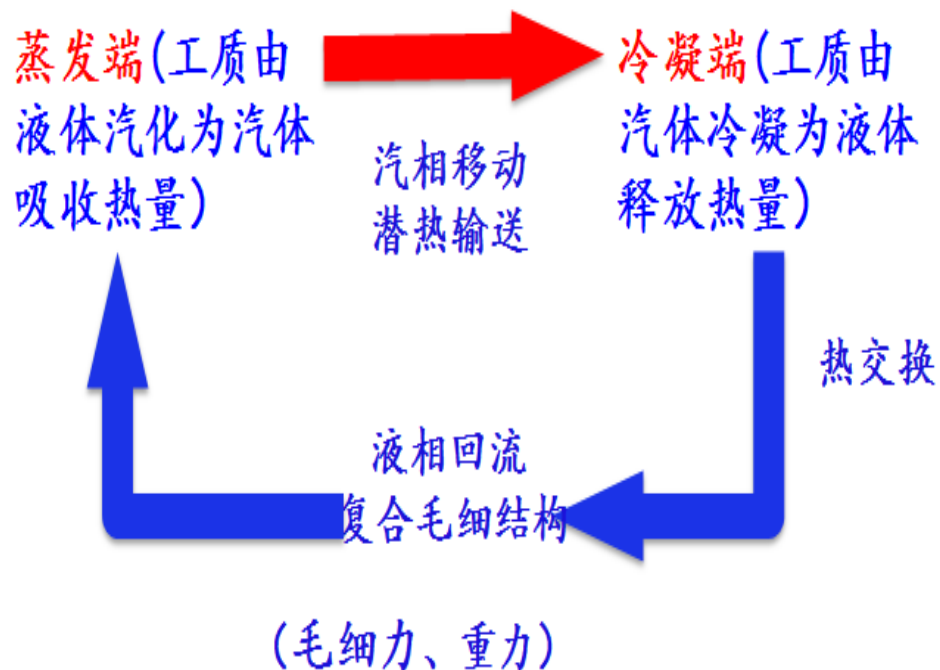
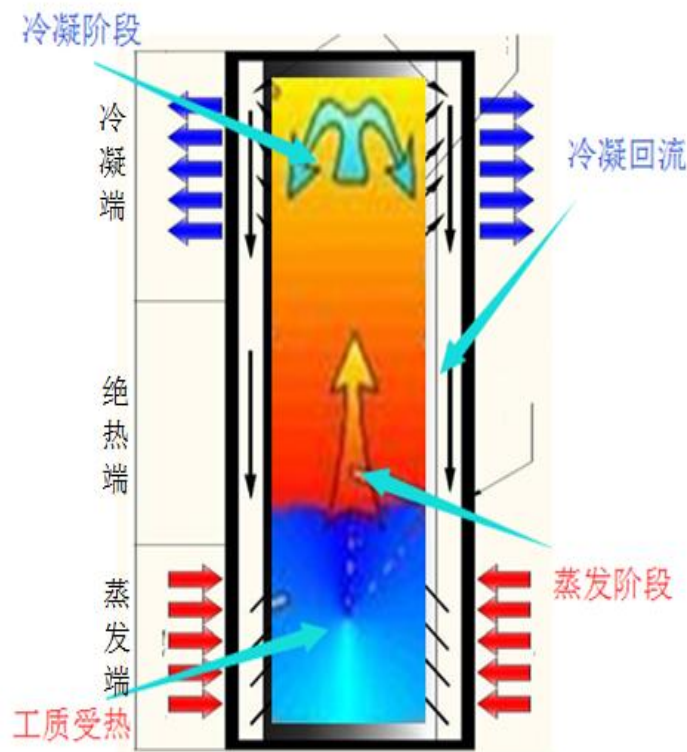
## 常温热管工作介质

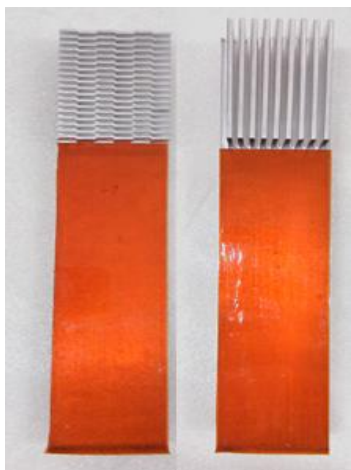
| 相变液体 | 潜热        | 沸点     | 比热            | 密度                  | 熔点     | 临界压力      | 临界温度     |
|------|-----------|--------|---------------|---------------------|--------|-----------|----------|
| 鹰峰工质 | 652KJ/KG  | 60° C  | 2.426KJ/KG° C | 1.5/cm <sup>3</sup> | -95° C | 20.668Mpa | 275.6° C |
| 水    | 2408KJ/KG | 100° C | 4.186KJ/KG° C | 1g/cm <sup>3</sup>  | 0° C   | 22.115Mpa | 374.2° C |
| 水的热容 | 4.2KJ/KG  |        |               |                     |        |           |          |

**1KG水的汽化潜热=6 KG水从0°加热到100°所需的热量**

## 热管工作原理

上海鹰峰复合超导平板热管技术特点：密闭复合结构扁管、复合工质、复合毛细结构和密闭扁管真空度： $1.0 \times (10^{-2} \sim 10^{-3}) \text{Pa}$ 。



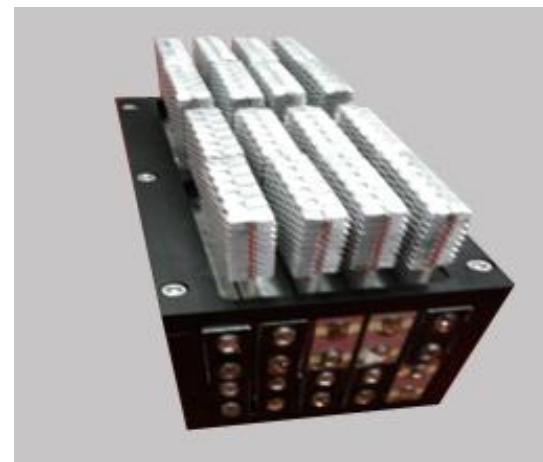
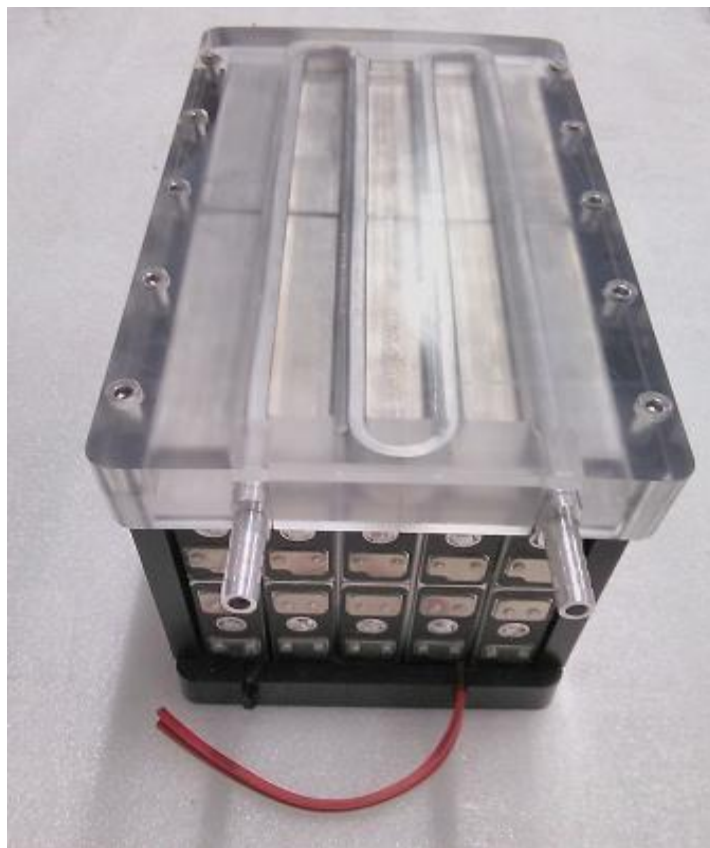


热管散热片



加热板

## 热管电池热管理



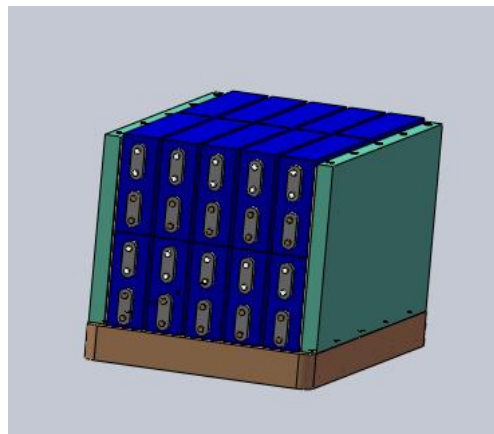
热管风冷散热模式



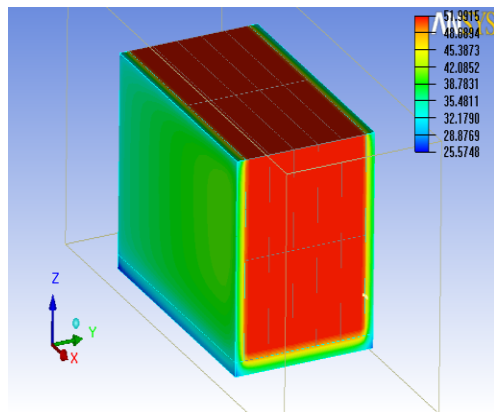
热管水冷散热模式

## 热管在电池中的应用

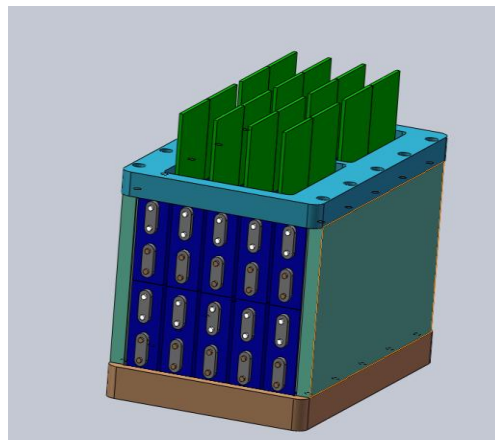
10Ah电池组普通风冷



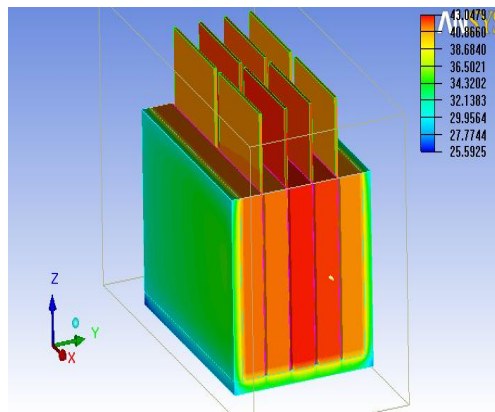
电池铝壳温度  $T_{\max} = 52.0^{\circ}\text{C}$



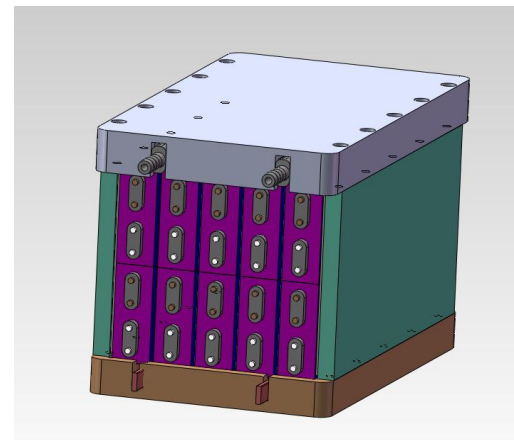
10Ah电池组热管风冷



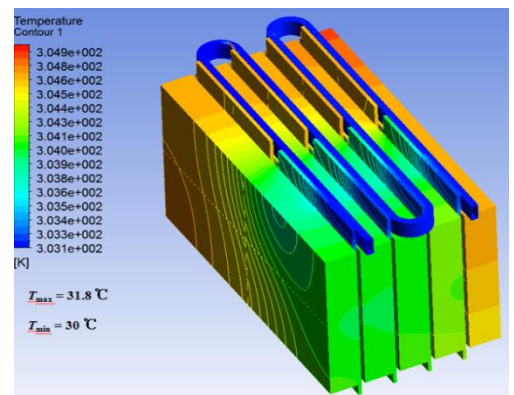
电池铝壳温度  $T_{\max} = 43.0^{\circ}\text{C}$



10Ah电池组热管水冷

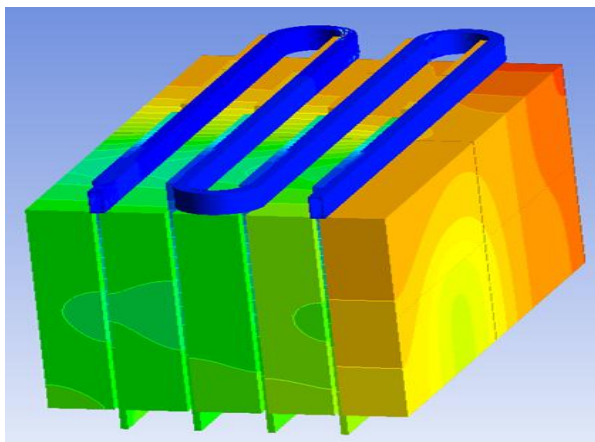
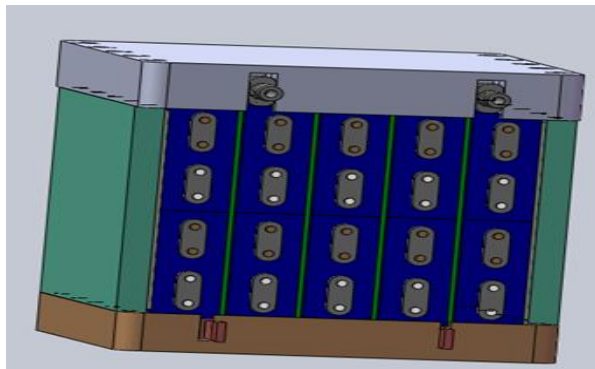


电池铝壳温度  $T_{\max} = 31.8^{\circ}\text{C}$



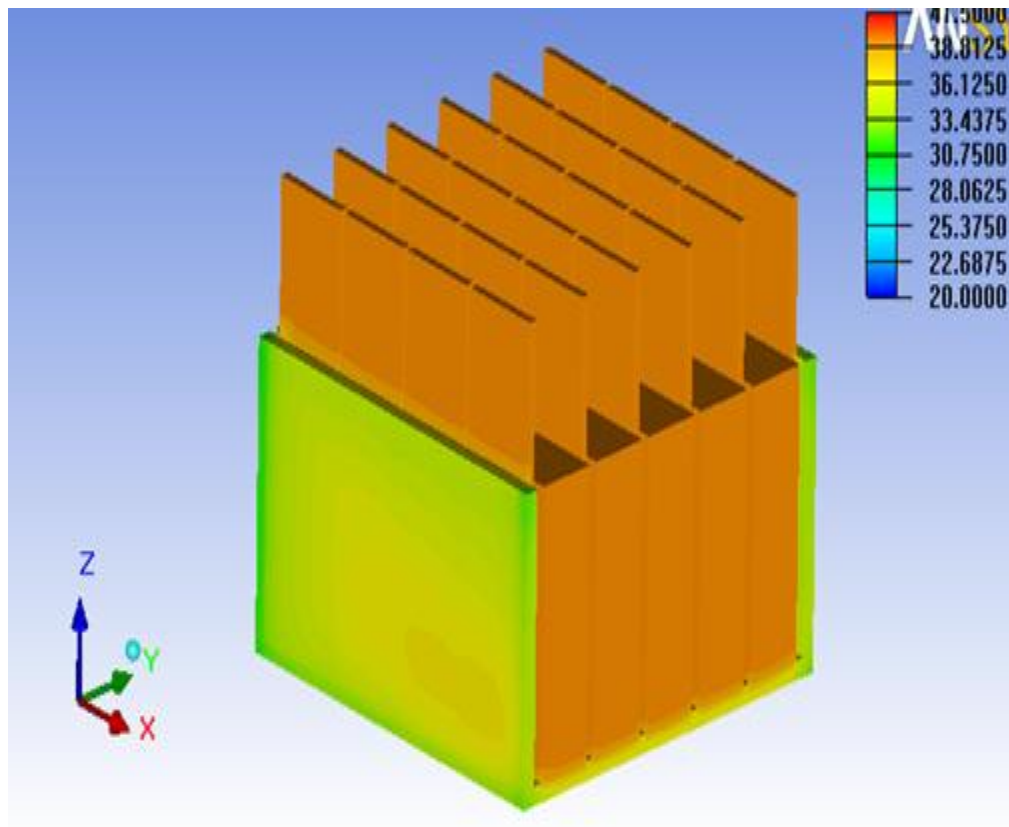
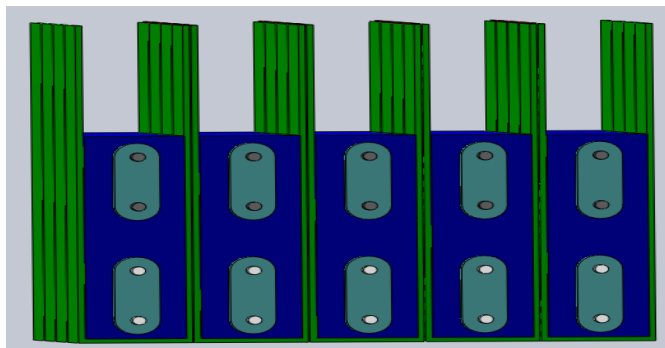
## 热管在电池中的应用

### 20Ah电池组热管水冷散热



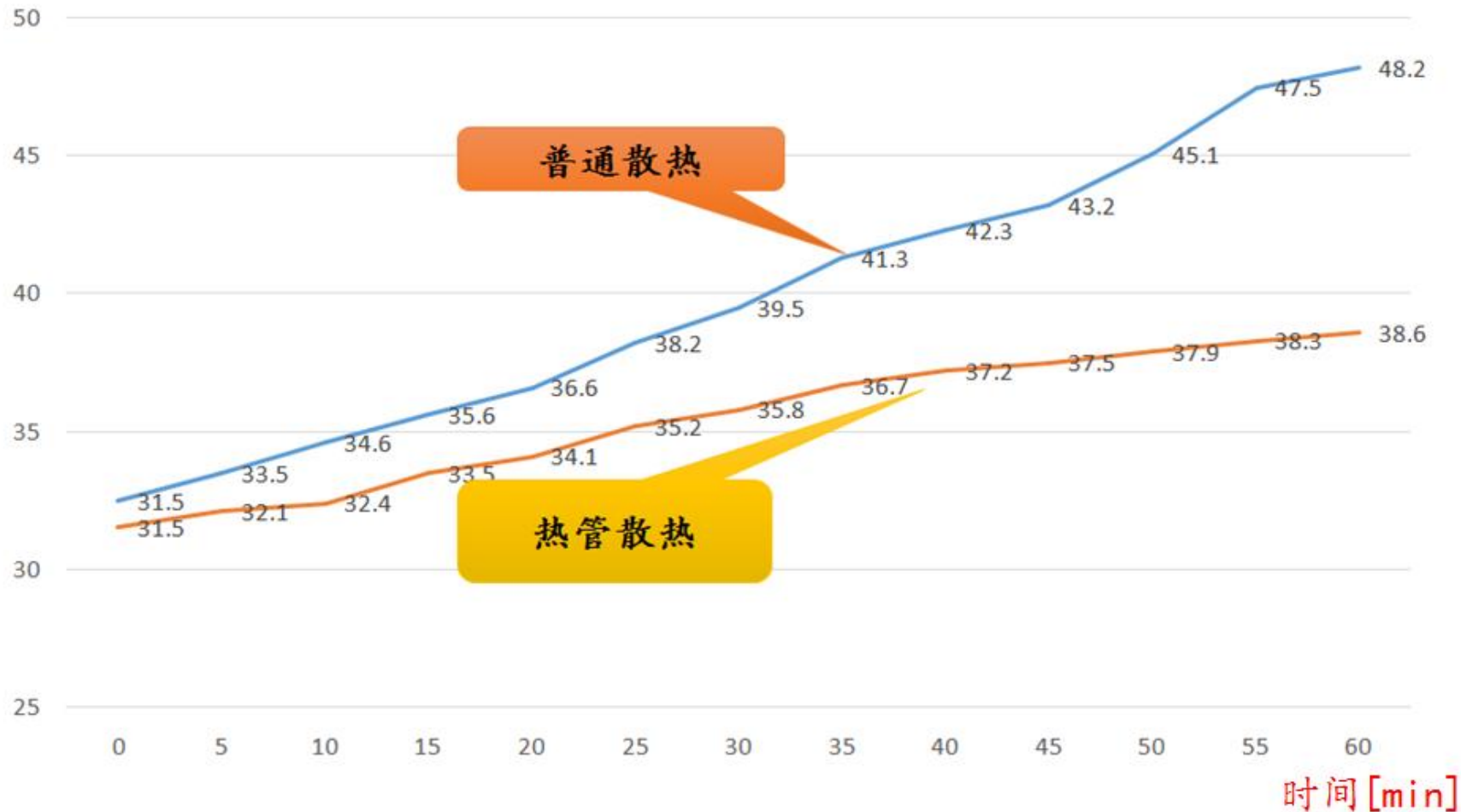
## 热管在电池中的应用

### 双热管125Ah 电池组风冷散热



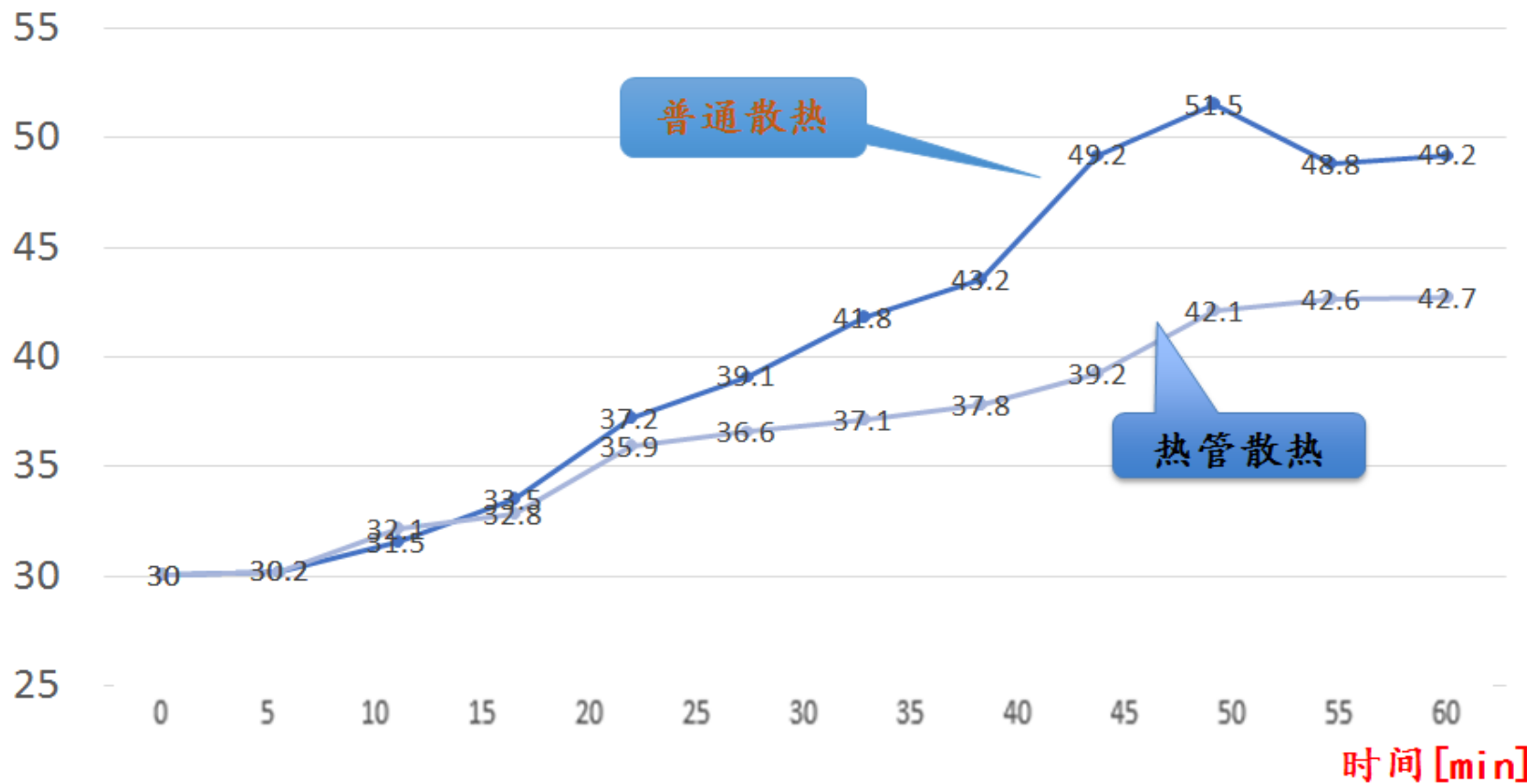
## 电池1C放电实验 ( 30℃室温 )

温度 (°C)



## 1C充电实验数据 ( 30°C室温 )

温度 (°C)



## EV电池充放电对比实验

| EV电池充放电对比实验 |        |       |        |       |
|-------------|--------|-------|--------|-------|
|             | 充电实验   |       | 放电实验   |       |
| 状 态         | 未使用热管  | 使用热管  | 未使用热管  | 使用热管  |
| 充电电流        | 2C（快充） |       | 1C（快放） |       |
| 充电电压        | 4V     |       |        |       |
| 风速          | 1.5M/S |       |        |       |
| 终止电压        | 4V（单体） |       | 3V（单体） |       |
| 实验室温        | 30℃    |       |        |       |
| 最高温度        | 49.8℃  | 42.6℃ | 49.2℃  | 38.3℃ |
| 温 差         | 18.6℃  | 12.9℃ | 14.1℃  | 7.1℃  |

## 电池加热系统

### 1、电池内部加热法

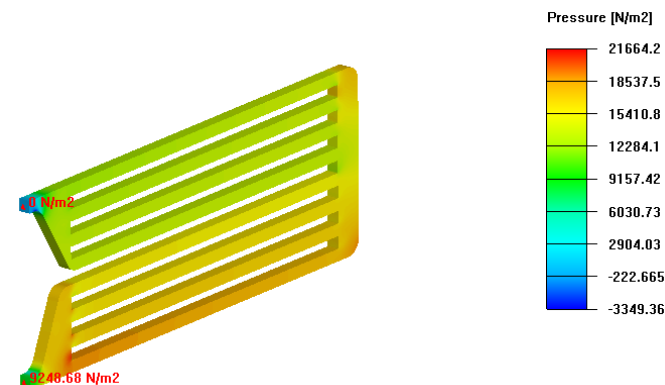
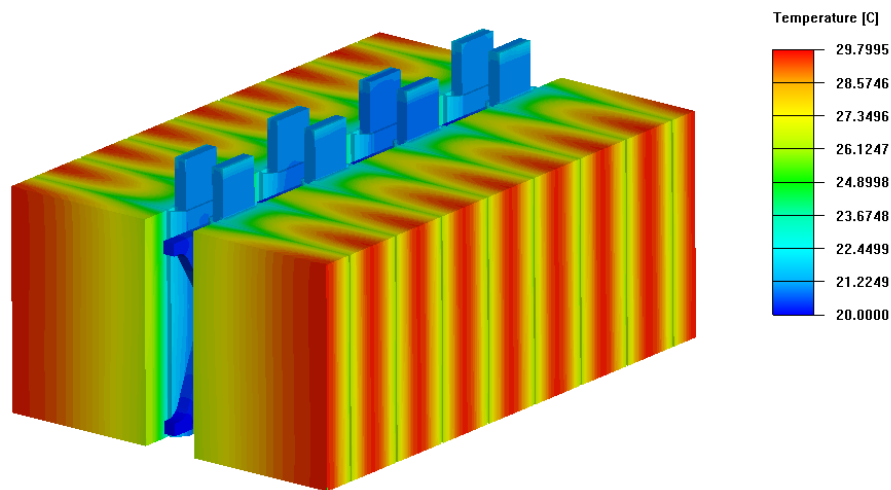
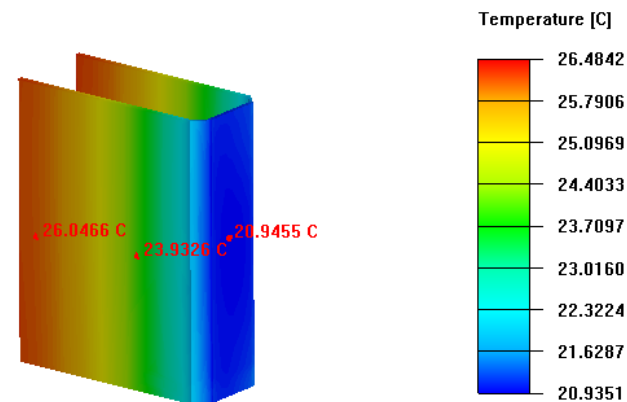
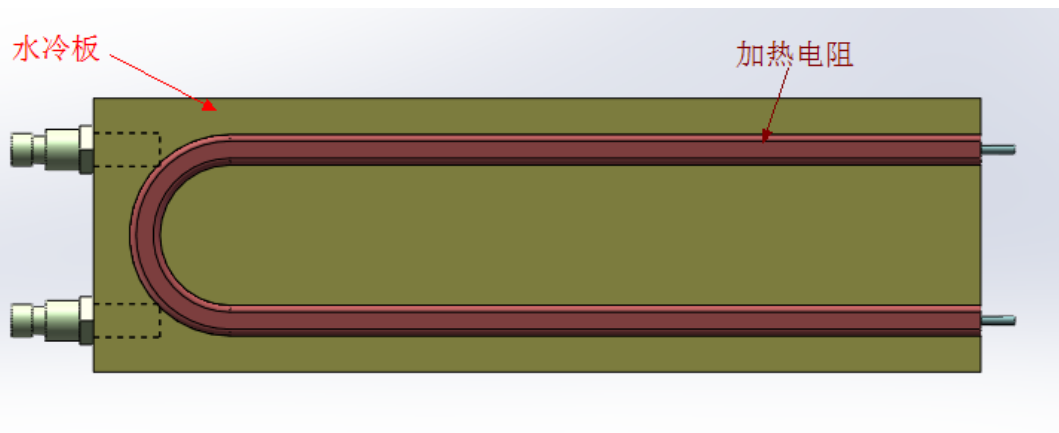
采用低频60 Hz 和 高频10 ~ 20 kHz 交流电对铅酸电池和镍氢电池进行加热，实验表明两种加热方式只需要几分钟就可以将电池从 - 40 °C 超低温加热到20 °C。

### 2、电池外部加热法

与内部加热法相比，外部加热比较安全、容易实现，但是能量损失大，加热时间长。

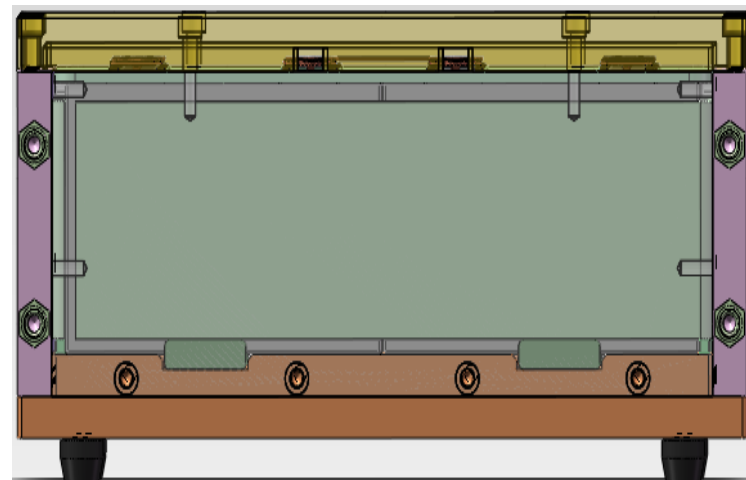
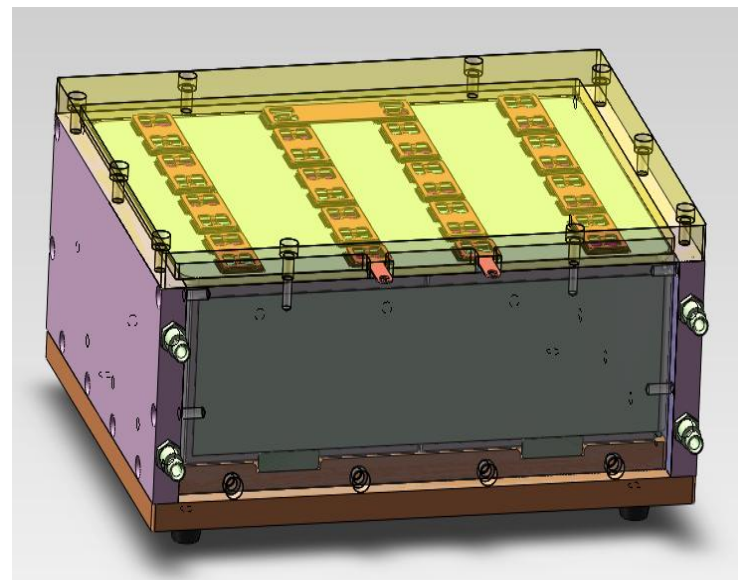
在已发表的文献中主要采用加热板加热、加热套加热、珀耳贴效应热泵加热和水冷板热管加热法。

## 水冷板热管加热法



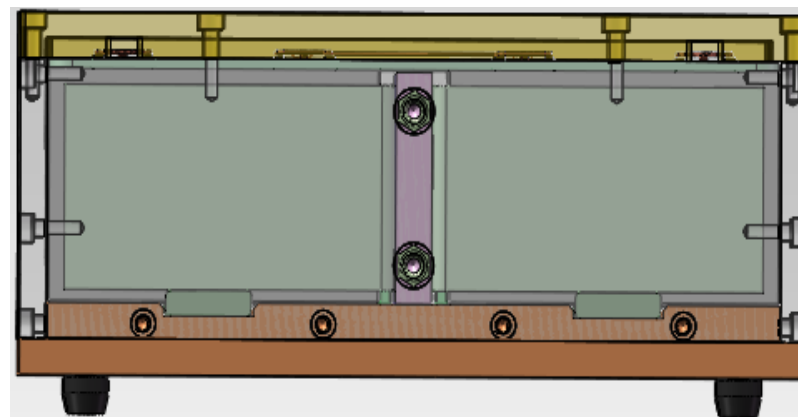
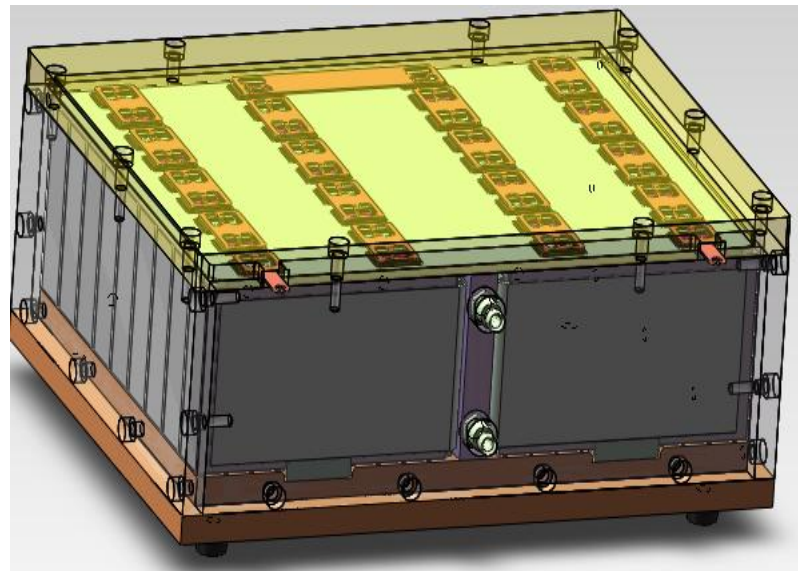
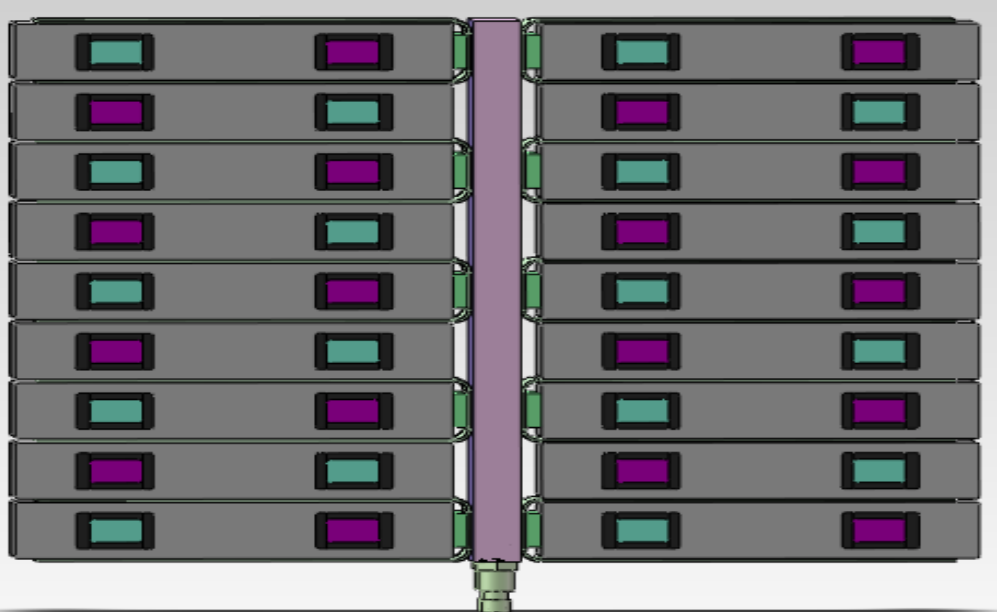
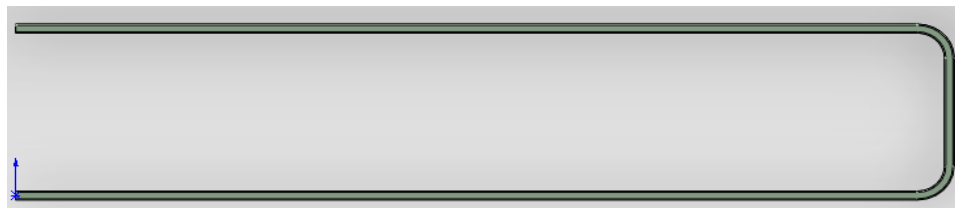
## 动力电池热管理方案一

S型热管+双面水冷散热

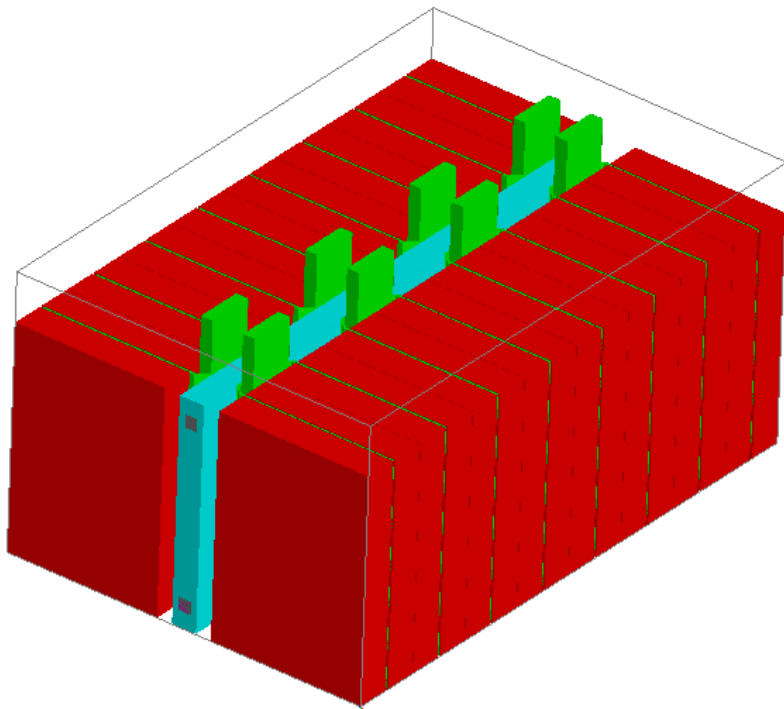


## 动力电池热管理方案二

N型热管+中间水冷散热



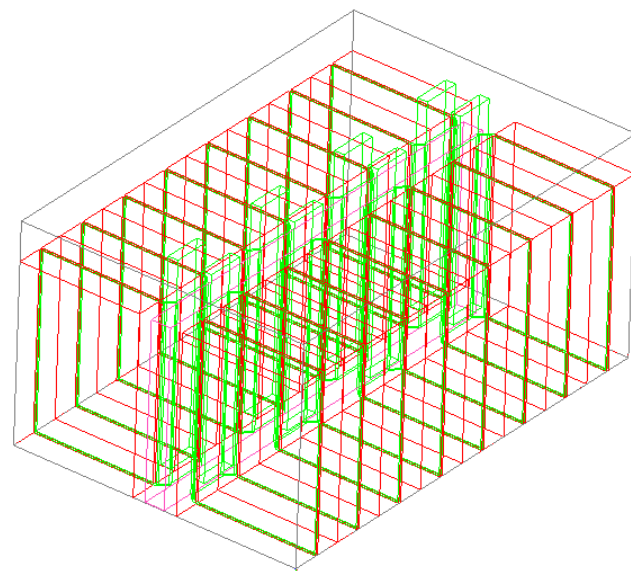
## 仿真设计



仿真模型

表 部件材料物理属性

| 部件名称 | 材料     | 导热系数 [W/m·K] |
|------|--------|--------------|
| 冷板   | 铝      | 180          |
| 热管   | 复合相变材质 | 2000         |
| TIM  | 导热硅脂   | 1.5          |



仿真模型（线框图）

表 条件设置

|      |           |
|------|-----------|
| 发热功率 | 10 W * 16 |
| 冷却流体 | 水         |
| 体积流量 | 10 L/min  |
| 入口温度 | 20 °C     |

## 电池热管理方案模型和测试结果



| 状态    | 单支电池功率 | 环境温度 ( °C ) | 平均温度 ( °C ) | 均温  | 温升   |
|-------|--------|-------------|-------------|-----|------|
| 未使用热管 | 10W    | 21.1        | 45.9        | 3.7 | 24.8 |
| 使用热管  | 10W    | 21.7        | 32.9        | 2.1 | 11.2 |

上海鹰峰电子科技股份有限公司  
电话: 021-5784 2298  
网址: [www.eagtop.com](http://www.eagtop.com)



更多内容  
请关注  
鹰峰电子微信号