

# 铝合金板式节点网壳 抗火性能研究

汇报：朱劭骏  
2019.09.12



1. 试验方案
  2. 火源燃烧特性试验结果
  3. 非破坏性火灾试验结果
  4. 破坏性火灾试验结果
-



# 第 1 节

## 试验方案



## 铝合金网壳的**防火性能**

火灾下的**结构响应**

按实际火灾场景进行  
**非破坏性火灾试验**

火灾下的**结构破坏模式**

设计火灾场景进行  
**破坏性火灾试验**

# 试验模型尺寸和布置

## 真型参数

1.  $L = 40\text{m}$

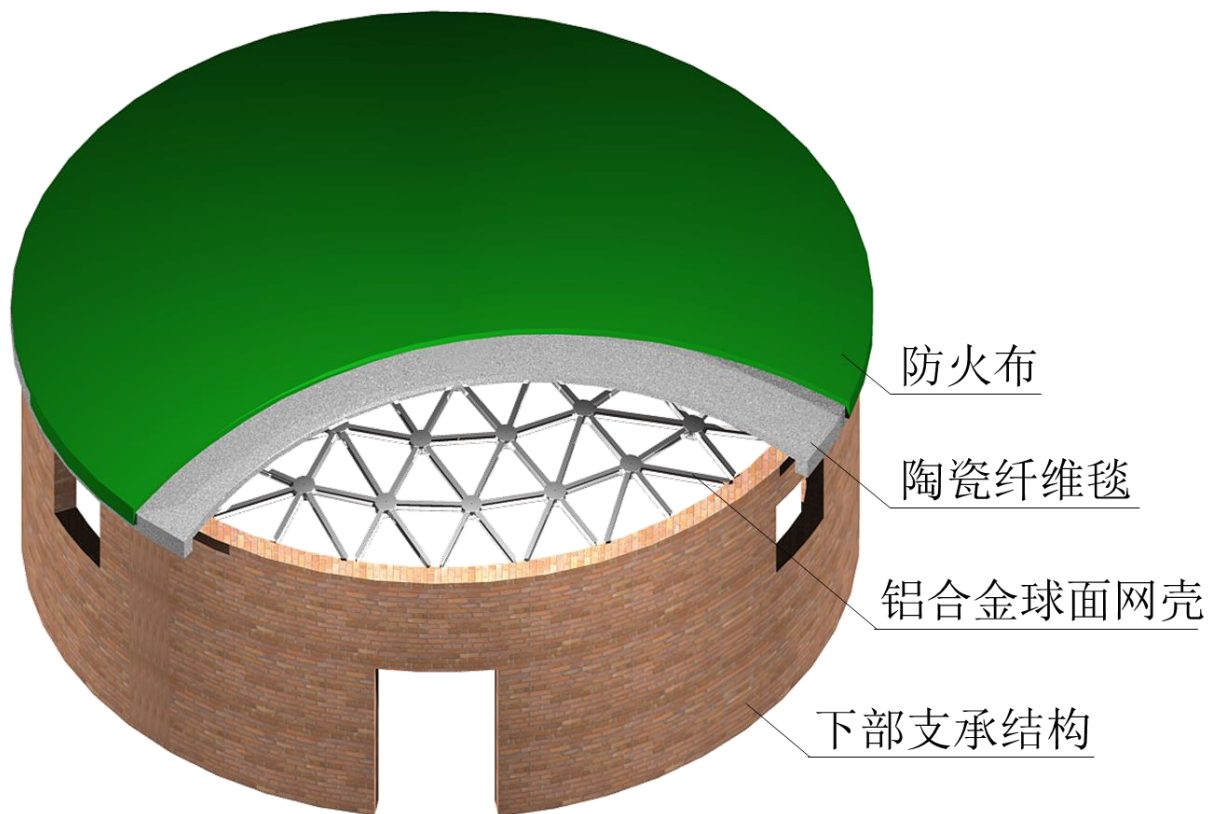
2.  $f/L = 1/16$

3.  $H = 16\text{m}$

4.  $H_{\max} = 18.5\text{m}$

5.  $A = 1256.6\text{m}^2$

$$S_L = \frac{l_m}{l_p} = \frac{1}{5}$$

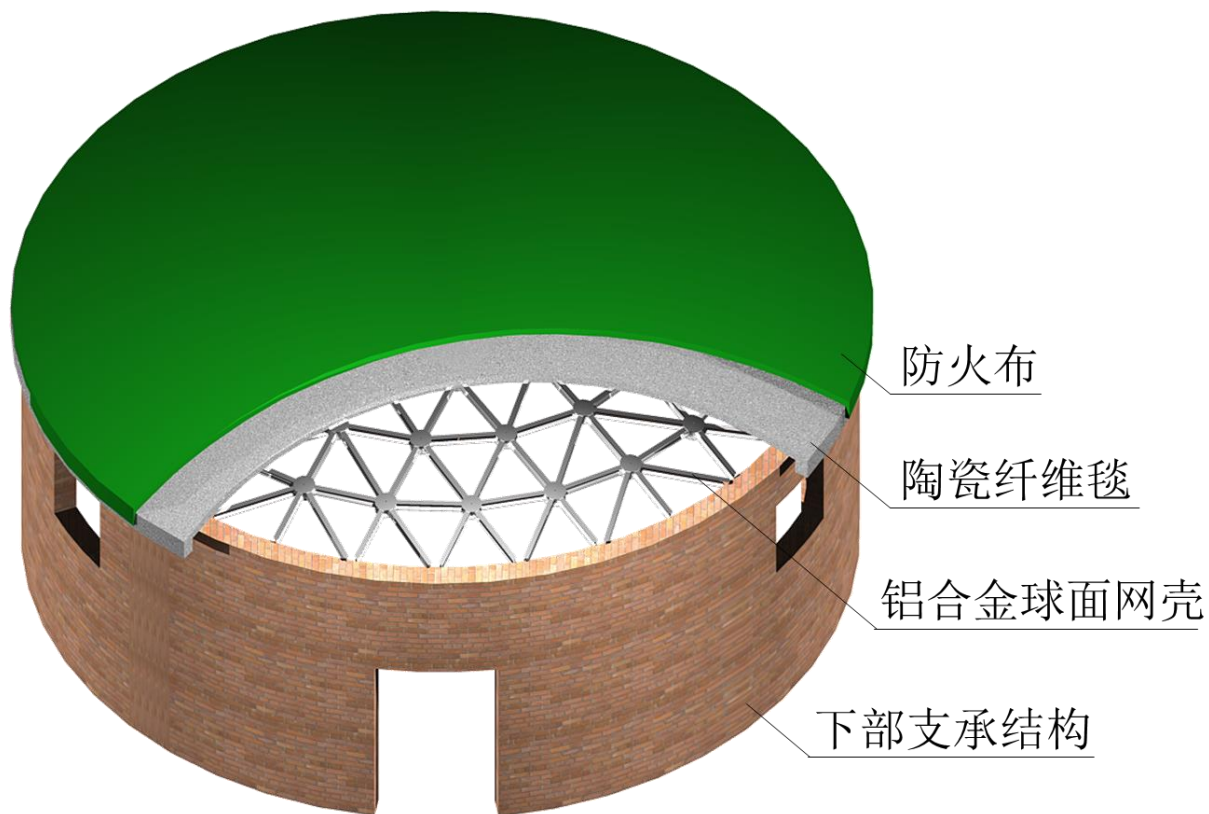


# 试验模型尺寸和布置



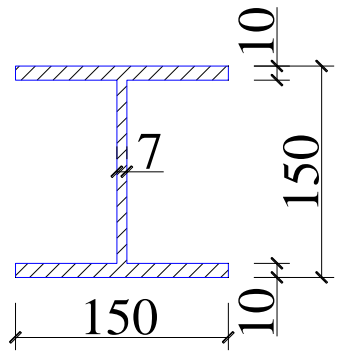
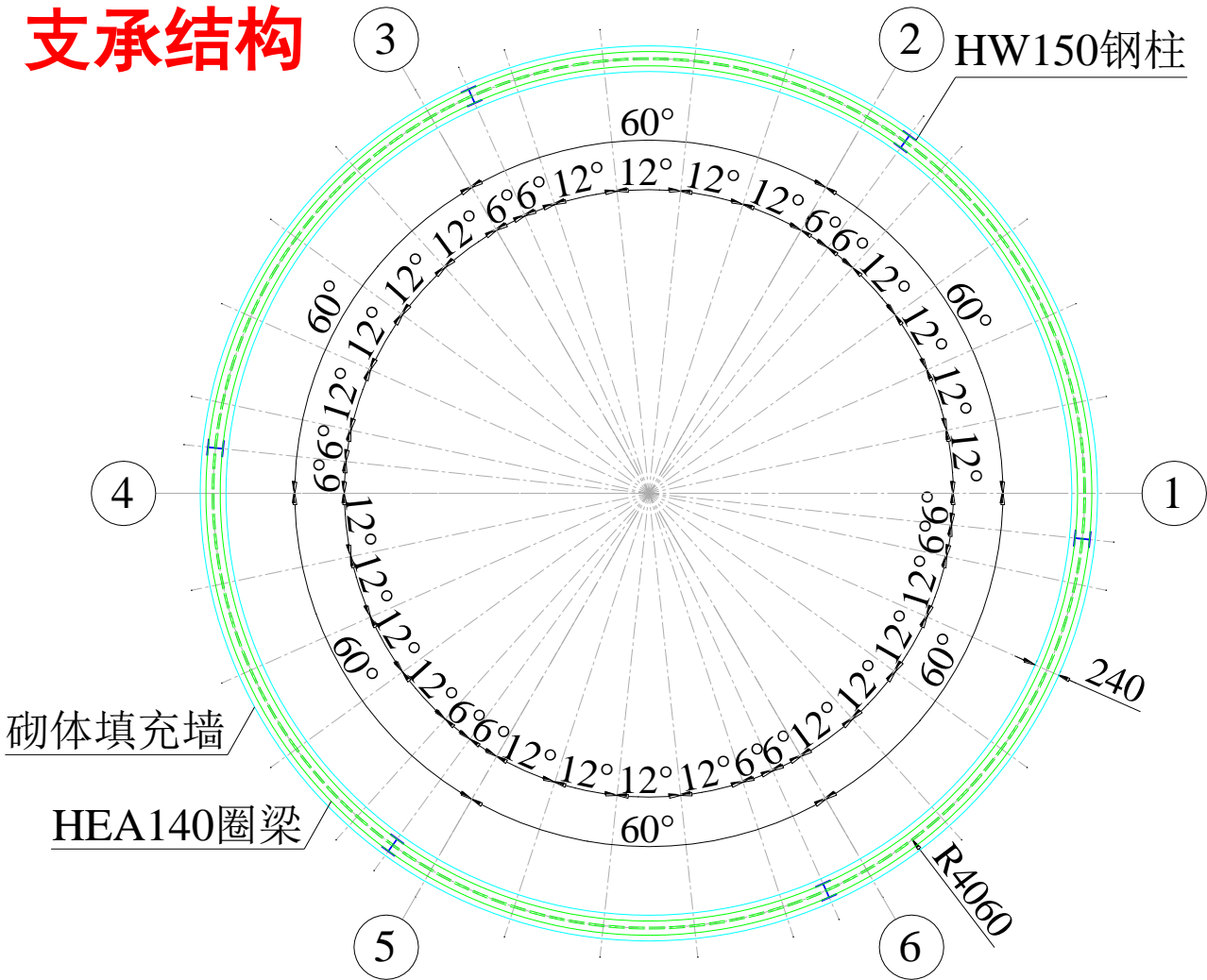
## 模型参数

1.  $L = 8\text{m}$
2.  $f/L = 1/16$
3.  $f = 0.5\text{m}$
4.  $H = 3.2\text{m}$
5.  $H_{\max} = 3.7\text{m}$

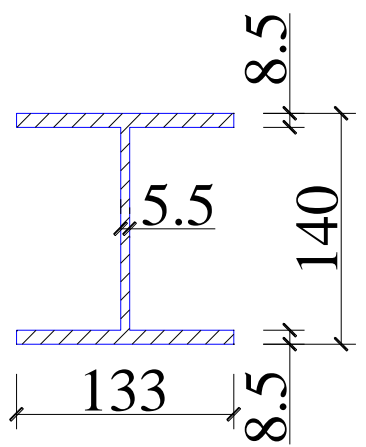


# 试验模型尺寸和布置

## 支承结构



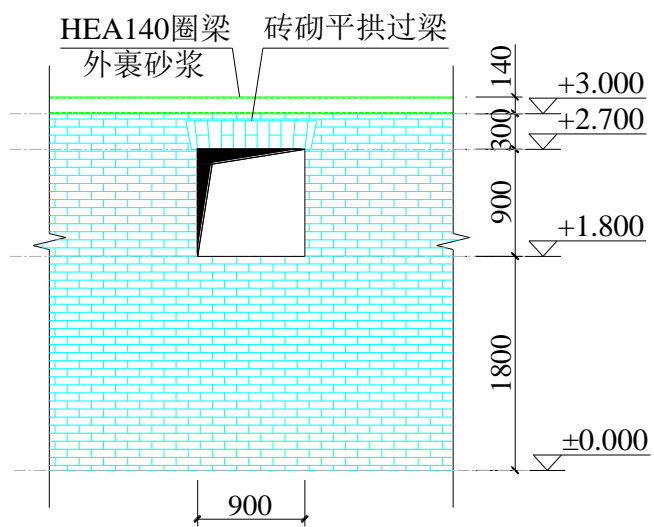
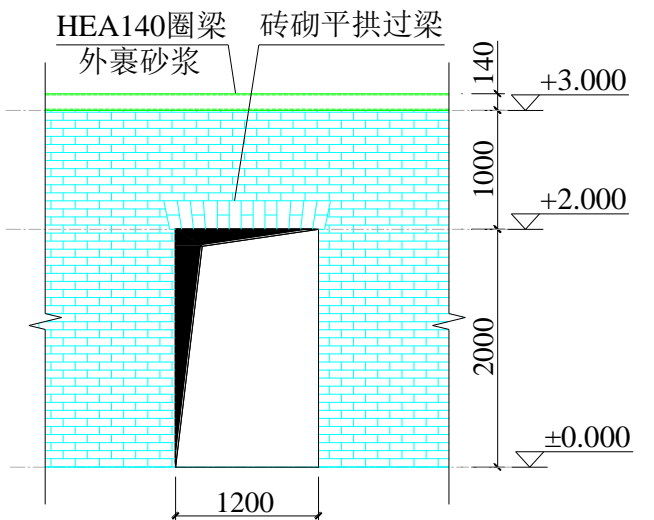
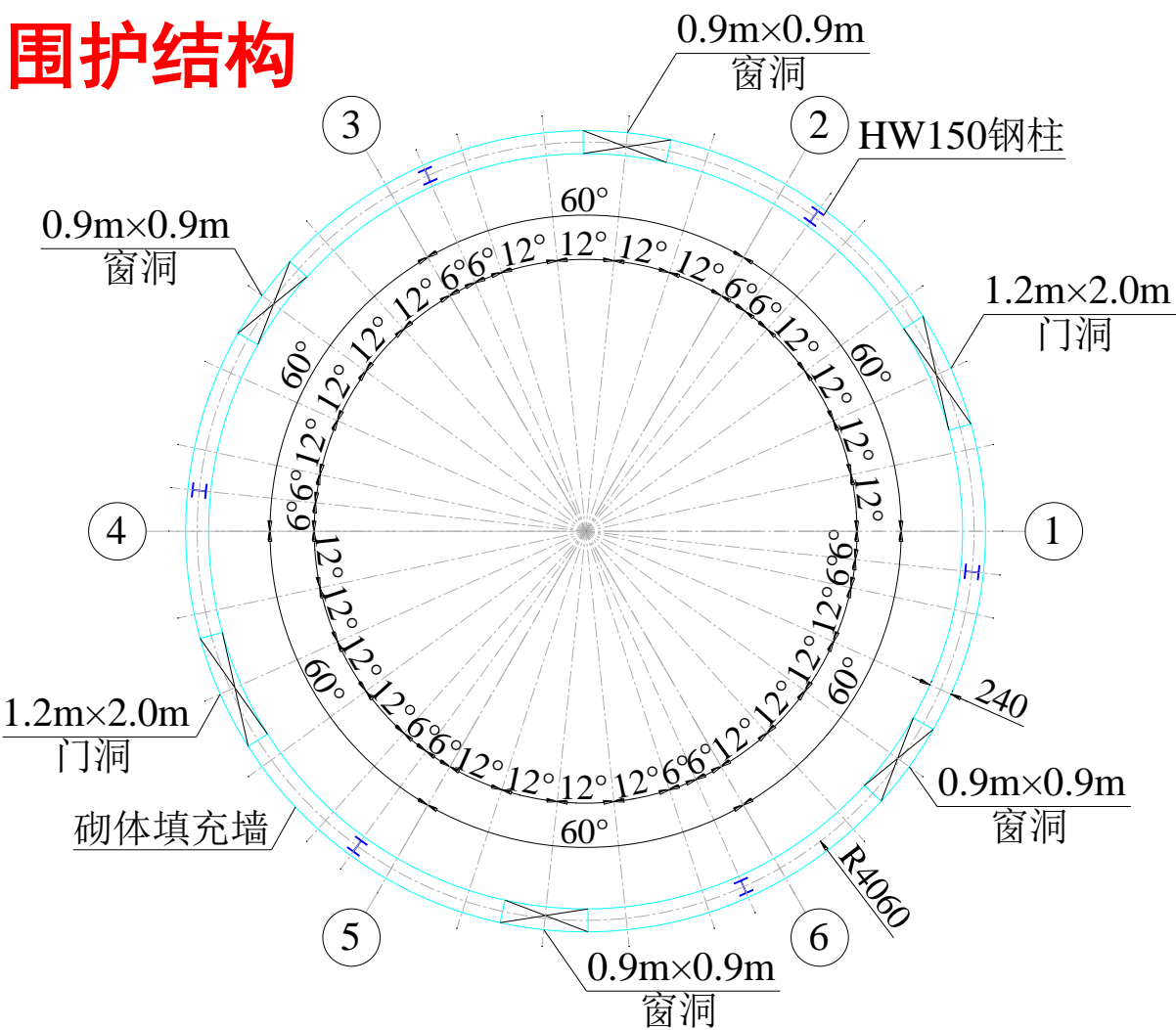
钢柱截面



圈梁截面

# 试验模型尺寸和布置

## 围护结构

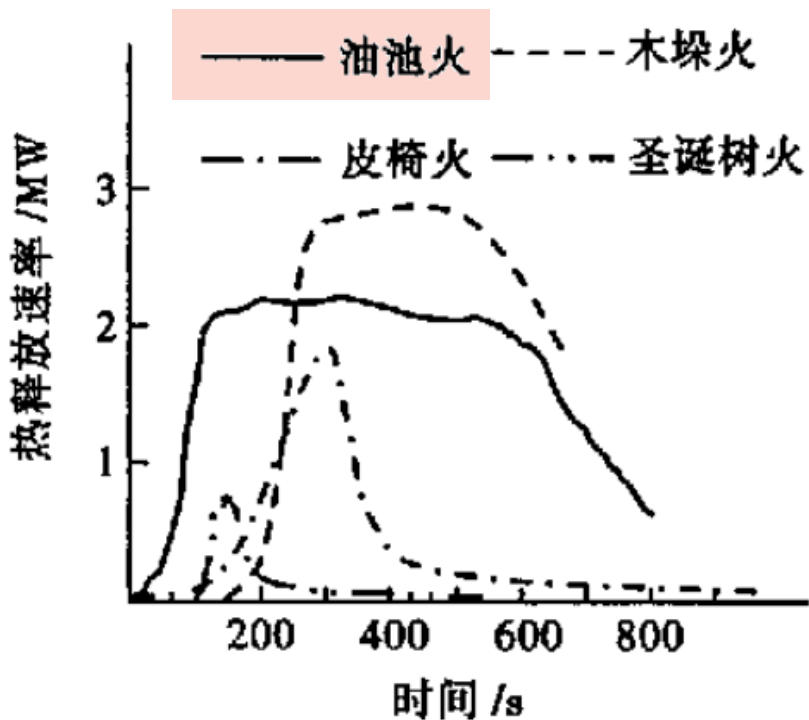




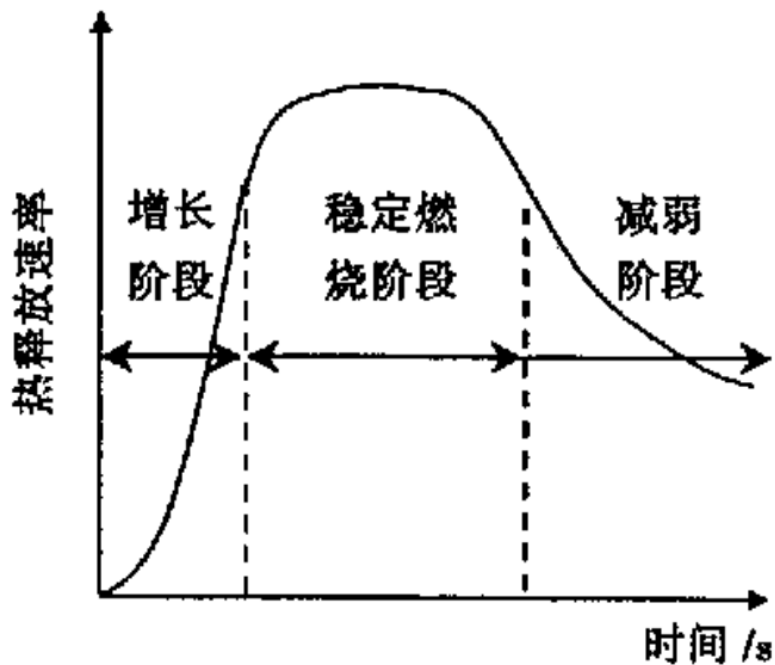


## 燃料类型

选用柴油油池火



不同燃料热释放速率曲线



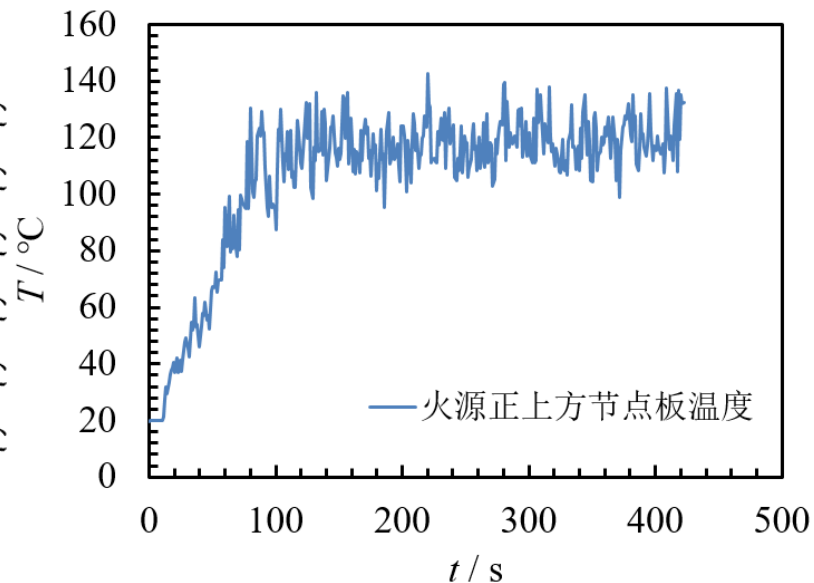
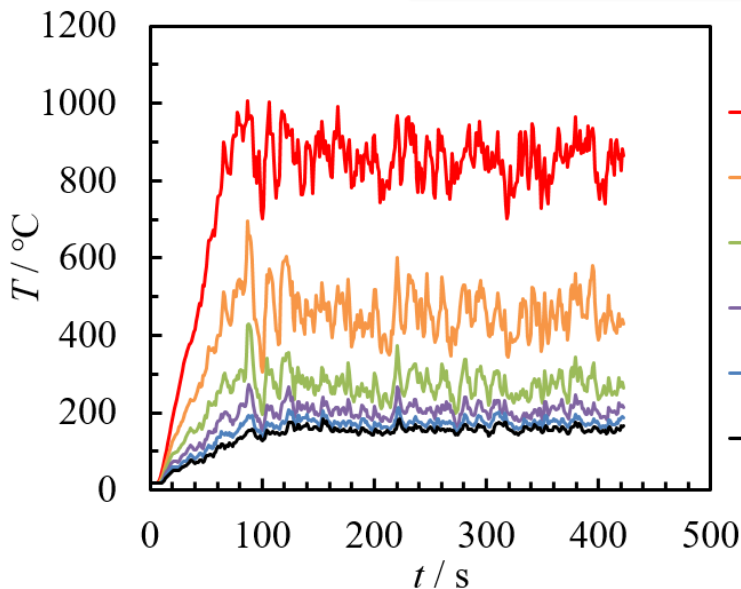
火灾热释放速率曲线

# 火源设计

## 火源功率

选取中功率、大功率火源

$$S_Q = S_L^{2.5} = 0.0179$$



中功率火源——非破坏性试验

$$Q_m = 143.11\text{kW}$$

大功率火源——破坏性试验

$$Q_h = 357.77\text{kW}$$



## 火源功率

## 选取中功率、大功率火源

表 3.2 对应于不同建筑类型的火源功率建议值

建筑类型	Q/MW	建筑类型	Q/MW
设有喷淋的商场	3	/	/
设有喷淋的办公室、客房	1.5	无喷淋的办公室、客房	6
设有喷淋的公共场所	2.5	无喷淋的公共场所	8
设有喷淋的汽车库	1.5	无喷淋的汽车库	3
设有喷淋的超市、仓库	4	无喷淋的超市、仓库	20
设有喷淋的中庭	1	无喷淋的中庭	4

中功率火源——非破坏性试验

$$Q_m = 143.11 \text{ kW} \checkmark$$

大功率火源——非破坏性试验

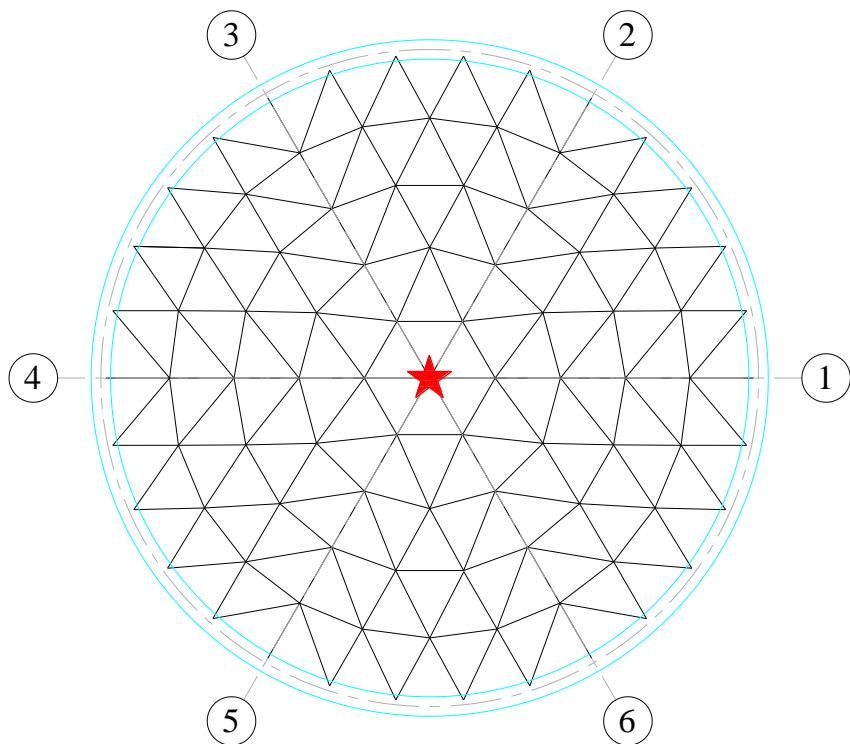
$$Q_h = 357.77 \text{ kW} \checkmark$$

110MW

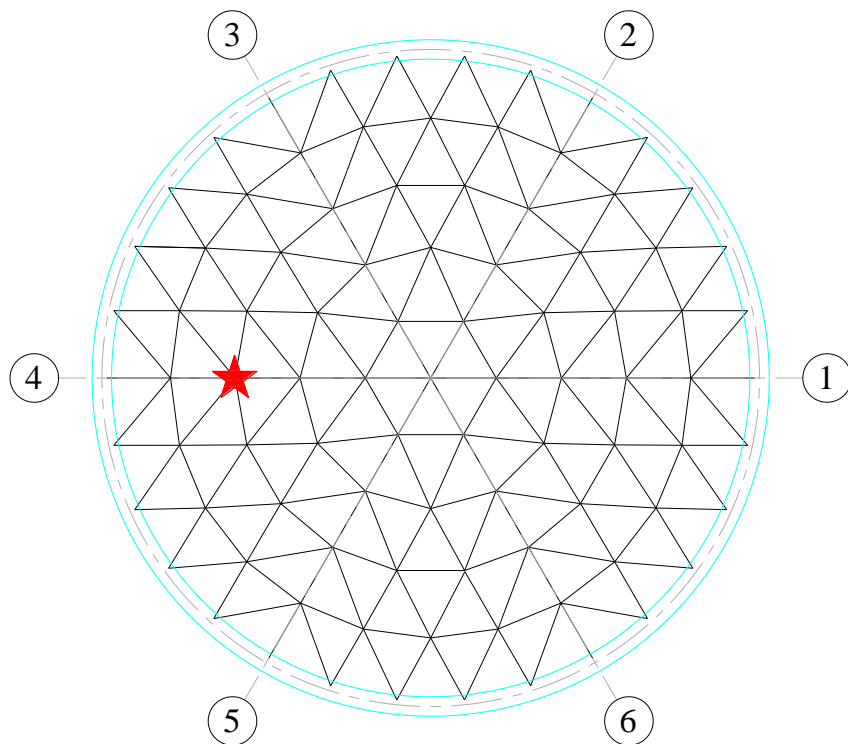
$$Q_{eh} = 2 \text{ MW} \checkmark$$



## 火源位置



位置1：模型正中



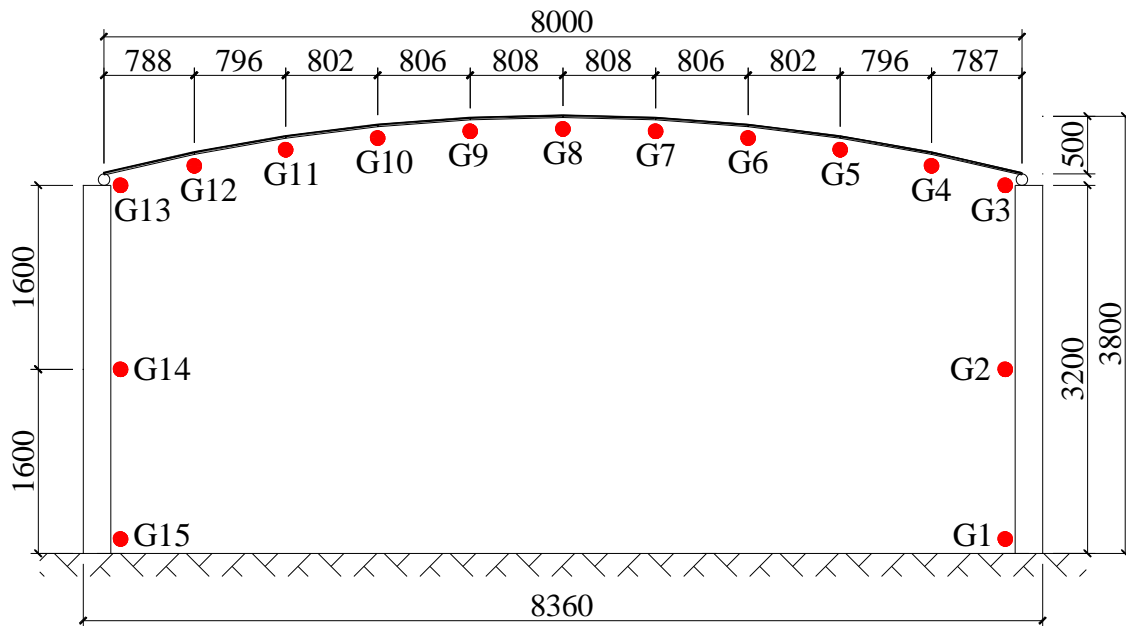
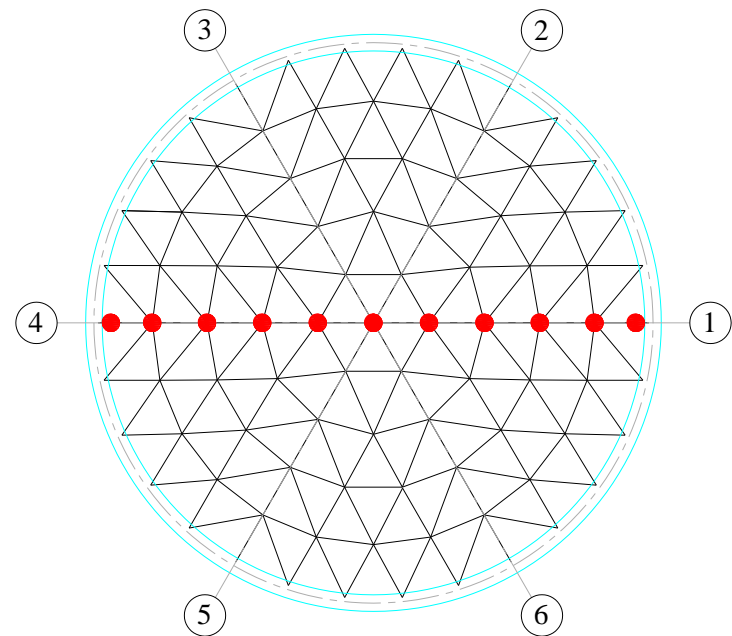
位置2：模型角部

# 测点布置



## 热电偶测点

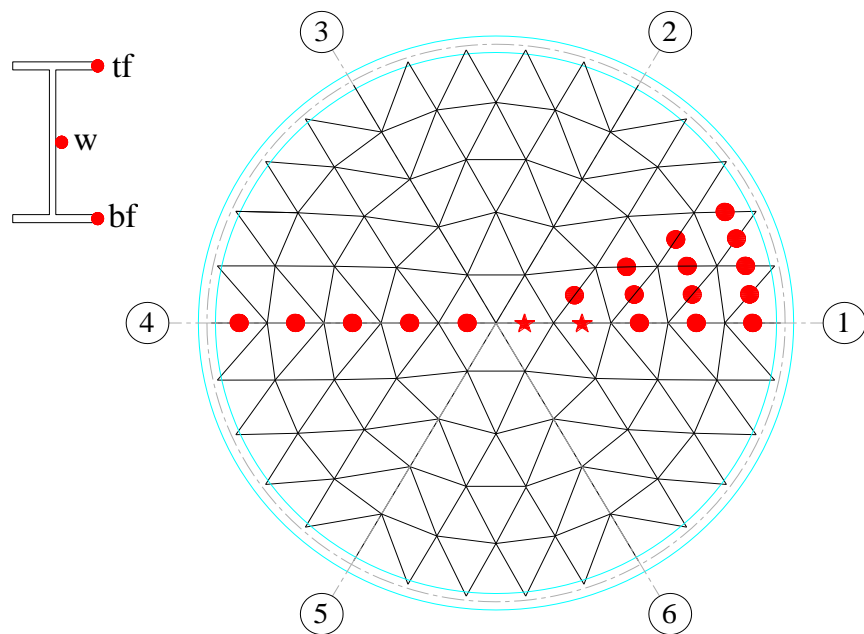
## 气相热电偶测点



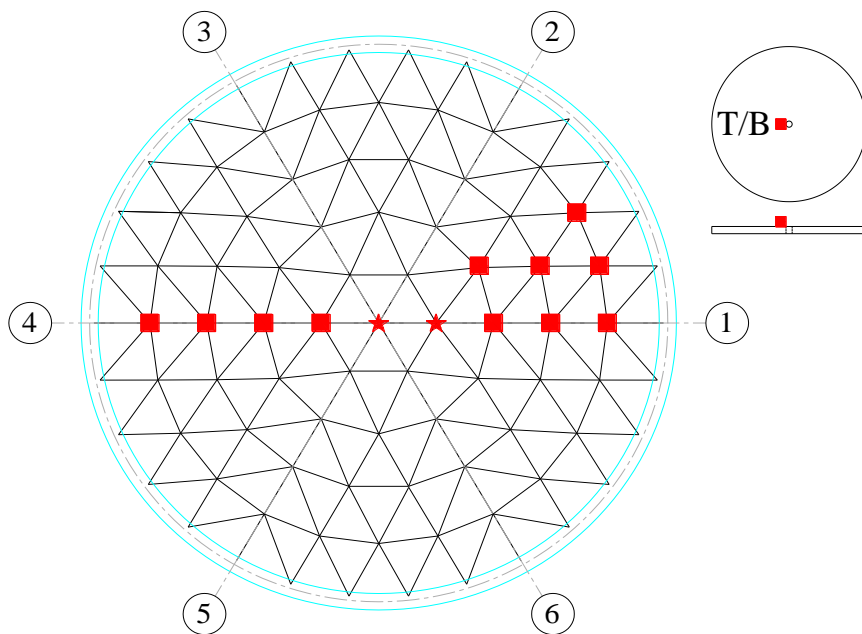


## 热电偶测点

### 固相热电偶测点

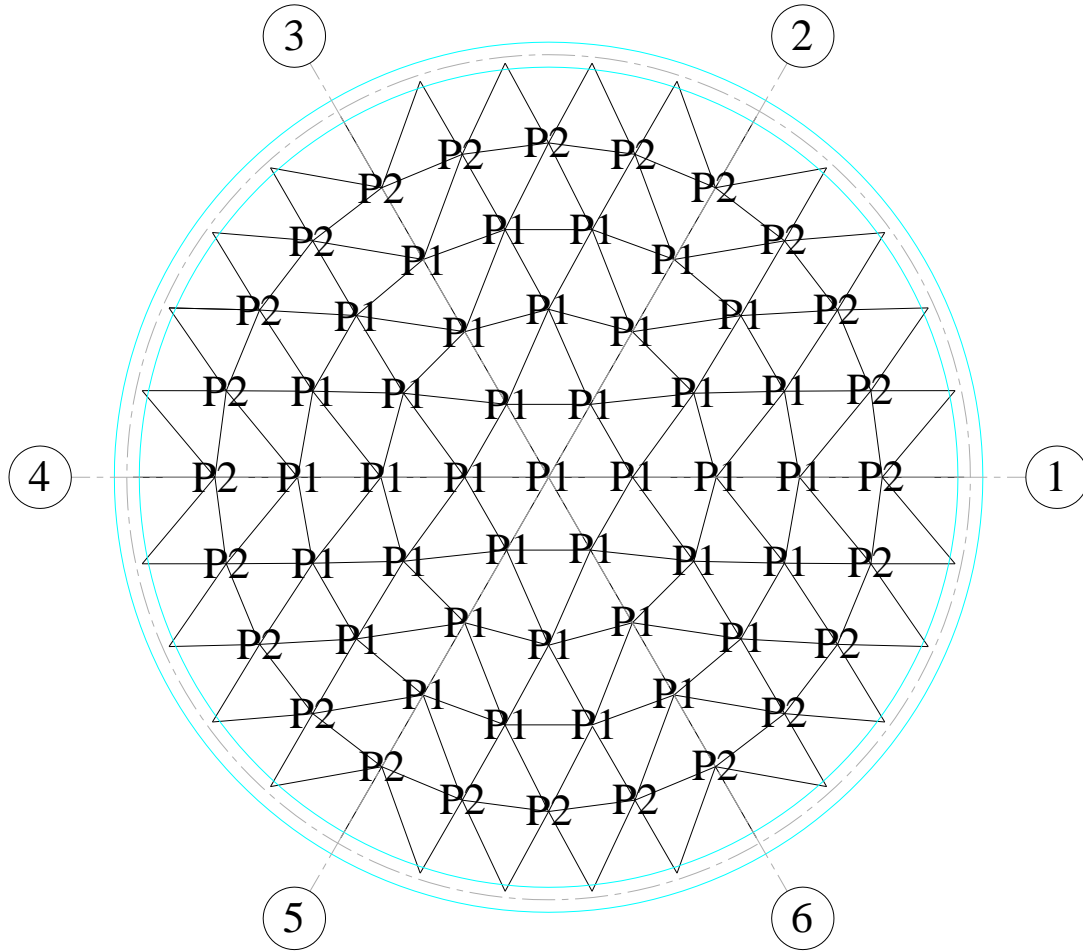


构件测点



节点板测点

# 堆载方案



$$q = 0.5\text{kN/m}^2$$

$$P_1 = 100\text{kN}$$

$$P_2 = 50\text{kN}$$





# 具体方案

---

**试验0 柴油燃烧特性试验** 室外进行，避免意外

## 非破坏性火灾试验

**试验1~4 正中位置火灾试验** 中、大功率；开、关窗

**试验5~8 角部位置火灾试验** 中、大功率；开、关窗

## 破坏性火灾试验

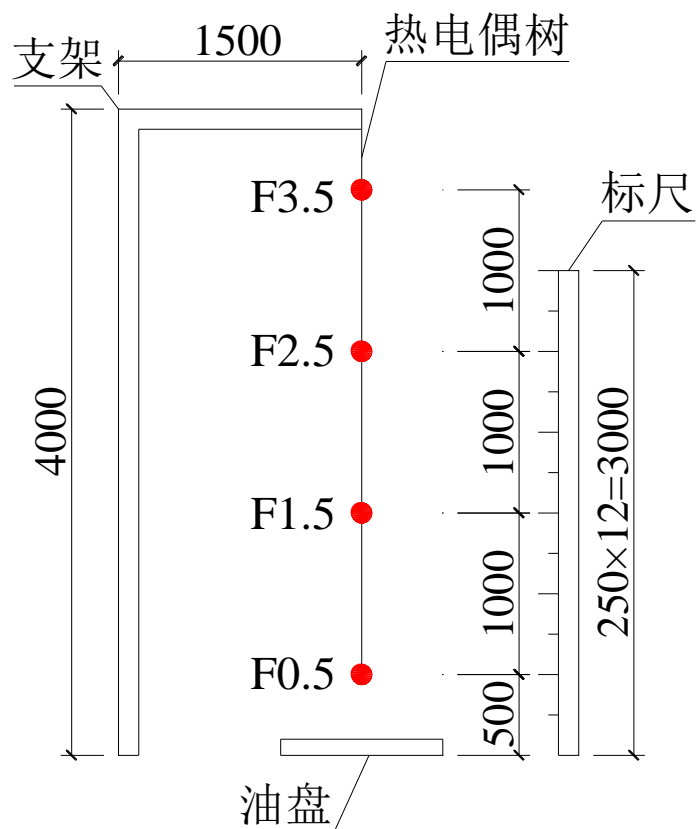
**试验9 正中位置火灾试验** 超大功率；关窗

**试验10 正中位置火灾试验** 超大功率；火源抬高

---

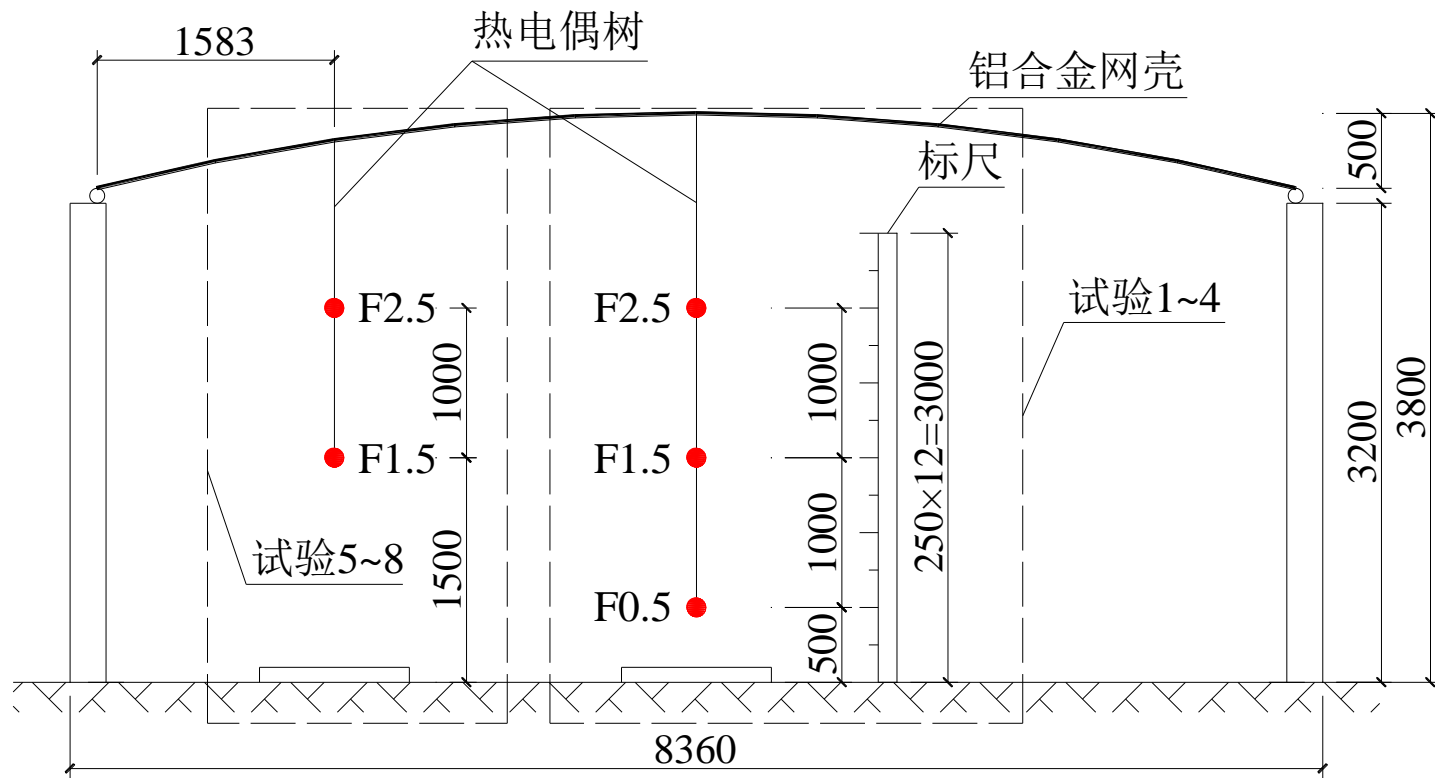
## 试验0——柴油燃烧特性试验

### 燃烧装置



## 试验1~8——非破坏性火灾试验

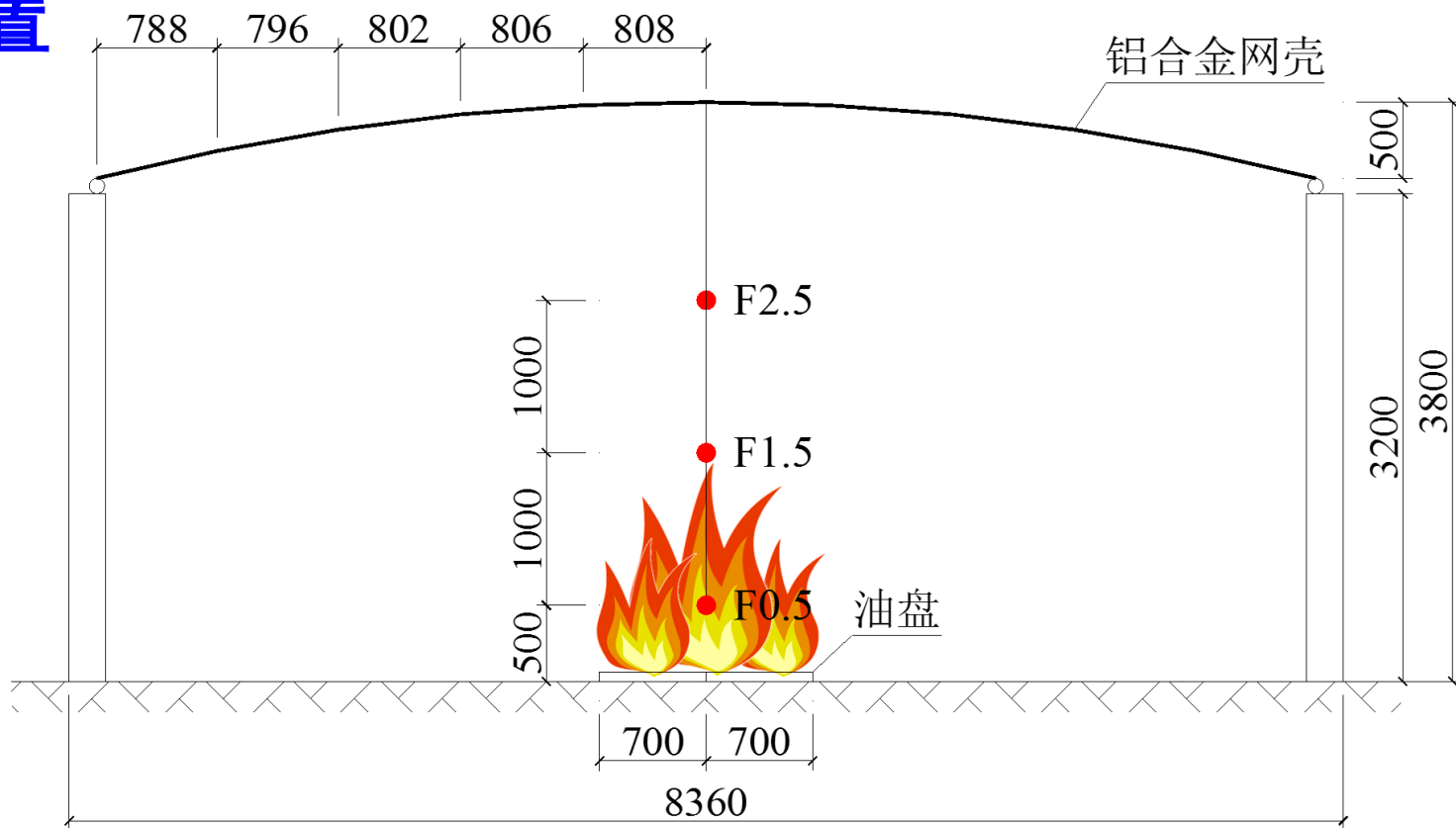
### 燃烧装置



# 试验装置

## 试验9——正中位置破坏性火灾试验

### 燃烧装置







## 第 3 节

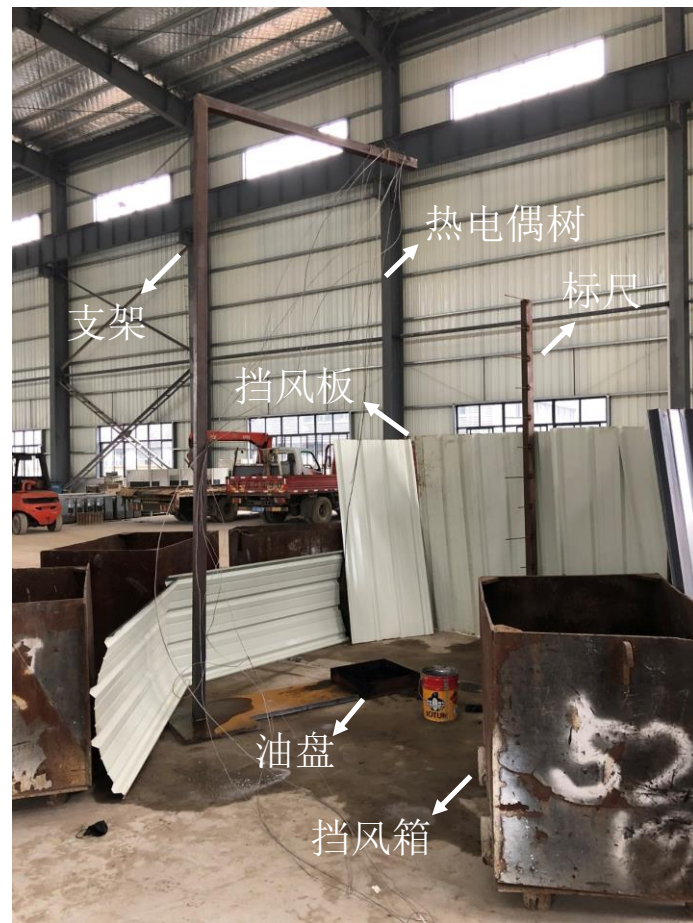
# 火源燃烧特性试验结果



# 试验照片



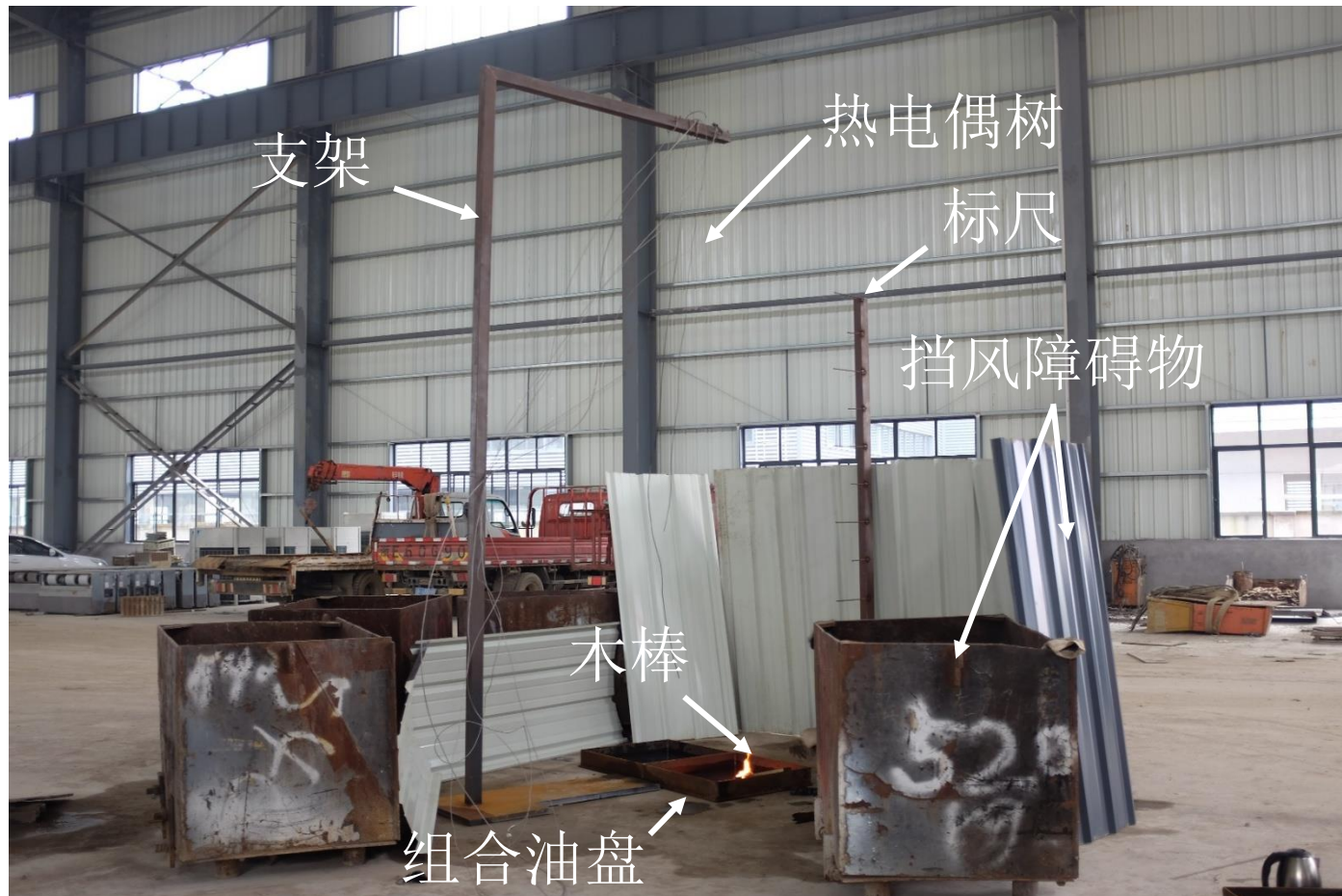
试验0-1：自然风下试验



试验0-2：挡风试验



# 试验照片



**试验0-3：组合油盘试验**



# 试验现象

## 试验0-1：自然风下试验



引燃阶段



初期增长阶段

# 试验现象

## 试验0-1：自然风下试验



稳定燃烧阶段



衰减阶段

# 试验现象

## 试验0-2：挡风试验



引燃阶段



初期增长阶段



# 试验现象

## 试验0-2：挡风试验



稳定燃烧阶段



衰减阶段

# 试验现象

## 试验0-3：组合油盘试验



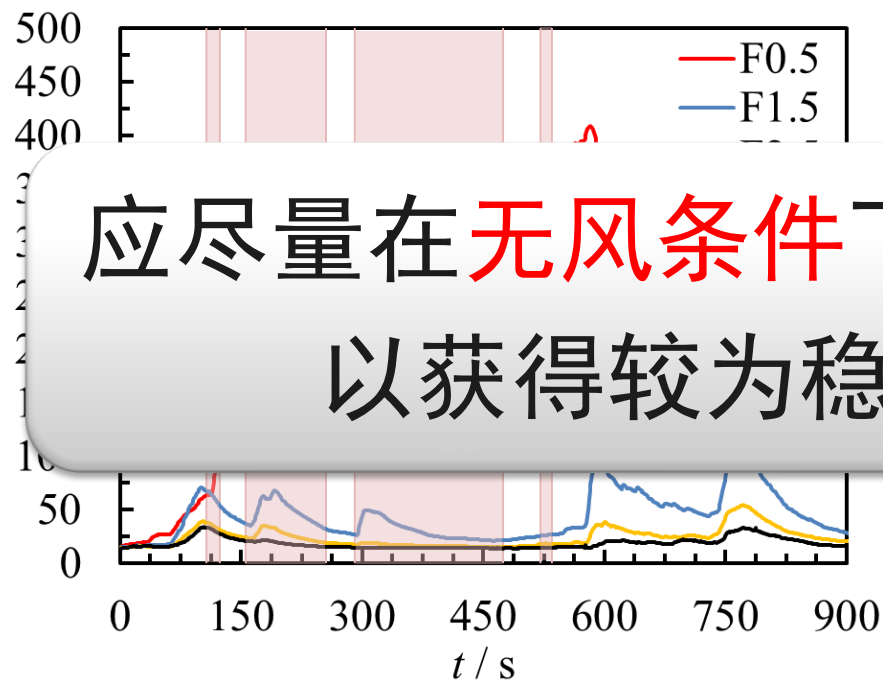
引燃阶段



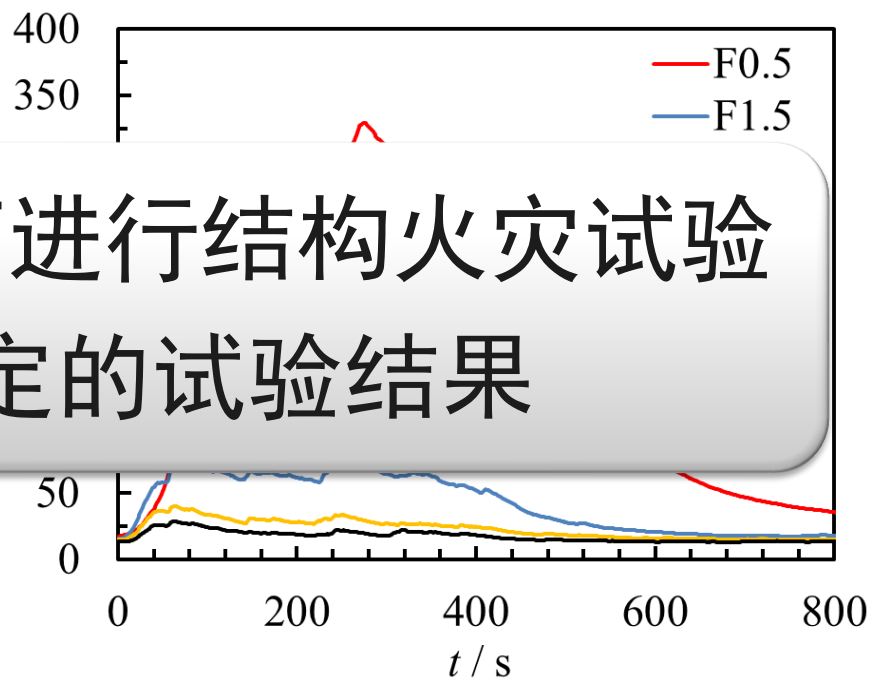
稳定燃烧阶段

# 试验结果

## 温度-时间曲线



试验0-1

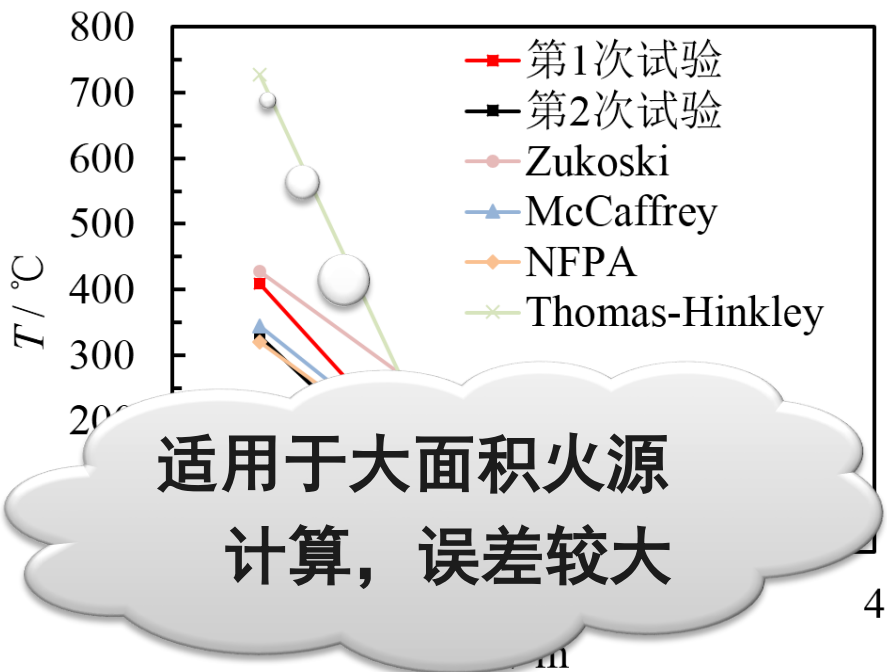


试验0-2

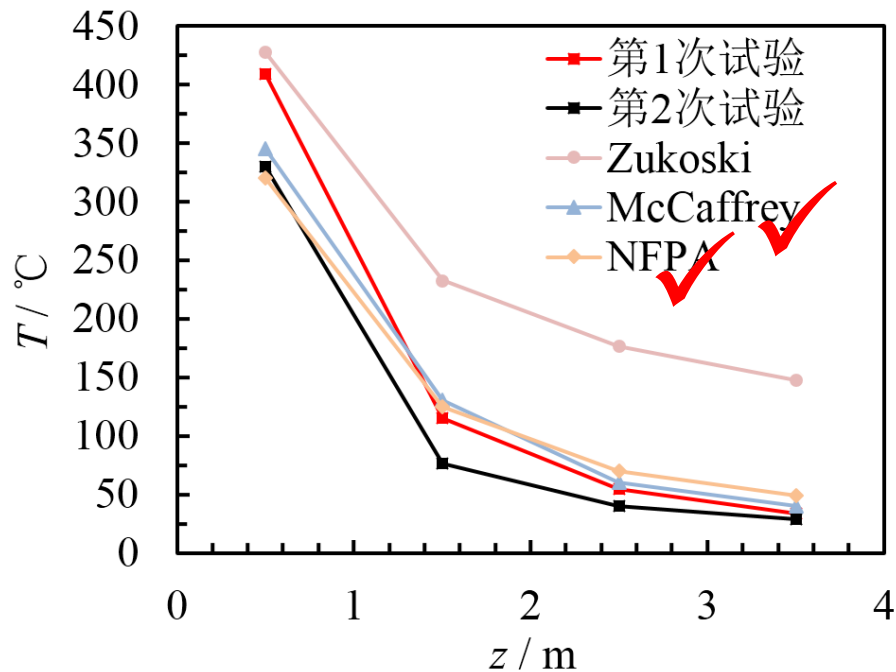
应尽量在**无风条件**下进行结构火灾试验  
以获得较为稳定的试验结果

# 试验结果

## 与经典羽流模型对比 试验0-1和0-2



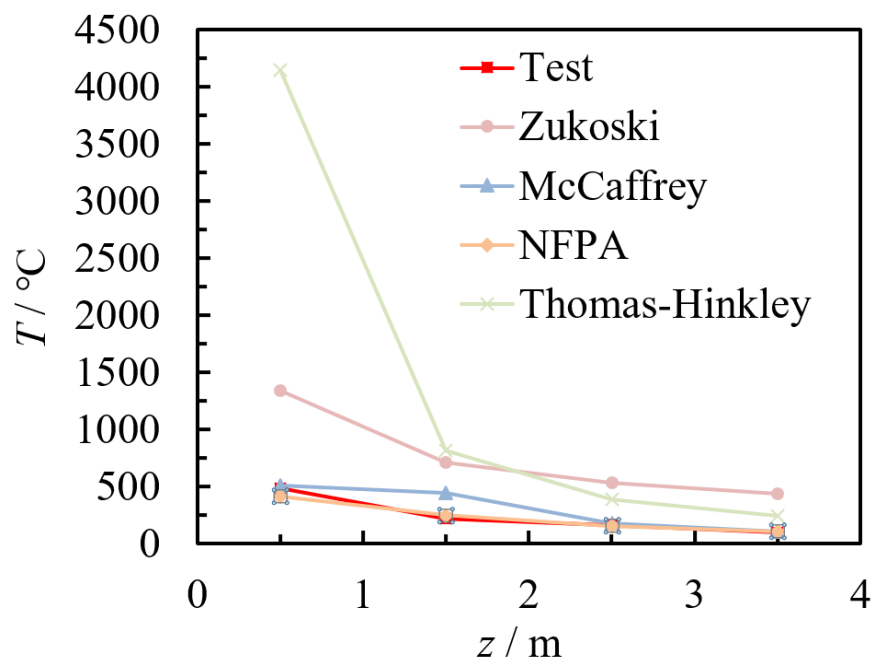
包含T-H模型



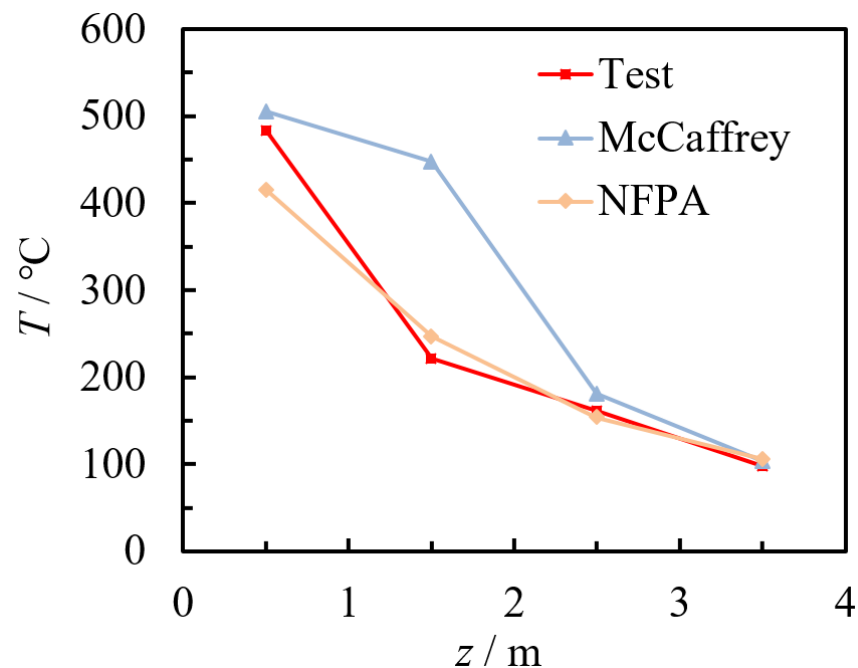
不包含T-H模型

# 试验结果

## 与经典羽流模型对比 试验0-3



包含T-H模型



不包含T-H模型





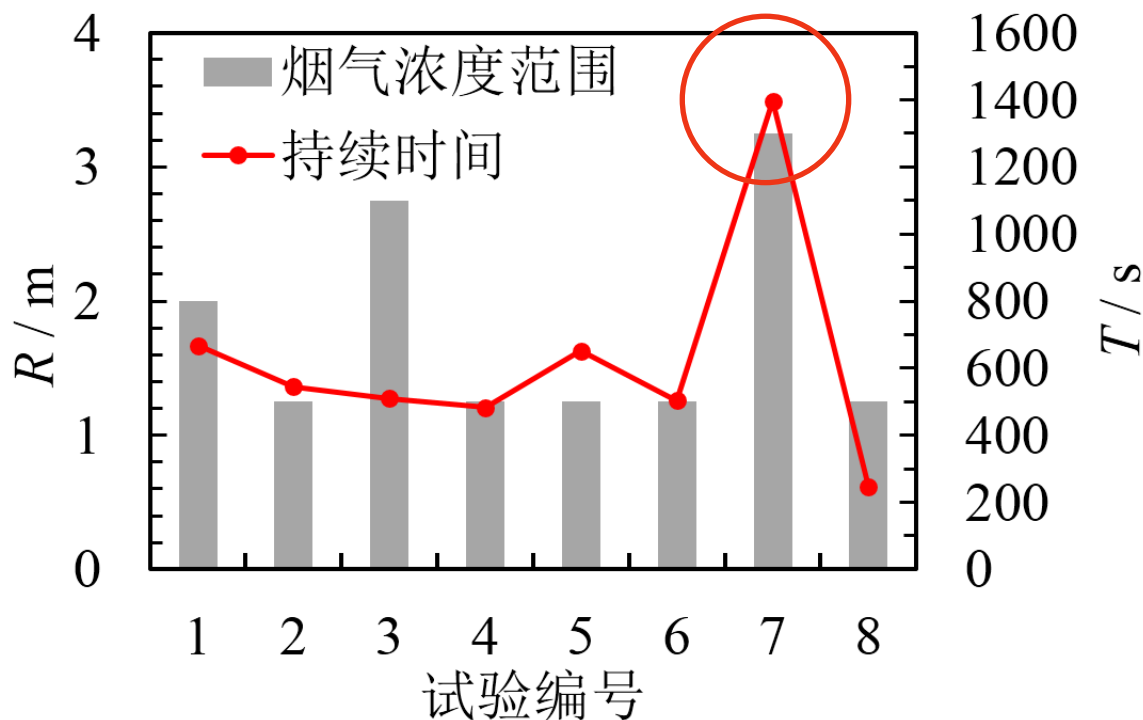
## 第 4 节

# 非破坏性火灾试验结果



# 试验结果

## 试验持续时间 试验7 角部大功率火源关窗



火源功率较大

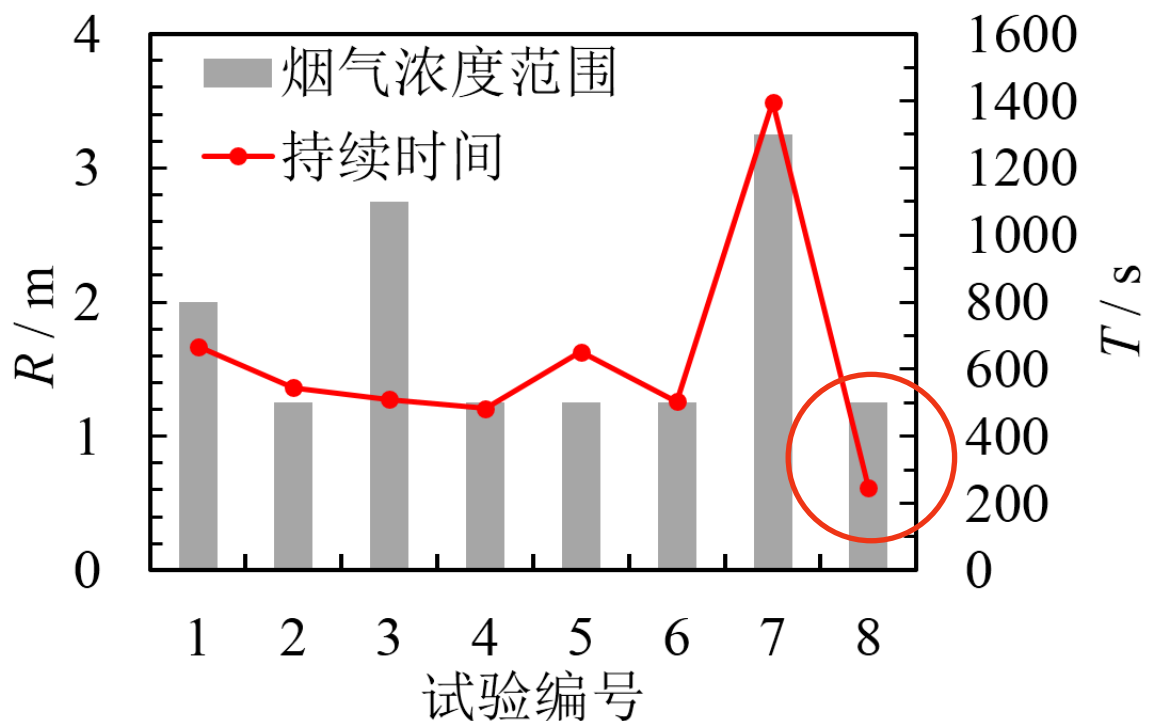
通风条件较差

燃烧不够充分

烟气无法逃逸

# 试验结果

## 试验持续时间 试验8 角部大功率火源开窗



火源功率较大

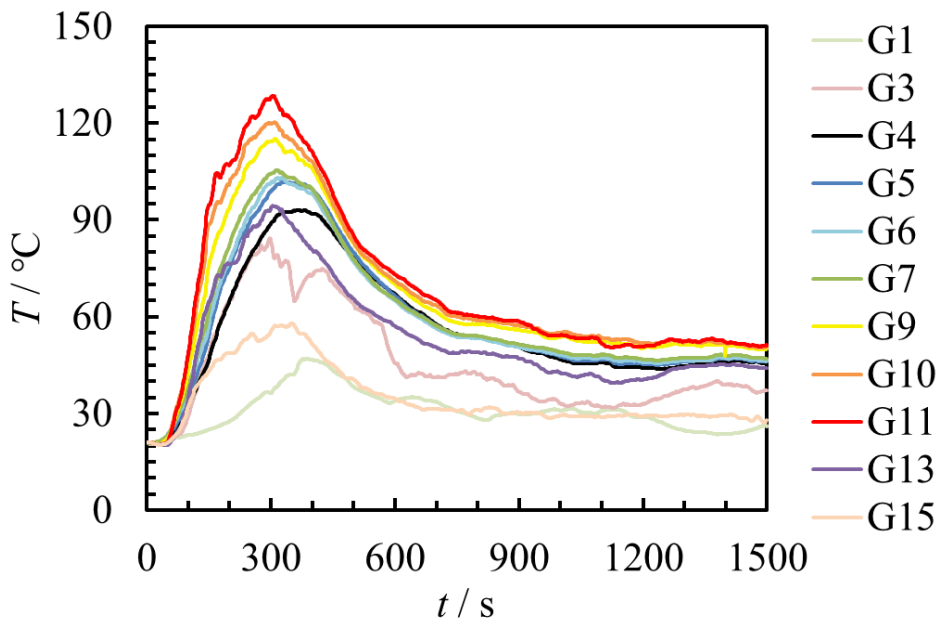
通风条件较好

燃烧非常充分

烟气大量逃逸

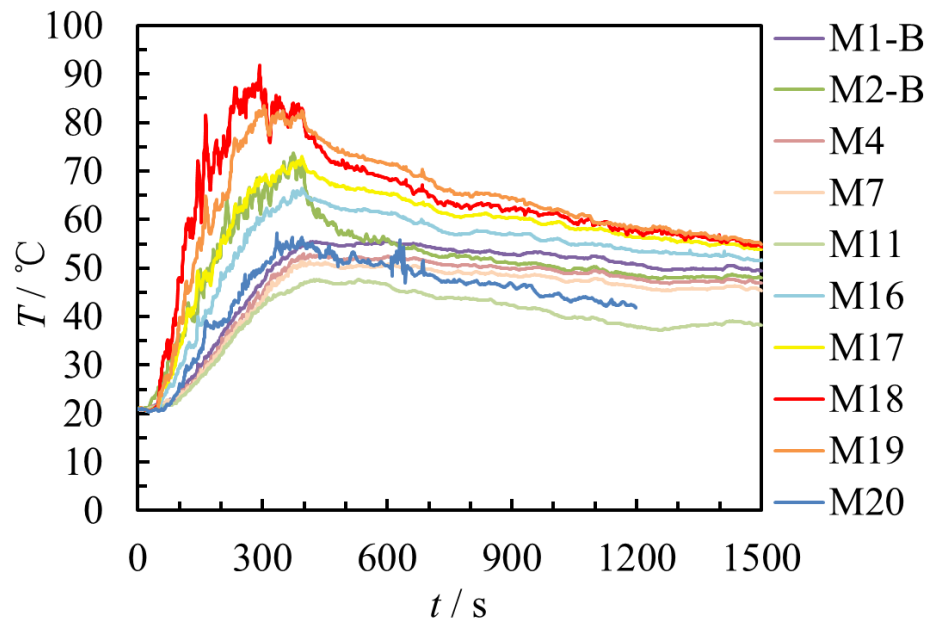
# 试验结果

## 最危险工况 试验7 角部大功率火源关窗



空气温度-时间曲线

$$T_{\max} = 128^{\circ}\text{C}$$

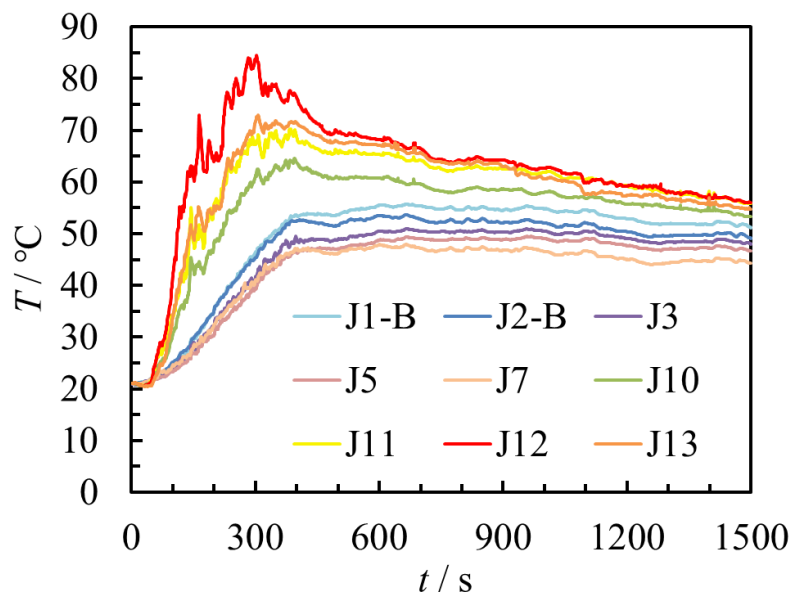


杆件温度-时间曲线

$$T_{\max} = 92^{\circ}\text{C}$$

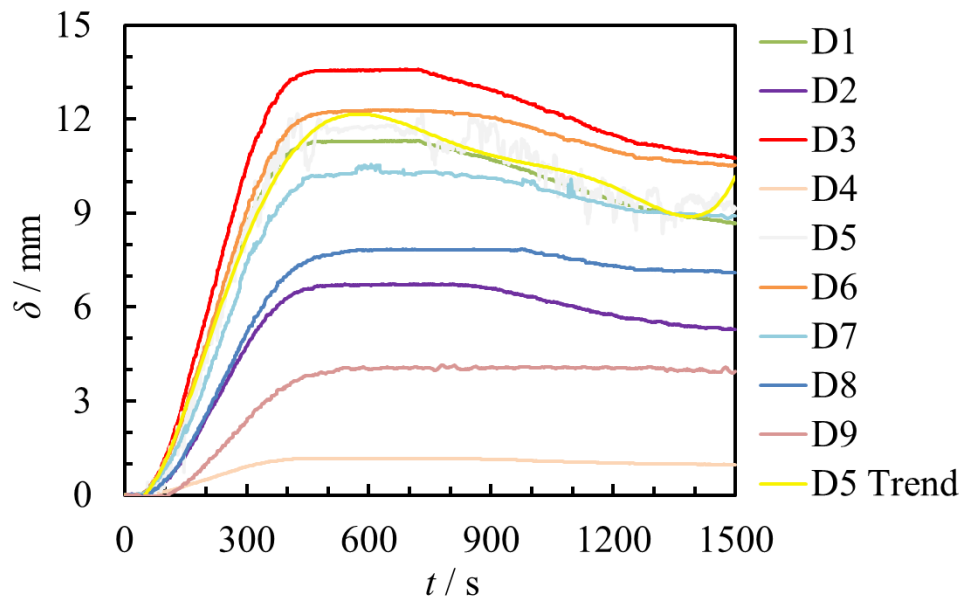
# 试验结果

## 最危险工况 试验7 角部大功率火源关窗



节点板温度-时间曲线

$$T_{\max} = 84^\circ\text{C}$$



位移-时间曲线

$$\delta_{\max} = 13.59\text{mm} (\uparrow)$$



## 第 5 节

# 破坏性火灾试验结果



# 试验过程

## 破坏性火灾试验视频——试验9

视频  
长度  
73s

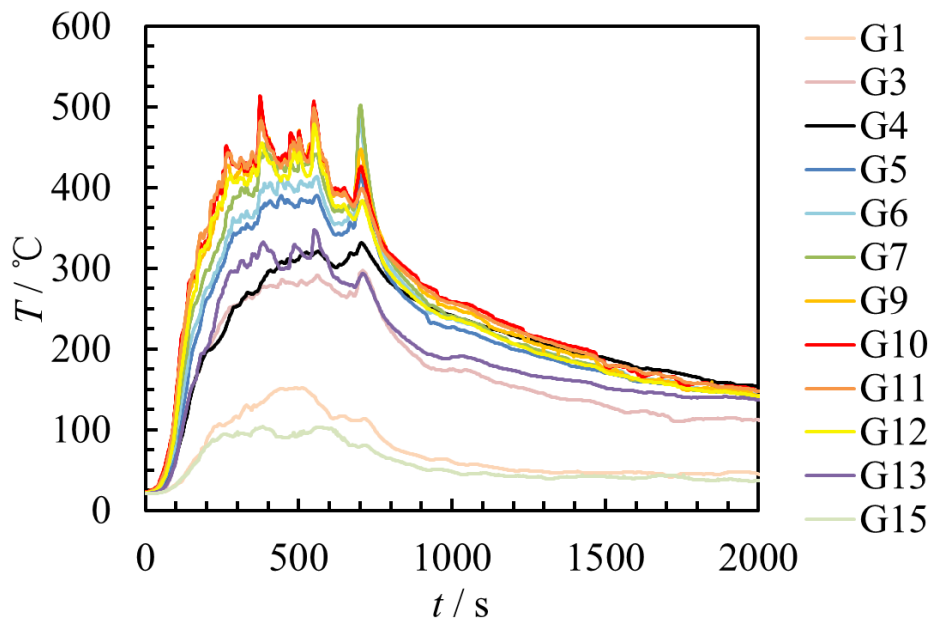


结构未发生破坏

铝合金板式节点网壳火灾试验

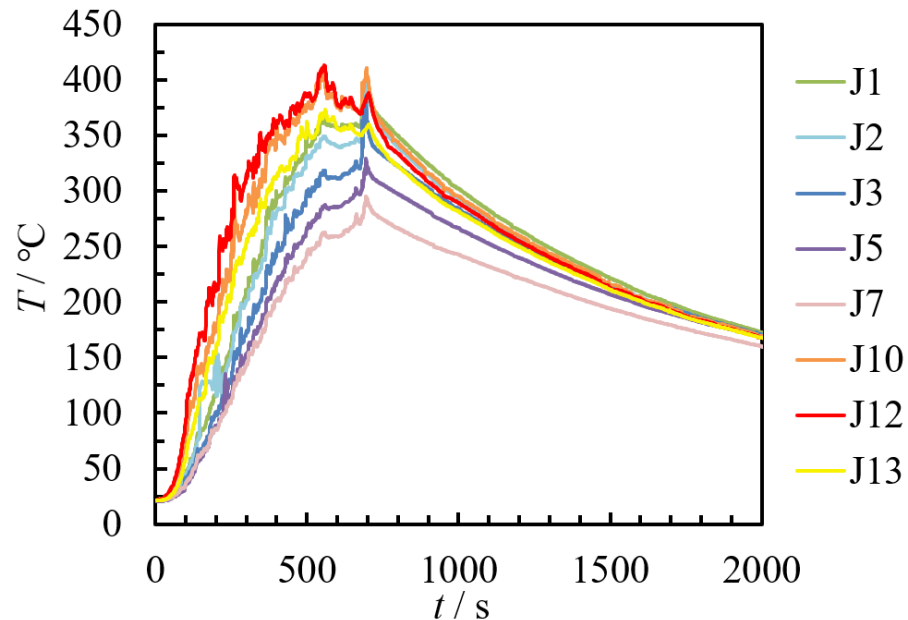
# 试验结果

## 试验9



空气温度-时间曲线

$$T_{\max} = 513^{\circ}\text{C}$$



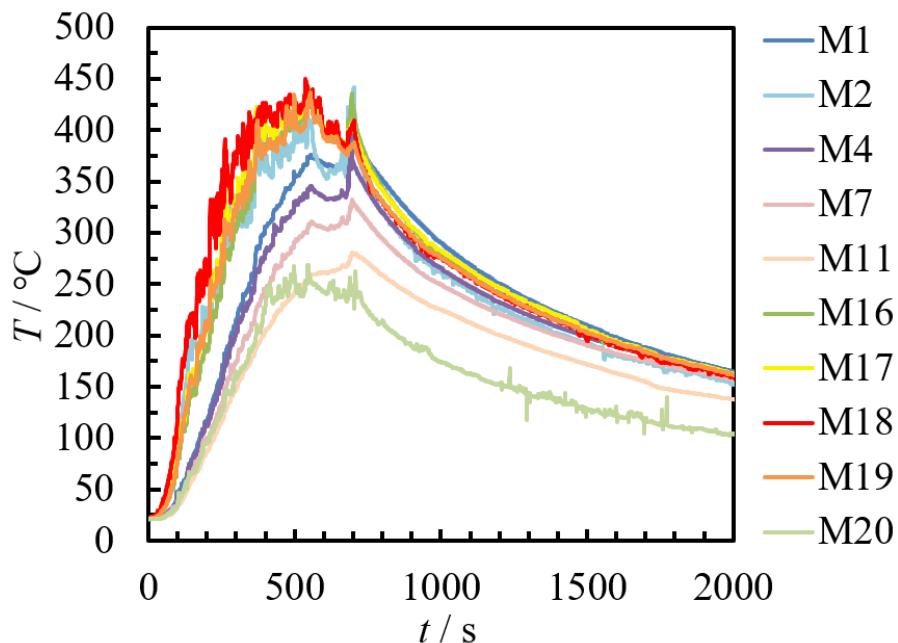
节点温度-时间曲线

$$T_{\max} = 479^{\circ}\text{C}$$



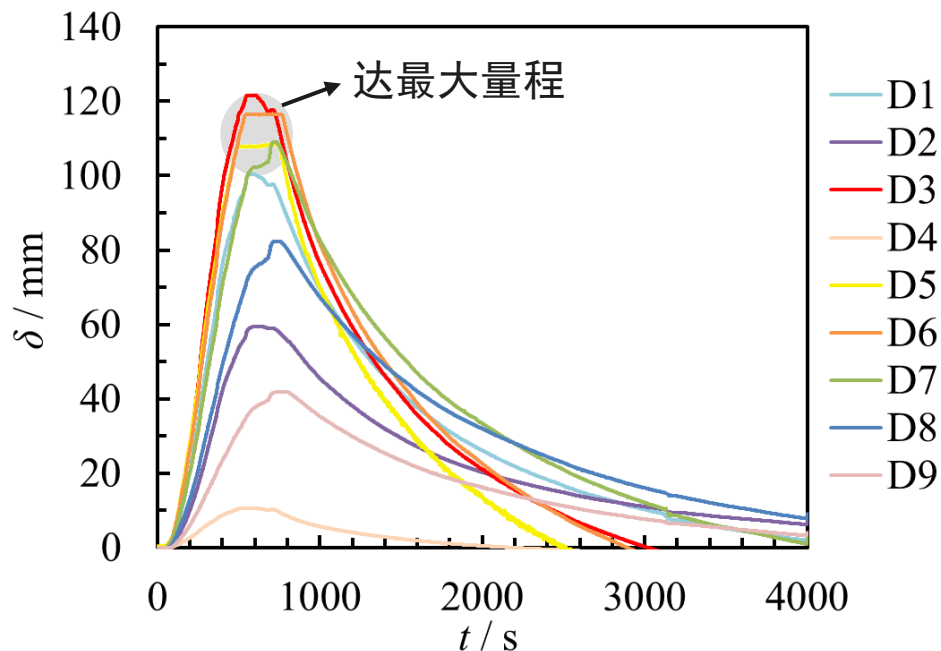
# 试验结果

## 试验9



杆件温度-时间曲线

$$T_{\max} = 495^\circ\text{C}$$



位移-时间曲线

$$\delta_{\max} = 121.51\text{mm} (\uparrow)$$

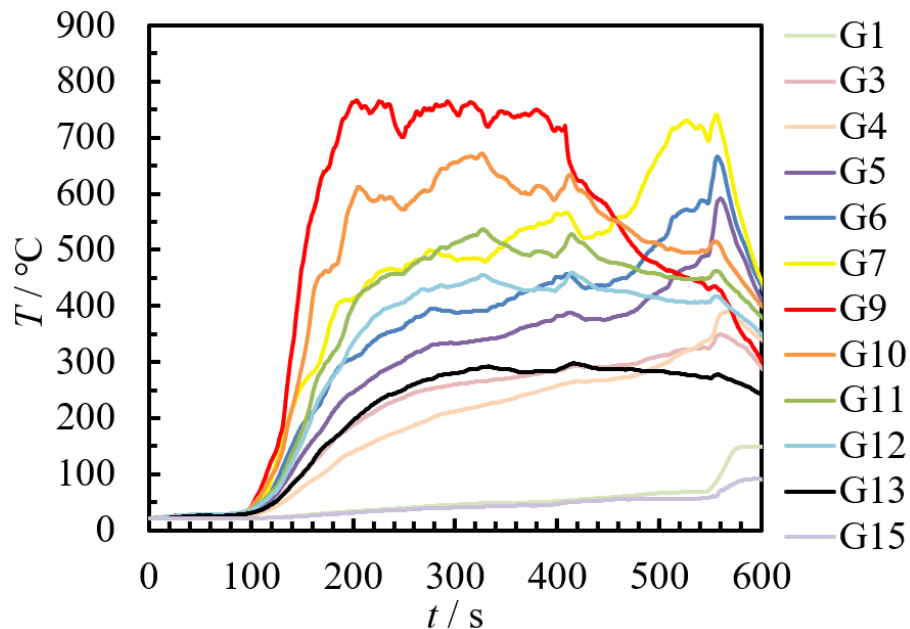
## 破坏性火灾试验视频——试验10



结构熔化  
倒塌破坏

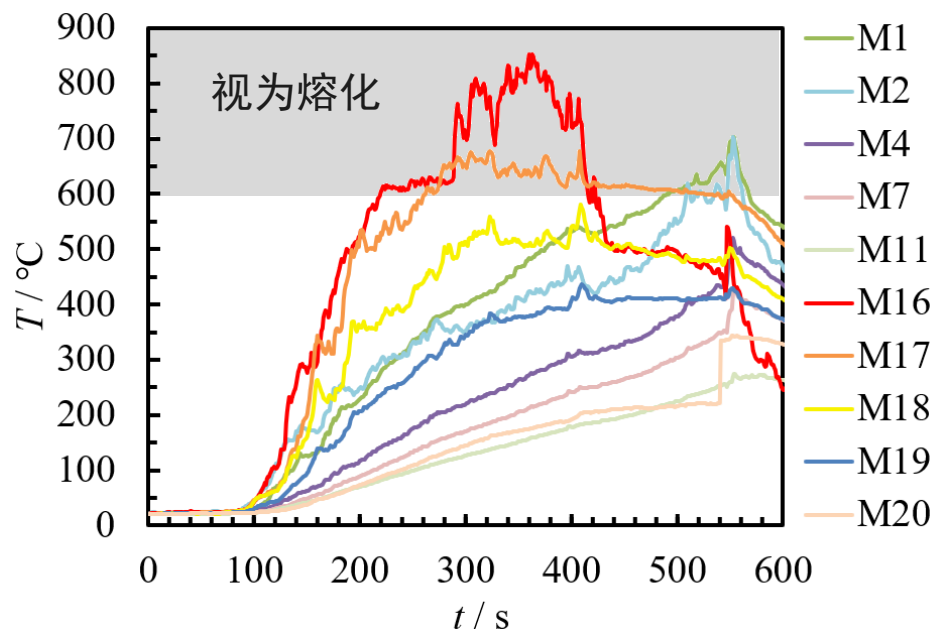
# 试验结果

## 试验10



空气温度-时间曲线

$$T_{\max} = 800^\circ\text{C}$$

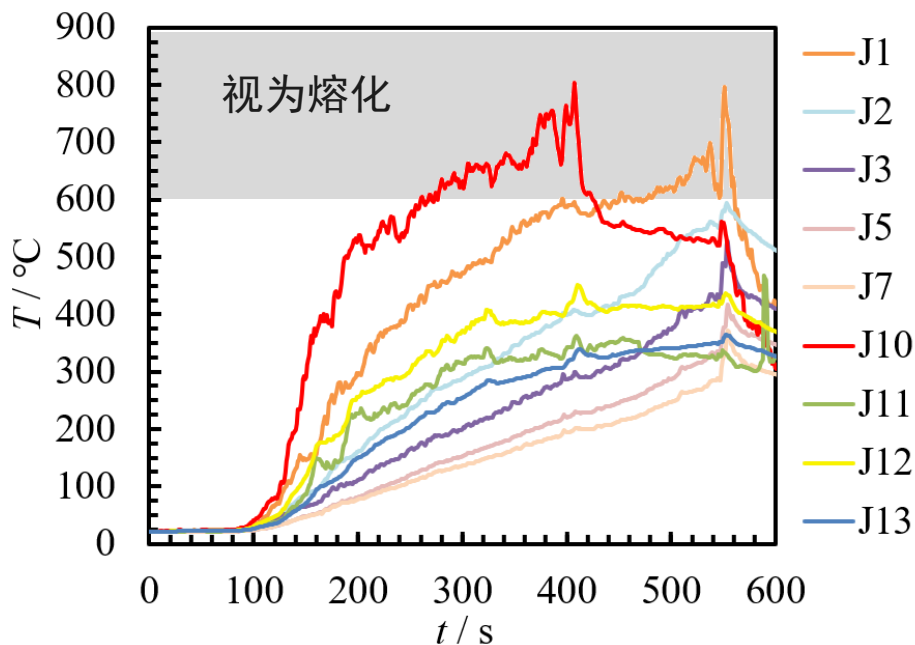


杆件温度-时间曲线

$$T_{\max} = 600^\circ\text{C}$$

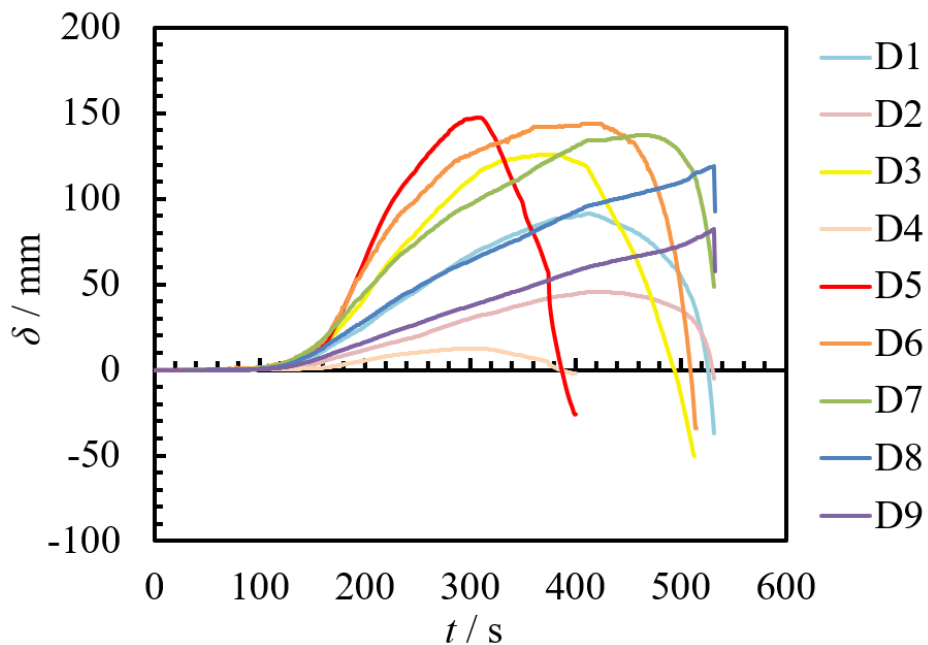
# 试验结果

## 试验10



节点板温度-时间曲线

$$T_{\max} = 600^\circ\text{C}$$



位移-时间曲线

$$\delta_{\max} = 147.66\text{mm} (\uparrow)$$



## 试验10 网壳变形过程

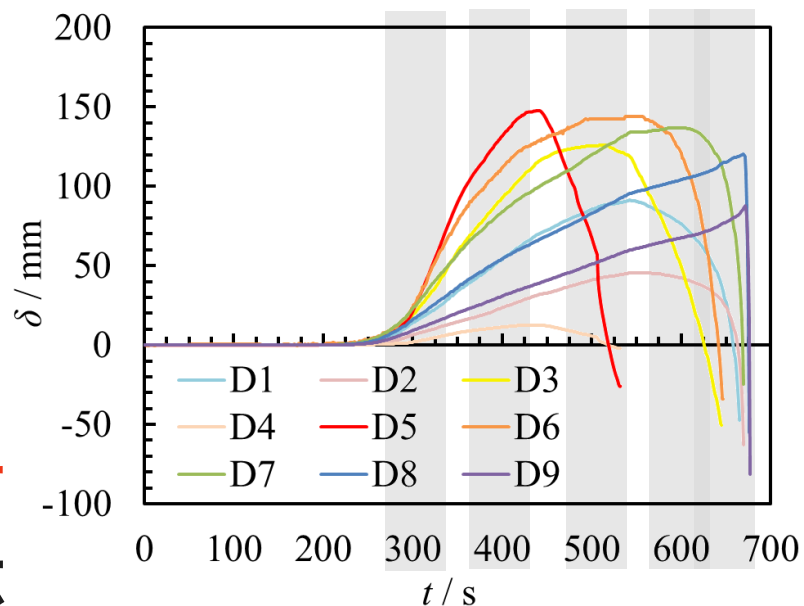
300s 结构产生**膨胀变形**

400s 膨胀变形**加剧**

500s 温度过高 **刚度下降**

600s 结构中**部软化 位移变号**

645s 结构中**部融化 发生破坏**





## 试验10 网壳破坏模式

### 网壳因熔化而倒塌

杆件具体破坏模式包括：

1. 弯扭失稳破坏
2. 杆件断裂
3. 杆件熔化



## 试验10 网壳破坏模式

### 网壳因熔化而倒塌

杆件具体破坏模式包括：

1. 弯扭失稳破坏
2. 杆件断裂
3. 杆件熔化

