

水喷淋设备抑制摩托车火灾延烧的实验研究

张尚文, 林庆元, 王鹏智

(台湾科技大学 建筑系, 台北 106,)

摘要: 为了解停放在建筑物的摩托车火灾延烧危险性, 以及如何用水喷淋阻止火灾延烧, 以全尺寸实验的方法, 分析热释放率及延烧行为。结果表明, 摩托车火灾成长期热释放率 $Q/MW = 0.00019 (t/s)^2$ 。摩托车火灾的火焰高度可达 3.5 m 以上, 4.5 m 高度的温度达 784℃。在研究的实验情境下, 当喷淋头配置在摩托车正上方, 水喷淋密度 12 L/(min·m²) 时, 可以压制火焰高度在 2 m 左右, 阻止火灾接焰延烧到上方的建筑物; 当水喷淋密度 30 L/(min·m²) 时, 可以压制火焰高度在 1 m 以下, 阻止火焰向上方的建筑物及相邻的摩托车延烧。

关键词: 摩托车; 火灾延烧; 水喷淋

中图分类号: TU 1

文献标识码: A

文章编号: 1000-0054(2008)03-0309-03

Experiment study on preventing motorcycle fire from spreading by building sprinkler system

ZHANG Shangwen, LIN Qingyuan, WANG Pengzhi

(Department of Architecture, Taiwan University of Science and Technology, Taipei 106, China)

Abstract: Experiments were conducted to study how motorcycle fires spread up into buildings above where the motorcycle is parked and how sprinkler system can stop the fire from spreading. The heat release rate from a typical motorcycle fire was found to be $Q/MW = 0.00019 (t/s)^2$ during the growth period. The visible flame can be over 3.5 m height with a temperature of 784℃ at 4.5 m high. Sprinklers above the motorcycles with a spray density of 12 L/(min·m²) can prevent the fire from spreading up into the building. Sprinklers with a spray density of 30 L/(min·m²) can prevent the fire from both spreading to the upper building and to surrounding motorcycles.

Key words: motorcycle; fire spread; sprinklers

在台湾, 摩托车常常停放在建筑物周边, 尤其以停放在建筑物下方(骑楼)的情形最为普遍。摩托车主要可燃材料为塑料及橡胶^[1], 1 辆摩托车燃载量约为 528 MJ^[2], 热释放率可达 1.2 MW, 辐射热及

火焰可能会引燃周围的可燃物^[3]。骑楼摩托车火灾可考虑以 9 L/(min·m²) 以上的喷淋进行防护^[4]。

本文进行 5 辆摩托车燃烧实验, 改变喷淋方式, 利用 10 MW 的燃气分析仪分析热释放率, 以录像及大型标尺观察燃烧延烧行为, 以 K 型测温线观察火场温度变化, 分析喷淋对于摩托车火灾的影响。

1 实验与分析方法

1.1 实验

实验模拟停放在骑楼的摩托车发生火灾, 骑楼宽 6.5 m、深度 3.7 m、高度 3.5 m, 燃气分析仪置于高度 5.5 m 处。为顺利收集烟气, 在骑楼二侧设置 1.5 m 侧垂壁(图 1a, 图 1b), 并在中央高度 4.5 m 外侧处(相当于二楼阳台外缘)设置 K 型测温线。

实验的 5 辆摩托车各加入 1 L 汽油, 紧密并排于骑楼前方, 中央的摩托车底下设置直径 35 cm 的钢盆装载 200 mL 的汽油为引燃火源。当喷淋头安排在摩托车周围时, 脚踏板处及摩托车的间隙处, 因为水无法直接喷淋而有防护死角^[5]。本实验改良后安排 3 颗喷淋头在摩托车正上方, 间距 1 m (防护面积约 25 m², 见图 2)。

本研究进行 3 次实验, 如表 1 所示。实验开始点火后, 同时录像并量测热释放率及温度, 直到火灾获得控制或燃烧持续 30 min 时实验结束。实验 1 为对照组, 为无防护状态; 实验 2 采用标示温度 68℃(灵敏型), K=79(住家用)的喷淋头; 实验 3 采用 K=119(工厂用)的喷淋头, 延迟至热释放率达 2 MW 时手动启动。

收稿日期: 2007-02-26

基金项目: 台湾行政部门 ABRI 2006 年度自行研究案计划

作者简介: 张尚文(1971—), 男(汉), 台湾, 博士研究生。

通讯联系人: 林庆元, 教授, E-mail: linyuan@mail.ntust.edu.tw

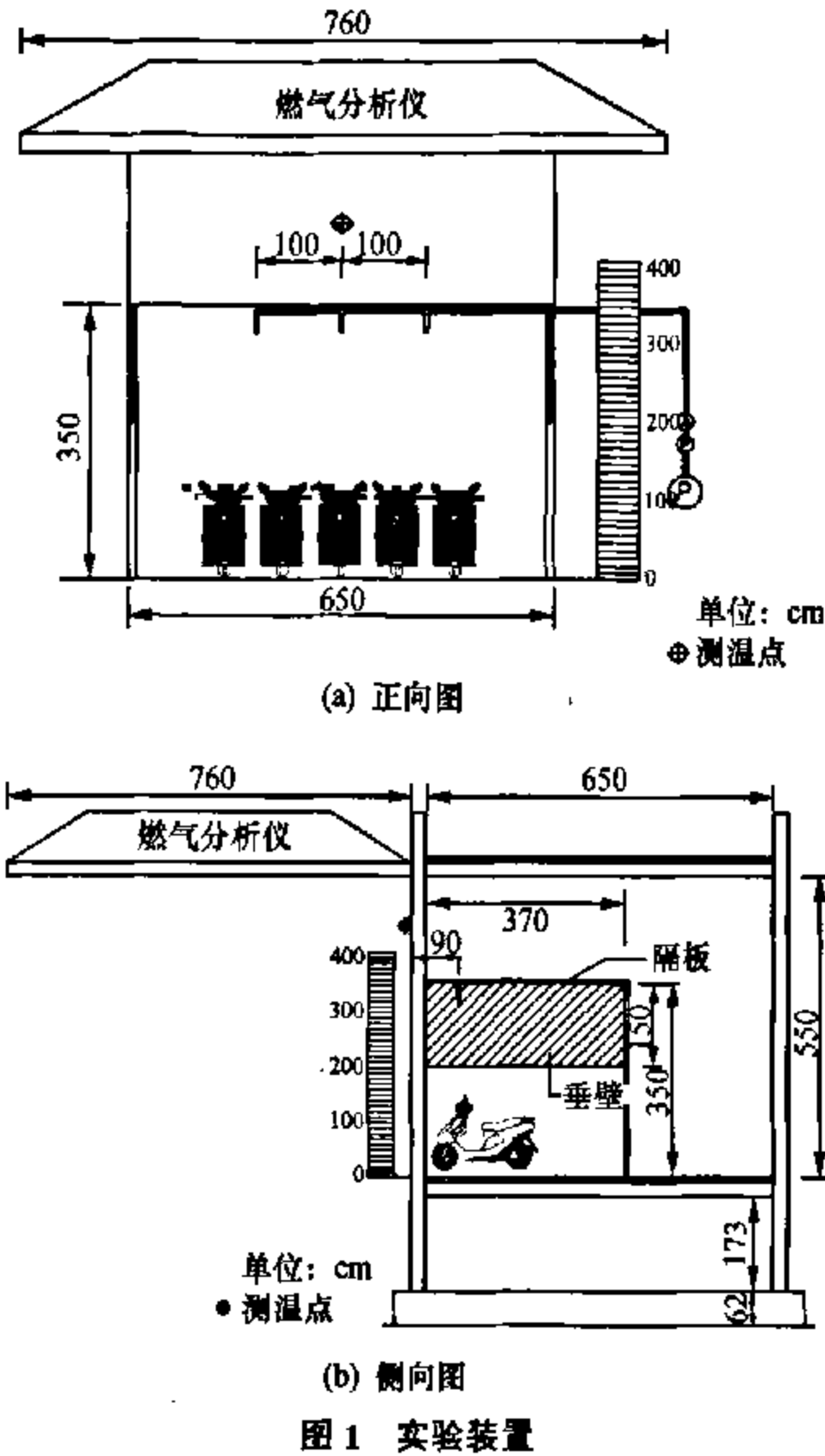


图1 实验装置

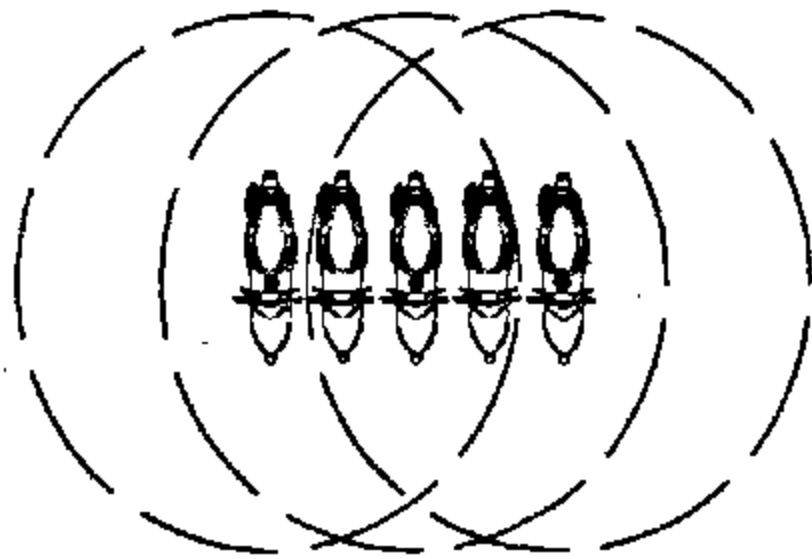


图2 改良后喷淋头配置与防护范围图(r=2.1 m)

表1 各次实验水喷淋密度分析表

实验序号	防护面积 m ²	用水量 L·min ⁻¹	水喷淋密度 L·min ⁻¹ ·m ²
实验1	25	0	0
实验2	25	300	12
实验3	25	750	30

1.2 分析方法

本研究主要利用热释放率的历时变化来分析喷淋对火灾成长的影响,以摄录火焰传播情形并辅以温度来说明延烧的危险性。10MW 容量的燃气分析仪可以量测燃烧所生成的 CO、CO₂、O₂ 浓度,依下

式求得热释放率^[6]:

$$Q = (\Delta H_c)_{O_2} \phi \frac{m_c}{1 + \phi(\alpha - 1)} \frac{M_{O_2}}{M_{air}} (1 - \chi_{H_2O}^0) \chi_{O_2}^0 \quad (1)$$

$$\phi = \frac{\chi_{O_2}^0 (1 - \chi_{CO_2} - \chi_{CO}) - \chi_{O_2} (\chi_{CO_2}^0 - \chi_{CO}^0)}{\chi_{O_2}^0 (1 - \chi_{O_2} - \chi_{CO_2} - \chi_{CO})} \quad (2)$$

其中: Q 为热释放率; m_c 为燃气分析仪量测管内之质量流率; M_i 为 i 气体的相对分子质量; χ_i 为 i 气体流经燃气分析仪所测得的 mole 分率; χ_i⁰ 为 i 气体于试验前经分析仪所测得的 mole 分率; α 为膨胀因数, α=1.05; φ 为氧消耗系数; (ΔH_c)_{O₂} 为可燃物完全燃烧时,消耗每 kg 氧所释放的热量。

2 实验观察与讨论

2.1 摩托车火灾成长特征分析

实验得出成长期的热释放率变化情形接近 T-square 成长模式,可得出热释放率成长的经验公式为 Q=0.000 19(t/s)²(图 3),估计火灾成长期约 73 s 即可达 1MW,属于快速成长模式。

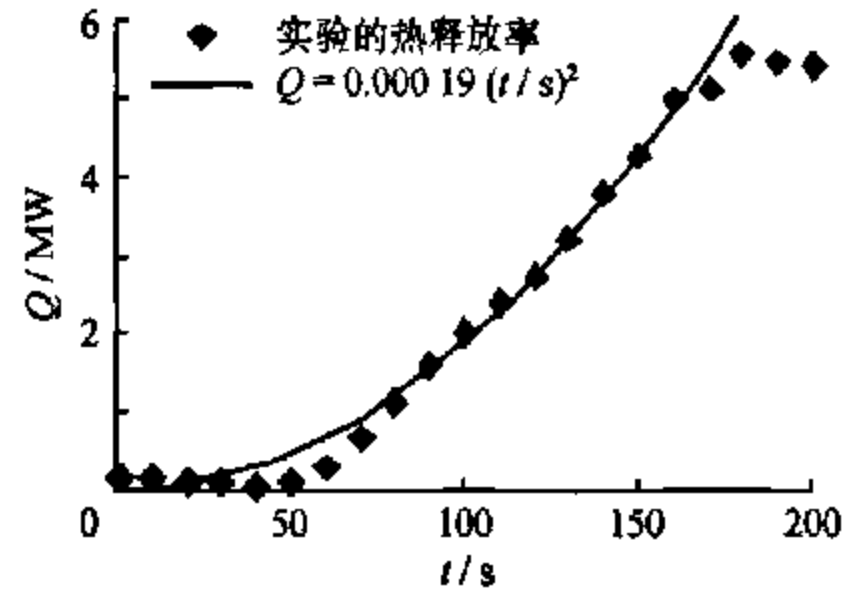


图3 火灾成长期热释放率(Q)随时间(t)的变化

各次实验自成长期开始绘制热释放率与时间关系如图 4 所示。由实验 1、2 比较,当水喷淋密度为 0 时,热释放率约可达 5.4 MW; 而当水喷淋密度 12 L/(min·m²) 的喷淋设备启动后,将热释放率由原先的成长趋势改为水平发展,热释放率在 1MW 左右持续 300 s 以上,推测当时的喷淋密度已经相当接近临界喷淋密度。后来最左侧的摩托车油箱突然

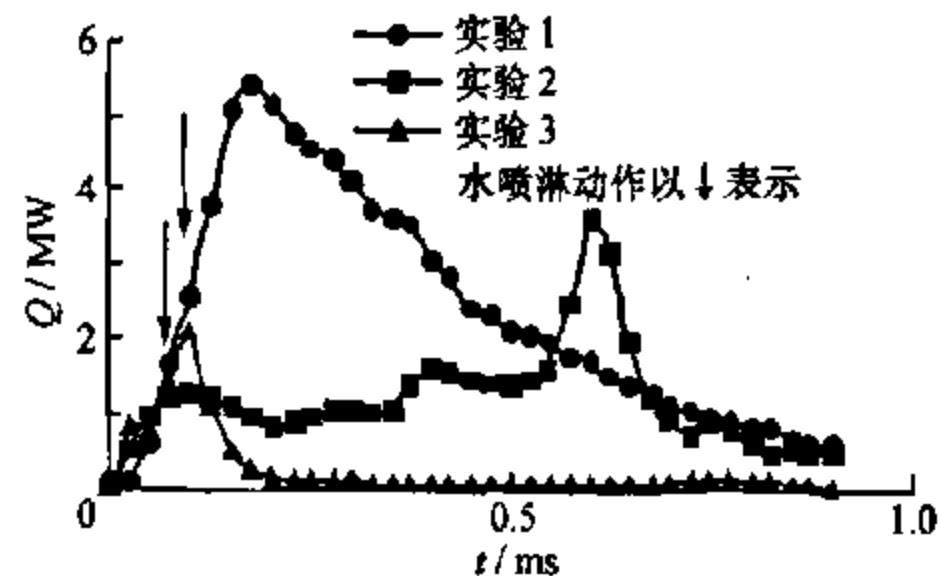


图4 热释放率(Q)随时间(t)的变化

迅速燃烧导致热释放率瞬间达 4 MW, 破坏了平衡状态。由实验 3 可以得出, 当水喷淋密度为 $30 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ 时, 可于喷淋后 100 s 时, 将热释放率控制在 0.3 MW 以下。

2.2 喷淋抑制延烧效果

实验 1 火焰可在引燃后 72~300 s 之间达 3.5 m (楼层高度) 以上, 伴随浓密黑烟。实验 2 开始喷淋 30 s 后, 压制火焰在 2 m 高度上下拉锯, 火焰持续向两旁摩托车延烧。实验 3 开始喷淋 30 s 后, 可将火焰压制在 1 m 以下高度, 并停止向两旁摩托车延烧。

实验过程中, 火焰曾经达到 3.5 m, 显示接焰延烧骑楼天花板装修物的危险性极高, 由于浓烟密布妨害火焰高度观测, 辅以高度 4.5 m 处的温度量测结果来分析延烧的危险性(图 5), 当水喷淋密度为 0 时, 最高温度可达 784°C , 且超过木材接焰燃点 260°C 的时间长达 600 s, 引燃建筑物二楼阳台外缘处招牌向上延烧的危险性极高; 而当水喷淋密度为 $12 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ 及 $30 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ 时, 开始喷淋后, 均可使温度控制在 260°C 以下。

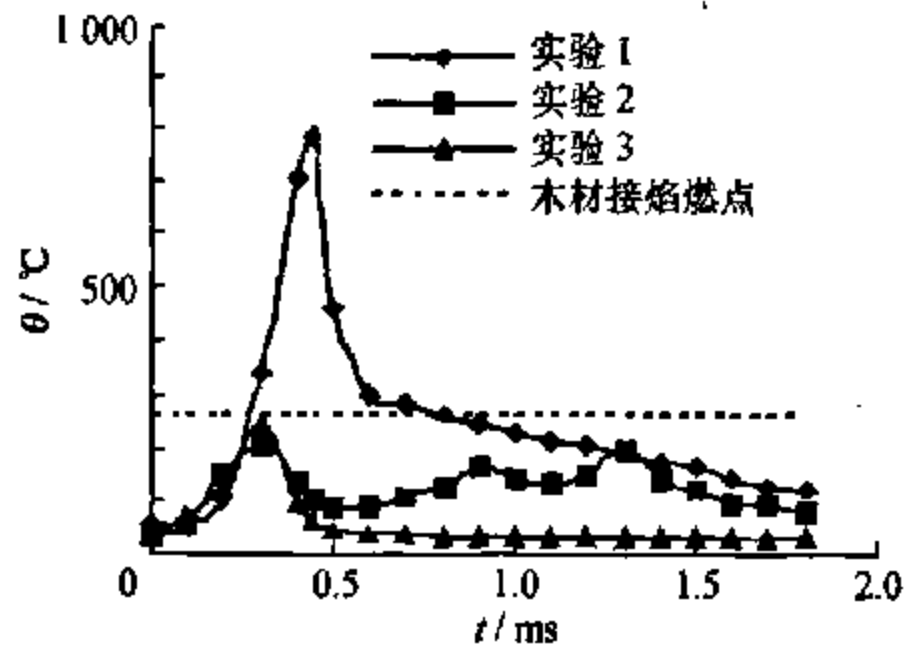


图 5 4.5 m 高度的温度随时间变化图

实验 3 喷淋头设置在摩托车正上方已经排除防护死角的因素, 单一喷淋头的水量 ($250 \text{ L}/\text{min}$) 已数倍于一般设计基准值 ($80 \text{ L}/\text{min}$), 仍然无法达到完全灭火, 推测汽油及油渍上的残焰, 加上摩托车的塑料外壳材料极易复燃为其原因。

2.3 讨论

摩托车火灾延烧到建筑物的危险性极高, 由于燃烧迅速, 救灾时间极短, 进行防护工作时, 可以考虑采用灵敏型喷淋头以及一齐开放式的喷淋系统, 在第一时间阻止火灾扩大。在本实验情况下, 当水喷淋密度为 $12 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ 时, 可以暂时抑制火灾成

长但不足以控制火灾, 可以降低火焰高度及温度, 防止火灾接焰到骑楼天花板或筑物二楼阳台的装修材料, 防止火灾延烧到上方的建筑物; 当水喷淋密度为 $30 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ 时, 即使火灾扩大后才启动, 仍然可以迅速控制火灾并防止火灾延烧到上方建筑物及相邻的摩托车, 但无法灭火。

3 结论

1) 摩托车火灾成长期热释放率经验公式为 $Q/\text{MW}=0.00019(t/\text{s})^2$, 属于极快速成长模式。

2) 本实验情况下, 喷淋头配置在摩托车正上方, 当水喷淋密度为 $12 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ 时, 阻止火灾接焰延烧到上方的建筑物; 当水喷淋密度为 $30 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ 时, 即使火灾扩大后才启动, 仍然可以迅速控制火灾并阻止火焰延烧到上方的建筑物及相邻的摩托车延烧, 但无法完全灭火。

参考文献 (References)

- [1] 黄素珍. 交通运输用塑料材料专题调查 [EB/OL]. [2007/2/4]. <http://www.itis.org.tw/pubinfo-detail.screen?pubid=852>.
HUANG Suzhen. The survey on plastic materials of transportation [EB/OL]. [2007/2/4]. <http://www.itis.org.tw/pubinfo-detail.screen?pubid=852>. (in Chinese)
- [2] 林大惠. 住宅单元之实尺寸火灾特性分析, GPN 0933010700009 [R]. 台北: 内政部建筑研究所, 2004.
LIN Dahui. The analysis on fire characteristic of real size housing unit, GPN 0933010700009 [R]. Taipei, Architecture and Building Research Institute, 2004. (in Chinese)
- [3] LIN Chingyuan. The burning behavior of motorcycle [J]. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 2000, 1(23), 9-18.
- [4] 钟清松. 骑楼机车火灾对策之研究 [D]. 台北: 台湾科技大学, 2000.
ZHONG Qingsong. Study on reducing the hazard of motorcycles fire in building arcade [D]. Taipei: Taiwan University of Science and Technology, 2000. (in Chinese)
- [5] 张尚文, 林庆元, 王鹏智, 等. 自动洒水设备对机车火灾防护效果之实验研究 [J]. *建筑学报*, 2006, 58: 171-182.
ZHANG Shangwen, LIN Qingyuan, WANG Pengzhi, et al. Studies on fire suppression effectiveness of sprinkler in motorcycle fires [J]. *Journal of Architecture*, 2006, 58: 171-182. (in Chinese)
- [6] Janssens M L. Measuring rate of heat release by oxygen consumption [J]. *Fire Technology*, 1991, 27: 234-249.