

# 净空高度对自动喷水灭火系统控火性能影响试验研究

杨丙杰，王璐

（公安部天津消防研究所，天津，300381）

**摘要：**为研究喷头安装高度对自动喷水灭火系统控火性能的影响，分别在安装高度为 3m 和 8m 的情况下，采用相同类型的喷头开展了 2 次对比试验，从动作时间、动作个数、动作温度以及货物烧损量等方面进行了对比分析。结果显示，安装高度的提升，不仅仅造成喷头动作时间延迟，还使得喷头动作个数、货物烧损量等方面明显增加。

**关键词：**自动喷水灭火系统；安装高度；控火性能；动作时间；动作个数

自动喷水灭火系统是应用最广泛、灭火效率最高的固定式灭火系统之一。其中，洒水喷头是系统的关键组件之一。自动喷水灭火系统能否成功控灭火，与喷头能否及时动作并按设定的模式工作有关，而喷头的动作时间由室内空间条件、设置场所的火灾危险等级、喷头自身性能以及安装高度等因素决定。喷头动作时间的快慢，不仅牵涉到系统能否成功控灭火和物品的受损程度，而且还对动作后火场环境的保护效果和能否确保人员安全疏散等产生重要影响。

我国现行国家标准（GB50084-2001,2005 年版）《自动喷水灭火系统设计规范》规定，采用闭式系统的民用建筑和工业厂房，喷头的最大安装高度不应超过 8m，并规定了每个火灾危险等级下的喷水强度和作用面积。而国外标准如美国 NFPA 13-2010《自动喷水灭火系统安装标准》、英国 BS EN 12845：2009《固定式灭火系统—自动喷水灭火系统设计、安装和维护》等标准中除规定快速响应喷头的安装高度不应超过 9m 外，均未规定设置场所的系统最大安装高度，如 NFPA 13 仅规定了不同火灾危险等级的喷水强度和作用面积，并且呈线性关系，直线上的每一点均采用，并规定为经济合理设计，宜选用喷水强度大、作用面积小的点。而 BS EN 12845 也仅规定了各火灾危险等级下的喷水强度和作用面积，以及推荐采用的喷头类型。

根据我国规范规定，只要在不规定的高度，系统均可采用同一组设计参数。为研究安装高度对自动喷水灭火系统喷头动作性能以及控火性能的影响，本

文选取目前应用最为广泛的标准喷头，试验前测得其响应时间指数  $RTI$  约为  $65 (m \cdot s)^{1/2}$ ，分别在常规安装高度  $3.0m$  和极限安装高度  $8.0m$  的情况下开展了 2 次对比试验，以定量确定净空高度对自动喷水灭火系统控火性能的影响。

## 1 试验研究

### 1.1 试验地点

试验在公安部天津消防研究所试验基地燃烧实验馆进行。馆内建有自动喷水灭火系统全尺寸火灾试验平台，该平台可同时安装 100 只喷头，可在  $3m \sim 24m$  范围内无梯度调节，并附属自动数据采集系统，可准确测定火灾试验场所内不同梯次的火场温度，喷头动作时间、动作个数等关键指标。

### 1.2 试验要求

试验采用环状供水管网布置，双向末端供水，供水干管管径  $DN200$ ，配水管管径  $DN50$ ，安装喷头的 4 根配水支管管径为  $DN25$ ，每根配水支管上安装 4 个喷头，配水管与配水支管之间通过弯头转换连接，试验管路布置如图 1 所示。

为尽量避免供水管网对喷头洒水分布性能的影响，拟采用流量系数为  $K80$  下垂型喷头。每次试验均布置 16 个，按  $4 \times 4$  布置，喷头间距为  $3m$ ，喷头溅水盘与顶板的距离为  $140mm$ ，均符合规范要求。

在配水支管末端设置压力表，试验期间控制其压力为  $0.10MPa$ 。

### 1.3 试验燃料的确定

在试验燃料的选择上，为保证 2 次试验具有可对比性，本次试验选取具有可重复性和可对比性较好的标准燃烧物组合作为试验燃料，其单体由瓦垅纸箱、聚苯乙烯塑料杯、纸隔板组成，其中瓦垅纸箱规格为  $500mm \times 500mm \times 500mm$ ，纸箱内装有 125 个塑料杯，按  $5 \times 5 \times 5$  布置，塑料杯之间厚度为  $4mm$  的纸隔板隔离。该标准燃烧物单体选取普通民用建筑内常见的可燃物材质，燃烧性能稳定，受环境条件如温度、湿度影响较小，通过其不同组合和摆放方式可模拟一些典型建筑的固体可燃物荷载及其分布状况，目前该标准燃烧物已广泛应用于自动喷水灭火系统的灭火试验。

每次试验选取 16 个标准燃烧物单体和 4 组木托盘，托盘规格为  $1.0m \times 1.0m$ ，标准燃烧物单体并排放置在托盘上，按  $2 \times 2$  布置，并均匀布置在 4 只喷头围合正

下方，如图 2 所示。根据前期试验研究结果，该组合的火灾热释放速率约为 3.6MW，火灾增长系数约为 $\alpha=0.02056\text{Kw/s}^2$ ，介于中速火和快速火之间。

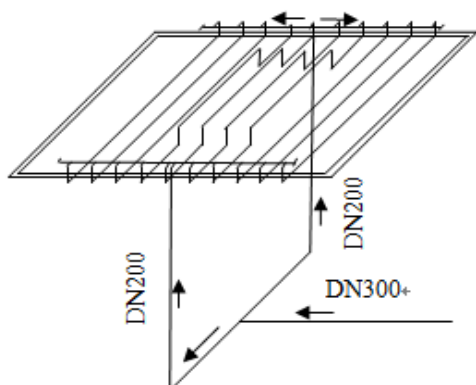


图 1 供水管网布置



图 2 试验燃料布置

## 1.4 试验过程描述

### 1.4.1 试验 1

试验 1 的喷头安装高度为 3m，点火后初期，火势发展较慢，150s 时，第 1 只喷头动作。喷头动作后，能够很快淋湿周围燃烧物，火势被限制在不到 1m<sup>2</sup> 的区域内，没有向外蔓延，试验总共动作了 3 只喷头，货物烧损量约为 2 个标准燃烧物单体，试验现象如表 1 和图所示。

表 1 试验 1 过程统计

时间点	时间/s	事 件
1	0	点火
2	20	火焰高度约为 60cm
3	47	火焰高度约为 1m
4	63	火焰高度约 1.5m
5	105	火焰高度约 2.5m
6	150	第 1 只喷头动作
7	158	第 2 只喷头动作
8	202	第 3 只喷头动作

### 1.4.2 试验 2

试验 2 的喷头安装高度为 8m，由于喷头安装高度的提升，喷头动作时间较试验 1 明显延迟，因此火势燃烧范围较大，但在喷头动作后火势被限制在不到 2m<sup>2</sup> 的区域内，没有穿透燃烧物向外蔓延，约烧损了 5 个标准燃烧物单体。试验现象如表 2 所示。

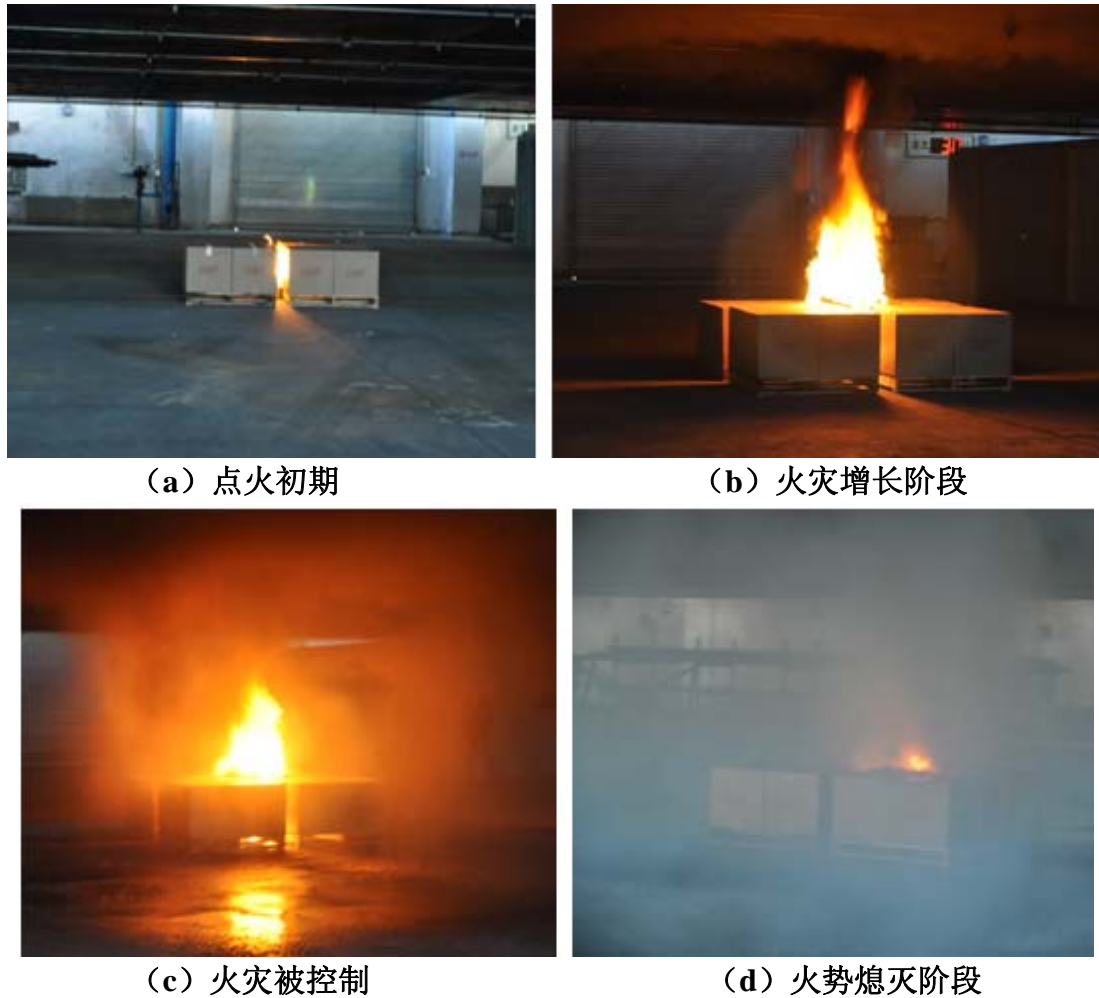


图 3 试验现象

表 2 试验 2 过程统计

时间点	时间/s	事 件
1	0	点火
2	35	火焰高度约为 1m
3	63	火焰高度达到 1.5m
4	90	火焰高度约为 2m
5	210	第 1 只喷头动作
6	212	第 2 只喷头动作
7	215	第 3 只喷头动作
8	216	第 4 只喷头动作

### 3 试验结果分析

图 5 为试验 1 和试验 2 顶板下测得的 4 只喷头处的温度随时间变化曲线。从图中可以看出，2 次试验中喷头动作后顶板温度迅速降低到室内温度 21℃ 左右，并在随后的时间内，温度一直维持在该温度。说明 2 次试验系统均能成功控制初

期火灾，没有出现火势增长和蔓延现象。

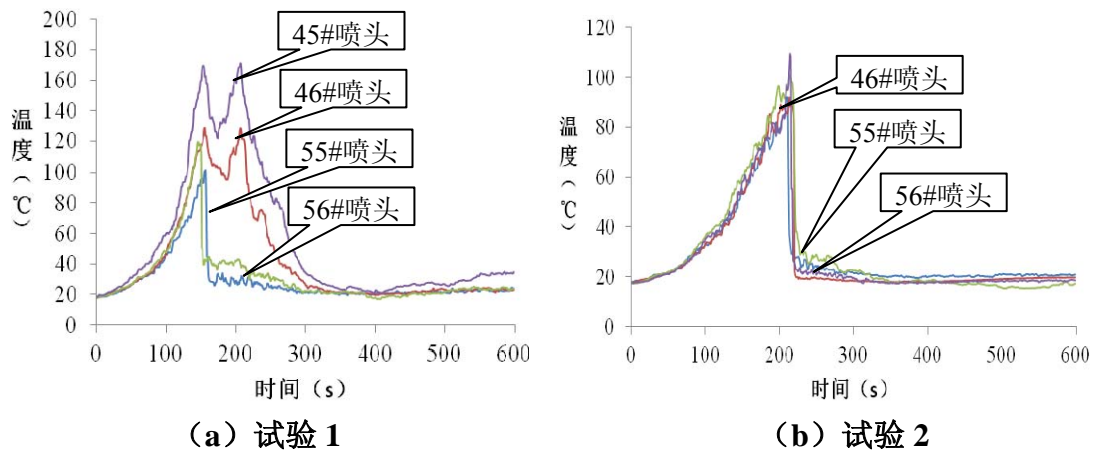


图 5 不同位置处的温度-时间曲线

在喷头动作温度上,试验 1 中,3 只喷头动作时的温度分别为 119.3℃、100.8℃和 128.6℃, 第一只喷头动作时火源正上方的温度约为 169.8℃。在试验 2 中, 4 只喷头动作时的温度分别为 91.1℃、88.9℃、100.7℃和 108.1℃, 第一只喷头动作时火源正上方的温度约为 122.3℃。由于试验 1 顶板距离火源较近, 因此, 试验 1 点火位置正上方的温度较试验 2 高约各测点的温度较试验 2 高约 40%, 喷头处的温度较试验 1 分别高约 13%~30%。

在喷头动作时间上, 2 次试验中第一只喷头的动作时间分别为 150s 和 210s, 试验 2 较试验 1 延迟了 40%左右, 且试验 2 总共动作了 4 只喷头。这就意味着在系统设计时, 系统作用面积和设计用水量都较试验 1 增加。

喷头动作时间的滞后, 带来的不仅是喷头动作数的增加, 还涉及到货物烧损量上, 试验 1 和试验 2 的货物烧损量分别约为 2 个标准燃烧物单体和 5 个标准燃烧物单体。货物烧损量的增加也使得火场环境中的有毒有害气体如 CO、CO<sub>2</sub> 的含量增大, 缩短了可用安全疏散时间。

#### 4 结论及建议

为研究喷头安装高度对自动喷水灭火系统控火性能的影响, 分别在安装高度为 3m 和 8m 的情况下, 采用相同类型的喷头开展了 2 次对比试验, 通过对比试验可知:

1) 在 2 种试验条件下, 喷头均能及时启动, 且喷头动作后均能穿透上升火羽流, 并淋湿周围燃烧物, 有效将火势控制在限定区域内, 没有向外蔓延和再增长, 系统均能有效控火。

2) 在喷头动作时间上, 当安装高度为 8m 时, 第一只喷头动作时间较安装高度为 3m 时约延迟 40%; 且系统在喷头动作个数上也有增加;

3) 在货物烧损量上, 当安装高度为 8m 时, 货物烧损量较安装高度为 3m 时多烧损 3 个标准燃烧物单体。

系统的控火性能还与设置场所的火灾危险等级和喷头的响应等级有关, 因此今后应开展不同火灾危险等级和响应级别下控火性能的试验研究, 进一步总结其应用规律。

### 参考文献:

[1] GB50084-2001, 2005 年版, 自动喷水灭火系统设计规范[S].

[2] NFPA 13-2010. Standard for the installation of sprinkler systems[S].

[3] BS EN12845: 2009. Fixed firefighting systems - Automatic sprinkler systems - Design, installation and maintenance[S].

[4] 杨丙杰, 国内外自动喷水灭火系统相关技术对比分析, 给水排水, 2011 年第 11 期.

[5] 杨丙杰, 李毅, 热敏性能对洒水喷头动作性能的试验研究, 中国安全科学学报, 2011 年第 11 期.

——本文发表于 2014 年第 2 期《消防科学与技术》