

不同响应级别洒水喷头控火性能的对比分析

杨丙杰

摘要：为研究不同响应级别洒水喷头的动作性能、控火性能以及对建筑空间的保护性能，分别采用快速响应喷头和特殊响应喷头，在 8m 安装高度下开展了实体火试验。试验采用的喷头公称动作温度为 68℃，响应时间指数(RTI)分别为 35(m·s)^{1/2} 和 65(m·s)^{1/2}，试验燃料为标准燃烧物组合，火灾增长速率介于中速火和快速火之间。试验结果显示，各条件下喷头均能有效启动，且喷头动作后均能有效将火势控制在限定区域内。采用快速响应喷头较特殊响应喷头约提前 20%动作，且在火场环境最高温度、结构最高温度、货物烧损率和系统作用面积方面分别降低 8.2%、7.8%、20.0%和 25.0%。

关键词：消防；快速响应喷头；特殊响应喷头；控火性能

1 引言

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，按照响应指数(RTI)的不同，洒水喷头可分为快速响应喷头、特殊响应喷头和标准响应喷头，其中标准响应喷头由于热敏性能较差已不再使用。现行国家标准《自动喷水灭火系统设计规范》(GB50084-2001, 2005 年版)中规定了不同危险等级场所的系统设计参数，但规范没有考虑喷头热敏感特性对系统灭火性能的影响，在应用时均采用同一组参数^[1]。

为了研究不同响应级别洒水喷头的动作性能、控火性能以及对建筑空间的保护性能，笔者采用 RTI 分别为 35 (m·s)^{1/2} 和 65 (m·s)^{1/2} 的喷头，在安装高度为 8m 的最不利情况下开展了实体火试验研究，为确定不同类型洒水喷头的应用技术要求、合理优化系统设计参数提供支撑。

2 国内外应用研究现状

美国自动喷水灭火系统协会 (NFSA)、工厂联合保险商实验室 (FM global) 和一些喷头制造商曾联合开展过快速响应喷头和标准响应喷头灭火性能的对比试验研究。试验共进行 12 次，其中快速响应喷头 7 次，RTI 为 26~43 (m·s)^{1/2}，标准响应喷头 5 次，RTI 为 141~232 (m·s)^{1/2}，喷头安装高度均为 6m。试验结果显示，快速响应喷头平均动作 8.3 个，标准响应喷头平均动作 14 个。另外，采用快速响应喷头时，可减少火灾损失 20%，最大热释放率降低 45%，环境温度降低 25%^[2]。美国消防协会《自动

喷水灭火系统安装标准》(NFPA 13- 2010)规定,所有轻危险等级的建筑均采用快速响应喷头;当顶板高度不超过 3m 时,系统作用面积可减少 40%;当顶板高度不超过 6m 时,作用面积可减少 25%^[3]。美国《生命安全规范》NFPA101 从 1994 年版起就规定所有新建的宾馆及公寓楼均应采用快速响应喷头。到 2004 年,美国已有 70%的喷头均采用快速响应喷头。

英国标准《固定式灭火系统-自动喷水灭火系统-设计、安装和维护》(BS EN12845: 2009)中没有明确规定快速响应喷头的设计要求,仅规定除干式系统和预作用系统不得采用快速响应喷头,以及仓库货架内应采用快速响应喷头外,其他场所均可采用^[4]。

我国应用快速响应喷头已有 10 多年的历史,但由于相应的研究较少,规范在快速响应喷头的设置要求上与其他类型的喷头规定一致。在设置场所上,规范仅规定公共娱乐场所、商业场所、超出水泵接合器供水高度的楼层以及人员行动较为困难的场所宜采用快速响应喷头,考虑到造价等各方面因素,目前快速响应喷头在我国的应用率较低。

3 试验对比

3.1 试验设备

试验在公安部天津消防研究所试验基地燃烧实验馆进行。燃烧实验馆总长 117.7m,宽 40.5m,场馆空间总容积为 102846.6m³。馆内建有 33m×33m 大型升降吊顶,可以在 3~24m 范围自由调节。升降吊顶顶部设置有现场数据采集系统,安装在升降吊顶上的现场总线系统通过 PROFIBUS-DP 总线与总控制室的数据采集处理系统相连接,可实现试验数据的实时监测、处理、分析、记录。

3.2 试验方案

3.2.1 管网及喷头布置

试验采用环状供水管网双向供水,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 DN25,每根可安装 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,系统供水压力为 0.10MPa。

试验采用流量系数为 K-80 下垂型喷头,每次试验均布置 16 个,按 4×4 布置,喷头间距为 3m,喷头溅水盘与顶板的距离为 140mm。

3.2.2 燃料布置

试验燃料采用标准燃烧物组合,其单体由瓦垅纸箱、聚苯乙烯塑料杯、纸隔板和木托盘等组成,其中瓦垅纸箱规格为 500mm×500mm×500mm,纸箱内装塑料杯,并用

厚度为 4mm 的纸隔板隔离，按 5×5×5 布置，其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。

标准燃烧物组合共 4 组，按 2×2 布置，每组 4 个单体，放置在木托盘上，组间距 0.15m。燃料均匀布置在 4 只喷头围合范围内，点火位置位于 4 只喷头正下方，燃料布置如图 2 所示。

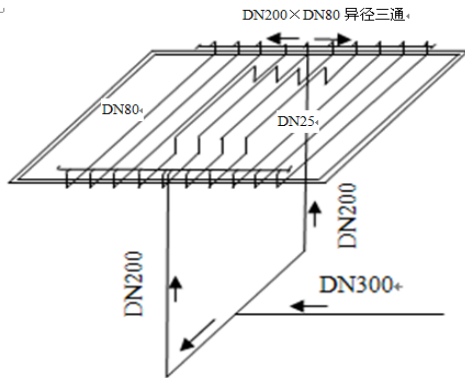


图 1 试验管路布置



图 2 试验燃料布置

3.3 试验过程描述

试验 1：点火后初期，火势发展较慢，35s 时火焰上升至 1m 高度；1min3s 时火焰高度约 1.5m；90s 时火焰高度约 2m；1min45s 时火焰高度约 2.5m；2min48s 时第 1 只喷头动作，2min49s 时第 2 只喷头动作，2min56s 时第 3 只喷头动作。喷头动作后火势被限制在不到 1.5m^2 范围内，没有向外蔓延。试验持续了 10min，共动作了 3 只喷头，约烧损 4 个单体。

试验 2：点火后初期至第 1 只喷头动作前，火势发展规模同试验 1 基本一致；3min30s 时第 1 只喷头动作，3min32s 时第 2 只喷头动作，3min35s 时第 3 只喷头动作，3min36s 时第 4 只喷头动作。喷头动作后，能够很快淋湿周围燃烧物，但由于喷头动作时间较试验 1 延迟，因此燃烧范围较大，但在喷头动作后火势被限制在不到 2m^2 范围内，没有穿透燃烧物。试验持续了 10min，共动作了 4 只喷头，约烧损 5 个单体。

2 次试验中，喷头动作后水滴均能够穿透上升火羽流，并淋湿周围可燃物，火势被有效控制在限定区域内，没有向外蔓延和再增长。

3.4 试验结果分析

图 3 和图 4 为试验 1 和试验 2 中动作喷头的温度变化曲线，由图可知，2 种试验条件下喷头均能及时启动，且喷头动作后温度急剧下降到环境温度，并一直维持在环境温度，火灾热释放速率没有增长，系统控火成功。

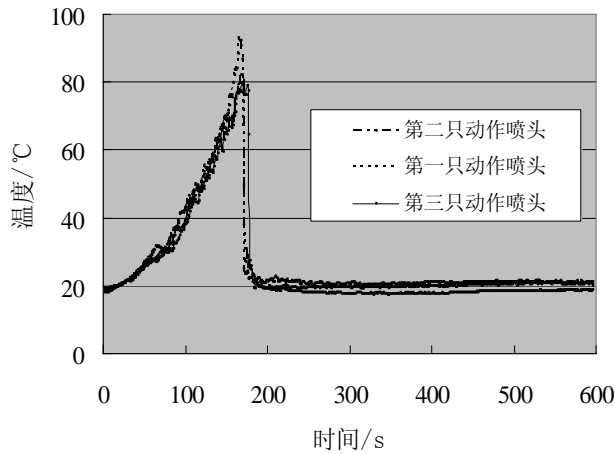


图3 试验1动作喷头的温度变化曲线

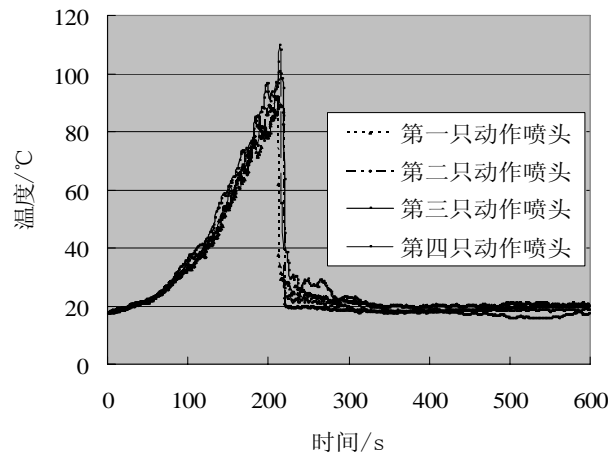


图4 试验2动作喷头的温度变化曲线

图5为2次试验中喷头动作时间的对比图，由图5可知，快速响应喷头较特殊响应喷头提前动作约20%左右，正是因为快速响应喷头能在较短时间内开放，因此可有效降低火场环境温度和顶板结构温度，避免火灾对建筑结构的影响和对人身的危害。图6为试验中测量到的火源正上方顶板处温度和背面温度，从图6可以看出，使用快速响应喷头较使用特殊响应喷头在火场环境温度和结构温度分别降低8.2%和7.8%。

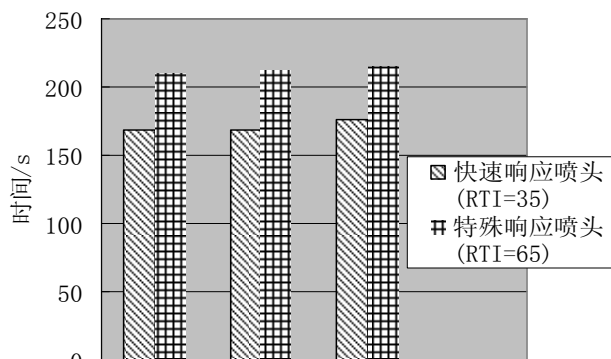


图5 喷头动作时间对比图

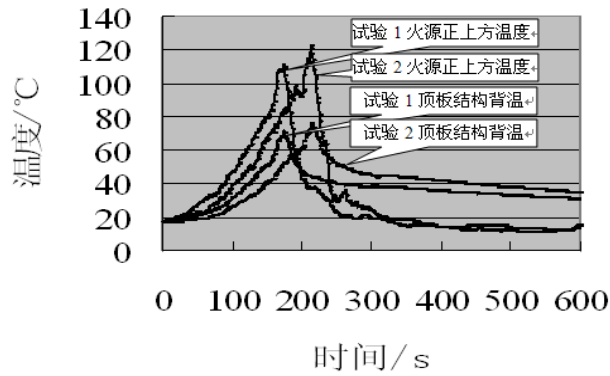


图 6 火源正上方温度和顶板结构背温变化曲线

4 结论及建议

通过对比试验可知：

1) 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) 快速响应喷头较特殊响应喷头在动作时间上约提前 20%，且在火场环境最高温度、结构最高温度及货物烧损率方面分别降低 8.2%、7.8% 和 20.0%。因此，系统采用快速响应喷头时，可明显改善火场环境，有效保护建筑结构，减少火灾对人身财产安全的危害。

3) 顶板高度不超过 8m 时，使用快速响应喷头较使用特殊响应喷头在系统作用面积上可降低 25%。

喷头的控火性能还与设置场所的火灾危险等级和安装高度有关，因此今后应开展不同火灾危险等级和安装高度下控火性能的试验研究，进一步总结其应用规律。另外，我国标准在今后修订时应增加快速响应喷头的设置场所，并在设置要求上进行优化。

参考文献：

- [1] GB50084-2001, 2005年版.自动喷水灭火系统设计规范[S].
- [2] Vincent B.G, et al. Large-Scale Fire Testing of Fast Response Sprinklers and Conventional Response Sprinklers in a Fire-control-mode Scenario[R].FMRC J.1.0Q2P6.RA.NY: Factory Mutual Research, 1989.
- [3] NFPA 13-2010.Standard for the Installation of Sprinkler Systems[S].
- [4] BS EN12845: 2009.Fixed firefighting systems -Automatic sprinkler systems-Design, installation and maintenance[S].

——本文发表于《2012 年中国消防协会年会论文集》(2012 年 9 月)