

客车细水雾灭火装置在客运列车中的应用研究

张俊超

西安铁路信号有限责任公司 陕西 西安 710100

摘要：客车细水雾灭火装置是解决客运列车在运行过程中消防隐患的重要环节。能够提高客运列车的行车安全。在借鉴了国外在该领域中的先进经验后介绍了客车细水雾灭火装置的工作原理、组成、用水量、控制方式。客车细水雾灭火装置能减小火灾中人民的生命财产损失，适应和满足客运列车的发展需求。

关键词：客运列车；消防；客车细水雾灭火装置

客运列车作为大众化的交通工具，消防安全是确保旅客列车安全的重要组成因素，但是，客运列车存在着人员密集，活动空间小，相对封闭和高速运动，救援困难的不利条件及不确定因素。使用先进的细水雾灭火系统能够有效的防范客车运行中的各种突发火灾，有助于在火灾发生时能够快速的控制和扑灭火情，降低火灾所造成的伤害。客车细水雾灭火装置具有气体灭火的流动性和淹没性，又有水灭火系统的快速降温的特点；同时具备有效降低空气中有毒气体和烟尘的特点，能在火灾现场维持良好的视线，有助于快速疏散人群，且不会在灭火后产生水灾。

1 客运列车火灾的复杂性

客运列车火灾的复杂性包括以下方面：

- 1) 客运列车在运行过程中人员密集都非常高，发生火灾后乘客不易疏散，还容易造成挤兑和踩踏。
- 2) 火灾发展的速度很快。现有的消防灭火设备可能会应为乘客拥挤延误或者灭火不及时错失最佳的灭火时间，会导致火灾蔓延。
- 3) 客运列车多为密闭车厢，火灾产生的浓烟和有毒气体会因为密闭空间不能及时扩散而造成乘客中毒或窒息。
- 4) 客运列车在运行过程中位置并不固定，救援困难。

2 客车细水雾灭火装置的优点

细水雾灭火的优点有：

灭火效率高：客车细水雾灭火装置采用高压喷射，通过喷头雾化将水滴雾化成极小的雾粒，因此耗水量非常小。在与火焰接触的过程中，细水雾粒不仅通过蒸发吸收大量热量，而且体积迅速膨胀。在灭火过程中，它还具有冷却和隔氧的功能。因此，灭火效率高，耗水量小。

适用性强：对于A类、B类、C类以及电气火灾客车细水雾灭火装置能有效的进行灭火。对客运列车上的电子电气设备不会造成损害。对橡胶、塑料、合成聚合物

材料等材料具有良好的灭火性能。同时能吸附火灾周围空气中的固体悬浮颗粒，降低烟雾浓度和毒性。特别适用于人群密集场所。

防止次生污染：细水雾灭火系统使用的是纯净水，没有任何化学物质的添加，因此在灭火过程中不会产生次生污染。相对于传统的气体灭火和化学灭火方式细水雾灭火装置能杜绝对环境产生的次生污染。

安全性高：细水雾灭火系统的水雾颗粒非常小，能够迅速降低火灾现场的温度，减少烟雾和有害气体的产生，提高人员疏散的时间窗口，保障人员的安全。所喷出的细水雾不会对乘客造成伤害。

维护成本低：细水雾灭火系统的维护成本相对较低，设备结构简单，使用寿命长，维修和更换成本较低。

3 客车细水雾灭火装置的灭火原理

根据《GA1149-2014细水雾灭火装置》中关于细水雾灭火装置的规定，细水雾是指在最小设计工作压力下，经喷头喷出雾滴直径 $D_{v0.50}$ 小于 $200\mu\text{m}$ 、 $D_{v0.99}$ 小于 $400\mu\text{m}$ 的水雾滴。客车细水雾灭火装置的灭火的原理分为以下四点：

3.1 冷却降温。通过高压水经过专业设计的喷头变成雾滴直径较小的水雾，其表面积是传统喷淋设备的30倍以上。从而获得较大的热交换率；由于雾滴体积小，气化时间短，且气化率较高。客车细水雾灭火装置在着火点周围迅速气化产生足够的水蒸气，降低着火点及附近的温度。因此，客车细水雾灭火装置具有高效的冷却作用。

3.2 隔绝空气。细水雾进入火场后迅速气化，其体积会膨胀1700多倍，降低了火点附近的氧气含量，且能有效阻止新鲜空气的进入。随着喷雾的持续气化，水蒸气含量迅速增大，着火点周围的氧气含量降至16%以下时，火焰将被窒息。在着火点0.5m以外的区域，雾滴不会被气化，空气中氧气含量保持不变，对乘客人身安全没有影响。

3.3 隔离热辐射。细水雾在喷射时形成一道道水雾帘，在吸收热量的同时，也阻止了热量着火点的热量向外辐射，阻止火势蔓延。

3.4 浸湿可燃物。客车细水雾灭火装置通过持续喷雾，浸湿着火点周围的可燃物，阻止火灾的进一步蔓延。

4 客车细水雾灭火装置的构成

4.1 装置主要部件

主要部件有高压柱塞泵、电机、过滤网、控制阀、管道、喷头、防火灭火控制器和探测器组成。各部件主要功能见表1。

表1 主要零部件参数

序号	部件名称	功能	性能参数
1	高压柱塞泵	将水进行加压后通过喷头喷出	额定流量：43 L/min 额定压力：20 MPa
2	电机	提供动力	额定功率：5.5 kW 额定转速：1450 r/min
3	过滤网	过滤水中的杂质	过滤精度：200um 过流材质：304不锈钢
4	控制阀	手动、自动启动控制	
5	防火灭火控制器	报警控制功能，具有手动、自动启动客车细水雾灭火装置的功能。	AC220或DC110V。
6	探测器	检测火灾	DC12-36V

4.2 用水量计算

细水雾吸热后变成气态水蒸气，稀释空气，降低空气浓度至16%以下，即可灭火。

假设细水雾吸热后全部变成气态水蒸气，理想气体在0°C（273）、101kPa条件下，摩尔体积为22.4L/mol，根据理想气体状态方程PV=nRT，计算理想气体100°C（373）、101KPa条件下的摩尔体积：

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{22.4 \times 373}{273} = 30.06 \text{ L/mol}$$

1L水在100°C（373）、101kPa条件下变成水蒸气的体积为：

$$V_3 = \frac{m}{M} \times 30.6 = \frac{1000}{18} \times 30.6 = 1700, L = 1.73 \text{ m}^3$$

所需最少总水量（以一节高铁车厢长25m，宽3m，高3m计算）：

$$Q_1 = \frac{25 \times 3 \times 3}{1.7} \times 0.85 = 112.5 \text{ L}$$

考虑到实际中超细水雾的不均匀汽化及吸附在物体表面等因素，乘以3倍的安全系数。实际总用水量：Q2=Q1×3=339 L。持续喷雾时间：10 min。平均每分钟流量：33.9 L/min。喷头选择见表2。

表2 喷头选择

流量系数K	压力 P (MPa)	单喷头流量 q (L/min)	6个喷头 (L/min)	7个喷头 (L/min) Q2 (L/min)	8个喷头 (L/min)	9个喷头 (L/min)
0.5	3	2.74	16.43	19.17	21.91	24.65
	4	3.16	18.97	22.14	25.30	28.46
	5	3.54	21.21	24.75	28.28	31.82
	6	3.87	23.24	27.11	30.98	34.86
0.7	3	3.83	23.00	26.84	30.67	34.51
	4	4.43	26.56	30.99	35.42	39.84
	5	4.95	29.70	34.65	39.60	44.55
	6	5.42	32.53	37.96	43.38	48.80

4.3 控制方式

客车细水雾灭火装置的启动方式分为两种：自动控制和手动控制。见图1。

4.3.1 自动控制。客车车辆内的火灾报警器接到火灾

报警信号后，确认火灾报警信号，自动启动客车细水雾灭火装置；启动声光报警器。同时通知客车司机，在10s内启动电机和高压柱塞泵，给水加压，通过喷头雾化后喷出。对车厢内降温灭火和防止烟雾扩散。保持喷雾直

到水箱里的水全部喷出或者人为手动停止。

4.3.2 手动控制。操作人员在接收到火灾报警探测器的报警信号后，可以手动启动客车细水雾灭火装置，也可以在没收到探测器的报警信号，但收到车厢乘客的报警信息或者其他途径得到报警信息后手动启动客车细水雾灭火装置。

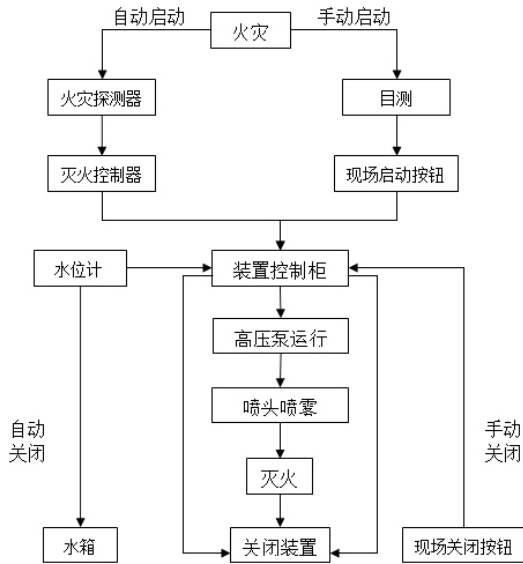


图1 控制方式示意图

5 探测器的选择与布置

探测器选择感烟探测器和感温探测器。

5.1 感烟探测器。该探测器内置专用处理芯片，灵敏度根据现场的不同环境在控制器中软件逐个进行编程设置，并将探测到的现场烟雾浓度变化以模拟量的形式在控制器上显示出来，探测器有良好的防护能力及抗电磁辐射干扰能力，系统对灰尘、温度、湿度等各种非火灾因素的变化自动进行补偿，从而确保灵敏度的稳定性，从根本上降低了探测器的误报率。具有磁铁测试功能，便于现场测试和检查，也可在控制器上远程测试。

5.2 感温探测器

感温探测器采用双热敏电阻和现代电子技术，提高

了探测器对温升的响应速度。报警温度88度，具有磁铁测试功能，便于现场测试和检查，也可在控制器上远程测试。每一探测器有二个发光二极管（LED）作为360度全方位可见指示灯。可通过控制器用命令码使LED锁定恒亮作为报警显示。同样可由控制器码解除恒亮恢复正常状态。作为可选附件的远程LED指示器（门灯）可以达到远程显示功能。

5.3 探测器布置。探测器和水雾喷头沿管路分布于各个车厢。每节车厢分为2-3个灭火区域。每个区域根据大小布置3-4个喷头，同时配3-4组探测器。只有发生火灾的区域，才释放细水雾进行灭火。

6 结束语

与其他的传统灭火器系统相比，客车细水雾灭火装置在应用过程中，其自身具有高效节能、环保无害的特点，是替代传统灭火设备的更好的选择，具有更广泛的前景。

参考文献

- [1]细水雾灭火装置（GA1149-2014）
- [2]细水雾灭火系统技术规范（GB 50898-2013）
- [3]NFPA 750-2015 Standard on Water Mist Fire Protection Systems[S]
- [4]细水雾灭火系统及部件通用技术条件(GB/T 26785-2011)
- [5]张培红、占欢.高压细水雾灭火系统抑制地铁列车车厢火灾的有效性[J].沈阳建筑大学学报, 2009.25(5): 42
- [6]李宝利,田亮. 高压细水雾系统的研究. 消防科学与技术,2000(1):11-13
- [7]刘锋.高压细水雾灭火系统在苏州地铁中应用的可行性研究[J].铁道标准设计,2008,(0S1):114-115.
- [8]陈浩,梅棋,张宇明,赵金勇.高压细水雾灭火系统在地铁站的应用[J].都市轨道交通,2008,(2):86-89.
- [9]高压细水雾自动灭火系统在地铁列车中的应用李晓东-《城市轨道交通研究期刊》-2012-12-4