

气体灭火系统在建筑消防中的应用研究

王海宾

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着城市化进程的不断加速和建筑结构的日益复杂,火灾防控在建筑安全中的地位显得尤为重要。气体灭火系统作为一种先进、高效的消防手段,因其无残留、迅速响应等特点,逐渐成为建筑消防工程中备受关注的技术方向。文中探讨气体灭火系统在建筑中的应用,从系统分类、原理与技术、应用注意事项等多个维度展开研究,以期为提升建筑火灾应对能力和保障人员生命安全提供科学依据。

[关键词] 气体灭火系统; 建筑工程; 消防设计

DOI: 10.33142/ec.v7i3.11402

中图分类号: TU892

文献标识码: A

Research on the Application of Gas Fire Extinguishing Systems in Building Fire Protection

WANG Haibin

Hebei Institute of Architectural Design & Research Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the continuous acceleration of urbanization and the increasing complexity of building structures, fire prevention and control play a particularly important role in building safety. As an advanced and efficient firefighting method, gas fire extinguishing systems have gradually become a highly concerned technical direction in building firefighting engineering due to their characteristics of no residue and rapid response. The article explores the application of gas fire extinguishing systems in buildings, and conducts research from multiple dimensions such as system classification, principles and technologies, and application precautions, in order to provide scientific basis for improving building fire response capabilities and ensuring personnel safety.

Keywords: gas fire extinguishing systems; construction engineering; fire protection design

引言

随着建筑结构的复杂化,传统的灭火手段在某些场景下已难以满足快速、无残留的灭火需求。气体灭火系统以其独特的工作原理和高效的灭火效果,成为一种备受瞩目的新型消防技术。然而,系统的复杂性和多样性也给其在建筑中的应用带来了一系列挑战,需要在系统设计、防护区划分等方面进行深入研究,以充分发挥其优势,为建筑提供更为全面的火灾防护解决方案。

1 常见气体灭火系统的分类

1.1 按灭火剂种类划分

气体灭火系统根据所采用的灭火剂种类可分为多类。首先是惰性气体类,如氮气(N_2)和氩气(Ar),其主要通过降低环境氧浓度来抑制火灾的发生。其次是卤代碳类,典型的代表是卤代烷烃,如六氟化硫(SF_6)和六氟化硫醚(CF_3Br),其作用主要通过化学反应中断火灾的链式反应。此外,还有甲烷(CH_4)和丙烷(C_3H_8)等碳氢化合物类灭火剂,它们通过降低火灾区域内的氧浓度和降温来实现灭火目的。

1.2 按灭火方式划分

气体灭火系统根据灭火方式的不同,可分为两大类。首先是化学抑制型气体灭火系统,这类系统通过引入化学灭火剂,如卤代烷烃或其他化合物,从而中断火灾的燃烧链条,达到灭火的效果。其次是物理抑制型气体灭火系统,

该类系统主要通过改变火灾区域的环境条件,如降低氧浓度或降温,从而阻止燃烧反应的进行,达到灭火的目的。

1.3 按防护区数量划分

气体灭火系统根据防护区数量的不同,可分为单区域灭火系统和多区域灭火系统两大类。首先是单区域灭火系统,其设计目标主要是应对相对独立、单一火源的场所,通过在特定区域释放灭火剂,迅速实现灭火效果。其次是多区域灭火系统,适用于复杂的建筑或需同时保护多个区域的情况。这类系统能够根据火灾的具体位置,在不同区域分别释放灭火剂,以更全面地控制火势扩散。

1.4 按存储装置压力划分

气体灭火系统根据存储装置压力的不同,可分为高压气体灭火系统和低压气体灭火系统两大类。首先是高压气体灭火系统,其特点是在储存和输送灭火剂时采用较高的压力,通常超过 300 MPa。这类系统适用于要求储存空间有限且需要快速释放大量的灭火剂的场所,如机房、实验室等。其次是低压气体灭火系统,其储存和输送灭火剂的压力一般在 50 MPa 以下。这类系统在一些对储存空间和设备压力要求较为敏感的场所中得到广泛应用,如电力设施和一些特殊环境下的建筑。

2 气体灭火系统的原理与技术

2.1 气体灭火系统的基本原理

气体灭火系统的工作机制关键在于其快速而精确的

火灾监测与响应能力。一旦系统探测到火灾的存在,便迅速启动,确保在火势蔓延之前采取有效措施。系统通过火灾探测器感知到火源释放的特定信号,包括温度升高、烟雾浓度上升等。一旦火灾信号被触发,系统即刻启动相应的控制单元。这个控制单元负责调度储存的灭火剂的释放^[1]。对于惰性气体系统,系统会以高速并均匀的方式将惰性气体(如氮气或氩气)释放到火源区域,降低局部氧气浓度,从而抑制燃烧。而对于卤代烷烃等化学灭火剂,系统会通过精确计量和控制释放这些剂量,以实现在火源附近形成灭火反应,中断火势的发展。整个工作机制强调了系统的实时性和高效性,确保在火灾爆发的早期阶段就能够迅速、精准地进行干预,最大程度地减小火灾造成的损失。

2.2 气体灭火系统的关键技术

2.2.1 监测与控制技术

气体灭火系统的监测与控制技术是确保系统能够快速、准确响应火灾信号的关键。现代气体灭火系统通常采用多种类型的火灾探测器,包括温度感应器、光电感应器和烟雾探测器等。控制单元负责对接收到的信号进行分析和判断,确认是否存在火灾,在确认火灾的存在后,控制单元迅速启动相应的灭火程序。现代检测与控制技术通常采用微处理器和智能算法,能够实现对火灾信号的高度敏感性和精准度,同时降低误报率^[2]。

2.2.2 储存与释放技术

储存与释放技术是气体灭火系统的关键组成部分,直接影响着系统的灭火效果和可靠性。对于灭火剂的储存方式,系统通常采用高压和低压两种方案。在高压气体灭火系统中,灭火剂以高压形式储存在强化容器内,这种方式适用于对储存空间有限要求较大的场所,如机房、电缆井等。而低压气体灭火系统则在较低的压力下储存灭火剂,适用于一些对储存空间和设备要求较为敏感的场所,如办公室、文档室等。释放技术涉及到释放装置的设计,如喷嘴、管道网络等。喷嘴的选择和布置需要根据建筑结构和火源特性进行精确的设计,以确保灭火剂在最短时间内覆盖整个火源区域。同时,释放速度的控制也是释放技术的重要组成部分,过快或过慢的释放都可能影响到系统的灭火效果。

2.2.3 系统集成技术

系统集成技术是气体灭火系统设计中的关键环节,通过合理整合火灾探测器、控制单元和智能算法,系统能够在检测到火源信号后快速准确地做出反应,启动相应的灭火程序,最大程度地减小灾害损失。系统集成需要确保储存的灭火剂在系统触发时能够迅速、均匀地释放到火源区域,以达到最佳的灭火效果。同时,释放装置的设计与监测与控制系统的协同作用,实现对火源位置、火势发展等信息的实时监测,提高系统的智能化水平。与火灾联动报警系统、建筑自动化系统等的有效集成,使得气体灭火系统能够更好地适应建筑结构和环境的复杂变化。

3 气体灭火系统应用注意事项

3.1 合理选择设备材料

在气体灭火系统的设计与应用中,选择合适的设备材料是确保系统性能和安全性的重要因素。储存容器是气体灭火系统的核心组成部分,其材料选择直接关系到系统的耐压性和密封性。常见的储存容器材料包括高强度的合金钢,其具有良好的机械强度和化学稳定性,能够承受高压下的灭火剂,并确保在系统运行中不泄漏。喷嘴和管道等释放装置通常采用不锈钢或耐腐蚀合金,以防止因腐蚀而影响其性能。控制单元和检测器的外壳材料也需要考虑防火、抗腐蚀等特性,通常采用金属外壳,如铝合金或不锈钢,以提高设备的防护性能,确保在恶劣环境下的可靠运行。

3.2 系统综合性设计优化

3.2.1 管网与喷嘴设计

在管网设计中,需要考虑火源区域的布局和建筑结构,确保管道网络能够覆盖到潜在的火灾发生区域。常见的管道材料包括不锈钢和耐腐蚀合金,这些材料具有抗腐蚀、抗压强度高的特点,确保在系统运行中不会因为腐蚀而导致管道破裂或泄漏。喷嘴的选择要考虑火灾场景的不同需求,采用不同类型的喷嘴^[3]。例如,高速喷嘴适用于需要快速灭火的场景,而扇形喷嘴则适用于需要覆盖大面积的场所。管网与喷嘴设计还需考虑灭火剂的流速和压力,确保在释放时能够实现所需的灭火浓度,需要根据建筑的特点和火源的可能位置,进行精确的流体力学分析,以保证灭火剂在喷嘴释放时能够达到理想的覆盖效果。

3.2.2 气瓶设计

气瓶是气体灭火系统中贮存灭火剂的关键组件,常见的气瓶材料包括高强度合金钢。设计师需要根据建筑的特点和火源可能的位置,确定合适的气瓶容量,以确保系统在灭火过程中有足够的灭火剂储备。同时,储存压力的选择要平衡系统性能和设备成本,高压能够提供更大的储存量,但也带来了更高的成本和技术难度。阀门需要能够在系统触发时迅速打开,确保灭火剂能够快速、均匀地释放到火源区域,阀门的材料和结构设计需要考虑到高压环境下的耐腐蚀性和密封性,以避免在灭火过程中出现故障。

3.3 加强安全检查与维护

在气体灭火系统的运行过程中,定期的安全检查是确保系统正常运行的基础,包括对火灾探测器、控制单元、管道网络、喷嘴、气瓶等各个组成部分的定期检查和测试。气体灭火系统的维护工作包括对储存容器的定期检修、阀门的清洁和润滑、喷嘴的清理和更换等工作。特别是对于气瓶的维护,需要定期检查其密封性能和耐压性能,确保在系统触发时能够可靠地释放灭火剂。操作人员需要了解系统的工作原理、各个部件的功能和维护注意事项。通过定期的培训,能够提高操作人员对系统的操作技能和应对突发情况的能力,减少因误操作而导致的潜在风险。详细记录系统的运行状况、维护情况和曾经发生的事故,有助于及

时发现问题、总结经验教训，并为系统的优化提供有力支持。

4 气体灭火系统在建筑中的应用

4.1 工程概述

气体灭火系统在建筑工程中提供高效、快速的火灾防护，并最大程度地减小火灾造成的损失。不同类型的建筑，如商业办公楼、工业厂房或数据中心，可能面临的火灾风险和灭火需求差异巨大。因此，工程概述阶段需要准确把握建筑的特点，明确灭火系统的应用场景和目标。根据建筑布局、房间用途等因素，合理划分防护区域，确保系统能够精准、迅速地响应火灾，将灭火剂投放到火源区域。对于灭火剂的选择，需要考虑火源类型、环境影响等多方面因素，确保选择的灭火剂能够在火灾中达到最佳效果。储存与释放技术的设计需要充分考虑建筑的功能和火源的特性，确保系统在触发时能够迅速、均匀地释放灭火剂。

4.2 防护区划分方案

在气体灭火系统的建筑应用中，防护区划分方案的设计至关重要，其目标是根据建筑功能和火源风险，科学合理地划分不同的防护区域，以确保在火灾发生时系统能够精准、迅速地响应火灾。不同区域面临不同类型的火灾风险，因此需要根据房间的用途和特性，明确每个区域的防护需求。例如，电缆井、机房等可能对电气设备的火灾风险更为敏感，需要更高效的防护措施。建筑的结构特点也是划分防护区的考虑因素。例如，大跨度空间、密闭空间等结构特点可能对灭火剂的扩散产生影响，需要在划分防护区时进行合理的考虑。在防护区划分方案中，还需要考虑人员疏散通道和安全出口的位置，确保防护区的划分不会影响人员的安全疏散，避免在灭火过程中对人员造成不必要的阻碍。不同类型的火源需要不同浓度的灭火剂，因此在划分防护区时需要根据火源的特性进行精准划分，以确保在系统触发时能够提供足够的灭火剂。

4.3 选择管网系统

在气体灭火系统的设计中，管网系统负责输送灭火剂，确保在系统触发时能够迅速、均匀地将灭火剂释放到火源区域。管道应根据建筑的结构和火源的分布进行合理布置，以确保在火灾发生时灭火剂能够覆盖到潜在的火源区域。管道的选择应考虑其抗腐蚀性、耐压性和导热性等因素，以确保系统在长时间的运行中能够保持良好的性能。管网系统的设计还需充分考虑建筑的特殊结构和使用需求。例如，对于大跨度的厂房或高层建筑，管道的布局需要更为复杂，以确保灭火剂能够迅速到达远离气瓶的区域。对于特殊用途的区域，如电气设备房，可能需要采用专门的管道设计，以保证灭火剂能够有效地抑制火源。选择管道材料也是管网系统设计的一个重要方面。常见的管道材料包括不锈钢和耐腐蚀合金，这些材料具有较好的抗腐蚀性和耐压性，适用于气体灭火系统的要求。合理选择连接方式和阀门类型能够提高系统的灵活性，使其更适应不同场景的需要。阀门的选择需要考虑其密封性和快速响应性，以确保在系统触发

时能够迅速打开，灭火剂能够快速、均匀地释放到火源区域。

4.4 灭火设计浓度与灭火剂使用方法

在气体灭火系统设计中，灭火设计浓度和灭火剂使用方法是确保系统在火灾发生时能够高效灭火的关键因素。设计师需要根据建筑的用途、存放物品种类、火源的特性以及灭火剂的类型，科学计算并确定每个防护区域的灭火浓度。浓度的选择应综合考虑火源的大小、形状和特殊环境因素，确保在释放时灭火剂能够达到最佳的混合效果，将火源迅速扑灭。灭火剂的释放方式需根据建筑的存放物品种类和防护区域的特点进行科学选择。例如，对于高层建筑，可能需要采用分段释放的方式，以确保灭火剂能够覆盖到整个区域。对于特殊场所，如电气设备房，可能需要采用点对点的定向喷射方式，精准地覆盖火源。对于一些需要长时间使用的区域，例如数据中心，设计师还需考虑灭火剂的可再生性。

4.5 灭火剂用量计算

灭火剂的用量计算是气体灭火系统设计中的关键步骤，它直接影响到系统在火灾发生时能够提供足够的灭火效果。建筑的不同部位有不同的几何形状和体积，因此需要对每个防护区域进行详细的测算，包括测算房间的长、宽、高等参数，确保计算的结果精准反映实际情况。不同类型的火源对应不同的灭火剂用量需求。例如，电气设备的火灾和普通材料的火灾可能需要不同浓度的灭火剂。因此，在用量计算中需要根据火源的特性进行科学评估，确定合适的灭火剂浓度。不同类型的灭火剂在空气中的扩散速度和浓度分布特点可能不同，因此需要充分考虑灭火剂的释放方式，确保系统释放时能够实现预期的灭火效果。根据灭火系统的设计，确定系统触发的条件，例如温度、火灾检测器的响应时间等。用量计算要确保在系统触发后，灭火剂能够在规定时间内充分覆盖火源区域。

5 结语

气体灭火系统在建筑中的应用研究不仅涉及到丰富的理论知识，更需要在实践中注重细节，不断优化设计，以确保系统在面对多样化火灾场景时能够做出高效、迅速的响应。通过持续的技术创新和实践经验的积累，气体灭火系统将继续为建筑消防领域提供强大的火灾防护能力，确保人员和财产的安全。

【参考文献】

- [1]李曜坤,刘敏.浅谈MRI机房的气体泄露报警及气体灭火系统的控制[J].现代建筑电气,2022,13(8):59-64.
- [2]张琳,杨坚鑫.无管网悬挂式贮压超细干粉灭火系统设计[J].科技资讯,2022,20(23):94-97.
- [3]周平,董海斌,弋建州.惰性气体灭火系统选择阀与减压装置优化设计研究[J].消防科学与技术,2023,42(5):686-688.

作者简介:王海宾(1984.5—),男,汉族,毕业学校:合肥工业大学,现工作单位:河北建筑设计研究院有限责任公司。