

# 基于安全工程的消防机电设备维保检测技术探讨

李细业

广东 佛山 528244

DOI:10.61369/ME.2025080008

**摘 要：** 本文围绕消防机电设备展开，阐述安全工程理论在其管理中的意义，强调安全标准与检测指标重要性。介绍 FMEA 在维保的应用，构建全生命周期风险管理体系，提出预防性维护等策略及物联网等技术应用，结合案例分析，指出智慧消防等创新方向及未来发展趋势。

**关 键 词：** 消防机电设备；安全工程；维保检测

## Exploration of Maintenance and Testing Technology for Fire Mechanical and Electrical Equipment Based on Safety Engineering

Li Xiye

Foshan, Guangdong 528244

**Abstract：** This article focuses on fire mechanical and electrical equipment, elaborating on the significance of safety engineering theory in its management, emphasizing the importance of safety standards and detection indicators. Introduce the application of FMEA in maintenance, establish a full lifecycle risk management system, propose preventive maintenance strategies and IoT technology applications, and combine case analysis to point out innovative directions and future development trends such as smart fire protection.

**Keywords：** firefighting electromechanical equipment; safety engineering; maintenance and testing

### 引言

2021 年颁布的《“十四五”国家消防工作规划》强调提升消防本质安全水平。消防机电设备的安全稳定运行对消防安全意义重大。安全工程理论为其管理提供支撑，国标 GB50116 等规范确立安全标准与检测指标。故障模式与效应分析助力探究设备失效机理，构建全生命周期风险管理体系可降低各阶段风险。预防性维护策略、预测性检测技术等不断发展，物联网感知、人工智能诊断等先进技术以及 BIM 技术、移动巡检系统广泛应用。典型案例凸显维保检测重要性，不同场景下设备维护各有特点，智慧消防平台、区块链技术推动运维管理创新，未来安全工程技术将朝着更高自动化、智能化及跨学科方向发展。

### 一、消防机电设备安全工程基础

#### （一）消防机电设备构成与安全工程理论

消防机电设备主要由火灾自动报警系统、消防联动控制系统、消防泵、防排烟设备等构成。火灾自动报警系统能敏锐感知火灾初期的烟雾、温度变化，及时发出警报；消防联动控制系统则可在报警后迅速启动相关消防设备。消防泵负责提供灭火所需的水压和水量，防排烟设备保障火灾时人员疏散通道的安全。安全工程理论在消防机电设备管理中具有重要意义，它运用系统工程原理和方法，对设备从规划、设计到运行、维护的全生命周期进行风险分析与评估，通过可靠性分析、故障模式与影响分析等手段<sup>[1]</sup>，明确设备潜在风险，从而制定针对性的安全措施，确保消防机电设备在关键时刻可靠运行，有效发挥灭火救援和保障人员生命财产安全的作用。

#### （二）安全标准与检测指标

在消防机电设备安全工程领域，安全标准与检测指标至关重要。国标 GB50116 等规范对设备安全参数设置提供了依据。这些参数的设定是基于对设备性能、使用场景以及可能面临的火灾风险等多方面综合考量。例如，针对消防报警系统，其灵敏度参数设置需保证能在火灾初期及时准确检测到火源信号。同时，性能退化阈值设定方法也有严格要求。通过科学评估设备在正常运行过程中各项性能指标随时间、使用频率等因素的变化规律，确定一个合理的退化阈值。一旦设备性能指标接近或超出该阈值，就意味着设备可能存在安全隐患，需及时进行维护或更换。这些标准和指标的确立，为消防机电设备的安全稳定运行奠定基础，有力保障消防安全<sup>[2]</sup>。

## 二、安全工程技术在设备维保中的应用

### （一）故障模式与效应分析

故障模式与效应分析（FMEA）可有效应用于消防机电设备维保，助力探究关键设备失效机理。以消防泵组为例，通过FMEA分析，可全面识别如泵体故障、叶轮损坏、密封泄漏等可能的故障模式。针对这些故障模式，分析其对消防系统运行产生的影响，如导致消防用水供应不足、灭火效率降低等。对报警控制器而言，可识别出如信号接收故障、误报警、死机等故障模式及其后果，像无法及时准确传递火灾信息，误导消防行动等。借助FMEA，深入剖析消防泵组、报警控制器等关键设备失效机理，为提前制定针对性的维保策略提供依据，降低设备故障风险，保障消防机电设备稳定可靠运行<sup>[3]</sup>。

### （二）全生命周期风险管理

基于安全工程构建消防机电设备全生命周期风险管理体系，要构建覆盖设计安装、运行维护到报废处置的全过程风险控制模型<sup>[4]</sup>。在设计安装阶段，需全面评估设备选型、布局等对后续安全运行的潜在影响，依据风险评估结果优化设计方案，从源头降低风险。运行维护阶段，利用安全监测技术实时收集设备运行参数，通过数据分析及时察觉异常，判断风险程度并采取针对性维护措施。到了报废处置阶段，同样不能忽视风险，规范拆解、回收等流程，防止有害物质泄漏或环境污染等风险。通过这种全生命周期风险管理，确保消防机电设备在各个阶段都处于安全可靠状态，最大程度降低潜在风险，保障消防安全。

## 三、维保检测技术体系构建

### （一）系统化维保方案设计

#### 1. 预防性维护策略

预防性维护策略旨在通过对消防机电设备故障历史数据的深度剖析，制定出更具针对性的维护周期优化算法。收集并整理设备过往故障数据，包括故障发生时间、故障类型、维修措施等。运用数据分析技术，如可靠性分析、故障模式与影响分析（FMEA）等，挖掘设备故障规律，找出影响设备可靠性的关键因素<sup>[5]</sup>。基于这些分析结果，建立维护周期优化算法，综合考虑设备运行状况、使用环境、重要性等因素，动态调整维护周期。对于关键且易出故障的设备，适当缩短维护周期；对运行稳定的设备，合理延长维护周期。如此，既能确保设备安全可靠运行，又能有效降低维护成本，实现消防机电设备预防性维护的精准化与科学化。

#### 2. 预测性检测技术

预测性检测技术旨在提前发现消防机电设备潜在故障，防患于未然。开发融合振动分析、红外成像的多参数设备状态评估系统是关键举措。振动分析可通过监测设备振动频率、幅度等参数，判断设备内部结构是否松动或磨损，因为异常振动往往是设备故障的早期信号。红外成像则能检测设备表面温度分布，发现因电阻异常、接触不良等导致的局部过热问题。将这两种技术融

合，能从不同维度获取设备状态信息，实现对设备运行状况更全面、准确的评估。依据这些多参数数据，建立科学的评估模型，预测设备未来一段时间的性能变化趋势，提前制定维保计划，提高消防机电设备的可靠性与安全性<sup>[6]</sup>。

### （二）智能化检测技术发展

#### 1. 物联网感知技术

物联网感知技术在消防机电设备维保检测中发挥着关键作用。研究无线传感网络在设备温度、压力等关键参数实时监测中的应用意义重大<sup>[7]</sup>。借助无线传感网络，可实现对消防机电设备温度、压力等参数的高效采集。传感器节点被布置在设备关键部位，能够精确感知温度与压力变化。这些采集到的数据通过无线通信方式传输至数据处理中心，实现实时监测。一旦参数超出正常范围，系统可及时发出警报，使维保人员迅速定位问题设备，采取相应措施。这种物联网感知技术的应用，极大提高了消防机电设备维保检测的及时性与准确性，能有效预防因温度、压力异常引发的安全事故，为消防机电设备的稳定运行提供有力保障。

#### 2. 人工智能诊断算法

在消防机电设备的维保检测中，人工智能诊断算法发挥着关键作用。基于深度学习构建设备异常模式识别与故障预警模型，是当前智能化检测技术发展的重要方向<sup>[8]</sup>。通过对大量消防机电设备运行数据的收集与分析，运用深度学习算法挖掘数据特征，实现对设备异常模式的精准识别。例如，卷积神经网络（CNN）能有效处理图像类数据，可用于分析消防设备外观的异常状况；循环神经网络（RNN）及其变体如长短期记忆网络（LSTM），对处理具有时间序列特性的设备运行数据有良好效果，能及时捕捉设备运行参数的变化趋势，提前预警潜在故障。这些人工智能诊断算法为消防机电设备维保检测提供了更高效、准确的技术手段，有力保障设备安全稳定运行。

## 四、安全应急技术创新实践

### （一）维保流程优化

#### 1. BIM技术应用

在消防机电设备维保流程优化中，BIM技术发挥着关键作用。借助BIM技术，能够建立设备的三维数字化模型，直观呈现设备的空间位置、结构关系及运行参数等信息<sup>[9]</sup>。这使得维保人员可在虚拟环境中全方位查看设备细节，提前规划维保路径，精准定位故障点，有效避免因空间布局复杂而导致的维保遗漏或错误。同时，基于BIM模型，还能实现维护过程的可视化管控。将维保计划、流程及操作规范等信息与模型关联，维保人员在实际操作时可随时查阅，确保维保工作严格按标准执行。而且，通过BIM技术记录每次维保的时间、内容及结果，形成完整的设备维护历史档案，为后续设备管理和性能评估提供有力依据，显著提升消防机电设备维保的效率与质量。

#### 2. 移动巡检系统

移动巡检系统是维保流程优化的关键一环。通过引入该系统，可有效提升消防机电设备巡检的效率与准确性。借助移动设

备，巡检人员能够实时获取设备信息，包括设备位置、规格参数、历史维护记录等<sup>[10]</sup>。同时，利用移动巡检系统的拍照、录像功能，能及时记录设备运行状态与存在的问题，为后续分析提供详实资料。系统还能依据设备重要性、运行状况等设定巡检路线与周期，确保巡检工作有序进行。此外，移动巡检系统可实现数据实时上传，使管理人员能远程监控巡检进度与结果，及时做出决策，从而进一步优化维保流程，保障消防机电设备的稳定运行。

### （二）安全评估案例

#### 1. 高层建筑案例

以某超高层综合体为例，在消防系统联动测试时，发现诸多典型安全隐患。火灾自动报警系统中，部分探测器灵敏度降低，误报率增加，影响对火灾的精准探测。消防电梯方面，在模拟火灾时，电梯的迫降功能出现故障，无法确保在紧急情况下为人员提供安全的疏散通道。防排烟系统中，部分风口开启不灵活，导致排烟量不足，不能有效排出烟雾，影响人员逃生与消防救援。消火栓系统存在水压不稳定问题，在联动测试时，部分楼层消火栓出水压力无法满足灭火需求。这些隐患严重威胁超高层建筑的消防安全，通过对该高层建筑案例的分析，凸显出对消防机电设备进行维保检测的重要性，也为后续针对性技术改进与创新提供了现实依据。

#### 2. 工业设施案例

在化工企业中，防爆型消防机电设备的安全运行至关重要。这类设备的特殊维护要求体现在诸多方面。因其所处环境存在易燃易爆物质，对设备的密封性要求极高，需定期检查密封垫圈等部件，防止因老化等问题导致气体或粉尘泄漏，引发爆炸风险。从技术对策来看，针对防爆电机，要检查其接线盒的密封性能以及绕组绝缘情况，避免因电气故障产生火花。对于防爆照明设备，需关注灯罩的完整性与透光性，及时更换损坏部件。同时，采用先进的无损检测技术，如红外热成像检测设备的发热情况，提前发现潜在故障。定期对设备进行全面安全评估，综合分析设备运行数据，制定针对性的维护计划，确保化工企业防爆型消防机电设备始终处于安全可靠的运行状态，有效防范火灾爆炸等安全事故。

### （三）运维管理创新

#### 1. 智慧消防平台

智慧消防平台融合了先进的信息技术与消防业务需求。该平台

利用物联网技术，实时采集消防机电设备的运行数据，如温度、压力、电流等关键参数，实现对设备状态的精准监测。借助大数据分析，可预测设备可能出现的故障，提前发出预警，便于运维人员及时安排检修，降低故障发生率。同时，智慧消防平台具备应急指挥功能。一旦发生火灾，平台能迅速整合现场信息，包括消防设施分布、火势蔓延情况等，为指挥人员提供科学决策依据，快速制定最佳灭火救援方案，调配救援力量，提高应急响应速度与处置效率，全面提升消防机电设备的运维管理水平与安全保障能力。

#### 2. 区块链技术应用

在消防机电设备维保检测的运维管理创新中，区块链技术发挥着重要作用。区块链具有去中心化、不可篡改、可追溯等特性，将其应用于维保记录存证，能有效解决责任追溯难题。利用区块链技术，每次维保检测的详细信息，包括时间、人员、设备状况、维修内容等，都会以加密形式存储在链上。这些数据一旦记录便无法被篡改，任何修改都会留下痕迹并被全网节点知晓。当出现消防事故需要追溯责任时，可通过区块链快速准确获取真实可靠的维保记录，清晰界定各方责任，避免因记录不实或丢失导致的责任推诿现象，为消防机电设备维保检测责任追溯提供坚实的技术保障，提升整体运维管理的安全性与可靠性。

## 五、总结

在消防机电设备维保检测领域，安全工程技术正发挥着日益关键的作用。从传统的人工巡检到如今借助物联网、大数据等先进技术的智能检测，安全工程技术实现了诸多创新应用。一方面，通过实时监测设备运行数据，能精准定位潜在故障隐患，提前预警并采取措施，极大提升了维保的效率与准确性。另一方面，借助智能算法对历史数据进行深度分析，为设备的长期维护策略提供科学依据。未来，智能检测技术应朝着更高的自动化、智能化水平发展，如研发具备自主诊断、自我修复能力的系统。同时，跨学科研究不可或缺，结合材料科学、电子工程等多学科知识，推动消防机电设备在性能、可靠性方面实现新突破，从而为消防安全提供更坚实的保障。

## 参考文献

- [1] 冯磊. 基于故障预测技术的 WH 企业物流设备维保研究 [D]. 山东大学, 2021.
- [2] 朱飞翔. 基于惯性导航技术的消防室内三维定位系统设计 [D]. 西南交通大学, 2021.
- [3] 黄姗姗. 基于大数据的汽车维保模式研究 [D]. 重庆交通大学, 2021.
- [4] 钟依欣. 基于机电设备运维知识图谱的智能搜索技术研究 [D]. 北京交通大学, 2021.
- [5] 申普. 基于边缘智能的机电设备故障检测服务研究 [D]. 桂林电子科技大学, 2021.
- [6] 张纪华. 建筑消防机电设备的安装与管理分析 [J]. 中国设备工程, 2024(2): 63-65.
- [7] 王琪杰. 针对高层建筑消防机电设备的安装与维护分析 [J]. 模型世界, 2021(20): 86-88.
- [8] 王冰. 医院消防机电设备安装及维护管理措施 [J]. 中国设备工程, 2021(7): 79-80.
- [9] 高丕. 建筑消防设施维护保养检测中的问题及改进措施 [J]. 今日消防, 2023, 8(2): 11-13.
- [10] 马浩. 农村饮水安全工程施工技术的探讨 [J]. 智能城市, 2021, 7(1): 165-166.