

超高层建筑消防水泵系统效能提升技术

穆 健¹ 高文静²

1. 中国建筑第八工程局有限公司华北公司 天津 300171

2. 中建八局第二建设有限公司 山东济南 250014

摘要: 随着城市化进程加速,超高层建筑如雨后春笋般在世界各地崭露头角,它们不仅彰显了人类建筑技术的辉煌成就,同时也对消防提出了前所未有的挑战。就超高层建筑的消防系统设计而言,消防水泵系统作为核心组成部分,其效能直接关系到火灾应对的及时性和有效性。然而,传统消防水泵系统在面对超高层建筑时,时不时的出现压力不足、供水不稳定等问题,因此,有必要积极探索新的技术,稳步提升其效能。本研究深入探讨超高层建筑消防水泵系统效能提升的技术途径,希望为保障超高层建筑消防提供有力支持。

关键词: 超高层建筑;消防水泵系统;效能提升

一、超高层建筑消防水泵系统概述

(一) 超高层建筑消防水泵系统的组成

1. 消防水泵

(1) 安装准备

保证水泵安装基础的尺寸、位置和标高符合工程设计要求,认真清点泵的零件和部件,确保无缺件、损坏和锈蚀,核对好泵的主要安装尺寸。

(2) 安装过程

就整体安装的泵而言,纵向安装水平偏差不应大于0.10/1000,横向安装水平偏差不应大于0.20/1000,当电动机与泵连接时,以泵的轴线为基准找正,使得轴线偏差不得超过0.05mm。

(3) 调试与试运行

将电机与水泵联轴器分离,单独试转电机,检查转向及声音是否正常,无异常噪音后连接联轴器,手动盘车检查水泵转动情况。启动水泵,观察液压力表,保证输出液压在正常范围内。

2. 电机

(1) 电机选型与检查

根据消防水泵的功率需求(如75kW)和转速要求(如1450rpm),选择匹配的电机型号。检查电机外观无损伤,绝缘等级符合设计要求(如F级绝缘)。

(2) 安装与接线

电机借助地脚螺栓固定在基础上,使得水平度偏差不得超过0.1/1000。按照电机接线图进行接线,从而实现电源线路正确无误,接地电阻小于4Ω。

(3) 调试与保护

在无负载情况下启动电机,检查旋转方向、声音及振动情况,空载电流不超过额定电流的30%。合理设置热继电器等过载保护装置,动作电流设定为电机额定电流的1.2倍。

3. 控制柜

(1) 设计与制作

根据消防水泵系统需求设计控制回路,包括主回路、控制回路和保护回路。灵活采用不锈钢或冷轧钢板制作控制柜,保证防护等级达到IP54。

(2) 安装与接线

按图纸安装断路器、接触器、继电器等元件,既要做到固定牢固,也要实现接线端子无松动。在控制逻辑接线的情况下,达到控制信号准确无误的效果。

4. 管网

(1) 管材选择与预制

结合系统压力 and 设计要求精心选择管材,按图纸进行切割、套丝、焊接等预制加工,推动管道尺寸和连接方式符合标准。

(2) 安装与支吊架设置

从消防水池或水箱引出干管,沿建筑结构布置,让坡度符合要求(如不小于0.005)。根据管道直径和跨度

作者简介: 穆健(1982—),男,汉族,辽宁大连市人,本科,中国建筑第八工程局有限公司华北分公司,高级工程师,安全管理。

合理设置支吊架，最大间距不超过8m。

5. 阀门

(1) 阀门选型与采购

聚焦于系统压力和流量要求，有针对性的选择闸阀、蝶阀等阀门类型。检查期间，要实现阀门外观无损伤，密封面无锈蚀，阀杆操作灵活。

(2) 安装与调试

根据系统设计图纸确定阀门安装位置，像是水泵进出口、管网分支处等都包含在内。安装后，要手动操作阀门，有效检查开关灵活性和密封性。

(二) 工作原理

1. 启动流程

(1) 电源检查与准备

确认消防水泵系统主电源已接通，电压稳定。通过控制面板检查电机、水泵及控制线路是否正常，无故障报警。

(2) 开启进水阀门

手动或自动开启消防水池或水箱至水泵的进水阀门，保障水流顺畅。仔细观察水位计，水池或水箱水位不得低于最低水位线。

(3) 启动消防水泵

利用消防控制室或现场控制柜发出启动信号，信号传输时间不超过1秒。接收到启动信号后，消防水泵在55秒内投入正常运行，伴有轻微振动和稳定噪音。

启动后，立即观察压力表，确认出水压力达到设定值。

2. 运行模式

(1) 自动运行模式

当消防系统检测到火灾信号，如烟雾探测器报警，自动启动消防水泵。通过压力开关、流量开关等直接启动消防水泵，启动时间不超过2分钟。主泵故障时，备用泵自动切换投入运行，切换时间在30秒以内。

(2) 手动运行模式

消防控制室人员在控制盘手动启动水泵后，直接控制单元响应时间不超过1秒。现场人员按下控制柜上的启动按钮，手动启动水泵，确认按钮动作无误。

(3) 应急运行模式

在电气控制失效时，要利用机械应急装置手动启动水泵，保证5分钟内水泵正常工作。

3. 停止过程

(1) 关闭出水阀门

手动或自动关闭消防水泵的出水阀门，切断水流输出。同时，观察阀门指示器，确认阀门已完全关闭。

(2) 发出停止信号

在消防控制室或现场控制柜作用下发出停止信号，信号传输时间要在1秒以内。接收到停止信号后，消防水泵在数秒内平稳停止运行。

(三) 超高层建筑对消防水泵系统的特殊要求

1. 水压要求

(1) 设计计算

结合超高层建筑的高度、消防给水系统的布局及消防设备的需求，利用公式计算所需水压。对于高度超过300米的建筑，顶层消火栓所需静水压力将超过1.0MPa。

(2) 水泵选型

科学计算需求压力，选择能够满足要求的高压消防水泵，当前，一般选择多级离心泵或柱塞泵。

2. 水量要求

(1) 消防用水量计算

根据《高层民用建筑设计防火规范》等相关标准，结合建筑高度、面积及功能，计算室内外消防用水量。例如，一类高层建筑的室内消火栓用水量为40L/s，自动喷水灭火系统用水量为30L/s。

(2) 水池与水箱设计

在消防用水量计算结果指引下，设计足够容量的消防水池，有效保证火灾期间消防用水的持续供应。正确设置高位消防水箱，其有效容积需满足初期火灾扑救的需要。

3. 可靠性要求

(1) 冗余设计

消防水泵系统应设置备用泵，一般情况下不少于两台，且工作能力不应小于其中最大一台工作泵。

(2) 定期检测与维护

定期对消防水泵及其附属设备进行检查，像是电机、轴承、密封件等都包含在内，使其处于良好状态。

二、超高层建筑消防水泵系统效能影响因素

(一) 水泵性能

1. 水泵类型与特点

(1) 类型选择

离心泵之所以适用于超高层建筑消防系统，主要是因其结构简单、流量大、扬程范围广。在高扬程需求较小而流量需求较大的场合，可考虑轴流泵或混流泵，但需注意其在超高层建筑中的适用性有限。

(2) 特点分析

多级离心泵能够通过多级叶轮逐级提升压力，每级叶轮效率可达85%–90%，总效率取决于级数及各级效率乘积。同时，根据现场条件选择，干式安装水泵电机位于水面上，维护方便但价格较高；湿式安装则电机潜入水中，价格较低但维护复杂。

2. 水泵的流量–扬程特性

(1) 性能曲线绘制

借助实验或计算获取水泵的流量(Q)–扬程(H)特性曲线，通常表现为一条向下倾斜的曲线。例如，某型号多级离心泵在额定流量80L/s时，扬程可达120m。

(2) 曲线分析

在分析曲线形状时，理想曲线应平滑无驼峰，确保在不同流量下均能高效运行。同时，注意曲线上的拐点，拐点处水泵效率急剧下降，应避免在此区域运行。

3. 水泵的效率

(1) 效率计算

水泵效率包括机械效率、容积效率和水力效率三部分。首先实际测试或理论计算获取各部分效率值，接着再相乘得到总效率。

(2) 影响因素分析

受设计与制造效果影响，后期对其影响较小。容积效率与叶轮密封环、级间泄漏等因素有关，长期运行后间隙增大导致效率下降。定期检查维护，减少泄漏损失。水力效率受水力摩擦和局部阻力损失影响，长期运行后叶轮磨损加剧水力损失。优化水流通道的流道设计，减少阻力损失。

(二) 电机性能

1. 电机类型与选择

(1) 类型确定

超高层建筑消防水泵系统习惯采用鼠笼式异步电动机，其具有结构简单、运行可靠、维护方便的特点。针对大型水泵，建议选用高压异步电动机。在某些特殊场合，如需要精确控制转速或功率因数时，可考虑同步电动机。

(2) 性能参数匹配

通常，电机额定功率应略大于水泵轴功率，从而保障电机在负载变化时仍能稳定运行。例如，水泵轴功率为150kW时，建议选用160kW或185kW的电机。

2. 电机的功率与转速

(1) 功率计算

结合水泵的流量、扬程和效率等参数，利用公式

$P=Q \times H \times \rho \times g / \eta$ 计算所需电机功率。其中，Q为流量(m^3/s)，H为扬程(m)， ρ 为水的密度(kg/m^3)，g为重力加速度(m/s^2)， η 为水泵效率。

(2) 转速匹配

从当前情况来看，转速越高，水泵的流量和扬程越大，但能耗也相应增加。因此，需在满足需求的前提下，尽量选择较低转速的电机，从而稳步提高系统效率。

3. 电机的启动方式

(1) 直接启动

对于功率较小(一般小于75kW)的电机，要灵活采用直接启动方式。尽管直接启动简单可靠，但启动电流较大，容易对电网造成冲击。因此，要保证电网容量足够大，进而承受启动电流冲击。

(2) 软启动

软启动器借助控制电机输入电压的变化率实现平滑启动，既可以进一步减小启动电流冲击，又能够延长电机和设备使用寿命。

(三) 管网布置与阻力

1. 管网的拓扑结构

(1) 系统设计

超高层建筑消防水系统一般采用环状管网与竖向分区相结合的方式。以环状管网设计为例，要考虑消防水泵、水箱、转输泵等关键节点布局，形成闭合回路，减少单点故障风险。

(2) 分区供水

根据建筑高度和消防用水量需求，合理划分供水区域。每个分区要设置独立的消防水泵和高位消防水箱，进一步保证各分区消防供水的独立性和可靠性。

2. 管道材质与直径

(1) 材质选择

超高层建筑消防水管网经常使用无缝钢管或铸铁管，承压能力强、耐腐蚀性好是其典型特征。对于湿式自动喷水灭火系统，建议采用镀锌钢管。

(2) 直径计算

管道直径要根据消防用水量、流速和水泵扬程等因素综合确定。当前，主要采用公式 $DN=K \cdot Q^{0.5} / V$ 进行计算，其中DN为管道直径，K为系数(一般为0.85)，Q为消防用水量(L/s)，V为流速(一般为1.5m/s)。结合建筑高度和火灾风险等级，消防水管直径一般为DN100及以上。例如，在高度超过100米的超高层建筑中，消防立主管直径可选择DN150或更大。

三、超高层建筑消防水泵系统效能提升技术

(一) 优化水泵选型与配置

1. 基于建筑高度和消防需求的水泵选型方法

(1) 确定消防需求

根据超高层建筑的高度、面积、使用性质等因素，确定消防用水量。

(2) 选择水泵类型

对于超高层建筑而言，建议采用离心式消防水泵，是其流量大、扬程高的特点得到有效展现。

2. 多泵并联运行的优化配置

(1) 确定并联泵数量

结合消防用水量和单泵性能参数，计算所需并联泵的数量。若单泵流量为100L/s，消防用水量为300L/s，则至少需要3台泵并联运行。

(2) 优化泵的组合方式

当采用大小泵搭配方式后，既可以满足大流量需求，又能够适应小流量工况。

(二) 改进电机性能

1. 高效电机的选用

(1) 市场调研与选型

一方面进行市场调研，另一方面对比不同品牌、型号的高效电机性能参数，像是效率、功率因数、温升等都包含在内。

(2) 性能验证与测试

在选定高效电机后，有序进行空载和负载运行下的效率、温升、噪音等实际性能测试。

2. 电机调速技术的应用

(1) 调速技术选择

选择最为合适的电机调速技术，系统分析不同调速技术的效率、响应速度等因素，从而找到理想的消防水泵系统的调速方案。

(2) 调速系统设计

设计合理的调速系统，确保调速系统能够满足消防水泵系统在不同工况下的调速需求，并具有良好的稳定性和可靠性。

3. 电机的节能运行模式

(1) 运行模式分析

有针对性的分析消防水泵系统的实际运行工况，确定电机的不同运行模式，如连续运行、间歇运行、变频运行等。客观评估不同运行模式下的能耗情况，找出潜在的节能空间。

(2) 节能策略制定

根据分析结果，制定电机的节能运行策略，当前，像是采用间歇运行模式减少无谓能耗、利用变频技术实现按需供能等均具有重要作用。

结束语

综上所述，通过深入研究和探索超高层建筑消防水泵系统效能提升技术，不仅有助于提高系统的运行效率，还大幅度增强了其稳定性和可靠性。这些技术的应用，为超高层建筑的消防提供了坚实的保障，使得居民和工作人员能够在更加稳定的环境中生活和工作。然而，技术的进步永无止境。只有不断创新和完善，才能确保消防水泵系统始终与时俱进，满足日益增长的消防需求。因此，要继续致力于消防水泵系统效能提升技术的研究和开发，为超高层建筑的消防贡献更多的力量。

参考文献

- [1] 李韵. 超高层建筑消防给水系统浅谈[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (30): 82-84.
- [2] 陈金求. 超高层建筑给排水及消防设计分析——以创智云城项目4标段为例[C]// 中国建筑学会建筑给排水研究分会, 中国建筑学会建筑给排水研究分会第四届第二次全体会员大会暨学术交流会议论文集(下册). 深圳市建筑设计研究总院有限公司, 2023: 8.
- [3] 张振林. 超高层建筑消防给水系统的可靠性应用研究[J]. 广东建材, 2023, 39(05): 87-90.
- [4] 况东. 超高层建筑消防给水监控子系统的研究及设计[J]. 现代建筑电气, 2023, 14(02): 52-56.
- [5] 樊浩. 超高层建筑消防传输水泵控制设计探讨[J]. 建筑电气, 2021, 40(11): 35-39.