

消防泵电动机过载原因分析及解决方法探讨

许文建

洪恩流体科技有限公司

DOI:10.32629/jsse.v3i4.17869

[摘要] 为解决普通消防泵电动机过载问题,提高消防给水系统的可靠性,本文借鉴FM1371、UL448、NFPA20相关消防泵的标准,基于消防给水系统各种工况下的运行特点,提出按照消防泵流量-功率曲线上的峰值点配套电动机功率,以达到消防泵全曲线运行的基本要求。本文基于国内消防泵标准的更迭,指出了造成消防泵电动机过载的根本原因,并基于消防给水系统水力特性重点分析了造成电动机过载的主要原因。分析表明:低背压启动、无背压启动、火灾时消防用水量增加等是造成普通消防泵电动机过载的主要原因。

[关键词] 电动机过载; 根本原因; 主要原因; 标准; 峰值点

中图分类号: TM32 **文献标识码:** A

Analysis and Discussion of Solutions for Fire Pump Motor Overload

Wenjian Xu

Grace Fluid Technology Co., Ltd

[Abstract] In order to solve the problem of ordinary fire pump motor overload and to improve the reliability of the fire water supply system, this paper draws on the standards of FM1371, UL448, NFPA20 related fire pumps, and proposes to configure the motor power according to the peak point on the fire pump flow-power curve. Based on the operating characteristics of various working conditions of the fire water supply system, it is proposed to match the motor power according to the peak point on the flow power curve of the fire pump to meet the basic requirements of the full curve operation of the fire pump, and analyzes the main causes of motor overload based on the fire water supply system. The analysis shows that: low back pressure start, no back pressure start, increase in fire water consumption during fire disaster, etc. are the main reasons for the overload of ordinary fire pump motors.

[Key words] Motor overload; Root cause; main causes; standards; peak point

引言

根据1999年实施的《消防泵性能要求和试验方法》GB 6245-1998要求^[1],在吸深0 m时,消防泵应满足额定流量(Q)和设计工作压力(P)的要求。该标准是国内首个对电动机消防泵的性能要求和试验方法提出要求的国家标准,不足之处是该标准只考虑了0流量到Q的消防泵运行区间。在0流量到Q区间运行,且轴功率曲线呈递增趋势时,消防泵只能满足0流量到Q的运行区间需求,但基于GB6245-1998测试的消防泵,未完全考虑实际运行工况需求,消防泵实际出水量由不同火灾规模下实际用水量确定,不受人为设定因素影响,在实际灭火救援过程中,其火灾实际消防用水量(Q_x)会远超过额定流量Q,这也导致消防泵很容易过载,甚至出现电机烧毁情况。

2006年12月1日正式实施的现行国家标准《消防泵》GB 6245-2006对电动机消防泵的性能要求和试验方法作了新的规

定^[2]。根据要求,在吸深1m时,消防泵应满足Q和P的要求,且在泵出流量为1.5Q时工作压力不应小于0.65P。与《消防泵性能要求和试验方法》GB 6245-1998相比,《消防泵》GB 6245-2006对电动机消防泵的要求有了明显提高,不足之处是只考虑了0流量到1.5Q的消防泵运行区间,流量-功率曲线呈递增趋势,未考虑流量大于1.5Q运行的工况,仍存在消防泵大流量运行时过载的风险。

2014年实施的《消防给水及消火栓系统技术规范》GB50974提出:“消防水泵所配驱动器的功率应满足所选水泵流量扬程性能曲线上任何一点运行所需功率的要求”。因此,消防泵的运行应满足全曲线运行,实际工况点可能出现在曲线上任一点,不应局限于只在某个区间内运行^[5-7]。但《消防泵》GB 6245-2006未对大于1.5Q的消防泵运行区间有任何要求。

笔者查阅了国际上比较权威的消防泵相关标准,其中

FM1371^[9]及UL448^[10]均要求:“消防水泵流量—功率曲线上应有峰值点,且此峰值点处的曲线斜率为零”的技术要求,此要求可确保消防泵满足各种工况下全曲线运行的性能特点,而不局限于某一设定区间运行,从而确保消防泵不会因过载而停机,确保安全可靠。

基于以上我国消防泵相关标准更迭发展情况可知,国内消防泵标准是一个不断发展、不断提升的过程,但与国际上比较先进的标准要求相比,还存在较大差距。因此,为提高消防泵的整体安全可靠,深入分析导致消防泵电机驱动过载的主要原因是非常有必要的。

1 电动机过载的主要原因分析

消防泵作为一种专用于消防灭火救援的核心设备,相对于其他类型泵具有一定的特殊性。如生活泵、化工泵等常见泵类,可经常性运行,允许自动启停,在大多数情况下可确保高效运行。但消防泵的本质安全属性决定了其必须满足各种可能的工况,严格意义上来讲,消防泵Q-H性能曲线上任何一点都可能成为其实际运行的工况,因此很大程度上消防泵无法人为决定其时刻处于高效段运行。另外,消防泵日常运行时间相对较少,大部分时间处于准工作状态,但要求一旦运行必须保证性能完好,且不允许自动停泵,这是消防泵运行的基本特性。此外,消防泵持续供水灭火的特点,决定了其必须保证大流量长时间运行不过载、低流量长时间运行不过热及运行状态下不停机的“三大性能”要求。

因此,基于我国消防泵标准的发展现状,同时结合消防泵的工况特征,分析消防给水系统存在的各种工况下消防泵的运行状态,从而得出基于各种运行工况下消防泵电动机过载的原因及探讨解决之法十分必要。

1.1 低背压启动

当消防管网系统处于低压状态,即消防泵启泵时管网压力值明显小于消防泵启泵设计压力,很大程度上是一种重载启动的状态,这可能会导致消防泵启动时电动机过载,如图1所示:

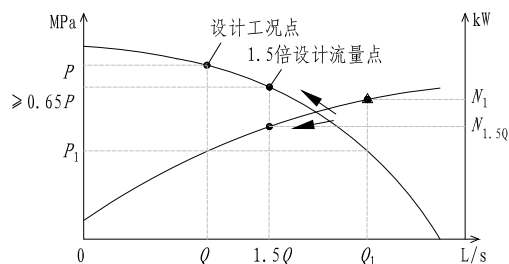


图1 消防泵在低背压下的过载启动

由图1可知,当消防泵启动时的瞬时流量(Q_1)明显大于设计流量 Q ,且消防泵的轴功率曲线为递增曲线时,此时消防泵的轴功率(N_1)会明显大于 N_0 。消防泵出现逆曲线运行的现象是重载启动的一种特征表现。目前,国内消防泵电机功率普遍小于 $N_{1.5Q}$,如果消防泵启动状态的轴功率(N_1)大于 $N_{1.5Q}$,则此时消防泵已处于过载状态。

1.2 无背压启动

消防泵在管网空管状态下启动属于无背压启动。此时,消防泵启动时的瞬时流量将处于最大值(Q_{max}),传统消防泵的轴功率曲线为随流量增大不断递增曲线,瞬时轴功率(N_{max})将远大于 $N_{1.5Q}$ 。显然,这会立刻导致电动机过载。

1.3 火灾时消防用水量的增加

如果初期火灾不能被及时扑灭,火灾规模将会不断扩大,消防用水量也会不断增加。当消防用水量(Q_x)超过消防泵设计流量的1.5倍,消防泵的轴功率(N_x)大于 $N_{1.5Q}$,则同样会导致消防泵的超负荷运行,短时间内即会出现电动机过载甚至烧毁的严重问题。基于2018年中国消防年鉴,表1列举了2个有代表性的重大火灾案例。

表1 2018年重大火灾案例

火灾案例	危险等级	作用面积	过火面积
南昌“2?25”唱天下KTV	中危 I	160m ²	1500 m ²
天津“12?1”君谊大厦	中危 I	160m ²	300 m ²

由表1可知,过火面积远大于作用面积说明火灾已经失控。若此时消防泵仍处于工作中,随着消防灭火用水量的不断增大,消防泵电动机将处于过载状态。

1.4 其他原因

在灭火过程中,参与灭火的消防泵出现故障,导致备用泵启动。随着水灭火设施终端不断被打开,当备用泵开启时,系统出水管道已处于压力不足或泄压状态,在这种较低压力状态下启动,会导致备用泵在低背压下过载启动。

多个雨淋报警阀并联的雨淋系统,消防泵Q应按同时启用雨淋报警阀的流量之和的最大值确定。当 Q_x 大于 $1.5Q$,且消防泵的轴功率曲线为递增曲线时,消防泵的电动机也会处于过载状态。

2 应对策略

由前文可知,消防泵偏离设计工况点运行是常态,因此,消防泵的运行区间不应被人为提前设定好,其实际出流量大小完全取决于火灾规模的大小。近年来,该问题已经在消防行业引起了广泛的关注,并在现行国家标准中首次被提及^{[4][8]}。《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974-2014中第5.1.6条第2款提出“消防水泵电动机功率应满足流量—压力曲线上任何一点的运行需求”要求。《消防专用水泵选用及安装》提出:“消防水泵所配驱动器的功率应满足所选水泵流量扬程性能曲线上任何一点运行所需功率的要求,并且对应的流量—功率性能曲线上应有最大值点,驱动器功率不应小于该值。”^[8]。因此,当消防泵的轴功率随着流量增加不断变大时,势必要按照 Q_{max} 对应的 N_{max} 配套电动机功率才能满足消防泵的全曲线运行需求^[3]。

但基于现行消防泵认证标准《消防泵》GB 6245-2006,只对消防泵处于 $0-1.5Q$ 运行区间提出了技术要求,未对 Q_{max} 有相关认证要求,这也导致目前国内消防泵原则上只能满足 $0-1.5Q$ 的区

间运行,且绝大部分的消防泵流量-功率性能曲线表现为不断递增的,则消防泵的最大功率取决于配套电动机的功率,而配套的电动机功率并非实际的 N_{max} 。所以消防泵必然会过载^[11]。

因此,笔者通过研究国外消防标准^[12],发现FM1371^[9]和UL448^[10]均要求消防泵流量-功率曲线上应有曲线斜率为零的峰值点,电动机功率应按照峰值点进行配套,如图2所示。

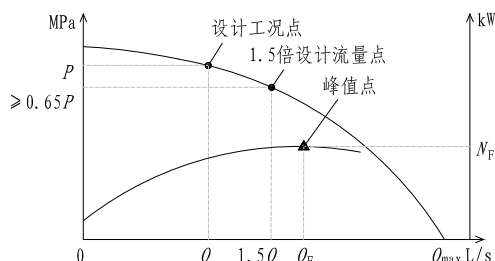


图2 有峰值点的功率曲线

在通过FM、UL认证的消防泵产品库测试数据显示,大部分消防泵的峰值点(Q_F, N_F)出现在额定流量的150%之后。当消防泵的峰值点出现在大于1.5Q的区域时,消防泵制造商所提供的消防泵功率曲线必须含有峰值点。基于 $N_{1.5Q}$ 配套的电动机消防泵(普通消防泵)与基于 N_{max} 配套的电动机消防泵(专用消防泵)的优势对比见表2,其中:普通消防泵的流量-轴功率曲线为爬升递增曲线。专用消防泵的流量-轴功率曲线上具备最大功率峰值点 N_{max} 。

表2 普通消防泵与专用消防泵的优势对比

原因	相对优势分析	
	普通消防泵	专用消防泵
低背压启动	可能过载	不过载
无背压启动	肯定过载	
火灾时消防用水量增加	可能过载	
备用泵启动(低背压)	可能过载	
开式系统	可能过载	

3 结论

笔者将消防泵放置于消防给水系统中,对造成消防泵电动机过载的根本原因和主要原因进行了分析,主要得出以下结论:

(1)国内消防泵标准偏低以及国内消防泵功率配置普遍偏小,是造成消防泵过载的重要原因。(2)消防泵的流量-功率曲线为递增上扬曲线,曲线上不具备最大功率峰值点,无法保证消

防泵满足各种工况下全曲线运行的要求是消防泵电机过载的根本原因。(3)在管网低压启动、管网空管无背压启动等运行工况下可能会导致消防泵电动机过载;(4)火灾时消防用水量增加到一定程度也可能让消防泵电动机的过载;(5)备用泵启动、开式系统等可能也会造成消防泵电动机的过载。

消防水泵是消防给水系统的核心设备,其性能的好坏在很大程度上决定了灭火救援能力,基于目前国内消防水泵的现状,消防泵运行过载也是导致无法实现初期灭火的重要因素,在火灾救援时存在较大的安全隐患。因此,结合消防泵应全曲线运行以及不间断持续供水灭火的使命,需从多方面加以改变和提升,提出按照消防泵流量-功率曲线上的峰值点配套电动机功率是十分必要的,也是未来消防泵发展的必然趋势。笔者同时指出实现消防泵流量-功率的峰值点并非只是简单的增加电动机功率就可实现,对于流体机械是相当复杂的多种技术因素的耦合现象,亟需通过标准引领和技术创新加以突破和解决。

[参考文献]

[1]GB 6245-1998,消防泵性能要求和试验方法[S].北京:中国计划出版社,1998.
 [2]GB 6245-2006,消防泵[S].北京:中国标准出版社,2006.
 [3]15S909,消防给水及消火栓系统技术规范图示[S].北京:中国计划出版社,2015.
 [4]GB 50974-2014,消防给水及消火栓系统技术规范[S].北京:中国计划出版社,2014.
 [5]张勤,李广浩,张智,等.给水管网渗漏影响因素关联度的灰色评价分析[J].给水排水,2006,32(2):27-30.
 [6]Yanghou CHEN.Reliability Analysis of a Fire Alarm System[J].Procedia Engineering 24(2011):731-736.
 [7]杨华,吴立志,李思成.美国职业化消防体制建设的探析[J].中国应急救援,2019,(2):4-9.
 [8]19S204-1,消防专用水泵选用及安装(一)[S].北京:中国计划出版社,2020.
 [9]FM 1371-2020,管道式离心消防泵认证标准.
 [10]JUL 448-2020,离心消防泵.
 [11]NFPA 20-2019,固定式消防泵安装标准.
 [12]NFPA 20-2016,美国消防固定式消防泵设计手册.

作者简介:

许文建(1987--),男,汉族,山东省临朐县人,本科,工程师,主要研究方向:消防专用水泵、物联网消防给水系统、消防控制、智能末端试水系统。