

外贮压七氟丙烷灭火剂充装率的优化设想

韩志强

杭州新纪元消防科技有限公司 浙江 杭州 311100

摘要: 2022年3月, 提请十三届全国人大五次会议审查的计划报告提出, 实施“东数西算”工程, 所谓“东数西算”工程, 即指通过构建数据中心、云计算、大数据一体化的新型算力网络体系, 将东部算力需求有序引导到西部, 优化数据中心建设布局, 促进东西部协同联动。2022年2月, 在京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝、内蒙古、贵州、甘肃、宁夏8地启动建设国家算力枢纽节点, 并规划了10个国家数据中心集群。至此, 全国一体化大数据中心体系完成总体布局设计, 东数西算工程正式全面启动, 全国各地的数据中心项目也陆续上马。

关键词: 数据中心、外贮压七氟丙烷气体灭火系统、充装率优化

引言: 大数据中心作为“东数西算”工程的重要组成部分, 其平时运行时的消防安全问题显得尤为重要, 就目前现状而言, 数据中心的重要功能区如电池室、主机房、配电房等大多采用七氟丙烷气体灭火系统。而大数据中心一般建筑体量都比较大, 就单个防护区而言, 部分防护区的体积甚至接近《气体灭火系统设计规范》GB50370-2005第3.2.4条规定的 3600m^3 的限值, 从而导致从钢瓶间灭火剂出口到防护区末端喷嘴的距离越来越长, 鉴于此, 目前市面上最常用的内贮压七氟丙烷气体灭火系统, 其输送距离已经难以满足实际要求, 为克服内贮压七氟丙烷系统输送距离短的弊端, 外贮压七氟丙烷系统便应运而生, 并且在工程应用上有越来越普及的趋势。本文笔者将根据自己亲自参与的中国电信杭州大数据中心项目一期工程浅谈一下外贮压七氟丙烷灭火系统在灭火剂充装率方面的优化设想。

1 工程项目背景

中国电信杭州大数据中心项目位于杭州市萧山区, 作为中国电信长三角区域核心数据节点, 本项目由中国电信集团投资, 华信设计-中建八局联合体总承包, 项目总投资50亿元。该项目整体定位于支撑全国一体化大数据中心协同创新体系“东数西算”示范工程、提升城市信息基础能级、建设公共算力平台, 打造规模化、集约化、智能化的算力中心, 有效推进智慧消防、智慧医疗等行业应用落地, 推动算力、网络、数据、能源等协同联动, 带动大数据中心建设相关信息、装备、能源行业的技术进步和产业发展。

该项目园区规划总用地面积约168.2亩, 总建筑面积达22.17万平方米, 包括六栋数据中心、一栋生产调度中心及其他配套用房, 规划建设20000架机柜, 可容纳40万台服务器。其中, 一期工程规划建筑面积14.72万平方

米, 将于2023年3月首批交付, 9月底全面竣工。项目建成后, 将形成以数据中心为基础, 集天翼云服务创新中心、5G创新应用孵化中心、大数据创新应用中心为一体的综合型产业园区。同时将为中国电信领先大数据领域奠定坚实基础, 并为推进长三角一体化、打造数字浙江添上浓墨重彩的一笔。



图1 中国电信杭州大数据中心项目规划图

2 外贮压七氟丙烷气体灭火系统简介

当前市场上诸如数据中心、档案馆库房等大体量的工程项目, 采用内贮压七氟丙烷系统时, 面临其输送距离不够的问题越来越突出。当防护区体积较大时, 即使充装 5.6MPa , 其最远的输送距离也难以达到 60m 。造成这一问题的主要原因在于: 七氟丙烷灭火剂的蒸汽压力低, 喷放过程中灭火剂基本仍维持液态, 推动灭火剂流动的压力完全靠预先充装到七氟丙烷灭火剂储瓶中的高压氮气推动。由于充入储存容器中的高压氮气量有限, 开始喷放后随着储存容器中氮气体积的膨胀, 压力迅速降低, 七氟丙烷灭火剂因动力不足输送距离逐渐减小, 要提高输送距离, 只能靠减小灭火剂充装量来增加氮气的充装量, 但这样做又会使灭火剂储瓶数量增加。为了

解决这一问题，我国在洁净气体灭火系统设计规范中将充装压力增加了一级，即5.6MPa，即使如此内贮压七氟丙烷气体灭火系统的输送距离仍受到很大限制。为了解决这一问题，外贮压式七氟丙烷灭火系统便应运而生，外贮压和内贮压七氟丙烷灭火系统的主要区别在于，外贮压式是将动力气体单独储存在专用储瓶内，用以推动七氟丙烷灭火剂的流动。动力气体可维持一定推动压力，这样就能大大提高灭火剂输送距离，经试验测定，外贮压七氟丙烷系统最远输送距离可超过200米。



图2 中国电信杭州大数据中心外贮压七氟丙烷灭火系统瓶组间实拍图

3 外贮压七氟丙烷气体灭火系统特点

相较于常规的内贮压七氟丙烷系统，外贮压式七氟丙烷灭火系统最大的优势就是输送距离远；其次外贮压系统的灭火剂输送管路管径相对较小，可减少管道投资；还有一条很重要的特点就是提高了七氟丙烷灭火剂容器的充装密度，根据《外贮压七氟丙烷灭火系统技术规程》CECS 386:2014第3.2.7条装量系数小于等于0.9的规定，经换算可知外贮压式七氟丙烷灭火系统最大充装密度超过1200kg/m³（我司产品最大充装密度为1250kg/m³），这有助于提高七氟丙烷灭火剂储瓶容积的有效利用率，从而减少气体灭火设备投资和设备间面积。

4 外贮压七氟丙烷系统高充装率的弊端

为便于计算及数据说明，后续我们所有的计算及数据都是基于温度为20℃，海拔为0米为前提（这并不影响我们的理论推导）。

根据《外贮压七氟丙烷灭火系统技术规程》CECS 386:2014第3.2.7条可知灭火剂充装量应按下列公式计算：

$$M_{MC} = 1.04M_C$$

$$\eta = M_{MC} / (\rho V_0) \leq 0.9$$

式中： M_{MC} —灭火剂充装量（kg）；

M_C —灭火剂储量（kg）；

η —装量系数；

ρ —灭火剂液体密度（kg/m³），取1407；

V_0 —灭火剂储存容器容积（m³），取系列值。

由上述计算式可知：

$$M_{MC}/V_0 \leq 0.9 \times \rho = 0.9 \times 1407 = 1266.3 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

我们按照常用的120L灭火剂钢瓶计算可知，该容积灭火剂储瓶单瓶灭火剂充装量最大能够达到1266.3*120/1000≈152kg。外贮压七氟丙烷高充装率的确有助于提高七氟丙烷灭火剂储瓶容积的有效利用率，从而减少气体灭火设备投资和设备间面积，但这也为外贮压七氟丙烷喷放后防护区实际应用的浓度过高埋下了隐患。

众所周知，外贮压七氟丙烷系统在设计的时候，灭火剂储瓶是按照最高充装率进行设计的，对于数据中心项目中防护区体积比较大的配电房、主机房等防护区而言，这并无什么不妥，但在工程实际中，我们会发现，外贮压七氟丙烷气体灭火系统中，如果某个防护区体积比较小，则很容易导致喷放后该防护区的实际应用浓度远高于其灭火设计浓度的情况。我们还是拿前面列举的120L灭火剂储瓶充装150公斤左右灭火剂的例子，假如某个防护区体积比较小，根据该防护区参数计算只需要灭火剂储瓶2.1瓶（假设的瓶组数），而实际中系统会喷放3瓶灭火剂，这就相当于实际喷放的灭火剂几乎比设计用量增加了50%，即防护区实际应用浓度远高于灭火设计浓度，这与《气体灭火系统设计规范》GB50370-2005第3.3.6条“防护区实际应用的浓度不应大于灭火设计浓度的1.1倍”的规定是相悖的，在内贮压七氟丙烷系统中，我们常常会通过增加瓶组以降低充装率来满足该条文的要求，但这个方法在外贮压七氟丙烷系统中就行不通了，那我们能采取什么措施来解决这个问题呢？下面笔者就根据自己深耕气体灭火系统行业十余年的经验，谈一谈关于解决外贮压七氟丙烷系统部分防护区实际应用浓度过高问题的一些优化设想。

5 外贮压七氟丙烷系统优化设想

通过前文的介绍，我们知道外贮压七氟丙烷气体灭火系统的充装率比较高，而且灭火剂与动力气体分开储存在不同储瓶内，这就为我们的优化设想提供了方向。为便于阐述清楚优化设想的原理，笔者就假定一套外贮压七氟丙烷灭火系统的防护区参数来阐述：我们假定这套外贮压七氟丙烷灭火系统有3个防护区（分别命名为防护区A、防护区B、防护区C），选用120L灭火剂储瓶共计14瓶，每瓶充装148公斤灭火剂，按照9%的设计浓度计算，防护区A、B、C的灭火剂设计用量分别为2010kg、

1980kg、304kg, 根据目前外贮压七氟丙烷灭火系统工程应用的实际情况可知, 防护区A、B、C分别需要启动14瓶、14瓶和3瓶灭火剂储瓶, 考虑120L灭火剂储瓶喷放后灭火剂剩余量大约4公斤, 忽略管网内灭火剂剩余量, 则A、B、C三个防护区内喷放的灭火剂分别为2016kg ($(148-4) \times 14 = 2016$, 余同)、2016kg、432kg, 其分别是各自防护区设计用量的1.00倍 ($2016/2010 \approx 1.00$, 余同)、1.02倍、1.42倍, 从计算的结果可知A、B两个防护区实际应用的浓度都不大于其灭火设计浓度的1.1倍, 而防护区C则远超《气体灭火系统设计规范》GB50370-2005第3.3.6条“防护区实际应用的浓度不应大于灭火设计浓度的1.1倍”的规定, 在目前工程实际应用中, 这种情况是无法规避的, 为满足规范条文, 笔者提出了一条优化的方向以供参考。

我们知道前文所列举的外贮压七氟丙烷灭火系统需要喷放的灭火剂至少要达到最大防护区的设计用量, 即防护区A的灭火剂设计用量2010kg, 现在我们摒弃目前工程实际应用中灭火剂储瓶采用统一充装量的做法, 在本例中假如我们采用15瓶灭火剂储瓶, 其中14瓶每瓶充装144kg, 1瓶充装54kg, 对于防护区A和防护区B, 系统将15瓶灭火剂全部喷放出去, 则喷出的灭火剂为 $(144-4) \times 14 + (54-4) = 2010\text{kg}$, 防护区A和防护区B实际应用的浓度分别为其灭火设计浓度的 $2010/2010 = 1.0$ 倍、 $2010/1980 = 1.02$ 倍; 而对于最小的防护区C, 系统可以选择喷放两瓶充装144kg的灭火剂储瓶和1瓶充装54kg的灭火剂储瓶, 则喷出的灭火剂为 $(144-4) \times 2 + (54-4) = 330\text{kg}$, 此时防护区C实际应用的浓度为其灭火设计浓度的 $330/304 = 1.08$ 倍,

相较于采用统一充装率的外贮压七氟丙烷系统, 其灭火实际浓度从1.42倍降低到了1.08倍, 此时满足《气体灭火系统设计规范》GB50370-2005第3.3.6条的规定。

结束语

上述案例通过假定的系统参数为优化设想做出了理论阐述, 其原理在其他工程实际参数中同样适用, 可以说优化充装率的思路可以解决目前外贮压七氟丙烷系统部分防护区实际应用浓度过高的问题, 另外由于外贮压七氟丙烷系统灭火剂与动力气体是分开储存的, 其更不易受到因灭火剂充装量不一致而引起系统动作时压力不均衡的影响, 这也为优化外贮压七氟丙烷充装率的思路提供了可行性, 笔者本次提出的优化设想未必完全正确, 所以笔者也期待能有机会与同道中人就上述优化设想进行深度的技术交流。

当前是大数据与互联网融合发展的时代, 随着“东数西算”工程的实施, 笔者希望通过努力, 在推动外贮压七氟丙烷气体灭火系统的应用上做出更大的贡献。

参考文献

- [1]田亮, 张源雪, 宋旭东等.《外储压七氟丙烷灭火系统技术规程》.CECS 386:2014.13-14
- [2]东靖飞, 谢德隆, 杜兰萍等.《气体灭火系统设计规范》.GB50370-2005.9-10
- [3]王飞, 外贮压式七氟丙烷灭火系统的应用探讨.[J]城市建设理论研究.2013, (3) 56-57
- [4]王飞, 严斌, 王延军, 外贮压式七氟丙烷灭火系统的应用探讨.中国土木工程学会工程防火技术分会成立大会暨学术交流会.227-231