

# 核电应急移动设备库消防设计

孙飞 同浩强

(中国核电工程有限公司郑州分公司, 郑州 450052)

**摘要** 应急移动设备库为某核电满足日本福岛事故后改进行动要求而增加的建筑,是专门存放移动电源等核事故应急设备的存储库,设有水消防、建筑灭火器等消防设施,介绍了室内外消防栓系统、泡沫—水预作用自动喷水灭火系统设计参数,对丙类库消防设计中遇到的8个问题及其解决办法做了详细论述。

**关键词** 丙类库 汽车库 消防设计 泡沫—水预作用 自动喷水灭火系统

DOI:10.13789/j.cnki.wwe1964.2018.0233

## 1 项目概况

本工程为某核电应急移动设备库,存放机组应急设备,存放物品含有部分柴油,增加了火灾的危险性,储存物品和储油情况见表1。该库平面布置见图1,地上1层,建筑高度8.7m,建筑基底面积1750.18m<sup>2</sup>,建筑体积15226.57m<sup>3</sup>,除应急设备储存房间外,还有配套的配电间、消防设备间等,建筑耐火等级为二级,火灾危险性类别丙类,按丙类仓库兼Ⅳ类汽车库类型建筑设计。

国家核安全局《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求(试行)》明确了“应急补水和相关设备技术要求”“移动电源及设置的技术要求”,移动式电源应置于抗震的构筑物内,该构筑物应采取必要的防水淹措施或采取高于设计基准洪水水位5m以上地点储存,设置在安全厂房100m以外,同时考虑交通的可达性;移动电源的存放处应设置必要的消防措施。

该项目远离主厂区,设计内容包括拖布池生活用水和排水、消防。拖布池排水和地面排水(含油)分别排入生活污水储水池、含油废水储水池外运处理。消防采用自动喷水灭火系统。

## 2 消防系统

### 2.1 水消防系统

本工程共设计有室外消防栓系统、室内消防栓系统、泡沫—水预作用自动喷水灭

火系统。

### 2.1.1 消防水源、水量

(1)消防用水量见表2。

表1 应急设备物品

应急设备名称	数量	位置	日常储油情况
柴油动力移动泵	5	移动泵库(一)、(二)、(三)	柴油 400 L/台
应急取水移动式柴油发电机	2	移动泵库(三)	平时不储油
400 V 移动电源车	1	移动电源库(一)	柴油 400 L/台
6 kV 移动电源车	1	移动电源库(二)	柴油 2 000 L/台
专设移动电源车	2	移动电源库(三)	平时不储油
移动电源试验负荷(配拖车车头)	1	试验卸载设备库	柴油 100 L/台
牵引车头	3	牵引车头库	柴油 100 L/台
软管拖车	2	软管拖车库	
加药装置	2	公用设备库	
潜水泵	4	公用设备库	
手抬式消防泵	4	公用设备库	
手推式平板车	4	公用设备库	
消防水带卷盘与消防接口	20	公用设备库	

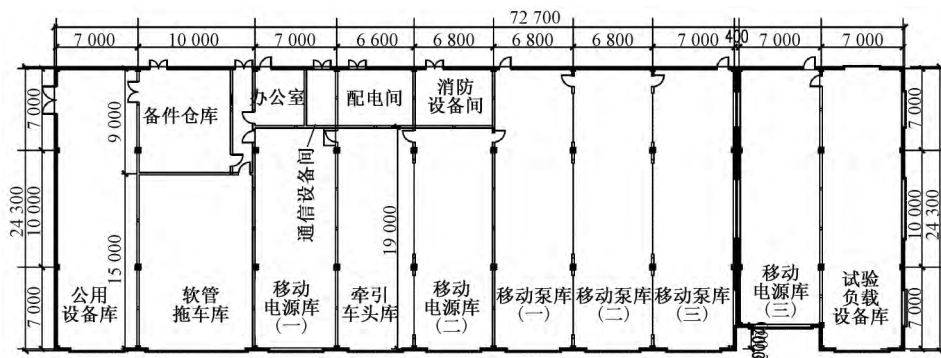


图1 应急移动设备库平面

表2 消防用水量

用水项目	用水量标准 /L/s	火灾延续时间/h	一次火灾用水量/m <sup>3</sup>
室外消火栓	25	3	270
室内消火栓	25	3	270
泡沫—水预作用	23.42	1	86.4
合计			626.4

(2)消防水源和接口。消防水源为核电站自来水厂供水,水厂设置有2座1000 m<sup>3</sup>高位水池,其中储存消防水量共1200 m<sup>3</sup>。高位水池水经厂区给水管网至建筑物。

厂区提供2路进水管至场地附近,管径DN300,场地附近管网压力为0.7 MPa。

### 2.1.2 室外消火栓系统

DN300的给水管在该库房外围形成环状供水管网。室外消火栓沿车道边布置,采用地下式消火栓,间距不大于120 m。同时在车道边设有室内自动喷水灭火系统的消防水泵接合器。

### 2.1.3 室内消火栓系统

室内消火栓系统直接利用淡水厂一期供水管线供水,为常高压系统。室内消火栓管道布置成环状,同时使用水枪数量为5支,确保2股充实水柱同时到达室内任何部位。消火栓采用SNZW65—III旋转型减压稳压消火栓,消火栓箱采用丙型单栓室内消火栓箱。消火栓栓后压力0.35 MPa,水枪枪口为 $\varnothing 19$ ,水带选用规格为DN65 $\times$ 25 m的衬胶水龙带,消火栓出口安装高度为距安装处地面1.10 m。

### 2.1.4 泡沫—水预作用自动喷水灭火系统

库房内设置泡沫—水预作用自动喷水灭火系统,防护可能的油类火灾。采用低倍数泡沫系统,闭式泡沫—水喷淋的供给强度不小于6.5 L/(min $\cdot$ m<sup>2</sup>),持续喷泡沫时间不小于10 min,泡沫与水连续供给时间不小于60 min。持续泡沫液种泡沫类为3%AFFF普通水成膜泡沫。在消防设备间设置雨淋阀组1套和泡沫液储罐1个,准工作状态时雨淋阀后配水管道内不充水,火灾时由火灾自动报警系统开启雨淋报警阀、泡沫液控制阀(电磁阀)后,配水管充泡沫混合液,喷头破裂喷水灭火,干管系统见图2,系统原理见图3。

泡沫—水预作用自动喷水灭火系统直接利用供

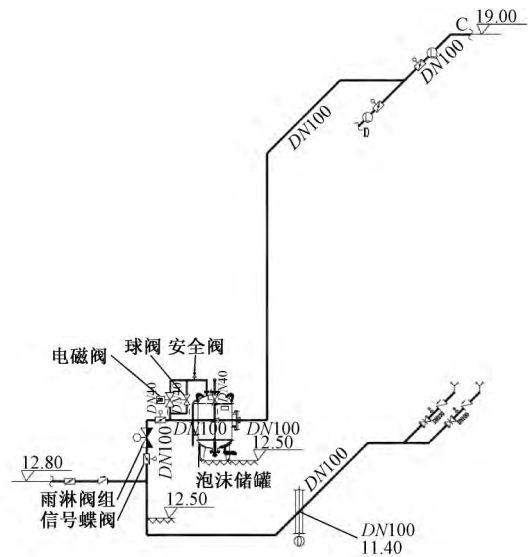


图2 泡沫—水预作用自动喷水灭火系统干管系统

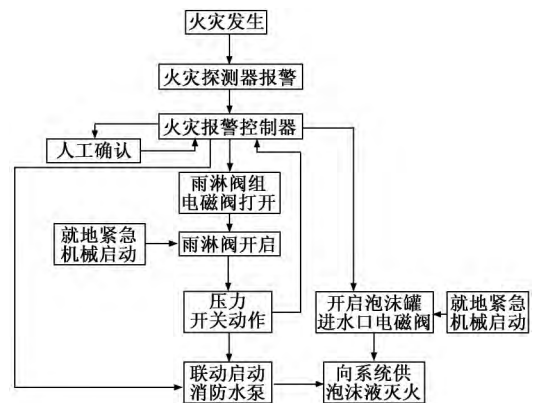


图3 泡沫—水预作用自动喷水灭火系统原理

水管线常压供水。泡沫—水预作用自动喷水灭火系统在室外设2套SQX100-A地下式水泵接合器。

### 2.2 其他灭火设施

灭火器配置:本仓库为工业建筑类中危险级,灭火器采用手提式灭火器铵盐灭火器MF/ABC4(4 kg,55B),单位灭火级别最大保护面积1 m<sup>2</sup>/B,按最大保护距离为12 m布置,放置于灭火器箱内。

## 3 消防设计中遇到的问题和解决办法

### 3.1 建筑火灾危险性类别定性采用的规范问题

本建筑的火灾危险性类别定性较为矛盾,一直在讨论是按工业仓库还是按汽车库。这2种火灾危险性分类对应的消防设施差别较大。按工业仓库有

表 3 主要消防措施

消防措施	Ⅳ类汽车库	丙类仓库(占地>1 500 m <sup>2</sup> )
室外消火栓	消防水量不小于 10 L/s	消防水量不小于 25 L/s
室内消火栓	消防水量不小于 5 L/s,保证 1 股水柱到达室内任何部位。	消防水量不小于 25 L/s,保证 2 只消防水枪 2 股水柱同时到达室内任何部位
自动灭火	(无描述)	应设置自动灭火,宜采用自动喷水灭火系统
火灾延续系统连续供给时间	消火栓系统 2 h,自喷 1 h,泡沫灭火 0.5 h	消火栓系统 3.0 h。泡沫灭火 1.0 h《泡沫灭火系统设计规范》(GB 50151—2010) <sup>[2]</sup>

部分柴油(见表 1),依据《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014)定性为丙类仓库<sup>[1]</sup>;按存放汽车,依据《汽车库、修车库、停车场设计防火规范》(GB 50067—2014)本建筑属于为Ⅳ类汽车库。这 2 种不同的建筑类型带来了不同的消防措施,见表 3。

从表 3 看出差别是比较大。汽车库含有丙类物品是否都算丙类仓库,和储存丙类物品的量是否有关系?《建筑设计防火规范》3.1.2、3.1.3 都提到了根据甲乙类物品不同危险性的概念来确定,而 3.1.4 条及解释并未提及丙类物品储存量的参数,造成只要有丙类物品就应定性为丙类建筑的理解。建议规范给出丙类物品储存量等相关的条件限制,或者参考《建筑设计防火规范》3.1.5 条,将丙类液体理解成类似可燃物包装体积来类推,这样与《汽车库、修车库、停车场设计防火规范》也好衔接。

按丙类仓库采用消防措施更为完善,耐火等级、疏散等也更为严格,但《建筑设计防火规范》缺乏汽车的消防布置要求,此方面仍旧依据《汽车库、修车库、停车场设计防火规范》执行。

### 3.2 自动灭火系统选择与应用问题

可用的自动灭火系统分析如下:

(1)水喷雾灭火系统。对油类火灾有效;喷头保护距离有限,本工程净高 8.7 m,不适合;设备可移动,且油箱位置与车体一体,局部保护无法设计。

(2)气体灭火系统。对油类火灾有效;对防护区

密闭性要求高,本工程满足此项要求相对较困难;喷头保护距离(不宜大于 6.5 m)不够;系统投资较高。

(3)自动喷水灭火系统。泄漏的油类火灾灭火效果一般;《自动喷水灭火系统设计规范》3.0.1 条仓库危险等级分类与本工程特点不相符;《自动喷水灭火系统设计规范》第 4.2.7 条针对可燃液体内容指向《泡沫灭火系统设计规范》。

(4)《泡沫灭火系统设计规范》(GB 50151—2010)可采用泡沫—水喷淋系统,该规范 7.3 节规定系统最大作用面积 465 m<sup>2</sup>,喷水强度不小于 6.5 L/(min·m<sup>2</sup>)。

综合以上按《泡沫灭火系统设计规范》(GB 50151—2010)采用闭式泡沫—水喷淋灭火系统。

### 3.3 防冻问题

本建筑所处区域最冷月平均最低温度 -4.3℃,建筑内无采暖,管道存在防冻问题。

室内消火栓选择采用干式系统,平时保持空管,火灾时开启阀门向管网充水进入消火栓系统的正常使用。管网设置快速排气阀,保证迅速充水;设置了泄水阀门,室内消火栓采用丙型单栓室内消火栓箱,保证系统使用后恢复干式系统。

自动喷水灭火系统采用了预作用系统,和消火栓系统一样,平时维持空管,火灾时启动雨淋阀充水转换为湿式系统进行灭火。

消火栓总管上电磁阀及电磁阀前的管道、自动喷水灭火系统雨淋阀及雨淋阀前的管道、泡沫管道及泡沫罐本体等地上部分均做了保温,采用 30 mm 厚橡胶发泡隔热材料外缠玻璃布,做法参见《管道和设备保温、防结露及电伴热》(16S401)。

### 3.4 消防供水压力问题

(1)消火栓系统供水压力问题。供水压力 0.7 MPa,消火栓压力太大,设计均采用了减压稳压消火栓,保证栓口压力在 0.35~0.5 MPa 之间。

(2)泡沫喷淋系统的供水压力问题。此喷淋系统对压力需求较大。本子项划分 2 个防火分区,面

表 4 防火分区自动喷水灭火系统设计计算

防护区	防护面积 /m <sup>2</sup>	喷头数 (K=80)	喷头平均喷水强度 /L/(min·m <sup>2</sup> )	流量 /L/s	泡沫液连续供给时间 /min	泡沫液与水连续供水时间/min	泡沫液总量 /m <sup>3</sup>	一次泡沫消防用水量 /m <sup>3</sup>	管网入口压力/MPa
防火分区一	465	65	8.83	66.36	10	60	39.82	237.70	0.74
防火分区二	465	72	9.02	71.27	10	60	42.76	255.29	0.80

表5 自动喷水灭火系统设计计算

防护区	防护面积 /m <sup>2</sup>	喷头数 (K=80)	喷头平均喷水强度 /L/(min·m <sup>2</sup> )	流量 /L/s	泡沫液连续供给时间 /min	泡沫液与水连续供水时间/min	泡沫液总量/m <sup>3</sup>	一次泡沫消防用水量 /m <sup>3</sup>	管网入口压力/MPa
公用设备库	162	14	7.76	20.95	10	60	12.57	75.04	0.60
软管托车库	144	15	9.39	22.53	10	60	13.52	80.7	0.63
移动电源库(一)	130	12	8.08	17.51	10	60	10.51	62.72	0.58
牵引车头库	120	12	8.75	17.51	10	60	10.51	62.72	0.57
移动电源库(二)	124	12	8.47	17.5	10	60	10.5	62.69	0.55
移动泵库(一)	157	14	7.95	20.8	10	60	12.48	74.51	0.57
移动泵库(二)	157	14	7.95	20.81	10	60	12.49	74.54	0.58
移动泵库(三)	162	14	7.71	20.81	10	60	12.49	74.54	0.59
移动电源库(三)	148	14	8.49	20.95	10	60	12.57	75.04	0.60
试验负载设备库	162	16	8.67	23.42	10	60	14.05	83.89	0.66

积分别为 910.18 m<sup>2</sup> 和 840 m<sup>2</sup>,防护区按防火分区最大作用面积 465 m<sup>2</sup> 确定。经计算入口压力需要 0.8 MPa,厂区供水压力不满足。计算结果见表 4。

根据《泡沫灭火系统设计规范》7.3.4 条,可按防护区实际面积确定,引入防护区的概念,将单个房间作为独立防护区,减少作用面积重新计算。

防火分区和防护区的区别,《建筑设计防火规范》2.1.22 明确防火分区的局部空间分隔功能,《气体灭火系统设计规范》2.1.1 明确防护区为满足灭火系统要求的空间。核对防护区空间结果为:个别互通的门和卷帘耐火等级不够,墙、梁、板等耐火等级均和防火分区一致。因此将门、卷帘改为满足耐火等级要求的防火门、防火卷帘,保证防护分区的分隔要求和防火分区一致。

按新的防护区重新计算,结果见表 5,控制点为试验负载设备库,管网入口压力为 0.66 MPa,外部管网压力可以满足供水要求。

### 3.5 泡沫液的选用和容积补偿

本工程油类液体是由碳、氢两元素构成的烃类液体,非水溶性丙类液体。从液上喷射的机理看,蛋白、氟蛋白、成膜氟蛋白或水成膜,均符合。从适合非吸气型喷射装置看,《泡沫灭火系统设计规范》3.2.2 条规定,当采用非吸气型喷射装置时,应选用水成膜或成膜氟蛋白泡沫液。从市场上应用来看,水成膜应用较为常见。因此本工程选用 3%AFFF,产品灭火性能经过了消防 3C 认证。

采用先泡沫后喷水,很好的强化了灭火的作用,为了保证泡沫液的强度,必须储存足够的泡沫液。《泡沫灭火系统设计规范》9.1.6 条:系统泡沫混合

液与水的设计流量应有不小于 5% 的裕度。本次选用的预作用系统,需考虑干式系统向湿式系统转换时管网充水消耗的泡沫液补偿。

按表 5,扑救火灾所需的泡沫混合液量  $W_1 = 14.05 \text{ m}^3$ ,充满管道所需的泡沫混合液量  $W_2 = 2.30 \text{ m}^3$ ,采用 3%型水成膜泡沫液,泡沫原液总量  $W_p = 3\% \times (W_1 \times 1.05 + W_2) = 0.512 (\text{m}^3)$ ,所需泡沫液储罐的有效容积  $W = 1.15W_p = 0.59 (\text{m}^3)$ 。

### 3.6 泡沫比例混合器与泡沫浓缩液储罐的选择

本工程选用压力式比例混合装置,它是由泡沫液储罐、胶囊、压力式比例混合器、安全阀、控制阀及一些辅助部件。当消防压力水流经该设备时,比例混合器将按比例分流,其中一小部分压力水进入带胶囊的泡沫液储罐夹层,挤压胶囊,置换出的泡沫液与其余主管道的消防水混合为一定比例的泡沫混合液,并输给管网的泡沫产生设备。其适合于混合比为 3%或 6%的各类泡沫液。表 6 为某公司提供的产品样本参数。

选用一体化装置,仍要分别关注比例混合器、储罐的参数,并且包括之间的连接管道。以下几点容易忽视:

(1)有关压力损失。对于比例混合,要关注混合器进出口压力损失,像表 6 提供了最大的压力损失值,但要核对精确压力值时,需要查看混合器的水利摩阻与流量曲线的关系。本工程入口压力受限,设计初限定进出口压力损失不大于 10 m,订货后查提供的产品水利摩阻与流量曲线如图 4 所示,PHYML32/10(3%)流量 23.42 L/s 对应压力损失为 0.9 MPa,满足设计要求。

表6 某公司泡沫比例混合装置参数

泡沫比例混合装置 型号规格	泡沫混合液 流量/L/s	储液罐 容积/L	比例混合器 进口压力/MPa	混合比 /%	混合器进出口 压力损失/%	装置进出口 通径/mm	储罐重量 /kg	外形尺寸 /m×m×m
PHYM 32/10(3%)	4~32	1 000	0.60~1.20	3~3.9	≤15	∅80	1 000	2.20×1.35×1.70
PHYM 32/20(3%)	4~32	2 000	0.60~1.20	3~3.9	≤15	∅80	1 800	2.70×1.55×1.95
PHYM 32/30(3%)	4~32	3 000	0.60~1.20	3~3.9	≤15	∅80	2 000	2.90×1.75×2.15
PHYM 32/40(3%)	4~32	4 000	0.60~1.20	3~3.9	≤15	∅80	2 500	3.25×1.85×2.25
PHYM 64/20(3%)	16~64	2 000	0.60~1.20	3~3.9	≤15	∅100	1 800	2.70×1.55×1.95
PHYM 64/30(3%)	16~64	3 000	0.60~1.20	3~3.9	≤15	∅100	2 000	2.90×1.75×2.15
PHYM 64/40(3%)	16~64	4 000	0.60~1.20	3~3.9	≤15	∅100	2 500	3.25×1.85×2.25
PHYM 64/50(3%)	16~64	5 000	0.60~1.20	3~3.9	≤15	∅100	2 800	3.50×1.95×2.35
PHYM 64/60(3%)	16~64	6 000	0.60~1.20	3~3.9	≤15	∅100	3 000	3.60×2.05×2.45
PHYM 80/30(3%)	24~80	3 000	0.60~1.20	3~3.9	≤15	∅125	2 000	2.90×1.75×2.15
PHYM 80/40(3%)	24~80	4 000	0.60~1.20	3~3.9	≤15	∅125	2 500	3.25×1.85×2.25
PHYM 80/50(3%)	24~80	5 000	0.60~1.20	3~3.9	≤15	∅125	2 800	3.50×1.95×2.35
PHYM 80/60(3%)	24~80	6 000	0.60~1.20	3~3.9	≤15	∅125	3 000	3.60×2.05×2.45
PHYM 80/80(3%)	24~80	8 000	0.60~1.20	3~3.9	≤15	∅125	4 000	4.70×2.05×2.45
PHYM 100/30(3%)	40~100	3 000	0.60~1.20	3~3.9	≤15	∅150	2 000	2.90×1.75×2.15
PHYM 100/60(3%)	40~100	6 000	0.60~1.20	3~3.9	≤15	∅150	3 000	3.60×2.05×2.45
PHYM 100/80(3%)	40~100	8 000	0.60~1.20	3~3.9	≤15	∅150	4 000	4.70×2.05×2.45
PHYM 100/100(3%)	40~100	10 000	0.60~1.20	3~3.9	≤15	∅150	4 500	4.70×2.20×2.60

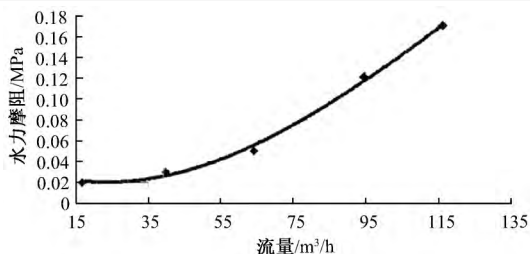


图4 PHYML32/10(3%)水力摩阻—流量曲线

(2)有关初期混合效果。《自动喷水灭火系统设计规范》(GB 50084—2001,2005年版)5.0.8条要求,泡沫比例混合器应在流量等于和大于4 L/s时符合水与泡沫灭火剂的混合比规定,就是为了保证小流量时的混合效果。在产品选择时要注意其最小启动流量是否满足4 L/s的要求。

(3)储罐容积。表6提供了储罐的容积,需要核实是否为有效容积。

(4)一体化装置的接管。无论是独立选用,还是一体化设备,都要满足泡沫液进出的接管要求。隔膜式泡沫罐需要挤压用的动力水管;进出口平时要顶相同的压力,避免泡沫液平时流出。分体式安装接管示意图5,一体化装置接管见图6。图6混合装置一般装在报警阀前。本工程采用干式管网,且仅为1个报警阀,因此混合装置接在报警阀后,可减少混合装置平时顶压的维护。另泡沫液罐进出口控

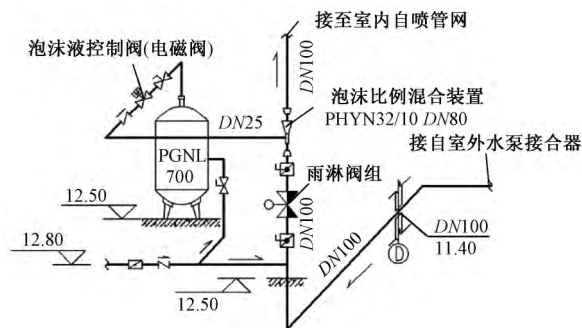


图5 泡沫罐和泡沫比例混合器接管

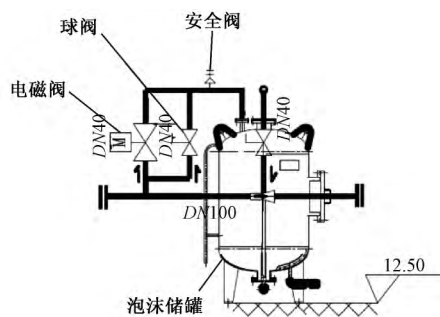


图6 泡沫比例混合一体化装置接管

制阀门,出口止回阀也要注意核对。

### 3.7 管网快速充水问题

泡沫—水预作用系统雨淋阀后的管网平时不充水,而采用了闭式喷头,系统启动时管网内会存有一定的空气,如不及时排出,会影响系统的反应时间,

故管网应设置快速排气阀。根据《自动喷水灭火系统设计规范》4.2.9条要求,泡沫—水预作用系统管网末端应设置快速排气阀。

### 3.8 消防产品认证问题

选用的消防产品未经认证。发生这种情况的原因一是供货商提供了未经认证的参考产品资料,二是认证产品有效期过期。我国法律规定所有进入我国市场销售和使用的消防产品必须首先申请由公安部消防产品合格评定中心进行3C认证,验收规范均以取得认证为供货的许可条件。

本次设计选用了泡沫 PGNL700 型、容量为 700 L 压力式比例混合装置,是根据《自动喷水与水喷雾灭火设施安装》选用的消防产品,市场上已经没有认证的产品。厂家提供了市场上销售及通过国家强制性产品认证的为 PHYML32/10(3%)、容量 1 000 L 压力式比例混合装置,经核对,其系统满足设计功能要求和安全性要求。

### 4 结语

工业厂房的特殊性导致规范的使用经常会碰到问题,采用的消防系统需仔细分析规范的要求,满足消防功能,保证消防措施有效。泡沫—水预作用系统相较于传统自动喷水灭火系统,增加对易燃、可燃液体火灾的灭火、控火能力,对应急移动设备库这种存放特多部种车辆的仓库来说,是一种有效的消防措施。同时本项目的实施也发现了规范未明确的内容,对于类似丙类仓库的消防设计提供了借鉴和思考。

### 参考文献

- 1 GB 50016—2014 建筑设计防火规范
- 2 GB 50151—2010 泡沫灭火系统设计规范

# 电话:13027726052

E-mail:sunfei1116@foxmail.com

收稿日期:2017-07-14

## 欢迎订阅 2018 年《给水排水》杂志(月刊)

中文核心期刊 建设部优秀期刊 中国科技论文统计源期刊 中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊

《给水排水》创刊于 1964 年,是国内创刊早、发行量大、内容涵盖广的水行业权威期刊,在业内享有盛誉,被誉为“水行业的百科全书”。目前已发展为集“期刊、网站、微信、会议、咨询”于一体的综合媒体。

主管单位:中华人民共和国住房和城乡建设部

主办单位:亚太建设科技信息研究院 中国建筑设计研究院 中国土木工程学会

### 报道内容

《给水排水》设有水业导航,城镇给排水,工业给排水,建筑给排水,施工、材料与设备,管网设计与运行,计算机技术,标准规范交流园地等固定栏目以及科技信息综述、行业综合信息等机动栏目。其中,“水业导航”栏目特稿由业内领军人物撰写,推动了行业健康发展。2017 年还特设了“上海市政总院聚焦海绵城市建设专栏”“给排水科学与工程发展史记专栏”等,深度剖析行业热点、多维度展示专业面貌。

2018 年,将加强对国家水业政策、重要标准规范的解读,跟踪报道行业内重大和特色工程案例,并对海绵城市建设、污水高排放标准实践、智慧水务建设、农村饮用水安全保障及污水治理、大型建筑场馆(小区)给排水与消防设

计、高浓度工业废水处理等进行重点报道。

### 适读人群

建筑设计院、市政设计院、工业设计院、规划设计院、自来水公司、排水公司、政府部门、水务管理部门、科研院所、高校、施工安装单位、房地产开发企业、设备制造厂商以及其他相关单位的工程技术人员、管理人员、研究人员。

### 发行与邮购

编辑部电话:(010)68316321/57368819

新媒体部:(010)57369047

运营服务部电话:(010)57368815/68349352

发行部电话:(010)68305036

E-mail:gsps@vip.163.com

网址:www.wwel964.com

地址:北京市西城区德外大街 36 号中国建设科技集团大厦 A 座 4 层邮编:100120

《给水排水》为月刊,大 16 开本,每月 10 日出版,国内外公开发行人。国内邮发代号:2-757,国外发行代号:M4425。每册定价:19.00 元,全年 12 期,总价 228.00 元;全国各地邮局均可订阅。错过邮局订阅的读者,可与我刊发行部联系。