

高压细水雾灭火系统在大型燃机电厂的应用研究

李芳

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司 广东 广州 510670)

摘要: 细水雾灭火系统灭火剂是水, 灭火机理是冷却、窒息, 相对气体灭火系统具有灭火性能好、对人体无害、对环境无影响等优点。目前在大型火力发电厂上的应用较少, 本文依托实际工程, 从细水雾灭火系统应用范围、灭火系统的选择、防护区优化等方面, 对高压细水雾灭火系统在大型燃机项目的应用及设计进行研究。

关键词: 高压细水雾; 冷却; 窒息; 防护区

0 引言

发电厂的火灾故障在整个电力行业系统中较多发, 直接影响着工农业生产和人民生活, 因此, 为确保发电厂的建设和安全运行, 预防或减少火灾危害, 保障人民财产的安全, 做好发电厂的防火设计是十分必要的。燃机电厂主要有集中控制楼、网络控制楼、汽机房、锅炉房、变压器及其他建(构)筑物、场所和设备。目前, 集中控制楼、网络控制楼、汽机房内的电缆夹层、电子设备间、工程师室、配电装置室、继电器室等电气房间基本上是采用气体灭火系统, 近几年有项目局部房间如电缆夹层采用细水雾灭火系统, 细水雾灭火系统在电力行业逐步得了一定程度的应用。

1 项目概况

本项目建设2×460MW级改进型(F级改进型)燃气蒸汽联合循环热电联产机组。本项目主厂房、集控楼、网控楼共有27个房间需设置火灾自动报警系统及固定灭火系统, 各个防护区参数见表1。

2 灭火系统的选择

2.1 细水雾灭火系统规范解读

《火力发电厂与变电站设计防火标准》(GB 50229-2019)规定机组容量为300MW及以上的燃机电厂的主要建构筑物、场所和设备应按7.1.8条设置火灾自动报警系统及固定灭火系统, 其中集中控制楼、网络控制楼的电子设备间、工程师室、继电器室、配电装置室推荐采用气体灭火系统^[1]。

《建筑设计防火规范(2018版)》(GB 50016-2014)是防火设计最基本、最通用的消防标准, 其中8.3.9规定下列场所应设置自动灭火系统, 并宜采用气体灭火系统:

1 国家、省级或人口超过100万的城市广播电视发射塔内的微波机房、分米波机房、米波机房、变配电室和不间断电源UPS(室);

4 中央及省级公安、防灾和网局级及以上的电力等调度指挥中心的通讯机房和控制室;

5 A、B级电子信息系统的机房内的主机房和基本工作间的记录磁(纸)介质库;

8 其他特殊重要设备室。

注: 1本条第1、4、5、8款规定的部位, 可采用细水雾灭火系统^[2]。

条文说明中指出特殊重要设备包含单台容量300MW机组及以上容量的发电厂的电子设备间、控制室、计算机房及继电器室等。

《细水雾灭火系统技术规范》(GB 50898-2013)在3.1.3系统选型中也指出配电间、电缆夹层、电子信息系统的机房可使用细水雾灭火系统并宜选择全淹没应用方式的开式系统^[3]。

依据以上规范, 本文认为表1中各个防护区是适用于细水雾灭火系统的。

2.2 灭火系统类型

可应用于以上防护区的主要灭火系统有气体灭火系统和细水雾灭火系统, 其中气体灭火系统主要是七氟丙烷、IG541。主要从二者的性能特点、灭火性能、环境因素、造价、后期运维维护等方面作比较。

气体灭火系统中的七氟丙烷灭火机理是化学抑

表1 各个防护区基本参数表

序号	位置及防护区名称	面积 /m ²	层高 /m	体积 /m ³
1	主厂房 ±0.00m 层 1号燃气发电机组配电间	192.70	5.00	963.50
2	主厂房 ±0.00m 层第一套联合循环机组主厂房低压配电间	206.54	5.00	1032.69
3	主厂房 ±0.00m 层主厂房公用低压配电间	226.30	4.00	905.19
4	主厂房 ±0.00m 层 1号燃气发电机组热控电子设备间	71.78	3.50	251.23
5	主厂房 ±0.00m 层第二套联合循环机组 6kV 配电室	218.10	6.50	1417.65
6	主厂房 ±0.00m 层第二套联合循环机组继电器室	99.71	3.50	348.99
7	主厂房 ±0.00m 层 3号燃气发电机组热控电子设备间	73.24	3.50	256.32
8	主厂房 ±0.00m 层第二套联合循环机组 6kV 配电室	218.10	6.50	1417.65
9	主厂房 ±0.00m 层第二套联合循环机组主厂房低压配电间	206.54	5.00	1032.69
10	主厂房 ±0.00m 层 3号燃气发电机组配电间	192.70	5.00	963.50
11	220KV GIS 网控楼继电器室	187.51	4.50	843.80
12	220KV GIS 网控楼通信机房	78.49	4.50	353.21
13	220KV GIS 网控楼通信机房地板下	79.23	0.50	39.62
14	220KV GIS 网控楼低压配电间	26.78	4.50	120.49
15	220KV GIS 网控楼电缆夹层	401.16	3.50	1404.06
16	主厂房 ±5.00m 层第一套联合循环机组 UPS 及直流间	46.40	4.00	185.60
17	主厂房 ±5.00m 层 2号汽轮发电机组低压配电间	62.40	4.00	249.60
18	主厂房 ±5.00m 层第一套联合循环机组热控电子设备间	97.20	3.40	330.48
19	主厂房 ±5.00m 层第一套联合循环机组热控电子设备间地板下	97.20	0.60	58.32
20	主厂房 ±5.00m 层 4号汽轮发电机组低压配电间	62.40	4.00	249.60
21	主厂房 ±5.00m 层第二套联合循环机组 UPS 及直流间	46.40	4.00	185.60
22	主厂房 ±5.00m 层第二套联合循环机组热控电子设备间	97.20	3.40	330.48
23	主厂房 ±5.00m 层第二套联合循环机组热控电子设备间地板下	97.20	0.60	58.32
24	集控楼 6.50m 层电气二次工程师室	30.39	5.50	167.13
25	集控楼 6.50m 层第一套联合循环机组继电器室	141.00	5.00	705.00
26	集控楼 6.50m 层第一套联合循环机组继电器室地板下	141.00	0.50	70.50
27	集控楼 12m 层第二套联合循环机组热控工程师室	26.10	4.00	104.40
28	集控楼 12m 层第一套联合循环机组热控工程师室	28.71	4.00	114.84

制；惰性气体（IG541）气体灭火系统灭火机理是物理窒息，气体灭火的优势在于没有水渍损失风险，但灭火剂只能单次释放，无法解决复燃问题^[4]。细水雾灭火系统灭火剂为水，灭火机理是冷却和窒息，灭火效果较好，灭火后不易复燃，灭火的可持续能力强，用水量少。

考虑环境因素，细水雾灭火系统灭火剂是水，无有毒物质污染，对人体无害、对环境无影响，当然气体灭火系统中某些洁净气体也可以是环境友好型。

灭火系统设备按同为进口或同为国产，高压细水雾灭火系统成套设备造价估约为气体灭火系统的 1.33 倍；高压细水雾灭火系统管道采用

022Cr17Ni2Mo2 的奥氏体不锈钢无缝钢管，而气体灭火系统管道多采用的是 20# 无缝钢管，高压细水雾灭火系统的管网材料及安装造价估约气体灭火系统的 1.5 倍。

在运营维护方面，气体灭火系统的气瓶长期处于高压状态，需要经常性地观察与维护，需要定期更换灭火剂，运行费用较高，且气体灭火系统的误喷可能造成人员窒息伤亡事故，喷放后清理现场工作量大，无法反复使用。而细水雾灭火系统主要包括泵组、水箱等设备，易于维护管理，其水源更容易获取，且细水雾喷放后，防护区易清理、恢复快。

2.3 灭火系统的确定

目前, 气体灭火系统在大型火力发电厂得到广泛的认可和应⽤, 但该系统存在对保护区密闭要求高、重新充装成本⾼、系统为⾼压状态、安全保障有限等缺点; 而细水雾具有灭火性能佳、无污染环境风险、系统简单易操作, 区域阀后为常压状态安全可靠, 但也存在初期设备与安装成本稍⾼, 尚且存在引⽤规范不完善的问题^[5]。从灭火性能和系统的安全性考虑, 采⽤细水雾灭火系统更具优势。随着细水雾灭火系统的广泛应⽤以及国产率的提⾼, 设备造价会逐渐下降。

3 细水雾灭火系统优化

3.1 系统设计基本参数

- (1) 最不利点喷头的工作压力不小于 10.0MPa ;
- (2) 雾滴直径要求: 在 10MPa 工作压力下喷放, 距离喷头轴线向下 1m 的平⾯进⾏测量, 雾滴粒径 $Dv0.99$ 小于 $400\mu\text{m}$, 且 $Dv0.50$ 小于 $200\mu\text{m}$ 的水雾;
- (3) 系统持续喷雾时间 30 min ;
- (4) 采⽤全淹没应⽤方式的开式系统, 开式系统的响应时间不大于 30s ;
- (5) 系统的最小喷雾强度应满⾜规范 GB 50898-2013 表 3.4.4 中的相关要求。

3.2 防护区划分

防护区的划分应满⾜《细水雾灭火系统技术规范》(GB 50898-2013) 中 3.4.5 采⽤全淹没应⽤方式的开式系统, 其防护区数量不应大于 3 个, 单个防护区的容积, 对于泵组系统不宜超过 3000m^3 ; 且防护区的划分应充分考⼒⾼压泵组配置最优, 消防管布置合理、路径最短, 后期运⾏管理便利等。

根据建筑图各个防护区的布置位置, 按照以上划分原则, 将表 1 中 28 个防护区划分为 9 个管理分区, 其中, 表 1 中序号 1 为 1 号管理分区、2 ~ 4 项为 2 号管理分区、5 项为 3 号管理分区、6 ~ 8 项为 4 号管理分区、9 ~ 10 项为 5 号管理分区、11 ~ 15 项为 6 号管理分区、16~19 项为 7 号管理分区、20 ~ 23 项为 8 号管理分区、24 ~ 28 项为 9 号管理分区, 各个管理分区容积不超过 3000m^3 。

3.3 系统设计优化

本文中各个管理分区的火灾危险性相近, 系统的设计参数根据其中容积最大管理分区的参数确定。系统 9 个管理分区设 3 套⾼压细水雾泵组, 系统工作压力

12.0MPa, 最不利点喷头工作压力不低于 10.0MPa。

1 号⾼压泵组保护 1、2、3 号管理分区, 各管理分区设计流量分别为 259.84L/min、677.44L/min、296.96 L/min, 2 号管理分区为最大流量分区, ⾼压泵组选⽤ 6 用 1 备, 设计总流量为 720L/min, ⾼压泵组规格型号为 XSW BG720/12 6+1 DFT ;

2 号⾼压泵组保护 4、5、6 号管理分区, 各个管理分区设计流量分别为 481.64L/min、519.68L/min、791.12 L/min, 6 号管理分区为最大流量分区, ⾼压泵组选⽤ 7 用 1 备, 设计总流量为 840L/min, ⾼压泵组规格型号为 XSW BG840/12 7+1 DFT ;

3 号⾼压泵组保护 7、8、9 号管理分区, 各个管理分区设计流量分别为 290.00L/min、290.00L/min、382.80 L/min, 9 号管理分区为最大流量分区, ⾼压泵组选⽤ 4 用 1 备, 设计总流量为 480L/min, ⾼压泵组规格型号为 XSW BG480/12 4+1 DFT ;

每套⾼压细水雾系统分别配置 1 套稳压系统, 每套稳压系统包括 2 台稳压泵, 1 用 1 备。每个防护区设置一套开式区域控制阀组, 设置在防护区⼝处, 以保证系统区域控制阀后管⾯至最不利点的充⽔时间不大于 30s。

考虑项目同一时间内的火灾按 1 起计, 为节约占地面积, 3 套⾼压细水雾泵组共有 1 个储⽔水箱, 储⽔水箱设计所需有效容积按 3 套⾼压细水雾泵组中最大一套系统设计流量确定。

储⽔水箱设计所需有效容积:

$$V=Q_s \times t$$

其中: Q_s —系统设计流量 (L/min), 取 840L/min ;

t —系统设计喷雾时间 (min), 取 30min。

设计水箱有效容积 25.2m^3 , 总容积 36m^3 , 规格为 $6\text{m} \times 3\text{m} \times 2\text{m}$ (长 \times 宽 \times 高)。

4 结语

(1) 工程设计时应结合工程具体情况, 积极采⽤新技术、新工艺、新材料和新设备, 结合多个规范标准, 本文认为⾼压细水雾灭火系统是适用于⼦设备间、⼯程师室、继电器室、配电装置室。

(2) 本项目 28 个防护区划分为 9 管理分区, 设置 3 套⾼压细水雾泵组, 优化管理分区的划分, 尽可能地减少⾼压细水雾泵组数量, 兼顾了技术先进、安全应⽤和经济合理。

表2 各个防护区设计参数表

序号	保护区域	位置及防护区名称	喷雾强度 / (L/min·m ²)	分区流量 / (L/min)	分区流量合计 / (L/min)
1	1号管理分区	主厂房 ±0.00m 层 1号燃气发电机组配电间	1.35	259.84	259.84
2	2号管理分区	主厂房 ±0.00m 层第一套联合循环机组主厂房低压配电间	1.44	296.96	677.44
3		主厂房 ±0.00m 层主厂房公用低压配电间	1.31	296.96	
4		主厂房 ±0.00m 层 1号燃气发电机组热控电子设备间	1.16	83.52	
5	3号管理分区	主厂房 ±0.00m 层第二套联合循环机组 6kV 配电室	1.36	296.96	296.96
6	4号管理分区	主厂房 ±0.00m 层第二套联合循环机组继电器室	1.05	104.40	481.64
7		主厂房 ±0.00m 层 3号燃气发电机组热控电子设备间	1.10	80.28	
8		主厂房 ±0.00m 层第二套联合循环机组 6kV 配电室	1.36	296.96	
9	5号管理分区	主厂房 ±0.00m 层第二套联合循环机组主厂房低压配电间	1.26	259.84	519.68
10		主厂房 ±0.00m 层 3号燃气发电机组配电间	1.35	259.84	
11	6号管理分区	220KV GIS 网控楼继电器室	1.04	194.88	791.12
12		220KV GIS 网控楼通信机房	1.06	83.52	
13		220KV GIS 网控楼通信机房地板下	0.59	46.40	
14		220KV GIS 网控楼低压配电间	1.04	27.84	
15		220KV GIS 网控楼电缆夹层	1.09	438.48	
16	7号管理分区	主厂房 ±5.00m 层第一套联合循环机组 UPS 及直流间	1.20	55.68	290.00
17		主厂房 ±5.00m 层 2号汽轮发电机组低压配电间	1.34	83.52	
18		主厂房 ±5.00m 层第一套联合循环机组热控电子设备间	1.07	104.40	
19		主厂房 ±5.00m 层第一套联合循环机组热控电子设备间地板下	0.48	46.40	
20	8号管理分区	主厂房 ±5.00m 层 4号汽轮发电机组低压配电间	1.34	83.52	290.00
21		主厂房 ±5.00m 层第二套联合循环机组 UPS 及直流间	1.20	55.68	
22		主厂房 ±5.00m 层第二套联合循环机组热控电子设备间	1.07	104.40	
23		主厂房 ±5.00m 层第二套联合循环机组热控电子设备间地板下	0.48	46.40	
24	9号管理分区	集控楼 6.50m 层电气二次工程师室	1.83	55.68	382.80
25		集控楼 6.50m 层第一套联合循环机组继电器室	1.23	174.00	
26		集控楼 6.50m 层第一套联合循环机组继电器室地板下	0.59	83.52	
27		集控楼 12m 层第二套联合循环机组热控工程师室	1.07	27.84	
28		集控楼 12m 层第一套联合循环机组热控工程师室	1.45	41.76	

参考文献:

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 火力发电厂与变电站设计防火标准:GB 50229-2019 [S]. 北京:中国计划出版社, 2019:31-35.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑设计防火规范(2018版):GB 50016-2014[S]. 北京:中国计划出版社, 2018:118.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 细水雾灭火系统技术

规范:GB 50898-2013[S]. 北京:中国计划出版社, 2013:5.

- [4] 陆文慷. 高压细水雾灭火系统在上海市档案馆新馆中的应用[J]. 给水排水, 2020, 46(4):124-128.
- [5] 杨琦. 全国第一届细水雾灭火系统学术会议论文集:细水雾灭火系统技术规范的现状与比较[C]. 2013:15-22.

作者简介:李芳(1989.01-),女,汉族,江西赣州人,硕士研究生,工程师,研究方向:给排水设计。