

# Economic Analysis of High-pressure Water Mist Fire Extinguishing System in Power Transmission Projects

Li Bian<sup>1</sup> Xuecheng Qi<sup>2</sup>

1. Shanghai Electric Power Design Institute Co., Ltd., Shanghai, 200025, China

2. Construction Branch of State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310020, China

## Abstract

With the acceleration of urban renewal process, the power load of the main urban areas, the urban power system has entered a period of rapid development, leading to an increase in urban electricity load. In order to make full use of underground space, more and more underground substation and underground power tunnel were built. The high-pressure water mist fire extinguishing system is adopted, which has the advantages of less water requirement and better performance than the water mist fire extinguishing system. This paper focuses on three common scenarios of applying high-voltage water mist fire extinguishing system in power transmission projects, and analyzes its economic benefits and economic indicators.

## Keywords

high-pressure water mist fire extinguishing system; economic benefits

## 高压细水雾灭火系统在输变电工程中的应用经济性分析

卞莉<sup>1</sup> 亓学成<sup>2</sup>

1. 上海电力设计院有限公司, 中国·上海 200025

2. 国网浙江省电力有限公司建设分公司, 中国·浙江 杭州 310020

## 摘要

随着城市更新进程的加速, 主城区用电负荷大, 城市电力系统进入快速发展期, 为充分利用地下空间, 地下变电站以及地下电力隧道建设越来越多。消防灭火系统采用高压细水雾灭火系统, 该系统较水喷雾灭火系统具有需水量小、性能好等优点, 论文聚焦于输变电工程中应用高压细水雾灭火系统的三种常见场景分析其经济效益及经济指标。

## 关键词

高压细水雾灭火系统; 经济效益

## 1 研究背景

随着城市变电站以及地下电力综合管廊的增多, 且大多数变电站都实行无人值守制度, 但城区电网的稳定高效运行关系到人民生活, 消防安全保障、消防设施响应格外重要, 亟需提升消防智能管控能力, 提高无人值守变电站的迅速响应机制和自救能力。GB 50229—2019《火力发电厂与变电站设计防火标准》中第 11.5.4 条规定单台容量为 125MV·A 及以上的油浸变压器、200Mvar 及以上的油浸电抗器应设置水喷雾灭火系统或其他固定式灭火装置。新规范 GB 55036—2022《消防设施通用规范》自 2023 年 3 月 1 日起实施。综上, 国家关于消防系统的配置以及规范不断更新, 为变电站安全保障和消防设施的完善提供了解决方案与实施依据。

【作者简介】卞莉(1985—), 女, 中国上海人, 硕士, 高级经济师, 从事电力工程造价管理、电力工程造价研究。

## 2 技术性能分析

目前 220kV 变电站通用设计中主变压器多采用 240MVA 三相油浸有载调压变压器, 城区变电站多采用户内变电站布置形式。根据国家相关消防规范要求, 220kV 及以上的变电站需要设置水喷雾灭火系统、高压细水雾灭火系统或其他固定式灭火装置。

水喷雾灭火系统和高压细水雾灭火系统的灭火机理类似, 都是通过高压产生水雾滴直接喷射到正在燃烧的物质表面, 雾滴遇火后迅速汽化带走热量, 使燃烧表面温度降到燃点以下, 达到扑灭火灾的效果。但是两种灭火系统区别在于: ①水喷雾系统需水量较大, 需要设置消防水池和消防泵房, 占地面积较大, 在相对缺水地区、老旧站改造升级用地紧张的市区等劣势明显; ②水喷雾灭火系统中水雾粒径约为 0.3~0.7mm, 细水雾灭火系统中雾滴直径通常在几十微米到几百微米之间, 更小的微粒能够实现接触表面积剧增, 并且在喷射过程中雾滴相互间不会连续<sup>[1]</sup>; ③水喷雾灭火系统不太

适用于密闭空间，因为液体变为气体的过程中若体积增大可能引起物理爆炸。细水雾灭火系统用水量约为水喷雾灭火系统的20%，不易引起物理爆炸<sup>[2]</sup>。目前，水喷雾灭火系统应用相对成熟，高压细水雾灭火系统应用较少，论文研究了目前变电站工程中高压细水雾灭火系统的三种常见应用场景：

### 2.1 场景一：应用于地下变电站主变室、GIS室

鉴于城区用地紧张、变电站需要与周围环境相融合，地下变电站、联建变电站等设计方案越来越多，但地下建筑通风条件差，消防设计要求更高，且变电站内电气设备均造价昂贵，选用高压细水雾灭火系统具有节水、节地、节材，无需建设消防水池的特点，适用于用地紧张、空间较小的地下变电站。国家电网公司设备部发文《国网设备部关于在户内（地下）变电站固定灭火系统改造中推广应用细水雾灭火技术的通知》（设备变电〔2019〕59号）提倡使用高压细水雾灭火系统。以220kV地下变电站为例，主变细水雾系统用水量按单台最大用水量10L/s考虑，在消防水泵房内设置细水雾加压系统，包括两台柱塞泵和一套气压罐系统以及三套主变控制阀组。

### 2.2 场景二：应用于地下电力综合管廊

住建厅提倡因地制宜推进城市地下综合管廊建设，推

动城市高质量发展，充分利用地下空间，解决反复开挖路面、架空线网密集、管线事故频发等问题。电力管廊中高压细水雾灭火系统的应用，能够通过雾滴消除高温烟气，达到灭火效果。浙江省电力公司运检部发布《国网浙江省电力有限公司关于加强高压电缆专业管理工作的补充意见》（浙电运检〔2018〕264号）文件中指出高压电缆隧道和城市综合管廊电力舱固定消防装置原则上应选用高压细水雾灭火系统。以220kV电力隧道出线为例，内径3.5m的隧道区间（长度约4km）内一般设置区域阀组设置34套，喷头沿隧道两侧布置，供水主管一般采用DN65不锈钢管。

### 2.3 场景三：应用于老旧变电站主变压器消防升级改造

目前许多城市都面临老旧变电站的升级改造，投运超过10年的变电站消防系统趋于老化，特别是之前采用排油注氮灭火装置的变电站存在漏油漏气缺陷，设备安全稳定运行隐患较高，目前国网上海电力公司对220kV大场站、220kV双丁站、220kV华山站等进行消防系统升级改造，将排油注氮改造为高压细水雾系统，运行效果良好。

通过样本工程数据资料整理收集，不同应用场景下的灭火系统的配置清单略有差异，主要配置如表1所示。

表1 不同应用场景下的灭火系统的配置清单

类别			场景一：应用于地下变电站主变室	场景二：应用于地下电力综合管廊	场景三：应用于老旧变电站主变消防升级改造
消防保护对象 / 保护范围			三台220kV 240MVA三相油浸有载变压器、GIS室，保护面积约700m <sup>2</sup>	电力综合管廊及工作井，保护工作井面积约1250m <sup>2</sup> ，隧道长3.8km	三台220kV180MVA主变、油坑及油枕；保护面积约550m <sup>2</sup>
设备	高压细水雾泵组（九柱塞）	台	高压单泵7台 稳压单泵2台	高压单泵7台 稳压单泵2台	高压单泵4台 稳压单泵2台
	高压细水雾开放式区域阀组	套	4	193	3
	调试实验装置	套	2	4	2
	补水增压泵	套	2	2	2
	不锈钢水箱	m <sup>3</sup>	25	18	18
主材	高压细水雾开放式喷头	个	390	3300	196
	喷头专用接头 / 堵头 / 转换头	个	550	3700	262
	不锈钢阀门（含球阀、水力控制阀、闸阀、Y型过滤器等）	个	15	46	4
	高压不锈钢管道（DN10-DN80）	m	1100	38100	577
	低压不锈钢管道（DN25-DN150）	m		114	30
	压力表三联件	个	2	2	2

## 3 高压细水雾灭火系统投资构成分析

根据《电力建设工程预算定额（2018年版）》《电网工程建设预算编制与计算规定（2018年版）》高压细水雾灭火系统投资构成包括设备购置费、直接工程费、措施费、间接费、利润及增值税<sup>[3]</sup>。下面将根据三个场景应用的具体

配置分析高压细水雾灭火系统的造价水平。采用电力定额、全统定额以及地方定额体系进行高压细水雾灭火系统安装费的计算。

高压细水雾灭火系统安装费测算过程中综合考虑市场价格水平以及全统定额消耗量水平对电力定额进行修正，进行高压细水雾灭火系统概算定额组价如表2所示。

表2 高压细水雾灭火系统费用构成(单位:元)

项目	场景一:应用于地下变电站主变室	场景二:应用于地下电力综合管廊	场景三:应用于老旧变电站主变消防升级改造
一、设备费	1165487	5024779	710619
1. 高压细水雾泵组	964602	964602	566372
2. 高压细水雾开式区域阀组	128318	4008849	87610
3. 调试实验装置	3450	7080	3540
4. 补水增压泵	35398	26548	35398
5. 不锈钢水箱	33628	17699	17699
二、人工费	304945	8230229	271282
三、主材费	366217	10078250	357794
1. 高压细水雾开式喷头	191355	2996930	83901
2. 喷头专用接头、堵头、转换头	29248	462518	30482
3. 不锈钢阀门(含球阀、水力控制阀、闸阀、Y型滤污器等)	27307	70223	3407
4. 高压不锈钢管道及管件(DN10-DN80)	116954	6501057	229480
5. 低压不锈钢管道及管件(DN25-DN150)		46139	2173
6. 压力表及其他	1353	1383	8351
四、消耗性材料费	20419	1010529	24768
五、机械费	40931	965550	46417
六、其他费用	273696	5054349	218498
七、费用合计	2171694	30363685	1629378

根据三种应用场景下系统配置进行高压细水雾灭火系统投资测算,场景二应用于地下电力综合管廊总投资费用较高,主要因为需要消防保护的路径较长,高压细水雾开式区域阀组、开式喷头数量较多,高压不锈钢管工程量大,按消防保护面积折算每平方米消防系统的费用约3300元。场景三应用于老旧变电站主变消防升级改造费用较新建地下变电站消防系统费用略低,场景三仅考虑户外主变压器周边及油枕的消防升级改造,保护范围较小。场景一地下变电站需要保护的面积较大,包括主变室及GIS室,建筑空间较大,费用较高。通过计算,地下变电站每平方米消防系统的费用约3100元,户外主变周边消防系统折合每平方米费用约3000元,总体投资费用指标相当。

结合市场询价以及工程结算资料,高压细水雾灭火系统中高压细水雾泵组费用较高,30kW的主泵单价约16万/台,0.55kW的稳压泵单价约2万/台,高压细水雾开式区域阀组根据规格参数单价有所差异,XSW-FZ40/16单阀箱单价约3.5万/台,XSW-FZ32/16单阀箱单价约3.3万/台。经统计,场景一、场景三主变压器消防系统中设备费占比约45%~55%,场景二由于管廊路径长度差异,论文研究的样本中主材费占比较高,约为33%,其中高压细水雾开式喷头单价约0.1万/个,占主材费的30%,高压不锈钢管道及管件占主材费的65%,电力综合管廊高压细水雾灭火系统中除泵房设备外,每m隧道折算的消防喷头及管道主材投资约2600元。

## 4 应用前景介绍

论文通过对比高压细水雾灭火系统与水喷雾系统的技术性能,结合变电站工程中常见的三种高压细水雾灭火系统应用场景,详细分析高压细水雾灭火系统初期投资,虽然初始投资高于传统水喷雾灭火系统,但系统具备高可靠性和耐用性,后期运维成本较低,细水雾灭火系统管道采用不锈钢材料,还具有很强的耐腐蚀性<sup>[4]</sup>。同时,高压细水雾系统较传统灭火方式节约了大量的水资源,符合目前社会对节能、环保和可持续发展的要求。目前,也有文献研究在海上升压站、换流站中应用高压细水雾灭火系统<sup>[5]</sup>。笔者相信业主单位及设计单位将越来越充分意识到高压细水雾灭火系统的安全可靠效益以及全寿命期成本,论文的研究成果也能为投资决策提供支撑,后续将结合更多实际案例数据优化投资费用组成。

### 参考文献

- [1] 游求焱.碳达峰背景下高压细水雾灭火技术的分析及发展[J].低碳世界,2023(6):190-192.
- [2] 雷军.汇细水雾灭火系统技术经济性分析[J].消防科学与技术,2007,27(5):542-544.
- [3] 彭锦志.细水雾灭火系统在小型汽车库火灾中的灭火效能试验研究[J].消防科学与技术,2022,41(6):802-806.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部.GB 50898—2013 细水雾灭火系统技术规范[S].北京:中国计划出版社,2013.
- [5] 秦逸涵,徐中亚.海上变电站高压细水雾灭火系统分析及应用[J].南方能源建设,2022,9(1):52-57.