

气体灭火系统在华能古城水电站发电机 自消系统中的应用

杜传利¹, 贺瑜章¹, 李强²

(1. 四川华能涪江水电有限责任公司, 四川 平武 622550; 2. 平武县消防大队, 四川 平武 622550)

摘要: 目前水电厂的发电机一般采用传统的水系统灭火方式, 但该方式启动后对被保护设备的损害较大。古城水电站尝试采用气体灭火系统对发电机进行保护, 取得了较好的效果。对气体选型、设计参数、施工过程等进行了介绍。

关键词: 气体灭火系统; IG541; 发电机; 古城水电站

中图分类号: TV7; TV734.2

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2015)02-0090-04

1 概述

水轮发电机在水电厂中占有核心位置, 因此, 确保水轮发电机的安全即成为电站消防的核心工作。目前水轮发电机的水轮机部分由于其均为纯机械结构, 发生火灾的可能性较小, 故防火的重点部位为发电机的电气部分, 即风洞内的定、转子部分。

目前国内水轮发电机普遍采用水灭火系统, 利用雨淋阀开启水喷雾灭火, 可以快速地在发电机上覆盖水层灭火、降温, 同时水雾亦可隔绝火焰, 具有很好的灭火效果。

但是水灭火系统也具有自身的缺陷。在水灭火系统启动后, 对发电机将造成致命的破坏, 有可能导致整个发电机报废, 所产生的损失无法估量, 且其最坏的情况是在发电机正常运行时水灭火系统发生误喷对发电机产生破坏, 严重时将会烧毁发电机。已有水电站因水系统管路泄漏水进入发电机后将机组烧毁的案例。

由此可见, 水系统灭火有利有弊。目前各个水电厂基本上在水系统的雨淋阀这一级或者更上一级将水关闭。为防止误喷, 其实水系统灭火并未真正投入使用。但是这样, 在发电机真正发生火灾的时候又存在很大的安全风险。在这种背景下, 研究新的灭火方式已成为当务之急。

笔者在华能古城水电站建设前, 分析了水系统灭火方式的利弊, 并对国内外发电机及电气设备的灭火方式进行了调研, 发现目前国内水轮发电机组普遍采用水系统灭火方式, 而国外水轮发

电机则采用气体灭火方式较多。考虑到水系统灭火方式启动后对发电机组会产生较大影响, 经综合考虑, 尝试在古城水电站发电机上采用气体灭火方式。

华能古城水电站位于四川省绵阳市平武县古城镇, 装机容量为 2×50 MW, 为中型水电站, 发电机采用杭州力源公司产品, 其参数如下:

型号:	SF-J50-44/9200
额定容量:	50 MW/58.8 MVA
额定电压:	10.5 kV
额定电流:	3 234.5 A
额定功率因数:	0.85(滞后)
额定转速:	136.4 r/min
飞逸转速:	290 r/min
额定频率:	50 Hz
转动惯量:	10 000 t·m ²
定子铁芯内径:	8 630 mm
定子机座外径:	10 500 mm
定子铁芯有效长度:	852 mm
定子和转子气隙:	13 mm
转子外径:	8 604 mm
转子高度:	1 415 mm
空冷器数量:	12 个

古城水电站发电机风洞为封闭空间, 适宜气体喷放后浸渍灭火, 且因发电机定子和转子在风洞内占有部分空间, 为达到灭火浓度所需的气体并不太多; 风洞为钢筋混凝土结构, 发电机为金属结构, 气体喷放所产生的压力不会对建筑物和设备产生影响; 另外, 气体灭火时电绝缘性能好,

收稿日期: 2014-06-12

不会造成水渍损失,灭火后无残留且易于清理;鉴于气体灭火系统随时处于运行状态,故不必担心误动作给设备带来的损害,其缺点为气体灭火设备价格较高。考虑到对发电机设备的保护,该工程在设计阶段最终决定采用气体灭火系统。

2 气体灭火系统及气体选型

气体灭火系统主要应用在不适于设置水灭火系统等其他灭火系统的环境中,比如计算机机房、重要的图书馆、档案馆、移动通信基站(房)、UPS室、电池室、一般的柴油发电机房等,灭火剂平时以液体、液化气体或气体状态存贮于压力容器内,灭火时以气体(包括蒸汽、气雾)状态喷射作为灭火介质的灭火系统,并能在防护区空间内形成各方向均一的气体浓度,而且至少能保持该灭火浓度达到规范规定的浸渍时间,进而扑灭该防护区内的空间、立体火灾。该系统由贮存容器、容器阀、选择阀、液体单向阀、喷嘴和阀驱动装置组成。

气体灭火系统的灭火原理是降低氧气浓度,切断链式反应,大量扑捉自由基,窒息燃烧源并通过混合作用来完成灭火过程。

目前常用的灭火气体为二氧化碳、七氟丙烷、IG541以及气溶胶,对环境污染较大的哈龙气体已不采用。古城电站在设计阶段对以上几种气体进行了综合分析对比,其结果表明低压二氧化碳系统灭火效果最好。二氧化碳喷放时,一方面可以吸收热量,另一方面二氧化碳可以将被保护设备与空气隔离,灭火效果良好;但是,因二氧化碳容易引起人窒息,故在机组检修或人员进入发电机风洞检查时若发生误喷,将存在人员死伤的风险;七氟丙烷灭火气体在灭火时所需的浓度小,灭火效率较高,但是七氟丙烷气体存储压力较小,需要由储气钢瓶内的高压氮气推送,从而要求储气钢瓶离发电机风洞不能太远。但实际情况是在发电机风洞附近不能放置储气钢瓶,而应将其在较远的地方用单独的房间存放;另外,七氟丙烷还具有弱毒性,灭火时会分解产生氢氟酸,其具有一定的腐蚀性;IG541为混合惰性气体,其中氮气所占比例为52%,氩气占40%,二氧化碳占8%,IG541不污染环境,无毒、无副作用,不会对被保护设备构成危害,而且气体压力为15 MPa,可以将储气钢瓶放在较远的位置,在发生误喷的情况下,即使有人员在发电机风洞内也不会造成窒息。

最终本工程决定采用IG541气体。

3 设计与施工

3.1 气体灭火系统的设计

该工程1#发电机风洞和2#发电机风洞均按全淹没灭火系统设计,灭火设计浓度为37.5%,灭火剂设计喷放时间为55 s,灭火浸渍时间按电气设备火灾考虑采用10 min。

每台发电机风洞均为一个独立的防护区,该防护区容积为474.6 m³,发电机占用容积约为36.2 m³,因此该防护区净容积 $V = 474.6 - 36.2 = 438.4$ (m³)。

发电机防护区为混凝土外墙,其上下均设置有钢盖板,防护区围护结构承受内压的允许压强不小于1 200 Pa。古城水电站发电机防护区高程为800 m,防护区最低环境温度按0℃设计。

IG541混合气体储存容器采用一级充压(15 MPa)系统,充装量为211.15 kg/m³。

防护区泄压口设置在混凝土外墙上。泄压口面积按IG541气体灭火系统的设计规定确定。该泄压口平时关闭,当防护区压力达到整定值时开启。

依据《气体灭火系统设计规范》GB50370—2005,灭火剂设计用量公式为:

$$W = K \times (V/S) \times \ln[100/(100 - C)]$$

$$\text{式中 } S = 0.6575 + 0.0024 T。$$

式中 W 为灭火设计用量(kg); K 为高程修正系数,其按发电机防护区高程800 m进行修正; S 为灭火剂气体在101 kPa大气压和防护区最低环境温度下的比容(m³/kg); V 为防护区的净容积(m³); C 为设计浓度或惰化设计浓度(%); T 为最低环境温度(℃)。

经计算得知,IG541设计灭火用量为279.3 kg。采用威特龙消防设备有限公司生产的WLHQ-90L型IG541气体灭火剂16瓶。由于1#发电机和2#发电机净容积相同,最终考虑共用一组气体灭火系统,通过2个启动钢瓶和2个选择阀实现两个气灭区的灭火。

气体管路在发电机风洞内采用环形布置,其末端装有四个喷头,喷头位于发电机风罩内,对准发电机定子和转子部分,喷头方向与喷孔的方向垂直,喷孔末端压力为2 MPa。由于喷头距离被保护设备有一段距离且喷孔未正对设备,故气体

喷放时不会对设备造成冲击损害(图1)。

防护区设置了泄压装置,其设置高度为风洞

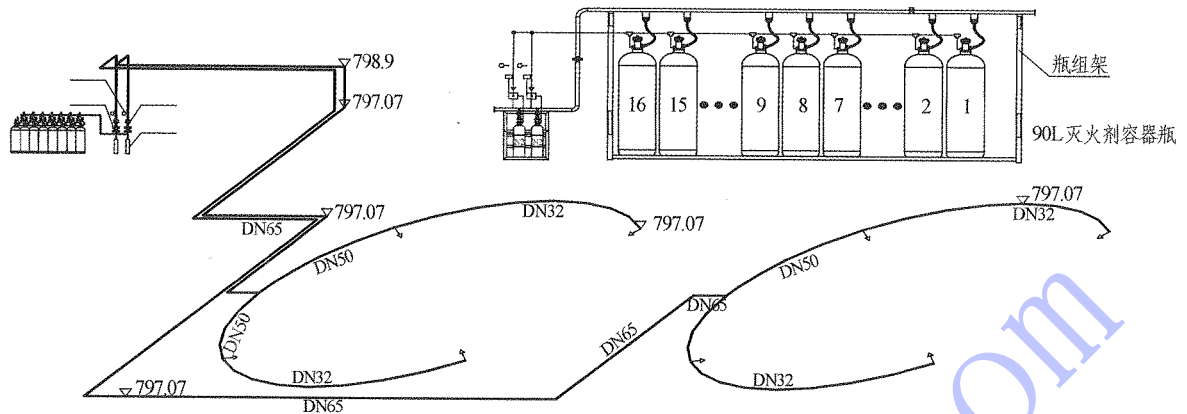


图1 气体灭火系统管路布置图

内壁净高的 $\frac{2}{3}$,面积为 $700\text{ mm} \times 420\text{ mm}$ 。泄压装置常闭,动作开启压力为 $1\ 000\text{ Pa}$,并能在泄压后自动关闭,耐火极限不小于 0.5 h 。

3.2 气体灭火系统的启动方式

气体灭火系统的启动方式为自动、手动、机械应急手动三种,介绍于后。

(1) 自动控制:采用西门子公司生产的BC8013气体消防控制盘。正常状态下,火灾报警控制器的控制方式选择在“自动”位置,灭火系统处于自动控制状态。当保护区发生火情时,火灾探测器的感烟探头和感温探头同时发出火警信号,火灾报警控制器在发出声、光报警信号的同时发出联动命令,关闭风机、防火卷帘等通风设备,经过 30 s 延时(此时保护区内的人员必须迅速撤离)输出 $\text{DC}24\text{ V}/1.5\text{ A}$ 灭火电源信号驱动启动瓶电磁阀,启动钢瓶释放出的控制气体打开对应区域的选择阀,继而打开灭火剂贮瓶上的瓶头阀释放出IG541气体实施灭火。火灾报警探测器安装在发电机空冷装置冷却片的两侧,可以检测到发电机风罩内的温度和烟雾,配以极早期空气采样装置,在火灾发生的早期给予预警。

(2) 手动控制:在保护区内有人工作或值班时,控制方式选择“手动”位置,灭火系统处于手动控制状态。若保护区发生火情,现场人员按下火灾报警控制器面板上的“启动”按钮,也可在确认人员已经全部撤离的情况下按下该区门口设置的“紧急启动”按钮,即可启动灭火装置,实施灭火。

(3) 机械应急手动:当保护区发生火情,而自动、手动两种控制方式均因故不能启动时,应通知有关人员撤离现场,关闭联动设备,然后在设备间拔掉对应防护区启动瓶组上的保险环,用手压下手柄,即可释放启动气体驱动选择阀、瓶头阀实施灭火。

喷放IG541灭火剂后,应保持必需的灭火浸渍时间并确认灭火后才能通过风机对保护区实施通风换气。该工程在发电机风洞底部设置有常闭出风口,在气体喷放灭火后,可以开启该出风口的风机对气灭区换气。在保护区喷放灭火剂时和未彻底通风的情况下工作人员不得进入。

3.3 系统安装

(1) 系统安装根据设计图纸并按照《气体灭火系统施工及验收规范》GB50263进行。

(2) 系统安装分为IG541主设备部分和管路喷嘴部分。在IG541主设备部分中的灭火剂储存装置安装后,泄压装置的泄压方向不应朝向操作面;储存容器的支、框架应固定牢靠,并应做防腐处理;安装集流管前应检查内腔,确保其清洁;连接储存容器与集流管间的单向阀的流向指示箭头应指向介质流动方向;集流管应固定在支、框架上,支、框架应固定牢靠并做防腐处理。管路喷嘴带装饰罩,装饰罩紧邻喷嘴。

(3) 输送气体灭火剂的管道采用无缝钢管,其质量应符合现行国家标准并内外镀锌。公称直径等于或小于 80 mm 的管道采用螺纹连接;公称直径大于 80 mm 的管道采用法兰连接。

(4) 气体输送管道以选择阀为分界面分成两部分。第一部分是从气瓶高压软管出口到选择阀管道为上游管道,简称集流管,其最大的工作压力为 17.2 MPa;第二部分为选择阀出口至喷头的管道,其最大的工作压力为 7 MPa。

(5) 启动管路的管材选用 $\varphi 8$ 紫铜管,其质量应符合现行国家标准,依据施工图并应在厂家指导下进行安装。

(6) 管道安装高度为系统图标高,当其与其它专业管道发生冲突时应做适当调整;钢瓶用支架由膨胀螺栓固定在地上或承重墙上,避免气体释放时钢瓶晃动。

(7) 管道支、吊架按国家标准中的防晃支架参考图进行安装,管道支、吊架间的最大间距见表 1。

表 1 管道支架、吊架最大间距表

项 目	直 径 /mm									
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	150
最大间距 /m	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3	3.4	3.7	4.3	5.2

(8) 管道安装完成后进行气压强度试验,气压强度试验压力取 10.5 MPa。施压持续未发现明显滴漏或明显漏气且管道未发生变形为安装合格。气密性试验前,采用氮气或压缩空气对管道系统进行吹灰,吹除管道中的灰渣,保证管道的通畅性,吹灰时管道末端的气体流速为 20 m/s。

(9) IG541 输送管道的外表面施工完成后,刷红丹防锈漆两遍。

4 结 语

现场安装调试完毕,设计、监理和业主三方按照《气体灭火系统施工及验收规范》GB50263 - 2007 进行现场检查和验收,认为该系统满足发电机气体灭火要求,施工及调试符合标准。后经平武县消防大队进行验收,其结论为合格。

该系统自投入运行以来,消防维保单位每月定期对该系统进行检查,发现问题及时处理。因 IG541 气体灭火系统压力高,故在平时维护时一定要加强管理,并对电站现场维护人员进行培训,

使其在应急情况下能正确使用该系统,做到正确动作,及时灭火。

本工程改变了以往水电厂发电机采用水系统灭火的方式,对气体灭火方式进行了尝试。虽然其造价比水系统灭火高,但是其对被保护设备无损害且能达到灭火效果,因此,我们在该工程进行了尝试,期望对将来新建电站发电机自消系统的选择有所借鉴。

参考文献:

- [1] 气体灭火系统施工及验收规范,GB50263 - 2007[S].
- [2] 电力设备典型消防规范,DL5027 - 93[S].
- [3] 气体灭火系统设计规范,GB50370 - 2005[S].

作者简介:

杜传利(1978-),男,山东夏津人,工程师,硕士,从事水电站通信、工业电视、消防设施建设与维护工作;
 贺瑜章(1956-),男,四川雅安人,总经理,高级工程师,从事水电工程建设技术与管理工作;
 李 强(1974-),男,四川自贡人,中校,教导员,学士,从事消防监管工作。
 (责任编辑:李燕辉)

华中电网水能利用提高率达 8.93%

国家电网公司近日透露,2014 年,国网华中分部积极应对区域内水电来水丰枯不均、秋汛明显、综合利用任务多、水火电矛盾突出等问题,水电消纳取得多项突破。截止 2014 年 12 月 31 日,全网重点水电厂节水增发发电量 66.80 亿千瓦时,比去年同期增加 8.48 亿千瓦时,水能利用提高率达 8.93%,同比提高 0.75%,优化调度工作成效显著。华中分部全网水电发电量创历史新高,其中直调水电五强溪、三板溪电厂年发电量创历史新高;五强溪电厂全开满发天数达 124 天,满发天数创历史新高;做好四川水电消纳工作,四川电网最大外送电力达 2 676 万千瓦,相比去年最大外送电力增加 55.7%,外送电量 1 068 亿千瓦时,同比增长 65.7%,均创历史纪录;直调水电实现全额消纳,水库年末蓄能值创历史新高,年末全部直调水电基本蓄满;直调水电水布垭、隔河岩电厂年平均耗水率历史最小,成功应对汛末发生的洪水,同时联合三峡水库实现长江洪水错峰调度,既保证了下游度汛安全,也保证了三峡机组全开满发;克服在建水电站移民搬迁、水库初期蓄水等诸多制约因素,首次实施沅水三板溪、白市、托口梯级水库联合优化调度,保障了沅水流域水库安全度汛,实现托口水电站初期蓄水、6 台新机组全部投产。