

NFPA12 标准下水电站发电机 CO₂ 灭火管路设计探讨

王 伟¹, 曹 静²

(1. 四川省电力工业调整试验所, 四川 成都 610016;

2. 中水顾问集团成都勘测设计研究院, 四川 成都 610072)

摘 要: 主要讨论了 NFPA12 标准下水电站发电机 CO₂ 灭火与国标水喷雾灭火方式的优缺点对比, 以及发电机 CO₂ 灭火管路设计计算。随着社会和科技的发展, 中国水电站会逐步实现无人值班, 发电机灭火也会由水喷雾灭火为主, 逐步改变为 CO₂ 灭火为主。

关键词: NFPA12; 发电机; CO₂ 灭火; 管路设计

Abstract: The advantages and disadvantages between CO₂ fire fighting under NFPA12 standard and water spray fire fighting under national standard for generators in hydropower station are discussed, as well as the design calculation for CO₂ fire fighting pipeline of generators. Along with the development of society and technology in China, the unattended operation will be realized step by step in hydropower station, and the fire prevention of generator will gradually give priority to CO₂ fire fighting instead of using water spray fire fighting in hydropower station.

Key words: NFPA12 standard; generator; CO₂ fire fighting; pipeline design

中图分类号: TV742 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2012)04-0084-03

中国水电建设和设计公司进入国际市场, 会面临很多挑战, 比如, 使用语言不一致, 在交流方面与在中国执行合同过程中显然不一样; 中国设计单位和建设单位要在国际上逐渐树立自己的品牌, 赢得国际社会认可; 投标与合同执行过程中采用新的设计、建设标准, 要重新了解、学习、掌握国际标准与中国标准的不同, 以便在投标、合同谈判以及执行过程中游刃有余。发电机灭火标准就是其中的一项。与中国采用水喷雾灭火不同, 国外一般执行 NFPA12 标准, 采用发电机 CO₂ 灭火。

1 水电站发电机水喷雾灭火与 CO₂ 灭火比较

中国水电站发电机灭火设计中采用水喷雾灭火, 但国外水电站尤其是美国、欧洲电站或者在历史上被欧洲殖民过的国家中一般采用发电机 CO₂ 灭火。国外电站一般采用无人值班的方式, 当发电机失火, CO₂ 灭火系统可自动将火灾扑灭。中国水电站虽然按照“无人值班”设计, 但实际上一般采用少人值班, 达不到“无人值班”, 所以, 发电机使用 CO₂ 灭火对电站运行人员有一定的危险性。表 1 列举水

电站发电机水喷雾灭火与 CO₂ 灭火的优缺点。

表 1 水电站发电机水喷雾灭火与 CO₂ 灭火的优缺点

优缺点	发电机灭火方式	
	水喷雾灭火	CO ₂ 灭火
优点	1) 无污染, 方便, 灭火快。	1) 无污染, 方便, 灭火快。
	2) 设计、施工、操作简单。	2) 灭火后发电机可维修后再使用, 节约成本。
	3) 可手动、自动实现灭火。	3) 可手动、自动实现灭火。
	4) 即使误动作, 不会影响工作人员人身安全。	4) 即使误动作, 机器无损伤。
缺点	1) 灭火系统误动作, 发电机损毁严重。	1) 误动作时, 有人在检修发电机或者在发电机机坑附近, 有可能窒息。
	2) 灭火后, 发电机损毁严重。	2) 设计较复杂。

2 发电机 CO₂ 灭火管路设计

2.1 设计要点

首先, 发电机 CO₂ 灭火使用标准要根据业主要求, NFPA12 或国标 GB 50193 标准不同决定了 CO₂ 使用量不同。其次, 发电机 CO₂ 灭火系统组成要根

据业主要求,比如全厂设置发电机 CO₂ 灭火系统数量,以及主喷放灭火浓度、主喷放时间、延时喷放灭火浓度、维持浓度时间。再次,业主对于系统动作以及停止的要求。如感温探头探测温度达到 80℃,并有感烟探头警报,CO₂ 灭火系统收到报警后动作。在机组检修时,系统可探测发电机机坑进入门是否打开,如果打开,即使有火灾报警,发电机灭火系统也不动作,保证电站工作人员的人身安全。最后,过压保护系统。一般认为机坑是一个密闭系统。CO₂ 气体进入机坑内灭火后,抽离装置未开启前的基坑压强虽然不足以将风罩混凝土破坏,但是出于保护发电机附属设备以及基坑盖板不变形,要设立过压保护系统。

2.2 实例计算

以非洲某项目水电站发电机 CO₂ 灭火管路设计为例。该项目共 10 台机组,单机容量 187 MW,机坑内净空间按照机坑体积减去定、转子体积(定、转子重量除以铜的密度)来估算,经计算机坑内净空间约 683.42 m³。主合同要求全厂发电机共设置两套 CO₂ 灭火系统,即每 5 台发电机共用一套 CO₂ 灭火系统。灭火系统分为主喷放和延时喷放两阶段。主喷放阶段 CO₂ 浓度达到 40%,并在 60 s 内喷放完毕。1 min 时启动延时灭火设备,应在 20 min 内保持 CO₂ 密度 25%。CO₂ 使用 70 L、42 kg(每个钢瓶的重量定义为 m)容量钢瓶储存,钢瓶储存间平均温度约为 20℃,此时钢瓶内压强为 15 MPa。仅考虑一台发电机失火情况。

1) 主喷放阶段 CO₂ 钢瓶数量

根据 NFPA12 中表 5.3.3(b) 条规定,在 34% 的条件下,127.36 ~ 1 415 m³ 空间容积范围内,选 1.3 m³/kg,得出需要 CO₂ 灭火剂重量为 683.42/1.3 = 525.7 kg。

根据 NFPA12 第 5.3.4 条规定,超过 34% 的设计浓度对象,按图 5.3.4 增加用量,按主合同要求,初始浓度 40%,查表得系数 1.204,则初始设计用量为

$$M_1 = 525.7 \times 1.204 = 632.95 \text{ kg}$$

$$N_1 = M_1 / m = 632.95 / 42 = 15.07 \text{ 瓶}$$

取 16 瓶。

式中, M₁ 为套发电机 CO₂ 灭火系统主喷放阶段所需 CO₂ 质量; N₁ 为套发电机 CO₂ 灭火系统主喷放阶段所需 CO₂ 钢瓶数量。

2) 延时喷放阶段 CO₂ 钢瓶数量

根据 NFPA12 中表 A5.5.3(b) 条规定,查表插值得延时系统灭火喷射应维持 25% 浓度 20 min 的 CO₂ 最低估算量为 M₂ = 620.5 kg。

$$N_2 = M_2 / m = 620.5 / 42 = 14.77 \text{ 瓶}$$

取 15 瓶。

式中, M₂ 为一套发电机 CO₂ 灭火系统延时放阶段所需 CO₂ 质量; N₂ 为一套发电机 CO₂ 灭火系统延时放阶段所需 CO₂ 钢瓶数量。

3) 过压保护系统计算

使用公式:理想状态气体公式—— $P_1 \times V_1 / T_1 = P_2 \times V_2 / T_2$

分压定律——在一密闭容器内装有混合气体,容器内的总压强 P 等于所有气体的压强和。

从启动 CO₂ 灭火系统后,可以分为两个阶段,第一阶段是 CO₂ 从主喷放钢瓶及延时喷放钢瓶中释放至机坑内(初始是气液两相,随时间和温度的变化,最终变成气态),并且 CO₂ 温度由 20℃ 上升至 80℃(根据设定的火灾报警温度)。第二阶段是机坑内空气及 CO₂(考虑此时全部变成气态)混合后压强增加。暂时不考虑 CO₂ 由气液两相转化为气态的过程中吸热,机坑内温度下降。

第一阶段:钢瓶内 CO₂ 的压强为 P₁ = 15 MPa,主喷放与延时喷放钢瓶内 CO₂ 的体积为 V₁ = 31 × 70 / 1 000 = 2.170 m³,钢瓶间温度为 T₁ = 20 + 273 = 293 K; P₂ 为机坑内 CO₂ 气体的压强,机坑内体积为 V₂ = 683.42 m³,发生火灾后机坑内的温度为 T₂ = 80 + 273 = 353 K。

$$P_2 = P_1 \times V_1 \times T_2 / T_1 / V_2 = 15 \times 2.17 \times 353 / 293 / 683.42 = 0.0574 \text{ MPa}$$

第二阶段:常压空气由 20℃ 变为 80℃ 时,压强变化不大,与上面计算类似,总压强由分压定律得 P = 0.122 + 0.0574 = 0.1794 MPa。

由于未考虑 CO₂ 由气液两相转化为气态的过程中吸热,机坑内温度下降。机坑内实际压强应该小于 0.1794 MPa,大于标准状态下大气压力,但是根据 NFPA 5.6.2 计算泄压孔的面积,配置泄压孔。泄压孔需由管路连接至室外。

$$X = 239Q / P^{0.5}$$

式中, Q 为 CO₂ 喷放速率,kg/min,因延时喷放在主喷放 1 min 后才开始,所以,CO₂ 喷放速率取两次喷放的较大值,取 42 × 16 = 672 kg/min; P 为建筑物

可承受压强 kPa ,因为发电机基坑可承受压力较大 ,
取值为 $4.8 KPa$; X 为泄压孔面积 mm^2 。

$$X = 239 \times 672 / 4.8^{0.5} = 73\ 307.19\ mm^2$$

4) 主喷放管路以及延时喷放管路管径选择

$$Q = M/T$$

$$D = (1.41 \sim 3.78) \sqrt{Q}$$

式中 D 为管路直径 mm ; Q 为平均主管管路中的流量 kg/min ; T 为喷放时间 s 。

由上式 ,可计算出主喷放管路与延时喷放管路主管管径均可选用 $DN50$ 。

5) 管路材质及壁厚选择

管路材质一般根据主、合同要求。合同没有要求的 ,可以使用不锈钢管、焊接钢管 ,若使用焊接钢管要内外镀锌 ,个别项目业主要求不能内镀锌 ,但可以涂防锈油漆 根据合同要求执行。管路安装完毕后需要进行打压试验 ,一般钢管均可承受 若合同已经规定的管路腐蚀厚度 ,应根据管路壁厚计算公式计算 ,然后选择钢管厚度。公式如下。

$$S = \frac{pd}{2\sigma} + c + \nabla S$$

式中 S 为管路壁厚 mm ; P 为管路设计压力 MPa ; d 为管路公称直径 mm ; σ 为设计工作温度下材料许用应力 MPa ; c 为腐蚀厚度 mm ; ∇S 为制造偏差 ,取 15% 管路壁厚 mm 。

6) 灭火后气体抽离系统

发电机灭火后 ,需要从发电机机坑内将 CO_2 抽离 ,并且排出室外。

(上接第75页)

4.2 购电流程

用户卡购电流程复杂 ,也是 CPU 卡操作流程中最关键的部分 ,需要多次认证及判断 ,最后才能把购电卡里的电费充值到表内 ESAM 钱包文件里。图 6 是结合国内主流售电系统流程的用户卡表内购电流程图。

5 结束语

CPU 卡是继存贮器卡、逻辑加密卡后的第三代 IC 卡 ,CPU 卡及 ESAM 芯片在智能电表上的应用为智能电表本地安全数据交换、远程加密数据通信提

3 结 语

从水电站设立值班人员数量看 ,中国值班人员较多 ,国外水电站多按照无人值班设计 ,尤其是欧洲电站。在中国水电站 ,发电机水喷雾灭火发生误报警误动作时 ,若灭火采用自动方式 ,则水喷雾会使线圈损坏 ,导致水电站损失较大 ,所以中国发电机水喷雾灭火一般采用手动方式。当有报警发生后 ,值班人员去现场确认 ,确认发生火灾后 ,手动启动灭火装置 给发电机灭火。这时 ,发电机灭火快慢取决于值班人员的动作快慢。无人值班水电站一般采用发电机 CO_2 灭火 ,发生火灾后灭火系统动作迅速 ,即使误动作 ,抽离 CO_2 后 ,不影响机组继续使用。随着社会和科技的发展 ,中国水电站会逐步实现无人值班 ,发电机灭火也会由水喷雾灭火为主 ,逐步改变为 CO_2 灭火。

参考文献

[1] NFPA 12 - 28 ,Standard on Carbon Dioxide Extinguishing System [S].

作者简介:

王 伟(1983) ,男 ,学士 ,主要从事火电调试工作;

曹 静(1986) ,女 ,硕士 ,主要从事水电站机电设计工作。

(收稿日期:2012 - 04 - 06)

供了重要技术支撑 ,为未来智能电表的双向信息互动提供了很好的技术平台。CPU 卡智能电表会因其快捷的充值操作、安全的数据传递而受到供电局及用户的青睐。

参考文献

[1] ISO/IEC 7816 ,卡片基本规范及数据交换命令 [S].
[2] Q/GDW_365 - 2009 智能电能表信息交换安全认证技术规范 [S].
[3] 北京握奇有限公司 ,TimeCOS/PBOC 通用技术参考手册.
[4] 北京融通高科有限公司 ,ARTCOS ESAM 通用手册.

(收稿日期:2012 - 05 - 29)