

# 天然气井站污水池闪爆事故致因分析及预防

杨 杰<sup>1</sup> 何林君<sup>1</sup> 罗凤霞<sup>2</sup> 蒲泓汀<sup>1</sup>

(1. 中国石油西南油气田公司安全环保与技术监督研究院; 2. 成都中石油昆仑燃气公司)

**摘 要** 通过对某含硫天然气井站污水池在气井复产初期发生闪爆事故的说明,根据污水池发生闪爆的三个必要条件:可燃物质、助燃物质(空气)、点火源的形成过程,并结合污水池新建呼吸管道的设计缺陷及气井复产阶段的运行管理缺陷,对该事故的原因进行了全面分析。同时,从开展隐患排查与整改、强化风险辨识、细化落实安全管控措施等方面,提出了针对性较强的措施建议,对避免同类事故的发生具有积极的参考意义。

**关键词** 天然气; 闪爆; 阻火器; 安全措施

DOI:10.3969/j.issn.1005-3158.2019.02.012

文章编号: 1005-3158(2019)02-0046-03

## 0 引 言

2018年3月,某气矿含硫天然气井站(DQ站)在关井停产数小时后,污水池(储存本站所产气田水)发生了闪爆事故。事故造成污水池及其连接管线不同程度受损,未造成人员伤亡和环境污染。为有效降低该类事故的发生概率,避免造成更大的事故损失,有必要对事故原因进行全面深入调查,并提出相应的安全防范措施。

## 1 事故经过

DQ站内建有1口生产井,于1998年6月建成投产。目前,该井日产气约 $3.6 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,产水约 $230 \text{ m}^3$ ,硫化氢含量 $7.31 \text{ g/m}^3$ 。DQ站内建有1座污水池,容积约 $270 \text{ m}^3$ ,用于储存从气井中采出的含硫气田水。由于该污水池未做密闭处理,自气田水中析出的少量硫化氢等恶臭气体时有逸出,造成污水池及井站周边偶有空气恶臭现象出现。为消除该环保隐患,依托环保隐患治理项目,气矿于2017年底对污水池进行了密封改造:为污水池修建水泥盖板、新增设两根呼吸管,利用呼吸管将污水池中恶臭气体引至井站外放空区进行燃烧处理。同时,在呼吸管中设置了阻火器,防止回火引发安全事故<sup>[1-2]</sup>。恶臭气体处理流程见图1。

污水池改造工程完工后,气矿于2018年3月开展气井复产工作。3月5日至10日,井站开始进行气井复产的前期准备:向污水池中注入约 $200 \text{ m}^3$ 清水,利用清水完成气田水外输管线及设备的试运行。试运行结束后,井站于3月12日14时30分开井复产。16时10分,气井产水开始进入污水池。18时20分,井站开启污水泵(泵压约 $2.4 \text{ MPa}$ ,流量约 $20 \text{ m}^3/\text{h}$ ),利用外输管线向回

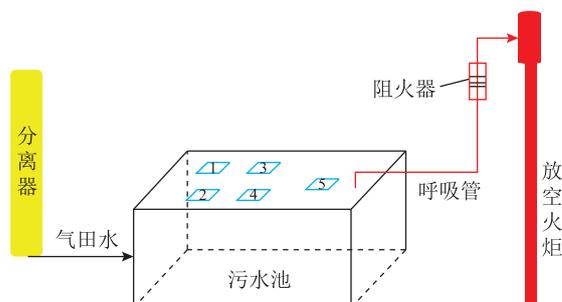


图1 恶臭气体处理流程

注井输送气田水。3月13日凌晨,由于发现该气田水外输管线发生泄漏,井站于2时25分进行了关井。在此阶段,气井生产12h,产气 $1.7 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,产水 $130 \text{ m}^3$ 。井站转运气田水 $160 \text{ m}^3$ ,污水池剩余空间约 $80 \text{ m}^3$ 。

3月13日5时21分,污水池突然发生闪爆,导致池顶1号盖板、2号盖板、4号盖板损坏;3号盖板及5号盖板被气浪掀开。事故发生时,污水池区域及周边无作业、巡检人员,故未造成人员伤亡,也未导致环境污染与次生灾害。事故发生时的现场情况见图2。



图2 污水池闪爆现场情况

## 2 事故原因分析

### 2.1 直接原因

污水池发生闪爆的必要条件是存在浓度达到爆炸浓度极限的可燃气体、助燃物质、点火源。根据现场调查情况,并认真分析闪爆条件的形成,认为导致本次事故的直接原因为:天然气(含少量硫化氢)自气田水中分离析出后,在密闭的污水池中不断聚集并与空气混合,达到爆炸浓度极限后,遇到污水池呼吸管内回火而发生闪爆。

#### 2.1.1 可燃气体来源

井站在开井复产阶段产出的气田水全部进入污水池,未与气田水完全分离以及溶解在水中的天然气、少量硫化氢逐渐析出,并在池内逐渐聚集并达到爆炸浓度极限。

#### 2.1.2 助燃气体来源

根据调查,在污水池封闭改造施工结束后,以及开井复产之前的试运行期间,井站未对污水池中的空气进行置换处理,导致在密闭空间中留有大量空气,为闪爆事故的发生埋下了隐患。

#### 2.1.3 点火源

依照设计,污水池内的恶臭气体经由呼吸管引至放空区进行燃烧处理。为防止回火引发事故,在呼吸管中安装了阻火器。但是,在本次事故中,阻火器未能发挥作用,导致呼吸管中的气体经放空火炬点燃后回窜入污水池,引发了闪爆。

### 2.2 间接原因

#### 2.2.1 设备选型错误

依照管道阻火器的选用标准与安装要求,可燃气体放空管道在接入火炬之前,若设置阻火器时,应选用阻爆轰型阻火器。而该污水池呼吸管线选用安装的是阻爆燃型阻火器。

同时,在阻火器的一项关键参数——通道尺寸的选择上,也发生了较大失误。阻火器的通道尺寸取决于其使用场所可燃气体的最大试验安全间隙<sup>[3]</sup>(MESG,是指在标准试验条件下,刚好使火焰不能通过的狭缝宽度),其通道尺寸应小于相应气体的MESG值。表1列示了部分常见气体的MESG值。对于两种以上可燃气体组成的混合气体,其MESG值一般采用MESG值最小的气体组分特性数据。对于甲烷和硫化氢组成的混合气体,其MESG值为0.83 mm,所以污水池呼吸管应选用通道尺寸小于0.83 mm的阻爆轰型阻火器,而该井站选用的阻爆燃型阻火器通道尺寸为1.00~1.25 mm,无法阻止硫化氢燃烧产生的爆轰型火焰通过。

表1 部分物质特性数据

名称	分子式	相对密度 (空气=1)	最大试验 安全间隙 MESG/mm
甲烷	CH <sub>4</sub>	0.55	1.14
乙炔	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0.90	0.37
硫化氢	H <sub>2</sub> S	1.19	0.83
丙烯	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	1.50	0.91

#### 2.2.2 风险辨识和防范措施不到位

相关人员未对污水池存在的可燃气体与助燃物开展风险辨识,对存在的安全风险的严重程度估计不足。根据设计,井站对硫化氢等恶臭气体的治理工艺为密闭收集—管道导出—燃烧处理。因此,应将密闭污水池中天然气、硫化氢、空气的共存与聚集作为主要风险进行辨识,并提出防控措施。然而,该井站相关人员并未开展此项工作,导致生产场所风险辨识工作存在漏项,进而无法对此次事故进行有效预防。

#### 2.2.3 安全生产管理存在缺陷

1)经改造后的污水池为密闭设施,将主要用于气田水的储存。生产期间,污水池中存在一定浓度的可燃气体。因此,在污水池正式投用之前,应对其中的空气进行置换,而该项工作并未开展。

2)在发现气田水外输管线出现泄漏后,井站进行了关井停产处理。而在关井期间,井站没有及时熄灭放空火炬。

## 3 防范措施

该起事故暴露出部分采气井站在设备选型、风险因素辨识与防控,以及安全生产管理等方面存在的问题。为了杜绝类似事故、事件的再次发生,建议采取以下措施进行防范。

开展隐患排查,及时整改事故隐患。各井站应对在用或准备安装使用的阻火器进行全面排查,依照相关标准规范逐一核对阻火器的选型参数是否满足条件要求。其中,应重点关注阻爆燃/阻爆轰选型、阻火器通道尺寸、阻火层厚度等关键参数的选定是否正确。对于不满足要求的阻火器应及时更换。

强化风险辨识意识,提升风险防控能力。应加大对各单位安全生产管理人员以及从业人员的安全知识培训,不断提高员工开展风险辨识工作的能力、加强风险防控措施的针对性和有效性,将“预防为主”的安全管理方针落到实处。对于油气生产基层单位,在油气井复产、生产系统投运/停运阶段,必须认真

开展启动前安全检查。对于污水罐(池)、阀室(井)、放空区域等风险较大而又容易被忽视的区域,应加强风险辨识的广度与深度,细化、落实安全管控措施。

完善管理制度,细化管控措施。针对气田水的储存、转运等操作,各井站应对相关管理制度、手册进行修订与完善。对于可能发生的可燃气体泄漏/聚集、硫化氢逸散、气田水泄漏等情况,制定完善的防控措施与应急预案。针对本次事故,建议制定如下措施:对于类似的密闭污水池等装置/设施,在投运前应严格进行气体置换;日常生产过程中,注意加强对呼吸管以及阻火器的检查维护,避免爆炸性混合气体的形成与聚集;建议在呼吸管上加设切断阀,异常情况下可通过切断阀对爆炸性混合气体进行隔离<sup>[4-8]</sup>。

#### 4 结论与建议

气田采气站、集气站的污水储存、转运工作是场站生产运行中的一项常规作业。但在此项作业过程中,也存在着可燃气体、有毒气体的逸散与聚集等动态性风险。因此,必须重视此项工作涉及的安全设施设计、设备选型等基础工作。同时,应制定切实有效的符合安全要求的操作规程与管理制度,提高员工的风险辨识及安全管理能力,落实并完善设备设施的巡护保养,提高本质安全管

理水平,才能有效杜绝安全事故的发生。

#### 参考文献

- [1] 高岭,高庆贵.阻火器的设计和选用[J].化工设计,2011,21(2):24-27.
- [2] 胡玲,关昌凯,唐大威,等.天然气处理厂火炬放空阻火设施的设置[J].天然气与石油,2011,29(5):28-30.
- [3] 喻健良,王培昕,闫兴清,等.可燃气体(或蒸汽)最大试验安全间隙测试装置研发[J].石油化工设备,2014(2):10-13.
- [4] 王加强.浅谈如何提高油气田基层队站 HSE 隐患管理的执行力[J].内蒙古石油化工,2015(21):60-61.
- [5] 栾国华,裴玉起,储胜利,等.炼油企业火灾事故统计分析与应用[J].油气田环境保护,2014,24(6):60-63.
- [6] 刘洋,李永霞,李久顺,等.油气集输用火作业危害因素辨识及风险控制[J].化工安全与环境,2014(11):8-9.
- [7] 涂强,周大为,银小兵,等.川渝地区高含硫气田开发的 HSE 保障体系建设探讨[J].天然气工业,2010,30(11):102-105.
- [8] 栾忠庆,章蓉,邓宗成.油库爆炸事故原因分析及安全管理措施[J].油气田环境保护,2017,27(2):55-57.

(收稿日期 2018-11-20)

(编辑 王薇)

(上接第 41 页)

#### 2)大小头结构改进

对于大小头结构而言,当入口流量和出口压力恒定时,应增大大小头端面间距,以减小大小头处不稳定的气流噪声。通过仿真模拟,在本文 3.2 节工艺参数条件下,当小头直径  $D_1 = 114 \text{ mm}$ 、大头直径  $D_2 = 200 \text{ mm}$ ,且大小头端面间距从 0.15 m 增加到 0.6 m 时,大小头处平均声压级下降 14.4 dB(A)。

#### 3)分离器改进

对于分离器而言,当入口流量和出口压力恒定时,可增大出口直径  $D_2$ ,以减小分离器噪声。通过仿真模拟,在本文 3.3 节工艺参数条件下,当出口直径由 200 mm 增大至 300,400 mm 时,分离器处平均声压级可降低 9.8~12.9 dB(A)。

#### 4)其他建议

当通过上述平面布局及工艺改进仍无法实现厂界噪声达标时,应考虑结合末端降噪措施对场站噪声进行综合治理,如增设声屏障、隔声罩,铺设吸声、隔声材料等降噪设备或介质,或通过采用采气场站内露天管道埋地、选择隔声材料包裹等方式进行处理,促进厂界噪

声达到昼间 60 dB(A),夜间 50 dB(A)的标准限值。

#### 参考文献

- [1] 施纪卫,吕莉,武玉双.天然气长输管道工艺场站噪声的治理[J].电子设计工程,2013,21(4):79-80.
- [2] SHERIKAR S V, STRATTON L R. Reducing valve generated noise through fluid energy and turbulence controlling designs [C]//INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings. 2009.
- [3] 徐小东.井口节流管道气动噪声研究[D].成都:西南石油大学,2017:18.
- [4] 徐璇,饶维,王薛辉,等.采气单井站噪声的治理[J].石油与天然气化工,2018,47(4):120-124.
- [5] 魏志.阀体后 90°圆形弯管内流场和噪声的数值模拟[D].上海:上海交通大学,2013:1-74.
- [6] 王艳林,吴兰鹰,王自东.90°弯头优化结构流体噪声特性研究[C]//北京力学学会第 16 届学术年会,2012:473-475.

(收稿日期 2018-12-08)

(编辑 郎延红)