

Hazard and Control of H₂S in Geothermal Power Plant in Kenya

Zhengmin Cai¹, Gang Li¹, Yuan Li²

¹Engineering Service Branch, CNPC Great Wall Drilling Company, Beijing

²Beijing Petroleum Machinery Co., Ltd., Beijing

Email: caizhengmin_gwdc@163.com

Received: Sep. 26th, 2018; accepted: Oct. 11th, 2018; published: Oct. 18th, 2018

Abstract

In this paper, H₂S emission is analyzed for geothermal power stations. Taking geothermal power plants in Olkaria area of Kenya as examples, this paper gives an efficient way to control it. And the paper provides a theoretical basis for effectively ensuring the sustainable development of geothermal resources.

Keywords

Geothermal Power Plant, H₂S, Control

肯尼亚地热电站中硫化氢的危害和控制

蔡正敏¹, 李刚¹, 李源²

¹中国石油集团长城钻探工程有限公司, 工程服务公司, 北京

²北京石油机械有限公司, 北京

Email: caizhengmin_gwdc@163.com

收稿日期: 2018年9月26日; 录用日期: 2018年10月11日; 发布日期: 2018年10月18日

摘要

本文对在地热电站运行中产生的硫化氢进行了分析, 对肯尼亚奥卡瑞地区的地热电站的硫化氢预防和控制提出了有效的监控办法和应急预案, 为有效地保证地热电站的安全运行和电站运行人员的健康提供了理论依据。

关键词

地热电站, 硫化氢, 控制

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

地热能作为可再生能源的一种越来越被世界各国重点开发和利用, 作为最清洁的发电技术之一, 尽管排放很少或根本不产生温室气体, 然而由于与火电系统采用的纯蒸汽截然不同, 地热电站的工作介质是从地热井中喷射出的热流体(蒸汽、热水及其混合物), 含有腐蚀性很强的气体、离子或杂质, 因此随着大规模开发, 地热电站排放的腐蚀性气体引起的环境问题也越来越突出。

地热电站排放的大气污染物主要是运行过程中的不凝气体(NCG), 例如, 在印度尼西亚的一些地热田, 不凝气体的含量达到了 7%, 在肯尼亚的奥卡瑞地热田, 不凝气体的含量小于 3%, 内含 H_2S 、 CH_4 、 N_2 、 O_2 、 H_2 、 CO_2 等气体。其中硫化氢是一种窒息性气体, 对人体的主要危害临床救治十分困难, 因此硫化氢的危害必须引起高度重视, 加强对地热电站中硫化氢的监测和制定完整的硫化氢防治的应急预案十分必要。

2. 地热电站中硫化氢含量及危险源点

本文以位于肯尼亚的奥卡瑞(Olkaria)地热田东北区, 总装机容量 12 MW, 采用 4×3 MW 凝汽式汽轮发电机组的井口地热电站为例, 根据该地热电站的蒸汽及卤水数据保守计算, 不凝结气体为地热蒸汽的质量 1%, 硫化氢的排量计算值为 $4.84 \text{ Nm}^3/\text{h}$, 由冷却塔稀释后排气的硫化氢浓度为 1.86 ppm, 虽然低于世界卫生组织及世界银行所规定的 10 ppm 所容许排放的最高浓度, 但是长期对空排放对整个地区的空气质量会造成很大的破坏。

而在印尼地热蒸汽中不凝结气体含量较高, 可达到 5%左右, 其中地热蒸汽中硫化氢含量从 5.7 ppm~23.5 ppm, 部分地热井的硫化氢含量已超过生产许可的安全值。典型地热井蒸汽组分见表 1。

地热电站中的主要的硫化氢危险源点:

- 1) 地热井口位置: 由于压力的释放, 会从地热两相流体里面会释放出大量的含有硫化氢的气体, 一旦泄露会造成危害;
- 2) 凝汽器: 硫化氢是一种不可凝气体, 因此会累积在凝汽器中, 通常由真空泵或喷射器从凝汽器抽取, 因此凝汽器里含量很高;
- 3) 冷却塔: 凝汽器的硫化氢主要靠真空泵或喷射器抽取, 随后通过管道输送到冷却塔顶部, 并消散到大气中, 因此冷却塔是硫化氢的聚集地;
- 4) 电站中高压、高温设备的密封部位: 由于硫化氢的腐蚀性, 在高温高压下, 对密封件的腐蚀速度很快, 容易引起泄漏。

3. 地热电站中硫化氢的危害[1] [2] [3] [4] [5]

硫化氢是一种无色、剧毒、强酸性气体, 其相对密度为 1.176, 较空气重, 燃点 250°C , 燃烧时呈蓝色火焰, 产生有毒的 SO_2 。

3.1. 硫化氢对人体的危害

硫化氢的毒性较一氧化碳大 5~6 倍, 不同的质量浓度, 对人的危害也不同。在浓度 10~500 ppm 下, 其就可导致头痛, 在浓度 500~700 ppm 下, 几分钟就可导致意识丧失。肯尼亚地热资源开发中, 该国环

Table 1. NCG content in geothermal steam from different geothermal well
表 1. 某地热井不同井口压力(绝压)下蒸汽中不凝性气体含量(体积浓度)

井口压力 (bar-a)	蒸汽流量 (kg/s)	采样压力 (bar-a)	CO ₂ (ppm)	H ₂ S (ppm)	CH ₄ (ppm)	H ₂ (ppm)	N ₂ (ppm)	O ₂ (ppm)
6.4	9.0	5.0	2151.0	23.5	1.7	238.1	1143.6	0.0
7.8	3.8	7.0	2084.0	24.3	5.6	222.0	524.7	82.7
8.0	16.5	4.6	3269.0	18.2	0.5	245.0	566.8	82.5
11.0	8.6	6.0	1759.0	29.4	5.1	217.5	462.6	71.2
17.0	7.3	6.0	1707.0	5.7	5.9	243.8	538.5	113.2

境管理和协调法(EMCA)空气质量标准条例中没有提及地热电站中硫化氢的排放要求,目前肯尼亚的地热电站采用的是世界卫生组织和世界银行行业指南要求,硫化氢最高容许浓度为 10 ppm,我国职业卫生标准对工作场所空气中硫化氢最高容许浓度为 10 mg/m³,约 6.6 ppm,而针对硫化氢立即危险生命或健康的浓度为统一标准 100 ppm,约 142 mg/m³。

3.2. 硫化氢对设备材料的危害

1) 硫化氢对金属材料的腐蚀。硫化氢溶于水形成弱酸,对金属的腐蚀形式有电化学失重腐蚀、氢脆和硫化物应力腐蚀开裂。在气体分离器,还有冷却塔这些硫化氢富集区,对设备的材料选型和防腐要高标准,同时定期安排检查。

2) 硫化氢能加速非金属材料的老化。地热电站的分离器,蒸汽管线、冷凝器后端管线上的非金属材料密封件等会在硫化氢环境中使用一定时间后,橡胶会产生鼓泡胀大,失去弹性,造成密封失效。

4. 硫化氢的监测和三级预防

地热电站现场常用硫化氢库仑检测仪、硫化氢气敏电极检测仪等检测设备,通常安装在硫化氢的积存量还和空气流动性差的地区,对硫化氢气体可以采取三级措施进行预防。

4.1. 第一级预防

首先识别、控制硫化氢产生和泄漏的因素,在新建、改建、扩建地热电站时充分考虑硫化氢问题,采用先进的工艺、设备、中央控制和报警系统(DCS),实现自动化、管道化和密闭化,设备管线的设计和选型执行相关标准,最大限度地减少含硫物料的泄漏。

4.2. 第二级预防

识别危险度并制定相应措施,排查硫化氢的隐患点。相应区域的作业岗位为高危作业岗位,在高危岗位较长时间停留、未接受职业安全卫生培训的作业者应视为高危人群,是监护的重点。

应建立健全有效的监测、监护体系和制度,在隐患点区域设置警示牌和硫化氢报警仪,开展常规监测、即时监测及重点区域如密闭空间内作业的监测。

4.3. 第三级预防

建立健全应急救援体系,有效控制事故范围和危害程度,对严重的中毒者实施紧急救治,强调心跳呼吸骤停后心肺复苏,在初级生命支持后及时后撤并保持途中的连续抢救及维持,迅速转入高级生命支持(医院内 ICU)。

5. 结论

地热电站在运行的过程中存在着硫化氢危害, 因此为了预防硫化氢的伤害, 对危险源进行认真识别、监测、编制预防和应急措施预案十分重要。

基金项目

该项目为中国石油集团“可再生能源技术开发与应用研究”科研项目, 课题名称: “肯尼亚地热开发技术研究与现场试验”, 项目号: 2012A-4096。

参考文献

- [1] 王丰. 石化企业硫化氢中毒防治措施的探讨[J]. 中国工业医学杂志, 2005, 18(6): 361-362.
- [2] 谢辉. 石油天然气钻探过程中硫化氢的监测[J]. 工业安全与环保, 2005, 31(6): 32-34.
- [3] 蔡正敏. 肯尼亚井口地热电站的环境因素分析[J]. 科技视界, 2015(33): 84.
- [4] 蔡正敏. 浅谈基于肯尼亚 Olkaria 地热资源的地热电站环保措施[J]. 科技视界, 2015(11): 60.
- [5] 迪皮珀(美). 地热发电厂[M]. 北京: 中国石化出版社, 2016.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-9219, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: se@hanspub.org