

许秋龙,闫玮,李晓东,等.2023.新疆新25号泉 $H_2S$ 自动观测技术方案及试验应用[J].地震研究,46(1):82-87,doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000-0666.2023.0010.

Xu Q L,Yan W,Li X D,*et al.* 2023. Introduction of the automatic observation method of  $H_2S$  gas in hot spring water in Xinjiang[J]. *Journal of Seismological Research*,46(1):82-87,doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000-0666.2023.0010.

## 新疆新25号泉 $H_2S$ 自动观测技术方案及试验应用\*

许秋龙<sup>1</sup>,闫 玮<sup>1</sup>,李晓东<sup>1</sup>,彭俊源<sup>2</sup>

(1. 新疆维吾尔自治区地震局,新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 新疆维吾尔自治区塔城地区地震局,新疆 沙湾 832100)

**摘要:**为探索 $H_2S$ 自动化观测的实现途径,制定了 $H_2S$ 自动观测技术方案,对漂浮式脱气-集气装置及试验设备进行了改进,将该方案应用于新疆新25号泉进行试验。结果表明:使用这种报警检测设备代替人工 $H_2S$ 测试是可行的,设置脱气-集气装置、采取适当技术措施避免气路堵塞是获取连续稳定观测数据的关键。

**关键词:**温泉; $H_2S$ ;自动观测;新25号泉;新疆

**中图分类号:** P315.72

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-0666(2023)01-0082-06

doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000-0666.2023.0010

### 0 引言

地热活动与晚近时期构造活动、岩浆活动、地震活动等要素紧密相关。温泉是地热活动的直接表现形式之一(高玲,魏海泉,2018),我国的高温温泉主要分布于板块边缘、构造活动强烈地区以及第四纪火山活动地区(何小芊,龚胜生,2013;魏费翔等,2018;章鸿钊,1935)。温泉水中常含有大量的 $H_2S$ ,其浓度在地震前会发生变化。海城地震后曾有报导:“地震前,出现一种‘地味’的异常现象,群众不断嗅到有怪味的气体,象六六粉味, $H_2S$ 味,使人感到心闷不舒”,在一些国内外大震中也有类似的现象出现(中国地震局监测预报司,2010;程万正等,2010)。以上表明, $H_2S$ 在特定的地质环境中有可能成为地震前兆观测对象。目前, $H_2S$ 与地震前兆的关系在国内外已得到广泛关注,并开展了许多观测与研究(工作(Sudhir *et al.*, 2012;周晓成等,2012;陈志等,2014;钟天任等,2021;秦双龙等,2022;颜玉聪等,2022;杜桂林等,2012)。

$H_2S$ 主要来源于含硫有机质的分解、硫酸脱硫作用和火山喷发物。各种成因的 $H_2S$ 出露于地

表,很快在空气中氧化成S及 $SO_2$ 等,使准确取样测试增加了难度(孙香荣,1984)。 $H_2S$ 是化学活泼性气体,地震前可观测到地下水中 $H_2S$ 浓度有明显的变化(王玉兰,1989)。自1973年开始,新疆地区逐步开展了地下水中硫化物的测量工作,并在观测技术、观测环境和干扰因素等方面进行了系统的研究,积累了不少可靠的震例和资料(高小其等,2001)。1996年1月9日新疆沙湾南5.2级地震前1天,新25号温泉水中 $H_2S$ 浓度突跳增大至26.4 mg/L,新10号泉 $H_2S$ 浓度突降到1.94 mg/L(正常值为2.5~3.5 mg/L)。根据以上前兆异常特征,王道等(1997)提出了震前预测意见。新疆地区地下水中的 $H_2S$ 组份与水氢一样,已经成为新疆地区预报地震的主要指标之一(蔡仲琼等,1982;李凡德,胡光举,1998;邱楠生等,2022;王道等,1999),新疆也是全国唯一开展日常 $H_2S$ 地震监测项目的地区。

硫化物的化学测试方法主要采用碘量法,由于该方法要求具备化学分析测试实验室条件和专业的分析测试人员,因而限制了其推广和发展。因此,只能在乌鲁木齐周边的新04号、10号泉和新25号泉开展 $H_2S$ 的日常地震监测工作。但由于

\* 收稿日期:2022-04-27.

基金项目:新疆维吾尔自治区重点研发专项(2020B03006-2)资助.

第一作者简介:许秋龙(1963-),高级工程师,主要从事地震地下流体监测预报研究.E-mail: ytfodx@163.com.

新25号泉距沙湾县城78 km, 该观测点因无人值守, 无法开展H<sub>2</sub>S观测。鉴于此, 本文介绍了新疆新25号泉开展H<sub>2</sub>S自动观测的技术方案及试验应用, 为温泉H<sub>2</sub>S观测项目的技术升级积累经验。

## 1 新25号泉概况

新25号泉位于沙湾县南金沟河热水泉子, 构造上处于北天山伊连哈比尔尕褶皱构造带。温泉出露于NW向与近EW向2组断裂的交汇部位, 地下热水沿断裂破碎带上涌, 形成局部地热异常区, 分布有9个温度不等的温泉出口, 如1号浴池、河东鸡蛋泉等。含水层为中石炭系前峡组凝灰岩、凝灰质粉砂岩、凝灰砂岩。目前, 此温泉区已被沙湾县开发为疗养院(711医院)。

新25号泉观测点最早设在河东鸡蛋泉, 有水位和水温观测2个测项, 但因夏季洪水该泉常被淹没而终止观测。1988年观测点移到1号浴池, 水温为48℃, 涌水量为3 L/s, pH值为8.1, 矿化度为0.5 g/L, 富含H<sub>2</sub>S气体, 硫化物总量为23.4 mg/L。1994年, 该观测点增加H<sub>2</sub>S观测测项, 水温和H<sub>2</sub>S浓度动态变化稳定, 年周期变化不明显。2018年由于温泉开发导致1号浴池泉水断流。2020年对河东鸡蛋泉进行改造, 将自动观测设备安装在该泉上, 该泉不再受开发影响。由于河东鸡蛋泉原来在河边, 受河水影响很大, 后将其改造为一封闭的蓄水窖, 留有溢水孔, 上面为窖井盖, 深度约为4 m, 如图1所示。2021年11月开始在鸡蛋泉开展硫化氢气体自动观测实验。

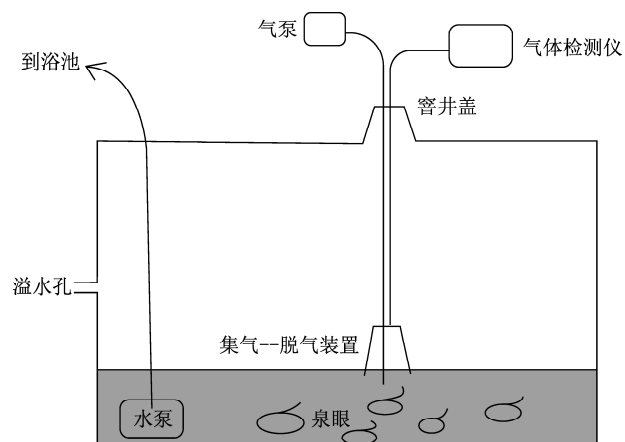


图1 新25号泉自动观测示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the automatic observation of No. 25 Spring of Xinjiang

## 2 H<sub>2</sub>S自动观测技术方案

### 2.1 漂浮式脱气-集气装置改进

观测系统选用漂浮式脱气-集气装置(许秋龙, 2019), 由于H<sub>2</sub>S易溶于水, 逸出量不多, 所以采用了电动鼓泡脱气装置, 脱气效果较好, 能够提供连续不断的H<sub>2</sub>S。但是在试验过程中也发现了一些问题, 并采取了一些改进措施: ①早期使用的鼓泡头由于出气孔细密而容易结垢, 后改为输气管直接送气方式, 鼓泡效率基本不受影响; ②温泉气体中的大量水汽容易在管路中形成水珠造成气路堵塞, 特别是在集气装置的三通部位更容易堵塞, 改造后的气体导管下面采用Φ16的PVC直管, 这样凝结的水珠就会顺管壁流入泉水中, 解决了堵塞问题; ③由于泉水涌水量的波动会造成蓄水窖水面上下波动, 固定在导气管上的脱气-集气装置会随着水位上下波动而悬空或者埋入水中, 导致脱气量非常不稳定。通过选用漂浮式脱气-集气装置及螺旋式软管连接可实现随水位变化而上下伸缩, 保证了脱气-集气装置气仓体积的稳定, 技术方案如图2所示; ④通过改造供电系统避免了市电停电造成观测不连续; ⑤在冬季气温急剧下降的情况下, 脱气-集气装置水

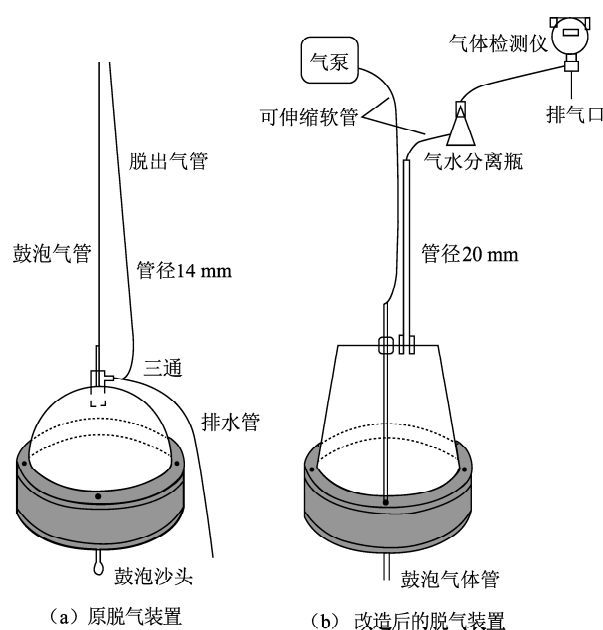


图2 漂浮式脱气-集气装置导气管改进图

Fig. 2 Improvement of gas-guide pipe of floating degassing-gas collecting device

蒸汽容易结冰造成气路堵塞,采用保温材料包裹导气管,解决气路管道堵塞问题。观测系统工作至今未出现故障,观测数据也连续稳定。

## 2.2 试验设备改进

试验设备使用采矿、环保等工业用的  $H_2S$  监测设备。 $H_2S$  传感器选择电化学传感器,其工作原理是:利用待测气体在电解池中工作电极上的电化学氧化过程,通过电子线路将电解池的工作电极和参比电极恒定在一个适当的电位,在该电位下可以发生待测气体的电化学氧化反应。由于氧在氧化和还原反应时所产生的法拉第电流很小,可以忽略不计,于是待测气体电化学反应所产生的电流与其浓度成正比并遵循法拉第定律,这样通过测定电流的大小就可以确定待测气体的浓度,其工作原理见图 3。

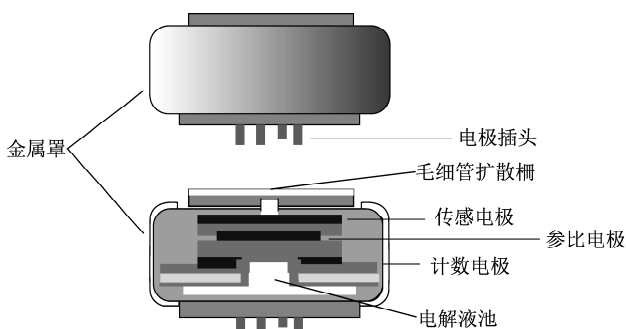


图3 化学传感器工作原理示意图

Fig. 3 Schematic diagram of working principle of the chemical sensor

$H_2S$  检测设备外观如图 4 所示。实际测量时,当电化学  $H_2S$  敏感原件接触到  $H_2S$  时,敏感原件透气膜扩散进入到具有恒定电位的电极上,在电极催化剂作用下与电解液中的水发生阳极氧化反应。在工作电极上所释放的电子产生与  $H_2S$  浓度成正比的电流,经检测电路温度补偿再经 A/D 转换器转换后进入单片机处理成与被测  $H_2S$  值线性一致的频率(电流)信号,实现  $H_2S$  浓度的数字显示。检测仪器为保时安电子科技有限公司生产的 BH-60 固定式气体探测器,信号响应时间小于 30 s,输出电流为 4~20 mA 标准信号,信号输出采用四通道多功能控制器,工作电压为 DC 24 V  $\pm$  10%,工作温度为 -10  $^{\circ}C$  ~ 55  $^{\circ}C$ ,外壳采用隔爆结构设计的压铸铝壳体,上盖的凹槽设计可锁紧壳体,

外形尺寸为 190 mm  $\times$  150 mm  $\times$  95 mm。传感器的正面设计为向下结构,保证传感器与气体接触良好,进线口采用防爆防水接头。

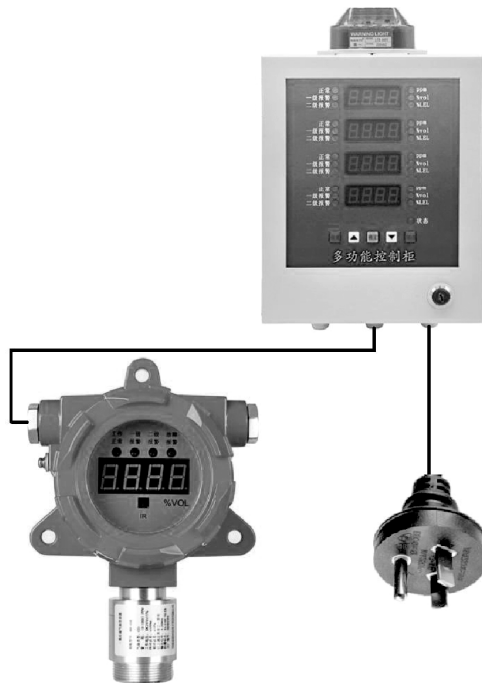


图4  $H_2S$ 检测设备外观

Fig. 4 Appearance of  $H_2S$  gas detection equipment

由于该传感器是针对环境监测使用的扩散式传感器,因此在观测温泉中  $H_2S$  时进行了一定的改造,在传感器下端的扩散入口处加装一个气体集气罩,分别设有进气管和排气管,传感器集气罩如图 5 所示。

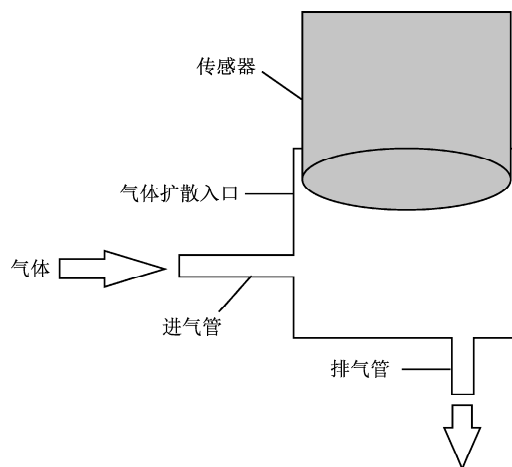


图5 传感器集气罩示意图

Fig. 5 Schematic diagram of air-collecting cover of the sensor

### 3 试验应用

试验选用的漂浮式脱气-集气装置,脱气效率高、气量大、速度快,不到1 h即可达到气体稳定状态。H<sub>2</sub>S传感器反应灵敏,稳定时间小于1 min,每2 min检测一次,即2 min即可得出1个观测值。通过无线4G方式将观测结果上传到仪器生产厂的环析云平台上(图6),在平台上可以实时看到仪器的工作状态和观测曲线,并导出Excel格式的数据供使用。



图6 环析云平台屏幕截图

Fig. 6 A screenshot of the cloud platform for environmental analysis

从图7a可以看出,2021年11—12月,H<sub>2</sub>S观测曲线出现多次因气路堵塞和停电造成的数据低值或0值的情况。如停电时仪器停止工作,无记录数据,而气路堵塞时,H<sub>2</sub>S观测数据会出现一个渐变降低的过程。2022年对观测装置和供电进行了改造后,观测状态明显好转。H<sub>2</sub>S观测数据从2022年开始基本连续,但从2月初开始逐渐下降,一直下降到0,经排查发现是因为新疆地区正处于冬季,2月温度最低,气路水蒸汽凝结使管路管径变小,导致气流量越来越小直至堵塞。采取保温措施后,从2022年2月22日开始,仪器一直保持良好工作状态,H<sub>2</sub>S数据也连续稳定(图7b),说明保温措施非常有效。从H<sub>2</sub>S总体观测曲线可以看出,除了受停电和气路堵塞影响外,H<sub>2</sub>S数据非常稳定,不易受气温和气压变化的影响。从短期曲线看,没有日动态变化,说明H<sub>2</sub>S观测不受环境的影响,与原来该观测点的硫化物总量的动态基本上是相同的。

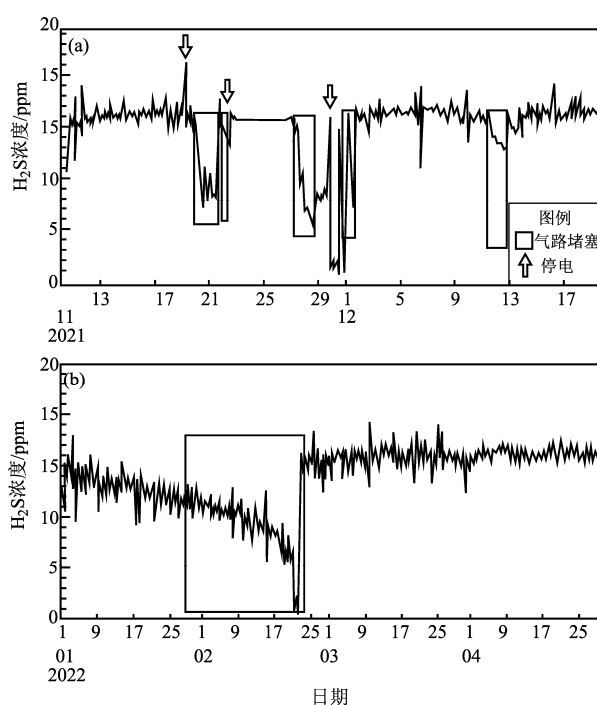


图7 新25号泉无保温措施(a)和采取保温措施(b)的H<sub>2</sub>S观测曲线

Fig. 7 H<sub>2</sub>S observational curves of No. 25 Spring of Xinjiang with (a) and without (b) thermal insulation measures

### 4 结论

本文主要介绍了H<sub>2</sub>S自动观测的技术方案,并将其应用于新疆新25号泉开展试验,主要得出以下结论:

(1) H<sub>2</sub>S自动化观测方法不仅克服了需要有专门场地、专业分析人员现场值守的困难,避免了人工分析过程中的人为干扰因素,还减少了大量化学试剂和材料等消耗,可以替代人工化学分析观测。该方法安装方便,操作简单,数据稳定可靠,有较好的推广应用前景。

(2) 采用市面上成熟的传感器及检测设备,可以开展H<sub>2</sub>S无人值守自动化观测试验工作,该技术是代替H<sub>2</sub>S人工采样实验室测试的有效途径。

(3) 温泉气体的自动化观测中的干扰因素分析及排除是观测工作中的重要内容,如脱气-集气装置功能设置,气路中凝结水的排除以及冬季气路的保温等是保证数据稳定性与连续性的关键技术环节。

(4) 尽管市面上的气体传感器及设备可用于

温泉气体的连续观测试验,但这些设备仍存在运行寿命不确定、数据输出格式与地震系统数据格式不匹配、网络接口不能接入地震观测网等问题。从长远考虑,应积极推进低成本地震专用观测设备的研发,解决部分水化学人工观测项目转向自动连续观测的技术升级问题。

本文方法的试验过程是不断发现问题和解决问题的过程。由于本次观测条件和试验时间的局限性,目前有些工作仍然需要进一步开展。例如原新 25 号泉采用碘量法测量的是单位体积水中的硫化物总质量,包括  $S^{2-}$ 、 $HS^{-}$ 、 $H_2S$ , 平均测值为  $23.4 \text{ mg/L}$ , 而自动化观测的是  $H_2S$  浓度,为  $10 \sim 20 \text{ ppm}$ , 由于这两种观测方法的观测对象不同,因而无法进行绝对量的对比分析,只能从长期动态特征进行对比,有条件的观测站可以深入开展这方面的研究工作。连续观测使用的化学传感器是有一定寿命的,一般为 2 a,本项目从 2020 年 10 月至 2022 年 4 月已 1 年 6 个月,目前传感器工作正常,具体有效期还须进一步验证,并制定更换时间和措施。待观测方法成熟之后也可以选择更加优质长寿命的传感器。

## 参考文献:

- 蔡仲琼,高德媛,紫丽曼. 1982. 震前地下水中硫化氢气体的短临前兆特征[J]. 西北地震学报,4(3):25-30.
- 陈志,杜建国,周晓成,等. 2014. 2012 年 6 月 30 日新源  $M_s 6.6$  地震前后北天山泥火山及温泉的水化学变化[J]. 地震,34(3):97-107.
- 程万正,吴小平,官致君,等. 2010. 汶川 8.0 级地震前上报的宏观异常现象及分析[J]. 四川地震,(1):1-7.
- 杜桂林,曹文海,翟滨. 2012. 威海市宝泉汤温泉成因及其对断裂和地震活动性的影响[J]. 海洋地质与第四纪地质,32(5):67-72.
- 高玲,魏海泉. 2018. 中国火山温泉[J]. 城市与减灾,122(5):60-64.
- 高小其,王道,许秋龙,等. 2001. 硫化物的映震特征及其映震机理的研究[J]. 地震,21(2):91-96.
- 何小芊,龚胜生. 2013. 中国古代温泉资源分布及其空间演化[J]. 热带地理,33(4):407-428.
- 李凡德,胡光举. 1998. 新疆金沟河温泉的物理化学特性地质条件和加热机制[J]. 成都理工大学学报(自然科学版),25(2):337-341.
- 秦双龙,洪旭瑜,洪明泉. 2022. 华安汰内温泉水化学及水氢映震特征与预测效能检验评估[J]. 华南地震,42(2):25-32.
- 邱楠生,唐博宁,朱传庆. 2022. 中国大陆地区温泉分布的深部热背景[J]. 96(1):195-206.
- 孙香荣. 1984. 地下水中硫化氢的测试——402 有机担体作固定相的气相色谱法[J]. 地震研究,7(4):453-455.
- 王道,许秋龙,陈玲. 1999. 新疆地下热水特征及其与地震活动的关系[J]. 地震地质,21(1):58-61.
- 王道,张洪斌,许秋龙,等. 1997. 新疆沙湾 5.2 级地震地下流体前兆异常特征的分析[J]. 地震,17(3):297-303.
- 王玉兰. 1989. 硫化氢临震突跳异常[J]. 内陆地震,3(4):323-324.
- 魏费翔,许建东,上官志冠. 2018. 中国火山温泉气体地球化学特征及其在火山监测中的应用[J]. 震灾防御技术,13(4):938-946.
- 许秋龙. 2019. 地震地下流体化学动态观测方法[M]. 北京:地震出版社.
- 颜玉聪,周晓成,朱成英,等. 2022. 2020 年新疆伽师  $M_s 6.4$  地震前后伽师地区温泉水文地球化学特征[J]. 地震研究,45(2):44-56.
- 章鸿钊. 1935. 中国温泉之分布[J]. 地理学报,2(3):13-22.
- 中国地震局监测预报司. 2010. 地震宏观异常摘编[M]. 北京:地震出版社.
- 钟天任,陈大庆,刘锦,等. 2021. 广东信宜井水位异常分析[J]. 华南地震,41(4):69-79.
- 周晓成,杜建国,陈志,等. 2012. 地震地球化学研究进展[J]. 矿物岩石地球化学通报,31(4):340-346.
- Sudhir K P, Ki-Hyun K, Kea-Tiong T. 2012. A review of sensor-based methods for monitoring hydrogen sulfide[J]. Trends in Analytical Chemistry,(32):87-99.

## Introduction of the Automatic Observation Method of H<sub>2</sub>S Gas in Hot Spring Water in Xinjiang

XU Qiulong<sup>1</sup>, YAN Wei<sup>1</sup>, LI Xiaodong<sup>1</sup>, PENG Junyuan<sup>2</sup>

(1. Earthquake Agency of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011, Xinjiang, China)

(2. Earthquake Agency of Tacheng District, Xinjiang Uygur Autonomous Region, Shawan 832100, Xinjiang, China)

### Abstract

The H<sub>2</sub>S observation in the hot spring water plays an important role in short-term and imminent earthquake prediction as one of the effective underground fluid monitoring items in Xinjiang. However, the traditional manual sampling and laboratory testing methods cannot meet the need of seismic observation. Therefore, it is necessary to explore the possibility and realization of H<sub>2</sub>S automatic observation. This paper introduces the technical scheme of using industrial combustible gas H<sub>2</sub>S alarm detector and carries out a H<sub>2</sub>S observational test in No. 25 Spring of Xinjiang. The results show that it is feasible to use this alarm equipment instead of manual H<sub>2</sub>S test, but the key to obtaining continuous and stable observation data is to set up degassing-gas gathering device and take appropriate technical measures to avoid gas path blockage. The presentation in this paper helps to accumulate experience for the technical upgrading of the observation of the underground fluid H<sub>2</sub>S.

**Keywords:** hot spring; H<sub>2</sub>S; automatic observation; No. 25 Spring of Xinjiang; Xinjiang