第16卷 第2期 地质灾害与环境保护 Vol 16, No. 2

2005年6月 Journal of Geological Hazards and Environment Preservation June 2005

文章编号: 1006-4362(2005)02-0155-06

宁夏六盘山地区臭水泉群的地质成因及其环境危害分析

王永[1], 张鹏川[2]

(1. 中煤航测遥感局遥感应用研究院, 西安 710054; 2. 宁夏矿产地质调查所, 银川 750021)

摘要: 六盘山地区多处有臭水泉群出露。臭水泉就是含有Na_2SO_4、NaCl等盐类矿物离子, 并排放硫化氢(H_2S)气体的高矿化度咸苦水。

在系统分析以往地质资料的基础上, 借助ETM+卫星图像, 提取臭水泉群的分布信息, 通过野外实地调查、访问、取样化验, 初步查明臭水泉的位置、流量、水质及其对环境的危害, 结合地层岩性、地质构造特点, 分析臭水泉的地质成因。

分析结果表明, 六盘山地区的臭水泉主要分布于马东山复背斜的南北两端及东西两翼, 以上升泉的形式出露于沟底, 中、新生代高含盐量地层是臭水泉群中盐分的物质来源, 北东向、北东东向、近南北向断裂和构造裂隙是臭水溢出的通道。

臭水泉对环境的危害主要表现在: 造成局部大气质量下降, 污染地表水体和河谷潜水, 造成土壤盐渍化, 不利植物生长, 影响当地人民生活。

关键词: 臭水泉; 地质成因; 环境危害; 六盘山

中图分类号: X141; X143 **文献标识码**: A

六盘山地区包括宁夏南部的固原市、海原县、同心县、西吉县和彭阳县。温带半湿润、半干旱气候, 干旱少雨, 水资源贫乏, 年平均气温6.3℃, 年平均降水量200~500 mm, 年平均蒸发量大于2 000 mm。经济欠发达。属半农半牧区, 回汉混居, 农业生产条件差, 植被稀少, 生态环境十分脆弱。

六盘山地区臭水泉群主要位于马东山, 出露于固原市冬至河上游的硝口村、臭水沟的马东山村, 中河的寺口子及西吉县臭水河的臭水河村, 臭水泉常年流出的高矿化度咸苦水中不但含有很高的$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$(芒硝)、NaCl(食盐)等盐类矿物, 而且不断地向大气中排放具恶臭味的硫化氢(H_2S)气体。泉水中臭水含量在17~62 g/l, 矿化度为8.537~76.90 g/l。初步估算臭水年出流量120×10^4 t, 臭水流出后汇入河流进入水库, 使河流、水库水质矿化度达到3 g/l以上, 给当地人民生产、生活带来了严重影响。

1 地质概况

1.1 地层

六盘山地区中生代主要含盐地层为白垩系下统六盘山群。新生代地层亦具有可溶盐含量较高的特征, 出露于马东山的高含盐量地层主要为六盘山群的马东山组(K_1m)和乃家河组(K_1n)、渐新统的清水营组(E_3q)。

(1) 马东山组(K_1m): 蓝灰、灰绿、灰黄色钙质泥岩、页岩、泥灰岩互层为主, 夹鲕状灰岩、隐晶灰岩, 局部夹油页岩。其上部页岩中夹有薄层石膏或纤维状石膏, 厚度150~600 m, 属深湖—浅湖相—咸化湖泊相静水沉积。

(2) 乃家河组(K_1n): 蓝灰、灰绿色和紫红色砂岩、泥岩、泥灰岩、灰岩夹石膏层, 厚度370~625 m, 夹有多层石膏层及芒硝层, 属湖泊相—咸化湖泊相—河湖相沉积。

(3) 渐新统清水营组(E_3q): 砖红色块状细砂

收稿日期: 2004-11-17 改回日期: 2005-02-01

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

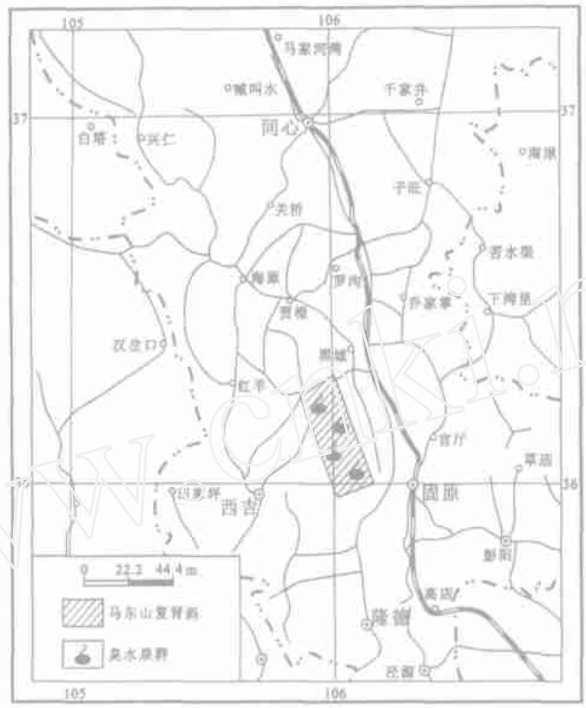


图 1 六盘山地区地理位置图

Fig. 1 Sketch on geographic location of Liupanshan area

岩、粉砂岩及粉砂质泥岩、紫红色泥岩、砂质泥岩夹蓝灰色泥岩及石膏层。可溶盐含量 200～400 mg/100 g±。寺口子南侧地层厚度 800 m 以上，为山麓、河流、浅湖及盐湖相沉积。

1.2 构造

六盘山地区位于华北地台与祁连山褶皱带的过渡地带。以罗山-固原断裂为界，东部属华北地台，西部属祁连山褶皱带。

控制臭水泉分布的褶皱构造马东山复背斜位于西华山-六盘山断裂①南西部(图 2)，背斜轴走向近南北，由两条向斜和两条背斜组成，背、向斜两翼不对称，西翼较缓，东翼较陡。轴部地层为下白垩统李洼峡组，南北向带状出露，其余地段均为下白垩统马东山组、乃家河组地层，东翼假整合与第三系之下，西翼在西吉县境内逆冲到第三系之上，岩层倾角 20°～40°，局部近直立。

控制臭水泉分布的断裂构造(图 2)主要有西华山-六盘山断裂①、硝口-李俊断裂②、寺口子-马东山断裂③、臭水河断裂④、硝口河断裂⑤等(图 2)。

西华山-六盘山断裂在马东山东麓隐伏于第四系之下，卫星图像上呈基岩山地与冲洪积平原的分界线。布格重力图上呈北西走向的重力梯度带，梯度 3～4 mGal/km，区内长约 70 km，北部走向北西，倾向南西，南部走向近南北，倾向西的区域逆冲断层(汤锡元，1992)。主要表现为隔水断裂，在冬至河中上游地段，可见上游流量明显大于下游流量。

硝口-李俊断裂长约 30 km，走向北西，南西盘为上升盘，出露下白垩统马东山组，北东盘为下降



图 2 马东山构造形态图

Fig. 2 Map of Madongshan Anticline

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

盘, 出露渐新统清水营组, 断面倾向北东。主断裂破碎带宽约 10～20 m, 地表表现为正断层性质。区域上表现为隔水断层。

硝口河断裂沿硝口河南东岸展布, 长约 2 km, 走向北东, 倾向北西, 左旋正走滑断裂。具透水性, 沿断裂带有臭水泉群出露。

臭水河断裂沿臭水河东岸展布, 长约 8.75 km, 走向近南北, 倾向西, 正断裂。具透水性, 沿断裂带有臭卤水泉群出露。

寺口子-马东山断裂近南北向展布, 长约 20.5 km, 倾向西, 断裂上盘为下白垩统马东山组, 下盘为下白垩统李洼峡组, 逆断裂。具隔水性, 在断裂南段马东山一带, 可见断裂破碎带宽约 5～8 m。

2　臭水泉的遥感影像标志及其水文地质特征

2.1　臭水泉的遥感影像标志

影像标志为: 深蓝色、不规则的圆点状图形, 色彩均匀, 表面光滑, 分布于马东山复背斜东西两翼和南北两端的河床或河岸坡底, 成群出露, 臭水泉出露处的沟谷中常伴有深蓝色的河流水体(图 3)。

通过图像解译和野外调查, 初步查明硝口河床出露臭水泉点 8 个, 河南岸坡底出露臭水泉点 2 个, 河南岸Ⅰ级阶地上有臭水井 1 口(硝口化工厂生产井); 臭水河河床东侧出露臭水泉点 3 个, 河东岸坡底出露臭水泉点 1 个; 臭水沟南支沟沟头南侧坡底出露臭水泉点 2 个, 北支沟沟头出露臭水泉点 2 个; 寺口河南岸坡底出露臭水泉点 3 个。共计一个臭水井, 21 个臭水泉点, 泉水矿化度为 8.537～76.90 g/l, 初步估算臭水年出流量 120×10^4 t。

2.2　臭水泉的水文地质特征

(1) 硝口臭水泉群(固原)

硝口河床臭水泉群以上升泉的形式出露于河床全新统砂砾石层中, 共有 8 个泉点, 泉水中有成串的气泡冒出, 飘散着浓烈的臭味。水味咸苦, 水底砂砾石呈黑色, 河床上有厚约 2～3 mm 的盐壳层。宁夏地矿局 1990 年测定, 泉水矿化度为 75.35 g/l, 2002 年 8 月雨季测定矿化度为 15.543 g/l。山坡臭卤水泉群位于河南岸坡底, 有 2 个泉点, 相距约 200 m, 上升泉, 泉水中有气泡冒出, 散发着浓烈臭味, 出水层为下白垩统马家山组砂岩。泉底砾石呈黑色, 泉水流过的沟谷两侧有 3～4 cm 厚的白色粉末状盐土。实测西泉流量为 0.394 l/s, 泉水温度 14℃, 气温 33℃。臭水的矿化度: 11.945 g/l。硝口化工厂生产井位于硝口河南岸Ⅰ级阶地上, 井深 100 m, 1987 年建井, 完井时, 臭水水头高出地面 18 m。硝口化工厂现已停产, 但生产井臭水依然源源不断涌出, 有臭味, 水味苦不能入口。实测流量 0.277 l/s, 水温 23℃, 气温 31℃。臭水的矿化度: 68.807 g/l。

(2) 臭水河臭水泉群(西吉)

臭水河河床上升臭水泉群沿河床东岸底全新统砂土层出露, 呈线状分布, 长约 1 000 m, 泉水渗出处砂土呈黑色, 可闻见臭味。宁夏矿调所 2002 年 8 月雨季取样化验臭水的矿化度: 23.449 g/l。河东岸

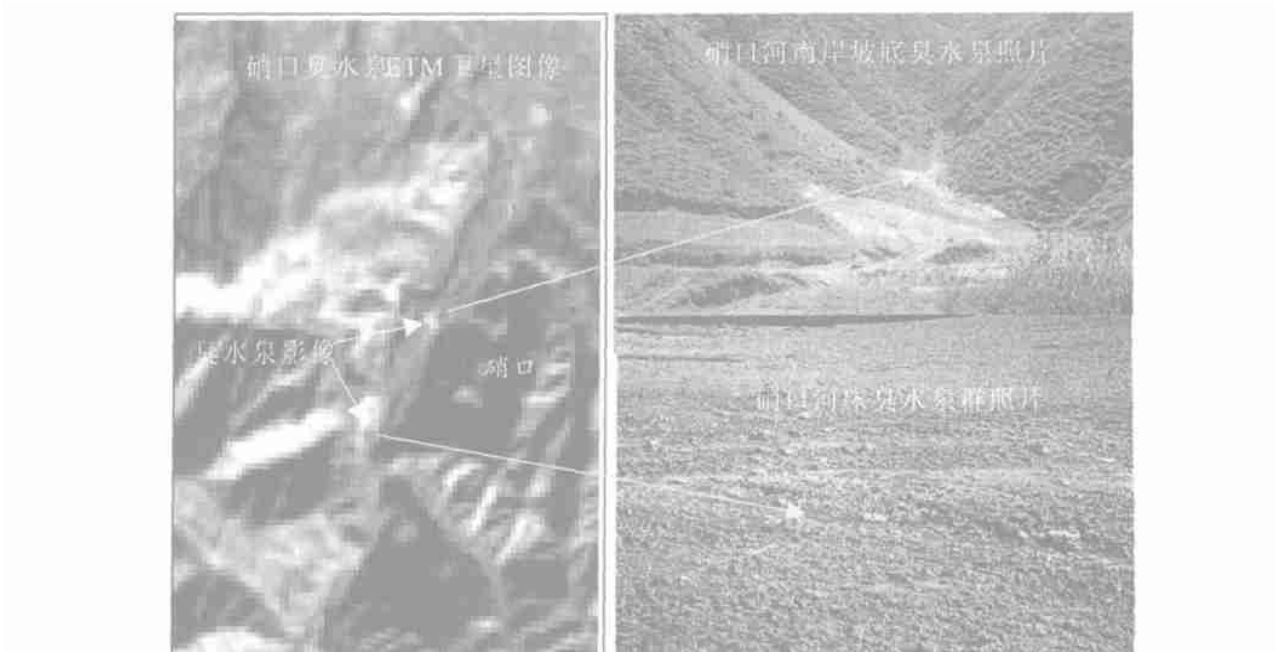


图 3　臭水泉解译标志图

Fig. 3　Information interpreting on odoriferous spring groups

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

坡底臭水泉出水层为下白垩统马家山组砂岩, 上升泉, 臭味浓烈, 实测泉流量 0.569 l/s; 气温 28℃时, 水温 18℃; 沟谷中有厚约 1～2 cm 的白色粉末状盐土及灰黑色岩壳。宁夏地矿局 1978 年测定, 泉水矿化度为 76.9 g/l, SC-n 型水, 2002 年 8 月雨季取样化验臭水的矿化度: 52.89 g/l。

(3) 臭水沟构造裂隙上升臭咸水泉群(固原)

位于臭水沟沟头南侧坡底(图 4), 泉点高出河床约 5 m。含水层为下白垩统马东山组砂岩, 由两个泉点组成, 上下排列, 相距约 1 m。北支沟沟头有臭水泉 2 个, 距东山村约 4 000 m。泉水上涌时伴有气泡冒出, 臭味强烈, 泉水底部砂岩呈深黑色。实测较大的一个泉流量为 0.039 l/s, 在气温 28℃下水温为 15℃。臭水的矿化度: 8.537 g/l。

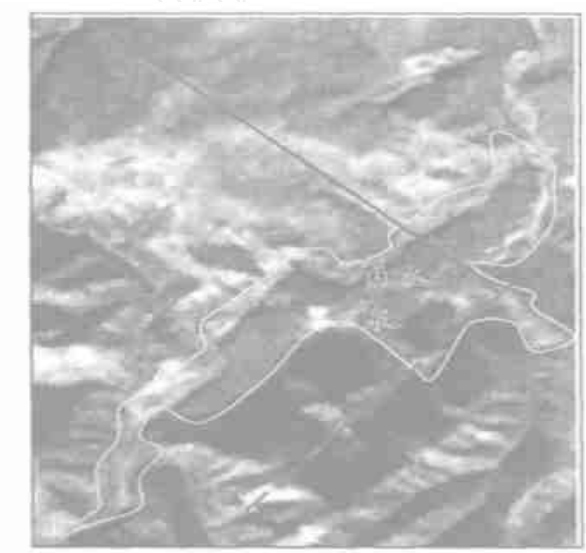


图 4 硝口河臭水分布范围示意图

Fig. 4 Odoriferous spring distribution in Xiaokouhe stream

(4) 寺口子构造裂隙上升臭盐水泉群(固原)

寺口子臭水泉群位于寺口子水库大坝下河谷南岸坡底(图 4), 共有 3 个臭水泉, 相距约 200 m, 泉底岩层呈黑色, 水味涩苦, 有轻微的臭味, 出水层下白垩统马东山组为砂岩, 涌水量小, 在气温 24℃下测水温为 16℃。宁夏地矿局 1990 年测定, 泉水矿化度为 19.38 g/l。

3 臭水泉的地质成因浅析

3.1 臭水泉分布与地质构造的关系分析

硝口臭水泉群位于马东山背斜南端, 出露于硝口-李俊北西向断裂与硝口北东向断裂的交汇部位。由于断裂相交部位岩层破碎, 透水性增强, 为下白垩统地层的臭水运移创造了良好的通道, 使其沿硝口河断裂交点处的沟谷中溢出成泉(图 4)。

臭水河臭水泉群位于马东山背斜的西翼, 出露于臭水河北北西向正断层与平道沟近南北向逆断裂的交汇部位。根据野外观测, 臭水河臭水主要来源于河谷东侧(图 5)。臭水河西侧的硝口-李俊断裂对臭水的控制作用表现为, 断裂东侧第三系砂泥岩为弱透水岩层, 阻止西侧白垩系砂岩透水岩层中地下水径流, 成为隔水墙, 构成承压—自流水区。

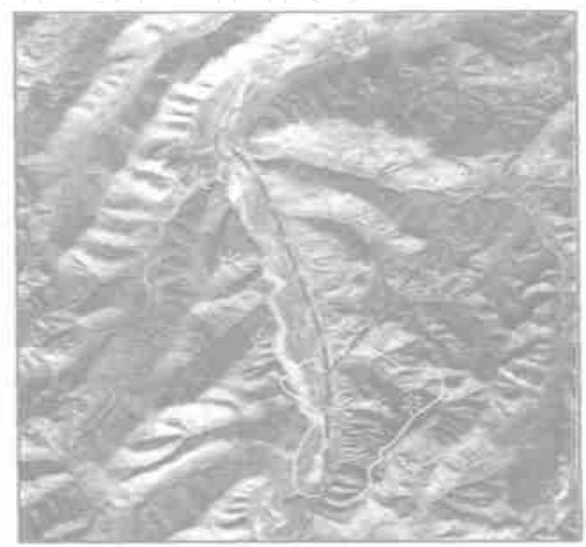


图 5 臭水河臭水分布范围示意图

Fig. 5 Odoriferous spring distribution in Choushuihe stream

马东山臭盐水泉群位于马东山背斜东翼靠近轴部位置的沟谷中, 沿马东山断裂与盐土沟正断层的交汇部位出露。马东山背斜轴部发育张裂隙, 次生小型正断层的沟通, 为马东山臭水泉群出露创造了良好的构造条件。

寺口子臭水泉群位于马东山背斜北端, 寺口子水库大坝下的河床南岸, 寺口子断裂破碎带的河谷位置出露, 说明具有较大宽度破碎带的逆断裂有一定的透水性(图 6), 表现在寺口子臭水泉的流量较小。

从臭水泉群所处的地质构造位置可以看出, 臭水泉的分布与断裂密切相关, 不同走向断裂的交汇部位对臭水的沟通和溢出具有决定作用。宽度较宽的断裂破碎带亦具有一定的透水作用。

3.2 臭水泉地质成因浅析

大气降水沿断裂带构造裂隙、岩层裂隙、孔隙入渗, 一部分沿深部构造裂隙、孔隙、层理入渗, 形成下白垩统地层裂隙孔隙水, 由于下白垩统地层含有石膏、芒硝、食盐类的含盐物质, 地下水溶解其盐分后, 形成高盐分构造裂隙水, 当断裂切断下白垩统含水

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



图 6　寺口子臭水泉与寺口子断裂的关系图

Fig. 6　Relationship between odoriferous spring and fault in Shikouzi

层后, 导流汇集于断裂破碎带中, 再次溶解其中盐分, 形成断裂破碎带裂隙、孔隙高矿化度水富集地段, 沿断裂带径流, 并于地势低洼的沟谷溢出排泄。另一部分沿风化壳向低洼处汇集, 形成风化裂隙潜水, 沿山坡向下径流, 在山脚下排出成泉, 或直接补给沟谷第四系全新统潜水。

4　臭水泉群环境危害分析

臭水泉对环境的危害主要表现在三个方面:

(1) 造成局部大气质量下降

由于臭水泉在溢出过程中不断向大气中排放硫化氢气体, 造成局部地区大气质量下降, 在硝口、彭堡、马东山、沙沟、臭水河、寺口子的须弥山石窟附近的空气中弥散着刺鼻臭鸡蛋味。特别是在臭水泉出露的地方, 难闻的臭味令人恶心发呕, 给当地人民生产、生活带来极大的不便。

(2) 污染地表水体及河谷潜水

臭水泉溢出的泉水流入河流, 然后进入水库, 使河流和水库水质变差, 同时沿径流方向补给地下水, 污染沿河地区的潜水, 使当地群众生活用水极为困难。

根据宁夏地矿局 1978～2002 年的化验资料分析, 六盘山地区受臭水污染的河流主要有冬至河(上游硝口河)、中河(上游臭水河)和清水河, 冬至河中游东庄湾—杨忠堡河水质咸苦, 在东庄湾河水的矿化度为 8. 19 g/l, 杨忠堡河水矿化度: 8. 537 g/l, 人畜不可饮。臭水河中游的满寺沟河水矿化度为6. 503 g/l。河水向下流动, 被李俊河水冲淡, 污染变轻。但在寺口子水库大坝下, 由于寺口子臭盐水泉群的加入, 河水受臭水污染程度加大, 中河河水流入清水河后, 加重了清水河的污染程度。

受臭水污染的水库有: 冬至河流域的冬至河水库、蒋口水库、盐土沟水库、申家河水库(矿化度 3～10 g/l); 中河流域的寺口子水库(矿化度 3～10 g/l); 清水河流域的四营水库、六营水库、盘河水库、西沟水库(矿化度 3～10 g/l)。

受臭水污染的地下水有: 冬至河河谷潜水及其北西侧潜水; 马东山东麓山前何家沟—马家庄—杨郎以南地区潜水; 中河流域河谷潜水, 中河北西侧坪路沟—小河一线以南地区潜水; 清水河流域自头营以下河段流域河谷潜水。

(3) 造成土壤盐渍化

土壤盐渍化是农业生产的主要限制因素, 盐渍化土壤常常危害农作物生长, 制约了农业的高产、稳产, 盐渍化还常常导致土地荒芜、植被退化, 重度盐渍化还可导致土地沙化, 使生态环境进一步恶化。

在六盘山地区, 臭水泉群出露的沟谷, 常常堆积有盐渍土, 并引起沿途沟谷、河谷出现土壤盐渍化, 甚至发生沙化。用被臭水污染的冬至河水库、寺口子水库灌溉农田后, 常常引起耕地的土壤次生盐渍化。

根据煤航遥感院和宁夏矿调所 2002 年野外调查、取样化验、分析统计得出, 六盘山地区受臭水和黄土沟谷咸苦水污染的总面积为 3 436. 01 km^2, 其中受污染的地表水流域面积 56. 381 km^2, 受污染的水库面积 8. 814 km^2, 受污染的潜水面积 3 370. 815 km^2。

5　结语

宁夏六盘山地区含盐地层分布广泛, 盐矿资源丰富, 臭水泉中 $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ (芒硝), NaCl(食盐)等盐类矿物离子含量很高, 臭水年出流量 120×10^4 t, 具有很高的投资开采价值。长期以来, 由于经济落后, 工业欠发达, 从而使具有较高工业价值的盐矿资源未得到有效地开发利用, 并引发了不同程度的臭水污染, 矿产资源优势未能很好地转化为经济优势。虽然硝口已进行小规模开采和利用, 但因其规模小、工艺落后而引发了不同程度的环境污染, 使该区本已脆弱的生态环境和水资源环境进一步恶化。

因此, 在六盘山地区臭水泉群出露的地方, 建设化工生产基地, 钻井抽采地下臭水, 进行综合利用, 降低地下臭水水位, 使其不再溢出, 达到改善地表水体和潜水水质的目的。

参考文献

[1]　宁夏地矿局. 宁夏回族自治区区域地质志[M]. 地质出版社,

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1990.
[2] 汤锡元, 郭忠铭, 等. 陕甘宁盆地西缘逆冲推覆构造及油气勘探[M]. 西北大学出版社, 1992.
[3] 蔡厚维. 六盘山区的新构造运动及隆起原因初探[J]. 宁夏地质, 1985, 2&.
[4] 邓起东, 龙惠川. 鄂尔多斯周缘断陷盆地带的构造活动特征及其形成机制[M]. 现在地壳运动[M]. 地震出版社, 1985.
[5] 周特先, 等. 宁夏构造地貌格局及其形成与发展[J]. 地理学报, 1985, (3).
[6] 周特先, 等. 宁夏新生代应力状态[J]. 宁夏地质, 1985, 2&.

ANALYSIS ON ENVIRONMENT DAMAGE AND GEOLOGY CAUSE OF ODORIFEROUS FOUNTAINS IN LIUPANSHAN MOUNTAIN AREA, SOUTH NINGXIA

WANG Yong[1], ZHANG Peng-chuan[2]
(1. Remote Sensing Application Institute of ARSC, Xi'an 710054, China;
2. NingXia Geology Minerals Research Institute, Yinchuan 750021, China)

Abstract: There are a great number of Odoriferous fountains in Liupanshan Mountain area, south Ningxia. The odoriferous fountains contains much $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ and NaCl minerals, simultaneity let H_2O out.

The distribution of odoriferous fountain groups are located by analysis of geological information and remote sensing image. The water of the odoriferous fountains contains Na_2SO_4, NaCl and H_2S with high salinity. This kind saline water make causes both air and water polluted, and soil salinization in local area. The salinity in the odoriferous fountains has sources from the strata of Mesozoic and Cenozoic, which contain high salt rocks. The fractures and fissures in direction of NE and NEE and near SN are supposed to be the channels of odoriferous fountains to the suface.

Key words: odoriferous fountains; geology cause; environmental hazard; Liupanshan Mountain

作者简介: 王永(1962-), 男, 高级工程师, 主要从事地质和遥感应用研究。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net