# 邹家山矿床低温热水成因及其与铀矿化关系

邵 飞
(核工业 270 研究所, 江西南昌县, 330200)

摘 要 以邹家山矿床实测井温资料为基础, 对矿床低温热水的分布规律、成因作了全面分析。采用将今论古的方法, 结合铀成矿机理, 探讨了古热水与铀成矿作用的关系, 并预测邹家山矿床深部仍有较好的成矿远景。

关键词 低温热水; 成因; 铀矿化; 邹家山
分类号 P641.11

## 1 地质及水文地质概况

邹家山矿床位于相山矿田西部邹家山-石洞断裂带的中段, 是矿田内最大的铀钍混合型矿床。矿区地层简单、构造复杂。基底为未出露地表的震旦系云母石英片岩(Z), 盖层为侏罗系上统打鼓顶组紫红色粉砂岩、砂砾岩($J_3d^1$), 流纹英安岩($J_3d^2$), 鹅湖岭组晶屑玻屑凝灰岩($J_3e^1$)及碎斑熔岩($J_3e^2$)。流纹英安岩和碎斑熔岩是主要赋矿岩性。由 $F_1$, $F_6$, $F_7$ 等断裂组成的邹-石断裂带, 为火山盖层构造, 长 6 km, 宽 200~ 300 m, 走向 30°~ 60°, 倾向北西、倾角 70°~ 85°, 矿区内隐伏的火山塌陷构造发育良好, 埋深 200~ 500 m(图 1)。

邹家山矿床地处气候温暖、潮湿多雨的赣中地区, 矿床地貌形态为北东向的带状谷地, 地势南高北低。矿区年平均降水量在 1 500 mm 以上, 历年年平均气温 16.5 ℃, 常温带深度 30 m 左右。

矿床地下水按其含水岩组埋藏和赋存条件可分为三种类型, 即: 第四系松散层孔隙潜水, 水位埋深 0~ 5 m, 地下水动态不稳定, 水温一般小于 20 ℃; 风化壳网状裂隙潜水, 水位埋深 5~ 25 m, 水温一般为 20 ℃左右; 构造脉状承压水, 其富水性与构造性质、开启程度、规模大小及充填物性质等有关, 北东向构造富水性较强, 此类地下水动态较稳定, 钻孔揭露, 可见该类地下水水头最高可高出地表数十米。

邹家山矿床的低温热水(以下简称为温热水)主要为钻孔揭露的构造脉状承压水, 孔口水温多介于 20~ 30 ℃之间, 最高达 34.5 ℃。

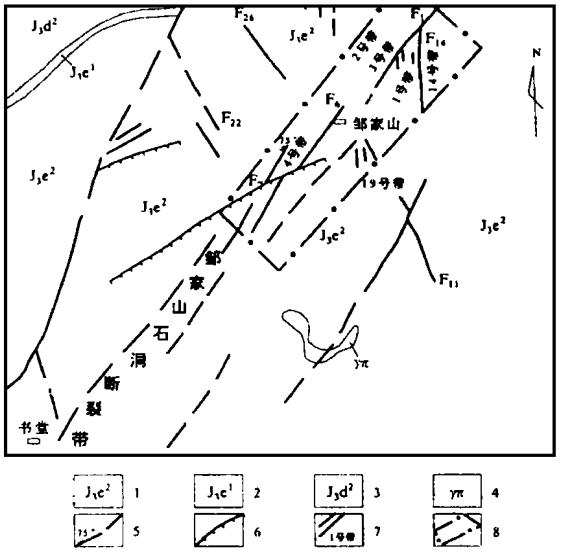


图 1 邹家山矿床地质略图

Fig 1 Geological sketch map of Zhoujiashan deposit

1. 侏罗系上统鹅湖岭组碎斑熔岩; 2. 侏罗系上统鹅湖岭组晶屑凝灰岩; 3. 侏罗系上统打鼓顶组流纹英安岩; 4. 次花岗斑岩; 5. 实测、推测断裂构造及产状; 6. 火山塌陷构造; 7. 地表矿体和矿带编号; 8. 矿床范围

## 2 邹家山矿床温热水成因分析

### 2.1 邹家山矿床温热水分布与构造关系

矿床内 160 个钻孔实测井液温度($T$)与深度($H$)线性相关, 回归方程为: $T = 4.01H + 16.36$, 相关系数 $r = 0.999\ 6$。式中回归系数 4.01 为矿床平均地温梯度值, 截距 16.36 近似于矿区历年年平均气温, 所以矿区年平均气温 16.5 ℃即为矿床常温带温度。

收稿日期: 99-12-29

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

邹家山矿床钻孔揭露的温热水, 总体平面展布呈东西向, 与矿田火盆东西向基底主构造线展布方向一致; 温热水的垂向分布, 表明了其沿陡倾角的火山塌陷构造和邹-石构造带向上运移(图 2)。由图 2 可见, 火山塌陷构造及邹-石构造($F_6$, $F_7$) 的钻孔实测井液温度均处于峰值区, 且处于涌水区内的钻孔孔口水温大于 20 ℃。

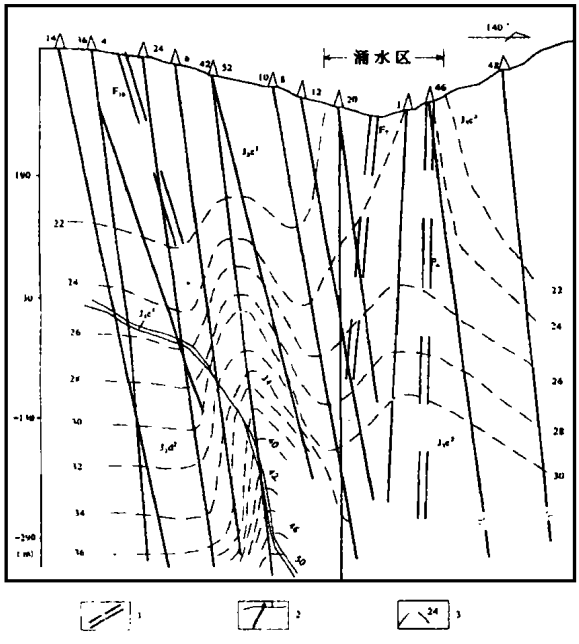


图 2　邹家山矿床 47 线实测井温剖面示意图

Fig 2　Schematic map of logging temprature in Line 47 Cross section of Zhou jiashan deposit

1. 含水断裂构造;　2. 钻孔;　3. 井温等温线

综合分析邹家山矿床温热水的水平及垂向分布, 认为受东西向基底构造控制的深部承压温热水的主要上升通道, 为火山塌陷构造和邹-石断裂带。由于下渗冷水的降温作用, 形成了钻孔孔口混合水温较低, 受基底、盖层和火山构造联合控制的矿床温热水展布格局。

## 2.2　邹家山矿床温热水成因分析

### 2.2.1　温热水稳定同位素研究

对邹家山矿床及邻区的钻孔温热水、温泉及民井, 进行了地下水同位素取样和分析, 结果列于表 1。

由表 1 结果可见, 温热水和民井(冷) 水的 $\delta^{18}O$ 值接近, 所有样品的氢、氧同位素组成均临近于 Carig 降水线。显然, 大气降水是矿床温热水的补给源。温热水的氚值一般小于 3Tu, 表明其以 1954 年前降水入渗补给为主, 局部地段有近期降水混入。

表 1　邹家山矿床地下水氢、氧同位素组成

Tab 1　Isotope formation of hydrogen and oxygen in ground water in Zhoujiashan deposit

| 样　号 | 水源类型 | $\delta^{18}O$/(‰) | $\delta D$/(‰) | T/(Tu) |
|---|---|---|---|---|
| 76- 32 | 钻孔温热水 | - 7.63 | - 2.76 | < 0.5 |
| 78- 11 | 钻孔温热水 | - 7.10 | - 28.20 | < 0.5 |
| N- 2 | 民井 | - 6.23 | - 12.30 | - |
| N- 3 | 民井 | - 6.24 | - 26.51 | - |
| 61- 2 | 钻孔温热水 | - 6.97 | - 23.27 | < 0.5 |
| 10- 10 | 钻孔温热水 | - 6.42 | - 38.36 | 3.63 |
| 1- 11 | 钻孔温热水 | - 6.45 | - 52.74 | < 0.5 |
| J- 1 | 温泉 | - 6.56 | - 50.70 | 2.41 |

据孙占学等人在邹家山矿床附近马鞍坪地区统计分析得出的氧同位素高程效应方程($\delta^{18}O = -4.82 - 0.0032H$), 计算得出的矿床温热水的补给高程介于 670~ 880 m 之间, 计算结果与传统水文地质分析结论相一致, 即矿床东南部中低山区为温热水的主要补给区。

### 2.2.2　温热水的化学成分特征

邹家山矿床温热水属偏高矿化度(> 0.10 g/l) 的中性-弱碱性重碳酸盐型水, $HCO_3^-$, $SO_4^{2-}$, $Cl^-$, $Na^+$, $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$ 等离子含量随矿化度的增高均呈线性增高, 反映了温热水的水化学成分属溶滤作用成因。

温热水的 $F^-$, $SiO_2$ 含量及 $H_2S$, Rn, He 等气体浓度(含量) 构成了明显有别于冷水的特殊组成, 总体上均高出若干倍。部分温热水中高温热液元素 Mo, Sr 及碱金属元素 Li 等组分也高于当地冷水(表 2)。比照前人总结的反映各类地下热水的水文地球化学特征指标, 可确认邹家山矿床温热水属隆起断裂型地下热水。

### 2.2.3　温热水获得热量的主要途径

大气降水成因的温热水, 氧同位素未发生明显的"氧漂移", 表明深部热储温度不高。据 $SiO_2$ 温标计算的矿床温热水基础温度约为 70~ 90 ℃, 计算结果列于表 3。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 邹家山矿床部分温热水的水化学成分

Tab 2 Hydrochemical composition of partial thermal water in zhoujiashan deposit 单位: mg/ L

| 样号 | 水源类型 | 矿化度/ (g/ l) | PH | 水化学类型 | F | Li | Sr | Mo | Pb | Zn | Cr | Mn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N- 2 | 民井 | 0. 047 | 6. 28 | $HCO_3$- Na• Ca | 0. 27 | < 0. 05 | 0. 046 | 0. 04 | 0. 009 | 0. 180 | < 0. 004 | 0. 032 |
| N- 3 | 民井 | 0. 046 | 5. 86 | $HCO_3$ • Cl- Ca• Na | 0. 16 | < 0. 05 | 0. 048 | 0. 018 | 0. 009 | 0. 177 | < 0. 004 | 0. 066 |
| N- 4 | 钻孔温热水 | - | - | - | 3. 10 | < 0. 05 | 0. 209 | 0. 046 | 0. 010 | 0. 128 | < 0. 004 | 0. 049 |
| 31- 10 | 钻孔温热水 | 0. 234 | 7. 60 | $HCO_3$• Cl- Ca• Na | 1. 60 | 2. 37 | - | - | - | - | - | - |
| 31- 18 | 钻孔温热水 | - | - | - | - | 0. 045 | - | - | - | 0. 014 | - | - |
| 61- 18 | 钻孔温热水 | - | - | - | 3. 10 | 0. 241 | - | - | - | 0. 008 | - | - |
| 76- 32 | 钻孔温热水 | 0. 301 | 8. 00 | $HCO_3$- Na | - | - | - | - | - | - | - | - |

表 3 邹家山矿床温热水基础温度计算表

Tab 3 Calculating table for basic temperature of thermal water in zhoujiashan deposit

| 样号 | 孔口水温/ ℃ | $SiO_2$/ (mg/ l) | 基础温度/ ℃ |
|---|---|---|---|
| 31- 10 | 29. 0 | 40 | 91. 8 |
| 31- 16 | 26. 0 | 35 | 86. 0 |
| 31- 18 | 24. 5 | 40 | 91. 8 |
| 39- 18 | 20. 0 | 36 | 87. 2 |
| 4A- 2 | 24. 0 | 35 | 86. 0 |
| 61- 2 | 22. 5 | 28 | 73. 8 |

据基础温度, 按下式可计算出温热水的循环深度。

$$Z = G(Tz - To) + Zo$$

式中: $Z$ —循环深度( m) ;

$G$ —地热增温级, 按 4. 01 ℃/ 100 m 求得约为 25 m/ ℃;

$Tz$ —基础温度( ℃) ;

$To$, $Zo$ —常温带温度( ℃) , 常温带深度( m) , 取值为 16. 5 和 30

计算得的地下水循环深度约 1 500~ 2 000 m, 这一个深度与重力延拓反映的邹-石断裂切割的深度大致相同。可见, 地下水沿构造的循环作用是温热水获得热量的主要途径。

此外, 据前人专项研究成果, 放射性热也为温热水提供了一定的热量, 但贡献份额不大。

2. 2. 4 矿床温热水成因

综上所述, 矿床温热水属大气降水深循环对流作用成因, 是与地质背景和水文地质条件密切相关的客观产物。

以大气降水为补给源的地下水, 在重力作用下沿构造作深循环, 渗流途中不断被加热, 水温逐渐增高, 溶解能力不断增强, 矿化度也随之增高。获得足够热量的地下水, 在“热引擎”作用下, 沿与东西向基底构造有成生联系的陡倾角邹-石构造及火山塌陷构造上升。由于含水构造热储直接或间接连通地表, 导致热量沿途散失, 加之在浅部受到冷水的混合, 致使钻孔揭露的温热水孔口水温相对较低, 一般不大于 30 ℃。

## 3 邹家山矿床温热水与铀矿化的关系

### 3. 1 古热水活动与铀成矿作用的关系

邹家山矿床赋矿火山岩形成年龄约 130~ 140 Ma, 矿石生成年龄约 139~ 92 Ma, 主成矿期为燕山晚期。近矿围岩蚀变主要为水云母化, 形成灰色蚀变带, 蚀变带范围受构造控制, 尤其是在剖面上蚀变带展布于邹-石构造两侧( 图 3) 。矿床现代温热水的活动空间与灰色蚀变带的展布空间较为一致, 成矿前期形成的灰色蚀变带是古水热作用的产物。因此, 现代温热水活动在一定程度上是古水热活动的延续地质事件。

邹家山矿床铀矿化产出部位与古热水( 液) 活动空间——灰色蚀变带的一致性, 表明了古热水( 液) 活动与铀成矿作用关系密切。前人研究成果表明, 矿床成热液水主要来自大气降水。成矿期区域及矿区构造应力场以拉张为主, 构造的导水性远比现在强, 由于深部热( 液) 上涌, 当时的地温梯度也肯定高于现在实测( 统计) 得出的 4. 01 ℃/ 100 m。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

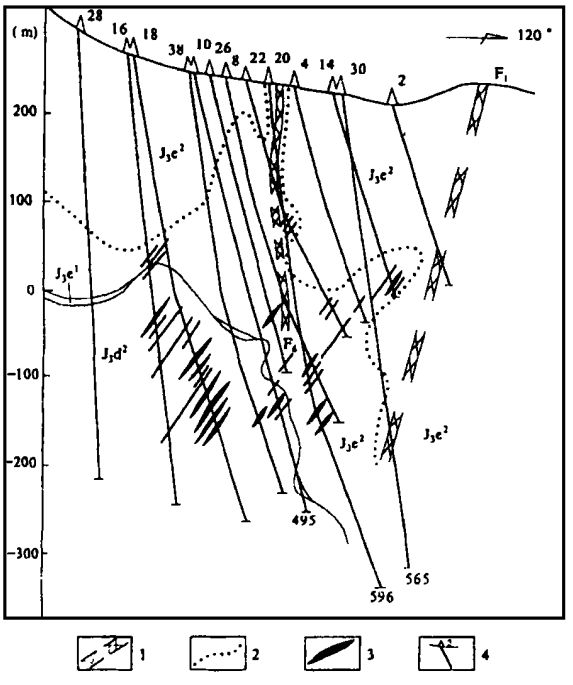


图 3　邹家山矿床 19 线地质剖面示意图

Fig 3　Schematic geological map of Line 19 cross section of Zhoujiashan deposit

1. 断裂构造; 2. 灰色蚀变带界线; 3. 矿体; 4. 钻孔

因此, 大气降水在向下渗流时可较快地演化为热水, 其从围岩中捕获包括铀在内的各种元素的能力也较强。当其与深部上涌的含矿流体相混合时, 导致原生含矿流体学成分的改变, 混合后的含矿流体继续朝温度、压力降低的地段运移, 随着物理、化学性质的迅速改变, 铀酰离子解体、沉淀。

据上, 陡倾角的邹-石构造、火山塌陷构造及构造控制的灰色蚀变带, 既是古热水的活动空间, 也是矿质沉淀的场所。考虑到现代温热水活动与古热水活动的继承性, 现代温热水循环达到的深度可能就是深部上升的原生含矿流体与古热水混合的标高部位, 此预测邹家山矿床深部仍有较好的成矿远景。

### 3.2　现代温热水对铀矿化具保护作用

据矿床钻孔现代温热水的 Eh 值(+ 100 ~ - 170 mv), $H_2S$ 含量(1.3 - 7.4 mg/l) pH 值(7 ~ 9)等水文地球化学指标及 Eh 值测井曲线的综合分析, 可判定已探明的主要赋矿部位仍处于氧化-还原环境, 即现代温热水对铀矿化具保护作用。

## 4　结语

(1) 邹家山矿床温热水的分布受基底、盖层和火山塌陷构造联合控制, 温热水属大气降水深循环对流作用成因。

(2) 古热水活动对邹家山矿床的形成作出了重要贡献, 矿床深部仍有较好的成矿远景。

(3) 现代温热水活动与古热水活动有一定的继承性, 并且现代温热水对铀矿化具保护作用。

### 参 考 文 献

1　李学礼. 江西温泉成因与铀矿化关系研究. 华东地质学院学报, 1992, 15(3): 201 ~ 220

2　孙占学, 李学礼, 史维俊. 江西中低温地热水的同位素水文地球化学, 华东地质学院学报, 1992, 15(3): 234 ~ 248

3　中国科学院地质研究所地热室编著. 矿山地热概论. 北京: 煤炭工业出版社, 1981

# Genesis of Low-thjermal water and Its Relation with Uranium Minersalization in Zhoujiashan Deposit

Shao Fei

*(No. 270 Research Institute of Nudear Industry, Nanchang County, Jiangxi Provinœ, 330200)*

**Abstract**　Distribution and Genesis of low- thermal water in Zhoujiashan deposit are fully analysed on the basis of logging temperature data. With "past inferred from present" method and uranium mineralization mechanism, relationship between palaeothermal water and uranium mineralization is discussed, a metallogenetical prospect is hopefully predicted in the depth of zhoujiashan deposit.

**Key words**　Low thermal water; Genesis; Uranium mineralization; Zhoujiashan deposit

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net