

应用 SiO₂ 地热温度计估算地热储温度

——以赣南横泾地区若干温泉为例

张卫民

(华东地质学院,江西临川)

摘要 本文重点讨论了应用 SiO₂ 地热温度计估算横泾地区若干温泉的地热储温度。讨论表明,应用上升热水与浅部冷水没有混合的绝热冷却的 SiO₂(石英)焓图和传导冷却的石英地热温度计,计算的地热储的最低温度范围是 78~134 ℃,而最高的温度范围是 95~155 ℃;应用上升热水与浅部冷水产生混合,而混合之前蒸气已全部损失的 SiO₂(石英)焓图,计算的地热储的最低温度范围是 83~138 ℃。因此,可以认为横泾地区温泉水地热储的最低温度范围可能是 78~138 ℃,而最高温度范围可能是 95~155 ℃。

关键词 温泉水 地热温度计 地热储 赣南

近年来,对地热储温度的研究日愈深入,有关研究成果亦很多(王贵玲,1999;申建梅,1999),自60年代以来,地质和水文地质调查证实,赣南横泾地区有10多处温泉出露。这些温泉沿近期活动的NE向断裂分布,并受NW向断裂构造控制(图1)。温泉水在地表的温度为25~73 ℃。经两次对该温泉区进行水文地质调查,系统采集并研究了区内温泉水及冷泉水的H、O、C和He同位素样品、水化学样品和气体样品,对该区地热水有了一个比较全面的了解,用水、气体和同位素地球化学对该区地热水的成因进行了研究。研究表明(Zhang,1999),横泾地区地热水的形成与岩浆和火山活动无关,地热水主要起源于大气降水,其中气体组分起源于大气、地壳和地幔的混合,地热水的补给区位于乌泥障地区(图1),其补给区可能的高程为337.5~743.6 m。

1 温泉水水化学成分的基本特征

横泾地区温泉水水化学成分分析结果列于表1。从表1中可见,区内温泉水的水化学类型为HCO₃-Na(Ca)型或HCO₃-SO₄-Na(Ca)型,pH值变化于6.52~7.3之间,为中性水。热水中SiO₂含量普遍较高,SiO₂质量浓度变化于43~135 mg/L。水中游离CO₂质量浓度大于250 mg/L,有的超过1000 mg/L,达到碳酸矿泉的命名标准。此外,区内温泉多有气体逸出,气体组分分析结果(表2)表明,横泾温泉区气体的主要组分为CO₂,占气体总量的96.7%~99.84%;N质量分数很低,从微量至2.01%;在微量气体中,CH₄质量分数为0.04%~1.86%,Ar质量分数为0.095%~0.211%,He质量分数为0.0047%~0.0137%。

表1 横泾地区水化学成分

Table 1 The chemical compositions of waters from Hengjing Area

水源号	水源类型	水温/℃	pH	CO ₂	SiO ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	日期
2	温泉	25	6.52	1263	99	138.5	15.73	84.6	698.6	81.18	325.0	1886.1	1997.9.24
3	温泉	48	6.67	725.3	94	117.1	10.95	71.8	679.1	70.19	764.9	1004.2	1997.9.24
5	温泉	37	6.74	22	78	29.12	0.09	4.42	93.63	8.51	26.5	216.95	1997.9.24
6	温泉	73	7.30	8.8	81	9.85	0.09	3.09	71.47	8.51	17.0	106.14	1997.9.26
9	温泉	27	6.50	547	43	106.9	10.4	81.97	969.8	50.69	350.0	2253.1	1997.9.26
11	温泉	48	6.77	722	135	107.8	6.74	43.17	711.2	35.1	300.0	1428.1	1997.9.27
12	温泉	44	6.63	250	82	52.25	0.33	6.85	154.4	28.71	115.0	276.83	1997.9.27
7	冷泉	18	6.72	21	19	0.09	0.36	3.67	1.25	2.20	0.00	7.99	1997.9.26
8	冷泉	18	6.92	16	17	0.00	0.01	1.49	1.95	2.20	0.00	25.2	1997.9.26
10	冷泉	22	6.18	16	15	33.41	4.46	3.4	11.08	21.98	12.0	63.44	1997.9.26

本文由国际原子能机构(IAEA)技术合作项目“地热能资源开发中的同位素地球化学研究”编号RAS/8/075资助。

改回日期 2000-10-21 责任编辑:宫月萱。

作者:张卫民,男,1965年生,副教授,从事地热、温泉热水、铀(金)水文地球化学成矿与找矿、溶浸工艺以及环境学等方面科研和教学,邮编:

344000方数据

2.1 上升热水与浅部冷水没有混合

假定在热储中,流体与石英处于平衡,流体孔隙压力由纯水蒸气压力而定,而在上升期间,冷热水没有混合,需同时考虑 2 种情况:

(1)上升热水只有传导冷却。使用石英地热温度计方程(Fournier et al., 1982):

$$t(^\circ\text{C}) = -42.198 + 0.2883S - 3.6686 \times 10^{-4}S^2 + 3.1665 \times 10^{-7}S^3 + 77.034\log S$$

其中 S 是 SiO₂ 质量浓度,其单位为 mg/kg 或 mg/L,用来计算横泾地区温泉水的地热储温度。计算结果见表 3,地热储的温度范围是 95~155 °C。

(2)在任何温度和压力下,热水上升时伴随蒸气分离的绝热冷却。在这种情况下使用溶解的 SiO₂(石英)焓图(Truesdell et al., 1977)来计算横泾地区温泉水的地热储温度(见图 2,斜线与石英溶解度曲线交错点),计算结果见表 3,地热储的温度范围是 78~134 °C。

根据以上计算,横泾地区温泉水地热储的最低温度范围是 78~134 °C,最高的温度范围为 95~155 °C。

2.2 上升热水与浅部冷水混合

假定在热储中,流体与石英处于平衡,流体孔隙压力由纯水蒸气压力而定,在上升期间,冷热水混

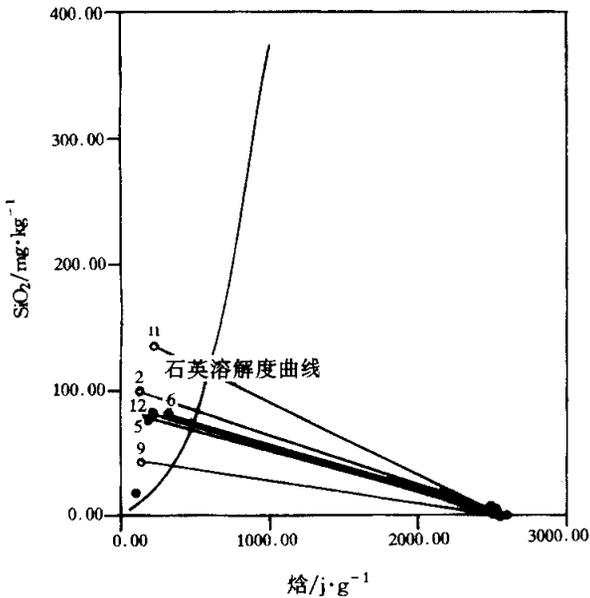


图 2 横泾地区绝热冷却时的 SiO₂-焓图
Fig.2 Enthalpy-silica graph for adiabatic cooling model in Hengjing Area

表 3 横泾地区温泉水计算的地热储温度

Table 3 Calculated geothermal reservoir temperatures of thermal spring waters in Hengjing Area °C

水源号称	t _{石英}	t _{SiO₂-焓}	t _{混合SiO₂-焓}
2	137	118	122
3	134	117	119
5	124	105	108
6	126	109	110
9	95	78	83
11	155	134	138
12	127	107	112

合 SiO₂ 在混合前后没有沉淀,没有传导冷却,需同时考虑 2 种情况:

(1)在与冷水混合之前,蒸气已全部损失。在这种情况下,使用溶解的混合 SiO₂(石英)焓图(Truesdell et al., 1977)图 3,水平线与最大蒸气损失曲线交错点来计算横泾地区温泉水的地热储温度。计算结果见表 3,地热储的温度范围是 83~138 °C。这一结果与上述由绝热冷却的 SiO₂(石英)焓图所计算的结果基本一致。

(2)在与冷水混合之前,蒸气没有损失。在这种情况下,不能使用图 3 来计算横泾地区温泉水的地热储温度,因为代表横泾地区平均冷泉水的黑点与通过冷水混合的温泉点的直线和石英溶解度曲线没有交错点(除 6 号温泉外),表明该假定不适合。

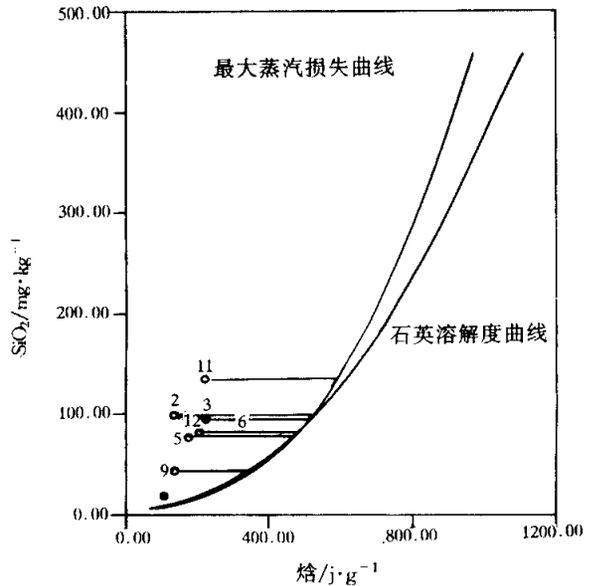


图 3 横泾地区混合模型的 SiO₂-焓图
Fig.3 Enthalpy-silica graph for mixing model in Hengjing Area

3 结论

综上所述,利用 SiO_2 地热温度计计算表明,上升热水与浅部冷水没有混合的模型——绝热冷却的 SiO_2 (石英)焓图和传导冷却的石英地热温度计适用于用来计算和评价横泾地区温泉水的地热储温度,计算的地热储的最低温度范围是 $78 \sim 134 \text{ }^\circ\text{C}$,而最高的温度范围是 $95 \sim 155 \text{ }^\circ\text{C}$;对于上升热水与浅部冷水产生混合的模型——在与冷水混合之前,蒸气已全部损失或蒸气没有损失的混合 SiO_2 (石英)焓图,前者计算的结果比较符合实际,计算的地热储的最低温度范围是 $83 \sim 138 \text{ }^\circ\text{C}$,而后者不能计算出结果,自然该假定不符合实际。因此,可以认为横泾地区温泉水地热储的最低温度范围可能是 $78 \sim 138 \text{ }^\circ\text{C}$,而最高温度范围可能是 $95 \sim 155 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

参考文献

- 申建梅,张宏达,陈宗宇,马玉祥. 1999. 地热资源管理与可持续发展. 地球学报 21(2):135~140.
- 王贵玲,张发旺,刘志明. 1999. 国内外热能开发利用现状及利用前景分析. 地球学报 21(2):129~134.
- Fournier R O, Potter R W. 1982. A revised and expanded silica (quartz) geothermometer. Geotherm. Resourc. 1977. Counc. Bull. 11(10):3~12.
- Fournier R O. 1977. Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems. Geothermics (3):221~224.
- Truesdell A H, Fournier R O. 1977. Procedure for estimating the temperature of a hot water component in a mixed water by using a plot of dissolved silica versus enthalpy. U. S. Geol. Surv. J. Res., (5):49~52.
- Zhang Weimin. 1999. Origin analysis of geothermal water and evaluation of geothermal reservoir temperature in the Hengjing Area, South Jiangxi province, China. Geotectonica et Metallogenia. 23(2):155~165.

The Application of SiO_2 Geothermometer to Estimating Temperature of the Geothermal Reservoir Exemplified by some Thermal Springs in Hengjing Area, South Jiangxi

Zhang Weimin

(East China Geological Institute, Lincuan, Jiangxi)

Abstract This paper deals emphatically with the application of SiO_2 geothermometer to estimating the geothermal reservoir temperature of some thermal springs in Hengjing area. Studies show that, when the dissolved SiO_2 (quartz) enthalpy diagram is used for adiabatic cooling, and the quartz geothermometer equation is adopted for conductive cooling without mixing with cold water during upflow, the lowest estimated temperatures of the geothermal reservoir are in the range of $78 \sim 134 \text{ }^\circ\text{C}$ and the highest estimated temperatures are between 95 and $155 \text{ }^\circ\text{C}$. When the dissolved SiO_2 (quartz) enthalpy diagram is employed for the mixing models, in which the steam was lost before mixing with the cold water, the lowest estimated temperatures of the geothermal reservoir are in the range of $83 \sim 138 \text{ }^\circ\text{C}$. Therefore, it is believed that the lowest temperatures of the geothermal reservoir in Hengjing area are probably in the range of $78 \sim 138 \text{ }^\circ\text{C}$ and the highest temperatures are in the range of $95 \sim 155 \text{ }^\circ\text{C}$.

Key words thermal water geothermal reservoir geothermometer South Jiangxi