第 31 卷 第 1 期 太 原 理 工 大 学 学 报 Vol. 31 No. 1
2000 年 1 月 JOURNAL OF TAIYUAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY Jan. 2000

文章编号 1007-9432(2000)01-0012-04

山西祁县地下热水形成条件分析

任斗金, 郑民刚 张元昌
(山西煤田地质综合普查队) (黄河集团山西总公司)

摘 要: 从地质、水文地质、水化学等方面, 分析了祁县地区地下热水成因, 得出该地区地下热水形成与燕山期岩浆活动、新构造运动形成的基底断块隆起及地下水循环深度大、交替迅速有关。

关键词: 地下热水; 形成条件; 山西祁县
中图分类号: P332.6; P332.7 **文献标识码**: A

山西祁县地下热水是 70 年代地质矿产部门在探查晋中盆地隐伏磁异常和农田供水实施钻探工程时发现的。目前可利用的仅两个热水点, 分别位于祁县县城西北的常家堡和祁县县城东北的王村。

王村地热点基岩埋深 130～300 m, 岩性为三叠系上统延长组砂岩夹泥岩; 常家堡地热点基岩埋深 254～316 m, 岩性为火山碎屑岩(可能是中侏罗世的)。王村地热点当时混合抽水涌水量可达 653.28 t/d, 水位埋深 11.15 m, 水温 28℃, 现混合水位已下降, 埋深 35 m; 常家堡地热点当时水头高出地表 8 m 多, 自流量 4 051.2 t/d, 水温 30℃, 现混合水位埋深 15 m. 两地热点水温多年来一直较稳定, 水质较好, 矿化度 0.6～0.9 g/l, 均为重碳酸钠型水[1]。其中王村地热点地下热水是含偏硅酸和锶的优质饮用矿泉水[2]。

1 地热地质条件

1.1 地质条件

晋中断陷盆地为一基岩埋深东南浅(300 m ±)、西北深(4 000 m ±)的掀箕状断块盆地。本区位于晋中断陷盆地内, 其南北两侧分别为平遥掀斜地块和太谷掀斜地块, 从而使祁县附近形成明显的基底断块隆起(祁县隆起), 新生界覆盖厚度 200～400 m, 该隆起中心部位存在有火成岩侵入体。

从目前晋中盆地发现的热异常位置来看, 一般位于基底隆起及周缘(诸如背斜、穹隆、地垒之类), 另外与断裂也有密切关系, 断裂起通道作用。

王村和常家堡地热点处于祁县断块隆起的突出部位上, 是地热形成较为有利的构造部位。

1.2 热源特征

燕山期岩浆活动是本区地热形成的控制因素之一。本区隐伏岩体范围, 西起祁县城西常家堡、南谷丰村一线, 东至西六支、梁家堡一带; 北起高村北一带, 南至祁城、闫名村一线。隐伏石英二长岩岩体面积 57 km^2(如图 1)[3], 岩石化学特征以 $K_2O + Na_2O$ 含量高, 且 $Na_2O > K_2O$, 但 SiO_2 含量并不很低(见表 1); 李特曼参数为 3.303, 属碱钙性; 怀特碱度率为 2.697, 属碱质岩。其钾长石的 K-Ar 年龄值为 141.8 Ma[3], 结合普通辉石含霓石分子等特征, 故本隐伏岩体为燕山中期偏碱性石英二长岩。

表 1 祁县石英二长岩岩石化学成分表

样品号	氧化物质量分数/%											
	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	烧失	总和
岩 87	67.16	16.24	0.27	0.91	1.35	0.07	0.81	2.64	3.50	5.20	0.11	0.50	98.76
岩 89	66.80	16.44	0.20	0.24	1.47	0.07	0.72	3.45	3.40	5.70	0.09	0.76	99.34
平均值	66.98	16.34	0.24	0.58	1.41	0.07	0.76	3.05	3.45	5.45	0.10	0.63	99.06
注: 据山西省石油队资料													

基金项目: 中国煤田地质总局资助项目(97-07)
作者简介: 任斗金, 男, 1963 年 7 月生, 主任工程师, 研究方向: 水文地质, 榆次, 030600
收稿日期: 1999-08-02

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

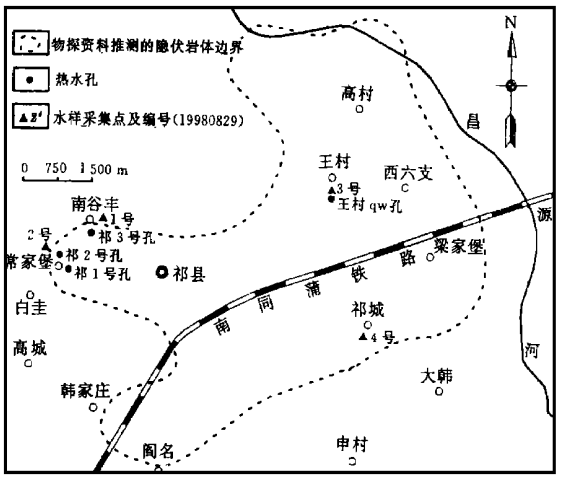

图 1　祁县隐伏岩体范围略图

从 1∶100 万航磁图来看, 本区存在着明显的磁异常, 磁异常一般反映火成岩体存在, 即热能之源。从祁 3 号孔在 337 m 深度以下见时代可能是中侏罗世的火山碎屑岩、沉积火山碎屑岩含夹少量砂质白云质灰岩, 并夹有燕山期似斑状石英二长岩岩床; 770～940 m 终孔所见均为石英二长岩岩体, 孔内有含水层 12 层, 承压自流, 孔口水温达 27℃。岩芯磁性测量表明孔深 900～921 m, 岩芯磁化率呈上升趋势, 由此可见引起磁异常的因素还在深处。

另外在热水中放射性物质释放的能量也是热源之一, 而本区放射性物质 Ra 的体积活度为 5.846×10^{-3} Bq/l; U 的质量浓度为 1.35×10^{-6} g/l; Th 的质量浓度为 5.0×10^{-8} g/l。因其含量小, 所释放出来的热量占热水量吸收的总热量份额不大。

1.3　水文地质条件

1.3.1　含水岩组

松散岩类孔隙含水岩组: 本区处于昌源河冲洪积平原及汾河Ⅰ级阶地上, 含水介质为亚砂土夹砂砾石, 含水层从第四系全新统到第三系上新统。全新统及上更新统含水层埋藏在 50～60 m 以上, 中更新统含水层埋藏在 140～170 m 以上, 以下为下更新统含水层及上第三系上新统含水层。本区松散岩类孔隙含水介质颗粒较粗, 分选良好, 厚度大, 透水能力强, 单井出水量 50 t/h 以上[2]。

碎屑岩裂隙含水岩组: 王村一带在 140～190 m 之下见三叠系延长组碎屑岩裂隙含水岩组, 其含水层为灰白、灰绿色长石砂岩, 具交错层理, 坚硬, 性脆。该含水层水位较高, 其与中深层松散层孔隙承压水的混合水位为 24～26 m, 单井出水量 50～120 t/h[2]; 常家堡一带 314.94 m 见火山碎屑岩裂隙含水岩组, 337.78 m 终孔, 自流量 4 051.2 t/d[1]。

1.3.2　地下水类型及水力特征

受埋藏和分布条件影响, 松散层孔隙水为浅层潜水和中深层孔隙承压水, 碎屑岩裂隙水为承压水。

浅层孔隙潜水含水层埋藏浅, 水位埋藏为 7～18 m 不等, 中深层孔隙承压水水位埋藏 24～30 m, 承压水头高出含水层顶板 30～50 m; 碎屑岩裂隙承压水水头高出含水层顶板 100 m 以上[2]。说明中深层松散岩类孔隙承压水接受下部碎屑岩裂隙承压水的顶托补给。从王村 qw 孔地下水同位素测定氚值含量偏高(25.56 TU)[2], 是第四系中深层孔隙承压水混合所致。

本区三叠系延长组中, SiO_2 和 Sr 的质量分数高出全省三叠系砂岩平均含量, 也高出地层中其克拉克值[4]。显然, 丰度较高的 SiO_2 和 Sr, 为王村地热田地下水形成提供了必要的物质来源, 从而使其成为组成王村地下水的标志组分; 并且这两种元素和化合物在水中迁移强度都比较大[2], 反映了地下水渗透性能好, 交替活跃, 不利于形成温度较高的地下水。

本区地下热水温度多年来一直较稳定, 说明是远源补给的深循环水。

1.3.3　地下水的补给、迳流与排泄

本区主要是接受大气降水入渗补给, 补给区是昌源河上游的基岩山区, 其处于普洞—来远北东东向褶断带, 断层裂隙发育, 地表有一定植被覆盖, 给大气降水入渗补给提供了良好的条件。

受区域构造的控制, 地下水以顺层和沿大断裂由东南向西北运移, 因地下水循环深度较大, 循环路径较长, 地下水渗透性能好, 水交替活跃, 在特定的地球物理和地球化学环境下, 形成了富含微量元素的地热水, 如王村地热田含锶的热矿水[2]。本区是基岩裂隙水排泄区。

2　热水水化学特征

为了解区内热水的水化学特征, 笔者于 1998 年 8 月 29 日在隐伏岩体中部及其边缘内外侧系统地采集了部分热水及相关冷水水化学样品。化验结果见表 2。从表 2 中可以看出, 除 Ca^{2+}, Mg^{2+} 在冷水中含量偏高外, K^+, Na^+, HCO_3^-, H_2SiO_3, F^-, Br^- 一般在热水中含量偏高, 这是地下热水经深循环时与岩浆岩作用的结果。

利用水中 SiO_2 的含量, 根据 SiO_2 地热温标(Fournier, R. O. 等, 1996)可以大致估算深部地下热储基准温度(温度适用范围 0～250℃):

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表2 祁县水样水化学成分表 mg/L

采样点	南谷丰(1号)	常家堡(2号)	王村(3号)	祁县化肥厂(4号)
水温类型	冷水(16.5℃)	冷水(14℃)	热水(28℃)	冷水(18℃)
Ca^{2+}	30.74	67.17	18.30	38.31
Mg^{2+}	13.39	44.02	7.00	20.87
K^{+}	0.91	1.06	1.61	1.49
Na^{+}	244.46	194.0	217.1	182.2
Fe^{3+}	0.016	0.012	0.28	0.01
Fe^{2+}	0.00	0.00	0.00	0.00
HCO_3^-	356.20	272.57	310.77	301.48
CO_3^{2-}	20.31	0.00	28.43	23.35
SO_4^{2-}	167	230	98	123
NO_2^-	0.00	0.004	0.00	0.004
NO_3^-	0.32	1.76	0.36	5.90
Cl^-	118.70	169.60	95.83	114.30
F^-	2.5	1.10	2.00	1.15
Br^-	1.95	2.99	2.35	1.04
I^-	0.30	0.25	0.15	0.15
H_2SiO_3	14.97	14.97	26.94	20.95
H_2S	0.00	0.00	0.00	0.00
可溶性固体	750	906	652	698
游离CO_2	0.00	14.85	0.00	0.00
pH	0.00	14.85	8.01	7.95
水质类型	$HCO_3\cdot SO_4\cdot Cl$-Na	$HCO_3\cdot SO_4\cdot Cl$-Na	HCO_3-Na	$HCO_3\cdot Cl$-Na
注: 西安工程学院中心化验室分析化验				

$$t = \frac{1\,309}{5.19 - \lg\beta(SiO_2)} - 273.15.$$

式中: t——地下热储的基准温度, ℃;

$\beta(SiO_2)$——水中可溶性SiO_2质量浓度, mg/l

表3 计算基准温度一览表

地点	实测温度/℃	取样地层	SiO_2含量/(mg·l^{-1})	基准温度/℃
南谷丰1号	16.5	Q_1	11.52	43.80
常家堡2号	14	Q_1	11.52	43.80
王村qm孔3号	28	T	20.32	64.22
祁县化肥厂4号	18	Q_1	16.12	55.72

计算结果(表3)表明, 本区地下热储基准温度为43.80～64.22℃, 显示出低温地热系统的特点, 主要是地下水交替迅速所致。4个采样点的地下热储基准温度及水质类型存在差异, 王村地下热储基准温度最高(64.22℃), 水质为重碳酸-钠型; 祁县化肥厂地下热储基准温度次之(55.75℃), 水质为重碳酸·氯-钠型; 常家堡和南谷丰地下热储基准温度均为43.80℃, 相比之下温度较低, 且水质为重碳酸·硫酸·氯-钠型。地下热储基准温度和水质类型的递变是有规律的, 明显受地质背景控制(图1)。王村(3号)位于祁县岩体的中部, 且井深已穿入三叠系基岩地层, 地下热水系统具有良好的运、储、盖配置, 这是其地下温度高的主要原因; 化肥厂(4号)位于祁县岩体边缘内侧, 井深穿入Q_1地层, 地下热水系统较王村差, 但二者均位于岩体内, 因此具有相近的水化学类型; 常家堡(2号)和南谷丰(1号)均位于祁县岩体边缘外侧, 且均穿入Q_1地层, 地下热水系统条件一样, 因此具有同一热储基准温度和同样的水化学类型, 与前二者相比, 地质条件差, 温度较低。

3 结束语

祁县地区地热形成有如下特点:

a. 燕山期以来的火成岩体还存在余热, 从隐伏岩体中部开始, 到边缘, 再到外侧, 地温场效应呈衰减趋势;

b. 新构造运动形成了祁县基底隆起, 为地热聚集创造了良好的条件;

c. 有一定厚度的盖层覆盖, 使地热能够较为有效的储存;

d. 活跃的冷水补给, 地下水交替迅速, 从而导致形成了低温地热资源;

e. 远源补给的深循环水, 保持了较稳定的水温, 水质类型为重碳酸钠型地热水。

承蒙西安工程学院李侠教授鼎力帮助, 在此深表感谢。

(下转第26页)

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

参 考 文 献

[1] 张东峰. 高效率CAD系统的开发研究及KCSJCAD系统的产生[D]. 太原: 太原理工大学信息工程学院, 1999.
[2] 陈鸿章, 张东峰, 李学忠等. 煤矿采掘工程的计算机绘图系统[J]. 太原理工大学学报, 1999(3): 250～253.
[3] 邹北骥. 基于矩形窗口剪裁的圆形窗口剪裁算法[J]. 计算机工程与科学. 1998(3): 47～49.
[4] 沈庆云, 周来水, 周儒荣. 一种圆形窗口剪裁的新方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报. 1997(9): 538～542.
[5] 孙家广, 杨长贵. 计算机图形学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1995.

The Fast Graphic Clipping for Mine Map

Zhang Dongfeng

(*College of Mining Engineering of TUT*)

Abstract: This paper, aims at the requirements of the fast graphic clipping in mine map, analyzes the relationship between trim lines and the graphic primitives to be clipped, puts forward an effective algorithm for the fast graphic clipping, and presents an application example.

Key words: mine map; graphic clipping; fast clipping

(本文责任编辑: 张爱绒)

(上接第14页)

参 考 文 献

[1] 陈德坤. 山西省地下热水[J]. 山西地质, 1988(2): 123.
[2] 陈光武, 田宝库. 山西祁县王村饮用天然矿泉水评价报告[R]. 榆次: 山西省地矿局第3水文队, 1988: 3～4, 8, 14.
[3] 武铁山, 吕华荣, 李忠和. 山西省中生代碱性偏碱性侵入岩[R]. 榆次: 山西省地矿局区域地质调查队, 1983: 136～138.
[4] 王立新. 山西的三叠系[R]. 榆次: 山西省地矿局区域地质调查队, 1983: 142～152.

Forming Conditions of Underground Hot Water in Qi County of Shanxi

Ren Doujin, Zheng Mingang (*Shanxi Compositive Prospecting Team of Coal Geology*)

Zhang Yuanchang (*Shanxi Co. of Huanghe Group*)

Abstract: Based on the geological, hydrogeological and hydrochemical information, the genesis of the underground hot water in Qi County of Shanxi has been analyzed. It is concluded that the formation of underground hot water is related to the magmatic activity in Yanshan period, the goup of the base fault block forming in new tectonic period, the large depth and fast variety to underground water cycle.

Key words: undergroud hot water; forming conditions; Qi County of Shanxi

(本文责任编辑: 庞富祥)

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net