

springs and coastal karst aquifers: A review. Journal of Hydrology, (339):79~92.

Mijatovic B. 2007. The groundwater discharge in the Mediterranean karst coastal zones and freshwater tapping: set problems and adopted solutions. Case studies. Environment Geology, (51): 737~742.

Primary Study on Submarine Freshwater Resources in North Zhoushan Sea Area

ZHANG Zhizhong^{1,2)}, ZOU Liang^{1,2)}, HAN Yue^{2,3)}

- 1) The Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environmental Geology, Ministry of Land and Resources, Qingdao, Shandong, 266071;
- 2) Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao, Shandong, 266071
- 3) Ocean University of China, Qingdao, Shandong, 266100

Abstract: Based on data from high-resolution single-channel seismic surveys in 2009, former investigation data and neighboring terrestrial hydrogeological data at the Yangtze River delta of Shanghai, writers interpreted, analyzed and studied all seismic data synthetically. Distributing feature of submarine Quaternary sediment was found out. Locations of paleo-river channels of Yangtze River and Qiantang River during the early Pleistocene were probed primarily. The study has revealed that at north of Qiantang River mouth, west to survey area, north Shengsi archipelago and No. 2 Shengsi well, and northeast sea area of Shengsi, the Quaternary stratum is very thick, the predicted distribution areas of paleo-river channel in early Pleistocene are possible abundant areas of marine freshwater resources. These data and conclusions may be helpful in further investigation of submarine freshwater resources and lay scientific basis on submarine freshwater sources exploitation at north Zhoushan sea area.

Key words: submarine freshwater resources; high-resolution single channel seismic surveys; paleo-river channel; north Zhoushan sea area

新疆塔县盆地地热显示与热储温度预测

庞忠和, 杨峰田, 袁利娟, 李义曼

中国科学院地质与地球物理研究所, 北京, 100029

塔什库尔干塔吉克自治县位于帕米尔高原东南部, 地理和构造位置独特。西与塔吉克斯坦、阿富汗和巴基斯坦三国接壤, 为 314 国道上通往中亚的重镇和新疆著名旅游区。构造位置属帕米尔构造结, 为我国大陆上受板块运动作用最为强烈的地区之一。

以往文献记载的新疆温泉温度皆低于 60℃。2001 年以来, 新疆地矿局第二水文工程地质大队在该区开展地热普查, 已发现若干处地热异常, 勘查孔钻遇的热储最高温度达 101℃。

为阐明该区地热系统的成因与资源潜力, 笔者等 2010 年夏对该区进行了地热地质考察。在对冰川地貌、冰川沉积、新构造及温泉调查, 特别是塔什库尔干河岸带温泉群的

发现的基础上, 认为该区有形成高温地热资源的地质条件。基于区内水样的水化学和同位素组成, 分析了该区地下水的循环条件, 并预测塔县盆地地热系统的热储温度为 173~191℃, 提出其成因模式为高温对流型。

在地中海—喜马拉雅全球高温地热带上, 我国已有藏南、滇西的高温地热系统发现, 但在新疆尚属首次。塔县高温地热田是陆—陆碰撞构造结的新典型, 原有的“滇—藏”高温地热带得以向西延展, 形成“滇—藏—新”地热带。

1 自然地理概况

研究区位于塔什库尔干(塔县)盆地北部, 海拔 3050~3800m。地势南北高, 中间低。塔县盆地呈近南北向狭长展

收稿日期: 2010-10-20; 改回日期: 2010-10-29; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 庞忠和, 男, 1961 年生。博士, 研究员、博士生导师。主要从事水文同位素与水循环、水文地球化学与水岩相互作用及水文地
热学与水热耦合过程研究。Email: z. pang@mail.iggcas.ac.cn.

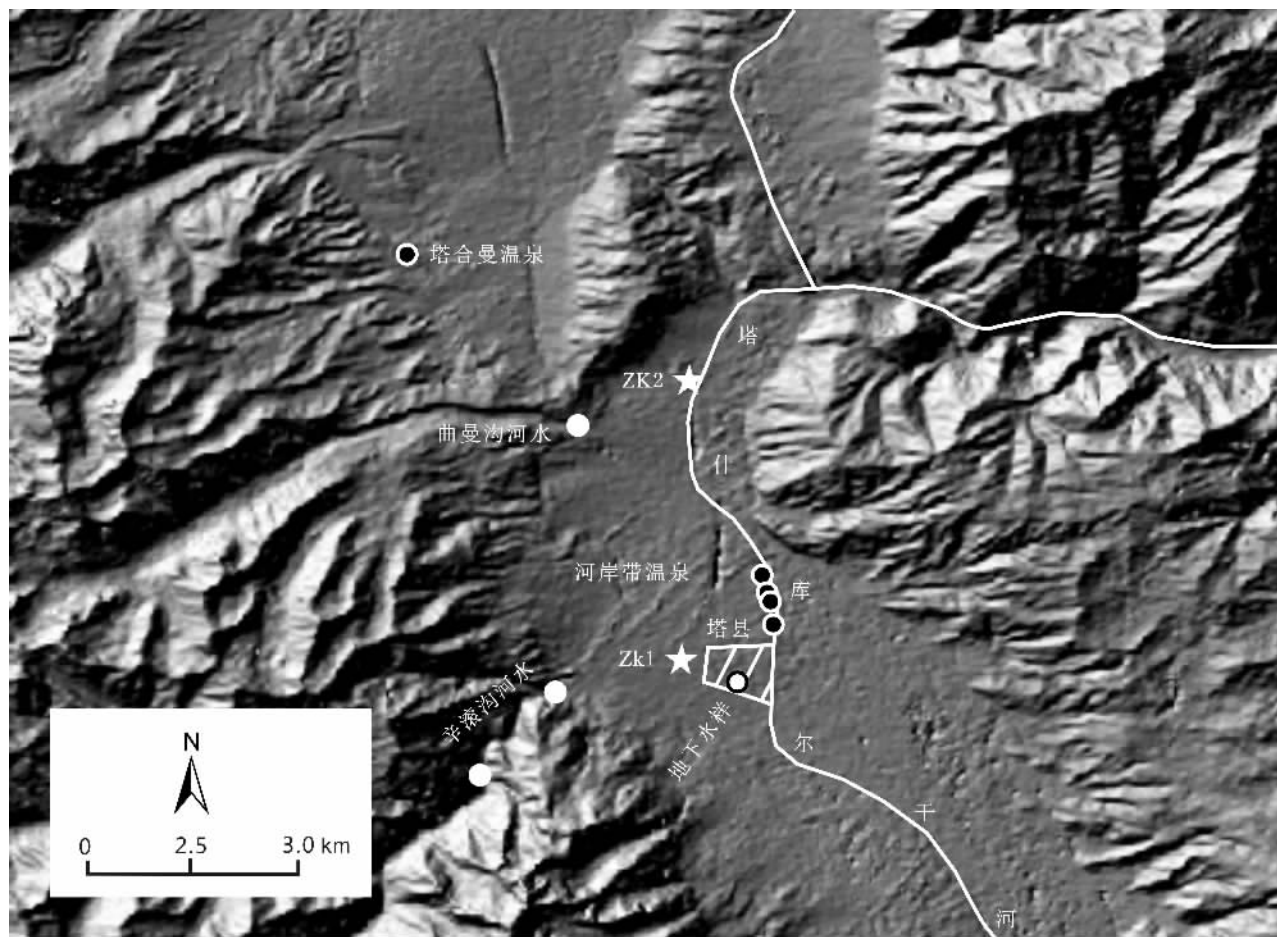


图 1 塔什库尔干地热区地理位置

布,长约 30km,宽约 2~15km。地貌单元可分为高山、山前冰碛垄岗、冰水堆积平原和河谷冲积平原等。塔什库尔干河贯穿全区,区内河谷西侧分布有辛滚沟、曲曼沟两个较大的支流,在山口发育洪积扇,为发现地热显示的主要部位(图 1)。该区属高原寒带干旱气候,年均气温 3.3℃,平原区降水量 68.7mm,蒸发量 2300mm。

2 大地构造—热背景

帕米尔高原位于西昆仑构造带、塔里木盆地和西天山构造带的结合部,是长期受印度板块推挤形成的“构造结”。研究区地处帕米尔高原东南部。区内主要构造为喀喇昆仑断裂带北段,走向 NNW,为右旋走滑性质。该断裂于新生代形成,现今活动仍十分强烈,是西昆仑腹地重要的地震构造(Fu et al., 2010)。考察中在曲曼沟北缘发现一处冰川湖遗迹,沉积物中存在 NE—SW 走向正断层,断距 0.3~1.5m。断层为张扭性,且形成年代较新,可能成为导水断裂。

帕米尔高原大地热流值为 150~350mW/m²(Hu, et al., 2000),在我国能与之相比的只有西藏南部和台湾地区。该区热流背景很高,有利于地热系统的形成。

3 地热显示

区内已发现的地热显示主要为温泉,与滇、藏地热区相

比,地表热显示较弱。

研究区西北部的塔合曼乡温泉在 NNW 向压扭性塔什库尔干—塔合曼断裂与 NNE 向张扭性断裂的交汇处花岗岩与云母片岩接触带的裂隙中涌出。泉口温度 61℃,流量约 4L/s,矿化度 457mg/L,属 Na—SO₄—HCO₃型水。

曲曼沟和辛滚沟洪积扇中的地热水已为钻孔钻遇。地热普查中曾于辛滚沟和曲曼沟分别施工地热勘查孔 ZK1 和 ZK2,位于第四系卵砾石、砂砾石层之中。ZK1 孔深 300m,井口水温 27℃,TDS 为 564mg/L,属 Na—Ca—HCO₃—SO₄型水。ZK2 孔深 100m,钻遇的最高温度为 101℃(位于 60~70m 层段),井口水温 91℃,高于当地沸点(78℃)(图 2)。TDS 为 2677mg/L,属 Na—SO₄—HCO₃—Cl 型水;

本次调查发现,在辛滚沟洪积扇前缘,沿塔什库尔干河岸带广泛出露泉眼(图 3)。自城东的石头城至“帕米尔冰川矿泉水”厂约 1km 长度上共统计泉点 12 个,流量合计约 100L/s。沿河道由南向北,泉水温度自 9.0℃逐渐上升至 15.5℃,高出当地年均气温 5.7~12.2℃,属温泉。

4 热储温度

据区内水样的水化学与同位素数据,地下水、河岸带泉水和 ZK1、ZK2 孔地热水在 Cl⁻ 与水温、TDS、SO₄²⁻、Na⁺、



图 2 ZK2 地热勘查孔抽水试验现场
(新疆自治区第二水文地质队提供)



图 3 塔什库尔干河河岸带温泉之一

K⁺关系图上,及地下水、河岸带泉水在 $\delta^D-\delta^{18}O$ 关系图上均呈较好的线性关系。河岸带泉水沿洪积扇缘自南向北的增温现象及水化学、同位素的规律变化为地热水与地下水混合所致,即洪积扇下存在导水断裂,热水沿断裂开启部位上涌进入第四系含水层,与地下水混合后,向扇缘的地下水溢出带排泄。根据该混合模式,采用 SiO₂—焓混合模型(Fournier et al., 1979)和 Giggenbach 阳离子地温计(Giggenbach,1988)确定洪积扇中热水端元的温度分别为 173℃和 191℃(图 4),属高温地热水。

塔合曼温泉沿断层于山前直接出露,不具备与浅部地下水发生混合的条件。不考虑降温过程中 SiO₂的可能析出,据蒸汽足量散失的石英地温计(Fournier,1997)和 SiO₂—焓混合模型(Fournier et al., 1979)估算其最低热储温度分别为 116℃和 119℃,属中温地热水。

5 结论

(1)塔县盆地地热系统地表热显示较弱,但钻孔揭示的

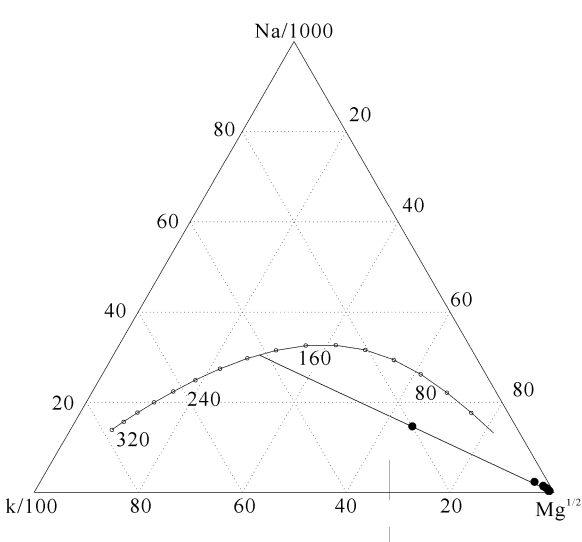


图 4 塔县盆地水样 Giggenbach 图

地热异常显著。该区所处大地构造位置有利于高温对流型地热系统的形成。区内新构造活动迹象明显,NNW 向压扭性断裂为控热构造,NEE 向张扭性断裂为控水构造。

(2)地热水在周边山区获得补给,经断裂带深循环加热,于两组断裂交汇处上涌进入第四系含水层并与浅部地下水发生混合,最后在洪积扇前缘沿河岸带以温泉群的形式排泄。

(3)基于 SiO₂—焓混合模型和 Giggenbach 阳离子温度计预测地热水区浅部热储温度为 173~191℃,属高温地热系统。

(4)高温地热的发现在新疆尚属首例,且表现独特。为查明资源量,有必要进一步开展地质勘查与评价工作。

注 释 / Note

① 新疆地矿局第二水文地质工程地质大队. 2010. 新疆喀什地区塔什库尔干县城地区地热地质勘查(续作)立项报告. 新疆地矿局第二水文地质工程地质大队内部资料.

参 考 文 献 / References

Fu B H, Ninomiya Y, Guo J M. 2010. Slip partitioning in the northeast Pamir—Tian Shan (Tianshan Mts.) convergence zone. *Tectonophysics*, 483:344~364.

Fournier R O, Potter R W. 1979. Magnesium correction to the Na—K—Ca geothermometer for natural waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 43:1543~1550.

Fournier R O. 1997. Chemical geothermometers and mixing modles for geothermal systems. *Geothermics*, 5:41~50.

Giggenbach W F. 1988. Geothermal solute equilibria. Derivation of Na—K—Mg—Ca geoindicators. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52:2149~2765.

Hu Shengbiao, He Lijuan and Wang Jiyang. 2000. Heat flow in the continental area of China: a new data set. *Earth and Planetary Science Letters*, 179(2): 407~419.