

Development and Utilization Prospect of Geothermal Water in Wawu Mount Area

Yunxiang Luo, Wei Yuan, Chengfeng Wang

Sichuan Institute of Geological Engineering Investigation, Chengdu Sichuan
Email: axiang173@163.com

Received: Nov. 5th, 2018; accepted: Nov. 19th, 2018; published: Nov. 26th, 2018

Abstract

At present, geothermal water is widely used in medical treatment, bathing, heating and so on. The development and utilization of geothermal water resources has significant social and economic benefits. The geological tectonic movement in the Wawu mount area is intense. The regional large faults connect the different aquifers in the deep, forming a favorable channel of groundwater recharge and runoff, which is conducive to the formation of geothermal water in this region. The thermal reservoir structure in this area has highly permeable pore, fracture and fault system, which is conducive to the enrichment and storage of geothermal water; the caprock structure is compact and thick, which is conducive to water and thermal insulation. According to the formation conditions of geothermal water, geothermal water resources in this area are abundant, and the prospect of development and utilization is broad and sustainable under the premise of risk control.

Keywords

Geothermal Water, Formation Conditions, Thermal Reservoir Structure

四川瓦屋山地区地下热水开发利用前景分析

罗运祥, 袁 伟, 王成锋

四川省地质工程勘察院, 四川 成都
Email: axiang173@163.com

收稿日期: 2018年11月5日; 录用日期: 2018年11月19日; 发布日期: 2018年11月26日

摘 要

目前, 地下热水被广泛应用于医疗、沐浴、取暖等, 开发利用地下热水资源具有显著的社会效益和经济效益。

作者简介: 罗运祥(1987-), 男, 汉族, 四川攀枝花人, 硕士, 工程师, 主要从事水资源开发研究。

瓦屋山地区地质构造运动强烈,区域大断裂沟通了深部不同含水层之间的水力联系,形成了良好的地下水补给、径流通道,有利于区内地下的热水形成。该区热储层结构具有渗透性良好的孔隙、裂隙和断裂系统,有利于地下热水的富集储存;盖层结构致密,厚度较大,有利于隔水保温。从地下热水形成条件来看,瓦屋山地区地下热水资源丰富,开发利用前景广阔,可在风险控制的前提下,进行可持续的开发利用。

关键词

地下热水, 形成条件, 热储层结构

Copyright © 2018 by authors and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

地热是蕴藏在地下的一种源源不绝的具有多种用途的资源,它通过水热活动以热水或水汽形式出露地表或埋藏于地下,被人们广泛地用于医疗、沐浴、取暖、育种、洗涤、烘烤和发电等。随着生活水平的日益提高,利用地下热水进行医疗保健、旅游度假或休闲娱乐已成为人们生活的一种时尚,具有很高的社会效益和经济效益。开发热矿水资源,对推进地方旅游事业发展、形成旅游与休闲度假胜地等无疑会起到锦上添花的作用[1]。

2. 研究区域概况

2.1. 地理位置

瓦屋山位于四川盆地西沿的眉山市洪雅县境内,距成都 180 km。由于地质作用形成了向东西两侧略倾的屋脊状地形,从任何角度望去,此山整体上都状若瓦屋,因此得名“瓦屋山”,南北长 3375 m,东西宽 3475 m,平均海拔 2830 m,为中国最高、最大“方山”。瓦屋山与峨眉齐名,并称蜀中二绝,以山秀、水美、林深、景异而闻名于世[2]。

2.2. 地形地貌

研究区东侧为峨眉山,受三次大规模的造山运动的作用,区域地形向西逐级推高,在如今的瓦屋山一带形成雄伟挺拔的断块高中山,最高海拔 3236 m,切割深度达 1500 m 左右。再向东为雄伟秀丽的峨眉山断块高中山,向北、东北为侵蚀构造中山。西北部最高为瓦山山顶,海拔 3522 m,相对高差 2442 m,山势雄伟,地貌上属侵蚀构造高中山地形,受岩性、构造等条件控制,山岭多呈垄脊状,“V”字型沟谷发育,河流呈峡谷曲流。

2.3. 地质特征

区域内地质构造应力强烈,表现出一系列的高陡冲断层和紧密褶皱,形成了丛林岗斜冲断层、毛沟坪斜冲断层、张村斜冲断层、青龙断裂等,这些冲断层逐级将瓦屋山推高,形成了如今的“峨眉山-瓦山断块”,研究区主要构造形迹如图 1 所示。

研究区域出露地层除缺失志留系、泥盆系和石炭系外,其余各时代地层均有。震旦系至中三叠系下统主要为浅海相沉积,新生代地层为陆相冲洪积。前震旦系晋宁期花岗岩,是本区的基底岩石,岩性为浅灰,肉红色斑晶花岗岩。

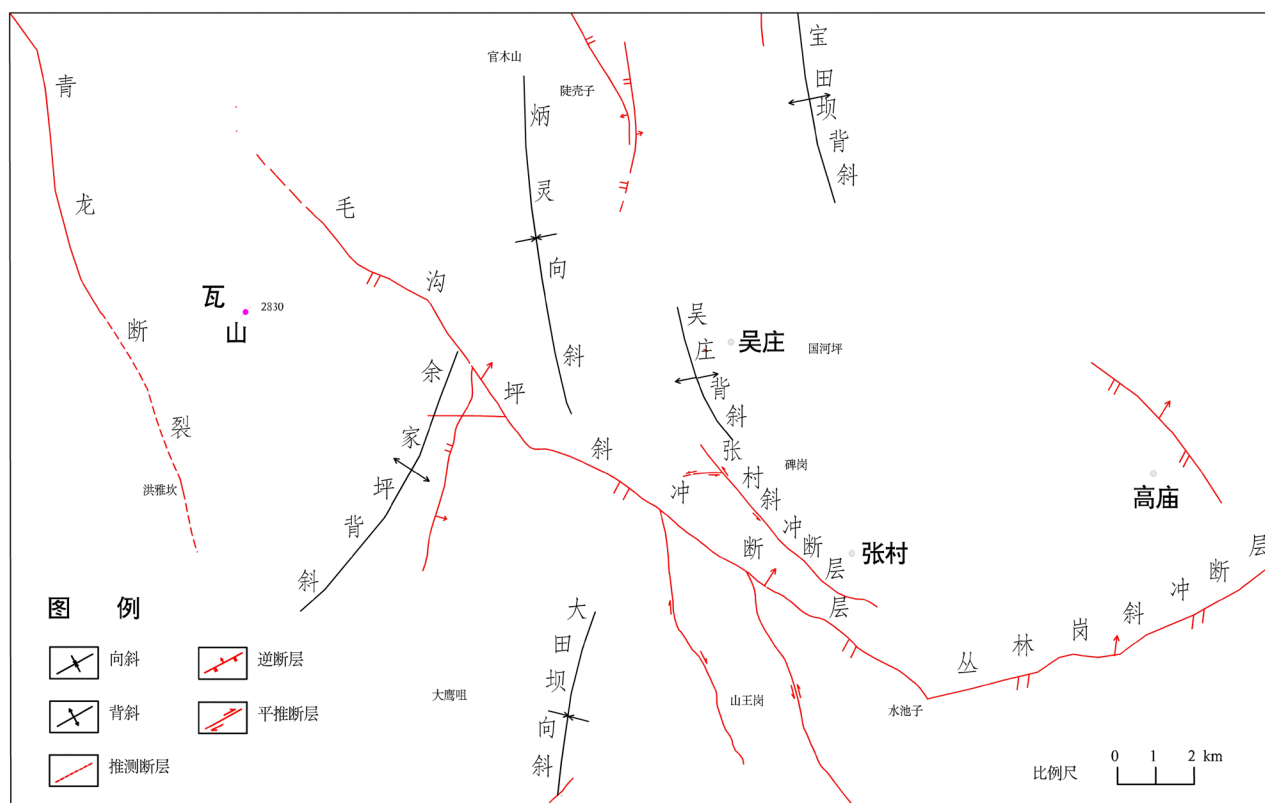


Figure 1. Main tectonic lines in the Wawu mountain region
图 1. 瓦屋山地区构造纲要图

2.4. 水文地质特征

研究区域内出露地层比较齐全，其地形、地貌、地质构造又极为复杂，构成了独特的水文地质条件。根据地下水的赋存条件及水动力特征，可将区内地下水分为碎屑岩类孔隙裂隙水、碳酸盐岩类裂隙岩溶水和基岩裂隙水 3 种类型。地表浅层的地下水接受大气降水和地表水的垂向补给，循环深度有限，一般 100~200 m。在此深度以下循环条件变差，对于深部热矿水储集层保温隔热有利。

2.5. 地温场特征

地球是一个庞大的热库，蕴藏着巨大的热能。在一定深度内，地温按一定的地温梯度有规律的增加，在不同的大地构造部位，地温梯度不同[3]。瓦屋山地区地处四川盆地与青藏高原的过渡地带，为一重力梯度带、重力失衡带，地质构造复杂，断裂发育，前震旦系花岗岩出露地表，震旦系及震旦系以新的地层厚度仅 12 km 左右，莫霍面埋藏较浅，地壳厚度相对较薄，属地热异常区。前人根据为数不少的石油勘探孔的研究，在四川盆地内(包括川西平原)地温梯度为 2.0~3.0°C/100m，而在四川盆地边缘的龙门山构造带，峨眉山-瓦山断块等地区，区域地温梯度 2.0°C~2.5°C。根据峨眉山荷 5 井井底水温 68°C，井深 2434 m，地热梯度为 2.38°C/100m，雅安周公山温泉井深 3475 m，井口出水温度 78°C~81°C，地热梯度为 2.33°C/100m，均与前人研究成果相吻合。来自浅部露头区的岩溶水通过六道河大断裂和黑山埂背斜(包括丛林岗大断裂也具有一定的补给的)破碎带向下作深循环，并补给不同含水层段。在深循环的过程中，不断吸收地热能使得地下水温度升高，并同时离子交换、溶滤、吸附等热物理、化学反应，生成了瓦屋山地区特定水化学特征的热矿水。

3. 地下热水形成条件分析

3.1. 地质构造条件

处于“峨眉山-瓦山断块”的瓦屋山地区,根据区域地质、水文地质调查分析研究,以及邻近热矿泉井和测井资料,瓦屋山热储层为三叠系雷口坡组(T_2l)和震旦系洪椿坪组(Z_0h)的石灰岩和白云岩,热储层上覆二叠系峨眉山玄武岩,结构致密,透水性差,为良好的隔热盖层,该区含水层段受岩性的控制,含水介质为石灰岩、白云岩,其间被不含水的页岩、泥岩等所间隔。

毛沟断裂和丛林岗断裂等主干断裂,控制着全区的地质结构,这些主干断裂断距达数千米,切入了震旦系地层和前震旦系晋宁期花岗岩,沟通了深部不同含水之间的水力联系,形成了良好的地下水补给、径流通道,是区内地下热水形成的有利地质构造。

沿着断裂构造带两侧分布着不同时代较大面积的碳酸盐岩地层,地表岩溶十分发育,溶蚀洼地、漏斗、石芽、落水洞、暗河较多。由于研究区曾经历了多次构造运动,新构造活动也较为活跃,在地壳运动中的不平衡相对升降作用下,不仅形成了多次地层沉积间断,而且在不同的地质历史时期中,碳酸盐岩地层经历过多期与不同程度的溶蚀、剥蚀的岩溶化作用。岩溶化的碳酸盐岩类地层被深埋于地下不同深度,形成良好的层状热储层。

3.2. 地热来源

研究区域位于四川盆地西部,地质构造上处于峨眉山-瓦山地块,无现代火山岩浆(侵入岩及喷出岩)活动,最新的岩浆岩为上古生界晚二叠系喷发的峨眉山玄武岩,其形成时代久远,残余热量已消失殆尽。因此,研究区内无现代岩浆活动的背景条件,与熔融热源无关。

鉴于该区域无特殊热源,地温场热源主要属地压地热型,地热温度随深度增加而增加,在常温带以下按一定梯度而升高,研究区地热场与区域地热场基本一致。

区域内热矿水的形成属于“地下水深循环热交换,水热对流型地热水系统”,即含水层在露头区接受大气降水及地表径流补给后,沿着岩层(尤其碳酸盐岩)的层间裂隙、构造裂隙、溶隙、溶洞等顺层间由上而下向深部径流,并吸收围岩温度和可溶盐类组分后,汇集形成地下热水。

3.3. 热储结构

3.3.1. 热储层

热储层是指具渗透性良好的孔隙,裂隙岩层或断裂系统,使热水或蒸气可以富集的岩层。根据前述的地质构造、地层岩性条件,不同时代的碳酸盐岩类地层在经历了不同时期与不同程度的溶蚀、剥蚀与古岩溶化作用后,被埋藏在地下不同的深处,形成了渗透性良好的层状裂隙、孔隙水热储集层[4]。

根据区域地质、水文地质资料及相邻地区钻孔揭示情况,研究区内热储层共有三层:第一热储层为三叠系雷口坡组和嘉陵江组地层,第二热储层为二叠系茅口组地层,第三热储层为震旦系洪椿坪组地层,热储层剖面结构见图2。

第一热储层:为三叠系雷口坡组和嘉陵江组(T_2l, T_{2j})地层,出露于张村以南及刘沟—李子岗一线,该层平均厚度约 536 m,岩性为灰岩、白云岩夹石膏、岩盐,易为水溶蚀,形成岩溶通道,利于地下热矿水的运移和富集储存,是富水性较大的地层,在深部地热增温作用下与围岩相互交融汇集而形成热水。

第二热储层:为二叠系茅口组(P_1m)地层,分布于瓦山周边及坭巴洞山以南,以纯灰岩为主,夹白云岩,上部多含燧石结核,底部为泥质灰岩夹页岩,平均厚度 274 m。瓦山周边,因抬升作用强烈、地形陡峭,大气降水、雪山融水等径流速度快,对地表的溶蚀作用相对较弱;坭巴洞山以南地区地形相对平缓,地表溶蚀作用相

对较强, 岩溶较发育。

第三热储层: 为震旦系洪椿坪组(Z_bh)地层, 出露于瓦山以东、大尖山、张村以南。该层以白云岩为主, 平均厚度 1066 m。该层岩溶较发育, 古岩溶发育一般, 地表可见溶孔、溶洞, 富水程度较好。

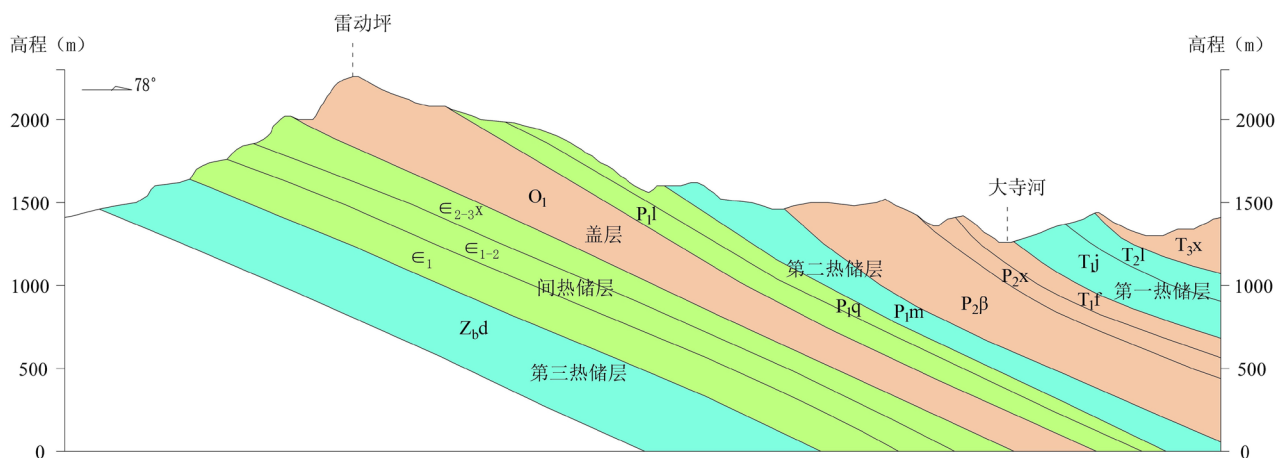


Figure 2. Sketch map of the thermal reservoir profile
图 2. 热储层剖面示意图

3.3.2. 盖层

根据区域地质、水文地质调查, 针对不同热储层, 其上覆盖层也有所差异。

上覆于第一热储层之上的盖层由 T_3-J 构成: 上三叠统须家河组(T_3x)以砂岩为主, 厚 528~1028 m; 侏罗系为河湖相泥岩、砂岩、砾岩等碎屑岩沉积, 属层状岩类, 厚度 1170~2618 m。由于泥岩中各种成因的裂隙, 具有短小闭合而密度较大的特点, 且泥质岩石遇水软化或崩解还能导致裂隙的阻塞。虽上覆的岩类中赋存风化裂隙水和层间裂隙水, 均被互层泥质岩类所隔离, 基本无水力联系, 故而以整体而言, 上覆的碎屑岩类构成一个厚大的隔水隔热盖层。

上覆于第二热储层之上的地层由 $P_2\beta-T_1f$ 构成: 上二叠统峨眉山玄武岩($P_2\beta$)结构致密, 含水微弱, 透水性差, 为良好的隔水层, 厚度 400 余米; 上二叠统沙湾组(P_2s)为页岩、细砂岩, 厚度约 100 m; 下三叠统飞仙关组(T_1f)为泥岩、砂岩, 厚度约 200 m。

上覆于第三热储层之上的由奥陶系下统(O_1)上部以黄灰、黄绿色砂岩、泥岩、页岩为主夹白云岩; 下部为角砾状灰岩、生物碎屑岩、泥灰岩夹页岩、石英砂岩。虽然下部含水介质为灰岩、白云岩, 其间被不含水的页岩、泥岩等所间隔, 加之奥陶系底部为厚达数十米的页岩, 为隔水层, 盖层厚度加大, 进一步增加隔热保温效果。

3.4. 地下水形成模式

通过区域地质、水文地质条件来看, 区内三叠系雷口坡组和嘉陵江组(T_2l, T_1j)、二叠系茅口组(P_1m)、震旦系洪椿坪组(Z_bh)三大热储层, 在补给区出露面积均较大, 森林植被发育, 对热矿水的补给较为有利。由于补给条件充分, 加之三叠系雷口坡组(T_2l)、二叠系茅口组(P_1m)、震旦系洪椿坪组(Z_bh)地层中溶蚀孔隙、孔洞、溶洞发育, 为地下水向深部补给、运移提供了良好的通道, 并有利深部地下水的聚集和储存。

4. 地下水开发利用前景与风险分析

4.1. 开发利用前景

四川省内温泉众多, 全省已发现热水点 300 余处, 近年来, 地热开发已成为一种商业经济而得到蓬勃发展,

其开发利用前景广阔,热矿水的开发可以沐浴、医疗保健、矿泉饮用为主,部分用于养殖、灌溉、科研、旅游。地热水是地下液体矿产中非常珍贵的资源,具有一定的水温,它和一般矿泉水一样,具有自身的特殊性,它储集于地下的含水介质中,不断接受补给又向水头较低处渗透,所以,它是一种存在于含水层中,缓慢运移并可得到补偿的自然资源,在评价允许开采资源量以内,具有长期开采价值,地热水储集于地下岩层中,具有一定的水温,水源不易受污染,水质优良,有很好的补、径、排条件,水量、水温、水质稳定,加之用途广泛,因此,地热水具有广阔的开发前景。另外,地热水作为医疗、保健、休闲、度假,已成为时尚,在瓦屋山地区成功开发热矿水,将具有非常显著的社会效益和经济效益。

从前面的地下热水的形成条件分析来看,瓦屋山地区具有地下热水形成的有利地质条件,但受区域地质构造和地形影响,区内热储分布变化复杂。由于地形切割强烈,山高谷深,岩层倾角陡峻,一般为 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$,造成热储埋藏较深,热水井施工条件差。因此需要通过地质、水文地质调查,筛选热储埋藏、水源补给和地形条件较为有利的区域进行地下热水的开发利用。

4.2. 风险分析

深部地热资源开发,是一项高风险高回报的投资。风险大小取决于项目区地质条件、深部地热地质研究程度和成井工艺等,主要有以下4个方面:

1) 研究区域的目标热储层为一套海相沉积的三叠系-二叠系碳酸盐岩地层,虽然可溶性碳酸盐岩地层通常富含岩溶裂隙水,但由于沉积环境存在不稳定性,地质构造的复杂性,可能造成热储水层的分布不稳定,在预计深度内,存在可供开发利用的热储层厚度薄或富水性差等问题,直接影响热矿水井的出水量或是无法成井。

2) 目前研究区域深部地质勘查程度低,现有地球物理勘查技术还不能完全准确地解决地热钻井抽取的地质问题,无法完全摸清地面以下近3000m的地质情况,给热水井钻井位置的确定带来很大难度,大大增加了本项目深部地热开发的风险。

3) 热水井施工与成井工艺风险,当钻遇到复杂地层,如严重漏失、破碎带、坍塌带、硬岩段等,若多次处理井内事故,导致井身结构复杂,影响井的出水量,严重的甚至不能成井。其次,若热水井内止水效果不好,上部强渗透性地层中的常温地下水循环交替强烈,会导致地热增温率偏低,达不到理想的出水温度,大大降低其综合开发利用价值。热水井成井后,深井洗井技术难度大,尤其是弱渗透层,需长期抽水疏通地层缝隙增加出水量。为获得需要水量,往往需反复多次进行冲井、洗井、气举等洗井工作,还不一定达到理想的效果。

4) 资源保护不力的风险,热矿水作为一种矿产资源,既要合理开发利用,造福人类,又要合理保护,若开发不合理或保护不当,热矿水这一非常珍贵的自然资源,就有可能出现水量减少,水质恶化或环境改变等一系列水文地质环境地质问题[5],使其开发前功尽弃。因此,在一定区域内必须限量开采,不得滥采,做好水源涵养与环境保护工作。

5. 结论

1) 瓦屋山地区地质构造复杂,断裂发育,莫霍面埋藏较浅,地壳厚度相对较薄,地热梯度较大,属地热异常区。来自浅部露头区的岩溶水通过断裂破碎带向深部循环,补给各含水层段并不断吸收地热能,同时进行离子交换、溶滤、吸附等热物理、化学反应,生成了瓦屋山地区特定水化学特征的热矿水。

2) 瓦屋山地区热储层主要有三层,分别是三叠系雷口坡组和嘉陵江组、二叠系茅口组以及震旦系洪椿坪组的石灰岩和白云岩。热储层上覆结构致密、透水性差的隔热盖层。

3) 区内热矿水的形成属于“地下水深循环热交换,水热对流型地热水系统”,即含水层在露头区接受大气降水及地表径流补给后,沿着岩层(尤其碳酸盐岩)的层间裂隙、构造裂隙、溶隙、溶洞等顺层间由上而下向深部径流,并吸收围岩温度和可溶盐类组分后,汇集形成地下热水。

4) 瓦屋山地区风景优美, 旅游业兴旺, 为进一步促进当地旅游业的发展, 有计划地开发利用热矿水资源, 具有较为广阔的前景, 必将对当地社会经济发展起着巨大的促进作用。

5) 地热矿泉水的勘探开发具有较高的风险, 如前期资源勘查风险、运行管理风险、政策风险和资源保护风险等。

参考文献

- [1] 王华, 彭华. 温泉旅游开发的主要影响因素综合分析[J]. 旅游学刊, 2004, 19(5): 51-55.
WANG Hua, PENG Hua. Comprehensive analysis of the main influencing factors of hot spring tourism development. Journal of Tourism, 2004, 19(5): 51-55. (in Chinese)
- [2] 潘开文, 刘朝禄, 刘照光, 等. 四川瓦屋山地区气候资源特点与利用对策[J]. 山地学报, 2000, 18(2): 122-128.
PAN Kaiwen, LIU Chaolu, LIU Zhaoguang, et al. Characteristics and utilization strategies of climate resources in Wawu Mountain Area, Sichuan. Journal of Mountainous Sciences, 2000, 18(2): 122-128. (in Chinese)
- [3] 陈墨香, 邓孝. 中国地下水分布之特点及属性[J]. 第四纪研究, 1996(2): 131-138.
CHEN Moxiang, DENG Xiao. Distribution characteristics and attributes of geothermal water in China. Quaternary Study, 1996(2): 131-138. (in Chinese)
- [4] 肖琼. 重庆三叠系碳酸盐岩热储成因与水-岩作用过程研究[D]: [博士学位论文]. 重庆: 西南大学, 2012.
XIAO Qiong. Study on the Triassic carbonate reservoir genesis and water-rock interaction process in Chongqing. Chongqing: Southwest University, 2012. (in Chinese)
- [5] 邹叶锋, 陈锁忠. 地下热水开发引起的环境问题分析[J]. 工程勘察, 2006(10): 32-34.
ZOU Yefeng, CHEN Suozhong. Analysis of environmental problems caused by underground hot water development. Engineering Investigation, 2006(10): 32-34. (in Chinese)