

福州温泉区地下热水开采时空分布特征分析

樊秀峰, 吴振祥, 简文彬

(福州大学环境与资源学院, 福建 福州 350002)

摘要 福州市中心城区蕴藏着丰富的地下热水资源,但是随着城市的发展,在地下热水需求不断增长且无计划的强烈开采状况下,大部分自流泉已消失,地下热水水位已成明显下降趋势。针对这一状况,从开采量及热水水位时空分布的角度,对比分析了第四系热储层及基岩热储层中水位的动态波动特征及漏斗展布状况。研究结果表明,地下热水水位随季节变化呈现有规律的波动,不同部位波动幅度各异;多年的开采,已使得地热水位在持续性下降,漏斗中心水位在逐年加深,热资源在逐渐流失。指出加强地热资源开采量监控及建立比较完善的地热资源管理系统的迫切性,以实现资源的合理利用和可持续发展。

关键词 地下热水;开采特征;水位动态;时空分布

中图分类号:TV213 文献标识码:A 文章编号:1004-693X(2005)06-0037-04

Space-time distribution of geothermal groundwater exploitation in thermal spring area of Fuzhou

FAN Xiu-feng, WU Zhen-xiang, JIAN Wen-bin

(Environment and Resource Institute, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China)

Abstract There are abundant geothermal water resources in downtown of Fuzhou City. But with the development of the city, most of the artesian springs have disappeared and the thermal water table has obviously declined because of the increasing thermal water demand and intense exploitation without planning. Thus dynamic features of geothermal water table in thermal storage layer of quaternary period and bedrock and funnel distribution were compared and analyzed according to exploitation intensity and space-time distribution of thermal water level. The result indicates that geothermal water level regularly surges with the variation of seasons, and the range of surge is different in different locations. Geothermal water level has continuously descended and the central level of funnel has deepened annually because of long time exploitation, which means that the heat resources are gradually diminishing. In order to realize reasonable utilization and sustainable development of resources, supervisory control of geothermal exploitation must be strengthened and resource management system must be perfected.

Key words geothermal groundwater; exploitation character; water level dynamics; space-time distribution

据史书记载,福州温泉的发现和利用至今已逾千年,大多数古温泉集中在现今的温泉路一带。1930年有50多家澡堂遍布城区东南角,20世纪60年代初期,在树兜、汤边等地尚见到5处天然温泉,但到70年代初,天然温泉已消失殆尽,热水天然露头消失。20世纪80年代初至今地下热水开采量进一步增大,地下热水水位下降,地热区形成了区域性水位降落漏斗并逐年扩大,同时出现等温面下降,热异常面积缩小等现象。至2001年12月份,在地热

田范围内共有99口集中开采井,见图1,地下热水水位已成明显下降趋势。因此,很有必要对多年来的开采及水位的变化规律进行系统的分析研究,为积极的采取防治措施提供依据。

1 温泉区水文地质条件

1.1 温泉区地下热水的赋存条件

福州地热田位于福州盆地中部,分布范围北起思儿亭,南至象园,西自五一路西,东到六一路东,南

北长约 5 km 东西宽近 2 km,以孔深 500 m 温度大于 40℃统计,面积为 9 km²。它成北北西向长条带状展布,见图 1。

地中部的热水田是深循环径流的排泄区,经过深部传导热加温,水温增加到 70~90℃。地热水主要通过人工开采进行排泄。

2 温泉区地热水的开采状况

2.1 开采量的时间分布

2.1.1 年开采量变化

福州市从 1973 年至 1990 年是温泉区开采量的上升期,1990 年以后,开采受到有效控制^[2],开采量在逐年下降。图 3 显示从 1983 年到 1993 年,是温泉区年开采量的高峰期,开采量均高于国家储备委员会规定的界限值(360 万 m³/a,即 9 800 m³/d),而从 1993 年开始年开采量均低于 360 万 m³。

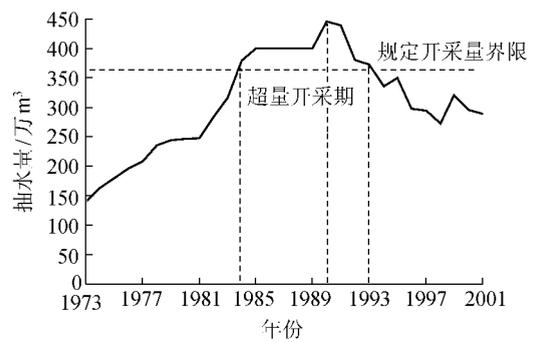


图 3 温泉区年开采量

2.1.2 季节开采量变化

整个热田区日开采量随季节不同变化很大,见图 4。一般从 10 月开始因气温下降而逐渐增加,一直至次年的 4 月;5~9 月又因天气转暖变热,热水开采量逐渐减少。因此,每年的 10 月至次年的 4 月是温泉区开采量的高峰期,此段时期日开采量普遍高于 9 800 m³/d,这就说明年开采量具有很大的隐蔽性,在年开采总量低于 360 万 m³时,一年中的某一时段开采量仍可以高于界限值,这将会导致地下水水位的持续下降,区域性水位降落漏斗进一步扩大。

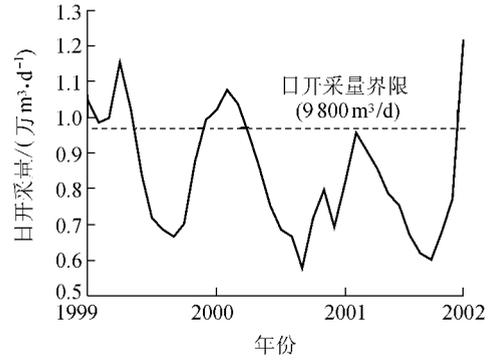


图 4 温泉区年内日开采量

2.2 开采量的空间分布

根据已有数据统计,地下水开采集集中在地热田南北两个水位降落漏斗中心处,北区单井的年开采量比南区大得多,而且,总体上北区的年开采量亦

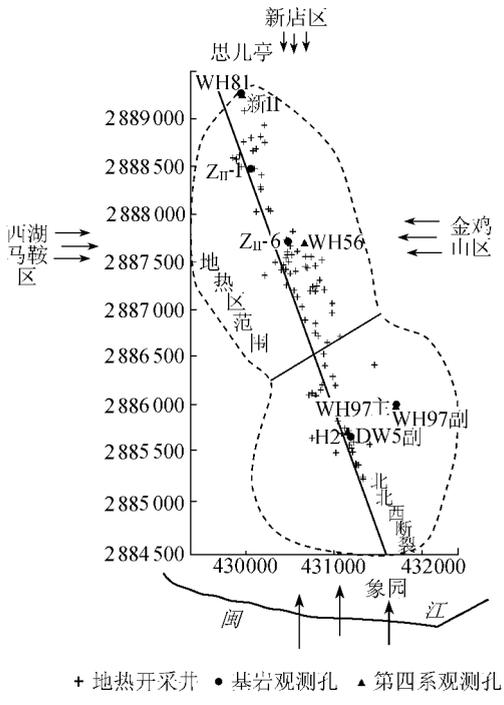


图 1 福州温泉区地下热水开采模式

福州地下热水受北北西向树兜—王庄张扭断裂控制,热储层为基岩(花岗岩类)构造脉状裂隙热水及上覆第四系层状孔隙热水^[1],见图 2。

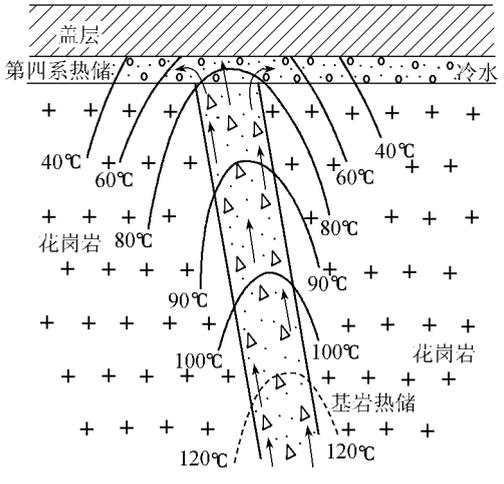


图 2 福州地热田热储模式的垂向断面

1.2 温泉区地下热水的补给和排泄条件

福州气候温暖潮湿,雨量充沛,为地下水的补给、径流提供丰富的水源。温泉区四周被地下水冷水所包围,因此其补给来源受这些冷水区流向地热田的汇水强度所控制。地热田北段主要接受北部新店区、东部金鸡山区、西部西湖—马鞍区 3 个冷水区的剩余补给,南部主要接受闽江水补给,补给源较充足,见图 1。在山区可能汇流入断层带的降雨入渗量约为 7 600 m³/d,径流循环深度 4 000~5 000 m。盆

比南区大。

3 双层热储开采状况下水位的时空分布特征

3.1 水位随时间的波动特征

3.1.1 季节性波动特征

福州地下热水开采的高峰期从 10 月至次年的 4 月,这个时期处于降雨量少的枯水期,因此,水位漏斗中心下降最深,相应的漏斗面积亦最大,而 5 月至 9 月因天气转暖变热,处于降雨量丰富的丰水期,因此热水开采量减少,同时补给量增加,整个热田区地下水位均有所回升,至 8 月中旬,区域水位达到最高值,如图 5 所示,第四系及基岩双层热储南北部的观测孔均表现出相类似的变化特征。

3.1.2 多年的水位波动特征

福州市地热田第四系热水在 20 世纪 60 年代初还有部分自流泉,但到了 70 年代末自流泉就消失了。由于地下热水不断超量开采,第四系地下水水位漏斗逐渐形成,且范围也在扩大,漏斗中心区水位变深,并且地下水位呈现出明显的下降趋势,而且变化幅度相当大,尤其是北部漏斗中心从 1991~2001 年,10 年间最高水位从 -4.98 m 下降到 -12.58 m,变化幅度为 7.6 m;南部漏斗中心 10 年间最高水位从 -3.45 m 下降到 -6.06 m,变化幅度为 2.61 m,见图 6(a)~(b)。

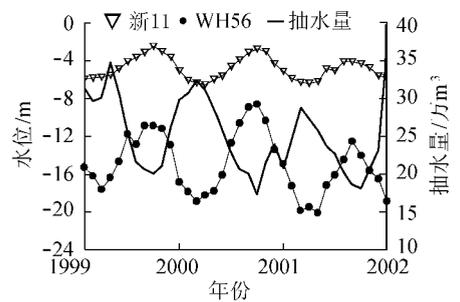
基岩热水属于补给较远的深循环,福州地下热水资源是有限的,由于从 1984 年以来,地下热水均处于超量开采状态,使得地下水位逐年下降,并形成了南北两个马鞍形的水位降落漏斗,而且南北两个漏斗中心水位变化幅度都相当大,北部漏斗中心从 1991~2001 年 10 年间最高水位从 -4.35 m 下降到 -12.24 m,变化幅度为 7.89 m,南部漏斗中心 10 年间最高水位从 -4.68 m 下降到 -17.29 m,变化幅度为 12.61 m,见图 6(c)~(d)。

3.2 水位随空间的波动特征

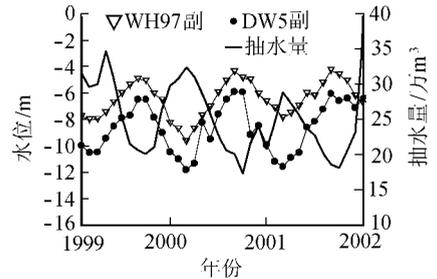
3.2.1 地热田南北部的水位分布

由于地下热水不断超量开采,第四系热水水位正在逐年下降,已形成了以北部观测孔 WH56 为中心的降落漏斗,而南部由于开采量较小,同时受闽江古河道第四系孔隙冷水侧向补给,因此,地下水水位较浅,见图 7(a)。基岩热水南部没有闽江水的直接而大量的补给,加上地下热水不断超量开采,在南部和北部各形成一个降落漏斗,并且南部漏斗中心水位比北部深,见图 7(b)。从图 5(c)~(d)也可以对比看出南部漏斗中心 H2 处水位最低值下降已接近 -32 m,北部远没有达到。

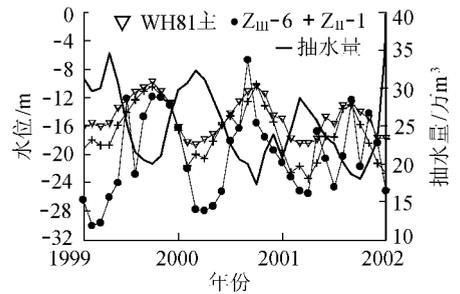
值得注意的是北部的开采量比南部要高,而水位下降幅度却比南部的低,这是由于北部受八一水



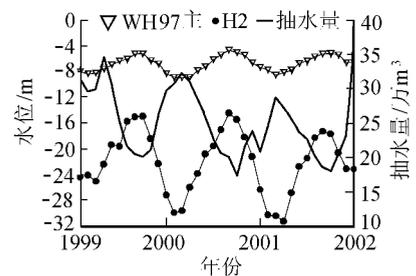
(a) 第四系北部观测孔



(b) 第四系南部观测孔



(c) 基岩北部观测孔



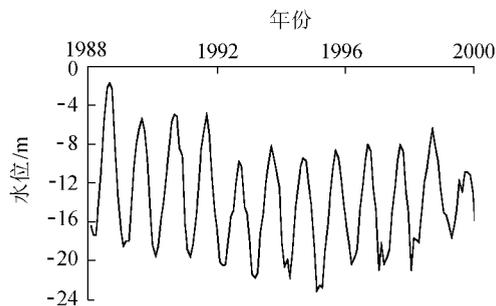
(d) 基岩南部观测孔

图 5 观测孔的年开采量

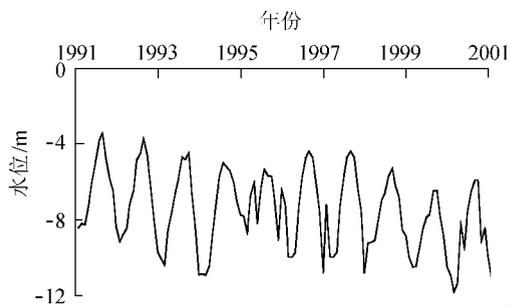
库—王庄断裂带及四周山区深循环的强劲上升径流补给,南部虽然有闽江水补给,但水头压力小,补给量亦较小。

3.2.2 距漏斗中心远近的水位分布

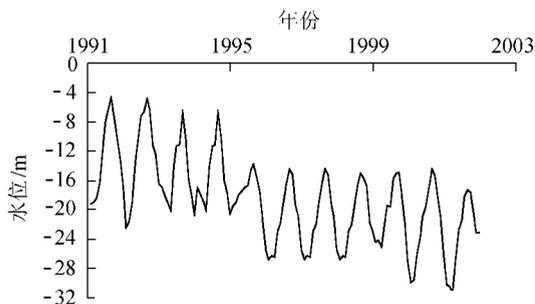
地下热水水位变幅大小与距离水位降落漏斗中心的距离成反比,即离降落漏斗中心越远,水位年变幅越小,越近,年变幅就越大。WH56 与 DW5 副分别为温泉区北段和南段漏斗中心第四系观测井,新 11 与 WH97 副分别为温泉区北段和南段边缘第四系观测井(观测井位置见图 1),从图 5(a)~(b)的对比中可以看出漏斗边缘的水位比中心的水位浅,且年水位变幅小。图 5(c)~(d)所示基岩观测孔 ZIII-6、H2 分别是温泉区北部与南部的漏斗中心,水位降深大,变幅



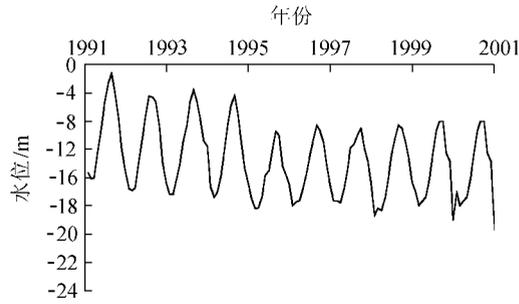
(a) 第四系北部漏斗中心处观测孔WH56



(b) 第四系南部漏斗中心处观测孔DW50



(c) 基岩北段漏斗中心处观测孔Zm-6



(d) 基岩南部漏斗中心处观测孔H2

图6 观测孔历年水位变化

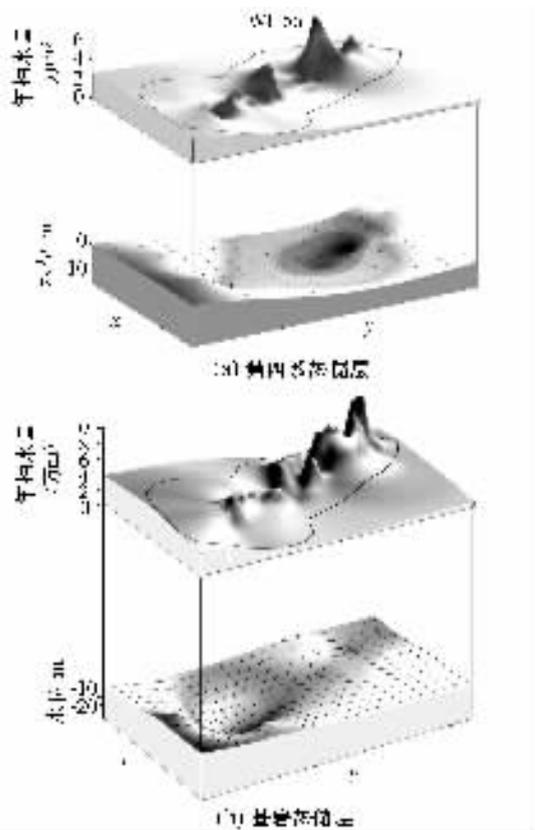


图7 温泉区年抽水量与地下热水水位立体等值线

亦大,特别在2001年开采量不大,而观测孔H2的水位曲线起伏变化非常大,进一步说明地下热水开采对地下水水位影响的敏感性;WH97主、Z_{II}-1、WH81主是位于温泉区边缘的基岩观测孔,水位降深小,变幅亦小。基岩热水是深部循环的地下水,其水位受降水量的影响是很小的。

4 结论

a. 第四系与基岩双层热储层中地下水位随季节变化呈现有规律的波动,不同部位波动幅度各异,距离漏斗中心越近,波动幅度越大,越远,波动幅度越小。人工开采是影响水位变化的最主要因素。

b. 福州市地下热水系统是一个复杂的含水层系统,经过历年地热资源的开采,第四系热储层与基岩热储层地下热水水位呈持续下降,降落漏斗进一步扩大,地热资源在逐渐流失。

c. 地下水的过量开采将引发地面沉降^[3,4]、地下水污染、资源枯竭等一系列环境负效应。建议对地热资源开采量的监控应进一步加强,同时积极开展地热回灌技术^[5]研究,建立比较完善的地热资源管理系统,实现资源的合理利用和可持续发展^[6]。

参考文献:

- [1] 樊秀峰,吴振祥,简文彬.模糊混合聚类法在福州地热水有害成分超标程度评价中的应用[J].地质灾害与防治学报,2002,13(3):73~77.
- [2] 范锡朋,黄文森.福州热水资源衰减与地面沉降[J].水文地质工程地质,1995(1):40~43.
- [3] 简文彬,黄真萍,李震,等.福州地区地下热水开采导致的地面沉降分析[A].环境岩土工程理论与实践[C].上海:同济大学出版社,2002.
- [4] 吴振祥,简文彬,樊秀峰.福州市地面沉降及防治对策[A].第一届全国环境岩土工程与土工合成材料技术研讨会论文集[C].杭州:浙江大学出版社,2002.308~311.
- [5] 刘久荣.地热回灌的发展现状[J].水文地质工程地质,2003(3):100~104.
- [6] 李震.福州地热水科学管理的思路[J].福建能源开发与节约,1997(4):35~36.

(收稿日期 2004-07-02 编辑 舒建)