

湛江地下水监测系统存在问题和调整措施探讨

王红珊

(广东省地质勘察局水文工程地质一大队, 广东 湛江 524033)

摘要 分析湛江市区地下水开采和监测现状, 指出湛江市地下水现有监测系统存在的主要问题, 提出地下水监测系统应在控制区域降落漏斗发展的基础上, 重点监控海水入侵的调整措施, 以确保湛江市区地下水资源得到有效保护。

关键词 地下水; 监测系统; 降落漏斗; 海水入侵; 湛江市

中图分类号 TV211.1+2 **文献标识码** B **文章编号** 1004-693X(2009)S1-0113-03

湛江市地表水资源贫乏, 地下水作为主要供水水源, 由 20 世纪 50 年代开采承压水至今将近 50 年, 开采量随着城市建设及经济发展而增大。目前湛江市需要重视的主要环境地质问题有: 区域水位降落漏斗形成(漏斗半径达 25 km)并有逐步扩大的趋势; 市区地下水面临海水入侵的可能性。进入 21 世纪, 随着湛江市工业迅速发展, 地下水开采量可能会出现新增长, 为了确保湛江市地下水水资源能合理开发利用, 有必要根据湛江市的水文地质条件、地下水开采和监测现状, 找出现有地下水监测系统存在的主要问题并探索解决办法, 采取有效途径及时获得地下水监测评价预报预警的信息和数据, 为政府部门制定科学的决策提供依据。

1 区域水文地质条件

湛江市位于雷琼自流盆地的东北部, 市区面积 1 460 km²。地势总体由西北向东南降低。全区广泛分布着厚大的松散-半固结沉积土并间夹多层火山岩。具有集中供水意义的地下水主要为松散孔隙水及火山岩孔洞裂隙水。

1.1 松散孔隙水

松散孔隙水按含水层埋深、水力特征和开采条件可分为浅层水(埋深小于 30 m)、中层承压水(埋深 30~200 m)、深层承压水(埋深 200~450 m)。

浅层水广泛分布于市区陆地及岛屿, 岩性为第四纪北海组砂、亚砂土和湛江组砂、砂砾等。有 1~4 个含水层, 总厚度 2~10 m, 单个含水层多为潜水, 多个含水层地段一般具有微承压性。富水性中等至

丰富。

中层承压水除东北部为基岩出露区外均有分布, 含水层主要是第四纪早更新世湛江组粗砂、砾石、中砂、细砂, 以粗中砂为主。含水层有 4~8 层, 总厚度 30~80 m。富水性中等-极丰富, 富水程度由东北向西南增加。

深层承压水含水层以第四纪下洋组海相砾砂、含砾粗砂、粗砂为主。含水层有 1~10 层, 单层厚度 3~50 m, 总厚度 50~150 m。富水性比中层水稍差, 富水程度变化与中层水基本一致。

1.2 火山岩孔洞裂隙水

水分布于西北部志满~湖光岩、硇洲岛、东海岛龙水岭一带。含水层由火山碎屑岩、气孔状玄武岩组成。含水不均一, 厚度 20~50 m, 富水程度中等至贫乏, 是湛江市中、深层承压水的重要补给来源。

2 地下水开采状况及预测

20 世纪 90 年代初, 中、深层承压水开采量为 35.64 万 m³/d, 至 1995 年, 中、深层承压水开采量为 46.23 万 m³/d, 比 1990 年增加 10.59 万 m³/d, 年增长速度平均为 5.8%。1996 年后, 地下水开采量逐步回落, 并在其后三四年间逐步稳定, 2001 年市区地下水开采量为 58.31 万 m³/d(可采资源 176.48 万 m³/d), 开采率 33.1%, 其中, 中、深层承压水开采量为 38.52 万 m³/d, 占其可采资源 94.30 万 m³/d 的 40.8%。总体来看, 地下水开采程度较低, 但对于承压水降落漏斗中心区的赤坎—开发区—霞山地段来说, 承压水开采量 28.58 万 m³/d(可采资源仅 15.02

万 m³/d) ,开采率达 190.2% ,表明城区已超量开采。

根据对湛江市地下水 2010 年开采量的预测^[1] ,在地下水主要开采区域(霞山、赤坎、麻章、坡头、太平)中、深层承压水开采量将为 75 万 m³/d ,如果不改变现有开采状态 ,继续在区域降落漏斗范围内扩大开采 ,那么 ,环境地质问题可能会恶化。

3 地下水动态及区域水位降落漏斗发展趋势

3.1 浅层水动态特征

浅层水埋藏深度浅 ,直接接受降雨及地表水补给 ,最高水位多出现在雨季 8~10 月 ,最低水位出现在旱季 2~4 月 ,为典型的降雨型动态。年水位变幅 0.5~1.5 m ,因未进行过集中开采 ,至今未形成区域降落漏斗。

3.2 承压水动态特征

中、深层承压水水位动态受潮汐、气象、开采因素影响。沿海 3 km 范围内地段的承压水水位随潮汐周期性涨落而升降 ,承压水年内最高、最低水位出现的时间较雨、旱季滞后二、三个月 ,短期内承压水水位升降随降雨量大小而变化 ,但从多年的水位变化情况看 ,地下水水位总体上随开采量的增加而逐年降低 ,表现为明显的开采型动态。

3.2.1 中层承压水水位降落漏斗发展趋势

中层承压水自 20 世纪 50 年代起开采 ,开采量随城市人口增加、工农业生产发展而增大 ,由于集中开采 ,于五六十年代就形成了以龙划水厂为中心的区域水位降落漏斗 ,水位降深大于 2 m 的漏斗面积约 123 km² ,漏斗呈椭圆形。至 1985 年 ,漏斗中心北移至霞山中心水厂 ,中心孔水位下降达 20 m。水位降深大于 2 m 的漏斗面积约 485 km² ,降深大于 10 m 的漏斗面积 148 km² ,漏斗近似呈长椭圆形。1995 年 ,漏斗中心移至平乐一带 ,中心最大降深达 31.77 m ,10 m 降深线扩展 ,西至麻章—湖光岩 ,南至东海岛等地 ,面积 541 km² ,较 1985 年扩大 393 km² ,年平均扩大 39.3 km²。随着临东水厂的投产 ,在其周围形成局部小漏斗。到了 2005 年 ,位于漏斗中心平乐的最大水位降深达 34.10 m ,次一级漏斗中心临东降深达 22.93 m。10 m 降深线范围继续扩大 ,西至麻章蚕科所—新坡村 ,南至东海民安丹务村等地 ,面积约 1 184 km² ,较 1995 年扩大 658 km² ,年均扩大 65.8 km² (表 1)。

3.2.2 深层承压水水位降落漏斗发展趋势

深层承压水的开采始于 20 世纪 70 年代 ,开发较中层承压水晚 ,90 年代中后期 ,随着深层水开采量的增长 ,深层水区域水位降落漏斗扩展速度逐渐超过中层水。

表 1 中、深层承压水区域水位降落漏斗发展对照 km ²								
年份	降落漏斗面积/km ²							
	> 2 m 降深		> 4 m 降深		> 10 m 降深		> 16 m 降深	
	中层	深层	中层	深层	中层	深层	中层	深层
1979	388		273	476	69	0		
1985	485		361		148	294		5.2
1995	859	859			541		292	483
2005					1184		450	526

20 世纪 70 年代末 ,深层承压水形成以霞山、麻斜、巴东、调顺为中心的区域水位降落漏斗 ,水位降深大于 4 m 的漏斗面积为 476 km²。1985 年 ,漏斗中心最大水位降深达 15.08 m ,降深 10 m 线到达赤坎、调顺、麻斜、北月等地 ,降深大于 10 m 的漏斗面积达 294 km² ,漏斗形状平面上呈近椭圆形。至 1995 年 ,漏斗中心逐渐北移至平乐—南油一带 ,中心最大水位降深达 19.94 m ,降深大于 16 m 的漏斗面积为 483 km² ,较 1985 年扩大约 477.8 km² ,年均扩大 47.8 km²。2005 年漏斗中心位于平乐—南油一带 ,中心最大水位降深达 27.63 m ,降深 16 m 线为西面黄略—调塾—南面东头山岛—东面南三岛霞瑶村 ,漏斗面积 526 km² ,较 1995 年扩大 43 km² ,年均扩大 4.3 km² (表 1)。

4 海水入侵可能性分析

在湛江市区现有动态监测网络控制范围内 ,城区中、深层地下水的水质较稳定 ,各项化学组分无持续上升之势。中层水的矿化度保持在 50~150 mg/L ,Cl 离子质量浓度为 5~40 mg/L ;深层水矿化度为 30~120 mg/L ,Cl 离子质量浓度为 5~30 mg/L ,暂时未发现海水入侵迹象。主要原因 ①沿海一带海底普遍覆盖 4~30 m 厚的淤泥或黏土 ,浅层水与中层水之间还普遍夹有 2~10 m 黏土层 ,不利海水入渗 ;②对浅层水的开采未形成区域水位降落漏斗 ,水位基本保持着原状的正压水位(2007 年浅层水平均水位标高 9.72 m) ,对中、深层承压水起到屏蔽作用 ,阻止海水垂向渗入。然而随着工业用水量增大 ,海平面不断上升 ,若干年后不排除城区将面临海水入侵的巨大威胁。

海水入侵地下水的方式有两种 :①垂向入侵 ,在正常情况下 ,内海及滨海区浅层水一般都由陆向海排泄 ,中、深层承压水则以顶托向上越流排泄为主。由于对中、深层承压水不断开采 ,水位不断降低并形成相应的降落漏斗 ,致使上部含水层受影响 ,位于滨海地带的浅层含水层 ,原来的排泄区在中层承压水开采状态的影响下 ,地下水由接受中层承压水顶托越流补给转换为向中层承压含水层越流排泄。若进一步加大开采中层承压水 ,致使浅层水及浅层微承压水水位低于海平面 ,形成负压区 ,排泄边界就可能产生

海水倒灌入侵,进而威胁中、深层承压水。目前,浅层水水位虽高于中、深层承压水,但受开采影响,水位有缓慢下降的趋势,局部地段微承压水出现负压,如平乐 L09-1(B)监测井,2007 年测得浅层微承压水水位标高 -8.20 m,表明湛江城区正面临海水入侵威胁。②侧向侵入,这种侵入方式是在中、深层承压水区域水位降落漏斗向外扩展波及咸淡水过渡带,并形成反向渗透水力坡度时才发生,这种入侵的结果将导致咸淡水过渡带紧缩内移,使地下淡水分布范围逐渐变小。根据水文地质条件和降落漏斗的发展趋势进行预测,随着开采量增大以及漏斗扩展,形成中、深层地下水咸淡水过渡带内移的趋势是存在的^[21]。

湛江已发现海水入侵的地段是位于市区东南面的硇洲岛及东海岛东南岸,因当地居民滥采浅层水,致使浅层水水位急剧下降,形成大范围的超采负压区,从而发生海水入侵现象。迄今为止,硇洲岛仍属于现有动态监测系统的监测盲区,岛上未有任何监测点。因此,及早在沿海地带开展地下水水位、水质监测十分必要。

5 地下水动态监测系统存在的主要问题

湛江市区地下水监测系统于 20 世纪 70 年代建立,由于多种原因,现有监测系统难以满足开采量日益增加情况下对地下水动态监测与评价的需要,存在的主要问题是:

a. 水位监测点稀少。浅层水监测点共有 9 个,其中分布于沿海岸的仅有 2 个,无法全面反映出浅层水水位动态及海水入侵可能性的动向发展。

中、深层承压水监测点数量在逐年减少,减少因素主要有两个:①监测点使用年限长,超期服役使井管严重老化甚至破损,造成不同含水层地下水之间连通,失去监测意义;②人为损坏,目前中、深层承压水监测点 46 个,比 1990 年减少 18 个,年均减少 1~2 个。数量的减少导致监测范围萎缩,对不断发展的区域降落漏斗形态无法全面监控。

b. 水质监测点数量不足。全区水质监测点 31 个,其中浅层水 6 个,中、深层承压水 25 个,平均 0.011~0.015 个/km²,不能有效监控各层地下水水质动态变化及海水入侵可能性的动态发展。

c. 监测点布局不合理。监测系统初建时的布局主要针对补给区及开采降落漏斗形态发展的控制,经过近 50 a 的地下水开采,湛江市区如今面临的巨大威胁乃是海水入侵对地下水造成的污染。目前在各岛屿沿海岸及漏斗中心至东南沿海一带所形成的扇形区域(地下水原始径流区转变成向漏斗中心汇集的回流区),水位、水质监测点分布较稀疏,不利

于及早发现和分析海水入侵的发生信号。

6 地下水监测系统的调整方案

a. 调整监测点布局。现有监测系统的布控范围主要限于市区,而位于东海岛、南三岛、硇洲岛的监测点布局较少甚至缺失,无法对这些地段出现的海水入侵问题有全面掌握,必须尽早在这些岛屿的沿海岸带及高位海水养殖区新增以浅层、中层为主的水位、水质点,严密监控浅、中层水的动态变化特点及规律,便于及时找到应对海水入侵的防治措施。

b. 根据水位降落漏斗面积有逐步扩大的趋势,适当增加位于漏斗中心区附近地段的中深层水位、水质点,如麻斜—南油、临东—铺仔—太平、调顺电厂等地下水开采需求量较大地段,由于监测点的减少,这些地段仅剩的监测点已无法监控地下水降落漏斗的发展趋势。

c. 调整位于承压水回流区与漏斗中心区及补给区的监测点分布比例。目前地下水回流区面积已超过区域降落漏斗面积的一半,因此,在回流区及其外围,水位、水质监测点的数量应达到总数的 1/2 以上,部分中、深层承压水水质点可充分利用开采井进行水质监测。

d. 综合以上几点,全区新增监测点至少要达到 40~50 个,总数达到 100~110 个(为 1990 年监测点总数的 1.27~1.4 倍)。市区外围海岸带新增监测点根据研究海水入侵的需要,按供水水文地质勘察规范(GB 50027—2001)第 7.0.1 条的要求,分组垂直等水压线进行布设。

7 结 语

湛江市区地下水经过 40 余年的开采,地下水的补径排条件已发生了巨大改变,原来的天然排泄系统已转变为人工开采场。现有地下水监测系统经过三十多年的运行,出现了监测井管老化及各种因素导致的种种缺陷,使其不能满足本区域内地下水持续利用和保护的需要。为此,有必要把 30 a 前以控制区域降落漏斗发展全貌为重点的地下水监测系统进行调整,使之构建为以预防海水入侵为重点的监测系统。

参考文献:

- [1] 广东省地质勘察局水文工程地质一大队,广东省地质环境监测总站.广东省雷州半岛地下水资源开发利用产业化推进研究报告[R].广州:广东省地质勘察局,2005.
- [2] 苏肇汉.海水入侵湛江市地下水的可能性及预防对策[J].广东地质,1997,12(3):29-35.
- [3] 钟启明,陈建生,陈亮.滨海地区海水入侵的一种测定方法[J].水利水电科技进展,2007,27(1):50-52.

(收稿日期 2009-01-08 编辑 徐娟)