

基于GIS平台的地下水超采区治理效果评估系统

李瑜¹, 庄会波¹, 王瑞雪¹, 刘群¹, 刘英昊², 付强¹

(1. 山东省水文局, 山东 济南 250002; 2. 潍坊市水文局, 山东 潍坊 261000)

摘要:为推动山东省地下水超采区综合整治工作, 严格考核问责, 以潍坊北部平原浅层地下水超采区为例, 开展基于GIS平台的地下水超采区治理效果评估系统研究, 为有效考核超采区治理成效提供重要依据, 同时也为我省乃至全国超采区管理评估体系的建立提供借鉴。

关键词:超采区; 治理效果; 评估系统; GIS平台; 山东省

中图分类号: P641.8

文献标志码: A

文章编号: 1004-6933(2017)S1-0006-04

2015年11月11日, 山东省人民政府正式批复了《山东省地下水超采区综合整治实施方案》(以下简称《方案》), 标志着全省地下水超采区综合整治工作正式拉开序幕。《方案》要求省水利厅要会同有关部门对《方案》实施情况进行检查、评估和考核, 建立超采区综合治理情况定期调度机制和年度考核制度。目前, 水利部及省水利厅已将超采区治理成效纳入实行最严格水资源管理制度考核。

为加快超采区治理步伐, 全面掌握我省地下水超采区治理工作成效, 系统评估和总结超采区管理措施及经验, 提高超采区治理工作的针对性和实效性, 开展地下水超采区治理效果评估系统的研究意义重大。本文以潍坊北部平原浅层地下水超采区为例, 提出了基于GIS平台的地下水超采区治理效果评估系统的整体构建思路、技术方案、建设内容、评估方法及关键技术等, 以期为我省有效考核超采区治理成效提供重要依据。

1 系统建设基础

1.1 潍坊超采区概况

潍坊超采区形成于1983年, 位于潍坊市西北部山前平原区, 由潍河、弥河、白浪河及胶莱河等河流冲洪积而成。潍坊超采区由于开采条件良好, 区内工业、城乡生活和农业用水主要以地下水为主, 区内机井稠密, 开采量巨大。潍坊超采区是省内面积和埋深最大的超采区, 地下水最大埋深超过40 m, 涉及北部潍城区、奎文区、寒亭区、青州市、寿光市、昌邑市6个区市。其总面积2 544.1 km², 其中一般超

采区面积1 629 km², 严重超采区面积915.1 km², 年均超采量6 381万m³。根据第一次水利普查资料统计, 潍坊超采区内共有开采井4万余眼, 平均机井密度达16.8眼/km², 平均开采模数达12.2万m³/(km²·a)。超采区地下水用于农业灌溉占72.5%, 工业用水占13.6%, 生活用水占13.1%。潍坊超采区由于超采地下水带来了局部含水层枯竭、水质恶化、海咸水入侵等一系列生态与环境问题。

自2011年起, 依托山东省开展的区域用水总量监测工作, 潍坊市完善和加强了水资源监测体系, 截至2016年, 全市共设有93处雨量站(其中46处报汛站为自动在线监测)、158眼地下水动态监测井(全部为专用自动监测井)、13处地下水集中供水水源地(其中9处采用远传智能水表实行在线监测)、2 516眼企事业单位自备井(其中大型企业采用智能远传水表在线监测)、7处水面蒸发量观测站、11处径流站、28处出入境水量监测站等。

2 地下水超采区治理效果评估系统建设

2.1 系统目标

在前期开展的地下水超采区划定、压采实施方案制定、超采区管理及研究工作的基础上, 融合超采区内已有各类水资源监测站网信息及地质资料等信息, 通过GIS平台建成一套集超采区基础信息管理、超采区GIS展示、超采区实时评价、超采区模拟预报、超采区治理效果评估等功能于一体的评估体系。

2.2 技术方案

系统以Visual Modflow为平台建立潍坊地下水

数值模型,采用概念模型法进行潍坊北部地区水文地质建模研究,通过系统与模型软件的高度集成,最终实现对潍坊超采区地下水位变化的有效掌控。系统总体框架见图 1。

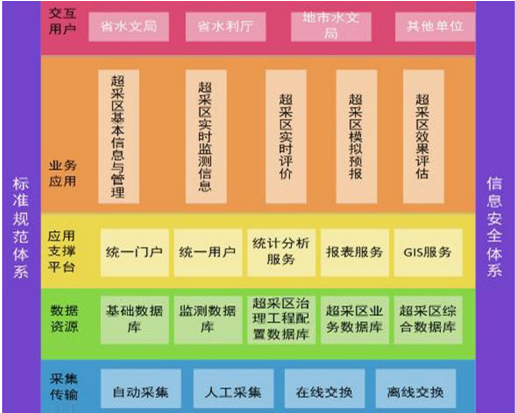


图 1 系统框架

2.3 系统主要功能

系统功能涵盖潍坊北部平原浅层地下水超采区监测站网与基本信息管理、信息报送、压采管理、评价技术、评估效果等超采区信息化服务和管理体系。

2.3.1 超采区基本信息管理

建立地下水监测 GIS 综合信息展示模块,通过

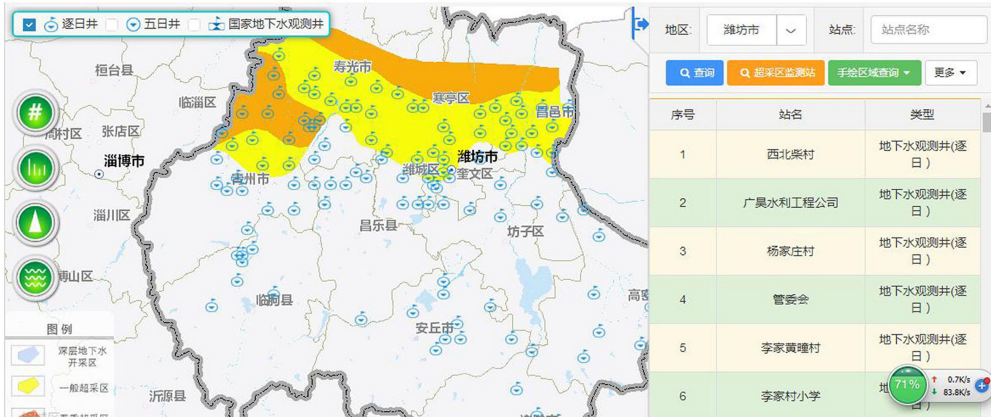
GIS 图层控制等功能按钮,实现超采区地下水基本信息的全方位展示。可以查看监测站网分布、超采区、水源地、自备井、地层信息、地下水治理工程配置等。系统可显示各类监测站网的分布情况,并能根据监测站的类型、时间、行政区划等信息进行站点查询,实现站网图的打印,图 2 为超采区观测井和开采井的分布。

在 GIS 图上生成观测井钻孔柱状图,并结合超采区的边界条件、地表地形参数等,在 GIS 图上实现超采区地下水系统结构的可视化剖面图,形象直观地再现含水系统的空间结构及其空间变化规律。

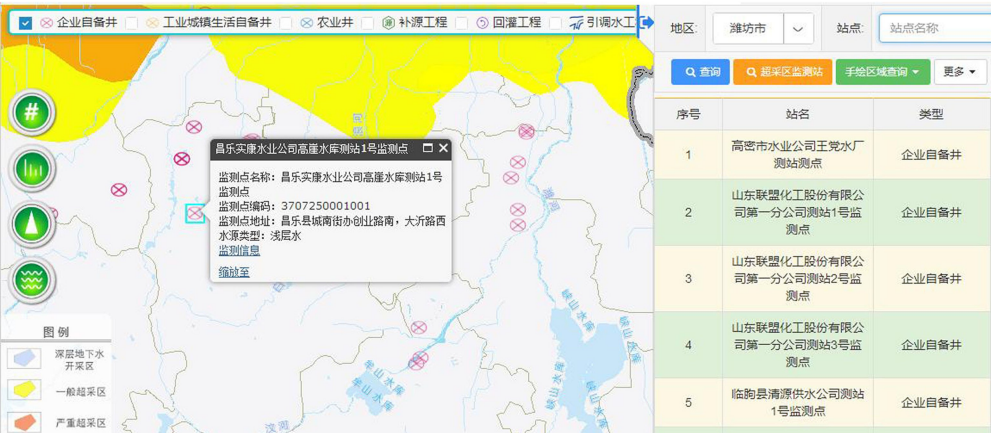
系统可以显示不同级别(一般、严重)、不同层位(浅层、深层)超采区分布、面积、平均水位、开采量、降水量等监测点实时数据。根据监测区域地下水水位/埋深的变化情况,开采量变化情况和划定标准在 GIS 地图上动态模拟超采区。

2.3.2 超采区实时监测与评价

系统可实现超采区动态管理,在 GIS 地图上显示超采区内各类监测站点基本信息及实时监测数据(图 3),并根据实时监测数据对超采区进行动态管理、动态模拟。系统基于 ArcGIS 模型构建器可以构建生成地下水超采区等值线及等值面的模型,对地下水埋深、水位、水质及雨量、开采量的变化情况进



(a) 观测井

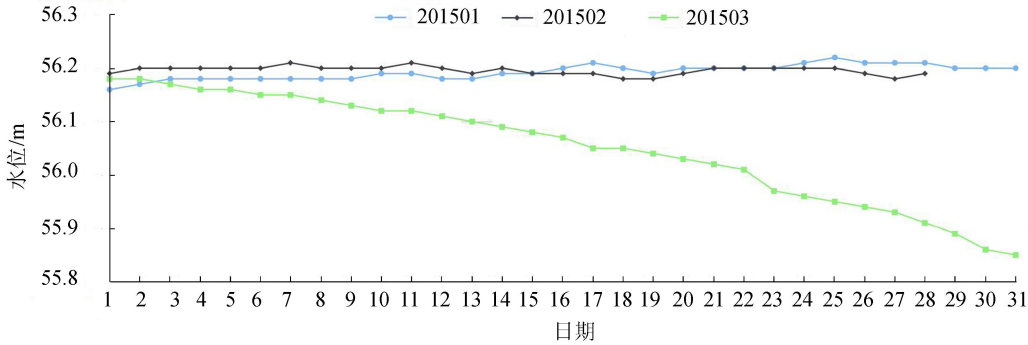


(b) 开采井

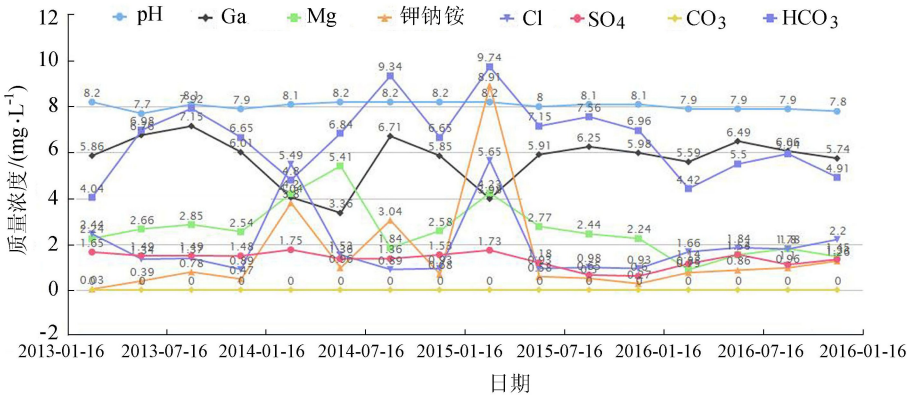
图 2 超采区观测井和开采井分布

行动态监测及评估。的丰、平、枯,分析地下水位与降水变化的关系

系统还可以实现降水频率分析,用水文频率计 (图4)。
算法建立超采区降水量水文频率曲线,判断降雨量



(a) 逐日水位过程线



(b) 地下水水质监测过程线

图3 逐日水位过程线、地下水水质监测过程线

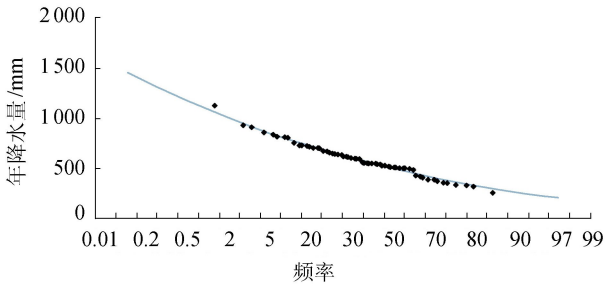


图4 水文频率曲线

系统可按照行政区划、超采区或任一区域选择分析区域进行综合分析,以数据列表、柱状图和曲线图的形式,实现对本系统监控的雨水情、地下水位 (埋深)、水源地水量、水质等实时数据的统计分析 (图5)。
系统可按照行政区划、超采区或任一区域选择分析区域,选择绘制对象、数据源,并设定分级,生成指定分级的水位等值线/面、埋深等值线/面,结果见图6。

2.3.3 超采区模拟预报

通过与商业地下水数值模拟软件 (VisualMod-flow) 的耦合,从系统中提取建模所需基础数据 (包括地面高程、初始水位、开采井、观测井、定水头、河

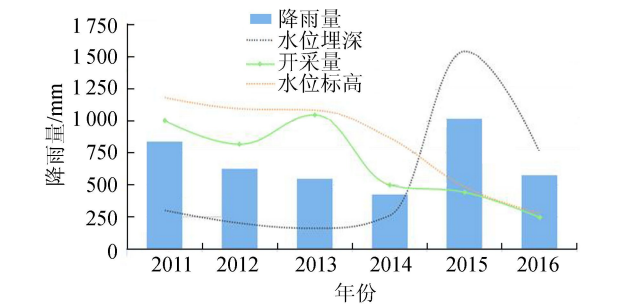


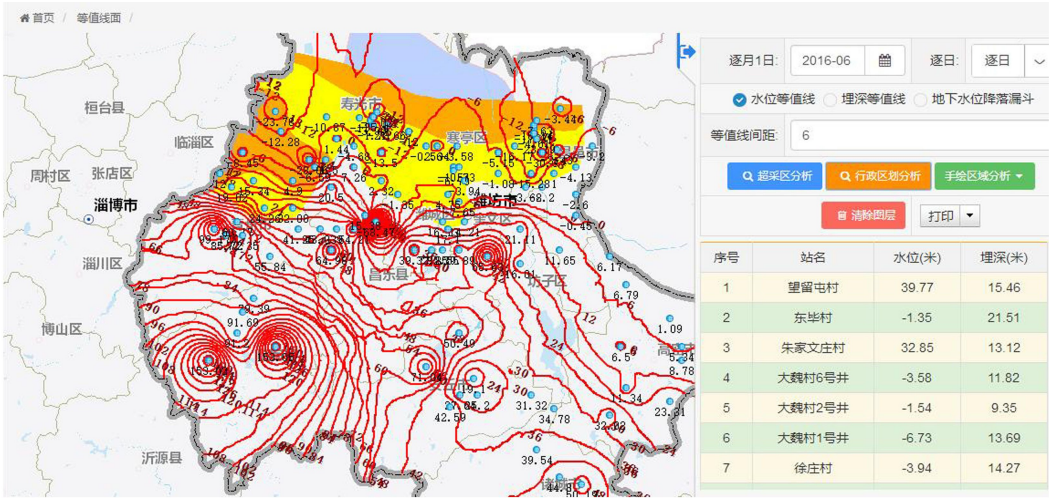
图5 综合分析结果

流、补给、蒸发等) 与模型进行对接,并结合超采区地质及水文地质等资料信息,建立超采区地下水流数值模型,对超采区地下水位进行实时预测预报,结果见图7。

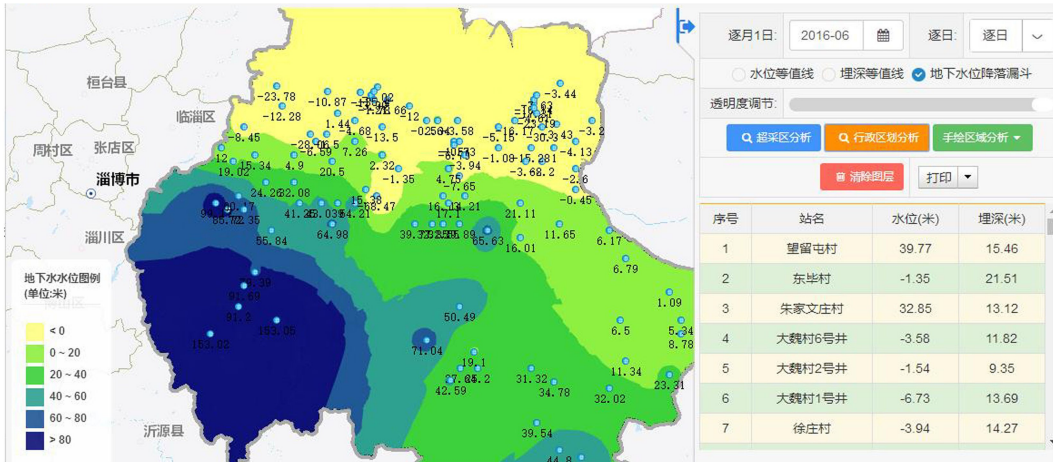
2.3.4 超采区治理成效评估

超采区治理成效评估主要从超采区监测体系建设、治理措施、治理成效 3 个层面进行。其中对超采区监测体系建设及治理措施只进行定性的分析,对超采区治理成效进行定量评估,评估指标包括:地下

水压采量、水位变化情况、漏斗面积变化情况、封填井数量等。系统能够实现对评估指标进行管理,指标信息包括评估周期(一般为年度)、超采区、指标名称、备注等。

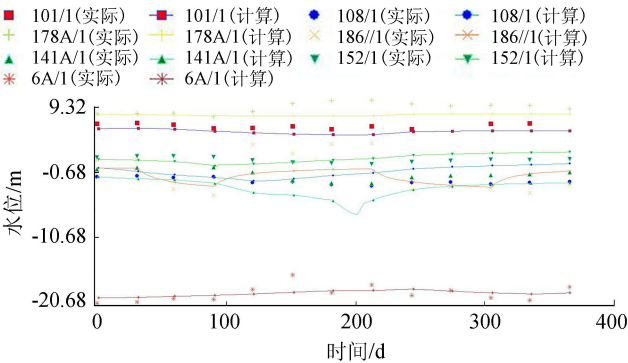


(a) 地下水位等值线

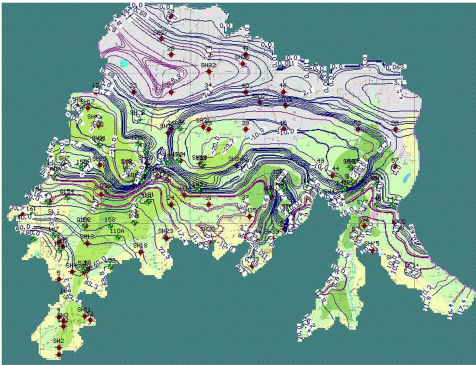


(b) 地下水位降落漏斗

图 6 地下水水位等值线和降落漏斗



(a) 实际水位与计算水位对比



(b) 流场

图 7 模拟流场及实际地下水位与计算水位对比结果

(下转第 15 页)

水情数据库表结构与标识符》^[4] 执行,存储基本信息、实时信息、预报信息、统计信息、交换信息、字典信息等,包括从现有水情中心站查询的信息。

4.4 信息查询应用

信息查询应用采用 Flex 技术结合 GIS 平台开发,同时支持 C/S 和 B/S 两种运行模式,C/S 运行模式同时提供了 Web 和 Wap 页面布局模式,从而实现计算机浏览器操作和智能移动终端操作。通过 GIS 地图方式提供了综合汛情、雨情监测、水情监测、最新数据、工况报警、数据查询、图形分析、测站配置和人工数据等业务功能。在系统主界面提供基于“一张图”的多数据信息叠加展示效果,避免用户在进行数据比对时多个功能间的不断切换,从而提升系统的信息查询效率。

4.5 安装部署与运行环境

数据获取软件采用 C/S 模式开发,装载在应急指挥所或者应急监测中心服务器端,并确保相关的 TCP/IP 端口开放。信息共享交换软件采用 B/S 模式开发的 WebService 服务装载在应急监测中心站服务器,并能连接已有的水情数据中心读取数据。信息发布应用系统中心站版采用 FLEX 的 Web 模式开发,需要安装 IIS 发布网站,客户端需要安装 Flash 播放器。信息发布应用系统移动版采用 FLEX

(上接第 9 页)

3 结 论

a. 地下水超采区治理效果评估系统在 ArcGIS 基本功能的基础上,构建了一套适用于地下水行业应用的、完整的地下水数据可视化解决方案,有机结合行政区底图、超采区底图、等值线/面专题图、统计图表、时间轴动画等多种数据可视化方式,能够充分表现地下水专业数据,有效协助工作人员对地下水动态进行多维分析。

b. 本系统开发了基于 ArcGIS 模型构建器构建生成地下水超采区等值线及等值面的模型,可以对地下水行业中的埋深、水位及雨量的变化情况进行

(上接第 12 页)

[11] ROBERT C M, MICAH M. 敏捷软件开发:原则、模式与实践(C 版·修订版)[M]. 邓辉,孙鸣,译. 北京:人民邮电出版社, 2013.

[12] 百度百科. 互联网+[EB/OL]. [2017-03-06]. http://baike.baidu.com/link?url=MmCkBbvPTFIHPshwFe9T9Kt2nxJsiWX7gU_62WyvCIL2bj8hTZIBpOpEvx5eJGRfdx-UQUStM3lAd0Bxh9JZAck4pVyKVC1

的桌面应用模式开发,需要安装软件,安装完成后双击图标打开程序访问数据。

5 结 语

目前国内外水雨情应急监测均是在现场利用传感器直接监测或者现场临时布站,没有实现快速高效的监测和数据传输,需要人工上报到决策管理部门,时效低,而本文中的水雨情应急监测系统实现了快速布站、实时自动监测和传输,通过采集、查询、交换、应用软件,在现场或者中心站查看应急监测站周边指定范围内水雨情信息,并查看变化过程,为防洪抢险提供科学依据,具有直接的社会效益和经济效益。

参考文献:

[1] 王俊. 水文应急实用技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,2011.

[2] 肖中,李健庸. 水文应急监测特点与成果质量要求探讨[J]. 人民长江,2011(42):26-27,34.

[3] 水利部水文局. SL 651—2014 水文监测数据通信规约[S]. 北京:中国水利水电出版社,2014.

[4] 水利部水文局. SL323—2011 实时雨水情数据库表结构与标识符[S]. 北京:中国水利水电出版社,2011.

(收稿日期:2017-11-28 编辑:彭桃英)

监测及评估。

c. 本系统可以根据所选区域自动提取建模所需的离散化网格高程数据、降雨量、蒸发量、开采量等相应数据文件,然后将调试好的模型预测成果数据反向提供给系统,做可视化成果展示,实现系统与模型软件的高度集成,从而达到实时预报及评估的目的。

d. 本系统在建设过程中与国家中小河流治理工程、国家水资源监控能力建设及国家地下水监测工程等项目在数据共享方面进行了有效结合,并充分考虑了省、市不同级别的业务需求,系统建成后可独立运行在不同的操作系统之上。

(收稿日期:2017-11-06 编辑:王 芳)

Yeoygp4vE5RAazvoM8dtPYaJmzRyk_pA.

[13] 百度百科. 里氏替换原则[EB/OL]. [2017-03-07]. http://baike.baidu.com/link?url=OsjzFkXChu6IbqmqhEN-_bIwK8pC3tA1ü_Hq_GtR6O65o150Z7dOicGeVe71WWWavkkjiTmal8jry1eFbHRY3S3QA2dIyytQ47fR3kIRI7J4zv1Q-t5Mw7i3uBQl0Wiq2vf7fUmwWZ9i9UdDfuMu_

(收稿日期:2017-11-23 编辑:徐 娟)