

DOI:10.3969/j.issn.1004-6933.2012.05.018

基于 DEM 的宁波市皎口一周公宅水库 水源保护区的划区定界方法

项 璐¹,冯秀丽¹,王 侃¹,曹 昊²

(1. 宁波大学建筑工程与环境学院,浙江 宁波 315211; 2. 余姚市国土资源局,浙江 宁波 315400)

摘要:根据宁波市水库饮用水水源地的环境现状,以宁波市皎口水库和周公宅水库为例,采用空间分辨率为 5 m 的数字高程模型(DEM),利用 ArcGIS 的水文分析模型,生成研究区流域盆地和集水流域的范围,初步划定保护区范围;同时,结合分辨率为 0.5 m 的航测影像以及研究区自然和社会等多种数据,最终划定研究区饮用水水源一级、二级保护区的水域和陆域范围,为饮用水水源地保护工作提供参考。

关键词:数字高程模型(DEM);水库水源保护区;划区定界;水文;皎口—周公宅水库;宁波市
中图分类号:TV213.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-6933(2012)05-0083-04

Zoning and delimitation of water source conservation areas based on DEM in Jiaokou and Zhougongzhai reservoirs in Ningbo City

XIANG Lu¹, FENG Xiu-li¹, WANG Kan¹, CAO Hao²

(1. Faculty of Architectural, Civil Engineering and Environment, Ningbo University, Ningbo 315211, China;
2. Bureau of National Land and Resources of Yuyao City, Ningbo 315400, China)

Abstract: Based on the current status of the drinking water sources in Ningbo City, case studies were conducted in the Jiaokou Reservoir and Zhougongzhai Reservoir for zoning and delimitation of water source conservation areas. The hydrologic model in ArcGIS and a digital elevation model (DEM) with a spatial resolution of five meters were used to generate the ranges of basins and watersheds, and the water source conservation areas were preliminarily delimited. Based on an aerial photograph with a resolution of 0.5 m and various ancillary data, the study area was classified into first-grade and second-grade conservation zones that consist of certain water areas and land-based areas. This study provides references for protection of drinking water sources.

Key words: DEM; reservoir water source conservation areas; zoning and delimitation; hydrology; Jiaokou and Zhougongzhai Reservoirs; Ningbo City

水是人类生存和发展不可缺少的重要自然资源。社会经济的快速发展和人口的增长,对水资源提出了更高的需求。2005 年水利部启动了“全国城市饮用水水源地安全保障规划”,规划涉及全国 661 个建制市和 1 746 个县级城镇的 4 555 个集中式饮用水源地,其中地表水水源地 2 405 个,占总数的 52.18 %。在所调查的 4 555 个集中式饮用水水源地中,有 638 个饮用水水源地水质不安全,饮用水水源地环境污染问题突出。水库作为地表水水源地的主要形式之

一,其集水区内工农业、生活、畜禽养殖等产生的废水对水库水质造成持续污染,将直接威胁群众饮水安全。而当前对水库水源的保护大多限于水环境功能区的划分,即对水库及其源头划分为自然保护区(沿水库纵深 1 000 m 的陆域范围)。目前各级政府部门在保护区内开展建设、污染整治等工作无法可依,难以进行有效督管。而且饮用水水源相关法律法规中关于保护区划分的规定过于笼统,如 HJ/T 338—2007《饮用水水源保护区划分技术规范》

作者简介:项璐(1988—),女,硕士研究生,研究方向为遥感与地理信息系统应用。E-mail:xiangluco@sina.com

(以下简称《技术规范》)虽然对各种水源保护区给出了划区定界的规范,但没有明确的技术流程,划定水库饮用水水源保护区存在一定困难,范围合理、边界清晰的水源保护区难以获得,从而使相关部门的水库水源保护工作无据可依。

因此,科学合理地划定水库水源保护区,是保护水库水源地最大可能免受人类活动影响、保证水质安全的重要措施^[1]。目前 3S 技术在水文水资源方面的应用已相当普及并体现出其优越性, GIS 技术能够处理和分析多种地理空间实体数据和关系,用以解决复杂的规划、决策和管理问题。利用 GIS 技术进行河网水系提取、流域盆地划分、子流域生成、自然环境专题信息获取等方面的研究取得了重要进展,对水资源或流域的研究和保护有重要的参考价值^[2-5]。目前国内利用 GIS 技术进行水库饮用水水源保护区划分的研究较少,且没有结合遥感影像对保护区范围线进行修正的相关研究;同时,已有关于饮用水水源保护区划分的研究没有具体的操作细则,两级保护区的水域和陆域范围确定没有细化,因此水库饮用水水源保护区划分的技术方法需要进一步探究。笔者以宁波市重要的饮用水水库水源——皎口水库和周公宅水库为例,在分析其流域现状的基础上,探讨基于 DEM 技术的水库水源保护区划分方法,进行水源保护区的划区定界。对水库水源进行保护区划区定界,不仅可有效保护水源地水质,保障饮用水安全,而且污染源监督等管理工作也有了执法依据。

1 研究区与数据

研究范围为皎口一周公宅水库流域,涉及宁波市鄞州区章水镇,余姚市鹿亭乡、大岚镇、四明山镇,总面积 259 km²,流域内共有行政村 39 个,户籍人口为 42 950 人。皎口一周公宅水库流域地形主要为低山及丘陵,山岭高程一般在 300 ~ 900 m,最高峰 976 m,地势自西向北倾斜,河道落差较大,源短流急。皎口水库位于鄞州区章水镇,距宁波城区约 35 km,总库容 1.19 亿 m³,正常蓄水位 69.9 m,是向宁波市区供水的 5 大水源之一;周公宅水库位于皎口水库上游 15 km,总库容 1.12 亿 m³,正常蓄水位 233.0 m。皎口水库和周公宅水库通过联合调度,承担向宁波市区提供 50 万 t/d 饮用水的输水任务,是宁波市主要饮用水水源,已成为宁波市可持续发展的重要支撑因素。

皎口一周公宅水库流域范围内农业面源污染是影响水库水质的主要污染源。水库流域内的农业种植以经济作物为主,需肥量大,地表径流携带大部分

化肥进入水库,成为农业面源污染的主要因素之一;此外,水库流域内村庄人口比较分散,缺少系统的排水管网和配套的污水处理设施,大部分农村生活污水未经处理直接排入附近溪流,最终排入水库;再次,在水库流域范围内还存在相当数量的工业企业,其排放的废水大部分也进入库区,污染水体;最后,随着水库流域内农家乐、漂流、四明山景区等旅游业的发展,游客产生的生活垃圾及废水量大增,影响了饮用水源的水质。

研究使用的数据包括 DEM、航测影像、2009 年 1 : 10 000 土地利用现状矢量数据等。DEM 栅格大小为 5 m×5 m,遥感影像为研究区 2009 年几何纠正后的航测影像,分辨率为 0.5 m。所用 DEM、影像和土地利用现状矢量数据皆为西安 80 坐标系。

2 方法与流程

2.1 保护区界线分层提取

利用 ArcGIS 中的水文分析模块对 DEM 数据进行分析处理。步骤如下:①对 DEM 数据进行洼地填充,生成无洼地的 DEM;利用无洼地的 DEM 进行流向分析,得到流向栅格数据。②计算汇流累积量。汇流累积量是提取水网的基础,汇流累积的数值越大,就越易形成地表径流。③在此基础上,提取河流网络栅格,可以将栅格数据转换成河流网络矢量数据,通过设置参数,减少小支流的数量。④采用 Stream Order 中的 Strahler 分级法,将河网分级,结合研究区实际情况确定需要重点保护的高等级干流。⑤利用水流方向数据,通过 Basin 工具计算生成流域盆地集水区,从中提取出皎口一周公宅水库流域盆地。⑥利用 Watershed 工具,将流域盆地进行分割生成低级的集水区,即研究区的子流域^[6-7]。将流域栅格进行矢量转换,获得相应的子流域多边形矢量数据与拓扑信息^[8],用于水库水源保护区陆域范围的确定。水库沿岸第一重山的山脊线及水库上游主要干流沿岸第一重山的山脊线如图 1 所示,水库上游主要干流沿岸纵深 1 000 m 缓冲区如图 2 所示。

2.2 保护区定界

按照《技术规范》,综合考虑自然环境、社会经济以及法律法规政策等因素,结合遥感影像、土地利用现状图、行政界线、居民点分布、区域地形特征等,对保护区界线分层提取结果进行 GIS 叠加分析及修正,最终划定水库水源一级、二级保护区。

2.2.1 水源一级保护区

皎口水库和周公宅水库属于单一供水型水库,根据《技术规范》中的相关规定,将这两个水库正常水位线以下的全部水域面积以及水库沿岸至第一重

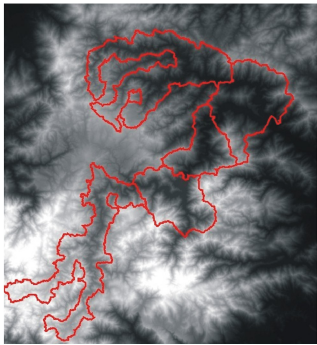


图1 水库沿岸第一重山的山脊线

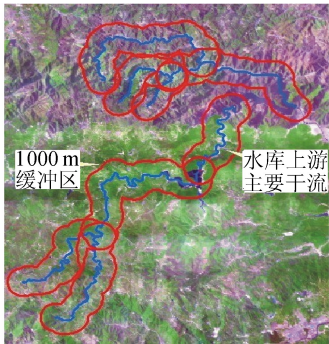


图2 水库沿岸主要干流沿岸纵深1000 m 缓冲区

山的山脊线范围划为一级保护区。当水库沿岸第一重山水平距离太远时,直接跨山头连接山脊线;对于上游河流,根据河流分级的结果,并结合实际情况,先确定水库上游河流的主要干流,将其全部水面以及干流沿岸纵深1000 m 但不超过沿岸第一重山的山脊线范围划为一级保护区,即将第一重山范围线与沿岸1000 m 缓冲区做空间叠加分析。但由于在实际划定保护区范围过程中要结合水源保护区的地形、地标、地物特点,同时也要考虑居民点、污染源等因素的影响,需对第一重山范围线与沿岸1000 m 缓冲区的空间叠加结果进行修正,例如遇到集中分布的居民点,其一部分在河流沿岸纵深1000 m 缓冲区之内,其余部分在缓冲区外,考虑到居民点的整体性,则需修正将整个居民区划入保护范围,利用遥感影像,对范围线进行调整。如图3所示,实线为修正

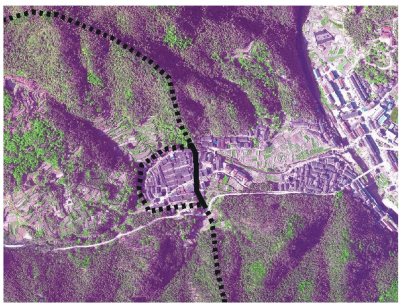


图3 初步划定结果修正

前空间叠加分析的结果,虚线为修正后的结果。

2.2.2 水源二级保护区

面源污染是皎口一周公宅水库流域的主要污染

源,二级保护区范围依据《技术规范》中的相关规定进行确定,具体可依据自然地理、环境特征和环境管理需要,通过分析地形、植被、土地利用、森林开发、地面径流的集水汇流特性、集水域范围等确定。但是由于皎口水库和周公宅水库为山区性水库,整个集雨区分水岭内一级保护区外的平均海拔约500 m,地形起伏大、相对高差大,入库河流为山溪性河流,上游入库河流对水库水质的影响很大,在降雨期河流流速快、流量大,流域内各类污染物能够迅速进入水库。因此,从有利于环境管理和水源保护出发,依据该流域的自然地理环境特征,将整个水库集雨区内除一级保护区外的区域均划为二级保护区。

3 结果与分析

皎口水库水源保护区总面积127.00 km²。一级保护区面积70.22 km²,其中水域范围为皎口水库水面和上游干流,面积为3.95 km²;陆域范围为水库沿岸至第一重山的山脊线及上游干流沿岸纵深1000 m 但不超过沿岸第一重山的山脊线,面积66.27 km²。水源二级保护区面积为56.78 km²。

周公宅水库水源保护区总面积132.00 km²。其一级保护区的水域范围和陆域范围的划分原则同皎口水库。一级保护区面积为50.77 km²,其中水域范围面积为3.06 km²;陆域范围面积为47.71 km²。水源二级保护区面积为81.23 km²。

皎口一周公宅水库水源保护区划分范围如图4所示。

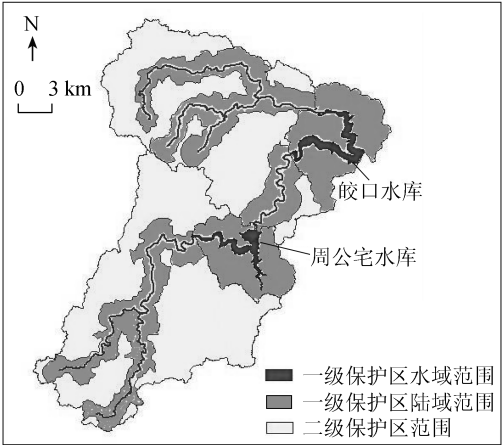


图4 水库饮用水水源保护区划

水库饮用水源保护区的划分要求较严格。饮用水水源一级保护区的范围过大,将对山区群众的生产、生活造成很大的影响,不利于地方经济的发展;范围过小,则流域内各类污染源直接影响水库水质,不利于水库水质的保护。二级保护区的划分主要依据流域内主要环境问题,结合地形条件分析确定。

将第一重山脊线与沿岸 1 000 m 缓冲区做叠加分析,划分出的一级保护区与将整个水库集雨区内除一级保护区外的区域划为二级保护区,从有利于水源地环境管理和污染治理的角度出发,是比较适宜的。

4 结 语

遵循研究区流域的地形地貌特征和水文特征,并考虑土地利用、经济发展等因素影响,利用 DEM,采用 GIS 技术,更加快速、准确地对宁波市皎口水库、周公宅水库饮用水水源保护区进行了划分,划分方法较为科学合理,实现了保护区范围的半自动化界定^[9-10]。将研究成果作为参考,严格执行饮用水水源保护区相关规定,对于饮用水源地水质的日常保护工作具有显著的意义;同时,该研究对水资源的开发利用和其他类似的水库水源保护区的划区定界也具有参考意义。

参考文献:

[1] 袁彩凤. 河南省城市饮用水水源保护区划分技术方法 [J]. 环境保护,2007(20):25-28.

(上接第 82 页)

c. 运城峨嵋台地地下水主要补给源是大气降水的入渗,其补给方式有两种,即面状入渗与地裂缝直接入渗,该区地裂缝直接入渗方式占据很大比例,降水补给较快。峨嵋台地为一地垒构造,地下水位埋深较大,超过 100 m,近年来随着峨嵋台地果林面积的增大,开采量明显增加,地下水埋深逐年下降,并据有关资料统计,台地涉及的万荣县、临猗县和稷山县地下水开采量已超过本区可开采量,开发利用程度超过 100%,因此此次超采区复核评价工作需对峨嵋台地进行重点分析,确定其超采范围。

d. 根据岩溶泉水流量的动态分析,受人类活动影响而导致泉流量衰减幅度较大的泉主要有洪山泉和郭庄泉,衰减幅度分别为 84.4% 和 68.9%,且洪山泉评价期(2001—2010 年)泉水流量衰减率高达 7.9%,因此此次泉域分析重点除断流的晋祠泉、兰村泉、古堆泉和有超采的三姑泉外,还应重点分析洪山泉、郭庄泉应对局部地区,如汾阳杏花村水源地。

4 结 语

从 1993—2005 年,山西省地下水超采区面积和超采量均有增加。随着山西省近几年对地下水超采区进行关井压采等治理措施的实施,会使超采区局部范围有所恢复,但笔者在分析近 20 a 平原区地下水位动态和岩溶泉水流量动态的基础上,认为盆地

[2] 庄翠蓉. 基于 3S 技术的水库饮用水水源保护区划分 [J]. 环境保护与循环经济,2009(2):51-54.
[3] 韩丽荣,梅荣. 基于 DEM 提取流域自然水系的研究 [J]. 内蒙古科技与经济,2010(2):56-59.
[4] 孙崇亮,王卷乐. 基于 DEM 的水系自动提取与分级研究进展[J]. 地理科学进展,2010,27(1):118-124.
[5] 马振刚,李黎黎. 基于 GIS 和 DEM 的洋河流域水文特征提取方法研究[J]. 河北北方学院学报:自然科学版,2008,24(1):69-72.
[6] 汤国安,杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程 [M]. 北京:科学出版社,2006.
[7] 冉磊,王健,程丽萍,等. 基于 DEM 的普渡河流域水文特征提取方法研究[J]. 城市勘测,2009(5):123-129.
[8] 谢顺平,都金康,罗维佳,等. 基于 DEM 的复杂地形流域特征提取[J]. 地理研究,2006,25(1):96-102.
[9] 林桂兰,庄翠蓉,孙飒梅,等. 水源保护区划界的遥感与 GIS 技术研究[J]. 遥感技术与应用,2002,17(2):99-103.
[10] 贺涛,彭晓春,白中炎,等. 水库型饮用水水源保护区划分方法比较[J]. 资源开发与市场,2009,25(2):122-123.

(收稿日期:2011-10-26 编辑:徐 娟)

平原区和岩溶泉域的超采范围可能还会有所增加,因此,在新一轮超采区复核中应将开采实际、水位动态和新增各种工程措施结合起来,全面细致分析山西省盆地平原区和岩溶泉域的地下水变化特征,确定超采范围。

参考文献:

[1] 王小军,赵辉,耿直. 我国地下水开发利用现状与保护对策[J]. 中国水利,2010(13):38-39.
[2] 陈崇希. 关于地下水开采引发地面沉降灾害的思考[J]. 水文地质工程地质,2000(1):45-48.
[3] 山西省水利厅,山西省水资源管理委员会办公室. 山西省地下水资源可持续开发利用研究[R]. 太原:山西省水利厅,山西省水资源管理委员会办公室,1997.
[4] 薛凤海. 山西省水资源问题研究[J]. 水资源保护,2004,20(1):53-56.
[5] 韩行瑞,鲁荣安,李庆松,等. 岩溶水系统:山西岩溶大泉研究[M]. 北京:地质出版社,1993.
[6] 严德美. 山西省地下水资源开发利用中存在的问题及对策[J]. 水资源保护,2001(4):39-41.
[7] 倪深海,郑天柱,徐春晓. 地下水超采引起的环境问题及对策[J]. 水资源保护,2003(4):5-6.
[8] 宁维亮. 万家寨引黄工程太原供水区地下水资源保护[J]. 水资源保护,2005,21(1):55-57.
[9] 范堆相. 山西省水资源评价[M]. 北京:中国水利水电出版社,2005.

(收稿日期:2011-11-20 编辑:徐 娟)