

· 计算机应用 ·

GIS 在美国源水评估中的应用

陶 涛, 刘遂庆

(同济大学污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092)

摘要: 本文主要研究 GIS 在美国源水评估中的应用, 介绍了地理信息系统在国内外源水评估中的重要性, 详细的论述了美国源水评估地理信息系统 (Water Source Appraise GIS - WSA - GIS) 的开发过程, 主要包括设计数据库、建造数据库、分析数据以及显示结果四个方面, 从而为我国建立水源评估的 GIS 提供参考。

关键词: GIS; 源水评估; 数据库; 美国

中图分类号: X143

文献标识码: A

文章编号: 1001-3644(2004)06-0098-04

Application of GIS in Water Source Appraisal in U.S.A.

TAO Tao , LIU Sui-qing

(State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse , Tongji University , Shanghai 200092 , China)

Abstract : In this paper , it mainly studied GIS application in U.S.A. water source appraisal , introduced the importance of GIS application on water source appraisal , detailed argumentation about GIS application course in the water source appraisal of U.S.A. , including database design , database building , data analyses and result show . It offers reference for setting up GIS of water source appraisal in China .

Key words : GIS ; water source appraisal ; database ; U.S.A.

1 引言

水是人类生存和发展不可缺少的物质条件, 是工农业生产无可替代的重要资源, 又是制约城市建设存在和发展的重要因素。随着世界人口城市化进程的加快以及人类生活水平的提高, 城市的需水量在逐年增加。另一方面, 水源污染日趋严重, 并以多复合型污染为基本特征, 造成大比例水资源不能作为城市饮用水水源, 极大地加剧了城市水的供需矛盾, 使水资源危机更趋严重。进行城市饮用水源的保护研究, 确保城市居民饮用水的质和量问题无疑是摆在全社会面前的紧迫问题。由于源水评估的结果与源水保护方案的制定和水处理方法的选定有着密切的关系, 因此源水评估是保证饮用水水质的一个非常重要的方面。

欧美国对水源的选择和保护是非常重要的, 甚至是不惜代价, 他们利用计算机技术和卫星、航空遥

感技术建立起来的 3S (GIS , GPS , RS) 应用技术已广泛的应用在饮用水源保护的规划设计、工程实施及管理、监测工作中^[1 2 3]。我国与发达国家饮用水源保护的科研管理水平相比差距很大, GIS 的应用尚处于初级阶段, 当前的研究重点是建立比较完整的监测网络, 然后将科研、生产、管理逐步向 3S 系统管理并轨^[4]。本文拟通过论述美国源水评估地理信息系统 (WSA - GIS) 的开发过程, 为我国这一方面研究工作的开展提供借鉴。

2 WSA - GIS 内容概述

美国的源水评估通常由环境保护局或卫生局牵头, 农业局或相关部门以及土地和节水部门参与, 地方政府和供水系统是主要的参与伙伴, 对于跨地区的源水区, 州政府也鼓励州之间或国际之间建立伙伴关系共同进行水源保护。美国源水评估一般包括四个方面^[5]。

2.1 确定水源保护区域 (SWPA - surface water protection area) 的轮廓

包括分水岭或地下水区域的部分, 这些可能会对

收稿日期 2004-05-18

基金项目 国家自然科学基金青年基金项目(50409016); 中欧科技合作第五框架项目(ICA4-CT-2002-10004)

作者简介 陶 涛(1974 -) , 女, 重庆人, 2001 年毕业于武汉大学水文学及水资源专业, 博士。主要从事城市水资源管理及保护方面的研究。

源水产生污染。在地表水水源保护区划分时，还必须标明地表供水区和地下供水区。

2.2 确认 SWPA 里的饮用水污染源的所有主要的潜在性来源

制定详细目录描述点污染源和面污染源的来源(或来源的种类)。源水污染源主要有安全饮用水条例规定的污染物、地表水处理规则中包括的污染物以及隐孢子虫，除此之外，还应包括规则中没有规定但对人体健康产生危害的一些微生物，如病原体病毒等。

2.3 分析对某一污染源的敏感性

敏感性分析既是对潜在污染源的衡量，也是在

SWPA 水源之间一个比较。

2.4 源水评估的结果公布于众

美国在 GIS 应用方面已经取得了卓有成效的结果，在源水评估方面更是居世界前沿。WSA-GIS 的开发主要分为四个主要阶段：设计数据库、建立数据库、使用数据库进行数据分析和显示结果。对于源水评估来说设计数据库包括建立研究区域，确定所需要的数据、详细列举数据来源、确定坐标系统和尺度以及 GIS 的结构。而建立数据库需要收集数据和详细调查污染源种类。分析数据包括评价潜在的污染源、划分水源保护区等。具体见下图。

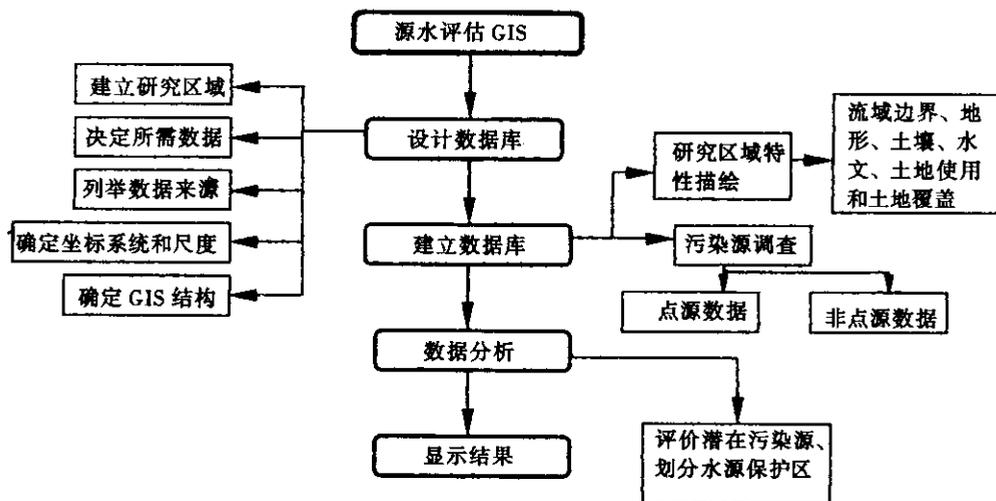


图 WSA-GIS 的开发内容

3 WSA-GIS 的开发

3.1 设计数据库

3.1.1 划分研究区域

污染物流经源水集水区域，那么整个源水集水区就面临被污染的风险，所以如果水源是河流或水库等地表水，那么污染区域就是整个分水岭以内流域；如果水源是地下水，那受影响的区域就是地下水的蓄水层。

划分研究区域的第一步是确定源水取水点的地理位置。地理位置可以通过对地图或野外调查获得 GPS 点进行数字化得到，这些点记录在数据文件中以便用于 GIS 来确定源水取水区域。地表水的集水流域一般可以通过一个同流域边界的 GIS 识别。研究区域可能是整个流域或者部分流域，这主要依赖于河流或水库的源水集水的位置。在美国，流域边界数据的国家标准可以从 USGS 得到，其数据类似于水文的单位密码

(HUC)。

3.1.2 确定所需数据

源水评估应当确定研究区域和它的特征、目前的和潜在的污染源和污染物控制的方法。这就需要建造一个 GIS 数据库，内容包括研究区域的物理特性、污染源和影响污染物流动的物质特征等数据。

3.1.3 数据列表

在确定了源水评估所需要的数据后，有些数据就可以直接从相应的数据库中得到。在美国许多联邦、州都已经建立了相应的 GIS 数据库，是否适用要看其所需要的比例和精度。许多区政府和地方政府也同样具有详细的、大规模的 GIS 数据库，包括土地所有权、风景特征等和其它相关信息。

在对数据进行详细列表时，应记录每组数据的详细信息，如数据组名、来源、格式、比例、投射和投射参数、属性、成本和其它相关信息等，这些都会帮

助确定该数据组是否能用于评价过程。

3.1.4 确定坐标和比例

坐标系统的选择以需要转换的数据的最少数量为原则。数据转换肯定会存在风险，并有可能导致数据出现误差。因为数据层在不同的坐标系统里不能准确叠加，因此需把它们转换到一个统一的坐标系统里，可以减少混乱。在设计数据库的过程中，应尽早做出决定使数据组有系统地转换到适当的坐标系统里。

3.1.5 确定 GIS 基础结构

GIS 的结构包括硬件、软件和完成任务所需要的人员。在数据库设计过程中尽早确定 GIS 工具是非常重要的，这将直接影响到数据转换的数量以及相应的人员培训。

3.2 建造 GIS 数据库

建立 GIS 数据库包括收集所需要的数据组、对相应的数据形式进行转化和坐标系统的转换，证实数据的准确性，另外如果需要，还要对数据进行校正。

3.2.1 描绘研究区域的特性

在决定 GIS 数据库所需数据后，首先是收集数据，并转变成适当的单位。数据种类包括流域物理特性的描写、污染源和类型。为了了解污染物对饮用水水源的污染过程，必须考虑影响水流的因素，主要有地形、土壤、水文、土地使用和土地覆盖物和污染物特征等。例如，在一次降雨后、污染物的类型就取决于土地的使用和覆盖物（例如农作物中的杀虫剂和肥料、停车场中的盐分和油脂等）。水的流向取决于地形、泥土过滤特性，这也决定了下渗的时间。

3.2.1.1 流域边界

在美国，流域边界或 HUC 边界可以从 USGS 得到，HUC 界有 1:2,000,000 和 1:250,000 两种比例，USGS 也提供水文单位编码计划的信息。另外，一套流域边界的数据可以通过划分有高程轮廓线的大范围地图的边界得到，这样就可对边界数字化。

3.2.1.2 地形

地形数据可以从数字化流域模型 (DEM) 中得到，数字化流域模型以一定的水平位置为间距，记录了地形高程。SPOT 映象公司提供以 10 米为间距的数字化流域模型，储存在 TAME 格式中，USGS 也提供四种比例的以 30 米为间隔的 DEMs：分别是 7.5 分、15 分、2arc-seco 和 1 度。

7.5 分 (大规模的) 数据是从数字化的绘图轮廓或从扫描的国家天线摄影 (NAPP) 相片在 7.5 分块里产生，DEM 数据以间隔为 30 米储存在文件中。每

个文件中的高程是不同，因为 UTM 投影坐标系统中的北方与正北方存在着一定的误差。目前美国有对应 USGS 的 7.5 分地形格栅图系列的 DEM 数据，阿拉斯加除外。

3.2.1.3 土壤

美国农业局 (USDA) 的自然资源保护局 (NRCS) 有三种土壤地理数据库。数据包括近 18,000 种土壤类型的土壤物理和化学属性。每种数据库有三个种类：土壤属性 (微粒大小、容积度、水容量、有机物和盐浓度)、地点属性 (洪水、潜水面深度、底岩深度和土壤下沉度)、使用和管理属性 (环境卫生设施，该地的发展、娱乐性发展、牧地潜力、结构物质、农作物、林地适合性和野生生物环境适合性)。

土壤检测地理数据 SSURGO 可以提供最详细的数据信息。在美国，主要有两种土壤地理数据，州土壤地理数据 (STATSGO) 和国家土壤地理数据 (NATSGO)，STATSGO 是一个较为粗糙的数据库，主要用于地方，州与州之间、流域资源规划、检测和管理方面，其比例为 1:250,000；NATSGO 适合用于国家或地方进行资源评估和规划，比例为 1:5,000,000，它拥有主要的土地资源区域信息。

3.2.1.4 水文

在美国，联邦政府可以提供 1:24,000 比例的水文数据资料，而州或者地方政府则可以提供更详细的资料。另外，USGS 的数字化曲线图 (DLGs) 提供 5 种主要数据类型的信息：USGS 边界、公众的陆地调查、交通 (包括管道和电线)、水文学 (溪流和水体) 和 hypsography (上升轮廓)。DLG 数据也可以转换到与有关 GIS 软件相兼容的其它版本里。

3.2.1.5 土地使用和土地覆盖物

联邦政府处也提供土地使用和土地覆盖数据。但是在大多数情况下，联邦的数据有些过时或不够详细。更加详细的 (大规模的) 土地使用数据可以参考城镇辅助地图，它有几种不同的比例 (例如，1:200、1:2,400、1:4,800)。城镇辅助地图可以为调查城市区域污染源提供较好的信息。另外公路和交通部也可以为城市街道和地方道路提供相应所需的地图。

3.2.2 潜在污染源列表

潜在污染源包括点源和非点源污染，导致供水污染的原因是多方面的，如设计不当、管道设施的不正确安装，或者供水管和污水管理在同一沟槽等。GIS 数据库应包括全部潜在的污染源，污染物的分类取决于进入供水系统的可能性和可能导致的污染程度。

污染物清单包括操作记录、泄漏、处理过程,以及区域划分和从地方政府机构获得的健康记录,这些相关信息都应该收集,侧重于污染源的搜索,包括:泄漏地点;储存、污水处理点;传输过程;导致泄漏的一些行为:如修建高速公路、农药的使用等;微生物作用的影响,具体的数据应该通过具体实地调查得到。

3.2.2.1 点源数据

点源污染是指污染物由可确认的地点流入水体中,包括污水处理厂的废水排放、工厂排放物、仓库、饲养圈、储罐(表面和地下的),化粪池、污水管道及管网结合处的渗漏等。这些数据主要来源于污水排放管理处,环境保护局,自来水公司等,并且要说明相应的用水计划。

3.2.2.2 非点源数据

非点源污染则是指环境中的污染物,并非由单一可确认的地点流入水体所导致的污染,非点源(NPS)污染是美国水质污染的主要原因。NPS污染一般发生在降雨时,由于地表径流将污染物带进河,湖或沿海水里,或渗入到地下水。NPS的主要污染源是资源采集,农业活动,城镇排水和市政活动等(EPA, 1996)。

能导致NPS污染的资源采集活动包括采矿(表面,浅层表面,疏浚),石油活动,工厂和矿厂残渣,废弃矿和死矿等。引起NPS污染的农业活动主要包括放牧、耕地、灌溉、施肥、种植、收割等,农业活动的主要污染物是沉淀物、营养物、病原体、杀虫剂和盐等。

3.3 分析数据

建立好数据库后,进行数据分析,以评价潜在污染源带来的风险,主要包括以下两项内容。

3.3.1 污染源风险分析

3.3.2 相似性分析和划分保护区域

在污染源被确定之后,对取水点的影响就可以通过地图的形式表现出来。GIS数据库可以生成各种比例尺的地图,表明潜在的污染物与给水系统的接近性,这样通过数据显示的实际和潜在的污染物的地理位置,源水保护范围就可以被确定。

保护区域通常是在取水点的上游或附近区域,美国一般采用三种方法来划分地表水源保护区:地形区域、缓冲距离和流动时间(TOT)(EPA, 1997b)。对于使用地下水系统的系统,方法的选用主要是以固定

半径、地理水文特性、模拟(分析及半分析)污染物扩散模型(EPA, 1993)等为基础。方法的选取以易使用,所需信息的详细程度和可利用的资源为选择依据。使用地下水和地表水源的PWS(公共供水系统)则需要两者结合考虑来确定水源保护区。

3.3.2.1 地形区域

地形区域一般定义为分水岭内的流域。

3.3.2.2 缓冲区

缓冲区的划分是为了保护取水口,并且一般依赖水文地质、地形学和溪流水文。对于地表取水的保护缓冲区是湖、河流两岸岸边的上游植被地带,缓冲区宽度一般在15米到60米范围内,这主要取决于地形条件、土地使用、政治和法律因素(EPA, 1997b)。缓冲区减少了污染物对水质的影响,增加野生动物栖息地并且改进了河岸的完整性。

3.3.2.3 流动时间

取水河流与工业、商业及市政排污有关时,就要用TOT方法来确定源水保护区。污染物从上游排污口到达取水点的时间可以通过溪流TOT来估计。取水点污染物的浓度也可以通过各种水质模型来估测。TOT方法可以预测污染物对取水点的影响情况,因此对预测到的突然泄漏情况,就可以提前采取一定的保护措施。

TOT方法同样也应用在地下水源保护区的确定上。地下水流速明显要比地表水流速慢,这样就有更多的回应时间来控制或补救污水的泄漏。

3.4 显示成果

地图是地理信息的图解表示,并且可以提供强有力的视觉上认识。地表水评估计划要求在全过程中有民众参与,包括方法的发展及源水评估,因此最后的成果要显示给民众,以便提出改进意见。

参考文献:

- [1] 杨爱玲,朱颜明.城市地表饮用水源保护研究进展[J].地理科学, 2000, 20(1):72-77.
- [2] Xiang W. Application of GIS based stream buffer generation model to environmental policy evaluation[J]. Environment Management, 1993, (17) 817-824.
- [3] Gilliland M W, Baxter Potter W A. Geographic Information System to Prediction Non point Source Pollution Potential[J]. Water Resource Bull., 1987 (23) 281-290.
- [4] 林桂兰,庄翠蓉,孙枫梅等.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.
- [5] 李京璋.美国地表水水源的流域管理[J].上海环境科学, 1993, 12(3) 39-40.