

香日德河流域水资源地理数据库的构建与应用

林时君¹, 贾绍凤²

(1. 广东省水利水电科学研究院, 广东 广州 510610)

(2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 基于 ArcHydro 和 Groundwater 数据模型的数据整合理念, 以柴达木盆地的香日德河流域作为样例, 构建了香日德河流域的水资源地理数据库。使用该数据库能够帮助我们更加深刻理解当地的地表、地下水循环, 为当地流域的科学管理和决策提供支持。

关键词: Hydro 数据模型; Groundwater 数据模型; 水资源地理数据库

中图分类号: TP311.13 **文献标识码:** B **文章编号:** 1008-0112(2010)08-0043-03

1 概述

在传统意义上, 水资源信息主要指水文观测站记录的水资源相关的时序数据, 包括降水、径流、水质和气象等。近年来, 随着 GIS 在水资源研究中的应用越来越广泛和深入, 很多空间信息, 例如流域的地形地貌、河网等, 已经成了水资源信息的重要组成部分。但是, 由于时序数据和空间数据在结构上的巨大差异, 当前的水文数据库往往把时序数据和空间数据分开存储。把水资源相关时序数据和空间数据整合到一起管理, 可以帮助我们更加深刻地理解当地的水资源情况。如何在对水文数据进行存档时做到时序数据和空间数据的整合, 成了急需解决的问题。

另外, 尽管现在我们对地下水和地表水一般都分开进行模型模拟和分开管理, 但是在很多涉及水的供应、水质和地下含水层退化等的课题上, 对地表水和地下水的交互的研究已经越来越重要^[1]。对地表水、地下水模型进行整合可以极大的方便地表水、地下水交互作用的研究。地表水、地下水数据整合可以为地表水、地下水模型的整合打下良好基础, 促进地表水、地下水模型的整合。

ArcHydro 数据模型 (简称 Hydro 数据模型) 和 ArcHydro Groundwater 数据模型 (简称 Groundwater 数据模型) 是美国得克萨斯州立大学联合 ESRI 公司设计, 并分别于 2002 年和 2005 年发布的 2 个水文数据模型。在这 2 个数据模型中, 实现了空间数据和时序数据的整

合, 以及地表水和地下水数据的整合^[2]。

2 技术和步骤

2.1 利用遥感信息辅助河网提取

目前自动提取流域信息的算法中的绝大多数都是基于 DEM 进行地形分析, 获取相关的流域信息。应用较广的基于 DEM 提取数字河网的方法是 O' Callaghan 和 Mark 于 1984 年提出的 D8 算法^[3]。D8 算法需要假定研究区内产流空间上的均匀性, 且由该径流产生的侵蚀地貌响应空间上亦是均一的^[4]。除了前提假设导致的误差, 还有算法本身的不足以及 DEM 的信息量不足导致的误差^[5]。其中 DEM 信息量不足, 主要是指 DEM 缺乏区分平坦地区和湖泊的能力。

为了解决提取河网时遇到平坦地区问题, 以及 DEM 不能识别湖泊的问题, 很多学者对 D8 算法做了改进。例如, 为了克服 DEM 信息量不足而提出的 AGREE 算法^[6], 以及附加 DRIN (Digital River And Lake Network) 法^[5]等等。针对平坦地区问题和 DEM 不能识别湖泊的问题, ArcHydro Tools 提供了专门的处理工具。

利用遥感图获得研究区域的河网及湖泊的矢量数据之后, 可以分两步对使用 DEM 提取河网的过程进行干涉。首先使用河网数据对初始 DEM 进行预处理, 人为地降低河网附近的 DEM 栅格的高程值。这样使用处理过的 DEM 提取河网时, 可以保证提取的河网和真实河网严格一致。在使用处理过的 DEM 生成流向网格之后, 对于非内流湖, 使用湖泊的信息修正湖泊水体内的流向, 使湖

收稿日期: 2010-07-20 修回日期: 2010-07-30

作者简介: 林时君 (1979-), 男, 硕士, 从事水工建筑及水利信息化研究。

内每一点的流向都指向湖内的水流主要流动方向。

2.2 水资源地理数据库的构建

打开 Arc Catalog 创建一个新的地理数据库,并根据 Hydro数据模型的规范搭建地理数据库的框架、表结构以及表与表之间的关系。地理数据库的框架搭建完毕之后,便可以往数据库录入数据了。

2.2.1 导入水文网络 (Hydro Network)

在使用 DEM 提取河网时, Hydro 工具箱会自动将所提取出的水文矢量要素存储在一个名为“Layers”要素集内(“Layers”要素集由 Hydro 自动创建)。基于 DEM 提取了河网之后,可以进一步利用 Hydro 工具箱提供的功能,建立水文网络。水文网络是一个几何网络,在拓扑关系上,节点(Junction)和边线(Edge)是严格连接的。另外,边线还可以设置方向。我们可以利用水文网络的节点和边线的连接规则来反应实际河网的行为。

2.2.2 导入汇流区要素

使用 Hydro 工具箱进行河网的提取时,会自动生成汇流区数据。同时, Hydro 工具箱还会自动建立汇流区和水文网络之间的关联。我们只需要把汇流区数据导入地理数据库中的 Drainage 要素数据集即可。

2.2.3 导入水文地理要素

根据 Hydro 数据模型的规范,添加了水文站、雨量站等观测站点,以及湖泊、山塘等水体(Waterbody)。并设置了观测站点、水体和水文网络的水文节点(Hydro-Junction)之间的关联。

2.2.4 建立流域时间序列

对收集到的 Excel 格式的和纸质的观测站资料进行整理,根据数据模型的 Timeseries 表格的规范,生成时序数据。收集到的观测站数据包括 1956 年至 2000 年的香日德和千瓦鄂博水文站的年径流量、月径流量、年降雨量、月降雨量,以及 2005 年的小夏滩雨量站的日降雨量等。

3 地理数据库的初步应用

香日德河流域位于青海省中部,柴达木盆地东南隅,区内水土资源相对丰厚,气候条件也适宜农作物稳产高产。近年来,随着经济及城市化的迅速发展,香日德流域内对水资源的需求急剧上升,这使当地水资源压力更加严峻。为了确保当地经济和生态环境的可持续发展,必须加强当地水资源的管理。流域水资源信息是流域水资源管理的重要依据,合理地组织流域水资源信息对水资源管理至关重要。建立一个整合空间数据和时序数据、整合地表水和地下水数据的水资源数据库,

能够帮助我们更加深刻地理解当地的地表、地下水循环,为当地水资源的科学管理和决策提供支持。

基于 Hydro 数据模型和 Groundwater 数据模型的规范,构建包含地表水空间数据、地下水空间数据、时序数据以及栅格数据的 Hydro 水资源综合数据库。数据库结构内容如图 1 所示。

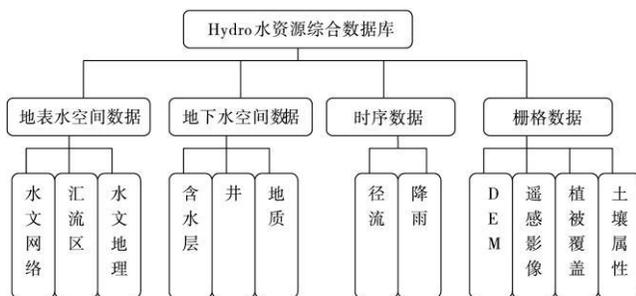


图 1 香日德河流域 Hydro 水资源综合数据库结构示意图

3.1 数据的查询和分析

Hydro 水资源综合数据库是一个构建于 ArcGIS 软件环境之内的地理数据库,可以非常方便地利用 ArcGIS 提供的强大的数据浏览和查询功能对数据进行查询。例如,我们可以利用 ArcGlobe 模块对流域进行三维浏览,如图 2 所示。



图 2 使用 ArcGlobe 显示流域三维效果

Hydro 水资源综合数据库包含有观测站点的时序数据,数据模型配套的工具箱提供了在 ArcGIS 软件环境内查询时序数据的功能。例如,利用 Hydro 工具箱的时序数据图 (Time Series Plotter) 功能,可以查询选中的观测站点的时序数据。图 3 为查询香日德水文站年径流量变化的曲线图。

Hydro 水资源综合数据库是一个整合时序数据和空间数据的数据库。数据模型配套的工具箱提供了分析水文要素时空变化的工具。例如,利用 Hydro 工具箱的显示时序序列 (Display Time Series) 功能,可以生成降雨分布的变化动画,如图 4 所示。

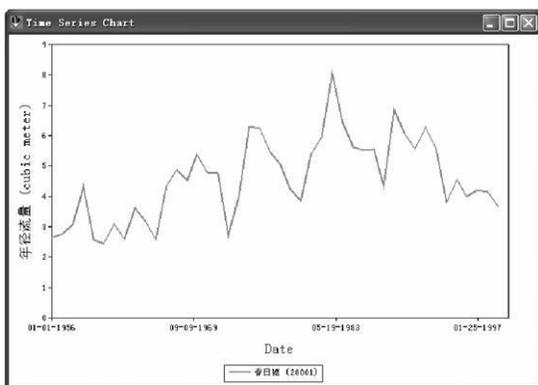


图 3 在地图上查询某个观测站点的时序数据

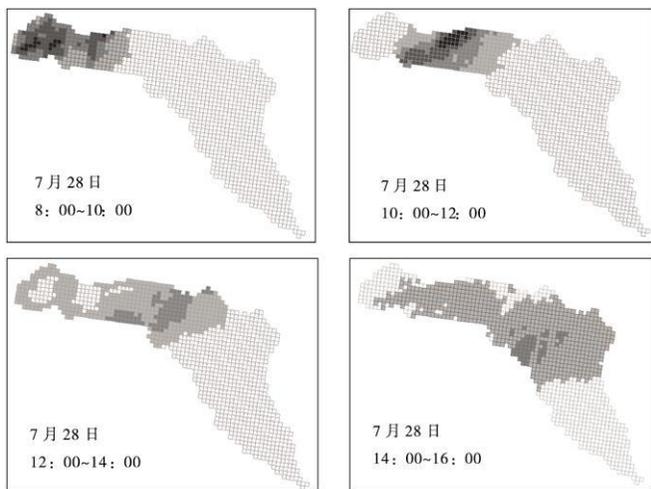


图 4 降雨过程的时空变异分析

除了使用 ArcGIS 对数据库进行查询分析, 我们还可以使用 Access 直接打开数据库, 把时序数据导入 Excel, 使用 Excel 对时序数据进行分析。Excel 计算功能、绘图功能都非常强大, 还提供 VBA 编程环境, 非常适合用于进行水文模拟和水利计算。

3.2 基于水文网络的网络分析

由于水文网络是一个几何网络, 因此我们可以对水文网络进行网络分析。在 ArcGIS 中, 使用“Utility Network Analyst”工具箱可以对几何网络进行网络分析。图 5 显示了使用几何网络分析功能分析千瓦鄂博下游河道的情形。

4 结论

使用遥感影像辅助提取河网的方法, 利用 Hydro 工具箱基于 DEM 提取分析流域河网, 按照 Hydro 数据模型和 Groundwater 数据模型流域信息分类分层存储方式, 建立整合空间数据和时序数据、整合地表水和地下水数据的水资源数据库。使用该数据库能够帮助我们更加深刻理解当地的水循环, 为香日德河流域科学管理

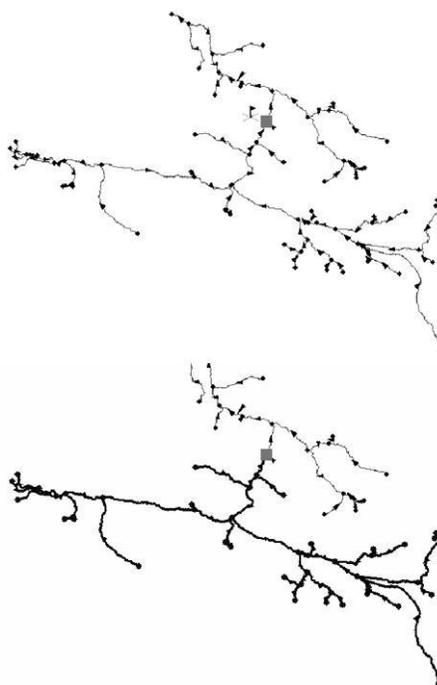


图 5 分析千瓦鄂博的全部上游汇流支流

和决策提供支持。同时, 该数据库的构建还是流域信息合理组织存储的一次有益的新尝试, 为今后构建当地整合地表水和地下水的模拟模型提供了基础, 是研究香日德地区地表水、地下水交互的一个起点。

参考文献:

- [1] Winter T. C., J. W. Harvey L. O. Franke W. M. Alley. Ground water and surface water a single resource[J]. U. S. Geological Survey circular 1139.
- [2] Maidment D. R. Arc Hydro GIS for Water Resources[J]. ESRI Press, Redlands, CA.
- [3] Martz LW, Garbrecht J. Automated of valley lines and drainage networks from grid digital elevation model recognition a review and a new method comment [J]. Journal of Hydrology 1995, (167): 393- 396.
- [4] O' Callaghan J E, Mark D M. The extraction of drainage network from digital elevation model data[J]. Computer Vision Graphics and Image Processing 1984 (28): 323- 344.
- [5] Turcotte R, Fortin J P, Rousseau A N. Determination of the drainage structure of a watershed using a digital elevation model and a digital river and lake network[J]. Journal of Hydrology 2001, (240): 225~ 242.
- [6] Hellweger F. Agree- DEM surface reconditioning system [DB / OL] . http // www. ce.utexas.edu/prof/maidment/gishydro/feldi/research/agree/agree.html

(本文责任编辑 马克俊)