

## 一、引言

### a. 系统简介

水文信息资料是研究江河、河口、海湾水流运动规律的基础资料，对某一水域进行综合规划研究，需要系统地整理、分析这些资料，以便对所研究的区域有整体、深入、形象的认识和了解。水文信息是整个水利信息中数字化程度最高的信息。<sup>[1]</sup>但是水文信息种类繁多、数量庞大，就一个水文站而言，几十年的各种水文资料数以亿计。此外，水文数据具有连续性、规律性、周期性、相关性和不确定性，所以水文数据的加工、处理工作十分复杂<sup>[2]</sup>。因此建立一个水文信息管理系统，能够方便管理庞大的水文数据，对于实现水文资源信息的管理和共享有十分重要的意义。而在目前，开发一个水文信息管理平台的广泛的就是利用 GIS 技术。GIS 是一门涉及信息技术、电子技术、地图科学、系统科学等综合性的学科。经过几十年的发展，GIS 已经广泛应用于地质勘探、军事国防、公安消防、基础设施、规划、农业、国土等领域，其主要功能为地理数据的采集、管理、分析、操作、模拟和显示输出，它与计算机地图制图在许多方面有相同之处，但其特色是在处理非图形的属性数据与分析图形单元的拓扑关系方面具有强大功能，并且它所用的数据分析方法具有很强的专业化特征，因此已成为地理学的重要手段之一<sup>[3]</sup>。同时 GIS 技术也是建立水文信息管理系统的一个强大的技术平台。

基于 GIS 技术的水文信息管理系统就是采用 GIS 软件平台和计算机编程技术进行开发，以此实现水文信息采集、存储、处理、分析和应用。而 GIS 技术的发展为水文信息系统开发提供了良好的条件：一方面我们能利用 GIS 技术实现集成化的水文信息数据管理，实现数据查询、存储、处理等；另一方面利用 GIS 的空间分析功能，结合水文的专业分析模型，对水文盲区进行预测，弥补这类地区信息缺乏的不足之处，同时对水文信息进行与区域相关的分析如水淹分析、三维分析，得出区域间的水文规律，为水文管理提供决策服务。因此，GIS 技术在水文信息管理中的应用，不仅增强了人们对水文资料的深入认识，而且为，并为水资源管理工作提供水资源空间信息支持和管理决策依据。<sup>[1]</sup>

现状分析：

目前，国内外已有不少人进行了水文信息管理系统的设计，也取得了许多进展。大部分都是基于 ARCGIS 软件平台，利用 VisualC++、VB.NET 等编程技术等开发出一个系统软件。如吴小芳等利用 VisualC++ 技术结合 ARCGIS 软件，开发出了一个水文信息系统，以我国南

方地区长江、淮河、珠江等流域水文测站数据信息为基础,实现了水文测站资料的整汇编数据处理、报表生成,测站地理信息及整编成果管理、水文要素相关性分析等功能为目的的软件系统<sup>[1]</sup>。而孟晓路等则是利用 ARCGIS 软件中的 ArcENGINE 平台,结合.NET 技术与辽阳市水资源管理工作相关的基础地理、水文水资源及水资源政策法规等相结合,组建了由外网、内网及数据库维护人员所构成的 3 层综合性水资源管理信息系统<sup>[5]</sup>。当然除了 ARCGIS 外,还可以利用其他 GIS 软件平台,如山东菏泽水文水资源勘测局的郭仁华等就利用以 VisualBasic 和 MapInfo 为开发平台,应用了功能强大的 SQLserver7.0 构建数据库存放雨水情信息。此外,还有基于 WebGIS 技术建立一个动态的水文信息网站,如福州大学的梁娟珠等就利用 WebGIS 技术和动态网页技术的完整应用网站系统,以网页的形式向用户提供实时的水文信息,用户可以在网上浏览传统意义上的实时水文信息,并且在网上实现地图的交互式访问<sup>[8]</sup>。

## b.参考资料

- [1]吴小芳,胡月明,徐智勇,黄茂军,赖厚贵. 基于 GIS 的水文信息系统的设计与实现[J]. 大气科学, 2001, 71-74
- [2]杨平. 山西省水文信息技术平台建设分析[C]. 山西恶劣水利, 2008, 29
- [3]陈金水,李海霞. 基于 GIS 的水利信息系统设计与实现. 计算机与现代化, 2005, 5: 111-115.
- [4]孟晓路,梁秀娟,王静,等. 吉林中部地区水资源管理决策支持系统的开发 EJ]. 吉林大学学报(地球科学版), 2006. 11(36): 39—42.
- [5]孟晓路,赵巨伟,王振颖. 基于 GIS 平台辽阳市水资源管理信息系统的设计与功能[A]. 节水灌溉, 2008
- [6]孙志广,周超. 基于 GIS 系统的水运基础设施地理信息系统的设计与实现[J]. 水运管理, 2002, 7: 38\_H40.
- [7]宫辉力. GIS 技术支持下的城市水资源管理 EJ]. 工程勘察, 1998, (1): 29-32.
- [8]梁娟珠,涂平. 基于 WebGIS 的水文信息查询系统的设计与实现. 水利水文自动化, 2006, 26-29
- [9]赵世华,张秋文. 基于 ArcView/MS 的地理信息系统发布技术[J]. 计算机与现代化. 2003(1).

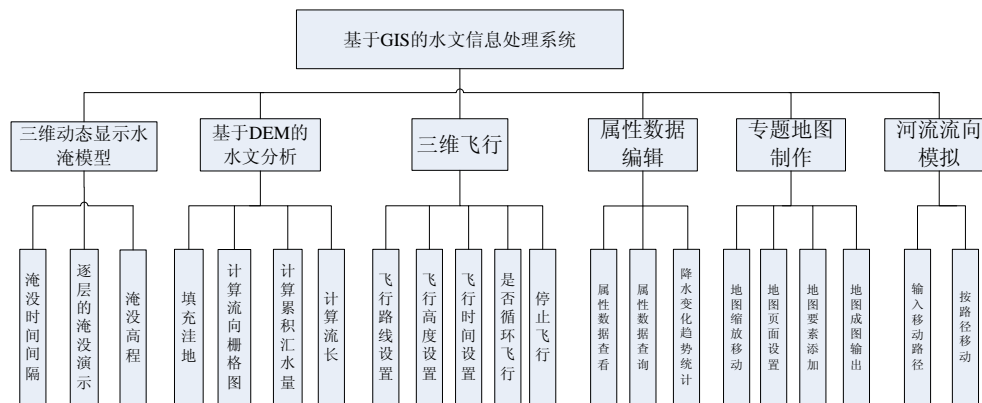
## 二、程序系统的设计方案

### a.模块设计

研究目标: 基于全省多年的降水数据,以及部分地区 DEM 数据建立全省水文信息处理,及其三维可视化表达。

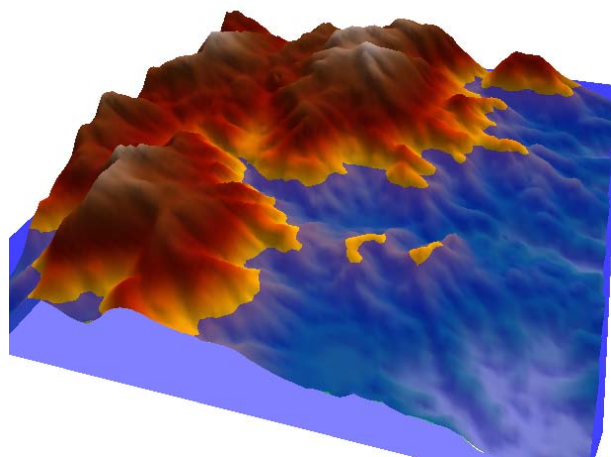
研究内容: 充分利用北京超图软件股份有限公司(SuperMap)公司的 SuperMapObjects2008 组件,进行本系统的开发,研究 GIS 在水文信息的应用,利用 GIS 空间,实现从等高线数据生成 DEM,并进行相应的洪水淹没分析,并根据所生成的 DEM 进行 GIS 水文分析,计算 DEM 的流向栅格图,累计汇水量以及流长。并在 DEM 上实现三维飞行,进行水文信息的大范围浏览。根据已有数据进行水文信息地图的输出、河流流向模拟,属性数据编辑的研究。

主要分为以下模块：



### 1) 三维动态显示水淹模型：

功能：通过设置淹没高度及时间，对三维地图划分不同高度后，逐层的淹没演示



性能：好

输入：DEM

输出：水淹

算法：supermap 的 super3d 控件的 Flood（height）功能

流程逻辑：首先通过设置一个 Timer 控件，利用输入的淹没高度及时间，计算淹没的时间间隔，以及每次淹没变化高度，从而通过调用 super3d 的 Flood（Height）功能进行淹没

接口：程序中无设置接口，使用了 super3d 控件的接口 Flood, Floodenable、WaterColor、refresh 接口

### 2) 基于 DEM 的水文分析：

功能：通过 DEM 模拟的高程模型，对 DEM 进行填补洼地、流向栅格、计算累积汇水量等操作。

性能：好

输入：DEM

输出：填补洼地后数据、计算流向栅格后数据、计算累积汇流量后数据

算法：supermap 的 super3d 控件的 hydrologyoperator 对象的功能

流程逻辑：通过产生一个 hydrologyoperator 的对象，通过该对象调用其功能。

接口：程序中无设置接口，使用了 super3d 控件的接口

### 3) 三维飞行：

功能：通过设置飞行高度与飞行时间，通过视角的移动，全局浏览整个地形。

性能：好

输入：DEM

输出：水淹

算法：supermap 的 super3d 控件的 fly (height) 功能

流程逻辑：通过设置飞行高度与飞行时间，以及 timer 控件，调用 fly (height) 功能

接口：程序中无设置接口，使用了 super3d 控件的接口

### 4) 属性数据编辑：

功能：通过数据的录入，对属性数据进行查询，增加、还有进行数理统计，得到变化趋势

性能：好

输入：DEM

输出：水淹

算法：利用 supermap 控件的 soRecordset 对象，来进行对图层的属性数据的提取和编辑。

流程逻辑：利用 supermap 控件的 soRecordset 对象，首先获取数据源，然后获取数据源的图层，然后来进行对图层的属性数据的提取和编辑。

接口：程序中无设置接口，使用了 supermap 控件的接口

### 5) 专题地图的制作

功能：通过各种地图符号化设置之后，进行专题地图的绘制，排版，输出等。

性能：好

输入：DEM

输出：水淹

算法：supermap 的 superlayout 控件的提供功能

流程逻辑：通过 superlayout 获取 supermap 控件保存的地图，然后根据保存的地图进行地图的成图

接口：程序中无设置接口，使用了 superlayout 控件的接口

## 6) 河流流向模拟

功能：通过数据河流的路径，模拟河流的移动。

性能：好

输入：DEM

输出：水淹

算法：supermap 的 super3d 控件的 Flood（height）功能

流程逻辑：

接口：程序中无设置接口，使用了 super3d 控件的接口

## b.代码设计

本系统的代码采用 VB2005 开发的。并调用 supermap 中的功能模块。

代码设计是 GIS 建设的重要设计内容之一。它是进行信息分类、标识、以便对数据进行存储、管理、和查询检索的关键，也用于指定数据的处理方法，区别数据类型和指定计算机的内容

程序代码的设计要清晰易懂，直接表达程序的意思。命名也是一样。添加注释是必不可少的，可以增强程序的可读性。如果系统在投入使用时发生了问题，很难依靠原来的开发人员来解决。

代码的效率问题也是要注意的。效率高则系统运行时的响应时间就短，用户的等待时间就短。

代码的稳定性。体现了系统的稳定性。代码不稳定则系统时有发生异常，会给使用

的用户带来不必要的麻烦。

c.输入设计

1、输入 Supermap sdb 格式的文件，如图



2、输入 AscII 类型文件，如图



类型中，第一行为生成的输入数据时，生成数据集的数据集名称，如果相同，则在名称后面加上”\_1”,”\_2”...等表示  
第二行开始，为数据的站点名称，x 坐标，y 坐标，降水量，每个数据类型之间间隔 2 个空格。

d.输出设计

1、输出 Supermap sdb 格式的文件，如图



2、输出地图 bmp 格式

e.数据库设计说明

f 安全保密设计

该系统不是所有的用户都可以是使用，只有在用户数据库中的用户才有资格登录。这也相应地提高了系统的安全保密性。在系统外部利用类似系统防火墙的保护程序来保证系统的安全性，进而来保护各方面的数据。

g 评价验收

组织不同的群体对系统的每个部分设计都进行相应的评价。评价的结果是验收的重要标准。根据反馈的信息对系统的界面和程序代码进行修改，使之更符合用户的要求。

h 实施方案说明书

该系统的名称为：水文信息处理系统。使用的编程语言为：vb2005。使用的设备为：supermap object 2008

i 实施总计划

ID	任务名称	开始时间	完成	持续时间	2009年03月				2009年04月				2009年05月						
					3-1	3-8	3-15	3-22	3-29	4-5	4-12	4-19	4-26	5-3	5-10	5-17			5-24
1	前期项目设计	2009-3-4	2009-3-13	8d															
2	数据处理	2009-3-13	2009-3-27	11d															
3	系统开发	2009-3-27	2009-4-27	22d															
4	系统调试	2009-4-27	2009-5-5	7d															
5	项目检核	2009-5-5	2009-5-13	7d															
6	成果提交	2009-5-13	2009-5-29	13d															

j 附录(实例应用)

1、主要功能综合应用实例:

暴雨产生的渍涝灾害给农村经济发展带来严重影响，给农民生命财产造成严重损失。目前国内对渍涝预报的研究已取得可借鉴的成果。如美国在城市降水径流模型及城市排水系统的数值计算模型的开发上取得显著成绩，最有代表性的是城市暴雨雨水管理模型 (SWMM)，对城市排水系统有很强的模拟计算功能’。近年来，将数值模拟方法用于水灾研究，在中国虽然起步较晚，但发展迅速。研究人员以城市地表与明渠、河道水流运动为主要模拟对象，研制了模拟城市暴雨内涝积水的数学模型，在天津、南京、南昌投入实际应用，为了加长渍涝预报的预见期，提高预报精度，需要对现有的预报技术加以改进和提高，寻找新的思路和突破，以建立起一套能满足新的要求的渍涝灾害预报系统，本项目拟对 SCS 水文模型 (SoilConservationService) — CurveNumber 进行本地化调试，并结合 GIS 二次开发技术建立镇渍涝预报服务系统。

2、降水模型的原理:

SCS 径流模型能反映不同土壤类型、不同土地利用方式及前期土壤含水量对降雨径流的影响，它具有简单易行，所需参数较少，对观测数据的要求不很严格的特点，是一种较好的径流计算方法。其基本原理是：假设集水区的实际入渗量 (F) 与实际径流量 (Q) 之比等于集水区该场降雨前的最大可能入渗量 (或潜在入渗量 S) 与最大可能径流量 (或潜在径流量 Qm) 之比，即 (1) 式： $F/Q=S/Q_m$ ，其中 Qm 为降雨量 (P) 与由径流产生前植物截流、初渗和填洼蓄水构成的集水区初损 (Ia) 的差值，即 (2) 式： $Q_m=P-I_a$ ，实际入渗量为降雨量减去初损和径流量，即 (3) 式： $F=P-I_a-Q$ ，由式 (1) — (3) 可得知 (4) 式： $Q=(P-I_a)*(P-I_a)/(S+P-I_a)$ ，为简化计算，假定集水区该场降雨的初损 I a 为该场降雨前潜在入渗量的 0.2 倍即 (5) 式： $I_a=0.2 S$ ，则 (5) 式可改写为 (6) 式： $Q=(P-0.2S)*(P-0.2S)/(P+0.8S)$ 。SCS 模型通过一个经验性的综合反映上述因素的参数 CN 来推求 S 值： $S=1000/(CN-10)$ 。

(1) CN 值

CN 值是土壤渗水能力，在理论上，CN 取值介于 0~1 0 0，但在实际条件下，CN 值在 30~100。根据土壤特性不同，可将土壤划分为 4 大类，并由此确定其 CN 值。A 类：土壤渗透性很强、潜在径流量低，主要为砂土或砾石土，在饱和情况下仍然具有很高的入渗速率和导水率。B 类：土壤渗透性较强，主要为砂壤土，或者在土壤剖面的一定深度具有弱不透水层，在饱和情况下仍然具有较高的入渗速率。C 类：土壤为中等透水性，主要为壤土，或者虽为砂性土但在土壤剖面的一定部位存在不透水层，在饱和情况下保持中等入渗速率。D 类：土壤为弱透水性，主要为粘土等。

(2) 洼地填充

从 DEM 提取流域界线，首先要对地形中的“洼地”和“突起”进行处理，洼地和突起的存在

使得在计算水流方向时会出现水流逆流的情况，给水流线的跟踪和流域界线的确定带来困难。所以提取河流时一定要先进行填注。洼地单元格指相邻 8 个单元格高程都不低于本单元格高程的单元格，突起单元格指相邻 8 个单元格高程都不高于本单元格高程的单元格，当遇到洼地和突起单元格时就用最临近单元格的值来替代。

### （3）水流方向提取

对于每一格网，水流方向指向离开此时格网时的指向，通过对中心栅格的 8 个领域栅格编码，中心栅格的水流方向便可由其中的某一值来确定。从中心单元格开始，周围相邻 8 个单元格的水流方向为 1：东；2：为东南；4 为南；8：西南；16：西；32 为西北；64：北；128：东北。除上述数值之外的其他值代表流向不确定。水流的流向是通过计算中心格网与邻近网格的最大距离权差来确定的。距离权落差是指中心栅格与邻近栅格的高程差除以两栅格间的距离，栅格间的距离与方向有关，如果领域栅格对中心的方向值为 2、8、32、128，则栅格间的距离为 2 的开根号倍的栅格大小，否则距离为 1。

32	64	128
16		1
8	4	2

水流流向编码

（4）、汇流累积量汇流累积量数值矩阵表示区域地形每点的水流累积量。在地表径流模拟中，汇流累积量是基于水流方向数据计算得到的。汇流累积 Laing 的基本思想是：以规则格网表示的数字地面高程模型每点处有以单位的水量，按照自然水流从高处流往低处的自然规律么根据区域地形的水流方向计算每点处所流过的水量值，便得到了该地区的汇流累积量。由水流方向数据到汇流累积量计算的过程，如下图：

2	2	2	4	4	8
2	2	2	4	4	8
1	1	2	4	8	4
128	128	1	2	4	8
2	2	1	4	4	4
1	1	1	1	4	16

水流方向数据

0	0	0	0	0	0
0	1	1	2	2	0
0	3	7	5	4	0
0	0	0	20	0	1
2	2	1	4	4	4
0	0	0	1	24	0
0	2	4	7	35	4

汇流累积数据

（5）、渍涝评估将每个网格点的径流量与其对应的每个网格点的汇流能力栅格进行空间相乘得到每个网格点的汇流量。将每个单元格上的汇流量除以单元格面积，得到相应的径流深。按照国家气象局渍涝灾害等级划分标准发布对应地区的渍涝风险气象等级预报。



等级	涵义
1 级	无渍涝灾害
2 级	轻渍，地面径流深=0
3 级	重渍， $0\text{mm}<\text{地表径流深}<10\text{mm}$
4 级	轻涝， $10\text{mm}\leq\text{地表径流深}<20\text{mm}$
5 级	重涝，地表径流深 $\geq 20\text{mm}$

渍涝灾害气象等级表

2009-9-2

飞鸟小组