

黄河三角洲水冰险情预警信息系统 设计与分析应用探讨*

狄小春 励惠国 陈峰 唐新桥 宫汝俊 田志刚

(中国科学院国家计划委员会 地理研究所资源与环境信息系统国家重点实验室)

1990 年 1 月 20 日收稿

摘 要

本文探讨了黄河三角洲地区水冰灾情信息系统的建立方法及其应用问题。介绍了该系统的设计原则,数据结构,建立方法和程序,并对其应用进行了分析研究。该方法也适用于其它区域。

关键词 地理信息系统 地理信息系统数据库 数字地形模型

黄河三角洲地区的水灾来自两方面的原因:一是夏末秋初降雨季节的洪水;二是每年冬季常发生的凌汛^[1]。自 1855 年以来,由于上述原因黄河尾闾发生大的改道有 10 多次^[2],造成了严重的灾情和巨大的损失。随着社会进步和科学技术的发展,人们掌握了黄河泥沙运行的规律,在实施人工控制改道的情况下,黄河下游出现了 30 多年未发生决堤的伟大奇迹^[3]。然而只要黄河水和泥沙特性得不到根本性的改变,该地区的洪水冰凌(以下合称水冰)威胁和灾害就依然存在^[3]。为此,(在“七五”期间把该地区的水冰险情预警列为国家重点攻关项目,并由中国科学院资源与环境信息系统国家重点实验室承担。我们从 1986 年底开始设计该地区的以地理信息系统(GIS)为基础的水冰险情预警信息系统(以下简称预警信息系统),经 3 年多的努力,现已初具规模。它不仅可应用于预警洪水、减轻洪水灾害造成的损失,而且可为开发利用该地区丰富的油气、土地、水产资源,保障石油工业、农业生产和生态环境的协调平衡提供宏观决策依据。

本文着重探讨预警信息系统的设计和分析应用功能的设想。

一、预警信息系统的设计原则^[4]

预警信息系统的内容是针对黄河三角洲地区的洪水和凌汛两种灾害,用计算机和 GIS 在灾害未发生之前提出预警,并为制定防洪减灾提供快速准确的依据。预警信息系统与地理环境有着十分密切的关系。黄河三角洲地区地势平坦,要用大比例尺的地图才能将微小的地形起伏表示出来,这就要求要有较大的计算机内存和外存容量。一般地讲,预

* 本文曾得到陈述彭教授和黄绚副教授的指导和帮助,谨此致谢。

1) 汤明宝,黄河河口泥沙资源开发及其环境变迁,山东资源与环境学会第一届学术讨论会,1989 年 9 月 26—28 日。

警信息系统的设计需要考虑以下几个问题。

（一）系统目标

明确的系统目标,是建好一个系统的关键。该预警信息系统的目标,是防御和减轻洪水灾害造成的损失。即针对黄河三角洲地区的溢堤和决口型洪水险情^[5],用 GIS 对可能发生的洪水灾害,在极短的时间内,提出防御措施和救灾方案^[6],使人民的生命和财产损失降到最低程度。

（二）应用模块

根据防洪减灾这一目标,本预警信息系统由以下若干应用模块组成:图形和数据显示模块,图形查询和操作模块,输出模块,分析模块和损失评估模块。

（三）数据库

根据预警信息系统的目标和内容,预警信息系统数据库的选择需要考虑两个因素,即图形信息的管理和图形描述性信息(属性信息)的管理。在该预警信息系统中有多层(LAYERS)地图,而每层地图又有很多属性信息,因此用关系型数据库很适合地图、地理要素的表达和管理。

（四）计算机资源

预警信息系统的计算机资源应考虑两种情况:一是由系统目标去确定计算机型号及外部设备;二是根据计算机资源确定系统目标。本预警信息系统是在 VAX 11/785 上进行的,一般不需要考虑内存和外存容量问题。在预警信息系统中,有很多空间数据和属性信息输入、图形查询和叠加、空间信息复合和分析等,所采用的 ARC/INFO 软件基本上能够满足预警信息系统的目标和内容。

二、预警信息系统的数据结构

系统的数据结构相当于系统的框架,它对于数据的输入、处理、建库和应用等起着十分重要的作用。本预警信息系统的数据结构是按照内容分层的,每层作为一个子模块。模块式的信息系统是当今信息系统的发展方向。它的优点是:(1)容易建立。以某一专题内容为主题,把该专题的各种数据和信息存放在一起,便于输入、处理、管理和使用;(2)维护方便。当系统需要修改、删除或增加一些内容时,只要对有关的子模块进行即可,而无需涉及整个系统;(3)使用灵活。当仅用到某一方面或某几方面的数据时,只要取出某一方面或某几方面的子模块就行了,而不需要调用整个系统。这不仅可占用较少的内存和外存空间,而且可节省大量的计算机运行时间,这对时间要求特别高的预警信息系统来说,具有重要的实际意义。

该预警信息系统由以下子模块组成。

(一) 数字地形模型 (DTM) 子模块

DTM 子模块是预警信息系统中最基本也是最重要的子模块。因为洪水溢堤或者决口后的灾情及其救灾工作是借助于该子模块进行的。由于三角洲地区地势非常平坦, 海拔均在 10 米以下^[7], 因此, 该预警信息系统采用 1:1 万的大比例尺地图加插值的方法, 以使等高距间距达到 0.25 米的精度, 这样, 即使是很微小的地形起伏, 也能从 DTM 上清晰地反映出来。

(二) 水系子模块

在水系子模块中, 除存放了黄河主河道外, 还存放了各子河系、蓄水水库等, 因而它是淤积和分洪的很有用的辅助手段。

(三) 交通网络子模块

交通网络子模块在预警信息系统中有着极重要的作用。因为洪水发生后的人员撤离、财产转移、救灾物资的运输和供应等, 均要靠交通网络子模块提供运输路线和方案^[8]。在该子模块中, 要存贮尽可能详细的公路交通图和有关的属性信息。

(四) 居民点子模块

居民点子模块存放居民点类型, 如县、区、乡、自然村、工矿、企事业单位以及重要的工程设施等。这些信息既是救灾的对象, 又是救灾的力量。因为不同类型的居民点, 其抗御洪水灾害的能力是不相同的。

(五) 社会经济统计子模块

社会经济统计数据子模块的内容包括以行政单位为单元(如乡、自然村等)的农业、工业、教育、科技等信息。这些信息是制定救灾方案、估算灾害损失的依据。

三、建立预警信息系统的方法和程序

在 ARC/INFO GIS 软件基础上, 建立预警信息系统的方法和过程如下。

(一) 信息采集准备

1. 资料收集

根据预警信息系统的目标, 研究区内需要收集的资料有 1:1 万地形图、水系图、交通图、居民点分布图、土地利用图等专题图和社会经济统计数据以及有关的属性信息和文献资料。

2. 数字化编辑准备

数字化编辑准备的目的是为了使各种地图资料能够准确、快速地输入到计算机里去。数字化编辑准备的主要步骤有以下几点。

(1) 选取控制点

在 ARC/INFO 中,控制点是控制数字化和数据处理精度的。因此要求选取地物点、测量控制点等位置,象一幅 1:1 万的图有 4 个控制点即可。

(2) 数字化准备

要把各种地图用数字化仪输入计算机,需要做数字化准备。其内容有 3 种。第一种为点要素图的数字化准备,象油气井、凌汛发生地点、行政机关的驻地等都是点要素图。这些图的数字化准备是将点分别编码,以不同的码来区分它们各自表达的内容,从而保证点要素图内容的唯一性。第二种为线要素图的数字化准备,该项准备是对线段(如河流、道路等级等)编码。线段的编码一方面用来表示不同的内容,另一方面用于建立线段的属性表。第三种为面要素图的数字化准备,面要素图即多边形要素图,可以看作是前两种的组合。因为多边形是由线段组成的。为了区分多边形所表达的内容(如土地利用类型等),每个多边形有一个标识码,这个标识码就相当于点要素。所以多边形要素图的数字化准备完全可以参照前两种来进行。

(二) 空间数据采集

在 ARC/INFO 中,空间数据采集也叫做数字化,即把经过编辑准备的各种地图,用数字化仪输入到计算机内。其步骤为:(1)生成图幅文件名;(2)输入控制点;(3)输入图幅的有效数字化范围;(4)再次输入控制点,以检验控制点的均方根值是否 ≤ 0.0076 厘米。若均方根 > 0.0076 厘米,则重复步骤(2),直到均方根 ≤ 0.0076 厘米为止;(5)确定数字化参数;为了保证数字化精度,无论是在 ADS 还是在 ARCEDIT 中数字化,都必须设置数字化参数。一般来说需要设置的数字化参数有:编辑距离 ≤ 0.076 厘米;节点拉断距离 ≤ 0.05 厘米;两个坐标之间的最小距离 ≤ 0.005 厘米;两个毗邻坐标顶点之间的距离 ≤ 0.127 厘米;(6)地图数字化,在 ARC/INFO 的 ADS 或者 ARCEDIT 中,按照数字化编辑准备要求,把预警信息系统中所需要的图都输入到计算机中。详细操作过程见《ARC/INFO 用户手册》。

(三) 数据的编辑和处理

为了保证输入预警信息系统的地图和信息的准确性,数字化后的地图需要进行编辑和处理。

1. 错误检查和修改

对照地图各要素的数字化准备要求,检查数字化的结果。若有多余的点、线或面要素,则删去;若有遗漏的则补上;若有坐标位置不正确的则改正过来。

2. 地图拓扑关系的建立

为了建立地图与数据库之间的关系,对于点、线和面三种类型的地图,需用 ARC/INFO 中的 CLEAN 和 BUILD 命令,分别产生点属性表(PAT)、弧属性表(AAT)和面属性表(PAT)。地图属性表,一是用作空间信息的操作,二是为地图属性信息输入准备条件。

3. 属性信息的输入

地图的属性信息,如道路的时速、油井的产量等,有两种输入属性表的方法。一种是在地图属性表中直接加入;另一种是用计算机系统编辑命令,建立属性信息文件,并在 INFO 中与地图属性表相关 (RELATE)。

四、预警信息系统的分析应用研究

现代计算机和 GIS 等高技术手段,为防御和减轻自然灾害的损失提供了可能和现实。在目前人工控制改道的条件下,根据黄河三角洲地区水冰灾害的突发性和受害地域广的特点,下面就本预警信息系统在水冰灾害方面的应用问题进行一些探讨。

(一) 确定合理的决口点

在 1:1 万的三维 DTM 上叠加水系子模块。为了清晰起见,仅叠加了黄河现行河道和部分故河道(图版 I)。从三维 DTM 所显示的地形,可以比较容易地确定出合理的决口地点(如朱家庄附近)。当然,以前(1976 年)的人工改道也是根据地形条件和工农业生产等因素确定的,但那主要是以定性的资料作为选取决口点和泄洪入海流路的依据,因而也就难以准确地计算出决口点及其泄洪流路范围内的油井、工厂、村庄等数量和土地利用面积。而用该预警信息系统,不仅可以找到合理的决口点,而且在有关子模块(如居民点、土



图 1

Fig. 1

表 1
Table 1

\$RECNO	AREA	PERIMETER	RT2B1 INA#	RT2B1 INA-ID	NAME
1	0.000	0.000	1	570	VILLAGE
2	0.000	0.000	2	570	VILLAGE
3	0.000	0.000	3	570	VILLAGE
4	0.000	0.000	4	570	VILLAGE
5	0.000	0.000	5	570	VILLAGE
6	0.000	0.000	6	570	VILLAGE
7	0.000	0.000	7	570	VILLAGE
8	0.000	0.000	8	570	VILLAGE
9	0.000	0.000	9	570	VILLAGE
10	0.000	0.000	10	570	VILLAGE
11	0.000	0.000	11	570	VILLAGE
12	0.000	0.000	12	570	VILLAGE
13	0.000	0.000	13	570	VILLAGE
14	0.000	0.000	14	570	VILLAGE
15	0.000	0.000	15	570	VILLAGE
16	0.000	0.000	16	570	VILLAGE
17	0.000	0.000	17	570	VILLAGE
18	0.000	0.000	18	570	VILLAGE
19	0.000	0.000	19	530	FACTORY
20	0.000	0.000	20	570	VILLAGE
21	0.000	0.000	21	570	VILLAGE
22	0.000	0.000	22	570	VILLAGE
23	0.000	0.000	23	570	VILLAGE
24	0.000	0.000	24	570	VILLAGE
25	0.000	0.000	25	570	VILLAGE
26	0.000	0.000	26	520	H-FARM
27	0.000	0.000	27	570	VILLAGE
28	0.000	0.000	28	570	VILLAGE
29	0.000	0.000	29	570	VILLAGE
30	0.000	0.000	30	570	VILLAGE
31	0.000	0.000	31	570	VILLAGE
32	0.000	0.000	32	570	VILLAGE
33	0.000	0.000	33	570	VILLAGE
34	0.000	0.000	34	570	VILLAGE
35	0.000	0.000	35	570	VILLAGE
36	0.000	0.000	36	570	VILLAGE

地利用等)的支持下,还能进行淹没损失估算和评价。

(二) 选择泄洪入海流路

由 1:1 万的三维 DTM 可以较清楚地看出,在下镇乡和永安乡之间地势低洼,并且入海距离短(32.702 公里),是条可供选择的入海流路。但是单纯从地势和距离两个因素确定泄洪入海流路其理由是不充分的,还需考虑入海流路范围内的油井、工厂和村庄的数量以及土地利用状况等因素。由居民点子模块和土地利用子模块得知,在下镇乡和永安

乡之间的油井、村庄、工厂少, 土地质量差(盐渍化严重), 因此, 这是一条合理的泄洪入海流路(图 1)。图中的粗虚线为人海流路的中心线。

(三) 淹没范围计算

淹没范围的确定是以泄洪入海流路为中心线, 以一定的宽度向两旁扩展, 如宽度为 2.5 公里, 则由预警信息系统数据库计算可知, 泄洪入海流路带 (ZONE) 的面积为 181.919 平方公里。其区域为图 1 中的粗实线图形所示。

(四) 淹没损失计算

用上面得到的泄洪入海流路 (多边形文件 ROUT2) 去切割居民点模块和土地利用子模块, 分别得到 RT2B1INA 和 RT2B1INB 两个文件。在文件 RT 2B1INA 中, NAME 所对应的内容是居民点的属性。FACTORY 为工厂(1 个), H-FARM 表示畜牧场(1 个), VILLAGE 代表村庄(34 个)(表 1)。同样可以计算出 RT2B1INB 中的各类土地利用状况。

(五) 淹没损失方案比较

重复步骤(一)到(四), 可以得到不同的决口点及其泄洪入海流路, 据此可对不同入海流路方案的利弊加以比较和分析, 从而为制定防洪决策提供科学依据。

(六) 人员撤离和财产转移

当决口点和泄洪入海流路确定之后, 人员的撤离和财产的转移就成了急迫的问题。在该预警信息系统中, 交通网络子模块能够计算出最佳的运输路线和时间^[8]。其方法是: (1)确定泄洪受灾点和安全点(如高地), 受灾点应尽可能靠近运输路线, 以便利运输; (2)计算泄洪受灾点到安全点之间的最佳运输路线和时间; (3)重复步骤(1)和(2), 计算出泄洪区内各受灾点到安全点的最佳路线和时间, 由此决定各受灾点撤离的先后次序, 以保证受灾区(即泄洪入海流路范围内)救灾工作的顺利进行。

本文探讨了黄河三角洲水冰险情预警信息系统的建立方法及其应用问题。该方法也适用于其它区域。在我国, 区域性的洪水预警信息系统是个新课题, 要达到建成实用系统的目标, 还需要做许多工作。由于它有重大的经济意义和社会效益, 因此, 将会引起越来越多的科学家和政府部门的重视、关注和支持。

参 考 文 献

- [1] 蔡琳, 黄河下游凌汛及其防凌措施的研究, 中美黄河下游防洪措施学术讨论会, 1987 年 10 月 17—21 日。
- [2] 高善明等, 黄河三角洲形成和沉积环境, 科学出版社, 1989 年。
- [3] 庞家珍等, 黄河河口演变 II. 河口水文特征及泥沙淤积分布, 海洋与湖沼, 7(4), 1980。
- [4] 夏福祥等, 黄河下游洪水险情信息系统专题数据库的设计, 中国科学院、国家计委地理研究所资源与环境信息系统国家重点实验室年报(1988—1989), 测绘出版社, 1989 年。
- [5] Chen Shupeng, Remote sensing monitoring on flood damage and its evaluation system, the tenth Asian Conference on Remote Sensing, Oct., 12, 1989.
- [6] Dr. Michael W. Dobson, Spatial decision support systems for the early warning of disaster driven social Emergencies, Proceedings of the Second International Symposium on Spatial Data Handling, pp. 349—352.

- [7] 陈述彭,地理信息系统试验与黄河流域开发,中国科学院、国家计委地理研究所资源与环境信息系统国家重点实验室年报(1988—1989),测绘出版社,1989年。
- [8] Show, Shih-Lung Ph. D., GIS as decision support tools in transportation analysis, Proceedings of the ninth ARC/INFO Users Conference, 1989.

DESIGN AND ANALYTICAL APPLICATION STUDY OF WATER AND ICE RISK WARNING INFORMATION SYSTEM (WIRWIS) IN THE YELLOW RIVER DELTA AREA

Di Xiaochun Li Huiguo Chen Feng Tang Xinqiao
Gong Rujun and Tian Zhigang

(Lab. of Resources and Environmental Information System, Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences and State Planning Commission Beijing, China)

Abstract

The Yellow River Delta area is located in the east of Shandong Province east of China. Floods in this area are caused by two hydrological conditions. One is the rainstorm in the late summer and early fall, and another is the ice run in the winter. In the past more than 130 years, the floods happened about fifty times (including serious ten times) in the delta area. The flood risk will continuously exist if the water and ice regime and silt deposit can not be changed basically. So the WIRWIS has been established by using ARC/INFO GIS. It is very important for developing agriculture, oil industry, and protecting ecologic environment in the delta area.

The design of the WIRWIS is first topic. This topic describes a goal and application modules of the WIRWIS. According to the goal, the display module of maps and geo-data, the module of map query, the analytical module and the evaluation module of flood loss have been designed.

The second topic is data organization. It is crucial for establishing database of the WIRWIS. So, the database is divided into some layers. They are terrain, water, Yellow River course, landuse, residence, oilwell, and factory etc. Each layer stores only one type of geographic information and related attribute information. In this way it is easy for maintaining and using.

The third topic is the establishment of the WIRWIS method. Data collection is a basic step of this topic. By using ARC/INFO GIS, all geographic and statistical data have been input into the computer. In order to build the database, geographic attribute information has also been input after coverages (files in ARC/INFO) processed.

Finally some application study has been done. From a 3-D DTM the best flood discharge route has been found. After a flood discharge zone created, submerged loss can be evaluated. So a rescuing plan can be made soon.

Key words Geographic Information System (GIS) GIS Database Digital Terrain Model (DTM)

狄小春等：黄河三角洲水冰险情预警信息系统设计与分析应用探讨

Di Xiaochun et al: Water and Ice Risk Warning Information System in the Yellow River Delta Area

图版 I
Plate I

