

# 地理信息系统在水污染控制规划中的应用

陈伟亚,刘芳芳\*

(武汉工程大学环境与城市建设学院,湖北 武汉 430074)

**摘要:**为了合理科学地管理 QJ 市水污染控制规划过程中涉及的繁琐数据,并直观呈现规划结果,提出将地理信息系统技术应用其中.将 QJ 市 103 幅 1:10000 的计算机辅助设计(CAD)格式的地理图形文件转换为地理信息系统支持的图形文件(Shapefile),然后将经格式转换后的文件拼接为一个文件,提取有效空间信息,以此作为空间数据;以实地调研的 QJ 市水文信息数据及监测数据为属性数据,建立基于地理数据库(Geodatabase)模型的水环境信息数据库.最后制作出 QJ 市河网分布图、水环境功能区划图、排污河渠剩余水环境容量示意图、水污染控制措施规划图.结果表明:地理信息系统使 QJ 市水污染控制规划的空间数据与属性数据相关联,实现规划结果可视化,为水环境管理者提供技术参考.

**关键词:**地理信息系统;计算机辅助设计;数据转换;水污染控制规划;数据库

**中图分类号:**X323

**文献标识码:**A

**doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2013.01.005

## 0 引言

水污染控制规划是水环境保护与规划的重要内容,它从水资源的合理利用、水环境的保护方面对区域的功能分区、污水处理厂选址等提出建设性意见;水污染控制规划是城市规划的重要组成部分,它与城市规划相互协调,对提高城市规划的可操作性具有重要意义<sup>[1]</sup>.

水污染控制规划中涉及到水文数据(如河流位置)、污染源参数(如排放口位置、控制断面)、污染负荷数据(如污染物浓度分布)、环境容量数据<sup>[2]</sup>等,这些数据大多属空间信息并且较为繁琐.利用地理信息系统(Geographic Information System,以下简称:GIS)技术,建立水环境信息数据库,可以将空间数据及属性数据、原始数据及新生成的数据进行合理规范的管理;水环境信息可以随时更新,水环境数据实现了在整个水污染过程中的共享,为水污染控制规划决策者提供了直观可视的工作界面,大大提高了工作效率<sup>[3]</sup>.

## 1 GIS 技术引入江汉平原河网地区水污染控制规划中的必要性

江汉平原河网区大小河渠纵横交织,水环境规划是一个多层次、多变量、多目标的复杂系统,涉及的数据众多复杂.传统的数据手工管理对适应现代化的需要和数据的更新要求存在一定的难

度.庞大的空间数据对环境管理人员来说,完全清楚并充分有效的用于问题分析也具有难度.此外,要对未来情况做出良好的规划,是要求实时地利用动态数据分析系统特性,从而阶段性检验和修订措施.随着技术的进步,需要对时空信息进行定量化分析,手工数据维护几乎是不可能实现的.

将地理信息系统应用到江汉平原河网地区水污染控制规划领域,利用其高效的空間数据和属性数据的维护能力及强大的检索查询功能,为水环境管理工作提供一个有效的工作平台和可靠的技术支持.通过地理信息系统,可以把空间数据(如现有水系、控制断面的地理位置)和属性数据(如多年的监测资料)储存在数据库中,根据需要可以快速、清晰、直观地查出水环境档案及水质资料,大大提高了水污染控制规划过程中环境管理人员的工作效率,实现了水污染控制规划和决策的可视化<sup>[4]</sup>.

## 2 QJ 市水环境概况

QJ 市地属江汉平原腹地,位于湖北省中南部. QJ 市内水域总面积 197 km<sup>2</sup>,其中河渠 166 km<sup>2</sup>,湖泊 31 km<sup>2</sup>. QJ 市多年平均年径流深 344 mm,地表径流总量为  $6.88 \times 10^8$  m<sup>3</sup>. 实测最大年径流量为  $14.8 \times 10^8$  m<sup>3</sup>,实测最小年径流量  $1.26 \times 10^8$  m<sup>3</sup>. 由于径流年际、年内差异大, QJ 市水资源的开发利用主要是筑堤御水,建闸控制,内排外引.全市现有引灌渠首涵闸 5 处,主要引水水

源为汉江和长湖,设计流量  $228 \text{ m}^3/\text{s}$ ,年均引水设计能力  $7.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ ;机电提灌能力  $75.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ,平均每年提水量  $0.68 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,主要湖泊有 6 处,年均蓄水量约  $1\,060 \times 10^4 \text{ m}^3$ ;机井 150 处,年取水量  $1\,647 \times 10^4 \text{ m}^3$ .全市农村取地表水和地下水水厂 328 处,日供水  $17.4 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,年供水  $6\,354 \times 10^4 \text{ m}^3$ .

QJ 市地处江汉平原上,河流的特点是分流较多,变化较大.建国以来,江汉平原建立了相对独立完善的防洪、排涝、抗旱工程体系,QJ 市共开挖干支渠 62 条,斗农渠 4 732 条,排灌渠道总长 6 276 km.全市现建有提排泵站 171 处,提灌泵站 40 处.因此,全市有天然和人工两大类河渠,天然河渠有汉江和东荆河;人工河渠主要有田关河、下西荆河、总干渠、城南河、百里长渠、汉南河等骨干排灌支干渠.全市水域面积占自然面积的 9.8%.QJ 市属汉江流域,其中东荆河以西为四湖流域,主要纳污水体为西荆河、总干渠、兴隆河、东干渠;东荆河以西为汉南片区,主要纳污水体为城南河、百里长渠和汉南河.潜江市内大小沟渠纵横交织,具有典型的江汉平原河网特征.

### 3 地理信息系统在江汉平原河网地区水污染控制规划中的应用

水污染控制规划过程涉及大量的监测统计数据及图表,利用 GIS 技术建立水环境信息数据库,达到了将这些数据在计算机中合理规范的管理的目的,并且实现了数据信息的共享;利用这些数据形象快速地表达出水污染控制规划的结果,极大发挥了地理信息系统在水污染控制规划过程中的辅助决策功能,充分体现了地理信息系统在江汉平原河网区水污染控制规划过程中发挥的巨大优势<sup>[6]</sup>.

#### 3.1 江汉平原河网区污染源调查

通过现场调研所获得的资料,并利用 GIS 技术,可以将这些数据分为两大类:一类是空间数据,一类是属性数据.空间数据主要包括基础地理信息、地图影像及各种专题图数据.属性数据主要包括污染源数据、排污口数据、监测断面数据及控制单元(潜江市内各河流)数据<sup>[6]</sup>.

#### 3.2 江汉平原河网区水环境信息数据库的建立

3.2.1 基础地图数据介绍 本次采用湖北省测绘局编制的 1:10000 的 CAD 格式的数字地图,QJ 市共 103 幅,地形数据层共有 10 层.QJ 市水环境规划数据库的建立需处理的图层主要包括

4 大图层:行政区(市界、镇界、管理区界)、居民点(镇办事处、村)、铁路和公路(显示到市镇道)、水系(河流、湖泊).

#### 3.2.2 底图数据处理

a. CAD 格式文件转换:本数据库是利用美国环境系统研究所(Environmental Systems Research Institute, ESRI)研发的 ArcGIS 软件而建立,原始数据大多为 CAD 格式的文件.基于 GIS 建立水环境信息数据库不能直接利用 CAD 格式的文件,因此,建库前,必须把 CAD 格式的文件转换为 ArcGIS9.3 能直接编辑使用的 Shapefile 格式的文件<sup>[7]</sup>.一个 Shape 文件一般包括三个文件:一个主文件(\*.shp)、一个索引文件(\*.shx)和一个 dBASE(\*.dbf)表.主文件包含几何形状;索引文件包含数据的索引;数据库文件包含形的属性,包含字段的定义.Shapefile 文件将空间和属性数据有机地结合起来,并从这两方面进行管理.

CAD 格式的文件属矢量数据,一个文件可以包含多个图层,如点图层(文字注记)、线图层(水系、公路)、多边形图层(行政区划),这些不同类型的图素可以共同构成一个 CAD 文件,且 CAD 文件涉及的属性数据较少.而在 Shapefile 文件中,不同类型的图素需分层存放,并且分别存放于 Shapefile 文件中,即须将同一专题的点数据(如居民点)存放于一个点文件,同一专题的线数据(如水系)存放于一个线文件,同一个专题的多边形文件(如行政区)存放于一个多边形文件,并且每一个视图只能包含一个专题.所有 Shapefile 文件可以叠加构成一幅完整的地图<sup>[8]</sup>.具体转换步骤如下:ArcGIS9.3 中,打开 ArcToolbox→到 Shapfile→双击 Feature Class To Shapefile→在“Input feature”输入要转换的 CAD 文件→选择 CAD 注记要素类→在“Output feature”输入一个新建的用于保存成果的文件夹,即将 CAD 注记要素类转换为了 Shapefile 格式的点文件.具体如图 1 所示.

以上步骤中依次将“选择 CAD 注记要素类”换为“选择 CAD 点要素类”、“选择 CAD 线要素类”、“选择 CAD 多边形要素类”,其他步骤同上,并分别保存在不同的文件夹内.经以上操作,就分别将 CAD 点要素类、CAD 线要素类、CAD 多边形要素类转换为了 Shapefile 格式的点文件、线文件及多边形文件.在 ArcMap 中通过添加数据,分别添加点文件、线文件、多边形文件,这样就可以看到一幅完整的地图<sup>[9]</sup>.

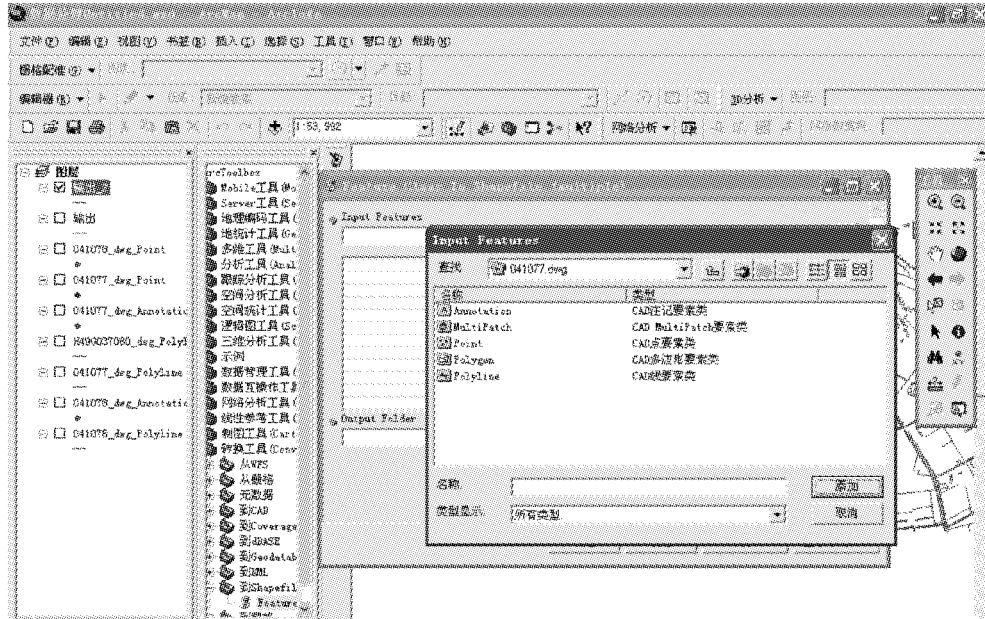


图 1 CAD 格式文件转换为 Shapefile 格式文件

Fig. 1 Shapefile format file converted from CAD format file

**b. 图层拼接:**根据 3.2.2(a)介绍的方法,分别将 103 幅 CAD(\*.dwg)格式的文件转换为 Shapefile(\*.shp)格式的文件,再利用 ArcToolbox 中的追加(Append)命令,分别将 103 幅点文件、线文件、多边形文件拼接为一幅点文件、线文件、多边形文件。下面以 103 幅线文件的拼接为例,介绍图层拼接的具体步骤:

双击 ArcToolbox → 数据管理工具(Data

Management Tools)→常规(general)→双击追加(Append)→在“输入数据集”依次输入前 102 幅 \*.shp 线文件,然后在目标数据集输入最后一幅 \*.shp 线文件。具体如图 2 所示。

右键点击最后一幅线文件,执行数据→导出数据,指定导入数据的路径和名称。通过以上操作就完成了将 103 个图层拼接为一个图层的处理。

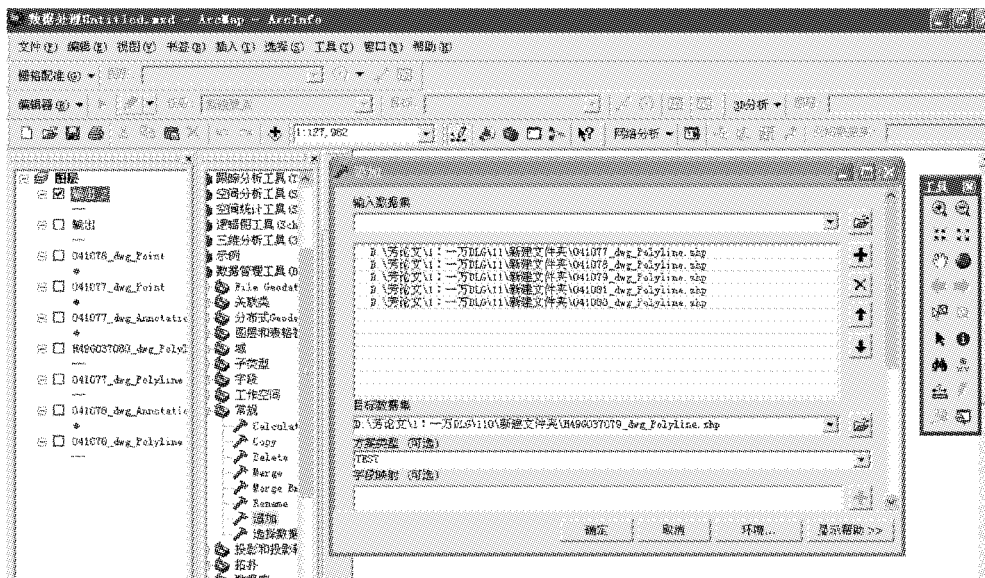


图 2 Shapefile 格式的线文件拼接

Fig. 2 Polyline files of Shapefile format appended

**c. 提取有效数据:**已经拼接好的一幅线文件图层包含水系、行政区界、公路等空间实体,点文件图层包含居民点、取水点等空间实体。分别在线文件中提取出水系、行政区界、公路作为单独的

Shape 文件,在点文件图层中提取居民点、取水点作为单独的 Shape 文件,作为建立水环境信息数据库的底图。下面以线文件中提取水系图层为例,介绍数据提取的步骤:

右键拼接好的线文件→打开属性表→双击 layer 字段(字段内容即完成分类)→选择 layer 字段中所有内容为 HYDNT(水系)的要素→右键拼接好的线文件→数据→导出数据(导出选中的要素),指定导出数据的名称及路径,这样即将选择的数据导出。

3.2.3 从图形数据中提取有效信息 图形数据大多为\*.jpg 格式的各类普通地图及专题地图文件,其中包含了丰富的地理信息,例如:污染源位置,排污口位置及监测断面位置等。这些图像数据属于栅格数据,不能直接使用,需配准到标准坐标中并进行矢量化。将栅格数据配准到与 1:10000 基础地图数据相同的坐标,通过手动数字化的方式,分别提取出污染源分布图层、排污口图层及监测断面图层等。

3.2.4 建立 QJ 市水环境信息数据库 QJ 市水环境信息数据库是基于 Geodatabase 模型而建立的数据库。通过 ArcCatalog 建立基于 Microsoft Access 的 Personal Geodatabase,桌面用户可以通过 ArcGIS Desktop 的标准菜单和工具进行访问<sup>[10]</sup>。将处理好的基础数据(行政区、水域、道路)、控制单元数据图层、污染源数据图层、排污口数据图层、监测断面图层数据移植入库。在控制单元图层增加字段:控制单元名称、河段长度、流量、流速。在污染源图层增加污字段:污染源名称、污染源类型、监测时间、排污量、化学需氧量(Chemical Oxygen Demand,以下简称:COD)浓度、氨氮浓度。在排污口图层增加字段:排污口名称、所属控制单元、监测时间、COD 入河量、氨氮入河量、备注。监测断面图层增加字段:监测断面名称、COD 测量值、COD 评价指标、氨氮测量值、氨氮评价指标。将各图层加载到 ArcMap 中,并将各图层属性信息填充到属性表格内。

通过建立的 QJ 市水环境信息数据库,GIS 可以为水污染控制规划其他环节如:水环境功能区划,情景控制方案的建立等提供决策分析。分析者可以在 QJ 市整个水污染控制规划中,实时地获取水环境综合信息,并直接在电子地图上进行流域水污染控制。

### 3.3 GIS 在 QJ 市水污染控制规划应用的成果表达

在 QJ 市水污染控制规划中,结合具体的需求,选择了用户界面友好且功能强大的 ArcGIS9.3 地理信息系统作为研究的平台。实践表明,利用 GIS 技术在 QJ 市水污染控制规划中取得了非常好的效果。利用 GIS 的叠置技术,建立了 QJ 市水

系分布图(图 3),可以快速获得 QJ 市河网河渠间的相对位置及其流经的区域等信息。利用 GIS 技术,在电子地图上划分出 QJ 市水环境功能区划(图 4),并直观地表达出区划的结果。图 4 表明:QJ 市二类水环境功能区有汉江和东荆河,三类水环境功能区有田关河、西荆河、总干渠、兴隆河、下东干渠,四类水环境功能区有上东干渠、百里长渠、汉南河,五类水环境功能区有城南河。图 5 为 QJ 市排污河渠剩余水环境容量示意图,利用 GIS 的可视化技术及水环境容量模型,对规划方案中不同河段的剩余水环境容量进行直观呈现。图 5 表明:中干渠剩余水环境容量为负值,其他河渠剩余水环境容量虽为正值,但都较小。图 6 为 QJ 市水污染控制措施规划图,利用 GIS 技术,建立了 QJ 市水环境信息数据库,并分析出 QJ 市水污染控制措施——“引水活城”方案的线路及规划污染处理厂的位置,进而得到了 QJ 市水污染控制措施规划专题图<sup>[11]</sup>。图 6 表明:QJ 市引水活城项目为,东荆河以西,由“引江济汉”河渠到兴隆河,经跃进河、荆玄河、下西荆河至中干渠;东荆河以东兴建跨东荆河倒虹管和导流明渠,由兴隆河引水至百里长渠。

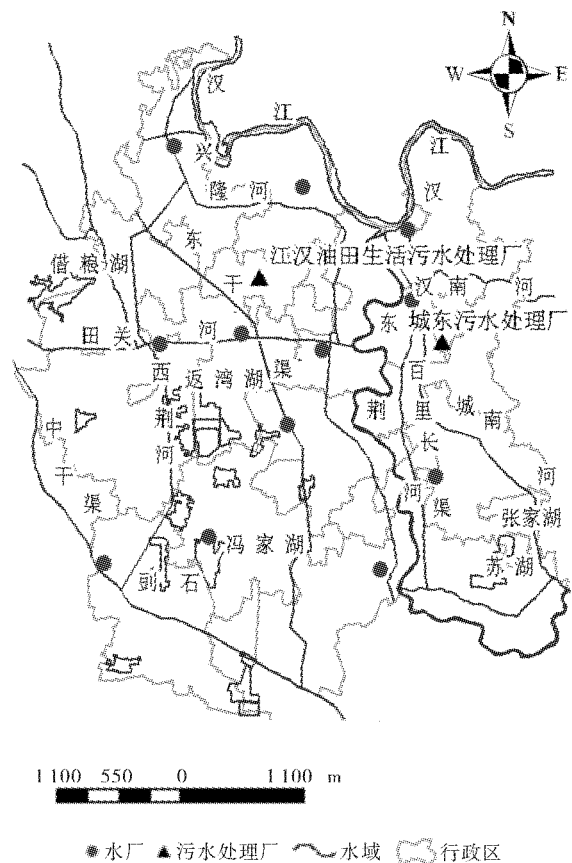


图 3 QJ 市水系分布图

Fig. 3 Distribution of river system in QJ

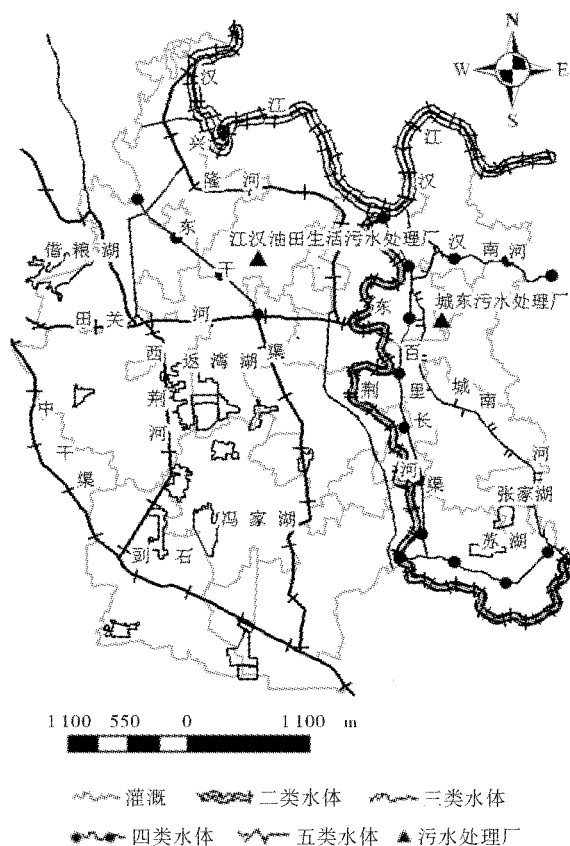


图4 QJ市水环境功能区划

Fig. 4 Water environment functional zoning in QJ

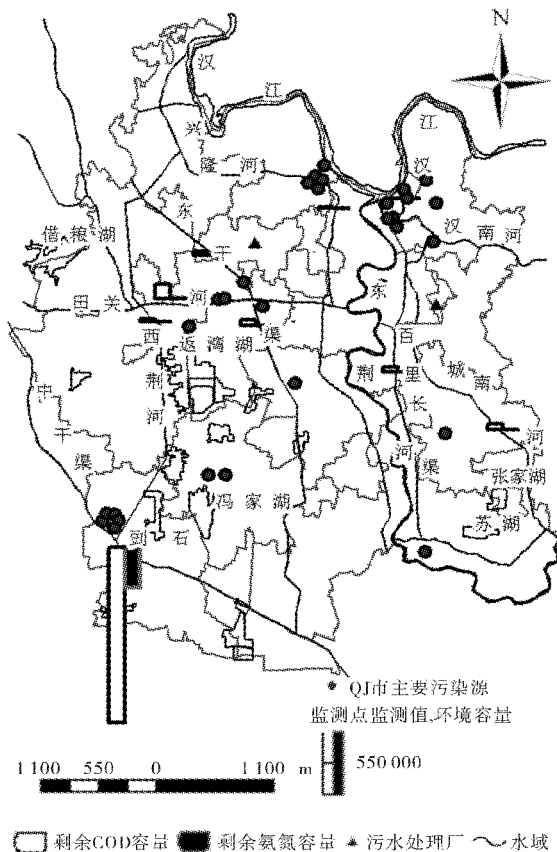


图5 QJ市排污河渠剩余水环境容量示意图

Fig. 5 Residual water environmental capacity of discharged river in QJ

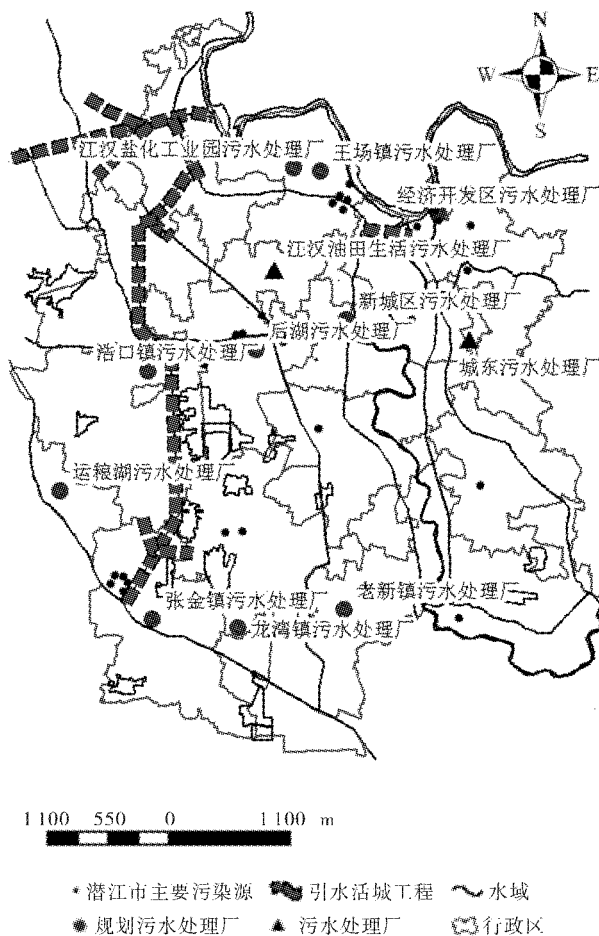


图6 QJ市水污染控制措施规划图

Fig. 6 Water pollution control measure planning in QJ

## 4 结 语

本次是GIS技术在江汉平原河网地区水污染控制规划中的首次应用.实践表明,GIS作为一个必不可少的工具渗透到水污染控制规划过程的每一个环节.在ArcGIS9.3的环境中,将环境监测及环境统计数据与具有空间意义的底图相关联,使数据具有空间属性,为QJ市水环境数据管理、空间图形表达和规划决策分析提供了有效的工作平台和技术支持.

## 致谢

QJ市环保局的工作人员在数据资料收集时给予支持及帮助,武汉工程大学环境与城市建设学院王威老师在GIS方面给予技术指导,在此一并致以衷心的感谢!

## 参考文献:

- [1] 郭怀成,尚金城,张天柱.环境规划学:第二版[M].北京:高等教育出版社,2009.
- [2] 周瑛,刘衍君.环境规划GIS的应用设计与实施[J].中山大学学报,2004,43(增刊):241-243.

- [3] 郑丽波, 史丽江, 俞立中, 等. 水污染控制规划的 GIS 辅助技术研究[J]. 长江流域资源与环境, 2009, 18(2): 175-179.
- [4] 王浩, 沈宏. GIS 技术在淮河流域片水资源综合规划中的应用研究[J]. 水文, 2005, 25(1): 42-45.
- [5] 金建华, 曾德飞, 杨晓芳. GIS 在水污染控制中的研究与探讨[J]. 新疆环境保护, 2004, 26(2): 1-4.
- [6] 罗畏, 邹峥嵘, 陈敏, 等. 水环境信息可视化决策支持系统的研究[J]. 水电能源科学, 2010, 28(9): 139-141.
- [7] 梁云芳, 徐晓波. 关于 CAD 格式文件转换成 MAP-GIS 格式文件的探讨[J]. 中国新技术新产品, 2011, 12: 28-29.
- [8] 陈南南, 李篷, 周美霞, 等. CAD 数据到 GIS 数据转换的探讨[J]. 北京测绘, 2012, 1: 15-17.
- [9] 郑阳阳. CAD 数据与 ArcGIS 数据相互转换及注意事项[J]. 科技创新与应用, 2012, 4: 25.
- [10] 宋杨, 万幼川. 一种新型空间数据模型 Geodatabase [J]. 测绘通报, 2004, 11: 31-33.
- [11] 王光明, 梁秀娟, 肖长来, 等. GIS 技术在水文水资源领域中的应用现状与发展趋势[J]. 吉林水利, 2009, 6: 1-5.

## Application of geographic information system technology in planning of water pollution control

CHEN Wei-ya , LIU Fang-fang

(School of Environmental and Civil Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** To manage complicated data involved in planning of water pollution control reasonably and scientifically, and to present planning results intuitively, application of geographical information systems technology was presented. At first, 103 of 1 : 10 000 digital maps of computer aided design format files of QJ were converted into Shapefile format files, then all Shapefile format files were stitched together as a single file, the valid spatial data was extracted from the single file, and which was used as spatial data; the hydrological information data by surveying of QJ was used as the attribute data, the water environment information database for QJ based on Geodatabase model was established. At last, distribution of river system in QJ map, water environment functional zoning map, residual water environmental capacity of discharged river map and water pollution control measure planning map are made. Results show that the spatial data and attribute data of water pollution control planning for QJ are connected by using geographical information systems technology; the planning results are visual and can provide technical reference for water environmental workers.

**Key words:** geographic information system; computer aided design; conversion of data; water pollution control planning; database

本文编辑: 苗 变