

ArcGIS 在区域水污染控制系统规划中的应用

龙 瀛，贾海峰

（清华大学 环境科学与工程系，北京 100084）

摘 要：在对区域水污染控制系统进行需求分析的基础上，进行 ArcGIS 平台 Geodatabase 的结构设计，并以佛山市水污染控制系统规划课题为例，介绍了 ArcGIS 平台进行辅助规划的具体步骤。实践证明，采用 ArcGIS 平台辅助区域水污染控制系统的规划，可以提高规划效率及数据完整性，是其便捷的计算机辅助规划解决方案。

关键字：ArcGIS；区域水污染控制系统；计算机辅助规划；Geodatabase；佛山市

区域水污染控制系统作为一个复杂的系统，是改善和保障区域水环境质量的重要因素。而区域水污染控制系统规划，是对这一系统在优化的基础上给出实施方案，涉及到大量的空间和属性数据^[1]。随着计算机技术的发展，GIS 技术在环境规划中已经有了一定的应用，本文尝试应用 ESRI 的 ArcGIS 平台作为区域水污染控制系统规划的辅助平台，应用于佛山市水污染控制系统规划课题的研究中。

1 需求分析

1.1 区域水污染控制系统结构

区域水污染控制系统主要分为污染物发生子系统、污水收集输送子系统、污水处理子系统和受纳子系统四个部分，具体各子系统的构成及之间的关系如图 1 所示。

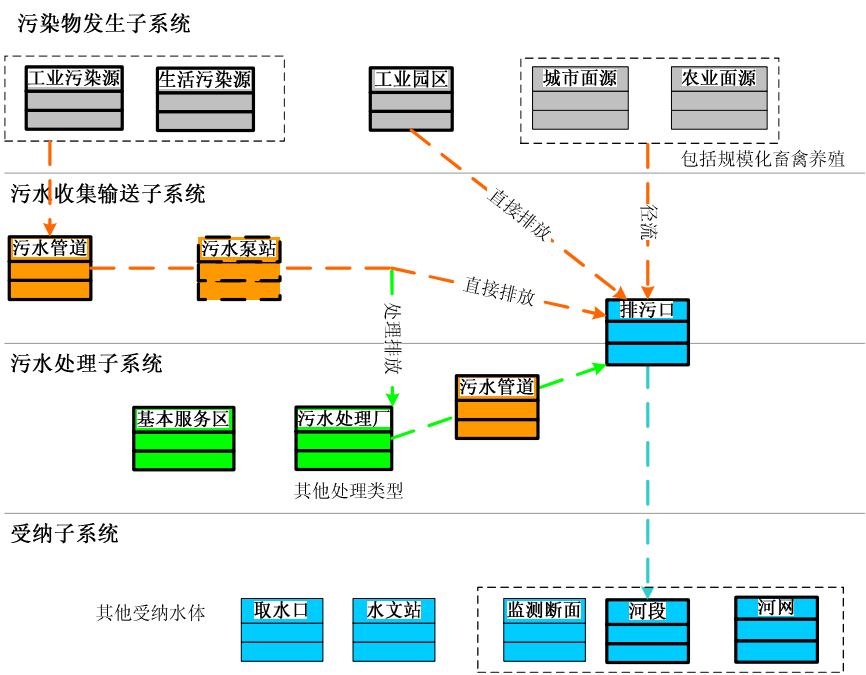


图 1 区域水污染控制系统示意图

1.2 功能需求

而区域水污染控制系统规划，主要包括水环境解析、污染源解析、基本污水服务区解析、方案生成、方案评价和方案推荐几个部分的工作，在规划的各个环节，一般都涉及到空间数据和属性数据的管理、分析等工作。ArcGIS 平台在规划中的应用主要体现在如图 2 所示的几个方面。

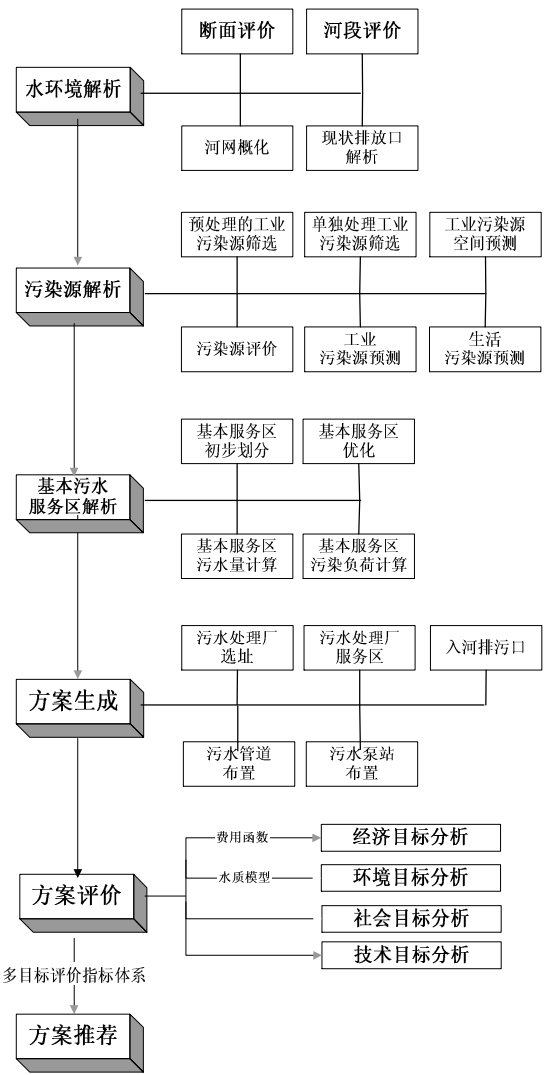


图 2 区域水污染控制系统规划步骤及内容

2 系统设计

ArcGIS 平台采用 Geodatabase 这种数据模型 利用 Microsoft Access 作为存储 Geodatabase 数据的关系数据库^[2]。主要包括两部分的设计工作，其一为 Geodatabase 的基本要素类（即一般意义上的图层）、域和关系的设计，其二为基于 Access 的查询模块的设计。

2.1 图层设计

Geodatabase 的基本要素类结构如图 3 所示，主要考虑了区域水污染控制系统各子系统的基本要素。在基本要素类结构整体设计的基础上，设计具体的要素类字段。

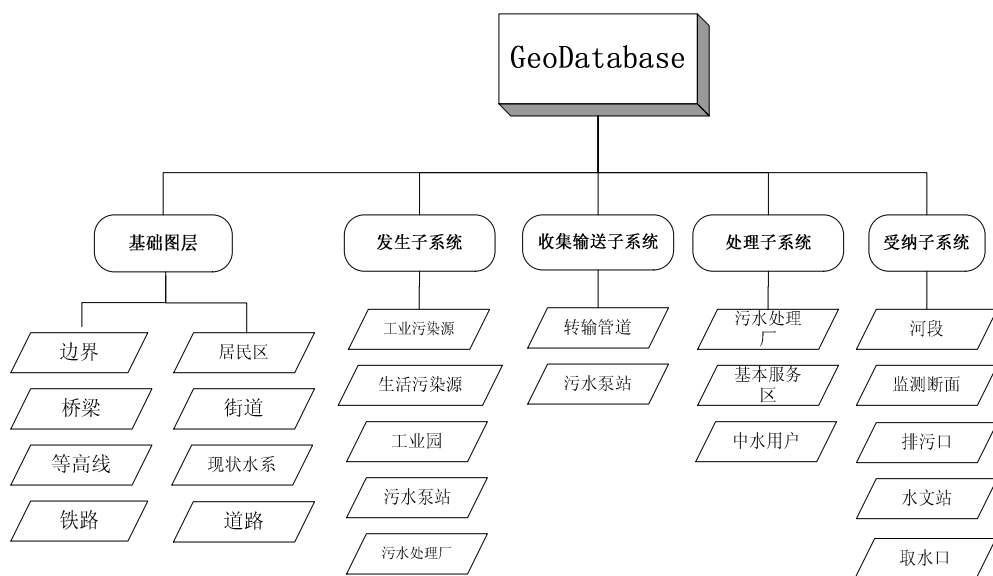


图 3 基本要素类结构整体设计

2.2 域设计

Geodatabase 中域（Domain）定义了各要素类属性字段的取值范围，分为数值域和字符域两种类型。可以定义某个要素类的属性字段对应某一个域，以限制该字段的取值范围，维护其有效性。表 1 和表 2 分别为 Geodatabase 中所设计的部分数值域和字符域，以及采用这些域对象的相应字段名称。

表 1 数值域设计

名称	字段类型	最小值	最大值	分割机制	合并机制	应用字段
Level	Short Integer	1	6	Duplicate	Duplicate	水体功能区划字段/现状水体级别(6 代表劣 V 类水体)
PH	Short Integer	1	13	Duplicate	Duplicate	水体 PH 值
Industry	Long Integer	1000	9999	Duplicate	Duplicate	工业污染源的行业代码

表 2 字符域设计

名称	字段类型	域值	分割机制	合并机制	应用字段
District	Text	禅城, 顺德, 南海, 三水, 高明	Duplicate	Duplicate	区名称
Town	Long Integer	大塘, 更楼, 明城, 大沥,	Duplicate	Duplicate	镇名称
DN	Long Integer	100,200,300,500,800,1000	Defaut Value	Duplicate	管径

- (3) 提高数据完整性。通过建立基本要素类之间的关系以及基本要素类的属性域,可以提高数据的自动维护能力,提高规划效率。

3 应用实践

佛山市是珠江三角洲上经济发展的热点地区之一，随着经济的发展，部分地区的水环境污染还没有得到有效控制，水污染控制系统规划也就提到日程上来。清华大学环境科学与工程系受佛山市环境保护局委托，开展了“佛山市水污染控制系统规划”课题的研究，用于指导各区镇水污染控制设施的建设，尽量减少重复建设及不必要的浪费。

本次规划作为一次区域规划，为了配合规划工作的开展，采用了如上所设计的 ArcGIS 作为规划辅助平台。具体的辅助规划步骤如下所示：

- (1) 数据标准化：对于大部分规划相关的基础资料，需要利用 Access 的查询模块对部分数据，如环境统计数据、排污申报数据等进行标准化，以完善部分要素模块的空间和属性数据；
- (2) 水环境解析：利用 Access 的查询模块，根据各监测断面的水质监测数据，以及监测断面的“所属河流”属性，进行河流现状水环境质量评价，给出主要水质超标因子；同时利用 ArcGIS 平台的编辑功能实现河网的概化工作，将河网概化为单线河段，生成要素模型中的河流图层，以在下面的工作中建立取水口、排放口与河流的对应关系，便于水质模拟工作的开展；
- (3) 污染源解析：包括污染源评价、筛选和预测的工作，本部分的工作主要利用 Access 的查询模块，按照相应的评价、筛选标准，直接对污染源的现状数据进行评价，统计主要的纳污河流、污染行业以及污染物，并筛选出进入市政污水处理厂前需要预处理的工业污染源和需要独立排放的工业污染源。对于污染源预测的工作，在 Access 的查询模块中给出供选择的几种污染源预测模式，优选出一种预测方式完成污染源的预测工作；



图 7 河流概化效果图(部分河流、取水口和监测断面)

- (4) 基本污水服务区解析：利用 ArcGIS 的空间分析功能，根据佛山市的地形地貌、行政区划以及河网分布，划分污水处理厂的基本服务区(即汇水单元，计 100 个)，作为构成污水处理厂服务区的基本要素。利用污染源与基本服务区的从属关系，并结合 Access 的查询模块，计算基本服务区各阶段的污水量及污染物负荷，如图 8 所示：

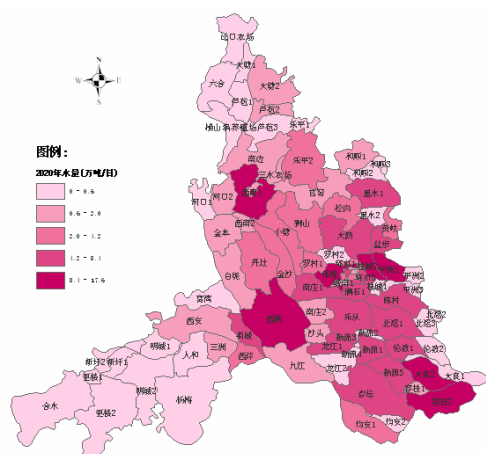


图 8 基本服务区及其污水量分布图

(5) 方案生成：利用 ArcGIS 的编辑和空间分析功能，确定基于基本服务区的各污水处理厂服务区，并确定污水处理厂的选址、排放口位置、工艺和出水浓度，以及服务区间必要的污水转输管道，如有必要根据污水处理厂的高程信息设立污水提升泵站。最后结合 Access 的查询模块，完善每个规划方案的污水处理厂、服务区间污水转输管道、污水提升泵站和排放口等要素图层的数据。本规划生成了五个规划方案，具体属性如表 3 所示，其中方案 4 的污水处理厂服务区分布及排放口分布如图 9 所示；

表 3 规划方案列表

序号	名称	污水处理厂 数目	服务区间调水 管道数目	污水提升 泵站数目	方案特点
1	方案 0	56	0	0	基础规划方案
2	方案 1	53	8	3	原有规划基础方案
3	方案 2	43	13	4	最为集中处理的规划方案
4	方案 3	48	9	1	参考最新行政区划的规划方案
5	方案 4	52	4	0	集中、分散相结合的规划方案

(6) 辅助水质模拟：根据河流现状评价和污染源现状评价的结果，确定要进行模拟的水质因子，本规划最终选取的水质指标为 COD 和氨氮。利用 Access 的查询模块，为感潮河流水质模型提供输入数据，对各规划方案进行水质模拟。在水质模型的输出结果基础上，利用查询模块完善监测断面图层，统计监测断面的达标率；

(7) 方案计算：水污染控制系统方案的选择属于多目标决策问题，方案计算涉及到经济、环境和管理等多方面的属性分析^[3, 4]：利用查询模块中所设计的费用函数，计算各方案的相应建设费用和运行费用，实现方案的经济指标评价；同时利用 ArcGIS 的空间分析功能，辅以查询模块实现其他指标的评价。最后将各指标评价结果归一化并计算各个方案的总价值，如表 4 所示。最终确定方案 4 为优选方案。

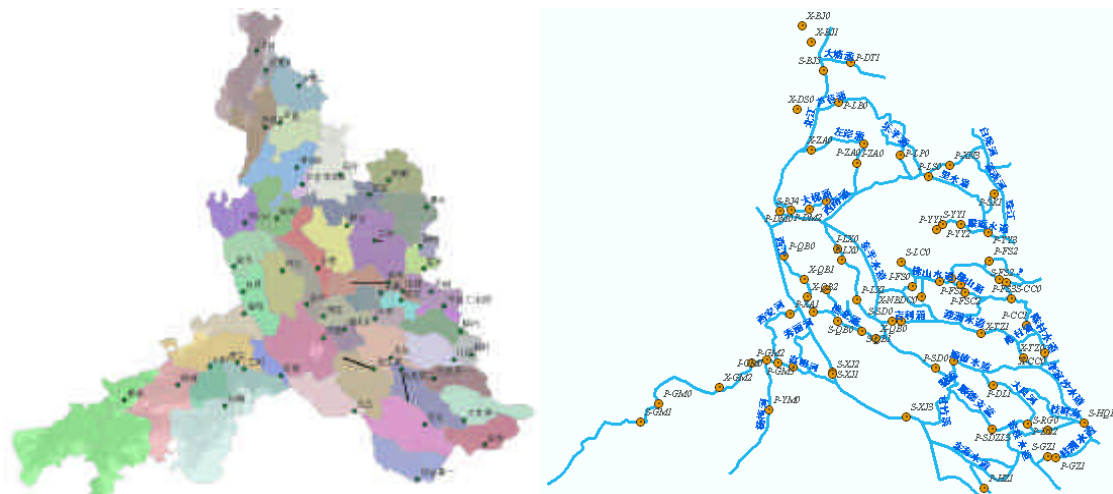


图 9 规划方案 4 的污水处理厂服务区分布（左）及其排放口分布（右）

表 4 各方案属性归一化结果

名称	经济	水质	陆地	管理	总值
方案 0	0.442	0.448	0.406	0.445	0.566
方案 1	0.447	0.456	0.505	0.411	0.598
方案 2	0.45	0.44	0.355	0.334	0.542
方案 3	0.446	0.436	0.378	0.594	0.571
方案 4	0.458	0.455	0.496	0.411	0.601

4 结论

ArcGIS 平台在区域水污染控制系统规划中，主要起到了规划相关的数据管理、计算和成果表达的功能，相比一般的计算机辅助规划系统，ArcGIS 平台采用 Geodatabase 这种数据模型，可以充分利用关系数据库强大的关系查询功能、更接近现实世界来建模、提高规划工作效率，进而改善规划成果的准确性和合理性，已经被证明在相关方面优于传统的规划辅助平台。

在我国现阶段，区域水环境污染控制工作正在逐步开展，这种基于 ArcGIS 平台的区域水污染控制系统规划的计算机解决方案将有广阔的应用前景，同时适当改动之后也将适用于城市水污染控制系统规划。

参考文献 (References)

- [1] 欧志丹, 程声通, 贾海峰. 情景分析法在赣江流域水污染控制规划中的应用[J]. 上海环境科学. 2003, 22(8)
- [2] Andy MacDonald, Building a Geodatabase[M]. ESRI Press, 2001
- [3] 高朗, 程声通. AHP 与 SMART 方法在环境工程方案评比中的应用[J]. 辽宁城乡环境科技. 1997, 4(4): 17
- [4] 程声通, 高朗. 工程方案选择的权重-属性决策分析方法[J]. 环境科学. 2000, 5