

多目标决策 SMART 法在污水系统规划中的应用

郭茹 程声通 贾海峰

(清华大学环境科学与工程系, 北京, 100084)

1 课题背景

北京市区污水系统布局规划经历次总体规划修订和调整, 到 1992 年修订北京市区总体规划时, 按照污水处理厂的建设集中与分散相结合, 处理厂规模大、中、小相结合, 处理厂厂址选择上、下游相结合的原则, 综合考虑地形、污水管道现状、污水回用、工程投资以及经济效益等因素, 将市区划分为 16 个污水处理系统, 分别建设 16 座污水处理厂。

但是, 近年来城市用水量和污水量由于受到工业结构调整、水价、节水和污水回用等因素的影响, 增长趋势有所缓和, 其中工业用水量还出现较大幅度的下降; 同时, 北京是一个严重缺水城市, 污水回用越来越受到重视, 污水处理厂的建设资金从政府投入向投资主体多元化发展, 这些因素都会对污水处理厂的布局和建设方式产生影响, 有必要对北京市区污水系统布局问题进行深入研究。

2 研究方法

污水系统布局规划涉及到多方面的影响因素, 这些因素组成了一个多目标多层次的结构体系。本文以北京市区污水系统布局规划研究为例, 利用 SMART (Simple Multiattribute Rating Technique) 方法, 研究多目标决策分析方法在污水系统规划中的应用, 研究技术路线如图 2 所示。

根据科学性、规范化、针对性和适应性的原则, 将书面调查法和头脑风暴法相结合, 建立了污水系统布局规划多目标评价指标体系, 如图 2 所示。利用书面调查和访问调查相结合的方式, 识别出同一父目标下的各指标权重; 通过文献调研、现场试验和实地调查获取相关数据, 采用基于 GIS 的污水系统规划数据库, 对拟定污水系统布局方案的权重及属性进行了分析, 得到了评价结果。

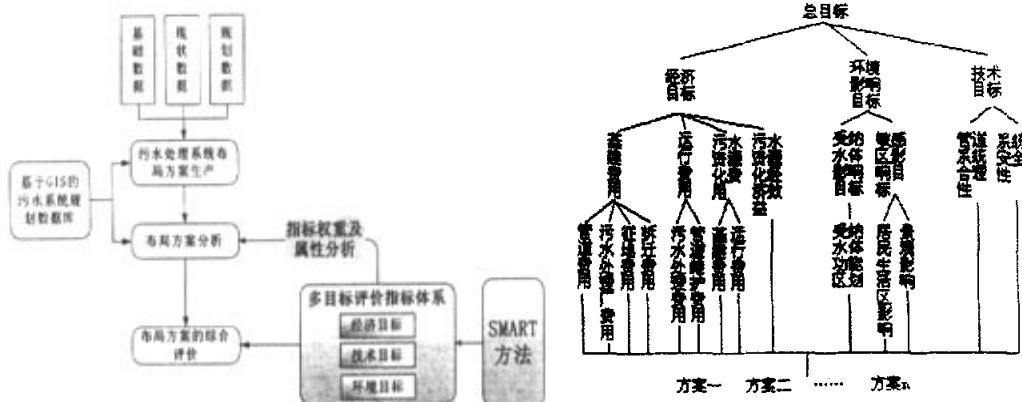


图 2 基于 SMART 的多目标决策分析法应用于污水系统规划的研究技术路线

图 1 利用 SMART 方法建立的污水系统布局规划多目标评价指标体系

3 结果与讨论

本研究中, 权重调查采用了“背对背”和“面对面”相结合的两重调查方式, 其中部分

指标的权重调查及分析结果如表 1 所示。

表 1 部分权重调查及分析结果（第二层指标权重）

| 第二层指标 | 第一次权重均值 | 第二次权重均值 | 第一次均方差 | 第二次均方差 | 第一次 MIR 及达 MIR 时的权重 | 第二次 MIR 及达 MIR 时的权重 | 最终权重及 95% 置信区间 | |
|------------|---------|---------|--------|--------|---------------------|---------------------|----------------|-------|
| | MIR | 权重 | MIR | 权重 | | | | |
| 1.1 工程经济目标 | 0.3479 | 0.3436 | 0.0863 | 0.0650 | 31% | 0.333 | 46% | 0.333 |
| 1.2 环境影响目标 | 0.3859 | 0.4008 | 0.0763 | 0.0657 | 31% | 0.444 | 38% | 0.444 |
| 1.3 工程技术目标 | 0.2657 | 0.255 | 0.0420 | 0.0395 | 31% | 0.222 和 0.25 | 38% | 0.222 |

注：MIR 为最大认同率。

将各底层指标分为可量化和不可量化两类进行分析，可量化指标主要采用效用函数法，而不可量化指标则采用了专家打分法。以清河流域方案一为例，部分可量化指标属性分析结果如表 2 所示。采用标量法将各对比方案的属性值进行规范化处理，最后进行方案总评价和排序。

表 2 部分可量化指标属性分析结果

| 指标 | 污水处理厂基建费用 | | | | | | | 污水处理厂运行费用 (万元/年) | |
|-----|-----------|--------|----------|---------------|----------|----------|-----------|---------------------|--------|
| | 方案序号 | 污水系统名称 | 规模(万吨/日) | 污水处理厂建设费用(万元) | 征地费用(万元) | 拆迁费用(万元) | 传输管道长度(m) | 传输管道费用(万元) | |
| 方案一 | 回龙观 | 6.5 | 10794.4 | 1573.0 | 1287.0 | * | * | 13654.4 | 1392.8 |
| | 肖家河 | 2.0 | 3917.2 | 880.0 | 720.0 | * | * | 5517.2 | 596.1 |
| | 清河 | 55.0 | 67733.5 | 12100.0 | 9900.0 | * | * | 89733.5 | 6481.1 |
| | 北苑 | 7.0 | 11504.7 | 1694.0 | 1386.0 | * | * | 14584.7 | 1469.1 |
| | 合计 | 70.5 | 93949.8 | 16247.0 | 13293.0 | * | * | 123489.8 | 9939.1 |

利用上述方法,研究了北京市区污水处理厂布局远景规划(2020年)问题。通过对多个方案进行权重及属性分析并综合评价,得到了较优布局方案,如图3所示。

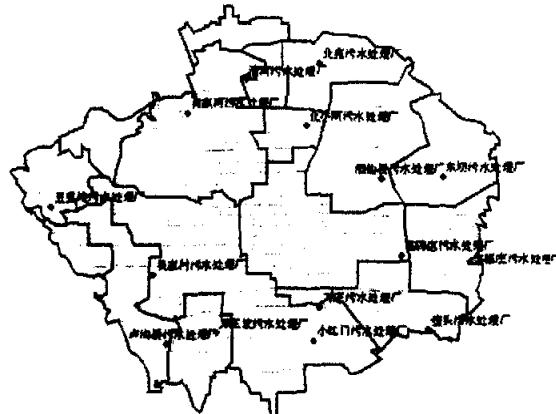


图 3 北京市区污水系统布局规划较优方案

基于 SMART 的多目标决策法简单实用，可实现对决策系统的量化支持，适于影响因素多的复杂系统规划。该方法也可应用于其它规划问题，但应注意的是，必须并针对不同应用领域的问题建立起适宜的评价指标体系，进行客观真实的权重及属性分析。