

# 污水处理厂规划中 AHP 方法的应用

邵海员, 刘绮, 黎锡流

(华南理工大学, 广州 510640)

摘要: 采用层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 对中山市某镇污水处理厂建设进行了方案选择模型的建立并寻求方案的优化决策。介绍了某镇具体状况, 以 AHP 方法进行优化计算, 并针对污水处理系统的具体情况以 Fuzzy 方法优选出最佳方案。

关键词: 污水处理厂建设; 层次分析法; 指标体系; 排序

中图分类号: X703 文献标识码: A 文章编号: 1003-6504(2006)02-0098-03

研究适合我国国情的污水处理厂建设方案的决策方法, 是当前我国废水处理领域里亟待进行的重要课题之一。在发达国家, 污水处理厂建设决策采用定量决策模型将废水处理的单元工艺和其他相关因素经过适当的处理予以模型化, 通过计算机程序运算, 从众多方案中选取综合效益最好的方案。

本研究是基于适应废水处理领域迅速发展的动态变化, 从经济、技术、操作管理、资源消耗及社会影响等方面综合地研究建设污水处理厂的决策问题, 建立适合而实用的定量决策模型, 并以计算机程序进行计算, 从而提高污水处理厂建设的决策水平, 充分发挥污水处理厂的作用, 推动我国环保事业发展。

## 1 AHP 简介

层次分析法 (AHP) 是一种用于方案选择型决策问题的具有独到特点的运筹学方法。它的基本思路是, 把复杂问题中的各种因素按其地位划分为一系列序层次, 根据对具体情况的判断, 就每一层次各因素的相对重要性给出定量指标, 利用数学手段计算表达这种相对重要性的排序权值, 通过排序求得问题答案。

## 2 研究范围的概况

中山市某镇拟建一座规模为 $50000\text{m}^3/\text{d}$ 污水处理厂, 接纳该镇四大排水系统排放的污水予以集中处理, 而接纳水体则是某河涌, 其消除污水对该河涌及东西水道的影响。四大排水系统出水水质:  $\text{BOD}_5: 180\text{mg/L}$ ;  $\text{SS}: 200\text{mg/L}$ ;  $\text{COD}: 580\text{mg/L}$ 。经研究拟选择鼓风机曝气、生物滤池、AB法, 标记为方案一、二和三, 如表1。

表1 方案比较

方案	污染物去除率/%			综合利用收入 (万元/a)	废弃污泥量 ( $\text{m}^3/\text{d}$ )
	$\text{BOD}_5$	SS	COD		
方案一(鼓风机曝气)	92	88	90	6.1(沼气、灌溉)	860
方案二(生物滤池)	76	75	70	4.5(沼气、养鱼)	720
方案三(AB法)	78	36	82	2.1(养鱼)	560

作者简介: 邵海员 (1981-), 男, 硕士研究生, 从事污水水指标建模研究, (电话) 020-85294408 电子信箱) shaohaiyuan@163.com。

## 3 AHP 模型的应用

### 3.1 指标体系的建立

工艺选择是污水处理厂建设决策过程中最重要的环节, 而技术方案的评估又是工艺选择的核心, 废水处理是综合性极强的工程问题, 不但各种处理技术本身有技术、工程、经济、管理等方面的不同特点, 污水处理厂建设还与市政、环保、能源、工业、农业、卫生保健等部门有密切的关系。

对于废水处理技术方案评价这样比较复杂的问题, 指标体系的建立是一项比较困难的工作。因此, 有必要根据研究目标提出指标体系, 该体系应符合的要求是: (1) 指标应具有明确的物理意义, 即任何一个指标必须能反映废水处理技术方案的某种性质或处理系统的某种状态; (2) 在研究过程中, 指标应是能够变化的; (3) 指标具有独立性, 即各个指标一般不能重叠; (4) 所有指标的组合应能反映处理技术方案或处理系统的整体特性。按照上述要求, 采用书面调查法和头脑风暴法建立了适合中山市某污水处理厂建设定量决策方案选择模型的指标体系 (图1)。

建立一个普遍适用的统一的指标体系不实际, 应根据特定问题建立具体指标体系, 这个体系具有极大的灵活性。可根据不同需要增减或重新组合各指标。

### 3.2 构造判断矩阵

根据拟建污水处理厂具体状况, 以图1为基础, 引入1-9标度法构造10个判断矩阵。例如A-B判断矩阵和B-C判断矩阵、 $C_3-C_3$ 判断矩阵等, 见表2, 表3。

表2 A-B ( $i=1,2,3$ ) 判断矩阵

A	$B_1$	$B_2$	$B_3$
$B_1$	1	1	10/3
$B_2$	1	1	10/3
$B_3$	3/10	3/10	1

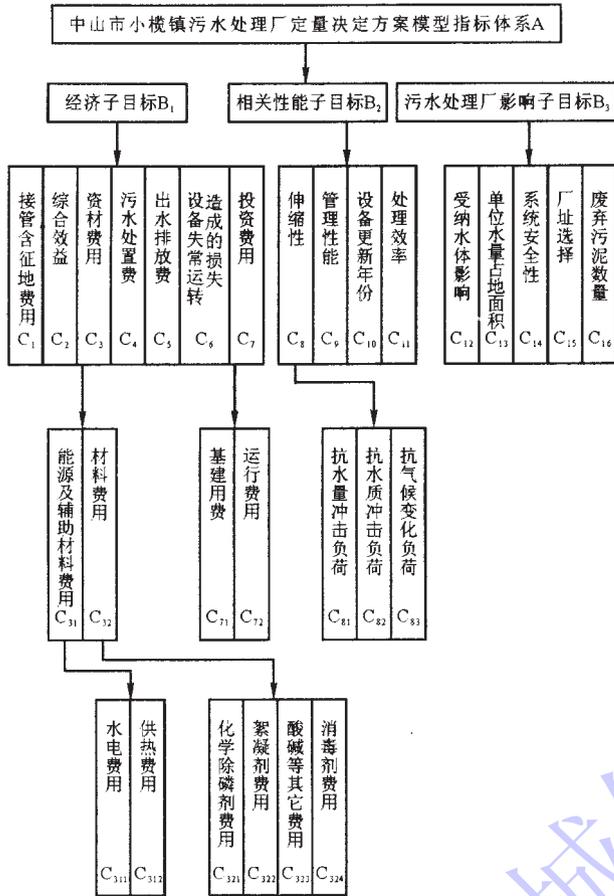


图1 中山市小榄镇某污水处理厂建设定量决策方案模型指标体系

表3 B<sub>1</sub>-C<sub>i</sub> i=1,2,3,4,5,6,7) 判断矩阵

B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>
C <sub>1</sub>	1	1/8	1/6	1/8	1/3	1/	1/6
C <sub>2</sub>	8	1	2	1	4	3	1
C <sub>3</sub>	6	1/2	1	1/5	2	2	1/3
C <sub>4</sub>	8	1	5	1	1	5	1
C <sub>5</sub>	3	1/4	1/2	1	1	1	1/5
C <sub>6</sub>	1	1/3	1/2	1/5	1	1	1/7
C <sub>7</sub>	6	1	3	1	5	7	1

### 3.3 编程上机计算及结果

分层次对各因素权重进行单排序并对系统进行总排序，求判断矩阵的最大特征根及其特征向量并通过一致性检验，采用和积法计算，其结果见表4.5。

表4 判断矩阵 A<sub>1</sub>-B-W-<sub>max</sub>-CI-RI-CR

A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	W
B <sub>1</sub>	1.000	1.000	3.333	0.435
B <sub>2</sub>	1.000	1.000	3.333	0.435
B <sub>3</sub>	0.300	0.300	1.000	0.130

$\lambda_{max}=3.000$  CI=0.000 RI=0.580 CR=0.000

表5 判断矩阵 B<sub>1</sub>-C-W-<sub>max</sub>-CI-RI-CR

B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	W
C <sub>1</sub>	1.000	0.125	0.167	0.125	0.333	1.000	0.167	0.031
C <sub>2</sub>	8.000	1.000	2.000	1.000	4.000	3.000	1.000	0.222
C <sub>3</sub>	6.000	0.500	1.000	0.200	2.000	2.000	0.333	0.108
C <sub>4</sub>	8.000	1.000	5.000	1.000	1.000	5.000	1.000	0.242
C <sub>5</sub>	3.000	0.250	0.500	1.000	1.000	1.000	0.200	0.083
C <sub>6</sub>	1.000	0.333	0.500	0.200	1.000	1.000	0.143	0.050
C <sub>7</sub>	6.000	1.000	3.000	1.000	5.000	7.000	1.000	0.264

$\lambda_{max}=7.540$  CI=0.090 RI=1.320 CR=0.068

### 3.4 指标重要程度排序

指标重要程度排序见表6。

表6 排序结果表

B	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	Z	总排序
WK	1.494	1.494	0.448		
C <sub>1</sub>	0.283	0.000	0.000	0.422	13
C <sub>2</sub>	2.119	0.000	0.000	3.166	4
C <sub>3</sub>	0.969	0.000	0.000	1.447	6
C <sub>4</sub>	2.132	0.000	0.000	3.184	3
C <sub>5</sub>	0.691	0.000	0.000	1.032	8
C <sub>6</sub>	0.466	0.000	0.000	0.696	11
C <sub>7</sub>	2.511	0.000	0.000	3.751	2
C <sub>8</sub>	0.000	0.226	0.000	0.337	15
C <sub>9</sub>	0.000	2.000	0.000	2.900	5
C <sub>10</sub>	0.000	0.880	0.000	1.315	7
C <sub>11</sub>	0.000	2.515	0.000	3.757	1
C <sub>12</sub>	0.000	0.000	0.244	0.109	16
C <sub>13</sub>	0.000	0.000	2.297	1.030	9
C <sub>14</sub>	0.000	0.000	1.037	0.465	12
C <sub>15</sub>	0.000	0.000	2.091	0.937	10
C <sub>16</sub>	0.000	0.000	0.822	0.388	14

根据图1及排序结果：

(1) 处理效率;(2) 投资费用;(3) 污泥处置费用;(4) 综合效益;(5) 管理性能;(6) 资材费用;(7) 设备更新年份;(8) 出水排水费用;(9) 单位污水量占地面积;(10) 厂址选择;(11) 设备失常运转时造成的损失;(12) 系统安全性;(13) 接管(含征地)费用;(14) 废弃污泥数量;(15) 伸缩性;(16) 受纳水体的影响;

### 3.5 最终工艺的选择

采用 Fuzzy 方法如下式确定最终方案：

$$M_j = \sum_{k=1}^3 a_k OR_{jk}$$

由专家系统给出的该镇污水处理厂可供选择的三种方案及权重系数为：鼓风曝气法：a<sub>1</sub>=0.332; 生物滤池法：a<sub>2</sub>=0.287; AB法：a<sub>3</sub>=0.381。则有：

$$[0.332 \ 0.287 \ 0.381] \times$$

$$\begin{bmatrix} 0.422 & 3.166 & 1.447 & 3.184 & 1.032 & 0.969 & 3.751 & 0.337 & 2.900 & 1.315 & 3.757 & 0.109 & 1.030 & 0.465 & 0.937 & 0.388 \\ 0.454 & 2.810 & 1.479 & 3.056 & 1.150 & 0.686 & 3.655 & 0.118 & 0.797 & 0.410 & 1.049 & 0.389 & 2.844 & 1.598 & 2.949 & 1.429 \\ 0.256 & 2.079 & 0.990 & 1.993 & 0.720 & 0.514 & 2.567 & 0.401 & 3.071 & 1.452 & 3.550 & 0.159 & 1.409 & 0.674 & 1.199 & 0.548 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8.369 \\ 7.139 \\ 8.223 \end{bmatrix}$$



根据上述计算, 最终方案排序: 鼓风曝气法、AB 法、生物滤池法, 因此最终选择方案为鼓风曝气法。

#### 4 结论

研究表明, 采用定量决策模型将废水处理的单元工艺和其它相关因素经过适当的处理予以模型化, 以计算机程序进行计算, 从众多方案中选取综合效益最好的方案, 不仅保证处理厂建成后能正常地投产运行, 而且能充分发挥废水投资的环境效益、经济效益与社会效益。

针对中山市某镇污水处理厂实际情况, 本研究选择了鼓风曝气、生物滤池、AB 法三种不同工艺进行比较。采用 Fuzzy 方法, 通过认为赋权及复合运算优选出鼓风曝气方案, 其综合效益最好, 根据该方案诸指标排序与子排序而确定投资额度及管理力度的原则是, 在污水处理厂建设总投资额一定的前提下, 其子项目重要性越大, 投资额越大, 管理力度的加大程度也越大。

#### [参考文献]

[1] 郝明家, 王莹. 城市水污染集中控制的经济分析[J]. 环境保护科学, 1996,22(3): 12- 15.  
[2] 吴育华, 郑道英, 吴庆雄. 海口长流污水厂工艺方案多目标评价与选择[J]. 中国给水排水, 1999,15(4): 41- 43.  
[3] 汤民淮, 蔡俊雄. 利用层次分析计算污染治理设施评价指标权重[J]. 环境科学与技术, 1997,(1): 27- 34.  
[4] 张忠祥. 我国工业废水污染防治的战略、对策与费用效益

分析[J]. 环境科学, 1996,17(4): 75- 79.

[5] 牛学义, 张申旺, 王旺. 德法两国与我国在污水厂设计建设和运行方面的比较[J]. 给水排水, 2001,27(3): 22- 25.  
[6] 王圃, 龙腾锐. 长江、嘉陵江重庆城区段水污染控制方费用估算[J]. 重庆环境科学, 1994,16(3): 61- 64.  
[7] 刘绮, 宁晓宇. 表征丹东北部山区生态环境经济协调发展的指标体系[J]. 辽宁城乡环境科技, 2002,20(3): 53- 55.  
[8] 张坤民, 王玉庆. 中国环境保护投资报告[M]. 北京: 清华大学出版社, 1992.  
[9] 张慧勤, 过孝民. 环境经济学系统分析- 规划方法与模型[M]. 北京: 清华大学出版社, 1993.  
[10] 王余南. 环境经济学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1994.  
[11] 杨金田, 王余南. 中国排污收费制度改革与设计[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.  
[12] 高华载, 梁华海. 小榄镇初志[M]. 1986.  
[13] Donald W Sundstrom, Herbert E Klei. Wastewater Treatment [M]. The University of Connecticut Prentice-Hall, 1995.  
[14] Andersson, LM, Bateman, et al. Individual environmental initiative: Championing natural environmental issues in U.S. business organizations [J]. Academy of Management Journal, 2000,43(4): 548- 571.  
[15] Klaus Hanel. Biological Treatment of Sewage by the Activated Sludge Process[M]. New York: 1988.  
[16] Corbett, LM Cutler. Environmental management systems in the New Zealand plastics industry [J]. International Journal of Operations & Production Management, 2000,20 (2): 204- 224.