



污泥净生成量和合成系数、自身氧化率的关系

李 丛 明

(四川维尼纶厂污水处理场)

摘要 本文对污泥净生成量和污泥合成系数、污泥自身氧化率进行了论述,介绍了它们的求值计算方法,建立起维尼纶废水的污泥净生成量经验公式,讨论其实用局限性。在有关资料中,合成系数和自身氧化率作为因水质而分的固定值对待,本文认为其值并非固定,着重研讨了生化条件的几个重要因素与其关系。

污泥净生成量(Δs)及其污泥合成系数(a)和污泥自身氧化率(b)是活性污泥法废水处理中的重要参数。它们关系到活性污泥的增长情况以及生化反应的正常与否,也关系到剩泥量的大小。剩泥量过大会给污泥处理带来很大麻烦,容易造成二次污染,而活性污泥过少则影响处理效果。对 Δs 和 a 、 b 的探讨将有利于废水处理状况的把握,有利于改进废水处理质量和经济地进行污泥处理。在 a 、 b 的有关资料中,只将其作为因水质而分的固定值,本文打破了这种观点, a 、 b 会受到生化条件的多种因素的影响而有所变动。

一、 ΔS 和 a 、 b

1. ΔS 与 a 、 b 的关系为:

$$\Delta S = aL_r - bS_a \quad (1)$$

式中 L_r 为去除 BOD 量 (kg/d); S_a 为活性污泥中的微生物量,即挥发性污泥量 (MLVSS kg)。

上面的 BOD 带用相近的 BOD_s 。污泥浓度 MLSS 除含有起生化作用的 MLVSS 外,还含有不起生化作用的非挥发性悬浮固体 MLNVSS,而 MLNVSS 又受带入生化系统的泥沙以及各种无机固体的影响,如石灰石残渣、 $CaSO_4$ 微粒等。故用 MLVSS 作为生化参数比用 MLSS 准确。

2. a 、 b 值的求得

将式(1)两边除以 S_a 得:

$$\Delta s/S_a = aL_r/S_a - b \quad (2)$$

设 $y = \Delta s/S_a$, $x = L_r/S_a$, (2) 式就是一个标准的一元线性回归方程 $y = ax + b$, b 实际为负值。

把 L_r/S_a 与 $\Delta S/S_a$ 的若干组数据整理列表,可用最小二乘法(或其它方法)求出回归式的 a 、 b ,并

进行相关系数 r 的检定。若 $r > 0$ 并 > 0.7 即属显著正相关,其所求 a 、 b 值及其经验公式皆为有实际意义的。

二、求 Δs 和 a 、 b 值的实例

1. 四川维尼纶厂(以下简称川维) Δs 经验公式将 1983 年我场有关数据整理列于表 1。

把以上有关数据用下列公式计算:

$$\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n} = 2.527 - \frac{7.756^2}{30} = 0.5218 \quad (3)$$

$$\Sigma y^2 - \frac{(\Sigma y)^2}{n} = 0.5390 - \frac{2.830^2}{30} = 0.2720 \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \Sigma xy - \frac{(\Sigma x)(\Sigma y)}{n} &= 1.039 - \frac{7.756 \times 2.830}{30} \\ &= 0.3074 \end{aligned} \quad (5)$$

斜率

$$a = \frac{(5)}{(3)} = \frac{0.3074}{0.5218} = 0.589,$$

截距

$$\begin{aligned} b &= \bar{y} - a\bar{x} \\ &= 0.0943 - 0.589 \times 0.2585 = 0.058, \end{aligned}$$

回归值

$$\hat{y} = 0.589x - 0.058,$$

即

$$\Delta S/S_a = 0.589L_r/S_a - 0.058,$$

得经验公式

$$\Delta S = 0.589L_r - 0.058S_a \quad (6)$$

相关性检定:

表 1 川维污泥净生成量与去除 BOD₅ 相关数据表

数据项目		去除 BOD ₅	ΔMLVSS	MLVSS	x	y			
样本 编号	月·日	kg/d	kg/d	kg/d			x ²	y ²	xy
		(L _r)	(ΔS)	(S _a)	(L _r /S _a)	(ΔS/S _a)			
1	6.7	2263	1229	3371	0.6713	0.3646	0.4507	0.1329	0.2448
2	6.8	725.7	94.5	4599	0.1578	0.0205	0.0249	0.00042	0.0032
3	6.9	1211	656.2	4694	0.2580	0.1398	0.0666	0.0195	0.0361
4	6.14	1163	170.1	3074	0.3783	0.0553	0.1431	0.0031	0.0209
5	6.15	1991	1323	3245	0.6136	0.4077	0.3765	0.1662	0.2502
6	6.16	1646	744.8	4568	0.3603	0.1630	0.1298	0.0266	0.0587
7	6.21	1266	598.5	5796	0.2184	0.1033	0.0477	0.0107	0.0226
8	6.22	911.7	63	6395	0.1426	0.0099	0.0203	0.000097	0.0014
9	6.23	1422	352.4	6458	0.2202	0.0546	0.0485	0.0030	0.0120
10	6.28	1400	819	5670	0.2469	0.1444	0.0610	0.0209	0.0357
11	6.29	1161	189	6489	0.1789	0.0291	0.0320	0.00085	0.0052
12	6.30	1323	519	6678	0.1981	0.0777	0.0392	0.0060	0.0154
13	7.5	1251	535.5	4561	0.2743	0.1174	0.0752	0.0138	0.0322
14	7.6	1519	661.3	4990	0.3044	0.1325	0.0927	0.0176	0.0403
15	7.7	1110	222	5519	0.2011	0.0402	0.0404	0.0016	0.0081
16	7.12	1862	856.8	5090	0.3658	0.1683	0.1338	0.0283	0.0616
17	7.13	1830	75.6	5947	0.3077	0.0127	0.0947	0.00016	0.0039
18	7.14	1097	477.2	6023	0.1821	0.0792	0.0332	0.0063	0.0144
19	8.2	2165	1260	5670	0.3818	0.2222	0.1458	0.0494	0.0848
20	8.3	2954	284	6962	0.4243	0.0408	0.1800	0.0017	0.0173
21	8.4	1159	769	7970	0.1454	0.0965	0.0211	0.0093	0.0140
22	8.16	1210	680	7636	0.1585	0.0891	0.0251	0.0079	0.0141
23	8.17	1122	529.2	8316	0.1349	0.0636	0.0182	0.0040	0.0086
24	8.18	1169	633.7	8845	0.1322	0.0716	0.0175	0.0051	0.0095
25	8.30	597.8	126	4568	0.1309	0.0276	0.0171	0.00076	0.0036
26	8.31	1115	189	4694	0.2375	0.0403	0.0564	0.0016	0.0096
27	9.1	870.5	153	4883	0.1783	0.0313	0.0318	0.00098	0.0056
28	9.6	1100	50.4	4977	0.2210	0.0101	0.0488	0.000102	0.00223
29	9.7	951.0	47.2	5481	0.1735	0.0086	0.0301	0.000074	0.00149
30	9.8	941.3	49.8	5954	0.1581	0.00836	0.0250	0.00007	0.00132
Σ					7.756	2.830	2.527	0.5390	1.039
均值					0.2585	0.0943			

样本数 $n = 30$, $\sum x = 7.756$, $\sum y = 2.830$, $\sum x^2 = 2.527$, $\sum y^2 = 0.5390$, $\sum xy = 1.039$, $\bar{x} = 0.2585$, $\bar{y} = 0.0943$.

$$r = \frac{(5)}{\sqrt{(3)} \sqrt{(4)}} = \frac{0.3074}{\sqrt{0.5218} \sqrt{0.2720}} = 0.816,$$

因该相关系数 $r = 0.816$, > 0 并 > 0.7 , 故属显著正相关。这说明用经验公式(6)来推算污泥净生成量是有意义的。

2. 川维污泥净生成量的实例计算

[例] 设川维污水场某日的生化进水平均流量 $Q = 570 \text{ m}^3/\text{h}$, 进水 $\text{BOD}_5 = 0.1304 \text{ g/L}$, 出水 $\text{BOD}_5 = 0.0114 \text{ g/L}$, $\text{MLVSS} = 2.16 \text{ g/L}$, 曝气池总容积 $V_B = 630 \text{ m}^3 \times 5$ 。

一天去除的 BOD_5 量为:

$$\begin{aligned} L_r &= 24Q(\text{BOD}_{5,\text{进}} - \text{BOD}_{5,\text{出}}) \\ &= 24 \times 570 \times (0.1304 - 0.0114) \\ &= 1628(\text{kg}). \end{aligned}$$

挥发性污泥量为:

$$\begin{aligned} S_a &= \text{MLVSS} \cdot V_B \\ &= 2.16 \times 630 \times 5 \\ &= 6804(\text{kg}). \end{aligned}$$

由式(6)得污泥净生成量为:

$$\begin{aligned} \Delta S &= 0.589L_r - 0.058S_a \\ &= 0.589 \times 1628 - 0.058 \times 6804 \\ &= 564(\text{kg}). \end{aligned}$$

三、经验公式的局限性

式(6)是在本场生化条件基本稳定的情况下得出的: 进水水质正常, F_M 为 $0.4 \sim 0.7 \text{ kg BOD}_5 / \text{kg MLVSS} \cdot \text{d}$, 水温 $30 \sim 35^\circ\text{C}$, 溶解氧 $1 \sim 4 \text{ mg/L}$, $\text{BOD}_5:\text{N}:\text{P} = 100:3 \sim 5:1$ 。当上述生化条件大致不变时, 用式(6)推算本场 ΔS 是可行的。当生化条件差异较大时, 式(6)会误差很大, 甚至完全不适用。如果生化条件发生变化较小, 其 a 、 b 也会相应变化较小, 公式就仍然适用。下面讨论 ΔS 和 a 、 b 与几大生化因素的关系。

四、与 a 、 b 、 ΔS 有关的因素

1. 水质、营养与 a 、 b 、 ΔS

生化处理有机废水时, 活性污泥微生物断开有机链, 同时将其作为食物。由于水质不同, 包括氮磷营养满足与否的程度不同, 它们能利用的有效营养的种类和比例也就不同, 这使得废水有机质分解转化又重新合成为微生物机体的比值有了差异。不同水质经过自然淘汰选择所生存的微生物种群也有差异。而且, 有毒物质的种类和含量不同, 对微生物生长繁殖速度的抑制与否也有差异。这些原因使得去除单位基质所能合成的生物污泥量的比值不同, 即不同水质和营养条件 a 值不同。

另外, 不同水质条件下, 尤其是不同毒物的存在, 死亡速率, 即自身氧化率, 亦存在差异。所以, 不同水质, b 值有所差异。

从表 2 可看出不同废水 a 、 b 值的差异。

要使废水的生化处理正常进行, 必须给微生物提供营养条件, 使它们能正常生存繁殖。工业废水一般营养不全, 故需要引入生活污水或投加氮磷营养。一般要求废水中 $\text{BOD}:\text{N}:\text{P}$ 为 $100:3 \sim 5:1$, 不足部分需补充。

我场废水缺 N 不缺 P , 故只补充 N 营养, 投配尿素溶液于曝气池进水中。我们做过 N 肥过量投加和不投加以及各种投加比例的长期试验。本场 N 营养与 ΔS 的关系如图 1。

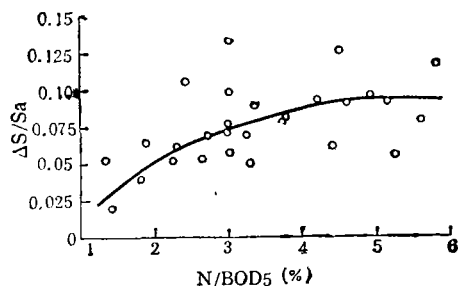


图 1 川维废水 N 含量与 ΔS 的关系

$$L_r/s_a = 0.2 \sim 0.4$$

2. 水温与 a 、 b 、 ΔS

活性污泥微生物以中温性细菌为主, 适宜的水

表 2 几种废水的 a 、 b 值

类 型	生活污水	合成纤维废水	含酚废水	纸浆和造纸废水	制药废水	冶炼废水	酿造废水
a	0.73	0.38	0.70	0.76	0.72—0.77	0.49—0.62	0.56
b	0.075	0.10	—	0.065	—	0.10—0.16	0.10

温为 20—35℃。在此温度内,活性污泥生化废水的能力强,而且沉降性好,有利于废水处理。

曝气池水温在最低生长温度和最适生长温度范围内变动时,细菌对废水的生化能力,尤其是生长繁殖速度随水温上升而提高,随水温下降而减低。

曝气池水温从冬季 10℃ 左右变动到夏季 30—35℃ 时, a 随着温度增高而增大,由于 b 增加缓慢,故 ΔS 增高。但超过 35℃,随着温度升高 a 减小, b 急骤增加,故 ΔS 急骤下降。温度在 35—40℃ 之间,几天时间污泥沉降性变差,呈散碎膨胀状态,废水处理不正常。如大于 40℃,作为活性污泥主体的中温性微生物处于抑制状态并开始死亡,活性污泥开始解体。

季节性气温变化对我场曝气池水温的影响是明显的。前几年引入的生活污水量很大,曝气池水温冬季最低为 13℃,夏季最高达 39℃。新增污泥量冬季几乎为零,夏季每月排剩泥达 2300—4300m³(回流污泥浓度 $RSSS = 5—12g/L$)。

我场曝气池水温与 $\Delta S/S_a$ 的关系如图 2。

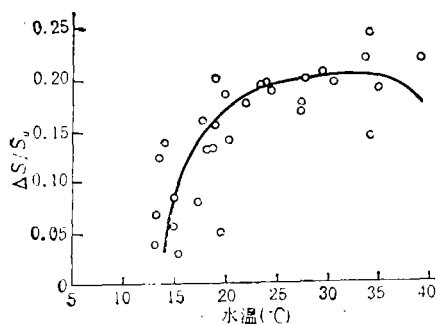


图 2 川维曝气池水温与 $\Delta S/S_a$ 的关系

$$L_r/S_a = 0.25—0.35$$

3. 污泥负荷与 a 、 b 、 ΔS

活性污泥微生物生长可分为四个阶段,即调整期、对数增长期、平衡期、内源呼吸期。与其生长阶段密切相关的是食物供应量(废水有机质) F 和微生物 $MLVSS$ 量的比值,即所谓 BOD 挥发性污泥负荷 F_M 。

从 F_M 可大体分出微生物所处的生长阶段: $F_M > 0.9$ 为调整期, $0.5 < F_M < 0.9$ 为对数增长期, $0.2 < F_M < 0.5$ 为平衡期, $F_M < 0.2$ 为内源呼吸期。

我场曝气池为表面曝气完全混合型的 20 个并联圆池,单个容积 630m³,设计日处理废水 28800m³,

实际日处理水量约为 10000—14000m³,生化进水 BOD , 约为 80—300mg/L,都比设计低,故运行大有富余,可以灵活调整池数,使活性污泥生长处于第二、三、四阶段。

当运行三、四个曝气池,提高叶轮转速,维持溶解氧于 1—4mg/L, F_M 为 0.6—0.9kgBOD₅/kgMLVSS·d,曝气时间 4h 左右。这时活性污泥微生物处于对数生长期。 a 大 b 小 ΔS 最大,出水欠佳, BOD , 较高,悬浮物大,污泥沉降性不好,二沉池污泥流失严重,所以实际排往污泥脱水系统的剩余污泥量并不很大。

运行五六个曝气池时, F_M 为 0.4—0.6kgBOD₅/kgMLVSS·d,曝气时间约 7h,活性污泥微生物处于对数增长期末端或平衡期前端。 a 较大 b 较小 ΔS 较大,出水 BOD 和 SS 较低,污泥沉降性有所改善,污泥流失少,排往脱水系统的剩余污泥量最大。

运行八、九个曝气池时,节能改换电机,降低转速运行, F_M 为 0.09—0.2kgBOD₅/kgMLVSS·d,曝气时间约 9—12h。活性污泥微生物处于平衡期末端至内源呼吸期前端,基本属延时曝气。污泥沉降性大为改善,二沉池泥水分分离良好,出水质量最高, BOD 和 SS 都最低。这时 a 小 b 大 ΔS 极小。排往脱水系统的剩余污泥往往一连两三个月都为零。

4. 曝气时间与 a 、 b 、 ΔS

挥发性污泥负荷的公式为:

$$F_M = \frac{24Q(L_a - L_e)}{c_M \cdot V} \quad (7)$$

式中 Q 为进水流量, L_a 为进水 BOD , L_e 为出水 BOD , c_M 为挥发性污泥浓度。

把曝气时间 T 与 V 和 Q 的关系式 $V = TQ$ 代入(7)得:

$$F_M = \frac{24(L_a - L_e)}{c_M \cdot T} \quad (8)$$

式(8)显示曝气时间与挥发性污泥负荷成反比关系。所以 T 与 a 、 b 、 ΔS 的关系,实际是 F_M 与它们的关系。即在其它条件不变时,曝气时间越长, F_M 越小, a 越小, b 越大, ΔS 越小甚至为零或负值。

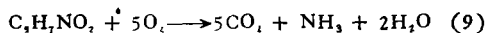
5. 挥发性污泥浓度 (c_M) 与 a 、 b 、 ΔS

c_M 对 a 、 b 、 ΔS 的影响,可归结为 F_M 对它们的影响。从(8)可以看出 c_M 与 F_M 成反比,即 c_M 越大 F_M 越小,于是 a 越小, b 趋大, ΔS 趋小;反之 c_M 越小, a 越大, b 越小, ΔS 趋大。

6. DO 与 a 、 b 、 Δs

(1) DO 与 a 在一般范围内,当溶解氧增高,生化反应强烈,基质去除量增大,而且好氧微生物的新陈代谢增强,生长繁殖加快,合成的 MLVSS 量也增大。从式(8)可知,这样同向增长对 a 值影响较小。同样,当 DO 降低,基质去除量和合成 MLVSS 量也同时降低。由此可知在常规范围内 a 值受 DO 变动的影响很小。

(2) DO 与 b 挥发性污泥的化学式为 $C_5H_7NO_2$,在内源呼吸阶段微生物氧化解体为:



由(9)可知,氧化 1kg MLVSS 需 0.71kg O_2 。由此可以看出,活性污泥的氧化率直接随供氧量的增大而增大,即溶解氧的高低直接影响污泥自身氧化率 b 值的高低。供氧量越大,微生物新陈代谢越强,甚至形成食物缺乏,转为以内源消耗为主耗掉自身,或促进其“同类相食”。这样 DO 越高 b 值就越大,而在一定范围内 DO 越低, b 值越小。但 DO 过低会使好氧微生物抑制甚至死亡, b 值反而会升高。

(3) DO 与 Δs DO 较低,虽然 b 值较小,但生化去除量 L_t 也较小,从式(1)可知 Δs 会相应较小。当 DO 很高时 L_t 变大,但 b 值骤增,故 Δs 反而变小。只有当 DO 适中,才会使 L_t 大, b 不很大,故 Δs 最大。

五、结论

1. 污泥净生成量由去除 BOD 量、生物污泥量和 a 、 b 值决定,服从于(1)。 Δs 随 a 大 b 小而增大。

2. 因受生化条件的影响, a 、 b 值及其污泥净生成量的经验公式只有在生化条件基本恒定的情况下才能求出和适用于推算。生化条件越恒定,其精度越高。

3. 影响 Δs 的因素大都可以归结为对 a 、 b 值的影响。 a 、 b 值并非是仅因水质而分的固定值。

4. 影响 a 、 b 值的主要因素有:进水水质,包括氮磷等;曝气池水温;活性污泥微生物所处的生长期,与此密切相关的污泥负荷、曝气时间、挥发性污泥浓度和溶解氧等。

5. 氮磷营养从缺乏趋向满足, a 、 Δs 则趋向增大。

6. 曝气池水温从 10℃ 左右变到 30—35℃ 时,随温度升高 a 增大、 b 增加缓慢、 Δs 增高。超过 35℃,随温度升高 a 减小、 b 大增、 Δs 急骤下降,生化处理速趋恶化。

7. 挥发性污泥负荷 F_M 为 0.6—0.9 时, a 最大、 b 小、 Δs 大。出水和污泥沉降性差,污泥流失严重,剩泥量并非很大。 F_M 为 0.4—0.6 时, a 较大、 b 较小、 Δs 较大,出水和污泥沉降性较好,剩泥量最大。 F_M 为 0.09—0.2 时,出水和污泥沉降性好, a 小 b 大 Δs 极小,剩泥极少甚至为零。

8. 曝气时间或挥发性污泥浓度增高时, a 变小 b 变大 Δs 变小。

9. DO 在常规范围内变动时对 a 影响小,适中时才会使 Δs 大。当 DO 过高过低都会使 b 增大并导致 Δs 减小。

参 考 文 献

- [1] R. S. 拉马尔奥著,严忠琪等译,《废水处理概论》,184—190 页,中国建筑工业出版社,1982 年。
- [2] J. R. 麦克沃特编,李维材等译,《高纯氧活性污泥法》,中国建筑工业出版社,1983 年。
- [3] 李汉昭编,《活性污泥法概述》,35—37 页,中国建筑工业出版社,1977 年。

(收稿日期:1989 年 1 月 18 日)

二步层次分析与化工厂厂区环境质量评价

张 松 滨

(吉林化工学院环境工程教研室)

摘要 本文提出二步层次分析法,即直接-间接给出判断矩阵,将其应用于化工厂厂区环境质量综合评价,并建立了质量评价模型。与层次分析法相比较,该方法具有判断简便、一致性程度高、分析灵敏度高、决策结果的可信度高、受决策者主观臆断影响小、分析监测数据利用率高等特点。经实例分析表明,评价结果与实际状况较符合。

石棉通过磷化作用而使毒性降低,许多专用设备能极有效地防止石棉纤维外逸。据瑞士专利文献所报道,在石棉从设备逸出过程中喷一种粘合剂溶液可防止石棉扩散。另外改进石棉在制品中的紧固效果,一些脆性石棉制品已经停止使用,取而代之的是封闭式石棉制品。所有这些都能最大限度地减少石棉纤维和粉尘的污染,满足工业卫生和环保法规的要求,保证石棉及其制品的安全生产和应用。许多国家都在颁布的法规中限制了空气中粉尘的含量,比利时、加拿大、芬兰、法国、印度、日本、荷兰、新加坡、南非、西班牙、美国等多数国家将温石棉纤维的标准浓度规定为 2 根/cm³,欧洲经济共同体、爱尔兰、以色列、意大利、新西兰、瑞士等规定为 1 根/cm³,有的国家甚至规定为 0.5 根/cm³ (如丹麦、瑞典、英国),蓝石棉一般控制在 0.2—0.5 根/cm³ 以下或禁用。近年来国际石棉协会通过对 103 个国家 323 个企业及近千万名工人进行了现场动态(工人

与静态(部位)的综合考察表明,石棉的危害完全可以控制。

另一方面,发达国家对石棉代用品的开发和应用已有十多年了,但在质量的可靠性和综合性能上不理想,或其生产能耗、成本、价格很高,或制造工艺和技术上较复杂,故目前世界上尚未发现能取代石棉全部用途的较完美的代用品,况且一些代用材料本身也对人体健康有危害。因此石棉代用材料在今后一、二十年内不可能大规模代替石棉,石棉仍然是天赋的价廉质优的无可比拟的天然矿物纤维。随着对石棉危害的认识程度的提高、环保措施的加强、石棉应用领域的扩大,今后石棉的生产和销售都将逐步增加,特别是新近发展中国家和工业化中的国家因建设的需要而对石棉(主要是石棉水泥制品)需求量的不断上升,石棉的应用前景仍然是光明而广阔的。

(参考文献从略)

(continued from inside back cover)

Relation between Net Increment of Sludge and Its Composite Coefficient and Oxidation Rate

Li Congming (The Wastewater Treatment Station, Sichuan Vinylon Works, Chongqing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(1), 1990, pp.

The paper presents net increment of sludge ΔS with a , b and their mode of calculation. The empirical linear formulae of vinylon wastewater ΔS has been established, and the limitations in application discussed. In many related references, a , b are considered as invariable values with different water quality, but the author describes them not so invariable, and stresses the relation between a , b and primary factors of biochemical conditions.

The Two-Step Analytical Hierarchy Process and Environmental Qualitative Evaluation for A Chemical Factory.

Zhang Songbin (Jilin Institute of Chemical Engineering, Jilin City): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(1), 1990, pp.

A two-step Analytical Hierarchy Process (AHP), direct-indirect judged matrix, is given in this paper. By this process, integral evaluation of environmental quality for a chemical factory has been applied, and the model of qualitative evaluation has been established. The features of AHP are simple in judgement, higher in unanimous degree, good at distinguishability, higher reliability of decisive result and utilization of analytical numbers, and little influence of subjective guess by decision-makers. Through analysing cases, its results are conformable to practical situation fairly.