

置), 平均隔声量约 30dB, 经三道门后现场测得的平均隔声量约 41dB。看来目前地下建筑内部未经专门设计的隔声处理, 只能满足商场、地下餐厅、地下娱乐场所等的声环境功能要求。对于安静程度要求较高的地下建筑, 诸如地下会议厅、影院、旅馆、招待所、地下医院和人防地下指挥所等, 还应选用隔声量更高的构造, 施工中还应注意提高门缝的密闭性能。

(2) 对于安静程度要求较高的地下建筑中的备用电站、风机房和污水泵房等, 除选用隔声门和隔声量高的墙壁作围护结构外, 同时还应从总平面布局上考虑风机房、电站之类高噪声房间的位置, 应使其远离需要安静的房间。在公共通道中, 应在天棚上布置一些吸声材料, 在长通道中可在适当距离布置隔断, 以尽量避免噪声沿通道传递。

(3) 从表 10 结果还可看出, 人防地下建筑中所采用的钢筋混凝土防爆门, 其隔声性能明显比木门优良, 在关闭不严密时, 虽中、高频隔声性能较差, 但低频隔声效果也明显高于木门。

与地下声环境有关的问题甚多, 限于文章篇幅, 某些问题将另文讨论。

致谢: 北京、石家庄、长春、青岛、徐州、武汉等市人防部门提供了协助, 肖明炎、聂明刚、王滨同志参加了调研工作等, 在此表示感谢。

#### 参 考 文 献

- [1] 中国建筑科学院, 建筑声学设计手册, 第 95—108 页, 中国建筑工业出版社, 北京, 1987 年。
- [2] 地下建筑规划与设计编写组, 地下建筑规划与设计, 第 9—52 页, 中国建筑工业出版社, 1981 年。

## 直线图解法在分析河流水团示踪试验数据中的应用

郭 建 青

(水利部农田灌溉研究所, 河南新乡 453049)

**摘要** 在示踪剂的一级反应速率常数  $K_1$  不为零的条件下, 将反映水团示踪试验中示踪剂浓度变化规律的解析表达式进行适当变化, 得到一直线方程。该方程的自变量和因变量中仅含有原始观测数据, 直线常数中含有  $K_1$ 、 $D$  和  $u$  三个参数。故在通过直线图解法或线性回归法求出两常数后, 在  $K_1$  与  $u$  中有一个为已知时, 即可求出另外两参数。

**关键词** 示踪试验, 直线图解法, 线性回归法。

进行一维河流水团示踪试验的主要目的在于确定河流的纵向弥散系数, 为建立河流水质模型提供基础性参数。现有的分析一维河流水团示踪试验数据的主要方法有单站法, 双站法<sup>[1]</sup>和直线图解法<sup>[2]</sup>三种。这三种数据分析方法都仅能在示踪剂为惰性的情况下才能够得到应用, 因而限制了河流水团示踪试验的应用范围。因此, 作者引用文献[3]中介绍的直线图解法的原理, 提出新的分析一

维河流水团示踪试验数据的方法, 使之在示踪剂的一级反应速率常数  $K_1$  不为零的情况下仍可以应用。

### 一、基本原理

在顺直、河流流速与横断面积沿程基本上保持不变的均匀河段上进行水团示踪试

收稿日期: 1991 年 5 月 28 日

验,即在该河段上游瞬时投放示踪剂,取投放点的位置为坐标原点,沿水流方向为X轴的正方向,取投放时刻为零时刻,则描述下游河段中示踪剂浓度随时空变化规律的解析表达式为<sup>[1]</sup>:

$$c(X, t) = \frac{W}{A\sqrt{4D\pi t}} \exp(-K_1 t) \cdot \exp\left[-\frac{(X-ut)^2}{4Dt}\right] \quad (1)$$

式中,  $c$ ——投放后  $t$  时刻,在投放点下游  $X$  测站上的示踪剂浓度;

$W$ ——一次投放示踪剂的重量;

$A$ ——河流横断面积;

$D$ ——河流纵向弥散系数;

$K_1$ ——示踪剂的一级反应速率常数;

$u$ ——河流平均流速。

试验结果表明,一般均匀河段只要距投放点的距离( $X$ )大于以下计算值时,式(1)就具有较好的准确性<sup>[1]</sup>:

$$X \geq \frac{1.8 B^2 u}{4 H u^*}$$

$$u^* = \sqrt{g H I}$$

式中,  $B$ ——平均河宽;

$H$ ——平均水深;

$u^*$ ——摩阻流速;

$I$ ——河床平均坡降;

$g$ ——重力加速度。

对此,当进行一维河流水团示踪试验,在下游布设观测站时,应予以考虑。

对式(1)两端同时取对数可得:

$$\ln c = \ln \frac{W}{A\sqrt{4\pi D}} - \frac{1}{2} \ln t - K_1 t - \frac{(X-ut)^2}{4Dt} \quad (2)$$

对上式两端同时关于时间  $t$  求导数,经过简单的整理与化简后可以得出:

$$4t^2 \left( \frac{c'}{c} + \frac{1}{2t} \right) = \frac{X^2}{D} - \left( \frac{u^2}{D} + 4K_1 \right) t^2 \quad (3)$$

在式(3)中令:

$$G = t^2 \left( \frac{c'}{c} + \frac{1}{2t} \right) \quad (4)$$

$$b = \frac{X^2}{4D} \quad (5)$$

$$a = - \left( \frac{u^2}{4D} + K_1 \right) \quad (6)$$

$$T = t^2 \quad (7)$$

则式(3)可以写成:

$$G = aT + b \quad (8)$$

显而易见,因变量  $G$  和自变量  $T$  之间存在着直线关系。一方面,因变量  $G$  由  $t$ ,  $c$  和  $c'$  组成,  $t$  和  $c$  为水团示踪试验中的原始观测数据,  $c'$  在  $c-t$  曲线上可以量得,也可以通过差分的方法近似计算得到,自变量  $T$  仅为时间  $t$  的函数;另一方面,在进行水团示踪试验时,从投放点到下游各测站的距离  $X$  也为已知,因此,只要能够利用原始观测数据求出式(5)中的常数  $a$  和  $b$ ,在河流平均流速  $u$  和示踪剂的一级反应速率常数  $K_1$  两个参量中有一个为已知,即可求出另外两个参数。

## 二、计算方法与步骤

由于在进行水团示踪试验过程中,人们观测到示踪剂浓度值在时间坐标上是离散的,因此,可以作出如下的近似处理,即在时间坐标上采用中心差分格式:

$$c_{i+\frac{1}{2}} = \frac{1}{2} (c_{i+1} + c_i)$$

$$t_{i+\frac{1}{2}} = \frac{1}{2} (t_{i+1} + t_i)$$

$$c'_{i+\frac{1}{2}} = \frac{c_{i+1} - c_i}{t_{i+1} - t_i}$$

其中  $i = 0, 1, 2, \dots, n$  为观测数据的序数。

因此,可将式(8)写为如下的离散形式:

$$G_{i+\frac{1}{2}} = aT_{i+\frac{1}{2}} + b \quad (9)$$

其中,  $G_{i+\frac{1}{2}} = (t_{i+1} + t_i)^2 \left( \frac{c_{i+1} - c_i}{t_{i+1} - t_i} + \frac{2}{c_{i+1} + c_i} + \frac{1}{t_{i+1} + t_i} \right)$  (10)

$$T_{i+\frac{1}{2}} = \frac{(t_{i+1} + t_i)^2}{4} \quad (11)$$

从式(10)、(11)可以看出,  $G_{i+\frac{1}{2}}$  和  $T_{i+\frac{1}{2}}$  仅含示踪试验的原始观测数据  $(c_i, t_i)$ 。也就是说, 利用已知的观测数据可以分别计算出相应不同时段  $\Delta t_{i+\frac{1}{2}} = t_{i+1} - t_i$  的  $G_{i+\frac{1}{2}}$  和  $T_{i+\frac{1}{2}}$  值。

式(9)表明  $G_{i+\frac{1}{2}}$  和  $T_{i+\frac{1}{2}}$  之间为直线关系, 所以在利用式(10)和(11)求出所有  $G_{i+\frac{1}{2}}$  和  $T_{i+\frac{1}{2}}$  的值之后, 可以在直角坐标系中, 取  $G_{i+\frac{1}{2}}$  作为纵坐标值,  $T_{i+\frac{1}{2}}$  为横坐标值, 点绘  $G_{i+\frac{1}{2}}-T_{i+\frac{1}{2}}$  关系直线, 分别量取该直线的斜率和在纵坐标轴上的截距, 就可以得到常数  $a$  和  $b$  值。

此外, 为了提高计算结果的可靠性, 消除在作图过程中, 人为因素对计算结果的影响, 还可以利用人们熟知的线性回归法计算两个直线常数  $a$  和  $b'$ , 具体计算公式为:

$$a = \frac{\Sigma(T_{i+\frac{1}{2}} - \bar{T})(G_{i+\frac{1}{2}} - \bar{G})}{\Sigma(T_{i+\frac{1}{2}} - \bar{T})} \quad (12)$$

$$b = \bar{G} - a\bar{T} \quad (13)$$

式中,  $\bar{T} = \frac{1}{n} \Sigma T_{i+\frac{1}{2}}$ ,  $\bar{G} = \frac{1}{n} \Sigma G_{i+\frac{1}{2}}$ 。

在通过上述方法确定了  $a$  和  $b$  值之后, 在  $u$  和  $K_1$  两个参数中有一个为已知的情况下, 就可以利用式(5)与(6)计算出另外两个参数。例如, 当示踪剂的一级反应速率常数为已知时, 不难得出如下两个公式计算河流平均流速和纵向弥散系数:

$$D = \frac{X^2}{4b} \quad (14)$$

$$u = \sqrt{-4D(a + K_1)} \quad (15)$$

综上所述, 应用直线图解法计算河流纵向弥散系数与有关参数的步骤和应该注意的问题可以简要地归纳为如下几点:

1. 利用相应不同观测时间  $t_i$  的示踪剂浓度值  $c_i$ , 点绘  $c_i-t_i$  曲线。若该曲线上局部点有波动, 应予以修正, 使之光滑。

2. 在已绘制好的  $c_i-t_i$  曲线上逐个选取

点据  $(c_i, t_i)$ 。时间步长  $\Delta t_{i+\frac{1}{2}} = t_{i+1} - t_i$  取值较小时, 可以提高计算结果的精确性, 但取值太小时, 可能会给导数  $c'_{i+\frac{1}{2}}$  的计算带来不便。为使计算简便, 各  $\Delta t_{i+\frac{1}{2}}$  可选取相同的数值。

3. 利用公式(10)和(11)分别计算相应各时段的  $G_{i+\frac{1}{2}}$  和  $T_{i+\frac{1}{2}}$  值。

4. 在直角坐标纸上, 以  $G_{i+\frac{1}{2}}$  为纵坐标值,  $T_{i+\frac{1}{2}}$  为横坐标值, 点绘  $G_{i+\frac{1}{2}}-T_{i+\frac{1}{2}}$  直线, 量取该直线的斜率和在纵轴上的截距, 即分别得到  $a$  和  $b$  的值。为了使由图解法求出的  $a, b$  值更为精确, 可选取较大比例尺作图。

此外, 还可以采用线性回归法中的公式, 如式(9)与(10)分别计算  $a$  和  $b$  的值, 以提高计算结果的准确性。

5. 若示踪剂一级反应速率常数  $K_1$  与河流平均流速为已知时, 可以利用式(14)或(15)直接计算河流纵向弥散系数  $D$ ; 若  $u$  为未知时, 则可先应用式(14)计算  $D$ , 再利用式(15)计算  $u$ 。对于其它情况, 可以由式(15)推导出相应的参数计算公式。

经推导可以证明, 在示踪剂为惰性的情况下, 文中介绍的方法仍可以应用, 计算步骤与前面介绍的基本相同, 仅将式(15)中的  $K_1$  取零便可。

### 三、数字算例<sup>[5]</sup>

某河上游端瞬时投放浓度为  $1c_i/L$  的放射性含铅 ( $Pb^{212}$ ) 示踪剂 378.5L。  $Pb^{212}$  的半衰期为 10.6h (衰减变化按一级动力学公式进行)。在距投放点下游 8km 处的测站观测到的示踪剂浓度值见表 1。试用文中介绍的直线图解法确定该河流的纵向弥散系数与平均流速。

利用表 1 中的观测数据点绘  $c_i-t_i$  曲线, 见图 1。从该曲线上按  $\Delta t = 0.2h$ , 读取相应各点的浓度值  $c_i$  (见表 2)。

利用式(10)和(11)分别计算相应不同时段的  $G_{i+\frac{1}{2}}$  和  $T_{i+\frac{1}{2}}$  的值, 计算结果见表 2。

表 1 浓度观测数据

$t(h)$	3.2	3.6	4.0	4.2	4.6	5.0	5.4
$c$	$3.6 \times 10^{-4}$	$3.72 \times 10^{-3}$	$9.49 \times 10^{-3}$	0.01	$6.26 \times 10^{-3}$	$1.98 \times 10^{-3}$	$3.73 \times 10^{-4}$

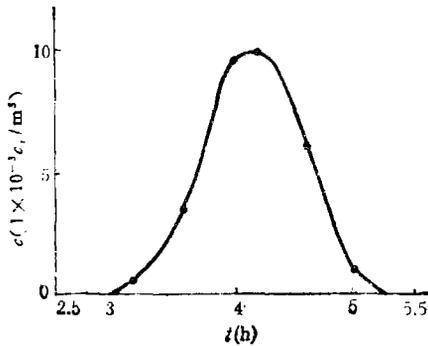


图 1 8km 处河水的  $c-t$  曲线

表 2  $G_{i+\frac{1}{2}}$  与  $T_{i+\frac{1}{2}}$  计算结果

$t$ (h)	$c$ ( $c_i/m^3$ )	$G_{i+\frac{1}{2}}$	$T_{i+\frac{1}{2}}$
3.2	$3.60 \times 10^{-4}$		
3.4	$1.42 \times 10^{-3}$	76.37	10.90
3.6	$3.72 \times 10^{-3}$	60.74	12.25
3.8	$6.84 \times 10^{-3}$	43.54	13.70
4.0	$9.49 \times 10^{-3}$	26.85	15.21
4.2	$10.00 \times 10^{-3}$	6.45	16.81
4.4	$6.82 \times 10^{-3}$	-10.08	18.49
4.6	$6.26 \times 10^{-3}$	-30.21	20.25
4.8	$3.79 \times 10^{-3}$	-53.07	22.09
5.0	$1.98 \times 10^{-3}$	-75.49	24.01
5.2	$9.10 \times 10^{-4}$	-98.55	26.01
5.4	$3.70 \times 10^{-4}$	-125.74	28.09

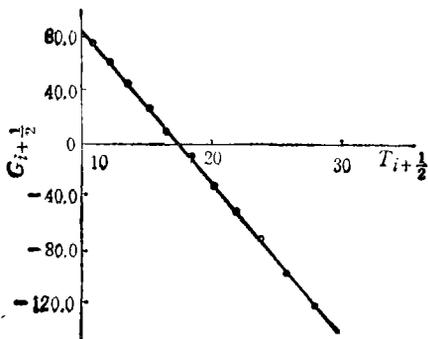


图 2  $G_{i+\frac{1}{2}}-T_{i+\frac{1}{2}}$  直线

利用表 2 中的  $G_{i+\frac{1}{2}}$  和  $T_{i+\frac{1}{2}}$  值, 在直角坐标纸上点绘  $G_{i+\frac{1}{2}}$  和  $T_{i+\frac{1}{2}}$  直线, 如图

2 所示. 从该直线可以量得:  $a = -11.05$ ,  $b = 194.5$ .

在本例中, 假如示踪剂的一级反应速率常数  $K_1 = 0.065h^{-1}$  为已知, 则可利用式 (15) 与 (14) 计算河流纵向弥散系数与平均流速:

$$D = \frac{X^2}{4D}$$

$$= \frac{8000^2}{4 \times 194.5}$$

$$= 8.226 \times 10^4 m^2/h$$

$$= 22.85 m^2/s;$$

$$u = \sqrt{-4D(a + K_1)}$$

$$= \sqrt{-4 \times 8.226 \times 10^4 (-11.05 + 0.065)}$$

$$= 1901.2 m/h = 0.528 m/s.$$

另外, 也采用了线性回归法计算直线常数  $a$  和  $b$ , 计算结果为:  $a = -11.09$ ,  $b = 192.7$ , 由此可以求出:  $D = 23.06 m^2/s$ ,  $u = 0.532 m/s$ .

表 3 参数计算结果

方法 参数	真 值	直线图解	线性回归
$D$	22.0	22.85	23.06
$ \frac{\Delta D}{D} $		3.86%	4.82
$u$	0.53	0.528	0.532
$ \frac{\Delta u}{u} $		0.38%	0.38%

从表 3 中可以看出, 本文的计算结果是比较满意的. 同时, 只要作图准确, 由直线图解法可以求出比较精确的参数计算值.

#### 四、结 束 语

从理论推导和实际算例可以看出文中介  
(下转第 11 页)

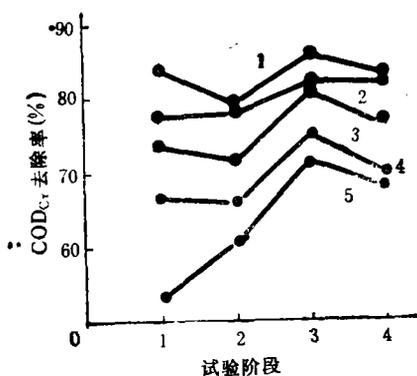


图 7 不同试验阶段各组 COD<sub>cr</sub> 去除率变化  
1. 1000mg/L 2. 500mg/L 3. 100mg/L  
4. 50mg/L 5. 对照

累加强化作用使去污效果有所上升。第四阶段的水温很低,部分已达 5℃,这不仅是凤眼莲生长的极端忍受限,而且水中微生物系统的活动亦受影响,同时,第三阶段较低的水温对凤眼莲生理生化方面的不利影响也反映到其根部去污能力上来,这些因素综合作用,造成第四阶段凤眼莲总去污能力的下降。但从图 7 可见,即使各池凤眼莲去污能力都在下降,经“802”处理的喷药组凤眼莲去污能力相对对照组仍表现出较高水平。

植物激素“802”对凤眼莲的去污能力的影响是通过对其根部活力的强化而实现的。一方面,“802”被凤眼莲叶片吸收,提高了凤眼莲叶绿素含量和光合速率,根上部分生理

(上接第 48 页)

绍的直线图解法在分析一维河流水团示踪试验数据,确定河流纵向弥散系数等参数的计算中,具有以下特点;

1. 示踪剂一级反应速率常数不论是否为零均可应用,显然拓宽了示踪试验的应用范围。

2. 在河流平均流速与示踪剂的一级反应速率常数两个参数中,只要其中一个通过其它方法求出,就可以求出另外一个,同时计算出河流纵向弥散系数。

活力的加强在一定程度上影响了根系对污水中某些有机质的吸收,另一方面,“802”作为一种植物生长调节剂,能促进营养物质在凤眼莲体内的运输与代谢,运输与代谢水平的提高也使根活力增强,使污水中污染物更多地被吸收或分解,从而降低 COD<sub>cr</sub>、BOD, 负荷。

### 三、结 论

1. 叶面喷施“802”对提高凤眼莲的耐低温和御寒能力有良好效果,从叶绿素含量和增重指标来看,施用“802”能延长凤眼莲在低温环境(5℃—15℃)正常生长 15—25 天,其中以 1000mg/L 效果最佳。

2. “802”能强化凤眼莲的去污能力,特别是当水温等条件适宜时,这种作用更明显。在一定范围内,“802”浓度与其强化作用呈正相关性。

3. 综合经济、环境、社会三大效益考虑,“802”的叶面喷施浓度以 100mg/L 为宜。

4. “802”不能提高凤眼莲对水温的极端忍受限,当水温达到或低于 5℃ 时,凤眼莲仍会死亡。

### 参 考 文 献

- [1] 丁树荣,中国环境科学,4(2),10(1984).
- [2] 吴振斌等,水生生物学报,11(2),139(1987).

3. 整个计算过程并不繁杂,而且可以编制成程序,在计算机上完成数据分析工作。

### 参 考 文 献

- [1] W. 金士博著,水环境数学模型,第 18 页,中国建筑工业出版社,北京,1987 年。
- [2] 郭建青等,环境科学,11(2),24(1990).
- [3] Wang, H. Q. et al., *Journal of Hydrology*, 95(1/2), 149(1987).
- [4] 傅国伟等,水污染控制系统规划,第 110 页,清华大学出版社,北京,1985 年。
- [5] 傅国伟编著,河流水质数学模型及其模拟计算,第 91 页,中国环境科学出版社,北京,1987 年。

# Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

most probably become an efficient parameter in determining RBC biological film activities.

**Key words:** rotating biological contractor (RBC), biological film activity, TTC-dehydrogenase activity.

**Influence of Coal Size and Pulp Concentration upon Microbial Desulfurization of Coal.** Li Lei, Zhang Xing (China University of Mining and Technology, Xuzhou): *Chin. J. Environ. Sci.* 13(1), 1992, PP.

On the basis of experiments, this paper discusses the influence of coal size and pulp concentration upon microbial desulfurization of coal. Experimental results show that the smaller the coal size is, the higher the coal desulfurization rate will be. When the coal size is smaller than 0.054mm (coal pulp concentration is 10%), 44.1% of the sulfur in the coal can be removed in 12 days, thus reducing the total sulfur content of the coal from 2.55% to 1.425%. The optimum pulp concentration for coal desulfurization is 10%. Under this condition (coal size is 0.073—0.088mm), the microorganism can remove about 38.9% of the sulfur in the coal in 12 days, thus reducing the total sulfur content of the coal from 2.55% to 1.558%.

**Key words:** coal pulp concentration, coal desulfurization, Microbial desulfurization of coal.

**Research of Ferrite Coating on Neutralization Precipitation Sludge.** Tu Pingguan (Dept. of Biology, Tsinghua University, P. R. China), H. Abe (NEC Environmental Engineering Co., Japan), Y. Tamaura (Dept. of Chemistry, Tokyo Institute of Technology, Japan): *Chin. J. Environ. Sci.* 13 (1), 1992, PP.

The method of ferrite coating on neutralization precipitation sludge (NPS) was studied. Ferrite coating on NPS is influenced by various elements, such as total amount of  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  adding reaction temperature, pH value, air velocity, oxidation—reduction potential and frequency of  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  added. Low amount of  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  added makes the results of coating worse. High reaction temperature is detrimental to the localization of Mn. However low reaction temperature is unfavourable for the coating of Cd, Cu and Zn. Low air velocity results in slow reaction rate which is not beneficial to coating. The coating reaction would be difficult to control at pH lower than 9. ORP has little influence on coating for the experimental conditions. The higher the frequency of  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  addition is, the better the results of coating would be. In this experiment, complete ferrite film was found to be formed on the surface of small NPS particles. Through this kind of disposal process, heavy metal ions will no longer leach out from NPS under weak acidic conditions.

**Key words:** ferrite coating, heavy metal ions, neutralization precipitation sludge.

**An Investigation of Noise Sources and Me-**

**asure of Noise Control in the City Underground Buildings.** Chen Yanxun. (Chongqing Institute of Architecture and Engineering, Chongqing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 13(1), 1992, PP.

This paper presents some measurement data on the noise sources in the underground buildings, including blower rooms, pump rooms and generator rooms of diesel engine, discusses requirements of sound environment in different city underground buildings, and gives an analysis on the measurement data of underground constructions of air sound insulation.

**Key words:** underground building, noise source, noise control, sound insulation.

**The Application of Linear-Schematic Method to the Analysis of Watermass Tracing Experiment Data in River.** Guo Jianqing. (Farmland Irrigation Research Institute of MWR): *Chin. J. Environ. Sci.* 13(1), 1992, PP.

A linear equation can be deduced by changing, properly, the analytic representation reflecting the variation of tracer's concentration in water mass tracing experiment under the condition that the first-order reaction rate constant (K1) is not equal to zero. Only the original observed data are included in the independent and dependent variables of the equation and three parameters (K1, D, U) are included in the linear constant. Thus, after knowing two constants by using linear-schematic method or linear-regression method, the other parameters can be obtained if either K1 or U is known.

**Key words:** Water mass tracing, linear schematic analysis.

**A New Method for the Treatment of  $\text{NO}_x$  Containing Waste Gas.** Yu Longxing (Department of Chemical Engineering, Shanghai Second Polytechnic University): *Chin. J. Environ. Sci.*, 13 (1), 1992, pp.

In this article, a new method for treating  $\text{NO}_x$  containing waste gas generated from the process of oxalic acid production by starch method is introduced. Firstly, the oxidative extent of  $\text{NO}_x$  gas is raised using air as oxidant. Then it is absorbed with water and 13% dilute nitric acid is formed. Secondly, the acid is used as an absorbent which is repeatedly sprayed over the  $\text{NO}_x$  containing waste gas under the presence of catalyst, thus resulting in 41% nitric acid. The acid can be recovered as a material for the production of oxalic acid with "starch method". Through discussions on the factors which influence the effect of absorbent spray, such as temperature and concentration of the spraying absorbent, the velocity of spray, and the variety and the sizes of the particles of the catalysts, the optimum conditions of the process are defined.

**Key words:**  $\text{NO}_x$  waste gas, absorption of  $\text{NO}_x$  gas.