

污水排海工程设计的初步研究

邢国平 顾平 朱文亭 孙宝盛 丛爱芬

(天津大学, 天津 300072)

摘 要 本文结合我国国情根据混合区边缘污染物背景值以及海域功能,从而确定允许的污染物最大增加值,并据此推算出扩散器长度和起始稀释度。

关键词 城市污水 扩散管 起始稀释度

沿海地区利用海洋处置城市污水是一种合理利用天然水体的环境容量和自净能力,同时又使环境质量得到保证的可行方法。将城市污水经适当处理后输送到水体活跃、交换能力强的深海区,当污水排入受纳水域后,按掺混稀释特点可划分为近、远两个区域^[1]。因此,初始稀释混合和远区扩散的分析计算是污水排海工程设计的关键内容之一。

1 近区稀释混合

在一定水深下,当污水通过扩散器孔口排放到周围海水时,受到正比于污水和周围海水密度差的浮力作用。同时,污水喷射和海水相对运动产生剪力,使污水和海水之间又产生了紊流混合,从而使靠近排放口的污水得到有效稀释。关于稀释扩散,国内外学者已做了大量的研究工作^[2~6]。目前,对于均匀、静止的受纳水体常用 N. H. Brooks 公式来计算起始稀释度,其表达式为:

$$S_0 = 0.38 g'^{1/3} y q_0^{-2/3} \quad (1)$$

式中 S_0 ——起始稀释度;

y ——污水的最大浮升高度, (m);

q_0 ——扩散器单位长度的污水排放量, (m³/s);

g' ——折减重力加速度, (m/s²)。

$$g' = \frac{\rho_a - \rho_0}{\rho_0} g \quad (2)$$

ρ_a ——海水密度, (t/m³);

ρ_0 ——污水密度, (t/m³);

g ——重力加速度, (m/s²)。

由式(1)将扩散器单位长度的排放量

$q_0 = Q/L_b$ 代入后简化,可得到扩散器长度 L_b 的计算公式:

$$L_b = 4.27 Q S_0^{3/2} y^{-3/2} g'^{-1/2} \quad (3)$$

式中 L_b ——扩散器长度, (m);

Q ——污水排放量, (m³/s)。

有关起始稀释度的标准,目前我国还没有统一的规定,多是参考国外的标准。由公式(3)可以看出,起始稀释度的增大,虽然有利于污水的扩散,但势必加大扩散器的长度,而大幅度增加排海工程的投资。

2 远区扩散

远区是指距排放口较远的区域,掺混稀释以紊动扩散为主^[7]。当按起始稀释度计算得到的近区污染物浓度加上受纳水体背景浓度未超过规定的一类海水水质标准时,说明混合区在初始稀释区范围内。此时,不需要进行远区扩散的计算。反之,则需根据水域功能,进行后续输移扩散的计算,以确定混合区的范围。由于在后续的输移扩散区内排放口出流的动量和浮力作用已基本消失,而形成表面场。此时,污水只能借助于水流而得到进一步的稀释。迄今为止,关于后续稀释使用最广泛的是 N. H. Brooks 提出的均匀横流中后续输移扩散区内表面羽流的扩散宽度及断面中心线浓度公式^[8,9]:

$$\frac{L_x}{L_b} = \left(1 + \frac{2}{3} \beta \frac{X}{L_b}\right)^{3/2} \quad (4)$$

式中 L_x ——表面场宽度, (m);

L_b ——扩散器长度, (m);

X ——断面距扩散器的水平距离,

(m);

$$\beta = \frac{12\varepsilon_0}{V_a L_b} \quad (5)$$

 ε_0 ——涡流扩散系数, (m^2/s);

$$\varepsilon_0 = 4.53 \times L_b^{4/3} \times 10^{-4} m_2/s^{[2,8,9]};$$

 V_a ——横流速度, (m/s)。

$$\frac{C_x}{C_0} = \text{erf}\left[\frac{1.5}{(1 + \frac{2}{3}\beta \frac{X}{L_b})^3 - 1}\right]^{1/2} \quad (6)$$

式中 C_0 ——混合区起始浓度, (mg/l); C_x ——表面场中心线 X 处的浓度增值, (mg/l)。

上述的计算过程,是根据设定的起始稀释度,先计算出扩散器的长度(未考虑受纳水体的背景值),然后计算混合区的浓度分布。显然,这种计算过程有一定的缺陷。

3 合理起始稀释度的确定

为了充分利用受纳水体的环境容量,并考虑我国的具体国情。在进行排海工程设计时,应充分考虑海域功能,而使扩散管长度尽可能缩短,以降低工程投资。这样,先根据混合区边缘处的污染物背景值,来确定此处允许的污染物浓度的最大增值。然后,由公式(6)反算出扩散器的长度,再由公式(1)来确定起始稀释度。

具体做法如下:

根据 $C = C_0 \cdot S_0$ C ——排放污染物的浓度, (mg/l); S_0 ——起始稀释度。

由公式(6)可以得到:

$$C_x = \frac{C}{S_0} \text{erf}\left[\frac{1.5}{(1 + \frac{2}{3}\beta \frac{X}{L_b})^3 - 1}\right]^{1/2} \quad (7)$$

将公式(1)代入上式后,可以得到:

$$C_x = C \frac{\text{erf}\left[\frac{1.5}{(1 + \frac{2}{3}\beta \frac{X}{L_b})^3 - 1}\right]^{1/2}}{0.38g'^{1/3}yq_0^{-2/3}}$$

$$= 2.63Cg'^{-1/3}y^{-1}\left(\frac{Q}{L_b}\right)^{2/3} \text{erf}\left[\frac{1.5}{(1 + \frac{2}{3}\beta \frac{X}{L_b})^3 - 1}\right]^{1/2} \quad (8)$$

由公式(8),就可以根据预期的 C_x 来求出扩散器长度 L_b 和起始稀释度 S_0 。

4 讨论

关于起始稀释度 S_0 ,美国规定为 100,香港为 85,而我国目前还没有统一的规定。起始稀释度 S_0 越大,则扩散器长度越大,这样排海工程的投资就会相应增加很多。显然,这不符合我国国情。本文建议,在充分考虑海域功能的前提下,权衡工程投资与混合区污染的矛盾,只需规定混合区的范围,而对起始稀释度不做硬性规定。

参考文献

- 1 清华大学译. 内陆及近海水域中的混合. 水利电力出版社, 1987
- 2 张永良、刘培哲. 水环境容量综合手册. 清华大学出版社, 1991
- 3 Monteiro A. J., Modelling Transport and Dispersion of Effluent Outfalls. Water Sci. Technol., 1992; 25(9): 143~154
- 4 Robert P. J. W., Modelling of Ocean Outfall Dischargers. Water Sci. Technol., 1992; 25(9): 143~154
- 5 Takeoka H., Water Exchange and Transport of Matter in Seto Inland Sea. Mar. Pollut. Bul., 1991; 23: 41~44
- 6 Robert p. j. w. Ocean Outfalls. Crit. Rev. Control, 1991; 20(5/6): 311~339
- 7 王超. 城市污水扩散器排放技术的发展和运用. 河海科技进展, 1994; 14(2): 42
- 8 Robert A. Grace. Marine Outfall System. Prentice-Hall, Inc., New Jersey. 1978
- 9 清华大学环境工程系. 废水排海工程规划与设计. 清华大学出版社, 1987

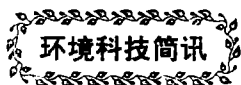
PRIMARY STUDY ON DESIGN OF DISCHARGING SEWAGE INTO SEA

Xing Guoping Gu Ping Zhu Wenting Sun Baosheng Cong Aifen

(Tianjin University, Tianjin 300072)

Abstract Considering the domestic conditions, the length of diffuse pipe and the initial dilution of sewage are calculated by the allowance maximum increment of pollutant according to the background value of pollutant on the border of the mixed area and the function of the sea area in this paper.

Key words municipal sewage diffuse pipe initial dilution



国际环保展於赞誉声中圆满落幕

汇聚世界各地环保科技之《中国国际环保展览会》已於 1995 年 10 月 11 日圆满闭幕。此次展览在上海国际展览中心举行,各方反应热烈,为期五天的展览共吸引了一万三千多名来自国内各省市的用户参观。参观者多属环保单位之高层领导,并对本次展出的产品和科技大感兴趣。

此次展览荣获上海市副市长夏克强亲临参观,并邀请上海市科委副主任张鳌先生、上海市环境保护局副局长顾永伯先生及上海市环境保护产业协会副会长兼秘书长郑华兴先生等主持揭幕。

本届参展商阵容鼎盛,计有欧洲联盟组织的庞大欧洲展团,得到来自比利时、丹麦、芬兰、法国、英国及瑞士等国家积极参与。其中德国展商最为注目,巴伐利亚州经济事务交通技术部的展台展出了十三家德国著名生产商的产品介绍;另一方面,加拿大政府工业部及美国商务部也给予大力支持,不仅组织会员公司参展,更带领会员公司参观本次展览。其他展商包括日本、台湾、香港等公司。

展品方面,尽是国外最新型、最先进的环保设备及科技,十分切合国内现时的环保需要,如用於废水处理之高效气浮池、利用再次燃烧技术之焚化炉、机器润滑油的先进配方、日用品溶液、工业用清洗溶液等等。这些产品对解决国内日益严重的环境污染问题,起着很大的帮助。

展会并同时举办了一个《欧中环保会议》,欧中双方均对其十分重视,欧洲联盟委员会派出驻华代表团公使衔参赞宋恩森先生,而中方代表则是上海环保局副局长顾永伯先生出席发言。会上十间欧中代表公司除了介绍最新的环保技术外,各代表还报告了最新市场情况,超过 120 家国内省市环保单位及机构更派代表参加本次会议,大大促进了双方环保事项的交流。

(徐嘉仪)