



的浓缩倍数与植物和废水的接触时间有关,可能以被动吸收作用为主<sup>0.2-0.5</sup>。就植物体各部分的浓缩倍数来说,一般根 $\Delta$ 茎 $\Delta$ 叶。如芦苇对 $\Sigma v$ 的浓缩倍数:根为 $x \Delta y$ 倍,茎为 $y \Delta$ 倍,叶为 $x \Delta B$ 倍<sup>0.2-0.5</sup>,说明植物体内对重金属的运转能力较差。

$\approx$  芦苇塘的应用问题

$\approx w$  占地

与所有稳定塘一样,芦苇塘也有占地面积大的缺点,但芦苇塘主要适用于农村和城郊有大面积芦苇的地区,而这些芦苇地本未得到合理利用,建成芦苇塘,不仅可以进行污水处理,而且可以收获更多更好的芦苇。我国拥有大量的次生芦苇沼泽,在这些地区建设芦苇塘,不仅不存在占地问题,而且是沼泽地合理开发利用的一种途径,具有较大的环境效益和一定的经济效益。

$\approx w$  温度

影响稳定塘处理效率的主要因子之一是温度。国内外近几年对此进行了大量的研究,取得了较多的成果。对于低温下的运行措施主要有以下几种。

$\approx w w$  强化措施

用塑料薄膜、玻璃等在塘上建立温室,需要时采用人工供热,以保证稳定塘的运行温度。但对于芦苇塘造价较高,不适于我国目前的经济状况。

在塘中加设人工软纤维填料等,为固着生长微生物提供更多的附着表面,同时进行季节性间歇曝气。但对于生长密度很大的芦苇塘也不适用。

$\approx w w$  综合生物塘技术

采用多级塘串联的形式可以增加处理效果<sup>0.2-0.5</sup>。一般喜温植物冬季的净化率低,而耐寒植物的冬季净化率较高,因而,可考虑采用喜温植物和耐寒植物的混交植被,或者间隔以不同温度类型的植物塘,以提高冬季的处理效率。

$\approx w w$  控制有机负荷,调整停留时间

在夏天和秋天温度较高的季节,提高处理的负荷,而在冬季来临之前大幅度降低处理负荷,可以取得较好的运行效果<sup>0.2-0.5</sup>。也可增设贮存塘,低温时贮存污水,减小处理流量,温度回升后再处理达标。在有大片芦苇地的地区,冬季建设冬贮池,延长水力停留时间,是一个经济有效的好方法。

$\approx w$  污泥淤积

淤积的污泥含有大量的有机物和微生物,对吸附和分解水中的污染物具有重要的作用。但过多的

的去除率为 $\Delta y$ %,对总磷的去除率为 $\Delta E$ %左右。一般高等植物体中含氮 $x \Delta 1$ 干重,含磷 $y 1$ 干重。而芦苇属于富营养化沼泽植物,对氮和磷等营养物质的要求较高。据测定,芦苇植株含氮 $x E 1$ 干重,含磷 $z 1$ 干重。研究表明<sup>0.2-0.5</sup>,芦苇本身可以去除氮 $\approx \Gamma w w v o \phi 1$ 、 $\cdot \xi \rho$ ,去除磷 $\Gamma w w v o \phi 1$ 、 $\cdot \xi \rho$ 。表明芦苇的生物吸收是稳定塘氮和磷去除的重要途径,但可能并不是主要途径。一般认为氮主要通过硝化和反硝化的连续作用去除,其控制方法在于调节塘内水深,使溶解氧浓度增加或降低,塘内氧化还原电位随之发生变化,从而在硝化细菌和反硝化细菌的作用下将氮转化为 $\vartheta$ 。进入大气。

$y w w$  硫化物、氰化物、酚、石油类

芦苇塘对硫化物的去除能力比其它水生植物塘和传统稳定塘高,当进水硫化物浓度为 $\Delta x w 1$ 时,去除率为 $\Gamma y w E$ %,而对照曝气塘的去除率仅为 $\approx \Gamma w z$ %,比芦苇塘低近一半<sup>0.2-0.5</sup>。其原因可能在于硫化物对藻类的抑制作用。当 $\theta s y \approx \kappa \Delta x w B 1$ 时,藻类生长受抑制<sup>0.2-0.5</sup>,而芦苇在 $\theta s y \approx \kappa \Delta x w 1$ 时生长不受影响。

芦苇对氰化物的挥发有较强的抑制作用,当 $\theta \Pi \vartheta \approx \kappa$ 为 $x w 1$ 时,其挥发浓度可降低 $B E$ %左右。另外,芦苇可将进入其体内的氰化物转化为氨基酸类物质而解除毒性。研究表明,芦苇对氰化物的耐受浓度为 $y \alpha w 1$ 以下的浓度可促进其生长<sup>0.2-0.5</sup>。

芦苇能够吸收外源酚类并在体内将其转化为 $\Pi \phi y s$ 一般酚类浓度不影响芦苇生长。

由于石油类飘浮在水面,阻碍大气复氧和日光进入,对普通稳定塘影响较大。而芦苇属于挺水植物,可以通过水面以上的茎叶直接从空气中获取氧气,光合作用也不受影响,并可通过根茎向水体供氧,保证需氧微生物的活动需要。研究发现,石油类浓度为 $y B 1$ 时,芦苇生长不受限制,且对其有较强的净化作用。

$y w w$  重金属 $\phi o$ 、 $\Pi \rho$ 、 $\Phi v$ 、 $\Xi$ 、 $\Pi \theta$ 、 $\Pi \theta$ 等

水生植物对重金属的忍耐能力顺序一般为挺水植物 $\Delta$  漂浮植物 $\Delta$  沉水植物,而吸收积累能力则正相反<sup>0.2-0.5</sup>。所以芦苇对重金属的抗性强,净化能力较弱。但芦苇对 $\phi o$ 、 $\Pi \rho$ 、 $\Phi v$ 、 $\Xi$ 、 $\Sigma v$ 、 $\Pi \theta$ 、 $\Pi \theta$ 都有一定的净化能力,尤其对 $\Pi \theta$ 和 $\Pi \theta$ 具有较强的净化作用<sup>0.2-0.5</sup>,如对 $\Pi \theta$ 的浓缩倍数高达 $\Delta A x w$ 倍,而对 $\phi o$ 和 $\eta 2$ 的浓缩倍数则仅为 $\Gamma x w$ 倍。植物对各种重金属

淤泥会减少塘容,影响处理效果。据研究<sup>[17]</sup>,南方稳定塘的平均年积泥速率在 $y_{12} - \Delta u \Delta B \pi_1$ 之间。一般认为,污水中较高浓度的可沉性 $s_s$ 和较低的 $\gamma_{s s v}$ 值是导致塘淤积的主要原因。解决淤积的关键就在于进行以去除 $s_s$ 为主的预处理。比较简单经济的方法是增设沉淀塘。也可设置投资较多但运行稳定、处理效果好的水解池<sup>[18]</sup>,可使污泥蓄积速度减慢 $\Gamma w\%$ 以上。

据美国有关机构研究,水生植物塘污泥淤积速度较低,一般不构成严重问题<sup>[19]</sup>。国内研究也发现,芦苇塘 $O\phi P_{\beta} \Pi\phi P$ 随着时间的延长而逐渐增加,废水可生化性逐渐增加<sup>[20]</sup>。芦苇根区厌氧好氧小区的存在和根际微生物的活动可能有利于淤泥的转化,减轻污泥淤积问题。

z uA 除藻

传统稳定塘出水藻类含量高,是出水水质较差的重要原因之一。而芦苇塘基本上能解决这个问题。其原因在于 $H$

$o x p$  芦苇盖度大,能够极大地减少入射到水体的阳光,影响藻类的生长。

$o y p$  芦苇生物量大,生长快,大量吸收营养物质,与藻类形成竞争。

$o z p$  一般水生植物能够产生一些藻类抑制物质<sup>[21]</sup>,抑制藻类生长。

z uB 芦苇的收获和处置

为了实现污水净化,维持芦苇最大生长速率,并获得经济效益,必须收获芦苇。由于原生芦苇一般营养状况不好,而芦苇塘污水中营养丰富,使芦苇产量和品质均有较大程度的提高<sup>[22]</sup>,产量可高出A—B倍,纤维含量高出 $xw\%$ 左右,经济效益明显。

芦苇对污染物具有一定的净化能力,但植物净化环境的同时,却污染了自身,这主要体现在重金属的富集方面。根据芦苇植株不同的重金属含量,可以采取不同的处置措施。低含量时可用于造纸、编织等,高含量时可采取填埋、回收等措施。

由于芦苇富集能力较弱,且一般用于处理城镇生活污水,植株内重金属含量一般不会太高,不会影响到芦苇的正常使用。

参 考 文 献

x 王德铭 u 我国环境生物学研究新进展 u 中国环境科学  $xZZZ\Theta\phi z p HIZ - x\Delta E$

y 由文辉 u 我国利用水生植物监测和净化污水的研究进展 u 环境科学动态  $xZZZ\Theta\phi y p IE - xy$

z 李建华等 u 氧化塘中 $\vartheta$ 和 $\phi$ 的去除 u 中国环境科学,  $xZZY\Theta\gamma o Ap H_Ar - yAA$

A 李顺鹏等 u 芦苇塘处理城市污水中的产甲烷细菌的研究 u 中国沼气  $xZZA\Theta\gamma o xp I\Gamma - Z$

B 李科德等 u 芦苇塘净化污水的机理 u 中国环境科学,  $xZZB\Theta B_1 y p H_Ac v - xAA$

$\Gamma$  吴建河等 u 高等水生植物氧化塘净化有机污水的研究 u 福建环境  $xZZx\Theta z p H\Delta - yw$

$\Delta$  雷公民等 u 芦苇塘净化污水的研究 u 水处理技术,  $xZZx\Theta\Delta\Gamma p HZZ - A w$

E 丁廷华 u 污水芦苇湿地处理系统示范工程的研究 u 环境科学  $xZZY\Theta z o y p IE - xz$

Z 黄道营 u 水生高等植物净化污水中硫化物的探讨 u 重庆环境科学  $xZZZ\Theta x w xp H\Delta - z x$

$xw$  王书秀等 u 芦苇对硫化物净化功能的研究 u 化工环保  $xZEE\Theta\phi xp IE - xy$

$xx$  戴全裕 u 水生高等植物对太湖重金属的监测及其评价 u 环境科学学报  $xZEx\Theta o z p H_Ax z - yyz$

$xy$  戴全裕等 u 水生高等植物对废水中 $\Sigma w$ 的净化与富集特性研究 u 生态学报  $xZZw x w Ap z Ax - zAE$

$xz$  刘金栋 u 芦苇对镉等几种毒物净化能力的研究 u 环境污染与防治  $xZEA\Theta\Gamma p HZ - yw$

$xA$  吴玉树等 u 水生维管束植物对水体 $\phi o$ 污染的反应抗性和净化作用 u 生态学报  $xZEx\Theta o z p HEB - xZB$

$xB$  吴振斌等 u 综合生物塘处理城镇污水研究 u 环境科学学报  $xZZA\Theta A_1 y p H_y z - y y E$

$x\Gamma$  龚 辉等 u 氧化塘系统预处理措施研究 u 中国给排水  $xZZY\Theta\phi z p H_z - yZ$

$x\Delta$  王凯军等 u 水解池—稳定塘处理工艺研究 u 中国环境科学  $xZZY\Theta\gamma o y p IE x - E\Gamma$

$xE$  庄益源等 u 高等水生植物对藻类生长的克制效应 u 环境科学进展  $xZZB\Theta o \Gamma p HAA - \Delta Z$

$xZ$  丁树荣 u 绿色技术 u 南京  $H\Gamma$ 江苏科学技术出版社,  $xZZz$

$yw$  国家环保局 u 水污染防治及城市污水资源化技术 u 北京  $H$ 科学出版社  $xZZz$

$yx$  O u W 米德尔布鲁克斯(杨文进等译) u 废水稳定塘的设计和运行 u 北京  $H$ 中国建筑工业出版社  $xZEF$

$yy$  O u X<sup>2</sup>  $\Phi u \alpha \varphi \sigma \tau \xi_3 \xi_5 \chi \tau_1 \xi_3 \pi_3 \alpha \varphi_3 \sigma \tau \chi_2 \xi_3 \sigma$   
 $130098\chi_2 \pi_3 28630 u \Xi \Psi_9 62 \xi_0 3 \tau 8 \varphi \sigma \Phi_3 \xi_2$   
 $\Sigma_2 \sigma \chi_3 2 \pi_3 28 \rho \sigma \sigma_2 \varphi \varphi \xi_2 \rho \epsilon \xi_2 \xi_0 \sigma_1 \sigma_2 8 u xZZZ\Theta x E$   
 $o y p H_{\tau w} - x w \Delta$

$yz$   $s \sigma \chi \rho \sigma \Omega u \epsilon \xi \rho \sigma_3 \varphi_3 \sigma \sigma \xi_2 \rho_1 \xi_3 \sigma_0 190 \chi \tau \pi \xi_3 \chi_2 u$   
 $O \chi_0 03 \nu \chi \tau_0 \Pi_2 28630 3 \tau \delta \xi_3 \sigma_0 \phi_3 0098 \chi_2 u \varphi \varphi \chi \xi \rho \sigma_1 \varphi \xi H$   
 $\phi \sigma_2 27500 \xi_2 \chi_2 \beta_2 \chi_2 \sigma_0 \tau_2 \phi_3 \sigma_0 \tau_2 s x Z \Delta \Gamma$

作者简介

尤作亮,男,助理研究员,清华大学环境工程系博士研究生,研究方向为水处理理论与技术。