

田滋润,林茂粮丰。加工工业相应得到发展,促进生态经济的进一步发展。国家财税大大增加,人民生活富裕,环境优美,灾害减少又促进了政治的安定团结。生态经济的发展意义极其深远。

4. 控制环境污染,正确处理好环境保护和经济发展的关系

目前,大理州“三废”污染虽不算十分严重,但造成直接或间接的生态经济损失不小。每年国营、乡镇企业环境纠纷时有发生,影响工农、工群地区之间的团结。

正确处理好经济发展与环境保护的关系,要做到经济发展计划与环境保护计划相结合;环境规划、城市规划、农业区划相结合;工业污染防治与技术改造相结合;防治大气污染与节能、调整能源结构相结合;防治水污

染与水资源合理利用相结合等。做到环境保护与经济发展同步规划、同步实施、同步发展。在经济允许的条件下,将环境污染控制到较小程度,提高人民生活环境质量和维护环境资源的永续利用。

主要参考文献

- [1] 杜宝汉,生态经济,(3),54—56(1988).
- [2] 曲格平,中国环境问题及对策,321页,中国环境科学出版社,1987年.
- [3] 李汉柏,政府工作报告,《大理报》1989年4月13日.
- [4] 曹俊义等,生态经济,(3),28—32(1988).
- [5] 张兰生等,实用环境经济学,中国文化书院,1988年.
- [6] 夏伟生,人类生态学,117—125页,甘肃人民出版社,1984年.

(收稿日期:1989年10月5日)

活性污泥系统中酶研究进展

许晓路

(浙江师范大学地理系)

申秀英

(金华七一制药厂)

蒋锦青

(东阳市环保局)

摘要 细菌和原生动物在污水处理中的作用与各自的酶活性密切相关。细菌对有机质进行分解,而原生动物对污水及细菌进行澄清,活性污泥酶活性高则出水水质较好。污水中毒性物质(如重金属)对活性污泥酶活性有抑制作用,原因是重金属离子能和酶中的巯基($-SH$)结合。

关键词: 活性污泥;酶;细菌;原生动物;有机质分解;城市污水。

活性污泥法以其适用范围广、净化效率高优点而广泛应用于城市污水处理厂。以前人们对活性污泥的研究主要侧重于其应用性,对它的酶研究涉及较少,究其原因有以下三点:(1)在1908—1931年间,人们试图在活性污泥中得到“澄清酶”,但一直未获成功;(2)在1953—1957年间,人们往活性污泥处理污水系统中投加酶制剂,并未见显著改善和提高净化能力^[1];(3)尽管学者们都认为污水净化、污泥消化是由微生物通过自身的酶起作用而完成的,但对于在净化过程中起主

导作用的微生物种类无定论。

近年来随着研究的深入,酶检测技术的日趋完善,人们对活性污泥中的酶有了较全面的了解。本文将国外对活性污泥系统中的酶研究现状作一介绍。

一、城市污水中的酶

由于活性污泥法主要处理可生化性的污水,因而我们只叙述城市污水中的酶。城市污水一般由粪便、尿、厨房冲洗物、地表径流构成,所以我们先对这些成分中的酶作一介

绍。

粪便：自 1980 年起人们便开始研究粪便中的酶。由于粪便含有大量细菌，因而存在脂肪酶、淀粉酶、蛋白酶、过氧化氢酶等一系列酶^[1,2,3]。

尿：尿中的酶也引起许多学者的关注^[3]。研究结果表明，正常人新鲜尿一般无酶也无过氧化氢酶活性，但含有淀粉酶、蛋白酶和脂肪酶^[1,2,3]。这些酶活性大小和人体健康状况密切相关，生理状况异常的人则有可能出现其它酶，如肾盂炎患者的尿有过氧化氢酶^[2]。

土壤冲洗物：很早以前，人们就发现土壤中存在许多酶。如淀粉酶、磷酸酯酶、过氧化氢酶、 β -半乳糖苷酶、蔗糖酶、脲酶、蛋白酶，大部分酶来源于土壤中动植物残体，有的则由微生物分泌而来。它们有的呈游离态存在，有的则吸附于粘土矿物中^[4]。

城市污水：由于城市污水含有以上这些成分，因而含有多酶。如 Sridhar 和 Pillai^[1,2]发现城市污水中含有蛋白酶和过氧化氢酶；脂肪酶、蛋白酶、双糖酶、淀粉酶的存在也被证实^[2]。

二、消化池污泥中的酶

消化池污泥含有多酶^[1,5,6,7,8]。Sridhar 的研究结果表明^[1,8]：脂肪酶、蛋白酶、脲酶、凝絮酶都存在于消化池污泥中，但不同酶的活性各异。其中脲酶活性远高于它在城市污水中的活性。

过氧化氢酶是否存在于消化池污泥中至今尚无定论。有人认为，它不仅存在，还起着保护厌氧细菌免受过氧化氢毒害的功能^[3]。但有的学者研究后发现消化池污泥无过氧化氢酶活性^[2,3]。

酶活性大小和污泥消化有密切关系。随着污泥的不同消化阶段，脂肪酶、胃蛋白酶、胰蛋白酶、淀粉酶的活性也随着变化^[3]。因为污泥的不同消化阶段分解不同有机物，此

时相对应的酶表现出最大活性。Jersey 农业试验站^[1]观察结果表明，当温度从 13℃ 升至 28℃ 时，污泥消化周期大为缩短，进一步升温至 49℃，消化速度更快。说明污泥消化和酶活性大小相关，因为在一定温度范围内，温度升高，酶活性增大。

虽然污泥消化和酶活性大小有关，但投加酶制剂并无明显效果^[3,9,10]。有人把脂肪酶、淀粉酶、凝絮酶、胃蛋白酶单独或混合地加入到新鲜污泥中，发现它们并不能促进污泥的气化或液化；但胰蛋白酶能增加成熟污泥的液化能力和脱水性能，脂肪酶、淀粉酶、凝乳酶则能增加成熟污泥的气化能力。具体机理有待于进一步研究。

三、活性污泥中的酶及功用

1. 活性污泥中的酶

由于活性污泥含有大量生物，因而存在着脱氢酶、淀粉酶、脲酶、脂肪酶、过氧化氢酶、胃蛋白酶、胰蛋白酶等一系列酶^[1,2,3,3,11]。和城市污水相比，所生成的活性污泥中胃蛋白酶活性增加了 18 倍，而脂肪酶、淀粉酶、胰蛋白酶活性只增加 2—3 倍^[3]。不同酶在活性污泥中存在位置也不同，如胃蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶只存在于污泥颗粒表面，而胰蛋白酶则在污泥颗粒周围的污水中也有所分布^[3]。

活性污泥中的许多水解酶属于诱导酶，因为当活性污泥加入不同基质后，相对应的分解该基质的酶的活性也随着升高^[3]。

活性污泥中酶活性还受 pH、温度等因素的影响^[2,5]。如脂肪酶最佳 pH 为 6.5 左右；蛋白酶最佳 pH 范围为 7.8—8.0，最佳温度为 22.5℃；过氧化氢酶的最佳 pH 则为 7，适宜温度范围是 -10℃—20℃。

2. 活性污泥中细菌和原生动物的酶

关于细菌和原生动物在污水净化中的作用一直都有争论。文献[3]指出，由来自于细菌且被释放到反应介质中的酶所催化的氧化

分解反应对于污水净化至关重要,而原生动物只有微弱的促进氧化能力;同时指出,不管活性污泥的来源如何,其中的丝状菌含有两种特异酶:一种能使氨氧化成亚硝酸,另一种则能使亚硝酸进一步氧化成硝酸。

由于以上一些结果,人们认为原生动物对污水净化的贡献较小。后来由于 Sridhar、Pillai 等学者作了一些细致工作,才使人们对原生动物的作用有了正确的认识。原生动物和细菌对污水净化的贡献和它们各自的酶活性密切相关^[1]。细菌的脲酶、蛋白酶活性高于原生动物,其中蛋白酶活性相差 4 倍,因而污水中尿素、蛋白质先被活性污泥中细菌所分解,而原生动物则利用蛋白质的分解产物——氨基酸作为它的氮源^[1,8]。Kiolder 和 Pillai(1951)的实验结果也证实了上述观点。他们发现细菌能分解蛋白胨和肽,使污水中氨基酸浓度升高,但由于原生动物的利用,氨基酸浓度又逐渐回落。

原生动物的过氧化氢酶活性远高于细菌^[8]。这说明原生动物通过新陈代谢更直接参予氧化作用,因为污水净化的本质是对有机物的净化和固体颗粒物的去除。

Sridhar^[8] 研究结果表明,活性污泥处理污水系统在有原生动物存在条件下,出水中有机质大量减少,氨基酸、氨、水溶性磷的浓度也大为下降(见表 1)。

表 1 原生动物对活性污泥出水水质的影响

样 品	出水水质	有机质浓度 (mg/L)	氨基酸 (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	水溶性磷 (mg/L)
污水+活性污泥 (无原生动物)		6.0	76.7	26.5	5.4
污水+活性污泥 (含原生动物)		3.0	55.7	4	5.1

根据原生动物和细菌的酶特点,我们可知有机质进入活性污泥系统后先被细菌所分解,而后原生动物对污水及细菌进行氧化和澄清。

3. 活性污泥酶活性和污水净化

Mohlman 认为既然活性污泥运行系统的出水含有一定量的水解酶,如把这出水和污水相混合则对污水应有一定的分解能力^[3],但他并未观察到预期效果。因而他认为污水净化和酶无关。笔者认为这是由于游离酶浓度低且易失活之故。

事实上,活性污泥酶活性和污水净化率密切相关^[6,11,12,13]。Harrise et al. 研究结果表明,活性污泥中的氧化分解酶对活性污泥的生长、污水净化都很重要^[3]。Dickinson 发现活性污泥在好氧状态下能分解染料^[1](在厌氧状态下降解能力很弱),而当温度升至 50℃时,活性污泥就丧失分解甲基兰的能力,这是由于温度过高使酶失活之故。

污水中有机质的去除主要是酶的氧化分解作用所造成,细菌等生物对它的吸附所做的贡献相对较小^[1,8,14]。活性污泥的酶活性高则出水水质较好。Sridhar 和 Pillai 研究了活性污泥过氧化氢酶活性和出水水质关系^[2]。从表 2 可见,酶活性高,出水水质也比较好。对活性污泥中的蛋白酶、淀粉酶研究后也得出同样结果。

表 2 活性污泥中过氧化氢酶活性和出水水质关系

活性污泥 样品	过氧化氢酶活性 ($\mu\text{molH}_2\text{O}_2/\mu\text{g}$ 蛋白质, 15min)	出水浊度 (度)	有机物浓度 (mg/L)
1	384	8	9
2	277	18	12
3	255	22	14
4	252	25	18

四、有毒物质对活性污泥酶活性的影响

由于工业的发展,污水中常含有一定浓度的有害物质(如重金属等),因而国外许多学者研究了有害物质对活性污泥酶活性的影响,为活性污泥运行系统的管理提供了参考

依据。

有人向活性污泥中投加氯化汞、氯化铅、酚、苯甲酸、苯胺等物质后,发现过氧化氢酶活性被不同程度地抑制^[3];还有人发现 Cr^{6+} 能抑制活性污泥中许多酶的活性。Sridhar 和 Pillai 研究了 HgCl_2 、 NaN_3 、 CuSO_4 、 $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ 对活性污泥过氧化氢酶活性的影响,其结果见表 3^[2]。从表 3 可见: NaN_3 和 HgCl_2 浓度达 $200\mu\text{moles}$, 过氧化氢酶活性全被抑制,而 CuSO_4 、 $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ 在此浓度时对该酶活性影响较小,随着浓度的升高,抑制率也随着增加,但变化幅度不大。

表 3 若干抑制剂对活性污泥过氧化氢酶活性的影响

抑制剂浓度 ($\mu\text{mol/L}$)	过氧化氢酶活性(样品/对照 $\times 100\%$)			
	HgCl_2	NaN_3	CuSO_4	$\text{Co}(\text{NO}_3)_2$
0	100.0	100.0	100.0	100.0
1	100.0	"	"	"
2	94.1	"	"	"
10	76.4	82.3	"	"
20	58.7	29.3	"	"
50	"	"	"	100.0
100	29.3	11.7	100.0	94.1
200	0	0	88.2	88.0
300	"	"	82.3	76.4
400	"	"	76.4	76.4
500	"	"	58.7	58.7

Sridhar 和 Pillai 还研究了碘乙酸、P-羟基苯汞对活性污泥蛋白酶活性的影响(表 4)。由表 4 可见,这两种物质浓度为 $100\mu\text{mol/L}$ 时,对蛋白酶活性无影响;当浓度达 $500\mu\text{mol/L}$ 时,蛋白酶则完全失活。

Teuber, M. 研究了锌粉、 ZnCl_2 、 HgCl_2 、KCN 对活性污泥 α -糖苷酶、 β -糖苷酶、 α -半乳糖苷酶、 β -半乳糖苷酶等酶的抑制作用^[11],结果表明,在实验浓度下,这四种物质对这些酶都有不同程度的抑制作用(见表 5)。

Hirayama, K. 研究了 Cd^{2+} 、 Hg^{2+} 对活性污泥 β -半乳糖苷酶、脱氢酶活性的影响,

表 4 碘乙酸、P-羟基苯汞对活性污泥蛋白酶活性的影响

抑制剂浓度 (μmoles)	蛋白酶活性抑制率(%)	
	P-羟基苯汞	碘乙酸
0	0	0
100	0	0
200	30.5	32.4
300	52.0	61.5
400	78.4	80.2
500	100.0	100.0

表 5 四种物质对活性污泥若干酶活性的影响*

酶	酶活性抑制率(%)			
	锌粉	ZnCl_2	HgCl_2	KCN
α -糖苷酶	85	80	38	82
β -糖苷酶	81	81	23	82
α -半乳糖苷酶	57	59	6	61
β -半乳糖苷酶	78	59	15	64
L-丙氨酸转氨酶	80	64	42	87
L-亮氨酸转氨酶	107	86	55	81
L-赖氨酸转氨酶	98	94	71	98
磷酸二酯酶	64	54	37	63

* 锌粉浓度: $3.1 \times 10^{-3} \text{mol/L}$; ZnCl_2 : $3.7 \times 10^{-4} \text{mol/L}$; HgCl_2 : $1.2 \times 10^{-2} \text{mol/L}$; KCN: $7.4 \times 10^{-4} \text{mol/L}$

发现抑制作用非常强烈^[12]。当 Cd^{2+} 、 Hg^{2+} 浓度分别为 1.3 、 $0.004\mu\text{mol/gMLSS}$ 时, β -半乳糖苷酶的活性抑制 50% ;当 Cd^{2+} 、 Hg^{2+} 浓度分别为 0.16 、 $0.04\mu\text{mol/gMLSS}$ 时,脱氢酶活性只有对照的 50% 。动力学试验结果表明, Cd^{2+} 、 Hg^{2+} 对 β -半乳糖苷酶、脱氢酶的抑制属于非竞争性抑制。由于加入巯基化合物能恢复酶活性,所以 Cd^{2+} 、 Hg^{2+} 对此两种酶的抑制是由于它们和酶中巯基($-\text{SH}$)合成硫醇盐所致。

五、结 束 语

虽然国外对活性污泥系统中酶的存在状况,酶活性和出水水质关系,细菌和原生动物在污水净化中的作用,有毒物质对活性污泥酶活性的影响等方面作了许多工作,并取得

了一些成果,但是污水成分、活性污泥生物组成非常复杂,多种毒物对酶的复合影响和抑制机理的研究以及活性污泥净化污水时起主导作用的微生物的研究还远远不够,因为它不仅存在于活性污泥中,也可能存在于其它生物处理系统中。弄清这些微生物的生理生化特点,对于我们了解生物净化过程的原理以及运行中的管理都很大的意义。

参 考 文 献

- [1] Sridhar, M. K. C. et al., *Water & Waste Treatment*, (S), 35—42 (1973).
- [2] Sridhar, M. K. C. et al., *Current Science*, **34**, 602—605 (1965).
- [3] Sridhar, M. K. C. et al., *J. Sci. Ind. Res.*, **25**, 167

- (1966).
- [4] Rudd, T., et al., *J. WPCF*, **56**(12), 1260 (1984).
- [5] Barron, E. S. G. et al., *J. Biol. Chem.*, **157**, 221 (1945).
- [6] Dnka, B. J. et al., *Water Res.*, **17**(10), 1363 (1983).
- [7] Jorgensen, K. P., *J. WPCF*, **56**(1), 89(1984).
- [8] Sridhar, M. K. C. et al., *Environ. Pollut.*, **6**, 195 (1974).
- [9] Kobayashi, H. et al., *Environ. Sci. Technol.*, **16**, 170 (1982).
- [10] Larson, R. J. et al., *Water Res.*, **16**, 675 (1982).
- [11] Teuber, M. et al., *Eur. J. Appl. Microbiol.*, **4**(3), 185(1977).
- [12] Hirayama, K. K., *Water Res.*, **20**(4), 491 (1986).
- [13] Thiel, P. G. et al., *Water Res.*, **1**, 191 (1967).
- [14] Beg, S. A. et al., *J. WPCF*, **54**(5), 482 (1982).

(收稿日期: 1990年1月23日)

风对水面油膜运动的影响

苗 绿 田

(青岛港务局环境工程研究所)

摘要 本文对风引起海面油膜的漂移速度的关系,通过水面紊动剪切应力的平衡理论,推导出风系数的近似计算公式。结合有关现场观测资料和风洞模拟试验结果,确定油膜的风漂移速度与风速之比的经验系数为 1.6—3.5%。

关键词 油膜;风系数;漂移速度。

事故性溢油是造成海洋石油污染的主要原因之一。

一般在短时间内向海中排入大量石油,属于瞬间点源扩散,以油轮海损事故为常见。在单位时间内以一定的速率持续地将石油排入海中,属于连续点源扩散,以沿岸输油设施及海上石油开采的事故较多。这两种不同形式均具有时间短而溢油量大的特点,造成污染的危害性也较大。

目前关于海洋石油污染的综合研究,已逐步地开展起来。由于溢油扩散、迁移过程是个非常复杂的问题,受诸多因素(溢油数量和物理特性以及潮流、湍流、风)的影响,因

此需要不断地探讨、完善溢油扩散理论,以便提供发生溢油事故时,制定拦油和收油计划而控制石油对海洋的污染影响。

一、影响溢油扩散迁移的因素

随着溢油事故的增加和扩散迁移理论的深入研究,普遍认为对突发性溢油扩散迁移起主导作用的已不是溢油本身的物理特性,而相对是个动力海洋学问题,也就是潮流和风的作用,往往后者的作用比前者更显著。

当风吹在海面上时,由于风和水的作用使风减速而水被加速,结果由风向水输送了动能。水从风那里接受的一部分动能消

Calmodulin DNA and ATP. Finally, some ameliorative measurements of Al-toxic soils have also been discussed.

Wey Kords: aluminum, soil acidification, aluminum speciation, phytotoxicity, amelioration of Al-toxic soils.

An Economic Evaluation of A White-Water Recovery Project in the Papermaking Mill.

Wang Zhewen, Liu Zengxiang (Xi'an Municipal Institute of Environmental Protection, Shanxi Province); Li Liangneng (Xi'an University of Electronic Technology): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(6), 1990, pp. 46—49.

The paper deals with economic evaluation of investment in a white-water recovery project. The theory and approaches in calculation and target system of evaluation in economic analysis have been discussed. The result shows that economic benefit can be achieved in the project.

Key Words: economic evaluation, recovery of white water, economic benefit.

Analysis of the Characteristics of Regional Ecological-Economic System in Dali Autonomous Prefecture, Yunnan Province.

Du Baoquan (Dali Autonomous Prefectural Bureau of Environmental Protection, Yunnan Province): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(6), 1990, pp. 50—54.

The author has analyzed the dynamic relations among the subsystems of population, resources, economy and environment with a view to the regional ecological-economic system in Dali Autonomous Prefecture, southwest China. The economy in the region has been developing rapidly since 1949, however, the ecological system is deteriorated so seriously that it will affect sustained development of economy. The author proposes that a strategy for controlling the deterioration should be taken such as birth control, conservation of forest, adjustment of economic structure and control of environmental pollution.

Key Words: ecological-economical system, characteristics, southwest China.

A Review on the Researches of Enzyme in Activated Sludge System.

Xu Xiaolu, Sen Xiuyin, Jiang Jinqin (Department of Geography, Zhejiang Normal University, Jinhua City): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(6), 1990, pp. 54—58.

Reviewed in this article are the current studies abroad on enzyme in raw domestic sewage, sludge of septic tank, activated sludge, the bacteria and protozoa that play significant role during sewage treatment. In the

process of hydrolysis and decomposition of organic matter, the bacteria practically play the exclusive role, while the protozoa act on flocculation and oxidation in sludge. This article also describes the relationship of enzymatic activities in activated sludge and quality of effluent. Toxic matter such as heavy metals will inhibit enzymatic activities because heavy ions associate with mercapto(-SH). **Key Words:** domestic sewage, activated sludge, enzyme, bacteria, protozoa.

Ocean Oil-slick Movement under the Influence of Wind.

Miao Lutian (Institute of Environmental Engineering, Port Office of Qingdao): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(6), 1990, pp. 58—61.

The relationship between the advection of oil slick on the sea surface and the wind speed has been studied in this paper. An approximate formula used in calculation of ratio of the wind-driven currents to the wind speeds is derived itself from consideration of the balance between the turbulent shear stresses on the air-sea interface. Combining the field observation and the wind-tunnel experiments in the laboratory, it is established that the wind factor, i.e. the ratio of wind-driven currents to the wind speeds, is roughly 1.6—3.5%. The results obtained in this paper are available to the projects and techniques for controlling an oil spill and recovering the oil after an oil spill.

Key Words: ocean, oil-slick movement, wind.

Assessment of Environmental Quality in A Region Supported by Software PURSIS of Geographic Information System (GIS).

Ren Jinsong (Center of Environmental Center, Peking University, Beijing); Ren Fuhu (Institute of Remote Sensing, Academia Sinica, Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(6), 1990, pp. 62—67

In this paper, a fresh attempt has been made in evaluating environmental quality of a region by GIS-PURSIS. The authors have designed an expansion method with scattering point insertion or tendency-plane simulation instead of what the conventional method emphasizes the data of monitoring points, applies them to spatial assessment, then graphs the distribution of pollutant concentrations on maps. The new method has been applied to assessment of environmental quality in Meizhou Bay, Fujian Province, and a scientific and practical result has been achieved.

Key Words: Spatial assessment of environmental quality, geographic information system, Meizhou Bay.