

德国城市污水处理现状(上)

唐建国

[提要] 本文概括地介绍了目前德国城市污水处理厂的工艺类型、污水组份、水质标准、排污收费办法、脱氮脱磷技术、污水过滤和污泥处理处置等情况。

污水处理在德国已有近百年的历史,但其较快发展,却在近二十年。例如:在1975年仅有关44%的污水经生物处理或其它方法处理,一半以上的污水是未经净化而直接排入水体的。到1987年,已有97%的污水(原西德地区)经生物处理。自1970年到1983年在排水工程中投资近780亿马克,其中210亿马克(27%)用于污水厂的建设,570亿马克(73%)用于管网建设。目前德国各种排水设施总价值高达1700亿马克以上。

表1是德国污水厂的数量统计情况表(1991)。

一、污水处理厂工艺类型及污水组份

德国目前城市污水处理厂所采用的工艺绝大部分是生物处理方法,表2是各种规模污水厂采用工艺情况表(1987)。

1991年德国污水处理厂数量统计情况表 表1

处理厂规模 (当量人口数)	所包括的当量人口数 (人)	污水厂数量 (座)
<1000	620000	1313
1000~5000	5390000	2289
5000~20000	15390000	1577
20000~100000	38200000	919
>100000	73340000	243
合 计	132940000	6341

表3是1983年统计的城市污水的组成成份表。从表中可以看出,在城市污水中,雨水等外来水(指渗入管道中的地下水、溪水、渠水等)占很大的比例,而且这种比例在逐年上升。工业污水在总水量中仅占很少的比例,而且历年下降,这说明,工业企业的水循环利用率愈来愈高。表4是污水组份历年变化情况。

二、原东德地区污水处理情况

在原东德地区5个联邦州中,总有机污水负荷6600万当量人口。公共雨、污水管网接纳率(按当量人口计)为72.5%,污水处理率为58%,但是按德国目前污水处理有关规定,其大部分是不能满足规定要求的。另外8000多个工业地区工业污水量为40亿 m^3/a ,其中95%以上没有或没有有效地处理而直接排入水体中。包括在公共管网中的1170万居民的生活污水量为14亿 m^3/a (327L/人·d),其中12%的污水完全没有进行处理,36%仅为机械处理,38%进行了生物处理,14%进行了除营养物的深度处理。按德国目前水质标准衡量,原东德地区水体质量状况如表5所示。据测算,原东德地区污水管网的接纳率要达到90%,需投资104亿马克,常规生物污水处理厂的建设或扩建需投资224亿马克,深度除磷、氮处理需投资328亿马克。

德国(1987原西德地区)污水处理工艺情况表

表2

处理	平均	各种规模污水厂(当量人口)(%)						
		<2000	2000~5000	5000~10000	10000~20000	20000~50000	50000~100000	>100000
工艺	(%)							
生物处理	76.3	44.3	66.5	72.9	74.0	78.5	92.8	81.4
一级处理	4.4	10.0	4.0	3.0	2.0	3.5	1.0	3.5

德国(原西德地区)污水组份表 表 3

污 水 成 份	平均	各种规模污水厂(当量人口)						
		<2000	2000~ 5000	5000~ 10000	10000~ 20000	20000~ 50000	50000~ 100000	>100000
污水组成成份(%)								
外来水	44	47	50	50	50	47	44	38
生活污水	39	42	40	38	38	38	40	39
工业污水	17	11	10	12	12	15	16	23
各污水组成成份水量(百万 m ³ /d)								
总污水量	21.350	1.172	1.523	2.002	2.517	3.546	2.393	8.145
外来水	9.429	0.556	0.766	1.010	1.283	1.655	1.058	3.104
生活污水	8.300	0.487	0.604	0.750	0.973	1.347	0.948	3.190
工业污水	3.620	0.129	0.153	0.241	0.315	0.545	0.385	1.851
各污水组成成份按当量人口折算(L/人·d)								
总污水量	403	338	362	402	403	415	401	416
外来水	178	160	182	202	204	194	177	158
生活污水	157	140	144	151	155	158	159	163
工业污水	68	37	36	48	50	64	65	95

德国(原西德地区)污水组份变化表 表 4

年 份	1963	1969	1975	1979	1983
历年污水组成成份(%)					
外来水	14	13	14	33	44
生活污水	49	50	55	45	39
工业污水	37	37	31	22	17
历年污水组成成份(百万 m ³ /d)					
总污水量	13.3342	17.488	18.950	20.860	21.350
外来水	1.790	2.330	2.600	6.910	9.4269
生活污水	6.579	8.706	10.430	9.390	8.300
工业污水	4.973	6.451	5.920	4.560	3.620

原东德地区水体质量情况 表 5

污染情况	水体类型	
	流动水体(%)	静止水体(%)
轻度或无污染的	3	1
污染但可做为饮用水源的	19	21
严重污染为利用需昂贵支出的	36	54
不可再再利用的	42	24

德国目前执行的污水厂出水标准(mg/L) 表 6

原水进水等级	COD	BOD ₅	NH ₄ ⁺ -N	总氮	总磷
原水 BOD ₅ < 60kg/d	150	40	/	/	/
原水 BOD ₅ = 60~<300kg/d	110	25	/	/	/
原水 BOD ₅ = 300~<1200kg/d	90	20	10	18	/
原水 BOD ₅ = 1200~<6000kg/d	90	20	10	18	2
原水 BOD ₅ ≥ 6000kg/d	75	15	10	18	1

注:测定水样为抽查样或 2h 的混合水样

德国历年排污收费标准 表 7

时间	收费标准 马克 单位有害物	时间	收费标准 马克 单位有害物
从1981年1月1日	12	从1985年1月1日	36
从1982年1月1日	18	从1986年1月1日	40
从1983年1月1日	24	从1991年1月1日	50
从1984年1月1日	30	从1993年1月1日	60

有害物单位折算表 表 8

序 号	污染物名称	每个“单位有害物” 相应的污染物质
1	生化需氧 BOD ₅	50kg(氧)
2	磷 P	3kg
3	氮 N	25kg
4	有机卤化物(AOX)	2kg
5.1	汞 Hg	20g
5.2	镉 Cd	100g
5.3	铬 Cr	500g
5.4	镍 Ni	500g
5.5	铅 Pb	500g
5.6	铜 Cu	1000g
6	对鱼类有毒物质	3000m ³ 污水

三、污水处理厂出水标准和收费办法

自 90 年代以来,德国污水处理事业处在一个重要的转折点,1989 年 9 月 8 日公布实施的

全国污水处理法要求所有 5000 当量人口以上的污水厂必须进行硝化、脱氮；20000 当量人口以上的污水厂必须进行除磷。表 6 是从 1991 年 8 月 27 日开始实施的污水厂新出水标准。这一标准仅是一个全国性的标准，各地视具体情况相应有更严格的标准，如博登湖 (Bodensee) 地区，对出水排入该湖的污水厂出水要求总磷的标准为 0.3mg/L。

为了保证这一标准的实施，排污收费标准逐年提高。表 7 和表 8 分别是历年排污收费标准及收费单位计算表。

为了满足上述标准的要求，在 80 年代中期新建设的污水厂基本上都设有除氮、磷的措施，而老的污水厂 (5000 当量人口以上) 则需要进行扩建，其基本措施是采用生物法除氮。生物法加化学法除磷，采用过滤手段进一步净化水质，以降低水中的有害物质含量。表 9 是德国巴登州 (Baden Wuerttemberg) 到 1991 年新建和扩建污水厂情况。从该表中可以看出去除营养物 (氮、磷) 不仅仅是在人口当量为 5000 人以上的污水厂进行。

四、关于生物法除氮

生物法除氮是德国目前最常用的方法，从 80 年代中期，德国开始对生物法除氮、除磷进行广泛、深入的研究，也取得了丰硕的成果，开发出许多工艺形式。按照脱氮区的位置不同，生物除氮形式主要分为：后置脱氮工艺、前置脱

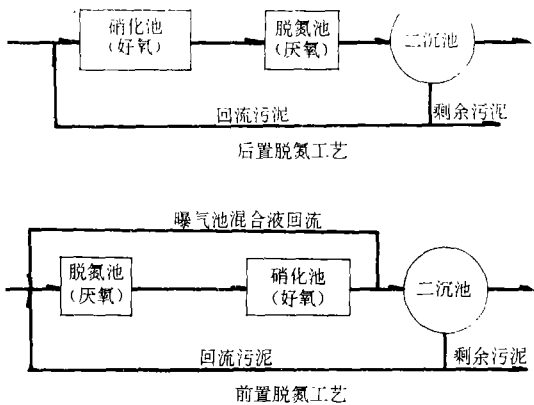


图 1 生物除氮工艺

巴登州污水处理厂除氮、磷情况(1991) 表 9

污水厂规模	污水厂数量	其中除氮、磷情况		
		硝化	硝化脱氮	除磷
≤1000	346	215	11	3
1000~5000	410	320	43	15
5000~20000	277	158	68	16
20000~100000	180	59	31	19
≥100000	49	9	4	7
合计	1262	761	157	60
总的当量人口数	2280 万	757 万	375 万	227 万

生物法除氮污泥龄(d) 表 10

净化目标		污水厂规模(当量人口)	
		<20000	>100000
无硝化和脱氮		5	4
仅带硝化反应(计算温度 10℃)		10	8
硝化和污泥稳定		25	/
硝化和脱氮	$V_D/V_{BB}=0.2$	11	9
(计算温度 10℃)	$V_D/V_{BB}=0.3$	13	11
V_D =脱氮池容积	$V_D/V_{BB}=0.4$	15	13
V_{BB} =曝气池总容积	$V_D/V_{BB}=0.5$	17	15

氮工艺(如图 1 所示)和同步脱氮工艺。

后置脱氮工艺对于城市污水来说，因为需外加碳源(如甲醇)，所以在实际中几乎没有应用的。同步脱氮法就是在同一池中，水流通过不同的区段(好氧、厌氧)进行硝化和脱氮，最常见的形式如氧化沟，在德国主要用于中型污水厂。前置脱氮工艺是目前德国最常见的工艺。

对于前置脱氮工艺，其脱氮效率 η_D 取决于回流比的大小。

$$RV = \frac{\text{回流污泥量} + \text{混合液回流量}}{\text{进水量}}$$

$$\eta_D = RV / (1 + RV)$$

在德国一般总的回流比 RV 为 300~400%，所以脱氮效率为 75~80%。

生物除氮的计算是以泥龄为基础的，表 10 是德国污水技术联合会(ATV)推荐的污泥龄。

(下期待续)

□作者通讯处:730000 兰州市定西路
中国市政工程西北设计院

STUDY ON BIOLOGICAL TECHNOLOGY TO REMOVE N AND P *Feng Shenghua et. al* (18)

Abstract: The effects of biodegradable organic compounds and dissolved oxygen contents, activated sludge age and treatment process on the N and P removal of A²/O technology are analysed from the view of design with engineering practice. The measurements to improve the efficiency of denitrification and dephosphorus are developed including diversion of returned sludge and upgrading of sludge lifting and mixing equipment.

PRESENT STATUS OF URBAN WASTEWATER TREATMENT IN GERMANY *Tang Jianguo* (22)

Abstract: The treatment technology, constitution of raw wastewater, water quality norm, principles of polluter pays, denitrification and dephosphorus, waste water filtration and sludge disposal in Germany are summarized in this paper.

PRESENTATION ON DESIGN OF WASTEWATER TREATMENT PLANT IN XIANYANG AIRPORT

..... *Chen Guangyao* (25)

Abstract: The capacity of wastewater treatment plant of Xianyang Airport in Shaanxi province was designed as 3250 and 6500 cubic meters per day for recent and final stages respectively. Integrated oxidation ditch and boat type clarifier with directly recycling of activated sludge through the corridors under the bottom of the tank were adopted. The design parameters and facility arrangement are presented in the sequence of treatment flow and some proposals for improvement indicated in this paper.

BRIEF INTRODUCTION OF INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT OF XUZHOU GENERAL

SYNTHETIC DETERGENT PLANT *Wei Bangsen* (28)

Abstract: The industrial wastewater of Xuzhou general synthetic detergent plant was treated by foam-separating-vacuum foam distinction and filtration technique with capacity 1000 cubic meters per day. Results of two years operation show that the selected treatment technology is suitable to treat wastewater contained high concentration of detergent (LAS) with advantages of low investment and operation expenses and stable performance. 90% of the treated wastewater is reused for detergent production. The quality of discharged effluent is better than the requirement of the national standard of wastewater discharge.

NORM ON WATER SUPPLY AND SEWAGE WORKS OF SMALL RESIDENTIAL QUARTERS

..... *Zhou Hucheng* (30)

Abstract: The approval of the first Norm on Water Supply and Sewage Works of Small Residential Quarters in our country has been accomplished by the Building Water Supply and Drainage Council of China Engineering Construction Standardization Association. Some questions which are every one concerned such as the suitable range of this norm, the designed water demand, water distribution network and its arrangement, designed flowrate of water supply