

德国城市污水处理现状(下)

唐建国

五、关于生物和化学法除磷

磷是所有有机体的必需物质,在细胞体中,磷约占3%。在污水中主要是正磷酸盐(PO_4^{3-})、无机聚合磷和有机磷。在传统的活性污泥法中,溶解性的磷通过微生物的细胞合成而被吸收,非溶解性的磷化合物能够吸附在污泥等絮体上。一般情况下,活性污泥法能去除20~30%的磷,这是远远不能满足除磷要求的。

生物除磷是通过交替的厌氧、好氧条件来提高活性污泥的贮磷能力,以求得到较高的除磷效果。在运转良好的生物除磷设施中,磷的去除率可达70~90%,出水中的磷浓度可达到1~3mg/L。但是生物除磷效果是很不稳定的,因而必须有化学除磷来保证出水效果。

生物除磷法在德国主要分为两大类:一类是主流工艺;另一类是次流工艺(如图2、3所示),在主流工艺中,主要包括:Bardenpho法, A/O(A^2/O)法, Phoredox法, UCT法, EASC法, ISAH法;次流工艺主要包括 Phostrip法和 CISAH法。

Bardenpho法原是南非用于生物除氮的工艺,但当脱氮池容积足够大时,在该工艺中也进行着生物除磷过程。A/O法是目前最为简单的一种生物除磷方法,原污水或一沉池出水在前置的厌氧池中与回流污泥进行混合,这种工艺要求没有硝化反应,即不允许在回流污泥中有 NO_2^- 或 NO_3^- 。 A^2/O 和Phoredox法是A/O法的发展和改进,但Phoredox法是很复杂的,原水和回流污泥在前置的厌氧池中进行混合和磷溶解,在后续的池子中进行硝化和完全的脱氮,使回流污泥中不存在 NO_3^- 或 NO_2^- ,由于第二级脱氮的效率是不高的,因而也经常看到Phoredox法只采用一级硝化和脱氮的工艺。由于要达到完全的脱氮反应,需要花费极大的代

价。因而又发展了UCT法,它是一种非100%去除 NO_3^- 或 NO_2^- 的工艺,首先回流污泥回流到脱氮池中,然后再回流到厌氧池中与原水进行混合。EASC法是一种旨在提高去除反应速率的工艺方法,是通过大幅度的提高厌氧池的

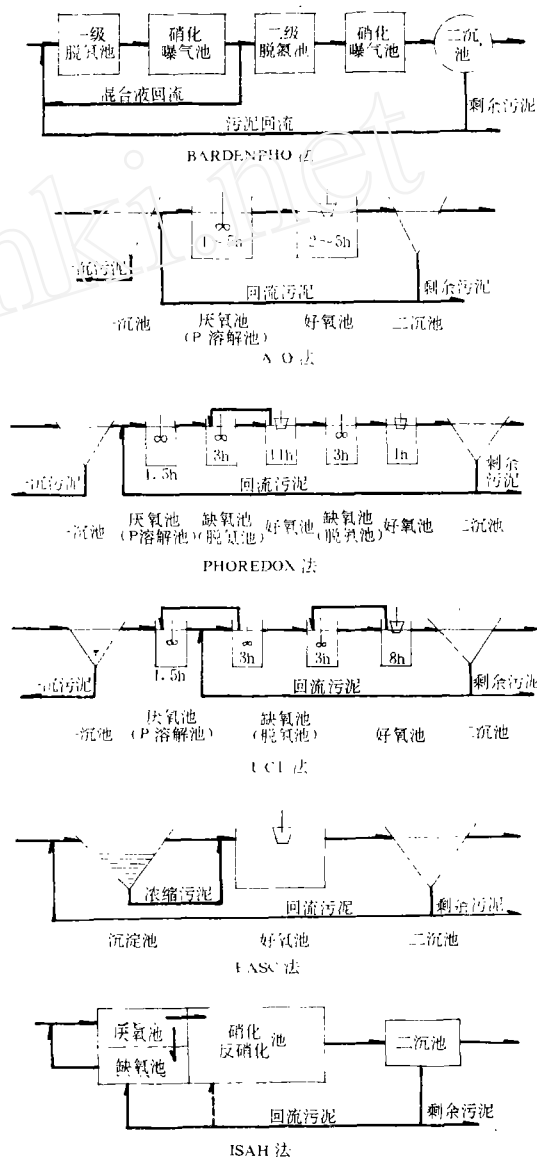


图2 主流除磷工艺

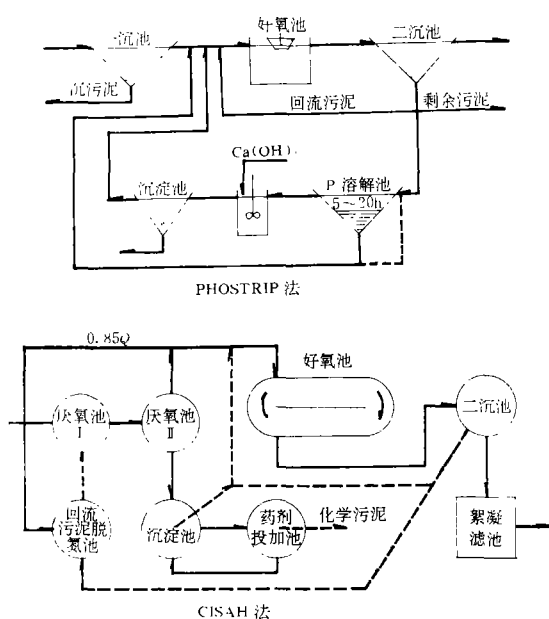


图3 次流除磷工艺

停留时间来实现这一点的。一般这种厌氧池也是沉淀池，在该池中回流污泥和原污水接触后而沉淀，按照固体物平衡关系，在池底浓缩的污泥被抽至好氧池中。为了得到较好的浓缩效率，一般污泥的停留时间长达15h。污泥在如此长时间的厌氧条件下，会进行发酵，其发酵的第一阶段是产酸阶段，产生低分子有机脂肪酸，而有机脂肪酸会促进回流污泥磷的释放。这种方法不仅仅用于高负荷无硝化反应的污水处理，也用于有硝化反应的污水处理，因为在厌氧池中，由于磷的释放是很快的，而且脱氮反应也可伴随进行，这种方法对于老厂的改造是有利的。ISAH法，生物除磷法与生物除氮法一样也要求有较严格的外界条件，如基质(BOD_5)浓度和温度等条件。往往有些时候这些条件都是不很有利的，针对这种情况汉诺威(Hannover)大学研究出了ISAH法，为了避免回流污泥中的硝酸盐氮对磷的溶解产生不利影响，回流污泥必须在一分离的缺氧池中进行脱氮，然后再与进水在厌氧池中混合。这种工艺方法在生产性试验中取得了很好的结果。除了上述这些有代表性的生物除磷工艺外，另外二种是作为有代表性的次流工艺。所谓的Phostrip法就是回流污

泥的一部分在一停留时间长达数小时的沉淀池中进行磷的释放(溶解)，同时在该池中通过静止浓缩，污泥和含有富磷的浓缩液相分离，其浓缩液在后续的化学除磷设施中进行除磷处理，但该方法仅用于无硝化反应的工艺中。CISAH工艺是针对主流生物除磷工艺提出的一种工艺，也是主流工艺ISAH法和部分水经化学除磷相结合的一种方法。在主流生物除磷法中，当出现异常的负荷比例关系时，对生物除磷影响是很大的，比如在进水中如果硝酸盐氮 $NO_3^- - N$ 的负荷很高时，进水中的易分解基质将由于脱氮反应而被大大消耗，这使得含有较高磷的细菌在厌氧池中失去其优先选择的优点，使其不能有效的在好氧池中吸收磷；当低负荷时，由于产生较少的污泥，使得主流除磷工艺不能有效的除磷。基于这种原因，CISAH法是既能充分发挥生物除磷的能力，又有化学除磷做保证的一种工艺。

出于经济和生态环境的原因，生物除磷的意义愈来愈大，但是对于不同工艺方法的计算，到目前为止几乎是不可能的。需要注意的是：生物除磷的边界条件，这些边界条件可以总结为：

- P/BOD_5 值 $0.01 \sim 0.03$ ；
- 有较高的有机酸 $> 50mg/L$ ；
- 对于分流制系统要求有较少的外来水；
- 对于合流制系统(带有雨水溢流池)要求外来水量 $\leq 15m^3/h$ ；
- 不设或缩小一级处理设施；
- 工业污水应含有较多的易分解 BOD_5 成份；
- N_g/BOD_5 值在曝气池进水中应 ≤ 0.25 ；
- 对于硝化应尽可能采用较小的污泥龄。

由于生物除磷不能保证除磷效果达到其排放标准，加之改造现有污水厂进行生物除磷也是困难的，所以尽管化学除磷的运行成本很高，但能很快实施，在生物除磷技术研究开发的同

给水排水 1994 No. 3

时,单独采用化学除磷在目前也是一项主要的工艺。1989 年全德国用于除磷的化学沉淀药剂约为 350000t,其中 45%是三价铁盐,20%是铝盐,35%是二价铁盐。

对于单独的化学除磷工艺,按照药剂投加点的不同主要分为三类:前沉淀法、同步沉淀法、后沉淀法(如图 4 所示)。

前沉淀法是化学药剂投加在沉砂池内或一沉池进水渠(管)内。絮凝体在一沉池中通过沉淀去除。其优点是:

——能够降低生物处理的负荷,因而可以减少能量的消耗;

——与同步沉淀法相比剩余活性污泥量不会增加;

——易于实现。

但其缺点是:

——总的污泥产量较大;

——对脱氮反应不利;

——有时会使污泥沉降性能恶化。

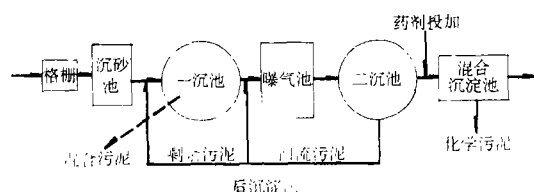
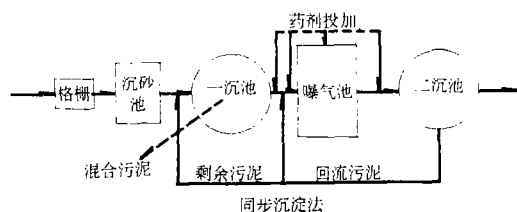
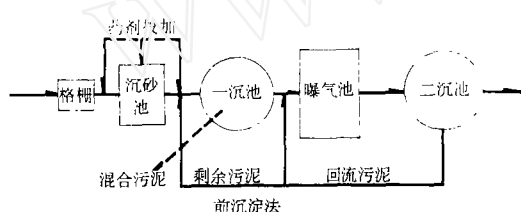


图 4 化学除磷工艺

同步沉降法是最常见的化学除磷法,在德国约 50%的化学除磷都是采用同步沉淀法。药剂投加在曝气池出水或二沉池进水中,较少的

给水排水 1994 No. 3

情况(如采用二价铁盐)投加在曝气池进水或回流污泥进口中。其优点是:

——由于污泥回流使药剂能有效的被利用;

——可以使用较便宜的二价铁盐药剂;

——可以减少污泥膨胀现象的产生;

——易于实现。

其缺点是:

——剩余活性污泥产量较高;

——酸性金属盐会使曝气池的 pH 值降低,从而对硝化反应不利;

——化学污泥和剩余活性污泥是混合在一起的,这使得生物除磷要求的磷的厌氧释放不可能。

后沉淀法是指化学药剂的投加,以及沉淀分离是在生物系统后的设施中进行的。后沉淀法的主要优点是化学除磷和生物处理是相分离的,互相不产生影响。药剂的投加能够按磷的负荷情况进行控制,其污泥可以与生物污泥分开处理和利用。但需要较高的投资。

从实际运转情况分析,药剂与磷的摩尔分子比为 1.5,这样可以保证出水的磷含量 < 1mg/L。也就是说去除 1 公斤磷需要投加 2.7 公斤铁盐(以铁计)或 1.3kg 铝盐(以铝计)。

六、关于污水的后过滤情况

近几年来,污水净化的要求越来越高,除了除氮、除磷外,有效地去除污水厂出水中的悬浮固体物是其目的之一,达到这一目的有效手段就是过滤。德国水体污染物的监测值见表 11,而水体的污染物主要来源是污水厂出水中的悬浮固体物。据分析在 1g 悬浮固体物中, COD 含量为 0.8~1.6g; BOD₅ 为 0.3~1.0g; 磷的含量为 20~50mg, 如果出水悬浮固体物浓度为 20mg/L, 则相应的 COD 为 16~32mg/L; BOD₅ 为 6~20mg/L; 磷为 1mg/L。可见进一步去除出水中的悬浮固体物,对于降低污染物浓度是非常有效的途径之一。

德国水体污染物监测值

表 11

参数名称	COD	总磷	总氮
监测数值(mg/L)	30	0.4	1.0

污水过滤主要形式有三种：上向流、下向流和干式过滤(如图 5 所示)。干式过滤具有曝气充氧的作用，污水在过滤过程中可以进一步进行硝化反应和有机物的氧化分解。若在滤池前投加化学药剂，可以有效的进一步起到除磷的作用，表 12 是滤池去除污染物的情况。

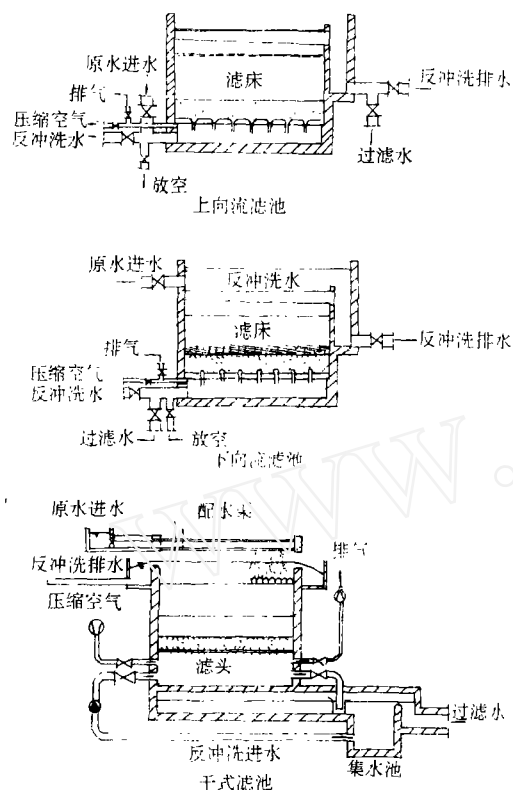


图 5 污水过滤滤池形式

普通过滤去除污染物的能力取决于去除悬浮固体物的情况以及悬浮固体物中所含 BOD₅、COD 和磷的情况。通过在滤池前投加铁盐或铝盐化学混凝剂，可以有效的提高滤池的除污能力，因为通过絮凝过滤，不但可以有效的去除悬浮固体物，而且有效的去除了胶体状的污染物。

污水过滤滤池的计算方法与给水处理的滤池计算是相同的，表 13 是德国所推荐的参数。

七、关于污泥处理和处置

污泥处理和处置，尤其是污泥的最终出路在德国也是一个急待解决的难题。由于污水处

滤池去除污染物情况表 表 12

参数名称	普通过滤(%)	絮凝过滤(%)
BOD ₅	50	70
COD	15	25
NH ₄ ⁺ -N	/	/
P 总	12	30
浊度	60	85
SS	85	90

污水过滤设计参数 表 13

参 数	下向流滤池		上向流滤池
	上层滤料	下层滤料	单层滤料
滤层厚度(m)	1.0~1.4	0.4~0.6	1.0~2.0
滤料粒径(mm)	1.5~3.0	0.5~1.2	1.0~3.0
过滤速度(m/h)	5~15	5~15	5~15
过滤周期(d)	2	2	2~3
反冲洗水耗量(%)	5	5	5
最大过滤负荷 (kg(干)/m ²)	≤7	≤7	≤10

理量的不断增加，特别是处理标准的不断提高，使得污泥量也不断增加。目前德国每年平均污泥量为 5000 万 m³，其中固体物含量为 250 万 t，据估计到 2000 年，污泥量将达 6000 万 m³，固

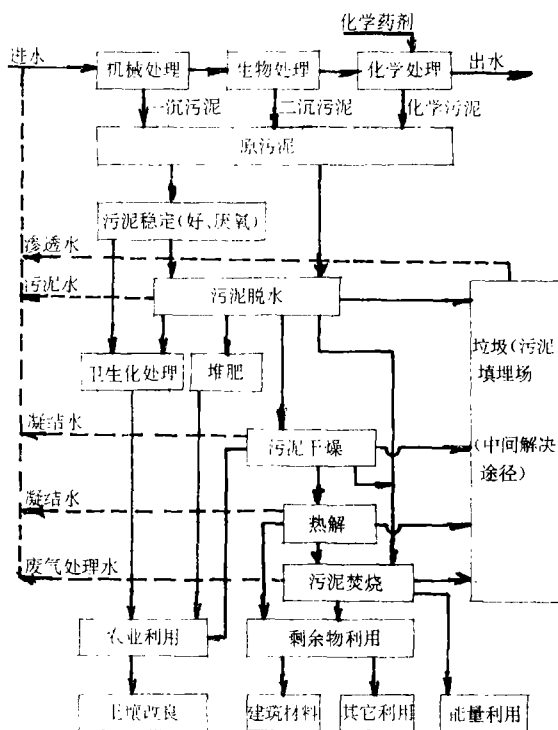


图 6 污泥处理工艺

体物含量达 300 万 t。图 6 是德国目前污泥处理和处置的工艺方法。污泥在污水厂处理主要是采用浓缩(重力或机械)、中温消化及机械脱水、污泥干燥或焚烧。污泥浓缩大都采用二次浓缩(消化池前后),浓缩方式目前以重力式居多,但是剩余污泥采用机械方式浓缩(转鼓浓缩机、离心脱水机)已是污泥浓缩的发展方向之一,目的是减少污泥体积,以求减少污泥稳定处理所需要的能量、构筑物容积和防止采用重力浓缩时在浓缩池中的磷溶解。污泥稳定处理,以中温厌氧消化为主,沼气用于污泥的加热,或用于发电。在许多污水厂可以解决其能量需要的 60% 以上。在较大的污水厂大都采用卵形消化池,以求获得良好的混合水力条件。钢制消化池也被广泛的应用,这是一种建设期短、投资低的方法。消化后的污泥进行机械脱水,小厂和中型厂主要采用化学法预处理,用离心脱水机

德国垃圾填埋场对污泥的收费标准 表 14			
年 份	1980	1985	1989/90
每吨脱水污泥(含水率 65%)	5~15	20~50	70~150
收费(马克)			

德国各种污泥处置费用比较表 表 15	
处置方法	马克/吨(以干物质计)
消化后的湿污泥	≤300
脱水后(含水率 65%)填埋场处理	400~600
脱水、焚烧后的灰份在填埋场处理	600~1200

进行污泥脱水,大型厂主要采用化学或者热工法进行污泥预处理,采用板框压滤机脱水。离心脱水机脱水后污泥含水率 70~65% 左右;板框压滤机若采用热工法预处理,脱水后污泥含水率可达 55~50%。无论是污泥稳定处理,还是脱水处理,这在德国已有许多成熟的经验,而且有先进、可靠的设备做保证。目前所讨论的热门话题是污泥的出路问题。因为农业利用出于对生态环境的保护,对污泥的质量标准要求愈来愈严,不允许污泥中的有害物质(如重金属、AOX 等)进入自然的物质循环中,因而农业利用的污泥量持续下降(如图 7 所示)。在 80 年代末期,污泥是做为垃圾进行处理的,大多是运

给水排水 1994 No. 3

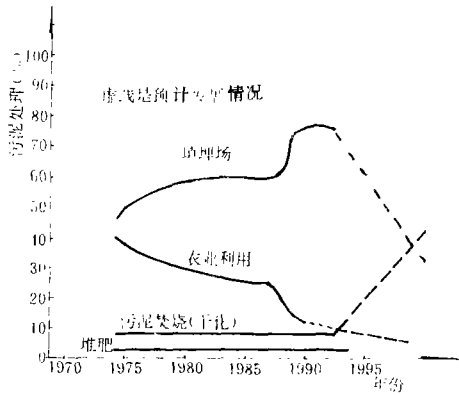


图 7 德国污泥最终处置情况

往垃圾填埋场。由于脱水后污泥仍然含有较多的水份,对于填埋场是非常不利的,也是不受欢迎的。近几年来在德国寻找一块场地做为垃圾填埋场已是极其困难的,因而垃圾填埋场的收费标准成倍提高,如表 14,所以近几年来运往填埋场的污泥量越来越少。污泥干化处理(含水率达到 20% 以下)或焚烧(大多与城市垃圾一起)已是迫在眉睫的任务之一,尽管其处理成本是很高的(如表 15 所示),但污泥干燥或焚烧后再利用或运往垃圾填埋场已是德国一项中、长期的任务。(续完)

□作者通讯处:730000 兰州市定西路
中国市政工程西北设计院

介绍管道混合器和水泵吸水真空罐装置

(一)管道混合器 是一种快速高效、低能耗的管道螺旋混合装置。它占地面积小,混合时间短,混合效果能达到 90% 以上,节省药剂量 20~30%。其采用玻璃钢材质,具有坚固耐用、耐腐蚀等特点。混合管径有 50~1500mm。

(二)水泵吸水真空罐装置 它水头损失小,设备、管道简单,引水方便,便于自动化控制。真空罐直径有 300~1000mm,其相应体积为 0.028~0.88m³,有钢制和玻璃钢两种材质。

以上产品畅销国内 20 余省市,并用于国外工程。(214213 宜兴市配亭静堂玻璃钢制品厂)