

# 废水除磷技术的研究与发展

赵 放\*

中国石油集团东北炼化工程有限公司吉林设计院, 吉林 132000

**摘 要:** 目前世界的水体富营养化问题十分严重, 而这主要是由于水体中磷含量的过多。水体的富营养化对人们的生活造成较大的影响, 甚至还会影响人们的身体健康。因此, 必须要解决这个问题, 也就是要解决水体中过多的磷。所以, 本文主要描写了磷污染的来源与危害, 并且还有化学与生物进行除磷的具体机理, 以及具体的除磷工艺。

**关键词:** 磷污染; 化学除磷; 生物除磷

## 一、前言

水体中适当的磷有利于推动生物的生长, 但是一旦含量过多就会出现水体富营养化的情况。而近些年随着社会的发展与人类的进步, 人们的活动使得水体中的磷含量越来越多。而这就会对环境与各动物造成巨大的伤害, 不利于人类的生存。

## 二、磷污染的来源与危害

### (一) 磷污染的来源

在水体之中的磷, 主要是来自于点源污染, 点源一般是指生活污水和工业废水, 而非点源是指降雨降雪和地表径流等。按照磷污染的贡献率从高到低进行排序, 农业排水最高, 其次是生活排水, 最后才是工业排水。在农业中, 磷污染是由于过度使用磷肥, 而生活排水主要是因为含磷洗涤剂的大量使用, 工业排水则是由于在生产过程中产生了大量的磷酸盐废水<sup>[1]</sup>。因此, 目前水体中磷含量不断超标的主要原因就是人类的活动, 同时, 过多的磷会使水体发生富营养化, 影响水质, 造成水生动物的大量死亡, 甚至影响到人体的健康。磷循环的主要过程是岩石和土壤之中的磷酸盐进入河流, 然后输入海洋沉积海底, 直到地质活动使其暴露与水面, 再次参加循环, 如图1, 就是一个磷循环的示意图。

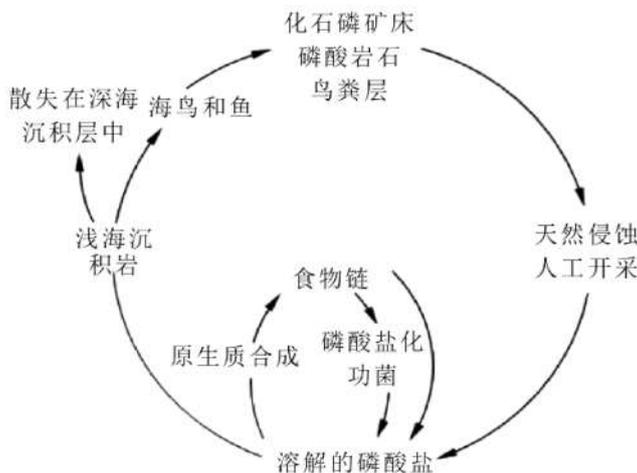


图1 磷循环示意图

### (二) 磷污染的危害

#### 1. 对环境的危害

水生生物的生长必须有一定的磷, 因此水体中含有适当的磷能够促进水生生物的生长。但是如果水体中的磷过多, 这会导致出现水体富营养化, 主要的表现就是藻类大量的繁殖, 并且这种繁殖没有办法进行控制, 氧含量不断下降, 使得一些鱼虾开始死亡, 这样就会导致水质开始恶化。在自然环境中, 湖泊的发展十分缓慢, 从贫营养湖到富营

\* 通讯作者: 赵放, 1986年4月, 男, 汉, 吉林省吉林市人, 现任中国石油集团东北炼化工程有限公司吉林设计院专业组组长, 硕士研究生。研究方向: 环境保护给排水。

养湖会经历及其漫长的时间,但是由于人类的活动,湖泊中有了大量的氮磷,这会加速湖泊的富营养化<sup>[2]</sup>。在我国,大部分的湖泊都已经处于富营养化,最严重的一些湖泊甚至已经不能使用这些水源进行饮用。比如说武汉的龙阳湖,在分析磷污染来源时,明显发现人类活动的影响最大,光是人体排磷就有57.46%,另外,洗衣粉也有23.67%。同时,龙阳湖实际的环境容量只有每年2.74吨,但是现在甚至达到了每年45.16吨,这与我国的地表水环境功能指标严重不符合。所以说,为了解决水体的富营养化,就需要将其中大量的磷去除掉,因此目前需要对除磷技术进行不断的研究与发展。

## 2. 对动物与人类的危害

湖泊中的氮、磷含量过多,导致水体富营养化,这就会使得藻类开始大量的繁殖,一方面,水面上就会被藻类所占据,大大影响湖泊的美观,甚至还会散发出奇怪的气味,影响人们的心情。另外,有一部分的藻类有毒,藻毒素在水中的大量繁殖会严重威胁到人类的生命健康。藻毒素具有各种毒性,甚至会导致人类癌症的发病率提高,轻会使人类过敏,或出现一些肠胃疾病等,严重会使人类发生急性肝衰竭,或者诱发急性肝炎等。不止我国,国外也经常出现由藻毒素所引发的动物或人类死亡事件。巴西曾经也发生过严重的死亡事件,肾透析用水被藻毒素污染,这使得52人死亡<sup>[3]</sup>。所以水体的富营养化问题现在对整个世界都造成了严重的后果,必须要寻找一个有效的解决办法。图2就是水体富营养化时的具体表现。

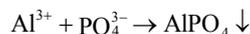


图2 水体富营养化

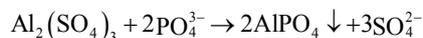
## 三、除磷机理

### (一) 化学除磷法机理

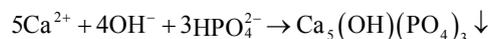
化学除磷法就是要向废水投入化学药剂,这样就能够使水中的磷酸根离子生成难溶性盐,然后会形成絮凝体,再与水体分离,这样又能够将废水中的磷去除掉。如果要投入一些混凝剂,就能够提高分离的效率。一般来说投入的化学药剂是金属盐和氢氧化钙。从经济方面考虑,金属盐是 $\text{Al}^{3+}$ 和 $\text{Fe}^{3+}$ ,反应式:



如果使用硫酸铝作为混凝剂,反应式:



在除磷处理时,多数情况会选择使用铝盐。当铝盐的pH值在6.0~7.0之间的时候,或是铁盐在5~5.5之间时,这时候进行除磷效果最佳,因为在这个范围之内 $\text{FePO}_4$ 与 $\text{AlPO}_4$ 的溶解度最小。另外还会经常使用的交际是氢氧化钙,因为磷会与钙产生反应,反应式:



### (二) 生物除磷法机理

生物除磷主要是通过聚磷菌的聚磷作用来除磷。20世纪的时候,在活性污泥的管理中,人们发现了一种兼性细菌,比如说不动细菌属、气单胞菌和棒杆菌属等,它们能够在好氧的状态下将大量的磷吸到体内,使自身含磷量高于10%,甚至达到30%,所以这些细菌就被用于生物除磷,被称为聚磷菌<sup>[4]</sup>。在厌氧的状态下,聚磷菌能够吸收一部分有机物,并将细胞中的磷释放出来,然后再好氧状态时,那些有机物被氧化从而提供细菌的能量,并且吸取废水中的磷,将其储存起来。而聚磷菌自身会进行排放,磷也就随着污泥一起被排放出去,起到除磷的效果<sup>[5]</sup>。

### 四、除磷技术

#### (一) 化学除磷技术

##### 1. 化学混凝沉淀法

废水里的磷一般是溶解性无机磷这种形式而存在，只有很少的一部分会以有机磷溶解的状态存在。化学混凝法除磷，其实就是在废水中加入化学药剂，然后与溶解性的磷产生反应，从而生成悬浮态的磷，再将其滞留。现在常用于化学混凝沉淀法的三大除磷剂是钙盐、铝盐和铁盐。较常使用的除磷剂是石灰、硫酸铝和聚合氯化铝铁等。化学混凝沉淀法其实就是把那些可溶性的钙盐和铁盐等配成溶液，然后将其加入到废水之中，这样不但可以使钙盐与铁盐和磷酸盐反应并且形成磷酸盐的沉淀，同时也会形成一些具有吸附作用的低聚物，它可以把磷的化合物吸附，最后将泥水分离，实现除磷。

##### 2. 吸附法

这种方式是在废水中投入一些具有表面活性基因的除磷剂，这些活性基因会与磷发生反应，就能够将磷富集，这样也可以进行除磷。吸附法有四个优点：

- (1) 适用水体较多，无论是工业废水还是生活污水都可以使用这种方法。
- (2) 吸附速率比较快。
- (3) 这个吸附剂在使用过程中不会对环境造成伤害。
- (4) 这些吸附剂可以进行回收，避免了浪费。

一般能使用吸附法的这些吸附剂有四种，分别是活性炭、生物质、金属氧化物和黏土矿物。

##### 3. 结晶法

目前使用的结晶法主要有两种方式。

- (1) 向含有钙的废水中加入  $\text{OH}^-$  来形成羟基HAP晶体，这种晶体比较难溶。
- (2) 向含有  $\text{NH}_4^+$  的废水中投入  $\text{Mg}^{2+}$  来形成MAP晶体，这些都能够起到除磷的效果，并且结晶沉淀以后形成的物质也能够当做肥料再次进行利用<sup>[6]</sup>。

#### (二) 生物除磷技术

##### 1. 传统除磷技术

生物除磷有特殊的环境要求，必须要在好氧和厌氧交替下才可以使用，所以如果想要同时达到脱氮除磷，必须要创造好氧、缺氧和厌氧三种环境，才能满足微生物的需要。目前的代表工艺有A/O工艺、A<sup>2</sup>/O工艺和VIP工艺等。这些工艺都是通过把除磷和脱氮这两个过程给分开，来消除二者之间的互相干扰。比如反硝化和释磷都会需要碳源，这就会产生竞争，还有硝化菌与聚磷菌二者的泥龄也有所区别，这些矛盾的存在没有办法避免，因此就需要一些新的工艺来进行除磷。

##### 2. 新技术发展

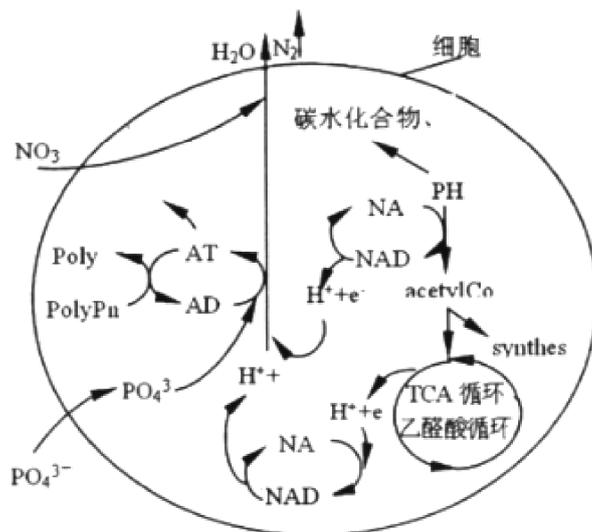


图3 反硝化除磷技术

在进行除磷机理的研究时,人们发现在缺氧的环境下,有一部分的聚磷菌可以将硝酸盐作为最终的受体,在水中直接对磷进行吸收,这就是反硝化除磷,如图3所示,就是反硝化除磷技术的原理。这种新的技术就是反硝化除磷工艺,反硝化除磷分为两种系统,分别是单污泥工艺和双污泥系统。其中在单泥工艺中,反硝化聚磷菌与各种微生物都处在好氧、缺氧和厌氧交替的一个环境之中,根据这个原理就出现了UCT工艺和BCFS工艺等。而在双泥工艺中,硝化细菌会独立于DPB,自己单独存在好氧SBR反应器之中,从而实现硝化与除磷的分离,避免二者之间出现的矛盾。根据这个原理出现了 $A_2N$ 双污泥系统、DEPHANOX工艺和HITNP工艺等<sup>[7]</sup>。

### (三) 几种除磷工艺的比较

生物法的优点是适用范围比较广,并且成本较低,同时可以有较好的效果在磷浓度低的地方,但是缺点是会产生较多的污泥,对环境的要求比较高,在实际的应用中需要与化学方式一起使用,不够方便。化学法中沉淀法的优点是适用范围大,并且操作简单成本低。但是也会产生大量的污泥。而结晶法反应快,并且不会破坏环境,还能进行重复的利用,但是缺点是成本高,还会受到pH值的影响。而物理化学法,优点是不会破坏环境,并且效果比较好,但是缺点是会受到pH与晶种的影响。

### (四) 生物除磷与化学除磷结合

在除磷技术的应用过程中,在废水中的CODCr、N和P相互的比例难以满足要求,就会为除磷带来一定困难。所以说,可以将生物除磷与化学沉淀法进行结合,通过化学沉淀来提高生物除磷的稳定性。目前化学强化生物除磷有前沉淀工艺、同步沉淀工艺和后沉淀工艺,目前同步沉淀工艺是最常使用的一种方式<sup>[8]</sup>。同步沉淀工艺就是在生物处理的过程中直接加入化学试剂,一般使用的试剂有铁盐和铝盐。这种工艺所需要的试剂会比前置沉淀少,另外,也会省去后置沉淀时需要的一些混凝设备,因此现在使用这种方式的最多。

## 五、结论

由于水体中含有过多磷会导致出现水体富营养化,因此在解决这个问题的时候,最重要的就是对废水中的磷进行去除。目前我们的除磷技术有化学方式和生物方式,但是单独使用一种除磷方式在实际的应用中会受到限制,不利于有效达到除磷的目的。因此,我国目前应该大力发展一些新技术,提高废水除磷的有效率和实用率,以此来解决水体富营养化问题,保证人们的身体健康。

### 参考文献:

- [1]杨光,程诚.城镇生活污水厂除磷技术现状[J].化工设计通讯,2019,45(08):236-237.
- [2]吴梦,张大超,徐师,陈敏,王春英.废水除磷工艺技术研究进展[J].有色金属科学与工程,2019,10(02):97-103.
- [3]田颖,樊俊珍,王雨.磷化废水除磷工艺试验研究[J].包钢科技,2018,44(05):32-34+63.
- [4]邱琳.颗粒污泥强化除磷技术研究[D].浙江大学,2018.
- [5]王迟,徐冰峰.污水除磷的方法以及技术进展[J].低温建筑技术,2016,38(08):37-38.
- [6]车万锐,张帆.污废水生物脱氮除磷技术发展研究[J].中国高新技术企业,2016(17):75-76.
- [7]王平,李研伟,王艳明.污水生物除磷技术的现状与研究进展[J].环境污染与防治,2015,37(04):111.
- [8]张杞蓉,普晓晶.污水除磷技术的研究进展[J].能源与环境,2014(04):74-75+78.