

上海市政工程设计研究总院总工程师张辰

国外污水处理厂升级改造实例

文 / 张辰（上海市政工程设计研究总院）

本文介绍了国外4个污水处理厂升级改造的实例，采用增加新工艺、对原有工艺流程改造、调整工艺参数和增加自控和检测手段等多种改造方案，满足最新的处理水量和水质的要求。

一、挪威Bekkelaget污水处理厂

1、污水厂简介

Bekkelaget污水处理厂位于挪威，处理水量为90000m³/d。处理流程包括一般化学强化处理（预沉淀）、活性污泥法生物处理和二次沉淀。二级处理未考虑脱氮除磷要求。

20世纪80年代，北欧出台了要求减少营养物质排放量的条

款，要求各污水厂对原工艺进行改造，以实现脱氮除磷。通过引入化学沉淀可以实现除磷，而普通的活性污泥法水力停留时间只有3~5h，不能实现脱氮。为了尽可能减少费用和不扩建原有的处理设施，Oslo水工程公司采用KMT移动床生物膜反应器技术，对原污水厂进行了改造。

2、MBBR技术

MBBR由挪威KMT公司和SINTEF研究机构联合开发，其基本思路是设计一种连续运行、无堵塞、无需反冲洗的生物膜反应器，且水头损失小，生物膜比表面积大。具体做法是向反应器内投加颗粒载体（材质为聚氯乙烯），微生物附着在载体上形成

生物膜，并可随污水流动。曝气池内的曝气装置和厌氧/缺氧池中的搅拌器，见图1。可以保证颗粒自由流动。载体的形状为圆柱形，直径和高约1cm，密度为0.92~0.96g/cm³，为防止被冲走，反应器出口设滤网。颗粒在运动中不断碰撞、磨擦，可有效防止堵塞。

颗粒载体在反应器内的充填比可以根据实际情况而定，最大值为70%，相应的生物膜面积为500m²/m³。系统无需污泥回流，当需要清洗载体时，可临时将载体抽吸到其他反应器内进行。

3、污水厂的改造

1991年夏秋两季，Bekkelaget污水厂的一个曝气池被改造成

KMT MBBR，由于经预沉淀的污水中可降解有机物含量较低，且脱氮过程停留时间较短，考虑采用后置反硝化工艺。

污水厂改造后MBBR的进水量为5300m³/d，总氮的平均去除率为72%，具体数据见表1。

其中前8周期间，预沉淀阶段去除COD较为充分，从而可以保证好氧反应器中的硝化过程，同时C/N比不小于3.0gCOD/gNO₃-N，又可以保证反硝化阶段的正常运行。这一时期的总氮去除率可达86%。但整个14周内的平均去除率仍可达72%，进水COD平均值为235mg/L，C/N比为4.5gCOD/gNO₃-N，空床停留时间为2.6h。可见改造后的工艺具有较高的脱氮效果。

了污水厂的改建工程。

2、改造技术

决定将原有的8个反应器由并联改为串联。而且在整个反应器的前1/4区增设了厌氧区，以获得生物除磷的效果。原并联流程和改造后的串联流程示意图

3. 改建于1991年11月完成。

3、改造结果

改造后的系统运行数据表明，SVI比较低，约为100，而且稳定。该结果与理论预测和试验数据非常吻合，将反应器由并联布置改为串联布置，增加了系统

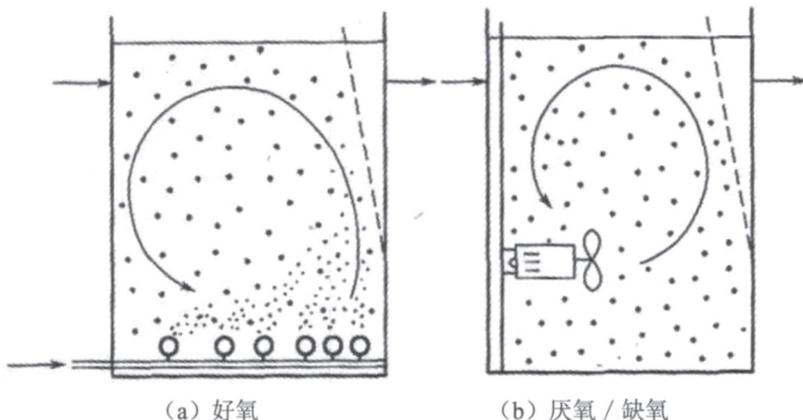


图1 移动床生物膜反应器示意图

表1 MBBR工艺中总氮的去除(空床停留时间为2.6h)

指标	前8周			14周全部数据		
	平均	最大	最小	平均	最大	最小
进水COD/(mg/L)	185	280	95	235	380	95
C/N比/(gCOD/gNO ₃ -N)	5.1	8.3	3.0	4.5	8.3	1.5
进水TN/(mg/L)	24.0	31.0	19.8	28.0	39.1	19.8
出水TN/(mg/L)	3.5	5.6	1.3	7.8	15.7	1.3
TN去除率/%	86	94	82	72	94	58

二、匈牙利Southpest污水处理厂

1、污水厂简介

Southpest污水厂始建于1966年，处理量是30000m³/d，采用高负荷活性污泥系统，曝气池HRT为2.5h。污水厂原处理流程包括两条分支，每一条分支有8个生物反应器用作曝气池，8个曝气池并联运行。20世纪80年代初，Southpest污水厂进行了扩建，新增了两个处理流程，每个流程仍包括两条分支(见图2)，每条分支仍设8个反应器。

20世纪80年代末，匈牙利制定了更为严格的水质排放标准，相应推动了新的处理工艺和技术的出现和迅速发展。污水厂除了要满足新的水质标准外，其处理水量也大幅增长，同时污泥处理设施出现了恶化。在这种情况下，布达佩斯城市污水公司承担

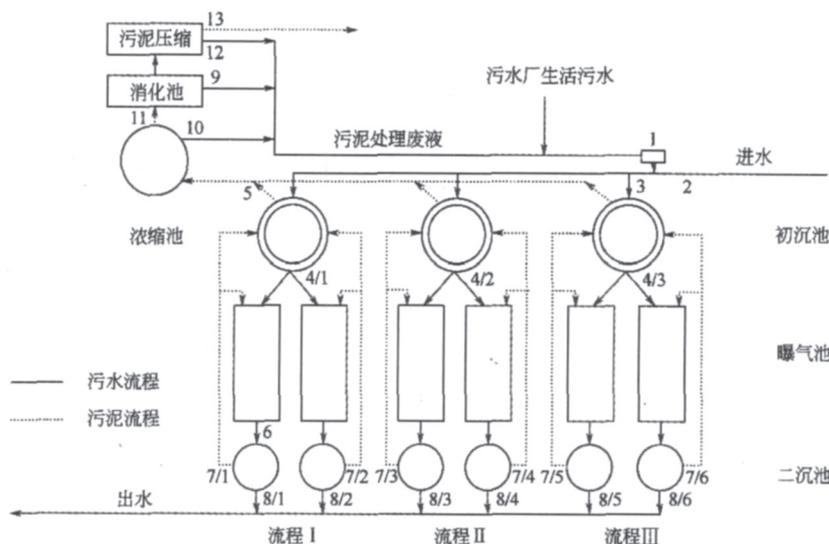


图2 扩建后的污水厂平面布置图(标数字处为取样点)

的处理阶段,进而改善了污泥的沉降性能。

出水COD的变化情况表明,系统的改造改善了有机物的去除效果,有机物的降解更加彻底,原系统出水COD值为100mg/L,改造后降至70mg/L。

运行过程没有达到预期的生物除磷效果,经分析是由于微生物吸收的磷中有60%随污泥处理上清液又回流到系统,通过引进投加石灰化学沉淀除磷的工艺,系统的除磷效果有明显改善,但出水中磷的浓度随着回流污泥中硝酸盐浓度的升高而增加。

通过在污泥上清液回至系统之前投加石灰的办法可以大大提高系统的除磷效率。然而,由于污泥回流之前没有设置预处理设备以去除其中的硝酸盐,出水中的磷含量仍然超出了排放标准。1993年8月23~29日对回流污泥中的硝酸盐浓度和出水磷含量的关系进行了测试结果表明,出水中磷的浓度随着回流污泥中硝酸盐浓度的升高而增加。

投加石灰后,系统的除磷效果有明显改善,但是,改造后的系统不能同时实现有效的硝化和除磷。

4、进一步的技术改造

由于污水厂面积有限,没有考虑扩建现有活性污泥单元,采用能完成硝化和反硝化的生物滤池系统。在进水COD为500mg/L, TN为40 mg/L, TP为7 mg/L的情况下,采用新工艺后,出水中COD为50 mg/L, TN为10 mg/L, TP为1 mg/L。工艺要求反硝化段应尽可能多的利用进水中的有机碳,由于二次沉淀池可承担的负荷有限,硝化液的回流比受到限

制,工艺采用后置反硝化的布置方式,并在反硝化滤池内投加甲醇作碳源以彻底去除污水中的硝酸盐。此外,系统除磷通过强化沉淀实现。

三、美国田纳西州孟菲斯北部污水厂

1、污水厂简介

污水厂设计规模为511,000m³/d,进水负荷BOD₅为125000kg/d (245mg/l), TSS负荷170000kg/d (340mg/l)。工艺流程如图4所示。

污水处理厂运行以来,实际出水不能达到二级处理出水的水质要求,即BOD₅为30mg/L, TSS为30mg/L的标准。这是因为进水中工业废水的成分较高,占到进水负荷的75%,进水的BOD₅高达410mg/l,其中的

SBOD₅达250mg/l,而设计进水的BOD₅浓度才245mg/L。因此可以认为原设计的接触稳定污水处理工艺不能适合高负荷的处理要求。

2、污水厂分析

通过对污水厂的运行分析,得出如下结论:

(1) 实际水质与原设计值相差较大,特别是BOD₅和SBOD₅的浓度远远超过设计值(且进水BOD₅易生物降解),导致处理效果不佳;

(2) 由于污水中DO值较低,而且接触池的活性污泥浓度(MLSS)过高,引起污泥沉降性能较差,污泥指数SVI为150~300ml/g,平均为200ml/g;

(3) 处理工艺设计的充氧系统能满足目前条件下的有机物负荷,但是若进水量达到设计流

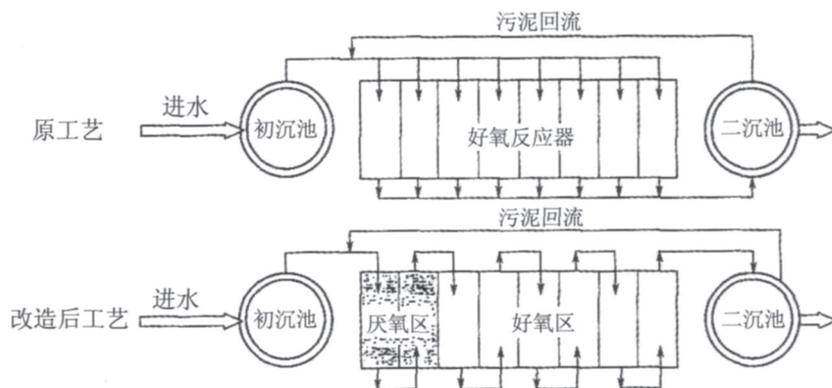


图3 原并联流程及改造后的串联流程示意

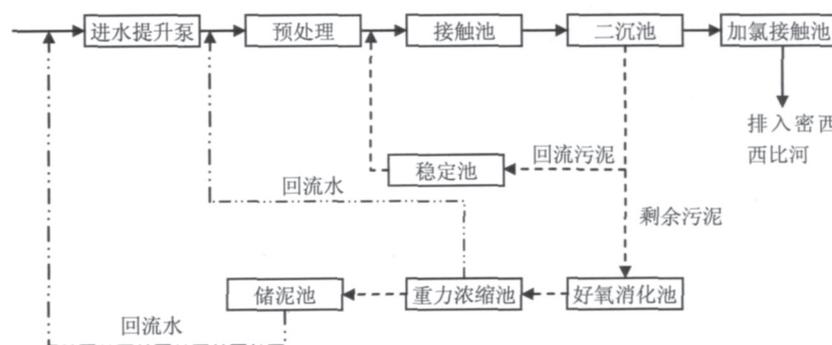


图4 污水厂工艺流程图

量时，则溶解氧扩散系统将远远不能满足有机物降解所需的耗氧量。另外，目前溶解氧扩散系统不能维持适合的DO浓度；

(4) 现有的污泥泵及污泥储存池的容量不足，从而使活性污泥MLSS浓度难以控制，污泥处理的回流量过高，也增加了反应池的负荷。

3、改造方案和结果

针对上述问题，为了让污水厂能满足目前和今后的处理负荷，重新设定污水厂的运行参数，并在污水厂进行了长达18个月的生产性试验，根据实际情况，对主要参数进行调整后，处理效果得到明显改善，设定的工艺参数和实际运行参数的汇总如表2所示。

按照新的工艺参数运行后的出水水质和未变化前的水质如图5所示。可以看到，出水的BOD₅和TSS浓度均低于出水排放标准（均为30mg/L）。

另外，今后还将新增4套2m带宽的带式压滤机，提高好氧消化后的污泥脱水的处理能力，减少厂内污泥循环，提高处理工艺参数调整的灵活性，同时，为改善二次沉淀池的水力条件和提高沉淀效果，在二沉池内添加挡板。

四、加拿大安大略省KITCHENER污水净化厂

1、污水厂简介

KITCHENER污水净化厂设计处理规模为123,000m³/d，1985年的平均进水量为65,000m³/d。出水标准BOD₅为25mg/L，TSS为25mg/L，TP为1.0mg/L，没有氨氮和有机氮指标。

污水处理工艺流程包括预处理（粗格栅后接粉碎机）、初沉池、三氯化铁化学除磷、两套活性污泥处理系统（分为1厂和2厂）、加氯消毒后出水排放。1厂的活性污泥系统采用4座推流式曝气池并联运行，每座安装14台表曝机，后接（下转15页）

表2 孟菲斯北部污水处理厂的工艺参数列表

数据	设定值	实际值	
		平均	范围
泥龄, 天	3.5	4.3	2.0~6.6
接触池F/M, kgBOD ₅ /kgMLSS-d	1.0	0.91	0.59~1.17
稳定池水力停留时间, h	4~6	6.4	4.4~7.6
充氧量, kgO ₂ /kg BOD ₅			
接触池	0.6	0.54	0.34~0.88
总计	1.0	0.97	0.64~1.39

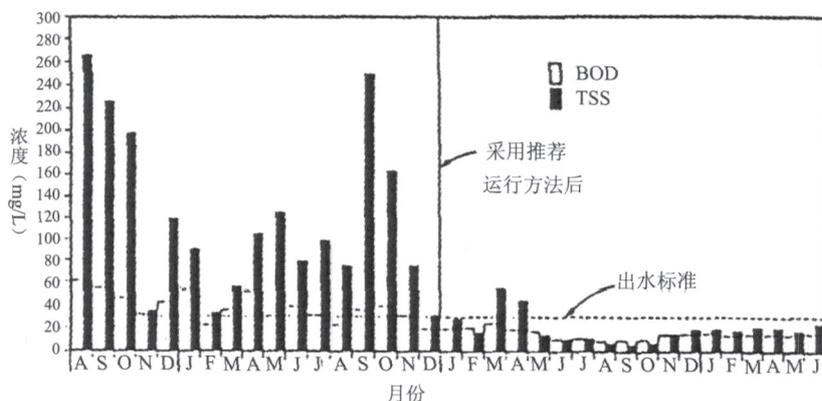


图5 孟菲斯北部污水厂生产性试验结果

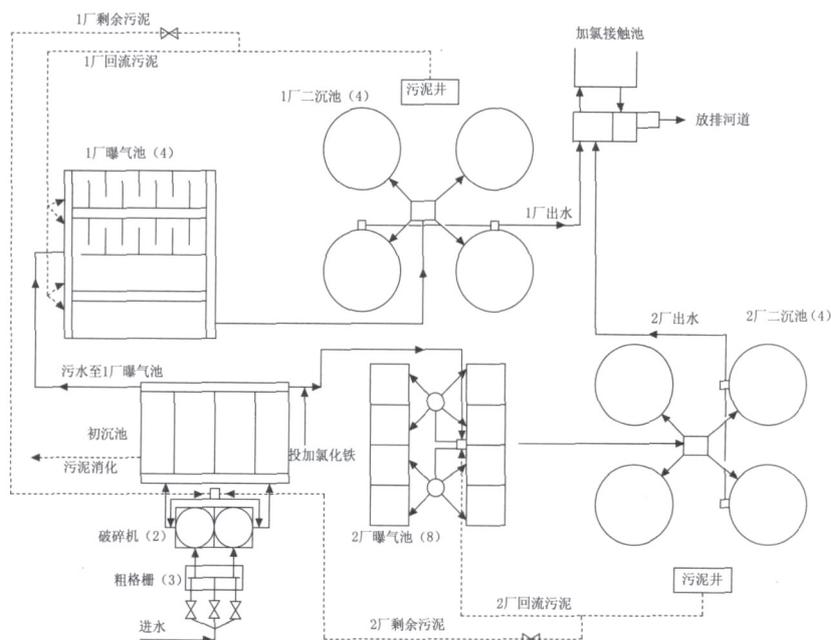


图6 污水厂工艺流程图

高度重视,相关部门密切配合,组织机构健全,技术路线合理,充分调动社会各方面的力量,加强政策引导,产业扶持,技术创新,管理上科学,走一条适合我国国情的污泥处理处置道路,在我国是切实可行的。

参考文献

- [1]《中国城市建设统计年报》.北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [2]徐强、张春敏、赵丽君.污泥处理处置技术及装备.北京:化学工业出版社,2003.
- [3]何品晶、顾国维、李笃中等.城市污泥处理与利用.北京:科

学出版社,2003.

- [4]张善发、陈华、屈强等.上海市污水污泥处置技术指南与管理政策研究.国际污泥无害化经验交流会论文汇编.2004.
- [5]张自杰.环境工程手册[M].北京:高等教育出版社,1996.
- [6]张自杰.环境工程手册—水污染防治卷.北京:高等教育出版社,1996.
- [7]李季 吴为中.国内外污水处理厂污泥产生、处理及处置分析.污泥处理处置技术与装备国际研讨会.2003.
- [8]朱南文、高廷耀、周增炎.我国城市污水厂污泥处置途径选择.上海环境科学,1998,11(17):40~42.

- [9]陈鸣.城市污水处理厂污泥最终处置方式的探讨.《中国给水排水》,2000,16(8):23~24.
- [10]杭世珺、陈吉宁等.污泥处理处置的认识误区与控制对策.2004年国际污泥无害化经验交流会论文汇编.2004:1~5.

作者简介及联系方式

余杰(1978~),男,江西南昌人,工程师,硕士.研究方向为水污染控制与治理.
电话:(010)88362293转815
E-mail:jackyujie@163.com
地址:北京市西城区阜外大街北营房中街59号

(上接24页)辐流式二沉池。2厂的活性污泥系统由8座完全混合的曝气池并联运行,每座安装一台机械表曝机,后接辐流式二沉池。剩余污泥排入初沉池进行沉淀,混合的沉淀污泥进行二级厌氧消化后可作为农肥利用。污水厂的工艺流程如图6所示。

在实际运行中发现污水厂运行的能耗很高,而其中的73%的能耗与两厂的曝气池供气系统有关。另外,由于污水厂的出水最终排放Grand河,为了满足将来对污水厂的脱氮要求,有必要对污水厂进行升级改造。

2、污水厂分析

对污水厂过去的运行状况及数据进行收集,分析,得出结论如下:

(1)污水厂出水水质平均为BOD₅ 7mg/L, TSS 5mg/L,基本达到当前排放标准。出水的

TKN平均浓度为7.4mg/L,氨氮浓度为5.0mg/L,系统的硝化效果较好;

(2)现有曝气设备的最大供气能力为21000kg O₂/d,其中推流曝气池表曝机的供气效率为1.59kg O₂/kWh,完全混合曝气池表曝机的供气效率平均为1.26kg O₂/kWh;

(3)当对氨氮出水没有要求时,曝气池需氧量可以减半,每年电耗可以节约45,000加元,如果再减小表面曝气机浸没深度,还可减少电费15,000加元;

(4)要求进行硝化时可通过对供气系统进行自动控制来减少能耗;

(5)现有曝气设备的供气能力能满足2008年以前污水除碳和硝化的需氧量,以后将通过提高表曝机的转速来增大供

氧量。

3、改造方案

根据以上结论,对污水处理厂进行了以下改造:

(1)对完全混合曝气系统(2厂)增设溶解氧在线监测设备和自控系统,以节省能耗,并有效的改善硝化效果;

(2)对推流曝气系统(1厂)增设溶解氧在线监测系统,以指导人工控制曝气系统,并节约能耗;

(3)对完全混合曝气池内的曝气机进行试验,以确定其充氧能力是否仍有提高的空间;

(4)增设回流污泥和剩余污泥的流量计和记录仪,以更好地控制活性污泥的产生和排放。

通过实施上述改进后,污水厂运行能耗降低了12~15%,而且整个处理工艺流程更趋稳定。