UNITANK 新工艺在猎德污水处理厂二期工程中的应用

林敏兰[1]，隋军[1]，程瑾[1]，彭勃[1]，李致贤[2]，何康生[2]，李葳[2]，计志敏[2]
（1. 广州市市政工程设计研究院 50065；2. 广州市猎德污水处理项目办）

摘　要：本文介绍了猎德污水处理厂二期工程（规模 22 万 m^3/d）采用 Unitank 新工艺进行设计及调试运行的情况。通过技术经济比选，选择占地省、投资及运行成本较低的 Unitank 新工艺作为猎德二期工程的处理工艺，在设计中，结合一期已完成的情况，采用 8 组生物反应池，通过厌氧、缺氧、好氧生物反应及边池交替沉淀的运行模式，达到去除有机物、除磷脱氮的效果。该新工艺经半年多调试，目前已基本达到设计出水水质水量要求。在设计、调试运行中，对该新工艺的应用，采取了较有效的相应措施，克服该工艺在大型污水厂应用上存在的缺点，较好地解决了工程应用中的实际问题。由于除磷系统及污泥系统运行正调试中，除磷效果有待进一步提高。

关键词：猎德污水处理厂二期；Unitank 新工艺；工艺原理；工程设计；调试运行

1 项目概况

1.1 广州市污水处理系统规划及实施现状

广州市委市政府在城市面貌“三年一大变”之后，下大决心治理环境，实施“碧水、蓝天、绿地”计划，加大了污水治理的力度。

广州市的污水治理近期具体分两个阶段：第一阶段在 2004 年建成大坦沙三期、猎德二期、西朗首期和沥滘首期 4 个污水处理系统，使污水处理总规模达到 142 万 m^3/d，污水处理率达 70%以上；第二阶段是在 2006 年建成猎德三期（20 万 m^3/d）、大沙地首期（20 万 m^3/d），解决东部地区的污水处理问题，并完善污水处理管网系统，污水处理能力达到 182 万 m^3/d。至今，第一阶段任务实施已近尾声，四大污水处理管网系统正在完善，四大污水处理厂已投入运行。

1.2 广州市猎德污水处理厂工程简介

猎德污水处理厂原设计按三期共 66 万 m^3/d 的规模进行建设。

猎德污水处理厂首期工程规模为 22 万 m^3/d，采用 AB 活性污泥法工艺。该工程由我院于 1993 年开始设计，1995 年采用德国政府赠款进行该项目进口设备的国际招标。1996 年 11 月正式开工，1999 年 11 月 29 日，首期工程正式通水，2000 年 2 月 23 日开始培菌，经过一年多的试运行，达到了设计水质指标要求，现已正式运行多年。一期建、构筑物情况见表 1，相应的工艺流程如图 1。

猎德二期工程规模 22 万 m^3/d，于 2002 年开始施工图设计，2003 年 10 月开始试运行，现正在运行调试阶段。猎德三期工程规模 20 万 m^3/d，目前正在设计施工中。

1.3 广州市猎德污水处理厂二期工程概况

猎德污水处理厂二期工程经过经济、技术综合比较，采用 Unitank 活性污泥法处理新工艺。厂内工程总投资概算为 21854.8 万元。二期的工艺流程如图 2 所示。

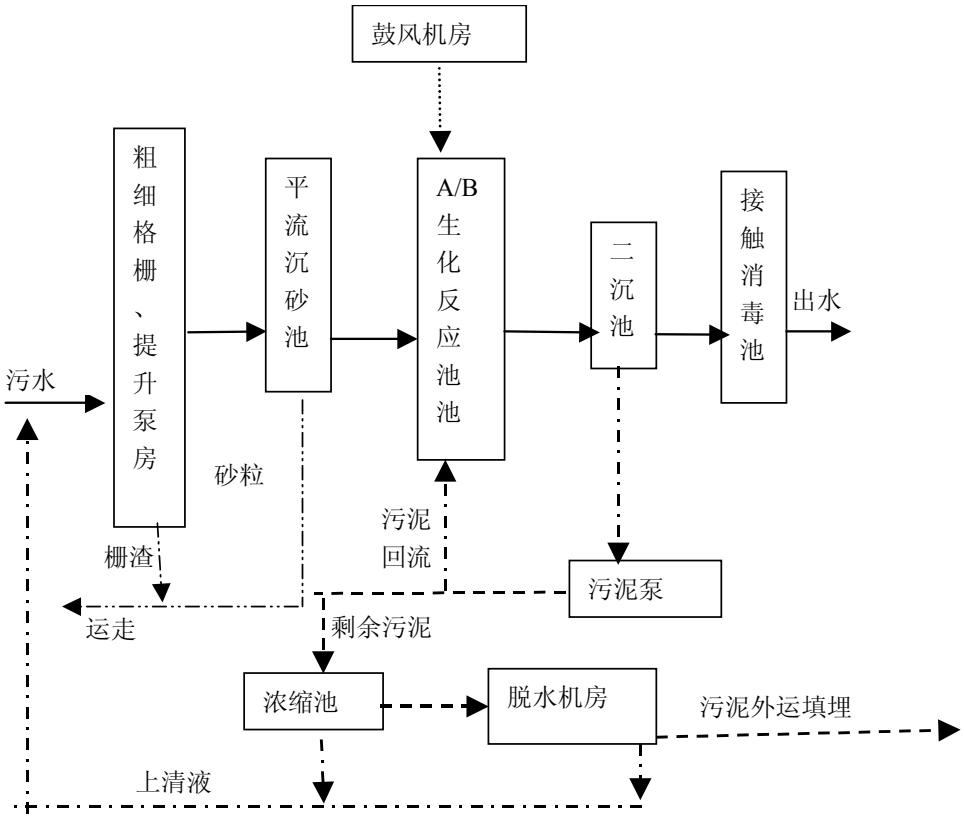

图 1　猎德首期工艺流程示意图

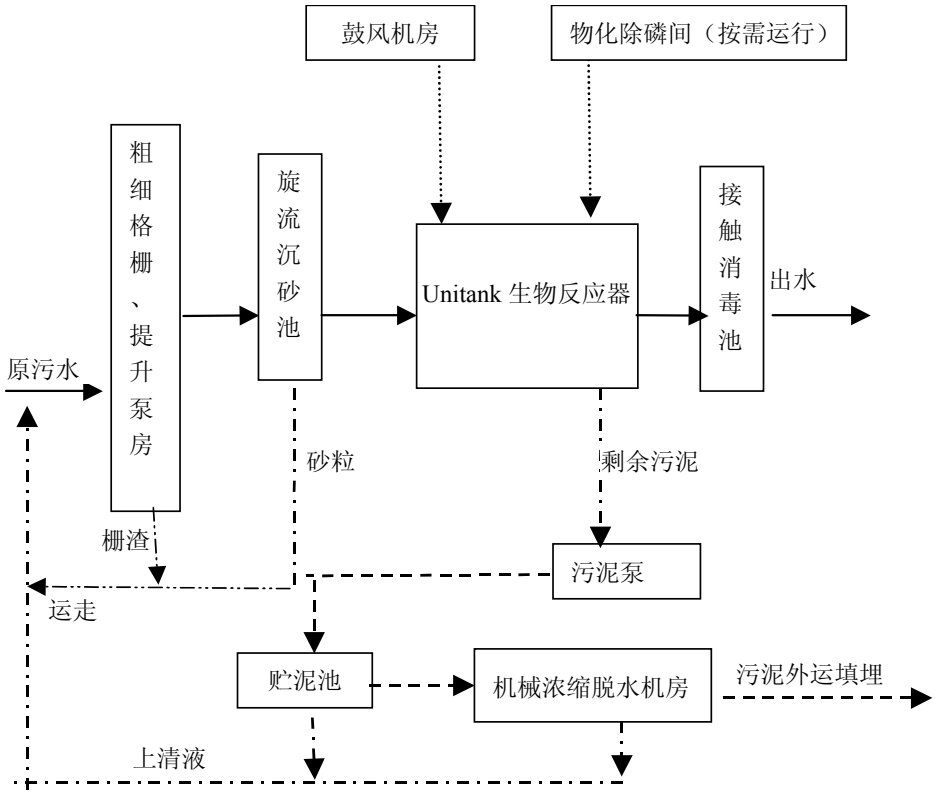

图 2　猎德二期工艺流程示意图

猎德一、二期建、构筑物之间的关系如下表 1 所示。

表 1　猎德系统一、二期之间分割关系表

项目名称		一期工程	二期工程
处理规模		22 万 m^3/d	22 万 m^3/d
厂内部分	提升泵房	三期工程土建一次完成，安装一期处理能力的设备	增加二期处理能力的设备
	沉砂池	独立完成	独立完成
	生物反应池	独立完成	独立完成
	沉淀池	独立完成	独立完成
	消毒池	未建	本次完成 44 万 m^3/d 的构筑物
	污泥浓缩池	独立完成	独立完成
	污泥贮泥池	独立完成	独立完成
	脱水机房	二期工程土建一次完成，安装一期处理能力的设备	增加二期处理能力的设备
	鼓风机房	三期工程土建一次完成，安装一期处理能力的设备	增加二期处理能力的设备
	污泥码头	二期工程土建一次完成，安装一期处理能力的设备	增加二期处理能力的设备
	厂前区	完成综合楼、中控室、食堂及喷水池、小亭等景观	增加生产、生活设施
	附属构筑物	完成仓库、机修间等	增加厕所、水区低压控制室
	除磷加药间	未建，在二期构筑物内预留	本次完成 44 万 m^3/d 的构筑物

2 广州市猎德污水处理厂二期工程采用的工艺

2.1 猎德污水处理厂首期进、出水水质

① 猎德污水处理厂首期设计进水水质

猎德污水处理厂首期进水水质为：BOD_5=150 mg/L， SS=180 mg/L，TN=35 mg/L，TP=5 mg/L；首期出水水质为：BOD_5≤25 mg/L，SS≤25 mg/L，NH_3-N≤10 mg/L，TP≤3.5mg/L。

② 猎德污水处理厂首期运行效果分析

表 2 给出了猎德一期的运行效果。

表 2 猎德一期工程调试运行效果

项目		监测指标　（单位：mg/L）					
		BOD_5	COD_{cr}	NH_4^+-N	TN	TP	SS
进水 (2000 年)	最大值	98	139	20.9	22.0	2.6	266
	最小值	27.4	55.6	9.9	11.9	1.1	23.6
	平均值	47.9	44.5	31.0	34.7	41.2	46.0
平均去除率（%）		88.0	82.0	83.5	15.2	27.1	88.7
进水 (2001 年)	最大值	162.5	245.5	23.8	25.9	3.0	236.5
	最小值	49.6	75.4	12.5	14.3	1.5	47.5
	平均值	91.0	129.5	18.6	20.7	2.0	97.3
平均去除率（%）		89.1	82.4	78.1	22.6	38.2	87.1
注：2000-2001 年为试运行期间，相应的数值为 2000.6-2001.4 之间监测数据。							
进水 (2003 年)	最大值	65.4	123	24.4	24.5	2.73	213
	最小值	37.2	65.9	14.6	15.9	1.52	33
	平均值	52.3	86.4	20.4	21.2	2.15	92
混合	最大值	6.00	19.8	9.08	18.3	1.78	15

出水	最小值	2.01	8.20	0.03	14.5	0.99	7
	平均值	2.80	13.7	3.49	16.4	1.49	10
平均去除率（%）		94.6	84.1	82.9	22.6	30.7	89.1
运行参数（平均值）：DO=2.07 mg/L，MLSS=2892 mg/L，MLVSS=1101 mg/L							

从以上的监测结果可以看出，在调试运行期间，出水水质达到了设计要求，在正式运行期间，处理效果进一步提高。

2.2 猎德污水处理厂二期出水要求

根据国家污水综合排放标准（GB8978-1996）和广东省地方污水排放标准（水污染物排放标准（DB44/26））、可行性研究报告和环评要求，二期工程的出水水质定为：BOD_5≤20 mg/L；CODcr≤60 mg/L；SS≤20 mg/L；NH_3-N≤10 mg/L；磷酸盐（以 P 计）≤0.5mg/L。

2.3 猎德污水处理厂二期处理工艺比选

猎德污水处理厂二期构筑物主要由污水提升、沉砂、生物反应、二沉、消毒、污泥浓缩脱水等组成。针对本项目的具体情况，方案比选我们侧重于生物处理工艺、消毒、污泥处理三个方面进行。

根据最新的污水进水水质和出水要求，并综合考虑总平面布置用地紧张，以及一、二、三期工程的协调和运行管理等综合因素，二期工程选择除磷 A/O 工艺、Unitank 活性污泥法工艺和 A/A/O 工艺进行比选。

通过经济、技术分析，除磷 A/O 工艺对生物除磷效果最好，运行管理较简单，投资和运行费用也不高，但占地较大；A/A/O 工艺处理效率高且运行稳定，脱氮除磷效果好，但其投资和运行管理费用最高，且占地最大；Unitank 活性污泥法工艺运转灵活、处理效果稳定，工程投资和运行管理费用低于 A/A/O 工艺，与除磷 A/O 工艺相当，其最大优点是占地最省。但该工艺设备较多，维修工作量较大，在设计时需要对配水均匀性、斜管沉淀、排泥、排渣等细节问题进行特殊处理。考虑到猎德污水处理厂用地越来越紧张（征地费用已达 65 万元/亩），综合各种影响因素，二期工程推荐采用 Unitank 活性污泥法工艺。

消毒方法比选采用液氯法，污泥处理采用机械浓缩一体化脱水后暂时运出填埋法。

2.4 Unitank 新工艺原理

① 组成

每组 Unitank 反应池由三个池组成，三个池水力相连通，每个池中均设有供氧设备，可采用鼓风曝气或采用表面曝气，在外边两侧矩形池，设有固定出水堰及剩余污泥排放口，该池既可作曝气池，又可作沉淀池，中间一只矩形池只作曝气池。进入系统的污水，通过进水闸门控制可分时序分别进入三只矩形池中任意一只池，如图 3 所示。

② 运行

运行过程中采用连续进水连续出水方式，有两只池处于曝气阶段，而边池的一只是处于沉淀状态，处理后水从堰口排出，剩余污泥从池底排出。例如，污水从左侧矩形池进水，该池作曝气池，从连通管到中间矩形曝气池，再经连通管至右侧矩形沉淀池，处理水由固定堰排出，水流方向由左向右，经过一定时段后，关闭左侧池进水闸，开启中闸池进水闸，此时，左侧池开始停止曝气，而污水从中间池流向右侧池，经一个短暂的过渡段后，关闭中间池进水闸，而改从右侧池进水，此时右侧池曝气，左侧池经静止沉淀后出水，水流从右向左流动，完成一个切换周期，这样周而复始，

污水即达到净化目标。

其过程如图 4 所示。

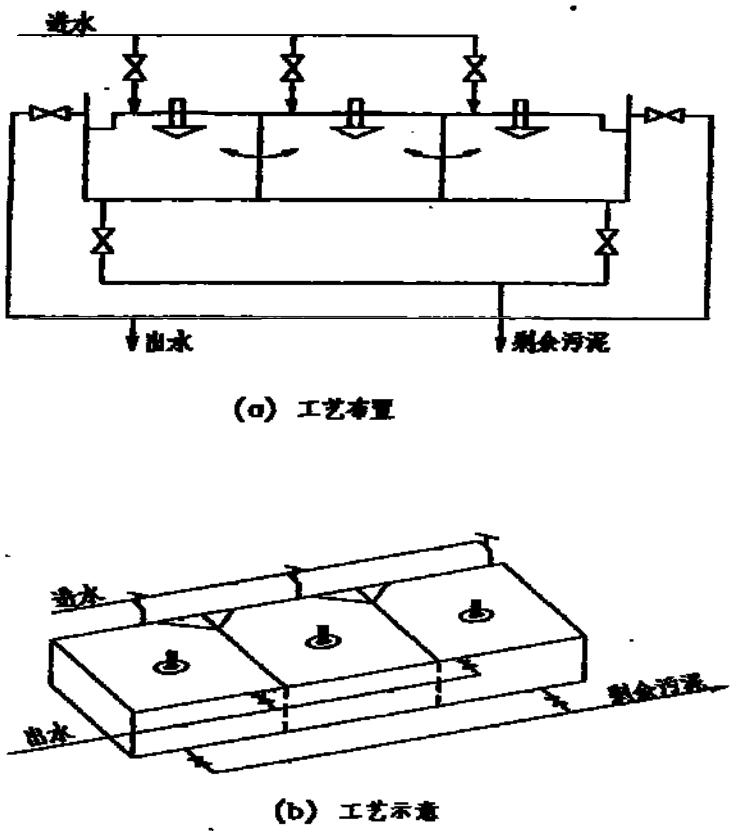

图 3　Unitank 新工艺示意图

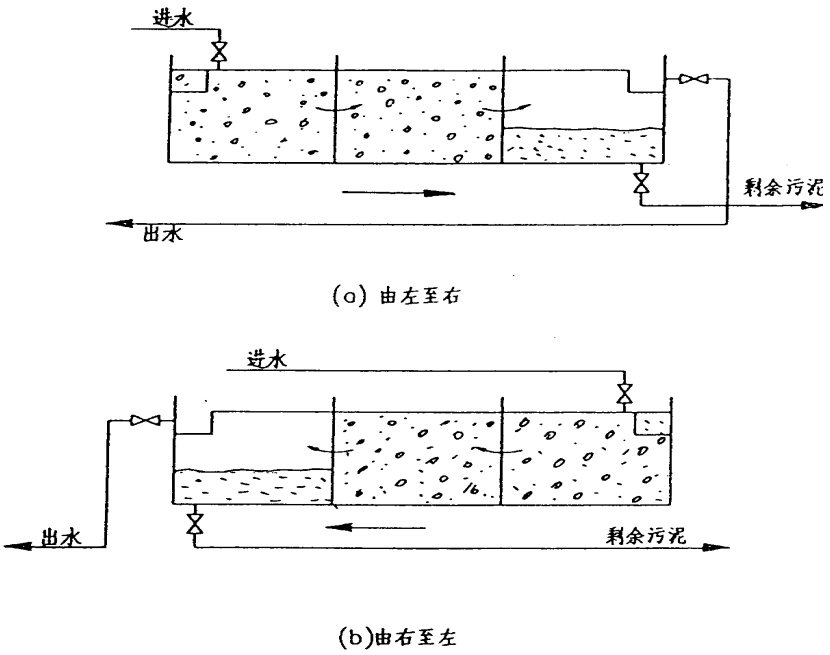

图 4　Unitank 新工艺运行过程示意图

③ 控制

一体化活性污泥法系统的生化降解过程，设有一套简单而紧凑的生物处理监测与控制仪器，包括溶氧仪、氧化还原电位（ORP），污泥浓度仪、流量仪、pH 仪等等，根据水质与水量情况，改变或设定运行周期，改变进水点，获得相应的污泥负荷。

在需要脱氮除磷的系统中，在池内除了设有曝气设备外，还有搅拌装置，可以根据监测器的指标，切断曝气池供氧，改为开动搅拌器，形成交替的厌氧、缺氧及好氧条件，如图 5 所示。

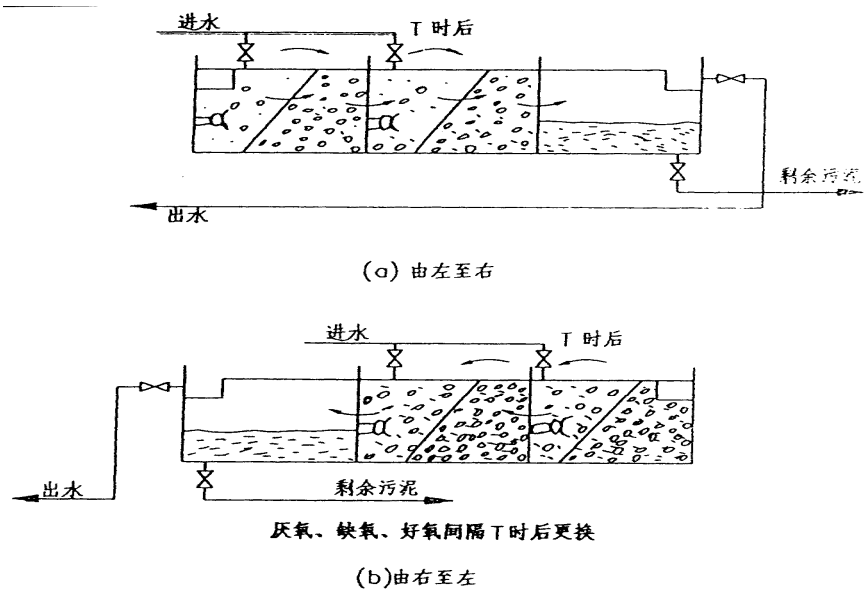

图 5　Unitank 新工艺厌、缺氧控制示意图

2.5 Unitank 新工艺的国内外应用情况

Unitank 活性污泥法新工艺由比利时史格斯清水公司 80 年代末推出的一体化活性污泥法工艺，世界各地先后有 160 多项工程成功应用了该项技术。在亚洲范围内，东南亚以及我国澳门、上海、深圳等地具有采用该项技术进行处理工业废水或城市生活污水的例子。下表 3、4 给出了部分成功应用该工艺的工程实例和相应的进、出水情况。

表 3　Unitank 活性污泥法新工艺的应用实例

序号	污水处理厂名称	处理规模（万 m^3/d）
1	澳门凼仔污水厂	7
2	比利时 Riemst 城市污水厂	
3	比利时 Geraardsbergen 城市污水厂	3
4	爱尔兰某污水处理厂	2.9
5	Montignies sur Sambre 城市污水厂	3.6
6	上海石洞口污水处理厂	40
7	广州番禺前锋净水厂	
8	深圳市大工业区污水处理厂	4（首期）
9	苏州污水处理厂	

表 4　相应各污水处理厂进、出水水质状况

污水厂	进水水质（mg/L）	出水水质（mg/L）

名称	BOD_5	CODcr	SS	NH_4^+-N	TN	TP	BOD_5	CODcr	SS	NH_4^+-N	TN	TP
1	500	860	240				15	60	15			
2	91	296	243		36	5.5	2	24	4		4.5	1.1
3	63	198	288		23.6	2.5	4.3	43	14		10.9	0.8
4	190		220		40	10	15		35		10	1
5	350		500		55	23	25		35		10	1
6	200	400	250	30	50	4.5	20	60	20	10	15	1.0
7	120	220	150	28		4	20	60	20	10		0.5
8	150	400	220		40	4	30	120	30		25	1.0
9	250	600	300		55	10	30	100	30		15	2

2.6 Unitank 新工艺用于大型污水处理厂的技术处理关键

2.6.1 均匀配水

由于猎德污水处理厂二期处理规模大（22 万 m^3/d），共有 8 组反应池，每组 3 格池，每组池两边池交替进水，配水管路长，管路复杂，容易配水不均匀，因此在设计过程中采用渠道配水，并在恒水位下交替运行，减少了管道、闸门、水泵等设备的量，水头损失小，降低了运行成本。设计关键采用了轻型电动启闭闸门，操作时达到轻便、快速，不漏水的要求。

2.6.2 斜板沉淀池的设计和维护

为了确保沉淀效果，生化反应池边池需要设计斜板，但增设斜板增加了生化反应池的池深，并且在运行过程中斜板易造成堵塞，斜板的铺设和斜板上面沉淀的污泥增加了斜板支架的承载力。

在设计中应根据具体情况确定板的材质、板长、铺设密度、安装角度等参数。本工程中设计了特殊的斜板规格，增大了斜板间距（采用 Φ＝60 cm 正六角型），减少了斜板长（垂直长 60 cm），并采用了乙丙共聚塑料材料。

在运行过程中，可考虑调节气量，减少斜板上沉积的泥量，优化处理效果。

2.6.3 活性污泥的浓度不均匀问题

Unitank 生化反应池由于取消了回流，通过 2 个边池的交替进、出水改变水流向，使得污泥交替方向流动确保污泥浓度一致，因此，在设计中池间连通管的设计不当，可能造成中间池污泥浓度偏低。本工程设计中，池底加设连接管，采用了 1.2 m×1.2 m 方型混凝土联通渠。

2.6.4 排泥、反冲洗的设计

由于 Unitank 生化反应池底部布满曝气头，池底没有坡度，污泥沉积于池底，因此，剩余污泥采用剩余污泥泵抽排，对于剩余污泥排放的时间、流量等要根据实际情况确定，避免引起沉淀污泥层的扰动等问题。本工程每边池设一剩余污泥泵。在改变池进水方向时，需进行反冲洗，反冲洗时间、强度的设定影响出水槽沉泥的去除。另外，本工程设计中出水槽设计槽底有横坡，亦能较好地清除沉泥。

2.6.5 运行程序

由于 Unitank 生化反应池采用连续进水，连续出水方式运行，反应池既做生化反应池，又作沉淀池，因此运行周期的每个周期中进水时间、各个反应段时间、沉淀时间的不同设置都影响着处理效果。

在正式运行之前，需要设立较理想的运行程序，可根据具体状况，在理论指导下，进行前期的实验研究，确定合适的运行程序，并在生产运行中根据具体情况进行调整优化。

3 猎德污水处理厂二期工程的设计

3.1 设计规模及水质

根据《广州市猎德污水处理系统第二期工程可行性研究报告》以及猎德污水处理厂的具体情况，确定猎德二期的处理规模为 22 万 m^3/d。污水综合变化系数 K 取 1.30，截流倍数取 1.0，即雨季时提升泵房、格栅、沉砂池总处理能力为 44 万 m^3/d，生化系统、消毒系统、污泥系统处理能力为 22 万 m^3/d。

猎德二期工程的设计进出水水质指标如表 5。

表 5　猎德二期进、出水水质及处理程度

	BOD_5	CODcr	SS	NH_4^+-N	磷酸盐
进水（mg/L）	120	250	150	20	4
出水（mg/L）	20	60	20	10	0.5
处理效率（%）	83.3	76	86.7	50	87.5

3.2 设计总平面布置

猎德污水处理厂二期工程平面布置在满足工艺流程简洁、顺畅的前提下，同时需考虑到与一期建、构筑物的协调，有部分建筑物与一期已建的合用。整个厂区根据功能分为厂前区、污水处理区和污泥处理区。厂前区主要集中于厂址西南部，设有综合楼、中央控制室、园林小景点，在综合楼的西南侧有值班宿舍。

处理构筑物主要集中于厂址北部，泥区在东南部。厂前区与生产区有绿化隔开，厂前区绿化以有利于保持和改善办公条件为目的。

3.3 各主要构筑物工艺设计

猎德污水处理系统二期建构筑物设计主要包括提升泵房、粗细格栅间、脱水机房、鼓风机房添加电控工艺设备设计，旋流沉砂池、Unitank 生化反应池、接触消毒池、加氯间等构筑物设计。主要单体设计如下：

3.3.1 粗细格栅间及污水提升泵房

粗细格栅间与进水泵房三期合建，总尺寸为 50.2×38×18 m。

① 粗格栅设计参数：

共三台，设计流量：Q_{max}=2.55 m^3/s（每台）；过栅流速：V=0.3 ~ 0.6 m/s；栅条间距 b=20 mm；栅条宽度 B=10 mm，每条栅道宽 3 m，安装角度 75°。

② 细格栅设计参数：

共三台，设计流量：Q_{max}=2.55 m^3/s（每台）；过栅流速：V=0.4 ~ 1.10 m/s，栅条间距 b=10 mm，栅条宽度 B=10 mm；每条栅道宽 3 m，安装角度 75°。

③ 污水提升泵：

设 5 台水泵，3 大 2 小，采用离心式潜水污水泵，雨季 4 用 1 备，旱季 2 ~ 3 台运行。

3.3.2 旋流沉砂池

共一组，2 座。设计流量：Q_{max}=5.09 m^3/s；最大流量水力表面负荷 1595 $m^3/m^2 \cdot h$，平均流量水力表面负荷 798 $m^3/m^2 \cdot h$，水力停留时间 54 s。每池直径 D=7.32 米，池深 3.86 米，砂斗直径 1.83 米，

砂斗深 2.44 米。每座设有一轴向螺旋桨，功率 2 kW。

3.3.3 Unitank 生化反应池

本工程 Unitank 生化反应池共 8 组，每组由三个水力相同的方形池组成，半地下式钢筋砼结构。

每组 Unitank 生化反应池设计参数为：平均时流量 1146 m^3/h；峰值时流量 1489 m^3/h；污泥浓度 3 kgMLSS/ m^3；污泥负荷 0.18 $kgBOD_5$/kgMLVSS·d；水力停留时间 11.9 h（其中反应时间为 7.94 h）；每组平面净尺寸 84×28 m；有效水深 5.8 m；气水比 4.7∶1。每格边池内装有斜板、微孔曝气器、剩余污泥泵、潜水搅拌器。中间池装有微孔曝气器，潜水搅拌器。

二期共设曝气头 23648 个，边池各有一台剩余污泥泵，其参数为 60 m^3/h，扬程 10 m，功率 3.3 kW。每格池设两台潜水搅拌器，单机功率 7.5 kW。

3.3.4 加氯消毒池

消毒池平面面积 2806 m^2，有效水深 3.5 m，加氯间置于消毒池上，设真空加氯机加氯，加氯量为 5mg/L。

3.3.5 鼓风机房

鼓风机房尺寸 71.5×19.5×11.6 m（全厂一座，土建一期已建成），二期增设高速离心鼓风机 4 台（3 用 1 备），参数为：供风量 8620 ~ 18500 m^3/h，H=0.71 MPa，单机功率 N=450 kW。

3.3.6 污泥脱水机房

脱水机房尺寸为 60×20×14.4 m，分两层，框架结构（一期土建已建成）。二期增加 3 套离心式污泥浓缩脱水一体机。相应参数为：剩余污泥干重 27 t/d，每台机处理量 60 m^3/h。

3.3.7 除磷加药间

生物除磷效果不能达到要求时，改用化学除磷。投加 $Al_2(SO_4)_3$ 作混凝剂，投加量为 5 ~ 30 mg/L。

3.4 电控设计

猎德污水处理厂自控系统采用集散式控制系统，设厂级控制中心，下设 11 个现场工作站，采用光纤环网通讯。二期 Unitank 生化处理系统作为一个整体，成为猎德处理厂自控系统的一个组成部分，独立成为一个工作站，专门监控本系统工艺、电气设备的运行，同时它的各种参数及图像信号可通过厂级网络传送至中控室，实时监控现场设备，并建立数据库，在需要时自动进行打印备份。

Unitank 现场工作站设于现场配电室内，所有工艺流程中的电机设备由 PLC 控制，PLC 位于专门的控制柜内，上设彩色触摸屏，便于运行人员现场操作。所有设备运行均采用手动和自动两种控制方式，设有手动和自动转换开关。正常运行采用自动控制方式，由现场 PLC 按工艺要求或时间控制池内进出水阀、搅拌器、污泥泵在不同运行阶段运行。气阀由 PLC 进行实时开度控制，以便跟踪调节池内需氧量，参照相应反应池 DO 仪通过专家控制模型进行控制。

由于工艺共设了 8 条生产线，使工艺设备数量非常多，各类电缆将达到 500 多根，系统采用了现场总线方式，将所有设备控制信号和仪表信号通过一条总线送入现场 PLC，大大减少了电缆数量，节约了成本，简化了设计和施工。

控制 Unitank 系统的 PLC 为模块化设计，某些在线参数可在主 PLC 机上更改。电源断电恢复后，PLC 和安装设备自动启动。

当设备故障发生时发出声响警报信号，并在 PC 上显示设备状态。

PLC 具自检功能，对站内自控设备及仪表进行监视和测定，以保证正常工作状态。

3.5 结构设计

在结构设计中，重点考虑以下方面的结构设计：

① 根据二期场地的地质详勘报告，建构筑物地基需进行处理。对厂内基础、底板平面尺寸和荷载较大的建、构筑物，采用桩基础。

② 厂区所有生产性构筑物均为现浇钢筋混凝土结构。考虑到厂区靠近珠江，地下水位高，采用普通钢筋混凝土结构，增加池壁厚度，有利于构筑物抗浮。

③ 抗浮方式和地基处理相结合，利用桩基的抗拔力补偿自重的不足。

④ 对尺寸较大的池体及建、构筑物视不同情况设置后浇带，伸缩缝。

⑤ 基坑深度超过 5 m 时，采用 φ550 水泥喷浆深层搅拌桩搭接止水，钢板桩挡土，构成联合支护体系。

3.6 设计实施情况

在设计过程中，针对猎德污水处理厂的处理水质特点（进水中有机污染物指标浓度低）和首期运行过程中的经验，在设计中调整了设计进水指标，并在设计中采用了较低的污泥负荷（约 0.12 $kgBOD_5/kgMLSS\cdot d$），以便有足够的污水水力停留时间，确保脱氮效果。

在猎德污水处理厂二期应用 Unitank 活性污泥法新工艺，设计中采用了对多个水质指标的监控，并能够根据监测结果对供气、搅拌等的自动调节，整个工艺自动化程度高，管理简单、方便。

在整个厂区的布置上，做好二期与污水处理厂的整体布置，与首期的建、构筑物的协调，充分利用场地。

4 猎德污水处理厂二期工程调试运转情况

4.1 生产培菌情况

4.1.1 菌种来源、数量及培菌时间

① 种源

采用猎德一期 B 系统的回流污泥作为菌种，菌种中活性污泥含量约为 1%；培菌前，一期 B 系统的 MLSS 浓度尽可能提高。

② 数量

按生化池 MLSS 平均值 1000 mg/L 计算，每组生化池须投加活性污泥固体约 25000 kg，即投加菌种约 2500 m^3。

③ 培菌时间

一组生化反应池污泥培养成熟约 15 天左右（不具有脱氮除磷功能），然后运行至 BOD_5、SS 达到设计标准后，按生物脱氮除磷功能运行，到氮磷去除达到设计标准时间为 30 天。

4.1.2 培菌方法

采用连续进水，连续投加菌种的方式培养活性污泥。

① 开始进水时，Unitank 生化池三池同时曝气，同时以 140 m^3/h 的流量向池内投加菌种；

② Unitank 生化池进水满池后，按 2/3 的水力负荷进水；

③ 池体满池出水后，自控系统投入运行，生化系统按常规 Unitank 工艺运行；

④ B 池 MLSS≥1000 mg/L 后，停止投加菌种，Unitank 生化池按满负荷进水；

⑤ 继续培养，直到活性污泥成熟。

4.2 运行周期的设定

经过试验和初步确定，生化反应池运行周期设定如表 6。

4.3 生产运行中的重点问题

4.3.1 进、出水的自动控制问题

在 Unitank 生化池的运行过程中，由于每组边池交替作为进水池、沉淀池，并且根据处理水质的要求确定生化反应池的厌、缺氧环境，并且由于猎德污水处理厂二期较大的规模（22 万 m^3/d，分为 8 组），因此在运行过程中阀门开关控制程序复杂，工作量大，在实际运行过程中需要自动进行阀门的开关控制。

在运行过程中，每个时间段设置的不同，都会影响到处理出水的水质，因此要根据实际需要进行参数设定，在运行过程中进行自动化控制运行。

表 6　猎德污水厂二期 Unitank 生化反应池试运行周期设定

时间（分）		第一主反应段						第二主反应段					
		第1	第2	第3	第4	第5	第6	第7	第8	第9	第10	第11	第12
		65	115	5	25	5	25	65	115	5	25	5	25
A池	进水闸门	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	空气调节阀	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	1#搅拌器	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2#搅拌器	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	出水闸门	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
	硫酸铝投加阀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	冲洗闸门	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	排泥泵	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B池	进水闸门	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
	空气调节阀	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
	1#搅拌器	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
	2#搅拌器	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
C池	进水闸门	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	空气调节阀	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0
	1#搅拌器	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	2#搅拌器	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	出水闸门	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	硫酸铝投加阀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	冲洗闸门	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	排泥泵	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

注：运行期间，排泥采用手动排泥。

4.3.2 供气调节问题

在 Unitank 生化池运行过程中，通过在池中设定溶解氧测定仪、氧化还原电位测定仪来监测氧的供给和利用情况，通过监测数据来调节供气量的大小。

4.3.3 厌氧、缺氧、好氧段的控制问题

在运行过程中，通过进水水质和处理的要求来设定厌氧、缺氧、好氧的反应时间，在猎德

污水处理厂二期的调试和运行过程中，具体设定参数如表 6、7 所示。

4.3.4 反冲洗问题

由于三只池有水位差，促使水流从一边池通过中间池流入另一边池，进水的边池水位最高，淹没了作为固定堰的出水槽，当该边池作为沉淀池时，水位下降，残留在出水槽中的污泥污水混合液需要排除，并用清水冲洗水槽。冲洗时间根据具体情况而定，可通过实验、试运行进行调整，猎德污水处理厂二期的相关设定参数见表 6、7。

4.4 最新运行情况

Unitank 活性污泥法新工艺在猎德污水处理厂经过一段时间运行，目前运行状况稳定，出水达到了设计标准，下表 7、8、9 给出了最新的处理水质状况和相应运行条件。

从猎德污水处理厂二期的运行情况来看，Unitank 活性污泥法新工艺取得了理想的处理效果（BOD_5≥90%，COD_{cr}≥80%），所有出水指标达到设计标准。

5 结论和建议

5.1 处理效果

从 Unitank 活性污泥法应用于猎德污水处理厂二期的情况来看，从试运行到现在运行处理效果稳定，出水水质达到了相应的设计标准。进水水量达到或超过设计规模，各种设备运转正常。

表 7　猎德污水厂二期 Unitank 生化反应池运行周期

		第一主反应段					第二主反应段				
		第 1 时段	第 2 时段	第 3 时段	第 4 时段	第 5 时段	第 6 时段	第 7 时段	第 8 时段	第 9 时段	第 10 时段
		60	120	30	3	27	60	120	30	3	27
A 池	进水闸门	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	空气调节阀	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	搅拌器	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	出水闸门	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	硫酸铝投加阀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	冲洗闸门	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	排泥泵	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B 池	进水闸门	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1
	空气调节阀	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
	搅拌器	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1
C 池	进水闸门	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	空气调节阀	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	搅拌器	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	出水闸门	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	硫酸铝投加阀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	冲洗闸门	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	排泥泵	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 8　2004 年 5、6 月处理水质状况

时间	项目	监测指标（单位：mg/L）

			BOD_5	COD_{cr}	NH_4^+-N	TN	TP	SS
2004.5	进水	最大值	144	194	31.2	31.8	2.64	235
		最小值	39.5	67.8	12.2	13.8	1.11	25
		平均值	70.2	118	20.9	21.5	1.84	82
	出水	最大值	14.4	52.9	8.60	19.9	1.84	32
		最小值	20.	7.4	0	6.03	0	4
		平均值	6.3	22.8	1.82	14.2	0.93	9
	平均去除率（%）		91.1	80.7	91.3	34	49.5	89
2004.6	进水	最大值	157	266	20.6	23.5	2.35	448
		最小值	49.7	62.6	10.6	12.4	1.21	35
		平均值	87.8	128	16.1	17.0	1.74	117
	出水	最大值	19.8	52.1	6.64	15.3	1.66	19
		最小值	2.0	12.3	0	6.15	0.02	4
		平均值	7.8	23.1	1.70	11.0	0.76	10
	平均去除率（%）		91.2	82.0	89.4	35.3	56.3	91.5

表 9　猎德污水处理厂二期 2004 年 5、6 月运行状况

运行参数	单位	2004.5	2004.6
处理水量	万 m^3/d	22.45	26.81
DO	mg/L	2.52	2.68
MLSS	mg/L	2926	2759
MLVSS	mg/L	1194	1138
SV	%	10.6	10.5
SRT	d	12.3	5.6
注：以上数值采用该月平均值			

5.2 存在问题

在运行过程中，发现有以下几个方面问题需进一步优化：

① 边池作为沉淀池增加斜板问题

(1) 在运行过程中，反应池内污泥沉积在斜板上容易形成堵塞，会影响沉淀效果和氧利用效率，同时斜板的存在影响了池内气、水、活性污泥的混合效果。

(2) 现有斜板密度较大（为直径 Φ＝60cm 的正六角形），使污泥易于沉降在斜板上，堵塞斜板，增加斜板总重，从而增加了支架的承重要求。

② 曝气头堵塞问题

由于边池交替作为沉淀池使用，污泥沉降于池底，容易造成曝气头的堵塞，影响曝气效果。

③ 搅拌器受到曝气头的不利影响

由于整个池布满曝气头，在曝气的时候，曝气造成对搅拌器的不利影响，降低混合效果，并对搅拌器产生不利影响。

④ 由于一、二期共用提升泵房及脱水机房，污泥滤液混合回流到提升泵房，一、二期处理要求不同，给除磷带来不利影响。

5.3 改进建议

① 选用轻巧、表面粗糙度适当的斜板产品，进行安装角度、间距、长度的参数调整研究，

在保证沉淀效果的情况下，减少堵塞，减轻池体的承载力。

② 在保证曝气需要的情况下，对曝气头的布置进行调整，搅拌器附近不安装曝气头，减少曝气头对搅拌器的不利影响。

③ 选用可自动闭合的曝气头，在不曝气情况下闭合气孔，减少堵赛。

5.4 结论

Unitank 活性污泥法新工艺应用于猎德污水处理厂二期工程，经过半年多的生产运行，较好的达到了设计要求，对珠江西航道及前航道市区段水质有明显改善，对保护广州西航道饮用水源二级保护区、净化珠江有重要作用，其环境及社会效益非常显著。Unitank 活性污泥法在猎德二期的应用是成功的。

由于物化除磷系统及污泥处理系统正在调试当中，一、二期又相互影响，故需采取相应运行措施，调整运行参数，进一步提高磷的处理效果。