

北京郊区小规模养猪场废水污染调查及处理研究

研究生：许馨月；导师：豆小敏 副教授



研究背景

长期以来，中国生猪产业以中小规模畜禽养殖为主。然而对于小规模养殖场的污染防治则尚未引起足够重视，其产生的环境污染问题已十分突出，必须要针对其养殖地域、规模和废水的特点，提出适合小规模及散养户畜禽养殖场废水处理技术，以解决其带来的环境污染问题。

研究内容

- 1.北京典型小规模及分散养殖废水排放调查；
- 2.ABR-SBR组合工艺处理畜禽养殖废水研究；
- 3.300 m³/d养猪场废水处理工程设计。

研究方法

调研养殖场位置分布



图121处采样点分布图

采样地点

- 全部养猪场废水取自猪场污水排放口或粪尿储存池。
- 猪粪取自延庆、昌平等2个地区的8家小规模养猪场。

组合工艺实验装置

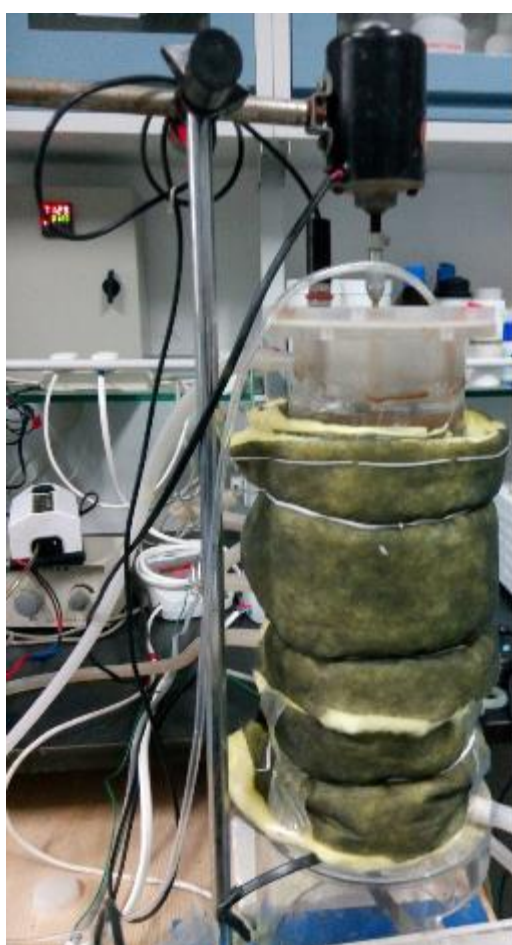


图2小试ABR实物图

进水水质

COD(mg/L)	TN(mg/L)	TP(mg/L)	NH ₄ ⁺ -N	PH
8000-10000	470-700	38-55	360-480	7.2-7.5



图3小试SBR实物图

结果分析

水质监测结果

表1郊区21家养殖场常规指标浓度							单位(mg/L)
养殖场编号	COD	BOD	NH ₃ -N	TN	TP	SS	PH
昌平1	4800	2394	343.2	546.9	21.3	358	8.24
昌平2	11383	4687	524.4	767	57.2	1548	8.08
昌平3	6101	3430	214.2	701.5	33.4	3800	7.91
昌平4	4974	2158	164.5	332.4	27.7	668	7.32
昌平5	7943	5781	512.6	1072.6	66.3	712	7.49
昌平6	8448	5650	1351.8	2617.2	62.8	1664	8.88
昌平7	6095	3590	948.9	1578.6	66	1360	8.89
密云1	8850	5425	1230.4	1603.8	72.8	664	7.68
密云2	7856	4444	1036	1496.1	81.6	2936	7.79
密云3	3614	2153	213.6	401	46.5	210	8.2
密云4	6771	3615	1272.4	1627.3	40.6	2324	8.59
大兴1	4458	1600	1255.2	1509.3	92.4	628	7.28
平谷1	13890	7283	860.4	1320	228.8	704	6.88
平谷2	6395	4445	1351.2	1766.9	37.4	112	8.04
平谷3	15310	8180	723.6	1409.4	115.2	468	7.62
平谷4	6860	3093	1336.8	1614.5	23.4	328	8.16
平谷5	9158	4317	979.6	1228	254.5	1458	6.85
延庆1	8250	4060	1287.2	1527.2	127.3	1452	9.08
延庆2	7154	4293	1082.1	1374.1	84.5	188	8.7
延庆3	8946	4686	1375.5	1657.9	54.9	1549	8.7
表3废水中细菌总数、粪大肠菌群数和蛔虫卵检出情况							
养殖场编号	细菌总数 (个/mL)	粪大肠菌群 (MPN/L)	蛔虫卵 (个/L)				
昌平1	2.30×10 ⁵	3.6×10 ⁵	0				
昌平2	1.12×10 ⁶	9×10 ⁵	6				
昌平3	1.28×10 ⁵	4.3×10 ⁵	8				
昌平4	2.30×10 ⁵	7.21×10 ⁵	3				
昌平5	5.66×10 ⁵	3.6×10 ⁵	0				
昌平6	3.65×10 ⁵	2.3×10 ⁵	0				
昌平7	7.45×10 ⁵	7.21×10 ⁵	4				
密云1	7.00×10 ⁵	2.34×10 ⁶	7				
密云2	1.92×10 ⁷	3.6×10 ⁵	1				
密云3	3.08×10 ⁶	1.62×10 ⁶	4				
密云4	7.05×10 ⁶	7.2×10 ⁵	3				
大兴1	5.32×10 ⁶	3.9×10 ⁵	7				
平谷1	8.15×10 ⁵	4.1×10 ⁵	8				
平谷2	6.00×10 ⁶	1.98×10 ⁶	2				
平谷3	3.70×10 ⁵	3.6×10 ⁵	0				
平谷4	7.50×10 ⁶	3.06×10 ⁶	6				
平谷5	4.7×10 ⁵	3.42×10 ⁶	4				
延庆1	2.73×10 ⁶	5.77×10 ⁵	8				
延庆2	7.1×10 ⁵	3.6×10 ⁵	5				
延庆3	3.9×10 ⁵	3.6×10 ⁵	1				
通州1	2.30×10 ⁵	8.8×10 ⁷	7				

表2废水中重金属浓度								单位(mg/L)
养殖场 编号	Zn	Cu	Cd	Cr	Fe	Mn	Pb	As
昌平1	0.254	0.025	-	0.003	0.410	0.118	-	0.004
昌平2	0.940	0.194	-	-	0.962	0.070	-	0.003
昌平3	3.163	1.028	0.026	0.002	11.273	10.811	0.349	0.007
昌平4	1.122	0.323	0.029	-	5.578	5.890	0.320	0.003
昌平5	1.968	0.626	0.030	-	4.722	7.543	0.346	0.005
昌平6	3.532	0.950	0.030	-	14.797	15.751	0.293	0.014
昌平7	4.151	1.171	0.033	-	15.499	15.845	0.350	0.016
密云1	0.172	0.063	-	-	0.662	0.106	-	0.005
密云2	1.811	0.610	-	-	8.055	1.355	0.060	0.008
密云3	0.175	-	-	-	0.472	0.135	-	0.001
密云4	1.100	0.132	-	-	1.972	0.082	-	0.001
大兴1	0.579	0.328	-	0.050	0.701	0.156	-	0.002
平谷1	4.791	5.875	-	0.011	10.075	1.398	-	0.001
平谷2	0.297	0.069	-	-	1.495	0.135	-	0.132
平谷3	5.441	3.746	-	0.001	9.061	0.841	-	0.012
平谷4	0.289	0.081	-	-	2.232	0.308	0.130	0.009
平谷5	0.391	0.257	-	-	0.746	1.076	0.190	0.049
延庆1	2.780	0.113	-	0.005	9.202	0.877	0.188	0.008
延庆2	1.708	2.893	-	0.011	4.407	0.449	0.056	0.001
延庆3	2.813	1.821	-	-	5.126	0.394	-	0.001
通州1	23.434	2.626	0.028	0.002	21.860	74.393	0.387	0.050
最大值	23.434	5.875	0.033	0.05	21.86	74.393	0.387	0.05
最小值	0.172	-	-	-	0.41	0.070	-	0.001
平均值	2.901	1.147	0.029	0.011	6.157	6.559	0.243	0.016
标准偏差	4.973	1.544	0.002	0.016	5.975	16.349	0.122	0.03

废水污染状况

- 养猪场废水水质差异较大，以水冲粪污水浓度最高，水泡粪次之，干清粪处理类型污水浓度最低。
- 铁、锌、锰和砷4种重金属都有检出。污水中铜和锌浓度较高，镉、铬、砷、铅等指标总体处于较低排放水平，废水中细菌污染程度比较严重。

处理技术现状

模式1采用的治理方式为干清粪、雨污分离和资源利用。



模式3沼气处理设施正在施工建设中，旁边的挖掘机即为现场施工机械。



模式2 不处理，排放到农田。



模式4完整处理工艺：多级塘→固液分离机→UASB→生物接触氧化池→二沉池→膜处理系统→消毒池→冲洗猪舍



ABR启动与运行

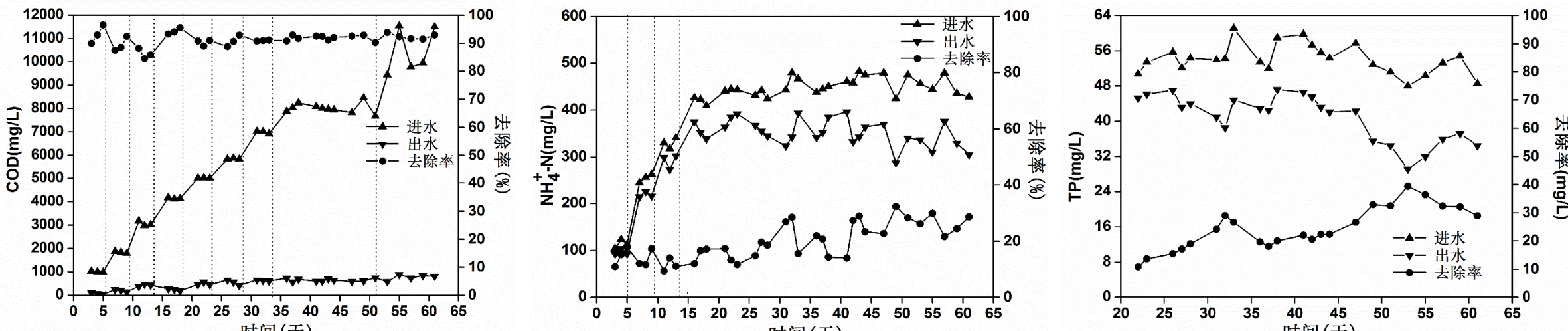


图4 ABR启动过程中COD、NH₃-N和TP浓度及其去除率变化

SBR处理厌氧废水消化液性能

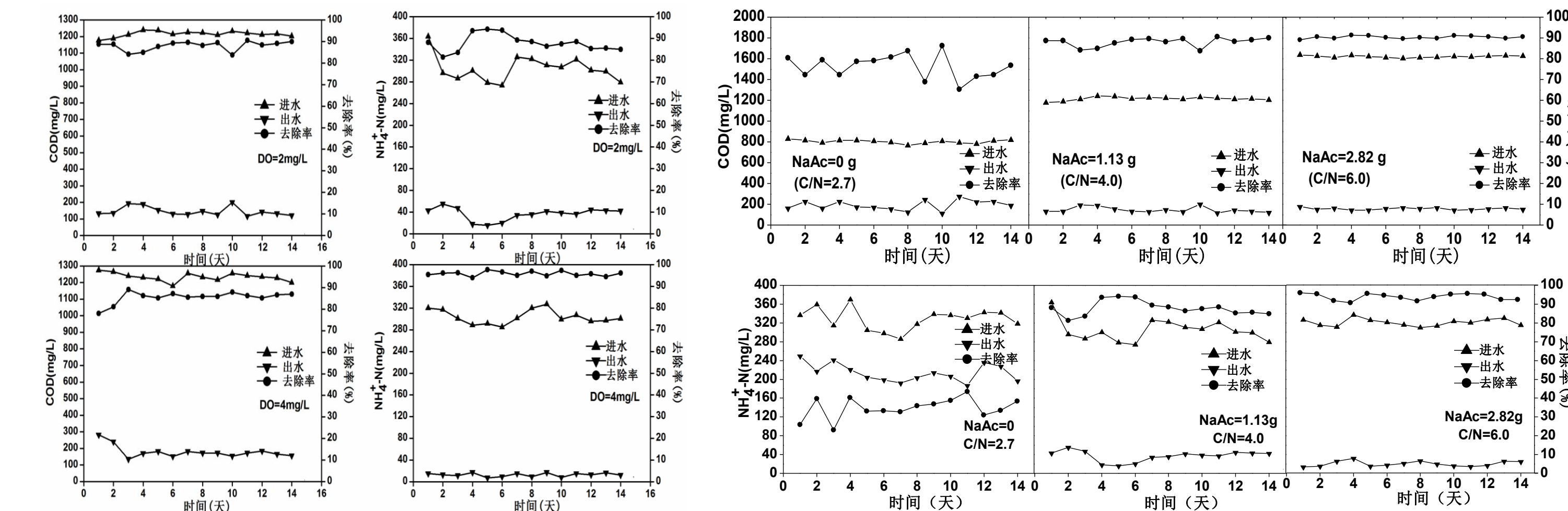


图5 不同DO条件下SBR对COD、NH₃-N的去除效果

图6 不同C/N条件下SBR对COD、NH₃-N的去除效果

- DO=2 mg/L和4 mg/L，SBR对氨氮的去除率分别为88%和96%，但在DO=2 mg/L时，SBR对总氮的去除效果更好。COD平均去除率从C/N=2.7时的76.25%升高至C/N=6.0时90.35%，NH₃-N去除率从C/N=2.7时的34.64%升高至C/N=6的93.92%。

ABR-SBR组合工艺处理畜禽养殖废水研究

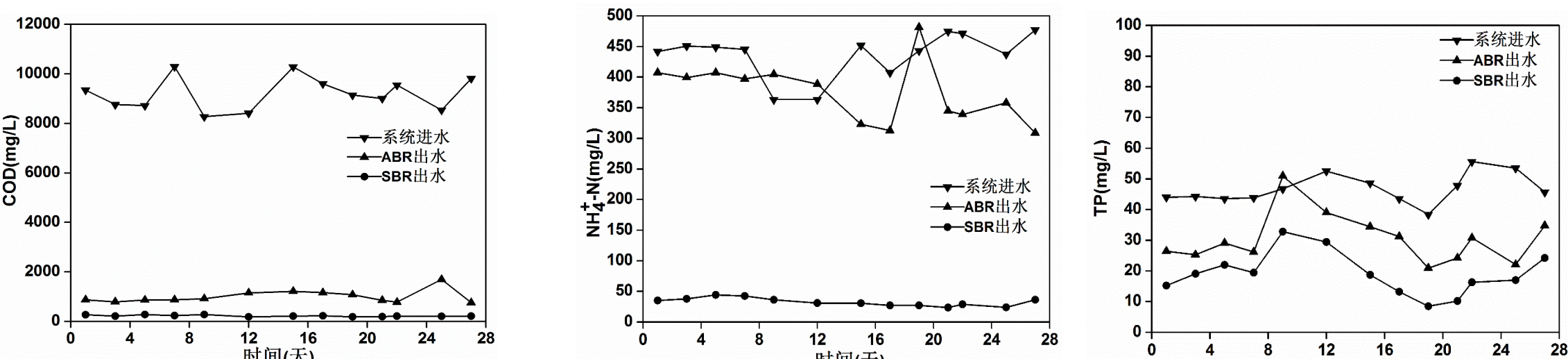
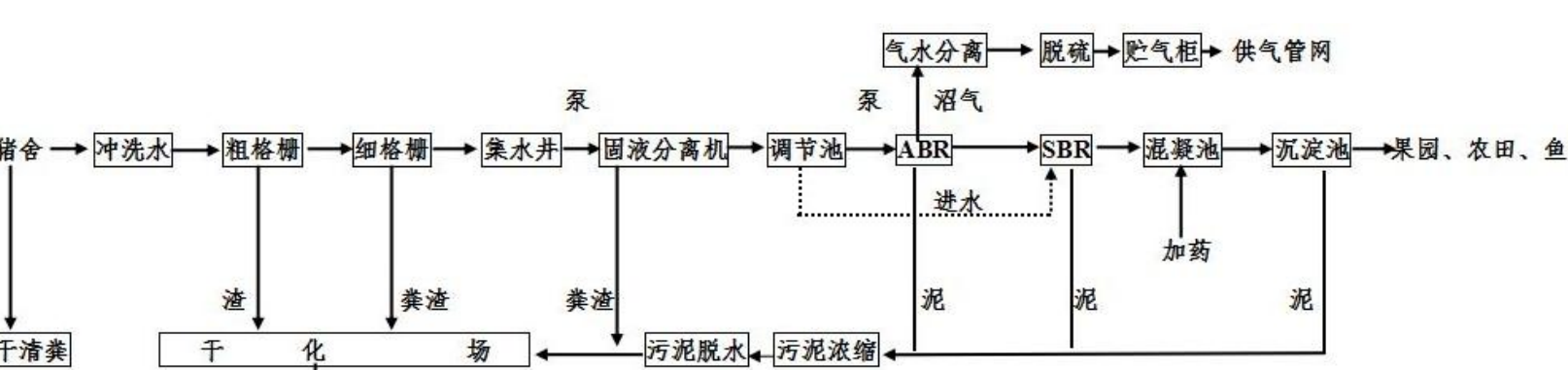


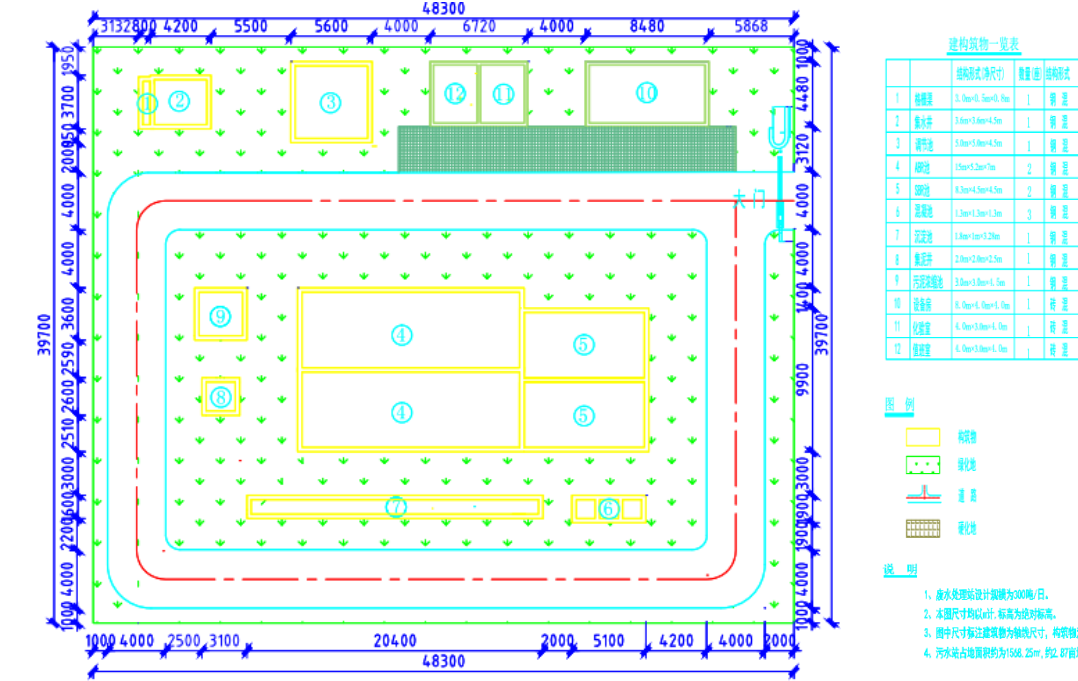
图7 ABR-SBR工艺进、出水COD、NH₃-N和TP浓度变化

300m³/d养猪场废水处理工程设计

流程图



平面图



结论

- 21家养猪场之间水质差异很大，COD、BOD₅、NH₃-N、TN、TP、SS的浓度范围分别为3614~15310、1600~8180 mg/L、164.5~1375.5 mg/L、332.4~2617.2 mg/L、21.3~254.5 mg/L、358~3800 mg/L。铜和锌浓度较高，畜禽排放物的病原微生物数量丰富。小型猪场或分散养殖场，一些只设厌氧处理单元或者不设。
- 在33±1℃、HRT=36 h条件下，采用低负荷、低增幅的启动方式，历时61天完成ABR启动；在DO=2mg/L、C/N=6条件下，SBR实现了较好的脱碳除氮效果。曝气阶段，发生同步硝化反硝化和短程硝化。ABR-SBR组合工艺处理养猪场废水，出水COD≤200 mg/L，氨氮≤45 mg/L，满足《畜禽养殖业污染物排放标准》(2001)，出水TP不达标，需要后续化学除磷处理。
- 在实验结果及参考相关文献的基础上，结合畜禽养殖废水水质特点，设计了日处理300t的猪场废水处理工程工艺，考虑经济效益、社会效益和环境效益，提出固液分离预处理+ABR+SBR+化学除磷的工艺流程。

课题来源：北京市科技计划课题“畜禽养殖废水处理一体化设备研发及示范应用”(Z151100001415008)。

研究成果

许馨月,豆小敏:溶解氧及碳氮比对SBR去除猪场厌氧消化液性能的影响[A];中国化学会第十三届水处理化学大会暨海峡两岸水处理化学研讨会论文集[C]; 2016年