

佛冈县广佛园人工湿地水质净化及生态修复项目

可行性研究报告

委托单位：广佛（佛冈）产业园高新投资开发有限公司

编制单位：广州中宜生态环境科技有限公司

2025 年 4 月



项目名称：佛冈县广佛园人工湿地水质净化及生态修复项目

委托单位：广佛（佛冈）产业园高新投资开发有限公司

建设单位：广佛（佛冈）产业园高新投资开发有限公司

编制单位：广州中宜生态环境科技有限公司

资质证书：工程咨询单位乙级资信证书



报告编制人员：

项目负责	姚征有	二级建造师 工程师
报告编写	熊志湛	工程师
	朱艳梅	工程师
	高振国	工程师
校核	张小兵	二级建造师
审核	尹慧	注册咨询工程师
审定	卢创新	高级工程师 注册咨询工程师

工程咨询单位乙级资信证书

单位名称： 广州中宜生态环境科技有限公司

住 所： 广州市黄埔区科学大道48号绿地中央广场E栋
603-604

统一社会信用代码： 91440101MA59U84X5T

法定代表人： 卢创新

技术负责人： 卢创新

资信等级： 乙级

资信类别： 专业资信

业 务： 生态建设和环境工程

证书编号： 乙232024010293

有 效 期： 2024年08月30日至2027年08月29日



发证单位： 广东省工程咨询协会



目 录

第一章 概述	1
1.1 项目基本情况.....	1
1.2 项目背景.....	1
1.3 编制依据.....	3
1.3.1 国家法律法规及规范性文件.....	3
1.3.2 地方性法规和规划.....	3
1.3.3 技术规范与标准.....	4
1.3.4 其他文件.....	6
1.4 编制原则.....	6
1.5 编制范围.....	6
第二章 区域概况	8
2.1 自然环境概况.....	8
2.1.1 地理位置.....	8
2.1.2 地形地貌.....	8
2.1.3 气候特征.....	9
2.1.4 水文特征.....	10
2.1.5 自然资源.....	13
2.2 社会经济概况.....	13
2.2.1 行政区划.....	13
2.2.2 人口.....	14
2.2.3 经济发展概况.....	14
2.3 区域土地利用特征.....	14
2.4 相关政策及规划.....	14
2.4.1 清远市人民政府关于印发清远市生态文明建设“十四五”规划的通知（清府〔2022〕28号）	15
2.4.2 清远市生态环境局关于印发《清远市生态环境保护“十四五”规划》的通知（清环〔2022〕140号）	15

2.4.3 佛冈县人民政府办公室关于印发《佛冈县生态环境保护“十四五”规划》的通知（佛府办〔2023〕9号）	16
第三章 流域水环境概况	17
3.1 功能区划管理要求.....	17
3.1.1 水功能区划.....	17
3.1.2 水环境功能区划.....	18
3.2 污染源排放现状.....	19
3.2.1 工业污染源.....	19
3.2.2 生活污染源.....	20
3.2.3 畜禽养殖污染源.....	22
3.2.4 农田径流污染源.....	23
3.2.5 污染源排放量汇总.....	25
3.3 水环境质量状况.....	26
3.3.1 水质数据分析.....	26
3.3.2 水环境现场调查.....	26
3.4 流域主要问题识别.....	30
3.4.1 农村污水直排现象突出.....	30
3.4.2 流域产业逐步发展，工业污染贡献逐渐升高.....	30
3.4.3 畜禽养殖方式粗放，减排压力大.....	31
3.4.4 农业面源污染问题突出.....	31
3.5 流域治理任务.....	32
第四章 项目实施区域概况	33
4.1 园区规划.....	33
4.1.1 控制性详细规划.....	33
4.1.2 水环境保护目标.....	33
4.1.3 环境污染防治措施要求.....	33
4.2 广佛园污水厂概况.....	34
4.2.1 污水性质.....	34

4.2.2 处理规模及设计进出水水质.....	34
4.2.3 处理工艺.....	35
4.2.4 入河排污口设置.....	39
第五章 项目建设必要性与可行性	40
5.1 项目建设必要性.....	40
5.1.1 是落实国家、地方水环境整治相关政策的需要.....	40
5.1.2 是实施《清远市国土空间总体规划（2021-2035 年）》、《佛冈县生态环境保护“十四五”规划》和《佛冈县国土空间总体规划（2020-2035 年）》的需要.....	40
5.1.3 是提高人民生活品质，保障人民群众利益的需要.....	41
5.1.4 是加强源头水体保护，提升区域水环境的需要.....	41
5.1.5 是保障濠江良塘省考断面水质稳定达标的现实需要.....	42
5.2 项目建设可行性.....	42
5.2.1 技术可行性.....	42
5.2.2 经济可行性.....	43
5.2.3 工作基础.....	43
第六章 项目建设方案论证与设计	44
6.1 项目总体要求.....	44
6.1.1 设计原则.....	44
6.1.2 治理目标.....	44
6.2 处理工艺分析论证.....	44
6.2.1 深度处理工艺.....	45
6.2.2 水生态工艺.....	47
6.2.3 处理工艺选择.....	50
6.3 尾水深度净化工程.....	50
6.3.1 技术原理.....	50
6.3.2 处理规模.....	52
6.3.3 设计进出水质.....	52

6.3.4 工艺流程及说明.....	53
6.3.5 工艺参数.....	55
6.3.6 构筑物及设备清单.....	65
6.3.7 工艺操作及控制.....	68
6.3.8 运行成本.....	69
6.4 水生态修复工程.....	71
6.4.1 技术原理.....	71
6.4.2 曝气增氧设计.....	73
6.4.3 仿生水草设计.....	76
6.4.4 水生植物设计.....	84
6.4.5 生态过滤水岸设计.....	91
6.4.6 工程量清单.....	100
6.5 项目工程规模.....	101
第七章 环境保护措施	103
7.1 编制依据.....	103
7.2 保护目标.....	103
7.3 环境影响分析.....	104
7.4 环境影响保护措施.....	104
7.4.1 水环境保护.....	105
7.4.2 环境空气保护措施.....	105
7.4.3 声环境保护措施.....	105
7.4.4 固体废弃物保护措施.....	106
7.4.5 人群健康保护措施.....	106
7.4.6 废弃土石方处置措施.....	106
7.5 综合影响评价结论.....	107
第八章 水土保持措施	108
8.1 设计依据.....	108
8.1.1 法律法规.....	108

8.1.2 部委规章.....	108
8.1.3 规范性文件.....	109
8.1.4 技术规范和标准.....	109
8.2 水土流失与水土保持现状.....	110
8.3 水土流失预测.....	110
8.3.1 预测时段.....	110
8.3.2 预测内容.....	110
8.4 水土保持防治目标.....	110
8.5 水土流失防治责任范围.....	111
8.6 水土流失防治措施体系.....	111
8.7 水土保持监测.....	112
8.8 结论与建议.....	113
第九章 工程投资估算	114
9.1 编制说明.....	114
9.1.1 项目内容.....	114
9.1.2 编制依据.....	114
9.1.3 其他建设费用的确定.....	115
9.1.4 其他.....	116
9.2 投资估算.....	116
9.3 经费筹措.....	119
第十章 节能评价	120
10.1 节能概述.....	120
10.2 节能设计依据.....	120
10.3 节能设计原则.....	121
10.4 能耗分析.....	121
10.4.1 施工期能耗分析.....	122
10.4.2 运营期能耗分析.....	122
10.5 总体节能措施.....	122

10.5.1 施工期节能措施.....	122
10.5.2 运营期节能措施.....	123
10.5.3 供配电系统的节能措施.....	123
第十一章 项目管理与实施计划	125
11.1 实施原则与步骤.....	125
11.2 项目建设管理机构.....	125
11.3 项目实施管理.....	126
11.4 工程实施保障措施.....	127
11.5 项目实施效果评估.....	127
11.6 项目进度计划.....	128
11.7 项目运行期保障机制.....	130
11.7.1 项目运行资金保障.....	130
11.7.2 系统运维管理.....	130
第十二章 工程招投标及质量保证体系	135
12.1 招标依据与原则.....	135
12.1.1 编制依据.....	135
12.1.2 招标工作原则.....	136
12.2 发包方式.....	136
12.3 招标组织形式.....	137
12.4 招标方式.....	137
12.5 本工程招标基本情况.....	138
12.5.1 工程招标依据.....	138
12.5.2 工程招标范围.....	139
12.5.3 招标基本情况表.....	139
12.6 公告发布.....	141
12.7 投标、开标、评标、中标程序.....	141
12.8 评标委员会人员组成和资格要求.....	141
12.8.1 评标委员会人员组成.....	142

12.8.2 评标委员会成员的资格要求.....	142
12.9 质量保证体系.....	142
第十三章 效益评价	143
13.1 社会效益分析.....	143
13.2 环境效益分析.....	144
13.3 经济效益分析.....	145
第十四章 附图	147
附图 1 水生态修复工程布置图.....	147
附图 2 尾水深度净化工程工艺流程图.....	148
附图 3 尾水深度净化工程平面布置图.....	149
附图 4 仿生水草安装示意图.....	150
附图 5 曝气机安装示意图.....	151
附图 6 水生植物种植示意图.....	152
附图 7 生态过滤水岸平面效果图.....	153

第一章 概述

1.1 项目基本情况

(1) 项目名称：佛冈县广佛园人工湿地水质净化及生态修复项目

(2) 建设规模及实施内容：在广佛园污水处理厂光催化臭氧氧化与紫外消毒工艺之间增加一套纳滤系统 8000m³/d，实现对污水处理厂尾水做进一步深度净化；在受纳水体约 60000m² 的水域实施水生态修复强化措施工程，安装潜水推流曝气机 20 台、安装仿生水草 12000m²、种植水生植物 5000m²、建设生态过滤水岸 11000 m²，确保汇入四九河的水质 COD、BOD、氨氮、总磷达到Ⅲ类水质标准。

(3) 建设地点：佛冈县四九河流域

(4) 项目性质：本项目为新建项目。

(5) 工程投资：本项目总投资为：2879.23 万元，其中包括工程建设费用 2438.50 万元；工程建设其它费用 356.87 万元，工程预备费 83.86 万元。

(6) 资金筹措方式：本项目资金计划申请市级北江流域生态环境保护财政激励资金，各子项目具体经费额度按照最终下达的资金进行统筹分配。

(7) 项目实施期限：2025 年 4 月至 2026 年 3 月

1.2 项目背景

四九河，又名四九水（或蕴洞水）发源于原四九镇田心、黄竹田村上的红坪脑（山顶名）。在发源地的群山中先向东流，经石瓮水库，跌落横坑村又折向东北方向于亚髻山南麓脚下蜿蜒经田心村、官山村流入四九圩（原四九镇所在地），再折向西南方向经菱塘村过白石坳流入汤塘镇的上黎、良安、围镇、脉塘等村，于汤塘镇的北侧汇入濠江。四九水流域面积 116km²，河长 25km，河床平均比降为 3.8‰。四九河为濠江的一级支流，河道沿程未设立常规水质监测断面及考核目标，缺乏日常水质监管数据，总体水环境监管水平较低。为贯彻《中华人民共和国水法》、《中华人民共和国水污染防治法》，从流域、区域范围内协调水资源

的开发利用，依法和科学管理水环境、控制水污染，保护水资源，促进社会经济可持续发展，2011 年，原广东省环境保护厅颁布了《关于印发<广东省地表水环境功能区划>的通知》（粤环〔2011〕14 号）。按《广东省地表水环境功能区划》，四九河从“佛冈县红坪脑至佛冈县汤塘”河段为综合用水功能，其水质目标为Ⅱ类。2007 年，广东省水利厅印发了《广东省水功能区划》，清远市水务局在此基础上，于 2017 年印发了《清远市水功能区划》，根据清远市水功能区划，四九河自佛冈县汤塘镇田心村至佛冈县汤塘镇新塘村河段为四九水佛冈源头水保护区，近期（2020 年）水质目标为Ⅲ类，远期（2030 年）水质目标为Ⅱ类。2022 年 11 月，清远市人民政府印发《清远市人民政府关于佛冈县四九河水功能区划优化调整方案的批复》（清府函〔2022〕463 号），将四九河田心村至新塘村段由源头水保护区调整为保留区，远近期水质目标均为Ⅲ类。2023 年 2 月，清远市生态环境局佛冈分局发布《关于征求<清远市佛冈县四九河地表水环境功能区优化调整方案>（征求意见稿）意见的公告》，方案拟将四九河红坪脑至汤塘镇濠江汇入口段进行调整，水质目标为Ⅲ类。由于该调整方案仍未能通过，当前四九河流域地表水环境功能区水质目标仍为Ⅱ类。

《佛冈县汤塘镇总体规划修编（2016-2035 年）》明确提出，四九河流域将承载广州（清远）产业转移工业园汤塘片区及四九种植基地片区的新型优势产业、特色农产品种植及加工，配套居住生活、休闲度假服务功能。随着流域范围内人口基数的持续增长，以及广佛（佛冈）产业园和流域片区的经济产业高速发展的建设，四九河流域将承载更大的环境污染负荷，产业发展布局调整后保障流域水体长期稳定达到Ⅱ类目标将面临巨大挑战。

四九河作为濠江良塘省考断面上游的主要支流，其汇入口水质未能达到Ⅱ类标准，COD 和 BOD₅ 超过了Ⅲ类标准，对下游良塘断面水质存在一定程度影响。四九河上游河段官山村委下的大路村和海围村片区生活污水收集空白区较多，生活污水无法得到有效收集，大量生活污水直排入河，中游河段广佛产业园园区污水处理厂尾水排放量大，而四九河生态流量较小，水环境容量有限，无法消纳污水处理厂尾水，造成了水体污染物浓度上升。下游河段汤塘镇存在污水管网空白区，城镇生活污水通过周边预设排水口直排四九河。针对上述突出环境问题，佛

冈县制定了《清远市佛冈县四九河流域水质达标综合整治方案》，围绕生活污水减排、工业污染治理、农村面源控制、畜禽养殖污染防控等六大方面规划了多个工程，逐步推进流域系统治理。

为切实改善四九河流域水环境质量，按照总体部署，分步实施的方针，佛冈县拟开展佛冈县四九河流域水污染治理及生态修复项目，按照项目实施主体，项目分为生活污水处理设施建设和升级改造工程、人工湿地水质净化及生态修复工程、四九河流域水环境常态化巡查项目三个子项目。本可行性研究报告对佛冈县广佛园人工湿地水质净化及生态修复项目中广佛园管委会承担的工程内容进行分析论证，以便于后期工作的推进。

1.3 编制依据

1.3.1 国家法律法规及规范性文件

- (1)《中华人民共和国城市规划法》;
- (2)《中华人民共和国环境保护法》;
- (3)《中华人民共和国水污染防治法》;
- (4)《中华人民共和国水土保持法实施条例》;
- (5)《中华人民共和国水法》;
- (6)《中华人民共和国河道管理条例》(2017 年 10 月修订);
- (7)《中华人民共和国土地管理法》(2019 年 8 月修订);
- (8)《城市用地分类与规划建设用地标准》(GB50137-2011);
- (9)《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》(国发〔2012〕3 号)。

1.3.2 地方性法规和规划

- (1)《广东省环境保护条例》(2015 年 1 月修订, 省常务会第 29 号公告);
- (2)《广东省水污染防治条例》(2021 年 9 月, 省常务会第 92 号公共);
- (3)《广东省水资源管理条例》(2002 年 12 月, 省常务会第 154 号公告);
- (4)《广东省环境保护规划纲要(2006-2020 年)》(粤府〔2006〕35 号);
- (5)《中共广东省委广东省人民政府关于进一步加强环境保护推进生态文明

建设的决定》（粤发〔2011〕26号）；

（6）《南粤水更清行动计划（修订本）（2017-2020年）》（粤府函〔2017〕123号）；

（7）《广东省地表水环境功能区划》（粤环〔2011〕14号）；

（8）《广东省生态环境保护“十四五”规划》（粤环〔2021〕10号）；

（9）《广东省水污染防治行动计划实施方案》（粤府〔2015〕131号）；

（10）《广东省落实〈水污染防治行动计划〉实施情况考核办法（试行）》；

（11）《广东省国土空间规划（2020-2035年）》；

（12）《清远市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》（清府〔2021〕11号）；

（13）《清远市总体规划》（2016-2035年）；

（14）《清远市水务局关于印发清远市水功能区划的通知》（清水[2017]52号）；

（15）《清远市水生态环境保护“十四五”规划》；

（16）《清远市生态环境保护“十四五”规划》（2022年9月）；

（17）《清远市生态文明建设“十四五”规划》（2022年7月）；

（18）《清远市“三线一单”生态环境分区管控方案》；

（19）《佛冈县十四五农村供水保障规划》（2020年12月）；

（20）《佛冈县绿道网建设总体规划》（2013-2030年）；

（21）《佛冈县县域乡村建设规划》（2017-2035年）；

（22）《清远市佛冈县城市排水防涝综合规划》（2014-2025年）；

（23）《佛冈县养殖水域滩涂规划》（2018-2030年）；

（24）《佛冈县汤塘镇总体规划修编》（2016-2035年）；

（25）《佛冈县汤塘镇总体规划》（2004-2025年）；

1.3.3 技术规范与标准

（1）《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918—2002）；

（2）广东省《水污染物排放限值》（DB44/26—2001）；

（3）《防洪标准》（GB50201-94）；

（4）《水利水电工程等级划分及洪水标准》（SL252-2017）；

- (5)《地表水环境质量标准》(GH 3838-2002);
- (6)《污水综合排放标准》(GB 8978-1996);
- (7)《水利水电工程可行性研究报告编制规程》(SL619-2013);
- (8)《堤防工程设计规范》(GB50286- 2013);
- (9)《河道整治设计规范》(GB50707-2011);
- (10)《水利水电工程边坡设计规范》(SL386-2007);
- (11)《泵站设计规范》(GB50265-2010);
- (12)《水闸设计规范》(SL/T265-2016);
- (13)《给水排水设计手册》;
- (14)《市政公用工程设计文件编制深度规定》(建质〔2013〕57号);
- (15)《农田灌溉水质标准》(GB5084-2021);
- (16)《生态环境状况评价技术规范(试行)》(HJ/T192-2006);
- (17)《国家园林城市标准》(2010年8月);
- (18)《防波堤设计与施工规范》(JTS 154-1-2011);
- (19)《堤防工程设计规范》(GB 50286-2013);
- (20)《供配电系统设计规范》(GB50052-2009);
- (21)《低压配电设计规范》(GB50054-2011);
- (22)《交流电气装置的接地设计规范》(GB 50065-2011);
- (23)《建筑物电气装置》(GB 16895.29-2008);
- (24)《城市夜景照明设计规范》(JGJ/T 163-2013);
- (25)《城市道路照明设计标准》(CJJ45-2015);
- (26)《电力工程电缆设计标准》(GB50217-2018);
- (27)《20kV及以下变电所设计规范》(GB50053-2013);
- (28)《室外排水设计标准》(GB50014-2021);
- (29)《综合布线系统工程设计规范》(GB 50311-2016);
- (30)《安全防范工程技术规范》(GB 50348-2018);
- (31)《人工湿地污水处理工程技术规范》(HJ2005-2010);
- (32)《人工湿地水质净化技术指南》(环办水体函〔2021〕173号)。

1.3.4 其他文件

- (1)《广清经济特别合作区广佛（佛冈）产业园产业发展规划环境影响报告书》（清远市清环环保有限公司，2022 年 8 月）
- (2)《广清经济特别合作区广佛（佛冈）产业园产业发展规划》；
- (3)《佛冈产业园区汤塘片区规划环境影响报告书》（中煤科工集团重庆设计研究院有限公司，2018 年 7 月）；
- (4)《广清经济特别合作区广佛（佛冈）产业园一期控制性详细规划修改》；
- (5)《清远市佛冈县四九河水功能区划优化调整可行性研究报告》（生态环境部华南环境科学研究所，2022 年 3 月）；
- (6) 委托方提供的其它有关资料。

1.4 编制原则

(1) 统筹兼顾、综合治理

坚持人与自然和谐发展，统筹协调流域水质与社会经济发展、水土资源开发利用等的关系，实施有效的生态安全保障的工程措施，努力实现社会、经济和环境效益统一，促进四九河及滃江流域地区社会经济与环境保护的协调发展。

(2) 因地制宜、突出重点

以维护佛冈县四九河重点河段流域生态系统的完整性和保持河流水环境质量良好状态为核心，以增强流域生态环境保护及其监管能力、预防流域未来资源开发利用可能造成的生态破坏为重要内容，根据四九河关键性流域目前存在的主要问题和未来发展面临的主要问题，制定切实可行的保护措施，同时要明确保护效益。

(3) 系统控制，多措并举

将河流和沿岸环境作为有机的整体，水质水量统筹协调，点源与面源统一控制，污染防治和生态恢复并重，系统设计工程施工，防治二次污染，经济社会发展与水资源环境承载能力相适应，通过综合手段联动实现目标。

1.5 编制范围

本可行性研究报告的编制包括三部分：

（1）根据佛冈县四九河流域生态环境现状，分析四九河流域环境问题，确定佛冈县广佛园人工湿地水质净化及生态修复项目实施范围；

（2）对佛冈县广佛园人工湿地水质净化及生态修复项目各项任务与工程的必要性和可行性进行分析论证；

（3）对佛冈县广佛园人工湿地水质净化及生态修复项目的社会效益、经济效益和环境效益进行分析，对项目的投资、实施计划进行论证。

第二章 区域概况

2.1 自然环境概况

2.1.1 地理位置

佛冈县位于广东省中部，珠江三角洲北缘，清远市西南角，北江一级支流潞江的中上游，东经 113°18'—113°47'，北纬 23°40'—24°07'。东北与新丰县交界，东南与从化市接壤，西南与清城区毗邻，西北与英德市相连。县境东西长 50.92 公里，南北宽 25.57 公里。全县地域面积 1293 平方公里，行政上隶属清远市管辖。佛冈县境内有 106 国道和京珠高速 2 条高等级公路贯穿全县。其中国道 106 线佛冈段（一级公路）贯穿全县 6 个镇，县城距广州 90 公里，距花都新白云国际机场 52 公里。铁路运输方便，县城至京广铁路英德火车站 40.8 公里，距离清远的高铁站约 65 公里。县内公路四通八达，村村通公路，位置见图 2.1-2。佛冈县作为广清结合片区的重要组成部分，距离广州市区不到 1 小时，广州白云机场约 1 小时，构成了半小时空港经济圈、2 小时湾区生活圈。是粤港澳大湾区建设辐射带动泛珠三角地区协同发展的桥头堡，也是粤北地区深度对接融入大湾区建设的南大门。

汤塘镇位于佛冈县南部，东经 113°28'，北纬 23°25'，东接清远市良口镇，南接从化鳌头镇，西接龙山镇，北接石角镇。境内有京港澳高速公路、国道 106 线和省道 354 线通过，其中京港澳高速公路在镇内设有汤塘互通口。全镇县道、乡村公路全部实现水泥硬底化，各村紧密相连，交通区位优势凸显，已融入广州市“一小时经济圈”。

2.1.2 地形地貌

佛冈全县地势自东北向西南倾斜，境内低山、丘陵、谷地、平原交错，大多在海拔 300 米以下。全县地形呈东南—西北狭长槽状地形展布，局部为丘陵地形，海拔高程在 100 米左右；东北、西南为中、低山，北面最高为亚婆髻，海拔高程为 1218.6 米；南部为羊角山山脉，海拔高程一般在 600—700 米。整个地形呈东北高、西南低之势，东北部属高丘陵区，约占总面积的 29%，有高岗、迳头两个

镇；中部属中丘地区，约占总面积的 41%，有水头、石角两个镇。南、北部山脉是佛冈县与邻县的行政分划界线，亦是潯江水系与其它水系的分水岭。

汤塘镇的地质主要以印支期及燕山期中期岩浆活动形成的紫红、灰色花岗岩为主，地面表层为砂质、砾质粘性土（花岗岩残积土、全风化花岗岩）、基岩为强风化花岗岩，弱风化花岗岩、微风化花岗岩组成。区域内无明显断层及不良构造，处于稳定地带，土质为花岗岩风化而成的坚硬黄土，适合于工程建筑物的基础建设。项目建设区域为燕山期侵入体，岩性为中粗粒花岗岩，灰白色，中粗粒斑状结构，块状构造，未发现大的结构面组成的不稳定岩体，地质条件较好。

2.1.3 气候特征

佛冈县属亚热带湿润气候，气候温和，日照充足，雨量丰沛。受季风的影响，佛冈旱涝季节明显：4~9 月为雨季，主要受锋面低槽、热带气旋和季风低压影响，盛行西南季风，湿热多雨；其它时间为旱季，主要受中高纬西风带天气系统影响，盛行偏东北风，干燥少雨。

佛冈县年平均气温 20.9℃，1 月平均气温最低，为 11.8℃，7 月平均气温最高，达 28.1℃。根据佛冈县国家基本气象站 50 多年观测记录，极端最高气温为 39.8℃（2003 年 7 月 23 日），极端最低气温为-4.2℃(1963 年 1 月 16 日)。高温日数呈上升趋势，低温日数呈下降趋势。

佛冈县年平均降水量为 2186.7 毫米，雨量年际变化较大，最多的年份为 3519.5 毫米（1983 年），最少的年份只有 1362.2 毫米（1963 年）。全年雨量有 78% 出现在 4~9 月（汛期），其中 4~6 月（前汛期）平均雨量达 1083.4 毫米，占全年的 50%，主要由锋面低槽造成。7~9 月（后汛期）平均雨量为 622.6 毫米，占全年雨量 28%，主要由热带气旋、热带辐合带、热带低压等热带天气系统造成。一年中各月雨量变化呈单峰型，最多为 5 月，平均达 403.2 毫米，最少是 11 月，只有 41.9 毫米。历年雨量最多的月份出现在 1968 年 6 月，达 1039.0 毫米。佛冈县年平均降水（ ≥ 0.1 毫米）日数为 170 天，最多的年份 216 天(1975 年)，最少的年份也有 133 天(2003 年)。

2.1.4 水文特征

佛冈的河流水系主要由潞江和烟岭两条较大的河流组成。汤塘片区周边河流主要有四九河和潞江、黄花水，四九河为潞江支流。

(1) 潞江河（北江一级支流）

潞江河属北江水系的一条大支流，按水系划分属北江水系中的一级支流，是佛冈县的主要河流。清远市、佛冈县水系图见图 2.1-1、2.1-2。

潞江河发源于县内水头镇上潭洞村的通天蜡烛（山顶名），由东向西南流经上潭洞、下潭洞后折向北流又转向南经西田、桂田流经水头镇至连瑶、连塘，于二七下汇来城迳水，过三八镇又汇来九曲水，过吊牛岭村直入佛冈县城（石角镇），过石角镇汇来龙溪水后，以一个“U”字形弯曲经白坟前至科旺，于店前村上侧又汇来龙南水（或称汶坑水）穿过大庙峡峡谷（此处有大庙峡水文站）至汤塘镇的升平、三门等村，于群山峡谷中几经“S”形弯曲后又汇来岑坑水，经黄花水水库溢洪道出口处流出汤塘镇与四九河汇合，过汤塘镇又汇来洛洞水，经联和后又折向西南方向至龙山镇的占果村上又加入竹山水，经占果、官路唇于车步处汇来浮良水后到凤洲（龙山镇水电所驻地），过龙山镇汇来潞二水，经乐格良头布村后于民安镇的坑口村又汇来民安水，抵良塘村的大罗州（地段名，与清远市分界处），流至江口镇（清远市属地）注入北江支流。

潞江河流域总面积 1160km²，全河长 82km，河床平均坡降 1.74‰，在佛冈县境内的流域面积为 677.5km²，河段长 69.3km，河段平均坡降为 1.98‰。潞江河由发源地至大庙峡下的三门刀排村，河床较陡，河段平均坡降达 4.82‰，汤塘以下至良塘村，河床较缓，河段平均坡降为 1‰至 0.8‰；由龙山镇水电所至良塘河段，皆因河床坡降平缓与地势低的关系，洪水期受北江水倒灌顶托。

流域上游为山丘区，河床坡陡，流域面积大，雨季径流集中，洪峰流量较大，洪水暴涨暴落。下游堤围区，河床平缓，地势低洼。佛冈县系广东省内暴雨中心区之一，平均年暴雨日数 9.9 天，居全省第二位。雨量充沛，但年内分配不均就易出现旱、洪、涝灾威胁的频繁性与复杂性。据四十多年资料的统计分析，平均 2~3 年会有一次小的旱或洪（涝）灾，6~7 年就有一次较大的旱或洪（涝）灾。

因此，洪涝是本流域的主要灾害，它直接关系着县工农业生产的发展和人民

生命财产的安全。为了防治洪涝，特别是北江出现洪水倒灌顶托，流域内发生暴雨时的内涝问题成了整个潯江河流域整治的关键，是河流流域综合规划的重点。建国 50 年以来，潯江河流域佛冈县境内已建有中型水库 1 宗、小（一）型水库 5 宗、小（二）型水库 12 宗、较大的塘坝 34 宗，总控制集雨面积 115.24km²，库容 4196.6 万 m³；已建堤围 45 条，长度 138.6km，已建排涝站（将堤内水排入潯江河）7 座，装机容量 1685kw，总设计流量 19.42m³/s。居住人口 19.56 万人，有耕地面积 10.99 万亩。

（2）四九河（北江二级支流）

四九河，又名四九水（或蕴洞水）发源于原四九镇田心、黄竹田村上的红坪脑（山顶名）。在发源地的群山中先向东流，经石瓮水库，跌落横坑村又折向东北方向于亚鬃山南麓脚下蜿蜒经田心村、官山村流入四九圩（原四九镇所在地），再折向西南方向经菱塘村过白石坳流入汤塘镇的上黎、良安、围镇、脉塘等村，于汤塘镇的北侧汇入潯江河。

四九水流域面积 116km²（原黄花水是流入四九水后汇入潯江，1956 年后，因建筑了黄花河水库，截流 54km²，黄花水的主流于汛期经水库溢洪道溢出直入潯江河，因此四九水的流域面积于 1956 年后减去黄花水 54km²，则实为 116km²），河长 25km，河床平均比降为 3.8‰。已建成的蓄水工程有小（一）型 2 宗、小（二）型 2 宗、塘坝 9 宗，控制集雨面积 17.32km²，总库容 682.9 万 km³。

（3）黄花水

黄花水水库坐落在佛冈县汤塘镇陂头村，距佛冈县城 13km，距汤塘镇政府驻地 2km，距 106 国道只有 500m，京珠高速公路在库区内穿过。黄花水水库是一座以防洪为主，兼有旅游开发、灌溉、发电、养殖等综合效益的小（一）型水库。黄花水水库原设计灌溉面积 2780 亩（其中大埔村 1380 亩，汤塘村 1400 亩）；

灌溉面积达 2000 亩，配套干渠 2000m；溢洪电站在水库溢洪道左侧挖渠引水 120m，装机容量一台 250kw，年设计发电量 65 万 kw 时。水库加固后，灌溉面积可恢复到 2780 亩。黄花水水库在潯江河的一级支流黄花水，黄花水发源于海拔 704.0m 的栏挡顶山。该水库是县集雨面积最大的水库，坝址以上集雨面积 54km²，坝址以上干流河长 13.9km，河床比降 0.2‰。

黄花水水库为IV等小（一）型工程，设计洪水标准应该采用 50 年一遇，校核洪水标准采用 500 年一遇，下游消能按 20 年一遇标准设计。洪水复核计算成果如下：50 年一遇设计洪水位 45.61m，相应库容 369m³，500 年一遇校核洪水位 46.96m，相应库容 430 万 m³；正常蓄水位 43.50m，相应库容 310 万 m³，死水位 32.50m，相应库容 6 万 m³，兴利库容 304 万 m³。

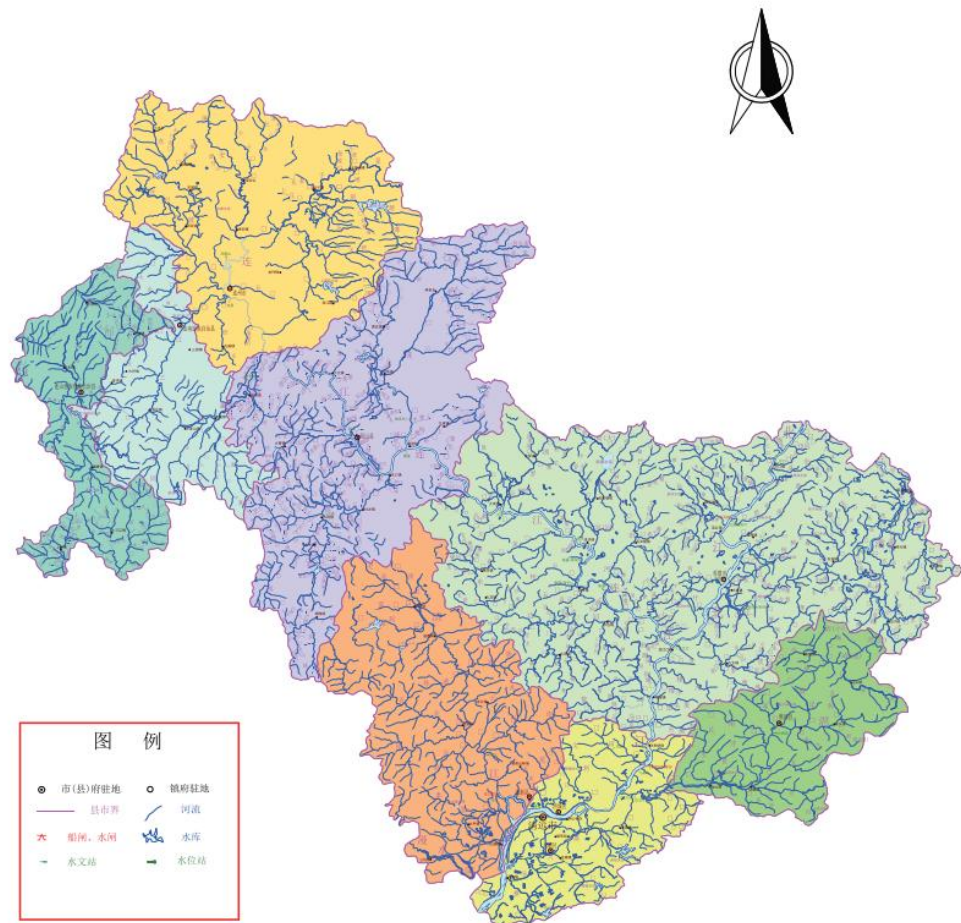


图 2.1-1 清远市流域水系图

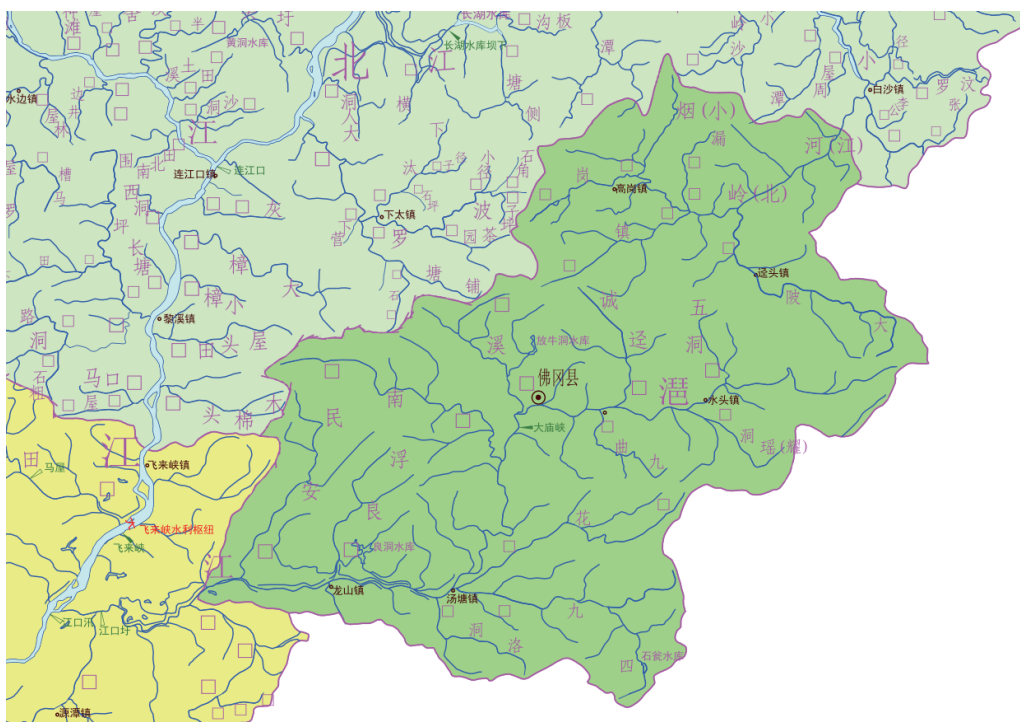


图 2.1-2 佛冈县流域水系图

2.1.5 自然资源

佛冈的自然资源丰富。矿产资源主要有煤、石墨、铅、锌、锡、金、石英石、钾长石、花岗岩、瓷土、稀有金属以及优质矿泉水。佛冈全县水能理论蕴藏量约 3.6 万千瓦，其中近期较易开发的有 1.4 万千瓦 左右。县内地下泉水丰富，有国内稀有的天然碳酸泉——黄花湖矿泉、汤塘热水塘(水温 73~81℃)，大陂九鳅落湖的温泉等十处。利用汤塘热水发展的黄花湖度假区已初具规模，利用黄花湖矿泉发展的佛宝矿泉已创出名牌。

2.2 社会经济概况

2.2.1 行政区划

佛冈县共有 6 个镇（石角镇、汤塘镇、迳头镇、水头镇、高岗镇、龙山镇），78 个村委会和 12 个社区居委会，另有省级林场和自然保护区各 1 个，总面积 1293 平方公里。汤塘镇位于佛冈县南部，东经 113°28′，北纬 23°25′，东接从化区良口镇，南接从化区鳌头镇，西接龙山镇，北接石角镇。全镇总面积为 229.37 平方公里。汤塘镇下辖汤塘、湓江、江坳、石门、四九、竹山、高岭、黎安、菱

塘、洛洞、升平、脉塘、暖坑、田心、联和、官山、大埔、围镇、新塘 19 个行政村，汤塘、四九 2 个社区。全镇有 141 个自然村，480 个村民小组，5 个居民小组。

2.2.2 人口

汤塘镇 2020 年常住人口为 59317 人。根据《佛冈县汤塘镇总体规划修编（2016-2035 年）》，规划预测 2030 年，在广佛（佛冈）产业园逐步发展后，2030 年，汤塘镇镇区规划总人口约 27 万人，其中包括广佛（佛冈）产业园人口 10.5 万人。

2.2.3 经济发展概况

2020 年，佛冈县实现地区生产总值 132.95 亿元，同比增长 3.9%。其中，第一产业增加值 20.42 亿元，同比增长 4.8%，第二产业增加值 55.1 亿元，同比增长 4.7%，第三产业增加值 57.43 亿元，同比增长 2.7%。

佛冈县规模以上工业共涵盖 23 个行业，其中有 7 大行业产值超 10 亿元，其分别为：计算机通信和其他电子设备制造业，通用设备制造业，铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业，有色金属冶炼和压延加工业，非金属矿物制品业，文教、工美、体育和娱乐用品制造业，金属制品业。这七大行业合计产值 178.69 亿元，占全县规模以上工业产值的 78.2%。

2.3 区域土地利用特征

汤塘镇土地总面积 22936.5 公顷，其中农用地面积 20662.2 公顷，占土地总面积的 90.08%；建设用地面积 1705.7 公顷，占土地总面积的 7.44%；其他土地面积 568.5 公顷，占土地总面积的 2.48%。农用地面积 20662.2 公顷。其中耕地 2780.2 公顷，园地 2871.8 公顷，林地 14421.2 公顷，其他农用地 589.1 公顷。

2.4 相关政策及规划

2.4.1 清远市人民政府关于印发清远市生态文明建设“十四五”规划的通知 (清府〔2022〕28号)

《清远市生态文明建设“十四五”规划》指出要推进综合治理，着力提升生态环境质量。强化水污染源头治理，推进化工等重点行业水污染专项治理和清洁化改造，开展矿山水体污染整治行动，严防降雨浸蚀矿山废石堆致使水体污染，加强船舶污染控制，增强港口码头污染防治能力，保护重点流域、区域和湖库生态环境。加强畜禽养殖污染和农业面源污染治理，推进农业清洁生产，加强农业投入品规范化管理，全面实现农业废弃物无害化处理，深入实施提高资源化利用水平，实现农业生产生活物质的循环利用。到2025年，地表水达到或好于Ⅲ类水体比例达到100%（按国考断面统计）。优化水安全与水生态并重的江岸系统、建设慢行道与景观带融合协调的碧道体系，推进高质量发展的滨水经济带建设，也为公众绿色生活提供便利。

2.4.2 清远市生态环境局关于印发《清远市生态环境保护“十四五”规划》的通知（清环〔2022〕140号）

《清远市生态环境保护“十四五”规划》明确要深入打好污染防治攻坚战，持续改善生态环境质量，实施水生态环境保护，保障清远秀水长清。推动重点流域实现长治久清。加强北江、滨江、滘江、滃江、连江等重点流域干支流优良水体保护。全面深入开展辖区长江流域摸底调查，对连山壮族瑶族自治县长江流域出省河流禾洞水和黄连水等支流，加强水质监测监控和污染源排查，甄别存在的主要问题，制定并严格实施长江保护修复行动方案。以滃江大站、漫水河黄坎桥、乐排河七星桥等国省考断面为重点，全力推进水质达标攻坚。严抓漫水河、大燕河、乐排河等重点流域排污监管，深入推进“散乱污”工业企业（场所）的清理整治，及时复查巩固清理整治的成果，关停取缔类的要确保“两断三清”，防止回潮反弹。严格落实巡河制度，常态化开展“清四乱”，提升综合整治成效。

推进工业污染综合整治。鼓励制定差别化的流域性环境标准和管控要求，对未完成水环境质量改善目标的区域，依法暂停审批新增重点水污染物排放的建设项目环境影响评价文件。大力开展造纸、有色金属、印染、农副食品加工、原料

药制造、制革、电镀等重污染行业整治，严格实行重金属和高浓度难降解废水的预处理和分质处理。全面推进工业园区污水处理设施建设和污水管网排查整治，加快建设清远华侨工业园园中区污水厂（一期）、广佛（佛冈）产业园配套污水处理厂（一期）、英德市英红工业园废水与处理厂与配套管网等工程。鼓励开展工业园区（工业聚集区）“污水零直排区”试点示范。严格落实排污许可制度，推进重点涉水行业企业实行水质和视频双监控，确保工业企业废水全面稳定达标排放。

开展河流水系生态保护修复。鼓励以流域为范围规划水生态修复工程方案，推动开展漫水河流域水生态治理与修复工程；加强流域生态流量调度与管控，引水补水推进乐排河水生态扩容提质；加强北江干支流流域河湖开发建设过程中水生态环境保护，维持河湖岸线自然状态，保护北江流域江心洲、河漫滩、冲积扇、阶地等地貌。结合水生态系统修复示范工程，打造一批“清水绿岸、鱼翔浅底”的市级美丽河湖典范。

2.4.3 佛冈县人民政府办公室关于印发《佛冈县生态环境保护“十四五”规划》的通知（佛府办〔2023〕9号）

《佛冈县生态环境保护十四五规划》提出持续加强优良水体保护。强化潯江流域优良水体保护，确保 2 个省市考核断面全面稳定达标。坚持以流域为体系、上下游、左右岸、城区和农村协同治理，提高水资源、水环境、水生态保护的科学与系统性；加强山田水库、大窝水库等重点水库水质保护，确保入库支流水质稳定达标。重点推进潯江碧道项目建设，有序推进“安全行洪通道、自然生态廊道、文化休闲漫道”高质量碧道建设。

加强流域重要水生态系统保护。协助清远市开展重要河湖水生态环境调查与评估，加强河湖水生态保护。依法划定河湖管理范围，推进实施烟岭河、潯江等主要河流的岸线保护和节约集约利用，加快实施潯江蓄滞洪区建设与管理工程；加强滨河（湖）带生态建设，在河道两侧建设植被缓冲带和隔离带。强化水源涵养林建设与保护，加强湿地保护。积极争取打造美丽河湖示范。

第三章 流域水环境概况

为推进四九河流域水环境质量改善，佛冈县组织编制了《清远市佛冈县四九河流域水质达标综合整治方案》，识别流域污染问题，系统提出了水质达标综合整治方案。本方案引用《清远市佛冈县四九河流域水质达标综合整治方案》中相关内容进行分析论述。

3.1 功能区划管理要求

3.1.1 水功能区划

2007 年，广东省水利厅印发了《广东省水功能区划》，清远市水务局在此基础上，于 2017 年印发了《清远市水功能区划》。根据《清远市水功能区划》，四九河自佛冈县汤塘镇田心村至佛冈县汤塘镇新塘村河段为四九水佛冈源头水保护区，近期（2020 年）水质目标为Ⅲ类，远期（2030 年）水质目标为Ⅱ类。濠江，四九河的受纳水体，所在流域为濠江佛冈-清远保留区，范围自佛冈至清新区的汛沙村，现状水质 Ⅲ-V，水质目标为Ⅱ类。位于四九河上游的石瓮水库，一级水功能区为开发利用区，二级水功能区为农业渔业用水区，现状水质为Ⅳ，目标水质为地表水Ⅳ。

2021 年，为适应城镇化和社会经济发展需求，协调区域水资源的合理开发利用，佛冈县对四九河水功能区划进行了优化调整，将四九河自佛冈县汤塘镇田心村至佛冈县汤塘镇新塘村河段远期水质目标调整为Ⅲ类。

表 3.1-1 四九河水功能区划

一级水功能区名称	范围		长度	水质代表断面	水质目标		区划依据
	起始	终止			2020	2030	
四九河佛冈保留区	佛冈县汤塘镇田心村	佛冈县汤塘镇新塘村	25km	边海大桥	Ⅲ	Ⅲ	保留区



图 3.1-1 四九河水功能区划示意图

3.1.2 水环境功能区划

四九河流域所在的汤塘镇主要河流为四九河、濠江以及黄花水。根据《广东省地表水环境功能区划》，四九河从“佛冈县红坪脑至佛冈县汤塘”河段为综合用水功能，其水质目标为Ⅱ类；濠江从“佛冈东天腊烛至佛冈县城湖滨”河段为综合用水功能，其水质目标为Ⅱ类，从“佛冈县城湖滨至北江与浈江交汇处”河段为综合用水功能，其水质目标为Ⅲ类，濠江汇入北江段属于“飞来峡区旧横石—清远新北江大桥”河段，为综合用水功能，水质目标为Ⅱ类；黄花水从“佛冈县至佛冈县黄花湖”，其水质目标为Ⅱ类。四九河从“佛冈县红坪脑至佛冈县汤塘”河段为综合用水功能，其水质目标为Ⅱ类。

表 3.1-2 广东省地表水环境功能区划表（佛冈县河流部分）

序号	功能现状	水系	河流	起点	终点	长度（km）	水质目标	行政区
32200	综	北江	濠江	佛冈东天腊烛	佛冈县城湖滨	42	Ⅱ	清远市
32202	综	北江	濠江	佛冈县城湖滨	北江浈江交汇处	40	Ⅲ	清远市
32210	综	北江	黄花水	佛冈县	佛冈县黄花湖	20	Ⅱ	清远市

32400	踪	北江	四九河	佛冈县红 坪脑	佛冈县汤塘	25	II	清远市
-------	---	----	-----	------------	-------	----	----	-----

3.2 污染源排放现状

3.2.1 工业污染源

根据清远市第二次污染源普查数据、排污许可证信息管理平台公开端查阅的相关资料，结合现场调查情况，统计四九河流域内工业企业废水排放情况，区域内涉水企业合计 8 家（含广佛产业园污水处理厂），其中废水排放至四九河的企业 3 家，分别为清远市佛冈县汤塘镇万兴电子塑胶制品有限公司、广东省佛冈县双凤食品有限公司和广佛（佛冈）产业园污水处理厂，企业排放情况见下表。

表 3.2-1 四九河流域工业污染源

名称	地理位置	距离四九河 位置/m	排水去向	废水排放量	排放浓度 (mg/L)
广东省佛冈金城金属制品有限公司	E113.502147°, N23.743189°	45	不外排	--	--
清远市佛冈县汤塘镇万兴电子塑胶制品有限公司	E113°34'14", N23°44'21"	15	四九河	6.24 万 t/a (0.02 万 m ³ /d)	COD: 90 NH ₃ -N: 10 TP: 0.5
清远加多宝草本植物科技有限公司	E113.479503°, N23.737440°	650	潞江	559358 t/a	COD: 90 NH ₃ -N: 10 TP: 0.5
强丰（佛冈）制鞋有限公司	E113.48656°, N23.751726°	370	潞江	--	COD: 90 NH ₃ -N: 10 TP: 0.5
佛冈县山深陶瓷原料有限公司	E113.623196°, N23.726516°	2500	不外排	--	--
海嘉塑业有限公司	E113.481756°, N23.751098°	180	不外排	--	--
广东省佛冈县双凤食品有限公司	E113.475970°, N23.746659°	40	四九河	35t/a	--

名称	地理位置	距离四九河位置/m	排水去向	废水排放量	排放浓度 (mg/L)
广佛（佛冈）产业园污水处理厂	E113.517641°， N23.741698°	580	部分回用，剩余尾水经专管排入海仔河，最终汇入四九河	8000m ³ /d	COD: 30 NH3-N: 1.5 TP: 0.3

经计算，四九河流域内工业污染源排放量分别为：化学需氧量 87.6t/a，氨氮 4.38t/a，总磷 0.876t/a。各工业企业及污染物排放情况如下表所示。

表 3.2-2 四九河流域工业污染源排放量

名称	化学需氧量排放量/t·a-1	氨氮排放量/t·a-1	总磷排放量/t·a-1	备注
清远市佛冈县汤塘镇万兴电子塑胶制品有限公司	5.616	0.624	0.0312	--
广东省佛冈县双凤食品有限公司	--	--	--	根据 2022 年统计数据，废水污染物主要为总氮，排放量为 0.009t/a
广佛（佛冈）产业园污水处理厂	87.6	4.38	0.876	--
合计	93.22	5.00	0.91	--

3.2.2 生活污染源

(1) 生活污水处理现状

汤塘镇城镇生活污水统一收集至污水处理厂处理，目前汤塘镇污水处理厂的服务范围为老镇区组团和温泉小镇组团，即汤塘、新塘、联合、脉塘等部分自然村及汤塘社区，汤塘镇污水处理厂总设计规模为 2.0 万 m³/d，其中首期已建成 1.0 万 m³/d，尾水排放至濠江，不在四九河流域范围内。四九河主要接纳流域范围内的农村生活污水，流域内的村落有田心村、官山村、湓江村、四九村、菱塘村、江坳村、汤塘村、新塘村、脉塘村、围镇村、黎安村、大埔村，农村地区生活污水部分直排，部分排入已建村级污水处理设施，经处理后排入四九河。

(2) 农村生活源产排量

农村生活污水排放量根据农村常住人口和人均污水排放系数计算。根据生态环境部制订的《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》，农村生活污水和污染物产排量可按下式计算。

$$\textcircled{1} \text{农村生活污水排放量} = \text{农村常住人口} \times \text{人均污水排放系数} \times 365$$

$$\textcircled{2} \text{农村生活污水污染物产生量} = \text{农村常住人口} \times \text{人均产污强度} \times 365$$

$$\textcircled{3} \text{农村生活污水污染物排放量} = \text{污染物产生量} - \text{污染物去除量} (\text{农污设施去除量})$$

参考系数手册的推荐值，人均污水排放系数为 50.63 升/人·天，COD、氨氮、总氮、总磷产污强度分别为 27.78 克/人·天、2.78 克/人·天、4.72 克/人·天、0.36 克/人·天。由此计算得到四九河流域农村生活污染源产生量。

(3) 农村污水处理设施去除量

根据汤塘镇农村生活污水治理现状底数调查情况，四九河流域共建有农村村级污水处理设施 142 座，其中 81 座正常运行，占比 57%，服务人口 25392 人。根据已完成农村污水治理的自然村人口和人均污水排放系数，计算得到农村污水处理设施的污水处理量。农村生活污水 COD、氨氮、总磷去除率参考系数手册推荐值，分别为 64%、53%、48%。根据农村生活污水的收集处理情况和处理效率，计算得到农村生活污水各类污染物的去除量，最终计算得到四九河流域农村生活污水排放量 81.67 万吨，农村生活源 COD、氨氮、总磷排放量分别为 283.33t/a、31.18 t/a 和 4.20 t/a。

表 3.2-3 四九河流域农村污水治理情况

农村常住人口	污水排放量/万吨·年 ⁻¹	农污设施服务人口	万吨·年 ⁻¹	未进设施人口	万吨·年 ⁻¹
44194	81.67	25392	46.92	18802	34.75

表 3.2-4 四九河流域生活污染源排放量

	COD	氨氮	总磷
产生量/t·a ⁻¹	448.11	44.84	5.80
去除量/t·a ⁻¹	164.78	13.66	1.60
排放量/t·a ⁻¹	283.33	31.18	4.20

3.2.3 畜禽养殖污染源

畜禽养殖业可分为规模化养殖与散养两大类，前者具有点源的排放特征，而后者则可归属为非点源。根据《广东省规模化畜禽养殖场（小区）主要污染物减排技术指南》的定义，规模化畜禽养殖场（小区）是指“生猪 ≥ 500 头（出栏）、奶牛 ≥ 100 头（存栏）、肉牛 ≥ 100 头（出栏）、蛋鸡 ≥ 10000 羽（存栏）、肉鸡 ≥ 50000 羽（出栏）的养殖场”。根据《畜禽养殖业污染物排放标准》（DB44613-2009），“对具有不同畜禽种类的养殖场和养殖区，其规模可将鸡、鸭、牛等畜禽种类的养殖量换算成猪的养殖量，换算比例为：30只蛋鸡、30只鸭、15只鹅、60只肉鸡、3只羊折算成1头猪，1头奶牛折算成10头猪，1头肉牛折算成5头猪。”因此，按照上述分类标准将四九河流域的畜禽养殖归类。

根据生态环境部制订的《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》，畜禽养殖业污染物产生量和排放量采用产排污系数法核算。污染物产生量等于养殖量乘以产污系数，污染物排放量等于养殖量乘以排放系数。系数手册给出了生猪、肉牛、蛋鸡和肉鸡的产排污系数，对于没有给出系数的畜禽种类，则按照《畜禽养殖业污染物排放标准》的换算比例，换算成猪当量后进行估算。系数手册中的产污系数，包括了单个畜禽所排泄的粪便和尿液中所含的各种污染物质。

生猪、肉禽、肉羊等养殖时间低于1年，因此按照出栏量计算污染物排放情况，肉牛、蛋禽等养殖时间大于等于1年的按照存栏量计算污染物排放量。目前四九河流域内主要养殖清远鸡、肉猪，根据上报及现场调查的畜禽养殖统计数据，2022年汤塘镇四九河流域范围内出栏规划养殖生猪9878头（其中规模化养殖3256头），规模化以下肉鸡1290745羽（其中规模化养殖652758羽），鹅5600羽，鸭7000羽，牛38头。按照产排污系数的方法，四九河流域存在的养殖种类、养殖数量、污染排放量见表3.2-5。

表 3.2-5 四九河流域畜禽养殖污染物排放情况

养殖种类	养殖量	化学需氧量（t/a）	氨氮（t/a）	总磷（t/a）
猪	3256（规模化养殖）	42.16	0.49	0.74
	6622（养殖户）	42.13	0.57	0.68

养殖种类	养殖量	化学需氧量 (t/a)	氨氮 (t/a)	总磷 (t/a)
肉鸡	652758 (规模化养殖)	127.22	0.07	1.17
	637987 (养殖户)	54.61	0.19	1.02
鹅	5600	2.37	0.03	0.04
鸭	10800	2.29	0.03	0.04
牛	38	4.94	0.01	0.02
小计	--	275.72	1.39	3.71

3.2.4 农田径流污染源

参照《全国水环境容量核定技术指南》中推荐的“标准农田法”进行估算。其中，标准农田的定义为：地处平原、土地利用类型为旱地、土壤类型为壤土、化肥施用量在 25-35 kg/（亩·年），降雨量在 400-800mm 的农田。

农田径流污染的 COD 及 NH₃-N 的负荷计算方法见下式：

$$P_{\text{COD}} = A \cdot \mu_{\text{COD}} \cdot \lambda \cdot 10^{-3}$$

$$P_{\text{NH}_3} = A \cdot \mu_{\text{NH}_3} \cdot \lambda \cdot 10^{-3}$$

式中：P_{COD} 为年 COD 负荷，t/a；P_{NH₃} 为年 NH₃-N 负荷，t/a；A 为农田面积，亩；μ_{COD} 为标准农田 COD 源强系数，10kg/（亩·年）；μ_{NH₃} 为标准农田 NH₃-N 源强系数，2 kg/（亩·年）；λ 为修正系数，此外，总磷计算公式与上述公式类似，标准农田的 TP 的源强系数取 0.5 kg/（亩·年）。对于非标准农田，对应的源强系数需要进行修正，修正系数见下表。

表 3.2-6 非标准农田产污系数修正值

主要因素	修正类别	修正系数
坡度	<25°	1.0~1.2
	>25°	1.2~1.5
农作物类型	旱地	1.0
	水田	1.5
	其它	0.7
土壤类型	砂土	1.0~0.8
	壤土	1.0
	粘土	0.8~0.6

主要因素	修正类别	修正系数
化肥使用量	<25kg	0.8~1.0
	25~35kg	1.0~1.2
	>35kg	1.2~1.5
降水量	<400mm	0.6~1.0
	400~800mm	1.0~1.2
	>800mm	1.2~1.5

根据汤塘镇的地理、气候条件，非标准农田产污修正系数选择：坡度修正系数取 1.1，水田农田种植修正系数 1.5，旱地农田种植修正系数 1.0，土壤类型修正系数 1.0，化肥使用量修正系数 1.1，降水量修正系数 1.3。根据农业农村局统计的数据，四九河流域内现状耕地面积为 18185.94 亩，果园地面积为 12340 亩，计算可得汤塘镇四九河流域内农业面源污染 COD、氨氮和总磷排放总量为 623.20 吨/年、124.62 吨/年、31.19 吨/年。

表 3.2-7 四九河流域农业面源污染物产排量

行政村	耕地（亩）	修正系数	果园地（亩）	修正系数	污染物产生量（t/a）		
					COD	NH3-N	总磷
田心	430	2.3595	380	1.573	16.12	3.22	0.81
官山	1100		418		32.53	6.51	1.63
蒞江	2336.94		3956		117.37	23.47	5.87
四九	1100		560		34.76	6.95	1.74
江坳	1028		2000		55.72	11.14	2.79
菱塘	1450		420		40.82	8.16	2.04
黎安	3741		2800		132.31	26.46	6.62
围镇	2245		653		63.24	12.65	3.16
脉塘	1950		6		46.10	9.22	2.31
汤塘	1967		350		51.92	10.38	2.60
新塘	15		25		0.75	0.15	0.04
大埔	823		772		31.56	6.31	1.58
小计	18185.94		12340		623.20	124.62	31.19

3.2.5 污染源排放量汇总

综合上述分析，将四九河流域工业污染源、生活污染源、畜禽养殖污染源和农田径流污染源各指标的排污量进行统计，各类污染源排放总量详见表 3.2-8。

(1) 污染物入河系数选取

污染物入河方式可分为生活污染源直排、污水处理设施和农田径流。根据《主要水污染物总量分配指导意见》（环发〔2005〕185 号）入河系数（以城市污水处理设施排放口到入河排污口的距离远近）确定： $L \leq 1\text{km}$ ，入河系数取 1.0； $1 < L \leq 10\text{km}$ ，入河系数取 0.9； $10 < L \leq 20\text{km}$ ，入河系数取 0.8； $20 < L \leq 40\text{km}$ ，入河系数取 0.7； $L > 40\text{km}$ ，入河系数取 0.6；工业源污染物均经过处理后排入四九河，其入河系数参照污水处理设施的入河系数，取 1.0。农村生活直排污染物入河系数取 0.4。根据《流域水污染物总量控制技术与示范》文献显示，农田径流的入河系数取 0.01-0.1，而根据《水环境容量计算》，农田径流的入河系数取 0.1-0.3，因此综合相关文献，汤塘镇的农田径流入河系数取 0.1 比较合适。规模化畜禽养殖的污染物经过处理工艺削减后排放，属于点源排放，因此其入河系数参照点源污染的入河系数，而散养的污染物排放属于面源排放，因此其入河系数参照面源污染的入河系数，参考《第一次全国污染源普查畜禽养殖业源产排污系数手册》和《流域水污染物总量控制技术与示范》等，规模化养殖排放系数取 0.6，散养养殖入河系数取 0.3。

(2) 污染物入河量

将前述生活源、面源污染进行汇总，得到四九河流域污染物的排放总量，再乘以入河系数，即可得到四九河的污染物入河量，具体结果如下表所示，四九河流域内污染物的排放 COD、氨氮和总磷的排放量分别为 1275.47 吨/年、162.20 吨/年和 40.01 吨/年，其相应的入河量分别为 402.4 吨/年、30.53 吨/年和 7.39 吨/年。根据统计汇总结果，流域主要的污染源为农村生活源、工业源、畜禽养殖源。

表 3.2-8 四九河流域污染源排放量和入河量

类型	排放量/ $\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$			入河量/ $\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$		
	COD	氨氮	总磷	COD	氨氮	总磷
工业源	93.22	5.00	0.91	93.22	5.00	0.91

农村生活	283.33	31.19	4.21	113.33	12.48	1.68
畜禽养殖	275.72	1.39	3.71	133.53	0.59	1.69
农田种植	623.20	124.62	31.19	62.32	12.46	3.12
合计	1275.47	162.20	40.01	402.40	30.53	7.39

3.3 水环境质量状况

3.3.1 水质数据分析

根据四九河汇入潯江断面（陂脚断面）2023 年的水质数据，参考《地表水资源质量评价技术规程 SL395-2007》，将监测指标按超标频率进行高低排序，确定主要的超标项目，由于粪大肠菌群不纳入考核，故本阶段不对该项指标进行细化分析。从各监测指标的超标频率来看，陂脚断面超Ⅱ类频率最高的是 BOD₅（66.67%），最大超标倍数为 1.13 倍，其次是氨氮（60%）和总磷（60%），最大超标倍数分别为 0.92 倍和 0.14 倍，而 COD 超标频率最低，超标率为 40%，最大超标倍数为 0.73 倍，四九河汇入口未能达到Ⅱ类标准，其中 COD 和 BOD₅ 超过了Ⅲ类标准。

表 3.3-1 四九河汇入口水质数据表

	COD	氨氮	总磷	BOD ₅
6 月 29 日	4	0.72	0.103	/
7 月 13 日	22	0.23	0.092	6.4
8 月 02 日	9	0.96	0.106	/
8 月 17 日	26	0.6	0.114	5.5
8 月 31 日	6	0.34	0.074	1.6
平均值	13.4	0.57	0.0978	4.5
Ⅱ类标准	15	0.5	0.1	3
Ⅲ类标准	20	1.0	0.2	4

3.3.2 水环境现场调查

（1）上游河段

四九河上游多为建设用地，部分农用地主要种植果蔬，河道整体水环境质量

良好，上游河段主要环境问题是农村生活污水的收集与处理效率较低导致的污水直排。经核查，河道上游途径官山村、四九村、湓江村、江坳村、菱塘村等片区，片区内尚有部分自然村未建设农村污水处理设施，或已建农污设施无法稳定运行，存在农村生活污水直排河道现象。此外，经村民访谈，现有的大部分农污设施配套管网主要用于收集厕所尾水，其余生活废水收集管网建设不完善或存在明显破损，导致生活污水在收集过程中时常出现直接溢流至路面或农业灌溉渠中，最终直排入河，对河道水质有较大影响。**生活污水收集与排放系统问题较为典型的区域为官山村委下的大路村和海围村、江坳村委下的西坑村和显历村**，官山村区域内生活污水收集空白区较多，大量生活污水均以直排的方式入河，而江坳村区域内已建设管网不完善或存在多处破损，导致污水无法有效收集与处理，最终通过溢流形式直排河道。

根据现场调查，污水处理设施方面，官山村委的大路村和海围村当前共已建设三座生化池处理设施，但三座设施均因建设时间较长，池体存在一定破损，结构与功能设计也均已无法满足当前村庄内的生活污水处理需求，且其中一座设施因运维不到位，当前已处于停用废弃状态，无法有效处理污水，而显历村和西坑村设施保持正常运行状态，但整体进水量较少。污水管网方面，大路村和海围村历史已建设管网主要用于收集厕所尾水，对于其余生活污水的收集有限，村庄内西南侧大部分区域均为管网建设空白区，该片区内日常的农村生活污水均主要以直排的方式排入四九河，对河道水环境质量造成较大负面影响，而显历村和西坑村历史建设管网存在大量破损情况，从而导致污水从破损处溢流，最终直排进入河道。





(2) 中游河段

四九河干流中游段主要为农业用地，多为林地，部分农用地主要种植果蔬及养殖畜禽，河道中游途径江坳村、菱塘村、黎安村、围镇村等片区，河道所处地势较高，沿途除广佛产业园排污外，无其余重大污染源汇入，水环境质量良好，中游河段主要环境问题是广佛产业园园区的污水处理厂尾水对河道水质的影响。经现场调查，园区污水处理厂尾水 COD、BOD、氨氮、总磷执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准，尾水排放量 8000t/d，经排洪渠进入四九河。四九河生态流量较小，且水质目标为II类，园区污水处理厂尾水经排洪渠进入四九河后，尾水中的污染物浓度相比水质目标限值仍较高，四九河水环境容量有限，水体污染物浓度明显上升。



(3) 下游河段

四九河干流下游段途径汤塘镇镇区，主要为建设用地，部分农用地主要种植果蔬及养殖畜禽，河道下游途径汤塘镇镇区、新塘村、汤塘村、大埔村等片区，最终四九河在流经汤塘村、新塘村片区后汇入濠江，水体明显较上游浑浊，水环境质量一般，片区现存主要问题是汤塘镇镇区新街、新旗、田中间村片区的生活污水直排。经核查，汤塘镇镇级污水厂已于 2021 年投入运行，配套建设收集及输送管道 12.312km，当前建设管网主要为污水主管，现有管网沿河而建，**镇中心片区存在部分支、次管网空白区，大部分城镇生活污水通过周边预设排水口直排濠江和四九河**，少量污水则通过镇中心明渠排放，最终污水淤积于兴业街道周边，形成黑臭水体片区，严重影响河道水环境质量及周边居民生活环境。



3.4 流域主要问题识别

3.4.1 农村污水直排现象突出

截污不到位，管网破损导致污水直排、溢流现象突出。据调查，四九河流域覆盖 12 个行政村，141 个自然村，村庄分布较分散，农村生活污水设施及配套管网建设落后，142 座已建成农村污水处理设施中部分设施存在湿地壅水、植物不正常生长、跳闸、衔接不畅等问题，污水收集与处理效率有待进一步提升，且部分自然村仅完成主管网建设，连接村户的最后一米管网并未完成建设或存在破损，无法对污水进行有效收集与处理。同时，围内、横坑、上黎等自然村尚未完成污水处理设施建设，农村生活污水直接散排至雨洪沟渠及农田排灌渠，最终进入河道对流域水质产生较大影响。

3.4.2 流域产业逐步发展，工业污染贡献逐渐升高

为适应城镇化和社会经济发展需求，协调区域水资源的合理开发利用，依法

科学管理水环境、控制水污染、保护水资源，促进社会经济可持续发展，佛冈县对四九河水功能区划进行优化调整，将原源头水保护区更改为保留区，流域的城市规划、产业布局、功能定位、用水需求等与原水功能划定时发生了变化。广佛（佛冈）产业园建设选址位于佛冈县汤塘镇，并以四九河支流作为纳污水体进行污水排放，园区污水排放分三期规划，近期规划排放 8000m³/d，中期规划排放 2.5 万 m³/d，远期规划排放 5 万 m³/d，污水厂尾水按照地表水 IV 标准进行排放，从长远看来，因四九河基本流量相对较小，随着园区排放水量逐步增大，排放水体对于Ⅱ类水质考核目标的四九河污染贡献逐步增大，对流域水环境质量存在较大影响。

3.4.3 畜禽养殖方式粗放，减排压力大

四九河流域规模化及专业化生猪和肉鸡养殖比例分别为 32.96%和 50.57%，剩余养殖的鹅、鸭、牛等畜禽均以分散式养殖为主，规模化养殖率较低。此外，流域内养殖废弃物资源化利用程度整体偏低，养殖模式粗放，且绝大部分养殖专业户等散养企业基本未设置污水处理设施，缺少种养结合、生态养殖模式，废弃物资源化利用率很低，养殖户大多采用水冲粪方式处理养殖废弃物，畜禽粪污采取水冲入鱼塘或沟渠的方式处理，未经处理的养殖业废水直接排入江坳村、黎安村、新塘村、湓江村周边支流排坑，最终汇入四九河干流，严重影响干流水环境质量。

3.4.4 农业面源污染问题突出

四九河流域土地利用以农业用地为主，占比高达 88.33%，耕地面积占比达到 19.92%。农业种植业部分污染物通过地表径流进入周边排灌渠及支流排坑，最终汇入四九河，大部分氮磷污染物进入环境，农田径流氨氮和总磷的现状入河量占全部污染物入河量平均可达 45%以上，是四九河流域氨氮、总磷污染的重要来源。据统计，四九河流域主要农业耕种区域分布于湓江村、江坳村、黎安村、四九村、田心村等片区，片区内农用耕种面积均大于 1000 万平方米，单位耕地面积化肥使用量较高，雨季大量营养物质随地表径流进入周边农业排灌渠，最终汇入四九河河道，对河道水质产生一定影响。

3.5 流域治理任务

为解决上述环境问题，推进四九河流域水环境质量改善，佛冈县制定了《清远市佛冈县四九河流域水质达标综合整治方案》，围绕生活污水减排、工业污染治理、农村面源控制、畜禽养殖污染防治等六大方面规划了多个工程，逐步推进流域系统治理。

为落实《清远市佛冈县四九河流域水质达标综合整治方案》中的相关任务措施，考虑地方实际财政情况，按照总体部署，分步实施的方针，优先解决重点突出问题。针对上游河段生活污水直排问题，拟实施生活污水处理设施建设和升级改造工程，针对中游河段污水处理厂尾水排放问题，拟实施人工湿地水质净化及生态修复项目，针对下游河段汤塘镇生活污水管网不完善问题，拟实施汤塘镇污水厂一期管网清淤修复工程。目前，汤塘镇污水厂一期管网清淤修复工程已在规划实施，因此，佛冈县拟开展佛冈县四九河流域水污染治理及生态修复项目，按照项目实施主体，项目分为生活污水处理设施建设和升级改造工程、人工湿地水质净化及生态修复工程、四九河流域水环境常态化巡查项目三个子项目。本可行性研究报告对佛冈县广佛园人工湿地水质净化及生态修复项目中广佛园管委会承担的工程内容进行分析论证，以便于后期工作的推进。

第四章 项目实施区域概况

为解决四九河突出环境问题，佛冈县拟优先实施生活污水处理设施建设和升级改造、人工湿地水质净化及生态修复项目、汤塘镇污水厂一期管网清淤修复工程。本项目佛冈县广佛园人工湿地水质净化及生态修复项目为佛冈县四九河流域水污染治理及生态修复项目的子项目，实施区域基本情况如下。

4.1 园区规划

4.1.1 控制性详细规划

根据《广清经济特别合作区广佛（佛冈）产业园一期控制性详细规划修改》，广佛产业园的产业定位为以智能装备制造、生物医药与生命健康、精细化工、现代食品为主导产业。规划园区位于佛冈县汤塘镇西南部，汕湛高速以南，京港澳高速以东，省道 354 线以北，规划范围面积约 1153.31 公顷，规划期限为 2019-2035 年。

4.1.2 水环境保护目标

园区所在区域附近河流主要为濠江、四九河和黄花水。根据《广东省地表水功能区划》，濠江（佛冈县城湖滨至北江与浚江交汇处）为综合用水功能，水质目标为Ⅲ类，执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中的Ⅲ类标准；四九河（佛冈县红坪脑至佛冈县汤塘）为综合用水功能，水质目标为Ⅱ类，执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中的Ⅱ类标准；黄花水（佛冈县至佛冈县黄花湖）为综合用水功能，水质目标为Ⅱ类，执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中的Ⅱ类标准。

4.1.3 环境污染防治措施要求

园区拟设置集中污水处理设施处理园区内产生的生产废水和生活污水，园区内生产废水和生活污水经预处理达到广东省《水污染排放限值》（DB44/26-2001）第二时段三级标准后，通过园区污水管网排入园区污水处理厂处理，尾水中 COD、BOD5、氨氮、总磷处理达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅳ类标准，

SS 执行《农田灌溉水质标准》(GB5084-2005)中最严标准, pH、LAS、总铜、总锌、石油类、挥发酚等执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 标准和广东省《水污染物排放限值》(DB44/26-2001)第二时段一级标准的较严者。

4.2 广佛园污水厂概况

4.2.1 污水性质

园区污水中工业污废水占比 66.4%，综合生活污水占比约 33.6%。根据《广清产业园 B 区汤塘片区控制性详细规划》，园区主要功能包括先进制造、孵化研发、商贸物流、配套服务、配套居住。产业定位以新能源、新材料、生物医药与生命健康、精细化工、智能装备为主导产业，以农产加工、商贸物流、休闲旅游为辅助产业。工业污废水中，制药废水和精细化工废水合计占比约 33%；新材料、新能源和智能装备制造废水占比约 30%；综合生活污水占比约 33%。

表 4.2-1 污水排放比例

序号	污废水类型	占比
1	综合生活污水	33.6%
2	新材料、新能源、智能装备制造污废水	8.62%
3	生物医药及生命健康废水	6.17%
4	精细化工废水	24.8%
5	现代食品废水	26.73%
6	辅助产业废水	0.01%

4.2.2 处理规模及设计进出水水质

根据污水处理厂设计资料和环评批复，污水处理厂一期工程按照土建施工 5 万 m³/d+设备安装 2.5 万 m³/d，设计处理能力 8000m³/d 的规模进行建设。

根据入园企业环评文件，目前园区近期引进的企业主要为智能装备制造、生物制药、精细化工、新材料产业、现代食品业，工业废水基本以生产设备清洗、场地清洗、真空泵排水、除盐冷凝水、喷淋塔废水为主，主要污染物以有机物为主，如 pH 值、SS、COD、BOD₅、氨氮、石油类、动植物油、LAS、总有机碳、TN、TP、色度。污水处理厂一期工程不接收重金属废水，若后期园区的金属制品企业或其他企业产生含重金属的污废水，自行处理后厂区内综合利用、处理过

程中产生的废液委外处理，不外排重金属废水。因此，污水处理厂接收的污水中不含重金属污染物，其主要污染物为 COD、BOD₅、氨氮、总磷等。

根据园区各种污水所占比例计算，理论进水水质如下表所示。并根据加权平均至确定设计进水水质。根据污水处理厂环评批复，污水厂出水水质 COD、BOD、氨氮、总磷执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准，SS、TN 执行广东省地方标准《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）第二时段一级标准以及《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）及其修改单一级 A 标准的较严值要求。

表 4.2-2 设计进出水水质

污染物名称	CODCr	BOD5	SS	NH3-N	TN	TP	总大肠菌群
单位	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	个/L
设计进水水质	≤400	≤150	≤180	≤35	≤38	≤6	——
设计出水水质	≤30	≤6	≤10	≤1.5	≤15	≤0.3	≤2
处理程度（%）	92.5	96	94.4	95.7	60.5	95	——

4.2.3 处理工艺

本项目采用“粗格栅及提升泵站+细格栅及沉砂池+调节池及提升泵+水解酸化池+A2/O 生化池+二沉池+高效沉淀池+反硝化深床滤池+光催化臭氧氧化池+紫外灯消毒”处理工艺，污泥采取板框压滤机脱水，除臭采取生物滤池工艺，污水处理工艺流程如下图所示。

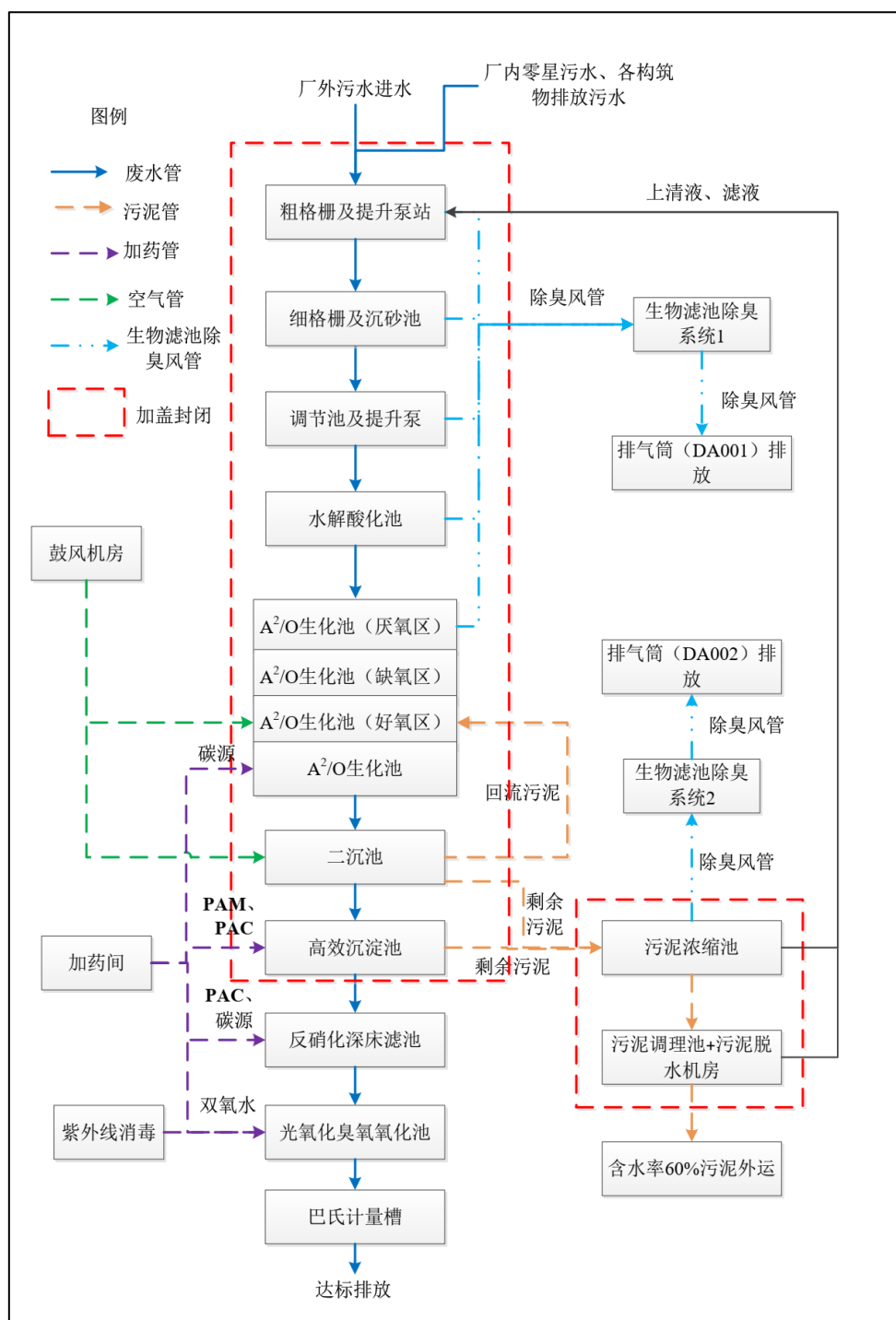


图 4.2-1 工程工艺流程图

4.2.3.1 预处理工艺

预处理单元通常指设置在二级生化处理单元前面的一系列工艺单元，其目的是改善生化处理单元的条件，降低生化处理负荷等，为生化处理单元更好达标创造条件。工业园污水进水水质十分复杂，除含有 BOD_5 、 COD_{Cr} 、SS、 NH_3-N 、

PO₄-P 等常规污染物之外，其进水中还可能含有毒物质、酸碱、表面活性剂、长链和环状有机物等难以用生物法降解去除的污染物。经企业内部初步处理达到纳管标准后，工业废水中的有毒有害物质、酸碱、重金属等大部分应被去除。残留部分很难再被微生物直接降解。预处理采用粗格栅及提升泵站+细格栅及沉砂池+调节池及提升泵+水解酸化池的方式，具体工艺流程如下：

从服务园区收集污水首先进入粗格栅间，过滤掉较大尺寸的漂浮物后，进入进水提升泵房，经提升后进入细格栅池。经细格栅进一步拦截较细小漂浮物后，进入沉砂池去除粗颗粒，然后进入调节池，进行均和调节处理，使其水量和水质都比较稳定，为后续的水处理系统提供一个稳定和优化的操作条件。调节池末端设提升泵，将污水提升后进入水解酸化池。**经水解酸化池水解难生物降解有机物和有毒有机物后，进入 A²/O 生化池，以完成生物脱氮除磷和降解有机污染物的过程。**厌氧水解酸化池的主要功能是改善进水可生化性，提高对难生物降解有机物的去除效果，同时可对进水中较高浓度的 SS 进行初步沉淀，还可以将固体性 COD 进行厌氧水解，增加污水中溶解性 COD 和 BOD₅，增加可利用的碳源，对充分反硝化脱氮有利。

4.2.3.2 二级处理工艺

常规二级处理工艺主要是以脱氮除磷为目的的生物处理工艺，在这个阶段废水中的绝大部分 BOD₅、COD、氨氮、TP 得以去除。本工程生物处理工艺方案采用改良 A²/O 氧化沟工艺。改良型 A²/O 工艺系在常规 A²/O 工艺基础上改进而成。即在常规 A²/O 工艺的厌氧区前增加一个选择区（预缺氧区），回流污泥分两点回流，20%~50%回流到选择区，50%~80%回流到缺氧区。污水和部分回流污泥进入选择区，停留时间为 20~30min，微生物利用进水中有机物去除回流污泥中的硝态氮，消除硝态氮对厌氧池的不利影响，以保证厌氧池的稳定性，提高除磷效率。同时，改良 A²/O 氧化沟工艺保留了常规 A²/O 工艺的混合液内回流，从而保证脱氮效果。因此，改良 A²/O 氧化沟工艺同时具有较好的脱氮和除磷效果。具体工艺流程如下：

污水处理中心部分为生物处理系统（A²/O 生化池），其由厌氧池、缺氧池、好氧池构成。厌氧池安装潜水搅拌器，以保证污水及回流污泥均匀混合和防止污

泥沉降。厌氧池中，积聚在污泥团中的磷被释放出来，但由于在好氧状态下的富磷吸收现象，使到释放出的磷重新被污泥吸收，所以通过排除剩余污泥可以达到去除污水中磷的目的。

厌氧池出来的污水和好氧池内回流污水在此得到均匀混合，由于混合液呈缺氧状态，使到反硝化反应在此得以实现；污水中的大部分氮因此而被去除；缺氧池安装 1 台潜水搅拌器，以保证污水及污泥充分混合和防止污泥沉降。

好氧池为了提高设备利用率，以及氧气的利用率，达到降低能耗，减少占地及基建投资之目的，采用微孔曝气的方式，空气由鼓风机提供。好氧池安装潜水搅拌器，以保证污水及污泥充分混合和防止污泥沉降。

4.2.3.3 深度处理工艺

深度处理的重点是 SS、TP 和残留的难生物降解有机物的处理，采用混凝沉淀+光化学催化氧化+过滤工艺的组合工艺。通过投加混凝剂和助凝剂，充分混凝和絮凝后沉淀，进一步去除二级生化处理系统未能除去的胶体物质、部分重金属和有机污染物。前段用混凝沉淀将污水中的 TP 转移至固相中，并沉淀去除，污水中 TP 和 SS 浓度大幅度降低。中段用高级氧化单元去除水中难生物降解有机物，氧化彻底，去除效果好。后段采用滤池进一步去除水中 SS，顺带去除部分固态 TP。具体工艺流程如下：

A2/O 生化池的出水进入二沉池进行固液分离，沉淀污泥一部分排出系统进入污泥脱水系统，另一部分回流至 A2/O 生化池的厌氧池。二沉池出水中仍然含有部分 SS 和生化除磷剩余的总磷，进入高效沉淀池。高效沉淀池在前端投加 PAC 和 PAM 作为絮凝晶核，加快絮凝反应和化学除磷反应，后端为沉淀区。高效沉淀池出水 SS 和 TP 浓度很低，可直接进入光催化臭氧氧化池，**在紫外光照射的同时，投加臭氧和双氧水，氧化去除污水中难生物降解的有机物。**氧化池出水 SS 可能略有升高，经后续砂滤池过滤，进一步去除 SS、TP 和 COD。污水处理系统各单元产生的剩余污泥，通过排泥泵进入污泥浓缩池，经管道在调理池调理后，进入污泥脱水机房，经板框式压滤机脱水后，滤液返回污水处理系统处理，泥饼外运处置。

预处理区产生的栅渣、沉砂经收集后外运处理，二沉池的剩余污泥经浓缩、

脱水后外运处理，预处理区、生化区、沉淀区产生的恶臭污染物经生物滤池除臭后由 15 米排气筒（DA001）排放，污泥浓缩池、污泥调理池、污泥脱水机房产生的恶臭污染物经生物滤池除臭后由 15 米排气筒（DA002）排放。

4.2.4 入河排污口设置

根据清远市生态环境局关于《广佛（佛冈）产业园配套污水处理厂一期工程入河排污口设置论证报告》的批复，污水处理厂入河排污口位于规划十四路与一横路交叉口西北侧的园区海仔河扩建段右岸。

第五章 项目建设必要性与可行性

5.1 项目建设必要性

5.1.1 是落实国家、地方水环境整治相关政策的需要

水环境保护事关人民群众切身利益，事关全面建成小康社会，事关实现中华民族伟大复兴中国梦。为切实加大水污染防治力度，保障国家水安全，国务院制定《水污染防治行动计划》（“水十条”）。

“水十条”明确各级地方人民政府是实施水污染防治行动计划的责任主体，提出工作目标：到 2020 年，全国水环境质量得到阶段性改善，污染严重水体较大幅度减少，近岸海域环境质量稳中趋好，珠三角区域水生态环境状况有所好转。到 2030 年，力争全国水环境质量总体改善，水生态系统功能初步恢复。

清远市积极响应国务院、广东省的号召，以《水十条》要求为基础，结合我省《南粤水更清行动计划（2013~2020 年）》实施情况和水污染防治工作实际，编制了《清远市水污染防治行动计划工作方案》（2016 年 2 月）。《工作方案》要求近期清远市市级和县级集中式饮用水水源水质全部达到或优于Ⅲ类，农村饮用水水源水质安全基本得到保障；全市地表水省控断面水质优良（达到或优于Ⅲ类）比例达到 92.3%以上；已划定地表水环境功能区划的水体断面基本消除劣 V 类，城市建成区黑臭水体控制在 10%以内；地下水水质保持稳定，极差的控制在 10%以内。到 2030 年，清远市地表水水质优良（达到或优于Ⅲ类）比例进一步提升，城市建成区黑臭水体总体得到消除；清远市市级和县级集中式饮用水水源高标准稳定达标，农村饮用水水源水质得到保障。

本项目的实施是佛冈县落实《水污染防治行动计划》、《清远市水污染防治行动计划工作方案》的重要举措，将有利于提高清远市及佛冈县整体的水环境质量。

5.1.2 是实施《清远市国土空间总体规划（2021-2035 年）》、《佛冈县生态环境保护“十四五”规划》和《佛冈县国土空间总体规划（2020-2035 年）》的需要

《清远市国土空间总体规划（2021-2035 年）》等相关规划都提出佛冈县要做

好“融湾崛起排头兵，生态发展新标杆”的目标愿景。《规划》（清远市）提出水环境水生态修复，重点修复治理北江、连江，推进河道生态系统保护与碧道建设，加强水源头治理、江心岛修复，推进河道整治、河流岸边带治理。《规划》（佛冈县）提出构建“五屏两廊多节点”的生态保护格局，通过生态廊道串联自然保护区、重要森林公园、特色旅游度假区等重要生态节点，构建具备水源涵养、生物浅迁徙、通风防护等功能的全域山水生态网络。优先划定生态保护红线，践行生态文明理念，严格保护自然保护地、生态功能区域和生态敏感区域，确保生态保护红线生态功能不降低、面积不减少、性质不改变。《规划》（佛冈县）同时还提出要注重水资源保护与利用，坚持“以水定城、以水定地、以水定人、以水定产”，强化水资源总量控制、水功能区限制纳污“三条红线”管控。

5.1.3 是提高人民生活品质，保障人民群众利益的需要

坚持人与自然和谐共生，树立和践行绿水青山就是金山银山的理念，坚持节约资源和保护环境的基本国策，大力推进水生态文明建设，以改善水环境质量为核心，以恢复生态系统为目标，以正本清源、截污限排为抓手，通过截污、控污、治污和生态修复等工程措施，实现“水清、岸绿、景美”的目标。为人民群众提供良好的生活环境质量，是改善人民群众生存条件、实现安居乐业，保障人民群众利益的重要基础，是社会发展和人类进步的具体体现。本项目的实施，是贯彻落实《水污染防治法》和《水污染防治行动计划》，有利于推进佛冈县汤塘镇产业布局转化升级，改善四九河两岸生态环境，改善区域投资环境，解决老百姓身边突出环境问题，提高人民群众对美好生活获得感的重要举措，也是经济发展的必然选择，更是人民的迫切愿望。因此，本项目开展是必要且迫切的。

5.1.4 是加强源头水体保护，提升区域水环境的需要

近年来，清远市佛冈县汤塘镇充分发挥自身优势，不断完善基础设施建设，推动地方经济发展和人民生活水平的提高，环境不断改善。然而，由于地方财政紧张，部分农村基础设施建设不到位，导致生活污水收集与处理处置效率偏低，存在生活污水排入周边农灌渠及支流排坑最终直排河道现象。此外，佛冈县汤塘镇面临产业升级转型，四九河流域将承载广州（清远）产业转移工业园汤塘片区

及四九种植基地片区的新型优势产业、特色农产品种植及加工，配套居住生活、休闲度假服务功能，流域将承载更大的环境污染负荷，产业发展布局调整后保障流域水体长期稳定达到Ⅱ类目标将面临巨大挑战。通过开展佛冈县四九河流域水污染治理及生态修复工程，将有利于削减汤塘镇农村生活污水与广佛园园区生活及工业污水污染负荷，降低河道水环境污染程度，恢复四九河流域河流水生态系统，强化源头水体自净及保护功能，保障流域水体及下游潞江的良塘省考断面稳定达标。

5.1.5 是保障潞江良塘省考断面水质稳定达标的现实需要

随着清远市佛冈县工业化、城镇化与美丽乡村的不断发展，为适应城镇化和乡村振兴社会经济发展需求，协调区域水资源的合理开发利用，依法科学管理水环境、控制水污染、保护水资源，促进社会经济可持续发展，佛冈县对四九河水功能区划进行优化调整，并将广佛（佛冈）产业园建设选址定于佛冈县汤塘镇，以四九河支流作为纳污水体进行污水排放。

潞江流域受人类活动的影响，水资源供需矛盾日益尖锐，生态用水保障面临较大压力。2022-2023 年清远市水质监测结果显示，潞江良塘省考断面水质状况不稳定，常位于Ⅱ-Ⅲ类水质之间波动，但总体水环境承载力为未超标状态，而四九河作为潞江良塘省考断面上游的主要支流之一，汇入水体对良塘断面水质影响较大。通过建设官山村委大路、海围自然村生活污水处理处置工程以及广佛园人工湿地水质净化及生态修复工程将有利于进一步削减四九河流域污染物排放总量，减轻河流水体自净的压力，从而降低四九河对潞江良塘省考断面的污染贡献，为良塘省考断面稳定达标奠定良好基础。

5.2 项目建设可行性

5.2.1 技术可行性

本工程涉及生态修复工程。工程均为目前国内常用的技术措施，技术纯熟，应用于各类水环境综合治理项目中，在国内外已有较多成功的案例，为本工程实施积累了大量经验，且经过调查，本工程范围内，具备可实施条件，因此技术层

面本工程切实可行。

5.2.2 经济可行性

本工程符合国家，省水污染防治资金支持方向，能为本项目实施提供部分经济保障。工程建设严格按照当地财政政策执行，工程造价符合当地最新工程造价信息要求，工程实施过程中，各项工程项目相互配合，充分利用内部资源，做到资源化利用，节约成本。通过本工程的实施，有利于提升四九河流域整体水环境质量，同时改善河道水生态及两岸水环境，提升附近居民幸福感。同时，随着环境的提升，则自然拉动周围的经济发展，促进商业、文旅、服务业等行业的发展。

5.2.3 工作基础

十四五开局，清远市生态环境局佛冈分局以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻习近平生态文明思想，认真落实各项水污染防治攻坚任务，先后在佛冈县四九河流域开展了水系调查、污染源排污口专项行动和水污染现状核算等工作，全面掌握流域生态环境现状，为因地制宜的设计四九河流域水污染治理及生态修复工程提供了良好的基础数据支撑。

第六章 项目建设方案论证与设计

本项目为佛冈县四九河流域水污染治理及生态修复项目的子项目，由广佛园管委会组织实施，建设方案以广佛园管委会实施部分为主。

6.1 项目总体要求

6.1.1 设计原则

（1）合理规划原则。项目整体规划设计应充分利用现有条件和地形地貌，并结合乡镇建设和生态环境保护工作的相关要求。

（2）可操作性原则。在充分分析污染现状、水质监测数据和实地考察、论证的基础上，选用合理、可靠、成熟的治理技术，以保证考核目标的达标。

（3）资源节约原则。合理选用建设材料，使之能够在合理整治环境的同时，尽可能地经济耐用，充分利用项目现有条件，降低资源消耗量。

（4）生态可持续原则。采用低影响、低成本、低维护的技术应用体系，从生态的角度出发，对受污染水域进行生态修复。

（5）实施可行原则。治理方案力求节能、低耗、高效，且操作简便，占地面积少，施工方便，投资节省，运行费用低。

6.1.2 治理目标

通过实施人工湿地水质净化及生态修复工程，使广佛园污水处理厂尾水从Ⅳ类水质提升至Ⅲ类，降低园区污染入河负荷对四九河水环境的影响，解决中游河段突出环境问题。

6.2 处理工艺分析论证

为将广佛园污水处理厂尾水水质从Ⅳ类提升至Ⅲ类，本项目拟在广佛园污水处理厂出水末端增加“尾水深度净化+水生态修复”工艺，使主要污染物 COD、BOD、氨氮、总磷达到Ⅲ类限值。本项目是在现有污水处理厂深度处理后的尾水进一步深度处理，现有污水处理厂的深度处理工艺是“混凝沉淀+光化学催化氧化

+过滤”的组合工艺，因此本项目的深度处理应在此基础上进一步深化。

6.2.1 深度处理工艺

深度处理的对象与目标是进一步降低 BOD₅、COD、氨氮、TP 等指标，使水质进一步稳定。目前使用较多的深度处理工艺包括混凝沉淀、过滤、活性炭吸附以及膜技术等，视处理目的和要求的不同，可以为以上工艺的组合。

6.2.1.1 混凝沉淀

混凝沉淀工艺在城市污水深度处理中主要起以下作用：

1) 进一步去除污水中呈胶体和微小悬浮状态的有机和无机污染物，也即去除污水的色度和浊度。

2) 除 TP。因污水中的磷酸盐大部为可溶性，一级处理去除量很少，一般的二级处理也只能去除 20~40%左右，混凝沉淀处理则可大幅度提高除磷率至 60%~75%，是最有效的化学除磷方法。

3) 还能去除污水中的乳化油和其他工业水污染物。

6.2.1.2 过滤

过滤在深度处理中的作用是：

1) 去除生物过程和化学澄清中未能沉降的颗粒和胶状物质；

2) 增加以下指标的去除效率：SS、浊度、TP、BOD₅、COD_{Cr}、重金属、细菌、病毒和其它物质；

3) 由于去除了悬浮物和其它干扰物质，因而可增进消毒效率，降低消毒剂用量。

6.2.1.3 活性炭吸附

活性炭吸附是去除水中溶解性有机物的最有效方法之一。活性炭具有发达的微孔结构，巨大的比表面积，可以明显改善水的色度，嗅味和各项有机物指标。活性炭在城市污水深度处理中的作用，主要是去除生物法所不能去除的某些溶解性有机物。活性炭还能去除痕量重金属。但由于活性炭吸附处理后的出水亚硝酸盐浓度容易升高，而且炭的失效点不易判定，因此活性炭一般不宜单独用于水处理，应与其他方法结合使用。

6.2.1.4 膜技术

膜分离技术在 20 世纪 60 年代开始应用于水处理领域，至今不过几十年的时间，但已经成为水深度处理领域最有发展潜力的净水技术之一。

膜分离技术是通过利用特殊的有机高分子或无机材料制成的膜对混合物中各组分的选择渗透作用的差异，以外界能量或化学位差为推动力对双组分或多组分液体进行分离、分级、提纯和富积的技术，在污水深度处理中应用较为广泛的主要是微滤（MF）、超滤（UF）、纳滤等。微滤能够分离水中的悬浮颗粒，超滤可有效地去除污水中颗粒物及大分子物质。**膜生物反应器（MBR）产生于 20 世纪末，是超滤或微滤与传统的活性污泥生化处理技术相结合的产物。**它既利用了膜分离的选择透过性与高效性，又利用了生物处理的有效性及彻底性，既可对有机物进行深度氧化，又可利用硝化、反硝化脱氮，可最大限度地去除水中的有害物质。污水经膜生物反应器处理后，出水水质清澈，有机物含量极低，可直接回用。纳滤是一种介于反渗透和超滤之间的压力驱动膜分离过程，纳滤膜的孔径范围在几个纳米左右。与其他压力驱动型膜分离过程相比，出现较晚。纳滤(NF)用于将相对分子质量较小的物质，如无机盐或葡萄糖、蔗糖等小分子有机物从溶剂中分离出来。纳滤又称为低压反渗透，是膜分离技术的一种新兴领域，其分离性能介于反渗透和超滤之间，允许一些无机盐和某些溶剂透过膜，从而达到分离的效果。

6.2.1.5 消毒

消毒的目的是杀灭水肿病原微生物，防止水致传染病的危害，同时还可控制处理构筑物内菌藻繁殖，保证水路畅通。消毒方法有多种形式，氯消毒及紫外线消毒。

污水处理厂出水深度处理的去除对象及采用的主要处理方法详见下表。

表 6.2-1 深度处理工艺及主要适用对象

去除对象		适用指标	采用的深度处理技术
有机物	悬浮状态	SS、VSS	过滤、混凝沉淀
	溶解状态	BOD、COD、 TOC、TOD	混凝沉淀、活性炭吸附、臭 氧氧化、高级氧化
植物性营	氮	NH ₃ -N	吹脱、折点氯化、生物脱氮

养盐类		NO ₂ -N、NO ₃ -N	生物脱氮
	磷	PO ₄ -P、T-P	金属盐混凝沉淀、石灰混凝沉淀、晶析法、生物除磷
微量成份	溶解性无机物、无机盐类	电导度、Na、Ca、Cl 离子	反渗透、电渗析、离子交换
	微生物	细菌、病毒	臭氧氧化、消毒（氯气、次氯酸钠、紫外线）

污水处理厂二沉池之后已开展“混凝沉淀+光化学催化氧化+过滤”的深化处理，经过生化处理出水的总氮、SS 已经达到排放标准。但是 COD_{Cr}、BOD₅ 和氨氮、总磷仍未满足出水要求，污水处理厂经过光催化臭氧氧化后，有机物分解成小分子，尾水的深化净化考虑采用“纳滤”的方式进一步深化。

纳滤分离作为一项新型的膜分离技术，技术原理近似机械筛分，但是纳滤膜本体带有电荷性，因此其分离机理只能说近似机械筛分，同时也有溶解扩散效应在内。这是它在很低压力下仍具有较高的大分子与二价盐截留效果的重要原因。与超滤或反渗透相比，纳滤过程对单价离子和分子量低于 200 的有机物截留较差，而对二价或多价离子及分子量在 500 以上的有机物有较高截留率，而对与分子量小于 500 的有机污染物以及一价盐离子则几乎不作截留。因此分子量小于 500 的有机污染物依靠水生态工艺进行进一步深化处理。

6.2.2 水生态工艺

近年来，水生态修复常用于污水处理厂尾水水质提升，具有能耗低等优点。根据技术应用的特点，水体生态修复的常用技术方法一般分为物理、化学、生物和生态方法四大类。

6.2.2.1 物理方法

包括引水冲污、曝气、机械除藻、超声波除藻等。引水冲污即通过引水或调水的方式补充清洁水源，对污染物进行稀释，提高水体流动性，但该方法只是污染物的转移而非污染物的降解，可能对水体下游造成污染影响。曝气是向处于缺氧（或厌氧）状态的河湖进行人工充氧，可以补充河湖中过量消耗的溶解氧、增强水体的自净能力，消除水体，有助于河湖恢复到正常的水生态系统。机械除藻

和超声波除藻是利用设备快速清除富营养化河湖内已经生长聚集的藻类，避免藻类死亡后分泌的毒素引起水质的进一步恶化。

6.2.2.2 化学方法

包括化学絮凝、化学除藻和重金属的化学固定等。化学方法均为投加化学药剂，其突出特点在于其见效快、方法简单，在某些特殊的条件下对受污染严重的城市河湖运用化学处理法，能够起到控制和缓解污染的作用。但化学药剂的生物富集和生物放大作用对水生生态系统可能会产生负面影响，对水体存在一定的生态安全威胁，长期使用还会使水生生物产生抗药性。因此，除非应急和健康安全许可，化学方法一般不宜采用。

6.2.2.3 生物方法

包括生物菌种、底泥净化剂、渗流生物膜净化技术（生物过滤技术）、生物调控法等。生物菌种是人工强化培养的微生物，可为液体或粉末状，投入水体后，快速繁殖并对污染物进行降解，但投加的外来微生物与本土微生物存在竞争性与适应性，后期维护时需反复投加，使用成本较高。底泥净化剂则为人工培养的固定化底泥降解菌和优选矿物复合加工而成，为固体粉末状，密度大于水，投入水体后即沉入水底，对底泥中的污染物进行降解，以降低底泥厚度。渗流生物膜净化技术（生物过滤技术）一般适用于有机污染不太严重的小型河湖或湖泊，是指用卵石、废砖块、陶粒或沸石等作填料，在河滩或者河岸构筑渗流生物膜净化床，除了生物降解有机物外，还可能产生物理吸附、沉降、过滤等作用。生物调控法是指通过投加水生动物、控制水生动物的种类和数量，以强化水体生态系统的完整性，达到提高水体自净能力的作用。

6.2.2.4 生态方法

包括仿生水草技术、水生植物技术、生态浮岛、生态护岸等。仿生水草技术是指在水体中投入高效微生物载体，一般为片状或条状，它会将原本悬浮于水中 and 存在于植物根系、水体底泥的本土微生物富集在表面，给这些微生物提供更加适宜的生长空间，使其快速繁殖，从而培养数量更巨大、种类更丰富的微生物群落，并形成“藻—菌”共生系统，可明显放大水体的自净能力。水生植物技术主要利用植物的生长从污染水体中吸收利用大量污染物（主要是氮、磷等营养元素），

同时，其发达的根系可为微生物提供生长繁殖场所，具有一定的吸收净化、澄清水质、抑制藻类的功能。生态浮岛是将优选后的挺水植物种植于水面的浮体上，不仅可以美化水域景观，也为鱼类的生存创造了良好条件，具有净化水质、改善景观、创造生物的生息空间等综合性功能。生态护岸技术是近年提出的兼容人类亲水性、生态性和蓄水防洪功能为一体的复合岸线，是一种结合土工合成材料应用技术、植被护坡技术和边坡治理工程技术相结合的方式，以构筑一个集生态、环保、工程于一体的边坡防护结构，可强化堤岸的陆生生态系统，减小地表径流等面源污染对水体的影响。

水体生态修复常用技术的工艺性能比较见下表。

表 6.2-2 水体生态修复常用技术的工艺性能对比分析表

序号	技术名称	处理方法 分类	技术简介	效果	应用程 度	工程投 资	维护管 理
1	底泥净化剂	生物法	对底泥中的污染物进行降解，以降低底泥厚度	明显	较成熟	一般	无
2	引水稀释	物理法	引清洁的水源对河道进行稀释，转移污染物	一般	较成熟	较高	较复杂
3	曝气充氧	物理法	对缺氧的水体进行曝气，增加水体溶解氧浓度	明显	成熟	较低	一般
4	化学絮凝	化学法	投加化学药剂，破坏水体生态环境，影响生物生长	一般	较少	一般	无
5	生物菌种	生物法	投加生物菌种，需反复投加，易流失，效果短暂	一般	较少	较高	无
6	生态浮岛	生态法	在浮体上种植水生植物，兼容景观，为鱼类提供栖息空间	景观作用	较成熟	较低	复杂
7	水生植物技术	生态法	种植水生植物，通过植物的根系吸收水体中的污染物	一般	较成熟	较高	一般
8	生态护岸	生态法	具有过滤和植物种植等	较明显	较成熟	一般	无

			功能，减小地表径流等面源污染对水体的影响				
9	仿生水草技术	生态法	通过仿生水草上自然培养的微生物降解污染物，纯生态技术	明显	成熟	较低	无

根据本项目实际情况，海仔河扩宽段属于人工湖，可以利用人工湖进行水生生态修复的复合治理，从深度处理分析来看，小分子的有机污染物化学处理法作用不大，需要通过生物生态的方式进行处理，从技术实用性、经济性等方面考虑，同时为了保证技术应用效果，本项目水体生态修复技术选择“曝气充氧+仿生水草+水生植物”等复合治理技术。

6.2.3 处理工艺选择

综合上述深度处理工艺及水生态工艺的特点，为确保尾水 COD、BOD、氨氮、总磷能够得到有效削减，保障出水达到Ⅲ类标准，同时考虑费用问题，本项目拟采用“尾水深度净化+水生态修复”的组合工艺。

6.3 尾水深度净化工程

6.3.1 技术原理

6.3.1.1 纳滤工艺原理

经过生化处理的超滤出水的总氮、SS 已经达到排放标准。但是 COD_{Cr}、BOD₅ 和氨氮、总磷仍未满足出水要求，设计纳滤为深度处理工艺。

本项目采用的纳滤为卷式纳滤膜，其属于致密膜范畴，为卷式有机复合膜，最大优点在于过滤级别高、对一价盐离子几乎不作截留、出水水质好。

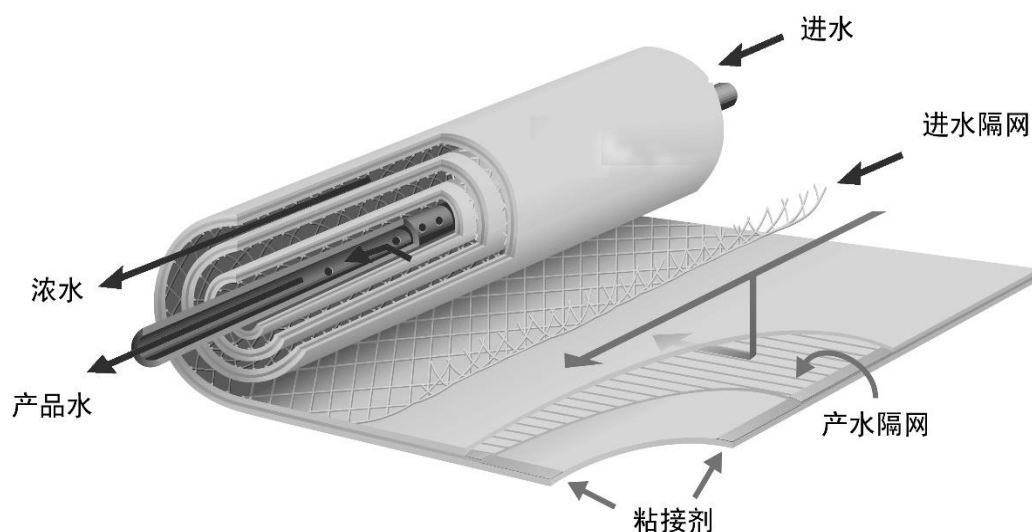


图 6.3-1 卷式纳滤膜结构图

纳滤分离作为一项新型的膜分离技术，技术原理近似机械筛分，但是纳滤膜本体带有电荷性，因此其分离机理只能说近似机械筛分，同时也有溶解扩散效应在内。这是它在很低压力下仍具有较高的大分子与二价盐截留效果的重要原因。与超滤或反渗透相比，纳滤过程对单价离子和分子量低于 200 的有机物截留较差，而对二价或多价离子及分子量在 500 以上的有机物有较高截留率，而对与分子量小于 500 的有机污染物以及一价盐离子则几乎不作截留。纳滤膜的分离孔径在一般在 1nm 到 10nm 左右，一般的纳滤操作压力为 5-15bar 左右。纳滤处理超滤出水清液得率可稳定在 80%以上。

6.3.1.2 纳滤系统优点

1) 纳滤对一价盐离子不作截留，因此纳滤可以在把不可降解的大分子有机物截留在浓液中的同时使盐份随出水排出，浓缩液内一价盐与渗滤液原水中的一价盐浓度基本相同，因此纳滤浓缩液预处理后回原有污水厂工艺不会引起盐份在处理系统中的富集；

2) 节约运行成本，由于反渗透操作压力一般在 16-50bar，而纳滤的实际操作压力在 7bar 左右，纳滤所需的膜渗透驱动力要小得多，这意味着能耗较低，因此，纳滤的运行成本比反渗透低的多；

3) 产水率高，纳滤的清液产率可达到 80%以上，较反渗透清液产率高出 10% 左右，浓缩液量减少，吨水单位处理成本得以降低。

6.3.2 处理规模

本方案项目位于广佛（佛冈）产业园，根据《广佛（佛冈）产业园配套污水处理厂一期工程项目环境影响报告书》的环评批复，一期工程按照土建施工 5 万 m^3/d +设备安装 2.5 万 m^3/d ，设计处理能力 8000 m^3/d 的规模进行建设。主要收治近期入园企业预处理达标排放的生产废水和生活污水，以及园区规划居住配套区的生活污水。

污水处理厂的部分尾水达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）表 1 城市杂用水水质基本控制项目及限值的城市绿化、道路清扫、消防、建筑施工限值要求后回用于园区及厂内绿化，其余尾水通过埋地污水管道排入园区海仔河，再从溢流坝处自北向南经景观河道后最终汇入四九河，为确保进入四九河河道的尾水能稳定达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准，需对污水处理厂尾水进一步处理，因此，本项目的设计处理规模 8000 m^3/d 。按每天运行 20 小时计，则本方案按进水 400t/h 设计。

6.3.3 设计进出水质

6.3.3.1 设计进水水质

根据《广佛（佛冈）产业园配套污水处理厂一期工程项目环境影响报告书》的批复，污水处理厂出水水质 COD_{Cr} 、 BOD_5 、氨氮、总磷执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准，SS、TN 执行广东省地方标准《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）第二时段一级标准以及《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）及其修改单一级 A 标准的较严值要求。

6.3.3.2 设计出水水质

根据《广佛（佛冈）产业园配套污水处理厂一期工程项目环境影响报告书》的批复的要求，污水处理厂的部分尾水达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）表 1 城市杂用水水质基本控制项目及限值的城市绿化、道路清扫、消防、建筑施工限值要求后回用于园区及厂内绿化，其余尾水通过埋地污水管道排入园区海仔河，再从溢流坝处自北向南经景观河道后最终汇入四九河，为确保进入四九河河道的尾水能稳定达到《地表水环境质量标准》（GB3838-

2002)III 类标准，本工程尾水深度处理后，出水水质 COD_{Cr}、BOD₅、氨氮、总磷执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III 类标准，SS、TN 执行广东省地方标准《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）第二时段一级标准以及《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）及其修改单一级 A 标准的较严值。

表 6.3-1 设计进出水质

污染物名称	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP
单位	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
设计进水水质	30	6	10	1.5	15	0.3
设计出水水质	20	4	10	1.0	15	0.2

6.3.3.3 设计处理程度

根据设计进水浓度和设计出水限值，其中 SS 与 TN 的浓度已经达标可不考虑处理效率处理程度，仅考虑 COD_{Cr}、BOD₅、氨氮、总磷的处理程度，具体本项目处理程度如下。

表 6.3-2 处理程度计算表

污染物名称	COD _{Cr}	BOD ₅	NH ₃ -N	TP
单位	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
设计进水水质	≤30	≤6	≤1.5	≤0.3
设计出水水质	≤20	≤4	≤1.0	≤0.2
处理程度（%）	33.3	33.3	33.3	33.3

6.3.4 工艺流程及说明

6.3.4.1 工艺流程

在现有污水处理厂的基础上进行深度处理，将纳滤系统插入到光催化臭氧氧化池及紫外线消毒工艺之间，具体的纳滤系统工艺为“现有污水工艺合格排出水→**原水调节池**→**原水泵**→**多介质过滤器**→**纳滤保安过滤器**→**纳滤高压泵**→**纳滤装置**→**产水池**→**产水泵**→排放或回用”

纳滤装置产生浓水可由浓水排放泵提升至现有前端污水工艺进行勾兑回用混合处理，能有效提高厂区水资源利用率。

6.3.4.2 工艺说明

预处理系统主要由多介质过滤器及絮凝剂、杀菌加药装置等设备组成。加絮凝剂是为了破坏水中胶状物的电中性，形式矾花，经过滤器能除去铁、悬浮物、胶体和颗粒状机械杂质，使出水能达到污染指数（SDI） ≤ 4 ，浊度 ≤ 0.5 NTU 的指标。为保证过滤器反洗质量，反洗采用气擦洗方法，有利于排除滤层中的沉渣、悬浮物等，并防止滤料板结，使其充分恢复截污能力。过滤出水进入纳滤装置

纳滤（NF，Nanofiltration）是一种介于反渗透和超滤之间的压力驱动膜分离过程，纳滤膜的孔径范围在几个纳米左右。

纳滤膜介于反渗透和超滤之间，孔径在 1nm 以上，一般 1~2nm.主要去处一个纳米左右的溶质粒子，截留相对分子质量在 200-1000.纳滤膜的表面分离层为聚电解质层所构成因而对无机盐具有一定的脱除率。一般纳滤膜对二价离子的脱除率达 90%以上，对一价离子的脱除率为 10~80%。

纳滤膜在软化、去除天然有机物、去除水中毒素、去除水中农药、去除三卤甲烷和卤乙酸、去除挥发性有机物、去除何尝洗涤剂、去除浊度、脱除色度，高分子物质提纯等多种领域得到广泛应用。

6.3.4.3 自控说明

本方案控制系统设备各个部分，控制系统采用控制室集中程序控制模式，设全自动、及手动控制方式，并保留设备前控制箱就地控制功能。以上控制功能均通过工业控制计算机和可编程序控制器进行集中管理、监控和自动程序控制，并通过 CRT 显示屏显示系统及设备工况，同时可与主厂房 DCS 系统进行通讯。

控制单元

由德国西门子可编程序控制器、数字量输入/输出模块、模拟量输入/输出模块、施耐德和西门子低压电器等部分所组成，用于完成整套设备输入/输出量的处理并控制各个执行机构的运行，使得控制能满足工艺的要求。

测量单元

由液位变送器、压力变送器、电导仪、流量计、PH 计及相关仪表所组成，

用于设备运行中工艺参数的测量和显示，并将参数送到可编程控制器（可用于分析处理和显示打印）。

就地操作箱单元为用于各个需就地调试操作的设备的就地操作及气动阀门对应的电磁阀组。

检测仪表及控制系统功能

根据整个工艺要求，对系统设置必要的仪表及报警联锁信号，以满足程控、远方控制及就地控制的不同控制要求。重要监控参数将引入厂区控制室内的 DCS 进行集中监控。

设备的运行控制

全自动控制系统达到基本无人操作，只需定期巡视有关的水箱、水泵、液位、加药系统的投加药剂控制与配制。

采用电导率仪（电阻率仪）控制运行终点(流量控制)；

柜面采用模拟控制屏指示运行、状态；

故障报警（声光）控制系统、解除复位；

与有关的水泵控制系统联锁。

纳滤系统

纳滤系统由 PLC 控制运行操作，自动监控。监控功能由我方的给水程控系统完成，我公司提供全自动控制的系统设计和 DCS 接口输出。

纳滤系统具备在就地手动操作、程控操作的功能。

6.3.5 工艺参数

6.3.5.1 系统出力和容量

根据用户要求及系统容量和装置出力进行设计：

按用户要求：对前道系统产出尾水出来的水最进行回用处理，前段排出的经处理水量设计规模按 8000t/d 计，回用水量要求达到 6800t/d，余下的 1200t/d 浓缩清净废水回至前端污水处理系统混合后重新处理达标排放。系统回收率达到大于 85%，采用回用水系统用多介质过滤器来过滤净化连续出力满足纳滤系统进水需求。

为了达到使用灵活，保证系统正常情况下的总出水量及高峰进的用水量能平

衡达标，并有一定的富余量计，本方案工艺设计纳滤回用水最终最大产水出力可达：2×170m³/h，原水总进水量应为 2×200m³/h。各级平衡配置出水量见下表：

名 称	水量分配情况			设备分配情况		备 注
	进水流量 (m ³ /h)	出水流量 (m ³ /h)	水利用率 (%)	单套出水 (m ³ /h)	装置数量 (台)	
多介质过滤器	≥400	≥400	≈100%	≥80	6	5 用 1 备
纳滤系统	≥400	≥340	≈67%	≥170	25	2 用

6.3.5.2 系统产水水质特性(基本设备性能保证值)

(1) 系统产水特性：

纳滤装置的回收率： ≥85%

出水压力： 0.30Mpa；

供水方式： 24 小时连续供水；

控制方式：超滤、纳滤采用自动或手动控制二种方式。

6.3.5.3 纳滤系统膜计算书

纳滤系统膜计算包括一、二、三段计算书，其中包括了系统数据，温度、pH、系统回收率、功率等；包括了膜数据，膜元件类型、膜前后压力、进出水流量等；包括了水质分析数据等，详见纳滤系统计算书。

一二段计算书



Veolia Water Technologies & Solutions

Winflows Version 4.06

DataBase Version 4.15

输入信息

项目信息

项目名称

NF1

工程师

地点

电子邮件

电话

注释

工艺流程配置

流程类型

Single Pass Flowsheet

进水加药

No

产水加药1

No

产水加药2

No

进水脱气

No

原水勾兑

No

进水信息

温度, °C

25

RO-1:

25

进水pH

7

污染指数:

3

给水组分(mg/L) : 水源 - 普通地表水 (常规)

(Ca)	120.129	(SO4)	250.000
(Mg)	36.426	(Cl)	250.000
(Na)	130.174	(F)	0.000
(K)	0.000	(NO3)	0.000
(NH4)	0.000	(Br)	0.000
(Ba)	0.000	(PO4)	0.000
(Sr)	0.000	(B)	0.000
(Fe)	0.000	(SiO2)	0.000
(Mn)	0.000	(H2S)	0.000
		(HCO3)	146.106
		(CO2)	19.936
		(CO3)	0.103

流量设定

进水流量:

200.00 m3/hr

回收率 %

RO1

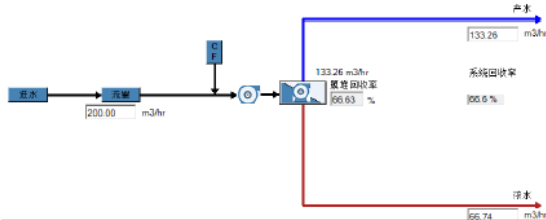
66.67

第一级膜堆数据									
段	膜壳	膜元件	膜元件类型	膜元件使用期限 (yr)	段前压力变化 bar		产水压力		年变化率%
					增压泵	压降	bar	A-Factor	
1	21	6	RL8040F-400		0.00	0.00	0.00	0.6	0.3
2	13	6	RL8040F-400		0.50	0.00	0.00	0.6	0.3



Veolia Water Technologies & Solutions					
Winflows Version 4.06				DataBase Version 4.15	
结果摘要					
流量数据		m3/hr		水质分析数据	
原水:		200.00		原水TDS	
产水:		133.26		产水TDS	
浓水:		66.74		浓水TDS	
系统设计					
温度:		°C		RO-1: 25	
		系统回收率		66.63%	
平均通量 (lmh), 级 and 段					
级		平均		段 1 段 2	
一级		17.58		18.05 16.81	
膜堆数据					
回收率 %:		66.6		浓水TDS mg/L:	
		1949.22		浓水流量 m3/hr:	
		66.74		级 1	
段		数量		膜元件类型	
		膜壳 膜元件		流量 m3/hr	
				压力 bar	
				产水TDS	
1		21 126		RL8040F-400	
2		13 78		RL8040F-400	
数量		34 204			
水质分析数据					
阳离子		mg/L		阴离子	
		产水 浓水		产水 浓水	
Ca		42.54 120.13		275.05	
Mg		0.09 36.43		108.98	
Na		103.21 130.17		184.01	
K		0.00 0.00		0.00	
NH4		0.00 0.00		0.00	
Ba		0.00 0.00		0.00	
Sr		0.00 0.00		0.00	
Fe		0.00 0.00		0.00	
Mn		0.00 0.00		0.00	
TDS mg/L		423.91 932.94		1949.22	
pH		6.88 7.00		7.16	
难溶盐饱和度数据					
BaSO4 %		0.00 0.00		0.00	
CaSO4 %		0.02 8.40		30.62	
SrSO4 %		0.00 0.00		0.00	
Struvite %		0.00 0.00		0.00	
设计注意事项, 错误与提醒					
警告!! LSI值过高。LSI值 > 0.0。RO1浓水里的碳酸钙含量超出了饱和浓度。					
警告!! SDSI值过高。SDSI值 > 0.0。RO1浓水里的碳酸钙含量超出了饱和浓度。					
免责声明: 该估算只是作为一项免费服务提供给客户, 不含任何性能质保。					

工艺数据表



流量数据	m3/hr	水质分析数据	毫克/升
原水	200.00	原水TDS	932.94
产水	133.26	产水TDS	423.91
浓水	66.74	浓水TDS	1949.22

系统数据	单级设计
温度: °C	RO-1: 25

		一级	二级	三级
一段膜壳进水流量	m3/hr	200.00		
进水压力	bar	4.12		
膜堆回收率	%	66.6		
产水流量	m3/hr	133.26		
分流产水流量	m3/hr	0.00		

泵总结			一级	二级	三级
主泵					
	给水流量	m3/hr	200.00		
	入口压力	bar	0.00		
	出口压力	bar	4.12		
	总效率	%	71.78		
	功率	kW	31.89		
二段前增压泵					
	给水流量	m3/hr	115.47		
	压力增加	bar	0.50		
	效率	bar	70.00		
	功率	kW	2.29		

总功耗	kW	34.18
-----	----	-------

流股水质分析数据

流股参数	单位	原进水	第一级膜元件进水	最终反渗透水生产	产水
钙	mg/L	120.13	120.13	42.54	42.54
镁	mg/L	36.43	36.43	0.09	0.09
钠	mg/L	130.17	130.17	103.21	103.21
钾	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
氨氮 (NH4)	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
钡	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
锶	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
铁	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
锰	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
硫酸盐	mg/L	250.00	250.00	0.61	0.61
氯化物	mg/L	250.00	250.00	174.21	174.21
氟化物	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
硝酸盐	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
溴化物	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
磷酸盐	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
硼	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
二氧化硅	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
硫化氢	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
碳酸氢盐	mg/L	146.11	146.11	103.21	103.21
二氧化碳	mg/L	19.94	19.94	19.97	19.97
碳酸盐	mg/L	0.10	0.10	0.05	0.05
TDS	mg/L	932.94	932.94	423.91	423.91
流量	m3/hr	200.00	200.00	133.26	133.26
温度	°C	25.00	25.00	25.00	25.00
压力	bar	0.00	4.12	0.00	0.00
硬度	ppmasCaCO3	450.00	450.00	106.60	106.60
密度	kg/m3	997.66	997.66	997.30	997.30
离子强度		0.02	0.02	0.01	0.01
渗透压	bar	0.51	0.51	0.30	0.30
pH		7.00	7.00	6.88	6.88
电导率 @ 25°C	µS/cm	1501.00	1501.00	757.00	757.00
难溶盐饱和度数据					
BaSO4	%	0.00	0.00	0.00	0.00
CaF2	%	0.00	0.00	0.00	0.00
CaSO4	%	8.40	8.40	0.02	0.02
SiO2	%	0.00	0.00	0.00	0.00
SrSO4	%	0.00	0.00	0.00	0.00
鸟粪石	%	0.00	0.00	0.00	0.00
LSI		-0.27	-0.27	-0.83	-0.83
S&DI		-0.56	-0.56	-1.26	-1.26

流股参数	单位	第一级进水
钙	mg/L	275.05
镁	mg/L	108.98
钠	mg/L	184.01
钾	mg/L	0.00
氨氮 (NH4)	mg/L	0.00
钡	mg/L	0.00
锶	mg/L	0.00
铁	mg/L	0.00
锰	mg/L	0.00
硫酸盐	mg/L	747.95
氯化物	mg/L	401.33
氟化物	mg/L	0.00
硝酸盐	mg/L	0.00
溴化物	mg/L	0.00
磷酸盐	mg/L	0.00
硅	mg/L	0.00
二氧化硅	mg/L	0.00
硫化氢	mg/L	0.00
碳酸氢盐	mg/L	231.62
二氧化碳	mg/L	19.92
碳酸盐	mg/L	0.28
TDS	mg/L	1949.22
流量	m3/hr	66.74
温度	°C	25.00
压力	bar	3.41
硬度	ppmasCaCO3	1135.65
密度	kg/m3	998.39
离子强度		0.05
渗透压	bar	0.90
pH		7.16
电导率 @ 25°C	µS/cm	2780.00
难溶盐饱和度数据		
BaSO4	%	0.00
CaF2	%	0.00
CaSO4	%	30.62
SiO2	%	0.00
SrSO4	%	0.00
鸟粪石	%	0.00
LSI		0.26
S&DI		0.11

Veolia Water Technologies & Solutions

RO-1的段产水数据

流股参数	单位	RO 1 段 1	RO 1 段 2
钙	mg/L	38.75	49.11
镁	mg/L	0.07	0.13
钠	mg/L	94.41	118.47
钾	mg/L	0.00	0.00
氨氮 (NH4)	mg/L	0.00	0.00
钡	mg/L	0.00	0.00
锶	mg/L	0.00	0.00
铁	mg/L	0.00	0.00
锰	mg/L	0.00	0.00
硫酸盐	mg/L	0.46	0.86
氯化物	mg/L	160.47	198.04
氟化物	mg/L	0.00	0.00
硝酸盐	mg/L	0.00	0.00
溴化物	mg/L	0.00	0.00
磷酸盐	mg/L	0.00	0.00
硅	mg/L	0.00	0.00
二氧化硅	mg/L	0.00	0.00
硫化氢	mg/L	0.00	0.00
碳酸氢盐	mg/L	92.07	122.53
二氧化碳	mg/L	19.96	19.98
碳酸盐	mg/L	0.04	0.07
TDS	mg/L	386.27	489.20
流量	m3/hr	84.53	48.73
温度	°C	25.00	25.00
压力	bar	0.00	0.00
渗透压	bar	0.28	0.34
pH		6.83	6.95
电导率 @ 25°C	µS/cm	695	865

Veolia Water Technologies & Solutions

膜元件详细数据

整个膜元件数据

Pass 1 段 1	膜元件 1	膜元件 2	膜元件 3	膜元件 4	膜元件 5	膜元件 6
流量, m3/hr	9.52	8.79	8.08	7.40	6.75	6.11
进水	0.74	0.70	0.68	0.66	0.63	0.61
产水						
压力, bar						
进水	4.12	3.98	3.85	3.74	3.65	3.56
净驱动压	3.75	3.61	3.48	3.36	3.25	3.15
压降	0.14	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07
进水渗透压	0.51	0.53	0.55	0.58	0.60	0.64
其他						
回收率, %	7.74	8.02	8.40	8.86	9.40	10.06
β值(浓差极化)	1.05	1.05	1.05	1.06	1.06	1.06
通量, lmh	19.75	18.99	18.30	17.67	17.10	16.57
A-值	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57
产水离子浓度, mg/L						
钙	33.99	35.89	37.79	39.81	41.98	44.34
镁	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09
钠	83.70	88.06	92.41	96.92	101.64	106.63
钾	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
氨氮 (NH4)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
铜	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
镍	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
铁	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
锰	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
硫酸盐	0.33	0.38	0.43	0.49	0.55	0.64
氯化物	143.04	150.15	157.19	164.52	172.21	180.37
氟化物	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
硝酸盐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
溴化物	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
磷酸盐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
硼	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
二氧化硅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
硫化氢	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
碳酸氢盐	79.22	84.31	89.48	94.95	100.81	107.14
二氧化碳	19.95	19.96	19.96	19.96	19.97	19.97
碳酸盐	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05
TDS, mg/L	340.36	358.87	377.39	396.79	417.32	439.26
pH	6.77	6.79	6.82	6.84	6.87	6.89
电导率 @ 25°C, μS/cm	617.00	649.00	680.00	713.00	747.00	784.00
硬度, ppm as CaCO3	85.08	89.85	94.62	99.71	105.17	111.11
密度, kg/m3	997.24	997.26	997.27	997.28	997.30	997.31
离子强度	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
难溶盐饱和度数据						
BaSO4, %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaF2, %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaSO4, %	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
SiO2, %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SrSO4, %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Struvite, %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LSI	-1.10	-1.04	-0.98	-0.91	-0.85	-0.79
S&DI	-1.58	-1.51	-1.43	-1.36	-1.29	-1.21



单个膜元件数据

Pass 1 段 2	膜元件 1	膜元件 2	膜元件 3	膜元件 4	膜元件 5	膜元件 6
流量, m3/hr	8.88	8.19	7.53	6.90	6.29	5.70
进水	0.69	0.66	0.63	0.61	0.59	0.57
产水						
压力, bar						
进水	3.99	3.86	3.75	3.65	3.56	3.48
净驱动压	3.51	3.38	3.25	3.13	3.02	2.91
压降	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07
进水渗透压	0.67	0.70	0.73	0.77	0.81	0.85
其他						
回收率, %	7.77	8.04	8.41	8.85	9.36	9.96
β值(浓差极化)	1.05	1.06	1.06	1.06	1.06	1.07
通量, lmh	18.48	17.76	17.08	16.46	15.87	15.31
A-值	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57
产水离子浓度, mg/L						
钙	42.71	45.27	47.81	50.54	53.49	56.73
镁	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17
钠	106.42	111.40	116.30	121.36	126.64	132.17
钾	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
氨氮 (NH4)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
铜	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
镍	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
铁	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
锰	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
硫酸盐	0.62	0.70	0.79	0.90	1.03	1.19
氯化物	177.66	186.03	194.27	202.85	211.88	221.49
氟化物	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
硝酸盐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
溴化物	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
磷酸盐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
硼	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
二氧化硅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
硫化氢	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
碳酸氢盐	106.32	112.82	119.35	126.26	133.62	141.53
二氧化碳	19.97	19.97	19.98	19.98	19.99	19.99
碳酸盐	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09
TDS, mg/L	433.86	456.38	478.71	502.12	526.89	553.37
pH	6.89	6.92	6.94	6.96	6.98	7.01
电导率 @ 25°C, μS/cm	773.00	810.00	847.00	886.00	927.00	970.00
硬度, ppm as CaCO3	107.03	113.47	119.88	126.76	134.21	142.39
密度, kg/m3	997.31	997.32	997.34	997.36	997.38	997.39
离子强度	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
难溶盐饱和度数据						
BaSO4, %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaF2, %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaSO4, %	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
SiO2, %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SrSO4, %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Struvite, %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LSI	-0.81	-0.74	-0.68	-0.62	-0.56	-0.50
S&DI	-1.24	-1.16	-1.09	-1.02	-0.95	-0.87

纳滤三段膜计算书

VEOLIA

Winflows Version 4.06

Veolia Water Technologies & Solutions

DataBase Version 4.15

输入信息

工艺流程配置

流程类型

Single Pass Flowsheet

进水加药

No

进水后加药

No

产水加药1

No

产水加药2

No

进水脱气

No

产水脱气

No

原水勾兑

No

进水信息

温度, °C

25

RO-1:

25

进水pH

7.16

污染指数:

3

给水组分(mg/L) : 水源 - 普通地表水 (常规)

(Ca)

275.050

(SO4)

747.950

(Mg)

108.980

(Cl)

401.330

(Na)

184.010

(F)

0.000

(K)

0.000

(NO3)

0.000

(NH4)

0.000

(Br)

0.000

(Ba)

0.000

(PO4)

0.000

(Sr)

0.000

(B)

0.000

(Fe)

0.000

(SiO2)

0.000

(Mn)

0.000

(H2S)

0.000

(HCO3)

231.628

(CO2)

20.063

(CO3)

0.275

流量设定

进水流量:

66.74 m3/hr

回收率 %

RO1

55

第一级膜堆数据

段

膜壳

膜元件

膜元件类型

膜元件使用期限 (yr)

段前压力变化 bar

增压泵

压降

产水压力

年变化率%

A-Factor

B-Factor

1

14

6

RL8040F-400

0.00

0.00

0.00

0.6

0.3



Winflows Version 4.06

DataBase Version 4.15

结果摘要

流量数据	m3/hr	水质分析数据	毫克/升
原水:	66.74	原水TDS	1949.22
产水:	36.70	产水TDS	708.78
浓水:	30.04	浓水TDS	3463.90

系统数据

单级设计

温度:	°C	RO-1:	25	系统回收率	54.99%
-----	----	-------	----	-------	--------

平均通量 (lmh), 级 and 段

级	平均	段 1
一级	11.76	11.76

膜堆数据

级 1

回收率 %:	33.4	浓水TDS mg/L:	3463.90	浓水流量 m3/hr:	73.30
--------	------	-------------	---------	-------------	-------

段	数量		膜元件类型	流量 m3/hr		压力 bar		产水TDS
	膜壳	膜元件		进水	产水	进水	压降	mg/L
1	14	84	RL8040F-400	110.00	36.70	3.33	0.52	708.78
数量	14	84						

水质分析数据

阳离子	mg/L			阴离子	mg/L		
	产水	进水	浓水		产水	进水	浓水
Ca	79.35	368.84	513.76	SO4	2.84	1105.92	1658.12
Mg	0.42	161.14	241.59	Cl	278.64	459.93	550.69
Na	160.68	195.30	212.64	F	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	NO3	0.00	0.00	0.00
NH4	0.00	0.00	0.00	Br	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	PO4	0.00	0.00	0.00
Sr	0.00	0.00	0.00	B	0.00	0.00	0.00
Fe	0.00	0.00	0.00	SiO2	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	H2S	0.00	0.00	0.00
TDS mg/L	708.78	2544.80	3463.90	HCO3	186.68	253.33	286.66
pH	7.12	7.18	7.21	CO2	20.14	20.03	19.99
				CO3	0.16	0.34	0.45
难溶盐饱和度数据							
BaSO4 %	0.00	0.00	0.00	CaF2 %	0.00	0.00	0.00
CaSO4 %	0.09	48.20	77.76	SiO2 %	0.00	0.00	0.00
SrSO4 %	0.00	0.00	0.00	LSI	-0.18	0.38	0.52
Struvite %	0.00	0.00	0.00	Pi bar	0.48	1.09	1.39

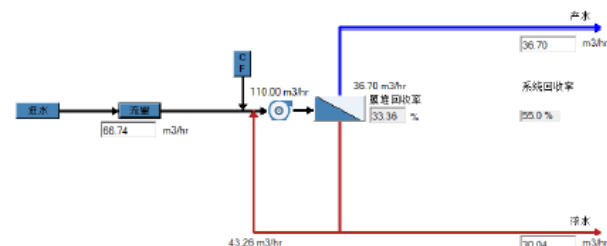
设计注意事项, 错误与报警

警告!! LSI值过高。LSI值 > 0.0。RO1浓水里的碳酸钙含量超出了饱和浓度。

警告!! SDSI值过高。SDSI值 > 0.0。RO1浓水里的碳酸钙含量超出了饱和浓度。

免责声明: 该估算只是作为一项免费服务提供给客户, 不含任何性能质保。

工艺数据表



流量数据	m3/hr	水质分析数据	毫克/升
原水	66.74	原水TDS	1949.22
产水	36.70	产水TDS	708.78
浓水	30.04	浓水TDS	3463.90

系统数据	单级设计
温度: °C	RO-1: 25

		一级	二级	三级
一段膜壳进水流量	m3/hr	110.00		
进水压力	bar	3.33		
膜堆回收率	%	33.4		
产水流量	m3/hr	36.70		
分流产水流量	m3/hr	0.00		

泵总结			一级	二级	三级
主泵	给水流量	m3/hr	110.00		
	入口压力	bar	0.00		
	出口压力	bar	3.33		
	总效率	%	68.69		
	功率	kW	14.82		

总功耗	kW	14.82
-----	----	-------

流股水质分析数据

流股参数	单位	原进水	第一级膜元件进水	最终反渗通水生产	产水
钙	mg/L	275.05	368.84	79.35	79.35
镁	mg/L	108.98	161.14	0.42	0.42
钠	mg/L	184.01	195.30	160.68	160.68
钾	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
氨氮 (NH4)	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
钡	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
锶	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
铁	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
锰	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
硫酸盐	mg/L	747.95	1105.92	2.84	2.84
氯化物	mg/L	401.33	459.93	278.64	278.64
氟化物	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
硝酸盐	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
溴化物	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
磷酸盐	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
硼	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
二氧化硅	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
硫化氢	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00
碳酸氢盐	mg/L	231.63	253.33	186.68	186.68
二氧化碳	mg/L	20.06	20.03	20.14	20.14
碳酸盐	mg/L	0.28	0.34	0.16	0.16
TDS	mg/L	1949.22	2544.80	708.78	708.78
流量	m3/hr	66.74	110.00	36.70	36.70
温度	°C	25.00	25.00	25.00	25.00
压力	bar	0.00	3.33	0.00	0.00
硬度	ppmasCaCO3	1135.66	1584.65	199.89	199.89
密度	kg/m3	998.39	998.81	997.50	997.50
离子强度		0.05	0.07	0.01	0.01
渗透压	bar	0.90	1.09	0.48	0.48
pH		7.16	7.18	7.12	7.12
电导率 @ 25°C	µS/cm	2780.00	3430.00	1226.00	1226.00
难溶盐饱和度数据					
BaSO4	%	0.00	0.00	0.00	0.00
CaF2	%	0.00	0.00	0.00	0.00
CaSO4	%	30.62	48.20	0.09	0.09
SiO2	%	0.00	0.00	0.00	0.00
SrSO4	%	0.00	0.00	0.00	0.00
鸟粪石	%	0.00	0.00	0.00	0.00
LSI		0.26	0.38	-0.18	-0.18
S&DI		0.11	0.27	-0.50	-0.50

测试参数	单位	第一级进水
钙	mg/L	513.76
镁	mg/L	241.59
钠	mg/L	212.64
钾	mg/L	0.00
氨氮 (NH4)	mg/L	0.00
钡	mg/L	0.00
锶	mg/L	0.00
铁	mg/L	0.00
锰	mg/L	0.00
硫酸盐	mg/L	1658.12
氟化物	mg/L	550.69
氯化物	mg/L	0.00
硝酸盐	mg/L	0.00
溴化物	mg/L	0.00
磷酸盐	mg/L	0.00
砷	mg/L	0.00
二氧化硅	mg/L	0.00
硫化氢	mg/L	0.00
碳酸氢盐	mg/L	286.66
二氧化碳	mg/L	19.99
碳酸盐	mg/L	0.45
TDS	mg/L	3463.90
流量	m3/hr	73.30
温度	°C	25.00
压力	bar	2.81
硬度	ppmasCaCO3	2277.87
密度	kg/m3	999.46
离子强度		0.10
渗透压	bar	1.39
pH		7.21
电导率 @ 25°C	µS/cm	4366.00
难溶盐饱和度数据		
BaSO4	%	0.00
CaF2	%	0.00
CaSO4	%	77.76
SiO2	%	0.00
SrSO4	%	0.00
鸟粪石	%	0.00
LSI		0.52
S&DI		0.45

Veolia Water Technologies & Solutions

RO-1的段产水数据

测试参数	单位	RO 1 段 1
钙	mg/L	79.35
镁	mg/L	0.42
钠	mg/L	160.68
钾	mg/L	0.00
氨氮 (NH4)	mg/L	0.00
钡	mg/L	0.00
锶	mg/L	0.00
铁	mg/L	0.00
锰	mg/L	0.00
硫酸盐	mg/L	2.84
氟化物	mg/L	278.64
氯化物	mg/L	0.00
硝酸盐	mg/L	0.00
溴化物	mg/L	0.00
磷酸盐	mg/L	0.00
砷	mg/L	0.00
二氧化硅	mg/L	0.00
硫化氢	mg/L	0.00
碳酸氢盐	mg/L	186.68
二氧化碳	mg/L	20.14
碳酸盐	mg/L	0.16
TDS	mg/L	708.78
流量	m3/hr	36.70
温度	°C	25.00
压力	bar	0.00
渗透压	bar	0.48
pH		7.12
电导率 @ 25°C	µS/cm	1226

Veolia Water Technologies & Solutions

膜元件详细数据

通个膜元件数据						
Pass 1 段 1	膜元件 1	膜元件 2	膜元件 3	膜元件 4	膜元件 5	膜元件 6
流量, m3/hr						
进水	7.86	7.36	6.89	6.44	6.02	5.62
产水	0.50	0.47	0.45	0.42	0.40	0.38
压力, bar						
进水	3.33	3.22	3.12	3.03	2.95	2.88
净驱动压	2.56	2.42	2.30	2.18	2.06	1.96
压降	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07
进水渗透压	1.09	1.14	1.18	1.23	1.28	1.33
其他						
回收率, %	6.36	6.41	6.49	6.58	6.67	6.76
β值(浓差极化)	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
通量, lmh	13.44	12.75	12.09	11.46	10.86	10.29
A-值	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57
产水离子浓度, mg/L						
钙	69.25	73.39	77.56	81.97	86.63	91.58
镁	0.31	0.35	0.39	0.44	0.50	0.56
钠	150.32	154.89	159.29	163.63	167.94	172.20
钾	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
氨氮 (NH4)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
铜	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
镍	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
铁	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
锰	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
硫酸盐	2.10	2.37	2.67	3.01	3.40	3.84
氯化物	255.12	265.05	274.86	284.95	295.38	306.21
氟化物	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
硝酸盐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
溴化物	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
磷酸盐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
硼	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
二氧化硅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
硫化氢	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
碳酸氢盐	169.35	176.83	184.14	191.51	198.94	206.43
二氧化碳	20.13	20.14	20.14	20.14	20.15	20.15
碳酸盐	0.13	0.14	0.15	0.17	0.18	0.20
TDS, mg/L	646.57	673.01	699.06	725.68	752.96	781.02
pH	7.08	7.10	7.11	7.13	7.14	7.16
电导率 @ 25°C, μS/cm	1123.00	1167.00	1210.00	1254.00	1299.00	1346.00
硬度, ppm as CaCO3	174.20	184.70	195.31	206.52	218.39	231.03
密度, kg/m3	997.46	997.48	997.50	997.52	997.54	997.56
离子强度	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
难溶盐饱和度数据						
BaSO4, %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaF2, %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaSO4, %	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13
SiO2, %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SrSO4, %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Struvite, %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LSI	-0.30	-0.24	-0.20	-0.15	-0.10	-0.06
S&DI	-0.64	-0.58	-0.52	-0.47	-0.41	-0.36

6.3.6 构筑物及设备清单

6.3.6.1 构筑物清单

本项目尾水深度净化工程，纳滤系统的建（构）筑物清单如表所示：

表 6.3-3 建（构）筑物表

序号	名称	规格	材质	数量	备注
1	原水调节池	V=500m ³	钢砼结构	1 座	
2	浓水池	V=100m ³	钢砼	1 座	
3	设备站房	12500×40000×7000mm	砖混	1间	
4	设备基础		混凝土	1项	
5	道路绿化			1 项	
6	其他			1 项	

6.3.6.2 设备清单表

本项目尾水深度净化工程，纳滤系统的设备清单如表所示：

表 6.3-4 设备清单表

序号	设备名称	型号	材质	数量
一	预处理系统			
1	原水调节池	V=500m ³	钢砼结构	1 座
2	原水提升泵	Q=400m ³ /h H=40m N=75kw	铸铁	2 台
3	絮凝剂装置	JY-C	组件	1 套
3.1	溶药箱带搅拌机	V=1.5m ³ N=0.55KW	PE	1 只
3.2	计量泵	170L/h N=0.37kw	PVC	2 只
4	杀菌剂装置	JY-C	组件	1 套
4.1	溶药箱	V=1.5m ³	PE	1 只
4.2	计量泵	75L/h N=0.25kw	PVC	2 只
5	管道混合器	DN350	玻璃钢	2 只
6	多介质过滤器	Φ3200 Q=80m ³ /h	碳钢衬胶	6 台
6.1	石英砂	H=800mm		95T
6.2	无烟煤	H=400mm		19T
7	过滤器反洗泵	Q=320m ³ /h H=20m N=22kw	铸铁	1 台
8	水池管道组合件	配套管道	不锈钢 /UPVC	1 套
二	纳滤系统			
1	阻垢加药装置	JY-B 一箱二泵型	PE/UPVC	1套
1.1	溶液箱	V=1.5m ³	PE	1台
1.2	加药计量泵	Q=16L/h, H=0.69MPa, N=0.12KW	PVC	2台

2	还原加药装置	JY-B 一箱二泵型	PE/UPVC	1套
2.1	溶液箱	V=1.5m ³	PE	1台
2.2	加药计量泵	Q=16L/h, H=0.69MPa, N=0.12KW	PVC	2台
3	纳滤保安过滤器	φ900mm Q=200m ³ /h	不锈钢	2台
4	纳滤高压泵	Q=200m ³ /h H=75m N=55kw	不锈钢	2台
5	纳滤装置	NF—170m ³ /h 产水170m ³ /h, 一级三段 回收率85%		2套
5.1	膜元件	RL8040F-400	芳香簇聚酰胺	576支
5.2	压力容器	R8040C 30S-6W	FRP	96支
5.3	二段前增压泵	Q=120m ³ /h H=12m N=5.5kw	不锈钢	2台
5.3	三段前增压泵	Q=110m ³ /h H=34m N=15kw	不锈钢	2台
5.4	框架		碳钢	2套
5.5	配套阀门、管道、 管件等		不锈钢 /UPVC	2套
5.6	控制仪表	电导率仪、流量计等		2套
5.7	控制柜(盘台柜)	自动控制型		2套
6	清洗系统	型号: QX-5.0	组合件	1套
6.1	清洗箱	V=5m ³	PE	1台
6.2	清洗泵	Q=138m ³ /h H=38m N=22kw	不锈钢	2台
6.3	清洗过滤器	Ø600	SS304	2台
7	纳滤冲洗水泵	Q=138m ³ /h H=38m N=22KW	不锈钢	1台
8	浓水池	V=100m ³	钢砼结构	1座
9	浓水排放泵	Q=60m ³ /h H=20m N=11KW	SS316	2台
10	回用或排放水泵	Q=340m ³ /h H=38m N=55KW	不锈钢	2台
三	空气系统			
1	储气罐1	V=2m ³	碳钢	1台
2	储气罐2	V=5m ³	碳钢	1台
四	管道阀门系统			1套
1	现场安装管道阀门 配套件	配套管道 手动/自动阀门	不锈钢、 UPVC	1套
五	水处理系统仪表	流量、压力、温度、电导液位等		1套
六	控制系统	含电线电缆桥架/西门子PLC、触摸屏, 电气元器件, 碳钢喷漆配电箱		1套

6.3.6.3 主要设备阀门清单

序号	阀门类型	阀门名称	型号规格	数量
一	多介质过滤器			
1	气动蝶阀	进水阀	DN125, PN1.0	6只
2	气动蝶阀	出水阀	DN125, PN1.0	6只

序号	阀门类型	阀门名称	型号规格	数量
3	气动蝶阀	反洗进	DN200, PN1.0	6 只
4	气动蝶阀	反洗排	DN200, PN1.0	6 只
5	气动蝶阀	正洗排	DN125, PN1.0	6 只
6	气动蝶阀	进气阀	DN100, PN1.0	6 只
7	气动蝶阀	排气阀	DN50, PN1.0	6 只
二	纳滤装置系统			
1	慢开电动蝶阀	纳滤进水	DN200, PN1.6	2 只
2	气动蝶阀	浓排水	DN80, PN1.6	2 只
3	气动蝶阀	冲洗排水	DN200, PN1.6	2 只
4	气动蝶阀	不合格排水	DN200, PN1.6	2 只

6.3.6.4 仪表部分清单

序号	仪表名称	设备型号	数量	备注
一	流量仪表			
1	总进水流量变送器	瞬时和累计显示	1套	
2	过滤器流量变送器	瞬时和累计显示	6套	
3	纳滤进水流量变送器	瞬时和累计显示	2套	
4	纳滤产水流量变送器	瞬时和累计显示	2套	
5	一二段浓水流量计	转子	4套	
6	纳滤反洗流量计	转子	1套	
7	产水流量变送器	瞬时和累计显示	1套	
二	分析仪表			
1	纳滤总进水电导变送器	数显式	1 套	
2	纳滤总进水ORP变送器	数显式	1 套	
3	纳滤总进水PH变送器	数显式	1 套	
4	纳滤出水电导率表	数显式	2 套	
三	压力测量			
2	高压泵进出口压力开关	JC206/230 0~2.0Mpa	2套	
四	药箱液位计		UHZ-514	5套
1	水箱池位变送器	静压式液位变送器	3套	
五	压力表		0~300PSI, 0~100PSI	88块
六	SDI测定器具		0.45um	2 套

6.3.6.5 随机备品备件清单

序号	名 称	规格	单位	数量	备 注
1	压力表	0-1Mpa	块	6	国产
2	压力表	0-3.0Mpa	块	6	国产
3	RO 压力容器密封圈	配套	套	3	进口
4	保安过滤器密封圈	配套	个	3	国产
5	人孔密封圈	配套	个	3	国产
6	排水帽	配套	只	60	国产
7	取样阀	配套	只	15	国产
8	O 型圈	配套	只	3	

6.3.7 工艺操作及控制

工艺操作及控制包括准备工作、开机工作、运行操作及停机操作等，具体设计阶段需提升自动化、智能化，提升运维能效，减少运维成本。

6.3.7.1 准备工作

- 1) 检查纳滤系统设备是否完好，包括纳滤膜、泵、管道、阀门等。
- 2) 检查纳滤系统的电源是否正常，确保设备能够正常运行。
- 3) 检查纳滤系统的水源是否充足，水质是否符合要求。
- 4) 准备好所需的化学药剂，如清洗剂、消毒剂等。

6.3.7.2 开机操作

- 1) 打开纳滤系统的进水阀门，将水源引入系统。
- 2) 打开纳滤系统的电源开关，启动设备。
- 3) 调节纳滤系统的进水流量和压力，使其达到设计要求。
- 4) 观察纳滤系统的运行情况，如压力、流量、温度等，确保设备正常运行。

6.3.7.3 运行操作

- 1) 定期检查纳滤系统的运行情况，如压力、流量、温度等，确保设备正常运行。
- 2) 定期检查纳滤系统的水质，如 COD、BOD、SS 等，确保水质符合要求。
- 3) 定期清洗纳滤膜，以保持其过滤性能。清洗方法如下：
 - a. 关闭纳滤系统的进水阀门和出水阀门。

b.打开纳滤系统的清洗阀门，将清洗剂引入系统。

c.启动纳滤系统的清洗泵，将清洗剂循环清洗纳滤膜。

d.清洗时间一般为 30-60 分钟，具体时间根据膜的污染情况而定。

e.清洗结束后，关闭清洗阀门和清洗泵，打开进水阀门和出水阀门，将系统恢复正常运行。

4) 定期更换纳滤膜，以保证其过滤性能。更换方法如下：

- a.关闭纳滤系统的进水阀门和出水阀门。
- b.打开纳滤系统的排空阀门，将系统内的液体排空。
- c.拆卸纳滤膜组件，将旧膜取出。
- d.安装新的纳滤膜组件，注意安装方向和密封。
- e.关闭排空阀门，打开进水阀门和出水阀门，将系统恢复正常运行。

6.3.7.4 停机操作

- 1) 关闭纳滤系统的进水阀门和出水阀门。
- 2) 关闭纳滤系统的电源开关，停止设备运行。
- 3) 打开纳滤系统的排空阀门，将系统内的液体排空。
- 4) 对纳滤系统进行清洗和消毒，以防止细菌滋生。

6.3.7.5 注意事项

- 1) 在操作纳滤系统时，应严格按照操作规程进行，避免误操作。
- 2) 在清洗纳滤膜时，应使用专用的清洗剂，避免使用强酸、强碱等腐蚀性药剂。
- 3) 在更换纳滤膜时，应选择与原膜型号相同的膜组件，避免使用不同型号的膜组件。
- 4) 在操作纳滤系统时，应注意安全，避免发生触电、烫伤等事故。
- 5) 在纳滤系统运行过程中，如发现异常情况，应及时停机检查，排除故障后再继续运行。

6.3.8 运行成本

1 用电量：

序号	名称	数量 (台)	单台功率 (KW)	总功率 (KW)	运行功率 (KW)	日运行耗电量 (kwh)	备注
1	原水提升泵	2	75	150	75	$75 \times 24 \times 80\% = 1440$	一用一备
2	过滤器反洗泵	1	22	22	22	$22 \times 1 = 22$	一用
3	纳滤高压泵	2	55	110	110	$110 \times 24 \times 80\% = 2112$	二用
4	纳滤冲洗水泵	1	22	22	22	$22 \times 1 = 22$	一用
6	纳滤清洗泵	1	22	22	22	$22 \times 1 = 22$	一用
7	回用排放水泵	2	55	110	55	$55 \times 24 \times 80\% = 1056$	一用一备
8	浓水排放泵	2	11	22	11	$11 \times 24 \times 80\% = 211.2$	一用一备
9	加药泵	8	0.25	2	1	$1 \times 24 \times 80\% = 19.2$	四用四备
10	电控及其它	1		1	1	$1 \times 24 \times 80\% = 24$	
11	总装机容量	20		461	319		
	日耗电量					4928.4	

运行总功率 319KW，实际日用电量约 4928.4 KWh。三相四线 380V。

2、核算条件

运行成本核算（设备总出力：340 吨/小时，设备运行时间为 24 小时/天，300 天/年计）

耗电：0.60 元/KWh，压缩空气：0.2 元/标方（量小，可不计）。

药剂名称与用量：

（1）絮凝剂（PAC）：工业一级，液体，最大用量 10PPm，单价为 2000 元/吨。

（2）氧化剂（NaClO）：工业一级，液体，最大用量 1.5PPm，单价为 1600 元/吨。

(3) 还原剂：工业一级液体，最大用量 2.0PPm，单价为 2000 元/吨。

(4) 阻垢剂（MDC220）：液体，最大用量 6PPm，单价为 45000 元/吨。

(5) NF 清洗剂：清洗周期为 1 年 2 次每次，每次耗 MC3 为 680kg，MC11 为 750kg，单价为 40000 元/吨。

3 成本核算

3.1 设备直接电耗：

由前已计算：4928.4KWh

电耗： $4928.4 \div 24 \div 340 = 0.604 \text{KWh}$

电成本为： $0.604 \times 0.60 = 0.362$ 元/吨水

3.2 药剂成本：

药剂总成本约为：0.32 元/吨水

3.4 人工成本

人工：5000 元/月（共 1 人）。

人工成本= $5000 \div (340 \times 24 \times 30) = 0.02$ 元/吨·水

3.5 核算结论：元/吨水

设备总运行成本为：

电费+药费+人工= $0.362 + 0.32 + 0.02 \approx 0.738$ 元/吨水

6.4 水生态修复工程

6.4.1 技术原理

水生态治理（修复）的目的是利用水体原有的生物多样性、连续性，充分发挥资源的生产潜力，同时起到保护水环境的目的，使水生态系统转入良性循环，达到经济和生态同步发展。

水生态修复技术包括“控源减污、基础生境改善、生态修复和重建、优化群落结构”四项技术措施。水体生态修复不仅包括开发、设计、建立和维持新的生态系统，还包括生态恢复、生态更新、生态控制等内容，同时充分利用水调度手段，使人与环境、生物与环境、社会经济发展与资源环境达到持续的协调统一。



图 6.4-1 水生态实施效果图

6.4.2 曝气增氧设计

6.4.2.1 曝气增氧原理

水体增氧主要是通过人为方式向水中充氧来恢复水体生态功能，让水和空气充分接触，提高水体溶解氧浓度，在池底沉积物表层形成一个以兼性厌氧菌为主的生态环境，使沉积物表层具备好氧菌生长环境，氧化 H_2S （硫化氢）及 FeS （硫化亚铁）等致黑致臭物质，达到增强水体自净，改善水质的作用。

常见的增氧方式，使用水车式或叶轮式增氧机、喷泉式、微孔管道等机械，加大水体与空气的接触面积，将氧渗入水中，不断补充溶解氧，因此增氧效果和水与空气接触程度是成正关系。

6.4.2.2 增氧设备配置

本项目增加设备的布置可增加仿生水草与水体的接触面积，提升微生物的降解能力，将水体流动并循环起来，减少污染的堆积及厌氧现象。

推流曝气机，设备参数如下：

功率：N=2.2kW

溶氧能力：>3.6kgO₂/h

循环水量：Q=610m³/h



图 6.4-2 潜水推流曝气机

6.4.2.3 曝气机的数量

1) 潜水推流曝气机数量

潜水推流曝气机的数量一般根据水体总容积、设备循环水量和水体循环频率

计算，并考虑温度和水体维护标准。

潜水推流曝气机的数量计算公式如下：

$$M = K_T \times \frac{Q \times S}{Q_d}$$

式中：M——潜水推流曝气机数量，台；

K_T——温度校正系数；

Q——水体总容积，m³；

S——水体维护标准校正系数；

温度校正系数

温度范围℃	10~14	15~19	20~24	25~29	30~35
校正系数 t	1.4	1.2	1.0	0.9	0.85

水体维护标准校正系数

水体维护标准	地表Ⅴ类	地表Ⅳ类	地表Ⅲ类	地表Ⅱ类
校正系数 S	0.8	1.0	1.2	1.4

本项目 K_T 取值为 1.0（年平均气温约为 22℃），人工湖面积约 6 万平米，深度按照 1.5m 计算，Q 取值 9.0 万 m³，S 取值为 1.2。根据本项目实际情况，所有设备每天运行 9 小时，1 天将水体循环 1 次，即 Q_d 为 610m³/h×9h。依据潜水推流曝气机应用的理论及经验数据，计算得到潜水推流曝气机的数量为：

$$M = K_T \times \frac{Q \times S}{Q_d} = 1.0 \times \frac{90000 \times 1.2}{610 \times 9} = 19.7$$

因此，本项目潜水推流曝气机的数量为 M=20（台）。

6.4.2.4 曝气的布置

潜水推流曝气机的数量 20 台，沿着海仔河扩建段（人工湖）南北岸布置，区域水形成循环的推流方式，具体布置如下图所示。



图 6.4-3 曝气增氧布置图

6.4.2.5 曝气机安装

1) 潜水推流曝气机安装

根据实际情况，为加强曝气机的稳定性和牢固性，本项目潜水推流曝气机采用预制件固定式安装，即预先制作支架和预制件坠重块（尺寸为长×宽×高=1.4m×0.7m×0.2m），将坠重块沉入河流底部，然后将潜水推流曝气机固定在支架上。

曝气机机体安装步骤：（1）先安装机头，注意套上 O 形密封圈以防漏气；（2）用螺丝将浮板支架和两浮筒固定好；（3）将两边的固定夹装上，使浮筒固定在不锈钢管上。（4）安装机头防护罩。

曝气机下水安装步骤：（1）将 $\varnothing 30$ 钢管由预制件上部插入预制件上 $\varnothing 50$ 钢管内，然后将两根钢管用卡鞘固定；（2）在 $\varnothing 30$ 钢管上安装下部限位插销，插销位置距预制件表面约 0.2m；（3）将预制件投入河道中，使预制件表面至水面的距离不低于 1m；（4）根据现场水位变化，将 $\varnothing 30$ 钢管的上端部分切割；（5）将安装好的曝气机机体插入 $\varnothing 30$ 钢管上，使其在横杆上平稳固定。

潜水推流曝气机的安装方式如下图：

<p>潜水推流曝气机</p>	<p>混凝土预制件（用于固定曝气机）</p>

6.4.3 仿生水草设计

6.4.3.1 仿生水草特点

仿生水草是一种新型、高效的生态载体，它融合了材料学、微生物学及水体生态学等学科，采用食品级原材料，通过专利编织技术，将其制成高比表面积、高负荷的水体净化产品。具有以下主要特点：

1) 高生物附着表面积

每平方米仿生水草可以为水中微生物和藻类等的生长、繁殖最高能提供约180~200 平方米的生物附着表面积，从而实现高效微生物群落的基础条件。

仿生水草与其它载体生物附着表面积的比较

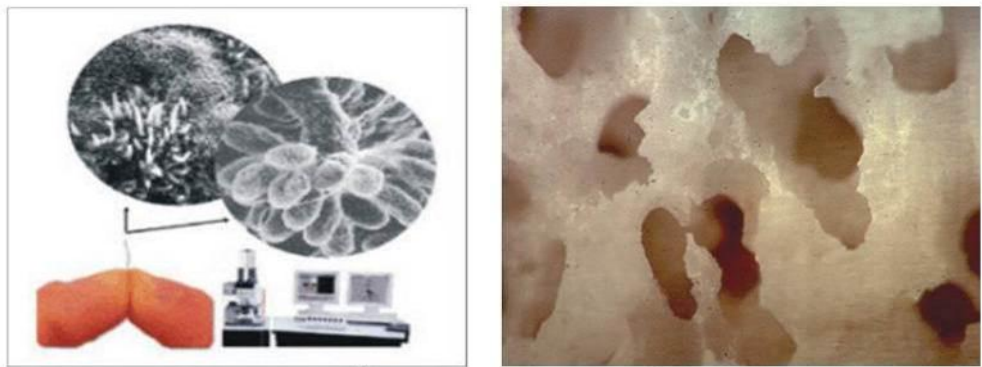
载体	生物附着表面积
湿地与天然植物	5m ² /m ²
生物生长物体（如绳索类材料）	50 m ² /m ²
蜂巢型人工载体	88 m ² /m ²
仿生水草（BDF 型）	180~200 m ² /m ²

2) 适宜的孔结构

仿生水草材料内部的孔结构通过尖端技术进行精心的设计和修饰，针对微生物的各种形态，设计了大小不同的微孔。

仿生水草材料用生物友好的材料为微生物群体的繁衍提供了巨大的洞穴般的空间，为异养生物（如异养型细菌）设计了微孔（1~5μm），为自养生物（如

藻类)设计了大孔(80~350 μm),从而为实现微生物的多样性并建立起高效水生生态系统提供了最理想的条件。

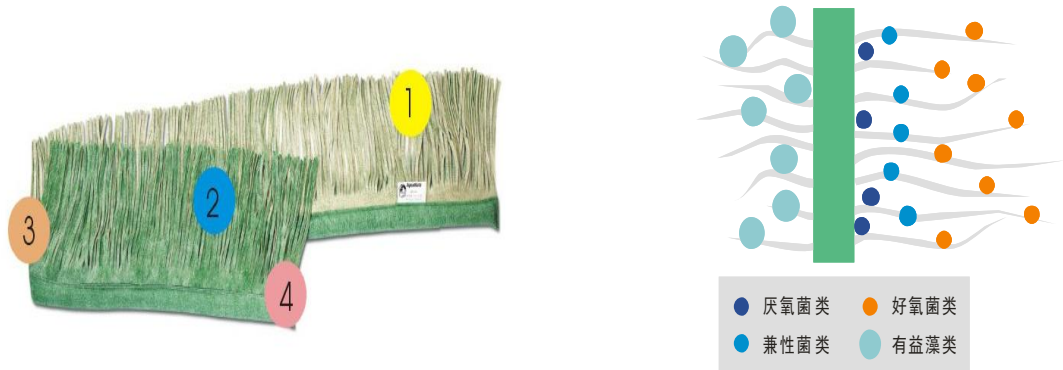


在光学显微镜下一根仿生水草纤维丝的生物照片和微孔结构照片

3) 采用超级编织技术，两面型结构设计

两面型设计的仿生水草(BDF 型)的功能特性:

- ①绿色面(80~350 μm)疏松设计有利于藻类的生长;
- ②白色面密实设计(1-5 μm)有利于细菌(如硝化和反硝化细菌)的生长;
- ③封闭式泡沫的核心在保持仿生水草浮力的同时,给了它们水草一样的外观;
- ④完整的固定底座使仿生水草能够被放置在水体中适当的位置。



仿生水草微生物生长区域示意图

4) 活性智能的仿生水草形态设计

水草型设计一方面使得水中溶解性有机物可以充分的与仿生水草上的生物膜接触,另一方面起到使水流均匀的作用,从而大大增加这些污染物被降解的机

会。仿生水草的活性智能技术综合了人工介质高效性和天然水草的三维动态自然性。

仿生水草与其它介质的仿生特性对比。

载体 比较项目	仿生水草	水生植物	人工介质
高效生物生长介质	有	无	有
三维生物介质	有	有	无
动态环境	有	有	无

5) 纯惰性材质、亲和于生态环境

采用食品工业级原材料标准,对仿生水草材料进行的耐久性和环境安全性测试结果显示,仿生水草在水中不会分解,对自然环境无任何危害。

6) 技术参数

仿生水草主要技术参数

序号	项目		计量单位	标准（设计）要求
1	厚度		mm	5.00~6.20
2	单位面积质量		g/m ²	450~650
3	24h 浸泡后的相对密度		g/cm ³	≤0.30
4	比表面积		m ² /m ³	≥0.8×10 ⁴
5	拉伸强度	纵向	kN/m	≥6.0
		横向	kN/m	≥6.0
6	CBR 顶破强力		N	≥1200
7	热稳定性（72℃, 2h）		%	≤2
8	吸水性		%	≤3

6.4.3.2 仿生水草的用量

仿生水草用量由两部分组成,分别为:①污染削减需求的用量;②水体基本维护的用量。仿生水草总用量 $A=A_1+A_2$ 。

1) 污染削减需求的用量

直排的污水、废水,携带垃圾滤液、污水等高浓度污染的地表径流或漫流,

连续的补水（浓度高于目标水体水质）等，均应计入需削减的污染物总量内。用量分别以生化需氧量、氨氮、总磷的表面负荷来核算，为了确保水质达到设计目标，应以核算出的最大用量为设计用量。计算公式为：

$$A_1 = K_T K_S \times \frac{Q \times (S_0 - S)}{q}$$

其中：

A_1 ：仿生水草用量（ m^2 ）

K_T ：温度校正系数

温度范围 $^{\circ}C$	10~14	15~19	20~24	25~29	30~35
校正系数 K_T	1.4	1.2	1.0	0.9	0.85

K_S ：水体规模影响系数，规模越大，水体自净能力越强，系数随水体容积增大而减小。

水体容积/ m^3	100~1000	1000~ 1×10^4	$1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^5$	$1 \times 10^5 \sim 1 \times 10^6$	$>1 \times 10^6$
K_S	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8

Q ：外来污水量， m^3/d

S_0 ：进水水质（ mg/L ）

S ：目标水质（ mg/L ）

q ：仿生水草对 COD_{Cr} 、 NH_3-N 、 TP 的表面去除负荷（ $g \cdot m^{-2} \cdot d$ ）

项目	COD_{Cr}	NH_3-N	TP
仿生水草表面负荷 ($g \cdot m^{-2} \cdot d$)	1.2-6.0	0.08-0.5	0.012-0.1

污水处理厂设计处理规模为 0.8 万 m^3/d 。污水处理厂出水执行排放标准为准地表水四类水体标准，经纳滤一体化设备后， COD 、 BOD_5 、 NH_3-H 、 TP 达到地表水 III 类水标准，考虑到广佛园污水处理厂水量较大，且来源复杂，水质可能会有波动。为确保水体稳定达到 III 类，通过水生态修复工程进一步强化污染削减效果，根据经验效果，设立水生态修复工程至少达到 10% 的削减效率，即 COD_{Cr} 、 NH_3-H 、 TP 分别达到 $18mg/L$ 、 $0.9mg/L$ 、 $0.18mg/L$ 。 Q 取值 0.8 万 m^3 ， K_T 取值为 1.0（佛冈市年平均气温约为 $22^{\circ}C$ ）， K_S 取值为 1.0。根据仿生水草技术应用的

理论及经验数据，不同水体容积 C 的取值不同。代入各个参数，计算如下：

按照 COD_{Cr} 计算：

$$A = K_T K_S \times \frac{Q \times (S_0 - S)}{q} = 1.0 \times 1.0 \times \frac{8000 \times (20 - 18)}{1.2 \sim 6.0} = 2667 \sim 13333$$

按照 NH₃-H 计算：

$$A = K_T K_S \times \frac{Q \times (S_0 - S)}{C} = 1.0 \times 1.0 \times \frac{8000 \times (1.0 - 0.9)}{0.08 \sim 0.5} = 1600 \sim 10000$$

按照 TP 计算：

$$A = K_T K_S \times \frac{Q \times (S_0 - S)}{C} = 1.0 \times 1.0 \times \frac{8000 \times (0.2 - 0.18)}{0.012 \sim 0.1} = 1600 \sim 13333$$

根据 COD、NH₃-H、TP 削减的计算，仿生水草用量 2667~10000 可达目标，，综合考虑选取仿生水草的用量 A₁=10000 m²，COD、NH₃-H、TP 对应的削减负荷分别 1.6 g/m²·d、0.08 g/m²·d、0.016 g/m²·d，符合仿生水草表面负荷。

2) 水体基本维护的用量

水体基本维护的用量：降解治理湖泊水体中的污染物浓度，维护水体水质的基本量，外来污染主要包括空气降尘、低浓度面源污染（如绿化浇灌水，经常施肥的绿化带除外）、下雨期间地面漫流（周边无垃圾堆、无污水、无养殖等中高污染废物废水等）。计算公式为：

$$A_2 = K_T \times \frac{Q \times S}{C}$$

A₂——水体维护用量（m²）

K_T——温度校正系数

温度范围℃	10~14	15~19	20~24	25~29	30~35
校正系数 K _T	1.4	1.2	1.0	0.9	0.85

Q——水体容积 m³

S——水体维护标准校正系数

本项目 K_T 取值为 1.0（佛冈市年平均气温约为 22℃），排放的水体容积约 0.8 万立方。Q 取值 0.8 万 m³，K_S 取值为 1.0。根据仿生水草技术应用的理论及经验数据，不同水体容积 C 的取值不同。代入各个参数，计算如下：

$$A_2 = K_T \times \frac{Q \times S}{C} = 1.0 \times \frac{8000 \times 1.4}{5.6} = 2000 \text{ (m}^2\text{)}$$

因此， $A_2=2000\text{ m}^2$ ，即仿生水草总面积 2000 平米，规格型号：BDF 型，尺寸 $1.0\text{m}\times 1.0\text{m}$ 等，单位面积质量 $>450\text{g}/\text{m}^2$ 。

因此， $A=A_1+A_2=10000+2000=12000\text{m}^2$ ，即仿生水草面积 12000m^2 。

6.4.3.3 仿生水草的选型

仿生水草投放于水底时，其蔓条上沿离水面的距离一般应在 50cm 左右，目的是有利于仿生水草上面的部分微生物（如固着藻类）获取阳光。

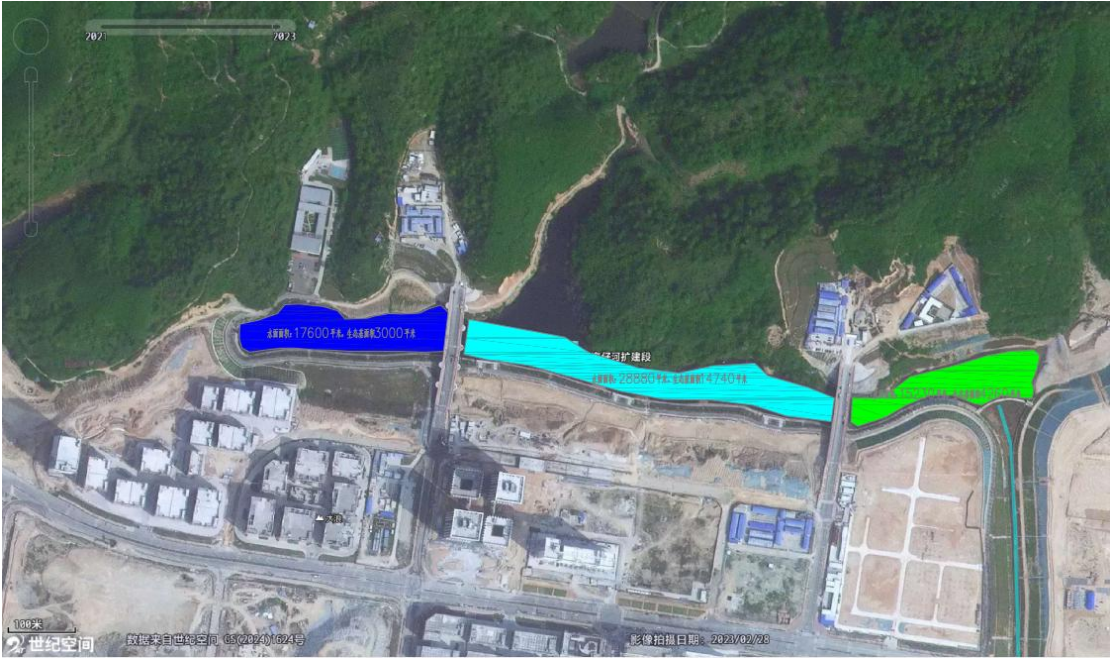
仿生水草布置主要根据常水位水深确定，根据仿生水草选型规则与水深的适应要求，同时考虑水深实际情况，选用规格为：1.0m（长） \times 1.0m（高）的型号，单块面积 1.0 平米，所需块数 12000 块。

6.4.3.4 仿生水草的用量分布

在不同的治理区域，仿生水草的用量根据治理区域的水面面积进行计算，仿生水草布置密度比例为 1：3：2（以布置段水面面积计）。

仿生水草在不同区域的用量分布如下：

治理区域	面积（m2）	布置密度系数	系数面积（m2）	仿生水草数量（m2）
前	17600	1	17600	1650
中	28880	3	86640	8000
后	15230	2	25060	2350
合计	61710	/	129300	12000

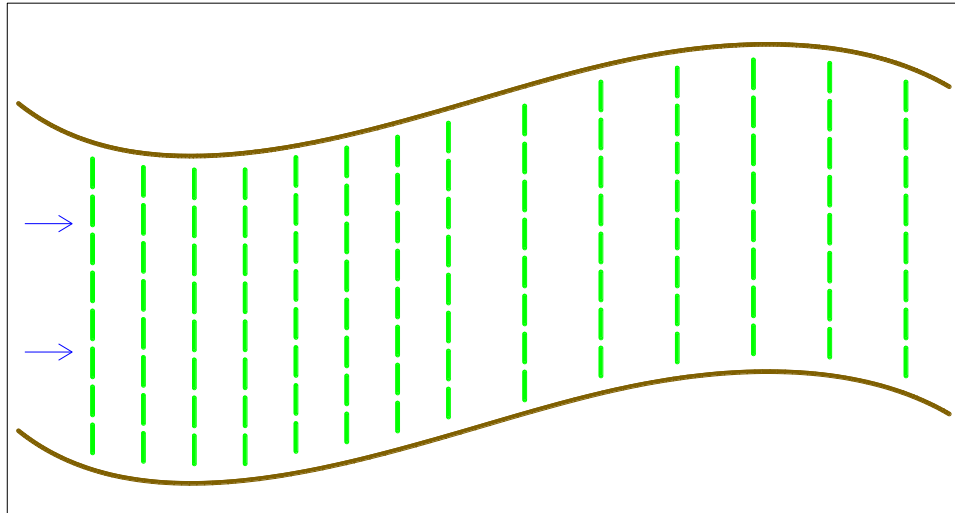


仿生水草平面布置图

6.4.3.5 仿生水草安装方法

1) 安装要求:

- ①仿生水草投放于水底时，其蔓条上沿离水面的距离一般应在 50cm 左右。
- ②仿生水草表面尽可能与水流方向垂直。

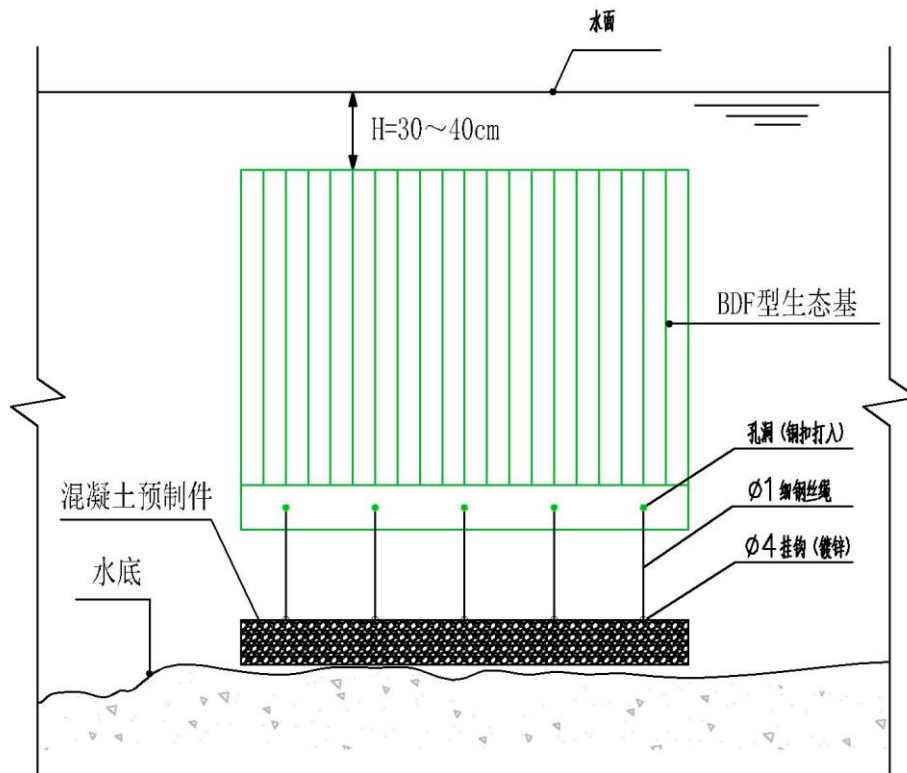


仿生水草的河道中的布置示意图

2) 安装方式：打孔坠重式安装

为保证仿生水草安装的稳定性和效果，利用混凝土预制件（长度 1m，截面尺寸 0.1m×0.1m）作为仿生水草的固定装置。

仿生水草安装步骤如下：1)将细钢丝绳的一端套入仿生水草的孔洞并系紧。
2)将细钢丝绳的另一端套入混凝土预制件上的挂钩并系紧。3)对齐后直接投放入水体中。



仿生水草安装示意图（打孔挂预制件）



混凝土预制件产品（固定仿生水草）



仿生水草的投放（带水施工，在船上直接投放）



仿生水草应用效果（图中隐约可见的片状载体为仿生水草）

6.4.4 水生植物设计

6.4.4.1 水生植物修复选址

水生植物修复一般设置在河面宽敞、湖泊四周、水深较浅区域。根据现场勘察，人工湖的南侧及北侧开展水生植物修复。人工湖东面北侧约 800m^2 和东中面南侧建设 4200m^2 ，详见下图。



水生植物修复范围

6.4.4.2 水生植物的选择

1) 水生植物的选择原则

按照生活形态不同，水生植物可以分为挺水植物、漂浮植物、浮叶植物及沉水植物。挺水植物根茎生于底泥中，茎叶或大部分挺出水面，代表植物有芦苇和香蒲；漂浮植物植物体完全漂浮于水面，具有特化的适应漂浮生活的组织结构，代表植物有凤眼莲和浮萍；浮叶植物根茎固定于底泥中，叶漂浮于水面，代表植物有睡莲和荇菜；沉水植物的植物体完全沉于水气界面以下，根扎于底泥或漂浮于水中，代表植物有狐尾藻和金鱼藻。

植物在污水控制方面有以下优势：去除污染物、维持人工湿地环境、生态美学价值和经济价值等几个方面。

在调查城市河道水系水生植物生态特征（实地调查）的情况下，查找能够改善水体水质的水生植物（去 N、P 能力强，耐污能力强，生长速度快）以及适合它们生长的环境条件来选择水生植物。

植物的选择原则如下：

- ①对“水华”水体中限制性营养盐（主要是 N、P 元素）有较强的去除能力；
- ②对藻类群体具有抑制作用；
- ③能够与河湖水体中其他环境成分形成稳定协调的、对水体自净作用强的水生生态系统；
- ④具备适地适种、耐污能力强、净化能力强和根系发达等特点；

⑤经济和观赏价值高，重视物种间的合理搭配。

一般选择种植成本较低、效果好和简单易行的植物，如利用香蒲、水葱和美人蕉等等净化水体的植物，对富营养化水体有很好的治理效果。本项目选择沉水植物和挺水植物作为水生植物的修复。

2) 沉水植物选择

通过比较各种沉水植物对环境的适应性，根据本次工程初步选定了马来眼子菜、金鱼藻、小茨藻、黑藻、轮藻和狐尾藻等常用的沉水植物。

水体治理的常用沉水植物

沉水植物名称	沉水植物特性	沉水植物图片
马来眼子菜	多年生沉水草本。根茎发达，白色，节处生有须根。茎圆柱形，直径约 2 毫米，不分枝或具少数分枝，节间长可达 10 余厘米。产我国南北各省区，生于灌渠、池塘、湖泊等静、流水体，水体多呈微酸性。	
金鱼藻	多年水生草本植物，别名细草、软草、鱼草。全株暗绿色，茎细柔，有分枝。生长于小湖泊静水处，于池塘、水沟等处常见，金鱼藻对水温要求较宽，喜欢清晰水源。吸氮能力极强，同时降低水温。	
小茨藻	一年生沉水草本，广泛分布于南方省份。茎圆柱形，光滑无齿，分枝多，植株纤细，易折断，下部匍匐，上部直立，呈黄绿色或深绿色，基部节上生有不定根，株高 4-25 厘米。成小丛生于池塘、湖泊、水沟和稻田中，可生于数米深的水底。	

黑藻	<p>多年生沉水草本，在中国南北各省及欧、亚、非和大洋洲等广大地区均有分布。茎伸长，有分支，呈圆柱形，表面具纵向细棱纹，质较脆。喜阳光充足的环境。营养水平高的湖泊沉积物有利于黑藻初期生长，鱼类、河蟹喜食。</p>	
轮藻	<p>大型沉水植物，藻体鲜绿色或黄绿色，外被钙质，高 18~301 厘米。轮藻分布较广，在淡水、半咸水中均能找到，尤以稻田、沼泽、湖泊中常见，在一些透明度高的瘦水池塘中也有分布。可作饲料、肥料、药用。还发现轮藻能杀蚊子幼虫和净化污水。</p>	
狐尾藻	<p>多年生沉水草本。根状茎发达，在水底泥中蔓延，节部生根。茎圆柱形，长 20-40 厘米，多分枝。光合作物，其适应性强，为世界广布物种。它能较快地除去水体中的氮、磷等富营养化元素，还能吸收其中的重金属元素，是一种较强的净化水体植物。</p>	



3) 挺水植物选择

通过比较各种挺水植物对氮磷的去除效率以及对环境的适应性，本次工程初步选定了美人蕉、千屈菜、梭鱼草、菖蒲、旱伞草和芦苇共 6 种适宜直接水边种植且景观效果良好的挺水植物。

挺水植物的选择种类（用于直接种植）

挺水植物名称	挺水植物特性	挺水植物图片
--------	--------	--------

美人蕉	<p>美人蕉为多年生挺水草本植物。株高 70-160cm；花色有红、粉红、白、黄及杂色，花期 5-10 月。该植物不耐寒，全年气温高于 16℃，可终年生长开花，温度低于 16℃时，生长缓慢，甚至休眠。美人蕉鲜嫩的大绿叶成为去污植物的首选，20 天左右就可长到 1.5 米，水下根系也非常发达，能有效吸收水体中的氮、磷等富营养物质，净化水质效果明显。</p>	
千屈菜	<p>千屈菜属多年生草本，根茎横卧于地下，粗壮。花组成小聚伞花序，簇生；附属体针状，直立，红紫色或淡紫色。千屈菜喜强光，耐寒性强，喜水湿，对土壤要求不严，在深厚、富含腐殖质的土壤上生长更好。</p>	
梭鱼草	<p>梭鱼草属雨久花科多年生挺水或湿生草本植物，株高 80-150cm，地茎叶丛生，圆筒形叶柄呈绿色，每条穗上密密的簇拥着几十至上百朵蓝紫色圆形小花，单花约 1cm 大小。花期 5~10 月。该植物不耐寒，适宜温度为 18-35℃，10℃以下停止生长。根系发达，对养分需求量较大，耐污能力强。</p>	
菖蒲	<p>菖蒲是多年生草本植物。根茎横走，稍扁，分枝，直径 5-10 毫米，外皮黄褐色，芳香，肉质根多数，长 5-6 厘米，具毛发状须根。生于沼泽地、溪流或水田边。长度在 50-120cm，花黄绿色，花期在 4-9 月。该植物稍耐寒，最适宜温度为 20-25℃，10℃以下停止生长，冬季以地下茎潜入泥中越冬。对环境具有非常好的适应性，具有一定的耐污能力。</p>	

风车草	又名水竹、旱伞草等，莎草科莎草属多年生草本，其茎秆挺直细长的叶状总苞片簇生于茎秆，呈辐射状，株高 40-150cm；花期 7-9 月。该植物不耐寒，生长适宜温度 15-25℃，冬季温度应保持在 5-10℃。生长对养分需求大，对污水的适应能力较强，耐污能力强。	
芦苇	芦苇，多年水生或湿生的高大禾草，根状茎十分发达。秆直立，高 1-3 米，直径 1-4 厘米。芦苇生于江河湖泽、池塘沟渠沿岸和低湿地。耐寒、抗旱、抗高温、抗倒伏，具有水面绿化、净化水质等作用。大面积的芦苇不仅可涵养水源，所形成的良好的湿地生态环境，也为鸟类提供栖息、觅食、繁殖的家园。	

6.4.4.3 水生植物种植要求

1) 沉水植物设计参数

沉水植物宜种植于较浅水域，水深一般不超过 1m，种植时保持水深在 30cm 以下为佳，直接在水底插种，种植密度为 50 株/m²。

2) 挺水植物设计参数

挺水植物在河道治理中，搭配使用，种类不可过多。用于滨岸带时，种植密度为 16-25 株/m²。

3) 水生态修复工程参数设计

栽种植物配置表

序号	工程内容	特征	单位	数量
1	沉水植物	马来眼子菜、金鱼藻、小茨藻等，密度 50 株/ m ² ，株高：15-20cm	m ²	2000
2	挺水植物	美人蕉、千屈菜、梭鱼草、菖蒲等，密度 16-25 株/ m ² ，株高：20-40cm	m ²	3000
合计				5000

6.4.4.4 施工方法

根据现场实际情况，如果种得太深，挺水植物会被“淹死”，浮叶植物叶子浮不出水面被“闷死”，沉水植物因水深光照过弱而“饿死”；或由于种得离常水位线高出过多，挺水植物被“旱死”。可见常水位线是水生植物的生命线，在实际施工作业时对常水位线要给予足够的重视。在种植施工放样前先用水准仪在现场确定出常水位线，在植物配置时把各种植物的水深适应性作为种植深浅的依据。

1) 沉水植物种植方式

沉水植物主要种植方式为扦插法、网袋种植法种植和泥包抛投法。根据本项目现场实际情况，本项目沉水植物种植采用扦插法。

具体操作方法为：将预处理后的沉水植物种苗直接扦插入土壤中，插入深度为 5-10cm；当水深过大人工无法直接扦插时，可采用辅助工具进行扦插种植：将一节长 1-2.5m 的竹竿顶端挖成 U 型缺口，取沉水植物种苗的根部嵌入至缺口，再将竹竿缺口向下平稳快速插入湖底 10cm 左右拔出。离岸线距离 20m-100m 范围内在保证种植密度的同时，每平方米扦插次数不得少于 12 插，其他区域每平方米扦插次数不得少于 8 插。应平均扦插入湖，不得集中扦插。

2) 挺水植物种植方式

挺水植物主要种植方式为带土球种苗种植法、裸根种苗种植法、容器种植法和近岸带直接扦插法。根据本项目现场实际情况，本项目挺水植物种植采用带土球种苗种植法和近岸带直接扦插法两种方式结合。

两种种植方式的具体操作方法为：

①带土球种苗种植法：用铲子或铁锹挖坑，然后将带土球的种苗摆放在坑中，周边覆土进行堆填。

②近岸带直接扦插法：将预处理后的挺水植物种苗直接扦插在近岸带的土壤松散区，扦插深度为 5-10cm。

水生植物的养护主要是水分管理，沉水、浮水、浮叶植物从起苗到种植过程都不能长时间离开水，尤其是炎热的夏天施工，苗木在运输过程中要做好降温保湿工作，确保植物体表湿润，做到先灌水，后种植。如不能及时灌水，则只能延期种植。挺水植物和湿生植物种植后要及时灌水，如水系不能及时灌水的，要经

常浇水，使土壤水分保持过饱和状态。

水生植物的管理一般比较简单，栽植后，除日常管理工作之外，还要注意以下几点：

- (1) 检查有无病虫害；
- (2) 检查植株是否拥挤，一般过 3 至 4 年时间分一次株；
- (3) 定期施加追肥；
- (4) 清除水中的杂草，池底或池水过于污浊时要换水或彻底清理。

6.4.5 生态过滤水岸设计

6.4.5.1 技术原理

刚性过滤水岸主要由刚性材料如块石、混凝土块、砖、石笼、堆石等构成，但建造时不用砂浆，而是采用干砌的方式，留出空隙，以利于河岸与河道的交流，利于滨河植物的生长。在河岸两侧种植多样化的本土植物，如耐水湿的乔木、水生植物、灌木和草本植物，构建多层次的植被群落，增强河岸稳定性，防止水土流失，同时为生物提供栖息地并实现景观的提升。

柔性过滤水岸利用植物的根、茎、叶来固堤。用植物切枝或植株将其与其他材料相结合来防止侵蚀，控制沉积。同时为生物提供栖息地，柔性过滤水岸设计的建设常与生物工程，生物技术侵蚀控制，生物稳固或土壤生物工程等专业术语联系在一起

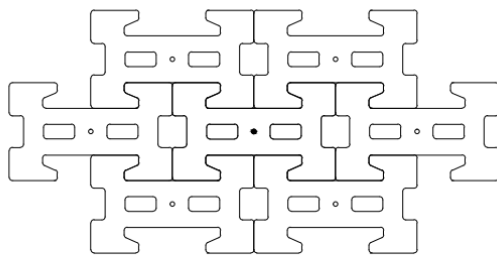
刚柔结合型水岸设计具有人工结构的稳定性和自然的外貌。见效快，生态效益好。刚性和柔性的材料占有同等重要的地位，二者结合的方式很多。以下为常见的两种类型：

(1) 种植植物的堆石将由大小不同的石块组成的堆石置于与水接触的土壤表面，再把活体切枝插入石堆中使斜坡更加稳定，根系可提高强度。另外，植被可遮盖石块，使堤岸景观设计外貌更加自然。

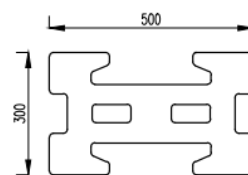
(2) 与植物结合使用的混凝土块将预制的混凝土块以连锁的形式稳固，再将植物切枝或植株扦插于混凝土块之间和堤岸上部。其上覆土压实，再播种草本植物。

6.4.5.2 刚性形式选择

联锁式混凝土块生态护岸属于生态护岸常见形式，是由一组尺寸、形状和重量一致的预制透水混凝土块相互连锁而形成柔性、透水的一体化铺面系统，可防止土壤冲刷，保持坡面稳定。联锁护坡块采取透水混凝土制作，下雨时可以有效的吸收和下渗雨水，并通过在块体中间和相邻块体之间的空隙内填土种植花草，可以对雨水起到净化和缓冲作用。同时该护坡形成的是自然生态式坡面，不仅改善美化生态环境，而且花草生根后提高了块体面层与基土之间的连接力，进一步提高了护坡的整体稳定性和抗冲刷能力。而且联锁式混凝土块生态护岸铺装完毕后，无需养护即可立即投入使用，能够及时有效的起到防汛护坡的效果。



联锁砌块矩阵安装示意图



联锁砌块块体平面大样



联锁式混凝土块（H 型）

联锁式混凝土块生态护坡优点如下：

- 1) 联锁式护坡块之间通过榫头联接，属于柔性结构，可以产生少量的变形，

便于铺装调整。每一个护坡块被相邻的六个护坡块锁住，具有较强的连锁性，可大大提高铺面的整体稳定性。

2) 与传统的护坡相比，联锁式混凝土块生态护坡空隙率高，透水性好，渗透到滤层内的水很容易排出来，减小了护坡块下的水压力，避免了护坡面层出现过大的浮力，从而确保铺装面的稳定。

3) 联锁式混凝土块生态护坡铺装后具有较好的景观效果，块体中间和相邻块之间的空隙内可以种植花草，在美化环境的同时形成自然坡面改善生态环境。而且花草生根后可以提高块体面层与基土之间的连接力，进一步提高了护坡的整体稳定性和抗冲刷能力。

4) 传统的护坡块底一般均需铺设砂或碎石反滤层，在河浪的冲刷和地下水作用下，极易出现泥土流失，导致护坡块底脱空破坏。联锁式混凝土块生态护坡底通过铺设土工布反滤层，有效减少了土壤流失，使得整个护坡防护系统更加稳定，同时也降低了施工成本。

5) 联锁式混凝土块生态护坡铺装完毕后无需养护即可投入使用，安、拆除简单，局部破坏时维修、更换容易，块体可以多次重复利用。施工过程不产生建筑垃圾、无噪声、无环境污染，符合绿色环保要求。



联锁式混凝土块生态护岸效果图



联锁式混凝土块生态护岸效果图

6.4.5.3 柔性形式选择

在河岸两侧种植多样化的本土植物，如耐水湿的乔木、水生植物、灌木和草本植物，构建多层次的植被群落，增强河岸稳定性，防止水土流失，同时形成生态美好的景观。

乔木选择水杉、大腹木棉、宫粉紫荆、黄槿、高山榕、菩提榕等植株。



水生植物选择美人蕉、梭鱼草、旱伞草、鸢尾、蜘蛛兰、再力花、菖蒲、马

来眼子菜、苦草等。



灌木和草本植物选择竹子、翠芦莉、狼尾草、草皮等。



6.4.5.4 工程布置

本项目生态过滤水岸建设共 11000 m²，在人工湖东北侧建设面积约 5000m² 生态过滤水岸，在人工湖西北侧方向建设面积约 6000m² 生态过滤水岸，设计阶段需与《广佛(佛冈)产业园沿湖岸堤和应急检修通道整治工程》项目进行衔接，

确保项目之间设计的协调，施工范围及施工内容不冲突。



生态过滤水岸东北岸工程平面布置图



东北岸改造效果图



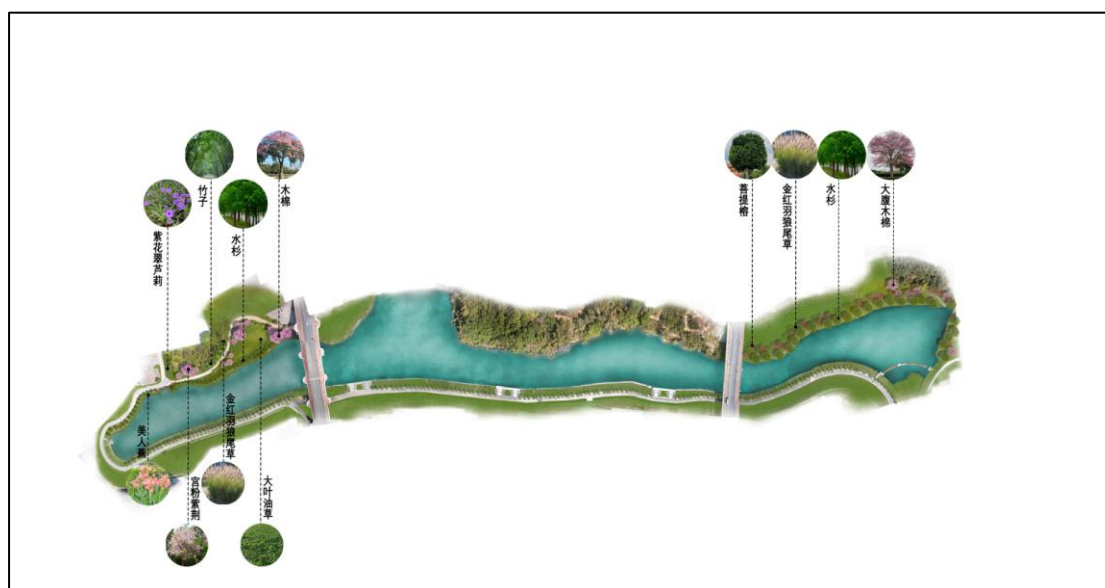
生态过滤水岸西北岸工程平面布置图



西北岸工程改造效果图 1



西北岸工程改造效果图 2



生态过滤水岸工程整体布局图

6.4.5.5 施工步骤

结合本项目现场实际情况，生态护坡主要施工步骤如下：土方围堰→开挖基础→建设护脚→铺装联锁砌块→验收。

(1) 土方

利用现有土方或外购土建设施工围堰，利于护坡基础的开挖。

(2) 建设护脚

测量定位后，开挖基础，建设护脚。护脚是维护整个联锁式混凝土块生态护

岸稳定的重要支撑，护脚的施工质量，直接影响到联锁式混凝土块生态护岸的安全。为保证联锁式混凝土块的稳定性，在生态护岸的底部位位置建设格宾石笼护脚，石笼顶部采用 150mmC20 砼卵石贴面。

（3）平整坡面

先把要铺设的基面按设计坡度找平、夯实，一般 10~15m 为一段，挂线、用水平仪上下找平；按照设计边坡坡度要求进行边坡地基处理，清除杂草、树根和突出物，对于较大的突出物或深坑用推土机先初步推平，如有回填土，则需须经过夯实后确保无沉陷及表面松动现象；最终使边坡表面平整、密实，并符合设计要求。

（5）铺设土工布

已完成的基础面上铺设滤水土工布，土工布搭接不得小于 0.1m，深入两端的长度不小于 1m。土工布型号选用 400g/m²，渗透系数 k 为 5x10⁻²cm/s 左右。

（6）铺种植土

回填 20cm 厚的土壤、草种和肥料混合层，混合层厚度要均匀。

（6）铺装联锁砌块

铺装联锁式混凝土块前，先从下向上排两列，计算纵向护坡铺装混凝土块的数量，以及混凝土块上、下沿与两边趾墙的间隙，确定第一块混凝土块所放的位置，然后用全站仪作出垂直、平行水流方向两条线，用水准仪找平，挂线开始铺设。

铺装联锁式混凝土块一般在左下边沿或右下边沿水流方向开始铺装两行，每段 10~15m，然后再 45°角斜向上铺装，不能沿垂直水流方向铺装。

6.4.5.6 工程量表

序号	产品名称	型号	单位	数量
1	连锁砌块护坡	长*宽*厚 500*300*120 砖抗压强度（净面积）≥ 20MPa，每平方米约 8 块。	m ²	11000
2	水杉	株高:7-8m 冠幅:1-2m3、胸 径:9-10cm	株	50
3	木棉	1、株高:5-6m 冠幅:3- 4m3、胸径:23-25cm	株	6
4	大腹木棉	1、株高:5-6m	株	45
5	宫粉紫荆	2、冠幅:4-5m3、胸径:30- 32cm	株	14

6	小叶紫薇	株高:4-5m	株	10
7	黄槿	冠幅:3-4m	株	14
8	高山榕	胸径:11-12cm3、	株	5
9	菩提榕	1、株高:4-5m	株	26
10	竹子	冠幅:3-4m3、胸径:12-13cm	株	500
11	金红羽狼尾草	1、株高:4-5m 冠幅:3-4m3、胸径:12-13cm	m ²	300
12	紫花翠芦莉	株高: 1m	m ²	350
13	美人蕉	密度 36 袋/m 株高:20-40cm 冠幅:15-20cm	m ²	600
14	梭鱼草		m ²	870
15	早伞草		m ²	300
16	鸢尾		m ²	450
17	蜘蛛兰		m ²	280
18	再力花		m ²	500
19	菖蒲		m ²	200
20	马来眼子菜	密度 100 株/m 株高:15-20cm 冠幅:10-12cm	m ²	668
21	苦草		m ²	1200

6.4.6 工程量清单

水生态修复工程包括曝气增氧设计、仿生水草设计和水生植物修复。其中，曝气增氧安装潜水推流曝气机 20 台；仿生水草设计安装仿生水草面积 12000 m²；水生植物修复包括种植沉水植物 2000m²、挺水植物 3000m²；生态过滤水岸设计安装连锁砌块护坡和景观布置 11000 m²。具体工程量汇总如下表所示。

水生态修复工程量汇总表

序号	项目名称	单位	数量	备注
1	潜水推流曝气机	台	20	N=2.2kW, Q=610m ³ /h, 304 不锈钢材质
2	潜水推流曝气机安装专用预制件	个	20	尺寸: 长×宽×高=1.4m×0.7m×0.2m, 带 2 根 0.3mDN50 钢管
3	配套电气控制系统	套	1	含电缆、分控制箱、动力柜和电缆井等
4	仿生水草	m ²	12000	BDF 型, 尺寸 1.0m×0.5m 等, 单位面积质量>450g/m ²
5	仿生水草安装专用预制件	个	22000	预制件长 1m, 截面尺寸 0.1m×0.1m, 带 5 个挂钩
6	沉水植物	m ²	2000	马来眼子菜、金鱼藻、小茨藻

				等，密度 70 株/ m ² ，株高：20-40cm
7	挺水植物	m ²	3000	美人蕉、千屈菜、梭鱼草、菖蒲等，密度 25 株/m ² ，株高：15-20cm
8	生态过滤水岸	m ²	11000	连锁砌块护坡和景观布置

6.5 项目工程规模

针对佛冈县广佛园人工湿地水质净化及生态修复项目进行工程量统计，结果见下表。

表 6.5-1 实施项目内容汇总表

序号	项目名称	设备（产品）型号/参数、 实施内容	数量
一	尾水深度净化工程		
1.1	土建构筑物	包括原水调节池、浓水池、设备站房、设备基础、绿化等	1 批
1.2	预处理过滤设备	包括提升泵、计量泵、搅拌器、多介质过滤器、反洗泵等	1 套
1.3	深度纳滤膜系统	阻垢加药装置、还原加药装置、纳滤保安过滤器、纳滤装置、清洗系统、水泵等	1 套
1.4	自动阀门	进出水、反洗、正排、排气阀等	1 套
1.5	配套仪表	流量仪表、分析仪表、压力测量仪表液位计、SDI 测定器具等	1 套
1.6	电气控制系统	西门子 PLC、触摸屏，电气元器件，碳钢喷漆配电箱	1 套
二	水生态修复工程		
2.1	潜水推流曝气机	N=2.2kW，Q=610m ³ /h，304 不锈钢材质	20 台
2.2	潜水推流曝气机安装专用预制件	尺寸：长×宽×高=1.4m×0.7m×0.2m，带 2 根 0.3mDN50 钢管	20 个
2.3	配套电气控制系统	含电缆、分控制箱、动力柜和电缆井等	1 套

2.4	仿生水草	BDF 型，尺寸 1.0m×0.5m 等，单位面积 质量>450g/m ²	12000 m ²
2.5	仿生水草安装专用预制件	预制件长 1m，截面尺寸 0.1m×0.1m，带 5 个挂钩	12000 个
2.6	沉水植物	密度 70 株/ m ² ，株高：20-40cm	2000 m ²
2.7	挺水植物	密度 25 株/m ² ，株高：15-20cm	3000 m ²
2.8	生态过滤水岸	包括连锁砌块护坡和景观布置等内容	11000m ²

第七章 环境保护措施

7.1 编制依据

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》(2015 年 1 月 1 日);
- (2) 《建设项目环境保护管理条例》国务院令 253 号;
- (3) 《开发建设项目水土保持方案管理办法》;
- (4) 《开发建设活动环境管理人员行业规范》;
- (5) 《建筑施工场界噪声限值》(GB12523-1990);
- (6) 《污水综合排放标准》(GB8978-1996);
- (7) 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996);
- (8) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2003 年 9 月 1 日);
- (9) 《中华人民共和国水污染防治法》(2008 年 6 月 1 日);
- (10) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2005 年 4 月 1 日);
- (11) 《中华人民共和国水土保持法》(2011 年 3 月 1 日);
- (12) 《建设项目环境保护管理条例》(1998 年 11 月 29 日);
- (13) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012);
- (14) 《声环境质量标准》(GB3096-2008)。

7.2 保护目标

- (1) 大气环境。本项目空气环境质量保护目标为广清经济特别合作区广佛(佛冈)产业园周边区域居民。
- (2) 水环境。本项目主要水环境保护目标为项目地周边水塘及四九河干流水域,经治理后应达到治理目标要求。
- (3) 声环境。施工期间对各种施工活动可能产生的噪声污染采取措施予以控制,防止周边居民区受到超标噪声污染的影响。
- (4) 生态环境。施工期间应预防项目建设造成水土流失,尽量少占用土地,因项目毁损的植被应尽快修复;避免施工活动对陆生动植物和水生生物的伤害。
- (5) 人群健康。施工期间做好人群健康保护,防止各种传染病暴发流行,

保证与项目建设有关的传染病发病率不高于现状水平。

7.3 环境影响分析

本项目实施后，将对流域周边产生较明显的环境正效益，但在施工期会对当地水环境、大气环境、声环境等产生暂时或短期不利影响，需采取必要的防护和保护措施。项目施工期间对环境的影响主要有以下几点：

（1）对地表水的影响。本项目大部分施工人员居住在临时搭建的施工工棚中，部分居住在租用的当地民房中。租用当地民房的，施工单位应与当地居民协议做好粪便及餐饮污水的清运工作；居住临时工棚的，施工单位排放的生活污水应处理达标后排入附近河道，对附近水体水质影响较小。

（2）对大气的影响。施工期大气污染源主要来源于施工器械和运输车辆的尾气、以及施工过程中的地面扬尘等。项目日燃油废气排放量较小，且施工区地理位置都较开阔，大气扩散条件较好，所以施工燃油废气对当地环境空气质量产生影响较小；土方开挖、弃土堆放等产生的粉尘，由于产生量有限且相对分散，只要在施工期采取一定的防尘措施，对大气环境造成影响较小；本项目施工过程中，会扰动水体和底泥，造成水体和底泥中的臭气散发出来，对施工场地周边一定范围内造成气体污染。因臭气浓度较低，且基本无毒，因此不会对施工场地附近居民的身心健康造成危害。

（3）噪声的影响。挖掘机及自卸汽车等施工机械和施工车辆是本项目施工中的主要噪声源，施工噪声在一定程度上降低了施工区及周边的声环境质量；另外施工车辆运送施工材料和土方时产生的噪声对道路沿线居民也都存在一定影响。预计噪声影响局限于施工区周边及施工运输线路两侧 100m 范围内，受影响的主要是沿线的居民集中居住区。

（4）施工时所产生的建筑和生活垃圾。项目在施工阶段会有一定量的建筑垃圾、生活垃圾产生。如果不妥善处理，必然对环境产生影响。施工区内施工人员的食宿将会安排在工作区内，并对临时食宿的水、电以及生活废弃物等作出妥善的安排，否则会影响施工区的环境卫生，影响施工人员正常施工。

7.4 环境影响保护措施

7.4.1 水环境保护

本工程涉及流域已划分水环境功能，且其功能主要为农业灌溉和排涝，按照《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）的规定，属于农业用水。结合流域实际情况，本项目地表水治理目标为地表水水质与上游水质保持一致。

为防止生活污水对周边水环境的不利影响，可在施工生活区修建化粪池。在施工工区设置砖砌隔油沉淀池和砖砌清水池用于处理含油废水。施工期时间是短暂的，故施工期间产生的废水只要经化粪池处理后排放到附近林地和耕地作为灌溉用水，防止直接排入水体。

施工废水包括施工人员生活污水、施工机械冲洗水等，其水量不大，但含大量的泥沙、油污以及有机污染物。施工期建设集水池、沉淀池等临时处理装置，污废水经集中处理后达标排放。

加强施工人员的环境保护和安全生产教育，严禁乱倒生活污水、乱扔垃圾，生活垃圾定点堆放、定期清运；定期维护并及时检修施工设备，避免施工中的意外事故造成水环境污染。

7.4.2 环境空气保护措施

对施工现场进行科学管理，物料应统一堆放，尽量减少搬运环节；施工现场设置围栏，以减少扬尘扩散范围，并做好防尘工作，注意洒水降尘。

车辆装载不能过满，尽量采取遮盖、密闭措施，减少沿途抛洒，定时洒水压尘；水泥类建筑材料，应设专门库房堆放，破包和撒落于地面的水泥应及时进行清扫。

加强对燃油机械设备的维护保养，发动机应在正常、良好状态下工作，采用无铅汽油；加强道路建设，减少弯道和坡度，保持路面平整，同时加强道路管理和养护。

7.4.3 声环境保护措施

加强施工管理，合理安排施工作业时间。在靠近噪声的敏感点进行施工时，应在施工区域周围布置临时隔声墙，防止施工噪声对其产生影响；在保护区附近施工时，凡超过夜间噪声标准的设备，夜间要停止作业或离保护目标比较远的距

离进行操作；对高噪声设备的摆放地进行选择，尽量选择远离噪声敏感点的地方摆放施工机械。

在高噪声施工区，施工人员应配戴棉花涂腊、伞形耳塞、耳罩、防声头盔等防声用具；增加工人换班次数或缩短工作时间，降低施工噪声的影响。

7.4.4 固体废弃物保护措施

施工产生的弃土为松散堆积体，在堆置过程中，应采用合理的防冲刷、压实等施工措施与植物措施防治弃土堆放对生态环境产生影响。

在施工区和生活区应设置垃圾箱，施工过程中产生的生活垃圾应集中堆放并及时清理外运填埋，垃圾箱需经常喷洒灭害灵等药水，防止苍蝇等传染媒介滋生；建筑垃圾应分类堆放，能回收利用的尽量回收利用，不可回用垃圾派专人回收利用或填埋，不得随意丢放。

施工结束后应及时清理施工现场，拆除临时工棚等建筑物，恢复自然景观。

7.4.5 人群健康保护措施

为保护施工人员及附近居民身体健康，在施工人员进入工区前由医疗机构对其进行健康检查，地方卫生防疫站进行监督管理，对患病的施工人员进行治疗，治愈后方可进入工区；保证工区饮用水卫生清洁，符合饮用水卫生标准，加强饮食卫生管理，避免不洁食物，以免造成肝炎、痢疾等疾病的爆发流行；加强工区的卫生防疫宣传教育，普及卫生常识，做好工区的卫生防疫工作；加强工区垃圾及其它污物的管理和处置，生活垃圾等固体废物收集后定期运出。

7.4.6 废弃土石方处置措施

项目产生的开挖、清淤土石方一般作为项目实施过程中回填土方使用，剩余部分作为废弃土石方运送到弃土场处理。部分清淤淤泥可考虑采用建材利用法处理，制作砖块或是水泥使用。

弃土场由当地政府相关部门结合地方用地规划指定批准使用，应避开汇水地带的滞留底地，多选在坡度缓、易形成坡度的山坡、荒地。弃土处置时应严格按照水土保持法规定进行相应的土地整治及绿化。弃土前先将地表熟土集中存放，

砌筑片石挡碴墙，墙身设泄水孔，碴底预埋透水管，采用先挡后弃的办法，项目结束后对弃土场进行平整，将存放的熟土回填碴顶并进行绿化。

7.5 综合影响评价结论

拟建项目针对水环境、空气环境、声环境等的影响主要在施工期，影响是暂时性的，在采取相应防护措施的基础上，可最大限度地减轻拟建工程对环境的影响。本项目对受益区的自然环境、经济发展前景及投资环境的改善是显著的和长期的。因此，从环保的角度综合分析，总的环境评价结论是利大于弊，是可行的。

第八章 水土保持措施

根据建设与治理同步进行的原则，工程分地段有计划施工，施工过程中对水土流失进行控制，工程完工时，施工现场地水土流失将基本完成整治，以得到有效控制。

8.1 设计依据

8.1.1 法律法规

- (1) 《中华人民共和国水土保持法》，全国人大常委会，2010 年修订；
- (2) 《中华人民共和国水土保持法实施条例》，1993 年国务院令第 120 号；
- (3) 《中华人民共和国土地管理法》，全国人大常委会，2004 年修订；
- (4) 《中华人民共和国水法》，全国人大常委会，2002 年修订；
- (5) 《中华人民共和国防洪法》，1997 年颁布；
- (6) 《中华人民共和国河道管理条例》，国务院，1988 年颁布；
- (7) 《中华人民共和国环境保护法》，全国人大常委会，1989 年颁布；
- (8) 《建设项目环境保护条例》，1998 年国务院令第 253 号；
- (9) 《中华人民共和国环境影响评价法》全国人大常委会，2002 年颁布；
- (10) 《广东省实施<中华人民共和国水土保持法>办法》，1997 年修正。

8.1.2 部委规章

- (1) 《开发建设项目水土保持方案编报审批管理规定》，水利部令第 5 号，1995 年 5 月 30 日发布，2005 年 7 月 8 日以水利部令第 24 号修订；
- (2) 《水土保持生态环境监测网络管理办法》，水利部令第 12 号，2000 年 1 月 31 日发布；
- (3) 《开发建设项目水土保持设施验收管理办法》，水利部令第 16 号，2002 年 10 月 16 日发布，2005 年 7 月 8 日以水利部令第 24 号修订；
- (4) 《水利部关于修改或者废止部分水利行政许可规范性文件的决定》，水利部令第 25 号，2005 年 7 月 8 日发布。

8.1.3 规范性文件

- (1) 《全国生态环境保护纲要》，国务院[2000]38 号；
- (2) 《国务院关于加强水土保持工作的通知》，国发[1993]5 号；
- (3) 《开发建设项目水土保持方案管理办法》，水利部、国家计委、国家环保局[1994]513 号；
- (4) 《关于加强大中型开发建设项目水土保持监理工作的通知》，水利部水保[2003]89 号；
- (5) 《全国水土保持预防监督纲要》，水利部水保[2004]332 号；
- (6) 国家发改委、建设部关于印发《建设工程监理与相关服务收费管理规定》的通知，发改价格[2007]670 号；
- (7) 《水利部关于划分国家级水土流失重点防治区的公告》，水利部公告 2006 年第 2 号；
- (8) 《关于规范生产建设项目水土保持监测工作的意见》，水利部水保[2009]187 号；
- (9) 《开发建设项目水土保持概(估)算编制规定》，水利部水总[2003]67 号；
- (10) 《财政部国家发展与改革委员会关于公布取消和停止征收 100 项行政事业性收费项目的通知》财综[2008]78 号文；
- (11) 《广东省水土保持补偿费征收和使用管理暂行规定》(粤府[1995]95 号)。

8.1.4 技术规范和标准

- (1) 《生产建设项目水土保持技术标准》(GB50433-2018)；
- (2) 《水土保持综合治理技术规范》(GB/T16453.1~16453.6-2008)；
- (3) 《水土保持综合治理效益计算方法》(GB/T15774-2008)；
- (4) 《水土保持监测技术规程》(SL277-2002)；
- (5) 《水土保持工程质量评定规程》(SL336-2006)；
- (6) 《土地利用现状分类标准》(GB/T21010-2007)；
- (7) 《室外排水设计规范》(GB50014-2006) 2016 年版；
- (8) 《水土保持工程概算定额》水利部水总[2003]67 号；

(9) 其它相关技术标准、规程规范。

8.2 水土流失与水土保持现状

项目主要占地类型为水域及水利设施用地、草地等，水保设施较好，水土保持功能较完善。

8.3 水土流失预测

8.3.1 预测时段

本项目主要预测工程建设期的水土流失，工程建设完成后不产生新增水土流失，因此不对本项目运行期的水土流失进行预测。本工程水土流失预测时段包括工程施工期。

本工程施工期计划于 2025 年 6 月至 2025 年 11 月，水土流失预测时段按 6 个月计。

8.3.2 预测内容

- (1) 破坏原来已建设好的道路环境，开挖已建道路路面和植树；
- (2) 开挖土堆放影响交通，雨天造成道路泥泞，水土流失，晴天尘土飞扬；
- (3) 取土场或多或少损坏水土保持和已有的植被；
- (4) 造成水土流失的其他危害，如土表被剥蚀，作物、植树生长受到影响，干扰居民生活，暂时损坏自然环境，河流、沟渠在一定程度致使河流淤积，可能引发洪涝灾害。

8.4 水土保持防治目标

本项目为建设类项目，项目区属于《关于划分国家级水土流失重点防治区的公告》、《广东省人民政府授权发布全省水土流失重点防治区的通告》的重点监督区，根据《水土保持法》及中华人民共和国行业标准《生产建设项目水土保持技术标准》(GB50433-2018)，水土流失防治目标应执行建设类项目一级标准。设计水平年工程水土流失防治目标值见表 8.4-1。

表 8.4-1 设计水平年工程水土流失防治目标表

防治目标	标准规定	按降水量修正	按土壤侵蚀强度修正	按实际修正	采用标准
扰动土地治理率 (%)	95	—	—	—	95
水土流失总治理度 (%)	95	±2	—	—	97
土壤流失控制比	0.8	—	0.2	—	1.0
拦渣率 (%)	95	—	—	—	95
林草植被恢复率 (%)	97	±2	—	—	99
林草覆盖率 (%)	25	±2	—	—	27

8.5 水土流失防治责任范围

本项目的水土流失防治责任范围为项目建设区。

项目建设区是工程直接造成损坏和扰动的区域，是治理的重点地区，在本项目中涉及的永久占地和临时占地。根据项目建设的特点，本项目不存在永久占地。根据“谁开发谁保护，谁造成水土流失谁负责治理”的原则，本项目工程造成的水土流失防治责任者为中标单位。

8.6 水土流失防治措施体系

根据国家对水土保持和环境保持的总体要求，水土保持方案是项目建设设计的组成部分，并为项目服务。据此，根据工程实际提出各阶段防治措施。

(1) 尽可能在少雨水季节抓紧施工，必须在多雨水季节施工时，应准备好适当的遮盖设施，雨水来临前进行全面覆盖，必要时应采取截水沟、排水沟、填土草袋临时拦挡措施等有效的工程防止水土流失。

(2) 为保护表土资源，利于后续施工迹地恢复，对于现状为农田或绿土的场地，开挖前应剥离表土，临时堆放在临时堆场内，四周用编织土袋临时拦挡，并与其他回填堆料分离。施工结束后表土从临时堆场运回，作为复耕、复园和复绿覆土。

(3) 在施工时临时占地造成地面裸露的，应在施工期结束后立即进行植被恢复，种植花草或灌木。

(4) 尽可能提高施工进度，减少堆土和其它令土壤暴露的时间，施工时挖土和堆土应尽量采用合理的施工方式，对于临时堆场必须实行良好的维护，在堆土时候，尽量采用逐段堆置方法，并及时进行压实和遮盖，尽可能将水土流失降低到最低程度。

(5) 地下管道工程分地段有计划进行，开挖土整齐堆放于道路一侧，开挖后植物尽量保持成活，以便该段工程完工后，进行开挖土回填和植树回栽，减少水土损失。多余的开挖土可作为附近洼地填土，并尽快对填土部分种植植被。

(6) 塘岸绿化带用于回填土多余部分，可作为附近洼地填土，并尽快对开挖边坡和填土裸露部分进行植被种植，以减少水土流失。

(7) 加强责任范围，根据“谁开发、谁保持、谁造成水土流失、谁负责治理”的原则和有关技术规范，由所属有关政府部门设立相应的管理机构，负责管理与管线有关的道路植被情况。

(8) 工程建设期及竣工后都要定期对责任范围内的环境状况和水土情况进行监测。

8.7 水土保持监测

为了及时掌握主体工程建设引起的水土流失变化、治理效果及存在问题，进一步修正和优化水土保持方案，正确评价主体工程建设对区域环境的影响程度，为科学防治水土流失提供基础数据，根据《中华人民共和国水土保持法》、《开发建设项目水土保持方案技术规范》的要求，在工程建设过程中，必须落实水土保持监测工作。通过有效的监测、监督，保证水土保持防治方案切实得到落实，新增水土流失得到控制，生态环境逐步得到恢复。

工程施工前进行现状调查，掌握工程区植被现状、土壤侵蚀模数、水土流失量等；施工期每隔 3 个月巡测一次，监测工程区水土流失量、地貌、地表植被破坏情况等；工程运行期每隔半年巡测一次，监测工程区水土流失量及植被恢复状况。

监测成果必须符合水土保持有关的技术规程、规范要求。监测成果应是按照所有监测方法的操作规程进行监测，以记实的方式形成文字叙述资料及数据表格、

图样。成果要实事求是、真实可靠。

8.8 结论与建议

通过本方案及主体工程设计水土保持措施的实施,本项目水土流失防治责任范围内的原有水土流失得到基本治理,新增水土流失得到有效控制,生态得到最大限度的保护,环境得到明显改善,各项水土保持措施安全有效,水土流失各项防治目标均能达标。

从水土保持角度分析,水土流失对工程建设没有绝对限制性和严格限制性因素,在采取一定水土流失防治措施情况下,项目建设是可行的。

水土保持要求与建议:

(1) 将水土保持工程内容纳入招标文件、施工合同,将施工过程中防治水土流失防治责任落实到施工单位;

(2) 施工前落实水土保持监测工作,委托有相应资质单位开展本项目的水土保持监测工作;

(3) 加强工程管理,有专人负责水土保持工作;

(4) 细化本项目的施工组织设计;

(5) 后续景观设计在设计过程中通盘考虑水土保持要求与景观美化相结合,根据立地条件类型,选择适宜的植物种类;

(6) 土石方开挖和回填施工尽量避免在暴雨时段施工;

(7) 尽可能早地修建施工区内的地表排水系统,对开挖区域要及时布置拦挡措施,以防雨水冲刷松散土体,导致水土流失;

(8) 重点做好临时堆土场的拦挡、防护措施。

第九章 工程投资估算

9.1 编制说明

9.1.1 项目内容

在广佛园污水处理厂光催化臭氧氧化与紫外消毒工艺之间增加一套 8000m³/d 的纳滤系统，对污水处理厂尾水做进一步深度净化，在受纳水体约 60000m² 的水域实施水生态修复强化措施工程，安装潜水推流曝气机 20 台、安装仿生水草 12000m²，种植水生植物 5000m²，生态过滤水岸设计安装连锁砌块护坡和景观布置共 11000 m²，确保汇入四九河的水质 COD、BOD、氨氮、总磷达到Ⅲ类。

9.1.2 编制依据

- (1)《广东省建设工程计价依据》(2018)、《广东省市政工程综合定额》(2018)、《广东省园林绿化工程综合定额》(2018)；
- (2)《基本建设财务规则》，财政部 81 号令；
- (3) 关于印发《建设工程监理与相关服务收费管理规定》的通知，发改价格 [2007] 670 号；
- (4) 国家计委《关于印发建设项目前期工作咨询收费暂行规定的通知》，计价格 [1999] 1283 号；
- (5)《关于降低部分建设项目收费标准规范收费行为等有关问题的通知》，发改价格[2011]534 号；
- (6)《工程勘察设计收费导则（第二版）》（2021 年 4 月）；
- (7) 国家计委、国家环境保护总局《关于规范环境影响咨询收费有关问题的通知》，计价格 [2002] 125 号；
- (8)《招标代理服务收费管理暂行办法》，计价格 [2002] 1980 号；
- (9)《市政工程投资估算编制办法》，建标 [2007] 164 号；
- (10)财政部关于印发《基本建设项目成本管理规定》的通知，财建[2016] 504 号；

(11) 工程所在地区建设行政主管部门发布的人工、设备、材料价格、造价指数等相关造价信息；

(12) 设备预算价格：设备参照有关厂家报价或类似工程实际价格加 7% 运杂费计算；进口设备参照厂家报价或类似工程实际价格加 2% 运杂费计算；

(13) 同类工程概算经验。

9.1.3 其他建设费用的确定

(1) 建设管理费

根据财政部印发的《基本建设项目建设成本管理规定》(财建〔2016〕504 号)计取。由于本项目申请广东省生态环境保护专项资金，项目建设管理费需由自筹不分支出。

(2) 工程设计费

按照广东省工程勘察设计行业协会关于发布《工程勘察设计收费导则(第二版)》的通知(粤勘设协字[2021]2 号)、国家计委、建设部关于发布《工程勘察设计收费管理规定》的通知(计价格[2002]10 号)的相关规定计取。

(3) 工程建设监理费

按照国家发展改革委、建设部关于印发《建设工程监理与相关服务收费管理规定》的通知(发改价格[2007]670 号)的相关规定计列。

(4) 施工图预算编制费

按工程设计费的 10% 计算。

(5) 施工图审查费

根据发改价格[2011]534 号，按工程设计费的 5% 计取。

(6) 劳动安全卫生评审费

按第一部分工程费用的 0.1% 计。

(7) 场地准备费及临时设施费

根据《市政工程投资估算编制办法》(建标[2007]164 号)的规定按工程费用的 0.5% 计算。

(8) 工程保险费

根据《市政工程投资估算编制办法》(建标[2007]164 号)的规定按工程费用

的 0.3% 计算。

(9) 招标代理服务费

按照国家发展改革委办公厅《招标代理服务收费管理暂行办法》（计价格〔2002〕1980 号）的规定计取。

(10) 实施成效评估费

成效评估工作内容包含工程实施与建设情况评估、水环境质量提升效果评估、绩效目标完成情况评估等专项内容，人员费参照《国家计委、国家环境保护总局关于规范环境影响咨询收费有关问题的通知》（计价格〔2002〕125 号）计取，监测费参照《广东省环境监测指导价》（粤环监协〔2018〕11 号）计取，租车费参照《省直党政机关和事业单位公务出行租车预算编制标准》粤财行〔2024〕25 号计取。各项工作按照市场调节价估算，暂按工程费用的 2.5% 计取。

(11) 全过程造价咨询费

参照广东省建设工程造价咨询服务收费项目和收费标准表（粤价函【2011】742 号文）

(11) 基本预备费

根据《市政公用工程设计文件编制深度规定》（建质[2013]57 号）的规定，按第一部分工程费用与第二部分工程建设其他费用之和的 5%~8% 计列，本工程取 3%。

(12) 其他相关费用

表中未备注估算依据的费用项目，均采用市场调节价进行投资估算。

9.1.4 其他

(1) 施工企业取费标准及工、料、设备价格，今后如有变更，由项目单位根据实际情况向主管部门申报解决。

(2) 本估算不包括返工损失、或因管理不善发生的积压浪费及其他意外损失。

9.2 投资估算

佛冈县广佛园人工湿地水质净化及生态修复项目总投资为 2879.23 万元，其

中包括工程建设费用 2438.50 万元；工程建设其它费用 356.87 万元，工程预备费 83.86 万元。

**表 9.2-1 佛冈县广佛园人工湿地水质净化及生态修复项目工程量清单
及投资估算表**

序号	项目名称	设备（产品） 型号/参数	单位	数量	综合单价 （元）	总价 （万元）
一	工程费用					2438.50
1	尾水深度处理工程					1553.80
1.1	土建构筑物价格	包括原水调节池、浓水池、设备站房、设备基础、绿化等	批	1	2950000	295.00
1.1.1	原水调节池	V=500m ³ ，钢砼结构	座	1	1330000	133.00
1.1.2	浓水池	V=100m ³ ，钢砼结构	座	1	260000	26.00
1.1.3	设备站房	40000 × 12500 × 7000mm，砖混结构	间	1	840000	84.00
1.1.4	设备基础		项	1	300000	30.00
1.1.5	道路绿化		项	1	220000	22.00
1.2	预处理过滤设备	包括提升泵、计量泵、搅拌机、多介质过滤器、反洗泵等	套	1	1450000	145.00
1.2.1	原水提升泵	Q=400m ³ /h，H=40m，N=75kw 铸铁	台	2	96000	19.20
1.2.2	絮凝剂装置	JY-C 组件	套	1	30000	3.00
1.2.3	杀菌剂装置	JY-C，组件		1	28000	2.80
1.2.4	管道混合器	DN350，玻璃钢	只	2	5000	1.00
1.2.5	多介质过滤器	Φ3200 Q=80m ³ /h，碳钢衬胶	台	6	170000	102.00
1.2.6	过滤器反洗泵	Q=300m ³ /h，H=20m N=22kw，铸铁	台	1	30000	3.00
1.2.7	水池管道组合件	配套管道，不锈钢/UPVC	套	1	140000	14.00
1.3	深度纳滤膜系统	阻垢加药装置、还原加药装置、纳滤保安过滤器、纳滤装置、清洗系统、水泵等	套	1	9850000	985.00

1.3.1	阻垢加药装置	JY-B 一箱二泵型 PE/UPVC	套	1	19000	1.90
1.3.2	还原加药装置	JY-B 一箱二泵型, PE/UPVC	套	1	19000	1.90
1.3.3	纳滤保安过滤器	Φ900mm Q=200m ³ /h, 不 锈钢	台	2	45000	9.00
1.3.4	纳滤高压泵	Q=200m ³ /h H=75m N=55kw, 不锈钢	台	2	140000	28.00
1.3.5	纳滤装置	NF—170m ³ /h 产水 170m ³ /h, 一级三段 回收率 85%	套	2	4610000	922.00
1.3.6	清洗系统	型号: QX-5.0, 组合件	套	1	42000	4.20
1.3.7	纳滤冲洗水泵	Q=138m ³ /h H=38m N=22KW 不锈钢	座	1	18000	1.80
1.3.8	浓水排放泵	Q=60m ³ /h H=20m N=11KW, SS316	台	2	16000	3.20
1.3.9	回用水泵	Q=340m ³ /h H=38m N=55KW, 不锈钢	台	2	65000	13.00
1.4	自动阀门	进出水、反洗、正排、排 气阀等	套	1	366000	36.60
1.5	配套仪表	流量仪表、分析仪表、压 力测量仪表液位计、SDI 测定器具等	套	1	202000	20.20
1.6	电气控制系统	西门子 PLC、触摸屏, 电 气元器件, 碳钢喷漆配电 箱	项	1	720000	72.00
2	水生态修复工程					884.70
2.1	潜水推流曝气机	N=2.2kW, Q=610m ³ /h, 304 不锈钢材质	台	20	12600	25.20
2.2	潜水推流曝气机安 装专用预制件	尺寸: 长×宽×高 =1.4m×0.7m×0.2m, 带 2 根 0.3mDN50 钢管	个	20	600	1.20
2.3	配套电气控制系统	含电缆、分控制箱、动力 柜和电缆井等	套	1	153000	15.30
2.4	仿生水草	BDF 型, 尺寸 1.0m×0.5m 等, 单位面积质量 > 450g/m ²	m ²	12000	150	180.00
2.5	仿生水草安装专用 预制件	预制件长 1m, 截面尺寸 0.1m×0.1m, 带 5 个挂钩	个	12000	35	42.00

2.6	沉水植物	密度 70 株/ m ² ，株高：20-40cm	m ²	2000	120	24.00
2.7	挺水植物	密度 25 株/m ² ，株高：15-20cm	m ²	3000	120	36.00
2.8	生态过滤水岸	连锁砌块护坡和景观布置	m ²	11000	510	561.00
二	其它费用					356.87
1	项目建设管理费	财建[2016]504 号				41.58
2	项目前期工作费	参考计价格[1999]1283 号，（一）×0.6%				14.63
3	环境影响评价费	计价格[2002]125 号，发改价格[2011]534 号				7.20
4	勘察费	参考计价格[2002]10 号，（一）×2%				48.77
5	工程设计费	参考计价格[2002]10 号，（一）×3%				73.16
6	施工图技术审查费	参考发改价格[2011]534 号，工程设计费×5%				3.66
7	全过程造价咨询费	参考粤价函【2011】742 号文				12.42
8	工程建设监理费	参考发改价格[2007]670 号				48.77
9	招标代理服务费	发改价格[2011]534 号				11.58
10	工程交易服务费	（一）×0.1%				2.44
11	工程保险费	（一）×0.3%				7.32
12	检验检测费	（一）×1%				24.39
13	实施成效评估费	（一）×2.5%				60.96
三	预备费					83.86
1	基本预备费	（工程费用+其它费用）×3%				83.86
	合计					2879.23

9.3 经费筹措

佛冈县广佛园人工湿地水质净化及生态修复项目总投资 2879.23 万元，计划由佛冈县政府申请市级北江流域生态环境保护财政激励资金。

第十章 节能评价

10.1 节能概述

我国是个能源消费大国，能源相对短缺，然而能源浪费却相应严重。能源的缺乏已严重制约着国民经济的发展，节能问题一直是我国发展国民经济的一项长远战略方针。

污水处理工艺和可持续发展的污水处理工艺在工程节能方面，主要有以下几点：

- (1) 采用厌氧处理，要尽可能低的能源消耗、产生能源；
- (2) 反硝化脱氮和混凝沉淀除磷要减少污泥的产生；
- (3) 减少二氧化碳的排放以及水资源回收利用。

从节约和降耗的途径来讲，在十几年前我国就已提出了生命周期分析。传统上讲能耗分析，仅仅是侧重于处理的能耗，如果讲周期，扩大一点从污水处理的下水道的传输、水质净化厂的建设、运行、水质净化厂的拆除，全过程考虑污水处理的设计、工艺开发模式，是对传统思维和工艺的巨大挑战。

本项目不仅在工艺方案、设备选型和操作管理方面都考虑了节能措施，而且在工程建设方面也考虑了建构筑物的节约和降耗。

10.2 节能设计依据

(1)《中华人民共和国节约能源法》(全国人大常委会第六次会议修正，2018年10月26日)；

(2) 国务院关于印发“十四五”节能减排综合工作方案的通知(国发[2021]33号)；

(3) 国家发改委《固定资产投资项目节能审查办法》(国家发展改革委令第44号，2016年11月27日)；

(4) 国家计委、国家经贸委、建设部1997年12月19日颁发并与1998年1月1日起施行的《关于固定资产投资工程项目可行性研究报告“节能篇”(章)编制

及评价的规定》;

(5)《国家鼓励发展的资源节约综合利用和环境保护技术》(国家发改委 2005 第 65 号);

(6)《固定资产投资项目节能审查办法》(国家发展和改革委员会令第 44 号);

(7)《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2005);

(8)《综合能耗计算通则》(GB/T2589-2020);

(9)《用能单位能源计量器具配备和管理通则》(GB/T17167-2006);

(10)《广东省建筑节能与绿色建筑发展“十四五”规划》(粤建科〔2022〕56 号)。

10.3 节能设计原则

为了节约能源,降低运行成本,本项目设计遵循以下原则:

(1)认真贯彻国家产业政策和行业节能设计规范,严格执行节能技术规定,努力做到合理利用能源和节约能源;

(2)遵循“减量化、再利用、资源化”等“3R”原则,运用循环利用等手段,有计划地进行物质与资源的调配,寻求资源和能源消耗最小化。

(3)按照国家节能设计规范的要求,本项目设计中采用的设备和器材应采用与项目规模相应的先进、可靠的节能新工艺、新技术、新设备和新材料,凡属已被国家颁布淘汰的高能耗设备不可采用。

(4)凡能综合利用和循环使用的能源均应设置综合利用设施和循环系统,以提高能源利用率,降低能耗。

(5)对各种能源消耗均应按有关规定配置计量器具计量。

10.4 能耗分析

能源是工农业生产发展的基础。节约能源是我国一项长期的战略任务,我国能源利用率较低,能源消耗指标较高,按产值计算是世界上工业发达国家的 3~4 倍。因此,节约能源是工业设计和生产控制的重点,是提高生产企业经济效益的一个重要因素。

10.4.1 施工期能耗分析

本项目施工期期间主要能耗为油、电、水等，施工期间主要油耗设备为车辆；电耗主要为施工建造设备；生活用水等。

10.4.2 运营期能耗分析

本项目运营期间主要能耗为电、水等，运营期间项目主要电耗为生产设施设备，主要是泵站机组运行及设备房、控制室照明用电。运营期主要用水为生活用水。

10.5 总体节能措施

(1) 认真执行国家关于建筑节能的政策、法规、文件，通过结合现场的施工条件和各时期的工况，按照通过施工图设计文件审查的图纸施工、相关设计和施工规范要求确定总的节能措施。构筑物的设计与建造应依据国家有关规范、规定等采用节能型的建筑结构、材料、器具、产品和标准图纸。

(2) 在设计前期加强与业主及设计的沟通，为业主提供相关参考建议，如选用新型的建筑节能材料，结构的选型等。结构设计时多采用高效钢筋，减少工程整体用钢量。

(3) 在建筑物设计方面充分利用自然通风。利用自然通风降温，如利用穿堂风，不需要额外增加土建和设备费用，降低工程建设成本。

(4) 选择合理的建筑体形和平面形式。建筑物体形系数是指建筑物外表面积和外表面积所包围的体积之比。体形系数大小对建筑物能耗影响非常显著。体形系数越小，单位建筑面积对应的建筑外表面积就越小，外围护结构损失的热量就越小。单纯从建筑能耗的角度来看，应该减小体形系数。但是体形系数不仅影响外围护结构的热损失，同时与建筑造型，平面布局，采光通风紧密相连。在具体设计过程中需要综合考虑，权衡利弊，将体形系数控制在合理范围内。

10.5.1 施工期节能措施

(1) 车辆在运输过程中合理安排运输线路，减少运距，同时提高运输车使用率和满载率，降低油耗。

(2) 合理选择设计参数。根据国家有关标准，提出合理的设计参数，避免取值过高，使构筑物及设备过大，造成能源浪费。

(3) 切实做好用油、电及其他消耗品的节约措施。定期对设备进行检查和保养，对有缺陷的设备应及时进行修复，并做好记录；对使用时间过长的设备应进行清理和保养，清除其关键部位的污垢，使设备能在正常耗能量的情况下运转。

(4) 合理选择施工材料。施工材料不使用国家及地方明文禁止使用的建筑材料，如钢筋砼管、粘土砖等；选择运输方便、施工便捷、水力条件优的新型环保产品。

(5) 合理布局，优先选用节能用电设备，现场的电气线路由专业的技术及安全人员进行排设，优化线路布局，减少多余线路。

10.5.2 运营期节能措施

(1) 项目运营期间利用能源的主要有取水泵房、设备房、曝气风机等，所用设备都采用国家推荐使用的节能产品，减少线路损耗，提高供配电系统的功率因数等方法减少电能损耗。

(2) 加强运行期管理。加强用电管理，减少用电负荷，要制定加强管理方面的规章制度，工程管理上，做到建筑物运行工况良好，出现问题及时处理；做到科学调度，注意节电，不浪费一度电，向管理要效益。

(3) 对设备的使用情况应做好详细的记录，如型号，规格，功率等指标，当能源消耗出现异常情况时，及时与机械设备供应单位和现场技术人员取得联系，共同探讨应对措施。

(4) 本项目为佛冈县四九河流域水污染治理及生态修复项目，建成后将显著增强当地的污水净化能力，净化后的污水基本可用于农田灌溉，减少对地下水的开采使用。本项目的建设成果之一就是节约和保护水资源。项目的正常运转就是对水资源的节约和保护。

10.5.3 供配电系统的节能措施

(1) 合理布置供配电系统及合理选择变压器

根据负荷容量，供电距离及分布，用电设备特点等因素合理设计供配电系统，

做到系统尽量简单可行，操作方便。供电系统尽量接近负荷中心，以缩短配电半径，减少线路损耗。合理选择变压器的容量和台数，以适应由于季节性造成的负荷变化时能够灵活投切变压器，实现经济运行减少由于轻载运行造成的不必要电能损耗。

（2）照明的节能设计

照明节能设计就是在保证不降低作业面视觉要求、不降低照明质量的前提下，力求减少照明系统中光能的损失，从而最大限度的利用光能，通常的节能措施有：

1）充分利用自然光，在设计中电气设计人员与建筑专业配合，做到充分地利用自然光使之与室内人工照明有机地结合，从而大大节约了人工照明电能。

2）在满足照明质量的前提下，优先采用高效发光的荧光灯（如 T5、T8 管）及紧凑型荧光灯，室外照明采用高压钠灯等高效气体放电光源。

第十一章 项目管理与实施计划

11.1 实施原则与步骤

- (1) 项目的实施首先应符合国内基本建设项目的审批程序。
- (2) 建立专门机构作为管理单位，负责项目实施的组织协调和管理工作。
- (3) 由有关部门委派或指定专人担任项目实施负责人，作为项目的法人及用户代表。
- (4) 项目单位应与项目施工单位签订必要的法律手续，违约责任应按国家有关法律、法规执行。
- (5) 项目单位应与项目施工单位协商制定项目实施计划表，并在履行前通知有关各方。项目单位应为施工单位开展工作创造有利条件，项目施工单位应服从项目执行单位的指挥和调度。

11.2 项目建设管理机构

成立项目建设协调小组，由主管领导任组长，发改委、财政、水利、建设、环保、林业、国土等有关部门为成员，协调小组协调解决项目立项、计划、资金拨付、技术指导、建设等过程中的问题。监督、检查项目建设和资金使用等情况。项目单位严格按照项目管理方法和建设要求组织项目实施，定期汇报建设进度，确保项目建设质量和工期。

协调小组设以下几个职能部门：

- (1) 行政管理：负责日常行政工作，以及项目履行单位的接待联络等工作。
- (2) 计划财务：负责项目的财务计划和实施计划安排，与项目履行单位办理合同协议等手续，以及资金的使用收支手续。
- (3) 施工管理：负责项目的土建与安装工程的施工指挥，施工进度与计划安排，同时负责施工质量和施工安全的监督检查以及工程验收工作。
- (4) 设备材料管理：负责项目设备材料的订货、采购、保管、调拨等工作。

(5) 技术管理：负责项目技术文件、技术档案的管理主持设计图纸会审，处理有关技术问题以及组织上岗职工的专业技术培训等工作。

11.3 项目实施管理

(1) 项目的设计、供货、施工等单位，应与项目单位履行必要的法律手续，违约责任应按照国家有关法规执行。

(2) 项目单位应与项目施工单位协商制定实施计划，并于履行前通知有关单位。

(3) 设计施工单位的选择

推荐对水环境治理工程和生态保护建设工程有丰富设计工作经验的设计单位承担本工程的设计工作；土建施工必须有具备专业资质的市政工程施工单位中选择，由项目单位进行资格审查后，通过招标确定。

(4) 施工总布置

1) 布置原则

根据本项目的布置特点、导流方式、施工程序和地形条件等情况，遵循因地、因时制宜、有利生产、方便生活、易于管理、安全可靠、经济合理的原则，减少施工占地，减少临建工程规模等。

本项目时间紧，任务重，必须加强领导，才能确保顺利施工。建议成立工程项目部，抽调镇有关部门参加，确保建设资金及时到位，做好占地、协调外部关系工作，工程质量控制体系按照“法人负责，企业保证，监理控制，政府监督”的原则，做好全面质量管理工作。在本工程实施过程中，必须认真细致地严把质量关，建立项目管理责任制和质量安全保证体系，确保工程质量，力争工程按期顺利完工。

2) 工程施工布置

据本工程施工布置原则及交通情况，为了施工方便，施工临时设施均布置在项目地附近，在施工段布置料场、材料仓库和施工生活区等设施。

3) 土石方平衡及弃渣和利用

本工程开挖料主要为开挖土方和底泥疏浚，其中开挖土方可利用回填，清淤

底泥全部运走。

（5）施工条件

本项目需要的水泥、钢材、木材等均从清远市购买。

施工用水：工程施工用水采用当地自来水，生活用水接驳当地自来水。

施工用电：就近接驳当地供电系统，配备适量柴油发电机作为备用电源。

施工通讯：配备适量移动电话用于联络。

11.4 工程实施保障措施

为保证本项目工程顺利进行，确保各项工程措施与非工程措施的实施，实现生态环境保护的目标，须采取一定的保障措施。

（1）组织机构保障

水污染治理及生态修复是一项综合性工程，涉及众多专业和政府多个部门。如何解决好政府与部门之间的关系，做到统一指挥、各司其职、统分结合、步调一致，是做好人工湿地建设工作的关键。为此，必须建立强有力的领导班子，实行统一指挥、建设。

（2）资金保障

本项目工程投资较大，仅靠佛冈县财政投入不能满足资金需求。本项目资金来源由上级生态环境保护专项资金和市财政统筹解决。

（3）技术管理保障

项目单位首先要成立专项管理机构，负责组织、协调和监督整治方案的实施，实施工程招投标制，建立监理制度等一系列措施。项目单位聘请有经验的专业人员从事现场监理工作，接收当地建设、环保行政主管部门的指导和监督检查，严格执行工程项目施工的技术规定，以确保工程按期按质完成。

在工程竣工时，应有行政主管部门的有关专业人员参加验收，重视水保设计规划和施工。整治方案规划要实事求是，体现有效、节约和美观，并根据实际情况进行优化。

要求有资质的施工队伍施工，尽量采用先进的施工手段和合理的施工顺序。

11.5 项目实施效果评估

针对运行情况及出水情况开展跟踪监测和成效评估，通过成效综合评估，客观评价项目实施的成效，诊断存在的主要问题，为下一阶段工作提供科学决策依据。评估时段，项目正式运行后 6 个月持续评估，每月开展运行效果评估及出水监测不少于 6 次，评估期内总次数不少于 36 次。

11.6 项目进度计划

（1）安排原则

根据本工程布置特点及其工程规模、工程区的自然条件和施工条件以及施工导流规划，本阶段施工总进度主要按以下原则设计：

1) 编制施工进度计划时结合业主要求、各阶段工程的重要性及工程量等综合因素进行安排，并以施工方法、机械设备、施工导流、施工布置等实际条件进行分析。

2) 施工总进度计划根据各单项工程的施工进度分析，找出控制工期的关键线路，并考虑施工度汛要求，注重施工的连续性、资源需求的均衡性和合理性，各单项工程进度安排既考虑施工水平的先进性，同时又留有适当余地。

3) 力争尽快发挥工程作用。

（2）施工进度安排

为保证本报告流域工程的顺利完成，需要有关单位协力合作。本工程初步拟定的项目实施进度计划如下：

为保证本工程的顺利完成，需要有关单位协力合作。本工程初步拟定项目资金到位后一年内完成。工程实施计划如表 11.6-1 所示。

表 11.6-1 实施计划进度表

项目名称	2025 年								2026 年			
	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
工程设计												
尾水深度净化工程												
生态过滤水岸												
水生植物种子												
仿生水草安装												
曝气增氧安装												
验收运维												

11.7 项目运行期保障机制

11.7.1 项目运行资金保障

为建立决策科学、投向合理、运作规范、运行高效、监管严格的政府投资管理体系，以规范政府投资行为、发挥政府投资作用、提高政府投资效益、激发社会投资活力，根据《政府投资条例》等有关法律和规定，结合清远市实际，清远市发展和改革局起草了《清远市政府投资项目管理办法》（征求意见稿），从制度层面建立了清远市政府投资项目工作经费保障机制，加强对重点投资项目的全过程保障。

本项目运行期经费来源主要为上级财政拨款，支持保障项目长效运行，不足部分由广佛园管理委员会自筹。针对专项资金项目特点，建立健全项目实施保障长效机制。

一是创新机制、提前储备。专项资金项目运行管理工作，采取“职能部门申报、工作小组审核、财政部门审批”的工作机制，确保项目运行期间得到平稳长效保障。

二是动态管理、预算保障。根据本项目运行期间的资金需求，将专项运行经费按纳入年度财政预算，对经费规模实行动态管理。

三是加强监督、绩效优先。按月报送专项运行经费使用情况，接受财政、审计、纪检监察等部门的监督。以提高资金使用绩效为导向，在项目筛选、过程管控、成果转化等环节，加强项目管理和资金使用监督，全面提升财政资金使用绩效。

11.7.2 系统运维管理

按照标准化运维要求，为保障生活污水处理设施、尾水深度净化及水生态修复工程等各系统长期稳定、高效运行，改善水环境质量，需设置完善的运维体系，加强对各项工程的运行维护管理。

（1）纳滤一体化系统的运维

1) 定期检查和保养

纳滤设备需要定期进行检查和保养，以确保设备的正常运行。检查和保养的内容包括清洗设备、更换滤网、检查设备密封性、检查设备电气系统等。这些工作需要按照设备制造商的要求进行，以确保设备的正常运行。

2) 清洗设备

纳滤设备在运行过程中会积累一些杂质和污垢，如果不及时清洗，会影响设备的过滤效果和使用寿命。因此，需要定期对设备进行清洗。清洗时应使用适当的清洗剂和工具，避免使用过于暴力或危险的方式。

3) 更换滤网

纳滤设备的滤网是设备过滤效果的关键部件，需要定期更换。滤网的更换周期应根据设备制造商的推荐进行，以确保设备的过滤效果。更换滤网时应注意滤网的规格和型号，避免使用不合适的滤网。

4) 检查设备密封性

纳滤设备的密封性对设备的过滤效果和使用寿命有着重要影响。因此，需要定期检查设备的密封性，包括设备各部件之间的连接处、设备进出口等。如果发现密封不良，应及时采取措施修复。

5) 检查设备电气系统

纳滤设备的电气系统是保证设备正常运行的重要组成部分。因此，需要定期检查设备的电气系统，包括电缆、电机、电气控制箱等。检查时应注意电气系统的安全性能和稳定性，发现问题应及时修复。

6) 纳滤设备停运保护措施

短期停运保护措施，停运 1-5 天为短期停运，在此期间可采用下列保护措施：

A、使用给水进行正常的停运冲洗和排气。

B、每 5 天重新冲洗一次（最多保存 30 天）。

C、使用 1%的亚硫酸氢钠溶液可以减少生物污染的可能性。

长期停运保护措施，停运 30 天以上为长期停运，长期停运时可采用下列保护措施：

A、清洗纳滤膜元件

B、使用合适的杀菌剂冲洗及保存（0.15%异唑，1%亚硫酸氢钠或 0.1-1.0%

甲醛)

C、如果温度 $\leq 27^{\circ}\text{C}$ ，每 30 天再使用杀菌剂冲洗及保存

D、如果温度 $\geq 28^{\circ}\text{C}$ ，每 15 天再使用杀菌剂冲洗及保存。

7) 纳滤系统运行注意事项

A、因聚酰胺膜抗氧化剂的侵蚀能力相对较弱，所以必须严格控制进入膜组件原水的游离氯含量(0.1mg)，超过规定值将导致膜的氧化。

B、原水的污染指数(SDI)必须严格控制在 5 以下，若把 SDI 值超标的水供给纳滤装置做给水，在膜表面易附着结垢，这样必须通过清洗去除污垢。

C、过高的给水流量将使膜组件提前劣化，因此给水流速不能超过设计标准值，此外浓水的流量不能过小，否则会使纳滤装置的压力容器内发生不均匀的流动，以及原水由于过分浓缩而在膜组件上析出污垢。

D、高压泵不能空转，不能在极短的时间停止运转，否则可能发生故障，直至烧坏泵。

E、任何情况下，膜原件均不允许出现反压，即透过水侧力大于浓水侧压力。

8) 运维台账记录与管理

运维人员应做好运维台账记录与管理工作，台账内容应能清晰反映设备设施运行状况。纸质版维护记录保存时间不宜低于三年；电子版维护记录应永久保存。。

(2) 水生植物修剪与维护

每季度组织维护人员对水生植物进行修剪，修剪应符合下列规定：

1) 生长期阶段应清除水面以上的枯黄部分，应控制水生植物的景观范围，清理超出范围的植株及叶片。

2) 同一水池中混合栽植的，应保持主栽种优势，控制繁殖过快的种类。

水生植物应根据植物种类及时灌水、排水，保持正常水位。浮叶类水生植物应控制水生植物面积与水体面积比例，其覆盖水体的面积不得超过水体总面积的 1/3。

水生植物施肥应符合下列规定：

1) 基肥应以有机肥为主，点状埋施于根系周围淤泥中。追肥应以复合肥为主。叶面施肥可使用化学肥料。

2) 盆栽水生植物可在冬季拿出水面并应进行防寒保护, 开春前可补施一次基肥, 应在新叶长出后移入水中。

3) 观花水生植物, 每年至少应追肥 1 次, 点状埋施于根系周围淤泥中。

水生植物有害生物防治应符合下列规定:

1) 有害生物防治的原则、方法应按相关标准规范实施。

2) 应选用对水生生物和水质影响小的药剂, 水源保护区内不得使用农药。

3) 易被水电生物破坏的水生植物, 宜在栽植区设置围网。

(3) 运营维护费用

本项目运营维护总费用 258.79 万元/年, 主要以第三方机构购买服务费为主, 具体以实际购买费用为准。其中尾水深度净化工程运维费用 234.34 万元/年, 电费 105.70 万元/年、纳滤膜折旧成本 29.20 万元/年, 化学药剂 93.44 万元/年, 运维人员工资 6 万元/年; 水生态修复工程运维费用 24.45 万元/年, 包括推流曝气机电费 14.45 万元/年, 植物养护费 10 万元/年等。

本项目运营维护总费用估算表如下:

表 11.7-1 运营维护费用估算表

序号	类别	依据说明	计算公式	金额 (万元/年)
1	电费	尾水深度净化工程电费 (0.362 元/m ³)	$0.362 \times 8000 \times 365 / 10000$	105.70
2		水生态修复工程曝气机运行电费, 曝气机 20 台, 2.2kw/台, 运行 9h/d	$20 \times 2.2 \times 9 \times 365 / 10000$	14.45
3	耗材费	尾水深度净化工程纳滤膜更换, 更换周期 5-10 年 (膜元件折旧成本 0.1 元/m ³)	$0.1 \times 8000 \times 365 / 10000$	29.20
4		尾水深度净化工程化学药剂 (碳酸钠、氢氧化钠) 费, 约 0.32 元/m ³	$0.32 \times 8000 \times 365 / 10000$	93.44
5		生态修复工程水生植物种植面积 5000 平米, 生态过滤水岸植物面积约 5000 平米, 植物养护更换 10 元/m ² 。	$10000 \times 10 / 10000$	10
6	人工费	尾水深度净化工程兼水生态修复工程中的推流曝气机的运行维护人员工资 (5000 元/月/人)	$5000 \times 12 / 10000$	6
合计				258.79

（4）运行维护效益

运维项目的成本管理至关重要，它直接关系到项目的可持续性。有效的成本管理不仅可以减少不必要的支出，还能确保资源得到最优化利用。此外，成本效益分析帮助决策者理解投入与产出之间的关系，从而做出更明智的业务决策。

1) 尾水深度净化工程的纳滤系统。其效益主要体现在以下几个方面：

成本节约：减少故障停机时间，降低维修费用和材料损耗。

效率提升：确保设备稳定运行，有效去除水中的杂质和污染物，提升水质。

延长寿命：通过定期清洗和维护膜元件，减少磨损和污染，延长设备使用寿命，减少设备更换频率；

安全保障：及时发现并处理安全隐患，保障生产安全，减少事故损失。

2) 水生态修复技术具体应用和效益如下：

提高水体生态环境质量。水生态修复技术能够去除水中多种污染物质，净化水质，提高水体生态环境质量，改善河流湖泊等水体环境。促进经济发展。水生态修复技术的应用可以促进区域水资源的保护和利用，同时能提高生态环境质量，吸引更多的资源要素进入，提高区域经济水平，支持环境建设。通过生态美化修复技术等，能够建立美丽环境，增强环境的吸引力和竞争力。

第十二章 工程招投标及质量保证体系

12.1 招标依据与原则

根据中华人民共和国国家发展计划委员会第九号令,建设项目可行性报告需增加招标内容,并作为可行性研究报告附件与可行性研究报告一同送项目审批部门审批。

在工程项目建设的执行阶段以招标的方式选择承包人,是保证按照竞争的条件来采购工程的一种方式。通过发包人与承包方签订明确双方权利义务的经济合同,将工程项目的实施过程纳入了法制化管理。

12.1.1 编制依据

(1)《中华人民共和国招标投标法》(中华人民共和国主席令第 86 号,2017 年 12 月 28 日起施行);

(2)《中华人民共和国招标投标法实施条例》(中华人民共和国国务院令第 709 号,2019 年 3 月 2 日修订);

(3)《中华人民共和国政府采购法》(2014 年主席令第十四号修改);

(4)《中华人民共和国政府采购法实施条例》(中华人民共和国国务院令第 658 号,2015 年 3 月 1 日起施行);

(5)《政府采购货物和服务招标投标管理办法》(中华人民共和国财政部令第 87 号,2017 年 10 月 1 日起施行);

(6)《工程建设项目可行性研究报告增加招标内容和核准招标事项暂行规定》(国家计委令第 9 号);

(7)《招标公告和公示信息发布管理办法》(中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 10 号,2018 年 1 月 1 日起施行);

(8)《必须招标的工程项目规定》(中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 16 号,2018 年 6 月 1 日起施行);

(9)《工程建设项目施工招标投标办法》(七部委 30 号令);

(10)《评标委员会和评标办法暂行规定》(七部委 12 号令)。

12.1.2 招标工作原则

遵守国家法律法规，应当遵循公开、公平、公正和诚实信用的原则，从事本项目的招投标活动。

建设项目的施工单位的选定必须依法进行招标，择优选定中标单位。招标文件和标底，应委托有相应资质的单位编制。建设项目的评标由依法组建的评标委员会负责，项目中标单位不得转包或者违法分包工程，擅自转包或违法分包的，可依法取消中标资格。

12.2 发包方式

招标的工作范围即招标文件中约定承包方完成的工作内容，工作内容可以由一个承包方完成包括可行性研究、勘察设计、施工、试运行等全部工程内容，也可以由不同的承包方完成其中的一项或几项工程内容。前者称为工程项目的建设全过程总承包；后者称为单项工作内容承包。

工程总承包是国内外建设活动中多有使用的发承包方式，有利于理清工程建设中业主与承包商、勘察设计与业主、总包与分包、执法机构与市场主体之间的各种复杂关系；有利于优化资源配置；有利于优化组织结构并形成规模经济；有利于政府部门打破行业垄断，并集中力量解决建筑市场最突出的问题，也有利于实行风险保障制度；有利于控制工程造价，提升招标层次；有利于提高全面履约能力，并确保质量和工期。

单项工作内容承包一般适用于工程规模大或工作内容复杂的建设项目，业主将需要实施的全部工作内容按照不同阶段的工作、单位工程或不同专业工程的工作内容进行分别招标，分别发包给不同性质的承包商。由于工作内容的单一化，可以吸引更多有资格的投标人参加投标，有助于业主取得有竞争性价格的合同而节约投资。

何种发包方式最适合项目的目标，取决于项目的性质和复杂程度，投资来源、业主的技术和管理能力。本项目内容繁多，专业性要求较强，较为复杂，工作任务重、工期紧，如果采用单项工作内容发包势必影响整体工程建设进度、工程质量和工程造价的控制，因此，推荐采用施工、勘察、设计总承包方式进行招标。

12.3 招标组织形式

招标的组织形式有自行招标和委托招标两种形式。具备编制相应招标文件和标底，组织开标、评标的能力的业主可以自行招标；凡不具备条件的业主应当委托具有相应资质证书的建设工程招标投标代理机构代理招标。本项目业主拟采用委托招标。

12.4 招标方式

招标方式可分为公开招标、邀请招标。

（1）公开招标

公开招标又称无限竞争性招标。是指招标人以招标公告的方式邀请不特定的法人或者其他组织投标，凡具备相应资质，符合投标条件的单位不受地域和行业限制均可以申请投标。

这种招标方式的优点是，业主可以在较广的范围内选择承包实施单位，投标竞争激烈，因此有利于工程项目的建设任务交予可靠的承包商实施，并取得有竞争性的报价。但其缺点是，由于申请投标人的数量多，一般要设置资格预审程序，而且评标的工作量也较大，因此招标的时间长、费用高。因此通常大型工程项目的施工采用公开招标方式选择实施单位，尤其是使用世界银行、亚洲开发银行等国际金融机构贷款建设的工程项目，都必须按照规定通过国际或国内公开招标的方式选择承包商。

（2）邀请招标

邀请招标亦称有限竞争性招标，是指招标人以投标邀请书的方式邀请特定的法人或者其他组织投标。

邀请投标对象是项目法人对资质信誉、技术水平、过去承包过类似工程的实践经验、管理能力等方面比较了解，信任有能力完成所委托任务的单位。为了鼓励投标的竞争性，邀请对象的数目以不少于 3 家为宜，与公开招标比较，邀请招标的优点是简化了招标程序，不需要发布招标公告和设置资格预审程序，因此可节约招标费用和缩短招标时间；而且由于对投标人以往的业绩和履约能力比较了解，减少了合同履行过程中承包方违约的风险。尽管不设置资格预审程序，为了

体现投标人在投标书内报送表明其资质能力的有关证明材料,作为评标时的评审内容之一,邀请招标的缺点是,投标竞争的激烈程序相对较差,有可能提高中标的合同价。另外在邀请对象中也有可能排除了某些在技术上或报价上有竞争力的实施单位。

12.5 本工程招标基本情况

12.5.1 工程招标依据

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会《必须招标的工程项目规定》(第16号令,2018年6月1日)、《工程建设项目可行性研究报告增加招标内容以及核准招标事项暂行规定》(第9号令,2001年6月18日)要求,勘察、设计、施工、监理以及与工程建设有关的重要设备、材料等的采购达到下列标准之一的,必须招标:

- (1) 施工单项合同估算价在 400 万元人民币以上;
- (2) 重要设备、材料等货物的采购, 单项合同估算价在 200 万元人民币以上;
- (3) 勘察、设计、监理等服务的采购, 单项合同估算价在 100 万元人民币以上。

同一项目中可以合并进行的勘察、设计、施工、监理以及与工程建设有关的重要设备、材料等的采购, 合同估算价合计达到前款规定标准的, 必须招标。

佛冈县广佛园人工湿地水质净化及生态修复项目各项资金招标情况说明如下:

- (1) 工程费>400 万元(第 16 号委令第五条第一款), 必须进行招标;
- (2) 勘察费>100 万元(第 16 号委令第五条第三款), 必须进行招标;
- (3) 设计费>100 万元(第 16 号委令第五条第三款), 必须进行招标;
- (4) 监理费>100 万元(第 16 号委令第五条第三款), 必须进行招标;

其中第 1 条必须依法向社会公开发布招标公告, 审查核定具有相应资质等级的投标单位不少于三家, 委托当地建设工程招标部门进行招投标, 按照“公开、公平、公正”的原则, 择优选定施工单位, 签订施工合同。

13.5.2 工程招标范围

考虑到本项目的项目需求明确，具体项目的技术经济参数已基本确定，同时本项目属于水环境处理设施打包建设运营项目，建议本项目采用 EPC 公开招标方式的采购方式；招标范围为佛冈县广佛园人工湿地净化剂生态修复项目。招标内容包括勘察、设计、监理、施工和设备采购等。

12.5.3 招标基本情况表

佛冈县广佛园人工湿地水质净化及生态修复项目招标基本情况见表 12.5-1。

表 12.5-1 招标基本情况表

建设项目名称：佛冈县广佛园人工湿地水质净化及生态修复项目

	招标范围		招标组织形式		招标方式		不采用 招标 方式	招标估算 金额/ 万元	备注
	全部招 标	部分招 标	自行招 标	委托招 标	公开招 标	邀请招 标			
勘察	√			√	√			48.77	建议采用 EPC 模式
设计	√			√	√			73.16	
建筑 工程	√			√	√			2438.50	
安装 工程									
设备									
监理							√	48.77	
其他							√	270.03	
<p>情况说明：</p> <p>（1）其他项中招标估算金额为 270.03 万元，包含项目建设管理费 41.58 万元；建设项目的 前期工作咨询费 14.63 万元；环境影响评价费 7.20 万元；招标代理服务费 11.58 万元；工程 交易服务费 2.44 万元；工程保险费 7.32 万元；检验检测费 24.39 万元；实施成效评估费 60.96 万元；基本预备费 83.86 万元。</p> <p>项目单位：广清经济特别合作区广佛（佛冈）产业园管理委员会（盖章）</p> <p>年 月 日</p>									

注：本表由项目单位填写，如选择哪一项，则在该项空格处打“√”。

情况说明在表内填不下，可附另页。

12.6 公告发布

根据《招标公告和公示信息发布管理办法》，依法必须招标项目的招标公告和公示信息应当在“中国招标投标公共服务平台”或者项目所在地省级电子招标投标公共服务平台发布。

12.7 投标、开标、评标、中标程序

根据建设项目规模和建设要求，在招标过程中须遵守如下程序：

（1）招标人应当根据招标项目的特点和需要编制招标文件。招标文件应当包括招标项目的技术要求、对投标人资格审查的标准、投标报价要求和评标标准等所有实质性要求和条件以及拟签订合同的主要条款。

（2）招标人应当确定投标人编制投标文件所需要的合理时间；但是，依法必须进行招标的项目，自招标文件开始发出之日起至投标人提交投标文件截止之日止，最短不得少于二十日。

（3）开标由招标人主持，邀请所有投标人参加。开标时，由投标人或者其推选的代表检查投标文件的密封情况，也可以由招标人委托的公证机构检查并公证；经确认无误后，由工作人员当众拆封，宣读投标人名称、投标价格和投标文件的其他主要内容。

（4）评标由招标人依法组建的评标委员会负责。

（5）中标人确定后，招标人应当向中标人发出中标通知书，并同时中标结果通知所有未中标的投标人。中标通知书对招标人和中标人具有法律效力。中标通知书发出后，招标人改变中标结果的，或者中标人放弃中标项目的，应当依法承担法律责任。

（6）招标人和中标人应当自中标通知书发出之日起三十日内，按照招标文件和中标人的投标文件订立书面合同。招标人和中标人不得再行订立背离合同实质性内容的其他协议。

12.8 评标委员会人员组成和资格要求

12.8.1 评标委员会人员组成

依法必须进行招标的项目，其评标委员会由招标人的代表和有关技术、经济等方面的专家组成，成员人数为五人以上单数，其中技术、经济等方面的专家不得少于成员总数的三分之二。

12.8.2 评标委员会成员的资格要求

评标委员会成员应当从事相关领域工作满八年并具有高级职称或者具有同等专业水平，由招标人从国务院有关部门或者省、自治区、直辖市人民政府有关部门提供的专家名册或者招标代理机构的专家库内的相关专业的专家名单中确定；一般招标项目可以采取随机抽取方式，特殊招标项目可以由招标人直接确定。

12.9 质量保证体系

项目建设中应建立“政府监督、社会监理、单位自检”三级质量保证体系，严格按《建筑法》及赣州市有关建筑市场管理和质量监督管理有关规定进行规划，建筑设计，建筑施工质量管理。项目建设单位应根据国家和各主管部门有关规定建立健全质量保证体系和层层负责的质量责任制。勘察设计单位必须按资质等级承担相应的勘察设计任务，应按照国家现行的有关设计规范、技术标准和合同进行勘察设计，建立健全质量保证体系，加强设计过程的质量控制，健全设计文件的审核会签制度。施工单位要接受政府质监部门对其资质和质量保证体系的监督检查，要严格按照设计图纸和技术标准、规程进行施工，对每道工序都要按质量要求，确定施工工序，并对施工的工程质量负责。本工程采用社会监理，对工程进行“四控制”、“二管理”、“一协调”，确保工程的经济效益、社会效益、环境效益。

第十三章 效益评价

佛冈县四九河流域水污染治理及生态修复项目是一项保护环境、保护水源，优化生态环境，为子孙后代造福的公用事业工程。本工程实施后，有利于四九河中部流域水污染防治，保证了四九河中下游流域用水安全问题，为佛冈县服务，为汤塘镇、产业园服务，为社会服务。本工程对于改善城乡市容，提高城乡卫生水平，提高人居环境，保护四九河两岸美丽自然环境，确保环境安全等方面均具有重要的意义。

13.1 社会效益分析

本工程是改善四九河流域生态环境、人民生活环境和保证营商环境的重要基础措施，可促进社会可持续发展，其社会效益是显著的。本工程实施后，可产生明显的社会效益，并能有效提高公众环境保护意识及健康水平。

（1）提高居民环境保护意识

工程建设实施过程中也是一次深刻、生动的环境保护宣传过程，通过具体的环境保护行动，使人民能够深刻认识环境保护的重要性，懂得环境破坏所带来的严重后果，包括经济损失、健康损害、资源流失托给，这一行动较单纯宣传，更为有效并易于被人们所接受。此外工程实施后还将伴随着大量宣传工作，环境意识的增强，将使流域环境保护产生质的飞跃，保护环境、节约资源将成为居民的自觉行动。

（2）提高公共健康水平

随着区域自然环境改善和生态环境优化，一方面净化了水体和空气，减少或消除了由于水污染所带来的损失，另一方面消除了蚊蝇等疾病传播媒质的滋生环境，使居民生存环境得到保护和改善，减少了疾病发病率，对公共健康是极其有益的。

（3）促进区域生产水平提高和科技进步

工程建设实施后，生态环境的改变将促进企业加快绿色转型升级和生产力水平的提高。并在间接上提高劳动生产率，并获得良好的经济效益。

13.2 环境效益分析

水环境治理是河流生态环境整治工程的重要组成部分。实践证明，生态人工湿地技术集水土保持、生态修复、水质净化于一体，既改善了河道、排渠的生态环境、发挥生态效益，又满足了村民近水、亲水、赏水的需求，提高城乡生活环境质量。

人工湿地在农村地区的使用效果也优于传统污水处理厂，一是人工湿地使用纯生物技术进行水质净化，而污水处理厂则使用化学方法，因此污水处理厂在处理过程中会产生大量富含有害化学成分的淤泥、废渣影响环境，而人工湿地则不存在二次污染。二是具有生态景观功能。生态人工湿地一方面能够与周边的环境共同组成河道景观，另一方面也能够建立和保护自然生态系统，实现水草茂盛、鱼虾洄游、河水清澈。同时人工湿地作为水陆之间的过渡地带，能够为各种动物提供栖息和觅食的场所，并能够最大限度的保护水资源环境不受污染。三是具有自净功能。当污染物进入河流之后，真菌和细菌会将其当做是营养物质而摄取，之后原生物又会吞食掉真菌和细菌，其中的有机物转化成无机物之后会被各种水生动物吞食，利用这种食物链的形式来达到自净作用，对水体进行有效的净化，水质得到进一步改善。

（1）维持生物多样性

虽然人工湿地没有自然湿地那样十分丰富的物种，但水田、水塘、湖泊等水域地区生长的动植物种类也很多，例如：水田中生长的植物随季节和水田的状态有所不同。在春耕之前，在水田中生长着雀枕草、野花之类，在干季则有莲花草、野菊草等生长，在湿季则有芦苇、香蒲等发育。在水田杂草中还有很多湿生、水生植物的生育地。另外，在水田中的动物也是多样的。青蛙、蜻蜓等要在水田中产卵，并且是幼虫的生息场所，鹭鸟之类的水鸟要在水田中觅食。水田中还有、田螺等生存，以及生活在叶面的半翅虫等。这些动物中有草食性动物，也有肉食性动物，水田中的多样性生物组成了复杂的食物链。同样，在水塘和湖泊中也生长有大量水生植物和各种各样的动物和微生物，为鸟类、鱼类提供丰富的食物和良好的生存繁衍空间，对物种保存和保护物种多样性发挥着重要的作用。人工湿地也是重要的遗传基因库，维持野生物种种群的存续、筛选和改良具有商品

意义的物种。而这些生物的存在，为我们提供了很高的经济实用和科学价值。

（2）调节流量，控制洪涝

湿地是蓄水防洪除涝的天然“海绵”。湿地是一个巨大的蓄水库，可以在暴雨和河流涨水期储存过量的降水，均匀地把径流放出，减弱危害下游的洪水，因此保护湿地就是保护天然储水系统。由于我国降水的季节分配和年度分配不均匀，通过天然和人工湿地的调节，储存来自降雨、河流过多的水量，从而避免发生洪涝灾害。

（3）补充地下水

人工湿地可以为地下蓄水层补充水源，从湿地流入到蓄水层的水可成为浅层地下水系统的一部分得以保持，浅层地下水系统可为周围地区供水，维持水位，或最终流入深层地下水系统。如果湿地受到破坏或消失，就无法为地下蓄水层供水，地下水资源就会减少。

（4）降解污染物

一方面，人工湿地有助于减缓水流的速度，当含有毒物质和杂质（农药、生活污水和工业排放物）的流水经过湿地时，流速减慢，有利于毒物和杂质的沉淀和排除。另一方面，当工农业生产和人类其他活动等自然过程产生的农药、工业污染物、有毒物质进入湿地，湿地的生物和化学过程可使有毒物质降解和转化，一些人工湿地植物像芦苇、水浮莲等也能有效地吸收有毒物质，使当地和下游区域收益。所以不少人工湿地可以用做小型生活污水处理地，这一过程能够提高水的质量，有益于人们的生活和生产。目前，全国已有不少城市在利用人工湿地治理河流、湖泊等水污染问题上取得良好成效。根据核算，本项目实施后，对水体中大部分的氨氮、磷进行吸收净化，降低水体污染，完成水质净化。

13.3 经济效益分析

国务院有关部门和地方各级人民政府必须把保护城市水源和防治水污染纳入城市建设规划。因此，进行佛冈县四九河流域水污染治理及生态修复项目建设，保证两岸环境最优化，流域水质达标，由此产生的经济效益是无法用价值来衡量。该系统工程项目也是造福子孙后代的民生工程。

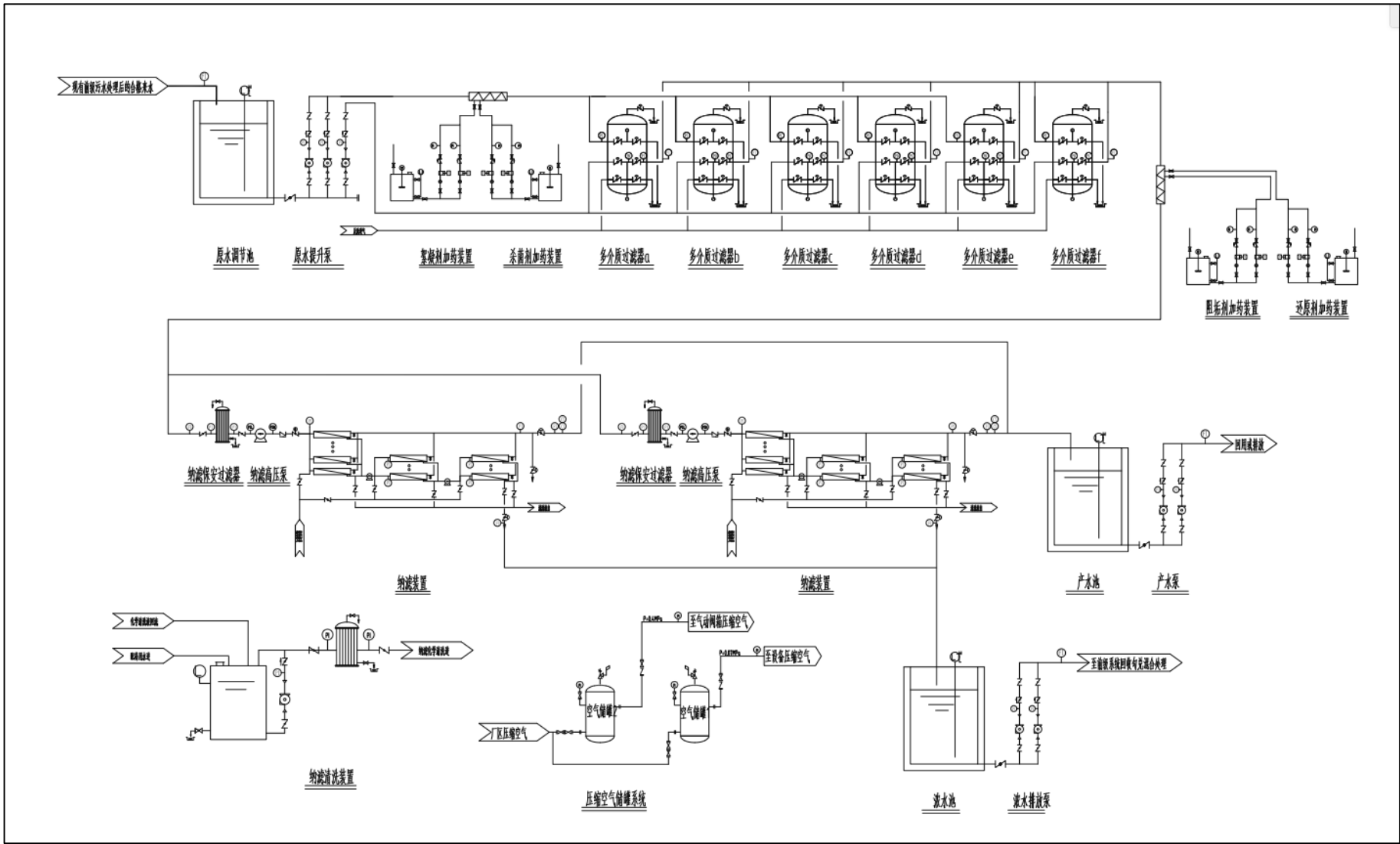
随着我国经济迅速发展,佛冈县面临多方面的挑战,也面临难得的发展机遇。在城市发展的这一关键时期,抓好城市规划和环境建设,不仅能改善居民的生活环境和投资环境,而且对增强佛冈县的综合竞争力和发展后劲,促进经济的可持续发展,具有重大而深远的意义。

第十四章 附图

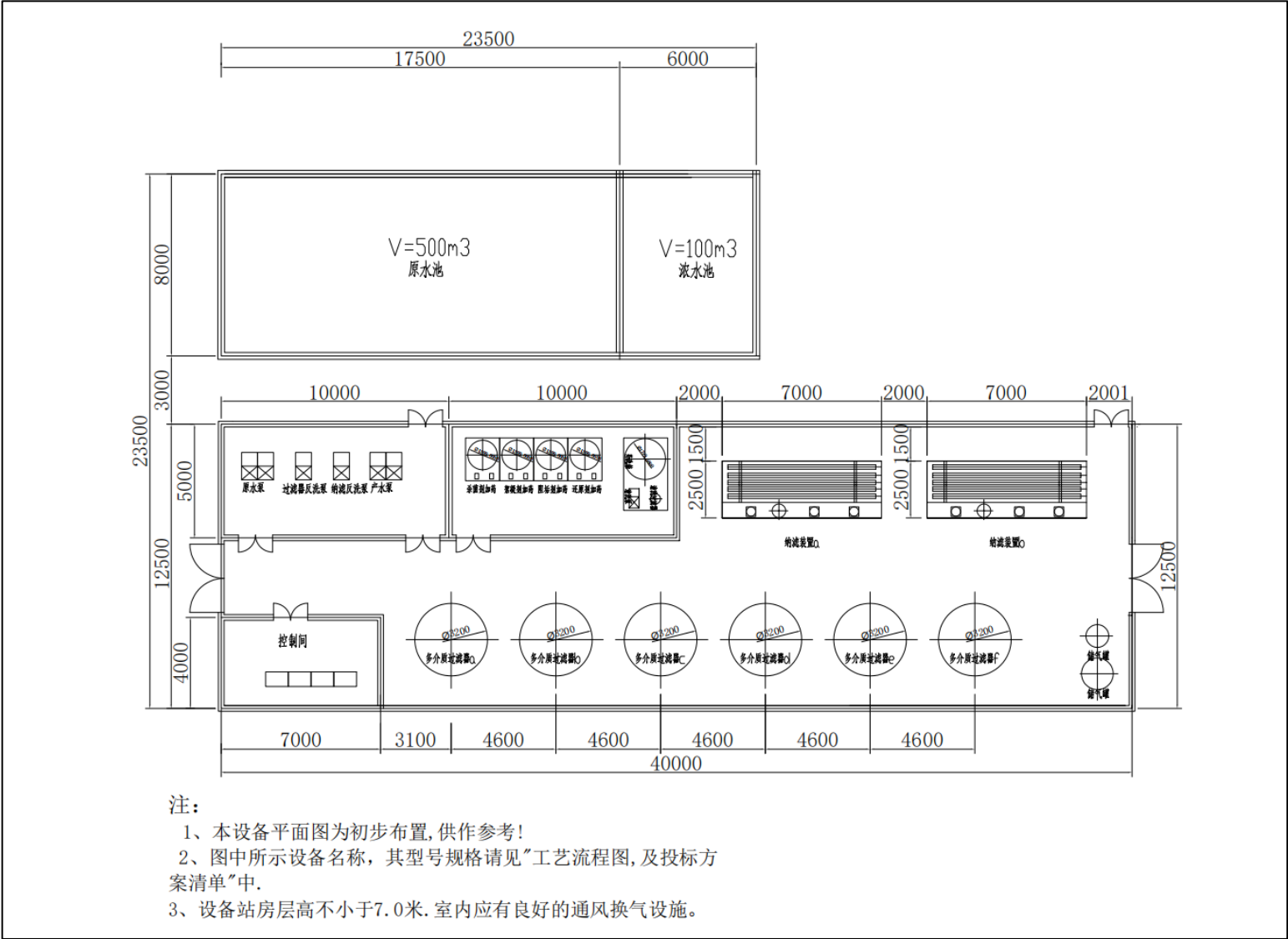
附图 1 水生态修复工程布置图



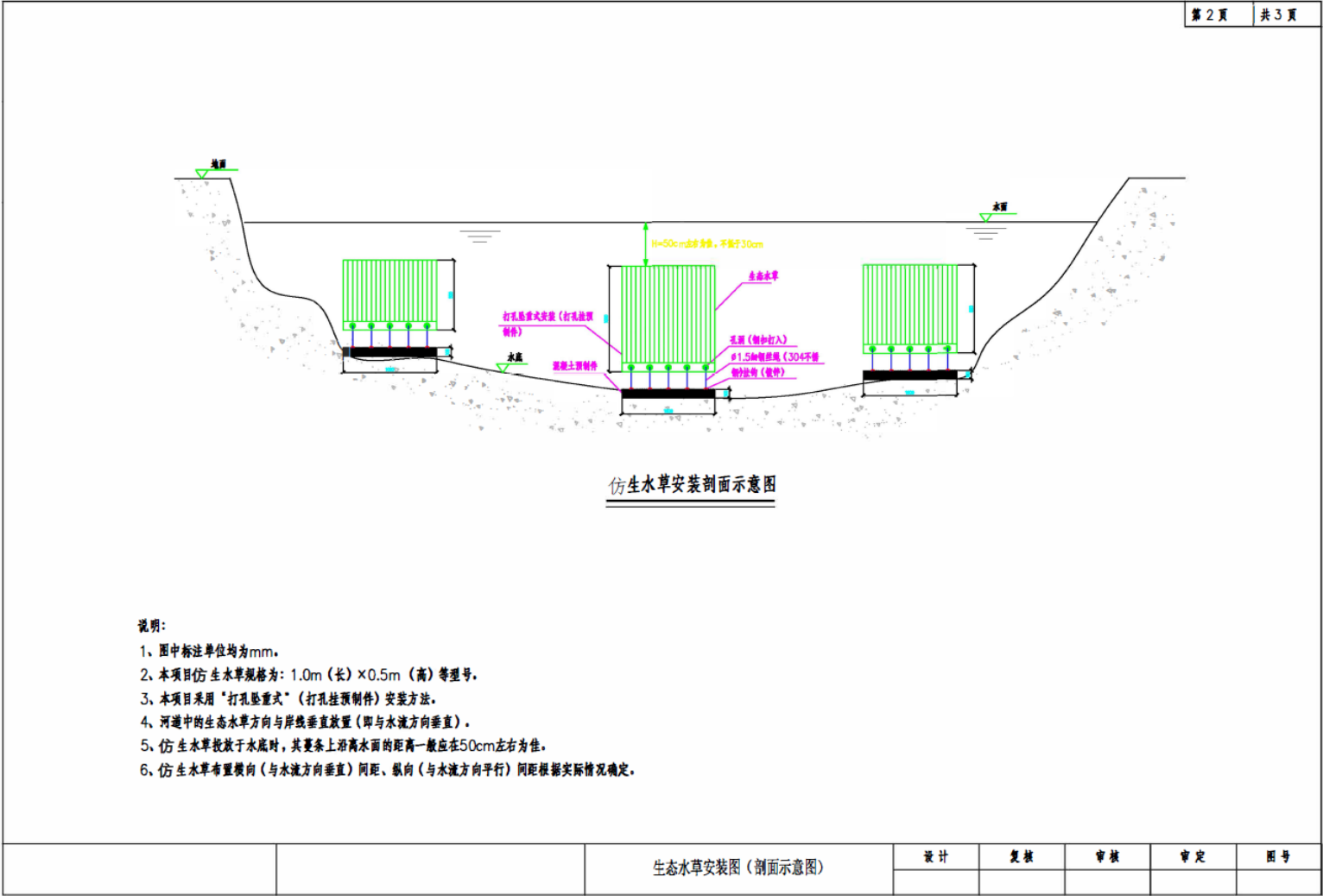
附图 2 尾水深度净化工程工艺流程图



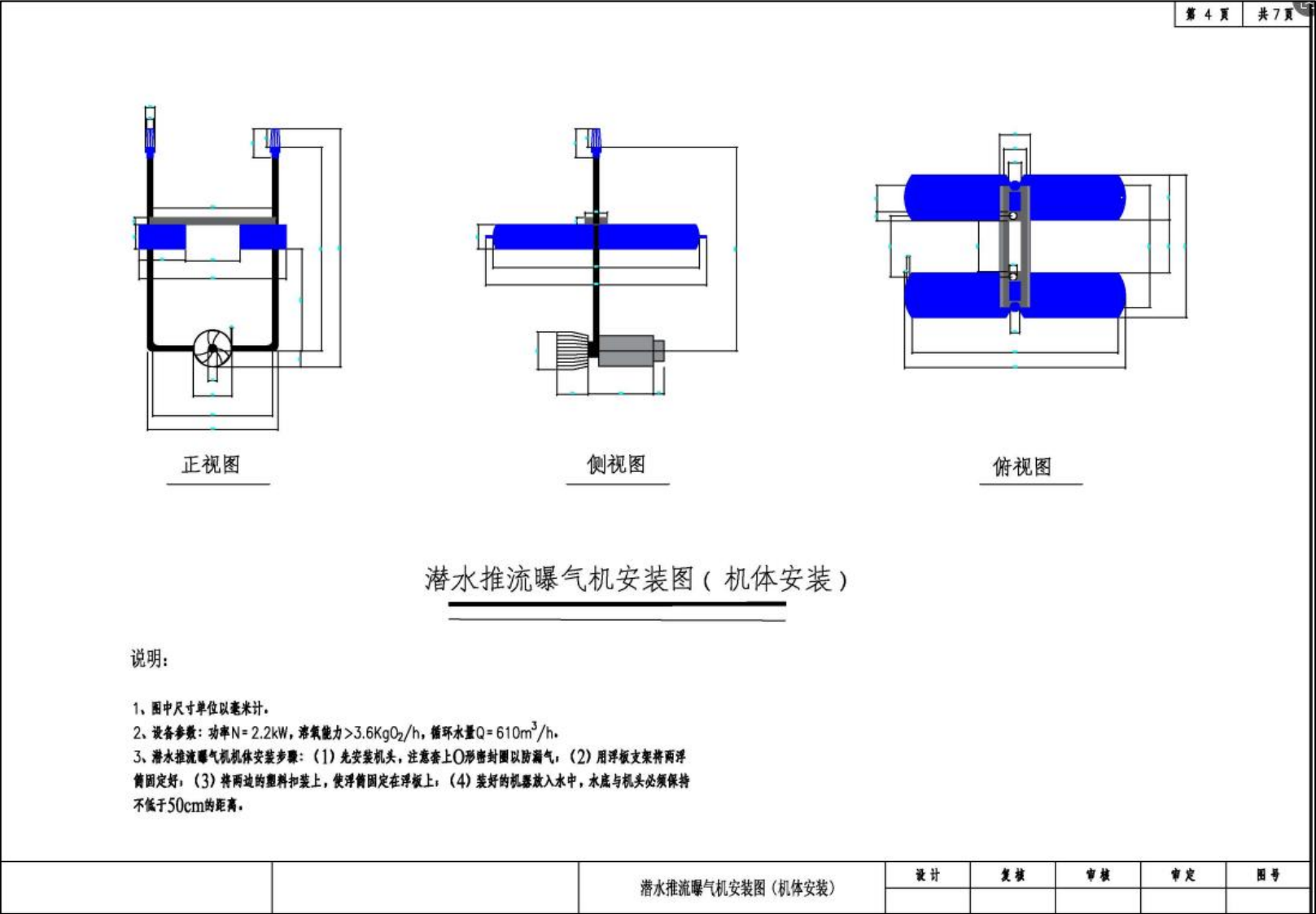
附图 3 尾水深度净化工程平面布置图



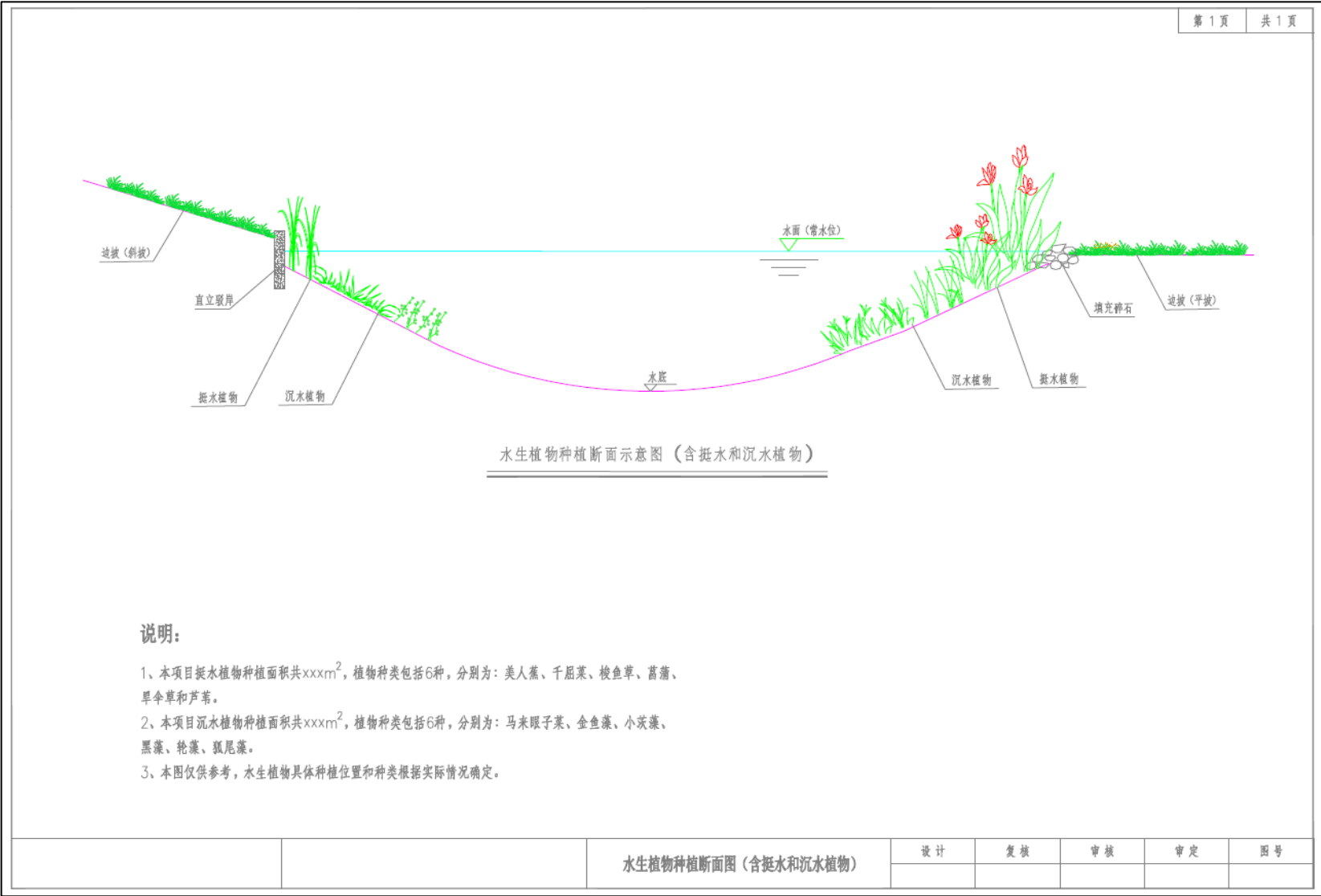
附图 4 仿生水草安装示意图



附图 5 曝气机安装示意图



附图 6 水生植物种植示意图



附图 7 生态过滤水岸平面效果图

