

《太湖流域村落生活污水处理技术规范》 编制说明

东南大学

2022年8月

目次

1 总论	1
1.1 任务来源.....	1
1.2 工作过程.....	1
1.3 项目背景.....	1
1.4 技术理念.....	2
2. 标准制订的必要性分析	3
2.1 国家及生态环境部门的相关要求.....	3
2.2 国家相关标准技术体系的要求.....	3
2.3 现行流域村落生活污水处理技术标准需要进一步完善.....	3
3. 太湖流域村落生活污水处理技术研究现状	4
3.1 国内外相关技术标准的比较分析.....	4
3.1.1 国外村落生活污水处理相关法律法规.....	4
3.1.2 国内村落生活污水处理技术相关法律法规概况.....	4
3.2 太湖流域村落生活污水处理技术概况.....	5
4. 编制规范的基本原则	6
4.1 科学性原则.....	6
4.2 可行性原则.....	6
4.3 稳定性原则.....	6
5. 拟制订规范的基本情况	7
5.1 规范的主要内容.....	7
5.2 规范的法律地位与作用.....	7
5.3 拟采用的方法.....	7
5.3.1 综合调研.....	7
5.3.2 专家咨询.....	7
5.3.3 对比分析.....	7
5.3.4 实践验证.....	8
5.4 技术路线.....	8
5.5 规范框架结构.....	9
6. 条文说明	9
6.1 适用范围.....	9
6.2 规范性引用文件.....	9
6.3 术语和定义.....	9
6.4 一般要求.....	9
6.5 设计水量与水质.....	10
6.6 污水收集系统及关于灰黑分离模式的说明.....	10
6.7 村落生活污水处理单元技术其工艺组合.....	11
6.7.1 治理模式的选取.....	11

6.7.2 工艺选取及相应的排放标准.....	11
6.7.3 村落生活污水处理工艺.....	13
6.7.4 预处理.....	15
6.7.5 太湖流域村落生活污水处理单元技术.....	16
6.8 施工与验收.....	19
6.8.1 总体要求.....	19
6.8.2 施工.....	20
6.8.3 验收.....	20
6.9 污水处理设施的管理与运维.....	21
7. 实施本标准的效益分析.....	21
7.1 生态效益.....	21
7.2 经济效益.....	21
7.3 社会效益.....	22
8. 实施建议.....	22
9. 工程示例.....	23
9.1 太湖流域某自然村村落生活污水处理工程设计方案(A).....	23
9.2 太湖流域某自然村村落生活污水处理工程设计方案(B).....	26
9.3 太湖流域某自然村村落生活污水处理工程设计方案(C).....	28
9.4 某自然村分散式农村生活污水处理工程设计方案(D).....	31
9.5 太湖流域某自然村村落生活污水处理工程设计方案(E).....	35
9.6 太湖流域某大型自然村村落生活污水处理工程设计方案(F).....	39
参考文献.....	45

1 总论

1.1 任务来源

为积极贯彻中央农办等九部委在《关于推进农村生活污水治理的指导意见》（中农发〔2019〕14号）中的农村污水治理理念，进一步完善江苏省生态环境管理与污染排放标准体系，2019年8月，江苏省生态环境厅委托江苏省政府采购中心就“生态环境管理与污染排放标准项目”进行了公开招标，公告编号JSZC-G2019-208，共分七包。本任务隶属分包六“生态环境修复标准项目”，分包由生态环境部南京环境科学研究所牵头，本项文件编制任务由东南大学承担。

1.2 工作过程

1) 成立编制组时间

成立时间：2000年1月；

人员组成：吕锡武、杨子萱、程鹤来、李先宁、程方奎、吴义锋、吴磊、余冉等

2) 开题论证

按照《国家环境保护标准制修订工作管理办法》的有关要求，任务承担单位成立了规范编制组。规范编制组成员查阅国内外相关资料，基于前期项目研究、文献资料分析和基础调研，召开多次研讨会，讨论并确定了开展规范编制工作的原则、程序、步骤和方法，最后形成开题报告。

3) 召开开题会

时间：2020年3月26日。

4) 初稿意见与建议

开题专家组针对规范初稿的意见与建议：

(1) 考虑适当增加推荐技术的类型；

(2) 进一步完善设计、施工、运维等相关管理措施与制度。

1.3 项目背景

农村水环境现状不容乐观，农村污水治理任重道远。根据住建部最新发布的《2019年城乡建设统计年鉴》，截至2020年底，我国城镇污水处理率达到98%，截至2021年8月农村污水处理率仅为25%，而其中正常运行维护的处理设施50%左右，远低于城镇的普及率和管理水平。

农村污染仍是流域污染物的主要来源，以江苏省太湖流域为例，农村污染带来的COD、氨氮、TN和TP负荷占总入湖负荷的比重呈现增加的趋势，农村生活源、农田径流源已经成为太湖地区氮、磷入湖的主要来源。太湖流域典型污染源调查显示，上述两种途径输出的COD占流域总量的23%，氨氮占流域总量38%，总氮占流域总量40%，总磷占流域总量的

38%。

目前污染负荷较高的农村无序排放生活污水与村落径流污染尚未得到重视，农村生活污水中氮磷资源未得到有效利用，而生搬硬套城市污水处理厂建设成本高，运维管理复杂的污水处理模式更不可取。

江苏省人民政府于 2021 年底印发的《关于加强农业农村污染治理促进乡村生态振兴行动计划》（苏政办发【2021】106 号）提出应加快解决农业农村突出环境问题，持续打好农业农村污染治理攻坚战，推动农业全面绿色转型，促进乡村生态振兴。

中央农办等九部委在《关于推进农村生活污水治理的指导意见》（中农发〔2019〕14 号）中提出农村生活污水治理应遵循的原则是：“因地制宜、尊重习惯，应治尽治、利用为先，就地就近、生态循环，梯次推进、建管并重，发动农户、效果长远”。规范编制组贯彻其中“因地制宜，利用为先，就地就近，生态循环”的核心理念，秉持“因地制宜、高技术、低投资与运行成本、易维护、资源化利用氮磷”的可持续发展的污水治理原则。针对我国农村及其污水的特点，将污水处理与农业实际需求相结合，提出“可持续发展的农村生活污水生物生态耦合治理模式”。

农业农村部办公厅等在《农业农村部办公厅、国家卫生健康委办公厅、生态环境部办公厅关于印发〈农村厕所粪污无害化处理与资源化利用指南〉和〈农村厕所粪污处理及资源化利用典型模式〉的通知》（农办社〔2020〕7 号）中也指出，应以“就地就近就农、源头控污减排”为原则，积极推进农村厕所粪污无害化处理与资源化利用，切实改善农村人居环境。本项规范力图在农村生活污水治理的过程中，也同时遵循农业农村部等部委改厕的相关文件精神，实现改厕与污水处理的一体化实施。

1.4 技术理念

村落生活污水处理只要求去除 COD 和氨氮时，可以采用单一的好氧生物处理工艺流程；同时有 COD、氨氮、总氮和总磷去除要求时，应采用生物生态组合技术，以“高效、节能、节地、氮磷资源化利用”为目标，生物单元与生态单元相融合：生物单元去除有机物，生态单元作为污染净化型农业实现氮磷去除和资源化利用。**与常规技术相比，生物处理单元主要功能为去除有机物，不专门设计除磷脱氮功能，目的在于大幅度简化生物单元，既降低了建设成本，又使得运行管理简单，同时为后续单元的氮磷资源化利用保留氮磷元素；**对于有机污染物浓度较高的生活污水，可设置前置大深径比厌氧反应器等厌氧单元实现有机物的高效预处理，降低后续好氧段有机负荷和需氧量；在生态处理单元，筛选氮磷吸收能力强、生物量大的空心菜、茼蒿、水芹等经济性作物替代芦苇、香蒲等传统湿地植物，在实现污水中氮磷资源化利用的同时，产生一定的经济效益。

工程应用时应将多种单元技术进行优化组合，形成具有节能、节地、高效、低维护、景观化、园林化、氮磷资源化特征的多种可选工艺流程，以适应太湖流域不同背景条件的村落生活污水治理的不同需求。

2. 标准制订的必要性分析

2.1 国家及生态环境部门的相关要求

2021年中央一号文件《中共中央 国务院关于全面推进乡村振兴加快农业农村现代化的意见》（2021年1月4日），指出要切实改善农村人居环境，让乡村面貌看到显著变化，启动实施整治提升五年行动，从农村实际和农民需要出发抓好分类改厕和污水处理，逐步提高农村卫生厕所普及率和生活污水处理率。

2020年中央一号文件《中共中央 国务院关于抓好“三农”领域重点工作确保如期实现全面小康的意见》（2021年1月4日）指出：扎实搞好农村人居环境整治。分类推进农村厕所革命，东部地区、中西部城市近郊区等有基础有条件的地区要基本完成农村户用厕所无害化改造，其他地区实事求是确定目标任务。各地要选择适宜的技术和改厕模式，先搞试点，证明切实可行后再推开。全面推进农村生活垃圾治理，开展就地分类、源头减量试点。梯次推进农村生活污水治理，优先解决乡镇所在地和中心村生活污水问题。开展农村黑臭水体整治。支持农民群众开展村庄清洁和绿化行动，推进“美丽家园”建设。鼓励有条件的地方对农村人居环境公共设施维修养护进行补助。

此外，中央农办（中农发〔2019〕14号）等九部门在《关于推进农村生活污水治理的指导意见》中也强调了农村生活污水治理应按照“因地制宜、尊重习惯，应治尽治、利用为先，就地就近、生态循环，梯次推进、建管并重，发动农户、效果长远”的基本思路。

2.2 国家相关标准技术体系的要求

2017年4月，生态环境部印发《国家环境保护标准“十三五”发展规划》：“十三五”期间，我国将启动约300项环保标准制修订项目，以及20项解决环境质量标准、污染物排放(控制)标准制修订工作中有关达标判定、排放量核算等关键和共性问题项目，发布约800项环保标准。重点推进农村污染防治、水体生态修复等领域的技术规范制修订。国家希望通过这五年构建一个整体性、系统性的技术标准化体系。

2018年9月29日，生态环境部、住房和城乡建设部印发了《关于加快制定地方农村生活污水处理排放标准的通知》，标志着国家有了农村生活污水处理排放要求。为此，各省市积极修订并发布本地农村生活污水处理排放标准。同年11月，《江苏省村庄生活污水治理水污染物排放标准》（DB32/T 3462-2018）发布，后经修改被《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》（DB32/T 3462-2020）替代。新的排放标准有力推动了技术标准的更新。制定《太湖流域村落生活污水处理技术规范》是国家、地方农村环境保护标准体系建设的客观需求。

2.3 现行流域村落生活污水处理技术标准需要进一步完善

我国农村生活污水处理标准体系尚在起步阶段，经调研可知，主要存在以下问题：

（1）农村与城市存在地理、生活习惯、人力财力等条件的差异，目前农村污水处理设施的设计、运行中大多简单套用城市大型污水处理厂的标准。

（2）现有标准未考虑资源化利用。农村相对于城市，没有完备的排水管网，村中房屋布局随意性较大，农村污水排水方式多样，导致污水集中收集存在困难，排水相对分散；同时受地理条件、技术、经济限制，绝大多数农村地区污水无法接入城市排水管网；现在农村青壮年多出外打工，各户内实际人口偏少，水量少，且环保意识不强，缺乏具备高科学素养和技术的人才；农村地区经济水平普遍不如城市，缺乏可用于污水处理设施长效运

行的资金和技术。而氮、磷进入水环境是水体的主要污染物，但对于农业，氮、磷是肥料，是农作物生长不可缺少的营养源，且农村污水成分简单，没有重金属和有毒物质，易于资源化利用。需要能综合考虑污水处理、资源利用的评价体系与标准体系。

(3) 前期标准实际应用中可操作性差或无法适应新形势的需求。通过前期调研与论证，2016年本单位为江苏省住房和城乡建设厅编制了《江苏省村庄生活污水处理适宜技术与建设指南》，该指南对江苏省农村的生活污水处理工程和无害化卫生户厕的技术选择、建设模式、施工验收等方面提出了要求。而太湖流域地区经济条件优异、环境需求高、寸土寸金，普适技术无法满足污染控制的需要。此外该指南作为推荐性文件，缺乏法律效力，无法有效规范农村污水处理市场。

(4) 积极贯彻落实中央农办等九部门《关于推进农村生活污水处理的指导意见》的精神，在农村生活污水处理模式中体现因地制宜、利用为先、就地就近、生态循环的原则，充实了灰黑分离，就地就近处理达标排放的模式，一方面充分利用村落中农户房前屋后的菜园和绿地的消纳能力，实现氮磷的资源化利用；二是避免了修建集中式管网效率低、造价高的弊病；三是有助于解决污水集中收集处理难以满足大面积生态用地的难题。

3. 太湖流域村落生活污水处理技术研究现状

3.1 国内外相关技术标准的比较分析

3.1.1 国外村落生活污水处理相关法律法规

在美国，农村污水处理主要指1万人以下的分散污水处理，其与城市适用相同的法律。在联邦级别主要执行《清洁水法》《安全饮用水法案》和《海岸带法修正案》，同时国家环保局设立相关的计划和项目，州和民族地区政府根据自身情况制订规章来达到国家法案的要求。地方管理执行《分散处理系统手册》和《分散处理系统管理指南》。

欧盟各成员国的基本条件差异较大，对水质和污水处理的要求各不相同，但均在《欧盟水框架指令》《欧盟地下水指令》《欧盟饮用水指令》等框架性指令之内。其对分散式污水处理的定义为小于50人口当量(小污水处理系统)和50-1000人口当量(小污水处理厂)。德国执行的主要法规为《基本法》《联邦水法》《污水处理条例》和《联邦饮用水条例》，各州根据情况设有本州的排水条例。英国最重要的法规为《水资源法案》和《环境法案》，联邦内设有各自的《城市污水处理条例》。

澳洲地广人稀，农村社区一般为1000~10000当量人口。主要执行法律为《污水处理法》《水事改革框架》《水法》《环境保护法》等。与欧美地区相同，各州均有各自的水法和相关法规。

日本规定城市人口大于5万人或者人口密度大于40人/hm²的集中居住地适用《下水道法》，乡村地区主要适用《净化槽法》。净化槽为日本农村所用的主要技术。同时《废扫法》明确了净化槽污泥处理方面的相关规定。

以上国家除日本外，对城市和农村均采用一致的环境标准。除日本外，未见对污水处理技术制订的强制性法律文件。具体技术的参数率定和适用范围由相关学会和企业进行规定。

3.1.2 国内村落生活污水处理技术相关法律法规概况

我国有60万个行政村，250万个自然村，农村在我们国家社会经济结构中占有重要的地位，但是排水和污水处理设施严重不足。近年来，农村污水治理受到重视并发展迅速。在2007年，我国行政村中有农村污水处理设施的占比不到3%，到2016年底，行政村覆盖率达到20%。在产业不断发展过程中，需要有技术标准作为指导。与其他国家相比，我国正处

在农村生活污水治理的探索阶段。

我国较早关于农村污水治理的标准有《村庄整治技术规范》(GB50445-2008)和《镇(乡)村排水工程技术规程》(CJ 124-2008),但条款都很简单,不能满足指导当前农村污水处理的需求。2010年,《农村生活污染控制技术规范》(HJ 574-2010)发布。2011年,《村庄污水处理设施技术规程》(CJ/T 163-2011)发布,该规程适用于处理规模为200t/d以下的村庄以及分散农户新建、扩建和改建的生活污水(包括居民厕所、盥洗和厨房排水等)处理设施的设计、施工和验收。2013年,有《户用生活污水处理装置行业标准》(CJ/T 441-2013)公布,但该标准更多是从设备包装等方面进行规范。

在技术指导性文件方面,我国于2010年公布了《小型生活污水处理成套设备标准指南》(CJ/T 355-2010)、《村镇生活污染防治最佳可行技术指南(试行)》(HJ-BAT-9)及华北、东北、西北、东南、西南、中南等六个地区的《分地区农村生活污水处理技术指南》(建村〔2010〕149号)。随后公布了《农村环境连片整治技术指南》(HJ 2031-2013)、《农村饮用水水源地环境保护技术指南》(HJ 2032-2013)及《县(市)域城乡污水统筹治理导则(试行)》。与此同时,我国各省市均在积极制订适用技术指南/指引。截至今日,全国各省市几乎均已颁布相关标准。总体上,我国农村生活污水处理标准体系正在不断完善。

随着国家对农村环境的重视和美丽乡村建设的开展,2019年12月,最新的《农村生活污水处理工程技术标准》(GB/T 51347-2019)开始实施。该标准建议以县级行政区域为单位实行统一规划,统一建设,统一运行和统一管理;提供了无基础数据时的参考水量、水质;强调了收集管网的重要作用;借鉴国内外农村污水处理集中分散处理的经验,提出了生活污水处理,乡村污水集中处理,城市污水处理等城市污水管网的处理方法并提供了优化运行参数;并对农村污水处理设施的污泥提出了减量化、稳定化、无害化、资源化的要求。本文件较原有的《村庄污水处理设施技术规程》(CJ/T 163-2011)有了更加合理充实的内容,并提出了因地制宜选择适宜的处理技术和管理方式以及以氮磷资源化利用为目标与农业种植业相融合的治理模式。

3.2 太湖流域村落生活污水处理技术概况

太湖流域面积36900平方公里,行政区划包括江苏省苏南大部分地区,浙江省的湖州及嘉兴市和杭州市的一部分,上海市的大部分,以及少量的安徽省属地。

据调研,江苏省内太湖地区农村生活污水处理模式主要有纳管收集处理、建立独立设施以及外运三种处理形式,其中纳管收集式处理二千多处,独立设施三千九百多处,外运一百七十多处,外运主要集中在无锡市锡山区。所建污水处理设施规模普遍偏小。截至2020年12月,排放标准主要执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中一级B排放标准。

2020年11月江苏省地方标准:《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》(DB32/3462—2020)颁布,2021年开始执行。

目前太湖流域村落生活污水主要处理模式主要有两种:接入城镇污水处理厂集中处理和就地建设小型设施分散处理。接入城镇污水处理厂集中处理模式,即村庄内所有农户污水经污水管道集中收集后,统一接入邻近的市政污水管网,利用城镇污水处理厂统一处理村庄污水。该处理模式具有见效快、统一管理方便等特点,适用于人口居住比较密集、地处城镇周边或距离市政污水管网较近(一般5公里以内)且符合高程接入要求,缺乏足够的消纳土地的郊区村庄。目前江苏省采用该模式的村庄主要集中在苏州、无锡等城市化水平较高的地区。就地建设小型设施分散处理模式,即对某一区域内所有农户产生的污水进行相对集中收集,就近建设小型处理设施分散处理。分散处理模式相对集中处理模式而言,投资相对较省,处理效果相对稳定,具有布局灵活、施工简单、管理方便等特点,但工艺

选择是关键，适用于居住相对集中、经济条件相对较好或环境敏感区域内对排放水质要求相对较高、污水不易集中收集的村庄。目前江苏省采用分散处理模式的村庄约占建成项目总数的56%。遗憾的是，以上两种模式均未以“因地制宜，利用为先，就地就近，生态循环”为核心理念，生搬硬套城镇污水处理模式，忽略了农村特有的丰富土地资源及农业对氮磷营养盐的强大需求和消纳能力。从而导致太湖流域已建农村生活污水处理工程的67.89%处于非正常运行或未运行状态，处理装置出水总体达标率也处于较低水准（2017年）。

江苏省太湖地区农村生活污水处理技术应用繁多，技术名称复杂，应用最为广泛的处理工艺有17种，主要为序批式活性污泥法（SBR）、A/O(+人工湿地)、好氧厌氧(+人工湿地)、接触氧化池(+人工湿地)、MBR法、A2O(+人工湿地)、海沃特生物滤池、脉冲生物滤池、塔式蚯蚓、厌氧+人工湿地等。其中以SBR处理工艺应用最多，占比为18.73%；A/O(+人工湿地)处理工艺次之，占比为15.87%；好氧厌氧(+人工湿地)处理工艺位居第3，占比为9.86%；其余处理工艺占比均不高，在8%以内。以上技术涉及的行业标准如下：《序批式活性污泥法污水处理工程技术规范》（HJ 577-2010）、《室外排水设计标准》（GB 50014-2006）、《厌氧-缺氧-好氧活性污泥法污水处理工程技术规范》（HJ 576-2010）、《生物滤池法污水处理工程技术规范》（HJ 2014-2012）、《人工湿地污水处理工程技术规范》（HJ 2005-2010）及《寒冷地区污水活性污泥法处理设计规程》（CECS 111:2000）等。以上技术规范规定了相关单体技术的设计、施工、管理的相关事宜。经分析，上述技术中仅有生物生态组合处理技术可以满足国家对污染物高效降解、资源循环和可持续发展提出的要求，而组合后的设计参数、运行策略等与前述单一技术的有所区别，组合工艺的相关规范暂为空白。

4. 编制规范的基本原则

4.1 科学性原则

根据国家政策要求，结合农村特性，以“因地制宜，利用为先，就地就近，生态循环”为核心理念，以“源于‘三农’，面向‘三农’，服务‘三农’”为目标，将生活污水处理与农业种植相结合，大幅简化运维，构建以“生物单元处理有机污染物，生态单元资源化利用氮磷”的可持续发展生物生态组合工艺。其含有多种节能、节地、高效、易维护、景观化、园林化的可选工艺组合流程，可有效解决农村地区社会、经济、环境等基本情况复杂，不同农村的污水处理技术需求差异较大的问题。

规范编制中的科学性体现在水量划分、单元选取和技术参数率定等三个方面。首先水量划分基于太湖流域村落生活污水水量情况，结合水力学、反应器动力学和实验室运行数据确定，确保划分有理有据，提高适用性，减少浪费。单元选取和技术参数率定基于项目组“十五”至“十二五”期间的研究和工程示范运行情况选取，以实践经验为佐证。

4.2 可行性原则

突出特色，本文件所推荐工艺力求造价低、易维护，处理设施兼顾与其他行业标准的协调性。标准重点规定水量水质、工艺流程选择、技术设计要求、维护等特色部分，电气、采暖、通风等附属设施的设计与施工、验收等内容优先引用相关专业标准并补充环境工程的特殊规定。

4.3 稳定性原则

以江苏省《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》（DB32/T 3462-2020）为执行标

准，根据村落背景条件和进水水质，因地制宜选取工艺流程、单元技术和工艺参数，保证处理出水稳定达到排放限值要求。

5. 拟制订规范的基本情况

5.1 规范的主要内容

本规范规定了太湖流域村落生活污水处理的相关实用技术要求和方法，主要内容包括标准的范围、规范性引用文件、术语和定义、总体说明、设计水量和水质、工程选址、污水收集系统、生物生态耦合处理模式及单元技术、配套设施、施工与验收、运行与维护等。

5.2 规范的法律地位与作用

随着经济发展和农民生活质量的提高，我国农村生活污水的排放量逐年增长。村落生活污水上升为太湖流域主要污染物来源。在如今种类繁多的污水处理技术中选择与“农村、农民、农业”的特色相适应的技术，并提出设计、施工及运行管理的相关要求，对村落生活污水的高效、持续治理具有重要作用。

本规范规定太湖流域村落生活污水处理的水量、水质、方法和技术要求，主要适用于太湖流域污水处理规模不大于 $200\text{m}^3/\text{d}$ 的行政村、自然村以及分散农户新建、扩建和改建的生活污水处理设施的设计、建设和运行维护管理。本规范是执行《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水污染防治法》《太湖流域管理条例》的主要配套标准，是贯彻落实《中华人民共和国循环经济促进法》《水污染防治行动计划》（国发〔2015〕17号）、《关于推进农村生活污水治理的指导意见》（中农发〔2019〕14号）、《农业农村部办公厅、国家卫生健康委办公厅、生态环境部办公厅关于印发〈农村厕所粪污无害化处理与资源化利用指南〉和〈农村厕所粪污处理及资源化利用典型模式〉的通知》（农办社〔2020〕7号）、《江苏省“十三五”太湖流域水环境综合治理行动方案》（苏政办发〔2017〕11号）、《太湖流域综合规划(2013-2030年)》和《江苏省“两减六治三提升”专项行动实施方案》（苏发〔2016〕47号）的关键途径，对改善农村人居环境，实现资源循环、保障生态安全，推进农村生活污水处理技术标准化体系建立具有不可替代的作用。

5.3 拟采用的方法

5.3.1 综合调研

通过广泛的文献和资料查询，对国内外分散式/村落生活污水处理的技术研究、工程示范和标准制定的现状及问题进行调研分析，明确水量、水质条件和管网体系的选取与划分。

5.3.2 专家咨询

联系环境科学、生态学、公共卫生学等领域的专家学者及环保、农业等部门的管理人员，听取专家意见，并结合工程经验确定工艺流程选取的原则和方法。组织多学科、多部门的研讨会，对标准草案进行咨询论证，在充分吸收专家意见的基础上，不断完善规范的文本。

5.3.3 对比分析

对国外和国内已完成的农村生活污水处理技术代表性成果进行整理，对比分析其优缺点，在此基础上，提出适应我国村落环境保护需要的生活污水处理技术规范。

5.3.4 实践验证

对规范中率定的流程和工艺参数进行实地验证，主要考评达标率、经济性和可持续发展性，通过评估完善参数，使《太湖流域村落生活污水处理技术规范》满足太湖流域村落水环境管理的要求。

5.4 技术路线

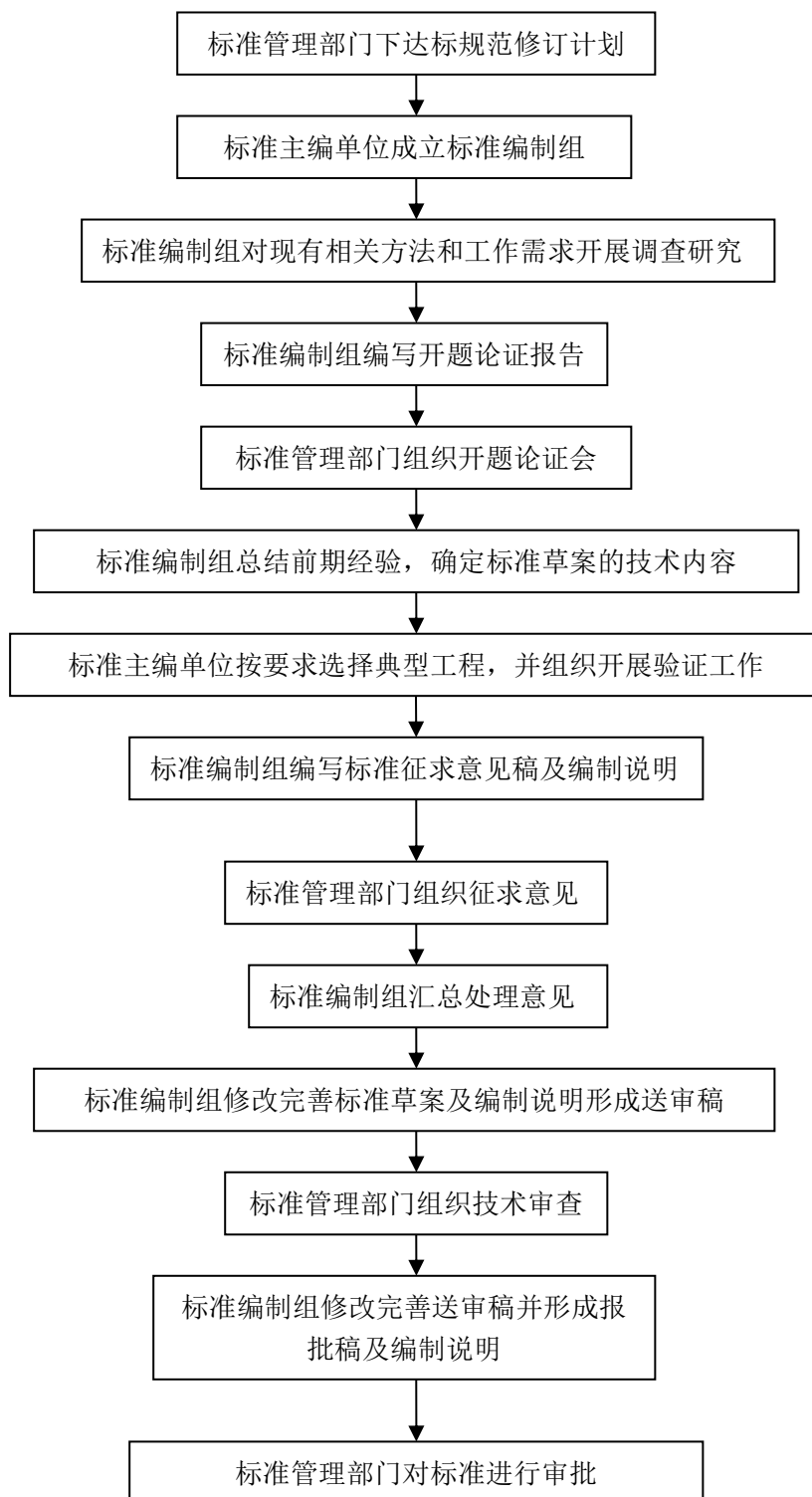


图 1 规范制订的技术路线

5.5 规范框架结构

本规范主要包括 11 个部分，具体如下：

1. 适用范围：本规范的主题内容与适用范围。
2. 规范性引用文件：本规范中引用的标准、规范等。
3. 术语与定义：本规范中关键词语的解释。
4. 基本原则：本规范制订的指导精神及原则。
5. 一般要求：本规范中主要条目的要求。
6. 设计水量与水质：规范适用范围内产排污特征。
7. 污水收集系统：本规范中污水收集单元的相关规定。
8. 村落生活污水治理模式及其单元技术：本规范治理模式的条目说明。
9. 配套设施：污泥处置及其他配套设施。
10. 施工与验收：施工与验收相关规定。
11. 运行与维护：规范中相关设施的运维要求说明。
12. 参考文献：规范编制中参考的文件及文献。

6. 条文说明

6.1 适用范围

本规范规定了太湖流域村落生活污水处理的治理模式、相关单元技术、配套设施和施工、验收、运行、维护等。

本规范适用于太湖流域不易接管纳入市政体系的村落生活污水处理，村落是指以自然村为特色的小规模农户居住区，处理规模小于 $200\text{m}^3/\text{d}$ ，考虑到规范技术的普适性，可适当扩大处理规模，但不适用于乡镇所在的集镇。

本规范不适用于集约化养殖场、农产品加工、工业园区及乡镇企业等生产污水的处理设施。已有设施可参照执行。

6.2 规范性引用文件

本部分列出了在本规范中所引用的规章、标准、技术规范等规范性文件。

6.3 术语和定义

本部分为执行本规范制定的专门术语和容易引起歧义的名词进行定义。

6.4 一般要求

排放标准应根据DB32/ 3462的要求，以接纳水体的水环境功能和处理规模确定。基本要求如下：

(a) 接纳水体为GB 3838地表水Ⅲ类功能水域（划定的饮用水水源保护区和游泳区除外）或GB 3097海水二类功能水域，应执行DB32/ 3462一级标准，其中处理水量 ≥ 50 t/d，应执行一级标准A标准，处理水量 ≤ 50 t/d，应执行一级标准B标准；

(b) 接纳水体为GB 3838地表水Ⅳ、Ⅴ类功能水域或GB 3097海水三、四类功能水域，应执行DB32/ 3462二级标准；

(c) 接纳水体为其他水环境功能未明确水域，当处理水量 ≥ 50 t/d，应执行DB32/ 3462二级标准；当处理水量 ≤ 50 t/d，应执行DB32/ 3462三级标准。

(d) 凡处理水量 ≤ 5 t/d的情况，应执行DB32/ 3462三级标准。

本规范村落生活污水处理设施选址主要依据为《太湖流域综合规划（2013-2030年）》，设计还应参考实际村落规模、用地规划布局。

村落生活污水处理设施不应设置在不良地质地段和洪水淹没区。确需在上述地区设置时应进行风险评估并采取必要的安全防护措施。

村落生活污水处理设施的抗震和防洪设防标准不应低于所在地区相应设防标准。

处理后尾水用于农业或市政时，处理设施应考虑与用户靠近，以便于资源化利用；处理后达标尾水就近排放时，处理设施应尽可能与接纳水体靠近。

6.5 设计水量与水质

6.5.1 设计水量

村落生活污水排放量宜根据实地调查结果确定。

调查数据缺乏时，宜在调查当地用水现状、生活习惯、经济条件、地区规划等基础上，根据《太湖流域村落生活污水处理技术规范》表1中农村居民日用水量酌情确定。表1数据是根据国家水专项在太湖流域典型村落实地调研所得。

通过排放系数确定污水量。根据调查，村落生活污水排水量一般为总用水量的75%~85%，由于一般农村地区居民有洗衣、洗菜污水室外泼洒，厕所污水沤肥的习惯，会损失一部分污水排放量，该类地区排放系数可取下限值；对于排水设施完善的地区，排放系数宜取上限值。

6.5.2 设计水质

设计水质通过实地调查确定。

实地调查困难或无调查数据，可参考《太湖流域村落生活污水处理技术规范》表2中数值进行适当取值。目前太湖流域村落已全面推行化粪池建设，表2数据分为灰黑分离和不分离两种情况。由于黑水中污染物负荷较高，故灰黑分离后，接入管网的生活污水水质污染物浓度较低，反之亦然。农户生活污水不经化粪池入管的场合，污水未经厌氧消化，污染物浓度高，故水质宜取上限值；农户污水经化粪池处理后入管时，或管网较长、雨污未完全分流时，生活污水污染物浓度被雨水稀释，故水质可取下限值。当同一系统内同时存在灰黑分离和不分离以及是否使用化粪池的情况时，应根据各种情况所占比例考虑设计水质的范围。表2数据是根据国家水专项在太湖流域典型村落实地调研所得。

6.6 污水收集系统及关于灰黑分离模式的说明

村落生活污水收集模式可按是否采用灰黑分离和是否采用集中管网收集分为四类。灰黑分离是一种精细化的污水收集模式，根据调研，在农村生活污水中黑水的污染物负荷占比很高，一般情况下，黑水中COD、总氮、总磷的占比分别约为60%、90%、75%，灰黑分离后，灰水污染负荷较小，因此处理起来也相对容易。灰黑分离模式不仅降低了污水处理

设施的污染物处理负荷，还进一步提高了农村生活污水资源化利用的效率。

灰黑分离技术从单户层面进行源头分类，区别化处理，该模式适宜处理水量为小于200吨/天，也适用于一定程度的扩大规模。与常规技术相比：由于灰黑分离，灰水由简易污水处理单元加生态单元处理，可显著提高后续单元污水处理效果，减小污水处理设施容积，进而降低建设和运行成本。黑水（厕所排泄物等）单独收集处理，转变为高效有机肥，实现对部分化肥的替代，促进化肥减量，有利于农业部《到2020年化肥使用量零增长行动方案》的达成。

在厨房用水中，应对灰水和黑水进行更精细的划分，例如：初次、二次淘米水，畜禽鱼类的宰杀清洗用水等应归类为黑水，应与厕所粪便等高浓度污水一并收集排入化粪池。

高效节水型马桶是农村生活污水灰黑分离模式中重要的黑水收集单元，与城市的节水型马桶不同，农村厕所洁具与化粪池之间没有较长的横管连接，因此农村的节水型马桶相较于城市应当更加节水。较小的冲水量大大降低了黑水的体积，提高了还田效率。

在农村生活污水治理中，设置化粪池不仅仅是为了简单的对黑水进行厌氧消化处理，更是为了利用厌氧消化过程中产生的游离氨，有效杀灭黑水中的虫卵病菌等，实现黑水的无害化，有效预防相关病虫害，以更好地实现农村生活污水资源化利用。

化粪池一般指三格式化粪池，必须在第三格上方留有沼液取用口（检查口），化粪池溢流口设计时应充分考虑当地背景条件，包括农民还田习惯、农户周边绿地面积等。当农户取用（还田）积极、周边可供消纳绿地面积充足时，化粪池可不设溢流口接入管网（参考农业农村部水冲离网式厕所相关要求）；当农户没有取用还田需求，或周边可供消纳绿地面积不足时，化粪池应设溢流口接入污水管网，允许部分黑水进入处理设施处理。

根据农业农村部、生态环境部、卫健委等部委办公厅发布的《农村厕所粪污无害化处理与资源化利用指南》与《农村厕所粪污处理与资源化利用典型模式》指导精神，并从资源利用的角度考虑，对于新建的污水收集系统，应优先考虑采用灰黑分离技术；对于改（扩）建的污水收集系统，允许同时存在灰黑分离和灰黑不分离的收集模式。管网集中收集适用于规模较大村落，由于存在建设成本高，不易维护管理等特点，故在新建的小规模（小于5 t/d）村落生活污水处理工程项目中不推荐采用。

6.7 村落生活污水治理单元技术其工艺组合

6.7.1 治理模式的选取

按处理规模可将村落生活污水治理模式分为：（1）小型分散就地就近处理（单户或相邻联户处理后就地就近利用与排放），处理水量小于5 t/d；（2）相对集中式生物生态耦合工艺处理，适宜处理水量为5 t/d -200 t/d。可根据村落实际需要适当扩大规模，但不应超过500t/d。凡日处理规模在5吨以下的村落，都应优先采用就地就近处理的模式。

新建污水处理的村落，鼓励采用灰黑分离收集模式，黑水经化粪池无害化，化粪池留有还田取用出口，允许多余黑水溢流进入污水管网。允许灰黑分离和不分离同时存在于同一个收集系统，但污水处理工艺用有针对性功能设计。

6.7.2 工艺选取及相应的排放标准

6.7.2.1 排放标准应根据日处理规模大小和受纳水体的水环境功能确定，具体分级要求参考DB32/3462第5.1条。本文件中，凡是处理水量≤5 t/d的情况，无论受纳水体为何种水环境功能水域，都执行DB32/3462三级标准，其污水处理工艺仅需设计好氧生物处理主体单元，不必专门设计去除氮磷的功能，达标尾水可就地就近资源化利用，也可由生态沟渠排放。

6.7.2.2 工艺流程的选取应以“因地制宜，利用为先，就地就近，生态循环”为核心理念，以“技术高效、低投资与运行成本、易维护、资源化利用氮磷”为原则，以污水收集模式

和处理模式为基本因素确定工艺流程，根据地形、经济条件、水质条件与排放要求选取单元技术。

6.7.2.3 应根据九部委“就地就近”的处理原则，充分利用农户周边绿地消纳能力，合理避免出现执行江苏省一级a标准的情况（受纳水体为GB3838Ⅲ类水体或GB3097海水二类水体，日处理量 ≥ 50 t/d），以降低处理设施除磷压力，增益氮磷资源化利用。

6.7.2.4 对于小型分散就地就近处理模式（日处理规模小于5吨），以下工艺可供选择。采用灰黑不分离的场合，推荐工艺流程为：（a）预处理+好氧生物处理+尾水就地就近利用+达标排放。采用灰黑分离的场合，根据对灰水的处理工艺不同，推荐两种工艺流程：（b）黑水高效化粪池+灰水好氧生物处理+尾水就地就近利用+达标排放；（c）农户黑水高效化粪池+灰水生态净化+尾水就地就近利用+达标排放。

6.7.2.5 对于相对集中式生物生态耦合工艺处理模式（日处理规模5吨—50吨）和集中式生物生态耦合工艺处理模式（日处理规模50吨—200吨，可根据需要扩大至不超过500吨），可供选择的两种处理工艺：对于采用灰黑不分离的情况，推荐（d）分流制生活污水管网+生物处理+生态处理；对于采用灰黑分离的情况，推荐（e）农户黑水高效化粪池处理+分流制生活污水管网+生物处理+生态处理。

6.7.2.5 根据国家水专项在太湖流域多个典型村落设计的生活污水处理示范工程长期监测数据，工艺（a）、（b）、（c）出水水质可以稳定达到优于DB32/3462三级标准；工艺（d）、（e）出水水质可以达到DB32/3462一级标准A标准。

6.7.2.6 集中和分散生态用地缺乏的村落，即该地区既缺乏集中的生态用地，也缺乏农户房前屋后的、分散的消纳用地（绿地、菜地等），则可以考虑采用化学除磷等替代技术。在村落具有集中或分散生态用地时，不应采用运维管理复杂的化学除磷等专门的脱氮除磷技术。

6.7.2.7 对人口小于500人、日处理水量小于50吨（大于5吨）且缺乏生态用地的村落，根据中央农办等就部门的指导意见，鼓励采用污水就地就近分散处理和消纳的模式，使处理模式小型化，分散化，则可以不考虑总氮总磷的排放限值（日处理水量小于5吨的农村生活污水处理设施不考核总氮和总磷），从而简化了处理设施的建设与管理。故此情况宜采用单户或相邻联户分散处理后污水就地就近处理的模式。

6.7.2.8 日处理规模大于50吨，且缺乏生态用地的村落，应尽量采用灰黑分离的污水收集模式。因为灰黑分离后，黑水（水量约占排放总量的10%-20%）中总氮、总磷负荷占生活污水中负荷的50%以上，经三格式化粪池无害化后还田利用，其氮磷不进入集中处理系统，故后续处理设施进水（灰水）的总磷指标已经可以达到甚至优于DB32/3462一级标准B标准，因此，后续处理只需要满足脱氮的需求（可采用缺氧-好氧AO工艺），不必再设置化学除磷设施，大大简化了后期的管理与维护。而对于采用了灰黑不分离的情况，则在生物脱氮单元（可采用缺氧-好氧AO工艺）后，还需采用化学法除磷以符合总磷的排放要求。

6.7.2.9 对于生态用地面积的要求，应根据执行的排放标准确定。本文件规定：

1) 采用灰黑不分离收集模式的生物生态耦合工艺的场合，当尾水排放执行DB32/3462一级标准A标准时，生态处理用地当量表面积应不小于 $10\text{ m}^2/\text{t}$ ；当执行DB32/3462一级标准B标准和二级标准时，生态处理用地当量表面积应不小于 $6\text{ m}^2/\text{t}$ ；当执行DB32/3462三级标准时，根据DB32/3462第5.2.2条表1之规定，污水处理设施尾水不考核总氮和总磷，故生态处理用地面积可不作强制性要求，即可以不采用人工湿地处理生物单元尾水。

2) 采用灰黑分离收集模式的场合，用于灰水处理的生态处理用地当量表面积应根据实际处理的污染负荷相应减小。当系统内只采用完全灰黑分离收集模式时，生态处理用地当量表面积应减少为同等排放标准情况下灰黑不分离模式时的一半，若仅采用落干式湿地作为生物生态单元处理灰水时，其生态处理用地当量表面积应不小于 $5\text{ m}^2/\text{t}$ ；当同一系统内

既有灰黑分离模式又有灰黑不分离模式时，生态处理用地当量表面积应根据灰黑分离模式所占比例，按照 DB32/ 3462 一级标准 A 标准适当减少。这是因为经化粪池处理黑水并使沼液还田消纳利用后，可以减少污水约一半的污染负荷，从而后续生物生态耦合工艺处理设施的进水（主要为灰水）污染物浓度大大下降，故生态用地面积也应相应减少。

6.7.3 村落生活污水处理工艺

可选工艺的具体细则如下：

(1) 单户或相邻联户（灰黑不分离）：预处理+好氧生物处理+尾水就地就近利用+达标排放工艺

针对居住相对分散，灰黑水未分离收集，农户周边有菜地或绿地资源消纳污染物的单户或相邻联户应采用本工艺，适宜处理水量应小于 5 吨/天。由于处理规模小，该工艺不宜修建集中的污水收集管网，实现单户和相邻联户的生活污水就地就近利用与处理，尾水达标直接排放，同时利用农户房前屋后的菜地或绿地消纳并资源化利用氮磷。单户或相邻联户建设一体化污水处理设施，一体化设施前端应设置格栅和调节沉淀池等预处理设施，宜采用好氧生物处理技术。因处理小规模村落生活污水需要易管理、符合氮磷资源化利用的原则、产泥少、能适应水质水量较大波动的设施，故好氧生物处理可采用 MBBR、水车驱动生物转盘、阶式跌水充氧接触氧化或脉冲生物滤池等工艺。

需要注意的是，落干式湿地具有撒滴生物滤池的功能，因此既可以作为本工艺好氧生物处理单元又可以作为生态处理单元。但若使用落干式湿地直接处理原污水，需要将原污水露天抛洒，不利于村落人居环境及公共卫生的建设，故本文件不推荐采用落干式湿地替代好氧生物单元

根据 DB32/ 3462 的规定，日处理水量 5 吨以下的情况不考核总氮和总磷，故该工艺无需设计专门的脱氮除磷措施，处理装置仅去除有机污染物，保证尾水清澈透明无异味，可就地就近采用布水管滴灌或喷灌方式灌溉农户房前屋后的菜地或绿地，多余出水达标排放进入生态沟渠或通过已建好雨水管网外排，该工艺排放标准执行 DB32/ 3462 三级标准（受纳水体为水环境功能未明确水域）。推荐工艺流程如图 2 所示：

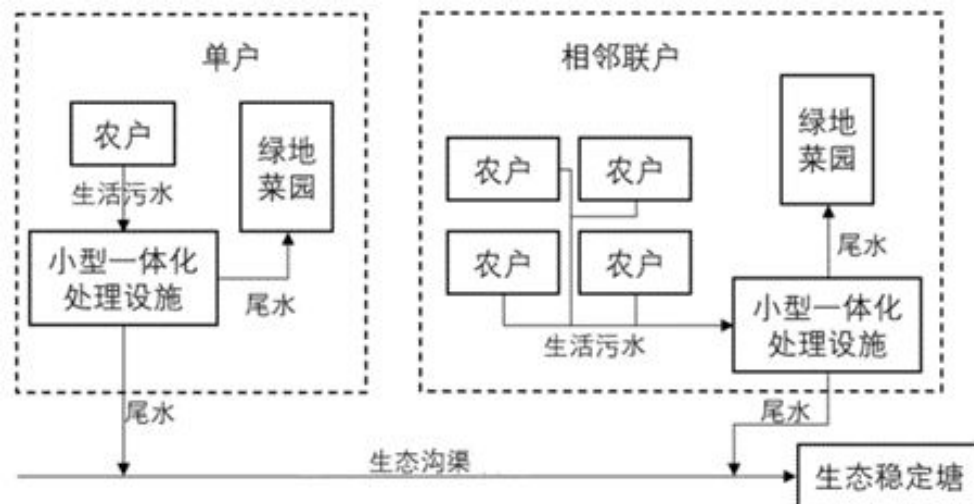


图 2 单户或相邻联户分散式就地就近处理模式

(2) 单户或相邻联户（灰黑分离）：农户黑水高效化粪池+灰水好氧生物处理（或生态净化）+尾水就地就近利用+达标排放。

该工艺一般不需修建污水管网，适用于居住分散，土地消纳能力强的居住分散的小型村落，适宜处理水量小于 5 吨/天。黑水经过改进型三格式化粪池高效厌氧发酵后沼液还田资源化利用氮磷。改进型三格式化粪池应在第三格设有取粪口，以方便农户将无害化黑水

还田，但原黑水不得直接进入灰水收集系统的出口。由于灰水污染负荷很小，故灰水应简单沉淀后再处理。灰水处理单元允许少量化粪池多余无害化沼液进入。

根据灰水处理工艺不同，该工艺可分为“农户黑水高效化粪池+灰水好氧生物处理+尾水就地就近利用+达标排放工艺”和“农户黑水高效化粪池+灰水生态净化+尾水就地就近利用+达标排放”两种。当灰水采用好氧生物处理技术处理时可采用 MBBR、阶式跌水、水车驱动生物转盘或脉冲生物滤池等工艺；当采用灰水生态净化时，灰水和少量化粪池剩余沼液可简单沉淀后直接采用落干式人工湿地（落干式湿地兼有生物生态双重功能）进行处理，该工艺排放标准执行 DB32/ 3462 三级标准。推荐工艺流程如图 3 所示：

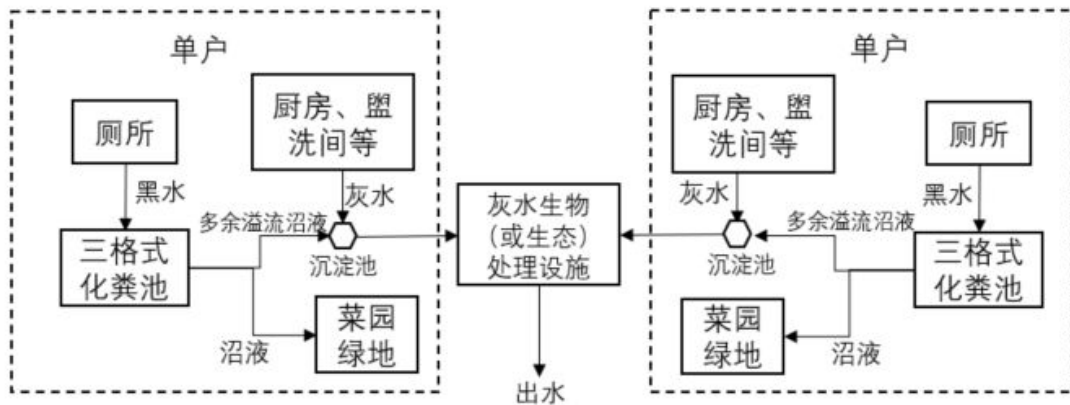


图 3 黑水高效化粪池+灰水好氧生物处理（或生态净化）+尾水就地就近利用模式

（3）集中或相对集中（灰黑分离）：农户黑水高效化粪池处理+分流制生活污水管网+生物处理+生态处理工艺

该工艺采用了灰黑分离和管网集中收集模式，适宜处理水量为5吨/天-200吨/天，亦可根据需要适当扩大处理规模，但不应超过500吨/天。适用于有充足的可消纳化粪池沼液的土地（在农户的房前屋后，有充足的绿地、菜地等消纳用地，以充分消纳黑水经化粪池处理后产生的沼液），经济条件好，规模比较大、居住不密集且地形适宜建设分流制的污水收集管网的地区。

化粪池宜采用三格式化粪池，新建项目鼓励农户采用灰黑分离，黑水经化粪池无害化，化粪池留有还田取用出口，允许多余黑水溢流进入污水管网。对于改建、扩建的并采用此工艺的系统，允许同时存在灰黑分离和不分离两种收集模式。

经管网收集的灰水应采用生物生态组合工艺处理，灰水好氧生物处理可采用MBBR、阶式跌水、水车驱动生物转盘或脉冲生物滤池等易管理、产泥少、能适应水质水量较大波动的工艺；

由于灰水污染负荷较小，生态用地面积应较灰黑不分离的情况有所减少。采用完全灰黑分离的生物生态耦合工艺的场合，当尾水排放执行DB32/ 3462一级标准A标准时，生态处理用地当量表面积应不小于 $5\text{ m}^2/\text{t}$ ；当执行DB32/ 3462一级标准B标准和二级标准时，生态处理用地当量表面积应不小于 $3\text{ m}^2/\text{t}$ ；当执行DB32/ 3462三级标准且已经采用生物处理技术处理灰水时，生态处理用地面积可不作强制要求，只采用落干式湿地处理灰水时，其生态处理用地当量表面积应不小于 $5\text{ m}^2/\text{t}$ 。采用不完全灰黑分离的生物生态耦合工艺的场合（同一系统内灰黑分离和不分离的状况同时存在），生态处理用地当量表面积应根据灰黑分离模式所占比例，按照DB32/ 3462一级标准A标准适的要求当减少。

该工艺排放标准应按照DB32/ 3462第5.1.1条的规定执行。推荐工艺流程如图4所示：

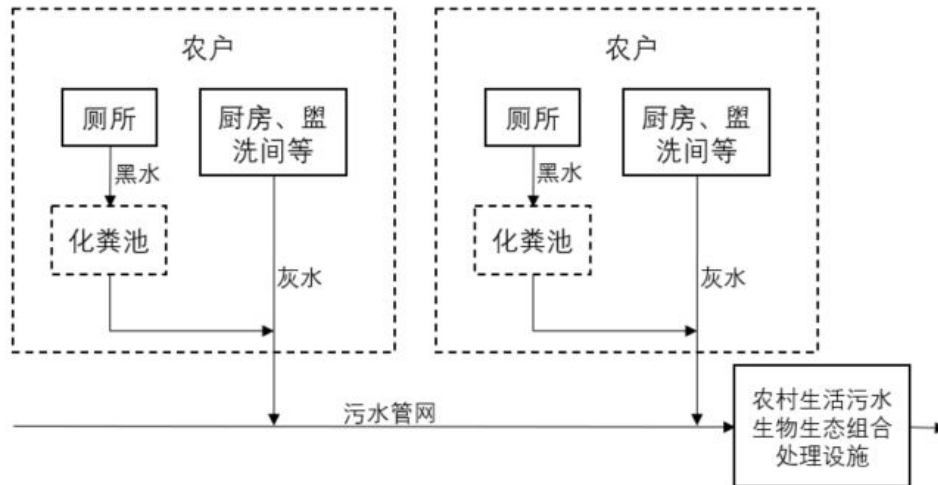


图 4 农户黑水高效化粪池处理+分流制生活污水收集管网+生物生态组合工艺模式

(4) 集中或相对集中（灰黑不分离）：分流制生活污水管网+生物处理+生态处理工艺

该工艺采用了灰黑不分离和管网集中收集模式，适宜处理水量为5吨/天-200吨/天，亦可根据需要适当扩大处理规模，但不应超过500吨/天。适用于农户房前屋后消纳土地不充分、居住密集、经济条件好、规模大且地形适宜建设分流制的污水收集管网的地区。

生物处理工艺可选用包括移动床生物膜反应器（MBBR）、阶式跌水、水车驱动生物转盘或脉冲生物滤池等工艺在内的适用技术，所选工艺应满足易管理、符合氮磷资源化利用的原则、能适应水质水量较大波动等要求。

生态处理的生态用地面积应根据不同排放标准确定。当尾水排放执行DB32/ 3462一级标准A标准时，生态处理用地当量表面积应不小于10 m²/t；当执行DB32/ 3462一级标准B标准和二级标准时，生态处理用地当量表面积应不小于6 m²/t；当执行DB32/ 3462三级标准时，生态处理用地面积可不作强制要求。

该工艺排放标准应按照DB32/ 3462第5.1.1条的规定执行。推荐工艺流程如图5所示：

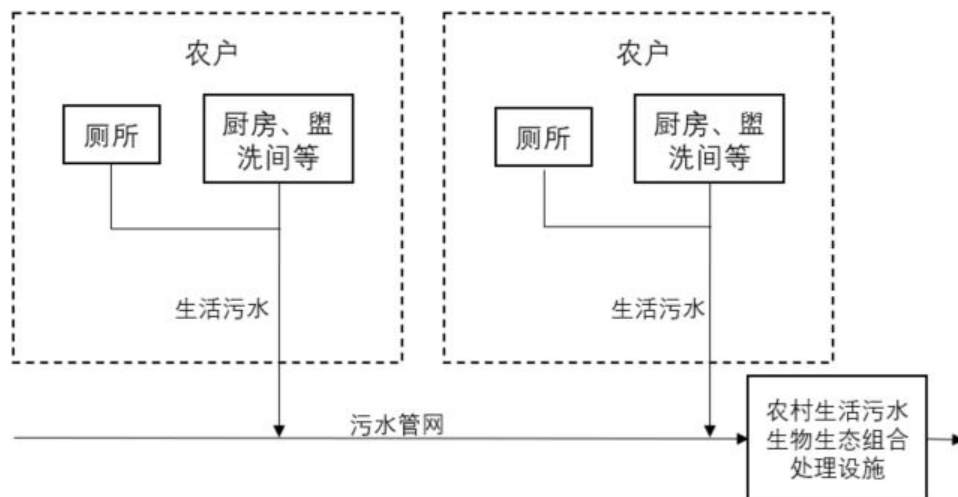


图 5 分流制生活污水收集管网+生物生态组合工艺模式

6.7.4 预处理

村落生活污水预处理单元一般为格栅，考虑简化建设和管理成本，可以将格栅与第一级处理设施（调节池、沉淀池等）合建。

6.7.5 太湖流域村落生活污水处理单元技术

村落生活污水处理要求去除COD、总氮和总磷时，宜采用生物生态组合技术。生物生态组合技术本着“源于‘三农（农村、农民、农业）’、面向‘三农’，服务于‘三农’，回归自然”的原则，以“高效、节能、节地、氮磷资源化利用”为目标，采用生物生态单元组合，生物单元与生态单元相融合：生物单元去除有机物，生态单元作为污染净化型农业实现氮磷去除和资源化利用。与常规技术相比：由于生物处理单元只去除有机物，不专门设计除磷脱氮功能，大幅度简化了生物单元，既降低了建设成本，又使得运行管理简单；前置大深径比厌氧反应器等厌氧单元可实现有机物的高效去除，降低后续好氧段有机负荷和需氧量；在生态处理单元，筛选氮磷吸收能力强、生物量大的空心菜、茭苳、水芹等经济性作物替代芦苇、香蒲等传统湿地植物，在实现污水中氮磷资源化利用的同时，产生可观的经济效益。

工程应用时应将多种单元技术进行优化组合，形成具有节能、节地、高效、低维护、景观化、园林化、氮磷资源化特征的多种可选工艺流程，以适应太湖流域村落地区生活污水治理的不同技术需求。关键单元技术及其适用条件如表3所示。

表 3 关键技术及适用条件

单元技术	单元技术名称	适用特点
厌氧单元	大深径比高效厌氧反应器	适用于地下水位低，土壤或松散层较厚，易开挖，土地资源匮乏地区。
	折流板厌氧反应器	适用于地下水水位高，土壤或松散层较薄，不宜深挖地区。可利用现有化粪池改造。
缺氧单元	缺氧反应器	根据进水水质选用，气候温暖地区可减小尺寸。
好氧单元	跌水充氧接触氧化反应器	适用于山地、丘陵地区，可根据自然坡地依势建设，跌水充氧无需曝气。
	跌水接触氧化反应器	占地小，适用于土地资源匮乏地区。寒冷地区可外建房屋保温。
	生物转盘反应器	污染负荷高，适用于进水混有养殖废水的高氮高有机物浓度污水，具有景观效益。
	脉冲生物滤池反应器	适用于水量较大、污染负荷较高的农村生活污水处理。寒冷地区可外加建筑保温。
	移动床生物膜反应器	处理负荷高、运行成本低、污泥产率低和配置灵活，适用于水质水量日变化系数较大的村落生活污水处理。
生物单元	水生植物滤床人工湿地	适用于土地资源丰富，气温较高地区。可种植根系发达作物，便于收割换茬，无堵塞风险。
	水生蔬菜滤床+浸润度可控潜流人工湿地	适用于土地较匮乏、寒冷地区。寒冷季节，浸润度可控型潜流人工湿地可控制水位防止结冰，保证冬季正常运行。
	阶式多功能氧化塘	适用于水网密集、水塘丰富地区。在农村天然洼地、塘等的基础上，简化施工。
	垂直流落干式人工湿地	可直接处理污水，不易堵塞，运行维护简单。

6.7.5.1 厌氧单元

①大深径比高效厌氧反应器

大深径比厌氧反应器为圆柱形，深径比在4:1-8:1之间，根据当地地形地貌及开挖条件选取，条件不符合的可选用折流板厌氧反应器。国家水专项成果《高效厌氧反应器常温预处理农村生活污水的性能优化研究》及工程应用经验，大深径比高效厌氧反应器在温度大于30℃，HRT<2d时，COD去除率最高可达93%左右；在温度8℃，HRT=3d时，COD去除率为86%。

故本标准中，大深径比厌氧反应器的水力停留时间宜取3 d—4 d，冬季宜取高值。排泥周期约为2年。

②折流板厌氧反应器

根据国家水专项成果《小型分散式农村生活污水灰黑分离生物生态组合工艺研究》，ABR反应器对COD的去除效果随HRT的增加而增加。当HRT为72h时，COD平均去除率为90%。考虑太湖流域四季温度波动，在本规范中，折流板厌氧反应器的水力停留时间宜取2 d—4 d，冬季宜取高值。排泥周期约为2年。

6.7.5.2 缺氧单元

①厌氧缺氧联合脱臭技术

利用已有好氧段硝化液和剩余溶氧与厌氧段出水混合，稀释并氧化其中的还原性致臭物质，无需增设设施或外加硝酸盐，省却了动力消耗和药剂费用，成本低廉，管理简单，解决了污水处理设施可能存在的臭味问题。

根据国家水专项标志性成果，随着回流比的增大，逸出气体中硫化氢和氨气的量有所减少；夏季、春秋、冬季回流比分别为100%、150%和200%时，TON（臭阈值）的去除率可以达到90%、87%和85%，缺氧池逸出气体中硫化氢和氨气的平均质量浓度分别为达到国家恶臭污染物排放标准的二级标准。基本实现除臭。

6.7.5.3 好氧单元

①脉冲生物滤池反应器

布水时间、布水周期和水力负荷对滤池运行效果有影响。当布水时间和布水周期缩短时，COD、氨氮和TN的去除率逐渐下降。布水时间为3.5~4.5min、布水周期为20~25min时，污染物去除效果较好；随水力负荷的增加，COD、氨氮的去除率逐渐上升，但增加到一定值时，出现下降趋势，当水力负荷为6~7.2 m³/(m²·d)时，取得较好的污染物去除效果。滤池有较好的硝化能力和充氧性能，氨氮在滤池中沿程逐渐去除。滤池运行条件最优组合为：水力负荷选取6.6m³/(m²·d)，布水周期20min，选取布水时间选取4min，回流比选取1:2~2.5。考虑实际工程的经济性，滤池滤料宜采用碎石、卵石或炉渣，粒径为30 mm—100 mm；布水装置可采用固定式或移动式；排水系统应设置渗水装置、集水沟和总排水沟。容积负荷宜为0.15 kgBOD₅/(m³·d)-0.3 kgBOD₅/(m³·d)。采用虹吸脉冲或旋转布水方式布水，布水负荷10 m³/(m²·d)，出水回流比100%-300%。

②跌水充氧接触氧化池

接触氧化池为多级接触氧化，通常建议为5级。进水浓度较高时可适当增加级数。总水力停留时间不宜低于50min。池体容积及其他设计参数参考《处理农村污水的跌水充氧接触氧化技术设计研究》（吴磊，吕锡武等）。

③生物转盘

根据国家水专项标志性成果及相关研究及工程经验，生物转盘宜采用单周多级转盘，不宜小于3级。各级纵向交错布置。总水力停留时间不宜低于1.2 h。转盘采用水力驱动或异步电机驱动，推荐采用水车驱动。水车驱动时转盘与驱动盘等径，宽度比宜为4:1-5:1。生物转盘的BOD₅面积负荷宜为6 gBOD₅/(m²·d)-30 gBOD₅/(m²·d)。

6.7.5.4 生态单元

生态处理单元通常建于地上。人工湿地和水生植物滤床设计细则参考HJ 2005-2010；阶式功能强化型氧化塘设计细则参考CJJ/T 54-1993。

为保证生态单元的处理效果和景观要求，生态单元应定期进行收割和换茬。收割、换茬期间也要尽量避免影响生态单元的处理效果。具体方法如下：

(a) 收割时，应根据植物长势沿水流方向，批次进行。每次收割面积为种植区的15%~20%，间隔3~5天。经济型作物的收割方法应匹配其生长特性，确保作物的再生能力。

例如空心菜收割应保留两个节间，水芹菜收割时应保留嫩根等。收割频率应根据植物生长特性确定，以不影响生态单元处理效果为基本原则。

(b) 冷暖季植物换茬时应沿水流方向，以 15%~20%轮作区面积为单元进行后季作物的复栽，换茬时间与复栽频率应与所选植物生长特性相匹配，复栽频率宜为 1 周左右，换茬宜在约 1 个月之内完成。

①人工湿地

人工湿地的设计宜根据进出水水质要求，参照 HJ 2005-2010，按照氮磷去除负荷和水力负荷计算，应根据试验或当地相似污水的运行数据确定设计参数。人工湿地的当量表面积应根据是否采用灰黑分离的收集模式，所执行的排放标准以及湿地种类确定。

不采用灰黑分离的场合，当尾水排放执行 DB32/3462 一级标准 A 标准时，传统水平潜流湿地、浸润度可控型人工湿地和落干式人工湿地的当量表面积分别应不小于 12 m²/t、10 m²/t 和 10 m²/t；当尾水排放执行 DB32/3462 一级标准 B 标准时，传统水平潜流湿地、浸润度可控型人工湿地和落干式人工湿地的当量表面积分别应不小于 6 m²/t、5 m²/t 和 5 m²/t；当尾水排放执行 DB32/3462 三级标准时，湿地面积可不作要求。

采用完全灰黑分离的场合（同一系统内全部采用灰黑分离的收集模式），当尾水排放执行 DB32/3462 一级标准 A 标准时，传统水平潜流湿地、浸润度可控型人工湿地和落干式人工湿地的当量表面积分别应不小于 6 m²/t、5 m²/t 和 5 m²/t；当尾水排放执行 DB32/3462 一级标准 B 标准时，传统水平潜流湿地、浸润度可控型人工湿地和落干式人工湿地的当量表面积分别应不小于 3 m²/t、2.5 m²/t 和 2.5 m²/t；当尾水排放执行 DB32/3462 三级标准时，湿地面积可不作要求，若只采用落干式湿地作为生物生态处理单元处理灰水，其用地当量表面积应不小于 5 m²/t。

当同一系统内同时存在灰黑分离和不分离时，生态处理用地当量表面积应根据灰黑分离模式所占比例，按照 DB32/3462 一级标准 A 标准适当减少。

②氧化塘

氧化塘设计细则参考 CJJ/T 54-1993。

③水生植物滤床

水生植物滤床设计参考国家“十二五”水专项太湖项目“竺山湾农村分散式生活污水处理技术集成研究与工程示范”（2012ZX07101-005）相关研究成果及工程经验。

6.8 施工与验收

6.8.1 总体要求

村落生活污水处理设施通常工程规模小、总数量多、布局分散，项目建设宜由县（市、区）相关职能部门或乡镇政府统一按区域分片实施，可统一组织招标、采购和委托工程监理等工作。

村落生活污水处理设施建设专业性强，且单个设施建设规模小，应鼓励工程设计施工总承包。对于采用一体化处理设备的项目，应鼓励设备提供商作为总承包商进行工程规划、设计、设备供应以及施工安装和调试。

建设单位、施工单位和监理单位除应遵守国家、地方相关地方规定外，还应明确村落生活污水处理中的其他特定职责。

建设单位作为工程项目的第一责任人，应对项目实施情况进行实地检查，建立严格的隐蔽工程验收制度，做好对重点环节的检查验收，与监理单位共同控制好质量、进度和投资。

监理单位应严格履行监理职责，严把材料设备关，严把质量关。未经监理工程师签字，建筑材料、构配件和设备不得在工程上使用或者安装，施工单位不得进行下一道工序的施工。除一般性施工监理外，对于隐蔽工程，监理工程师应实行旁站监督。

工程项目的验收应与后续的运行管理紧密衔接。有条件时，运行管理单位应参加施工单位的调试和试运行工作，并参与工程项目的验收，保证项目验收后即可直接转入运行管理阶段。对于尚未确定运行管理单位的，建设单位应尽早落实验收后的运维工作，或暂交由施工单位、总承包单位运行管理，待运行管理单位确定后按规定办好相关移交手续，进入正式运行管理阶段。

竣工验收后，建设单位应将有关设计、施工和验收文件归档。材料设备供应商、设计单位、施工单位等相关单位应提供设备、设施及污水处理站点的运行维护详细说明书。

6.8.2 施工

施工前、施工中各单位应严格执行《太湖流域村落生活污水处理技术规范》第11.2条的相关规定。

设备安装包括附属设备、电气设备、整体装置、进出水管管线及电路等安装。

设备安装必须按照生产企业的安装流程进行，必要时应在工艺设计人员和厂家专业人员的指导下完成。

水泵等附属设备容易产生震动和噪音，设计时应考虑防噪声措施，安装时应该注意其安装位置，并安装在预先筑好的设备基础上；电气设备须使用防水电源，同时按相关规范要求接地。

设备的安装应充分了解建设用地的地质条件和洪水等自然灾害因素，防止由此导致的地面下沉、塌陷、上浮及淹水等不可抗后果，影响设备的正常运行。

施工结束后须进行设备调试，确认各设备是否正常运转。设备调试包括附属设备、电气设备、整体装置、水路和电路等调试。

设备调试应由专业的调试工程师在严格的调试程序下进行操作，并随时与设备生产商、工艺设计人员和运营维护人员进行沟通。

6.8.3 验收

竣工验收流程如下：

1) 资料验收

竣工验收应提供如下主要文件资料：工程项目的立项文件、招标投标文件和工程承包合同、竣工验收申请、工程质量监督报告、工程决算报告及批复、工程竣工审计报告、工程调试运行报告、施工过程中的工程变更文件以及主管部门有关审批、修改、调整文件，竣工图纸、设备技术说明书等。

建设单位应对全部文件资料进行审核，审核通过后进行系统整理、分类立卷，并及时归档。文件资料审核不通过的，建设单位应提出整改意见，由相关单位限时完成整改，再次提交审核，通过后方能进行工程实体验收工作。

2) 工程实体验收

文件资料审核通过后，建设单位应组织工程项目各参与方，进行现场实体验收。重点审查工程建设内容是否与设计文件相符、施工质量是否达到现行的质量验收标准、机电设备数量、型号、参数及技术要求等是否与设计文件相符、配电与自控系统是否达到相关防护要求，以及工程项目场地的安全防护措施。工程实体验收合格后，方可进行环保验收，验收不合格的应责成施工单位或其他相关单位进行限期整改。

3) 环保验收

施工单位应提交调试和试运行报告，试运行报告中应包括至少连续7日以上的水质监测记录以及具有环境监测资质的单位出具的水质监测报告。出水水质应符合设计出水水质要求。

对污水处理站点的污泥处理处置方法、臭气与噪声防治措施、施工产生的生态问题的修复等是否符合环保要求进行现场验收。

环保验收过程中，施工单位应现场演示工程项目的工艺运行过程。

6.9 污水处理设施的管理与运维

我国现有典型农村污水处理设施大多生搬硬套城镇污水厂规模化、专业化管理运维的工艺，与我国农村不具备配备专业化人才管理的实际不符。与传统农村污水处理设施不同，本标准拟采用的生物生态组合工艺污水处理设施考虑到农村丰富的土地资源与农业对氮磷营养盐的强大需求和消纳能力，秉持“因地制宜、高技术、低投资与运行成本、易维护、资源化利用氮磷”的可持续发展的污水治理原则，不专门设计除磷脱氮功能，大幅简化了生物单元，从而简化运行管理与维护，形成可持续发展的农村生活污水生物生态组合处理成套技术体系。

污水收集系统和污水处理设施的运维、管理及监管应按照《太湖流域村落生活污水处理技术规范》第12章的相关规定执行。

7. 实施本标准的效益分析

7.1 生态效益

本规范遵循“因地制宜、高技术、低投资与运行成本、易维护、资源化利用氮磷”的可持续发展的污水治理原则。针对我国农村及其污水的特点，将污水处理与农业实际需求相结合，提出“可持续发展的农村生活污水生物生态耦合治理模式”。可从根本上改变农村地区黑水漫流，水环境污染严重的现状，是太湖流域农村水环境保护迫切需要的技术与法律支撑。

7.2 经济效益

生物生态组合技术本着“源于‘三农（农村、农民、农业）’、面向‘三农’，服务于‘三农’，回归自然”的原则，以“高效、节能、节地、氮磷资源化利用”为目标，在生态处理单元，筛选氮磷吸收能力强、生物量大的空心菜、茼蒿、水芹等经济性作物替代芦苇、香蒲等传统湿地植物，在实现污水中氮磷资源化利用的同时，产生可观的经济效益。

水生蔬菜滤床-浸润度可控型潜流人工湿地组合系统具有明显的水、肥优势，蔬菜产量高。番茄面积产量为12.68kg/m²，空心菜20~30 kg/m²，水芹20~25 kg/m²，豆瓣菜超过10 kg/m²。其中，空心菜经济效益最高，按最低价格4元/kg计算，亩产效益近8万元，水芹次之（6.7万元），番茄和豆瓣菜（近3万元），生菜、茼蒿效益也较为可观。以夏秋季种植空心菜，冬春季种植豆瓣菜为例粗略估算组合生态系统生产效益，亩产净效益约6.5万元。各经济型作物产量与收益见表5。

表5 各经济作物产量与收益

蔬菜	收割茬数	面积产量 (kg/m ²)	单价(元/kg)	亩产效益(元)
番茄（滤床）	1	12.68	3.5	29557
空心菜（滤床）	4	21.96	4	58501

空心菜（潜）	4	29.07	4	77442
茭白（潜）	1	7.23	3.5	16853
豆瓣菜（滤床）	3	10.32	4	27492
豆瓣菜（潜）	3	11.17	4	29757
生菜（滤床）	1	10.04	2.8	18723
水芹（潜）	3	25.42	4	67719
水芹（滤床）	3	20.65	4	55012
茼蒿（潜）	1	8.05	4	21445
雪里蕻（滤床）	1	-	-	-
茼蒿（潜）	3	5.85	4	15584

注1：蔬菜单价参考商务部全国农产品商务信息公共服务平台
(<http://nc.mofcom.gov.cn/jghq/index>) 2021年3月苏南市场价格。

7.3 社会效益

我国农村幅员广阔，本规范严格遵循中央农办（中农发〔2019〕14号）等九部委“关于推进农村生活污水治理的指导意见”提出的农村生活污水治理原则：“因地制宜、尊重习惯，应治尽治、利用为先，就地就近、生态循环，梯次推进、建管并重，发动农户、效果长远”。可切实解决农村污水处理设施复杂、缺乏技术管理人才等问题，规范太湖流域村落生活污水处理技术、工艺和原则，同时还可提供农村生态环境方面的科学研究、教育宣传等服务功能，提升民众对农村生活污水治理的认识，加强公众对自然生态的保护意识。

8. 实施建议

本规范吸取了现有村落生活污水处理技术的优点，在一定程度上克服了传统农村生活污水处理的缺点，首次将“生物生态组合工艺及氮磷资源化利用”的理念应用于村落生活污水处理，使区域人居环境治理更为高效、经济，建议尽快发布本规范，供太湖流域农村环境监管部门及相关行业从业人员参考。

9. 工程示例

9.1 太湖流域某自然村村落生活污水处理工程设计方案(A)

A.1 项目概况

某自然村位于太湖经济圈，经济条件良好，由于分散居民点污水接管困难，生活污水无序排放，对境内支浜等水体水环境造成不良影响。村落自然条件适合生物生态组合形式的村落生活污水处理工艺。

A.2 处理方案

A.2.1 处理规模

本工程污水来源于某自然村，村落共计人口约110人，人均生活用水约100 L/(人·d)。设计村落生活污水处理工程处理水量为10 t/d。

A.2.2 设计进水水质

根据实地监测的村落居民用水状况，确定设计进水水质如下：

表A.1 设计进水水质

项目	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	TN	TP	NH ₃ -N
浓度(mg/L)	400	220	220	45	5	35

A.2.3 处理目标

处理出水达到DB32/3462的一级标准A标准。具体指标如下：

表A.2 处理目标水质

项目	COD _{Cr}	SS	TN	TP
浓度(mg/L)	60	20	20	1

A.3 工艺设计

本工程为小型生活污水处理工程，并具有再生回用要求。本工艺基于小型生活污水的生物生态处理原理，有机物主要通过生化方法去除，而生化单元因泥龄不一致、碳源不足等问题导致氮磷营养盐不能有效去除，必须通过生物-生态联合的方法实现氮磷的有效去除。同时生态处理单元依靠基质和植物根系的过滤、吸附、吸收等过程，有效控制了系统出水的色度、浊度。针对生活污水时空不均的特点（污水主要产生于一日三餐时间，且晚间用水量较大），结合处理实施可用土地空间，提出组合工艺方案，具体流程为“生物处理-落干式人工湿地-表流湿地”的组合式污水处理工艺，其中生物处理工艺为“缺氧-好氧(MBR池)^注”。

注：上述流程为原有工艺改造项目，MBR工艺应在村落生活污水处理中谨慎使用，本文件推荐生物处理单元采用MBBR替代上图中的MBR单元

A.3.1 平面布置

根据村落的地势及房屋分布情况，工艺平面布置如下：

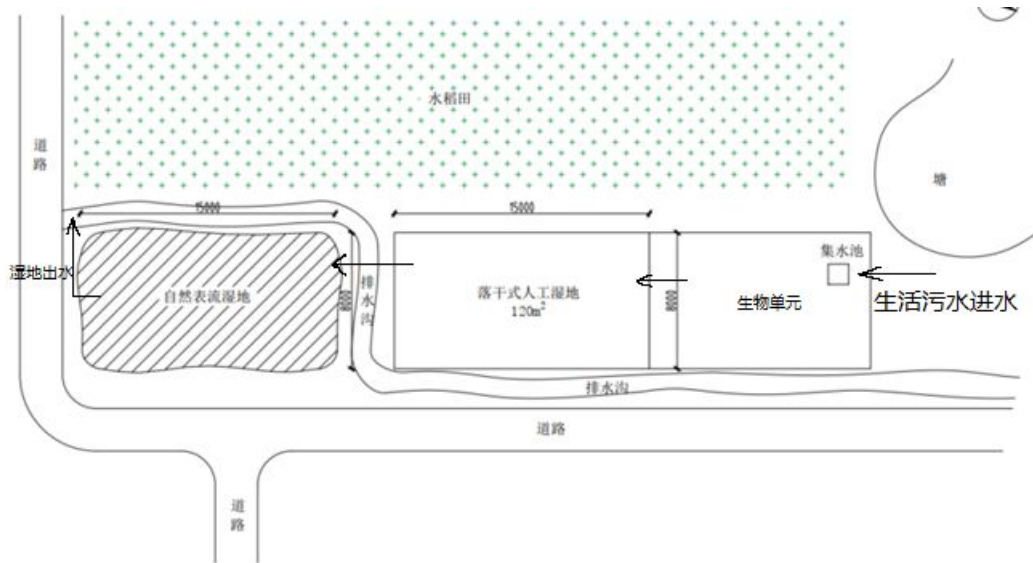


图 A.1 方案平面布置图

A. 3. 2 生物处理单元

生物处理单元工艺采用缺氧—好氧（MBR）一体化生物处理设备。

A. 3. 3 落干式人工湿地

落干式人工湿地长15 m宽8 m，基质深1.0 m；布置配水管及鸢尾等植物，依靠植物发达的根系形成拦滤作用去除生物段出水残余SS，同时吸收氮磷。

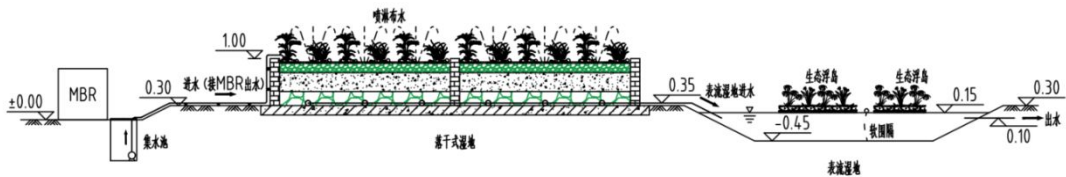


图 A.2 落干式湿地高程布置图

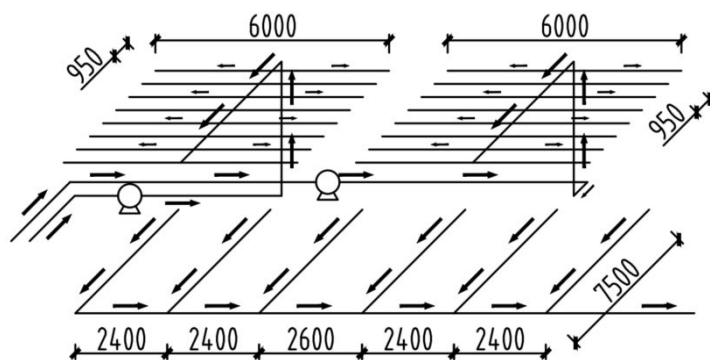


图 A.3 落干式湿地管线布置图

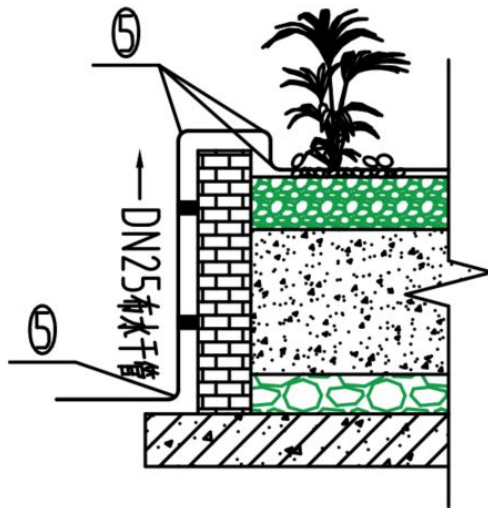


图 A.4 落干式湿地进水大样图

A.4 工程细节说明

- 1) 污水处理系统的管道均采用UPVC管，粘接。
管道穿越隔墙位置，施工时预埋防水套管。
- 2) 水池内的管道、附属配件涂刷无毒瓷釉防腐
涂料。
- 3) 管道沿水池壁铺设，应用管卡固定。
- 4) 系统各单元实现PLC自动控制。
- 5) 管道沿程坡降0.003。
- 6) 湿地池底做法为构造配筋，竖向隔墙及侧壁
做法为砖混。

9.2 太湖流域某自然村村落生活污水处理工程设计方案(B)

B.1 项目概况

某自然村位于太湖经济圈，经济条件良好，由于分散居民点污水接管困难，生活污水无序排放，对境内支浜等水体水环境造成不良影响。村落自然条件适合生物生态组合形式的村落生活污水处理工艺。

B.2 处理方案

B.2.1 处理规模

本工程污水来源于某自然村，村落共计约65户，人口约195人，人均生活用水约100 L/(人·d)。设计村落生活污水处理工程处理水量为20 t/d。

B.2.2 设计进水水质

根据实地监测的村落居民用水状况，确定设计进水水质如下：

表B.1 设计进水水质

项目	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	TN	TP	NH ₃ -N
浓度(mg/L)	400	220	220	45	5	35

B.2.3 处理目标

处理出水达到DB32/3462一级标准A标准。具体指标如下：

表B.2 处理目标水质

项目	COD _{Cr}	SS	TN	TP
浓度(mg/L)	60	20	20	1

B.3 工艺设计

本工艺基于小型生活污水的生物生态处理原理，以实现污水处理的节能、高效和稳定的出水水质为目标，针对生活污水时空不均的特点（污水主要产生于一日三餐时间，且晚间用水量较大），结合处理实施可用土地空间，提出组合工艺方案，具体流程为“生物处理（MBR）^注-水生植物滤床-浸润度可控潜流湿地”。

注：上述流程为原有工艺改造项目，MBR工艺应在村落生活污水处理中谨慎使用，本文件推荐生物处理单元采用MBBR替代上图中的MBR单元

B.3.1 平面布置

生态处理单元设计进水为生物处理出水，生态处理部分综合水力负荷 $0.1 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 。考虑生态单元的进水水量调配，应在原MBR污水处理设施出水处增设配水池一个。为改善浸润度可控潜流人工湿地进水条件，在该单元前设置水生植物滤床。浸润度可控型人工湿地采用磷吸附性强的填料基质，具有固磷作用，栽种的植物可进一步吸收利用，植物收割后可进行资源化利用。具体平面布置见下图：

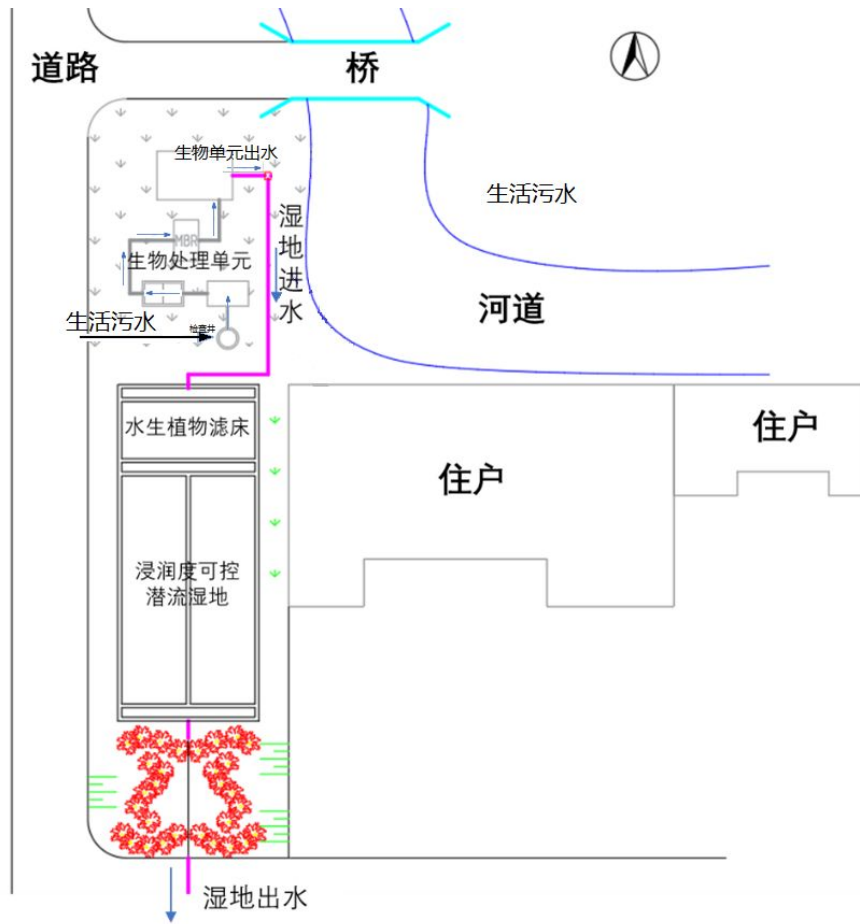


图 B.1 方案平面布置图

B. 3. 2 水生植物滤床

水生植物滤床长7 m宽3 m，水深0.3 m；布置人工浮岛栽种水芹、空心菜等植物，依靠植物发达的根系形成拦滤作用去除生物段出水残余SS，同时吸收氮磷。

B. 3. 3 浸润度可控潜流湿地

根据当地实际情况，考虑到布水均匀、土地充分利用、增加附加经济价值等因素，设计采用浸润度可控型的潜流人工湿地。

湿地长12 m，宽7 m，总占地面积84 m²，生态单元总水力负荷为0.1 m³/(m²·d)左右。

湿地内按面积均匀种植西伯利亚鸢尾、再力花等经济型花卉。底部水流方向坡度为0.1%，设置深度为0.6 m。从上至下以此填充200 mm细砾石、400 mm加气块作为基质，两层基质之间使用土工布进行分隔。

湿地出水渠内设置可旋转的L形弯管结构，必要时可根据需要调节湿地内浸润水位从而满足植物不同时期的生长需求；植物在生长时无需追肥，完全依靠尾水中残留氮磷生长，实现氮磷资源化的目的。

B. 4 工程细节说明

- 1) 污水处理系统的管道均采用UPVC管，粘接。
管道穿越隔墙位置，施工时预埋防水套管。

- 2) 水池内的管道、附属配件涂刷无毒瓷釉防腐涂料。
- 3) 管道沿水池壁铺设，应用管卡固定。
- 4) 系统各单元实现PLC自动控制。
- 5) 管道沿程坡降0.003。
- 6) 配水箱上口做翻边处理，翻边1 cm；整体采用PVC材料一体化制作，壁厚1 cm，侧壁做加强结构；配水箱体与堰板、分水板分别加工完成后现场安装到位，保持堰口水平。
- 7) 湿地池底做法为构造配筋，竖向隔墙及侧壁做法为砖混。

9.3 太湖流域某自然村村落生活污水处理工程设计方案(C)

C.1 项目概况

某自然村位于太湖经济圈，经济条件良好，由于分散居民点污水接管困难，生活污水无序排放，对境内支浜等地表水体水环境造成不良影响。村落自然条件适合生物生态组合形式的村落生活污水处理工艺。

C.2 处理方案

C.2.1 处理规模

本工程污水来源于某自然村，村落共计约44户，人口约132人，人均生活用水80 L/(人·d)。设计村落生活污水处理工程处理水量为10 t/d。

C.2.2 设计进水水质

根据实地监测的村落居民用水状况，确定设计进水水质如下：

表C.1 设计进水水质

项目	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	TN	TP	NH ₃ -N
浓度(mg/L)	400	220	220	45	5	35

C.2.3 处理目标

处理出水达到DB32/3462的一级标准A标准。具体指标如下：

表C.2 处理目标水质

项目	COD _{Cr}	SS	TN	TP
浓度(mg/L)	60	20	20	1

C.3 工艺设计

本工艺基于小型生活污水的生物生态处理原理，以实现污水处理的节能、高效和稳定的出水水质为目标，针对生活污水时空不均的特点（污水主要产生于一日三餐时间，且晚间用水量较大），结合处理实施可用土地空间，提出组合工艺方案，具体流程为“缺氧调节池—水车驱动生物转盘—人工湿地”的组合式污水处理工艺。工艺流程图如下：

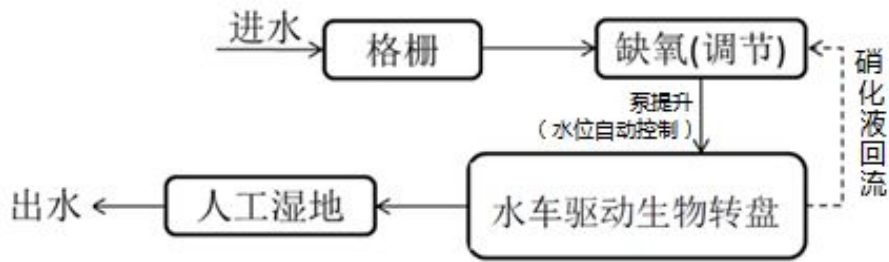


图 C.1 工艺流程图

C.3.1 平面布置

根据村落的地势及房屋分布情况，设置四排排水支管位于每排房屋的东北侧，每户接入DN200的入户支管。自北向南的四排支管长度分别为93 m、98 m、96 m、90 m，采用DN 300的UPVC管，坡度为0.003。四排排水支管的污水自西向东流入位于东侧的排水总管，并最终进入北端的生物生态处理单元。排水总管总长约220 m，采用DN 300的UPVC管，坡度0.003。排水管接口、转折处或每隔一定距离设有检查井，方便后续检查维修。

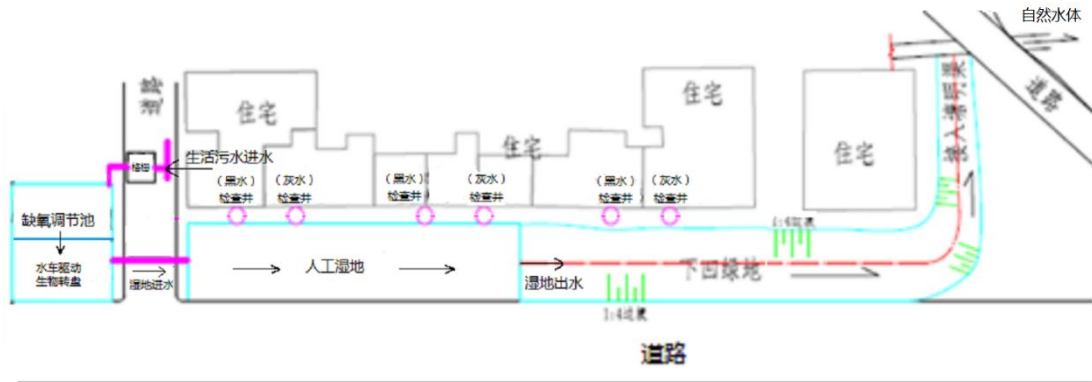


图 C.2 方案平面布置图

C.3.2 格栅沉淀池

格栅渠1座，宽1.0 m，长1.2 m，深2.5 m，进水深1.5 m，出水深1.5 m，钢筋混凝土结构，渠中设格栅1道，人工清理栅渣。粗格栅栅条间隙15 mm，垂直安装。

C.3.3 缺氧调节池

缺氧调节池为钢混+砖砌结构，同厌氧池相同，但池顶为预制空心板，不密封。缺氧调节池有效容积：5 m³，停留时间：12 h。

C.3.4 水车驱动生物转盘

生物转盘为钢架支撑，盘片及池体材料为PVC，共3级跌水生物转盘，每级生物转盘水池尺寸：0.95 m×0.8 m×0.85 m，盘片尺寸：D=0.7 m，盘片间距30 mm，每级有效停留时间：0.5 h

C.4 工程细节说明

- 1) 污水处理系统的管道均采用PVC管，粘接。管道穿越隔墙位置，施工时预埋防水套管。

- 2) 缺氧调节池的排泥管为DN100的PVC管，预留污泥抽吸位置，并由法兰密封。
- 3) 水池内的管道、附属配件涂刷无毒瓷釉防腐涂料。
- 4) 管道沿水池壁铺设，应用管卡固定。
- 5) 系统各单元实现PLC自动控制。
- 6) 缺氧池为混凝土盖板浇筑密封，缺氧调节池盖板为预制空心板，并预留检修位置，检修孔直径0.8m的不锈钢带锁活动金属板，其中厌氧池的活动盖板做密封处理。
- 7) 污水处理系统的管道均采用UPVC管。管道穿越隔墙位置，施工时预埋防水套管。
- 8) 管道沿程坡降0.003。

9.4 某自然村分散式农村生活污水处理工程设计方案(D)

D.1 项目概况

某自然村由于村落的布局限制，分散居民点污水接管困难，且分散居民点污水接管集中处理成本高，村落农户生活污水未经处理直接排入地表水体或通过渗井排入地下，对地表水和地下水环境保护构成了威胁。村落条件适合生物生态组合形式的村落生活污水处理工艺。

D.2 处理方案

D.2.1 处理规模

根据实地调研村居民用水情况、村庄公共卫生设施状况，对该村污水处理采用分区（住户共划分10个区）处理污水方案，并采用“一体化处理设施+就近资源化利用”技术

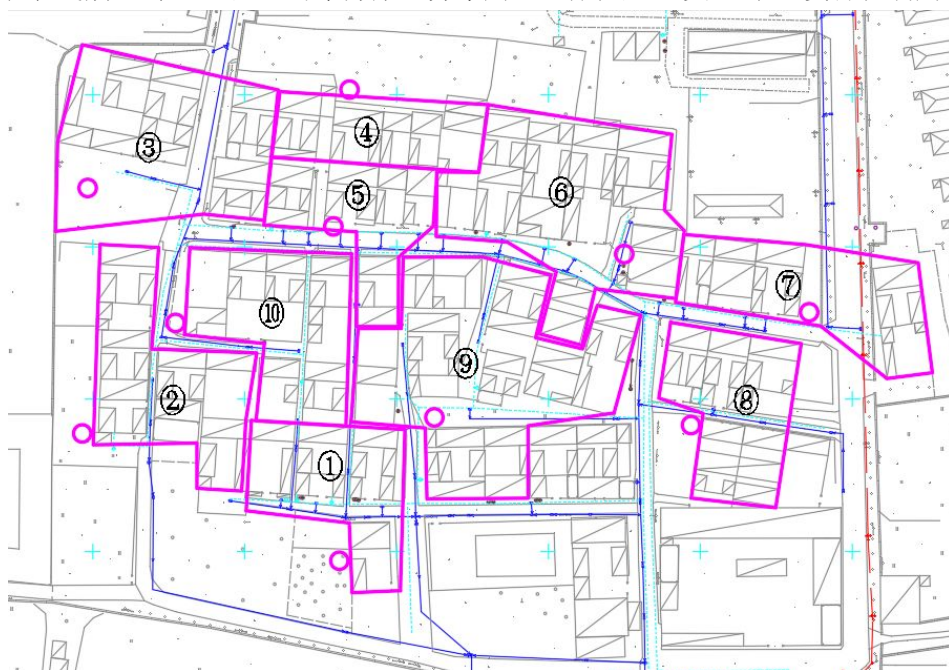


图 D.1 某村落生活污水处理片区布置图

根据分区计算，本工程污水处理共有2 t/d、3 t/d、4.5 t/d三种规模，拟在区域1、5、7、8建设规模为2 t/d的一体化污水处理设施，在区域2、3、4、6、10建设规模为3 t/d的一体化污水处理设施，在区域9建设规模为4.5 t/d的一体化污水处理设施。

村庄东南侧建有一公共浴室，根据村委提供的资料，当地浴室开放时间为每年6个月，开放月每周仅周三和周六开放，每次开放半天，其余时间均关闭。结合当地居民洗浴习惯及频率，预估浴室每次开放有30人使用，洗浴用水共计4吨/次。

D.2.2 设计进水水质

根据实地监测的村落居民用水状况，确定设计进水水质如下：

表D.1 设计生活污水进水水质

项目	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	TP	NH ₃ -N
浓度(mg/L)	300	260	150	3	50

表D.2 设计公共浴室污水进水水质

项目	COD _{Cr}	TP	NH ₃ -N
浓度(mg/L)	100	3	3

D.2.3 处理目标

根据DB 11/1612，农村生活污水的排放规模小于5 m³/d执行DB 11/1612三级标准。具体指标如下：

表D.3 处理目标水质

项目	COD _{Cr}	BOD ₅	NH ₃ -N	SS	TP
浓度(mg/L)	100	30	25	30	—

D.3 工艺设计

分区域村民生活污水流经检查井进入一体化处理设施，污水在设施内依次流经格栅、沉砂池、好氧池、沉淀池、清水池，完成水质净化。工艺流程图如下：

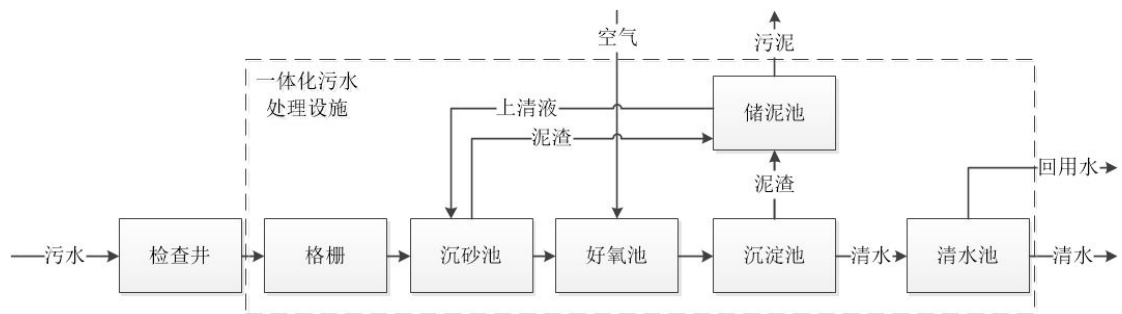


图 D.1 “一体化处理设施+就近资源化利用”工艺

公共浴室洗浴污水采用“调节池+落干式人工湿地”处理技术，污水经调节池进行水量调节后，进入落干式人工湿地完成污水净化，实现污水资源化利用。工艺流程图如下：



图 D.2 “调节池+落干式人工湿地资源化利用”工艺

D.4 主要构筑物设计

根据村委提供的数据及村民用水习惯，本次一体化处理设施共设置3种型号，体积分别为：

- (1) 2 t/d 一体化污水处理设施集成尺寸：2.3 m1.5 m1.2 m；
- (2) 3 t/d 一体化污水处理设施集成体积：2.5 m2 m1.2 m；
- (3) 5 t/d 一体化污水处理设施集成体积：3.4 m2.5 m1.2 m；

D.4.1 落干式湿地

调节池出水COD浓度大约为100 mg/L，每吨出水大约需要5 m²的垂直潜流人工湿地处理，按4 t/d设计，需要落干式湿地面积约20 m²，湿地出水为清水。

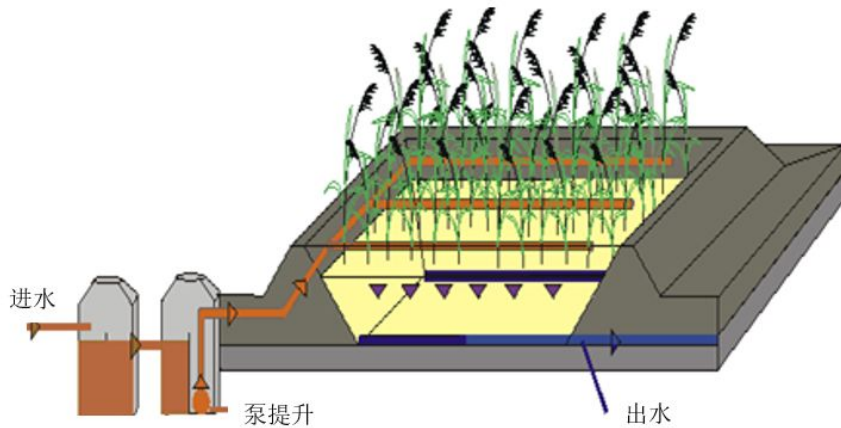


图 D.3 落干式人工湿地示意图

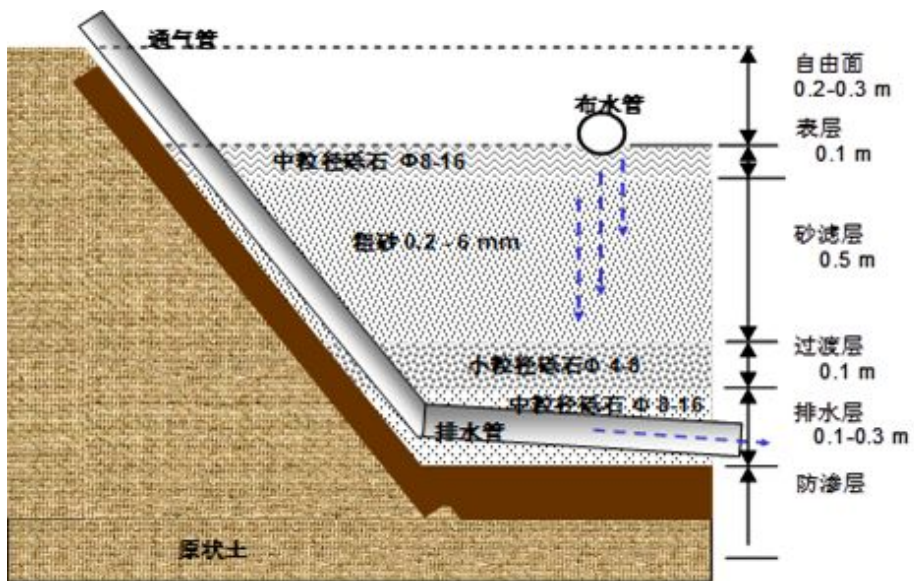


图 D.4 落干式人工湿地断面示意图

D.5 工程细节说明

- 1) 该地区冬季气温较低，管道及设备均采用防冻材质，设置防冻措施，保证防冻埋深；
- 2) 体化污水处理系统的管道均采用PPR管。管道穿越隔墙位置，施工时注意防水防渗。
- 3) 体化处理设施各产泥位置预留污泥抽吸接口，并增设球阀封口。
- 4) 水池内的管道、附属配件涂刷无毒防水防腐涂料。
- 5) 管道沿水池壁铺设，应用管卡固定。
- 6) 系统各单元的自动控制包含水泵和气泵，需要设置电控柜等设备。
- 7) 落干式人工湿地建议增建温室大棚，保障低温条件下湿地的运行效果及植物的生长。

9.5 太湖流域某自然村村落生活污水处理工程设计方案(E)

E.1 项目概况

某自然村位于太湖经济圈，经济条件良好，由于分散居民点污水接管困难，生活污水无序排放，对境内支浜等地表水体水环境造成不良影响。村落自然条件适合生物生态组合形式的村落生活污水处理工艺。

E.2 处理方案

E.2.1 处理规模

本工程污水来源于某自然村，村落共计约80户，人口约250人。设计村落生活污水处理工程处理水量为30 t/d。

E.2.2 设计进水水质

根据实地监测的村落居民用水状况，确定设计进水水质如下：

表E.1 设计进水水质

项目	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	TN	TP	NH ₃ -N
浓度(mg/L)	400	220	220	45	5	35

E.2.3 处理目标

处理出水优于DB32/3462的一级标准A标准。具体指标如下：

表E.2 处理目标水质

项目	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	TN	TP	NH ₃ -N
浓度(mg/L)	50	10	10	15	0.5	5

E.3 工艺设计

本工艺基于小型生活污水的生物生态处理原理，以实现污水处理的节能、高效和稳定的出水水质为目标，针对生活污水时空不均的特点（污水主要产生于一日三餐时间，且晚间用水量较大），结合处理实施可用土地空间，提出组合工艺方案，具体流程为“大深径比厌氧反应器——缺氧反应器——跌水充氧接触氧化——人工湿地”的组合式污水处理工艺。工艺流程图如下：

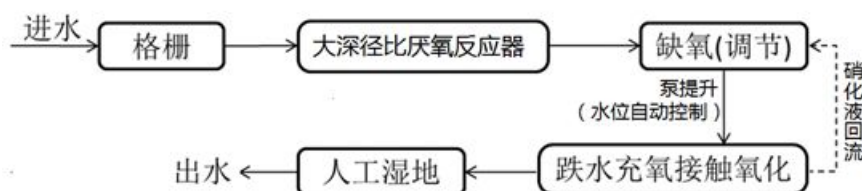


图 E.1 工艺流程图

E.3.1 平面布置

本项目污水来源为住宅小区，共计约80户，所住人数约250人，设计污水流量30吨/天。

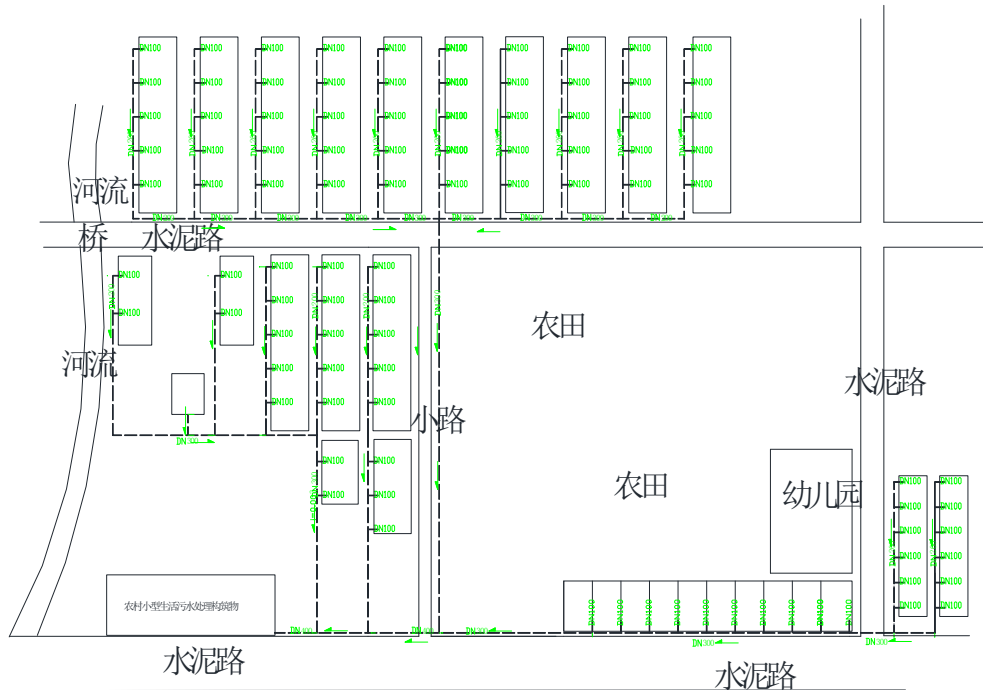


图 E.2 村落生活污水处理工程污水收集范围

E. 3. 2 格栅沉淀池

格栅渠1座，宽1.0 m，长2.5 m，深1.0 m，进水深0.5 m，出水深0.5 m，钢筋混凝土结构，渠中设格栅1道，人工清理栅渣。

粗格栅栅条间隙15 mm，安装倾角约75°。

E. 3. 3 升流式厌氧生物滤池

本工艺中，厌氧池采用升流式厌氧生物滤池。

厌氧池为沉井+砖砌结构，底部为钢筋混凝土预制底座，池壁采用砖砌并粉刷防水处理，池顶为混凝土浇筑密封，并留有直径0.8 m检修孔。

厌氧池单个直径为3.0 m，池底埋深6.5 m，池顶高出地面0.12 m；厌氧池有效水深5.5 m，有效容积为38.9 m³；厌氧池内部悬挂弹性填料。

厌氧池采用两级串联运行，单个厌氧池HRT为30h，两级厌氧HRT为60h。

E. 3. 4 缺氧调节池

缺氧调节池为沉井+砖砌结构，同厌氧池相同，但池顶为预制空心板，不密封。

缺氧调节池单个直径为3.0 m，池底埋深6.5 m，池顶高出地面0.12 m，缺氧调节池内部悬挂弹性填料。

缺氧调节池最大水深5 m，有效容积35.3 m³，最小水深1.5 m，有效容积10.6 m³，可调节水量为24.7 m³。最低HRT为8 h，最高HRT为28 h，可调节HRT为20 h。

缺氧调节池设有回流进口，回流比1:1。

E. 3. 5 跌水接触氧化池

生物转盘为钢架支撑，盘片及池体材料为PVC，共3级跌水生物转盘，每级生物转盘水池尺寸：0.95 m×0.8 m×0.85 m，盘片尺寸：D=0.7 m，盘片间距30 mm，每级有效停留时间：0.5 h

建于地面以上，砖混结构，为5级跌水，前两级跌水高度0.7 m，后三级跌水高度为0.5 m，接触氧化池总跌水高度2.9 m。

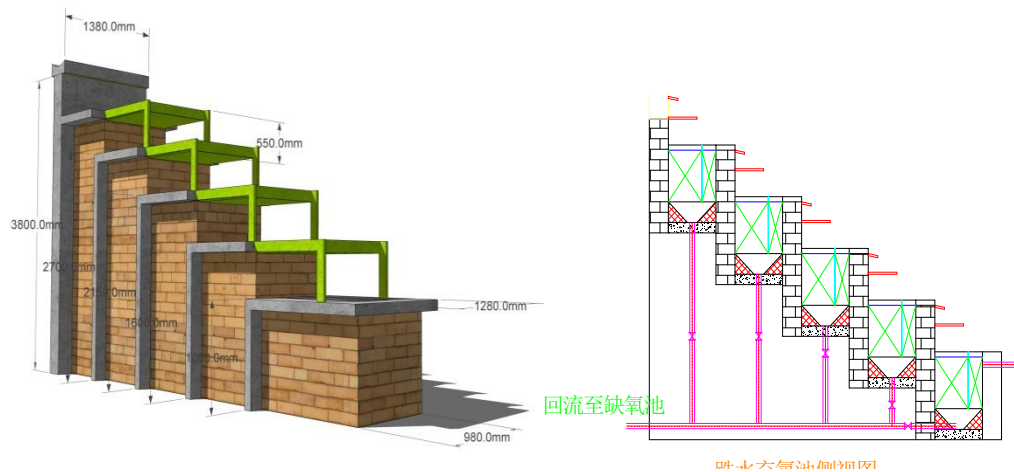


图 E.3 跌水充氧接触氧化池

跌水充氧接触氧化池总水力停留时间为1h。由于系统具有1:1的回流，跌水接触氧化池的有效总容积为2.5 m³，每级跌水池的有效容积0.5 m³，有效水深0.6 m，平面尺寸为1.2 m×0.7 m，内部为竖向折板流，降流部分和升流部分的容积比为5:2，如图E. 2。跌水接触氧化池每级跌水池内安装无纺布填料。

E. 3. 6 人工湿地

根据当地实际情况，考虑到布水均匀、土地充分利用、增加附加经济价值等因素，设计采用水生蔬菜地+潜流式人工湿地，如图4。

人工湿地总占地面积216 m²，水力负荷为0.14 m³/(m²·d)。

人工湿地分为两段，前段为水生蔬菜地，尺寸为12 m×3 m，2块并联，共72 m²，可以种植水芹菜、空心菜等水生蔬菜。后端为潜流式人工湿地，尺寸为6 m×3 m，2块并联共4段，面积144 m²，种植的植物选择芦苇、旱伞竹、美人蕉、花叶菖蒲、芦竹等，填充基质厚度为0.7m，其中粗砾石层（ ϕ 20~40）350 mm，细砾石层（ ϕ 10~20 mm）100 mm，细砂层（ ϕ 0.5~1.2 mm）100 mm。

人工湿地底部水流方向坡度为0.3 %。



图 E.4 人工湿地

E. 4 工程细节说明

- 1) 污水处理系统的管道均采用PVC管，粘接。管道穿越隔墙位置，施工时预埋防水套管。

- 2) 厌氧池、缺氧调节池的排泥管为DN 100的PVC管，预留污泥抽吸位置，并由法兰密封。
- 3) 水池内的管道、附属配件涂刷无毒瓷釉防腐涂料。
- 4) 管道沿水池壁铺设，应用管卡固定。
- 5) 系统各单元实现PLC自动控制。
- 6) 厌氧池为混凝土盖板浇筑密封，缺氧调节池盖板为预制空心板，并预留检修位置，检修孔直径0.8 m的不锈钢带锁活动金属板，其中厌氧池的活动盖板做密封处理。

9.6 太湖流域某大型自然村村生活污水处理工程设计方案(F)

F.1 项目概况

本方案针对位于太湖流域的某大型自然村，村落已建成雨污合流制管网，收集约1300多户居民的生活污水，目前污水未经处理直接排入周边水体，存在较大环境安全隐患，亟需适宜的治理方案。

F.2 处理方案

F.2.1 处理规模

对村落生活用水量及污水收集情况调查表明，村落共计约1300户，人口约4000人，人均生活用水100 L/(人·d)。日均生活污水量达到400 t/d，高峰流量可达到480 t/d。故本方案设计水量为480 t/d

F.2.2 设计进水水质

根据建设方提供的污水资料，并结合同类污水水质资料，确定设计进水水质如下：

表F.1 设计进水水质

项目	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	TN	TP	NH ₃ -N
浓度(mg/L)	350	200	250	35	3	30

F.2.3 处理目标

污水生物处理后出水水质执行GB 18918一级标准B标准，且生物处理尾水经生态处理后可保证每年至少8个月达到GB 18918一级标准A标准，全年水质均优于DB32/3462一级标准A标准。具体指标如下：

表F.2 处理目标水质

项目	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	TN	TP	NH ₃ -N
浓度(mg/L)	<60	<20	<20	<20	<1	<8(15)

F.3 工艺设计

原水通过格栅进入初沉调节池，调节水质水量并去除部分SS，经过预处理的调节池出水经泵提升进入氧化沟式改良型A²/O进行生物处理。在氧化沟式改良型A²/O内，污水与污泥充分混合，利用其低负荷的特性，保证有机物得到有效去除；同时，由于它特有的推流特性，溶解氧沿廊道递减，形成好氧—缺氧—厌氧环境实现生物脱氮及部分生物除磷，出水进入二沉池进行泥水分离。

二沉池出水的深度处理则由阶式生态塘完成，首先经过塘系统进口的稳流过滤区，而后依此次流经兼氧区、好氧区和水生植物区，实现氮磷和有机物的持续去除，确保全年出水优于DB32/3462一级标准A标准，除冬季外，出水水质可达到GB 18918一级A标准。

二沉池污泥部分回流，保证改良型A²/O内活性污泥浓度，剩余污泥与初沉池污泥进入污泥浓缩池，有效减小污泥体积，方便后续处理处置。浓缩池上清液回流至初沉调节池与原污水一起进入生化系统。工艺流程图如下：

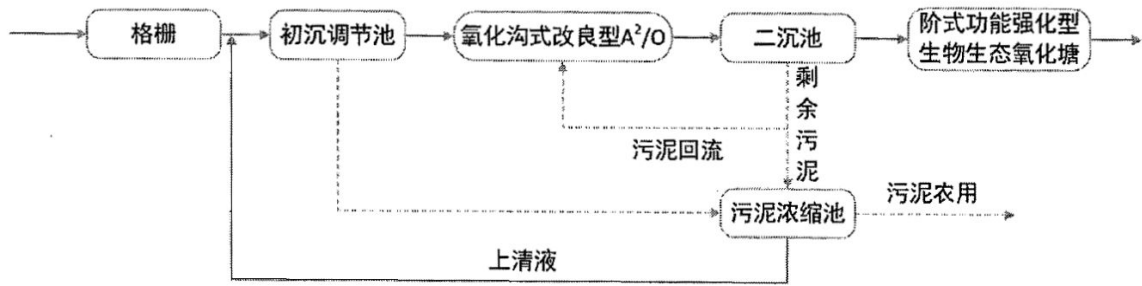


图 F.1 工艺流程图

F. 3. 1 平面布置

工艺平面布置图如下。

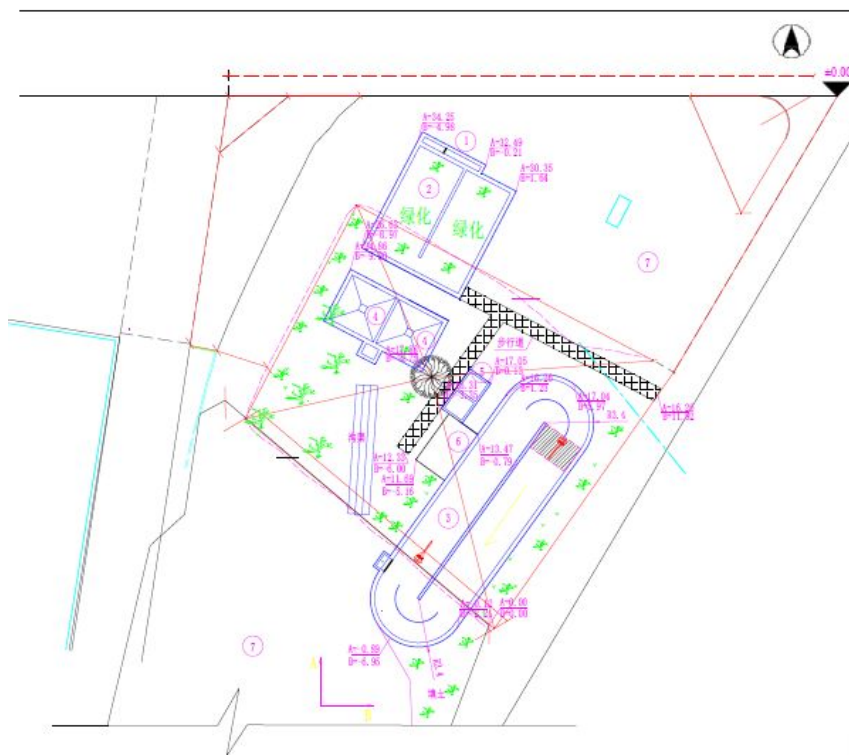


图 F.2 方案平面布置图

F. 3. 2 格栅井

由于排入污水处理站的污水中含有一定量较大的悬浮物或漂浮物，所以在处理系统之前设置格栅，以截留这些较大的悬浮物或漂浮物，防止堵塞后续处理系统的设备、孔口和损坏辅助设施。格栅渠设置回转式机械格栅，以减轻人工劳动强度及维护工作量，并可以实现自动控制。格栅集水井采用全埋地钢筋混凝土结构。

外形尺寸：4.5 m×0.4 m×2.1 m

内置机械格栅1台

型号：GSHZ-300

形式：回转式格栅除污机

功率：0.37 kW

安装角度：60°

栅条间隙：5 mm
排渣高度：400 mm
数量：1台
材质：不锈钢
清理方式：自动清理
栅渣定期外运处理处置。

F. 3. 3 初沉调节池

本污水处理站收集污水量 480 m³/d, 水量小, 日变化系数大, 需设调节池进行水量调节, 并起到均质作用。调节池设两个廊道, 第一个廊道同时作为初沉池。初沉池始端设一污泥斗, 配污泥泵1台(泥量少, 排泥周期较长, 不需要停车检修, 为节约成本不考虑备用), 选用ZW型自吸式无堵塞排污泵, 以抽吸含有大颗粒固体直径为出口口径的60%和纤维长度为叶轮直径1.5倍的污物、沉淀物、废矿杂质等, 可减轻人力的劳动强度, 而且安装使用方便, 极少维修。

调节池末端设置潜污泵2台(1用1备), 液位控制器2套, 监测高液位与低液位。当调节池液位在低位时, 污水泵停止工作; 当调节池液位在高位时, 一台污水泵将污水打入生物处理池, 两台污水泵交替运行。泵出水管设玻璃转子流量计。

调节池为全埋地钢筋混凝土结构。

内净尺寸：8.0 m×7.0 m×2.8 m

有效水深：2.15 m

有效容积：120 m³

配套提升泵型号：50WQ20-10-1.5

数量：2台(1用1备)

流量：20 m³/h

扬程：10 m

功率：1.5 kW

配套污泥泵型号：25ZW8-15

数量：1台

流量：8 m³/h

扬程：15 m

功率：1.5 kW

F. 3. 4 生物处理池

本项目的生物处理单元采用氧化沟式改良型A²/O作为生物处理单元, 是运用改良型A/O一体化活性污泥技术改进传统氧化沟的结构与运行方式, 构建的氧化沟式改良型A/O活性污泥工艺。它通过合理运用沟内DO值的波动性, 而达到强化去除氨磷的目的。由于其具有推流的特性, 通过曝气量的科学设置, 可形成功能互补的好氧、缺氧、厌氧微环境, 从而构建起好氧微生物、兼氧微生物以及厌氧微生物生长所需的生活环境, 进而实有机物以及氮磷的去除。其处理工艺流程简单, 净化效率高、管理维护方便、运行费用低, 剩余活性污泥少且比较稳定, 能承受水质、水量的冲击负荷, 在去除普通污染物、脱氮除磷、运行管理、污泥稳定等方面性能较好, 且占地、建设投资、运行费用等经济指标较优。

(1)设计参数:

Q=480 m³/d

污泥浓度：3500 mg/L;污泥龄：25 d

有效水深：3.0 m

超高：0.4 m

(2) 计算结果：

厌氧区有效容积 80 m^3

缺氧区有效容积 80 m^3

好氧区有效容积 200 m^3

总容积为： $200+80+80=360\text{ m}^3$

总停留时间：18 h；

污泥负荷： $0.0705\text{ kgBOD}/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$ (规范推荐：0.05-0.15)，满足规范要求。

需氧量： $210\text{ kg-O}_2/\text{d}$

(3) 曝气推流系统

沟内设ZLB37自吸式螺旋曝气机一台，充氧效率 $6.66\text{ kg-O}_2/\text{h}$ ，功率 3.7 kW ；设ZLB22自吸式螺旋曝气机一台，充氧效率 $3.96\text{ kg-O}_2/\text{h}$ ，功率 2.2 kW ；水下设DQT2.2-1400型低速潜水推流器1台，叶轮直径 1400 mm ，转速 $35-40\text{ r/min}$ ，功率 2.2 kW 。

(4) 出水堰：本设计考虑采用溢流堰出水，除完成排出处理后水的作用外，还可以通过调节堰的起落高低控制沟内水位高低，以调节曝气机浸没深度，进而调节充氧和推动效果。

采用直角三角堰。堰上水头取 0.08 m ，出水槽宽 0.40 m ，出水渠总高度取 0.70 m 。

F. 3.5 竖流式二沉池

竖流式二沉池2座。

表面负荷 $q=0.816\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，停留时间 2.0 h

中心管直径： 0.5 m

中心管喇叭口下缘至反射板的垂直距离： 0.3 m

单座沉淀池平面尺寸： $3.50\text{ m}\times 3.50\text{ m}$

沉淀部分有效水深： $h=1.5\text{ m}$

污泥斗截锥高度： 2.2 m

沉淀池总高度： 4.6 m

设备配置：

竖流沉淀池排泥在静压作用下进入集泥井，通过污泥泵抽吸部分回流至生物处理池，污泥回流比为50%-100%，部分送至污泥浓缩池。选用污泥泵2台，一用一备，型号80QW30-8-1.5，流量 $30\text{ m}^3/\text{h}$ ，扬程 8 m ；功率 1.5 kW 。回流至生物处理池的管路上装电磁流量计1台，口径 100 mm ，最大流量 $50\text{ m}^3/\text{h}$ 。

F. 3.6 污泥处理系统

(1) 污泥产生量

污水处理站剩余污泥的排放主要来自于初沉调节池和二沉池。系统中去除SS产生的干污泥量为 100 kg/d ，污泥的含水率取98%，则产生污泥量为 4800 kg/d ；系统中以每去除 1 kgBOD 产生 0.35 kg 污泥进行计算，得出每天产生干污泥 40 kg ，污泥含水量为99.0%，则产生污泥量为 4000 kg/d ，则总污泥量为 8800 kg/d 。

(2) 污泥浓缩池

污泥浓缩池2座。

污泥停留时间 2.0 d 。

单座浓缩池平面尺寸： $1.50\text{ m}\times 1.50\text{ m}$

污泥斗截锥高度：0.6 m

浓缩池总高度：4.85 m

F.3.7 阶式功能强化型氧化塘

阶式功能强化生物生态氧化塘是生化处理单元出水中氮磷去除的重要功能区。阶式功能强化型生态塘可充分现有沟塘，采用软围隔导流、立体浮岛、生态驳岸以及推流曝气等措施，并科学划分为稳流区、兼氧区、好氧区及水生植物等功能部分，有机构建为阶式功能强化型生物生态氧化塘，强化氮磷去除效果，保障出水水质全年优于GB18918一级标准B标准，植物生长旺盛时期，出水水质预期达到一级标准A标准。作为尾水生态深度处理单元，与微絮凝过滤等物化处理工艺相比，充分利用现有地形，经过适当疏浚和整形，在不增加污水处理占地面积的情况下，大幅度降低运行和维护成本，并可增强污水处理厂的水面景观。

设计参数：

稳流区（渠）：设于阶式生态塘入口，停留时间15 min，有效容积为 5.0 m^3 ，渠宽1.0 m，有效水深0.8 m，有效长度为6.25 m，稳定区前端3.0 m的范围内填充多孔混凝土介质，末端范围内填充废石膏介质，填充介质的渗透系数大于 3.0 cm/s 。

兼氧区：停留时间为18 h，有效容积 360 m^3 ，有效水深为1.5 m，水面面积约 240 m^2 。区内采用土工布软围隔（见图F.3）按宽度约3.0 m的流动廊道基于软围隔廊道内的附壁流动特性在软围隔发生着强烈的物质交换，也是生态塘内污染物去除的重要场所。土工布制作的软围隔在实现水体推流运动的同时，易于微生物挂膜，强化污染物去除。软围隔顶端两侧设置宽度为0.3 m的植物生长廊道。同时在软围隔两边1.0 m的范围内设置立体型生态浮岛。兼氧区设置立体型生态浮岛（见图F.4），栽植空心菜、美人蕉等水生植物，植物根区下部悬挂弹性填料。水面的浮岛覆盖率设计15%。

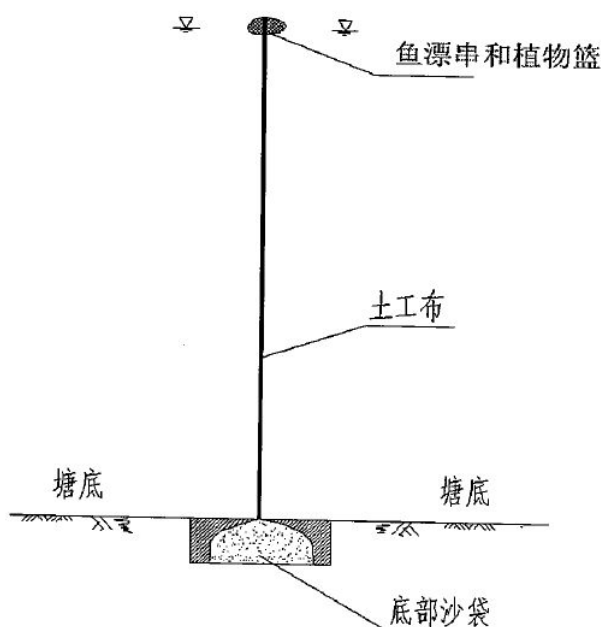


图 F.3 软围隔导流制作与安装示意图

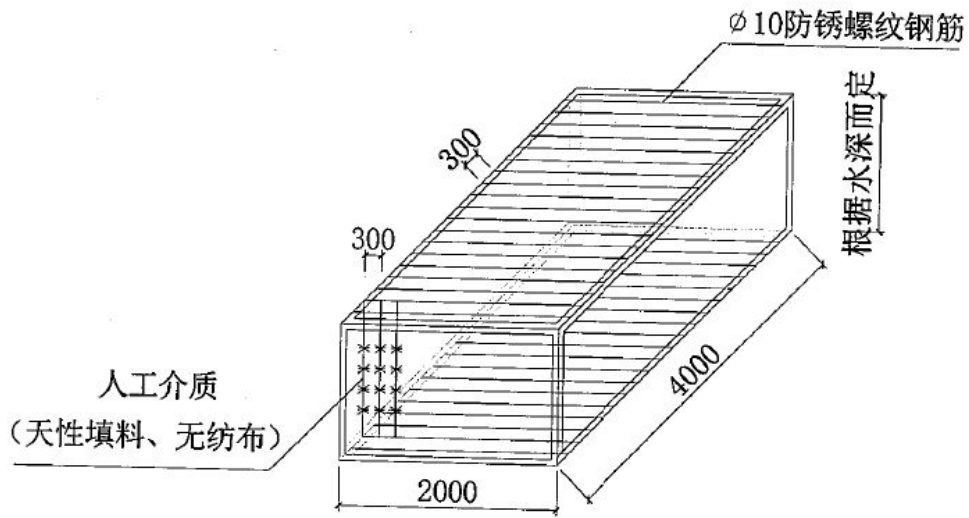


图 F.4 立体型生态浮岛

好氧区：停留时间设计为15 h,有效容积为300 m³,有效水深为1.5 m,水面面积约300 m².好氧区内同样设置软围隔导流,为保持水中溶解氧浓度,池内设置1台潜水推流曝气机(造流曝气机, E0L0/15T,循环通量450m³/h,充氧能力3.0 kgO₂/h),保证溶解氧浓度2.0 mg/L - 3.0 mg/L的情况下间歇运行。好氧区同样设置立体型生态浮岛(制作方式同兼氧区),浮岛的植被覆盖率为30%.

水生植物区：停留时间15 h,有效水深0.6 m-1.0 m,根据现有沟塘特征构建,塘底形成0.003~0.005的坡度。塘内种植美人蕉、菖蒲、花叶芦竹、芦苇等水生植物。水生植物周边岸坡采用多孔混凝土构建生态护坡。

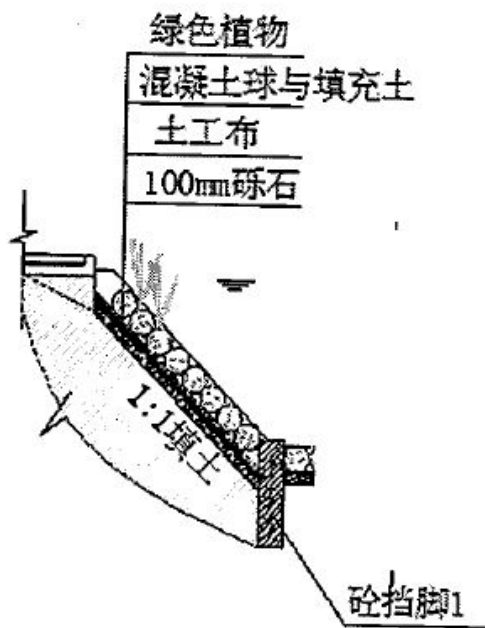


图 F.5 生态岸坡构建形式

参考文献

- [1] 农业农村部办公厅, 国家卫生健康委, 生态环境部办公厅. 农村厕所粪污无害化处理与资源化利用指南. 北京: 农办社, 2020.
- [2] 农业农村部办公厅, 国家卫生健康委, 生态环境部办公厅. 农村厕所粪污处理与资源化利用典型模式. 北京: 农办社, 2020.
- [3] 水利部太湖流域管理局, 太湖流域综合规划 (2013-2030年). 上海: 水利部太湖流域管理局, 2014.
- [4] 中国建筑工业出版社, 给水排水设计手册 (第 5 册)-城镇排水[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.
- [5] 中国企业标准. 拼装式脉冲生物滤池[S]. Q/320583 001.
- [6] 贾思重. 脉冲生物滤池工艺优化与装备开发研究[D]. 东南大学, 2015.
- [7] 吴磊, 吕锡武, 李先宁, 等. 处理农村污水的跌水充氧接触氧化技术设计研究[J]. 安全与环境工程, 2007 (03) :33-36.