

乡镇污水处理设施及配套管网设计与经验总结

欧阳嘉

湖南中大设计院有限公司

摘要：党的十九大报告提出实施乡村振兴战略的总要求，明确了美丽乡村建设的具体方针，污水治理是美丽乡村建设的重要环节，它关乎乡镇经济的发展、环境的提升与人民生活水平的提高，而乡镇污水排放分散、水量相对较小，污水处理设施运行管理存在一定的难度，结合实际情况做好污水处理设施及其配套管网的设计工作，并提升设计的科学性与合理性十分重要。本文结合具体案例，针对乡镇污水处理设施及配套管网设计与经验总结进行论述与分析。

关键词：乡镇污水处理；设施；配套管网；设计

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.11.008

一、提升污水处理设施与配套管网设计与建设的必要性

（一）顺应美丽乡村建设发展要求

党的十九大报告提出实施乡村振兴战略的总要求，明确了美丽乡村建设的二十字方针：科学规划、农民主体、资源整合、量力而行、有序推进，细化了美丽乡村建设的六大具体内容，包含村庄规划、村庄建设、生态环境、经济发展、公共服务、其他方面。而乡镇污水处理涉及了村庄规划中的公共服务要求、村庄建设中的引水设施建设要求、生态环境中的水环境质量要求、经济发展中的农业发展要求、公共服务中的公共安全与便民服务要求，与美丽乡村建设发展相吻合。

（二）保障镇区居民生活质量

受地理条件限制以及历史原因影响，A镇之前的经济发展水平比较落后，公共基础设施建设相对匮乏，尤其是在环境保护设施方面，严重滞后于城镇的发展。近年来，随着国家政策的支持以及政府与全镇人民的共同努力，经济发展水平逐渐提高，居民生活质量得到了很大程度的改善，但城镇排水设施依然不完善，主要表现为缺乏城镇污水处理厂，一些地区的排水管网老化严重，已经无法适应排水需求。工业废水与生活污水直接排入河中，不仅造成了水环境污染，同时也带来了河道淤积、局部水体恶化等一系列的问题，严重威胁着A镇的生态环境与居民的身体健康。因此，进行污水处理设施与配套管网建设是保障镇区居民生活质量的必然要求。

（三）以环境改善撬动经济进一步发展

环境改善、经济发展、居民生活质量提升之间有着十分密切的联系。根据A镇的发展规划，在加强城镇基础设施与工业项目建设的同时，通过污水处理项目将工业废水与生活废水进行收集处理，达到排放标准之后再行排放，抑制了环境的进一步恶化，对于当地自然环境与水环境的改善具有重要意义。同时，进行污水处理设施与配套管网项目的建设，能够对A镇的环境面貌河

流水域生态予以改善，进而为经济发展、社会文化发展提供更为有利的条件，实现经济效益、社会效益、环境效益的有机统一。

二、关键方案

（一）排水体制

在进行充分的现场勘察与调研之后，得知A镇的如下现状：镇内并没有大规模的河流管道集中接入点；雨水收集设施匮乏，仅在部分道路上设置了雨水收集设施；道路两侧计入现状道路下管道中的支管基本为污水管。结合上述情况，在经过论证与分析之后，决定排水体制采用雨污分流制排水系统，将污水收集至新建的污水管道之中。

（二）污水处理站选址

①选址原则：首先污水处理站选址应当遵循A镇总体规划的相关要求，并在充分结合实际情况的基础之上做好近远期结合，实施分期建设；其次，要充分考虑到污水管道的系统不情况，将位置选择在其服务范围内排水管网的下游位置；再次，尽量选择在水体附近，方便排水，且必须具备污水处理工艺所需的土地条件、交通运输条件、水电供应条件；最后，污水处理站应与居住区、公共建筑群等保持一定的距离，以对卫生防护需求予以保障。

②选址确定：综合考虑各方面的要素，本项目中的污水处理站选址与总规、排水规划中的选址位置保持一致，选择在地势相对较低的西部位置，与水体距离近。

（三）进水水质

设计进水水质如下：

指标	数值	单位
BOD ₅	150	mg/L
COD _{Cr}	280	mg/L
SS	200	mg/L
TN	35	mg/L
NH ₃₃ -N	30	mg/L
TP	4	mg/L
pH	6~9	/

（四）出水水质

设计出水水质如下：

指标	数值	单位
BOD ₅	10	mg/L
COD _{Cr}	50	mg/L
SS	10	mg/L
TN	15	mg/L
NH ₃₃ -N	5	mg/L
TP	0.5	mg/L

三、污水处理设施设计

(一) 处理工艺

乡镇污水处理设施的设计需要选择合适的处理工艺,以达到高效、节能、安全、稳定的目的。处理工艺的选择要考虑到乡镇实际情况、运营成本、处理效果等多方面因素。常规处理工艺包括了物理处理、化学处理和生物处理等。物理处理适用于去除污水中的悬浮物质和沉淀物质,包括格栅池、沉砂池、沉淀池等。化学处理适用于去除污水中的化学物质和营养物质,包括沉淀—氧化法、氧化—沉淀法等。生物处理适用于去除污水中的有机物和氮磷等,包括生化处理和生物膜处理等;新型处理工艺包括了MBR工艺、MVR工艺、UASB工艺、SBR工艺等。MBR工艺采用膜分离技术,具有处理效果好、出水质量高等优点,但是成本较高。MVR工艺是利用多效蒸发技术对污水进行处理,具有节能、环保等优点,但是存在运行成本高、维护难度大等问题。UASB工艺适用于高浓度有机废水的处理,具有处理效果好、占地少等优点,但是对运营管理要求较高。SBR工艺是一种时序批处理工艺,适用于小型污水处理厂,具有操作简单、占地小等优点,但是对技术要求较高;组合处理工艺是常规处理工艺和新型处理工艺的组合,以达到更好的处理效果。比如,常规处理工艺与MBR工艺结合,可以实现高效去除COD和氨氮等污染物;常规处理工艺与UASB工艺结合,可以实现去除COD和有机废水的处理等。

处理工艺的优化包括了工艺流程、操作控制、设备更新等方面。通过优化污水处理工艺,可以提高处理效率、降低运营成本,提高出水水质。在工艺流程方面,可以通过增加污水处理单元、合理调整工艺流程、加强污泥的回流等方式优化处理工艺。在操作控制方面,可以通过改善运营管理、专业技术培训等方式来提高操作技术和污水处理效果;在设备更新方面,可以通过更换陈旧的设备、引入新技术和新设备等方式来提高处理效率和降低运营成本。

综上所述,乡镇污水处理设施的处理工艺选择要综合考虑各方面因素,并进行优化和改进。只有不断提高处理技术和管理水平,才能实现乡镇污水的高效、安全、稳定处理。

(二) 设计方案

根据研究区域的情况和处理要求,本文选取了常规活性污泥法、SBR法和MBR法三种处理方案进行比较。①常规活性污泥法:常规活性污泥法是目前应用最广泛地处理工艺之一,具有成熟稳定、投资省等优点。该工艺通过一系列生化反应达到去除有机物和去除氮、磷等污染物的目的。②SBR法:SBR法是一种在同一反应池内完成污水进水、沉淀、曝气、沉淀和排放的工艺,具有反应时间可控、出水水质稳定等优点。该工艺适用于小型乡镇,处理能力不大,但投资较少,适合小规模污水处理。③MBR法:MBR法是一种膜技术与生化反应法的组合,采用微孔膜过滤器,将悬浮物、胶体和微生物等截留在反应池内,实现了固液分离的同时,达到了高效处

理污水的目的。该工艺具有出水水质高、占地面积小等优点,但设备、维护和运营费用高。④A2/O工艺:该工艺在厌氧、缺氧、好氧交替运行条件下,丝状菌不能大量增殖,无污泥膨胀之虞,SVI值一般均小于100;污泥中含磷浓度高,具有很高的肥效;两个A段只用轻缓搅拌,以不增加溶解氧为度,运行费用低。

为了对上述几种处理方案进行综合性对比,设计了如下的评价指标:①出水水质:COD、BOD、NH₃-N、TN、TP、SS、Coliforms等指标;②处理效果:处理能力、处理稳定性;③投资成本:设备、管道、建筑、土地等方面的投资;④运营成本:设备维护、能耗、人员、化学品等方面的运营成本。

经过研究与论证,确定采用A2/O工艺设计方案,主要包含厌氧池、缺氧反应池、好氧反应池、二沉池、消毒池。厌氧池,用于去除污水中的磷;好氧反应池,将有机物通过好氧生化反应转化为污水中的生物胶体物和可溶性有机物;缺氧反应池,污水中的硝酸盐通过缺氧反应还原为氮气;二沉池,用于去除反应池中的生物胶体物和可溶性有机物;消毒池,用于消毒处理后的污水。通过指定的处理流程,乡镇污水处理设施可以有效去除污水中的悬浮颗粒物、生化污染物和病原微生物等有害物质,以保证排放水质的安全和达标。A2/O工艺出水水质好,运行问题,抗冲击负荷强,运行成本低,产生的剩余污泥少。较好的适应乡镇污水水质和水量的特点。

(三) 设备选型

①生化反应池:它是乡镇污水处理设施中最关键的处理单元,其中的污水微生物通过降解污染物来完成处理过程。因此,在选型时应重点考虑生化反应池的降解效率和稳定性。

常用的生化反应池包括活性污泥法、氧化塘法、厌氧发酵池等,其中以活性污泥法最为常见。在选型时应注意反应池的体积、深度、通气方式、曝气量等参数,同时需注意设备的耐腐蚀性、耐久性和可维护性。

②滤池:滤池是乡镇污水处理设施中一种重要的深度处理设备,可以有效去除污水中的悬浮颗粒物和生化污染物。常用的滤池包括砂滤池、活性炭滤池等,其中砂滤池是最常用的深度处理设备。在选型时,需考虑滤料类型、滤层厚度、流速、进出水方式等因素,同时需考虑设备的耐久性、可维护性和安全性。

③消毒设备:消毒设备是乡镇污水处理设施中一种重要的后处理设备,可以有效杀灭污水中的病毒和细菌,以保证排放水质的安全合格。常用的消毒设备包括紫外线消毒器、臭氧消毒器、氯气消毒器等。在选型时,需考虑消毒效率、稳定性、安全性等因素,同时需注意设备的安装、调试和维护保养。

四、配套管网设计

(一) 污水收集难点

①居民房屋间距小,机械开挖受影响。村民房屋布置不整齐,间距较小,一般巷道不足2

米宽,常规机械开挖很难实施,需进行人工电镐开

挖,施工效率受影响。②地势高低起伏不平,纯重力收集无法实现。地势两端高,中间低,纯重力收集系统收集污水需建提升泵站,运行成本高,且对周边居民有噪音影响。③存在雨污合流明渠,改造难度大。经调研,部分居民住宅临明渠而建,污水管埋入水渠侧壁,日常生活污水与山水、雨水混合,渠内污水管不具备雨污分流改造条件。

(二) 管网设计思路

结合乡镇实际情况,提出重力流管网与真空负压管相结合的污水收集方式,这样既能对污水进行有效收集,又能避免提升泵站的运行噪音对周边居民生活的影响,并且在土建开挖量和施工作业难度上都有一定降低。具体如下:前端污水入户收集,支管部分全部采用重力流污水管,因不考虑后续远距离输送,故可大大降低管道埋深。污水被收集到低点的重力井之后,由就近设置的真空井将废水提升至终端污水处理站,真空井通过真空管与重力井连通。真空负压管管径小,减少了土建开挖量,还可以适当爬坡,沿地形随意敷设,施工难度小。

(三) 管材选择

以下是各种管道类型的特点及适用范围。①生产用PVC管:PVC管道是一种常见的污水处理管道,它具有较好的耐腐蚀性、耐压性和热塑性,使用寿命长,安装简便,绝缘性能好,且价格较为便宜。PVC管道主要适用于低压、低温、中小流量的管道系统中。②生产用PP管:PP管道具有良好的耐腐蚀性、耐高温性能和较好的成型性能,同时也具有很好的密封性能和强度,但价格相对较高。PP管道适用于高温、高压、中小流量的管道系统。③HDPE管:HDPE管道是一种高密度聚乙烯管,具有优良的耐腐蚀性、耐冲击性、密度低、熔点较高、成型性能好等优点,且使用寿命长。HDPE管道适用于较大的压力和温度要求的工艺流程中。④铸铁管:铸铁管道具有较好的耐压性、耐腐蚀性、耐高温性能,使用寿命长,但是铸铁管比较脆弱,易破裂。铸铁管道主要适用于较大的压力和温度要求的工艺流程。⑤钢管:钢管道具有较好的耐压性、耐腐蚀性、耐高温性能,使用寿命长。钢管道适用于中大流量、高压、高温、腐蚀性介质的管道系统中。经过分析论证,决定埋深4m内,管径 $\leq d800$ 的管道采用钢带增强聚乙烯螺旋波纹管(又称HDPE双壁波纹管),粗糙系数 n 选为0.009,接口采用卡箍式弹性连接方式;压力提升管采用PE管,管壁承压 ≥ 1.25 MPa。

五、运行与维护

(一) 日常维护与保养

①清理进水管道和设备污染物,及时清理过滤网,避免堵塞和积垢影响进水量和处理效果。②清理设备和管道,防止沉淀物、杂质等影响处理效果和设备寿命。③设施定期更换滤料、活性炭、污泥等,以实现设施的正常运行。④设施的电气设备保养,定期清洗电控箱和终端子,确保电气设备的安全运行。

(二) 定期检查与维修

①设施设备和管道的定期巡检,检查设备是否正常运转,管道是否正常排放,及时发现和处理问题,防止事故发生。②设施设备的定期维护,包括润滑、更换易损件,及时发现和处理问题,保持设备正常运转。③设施管道的定期清洗,防止管道堵塞影响设施的正常运行,保障设施的效率和稳定性。④对设施周边环境进行周查,保障设施周边环境的清洁和卫生。

(三) 设备更新改造

①定期评估设施运行状况,发现设备老化和效率降低的情况,及时提出更新改造计划,保障设施的正常运转和处理效果。②对设施使用寿命较长的设备进行更换和改造,更新设施的专业技术水平和设备工艺水平。③对设施运行中出现的问题,提出改造方案,引进新的技术和设备,提高设施的处理效率和运行稳定性。

(四) 安全管理

首先,建立安全管理体系。制定安全管理制度和操作规程,对设备的运行、维护保养、巡检等方面进行详细说明。明确设备的安全标准和安全生产工作责任,对设备的故障、事故等应急事件进行应急预案和应急演练,确保应急处理的有效性。其次,实行安全隐患排查制度。定期检查设施的设备和管线是否存在安全隐患,采取预防措施,消除安全隐患,确保设备运行的安全性和稳定性。若发现隐患或事故事件,应及时上报,及时处理,避免设备造成重大损失。最后,建立安全教育培训制度。定期进行安全教育培训,提高操作人员的安全意识和安全技能,确保操作人员具备安全应急处理能力,做到防患于未然。通过完善的操作规范和安全管理体系,将有利于提高乡镇污水处理设施的运行效率和设备运行的安全性,实现设备的长期稳定运行。

总结

综上所述,首先,针对乡镇污水处理设施的设计,应根据当地实际情况选择合适的处理工艺。其次,针对污水处理设施工程设计,应在设计范围及设计依据的基础上,根据具体情况进行工程布置和结构选型。最后,针对配套管网设计,应遵循相应的设计标准与规范,针对不同的场地条件和排放需求选择合适的管道类型及尺寸,并结合管道支架与阀门设计进行整体管网布局。在管道施工与验收过程中,应通过制定科学的施工组织方案,合理执行施工要求和验收标准,确保整个管网的施工质量和验收效果达到标准要求。

参考文献

- [1]戴红,陈艾.西南农村污水系统源头构筑物及管网布置设计探讨[J].中国给水排水,2020.
- [2]冯梦南,郑婷婷.北京某农村污水处理设施规划研究[J].环境保护与循环经济,2021(05).
- [3]吴军,李航,饶建波,罗岚,邹万强,田双超.复杂山地农村污水处理设施建设工程实例[J].水处理技术,2022,48(12).