

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2025.18.003

广东省农村生活污水处理设施运维现状及提升路径

于振江, 王大扬, 温凯茵, 戴同威, 林彰文

(广东省环境科学研究院 农村环境保护研究中心, 广东 广州 510045)

摘要: 结合2021年广东省农村生活污水处理设施摸底调查和近3年对各地运维制度、运维资金和运维模式的调研,系统梳理了广东省农村生活污水处理设施建设情况及运维现状,基于运维过程全生命周期确定了影响可持续运维的主要因素,指出实现可持续运维至少应考虑规划、设计、建设、运维和后运维5个环节。同时,结合广东省农村生活污水处理设施现阶段的运维管理改善举措,提出健全的运维管理机制是运维可持续的关键,包括清晰的责任分工、完善的运维管理制度、充分的资金保障及有效的监督考核,并基于供给与需求视角深入剖析三种运维模式的优化提升路径,提出长效运维管理必须平衡政府、企业和农户三者之间的供给与需求,强化多中心治理、多元化参与,协同运维模式是降低运维成本并保障运维质量的有效措施。

关键词: 农村生活污水; 处理设施; 可持续运维; 供给与需求; 提升路径

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2025)18-0014-10

Maintenance Status and Improvement Path of Rural Domestic Sewage Treatment Facilities in Guangdong Province

YU Zhen-jiang, WANG Da-yang, WEN Kai-yin, DAI Tong-wei, LIN Zhang-wen

(Research Center of Rural Environmental Protection, Guangdong Provincial Academy of Environmental Science, Guangzhou 510045, China)

Abstract: Based on a provincial investigation of rural domestic sewage treatment facilities conducted in 2021, along with research on maintenance systems, funding, and modes over the past three years, this paper summarizes the construction and maintenance status of rural domestic sewage treatment facilities in Guangdong Province. Key factors affecting sustainable maintenance were identified through a life cycle analysis, indicating that the establishment of sustainable maintenance should consider at least five aspects: planning, design, construction, maintenance and post-maintenance. Additionally, combined with the current maintenance management improvement measures in Guangdong Province, the paper proposes that a well-developed mechanism is the key to realize sustainable maintenance management, including clear division of responsibilities, good maintenance management system, sufficient financial guarantee and effective supervision and assessment. The optimization paths for the three governance models are also deeply discussed from the perspective of supply and demand. To build a stable maintenance management system, the supply and demand among the government, enterprises and farmers should be well balanced, and the multi-center governance and diversified participation are also

基金项目: 广州市水务科技项目(穗污管办合字[2023]38号); 广州市2024年青年博士“启航”项目(2024A04J4843)
通信作者: 于振江 E-mail: yuzhenjiang1989@163.com

strengthened. It is indicated that the collaborative maintenance model is an effective measure to reduce maintenance costs and ensure quality.

Key words: rural domestic sewage; treatment facility; sustainable maintenance; supply and demand; improvement path

1 广东省农村污水设施建设及运维概况

1.1 建设情况

根据广东省委农村工作(实施乡村振兴战略)领导小组办公室2022年第四季度调研情况,广东省农村生活污水治理率为53.4%(以自然村计算),主要采用纳入城镇污水处理厂、建设污水处理设施和污水资源化利用三种模式,占比为2:5:3,建设污水处理设施是目前最主要的治理方式。为了全面摸清治理底数,2021年广东省生态环境厅组织开展了覆盖5.77万个自然村的治理情况摸查调研,其中调研自然村数量约占全省15万个自然村总数的40%,共投入200余名技术人员,历时6个多月。根据摸查结果,广东省已建成农村生活污水处理设施约3.57万座,其中清远、湛江、江门、肇庆、韶关、茂名、阳江7个地市的设施数量较多;处理规模为10~50 m³/d的约2.71万座,占比75.7%,稍高于浙江省在该区间的设施占比(64.28%)^[1];设施规模与区域常住人口结构有很大关系,一般来说粤北韶关、清远、梅州等地的污水处理设施规模相对较小,而粤东揭阳、潮州、汕尾等地的污水处理设施规模普遍较大,具体来说粤北片区平均每个自然村173人,而粤东片区则达到了1 227人。在处理工艺方面,以厌氧+人工湿地为主(55%),其余主要为单一厌氧工艺(14%)、A/A/O(10%)、A/O(6%),具体见图1。从工艺类型来看,生态型工艺(包含厌氧+人工湿地、厌氧+稳定塘两种工艺)最多,占比达到57%,生物型工艺占比35%、组合型工艺占比8%;根据孔令为等^[2]的调研,浙江省农村生活污水厌氧、厌氧+生态处理工艺(包括人工湿地、生态塘、生物滤床技术等)占比为44.23%,AO和AAO+生态处理工艺占比为35.54%,而广东省这两种工艺比例分别为76%、20%,相比于浙江,前者比例较高,后者又相对较低,这与两个省份的人口结构特征和区域发展水平密切相关。此外,从县域来看,处理工艺类型的选择与区域整体推进实施模式有非常密切的关系,比如以县域或者片区统筹推进实施的模式,处理设施的

工艺类型相对较少,但是如果以镇村作为业主分散实施的县区,辖区内处理设施的工艺就相对较多,有些县区工艺种类超过10种,且不少处理设施并未采用主流处理工艺,往往是一些小范围推广使用的工艺设备或者来自小型环保公司供货,可替代的设备配件相对局限,给后续运维管理增加了难度。

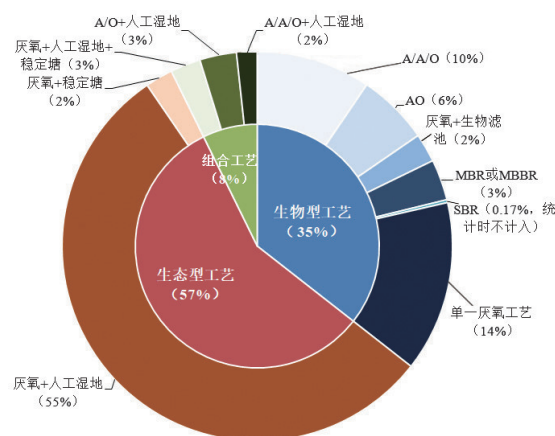


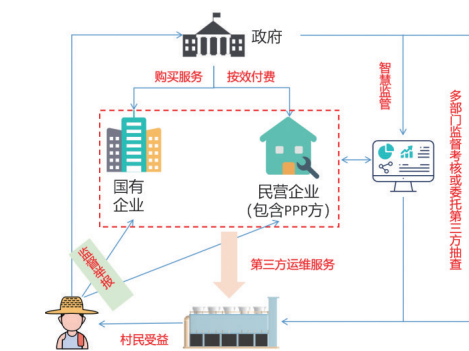
图1 广东省农村生活污水处理设施工艺分布

Fig.1 Process distribution of rural domestic sewage treatment facilities in Guangdong Province

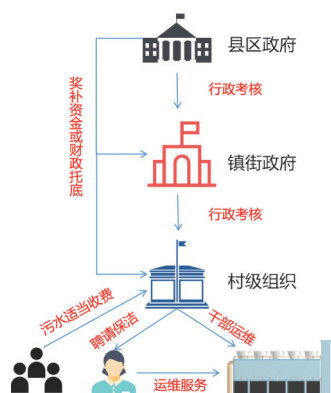
1.2 运维情况

结合对广东省农村生活污水处理设施运维现状的调研,已经开展的运维模式可分为三大类,即第三方专业运维、镇村自行运维和协同运维模式(见图2)。其中,第三方专业运维指政府通过购买服务的方式委托有一定运营资质的企业开展专业化运维,第三方单位企业可以是国有企业、民营企业或者PPP项目运维方。镇村自行运维模式指的是由镇干部、村干部或者指定保洁员、农户等开展运维的方式,一般多集中于经济条件相对较差的粤东、粤西、粤北地区,相比于第三方专业运维,运维人员的专业性差和运维成本相对较低。协同运维模式指打破农村生活污水处理设施运维的边界,与农村集中供水、农村垃圾、公共厕所、畜禽粪污、镇级污水处理厂等协同运维,形成规模效应,实现运维项目内部的收支平衡,对参与运维的企业要求较高,一般需有较强的多项目整合能力或者作为综合

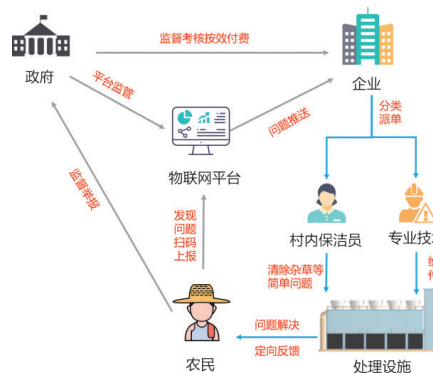
性服务供应商。



a. 第三方专业运维模式



b. 镇村自行运维模式



c. 协同运维模式

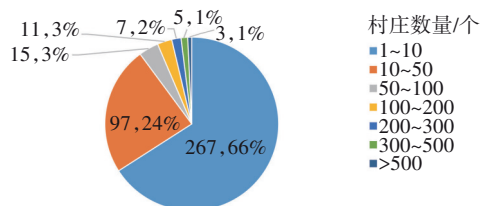
图2 农村生活污水处理设施运维管理模式

Fig.2 Operation management models for rural domestic sewage treatment facilities

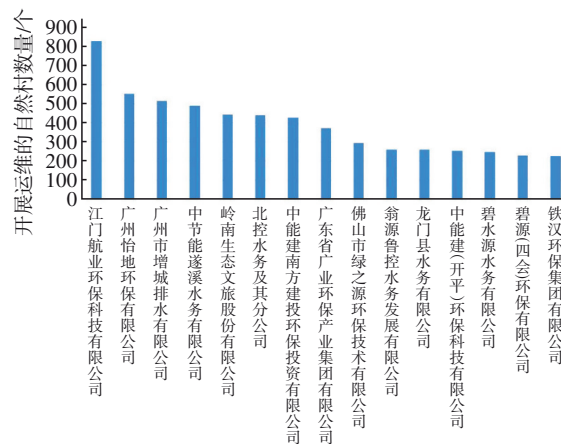
从运维模式分布来看,第三方专业运维占比最高,主要集中在采用PPP项目实施的珠三角、粤东、粤西、粤北和部分经济条件相对较好的县(市、区);镇村运维仍然占有较大的比例,主要集中在粤东、粤西、粤北地区;协同运维模式在三种模式中占比最低,主要分布在由水务部门牵头或者农业农村统筹实施和运维的县(市、区)。

从运维成效来看,珠三角地区运维资金普遍相

对充分且可持续,设施正常运行率明显高于粤东、粤西、粤北地区,说明农村生活污水处理设施运维水平与区域经济条件呈现明显的正相关关系。结合全面摸排,进一步分析了运维不同数量规模自然村的第三方技术单位分布情况[见图3(a)],运维1~10个自然村的占比最高,达到66%,分析主要原因是全面排查时部分地区正处于大规模建设期,不少处理设施尚未完成移交,暂时由负责施工的单位或者由设备供应商运维,导致运维管理相对分散;运维10~50个自然村的第三方技术单位有97个,占比24%,该情形下往往采用小规模集中实施的形式,以镇街为单位或者以片区为单位统筹推进,运维以省内的技术单位为主;值得注意的是运维自然村数量50个以上的企业占比10%,但是运维的数量占比达到74%,这与上一阶段广东省农村生活污水治理主要采用PPP推进模式有关,PPP项目往往采用整县或者分片区集中推进模式;运维自然村数量超过200个的技术单位有15个[见图3(b)],运维设施的总数量占比约52%,说明头部的运维单位相对集中。



a. 按运维自然村数量划分的企业分布情况



b. 运维自然村数量最多的15个企业

图3 广东省农村生活污水处理设施第三方专业运维企业分布

Fig.3 Distribution of third-party professional operation and maintenance enterprises of rural domestic sewage treatment facilities in Guangdong Province

从运维可持续性和降低成本来看,开展运维自然村或者设施数量与运维质量有很大关系,开展运维数量多就可以摊销运维过程的边际成本,如运维车辆、运维工具等支出,以运维自然村数量(827个)最多的江门航业环保科技有限公司为例,治理项目全部分布在江门台山市,建成设施处理规模达到 $1.84 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,工艺类型约99%为厌氧+生物接触氧化,建成时间主要集中于2018年(44%)、2019年(52%),项目分别采用PPP模式和EPC模式分段推进,结合调研情况来看,台山市建立了相对完善的运维管理制度,运维管理成效相对较好。但对于运维数量较少的第三方技术单位来说,确保基本的运维条件仍需投入较多的人力和物力,从而导致单个处理设施的运维单价偏高。

2 污水处理设施运维可持续提升路径

2.1 基于全生命周期分析可持续运维的影响因素

结合农村生活污水处理设施运维全生命周期分析,处理设施的运维管理工作涉及规划、设计、建设、运维和后运维5个环节(见图4)。实现农村生活污水处理设施可持续运维,必须深入分析每个环节中潜在影响处理设施可持续运维的主要因素。

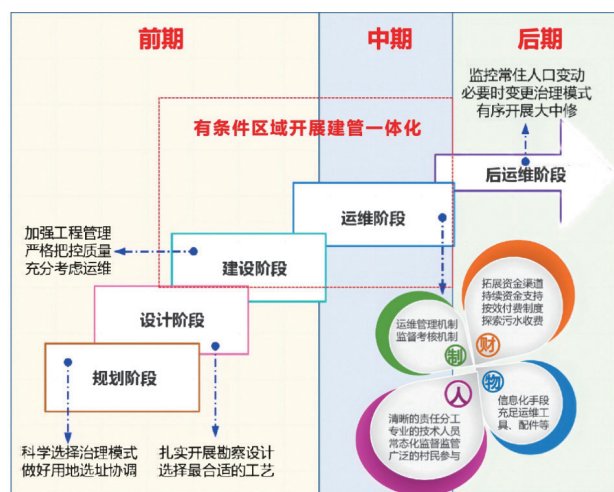


图4 农村生活污水处理设施可持续运维全路径分析

Fig.4 Full path analysis of sustainable operation and maintenance of rural domestic sewage treatment facilities

① 在规划层面,科学选择治理模式,根据实际情况将农村生活污水纳入污水厂处理或资源化利用,从长远角度出发,尽可能减少非必要处理设施的建设,提前做好项目用地选址协调,避免项目用地占用基本农田或者生态红线。

对于农村污水治理,相比于技术选择,更为重要治理模式的确定,治理模式一旦选择错误将会造成建设成本增大和运维费用增加的双向负担。资源化利用指将无害化处理后的农村生活污水就地利用、生态消纳和农业利用等。与纳厂和建设设施模式相比,该模式在建设端通过将污水适度收集后就地就近资源化利用,极大降低了管网的建设投资,只需关注运维端受纳体的消纳能力及其对周边环境的影响,可以大幅减少运维频次,日常监管甚至可以依靠周边农户完成,不仅降低了运维成本,也更符合当前我国农村经济基础薄弱的实际情况。

② 在设计阶段,扎实开展勘察设计,避免只靠卫星图确定管网路由,结合周边水环境排放要求、建设用地面积、项目投资等选择最适合的工艺,少用或者不用运维过程复杂的工艺设备^[3],对于同一县域或者片区的项目尽可能选择相对统一的工艺,提高后续的可运维性。

结合调研情况,由设计问题导致的设施不正常运行或者运维难主要表现在3个方面:a. 设计规模不合理,未遵循村庄常住人口规律而是按照户籍人口来设计污水处理设施规模,导致设施规模偏大,长期收不到水或者处于低负荷运行状态。b. 设计标准不规范,2020年及以前,我国对农村生活污水的治理理念尚处于摸索阶段,往往机械照搬城镇的模式来设计,导致部分处理工艺在农村不适用,或者设计工艺不规范,如人工湿地面积普遍偏小,堵塞壅水问题频发,或者采用较高的出水水质标准,导致运维费用大幅增加,增幅达到30%~40%。c. 设计过程粗放,相比于城镇污水处理工程,农村生活污水治理工程相对较小且分散,并面临不同需求,设计费用相对较小,导致部分农村生活污水治理工程设计流于形式,无现场勘察或者“一图打天下”。

③ 在建设阶段,加强工程管理,严把质量关、验收关,并充分考虑运维便利性,不能机械地将建、管脱节,有条件的地区可在验收阶段引入试运维强化两者衔接。

浙江省“千村整治,万村示范”工程的一个典型经验就是住建部门既负责建设也负责运维,避免了在组织领导方面的建、管分离。在建设工程验收阶段引入试运维,可以通过运维发现建设过程中存在的问题,从而避免“带病”验收,或者后续运维单位与建设单位相互推诿责任。以广州市的经验为例,

在项目进入大规模验收阶段后就开始将运维逐步移交到区属国企,区属国企制定移交标准,对建设方建成的工程逐一进行运维评估,对于发现的问题形成问题清单,评估一批、整改完成一批、验收一批,从制度设计上形成建设和运维管理的协同。结合全国农村生活污水治理实践,原有村镇分散实施的方式在工程质量方面普遍难以保障,鼓励有条件地区以县级行政区域或片区为单元,统一规划、统一建设、统一运行、统一管理,优先采用EPC或EPC+O模式^[4-5],统筹推进污水处理设施的建设与管理。

④ 在运维阶段,从标准化运维角度出发,完善人、财、物、制4个方面的要素。

在人的方面主要涉及政府、运维人员和村民三方,县域作为农村生活污水治理工程的运维责任主体,应明确各部门职责,并将建设、运维部门与监管职责分离;在运维人员配备方面,应结合辖区农村生活污水治理模式特征,科学确定专业化运维、镇村运维或者协同运维;在村民参与方面,充分做好宣传引导,制定村规民约,鼓励村民广泛参与农村生活污水建设及运维过程。

稳定的资金支持是农村生活污水处理设施运维的物质基础,需要落实按效付费和适时探索污水收费机制。

物主要指保障运维的非财务、非人力要素和辅助设备,如充足的运维工具、配件以及信息化手段。在数字化监管方面,江苏和浙江两省起步较早,如江苏省率先发布《农村生活污水处理设施物联网管理技术规范》,浙江省也较早印发《农村生活污水处理设施在线监测系统技术导则》,并建立省级监督监管数字化平台,纵向贯通省、市、县、镇、村、企业,横向协同建设、生态环境、财政、行政执法等部门,并在《浙江省农村生活污水治理“强基增效双提标”行动方案(2021—2025年)》中明确要求200 m³/d及以上处理设施必须设置水质在线监测装置。广东省农村污水处理在数字化运维方面起步相对较晚,截至目前,只有个别县区依托原有PPP项目或者整县推进项目建立了数字化监管平台,如佛山依靠监测动力设施电信号变化来辅助判断设施是否正常运转;广州市南沙区建立了完整的数字化监管平台,包含进出水在线监测、反向控制和智能派单等。参照江苏和浙江两省的数字化监管经验,对于进入

规模化运维阶段的广东省各县区,有必要逐步构建数字化监管体系,如借鉴浙江对管网、化粪池及各处理单元的液位、溶解氧等参数实施监测和预警,通过大数据积累和分析开展有效预测,充分掌握某处理工艺的运行规律和生命周期,实现精细化管理^[2];建立省市重点监管清单,对于规模较大的处理设施如100 m³/d及以上的,开展水质在线监测,确保重点区域水环境安全;对于相对偏远的处理设施,鼓励采用视频等方式强化监管,减少运维成本;从长远角度,还应加强数字化标准研究,统一接入协议和规范。

制度是运维长效的保障,将运维管理机制和监督考核机制制度化,有规可依,避免主管部门领导变动导致运维缺乏保障,同时借鉴浙江省标准化运维体系逐步完善涉及不同处理工艺、不同处理单元的标准和技术规范,并通过帮扶指导、专题培训等方式积极宣贯,缩小运维企业、运维人员和基层管理人员的技术差距。

⑤ 在后运维阶段,考虑到潜在人口变迁、污水厂管网延伸等情况,对于长期处于低负荷运行或者收集不到水的情况,必要时经过充分论证变更原有治理模式,有序开展大、中修,最大限度地减少设施“带病”运行现象;对于治理设施达到使用寿命或者淘汰年限的,做好设施的有序退出,并视情况开展设施重建或者采用其他模式。同时,兼顾运维单位变化和更替的风险,对于运维成效较好的单位鼓励采用特许经营方式增强运维的可持续性和对运维单位的投入保障,对于运维成效较差的单位,则及时要求限期整改,必要时协商终止运维合同并选择更有运维保障的企业。

后运维阶段还应强化不同处理工艺实际运行数据的长期积累,包含水质达标稳定性、运维便利性、大中修频率和清淤清渣间隔等,以全面掌握不同处理工艺的适用性及运维重点。根据笔者所在课题组对广东省农村生活污水处理设施治理成效的调研及与运维人员的交流,在用地条件充足时优先选择生态型处理工艺,如厌氧+人工湿地,强化预处理单元,如增大厌氧池容积或者增加填料进一步强化对悬浮物的去除,并尽可能减小湿地的处理负荷;在用地条件受限情况下,科学选择生物型治理工艺,如厌氧+生物接触氧化工艺,以较好地适应农村生活污水进水污染物浓度低且水质水量变化大

的特征。此外,运维单位对AAO、MBR工艺的选取相对谨慎,主要是运维过程和膜清洗过程相对复杂,需要专业人员操作。

2.2 运维可持续提升关键点分析

为确保农村生活污水处理设施运维的可持续性,广东省近年来进行了较多探索。在规划层面,按照省出台指导意见-市出台攻坚方案-县域编制治理规划,从上到下,逐步细化,一村一策明确治理模式。在设计和建设方面,出台《广东省农村生活污水处理技术指引(试行)》《广东省农村生活污水处理设施建设技术规程》《广东省农村生活污水资源化利用技术指南(试行)》《广东省农村生活污水治理认定标准》,基本明确了技术模式选择、工程建设形式、污水资源化利用途径及成效、评估认定等关键环节的要求与标准。在运维人、财、物、制方面,细化了各部门职责分工,充分利用攻坚领导小组强化部门协同,2023年明确驻镇帮镇扶村资金的20%原则上用于农村生活污水的建设和运维。在制度方面,督促120个县(市、区)出台运维管理办法或方案,并纳入2022年度工作考核计划。在后运维阶段,对老旧废弃设施提升改造、设施退出和治理模式优化都提出了具体意见。总体来看,广东省基本上建立了用于保障农村生活污水处理设施可持续运维的框架体系,但与浙江省相比,运维管理机制在技术细则的覆盖面和精细化管理程度上仍有较大差距,且资金保障机制尚不完善,尤其是在粤东、粤西、粤北地区资金支持力度明显不足,这些问题是广东省农村生活污水处理设施运维实现持续提升的关键。

① 完善运维管理机制

完善运维管理机制包括职责分工、运维管理细则、资金落实及监督考核。良好的运维管理必须建立在清晰的部门职责分工基础上^[6],广东省21个地市中,有17个地市的农村生活污水牵头主管单位为生态环境部门,3个为水利或水务部门,1个为住建部门。到县(市、区)层面,81个主管单位为生态环境部门,占比最高,其次为水利/水务、住建和城管部门,其他有6个,主要表现为两个部门分别管理,如一个部门负责PPP项目,另一个部门负责非PPP项目。从市县两级主管部门来看,农村生活污水治理牵头部门单位比较明确,但运维主管部门权责不清楚,存在推诿扯皮问题,牵头部门负责一切,或让镇

村全部承担责任。主要原因是有关部门在牵头运维工作上顾虑较多,运维是一个长久且需持续投入的工作,但目前多数农村地区在人、财、物等要素方面保障不充分,一旦某个环节缺失或者不充分,就会造成运维不到位。广东省近3年的治理实践表明,各地应以县(市、区)为单位制定运维管理办法或者方案,细化各部门各级政府职责分工,包括主管部门职责、相关部门职责、镇街职责、运维单位职责、村委及农户职责,同步成立农村生活污水治理攻坚领导小组,既保持各个部门在责任方面的独立性,又保障各个部门在工作方面的协同性。

② 完善补充运维管理细则

运维管理细则需从省、市、县三个层面进行完善和补充。省级层面以运维指导意见为主,督促市县两级明确具体的相关责任、运维模式等,根据浙江省标准化运维经验,鼓励建立省级层面相关条例,通过法律条文的形式明确相关职责和关键要求,便于后续的执行和监督。考虑到不同层级区域技术力量的差异,针对农村生活污水治理设施建设、设计、验收和运维等关键环节,出台细化的技术规范 and 指南,缩小区域间的技术差距。市级层面的运维管理制度是对省级指导意见的属地化,结合自身特点进一步明确县区运维要点,而县级政府作为农村生活污水处理设施运维的责任主体,必须明确运维细则,至少包含运维对象(管网、设施或者其他)、运维模式、运维边界(运维单位与农户在户内外单元运维的边界、大中小修方面的边界)、运维要点(不同模式的认定标准、不同工艺的运维要点、管网维护要点)等。截至目前,120个涉农县区均已出台运维管理办法或者方案,初步明确了部门和有关单位的职责,取得了较好成效。

③ 充分落实运维资金

充分落实资金是运维可持续的关键保障。结合对广东省120个涉农县区运维管理办法的剖析,115个县区明确了资金保障,基本上以财政托底为主,但在明确方式上各地标准不统一,一般分为财政直接拨款、奖补和其他方式。财政直接拨款方式应用最多,但各县(市、区)的具体落实不同,有些仅仅写了财政支持,但具体支持方式需在后续年度计划中明确,有些则非常具体,一般根据自然村治理模式、服务人口数量等情况进行拨款,如广州市增城区按照建设时确定的常住人口41.42元/(人·a)

计费,大中修按9元/人落实资金,并实行区、镇街两级承担,其中派潭、正果、小楼三个北部镇按9:1比例承担(区90%,镇10%),其他镇街按8:2比例承担(区80%,镇街20%)。奖补一般按照一个自然村明确给予一定的资金来督促各镇街开展运维,比如梅州市五华县提出处理规模 $\leq 50 \text{ m}^3/\text{d}$ 的一体化设施运维费用为2.06万元/(座·a),规模 $> 50 \text{ m}^3/\text{d}$ 的为2.53万元/(座·a);阳春市、江城区和茂名市多个县(市、区)则结合自身财力和辖区内自然村分布情况,对采用镇村运维的处理设施分别落实2 000、4 000、5 000元/a的奖补资金,在具体实施时各镇街可以统一打包招标第三方技术单位或者自行开展运维。其他方式主要是一定范围内落实农村生活污水治理收费或者纳入供水费用、垃圾费等,相关应用个例较少,其中韶关市仁化县长江镇将农村饮水工程和污水管理一体化打包收取费用,按常住人口30元/(人·a)安排农村基础设施运维经费,30%由县级统筹用于大额维修支出,70%拨付乡镇,减缓财政资金压力,提升运维可持续性。

④ 建立监督考核机制

监督考核是运维可持续的最后保障。建立制度时应明确考核要点、考核方式及一票否决的方式,并将考核结果与按效付费(针对第三方运维单位)或者干部实绩考核(针对镇村运维模式)挂钩,逐步建立常态化抽查机制,严格落实以督促改,有条件地区可采用数字化手段提高监管效率^[7-9]。例如,佛山市三水区采用智云电眼对辖区内动力设施开展监管,通过捕捉电量信号的变化反馈设施是否空转、停运或者非正常运转;广州市南沙区由第三方运维单位牵头运用物联网、大数据分析等技术搭建了一套数字化信息管理平台,通过一块屏幕全面掌握全区所有站点实时水质水量、设施用电、功能单元运行、运维人员及车辆分布等情况^[7]。

2.3 基于供给与需求视角的可持续提升路径

① 基于供给与需求的运维管理剖析

农村生活污水处理设施作为公共产品,往往具有完全非竞争性、非排他性、外部性和针对性^[10]。完全非竞争性指增加一个使用者不会减少任何一个人对该设施的使用数量和质量,增加使用者的边际成本为零;非排他性指一个人在使用设施时,无法排除他人也同时使用处理设施;外部性指处理设施的正常运行对农民有利,而设施的不正常运行将

会对农民产生不利影响;针对性指处理设施的供给应满足农户实际的生活所需、符合区域的经济状况等。农村生活污水处理设施运维的供给关系如图5所示。

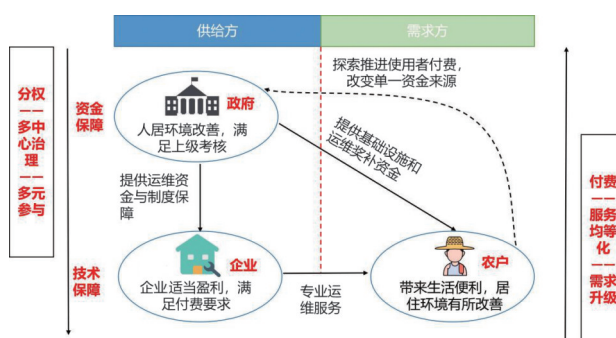


图5 基于供给与需求视角的农村生活污水处理设施运维分析

Fig.5 Maintenance analysis of rural domestic sewage treatment facilities based on the perspective of supply and demand

具体来说,政府作为农村生活污水处理设施及资金的主要供给方,采用自上而下的决策机制,供给设施的类型、数量、质量和供给方式都由政府决定,其主要需求是实现农村人居环境的改善,并满足上级考核要求。企业作为政府购买服务的主要提供者和农户运维服务的主要供给者,主要需求是实现企业适当盈利,满足政府考核要求和让大多数村民满意。农户的需求是生活便利、居住环境改善,随着生活水平的提高,农户的需求从原有的“有没有”转向“好不好”,倒逼政府和企业提供均等化的基础设施和运维服务。

从处理设施运维供给与需求角度来看,为保障运维过程的可持续,以政府为主导的运维服务模式需要尽可能分权,实现多中心治理(即从政府单一供给到引入国有企业、社会资本多元参与),在资源筹措方面,逐步改变仅靠单一财政支持的窘境,积极探索“六个一点”做法,即村民缴一点、地方补一点、企业担一点、上级奖励一点、社会捐赠一点、项目综合平衡一点;在企业层面,尽可能通过构建公司+农户或引入数字化监管等方式降低运维成本,并满足政府考核要求和使村民满意;在农户层面,平衡个人需求升级和基层财政保障能力,积极参与运维过程,加强对政府治理工作的支持。通过政府、企业和农户三者之间的供给与需求平衡,逐步实现农村生活污水处理设施的正常运行。

② 不同运维管理模式的可持续提升路径 议,归纳总结了不同运维模式的分类、典型特征及
为更好地分析不同运维模式的可持续提升建 其优化提升路径,具体如表 1 所示。

表 1 不同运维模式的分类、典型特征及优化提升路径

Tab.1 Classification, typical characteristics, and optimization improvement pathways of different operation models

项目		典型特征	优化提升路径
第三方专业运维	PPP 运维单位	采用 PPP 项目建设,并成立专门负责运维的企业	强化运维绩效考核,适当降低原有处理标准
	国有企业	由国有企业负责运维,可依托既有国有企业,也可以成立专门国有企业	强化运维绩效考核,内部统筹收益项目和公益项目实现收益平衡
	民营企业	具有一定资质的民营企业运维	强化运维绩效考核,足额按时落实运维资金,鼓励本地企业优先
镇村运维	镇干部	一般镇相对较小,由镇相关部门直接负责运维	落实奖补资金,县(市、区)层面强化考核,可组织红黑榜,开展运维要点培训
	村干部	村内干部或者党员负责日常运维	落实奖补资金,镇街层面强化考核,可组织红黑榜,开展运维要点培训
	保洁员	由村内聘请保洁人员,兼职污水处理设施运维	落实专项资金,支付保洁人员工资,通过设置绩效奖金提高保洁人员的积极性
	就近农户	村委明确污水处理设施由就近农户开展运维,并支付农户一定费用	落实专项费用或者补贴
协同运维模式	村管管网+企业管设施	村委负责运维管网,企业负责运维设施	由运维主管部门做好村委与运维单位之间的衔接,明确责任边界
	供水排水协同	负责供水设施运维的单位同步负责污水处理设施运维,形成内部收益平衡	将污水处理费纳入集中供水费合并收取,财务做好内部调拨统筹
	污水垃圾公厕协同	农村垃圾、公厕运维人员同步运维处理设施	将垃圾费、公厕维护费与污水处理费协同收取
	畜禽粪污治理和污水协同	畜禽粪污处理装置与污水处理设施协同运维,一般位于畜禽养殖大县	县区政府做好统筹,同步做好两个方面的考核工作
	污水与农村人居环境管护协同	将农村生活污水纳入整个农村人居环境管护,如公厕、垃圾、道路、基础设施等协同运维	农业农村部门牵头做好统筹,将所有拟开展管护项目打包,实现项目的规模化效应
	企业与农户协同	日常由农户负责监管,出现问题后由专业第三方负责运维	建立问题上报便捷机制,如二维码问题采集或者数字化平台
	以镇带村协同	镇级污水处理厂运维人员同时负责农村污水处理设施的运维,村委作为日常监管	与镇街污水处理厂做好协商,并制定最佳运行维护服务半径

对于第三方运维,政府应强化资金足额落实和强化运维绩效考核,在遴选运维企业时,需着重平衡运维成本和质量,并兼顾拟开展运维设施的数量,不能一味选择低成本或者不顾成本的运维方式。浙江省出台了《农村生活污水治理设施运行维护单位基本条件》,按照业务规模即运维设施数量、总规模分类确定运行维护单位的基本条件,比如运维二类项目(需要对 400~1 000 个处理设施,或者对处理能力合计 10 000~20 000 m³/d 的处理设施进行运行维护的项目),要求公司必须在册人员 30 人以上,技术负责人必须有 3 年以上水污染治理从业经验的中级工程师及以上职称,化验室负责人有 2 年以上环境类或化学类实验室从业经验的中级工程师及以上职称,并规定专业操作人员、运维车辆的类型及数量、化验室面积等。在满足政府考核标准

的前提下,降低运维成本实现运维过程的可持续是第三方技术单位考虑的重点。比如,2020 年以前建成的 PPP 项目,可以结合实际情况执行广东省《农村生活污水处理排放标准》,减少因高标准去除氮、磷等增加的费用;珠海市斗门区成立区属国有企业逐步回购 PPP 项目资产,优先聘用设施所在村的村民并开展培训,大幅降低了运维的人力成本(一般占运维费用的 60%)。

对于镇村运维模式,首先应建立专项资金直接用于运维、大中修或者奖补的制度,综合考核自然村数、设施规模、设施服务人口等因素予以奖补。比如,阳江市江城区按照 4 000 元/村落实奖补;茂名市茂南区、电白区、高州等地按照每年每座设施 5 000 元作为运行费用。加强年度抽查考核,对于发现的问题分类整改,对于运维不到位的自然村,及

时通报或者降低奖补资金支持比例,不断督促镇街和村委加强运维管理;对于需要大中修解决的自然村,及时上报县级政府纳入提升改造清单,通过专项资金逐步落实整改。为充分调动村民参与的积极性,探索以“基本工资+绩效提成”方式激励运维人员。比如广宁县木格镇95%以上的处理工艺为人工湿地,运行维护相对简单,委托村保洁人员收取18元/(人·a)的保洁费(包含农村生活污水处理设施运维费用),并规定每收取一人的保洁费,将其中的10元作为保洁员的绩效工资,由村统一核算统筹发放,保洁员日常按照要求巡检村内设施,发现问题及时上报镇政府。此外,考虑到基层运维力量薄弱,应定期组织技术培训宣贯最新的政策要求和运维技术要点。

对于协同运维模式,明确不同协同方、协同项目的边界,结合运维项目的特征、企业的业务范围等进行针对性组合。对于有村委参与协同运维的项目,明确各方责任边界,做好充分沟通协调;对于有农户参与日常监督的运维项目,完善问题上报便捷机制(如建立二维码问题采集或数字化平台),提高问题反馈的效率,比如现场张贴问题二维码,村民发现当地管网或者环保系统存在异常,可以通过二维码通道留言反馈,同时联动各镇村村民参与系统维护、管道堵塞清理、人工湿地植物修剪维护等工作并给予相应酬劳,试行“公司+农户”的环保治理模式;对于与垃圾、供水、农村人居环境协同的运维项目,则应打破业务主管部门的边界,如肇庆市生态环境部门与农业农村部门联动,将农村生活污水处理设施监管工作纳入农村别动队的日常职责,在巡视村内人居环境时,同步巡视污水处理站点;惠州市充分发挥纪委监委作用,将农村生活污水处理设施运维纳入重点监管清单。优化运维项目组合,将准公益性项目与具有一定经营收入的准经营性项目搭配,或者将管理体系较为成熟、盈利能力较强的镇级污水处理系统和多点分散、管理难度大、盈利能力弱的村级处理设施一体化运维,以规模效应削减项目收益不平衡和技术人员人均费用。对于以镇带村协同运维模式,重点优化运维服务半径,如云浮市新兴县将农村生活污水处理设施与镇级污水处理厂委托给同一家企业开展运维,打造以镇级污水处理厂为中心辐射周边分散处理设施运维的模式,最大限度地降低运维成本。

因广东省区域发展不平衡,三种运维模式将在一定时期内长期存在,但是镇村自行运维的效果相对较差,与现有设施正常运行率的较高考核要求不相匹配。随着经济发展和运维要素的加强,将逐步向专业化、标准化运维发展,第三方运维和协同运维将成为主流。从可持续性角度来看,协同运维容易形成规模效应,且可解决农村生活污水处理设施运维收益难的问题,因此应鼓励各地结合自身实际统筹资源,将类似相关项目打包整体运维,进一步降低运维成本。

3 结论

结合广东省2021年全面摸查和近3年各地运维制度、运维资金和运维模式的调研,梳理了广东省农村生活污水处理设施建设及运维基本情况,基于全生命周期分析影响可持续运维的主要因素,系统分析了制约运维可持续提升的关键,并基于供给与需求视角提出不同运维模式的可持续优化提升路径,主要结论如下:

① 第三方专业运维是广东省目前主要的运维模式,但是镇村运维比例较高,头部运维企业相对集中,存在资金落实不充分、运维企业分散等特点。

② 基于全生命周期分析影响可持续运维的主要因素,要实现运维管理可持续,必须坚持系统化思维,从规划、设计、建设等阶段开展针对性的提升,因地制宜地推进数字化监管有助于提高运维效率、降低监管和运维成本,且利于通过大数据积累实现精细化管理。

③ 结合广东省近年来改善运维的具体实践,完善运维管理机制,包括清晰的责任分工、明确的运维管理制度、充分的资金保障及有效的监督考核,是广东省农村生活污水处理设施运维可持续提升的关键。

④ 基于供给与需求视角,提出实现可持续运维管理必须平衡政府、企业和农户三者之间的供给与需求。在政府层面实现多中心治理,即从政府单一供给到引入国有企业、社会资本多元参与,并逐步改变仅靠单一财政支持的局面;企业层面在满足政府考核要求和村民满意的基础上,尽可能通过构建公司+农户或引入数字化监管等方式降低运维成本,实现企业适当盈利;在农户层面,平衡个人需求

升级和基层财政保障能力,积极参与运维过程,加强对政府治理工作的支持。

⑤ 协同运维模式可借助规模效应,最大程度地共享资源,降低运维规模扩大后的边际成本,是实现农村生活污水处理设施运维可持续的一条重要路径,但需要县区政府加强统筹,打破主管业务部门、运维项目边界。

参考文献:

- [1] 崔霞,孔令为,韦彦斐,等. 浙江省农村生活污水减排核查技术规范初稿的研究[J]. 环境与可持续发展, 2016, 41(3): 159-164.
CUI Xia, KONG Lingwei, WEI Yanfei, *et al.* Study on the making of draft version technical specifications of Zhejiang Province rural sewage emission reduction verification[J]. Environment and Sustainable Development, 2016, 41(3): 159-164 (in Chinese).
- [2] 孔令为,邵卫伟,叶红玉,等. 农村生活污水治理技术应用的浙江经验及发展方向[J]. 中国给水排水, 2021, 37(2): 12-17.
KONG Lingwei, SHAO Weiwei, YE Hongyu, *et al.* Experience and development direction of application of rural domestic wastewater treatment technology in Zhejiang Province [J]. China Water & Wastewater, 2021, 37(2): 12-17 (in Chinese).
- [3] 温凯茵,林彰文,卢欢亮. 广东省农村生活污水治理存在问题及对策研究[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(11): 85-87, 131.
WEN Kaiyin, LIN Zhangwen, LU Huanliang. Problems and countermeasures for the treatment of rural domestic sewage of Guangdong Province [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2021, 49(11): 85-87, 131 (in Chinese).
- [4] 李骏飞,王悦. 农村生活污水治理工程新型建设模式探索与实践[J]. 给水排水, 2023, 49(1): 30-35.
LI Junfei, WANG Yue. Novel construction mode of the rural domestic sewage treatment project: exploration and application [J]. Water & Wastewater Engineering, 2023, 49(1): 30-35 (in Chinese).
- [5] 谢元斌. 集美区农村生活污水处理项目EPC+OM建设管理模式研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2020.
XIE Yuanbin. Research on EPC+OM Construction Management Model of Rural Sewage Treatment Projects in Jimei District [D]. Xiamen: Xiamen University, 2020 (in Chinese).
- [6] 孙羽辰. 宁波农村生活污水治理问题研究[D]. 宁波: 宁波大学, 2017.
SUN Yuchen. Study on the Treatment of Rural Domestic Sewage in Ningbo [D]. Ningbo: Ningbo University, 2017 (in Chinese).
- [7] 李志涛,张慧,印小军. 农村生活污水处理设施智慧运营管控平台建设探讨[J]. 四川水利, 2022, 43(1): 170-173.
LI Zhitao, ZHANG Hui, YIN Xiaojun. Discussion on the construction of intelligent operation management platform for rural domestic sewage treatment facilities [J]. Sichuan Water Resources, 2022, 43(1): 170-173 (in Chinese).
- [8] 戴东宸,白俊杰,张波,等. 农村生活污水智慧运营管理平台的设计与实现[J]. 科技视界, 2021(3): 73-76.
DAI Dongchen, BAI Junjie, ZHANG Bo, *et al.* Design and implementation of a smart operation and management platform for rural domestic sewage [J]. Science & Technology Vision, 2021(3): 73-76 (in Chinese).
- [9] 周华,孙亮,陈旭怀,等. 广州市南沙区农村生活污水治理示范性研究[J]. 中国环保产业, 2021(9): 35-40.
ZHOU Hua, SUN Liang, CHEN Xuhuai, *et al.* Demonstration research on rural domestic sewage treatment in Nansha district, Guangzhou City [J]. China Environmental Protection Industry, 2021(9): 35-40 (in Chinese).
- [10] 曹晓君. 农村生活环境治理公共产品供给与模式选择——以江苏省宜兴市、盐城市为例[D]. 南京: 南京农业大学, 2010.
CAO Xiaojun. A Study on the Public Goods' Providing and the Mode Choosing of Rural Living Environmental Treatment—Based on the Cases of Yixing County and Yancheng City, Jiangsu Province [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2010 (in Chinese).

作者简介:于振江(1988—),男,河南洛阳人,博士,工程师,主要从事农村水环境政策设计与技术研究工作。

E-mail: yuzhenjiang1989@163.com

收稿日期: 2023-11-26

修回日期: 2023-12-18

(编辑: 丁彩娟)