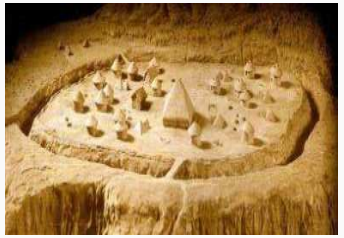
农村改厕与生活污水治理的初步思考

陈梅雪
中国科学院生态环境研究中心
住房和城乡建设部农村污水处理技术北方研究中心
2024.10

提 纲

- 现状
- 问题
- 思考

厕所革命与污水处理



约5000年前

秦汉：厕所分为蹲式和坐式两种。到了汉代，厕所的私密性和易用性得到了强调，并增加了通风设备

宋代：汴梁等大都市的公厕

清朝：紫禁城的厕所

农村地区厕所简陋 ⟶ 修建厕所、粪管和消灭害虫

粪便外露
粪坑连接粪池

粪便广泛用作肥料

爱国卫生运动

管水
管粪
改水井
改厕所
改畜圈
改炉灶
改造环境

- 爱国卫生运动：饮水、厕所和健康教育
- 以筹办亚运会为契机，中国拉开了"厕所革命"的序幕。主要是从卫生防病的角度出发，以改变"厕所数量少、环境差"的现状为目的。
- 20 世纪 90 年代，随着城市的扩张和人口的增长，厕所仍然制约着城市的发展。此时，人们意识到，厕所之所以"臭"，是因为它的设计有问题。
- 用水冲厕所的城市迅速蔓延20世纪 90 年代，农村厕所改革被纳入《中国儿童发展纲要》和中央《关于卫生改革与发展的决定》，在中国农村掀起了一场轰轰烈烈的"厕所革命"。

- 城市和旅游区的厕所：多功能、智能化、卫生和舒适化。
- 农村厕所应如何建设和运行维护？

1949 50-60年代 80-90年代 2015

基本公共服务要更多向农村倾斜，向老少边穷地区倾斜

2013.7 重视农村厕所改造，解决好“连茅圈”问题

2014.12 解决好厕所问题在新农村建设中具有标志性意义

2015.7 “厕所革命”，让农村群众用上卫生的厕所

2016.8 要在农村来一场厕所革命，让农民群众用上卫生的厕所

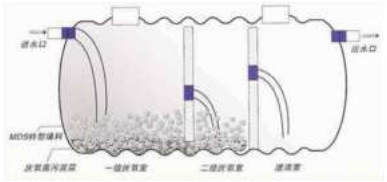
- 农村人居环境显著改善，生态宜居美丽乡村建设取得新进步。
- 农村卫生厕所普及率稳步提高，厕所粪污基本得到有效处理；
- 农村生活污水治理率不断提升，乱倒乱排得到管控

《农村人居环境整治提升五年行动方案》

6种主要改厕模式

三格式化粪池厕所

- 旱厕改造中最常用的模式。
- 由三个相互连通的密封粪池组成，利用厌氧发酵、生物降解原理处理粪便，容量不小于1.5立方米。
- 该模式技术成熟、适用性强、价格适中、卫生效果好，适用于绝大多数农村旱厕改造，
- 户均改造费用1200元。



双瓮漏斗式厕所

- 由前后两个瓮形贮粪池和过粪管组成，利用厌氧发酵原理处理粪便，容量不小于1.2立方米。
- 该模式适用性强，造价低、结构简单、施工土方量小，适用于我省绝大多数农村旱厕改造。
- 户均改造费用为1000元。
- 其缺点是对改厕施工技术要求较高

三联沼气池式厕所

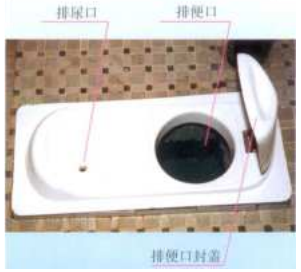
- 由厕屋、畜圈、发酵间等部门组成。人畜粪尿均流入沼气发酵池，产生的沼气可以做饭、照明，池渣经处理后可以种植无公害农作物、养鱼等。
- 适用于有家庭饲养业的农户。
- 户均改造费用为2000元。
- 其缺点是占地较多、受季节影响大，无家庭饲养业农户综合效益不高。

完整下水道水冲式厕所

- 适用于上水、排水系统完善的农村地区和农村新型社区。
- 户均改造费用2500元。
- 其缺点是投资较高，需同时配套完善上、下水系统，且无法利用粪尿肥料。

粪尿分集式厕所

- 由储粪池和粪尿分流器组成，通过粪、尿分离收集，利用干燥或发酵原理处理粪便，减少了需要处理和排放到环境的废水量。
- 适用于干旱缺水地区和使用尿粪肥、无家庭饲养业的农户。
- 户均改造费用为1500元。
- 其缺点是不适合在地下水位较高或降水量丰沛地区。



双坑交替式厕所

- 由两个结构相同又互相独立的厕坑组成，先使用其中的一个，当该厕坑粪便基本装满后用土覆盖将其封死，再启用另一个厕坑，交替使用。
- 户均改造费用800元。
- 其缺点是结构较简易，异味大。

农村生活污水治理技术发展现状

- 从单村连片整治到“四个统一”的县域治理
- 因地制宜的农村生活污水治理全覆盖
- 应用技术趋于统一，标准化
- 运行管理
- 资源化就地回用

（七）分区分类推进治理。优先治理京津冀、长江经济带、粤港澳大湾区、黄河流域及水质需改善控制单元等区域，重点整治水源保护区和城乡结合部、乡镇政府驻地、中心村、旅游风景区等人口居住集中区域农村生活污水。开展平原、山地、丘陵、缺水、高寒和生态环境敏感等典型地区农村生活污水治理试点，以资源化利用、可持续治理为导向，选择符合农村实际的生活污水治理技术，优先推广运行费用低、管护简便的治理技术，鼓励居住分散地区探索采用人工湿地、土壤渗滤等生态处理技术，积极推进农村生活污水资源化利用。

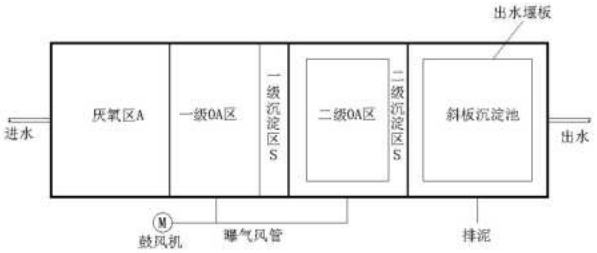
（八）加强农村黑臭水体治理。摸清全国农村黑臭水体底数，建立治理台账，明确治理优先序。开展农村黑臭水体治理试点，以房前屋后河塘沟渠和群众反映强烈的黑臭水体为重点，采取控源截污、清淤疏浚、生态修复、水体净化等措施综合治理，基本消除较大面积黑臭水体，形成一批可复制可推广的治理模式。鼓励河长制湖长制体系向村级延伸，建立健全促进水质改善的长效运行维护机制。

从单村连片整治到“四个统一”的县域治理

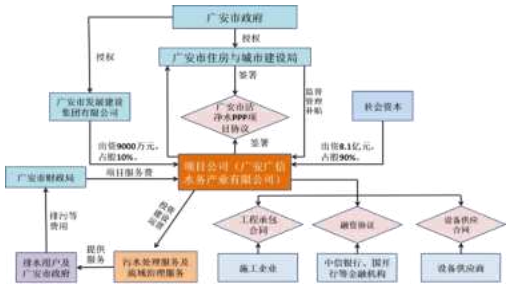
有条件的地区推行城乡污水处理统一规划、统一建设、统一运行、统一管理。

- 规划层面采用“适度集中，就地处理，就近回用”以及“统一规划，分步实施”的原则合理布局。
- 乡镇污水厂站建设遵循“分区域集中、中心厂辐射管理卫星厂” 模式
- 在各区县设置乡镇污水中心处理厂，解决区域内乡镇污水厂站数量多、规模小、布局分散、运管人员缺乏等问题。

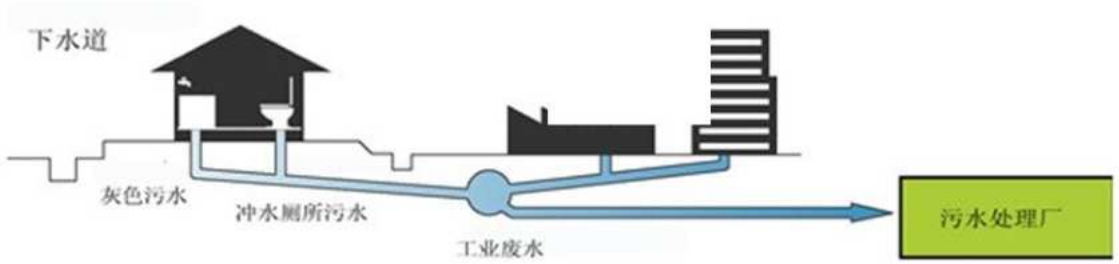
统一规划 → 统一设计 → 统一建设 → 统一运行

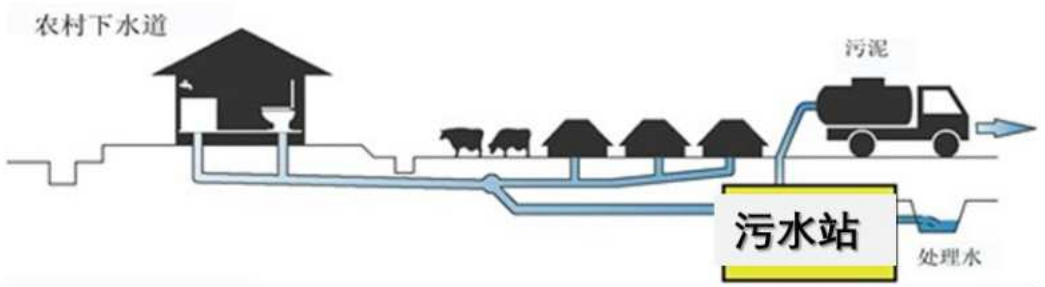


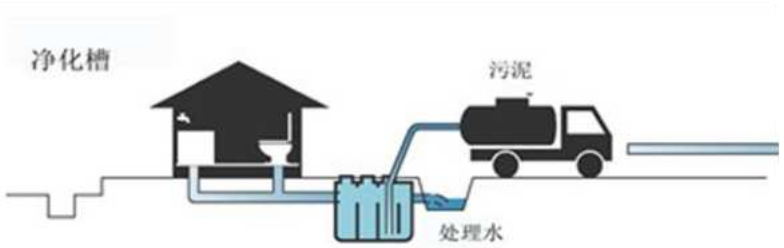
（10m³/d-1000m³/d）一体化装置



因地制宜的农村生活污水治理全覆盖



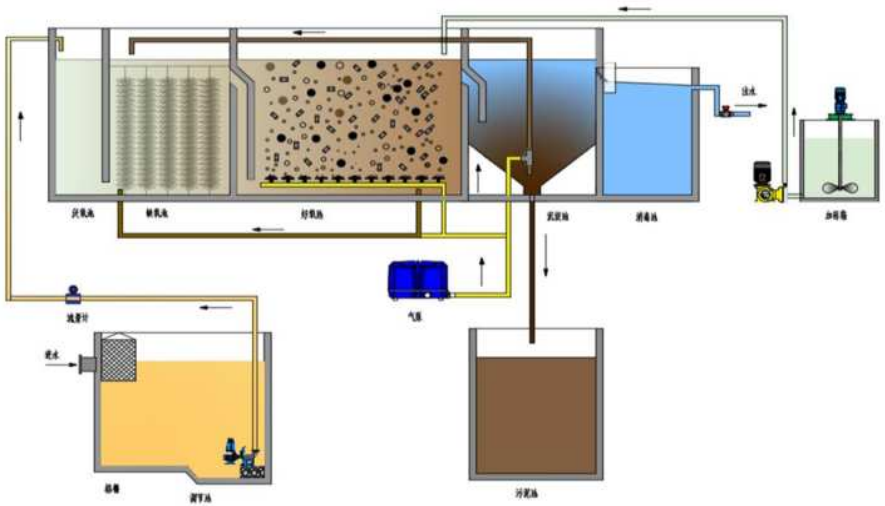




推动公共服务向农村延伸的城乡一体的基本公共服务体系建设，实现城乡基础设施统一规划、统一建设、统一管护的重要基础

生活污水处理与资源化技术

生物接触氧化池



序号	工艺单元名称	设计标准或满足设计规范	备注
1	调节池	水力停留时间≥8h	设置曝气管
2	污泥池	污泥储存时间≥10d	设溢流孔和曝气管；自动间隔曝气
3	生化系统	总水力停留时间≥16h	污泥回流、消化液回流及排泥系统能够自控运行
4	清水池	水力停留时间≥3.5h	二沉池+消毒池
5	加药系统	加药量≥7天	自动运行，且含搅拌装置
6	消毒装置	加药量≥7天	自动运行
7	碳源投加装置	加药量≥7天	

生物转盘

膜生物反应器

自然生物处理

活性污泥法

生活污水处理与资源化技术

项目	参数
处理对象	生活污水
处理工艺	生物接触氧化法
进水标准	COD≤400mg/L，氨氮≤60mg/L，SS≤220mg/L
出水标准	《农田灌溉水质标准》（GB 5084-2021）中水田作物、旱地作物、加工烹调及去皮蔬菜类作物的标准 河南省《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》（DB 41/1820-2019）的三级排放标准
进水方式	重力流自流进水
设备尺寸（mm）	3个罐，单罐尺寸：Φ705×1550（D×H）
有效水深（m）	1.1
有效容积（m^3）	1.2
处理量（m^3/d）	0.4
生化停留时间（h）	72
供气量需求（L/min）	38

运行管理技术

柯桥区城乡生活污水治理设施

分级负责制

- 农户：化粪池、接户管、户用检查井的管理和维修更换
- 镇村：村居污水管道、窨井的安全巡查
- 水务集团：污水收集系统和终端处理系统常态化运行的巡查维修

“四全管理”模式

村居全覆盖

全区所有村居生活污水全部纳入“大水务”统一管理

管网全检测

生活污水管网进行无差别全覆盖的“机器人”做“肠镜”工程,验收时对所有管网内部情况进行全面检测，严把质量关

监管全过程

柯桥排水公司120名运维服务团队

日常巡检、设备维修、应急抢修、水质取样化验分析、处理工艺控制岗位职责

“一周一巡检”、“一月一检测”、“一季一回访”、“一年一清通”

处理全达标

纳入污水处理厂运行管理每日检测

采取终端处理，每日监控，每周巡检和每月检测

实行“三定、四化”的做法

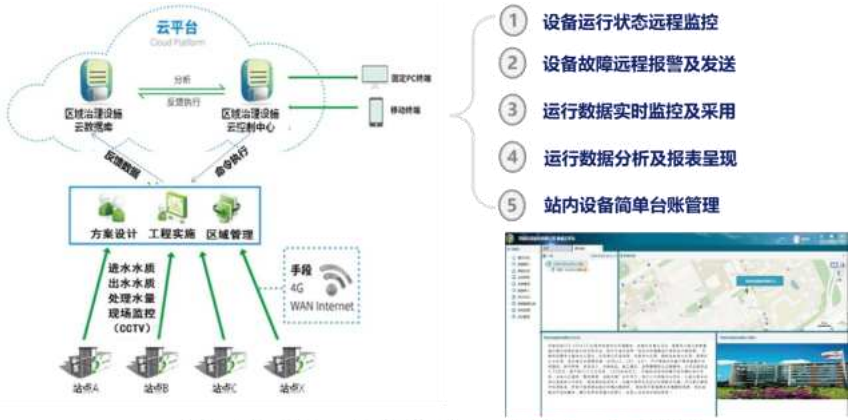
定人：按每个人负责3个村居的巡检，每组负责20个村居设施的标准,全面负责运维日常巡检、维修和疏通。

定责：建立“一个管理中心、五个分中心”的运维服务机构，实行分线运维，分块管理，明确各工作职能、巡检人员和养护人员的工作职责。

定标准：对照“服务专人化、养护专职化”工作目标，制订终端处理系统、泵站、污水管道的具体运维管理标准。

制度化、智能化、精细化、实效化

信息化平台



1. 设备运行状态远程监控
2. 设备故障远程报警及发送
3. 运行数据实时监控及采用
4. 运行数据分析及报表呈现
5. 站内设备简单台账管理

分散式污水治理运行模式：无人值守+定期巡检

• 长三角河网地区

突出问题		解决方法	标准内容
水量波动	500t/d以下变化系数不清	通过江阴等>5t/d流量数据进行计算	4. 水量设计 4.1农村生活污水收集工程的污水量应根据实地调查数据确定。 4.2 当缺乏实地调研数据仅收集灰水时，污水量应采用 公式计算。 4.3当缺乏实地调研数据，黑水和灰水混合收集时，污水量应采用 公式计算。
	节假日水量增减		
	户收集雨污未分流	强调户排水系统的雨污分流	3. 基本规定 3.1 新建和改造农村生活污水收集管网应采用分流制。 【条文说明】收集系统应尽量减少地下水、雨水、雪水及不明来源水流入。农村生活污水收集系统应加强户收集系统的雨污分流建设。厨房、院落洗漱、厕所、洗浴污水应收尽收，减少汛期屋面及院落雨水进入收集系统。 5.2.5 入户排水系统应与户内雨水排放系统分开。
管网设计	管径、埋深、坡度	综合参考日本、北京、浙江等地标准	
	附属设施（隔油池、化粪池、泵站等）		5.2 入户收集系统 5.2.1 入户收集系统应包括室内排水管、出户管等管网及隔油池、化粪池等设施。 5.2.2 户内污水宜应收尽收，收集厨房、洗浴、厕所及院落洗漱污水。 5.2.3 厨房污水宜（应）经过隔油池排入户外排水管。隔油池宜采用成本，男主《建筑给水排水设计规范》（GB50015）的要求。 5.2.4 厕所粪便污水应排入化粪池后，排入户外排水管。

• 东北地区

农村改厕-污水处理存在的问题

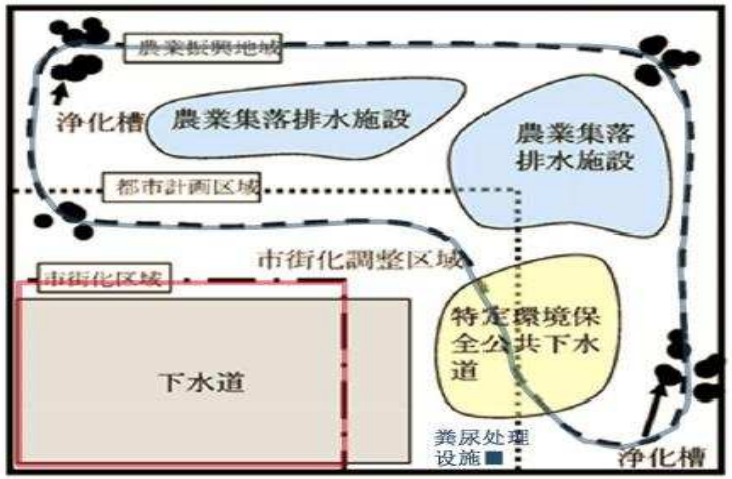
- 排放随意，处理程度低，对环境的污染负荷较大；
- 寒冷、高寒地区缺乏因地制宜适用技术；
- 技术参数不合理、施工质量差；
- 已建成村庄污水处理设施维护困难，正常运行率低。

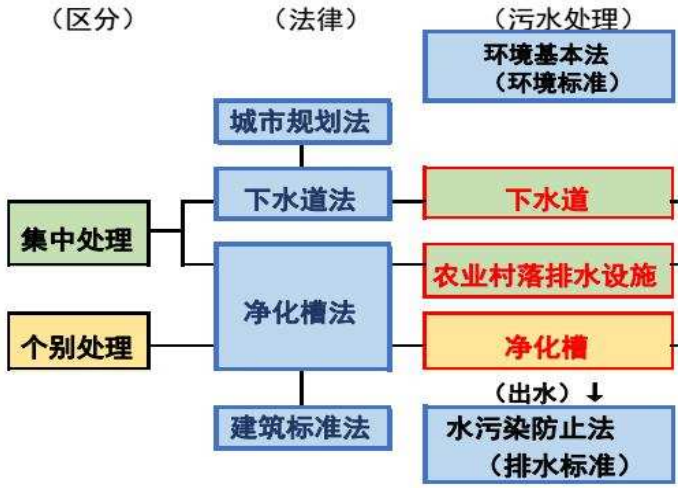
制约村庄污水有效治理的“瓶颈”：

- 在机制方面：缺乏有效的农村污水处理设施投资与长期运营机制；
- 在管理方面：缺乏科学规划、高效组织、有效监管，相应的法规与标准不配套；
- 在技术方面：农村经济承受能力弱，专业技术人员严重缺乏，缺乏针对农村地区特点、因地制宜的村庄污水处理技术的筛选与评估；
- 在实施方面：缺乏产业支撑，技术能力不足。

迫切需要在政策、资金、技术研发等发面提供支撑

日本农村生活污水处理现状



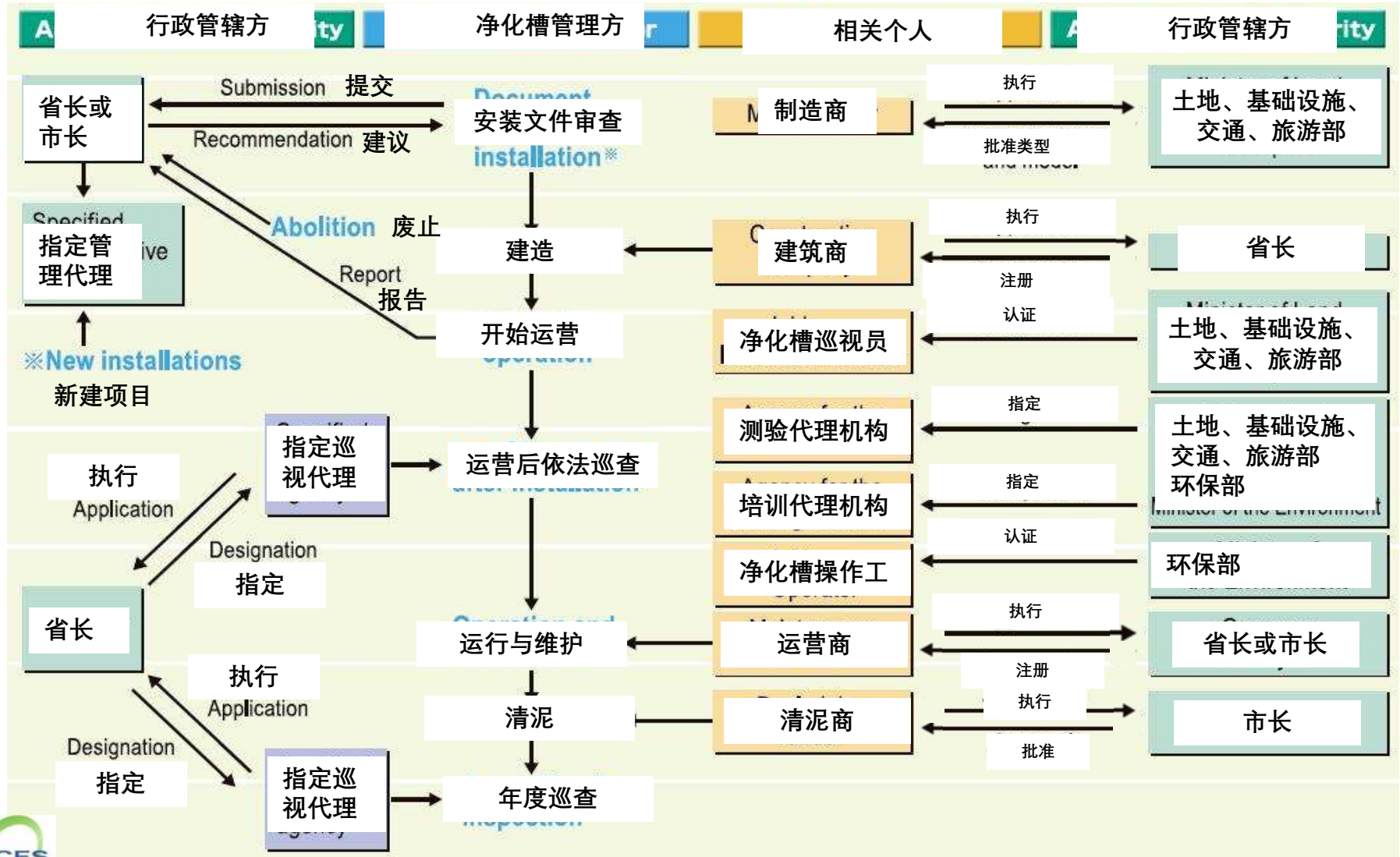


- **发展史**
  - 1969年，《建筑基准法》
  - 1970年，《水污染防治法》
  - 1983年，《净化槽法》

日本农村污水治理模式、组织与责任主体

村落公共设施	农业村落	农业振兴区域内，规划规模20户以上，人口大约1000人以下。		农林水产省
	渔业村落	渔业村落，规划人口约为100~5000人。		
	林业村落	林业振兴区域内，原则20户以上，通过林业区域综合治理事业实施。		
	简易排水	山村地区等3户以上20户以下。		
	集合排水	10户以上20户以下，地方独立事业。		总务省
家庭设施	合并处理	个人家庭设置时，由市町村补助。	家庭设置	环境省
	特定地域	以饮用水水源地保护为目的。	市町村设置	
	屎尿处理	在集中处理区域的周边地区实施。		总务省

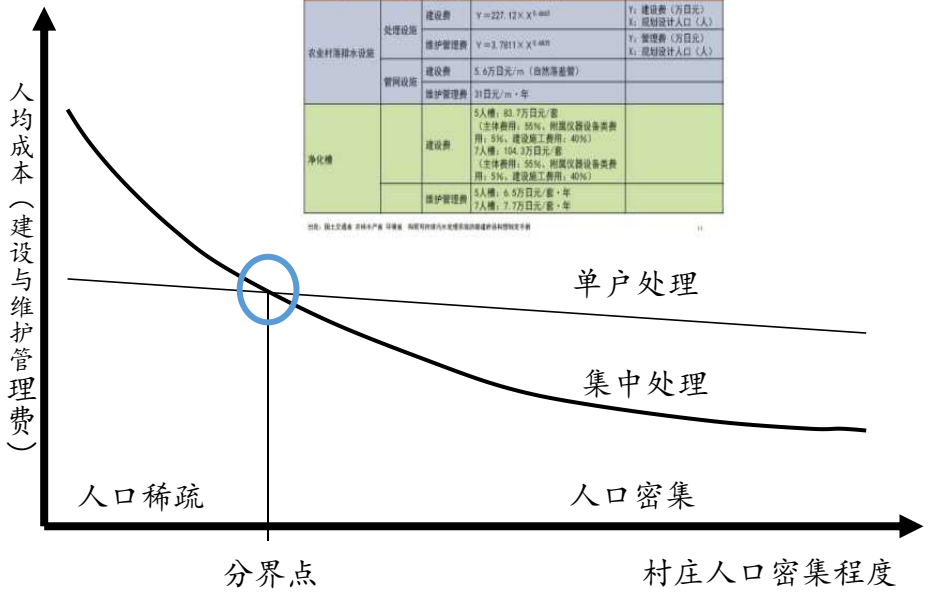
净化槽管理系统
- 基于净化槽法案的规定



规划与技术选择

集中处理与单户处理技术经济比较

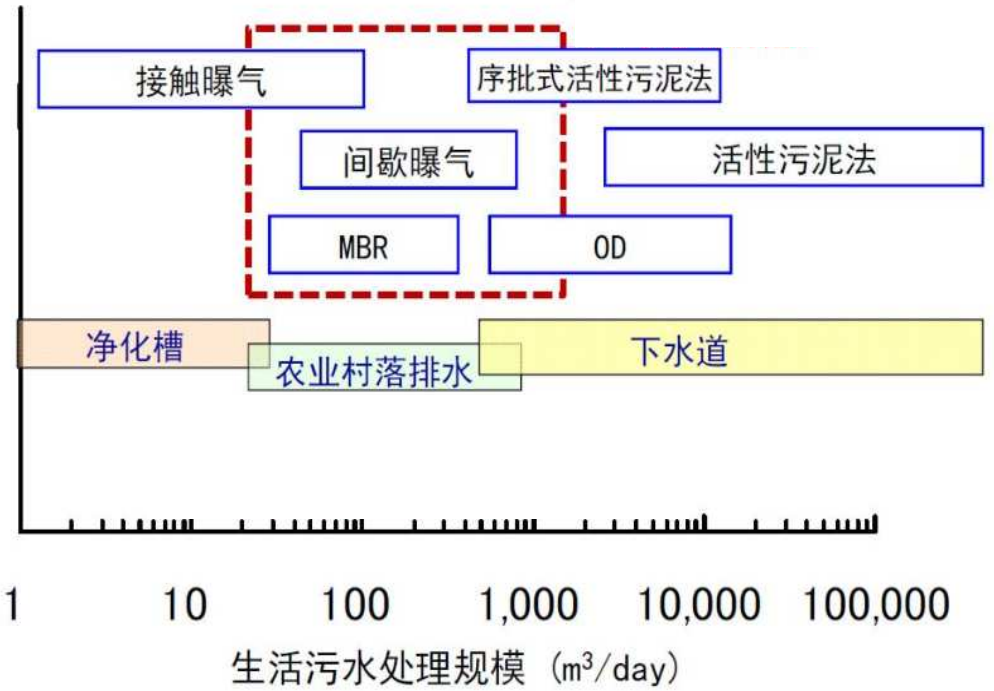
分类	设施名称	费用名称	计算公式	备注
农业村落排水设施	处理设施	建设费	$Y=227.12\times X^{0.660}$	Y_1：建设费（万日元） X_1：规划设计人口（人）
		维护管理费	$Y=3.7811\times X^{0.6835}$	Y_1：管理费（万日元） X_1：规划设计人口（人）
	管网设施	建设费	5.6万日元/m（自然落差管）	
		维护管理费	31日元/m·年	
净化槽		建设费	5人槽：83.7万日元/套 （主体费用：55%，附属仪器设备类费用：5%，建设施工费用：40%） 7人槽：104.3万日元/套 （主体费用：55%，附属仪器设备类费用：5%，建设施工费用：40%）	
		维护管理费	5人槽：6.5万日元/套·年 7人槽：7.7万日元/套·年	



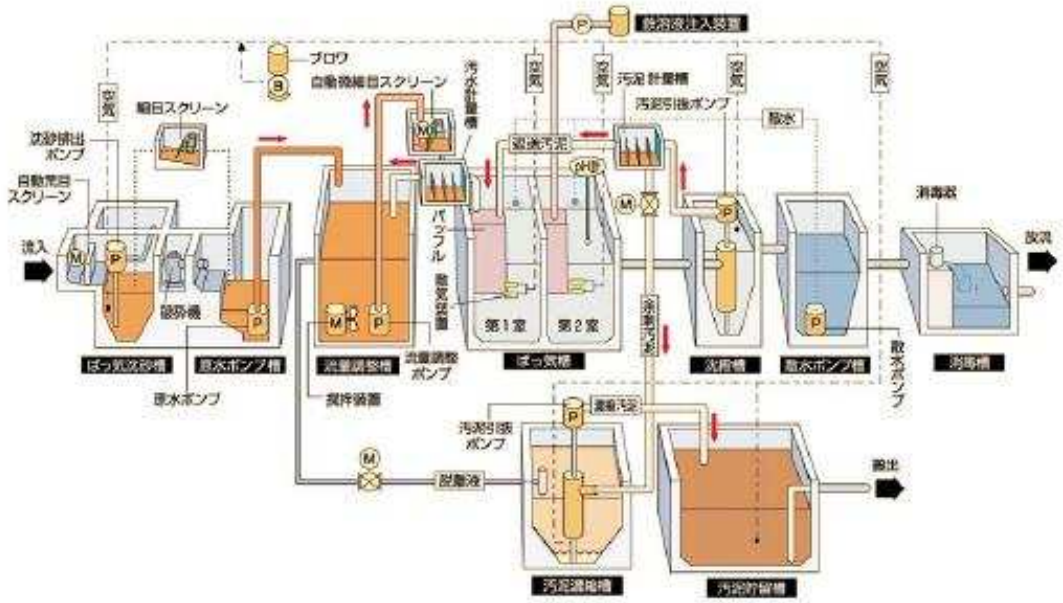
人口稀疏地区适合单独处理

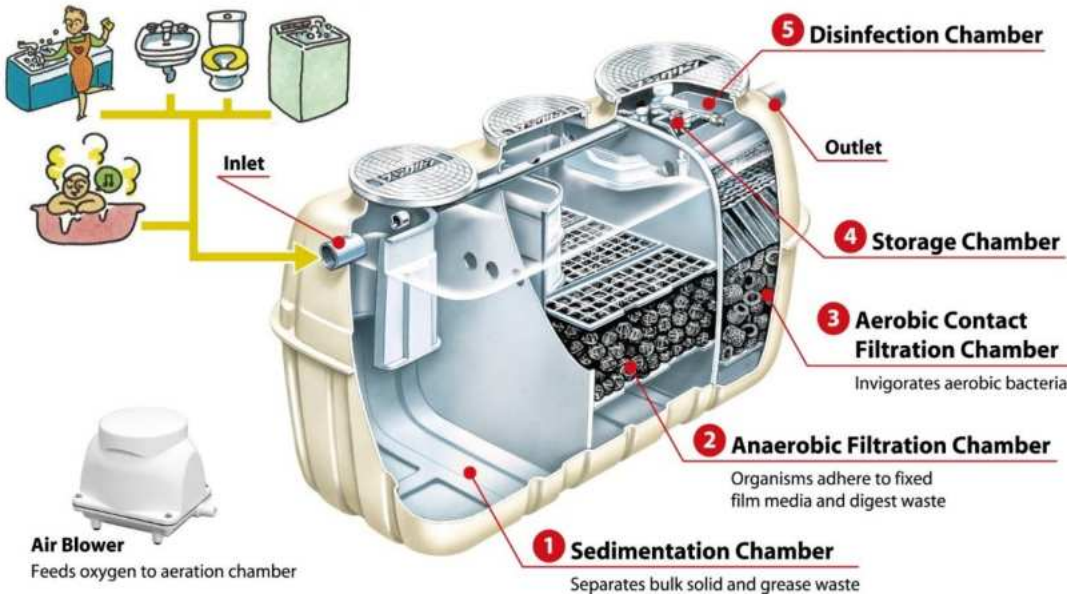
人口密集地区进行集中处理

处理技术比较



工艺技术



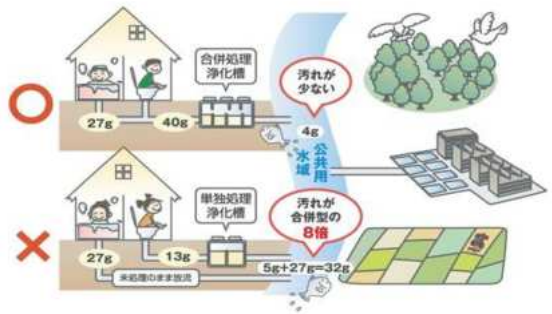


集落污水处理（JARUS XIVGP）

	处理方式 ＼ 处理性能	BOD:20，SS:50(mg/L以下)	BOD:15，10，5，SS:15，5(mg/L以下)
生物膜法	接触ばっ気方式	Ⅰ96、S96、Ⅲ96、Ⅱ96・Ⅳ96(N)	
	活性汚泥併用生物膜方式	ⅢG・ⅢR・ⅣS(N)、ⅣH(N、P、COD)	
浮遊生物法	回分式活性汚泥方式	XⅠ96、XⅡ96(N)	XⅡG96(N、COD)、XⅡH・XⅢ96(N、P、COD)
	間欠ばっ気方式	XⅣ96(N)、XⅣP・XⅣP1(N、P)	XⅣG・XⅤ96(N、COD)、XⅣGP・XⅣH(N、P、COD)
	膜分離活性汚泥方式		膜分離活性汚泥方式・高度リン除去膜分離活性汚泥方式・膜分離活性汚泥方式06(N、P、COD)、FM(N、P、COD)
	オキシデーションディッチ方式	OD96、ODII(N、P)	

净化槽

	流入水	放流水	除去率
BOD	200mg/L	20mg/L以下	90%以上
T-N	45mg/L	20mg/L以下	56%以上
SS	160mg/L	15mg/L以下	91%以上



分散型污水处理设备/设施评估

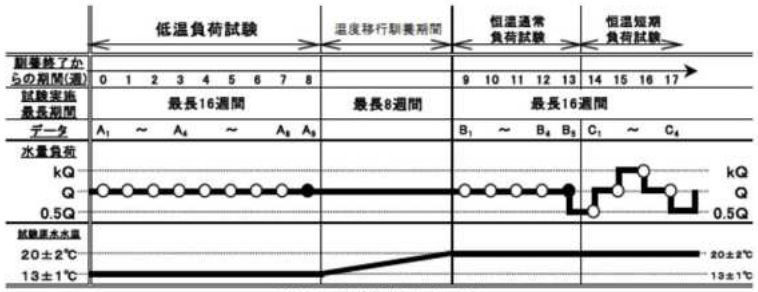


図2-2　試験期間イメージ

（○：測定日、●：測定するか否かは、申込の性能に対する直前のユニットの適合率による）

单独设备/设施进行性能测试的总时长 最大为16+X周

図 3-2　試験槽 1 における試験期間イメージ

（○：測定日、●：測定するか否かは、申込の性能に対する直前のユニットの適合率による）

设备1
恒温短期负荷实验

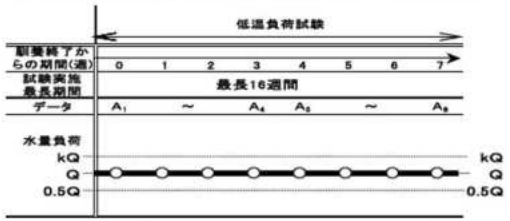


図 3-4　試験槽 2 における試験期間イメージ（○：測定日）

设备2
低温短期负荷实验

平行设备进行性能测试结果的外推　测试周期为8+X周

国家/部门/行业等上位的标准与导则的建立

小型污水处理设施的生产与销售商

授权成立的独立第三方评估机构

依据评估标准进行完整产品性能评估

出具完整产品性能评估报告

小型污水处理设施的使用方

小型污水处理设施运行监管部门

公开、公平、公正及权威性的市场产品性能信息数据

净化槽法案简介

目的
采用净化槽推动生活污水的合格处理，维持公共水体优良水质以及健康的生存环境，并改善公众健康状况。

适用范围
ⅰ） 强化各阶段规范：生产、安装、运行与维护、清污
ⅱ）查清从事净化槽销售商以及净化槽贸易本身。包括：
- 彻底的定义有关从业个体的职责，确认从业者具备专业能力
- 建立健全净化槽贸易的规范和许可证制度
- 建立测验/培训制度以确保净化槽技术员合格从业

第一章　一般规定 (1～4)	第七章　净化槽安装工人(42～44)
第二章　净化槽安装(5～7)	第八章　净化槽操作员(45～47)
第三章　净化槽的运行维护，以及净化槽的清污(8～12)	第九章　净化槽运维商的有关规定(48)
第四章　净化槽类型的许可(13～20)	第十章　其他规定(49～50)
第五章　净化槽建造的有关规定(21～34)	第十一章 刑事规定(59～68)
第六章净化槽清污作业许可(35～41)	补充规定

净化槽的设施安装

土方开挖 — Earth excavation

基础 — Foundation work

安装 — Installation

充水和回填 — Water filling & Bckfilling

连接管路 — Connecting pipes

安装设备 — Installing equipment

接电 — Electrical work

开车测验 — Test operation

工程移交 — Delivery

●Earth excavation
Excavate a hole of the necessary size to install the johkasou. Shoring may be required depending on the characteristics of soil or subsoil at the installation site. Excavation on sites with high ground water levels requires dewatering.

●Foundation work
Lay down a layer of rubble that is sufficiently compacted to keep the johkasou main unit horizontal and prevent the ground from sinking or rising. After pouring leveling concrete, pour the base-plate reinforced concrete to facilitate the horizontal installation of the johkasou and to transmit the weight of it and the superstructure to the ground.

●Installation
Install the johkasou in assigned location, making sure that it is leveled.

●Water filling
Fill the johkasou with tap water to protect it against damage and deformation during backfilling, and then check for leveling and for water leaks.

●Backfilling
First, tamp down the lower half and compact the earth by pouring water. Then, tamp down the upper half in the same way and fill in the space with earth to the bottom level of the inflow and outflow pipes.

●Connecting pipes
After sufficiently compacting the piping pathway section, fill in with earth and connect the inflow and outflow pipes. Pay attention to the gradient of inflow and outflow pipes when installing them. Install the pipes and pit and backfill the earth.

●Floor slab concrete work
Pour concrete on top of the backfilled earth to facilitate maintenance/inspection work, prevent the penetration of rainwater, and keep the johkasou from rising. This work can also be done after backfilling or connecting pipes.

●Installing auxiliary equipment
Install auxiliary equipment, such as blowers and pumps, in their designated positions. The blower and other equipment that may generate vibration or noise must be installed after preparing the appropriate foundations.

●Electrical work
Install a waterproof power supply specially designed for the johkasou unit, and be sure to ground it to the earth.

●Test operation
After construction work is completed, check whether each unit involved in the johkasou and its auxiliary equipment operates properly. At the same time, also check to ensure the johkasou is leveled, that there are no water leaks and that the flow of water is normal.

●Delivery
Deliver the johkasou to the johkasou users together with the necessary documents after confirming that it operates properly. The details of how to use the johkasou and the managing of maintenance/desludging should be explained to the johkasou users.

Earth excavation

Base-plate reinforced concrete

Installation (confirmation of inside facilities)

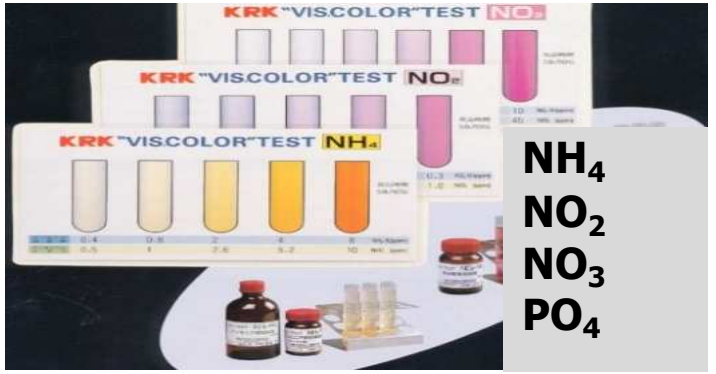
Water filling

Backfilling

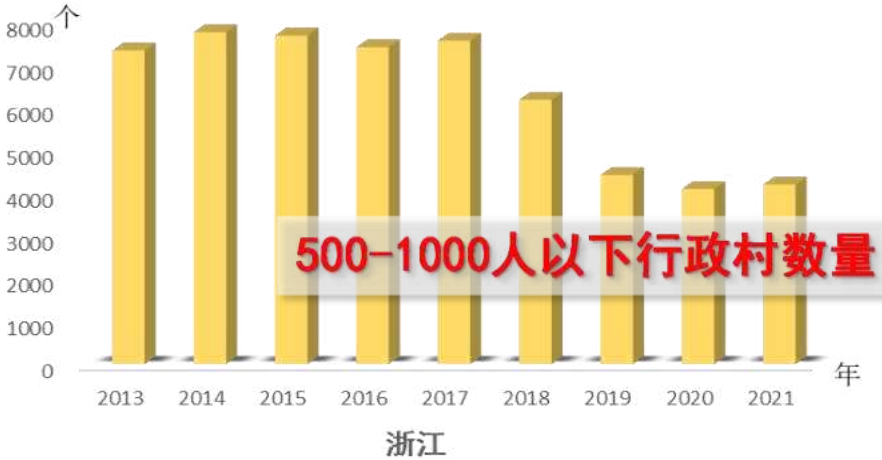
Connecting pipes

Upper part of concrete slab construction

日本净化槽系统的安装，运维和清泥



典型地区行政村数量变化

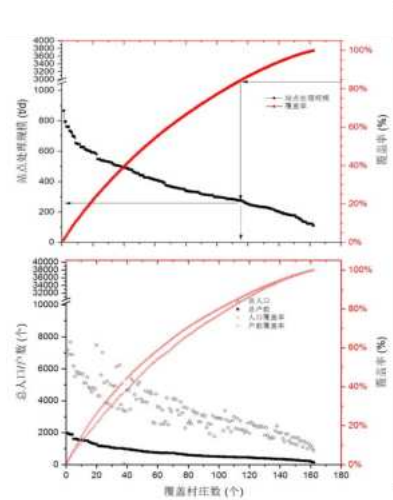


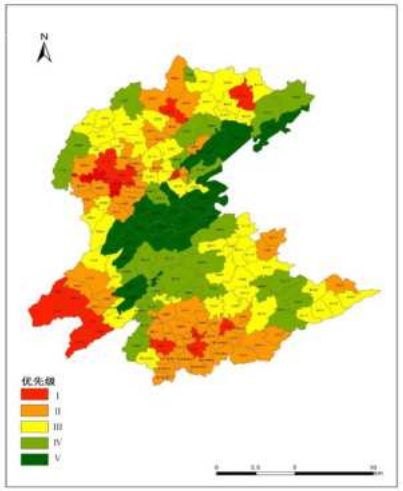
- 2012年至2021年长三角地区行政村总体数量减少，小规模行政村数量明显减少，1000人以上的行政村数量增大

  江苏省500人以下行政村由2013年的979个减少为2021年的223个。以安徽省为例，1000人以上行政村由2013年的10074个增加到2021年12936个，增长了近30%

管理方面：

科学规划

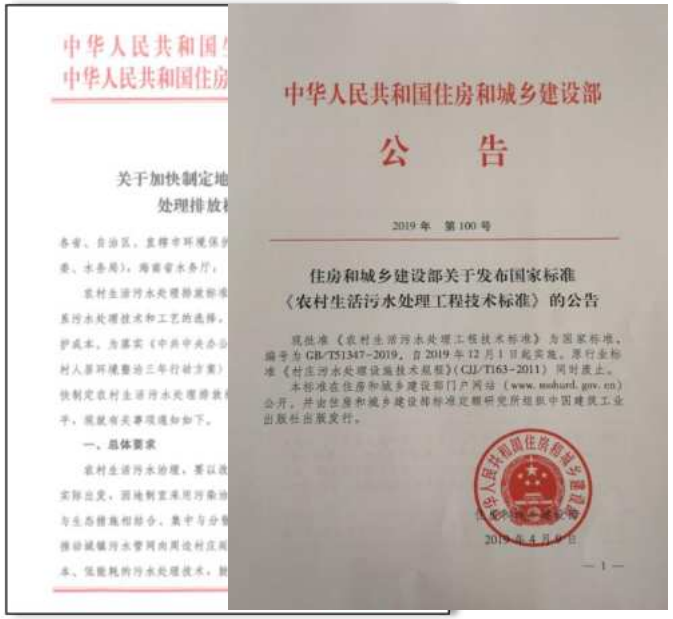


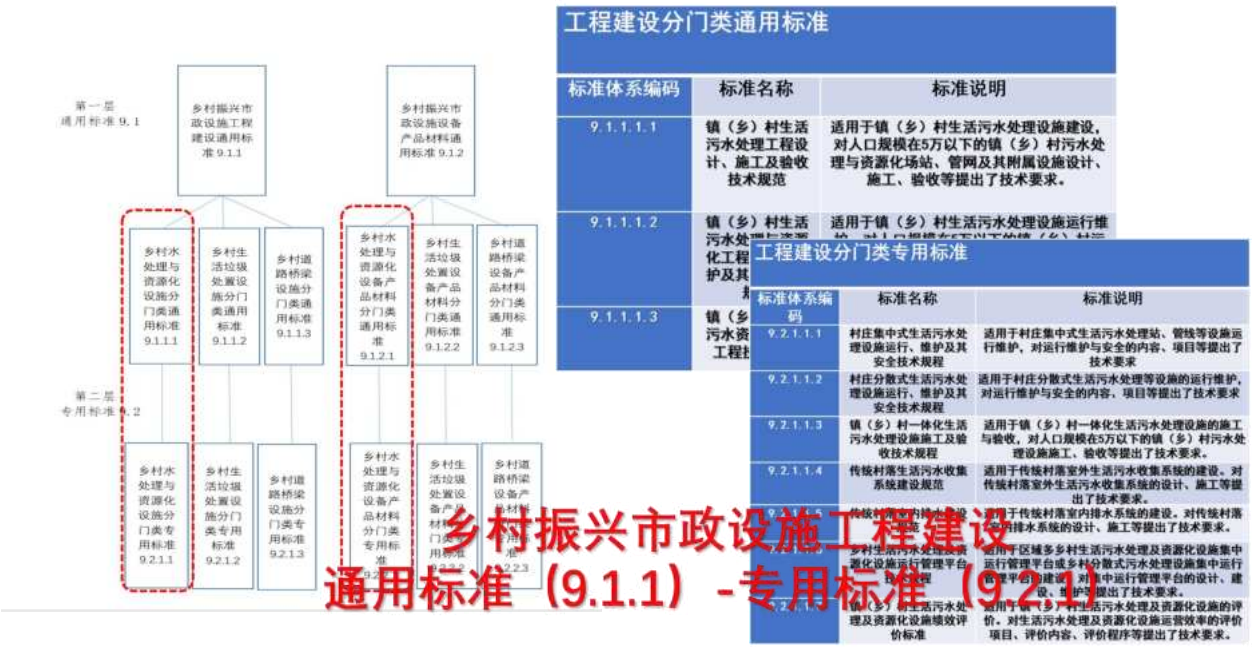


污水收集模式及处理规模		适用区域	参照标准1	适用条件	推荐工艺
接管处理	具备接管条件	所有区域	一级A	城镇污水管网2km范围内	城镇污水厂处理
分散型处理	分散收集模式1-5户或水量≤2m³/d	单户或多户分散收集	按受纳水体功能区类别确定	有小块闲置土地	小型净化槽 庭院式人工湿地 一体化设备
	分散收集模式3-30户或水量≤10m³/d	多户分散或分片收集	按受纳水体功能区类别确定	有小块闲置土地	小型净化槽 一体化设备
集中型处理	集中收集模式30-50户或水量≤20m³/d	多户分片或集中收集	一级B	/	一体化设备 AO+人工生态绿地
				有闲置土地，或能结合"美丽乡村"建设，营造适宜景观的地区	组合人工湿地
	集中收集模式50户以上或水量>20m³/d	集中收集	一级B	/	AO+人工生态绿地
				有闲置土地，或能结合"美丽乡村"建设，营造适宜景观的地区	组合人工湿地

- 集中分散分界线
- 出水水质要求及工艺

健全法规标准





工程建设分门类通用标准

标准体系编码	标准名称	标准说明
9.1.1.1.1	镇（乡）村生活污水处理工程设计、施工及验收技术规范	适用于镇（乡）村生活污水处理设施建设，对人口规模在5万以下的镇（乡）村污水处理与资源化场站、管网及其附属设施设计、施工、验收等提出了技术要求。
9.1.1.1.2	镇（乡）村生活污水处理工程运行维护及其	适用于镇（乡）村生活污水处理设施运行维护，对人口规模在5万以下的镇（乡）村污
9.1.1.1.3	镇（乡	污水资 工程

工程建设分门类专用标准

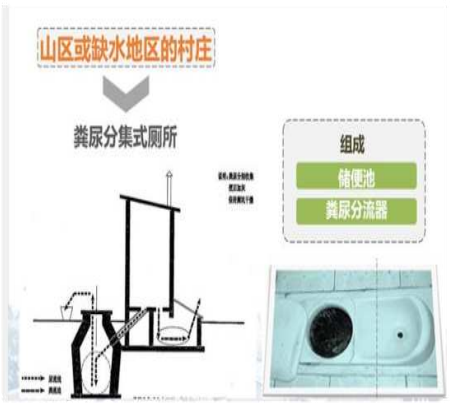
标准体系编码	标准名称	标准说明
9.2.1.1.1	村庄集中式生活污水处理设施运行、维护及其安全技术规程	适用于村庄集中式生活污水处理站、管线等设施运行维护，对运行维护与安全的内容、项目等提出了技术要求
9.2.1.1.2	村庄分散式生活污水处理设施运行、维护及其安全技术规程	适用于村庄分散式生活污水处理等设施的运行维护，对运行维护与安全的内容、项目等提出了技术要求
9.2.1.1.3	镇（乡）村一体化生活污水处理设施施工及验收技术规程	适用于镇（乡）村一体化生活污水处理设施的施工与验收，对人口规模在5万以下的镇（乡）村污水处理设施施工、验收等提出了技术要求。
9.2.1.1.4	传统村落生活污水收集系统建设规范	适用于传统村落室外生活污水收集系统的建设。对传统村落室外生活污水收集系统的设计、施工等提出了技术要求。
9.2.1.1.5	传统村落室内排水系统建设规范	适用于传统村落室内排水系统的建设。对传统村落室内排水系统的设计、施工等提出了技术要求。
9.2.1.1.6	乡村生活污水处理设施资源化设施运行管理平台建设规程	适用于区域多乡村生活污水处理及资源化设施集中运行管理平台或乡村分散式污水处理设施集中运行管理平台的建设，对集中运行管理平台的设计、建设、维护等提出了技术要求。
9.2.1.1.7	镇（乡）村生活污水处理及资源化设施绩效评价标准	适用于镇（乡）村生活污水处理及资源化设施的评价。对生活污水处理及资源化设施运营效率的评价项目、评价内容、评价程序等提出了技术要求。

乡村振兴市政设施工程建设通用标准（9.1.1）-专用标准（9.2.1）

技术方面：

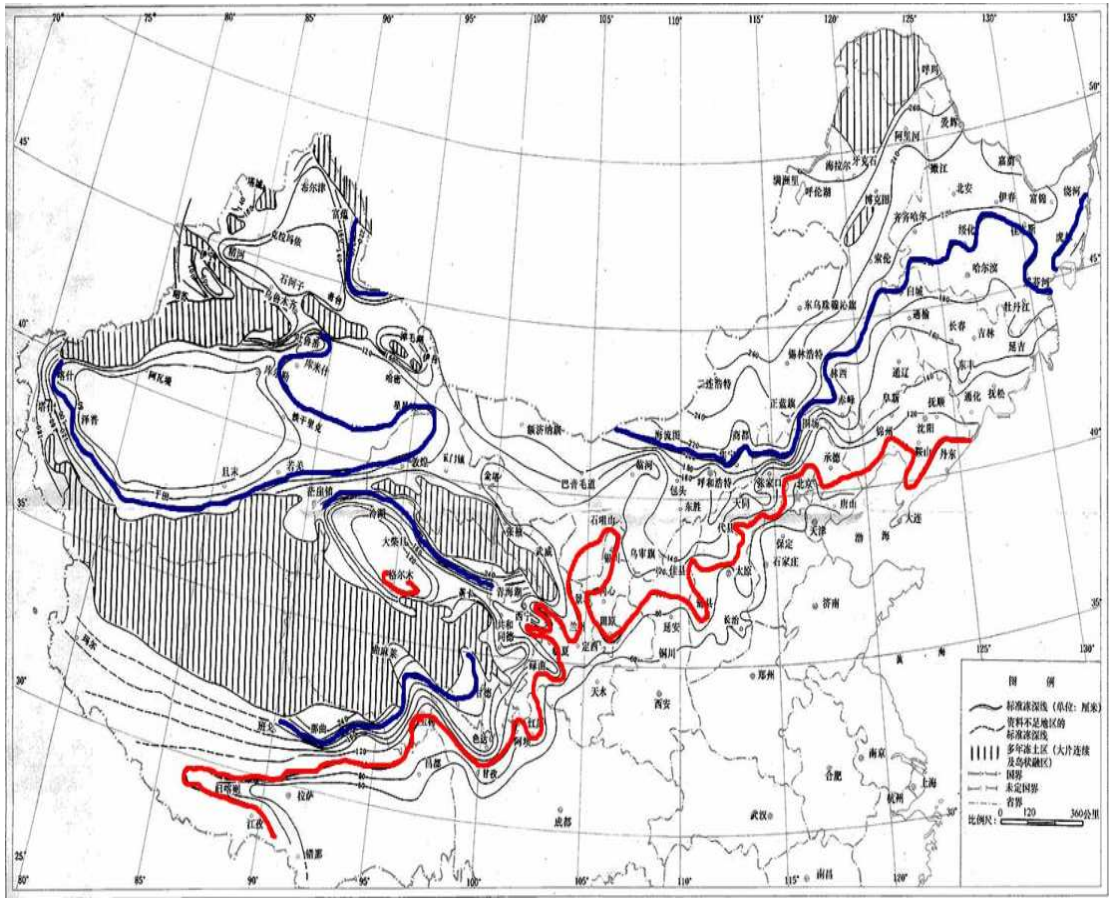
- 已建设施的技术优化
- 因地制宜技术选择
- 技术培训（技术选择、施工质量、运行维护）

改旱厕为卫生-生态厕所
形成地域型资源回收与利用的循环模式



改旱厕为水冲厕所
建立污水处理系统，形成农村污水处理与利用模式

卫生 舒适 安全 降碳



敬请批评指正！