

县域污水统筹治理 ——常熟经验介绍

范彬 研究员 博士生导师

住建部农村污水处理技术北方研究中心
中国科学院生态环境研究中心

1

提纲

- 一、从乡村污水治理说起
- 二、当前建设与运行中存在的问题
- 三、如何解决技术问题
- 四、常熟的经验与教训
- 五、乡村污水治理的PPP模式探讨

2

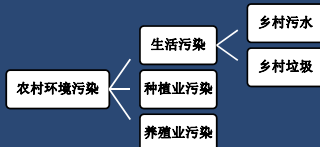
一、从乡村污水治理说起.....

1.1 乡村or农村

乡村是与城镇并列的一种人居形态

传统乡村 = 农村

随着乡村生产和生活方式由传统向现代转变，才产生了污水治理问题



乡村污水治理是中等发展阶段的标志性公共服务

3

从乡村污水治理说起.....

1.2 什么是乡村污水？（治理对象）

乡村聚落内围绕居民生活需求所产生的综合性市政废水，包括家庭生活污水、公共生活污水、雨污水、庭院生产性废水等。

- 从发展趋势看，庭院生产会日渐消失
- 对于雨污水以排水为主，兼顾处理后回用

4

从乡村污水治理说起.....

1.3 为什么要治理乡村污水？

第一需求：保障健康，防治疾病传染 ⇒ 内部需求

第二需求：改善人居环境，建设美丽乡村

第三需求：削减污染排放，保护生态环境 ⇒ 外部需求

推进原则：适应公共需求，量力而行，既不要滞后，也不必超前

建国后相关工作推进的次序

卫生改厕 ⇒ 环境整治 ⇒ 污水治理

5

从乡村污水治理说起.....

1.4 如何界定乡村污水治理的对象聚落？

满足下列条件的聚落应纳入乡村污水治理的范畴

■ 居民对现代卫生设施产生普遍需求（安装水冲厕所等）

■ 聚落内的污水治理具有显著公共需求的属性

建议将下列的村落纳入乡村污水治理的管理范畴：

（1）普遍安装水冲厕所等现代家庭卫生设施；

（2）人口规模≥100人，居住密度≥50人/公顷

对于10000人以上的聚落，宜纳入城镇污水治理的管理范畴

6

从乡村污水治理说起.....

1.5 乡村污水治理的技术体系建设的任务

基础设施

室内卫生设施

（厕所、厨房、清洗）

室外排水设施

污水处理设施

污泥处置设施

基础设施的完备性

运行维护

室内卫生设施维护

（厕所、厨房、清洗）

排水管网养护

污水处理设施运行

污泥处置设施运行

技术系统的完备性

7

从乡村污水治理说起.....

1.6 技术体系建设所面临的结构性困难（设施建设和运行）

■ 技术难题：乡村污水的分散性，强调技术和过程管理的精细化，**治小污如烹小鲜！**

➢ 缺乏（合格的）产业支撑

➢ 缺乏有效的行业管理（技术引导、技术支持、技术监督）

■ 管理难题：过渡阶段的农村社会问题

➢ 资金问题

➢ 居民动员问题

8

二、当前建设与运行中存在的问题

2.1 实施质量不如人意

- 已建成设施有效运行率不足15%
- 40%的设施需要经过大修才能投入正常运转
- 部分建成不足三年的设施趋于报废

资金保障原因

- 总量不足
- 强度不够
- 可持续性差

产品与服务质量原因

- 制造不过关
- 施工安装质量不过关

9

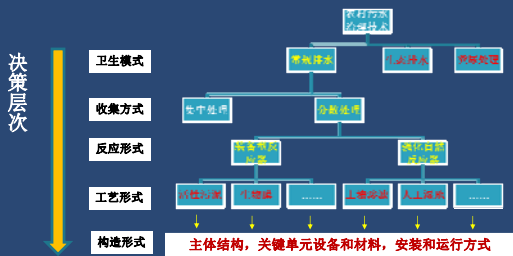
二、当前建设与运行中存在的问题

2.2 实施成本高 (+50%~100%)

- 不适当地追求高的出水水质标准 (+20%)
- 技术模式选择存在问题，最常见的现象是不适当地扩大乡村污水纳入城镇管网收集处理的范围 (+20%)
- 居民不支持、不理解甚至提出过分要求 (+20%)
- 现有工程管理的体制机制 (+15%)
- 用电费用和税费等不合理 (+15%)
- 面子工程、搭便车工程

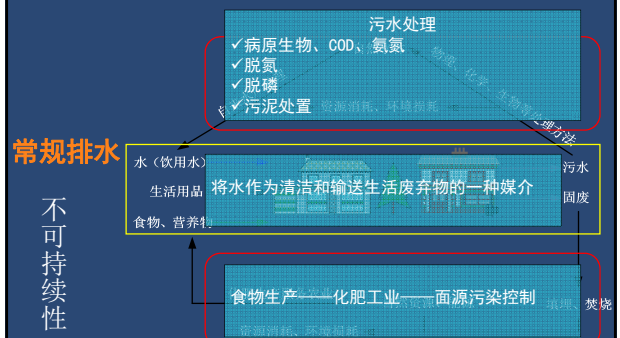
三、如何解决技术问题

3.1 工程技术选择与国家技术决策



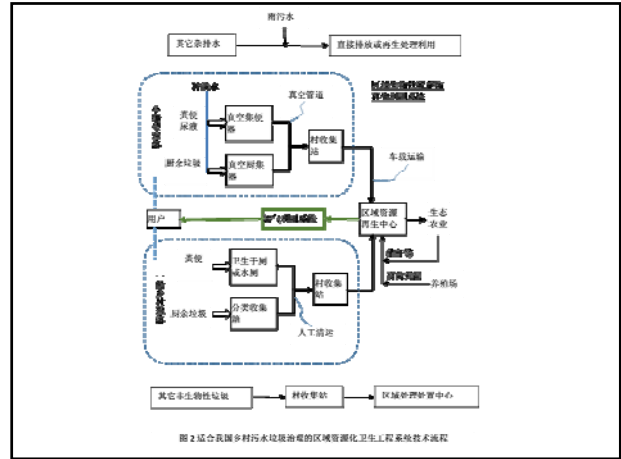
11

Q1-卫生模式选择



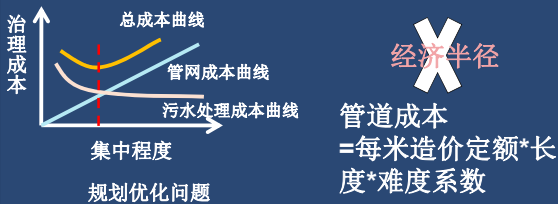
12

Q1-卫生模式选择



Q2-收集方式选择

- 就地处理——出户管直接接入处理装置
 - 村组处理——村组管网收集后接入处理装置
 - 集中处理——村组管网收集后接入城镇管网
- 分散处理



Q2-收集方式选择

快速决策法:

- 第一步: 测算当地就地污水处理的户均建设成本 (V_1);
- 第二步: 测算当地村组收水管网的户均建设成本, (V_2)。如果 $V_2 > 0.7 \sim 0.8V_1$, 则选择就地处理模式。
- 第三步: 如果 $V_2 < 0.7 \sim 0.8V_1$ 。分别测算村组处理设施建设费 (V_3), 和接入城镇管网的建设费 (V_4)。如果 $V_3 < 0.7 \sim 0.8V_4$, 则选择村组处理模式, 反之选择纳管处理模式。

Q2-收集方式选择

当前存在的主要问题：喜集中、恶分散

观念障碍：

- 管理上将分散处理等同于落后处理、权宜之计
- 居民：缺少责任机制，觉悟低

体制障碍：城乡二元割裂

技术障碍：分散处理实施现状不如人意

- ✓ 行业管理不完善
- ✓ 产业技术支撑能力不足

Q3-分散处理反应器类型选择

强化自然反应器

利用土地等自然资源构建用于污水处理的反应器，通过人工强化自然环境中的生化-物化过程使污水得以净化

- ✓ 优点：能耗较低
- ✓ 缺点：因地制宜，现场安装，建设质量与运行操作不易控制

构造型反应器

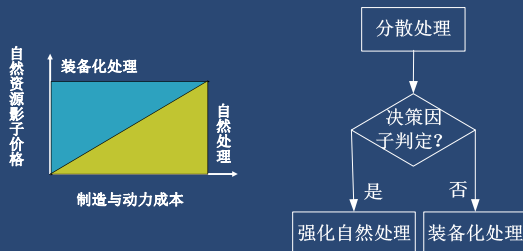
以现场建造或工厂化预制的反应器为主要载体，以好氧二级生化处理为主的生化与物化手段使污水得到净化

- ✓ 优点：可利用批量制造降低成本，建设、运行操作容易控制
- ✓ 缺点：有较高动力消耗需求

18

Q3-分散处理反应器类型选择

决策因子



19

Q3-分散处理反应器类型选择

当前存在的问题：过于强调强化自然处理的优势

- 政府：片面追求低成本
- 企业：一味迎合领导口味
- 学者：迷恋“手工艺品”

就更大的普遍性而言，应以构造型技术为主，以强化自然处理为补充

Q4-构造型反应器工艺选择

目前国内实际应用的工艺技术近50种
通过标准化和规模化生产与应用降低成本是大势所趋

基本认识

- 工艺类型过于繁杂
- 当前各种成熟工艺的技术经济性能在同一水平，只是在针对不同应用条件与要求进行投入、产出的优化
- 在满足所有应用需求的前提下，选择有限数量并为大多数人所接受的技术形式作为重点发展对象

Q4-构造型反应器工艺选择

工艺分类

- 传统活性污泥法，A/O, A²O
- 改良活性污泥法：氧化沟、SBR.....
- 生物膜法：生物滤池，接触氧化，移动床生物膜.....
- 膜生物反应器

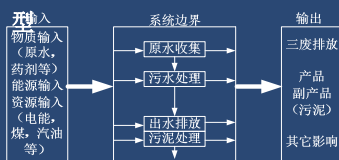
决策因子

- 出水水质指标要求
- 对应用条件的适应性：水量、气温
- 处理成本
 - 设备与材料成本：建设与运行
 - 人工成本：建设与运行
 - 土地占用：建设
 - 动力成本：运行
- 在农村地区的可运行性

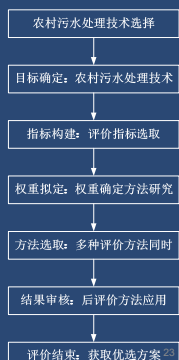
Q4-构造型反应器工艺选择

工艺评价

A、建立评价模



B、评价实施流程



Q5-结构形式选择

- 原则：在鼓励竞争的前提下，尽可能使相似应用场合和相同出水指标要求的相同工艺装备结构形式相对统一
- 目标任务
 - 同一原则工艺流程
 - 主要机电设备、主要材料、接口技术标准化
 - 设计、安装建设标准化
 - 运行维护与监管标准化

Q6-国家技术体系建设

- 技术体系设计须解决的核心问题：
 - 我国应选择什么样的装备型分散污水处理技术作为重点发展的方向
 - 生态卫生模式是否应成为我国农村分散污水处理技术的重点发展方向
 - 如何从科技支撑、产业政策、技术标准、应用规范等各个方面促进重点技术发展与应用

Q7-乡村污水治理的成本

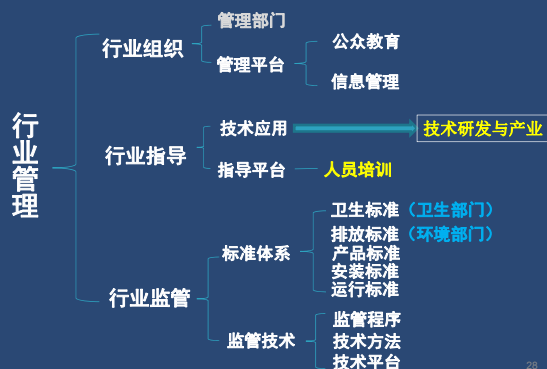
- 基本认识
 - 保障基础设施建设质量是前提
 - 乡村污水治理的成本总体上要高于城镇污水处理
 - 评价乡村污水治理的直接经济成本应以户均（或人均）投入为主要依据进行核算

常熟市2012年-2014年乡村污水治理成本

收集模式	村庄 (个)	服务人口 (户) ^a	建设成本 (元/户)	运行成本 (元/户年)	等价成本 ^c (元/户年)
城镇处理	135	26149	24690	325 ^b	1529
村组处理	170	7364	24370	393	1615
就地处理	9	304	18240	399	1431

- 预测中等发展极端乡村污水治理的边际成本
 - ✓ 设施建设：15000元/户
 - ✓ 设施运行成本：400元/户/年

3.2 建立完善行业管理体系，加强质量监管



3.3 以县域为基本单位，统筹治理

- 统筹管理：资金、体制、政策
- 统一规划：县域一体规划，优化集中与分散布局
- 统一建设：统一选择技术，批量组织实施
- 统一运行：专业队伍，集中运行

29

四、常熟的经验与教训



常熟：市域面积1264平方公里，户籍人口106万，城市建成区97.62平方公里，城镇人口76万，农村人口30万，全市城镇化率达到72%。综合实力始终位于全国百强县市前列。

“区域经济社会协调发展组团”并列第一名

2011年中国大陆最佳县级城市第二名

2002年获得“国家园林城市”

2011年获得“中国人居环境奖”



30

4.1 市财政统筹污水治理资金

2015年之前：
四个统一，建设费80%，运行费100%

专项收入来源

- 城乡居民污水处理费
 - 工业排污费
 - 上级项目支持
- 1.5亿/年 → 银行贷款建设

2015年之后：
PPP模式，建设费100%，运行费100%

31

4.2 统一规划

打破内部行政区划

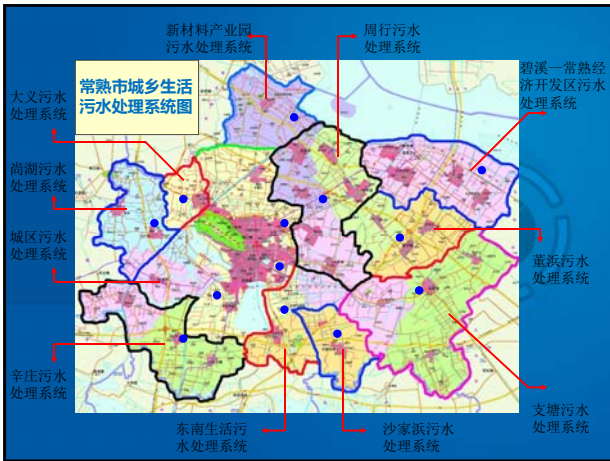
优化集中处理设施布局

合理选择村庄污水处理方式

确定纳管处理范围的基本方法：

- (1) 位于重力自流的主干管道1公里范围之内
- (2) 污水收集后能够通过自流管接入主干管
- (3) 受河道等因素阻隔的村庄污水一般不纳入集中处理系统

32



• 规划注意事项

- 实事求是地制定村庄污水治理目标
 - 通水通电、普及水冲厕所、人口在100人以上
- 实事求是地确定村庄污水处理深度
 - 重点去除COD、氨氮和SS
- 实施求是地测算近期村庄污水处理量
- 避免过于倚重集中处理，重视分散处理

按村庄点计常熟市2008年-2012年纳管处理管道建设成本

项目	单位	平均	中位值	最大值	最小值	25%位值	75%位值
户均投资	元	24691	23311	45031	14180	18781	28063
户均管长	米	42.8	39.6	69.5	21.9	33.9	52.3
管道造价	米/元	623	582	1546	372	456	627

4.3 统一建设

- 集中处理：住建局统一建设，建管分离，引入市场机制
- 分散污水处理
 - 以乡镇为建设主体
 - 住建局统一制定工艺，统一设计原则，统一认定承包商与供货商资格，组织批量发包

保证质量、降低成本、高效推进

曾经出现的主要问题

- 建设质量低下，设施寿命短，运行维护困难
- 片面追求建设期的低成本，导致运行维护人力消耗大
- 技术类型过多，缺少建设的规模效应，不利于今后集中运行
- 迷信免维护、无动力
- 超标准建设，投资过大

统一选择技术

统一工艺

- 制定并颁布县域分散污水适用技术目录
- 技术适当集中，设备化处理工艺不宜超过四种

统一设计

- 同种工艺主体结构标准化，主要机电设备通用化

统一采购

- 统一认定供货商与承包商资格
- 提高采购批量，鼓励总承包

37

村庄污水处理技术方案制定

第一步：比选分户处理与社区处理

分户处理设施成本+运行成本

社区管网成本+处理设施成本+运行成本

第二步：比选强化自然处理与设备化处理方式

土地等资源成本

动力成本

第三步：平衡设施投资与运行维护的人力成本

设备制造与自控水平的先进性

运行维护的人力成本

38

- 管网建设问题：建设成本高，质量控制困难
道路硬化使管道建设成本增加

常熟市分散污水处理设施建设成本分析表

	总投资	管网	处理设施	管道占比	户均长度	管道造价
平均值	15957	11538	4419	0.68	34.2	425
中位值	15686	12218	3545	0.78	31.7	335
最大值	36041	27223	12981	0.89	74.0	1352
最小值	3100	357	1204	0.11	0.5	110
75%位值	18508	14117	4611	0.82	47.1	526
25%位值	12310	8939	2857	0.56	24.1	256

39

4.4 统一运行

- 统一制定运行规范，
- 统一资质认定或人员培训
- 提高专业化运行维护的水平
- 强化过程监管

通过提高集约化水平，降低运行与监管成本



4.4 统一运行

• 集中处理系统

- 管网系统，市政统一养护
- 集中污水处理厂通过联合运行，共享管理、生产等环节的技术人员、设备与信息，降低运行成本
- 注意消除产权和运行权障碍
 - 通过行政划拨，统一产权
 - 通过市场方式，统一运行权

41

4.4 统一运行

人员配置、巡检策略、运行技术、成本测算等参考《常熟案例》

• 分散污水处理设施

- **集中运行**：交通便利，设施集中，有一定数量规模
 - 定期巡检+事故检修+技术中心调度与支持
- **指导运行**：少数僻远村落
 - 指定专人（如电工），兼职负责
 - 接受培训与技术指导
 - 由负责集中运行的单位提供维修等服务

42

五、乡村污水治理的政企合作模式探讨

现有实施模式：政府全程负责下的分项采购模式

- > 规划设计采购
- > 设备采购
- > 施工采购
- > 监理采购
- > 运行采购

主要弊端

- > 政府承担全部技术风险：每一个分项采购完成后，技术责任即移交政府
- > 由于缺乏技术监督的标准与监管的能力，政府对每一分项的监管都难以到位。如果建成后设施无法运行，政府根本无法界定并追溯分项货物或服务供应商的责任。

43

政企合作模式：整体采购与考核下的市场主体责任模式

设计原则：

- 企业承担全部技术风险，政府承担主要的政策与社会风险
- 以结果监管为主，过程监管为辅

推荐操作方式：**建设-部分形象移交-长期质保运行**

44

“建设-部分形象移交-长期质保运行”的操作步骤

(一) 县市域政府制定乡村污水治理的总体规划，明确将所有分散污水治理项目打包（以一个包为宜，在必要的情况下也可按内部区域划分为几个包）。在项目包设计时无须明确各个具体工程及工程量，只需明确项目实施的区域范围，同时约定所有不适宜纳入城镇集中污水治理系统的村庄点都将自动进入项目包。在项目推进过程中，政府可根据集中污水治理系统的实际规划调整及实施的进程，分批确定不再纳入城镇集中污水治理系统的村庄点。

45

(二) 设计关键技术指标，包括：第一，工程推进指标，明确分散污水治理的设施覆盖率（综合考虑人口覆盖率与村庄点覆盖率等）的形象推进进度；第二，技术质量指标，包括运行期公共排水服务的质量指标和运行期环境污染排放指标；第三，运行期结束后的设施移交质量指标。

一般而言，乡村排水管网的运行责任及质量保证期应在30年以上，污水处理设施的运行责任及质量保证期应在15年以上。运行期结束后，合作企业可将设施按照约定的质量要求移交政府，或者续签RTO合同（修复-形象移交-继续运行）。

46

(三) 设计经济指标和支付方式。限于分散污水治理的工程数量多、实施地点分散，单个工程规模小、实施难度差异大等特点，建议的主要经济指标以现状人口（或户数）为基础，结合对未来排水量的预测，并基于当地实际的工程造价指标，测算区域内平均的基准年人均（或户均）设施建设成本和设施运行成本，综合考虑建设期融资需求、未来价格指数变动等因素，设计项目的经济指标和支付方式。在没有建设期向企业融资需求的情况下，政府可与合作企业约定，在建设工程形象移交后，即行支付建设成本，建设期利润分摊至运行期逐年支付。

47

(四) 对合作企业选择何种分散污水治理技术模式以及设备与服务采购等不做具体规定，给予企业充分的技术自主权。

(五) 基于公平、公正和公开的原则，对项目进行公开招标、邀请招标或竞争性谈判，并最终签订项目合同。基于此类项目的公共服务属性、实施区域范围大、责任年限长等原因，合作企业应具备高度的市场信誉和长期经营的稳定性。

48

谢谢!



范彬 博士 研究员
电话: 010-62849142
Email: fanbin@rcees.ac.cn
中国科学院生态环境研究中心

