

关于农村污水治理技术路线的探析

赵峰

(南阳四相环保科技有限公司 河南南阳 473000)

摘要: 生态系统有承载极限, 污水治理产生的污染物影响生态系统, 提高农村污水治理的内部处置能力, 能够减小向外部环境输出污染物, 避免或降低对外部生态系统的影响; 把熟化池和优先灌溉协同联动技术与农村污水处理适用技术组合, 就近进行农村污水与污泥的共同治理, 有助于在农村环境治理的同时, 兼顾外部生态环境的保护。

关键词: 农村污水治理; 技术路线; 水泥共治; 熟化池; 优先灌溉

DISCUSSION AND ANALYSIS ON THE TECHNICAL ROUTE OF RURAL SEWAGE TREATMENT

ZhaoFeng

(Nanyang four phase Environmental Protection Technology Co., Ltd. Nanyang, Henan, 473000 China)

Abstract: Ecosystems have bearing limit, Pollutants from sewage treatment affect ecosystems, Improve the internal disposal ability of rural sewage treatment, Can reduce the output of pollutants to the external environment, Combining the ripening pond and priority irrigation technology with the suitable technology for rural sewage treatment. In the countryside, sewage treatment and sludge treatment are carried out together. It is conducive to taking care of both rural environmental governance and external ecological environment protection.

Key Words: Rural sewage treatment; Technical route; Co-treatment of sewage and sludge; Ripening pond; Preferential irrigation

0 引言

污水处理的实质是一种将污染物从水中分离出去的技术, 根据物质守恒定律, 污染物不会无故消失, 最终要有一个消纳污染物的系统。因此, 农村污水治理就是依据农村特点进行污水处理处置, 并最终为污染物提供一个可持续的下游消纳系统。下游消纳系统是承载农村污水治理污染物的处置系统, 农村有农田土地的天然条件, 农田土地具有承载消纳污水和污泥的能力, 农业灌溉用水和有机肥土地利用为农村污水处置和污泥处置提供了适用的下游消纳系统, 这是农村污水治理的资源化处置方式。在最新发布的《农村生活污水处理工程技术标准》^[1]中, 资源化是农村污水治理政策鼓励的方向。农村污水治理需要解决瓶颈问题, 熟化池可解决污泥稳定化问题, 优先灌溉的协同联动系统能够克服灌溉用水的时间性、季节性因素, 通过与农村适用污水处理技术^{[2] [3]}组合、集成

应用，可在农村就近实现污水处理处置+污泥处理处置的技术路线。

1 分析的基础

1.1 状态稳定性的条件

一定条件下，一个由输入-输出、系统状态构成的稳定性系统，状态稳定性条件是累积变量 $ds=0$ ^[4]，物理累积变量 ds 是单位时间系统输入与单位时间系统输出的差，即：

$$ds = M_+ - M_- \quad (1)$$

式(1)中 M_+ 表示单位时间的系统输入量， M_- 表示单位时间的系统输出量，将物理状态稳定条件 $ds = 0$ 代入式(1)中，即得出：

$$M_+ - M_- = 0 \quad (2)$$

$$M_+ = M_- \quad (3)$$

因此，一定条件下，在一个输入-输出的开放性衡敛系统^[5]中，当单位时间的系统输入量 M_+ 等于单位时间的系统输出量 M_- ，则开放性系统的状态稳定。

1.2 系统承载极值

假设生态系统是有生态标准的稳定系统，在生态系统状态稳定的基础上，增加单位时间叠加输入量 dM ，保持生态标准及输入-输出平衡的最大输出极值是 M_{L-} ，则：

$$M_+ + dM = M_{L-} \quad (4)$$

在保持系统状态稳定和状态标准的前提下，最大输出极值 M_{L-} 等于系统承载极值，用 M_L 表示系统单位时间承载极值， $M_L = M_{L-}$ ，保持状态稳定及状态标准的基本条件是单位时间输入总量不超过承载极值，即生态承载能力方程是：

$$M_+ + dM \leq M_L \quad (5)$$

1.3 下游消纳系统

生态系统新增输入时，系统单位时间总输入不超出系统的承载极值 M_L ，则生态系统具有承载消纳新增输入的能力。

下游系统的输入就是上游系统的输出，如果下游系统叠加输入满足式(5)，则表示下游系统具有承载消纳上游系统输出的能力，称为下游消纳系统。

1.4 分析的路径

污水治理要避免或减少影响生态系统，要保持下游消纳系统状态标准和状态稳定，就要避免下游消纳系统单位时间输入污染物超出承载极限 M_L ，根据式(5)，从态势方向的角度，应尽量减小下游消纳系统的单位时间叠加输入量 dM 。

2 农村污水治理系统分析

2.1 下游消纳系统

农村污水治理单位时间输出为 M_{0-} ，以农村地理环境为边界，把污水处理的下游消纳系统分为农村内部下游消纳系统和农村外部下游消纳系统，农村内部下游消纳系统是农村本地的生态系统，农村外部下游消纳系统是农村外部的生态系统。

农村污水治理的输出等于向下游消纳系统的叠加输入，污水治理单位时间输入农村内部下游消纳系统为 M_{1-} ，污水治理单位时间输入农村外部下游消纳系统为 M_{2-} ，则：

$$M_{0-} = M_{1-} + M_{2-} \quad (6)$$

分析式(6)，农村污水治理的输出 M_{0-} 是定值，增大向农村内部下游消纳系统的输出 M_{1-} ，则向农村外部下游消纳系统的输出 M_{2-} 减小，即减小对外部生态系统的影响。

2.1 污水治理系统分解

分解农村污水治理系统输出^[6]，输出物为消化气、水污染物、污泥。

$$M_{0-} = M_{气} + M_{水} + M_{泥} \quad (7)$$

污水是由水和污染物构成，污染物影响生态系统，因此在污水治理分析时，以污染物为分析对象，把水作为系统边界条件，忽略对水的分析。见式(7)，把以水为载体输出的污染物称为水污染物，污水治理系统单位时间输出水污染物为 $M_{水}$ ，污水治理系统单位时间输出污泥表示为 $M_{泥}$ ，消化气是由可降解污染物生化反应产生，用可降解物映射表示消化气，污水治理系统中单位时间输出消化气为 $M_{气}$ 。

2.2 消化气的输出

污水治理产生的消化气进入大气系统，大气系统是 $M_{气}$ 的下游消纳系统。

农村污水治理系统中，在没有特殊要求情况下，主要把消化气作为系统平衡、物质守恒的一个组成部分，不对消化气 $M_{气}$ 进行分析。

2.3 水污染物的输出分析

2.3.1 下游水消纳系统

承载农村污水的下游消纳系统是下游水消纳系统，参照式(5)，即：

$$M_{水+} + dM_{水} \leq M_{水L} \quad (8)$$

式(8)中， $M_{水+}$ 是原有稳定状态的下游水消纳系统单位时间输入量， $M_{水L}$ 是下游水消纳系统的承载极值， $dM_{水}$ 是下游水消纳系统的单位时间叠加输入量，也是上游污水治理系统单位时间输出水污染物 $M_{水}$ ， $M_{水} = dM_{水}$ 。

污水处理一般排放水体，由于自然水体的污染物承载能力弱，应尽量降低 $dM_{水}$ 。

2.3.2 减小叠加输入量的路径

分析式(8)，在无法量化承载极限及输入量的情况下，减小下游水消纳系统的叠加输入量，在态势方向的角度，是避免水污染物超出水体消纳极限的路径。

路径1，采取水质净化的方式，提高污水处理排水的水质标准，能够降低单位时间

输出水污染物 $M_{水}$ ，相当于减少下游水消纳系统叠加输入量 $dM_{水}$ 。

路径2，采取分流输出方式，根据式(6)，将污水分流到农村内部下游水消纳系统，在污水治理输出水污染物总量一定的情况下，增大向农村内部下游水消纳系统的输出，就等于减少向农村外部下游水消纳系统的输出，降低对外部生态环境的影响。农田土地可作为农村内部下游水消纳系统，农田灌溉是一条分流农村污水的路径。

2.4 污泥的输出分析

2.4.1 下游泥消纳系统

承载农村污泥的下游消纳系统是下游泥消纳系统，

按照式(6)的结论，增大向农村内部下游泥消纳系统的输出，就能减小向农村外部下游泥消纳系统的输出。污泥发酵熟化成为有机肥，农村土地有利用有机肥的需求，农田土地即是农村内部下游泥消纳系统。如果增大农村内部下游泥消纳系统的污泥处置能力，减少或停止向农村外部输出污泥，就能够最大程度保护外部生态环境。

2.4.2 农村内部下游泥消纳系统

农村有土地条件，农田土地是农村污水治理的农村内部下游泥消纳系统。

参照生态承载能力方程，列出农田土地的肥料承载能力方程：

$$M_{肥+} + dM_{肥} \leq M_{肥L} \quad (9)$$

式(9)中， $M_{肥+}$ 是农田土地的自然肥料， $M_{肥L}$ 是农田土地的肥料承载极值， $dM_{肥}$ 是农田土地单位时间叠加输入肥料量。

叠加输入的肥料 $dM_{肥}$ 包括化肥 $M_{化肥}$ 和有机肥 $M_{有机肥}$ ，即：

$$M_{肥+} + M_{化肥} + M_{有机肥} \leq M_{肥L} \quad (10)$$

分析式(10)，农田土地有承载极限，增加使用有机肥，可减少使用化肥。

污泥的成分包括可降解污泥和难降解污泥，从农田土地肥料输入标准的角度，可降解污泥的状态不稳定，进入农田会产生烧苗、呕根等问题，不符合有机肥利用的标准。因此，农村污泥进行土地利用的前提是污泥稳定化、无害化处理。

3 结果

利用农村农田土地作为农村内部下游消纳系统，在农村内部消纳处置污水治理产生的污染物，能够减少向农村外部输出污染物，有助于兼顾农村内外的生态环境。

4 讨论

4.1 农村污泥的稳定化处理

农村污泥发酵为有机肥可就近利用，但土地利用的前提是污泥必须稳定化、无害化。污泥稳定化技术有好氧发酵和厌氧发酵，是成熟处理技术，但农村污泥分散、规模小、

含水率高，干式堆肥受到影响，农村污泥稳定化是制约污泥土地利用的瓶颈。

熟化池采用同步厌氧稳定化处理技术，通过系统分解和输入-输出控制技术，把污泥连续性输入子系统的批次累积污泥作为污泥厌氧稳定化子系统的批次性单位时间输入，达到污泥厌氧稳定化时间，批次输出稳定化污泥。熟化池适用农村污泥熟化处理。

4.2 污水优先灌溉系统

污水灌溉是一条内部处置农村污水的路径。农业大量用水，农田土地能够消纳利用生活污水中的氮磷等物质，在符合用水标准情况下，污水灌溉适用农村。由于农村生活污水是日常持续性产生，而农业灌溉具有时间性和季节性，影响农村污水灌溉的应用。

探索解决农村污水灌溉瓶颈，可应用优先灌溉协同联动技术，技术路线是污水处理后由联动配水池根据灌溉用水自动切换污水的自流输出和溢流输出，灌溉期间通过重力自流将污水输送到灌溉系统进行灌溉利用，并与其他灌溉水源联合工作；当休灌或蓄水池水满，通过灌溉蓄水池浮球阀或液位控制装置停止污水的自流输送，联动配水池水位升高并以溢流输送方式将污水转入污水强化处理系统，污水处理后达标排放水体。

4.3 农村水泥共治的技术路线

多年来，农村总结了许多适用的污水处理技术，由于农村污水治理是系统工程，在污泥处理和污水灌溉等环节存在技术瓶颈，影响了农村污水的系统性治理。

熟化池用于农村污泥稳定化，优先灌溉协同联动系统可克服农村污水灌溉的时间性、季节性影响，将熟化池和优先灌溉协同联动系统与农村污水处理的适用技术^{[2] [3]}组合，可实现农村污水处理处置+污泥处理处置的水泥共治技术路线。

下图 1 是一种以厌氧处理为主的水泥共治系统：

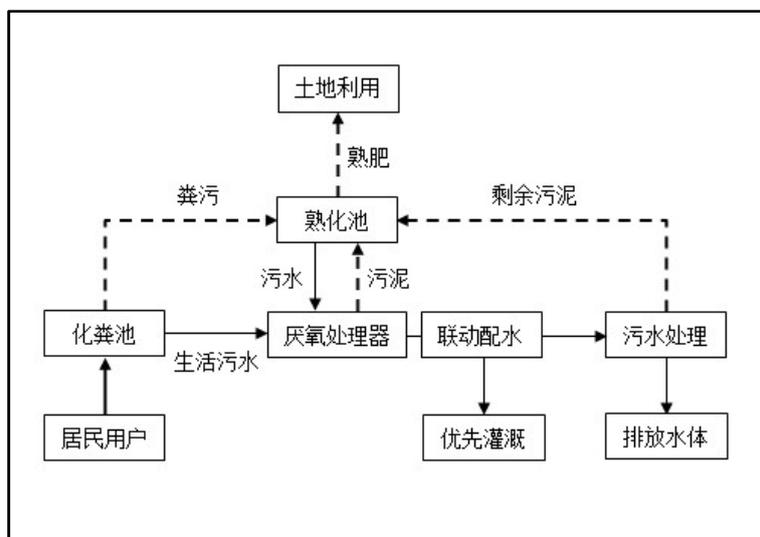


图 1、农村水泥共治系统方案 1

图 1 农村水泥共治方案中，生活污水首先经化粪池预处理，然后进入厌氧处理装置进一步处理，化粪池中清掏的粪污进入熟化池进行稳定化处理，熟化池中粪污浓缩分离的污水进入厌氧处理器，经过厌氧处理器处理的污水首先由协同联动配水池优先分配进行灌溉利用，污水可与其他水源配合供水灌溉；休灌期间联动配水池将污水分配到污水

处理系统，由污水处理设施进行净化处理，达到水质标准排出；厌氧处理器与污水处理设施产生的剩余污泥转运或输送到熟化池进行稳定化处理，熟化池对农村化粪池粪污和污水处理剩余污泥进行发酵熟化，产生的熟化污泥就近进行土地利用。

图 2 的农村水泥共治系统中，污水先经过污水处理再由联动配水池分配输出，优先进行灌溉利用，在切换排放水体时，根据水体排放的水质标准设计排水路径，对于排水水质标准高的水体，附加生态处理工艺，水质净化达标后排放。

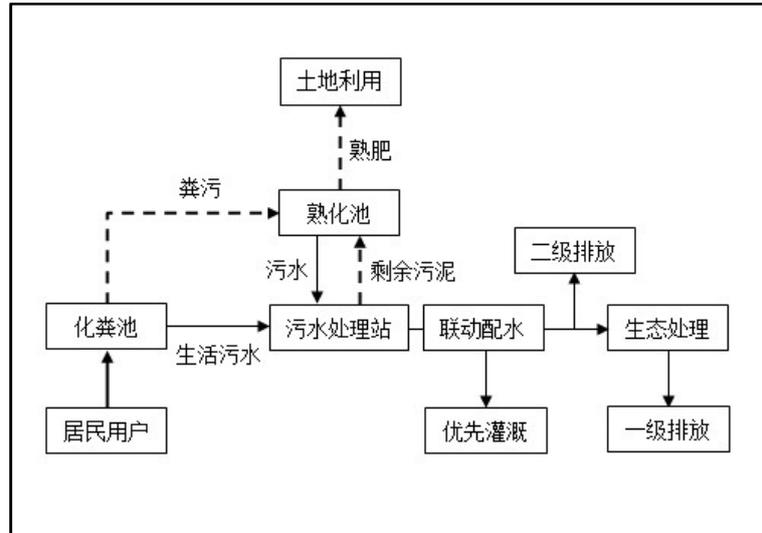


图 2、农村水泥共治系统方案 2

4.4 有待加强的方向

农村污水治理是一个复杂性系统工程，涉及问题不仅仅是技术层面，建议在农村污水治理中引入系统控制的技术和方法，特别是加强有限条件分析及控制技术的研究应用，有助于为复杂化、差异性的农村污水治理提供一条新思路。

5 结论

1、农村污水治理产生污染物，提高农村内部消纳处置污染物的能力，就能够减少向外部生态系统输出污染物，避免或减小对外部生态环境的影响。

2、熟化池和优先灌溉协同联动系统有助于克服农村污水治理的瓶颈，提高农村污水治理的内部处置能力，通过与农村污水处理适用技术组合应用，可形成农村水泥共治的技术路线，兼顾农村环境治理及外部生态系统保护。

[参考文献] (References)

- [1]. CJJ/T 163-2011. 农村生活污水处理工程技术标准[S]. 中国建筑工业出版社, 2019-08-01
- [2] 齐瑶,常杪. 小城镇和农村生活污水分散处理的适用技术[J]. 中国给水排水, 2008,24(18):24-27.
- [3] 张家炜,周志勤. 浅析农村生活污水分散式处理适用技术[J]. 环境科学与管理, 2011,1:95-99.
- [4] 赵峰. 物理稳定性的状态模式[J]. 中国科技论文在线精品论文, 2011,4(15):1376-1381.
- [5] 赵峰. 开放系统状态的收敛表达式[J]. 软件, 2011,32(4):79-83.
- [6] 赵峰. 衡敛系统的性质及其推导[J]. 软件, 2011,32(3):69-72.