

# 瑞典污泥土地回用管理体系的剖析及启示

雷挺, 曹睿

(上海市市政工程设计研究总院<集团>有限公司, 上海 200092)

**摘要:** 污泥土地回用因其具有高效、经济与可持续性,成为目前主流的污泥处置方式之一,但是污泥中含有的重金属、持久性有机污染物等物质,为污泥土地回用尤其是农业土壤利用带来了很大的风险。当前多数国家都根据污泥生产方式及污染物含量对污泥进行了分级,并在此基础上建立了污泥土地利用的标准规范,但缺乏污泥利用全过程的系统性管理措施。就瑞典 REVAQ 污泥回用管理体系的组成及相关内容进行了介绍与剖析,可对我国污泥土地回用管理体系的建立提供参考。

**关键词:** 污泥; 土地回用; 重金属污染; 污水处理厂

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2018)14-0038-03

## Analysis and Inspirations of Sludge Land Application Management System in Sweden

LEI Ting, CAO Rui

(Shanghai Municipal Engineering Design Institute <Group> Co. Ltd., Shanghai 200092, China)

**Abstract:** Due to its high efficiency, cost-effective and high sustainability, the application of sludge into land are the major solution of sludge disposal. For the existence of containments like heavy metal and organic chemicals, the application of sludge to agricultural land has raised discussion on risk assessment. At present, most of the countries have established sludge application guidelines for thresholds of contaminants and the associated classifications. However, there is a lack of systematic management measures for the whole process of sludge utilization. With introducing the composition and related contents of Swedish REVAQ sludge reuse management system, which can provide the reference for the establishment of sludge land application management system could be provided in China.

**Key words:** sludge; land application; heavy metal contaminants; wastewater treatment plant

污泥是废水处理的副产品,可能包含的化学成分包括:营养元素氮、磷等,微量营养元素铜、锌、铁、镉等及有机化合物。由于富含丰富的营养,使污泥成为农业中肥料的替代品有了可能。污泥中的营养物质以一定的速率缓慢地释放到土壤中,脱水污泥的营养释放更加缓慢也更持久<sup>[1]</sup>。因此,污泥的应用速率是根据营养素释放的速率来确定的。

### 1 污泥土地回用的优势

污泥经处理后可以作为土壤的改良剂和肥料为土地提供基本营养,包括氮、磷和钙等,足以满足大

多数农作物的需要。多项研究已证实污泥对森林和农作物都是有效的肥料。同时,因为含有丰富的有机质,污泥作为土壤改良剂,可提高土壤的物理、化学性能和生物特性<sup>[1]</sup>。另一方面,包括中国在内的各个国家的垃圾填埋场面积都在不断减少,老垃圾填埋场面临空间耗尽的危机,而新垃圾填埋场的开发难度在不断加大。因此,污泥的土地再利用,为填埋场地空间的可持续性提供了良好的保护。

在污泥的上游管理方面,技术的提升降低了污水中回收养分(P、N)的经济投入,提高了污水处理

厂污泥产品的产率。在新西兰,已有研究表明将污泥应用于作物种植可以获得巨大的经济回报,污泥的土地利用具有巨大的经济潜力。

## 2 污泥土地利用的风险

污泥土地利用在具备极大潜力的同时还带来了一定的风险,限制了污泥作为肥料的大规模利用。主要原因是污泥中可能含有的重金属、持久性有机污染物等物质会对环境和人类健康造成影响。不同于有害微生物可以通过杀菌、高温厌氧发酵、长期贮存等手段降低其含量,污泥中有害的有机物质、重金属和其他非必需物质的微量元素在很大程度上取决于对污染物来源的管理。在重金属方面,农田镉污染已经受到越来越多的关注。其他元素如砷和汞,也会在土壤和植被中积累,产生很高的生物毒性。因此,需要对污泥中这些污染物质的来源废水进行详尽的分析记录。除了微量元素和重金属外,对污泥中有机物(卤素、杀虫剂、二噁英和多环芳烃等)的可行性评价也同样重要。

## 3 瑞典 REVAQ 污泥回用管理体系

2015 年,瑞典环保局联合给水排水协会、瑞典农业部、食品部以及食品零售商联盟共同建立了 REVAQ 污泥回用管理认证规范系统。此规范不同

于其他国家现有的污泥回用规范,它在保证污泥污染物含量的基础上系统性地建立了集污泥处理标准化流程、污泥利用上下游管理、各环节记录、外部监管等一整套认证体系,并规定只有经过申请并认证成功包含于污泥利用流程中的各级单位、组织所生产出的最终污泥产品(生物固体),才能够被应用于农业用地。根据最近的统计,瑞典已有超过 50% 的污水处理厂通过了 REVAQ 认证,源于这些污水处理厂的污泥可被广泛利用在具有可种植能力的土壤中。

### 3.1 目标

与各国污泥回用标准不同,瑞典 REVAQ 标准基于一个长期土壤(或农业用地土壤)污染物控制目标,即对于每一种在列的污染物,该标准都对应计算出的指标值在土壤中的累积含量于 2025 年后不超过所期望的数值。该标准通过规定土壤可接受的污染物角度来规定污泥中污染物含量,而非类似其他国家标准直接指定污泥中污染物含量。表 1 为 REVAQ 标准对于农业土壤可额外接受的重金属污染物限制的规定。而具体污泥中重金属污染物浓度以及污泥投加量则需由此限值根据不同污水厂污泥质量推算后选取。

表 1 REVAQ 规定的年度农业土壤可接受重金属限值示例

Tab. 1 Sample of thresholds of acceptable metal contaminants determined by REVAQ  $g \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$

项目	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年	2025 年
Ag	4.5	4.2	3.8	3.5	3.1	2.7	2.4	2.0	1.6	1.3	0.92	0.56
As	91	84	78	72	66	59	53	47	41	34	28	22
Ba	15 898	14 802	13 705	12 609	11 513	10 416	9 320	8 223	7 127	6 030	4 934	3 838
Be	34	31	29	27	24	22	20	17	15	13	10	8.1
Bi	3.1	2.9	2.7	2.5	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	0.96	0.75
Cd	0.67	0.64	0.61	0.59	0.56	0.53	0.51	0.48	0.45	0.42	0.40	0.37
Ce	1 579	1 471	1 362	1 253	1 144	1 035	926	817	708	599	490	381
Cs	54	51	47	43	39	36	32	28	24	21	17	13
Dy	106	99	92	84	77	70	62	55	48	40	33	26
Er	60	55	51	47	43	39	35	31	27	23	18	14
Eu	23	21	20	18	17	15	13	12	10	8.6	7.1	5.5
Ga	236	219	203	187	171	154	138	122	106	89	73	57
Gd	93	87	80	74	68	61	55	48	42	35	29	23
Ge	181	169	156	144	131	119	106	94	81	69	56	44
Hf	194	181	167	154	141	127	114	100	87	74	60	47
Hg	0.93	0.87	0.80	0.74	0.68	0.61	0.55	0.48	0.42	0.35	0.29	0.23

除此以外,通过建立完整严格的认证系统可以保证污泥(生物固体)生产过程的合规、透明及污泥产品的高质量。对于污泥生产源头即污水厂的上游

管控也可间接推动污水厂进水水质的不断改善。

### 3.2 管理体系组成分析

瑞典 REVAQ 污泥回用管理体系明确了被认证

方在如下方面应当负有的责任及合规的行为:

#### ① 污染物

管理体系规范要求取得认证的污泥生产企业(污水处理厂)应对于瑞典环保局颁布的条令5148号中在列的60种微量元素进行相应的优先级分析,确定污泥中含有的应该优先控制的重点元素的污染物。其中,规范规定在土壤中年含量积累速率超过0.2%的污染物均需列入最高优先级考虑污染物的列表中。镉作为最备受关注的农业土壤污染重金属,规范规定需直接列入最高优先级考虑污染物的列表中。规范要求污水厂以一定的周期对于污水厂产生的污泥取样并检测相关高优先级污染物的含量,通过与限值的比对来衡量被认证的水厂是否合乎要求。

#### ② 污水厂管控

REVAQ管理体系规范要求所有取得认证的污水厂登记其具体采取的通过环保部门审核认定的水处理工艺流程以及设备。而在污水厂实际运行中,流程设备的使用也要求必须与登记内容相吻合。同时,污水厂对于其采用的如混凝剂、酸碱等药剂也需记录在案。管理体系规范对于污水厂的要求使得污泥质量在生产源头得到了最大程度的保障。

#### ③ 上游管控

由于瑞典国境相对较小,污水厂上游的排水种类及水量分布较容易统计。该规范要求受认证的污水厂管理企业部门应编制所属污水厂原水高优先级污染物潜在来源表。对于含有高浓度高优先级污染物的部分来水,水厂应作出是否直接接收的取舍。此举从污水源头控制了污染物的含量,不仅对污泥质量提升起到了积极作用,也使得污水厂出水水质获得提升,也间接起到了要求严重污染源执行先处理后排放的强制作用。

#### ④ 下游管控

下游管控包括从活性污泥出厂到污泥消化得到成品污泥(生物固体)流程中的运输、堆肥、贮存的每一个环节。该管理体系要求认证企业对污泥消化设施、运输车都予以备案记录。每一座单体污泥消化设施均需符合相应的规范。最终获得的成品污泥也应定期取样以监测了解质量优劣。

### 3.3 监管及追踪记录

被认证的污水处理厂企业对于其整套污泥生产过程中可能包含的调查、运输、监测、污泥消化等分

包商的监管负有责任。这样由认证企业执行的监管也称为内部监管,瑞典环保部联合其他REVAQ污泥管理体系制定机构也会定期对认证企业进行督查,以保障标准规范的严格执行。同时,规范规定每一批得以使用在农业用地土壤中的污泥来源都需分层分级记录,即每一批污泥都可以明确查找到来源的水源、水厂、运输车、消化设施。此举极大地简化了污染问题出现时的排查、追责及处罚整改等相关工作。

### 4 对于国内相关标准规范体系的参考意义

目前,国内外相关标准大多根据处理方式及污染物含量对污泥进行了分类,对于污泥土地回用特别是农业用地回用都普遍缺乏系统性的管理措施。而瑞典的REVAQ污泥回用管理体系为建立更加完善、系统性极强的污泥回用管理提供了参考及模板。对于我国来说,幅员辽阔等特征属性以及相关行业设施的不健全对于类似管理体系的建立无疑带来了难度。因此,为了进一步保障我国污泥土地回用的安全性及规范性,在瑞典REVAQ实例的启发下,符合我国国情的污泥土地回用管理体系的开发建立亟待有关部门的了解及重视。

#### 参考文献:

- [1] Lu Q, He Z L, Stoffella P J. Land application of biosolids in the USA: A review[J]. Appl Environ Soil Sci, 2012, (2): 1-11.



作者简介:雷挺(1971-),男,四川广安人,大学本科,高级工程师,主要从事城市供水技术研究工作,对城市供水体系、水厂、管网技术研发等具有较高造诣。

E-mail: leiting@smedi.com

收稿日期:2018-04-04