

美国洁净污泥稳定技术

于 东

(施维英公司)

1 美国环保局(EPA)的污泥处理法规

美国对于污泥处理的相关法规制定工作早在 70 年代就开始了。1970 年 12 月, 美国成立了环保局(EPA), 把一系列与环境保护工作相关的科研、监测、标准制定、执法活动都集中到这一个机构来完成。

美国环保局(EPA)成立之前, 美国的环保工作由众多主管部门各自负责, 这种各自为政, 阻止了有效和协调一致的行动。环保工作涉及面广泛, 内容复杂, 成立 EPA 的目的是将环境视为一个单一的, 内部相互关联的系统, 从而有效而全面的对污染进行控制。

以前由于行政管理上的原因, 只针对单项的环保治理, 并不能从根本上解决污染的问题, 有时反而会转移污染甚至造成更严重的后果。对于污泥也一样, 污泥农用让污泥和土壤发生联系, 污泥干化或焚烧让污泥和空气发生联系。EPA 的污泥处理研究同样体现了将环境视为一个有机整体的基础思路。



具体关于污泥处理方面相关的法律和规定可以在美国环保局(EPA)网站 www.epa.gov 上查询到。具体路径为: www.epa.gov → law & Regulation (法律和规定) → by Topic (根据题目分类) → water (水) → Biosolids (生物污泥)。到这里, 你会看到有关生物污泥的一段描述:

生物污泥

生物污泥是指市政污泥处理后的富含营养的有机物料。只有符合最严格的联邦和州标准的生物污泥才可以用作肥料。

然后点击: [Read more at Biosolids](#). (了解更多生物污泥知识)。这里, 您可以看到: 生物污泥介绍、常见问题、法律法规及出版物等。

在常见问题 8 中特别提到: (美国) 大约 50%的生物污泥循环利用回土地中。这些生物污泥使用在不到全国 1%的农业土地中。

2 美国的 40 CFR 503 条款

在常见问题 11 中明确：联邦生物污泥法规包含在 40 CFR Part 503 条款里。（这里解释一下 40 CFR Part 503。“CFR = Code of Federal Regulations”是指美国联邦法律，CFR 一共有 50 个部分，也就是 50 Titles。例如，其中 7 CFR 是农业相关法律，20 CFR 是雇员权益法律，34 CFR 是教育相关法律，等等；而 40 CFR 是环境保护法律法规）。

在环境保护法律法规 40 CFR 中，包含很多条款，如 Part 201-202 条款是用于噪音控制的，而 Part 503 条款是“使用和丢弃生物污泥的法规”。

在常见问题 12 中，可以找到 503 条款导读的链接：

http://water.epa.gov/scitech/wastetech/biosolids/503pe_index.cfm，这个文件是面向大众的针对 503 条款的解释，通俗易懂，内容全面。如果您想阅读原法规条文，可以通过链接 <http://water.epa.gov/scitech/wastetech/biosolids/upload/fr2-19-93.pdf> 浏览，该文件从 277 页开始是 503 条款具体内容。

503 条款中是使用和丢弃生物污泥的法规。法规包括对金属、病原体减除上的数值限制，生物污泥使用处所限制，农作物收割限制和监控，记录保存跟踪，和报告制度。以及地表丢弃和焚烧的规定。为确保土地使用安全，503 条款后来增加了对生物污泥中二恶英和二恶英类化合物的浓度限值。

503 条款包含 5 个部分 (A,B,C,D,E)，2 个附录 (附录 A, 附录 B)。分别是：A: 总体规定*。(503.1 – 503.9) B: 土壤应用。(503.10 – 503.18) C: 地表丢弃。D: 病原体减除和载体（蚊蝇和啮齿动物）吸引减除；E: 焚烧。

附录 A: 测定年总污泥使用率（检测土壤生物污泥污染物年累计浓度）

附录 B: 病原体处理流程

*总体规定中 503.4 关于市政污泥如果进入垃圾填埋场，具体要求参见 40 CFR 258.2 条款。

3 A 级污泥与 B 级污泥

503 条款对于土壤应用和填埋污泥的金属含量限制做了数值规定；对于病原体的减除和载体（蚊蝇和啮齿动物）吸引减除做了明确说明。并根据处理后生物污泥中的病原体含量，划分出 A 级污泥和 B 级污泥。



A 级污泥达到以下要求，散装或打包，在草坪和花园使用不受限制：

1. 必须满足金属含量表 3 的要求（503 中有明确值）。
2. 必须符合病原体去处的要求（503 中有明确值）。
3. 必须符合载体（蚊蝇和啮齿动物）吸引减除选项 1 至 8 中的一个。

A 级污泥达到以下要求，散装或打包，在草坪和花园使用受限制（不能超量）：

1. 金属含量超过表 3 的限值，但不超过表 1 值。
2. 必须符合病原体去处的要求（503 中有明确值）。
3. 必须符合载体（蚊蝇和啮齿动物）吸引减除选项 1 至 8 中的一个。
4. 不超过年度累计污染物负载限额。

A 级污泥和 B 级污泥都可以农用、或用于森林，公共接触土地，土地复垦，但必须满足：

1. 金属含量不超过表 1 值。
2. 必须符合载体（蚊蝇和啮齿动物）吸引减除选项 1 至 8 中的一个。
3. 累计污染值不能超过限值。

对于 B 级污泥，如果农用，对农作物的收割有明确的时间限制。如：地上生长的蔬菜如果接触 B 级生物污泥或生长在施放有 B 级生物污泥的地表上，在污泥施放后 14 个月才可以收割。等等。

所以在美国，A 级污泥是污泥处理的首选。这里我们不讨论重金属的去除，希望有机会在将来的文章中论述。

A 级污泥的标准：，粪大肠杆菌群密度<1000MPN/g 干污泥；或沙门氏菌<3MPN/4g 干污泥。通常满足更深层次去除病原体（PFRP）方式可以达到此标准。503 附录 B 中，列举了更深层次去除病原体(PFRP)的几种工艺：

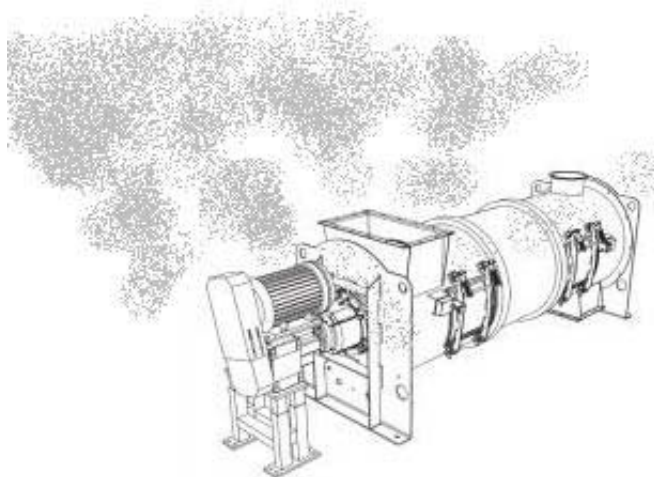
1. 堆肥：55 摄氏度以上 3-15 天（根据堆肥方式）。
2. 热干化：超过 80 摄氏度，将污泥含水率减少到 10%或以下。
3. 热处理：180 摄氏度以上停留 30 分钟。
4. 高温好氧消化：污泥和空气或氧气混合搅拌，10 天，55 到 60 摄氏度。
5. β 射线室温照射 1 兆拉德。
6. Γ 射线钴 60 或铯 137 室温照射。
7. 巴氏杀菌：污泥维持在 70 摄氏度或以上，停留 30 分钟或以上。

如果采用石灰稳定来处理污泥，并达到 A 级污泥标准，最佳方法是满足上述第 7 条 -巴氏杀菌，让污泥和石灰反应达到 70 摄氏度，并停留 30 分钟以上。

4 石灰稳定技术概述

污泥石灰稳定是很早就采用的污泥处理技术。传统的方式是将脱水污泥、石灰经称重后直接送入搅拌器搅拌，在搅拌过程中达到反应温度和停留时间要求。

一般的工艺流程是，污泥通过皮带或螺旋输送机送入搅拌机污泥入口，石灰通过石灰螺旋送入搅拌机入口，搅拌机内配有多叶片，在物料进入时进行搅拌，搅拌过程中污泥中的水和石灰反应，产生高温，杀灭污泥内的病原体。



由于搅拌设备无法全封闭，伴随着温度升高，受热飘逸的粉尘量很大；同时由于高温，受热的污泥释放出更多臭气，并同粉尘一起到处弥漫。对处理厂内部和周围环境影响较大，产生二次污染。（下图是传统石灰稳定车间的照片）



5 洁净石灰稳定技术

90 年代后期，美国出现了许多污泥方面的新工艺新技术。污泥石灰稳定技术也取得了进一步发展。粉尘和臭气控制技术的革新，让石灰稳定过程变得洁净。

粉尘主要的成分是石灰固体小颗粒。对粉尘的控制主要是对其输送过程和反应过程中进行最大化的封闭。

粉尘主要来自石灰，所以从石灰进厂开始就需要进行系统封闭。送石灰的罐车应自带空压机，到达厂区后，石灰车的出灰管直接套接到石灰料仓的进料管口。存储石灰的料仓顶部带有除尘器，并可以定期自动清洁（电动或气动）。石灰从料仓向反应装置输送，采用封闭的有轴粉料螺旋输送机，并通过法兰密封连接到搅拌装置的缓冲料斗，整个石灰系统全封闭。这样可以保证在石灰进场直到进入反应装置前这段过程中，没有任何石灰粉尘泄露。

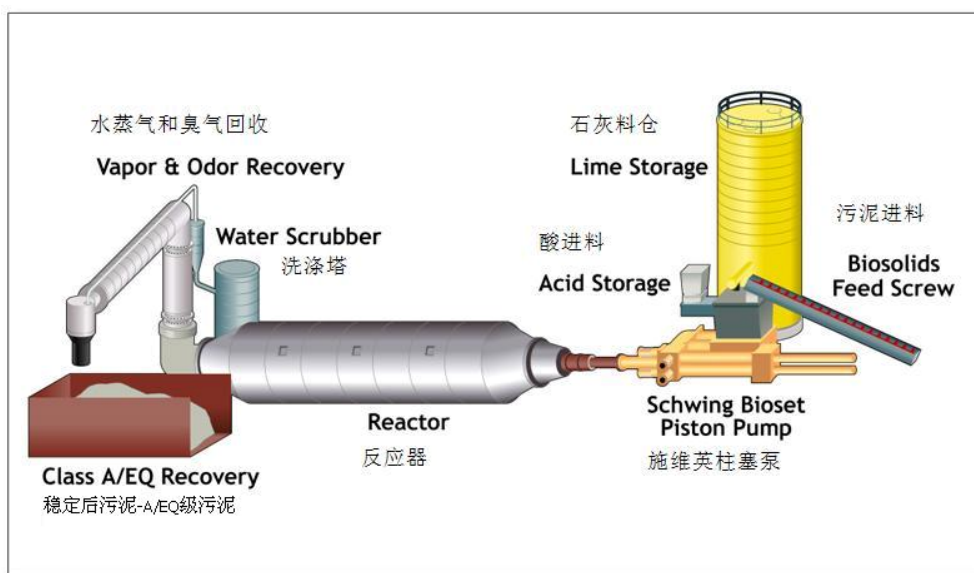
臭气来自升温和反应释放气体的污泥。污泥通过封闭的无轴螺旋输送机送到反应装置，并通过法兰密封。



反应装置进料前设置有全封闭的缓冲料斗，缓冲料斗底部是预搅拌螺旋。这个“预搅拌螺旋”完全不同于传统意义上的“搅拌机”。

传统搅拌机内，污泥和石灰在此混和并升至高温（70 摄氏度），并达到规定停留时间（30 分钟以上）。而传统搅拌机因为有移动部件和机械部件的存在无法做到密闭，高温下的污泥和石灰混和物散发出的令人难以忍受的臭气和粉尘会通过设备间隙弥漫开来。

美国的洁净污泥稳定技术解决了这个难题。具体的原理是：污泥和石灰的混合物在升至高温（70 摄氏度）并达到规定停留时间（30 分钟）的过程不是发生在搅拌装置内，而是发生在全封闭无任何移动部件的反应器内！



缓冲料斗底部的预搅拌螺旋只是对石灰和污泥做了预先的均匀混合，立即，混合物被送到反应器喂料泵内，然后通过泵送作用进入全封闭反应器。石灰和污泥混合物的升温，达到 70 摄氏度，并停留 30 分钟这个过程完全发生在全封闭的反应器内，无机械部件，无任何泄露。

臭气和粉尘被完完全全的控制。

反应产生的所有臭气和水蒸气都通过出料口末端系统自带的洗涤吸收装置回收。

技术的更进一步发展在于，进料时添加了极少量的酸，反应器反应过程中，酸起到提前释放氨气的作用，在反应器内强化了杀灭病原体的作用。美国环保局(EPA)的 PFRP(更深层去除病原体)跟踪了此项技术，经实地检测，书面同意如果采用这种技术稳定污泥，只需要升温到 55 摄氏度即可达到 503 条款中的 70 摄氏度效果。更低的运行温度意味着更少的石灰消耗与能源节省。

这种新技术目前已应用于二十多处美国、加拿大污水处理厂或污泥处理厂，如：美国佛罗里达好莱坞市污水处理厂（产出物获得化肥许可）；美国威斯康星州中西部污泥处理中心；加拿大安大略污泥焚烧厂（作为焚烧系统维护时的备用）；美国宾州斯蒂沃特市；美国内部拉斯加州哥伦布市；美国得克萨斯州金伍德市等。

“新的设备大大降低了厂内的臭气”威斯康星州中西部污泥处理中心的实验室人员说，“脱水目前可以达到含固率 24%，经过该系统后，在堆棚处采样的最终产品含固率为 41%-43%”。

“我们感到非常高兴”，佛罗里达好莱坞市污水处理厂副厂长贝勒先生说，“处理厂内没有任何臭气，而且我们产出了 A 级污泥产品，并且被第三方签约承包公司 BDS 公司，循环再利用。整个石灰稳定系统噪音非常小，卡车运输量也比其他方式少，并且我们没有增加任何能源消耗。”他补充说。并且施维英公司这种交钥匙解决方案真正提供了让人舒心的效果。“我相信大多数城市比好莱坞处理污泥支付了更多的钱”，贝勒先生说。