



水处理工程

第二十一讲 污泥的处理与处置





- ④ 分类：
 - 化学污泥：化学混凝法
 - 生物污泥：生物处理
 - 初沉污泥：沉砂池、初沉池
- ④ 城市污水处理厂所产生的污泥约为处理的水的体积的0.5~1.0% (0.3~0.5%) 左右
- ④ 将改变污泥性质称为**处理**
- ④ 安排出路称为**处置**。
- ④ 在城市污水处理厂中，污水处理和污泥处理所需的费用基本相等。



城市污水厂污泥的来源

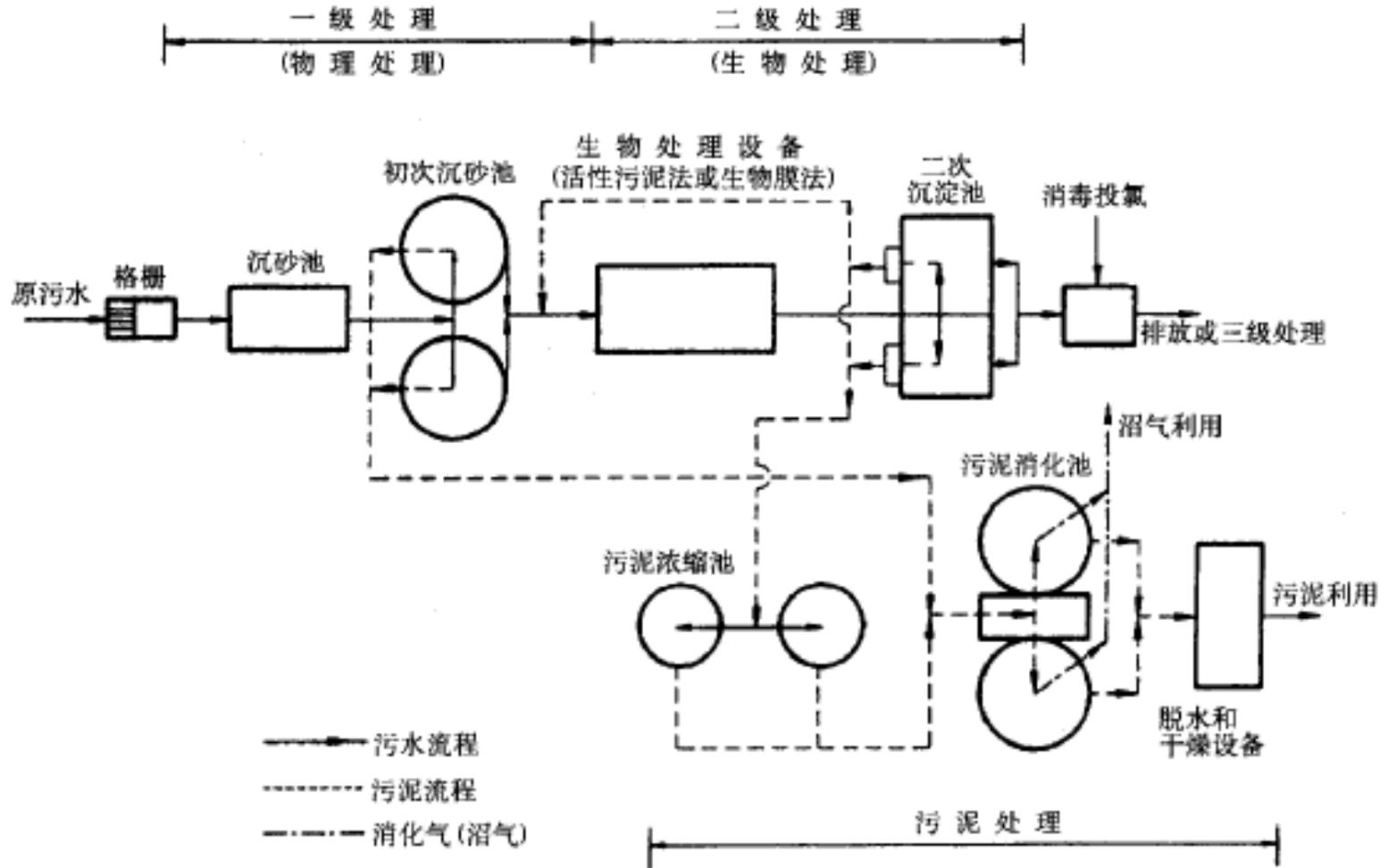


图 2.5.1 城市二级污水处理厂典型工艺流程图



- 栅渣呈垃圾状，沉砂池沉渣中比重较大的无机颗粒含量较高，所以这两者一般作为垃圾处置。
 - 初沉池污泥和二沉池生物污泥，因富含有机物，容易腐化、破坏环境，必须妥善处置。
 - 初沉池污泥还含有病原体和重金属化合物等。
 - 二沉池污泥基本上是微生物机体，含水率高，数量多，更需注意。
-



处理的目的

- 降低含水率，使其变流态为固态，同时减少数量；
 - 稳定有机物，使其不易腐化，避免对环境造成二次污染。
-



- ① 含水率与含固率
 - ② 挥发性固体
 - ③ 有毒有害物质含量
 - ④ 脱水性能
-



含水率与含固率

- **含水率**是污泥中所含水份的重量与污泥总重量之比的百分数；含固率则是污泥中固体或干泥含量的百分数。
- 湿泥量与含固率的乘积就是干污泥量。
- 在含水率高、污泥呈流态时，污泥的体积与含固量基本上呈反比关系。
 - 含水率在85%以上时，污泥呈流态，
 - 65~85%时呈塑态；
 - 低于60%时，则呈固态。
- 含水率的测定方法采用重量法。
 - 沉砂池污泥含水率：？(提问)
 - 初沉池污泥含水率：？
 - 二沉池污泥含水率：？



- **[例]** 污泥的原始含水率为99.5%，求含水率为98.5%和95%时污泥体积降低的百分比。
- 当污泥的含水率自99.5%(含固率为0.5%)降低至98.5%(含固率为1.5%)时，污泥的体积减缩成原污泥的1/3左右；再降低至95%(含固率为5%)时，污泥的体积减缩成原污泥的1/10左右。

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_{s1}}{P_{s2}} = \frac{100 - P_{w2}}{100 - P_{w1}}$$

V_1 、 V_2 ——分别是含水率为 P_{w1} (含固率为 P_{s1})、 P_{w2} (含固率为 P_{s1})时的湿污泥的体积。



污泥中的水分

- **游离水** 存在于污泥颗粒间隙中的水，称为间隙水或游离水，约占污泥水分的70%左右。这部分水一般借助外力可与泥粒分离。
- **毛细水** 存在于污泥颗粒间的毛细管中，称为毛细水，约占污泥水分的20%左右。也有可能用物理方法分离出来。
- **附着水和内部水** 粘附于污泥颗粒表面的附着水和存在于其内部(包括生物细胞内的水)的内部水，约占污泥中水分的10%左右。只有干化才能分离，但也不完全。
- 通常，污泥浓缩只能去除游离水中的一部分。



- 污泥处理的方法常取决于污泥的含水率和最终的处置方式。
 - 含水率大于98%的污泥，一般要考虑浓缩，使含水率降至96%左右，以减少污泥体积，有利于后续处理。
 - 为了便于污泥处置时的运输，污泥要脱水，使含水率降至80%以下，失去流态。
 - 某些国家规定，若污泥进行填埋其含水率要在60%以下；这就决定了要用板框压滤机进行污泥脱水。
-



污泥处理的一般过程

- **浓缩**：从沉淀池来的污泥呈液态，含水率常高于95%。降低污泥含水率的最简单有效的方法是**浓缩**。浓缩可使剩余活性污泥的含水率约从99.2%，下降到97.5%左右，污泥体积缩到原来的1/3左右。但浓缩污泥仍呈液态。
- **稳定**：为了避免污泥进入环境时，其有机部分发生腐败，污染环境，常在脱水之前先进行降解，称**稳定**。
- **调理**：经过稳定的污泥如果脱水性能差，则还需**调理**。
- **脱水**：进一步降低含水率的方法是**脱水**，经过脱水污泥从液态转化为固态。
- **干化**：脱水污泥的含水率仍旧相当高，一般在60%~80%左右，需进一步**干化**，以降低其重量。干化污泥的含水率一般低于10%。经过各级处理，100kg湿污泥转化为干污泥时，重量常不到5kg。



- (1) 生污泥 → 浓缩 → 消化 → 自然干化 → 最终处置
- (2) 生污泥 → 浓缩 → 自然干化 → 堆肥 → 最终处置
- (3) 生污泥 → 浓缩 → 消化 → 机械脱水 → 最终处置
- (4) 生污泥 → 浓缩 → 机械脱水 → 干燥焚烧 → 最终处置
- (5) 生污泥 → 湿污泥池 → 最终处置
- (6) 生污泥 → 浓缩 → 消化 → 最终处置



● 沉降法

- 浓缩池的固体通量 单位时间内，通过浓缩池任一断面的干固体量 $[\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 或 $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$];
- 水力负荷 单位时间内，通过单位浓缩池表面积的上清液溢流量 $[\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 或 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$];
- 水力停留时间 (h或d)。

● 气浮浓缩法

● 离心浓缩法



污泥的稳定

- **好氧消化法**类似活性污泥法，在曝气池中进行，曝气时间长达10~20 d左右，依靠有机物的好氧代谢和微生物的内源代谢稳定污泥中的有机组成。
- **氯气氧化法**在密闭容器中完成，向污泥投加大剂量氯气，接触时间不长；实质上主要是消毒，杀灭微生物以稳定污泥。
- **石灰稳定法**中，向污泥投加足量石灰，使污泥的pH值高于12，抑制微生物的生长。
- **热处理法**既可杀死微生物借以稳定污泥，还能破坏泥粒间的胶状性能改善污泥的脱水性能。
- **厌氧消化**是对有机污泥进行稳定处理的**最常用的方法**。一般认为，当污泥中的挥发性固体的量降低40%左右即可认为已达到污泥的稳定。



厌氧消化

- 第一阶段：水解与发酵细菌的作用下，使碳水化合物、蛋白质、脂肪转化为单糖、氨基酸、脂肪酸、甘油、 CO_2 、 H_2 等；
- 第二阶段：产氢产乙酸菌作用下，将第一阶段产物转化为 H_2 、 CO_2 和乙酸；
- 第三阶段：乙酸脱羧产生甲烷（占总甲烷的 $2/3$ ， CO_2 还原为 CH_4 的占 $1/3$ ）



影响污泥消化的主要因素

① pH值和碱度

- 最佳的pH值为7.0~7.3
- 碱度保持在2 000mg/L以上(以CaCO₃计)

② 温度

- 33~35°C叫中温消化
- 50°C~55°C叫高温消化

③ 负荷

- 投配率 ($= Q/V = 1/t$, 即容积负荷率 $m^3/m^3 \cdot d$) 是指日进入的污泥量与池子容积之比
- 有机物负荷率是指每日进入的干泥量与池子容积之比, 单位: kg干泥/ $m^3 \cdot d$

④ 消化池的搅拌

⑤ 有毒有害物质



池的构造

通常为垂直墙体

混凝土制成，体积较小的
或钢板制成。

盖、池体与下锥体四部分

● 必须采取非常谨慎的
系统。消化池的密封顶

- 浮动式顶盖
- 固定式顶盖





- 消化池附属设备有加料、排料、加热、搅拌、破渣、集气、排液、溢流及其他监测防护装置。
- 新污泥一般由泵提升，经池顶进泥管送入池内。进泥、排泥管的直径不应小于200mm。进泥和排泥可以连续或间歇进行。操作顺序一般是先排泥到计量槽，再将相等数量的新污泥加入池中。进泥过程中要充分混合。
- 消化池的加热方法分为池外加热和池内加热两种。池外加热法是将污泥水抽出，通过安装在池外的热交换器加热，然后循环回到池内。池内加热法可以将低压蒸汽直接投加到消化



- 消化池的搅拌方法主要有三种。
 - 螺旋桨搅拌的消化池。
 - 用鼓风机
 - 用射流器抽吸污泥气进行搅拌。
- 消化池表面积累的浮渣应尽量减少，因浮渣占用消化池的有效容积，且妨碍污泥气的释放。消化池内的浮渣应不断地打碎，或每天至少一次。
 - 用自来水或污泥上清液喷淋；
 - 将循环污泥或污泥液送到，浮渣层上；
 - 用鼓风机或用射流器抽吸污泥气进行搅拌时，只要抽吸的气体量足够，由于造成池面的搅动较剧烈，已达到破碎浮渣层效果。



沼气(消化气)的收集和利用

- 沼气的热值很高，是一种可利用的生物能源，具有一定的经济价值。在设计消化池时必须同时考虑相应的沼气收集、贮存和安全等配套设施，以及利用沼气加热人流污泥和池液的设备。
- 污泥消化所产生的以甲烷为主的消化气量，主要取决于被消化的挥发固体量。可以根据挥发性固体的分解率和单位重挥发固体被分解所产生的气量进行估算。估算每公斤挥发固体全部消化后可得 $0.75\sim 1.1\text{m}^3$ 消化气(一般含甲烷 $50\sim 60\%$)，而污泥挥发固体的消化率一般为 $40\sim 60\%$ 。



- 污泥量不大时采用。
- 优点：污泥有机物降解程度高；污泥量少，无臭，易脱水，管理简单；
- 缺点：能耗高，无沼气等能源利用，随温度变化大，上清液SS高。





污泥的调理

- ① **调理**就是破坏污泥的胶态结构，减少泥水间的亲和力，改善污泥的脱水性能。
- ② 污泥的调理方法有加药调理法、淘洗加药调理法、加热调理法、冷冻调理法、加骨料调理法等。
- ③ 其中加药调理法功效可靠，设备简单，操作方便，被长期广泛采用。



① 无机调理剂

- 最有效、最便宜的无机调理剂是铁盐：氯化铁 ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)、硫酸铁 ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)、硫酸亚铁 ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)和聚合硫酸铁(PFS): $[\text{Fe}_2(\text{OH})_n(\text{SO}_4)_{3-n/2}]_m$ 。
- 比较次要的还有各种铝盐：硫酸铝 $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}]$ 、三氯化铝 (AlCl_3)、碱式氯化铝 ($\text{Al}(\text{OH})_2 \cdot \text{Cl}$)、聚合氯化铝(PAC): $[\text{Al}_2(\text{OH})_n \cdot \text{Cl}_{6-n}]_m$ 。

② 有机调理剂：聚丙烯酰胺系列的絮凝剂



- **比阻抗值** r : m/kg , 单位过滤面积上, 单位干重滤饼所具有的阻力。比阻抗值越大的污泥, 越难过滤, 其脱水性能也越差。

$$\frac{1}{A} \frac{dV}{dt} = \frac{P}{\mu(R_c + R_m)} = \frac{P}{\mu \left(\frac{r\rho_c V}{A} + R_m \right)}$$

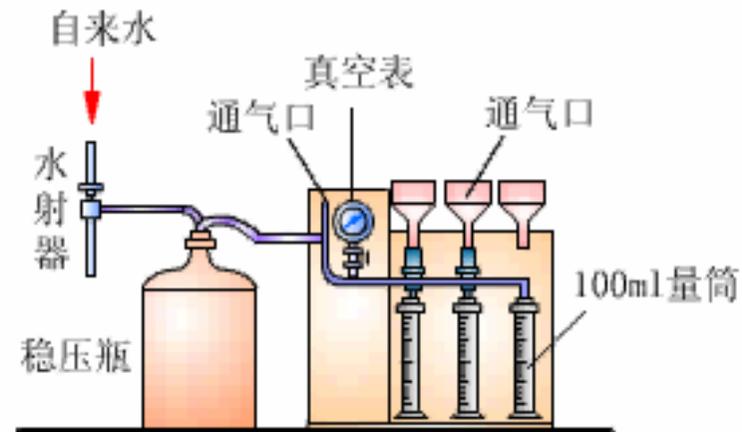
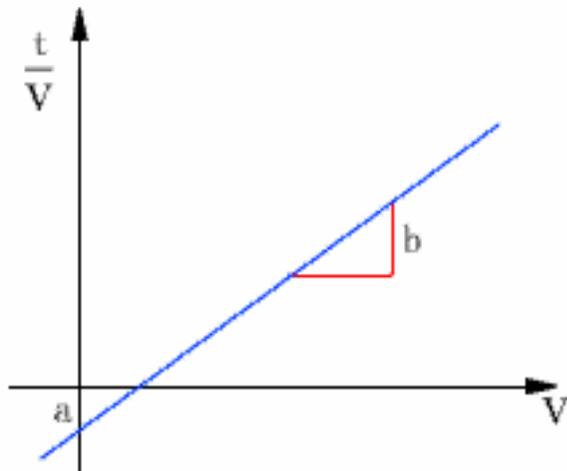
$$\frac{dV}{dt} = \frac{PA^2}{\mu(r\rho_c V + R_m A)} \quad \frac{t}{V} = \left(\frac{\mu \cdot r \cdot \rho_c}{2PA^2} \right) V + \frac{\mu R_m}{PA}$$

$$\frac{\mu \cdot r \cdot \rho_c}{2PA^2} = b$$

$$r = \frac{2bPA^2}{\mu \cdot \rho_c}$$



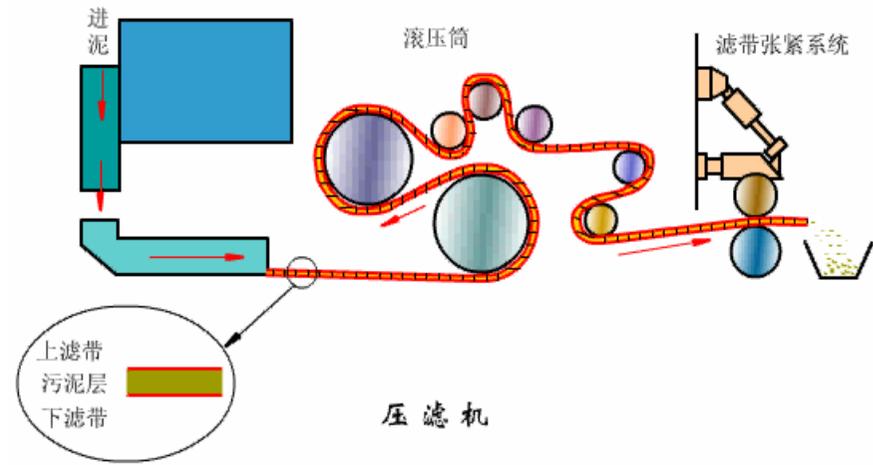
- dV/dt 为过滤速度, m^3/s ; V 为滤出液体积, m^3 ; t 为过滤时间, s ; P 为过滤压力(滤布前后的压力差), N/m^2 ; A 为过滤面积, m^2 ; ρ_c 为单位体积滤出液所得滤饼干重, kg/m^3 ; R_m 为过滤开始时单位过滤面积上过滤介质的阻力, m/m^2 ; μ 为滤出液的动力粘滞度, $N\cdot s/m^2$ 。



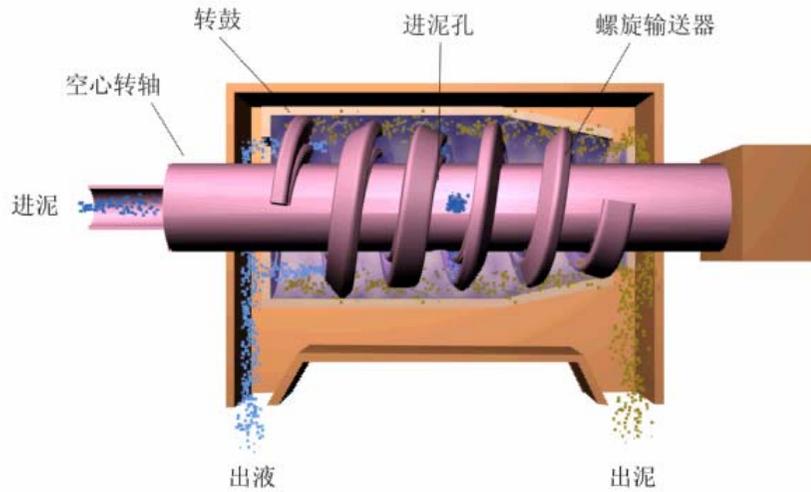


污泥脱水

- 污泥的自然干化
- 污泥的机械脱水及其设备
 - 带式压滤机
 - 污泥离心脱水和转筒式离心机
 - 板框压滤机

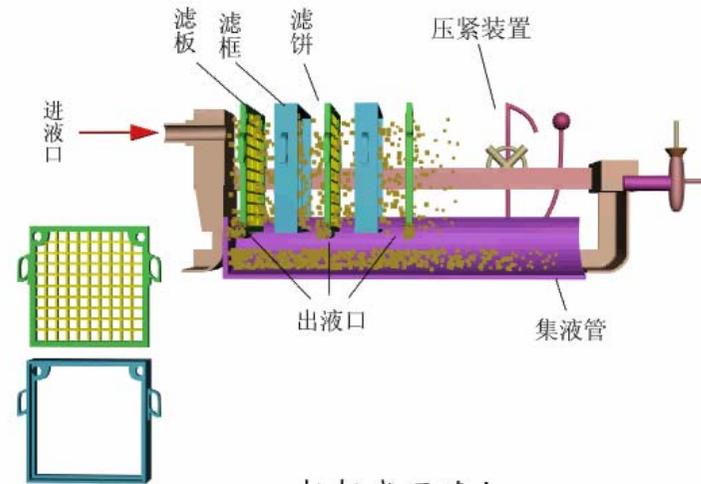


东方仿真COPYRIGHT



离心脱水机

东方仿真COPYRIGHT



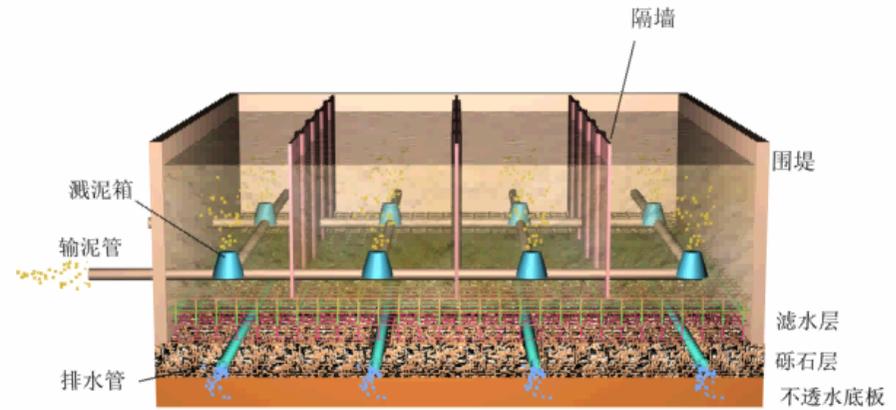
板框式压滤机

东方仿真COPYRIGHT



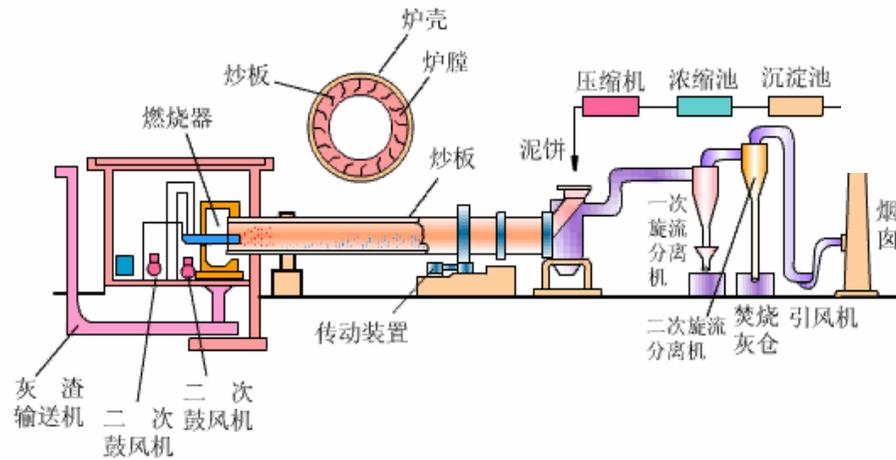
污泥的干燥与焚化

- 转筒式干燥器和焚化炉
- 流化床焚化炉
- Sevar干燥器



人工滤层干化场

东方仿真COPYRIGHT



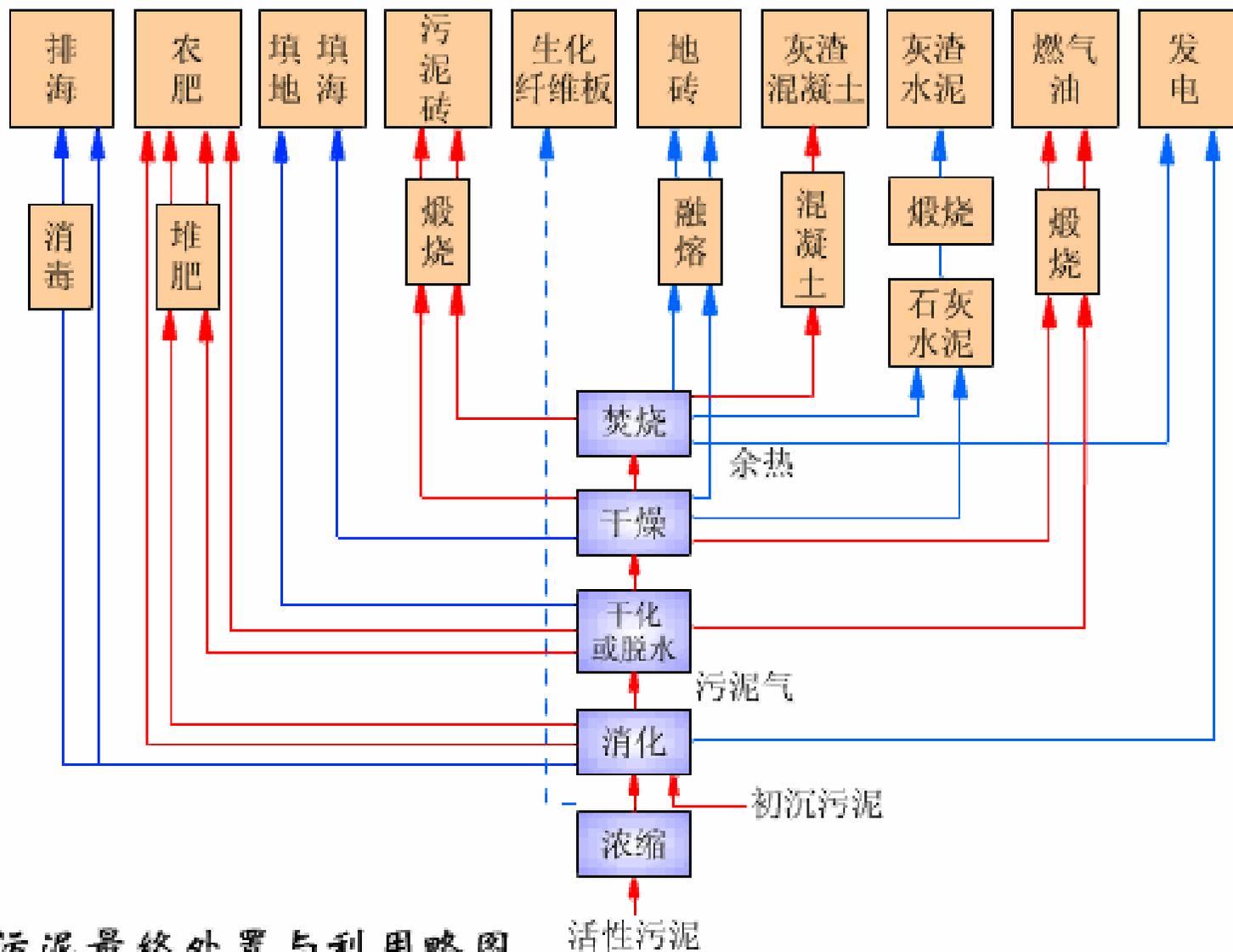
逆流回转焚烧炉

东方仿真COPYRIGHT



污泥的处置

- 农业利用
 - 填埋
 - 焚烧
-



污泥最终处置与利用略图



思考题

- ① 污泥处理的意义是什么？我国污泥处理的现状如何？（大作业）
 - ② 污泥好氧消化和厌氧消化的原理是什么？
-



谢 谢!

