

Subiaco 污水处理厂应用实例

整个 Subiaco 污水处理厂的 Enersludge 工艺装置是完全封闭的，其中包括污泥处理工艺，如脱水、干化、转化、能量回收和气体清洗（如图 6-9 所示）。这一非焚烧型热力装置处理该厂产生的初沉污泥和剩余活性污泥，目前每天处理干污泥量达 15~18t/d。

实际上转换工艺是在 450℃ 和大气压下，采用双反应器将污泥中的有机物转换成 4 种燃

料。在第一个反应器内，干污泥被加热，直到约 60% 的污泥颗粒转变成热解气体。热解气和焦炭在第二个反应器内接触，以便加速催化气化段的反应，在这段提炼气体并产生碳氢化合物，转化过程所需的催化剂（铝硅酸盐和重金属）在污泥中是自身存在的。三种低级燃料（焦炭、不凝性气体和反应水）在热气发生器中燃烧，为污泥烘干提供能量。

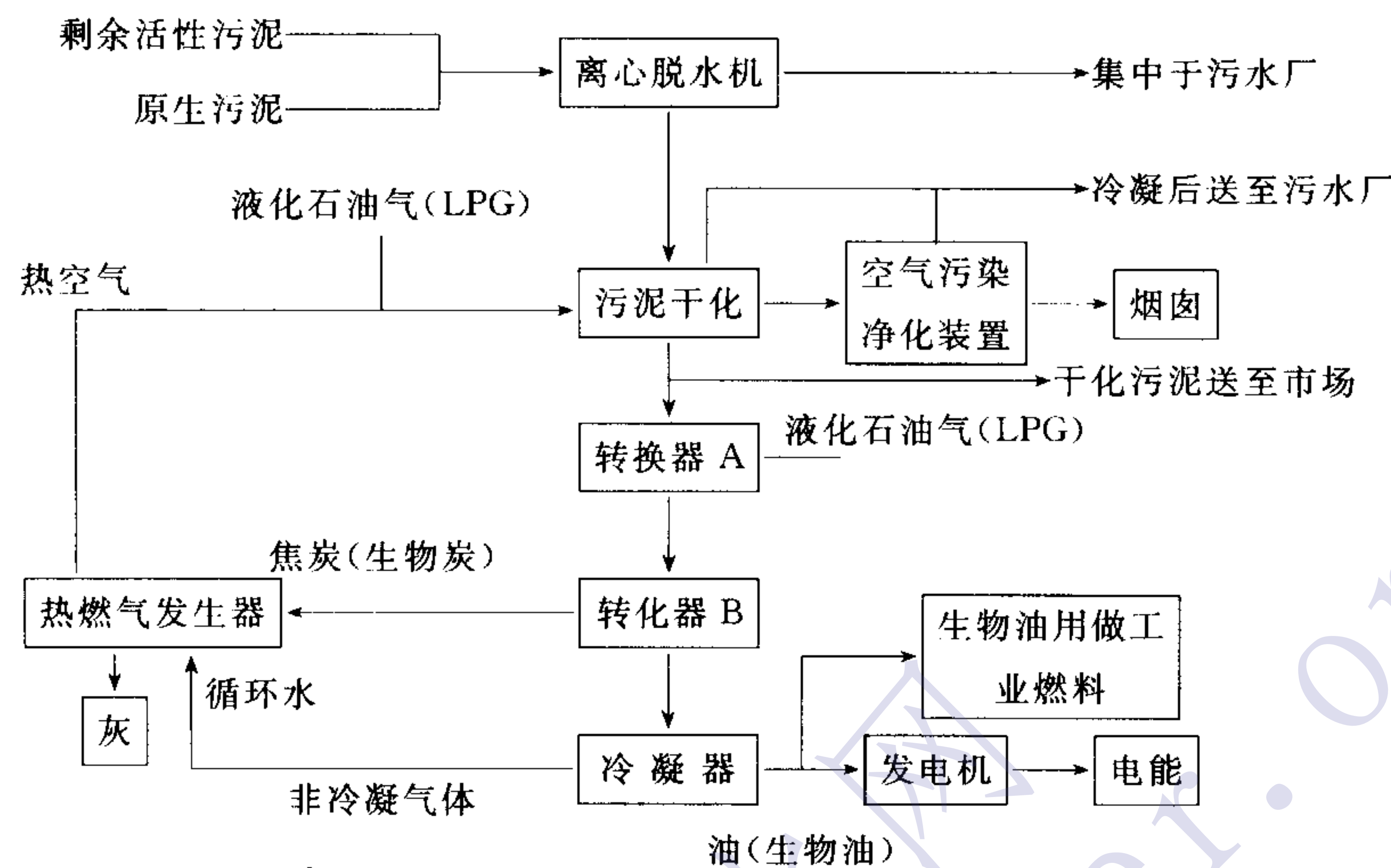


图 6-9 污泥热解制油工艺流程

目前，Subiaco 污水处理厂所产生的石油被外运至工厂取代石化燃料，并作为蒸汽锅炉的燃料。自投入运行以来，该厂已处理了约 $55 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的液体污泥，产生石灰稳定污泥 $23 \times 10^3 \text{ m}^3$ 、干污泥 8700t、灰渣 275t、燃油超过 250t。值得注意的是，大部分用石灰稳定污泥是在干化器延期交付阶段产生的，而干污泥是在热气发生器交付期产生的，其中大部分干污泥和石灰稳定污泥回用到农田上。

自运行起，转换器运行正常，在使用的 6 个月中，其平均生产率及能量数据如表 6-12 所示。

表 6-12 典型的转换产物量

产物	产量占干污泥的比例/%	毛热量值/(MJ/kg)	占污泥能量的比例/%
石油	29	30	45
焦炭	43	18	40
不凝性气体	14	15	11
反应水	14	6	4

转换工艺的特征是 4 种燃料中都回收了污泥中能量。

(1) 能量平衡 运行调试期间对污泥转化厂进行了严密的监测，以便详细地记录物质和能量的平衡关系，根据监测数据，处理 1t 干污泥的简单能量分布如图 6-10 所示。

从获得的试验数据和经验来看，假如污泥脱水后形成 26% 的 TS，那么从热气发生器中产生的能量足以满足干化器所需的能量。这可以从图 6-10 中看出，1t 干污泥所含能量为 19.3GJ。在转化器中有 45% 的能量（8.7GJ）转移到石油中，剩余的 10.6GJ 转移到焦炭、不凝性气体和反应水中，其中 7.2GJ 经过空气对空气热交换器转移到干污泥中，这部分能量足以从 3.85t 26% TS 的污泥中脱掉 2.8t 水产生干污泥颗粒。因此，该污水厂的数据表明，工厂毛能量输出为 8.7GJ/t（干污泥）。反应器经过液化石油气加热，耗能为 1GJ/t（污

泥)，所以该工艺净能量输出为 7.7GJ/t。

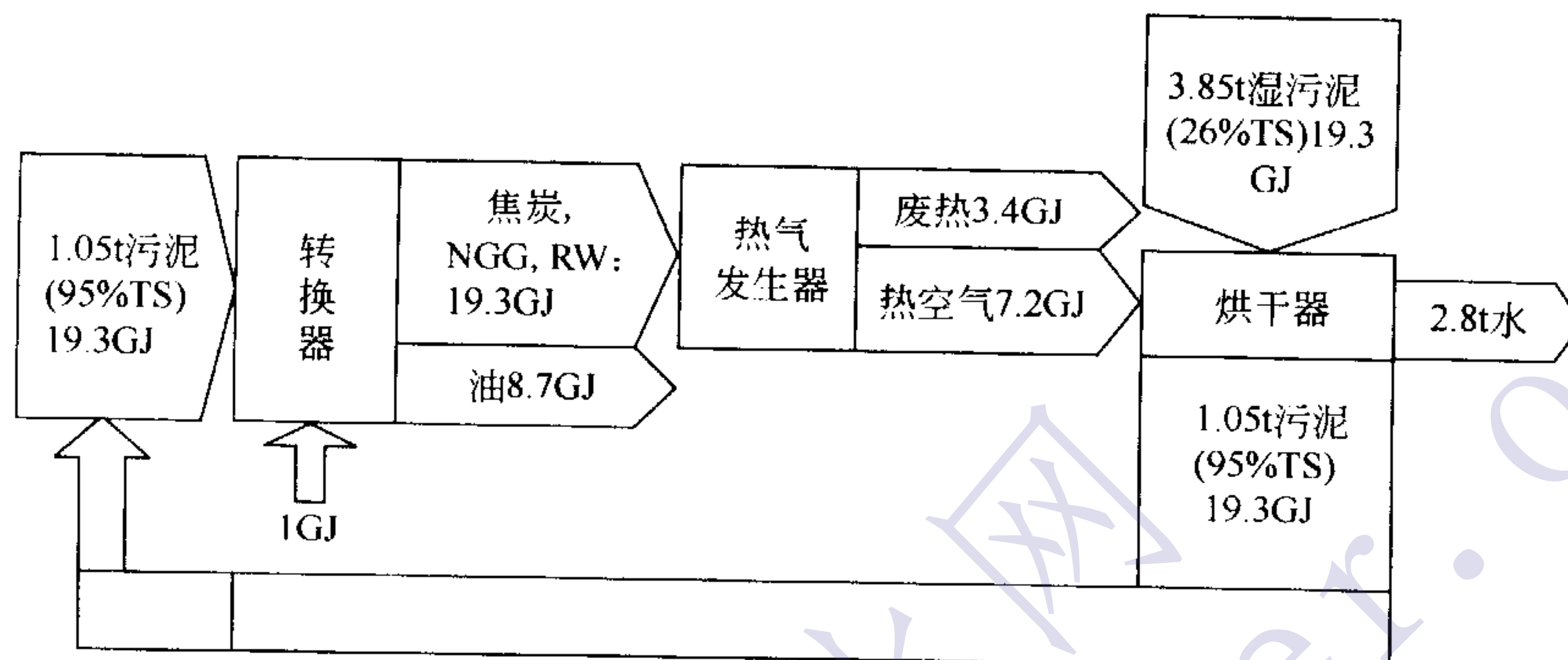


图 6-10 污泥燃烧能量分布图

(2) 环境影响 与其他污泥处理工艺相比较，该工艺具有明显的环境效益，最重要的是污泥中存在的污染物质不需要控制。第一个单元操作是转换重金属的操作，该操作是在还原条件下，温度仅需 450℃，其中仅有金属汞蒸发，将其形成硫化汞，然后从精炼油的盘式离心机再次回收为工艺污泥，将它送到工业废物处理设施予以处理，因此这四种主要的转换燃料含汞量很低。污泥中存在的其他重金属，大部分都进入到焦炭中，见表 6-13 所示。

表 6-13 Enersludge 工艺中重金属的归宿

重金属	典型污泥浓度 (mg/kg)	污泥中重金属在各成分中的比例/%				污泥中重金属在灰渣中的比例/%
		石油	焦炭	不凝性气体	反应水	
砷	1.0	<1	>99	<1	<1	>99
镉	1.5	<1	>99	<1	<1	>85
铜	900	<1	>99	<1	<1	>99
铬	35	<1	>99	<1	<1	>99
汞	2.5	5	5	0.5	2	0
镍	15	<1	>99	<1	<1	>99
铅	50	<1	>99	<1	<1	>95
锌	550	<1	>99	<1	<1	>99

在热气发生器中焦炭燃烧，其中大部分重金属进入灰渣中，仅有小部分镉和铅发生气化。灰渣中的重金属主要以硅酸盐和氧化物的形式存在，是非溶解性的，这样的灰渣就可以回用作为混凝土材料。

在该工艺中，因为很好地控制了重金属（以及有机氯化物），所以产生的气体仅需进行简单清洗就可以满足气体排放标准。气体清洗主要是用文丘里洗涤器去除颗粒物，然后是 SO₂ 洗脱装置。