

· 节能与环保 ·

# 造纸污泥脱水与污泥焚烧处理技术

张 扬, 刘秉铨, 赵长明

(大连工业大学 化工与材料学院, 辽宁 大连 116034)

**[摘要]** 介绍了造纸污泥的浓缩、脱水的基本方法, 重点讨论了污泥含水率对焚烧处理造纸污泥产生的影响。污泥焚烧是一项主要的污泥处理技术, 选用合理的污泥浓缩、脱水方法, 适当的污泥含水率, 有助于污泥焚烧处理达到最佳效果, 既减轻了造纸污泥对环境产生的不良影响, 又为造纸企业节约了大量的能耗。

**[关键词]** 造纸污泥; 污泥浓缩; 焚烧; 固含率

污泥是一种特殊的垃圾, 它是污水处理后的副产品, 其成分极其复杂, 包括有机残片、细菌菌体、无机颗粒、胶体等<sup>[1]</sup>。我国的污泥产量很大, 每年排放干污泥大约  $3 \times 10^5$  t, 并且以每年 10% 左右的速度迅速增长<sup>[2]</sup>, 如果对污泥不及时进行处理, 就会造成严重的二次污染。我国十分重视环境问题, 把城市污水、污泥的综合治理工作纳入了国民经济和社会发展“十一五”计划纲要。在此情况下, 污泥的妥善处理将会具有更大的经济、环境意义。

最初污泥的处理处置方式基本上采用填埋与海洋倾倒。这两种处理方法操作相对简单, 投资费用小, 但是会污染土壤、地下水以及海洋生态环境。随着时代的发展及环保要求, 目前人们比较热衷于污泥焚烧及土地化利用。污泥焚烧处理可以迅速和最大限度地实现减量化, 有毒污染物被氧化, 而且不必考虑病原菌的灭菌处理, 既解决了污泥的出路又充分利用了污泥中的能源。污泥焚烧对于我国这样一个污泥产量大、种类广泛的发展中国家来说, 是污泥处理的主要发展方向之一, 因此发展、完善污泥焚烧和能源利用的应用技术是迫在眉睫的重要任务。

## 1 造纸污泥浓缩

污泥浓缩是指通过污泥增稠来降低污泥的含水率和减小污泥的体积, 减少后续构筑物或处理单元的压力。造纸废水处理过程中产生的污泥, 含水率很高, 一般为 96%~99.8%, 体积很大, 对污泥的处理、利用和运输造成很大的困难, 必须先进行浓缩, 然后再进行后续处理。

### 1.1 污泥中的水分

为了有效地分离污泥中的水分, 有必要了解污泥中水分存在的状态。根据污泥中所含水分与污泥结合的情况, 污泥中所含的水分可分为自由水和结合水两大类。自由水为不直接与污泥结合也不受污泥颗粒影响的那部分水, 这部分水可通过浓缩或机械脱水与污泥颗粒分离, 污泥中的大部分水是以这种形式存在的。对于结合水, 一般认为污泥中水分与固体颗粒存在四种结合状态: 空隙水, 这是一部分被污泥颗粒包围起来的水分, 并没有与污泥颗粒直接结合, 空隙水一般占水分的 70% 左右, 这部分水可以通过重力沉淀的方法进行分离; 毛细水, 毛细水是在高度密集的细小污泥颗粒周围的水, 由于毛细管现象而形成的, 毛细水约占总水分的 20% 左右, 要想脱出毛细水, 必须施加离心力、负压力等, 以破坏毛细管表面张力和凝聚力的作用; 表面吸附水: 它是在污泥颗粒表面附着的水分, 其附着力比较强, 脱出比较困难, 要使胶体颗粒与水分离, 必须采用混凝方法, 通过胶体颗粒的相互絮凝, 排除附着在其表面的水分; 内部水, 内部水是污泥颗粒内部结合的水分, 如生物污泥中细胞内部水分, 无机污泥中金属化合物所带的结晶水等, 这部分水是不能用机械方法分离的, 可以通过生物分解或热力方法除去<sup>[3]</sup>。

每个制浆造纸厂的制浆工艺、抄纸设备、产品类型以及企业技术管理水平都不尽相同, 导致处理造纸废水时产生的污泥种类十分广泛。不同污泥中水分的结合状态对污泥浓缩、脱水影响很大。例如, 纤维含量较高和灰分含量较低的污泥, 含有较多的空隙水与毛细水, 因此最容易脱水; 经过高效生物系统处理过的污泥, 由于其中含有较多的表面吸附水和

收稿日期: 2008-12-29

生物细胞内部水,浓缩、脱水最为困难。因此充分了解污泥中水分的结合状态,有助于污泥处理企业制定合理的处理工艺、选择适当的浓缩设备,对企业提高污泥处理效率、减少生产资金投入,都会起到积极的作用。

### 1.2 污泥浓缩方法

目前,污泥浓缩的方法通常有五种:重力浓缩、气浮浓缩、离心浓缩、带式浓缩机浓缩以及转鼓机械浓缩等。我国造纸企业浓缩污泥,较多的采用重力浓缩与气浮浓缩。

重力浓缩本质上是一种沉淀工艺,是依靠污泥中固体物质的重力作用进行沉降与压密。重力浓缩是在浓缩池内进行,它的操作与一般沉淀池相似。根据运行情况,浓缩池分为间歇式和连续式两种,通过增加污泥的停留时间,有效地去除造纸污泥中不与固体颗粒直接结合的间隙水。由于初沉池的污泥相对平均密度为1.02~1.03,污泥颗粒本身的相对密度约为1.3~1.5,所以初沉池污泥易于实现重力浓缩;活性污泥的相对密度大约在1.0~1.005之间,活性污泥絮体本身的相对密度约为1.0~1.01,因而活性污泥一般不易实现重力浓缩。

气浮浓缩法是通过微小气泡附着在污泥颗粒周围,使其密度减小而强制上浮,从而使污泥在表层获得浓缩。因此,溶气气浮法适用于相对密度接近1的活性污泥浓缩。根据气泡形成的方式,气浮可以分为压力溶气气浮、生物溶气气浮、涡凹气浮等。

压力溶气气浮:通过压力溶气罐溶入过量的空气,然后突然减压释放出大量的微小气泡,附着在污泥颗粒周围,使其强制上浮,从而使污泥获得浓缩。压力溶气气浮具有占地面积小、卫生条件好、浓缩率高等优点,缺点是设备多,运行费用高,维护管理复杂。

生物气浮浓缩:生物气浮浓缩利用了污泥自身的反硝化能力,加入硝酸盐,污泥进行反硝化作用产生气体使污泥上浮而进行浓缩。这种方法日常运转费用比重力浓缩工艺和压力溶气气浮工艺低、能耗小、设备简单、操作管理方便。

## 2 造纸污泥的脱水

污泥经过浓缩后,还有95%~97%的含水率,体积依然很大,可以用管道输送。为了综合利用和进一步处置,必须对污泥进行机械脱水处理。

### 2.1 机械脱水前的预处理

污泥在机械脱水前要进行预处理,其目的是改

善污泥的脱水性能,提高脱水设备的生产能力。造纸厂通常采用化学调节法对污泥进行预处理,即通过向污泥中投加各种混凝剂、助凝剂,使污泥颗粒絮凝、结构增强以利于机械脱水。常用的混凝剂可分为无机与有机两大类。无机混凝剂包括铝盐、铁盐两类,例如三氯化铁、氯化铝、硫酸铁等等。有机高分子混凝剂有聚丙烯酰胺(PAM)、聚酰胺等。投加无机盐混凝剂虽然可以改善污泥脱水效果,但是其用量比较大,并具有一定的腐蚀性,与无机盐混凝剂相比,有机高分子混凝剂用量比较小,也没有腐蚀性。

另外,有些纸厂在污泥预处理时,将聚丙烯酰胺(PAM)等有机高分子混凝剂与表面活性剂(十二烷基苯磺酸钠等)联合使用,以降低PAM的使用量,同时使污泥含水率降低2%~6%左右。这可能是由于表面活性剂不但能使污泥表面的蛋白质、多糖等大分子物质脱离污泥颗粒,而且使得这些物质较易溶于水,减少了污泥颗粒间的间隙水,导致污泥的沉降速度加快、脱水污泥的体积减少。

### 2.2 机械脱水

机械脱水包括压力过滤机、板框压滤机、厢式压滤机、带式压滤机和螺旋压滤机等很多种。这些方法都是以过滤介质(多孔性材质)两面的压力差作为推动力,使污泥中的水分强制通过过滤介质(滤液),固体颗粒被截留在介质上(滤饼),从而达到脱水的目的。在这些方法中,带式压滤机实际应用的比较多。

带式压滤机在过去几年中取得的工业效益十分可观,这种压滤机由上下两条张紧的滤带组成,由一系列滚筒支撑,并在滚筒之间形成S形路径,上下二带通常以相同方向相同速度运转,靠带的张力产生对污泥的压力和剪切力,可以把污泥中的水分挤压出去<sup>[4]</sup>。

目前已经开发出了一种污泥脱水的新型设备,即螺旋压滤机。它产生的泥饼固体浓度约为50%~55%。从工业发达国家制浆造纸废水处理厂选用的脱水设备上看,螺旋压滤机有逐步取代带式压滤机的趋势。

经过机械脱水后的污泥,其含水率降低到60%~80%左右,从而失去流动特性,形成泥饼,体积减小,便于运输与进一步处理。

## 3 造纸污泥焚烧

污泥焚烧技术是近年来发展起来的一项污泥处理技术。该技术采用的主要设备是循环流化床锅

炉,它依据气体流化机理,使燃料在炉膛内处于流化状态,固体颗粒和空气一起具有像流体一样的流动性,可实现炉内低温强化燃烧,还可有效控制 NO<sub>x</sub> 的生成,同时细小的飞灰颗粒随气流一起在炉内反复循环。炉膛内热容量大、燃料在炉内停留时间长。

### 3.1 污泥灰分对焚烧的影响

造纸厂的污泥常用三种方式进行焚烧:在专门设计的污泥焚烧炉内焚烧;在燃烧树皮锅炉内焚烧;在燃烧化学燃料的动力炉中焚烧。不论采用哪一种焚烧方式,污泥中灰分、水分等因素对焚烧的影响都很大。通常制浆厂污泥的灰分含量在 10%~30% 左右,造纸厂的污泥灰分含量可达 50%~70%。灰分不同于水分,水分可以通过浓缩、脱水等手段大幅度地降低,而灰分是由造纸厂的生产原料、抄造工艺等客观因素决定的,基本无法改变。造纸厂的污泥灰分如果高于 50%,焚烧起来就有一定的困难,因为有机物含量太低,要维持燃烧则要求水分含量很低,并且还可能引起蒸发器结构以及某些化学物质在系统内积累,给操作与设备维护带来困难。

### 3.2 污泥水分对焚烧的影响

一般来说,污泥的发热值对污泥焚烧影响很大,如果污泥中的含水率较高,水分便会挤占污泥中有机物的份额,从而使污泥的发热值下降。另外,在焚烧过程中污泥带来的水分将转变成蒸汽,需要大量的热量,依靠污泥自身燃烧是无法满足这部分能量需求的,只能由其他燃料提供,这样就给造纸企业在污泥处理成本上增加了负担。为了进一步讨论污泥水分对污泥焚烧的影响,本文以山东亚太森博浆纸有限公司焚烧污泥为生产实例,进行说明。

森博浆纸有限公司将废水处理后得到的污泥进行浓缩、脱水处理,污泥含固率提高到了 40% 左右,污泥灰分 29.4%,污泥中 C、H、O 比例为 54.96%、6.82%、26.81%。绝干污泥燃烧热值  $M_{\text{污泥}}$  为 11.5MJ/kg;焚烧后排渣温度 120℃,灰渣比热  $C_{\text{渣}}$  为 0.91 MJ/kg·℃(按 SiO<sub>2</sub> 计),入动力锅炉的污泥、空气温度 20℃,排烟温度 180℃。空气中 N<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O 比例为 75.9%、22.8%、1.3%。空气过量系数  $\alpha$  为 1.5。蒸汽比热  $C_{\text{水}}$  为 2.001 MJ/t·℃,水的比热  $C_{\text{水}}$  为 4.187 MJ/t·℃,100℃ 时水的汽化热  $\gamma_{100}$  为 2258.4 MJ/t。辐射和不完全燃烧热损失占总热量的 15%。按 1 吨污泥在动力锅炉内进行焚烧,经过计算:(计算基准为 20℃)

(1)污泥燃烧产生的热量  $Q_1$ :

$$Q_1 = G_{\text{污泥}} \times M_{\text{污泥}} = 1 \times 40\% \times (1 - 29.4\%) \times 11.5 \times 10^3 = 3247.6 (\text{MJ})$$

(2)燃烧后排渣带出的热量  $Q_2$ :

$$Q_2 = C_{\text{渣}} \times G_{\text{渣}} \times \Delta t = 0.91 \times 1 \times 40\% \times 29.4\% \times (120 - 20) = 10.7 (\text{MJ})$$

(3)烟气带出的热量  $Q_3$ :

①污泥中的 H 元素生成 H<sub>2</sub>O 量  $H_{\text{H}_2\text{O}}$

$$H_{\text{H}_2\text{O}} = \text{绝干污泥量} \times \text{H 元素比例} \times (16 + 2 \times 1) / (2 \times 1)$$

$$= 1 \times 40\% \times 6.82\% \times 18 / 2 = 0.25 (\text{t})$$

所消耗的氧量  $O_1 = H_{\text{H}_2\text{O}} \times 16 / 18 = 0.25 \times$

$$16 / 18 = 0.22 (\text{t})$$

②污泥中的 C 元素生成 CO<sub>2</sub> 的量  $C_{\text{CO}_2}$

$$C_{\text{CO}_2} = \text{绝干污泥量} \times \text{C 元素比例} \times (12 + 16 \times 2) / 12$$

$$= 1 \times 40\% \times 54.96\% \times 44 / 12 = 0.81 (\text{t})$$

所消耗的氧量  $O_2 = C_{\text{CO}_2} \times 16 \times 2 / (12 + 16 \times 2) = 0.81 \times 32 / 44 = 0.59 (\text{t})$

③污泥中 O 元素的量  $O_3$

$$O_3 = \text{绝干污泥量} \times \text{O 元素的比例} = 1 \times 40\% \times 26.81\% = 0.11 (\text{t})$$

④理论需氧量  $O_L = O_1 + O_2 - O_3 = 0.22 + 0.59 - 0.11 = 0.7 (\text{t})$

⑤理论空气用量  $G_L = O_L \div \text{空气中 O 的比例} = 0.7 \div 22.8\% = 3.07 (\text{t})$

⑥实际空气用量  $G = G_L \cdot \alpha = 3.07 \times 1.5 = 4.61 (\text{t})$

其中:含 O 量  $G_O = G \times \text{空气中 O 比例} = 4.61 \times 22.8\% = 1.05 (\text{t})$

含 N 量  $G_N = G \times \text{空气中 N 比例} = 4.61 \times 75.9\% = 3.5 (\text{t})$

含 H<sub>2</sub>O 量  $G_{\text{H}_2\text{O}} = G \times \text{空气中 H}_2\text{O 比例} = 4.61 \times 1.3\% = 0.06 (\text{t})$

⑦过剩空气量  $G_{\text{剩}} = G - G_L = 4.61 - 3.07 = 1.54 (\text{t})$

其中:含 O 量  $G_{\text{剩O}} = G_{\text{剩}} \times 22.8\% = 1.54 \times 22.8\% = 0.35 (\text{t})$

含 N 量  $G_{\text{剩N}} = G_{\text{剩}} \times 75.9\% = 1.54 \times 75.9\% = 1.17 (\text{t})$

含 H<sub>2</sub>O 量  $G_{\text{剩H}_2\text{O}} = G_{\text{剩}} \times 1.3\% = 1.54 \times 1.3\% = 0.02 (\text{t})$

⑧污泥中的 C 元素生成 CO<sub>2</sub> 的量  $C_{\text{CO}_2} = 0.81 (\text{t})$

污泥中的 H 元素生成 H<sub>2</sub>O 的量  $H_{H_2O} = 0.25(t)$

⑨干烟气排放带出的热量  $Q_7$

$$Q_7 = (G_{H_2O} + G_{H_2N} + C_{CO_2}) \times C_{烟气} \times (t_3 - t_0)$$

$$= (0.35 + 1.17 + 0.81) \times 1.068 \times (180 - 20) = 398.15(GJ)$$

空气中的水排放带出的热量  $Q_8$

$$Q_8 = (G_{H_2O} + H_{H_2O}) \cdot [C_{蒸} \cdot (t_{180} - t_{100}) + \gamma_{100} + C_{水} \cdot (t_{100} - t_{20})] = (0.02 + 0.25) \cdot [2.001 \cdot (180 - 100) + 2258.4 + 4.187 \cdot (100 - 20)] = 743.43(MJ)$$

⑩烟气带出的热量  $Q_3$

$$Q_3 = Q_7 + Q_8 = 398.15 + 743.43 = 1141.58(MJ)$$

(4) 蒸发污泥中的水分消耗的热量  $Q_4$

$$Q_4 = m_{水分} \cdot [C_{蒸} \cdot (t_{180} - t_{100}) + \gamma_{100} + C_{水} \cdot (t_{100} - t_{20})]$$

$$= 1 \times (1 - 40\%) \cdot [2.001 \cdot (180 - 100) + 2258.4 + 4.187 \cdot (100 - 20)] = 1652.06(MJ)$$

(5) 辐射和不完全燃烧热损失带出的热量  $Q_5$

$$Q_5 = 15\% Q_1 = 15\% \times 3247.6 = 487.14(MJ)$$

(6) 剩余热量  $Q_6$

$$Q_6 = Q_1 - (Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5) = 3247.6 - (10.7 + 1141.58 + 1652.06 + 487.14) = -43.88(MJ)$$

根据上述公式及有关参数计算当污泥固含量为 40% 时焚烧锅炉的能量衡算及所占的比例如表 1 所示。

表 1 污泥焚烧锅炉系统能量平衡表

项 目	输入能量/MJ (所占比例)	输出能量/MJ (所占比例)
Q <sub>1</sub> 污泥燃烧产生的热量	3247.6 (100%)	
Q <sub>2</sub> 送燃烧后排渣带出的热量		10.7(0.3%)
Q <sub>3</sub> 烟气带出的热量		1141.58 (35.15%)
Q <sub>4</sub> 蒸发污泥中的水分消耗的热量		1652.06(50.87%)
Q <sub>5</sub> 辐射和不完全燃烧热损失带出的热量		487.14 (15%)
Q <sub>6</sub> 剩余热量		-43.88 (-1.4%)
合 计	3247.6 (100%)	3247.6 (100%)

从以上数据中我们可以看出,当污泥固含量为 40% 时,污泥自身的发热量不足以蒸发自身的水分,因此需要加煤等燃料作补充,可以说,直接焚烧固含量为 40% 的污泥,对于工厂来说,是不合算的。同时,为了找到最佳的焚烧水分,我们又计算了污泥固含量为 45%、50%、55% 的几种情况,计算结果如图 1 与表 2 所示。

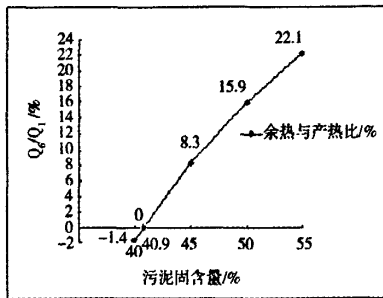


图 1 污泥焚烧中的热量剩余

表 2 污泥焚烧过程中的各种热量损失与热量剩余

固含量/%	40	45	50	55
Q <sub>1</sub> 污泥燃烧产生的热量	3247.6	3653.55	4059.5	4465.45
Q <sub>2</sub> 送燃烧后排渣带出的热量	10.7	12.04	13.38	14.71
Q <sub>3</sub> 烟气带出的热量	1141.58	1275.44	1414.1	1555.52
Q <sub>4</sub> 蒸发污泥中的水分消耗的热量	1652.06	1514.39	1376.72	1239.05
Q <sub>5</sub> 辐射和不完全燃烧热损失带出的热量	487.14	548.03	608.93	669.82
Q <sub>6</sub> 剩余热量	-43.88	303.65	646.37	986.35
剩余热量占污泥产热的比值 $Q_6/Q_1$	-1.4%	8.3%	15.9%	22.1%

根据图 1 可以直观地看出,当污泥的固含量达到 40.9% 时,污泥燃烧的余热与产热比到达零点,这说明此时焚烧污泥不再需要加入煤等额外的燃料,只依靠污泥自身燃烧所产生的热量,足以蒸发自身所含水分,使污泥焚烧顺利进行。也就是说,造纸厂如果要在不加入额外燃料的情况下对污泥进行焚烧处理,就必须把污泥的固含量提高到 40.9% 以上,才能使整个焚烧过程持续地进行下去。

综合图 1 与表 2 可知:当污泥的固含量超过 40.

9% 时,污泥焚烧后开始产生剩余热量,并且随着固含量的增大,剩余热量也不断地增多;当污泥的固含量为 55% 时,污泥焚烧后所剩余的热量最多。为了得到更多的剩余热量,工厂可以通过机械方法尽可能地脱去污泥中的水分,将污泥的固含量控制在 50% 以上,再进行焚烧处理。污泥焚烧技术不仅解决了污泥处置难的问题,同时焚烧后剩余的热量还可以为工厂提供热源,这正是当前节能减排的典型例子。

(下转第 58 页)

会定在一个固定值,它的波动范围很小,这样会保证污水在曝气池和二次沉淀池的平均停留时间均一稳定,保证出水水质。其它的因素如絮凝剂、营养盐的投加、剩余污泥的排放等也要保证均一稳定。要求上一个处理单元的均一稳定性,严把本单元的均一稳定性,为下一个处理单元创造均一稳定性,应是整个生产过程必须严格遵守的准则。

### 3 设备运转状况的均一性

污水处理过程中,所谓的设备不单只机械设备,还包括仪器仪表、电气自动化控制以及计算机软硬件等。水处理不能连续进行或不能达标排放,设备因素也占很大比重,设备台帐的建立、维护和更换记录的完善以及备品备件的加工质量和采购质量,都应建立一套完备的管理体系。设备的精度和维护质量也是影响设备能否稳定运行的直接原因。对设备的生产厂家、使用状况、润滑材料的成分、型号、使用周期也应有详细的记录,这些记录既是实际工作的写实,又

是发现问题和查找问题的依据。

### 4 完善的监测手段、科学的思维方法和工作方法

对水质进行监测是发现问题的最有效的办法,也是查找问题的第一道程序,监测手段不完备就会造成问题的出现和解决方法的盲目,并有可能长时间得不到解决。所以,必须对与水质有关的监测手段加以完善,建立一套行之有效的监测体系。比如,在出水设置水质在线监测仪器;在化验室配备性能可靠稳定的化验监测仪器并制定合理的监测制度,使生产过程中,能够及时准确地发现问题,只有这样才能把握住各类生产问题的第一道关口。处理和解决各类生产问题,要有科学的思维和工作方法,要有科学的理论作指导,没有理论指导只能蛮干、瞎干,只有不断地发现问题和解决问题并不断地加以总结,在日积月累中,就有了一套改进工艺操作的清晰思路,从而使各种生产中存在的问题迎刃而解。

[关键词] 污水处理;均一性;活性污泥

(上接第56页)

### 4 结论

4.1 污泥焚烧处理可以迅速和最大限度地实现减量化,不必考虑病原菌的灭菌处理,既解决了污泥的出路又充分利用了污泥中的能源,是污泥处理的主要发展方向之一。

4.2 造纸污泥焚烧前,必须进行浓缩、脱水等预处理,以便减小污泥的体积,提高污泥有机物含量,有利于焚烧。

4.3 当污泥的固含量超过40.9%以后,污泥焚烧开

始产生剩余热量,并且随着固含量的增大,剩余热量也不断地增多。

### [参考文献]

- [1] 李培生. 固体废物的焚烧和热解[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006, 4: 3.
- [2] 徐强. 污泥处理处置技术及装置[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003, 8: 1.
- [3] 毛梯和. 化工废水处理技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000, 9: 250-251.
- [4] 杨学富. 制浆造纸工业废水处理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001, 5: 213-214.

## The Treatment Technology of the Sludge Dehydration and Burning

ZHANG Yang, LIU Bing-yue, ZHAO Chang-ming

(Chemistry and Material Department, Dalian Polytechnic University, Dalian Liaoning 116034)

**Abstract:** the text introduces some of the basic methods of sludge concentration and dehydration, focuses on how the moisture content of the sludge effects on the production of the burning the sludge. Sludge burning is a major sludge treatment technology, a reasonable methods and adequate moisture content of sludge can help sludge burning to achieve the best results. Not only can reduce the sludge's bad impact on the environment, but also save a great deal of energy for paper-making enterprises.

**Keywords:** sludge; sludge concentration; burning; the solid rate

# 造纸污泥脱水与污泥焚烧处理技术

作者: [张扬](#), [刘秉钺](#), [赵长明](#), [ZHANG Yang](#), [LIU Bing-yue](#), [ZHAO Chang-ming](#)  
作者单位: [大连工业大学化工与材料学院, 辽宁, 大连, 116034](#)  
刊名: [黑龙江造纸](#)  
英文刊名: [HEILONGJIANG PULP & PAPER](#)  
年, 卷(期): 2009, ""(2)  
被引用次数: 1次

## 参考文献(4条)

1. [李培生](#) [固体废物的焚烧和热解](#) 2006
2. [徐强](#) [污泥处理处置技术及装置](#) 2003
3. [毛悌和](#) [化工废水处理技术](#) 2000
4. [杨学富](#) [制浆造纸工业废水处理](#) 2001

## 引证文献(1条)

1. [谷晋川](#), [张君](#), [张蔓](#), [叶春燕](#) [城市污水厂污泥制备吸附剂实验研究\[期刊论文\]-西华大学学报\(自然科学版\)](#) 2010(2)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_hljzz200902019.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_hljzz200902019.aspx)  
授权使用: 郑州大学(zzdx), 授权号: 6d0ff5e9-f144-421a-8527-9dec00e16574

下载时间: 2010年9月9日