

清潔生產伙伴計劃

執行機構：

HKPC[®]

Hong Kong Productivity Council
香港生產力促進局

工業技術服務供應商：東莞市清潔生產科技中心 (dgcpmail@126.com)

行業：紙張和紙品製造業

應用技術：污泥乾燥燃燒系統的節能示範項目

資料來源：清潔生產伙伴計劃示範項目 (11D0179)

參考編號：CP-D137

項目年份：二零一一年

概覽

本文介紹造紙廠改造污泥乾燥燃燒系統的節能示範項目。造紙生產過程中會產生大量含高熱值的有機污泥，如果不妥善處理，便會造成環境污染，並增加處理成本。

東莞順裕紙業有限公司(以下簡稱順裕)是以回收廢紙為主原材料的大中型造紙企業。獲清潔生產伙伴計劃資助下，順裕進行污泥乾燥燃燒系統的改造工程(以下簡稱污泥燃燒系統；由廣州市益能環保設備工程有限公司提供，採用SNF-E-1400E型乾燥器)，以有效回收廢污泥的熱量，控制生產成本，以及降低廢氣排放。污泥燃燒系統投入服務後，每年節省標煤1,377噸，淨效益為約人民幣498,923元，回本期為約9個月。

結果顯示，順裕使用污泥乾燥燃燒工程技術改造是具有環境和經濟效益的。

技術問題

工業製造每日產生大量污泥，由於工廠受限於土地及沒有配套的污泥處置設施，過去只能將污泥外運至低窪地或垃圾填埋場作簡單填埋，因而容易造成二次污染。部分污泥含有高熱值，可回收作為輔助燃料使用，但往往因回收技術含量不足，造成效率偏低，操作費用高，以及產生廢氣污染等問題。

解決方案

本示範項目中，順裕在污泥燃燒系統項目中對舊污泥處理及鍋爐系統進行改造，利用鍋爐尾氣餘熱進行乾燥，提高污泥的燃燒熱量及穩定性，成功提升熱能回收效率及減少污染。

污泥乾燥燃燒工程技術改造包括：(1) 風機改造，現有的風機的電機、軸承箱、變頻器不變，只對風機葉輪進行更換；(2) 利用焗爐尾氣廢熱乾燥，於氣旋乾燥室內把已脫水的污水污泥進一步減少水份至30%；(3) 增加污泥流化系統，在現有的乾燥機下部增加污泥的流化系統，變更污泥的機械破碎為風動流化，提高污泥系統的傳熱效率，增加乾燥量，採用風動流化後可減少污泥黏塔的發生，提高系統的運行效率和可靠性。由於風流化過程中污泥的乾燥方式與機械破碎有本質的不同，不會產生堵塔現象，解決了由於溫度過低而造成的系統換熱不良問題；(4) 加料機的調整，由於流化機的高度變化，加料機相應改變，以保持穩定的進料供應。

示範項目簡介

本示範項目於2011年12月完成安裝、調試及試運行，並於2012年2月1日進行驗收。經實際運作後，設備基本操作正常及符合預期要求。



污泥脫水系統



脫水污泥輸送系統



污泥乾燥燃燒系統的外觀

清潔生產伙伴計劃

成效

從2011年12月19日至12月25日的約一個星期內，順裕在污泥乾燥系統正常操作下，對投料乾污泥熱值進行監測和記錄，結果如下：

日期	濕污泥產生量(噸)	乾污泥熱值(kcal/kg)
2011年12月19日	32	2,408
2011年12月20日	30	2,412
2011年12月21日	20	2,500
2011年12月22日	29	2,413
2011年12月23日	35	2,023
2011年12月24日	40	2,230
2011年12月25日	45	2,114
平均值	33	2,300

結果顯示，濕污泥產平均產生量為33噸/天，污泥含水率70%；而乾污泥的平均熱值可達到2,300kcal/kg，污泥含水率為27%。

乾污泥的平均產生量為：
 $33 \text{ 噸/天} \times (1-70\%) \div (1-27\%) = 13.56 \text{ 噸/天}$

每小時乾污泥產生量為：
 $13.56 \text{ 噸/天} \div 24 \text{ 小時} = 0.565 \text{ 噸/小時}$

財務分析

A. 污泥乾燥系統的運行費用

污泥乾燥系統的設備（包括2台乾燥機主風機、2台流化風機、2台濕污泥輸送電機、1台輸送風機及1台關風器）的運行功率共170.28kW。

按電價0.75元/kWh，每小時的耗電費：
 $170.28 \text{ kWh} \times 0.75 \text{ 元/kWh} = 127.71 \text{ 元/小時}$

每噸污泥的耗電費：
 $127.71 \text{ 元/小時} \div (33 \text{ 噸/天} \div 24 \text{ 小時}) = 92.88 \text{ 元/噸}$

人工按每天三班每班一個工人運行（按月工資2,000元/人），則每天的人工運行費為：
 $(2,000 \text{ 元/人} \times 3 \text{ 班/天}) \div 30 \text{ 天/月} = 200 \text{ 元/天}$

所以每噸濕污泥的人工運行費：
 $200 \text{ 元/天} \div 33 \text{ 噸/天} = 6.06 \text{ 元/噸}$

每噸污泥總運行費用：
 $92.88 \text{ 元/噸} + 6.06 \text{ 元/噸} = 98.94 \text{ 元/噸}$

B. 污泥熱量回收價值

上表中水分耗熱是指：污泥乾燥到27%進入鍋爐中燃燒，在燃燒過程中27%的水分需要帶走的熱量，由前面計算可知，乾燥後的污泥每噸含水27%，即約270kg，則每噸污泥中水分蒸發的熱量（假設由25°C到100°C，加熱效率為80%）約：

$270 \text{ kg/噸} \times 770 \text{ kcal/kg} = 207,900 \text{ kcal/噸}$

乾燥污泥每噸的淨發熱量為：
 $(1,000 \text{ kg} \times 2,300 \text{ kcal/kg}) - 207,900 \text{ kcal/噸} = 2,092,100 \text{ kcal/噸}$

每噸乾燥污泥換算成4,500kcal的煤為：
 $2,092,100 \text{ kcal} \div 4,500 \text{ kcal} = 465 \text{ kg}$

13.56噸的乾燥污泥每天能節省煤量：
 $465 \text{ kg} \times 13.56 \text{ 噸/天} = 6,305 \text{ kg/天} = 6.30 \text{ 噸/天}$

每年能節省煤量：
 $6.30 \text{ 噸/天} \times 340 \text{ 天/年} = 2,142 \text{ 噸/年}$ （或1,377噸標煤/年）

燃燒一噸乾燥後的污泥獲得的效益為（4,500kcal的煤按750元/噸計算）：

$0.465 \times 750 \text{ 元/噸} = 349 \text{ 元/噸}$

每年處理污泥獲得的淨效益為：
 $(349 \text{ 元/噸} \times 13.56 \text{ 噸/天} - 98.94 \text{ 元/噸} \times 33 \text{ 噸/天}) \times 340 \text{ 天/年} = \text{人民幣} 498,923 \text{ 元/年}$

由於本項目的投資為372,337.8元，因此回本期為：
 $372,337.8 \text{ 元} \div 498,923 \text{ 元/年} = 0.75 \text{ 年}$ （約9個月）

環境成效

除了經濟效益外，節省燃煤亦相應減少了燃煤時所排出的空氣污染物。污泥乾燥系統每年可節省標煤1,377噸，估計主要的空氣污染物減少量為：

污染物	二氧化碳	二氧化硫	氮氧化物
排放因子(噸/噸燃料)	2.009*	0.0080**	0.0029**
排放減少量(噸/年)	2,766	11.0	3.99

* 世界資源研究所《能源消耗引起的溫室氣體排放計算工具指南》。

** 《第一次全國污染源普查工業污染源排放系數手冊》的《4430熱力生產和供應行業(包括工業鍋爐)》，並按原煤的含硫量約0.5%計算。

查詢

香港生產力促進局清潔生產伙伴計劃秘書處

香港九龍達之路78號生產力大樓3樓

電話：(852) 2788 5588 傳真：(852) 3187 4532 電郵：enquiry@cleanerproduction.hk 網址：www.cleanerproduction.hk

(本文檔可於清潔生產伙伴計劃網站下載：www.cleanerproduction.hk)

聲明

本文中所示範的設備或技術其成效只代表在本項目條件下的表現，並不表示使用在其他工廠或不同條件時會有相同的效果。此外，本文提及的設備、技術及環境技術服務供應商等並不表示是香港特區政府及香港生產力促進局所認可，對任何因使用該設備、技術或服務供應商而引致或涉及的損失，香港特區政府及香港生產力促進局概不承擔任何義務、責任或法律責任。此外，類似的設備、技術及服務供應商或可在市場上獲得。讀者應認真評估對該設備或技術的實際需求，以及在採用該設備或技術之前應向有關方進行詳細諮詢。