

## EU IPPC 之大型火力發電廠最佳可行技術參考文件

資料來源:工業技術研究院

依據歐盟整合污染及防制指令(IPPC Directive 96/61/EC of 24 September 1996)所訂定的大型火力電廠最佳可行技術參考文件(Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants)，其最佳可行技術訂定係依據下列步驟：

- (一) 確認關鍵性的環保議題，包括對空氣及水的排放、熱效率及燃燒的殘餘物。
- (二) 審查與這些議題比較相關的技術。
- (三) 基於歐盟及全球可得的資訊，確認最佳的環保績效水平。
- (四) 確認在何種狀態下，可以達到這些績效水準。例如成本、媒介間的作用(cross-media effect)、以及實行這些技術的主要趨動力。
- (五) 選擇最佳可行技術及其相對應的排放及(或)消耗水平。

基於此評估，技術和可能的排放及消耗水平係整合於最佳可行技術的應用中。這種作法被認為對歐盟大型火力發電廠是較為適當的；在許多例子裏，能夠反應出一些設施目前的績效。「排放或消耗水平關聯的最佳可行技術」(emission or consumption levels associated with best available techniques)之意涵為，在應用這些所描述的技術時，所能夠達成的排放水平或消耗水平；同時在最佳可行技術的定義中也包含了成本及其俱有利益的平衡。然而，排放或消耗水平關聯的最佳可行技術不能被認為是排放水平的限制值。在一些例子中，技術上可能可以達到比較好的排放或消耗水平，但由於成本或媒介間的作用，就不被認定是最佳可行技術。但是，在更特殊的例子裏，若有特別的驅動力，採用排放或消耗水平可能會被認為是具有正當理由的。

最佳可行技術可以作為判斷一個舊有設施目前的績效的參考點，或用來判斷一個新設施計畫的參考點。新設施應有的設計應能達到最佳可行技術的水平，或比其更好。既有設施視每一種狀況下，技術及經濟的可應用性，應能夠趨於最佳可行技術水平或比其更好。

此份參考文件並未設定法規的標準，而是提供產業界、會員國及公眾使用特定技術所能達到的排放及消耗水平。對每一個案例的限值，需要考慮歐盟整合污染及防制指令的目標及當地的考量來決定。

謹慎地管理自然資源及有效率地使用能源是歐盟整合污染及防制指令的兩個主要要求；因此，電廠能夠有效率地生產能源，是溫室氣體排放的重要指標。減少每單位能源生產的二氧化碳排放量的方法是能源利用及能源生產程序最佳化的方法之一，也就是在燃料進料、冷卻系統、排放、使用燃料的型態等方面增加熱效率。

汽電共生被認為是減少二氧化碳總排放量的最有效方法，若當地熱能的需求足夠高時，興建較昂貴的汽電共生廠是比建造單純的蒸汽產生廠及電廠來得好。發電程序最佳可行技術及其關聯的效率水平列於表 1a~1c。（歐盟預定下次針對大型電廠 BAT 數值之回顧時程為 2010 年）

表 1.a 煤及褐煤火力電廠應用最佳可行技術關聯的熱效率水平

燃料	複合技術	(Combined technique) 總熱效率(%) (Unit thermal efficiency)	
		新廠	既有廠
煤及褐煤	CHP	75-90	75-90
煤	PC(DBB and WBB)	43-47	可達到的熱效率因廠而異，但以 36-40% 為指標，或既有廠採用 BAT 增加 3% 以上的熱效率為指標。
	FBC	>41	
	PFBC	>42	
褐煤	PC(DBB)	42-45	
	FBC	>40	
	PFBC	>42	
PC：霧化燃燒		DBB：乾底鍋爐	WBB：濕底鍋爐
FBC：流體化床燃燒		PFBC：加壓流體化床燃燒	CHP：汽電共生

表 1.b 泥煤及生質燃料火力電廠應用最佳可行技術關聯的熱效率水平

燃料	複合技術	(Combined technique) 總熱效率(%) (Unit thermal efficiency)	
		發電效率 (Electric efficiency)	燃料利用率(汽電共生) (Fuel utilisation (CHP))
生質燃料	Grate-firing	約 20	75-90 視特定廠及熱與電的需求而定
	Spreader-stoker	>23	
	FBC(CFBC)	>28-30	
泥煤	FBC (BFBC and CFBC)	>28-30	

Grate-firing：爐篋燃燒  
 Spreader-stoker：播撒式  
 FBC：流體化床燃燒  
 CFBC：循環式流體化床燃燒  
 BFBC：氣泡式流體化床燃燒  
 CHP：汽電共生

表 1.c 燃氣火力電廠應用最佳可行技術關聯的效率水平

電廠型式		發電效率(%) (Electrical efficiency)		燃料利用率(%) (Fuel utilisation)
		新廠	既有廠	新廠及既有廠
Gas turbine	燃氣渦輪機	36-40	32-35	-
Gas engine	燃氣引擎	38-45	-	-
	俱 HRSG 燃氣引擎的汽電共生	>38	>35	75-85
Gas-fired boiler	燃氣鍋爐	40-42	38-40	-
CCGT	僅產生電力有/無額外燃燒(HRSG)的複循環系統	54-58	50-54	-
	無額外燃燒(HRSG)的複循環汽電共生	<38	<35	75-85
	有額外燃燒的複循環汽電共生	<40	<35	75-85

HRSG：熱回收蒸氣產生器  
 CCGT：複循環燃氣渦輪機

歐盟針對大型火力電廠最佳可行技術比較現行各發電機組的熱效率<sup>1</sup>，其中複循環機組的新電廠熱效率為 54~58%，而既存電廠熱效率 50~54%，以台電複循環機組熱效率介於 41.6~49.75%，則略顯較低。此部份火力電廠能源效率比較的國家有：澳大利亞、中國、法國、德國、印度、日本、北歐(丹麥、芬蘭、瑞典和挪威)、南韓、英國和愛爾蘭及美國。這些國家占全球火力發電容量比例之約 65%。

表 2 燃氣火力電廠熱效率－電廠最佳可行技術

電廠形式	熱效率 (%) (LHV, net)	
	新電廠	既存電廠
燃氣渦輪	36~40	32~35
燃氣引擎	38~45	
燃氣鍋爐	40~42	38~40
發電的複循環系統(有/無裝設額外燃燒的於熱鍋爐)	54~58	50~54

資料來源：EU (2006): Reference document on best available techniques for large combustion plant.

表 3 全球火力電廠平均與最高能源效率(依燃料別)

	燃煤	燃油	燃氣
全球火力電廠平均能源效率	35%	38%	45%
全球火力電廠最高能源效率	42%	45%	52%

資料來源：W.H.J. Graus, M. Voogt, E. Worrell, International comparison of energy efficiency of fossil power generation, Energy Policy 35 (2007) 3936-3951

<sup>1</sup> EU Reference document on best available techniques for large combustion plant, 2006.

## 使用於其他歐盟國家之標竿值

### 一、德國

針對電力生產，德國第一階段國家分配計畫（NAP）提供下列針對新加入者之標竿值：

電力競爭標竿乃是 750 克 CO<sub>2</sub> 當量/kWh。此項數值係來自現代化褐煤、煤與燃氣發電廠之加權平均排放量。

對於發電廠使用燃料具備低於 750 克 CO<sub>2</sub> 當量/kWh 之比排放數值時，允許排放額度將不得超過實際排放量，但是至少將為 365 克 CO<sub>2</sub> 當量/kWh。

此項最低允許排放額度係依據現代化燃天然氣電廠情況。

以上德國 NAP 所提供之標竿值係依據個別電廠之個別特性，但是具有 750 克與 365 克 CO<sub>2</sub> 當量/kWh 之上下限。若是依據褐煤之 HHV 排放係數為 0.32 tCO<sub>2</sub>/MWh 與天然氣排放係數為 0.19 tCO<sub>2</sub>/MWh 時，隱含 HHV 效率分別為 HHV 時 42.7% 與 52.1% (LHV 時 44.9% and 57.9% LHV)。

### 二、義大利

義大利第一期國家分配計畫（NAP）則區別三種發電技術與三種燃料類型，詳見以下表 4。

表 4 在義大利第一期 NAP 之發電廠競爭標竿<sup>2</sup>

技術	燃料	經過標竿之分配 (tCO <sub>2</sub> /MWh)	隱含熱效率 (HHV)
整合渦輪天然氣 之蒸氣廠	天然氣	475	40.0%
整合渦輪天然氣 之蒸氣廠	石油產品	1531	17.0%
複合循環	天然氣	396	48.0%
複合循環	石油產品	1276	20.4%
蒸氣冷凝廠	固體燃料	--	--

<sup>2</sup> EU ETS phase II new entrant's benchmarks review, August 2006.

CCGT 之隱含熱效率標準值乃是在 HHV 時 48.0%(LHV 時 53%)。此項數值與其他上述討論來源為低。因此代表對於現有電廠之敘述，而非對先加入電廠之最佳作業實務。

## 我國資訊

工研院能源資訊網產業耗能指標對於發電機組設備能源效率資料顯示，發電機組可分為複循環機組、燃煤慣常火力機組、超臨界發電機組、流體化床燃燒機組及煤炭氣化複循環機組五種，複循環機組能源效率是屬於最高，其能源效率平均值為 51.7，然而，燃煤慣常火力機組是屬於最低，其能源效率平均值為 35.9，如表 5。

表 5 發電機組設備及效率比較

行業別	設備項目名稱	各別規格	設備能源效率		
			指標值	平均值	單位及運算式
發電	複循環機組	低熱值(LHV)	55	51.7	淨廠效率% = 供電量 ÷ 鍋爐輸入熱量，以水冷式汽輪機冷凝器及 ISO 標準測試程序之測試環境(1 大氣壓、15°C、60%相對濕度)為計算基準
	燃煤慣常火力機組	高熱值(HHV)	38	35.9	
	超臨界發電機組	—	40.05	40.02	
	流體化床燃燒機組	低熱值(LHV)	42	40	
	煤炭氣化複循環機組	低熱值(LHV)	43	42	

註 1、指標值：各樣品設備在相同全載基準條件下之最高效率或最低單位產量耗能。

註 2、平均值：各樣品設備能源效率之總合 ÷ 各樣品設備台數。

資料來源：能源資訊網 <http://emis.erl.itri.org.tw/>

1982 年台電公司通霄電廠首先引進複循環機組，燃燒重油機組之熱效率設計值為 42.8%(高熱值，HHV)，高於傳統火力機組甚多(無論是熱效率設計值為 37.62%的燃煤電廠或是 37.84%的燃油電廠)。此階段共引進 3 部機組，2 部為美國奇異公司產品，1 部為 BBC 公司產品(目前已整合為 ABB Alstom 公司，本文將以 BBC 或 ABB 公司表示)。

1992 年第二階段引進 2 部 ABB 公司複循環機組，也是“重油/柴油”雙燃料發電機組，熱效率高達 46.9%，此為歐洲系統，目前則已完全改燒液化天然氣。為配合政府多元化能源政策，1994 年規劃興建南部電廠，首次引進燃燒液化天然氣(Liquefied Natural Gas ; LNG)的複循環機組，採用德國西門子(Siemens)公司的主機(氣渦輪機)達 21 部，外加林口電廠 1,200°C 級 2 部，合計有 23 部西門子的產品。

依據台灣電力公司統計年報可發現，台電目前擁有的複循環機組，分別為通霄複循環機組、大潭複循環機組、興達複循環機組、南部複循環機組，燃料種類以天然氣、輕柴油為主，淨熱效率介於 41.6—

49.75%，如表 6，若將台電複循環機組之淨熱效率與能源資訊網產業耗能指標之能源效率平均值 51.7%相比可發現台電目前的複循環機組效率值普遍偏低。

表 6 台電複循環機組淨熱效率

電廠別	機組別	商轉日期	燃料種類	淨熱效率 (HHV)(%)
通宵複循環	# 1	1980.8	天然氣	42.8
	# 2	1980.10	天然氣	42.8
	# 3	1980.11	天然氣	41.9
	# 4	1990.12	天然氣	44.9
	# 5	1991.1	天然氣	44.9
	# 6	1999.1	天然氣	44.7
大潭複循環	# 1, 2	2005.12	天然氣、輕柴油	49.75 / 47.5
興達複循環	# 1	1997.5	天然氣	46.2
	# 2	1997.4	天然氣	46.2
	# 3	1997.4	天然氣	46.2
	# 4	1997.6	天然氣	46.2
	# 5	1997.8	天然氣	46.2
南部複循環	# 1	1993.6	天然氣	44.0
	# 2	1993.7	天然氣	44.0
	# 3	1995.4	天然氣	44.0
	# 4	2003.6	天然氣	49.4

資料來源：台灣電力公司統計年報