

台中發電廠四號機汽機效能提升抵換專案計畫書

版本：5.1

製作日期：104 年 08 月 19 日

專案活動所屬之方案型專案	<input type="checkbox"/> 本專案活動屬_____方案型專案之子專案 <input checked="" type="checkbox"/> 不適用
申請單位	台灣電力股份有限公司(台中發電廠)
引用的減量方法 和其類別範疇	AMS-II.B.(Ver.09) 能源工業(含再生能源/非再生能源)
年平均排放減量 估計值	23,746 公噸 CO ₂ 當量

目 錄

一、專案活動之一般描述.....	1
(一)專案名稱：.....	1
(二) 專案參與機構描述.....	1
(三) 專案活動描述.....	1
(四)專案活動之技術說明.....	5
二、基線計算方法描述.....	9
(一) 專案活動採用之減量方法.....	9
(二)適用條件與原因.....	9
(三)專案邊界內包括的排放源和氣體.....	9
(四) 基線情境之選擇與說明.....	10
(五) 外加性之分析與說明.....	11
(六) 減量/移除量計算公式描述.....	12
三、減量/移除量計算說明.....	17
(一) 減量/移除量計算.....	17
(二) 計入期計算摘要.....	18
四、監測方法描述.....	20
(一) 應被監測之數據與參數.....	20
(二) 監測計畫之描述.....	24
五、專案活動期程描述.....	26
(一) 專案活動執行期間.....	26
(二) 專案計入期.....	26
六、環境衝擊分析.....	27
七、公眾意見描述.....	28
檢附文件.....	A 1
附件一、 專案執行相關單位基本資料.....	A 1
附件二、 基線資訊.....	B 1
附件三、 監測資訊.....	C 1
附件四、 外加性說明附件.....	D 1
附件五、 壽齡評估佐證資料.....	E 1
附件六、 公開說明會照片與會議紀錄.....	F 1
附件七、 抵換專案註冊申請審查專案小組第 1 次初審會議紀錄.....	G 1
附件八、 專案計畫書修訂依據.....	H1

台中發電廠四號機汽機效能提升抵換專案計畫書

一、專案活動之一般描述

(一)專案名稱：

台中發電廠四號機汽機效能提升

版本：第 5.1 版

日期：104 年 08 月 19 日

專案活動類別：類別 1-能源工業(含再生能源/非再生能源)

(二)專案參與機構描述

台中發電廠四號機(以下稱中四機)汽機效能提升計畫抵換專案全案資金為台電公司自行籌措，無其他投資者參與，本案後續產生之減量額度將完全歸屬台灣電力股份有限公司所有。

參與機構名稱	參與單位性質	角色說明
台灣電力股份有限公司	國營事業	專案規劃、投資與執行者，其減量額度 100%為台灣電力股份有限公司所有及支配。本抵換專案屬「台灣電力股份有限公司」所有，並授權台中發電廠申辦。

(三)專案活動描述

1.專案活動目的

台中發電廠成立於民國 78 年，設置有十部燃煤汽力機組和四部燃輕柴油的 Gas Turbine 機組，總發電裝置容量為 5,780MW。該廠為善盡環境保護之企業責任及作為國內產業的表率，並達成國家永續發展政策綱領原則一致性，針對造成氣候變遷之溫室氣體減量積極因應，自民國 94 年起，每年進行溫室氣體基線盤查，以確實掌控該廠溫室氣體排放狀況。

中四機自 81 年商轉迄今運轉 20 年，正常燃煤機組經濟壽齡約 40 年，中四機定期停機進行機組大修維護保養，機組零件整修及設備更新，使機組保持最佳效率運轉，於 40 年運轉安全無虞，評估中四機高中壓轉子內缸組件更新之可行性，以提升汽機效能，並達節能減碳之效。

中四機汽機設備原設計說明概要，說明如表 1.1

表 1.1 汽機設備概要

廠家	美國 General Electric 公司製造	
型式	三汽筐，串列復合再熱器，並有兩組雙流低壓之機組	
容量	589,467KW	
轉速	3,600RPM	
轉向	反時針方向(站在汽機頭，往發電機方向看)	
設計 條件	進汽壓力	16,548KPG
	進氣溫度	538°C
	再熱溫度	538°C
	排氣壓力	7.45KPG
	抽氣數	8 段抽汽
葉片 級數	高壓汽機	6 級
	中壓汽機	5 級
	低壓汽機	兩組雙流低壓段各 6 級
汽封	曲折式汽封片	

2.減量技術說明

本專案活動目的藉由中四機高中壓汽機轉子內缸更新工程，以提升汽輪機之運轉效率，大幅提升中四機汽輪機發電效率，減少化石燃料（煤炭）的使用，進而減少二氧化碳的排放，同時提升台中發電廠周界環境空氣品質，維持鄰近居民之身體健康。

整體更新升級之高中壓汽機配件

- (1)新設計的動靜葉片為 3D 高效率設計，高中壓汽機動葉片共 14 級及高壓靜葉片前 5 級、中壓前 3 級均具有防止吹蝕磨耗之塗層(Coating)，且使用高效率具有塗層(Coating)之汽封及整體式動葉片(Integral cover Bucket)。
- (2)更新的高壓 增加 3 級葉片、高中壓內部組件為新型設計，可提升效率。依廠家設備規格說明書¹所提出「焓降效率保證值」及「預估熱耗

1. GE Proprietary Information (Proposal NO:1-23STAI-RART Rev6 Date:2009-12-08) Page 30 of 69

率改善」經計算可改善 140.3BTU/KWh(約 1.8%)。

(3)新高中壓內部組件之設計說明：本次更新的組件為最新型設計，可大幅提升汽輪機運轉效率。主要更新設計為：

A. 高壓汽機動、靜葉片由原設計 6 級增加為 9 級，使高壓蒸汽做功更完全，可提升高壓汽機效率，如圖 1.1

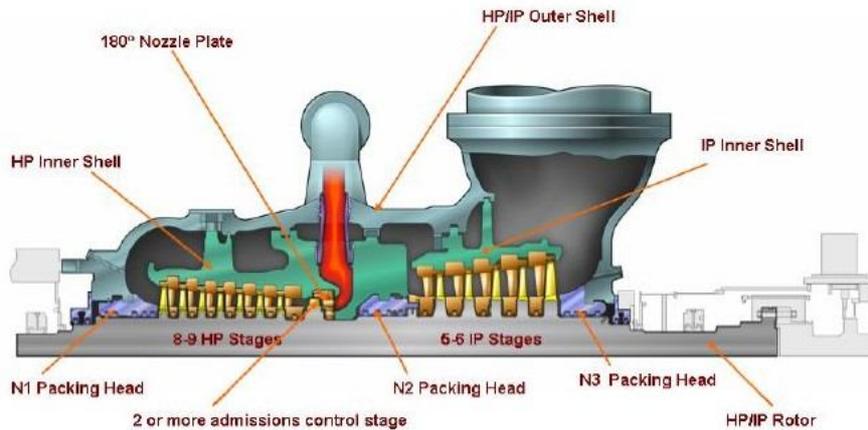


圖 1.1 更新後的高中壓 HIP 內部組件

B. 動、靜葉片外形輪廓(Profile)由二維(2 Dimension)平面式，改良為三維(3 D)曲面式，並耐磨塗層(Coating)如圖 1.2、1.3 3 D 曲面式動、靜葉片可提升蒸汽流場的有效動能，防止葉片吹蝕磨耗，增加運轉效率。



圖 1.2 3D 靜葉片組

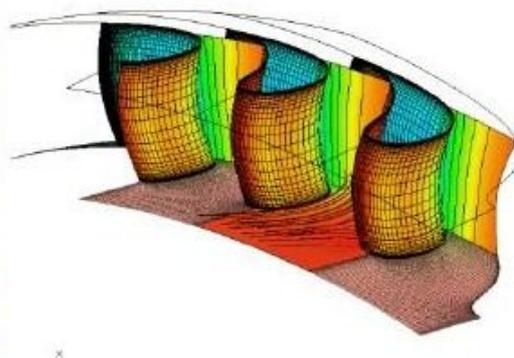


圖 1.3 3D 動葉片模型

C. 蒸汽汽封間隙由固定式改為高效率具有耐磨塗層(Coating)及刷式汽封參考圖 1.4、1.5，以減少蒸汽的流失量，提升汽輪機運轉效率。當機組起動或停機時，此時汽輪機轉子穩定性較差，因此，需較大汽封間隙

以避免動靜機件之磨碰，正常運轉後，汽輪機轉子穩定性較佳，可減少汽封間隙來提升汽機效率。

3. 資金來源說明

本專案中四機高中壓汽機轉子內缸更新工程投入資金：包含汽機元件投資金額²4.0 億元、工程安裝增加人力維護費用³0.5 億元及增加停機天數之發電成本⁴2.2 億元，共達新台幣 6.7 億元全為台電公司支付，並無來自政府公基金的補貼。

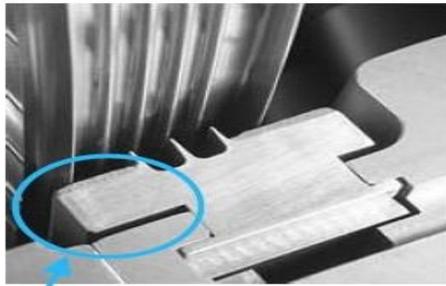


Fig. 9 Vernier Tip Seals with Abradable Coatings

圖 1.4 高效率具有耐磨塗層(Coating)之汽封葉片



Figure 13: Inter-stage Packing Brush Seal



圖 1.5 高中壓汽機級間採高效率刷式汽封

2. 2009GEEPI Master Contract Agreement Item List 008-98146A(NEW)/(SERVICE)

3. 台電電力修護處報價單

4. 依據 94.9.16 運轉維護聯繫會議紀錄辦理

4. 專案活動對永續發展的貢獻

台灣在無碳與低碳能源的發展受限情況下，為維持穩定的電力供應，仍需由火力發電彌補供電缺口。然而台電公司為善盡國營事業之企業減碳責任及作為國內產業的表率，乃訂定「台灣電力公司節能減碳總計畫」，其中包含逐步改善既有機組效率，以提升既有火力發電機組平均效率等項。

本抵換專案採用技術是將既有中四機汽機高中壓更新提升工程，藉由汽輪機動、靜葉片以電腦流體動力立體設計，降低汽輪機動靜葉片因外型輪廓造成的二次流損失。提升效率與動力輸出，同時減少燃料耗用、降低熱耗率、增加汽輪機效率與動力輸出、提升發電量，達成減少溫室氣體排放量之減碳目的。

5. 政策永續性

本專案每年約減少約 23,746 公噸的溫室氣體，相當於每年減少約 9,145 公噸的煤量。故同時減少硫氧化物、氮氧化物及粒狀污染物，有益於環境品質的提升。

本專案符合經濟部於民國 97 年公佈之『永續能源政策綱領』中明訂的政策原則「二高二低」為(1)高效率：提高能源使用與生產效率；(2)高價值：增加能源利用的附加價值；(3)低排放：追求低碳與低污染能源供給與消費方式；(4)低依賴：降低對化石能源與進口能源的依存度。以及符合『永續能源政策綱領』中的調整能源政策及產業結構，提升能源效率，降低二氧化碳排放量，以因應全球溫暖化及氣候異常變遷。同時，本案亦有助達成於 2020 年回到 2005 年排放量，於 2025 年回到 2000 年排放量之國家減碳目標。

(四) 專案活動之技術說明

1. 專案活動地點

台中發電廠位於台中市龍井區麗水里龍昌路 1 號，工廠之二度分帶座標為 TM2-東向座標(E197,556)、TM2-北向座標(N2,679,060)。廠區總面積有

277.5 公頃。台中發電廠位置圖，如圖 1.6 所示。



圖 1.6 台中發電廠位置圖

2. 專案之邊界

本專案活動邊界與廠區相對位置如圖 1.7 專案活動邊界示意圖所示：

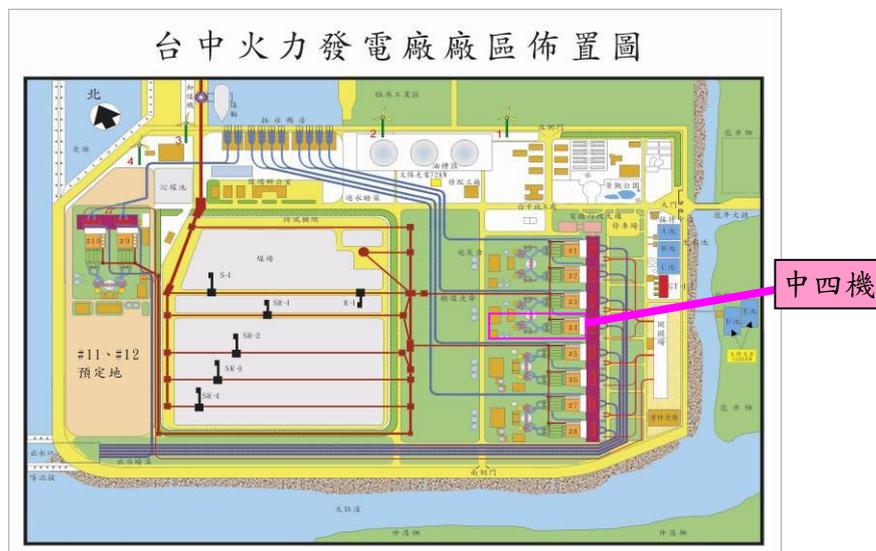


圖 1.7 專案活動邊界示意圖

本專案「中四機高中壓汽機轉子內缸更新工程」專案活動邊界示意如下：圖 1.8 中四機高中壓汽機轉子內缸更新工程活動邊界，虛線圖示為

「中四機高中壓汽機轉子內缸更新工程」之實際工程改善範圍。

3. 預期減量成果

本專案計畫計入期，自環保署註冊後起算，以103年1月至112年12月訂為專案計入期。計入期內預計共減少溫室氣體排放量共23,746公噸CO₂當量，如表1.2。

表 1.2 本抵換專案預期減量成果

單年期間	年排放減量估計值 (單位：公噸CO ₂ 當量)
103/1/1~103/12/31	23,746
104/1/1~104/12/31	23,746
105/1/1~105/12/31	23,746
106/1/1~106/12/31	23,746
107/1/1~107/12/31	23,746
108/1/1~108/12/31	23,746
109/1/1~109/12/31	23,746
110/1/1~110/12/31	23,746
111/1/1~111/12/31	23,746
112/1/1~112/12/31	23,746
總排放減量估計值 (公噸CO ₂ 當量)	237,460
計入期總年數	10
計入期年平均排放減量估計值 (公噸CO ₂ 當量)	23,746

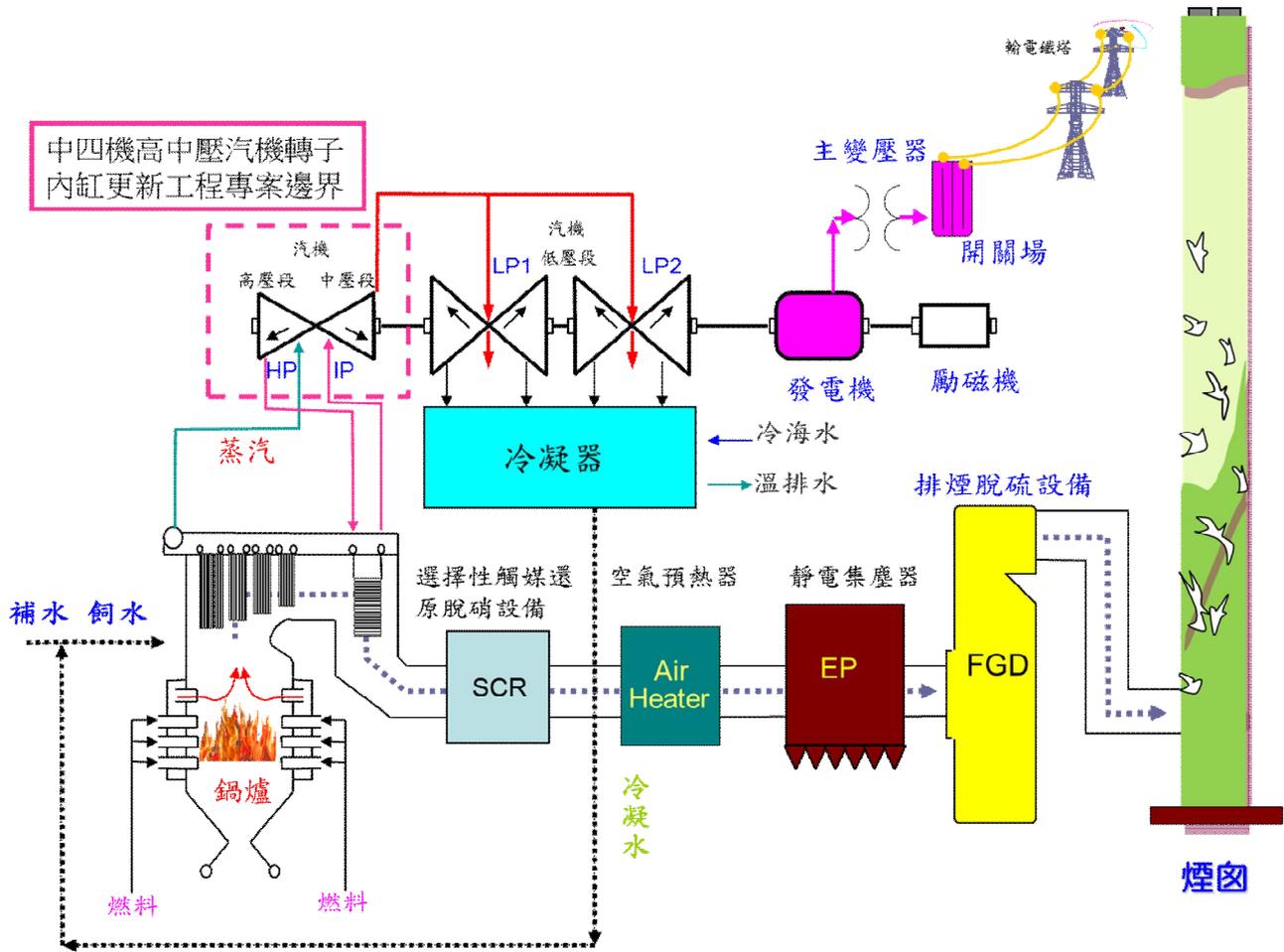


圖 1.8 中四機高中壓汽機轉子內缸更新工程活動邊界

二、基線計算方法描述

(一)專案活動採用之減量方法

本抵換專案應用之 CDM 減量減量方法為 AMS-II.B. version 9 供應端能源效率改善計畫 (Supply side energy efficiency improvements – generation --- Version 9)。

(二)適用條件與原因

AMS-II.B./Ver.9 供應端能源效率改善計畫減量方法包含化石燃料發電機組能源效率提升的技術或措施，透過降低機組能源使用或燃料消耗對電力系統供電或供熱系統供熱，最大節電量為每年 60 GWhe，相當於最大節能量為 180 GWhth 的發電機組年燃料投入量。例如電廠、區域供熱廠和汽電共生等能源效率提升計畫，這些技術或措施可用於現有電廠或者新建設施的一部分。

本抵換專案活動係將中四機更新高中壓汽機元件進行升級工程，藉由葉片外形改良為三維曲面式，並耐磨塗層葉片提升蒸汽流場的有效動能，防止葉片吹蝕磨耗及改善蒸汽汽封間隙，減少蒸汽的流失量，提升汽輪機運轉效率之目的。估計機組毛熱耗率下降 13.792 Kcal/KWh，換算可節省 9,145 公噸/年燃煤量及節能約 69.71 GWhth，每年約可減少 23,746 二氧化碳排放量。故依上述 AMS-II.B./Ver.9 論述，本抵換專案活動內容符合該減量方法內之技術或措施，故本抵換專案可適用於 AMS-II.B. Supply side energy efficiency improvements – generation – Version 9。

(三)專案邊界內包括的排放源和氣體

本抵換專案主要是將中四機更新高中壓汽機轉子內缸更新工程，藉由汽輪機葉片的升級，以減少燃料耗用、降低熱耗率提升汽機效能，達成減少溫室氣體排放量之減碳目的。本抵換專案主要產生的溫室氣體為二氧化碳，如表 2.2。

表 2.2 本抵換專案主要溫室氣體排放種類與說明

	來源	氣體	是否納入	說明
基線	煤炭	CO ₂	包括	主要來源
		CH ₄	排除	為簡化而排除。此排放被假定為非常小。

	來源	氣體	是否納入	說明
		N ₂ O	排除	為簡化而排除。此排放被假定為非常小。
專案活動	煤炭	CO ₂	包括	主要來源
		CH ₄	排除	為簡化而排除。此排放被假定為非常小。
		N ₂ O	排除	為簡化而排除。此排放被假定為非常小。

(四)基線情境之選擇與說明

依據 AMS-II.B./Ver.9 中對於基線之要求，應以專案邊界內的技術能量損失 (technical losses of energy) 作為能源基線。本專案之基線情境評估如下：

Step 1: 鑑別現行法規下，可能執行之替代方案

Step 1a: 定義替代方案，主要包括：

方案 1：繼續目前的做法 – 高中壓汽輪機元件繼續操作沒有升級；

方案 2：高中壓汽輪機更新項目活動的狀態下繼續進行（本專案）；

Step 1b: 確認可實施的替代方案與法規的一致性

以上所有替代方案對計畫活動而言皆符合現行法規，為可行之替代方案選項。

Step 2: 鑑別出執行會受到阻礙的替代方案(決定作為基線情境之替代方案)

方案 1：如果僅對既有中四機高中壓汽機元件進行例行性設備整修措施，最多僅能在大修後汽輪機之熱耗率提升至原設計值水準，但與中四機更新高中壓汽輪機元件升級方案相比，無法達到節能減碳效益，因此替代方案 1 為可行之基線情境。

方案 2：本專案活動並無財務誘因，所需投入高額成本包含元件更新費用，操作成本包括管理和監督設備的人事費用及設備的維護費用，若僅對節能之回收其經濟效益不高。若能取得碳權補助實質不僅減少 CO₂ 氣體的排放，同時增加業者投資效益。理論上為一不可行方案。

由於延續原機組之現況不進行改造，無財務及技術上之重大困難，故選擇替代方案 1 作為本計畫活動之基線情境。

所以本抵換專案為既有設備進行升級改造措施，如果不採用本抵換專案執行中四機更新高中壓汽輪機元件升級方案，僅對既有中四機進行例行性設備整修，無法提升汽輪機效率提升。

雖然更新方案可獲得較高的汽輪機效率，但其所需花費的成本也較高。然而為善盡公司之企業減碳責任及作為國內產業的表率，該廠選擇成本與節能減碳效益能兼顧之更新方案，以達有效減少溫室氣體排放之目的，依汽輪機葉片升級後之熱耗率差異，將作為本抵換專案計算排放減量的依據。

(五)外加性之分析與說明

1.預期動機

本抵換專案採用技術是將既有中四機汽機高中壓更新提升工程，藉由汽輪機動、靜葉片以電腦流體動力立體設計，降低汽輪機動靜葉片因外型輪廓造成的二次流損失。提升效率與動力輸出，同時減少燃料耗用、降低熱耗率、增加汽輪機效率與動力輸出、提升發電量，達成減少溫室氣體排放量之減碳目的。

曾參與能源局100年度能源產業溫室氣體減量專案輔導與能源局101年度能源產業溫室氣體減量專案輔導計畫。

2.法規外加性說明

對於發電之熱耗率在現行的法規下並無能源效率上的要求。故本抵換專案具有法規外加性。另本抵換專案為既有設備改造，所有改善工作皆為汽輪機內部之機械元件更新工程，無須大興土木或製造很多噪音、塵土等環境問題，因此不會涉及到空、水、廢、毒、噪等各類法規及相關規定，亦即與既有「台中火力發電計畫環境影響評估報告」⁵之結論無關。

3.投資障礙外加性說明

中四機迄今運轉 20 年，假設本計畫新經濟壽齡為 40 年，本案採前述

5. 「台中火力發電計畫環境影響評估報告」(中一至四號機)

投資金額 6.7 億元、每年發電量 4,347,072,000 KWh/yr、每度節省熱耗率 13.792 Kcal/KWh 及節能約 69.71 GWhth 基礎下估算，並按每年節煤量約 9,145 公噸及燃煤每噸均價約 4,397.79 元計算出減量效益 IRR 報酬率為 2.07%。較台電公司 101 年自訂「自有資金利率⁶」4.5%為低，故具有投資障礙。

4. 普遍外加性說明

本抵換專案為新設計的動靜葉片為 3D 高效率設計，高中壓汽機動葉片共 14 級及高壓靜葉片前 5 級、中壓前 3 級均具有防止吹蝕磨耗之塗層 (Coating)，且使用高效率具有塗層 (Coating) 之汽封及整體式動葉片 (Integral cover Bucket)，可延緩效率衰退等技術，本抵換專案由美國 General Electric 公司首次採用 HP/IP Dense PackTM 技術，經調查國內各汽力機組廠牌，並無採用與本案相同之技術，相關規格⁷詳如附件資料，因此本抵換專案符合普遍外加性原則。若測試成功可做為後續其他廠相關流程控制與節能減碳的範本。

5. 技術障礙說明

該廠高中壓汽機更新相關技術因在台灣為首次安裝，許多以往檢修無需拆解之零組件現況無法得知，仍需現場實際拆解檢查核測方得確認，故有新舊組件匹配問題，因此在有限施工工期期限內執行本抵換專案技術存在技術障礙的風險。

(六) 減量/移除量計算公式描述

本專案利用高中壓汽機更新工程以減少燃料耗用及降低熱耗率提升汽機效能，達到減少二氧化碳排放的目的。

本抵換專案排放減量計算公式為：

$$ER_y = BE_y - PE_y - L_y$$

ER_y ：本抵換專案活動排放減量

6. 台電公司資金成本率及借款條件表 99.06

7. 101 年火力及核能發電廠設備概況

BE_y：基線排放量

PE_y：專案排放量

L_y：計畫洩漏量

1. 基線排放量 BE_y

依據 AMS-II.B./Ver.9 對於基線排放量之描述，係以能源基線(專案邊界內的技術能量損失)乘以發電機組所使用的燃料排放係數計算求得。於既有機組導入改善措施(retrofit measures)之專案，能源基線以既有發電機組之性能監測值(monitored performance)計算。

因此，本專案基線排放計算方式，係透過毛熱耗率降低及能耗節省來計算 CO₂ 減少的排放，。

以專案活動 y 年時基線年之毛熱耗率的減少(Kcal /KWh)乘上專案活動 y 年發電量 (KWh)，再乘上煤炭 CO₂ 的排放係數 (kgCO₂/TJ)及轉換係數 4.1868 ×10⁻⁹ (TJ/Kcal)、10⁻³(tCO₂ / kgCO₂)，計算出基線之 CO₂ 排放量。

$$BE_y = (GH_{BL} - GH_{PJ,y}) \times EG_y \times EF_{Coal,CO_2} \times 4.1868 \times 10^{-9} \text{ (TJ/Kcal)} \times 10^{-3} \text{ (tCO}_2 / \text{kgCO}_2)$$

BE_y：y 年基線排放量 (tCO₂)

GH_{BL}：基線毛熱耗率 (Kcal /KWh)

GH_{PJ,y}：第 y 年專案活動毛熱耗率 (Kcal /KWh)

EF_{Coal,CO₂}：煤炭 CO₂ 的排放係數 (kgCO₂/TJ)

EG_y：第 y 年發電量 (KWh)

2. 專案排放量 PE_y

專案的排放量為專案執行額外的排放量。

3. 專案洩漏量 L_y

本專案之能源效率技術的提升，並非從其他的設備轉入或由計畫中轉移出去，因此依據減量方法 AMS-II.B./Ver.9 並無洩漏產生。

4. 所引用之預設係數與參數說明，如表 2.3 說明。

表 2.3 減量/移除量計算公式預設係數與參數說明

數據/參數：	GH _{BL}
--------	------------------

數據單位：	Kcal /KWh
描述：	基線毛熱耗率
使用數據來源：	計算值
數值	98 年度(2,175) 99 年度(2,178) 100 年度(2,197)
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述：	基線(98~100 年度)平均毛熱耗率 2,183 kcal /kWh。 基線年毛熱耗率= Σ 燃煤使用量($Q_{\text{coal BL}}$)/固濕基轉換因數($F_{\text{coal BL}}$) \times 燃煤熱值($H_{\text{coal BL}}$)+柴油使用量($Q_{\text{oil BL}}$) \times 柴油熱值($H_{\text{oil BL}}$) \times 柴油比重($SG_{\text{oil BL}}$)/基線年專案活動發電量(EG_{BL})
備註：	未來本專案進行減量額度查證時，基線年毛熱耗率 GH_{BL} 為固定值(2,183 kcal /kWh)。

數據/參數：	$Q_{\text{coal BL}}$
數據單位：	ton
描述：	燃煤使用量
使用數據來源：	「台中發電廠燃煤使用及儲煤量統計表」
數值	98 年度(1,740,347) 99 年度(1,590,129) 100 年度(1,904,695)
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述：	汽力發電機組每日發煤總量採皮帶磅秤人工抄寫皮帶磅秤匯入日報表內，加總至旬報表、月報表及年報表。
備註：	-

數據/參數：	$F_{\text{coal BL}}$
數據單位：	-
描述：	固濕基轉換因數
使用數據來源：	「年度溫室氣體排放盤查及計算準則」
數值	98 年度(1.20875) 99 年度(1.19875) 100 年度(1.20904)
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述：	依據燃料處年度簽辦提報本公司乾基煤量轉換成固定總水份煤量之轉換因數。
備註：	-

數據/參數：	$Q_{oil\ BL}$
數據單位：	kL
描述：	柴油使用量
使用數據來源：	「年度機組柴油使用量」
數值	98 年度(1,045) 99 年度(1,027) 100 年度(275)
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述：	每日柴油量採油槽液位差換算成油量匯入旬報表、加總至月報表及年報表。
備註：	-

數據/參數：	$H_{coal\ BL}$
數據單位：	kcal/kg
描述：	燃煤熱值
使用數據來源：	「台中發電廠燃煤使用及儲煤量統計表」
數值	98 年度(6,593) 99 年度(6,547) 100 年度(6,527)
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述：	1. 以公證行檢測報告熱值(溼基高位)及其總水份換算為乾基高位熱值(絕乾)後，加權平均所得。 2. 將平均值*0.95(高位轉低位)，換算為乾基低位熱值。
備註：	-

數據/參數：	$H_{oil\ BL}$
數據單位：	kcal/kg
描述：	柴油熱值
使用數據來源：	「年度熱值與比重」
數值	98 年度(10,415) 99 年度(10,384) 100 年度(10,384)
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述：	1. 柴油熱值每月由 5 萬公秉柴油儲槽取樣，送本公司綜合研究所檢測熱值及比重，依每月柴油用量加權平均所得。 2. 將平均值 *0.95(高位轉低位)。

備註：	-
-----	---

數據/參數：	SG _{oil} BL
數據單位：	kg/L
描述：	柴油比重
使用數據來源：	「年度熱值與比重」
數值	98 年度(0.8394) 99 年度(0.8401) 100 年度(0.8392)
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述：	柴油比重每月由 5 萬公秉柴油儲槽取樣，送本公司綜合研究所檢測熱值及比重，依每月柴油用量加權平均所得。
備註：	-

數據/參數：	EG _{BL}
數據單位：	kWh
描述：	基線年專案活動發電量
使用數據來源：	「年度發電量」
數值	98 年度(4,368,084,000) 99 年度(3,990,761,000) 100 年度(4,682,371,000)
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述：	基線(98~100 年度)平均發電量 4,347,072,000 kWh。
備註：	-

三、減量/移除量計算說明

(一)減量/移除量計算

1.基線排放量 BE_y

中四機之基線排放量 BE_y 計算，以廠家設備規格說明書所提出「焓降效率保證值」及「預估熱耗率改善」之設計值可降低 35.36 Kcal/KWh (140.3BTU/KWh)之熱耗率，汽機循環效率為 860 Kcal/KWh / 1,924.6 Kcal/KWh=44.68%，鍋爐效率為 87.3%⁸，所換算專案計畫下可降低之毛熱耗率為 13.792 Kcal/KWh(即 $35.36 \times 0.4468 \times 0.873$)，做為專案降低之毛熱耗率(即 $GH_{BL} - GH_{PJ,y}$)；乘以當年度發電量，於計畫書確證時以中四機發電量近三年(98~100年)之發電量實績(4,347,072,000 KWh)計算，再乘上煤炭 CO_2 的排放係數 (kg CO_2 /TJ)及轉換係數 4.1868×10^{-9} (TJ/Kcal)、 10^{-3} (t CO_2 /kg CO_2)，計算出基線排放量為 23,746 t CO_2 / yr。

$$BE_y = (GH_{BL} - GH_{PJ,y}) \times EG_y \times EF_{Coal,CO_2} \times 4.1868 \times 10^{-9} \text{ (TJ/Kcal)} \times 10^{-3} \text{ (t } CO_2 / \text{kg} CO_2)$$

$$\begin{aligned} BE_y &= 13.792 \text{ Kcal/KWh} \times 4,347,072,000 \text{ KWh} \times 94,600 \text{ kg} CO_2 / \text{TJ} \times \\ & 4.1868 \times 10^{-9} \text{ (TJ/Kcal)} \times 10^{-3} \text{ (t } CO_2 / \text{kg} CO_2) \\ &= 23,746 \text{ t } CO_2 \end{aligned}$$

BE_y ：y 年基線排放量 (t CO_2)

GH_{BL} ：基線毛熱耗率 (Kcal /KWh)

$GH_{PJ,y}$ ：第 y 年專案活動毛熱耗率 (Kcal /KWh)

EF_{Coal,CO_2} ：煤炭 CO_2 的排放係數 (kg CO_2 /TJ)

EG_y ：第 y 年發電量 (KWh)

基線之化石燃料投入總熱量雖包含柴油，但其占比十分的小，僅占總投入熱能之 0.072%(98~100年平均)，且對於減碳量之影響僅 0.013%。因此本專案統一將節省之熱能換算成節省煤炭用量，以利計算二氧化碳排放減量。

⁸ 引用中四機第 10 次大修前試驗報告(101.3.15)。

2. 專案排放量 PE_y

專案的排放量為專案執行額外的排放量，沒有涉及額外的化石燃料排放，故為零。

3. 專案洩漏量 L_y

根據 AMS-II.B./Ver.9 減量方法，如果能源效率技術由另一個項目活動轉化而來的設備，或者現有設備轉換到另一個項目活動，必須考慮洩漏。本抵換專案為汽輪機葉片升級工程，無設備轉移出去之問題，因此無洩漏之疑慮。

4. 專案排放減量 ER_y

中四機高中壓汽機效能提升計畫之 CO_2 排放減量為 23,746 tCO₂ / yr。

$$\begin{aligned} ER_y &= BE_y - PE_y - L_y \\ &= 23,746 \text{ tCO}_2 / \text{yr} - 0 \text{ tCO}_2 / \text{yr} - 0 \text{ tCO}_2 / \text{yr} \\ &= 23,746 \text{ tCO}_2 / \text{yr} \end{aligned}$$

ER_y ：在y年本抵換專案活動排放減量

BE_y ：在y年基線排放量

PE_y ：在y年專案排放量

L_y ：在y年計畫洩漏量

(二) 計入期計算摘要

表 3.1 本專案計入期內排放減量摘要表

單年期間	專案活動排放量估計值 (公噸 CO ₂ e)	基線排放量估計值 (公噸 CO ₂ e)	洩漏估計值 (公噸 CO ₂ e)	總排放減量/ 移除量估計值 (公噸 CO ₂ e)
103/1/1~103/12/31	0	23,746	0	23,746
104/1/1~104/12/31	0	23,746	0	23,746
105/1/1~105/12/31	0	23,746	0	23,746
106/1/1~106/12/31	0	23,746	0	23,746
107/1/1~107/12/31	0	23,746	0	23,746
108/1/1~108/12/31	0	23,746	0	23,746
109/1/1~109/12/31	0	23,746	0	23,746

110/1/1~110/12/31	0	23,746	0	23,746
111/1/1~111/12/31	0	23,746	0	23,746
112/1/1~112/12/31	0	23,746	0	23,746
總量(公噸 CO ₂ e)	0	237,460	0	237,460

四、監測方法描述

(一)應被監測之數據與參數

監測之目的在於專案活動實施後，汽輪機葉片升級後，必須測量專案活動之燃料使用量、發電量、毛熱耗率、燃料熱值等數據，作為未來撰寫專案監測報告書之參考。即透過計算中四機之汽機更新前後之降低熱耗率，以致機組減少的煤炭使用量，進而換算成專案減少 CO₂ 的排放量。專案應被監測之數據與參數資訊如下：

表 4.1 應被監測之數據與參數

數據/參數：	$GH_{PJ,y}$
數據單位：	Kcal /KWh
描述：	計算第 y 年毛熱耗率
使用數據來源：	計算值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	2,169.208
將被採用的量測方法和步驟之描述：	第 y 年累計總熱量除以第 y 年發電量(供電量)，累計總熱量由個別燃料使用量(煤及柴油)乘上燃料熱值後加總。 毛熱耗率= Σ 燃煤使用量($Q_{coal PJ,y}$)/固濕基轉換因數($F_{coal PJ,y}$) \times 燃煤熱值($H_{coal PJ,y}$)+柴油使用量($Q_{oil PJ,y}$) \times 柴油熱值($H_{oil PJ,y}$) \times 柴油比重($SG_{oil PJ,y}$)/y 年專案活動發電量($EG_{PJ,y}$)
將被應用的 QA/QC 步驟	每年由儲運組提供經審核之燃煤使用量及熱值、運轉組提供經審核之柴油使用量、熱值、比重及發電量資料，再由環化組彙整計算及確認毛熱耗率。
備註：	1.確證時，以「基線熱耗率」與「改善後預估可降低毛熱耗率」之差值計算 (2,183-13.792=2,169.208)。 2.未來查證時將以監測期間實際值計算。

數據/參數：	$Q_{coal PJ,y}$
數據單位：	ton
描述：	燃煤使用量
使用數據來源：	「台中發電廠燃煤使用及儲煤量統計表」
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	1,734,015

將被採用的量測方法和步驟之描述：	汽力發電機組每日發煤總量採皮帶磅秤人工抄寫皮帶磅秤匯入日報表內，加總至旬報表、月報表及年報表
將被應用的QA/QC步驟	皮帶磅秤由儀資三組進行每週電子式及每月機械式校正，標準件委託驗證公司每年校正1次
備註：	1. 確證時，以 GH_{PJ} 為 2,169.208 (Kcal/KWh) 回推計算。 2. 未來查證時將以監測期間實際值計算。

數據/參數：	$F_{coal PJ,y}$
數據單位：	-
描述：	固濕基轉換因數
使用數據來源：	「年度溫室氣體排放盤查及計算準則」
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	1.20551
將被採用的量測方法和步驟之描述：	依據燃料處年度簽辦提報本公司乾基煤量轉換成固定總水份煤量之轉換因數。
將被應用的QA/QC步驟	由環化組登錄及確認當年度固濕基轉換因數。
備註：	1. 確證時，以歷史3年(98~100年)平均數值計算。 2. 未來查證時將以監測期間實際值計算。

數據/參數：	$Q_{oil PJ,y}$
數據單位：	kL
描述：	柴油使用量
使用數據來源：	「年度機組柴油使用量」
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	786
將被採用的量測方法和步驟之描述：	每日柴油量採油槽液位差換算成油量匯入旬報表、加總至月報表及年報表。
將被應用的QA/QC步驟	日用槽之液位傳送器配合大修至少3年內校驗1次。
備註：	1. 確證時，以歷史3年(98~100年)平均數值計算。 2. 未來查證時將以監測期間實際值計算。

數據/參數：	$H_{coal PJ,y}$
數據單位：	Kcal/Kg
描述：	燃煤熱值
使用數據來源：	「台中發電廠燃煤使用及儲煤量統計表」
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	6,556

將被採用的量測方法和步驟之描述：	1. 以公證行檢測報告熱值(濕基高位)及其總水份換算為乾基高位熱值(絕乾)後，加權平均所得。 2. 將平均值*0.95(高位轉低位)，換算為乾基低位熱值。
將被應用的QA/QC步驟	熱卡計由公證行定期校正。
備註：	1. 確證時，以歷史3年(98~100年)平均數值計算。 2. 未來查證時將以監測期間實際值計算。

數據/參數：	$H_{oil PJ,y}$
數據單位：	kcal/kg
描述：	柴油熱值
使用數據來源：	「年度熱值與比重」
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	10,394
將被採用的量測方法和步驟之描述：	1. 柴油熱值每月由5萬公秉柴油儲槽取樣，送本公司綜合研究所檢測熱值及比重，依每月柴油用量加權平均所得。 2. 將平均值 *0.95(高位轉低位)。
將被應用的QA/QC步驟	柴油熱值每批次以標準品分析比對準確度。
備註：	1. 確證時，以歷史3年(98~100年)平均數值計算。 2. 未來查證時將以監測期間實際值計算。

數據/參數：	$SG_{oil PJ,y}$
數據單位：	kg/L
描述：	柴油比重
使用數據來源：	「年度熱值與比重」
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	0.8396
將被採用的量測方法和步驟之描述：	柴油比重每月由5萬公秉柴油儲槽取樣，送本公司綜合研究所檢測熱值及比重，依每月柴油用量加權平均所得。
將被應用的QA/QC步驟	柴油比重每年以標準品分析比對準確度。
備註：	1. 確證時，以歷史3年(98~100年)平均數值計算。 2. 未來查證時將以監測期間實際值計算。

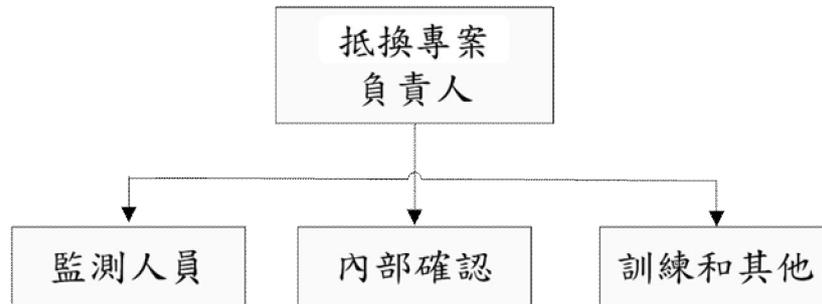
數據/參數：	EG_y
數據單位：	KWh
描述：	中四機第y年專案活動發電量
使用數據來源：	「年度發電量」

用於計算預估排放減量/ 移除量之數據數值	4,347,072,000
將被採用的量測方法和 步驟之描述：	發電量採每小時人工抄寫瓦時計匯入日報表內，加總至「台中發電廠瓦時計發電量旬報統計表」(含旬報表、月報表及年報表)。
將被應用的QA/QC步驟	發電量記錄器(瓦時計)校正頻率則依據機組大修排定，至少每3年1次，由台中發電廠委託台電綜合研究所校驗。
備註：	1.確證時，以歷史3年(98~100年)平均數值計算。 2.未來查證時將以監測期間實際值計算。

數據/參數：	EF _{Coal,CO2}
數據單位：	kgCO ₂ /TJ
描述：	煤炭的排放係數
使用數據來源：	IPCC 2006年CO ₂ 排放係數
用於計算預估排放減量/ 移除量之數據數值	94,600
將被採用的量測方法和 步驟之描述：	每年參考環保署最新公告排放係數管理表。
將被應用的QA/QC步驟	--
備註：	1.確證時，使用環保署「溫室氣體排放係數管理表6.0.1版」。 2.未來查證時將以監測期間最新數值計算。

(二) 監測計畫之描述

本抵換將針對監測相關工作，建立一小組，該小組包括結構如下：



- 一、減量計畫負責人為台中發電廠主管環化副廠長，計畫推動與連繫窗口、內部稽核及教育訓練工作由環化組負責。
- 二、減量計畫監測人員為運轉組負責數據收集，包含發電量、燃料(煤及柴油)用量紀錄及熱值資料，匯集相關資料後製作成「年度發電量」、「台中發電廠燃煤使用及儲煤量統計表」、「年度機組柴油使用量」、「年度熱值與比重」。
- 三、機組每日發煤總量採皮帶磅秤人工抄寫皮帶磅秤匯入日報表內，加總至旬報表、月報表及年報表，年度總用煤量除於固濕基轉換因數(固濕基轉乾基)，固濕基轉換因子為燃料處年度簽辦提報本公司乾基煤量轉換成固定總水份煤量之轉換因數，機組每日發煤資料紀錄與保存由儲運組負責。皮帶磅稱由儀資三組進行每週電子式及每月機械式校正，標準件委託驗證公司每年校正 1 次。
- 四、機組柴油來源為輕油日用槽，該油槽為2部機組共用。正常2部機組運轉中，機組用油量計算方式係以該油槽液位差，換算成油量差(以公秉為單位)，再將該量除以2平均分別計入各機組用油量。以中3/中4機舉例說明，日用槽有兩組油位計(一組傳回中3機，另一組傳回中4機)，每日油位之登錄係以控制室讀值為準(其來源係由傳送器傳送至控制室)。若無異常狀況，則以單數機組登錄值為依據。若機組有異常運轉情況，各部機用油

量則依當時情況計算。

- 五、燃煤熱值依公證行檢測報告熱值(濕基高位)及其總水份換算為乾基高位熱值(絕乾)後加權平均所得，再將平均值乘上0.95(高位轉低位)。
- 六、柴油熱值與比重柴油熱值係每月由5萬公秉儲油槽取樣，送本公司綜合研究所檢測，依此化驗之熱值與比重做為計算之依據，將熱值平均值乘上0.95(高位轉低位)。熱值每批次以標準品分析比對準確度；比重每年以標準品分析比對準確度。
- 七、發電量紀錄器（瓦時計），採每小時人工抄寫瓦時計匯入日報表內，加總至旬報表、月報表及年報表。校正頻率則依據機組大修排定，至少每3年1次，由電氣組委託台電綜合研究所辦理，校正紀錄由電氣組保存。
- 八、內部確認由值班部門記錄數據，為了保證發電量監測數據準確，將由運轉組來監督確認，依品質保證程序執行、負責。

五、專案活動期程描述

(一)專案活動執行期間

專案起始日：

中四機高中壓汽機轉子內缸更新工程完工日為民國 101 年 6 月 5 日⁹。故依據行政院環境保護署溫室氣體先期專案暨抵換專案推動原則，以中四機高中壓汽機轉子內缸更新工程完工日為本專案起始日(101 年 6 月 5 日)。

(二)專案計入期

本專案計入期自環保署註冊生效後起算，由 103 年 1 月 1 日起至 112 年 12 月 31 日止，共計 10 年。

依照 CDM 設備壽齡評估工具規定，設備壽齡得以專家評估結果作為剩餘壽齡的決定依據。汽力機組之壽齡依本公司運轉經驗，至少在 40 年以上，例如已除役之深澳發電廠及大林發電廠一、二號機組。

中四機定期於機組大修停機進行維護保養，機組零件整修等工作，僅需視設備內部磨耗情形，更換零配件及消耗品，即可維持穩定運轉。依據本公司綜合研究所之專家於本專案進行前針對中四機汽機採樣所完成之「台中電廠四號機汽機材料壽命評估完成報告」(摘要詳附件五)，結果顯示中四機於中四機汽機即使不執行本專案，亦尚有 30 年以上之剩餘壽齡，故本專案之 10 年計入期無超過設備剩餘壽齡之疑慮。

⁹臺中發電廠汽力機組運轉實機統計表

六、環境衝擊分析

相關環境衝擊簡略描述如下：

1. 空氣污染：本專案完成改善中四機高中壓汽機效能提升後，將提升機組運轉的穩定性，且亦提升設備效率有助於燃燒空氣控制，對空氣品質不產生不良影響，且不會排放廢氣至大氣中。
2. 水污染：本專案在營運期間不增加燃料、原料、材料、水等使用，且不會排放廢水至環境中。
3. 固體廢棄物污染：本專案在營運期間只使用電力，且較改善前減少；不使用燃料、原料、材料等，所以也不會排放固體廢棄物至環境中。
4. 噪音衝擊：本專案在營運期間，因改善中四機高中壓汽機效能，運轉的穩定性提高，噪音量有減無增。
5. 視覺及土地污染：中四機高中壓汽機提昇以原設備進行改善，所有改善工作皆為內部改善工程，無須大興土木並無整地開挖等作業，對於地形及地質不發生改變及影響。
6. 生態衝擊：本專案所建造的區域，在原廠房內，且不在國家生態敏感區上，不致於增加生態衝擊。
7. 景觀美化：本專案在廠房外觀方面未產生改變，沒有景觀方面的衝擊。

因為上述原因，本溫室氣體排放減量專案活動可視為低度環境衝擊之開發行為。

台中發電廠於降低溫室氣體的貢獻上，除本減量計畫改善工程外，乃持續不斷的進行發電機組與周邊設備的維修保養及更新，以提升效能減少燃料的使用。同時也不斷的使用再生能源及引進高效能的發電技術來降低溫室氣體的排放。

七、公眾意見描述

台中發電廠成立於民國 78 年，共設有十部燃煤汽力機組，該廠廠區附近區域內很少居民，再則本計畫中四機高中壓汽機效能提升改善工程，為現有廠內之舊有機組設備改善，皆為內部設備改善工作，僅針對台中廠區內部進行設備更新工程，並無對周界鄰近區域造成噪音、塵土等環境問題，改善後在控制上及運轉性會更穩定，設備效率也會提升。因此，本計畫不需召開任何之公聽會說明。並且，自 101 年 6 月完成更新工作，該廠對外溝通管道如免費服務電話、用戶意見信箱、參訪宣導活動等場合民眾均未提出任何負面意見。

為了解本計畫在設備改善後，可能直接影響的利害相關者，依據影響的對象層面，設計一份「利害相關方意見調查表」¹⁰，內容共計有 6 個提問，依利害相關嚴重性分別發送各利害相關者填寫。

因本計畫為廠內設備自行更新工程，改善後直接應用及接觸對象依重要性可區分為第一線「值班運轉操作人員」、第二線「汽機組及修護處同仁(含包商)」、第三線「電廠大門保全人員」、第四線「鄰近鄉親與地方民代」及第五線「環保單位人員」。共計發送 50 份，共回收 50 份問卷調查表，調查結果評價良好，均支持本四號機高中壓汽機效能提升改善工程，如意見調查表所示無其他意見或建議事項。

10. 「台中發電廠四號機高中壓汽機效能提升專案計畫書」意見調查表