

台中市推動建築節能成效與二氧化碳減量效益評估

■ 目錄

壹、研究緣起與目的	2
貳、研究方法與過程	3
參、台灣建築節能發展歷程	4
肆、台中市推動建築節能歷程	10
伍、台中市推動建築節能設計之成效	16
陸、結論與建議	19
柒、附錄	20

台中市推動建築節能成效與二氧化碳減量效益評估

壹、研究緣起與目的

根據中央研究院及台大大氣科學系 2007 年 4 月間所提出之研究報告顯示，台灣 20 世紀暖化速率約為全球平均值 2 倍，導致全年日照時數縮短約 15%，降雨強度增加 20%，但降雨日數相對減少，尤其台灣南部乾季漸長，缺水衝擊更惡化。另都市過度開發，對國土暖化產生加乘作用，造成都市熱島效應節節上升，因排熱增加之空調耗能，使都市高溫化效應有如火上加油。有鑑於此，如何減緩都市熱島效應，謀求有效的解決對策，應為未來重要的課題。有關「綠建築推動方案」之執行，由最早從中央公部門帶頭做起，擴大到地方政府比照實施，再推廣到獎勵民間參與，至觀念日益普及後，現已納入建築法規予以適當規範，落實到一般建築物均能一體遵行。

台中市已依中央政策加強推動綠建築方案暨依「建造執照及雜項執照規定項目審查及簽證項目抽查作業要點」規定，並配合內政部修正公佈建築技術規則建築設計施工編綠建築專章，自九十四年一月一日起分階段實施綠建築設計。現階段已先行實施基地綠化、建築基地保水、建築物節約能源、綠建材等部分。目前各縣市政府對綠建築環境均非常重視，本府屬政府機關執行公務之第一線，積極配合政策，加強落實推動綠建築工作，以提昇推動之成效。

綠建築制度的執行關鍵在於業者、建築師及施工者的配合，我國的綠建築政策在大體上可算成功，但尚未發揮其最大成效，其中最大癥結在於建築師對綠建築制度配合意願不高，進而影響綠建築設計品質。主要原因在於綠建築設計需進行詳盡基地調查、節能考量及評估

計算，工作量十分龐大，透過管制公有建築物應進行綠建築設計之規定，帶給建築師的負擔。由於沒有合理的綠建築設計作業費，建築師大都採取應付態度，通常以通過合格標準為主，很少主動追求更高品質綠建築之設計。

台中市近年來建築開發案依法規必需採綠建築設計案件已逐漸增多，綠建築設計已對本市都市環境景觀有重要性之影響，本市配合中央政策加強推動綠建築方案以來是否已達應有之成效，實有探討必要。因此引發筆者對本市綠建築設計實施成效之關心，期以量化手法先行探討分析本市推動建築節能成效與二氧化碳減量效益評估之研究。

貳、研究方法與過程

為建構本市環境景觀新價值，推動區域地景改造，本研究之主旨在探討台中市轄內建築開發案依據「綠建築推動方案」之執行，分析探討其建築物之外殼節能成效並發掘在執行過程之相關問題。研究方法與過程如下說明：

- 一、蒐集台灣及台中市建築節能規範體系相關法令之規定及發展概要。
- 二、調查台中市建築基地採綠建築設計建築節能案例之執行現況及問題探討，並進而提出解決對策。
- 三、調查台中市各類建築節能管制建築樓地板面積、件數統計資料及其耗能密度、建築節能率。
- 四、依相關文獻數據探討台中市歷年來建築節能與二氧化碳減量效益之推估。

參、台灣建築節能發展歷程

自 1973 年第一次世界能源危機，國內學界即著手建築節能之研究，自 1995 年建築技術規則設計施工編增訂「建築節能設計管制」條文，1996 年 7 月行政院成立「永續發展委員會」推動「地球永續發展」-「城鄉永續發展」-「綠色營建政策」-「建築節能政策」，為「挑戰 2008 年國家重點發展計畫」之一環。1998 年建築技術規則第二次修訂「建築節能設計管制」，2002 年建築技術規則第三次修訂「建築節能設計管制」(自 92.01.01 年開始施行)，內政部營建署已於 2005 年完成研議於「建築技術規則」建築設計施工編中增加第十七章「綠建築」專章，第四節「建築節約能源」第 308 條至第 315 條，自九十四年一月一日起施行。

內政部於中華民國九十七年七月十五日台內營字第 0970804846 號令：中華民國九十三年三月十日台內營字第 0930082325 號令修正發布之「建築技術規則」建築設計施工編部分條文，其中第二百九十八條第四款、第二百九十九條第九款及第十款、第三百條第一款及第二款、第三百十六條至第三百十九條條文，定自中華民國九十八年一月一日施行。並配合新列「建築物雨水貯留利用設計技術規範」及「建築物生活雜排水回收再利用設計技術規範」。台灣綠建築在增(修)「建築技術規則」上建築節能相關條文的發展，如表 3-1 所示。

表 3-1 「建築技術規則」建築節能相關法規沿革

增(修)訂年度	增(修)條文內容重點比較	影響市場比例	備註
1995 年 民國 84 年	<ul style="list-style-type: none"> · 建築節約能源納入技術規則正式實施。 · 僅針對辦公、百貨、旅館類等樓地板面積 4000 m²以上之大型空調建築物實施管制 · 建築技術規則施工設計篇第八節第四十五條之一 · ENVLOAD < 120 KWH/m².yr 	約 2%	第一次 納入技 術規則
1998 年 民國 87 年	<ul style="list-style-type: none"> · 由辦公建築擴及增列醫院、旅館、百貨、住宿類及其他類建築物。 · 住宿類以樓地板面積 1000 m²以上為管制對象，其他空調類亦縮小至 2000 m²(原 4000 m²)以上即應受管制 	約 57%	第二次 修訂
2003 年 民國 92 年	<ul style="list-style-type: none"> · 再增列學校建築物為管制對象(共計七大類)，百貨商場之管制對象增加量販店與購物中心。 · 將過去之單一節能基準改訂成北、中、南三氣候區不同基準] · 住宿類 Uar 由 1.5 W/(m².k) 降為 1.2W/(m².k) 	約 70%	第三次 修訂
2005 年 民國 94 年	<ul style="list-style-type: none"> · 再增列大型空間建築物(與學校同類)為管制對象(共計七大類) · 將大型空間建築物、中央空調型與其他類型建築物之管制規模縮小至 1000 m²(原 2000)以上；並將住宅及學校之管制規模縮小至 500 m²以上 · 新列大型空間類規範(AWSG 及 Uar) · 於「建築技術規則」建築設計施工編中同時增加綠化、基地保水、雨水中水等其他綠建築指標，成立增加第十七章「綠建築」專章，第四節「建築節約能源」第 308 條至第 315 條。 	約 85%	第四次 修訂
2008 年 民國 97 年	<ul style="list-style-type: none"> · 新列「建築物雨水貯留利用設計技術規範」及「建築物生活雜排水回收再利用設計技術規範」。 · 「建築技術規則」建築設計施工編第二百九十八條第四款、第二百九十九條第九款及第十款、第三百條第一款及第二款、第三百十六條至第三百十九條條文，定自中華民國九十八年一月一日施行。 	約 85.5%	第五次 修訂

【資料來源：綠建築設計技術規範與計算實例專輯及建築技術規則】

目前建築技術規則第十七章「綠建築」專章，第四節「建築節約能源」第 308 條至第 315 條（自 94 年 01 月 01 起），已明確建立台灣建築節能規範體系，如表 3-2，依其建築節能設計技術規範概可規類為辦公、百貨商場、旅館類、醫院、住宿類、學校與大型空間類建築物及其他類計五大類型八種規範，依其空調模式及節能指標分類，五大類型略述如下：

- 一、空調型建築：大規模且使用中央空調型之建築物，有固定上下班的空調使用模式，及相似的室內人員、照明發熱量。使用模式大同小異，可建立迴歸公式 ENVLOAD，預測其空調量。目前計有辦公廳、百貨商場、旅館類、醫院四種版本。
- 二、住宿類建築：指住宅、集合住宅、宿舍、養老院等供長期或短期住宿之建築物。此類建築物約佔市場 1/2 之供給量，其室內條件及空調耗能模式複雜多樣，難以精確預測或建立 ENVLOAD 公式。指標係以 Req 等價開窗率表達「遮陽性能」，以外殼熱傳透率 U_{ar} 、 U_{aw} 規範其「隔熱性能」。
- 三、學校類建築：指國小、國中、高中、大學之普通教室、特殊教室、行政辦公室等建築物。目前屋頂隔熱不良及無遮陽設施為最大耗能因子，而妨礙學校之上課或公共空間之舒適感。造成嚴重日曬，大白天須拉上窗簾並全面開燈上課。指標係以開窗的外遮陽性能，窗面平均日射取得量，AWSG(Average Window Solar Gain) 規範；「隔熱性能」以屋頂外殼熱傳透率 U_{ar} 規範。
- 四、大型空間類建築物：圖書館、體育館、禮堂、航空站、文化中心、寺廟、教堂、餐廳、博物館等等大型空間類建築物。屋頂隔熱不良，使居室環境悶熱，更嚴重的是採用大面開窗且缺乏外遮陽設施，而嚴重浪費空調耗能。指標係以「隔熱性能」以屋頂平均熱

傳透率 U_{ar} 及其居室空間之窗面平均日射取得量 AWSG 規範；但平均立面開窗率在百分之十以下者，其窗面平均日射取得量得受限制。

五、其他類建築物：指上述未能涵蓋之建築物。建築形態之特性為其機能空間、室內發散熱、空調形式、使用時段較無固定模式可尋，致其空調耗能難掌握及歸類。該類建築大多具有巨大的屋頂面積，其垂直外殼立面對整體耗能較小。指標目前僅以「隔熱性能」以屋頂平均熱傳率 U_{ar} 規範； U_{ar} 雖非周延的指標，但對於其室內舒適環境與空調節能，卻有決定性的貢獻。

表 3-2 2005 年建築外殼節能設計基準概要
(建築技術規則設計施工編第十七章綠建築第 308 條至第 313 條)

建築類別		使用項目例舉	節能指標	氣候分區	基準值
空調型建築	辦公廳類 #309	G-1 金融證券 G-2 辦公場所 政府機關、辦公室	建築外殼耗 能量 ENVLOAD	北區	< 80kwh/(m ² 年)
				中區	< 90kwh/(m ² 年)
				南區	< 115kwh/(m ² 年)
	百貨商場類 #309	B-2 商場百貨 百貨公司、商場	建築外殼耗 能量 ENVLOAD	北區	< 240kwh/(m ² 年)
				中區	< 270kwh/(m ² 年)
				南區	< 315kwh/(m ² 年)
	旅館類 #309	B-4 旅館、觀光旅館	建築外殼耗 能量 ENVLOAD	北區	< 100kwh/(m ² 年)
				中區	< 120kwh/(m ² 年)
				南區	< 135kwh/(m ² 年)
	醫院類 #309	F-1 醫療照護 醫院、療養院	建築外殼耗 能量 ENVLOAD	北區	< 140kwh/(m ² 年)
				中區	< 155kwh/(m ² 年)
				南區	< 190kwh/(m ² 年)
住宿類建築 #310	H-1 宿舍安養 寄宿舍、養老院、 安養中心、招待所 H-2 住宅、集合住宅、	屋頂平均熱 傳透率 Uar 外牆平均熱 傳透率 Uaw 等價開窗率 Req	不分區	< 1.2W/(m ² .k)	
			不分區	< 3.5W/(m ² .k)	
			北區	< 13%	
			中區	< 15%	
			南區	< 18%	
學校類建築 #311	D-3 國小校舍 D-4 校舍(國中以上) D-5 補教托育 F-2 社會福利 F-3 兒童福利 普通教室、特殊教室、 補習班、托兒所、行政辦公室 等。【圖書館歸辦公類；體育館、禮堂歸大型空間類辦理】	屋頂平均熱 傳透率 Uar 窗面平日射 取得率 AWSG	不分區	< 1.2W/(m ² .k)	
			北區	< 160kwh/(m ² 年)	
			中區	< 200kwh/(m ² 年)	
			南區	< 230kwh/(m ² 年)	

建築類別	使用項目例舉	節能指標	氣候分區		基準值	
大型空間類 建築物 #312	A-1 集會表演 A-2 運輸場所 B-1 娛樂場所 B-3 餐飲場所 D-1 健身休閒 D-2 文教設施 E 類 宗教、殯葬類	屋頂平均熱傳透率 Uar	不分區		$<1.2W/(m^2 \cdot k)$	
		窗面平日射取得率 AWSG	立面平均開窗率 AWR < 10%	不分區		不受限制
			10% ≤ AWR < 20%	北區	< 235 kwh/(m ² 年)	
				中區	< 310 kwh/(m ² 年)	
				南區	< 360 kwh/(m ² 年)	
			20% ≤ AWR < 30%	北區	< 200 kwh/(m ² 年)	
				中區	< 255 kwh/(m ² 年)	
				南區	< 295 kwh/(m ² 年)	
			30% ≤ AWR < 45%	北區	< 155 kwh/(m ² 年)	
				中區	< 200 kwh/(m ² 年)	
				南區	< 220 kwh/(m ² 年)	
			45% ≤ AWR < 60%	北區	< 125 kwh/(m ² 年)	
				中區	< 155 kwh/(m ² 年)	
南區	< 175 kwh/(m ² 年)					
60% ≤ AWR	北區	< 100 kwh/(m ² 年)				
	中區	< 120 kwh/(m ² 年)				
	南區	< 125 kwh/(m ² 年)				
其他類建築 #313	不屬上述之類組用途者如廠房、倉庫等	屋頂平均熱傳透率 Uar	不分區		$<1.5W/(m^2 \cdot k)$	

【資料來源：綠建築設計技術規範與計算實例專輯及建築技術規則】

肆、台中市推動建築節能歷程

台中市政府為配合中央政策加強推動綠建築方案暨依「建造執照及雜項執照規定項目審查及簽證項目抽查作業要點」規定，以及因應內政部修正公佈建築技術規則建築設計施工編綠建築專章，自八十四年起即依規定要求達檢討規模之建築物辦理建築物外殼節約能源設計，並配合建築技術規則的修訂分階段實施綠建築設計。現階段已先行實施基地綠化、建築基地保水、建築物節約能源、綠建材等三部分。地方政府屬政府機關執行公務之第一線，自當積極配合政策，加強落實推動綠建築工作，以提昇推動之成效。

一、執行依據

依「建造執照及雜項執照規定項目審查及簽證項目抽查作業要點」第五點規定：「主管建築機關對於建造執照及雜項執照之簽證項目，應視實際需要按下列比例適時抽查：(一)五層以下非供公眾使用之建築物每十件抽查一件以上。(二)五層以下供公眾使用之建築物每十件抽查二件以上。(三)六層以上至十四層之建築物每十件抽查二件以上。(四)十五層以上建築物每十件抽查五件以上。」另依第六點規定：「依第五點規定比例抽查之建築物，其綠建築設計，應列為必要抽查項目，主管建築機關並得委託或指定具有該項學識及經驗之專家或機關（構）、學校或團體辦理抽查。」

二、經費來源

有關經費之來源分兩大方面，除了由台中市政府自行編列預算外並積極向中央依「建立綠建築審核及抽查制度之執行計畫」爭取獎助經費雙管齊下，自 91 年度起至 97 年度歷年來共計編列查核經費 12,920,000 元，如圖 4-1。

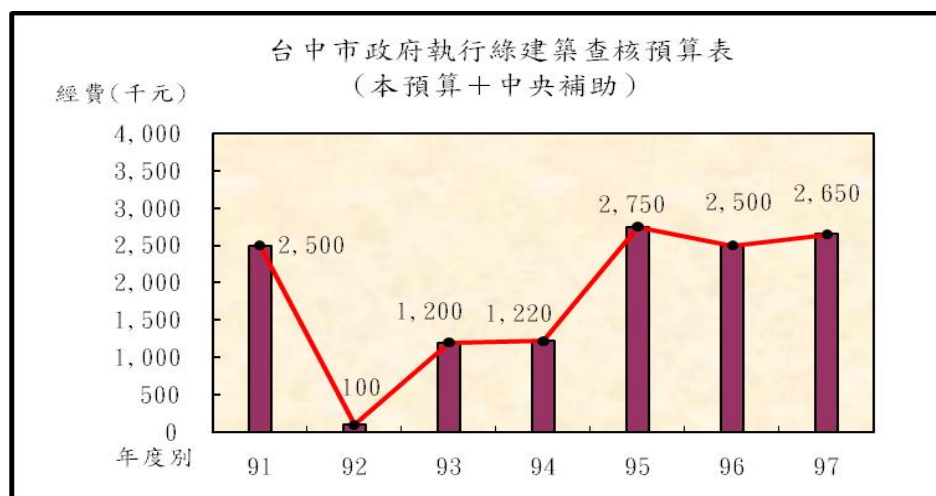


圖 4-1 台中市政府歷年編列綠建築執行及查核經費

三、工作計畫項目、方式與內容

(一) 徵選查核機構，進行「綠建築審核及抽查制度」查核業務計畫

1. 執行方式：

為落實行政院核定「綠建築推動方案」暨依「建造執照及雜項執照規定項目審查及簽證項目抽查作業要點」規定，本府將依採購法規定之程序，公開評選後委託具有審查資格之專家或機關(構)、學校或團體辦理抽查，對於本市一定規模以上之綠建築設計查核業務。以期有效減緩建築及都市開發過程對環境造成的負荷，善盡建築產業對地球環境永續發展的責任，降低環境污染及負荷，創造安全、舒適及環保的居住環境。

有關綠建築設計查核案件作業流程及其復查案件作業流程執行方式，如圖 4-2 及圖 4-3 所示。

2. 計畫內容：

- (1) 依採購法規定辦理公開徵選查核機構。
- (2) 研訂綠建築設計案件查核流程。
- (3) 查核機構依建築技術規則建築設計施工編綠建築專章查核項目執行審核。
- (4) 由查核機構受理綠建築設計案件查核，並提供准否之建議。
- (5) 查核機構提報查核組織及查核人員名單及聘任方式。
- (6) 查核機構研訂查核報告格式。
- (7) 查核機構提供綠建築設計查核案之辦理進度。
- (8) 辦理審查及抽查人員訓練。
- (9) 提出成果報告書。成果報告書應包含下列內容。
 - A. 年度查核案件資料彙整。
 - B. 綠建築設計案件查核相關書表及查核文件。
 - C. 查核案件之檢討、說明及建議事項。

綠建築設計由受委託機關按月份辦理審查，並將綠建築審查報告書按月提送本府（都市發展處）審查，包括查核案件資料彙整、綠建築設計案件查核相關書表及查核文件、查核案件之檢討說明及建議事項，以作為依合約付款依據。

四、委託綠建築設計審查業務辦理成效

- (一) 確立「行政」與「技術」分立，以提高行政效率

落實「建築管理改進方案」，依「建造執照及雜項照規定項目審查及簽證項目抽查要點」規定，將技術性項目均由建築

師或專業技師簽證負責，可以提高行政效率。

(二) 落實專業技師簽證，建立綠建築審核及抽查制度之機制

經持續抽查，並對不符規定案件通知設計建築師辦理變更設計後，使建築師有所警惕，提昇案件簽證之品質，以達成不符案件比率逐年降低之成效。

(三) 委託抽查案件量統計分析

經統計自 92 年度起 96 年度止，在 6797 件建造執照中，已查核 1472 件，平均之查核率約為 21.66%。如表 4-1 所示。

表 4-1 92~96 年度綠建築查核案件統計表

年度	92年	93年	94年	95年	96年	合計
建照件數(A)	1,390	1,550	1,535	1,289	1,033	6,797
綠建築查核件數(B)	270	238	350	342	272	1,472
比例(B/A)%	19.42%	15.35%	22.80%	26.53%	26.33%	21.66%

【註：本表綠建築查核案件包含基地綠化、建築基地保水、建築物外殼節能、綠建材等】

臺中市政府 綠建築設計查核業務 查核案件作業流程

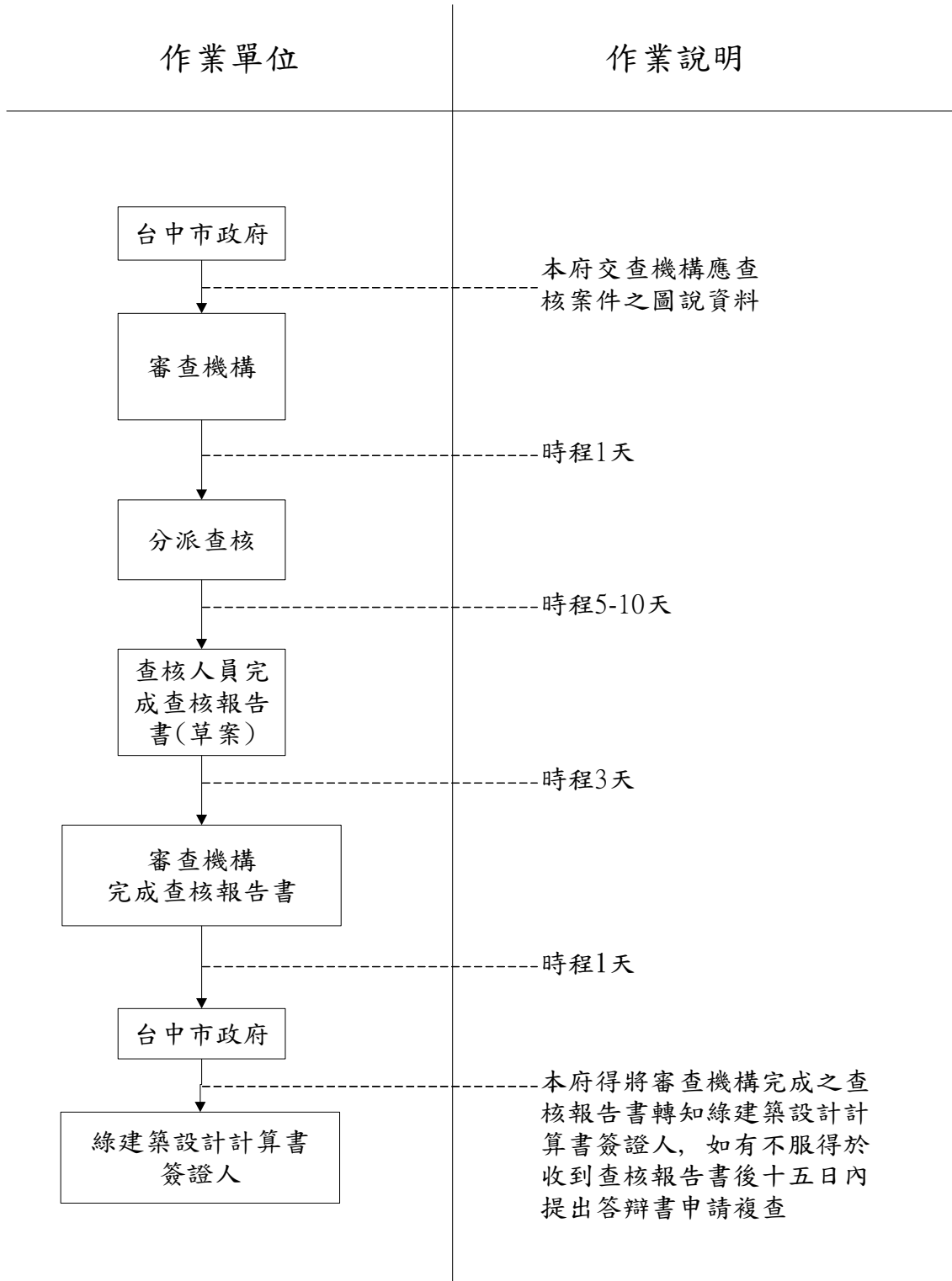


圖 4-2 綠建築設計查核案件作業流程

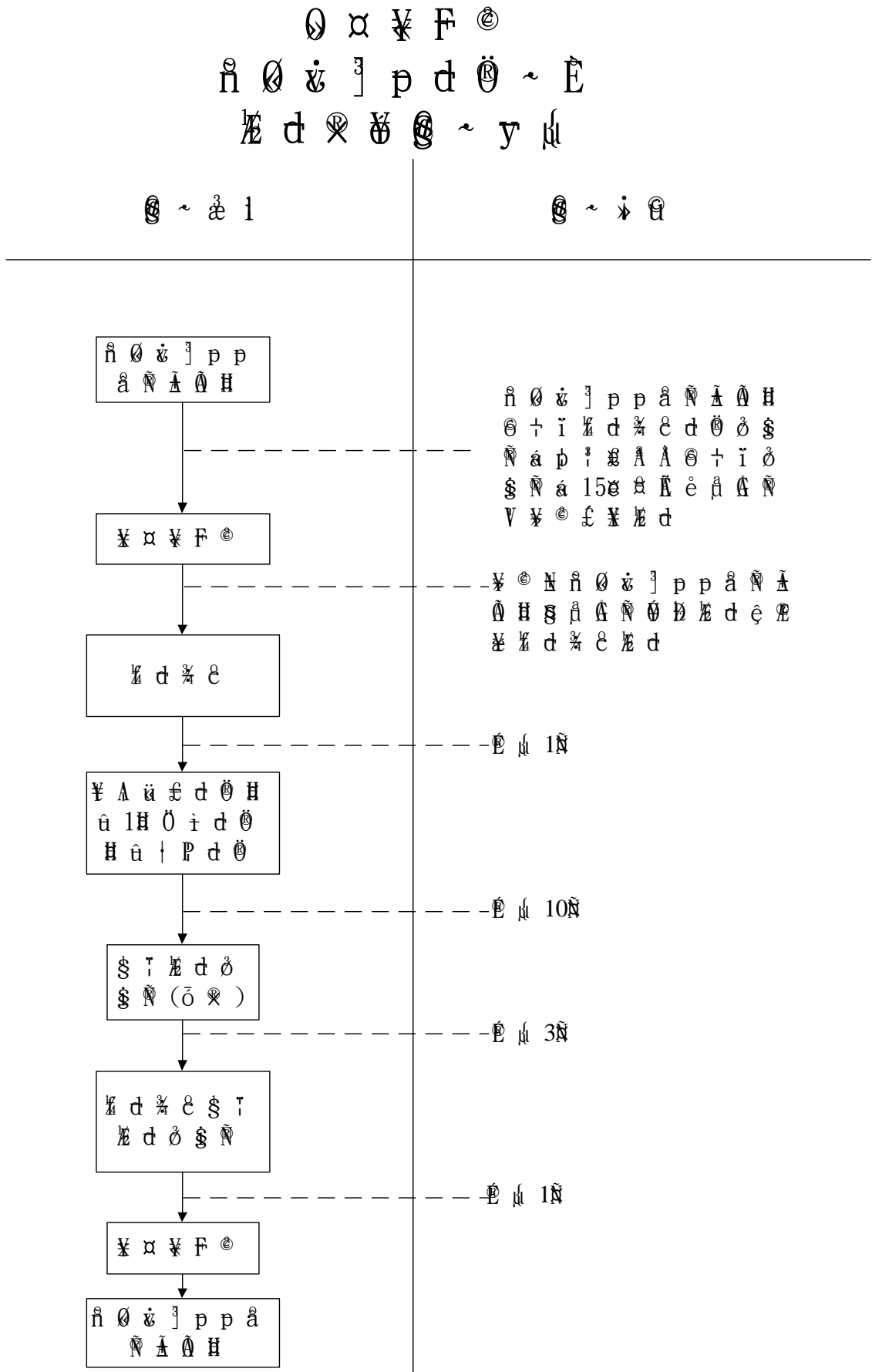


圖 4-3 綠建築設計查核復查案件作業流程

伍、台中市推動建築節能設計之成效

台中市自 91 年起即依中央政策辦理各項綠建築設計法規之查核業務，因受限研究時間，本文僅就與建築節能設計法規相關的節能與二氧化碳減量效益進行評估，其他如綠化、基地保水、雨水中水等其他綠建築專章之規定暫不在本文討論範圍之列。

本文所採用之建築節能效益評估，主要係依據內政部建築研究所委託研究報告「建築外殼節能設計管制效益與二氧化碳減量目標評估研究」一中書相關之係數，以做為台中市辦理建築節能設計法規相關之節能成效推估依據。並調查本市歷年各類型建築樓地板面積，再加上經濟部能源局發布之調查資料以及成功大學西拉雅研究室長期各類型建築耗能密度 (EUI)，分別取得辦公類、百貨類、醫院類、旅館類、住宅類、學校類、大型空間類與其他類，獲得各類型建築之電密度 (EUI) 資料。

所謂用電基準，一般以用電密度 EUI (Energy Usage Intensity) 來表示，簡稱為 EUI。成功大學西拉雅研究室針對台灣各類建築物的 EUI，十數年來不斷進行調查研究 (參見內政部建築研究所 2007 年委託研究「建築外殼節能與二氧化碳減量效益評估」)，依其成果 EUI 如表 5-1 中之「C」欄所示。其他類之 EUI 與建築節能率因營建署尚無提供相關數據，本文係比照學校類之數據推估。

目前以各年度統計之各類建築樓地板面積，乘以各類建築單位用電密度，再乘以各類型建築節能率 (約 3%~10%) 推算，最後再以能源局 2007 年發佈之標準，節省一度電的消耗可以減少 0.62 kg 之二氧化碳排放，依此換算二氧化碳減量之成效如下兩式所示。

$$\text{節能效益} = \text{各類建築樓地板面積 (m}^2\text{)} \times \text{各類建築 EUI (kWh/ (m}^2 \cdot \text{a))} \times \text{各類建築節能率 (約 3\% \sim 10\%)} \text{----- (1)}$$

$$\text{二氧化碳減量成效} = \text{節能效益 (kWh)} \times 0.62 \text{ (kg/ kWh)} \text{----- (2)}$$

經調查台中市 92~96 年度建造執照並依其建築節能設計技術規範區分為「辦公類」、「百貨類」、「旅館類」、「醫院類」、「住宿類」、「學校類」、「大型空間類」、「其他類」八大類外殼節能查核案件，統計其件數、總樓地板面積之基本資料，配合各類之用電密度 EUI、建築節能率（約 3%~10%）來計算其節能效益（kWh/m²）及二氧化碳減量成效(kg-CO₂)，如表 5-1 台中市政府 92~96 年度綠建築外殼節能查核案件二氧化碳減量效益評估統計表所示。

由表表 5-1 可知，台中市自 92~96 年度實施綠建築外殼節能核以來，已累積之節能效果為 50,503,303 度電，以一度電可減少 0.62 kg-CO₂ 之產生來換算，相當於二氧化碳減量約計 31,312 公噸。而在本市各類建築物中，節能成效以「百貨類」最優，其次為「辦公類」，再其次為「住宿類」。

表 5-1 台中市政府 92~96 年度綠建築外殼節能查核案件二氧化碳減量效益評估統計表

類型	A：件數 (件)	B：總樓地板面 積 (m ²)	C：用電密度 (EUI) (kWh/m ²)	D：建築節能率	E：節能效益 (kWh) E=B*C*D	F：二氧化碳減量 成效(kg-CO ₂) F=E*0.62
辦公類	48	653,964	240.9	8.0%	12,603,194.21	7,813,980.41
百貨類	16	395,121	586.2	10.0%	23,161,993.02	14,360,435.67
旅館類	22	109,414	190.6	9.0%	1,876,887.76	1,163,670.41
醫院類	6	81,810	310.1	10.0%	2,536,928.1	1,572,895.42
住宿類	897	4,967,149	36.2	4.8%	8,630,918.10	5,351,169.22
學校類	26	215,968	46.2	3.2%	319,287.09	197,958.00
大型空間類	8	78,799	182.0	8.0%	1,147,313.44	711,334.33
其他類	25	154,064	46.0	3.2%	226,782.21	140,604.97
合計	1,048	6,656,289			50,503,303.93	31,312,048.43

【資料來源：內政部建築研究所委託研究報告「建築外殼節能設計管制效益與二氧化碳減量目標評估研究」及台中市政府公報統計資料】

陸、結論與建議

- 一、本市自 92~96 年度實施綠建築外殼節能查核以來，已累積之節能效果為 50,503,303 度電，以一度電可減少 0.62 kg-CO₂ 之產生來換算，相當於二氧化碳減量約計 31,312 公噸。
- 二、在台中市各類建築物中，節能成效以「百貨類」最優，其次為「辦公類」，再其次為「住宿類」。
- 三、透過「綠建築審核及抽查制度」可建構本府完善查核機制，及落實建築技術規則綠建築設計規定，並促進建築執照設計品質，以維本市綠建築設計及管理效能。
- 四、辦理查核案件所得意見及相關經驗可供政府主管建築機關准否或研修相關法令之參考。
- 五、以主管建築機關來推動綠建築政策，具有教育示範及宣導作用。並可培育本府綠建築人才，提供市民諮詢窗口，推動政府政策。
- 六、建議未來應透過講習會之形式，訓練建管人員、專業執業人員及相關業者具備實踐綠建築設計規範之能力與意願。

柒、附錄

參考書目：

- 一、建築技術規則 內政部營建署
- 二、綠建築設計技術規範與計算實例專輯 營建雜誌社
- 三、建築外殼節能設計管制效益與二氧化碳減量目標評估研究 內政部建築研究所委託研究報告