

第五章 臺北市再生能源發展方案

臺北市再生能源目標為推動各種再生能源發展組合，使得再生能源總裝置容量達到 2005 年臺北市尖峰負載 10%(238.3MW)之目標。截至 2009 年 10 月，臺北市再生能源裝置容量現況為 150.6MW，距離目標仍具有 72.2MW 之缺口

由第四章臺北市再生能源發展潛力評估可得知，依照臺北市自然資源環境條件與可供應用技術情況，經研究團隊實地勘查與討論結果，篩選現階段適合臺北市發展之再生能源發電的項目，包括太陽光電、太陽能熱水器、大風力發電、小風力發電(100kW 以下)、小水力發電、地熱發電、廚餘回收沼氣發電與生質柴油發電八個項目。

各項再生能源發展最大潛力，包括太陽光電 214MW、太陽能熱水器換算發電當量為 95.4MW、大風力發電 4.6MW、小風力發電 9.3MW、小水力發電 4.6MW、地熱發電 500MW、沼氣發電 1.5MW 與生質柴油發電 4.8 MW，如下表 5-1 所示。

表 5-1 臺北市再生能源具最大開發之潛力

單位：MW

項目	開發潛力	開發潛力占目標缺口之貢獻比例(%)
太陽光電	84.1	116.5
太陽能熱水器	51.5	71.3
水力發電	5.6	7.8
地熱發電	500	692.5
風力發電	大風力	6.3
	小風力	28.5
廚餘回收沼氣發電	1.5	2.1
生質柴油發電	4.8	6.6
小計	672.7	931.7

資料來源：本研究整理。

上表 5-1 所列之各項再生能源，均是假設最大設置容量得以充分發揮之假設前提下。實際上再生能源潛力即使環境條件可行，工程技術能夠處理，經濟面問題(是否值得投資)，法規面問題(設置法規、土地取得難易度)均為再生能源潛力發展評估之重要影響因素。實際上，主管機關推動再生能源發展目標尚必須考量到適法性、經費預算、所需時程、民間投資意願等不確定性因素影響。

本計畫針對台北市再生能源發展策略及具體行動方案研討之整體架構及流程如下圖 5-1 所示，再生能源發展潛力發展評估(第四章)，為設計不同再生能源發展方案之重要基礎。藉由各項再生能源方案之成本效益、質化與量化指標評估不同方案之可行性。

隨後利用層級分析評估法 (AHP)，將專家意見做為最適方案評選之參考依循依據，並依據專家意見權重，評選台北市再生能源發展最適方案。最適策略與行動方案之評選過程如下圖 5-1 所示。

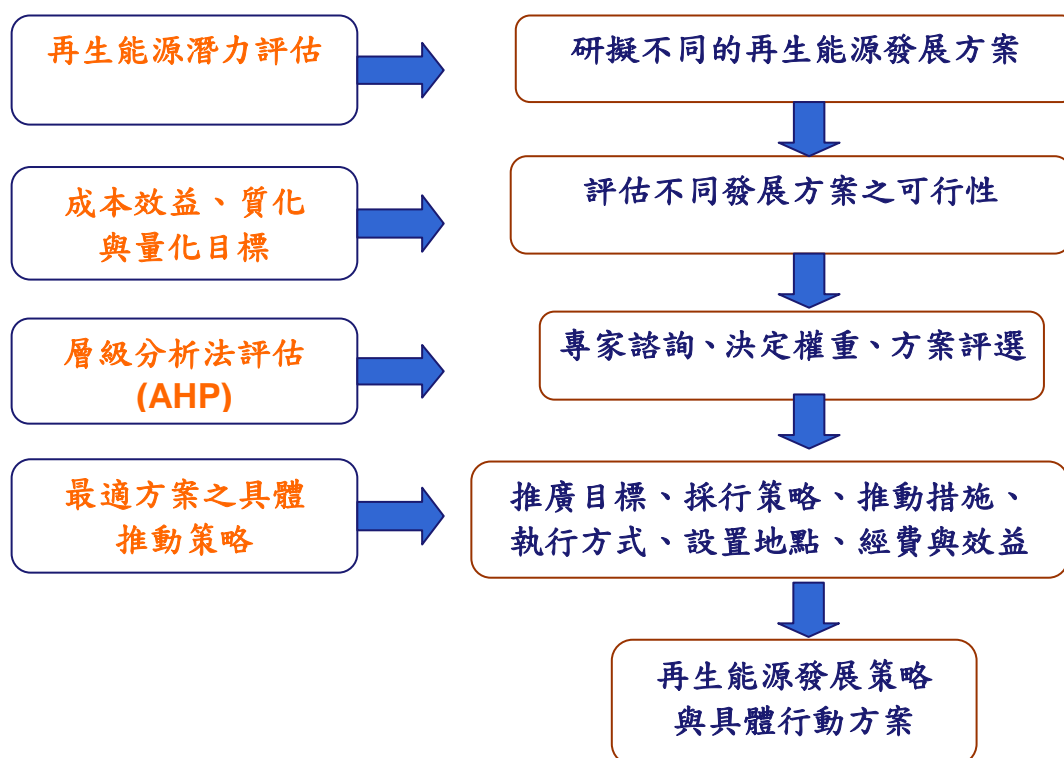


圖 5-1 臺北市再生能源發展策略與具體行動方案整體架構

資料來源：本研究整理。

綜合上述內容，在臺北市再生能源發展之各種可能限制條件下，本章主要目的在於將臺北市具開發潛力之再生能源項目進一步進行可行性分析，根據不同發展訴求擬定再生能源發展方案，最後透過 AHP 問卷分析，研擬最適發展方案。本章章節安排第一節為再生能源應用發展可行性分析；第二節為再生能源發展方案設計；第三節為臺北市再生能源發展最適方案分析。

第一節 再生能源應用發展可行性分析

根據第四章再生能源發展潛力評估分析，考量臺北市自然資源環境條件與可供應用技術條件下，歸納出符合臺北市現階段具應用發展潛力項目，分別為太陽光電、太陽能熱水器、小水力發電、大風力發電、小風力發電、地熱發電與廚餘回收沼氣發電與生質柴油發電。以下分別針對 8 項再生能源進行包括相關法規盤點、投資成本分析、環境衝擊分析與建造時程分析，最後為可行性綜合分析。

一、再生能源發展相關法規盤點

(一) 總體能源法規

1. 再生能源發展條例

「再生能源發展條例」已於 2009 年 7 月 8 日經總統公布，各項再生能源必須適用該條例有關併聯、躉購之規定。條例本身係透過運用再生能源電能收購機制、獎勵示範及法令鬆綁等方式，吸引民間設置再生能源設施，已達到推廣再生能源裝置容量為 650 萬瓩到 1000 萬瓩之目標。在再生能源電能收購機制上，對再生能源設備設置者提供合理利潤的獎勵，並要求經營電力網的電業應併聯、躉購再生能源生產電能。

躉購電價部分，將由經濟部邀集相關部會、學者專家、團體組成委員會，審定、公告再生能源電能的計算公式及躉購費率，並每年檢討修正，必要時也將召開聽證會，達到資訊完全公開、透明。以下分

別就再生能源設置規範條文說明如下：

(1)第四條

中央主管機關為推廣設置再生能源發電設備，應考量我國氣候環境、用電需求特性與各類別再生能源之經濟效益、技術發展及其他因素。經中央主管機關認定之再生能源發電設備，應適用本條例有關併聯、躉購之規定。前項再生能源發電設備之能源類別、裝置容量、查核方式、認定程序及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。

(2)第十二條

政府於新建、改建公共工程或公有建築物時，其工程條件符合再生能源設置條件者，優先裝置再生能源發電設備。

(3)第十四條

再生能源發電設備達中央主管機關所定一定裝置容量以上者，其再生能源發電設備及供電線路所需使用土地之權利取得、使用程序及處置，準用電業法第五十條至第五十六條規定。

(4)第十五條

再生能源發電設備及其輸變電相關設施之土地使用或取得，準用都市計畫法及區域計畫法相關法令中有關公用事業或公共設施之規定。因再生能源發電設備及其輸變電相關設施用地所必要，租用國有或公有林地時，準用森林法第八條有關公用事業或公共設施之規定。再生能源發電設備及其輸變電相關設施用地，設置於漁港區域者，準用漁港法第十四條有關漁港一般設施之規定。燃燒型生質能電廠之設置，應限制於工業區內。但沼氣發電，不在此限。

根據再生能源發展條例第十二條規定：「政府於新建、改建公共工程或公有建築物時，其工程條件符合再生能源設置條件者，優先裝置再生能源發電設備。」經濟部能源局爰訂定公共工程或公有建築物設置再生能源設備作業準則，俾為各機關設置再生能源發電設備之參

考依據。

2.台灣電力公司再生能源發電系統併聯技術要點

為利於再生能源發電(包括太陽能、生質能、地熱能、海洋能、風力能及總裝置容量未滿二萬瓩之水力發電系統或其他經中央主管機關認定之天然資源發電系統)與臺電公司電力系統併聯，共同維持電力系統之品質、供電可靠性、穩定性、公共安全等相關事宜，特訂定本要點。

3.台灣電力股份有限公司再生能源電能收購作業要點

4.公共工程或公有建築物設置再生能源設備

政府於新建、改建公共工程或公有建築物時，其工程條件符合再生能源設置條件者，優先裝置再生能源發電設備。

(二) 個別能源規範

1.太陽能應用

一般而言，太陽能熱水器與太陽光電均以大樓屋頂安裝為主，其所牽涉相關法規包括電力相關、建築設計相關、土地相關與獎勵補助相關。分別列示如下：

(1)電力相關

- 電業法第 34 條之一：電力設備或用戶用電設備工程範圍及第 75 條電器承裝業登記管理辦法。
- 100kWp(含)以下併接於低壓者之作業程序及流程。
- 100kWp 以上而未滿 500kWp 之太陽光電發電系統併接處理原則。

(2)建築相關：

- 太陽光電發電設備於建築技術規則建築設計施工編第九十九條規定應設置屋頂避難平台之建築物者，應申請執照。

- 建築物設置太陽光電設備高度在 1.5 公尺以下者免申請雜照。

- 設置於地面上之太陽光電設備，應申請雜項執照

(3)內政部土地相關法規；

- 非都市土地使用營利規則

(4)獎勵推廣：

- 太陽光電發電系統設置補助作業要點。

- 台灣電力公司再生能源電能收購作業要點。

- 經濟部評選再生能源電能收購對象作業要點。

- 經濟部公司購置節約能源獲利用新及潔淨能源或技術適用投資抵減辦法。

- 98 年度振興經濟擴大公共建設投資計畫-公共建設太陽光電設置申請作業須知。

2.大風力發電

考量臺北市自然資源環境條件，經評估具開發潛力之風力發電設置地點包括關渡平原與陽明山風櫃口，但風櫃口位處於陽明山國家公園被列為特別景觀區與一般管制區交界地帶(圖 5-2)，故除風力發電系統設置所需法規外，亦牽涉到國家公園法與陽明山國家公園保護利用管制原則，分別說明如下：

(1)噪音污染管制相關法規

- 噪音管制法

- 噪音管制法施行細則

- 噪音管制標準

- 易發生噪音設施設置及操作許可辦法

(2)安全規範相關法規

- 臺北市建築管理法規
- 內政部土地使用相關法規
- 內政部營建署相關法規

(3)系統併聯

- 台電公司再生能源發電系統併聯技術要點

(4)國家公園法：依據國家公園法第 14 條規定，一般管制區或遊憩區內，經國家公園管理處之許可，得為下列行為：

- 第一項 公私建築物或道路、橋樑之建設或拆除
- 第二項 第二項水面、水道之填塞、改道或擴展
- 第三項 礦物或土石之勘採
- 第四項 土地之開墾或變更使用
- 第五項 垂釣魚類或放牧牲畜
- 第六項 纜車等機械化運輸設備之興建
- 第七項 溫泉水源之利用
- 第八項 廣告、招牌或其他類似物之設置
- 第九項 原有工廠之設備需要擴充或增加或變更使用者
- 第十項 其他須經主管機關許可事項

前項各款之許可，其屬範圍廣大或性質特別重要者，國家公園管理處應報請內政部核准，並經內政部會同各該事業主管機關審議辦理之。

依據國家公園法第 16 條規定，在史蹟保存區、特別景觀區或生態保護區內，除國家安全法第 14 條第一項第一款以及第六款經許可者外，均應予禁止。

(5)水土保持法

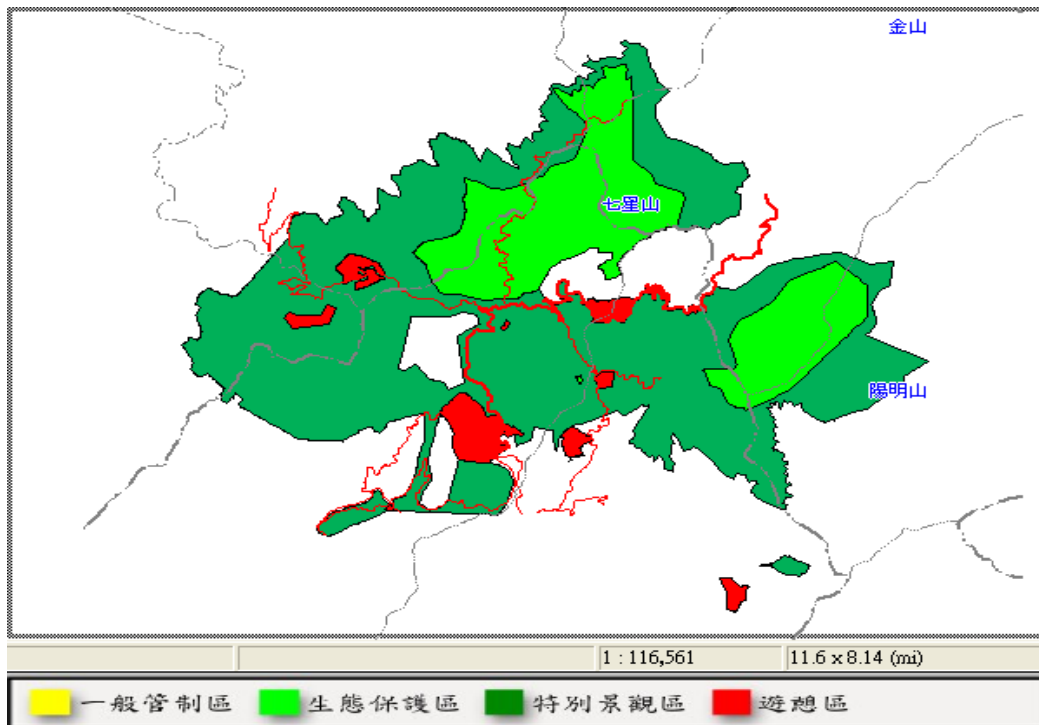


圖 5-2 陽明山國家公園土地使用分區

資料來源：陽明山國家公園管理處網站：<http://www.ymsnp.gov.tw/>

2. 小風力發電

目前「建築法」、「建築技術規則」條文內容，對於小型風力發電機之設置，尚缺乏明確之定義與審查機制，經洽詢台北市建築管理處，小型風力發電機之設置，涉及施工安裝之安全性問題，應視為雜項工作物，依「建築法」第28條之規定，雜項工作物之建築，應請領雜項執照。

3. 小水力發電

小水力發電設置地點包括三角埔發電廠、翡翠小水力與直潭壩，相關法規如下：

- (1) 台灣電力公司再生能源電能收購作業要點。
- (2) 經濟部評選再生能源電能收購對象作業要點。
- (3) 環保署：開發行為應實施環境影響評估及範圍認定標準地 29 條第一項第二款。

(4)水土保持法第八條第一項第五款及第 13 條第一項。

4.地熱發電

大屯地熱發電由於亦屬位處陽明山國家公園內，經詢問陽明山國家公園管理處，大屯地熱均位於陽明山國家公園特別景觀區，依據國家公園法地熱發電並未列為允許開發項目，亦即，大屯地熱的開發有待國家整體能源政策的規劃，以及跨部會協調評估解制之可能性。

5.生質能發電

根據公共工程或公有建築物設置再生能源設備作業準則，對沼氣發電利用系統，包括垃圾掩埋場、污水處理場、廢水處理場、畜牧廢水處理場等可產生沼氣以供燃燒及發電場所。應符合環保法令或電力設置相關法令，沼氣利用系統之併聯設置，應申請併聯電力公司的同意。

(三) 綜合分析

經前文分析，各項再生能源設置利用所涉及相關法規甚多，其中較不確定性在位處於國家公園內之開發項目，包括大屯地熱發電與風櫃口大風力發電。經研究團隊實地踏勘瞭解現況，以及多次詢問陽明山國家公園綜合企劃課，針對國家公園內設置地熱發電或風力發電開發行為，根據國家公園法，列為非國家公園內允許開發之項目，企劃課課員亦提及除非基於國家政策與需要，透過修法才有可能在國家公園內進行開發地熱或風力發電行為，換言之，在陽明山風櫃口風力發電與大屯地熱發電兩項必須透過國家公園法修法，方得以開發行為

二、投資成本分析

(一) 再生能源投資成本 (LAZARD, 2008)

再生能源發電設施設置成本牽涉到各自然地理環境條件不同、不同機型(例如 PV 有單晶矽、多晶矽與非晶矽，風力有四種不同類型)、原物料價格、政府政策、工程技術成熟度等因素，裝置成本差異甚大。

為瞭解臺北市於 2012 年達成再生能源裝置容量為 2005 年尖峰負載 10%之目標，於各項再生能源設施所需投入資源與經費之差異，分析各項再生能源之投資成本實屬必要。

LAZARD(2008)對於各種能源技術發電之投資成本進行估算：太陽光電部分，矽晶太陽光電單位設置成本介於 16 萬元/kW 至 19 萬元/kW，薄膜型太陽光電設置單位成本則介於 8.8 萬元/kW~12.8 萬元/kW。太陽能集熱式發電系統考量不同技術成本差異各異，以太陽集熱式發電技術，以熱水塔(solar tower)成本較高達 20.2 萬元/kW，熱水槽成本相對較低為 14.4 萬元/kW。風力發電部分，成本介於 6 萬元/kW~8 萬元/kW。地熱發電部分，單位設置成本介於 9.6 萬元/kW~12.8 萬元/kW。小水力發電依不同設置地點環境條件及其發電型式(如川流式、調整池式、水壩式)投資成本差異甚大，成本介於 4.6~19 萬元/kW。

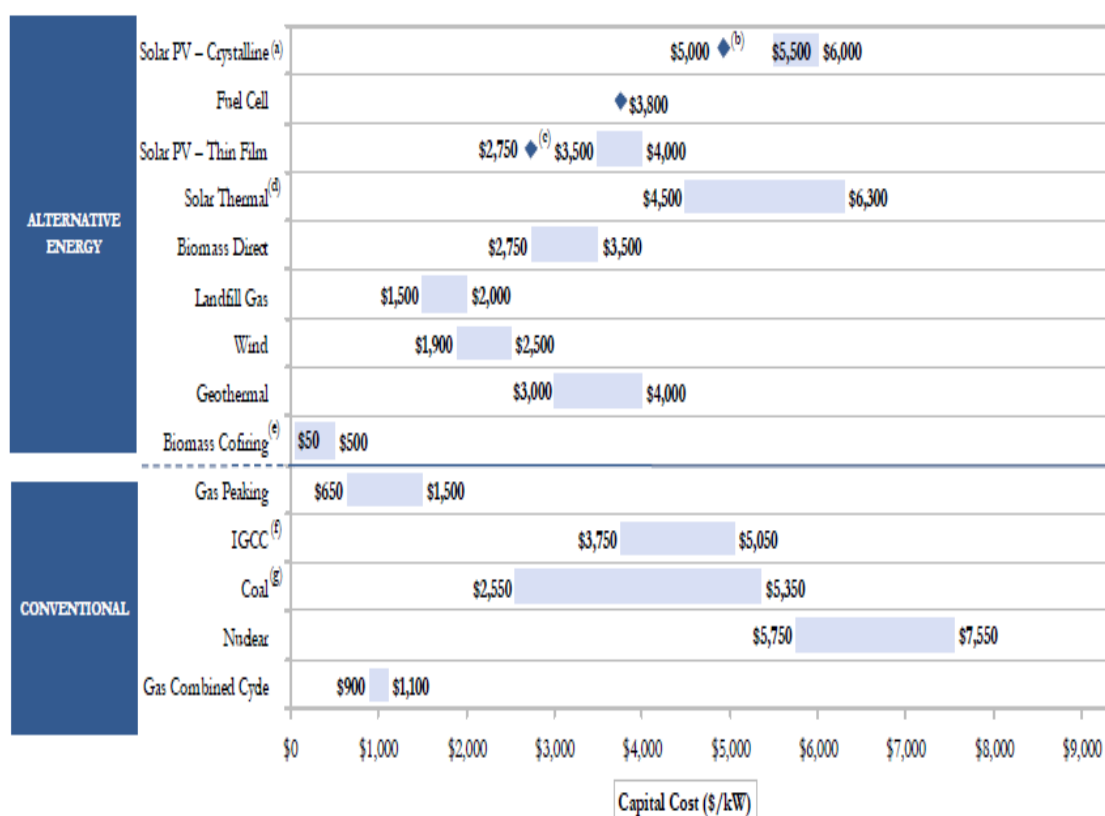


圖 5-3 各種發電技術投資成本比較

資料來源：LAZARD(2008), "LEVELIZED COST OF ENERGY ANALYSIS".

表 5-2 各項再生能源平均發電成本與投資成本(LAZARD)

項目	投資成本(萬元)/kW
矽晶太陽能電池	16~19
薄膜型太陽能電池光電	8.8~12.8
集熱式太陽能發電	14.4~20.2
沼氣發電	4.8~6.4
風力發電	6~8
小風力發電(3kW) ¹	9.6~16
地熱發電	9.6~12.8
小水力發電 ²	4.8~9.6

註 1：小風力發電成本考 U.S Department of Energy(2008),”small wind electric System.”

註 2：水力發電成本參考 UNEP (2002),”Energy Technology Factsheet-small scale hydro.”

資料來源：LAZARD(2008),” LEVELIZED COST OF ENERGY ANALYSIS” ，本研究整理。

此外，根據經濟部(2009)再生能源電能躉購費率審定會第 1 次會議資料，初步估算各項再生能源期初投資成本與運轉與維護成本與躉售費率，並於 11 月 09 日第 3 次會議聽取再生能源業者意見，作為躉購費率訂定之參考依據。

表 5-3 為經濟部公告版本、業者版本與 LAZARD 比較，由表中可明顯看出再生能源業者提出成本值均較經濟部初估值為高，LAZARD 推估成本除地熱成本偏低之外，其餘與經濟部公告值差異不大，可能原因研判為各地區地質環境條件不同，鑽井成本差異甚大。為利於臺北市政府推動各項再生能源設施設置之成本效益推估，本計畫將主要研究參考經濟部目前最新估算之再生能源投資成本推估值，作為各項再生能源投資成本分析排序之參考依據。

表 5-3 各項再生能源設施期初投資成本比較

項目		第一次審定會估算值(萬元/kW)	再生能源業者建議值(萬元/kW)	LAZARD推估值(萬元/kW)
太陽光電	1~10kW	18.5	20.3	17.5
	10~500kW	15.5	17.3	
	500kW 以上	15	16.5	
風力發電	10kW 以下	13	17.8	12.8
	10kW 以上	5.5	6.4	7
水力發電		7.6	9	11
地熱發電		24	-	11.2
生質能發電	沼氣發電	5		

資料來源：經濟部能源局(2009)，再生能源電能躉購費率審定會會議資料；本研究整理。

太陽能熱水器依照使用人數與洗澡方式而異(淋浴用水量低於泡澡)，三片集熱器(約 6m²)價錢介於 6~8 萬，平均每平方公尺所需成本 1.16 萬元，換算電能約為 1.66 萬/kW。

在生質柴油的生產成本方面則因料源不同而有所差別。目前國內生質柴油的料源主要包括進口生質柴油、進口棕櫚油至國內加工生產、廢食用油，以及使用自產大豆與向日葵生產等。其生產成本根據臺灣經濟研究院的推估，如表5-3所示，其中進口生質柴油、進口棕櫚油再加工、以及自產油脂作物生產生質柴油三種方式的成本相當接近，約為49元/公升至51元/公升。

廢食用油生產的售價則約為33~35元/公升，以34元/公升計，若以機關學校緊急發電機設備轉用生質柴油發電，其資本設備固定非額外新增，並不會造成額外成本，主要成本在於燃料成本(生質柴油)，以臺北市所生產廢食用油所轉化而成的生質柴油共1275公噸，用於4.8MW柴油發電機組，平均投資成本為0.9萬元/kW。

表 5-4 國內 2008 年生質柴油生產成本推估

單位：元/公升

項目	進口生質柴油	進口棕櫚油生產	廢食用油	自產大豆
料源成本	51.24	34.8	23~25	25.89
加工與運輸成本	0	15	10	23.17
出廠價	51.24	49.8	33~35	49.06

資料來源：蘇美惠，生質能產業現況與趨勢，2009年台灣各產業景氣趨勢調查報告，2008年12月，第735頁。

由表 5-3 可看出，單位投資成本由低至高分別為生質柴油發電、太陽能熱水器、沼氣發電、大風力發電、小水力發電、地熱發電、小風力發電與太陽光電。

三、環境影響分析

(一) 各項再生能源設置之環境影響分析

1. 太陽光電

太陽能發電設施在運轉過程中，並不會造成空氣污染，但是如以產品生命週期而言，在太陽電池製造過程中會產生有毒廢棄物。

2. 水力發電

水力發電雖然不會排放污染物至外在環境，但水壩的建造會淹沒大片的土地，必須遷移許多居民與野生動物，水庫也會影響到附近及河川下游河川的生態。

3. 地熱發電

利用地熱發電有數種不同的方法。如果是直接抽取地下的熱水會造成地層的下陷，而自地底抽出的水含有大量的礦物質，如不妥善的處理，會造成水污染。如果是利用水流注入地底加溫，成為水蒸汽來發電，注入的水有可能引起地震，而自地底流出之水蒸汽有可能攜帶有毒的化學物質。利用地熱發電會造成地底放射性氫氣以及硫化氫的外釋。

4. 大風力發電

風力發電不會造成空氣污染，但有可能會對發電裝置附近的鳥類，特別是猛禽類造成傷害。美國 National Audubon Society 及 U.S. Fish and Wildlife Service 已發出呼籲，希望重新檢討於猛禽類較多的區域，開發風力發電的影響性。此外，風力發電會產生低頻噪音與陰影閃爍 (shadow effect)，對於居住於風機裝置地點 200 公尺範圍內之居民恐會產生負面影響。

5. 小風力發電

(1) 小型水平軸風力機(400W~50kW)

- 一般風機高速運轉大於 1000rpm，易產生噪音。
- 對飛鳥會造成影響

(2) 垂直軸小風力機較水平軸噪音為低，且安全性較高

6. 生質能發電

利用生質能發電將需要大片的土地。植物的種植也需要大量的肥料與殺蟲劑，植物的燃燒雖不會產生二氧化硫，但會產生微塵，植物的燃燒也會產生二氧化碳。

(二) 各項再生能源設置之外部成本分析

根據 APEC 亞太能源研究中心(Asia Pacific Energy Research Center, APERC)於 2005 年所出版的研究報告“Renewable Electricity in the APEC Region-Internalising Externalities in the Cost of Power Generation”指出，各項再生能源於生產與消費過程當中所可能產生之外部成本。該報告所分析數值如表 5-5 所示，各項再生能源設施外部成本以太陽光電最高，地熱發電最低。

表 5-5 各項再生能源外部成本範圍

發電技術	EU 外部成本(歐元/度)	APEREC 引用值(歐元/度)
風力發電	0.05-0.25	0.25
地熱發電	0.2-0.5	0
太陽光電	0.6	0.6
太陽熱水系統	n.a	2
水力發電	0-1	0.5
生質能發電	0-3	2.5
海洋能	n.a	2

資料來源：APEREC (2005), "Renewable Electricity in the APEC Region- Internalising Externalities in the Cost of Power Generation."；本研究整理。

(三) 臺北市推動再生能源應用之環境影響分析

由於前述之各項再生能源於生產與消費過程當中可能產生之外部成本，已超出本計畫所著重之再生能源應用的範疇，故在後續評估將不以此作為對環境影響程度高低之依據。

臺北市推動各項再生能源應用之環境影響各異，例如噪音影響、整體景觀與居民影響程度等，由於影響程度除了位於國家公園內之環境景觀影響因素較明確外，各項再生能源應用之影響常涉及個人主觀意識與價值觀之判斷，難以將環境影響予以量化，以下分別就臺北市各項再生能源應用之環境影響分析如下：

1. 太陽光電

根據第四章之潛力評估分析，太陽光電具潛力設置地點包括機關學校、12 樓建築物屋頂、公園綠地、直潭淨水廠與長興淨水廠。針對上述各地點設置太陽光電並不會造成空氣污染與噪音，一般而言，對於環境景觀亦具備美化之效果。

2. 太陽能熱水器

太陽能熱水器主要用於提供熱水使用，因此一班均設置再建物屋頂居多，在太陽能熱水器使用過程當中，並不會產生噪音與空氣污染，對於環境衝擊不大。

3. 水力發電

根據前述潛力評估分析翡翠小水力、直潭壩與三角埔發電廠，考量小水力發電設置地點並不會設於人口稠密之處，對於居民之影響程度並不高。

4. 大風力發電

根據潛力評估分析結果，風櫃口風力發電由於位於陽明山風櫃口之特別景觀區之交界區，對於景觀之影響與噪音之影響程度較高，但因位於國家公園之內，對居民影響程度相對較低。針對 12 層樓高屋頂設置小風力機則必須思考低頻噪音與陰影閃爍對居民之影響衝擊。

5. 小風力發電

臺北市考量資源環境條件，小風力發電主要應用於高樓建築物屋頂，垂直軸小風力噪音影響相對於水平軸來的低。此外，對於住戶視訊通訊之干擾恐會造成影響。

6. 地熱發電

大屯山地熱發電由於位於國家公園內，加上早期評估具酸性流質後，至今並未進行進一步可行性評估與分析，根據國外經驗，不同地熱發電技術會產生水污染以及地層下陷影響程度各異，考量大屯地熱位於國家公園內特別景觀區，對於整體景觀影響相對較大。

7. 生質能發電(沼氣發電與生質柴油發電)

根據潛力評估分析，利用臺北市廚餘回收進行沼氣發電與機關學校利用生質柴油發電，並不會對既有環造成破壞。

綜合上述分析，經研究團隊討論分析結果，以臺北市推動各項再生能源應用之環境影響衝擊與以排序評分，環境衝擊低者為 3 分，中者為 2 分，高者為 1 分。

表 5-6 各項再生能源環境衝擊評分

項目	評分
太陽光電	3
太陽能熱水器	3
大風力發電	1
小風力發電	3
小水力發電	2
微型水力發電	3
地熱發電	2
沼氣發電	3
生質柴油發電	3

資料來源：本研究整理。

四、各項再生能源建造時程

考量各項再生能源開發時程涉及政府機關內部作業流程審查，以及立法院預算審查，時間上難以估計，因此在各項再生能源設置所需時程上均是以工程招標到施工完成時間來估算，經研究團隊討論分析結果，整理各項再生能源推動時程如下表 5-6 所示。

表 5-7 各項再生能源建造時程

項次	再生能源別	建造時程
1	地熱發電	5 年
2	太陽光電	0.5~1.5 年
3	太陽能熱水器	0.1~0.5 年
4	小水力發電	2~3 年
5	大風力	2~3
6	小風力	0.5~1 年
7	廚餘回收沼氣發電	1~1.5 年
8	生質柴油發電	0.1~0.5 年

註：上列時程不包括前置作業(工程顧問公司的規劃設計及招標規範的撰擬等)。

資料來源：本研究整理。

五、各項再生能源設置占最大潛力比例評估

由第四章潛力評估分析所得再生能源開發潛力係以最大設置容量均得以開發，然而實際上，考量土地使用權、政府經費預算、民眾接受度等原因，實際可設置容量理應小於最大開發潛力，以下分別將各項再生能源可設置容量分析如下：

（一）太陽光電

依據潛力評估分析太陽光電最大設置潛力為 73.1MW，太陽光電目前仍為各項再生能源投資成本最高者，目前臺北市目前已針對室內設置太陽光電，除協助向經濟部能源局申請補助 50% 之外，亦提供 20% 設置補助，期能提昇太陽光電投資誘因，此外，在經濟部能源躉購費率已初步審定，其中 1 瓩以上至 10 瓩為 11.1883 元/kW，10kW 以上至 500kW 費率為 12.9722 元/度，其能大幅提昇民眾設置誘因。

根據綠色生產力基金會(2008) ”節約能源報告”，以臺北市政府所屬機關單位與學校太陽光電設置潛力勘察結果，推估總設置容量可達到 2.7MWp。隸屬於臺北市自來水事業處直潭壩淨水場與長興淨水廠，估計設置容量為 3.8 MWp，衛工處八里污水處理廠可裝設容量為 1MW，總設置容量估計可達 7.5 MW。

非臺北市政府所轄機關部分，2005 年~2009 年太陽光電年平均成長率 80%，考量經濟部能源局的躉購費率以及臺北市政府提供設置補助，可望帶動民間設置意願。其安裝之主要問題在於建物之屋頂所有權屬於每一戶，若該棟有住戶反對安裝即會產生問題。

（二）太陽能熱水器

太陽能熱水器之設置以住宿用建築物使用居多，根據內政部營建署統計年報，臺北市 2006~2008 年核發建築物建造及拆除執照，住宿類樓地板面積占全部樓地板面積 54%，將最大潛力之 54% 推估相當於 51.5MW。在推動上與太陽光電一樣，除臺北市政府所屬機關與學校之外，民間部門安裝均涉及建物屋頂使用權問題，若需安裝必須全戶均有共識。

（三）小水力發電

三角埔發電隸屬於臺北市自來水處管轄，保留日據時代完整之水道系統與發電設施，且水權屬於臺北市政府，建造施工時間於兩年內

可完成，預計裝置容量為 500kW。

翡翠小水力發電早在民國 77 年即由臺灣電力公司規劃，由於當時回購電力價格誘因不足，加上水權屬於臺北市政府故未開發，如今臺北市政府欲推動翡翠小水力發電，無論在工程技術面以及成本效益面均屬可性，預計裝置容量為 3600kW。

直潭壩隸屬於臺北市自來水處管轄，落差達 7 公尺，流量約為 26m³/s，預計可裝設一台 1500KW 低落差水輪發電機組。

綜合上述，小水力發電設置地點均屬於臺北市政府管轄，加上延著南勢溪沿途由高往下具落差之處均可設置小水力發電機組，其潛力不只翡翠小水力與直潭壩小水力發電。

在各項再生能源發展，以小水力發電推動可行性最高，且最符合經濟效益。因為其所有權屬於臺北市政府，以目前經濟部能源局初步審定川流式水力躉購費率每度電為 2.0615 計算，以翡翠小水力發電為例，裝置容量為 3600kW，以全年發電時數占全年 85% 計算，總投資成本為 2.736 億元，回收期間僅 3.73 年，小水力發電機組之平均使用壽命為 40 年，十分具投資價值。

小水力發電之推動不僅隸屬於臺北市政府管轄，可控性高，且成本相較太陽光電與小風力發電均低的多，應為各項再生能源可行性最高者，建議應優先推動。

(三) 大風力發電

陽明山風櫃嘴風能潛力良好，於現場勘查後，考量當地地形以及風力機組必須間隔 200 公尺以上，以及發電設備總容量在 1020kW 以上未滿 10MW，最大躉售電力不得超過 5MW，初步推估可裝設 2 部 2.3MW 風力發電機組，共 4.6MW。

以陽明山風櫃嘴優良之風況，設置大風力發電極具成本效益。然而實際風速與風況必須於當地設置測風一觀測至少達一年以上方得以

得知較詳細之風能狀況資料。考量陽明山風櫃嘴位於國家公園內，根據國家公園法之規範，風力發電並未列入可開發之考量項目，除非當國家整體能源政策之規劃，認為有必要開發並須進行國家公園修法，否則無法進行開發行為。

（四）小風力發電

潛文潛力評估係參考臺灣科技大學 8 樓裝設 1.5kW 兩組小風力發電機組(3MW)為例，推估全市 8 樓以上建物安裝潛力，其開發潛力達 20.3MW，以及關渡平原設置 3kW 小風力 100 組，共 20.6MW。

目前「建築法」、「建築技術規則」條文內容，對於小型風力發電機之設置，尚缺乏明確之定義與審查機制，經洽詢臺北市建築管理處，小型風力發電機之設置，涉及施工安裝之安全性問題，應視為雜項工作物，依「建築法」第 28 條之規定，雜項工作物之建築應請領雜項執照。

經濟部能源局亦提出政策對於小風力發電較高之躉購費率提供足夠誘因，以鼓勵設置小風力發電，經濟部能源局已初步審定小風力發電為 7.2714 元/kW，費率僅低於太陽光電，相對其他再生能源具備較高的設置誘因，可望未來城市設置小風力發電機組發展應屬樂觀。

實際上，不同建物其建物屋頂面積不一樣，以及在設置小風力基必須考量避開東北西南風向的遮蔽物，以獲取較好的風力資源。在小風力發電設置時，必須考量該地點是否會有亂流、建物是否穩固，此外，12 樓以上建築物大多屬於辦公大樓與集合式住宅居多，因此頂樓屋頂土地使用權問題仍是必須考量之重要因素。

（五）沼氣發電

根據可寧威公司內部資料，目前已與台北市政府環境保護局協商利用廚餘回收發電之規劃案，地點極有可能落於福德坑掩埋廠，估計可設裝置容量達 1.5MW，以投資成本 5 萬元/KW 計，共需花費 75 百萬元。由於此案隸屬於台北市政府環境保護局，地點亦位於既有福德

坑沼氣掩埋廠，可行性相當高。

(六) 生質柴油發電

經前文潛力評估分析，以臺北市所產生之廢食用油轉化成生質柴油，換算為發電裝置容量相當於 4.8MW 緊急柴油發電機，根據 Technology Review(2009)最新研究顯示，生質燃料用於發電相較於利用於運輸燃料來得有效率，且對於溫室氣體的排放減量亦具有較佳效果。

實務上，為探討現階段柴油發電機填加生質柴油之操作是否會產生問題，研究團隊亦與柴油發電機之廠商諮詢，以瞭解柴油發電機填加生質柴油是否對引擎造成影響，廠商表示目前尚未測試過，對於引擎之影響程度尚無法確定，因此不敢冒然嘗試，以及再生質柴油發電仍須經過進一步研究與試車，方得以評估其可行性。此外，生質柴油發電所造成之額外成本(人事成本、維護成本與燃料成本)，亦是必須考量之因素之一。

(七) 大屯地熱發電

經文獻回顧與實地勘查，台大地質系宋聖榮教授指出大屯火山地熱發電具備良好之地熱資源，其發電潛力至少為清水地熱發電之 10 倍以上，此外，以目前技術已可以克服酸性流質所造成腐蝕性的問題，亦指出其開發對於地質環境的破壞程度影響亦不會很大，大屯地熱開發之關鍵因素即在於由於大屯地熱區位於陽明山國家公園內，隸屬於內政部國家公園管理處之管轄，根據國家公園法，地熱發電並非列為可開發之項目之一，此為當前開發之最大障礙，一旦克服，以大屯地熱資源之發電潛力，單一推動地熱發電即可達成舊金山城市環境協議書之目標。唯有透過與中央單位協調修改國家公園法，方得以進行大屯地熱發電之開發行為。

第二節 再生能源發展方案設計

一、方案背景說明

- (一) 再生能源應用發展方案主要目的在於透過不同應用選擇準則或條件之建置，以評估各項再生能源應用之種類項目組合，以能最終達成在考量淨尖峰能力下，2012年臺北市再生能源裝置容量達2005年尖峰負載10%(222.8MW)之目標。
- (二) 截至2009年10月止，臺北市再生能源裝置容量現況為150.6MW，目標達成率為67.6%，距離目標還有72.2MW缺口。
- (三) 根據再生能源發展潛力評估分析結果，篩選出具發展潛力再生能源以填補裝置容量目標缺口(72.2MW)之項目，包括；1.太陽光電、2.太陽能熱水器、3.小水力發電、4.大風力發電、5.小風力發電、6.地熱發電、7.沼氣發電、8.生質柴油發電8項。

二、各項再生能源推動相關參數

- (一) 各項再生能源投資成本以經濟部(2009)再生能源躉購費率審定會目前最新估算數值為主，其中地熱發電由於考量宜蘭清水發電示範計畫之技術成熟度尚不足，經研究團隊分析結果，主要參考國外文獻成本之推估值。
- (二) 各項再生能源應用之環境衝擊分析，主要以在臺北市設置應用為考量基準，而不考慮產品生命週期之相關影響。
- (三) 各項再生能源建造時程均以從工程招標至施工完成時間來估算，不包括前置作業(顧問公司的規劃設計及招標規範的撰擬)及相關行政執行所需時間。

表 5-6 再生能源發展方案參數

項次	再生能源別	裝置容量 (MW)	投資成本 (萬元/kW)	環境衝擊 (相對排序)	建造時程 (年)
1	太陽光電 (10~100kWp)	8	15.5	3	0.5~1.5
2	太陽能熱水器	51.5	1.6	3	0.5~1.5
3	小水力發電	5.6	7.6	2	2~3
4	陽明山風櫃口大風力發電	4.6	5.5	1	2~3
5	小風力機發電	2.33	13	3	0.75
6	陽明山大屯地熱發電	150	11.2	1	5
7	福德坑沼氣發電	1.5	5	3	0.7~1
8	生質柴油發電	4.8	0.9	3	0.1~0.5

註：環境衝擊依造衝擊程度大小給予評分，衝擊低者評分為 3 分，中者為 2 分，高者為 1 分。

資料來源：本研究整理。

三、方案設計原則

- (一) 為符合能源供應多元化，降低推動單項再生能源風險，應用發展方案設計，原則上以各項再生能源項目組合為主，避免只以單一再生能源成為方案之組成項目。
- (二) 方案中各項再生能源之裝置容量總和等於目標缺口 72.2MW。
- (三) 考量不同方案應用選擇準則或條件，將 8 種再生能源加以排序並依序逐步導入，以達到再生能源組合裝置容量達到目標為止，在方案中各項再生能源之裝置容量僅作為各項再生能源組合之參考，並非實際可設置容量。
- (四) 根據國際城市經驗並考量臺北市自然資源環境條件現況，設計主要三種方案及其選擇之訴求，如下所示：

1. 爭取推動時效

加速臺北市於 2012 年前達成再生能源裝置容量目標。

2. 環境衝擊較低

各項再生能源應用對臺北市之環境衝擊相對較低者優先推動。

3.投資成本較低

各項再生能源應用發展以成本最低者優先推動。

四、再生能源應用發展方案

(一) 方案一：以再生能源設置所需時程越短者優先推動，其再生能源導入應用之組合如下：

項次	能源別	裝置容量(MW)	占目標缺口之貢獻比例(%)
1	沼氣發電	1.5	2
2	生質柴油發電	4.8	6.6
3	小風力發電	20.6	28.4
4	太陽能熱水器	22.65	31.5
5	太陽光電	22.65	31.5

(二) 方案二：以再生能源設置環境衝擊較低者為優先考量，其再生能源導入應用之組合如下。

項次	能源別	裝置容量(MW)	占目標缺口之貢獻比例(%)
1	沼氣發電	1.5	2.1
2	生質柴油發電	4.8	6.7
3	太陽光電	19.85	27.5
4	太陽能熱水器	19.85	27.5
5	小風力發電	20.6	28.5
6	小水力發電	5.6	7.7

(三) 方案三：以再生能源設置所需投資成本較低者為優先考量，其再生能源導入應用之組合如下。

項次	能源別	裝置容量(MW)	占目標缺口之貢獻比例(%)
1	生質柴油發電	4.8	6.6
2	太陽能熱水器	51.5	71.3
3	沼氣發電	1.5	2.1
3	大風力發電	4.6	6.4
4	小水力發電	5.6	7.7
5	地熱發電	4.2	5.8

考量三種評估準則之下，達成舊金山城市環境協議書的三個方案再生能源組合均不相同，但其總裝置容量均以滿足再生能源發展目標缺口為原則。方案一與方案二之差異在於小水力發電，方案三在單位投資成本較低者優先推動之考量下，納入國家公園之大風力發電與地熱發電。下一節主要透過層級分析法，以專家諮詢決定權重方式，評選出台北市再生能源發展最適方案。

第三節 臺北市再生能源發展最適方案分析

前一節分別依照環境衝擊最低、推動時程最短以及爭取推動時效選擇之訴求依據而提出三種發展方案，但為能夠評選出最佳的推動設立方式，本節將進一步建立評估指標及模式，據以達成最適方案之選取。

一、評估方式

本計畫針對臺北市推動再生能源應用之最適方案，將採取層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP)，借重專家學者的專業及經驗，以最佳設立方式為目標，列出評估達成目標的準則及指標，由專家學者加以比較評估其相對重要性，再據以得到再生能源最適發展方案。

AHP 為一種多目標評估方法，適合使用於多目標、多層級、多方案的情況，利用層級結構將複雜的問題由上位而下位分解，使問題能有較清楚的瞭解，並因而提出解決問題的方案，其評估步驟如下：

1. 建立目標的階層關係

一般目標體系分為目標 (Goal)、準則 (Criterion)、指標 (Index)、方案 (Prospect)。上位目標可分析成一個以上的下位準則，如一個目標可分解成數個標的與之對應，一個標的可分解成數個準則與之對應。

2. 建立各層級之成對比較矩陣

依目標體系上位目標與下位目標的關係，可建立成對比較矩陣，該矩陣表示，在某一大目標下的次目標之間兩兩的重要程度。亦即次目標影響 (或達成) 上層目標的程度。

3. 一致性檢定

本法假設人們對目標和方案的偏好具遞移性，若 A 優於 B 兩倍，B 優於 C 三倍，則 A 優於 C 六倍，基於此填表人若對目標之間的相對重要性缺乏一致觀點時，遞移性檢定可以測出一致程度。檢定一致性的指標有兩種：

(1) 一致性指數 (Consistent Index, 簡寫 C.I.)

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \leq 0.1$$

其中 λ_{\max} 係根據主要成份分析求出的最大固有值， n 為次目標的數目。

C.I. 小於 0.1 時即通過一致性檢定。

(2) 一致性比例 (Consistent Ratio 簡稱 C.R.)

$$C.R. = C.I. / R.I. \leq 0.1$$

其中 R.I. 為平均隨機指標，其與矩陣之階層數有關。通常二階層目標體系的 R.I. 值為 0.0，三階層目標體系的 R.I. 值為 0.58，四階層目標體系的 R.I. 值為 0.90。

4. 求取優先值

本法可將每一目標（或方案）計算出優先順序值。優先值愈大代表該目標（或方案）愈重要。

二、問卷設計（詳見附錄 4）

（一）AHP 層級架構

1. 第一層級（目標）－臺北市再生能源應用發展最適方案

2. 第二層級（標的）

(1) 爭取推動時效：加速臺北市於 2012 年前達成再生能源裝置容量目標

(2) 環境衝擊較低：各項再生能源應用發展以環境衝擊最低者優先推動

(3) 推動成本最低：各項再生能源應用發展以成本最低者優先推動

3. 第三層級（準則）

(1) 設施建造時程：再生能源施工建造所需時間

- (2)行政作業時程：再生能源設置所需行政作業審查時間
- (3)環境景觀影響：再生能源應用所產生溫室氣體排放量
- (4)居民接受程度：民眾對於住家周圍設置再生能源發電之價值觀感與接受程度
- (5)溫室氣體排放：再生能源建造與使用產生溫室氣體排放
- (6)期初投資成本：再生能源設置期初所需投資成本
- (7)營運與維護成本：再生能源發電與損壞維修所需成本

表 5-7 各準則及評估指標說明

標的	準則	評估指標
爭取推動時效	建造時程	招標至完工時間、設備機組取得容易度
	行政作業時程	行政程序複雜度、法規限制程度
環境衝擊較低	環境景觀影響	噪音影響
		整體景觀
	居民接受程度	居民抗爭機率
	溫室氣體排放	溫室氣體排放量
推動成本最低	期初投資成本	設備機組成本、行政執行成本
	營運與維護成本	設備損壞頻率

資料來源：本研究整理。

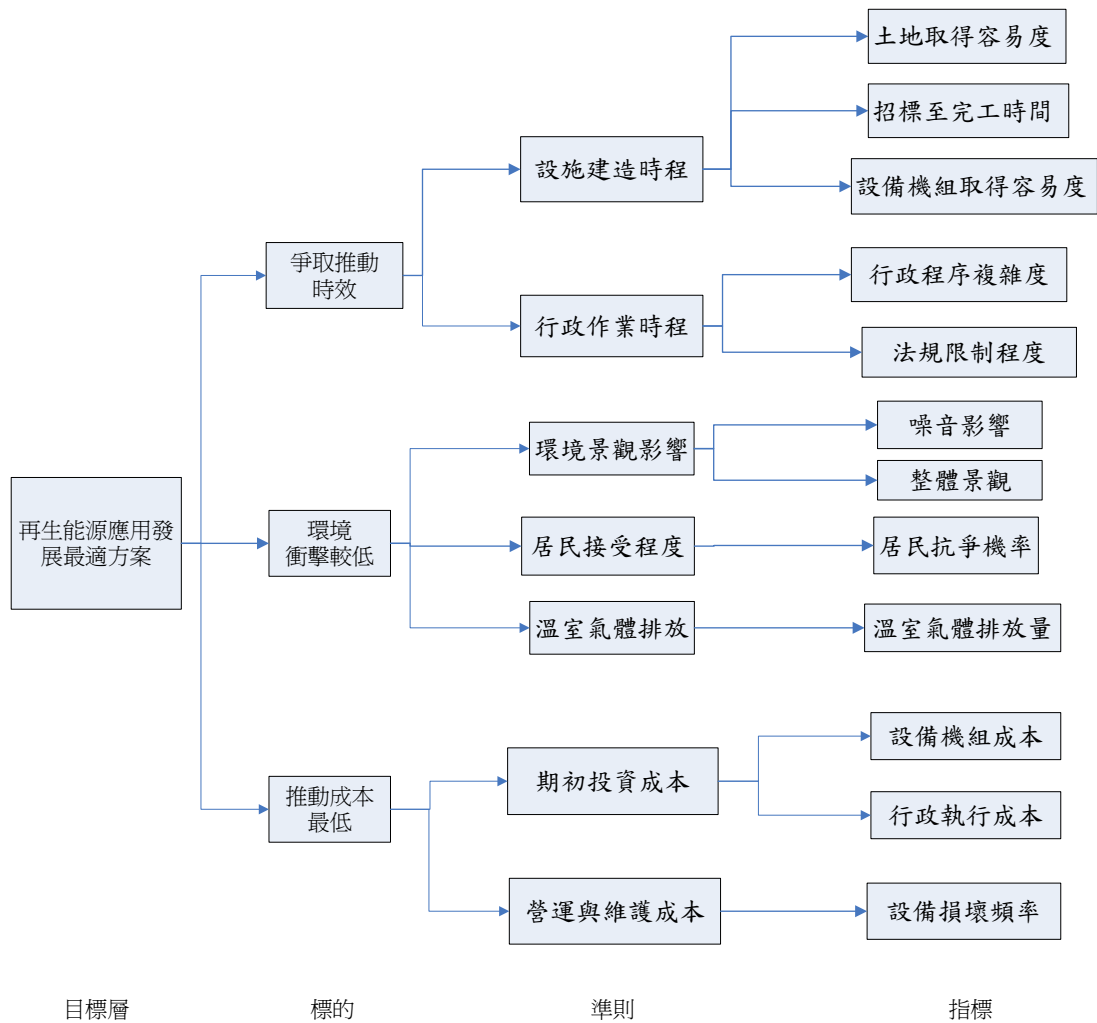


圖 5-2 臺北市再生能源最適方案 AHP 層級架構

資料來源：本研究整理。

三、最適方案分析結果

將太陽光電、水力發電、風力發電與地熱發電，依造各項評估指標取其均化數值，其中招標至完工時間、溫室氣體排放量、投資成本均採取可量化數值進行排序，其他相關指標則採取相對性排序給予評分，評分最高者為 2 分，中者為 1.5 分，最低為 1 分。

根據三個方案 AHP 分析結果，以方案二得分最高為 1.62 分，亦即臺北市再生能源發展最適方案以考量對環境衝擊最低者為優先，其推動再生能源項目為生質柴油發電、沼氣發電、太陽光電、太陽能熱水器、小水力發電與小風力發電。

表 5-8 再生能源發展方案指標階層評分表

項目	方案評分		
	方案一	方案二	方案三
招標至完工時間 (時間越短評分越高)	1.5	2	1
設備機組取得容易度 (容易度越低者評分越高)	2	1.5	1
行政程序複雜度 (程序越簡易者評分越高)	2	2	1
法規限制程度 (現制程度越低者評分越高)	2	2	1
噪音影響 (噪音影響程度越低者評分越高)	1.5	2	1
整體景觀 (景觀影響越低者評分越高)	2	1.5	1
居民抗爭機率 (居民抗爭機率越低者評分越高)	1.5	2	1.5
溫室氣體排放量 (溫室氣體排放量越低者評分越高)	1	1	1
設備機組成本 (成本越低者評分越高)	1	1.5	2
行政執行成本 (成本越低者評分越高)	2	1.5	1
設備損壞頻率 (損壞機率越低者評分越高)	1	2	1

資料來源：本研究整理。

表 5-9 再生能源發展方案 AHP 權重分析

標的 (權重)	準則(權重)	評估指標 (權重)	總分		
			方案一	方案二	方案三
爭取推 動時效 (0.31)	設備建造時 程 (0.67)	招標至完工時間 (0.5)	0.62	0.54	0.31
		設備機組取得容 易度(0.5)			
	行政作業時 程 (0.33)	行政程序複雜度 (0.48)			
		法規限制程度 (0.52)			
環境擊 較低 (0.49)	環境景觀影 響(0.25)	噪音影響(0.5)	0.65	0.7	0.56
		整體景觀(0.5)			
	居民接受程 度(0.27)	居民抗爭機率(1)			
	溫室氣體排 放(0.48)	溫室氣體排放量 (1)			
推動成 本最低 (0.2)	期初投資 成本 (0.37)	設備機組成本 (0.56)	0.23	0.38	0.24
		行政執行成本 (0.44)			
	營運與維護 成本 (0.63)	設備損壞頻率(1)			
總計	-	-	1.5	1.62	1.1

資料來源：本研究整理。