

美國德州/加州分散式電源申設技術流程探討

謝廷彥^{1*} 李東璟¹ 林偉民² 黃永福³ 黃怡碩⁴

摘要

本文主要是蒐集、分析並比較現行美國加州與德州的分散式電源申設技術流程，並著重於併網申設流程與併網審查研究流程等兩部分。併網申設流程主要是討論申設流程、審查時間與審查費用等行政面規範；併網審查研究流程主要是說明技術審查項目、技術審查流程及技術改善建議等技術面規範。在綜合討論中，本文將德州與加州併網申設流程與審查研究流程中的關鍵項目進行相互比較，並特別針對各措施的施行優點進行評析。本文將可作為我國未來修訂再生能源申設流程與技術審查規範之參考資料。

關鍵詞：德州、加州、分散式電源、併網申設流程、併網審查研究流程

1. 前言

政府為建構友善的再生能源生活圈，及逐步邁向低碳家園等目標，近年來，政策持續大力推動再生能源的發展。然而，在施行面上該如何務實推動再生能源的發展，相關的政策與法規將攸關重大。依據我國「再生能源發展條例」，經濟部為建構我國完整推動機制，每年重新計算合理的再生能源躉購費率以及獎勵誘因，鼓勵民間業者投入再生能源發電系統的建置。我國今(103)年1月預估119年的再生能源設置目標將由12,502 MW提升至13,750 MW，並以太陽光電系統與風力發電系統作為主要推廣項目。依上述規劃時程與目標，預計到2030年，太陽光電的總裝置容量將到達6.2 GW、陸域風力發電達1.2 GW、離岸風力發電為3 GW，分別占總再生能源裝置容量百分比為45.1%、8.7%與21.8%，總計共約75.8% (經濟部能源

局，2014)。政府自2012年起推動「陽光屋頂百萬座計畫」，採取「逐步擴大／先屋頂後地面」作為計畫執行策略，可預期將會有為數眾多的小裝置容量案件陸續提出併網申請。如何在後續政策推動過程中，務實協助民眾完成併網申請，一套完整、法制化的再生能源併網申設流程與審查制度將攸關重要，藉此，才得以在確保電網安全前提下，加速再生能源發展，調解再生能源申設紛爭，確保政策務實推動。

世界先進各國的再生能源發展起步較早，為確保再生能源目標順利達成，各國皆已制定適合各國國情的併網法規與標準，並會視科技發展現況、政策推動目標，以及產業發展重點等因素，逐步修訂相關併網規範。此外，各國在再生能源系統的規劃設計，維護運轉及系統調度上，均已累積相當豐富經驗，值得我國作為參考借鏡。有鑑於此，本文選擇美國地區再生能源發展(不含水力)較為蓬勃的德州

¹ 工業技術研究院綠能與環境研究所 研究員

² 工業技術研究院綠能與環境研究所 副工程師

³ 工業技術研究院綠能與環境研究所 資深研究員兼經理

⁴ 工業技術研究院綠能與環境研究所 正研究員兼副組長

*通訊作者, 電話: 03-591-7865, E-mail: T.Y.Hsieh@itri.org.tw

收到日期: 2014年11月18日

修正日期: 2015年03月27日

接受日期: 2015年04月23日

(Texas)與加州(California)作為研究標的，針對此兩州內分散式電源申設技術流程進行分析與探討，以作為未來修/制訂我國再生能源相關規範之參考資料(EIA, U.S. Energy Information Administration, 2014)。本文章節內容安排如下，第二章介紹德州分散式電源(Distributed Generation，簡稱DG)併網申設與技術審查流程，第三章將說明加州DG併網申設與技術審查程序，第四章為綜合討論，最後為結論。

2. 德州DG併網申設與技術審查流程

2002年1月德州通過能源法案，允許民營電力公司可申請併入公共電網，提供德州用戶自由選擇電力公司的服務。為讓所申設的分散型電源順利併入德州電網中運轉，德州公用事業委員會(The Public Utility Commission of Texas, PUCT)於2002年5月頒布分散型電源併網手冊(Distributed Generation Interconnection Manual, DGIM) (Distributed Utility Associates & Endecon Engineering, 2002)。其中，在德州的分散型電源併網申設流程中，會依照裝置認證結果、DG裝置容量與併網點電網架構等條件差異，制訂出所適用的併網申設流程與審查研究時程，通常，併網申請案的基本審查時間約在

4至6週內即須完成，但若遭遇特殊情形且無法在預定時程內完成審查者，可敘明理由申請展延。依照PUCT §22.242規定，爭議(Dispute)處理方面可以分為兩階段的處理步驟，第一階段為非正式協商，電力部門(Electric Division)在收到爭議事件後的20日內，必須完成協商。倘若在第一階段未能達成協議，將在第二階段交由PUCT委員會召開公開會議進行後續協商。

德州境內輸/配電公共事業(Transmission and Distribution Utility, TDU)亦提供分散型電源申設研究服務，服務項目包含電網之供電性能評估、協調或系統衝擊研究等，各項目皆具服務收費標準。然而，德州境內TDU皆有各自所屬的研究費用規範，德州AEP (Utility of American Electric Power)的DG併網前研究服務費用如表1所示。值得注意的是，PUCT規範境內的TDU皆須要遵循以下免收費標準：當分散型電源的申設地點位於非二次配電網路系統(Non-Secondary Network Distribution System)，二次配電網路系統意即二次配電系統呈網路型拓譜架構，且符合下列所有條件者，可免收研究費：

- 申請案中之分散型電源設備已通過驗證。
- 申請案中之分散型電源設置容量不超過500 kW。
- 申請案中之分散型電源輸出功率不超過饋線

表1 德州(AEP) DG併網前研究費用彙整表(AEP, American Electric Power Texas, 2014)

申設背景條件			DG 併網容量與收費標準(美金)			
是否 逆送電力	是否設備 已認證	是否併接於 二次網路系統	0~10 kW	10~500 kW	500~2,000 kW	>2000 kW
×	○	×	\$0	\$200	\$400	\$600
	×	×	\$100	\$300	\$540	\$704
	○	○	\$100	\$400	\$1,000	\$2,000
	×	○	\$380	\$865	\$1,535	\$2,432
○	○	×	\$75	\$300	\$1,000	\$2,000
	×	×	\$150	\$635	\$1,205	\$2,182
	○	○	\$160	\$767	\$2,377	\$2,878
	×	○	\$495	\$1,246	\$2,856	\$3,357

註1、德州境內各TDU的DG併網前研究服務費用標準視不同情況有不同收費，並未統一。

總負載的15% (依近期尖載需量為基準)。

- 申請案中之分散型電源短路電流貢獻不超過饋線最大短路電流的25%。

圖1為德州分散型電源併網申設流程圖，此流程主要是參考PUCT Rule §25.211(h)及§25.211(m)的規範所制定。依照PUCT Rule §25.212(h)規定，分散型電源申設者須在進行啟動測試(Start-up Testing)前二個星期預先通知電力公司(PUCT, 2014)。然而，若申設者預期所提出的申請案件將可核准通過，亦可在提出申設資料時，將啟動測試通知一併交付審查，藉以縮短整體分散式電源的申設時程。此外，電力公司若須要進行非重大投資之系統升級工程時，電力公司須在完成系統升級後，再進行啟動測試。倘若，電力公司未能於規範時間內完

成系統升級，電力公司可與DG申設者協商選擇先開放部分系統運轉或是另簽定協議施行。

在圖1中之「可允許時間*」是指收到完整申請資料到簽署併網同意書之時間規範，詳細說明如下：

- 申設系統使用已通過驗證之設備須4週審查時間(§25.211(m)(1))。
- 申設系統使用未通過驗證之設備須6週審查時間(§25.211(m)(2))。
- 若申設地點位在二次網狀系統，且集總DG裝置容量已超過饋線負載25%時，另須增加額外6週時間來進行併網研究(§25.211(m)(3))。
- 經評估，若申請案須進行重大投資之電網升級，電力公司應先估算電網升級費用及

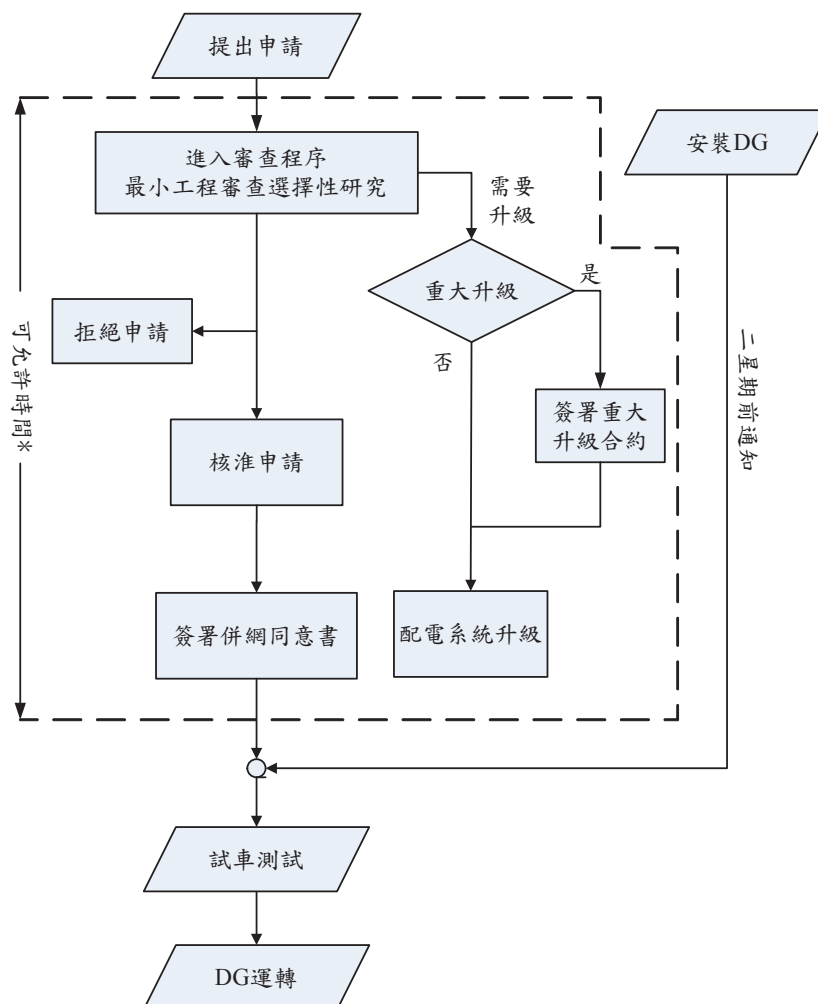


圖1 德州分散型電源併網申請之審查時間流程圖(本研究重新繪製，翻譯自Distributed Utility Associated, Endecon Engineering, 2002)

規劃時程給申設者參考。當經申設者同意後，電力公司與申設者須簽署升級合約，並在完成升級工程後的2週內進行試車測試 (§25.211(m)(3))。

- TDU應盡力在上述規範時程內完成DG併網。若經判定，TDU確實無法於既定時程內完成DG併網，應詳述理由並重新估算完成時程，以書面資料通知申設者 (§25.211(m)(4))。
- 若TDU可証實在DG申設處確實存在系統可靠度與安全性疑慮者，可以拒絕業者申請。同時，TDU亦有責任與申設者共同協議，以求得滿足兩方需求的解決方案。

美國在二次配電網路系統 (Secondary Network Distribution System, SNDS) 中，通常會裝設網路保護器 (Network Protector, NP)，藉以快速隔離故障區，俾非故障區得以恢復正常供

電，其保護協調設定相較非網路 (Non-Network) 系統將顯得更為複雜。因此，德州的併網審查研究流程，依照申設併網點的電網結構，分別制訂出二次網路系統 (Secondary Network) 和非網路系統 (Non-Network) 等兩種審查研究流程，詳述如下：

2.1 二次網路系統 (Secondary Network System)

德州針對二次網路系統的併網審查研究流程，主要包含設備驗證、集總DG設置容量，以及逆送電力等評估項目，詳如圖2所示。在德州併網審查程序的設備驗證中，若申設者的設備未能事先通過驗證需求 (Pre-Certification Requirements (§25.211(c)(12) and §25.211(k)))，其併網審查時間將為6週且須支付設備驗證研究費用。相較於非網路系統，二次網路系統內所

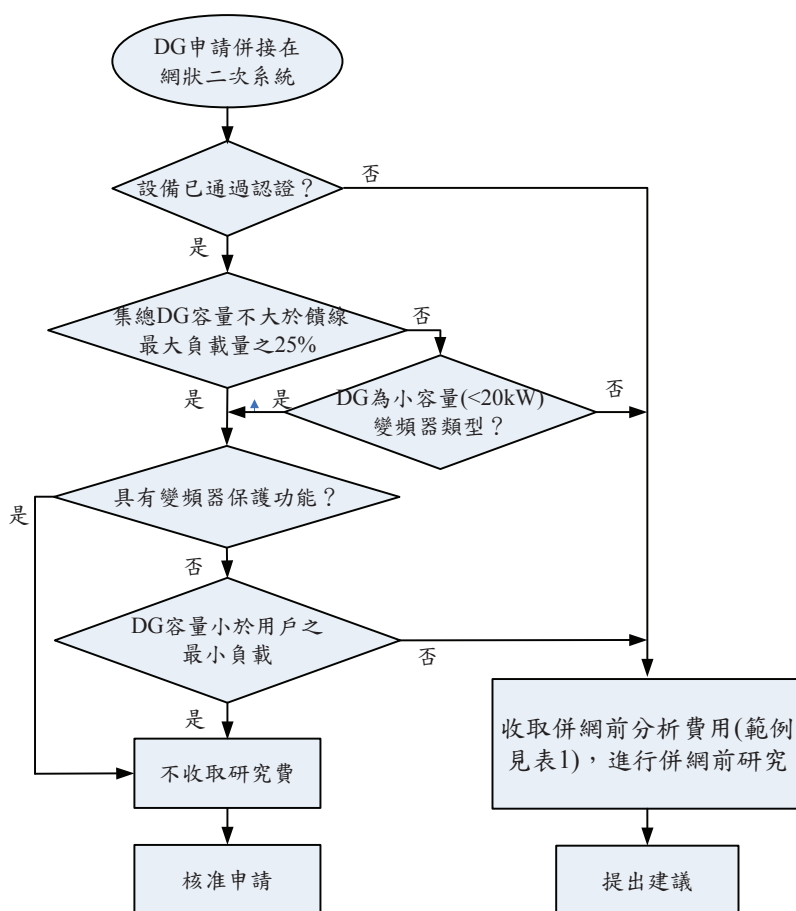


圖2 德州二次網路系統之併網審查研究流程圖(本研究重新繪製，翻譯自 Distributed Utility Associated, Endecon Engineering, 2002)

供應的用電負載，屬於集中式且承載量較大，因此，在二次網路供電轄內的DG可設置量通常較為可觀。在審查研究流程中，所規範的集總DG設置容量為裝置銘牌值的加總，饋線最大負載為近一年饋線歷史負載用電資料，倘若申設設備為小容量(< 20 kW)變頻器類型的分散式電源，不受此條件限制。二次網路系統通常會裝設網路保護器，然而，若DG發生逆送功率回上游網路系統，將可能會造成電驛誤動作、降低系統供電品質，關於逆送功率的審查情境與接續處理方式，彙整如表2所示。

2.2 非網路系統(Non-network System):

德州針對非網路系統的併網審查研究流程，主要包含設備驗證、DG申設容量，饋線上DG設置量與饋線負載比例，DG貢獻故障電流等評估項目，詳如圖3所示。非網路系統的設備驗證程序與二次網路系統相同，若申設者設備尚未通過驗證，其併網審查時間將為6週且須支付設備驗證研究費用。當DG申設容量不大於500 kW，可繼續進入下一審查項目，若申設者的申設容量大於500 kW，可向TDU申請進行研究(約4週時間)並支付相關研究費用，進一步評估申設容量對系統的影響。為抑制DG逆送功率通過共同耦合點(Point of Common Coupling, PCC)的發電量，依照§25.211 (g)(1)規定，非網路型系統上，單一饋線之DG裝置容量須不大

於饋線最大負載15% (最大負載定義同網路型系統)。倘若，所申設DG容量超過上述限制條件，須要進入研究階段，評估是否會衍生非預期孤島(Islanding)或不利於系統運轉的逆向電力潮流(Adverse Power Flow)等現象。針對系統發生故障所產生的故障電流，德州TDU會先估算出原系統申設併網點的最大短路故障電流，並選用此值的25%作為DG所提供故障電流的上限限制值。若所申設DG未能符合此條件，申設者可委請TDU進行研究(約4週時間)並支付相關研究費用。

德州併網審查研究流程的評估結果，包含「核准申請(Approve Application)」及「提出建議(Recommendation)」等兩種結果，前者表示此申請案中之分散型電源併網後對配電系統、人員或鄰近用戶的危害甚小，故電力公司，視需求可以提出分散式電源或系統的設計修改規定，完成修訂後，准予併網，不須進行額外研究與費用支付；後者則表示申請案中之分散型電源併網後對配電系統、人員或鄰近用戶可能有所危害，申請者可繳交研究費用委託電力公司進行併網問題研究。

3. 加州DG併網申設與技術審查程序

加州公用事業委員會(California Public Utilities Commission, CPUC)於2000年通過Rule

表2 DG在二次網路系統中逆送功率的情境與接續處置方式彙整表(本研究彙整)

DG變頻器 保護功能	DG裝置容量不大於既 設用戶/區域負載 (有無逆送電至電網)	集總DG設置容量不大於 饋線最大負載25%	後續處理方式
○	-	○	不索費，可進行研究。 §25.211(h)(1)
-	○	○	不索費，可進行研究。 §25.211(h)(2)
×	×	○	索費，進行研究約4週。
-	-	×	索費，進行研究約6週。 §25.211(h)(3)

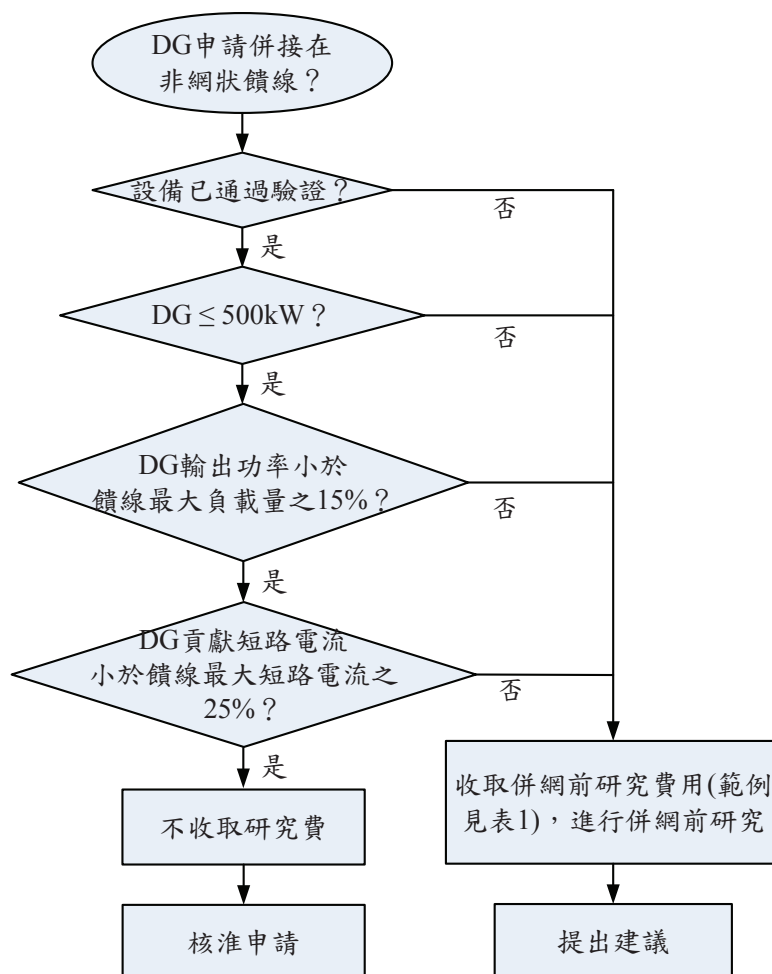


圖3 德州非網路系統之併網審查研究流程圖(本研究重新繪製，翻譯自Distributed Utility Associated, Endecon Engineering, 2002)

21分散型電源併聯技術規範。Rule 21的主要規範是源自於IEEE Std. 1547-2003，近期的更新版為2015年1月，主要是依據IEEE Std. 1547a之規定進行適度修訂的分散型電源併聯法規。加州境內的電力公司(PG&E、SDG&E、SCE等)皆據此分別訂定適用於該區域電力系統之併聯標準(Pacific Gas and Electric Company, 2015)。加州Rule 21的分散型電源併網申設流程，包含申請(Application)、電力公司審查(Utility Review)、併網協議(Interconnection Agreement)以及安裝與測試(Installation and Commissioning)等步驟，分散式電源併網流程圖(Interconnection Flow Chart)如圖4所示(Overdomain, LLC, Endecon Engineering, and Reflective Energies, 2003)。當申請者提交完整

併網申請資料後，電力公司須先評估此一申請案是否符合簡易併聯(Simplified Interconnection)條件，或須要進一步進入補充審查(Supplemental Review)，評估因子包含：系統電網結構、設備額定容量、其他負載用戶資訊、鄰近發電設備、區域負載成長率等。經電力公司評估後，若須進入併網研究(Interconnection Study)，電力公司須先提供估算的分析費用與時程供申設者參考，申設者可自行決定是進入併網研究階段，或撤銷此一併網申請。在爭議(Dispute)處理方面，申訴方應提交書面資料給被控方，同時副知委員會能源部代表，被控方於收到申述書後的5個日曆天內須予以回覆，並於接到通知後的7個日曆天內，各方派出代表進行協商，被控方須在21個日曆天內提供此一併

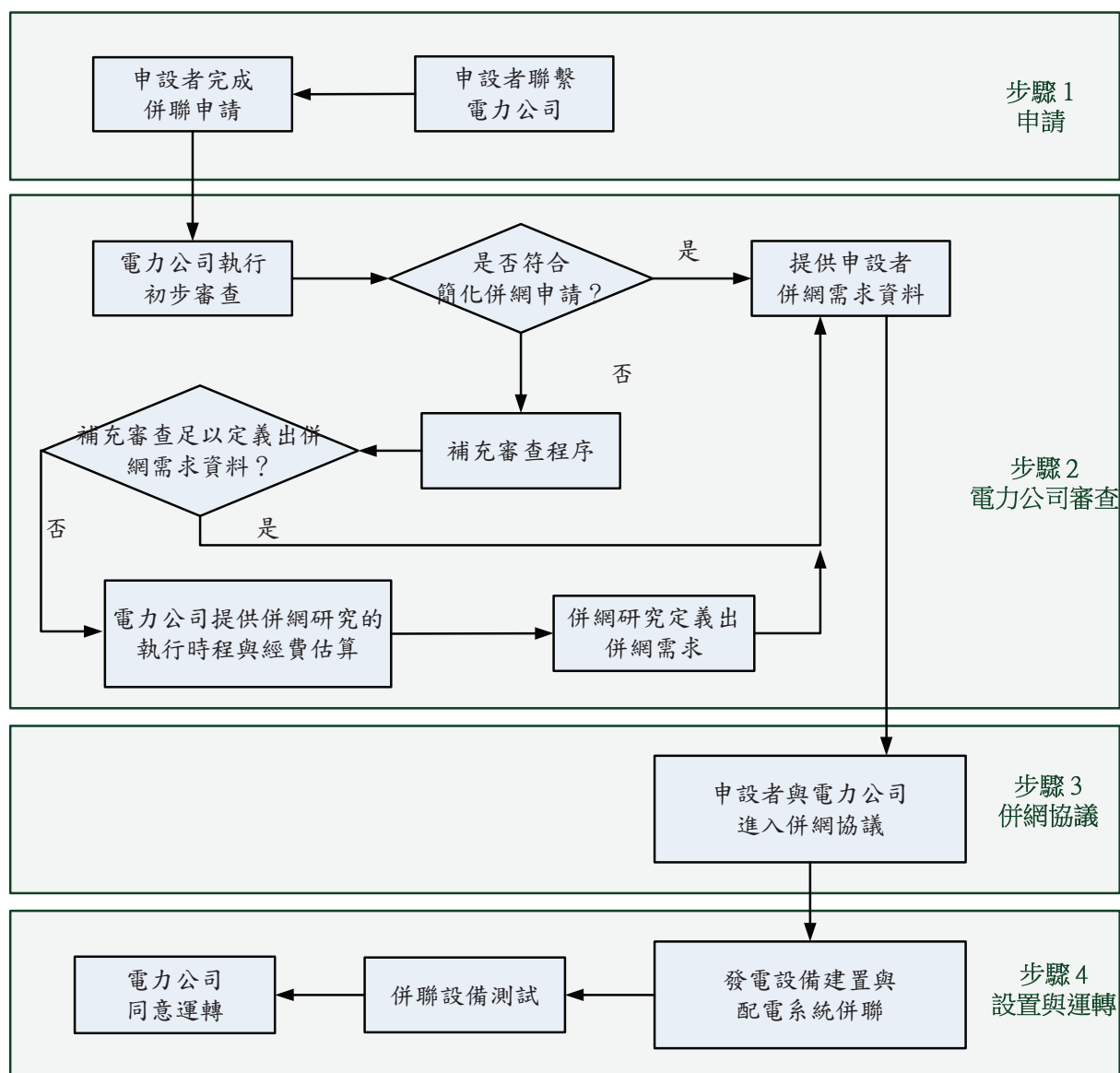


圖4 Rule 21併聯程序之示意圖(本研究重新繪製，翻譯自Overdomain, LLC, Endecon Engineering, and Reflective Energies, 2003)

網申請案件相關的技術分析文件內容。若在45個日曆天內仍無法達成和解，得申請展延另一次45個日曆天的協商；或在雙方合意下，以書面方式向委員會申請調解；或在雙方合意下，邀請第三方調解委員會進行調解。

加州Rule 21的分散式電源併網申設程序，摘要如下：

- 當申請者向電力公司提出初始併網請求(Initial Request)時，電力公司應在收到申請資料後的3個工作天內，提供相關資訊與文件(包含：協議範例，併網申請，技術資

訊，認證設備清單，初始與輔助審查費用資訊，適用費率規則(Tariff schedules)與計量要求等)給申請者。

- 申請者可參照下列資格規範，自行選擇合適的併網審查研究流程：

- 快速審查資格(Fast Track Eligibility)：不論DG申設總裝置容量為何，若申設者屬於無售電(Non-Exporting)與淨能源計量(Net Energy Metering, NEM)的發電設備，皆有資格選擇進入快速審查程序。淨能源計量為加州針對太陽光電用戶所推行的一

種零售電力計價方案，施行期間內，若設置者的太陽光電累積回送電網功率高於總負載用電功率，則可以獲得金額回饋，反之，則須支付在扣除太陽光電累積回送電網功率後的剩餘負載用電費用。另外，若一可逆送功率的發電設備，其裝置容量不大於3 MW且併接在12 kV(含)以上電壓等級系統者，亦有資格選擇進入快速審查評估。此外，若申設者採用電力公司所同意的保護設備，將發電設備的逆送功率抑低至3 MW以下者，亦可符合快速審查資格，惟其後續仍須完成補充審查項目並支付相關費用。通常，初步審查(Initial Review)須在15個工作天內完成，補充審查(Supplemental Review)則須在20個工作天內完成，以上，若敘明理由，得以商議展延。

- 詳細分析資格(Detailed Study Eligibility)：當併網需求不符合快速審查資格者，則必須進入詳細分析，申請者亦可在提出併網申請時，提出直接進入詳細分析要求，亦或當申設案件未能通過快速審查的評

估項目，且申設者同意支付相關費用繼續併網申請時，繼續進入詳細研究。詳細研究包含(i)獨立分析程序(Independent Study Process)、(ii)配電群組分析程序(Distribution Group Study Process)與(iii)輸電群聚式分析程序(Transmission Cluster Study Process)等三種類型。通常，獨立分析程序須在60個工作天內完成，若敘明理由，得以商議展延。

- 所有申設者皆應提交一份完整且有效的併網申請，加州針對併網申請費用與各項研究保證金皆詳細列於表3所示。倘若申設案件包含1個以上的併網點，申請者應針對各併網點分別提出一份併網申請書。依據Rule 21規範，當申設者欲擴充既設發電設備容量時，應視同新申裝發電設備，重新提出併網申設並進行評估。

圖5為加州Rule 21併網審查研究流程，主要包含初步審查(Initial Review)、補充審查(Supplemental Review)與併網分析(Interconnection Study)等三個階段。倘若，申請者所提出之併網申請能順利通過初步審查或補充審

表3 加州DG併網申請相關費用彙整表(本研究重新彙整，翻譯自Pacific Gas and Electric Company, 2015)

發電設備類型	併網申請費用	補充審查費用	詳細分析保證金	額外試運轉測試驗證
Non-Net Energy Metering	\$800	\$2,500*	發電設備總銘牌容量 ≤ 5 MW並申請獨立分析程序或第一階段配電群組分析程序者，須交付\$10,000系統影響研究費，對於進行設備分析或第二階段配電群組分析程序者須繳交\$15,000。發電設備總銘牌容量 > 5 MW，須交付\$50,000再加上\$1,000/每1MW發電設備，或既有發電設備所增加電力輸出，容量取鄰近整數MW值，累積最大費用為\$250,000。	\$150/ 每人時**
Net Energy Metering	\$0	\$0	\$0	N/A
太陽能 ≤ 1 MW且不賣電至電力公司。	首次減免\$5,000			\$150/ 每人時**

* 依照2015 Rule-21 F.2.c.ii可增選故障電流分析費用\$1,000。

** 費用不包含差旅費。

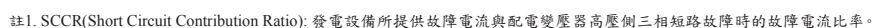


圖5 加州Rule 21之併網審查分析流程圖(本研究重新繪製，翻譯自Pacific Gas and Electric Company, 2015)

查，申設者與電力公司即可簽訂併網協議(Interconnection Agreement)。倘若，申請案未能通過初步審查或補充審查，申設者可選擇進入併網分析或撤銷併網申請。詳細審查項目，概述如下：

3.1 初步審查程序

初步審查程序包含圖5中的篩選條件A~M。倘若，篩選條件A~H中任一項條件未能通過時，其建議的解決方案包含：使用容量較大的變壓器取代過載變壓器、使用容量較大的導體取代過載的二次導體、確認變壓器的相位平衡是否符合最小審查需求，以及在不進入進階研究前提下，確認發電設備是否會造成設備過載。倘若使用包含上述解決方案，皆無法有效使申請案通過篩選條件A~H，則可略過篩選條件I~M，經申設者同意後，直接進入補充審查程序(篩選條件N~P)。反之，若申請案能順利通過篩選條件A~H，則可依序進入篩選條件I~M以完成初步審查程序評估。由於篩選條件I~M中的審查流程較為特殊，特別摘錄說明如下：

- 篩選條件I：經判斷，若確認發電設備不會逆送功率通過PCC，即完成初步審查程序，否則，須進入篩選條件J。
- 篩選條件J：若發電設備的總裝置容量(Gross Rating)不大於11kVA，因其對於系統電壓變動率與短路電流貢獻等影響較小，即完成初步審查程序，否則，須進入篩選條件K。
- 篩選條件K：為便利符合容量限制的淨能量計量(NEM)用戶，特規範NEM用戶且銘牌裝置容量不大於500 kW者，則可直接進入篩選條件M，否則，須進入篩選條件L。
- 篩選條件L：若併網申請區域符合下列所有條件者，須要進入詳細分析。倘若，僅符合下列任一條件者，須進入補充審查。當不符合下列條件者，可直接進入篩選條件M。
 - (i)具已知或公布的暫態穩定度限制。
 - (ii)新申請發電設備與輸電系統具相依性，此處相依性意指新提出申請的發

電設備與早期排序輸電系統併網申請案之間具相互影響關係。

- 篩選條件M：由自動分斷開關所界定線段之集總發電設備容量，若高於此線段峰值負載的15%，須進入補充審查流程來確認所設置分散式電源對系統安全的影響程度。反之，即完成初步審查程序評估。

通過上述初審篩選條件申設者，可進一步與電力公司簽署發電機併網協議(Generator Interconnection Agreement)；對於通過初審的併網申請，但另須進行併網設備或配電升級者，電力公司須提供申設者併網設備或配電升級的經費預估；對於未能通過初審的併網申請，電力公司應提供技術理由(Technical Reason)、資料與分析來佐證審查結果並提供書面資料。申設者可以選擇進入補充審查(Supplemental Review)繼續併網申請。

3.2 補充審查程序：

補充審查包含篩選條件N~P，若任一篩選條件未通過，則須針對未通過的條件進行處理或進入詳細分析(Detailed Studies)。補充審查程序的篩選評估指標，可包含發電機設備能源類型、同步併網的模式、獨特的系統拓譜結構、對於重要用戶可能造成的影響、可能的系統安全影響與其它項目等。建議的解決方案包含：利用調節式電容組取代固定式電容組、線路調整設定的校正、配電電路的簡單重組等。倘若使用包含上述解決方案，皆無法使申請案通過補充審查，經申設者同意後，可進入詳細分析。補充審查中的篩選條件N~P內容摘錄說明如下：

- 篩選條件N：此條件是利用線段最小歷史負載資料或電力潮流模型，評估線段上集總發電設備容量是否低於線段最小負載的100%，若超過，須要進行改善或選擇進入詳細分析階段。反之，直接進入篩選條件O。
- 篩選條件O：此項目是針對同一線路、變

壓器，或/與變電所上其它既設發電設備的綜合分析評估，評估項目包含：線路上的變壓調整(須符合Commission Rule 2與CVR (Conservation Voltage Regulation)規定)、電壓波動(須符合IEEE 1453)，以及PCC點的諧波量(須符合IEEE 519)等。若上述項目都通過，則進入篩選條件P；反之，須在完成篩選條件P的評估後，直接進入詳細分析。

➤ 篩選條件P：若確認無法在此階段，判定同一線路上集總發電設備對系統安全與可靠度的影響評估時，可進入詳細分析。

對於能通過補充審查的併網申請，可與電力公司簽署發電機併網協議；對於通過補充審查的併網申請，但須要併網設備或配電升級者，電力公司須提供申設者併網設備或配電升級的經費預估；對於無法通過補充審查的併網申請，電力公司應提供技術理由，資料與分析等書面報告來佐證補充審查結果。申設者可選擇是否進入詳細分析(Detailed Study)繼續併網申請，或由申設者自行撤銷併網申請。

3.3 詳細分析

加州的詳細分析包含三個分析程序 (i) 獨立分析程序(Independent Study Process)、(ii) 配電群組分析程序(Distribution Group Study Process) 與 (iii) 輸電群聚式分析程序(Transmission Cluster Study Process)。進入詳細分析的條件，包含申設者於提出併網申請階段時，略過快速審查流程，選擇直接進入詳細分析，或經過快速審查條件判定不符資格者，或是未能通過快速審查評估者。詳細分析的篩選條件Q、R內容摘錄說明如下：

- 篩選條件Q：若是此一併網申設案件與先前已提出併網申請的用戶間具相互影響關係，且可能會對輸電系統造成影響者，須進入輸電群聚式分析程序。反之，直接進入篩選條件R。
- 篩選條件R：若評估結果顯示此一併網申設案件與先前已提出併網申請的用戶具相互影

響關係，且可能會對配電系統造成影響者，則須進入配電群組分析程序，否則，即進入獨立分析程序。

併網分析可以評估申設點是否符合法規上的技術規定，如：過載限制、容許電壓範圍、短路故障電流、動態/穩定度與可靠度等規範要求。此外，併網分析亦可提供申設者，關於併網設備提升，配電系統升級與電網可靠度改善等技術規劃的建議方案。

4. 綜合討論

上述章節已將美國德州與加州地區的併網申設技術流程進行精要介紹，本節將綜合比較並討論兩州的併網申設流程與併網審查流程。表4為德/加州分散式電源的併網申設流程比較表，主要比較項目包含：收費標準、審查時程、審查流程綱要，以及研究流程等項目，概述如下。免收費標準方面，加州境內針對申設NEM的用戶提供較優惠的服務，除了包含免申設費用外，後續的補充審查、詳細研究程序與試運轉試驗亦免收相關費用；德州則是明確規範出符合基本審查條件者，可免收取併網前研究費用。此外，加州境內的PG&E、SDG&E，以及SCE無論DG申設容量大小皆採用統一收費標準予以計價；德州則是由境內各TDU自行依照DG裝置容量大小、併網系統結構，以及設備認證與否，制定出層級式收費標準。相較之下，由於小容量DG申設併網對系統衝擊影響相對小，且審查研究程序相對簡便，利用層級式收費標準，向小容量DG申設者收取較低廉的審查費用，較能顯現出公平原則。

審查時程方面，加州任一併網申請案在符合初審審查條件者，可於15個工作天內完成併網審查，倘若須要進入補充審查案件，合計初審與補審時間共約35個工作天，此外，發電機併聯同意書會在審查結果通知後的15個工作天內發放；相較於德州所規範4週或6週的審查時間，兩州在併聯審查與發電機併聯同意書發給

表4 德/加州分散式電源的併網申設流程比較表(本研究彙整)

項目 \ 地區	德州	加州
收費標準	收費標準會依申設背景條件與裝置容量來區隔定價，詳見表1所示。 免收費標準：技術條文判定，符合標準者免收取研究費用。	Non-NEM用戶併網申請費 \$ 800；補充審查費 \$ 2,500，詳見表3所示。 免收費標準：加州境內NEM用戶皆免收取費用。
審查時程	併網審查時間約4~6週(研究時間另計)。敘明理由，得以商議展延完成時程。	初步審查時間為15個工作天、補充審查時間為20個工作天、發放發電機併聯同意書為15個工作天內。 獨立研究時間為60個工作天。敘明理由，得以商議展延完成時程。
審查流程綱要	審查流程包含併網申請、電力公司審查與研究、設備安裝、試運轉測試、正式運轉等五個階段依序進行，若申設者確認申請案能通過，可在併網申請書階段一併將試運轉測試申請書一併提交給電力公司，藉以縮短DG正式運轉時程，詳如圖1所示。	審查流程包含併網申請、電力公司審查與研究、簽訂併網協議、裝機與試運轉測試等四個階段依序進行，詳見圖4所示。
研究流程	依照申設併網系統結構分為非網路系統之併網研究流程圖，以及二次網路系統之併網研究流程圖，詳見圖2，圖3所示。	單一審查流程，流程圖又可細分為共為初審、複審，以及研究等3個階段，依各審查步驟結果決定完成審查申請所需項目、時程與經費，詳見圖5所示。

的時程上皆明確的定義且差異不大。審查流程方面，德州審查流程中允許申請者可同時提送併網申請書與DG試運轉申請，因此，申請者若能順利通過審查，可以縮短2週DG試運轉前通知電力公司的時間，加速完成分散式電源的建置。分析流程方面，德州主要是依照併網系統結構來進行分類，包含非網路系統與二次網路系統等兩種併網審查分析流程；加州雖然只有單一審查流程，然而，在其審查項目A中已判斷併網系統的結構，當併網點為二次網路型系統，且DG非變頻器設備，或與其它變頻器設備裝置的集總裝置容量大於50 kW (亦或超過重點網路最大負載5%)者，即必須進入補充審查。以上，加州雖為單一審查流程，但實已將德州併網系統結構的判斷項目內含於加州審查流程當中。

表5為德/加州的分散式電源併網審查項目比較表。在德州的併網審查流程中，為確保分散式電源併網對系統安全與供電品質的影響，德州TDU對境內併網申設案，可進行相關分

析，且免向申設者收取分析費用，如表2所示。另一方面，加州Rule 21審查流程的技術評估項目雖多，然而，加州TDO會針對部分項目先行評估並明確規範出境內電網的併網瓶頸區域，例如：暫態穩定度限制區域，並會特別針對申設案件與申請排序中的輸電申設案件之間的相互關係進行評估。另外，在加州補充審查中，有明確規範出分散式電源併網後須符合饋線電壓調整功能Commission Rule 2與/或CVR的規範需求；電壓波動須符合IEEE 1453規定；共同耦合點的諧波量符合IEEE 519規範。相較之下，加州審查流程具較詳細的審查技術項目與施行規則說明。

5. 結 論

本文已針對美國境內德州與加州的分散式電源申設流程與審查技術重點項目，進行重點摘述與分析比較，包含：德州依電網結構區分為2個相對簡化的審查研究流程，且德州依照

表5 德/加州的分散式電源併網審查技術項目比較表(本研究彙整)

審查技術項目	德州		加州	
	非網路系統	二次網路系統	初步審查	補充審查
設備認證	○	○	○	
DG申設容量	○		○	
DG短路電流/饋線最大短路電流比例	○		○	
變頻器保護功能		○	○	
逆送功率		○	○	
併網系統結構	○	○	○	
啟動電壓降	○	○	○	
設備承載能力			○	
系統不平衡			○	
設備短路啟斷能力			○	
暫態穩定度			○	
DG輸出功率/饋線負載比例	○	○	○	○
系統電壓調整能力				○
電壓波動				○
安全與可靠度測試				○

注、此表格內容主要是參照德州/加州所施行併網審查研究圖中所節錄的關鍵技術項目。

再生能源申請容量採用層級式收費標準，並同意申設者能同時繳交併網申請書與試運轉申請書以縮短DG上線運轉時程；加州雖僅有1套審查流程，但其技術審查項目較多且各評估子項說明詳細，並會自行評估檢討提出境內電網的併網瓶頸區域，較特別是，加州為推廣NEM發展，針對NEM申設用戶提出許多獎助措施，包含免收取併網申請費用、進階研究費用及試運轉測試驗證費用等。本文所蒐集彙整的分散式電源併網相關資訊，均具真實的施行實績，且目前仍為各國所採用，非常值得我國參考借鏡。然而，該如何建構國內友善的再生能源發展環境，建議修訂我國併網申設技術流程過程中，可秉持著標準化、公開化與簡單化等原則進行，同時可結合國內各界專家學者建議，進行多面向的思量與商議，在符合或加強電網安全前提下，評估各種措施的優劣得失，爾後並法制化增強其執行強度，才得以協助政府的再生能源發展目標順利達成。

誌 謝

本研究承蒙經濟部能源局「FY104太陽光電建構推動環境與推廣計畫」提供研究經費，謹此致謝。

參考文獻

經濟部能源局，2014，「綠能經濟潔淨創新」，經濟部能源局。

AEP, American Electric Power Texas, 2014, “Interconnection and Parallel Operation of Distributed Generation”, American Electric Power (AEP).

Distributed Utility Associates, Endecon Engineering, 2002, “Distributed Generation Interconnection Manual Public Utility Commission of Texas (PUCT)”, U.S. Department of Energy Office of Energy Efficiency and Renewable Energy.

- EIA, U.S. Energy Information Administration, 2014, “Electric Power Monthly, February 2014”, U.S. Department of Energy.
- Overdomain, LLC, Endecon Engineering, and Reflective Energies, 2003, “California Interconnection Guidebook : A Guide to Interconnecting Customer-owned Electric Generation Equipment to the Electric Utility Distribution System Using California’s Electric Rule 21”, California Public Utilities Commission (CPUC).
- Pacific Gas and Electric Company, 2015, “Electrical Rule 21 Generating Facility Interconnections”, Pacific Gas and Electric Company.
- PUCT, Public Utility Commission of Texas, 2014, “PUCT Substantive Rules. Chapter 25.211 Electric”, Public Utility Commission of Texas (PUCT).

Investigation on the Interconnection Process of DG in Texas / California

Ting-Yen Hsieh^{1*} Tung-Ching Lee¹ Wei-Min Lin²
Yung-Fu Huang³ Yi-Shuo Huang⁴

ABSTRACT

The main goal of the article is to collect, analyze and compare the distributed generation (DG) grid-interconnection processes currently implemented in California and Texas, and focus on the grid-interconnection flowchart of applications and settings and grid-interconnection technical framework. The contents in grid-interconnection flowchart are to define the application with interconnection request fees and schedules, utility review, interconnection agreement, installation and commissioning. Some technical items, review screens and suggestion to mitigate impact on DG interconnection are described in the grid-interconnection technical framework. Finally, a comprehensive discussion is given to compare the DG grid-interconnection processes in the two places. The article is of value to be the reference for amending the grid-interconnection processes and technical review screens in Taiwan.

Keywords: Texas, California, Distributed Generation (DG), Grid-interconnection Flowchart of Applications and Settings, Grid-interconnection Technical Framework

¹ Researcher, GEL, Industrial Technology Research Institute

² Associate Engineer, GEL, Industrial Technology Research Institute

³ Senior Researcher & Manager, GEL, Industrial Technology Research Institute

⁴ Principal Researcher & Deputy Division Director, GEL, Industrial Technology Research Institute

* Corresponding Author, Phone: +886-3-591-7865, E-mail: T.Y.Hsieh@itri.org.tw

Received Date: November 18, 2014

Revised Date: March 27, 2015

Accepted Date: April 23, 2015