

出國報告（出國類別：實習）

AMI 下動態訂價策略之研習

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：王靜宜（業務管理師）

派赴國家：美國

出國期間：102 年 7 月 14 日~102 年 7 月 24 日

報告日期：102 年 8 月

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：AMI 下動態訂價策略之研習

頁數_55_ 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司/陳德隆/(02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：王靜宜/台灣電力公司/業務處/

業務管理師/(02)2366-6674

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：102 年 7 月 14 日~102 年 7 月 24 日

出國地區：美國

報告日期：102 年 8 月

分類號/目

關鍵詞：先進電表基礎建設(AMI)、智慧電表(Smart Meter)、動態電價、需量反應(Demand Response)、時間電價(TOU)、緊急尖峰電價(CPP)、即時電價(RTP)、尖峰節電回饋(PTR)。

內容摘要：(二百至三百字)

智慧電表結合動態訂價策略已被全球主要國家視為達成抑低負載與降低供電成本的主要方法。美國加州至 2012 年智慧電表的普及率已達 70% 以上，並已實施多種結合需量反應措施之動態電價 (如：CPP、RTP、PTR)，有別於以往的單一費率，透過智慧電表提供用戶即時的用電資訊，搭配實施動態電價方案，提供正確的價格訊號引導用戶主動的進行用電管理，對用戶而言獲得了節省電費的好處，對電業、對環境而言則達到提高能源使用效率與節能減碳的目的，其相關發展經驗確可做為本公司未來 AMI 佈建後發展動態電價之參考依據。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.nat.gov.tw/reportwork>)

~ 目 錄 ~

	頁次
壹、 出國緣起.....	1
一、任 務.....	1
二、緣起與目的.....	1
三、行 程.....	2
貳、 研習過程內容與心得.....	3
一、美國電力市場概述.....	3
二、美國智慧電表的普及率.....	7
三、美國需量反應措施之發展現況.....	11
四、美國加州 SPP（Statewide Pricing Pilot）示範計畫.....	16
五、美國加州電業於 AMI 下動態訂價策略與實施現況.....	23
參、 心得及建議.....	48
一、心 得.....	48
二、建 議.....	52
三、誌 謝.....	55
肆、 參考資料.....	55

~ 圖 表 ~

	頁次
圖 1、北美電力可靠度委員會 8 大互聯系統圖	3
表 1、2011 年美國與台灣發電能源比較表	4
表 2、2011 年美國與台灣電價比較表	4
圖 2、美國加州電力市場結構圖	6
圖 3、加州民營電業(IOU)供電區域分佈圖	7
表 3、2008~2012 年美國各州智慧電表普及率一覽表	10
圖 4、2006~2012 年美國需量反應方案抑低負載潛量	14
表 4、不同用戶類別及方案的抑低負載潛量(2012 年 FERC 報告)	14
表 5、美國各州與需量反應方案抑低負載潛量(MW)一覽表	15
圖 5、Energy Orb	19
圖 6、家用顯示器—EMS 2020	19
圖 7、SPP 用戶線上控制入口網站提供用電資訊圖示	20
圖 8、SPP 用戶滿意度示意圖	22
表 6、加州民營電業 AMI 佈建計畫	23
表 7、電價成本項目一覽表	24
圖 9、PG&E 各類用戶平均電價比較	28
圖 10、PG&E 智慧電表—Smart Meter™	28
圖 11、Smart Meter™功能運作示意圖	29
圖 12、Peak Day Pricing (尖峰日電價) 各時段圖	30
圖 13、SCE 各類用戶平均電價比較	39
圖 14、SCE 智慧電表—Smart Connect™	39
圖 15、Smart Connect™系統示意圖	40
表 8、PG&E 及 SCE 實施動態電價比較表	48
圖 16、快速發展的技術市場提供了家用設備和家庭自動化網路	49
圖 17、智慧電表與家庭自動化網路技術結合帶動需量反應新的發展	49

壹、出國緣起

一、任務

研習美國先進電表基礎建設 (Advanced Metering Infrastructure, AMI) 下動態訂價策略。

二、緣起與目的

智慧電網 (Smart Grid) 是整合發電、輸電、配電及用戶端的現代化電力網路，將電力系統導入資通訊技術，使電業與用戶能雙向溝通，以降低用電量及提升使用端能源效率，達到電網的智慧化，美、歐、日、韓、中等國均積極建置智慧電網以作為節能減碳的主要政策，而先進電表基礎建設 (AMI) 為實現智慧電網的第一步。

先進電表基礎建設包含智慧電表 (Smart Meter)、通訊系統及電表資料管理與相關應用程式等軟硬體之建置與開發。智慧電表係指含有量測功能、通訊功能與控制功能等 3 大部分所組成，除傳統的基本量測功能用以記錄用電量之外，智慧電表的通訊功能可以透過網路傳送用電資訊到電力公司和用戶端，減省電力公司人工抄表人力，用戶端也可隨時知曉用電狀況；控制功能是藉由通訊方式控制負載設備與實現遠端斷電復電等功能。

透過 AMI 佈建所提供之強大的數位功能，可以有效傳遞正確的能源價格訊號，有別於以往的單一費率，電業可以提供時間電價、需量反應措施等動態電價方案予用戶選用，俾藉由價格誘因促使用戶進行負載管理及節約用電，以達到抑低尖峰負載與降低供電成本之目的，用戶亦可獲得節省電費的好處。

依據我國先進電表基礎建設 AMI 推動方案及智慧電網總體規劃方案時程，本公司於 102 年完成全部高壓以上用戶 (約 23,600 戶) AMI 建置及 1 萬戶低壓 AMI 用戶示範系統，未來在 AMI 推動方案所規劃的工作項目，尚有電價制度、需量反應及效益評估等相關作業需要進行，故發展適合本公司之

AMI 動態電價實已迫在眉睫。

鑑於美國是目前最積極推動智慧電表安裝的國家，其中加州地區整體用電負載情形與台灣相似，呈現夏高冬低之趨勢，且至 2012 年智慧電表的普及率達 70% 以上，並已實施多種結合需量反應措施之動態電價，故本次出國計畫爰選定以美國加州電力公司為研習對象，以取經仿效美國電業於 AMI 下之訂價策略及實施經驗，作為發展適合本公司 AMI 動態電價之參考依據。

三、行程

(一) 研習日期

102年7月14日至102年7月24日，共計11日。

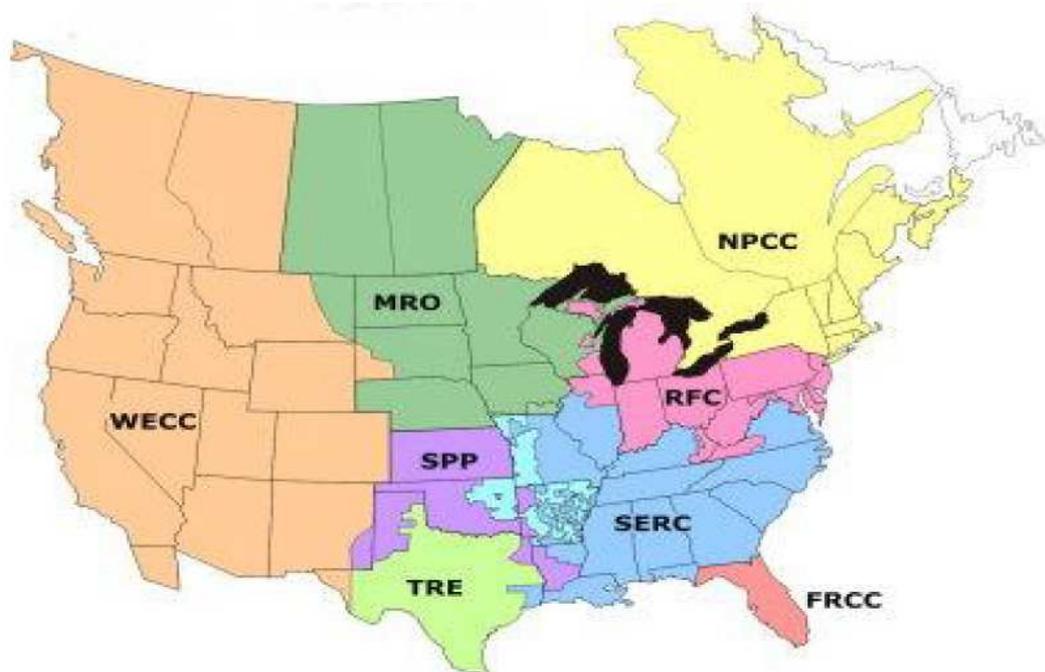
(二) 出國行程

日期	地點	訓練進修機構	訓練進修主題
7/14	往程	—	—
7/15	San Francisco 舊金山	Pacific Gas and Electric Company (PG&E)	DR Group & AMI Testing Lab 需量反應措施研討及參訪 智慧電表測試實驗室
7/16	行程	—	—
7/17 ~ 18	Los Angeles 洛杉磯	Southern California Edison (SCE)	DR Group & AMI Operation Center & Smart Grid Lab 需量反應措施研討、參訪智 慧電表作業中心及智慧電 網實驗室
7/19	Portland 波特蘭	Portland General Electric (PGE)	AMI & Smart Grid 先進電表基礎建設及智慧 電網議題交流
7/20 ~ 21	行程	—	—
7/22	San Francisco 舊金山	Quanta Technology	AMI & Smart Grid 先進電表基礎建設及智慧 電網議題交流
7/23 ~ 24	返程	—	—

貳、研習過程內容與心得

一、美國電力市場概述

美國為區域型電力市場，由 8 大互聯系統所組成，非全國單一市場，若干區域市場甚至包含鄰國的加拿大和墨西哥（如圖 1）。電力產業主要分為公用電業與非公用發電業，公用電業包含民營電業（Investor-Owned Electric Utilities）194 家、地方公營電業（Public Owned Electric Utilities）1,834 家、聯邦經營電業（U.S. Federal Electric Utilities）35 家及合作社經營電業（Cooperative Electric Utilities）874 家等 4 類，非公用發電業包含合格系統（Qualifying Facilities，合格汽電共生廠及小型發電業）及獨立電廠（Independent Power Producers, IPPs）等 2 類 77 家，發電量以民營電業為主，占 77% 以上。



FRCC - Florida Reliability Coordinating Council
MRO - Midwest Reliability Organization
NPCC - Northeast Power Coordinating Council
RFC - ReliabilityFirst Corporation

SERC - SERC Reliability Corporation
SPP - Southwest Power Pool
TRE - Texas Reliability Entity
WECC - Western Electricity Coordinating Council

圖 1、北美電力可靠度委員會（North American Electric Reliability Council）8 大互聯系統圖

電力事業的管制體系分成聯邦政府與州政府兩個層次，兩者為上游與下游的關係。聯邦政府主要的管制單位為聯邦能源管制委員會（Federal Energy Regulatory Commission, FERC），職司全國性、州際性與原則性的長程電力規劃，通常以制定法案的方式作為州政府及地方政府推行電力事務性工作之依據；而州政府主要的管制單位為公用事業管制委員會（Public Utility Commission, PUC），電力政策及措施的推行可因地制宜，有相當的獨立性及自主性。

美國的發電能源配比與我國相似，以燃煤及天然氣為主，比較如表 1。

表 1、2011 年美國與台灣發電能源比較表

國別	燃料別/ 發電量	煤	油	天然氣	核能	再生 能源	其他 (含水力抽蓄)	發電量 合計
美國	十億度 (TWh)	1,874	39	1,047	821	540	23	4,344
	占比	43%	1%	24%	19%	12%	1%	100%
台灣	十億度 (TWh)	93	7	62	41	8	3	213
	占比	43%	3%	29%	19%	4%	1%	100%

資料來源：國際能源總署（International Energy Agency, IEA）。

若以 2011 年之電價比較來看，由於美國是世界礦產資源最豐富的國家之一，產煤、石油及天然氣，相較於 98% 的能源皆須仰賴進口的我國，供電成本自然較低；惟我國受到政府長期照顧民生政策之影響，住宅電價反較美國便宜（比較如表 2）。

表 2、2011 年美國與台灣電價比較表

新台幣元/度

類別 國別	住宅用電	工業用電
	美國	3.4719
台灣	2.7568	2.3536

資料來源：國際能源總署（International Energy Agency, IEA）。

由於美國的電力市場已經自由化，係採各州自主，以聯邦政府管制躉售市場，州政府管制零售市場，躉售價格由市場決定，零售價格由州政府予以管制。電價較高的州（如加州、紐約州、賓州）開放零售市場競爭，允許用戶自由選擇供電業者，電價較低的州（如內華達州及奧勒岡州）僅開放大用戶自由選擇。

加州是美國自 90 年代電力市場開放以來，第一個實施電業自由化之州，成立了獨立系統電力調度中心（Independent System Operator，ISO）及電力交易所（Power Exchange，PX）；ISO 負責電力調度及負載預測，所有電力交易結果及電力代輸之排程均需經由其加以協調調度，以維持輸電系統之安全及可靠性，屬於聯邦政府（FERC）所管轄；PX 負責電力交易之撮合，為提供符合效率、具競爭性之電力交易市場，交易價格由市場決定，採前一日報價制度，以一小時為一交易時段，屬於州政府所管轄，電力調度及電力交易各自獨立；另有只從事發、輸、配電業務協調之排程協調者（Scheduling Coordinator，SC）。而為達到售電端之完全競爭，美國加州開放用戶購電選擇權，即用戶可以選擇：1.透過電力交易所向民營電業購買原有之整體電力服務，2.直接向發電廠或售電業購電，而電業僅提供輸電、配電部分服務（代輸制度），3.透過配電業依電力交易所之每一交易時段電價收取電費，4.由購售電雙方訂定約定價格之契約（雙邊契約或價差合約）等方式以固定電價購售電。

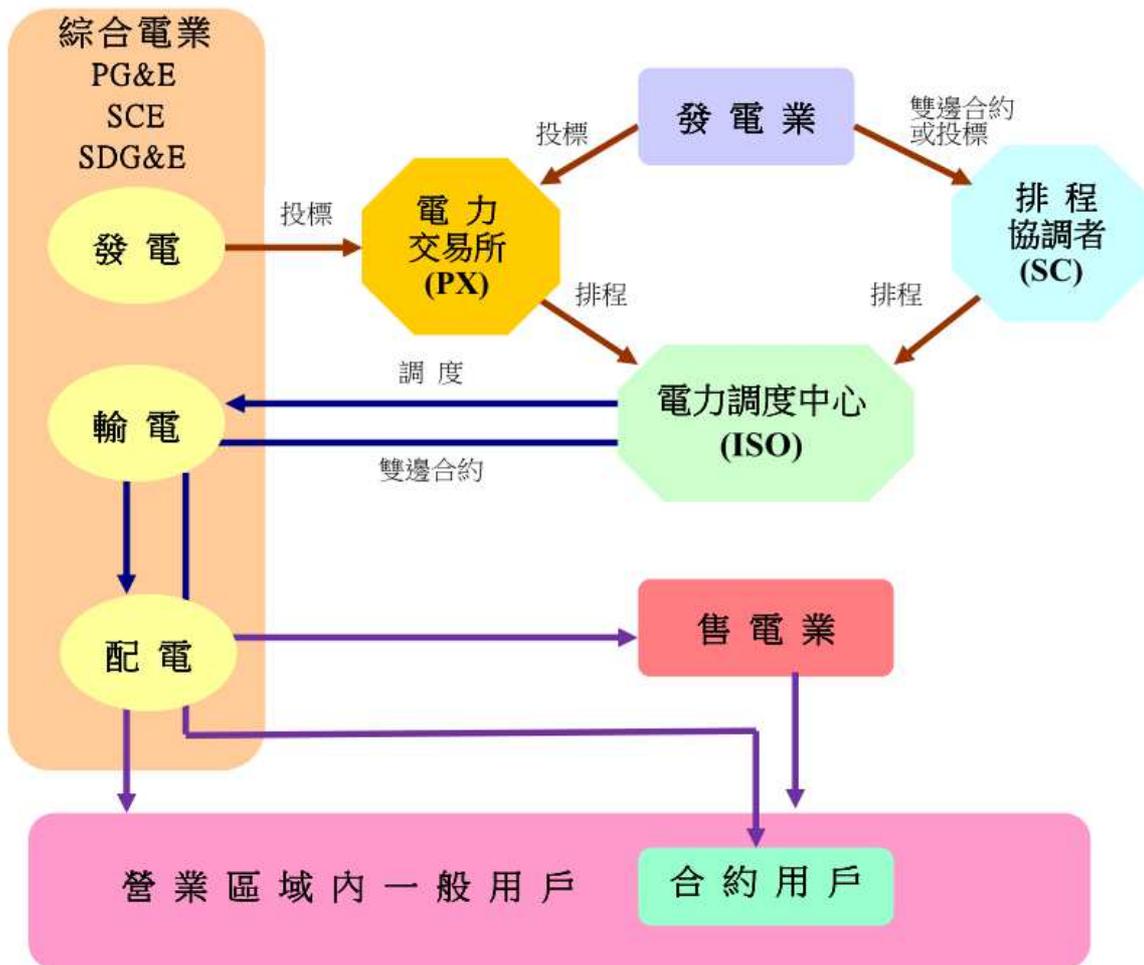


圖 2、美國加州電力市場結構圖

加州共有六家民營電業，市場上以三家為主（如圖 3），包括太平洋瓦斯與電力公司（Pacific Gas & Electric Company，PG&E）、南加州愛迪生公司（Southern California Edison，SCE）及聖地牙哥瓦斯與電力公司（San Diego Gas & Electric，SDG&E），同時擁有發、輸、配、售電業務，屬綜合電業，由加州公用事業委員會（California Public Utilities Commission，CPUC）負責監督管理；另有水資源部（Department of Water Resources，DWR）代三大民營電業於躉售市場購電。

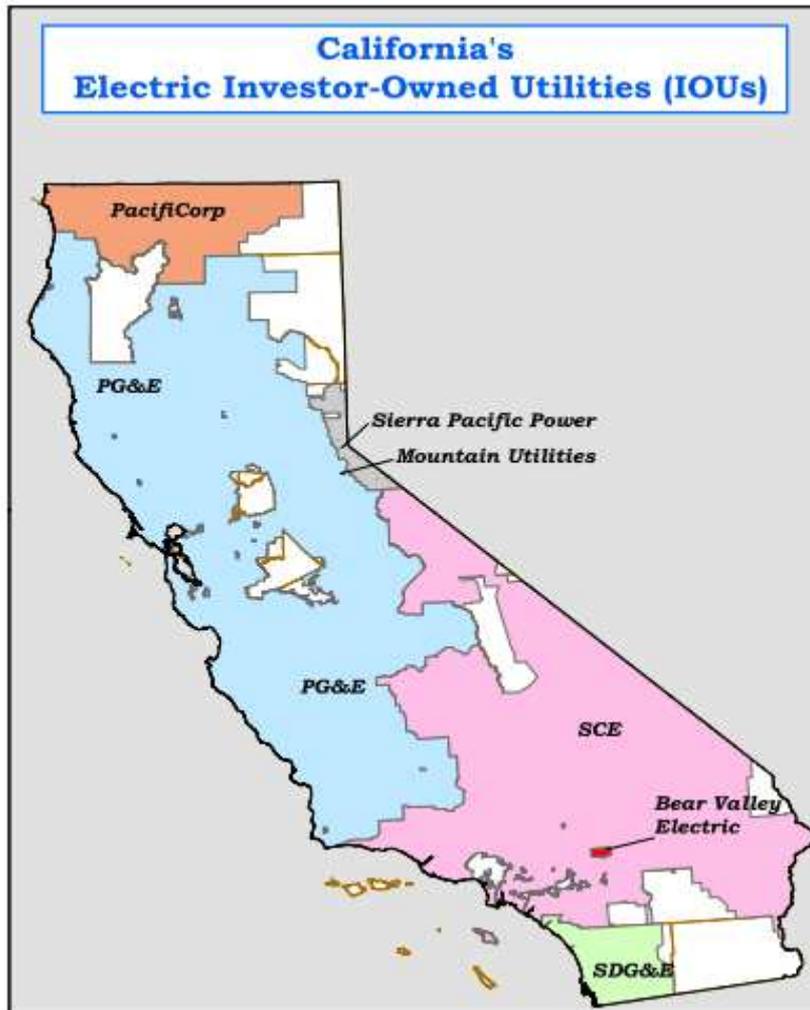


圖 3、加州民營電業（IOU）供電區域分佈圖

二、美國智慧電表的普及率

美國電力網絡年代已相當久遠，隨著用電需求與用戶數的逐年成長，及發電種類的多元化，電力供需配置管理也越來越複雜，既有的電力系統實已無法達到即時性與兼具供電及管理效率的新需求；且美國電力系統由各州的電業自行維護，難以推動全面性的設備升級與更新，因此美國聯邦政府便將推動電網現代化列為重要的施政目標，致力推動建置與升級計畫。

美國國會在 2005 年通過能源政策法案（Energy Policy Act , EAct 2005）Section 1252 要求在 2007 年 8 月前各州之公用事業管制單位，應對於電業是否需對轄區內所有用戶提供並安裝具時間電價之電表及其配合之通訊設備，

使用戶可以選擇參加時間電價及其他的需量反應計畫，進行調查研究並做出是否為適當措施的決定。由於美國許多州政府訂有尖峰負載抑低的目標時程，且認為 AMI 和需量反應配合以反映實際能源價格的電價機制是降低尖峰用電量成長的有效方法，許多州政府於是根據法案將下列標準納入其準則：

- (一) 對於所有用戶建置 AMI。
- (二) 電力部門需提供所有用戶時間電價的選擇權。

前述法案要求電力公司於頒布日起 18 個月內，提供每一種用戶類別以時間為基礎的電價方案，依不同時段訂定費率並反映電力公司發電和購電成本。法案中明列以時間為基礎的電價種類包含：時間電價、緊急尖峰電價、即時電價及尖峰負載抑低措施等。因應法案要求「提供以時間為基礎的電價方案」，各電力公司紛紛根據州政府標準規劃佈建智慧電表，用以提供各種不同的時間電價服務。

2007 年 2 月北美公用事業管制委員（National Association of Regulatory Utility Commissioners，NARUC）通過擴大建置 AMI 系統的決議案；該決議案確定了 AMI 系統支援動態電價及其在用戶效益上的角色，及 AMI 在事故處理、收入保護、設備管理等電業運轉成本的巨大節約效益，並要求有效率的建置商業模式分析，同時進行對合理之 AMI 系統投資成本於一定時間內回收之機制、電價結構及稅制的討論與建議。

為改善 2008 年全球經濟不景氣之影響，2009 年美國總統歐巴馬提出「美國復甦與再投資法案」（American Recovery and Reinvestment Act，ARRA），其中對智慧電網及相關設備之投資金額高達 45 億美元，投資補助項目包括智慧電表、智慧電網區域實證及儲能實證等。歐巴馬政府並將智慧電網視為綠色新政（Green New Deal）之一環，希望透過對智慧電網之投資，刺激景氣復甦及提供就業機會，因此，各州均積極發展電網現代化的相關工作。

智慧電表的好處如下：

- (一) 結合以時間為基礎的電價費率，讓用戶對電力消費作出更明智的決定

以減少電費支出；

- (二) 量測及蒐集電力使用資訊，提供用戶瞭解電力使用狀態並進行節能，減少用電需求以減緩興建電廠；
- (三) 支援傳送訊號進行用戶負載控制，以及因應電價改變之需量反應；
- (四) 支援故障偵測、故障圖資及復電等停電管理，降低停電對用戶的影響；
- (五) 減少電力公司現場抄表作業成本，並提高用戶用電隱私；
- (六) 實現智慧電網的第一步，保持電網平衡與提高可靠度。

依據聯邦能源管制委員會（FERC）於 2012 年的調查報告，全美智慧電表的普及率已達 22.9%，其中住宅用戶的普及率為 23.9%，非住宅用戶為 14.4%。2013 年預計安裝完 5,200 萬具（相當於全美電表的三分之一），2015 年普及率將達到 50%。

由於美國的電力市場已經自由化，智慧電網佈建是交由各州執行，是否換裝智慧電表仍由電力公司負責規劃評估，政府便以提供預算補助方式以提高電業換裝的誘因。表 3 臚列了美國各州智慧電表從 2008 年至 2012 年的普及率，以加州政府為例，公用部門主管機關－加州公共事業委員會（CPUC）便要求加州的電力公司評估推動時間電價（TOU）及需量反應（Demand Response）的方案，並鼓勵電力公司換裝智慧電表，故加州（CA state）至 2012 年智慧電表普及率已達 70.5%，除為智慧電網這個新興市場創造出可觀的商機，更帶動了相關產業的發展。

綜上，美國發展智慧電表建設所使用的方法可以總結為：

- (一) 利用法規訂定強制進行。
- (二) 政府提供資金獎勵。
- (三) 企業營運需要主動進行投資。

表 3、2008~2012 年美國各州智慧電表普及率一覽表

State	2008			2010			2012		
	AMI meters	Total meters	Penetration	AMI meters	Total meters	Penetration	AMI meters	Total meters	Penetration
DC	1,348	809,412	0.2%	2	275,554	0.0%	248,133	285,046	87.1%
CA	170,896	14,595,958	1.2%	2,475,896	14,837,434	16.7%	10,459,477	14,836,734	70.5%
ID	105,933	769,963	13.8%	198,370	803,576	24.7%	530,655	802,440	66.1%
GA	342,772	4,537,717	7.6%	514,403	4,401,623	11.7%	3,013,541	4,599,392	65.5%
AZ	96,727	2,810,224	3.4%	847,177	2,915,712	29.1%	1,646,410	2,977,092	55.3%
NV	10,835	1,292,331	0.8%	24,378	1,255,950	1.9%	717,220	1,299,632	55.2%
AL	139,972	2,774,764	5.0%	127,092	2,467,741	5.2%	1,397,672	2,604,431	53.7%
DE	0	438,020	0.0%	10,433	455,926	2.3%	310,890	593,583	52.4%
OR	39,797	1,890,423	2.1%	478,897	1,896,717	25.2%	960,151	1,874,339	51.2%
ME	426	780,748	0.1%	20,315	796,691	2.5%	671,036	1,372,735	48.9%
TX	868,204	10,870,895	8.0%	1,284,179	11,013,153	11.7%	5,948,975	16,987,336	35.0%
OK	161,795	1,875,325	8.6%	215,462	2,028,522	10.6%	703,091	2,071,552	33.9%
FL	765,406	9,591,363	8.0%	490,150	9,644,617	5.1%	3,052,570	9,771,192	31.2%
SD	41,191	475,477	8.7%	41,122	432,632	9.5%	109,586	440,774	24.9%
WY	12,268	318,282	3.9%	14,437	303,272	4.8%	70,650	308,024	22.9%
PA	1,443,285	6,036,064	23.9%	1,493,201	6,152,994	24.3%	1,623,982	7,753,238	20.9%
TN	60,385	3,160,551	1.9%	252,341	2,761,758	9.1%	724,469	3,738,153	19.4%
WI	117,577	3,039,830	3.9%	757,688	3,418,498	22.2%	562,861	3,107,700	18.1%
MI	73,948	5,311,570	1.4%	269,933	4,865,396	5.5%	738,702	4,859,675	15.2%
ND	33,336	375,473	8.9%	42,875	445,164	9.6%	61,329	407,033	15.1%
NC	143,093	4,771,479	3.0%	385,884	4,847,336	8.0%	644,811	4,832,250	13.3%
MS	3	1,454,275	0.0%	97,344	1,511,958	6.4%	201,877	1,584,994	12.7%
AR	168,466	1,488,124	11.3%	14,578	1,529,065	1.0%	162,181	1,559,849	10.4%
NH	260	763,683	0.0%	391	755,770	0.1%	76,864	743,454	10.3%
SC	114,619	2,373,047	4.8%	312,894	2,445,044	12.8%	246,526	2,417,863	10.2%
MO	204,498	3,098,055	6.6%	506,416	3,072,893	16.5%	299,375	3,061,397	9.8%
KY	105,460	2,161,142	4.9%	273,663	2,523,833	10.8%	313,094	3,353,259	9.3%
OH	28,042	5,544,353	0.5%	289,970	6,290,618	4.6%	638,167	7,267,087	8.8%
NE	8,630	970,774	0.9%	19,290	999,353	1.9%	83,342	977,513	8.5%
IN	61,551	3,115,205	2.0%	148,129	3,355,485	4.4%	275,821	3,342,734	8.3%
IA	46,407	1,714,774	2.7%	58,092	1,576,475	3.7%	124,975	1,623,036	7.7%
KS	61,423	1,426,832	4.3%	62,626	1,467,092	4.3%	110,628	1,452,858	7.6%
MN	37,071	2,542,113	1.5%	108,232	2,602,360	4.2%	203,717	2,709,254	7.5%
CO	39,873	2,246,184	1.8%	111,330	2,403,001	4.6%	183,658	2,446,657	7.5%
VA	6,448	3,965,584	0.2%	175,478	3,663,525	4.8%	201,014	3,706,158	5.4%
CT	5,838	1,600,768	0.4%	1,967	1,625,758	0.1%	101,267	2,044,906	5.0%
MD	8	1,938,948	0.0%	4,189	2,483,628	0.2%	108,881	2,856,999	3.8%
MT	8,979	549,136	1.6%	27,470	577,745	4.8%	20,101	563,920	3.6%
IL	112,410	5,701,533	2.0%	286,568	6,099,158	4.7%	196,150	6,138,749	3.2%
MA	3,907	3,077,679	0.1%	20,831	3,150,098	0.7%	70,729	3,384,865	2.1%
WA	69,377	2,987,355	2.3%	128,857	3,298,781	3.9%	74,252	4,009,332	1.9%
UT	37	1,056,718	0.0%	20,046	1,083,069	1.9%	18,250	1,069,087	1.7%
LA	44,103	2,186,249	2.0%	53,848	2,245,066	2.4%	37,691	2,325,796	1.6%
NM	20,776	904,861	2.3%	54,250	1,015,058	5.3%	68,975	4,533,949	1.5%
AK	18	315,419	0.0%	3,835	316,289	1.2%	4,045	295,821	1.4%
NY	12,778	7,811,335	0.2%	28,664	9,313,776	0.3%	23,756	9,063,297	0.3%
NJ	9,866	3,900,716	0.3%	25,744	3,953,683	0.7%	13,768	6,062,487	0.2%
HI	6,550	405,228	1.6%	8,713	411,232	2.1%	737	484,479	0.2%
RI	148	480,135	0.0%	2,381	506,379	0.5%	210	477,183	0.0%
VT	20,755	375,202	5.5%	31,293	379,139	8.3%	128	398,300	0.0%
WV	10	1,183,513	0.0%	7,039	1,033,802	0.7%	280	1,051,585	0.0%

三、美國需量反應措施之發展現況

由於美國有 3,000 多家電力運營商在市場上激烈地競爭，過度地降低成本使得輸配電網的設備投資緩慢，導致停電事故頻繁發生；如果用電尖峰需求減少，就能在一定程度上控制更新老化設備的投資額，故其解決方案之一便是安裝智慧電表，進行用電需求端的控制。

2005 年能源政策法案（EPA 2005）Section 1252(b)於公用事業管理法（Public Utilities Regulatory Policies Act，PURPA）新增條文 Section 115(i)，要求各州調查是否安裝智慧電表並研究結合需量反應與時間電價措施，美國首先在德州與加州進行實驗。電力運營商安裝智慧電表及家用顯示器以進行需量反應的實驗，並為空調設備裝設有自動調整溫度的恆溫器；家用顯示器可以顯示不同時間段的電價費率，以促使用戶在費率較高的時段主動地切斷設備電源而進行節約用電；此外電力運營商還直接向空調恆溫器發送控制訊號，調整空調溫度以進行需量控制。

（一）各類需量反應措施內涵

依據聯邦能源管制委員會（FERC）對需量反應（Demand Response）的定義：當電力系統的可靠度發生損害，或電力市場價格較高時，對於需求端的用電戶以透過電價的改變或採取獎勵方式給予折扣，藉以改變用電戶原有之電力消費模式以抑低負載。

需量反應可分為**激勵基礎（Incentive-based）**的需量反應方案與**時間基礎（Time-based）**的訂價方案。激勵基礎的需量反應方案提供誘因鼓勵用戶減少用電，與另一種類型時間基礎訂價的需量反應方案以提高電價促使用戶減少用電形成對比。激勵基礎的需量反應計畫是電力運營商普遍採用的一種直接負載控制手段，用以管理成本和維護供電可靠性，尤其是在緊急情況發生時，立即和可預測的需量反應措施是必要的。

➤ 激勵基礎（Incentive-based）的需量反應方案

方案		執行方式
1	直接負載控制 Direct Load Control	直接以遙控卸載或週期性方式控制用戶端的電器設備（如空調或熱水器）並給予電費折扣，是最常見的需量反應方案。
2	可停電力 Interruptible Load	對於同意在系統特定情況抑低負載的用戶，依據事先約定的費率調整或合約給予電費折扣。
3	緊急型需量反應 Emergency Demand Response	當發生影響供電穩定的緊急事件時，用戶配合降低負載以獲得獎勵金；用戶亦可選擇於緊急通知時放棄獎勵金而不配合降載，無罰則。
4	容量市場方案 Load as Capacity Resource	系統發生緊急事件時，用戶承諾執行約定的降載容量，並成為該時段電力系統容量的替代者；配合執行可獲得約定之獎勵金，如未配合執行會有罰則。
5	需量交易／回購方案 Demand Bidding／Buyback Programs	用戶按某意願價格提供的負載抑低量，無罰則。
6	冷機備轉容量 Non-Spinning Reserves	當需要用戶降低負載並自行供電時，用戶於 10 分鐘內協助解決電力供需不平衡的問題。
7	熱機備轉容量 Spinning Reserves	當需要用戶降低負載並自行供電時，用戶可立即協助解決電力供需不平衡的問題。
8	輔助服務方案 Regulation Service	用戶依據系統控制員的即時訊號來增減其負載。參與之用戶須於事先約定之時段持續的調度其負載，此方案通常須搭配自動發電控制(Automatic Generation Control)以利用用戶可穩定的調節負載。

➤ 時間基礎（Time-based）的訂價方案

方案		執行方式
1	時間電價 Time-of-Use Pricing (TOU)	為了反映系統負載的高低，將一天劃分為2個以上的時段，電價則依時段而有不同；尖峰時段的電價較高，離峰時段的電價較低，用戶則透過降低或提高不同時段的用電量以節省電費。
2	即時電價 Real-Time Pricing (RTP)	電價於每小時（或半小時）就有所改變，使用電戶可以得到各個時間點的電價資訊，並依據各時段電價來調整用電量。
3	緊急尖峰電價 Critical Peak Pricing (CPP)	當系統發生緊急事件時執行，電價在事件發生時段相較於其他時段為高，以促使用戶減少用電；在一年中緊急尖峰時段有限制實施的天數。
4	尖峰節電回饋 Peak Time Rebate (PTR)	用戶仍維持適用固定的電價表，但在尖峰用電日中的特定小時內，以設定的用電上限為基準促使用戶降低用電量而得到電費折扣。
5	緊急尖峰電價搭配容量控制 Critical Peak Pricing with Control	結合直接負載控制方案，當系統發生緊急狀況時（比如於高用電時段負載過高或當電力市場之電價過高時），支付用電戶某特定電價以促使減少用電。
6	系統尖峰反應輸電費率 System Peak Response Transmission Tariff	依據方案制定之費率／價格／合約，使擁有需量電表之用電戶透過於尖峰時段降低其負載來降低輸電成本。

（二）需量反應措施對抑低負載潛量的調查結果

聯邦能源管制委員會(FERC)於「2012 Assessment of Demand Response and Advanced Metering」的報告中，預估各類需量反應方案可抑低全美國負載約

6,635 萬瓩（如圖 4），占全國尖載值的 8%，比 2010 年的調查增加 1,000 萬瓩以上。

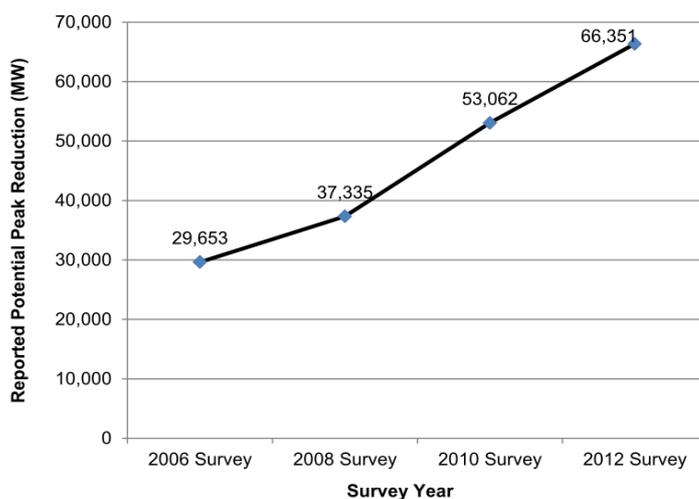


圖 4、2006~2012 年美國需量反應方案抑低負載潛量

各類需量反應方案之抑低負載潛量（MW）如表 4。以部門別來看，工商部門（C&I）與躉售批發部門（Wholesale）的抑低負載潛量最大；以方案來看，容量市場方案（Load as a Capacity Resource）、可停電力（Interruptible Load）、直接負載控制（Direct Load Control）與時間電價（Time-of-Use）的抑低負載潛量最大。

表 4、不同用戶類別及方案的抑低負載潛量（2012 年 FERC 報告）

Type of Program	Commercial & Industrial	Residential	Wholesale	Other	Total
Critical Peak Pricing	261	54	6	0	321
Critical Peak Pricing with Load Control	129	2	0	15	147
Demand Bidding & Buy-Back	139	0	3,927	0	4,066
★ Direct Load Control	1,638	6,940	666	534	9,777
Emergency Demand Response	494	110	3,734	0	4,339
★ Interruptible Load	14,268	45	685	649	15,647
★ Load as a Capacity Resource	2,649	77	16,600	0	19,327
Non-spinning Reserves	0	0	174	0	174
Other	105	40	1,076	54	1,276
Peak Time Rebate	58	1	0	0	59
Real-Time Pricing	1,868	6	0	0	1,874
Regulation	0	0	0	0	0
Spinning Reserves	40	0	1,150	0	1,190
System Peak Response Transmission Tariff	12	0	0	0	13
★ Time-of-Use	6,425	858	789	69	8,141
Total	28,088	8,134	28,807	1,321	66,351

若以州別來看，最具抑低負載潛量為密西根州(MI state)、明尼蘇達州(MN state)、賓夕法尼亞州(PA state)、佛羅里達州(FL state)、威斯康辛州(WI state)與加州(CA state)(如表 5)。2012 年各類需量反應方案實際抑低負載量為 2,026 萬瓩，為 FERC 報告中預估抑低負載潛量值的 30%，仍較 2010 年的抑低負載量 1,598 萬瓩成長了 428 萬瓩。

表 5、美國各州與需量反應方案抑低負載潛量 (MW) 一覽表

State	Time-Based	Direct Load Control	Other Incentive-Based	Emergency Demand Response	Interruptible Load	Other	State Total
AK	-	-	-	-	-	-	-
AL	183	17	-	-	1,647	-	1,847
AR	160	199	-	-	956	19	1,334
AZ	158	13	190	-	-	-	361
CA	381	612	1,112	256	660	-	3,020
CO	26	193	44	-	56	-	320
CT	-	-	48	339	5	-	392
DC	-	25	97	-	0	-	123
DE	117	76	186	-	20	9	408
FL	68	2,620	87	37	1,009	35	3,857
GA	686	244	7	-	328	-	1,264
HI	24	36	-	-	5	-	65
IA	3	136	346	154	605	-	1,244
ID	-	24	380	-	314	-	717
IL	9	189	1,658	58	1,298	-	3,213
IN	72	92	184	930	618	-	1,896
KS	25	65	28	20	249	-	387
KY	59	178	69	7	565	-	878
LA	-	67	-	-	-	-	67
MA	28	-	58	310	-	-	396
MD	232	822	1,357	-	66	-	2,478
ME	-	-	25	195	-	-	220
MI	3,383	240	1,306	271	550	86	5,835
MN	573	994	1,466	337	992	30	4,392
MO	84	40	-	-	83	-	207
MS	282	-	-	-	674	-	955
MT	3	-	-	-	-	-	3
NC	59	315	93	-	574	-	1,040
ND	116	295	18	6	-	-	435
NE	0	184	40	75	42	1,051	1,392
NH	-	-	11	62	-	-	73
NJ	-	112	786	9	3	-	910
NM	3	2	90	-	-	-	95
NV	-	130	-	32	-	-	162
NY	1	45	1,829	258	299	0	2,432
OH	3	88	2,536	44	475	-	3,145
OK	1,939	56	623	-	63	3	2,683
OR	-	1	14	-	6	-	21
PA	169	68	3,745	19	211	-	4,212
RI	12	-	11	74	-	-	96
SC	105	107	-	-	932	41	1,185
SD	13	605	-	18	20	-	656
TN	1,308	-	29	-	955	-	2,293
TX	4	71	1,943	420	137	2	2,577
UT	4	449	-	-	4	-	457
VA	85	118	1,988	10	82	-	2,283
VT	3	0	19	50	46	-	117
WA	1	1	1	-	20	-	23
WI	139	250	1,785	344	712	-	3,231
WV	-	-	560	4	364	-	929
WY	25	-	-	-	-	-	25

四、美國加州 SPP (Statewide Pricing Pilot) 示範計畫

在電力市場已經自由化的美國，市場競爭的增加，及成本資訊的透明，迫使電業必須精準地掌握電力用戶的負載需求特性，配合供給端即時市場供需與成本資訊的揭露，設計符合不同類型用戶電力需求的計價方案以供用戶選擇，同時藉由用戶動態回應價格 (dynamic price response) 的用電行為，主動分類、管理並滿足不同用戶的電力需求。由於電力供給端在不同的時間帶上所追求的「穩定」、「平衡」及「妥適」的目標，若是在未提供電力消費者充分的價格訊息以供其進行消費選擇的情況下進行，則電力供給端所滿足的，僅是消費端的「負載」，而非真正的電力「需求」，如同以往的單一訂價 (Flat Rate Pricing)，電業必須承擔所有供給面成本變動的風險，將導致經濟效率的損失。而「動態訂價」(Dynamic Pricing) 即是在反映不同供電時間之供電成本差異，藉由提供用戶正確的價格訊號，改變其用電行為，以促使電能資源合理分配，達到分散系統負載之目的。透過 AMI 佈建後提供的即時用電資訊以及用電管理功能，用戶可隨時知曉掌握用電情況，依照動態訂價提供之價格訊號，尖峰時間用電反映尖載發電機組的邊際容量與能量成本，應適用較高的電價，而離峰時間反映基載發電機組的邊際能量成本，適用之電價則較低；用戶如能配合價格訊號調整生產製程或改變用電習慣，將原本尖峰用電需求移轉至離峰時間使用，將可有效減輕電費負擔；相對地，用戶用電移轉亦可紓解系統尖峰負載供電壓力、減緩電源開發機組投資設置時程及降低停限電機率，故實施動態電價可使用戶與電業互蒙其利。

加州能源委員會 (California Energy Commission，加州主要的能源政策及規劃單位) 於 2003~2004 年執行兩年之 Statewide Pricing Pilot (SPP) 示範計畫，做為智慧電表裝設搭配動態訂價策略效益之驗證。

➤ 設計特點

- 約 2,500 名用戶參與。
- 加州公用事業委員會（CPUC）與加州能源委員會（CEC）合作監督管理。
- PG&E、SCE 和 SDG&E 三家民營電業合作合資試驗。
- 收入中性之費率設計。
- 成本約 2,000 萬美元。

➤ 實驗費率設計

● 時間電價（Time-of-Use , TOU）

- 時間帶區分為尖峰時間與離峰時間，尖峰時間從 2 p.m.~7 p.m.，其餘為離峰時間。
- 2 部制電價結構，分為基本電費與流動電費。
- 進一步依季節區分為夏季與冬季（季節電價）。

● 緊急尖峰時間固定（Critical Peak Pricing-Fixed , CPP-F）

- 一年有 15 天的緊急尖峰電價日（CPP days）。
- 緊急尖峰電價日的尖峰時間 2 p.m.~7 p.m. 有更高的價格。
- 執行前一天通知。

● 緊急尖峰時間變動（Critical Peak Pricing-Variable , CPP-V）

- 緊急尖峰電價日的尖峰時間為變動，從 2p.m.~7p.m. 之間執行 1~5 小時。
- 執行 4 小時前通知。
- 提供用戶自動化控制設備以利執行需量反應。

● 平均每度費率 (\$/kWh)

住宅用戶						
項目	實驗組					對照組
	CPP-F			CPP-V	TOU	平均費率
	高費率	低費率	平均費率	高費率	高費率	
CPP Day	0.715	0.517	0.610	0.734 (最多 75 小時)	-	0.134
尖峰期間	0.237	0.213	0.225	0.234 (1,425 小時)	0.259 (1,500 小時)	
離峰期間	0.075	0.110	0.094	0.089 (7,260 小時)	0.103 (7,260 小時)	

* 尖離峰價比：CPP-F：9.5~4.7 倍，CPP-V：8.2 倍，TOU：2.5 倍。

小於 20kW 之工商用戶					
項目	實驗組				對照組
	CPP-V		TOU		平均費率
	高費率	低費率	高費率	低費率	
CPP Day	1.060	0.804	-	-	0.183
尖峰期間	0.200	0.256	0.325	0.272	
離峰期間	0.095	0.169	0.159	0.094	

* 尖離峰價比：CPP-V：11.2~4.8 倍，TOU：2.9~2.0 倍。

大於 20kW 之工商用戶					
項目	實驗組				對照組
	CPP-V		TOU		平均費率
	高費率	低費率	高費率	低費率	
CPP Day	0.816	0.625	-	-	0.153
尖峰期間	0.187	0.211	0.254	0.224	
離峰期間	0.086	0.137	0.144	0.100	

* 尖離峰價比：CPP-V：9.5~4.6 倍，TOU：2.2~1.8 倍。

➤ 執行緊急尖峰電價之技術支援－能源顯示設備 (Energy Display Device)

● Energy Orb

- － 提供用電價格訊號，依據不同的用電時段顯示不同顏色 (離峰－藍色，尖峰－綠色，CPP－紅色，CPP-V 執行 4 小時前開始閃爍紅色)。



圖 5、Energy Orb

● EMS 2020

- － 家用顯示器，顯示電力使用情形與價格等資訊。

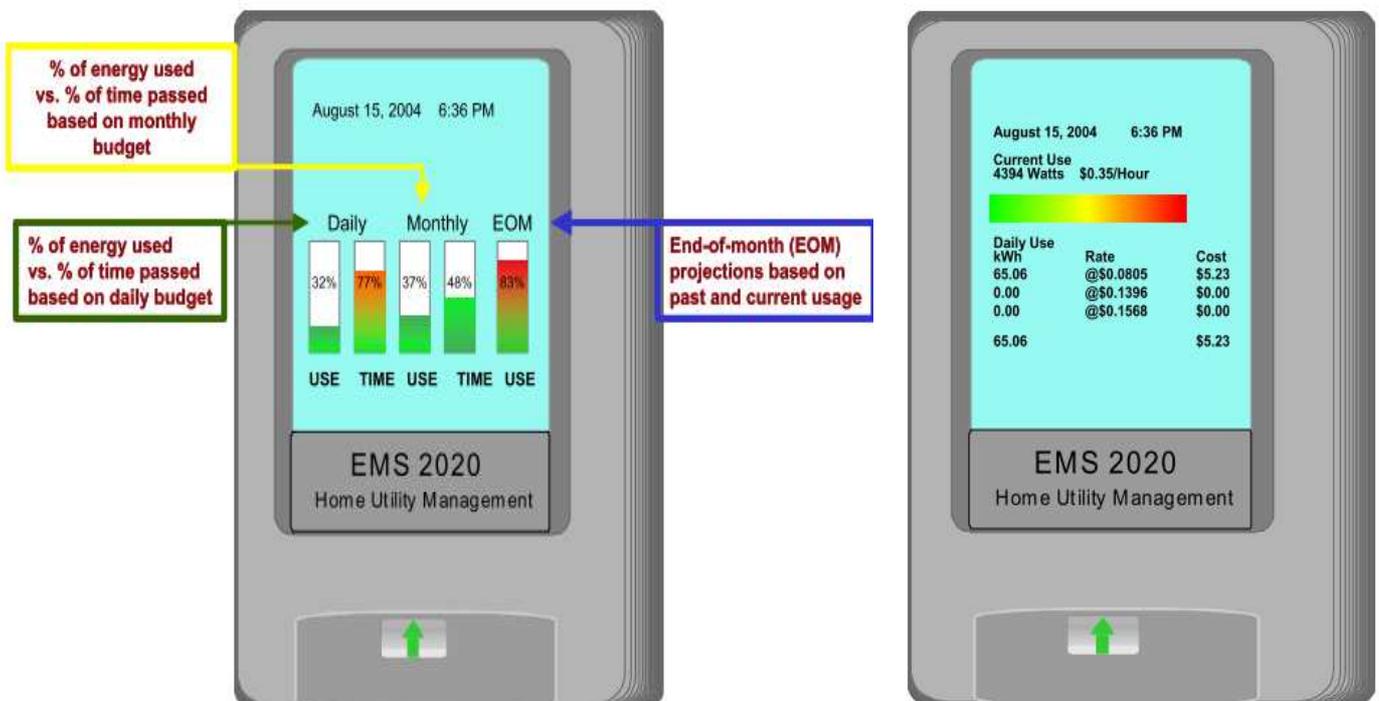


圖 6、家用顯示器－EMS 2020

➤ 用戶線上控制入口網站

- 透過智慧電表量測功能，提供尖峰用電報告、電力使用、負載移轉計算等資訊給用戶。

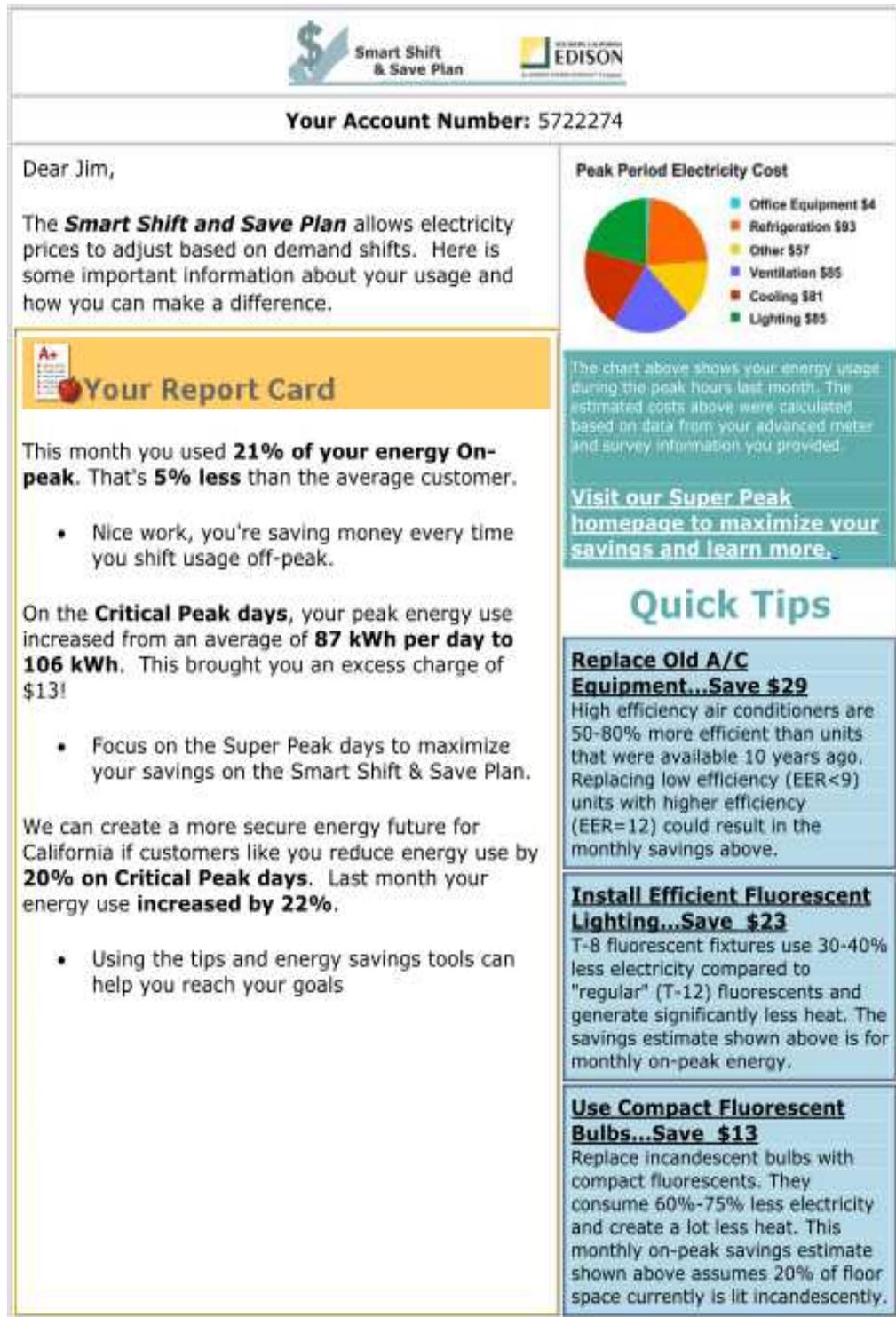


圖 7、SPP 用戶線上控制入口網站提供用電資訊圖示

➤ 實驗結果

● 緊急尖峰電價日通知方式

- 住宅用戶：偏好以能源顯示設備及電話通知。
- 工商用戶：偏好以 E-mail 及能源顯示設備通知。

● 移轉或減少用電方式

- 住宅用戶：洗衣機（乾衣機）、空調及關燈為主。
- 工商用戶：空調用電及關燈為主。

● 回應尖峰用電最重要資訊

- 住宅用戶：能源顯示設備。
- 工商用戶：每小時的能源使用資訊分析。

● 負載影響

- 住宅用戶：
 - ◆ 採 TOU 減少尖峰負載需求 6%。
 - ◆ 採 CPP-F 之 CPP 日減少尖峰負載需求 14%。
 - ◆ 住宅用戶的價格反應比工商用戶大，對負載的影響可能會更大。
- 工商用戶：
 - ◆ 小於 20kW 之工商用戶在 CPP 日減少尖峰負載需求 6%~9%。
 - ◆ 大於 20kW 之工商用戶在 CPP 日減少尖峰負載需求 8%~10%。

● 電費影響

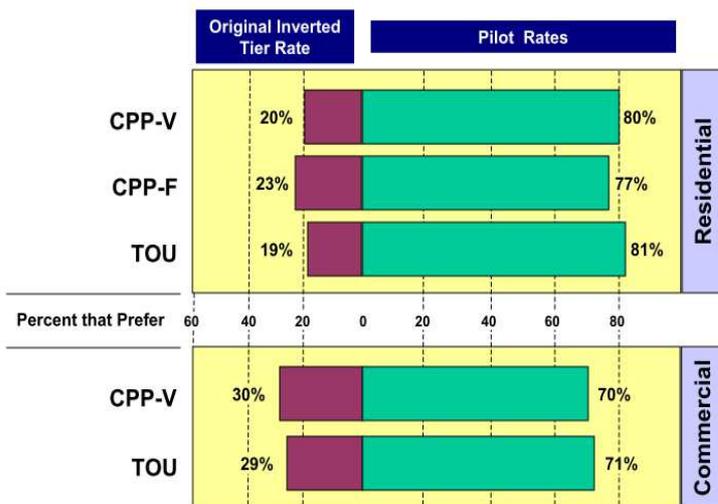
住宅用戶							
年度		2003 年			2004 年		
項目		CPP-V	CPP-F	TOU	CPP-V	CPP-F	TOU
電費節省	用戶比例	71.1%	73.7%	70.0%	71.9%	74.1%	65.7%
	平均每月節省比例	5.1%	5.5%	4.5%	5.8%	6.2%	4.0%
	平均每月節省電費(美元)	6.81	3.89	3.25	8.46	4.89	3.15
電費增加	用戶比例	28.9%	26.3%	30.0%	28.1%	25.9%	34.3%
	平均每月增加比例	4.0%	6.2%	3.0%	2.9%	6.0%	1.6%
	平均每月增加電費(美元)	5.03	4.93	3.32	5.32	5.62	0.47

		工商用戶					
年度		2003 年		2004 年			
項目		CPP-V	TOU	CPP-V		TOU	
				<20kW	>20kW	<20kW	>20kW
電費節省	用戶比例	80.3%	58.2%	61.9%	67.9%	58.1%	57.6%
	平均每月節省比例	12.2%	9.6%	12.1%	11.4%	12.1%	8.7%
	平均每月節省電費(美元)	155.17	90.65	46.83	184.59	26.45	176.39
電費增加	用戶比例	19.7%	41.8%	38.1%	32.1%	41.9%	42.4%
	平均每月增加比例	5.0%	10.0%	7.1%	6.5%	8.5%	5.6%
	平均每月增加電費(美元)	22.89	62.52	18.24	75.12	24.02	92.99

➤ 結論

- 未參加試驗計劃前，大部分用戶皆表示不喜歡動態電價；參加試驗計劃後，大部分參加者表示支持 TOU 及 CPP。
- 參加者皆瞭解試行費率（只有一些細節不瞭解）。
- 參加者透過動態電價可以節省電費支出及減少能源使用，改變用電行為。
- 參加者會使用能源管理策略，非僅止於尖峰時間減少用電。
- 大部分參加者會藉由減少或移轉用電來回應尖峰時間電價，只有少部分無反應。
- 如果每月須再額外支付電表費用，超過 70%的參加者會選擇留在 CPP。

SPP Participant Rate Preference - 2003



Participant Stating the Pilot Rates are Fair - 2004

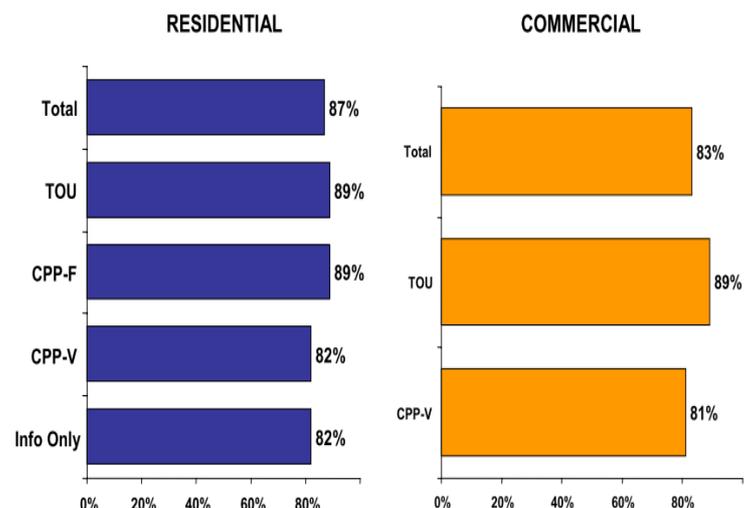


圖 8、SPP 用戶滿意度示意圖

五、美國加州電業於 AMI 下動態訂價策略與實施現況

(一) 法規要求

2008 年 12 月加州公用事業委員會 (CPUC) 初訂規則 R.08-12-009，作為發展智慧電網及相關整合時制定政策、標準及協定的準則。2009 年 10 月，加州政府簽署參議院法案 SB17，該法案對公用事業委員會及電力公司額外增加有關智慧電網的法定要求。

加州電業提出的先進電表基礎建設計畫，必須針對每項功能需求作詳細的投資成本與效益分項分析，且必須先有成本效益才能被公用事業委員會 (CPUC) 核准。加州先進電表基礎建設需達到最基本的功能需求準則有下列 5 項：

1. 支援各種不同價格反應的費率，如：時間電價、緊急尖峰電價、即時電價。
2. 記錄使用效率並提供用戶每小時用電型態及能源成本之相關資訊。
3. 用戶教育、能源管理資訊、開製電費單及申訴的解決等應用。
4. 提升系統運轉效率及改進供電可靠度的電業系統運用。
5. 提供負載控制通訊技術界面功能。

加州公用事業委員會 (CPUC) 已批准授權三家民營電業以智慧電表取代傳統電表 (如表 6)，除政府補助經費外，是由提高電費 (由安裝時間範圍內提高約 1.6% 的用戶費) 提供資金，用戶可以透過積極地使用智慧電表提供之用電資訊與各種節能工具以便更好地管理用電從而彌補該費用。其中 PG&E 是北美規模最大之 AMI 佈建計畫 (含智慧型瓦斯表)。

表 6、加州民營電業 AMI 佈建計畫

民營電業	PG&E	SCE	SDG&E
AMI 規模	510 萬具電表 420 萬具瓦斯表	530 萬具電表	140 萬具電表 90 萬具瓦斯表
建置地區	加州北、中部	南加州	南加州
建置時程	2006 ~ 2012 年	2008 ~ 2012 年	2009 ~ 2012 年

所有的住宅用戶都可以選擇不安裝智慧電表，但只限每 12 個月在同一住宅退出一次，退出的用戶將無法享有智慧電表的相關好處（如線上追蹤每小時用電量與資料功能），且必須繳納 75 美元的初始安裝費和 10 美元的持續月費；如果是參加加州能源優惠計劃（CARE）等符合低收入資格的用戶，則需繳納 10 美元的初始安裝費和 5 美元的持續月費。持續月費係涵蓋人工抄表及相關營運和結算活動的費用，是經過加州公用事業委員會（CPUC）核准對於選擇非標準服務（智慧電表）的用戶確定應支付的費用，併入每月的電費帳單中向用戶收取。

（二）零售市場電價

訂價原則如下：

- 1.回收各項收入配置。
- 2.反映提供服務所需的成本。
- 3.反映各類服務的邊際成本差異。
- 4.促進效率、公平性及維持穩定性。

表 7、電價成本項目一覽表

電價成本項目	比例
Utility Electric Generation／自發電（含購電）	37%
Transmission／輸電	6%
Distribution／配電	28%
DWR Power Charges／水資源部（Department of Water Resources，DWR）代購電費用	17%
DWR Bond Charges／DWR 代購電基金	3%
AB1890 Rate Reduction Bond／AB1890 法案降低費率基金	2%
Public Purpose Programs／公共用途項目	4%
Competition Transition Charge／競爭過渡費	2%
Other／其他(稅金)	1%
Total	100%

電力零售價格主要分為四個部份：

- 1.發電費用：自發電或透過電力躉售市場標購之電力費用。
- 2.輸、配電費用：在電力市場自由化下，基於消除輸電網路獨占之不公平現象，以達到網路開放原則，輸、配電成本需分離計算。
- 3.用戶費用：包括市場行銷、用戶服務及列入套牢成本（Stranded Cost）項目，以「競爭過渡費」（Competition Transition Charge，CTC）逐年回收。套牢成本為電業部分資產之經濟效益較差，使用時必須付出較高的成本，如輸、配電大量投資、核能電廠興建及除役或向合格發電業購電訂定較昂貴的契約，由於係配合公共政策故責任歸屬並不完全在電業，允許前述成本在一定過渡期間內補償回收，由系統內所有用戶負擔。
- 4.公共用途費用：除前述項目外，零售市場電價亦將國家認可之獎勵誘因納入考量，以鼓勵提高能源使用效率及再生能源，及幫助低收入戶用電之經濟補助計畫等公共項目。

加州電業主要係按照用戶類別（住、農、工、商）及用電容量來對用戶進行差別取價；對用電容量較小的住宅用戶採用分段（遞增）制電價（Meter Rates），對用電容量較大或時間電價的農工商用戶採用三部制電價（Three-Part Rates）。分段（遞增）制電價係依據不同級距的用電度數僅收取能量費用，度數越高的級距費率也越高；三部制電價係將用電費用分成用戶費、容量費用和能量費用三部分，用戶費按戶計收、反映抄表、用戶服務及電表等成本，容量費用按需用量耗數計收、反映投資建造發、輸、配電設備之固定成本，能量費用按實際用電度數計收、反映發電的燃料費用等變動成本，除使各類用戶合理分擔其實際用電成本外，並有助於促進用戶提高負載率。

加州公用事業委員會（CPUC）原則上每三年會透過費率方案（Rate Case）程序對費率進行審查。同時為照顧低收入家庭，對於符合加州能源優惠計劃（CARE）和家庭電費補助計劃（FERA）的用戶，可獲得每月電費帳單八折或以上的折扣，其折扣金額由其他用戶分擔支付。

(三) 太平洋瓦斯與電力公司 (Pacific Gas and Electric Company)

1. 公司背景

太平洋瓦斯與電力公司(PG&E)為 PG&E Corporation 的主要子公司，在加州成立於 1905 年，是全美最大結合天然氣與電力的公用事業之一，主要供電地區為加州北、中部。2012 年 PG&E 約有 20,000 名的員工，520 萬電力用戶（440 萬瓦斯用戶），其中住宅用戶約有 457 萬戶，工業用戶約有 1,000 戶，商業用戶約有 63 萬戶，總資產 519 億美元，營業總收入達 150 億美元，2011 年總售電量 837 億度。

2. 各類用戶電價結構

用戶別	電價結構
住宅 用戶	<p>標準住宅費率</p> <p>◆ Residential Schedule E-1</p> <p>5 段式累進電價：</p> <p>Tier 1（基線，baseline）</p> <p>夏季以平均用電量的 50%~60% 作為第一級距用電量；冬季以平均用電量的 50%~70% 作為第一級距用電量。</p> <p>Tiers2 (101 – 130% of baseline)</p> <p>Tiers3 (131 – 200% of baseline)</p> <p>Tiers4 (201 – 300% of baseline)</p> <p>Tiers5 (Over 300% of baseline)</p> <p>用電量超過基本度數者。</p> <p>◆ Residential Seasonal Schedule E-8</p> <p>5 段式累進電價 + 季節電價，依季節分為夏、冬兩季，夏季為 5 月~10 月，冬季為 11 月~4 月。費率由固定月費 (Customer Charge) 及能量費率構成。</p>

用戶別	電價結構
	<p>低收入戶住宅費率</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Residential CARE Schedule EL-1 3 段式累進電價。 ◆ Residential Seasonal CARE Schedule EL-8 3 段式累進電價 + 季節電價。 <hr/> <p>時間電價</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Residential Time-of-Use Schedule E-7 ◆ Residential CARE Time-of-Use Schedule EL-7 季節電價 + 時間電價 + 5 段式累進電價，夏季分為尖峰、半尖峰及離峰時段；冬季分為半尖峰與離峰時段；或時段只分尖峰和離峰。費率由固定月費（Meter Charge）及能量費率構成。
工商 用戶	<ul style="list-style-type: none"> ◆ General Service 一律採季節電價，並提供時間電價作選擇，費率由固定月費（Customer Charge/Meter Charge）、TOU 容量費率及能量費率構成。
農業 用戶	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Small Agricultural & Large Agricultural 一律採季節電價，並提供時間電價作選擇，費率由固定月費（Customer Charge）、TOU 容量費率及能量費率構成。
路燈 照明	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Streetlight Rates PG & E 所屬街道和高速公路照明屬包制，費率由固定月費（Facilities Charge）及按器具容量瓦數計費；用戶所屬街道和高速公路照明屬表制，費率由固定月費（Customer Charge）及能量費率構成。
其他	<p>電動車費率。</p>

3. 各類用戶平均電價

PG&E Average Bundled Rates by Class 2000 - 2011

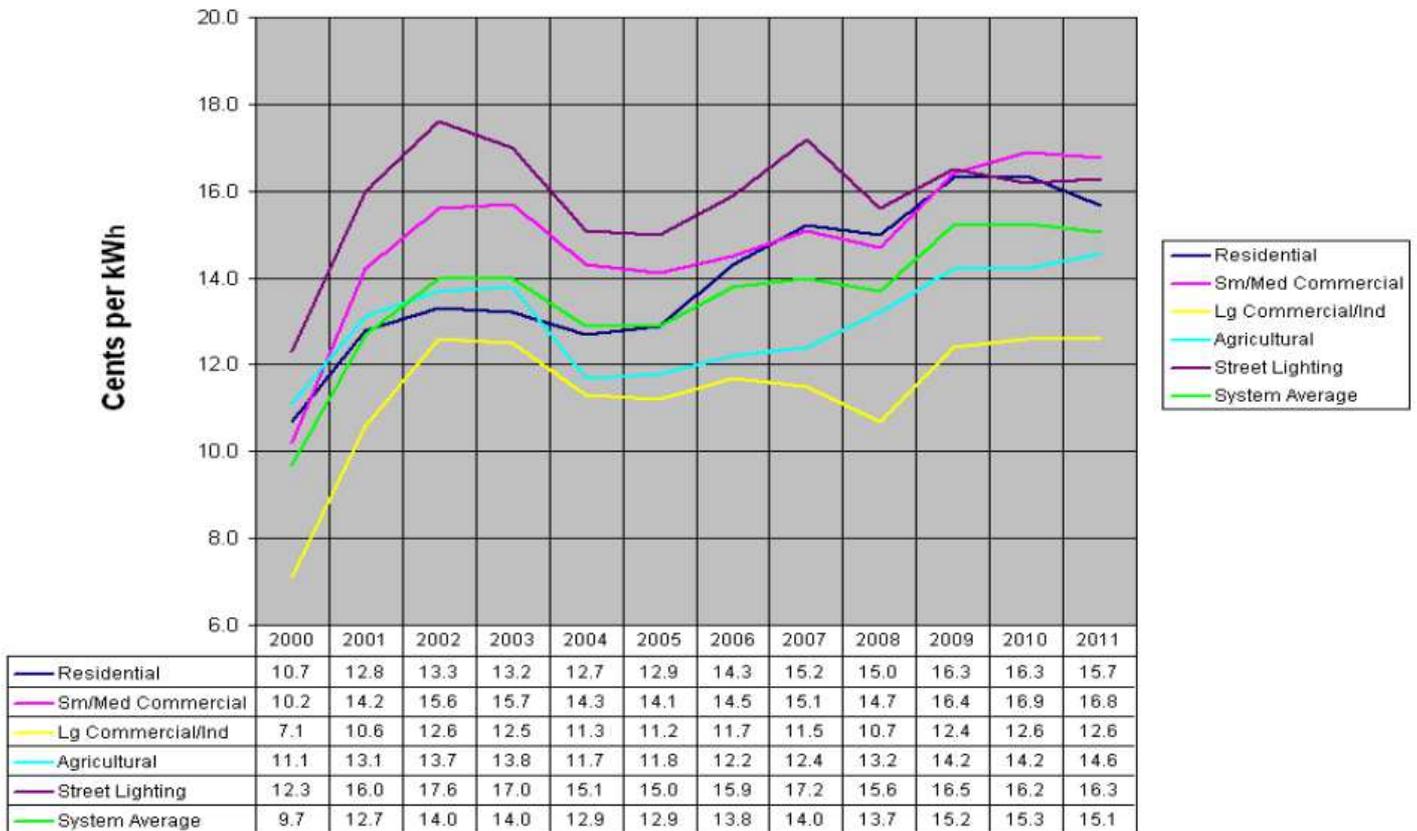


圖 9、PG&E 各類用戶平均電價比較

4. Smart Meter™



圖 10、PG&E 智慧電表—Smart Meter™

- 加州公用事業委員會（CPUC）於 2006 年 7 月 20 日核定 PG&E 之 AMI（Smart Meter™）計畫，於 5 年間裝設 510 萬戶的智慧電表（及 420 萬戶智慧瓦斯表）。此項計畫之投資成本核定為 17 億美元，估計可減少 448,000 瓩的用電需求，相當於一座電廠的發電量。
- Smart Meter™記錄每 1 小時的住宅用電狀況，以及每 15 分鐘的工商業用電狀況。每個 Smart Meter™均配備無線電通訊，可將電表資料傳至電力網路存取點，網路存取點彙整後對資料加密，然後傳輸至 PG&E 的電表資料管理系統（MDMS），系統支援電表與 PG&E 之間的雙向通訊。針對部份訊號不良地區（如地下室、偏遠地區），則透過增加轉發器（repeater）、換裝增益值（gain）較高之指向性天線等措施及手段，加強無線通訊訊號，藉以確保訊號穩定性及系統運轉順利。
- Smart Meter™結合線上控制入口網站－我的能源（My Energy）：
 - － **提供能源使用報告**：按小時、按月、按年查看能源使用狀況，找出哪些電器耗能最多。
 - － **瞭解電費帳單**：瞭解能源使用習慣如何影響帳單金額。
 - － **能源警示**：在用電狀況邁向較高費率等級的時候，透過電子郵件、簡訊或電話獲得通知。

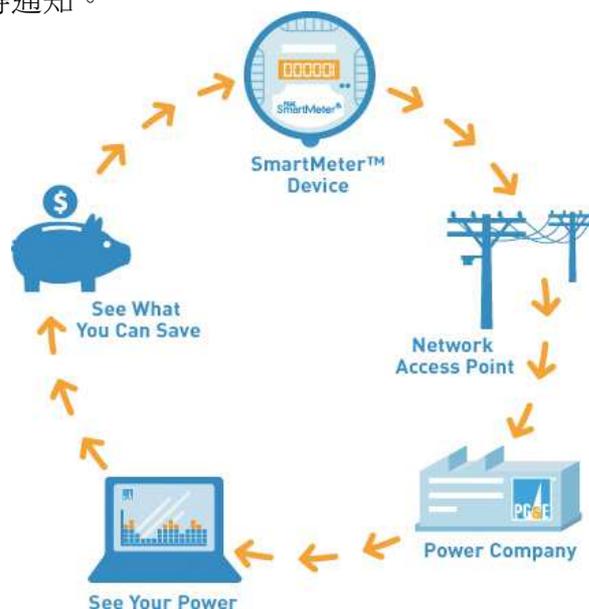


圖 11、Smart Meter™功能運作示意圖

5.結合智慧電表的動態訂價策略與需量反應措施

➤ 背景

- 2010年2月25日，加州公用事業委員會（CPUC）對於PG&E的用戶通過採用新的費率結構，要求所有的非住宅用戶轉換成時間電價費率，作為實現加州實施動態電價的一部分努力。時間電價費率的設計是為了反映用電高峰期的發電成本（依據邊際成本訂價），當結合智慧電表，這些費率的價格訊號可以引導用戶節約用電及進行負載管理以降低帳單費用，同時改善電力系統可靠度及減少溫室氣體排放，提升加州能源效率。
- 2010年5月1日開始，大型工商用戶開始適用一個新的**Peak Day Pricing Rates（尖峰日電價，PDP）**；到了2014年11月1日，中小型用戶也開始適用。這是根據一天中不同時間支付不同的電價費率，在少數最熱的幾天，電價在2 p.m.~6 p.m.期間將更進一步加價，PG&E會在尖峰日前通知讓用戶事前計畫。

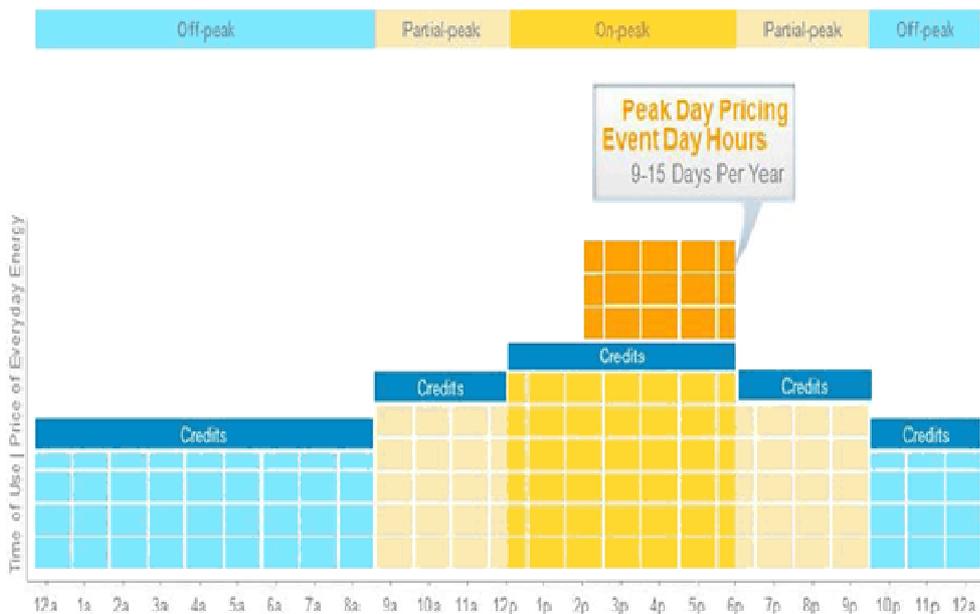


圖 12、Peak Day Pricing（尖峰日電價）各時段圖

- 住宅用戶方面，可以選擇參加 **Smart Rate Program**（即 CPP），這是為了鼓勵用戶在用電尖峰期間降低電力使用，參加的用戶在第一個夏季有電費保護措施。
- 住宅與小商業用戶也可以參加 **Smart AC Program**，透過電力公司的空調訊號減少或轉移空調用電以獲得電費折扣。
- PG&E 透過網站、電視和電台廣告通知用戶新的定價計劃。

➤ **Time-Varying Pricing（時間變動電價）－非住宅用戶**

● **Step1：轉換成時間電價（Time-of-Use Rates，TOU）**

PG&E 從 1970 年開始實施時間電價，對於每月用電需量 1,000kW 以上的大用戶強制適用；1980 年中期開放住宅及小用戶可自由選用；1990 年開始 500 kW 以上用戶一律適用，2000 年中期開始 200~500 kW 用戶一律適用時間電價。

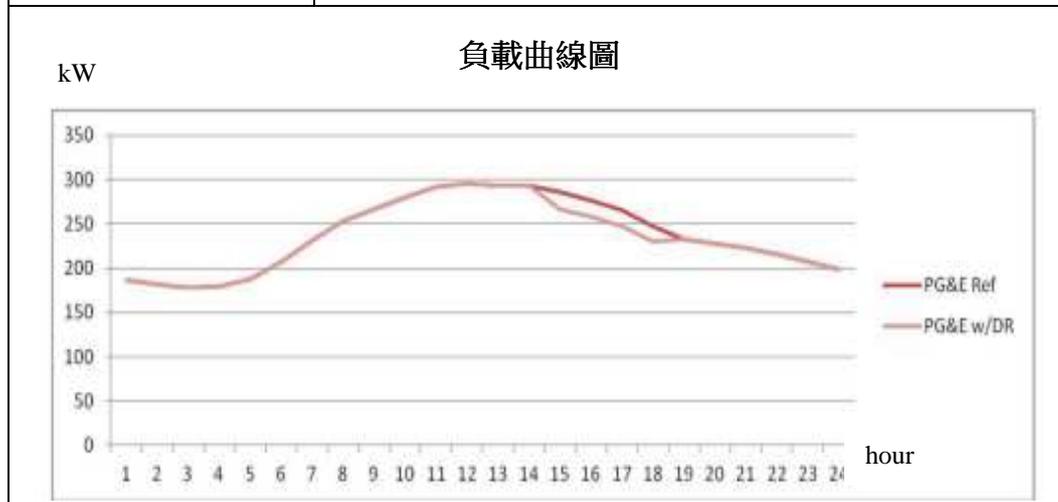
對於每月用電需量小於 200 kW 的工商用戶及農業用戶，則分別自 2012 年 11 月及 2013 年 3 月開始一律適用時間電價。

用戶別		Step1：轉換成 TOU Rates	Step2：轉換成 Peak Day Pricing Rates
大型工商用戶	大於 200 kW	已適用	2010 年 5 月 1 日
大型農業用戶	大於 200 kW	已適用	2011 年 2 月 1 日
中小型工商用戶	小於 200 kW	2012 年 11 月 1 日	2014 年 11 月 1 日
中小型農業用戶	小於 200 kW	2013 年 3 月 1 日	自由選用

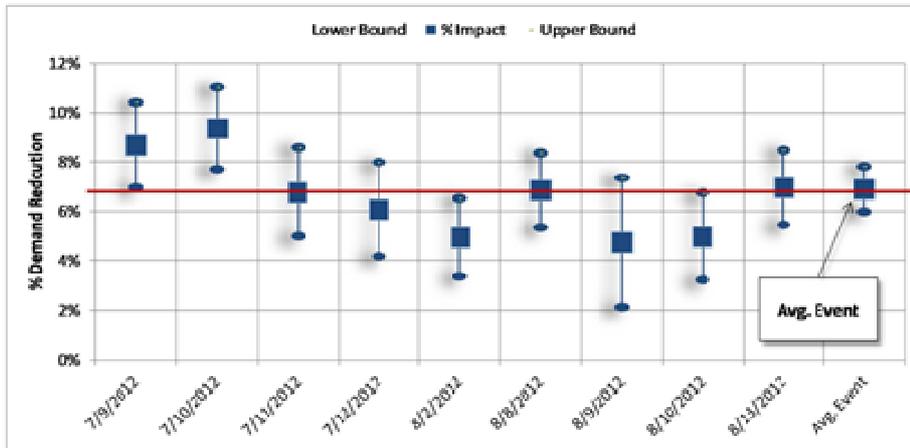
季節 用戶別	夏季 5月1日 ~ 10月31日	冬季 11月1日 ~ 4月30日
住宅用戶	◆ 尖峰時間 星期一~五 13:00~19:00，假日除外。 ◆ 半尖峰時間 星期一~五 10:00~13:00，19:00~21:00；星期六及星期日 17:00~20:00；假日除外。 ◆ 離峰時間 非屬上述時間及假日全日。	◆ 半尖峰時間 星期一~五 17:00~20:00，假日除外。 ◆ 離峰時間 非屬上述時間及假日全日。
非住宅用戶	◆ 尖峰時間 星期一~五 12:00~18:00，假日除外。 ◆ 半尖峰 星期一~五 8:30~12:00，18:00~21:30，假日除外。 ◆ 離峰時間 星期一~五 21:30~8:30及假日全日。	◆ 半尖峰時間 星期一~五 8:30~21:30，假日除外。 ◆ 離峰時間 星期一~五 21:30~8:30及假日全日。

● Step2：轉換成尖峰日電價（Peak Day Pricing Rates，PDP）

實施期間	夏季期間（5月1日~10月31日），共執行9~15日。
抑低用電時間	尖峰時間的2 p.m.~ 6 p.m.。
電費獎勵／罰則	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Event Day（事件日）：事件日之尖峰費率每度進一步加價，事件日以外的夏季期間基本電費或流動電費予以減價。 ◆ 以大型（契約容量大於200 kW）之用戶為例，事件日之尖峰費率每度加價\$1~1.2，事件日以外的夏季期間尖峰契約容量每kW 給予扣減\$4.61~\$6.44，半尖峰每kW 給予扣減\$0.87~\$1.35。
通知方式	Event Day（事件日）前一日3:00 p.m.前在PG&E網站或以電話、電子郵件通知。
第一年的電費保護措施	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 夏季期間每期會收到2種帳單（參加PDP與未參加PDP）。 ◆ 夏季結束後，PG&E會協助用戶評估參加結果。 ◆ 若參加PDP後之電費高出未參加PDP之電費，PG&E在第一年的年底會退還差額。
退出選擇	參加後45天內可選擇退出轉換成一般的时间電價。
2012年實施成效	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 共執行9日。 ◆ 1,627戶選用，抑低負載30.2MW（6.9%）。 ◆ 製造業、零售業與運輸業抑低負載成效最顯著（占抑低量的74%）。



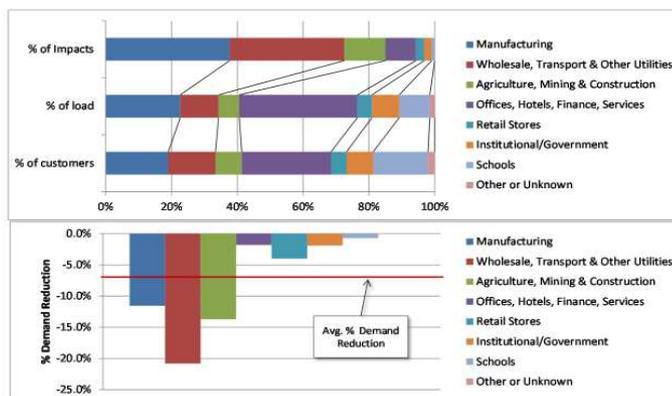
PG&E's average load reduction was 6.9%, or 30.2 MW, across the 9 events in 2012



PG&E detailed event load impacts

Event Date	Day of Week	Accounts	Avg. Customer Reference Load	Avg. Customer Load w/ DR	Impact	Aggregate Impact	% Reduction	Avg. Temp.	Daily Maximum Temp.
			(kW)	(kW)	(kW)	(MW)	%	°F	°F
7/9/2012	Mon	1,623	255.0	232.8	22.2	36.0	8.7%	81.4	96.3
7/10/2012	Tue	1,623	271.1	245.8	25.4	41.2	9.4%	88.6	99.9
7/11/2012	Wed	1,623	268.9	250.7	18.2	29.5	6.8%	90.2	103.0
7/12/2012	Thu	1,623	265.1	249.0	16.1	26.1	6.1%	86.0	102.3
8/2/2012	Thu	1,629	260.6	247.7	12.9	21.0	4.9%	85.7	99.8
8/8/2012	Wed	1,630	276.2	257.2	18.9	30.9	6.9%	87.9	98.8
8/9/2012	Thu	1,630	271.8	258.9	12.9	21.0	4.7%	90.2	101.8
8/10/2012	Fri	1,630	261.7	248.7	13.0	21.2	5.0%	88.5	104.3
8/13/2012	Mon	1,630	281.2	261.6	19.6	31.9	7.0%	89.7	103.9
Avg. Event		1,627	268.8	250.3	18.5	30.2	6.9%	86.5	102.8

PG&E's demand reductions were concentrated in two industries



Manufacturing and Wholesale & Transport accounted for 34% of the load and 74% of impacts

While the Offices, Hotels, Finance, Services sector had the most load, 36%, it accounted for only 10% of program impacts

➤ Smart Rate Program (自願型的緊急尖峰電價, CPP)

適用對象	住宅用戶。
實施期間	夏季期間 (5 月 1 日~10 月 31 日), 最多執行 15 日。
抑低用電時間	尖峰時間的 2 p.m.~ 7 p.m.。
電費獎勵/罰則	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Smart Days : 5 月~10 月期間, 事件日之尖峰費率每度進一步加價\$0.6。 ◆ Regular Days : 6 月~9 月期間, 每度費率給予減價 \$0.02992; 用電超過第 3 級距~第 5 級距每度再減價 \$0.01。
通知方式	Smart Day 前一日 3:00 p.m.前在 PG&E 網站或以電話、電子郵件通知。
第一年的電費保護措施	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 夏季期間每期會收到 2 種帳單(參加 CPP 與未參加 CPP)。 ◆ 夏季結束後, PG&E 會協助用戶評估參加結果。 ◆ 若參加 CPP 後之電費高出未參加 CPP 之電費, PG&E 在第一年的年底會退還差額。
退出選擇	至少參加一年, 退出後 12 個月內不能再參加。
2012 年實施成效	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 共執行 10 日。 ◆ 60,799 戶選用。 ◆ 抑低負載 17.1MW (19%)。 ◆ 平均每戶節省了 74 美元 (約 13%) 的電費。 ◆ 94%的用戶參加 CPP 比未參加前有效節省電費。

SmartRate 2012 Ex Post Impacts

Date	Enrolled participants	Avg. Reference Load (kW)	Avg. Load Reduction (kW)	Percent Load Reduction (%)	Aggregate Load Reduction (MW)	Daily Maximum Temp (°F)
9-Jul-12	37,108	1.61	0.34	21%	12.6	88
10-Jul-12	38,428	1.78	0.35	20%	13.4	95
11-Jul-12	40,082	2.00	0.41	20%	16.3	97
4-Sep-12	49,253	1.65	0.31	19%	15.1	88
13-Sep-12	66,540	1.38	0.26	18%	16.9	87
14-Sep-12	71,402	1.41	0.25	17%	17.4	88
23-Jul-12	71,935	1.41	0.22	16%	16.2	86
1-Oct-12	77,480	1.46	0.31	21%	23.4	96
2-Oct-12	77,760	1.51	0.29	19%	22.2	97
3-Oct-12	77,999	1.38	0.22	16%	17.6	90
Total	60,799	1.52	0.29	19%	17.1	91

➤ Smart AC Program (智慧空調)

適用對象	住宅及小型工商用戶。
實施期間	夏季期間 (5月1日~10月31日)。
抑低用電時間	發生能源緊急事件時。
控制方式	在空調設備上裝設一個 Smart AC 時控開關，讓空調運轉每 30 分鐘暫停不超過 15 分鐘，每一天不超過 6 小時，夏季期間最多 100 小時。
電費獎勵／罰則	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 裝設後可獲得 50 元美金的獎勵支票。 ◆ 可選擇於事件日當日不參加 (電話通知 PG&E 或透過網站 – Smart AC Manager 變更參加狀態，讓空調設備恢復原先的設定)，無罰責。
通知方式	事件日 11:00 a.m.在 PG&E 網站通知。
退出選擇	隨時以電話通知 PG&E 使時控開關的控制失效(或恢復)。
2012 年實施成效	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 共執行 11 日。 ◆ 155,102 的住宅用戶及 5,878 的工商用戶選用。 ◆ 平均抑低負載 0.57 kW (24%)。 ◆ 2012 年未對小型工商用戶實施。

SmartAC 2012 Residential Ex Post Impacts

Event Date	Event Hours	Average Whole-Building Reference Load (kW)	Average Event Impact (kW)	Percent Impact	Percent of Population Called	Average Temperature (°F)
7/9/12	4-5 pm	2.02	0.50	25%	10%	91
7/10/12	4-5 pm	2.41	0.70	29%	10%	97
7/11/12	4-5 pm	2.86	0.72	25%	10%	100
7/12/12	4-5 pm	2.83	0.69	24%	10%	97
8/2/12	4-5 pm	2.39	0.65	27%	10%	95
8/10/12	4-5 pm	2.88	0.53	19%	100%†	99
8/13/12	4-5 pm	3.02	0.73	24%	10%	100
9/13/12	4-5 pm	1.93	0.47	24%	10%	92
9/14/12	4-5 pm	1.91	0.34	18%	10%	90
10/1/12	4-5 pm	2.07	0.38	19%	11%	97
10/1/12*	4-5 pm	2.07	0.52	25%	11%	97
Average	4-5 pm	2.40	0.57	24%	10%	96

(四) 南加州愛迪生公司 (Southern California Edison)

1. 公司背景

南加州愛迪生公司 (SCE) 為愛迪生國際公司的子公司，成立超過 125 年，供電地區在加州中部、沿海和南部，總資產 440 億美元。2012 年 SCE 有 16,515 名員工，490 萬名用電戶，其中住宅用戶約有 429 萬戶，工業用戶約有 3 萬戶，商業用戶約有 58 萬戶，營業總收入達 119 億美元，17 億美元的收入淨額，2011 年總售電量 829 億度。

2. 各類用戶電價結構

用戶別	電價結構
住宅 用戶	標準住宅費率 ◆ Schedule D 季節電價+4 段式累進電價。 Tier 1 (基線, baseline) Tiers2 (101 – 130% of baseline) Tiers3 (131 – 200% of baseline) Tiers4 (Over 200% of baseline) 低收入戶住宅費率 ◆ Schedule D-CARE 季節電價+4 段式累進電價。 時間電價 ◆ TOU-D Options 季節電價+時間電價，時段只分尖峰和離峰。

用戶別	電價結構
工商 用戶	<p>◆ General Service / Industrial Rates</p> <p>小型企業（契約容量小於 20 kW） 採季節電價，並提供時間電價作選擇。</p> <p>中型企業（契約容量介於 20~500 kW） 採季節電價，並提供時間電價作選擇。</p> <p>大型企業（契約容量超過 500 kW 以上） 季節電價+時間電價。</p> <p>費率由用戶費、TOU 容量費率及能量費率構成。</p>
農業和 抽水系 統	<p>◆ Agricultural and Pumping Rates：至少 70%的電力用於農業或抽水。</p> <p>一律採季節電價，並提供時間電價作選擇，費率由用戶費、TOU 容量費率及能量費率構成。</p>
街燈和 戶外照 明	<p>◆ Street and Area Lighting / Traffic Control Rates</p> <p>Schedule AL-2－戶外電燈照明，屬表制，用戶自備控制開關。</p> <p>Schedule OL-1－戶外電燈照明，屬表制，擁有權屬 SCE。</p> <p>Schedule LS-1－街道及快速道路電燈照明，屬包制，擁有權屬 SCE。</p> <p>Schedule LS-2－街道及快速道路電燈照明，屬包制，擁有權屬用戶。</p> <p>Schedule LS-3－街道及快速道路電燈照明，屬表制，擁有權屬用戶。</p> <p>Schedule TC-1－交通號誌，屬表制。</p>
其他	<p>電動車費率。</p>

3 各類用戶平均電價

SCE Average Bundled Rates by Class 2000-2011

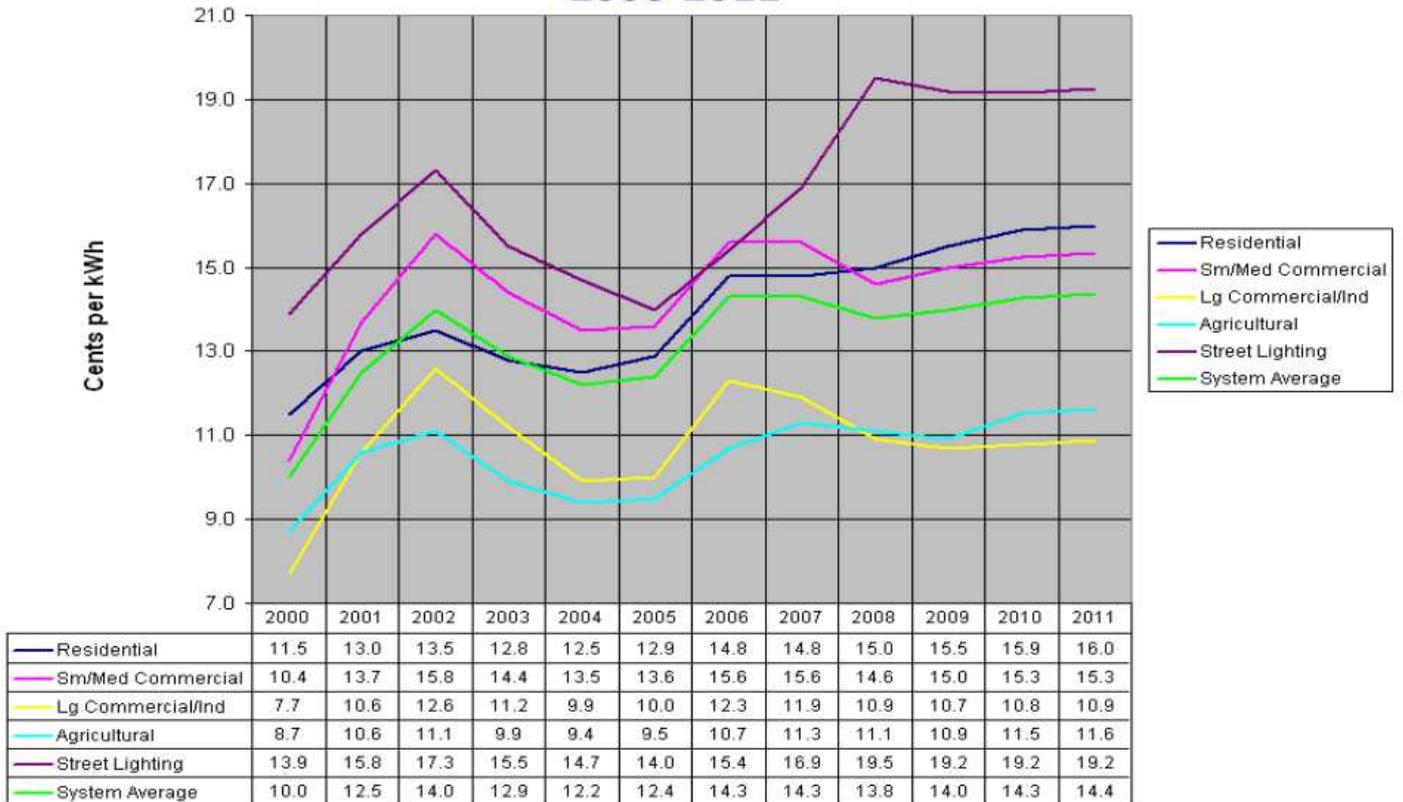


圖 13、SCE 各類用戶平均電價比較

4. Smart Connect™



圖 14、SCE 智慧電表-Smart Connect™

- ▶ 依據加州公用事業委員會（CPUC）於 2008 年 9 月 18 日核定 SCE 之 AMI（Smart Connect™）投資營運計畫（2007 年 7 月 31 日提出投資申請案），SCE 於 2008 至 2012 年之間裝設 530 萬戶的智慧電表。此項計畫之投資成本核定為 16 億美元，估計在投資計畫 20 年內將可產生 11.74 億美元的營運利益及 8.16 億美元有關能源節約、負載控制及需量反應的利益（預期將可減少尖峰用電 1,000 MW，每年並可減少 365,000 公噸溫室氣體排放量），以及來自於 AMI 系統的附加利益，包括電表準確度與減少竊電的社會利益 2.95 億美元，三項利益合計 22.85 億美元，扣除 AMI 系統運轉維護成本後，預估 20 年的淨利益在 900 萬美元至 3.04 億美元之間，加州公用事業委員會判定此 AMI 投資案合乎成本效益。
- ▶ Smart Connect™系統主要有兩部分：數位智慧電表和通訊系統，從家中（或企業）到電業和從電業到家中（或企業）的用電雙向系統，使用戶看到詳細的用電報告。住宅用戶可以看到每小時的用電量，企業用戶看到每 15 分鐘的用電量。

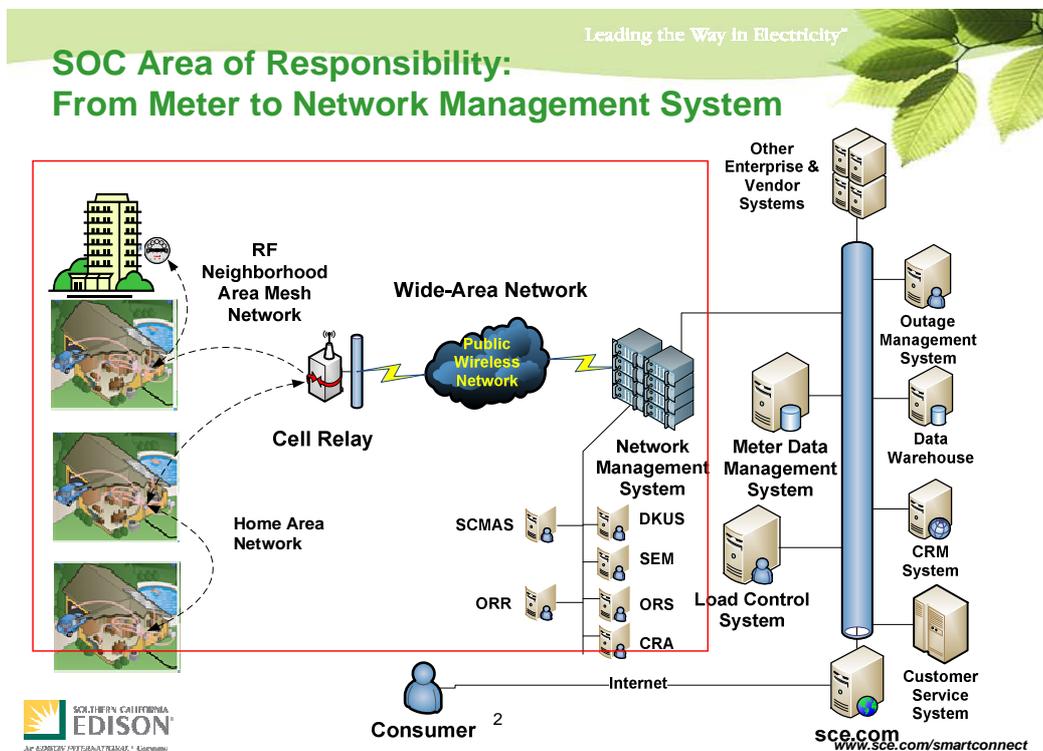


圖 15、Smart Connect™系統示意圖

➤ 透過線上控制入口網站-我的帳戶 (My Account) 結合 Smart Connect™功能如下：

- **無紙化帳單和線上付款**：申請無紙化帳單後只要透過系統登入網站，就能查看最近一期以及過去 12 個月的電費資料。每月帳單以電子郵件通知，一切資料一目了然。
- **預算助理**：幫助設定每月電費支出目標，然後透過使用報告和自動提醒來控制電費預算。
- **使用報告**：讓用戶透過易讀的定製報告監控用電量和費用。
 - ◆ 按小時報告。提供前一天每小時的平均用電量，讓用戶瞭解使用最多電力的方式和時間。報告也會提供室外最高溫度的表格，讓用戶瞭解溫度對用電量的影響。
 - ◆ 按天報告。可以看到目前帳單週期內的每天用電量，也可以得知帳單至今日的金額、帳單的預計總金額，以及是否會超過或低於預算目標。
 - ◆ 每月趨勢。提供逐月的比較，可以看到過去 12 個月內任一帳單週期的每日用電量，還可以看到當月與過去兩年同一期的比較。
 - ◆ 溫度控制。使用報告也會提供當地室外最高溫和用戶用電量之間的關聯，是控制一年四季預算的重要規劃工具。
 - ◆ 直接付款：每個月可以自動從銀行的帳戶中扣除帳單金額。

5. 結合智慧電表的動態訂價策略與需量反應措施

➤ 背景

- 2010 年開始，SCE 對於大型工商業用戶開始實施一個 **Summer Advantage Incentive (即 CPP)**，中型商業及農業用戶從 2012 年開始實施。

- 2012 年開始逐步開放用戶選擇參加自願型即時電價(Real Time Pricing Rates, RTP)。
- 已裝設 Smart Connect™的住宅用戶，於 2010 年底開始可以參加一個 Save Power Day(即 PTR)，2012 年開始可以自由參加 Summer Advantage Incentive (即 CPP)。

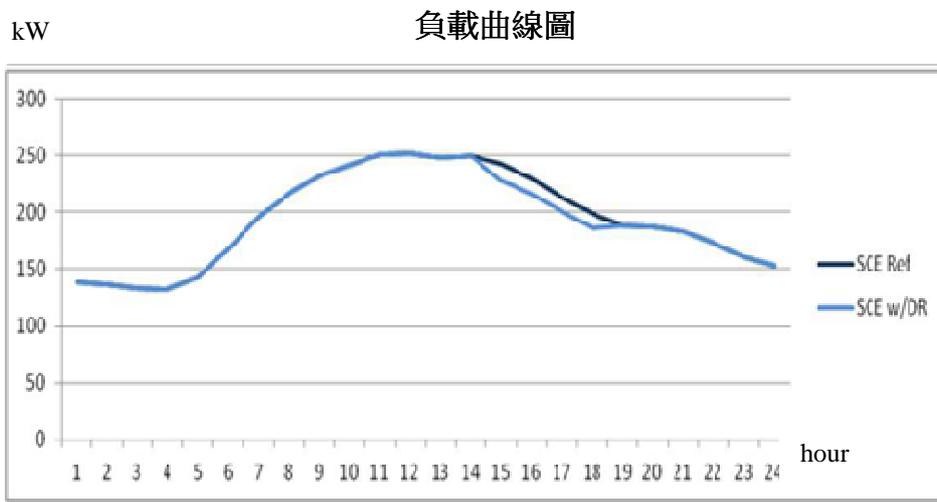
➤ 非住宅用戶轉換時間電價 (Time-of-Use Rates, TOU) 計畫

目前大型用戶(契約容量 500 kW 以上)已一律適用時間電價。已安裝智慧電表的中小型工商用戶(契約容量未滿 500 kW)，自 2014 年 1 月 1 日起全面適用；中小型農業用戶自 2014 年 2 月 1 日起全面適用。最晚自 2015 年 1 月 1 日起一律轉換為時間電價。

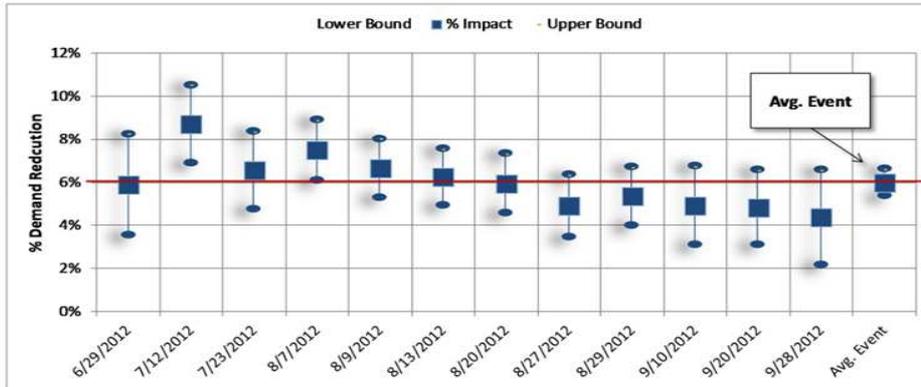
季節 用戶別	夏季 6 月 1 日 ~ 9 月 30 日	冬季 10 月 1 日 ~ 5 月 31 日
住宅 用戶	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 尖峰時間 星期一至五 10:00~18:00，假日除外。 ◆ 離峰時間 非屬上述時間及假日全日。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 尖峰時間 星期一至五 10:00~18:00，假日除外。 ◆ 離峰時間 非屬上述時間及假日全日。
非住宅 用戶	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 尖峰時間 星期一至五 12:00~18:00，假日除外。 ◆ 半尖峰時間 星期一至五 8:00~12:00，18:00~23:00，假日除外。 ◆ 離峰時間 非屬上述時間及假日全日。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 半尖峰時間 星期一至五 8:00~21:00，假日除外。 ◆ 離峰時間 非屬上述時間及假日全日。

➤ Summer Advantage Incentive 夏天優惠獎勵計劃(緊急尖峰電價，CPP)

適用對象	契約容量 200kW 以上的用戶自動參加，小於 200kW 的用戶自由選擇參加（住宅用戶也可以參加）。
實施期間	夏季期間（6月1日~9月30日），最多執行 12 日。
抑低用電時間	尖峰時間的 2 p.m.~ 6 p.m.。
電費獎勵／罰則	Energy Events（事件日）：事件日之尖峰費率每度進一步加價\$1.37453，事件日以外的夏季期間基本電費或流動電費予以減價【訂定契約容量的用戶給予夏季期間基本電費每 kW 扣減\$10.75~\$6.18，未訂契約容量的用戶給予流動電費每度扣減\$0.03990~\$0.02201】。
通知方式	事件日前一 3:00 p.m.前在 SCE 網站或以電話、傳真、電子郵件通知。
第一年的電費保護措施	若參加 CPP 後之電費高出未參加 CPP 之電費，SCE 在第一年的年底會退還差額。
退出選擇	至少參加一年，否則無法享有第一年的電費保護措施。
2012 年實施成效	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 共執行 12 日。 ◆ 2,470 戶選用，抑低負載 32.9MW（6.0%）。 ◆ 製造業的抑低負載成效最顯著（占抑低量的 60%）。



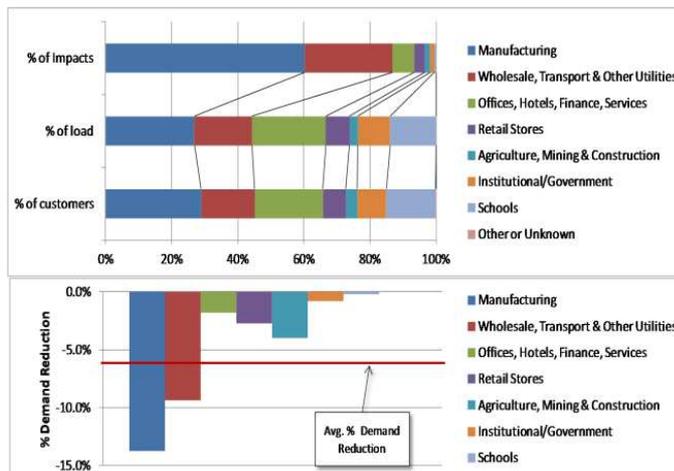
SCE's average load reduction was 6.0%, or 32.9 MW, across the 12 event days in 2012



SCE detailed event load impacts

Event Date	Day of Week	Accts	Avg. Customer Reference Load (kW)	Avg. Customer Load w/ DR (kW)	Impact (kW)	Aggregate Impact (MW)	Reduction %	Event Period Temp. °F	Daily Maximum Temp. °F
6/29/2012	Mon	2,464	194.1	182.7	11.4	28.2	5.9%	82.5	86.7
7/12/2012	Tue	2,458	213.0	194.5	18.5	45.6	8.7%	80.3	90.9
7/23/2012	Wed	2,456	207.0	193.5	13.6	33.3	6.5%	80.3	90.6
8/7/2012	Thu	2,473	227.8	210.7	17.0	42.1	7.5%	89.9	96.5
8/9/2012	Thu	2,474	228.8	213.6	15.2	37.7	6.7%	90.5	97.5
8/13/2012	Wed	2,469	232.7	218.2	14.5	35.8	6.2%	90.9	99.5
8/20/2012	Thu	2,475	230.1	216.4	13.7	33.9	6.0%	87.3	93.0
8/27/2012	Fri	2,476	218.8	208.1	10.7	26.5	4.9%	89.4	93.0
8/29/2012	Mon	2,477	238.1	225.3	12.7	31.6	5.4%	89.2	94.0
9/10/2012	Mon	2,468	231.5	220.1	11.4	28.1	4.9%	84.4	88.6
9/20/2012	Thu	2,474	232.0	220.9	11.2	27.7	4.8%	89.0	93.4
9/28/2012	Fri	2,474	208.2	199.0	9.1	22.6	4.4%	84.3	90.3
Avg. Event		2,470	221.9	208.6	13.3	32.9	6.0%	87.3	95.8

Two industry groups account for 87% of the demand reductions



- **Manufacturing accounts for roughly 29% of customers and load but provides 60% of the reductions**
- **Wholesale and transport accounts for 16% of the customers and load but provides 27% of the reductions**

➤ Real-Time Pricing (即時電價, RTP)

適用對象	農工商用戶。
實施說明	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 費率採每小時變動，藉由反映每小時發電的邊際成本來改變用電需求。 ◆ 電價係依據前一天的溫度（取決於洛杉磯市中心點的每日最高溫度記錄）和季節變化決定，以讓用戶用電有足夠的調適時間。 ◆ 9 種不同的訂價時間表(夏季 5 種，冬季 2 種，週末 2 種) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center; background-color: #e67e22; color: white; padding: 2px;">Summer Season Pricing Schedules</p> <ul style="list-style-type: none"> • Extremely Hot Summer Weekday ($\geq 95^{\circ}\text{F}$) • Very Hot Summer Weekday ($91^{\circ}\text{F} - 94^{\circ}\text{F}$) • Hot Summer Weekday ($85^{\circ}\text{F} - 90^{\circ}\text{F}$) • Moderate Summer Weekday ($81^{\circ}\text{F} - 84^{\circ}\text{F}$) • Mild Summer Weekday ($\leq 80^{\circ}\text{F}$) </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center; background-color: #2980b9; color: white; padding: 2px;">Winter Season Pricing Schedules</p> <ul style="list-style-type: none"> • High Cost Winter Weekday ($> 90^{\circ}\text{F}$) • Low Cost Winter Weekday ($\leq 90^{\circ}\text{F}$) </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center; background-color: #2e8b57; color: white; padding: 2px;">Weekend Pricing Schedules</p> <ul style="list-style-type: none"> • High Cost Weekend ($\geq 78^{\circ}\text{F}$) • Low Cost Weekend ($< 78^{\circ}\text{F}$) </div> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 溫度越高代表用電越緊澀費率也越高，促使用戶減少用電。 ◆ 當次日費率將邁向高費率等級（超過用戶的預設值），SCE 線上警示系統會透過發送電子郵件通知用戶。
退出選擇	至少參加一年。
2012 年實施成效	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 126 戶參加。 ◆ 平均每戶抑低負載 38.5 kW ~161kW。

➤ Save Power Day 節電日（尖峰節電回饋，PTR）

適用對象	住宅用戶自動加入。																								
實施期間	<p>星期一~星期五（假日除外），發生日數不限。</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 夏季下午 2 點洛杉磯市中心最高溫度超過 90°F。 ◆ 加州獨立系統操作機構（CAISO）發出警報。 ◆ SCE 預測可能在發電、輸電或配電部分有緊急狀況。 ◆ 預測極端或不正常溫度條件影響用電需求。 ◆ 前一日的負載預測或批發電價。 																								
抑低用電時間	2 p.m. ~ 6 p.m.。																								
電費獎勵／罰則	以節電日 2 p.m.~6 p.m.的平均用電量及節電日前 5 個用電日中 3 個最高用電日 2 p.m.~6 p.m.的平均用電量（假日及最近的節電日除外）進行比較。如果節電日的平均用電量較低，用戶可獲得每度費率減少\$0.75 的折扣。一年最高 100 美元的電費折扣。																								
通知方式	在每個節電日活動開始前一日在 SCE 網站或以簡訊、電話或電子郵件的形式通知（由用戶擇一方式）。																								
退出選擇	隨時透過線上控制入口網站「我的帳戶」修改參加狀態。																								
2012 年實施成效	<p>共執行 7 日，825,267 戶減少用電獲得折扣。</p> <p style="text-align: center;">Program Description: 2012 PTR Event Days</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Event Date</th> <th>Day of Week</th> <th>Average Event Temp.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>07/12/2012</td> <td>Thursday</td> <td>85.2</td> </tr> <tr> <td>08/10/2012</td> <td>Friday</td> <td>96.0</td> </tr> <tr> <td>08/16/2012</td> <td>Thursday</td> <td>91.7</td> </tr> <tr> <td>08/29/2012</td> <td>Wednesday</td> <td>91.8</td> </tr> <tr> <td>08/31/2012</td> <td>Friday</td> <td>88.1</td> </tr> <tr> <td>09/07/2012</td> <td>Friday</td> <td>86.9</td> </tr> <tr> <td>09/10/2012</td> <td>Monday</td> <td>83.9</td> </tr> </tbody> </table>	Event Date	Day of Week	Average Event Temp.	07/12/2012	Thursday	85.2	08/10/2012	Friday	96.0	08/16/2012	Thursday	91.7	08/29/2012	Wednesday	91.8	08/31/2012	Friday	88.1	09/07/2012	Friday	86.9	09/10/2012	Monday	83.9
Event Date	Day of Week	Average Event Temp.																							
07/12/2012	Thursday	85.2																							
08/10/2012	Friday	96.0																							
08/16/2012	Thursday	91.7																							
08/29/2012	Wednesday	91.8																							
08/31/2012	Friday	88.1																							
09/07/2012	Friday	86.9																							
09/10/2012	Monday	83.9																							

➤ Summer Discount Plan (夏季折扣計劃, SDP)

適用對象	住宅及小型工商用戶。																								
實施期間	在一年中有可能隨時發生，但絕大多數會發生在夏季，因為那時的空調使用量最高。																								
控制方式	在用戶的中央空調設備安裝一個遠距發射訊息啟動的「循環」裝置，參加 Summer Discount Plan 會把空調設備調至關閉狀態，每天最多 6 小時，每年最多 180 小時（系統緊急事件除外）。																								
電費獎勵／罰則	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 計算公式：單相（安培*伏特）/ 1,400 + 0.09 = 噸。 ◆ 於夏季期間（用電量最高及進行夏季折扣計劃活動的月份）給予電費折扣。 ◆ 有不同的參與程度供用戶選擇。 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th colspan="3">住宅用戶</th> </tr> <tr> <th>項目</th> <th>最省錢（100%循環）</th> <th>最舒適（50%循環）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>空調壓縮機在活動期間 100% 關掉，每天最長 6 小時。</td> <td>空調壓縮機在活動期間每隔 30 分鐘關閉 15 分鐘，每天最長 6 小時。</td> </tr> <tr> <td>標準型 Standard Options</td> <td>◆ 每噸每天折扣\$0.36。 ◆ 每年最高可獲得折扣\$200。</td> <td>◆ 每噸每天折扣\$0.18。 ◆ 每年最高可獲得折扣\$100。</td> </tr> <tr> <td>豁免型 Override Options <small>（每年高達 5 次豁免參加能源活動）</small></td> <td>◆ 每噸每天折扣\$0.18。 ◆ 每年最高可獲得折扣\$100。</td> <td>◆ 每噸每天折扣\$0.09。 ◆ 每年最高可獲得折扣\$50。</td> </tr> <tr> <th colspan="3">非住宅用戶</th> </tr> <tr> <th>「節省最多」型</th> <th>「最超值」型</th> <th>「最大舒適度」型</th> </tr> <tr> <td>◆ 100% 循環：空調壓縮機在活動期間 100% 關掉，每天最長 6 小時。 ◆ 每台設備每年最高可獲得折扣 \$250。</td> <td>◆ 50%循環：空調壓縮機在活動期間每隔 30 分鐘關閉 15 分鐘，每天最長 6 小時。 ◆ 每台設備每年最高可獲得折扣 \$90。</td> <td>◆ 30%循環：空調壓縮機在活動期間每隔 30 分鐘關閉 9 分鐘，每天最長 6 小時。 ◆ 每台設備每年最高可獲得折扣 \$20。</td> </tr> </tbody> </table>	住宅用戶			項目	最省錢（100%循環）	最舒適（50%循環）		空調壓縮機在活動期間 100% 關掉，每天最長 6 小時。	空調壓縮機在活動期間每隔 30 分鐘關閉 15 分鐘，每天最長 6 小時。	標準型 Standard Options	◆ 每噸每天折扣\$0.36。 ◆ 每年最高可獲得折扣\$200。	◆ 每噸每天折扣\$0.18。 ◆ 每年最高可獲得折扣\$100。	豁免型 Override Options <small>（每年高達 5 次豁免參加能源活動）</small>	◆ 每噸每天折扣\$0.18。 ◆ 每年最高可獲得折扣\$100。	◆ 每噸每天折扣\$0.09。 ◆ 每年最高可獲得折扣\$50。	非住宅用戶			「節省最多」型	「最超值」型	「最大舒適度」型	◆ 100% 循環：空調壓縮機在活動期間 100% 關掉，每天最長 6 小時。 ◆ 每台設備每年最高可獲得折扣 \$250。	◆ 50%循環：空調壓縮機在活動期間每隔 30 分鐘關閉 15 分鐘，每天最長 6 小時。 ◆ 每台設備每年最高可獲得折扣 \$90。	◆ 30%循環：空調壓縮機在活動期間每隔 30 分鐘關閉 9 分鐘，每天最長 6 小時。 ◆ 每台設備每年最高可獲得折扣 \$20。
住宅用戶																									
項目	最省錢（100%循環）	最舒適（50%循環）																							
	空調壓縮機在活動期間 100% 關掉，每天最長 6 小時。	空調壓縮機在活動期間每隔 30 分鐘關閉 15 分鐘，每天最長 6 小時。																							
標準型 Standard Options	◆ 每噸每天折扣\$0.36。 ◆ 每年最高可獲得折扣\$200。	◆ 每噸每天折扣\$0.18。 ◆ 每年最高可獲得折扣\$100。																							
豁免型 Override Options <small>（每年高達 5 次豁免參加能源活動）</small>	◆ 每噸每天折扣\$0.18。 ◆ 每年最高可獲得折扣\$100。	◆ 每噸每天折扣\$0.09。 ◆ 每年最高可獲得折扣\$50。																							
非住宅用戶																									
「節省最多」型	「最超值」型	「最大舒適度」型																							
◆ 100% 循環：空調壓縮機在活動期間 100% 關掉，每天最長 6 小時。 ◆ 每台設備每年最高可獲得折扣 \$250。	◆ 50%循環：空調壓縮機在活動期間每隔 30 分鐘關閉 15 分鐘，每天最長 6 小時。 ◆ 每台設備每年最高可獲得折扣 \$90。	◆ 30%循環：空調壓縮機在活動期間每隔 30 分鐘關閉 9 分鐘，每天最長 6 小時。 ◆ 每台設備每年最高可獲得折扣 \$20。																							
通知方式	在 SCE 網站或以電子郵件、簡訊接收有關通知。																								
退出選擇	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 至少參加一年，不同參與程度的轉換一年僅限一次。 ◆ 退出後 12 個月內不能再參加。 																								
2012 年實施成效	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 304,265 戶參加。 ◆ 抑低負載 657.2MW。 																								

參、心得與建議

一、心得

整體來看，動態電價制度係透過價格訊號以達成有效的負載管理與提升用電效率。動態電價制度即是讓用戶在不同時段不同價格的電價設計中，可依其用電需求選擇適合的用電時段；也因為動態電價的內涵具有反映該時段供電成本的訊號，在尖峰負載的時段具有減緩用電的效果產生；更進一步來看，動態電價也有針對特殊時段（緊急尖峰），透過與用戶的事先約定，以懲罰性（CPP）或是補償性（PTR）的機制發揮抑制用電的效果。故動態電價對於用戶而言，提供了用電時段選擇的服務與功能，對於電業來說，則可達到負載的有效管理，而動態電價制度所發揮的效益，則是因用戶用電行為與習慣改變下，讓整體用電需求降低且尖峰負載獲得有效減緩後，所衍生對用戶、對電業、對整體社會的效益。在智慧電表的功能下結合不同的軟體或硬體協助（如雙向通訊、用電管理的技術等），將可讓動態電價所衍生的效益產生加乘的效果。

表 8、PG&E 及 SCE 實施動態電價比較表

用戶類別	PG&E	SCE
住宅用戶	自由選用 TOU/CPP	自動加入 PTR 自由選用 TOU/CPP
小型工商用戶	一律適用 TOU 2014 年 11 月起一律適用 CPP	2014 年 1 月起一律適用 TOU 自由選用 CPP/RTP
中型工商用戶	一律適用 TOU 2014 年 11 月起一律適用 CPP	2014 年 1 月起一律適用 TOU 自由選用 CPP/RTP
大型工商用戶	一律適用 TOU/CPP	一律適用 TOU/CPP 自由選用 RTP
中小型農業用戶	一律適用 TOU 自由選用 CPP	2014 年 2 月起一律適用 TOU 自由選用 CPP/RTP
大型農業用戶	一律適用 TOU/CPP	一律適用 TOU/CPP 自由選用 RTP

The rapidly evolving technologies market offers range of in-home technologies & home area networks (HANs)



圖 16、快速發展的技術市場提供了家用設備和家庭自動化網路

Smart meter platform and home area network technologies will take DR to new levels

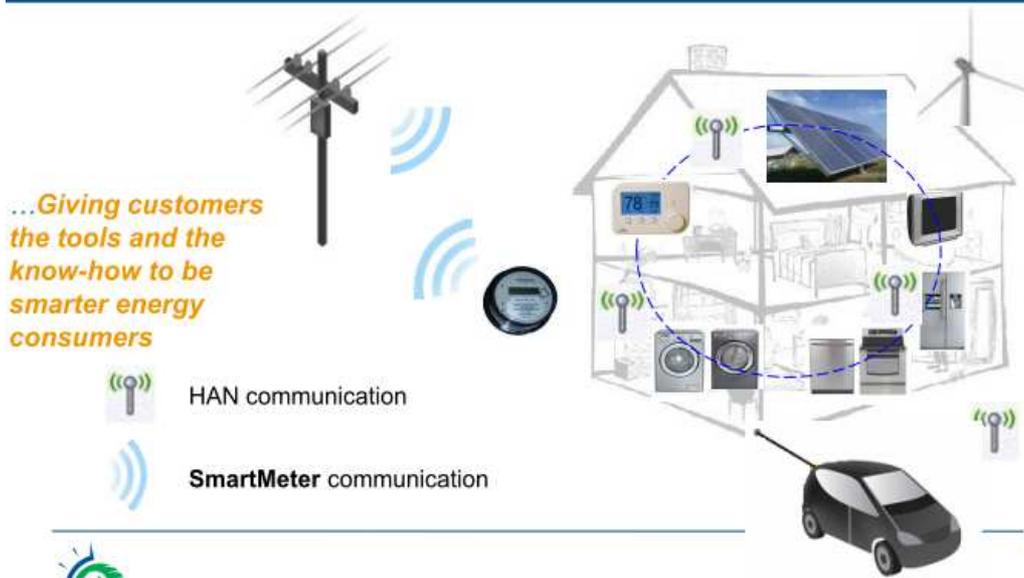


圖 17、智慧電表與家庭自動化網路技術結合帶動需量反應新的發展

依據美國加州電業發展 AMI 結合動態訂價策略之經驗顯示：

- (一) 加州的政策發展已經清楚確認，使消費者參與到能源供應鏈中，將有益於智慧電網的發展，因為目前智慧電網的發展腳步，都是以能源效率及需量反應之效益為優先考量，加州智慧電表以提供消費者資訊與工具的方式，使消費者在電力市場中扮演積極主動的角色，達到賦予消費者權力並開放市場的功能。消費者有機會獲得電力訂價與使用的資訊，得以更好的管理電力消費，並且從不同的費率和方案中挑選出最適合其生活型態與預算的選項。
- (二) 電價訂定之原則，基於成本效益考量，隨著用戶規模的不同，電價結構複雜度也不同。針對大型之工商業用戶制訂較複雜之電價結構（時間電價），住宅用戶則設計相對簡單之電價結構（累進電價）。惟為結合智慧電表數位功能，仍需搭配以時間為基礎的動態電價費率或需量反應方案，以反映不同供電時期之供電成本，才得以相輔相成發揮節能減碳的效果。而在時間電價制度推動方面，本公司早於加州電業於 1995 年起即針對 100 呎以上之高壓用戶一律強制適用時間電價計費。
- (三) 加州政府對於電業提出的 AMI 計畫，必須針對每項功能需求作詳細的投資成本與效益分析，且必須具有效益才會被公用事業委員會（CPUC）核准。而不論是緊急尖峰電價（CPP）或尖峰節電回饋（PTR），係由原適用費率進一步採取尖峰時間用電加價或減少用電減價的方式訂定，其中緊急尖峰電價（CPP）的尖離峰價比至少在 10 倍以上，以有效刺激用戶管理用電的意願，實施天數則不超過 15 日；並以漸近方式將動態電價方案由工商用戶逐步推廣至住宅用戶選用，惟對於住宅用戶並未採取強制實施，此種推廣方式係國際電業普遍採行之作法。
- (四) 為協助用戶節省電費，加州電業在網站上貼心提供節電技巧、評估建議及各行業參與動態電價方案的成功案例分享，以及依用戶別分類的客服人員諮詢服務，回應用戶相關問題以建立參與動態電價方案之信心，同

時也有利於電力系統管理及降低成本。

惟目前加州智慧電表在結合推動動態電價方案仍面臨部分問題，分述如下：

- (一) 美國加州在智慧電表的導入後，目前選用時間電價之住宅用戶仍不到 1%，主要原因是，在用電尖峰時段電價較高，但用戶並無意識到搭配時間電價去改變用電行為，許多用電時機發生在尖峰時段，導致電費暴漲現象。民眾對於電業投資換裝智慧電表，是否有變相收費產生疑慮。因此為消弭用戶疑慮，仍同時實施過往的單一費率模式，讓安裝智慧電表的美意大打折扣。
- (二) 只有相對較小的一部分高用電量住宅用戶可以彈性的移轉足夠的尖峰負載來換取電費節省。由於住宅用戶的需量反應是受到設備使用、氣候和家庭人口、收入等因素影響，將近一半以上的住宅用戶價格彈性非常低（小於-0.1），即半數以上的用戶對於價格變動將僅止於極少的用電量改變。然而，所有的用戶卻必需支付配合此需量反應計畫所產生的 AMI 成本；當 AMI 所產生的成本全數反映至電價時，有 60% 以上每年用電量少於 6,000 度的用戶將不得不移轉超過一半以上的尖峰負載才得以節省電費。
- (三) 動態訂價對於低收入戶或低用量用戶的衝擊需要更周全的考量。由於加州正朝所有用戶預設時間電價及動態電價的方向進行，然而邁向更加動盪和即時訂價的基本電力服務，恐影響尤其是老年人、殘疾人、年幼者、付款陷入困境的用戶，這些用戶是否能夠移轉足夠的用電量以節省整體電費帳單值得商榷。
- (四) 迄今為止的經驗，用戶是極不可能被大量吸引自願參加動態電價方案。非時間電價較時間電價吸引用戶的原因，在於價格波動風險幾乎由電業承擔，而自由選用時間電價的情況下，必須是由具有移轉負載能力，且有可能較非時間電價節省電費的用戶才會選用。如對缺乏用電轉移

效果的小用電用戶強制適用時間電價，勢必遭受強烈反彈。故為擴大大型工商業用戶以外的參與對象，積極推廣和教育活動必須擴大到中小型及住宅用戶，並成功地鎖定對價格有反應的用戶，而不只是那些參加了動態電價措施即可立即節省電費的「搭便車」用戶。用戶必須了解費率和相關規定的條件，能夠直接的比較現行適用電價和動態電價之下的電費金額，並了解他們必須自主性的移轉和削減容量的時機方能擴大用戶參與。

二、建議

未來本公司配合 AMI 佈建採行動態訂價策略之建議：

（一）提供價格誘因及簡明易懂的動態電價方案

由於多數住宅用戶適用的表燈非時間電價，受到政府照顧民生政策的影響而刻意壓低價格，故時間電價較不受一般用戶青睞。目前 AMI 住宅時間電價之實驗方案設計，取消按容量瓦數計收基本電費，將固定成本轉由尖峰時間流動電費負擔，比照目前尖峰時間可變動時間電價的方式，在無基本電費之前提下適度擴大尖、離峰價比，或可提高用戶選用意願。此外，住宅用戶鮮少實際去瞭解如何計算電費，在意的是只要有減少用電、移轉用電便可達到節省電費支出之效果，故電價結構宜朝簡明易懂的方向設計，方有利於價格訊號之傳遞，相較於即時電價（RTP）需隨時進行電價觀測原則上亦單純許多。

（二）電費保護之配套措施

由於對市場運作相關資訊不足，用戶一般抱持觀望態度而不願輕易嘗試新電價方案，為克服用戶心理障礙，參考國外在推動動態電價方案時，會搭配電費保護機制的配套措施，並以參與一年為最低期限，以提高用戶選用意願。目前 AMI 住宅時間電價試行方案亦採取相似之「用戶保護機制」，讓參與試驗計劃的用戶以舊電價開票收取電費，若

時間電價費率下電費較低，差額以禮卷方式發放，用戶完全沒有電費增加的風險。未來倘正式實施新的動態電價方案，此配套機制必須在符合收益中立之原則下推動，避免本公司蒙受損失。

（三）宣導與教育

對於用戶而言，往往認為轉換成時間電價或動態電價後將會使電費支出增加。然而，時間電價制度的設計與規劃，對於部分用戶來說其電費支出是不會有所改變，並且在電價費率設計上導入發電邊際成本的概念，將可引導用戶節約用電的正確觀念。因此，應該以整體多元化的宣傳以及主動式的服務，提供用戶正確的用電觀念以及了解時間電價或動態電價的好處，方可提高用戶參與意願。

（四）電價訊號結合用電資訊

未來 AMI 全面佈建後，其主要效益為用戶端共同參與需量反應措施，故電價方案必須搭配讓用戶可以讀取自己的用電量資訊，即，智慧電表所附帶的節能效益，必須搭配如入口網站、家用顯示器（In-home Display, IHD），甚或住宅能源管理系統（Home Energy Management System, HEMS）使用電設備可依據電價高低時段自動調節，否則盲目地置換智慧電表，僅能讓計費更加精準，消費者無用電資訊可供參考，就無警惕效果，更難達到節省電費的目的。

（五）提供加值服務

有別於以往機械式電表僅能紀錄用電量，透過智慧電表將可提供更多元的加值服務，藉由用電使用行為與習慣的分析，協助用戶選擇最有利的電價方案，並且提供民眾節約用電與降低電費支出的建議。另外對於提高用戶參與動態電價意願最顯著的功能為，當用電度數與電費超過一定預設值的警示功能，此也顯示用戶對於改變用電行為與習慣的排斥性不高，若能獲得電費支出的減少，僅要針對用戶所關切的電費支出下手，即時提供電費支出可能超出過去電費支出的預警服務，

除了可提高用戶參與意願外，更可讓用戶獲得參與新電價方案的確定性，避免因電費支出不確定性造成用戶恐慌而大幅降低用戶選用動態電價方案的可能。

(六) 多元化的動態電價方案

未來應朝向設計不同的動態電價方案給用戶選用（如：CPP、RTP、PTR），理由是，沒有任何一種費率方案適合所有的用戶，電業有義務提供不同動態電價方案的選擇權讓用戶親身參與後，用戶才能找到最適合的用電模式並擴大參與。目前 AMI 住宅時間電價試行計畫亦採取 5 種不同 TOU 搭配 CPP 或 PTR 的方案作為效益評估，建議未來依據試驗結果推動多元化的動態電價方案。

AMI 是達成轉移尖峰負載或減少用電目標的一種手段，並不是目的，亦即 AMI 並非裝置後可立即節省電力，而是透過 AMI 提供之用電資訊，了解個人的用電情形，進而改變用電習慣以節省下不必要的用電，才是真正節能減碳的方式。目前我國在智慧電網或 AMI 建置的宣導方面，多以強調「節能減碳」或「節省電費」，令民眾有「換裝了智慧電表後就可以達到節省用電進而減少電費支出效果」的錯覺。依據美國經驗顯示，AMI 成功與否，很大的決定因素在於群眾教育，透過社會教育正確傳達 AMI 建置的目的與內容，並且透過各種媒體與宣傳教導民眾 AMI 的功能，如何與日常生活用電習慣做結合，甚至於 AMI 與未來智慧家電的連結關係，使民眾對於 AMI 的了解不再僅限於「遙不可及的高科技產品」或「政府政策宣導下的產品」，對於未來我國 AMI 建置的過程及住宅用戶選用時間電價的推動才能有所助益。此外，政府的重大政策也必須讓民眾清楚並深刻體會其展現環境保護與節能減碳的決心，如此方能風行草偃，社會大眾才會身體力行，亦有利於未來 AMI 相關動態電價措施之推動。

三、誌謝

感謝公司各級主管給予本次赴美實習的機會，並承蒙 Quanta 公司在當地的積極安排與聯繫，謹致上最深的謝意。

肆、參考資料

- 一、經濟部能源局 98 年度能源科技研究中心推動計畫－能源產業科技策略研究中心之研究報告(十九)美國先進電表系統(AMI)發展概況報告，國立清華大學，民國 99 年 4 月。
- 二、智慧電網下我國電力負載管理制度之展望，謝智宸，台灣綜合研究院。
- 三、台灣電力股份有限公司研究案－智慧電網（Smart Grid）下住宅時間電價研訂策略之研究，台灣經濟研究院，民國 101 年 8 月。
- 四、Assessment of Demand Response and Advanced Metering , Staff Report of Federal Energy Regulatory Commission, December 2012。
- 五、Pacific Gas and Electric Company , <http://www.pge.com/>。
- 六、Southern California Edison , <http://www.sce.com/>。
- 七、California Public Utilities Commission , <http://www.cpuc.ca.gov/>。
- 八、California Energy Commission , <http://www.energy.ca.gov/>。