

智慧電網下我國電力負載管理制度之展望

謝智宸*

摘要

台電公司為延緩電源開發之壓力，並降低電業供電成本，實施多項負載管理措施，自民國 68 年開始實施時間電價。20 年來由於當前電業經營環境產生大幅度的變化，已對目前實施已久之負載管理措施將造成影響，但也存在改進的契機。

現階段最重要的契機在於智慧電網 (Smart Grid) 的概念開始受到重視，世界各國對建置智慧電網的態度亦變得積極。國際間目前對於智慧電網的佈建尚處於示範推廣與探索階段，對於標準的制訂、測試平台之建構、時間電價及需量反應等制度面的配合等皆為重要的課題。各國推動智慧電網，均以建置智慧型電表基礎建設(Advanced Metering Infrastructure, AMI)為核心，智慧電網為電力系統導入資通訊技術，使電業與用戶能雙向溝通，達到電網的智慧化。我國 98 年全國能源會議彙集各界建議，將『推動「智慧型電表基礎建設(AMI)」，架構未來智慧電網運作平台』列為具體行動方案之一，建構智慧型電表系統(AMI)取代人工抄表作業，並透過全面導入時間電價制度，提供用戶詳細用電資訊，以激勵自發性節能省電，達到降低尖峰負載、提高能源使用效率、提升電業服務品質之目標。

本文參考美國、法國、義大利等國家之智慧電網建置目的、方式與過程，並且分析比較各國配合智慧電網之負載管理策略的研訂方式與配套措施，並參酌我國電業環境，作為展望我國未來負載管理方案前景之依據。

中文關鍵字：智慧電網、電價、需量反應

Key Words：Smart Grid、Electricity Tariff、Demand Response

* 台灣綜合研究院研一所副所長

壹、前言

2009年12月的哥本哈根會議，主要目標為避免氣候變化危機之全球協議，建立對工業化國家具法律約束力之溫室氣體減量協定，及建立資金與技術措施與永續發展之能源政策等。COP15雖然未達成預定目標，但有鑑於溫室效應日益嚴重及環境汙染等相關問題，世界各國早已密切關注如何能更有效率地使用能源，並使能源消耗更具效益，因而智慧電網（Smart Grid）的概念開始受到重視，世界各國對建置智慧電網的態度亦變得積極。智慧電網為整合發電、輸電、配電及用戶端的電力網路，不僅可降低用電量，並且能提升能源使用效率，因此各國均將其納入節能減碳的主要政策中。美國、歐盟、日本、韓國、中國大陸均積極推出建置智慧電網相關政策。

我國98年全國能源會議彙集各界建議，將『推動「智慧型電表基礎建設(Advanced Metering Infrastructure,AMI)」，架構未來智慧電網運作平台』列為具體行動方案之一，建構智慧型電表系統(AMI)取代人工抄表作業，並透過全面導入時間電價制度，提供用戶詳細用電資訊，以激勵自發性節能省電，達到降低尖峰負載、提高能源使用效率、提升電業服務品質之目標，並以此架構作為未來建構智慧型電網(Smart Grid)之基礎。是以建置智慧型電網為我國邁向低碳經濟之節能減碳策略的重要環節，目前台電公司推動的智慧型電表基礎建設(AMI)，包含智慧型電表以及通訊電表資料管理系統等，可以說是我國智慧電網建置之先期建設。國際間目前對於智慧電網的佈建尚處於示範推廣與探索階段，對於標準的制訂、測試平台之建構、時間電價及需量反應等制度面的配合及提供合格人員等，皆為重要的課題。

本研究首先分析我國電力供需現況，以及我國現行實施之電力負載管理措施，再參考國外如美國、法國、義大利等國家之智慧電網建置現況，分析比較各國建置智慧電網之目的，進而審視探討我國因應智慧型電表基礎建設(AMI)所將推動之時間電價等負載管理方案的相關課題；最後提出本文之結論與建議。

貳、台灣地區電力供需現況分析

長久以來由於我國經濟發展的模式使然，我國電力消費大多隨著經濟成長而增加，除非國際環境變遷或國內政經情勢有所改變，否則用電彈性係數應為正相關，此一現象正說明我國電力消費之消長情形。

近十餘年來，台灣地區電力系統裝置容量不斷成長，民國 98 年汽電共生系統裝置容量達 772 萬瓩，約佔 16.1%，而 IPP 裝置容量達 819 萬瓩，佔 17.0%，詳見表 1。

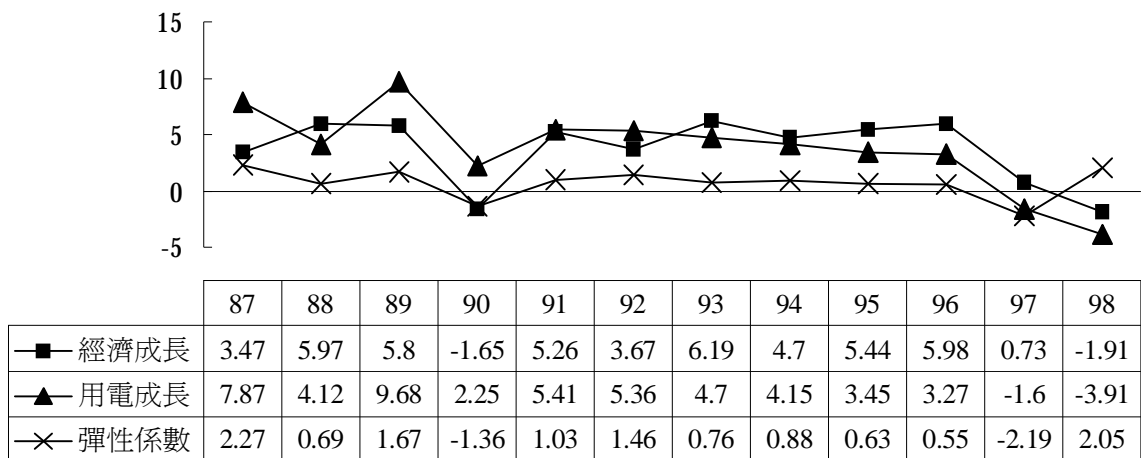
表 1 歷年台灣電力系統裝置容量統計表

年度	台電自有 (MW)	汽電共生		IPP (含託營水力)		尖峰負載(MW)	備用 容量 (%)
		MW	%	MW	%		
79	16,632	936	5.3	250	1.4	14,511	7.4
80	18,132	1,322	6.7	250	1.3	15,321	4.8
81	18,996	1,550	7.5	250	1.2	16,704	6.7
82	19,104	1,753	8.3	250	1.2	17,666	4.2
83	20,733	1,826	8.0	250	1.1	18,610	4.8
84	21,648	2,066	8.6	250	1.0	19,933	4.7
85	23,513	2,356	9.0	250	1.0	21,762	5.6
86	25,485	2,652	9.3	250	0.9	22,237	11.0
87	26,430	2,865	9.7	250	0.8	23,830	7.7
88	27,030	3,614	11.3	1,450	4.5	24,206	12.5
89	27,134	5,138	14.8	2,500	7.2	25,854	12.6
90	27,186	5,435	15.3	2,950	8.3	26,290	13.2
91	27,059	6,171	16.2	4,856	12.8	27,117	16.0
92	27,284	6,749	16.9	6,006	15.0	28,594	14.6
93	27,122	7,129	17.1	7,476	17.9	29,034	20.2
94	28,644	7,015	16.3	7,478	17.3	30,943	16.3
95	29,843	7,709	17.1	7,528	16.7	32,060	16.1
96	30,554	7,780	17.0	7,550	16.5	32,791	16.2
97	31,013	7,733	16.7	7,620	16.4	31,320	21.1
98	32,061	7,719	16.1	8,186	17.0	31,011	28.1

資料來源：98 年台電統計年報，台灣電力公司企劃處；能源統計月報，99 年 8 月。

觀察近十年來台灣地區用電彈性係數之變化情形，經濟成長方面，90 年及 98 年分別出現-1.65%及-1.91%負成長之外，其餘均為正成長；而 87~96 年電力消費均維持正成長，但由於受到 2008 年 9 月開始的金融海嘯影響，全球經濟衰退導致我國 97 及 98 年連續兩年電力消費呈現罕見的負成長；長期而言，數據顯示顯示用電

成長率約等於經濟成長率，如圖 1 所示。然自 91 年以降，雖然整體用電仍然成長，值得注意的是用電成長率卻有下降的趨勢，用電彈性係數呈現下降趨勢。



資料來源：能源統計月報，99 年 8 月。本研究整理繪製

圖 1 民國 87~98 年台灣地區用電彈性係數變化趨勢

另外，有關尖峰負載變化趨勢方面，民國 75 年台灣地區電力系統尖峰負載僅 990 萬瓩，歷經二十年經濟發展與用電量之增加，民國 96 年尖峰負載已達 3,279 萬瓩，成長超過 3 倍，但自 95 年起尖峰負載成長率卻呈連續下降的趨勢，是 20 年來僅見的現象，甚至近兩年（97、98 年）尖峰負載出現了負成長（如圖 2 所示）。

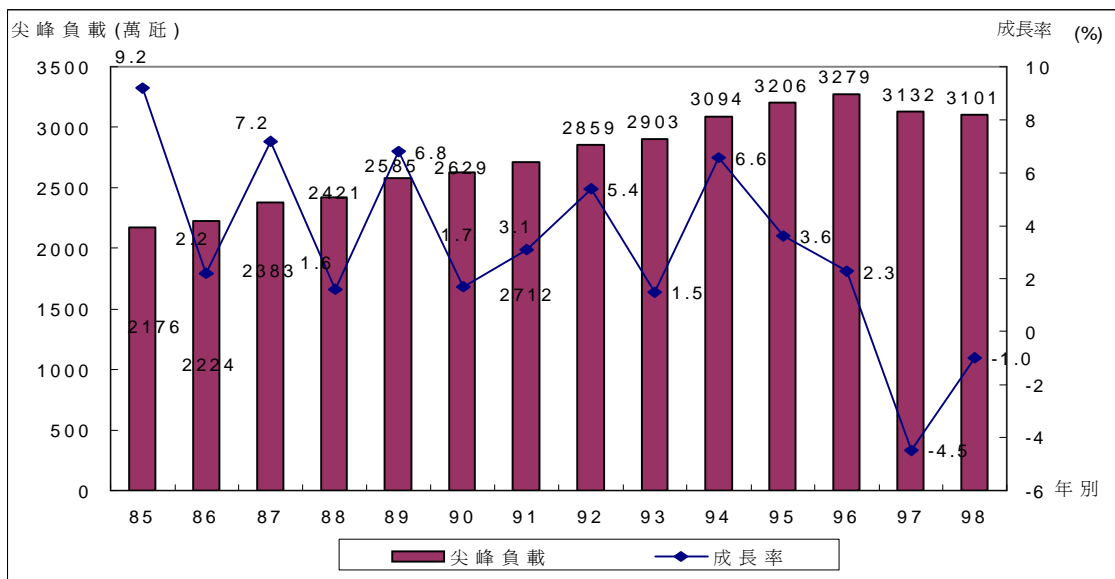


圖 2 民國 82~96 年台灣地區尖峰負載變化趨勢

雖然我國電力尖峰負載由 82 年 17,666MW 至 96 年 32,791MW，但我國之備用容量率從 80 年 4.8% 增加到 98 年 28.1%，其中 82 年曾經降到 4.2%，但由於規劃得宜（檢組檢修排程得宜，及可停電力貢獻等），不曾發生缺電及限電情事發生，系統可靠度也逐年大幅提高（詳見表 3、表 4）。如電源開發計畫如期完成，預計 100、101、102 年之備用容量分別為 27.6%、27.6% 及 27.0%，屆時應不至於發生非緊急型缺電情形，未來發生系統供電不足情況應屬緊急型之需要。

表 3 歷年電力系統可靠度（每戶停電次數）

項目	年度	次/戶年									
		89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
發電系統		-	-	-	-	-	-	0.003	0.007	0.016	0.005
	事故停電	-	-	-	-	-	-	0.003	0.007	0.016	0.005
輸電系統		0.473	0.467	0.362	0.238	0.185	0.120	0.144	0.096	0.090	0.058
	事故停電	0.473	0.467	0.362	0.238	0.185	0.120	0.144	0.096	0.090	0.058
	工作停電	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
配電系統		0.491	0.494	0.414	0.307	0.269	0.250	0.247	0.230	0.248	0.176
	事故停電	0.192	0.215	0.188	0.166	0.154	0.150	0.147	0.135	0.168	0.110
	工作停電	0.299	0.279	0.226	0.141	0.115	0.100	0.100	0.095	0.080	0.066
合 計		0.964	0.961	0.776	0.545	0.454	0.370	0.394	0.333	0.354	0.238

資料來源：98 年台電統計年報

表 4 歷年電力系統可靠度 (每戶停電時間)

分/戶年

項目	年度	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
發電系統		-	-	-	-	-	-	0.380	0.076	0.075	0.630
	事故停電	-	-	-	-	-	-	0.380	0.076	0.075	0.630
輸電系統		5.463	6.202	4.309	2.212	2.741	1.920	1.940	1.296	1.823	1.071
	事故停電	5.451	6.182	4.297	2.198	2.724	1.920	1.937	1.293	1.819	1.065
	工作停電	0.012	0.020	0.013	0.014	0.017	0.000	0.003	0.003	0.004	0.006
配電系統		80.979	78.950	65.086	39.736	30.141	28.270	26.947	22.537	18.912	17.546
	事故停電	7.804	7.750	7.046	4.841	4.519	4.300	5.403	4.265	3.719	3.388
	工作停電	73.175	71.200	58.040	34.895	25.622	23.970	21.544	18.272	15.193	14.158
合 計		86.442	85.152	69.395	41.948	32.882	30.190	29.267	23.909	20.810	19.246

資料來源：98 年台電統計年報

電力系統緊急供電不足之因應，必須從供給面及需求面著手：

- (1) 供給面：為緊急因應電力供應不足之優先選擇，需選擇由可供機組增加發電（水力及熱機運轉之機組可增加發電，冷機之備轉機組開始運轉發電），視反應時間之要求做適當安排。
- (2) 需求面：利用可停電力、需量反應或分區輪流供電等方式加以因應，視反應時間之要求加以配合。

參、需求面管理措施

需求面管理係指透過負載管理措施，推廣廠商設置汽電共生設施及節約用電之策略，以改善用戶的負載型態，提高能源使用效率，縮短系統尖、離峰差距。其主要目的係在均衡電力系統負載、提高發電設施利用率及減少不必要之電能消耗。故需求面管理與供給面之電源開發具同等重要之地位。

台電公司負載預測中『需求面管理』假設，主要考慮因素有負載管理、節約用電及汽電共生等三項。其中『負載管理』措施包含時間電價、用戶減少用電措施、儲冷式中央空調系統、中央空調週期性暫停用電等策略，另外尚有尖峰時間可變動時間電價，自民國 87 年執行以來其參與戶數較少，執行成效並不顯著。

一、時間電價

為促進電力資源有效利用，並反映不同供電時間之成本變動，我國自民國 68 年實施電力用戶時間電價制度，藉由尖離峰差別訂價，提供用戶正確的價格資訊，以促進系統負載均衡與提升電力有效利用，此為負載管理價格策略上重要一環，亦為各國電業所普遍採行的電價制度。

時間電價係在尖峰時間之用電適用較高電價，離峰時間之用電適用較低電價。用戶如能參酌時間電價價格變動趨勢而調整生產製程，或改變用電習慣移轉尖峰用電而充分利用離峰電力，將可大幅減輕電費負擔。相對地，因用戶用電之移轉可紓解系統尖峰負載供電壓力、減緩機組投資壓力及降低停限電機率，故實施時間電價可使用戶與電業互蒙其利。

用戶選用時間電價，對電業而言，除可更合理反映容量成本與能量成本、鼓勵用戶減少或轉移尖峰時間用電至離峰時間使用以抑低電力系統尖載成長外，亦可有效藉由用戶申請之契約容量，作為負載規劃之參考。對用戶而言，則可透過選用時間電價而節省電費負擔。然住宅用戶選用時間電價是否有利，涉及用戶各時段用電負載率、各時段用電度數及契約容量等多項變動因素，其中提高用電負載率與增加離峰用電佔比，均有助於減輕電費負擔，而用戶契約容量之訂定是否妥適亦影響其電費負擔。24 小時營業的便利商店因其用電型態固定，負載率高(即全天各時段之

用電量很平均)，故選用時間電價較有利，而一般住宅用戶倘無法配合改變用電型態，將尖峰用電移轉至離峰時間使用，選用時間電價將徒增電費負擔。

我國自民國 92 年起也開放表燈住宅用戶選用時間電價，但可能因費率制度繁雜（須訂定「契約容量」）、參與誘因不大、手續繁雜（必須改裝「時間電價電表」）以及宣導措施不足等原因，至今參與戶數始終約僅有 1000 戶左右。

二、系統尖峰時間用戶配合減少用電優惠電價措施(以下簡稱「用戶減少用電措施」)

我國自從民國 76 年實施用用戶減少用電措施以來，用戶減少用電措施已成為緊急供電電源的第三種選擇，如 76 年開始實施「用戶計畫性減少用電措施(二)」，契約容量在 5,000 瓩以上之電力用戶，選用三段式時間電價以特高壓供應，並經用戶要求選用者。目前已放寬契約容量在 500 瓩以上之高壓或特高壓用戶，均可選用；78 年實施可停「用戶計畫性減少用電措施(三)」，契約容量在 500 瓩以上（選用三段式尖峰時間可變動時間電價用戶除外）之高壓或特高壓用戶均可選用。另以綜合或電力供應之學校用戶若需申請者，其契約容量不受 500 瓩以上之限制；81 年實施「用戶計畫性減少用電措施(一)」，契約容量在 500 瓩以上之高壓或特高壓電力用戶選用（綜合用戶除外）；82 年實施「用戶計畫性減少用電措施(四)」，契約容量在 500 瓩以上（選用三段式尖峰時間可變動時間電價用戶除外）之高壓或特高壓用戶均可選用。另以綜合或電力供應之學校用戶若需申請者，其契約容量不受 500 瓩以上之限制。上述幾項措施均為事先約定之用戶減少用電措施，對長期規劃而言亟有幫助。

然近幾年來，或預期未來數年內，備轉容量依舊足以因應，故事先約定型用戶減少用電措施的需求就不是那麼急迫。但是緊急型的用戶減少用電措施，包括 79 年實施「用戶臨時性減少用電措施(二)」；80 年實施用「用戶臨時性減少用電措施(一)」及 86 年實施「用戶臨時性減少用電措施(三)」相對應受到重視。然事實上，「用戶臨時性減少用電措施(一)」及「用戶臨時性減少用電措施(二)」，由於與「電源不足時期限限制用電辦法」第五條規定，「電能供應事業發生電源不足，經依約執行用戶臨時性減少用電措施及其他緊急因應措施後，電能仍顯不足時，為確保供電系統安全，得實施限制用戶用電」的實施具密切相關性，為免引起社會恐慌，已多年未實施，顯見應該另訂與「電源不足時期限限制用電辦法」脫鉤的新方案，以應付

未來較可能發生的緊急性需量需求。

上述各項用戶減少用電措施之選用對象、實施期間、抑低用電時間、抑低契約容量、電價優惠及獲得電費優惠之條件有不同的規定。

三、儲冷式空調系統

「儲冷式空調系統」係指冷凍主機在離峰時間運轉製冷並將冷能儲存起來，儲存的冷能在尖峰時間釋放出來，以供應空調系統之所需，系統可移轉尖峰時間用電至離峰時間，充分利用離峰時段較低廉之電力。由於移轉尖峰時間，用戶可以降低經常用電契約容量，電源缺乏時還可以提高空調的可靠使用。設置儲冷空調系統之用戶，其儲冷空調離峰用電之流動電費按離峰電價 75% 計收。

1. 全量儲冷系統

冷凍主機於離峰或非空調時段運轉儲冷，於尖峰或空調時段完全停止運轉，而藉冰水循環泵供應空調負載。此種儲冷法特別適用於空調負載大且使用時間短的建築物，如教堂、展覽館、會議室等。

2. 分量儲冷系統

冷凍主機全日運轉，於離峰或非空調時段儲冷，待尖峰或空調時段由儲冷設備提供空調能力，不足部分則再運轉冷凍主機分擔部分空調負載。終日需空調且空調負載變化不大的建築物，如醫院、旅館及某些不適於全量儲冷的工廠製程等均適用。

四、中央空調週期性暫停用電

可分為中央空調系統及箱型冷氣兩種，中央空調系統每運轉 60 分鐘暫停 15 分鐘(裝設時控開關)，以分組方式(分成五組)達成抑低負載目的，暫停用電期間為 6~8 月，每日 10 至 18 時；箱型冷氣每運轉 22 分鐘暫停 8 分鐘，以達成抑低負載目的，暫停用電期間為 6~8 月，每日 12 至 16 時。

肆、國外智慧電網 (Smart Grid) 發展與新興負載管理 措施之趨勢

近年來，全球氣候變遷議題益受重視，為能更有效率地使用能源，並使能源消耗更具效益的前提，智慧電網的概念開始受到關注，世界各國對建置智慧電網的態度亦變得積極。目前歐、美、日等國皆為節能減碳而積極發展智慧型電網，而整體的智慧型電網包括發電、輸電、配電及用戶端。智慧型電表基礎建設(AMI)主要由智慧型電表(Smart Meter)、通訊系統、電表資訊管理系統 (MDMS, Meter Database Management System) 所組成，除可取代人工抄表外，尚具有支援各種不同電價費率、提供用戶能源使用資訊並引導自發性節能、停復電管理、進行電表設備資產管理等優點。以下為世界主要國家發展智慧電網及智慧型電表基礎建設的近況說明，由於智慧電網功能涵蓋面至廣，各國電業環境不盡相同，以致智慧電網及 AMI 建置的重點亦不盡相同，其歷程與經驗值得我國參考與借鏡。

一、歐盟

為了使整體能源使用朝永續及環保的方向發展，2004 年歐盟讀表指令 (2004 Metering Directive) 要求電表讀表自動化；2006 年節約能源指令 (2006 Energy Services Directive) 進一步要求各成員國應提供足夠頻繁反應用戶實際能源消費量，供用戶調控的能源消耗，但尚未要求裝置智慧讀表系統。加上外界希望藉由智慧型電表提供多種費率之功能，能加速零售電業市場之競爭，藉由智慧型電表改變用戶用電行為，減少電力使用，降低二氧化碳排放。

歐盟主要國家均已宣佈將建置智慧電網，並且規劃於 2020 年前完成 80 % 智慧型電表的安裝，且要求增加 20 % 之再生能源及減少 20 % 的碳排放量(以 1990 年為基準)。表 5 為歐洲主要國家預計於 2020 年前完成之智慧型電表佈建及其安裝規模。

表 5 歐洲主要國家之智慧型電表安裝規劃

國家	預計完成時間	安裝數量
瑞典	2009	5,200,000
義大利	2011	36,000,000
愛爾蘭	2013	2,000,000
挪威	2013	2,600,000
芬蘭	2013	3,100,000
荷蘭	2016	7,900,000
法國	2017	34,000,000
西班牙	2018	26,300,000
英國	2020	29,100,000

資料來源：全球智慧電表市場趨勢分析，工研院 2009。

如前所述，歐盟目前有兩個關於智慧型電表之指導標準：

1. 第一個為 2004 年通過之電表指導標準，其內容規定會員國之電表、瓦斯及水表需可通用。此標準之主要目的是使歐盟電表製造商的產品市場遍布歐盟會員國，並增加電表市場競爭力。
2. 第二個為 2006 年通過之能源服務指導標準，其內容要求會員國發展直接用戶節能計畫，且需明確指出電子式電表之重要性。

在上述情況下，許多歐盟國家開始考慮關於智慧型電表的部署，且結合時間電價方案以達成指導標準之要求。事實上，能源效率已成為歐洲智慧型電表政策中之主要誘因，目前歐盟立法單位亦建議將智慧型電表納入歐洲未來之能源政策中。

此外，歐盟立法機關、管制單位、配電網路經營者、零售供應商及其他相關組織（讀表公司、電表製造商及用戶等）對於智慧型電表的導入有不同的動機，主要基於下列幾項因素：

1. 電力市場自由化及管制架構的進化，促使更競爭的電力市場環境。
2. 資訊與通訊技術的進步。
3. 電價的提高，促使用戶更注意如何減少電費的各種方法。
4. 能源效益與溫室氣體減量之國際政策要求抑制用電量水準。

預估至 2030 年，歐盟電網升級改造計畫將投入約 5 千億歐元，其中智慧電網的比重最大，義大利領先歐盟其他國家，率先汰換舊電表。且早在 1990 年開始，

義大利最大的電力公司 ENEL 即發起電表更換自願方案，將大部分的家庭舊電表以智慧型電表取代，預定在 2011 年 12 月前完成所有的電表更換作業。

另外，瑞典在 2003 年成為歐盟第一個制訂智慧型電表公共政策的國家，並於 2009 年成為第一個全國新智慧型電表佈建完成的國家。德國的新建築物於 2010 年起強制要安裝智慧型電表；英國則規劃於 2020 年前要全面安裝智慧型電表。以下舉義大利、法國及瑞典為例，分別探討其智慧型電表之部署計畫。

二、義大利

義大利為全世界第一個積極投入大規模智慧型電表部署計畫的國家，於 1990 年代時，由 ENEL 電力公司所發起，將約 3 千萬具的傳統電表更換為 AMR 數位電表，並建置一套新的資訊與通訊架構(以電力線載波技術為基礎)，共花費了約 20 億歐元。ENEL 電力公司的主要目標為減少”非技術性之電力損失”(如竊電)，及能夠有效控制契約用電(傳統電表並無此功能)，根據 ENEL 商業計畫結果顯示，此重大投資成本已在 5 年內由該系統之相關的效益回收。義大利管制單位(AEEG)要求全國皆導入智慧型電表，並建立電表基本功能要求及採用先進電表之獎勵措施，以改善供電品質。

義大利 ENEL 配電公司自 1990 年初期即實施自動讀表系統來遠端管理電表。遠端管理系統對工業用戶而言是具成本效益的，為測試此系統對低壓用戶是否同樣具成本效益，ENEL 配電公司安裝了 70,000 個智慧型電表(其中 40,000 個安裝於羅馬)，確認以電力線載波之技術對於低壓用戶之遠端管理是否可行。這項測試證實以傳統式電表加上電子元件之混合式技術不符合成本效益，故 ENEL 配電公司決定中止此系統之部署。

2008 年底，ENEL 配電公司在研究美國一些相關案例及審查讀表系統的總成本後，決定重新評估低壓用戶之遠端管理系統是否具成本效益。一個商業計畫在當時以不同的情況去建立並分析，結果顯示以新的電子式電表應能整合住宅及小型商業用戶之用電資料。得到此結論後，ENEL 配電公司決定向製造廠家購買智慧型電表，並開始低壓用戶之 AMI 系統的部署。

圖 3 為義大利 ENEL AMI 系統之安裝時程表，圖中顯示該系統自 2001 年始部

署 150,000 個新的電子式電表，並且逐年增加其安裝，此外，於 2003 年亦新增遠端管理功能及雙月讀表功能。於 2008 年 12 月時，總電表之安裝數量已達約 3.2 千萬具。



圖 3 ENELAMI 系統之安裝時程表

資料來源：義大利電力公司網站，<http://www.enel.it>

三、法國

為使智慧型電表裝設更順利，法國管制單位(CRE)探討智慧型電表安裝之國際標準，包括研究可用於法國之不同電表部署技術與成本效益分析，及發展商業案例，以應用於法國低壓用戶之遠端讀表。該研究顯示，即使 AMI 的經濟效益對於配電網路運轉公司並不高，但對電力供應及發電成本的減少卻有明顯的改善。在成本效益分析部分，研究結果顯示用戶應該可以從智慧型電表系統的導入，得到直接效益(電力供應商轉換變得更容易，電價隨著供應商間的競爭增加而降低)及間接效益(用戶不必在家，即可進行讀表、變更改用電或復電)。

基於上述研究成果及 2004 年實施大規模的讀表系統先導型計畫之實施成效，CRE 發佈了低壓用戶部署智慧型電表之指導原則。在該原則中，CRE 規定由配電網路運轉公司所負責的任何讀表系統安裝及升級計畫都必須符合電力市場運轉改善目標及必須遵循提高電力供應商的多樣化經營方向。2007 年 6 月，法國參議院

建議全面實施智慧型電表系統的部署，該建議案是由 CRE 所草擬，對法國政府提出的計畫書，此建議案形同命令，可規範日後住宅用戶讀表系統的安裝，以有效管理遠端讀表系統及量測資料。此命令也規定了何時應達成讀表系統安裝目標及建立分擔系統投資成本的分析模式，2007 年 6 月 CRE 並決定轄區內配電公司進行低壓用戶的電表系統設施升級，並在 2016 年前完成 95% 智慧型電表建置。

法國電力市場於 1946 年國營化，成立法國電力公司 Electricité de France (EDF)，法國政府 2005 年能源政策開始開放電網，且要求輸配電系統調度員必須能夠讓售電商使用動態電價，在系統尖峰鼓勵用戶限制他們的消耗量。自 2004 年 7 月起開放非住宅用戶自由購電；2007 年 7 月起，開放發電業及售電業市場自由競爭，住宅用戶亦具有購電選擇權；至於輸配電業仍維持獨占並受政府管制。

由於法國幅員廣闊，此外有 50% 之電表裝置於住宅內，故抄表不易，全年僅抄表兩次，抄表費用支出亦是一種龐大支出；抄表工作係由電力公司與瓦斯公司聯合派人進行用電及用氣度數之抄寫，至於這兩次以外之用電度數，則僅以推估方式計費。

在成本效益與成本回收方面，法國 AMM 成本效益評估，一顆智慧電表壽命週期成本平均約 200 歐元。法國境內全面裝置 AMM 系統，估計總投資成本約 45 億~50 億歐元；經濟效益方面，據初始估計將可節省抄表成本及竊電（非技術性損失，約線路損失的 1/3）損失。CRE 規劃 AMM 投資由配電費率中回收，透過供電商收取配電費用，供電商是否會向零售用戶收取，端視市場競爭情況在雙方的用電契約中訂定。

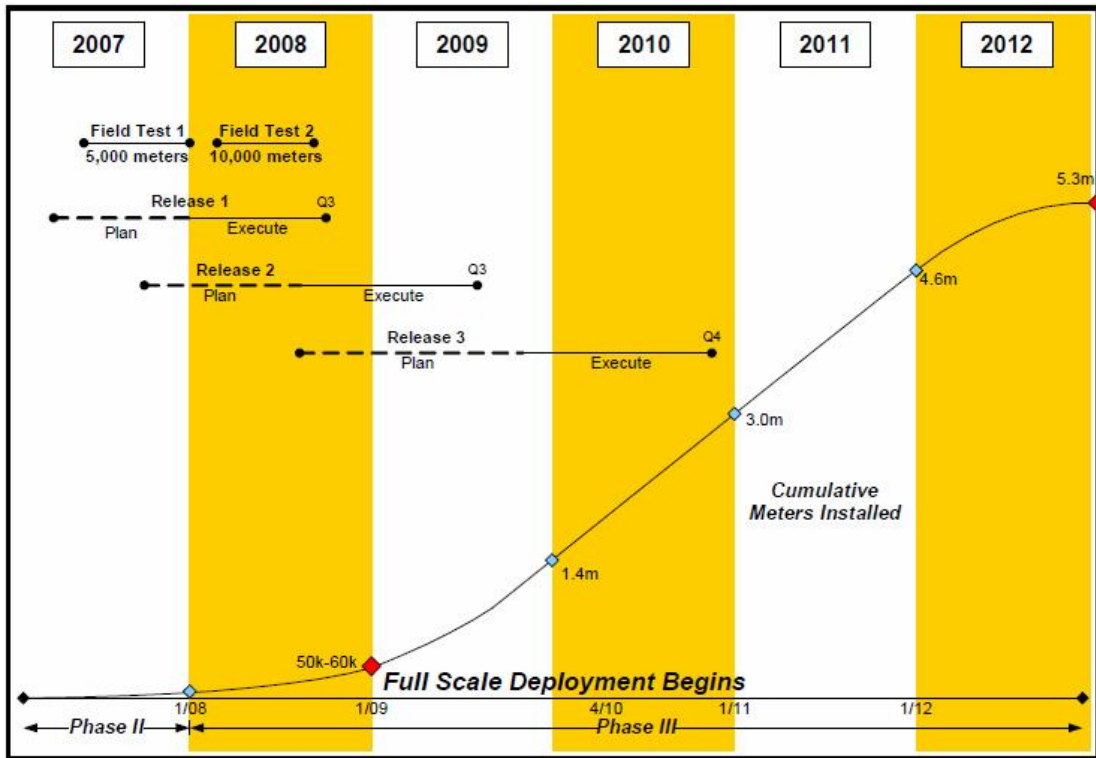
值得注意的是，早期在電表不具遙讀功能的情況下，自 1965 年起法國住宅用戶已經可以自由選用時間電價，法國電力公司 Electricité de France (EDF) 以簡單的尖峰價格訊號技術，顯示電價的顏色日訊號，通知並鼓勵用戶在高發電成本時段減少用電。爾後，1993 年 EDF 設計 Tempo 電價（即尖峰電價(Critical-peak pricing, CPP) 或稱動態電價(Dynamic Pricing, DP)）並開始實施，依 EDF R&D 資料顯示，因有效的價格訊號，1957 年至 1994 年成功地抑低尖峰負載，尖峰負載比（尖峰負載/離峰負載）由 2 降至 1.3。

四、美國

2007 年 2 月北美國公用事業管制委員(Regulatory Utility Commissioners, NARUC)通過了排除擴大建置 AMI 系統障礙的決議案。該決議案確定 AMI 系統支援動態電價及其在用戶效益上的角色，該決議案進一步確認 AMI 系統在事故處理、收入保護、及設備管理等電力公司運轉成本的巨大節約。該決議案亦要求有效率的建置商業案例分析，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、電費結構及稅制的討論與建議。而於 2009 年 4 月，美國總統歐巴馬規劃 4 億美元「國家電力傳輸高速公路 (Nationwide Transmission Superhighway)」計畫，更新 3,000 英里電力線路，並為 4,000 萬戶家庭安裝智慧型電表。

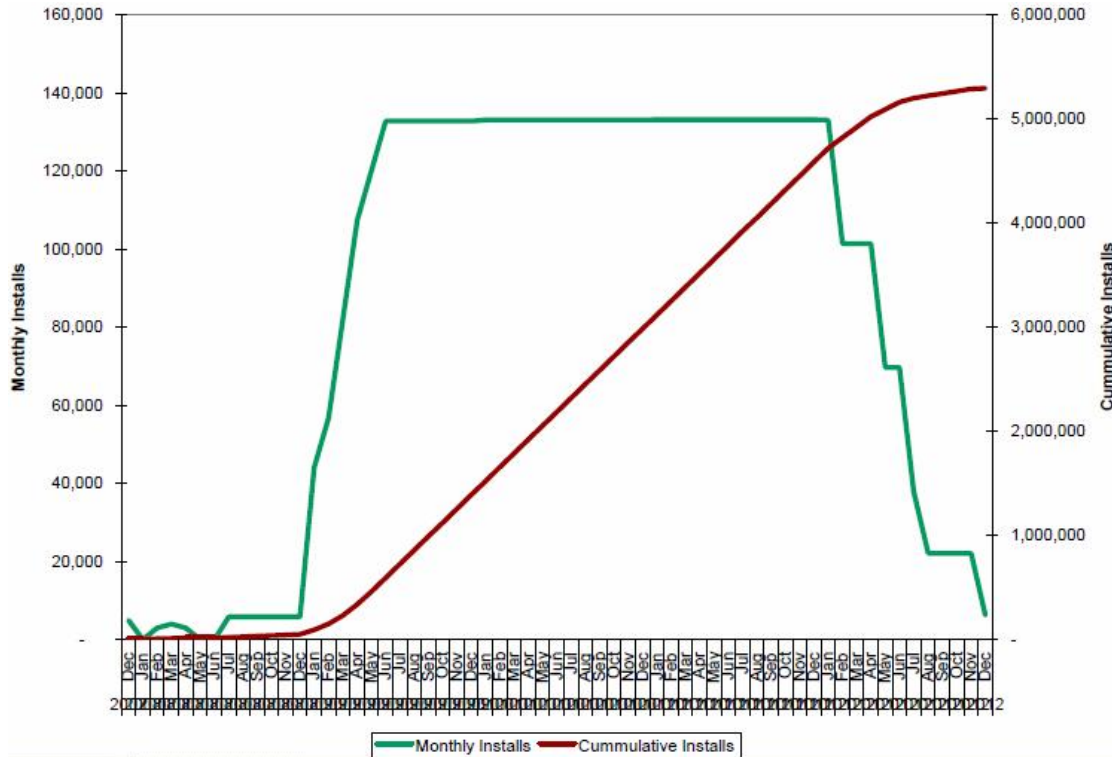
目前北美規模最大之 AMI 部署計畫為美國太平洋瓦斯電力公司(Pacific Gas and Electric Company, PG&E)所執行，目前已部署超過 7 百萬智慧型瓦斯表及電表，其電價費率是透過公眾意見，由政府監管機構監督其過程而訂定之。電價費用包含了提供電力發電、輸電及配電服務等經批准之成本。且其亦將國家認可之獎勵誘因納入考量，以鼓勵能源之使用效率及可再生能源，以及幫助提供低收入之用戶用電之經濟補助計畫。

除此之外，美國南加州愛迪生(Southern California Edison Company, SCE)與聖地牙哥瓦斯及電力公司(San Diego Gas & Electric Company, SDG&E)亦積極投入 AMI 系統之建置計畫。美國南加州愛迪生電力公司(SCE)於 2007 年底始推動更換 5.3 百萬具電表為智慧型電表，圖 4、圖 5 為 SCE 電力公司智慧型電表部署之時程及計畫。而聖地牙哥瓦斯及電力公司(SDG&E)規畫於 2009 年至 2012 年間完成 1.4 百萬具電表及 90 萬具瓦斯表之更換，圖 6 為 SDG&E 之智慧型電表部署區域。表 6 為上述三家加州電力公司之 AMI 建置地區、規模及建置時程之比較。2005 年聯邦能源法修正案通過，允許電業投資 AMI 的初設成本得以分年向用戶每月加收基礎建設電費中回收。



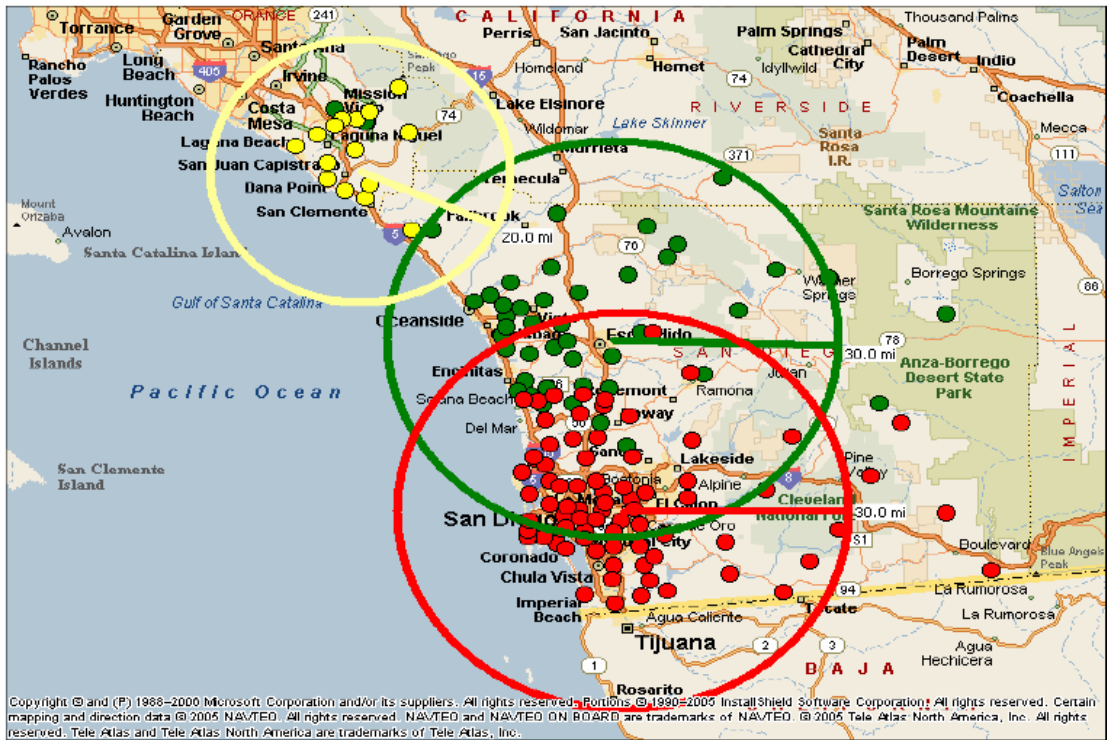
資料來源：<http://www.sce.com/>

圖 4 SCE 電力公司之智慧型電表部署時程



資料來源：<http://www.sce.com/>

圖 5 SCE 電力公司之智慧型電表部署計畫



資料來源：<http://www.sdge.com/index/>

圖 6 SDG&E 智慧型電表部署區域

表 6 加州電力公司之 AMI 系統比較

	PG&E	SCE	SDG&E
建置地區	加州北、中部	南加州	美國南部
規模	5.1 百萬具電表 4.2 百萬具瓦斯表	5.3 百萬具電表	1.4 百萬具電表 90 萬具瓦斯表
建置時程	2006-2012	2008-2011	2009-2012

資料來源：本研究整理。

2008 年全美國有 1 億 4 仟 4 佰 39 萬個各類電表，其中 AMI 占 4.7%，非 AMI 占 95.3%。美國的智慧電網佈建由於是交由各州執行，因此進度不一，賓州、愛達荷州與阿肯色州是較為積極的幾個州，全州 AMI 普及率均達 10% 以上；但若以佈建的 AMI 電表數量而言，賓州、德州、佛州與喬治亞州有較多的佈建 AMI 數量（詳見表 7）。

表 7 2006 年及 2008 年美國各州 AMI 佈建數量及普及率統計

State	2006			2008		
	AMI meters	Total meters	Penetration	AMI meters	Total meters	Penetration
Pennsylvania	18,200	6,053,110	0.3%	1,443,285	6,036,064	23.9%
Idaho	29,062	739,199	3.9%	105,933	769,963	13.8%
Arkansas	75,118	1,494,383	5.0%	168,466	1,488,124	11.3%
North Dakota	29	367,776	0.0%	33,336	375,473	8.9%
South Dakota	7	484,728	0.0%	41,191	475,477	8.7%
Oklahoma	60,273	2,024,592	3.0%	161,795	1,875,325	8.6%
Texas	28,200	10,195,134	0.3%	868,204	10,870,895	8.0%
Florida	8,479	9,679,565	0.1%	765,406	9,591,363	8.0%
Georgia	73,312	4,404,447	1.7%	342,772	4,537,717	7.6%
Missouri	8,986	3,087,821	0.3%	204,498	3,098,055	6.6%
Vermont	1	331,161	0.0%	20,755	375,202	5.5%
Alabama	89,702	2,738,519	3.3%	139,972	2,774,764	5.0%
Kentucky	27,501	2,225,485	1.2%	105,460	2,161,142	4.9%
South Carolina	19,655	2,007,339	1.0%	114,619	2,373,047	4.8%
Kansas	18,913	1,430,953	1.3%	61,423	1,426,832	4.3%
Wisconsin	19,882	2,983,075	0.7%	117,577	3,039,830	3.9%
Wyoming	0	272,033	0.0%	12,268	318,282	3.9%
Arizona	5,521	2,783,083	0.2%	96,727	2,810,224	3.4%
North Carolina	29,411	4,681,178	0.6%	143,093	4,771,479	3.0%
Iowa	110	1,591,985	0.0%	46,407	1,714,774	2.7%
Washington	477	3,061,233	0.0%	69,377	2,987,355	2.3%
New Mexico	1	875,393	0.0%	20,776	904,861	2.3%
Oregon	2,960	1,821,710	0.2%	39,797	1,890,423	2.1%
Louisiana	44	1,037,355	0.0%	44,103	2,186,249	2.0%
Indiana	13,137	3,217,359	0.4%	61,551	3,115,205	2.0%
Illinois	43,043	5,510,470	0.8%	112,410	5,701,533	2.0%
Tennessee	426	3,165,211	0.0%	60,385	3,160,551	1.9%
Colorado	39,274	2,263,873	1.7%	39,873	2,246,184	1.8%
Montana	162	529,135	0.0%	8,979	549,136	1.6%
Hawaii	45	465,314	0.0%	6,550	405,228	1.6%
Minnesota	11,780	2,537,414	0.5%	37,071	2,542,113	1.5%
Michigan	31,254	4,877,345	0.6%	73,948	5,311,570	1.4%
California	40,153	14,253,873	0.3%	170,896	14,595,958	1.2%
Nebraska	1,520	937,148	0.2%	8,630	970,774	0.9%
Nevada	17	1,193,873	0.0%	10,835	1,292,331	0.8%
Ohio	1,958	6,307,050	0.0%	28,042	5,544,353	0.5%
Connecticut	3,862	1,580,365	0.2%	5,838	1,600,768	0.4%
New Jersey	25,222	3,884,140	0.6%	9,866	3,900,716	0.3%
District of Columbia	0	809,412	0.0%	1,348	809,412	0.2%
New York	3,071	7,906,309	0.0%	12,778	7,811,335	0.2%
Virginia	5,016	3,412,011	0.1%	6,448	3,965,584	0.2%
Massachusetts	6,940	3,244,778	0.2%	3,907	3,077,679	0.1%
Maine	716	773,164	0.1%	426	780,748	0.1%
New Hampshire	306	759,514	0.0%	260	763,683	0.0%
Rhode Island	398	480,275	0.1%	148	480,135	0.0%
Alaska	6	305,949	0.0%	18	315,419	0.0%
Utah	1	1,036,605	0.0%	37	1,056,718	0.0%
West Virginia	17	1,234,035	0.0%	10	1,183,513	0.0%
Maryland	130	1,972,886	0.0%	8	1,938,948	0.0%
Mississippi	82	1,015,493	0.0%	3	1,454,275	0.0%
Delaware	16	421,331	0.0%	0	438,020	0.0%
Virgin Islands	0	53,628	0.0%	0	53,628	0.0%

資料來源：2006 FERC Survey and 2008 FERC Survey

五、日本

日本和歐美國家在智慧電網發展上差異很大。歐美國家的重點在於企業和基礎設施，日本將努力走向低碳排放社會。主要原因在於日本已經有一個可靠的電力網路，並且正在推動先進的整體控制包括連接不穩定電源，如太陽能電源，進入電網。日本需要高度可靠的傳輸和分配網路，但在用電端也希望借重需量反應，以避免額外的基礎設施投資。智慧電網的投資在日本超過 1,000 億美元，在 90 年代，日本就已經試圖提升發電、輸電和監控網路。隨著時代的不斷發展，日本

發展智慧電網目前的重點是最後一英里和需求面管理及家庭太陽能發電等用戶端支援方案，利用分散式發電或以電能儲存設備之電能釋放。日本的研究人員已經開始著手解決，不穩定的太陽能發電連接到電網的挑戰。

六、新加坡

新加坡面對日益增長的能源消耗，於 2009 年開始建立智慧電網的示範計畫，目的在幫助家庭和企業節約能源和節省電費。新加坡目前的電網設施無法讓消費者洞察即時的電力消耗，一般情況下，用戶只有在收到帳單後才會知道電力的使用狀況，新加坡政府希望智慧電網能改變此一現況，同時電源供應商與電網運營商也可藉此深入了解系統狀況。該計畫由新加坡能源市場管理局(Energy Market Authority, EMA)所主導，包括安裝住宅智慧電表，目標是讓 400 戶參與示範計畫的家庭用戶能夠降低總用電量 2%，並由於電費的價差，轉移 10% 尖峰用電到低價的離峰時段。若未來實施電能販售系統(EVS)，EMA 將減少對電價之干預，由市場機制決定電價。

由於智慧電網是近幾年國際間推動綠色新政最熱門的話題，許多國家在美國歐巴馬政府宣佈振興經濟方案中納入推動智慧電網規劃後，紛紛提出智慧電網構想。然因如前所述，各國電力系統與電業環境不同，推動智慧電網之原因亦不盡相同，各國電網均需因應自身之需求而量身訂作。例如美國由於電網發展已久，為升級老化的輸配電基礎設施，以減少停電所造成的巨額損失，並增加即時監控能力，故提出智慧電網計畫，同時解決因幅員廣大造成抄表成本過高的問題；大陸則因電網普及率較低，加以地域幅員廣闊，為因應電力需求快速成長與穩定需求，智慧電網著重在輸配電設備升級，並配合未來大量綠色分散型電源的引入；南韓則以扶植智慧電網相關產業出口為主要目的，規劃 20 年長期發展計畫，範圍涵蓋電動車、再生能源、儲能設備等產業；義大利與法國推動 AMI 最主要的目的則在於解決長期以來讀表與竊電的問題。

由於智慧電網或智慧型電表基礎建設之投入成本龐大，在規劃時期必須針對國家電力系統與電業環境進行詳細評估，找出關鍵的切入點，根據所欲達成的目標效益與投入的資源，計算其成本效益。另一方面，當前電業相關制度、作法與觀念也必須因應未來新興負載管理制度循序變革。

伍、我國推動智慧型電表基礎建設(AMI)的課題探討

我國 98 年全國能源會議彙集各界建議，將『推動「智慧型電表基礎建設(AMI)」，架構未來智慧電網運作平台』列為具體行動方案之一，建構 AMI 取代人工抄表作業，並透過全面導入時間電價制度，提供用戶詳細用電資訊，以激勵自發性節能省電，達到降低尖峰負載、提高能源使用效率、提升電業服務品質之目標，並以此架構作為未來建構智慧型電網(Smart Grid)之基礎。

經濟部針對智慧電網之基礎設施所研擬之「智慧型電表基礎建設推動方案」已於今(99)年6月23日獲行政院核定實施，正式啟動我國智慧型電表基礎建設(AMI)佈建計畫。依據推動方案規劃，台電公司將於101年完成所有2.3萬戶高壓AMI建置。低壓部分則於101年先完成1萬戶，針對技術與成本效益進行驗證；102年至104年規劃建置100萬戶；105年起再擴大裝設500萬戶。期望能藉由AMI的推動，達成遠端自動讀表、節約用電(透過具節電誘因之時間電價機制，導入需量反應及需求面管理等機制)、加速停電偵測與修復、降低竊電損失、結合家庭自動化網路(Home Area Network, HAN)、建構智慧型電網及帶動國內能源資通訊產業發展的目標。審視上述諸多目標，除了促進能源資通訊產業發展外，「節能減碳」應是我國推動智慧電網及AMI建置最重要的目的，其餘停電偵測與修復、降低竊電損失、遠端自動讀表等皆是附帶效益。

一、時間電價方案的設計

根據上述規劃，建置AMI欲達成節能減碳目的，主要是透過全面導入時間電價、需量反應及其他負載管理措施等，由於AMI可以即時提供用戶詳細用電資訊，以激勵自發性節能省電，進而降低尖峰負載及減少用電、提高能源使用效率。然各項需量反應方案若能在動態價格的環境中實施則更能發揮效益，尤其AMI成本較傳統機械式電表高出甚多，若僅維持目前現行固定費率的時間電價及其他負載管理方案，恐有損AMI建置初衷。表7是目前先進國家主要電業以價格為基礎的需量反應方案，可以作為我國未來因應AMI建置後新電價方案設計的參考。

表 7 以價格為基礎的需量反應方案

動態價格方案	方案內容
時間電價 Time-of-Use(TOU)	一天 24 小時內，在不同的用電區間賦予不同的單價。TOU 費率依一天時間的變動如尖峰與非尖峰時間兩段式，有時隨季節變動(季節電價)
即時電價 Real Time Pricing (RTP)	電力的定價方式每小時反應批發市場的電力價格，RTP 的定價通常是在「日前」或「小時前」的用戶。大多適用於工業及商業電力用戶，極少用於住宅用戶
關鍵尖峰電價 Critical Peak Pricing (CPP)	關鍵時刻即系統有緊急或電力公司在批發市場購買電力面臨高價格時。CPP 分為固定時間緊急尖峰電價 CPP-Fixed、可變動時間尖峰電價 CPP-Variable
尖峰時間回饋電價 Peak-time Rebate (PTR)	與 CPP 相反，電力公司對於用戶關鍵時刻用電提供退費機制以鼓勵用戶減少用電。為目前最新的需量反應方案

資料來源：本研究整理

我國現行單一費率電價制度與上述各項時間電價方案比較上各有其優、缺點，分析如表 8 所示。

表 8 各項電價計費方式之優劣比較

電價方案	優勢	缺點
單一費率 Flat Rate	按月依機械電表累進計算，簡易便利	無系統負載平滑作用
時間電價 (TOU)	可轉移尖峰負載作用；可按月依機械電表累進計算，簡易便利	無可避免搭便車者(Free rider)的產生，欠缺公平性
關鍵尖峰電價(CPP)	有效防止過載跳電，邊際效益最大	嚴厲嚇阻作用，不易為用戶接受
即時電價 (RTP)	確實反應成本，有降低尖峰負載作用	實務操作困難，電價不確定性最高，不易為用戶接受。即時電價鮮少針對住宅用戶
尖峰時間回饋電價 (PTR)	完全獎勵機制而不具任何懲罰，最易為用戶接受	缺乏 CBL，難以評估真正尖峰減少用電績效

資料來源：本研究分析整理

無論以上何種時間電價費率的設計，均須思考以下課題：

1. 採用 TOU 可刺激用戶將部份電力移轉至離峰，使電力負載量較穩定且負載曲線較平滑，有助於降低電力公司負載管理的負擔。然雖尖峰時段發電成本很高，民生用電之表燈住宅用戶卻有其基本的用電需求，應基於使用者付費原則，由該時段大量用電之用戶分攤成本。
2. 若 AMI 成本反映至電價使平均電價漲價，則可能發生住宅用戶即使轉移尖離峰負載或減少用電，電費亦可能不會減少。(如圖 7 所示)

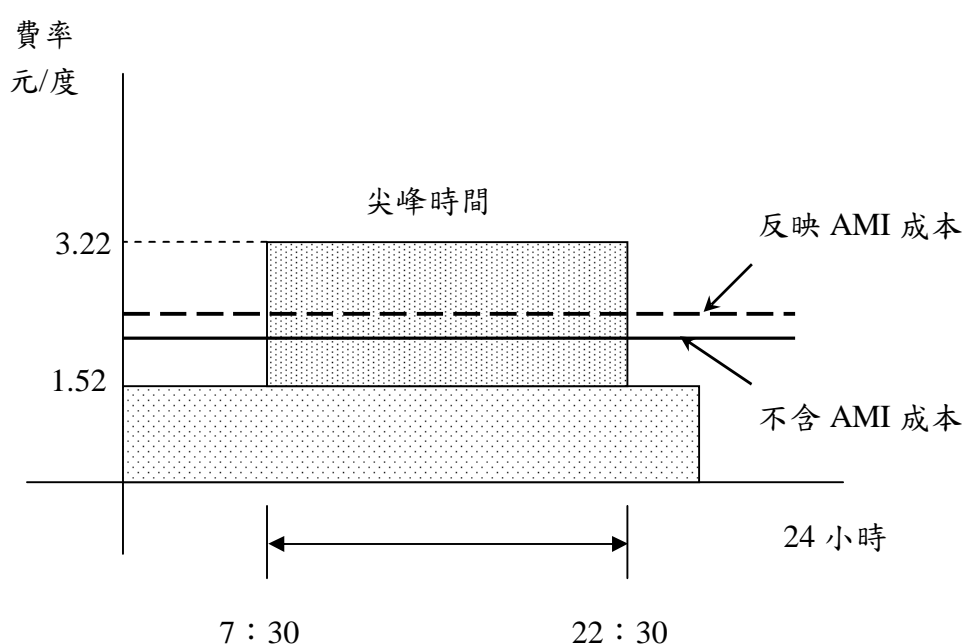


圖 7 AMI 成本反映時間電價示意圖

3. 強制性推動 TOU 較能達到成本分攤效果，但易引發公平性爭議；若由消費者自行選擇，則部分用戶可能缺乏參加 TOU 意願，而電力公司將面臨收入降低的風險。基於上述原因，TOU 時間電價的訂定應先確定未來制度實施的方式，究係 default（預設）或是 option（選擇）。

現行「時間電價」用戶中，表燈用戶所佔比重非常低（如表 9 所示），且參與用戶絕大多數為表燈營業用戶，一般住宅用戶之表燈非營業用戶則寥寥可數，足見現行時間電價對於一般住宅用戶幾乎無參與之誘因，其原因的探究應有助於未來時間電價的訂定的參考。

表 9 民國 97 年台灣地區「時間電價」用戶資料

用戶類型	用戶數 (戶)	佔整體用 戶數比(%)	售電度數 (百萬度)	佔全年售 電度數比 (%)	電費收入 (百萬元)	佔全年電 費收入比 (%)
表 燈	21,055	0.17	1,290	0.69	3,071	0.71
低 壓	29,048	0.24	6,811	3.64	16,482	3.83
高 壓	23,578	0.19	109,380	58.51	221,328	51.46
合 計	73,681	0.60	117,482	62.85	240,881	56.00

資料來源：台電公司，2009 年。

二、民眾教育的重要性

由於 AMI 只是電力用戶達成轉移尖峰負載或減少用電目標的一種手段，而不是目的，亦即 AMI 只是量測工具，並非裝置後即可節省電力，而是透過 AMI 了解自己的用電情形，進而改變習慣，省下不必要的用電，才是真正節能減碳的方式。依據國外先進電業的經驗顯示，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 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 建置的過程及表燈住宅用戶時間電價的推動才能有所助益。

目前我國在智慧電網或 AMI 建置的宣導內容，不外乎強調「節能減碳」或「節省電費」，令民眾有「家裡換裝了智慧電表後，就可以達到節省用電進而減少電費支出的效果」的錯覺。以國外先進國家的建置案例分析，即使在充分認知的情況下，一般住宅用戶初始大約僅有 5~10% 可以達到移轉尖峰或減少用電的效果，而其他多數用戶可能將面臨電費帳單增加的窘境，這將使得民眾對於 AMI 的建置產生認知落差甚至排拒。

三、用戶群代表 (Aggregator) 制度在負載管理中之角色與功能

時間電價機制、需量反應等負載管理機制的導入是達到 AMI 建置目的的重要策略，其成效的達成除了個別用戶主、客觀條件下的配合外，透過諸如用戶群代表 (Aggregator) 或 ESCO 等中介機構，運用能源資通技術協助集成個別用戶的反應達到整體節能或抑低需量績效，應為積極可行的策略。

然值得注意的是，電業開放的程度本應是決定上述中介機構是否值得設立的

關鍵因素，亦即法規面影響市場商機。電業若無競爭型態的零售市場，則 Aggregator 可能無設立的必要，亦即市場上根本沒有 Aggregator 所從事的主要業務之商機，因為售電業並不需要提供價格優惠給集成用戶；電價若受到管制，沒有強烈的價格誘因促使用戶節能或在高電價期間抑低需量，則 ESCO 與 Aggregator 的市場潛能必然受到限制，更何況我國法令目前並未授權電業可與用戶或中介機構簽訂個別化（客製化）契約，在現有的方案價格誘因結構下，很難在中介機構也享有利潤的情況下提高整體用戶的參與率。但若政府相關部門對於未來 AMI 建置後為促進時間電價等需量反應方案成效的達成，特針對 ESCO 或 Aggregator 產業有特別的策略、制度及獎勵措施，則透過 ESCO 與 Aggregator 中介角色的發揮，不啻為有效的行銷通路策略。

（一）Aggregator 定義與其功能

用戶群代表（Aggregator）制度之概念係為一營利或非營利之團體，無論是企業、機構、學校、政府單位甚至是地方自治政府等，願意從事電力經紀或仲介，代表所屬之所有分支單位、公司或一群用戶與電力供應商協商議定電價。

我國目前電業環境仍處電價管制階段，亦即並無電力躉售市場，無法真實反應電力系統邊際成本，亦因此而無建立電力零售市場的必要。目前我國電力零售價格的訂定僅依據台電電力系統的發、輸、配電成本、各類購電成本所計算的「均化」零售價格，且必須經過一定的法定程序核准訂定（經濟部「電力及天然氣價格諮詢會」）。依據現行電業法相關規定，目前僅有台電公司擁有售電權，亦即目前我國電力零售市場尚屬獨佔型態，電力用戶或 Aggregator 僅可為「價格接受者」，而無協商議價的籌碼。如前所述，用戶轉移尖峰用電或減少用電最大的誘因即為價格，如果不存在價格誘因將使制度的成效受到限制。

（二）Aggregator 與電力負載管理

Aggregator 與其集成之電力用戶群簽約，以 Aggregator 名義共同參與未來推行之各類時間電價方案及需量反應措施，績效之計算亦以整體用戶群之總抑低績效為母體。Aggregator 必須與台電公司簽訂相關合約，方案合約之權利義務關係人僅止於 Aggregator 與台電公司雙方；至於電力用戶群的績效認定與計算方式、致能軟硬體設備之建置與維護費用，則由 Aggregator 與用戶群協議分攤原則與方式。

由於台電公司現行的作法是與具有單一電號的契約容量用戶簽訂各類抑低用電方案合約，績效之認定亦以此一契約容量用戶的記錄型電表所抄得之負載記錄為依據，未來裝設 AMI 後即可立即計算其績效。由於以 Aggregator 名義與台電公司簽訂之抑低用電方案合約，其績效之計算是以整體用戶群之總抑低成效為母體，因之 Aggregator 必須設置所有參與用戶群的集成電表（亦可藉此加裝需量控制器，增加 Aggregator 對於其用戶群的需量控制能力，確保績效的達成），作為與台電公司確認抑低績效的依據；另一可能的作法，即仍因循目前方式，Aggregator 不加裝參與用戶群的集成電表，而由台電公司單獨與各獨立用戶確認績效後，加總作為 Aggregator 的整體績效，然此一作法亦將導致 Aggregator 無法整合參與用戶的整體資源以作為整體需量的最佳控制，恐有損社會大眾對於此類能源服務業者對於增進整體電力資源較適配置功能的質疑。

四、不確定性的風險

直到目前為止，美國能源部（DOE）尚且在以下議題方面，仍在尋求各方的共識：智慧電網的法律定義；裝設智慧電表後，民眾可以獲得的利益以及可能面臨的挑戰問題；各級政府與政策制訂者可以提供的經驗與資源；智慧電網在廣義經濟層面上的利益與挑戰。DOE 同時認知即使可以評估目前階段正進行與應用之智慧電網建設的效益，但在智慧電網尚未全面佈建完成及其技術與應用發展前景仍具有不確定性的情況下，也很難具體量化智慧電網的未來效益。

智慧型電網屬前瞻性的設計，其相關自動化設備通訊協定世界標準仍在研定中，系統及設備開放性（open standards）及互通性（interoperability）仍不足，相關技術皆掌控在部分廠商手中，設備無法標準化及普及化將導致智慧型電網的建置成本相當龐大，而後續的運維成本也相當可觀；故各國電力公司為確保其投資效益，部分由國家補助或同意於電費中回收，建置過程多採系統規劃、可行性分析、小區域試辦、中規模佈建、大規模佈建等漸近方式進行，其中系統測試評估多以小區域來進行，待技術成熟後再進行較大規模佈建。而由於 AMI 相關設備研發金額龐大，相關廠商必須達到經濟規模量產後才能有效分攤並降低成本，我國在推動智慧型電網建設的同時，也附有帶動國內能源資通訊產業發展的目標，我國廠商未來主要產品市場絕非僅國內市場而已，必將類同於現在國內 IT 產業般放眼世界市場，所以國內 AMI 相關設備廠商也將面臨國際標準不確定的風險。

陸、結論與建議

氣候變暖及能源短缺是迄今人類所遇到的最大範圍的公共危機，朝低碳、綠色經濟轉型已經成為世界經濟發展的趨勢，節能減碳、綠色能源、永續發展等課題逐漸成為各國關注的焦點。以再生能源替代石化能源，以資通科技改造現有的能源利用體系，大幅提高電網體系的能源效率，是人類解決這些問題的重要手段之一。然而，傳統的電網顯然難以滿足這些發展要求，智慧電網由此應蘊而生，各國電業普遍希望利用資通科技，將能源開發、轉換、傳輸、存儲、配送等環節，與終端用戶的各種用電設備連接，透過智慧化控制，達到電能供應精確、及時、互補和供需對應的目的。

我國發展智慧電網及建置 AMI 已列為政府重要施政建設，攸關未來國家整體節能減碳成效，再生能源電力大量引入電網、供給端減少線損、需求端節約電能，甚至電動車輛的大量使用等均皆與智慧電網息息相關。由於智慧電網建設具多層面、多功能、建設時程長、耗費甚鉅的特性，我國規劃推動相關建設與措施，尤須參考先進國家經驗，並確切檢討我國電業環境的現況與規劃未來發展的方向，合理制訂我國智慧電網短、中、長期發展目標循序漸進。

至於政府已正式推動「智慧型電表基礎建設推動方案」，除了本文前述幾項課題外，本研究另對於推動方案的執行提出建議如下：

一、執行成效評估

我國「智慧型電表基礎建設推動方案」對於低壓 AMI 有四階段的佈建時程，除了分階段對時間電價、需量反應的執行成效進行評估外，應該考量本文前述標準與技術的不確定性，而以客觀漸近方式進行。此外，對於低壓用戶而言，家庭自動化網路（Home Area Network, HAN）結合智慧家電、電腦、電視、家庭育樂設備及其他相關家用數位器材，以進行整體能源管理，是反映時間電價及其他各類需量反應方案的重要工具，在 HAN 標準及技術尚未成熟、器材尚未普及使用的情況下，如何有效評估低壓用戶裝設智慧電表後配合時間電價實施的成效，是未來必須面臨的挑戰。

二、積極從事民眾節能宣導與教育

或許國情與用戶背景之互異，美國某些案例分析顯示，部分地區民眾對於智慧型電網節能效果的關心尤甚於時間電價(TOU)的優惠，亦即對於部分民眾而言，金錢的誘因似乎未若盡一份社會責任如和緩地球暖化的情形及減少電廠興建，更具說服力。然而這些都是長期宣導與教育的結果，而這些宣導與教育工作又不全然由政府主導，反而有很多是由 NGO 的社會團體或媒體的付出。我國近來有民間團體從事大規模的環境與能源教育宣導，即「正負 2 度 C」，未來政府與民間必須更緊密地攜手合作，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 相關時間電價措施推動。

參考文獻

1. 台電公司(2010)，台電統計年報。
2. 台電公司(2010)，台電需求面管理，台電公司業務處簡報資料。
3. 台灣電力公司(2009)，本公司建置先進讀表基礎建設(AMI)可行性效益分析研究(期中報告)。
4. 吳再益、謝智宸等(2008)，可停電力電價改善方案之研究，台電公司委辦計畫。
5. 林素貞(2009)，先進電表基礎建設之發展與成本效益評估之研究，行政院及所屬各機關出國報告，台灣電力公司綜合研究所。
6. 彭光中(2009)，台灣低壓智慧電錶全面佈建之多情境分析，太陽光電與綠色能源智庫。
7. 張蕎韻(2009)，全球智慧電表市場趨勢分析，工業技術研究院。
8. 詹文宏(2009)，法國先進電表系統規劃研習報告，行政院及所屬各機關出國報告，經濟部能源局。
9. 經濟部能源局，能源統計月報，99 年 8 月。
10. “Assessment of Demand Response and Advanced Metering”,FERC DOE, 2006.
11. “Assessment of Demand Response and Advanced Metering”,FERC DOE, 2007.
12. “Assessment of Demand Response and Advanced Metering”,FERC DOE, 2008.
13. <http://www.enel.it>

14. <http://www.pge.com/>
15. <http://www.sce.com/>
16. <http://www.sdge.com/index/>
17. <http://www.ema.gov.sg/>
18. "Demand Response in Wholesale Electricity Markets", Rana Mukerji, Harvard Electricity Policy Group, March 15-16, 2007
19. "DEVELOPING A UTILITY/CUSTOMER PARTNERSHIP TO IMPROVE POWER QUALITY AND PERFORMANCE", Electricity Today, January 2007.
20. EIA. (2007), Energy-Efficiency Funds and Demand Response Programs.
21. California's Advanced Metering Infrastructure Initiatives, Energy Division, The Keystone Center for Science & Public Policy, January 22, 2008 °
22. Henry Yoshimura, manager of Demand Response, ISO New England, "Response to Questions for Panelists", Technical Conference on Demand Response in Wholesale Markets(AD07-11), April 23, 2007, FERC.
23. Singapore International Energy Week, 2009. 摘自 :
24. http://singapore.iew.com.sg/gsi/sites/singapore.iew.com.sg/files/IES%20Press%20Release%20_Final_19%20Nov%202009.pdf °
25. <http://criepi.denken.or.jp/>
26. <http://www.tepco.co.jp/>
27. http://www.aimir.com/success/aimir_domestic.html.
28. http://cyber.kepco.co.kr/kepco_new/eng/customer/about_bill/read_bill.jsp °
29. <http://www.globe-net.com/articles/2009/november/8/south-korea-takes-first-steps-toward-the-smart-grid.aspx?sub=15> °
30. <http://www.smartgrid.or.kr> °