

先進讀表基礎建設之建置風險評估

Risk Assessment of Deployment of Advanced Meter Infrastructure

黃佳文* Chia-Wen Huang
林蒼喬** Chang-Chiao Lin
王念中* Nien-Chung Wang
蘇俊連*** Chun-Lien Su
林素真* Su-Chen Lin
沈正杰**** Cheng-Chieh Shen
陳裕清* Yuh-Ching Chen
盧展南***** Chan-Nan Lu

*台電公司綜合研究所負載研究室

**台電公司業務處配電組

***高雄海洋科技大學輪機系

****中國鋼鐵公司

*****中山大學電機系

建置。

摘要

因用戶數量龐大，低壓用戶先進讀表基礎建設(Advanced Meter Infrastructure, AMI)系統之建置，需要大量的投資成本，因此在系統建置前，往往必須進行成本效益分析，以合理化系統的建置投資。然而，分析過程中對許多參數的不同假設，往往造成了不同的分析結果。為增加分析結果的可靠性，重要參數的不確定性應在分析中被考慮，以降低系統建置風險。本文介紹AMI系統在效益及風險分析所考慮的項目，並提出一套AMI系統之建置風險評估模式，並以台灣的電力系統中建置低壓用戶AMI系統為研究對象，對成本效益分析參數變動造成的建置風險評估範例加以說明。

關鍵字：先進讀表基礎建設、成本效益分析、不確定性、風險評估。

Abstract

Due to huge investment costs required, cost-benefit analysis is an important and essential task before the decision of advanced meter infrastructure (AMI) system deployment. Since many parameters are need to be assumed in the analyses, different assumptions could cause variations in analysis results. In order to obtain reliable analysis results, uncertainties of critical parameters should be considered in the cost-benefit analysis for minimizing deployment risks. This paper describes possible benefits and risks of AMI system deployment and proposes a methodology for risk assessments. A practical AMI system planned for deploying in the Taiwan power system is used in this study. Results of risk analyses that consider possible variations in parameter assumptions in the cost-benefit analysis are presented and discussed.

Keywords : Advanced metering infrastructure, cost benefit analysis, uncertainty, risk assessment.

I. 緒論

歐美各國政府在過去 10 年中，通過許多能源相關法案[1-2]，訂出降低尖峰負載成長的目標，並要求電業對轄區內所有用戶提供並安裝具時段負載量測功能之智慧型電表，配合其通訊設備，使用戶可以選擇參加時間電價及其他的需量反應計畫。因此為提高服務品質並進行用戶用電管理，許多國外電力公司已陸續發展高壓及低壓用戶先進讀表基礎建設(AMI)系統，並訂出部分或全面建置時程[3-6]。據ABI Research公司在2010年1月的報告[7]，歐洲及美洲正以很快的速度建置智慧電表，而全世界所完成之智慧電表建置數量，將由2009年的7千6百萬具達到2014年的2億1千2百萬具的水準。台灣推動低壓電力用戶AMI系統的時程及系統規模，目前已初步確定並完成小規模的實際

AMI 利用先進資通技術，以智慧型數位電表取代傳統機械式電表，經由通訊網路與電力公司之控制中心進行雙向溝通，除可執行電表的資料蒐集、驗證外，可提供更多的加值服務運用，其最後目標是希望藉由AMI系統的建置達成用戶服務系統的整合，並建立支援具有彈性及能迅速反應之智慧型電網的整合型用戶資料庫，以提昇電網運轉效率。然而這些先進系統的投資，需有強健之系統成本效益分析為基礎。加強自動化系統及智慧型電網在能源系統運轉、規劃及設計上的效益開發，將有助電力公司對先進系統建置的意願，進而達到協助資通訊產業的發展、節能減碳及扶植能源產業的整體目標。

成本效益分析的結果對於評估AMI系統建置專案之可行性的準確度，完全取決於評估專案時，所考慮的效益與成本內容。不同系統或國家在評估相同的專案時，可能因法規的限制、環境的差異、地區性的用電特性、社會背景、文化、用電習慣等的差異，造成在分析專案的成本效益時，會選擇不同的效益項目，或在相同的項目給予不同的影響數值或權重，而導致成本效益分析結果的差異。因此針對各項重要影響因子的不確定性，必須加以辨識並評估，並納入各項分析中加以考慮，透過完整的風險評估流程，協助建置AMI系統的規劃與策略，以降低系統建置專案失敗的風險。

本文以台灣的電力系統中建置AMI系統為研究對象，考量台電公司配電系統實際運轉經驗，以電力公司可能獲致的效益出發，說明AMI系統在效益及風險分析所考慮的項目，並對不同參數變動之低壓用戶AMI系統的成本效益分析範例加以說明。

II. AMI系統建置之可能效益

2.1 用戶服務效益

AMI系統可為用戶帶來許多好處。一般而言，以智慧型電表取代機械電表，可為用戶帶來更多的用電信息，協助用戶能夠做出更好的用電決定(如選擇對他們最有利的電力供應商或選擇何時開啟/斷開掉某些家電設備)。然而，欲有效地獲得這些潛在的利益，則必須導入適當的配套措施(如時間電價之電費)和適當的技術(如設備控制器)。AMI系統對用戶可能的效益通常可包含協助用戶節能、更準確的電表讀值及電費資料、更

好的服務品質、更多樣性及彈性化的電價、改善供應商與用戶之間的溝通、促進電力供應商之間的競爭、提供用電自主管理功能、提供分散式發電管理能力、及提供新增額外設備的機會以促成家庭自動化等。

2.2 公用電力事業效益

對歐美自由化及專業分工的公用電力事業而言,AMI 的效益可分為對電力供應服務商、配電網路運轉者及抄表公司等三個面向。對電力供應服務商可能的效益有可客製化用電契約、銷售相關電能管理服務、縮短電費計算時間、減少電費帳單的抱怨、減少電費的積欠、提供更好的投資管理等;對配電網路運轉者可能的效益包括故障位置定位、更快的復電時間、改善供電服務品質、減少不必要的電力損失和竊電、網路電壓和相位的監測、更好的網路資產管理和高效率的基礎設施;對抄表公司可能的效益則有增加讀表效率、遠端遙控復電/斷電/維護。

2.3 社會大眾效益

智慧型電表(取決於設備類型)提供用戶更清楚且多樣性的用電資料,是一種可透過鼓勵用戶改變用電行為來增加能源效率的技術,因此可降低溫室氣體排放。然而,安裝智慧型電表要能夠有節能的效果,往往必須配合需量反應計畫的實施,讓用戶直接或由電力供應商間接或透過第三方執行相關的節能措施。此外,為克服再生能源發電量的不確定性及提高再生能源使用率,不同的能源儲存技術及餘裕容量(redundant capacity)技術已被使用。然而,儲存設備的裝設往往須考慮再生能源裝置環境,且設備成本昂貴。另一方面,由於負載處於尖峰用電的時間並不長,對電廠而言,餘裕容量的設置投資通常不具經濟效益。此時,配合 AMI 系統之需量反應或許是另一種用來提高再生能源可允許匯入量的有效解決方式。透過智慧型電表及適當的需量反應計畫設計,電力系統調度將更具彈性,可有效提高再生能源的可允許匯入量及分散式電源的發展。

智慧型電表對於系統調度提供的效益必須透過一些新技術、新能源服務和獎勵措施,如資料顯示、負載匯集、時間電價和不同形式的負載控制,來限制在尖峰時段和緊急情況下之需量。當尖峰用電已存在可能的風險時,透過用戶用電行為的改變,將尖峰用電延後數小時或數天,可有效降低尖峰用電量,增加系統運轉安全,同時也減少了尖峰備轉容量的大小及所需成本。另外,AMI 系統提供了大量有用的用戶用電資料,這些資料可以讓用戶改變用電行為,電力供應商因此可以提供新的服務,網路運轉者得以改善網路及系統運轉效率。此外,智慧型電表可允許用戶參與能源市場,能源效率可進一步提升,有助於減少電價波動及改善電力供應安全。除上述可能的效益外,對於所有市場參與者及管制單位而言,提高透明度也是一個重要的效益,這將允許他們可以更有效地監視能源市場,導入更有效的獎勵措施。

III. AMI系統之建置風險

AMI 系統為全新的運轉與商業模式,因影響該系統的因子非常多,且部分與在地化的特性有直接關係風險評估可辨識各項重要影響因子的不確定性,並於分

析中加以評估,可協助建置 AMI 系統的規劃與策略。以下介紹 AMI 系統商業案例分析中可能存在的風險項目及特徵,包括發生機率(高/中/低)、影響程度(高/中/低)、改善方式及成本(高/中/低)進行評估。各種風險評估的說明分述如下[8]。

3.1 法規與規劃風險

此風險主要是反應 AMI 系統中與法規、規劃、及組織有關的成本與商業案例分析所假設的成本有很大的差異所衍生出來的風險。該風險的產生主要起因於初始成本的估測誤差及法規的不確定性,發生機率為中等,影響程度為中等。改善方式包括詳細的成本估測,使用多情境成本分析方式來降低風險,選擇與法規較無關的規劃方式,及與法規主管單位進行協商,改善幅度適中,所需成本亦適中。

3.2 電表成本風險

電表成本風險主要起因於商業案例分析中假設的電表成本不正確,可能的原因有電表初始成本估測誤差,電表成本不是以商業觀點來估測,電表廠商提供的成本資訊不足,電表供應鏈的投資不足,電表價格的實際變化與商業案例分析中所假設的狀況不同,及外幣匯率的波動等。這些起因發生機率雖然較低,但影響程度往往很高。改善方式包括詳細的成本估測,使用多情境成本分析方式來降低風險,與廠商建立合約來保證電表價格,對多個電表廠商進行價格諮詢,選擇有安裝實績且信用良好的電表廠商,分階段採購電表,電表供應鏈之投資改善,建立電表供應合約制度,建立適當的匯率避險購售制度。透過這些風險改善方式,因電表成本變動產生的風險可大幅降低,但所需的改善成本也較高。

3.3 通訊成本風險

通訊成本風險主要是由於通訊解決方案的投資成本高於商業案例分析所假設的成本。該風險的產生多數起因於初始成本估測錯誤,商業案例分析假設的通訊成本低於實際成本,通訊方案的使用年限低於商業案例分析假設的年限而必須更換新的通訊設備進而增加通訊成本。一般而言,通訊技術主要風險需考慮下列因素,包括通訊技術風險、通訊基地台涵蓋風險、通訊設備之採購風險。通訊成本風險影響大,降低風險的方式有參考其他電力公司 AMI 系統通訊方案建置成本資料,詳細的成本估測,使用多情境成本分析方式來降低風險,對可能的通訊技術進行詳細的部署前試驗,詳細評估電表廠商並儘可能選用多家廠商以分散通訊技術風險並減少通訊故障之成本影響,在確認哪種通訊解決方案可以滿足其需求前,儘可能對可行的通訊方案進行詳細的評估,透過與廠商之間的合約安排來管理通訊成本風險。透過這些風險改善方式,可用不高的改善成本來適當地降低因通訊成本的不確定性所產生的風險。

3.4 資訊系統成本風險

資訊系統成本風險是由於設計、建造、及部署支援資訊技術基礎建設所需之成本與商業案例分析假設之成本有很大的差異。該風險的產生多數起因於初始成本估測錯誤,系統設計及建造實際成本過高與支援資

訊技術基礎建設之部署時間與預期高出許多，設計、建造、及部署支援資訊技術基礎建設之所需技術不足，未對支援資訊技術基礎建設之運轉維護成本作詳細評估。一般而言，資訊系統成本風險的發生機率不高，影響也不大。改善方式有參考其他電力公司 AMI 系統資訊技術建置成本資料，使用多情境成本分析方式來降低風險，採用固定成本合約，對風險較大的成本項目應用差異化權重成本，採用競爭性的彈性程序找出適合的廠商及產品，參訪其他電力公司部署及規劃相似的資訊技術解決方案，建立開放性資訊技術架構，使用多種技術方法來管理發展風險，增加計畫人力來改善廠商人員及生產力問題，採用固定薪資制將風險考慮在成本中，及早進行相關規劃，採用特定商業合約來轉移風險。這些風險改善方式往往需要較高的成本，但改善幅度卻不是很明顯。

3.5 技術老舊風險

技術老舊風險是由於在商業案例分析中未充分考慮所選用的技術可能過於老舊而需要進一步升級所需之成本。該風險的產生多數起因於採用不成熟的通訊技術及安裝的通訊技術無法支援新的技術標準，即時顯示 (Real-Time-Display) 及家庭區域網路 (Home-Area-Networks) 因技術過於老舊使得成本增加。雖然該風險發生機率不高，但影響卻很大。改善方式有建置特定的通訊技術架構以減少強迫採用新通訊技術的風險，將技術升級成本考慮在商業案例分析中，於商業案例分析中採用多情境通訊成本分析，與通訊廠家建立長期商業合作協議或採用多種通訊解決方案以降低通訊技術老舊風險，與通訊設備廠家建立功能性規格合約以提供未來幾年的技術升級保固。這些風險改善方式所需的成本不是很多，就可以有很不錯的改善幅度。

3.6 安裝成本風險

安裝成本風險主要是由於實際安裝成本與商業案例分析中所假設的成本有很大的差異。該風險的產生多數起因於初始成本估測錯誤，安裝成本較預期高或安裝時間較預期長，部署時間安排過於緊湊以致無法實現預期的安裝率，安裝資源不夠而降低安裝率，安裝人員不夠積極。雖然安裝成本風險發生機率低，但影響卻很大。改善方式有採用多情境成本分析，參考其他電力公司安裝成本資料，使用特定商業合約來轉移風險，建立安裝預定目標合約，建立良好的電表運籌物流規劃及運轉管理制度，詳細地規劃安裝流程並評估可能發生的變數，部署前的資源規劃以確保安裝人力足以應付安裝目標，建立計畫性安裝人力合約來減輕廠商人員及生產力問題，提升電力公司內部既有資源以支援安裝期間內的電表安裝工作，提供政府獎助措施以鼓勵更多的人力投入該工程領域，建立獎勵措施以達成安裝預期目標。這些風險改善方式的改善效果很明顯，但所需的成本也較高。

3.7 安裝環境風險

安裝環境風險主要是由於克服通訊安裝環境挑戰所增加的成本，造成商業案例分析結果有很大的差異。該風險的產生多數起因於部署的通訊解決方案無法涵蓋所有 AMI 電表用戶。雖然該風險發生機率很高，但

影響卻不大。改善方式有與通訊廠商討論出一套最具成本效益的通訊解決方案以涵蓋所有智慧型電表安裝用戶，對風險較高的通訊安裝環境之狀況應用差異化權重成本來減緩通訊安裝環境風險。雖然這些改善方式所需的成本很高，但改善效果也很好。

3.8 部署風險

部署風險定義為未以及時的方式來開始部署 AMI 系統及未在規定的時間完成部署所存在的風險。該風險的產生多數起因於部署開始時間延誤導致日後必須在較短的時間內完成安裝所反應的成本增加，部署開始時間延誤導致日後必須加速安裝時間所反應的成本增加，部署完成時間延後導致日後必須增加安裝結束時間所反應的成本增加。該項風險發生機率及影響程度均不高。改善方式有建立計畫性部署人力合約以改善廠商人員及生產力問題，使用特定商業協議合約將部署風險轉移至電表安裝人員，與部署廠商建立安裝達成率合約以規範廠商於安裝時程延誤時提供額外有經驗的部署人力，建立強健的運籌物流規劃及運轉管理制度以實現預定的安裝率，減少管理、技術、法規規劃程序以加速開始部署速度，善加利用外部資料處理資源以增加安裝率。這些改善方式改善效果不是很明顯，所需成本也不高。

3.9 電表運轉維護成本風險

電表運轉及維護成本風險主要是由於該項成本與商業案例分析所假設的成本差異很大所導致，通常起因於初始估測成本誤差及電表修護成本高於預期。該項風險通常發生機率較低，影響程度不是很大。改善方式有參考其他電力公司電表運轉維護成本資料，使用多情境成本分析方式來降低風險，透過與電表廠商建立合約的方式來管理電表故障率及修護成本，建立人力合約以改善廠商人員及生產力問題。這些改善方式通常會有很好的改善效果，但所需成本也較高。

3.10 通訊運轉維護成本風險

通訊運轉維護成本主要是由於該項成本與商業案例分析所假設的成本差異很大所導致。該風險的產生多數起因於初始估測成本誤差，通訊運轉費用高於預期，選用的通訊方案具有最低用戶安裝密度的限制將增加日後通訊系統運轉費用，採用混合式通訊架構將增加通訊運轉維護成本。該項風險通常發生機率不高，影響程度也不大。改善方式有參考其他電力公司通訊運轉維護成本資料，使用多情境成本分析方式來降低風險，透過新技術的試驗發展一套減少通訊系統運轉及維護成本之方法，與通訊廠商建立合約以管理風險，建置專用的通訊基礎建設以降低通訊運轉維護成本風險，與通訊廠商建立合約以確認適當的技術可以用來降低通訊技術使用門檻及涵蓋所有日後可能因通訊技術更換所衍生的成本增加，發展及選用一套與安裝用戶密度無關的通訊技術，發展及選用一套無整合問題的通訊技術，與通訊廠商建立合約以確認資料傳輸的責任問題，建立合約關係以管理所有技術性元件及提供用戶技術性服務。這些改善方式通常會有很好的改善效果，但所需成本也較高。

3.11 用戶參與風險

用戶參與風險可能是由於實際參與智慧型電表安裝之用戶數低於商業案例分析所假設的數量，以致於無法充分發揮商業案例分析所使用的效益及促進 AMI 系統的部署。該風險的產生多數起因於用戶對使用新的電表無意願或不感到興趣及用戶參與意願會隨著時間增加而遞減。該項風險通常發生機率不高，影響卻很大。改善方式有對不同用戶類型規劃不同的宣導活動以增加用戶參與，以社區示範方式進行政策宣傳及活動實施以增加用戶參與意願，使用多情境成本分析方式來降低風險，將日後用於提升用戶參與之相關費用考慮在成本規劃中，成立政府專責單位或第三方機構強制性地要求用戶參與。一般而言，這些改善方式的效果不高，但所需的成本也不高。

IV. 實例評估與討論

為瞭解 AMI 建置風險之實際評估情形，本文以台灣的電力系統中建置 AMI 系統為研究對象，進行專案建置之風險評估，所採用之評估流程如圖 1 所示。本文評估風險之高低是取決於對於各項資訊掌控的精確度，即所假設之各項參數的變異程度，當某項參數之風險較低，即表示該數值的變動與假設值差異不大，反之，若參數的風險高，則代表未來數值變動而偏離假設值的機率與幅度較大，故以現階段所假設之參數為平均值的常態分佈為基礎，針對風險高低選擇大小不同之標準差，來代表參數的變動情形，故以下列方式定義風險之高低：

- 風險低：假設 1 個標準差為平均值之 5%；
- 風險中：假設 1 個標準差為平均值之 15%(為低的 3 倍)；
- 風險高：假設 1 個標準差為平均值之 25%(為低的 5 倍)；

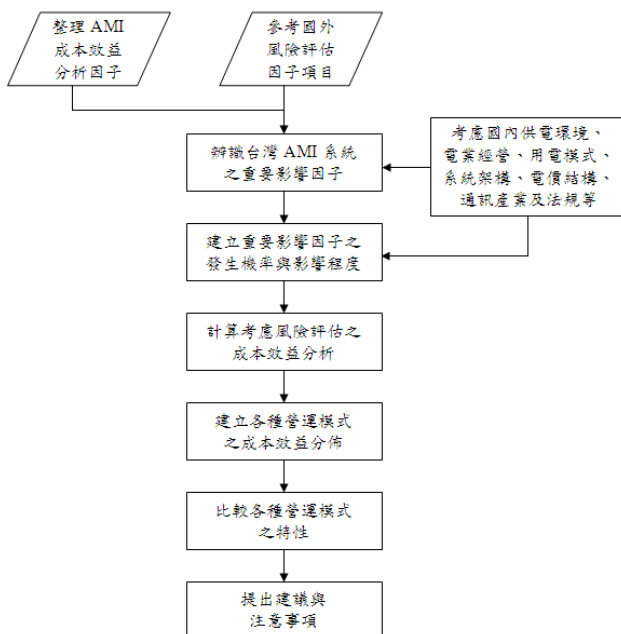


圖 1 AMI 系統之風險評估流程

因各項評估數值之差異，將影響成本效益分析的結果，故參數的風險高低將反映於參數的數值，而直接造成分析結果的差異。針對本文所評估之各成本與

效益分析的項目，在考慮國內供電環境、電業經營、用電模式、系統架構、電價結構、通訊產業及法規等，辨識台灣 AMI 系統之重要影響因子後，建立重要影響因子之風險程度如表 1 所示，共假設 37 項參數的風險大小，其餘參數因影響之佔比過小或數值已有精確數值，故以定值計算，而不考慮其風險變動。

表 1 各項參數之風險評估假設

項次	評估項目	計算數值	假設風險		
			高	中	低
A 基本項目					
A-1	折現率	3.65%			
A-2	評估年限	15 年			
A-3	電表安裝數量	5,000,000 個			
A-4	總電表數量	12,000,000 個			
A-5	低壓用戶佔比	42%			
B 效益項目					
B-1	減少人工抄表作業				
B-1.1	每個電表一年可減少	24.24 元		V	
B-2	減少帳單處理				
B-2.1	抄表錯誤率	0.00508%		V	
B-2.2	減少處理效益	300 元/件		V	
B-2.3	額外人工抄表效益比例	10%			
B-3	減少竊電損失				
B-3.1	可追償電度	1 億度	V		
B-3.2	可追償電費比例	30%	V		
B-3.3	98 年低壓用戶每度電成本	2.96 元/度			
B-4	減少尖峰用電(需量反應)				
B-4.1	額外再增加抑制尖峰績效	49.8 萬瓩		V	
B-4.2	三段式電價尖峰時數	522 小時			
B-4.3	夏月平均電價	3.23 元/度			V
B-4.4	複循環天然氣發電成本	3.50 元/度		V	
B-5	延遲新設電廠及輸配電設備成本				
B-5.1	天然氣火力發電廠成本	12,500 仟元 /MW		V	
B-5.2	輸電工程費用	9,391 仟元 /MW		V	
B-5.3	配電工程費用	6,010 仟元 /MW		V	
B-5.4	輸/配電工程設備所需之容量為發電廠容量的倍數	2 倍			
B-5.5	第二年起平均每年尖峰負載成長	129 萬瓩/年	V		
B-5.6	第二年起 AMI 系統每年可減少之尖峰負載量	1.59%	V		
B-6	減少負載研究費用	1,000 萬元			V
B-7	客戶加值服務				
B-7.1	每戶每年效益	240 元/戶	V		
B-7.2	用戶參與比例	40%	V		
B-8	節能效益				
B-8.1	預估節能比例	2%	V		
B-8.2	發電價差損失	-0.0953 元/每度			V
B-9	減少線路損失				
B-9.1	線路損失比例	4.86%			V
B-10	減少溫室氣體排放				
B-10.1	每度電排放係數	0.623 公斤/度			V
B-10.2	每噸 CO ₂ 價值	1,000 元/噸	V		
C 成本項目					
C-1	電表費用	4,000 元/個		V	
C-2	電表安裝費用	500 元/個			V
C-3	電表 PLC 模組	1,000 元/個			V
C-4	電表 RF 模組	800 元/個			V
C-5	PLC 集中器對電表比	1:100		V	
C-6	RF 集中器對電表比	1:500		V	
C-7	集中器費用	45,000 元/個		V	
C-8	集中器安裝費用	1,000 元/個			V
C-9	MDMS 費用	200,000,000 元/套		V	
C-10	每個集中器(或電表)之 GPRS 每年通訊費	3,600 元/個		V	
C-11	分三年安裝比例	20%, 40%, 40%			
C-12	通訊架構數量比	40%, 30%, 30%			
C-13	電表檢測費	1,000 元/個			V
C-14	電表檢測期限	8 年			
C-15	工程物價指數	2%			
C-16	工程資金年利率	2.9%			
C-17	MDMS_O&M	5%		V	
C-18	DC_O&M	5%		V	
C-19	Meter_O&M GPRS	1%		V	
C-20	GPRS 電表價格	20,000	V		

本研究基本案例分析中，成本估算方式是以三年裝含 500 萬個電表之低壓用戶 AMI 系統(含電表、通訊模組、MDMS)所需硬體投資及安裝費用，分年考慮營造工程物價指數及工程資金年利率後，計算三年之投資金額現值，並將建置後每年逐項運轉維護、電表檢測及通訊費用加總，分別以各年折現率換算至各年現值後加總，即為總成本。在效益方面，我們將建置後每年逐項效益加總，分別以各年折現率換算至各年現值後加總，即為總效益。將換算至現值後之總效益減去換算至現值後之總成本即為效益成本淨現值。以本文的各項假設變數資料為基礎，基本案例(營運模式-A)15 年總淨現值為-14,289,209 仟元，其益本比為 64.59% [9]。

本研究以蒙地卡羅法模擬評估 AMI 之建置風險，以益本比為最終結果。以電表價格為例，於表 1 中，假設電表價格風險屬於中等。若假設於[0,1]間以隨機產生一萬個亂數(隨機取樣 10,000 次)，每一個亂數值帶入電表價格之累積機率曲線之 Y 軸，可以獲得一個電表價格。將 Base Case 所有的參數以表 1 的假設風險分別建立各自的分佈曲線，隨機取樣 10,000 次，分別計算其益本比後，其長條分佈圖如圖 2，其平均值約 65.18%，標準差為 11.11%。將前述的風險評估模式，再應用到三種不同的營運模式 A、B、C，可其益本比分佈之長條圖。將營運模式 A、B、C 各 10,000 筆之益本比值，估計其平均值與標準差如表 2，並以該數值經標準化(Standardizing)後，繪出其益本比機率分佈圖如圖 3 所示。比較不同營運模式的益本比平均值與標準差可看出，營運模式-A(LAN 採 PLC 及 RF 混合，WAN 採光纖及 GPRS 混合)有較佳的益本比表現，但因部分參數風險較高，導致其益本比分佈區域較廣(標準差較大)；而營運模式-B(LAN 採 PLC 及 RF 混合，WAN 採 GPRS 且集中器及通訊系統外包)因風險高之參數較少，故其益本比分佈較為集中(標準差較小)。因各項參數變動的風險各有不同，且會隨著內、外在環境的變動而改變，故應盡量針對影響較大的因子蒐集更詳細的資料，以提高成本效益評估的準確度。

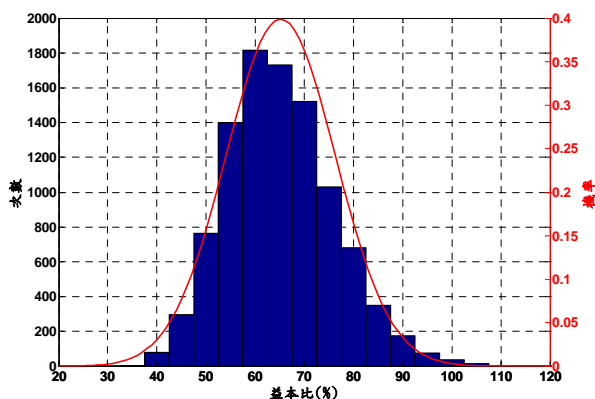


圖 2 Base Case 考慮參數風險下之益本比分佈圖

表 2 不同營運模式在考慮風險下之益本比的平均值與標準差

營運模式	營運模式-A	營運模式-B	營運模式-C
平均值 (%)	65.1829	48.4858	41.0062
(最大)			(最小)
標準差 (%)	11.1054	9.3198	9.5061
(最大)		(最小)	

當電表本體價格(不含通訊模組)降為 2,000 元/個時，同樣針對營運模式-A、B、C 進行益本比計算，益本比均較電表 4,000 元時有較佳的表現，但標準差亦較大。風險評估分析結果顯示，因營運模式-A 售電表價格影響較大，故電表本體價格由 4,000 元/個降至 2,000 元/個時，外加通訊模組(PLC 模組 1,000/個，RF 模組 800/個)其益本比平均值可由 65.1829% 提升至 91.8030%，有不小的機會益本比會大於 1.0。而營運模式-B、C 益本比平均值的變動就較小，主要是因不同營運模式所包含一般電表與 GPRS 電表所佔比例的差異。

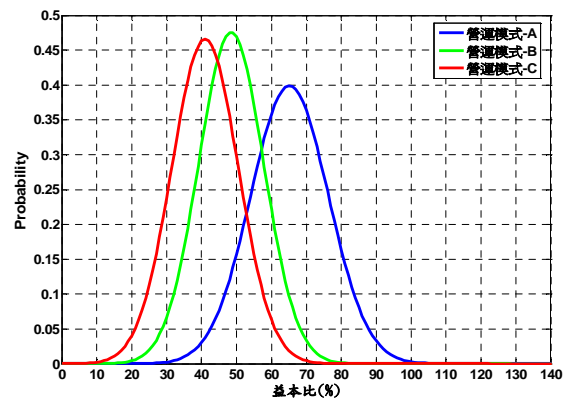


圖 3 不同的營運模式下以估計參數繪出之益本比分佈圖

V. 結論

因成本效益分析的各项數據來源，並無法完全精確的反應實際現況，故在成本效益的分析上，就隱含許多不確定性。為使專案的成本效益評估更為周全，可對幾項影響較大的因子，進行風險評估，以觀察該因子在變動的情形下，對成本效益分析結果的影響，並可做為未來欲達成的成本或效益金額的參考。評估結果顯示，欲提高 AMI 的有形量化效益，可同時採用壓低電表價格、普及 AMI 系統、提高抑低尖峰負載比例，以獲得較佳效益，使建置 AMI 計畫為一可行且更具效益的專案。

參考文獻

- [1] Federal Energy Regulatory Commission Staff Report, "A national assessment of demand response potential," prepared by the Brattle Group, Freeman, Sullivan & CO, Global Energy Partners, LLC, June 2009.
- [2] J. Vasconcelos, "Survey of regulatory and technological developments concerning smart metering in the European Union electricity market," RSCAS Policy Paper, Jan. 2008.
- [3] S. Schoenwetter, "Plan for development and deployment of advanced electric and gas metering infrastructure," Consolidated Edison Company of New York, Inc. and Orange and Rockland Utilities, Inc., March 28, 2007.
- [4] Smart meters information paper on the development of an implementation plan for the roll-out of smart meter, Ministerial Council of Energy, Australia, Jan. 2007.
- [5] Technology Advisory Board, "Southern California Edison's AMI systems design," SCE, Aug. 2006.
- [6] Southern California Edison, "Testimony supporting application for approval of advanced metering infrastructure pre-deployment activities and cost recovery mechanism, Volume 3 – AMI Preliminary Cost Benefit Analysis," December 21, 2006.
- [7] ABI Research, Smart Meters for Smart Grids, 2010, Available on <http://www.abiresearch.com/research/1001651>.
- [8] Smart Meter Roll Out: Risk & Optimism Bias Project, Baringa Partners LLP, Technical Report, February 2009.
- [9] 盧展南、黃佳文等，本公司建置先進讀表基礎建設可行性效益分析研究，台電公司、中山大學合作研究完成報告，2010 年 6 月 30 日。