

二零零三年七月二十八日會議
討論文件

立法會經濟事務委員會

加強本港供電聯網技術性研究：顧問研究結果

引言

機電工程署曾委任顧問，就加強兩家電力公司聯網進行技術可行性研究。本文件旨在簡述該項技術研究的主要結果。

背景

2. 早前在一九九九年完成的顧問研究初步認為，加強中華電力有限公司(中電)及香港電燈有限公司(港燈)之間聯網可帶來整體經濟效益。為了跟進有關課題，機電工程署委任萬隆工程顧問有限公司，就加強兩電聯網涉及的事宜進行技術可行性研究。

3. 技術研究範圍如下：

- (a) 評估建議新聯網系統的適當規模和結構；
- (b) 研究建議新聯網系統的可行路線和所涉及的工程事宜；
- (c) 研究兩電電力系統能否容納建議的新增聯網系統，以及是否需要進行系統加強工程；
- (d) 研究在考慮建議的新聯網系統後，就增加發電量可採用的規劃準則；以及
- (e) 研究在考慮建議的新聯網系統後，就擴展輸電系統

可採用的規劃準則。

(a)及(c)項兩者密切相關，是有關技術研究的主要部分。

4. 我們已將一份研究報告送交立法會秘書處，供委員參閱。為方便各委員考慮有關事宜，現隨本文件附上行政摘要(見附件)。

主要結果

建議新聯網系統的適當規模、可行路線及相關工程事宜、工程時間表及預計費用

5. 顧問公司在研究建議新聯網系統的規模時，已考慮一些相關的因素，例如建議的新聯網線路在兩個電力系統的理想接駁點、現時兩套電力系統的電流量及系統限制、兩套電力系統日後的需求增長等。研究的主要結果如下：

- (i) 若不調整因自然電力需求增長所需的網絡加強工程，則正如先前研究指出，選擇以兩組新的 500 兆瓦／275 千伏聯網線路連接中電油麻地電力分站及港燈新的灣仔電力分站是正確的。
- (ii) 預計至二零二零年，特別是在發電規劃加強協調後，或電力供應市場更開放後，兩電電力系統之間的輸電量將會增加。顧問公司建議兩條新的聯網線路額定功率應為 700 兆瓦，而電壓則為 400 千伏，並於灣仔一選定地點興建新的 400 千伏／275 千伏變壓站，以善用因重新安排及調整預定網絡加強工程而增加的系統輸電能力。
- (iii) 建議的新聯網線路的路線會由油麻地電力分站，經西九龍填海區，再經維港海床，在中環與灣仔填海區登陸，然後接入新的變壓站，並沿港灣道直達位於一指定地點的新灣仔電力分站。顧問公司已徵詢有關政府部門的意見，認為有關方面提出的工程問題是可以解決的；

- (iv) 顧問公司估計整個計劃需時約 60 個月，當中 12 個月用作工程策劃，24 個月用作設計及招標，其餘 24 個月則用作進行地盤工程；
- (v) 展開地盤工程的最早時間，需視乎中環及灣仔填海工程進展而定；以及
- (vi) 以二零零二年價格計算，兩條建議的 700 兆瓦聯網線路及相關的變壓器及開關設備，整體費用估計約為 16 億元。

兩電電力系統容納建議聯網系統的能力及加強系統的需要

6. 顧問公司以建議的兩條 700 兆瓦新聯網線路，以及為應付自然電力需求增長所需的網絡加強工程作為基準，定出四套方案進行測試，從而找出最切合二零一零、二零一五及二零二零年情況的方案。結果如下：

- (i) 建議採用兩條新的 700 兆瓦／400 千伏的聯網線路，將現有的三條聯網線路維持開路(不輸電)狀態，只作緊急後備用途，並提前進行兩電一些網絡加強工程。根據這個方案，有關新聯網的系統結構可讓兩電到二零二零年為止，能以最合乎成本效益的方法，達致雙方最大的電力輸送量；以及
- (ii) 與基準相比，按二零零二年的價格計算，提前進行網絡加強工程所需的額外費用約 5 億元。

就建議的新聯網系統增加發電量可採用的規劃準則

7. 就現時及建議的新聯網線路運作後增加發電量可採用的規劃準則，顧問公司有以下看法：

- (i) 現時兩電發電規劃的主要準則，已考慮目前聯網線路所提供的緊急支援，而兩電在規劃上亦已作有限度協調。雖然兩電仍按各自的操作緊急情況而釐定次要規劃準則，但亦已考慮了透過現有聯網線路可

共用運轉儲備。

- (ii) 考慮到中電和港燈能透過聯網線路彼此支援，而中電更能透過現有與南中國的聯網系統獲得額外支援，顧問公司認為按照兩電的主要規劃準則，中電和港燈網絡的喪失負荷概率與國際標準相若；
- (iii) 在加強供電聯網及協調規劃的情況下，兩電不同的規劃準則可以互相協調，增加雙方分享發電儲備，並從中得益；以及
- (iv) 在技術層面，聯合規劃和聯合調配供電比協調規劃更有好處。不過，這將涉及改變現有供電業結構。

就建議的新聯網系統擴展輸電系統可採用的規劃準則

8. 就兩電輸電系統的規劃準則，顧問公司有以下看法：

- (i) 現時供電聯網由三條聯網線路組成，而兩電現在的輸電規劃準則只足夠在目前聯網情況下採用；
- (ii) 在建議的加強聯網計劃下，有需要檢討、協調及不時修訂輸電規劃準則，以鼓勵兩電在規劃其輸電網絡時加強協調；以及
- (iii) 若各電力系統加強聯網，但系統卻屬不同公司所有，並獨立運作，則有需要訂立規則及規例，例如電網守則。

9. 在監督技術研究進行期間，機電工程署先後舉行了十一次督導委員會會議，以便為顧問公司提供指引，並監察其研究進度。此外，又舉行了一些工作小組會議，詳細探討特定課題及研究結果。機電工程署仔細研究了顧問公司採用的方法、假設和中期評估結果，確保所有技術問題均獲適當處理。

此技術報告的作用

10. 顧問公司在技術研究中就技術上可行的聯網規模及路線、預計成本及其他相關工程事宜提出建議。

11. 有關技術研究只是考慮加強供電聯網時所涉及的各項相關課題之一，除技術層面以外，我們在考慮加強供電聯網時，必須全面考慮其他因素，包括法律、商業、投資、財務、責任分配及規管事宜等。同時，亦有需要密切留意內地供電業不斷變化的情況，並因應近期發展更新有關廣東電力市場的研究結果。

12. 我們已就有關技術研究結果向能源諮詢委員會作介紹。委員會知悉研究結果，並同意有關技術研究應該是檢討二零零八年後電力市場研究的一部分。委員會認同，有關技術研究結果及相關事宜應在電力市場檢討中作整體考慮，並同意應繼續留意內地供電業的情況。

13. 鑑於以上事宜的複雜及重要性，政府會在二零零八年後電力市場檢討中一併考慮有關技術研究結果及相關問題，並會就電力市場檢討的未來路向諮詢有關人士。

委員意見

14. 請各委員就這項技術性研究的結果提出意見。

機電工程署
二零零三年七月

1. 概述

1.1 研究背景及目的

1.1.1 機電工程署於 2001 年 2 月委聘萬隆工程顧問有限公司，就本港加強電力聯網進行研究（以下簡稱「本研究」），以跟進一項早前已完成的可行性分析。有關分析顯示提高聯網系統的容量在技術上是可行的，但卻可能要深入探討在配套及時間方面的限制。本研究旨在分析與中華電力有限公司及香港電燈有限公司（下稱兩電）輸電系統聯網線路有關的技術問題。此外，亦提供新聯網線路¹的可行路線，並詳細考慮實際計劃及建造事宜。本研究亦評估了計劃的整體開支預算及時間表，並提出最具成效的規劃模式。

1.2 研究方法及模式

1.2.1 本研究分成多個部分，每個部分均互有關連，因此需在研究過程中同時進行。我們利用根據電力公司的資料所制定的電力系統模型，評估新聯網線路對本港電力系統帶來的影響，加上本港及南中國未來電力供求預測的資料，從而計算出新聯網線路最理想的額定功率，並評估如何加強本港的電力系統，以容納新的聯網線路。本研究並定出聯網線路的最佳路線，俾能提供實際策劃的考慮因素及進行成本計算。

1.2.2 其後，顧問公司又運用在世界各地所得的經驗，對本港的輸電及發電規劃作出評估，範圍包括現有規劃及在新聯網系統安裝後可能進行的規劃。

2. 加強電力聯網系統

2.1 本港的電力市場

2.1.1 本研究評估了本港的電力供求情況，探討日後是否需要加強電力聯網。顧問公司主要是根據未來電力需求增長的預測，加上兩電在其供電範圍內可用及已計劃的發電量，從而預測本港將來對加強電力聯網的需要。研究結果指出，除了電力公司已計劃的供電來源外，本港在 2010 年後便須增加新的電源，但若能興建容量足夠的新聯網線路，並加強協調兩間電力公司的發電規劃及設施運用，則新電源的加建便可推遲。長遠而言，若有適當安排，以利用廣東省將來可能有的剩餘電力供應，加上改善有關的輸電網絡，本港加建新發電機組的需要可進一步紓緩，惟要視

¹ 聯網線路指兩間電力公司之間的一條或一組輸電線或電纜

乎廣東省的電力供求情況，並要有適當的商業和規管安排，才能成事。

2.2 現有及建議的系統及聯網線路

2.2.1 本研究檢討了現有的電力系統(包括現有聯網系統的安排及使用)，並詳細研究新聯網線路的額定功率，以及如何加強兩間電力公司的輸電系統，俾能運用新聯網線路。兩者的關係相當密切，因為要使用新聯網線路便要加強輸電系統，而若加裝標準的輸電電路，以加強輸電系統，則或有可能使用額定功率較高的聯網線路。

2.2.2 顧問公司建造了一個兩電電力系統聯網情況的模型，以研究聯網線路和輸電系統其他主要組件在 2010、2015 及 2020 年的表現。當然，由於電力需求量會不斷增加，兩電都有計劃加強其輸電系統，以應付 2010 年時的電力需求。但若要提供一個基線，以比較直至 2020 年的情況，我們便需以兩電在計劃中使用的預測數據作出推算，以估計單為應付需求增長要進行哪些強化工程。我們會在比較時運用這基線，以衡量新聯網線路所帶來的影響。

2.2.3 利用上述模型進行的分析顯示，若現有的 132 千伏聯網線路及擬議的新聯網線路同時運作，則新聯網線路的輸送能力會大打折扣。這是由於兩電網絡的構造，令兩組線路不能按其額定功率來分配電量所致。此外，我們亦利用上述模型，研究每一輸電系統可經新聯網線路輸送多少電力，找出輸電系統有需要加強的地方，並在基本系統發展以外進行改善工程，以消除新聯網系統的電力輸送限制，從而估計提前或重新安排電力系統加強工程的財務影響。此外，本研究亦評估了新聯網線路對電網的其它方面所造成的影響，我們預計安裝新聯網線路後，本港的電力系統將會更加穩定。

2.2.4 我們反覆進行研究，找出在 2010 至 2020 年間，新聯網系統最合適的額定功率及兩電系統應進行哪些加強工程。我們研究各種電力系統的結構模式，並從中找出最可取的方案。

2.2.5 即使沒有新聯網線路，兩電亦要為電力系統進行加強工程，而若想善用新聯網系統，並容許兩電(可能加上廣東省)作雙邊電力交易，則有部分工程將要提前進行，尤其是在港燈方面。模擬測試同時指出，要解決舊有及擬議新聯網線路之間電流分配不公平的情況，最理想的做法就是停用現有的聯網線路，並留作緊急用途。無論如何，現有聯網線路的服務年期將會在大約 2011 年屆滿，而延長電纜服務年期的可行性需視乎當時對現有電纜情況監察測試的結果。

2.3 擬議新聯網系統的理想額定功率

2.3.1 鑑於現有的輸電系統在電力輸送上的限制(即使系統將會加強)，爲了應付兩電之間電力輸送增加的情況，我們建議新聯網線路的可靠容量最少應達 700 兆瓦。我們在選擇電路的容量及數目時，已考慮到電纜規模對經濟效益的影響，以及日後沿建議路線增設另一組電路的需要，並建議採用兩組額定值爲 700 兆瓦的聯網電路，以防其中一組電路可能出現故障。雖然電路的可靠容量是 700 兆瓦，但當任何一方的發電系統出現不能預知的嚴重故障時，電力輸送應能短暫提升至 700 兆瓦到 1400 兆瓦。到將來需擴建時，只需加上第三組 700 兆瓦的電路，使總可靠容量增加至 1400 兆瓦。

2.3.2 基於加強輸電網絡後可以提升兩電的電力輸送能力，爲此，我們應考慮採用額定功率較高的電路。在需要達致較高額定值而電纜又不能過大的情況下，我們建議採用 400 千伏的電纜。新聯網線路應以 400 千伏電纜，將中電在油麻地的 400 千伏電力分站與港燈建議在灣仔興建的新 275 千伏電力分站連接。連接兩電系統所需的 400 千伏／275 千伏變壓器，則會建於港島一方，我們並建議一個位於電纜登陸點和新灣仔電力分站之間的可行選址。採用較高額定值(400 千伏)的海底電纜連接兩電系統，可增加新聯網系統的電力輸送量。除非情況緊急或要提供後備支援，否則新聯網線路投入運作後，現有的 132 千伏聯網線路便應立即停止使用。

2.4 跨海聯網線路的路線

2.4.1 上文第 2.2.4 節提及哪種電力系統結構模式會較可取，但若要採用的話，則爲新聯網線路而敷設的跨海電纜便須爲 400 千伏電纜，並在港島方面將 400 千伏的電壓降至 275 千伏。由於現時港燈在港島東部並沒有 275 千伏的電力分站，故若沒有大幅加強網絡並改動港燈現有系統，實難以容納來自九龍的新聯網線路。雖然我們可以在西面找到連接位置，但由於路線較長，故亦會困難重重。爲了盡量減少加強網絡的需要，並令日後加強系統容量時更具靈活性，我們認爲以港燈的灣仔 275 千伏電力分站及中電的油麻地 400 千伏電力分站爲新聯網線路的接駁點，是最可取和理想的選擇。此外，我們亦已建議在港島區物色適當的地點，以安裝新的變壓裝備。我們按九龍和港島的選定接駁點，來研究新聯網線路的路線，發現若港島有適當地方安裝新的變壓裝置，安裝新聯網系統應不會出現重大障礙。

2.4.2 接駁兩電電力系統的電纜，不論是連接接駁點的陸上電纜，抑或是跨海的海底電纜，均採用傳統的技術安裝，並大致依照香港及世界各地的慣例，沿現有公路路線安裝。安裝電纜時要遵守適當的規劃及環保步驟，

特別是跨海電纜的部分，因安裝電纜會影響海床。不過，預計敷設跨海電纜不會有太大困難。

2.5 成本及時間

2.5.1 以 2002 年的價格計算，供應及安裝擬議新聯網線路的費用估計約需 16 億港元²。而重新安排加強兩電系統的工程約需額外動用約 5 億港元³，以容納新聯網線路。整體開支比沒有加強電力聯網的情況，約需增加 21 億港元。新聯網線路工程由開始至完成，包括所需進行的規劃工作在內，估計需要 5 年時間。即使規劃工作可以加快，但用作港燈系統接駁點的灣仔填海土地，亦最快要於 2006/07 年度才能供使用。在考慮到接收地盤後仍需兩年時間以進行建造工程，故新聯網系統最快亦要到 2008 年左右才能竣工。

3. 檢討電力系統規劃準則

3.1 評估方式

3.1.1 評估現時使用的規劃準則，以及在擬議新聯網線路安裝後可以採用的規劃準則，可分為兩部分：首先，我們評估了現時及未來的發電規劃準則和慣例。然後再評估現時及未來的輸電規劃準則和慣例，最後便會檢討能否令發電和輸電規劃互相協調，以及兩者協調會有甚麼好處。我們考慮了 3 種規劃模式，即「個別」規劃、「協調」規劃及「聯合」規劃，這 3 種模式是按協調程度的大小來劃分的，協調程度增加，便會由個別規劃變為協調甚至是聯合規劃。下文會詳細介紹檢討結果及有關建議。

3.2 現有的電力系統規劃準則

3.2.1 現有的發電規劃大致上是個別規劃的，雖然中電及港燈會在一定程度上互相協調，例如兩電已簽訂運轉儲備分享協議，在發電機組出現故障時，使用對方隨時備用的發電量。這是一個好的做法，意味著兩電所需隨時備用的總發電量可以減低，營運成本亦會因而下降。

3.2.2 現時，電力公司要在發電規劃上與參加聯網系統的機構加強合作，才能改善協調程度。事實上，除了取用廣東省大亞灣核電廠(由中電控股公司透過香港核電投資有限公司部份擁有)所生產的部分電力外，中電亦有和廣東省進行電力交易。雖然透過加強協調發電規劃，可確保已聯網的系

²不包括土地成本。任何情況下，地價也會按工業用途來進行評估，不會嚴重影響整體成本。

³為了確保在未來電力需求不斷增長下，電力系統仍然安全，港燈及中電無論如何也要加強電力系統，這是提前該等工程的貨幣時間價值。

統有足夠的規劃裕度，亦能進一步減低成本，不過，兩電之間現時的聯網其實相當有限，而且它們對可靠程度的準則各有不同，亦會對協調程度造成限制。

3.2.3 本研究檢討了目前兩電的主要發電規劃準則(即喪失負荷概率)，認為與已發展國家所採用的準則差不多，但其次要準則並不一致。此外，當新聯網線路投入服務後，透過協調或聯合規劃，兩電可以降低各自的備用發電量，從而節省開支。例如，聯合規劃可有效將兩電所需的總備用發電量減低。

3.2.4 當評估現時兩電所採用的輸電規劃準則時，我們發現港燈及中電所採用的準則大致相同而合理。

3.2.5 本港現時對輸電系統可靠程度的規定，跟已完全發展的經濟體系如出一轍。由於兩電在本身的供電區內獨立運作，加上聯網的程度甚低，故現時雙方在輸電規劃方面無甚協調，是可以理解的。

3.3 未來的電力系統規劃準則

3.3.1 待新聯網系統就緒後，兩電的協調程度將可改善，其成本亦可降低。本報告提出增加協調程度的方法，主要是以相同的方法，評估兩電電力系統的可靠程度，某程度上包括廣東省的系統在內。我們建議採用聯合規劃的方法，以節省更多開支。由於可以延遲因加建發電機組而需要的資本開支，兩電的支出均會減少，因而得益。

3.3.2 當擬議新聯網線路安裝及投入運作後，我們應盡量利用所得的益處。由於輸電網絡的局限，發電及輸電設備的規劃及操作應以善用最廉宜的電源為主。為了達到這個目標，我們討論了各種方法，無論是甚麼方法，均涉及加強聯網電力公司的協調，並應制定規例，以香港「電網守則」的形式(「電網守則」是一套規管公司之間相互協調的規則)推出，供兩電遵行。此外，本研究亦提出委任獨立的電力網絡經理，協助實施電網守則，規劃及管理整個輸電網絡。

3.3.3 雖然兩電現時的發電規劃準則看似足夠，且和已發展國家所採用的準則一致，但仍有改善的餘地，例如協調在香港特區內的規劃準則。最理想的方法，是發展一個適用於多地區性的喪失負荷概率模型，以重新評估喪失負荷概率的準則，務求定出新聯網系統啓用前後協調規劃準則的適用程度。我們可運用標準的規劃技巧及資產風險管理策略，來維持電力網絡的可靠程度。如有需要，亦可檢討及修訂兩電的次要規劃準則，令其一致。

3.3.4 在檢討輸電規劃準則後，我們發現兩電現時所採用的基本準則，即在輸電系統出現偶然故障的情況下仍能應付最高的電力需求，實質上是相同的。但中電訂下額外準則，避免使用發電成本高的機組及發電輸出受限制。本研究建議兩電應採用一套協調的輸電規劃準則，以便在利用本港整體發電資源時更具靈活性。

4. 研究結果摘要

- 建議興建有兩條 400 千伏電纜的新聯網系統，有關電纜的電力功率為 700 兆瓦，以增強兩電之間聯網系統的輸電能力。
- 聯網點應為中電油麻地電力分站及港燈擬建的新灣仔電力分站。由於受灣仔填海工程所限，新聯網線路工程將不會在 2008 年之前完成。
- 按現有的技術來看，新聯網系統的建議路線是可行的，若採取適當的預防措施，在環保方面亦可接受。
- 以 2002 年的價格計算，加強聯網比沒有加強聯網的總成本多出約 21 億港元，包括供應及安裝擬議聯網線路所需的約 16 億港元，和重新編排加強系統工程額外所需的約 5 億港元。
- 新聯網線路令兩電更能分享備用發電容量，亦可改善本港日後與廣東省交換電力的能力。
- 建議改善港燈及中電在電力系統的規劃和規管，俾能善用新聯網線路，改善本港電力供應的成本效益。