

## 能源諮詢委員會

### 二零零三年八月十四日發生在美國及加拿大的停電事故

二零零三年八月十四日（星期四），在美國及加拿大發生了一次大規模的停電事故，包括美國中西部和東北部以至加拿大安大略省的廣泛地區都受到影響。美國加拿大電力系統停電事故工作小組對這次事故作出了調查。本文旨在將其調查結果<sup>1</sup>向各委員報告。

#### 背景

2. 二零零三年八月十四日，美國中西部和東北部的多個州及加拿大安大略省發生了停電事故。這次事故被認為是北美歷史上最大規模的停電事故之一。停電影響到密歇根州、俄亥俄州、賓夕法尼亞州、紐約州、新澤西州、佛蒙特州、麻薩諸塞州、康涅狄格州及加拿大的安大略省。事故中有超過兩百家發電廠關閉，造成約六千一百八十萬千瓦的客戶負荷喪失，令約五千萬人受到影響。美國某些地區的電力供應四天後仍未能恢復，而安大略省的部份地區，在電力供應全面恢復前，持續有一個多星期的間歇性停電。

3. 美國總統和加拿大總理決定成立一個美國加拿大電力系統停電事故工作小組（以下簡稱「工作小組」），調查這次停電的原因以及找出防止未來停電事故的措施。工作小組在美國能源部長和加拿大自然資源部長的共同帶領下，於二零零三年十一月十九日發表了中期報告，內容主要集中論述停電的起因。工作小組並於二零零四年四月五日發表了總結報告，內容包括如何防止停電或盡量縮小未來停電範圍的建議。

#### 北美電力系統

4. 北美的電力網絡結構複雜。包括超過三十二萬公里的輸電線路（電壓在二百三十千伏或以上），其中涉及跨越了州、省以及國家（如美國，加拿大以及墨西哥）的不同電力公司的大型聯網。該互聯電網的供電來自超過三千五百家公用事業公司，共九億五千萬千瓦的發電設備，服務超過二億八千萬人口。

---

<sup>1</sup> 根據美國加拿大電力系統停電事故工作小組二零零四年四月發表的《關於二零零三年八月十四日發生在美國及加拿大的停電事故的總結報告》。

5. 整個系統被劃分為三大電網，即東部聯網系統、西部聯網系統和 ERCOT 聯網系統（只包括德克薩斯州）。三大電網彼此獨立，其間只有幾條直流線路連接。東部聯網的東北部份（大約佔該聯網系統總負荷的10%），受到這次停電事故影響，而其他兩個聯網系統在這次事故中完全沒有受到影響。

6. 近年來，電網的使用在北美有顯著擴展，這不僅是經濟增長的結果，亦是由於供電行業競爭加劇之故。原本用來提供本地電力供應以及連接附近電力公司和鄰近州、省，以共享電力供應資源的輸電線路，已被用於日益增加的區域電力交易上。

7. North American Electric Reliability Council（北美電力可靠性委員會，以下簡稱 NERC）以及它的十個區域可靠性委員會（以下簡稱 RCs），是監察北美電網可靠性的主要組織。這些非政府組織的經費，來自供電行業內的公用事業公司。自一九六八年成立以來，NERC 一直以自願機構的形式運作。它依靠所有電力供應行業參與者之間的互相督促，來確保它以及其 RCs 所訂出的可靠性規定得以遵行。

## 事故

### 事故發生之前

8. 二零零三年八月十四日，俄亥俄州北部電力需求處於溫和偏高水平。當地其中一個電力供應商，First Energy（以下簡稱 FE），正輸入超過二百萬千瓦電力，以應付其服務地區內大約一千二百萬千瓦的總負荷。這電力輸入量是在既定的允許範圍內。到了下午一時三十一分 FE 位於俄亥俄州北部 Eastlake 發電廠的第五號發電機組因勵磁系統發生故障而跳掣<sup>2</sup>。這台機組的故障並未使電力系統進入不穩定狀態，但 FE 需要輸入額外的電力以補償損失的發電量。

9. 大約下午二時十四分，FE 的操作人員並沒有察覺其主系統控制室的警報及數據記錄系統因電腦軟件故障而停止操作。因此並未注意到電力系統的任何變化。FE 和附近區域的可靠性協調機構<sup>3</sup>：中西部獨立

---

<sup>2</sup> 發電機勵磁系統的一個主要功能是保持發電機輸出終端的電壓平穩。在這次事故中，Eastlake 的第五號發電機組因電壓下降，在嘗試提升電壓時令勵磁系統的電流量增加，但在工作小組的報告中並未提及為什麼會造成超載並導致跳掣。

<sup>3</sup> 可靠性協調機構的主要職能是為區內電力系統作出可靠性評估及協調緊急事故時的運作。

系統營運機構（MISO）的系統分析工具，亦因缺乏鄰近地區的實時數據而失效。結果，有關操作人員在缺乏電力系統資訊的情況下，未能對系統波動或緊急事故採取相應的矯正措施。

### 事故最初階段

10. 下午三時零五分，FE 在俄亥俄州北部其中一條三百四十五千伏的輸電線因觸及樹木而跳掣<sup>4</sup>，因而增加了俄亥俄州北部以及中部另外兩條主要三百四十五千伏輸電線的負荷。這兩條輸電線其後分別於下午三時三十二分和三時四十一分也因觸及樹木而跳掣。之後，更多的輸電線由於超載而跳掣。最終於下午四時零六分，令到從俄亥俄州東南部至俄亥俄州北部的三百四十五千伏輸電線全面癱瘓，進而觸發了骨牌效應式的停電事故。

### 骨牌效應階段

11. 三百四十五千伏輸電線路的癱瘓，導致 FE 輸入的電力需要取道其他路線，因而給鄰近地區包括密歇根州東部在內帶來了巨大而無法承受的負擔。隨之而來的負荷超載及頻率 / 電壓波動，使保護裝置自動操作而關閉了俄亥俄州北部餘下的輸電線路及發電機組，因而引發了鄰近電力系統骨牌效應式的電力中斷。在大約七分鐘之內，停電從俄亥俄州北部及密歇根州東部擴大到美國東北部，直至加拿大的安大略省。

### 調查結果

12. 工作小組找出造成停電事故的四個主要原因：

- (a) FE 和它的 RC (the East Central Area Reliability Coordination Agreement 東中部地區可靠性協調協議) 沒有充份評估及了解 FE 系統的不足，特別是有關地區的電壓不穩定性及脆弱性。FE 沒有按適當的電壓標準來操作其系統；

---

<sup>4</sup> 當流過輸電線的電流增加時，它會使輸電線變得更熱。輸電線的金屬導線受熱膨脹並開始下垂。若導線附近有樹木的話，它們之間的距離會減少。所以樹木管理對所有經營架空輸電線的電力公司來說是極為關鍵的。如果樹木長得太高，得不到及時修剪，則可能觸及電線或產生跳火，造成短路故障。

- (b) FE 對處境的了解意識不夠充份。FE 未能認清及了解其系統轉差的情況；
- (c) FE 沒有及時地處理在其輸電線範圍內樹木生長過盛的情況；以及
- (d) 聯網可靠性機構沒有提供有效即時的診斷支援。

### 調查建議

13. 工作小組提出了一些關於防止未來停電或盡量縮小可能停電範圍的建議。這些建議強調對可靠性標準的詳盡程度、監察、培訓及執行。具體內容如下：

- (a) 政府機構和相關組織應對高可靠性標準作出承擔。當可靠性標準和商業目標之間出現衝突時，可靠性應獲優先對待；
- (b) 維持可靠性需要持續的投資和營運開支，這些投資和開支受不同誘因驅使。在規管的市場下，其誘因是規管制度對成本收回所提供的保證；在開放的市場下，其誘因是盈利的考慮；
- (c) 可否成功落實建議取決於對運作表現的監督，管理者的問責，以及標準的執行；以及
- (d) 雖然停電不是由惡意行為造成，但要提高可靠性，一些與保安相關的行動是必要的。

### 觀察要點

14. 事故顯示，尤其是像北美這樣廣泛聯網的電力系統，當主要輸電線路或發電設施發生故障時，其影響不祇局限於當地，而是有可能擴展到廣大的聯網地區。聯網電力系統有許多優點，例如促進不同的系統之間互相協助和進行具經濟效益的電力交易，以達到長期的可靠性和經濟效益。但是，聯網也有其固有的風險。當一個系統出現電力波動時，可能會通過聯網波及其他系統。當建立聯網時，需要認真的評估及處理有關得失。

15. 大規模停電事故是罕見的，而且沒有相同的事故。導致事故的原因各不相同，可以涉及人為的因素、系統結構、負荷／發電平衡、電力系統特徵和狀態、及保護設備的效能等。在電力系統規劃、設計和運行各個範疇上，有效的協調和溝通，以及依照完善而慣用的運行方式，來控制和盡量減少電力波動，都是必要的，而且對聯網系統尤為重要。

### 徵詢意見

16. 請各委員留意本文的內容。

經濟發展及勞工局  
二零零四年九月