

能源諮詢委員會

二零零三年九月二十八日發生在意大利的停電事故

二零零三年九月二十八日（星期日），在意大利發生了停電事故。歐洲的 Union for the Coordination of Electricity Transmission（UCTE）、瑞士規管機構以及意大利和法國的規管機構對此作出了調查，並分別發表了報告（以下簡稱：UCTE 報告¹、瑞士報告²和意法報告³）。本文旨在將其調查結果向各委員報告。

背景

2. 意大利電力系統以三百八十千伏及二百二十千伏的線路與法國、瑞士、奧地利及斯洛文尼亞各國的電力系統互相連接。從這些鄰國輸入的電力，滿足了相當大部份的意大利電力需求。例如，意大利在二零零二年和二零零三年的平均輸入電量，達到該國每年總用電量的17%左右⁴。這樣的輸入量，對於一些依賴外來電力以滿足本地需求的經濟體系來說，並不罕見。

3. 受到這次事故影響的國家（即奧地利、法國、意大利、斯洛文尼亞和瑞士）的輸電系統營運機構都是 UCTE 的成員。UCTE 是由歐洲大陸二十三個國家的輸電系統營運機構組成的一個聯會，負責協調成員國之間輸電系統的營運和發展。在二零零三年九月二十八日停電事故發生後，UCTE 設立了一個調查委員會⁵，展開了獨立調查。該委員會在二零零三年十月發表了一份中期報告，然後在二零零四年四月再發表了一份總結報告。

4. 二零零三年十一月，瑞士的電力規管機構：Swiss Federal Office of Energy（SFOE）發表了關於此事故的調查報告。二零零四年四月，意大利和法國的規管機構：意大利的 Autorita per l'energia elettrica e il gas（意大

¹ 根據 UCTE 二零零三年十月發表的中期報告以及二零零四年四月公佈的總結報告。

² 根據瑞士 Federal Office of Energy 二零零三年十一月發表的報告。

³ 根據意大利電力燃氣規管局和法國能源規管局二零零四年四月聯合發表的報告。

⁴ 來源：意大利電力輸電系統營運機構 GRTN 在網上公佈的數據。

⁵ 除了牽涉在事件中的五個國家：奧地利、法國、意大利、斯洛文尼亞和瑞士外，UCTE 調查委員會還包括另外四個成員國，即比利時、德國、西班牙和荷蘭。

利電力及燃氣規管局) 及法國的 Commission de regulation de l' energie (法國能源規管局) 也發表了一份關於此事故的聯合調查報告。因此有關這次事故的調查報告分別有三份，即 UCTE 報告、瑞士報告和意法報告。

事故

停電

5. 二零零三年九月二十八日當地時間早上三時，意大利正從鄰近國家，主要是瑞士和法國，輸入大約七百萬千瓦的電力（這相當於當時意大利 25% 的電力需求）。早上三時零一分，瑞士一條三百八十千伏的架空輸電線路（Lukmanier 線）突然跳掣。Lukmanier 線在 Lavorgo 與意大利的三百八十千伏的聯網線路（Lavorgo – Musignano 線）連接。而 Lukmanier 線跳掣的原因據說是由於輸電線與樹木間發生跳火所致。之後，Lukmanier 線路的自動重合裝置的幾次重合嘗試均告失敗。在早上三時零八分進行的一次手動重合也未成功。

6. 在這條線路跳掣後，鄰近的輸電線路共同分擔了中斷的電力負荷，因此造成位於瑞士 Sils 和 Soazza 之間的一條三百八十千伏架空輸電線路（San Bernardino 線）超載。San Bernardino 線在 Soazza 與另一條意大利的三百八十千伏的聯網線路（Soazza – Bulciago 線）連接。

7. 早上三點十一分，瑞士系統協調中心要求意大利系統控制中心減少其用電需求，以協助抒解 San Bernardino 線路超載情況。早上三點二十一分，意大利減少了三十萬千瓦的輸入電量。此電量正是超出當時計劃輸入量的部份。然而這一輸電量的減少對於緩和超載的情形來說，顯然是不足夠的。到了早上三點二十五分，超載的 San Bernardino 線路⁶下垂，與樹木產生跳火而導致跳掣。

8. 在這兩條主要輸電線路跳掣後，該地區其餘的輸電線路都已超載，其中包括跨越瑞士/意大利，法國/意大利邊界的聯網線路。在 San Bernardino 線跳掣後的十二秒內，這些聯網線路也相繼跳掣，結果導致意大利電力系統失去了所有的電力輸入，完全與歐洲電力網絡隔離。

9. 電力輸入的喪失，導致意大利的供電嚴重不足以及電力系統電壓不穩，繼而啟動了發電機的自動保護裝置，造成意大利許多發電機跳掣，使

⁶ 在跳掣之前，San Bernardino 線的輸電量是正常負荷量的110%。

供電不足的情況進一步惡化。結果，電力系統頻率進一步下降，並啟動了自動減載，但亦不足以恢復電力系統的頻率及穩定。在半個小時內（即早上約三時二十八分，意大利電力系統與歐洲電力系統隔離之後的兩分半鐘），除了撒丁尼亞島以外，意大利所有地區都中斷了電力供應，影響全國約五千七百萬人口。

10. 停電後，隨著 San Bernardino 線以及意大利/瑞士、意大利/法國之間的二百二十千伏和三百八十千伏聯網線路相繼重新接通，電力供應在早上三時四十二分左右開始恢復。從鄰國輸入的電力逐漸增加，從早上六時至下午四點，輸入電量從二百一十萬千瓦逐漸增加到六百五十四萬五千千瓦。意大利全國的電力供應，在當天晚上十一時全面恢復正常。

調查結果

11. 調查顯示，Lukmanier 線與樹木間發生跳火時，該線路的輸電量為其負載量的86%。UCTE 報告指出，這種的情況的出現可能是由於輸電線路通道的維護工作做得不足。這類工作對於保證輸電線周圍的樹木以及其他物體不侵佔輸電線的安全空間是相當重要的。然而瑞士報告卻稱，根據他們的調查，有關的瑞士電力營運機構經已遵守了維護輸電線路通道的相關規例。

12. UCTE 長久以來採用的基本運作規則是國際公認的 N-1 安全規則。該規則的基本要求是：單一事故不應危及任何互相連接的電力系統的安全運作。根據 N-1 安全規則，在最初 Lukmanier 線中斷供電後，電力系統仍應維持在一個穩定的狀態。然而，UCTE 報告與意法報告對 Lukmanier 線跳擊之前的 N-1 安全狀態持有不同的看法。UCTE 報告表示，在 Lukmanier 線中斷供電後，可以通過關閉意大利電力系統的抽水蓄能機組負載的措施使電力系統恢復穩定狀態⁷。但意法報告卻認為採用減少意大利抽水蓄能機組負載以糾正瑞士電力系統的內部問題（Lukmanier 線和 San Bernardino 線都位於瑞士境內），這樣依賴外部措施的做法並不恰當，因為這樣的作法事先並沒有得到聯網各方的同意。

13. Lukmanier 線跳擊後瞬間，被阻截的電流立即轉經其他平行運作的輸電線路，因此造成其中一些輸電線路超載。在這些輸電線路中，San Bernardino 線由於非常接近 Lukmanier 線而承擔了最大的超載。UCTE 調查

⁷ UCTE 報告指出，意大利電力系統當時有大約三百五十萬千瓦的抽水蓄能機組負載量，這些負載量可以在約五分鐘的時間內根據系統操作機構的指令而關閉。因此斷定如果實施這樣的措施，足以使系統恢復穩定。

委員會估計，這樣超載的情況可能引起輸電線溫度超過所允許的限度，導致這些輸電線的導電體下垂，結果幅度超過其設計參數，使這些輸電線處於跳火的危險。UCTE 調查委員會認為未能糾正此類超載情況是發生停電事故的根本原因之一。

14. 瑞士電力系統營運機構用了十分鐘的時間試圖重新開啟 Lukmanier 線，在嘗試失敗後，他們要求意大利方面減少輸入三十萬千瓦的電力，亦即相當於當時超出意大利計劃輸入電量的部份。瑞士報告和意法報告在這方面持有不同觀點。瑞士報告認為此額外的輸入電量是導致停電發生的一個因素，但意法報告卻認為這是計劃電量和實際電量之間的正常差異。無論如何，意大利電力系統營運機構在接到瑞士方面的要求後約十分鐘，便減少了三十萬千瓦的輸入電量，但實際情況顯示這並未足以使電力系統恢復到穩定狀態。UCTE 報告總結說，瑞士和意大利電力系統營運機構當時都未能意識到事態的嚴重性。

15. 瑞士和意大利電力系統營運機構，在雙方的溝通以及恢復電力系統安全的責任上也存在一些問題。意大利營運機構稱，瑞士營運機構沒有在 Lukmanier 線跳擊後將 San Bernardino 線超載的情況告知他們，祇是要求他們減少三十萬千瓦的輸入電量，而這個電量隨後被證實是不足以將電力系統恢復到穩定狀態的。

16. UCTE 報告的另一個調查結果，是關於意大利電力系統與歐洲電力系統網絡分開後，無法獨立運作的原因。UCTE 報告表示，這主要是由於意大利電力系統在與鄰國隔離之後，未能把電力系統電壓控制在預設限度之內，這也最終導致了意大利許多發電機因自動保護裝置的啟動而迅速跳擊。

調查建議

17. UCTE 報告對於造成這次大停電事故的主要原因而作出的建議，可以歸納為三方面：

- (a) UCTE（包括其工作小組及輸電系統營運機構等）所採取的行動包括：
 - 在有需要的地方設立或更新緊急應變程序，強制實行這些程序，並將其加入營運機構的培訓內容；
 - 檢討相關的規則，特別是 N-1 準則；

- 加強輸電線路擠塞情況的預報；
- 改進營運機構之間的數據資料交流；
- 決定設備的最低運作要求（如發電機的控制設定等）；
- 對適當的頻率控制策略取得一致意見；以及
- 加快廣域測量系統的安裝⁸。

(b) 國家層面的行動：

- 實施在 UCTE 下統一的國家電網守則；
- 採用防禦及恢復計劃以及其他相關措施，如審查整理樹木措施等。

(c) 與規管制度相配合：

- 賦予輸電系統營運機構權力，發展市場規則及獎勵，確保系統供電能力充裕，並且吸引投資。

18. 意法報告也建議，UCTE 的規則應該更為具體及具法律的約束力，並在獨立的評估和監管下執行；輸電系統營運機構之間的協調也須得到加強；以及歐洲電力系統各網絡之間應實施一致的規管架構。

19. 瑞士報告在一些問題上的看法和 UCTE 報告以及意法報告一致，另外還提出了針對瑞士供電業的一些建議，例如改革瑞士電力網絡的管理及規管制度；制定有關全面改革瑞士供電業的法例；建立強而有力的電力規管機構；加強瑞士在歐洲電力市場上的角色和參與程度等。

觀察要點

20. 造成這次停電事故的原因似乎是可以避免的，例如通過更好的輸電線路通道管理，提高電力系統聯網各方之間的意識以及採取恰當的協調和溝通，從而有效地減少輸電線的超載情況等。

21. 除了實時的運作，良好的協調和有效的計劃也是確保聯網電力系統可靠性的重要步驟。在聯網各方計劃的協調上，有效地對執行這些計劃的人員進行適當的培訓也是必要的。

⁸ 廣域測量系統是 UCTE 所採用的，具有同步時間記錄的穩定性分析工具，可記錄互聯電網的系統數據。

22. 香港的電力系統並不像這次事故中的聯網電力系統那樣複雜和龐大，但是我們可以從此事故的寶貴經驗中，了解到有效的計劃以及在運行上的協調是非常重要的。

徵詢意見

23. 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