

資料文件

立法會環境事務委員會

2024年1月中華電力有限公司青衣電力事故

目的

政府於2024年1月20日及27日分別收到中華電力有限公司(下稱「中電」)向機電工程署(下稱「機電署」)署長就1月7日青衣長安邨安瀾樓電力事故及1月1日青衣牙鷹洲街變電站電力事故所提交的調查報告(下稱「報告」)。本文件旨在向委員會匯報報告的主要內容，並概述就兩宗事故的跟進工作和改善措施。

背景

2. 政府根據《電力條例》(第406章)(下稱《條例》)監管電力公司的運作，以確保本港的電力供應安全可靠。《條例》闡述供電商的權力及責任，包括須在電力意外發生後向機電署署長提交報告，說明意外的起因，以及已經採取或將會採取的補救行動，以防再次發生意外。

3. 政府非常關注中電於短時間內在青衣發生的兩宗非因惡劣天氣等外在原因導致的電力事故，影響市民生活及令市民感到憂慮。機電署於兩宗事故後，均立即派員到現場調查及與中電跟進事態發展，督促中電盡快完成修復工作，並要求中電盡快查明整件事故和成因，以及分別在有關事故的四星期及兩星期內提交調查報告。

4. 其後，機電署於1月8日與中電進行特別會議，要求中電立即加強檢查青衣區的電力供應系統，並在1月內完成，以及安排檢查各區同類型的涉事組件，即電纜接頭和電纜終端。機電署亦敦促中電全面檢討全港輸配電系統的維修保養安排，確保供電的可靠性及防止同類事故再次發生。

5. 機電署於 1 月 20 日及 27 日分別收到中電就 1 月 7 日青衣長安邨安涓樓電力事故及就 1 月 1 日青衣牙鷹洲街變電站電力事故提交的報告。報告交代事故詳情、事故成因及改善措施，其文本分別載於附件一及附件二。

事故成因

6. 就 1 月 1 日青衣牙鷹洲街變電站電力事故，中電的報告(附件二)指出，裝設於青衣牙鷹洲街 132 千伏變電站室外的 132 千伏電纜終端在當日下午約 3 時 13 分發生故障，對電纜終端造成損毀及引發霧煙，而有關電力自動保護系統即時隔離故障部分。事故引致短暫電壓驟降，但期間電力供應沒有中斷。中電調查後相信該事故是由於有關電纜終端內物料有瑕疵，令電纜終端的絕緣層效能隨著使用時間降低，最後令電纜終端出現短路故障。

7. 就 1 月 7 日青衣長安邨安涓樓電力事故，中電的報告(附件一)指出，長安邨安涓樓的中電變電站內一條 11 千伏地下電纜的電纜接頭在當日上午約 9 時 38 分發生故障，導致安涓樓部分電力供應中斷，影響 388 個用戶。中電隨後於上午約 11 時 04 分完成恢復所有用戶的電力供應。中電調查後相信是次事故涉及有關電纜接頭物料較早老化，導致該接頭防水功能失效，濕氣因而進入接頭腐蝕內部部件，最終引致絕緣層破損，導致事故發生。

8. 經中電與其所聘請的獨立第三方的電機工程專家深入調查及審視，確認兩宗事故發生於兩個不同電壓的供電系統，屬於獨立事件。

改善措施

9. 應機電署要求，中電在 1 月內已完成檢查青衣區的電力供應系統，包括巡查青衣區內的 4 間 132 千伏變電站及 370 間 11 千伏變電站內的供電設備，並檢查青衣區內的其他同類型 11 千伏電纜接頭和 132 千伏電纜終端，確定有關設備處於正常運作狀態。機電署對該項檢查工作進行抽查，並沒

有發現不正常的情況。此外，機電署正跟進中電於 2 月內完成其他地區裝有同類型電纜接頭及電纜終端的相關檢查工作，並會進行抽查。

10. 中電的報告提出，為進一步加強維修保養，中電會針對同類型電纜接頭制定絕緣層良好性的狀態評估工作計劃，以及探討採用創新科技方案進行對電纜終端的線上狀態監測。在考慮報告後，機電署認為中電應就同類型電纜接頭和電纜終端兩者均制定絕緣層良好性的狀態評估工作計劃，並探討採用創新科技方案進行線上狀態監測。機電署亦會加強相關變電站及供電設備的巡查，以監察和確保其供電可靠性及電力安全方面的表現。

11. 此外，中電在報告指出，已應機電署要求聯同獨立專家顧問檢討全港輸配電系統的維修保養安排，確保香港的供電安全及可靠性。在考慮報告後，鑒於兩宗事故均與裝置的物料有關，機電署要求中電審視及加強其採購管理，特別就採購電力系統內的重要部件，確保供電設備附合國際標準及相關技術要求。

總結

12. 機電署在考慮兩份報告內的相關理據及調查結果後，原則上確認報告的事故成因和改善方案，並會密切跟進中電落實報告中提出的各項改善措施，以及機電署在審視報告後提出的額外建議措施（見上文第 10 和 11 段）。

環境及生態局
機電工程署
2024 年 2 月

2024 年 1 月 7 日
青衣安湑樓
電力供應中斷事故

事故調查報告

提交報告者：

[簽字]

羅卓恆先生
總監 - 資產管理

日期：二零二四年一月二十日

本中文版報告為英文版本譯本，僅供參考。如中、英文兩個版本有任何抵觸或不相符之處，應以英文版本為準。

報告摘要

2024年1月7日，中華電力一條為青衣長安邨安涓樓客戶變電站（安涓樓‘B’變電站）提供電力供應的一萬一千伏特變壓器饋電線路，於上午9時38分發生故障，導致對安涓樓388個客戶的電力供應中斷。

安涓樓共有808個客戶，由兩個客戶變電站供電。安涓樓‘B’變電站發生的事故影響當中388個客戶，佔客戶總數的48%。經中華電力緊急維修小組到場調查後，發現安涓樓‘B’變電站內一個一萬一千伏特三芯分支轉換電纜接頭¹（「三芯電纜接頭」）出現故障。中華電力立即將該故障三芯電纜接頭隔離，以便作出維修，同一時間與長安邨屋邨管理處進行協調，安排將客戶方的電力設備切換至中華電力另一供電源，盡快為受影響客戶恢復電力供應。電力供應於當天上午11時04分全面恢復。相關的三芯電纜接頭亦於同日傍晚時分完成更換，重新恢復通電。

發生故障的三芯電纜接頭於2000年開始使用，已經在系統中使用了約23年。調查顯示三芯電纜接頭物料異常提早出現老化，導致防水功能失效，令絕緣層隨時間過去而破損，導致事故發生。

安涓樓‘B’變電站內的三芯電纜接頭按IEC-60502標準設計。該三芯電纜接頭的原設備製造商（OEM）自1998年起向中華電力供應同類型的接頭。目前共有26套三芯電纜接頭在系統中的變壓器饋電線路中使用。根據紀錄，相同三芯電纜接頭在安涓樓‘B’變電站事故前發生過一次故障，這次是25年以來的第二次事故。

然而，為釋除青衣區居民的疑慮，中華電力已即時採取額外措施，包括對另1條裝有相同三芯電纜接頭的變壓器饋電線路進行局部放電測試，以及巡查青衣區內共370個客戶變電站，對電力設備進行局部放電測試及紅外線測量。以上措施已於2024年1月18日完成，沒有發現任何異常情況。

中華電力亦會繼續對其餘裝有相同三芯電纜接頭的變壓器饋電線路進行局部放電測試，並根據測試結果制定相應的資產狀況評估計劃。這些測試預計將於2024年2月完成。

長遠措施方面，中華電力將全面檢討供電系統的維修保養安排。此外，為加強與受停電影響客戶的溝通，中華電力除會加強與物業管理公司的聯繫，以改善事故應變的協調外，亦會與社區領袖（包括民政事務專員、區議員、鄉事委員會成員等）保持緊密聯繫，確保能夠適時發放資訊。

¹ 三芯分支轉換電纜接頭設計用於將一組三芯電纜接駁上另一組單芯電纜

目錄

1. 前言	3
2. 設備故障事故及復電安排	4
3. 調查結果	4
4. 事故原因分析	5
5. 系統中該設施的使用情況	6
6. 跟進行動	7
7. 附件	8

1. 前言

2024年1月7日上午9時38分，青衣長安邨安涓樓內的安涓樓'B'變電站發生供電中斷事故。據中華電力的實時操作系統顯示，一條供電給安涓樓'B'變電站（即安涓樓內兩個變電站的其中一個）的一萬一千伏特變壓器饋電線路懷疑發生故障。自動保護系統隨即啟動，將故障部分隔離。該事故導致安涓樓的388個客戶電力供應中斷。

安涓樓共有808個客戶，由兩個客戶變電站供電。安涓樓'B'變電站發生的停電事故影響當中388個客戶，佔客戶總數的48%。經中華電力緊急維修小組到場調查後，發現安涓樓'B'變電站內一個一萬一千伏特三芯分支轉換電纜接頭（「三芯電纜接頭」）出現故障。中華電力立即將該故障三芯電纜接頭隔離，以便作出維修，同一時間與長安邨屋邨管理處進行協調，安排將客戶方的電力設備切換至中華電力另一個供電源，為受影響客戶恢復電力供應。電力供應於當天上午11時04分全面恢復。相關的三芯電纜接頭亦於同日下午7時17分完成更換，重新恢復通電。

事故發生後，中華電力立即採取行動展開修理工作及調查；同時在青衣區加強預防措施，以防止客戶受到進一步停電影響。

2. 設備故障事故及復電安排

發生故障的設備是一個一萬一千伏特三芯電纜接頭，將一組 150 平方毫米三芯紙絕緣鋁電纜與另一組 95 平方毫米單芯交聯聚乙烯銅電纜連接起來。該三芯電纜接頭於 2000 年開始使用。

事故中沒有任何傷亡，除了相關的三芯電纜接頭外，沒有財物受損。

居住於安涓樓的 808 個客戶當中有 388 個客戶受到停電影響。一萬一千伏特系統的電壓驟降維持了約 0.22 秒。

以下是 2024 年 1 月 7 日的事件時序：

- 上午 9 時 38 分，警報顯示一條為青衣長安邨名為「安涓樓'B'變電站」的客戶變電站供電的一萬一千伏特變壓器饋電線路疑似發生故障。中華電力緊急維修小組被召到場。
- 上午 9 時 58 分，中華電力緊急維修小組抵達現場並開始檢查變電站，發現安裝在安涓樓'B'變電站線坑內的一個一萬一千伏特三芯電纜接頭發生故障。該一萬一千伏特電纜線路隨即被隔離及接地。
- 中華電力即時與長安邨屋邨管理處協調，安排註冊電業工程人員在客戶方的低壓總掣櫃進行切換操作，為受影響的客戶恢復供電。
- 上午 11 時 04 分，屋邨管理處安排的註冊電業工程人員抵達現場，在客戶方的低壓總掣櫃完成切換操作。電力供應透過中華電力另一供電源全面恢復。
- 下午 7 時 17 分，完成更換發生故障的三芯電纜接頭，變壓器線路重新通電。
- 2024 年 1 月 8 日上午 10 時 10 分，屋邨管理處安排的註冊電業工程人員在客戶的低壓總掣櫃重設切換開關，回復原來供電安排。

3. 調查結果

3.1 設計及維修紀錄

1. 事故中發生故障的三芯電纜接頭，用於將一組來自安涓樓'A'變電站的 150 平方毫米三芯紙絕緣鋁電纜，連接到安涓樓'B'變電站內另一組 95 平方毫米單芯交聯聚乙烯銅電纜，以接駁安涓樓'B'變電站內變壓器。
2. 故障的三芯電纜接頭於 2000 年開始使用，已經在系統中使用了約 23 年。該接頭安裝在安涓樓'B'變電站內以鋼板覆蓋着的線坑內。
3. 該三芯電纜接頭的 OEM 自 1998 年起向中華電力供應同類型的三芯電纜接頭。目前共有 26 套來自該 OEM 的一萬一千伏特三芯電纜接頭正在系統中類似的變壓器饋電線路中使用。
4. 該三芯電纜接頭乃按照 IEC-60502 標準（即「額定電壓在一千伏特至三萬伏特的擠壓絕緣電力電纜及其配件」）設計。

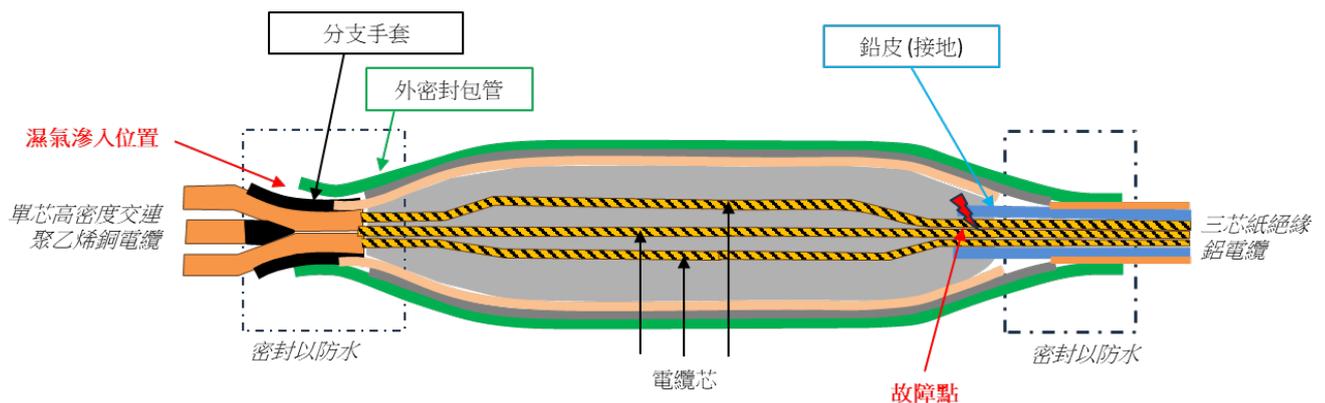
5. 對於該類型三芯電纜接頭，OEM 沒有指明特定的維修要求。此外，根據電力行業慣例，電纜接頭亦沒有特定的維修要求。中華電力一般每隔兩年檢查客戶變電站內的設備。上一次檢查在 2022 年 7 月進行，並沒有發現任何異常情況。
6. 根據紀錄，該類型三芯電纜接頭自 1998 年引入中華電力系統後，在 2015 年發生過一次故障，因此，這次是 25 年以來發生第二次的同類設備故障事故。

3.2 調查結果

繼現場檢查後，中華電力於 2024 年 1 月 8 日在設備工場對故障三芯電纜接頭進行解剖以作詳細調查。

調查顯示，三芯電纜接頭的防水能力失效。外密封包管及分支手套，原應無縫套緊以發揮防水功能，但調查發現交連聚乙烯（XLPE）電纜那邊的外密封包管出現剝落痕跡，留有罅隙讓濕氣進入。

三芯電纜接頭內金屬部分出現鏽跡，證明接頭內部存有濕氣。調查過程中亦發現絕緣物料功能減弱，特別在紙絕緣（PILC）電纜的鉛皮接地位置出現一個弱點，令絕緣層隨時間過去而破損，最終導致三芯電纜接頭發生故障。



4. 事故原因分析

調查結果顯示，三芯電纜接頭物料異常提早出現老化，外密封包管退化引致其防水功能受損。

一般在陸地安裝的電纜接頭，包括三芯電纜接頭的設計，主要靠電纜外密封包管與分支手套之間無縫套緊，以承受正常水壓發揮其防水功能。

然而，由於防水功能失效，濕氣穿透罅縫進入接頭，然後滲入三芯電纜接頭內部，令包括鉛皮在內的所有內部部件直接暴露於濕氣而產生腐蝕作用。最終，令絕緣層完整性隨時間過去而破損，導致絕緣失效。

排除其他可能原因

調查包括分析及排除其他電纜接頭的常見故障原因，以支持調查結論：

1. **電力過載**：根據過去 5 年（截至事故當日為止）的負荷記錄，該線路負荷一直不超過 40 安培，遠低於電纜的額定負載能力（240 安培）。該線路在正常條件下運行，因過載而引致過早老化的可能性不大。
2. **第三方干擾**：三芯電纜接頭上沒有發現壓痕或受外在干擾跡象，可合理地排除因受第三方干擾而導致三芯電纜接頭損壞的可能性。
3. **工藝質量**：詳細調查並沒有發現工藝質量方面出現缺漏的跡象。故障點位於 PILC 電纜的鉛皮內，該位置並非處於轉彎位置，或其他有機會承受額外壓力的地方。當解剖電纜接頭時，根據電纜接頭安裝指引和拆卸電纜接頭的預期力度進行對照，並未發現任何偏差以顯示有組裝不當、連接位置鬆動、密封膠帶繞包不恰當或其他工藝質量的缺漏。

5. 系統中該設施的使用情況

事故中涉及的一個一萬一千伏特三芯電纜接頭，用於將一組 150 平方毫米三芯紙絕緣鋁電纜連接到另一組 95 平方毫米單芯交連聚乙烯銅電纜。該一萬一千伏特三芯電纜接頭於 2000 年開始使用。相關 OEM 自 1998 年起向中華電力供應同類型的三芯電纜接頭，電纜接頭按照國際標準設計。目前共有 26 套來自同一 OEM 的一萬一千伏特三芯電纜接頭正在系統的變壓器饋電線路中使用。

紀錄顯示，在此次事故之前，同類型三芯電纜接頭發生過一宗故障事故。這次是 25 年以來安裝在這樣配置中的三芯電纜接頭的第二次故障事故。根據現行的中華電力維修安排，對於一萬一千伏特三芯電纜接頭並沒有特定維修要求，這與電纜接頭 OEM 的維修保養建議及電力行業的慣例一致。

國際大電網委員會（CIGRE²）指出 PILC 電纜系統在正常運行條件下一般預期可使用 50 至 60 年。該委員會亦指出，糾正性維修（即修理或更換故障設備）是對中壓（即一千伏特至三萬六千伏特）電纜系統普遍採用的維修策略。

儘管中壓電纜系統沒有特定維修慣例，中華電力每隔兩年便會為客戶變電站進行一次例行巡查。例行巡查包括檢查變電站的環境條件，以及對中壓開關櫃及電纜接駁終端進行局部放電測試，以識別任何異常情況。儘管對於發現隱性問題存在局限，此維修安排與行業標準看齊。

² CIGRE（國際大電網委員會）成立於 1921 年，是一個專注於高壓電力的全球非牟利組織，由來自 90 多個國家和 1250 個成員組織的數千名專業人士組成，其中包括該領域中的頂尖專家。

6. 跟進行動

降低風險措施的建議

為釋除客戶的疑慮，中華電力已即時採取額外措施巡查青衣區的所有客戶變電站，以減低區內客戶電力供應中斷的風險。

提升青衣區供電可靠性的措施

- i. 巡查青衣區內一共 370 個客戶變電站，包括對低壓配電盤進行紅外線測量及對一萬一千伏特開關櫃進行局部放電測試。
已於 2024 年 1 月 17 日完成。沒有發現任何異常情況。
- ii. 對青衣區內裝有同類型三芯電纜接頭的變壓器饋電線路進行局部放電測試。
已於 2024 年 1 月 18 日完成。沒有發現任何異常情況。
- iii. 加強巡視青衣區內的建築地盤，防止地下電纜受第三方損壞。

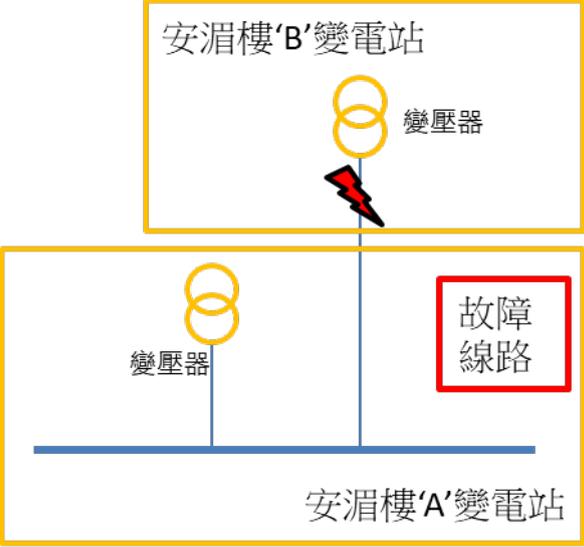
監察三芯電纜接頭的措施

- iv. 繼續對其他各區裝有同類型三芯電纜接頭的變壓器饋電線路進行局部放電測試以便作狀況評估。
其他各區共有 24 個，預計將於 2024 年 2 月完成。
- v. 針對裝有同類型三芯電纜接頭的變壓器饋電線路，與客戶協調電力設備的停電安排以制定進一步狀況評估工作計劃。

長期措施

- vi. 全面檢討供電系統的維修保養安排。
- vii. 為加強與受停電影響的客戶的溝通，中華電力除會強化與物業管理公司的聯繫以改善事故應變的協調外，亦會與社區領袖（包括民政事務專員、區議員、鄉事委員會成員等）保持緊密聯繫，確保能夠適時發放資訊。

7. 附件

1.	 <p>安涓樓'B'變電站</p> <p>變壓器</p> <p>變壓器</p> <p>故障線路</p> <p>安涓樓'A'變電站</p> <p>故障線路一萬一千伏特網絡圖</p>
2	 <p>安涓樓'B'變電站的環境</p>

2024年1月1日 牙鷹洲街變電站 電壓驟降事故

事故調查報告

提交報告者：

[簽字]

羅卓恆先生
資產管理總監

日期：二零二四年一月二十七日

本中文版報告為英文版本譯本，僅供參考。如中、英文兩個版本有任何抵觸或不相符之處，應以英文版本為準。

報告摘要

2024 年 1 月 1 日，中華電力發生一宗電壓驟降事故，該事故涉及中華電力一個位於青衣區牙鷹洲街的十三萬二千伏特變電站內的電力系統組件故障，事故期間電力供應並無中斷。

下午 3 時 13 分，中華電力的實時操作系統偵測到牙鷹洲街變電站內一條連接環網開關 (RMU) 到變壓器的十三萬二千伏特的電纜出現異常狀況，中電的自動保護系統隨即啟動將該線路隔離。經中華電力緊急維修小組到場調查後，發現一個安裝在戶外與環網開關 L3 相位連接的電纜終端發生故障，導致電壓驟降（L3 相位的電壓下降至 25%，歷時約 0.08 秒）。由於十三萬二千伏特供電網絡採用 N-1 設計，電力供應得以通過自動開關切換至另一替代供電線路，因此電力供應並無中斷。

有目擊者報稱在現場見到變電站冒出白煙和聽到一聲巨響。白煙在中電緊急維修小組於下午 3 時 40 分到達現場前已散去，當時消防處及警務處人員已在現場。現場沒有火警跡象。

進一步調查顯示，發生故障的電纜終端金屬零件沒有腐蝕跡象。檢查從現場收集到的絕緣體碎片時發現，電纜終端內部物料的絕緣功能失效，附近亦發現有放電跡象。

調查推斷是次電纜終端發生故障的原因為物料出現瑕疵，令電纜終端的絕緣層隨時間降低性能，導致發生放電情況，最後令電纜終端出現故障。由於該電纜終端的絕緣體由開始使用以來一直完全密封及從未被打開，因此調查無法確定物料瑕疵的起源。

由於現場並無火警跡象也沒有發現任何被燒熔的碎片，現場報告曾出現的白煙有可能是由矽油（電纜終端內的絕緣油）在高壓下揮散所致。

該電纜終端已經在系統中使用了約 26 年。中華電力有對環網開關進行定期維修和定期檢查變電站，當中包括檢查電纜終端。上一次檢查牙鷹洲街變電站是在 2023 年 11 月進行，沒有發現任何異常情況。

牙鷹洲街變電站內的電纜終端按 IEC-60859 標準設計。此類型電纜終端自 1991 年起引入中華電力的供電系統，目前共有 74 套同類型電纜終端在系統中使用，至今沒有任何相關的故障報告。因此，2024 年 1 月 1 日發生的電纜終端故障為一宗個別事件。

該事故發生後，中華電力已即時採取額外措施，包括檢查青衣區內共四個十三萬二千伏特變電站及對站內所有電纜終端進行局部放電測試，結果顯示沒有異常情況。此外，其他各區的同類型電纜終端檢查報告亦顯示狀態正常。

中華電力亦會繼續對其他各區的同類型電纜終端進行局部放電測試，以評估絕緣狀態。這些評估預計在 2024 年 2 月內完成。

長遠措施方面，中華電力將全面檢討供電系統的維修保養安排，並且探討採用創新科技方案進行線上狀態監測。

目錄

1. 前言	3
2. 故障事故	4
3. 復電安排	4
4. 事故調查	4
5. 事故原因分析	6
6. 系統中該組件的使用情況	7
7. 跟進行動	8
8. 附件	9

1. 前言

2024 年 1 月 1 日下午 3 時 13 分，中華電力發生一宗電壓驟降事故，該事故涉及中電一個位於青衣區牙鷹洲街的十三萬二千伏特變電站內的電力系統組件故障。中華電力的實時操作系統偵測到牙鷹洲街變電站內一條連接環網開關 (RMU) 到變壓器的十三萬二千伏特電纜發生異常狀況，中華電力的自動保護系統隨即啟動，將該線路從供電系統中隔離。由於電力供應通過自動開關切換至另一替代供電線路，電力供應並無中斷，但事故導致電壓驟降，L3 相位電壓下降至 25%，歷時約 0.08 秒。



有目擊者報稱在現場見到變電站冒出白煙及聽到一聲巨響。白煙在中電緊急維修小組於下午 3 時 40 分左右到達前已散去，當時消防處及警務處人員已在現場。現場並無火警跡象。

經初步調查後，中華電力緊急維修小組報告指牙鷹洲街變電站內安裝在 1 號環網開關以接駁變壓器的 L3 相位電纜終端發生故障，該組件下稱「十三萬二千伏特環網開關 L3 相位電纜終端」。

中華電力立即展開修理工作及調查，同時在青衣區加強預防措施，檢查區內所有十三萬二千伏特變電站及對站內的所有環網開關電纜終端進行局部放電測試，以確保區內的供電穩定性並防止類似事件再次發生。

2. 故障事故

發生故障的組件是一個十三萬二千伏特電纜終端，用於將一條 500 平方毫米的單芯交聯聚乙烯銅電纜連接到牙鷹洲街變電站一個十三萬二千伏特的環網開關。該電纜終端於 1998 年開始使用。

事故中沒有任何傷亡，除了相關的電纜終端外，沒有財物受損。

以下是 2024 年 1 月 1 日的事件時序：

- 下午 3 時 13 分，中華電力系統控制中心收到有關環網開關線路跳閘的警報。中電緊急維修小組被召到場。
- 下午 3 時 20 分，消防處通知中華電力的保安部，表示有報告指牙鷹洲街變電站發出聲響，保安部於是將訊息轉達中華電力系統控制中心。
- 下午 3 時 29 分，中華電力根據既定通報機制將事故通報機電工程署。
- 下午 3 時 40 分，中華電力緊急維修小組抵達牙鷹洲街變電站，與消防處及警務處人員展開現場調查。現場並無火警跡象。
- 初步現場調查顯示有油跡散佈在 1 號環網開關間隔內，並發現 L3 相位的電纜終端已破損。

3. 復電安排

中華電力自動保護系統偵測到故障後隨即將故障線路隔離。然而，十三萬二千伏特水平的故障仍導致電壓驟降，L3 相位電壓下降至 25% 的水平，歷時約 0.08 秒。有報導指葵青區有人困軋和火警鐘誤鳴。

由於十三萬二千伏特供電網絡採用 N-1 設計，電力供應得以通過自動開關切換至另一替代供電線路，因此電力供應並無中斷。

經現場檢驗及測試後，相關的環網開關確認狀態良好，發生故障的電纜終端計劃於 2024 年 1 月 31 日完成更換，客戶無須停電。

4. 事故調查

4.1 設計及維修紀錄

1. 發生故障的組件是一個十三萬二千伏特的電纜終端，用於將一條 500 平方毫米的單芯交聯聚乙烯銅電纜連接到一個十三萬二千伏特環網開關。有關的電纜終端於 1998 年開始使用，已經在系統中使用了約 26 年。該電纜終端的額定負載能力為 150MVA，該線路並沒有過載紀錄。

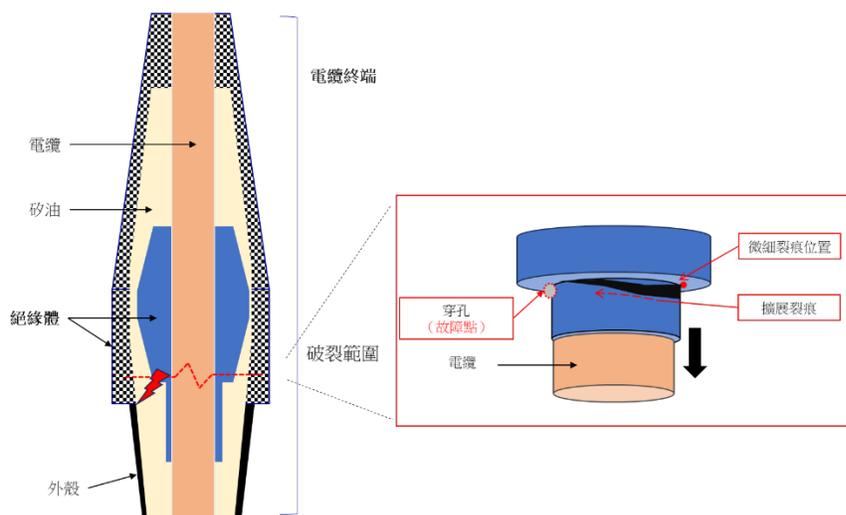
2. 該類型的電纜終端採用矽油作為絕緣油，用以填補絕緣體內的空間。
3. 同類型的十三萬二千伏特電纜終端自 1990 年代後期由同一供應合同供應。目前共有 74 套同類型的電纜終端正在系統中使用。
4. 該電纜終端乃按照 IEC-60859 標準（即「額定電壓為 72,5 kV 及以上的氣體絕緣金屬封閉開關設備的電纜連接 - 充液和擠壓絕緣電纜 - 充液和乾式電纜終端」）設計。
5. 對於該類型電纜終端，原設備製造商(OEM)沒有指明特定的維修要求。中華電力的維修保養安排一般每隔 6 年對環網開關進行一次例行維修保養和每隔 6 個月檢查一次變電站，當中均包括檢查電纜終端狀況。上一次牙鷹洲街變電站的例行檢查是在 2023 年 11 月進行，並沒有發現任何異常情況。
6. 根據紀錄，同類型電纜終端從未發生過故障。

4.2 調查結果

在 2024 年 1 月 1 日進行的現場調查，發現只有環網開關的 L3 相位電纜終端破損，而其他組件經檢查後確認狀態良好。電纜終端附近除發現絕緣體的碎片外，絕緣油的油跡亦散佈在環網開關間隔的牆上，其水平與電纜終端損壞部分的安裝高度一致。

中華電力於 2024 年 1 月 8 日及 1 月 9 日在設備工場對故障電纜終端進行詳細解剖調查。發現絕緣體內的絕緣油已完全洩漏。絕緣體亦破裂且下半部分已分離。

絕緣體下半部發現一條微細裂痕，該裂痕橫向擴展至一個穿孔，在穿孔正下方的電纜顯示有放電跡象，故推斷為故障點。另外兩個相位，即連接到同一環網開關的 L1 相位和 L2 相位電纜終端也被解剖，並無發現類似的裂痕或其他異常情況。



十三萬二千伏特環網開關 L3 相位電纜終端

5. 事故原因分析

調查推斷是次電纜終端發生故障的原因為電纜終端內物料出現瑕疵。

出現在該電纜終端絕緣體中的微細裂痕的起源無法確定。於電器設備安裝期間預料不會出現該裂痕，而且電纜終端由開始使用以來一直完全密封及從未被打開，所以不能確定裂痕是在何時形成。中華電力現行的安裝程序規定須進行檢查和投產測試以確保設備安裝質素，因此可合理推斷該微細裂痕是在電纜終端開始使用後才形成。對另外兩個 L1 和 L2 相位電纜終端的調查沒有發現類似的微細裂痕，這證實該物料瑕疵並非同一類別缺陷而是一宗個別事件。

電纜終端在電器設備運行期間會持續承受溫度循環變化和壓力。這溫度變化及壓力會導致組件移動，組件上如出現較薄弱位置，例如絕緣體上發現的微細裂痕位置更會承受額外的壓力，細小裂痕隨時間受壓力移動而擴大，因而降低絕緣層的性能，最終導致放電繼而令電纜終端發生故障。

其他相關調查結果

5.1 白煙

根據報導，牙鷹洲街變電站在事發期間曾冒出白煙及在短時間內消失。由於現場沒有火警跡象也沒有發現任何被燒熔碎片，可以排除因高溫燃燒導致白煙的可能性。

電纜終端內有用以填補內部空間及提供絕緣和防潮作用的矽油。作為一種無害物質，矽油在行業中被普遍用作絕緣介質。

在發生故障時，電纜終端內部有可能形成高壓，導致絕緣體破裂。絕緣體周圍形成小裂痕，而矽油通過這些像噴嘴般的裂痕以輕霧形式噴出及被空氣帶走，形成被報導的白煙。

5.2 對電纜終端進行油板測試

另外亦對 L1 和 L2 相位電纜終端的矽油進行了取樣測試，包括溶解氣體分析 (DGA)，水分、電壓、酸度和顏色的分析。實驗室化驗結果滿意。

5.3 排除其他可能的原因

調查包括分析及排除其他電力設備的常見故障原因，以支持調查結論：

1. **電力過載**：根據過去 5 年（截至事故當日為止）的負荷紀錄，該線路負荷一直不超過 35MVA，遠低於該線路的額定負載能力（150MVA）。可以排除因過載而導致電纜終端發生故障的可能。

2. **第三方干擾**：發生故障的電纜終端有屏障封閉，在解剖過程中沒有觀察到壓痕或第三方干擾的跡象。可以排除因第三方干擾而導致故障的可能性。維修紀錄顯示電纜終端未曾被打開或外露。
3. **環境因素**：發生故障的電纜終端並非位於環境惡劣的地區，也沒有發現腐蝕或氧化跡象。因此，可合理地排除因環境因素而導致故障。
4. **工藝質量**：詳細調查並沒有發現工藝質量方面出現缺漏的跡象。與電纜終端安裝指引進行對照，電纜終端的組裝與預期一致，並沒有發現任何偏差、連接位置鬆動、密封程度不恰當或其他工藝質量的缺漏。
5. **受潮**：解剖顯示電纜終端內沒有受潮跡象。如果曾經受潮，應會出現絕緣層退化、腐蝕及出現漏電路徑引致絕緣失效的跡象。不過，在調查過程中沒有觀察到這種情況，因此可以排除受潮而導致故障的可能。
6. **維修**：根據國際大電網委員會(CIGRE¹)就高壓電纜系統提供的建議，目視檢查是對電纜終端最普遍採用的維修安排，可有效地識別異常情況。在對電纜終端的絕緣狀態存疑時，可考慮採用局部放電偵測的方式作進一步狀態檢查。因此，以往的維修安排與國際行業標準看齊。

6. 系統中該組件的使用情況

事故涉及的一個十三萬二千伏特油浸式電纜終端，用於連接一條於 1998 年開始使用的 500 平方毫米單芯交聯聚乙烯銅電纜，已經使用了約 26 年。這類型的電纜終端自 1991 年起引入中華電力。目前共有 74 套在系統中使用。

對於該類型電纜終端，OEM 沒有指明特定的維修要求。中華電力為電纜終端安排定期檢查，這項檢查已包括在環網開關的定期維修和變電站的定期檢查範圍之內。根據紀錄，對上一次變電站檢查是在 2023 年 11 月進行，並沒有發現異常情況。

CIGRE 指出交聯聚乙烯電纜系統在正常運行條件下一般預期可使用 40 至 50 年。目視檢查是對電纜終端最普遍採用的維修安排。此乃一套被廣泛認可、能有效地檢測各種異常情況的檢測方法。CIGRE 建議每年至少進行一次目視檢查。

至今為止，同類型的電纜終端從未發生故障，這表示此類電纜終端的故障率極低。

¹ CIGRE（國際大電網委員會）成立於 1921 年，是一個專注於高壓電力的全球非牟利組織，由來自 90 多個國家和 1250 個成員組織的數千名專業人士組成，其中包括該領域中的頂尖專家。其技術手冊 825「高壓電纜系統的維修」為高壓電纜系統的維修策略提供建議。

7. 跟進行動

為釋除客戶的疑慮，中華電力已即時採取額外措施以進一步減低青衣區內及其他各區客戶電力供應中斷的風險。

提升青衣區供電可靠性的措施

- i. 巡查青衣區內一共四個十三萬二千伏特變電站，包括對電器設備進行絕緣氣體測試，同時檢查電纜油壓及一萬一千伏特局部放電監測系統。

已於 2024 年 1 月 25 日完成。沒有發現任何異常情況。

- ii. 對青衣區內四個十三萬二千伏特變電站內所有十三萬二千伏特環網開關電纜終端進行局部放電測試。

已於 2024 年 1 月 19 日完成。沒有發現任何異常情況。

監察同類型十三萬二千伏特電纜終端的措施

- iii. 對其他各區餘下的 70 套十三萬二千伏特電纜終端進行檢查，以確認任何矽油洩漏、電纜移動，以及其他潛在問題的異常跡象。

已於 2024 年 1 月 6 日完成。沒有發現任何異常情況。

- iv. 繼續對其他各區餘下的 70 套十三萬二千伏特電纜終端進行局部放電測試，以確認同類型設備的狀況。

預計將於 2024 年 2 月內完成。

- v. 對裝有同類型十三萬二千伏特電纜終端的變電站進行更頻密的檢查。

長期措施

- vi. 全面檢討電力供應系統的維修保養安排。
- vii. 探討採用創新科技方案進行線上狀態監測。

8. 附件

