



太陽光電系統 快速停機和 危害控制

安全要求和通訊



Empowering Trust™

作者

Tim Zgonena

UL 能源系統和電動交通首席工程師

美國伊利諾州 · 諾斯布魯克

Scott Picco

UL 能源系統和電動交通業務發展總監

美國伊利諾州 · 諾斯布魯克

Rachel LaVoie

UL 能源系統和電動交通業務發展工程師

美國伊利諾州 · 諾斯布魯克

Stephen Kerber

UL 研發部副總裁

美國伊利諾州 · 諾斯布魯克

保障消防員的安全

想像一下：您正站在郊區的人行道上，那是加州相當炎熱的一天。而在這個美好的日子裡，您穿著至少值 45 鎊的個人防護設備，並且在您和您的團隊進到失火房屋以準備挽救生命和財產之前，評估著電氣危害的風險規模。歡迎來到您當地消防員的日常一天。



太陽能光電 (PV) 技術發展迅速，我們看到越來越多的太陽光電系統陣列被安裝在住宅和商業物產的屋頂上。

雖然太陽光電系統陣列設備需要進行安全認證，以減少觸電和火災危害的風險，但這些認證並不能完全保障消防員在鄰近太陽光電系統陣列地區工作時的安全。

在火災發生時，消防人員在太陽光電系統陣列附近執行自己的職責就是將自身置於觸電危險中。且當這些消防員進入起火的建築物或在屋頂上進行作業時，他們不僅需要小心當地電力公司所供的電力，還需要預防來自屋頂太陽能光電模組的電力。

可是在尚未有防止建築火災的最萬全方法，且太陽能光電解決方案對於維持某些地區的電力供應又至關重要，那麼該如何解決消防人員的安全問題呢？

缺少安全解決方案

進入缺少安全解決方案這項課題：太陽能光電系統快速停機系統 (photovoltaic rapid shutdown system, 後簡稱 PVRSS)。

PVRSS 為消防人員提供一種阻止或降低太陽光電系統陣列電壓的方法，以便使其可以盡可能安全避免電氣危險，同時還能有效率地作業。

自 2014 年，美國國家電氣法規 (National Electric Code®, NEC®)，亦可稱之國家消防協會 70 (National Fire Protection Association 70®, NFPA 70®)，即增訂了第 690.12 章節：要求在安裝太陽光電系統陣列的建築物上增加太陽能光電系統快速停機 (PV rapid shutdown, 後簡稱 PVRSE) 功能。

PVRSE (太陽能光電系統快速停機設備) / PVRSS 的要求也出現在 2017 年版本的 NEC® 中。這些要求旨在減少位於太陽光電系統陣列邊界外的配電導線對消防員造成的觸電危險。

NEC 690.12 章節即定義了那些導線需要控制、可容許電壓和達到該電壓所允許的最長時間。

NEC® 同時並要求執行這些新的快速停機功能設備「必須被列名」(shall be listed)，只是那時尚未有安全標準來評估達到該功能的快速停機設備或系統。

為提高這項新技術的安全性，並繼續我們為信任賦能和使世界變得更安全的使命，UL 發布了太陽光電系統快速停機認證要求決議 (Certification Requirement Decision, 後簡稱 CRD)。

這份 CRD 填補了 NEC 690.12 章節和《UL 1741 – 分散式能源用逆變器、變頻器、控制器和互連系統設備標準》認證要求在快速停機這部份的空白。

以該 CRD 為基礎，太陽光電系統快速停機的產業工作小組進一步完善相關要求，並提出在 UL 1741 標準中增列快速停機方面的提案。

太陽光電系統快速 停機設備和系統要求 的更新和修訂

在歷經部份調整後，UL 1741 標準委員會 (Standards Technical Panel, 後簡稱 STP) 終在 2017 年 12 月 22 日，接受了更新 UL 1741 標準的提案，同時同意在標準中增加對太陽光電系統快速停機設備和系統的評估新要求 — 這些要求還包括對能降低消防員在裝有太陽光電系統陣列的建築裡或屋頂上執行任務之風險的 PVRSE 和 PVRSS 要求。

這次更新同時涵蓋須對所有 PVRSE 和 PVRSS 進行「功能安全標準」的評估，以確認可靠性。而先前在 CRD 提到的「高可靠性」可選評估項目，則被 STP 所共識的所有產品須符合功能安全要求之版本取而代之。這些要求會與 NEC 690.12 章節搭配使用，以降低太陽光電系統陣列中供電導線的電壓。

在發生故障時，設備必須要能切換到可控狀態。

增加的要求適用於電氣隔離/衰減的設備、啟動器 (觸發器)、斷電裝置、狀態指示器、重設裝置以及組成 PVRSS 的整套設備組合。這些要求還規定了所需的額定值、標示和說明書，以便安裝人員能夠安裝和了解這些產品及包含的功能。

PVRSE 和 PVRSS 需要符合功能安全的相關標準，以評估和驗證用來完成太陽光電系統快速停機功能的關鍵硬體和軟體是否足夠配合與可靠。一旦發生故障時，設備必須要能切換到可控狀態。

更新後的標準亦加入對 PVRSE 和 PVRSS 幾項新的測試，如下：

- PVRSE 和 PVRSS 須具有 PV 斷電功能。
- 對 PVRSE 和 PVRSS 進行運作測試，以檢驗供電導線的級等與回應時間。
- 進行 PVRSE 和 PVRSS 的極限額定條件測試驗證項目，如極限溫度、濕度與電壓等。
- 對已認證為 PVRSE 的逆變器進行電壓供應穿越測試。
- 進行軟體和硬體在執行關鍵安全功能時發生失效狀況的功能安全測試。
- 環境強度測試，包括但不限於：電壓突波、輻射抗擾度、靜電放電 (electrostatic discharging)、溫濕循環、灰塵、振動、過壓/欠壓等。
- PVRSE、PVRSS 與 PV 直流電弧故障斷路器 (arc fault circuit interrupter, AFCI) 設備與偵測功能的相容性評估。





PVRSE 和 PVRSS 有什麼區別？

當 UL 1741 標準加入太陽光電系統快速停機要求時，同時也增加了兩個全新名詞：太陽能光電系統快速停機設備 (PVRSE) 和太陽能光電系統快速停機系統 (PVRSS)，分別定義如下：

PVRSE – 用在 PVRSS 的設備，主要功能為啟動、切斷、隔離或衰減太陽能光電系統的供電導線¹。

PVRSS – 由 PVRSE 組成的系統，可用於啟動、切斷、隔離或衰減太陽能光電系統的供電導線²。

增加這些術語主要是為了量化兩種產品配置，促使太陽光電系統快速停機要求得以應用在 UL 1741 標準中，並通過評估與認證。儘管 NEC 690.12 章節有提及建築物上太陽能光電系統的快速停機，然而市場上的每個解決方案，在設計上不太可能都是完整且全面的太陽光電系統快速停機系統。製造商生產特定的太陽光電系統快速停機設備，也可能用來建立一套完整的太陽光電系統快速停機系統。

建立 PVRSE 術語的目的即是為了評估單一快速停機設備的特定 PVRSE 功能，例如啟動裝置或用來控制配電導線的快速停機設備。連接到供電導線的設備 (如逆變器) 也可能會有一個 PVRSE 的標示，以用於識別在啟動快速停機時，埠口已評估符合規定限值。

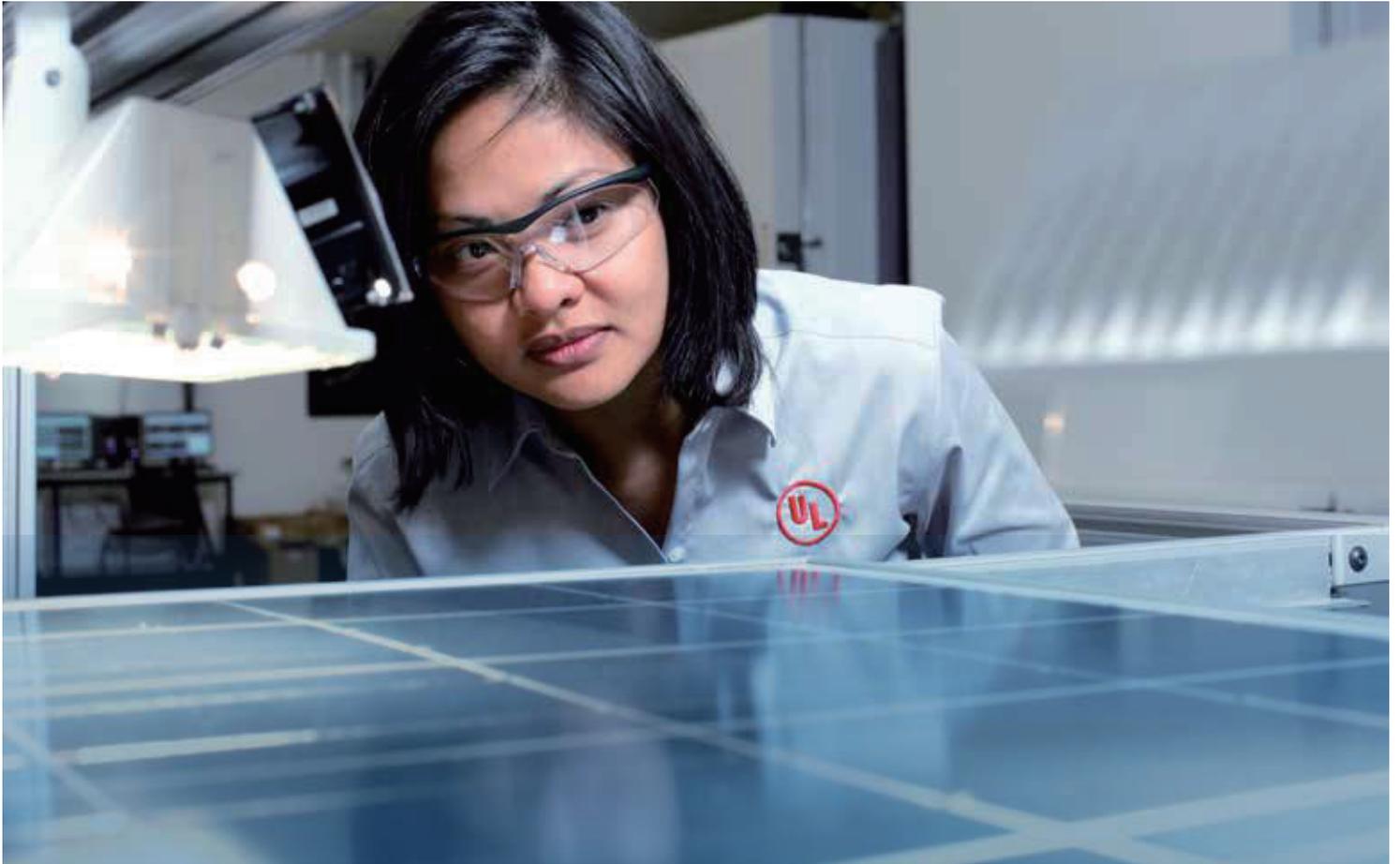
UL 1741 標準要求標示和說明書要跟 PVRSE 一起提供。

在某些情況下，單個 PVRSE 即可單獨完成快速停機功能，不過多數情況中，則是以一個個不同的 PVRSE 來組成一套完備的 PVRSS。因此要求還會規定必須根據製造商的指示，以確定如何在現場與其他有列名的 PVRSE 或數個切斷裝置組裝成一套完備的 PVRSS。

對已安裝的設備進行功能性檢查，以驗證其在啟動裝置時是否能正常運作是十分好的實作經驗。

註1) UL 的 PVRSE 認證的產品類別管制編號 (CCN) 為 QIJW

註2) UL 的 PVRSS 認證的產品類別管制編號 (CCN) 為 QIJS



UL 1741 認證計畫的考量

當 UL 進行 PVRSE 認證時，將考慮其設計和特定功能所能承受的最大極限，來進行評估。採用此法，當被列名的 PVRSE 應用在一個完整的 PVRSS 組合中，即會在接下來的評估作業上更易於被接受。

此外，亦能對已被明確下來的 PVRSE 進行組合後的系統級評估，而這樣的組態就能接著獨立認證為 PVRSS，以滿足 NEC 690.12 章節的要求。

2017 年 12 月 22 日發布的 UL 1741 PVRSS 要求也納入評估 PVRSE 組合成為 PVRSS 的選項，而這正好為 UL 1741 系統認證提供基礎。根據 UL 1741 系統認證的文本，PVRSE 是 PVRSS 的構成要素，UL 1741 的要求同時包括評估完整系統的額外測試，例如系統級時序要求、端對端功能等。

成功的系統評估 (包括通過測試) 可以取得 UL 1741 PVRSS 認證，以進一步簡化安裝與調試，並簡化當地主管機關 (AHJ) 在現場審核系統時的驗收任務和職責。

AHJ 也可使用已被明文描述的方案替代上述的 UL 1741 PVRSS 系統認證計畫。這些方案則能由 AHJ 針對特定安裝地點進一步決定。

不過，這套 PVRSS UL 1741 認證解決方案是目前唯一完整的系統級列名解決方案，由 UL 獨立測試和認證，滿足已發布的 UL 1741 標準中針對完整 PVRSS 的要求。

在 PVRSE 和 PVRSS 設備中， 通訊是如何發揮作用？

理解 PVRSE 和 PVRSS 的區別，是討論快速停機設備通訊協議 (protocol) 的重要開始。

一個完整的 PVRSS 會由多個可相互溝通的 PVRSE 組裝而成，因此一旦設備要組合一起，即必須在一個緊密結合的協定下運作。舉例來說，PVRSE 可能包括被歸於通訊類別的開關和逆變器為：啟動器、發射器和接收器。通常，啟動器觸發快速停機功能，接著 PVRSS 中的其他 PVRSE 會採取行動，來進行切換或衰減，以使太陽光電系統陣列的電壓達到規定的快速停機限值。

PVRSE 使用一個共通的協議，能促進 UL1741 對 PVRSE 用在一套 PVRSS 的評估和認證，以符合 NEC 690.12 章節的規定。一個共通的通訊協議能有助於當要將不同製造商的 PVRSE 組裝一起運作，而這也是 PVRSE 和 PVRSS 在進行整體 UL 列名評估時的關鍵功能安全要素。

為業界知悉的《SunSpec 快速停機通訊訊號互通性規範》(SunSpec Communication Signal for Rapid Shutdown Interoperability Specification) 正好是一個範例：在一套 PVRSS 的通訊理論中，一個標準的“keepalive”訊號可用於兩個或多個已個別列名的 PVRSE 通訊，以幫助幾乎要同時進行的快速停機運作。

SunSpec 快速停機系統 (SunSpec Rapid Shutdown System, RSS) 協定清楚地定義啟動器、發射器和接收器如何使用標準語言來進行溝通的方法，以促使停機過程更加順暢。

UL 1741 雖並未定義要使用任何特定通訊協議，但很重要是，仍要確保 PVRSE 能夠在系統層級中能充分溝通，來達到快速停機功能。

通訊訊號與 UL 1741 標準的發展趨勢

目前，UL 1741 STP 正考慮修訂提案，以使功能安全要求與標準化通訊方法能相互結合。若該提案被納入 UL 1741 標準中，可預期的是將會有一新的 UL 1741 認證流程：基於提高系統可靠性的功能安全方法，支持 PVRSE 在隨插即用模式的配對。

儘管對消防員執行職責的過程，仍有其他提高安全性的改進空間，但無論如何，理解和實施這些針對快速停機設備的安全要求還是十分重要。消防人員是社區急救功能的關鍵組成元素，因此確保他們的安全對社區安全益形重要。

有關可再生能源應用中功能安全的更多資訊，請繼續參閱 UL 所出版的《為什麼功能安全在再生能源應用中如此重要》白皮書。





UL.com

© 2020 UL LLC 版權所有。本白皮書未經授權請勿複製或發送。
其所登載的內容僅供資訊用途，並不能做為法律傳遞或專家諮詢。