



CALIFORNIA DEPARTMENT OF WATER RESOURCES

Delta Conveyance 專案如何提高加州供水系統抵禦地震的能力

發佈時間: 2023 年 7 月 24 日

地震風險
從數字來看

- 太平洋板塊每年移動 50 毫米，這使得加州早該發生大地震
- 到 2043 年，灣區發生 6.7 級或以上地震的機率為 72%
- 在 1,100 多英里的三角洲堤壩中，許多堤壩都無法承受劇烈震動
- 數個三角洲島嶼已經下沉，許多島嶼低於海平面近 25 英尺
- 地震可能導致供水中斷，並且持續數月至數年
- 加州各地區發生大地震可能產生的經濟影響平均每年為 96 億美元，較 2017 年的預估增加了 157%

根據美國地質調查局 (United States Geological Survey, USGS) 的數據，[到 2043 年，灣區發生 6.7 級或以上地震的機率為 72%](#)，這可能導致三角洲堤壩潰決。這可能造成大量鹹水侵入三角洲地區，導致鹽度水平上升，削弱加州輸送淡水的的能力，因為加州水資源計劃 (State Water Project, SWP) 的唯一引水點位於三角洲地區。

在 1,100 多英里的三角洲堤壩中，許多堤壩都無法承受劇烈震動。地震可能導致供水中斷，並且持續數月至數年，以進行必要的堤壩修復，並使鹽度水平回到 SWP 可恢復正常運行的水平。如此規模的 SWP 停止運行將造成災難性社會和經濟影響，包括公共衛生和安全所需的水資源缺失。水資源部 (Department of Water Resources, DWR) 有責任保護加州的主要供水系統，防止因大地震而造成的災難性供水中斷。

經濟風險不小。根據近期 [USGS 報告](#) (2023 年) 的預估數據，加州各地區發生大地震可能產生的經濟影響平均每年為 96 億美元，較 2017 年的預估增加了 157%。

沙加緬度河-聖華金三角洲是加州供水系統的重要組成部分，地貌脆弱，泥炭土下沉，堤壩脆弱。地震是加州常見的災害，特別是三角洲地區有幾個已知的較小斷層，並且靠近灣區的三個主要活動斷層線。擬議的 [Delta Conveyance 專案](#) 透過在三角洲北部增加進水口和抗震隧道，為灣區或三角洲因地震造成的供水中斷提供了一定的保障。有 2700 萬加州人和 750,000 英畝農田依賴此供水。

1,100 英里長的三角洲堤壩承載著很多東西。三角洲島泥炭土質地鬆軟，特別容易受到地震破壞。此外，數個三角洲島嶼已經下沉，許多島嶼低於海平面近 25 英尺，即使周圍島嶼的堤壩維護良好，也增加了堤壩潰決的風險。

三角洲堤壩持續承受水力負載，這使它們更像水壩，因為它們始終要抵抗壓力。這使得它們愈加脆弱。海平面上升給這些堤壩造成了額外的壓力。加州大學洛杉磯分校 ([University of California, Los Angeles, UCLA](#)) 的科學家在三角洲 [Sherman 島上模擬地震事件](#)，對堤壩進行了測試，確定它們很容易發生塌陷、沉降和液化，最終導致潰決。

DWR 已投資數百萬美元，透過實施 [三角洲堤壩特別防洪專案](#) 和 [三角洲堤壩維護補助計劃](#)，以加固許多三角洲堤壩。此外，DWR 一直在規劃和制定戰略，以應對地震風險和加州供水的潛在中斷，並已制定詳細的計劃來指導響應和恢復工作。目前正在實施的策略包括儲存岩石、材料和鋼板樁，這些可以在三角洲範圍內有效分配，以修復潛在的堤壩決口。DWR 還配置了適當設備，可在緊急情況下將這些材料裝載到駁船上，並將其運送到需要的地方。另一個關鍵的主動戰略要素是實施擬議的 [Delta Conveyance 專案](#)。

Laurence Sanati 是 DWR 運行支援部門的經理，負責制定三角洲堤壩緊急修復策略，支持將 [Delta Conveyance 專案](#) 納入整體抗震策略。

Sanati 給出了這樣的類比：「假設您面對代表危險的懸崖，人們可能會從其上跌落並受傷。有兩種方法可以解決此危險。一種方法是建立非常健全的應急響應系統來照顧傷者。另一種方法是在懸崖頂上設置欄杆，這樣人們一開始就不會掉下去。就像三角洲的抗震規劃一樣，我們將繼續發展和投資於我們的能力，以更有效地應對供水系統的災難性故障。但是，我們還應在懸崖頂上設置此護欄——[Delta Conveyance 專案](#)，以保護水源與需水地區之間的關鍵連接，在一開始就避免此危險。」

如果每年都沒有「大地震」，那麼大地震引發的破壞性風險就會顯著增加。太平洋板塊每年移動 50 毫米，這使得加州早該發生大地震。專家認為在未來 30 年內，加州很可能會經歷一場嚴重的事件。

「我們躲過了一劫，因為 2014 年納帕發生的 6 級地震可能會發生在三角洲地區，或者可能發生更大的地震，從而更強烈地震動堤壩，」加州大學洛杉磯分校土木與環境工程教授 [Scott Brandenburg](#) 說。「設計能夠抵禦大地震的堤壩系統具有挑戰性，因為堤壩系統是串聯系統。如果我們考慮由環島堤壩保護的島嶼，如果堤壩任何部分沉降過多並被淹沒，它就會被侵蝕並潰決。」

除了防止地震引起的堤壩潰決造成供水中斷外，Delta Conveyance 專案擬議的深處隧道遭受地震破壞的風險比運河或管道要小。加州大學伯克利分校和加州大學戴維斯分校的 Norm Abrahamson 解釋說：「隧道的優點是處於深處，深處的地震震動遠小於地表的地震震動。從根本上講，您可以更有信心地設計隧道，使其在大地震期間按計劃運作。」

如果沒有像 Delta Conveyance 專案這樣的護欄，加州的供水系統很容易受到地震事件造成的災難性破壞。

其他資訊：

- [Delta Conveyance 深入探討：地震風險（第 1 部分）](#)
- [Delta Conveyance 深入探討：地震風險（第 2 部分）](#)