



◆張利民團隊得到包括政府土力工程處、天文台在內的部門合作，獲得全港天然山坡、地形地貌及建築物（特別是受斜坡影響的房屋）的高精度地圖，建立起城市級斜坡監測數字孿生系統。香港科技大學供圖

人口稠密，山多平地少，是香港主要城市特徵，山泥傾瀉（又稱滑坡）一直為社會帶來重大威脅。單是2023年「9·7暴雨」，全港就錄得近190處山泥傾瀉災害，影響多個地區交通與居民生活。為處理山泥傾瀉風險管控的難題，香港科技大學學者張利民團隊2023年獲資助局近7,400萬元撥款，開發首個達城市規模（city-scale）、可覆蓋全港境內斜坡的數字孿生（Digital Twin）系統。他近日接受香港文匯報記者專訪時分享，該項目將結合物理模型模擬驅動、智慧感知、通信集成網絡

和數字孿生引擎等新技術，不單開創了城市級的實時山泥傾瀉風險評估，更能高效模擬一旦災害發生相關交通及市民逃生等社會反應，支援協調應急決策，協助香港實現「智慧減災」。◆香港文匯報記者 王鼎煌

◆張利民的團隊正研發可實時監測全港斜坡的數字孿生系統。香港文匯報記者王鼎煌攝



港科大團隊研全港斜坡監察系統 預判災害助應急決策

模擬山崩察隱患 數字孿生護斜坡

過去40年間，降雨和地震引發了全球約85%致命山泥傾瀉，造成逾18萬人死亡，而香港自1984年以來遭受了約13,300宗天然山坡與8,200宗人造斜坡山泥傾瀉，造成大量傷亡和經濟損失，「特別是氣候變化下頻繁的極端暴雨和強烈地震引發的持久性山泥傾瀉災害，必須研發新的應急風險管理理論與技術，保障公共安全與社會可持續發展。」港科大土木及環境工程學系主任兼岩土工程離心機實驗室主任張利民說。

為更確切掌握全港各處斜坡在什麼情況下可能出現山泥傾瀉，並指引進行針對性加固，張利民團隊正開展

「數字孿生智能化滑坡風險应急管理」項目，以建立一個世界領先、具備實時模擬能力，且涵蓋全港所有天然山坡、人工斜坡及建築物及降水、地震等信息的城市規模斜坡數字孿生系統，幫助提升現行斜坡安全系統的防禦能力，管控極端暴雨和地震誘發的山泥傾瀉風險。「這就好比做數字化資產管理，透過該系統，就可以清楚掌握全港範圍內各處斜坡的實際狀態。」

團隊已和包括土力工程處、天文台在內的政府部門合作，取得全港天然

降雨強度各區不均 預警滑坡須精確

過去50多年間，山泥傾瀉導致香港逾470人死亡，張利民表示，香港山陡水多的地理特徵是山泥傾瀉頻發的主因，建議香港應建立更精準的分區山泥傾瀉預警系統，更針對性提示風險，並與維持社會日常運作間取平衡。

張利民指出，香港60%土地是天然山坡，其中一半位於郊野公園範圍。此外，香港超過60%的土地坡度大於15度，30%土地陡過30度。由乾沙構成的土坡一旦超過35度，就有垮塌風險。

除了地質，地處熱帶的香港，雨量充沛，易出現季節性大雨。降雨滲入土地中，令土地滲水飽和，土質強度降低，就有可能發生滑動，誘發山泥傾瀉，而香港降雨時超過一半的水會變成坡面流，土壤被侵蝕，在匯入溝谷後，就會成為高含沙水流（俗稱「山洪」），「香港城區多靠近山體，發生山泥傾瀉造成損失的風險亦高。」

對目前山泥傾瀉預警的處理方式，張利民提出了建議。他表示，在一定雨量強度下，政府會評估發生滑坡頻率與暴雨強度間的關係。若現時評估發現一場暴雨下全港將會發生超過15處人造斜坡出現山泥傾瀉時，就會發布山泥傾瀉預警信號，從而對交通進行管制。

「問題是暴雨強度在各區不均勻，以『9·7暴雨』為例，當港島已經暴雨嚴重，機場附近仍可正常運行。若推算出的山泥傾瀉最終只發生在偏遠山區，則全面交通管制會影響到絕大多數人的出行。」因此，張利民建議香港應建立針對山泥傾瀉與暴雨風險評估的分區預警系統，精確推算評估可能受山泥傾瀉影響的房屋與人口，以及暴雨集中影響的區域，再分區精準發布預警信號。

破紀錄暴雨下減災 港斜坡安全續改善

極端暴雨頻繁襲港，加劇山泥傾瀉的發生幾率，以2023年「9·7暴雨」為例，耀興道發生的山泥傾瀉尤為嚴重。對有人質疑特區政府災情防治工作成效不彰，張利民認為，與15年前類似的超強暴雨相比，今次暴雨引發的斜坡安全問題其實已有明顯改善，可見高風險斜坡治理工作具一定成果。

較08年雨災表現佳無傷亡

張利民解釋，若將2023年「9·7暴雨」的山泥傾瀉數據與香港上一次發生嚴重山泥傾瀉時相比，會發現香港斜坡

安全已有不少進步：「2008年6月7日，天文台錄得約300毫米總雨量，約360宗山泥傾瀉報告，並有兩人身亡，唯一通往機場的北大嶼山公路一度封閉約16小時，通往大澳的陸路交通更需約兩星期才能恢復，香港廣泛地區受災。」

而本次「9·7暴雨」更加嚴重，一小時雨量打破了1884年天文台開台以來的紀錄，最終有約190宗山泥傾瀉報告，無人命傷亡，一些非主要道路需封閉一至兩日，大部分市民生活一兩日已回復正常。」

張利民提到，專責斜坡整治的土力工程處，一直有序鞏固

不合標準的政府人造斜坡，到2010年，大多數如影響醫院、學校等高風險政府人造斜坡已完成鞏固，大幅降低香港整體山泥傾瀉風險，同年開展的「長遠防治山泥傾瀉計劃」亦把工作擴展至緩減天然山坡山泥傾瀉風險，並繼續鞏固其他中等風險人造斜坡。

目前，全港登記人造斜坡多達6萬個，約三分之一是私人斜坡，他認為除了政府需要繼續努力維護斜坡安全外，私人業主亦必須定期維修自己負責的斜坡，尤其不能未經批准進行土地平整工程或違規搭建。



◆該系統不單能模擬城市級山泥傾瀉全過程，亦能預測當山泥傾瀉等災害發生時，市民的臨災反應及交通狀況。香港科技大學供圖

衛星長期監測 針對性整治山坡

實時災情監測預警對防治重大自然災害固然重要，但張利民強調，在應對如山泥傾瀉這類地質災害，除了預警外，更需要針對性地整治高風險的人工或天然斜坡。

他希望團隊正研發的數字孿生系統，再配合衛星遙感技術，可通過提早比對發現全港高風險溝谷及人工斜坡，有望進一步支撐特區政府部門更有效進行針對性的處理，守護城市安全。

張利民說，風險監測預警應對山泥傾瀉主要屬輔助性，並不能直接減少災害發

生，最重要的始終是對可能存在隱患的山坡進行針對性整治，包括加固坡面等，「除非是因為極為罕見的暴雨，依靠工程措施已無法起到保護作用，此時依靠災前預警便可提前安排疏散工作。但如果該地區的防災工程能力薄弱，僅僅依靠災前預警，也無法抵禦災難。」

香港特區政府現時每年投入10億元用來加固約200個至300個高風險人工斜坡，以及約20個到30個存在山泥傾瀉隱患的天然溝谷。張利民表示，團隊研究中的數字孿生系統，將可以藉衛星遙感技術監測曾發生或可能發生山泥傾瀉事故的天然山坡，在系統內進行壓力測試，通過分析比對發現存在高風險的溝谷，並將相應資料分享給相關政府部門，提醒及先進行針對性整治及加固工程，讓減災更有成效。

後記：

天有不測之風雲，隨着科技不斷發展，高科技工具在抗災和減災應用的確可大大提高救援效率和減少人員傷亡。然而，天災無情，人間有情，當災難突如其來襲，二話不說提起工具毫不猶豫地奔赴災區的，是每一位勇敢、堅毅、無私的救援英雄和志願者。雖說工欲善其事，必先利其器，但是最後拯救災民於水火、協助民眾渡難關的，終究是人與人彼此心心相牽的關懷之情。

2023年12月發生的甘肅臨夏州積石山縣地震，正正展現出這種一方有難、八方支援的奉獻精神，災區民眾的安危冷暖，牽動着遠在香港同胞的心，對於支援抗震救災工作捐贈的每一筆款項、每一份物資，都盛載着包括香港與內地同胞血濃於水、守望相助的關懷之情。同時也提醒着我們，不論是為了更好去防災抗災而努力的科研人員，抑或奮不顧身衝往現場救災滅災的救援英雄，背後驅動着他們的，都是一份高尚的人文精神。人，才是當中最重要角色，也是最美、最溫暖且最堅強的力量。

藉此後記，本系列一眾採編人員謹向所有救援人員、志願者以及社會上捐贈款項、物資的各界善心人士，致以最崇高的敬意！

◆2023年9月初，耀興道對開山坡發生山泥傾瀉，危及民居。資料圖片