



香港山多平地少，加上受季候性大雨影響，山泥傾瀉一直是最常見的天然災害之一，自1989年至今，平均每年就有300宗相關報告；在全球極端天氣衝擊下，更持續威脅着人民性命財產安全。為增強應對山泥傾瀉風險的能力，香港特區政府土木工程拓展署轄下土木工程處近年積極引入各類創新科技。其中位於半山寶珊道的寶珊排水隧道，便是為防範致命山泥傾瀉事故的大型創新基建項目，處方更在當中引進數據孿生（Digital Twin）技術，為隧道打造虛擬「雙胞胎」，助力工程人員全天候監察寶珊地段的地下水位狀況，一旦超標便可即時應對，避免因水位過高引發山泥傾瀉。負責人員近日接受香港文匯報專訪時指，處方正研究將人工智能與數位孿生技術結合，目標是打造一套預測系統，幫助人員先知先覺，防患未然。

◆ 香港文匯報記者 姜嘉軒

土木工程拓展署土力工程師（現存斜坡2）何秋文說：「（虛擬「雙胞胎」）就好像打遊戲裏面的虛擬世界，只要我們投入足夠資源，就可以將整個現實環境，在虛擬世界中模擬出來。」

他介紹，部門約於2020年開始進行內部研究，運用建築信息模擬技術（BIM），將寶珊排水隧道裏面的排水隧道、排水斜管、孔隙水壓計，以及周邊環境和地質結構三維圖像化，然後利用數位孿生技術，將相關的水位數據回傳至三維建築信息模型當中，形成虛擬世界的「雙胞胎」，實時顯示隧道水位變化，「目的就是希望我們在無須派員到場的情況下，都可即時透過電腦系統監察該地段的水壓，一旦超標便會發送信息，讓工程人員可更快作出應對，迅速調節水位回復至正常水平。」

可隨時了解局部水位變化

他提到，寶珊排水隧道本身設有172支排水斜管，當中有壓力計及儀錶持續量度水壓。在此系統下，工程人員可隨時了解局部位置的水位變化，「系統可以讓人員揀選特定的孔隙水壓計、排水斜管壓力計了解狀況，並可與過往數據作出比較，有助了解更多，及時發現異常情況。」

事實上，自1984-1985年間在寶珊地段安裝了73條小口徑排水斜管，其後再於2009年啟用寶珊排水隧道，該區山坡狀況一直維持穩定，但這絕不代表科技就此停步。「我們一直都以把握創新科技機遇為目標，運用新技術不斷增強部門預測、管理山泥傾瀉的能力。我們看到數位孿生技術的好處和潛力，一方面可優化已有系統，幫助我們對整個地區的水位變化有更強掌控，同時亦可測試一下，部門是否用到世界的尖端技術。」何秋文說。

研究AI結合數位孿生技術

他分享指，團隊目前仍在尋求更多優化系統的可能性，包括研究能否結合人工智能與數位孿生技術，「我們會將雨量、水壓數據及水位變化等，希望透過人工智能方法，尋找當中的關聯性，從而加強我們對寶珊地段水位變化的預測能力……效益或可如天文台預測天氣一般，預測其水位變化，並讓我們早作準備。」

此外，有關預測系統亦可望讓人員進行更多數據實驗，「例如可模擬1972年造成山泥傾瀉事件的雨量，了解目前寶珊排水系統的表現。」何秋文指，目前團隊正處於收集數據階段，亦正聯絡人工智能公司，研究相關發展的可能性。

# 數據孿生監測

# 防範山泥傾瀉

## 打造隧道虛擬「雙胞胎」

## 全天候監察地下水位

### 寶珊排水系統小資料

◆ 該系統包括兩條排水隧道（直徑為3.5米，總長度為500米）和172條排水斜管，並配有自動實時地下水監測系統，以便土力工程處調控地下水水位。

◆ 項目採用的創新技術包括  
1) 水平定向鑽探的測測技術\*  
2) 可縮回的隧道鑽挖機  
3) 向上打孔錘\*  
4) 實時自動地下水水位量度裝置\*  
5) 自動壓力緩解系統  
\*：在港首次使用

◆ 此項目在香港工程師學會主辦的「工程創意大獎」奪得建造組別第三名



◆ 劉斯俊（左）和何秋文（右）介紹「寶珊排水系統」內的創新科技。香港文匯報記者涂穴 攝

## 試用無人機播種 加快植被「復生」

香港文匯報訊（記者 姜嘉軒）除了發展和運用「數位孿生技術」監測寶珊地段的水位變化外，香港土力工程處近年亦積極引進不同創新科技，以應對山泥傾瀉事故相關的不同情況。何秋文介紹指，該處約於2016年底開發「智能泥石壩」系統，以偵測山泥傾瀉的發生，目前已於多個高風險地區運作；2020年初則開展無人機播種試驗，期望取代風、雀鳥等天然媒介，更有效地把種子帶到山泥傾瀉的殘痕上，加快恢復植被；另外，還引進了兩台機械狗，代替人員於山泥傾瀉現場及其他危險地方進行視察。

「創新科技始終是走在尖端，難免會有風險，但隨着特區政府近年更積極地鼓勵大家運用創新科技，我們會更加放膽，更願意去嘗試做一些先導計劃，從中再選出值得運用到工程上的創新科技。」何秋文說。

監察泥石壩 一場即發警報

他舉例指，泥石壩一般位於天然河道或山坡，堆積在泥石壩後方的泥石難以

被察覺。有見及此，該處研發了「智能泥石壩」系統，運用物聯網科技全天候監察泥石壩，「我們在泥石壩後面安裝攝影機、深度計、撞擊感應器等，當有山泥塌下，傳感器會透過流動應用程式向工程人員發出警報，人員亦可開啟攝影機，及時視察並作跟進。」

目前，智能泥石壩已在深井、瑪麗醫院的山坡泥石壩等5個試點運作，何秋文分享指，處方計劃擴展到十多個地點，「只要解決到供電和網絡傳送數據等技術問題，理論上任何泥石壩都可以安裝。」

機械狗可換裝 執行不同任務

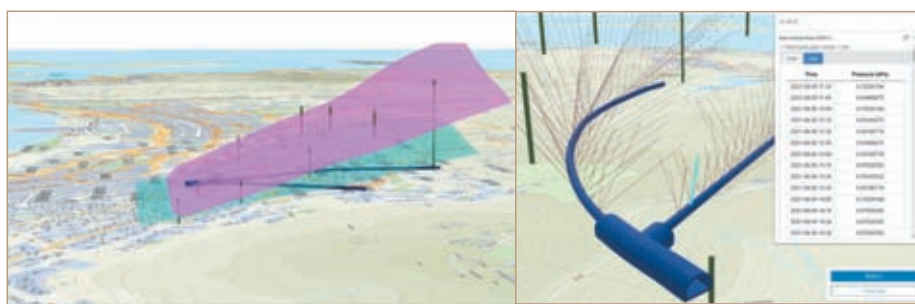
此外，處方近年着力研究利用無人機作為傳播種子的人工媒介，「天然山坡發生事故後，會有些位置全都是泥，其實是山泥傾瀉的殘痕，傳統上要靠天然媒介把種子帶到殘痕，但可能要隔5年至10年才讓該處變回綠色，因此希望透過無人機主動介入，加快恢復植被的生長。」何秋文指有關項目成效不錯，相關同事已計劃廣泛應用。



◆ 在新系統下，工程人員可隨時了解局部位置的水位變化。

香港文匯報記者涂穴 攝

機械狗方面，何秋文介紹，它一來非常靈活，而且山泥傾瀉期間很多時候都是橫風橫雨，無法派出無人機視察，機械狗正可補足這方面的限制，加上它可安裝不同儀器，以完成各式各樣的任務，「例如可安裝雷達掃描器，取得『點雲數據』（point cloud data），可計算地貌並建立虛擬模型；又例如『360鏡頭』，這是我們跟大學和科技公司研究的，將7部運動相機結合一起，機械狗一路行一路照相，之後人員可透過軟件，將相片組合成3D立體模型。」



▶ 運用建築信息模擬技術，將排水隧道、排水斜管、孔隙水壓計，以及周邊環境和地質結構三維圖像化。

香港土力工程處圖片

◀ 透過數位孿生技術將水壓計所量度的水位數據回傳到三維建築信息模型當中，利用存在虛擬世界的「雙胞胎」顯示水位變化，全天候監察寶珊地段的地下水位狀況。

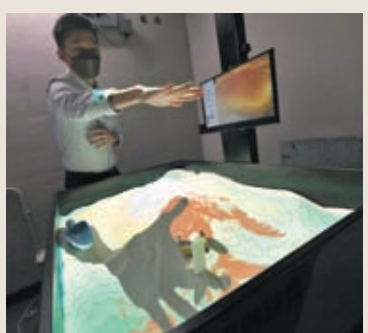
## 科技展學館助公眾認識山泥傾瀉殺傷力

香港文匯報訊（記者 姜嘉軒）1972年6月18日，香港半山寶珊道發生災難性的山泥傾瀉，摧毀了大量房屋及奪走了67人的生命。為提高市民的斜坡安全意識，位於寶珊排水隧道的「山泥傾瀉科技展學館」自2021年9月起開放給公眾、學校或團體導賞參觀，當中加入不少STEM教育和互動元素，助公眾更深刻認識山泥傾瀉的殺傷力，提高警覺性。

展學館負責人日前接受香港文匯報專訪時指出，香港近年幸運地鮮有發生傷及人命的嚴重山泥傾瀉事故，但也或令香港年輕一代缺乏危機意識，「因此更要加強宣傳，讓大家知道，政府防範工作固然重要，但並非大家所想般『所有東西已做好』，應居安思危，注意安全。」

AR介紹創新技術

為提高導賞活動的趣味，「山泥傾瀉科技展學館」的「排水隧道體驗廊」透過「擴增實境」（AR）示範排水斜管的操作，及介紹地下水水位調控系統的創新技術，又設「擴增實境」



◆ 「山泥傾瀉科技展學館」自前年9月起開放給公眾人士、學校或團體進行導賞參觀。香港文匯報記者涂穴 攝

遊戲，讓參加者更加了解山泥傾瀉的跡象，以及斜坡維修的重要性，又透過智能沙箱體驗泥石壩如何攔截天然山坡的山泥傾瀉。

此外，館內亦利用「擴增實境」重組當年寶珊道山泥傾瀉的災難現場，讓公眾透過平板電腦，在當年倒塌的旭龢大廈原址（現時的旭龢道休憩花園）親歷山泥傾瀉的災難場面，令公眾更深刻地體會山泥傾瀉的威力。「其實近年也有一些比較大型的山

泥傾瀉事件，只是沒有造成嚴重人命傷亡，可能只是壓爛車輛，於是新聞報道較少，但有些真的只是幸運，剛好無人遇上。」香港土木工程拓展署土力工程師（社區諮詢及教育1）劉斯俊分享指，過去除了展學館導賞外，也有到過不少學校宣傳斜坡安全知識，「對年輕一代而言，山泥傾瀉對他們來說也許感覺『遙遠』，相對欠缺危機意識，但在極端氣候下，山泥傾瀉風險是仍然存在的。」

劉斯俊期望，透過展學館的趣味導賞活動，有助大眾切身感受到山泥傾瀉的破壞力，同時認識更多有用知識，「例如哪些是山泥傾瀉的跡象或預兆，當在山邊見到黃泥水流出，屬異常情況；在落大雨，或在山泥傾瀉警報期間，應遠離斜坡，遠離風險。」

## 香港近年重大山泥傾瀉事故

2005年芙蓉山村

2005年8月20日，荃灣芙蓉山村一處山坡發生山泥傾瀉，泥石體積估計有400立方米，一間寮屋及幾段行人路遭到破壞。事故導致一人死亡，四間寮屋的居民必須永久撤離。

2008年北大嶼山公路

2008年6月7日，北大嶼山公路止方的天然山坡發生約35處山泥傾瀉，泥石體積由少於5立方米至400立方米。泥石湧至北大嶼山公路，堵塞道路排水系統，引致北大嶼山公路一段約200米的路段嚴重水浸。北大嶼山公路為通往香港國際機場的重要交通樞紐，因此山泥傾瀉而封閉約16小時。

2008年舊咖啡灣

2008年6月7日，屯門舊咖啡灣崩塌的泥石體積估計約300立方米，泥石及大幅混凝土護土牆壓毀位於山腳的一間寮屋的一部分，導致兩人喪生。

2018年粉錦公路

2018年8月29日，粉錦公路近打石湖村的路段止方的天然山坡發生多處的山泥傾瀉，泥石體積由200立方米至800立方米。粉錦公路路面被沙石、泥水所覆蓋，令這條連接粉嶺及錦田的主要道路全線一度封閉四天。

資料來源：香港土力工程處

