

## 中國大陸四川省茂縣疊溪鎮新磨村崩塌事件探討

呂喬茵<sup>1</sup>、蕭婉容<sup>2</sup>、施虹如<sup>1</sup>、傅鏗漩<sup>1</sup>、張志新<sup>1</sup>

1. 國家災害防救科技中心坡地與洪旱組

2. 國立台灣師範大學地理學系

---

---

### 摘要

2017年6月24日上午，四川省茂縣疊溪鎮新磨村東北方陡峭的富貴山上邊坡突然發生崩塌，初估崩塌持續時間約100秒，約有1,800萬立方公尺的崩塌塊體，快速下滑至高程落差約1,600公尺的新磨村，造成下方村落62戶被掩埋，並形成一小堰塞湖，截至6月28日，此崩塌共造成10人死亡，73人失蹤。香港中文大學利用多時期合成孔徑雷達影像進行干涉相關分析，成果顯示山體頂部於崩塌發生前就已經有潛移的現象存在，並且於山體表面觀測到有隨著季節明顯變形的情況。透過此新技術可偵測與監測邊坡位置與其活動性，但此技術在山區的廣泛應用仍有其限制存在，有待各國研究人員發展與突破，將可為災害預警提供更多元的基礎資料與判斷依據。

## 一、 環境背景

茂縣位於中國大陸四川省阿壩藏族羌族自治州境內，國家災害防救科技中心(後簡稱為防災科技中心)所繪製之位置圖如圖 1 所示，縣域面積 4,064 平方公里，人口稀少(2016 年統計約 11 萬人)。茂縣地處岷江上游，為青藏高原向川西平原過渡地帶，西部以高山峽谷為主，海拔約在 4,000 公尺左右，地勢由西北向東南傾斜，東部的谷地與城鎮海拔約落在 1,000 公尺。氣候受到西風環境和印度洋西南季風的影響，屬於高原性季風氣候，因海拔高低差異大，垂直氣候和地區氣候明顯不同。總體來說，此區日照充足、四季分明、晝夜溫差大，年降水量僅 486.3 毫米，降水少因而氣候乾燥。茂縣境內有大小河流 170 多條，自北向南為縱貫全境的岷江河和黑水河，大小湖泊共有 25 個，其中有 10 多個堰塞湖，蓄水量約 1.4 億立方米。

此次山崩災害發生在茂縣疊溪鎮新磨村，疊溪鎮位於茂縣縣城北的 213 國道蘭磨段旁，面積約 293.3 平方公里，在 1933 年疊溪大地震中被毀，全鎮被山體滑坡及岷江河水倒灌而形成的堰塞湖疊溪海子淹沒，爾後經過多次遷徙重建，於 1990 年代鎮址遷至現址。新磨村則位於疊溪鎮西北直線距離 4 公里的 104 鄉道處，南臨和尚寨溝，北臨松平鄉松坪溝風景區。

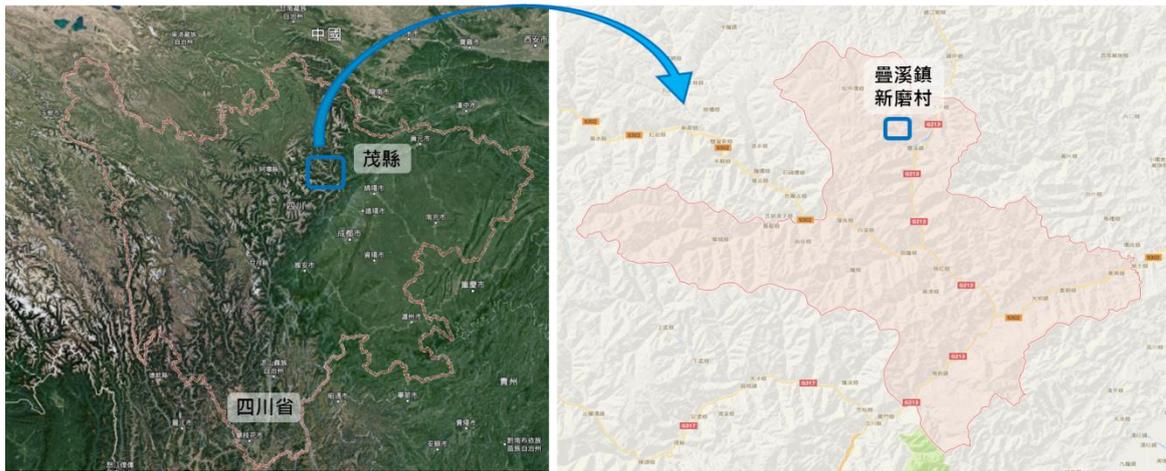


圖 1. 四川省茂縣疊溪鎮新磨村位置圖

(災防科技中心繪製，底圖來源：Google map 底圖)

## 二、災情概述

2017 年 6 月 24 日上午，新磨村東北方富貴山的陡峭上邊坡(海拔 3,400 公尺以上，坡度在 50 至 60 度間)突然發生崩塌(圖 2)。透過影像資料估計約有 1,800 萬立方公尺的崩塌塊體，快速下滑至高程落差約 1,600 公尺的新磨村，造成下方村落 62 戶被掩埋，崩塌塊體平面滑動距離達 2.5 至 3 公里，河道堵塞約 2 公里，形成一小堰塞湖(圖 3)，於中午 12 點左右邊坡還有出現第二次崩滑的情況。根據四川省民政廳之報告，統計至 6 月 28 日 9 點，此崩塌共造成 10 人死亡，73 人失蹤，緊急轉移安置 405 人(中國阿壩縣政府網站、中央人民廣播電台、中華人民共和國民政部、中國國土資源部)。



圖 2. 崩塌後大量土石覆蓋新磨村(照片來源：法新社)

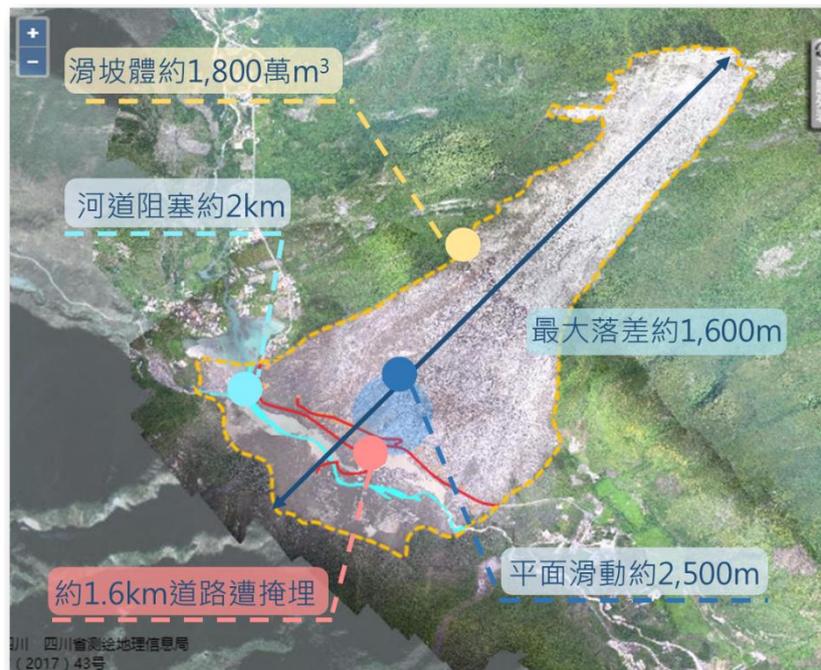


圖 3. 災後空照圖與崩塌幾何資訊(災防科技中心繪製，底圖來源：

6.24 茂縣山體垮塌地理信息發布平台)

### 三、災害應變與搶救

根據《四川省自然災害救助應急預案》，10時30分，省減災委、民政廳啟動自然災害 I 級應急響應；省減災委發出《全力做好汛期防

災減災救災工作的緊急通知》。先期趕赴災區由省民政廳派出的技術工作隊，利用動中通、靜中通、方艙式指揮車和攜帶的衛星電話、短波電台、無人機，完成信息採集工作，將災區第一手資料傳回到省減災委指揮中心、省民政廳和民政部國家減災中心。成都並開通緊急救援綠色通道，從三環路羊犀立交開始，成都交警正在用錐形桶隔離出一條綠色通道，直通都汶高速，獲准進入的救援車輛可快速通行(四川省民政廳、四川省交通運輸廳)。

四川省國土資源廳也於 24 日上午緊急啟動 I 級特大型地質災害險情和災情應急響應，集結 1,000 餘名救援和醫護人員、以及 153 輛機具車輛，趕赴現場展開搶救工作(圖 4)。並且，緊急召開全省地質災害防治工作視頻調度會，要求各級國土資源部門以此次崩塌事件為警惕，針對各轄區內的地質災害隱患點進行全面盤查，加強監測預警。武警部隊亦展開堰塞河道兩側的清理工作，26 日河道已疏濬約 200 公尺，使堰塞湖的水位較 25 日下降 1.1 公尺(四川省國土資源廳、中國武警網)。



圖 4. 災後與救災影像(照片來源：中華人民共和國民政部)

#### 四、可能致災原因探討

四川省西部的阿壩地區有很多古滑坡存在，是崩塌的高潛勢區，且此區的地震發生頻繁，龍門山地震斷裂帶沿四川盆地西北緣底部切過，平均每十年就會發生一次六、七級的地震，此次崩塌附近的疊溪鎮松坪溝就是 1933 年疊溪地震中斷層通過的地方，2008 年的汶川地震也曾在此地區誘發多處崩塌災害。雖然並不能評斷這些歷史地震對於此次崩塌的直接關聯性，但大地震所產生的震動與搖晃，易致使山區邊坡的穩定性下降(四川新聞網、聯合新聞網)。從 2003 年的航照圖中(圖 5)，可以看到多處邊坡裸露，崩崖延伸至山脊線，這是地震所引發之崩塌的常見特徵(Meunier et al., 2008)，亦可見許多不穩

定之鬆散土石存在於陡峭的邊坡上，推測此次的崩塌是發生於舊崩塌地上(圖 5c)。

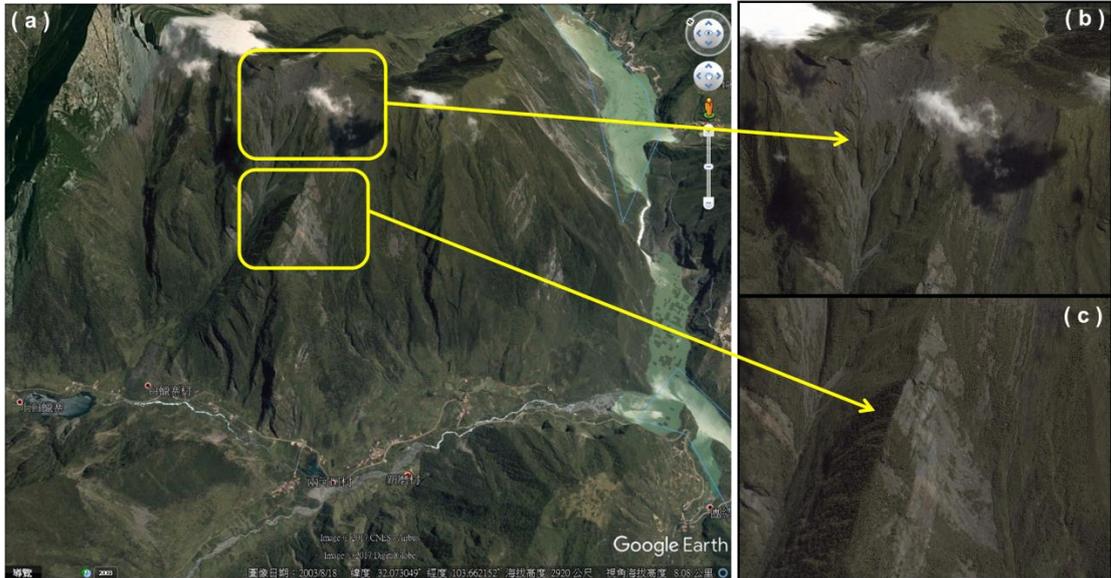


圖 5. 2003 年新磨村之衛星影像

(災防科技中心繪製，底圖來源：Google earth)

圖 6 為崩塌發生前 24 小時與 10 天的中國累積降雨分布圖，四川省防汛辦表示當地的松坪溝站 21-23 日累積降雨約 9.4 毫米，23 日降雨僅 9 毫米，近十日的累積降雨也不大。中國地質災害專家們認為受到地震等內營力擾動後，再經過長期的雨水滲透、多次降雨的累積影響，反覆破壞岩層原有之結構與強度，降低岩層間的摩擦阻力，當達到臨界點後，就有機會造成崩塌、土石流等災害(天氣網、四川新聞網)。

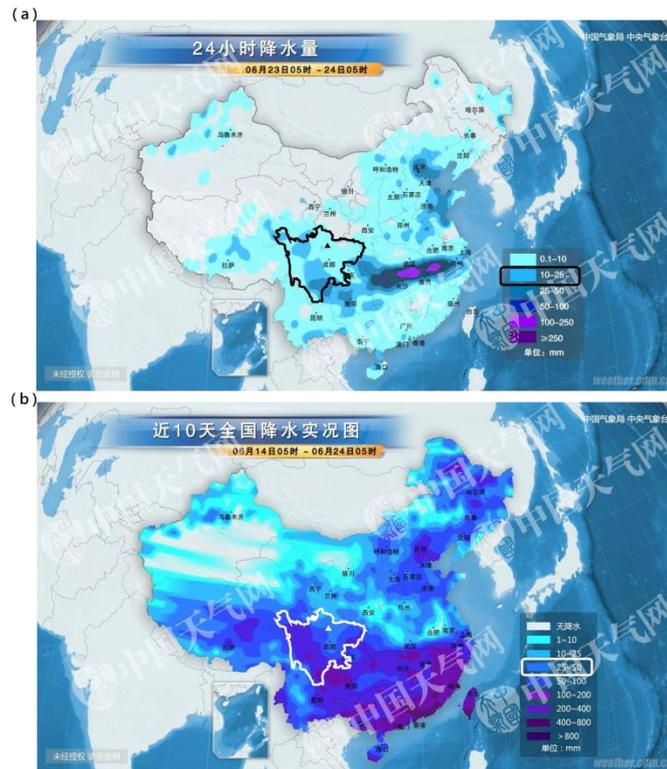


圖 6. 崩塌發生前(a)24 小時與(b)10 天的中國累積降雨量分布圖

(資料來源：中國天氣網)

## 五、監測技術的應用與發展

### 1. 震波於崩塌偵測之應用

由於大規模的塊體在山區移動或掉落時，撞擊地表會產生震動發出震波訊號，便可利用多個地震測站所接收到震波的時間與相對位置等參數，計算崩塌的發生時間與位置等資訊。

四川地震網有 33 個測站記錄到此次崩塌的訊號(圖 7)，經過分析計算推估崩塌發生於早上 5 點 38 分 55 秒左右，中心點在東經 103.650 度，北緯 32.091 度，初估崩塌持續時間約 100 秒。透過此

技術可以更快速的確認崩塌發生的時間與地點，於第一時間通報政府以利後續的災害應變工作。

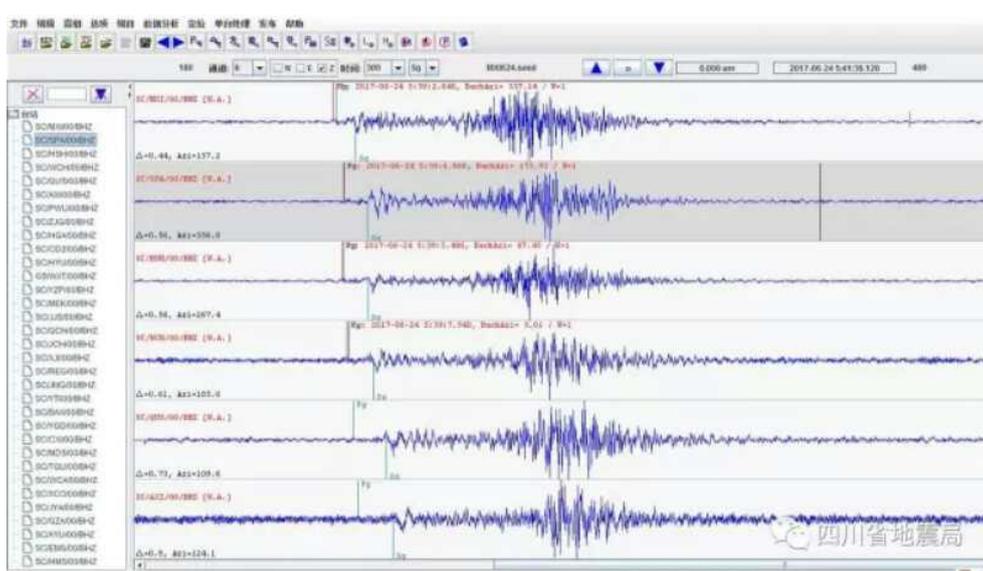


圖 7. 崩塌時所造成之震波訊號 (資料來源：中國地震局)

## 2. UAV 快速取像

四川省測繪地理信息局測繪應急保障中心於當天上午十點便派人前往災區進行災後影像拍攝，同時展開災前影像、應變專用圖資等的製作。由於災區交通受阻，下午四點才到達災區附近，於下午六點成功獲得首批災後空拍影像，並立即傳回至省測繪應急指揮中心，晚上九點將相關資訊傳至救災指揮中心，提供災情研判與救災規劃之重要參考依據(圖 8)。隔日再對災區進行了 LiDAR 攝影測繪，及時提供相關專家進行災害成因分析、次生災害盤查和山地災害研究等工作，並即時通報國土部門與省政府應急指揮中心相關之

研判成果。



圖 8. 四川崩塌 UAV 拍攝現場與成果展示。(國家測繪地理信息局)

### 3. 合成孔徑雷達影像之應用

透過多時期合成孔徑雷達影像進行干涉相關分析，可以獲得大範圍、高精度的地表三維高程及地表變形資訊，已在火山活動、同震變形、地層下陷監測等防減災領域廣泛應用。香港中文大學（中大）太空與地球信息科學研究所（太空所）利用歐洲太空總署 Sentinel-1 衛星，分析 2014 年 10 月到 2017 年 6 月的影像，結果如圖 9 所示，紅色點表示滑動，綠色點表示穩定，顯示山體頂部於崩塌發生前就已經有潛移的現象存在，此外透過不同區域的時間序列，獲得山體表面隨著季節變化有明顯變形的情況，有學者推測可能為冰雪季節性的覆蓋與溶解所導致。目前四川省政府正在規劃利用此新技術來調查與監測有潛移破壞跡象的邊坡位置與其活動性，如圖 10 為距離茂縣崩塌約五公里處，透過此技術發現邊坡有明顯的位移現象，具有潛在的災害

危險性，有待後續搭配現地調查或監測，可為災害預警提供更多元的基礎資料與判斷依據。

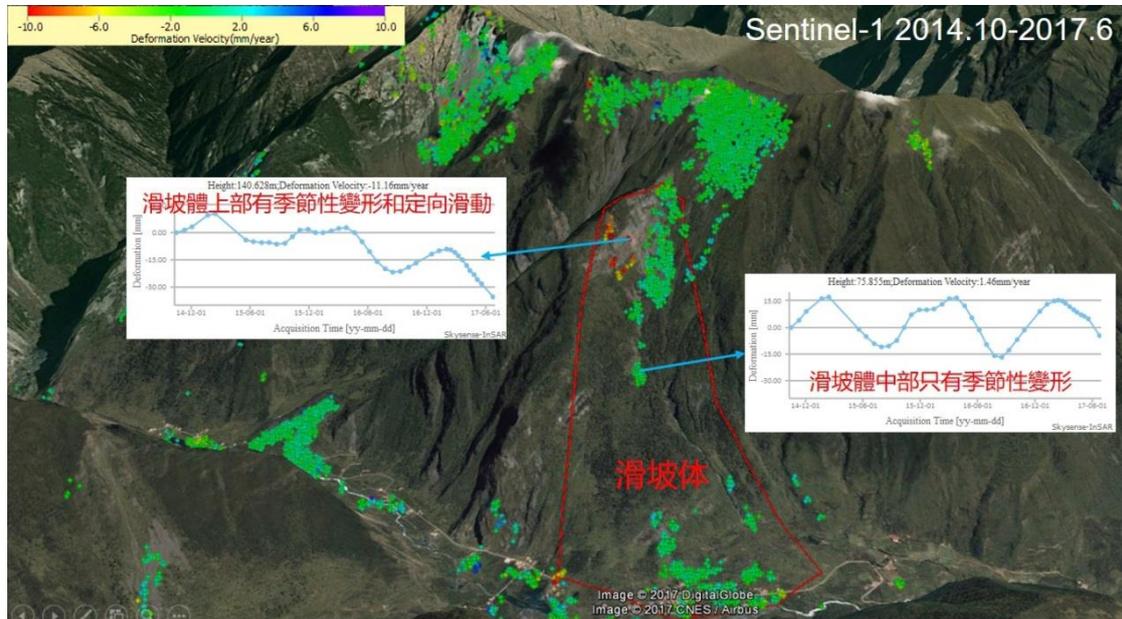


圖 9. 合成孔徑雷達干涉相關技術分析成果  
(資料來源：香港中文大學與地球信息科學研究所)

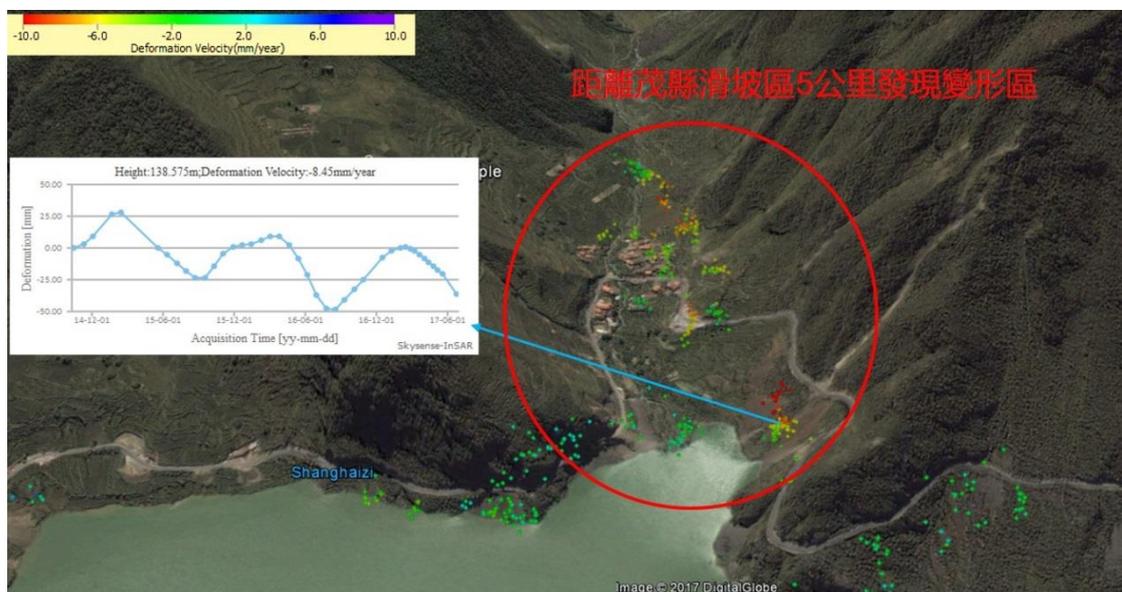


圖 10. 距離茂縣崩塌約五公里處發現變形現象  
(資料來源：香港中文大學與地球信息科學研究所)

## 六、結論

四川省阿壩地區有很多古滑坡存在，是崩塌的高潛勢區，且龍門山地震斷裂帶沿四川盆地西北緣底部切過，多次的地震事件，致使邊坡受震動而不穩，加上這幾年強降雨、強暴雨等惡劣天氣頻繁，使這一地區更容易誘發地質災害。此次 2017 年 6 月 24 日的茂縣崩塌發生於海拔 3,400 公尺以上，無人居住且陡峭的邊坡，距離受災村莊的高差達 1,600 公尺，代表很難單靠地質人員現地調查或是裝設監測儀器來獲取邊坡活動資訊。

在此次的崩塌事件中，可見較新的監測與調查技術之應用，包含利用震波紀錄進行崩塌的定位，台灣也已經有利用寬頻地震網全天候監測的特殊功能，進行大型山崩事件所產生的地震訊號之分析。UAV 的應用則可協助進行災後之快速取像，輔助災害應變與救災之進行。而在多時期合成孔徑雷達影像進行干涉相關分析的部分，可以偵測與監測不穩定邊坡的活動性，2014 年底 Sentinel 衛星發射後，每 6-12 天提供一張免費的合成孔徑雷達影像，可以更及時的獲得地表變形資訊，便可針對活動性高之區域進行更進一步的調查與分析。但此技術在山區的廣泛應用仍有其限制存在，包含遙感監測資料的可靠度、山區訊號易受到植被影響而導致不相關、坡體變形之臨界點的定義等等，都是目前各國研究人員努力突破的目標與重點。

## 參考文獻

6.24 茂縣山體垮塌地理信息發布平台

<http://www.scgis.net/mxxy/>

中央人民廣播電台

<http://china.cnr.cn/>

中華人民共和國民政部

<http://preview.www.mca.gov.cn>

中國天氣網

<http://www.tianqi.com/>

中國阿壩縣政府網站

<http://www.abazhou.gov.cn>

中國地震局

<http://www.cea.gov.cn>

中國武警網

<http://wj.81.cn/>

中國國土資源部

<http://www.mlr.gov.cn/>

四川新聞網

<http://www.newssc.org/>

四川省民政廳

<http://www.scmz.gov.cn/>

四川省交通運輸廳

<http://www.scjt.gov.cn/>

四川省國土資源廳

<http://www.scdlr.gov.cn/>

法新社

<https://www.afp.com/en/home>

香港中文大學與地球信息科學研究所

[http://www.cpr.cuhk.edu.hk/tc/press\\_detail.php?id=2544](http://www.cpr.cuhk.edu.hk/tc/press_detail.php?id=2544)

國家測繪地理信息局

<http://www.sbsm.gov.cn/>

聯合新聞網

<https://udn.com/news/index>

Meunier, P., Hovius, N., & Haines, J. A. (2008).

Topographic site effects and the location of earthquake induced landslides. *Earth and Planetary Science Letters*, 275(3), 221-232.