

## 2014 印度、巴基斯坦南亞季風之災害事件探討

呂喬茵、傅鑣漩、張志新

國家災害防救科技中心坡地與洪旱組

---

### 摘要

全球人口最多和最密集的地域-南亞地區每年皆受到季風影響，造成印度(India)、巴基斯坦(Pakistan)及喀什米爾(Kashmir)部分地區連續性的劇烈降雨，傳出嚴重的災情。今年(2014)七月印度馬林村山崩造成 151 人死亡，喀什米爾地區在 9 月受到 50 年來最嚴重的洪水衝擊，上百人喪生，巴基斯坦為了避免印度河下游大城免受到洪水襲擊，炸破堤防使洪水漫淹上游城鎮。除了豪雨成災，政府決策與應變作為往往亦左右了災害可能造成的生命財產損失程度。為此，災防科技中心針對南亞地區 2014 季風降雨所造成之洪水與土石崩塌災情、致災原因、後續衝擊影響及歷史災情進行分析與探討。

## 一、環境概述

### (一) 印度和巴基斯坦

南亞(圖 1)泛指喜馬拉雅山脈以南的地域，有時亦包括東西部鄰近的周邊國家，總面積達 495 萬平方公里。南亞次大陸包含了世界超過五分之一的人口，是世上人口最多和最密集的地域。印度和巴基斯坦兩個因為地域而多次開戰，孟加拉、尼泊爾和斯里蘭卡境內也因宗教衝突和政治鬥爭而不平靜。南亞區域內的國家包括了印度、巴基斯坦、孟加拉、斯里蘭卡、尼泊爾、不丹和馬爾地夫。南亞大部分地區屬熱帶季風氣候，一年分熱季（3-5 月）、雨季（6-9 月）和旱季（10 月至次年 2 月），全年高溫，各地降水量相差很大。

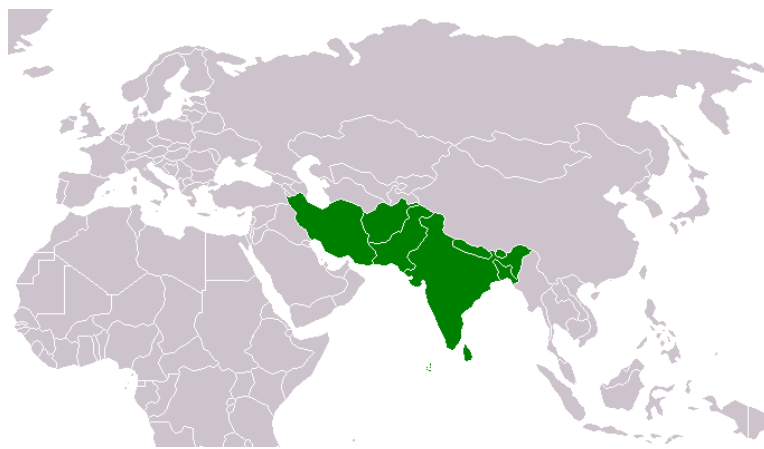


圖 1 南亞位置

### (二) 印度河流域

印度河，是巴基斯坦最重要的灌溉水源，其支流也有經過西藏及北印度。源頭位於中國西藏阿里地區革吉縣境內，從喜馬拉雅山脈朝西北方向流入喀什米爾，調頭向南流入巴基斯坦，在巴基斯坦信德省

(Sind)的喀拉蚩(Karachi)附近流進阿拉伯海(Arabian sea)。河流總長度 3,180 公里，流域面積 102 萬平方公里。而此次淹水區域為印度河左側支流，包含：傑赫勒姆河(Jhelam)、奇納布河(Chanab)、拉維河(Ravi)和象泉河(Satluj)等。



圖 2 印度河主流與支流  
(圖片來源：維基百科)

### (三) 喀什米爾

喀什米爾(Kashmir)是南亞次大陸西北部(青藏高原西部和南亞北部的交界處)的一個地區，曾為英屬印度的一個邦，面積 23 萬平方公里。喀什米爾地區現在由三個國家分治：巴基斯坦控制了西北部地區 Azad Kashmir and Gilgit-Baltistan (圖 3 中綠色區塊)，印度控制了中部和南部地區 Jammu 和 Kashmir (圖 3 中藍色區塊)，主要城市為斯利那加(Srinagar)，而中國則控制了東北部地區 Aksai Chin 和 Valle de Shaksgam(圖 3 中黃色區塊)。



圖 3 喀什米爾三國分治圖

(圖片來源：維基百科)

這次洪災在印控喀什米爾地區最為嚴重，斯利那加(Srinagar)是印控喀什米爾地區最大城市，也是印控喀什米爾地區夏季首都，距離印度首都新德里約 2,200 公里遠，該區位處喀什米爾山谷中，城市面積約有 294 平方公里，區域內有印度河支流傑赫勒姆河(Jhelam)流經，氣候為亞熱帶濕潤氣候，年平均雨量約 700 mm，雨季集中在春季，次要降雨是在夏季。

## 二、 2014 年災害事件報導

### (一) 印度洪災及馬林村大規模崩塌

#### 1. 災害紀錄

印度於每年 6-9 月受季風氣候影響，豐沛的降水侵襲，往往造成各地大大小小的災情，今年雨季於印度所造成較嚴重的災害事件分布如圖 4 所示。喀拉拉邦(Kerala)、西孟加拉邦(West Bengal)、比哈爾邦

(Bihar)、北方邦(Uttar Pradesh)的水災，死亡人數皆達百人以上，圖 5 為比哈爾邦的淹水情況，而印控喀什米爾地區(查謨和喀什米爾)淹水所造成的死亡人數接近 300 人。山崩事件中，又以於印度西部馬林(Malin)村的災情最為嚴重，造成 151 人死亡。洪水、土石流與崩塌導致印度東北地區的農作物損失嚴重，包含阿薩姆邦、比哈爾邦、北方邦、奧里薩邦等，目前預估的玉米產量約較去年(2013)低 10%，糧食平均較去年減少約 2%的產量(圖 6)。

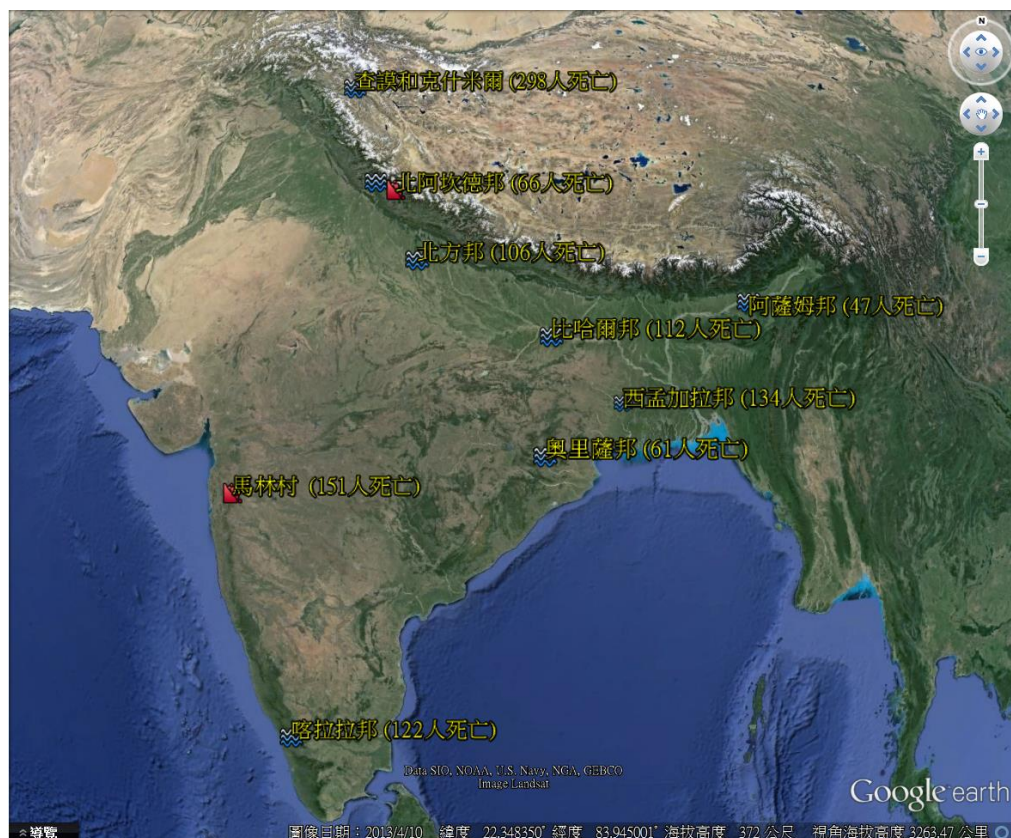


圖 4 2014 年印度季風期間災情分布  
(數據來源：印度政府，統計數字截至 2014.10.14)





圖 5 印度比哈爾邦淹水情況  
(照片來源：Deccan Chronicle)

| India             |                      |         |                  |                     |
|-------------------|----------------------|---------|------------------|---------------------|
| Cereal production |                      |         |                  |                     |
|                   | 2009-2013<br>average | 2013    | 2014<br>forecast | change<br>2014/2013 |
|                   | 000 tonnes           |         |                  | percent             |
| Rice (paddy)      | 150 639              | 159 802 | 155 992          | -2                  |
| Wheat             | 87 348               | 93 510  | 95 910           | 3                   |
| Maize             | 21 364               | 24 350  | 22 030           | -10                 |
| Others            | 19 546               | 18 850  | 16 290           | -14                 |
| Total             | 278 896              | 296 512 | 290 222          | -2                  |

Note: percentage change calculated from unrounded data.  
Source: FAO/GIEWS Country Cereal Balance Sheets

圖 6 印度農作物收成歷年比較表  
(資料來源：FAO)

馬林村(Malin)是位於印度西部馬哈拉施特拉邦(Maharashtra)浦那區(Pune)的偏遠村落，距離浦那市區路程約 120 公里。7 月 30 日凌晨在馬林村發生山崩(圖 7、圖 8)，直到早晨一位公車司機經過時才發現整個村落被土石覆蓋。雖然國家災難因應部隊 (National Disaster Response Force, NDRF) 動員了 9 個小隊，共 378 名救難人員與 6 隻搜救犬，當地政府也派出 250 名災害應變人員與至少 100 輛救護車展開搜救，附近地區的居民也趕來協助，但持續性的豪大雨與不良的路況使救援行動非常困難。根據印度官方統計資料，至 2014 年 8 月 7

日結束搜尋為止，已確定 151 人死亡，包含 59 位男性、71 位女性以及 21 位孩童，約 44 棟房舍全毀，僅有 8 人被救出。



圖 7 印度馬林村山崩後之情況  
(照片來源：Dnaindia)

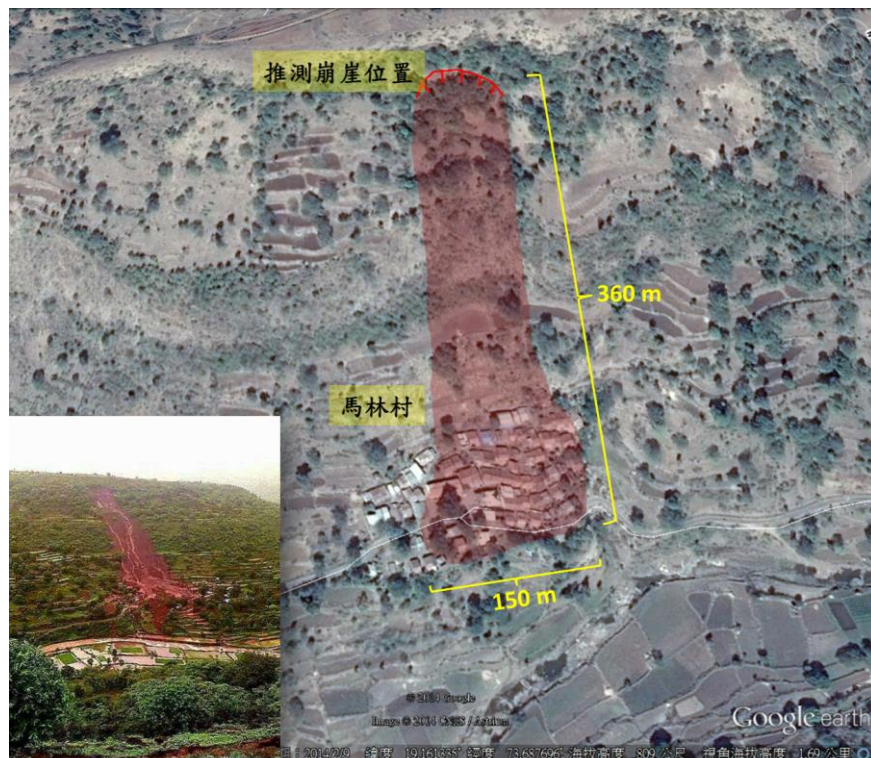


圖 8 防災科技中心初步判斷印度馬林村之崩塌影響範圍  
(左下照片來源：馬林村村民)

## 2. 致災原因探討

### (1) 連續降雨觸發崩塌

連續兩天的豪大雨是造成此次災害的原因之一，根據美國太空總署(National Aeronautics and Space Administration, NASA)的雷達迴波資料顯示(圖 9、圖 10)，山崩發生前兩天的累積降雨量達 200mm 以上，由照片中可以看到，此邊坡的主要材料是厚層的風化土壤，應是淺層土壤及岩屑崩塌後，因持續大雨使土石衝擊覆蓋馬林村的型態。

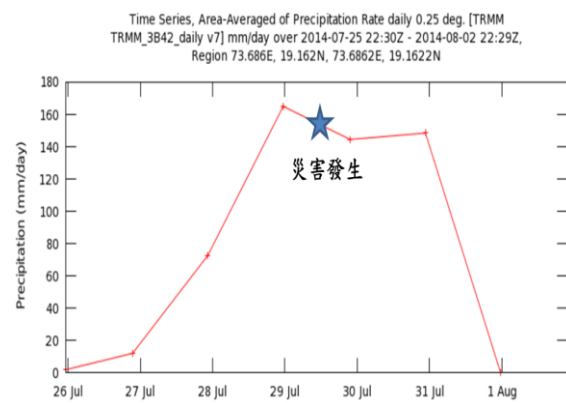


圖 9 馬林村山崩前後日雨量累積圖  
(數據來源： NASA)

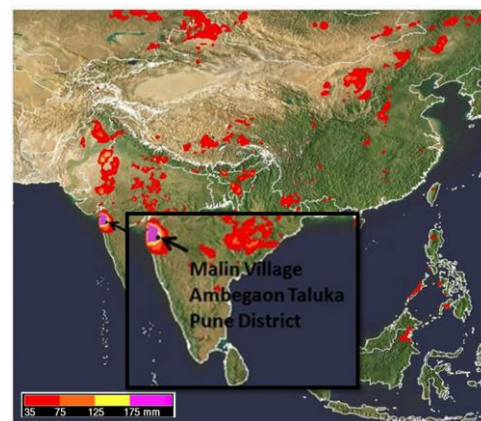


圖 10 山崩前(7/29)晚上九點雨量分布  
(資料來源： NASA)

### (2) 人為開發增加坡地的不穩定性

造成馬林村山崩的最根本原因應是人為在山坡地開墾畜牧、耕種開發及林地的砍伐。印度政府為了促進經濟收入的發展，開墾山林破壞水土保持，使坡地上的覆土層呈現不穩定的狀態，易成為淺層崩塌高潛勢區。



### (3) 政府未重視相關警告

關於印度 2011 年的生態報告(Western Ghats Ecology Expert Panel, WGEEP)<sup>1</sup>中指出，此地區的人為開發破壞已經太超過，希望政府能協助將一些農業用地恢復成林地，並須對於產業發展、基礎設施等開發進行妥善管理，以降低對於環境變化的衝擊。政府單位認為該報告過於嚴苛，並不應該被接受。在脆弱的地質環境下，不當的土地利用管理，將放大南亞季風降雨對印度的災害衝擊。

## (二) 巴基斯坦洪災衝擊

### 1. 災害紀錄

巴基斯坦在 2014 年季風降雨，集中在 9 月份，降雨地區在巴基斯坦東北部，許多地區遭受到洪水肆虐。9 月 7 日旁遮普邦(Punjab)政府宣布全省汛情緊急狀態。根據巴基斯坦國家災害管理局(National Disaster Management Authority, NDMA) 10 月 15 日處置報告(第 17 報)，洪災造成 367 人死亡(包含巴控喀什米爾 56 人)，673 人受傷，250 萬人受到影響，近 11 萬棟房屋損毀，當局設立 527 個救災營地，即時提供災後服務。災害不只造成生命損失，洪水亦造成 9,700 平方公里賴以維生的農作物受損無法收成(約 2 個嘉南平原面積大小)，眷養的牲畜也在洪水中死亡。巴基斯坦農業，又稱「白米三角洲」，當地的農夫為了農作物請求政府把水抽出水稻田，由於稻米收成的季節

---

<sup>1</sup> 是印度政府環境與森林部門任命 Madhav Gadgil 為主持人所進行的環境研究計畫，因此也被稱作 Gadgil 計畫，執行團隊於 2011 年 8 月 31 日將報告遞交給印度政府。

到來，洪水沒有退去的情況，農作物收成不佳，使得農作物價格上漲，連帶影響農產加工業的價格。

美國太空總署(National Aeronautics and Space Administration, NASA)針對巴基斯坦洪災拍攝的衛星影像(圖 11)，分別是災害發生前 8 月 31 日、災害發生當時 8 月 31 日到 9 月 7 日及 9 月 11 日上游洪水往下游移動的三階段影像。9 月 11 日洪水在傑赫勒姆河(Jhelum)和奇納布河(Chenab)的交匯處明顯河道變寬，河寬大約 25 公里，傑赫勒姆河和奇納布河各自漫淹約 200 公里長。

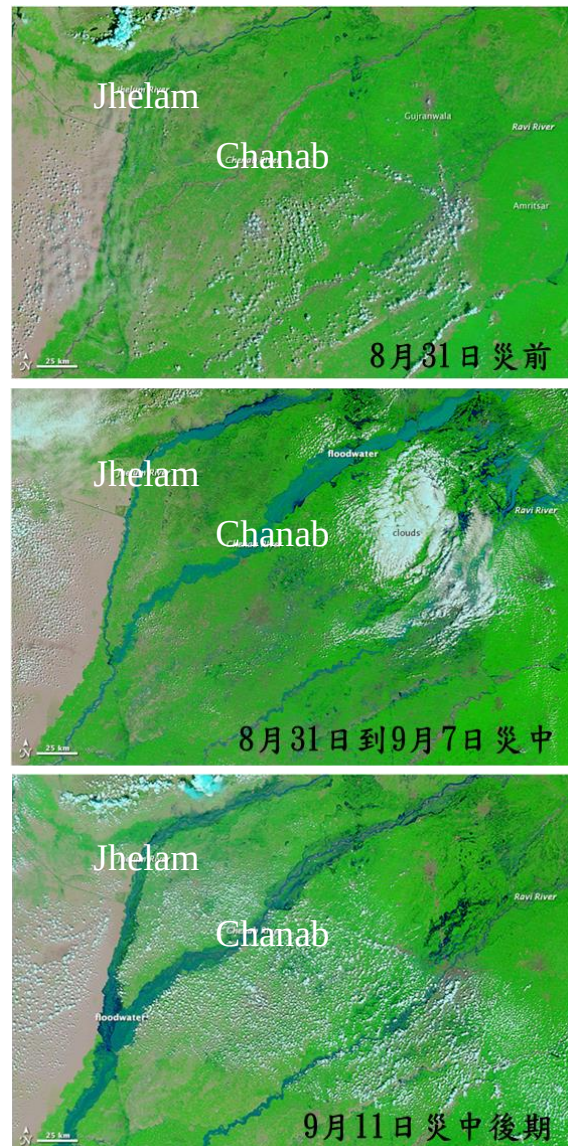


圖 11 巴基斯坦洪災前、中、後的衛星影像  
(水-藍色、黑色；植被-綠色；裸露-棕色。(影像來源：NASA))

## 2. 致災原因探討

### (1) 集中降雨

巴基斯坦全國各地降雨差異大，東北部是該國雨量豐沛地區，平均年雨量約 400mm 左右，但從巴基斯坦氣象局位於東北部的雨量站顯示(圖 12)，這次降雨集中在 9 月 4 日至 9 月 6 日之中，最大日雨量在伊斯蘭馬巴德(Islamabad A/P)測站，降雨最大時間在 9 月 5 日，日

雨量 298mm；巴控喀什米爾內的 Rawalakot 測站，最大日雨量在 9 月 5 日達 234mm，連續三日累積降雨超過 400mm，遠超過東北部年平均降雨量標準值。

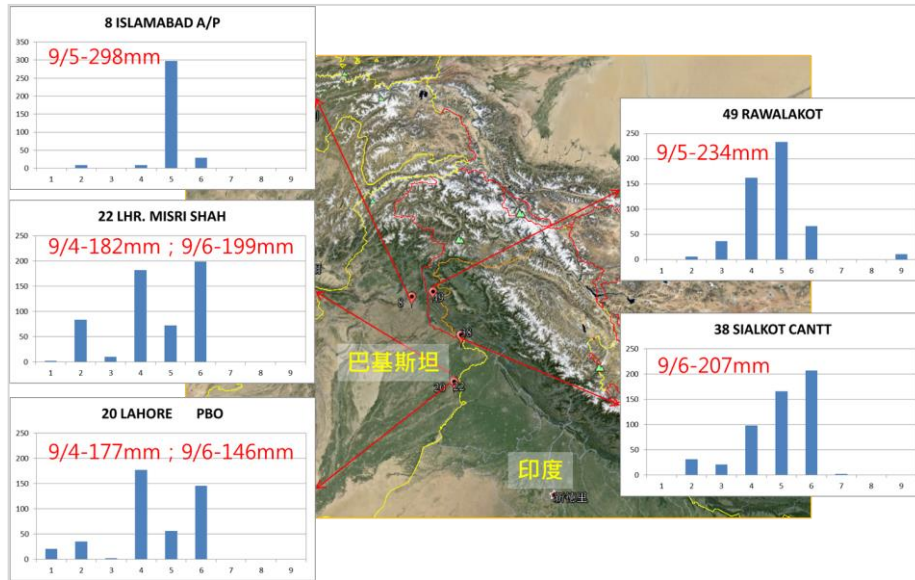


圖 12 巴基斯坦 9 月 1 日至 9 日雨量站日雨量

## (2) 流量超過近 30 年來紀錄

圖 13 是巴基斯坦東北方奇納布河(Chanab)上的流量站，由 1998 年至今的流量資料，奇納布河在今年 9 月流量達到最大值約 3,556 m<sup>3</sup>/sec，已超過該水位站 30 年重現期距之尖峰流量，甚至比過去水患嚴重的 2005 年和 2010 年來得大，因此洪水溢堤漫淹兩岸。

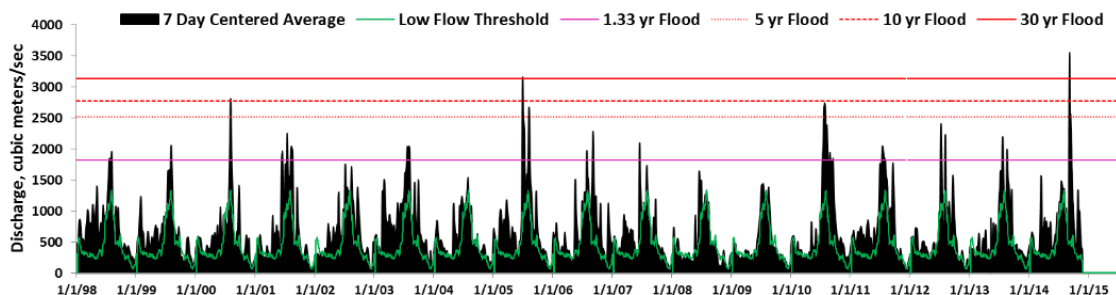


圖 13 巴基斯坦東北方奇納布河上的流量站 1998 年至今的資料

(資料來源：NASA)



### (3) 水庫操作

巴基斯坦此次水庫水位一直處於高位水狀態(表 1)，而水庫的入流量一直持續注入水庫中(約 1,400 至 4,200 m<sup>3</sup>/sec 流量)，可推估水庫並沒有多餘的蓄洪空間且水庫洩洪，導致加重下游水患。

表 1 巴基斯坦內水庫雨季蓄水高度(單位:公尺)  
(數據來源：USAID)

|         | 最大庫容高度 | 9/7 水位 | 9/11 水位 | 9/16 水位 |
|---------|--------|--------|---------|---------|
| Tarbela | 472.44 | 351.67 | 470.00  | 471.83  |
| Mangla  | 378.56 | 377.95 | 378.56  | 378.56  |

### (4) 疏洪炸破河堤

巴基斯坦的大城穆坦(Multan)就位在提姆水壩(Trimmu)的下游(圖 14)，但這次洪水衝擊大，使得巴基斯坦政府於 10 日時，緊急救援隊炸開提姆水壩上游的奇納布河河堤，將洪水往周邊地區疏洪，避免洪水淹沒下游的城市地區。炸開河堤確實避免下游城市受到洪水波及，但另外造成 2 百多個村莊被水淹沒。



圖 14 官方炸破奇納布河河堤疏洪  
(照片來源:BBC)

### (三) 喀什米爾洪災衝擊

#### 1. 災害紀錄

喀什米爾淹水最嚴重地區在印控喀什米爾首都斯利那加(Srinagar)，造成 298 人死亡。穿越市中心的傑赫勒姆河(Jhelam)水位高度到達 6.83 公尺，比警戒水位高出 1.34 公尺，而流量來到 7 萬  $\text{m}^3/\text{sec}$ ，比平時流量高出 2.8 倍，也因此河水溢堤，洪水漫淹都市及村莊，斯利那加最大水深達 3.7 公尺，超越一層樓高，民眾都往高處等待直升機救援。另外，喀什米爾地區同時受到中國、巴基斯坦、印度三國把持，而喀什米爾一直是南亞火藥庫之一，喀獨運動及暴力衝突也不斷為整個區域安定投下陰影。而此次洪災也因不同國家主政，印度與巴基斯坦各自救災，雖說二國總理對外宣稱支援救災，但仍有救援物資他國掠奪情況發生傳出。

圖 15 為 Google Earth 在災害發生前後拍攝的衛星照片，該地區為印控喀什米爾大城斯利那加(Srinagar)地區，左圖為 2014 年 9 月 10 日災害照片，傑赫勒姆河(Jhelam)洪水漫淹河道兩側，右圖為 9 月 16 影像照片，當時洪水已往印度河下游流。從淹水影像圖推算，淹水面積大約是 150 平方公里，已經淹沒該城市一半的土地。



圖 15 Google Earth 斯利那加災中(左)和災後(右)衛星影像



圖 16 斯利那加淹水照片  
(照片來源:BBC)

## 2. 致災原因探討

### (1) 破紀錄的降雨及河川水位

根據美國海洋和大氣管理署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)和美國太空總署(National Aeronautics and Space Administration, NASA)的累積雨量資料圖 17 顯示，喀什米爾地區雨量集中在四天之中，累積雨量將近 200mm 至 400mm，超過年平均雨量的 50%。破紀錄的降雨，因此傑赫勒姆河(Jhelam)水位高度到達 6.83 公尺，比警戒水位高出 1.34 公尺。



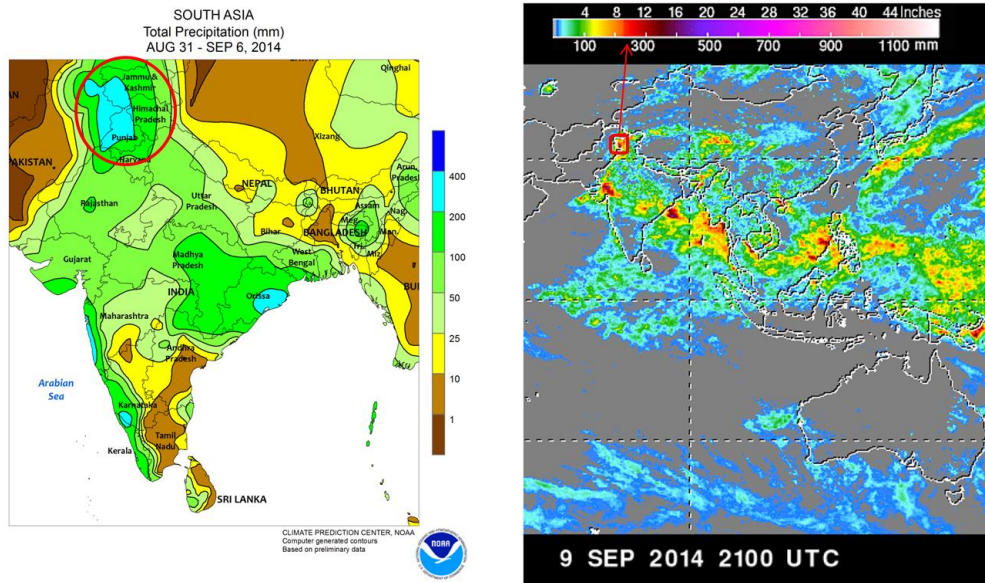


圖 17 NOAA(左)和 NASS(右)南亞累積雨量

## (2) 預警、應變系統喪失

根據 Understanding Asia's Water Crisis 針對喀什米爾洪災報導指出:當地民眾在災害發生前，印度政府並沒有提出降雨警訊，甚至僅提出印度東岸遭受大雨的影響，預報系統失靈；而災害發生當下，水位上速度快，河道已經溢堤也無任何避災消息，民眾來不及逃生。所以當地不僅降下近半年雨量，而災害系統失效，民眾也疏忽防災意識，因而造成嚴重財產損失。

## (3) 防洪計畫延宕

喀什米爾的防洪計畫早在 2010 年時提出 2200 億盧比(相當台幣 1100 億)的防洪計畫，卻被印度中央水務委員會(Central Water Commission, CWC)駁回，該項計畫可以將原先的洪水量從  $1,400 \text{ m}^3/\text{sec}$  增加至  $3,360 \text{ m}^3/\text{sec}$ ，計畫所建議的洪水量，是可以讓這次的



洪水通過且避免洪水溢堤。

#### **(4) 都市化發展，增加地表逕流**

傑赫勒姆河(Jhelam)穿越現今的斯利那加(Srinagar)城市，加上斯利那加位處低地，早在 1902 年時期原斯利那加城市，屬於濕地調節洪水之用，隨著人口的增長，建物需求增加，傑赫勒姆河畔兩岸開始擴建，造成原先濕地可供河水流蓄洪的空間喪失，也因此這次超過半年的雨量，造成河水氾濫。

### **三、歷史災情回顧**

#### **(一) 印度**

災防科技中心(NCDR)蒐集了 1990 年到 2013 年間，印度發生了 196 場淹水、山崩事件(圖 18)，造成 36,942 人死亡，影響了約五億多人，損失高達台幣 9,500 億。

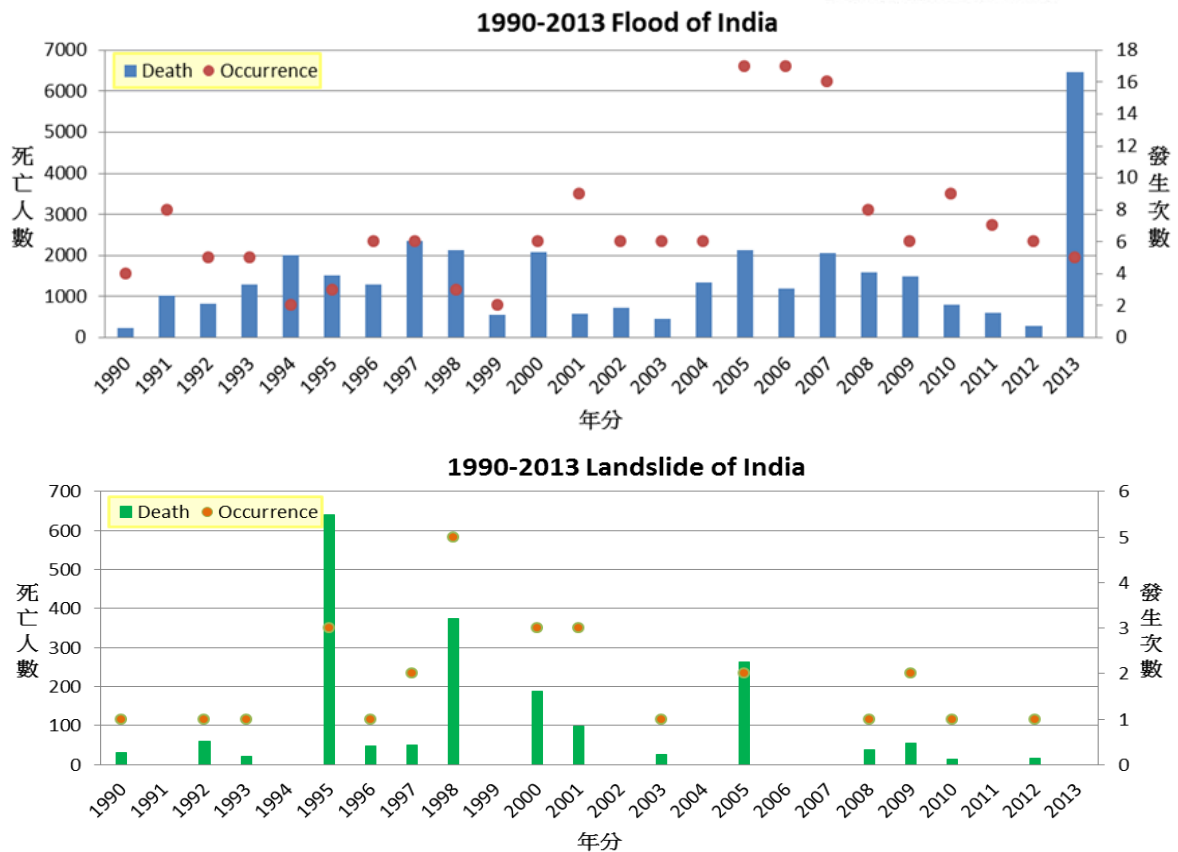


圖 18 1900-2013 印度每年淹水、崩塌事件死亡總人數與發生次數分布圖  
(數據來源：EM-DAT)

在 1998 年北阿坎德邦的一個小村落(Malpa)發生的山崩滅村事件後，印度的防災意識逐漸抬頭，但當時都只是採取臨時或對特定問題的處理措施，直到 2005 年災害管理法終於在印度被通過，2006 年印度國家災害應變部隊(National Disaster Response Force, NDRF)<sup>2</sup>誕生，負責國家天然與人為災害的應變處理，針對山崩或雪崩災害管理的指引也在 2009 年發布。印度目前有關坡地的監測、調查，潛在崩塌區範圍的研究等目前都已經有一定的成果(圖 19、圖 20)，印度的氣象局也會針對可能遭受豪雨侵襲的地區做出預警，然而，政府如何面對與處理這些資訊成為減低災害衝擊影響的重要角色，不論是 2013

<sup>2</sup> NDRF 目前分成十個大隊分散於印度境內，每一隊含 18 支 45 人的專業搜救隊伍，包含工程師、技術員、電工、醫療及護理人員、搜救犬。

年北阿坎德邦的淹水事件，政府並沒有對氣象局的預警採取適當疏散措施，導致大量旅客與朝聖者受難，亦或是今年的馬林村山崩事件，在之前就已經有專家對此區過度開發提出警告。若沒有從這些災害事件中學習，記取教訓且積極認識與面對災害，每年傷亡慘重的事件就將不斷重複上演。

Landslide Hazard zone map \_ Sikkim

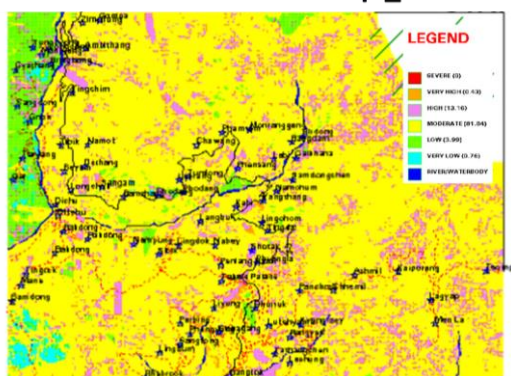


圖 19 Sikkim 地區山崩潛勢圖

(資料來源：印度政府地球科學部門)



圖 20 Tangni 山崩監測流程

(資料來源：印度政府地球科學部門)

表 2 印度 1990-2013 年較嚴重的淹水與崩塌事件

(資料來源：EM-DAT)

| 時間         | 地點                                        | 說明                                                                                                                       |
|------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2013.06.16 | Uttarakhand                               | 連續多天的暴雨，使印度北部的北阿坎德邦遭受到歷年來最嚴重的天然災害，包括淹水與山崩，造成超過 6,000 人死亡。                                                                |
| 2005.07.26 | Maharashtra                               | 0726 單日降雨量達 922 mm，是一百年來的最高紀錄，造成西部馬哈拉施特拉邦洪水氾濫、山崩地滑，死亡總人數達 1096，其中首都孟買就有 447 人死亡，包括 Sakinaka 山崩事件，損毀 35 棟房舍，造成至少 100 人死亡。 |
| 1998.08.18 | Malpa                                     | 整個村落被夷平，約有 239 人死亡，包含 60 位要前往西藏的朝聖者。                                                                                     |
| 1995.09    | West Bengal, Bihar, Himachal Pradesh, J&K | 豪雨造成淹水與崩塌事件，死亡人數達 1879 人，其中在 Kulla (Himachal Pradesh)發生的一起山崩事件就造成 400 人死亡。                                               |

## (二) 巴基斯坦

巴基斯坦方面在 1990-2013 年間則有 75 場淹水、山崩事件(圖 21)，共造成 10,490 人死亡，影響了約六千萬多人，損失高達台幣 5,300 億。

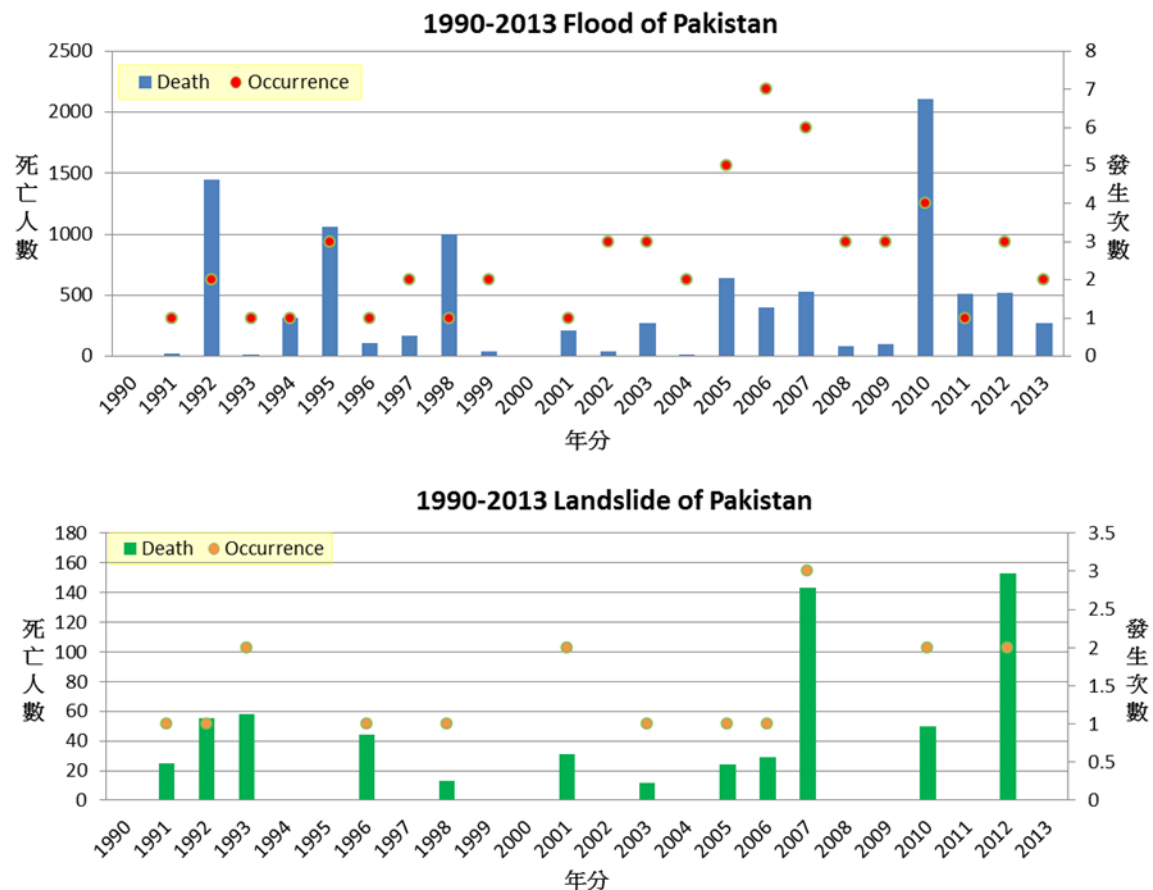


圖 21 1990-2013 巴基斯坦每年淹水、崩塌事件死亡總人數與發生次數分布圖  
(數據來源：EM-DAT)

洪水災害頻繁發生在巴基斯坦，在過去的 5 年中，每一年季風皆面臨毀滅性的洪水。在 2010 至 2013 年巴基斯坦洪災更是全世界因季風災害損失前五名。而 2010 年更是洪災最為嚴重的一年，造成近 4,000 人死傷(表 3)和百億的損失。今年洪災與過去都是在巴基斯坦東北部



地區，但 2010 年的洪災主要發生在印度河主河道上，印度河左右側支流亦有，可由圖 22 左圖顯示，從巴基斯坦北部至南部河道明顯擴張；而今年洪災主要集中左側支流上，靠近印控喀什米爾地區。

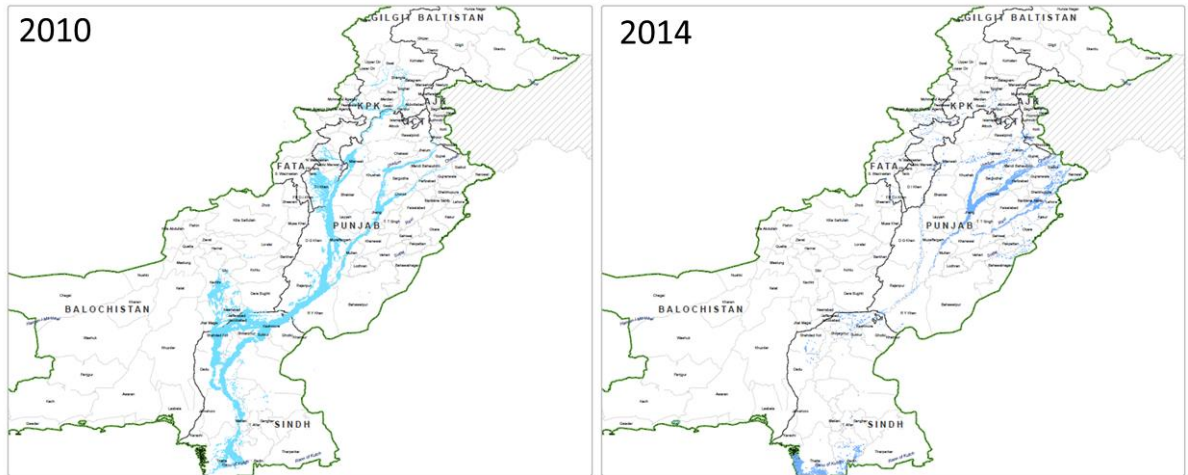


圖 22 巴基斯坦 2010 和 2014 淹水範圍比較

(資料來源：BALISTAN - Voice of Baltistan)

表 3 巴基斯坦 1990-2013 年較嚴重的淹水與崩塌事件

(資料來源：EM-DAT)

| 時間         | 地點                      | 說明                                            |
|------------|-------------------------|-----------------------------------------------|
| 2012.04.07 | Kashmir                 | 巴控克什米爾的雪崩，造成 135 人死亡，其中 129 人為軍人，是目前最嚴重的崩塌事件。 |
| 2010.08    | 印度河主河道                  | 最嚴重的一次洪災，造成 1,985 人死亡，2 千多萬人受影響。              |
| 1998.03    | Kech Valley             | 淹水事件造成約 1,000 人死亡，20 萬人受影響。                   |
| 1992.09    | Azad Kashmir and Punjab | 造成 1,334 人死亡，6 百多萬人受影響的洪水災害事件。                |

巴基斯坦長期遭受水旱之苦，所以相關水旱監測，在巴基斯坦國內有監控外(圖 23)，連國際間相關組織皆在巴基斯坦國內設置監測站，協助水旱監測和研究。就如先前章節所說，水在巴基斯坦國內情況兩極，不只氣象預報、雷達降雨監測與防洪設施監測，還有水資源

未來氣象預報。另外，國際間組織近期開始推動鄉村防災，成效如何還需看後續推動情況。協助巴基斯坦防洪及水資源調度的人道支援很多，為了避免「水」帶來的生命財產損失。

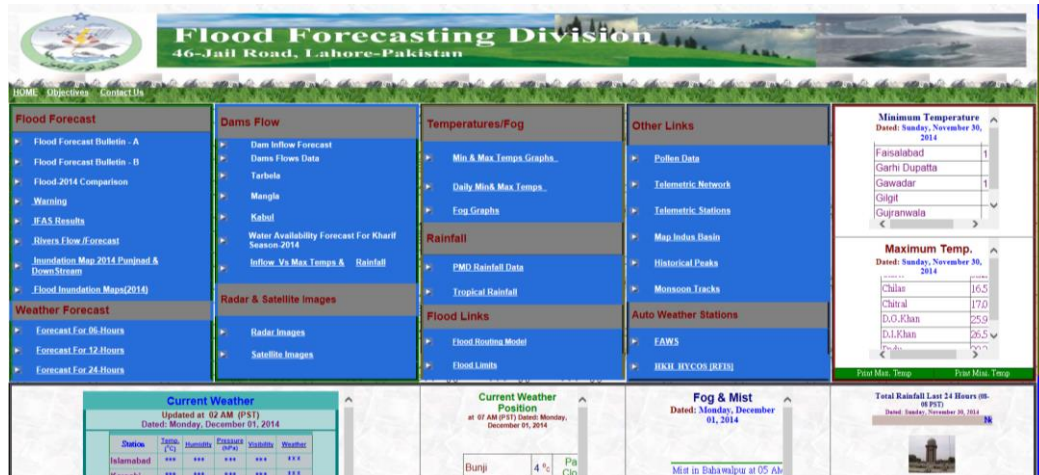


圖 23 巴基斯坦水利設施監測網頁  
(資料來源:PMD)

## 五、 結論

綜觀今年(2014)南亞季風期間的災情，印度、巴基斯坦、喀什米爾的淹水與崩塌災害事件，共造成接近 1,500 人死亡，受全球氣候變遷影響，導致各地不論是降雨強度或累積雨量皆易較歷年平均值高出許多，更易觸發邊坡崩塌、造成淹水災情。除此之外，沒有完善的土地利用政策、人為過度的開發破壞、水資源如何管理與運用等，是政府單位須加以重視。而目前雖然印度與巴基斯坦皆有國家災害管理相關部門，坡地、氣象、防洪設施等監測或預報都有一定成果，但如何有效善用這些資料，進行相關整治、預防性疏散、災害應變，以降低每年季風期間所造成的生命財產損失，為目前需積極解決的重要問題。

## 參考文獻

印度政府官方網站

<http://india.gov.in/>

印度政府地球科學部門

<http://www.imd.gov.in/>

美國太空總署(National Aeronautics and Space Administration, NASA)

<http://www.nasa.gov/>

維基百科

[http://en.wikipedia.org/wiki/Main\\_Page](http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page)

AGU Landslide Blog

<http://blogs.agu.org/landslideblog/>

BALTISTAN - Voice of Baltistan

<https://baltistaan.wordpress.com/>

BBC NEWS

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

Dnaindia

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

Deccan Chronicle

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

EM-DAT

<http://www.emdat.be/>

Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO

<http://www.fao.org/home/en/>

National Disaster Response Force, NDRF

<http://ndrfandcd.gov.in/index.aspx>

National Disaster Management Authority, NDMA

<http://www.ndma.gov.pk/new/>

Pakistan Meteorological Department, PMD

<http://www.pmd.gov.pk/>

Sphere India

<http://www.sphereindia.org.in/>

Understanding Asia's Water Crisis

<http://www.thethirdpole.net/>

Western Ghats Ecology Expert Panel (WGEEP), 2011, p. 522.