

土石流 防災知多少

破碎裸露的地質、陡峻的坡度和豐沛的水量，是構成土石流的三大要件，針對此三大因素，衍生了各種防範之道，藉以避免土石流災害的形成，並保護山區居民的生命財產安全。

■ 陳樹群

從期待到驚惶

颱風似乎是每個台灣人對夏天的共同記憶，許多人在懵懂天真的孩提時代，多少總會期盼颱風到來，好享有多賺到一天颱風假的「優惠」和喜樂。儘管兒時記憶中也曾烙印著颱風夜家中屋瓦被吹翻的驚恐，但在災害中總能竊取到一些樂趣，也許僅是賺到一天快樂的颱風假期，也可能是聽大人們談論街坊鄰居的哪隻豬不見了、誰的雞被吹走了等等趣事。那時天然災害帶來的軼聞像是平靜生活中的插曲，在平淡無奇之中點綴了些許趣味。

然而近年來頻頻發生的重大天災，所造成的嚴重傷害卻遠遠超過你我所能想像，也超越了人們能夠談笑視之的負荷界限，人人聞災色變，因為天災不再只是平淡生活中的插曲，而是足以澈底改變生活的「命運變奏曲」。

回顧二〇〇一年對台灣造成影響的颱風，從五月的西馬龍到十月的海燕，總共有九個之多，這在台灣的氣象史上是罕見的，其中令大家印象最為深刻的當屬七月底的桃芝及九月的納莉和利奇馬颱風了。桃芝颱風出奇不意地猛揮一拳，重創中台灣及東台灣，造成山區嚴重的土石流災害；納莉颱風搖搖晃晃蹣跚緩擺，竟使北台灣創下最嚴重的水患紀錄；而利奇馬颱風對南台灣雖然未造成太多的傷害，但補足了全台灣版圖均屈服在颱風威脅的壓力下。

如果將這幾個著名的颱風名稱以台語串成「你現在（利奇馬）逃到（桃芝）哪裡（納莉）？」來描述上帝對福爾摩莎美麗之島的垂詢，我們大概也只能無奈地回答說：「在造物主面前我們無處可逃，也無言以對。」如今面對颱風，早已脫離了兒時記憶中「賺到假期」的興高采烈，取而代之的是驚惶、不安與疑懼。

天搖地動之後

台灣為多山島嶼，約四分之三地區屬於山坡地，地勢陡峻、地質破碎、河短流急，不良的地質條件，加上颱風豪雨頻仍以及不時發生的地震，十分容易引發沖蝕與山崩，致生土石災害。近年來，又由於過度使用坡地資源、大量開發利用山坡地，使得水土資源保育問題日益惡化。再經過九二一地震，天搖地動、雷霆萬鈞的搖撼後，台灣更有如柔弱的花朵，禁不起風吹雨打，很容易便憔悴凋零。

大地震造成了全台地形景觀上的巨變，特別是中部山區處處崩塌，產生高達數千萬立方公尺的鬆散土方，嚴重危及山區農業經濟發展、道路交通建設及民眾生命財產安全；另外由於地震強烈的擠壓及錯動，也使原來就已經不穩定的山坡地變得更加脆



弱。事實證明在過去幾年中，每遇豪雨，甚至一般性的降雨，都會引發規模不一的土石崩塌

和土石流災害，如此明顯不同於以往的災害經驗，也使得防災工作更加艱鉅。

源頭治理施工中



源頭治理施工後



土石流源頭崩塌區域，提供土石流發生所需要的大量鬆散土石，因此須在雨季來臨前進行植生治理工程。藉由打樁編柵、鋪設草席並撒上草種的相關配合措施，幾個月後已是綠意盎然，滿山遍野的大波斯菊，除了達到防治土石流的目地外，也兼具美化的功效。

流動的殺手

現在每當雨季來臨，各種山坡地土砂災害便層出不窮，其中在各大傳播媒體上曝光率頗高、常爲人所互道的嚴重災害就是「土石流」。自一九九六年賀伯颱風過境以來，這個自然界中流動的殺手，就大大打響了它可怕的名號，震驚了寶島台灣每個人的心；「土石流」一詞如今儼然是山間豪雨成災的代名詞，更是山區居民傷痛的源頭。

土石流是一種水與泥沙、土石充分混合而成的流動體，外型與一般常見的混凝土砂漿極為相似，因此又被比喻成「天然預拌混凝土」。當這個令人驚駭的流動殺手發威時，巨大的石塊如千軍萬馬般自山谷溪流間奔騰而下，沿著河道一路

攻城掠地，像是噬人的猛獸，只一瞬間就將許多人辛苦建立的家園摧毀殆盡。曾經矗立在山林中的紅牆綠瓦、曾經是人們安身立命的棲身之地最終變得土崩瓦解、面目全非。人們絕對難以想像，平日靜立山間難以撼動的巨石，在豐沛雨水的托動下，竟會帶來如此駭人的災難。

土石流災害事件近年來有逐漸增多的趨勢，最近一次促使這流動殺手大規模發威的是二〇〇一年七月二十九、三十日侵台的桃芝颱風，其豐沛的雨量造成台灣東部花蓮縣及中部各縣市地區，土石流竄、堤防潰決、橋梁沖毀、路基流失及居民房舍遭土石掩埋的慘重災情。由於桃芝風災發生在九二一大地震後，災害情況較之以往更為嚴重。因此讓民眾認識土石流災害，並建立避災防災的觀念與體系，可說是當務之急。

遏阻殺手行動

要遏阻土石流這個流動殺手的恐怖行動，就必須預先做好各種防護的措施，首先須了解土石流流動的誘因，以對症下藥。土石流發生的條件為：破碎裸露的地質、陡峻的坡度和豐沛的水量等，除去這些條件，令人聞之喪膽的流動殺手就只是山林中靜默不動的隱者，對人們其實不具威脅性，因此針對誘使殺手行動的因子加以防範是十分重要的。

在土石流的防治上，可運用良好的植被覆蓋大地來保護破碎裸露的坡地，再運用防砂壩及排水導引工程等，減緩河床陡峻的坡度並引開過多的水量。綜合來說，土石流的防治大致上可分為

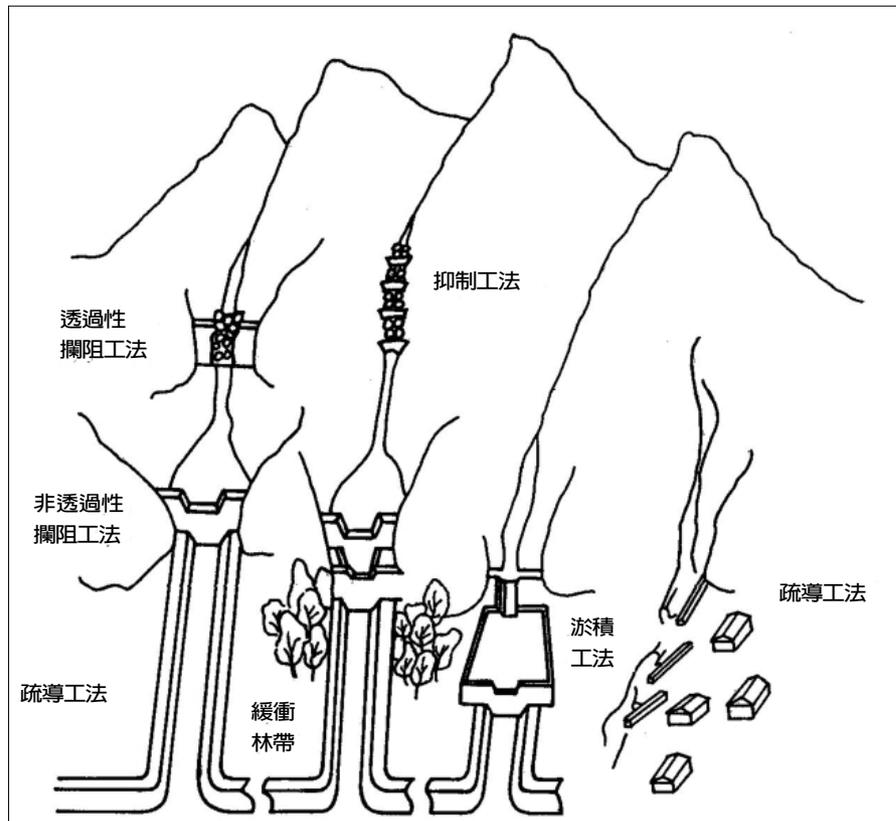
植生與工程兩種措施，但依據防護對象和土石流的特性，可將此兩類措施進行各種不同的組合。

植物生長保護河川大地

土石流防治的植生措施，主要是運用植物根系保土護坡的特性，來增強表層土壤對大雨衝擊的抵抗力。一般採用喬木、灌木及草類等植物，依據現場地形進行綜合配置並營造景觀，期能充分發揮防止土壤沖蝕、分散地表逕流、減少逕流量等功效，以削弱或根除土石流發生條件，讓土石流的流動無由產生，進而達到預防和制止土石流發生或減小土石流規模、減輕危害程度的目的。

植生防治措施具有應用範圍廣、投資費用少、風險低、促進生態平衡、改善自然環境條件，具生產效益以及防治作用持續時間長的特點，可說是十分不錯的防治方法。只是植物生長需要較長的時間，因此植生措施初期的效果較不明顯，通常需要三到五年或更長的時間才能發揮

土石流防治工法
在上中下游的配置。



顯著的作用與效益。所以在一些地滑或崩塌地區，單獨使用植生措施不一定能完全解決問題，通常必須和工程措施相互配合才能達到良好的防治成效。

工程構造降低殺手動力

土石流防治的工程措施，是在土石流的形成源頭、流通溝谷及最後堆積形成的扇形區域

內，採取相對應的攔阻、調節和疏導等治理工程，用以控制土石流的發生和危害，即使真有土石流產生，也能藉由疏導工程順利將土石經由安全路線引流並堆積到預先規劃的安全區域。此類工程措施通常適用於土石流規模大、河道中有鬆散土砂堆積、重要保護對象（如下游有村落、重要道路或古蹟等）、防治標準要求高、見效快以及希望一次解決問題的情況下，對於土石流流動的遏阻頗有成效。

實際進行土石流工程防治措施時，最好能兼顧坡面與溝谷，上下游統籌綜合治理。一般在溝谷上游以安定土砂為主，中游以整治水為流為主，下游以排洪疏導為主。當土石流藉由上游穩定坡面、截導水流和中游攔擋土石、保護坡岸等工程設施時，產生土石流的鬆散土砂來源即可減少，這有利於下游的土砂疏導，進而可將土石流的危害減至最低。

雙管齊下對付土石流

由於土石流的發生、發展及危害與特定地質、地理環境和人類經濟活動有密切的關係，因此，土石流的防治須從全面的角度採取確實可行的治理措施，土石流發生區域應整體治理規劃，依據集水區上中下游的不同特性，結合植生與工程等不同的措施，才能讓山區土石安穩靜立，不隨大水四處流竄橫行。

針對土石流在上中下游不同特性的防治，分別有抑制、攔阻、淤積、疏導及緩衝等工程方法。抑制方法以施作工法的專有名詞來說，包括：固床工、潛壩、連續壩、山腹工、打樁編柵、源頭治理、坡面排水、植草造林等，主要應用於溪谷上游沖蝕劇烈的地方，目的在防止坡地沖刷、斷絕土砂石塊對土石流的供應補充。

土石流的攔阻方法如防砂壩，則是應用於溪谷的中上游，由於土石流流經此區時已含有



農委會水土保持局提供

由土石流監視系統可以即時了解山區河川的水量變化。本圖為南投縣郡坑野溪在二〇〇三年五月十五日下午發生的一場雷陣雨，可以在半個鐘頭內由無水河川的狀況（14點51分）突然變成萬馬奔騰的洪流（15點16分）。由此可知，在颱風豪雨季節疏散避難的重要性。圖中黃色布條是鋼索檢知器的位置，當土石流來臨時會撞斷此鋼索而發出警報，但由於可供居民疏散避難的反應時間過短，且又容易產生誤報現象，因此僅供參考，目前仍以中央氣象局的颱風資料做為疏散避難的依據，以達到提早疏散的安全目標。

大量土砂、巨石，濃度已近飽和，藉由堅實的工程構造物直接攔阻或使土石流脫水，可以阻止土石流動。而淤積方法是在河道中下游增加淤積的土砂，例如將溪床寬度加大或者讓溪床坡度減緩，使土石流經該處時能夠自然淤積。

疏導方法則是運用在土石流流速漸趨緩慢的中下游區及扇狀堆積地上，利用渠道或導流堤道，誘使土石流沿安全的路線移動。至於土石流的緩衝方法，即是以樹木林帶做為緩衝，在溪流兩岸及出口扇狀地區廣植林木，以減緩土石流的衝擊力。

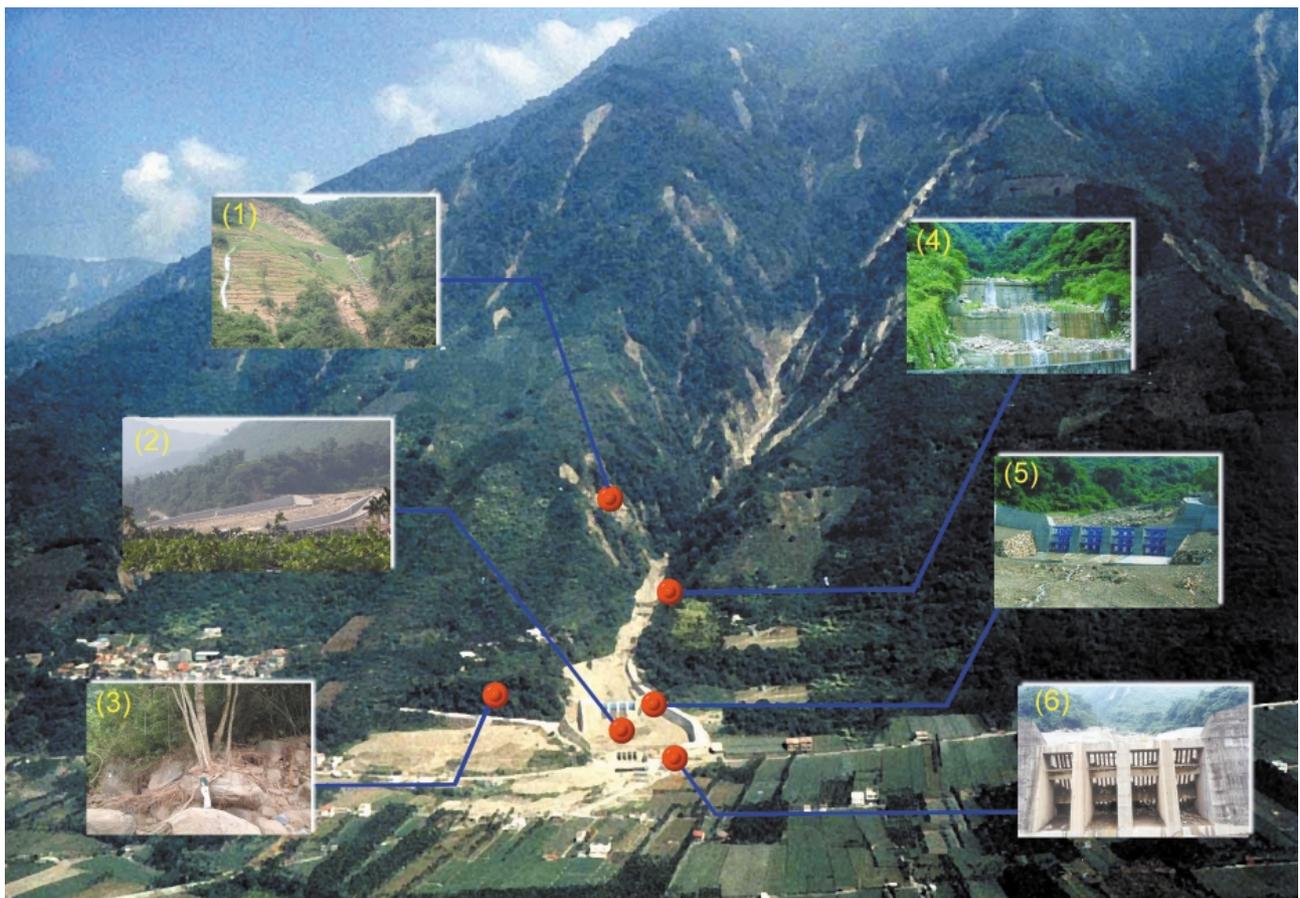
與天災和平共存

在所有土石流防治方法俱都齊備時，是否可以認為人定勝天，從此就可高枕無憂？其實

並不盡然，因為土石流的再發性非常高，而發生規模與頻率也非現今的科技所能掌握，因此最好的對策乃是遷村。遠離土石流危險區域，才能讓山區居民免於恐懼。然而台灣地狹人稠，再加上居民戀土愛鄉的情懷，多年來的防災經驗告訴我們，建構一個能與天災共存共容的坡地社區，可能是較為妥當與可行的辦法。

以大家耳熟能詳的南投縣信義鄉神木村為例，該村幾乎年年發生土石流，但遷村之路卻仍是遙不可及，近年來隨著災害頻仍，居民習於面對天災，反倒是逐漸發展出社區防災的觀念。不過在建立防災社區的同時，卻也衍生出許多待解決的問題，首先是政府單位應在何時以及如何告訴居民土石流即將發生，其次是該如何撤離？這其中牽涉到預警與避難兩大系統的建立。

土石流潛勢區域整體工程防治配置系統 (1) 打樁編柵 (2) 沉砂池 (3) 緩衝林帶 (4) 系列防砂壩 (5) 格子壩 (6) 梳子壩。



農委會水土保持局提供

預先警告走為上策

人類無法控制天災不發生，而當土石流災害無可避免、當我們無法阻止自然界這流動的殺手行兇時，「三十六計，走為上策」是最好

的選擇，但什麼時候該走卻是一門很大的學問，「土石流預警系統」於是應運而生。「預警」一詞顧名思義，目的在預先警告土石流危險區內的居民災害可能要發生，好讓居民有較充裕的時間進行疏散避難。但由於土石流的發生

仍存在極高的不確定性及未知性，因此目前仍常面臨無法有效預測土石流發生時機及地點的窘境。

土石流的預警是以時間和頻率為二大主軸，而以驅動土石流的雨量條件為主要的預警觀測對象，透過統計分析，建立可能發生土石流的降雨預警基準。此外，並將土石流流動過程中所產生的異常現象，如震動、聲響、水位等徵兆，納入土石流預警的設計參考，希望在土石流發動可怕的攻擊行動前，能夠及時告知民眾遠離危險。

預警系統是否成功，取決於警報發布到民眾開始進行避難的時間是否足夠，這段時間愈寬裕，那麼成功避難的機會就愈大；反之，若時間過短，則會導致避難行動措手不及。台灣地區會發生土石流的溪流長度多介於五百至二千公尺之間，一旦土石流自源頭奔流而出，經由現場監測儀器（如紅外線攝影機、鋼索檢知器或地聲計等）的警報反應，可以讓居民應變的時間不會超過十分鐘，因此現場監測預警的儀器都有反應時間過短的缺點，較難有系統地進行疏散。

從爭取足夠避難時間的觀點來看，必須將預警時間往前推，而目前以雨量做為土石流警戒通報的基準是較為可行的方式。藉由接收中



土石流潛勢區域整體工程防治配置系統（1） 打樁編柵：主要用於崩場地及土石流源頭的治理，目的在分散水流，穩定坡面，減緩土壤沖蝕，加速植生復育。



土石流潛勢區域整體工程防治配置系統（2） 沈砂池：配置於土石流危險溪流的下游處，目的在淤積大量土石於安全區域內，避免掩埋危害下游居民及農田。沈砂池必須在雨季來臨前清除堆積物，以提供淤積空間。

央氣象局的即時雨量資料，推算危險地區的雨量是否達到土石流發生的警戒標準，一旦超過警戒標準，隨即通報居民進行疏散避難。然而以雨量做為判斷土石流是否會發生的最大缺點是準確度並不高，因此民眾常會有「狼來了」的受騙感覺。

基本上，土石流預警的技術目前尚處於試驗研究階段，因此預警準確度的提升，還有待專家學者們進一步的努力。只是我們也不應該過度依賴預警系統，將自身生命財產完全寄託在預警系統上，畢竟我們的科技仍無法全然抵擋大自然的反撲，對於天然災害仍應抱持積極走避、不與之正面衝突的觀念，並採取避難行動，才是上上之策！

避開災難保命為要

當土石流災害即將發生時，居民究竟該往何處避難，又該怎麼逃才能躲開「流動殺手」的追趕呢？建立土石流危險區避難處所及規劃疏散路線，是政府相關單位與學術界目前正積極合作的防災工作。整體工作重點在針對土石流危險區域進行規劃，當某些特定地區被劃定為土石流危險區域後，政府相關單位必須對危險區內的人為活動嚴格加以限制（如坡地開墾及房舍興建等），同時也必須提出相對應的防災措施，更重要的是應著手制定和執行必要的疏散計畫。

當某一地區雨量一旦超過警戒值，可能在



土石流潛勢區域整體工程防治配置系統（3） 緩衝林帶：藉由森林根系良好的抓地力及樹幹的阻擋作用，可以減緩土石流速度，降低衝擊力。

數小時內發生一定規模的土石流時，災害應變中心即須對該區居民採取緊急疏散避難或保護措施，所有民眾須強行遷至安全區域。疏散避難計畫內容應包括：疏散地域範圍、疏散的時間限制、疏散的交通運輸工具及路線安排、疏散的具體戶數及避難處所的安排、充裕的救援物資及通暢的對外通訊設備等，並建立統一指揮的行政防災組織系統。

防災團隊經由現場的實地勘查及與當地居民的對談溝通，讓民眾直接意識到自我防災的重要性，另外並與居民協調避難處所及路線的妥適性，以規劃避難地點與疏散路線。相關避難規畫是以危險村里為規劃單元、以鄰為各單元的自救單位，透過危險溪流的標示、防災避難處所及防救災疏散路線的規畫等宣導協談，將防災引入鄰里單位。利用現有的民政系統使鄰里單位兼具防災安全作用，依此建立一個完整的防災生活圈，並就人口規模適時調整防災疏散緊急通報範圍及防災避難的設施空間。

在二〇〇一年七月桃芝颱風所造成的土石流災害中，苗栗、南投及花蓮等縣有十餘個村落遭受土石掩埋，傷亡慘重。桃芝風災發生後，政府痛定思痛，立即委託學者進行十餘處土石流危險區疏散避難規劃研究，在訪視災區居民後，已共同規劃了緊急疏散路線與避難處所。

同年九月納莉颱風襲台，造成台灣多處地區嚴重的洪水災情，然而這十餘個鄉鎮村落，由於透過緊急聯絡網的聯繫與適時疏散到已規劃好的避難處所，因此並未傳出人員傷亡的重大災情，該次颱風對當地人民生命的威脅可說是減至最低。由此可知只要抱持著積極避災的態度並適時地避難，人們仍然可以和天災和平共存。

環境檢查DIY

坐擁青山碧水，在大自然的懷抱中朝迎晨曦、暮送落日，大概是許多人的夢想，然而想



土石流潛勢區域整體工程防治配置系統（4）系列防砂壩：藉由一座以上串聯的防砂壩來攔阻上游崩場的土石，同時可達到避免河床向下刷深及保護兩側坡腳的目的。但此種完全封閉式的防砂壩有阻隔魚類等生態系統的缺點，因此較適用在旱季沒有水流的野溪。

要在翠綠山林中長住久安，遠離土石流的威脅，平日就應該多多關心周遭環境的變化。只要多留意，時時觀察居家內外的異狀，環境檢查其實不一定非專家不可，自己也可以DIY。

首先要了解住家周遭的大環境有哪些地方需要注意，而山坡地又是在哪些條件下不適合建築？例如：陡峭的山坡地、活動斷層經過的山坡地、崩塌區、地層破碎或順向坡有滑動之虞者、河川扇狀堆積地或廢土堆上、土石流河岸或源頭易受侵蝕的地方等，這些或許仍帶有不少的專業性，但你我至少必須具備雨季來臨時少在山區活動的常識。此外環境的異狀也可由地貌的突然改變觀察得知，例如山腳下突然出現崩落的土石、坡面上有大面積的裸露或人為開挖……這些都是危險的警訊，應該隨時留意並通知相關單位處理。

明瞭周遭大環境的狀況後，接著可以觀察山坡地住家房舍內外的情形，如道路、水溝、擋土牆、房屋、廣場等是否出現龜裂的現象，山坡上直立的樹木及電線桿等標誌是否傾斜……這些異常狀況都表示地層有滑動的跡象，極有可能在雨季時發生崩塌或土石流。如果在住家或附近發現前述任何不平常的現象，就表示該處恐怕不適合人居，必須好好考慮是否應另覓安全居所！

親愛大自然

俗語說：「有得必有失。」人們取之於自然，就必須相對地對大自然付出關懷，如果一味貪得，超過大自然所能負荷，那麼人們終會失去更多。在九二一地震後，我們更應該溫柔地對待傷痕累累的這塊土地，善待自然界中的一花、一草、一木，甚至一把泥土、一顆石頭、一條小溝，努力撫平大地的創痛。

土石流是大地向人們發出抗議怒吼的聲音，我們必須正視這個自然界中流動的殺手所



土石流潛勢區域整體工程防治配置系統（5） 格子壩：屬於透過性壩的一種，目的僅在於攔阻大塊石，讓小顆粒泥砂可以向下游流出，保持河川的泥砂輸送平衡，避免海岸線因缺乏土石流出而內移。



土石流潛勢區域整體工程防治配置系統（6） 梳子壩：因其構造像梳子而得名，作用與格子壩相同，由於格子壩與梳子壩不會阻斷河川生態系統，因此可配置於常流水的溪流。

帶來的嚴重問題。在平日親近大自然的同時也應該珍愛大自然，須知人不一定能勝天，面對這片美麗的土地，我們應有的態度是：敬畏大自然，傾聽大自然的聲音，盡力維護山林之美，避開可能發生土石流的危險區域。如此我們才能真正與大自然和諧共處，創造美麗寶島永續不絕的蓬勃生機。 □

陳樹群

中興大學水土保持系