

以能源為主導的步道維護及整建觀念與落實

文、圖 ■ 歐風烈 ■ 中國文化大學景觀研究所客座教授（通訊作者）

黃瓊慧 ■ 中國文化大學景觀學系永續遊憩研究室專案研究員

生態系統跟人體一樣是有生命的實體，兩者均靠水能源維持生機。在生態系統建步道就像在人體動手術，要使傷口越小越好，人體靠血液輸送營養使肌膚再生，我們希望傷好膚無痕，生態系統也自然會利用水能源搬運土石把開挖步道的傷口彌平，但我們的希望是要保留步道的原狀，所以我們需要持續地維護步道以抗拒水能源的沖刷作用，同時要修補被破壞的步道面或排水結構，以維持步道的功能。

一、基本觀念

步道的主要目的是提供用者接近、體驗自然，自然是指包括生物、無生物及生態能源的生態系統，生態系統的現況是這三元件經過千百年調適的動態產物，任何元件的改變就會影響其他元件甚至整個生態系統，在這三元件中對步道最有直接關係的元素是植物、土壤及水。

建步道對生態系統會產生兩種改變，第一種改變是建步道時需要清除廊道的植物及挖、填土以建步道基，清除植物即減少固坡能源，挖、填土則會改變地形及水的流

向。第二種改變是步道使用者造成步道面土石鬆動及傷害步道附近植物，土石鬆動則失去防沖刷能量，植物受傷害則減少水土保持能力。這兩種改變會產生步道面及其附近的沖刷問題，所以步道規劃設計的重要考量是使其對自然三元件的改變減至最小，特別是植物的清除、土壤的挖填及水的流向，使步道完工後的生態系統能保持原狀（歐風烈，2006）。

步道設計的好壞是以其對水處理是否得宜為指標，步道設計對水的處理原則包括不讓水流進步道面、儘快讓水排出步道及減低步道面水的能量，多種步道工法及排水設施用以增加排水功能包含步道面外傾斜、排水坡降、導流棒、涵洞及邊溝等。由於生態環境元件的關係複雜而難以完全掌控，實際上不可能建造一對環境無干擾的步道，經長期使用後，設計及施工不良的步道段會產生沖刷而形成不符合期待的生態環境，因此步道需要維護及整建，使其發揮設計的功能，同時保護及恢復原來生態環境。

常見步道問題包含上坡滑落的砂石及沈澱路肩的淤泥使步道面寬度減少，步道變窄



▲ 步道積水。



▲ 步道積水變成泥濘難行。



▲ 小侵蝕溝。

對用者產生不便，凸起的路肩會阻礙橫向排水而使步道積水變成泥濘難行，如不清除水將匯集成流並沖刷步道面，首先產生小侵蝕溝，如不修補則進而變成大侵蝕谷，甚至造成步道基崩塌。所以整建步道應按其損壞程度採取各種不同措施，包括清理、修補、護坡及重建。



▲ 大侵蝕谷。



▲ 步道基崩塌。

二、清理及整建路面

(一) 清除滑落砂石及突出路肩

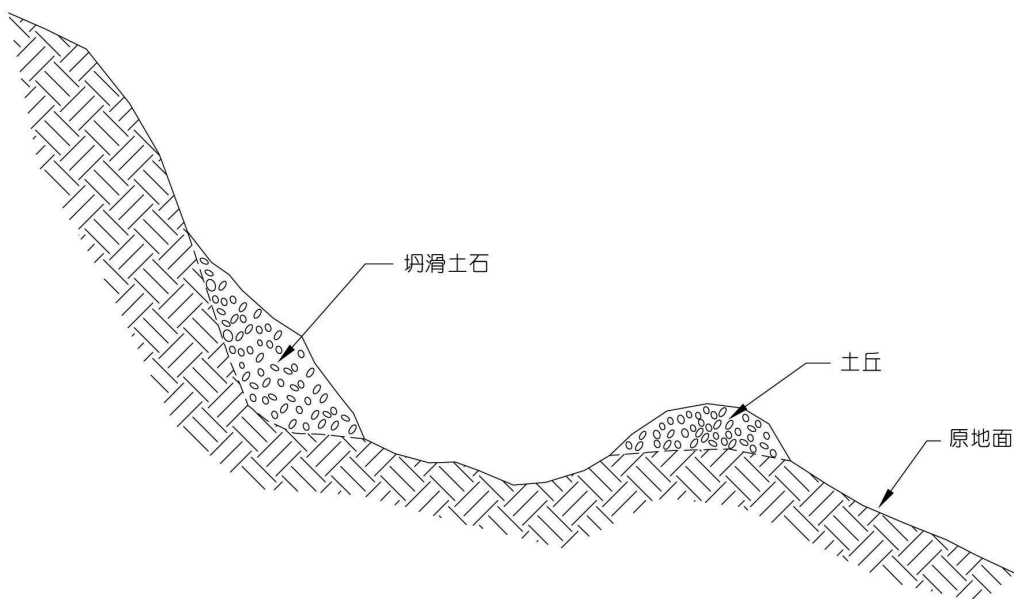
滑落砂石如不清除則用者會沿外緣走，造成步道往下坡蠕動。突出路肩是泥土在步道外堆積而成，如不清除會阻礙橫向排水，是自然踏面沖刷及沈澱的結果。

(二) 修補路面

修補小沖刷溝或洞，可利用在地材料或借用外地土質相似的材料。若修補有困難，應考慮建置棧道或棧橋。



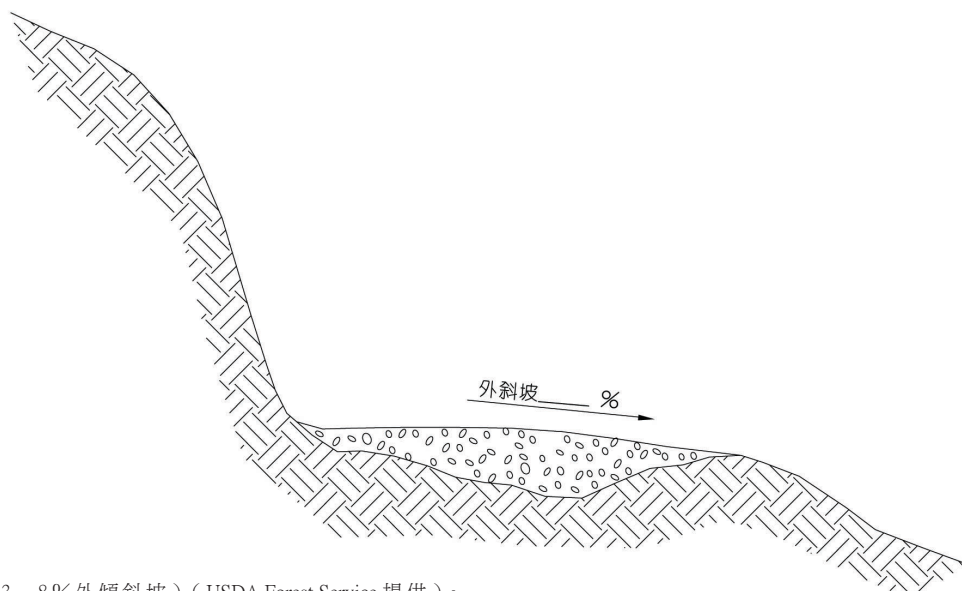
▲ 修補路面 (USDA Forest Service 提供)。



▲整修前 (USDA Forest Service 提供)。



▲整修中 (USDA Forest Service 提供) 一左：清除突出路肩，中：清除滑落砂石，右：鏟平步道面使其具有外斜坡。



▲整修後 (3 - 8% 外傾斜坡) (USDA Forest Service 提供)。



▲ 石砌擋土牆。



▲ 木格框架擋土牆。

(三) 擋土牆 (Retaining Wall)

在路基崩塌之處需建木格框架或石砌擋土牆固坡。

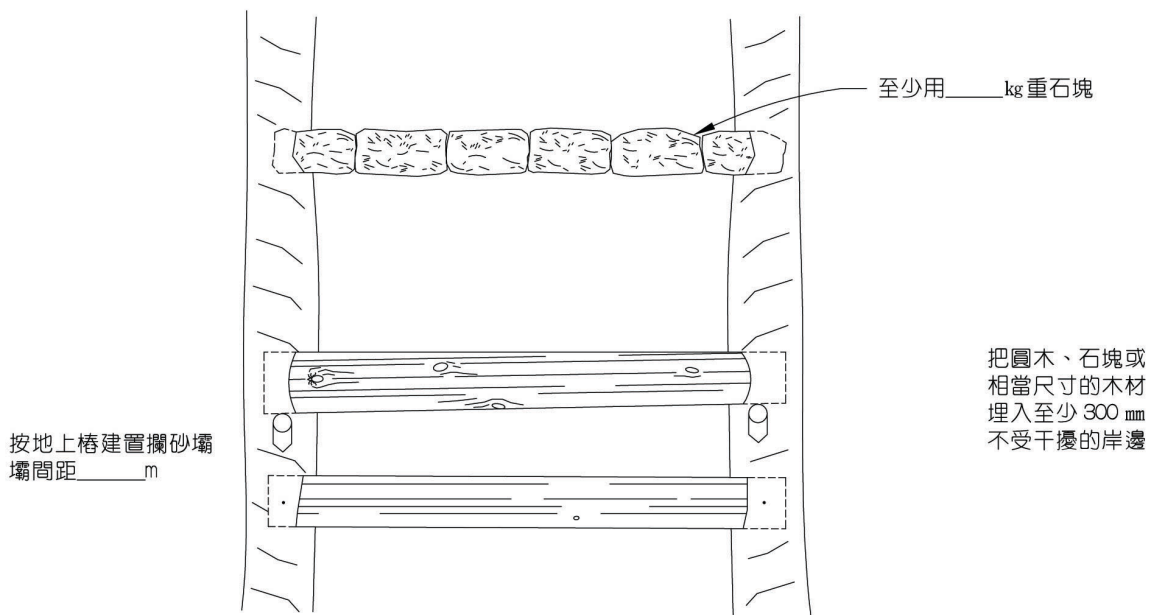
(四) 節制壩 (Check Dams)

節制壩通常建在有侵蝕谷而被放棄的踏面，以防止繼續沖刷並可穩固復育的材料，也可用在使用中的步道。建節制壩的主要用意是使地面水流速緩慢，同時把水攔住使泥砂有足夠時間沈澱。節制壩要與其他排水結構配合使用，以減少放棄步道總沖刷量。

三、改進及重建排水設施

(一) 清理排水道

木橋下坡的倒木可防沖刷，但也會阻礙排水。在木橋上坡放置大石塊或按置一些木樁，讓水消能後再通過橋底往外排，其對下坡的保護會更有效率。木橋下邊坡陡峭，需



▲ 節制壩可用圓木、石或處理木建置，兩端要安全地埋入侵蝕谷岸， $1/3$ 的材料高要埋入地面下 (USDA Forest Service 提供)。

設置緣木 (Curbs) 或扶手 (Handrails)。



▲木橋上坡需置水的消能設施。

(二) 消能設施

野溪應以石塊、斷木或木樁消能也才流入暗溝，水流出暗溝後也要經過消能後才能往外排。



▲暗溝出口因沖刷而崩塌。



▲水應在暗溝進口前及出口後消能。



▲實例：上坡放置圓木消能。

(三) 導流棒 (Waterbars)

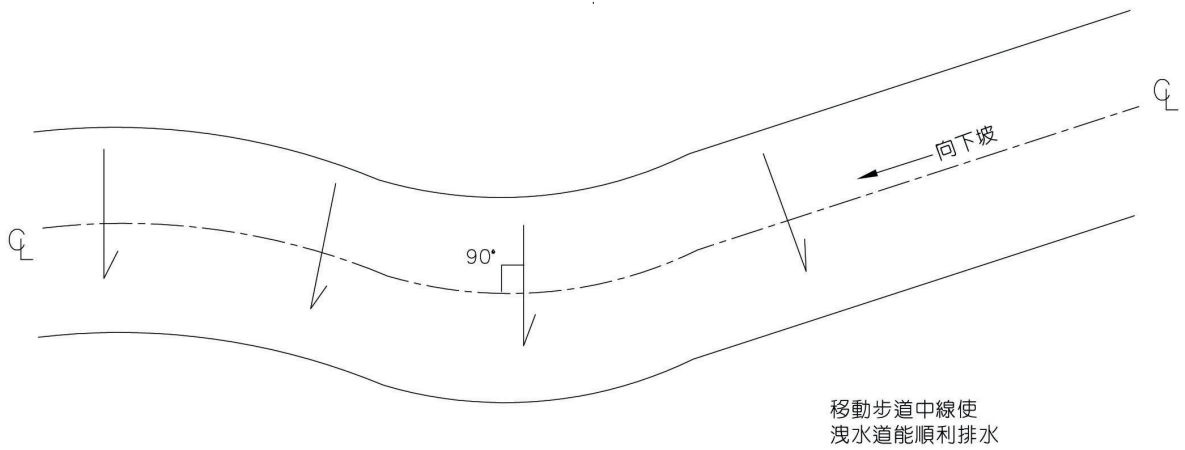
導流棒與步道成 45° — 60° ，則水流速度可自行清理淤積的泥沙雜物，如果角度小於 30° ，可能會因水速降低太多而使泥沙等雜物淤積阻塞導流棒。導流棒要高出步道踏面10公分，上邊坡側的導流棒應延伸出步道踏面30公分，下邊坡側則伸出15公分，以木樁或其他方式錨固。步道整建應按規範重新安置不合規格導流棒。



▲左：導流棒與步道角度小於 30° ，可能會因水速降低太多而使泥沙等雜物淤積阻塞導流棒；右：標準導流棒 (USDA Forest Service提供)。

(四) 排水坡降 (Grade Dips)

排水坡降是一小段步道坡度略微與原坡度相反而產生的，是一種很有效的排水技術，可以控制沖刷。排水不良步道段可考慮建置排水坡降。



▲ 排水坡降平面圖 (USDA Forest Service 提供)。



▲ 左：排水不良步道段可考慮建排水坡降；右：標準排水坡降 (USDA Forest Service 提供)。

(五) 無頂截水槽、開頂截水槽及涵洞

在坡度較緩和之步道段亦可用無頂截水槽或開頂截水槽洩水，安置時要注意結構需與步道成 60° — 70° ，暗溝用以排泄內側邊溝所匯集的水，各溝槽的排水口要有石砌洩水道或其他消能設施。



▲ 無頂截水槽。



▲ 左：開頂截水槽；右：涵洞。

三、案例：能高越嶺道

原能高越嶺道東起花蓮縣初音（現鐵路局南華道班房），經銅門、磐石、奇萊、檜林、天池、雲海、屯原、廬山、春陽到南投縣霧社為止，全長76.8公里。西段部分，霧社到廬山間已闢建為台14乙線道路，並延長至精英村與合作產業道路相交，續向能高山區前行5公里，此部分為柏油路面，之後至屯原吊橋登山口為止皆為水泥鋪面；東段部分，日據時期已修築初音至銅門路段道路，民國48年銅門仁壽橋完工後，銅門至初音路段成為花蓮至台東之省道路線，屬於花東公路之一段，銅門過後，以柏油路面鋪設至磐石保線所，從磐石至奇萊為水泥路面，路面

狀況不良，過奇萊後至五甲隧道前為石頭路面，在往西向中央山脈即為能高越嶺道登山步行路徑。

雖然能高越嶺道自西段屯原登山口至東段五甲崩山東側登山口，全線為26公里之步行登山路徑，但西段可通行機車至天池山莊，東段則可騎乘機車至五甲崩山前方，大致上西段除部分坍方地區，沿線道路狀況良好，並有台電施工車輛往返。

91年度林務局委託發包能高越嶺道整建工程，承包單位進行實地踏勘時，認為能高越嶺道是一條美麗而溫柔的步道，建議以增加休憩與眺景設施加強步道沿線之服務機能，維持其既有的高自然度環境以呈現一條優質的登山步道，但92年9月1日的杜鵑颱風摧毀了所有的一切，樹倒了、路斷了、吊橋

頹圯了，處處美景的能高越嶺道破碎不堪，震撼於大自然的威力，喚起了承包單位以生態關懷與低調使用需求的覺醒，經過仔細的環境調查與工法評估，重新調整設計的思考向度，企盼以生態工法的理念與執行（歐風烈，2005），以最少的人為建設（近生態工法）完成建設目的，並達到省工管理維護的目標，修建出與生態環境共存共榮的高山體驗步道（黃瓊慧，2006）。

（一）第一年整建目的與工法說明

第一年（92年度）工作主要為屯原至天池山莊間之步道整建，包括既有橋樑的面板更換、邊坡穩固、新架棧橋、排水設施及路面改善等項目內容，重要工程施作地點及整建狀況說明如表1。

表1 92年度能高越嶺道整建工程說明表

地點	目的與工法說明	改善前	改善中或改善後
OK+043	既有一號橋之橋樑面板毀損進行更換（嚴重崩塌造成大地形改變，目前棧橋已不存在）		
OK+882	易崩塌地質路段加設5公尺棧橋確保使用者安全通行		



表1 92年度能高越嶺道整建工程說明表 (續)

地點	目的與工法說明	改善前	改善中或改善後
1K+161	既有橋樑整修		
1K+184 至 1K+430	路段泥濘易積水路段加設 截水溝保持路面乾爽		
1K+667	路基狹窄處加設5公尺棧 橋以利使用者通行		
1K+960	易崩塌地質路段加設5公 尺棧橋確保使用者安全 通行		
2K+160	步道踏面因地表逕流沖蝕 處加設截水槽與截水溝改 善路面狀況		

表1 92年度能高越嶺道整建工程說明表 (續)

地點	目的與工法說明	改善前	改善中或改善後
2K+289	舊有棧橋老舊處加設5公尺棧橋改善通行品質		
2K+600	以綠勁格網鋪設搭配乾拌水泥粉進行路面積水處理		
2K+896	既有水泥路面地表逕流嚴重處加設截水溝改善路面沖蝕問題		
5K+387	因風災造成崩塌、倒木阻斷處進行土方清除		
5K+754	加設塊石護坡 (嚴重崩塌造成大地形改變, 目前塊石護坡已不存在)		



表1 92年度能高越嶺道整建工程說明表 (續)






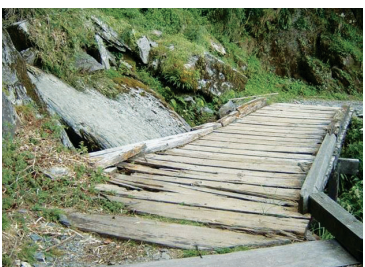


地點	目的與工法說明	改善前	改善中或改善後
5K+800	崩塌地質易受風災造成道路阻斷處加設12公尺棧橋 (嚴重崩塌造成大地形改變, 目前棧橋已不存在)		
6K+010	地表逕流造成嚴重沖蝕路段加設截水溝改善步道路面		
6K+900	路基狹窄處加設12公尺棧橋以利使用者通行		
11K+730	現有橋樑整修		
12K+437	吊橋整修		

表1 92年度能高越嶺道整建工程說明表 (續)

地點	目的與工法說明	改善前	改善中或改善後
12K+960	易崩塌地質路段以原木護坡加強穩固路基		
每0.5K	加設里程碑	無改善前照片	
叉路口	加設方向指示牌	無改善前照片	

資料來源：築境景觀設計有限公司。

(二) 第二年整建目的與工法說明

第二年(93年度)工作主要為天池至東段登山口之步道整建，並延續第一年工程加強改善。其中第一期工程更換面板之一號吊橋(0K~0K+680屯原登山口)及之二號吊

橋(5K+380~5K+800)因崩場地質，任何工法都無法改善，計畫確定在其達到自然穩定前不予重建，而以繞道方式清理出可通行之步徑，沿線主要整建工程說明如表2。

(圖片 / 高遠文化 攝影 / 葉品好)



表2 93年度能高越嶺道整建工程說明表

地點	目的與工法說明	改善前	改善中或改善後
0K+395	易崩塌路段進行土方清除並設置原木擋土護坡		
1K+174	既有棧橋之護欄整修與加強		
1K+184	路基鬆軟易崩塌處以原木擋土護坡配合植生土袋穩固路基	無改善前照片	
5K+387	大崩塌清理出通行步徑		
6K+926	地表逕流亦造成步道踏面沖刷處設置導水格柵改善路面	無改善前照片	

表2 93年度能高越嶺道整建工程說明表（續）

地點	目的與工法說明	改善前	改善中或改善後
8K+700	將早期台電建造之邊溝以疊水工法改善，形成可供使用者休憩之親水空間		
13K+645	利用崩落之塊石施作塊石護坡與斜木樁路基改善設置進行改善步道環境	無改善前照片	
15K+950	東半段步道路面沖蝕嚴重處以整坡配合導水格柵		
16K+910	因坡度過大且土石亦鬆動崩塌處以原木擋土護坡強化步道路基		
17K+265	步道踏面出現沖蝕溝路段設置載水溝配合整地進行路面改善		



表2 93年度能高越嶺道整建工程說明表（續）

地點	目的與工法說明	改善前	改善中或改善後
18K+755	此處有山澗淺流經過，水量大時會漫步整個步道，利用大塊石作踏石保留動物飲水、親水空間		
19K+050	截水溝步道踏面出現沖蝕溝路段設置截水溝配合整地進行路面改善		
22K+100	通過山澗、步道坡度落差大之路段架設5公尺木棧橋便利通行		

資料來源：築境景觀設計有限公司。

（三）第三年整建目的與工法說明

歷經了近3年的環境整理改善，西段全線除地質脆弱之崩場地外，幾乎已於92、93年工程中全部整理完成，第三年（94年度）之工程分為兩大部分，一為西段步道工程補強及崩場地土方清除維護，一為東段步道之嚴重沖蝕路段、雪害及高繞路段改善與吊橋面板更換，主要整建工程說明如表3。



（圖片 / 林務局提供 攝影 / 楊智勝）

表3 94年度能高越嶺道整建工程說明表



地點	目的與工法說明	改善前	改善中或改善後
00K+470	因坡度過大且土石亦鬆動崩場處以原木擋土護坡強化步道	無改善前照片	
00K+630	崩場地質易受風災造成道路阻斷處加設棧橋以利通行		
	棧橋加設緣木		
03K+600	既有棧橋面版腐舊處重新架設棧橋		
10K+650	路道踏面泥濘處以整地配合設置導水格柵作為改善處理		



表3 94年度能高越嶺道整建工程說明表（續）

地點	目的與工法說明	改善前	改善中或改善後
13K+274	棧橋加設單側護欄	無改善前照片	
14K+488	通過山澗步道坡度落差大之路段架設5公尺木棧橋便利通行	無改善前照片	
14K+568	地表逕流亦造成沖蝕溝處設置導水格柵改善踏面狀況		
15.5K 至 18.4K	能高越嶺道自光被八表鞍部以東之步道路面因坡度大，且長年行走台電維修車輛之故，地表逕流沖蝕嚴重，路面多為高低不平的塊石踏面，以最為嚴重，目前皆已完成路面改善及排水設施工程		 

表3 94年度能高越嶺道整建工程說明表（續）

地點	目的與工法說明	改善前	改善中或改善後
19K+700	鞍部往東前行至檜林保線所前原本因崩塌而採近乎垂直高繞之路段，路型、路線與坡度極為不良，已利用人工開挖硬岩方式開闢約20公尺長之替代步道		
19K+730	94年3月的雪害造成坍方約1,370立方公尺、路基損毀約35公尺及16棵巨大倒木。將路面上之紅檜倒木砍除清出步道路徑		
22K+800	清除因崩塌而阻斷步道之巨石		

資料來源：築境景觀設計有限公司。

四、結論

步道是被建在具有生命的生態系統之中，對其最具影響力的元素是水能源。步道設計及施工最主要的考量是如何避免影響水的流向，使步道對生態環境的衝擊減至最少，衝擊越少則維護的需求也越少。步道完工後，維護的主要考量是如何避免水影響步道。如果步道產生沖刷、崩塌，應找出排水問題的原因，並檢討是否設計不良或施工錯誤，改正設計及施工缺失需要整建或重建步

道以糾正水流向，使水很快離開步道而不留在步道，或在步道上匯集成流。經過不斷的修正，步道將逐漸穩定而變成環境的一部分，生態能源也會恢復動態平衡。

本文以能高越嶺道為例，應用生態能源觀念為主導的整建工程完工後2、3年，步道及其周遭的生態環境已趨於穩定，如今能高越嶺道是一條具有高水準的國家步道。🌱

參考文獻（請逕洽作者）