

中台灣造山運動帶河流縱剖面坡降指數的量化分析

李準勝⁽¹⁾ 蔡龍玲⁽²⁾

摘要

本研究的目的是利用河道縱剖面坡降指數的構造地形指標，來解釋造山運動帶中央山脈東西兩側數個集水區構造地形演化上的特性。研究結果顯示，在中央山脈東側的標準化坡降指數(SL/k)異常高值可以顯示岩體強度差異、遷急點、連續峽谷等構造地形特徵；中央山脈西側的異常高值在中至下游和中至上游分別有增大趨勢，主要為受斷層構造活動性之差異所致。由平面圖觀察，當河流流路切穿斷層的角度愈大，標準化坡降指數(SL/k)愈能夠反應各斷層的活動性，如中央山脈東西兩側各河流大致呈垂直切穿各斷層的河段；若河流切穿斷層常呈低角度或近乎平行，使得標準化坡降指數的異常情形較不顯著，不過在郡大溪河道以近乎平行梨山斷層的河段卻不是如此趨勢，其標準化坡降指數則明顯呈現異常高值，所以南段梨山斷層的活動性相較於北段地區為大。最後，地質構造在河流長時間的演化過程當中扮演相當重要角色。

(**關鍵詞**：造山運動帶、坡降指數(SL)、標準化坡降指數(SL/k))

A Quantitative Analysis for Gradient Indices of Longitudinal River Profile on the Orogeny of Central Taiwan

Chun-Sheng Lee ⁽¹⁾

Graduate Student, Graduate Institute of Geophysics, National Central University, Jhongli (320), Taoyuan County, Taiwan, R.O.C

Louis L. Tsai ⁽²⁾

Associate Professor, Graduate Institute of Applied Geology, National Central University, Jhongli (320), Taoyuan County, Taiwan, R.O.C

ABSTRACT

The purpose of this study is to explain the implication in evolution of tectonic geomorphology for the River watersheds of Central Range by using gradient indices of longitudinal profile. The results of this study indicated that the abnormal high normalized gradient indices (SL/k) represented

⁽¹⁾ 國立中央大學地球物理研究所 博士班研究生(通訊作者)

⁽²⁾ 國立中央大學應用地質研究所 副教授

variation in rock mass, knick-point and a continuity of gorge to form the characteristic of tectonic geomorphology on the east side of Central Range. There are increase trend for the abnormal high normalized gradient indices (SL/k) from lower- to mid- stream area on the west side of Central Range that were effected by active fault. According to the distributed plot of normalized gradient indices (SL/k), the abnormally high values of SL/k were affected by river and fault intersecting to form a high angle or perpendicular and the abnormally low values of SL/k were affected by river along with a fault or form a low angle, but the channel of Junda River along with Lishan fault is opposite. This shows that the south zone of Lishan fault is significantly more tectonic active than the north zone. Based on quantitative results of these geomorphology indices, this study suggests that the important factor influencing the landscape of tectonic geomorphology of Central Range is tectonic uplift.

(Key words : Orogeny, Gradient Indices (SL), Normalized Gradient Indices (SL/k))

前言

當河流的侵蝕力與河床的抵抗力達成平衡時，河床由上游至下游所堆積礫石之粒徑大小呈現對數遞減的趨勢，因此河流縱剖面在達到均夷(graded)河流時是呈現一個對數型的河流縱剖面。然而，對於位處在活躍造山運動帶的台灣島當中各河流而言，卻無法達成所謂的均夷(graded)河流。由於大地構造活動速率相當緩慢，人類歷史的記載又無法反應長時距地質時間的變化；而河流的縱剖面則可以反應較長時距大地構造運動的性質，所以運用地形計量學的方法，在既有的數值地形資料庫當中，以構造地形指標來呈現長時距大地構造地形的變遷已成為目前熱門研究主題(Keeler and Pinter, 1996; Douglas and Robert, 2001; Edward and Nicholas, 2002; 陳彥傑, 2004)。

所以，本研究的目的是利用河道縱剖面的標準化坡降指數(SL/k)，來解釋造山運動帶中央山脈東西兩翼數個集水區構造地形演化上的特性，包括地質岩性、遷急點、峽谷地形、地盤活動性、流路與斷層相交關連性和河流演

化重要因子等。

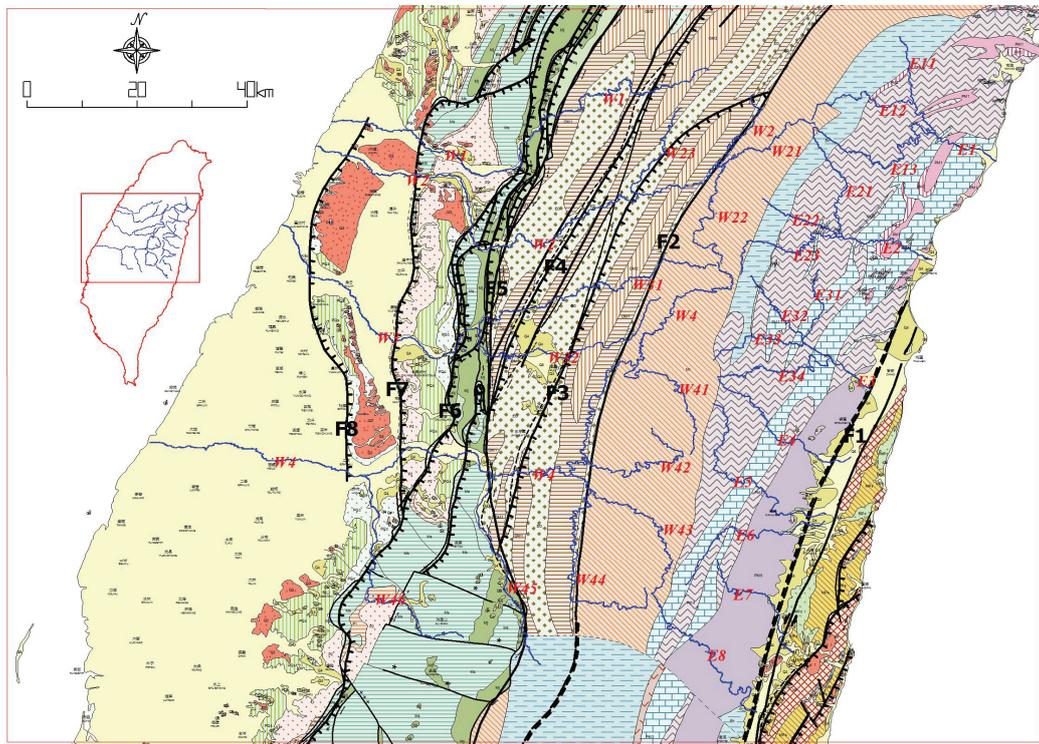
基本資料概述

本研究範圍為中台灣地區中央山脈東西兩側的各集水區，如圖 1 所示。中央山脈西側包括有大安溪、大甲溪、烏溪和濁水溪等 4 個主要集水區，東側包括有和平溪、立霧溪、木瓜溪、壽豐溪、萬里橋溪、馬太鞍溪、富源溪和豐坪溪等 8 個主要集水區。

中央山脈西側所包含了四種不同地質分區，由東向西分別為脊樑山脈帶西翼、雪山山脈、西部麓山帶和沖積平原等。西側各集水區的源頭大致發育在脊樑山脈西斜面的高山地區，在地質分區上是以梨山斷層以東，以中新世的廬山層(黑灰色板岩夾有灰色的緊密砂岩和泥質小結核)為主要地層。接著為雪山山脈地區，在地質分區為梨山斷層以西到水里坑斷層以東，包括有漸新世的大桶山層(硬頁岩、砂頁岩、砂岩)和乾溝層(硬頁岩、板岩、千枚岩)、始新世到漸新世的四稜砂岩(石英岩、板岩、煤質頁岩)、始新世的西村層(千枚岩、板

岩夾砂岩)等。再往下游為西部麓山帶地區，在地質分區為水里坑斷層以西的西部麓山帶地質區，還包括有雙冬斷層、車籠埔斷層和彰化斷層等，為晚第三紀碎屑岩層和一小部份漸新世的地層，包括有中新世早期野柳群層、中新世中期瑞芳群層、中新世晚期三峽群層、上新世的錦水頁岩和卓蘭層、

更新世紅土臺地堆積層和臺地堆積層，主要由砂岩和頁岩的互層，以及上新世以後的地層(主要由砂岩和泥岩層及其互層)，和台地堆積的卵礫石層。彰化斷層以西則為寬闊的沖積平原(為砂、泥、礫石等所組成的沖積層)，此地區並無明顯構造地形特徵。



符號	地層說明	符號	地層說明	符號	地層說明
Q6	現代 沖積層 西部麓山帶		中新世晚期 三峽群層		脊梁山脈西翼
Q4	更新世 臺地堆積層		中新世中期 瑞芳群層		中新世 廬山層
Q3	更新世 紅土臺地堆積層		中新世早期 野柳群層		脊梁山脈東翼
PQc			雪山山脈	PM5	第三紀 黑色片岩
PQs	更新世 頭嵙山層		漸新世 大桶山層	PM4	第三紀 綠色片岩
P2	上新世 卓蘭層		漸新世 乾溝層	PM3	第三紀 變質石灰岩
P1	上新世 錦水頁岩		漸新世 四稜砂岩	PM2	第三紀 混合岩
			始新世 西村層	PM1	第三紀 片麻岩

河流系統 (西)	河流系統 (東)	斷層構造系統
W1 大安溪 W2 大甲溪主流 W21 濁水溪主流 W41 萬大溪 W22 南湖溪 W42 卡社溪 W43 丹大溪 W23 合歡溪 W44 郡大溪 W45 志留溪 W46 陳有蘭溪 W3 烏溪主流 W31 南港溪 W32 眉溪	E1 和平溪主流 E11 布蕭九溪 E12 和平北溪 E13 和平南溪 E2 立霧溪主流 E21 陶塞溪 E22 瓦黑爾溪 E23 塔次基里溪 E3 木瓜溪主流 E31 帕托魯溪 E32 巴托蘭溪 E33 檜溪 E34 清水溪 E4 壽豐溪 E5 萬里橋溪 E6 馬太鞍溪 E7 富源溪 E8 豐坪溪	F1 花東縱谷斷層 F2 梨山斷層 F3 地利斷層 F4 眉原斷層 F5 水里坑斷層 F6 雙冬斷層 F7 車籠埔斷層 F8 彰化斷層

圖 1 中台灣地區地質圖

Figure.1. The geological map of Central Taiwan area

脊樑山脈東翼所包含了兩種不同地質分區，由西向東分別為太魯閣帶、玉里帶和花東縱谷的沖積平原。東翼各集水區的源頭大致發育在脊樑山脈東斜面的高山地區的太魯閣帶地質分區，地質岩性為台灣變質度最高的變質基盤，包括有黑色片岩、綠色片岩、泥質片岩、片麻岩、角閃岩、變質石灰岩(大理石)等多種不同岩性所組成。研究範圍東南側地區包含有玉里帶地質分區，地質岩性為泥質黑色片岩夾有少量的綠色片岩所組成之。花東縱谷的沖積平原為砂、泥、礫石等所組成的沖積層，也是菲律賓海板塊與亞細亞大陸板塊碰撞的界線範圍區。

理論依據

在沒有受到大地構造型擾動影響之下，河流侵蝕與堆積作用是持續反覆進行的，使河床高低差異逐漸減少，河床上的急流和險灘也逐漸清除，形成一條圓滑上凹的曲線，稱為均夷河流(graded river)，河床的最低點即是侵蝕基

準點，縱剖面即稱為均夷剖面(graded profile)，此時河流的侵蝕與堆積漸趨平衡。當河流的剖面形狀所呈現河流梯度上明顯的變動，是可以反應為河床岩性上的抵抗能力或是大地構造抬昇的程度上有明顯差異，當河流持續受到大地構造型擾動之後，在短的地質時間中河流未能快速地達成均夷剖面，特別是與河床的岩性無關聯性之下，可解釋為大地構造型事件的反應(Snow and Slingerland, 1987; Douglas and Robert, 2001)，如圖 2 和圖 3 所示。

Hack(1973)定義了一個河流的坡降指數(Gradient Indices)，它是由單位距離的梯度和與源頭距離的乘積所得到的，為集水區範圍當中河道縱剖面的重要構造地形指標(由源頭往下游之距離可代表為流量)。在一個集水區範圍內，均夷河流的坡降指數由源頭至河道最低點固定保持不變，當局部河段的坡降指數發生了變動，基本上主要反應在岩性上的控制(抵抗力較強岩體引起較陡的梯度)或是大地構造型運動上的控制(差異性的地盤上昇或下沉地帶)。

當一條河流在不受任何的大地構造作用之下而達到均夷時，河道的寬與深當中其流量和荷重是處在平衡的狀態下(Mackin 1948)，均夷河流的梯度會隨往下游的因流量增加而遞減，所繪製的縱剖面在半對數圖中會呈現接近於一條直線(Hack, 1973)。其表示式如下式所表示：

$$H = C - k \times \ln(L) \dots\dots\dots (1)$$

式子當中，H 為剖面高程，C 為常數，k 為斜率，L 為集水區範圍最長河流(自源頭算起到出口之長度)，所繪製的半對數剖面圖即所謂的 Hack 剖面(Hack, 1973)，代表此一河流的理想均夷狀態，由源頭至出口所連成一直線的斜率(k)即為理想均夷狀態的理想坡降指數。坡降指數可以是河流的任一河段或是整條河流，所以由式(1)可以推導任一河段梯度(S)：

$$S = \frac{dH}{dL} = \frac{d(k \ln(L))}{dL} = \frac{k}{L} \dots\dots\dots (2)$$

這一河段剖面半對數圖的斜率就等於 SL，也可以表示成：

$$k = \frac{H_i - H_j}{\ln L_j - \ln L_i} \dots\dots\dots (3)$$

這裡的 i 和 j 為參考到河道上的任兩點，所以坡降指數可用於表現整條河流或是河道上的某一局部範圍的特徵，當某一局部範圍是非常小的短距離範圍，其坡降指數則近似於

$$SL = \frac{\Delta H}{\Delta L} \times L \dots\dots\dots (4)$$

這裡的 L 為從分水嶺到此局部範圍中點的距離，此範圍的梯度(S)為 $\Delta H / \Delta L$ 。

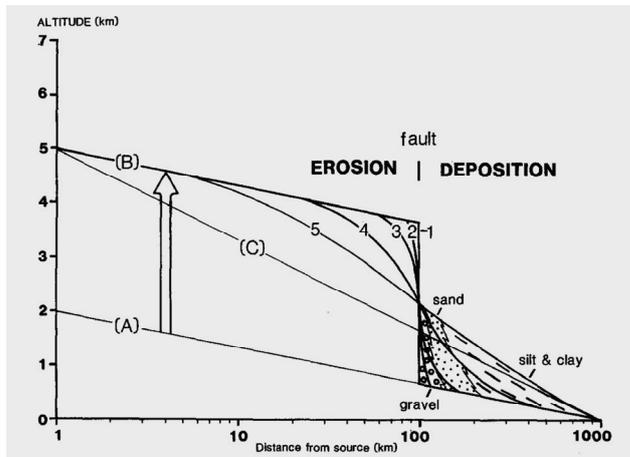
SL 值的研究是用於量化數值的比較而

不是絕對值(Douglas and Robert, 2001)。當坡降指數異常變高時，表示該河段具有高的河流動能，也相當於代表這個區段為 (i)抵抗力較強的基盤、(ii)差異上昇地帶、或是(iii)兩集水區系統間不平衡的侵蝕作用；反之，異常低的坡降指數表示具有低的河流動能，也相當於代表這個區段為 (i)抵抗力較弱的基盤、(ii)差異下沉地帶、或是(iii)兩集水區系統間不平衡的堆積作用(Brookfield, 1998)。

Seeber and Gornitz(1983)在研究喜馬拉雅山地區各河流的型態時，將每個河段的坡降指數除以理想坡降指數可以得標準化坡降指數(SL/k)，並進一步說明在相對於均夷的理想剖面時，SL/k 值介於 2~10 之間為陡河段(steeper)，而 SL/k 值大於 10 則為極陡河段(much steeper)。Merritts and Vincent(1989)認為河流下游因累積其上游集水區大量的流量，即使受到一次大地構造抬昇作用之後，因為在大量流量的下切侵蝕之下，較容易在相對較短時間內調整接近至原有河道坡度。因此若下游地區的標準化坡降指數(SL/k)出現異常高值時，則可以推論下游地區受到大地構造抬昇作用的影響，並且是持續性的及相當活躍的。

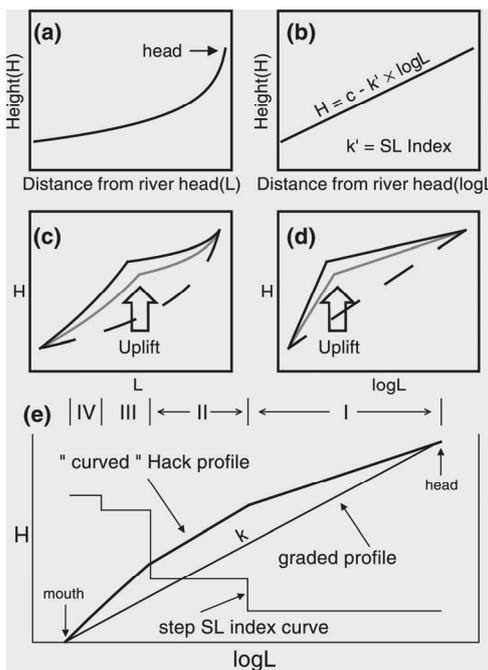
研究方法與結果

研究分法流程如圖 4 所示。本研究的資料處理工作係以林昭遠(2000)所發展的「集水區資訊系統」WinGrid 軟體，利用 40m×40m 數值地形模型(DEM)對研究區範圍進行集水區河系網路的萃取。首先，利用 Jenson and Domingue(1988)方法對研究區範圍進行無窪地流向之計算(林昭遠,2000)，即得到研究範圍



均夷河流剖面(A)因斷層活動而被錯動到剖面(B)，若假設堆積(deposition)與侵蝕(erosion)的反曲點位置保持不變，則剖面將朝上游與下游演化，較早被侵蝕的沉積物會沉積在比較靠近斷層的位置。漸進剖面 1~5 顯示剖面最終將演化至新均夷剖面(C)。(Brookfield, 1998)

圖 2 因斷層活動而造成的均夷河流縱剖面改變及其重新調整後的新均夷剖面
 Fig 2 Change in graded river profile by fault movement and the resulting adjustment.



(a) 標準的原始均夷河流縱剖面(標準的對數型態)。(b) 半對數座標下所形成的 Hack 剖面，剖面的斜率 k' 即其理想坡降指數值。(c) 受到抬升作用的河流縱剖面及其(d) Hack 剖面。(e) 四個均夷河段(I,II,III,IV)所呈現彎折線形態的 Hack 剖面，每個河段皆有其坡降指數值。當河流的全河段達到「理想均夷剖面(graded profile)」狀態時，其斜率「 k 」即為其「均夷坡降指數」。(陳彥傑，2004)

圖 3 河流坡降指數與 Hack 剖面示意圖

Fig 3 Conceptual diagram of Hack profiles and gradient Indices

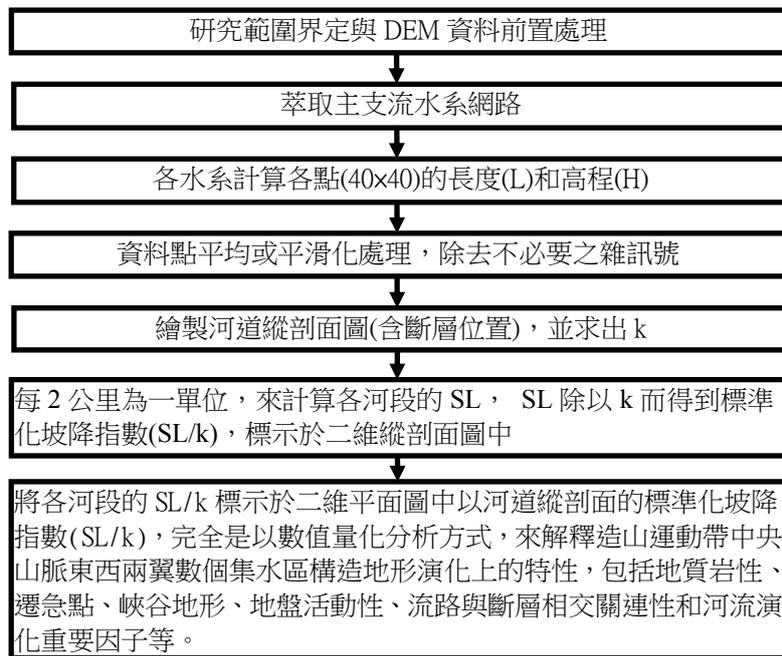


圖 4 研究方法流程圖

Fig 4. The flow Chart of study method

流向網路的基本資料庫，並建立中台灣地區中央山脈東西兩側各集水區之範圍，以及各主流的水系網路，如圖 1 所示。

接著針對各集水區主流及所選取的支流水系網路，來進行萃取河道縱剖面資料(包括有距離和高程)。在萃取過程中，由於資料點相當大(各集水區資料量有數千點至近萬點資料量)，本研究針對數值地形模型的高程值在 1000m 以上取其高程間距為 5m，在 1000m 以下至 100m 範圍取其高程間距為 3m，100m 以下取高程間距為 1m，所以各集水區的資料點數可簡化至 600 點以內(依各集水區源頭至海口高程差大小而定)，所得資料點則繪製河道縱剖面圖(如圖 5 和圖 6 所示)，由公式 1 求各河流理想均夷剖面的坡降指數(k)。

本研究發現各河道縱剖面若繪製成半對

數圖時，即橫軸(距離)取對數，所得縱剖面型式並不是呈一直線，而是如圖 3(e)的呈上凸的型式，而且上凸型態各不相同，甚致於在河道進入沖積平原時，有呈下凹的型式，如此成果是可以反應為河床岩性上的抵抗能力或是大地構造抬昇的程度上有明顯差異，當河流持續受到大地構造性擾動之後，在長的地質時間中河流未能快速地達成均夷剖面，特別是與河床的岩性無關聯性之下，可解釋為大地構造事件的反應，所以可以說明中台灣地區造山運動帶上各構造斷層確實在活動。

由於各河流流經各種不同的地質條件，如中央山脈西側地區的各流域流經了變質岩區→硬岩區→軟岩區→沖積平原等，所以本研究以公式 3 來求得各河段的坡降指數(SL)，各別河段的取得遂以每 2 公里為一單位，來計算各

河段的坡降指數(SL)。為能夠對本研究地區各流域各河段可以做趨勢性的比較，所以將各河段的坡降指數(SL)除以該流域主流的理想均夷剖面的坡降指數(k)而得到各河段的標準化坡降指數(SL/k)，並將成果繪於圖 5 和圖 6 當中，縱向主標軸為高程，縱向副標軸為標準化坡降指數(SL/k)，橫向座標為距離。

由於中央山脈西側因流經過七個斷層構造，如圖 1 所示，包括有梨山斷層(F2)、地利斷層(F3)、眉原斷層(4)、水里坑斷層(F5)、雙冬斷層(F6)、車籠埔斷層(F7)和彰化斷層(F8)等，以及中央山脈東側的花東縱谷斷層(F1)，所以各流域相關斷層也標示在圖 5 和圖 6 的剖面圖當中，以利於標準化坡降指數(SL/k)與各相關斷層間在二維剖面之關連性分析。另外也將各河段的標準化坡降指數(SL/k)標示於二維平面圖的區域地質圖上，如圖 7 所示。

討論

本研究所得結果與林朝榮(1957)所著的「台灣地形」一書中有關研究範圍各河谷的地形地貌特徵做比較，所得結果以便可以進一步解釋造山運動帶中央山脈東西兩翼數個集水區構造地形演化上的特性。

中台灣地區地質岩性分布，在中央山脈東側地區為台灣變質度最高的變質基盤，包括有黑色片岩、綠色片岩、泥質片岩、片麻岩、角閃岩、變質石灰岩(大理石)等多種不同岩性所組成，由圖 5 所示，各河道縱剖面圖的標準化坡降指數(SL/k)，在中游或偏中上游的河道段明顯呈現異常高值(SL/k \geq 3)。若對應到區域地質圖上，在綠色片岩和變質石灰岩一帶或是在岩性交界附近，即明顯呈現異常高值，此部

份也與各河床縱斷曲線中有數處顯著的遷急點(knickpoint)，多發生在標準化坡降指數(SL/k)可達 5 以上，尤其發生在河蝕抵抗力較大之處，也有可能為地盤上昇或河蝕基準面下降之因素，以及標準化坡降指數大於 3 以上且為連續帶狀分布者，也多為連續峽谷地形地貌之特徵，尤其像是立霧溪(擺基利溪河系)的地形地貌特色為河蝕劇烈，下切特甚，大多呈標準的連續峽谷地形(林朝榮，1957)。在進入花東縱谷的沖積平原地區其標準化坡降指數有些微異常昇高的趨勢，由於沖積層的河床抗蝕能力遠低於一般岩層，甚致是變質的岩層，由花東沖積平原的縱谷斷層(板塊邊界碰撞帶)明顯活動的驅勢(何春蓀，1988)，可以說明些微異常昇高的趨勢。

不過在中央山脈西側地區的標準化坡降指數(SL/k)卻未能明顯量化河道的地形特徵，尤其是遷急點位置(中央山脈地區各河流沒有如東側顯著的峽谷地形)，一方面受斷層構造影響，因斷層作用地盤隆起使得河蝕復活而後退所致，另一方面也可能原因在計算各河段的坡降指數(SL)，因河流長度(L)明顯的遠長於中央山脈東側地區各河流的長度，並且西側各河流的理想坡降指數(k)大致為低於東側地區等因素所致。

在中央山脈西側地區的地質岩性由東向西為變質岩層(梨山斷層以東的脊樑山脈西翼，變質度僅次於中央山脈東側高度變質基盤)、硬岩層(雪山山脈，梨山斷層和水裡坑斷層之間)、軟岩層(西部麓山帶，水裡坑斷層和彰化斷層之間)、沖積平原(彰化斷層以西)等。就各地質岩性的河床抗蝕強度而言，因上游河床抗蝕強度大則坡度顯為較陡，其坡降指數

(SL)也會較大，而下游河床抗蝕強度小則坡度顯為較緩，其坡降指數(SL)也會較上游為小，所以其標準化坡降指數(SL/k)由上游至下游也應該是遞減趨勢。由圖 4 所示，中央山脈西側的四條流域的剖面圖其標準化坡降指數(SL/k)分布並不是呈遞減趨勢，反而呈現遞增的趨勢，大致在西部麓山帶地層中的更新世頭嵙山層達異常最高點後才明顯遞漸，其遞增的起始點大致在水裡坑斷層一帶，所以由這個遞增趨勢說明了各斷層的活動趨勢，為彰化斷層 > 車籠埔斷層 > 雙冬斷層 > 水裡坑斷層。特別是在大甲溪的異常高值顯著在 5 以上，尤其是彰化斷層與車籠埔斷層之間甚致可達 7 以上，這部份可由這區塊有屯子腳活動斷層(后里臺地，1936 年發生地震斷層)，以及九二一大地震位在大甲溪河床上車籠埔斷層構造線為向東轉向至石崗一帶再轉北至卓蘭內灣一帶等的斷層構造運動有關。

這個結果可由過去文獻來說明：雙冬斷層以東的桂竹林層含以前的地層為來自中國大陸邊緣堆積物經板塊碰撞擠壓後所形成的地層，然錦水頁岩以後的地層(包含卓蘭層、頭嵙山層、現代臺地堆積層和沖積層等)，為台灣本島造山帶地區經流水下切侵蝕作用，由河水帶到台灣西部地區形成台灣西部麓山帶和沖積平原，這一序列地層顆粒大小為向西側則為漸粗，這說明中央山脈地區山勢持續越高越陡之下，其侵蝕作用更加強烈(Chou, 1977)。同時在造山運動的持續推擠之下，台灣造山地帶西側前緣的主斷層不斷向西延伸，由雙冬斷層、車籠埔斷層一直推展到目前最西側外緣的彰化斷層，並且由於一系列覆瓦狀的構造地質與地形(鄧屬予, 2002, 2007)。

至於水裡坑斷層以東地區，各流域則呈現明顯差異，大安溪為往上游遞減，烏溪為遞增趨勢，大甲溪和濁水溪則為明顯劇烈的異常波動，與大甲溪和濁水溪河道上因人為所建造水庫位置所造成的異常高點有關，若去除人為建造水庫因素，仍可發現與烏溪類似有遞增趨勢，顯示此範圍的斷層構造活動趨勢為梨山斷層 > 地利斷層 > 眉原斷層 > 水裡坑斷層。

本研究發現，當河流流路切穿斷層的角度愈大，甚致接近呈垂直狀時，標準化坡降指數(SL/k)愈能夠反應各斷層的活動性。在自然狀態下斷層帶通常是地質弱帶，如中央山脈東西兩側各河流大致呈垂直切穿各斷層的河段；若河流切穿斷層常呈低角度或近乎平行，使得標準化坡降指數的異常情形較不顯著，如陳有蘭溪、萬大溪匯入濁水溪主流至卡社溪匯入濁水溪主流河道、大甲溪主流、北港溪和眉溪大致近乎平行梨山斷層等；不過在濁水溪的郡大溪以近乎平行梨山斷層的河段卻不是如此趨勢，其標準化坡降指數則明顯呈現異常高值，所以梨山斷層在此地區的活動性相較於其側為大。

另外由圖 7 所示，中央山脈西側各流域的各地質分區的標準化坡降指數(SL/k)，其地盤活動性趨勢由大至小分別為西部麓山帶 > 雪山山脈 > 脊樑山脈西翼 > 西部沖積平原，就各流域的地盤活動性趨勢為大甲溪流域 > 濁水溪流域 > 大安溪流域 > 烏溪流域。圖 8 所示，中央山脈東側各流域的標準化坡降指數(SL/k)，其地盤活動性趨勢由大至小分別為木瓜溪流域 > 立霧溪流域 > 萬里橋溪流域 > 和平溪流域 > 壽豐溪流域 > 馬太鞍溪流域 > 富源溪流域 > 豐坪溪流域，基本上呈現北側高於

南側的趨勢。

結論

由以上研究結果與討論，本研究得到以下結論：

1. 中央山脈東側地區各河道縱剖面圖的標準化坡降指數(SL/k)，在中游或偏中上游的河道段明顯呈現異常高值($SL/k \geq 3$)，主要為綠色片岩和變質石灰岩一帶或是在岩性交界附近，此部份也與各河床縱斷曲線中有數處顯著的遷急點(knickpoint)，多發生在標準化坡降指數(SL/k)可達 5 以上。當標準化坡降指數大於 3 以上且為連續帶狀分布者，多為連續峽谷地形地貌之特徵。在進入花東縱谷的沖積平原地區其標準化坡降指數有些微異常昇高的趨

勢，說明花東沖積平原的縱谷斷層(板塊邊界碰撞帶)明顯活動的驅勢。

2. 中央山脈西側的四條流域的剖面圖其標準化坡降指數(SL/k)分布並不是呈遞減趨勢，反而呈現遞增的趨勢，大致在西部麓山帶地層中的更新世頭崙山層達異常最高點後才明顯遞漸，其遞增的起始點大致位在水裡坑斷層一帶，其活動趨勢為彰化斷層 > 車籠埔斷層 > 雙冬斷層 > 水裡坑斷層。若去除人為建造水庫因素，仍可發現與烏溪類似有遞增趨勢，顯示此範圍的斷層構造活動趨勢為梨山斷層 > 地利斷層 > 眉原斷層 > 水裡坑斷層。中央山脈東側各流域的標準化坡降指數(SL/k)，其地盤活動性趨勢基本上呈現北側高於南側的趨勢。

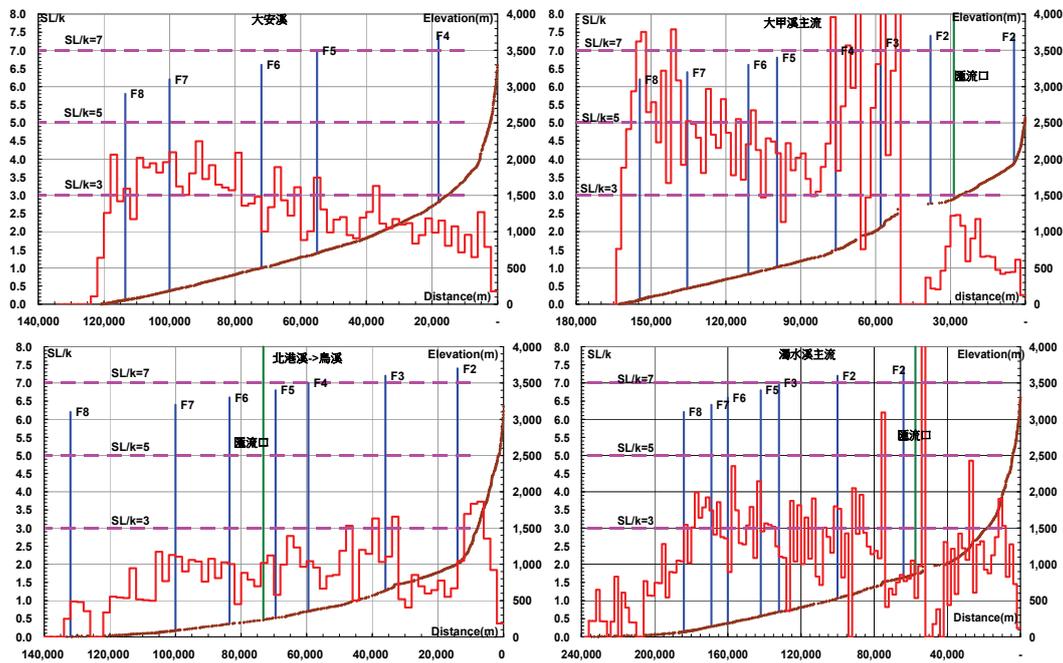


圖 5 中央山脈西側各流域主流剖面 and SL/k 值

Figure 5. The main longitudinal profile and SL/k values of each watershed on the west side of Central Range