

單元 11：水文學

概述：水文學

了解溪流和地下水的的作用，過程和影響

介紹

本節重點介紹水文學。毋庸置疑，水對地球上所有生命的重要性。沒有它，我們根本無法生存。水是使地球與太陽系中其他行星區分開來的原因。雖然海洋大約覆蓋了地球表面的 74%，是水文循環背後的驅動力，但當今最關注的是淡水的可用性。

目前，加利福尼亞州正遭受嚴重乾旱，而中西部地區正遭受極端洪災。雖然這些變化是複雜的氣候動態的正常組成部分，但它們在很大程度上影響著我們。加州目前正爭先恐後地尋求解決方案，因為據估計，僅僅一年多的時間，他們將不再有足夠的淡水來滿足其需求。隨著中西部的洪水氾濫，人員傷亡和財產損失不斷增加。乾旱和洪水是水文週期的正常部分，問題是如何為乾旱做好準備，以及如何最有效地適應乾旱才能生存。

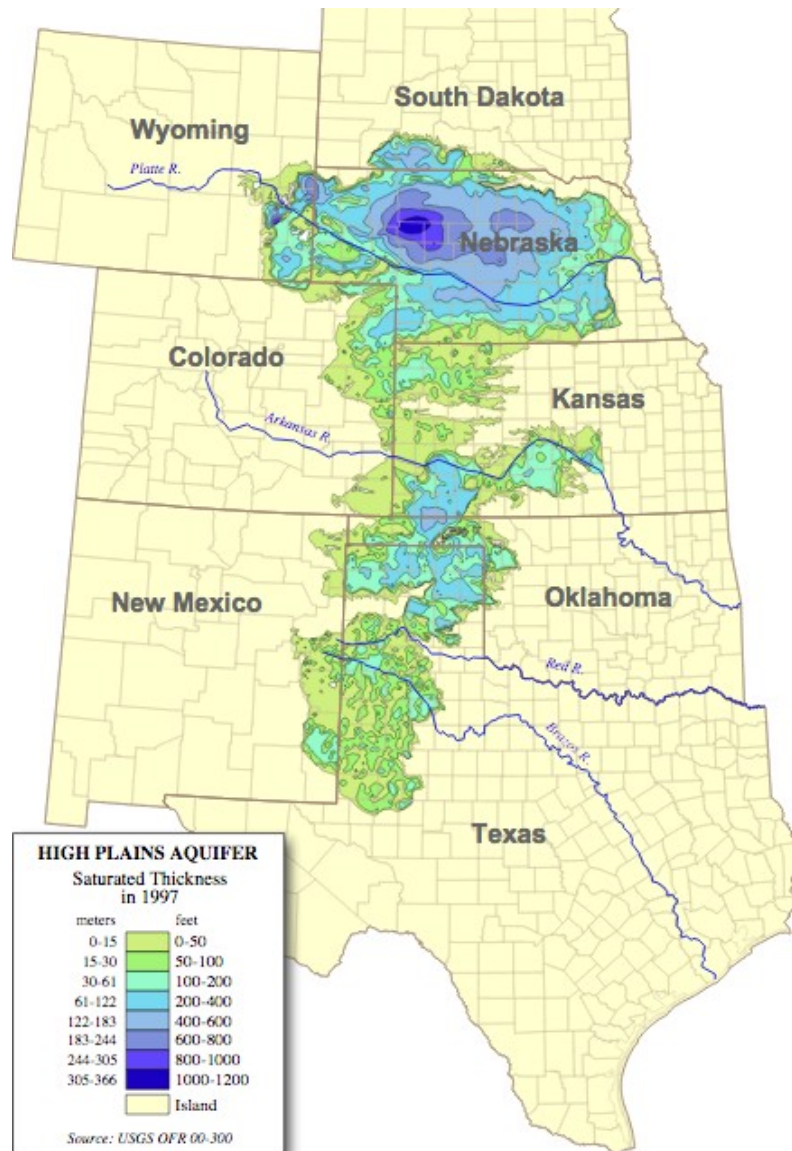


圖 1.經過數十年的大量撤離，1997 年奧加拉拉含水層的飽和厚度。含水層的寬度和深度通常從北向南減小。

淡水由冰川，地下水，地表水（例如池塘和湖泊）以及生物圈和大氣中存儲的水組成。絕大多數淡水用於農業灌溉目的。同樣，如果沒有這種淡水，我們的糧食生產將遭受損失。大多數人將採礦與金屬，燃料資源和寶石聯繫在一起。但是，得知我們實際上是在開採水，您會感到驚訝嗎？採礦是指從地球內部撤出或移走某些東西。地下水存在於地球內部，是我們的第二大淡水存儲區。當前，美國的地下水使用集中在 **Ogallala** 含水層。

奧加拉拉含水層位於美國中部。它位於 **8** 個州以下：德克薩斯州，俄克拉荷馬州，科羅拉多州，堪薩斯州，內布拉斯加州，新墨西哥州，南達科他州和懷俄明州。它的面積約為 **174,000** 平方英里，已有 **10 百萬** 年的歷史（[Kromm, nd](#)）。它是超過 **13,600,000** 英畝耕地和牧場的淡水源。該含水層

部分是由於冰川融化而形成的，歷時 64,000 年才被填滿（[Overmann, nd](#)）。它是北美最大的蓄水層，也是世界上最大的淡水源之一。最初，農民只需要在 25 到 50 英尺的範圍內任意鑽探即可，然後才能撞到地下水位。然而，在 1940 年代，這種情況開始改變。隨著戰爭和戰後時期的技術繁榮，諸如高容量泵之類的眾多設備使對含水層的訪問變得更加輕鬆和便捷。在某些地方，農民現在必須要鑽 500 英尺以上才能鑽到地下水位。Ogallala 最初的厚度超過 500 英尺，但現在有所減少，並且因位置而異。該特定含水層的問題在於，其使用的速率遠大於其補給的速率。實際上，Ogallala 被認為是“化石含水層”，這意味著一旦消失，它就會消失。這對我們意味著什麼？這如何影響您或您的家人？

這是一個簡短的視頻，向您展示了農民適應含水層快速枯竭的一些方式。

- 描述和模擬整個地球水文循環涉及的過程。
- 識別並描述河流和溪流形成和承載的河道類型和沈積負荷。
- 描述地下水的關鍵成分
- 識別與地下水有關的各種地質特徵
- 認識與海洋和海岸線相關的特徵

水文循環

描述和模擬整個地球水文循環涉及的過程。

水只是鍵合在一起的兩個氫原子和一個氧原子。儘管水很簡單，但它卻具有非凡的性能。水凍結時會膨脹，具有高表面張力（由於分子的極性，它們往往會粘在一起）等。沒有水，生命可能無法在地球上生存，當然也不會像我們看到的那樣具有巨大的複雜性和多樣性。

本節說明水如何在地球上，地球上和地球上運動。

你會學到什麼

- 了解水文循環的基本結果。
- 描述涉及水文循環的過程。

本節的包括以下內容：

- 水文循環的各個階段
- 自檢：水文循環

水文循環的各個階段

由於水的獨特特性，水分子可以在地球上幾乎任何地方循環。今天，您在一杯水中發現的水分子可能是地球歷史早期從火山噴發而來的。在此間的數十億年間，該分子可能在冰川中或遠低於地面的地方度過了一段時間。這個分子肯定在大氣層中很高，也許在恐龍的腹部很深。該水分子下一步將去哪裡？

水的三種狀態

水是地球上存在於所有三種物質狀態（固體，液體或氣體）中的唯一物質。（而且地球是唯一在所有三個狀態中都存在水的行星。）由於行星周圍特定位置的溫度範圍不同，所有三相都可能存在於一個位置或一個區域中。三相為固體（冰或雪），液體（水）和氣體（**水蒸氣**）。看到冰，水和雲（圖 2）。

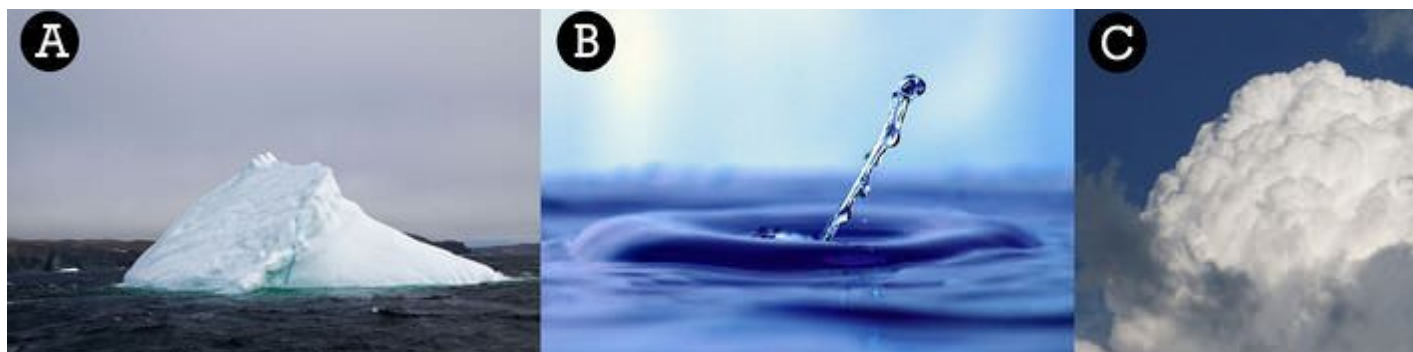


圖 2.您是否可以在此圖像中找到水的所有三個相？（a）漂浮在海中的冰。（b）液態水。（c）水蒸氣是不可見的，但是當水蒸氣凝結時不會形成雲。

水循環

由於地球的所有三個州都存在地球水，因此它可以進入地球周圍的各種環境。水在地球表面的運動是 **水文（水）循環**（圖 3）。

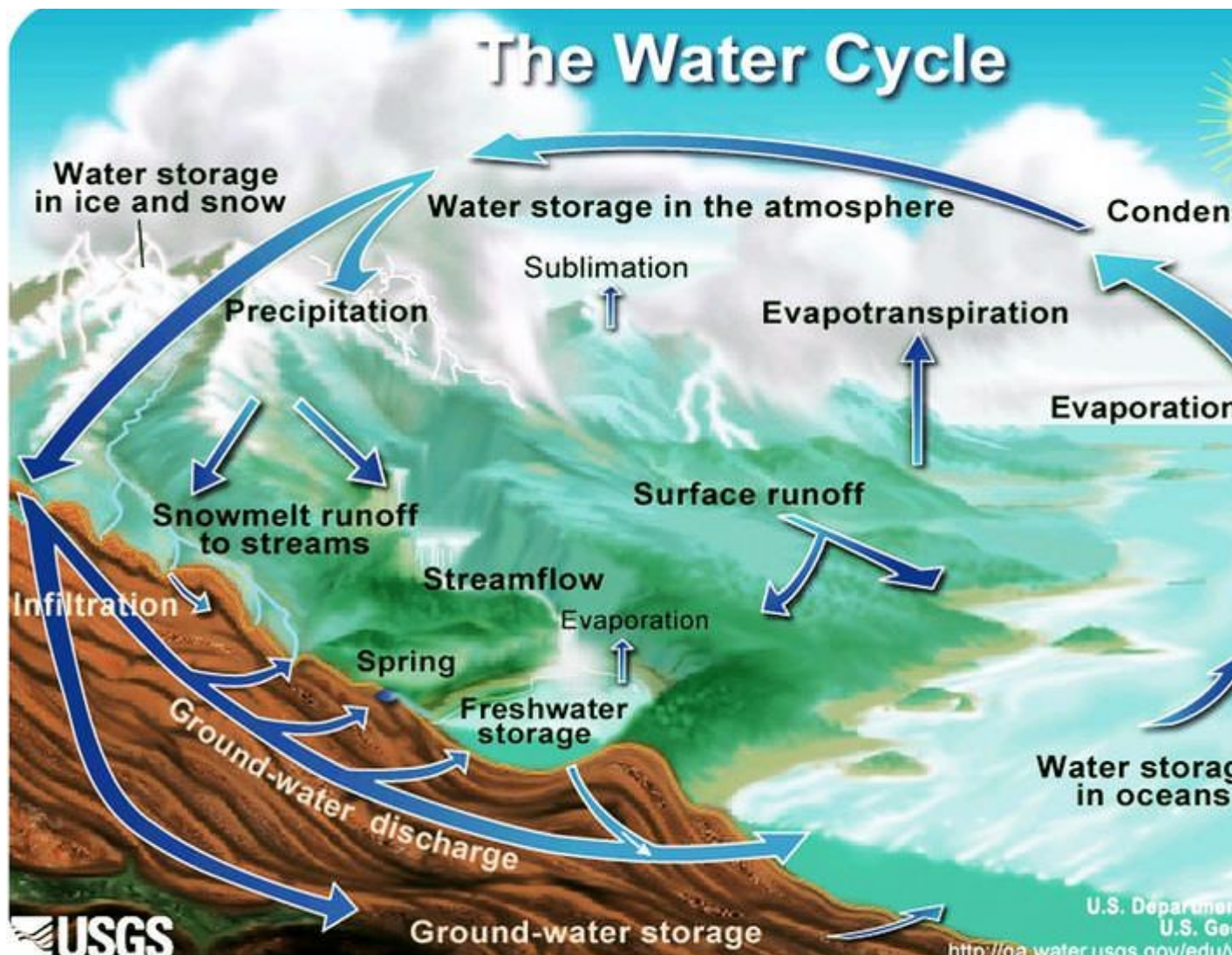


圖 3.由於這是一個循環，因此水循環沒有開始也沒有結束。

地球上的大部分水都存儲在海洋中，可以保留數百年或數千年。在“地球的海洋”一章中詳細討論了海洋。

水通過**蒸發**從液體變成氣體，變成水蒸氣。太陽的能量可以從海洋表面或陸地上的湖泊，溪流或水坑中蒸發出水。僅水分子蒸發；鹽保留在海洋或淡水庫中。

水蒸氣保留在大氣中，直到它**凝結**成微小的液滴為止。水滴聚集在雲中，然後被風吹向地球。隨著雲中的水滴碰撞並生長，它們會隨著降水從天上掉下來。**降雨**可能是雨，雨夾雪，冰雹或雪。有時降水會落回到海洋中，有時會降到陸地表面。

有趣的是，請觀看此視頻。這首水循環歌曲重點關注太陽在將 H_2O 從一個儲層移至另一個儲層中的作用。儲層之間各種物質的運動取決於地球內部或外部的能源：

該動畫顯示了全球每月平均降水量的年度週期。

當雨水從天上掉下來時，它可能會進入溪流和河流，然後向下流入海洋和湖泊。隨著雪的降落，水可能會在山上停留數月之久。雪可能會變成冰川中冰的一部分，並且可能會存在數百或數千年。雪和冰可能通過**昇華**直接返回到空氣中，在此過程中，固體直接變成氣體而沒有先變成液體。儘管您可能沒有看到冰川中的水蒸氣昇華，但您可能已經看到干冰在空氣中昇華。

雪和冰會隨著時間的流逝慢慢融化，變成液態水，從而為下方的溪流，河流和湖泊提供穩定的淡水流。由於雨水而掉落的水滴也可能成為溪流或湖泊的一部分。在地表，水最終可能會蒸發並重新進入大氣層。

大量的水滲入地下。土壤水分是重要的水蓄水庫（圖4）。困在土壤中的水對於植物的生長很重要。

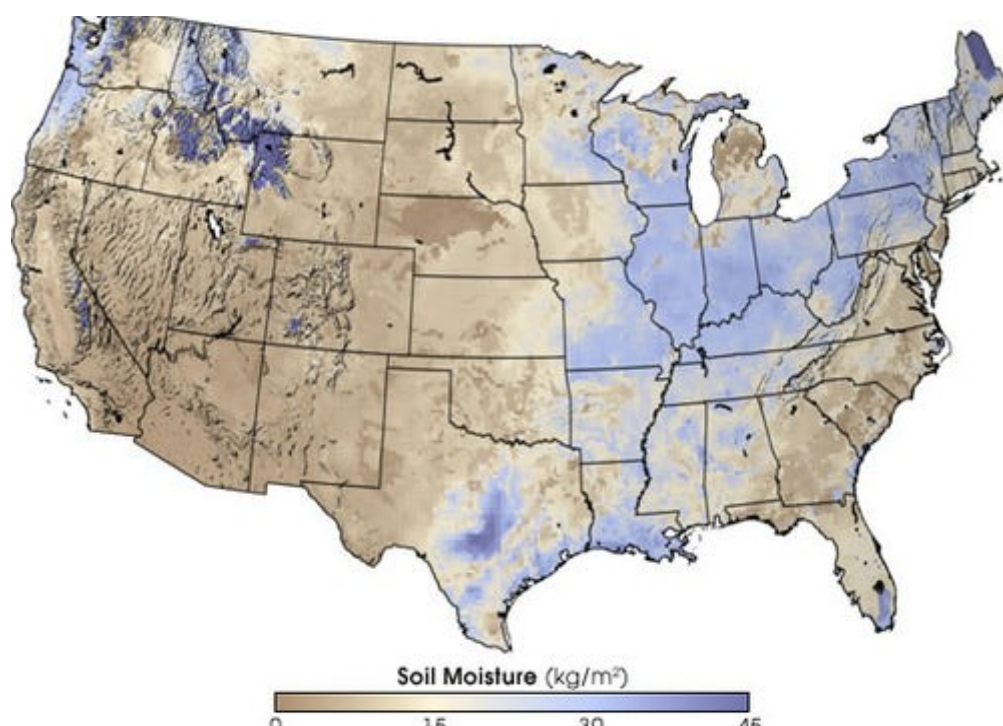


圖4.美國土壤的水分含量差異很大。

水可能會通過滲透到地面的毛孔滲入土壤下面的污垢和岩石中，進入地球的地下水系統。地下水進入含水層，這些含水層可能會儲存數百年的淡水。或者，水可能會通過泉水流到地表或回到海洋。

植物和動物依靠水為生，它們也在水循環中發揮作用。植物從土壤中吸收水分，並通過葉片將大量水蒸氣釋放到空氣中（圖5），這一過程稱為**蒸騰作用**。

[可在此處找到伊利諾伊大學的水文循環在線指南。](#)

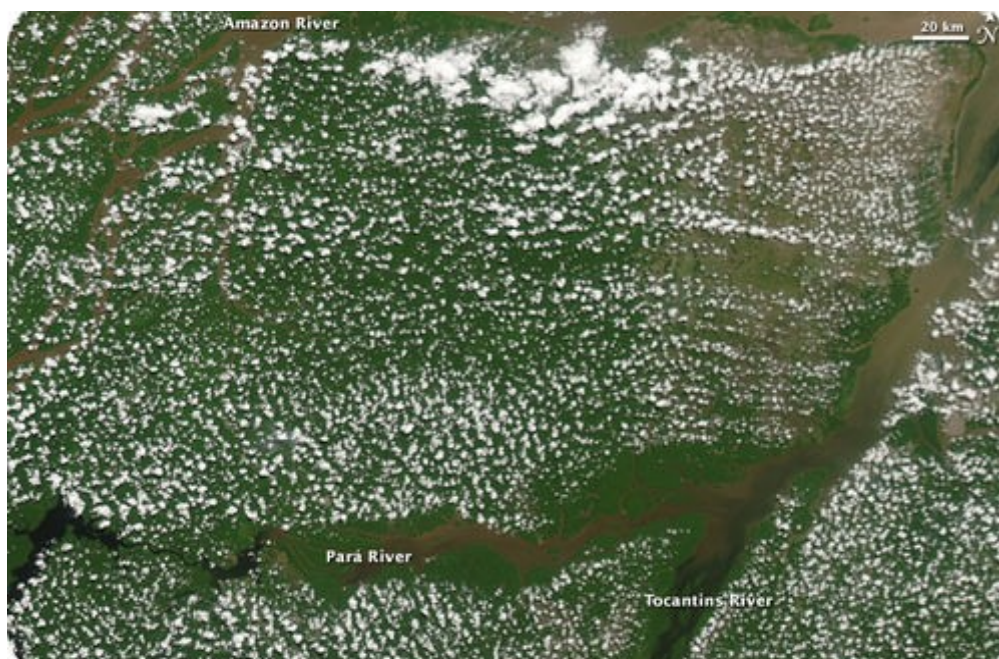


圖 5.由於植物蒸騰作用產生的水分，即使在乾旱季節，在亞馬遜雨林上方仍會形成雲。

人們還依賴水作為自然資源。人們不滿足於直接從溪流或池塘中取水，人類創造了運河，渡槽，水壩和水井來收集水並將其引導到他們想要的地方（圖 6）。



圖 6.法國的杜加德橋渡槽是羅馬帝國時期建造的。

表 1.美國和全球的用水量

採用	美國	全
農業	34%	70
國內（喝酒，洗澡）	12%	10
行業	5%	20
電廠冷卻	49%	小

重要的是要注意水分子在周圍循環。如果氣候變涼，冰川和冰蓋增加，那麼海洋的水就會減少，海平面就會下降。相反也可能發生。

KQED：跟踪雨滴

該 **Quest** 視頻的主題是水循環如何工作以及全球氣溫升高將如何影響水循環，尤其是在加利福尼亞州。[在這裡了解更多。](#)

河流

識別並描述河流和溪流形成和承載的河道類型和沈積負荷。

在本節中，您將學習不同類型的流。您還將學習不同類型的流負載。

你會學到什麼

- 了解不同類型的河流和溪流以及與之相關的過程。
- 了解侵蝕和沈積物的運輸和沈積過程

本節的包括以下內容：

- 溪流和河流的類型

- 流域
- 地質過程和流動水
- 自檢：河流

溪流和河流的類型

介紹

溪流在地質中起著重要作用。溪流通過侵蝕，運輸和沈積沉積物來雕刻並塑造地球表面。通過侵蝕隆起區的沉積物並在較低的區域創建由沉積物構成的地貌，溪流比冰川更能塑造地球表面，比海灘上的波浪更能塑造地球表面，而風能更能塑造地球表面。

什麼是流？

溪流是在重力作用下在自然通道中在陸地上流動的水流。草地上的一條小溪和亞馬遜河都是小溪。有趣的是，在最近被推擠的帶有斜坡的建築工地上觀看水。最初，水使地面飽和，並開始以薄板形式流過斜坡表面。不久，水在泥土中挖掘出稱為小溪的小通道。羅爾斯合併形成更大的渠道。包括支流在內的流網已經形成。如果沒有阻止，渠道可能會繼續加深並侵蝕施工現場的土壤。

在更長的時間間隔內，我們在建築工地上想像的相同過程在地表上建立了溪流和溪谷系統。地球上大多數山谷都是溪流的產物。溪流侵蝕泥土和岩石，運輸沉積物，並將其重新沉積在新的位置，從而將地球表面塑造成溪谷系統。

由於重力的作用，溪流下坡。小山越高，引力就越多。在斜坡最陡峭而丘陵最高的地方，溪流將是最活躍的，侵蝕速度最快。

流域

溪流的流域包括所有地面徑流從中流入該溪流的土地。溪流流域也稱為流域。溪流排水區之間的邊界稱為排水溝。您住在什麼流排水中？

流順序

一種流流入另一種流是很常見的。兩個流中的較小者是較大流的支流。沒有支流的流是一階流。僅具有一階支流的流是二階流。具有任何二階支流且不高於其的流是三階流，依此類推。密西西比河是十階流，是地球上最高階流之一。

隨著越來越多的支流匯聚在一起，形成了更大的流網和主流，系統中的最高階流的流量為所有支流流量的總和。當洪水發生時，高位流要比低位流花費更長的時間才能形成洪水氾濫，洪水消退的時間也更長。

排水方式

如地圖所示，包括多個支流的河流系統呈現出獨特的排水模式。排水方式取決於河流系統下面的岩石類型和地質結構。某些類型的岩石比其他類型的岩石更硬且更耐腐蝕。如果流系統下面的地質相當均勻（岩石在所有方向上均具有相同的抗腐蝕能力），則將形成樹狀排水模式，如圖 1 所示。樹狀排水模式是最常見的類型。

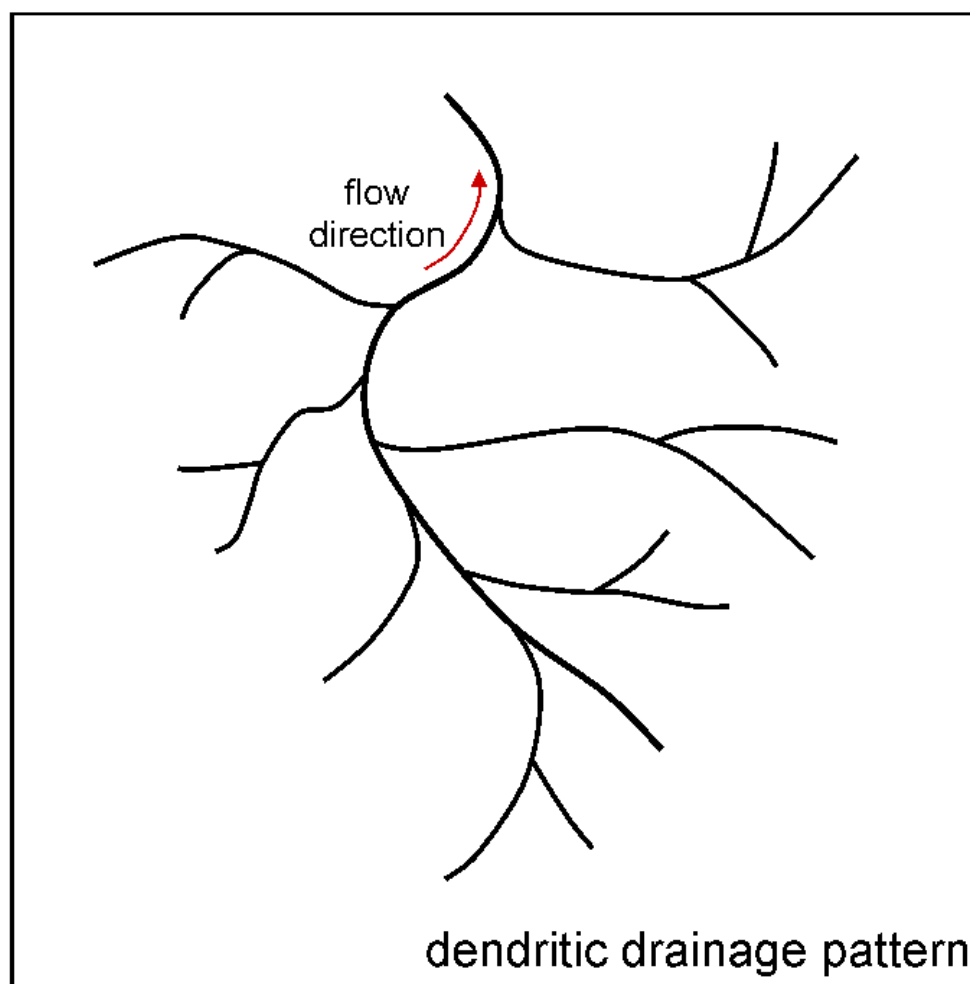


圖 1

如果某個區域被折疊的岩石層狀結構所覆蓋，並且各層具有不同程度的抗侵蝕性，則溪谷將傾向於跟隨抗性較低的岩石層，而較硬的岩石層將變為山脊。這導致了網格排水模式，如圖 2 所示。

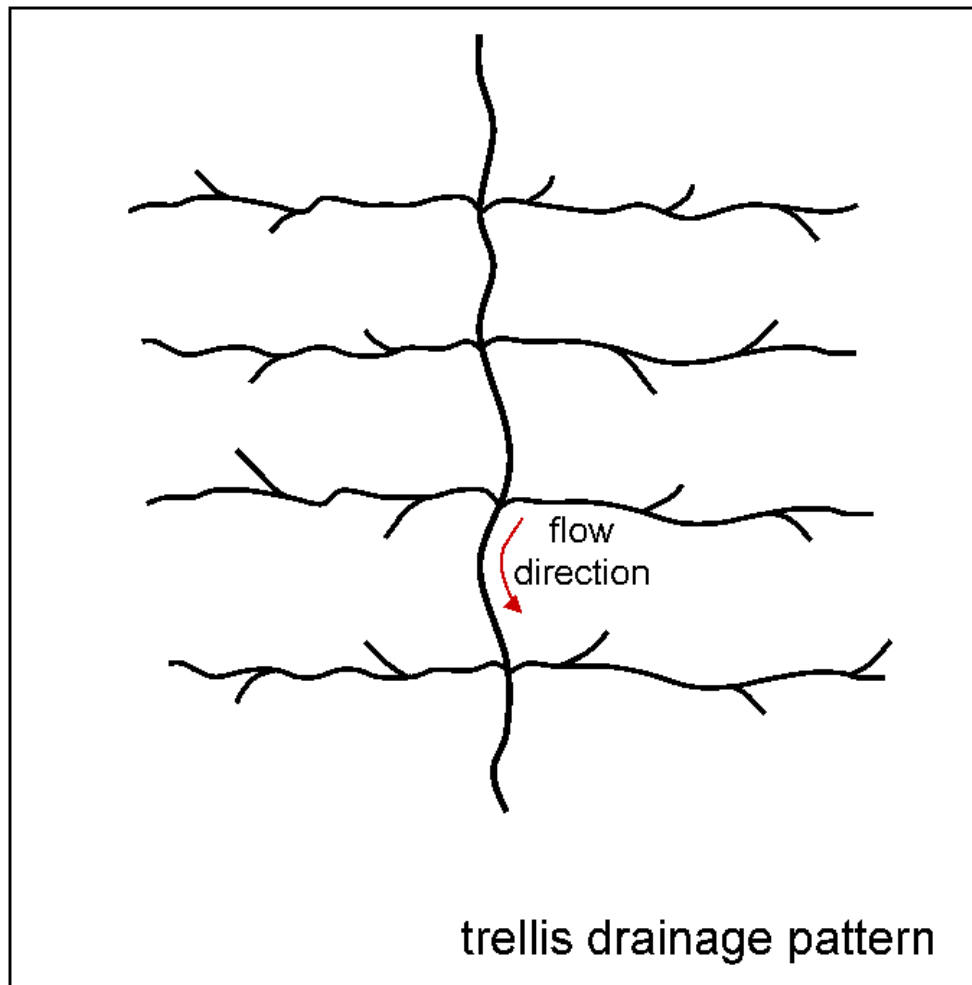


圖 2。

在某些地方，地質學是由一種抗侵蝕的岩石組成，但岩石包含多組平行的節理，在這些節理中更容易受到侵蝕。關節組通常以大角度彼此相交。如圖 3 所示，隨著流谷在連接系統中的發展，形成了矩形排水模式。流谷在從一個接縫組轉換為另一個接縫的位置處將急劇彎曲。

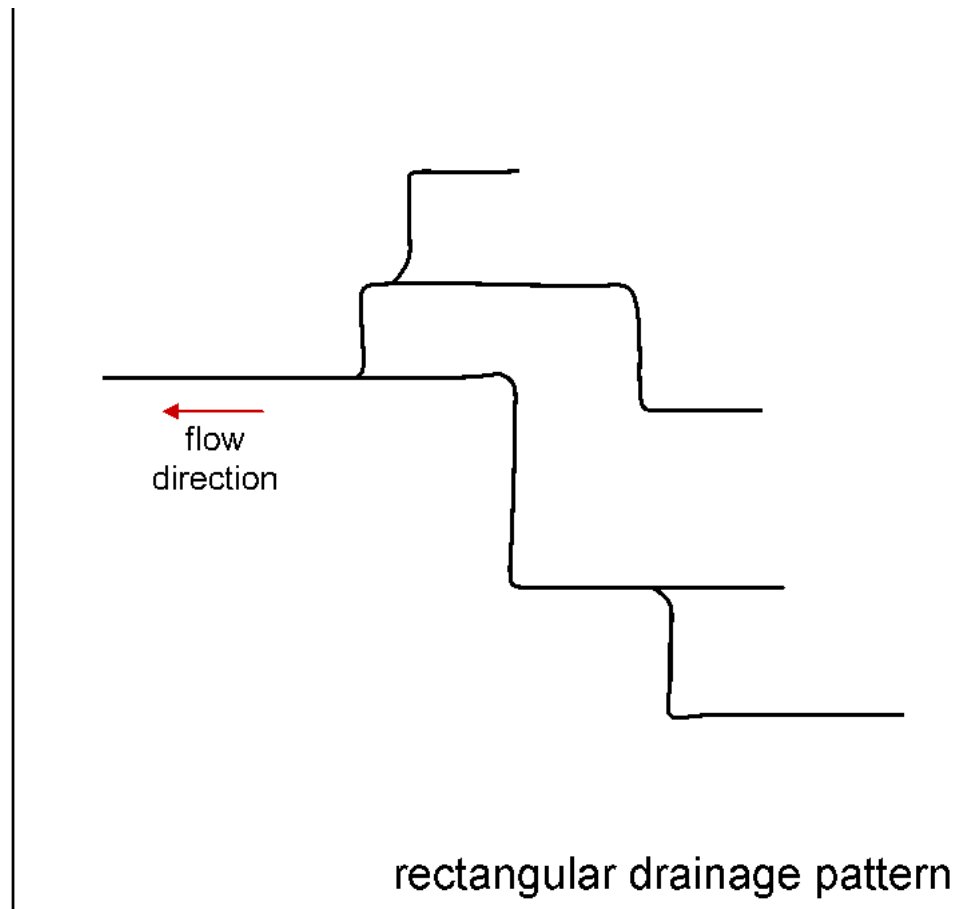


圖 3。

河流將從寬廣的高海拔區域（例如復合圓錐體）的中心向各個方向輻射。這被稱為徑向排水模式。

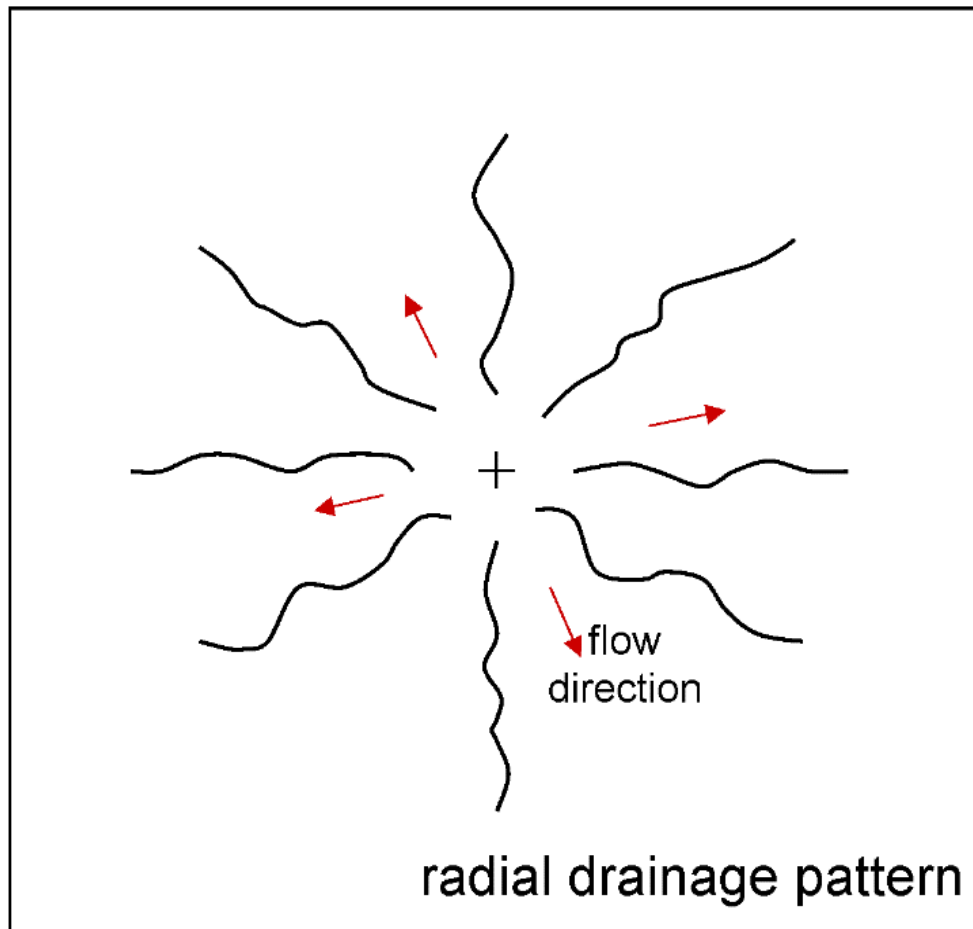


圖 4。

分級配置文件

因為溪流侵蝕更多，並且在溪流梯度較高的地方清除更多的沉積物，而在溪流梯度較低的地方沉積更多的沉澱物，因此溪流將顯示出漸變的輪廓。漸變輪廓顯示了流的高度如何沿著流的長度變化，從流的最高海拔開始到其最低水位結束的基本水平。

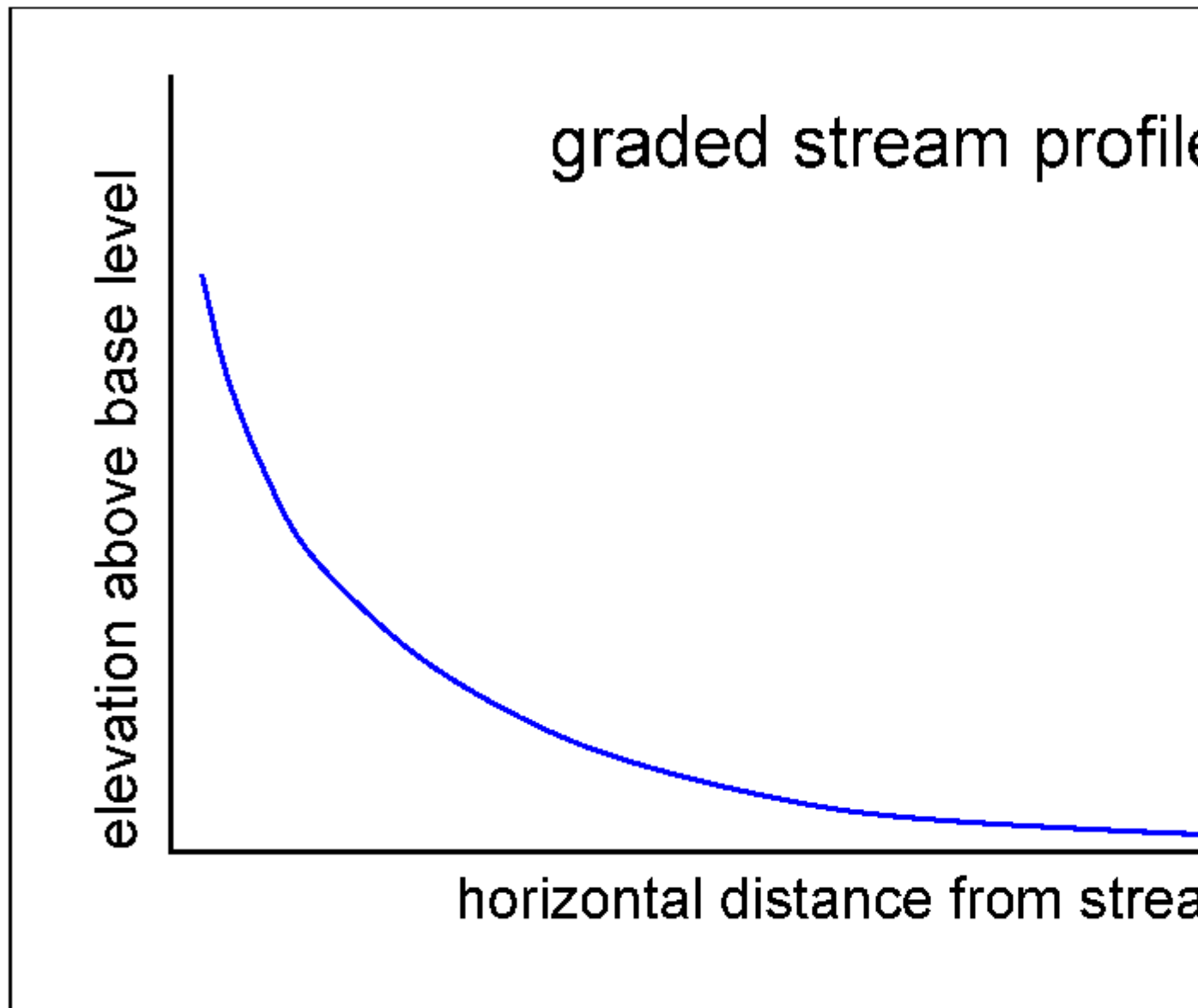


圖 5。

漸變的輪廓從流的開始處的陡峭坡度開始，並在流的基礎層逐漸減小為平緩的坡度。想像一下，一名遠足者跟隨一條小溪一直到其起點，並在地形圖上跟踪其進度。她從溪流谷低而寬的地方開始，坡度平緩，因此遠足很容易。隨著一天的過去，當她接近溪流源時，情況變得越來越陡峭。在查看地形圖時，她發現輪廓線比當天早些時候更靠近谷底並且更遠。當她接近溪流開始的山一側的小湖時，斜坡是如此陡峭，幾乎失去了立足點。她自己經歷了一條典型的河流剖面，該剖面從基層附近一直延伸到河流的起點。

湖泊和瀑布是河流排水中的臨時特徵。如果湖泊形成了小河，則其流量會減慢並沉積沉積物，直到湖泊充滿了沉積物。在瀑布形成流過瀑布的能量較高的地方，它將侵蝕瀑布的底部，導致瀑布向上游後退，直到建立漸變輪廓為止。

流放電

流經水流的水量和水流的速度表示為水流的排出量。通過將河流的橫截面積乘以通過該橫截面的水的平均速度來測量流量。將橫截面的面積乘以水的平均速度得出體積/時間單位。例如，如果一條流的截面積為 **150** 平方英尺（英尺²），並且以每秒 **10** 英尺（英尺/秒）的平均速度運動，則將該面積與速度相乘會導致排放 **1,500** 立方英尺每秒（ft³/s）。

泥沙量

溪流中的水侵蝕，運輸並沉積沉澱物。大多數岩石和礦物比水密度大得多。溪流中需要足夠的能量才能將岩石從地球上移開並移動。溪流流動得越快，它所擁有的能量就越多，可以運輸的沉積物越多。河流的**能力**是指河流可以移動的最大沉積物尺寸。移動速度更快的水俱有更大的能力，並且可以移動更大的沉積物。

溪流的**容量**是其可以移動的沉積物總量。容量取決於流的移動速度及其總排放量。隨著流的速度變慢，其能力和容量會降低。溪流開始沉積，從最大的碎片開始。導致河流減速的因素有很多，包括河流通道加寬，河流溢流並擴散到洪氾區，河流坡度（下坡）減小，河流排空成較大的，運動較慢的水體。

河流根據顆粒的大小以兩種方式輸送碎屑沉積物。較粗的沉積物稱為床荷，由太大而無法在水流中懸浮較長時間的顆粒組成。河床負荷顆粒是河流中沉積物的最大顆粒，它們的大部分時間都花在河道的底部，滾動，滑動或向下游彈跳，並開始運動。較細的沉積物稱為懸浮物，由小到足以懸浮在水流中的顆粒組成。懸吊的負載與流水的移動速度大致相同。在泥濘的河流中，泥漿是懸浮的

洪氾區

溪流通過在河谷的較低坡度延伸處通過侵蝕和沈積相結合而形成洪氾區。儘管洪氾區的總體下坡坡度與整個河流坡度一致，但洪氾區相對平坦。

洪氾區充滿了由溪流傳播的沉積物。這些沉積物被稱為沖積層。由於沖積層是鬆散的材料，易於使河流侵蝕和再沉積，因此洪氾區中河流通道的位位置經常變化。

曲折

順著山坡順流而下的溪流，即使是漫漫平原的平緩坡度，也很少會沿著直線路流很長時間。根據沉積物的分佈和水流的湍流，通道的一側比另一側更容易腐蝕。河流將流向遭受侵蝕的區域，並在該方向上形成曲線。一旦水流通道開始彎曲，水的能量就會集中在彎曲的外部。

該圖顯示了一條帶有明顯彎曲的流道，也稱為曲折。藍線顯示侵蝕性能量如何沿流中每個彎頭的外部集中。由於在曲折的河岸上發生侵蝕，因此在河岸上的沉積會發生，水會減慢並滴下沉積物。

Concentration of erosional energy banks of stream meanders

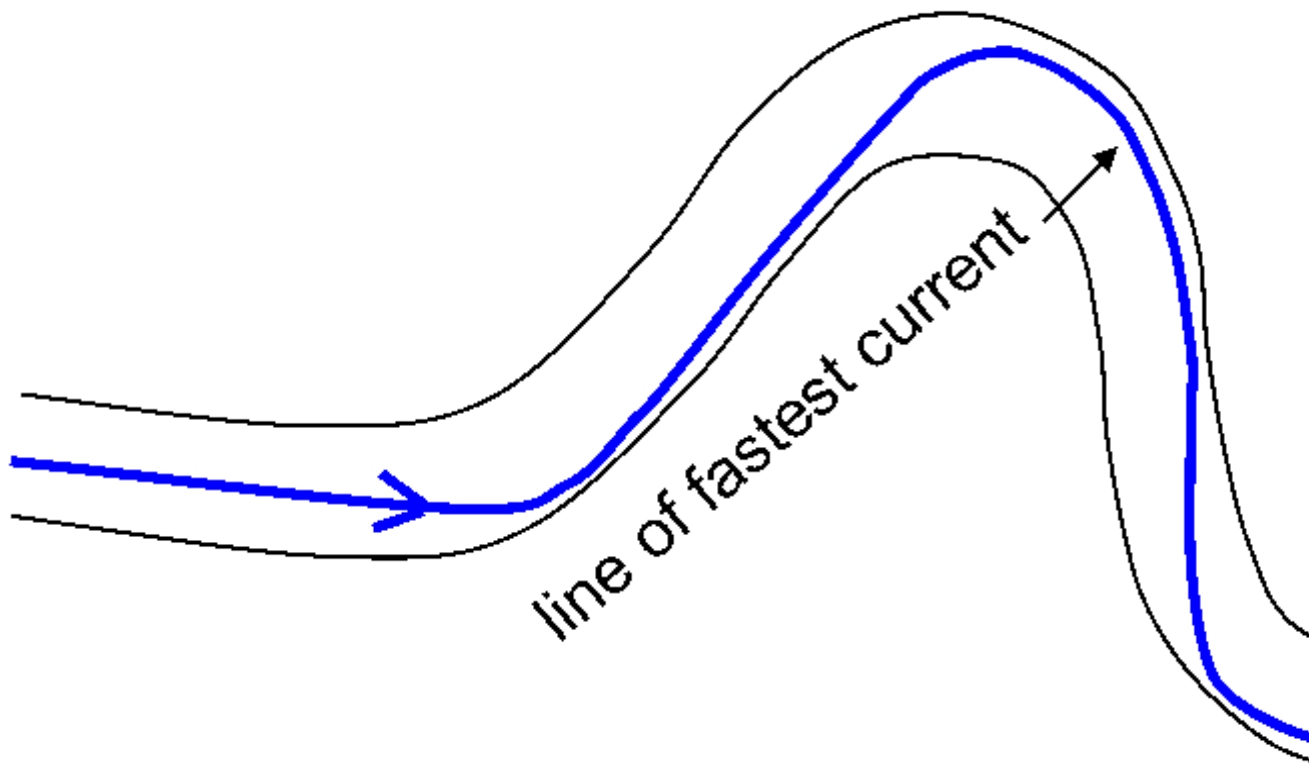


圖 6。

下圖顯示了在一條河中形成的兩個發達的曲流。沿著每個曲折，被侵蝕切入的外河岸稱為切岸。通過堆積沉積物而生長的內岸被稱為點壩。

Stream meanders

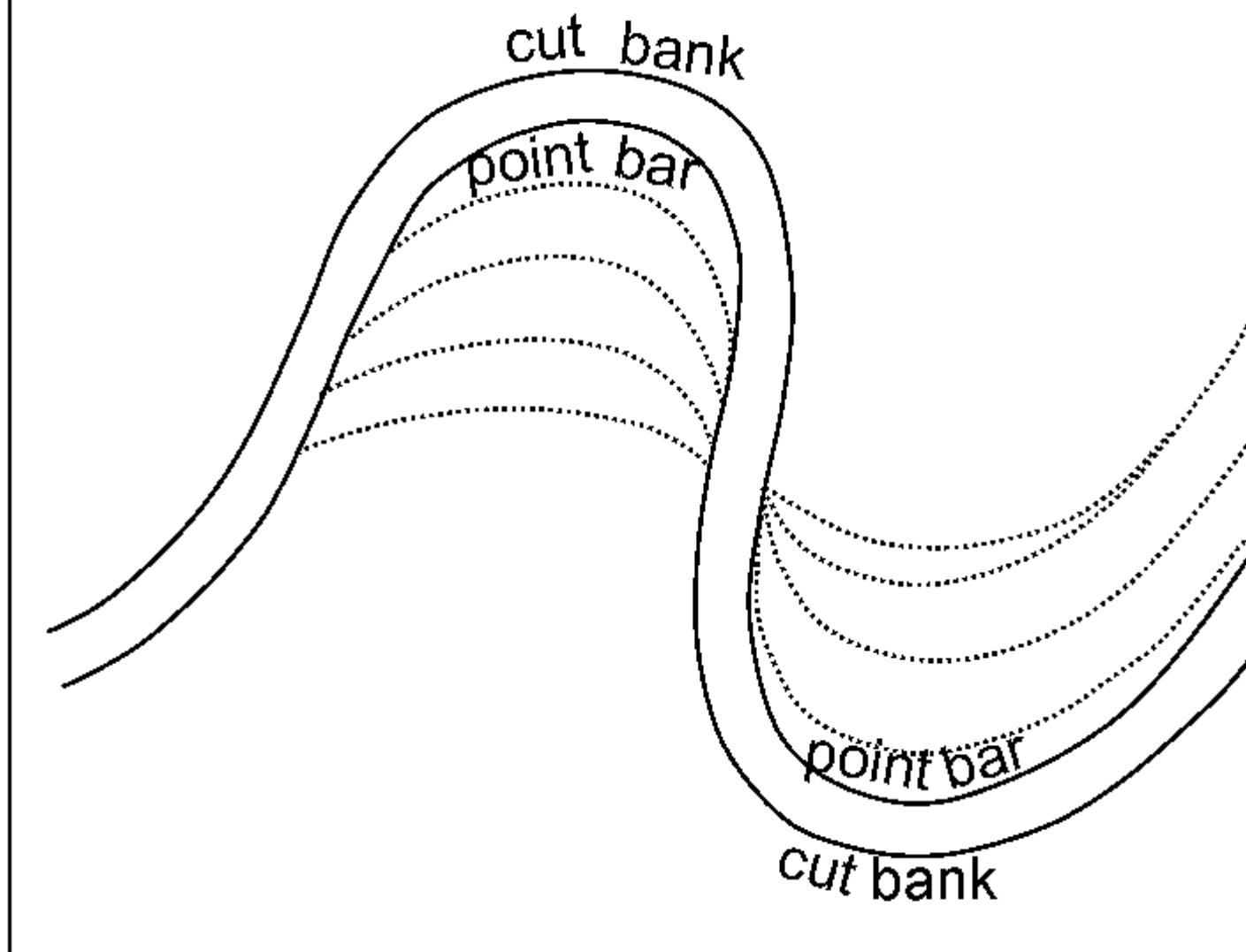


圖 7。

在溪流中，由於溪流不斷侵蝕其切割的堤岸並增加其尖桿，因此蜿蜒曲折地向下游擴張並向下游遷移。下圖顯示了河道中河曲的放大和下游遷移。隨著曲折的擴大，它的脖子變窄。最終，由於逐漸的侵蝕和河道遷移，或在高水位和洪水期間突然，溪流可能會切穿蜿蜒的脖子。一旦溪流切入蜿蜒的河道，開口就會被水所滴落的沉積物充滿，當水從主流進入時，泥漿會變慢。沉積物沉積物將把截斷的河曲與河道分開，將其變成牛弓湖。隨著時間的流逝，

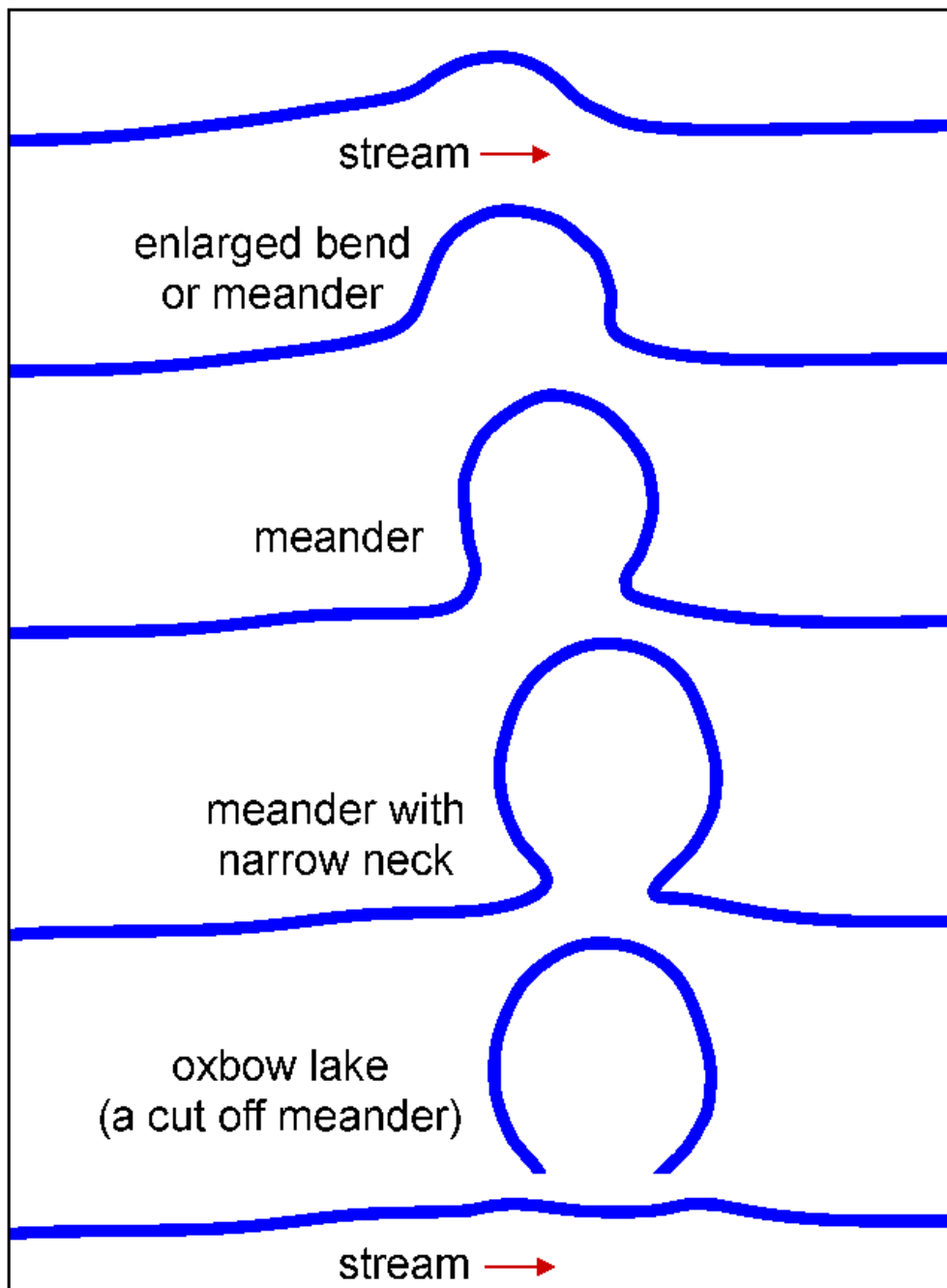


圖 8。

根深蒂固的曲折

典型的曲折河道流經充滿沖積物的廣闊洪氾平原。但是，在某些情況下，曲折可能會直接切入基岩。切入基岩的曲折被稱為切開或根深蒂固的曲折。相比之下，沖積層中的河曲會迅速侵蝕和遷移或突然被脖子割斷，而根深蒂固的河曲則相對固定。這是因為根深蒂固的蜿蜒曲折被兩側的基岩圍住，幾乎沒有氾濫

平原，容易被侵蝕和沈積。

溪流流域的構造隆升形成了 **mean** 曲。隆起增加了溪流的重力驅動能量，使溪流通過洪水沖積層迅速向下切入下方的基岩。根深蒂固的河曲引人注目，因為它們很不尋常，它們為該地區的構造活動提供了有力的證據。根深蒂固的河曲的經典例子包括聖胡安河的鵝頸管，其在大峽谷以東的科羅拉多高原上切割，以及亞基馬河的一段，根深蒂固的河曲，其在最近隆起的玄武岩山脊中切割。華盛頓州東部的哥倫比亞高原。

辮狀流

某些流不是單個通道，而是具有多個相互交織的通道，形成所謂的編織流。辮狀流與過量的沉積物進入流系統有關。高山冰川流失的山谷是辮狀河流的常見環境。冰川將更多的沉積物沉積到融水流系統中，而不是該排放流具有在單通道系統中傳輸的能力。辮狀流系統是指示系統，除了流本身之外，還有其他沉積物來源。導致辮狀流的過多沉積物來源包括冰川，火山爆發的火山碎屑物質和滑坡。

洪水和洪水頻率

溪流氾濫。泛洪是流行為的正常部分。在洪水期間，溪流侵蝕，運輸和沈積沉積物的速度大大增加。當河流中的水深超過河流通道的深度，並超出河流通道擴散到周圍土地時，就會發生洪水。當流完全填滿其通道時，據說它處於 **bankfull** 階段。當水流超過河岸水位時，據說洪水氾濫。當洪水蔓延到足以造成財產損失的程度時，據說溪流正處於洪水階段。

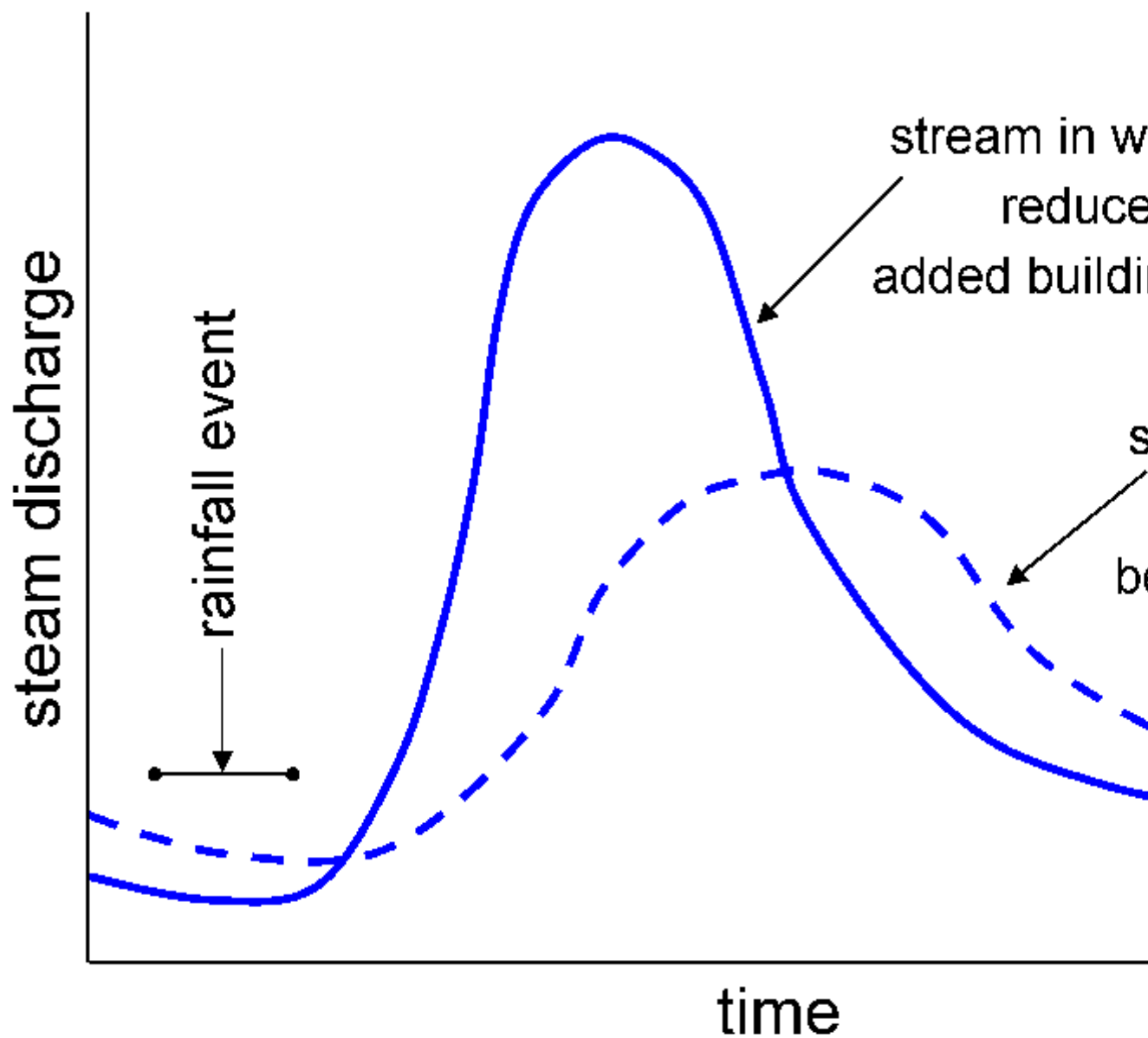
不同的溪流具有不同的洪水行為。在流域的較高部分，一些河流往往會發生與雨季或融雪季節相關的年度洪水。一些溪流只是零星地氾濫，洪水之間通常間隔數年。在美國，所有較大的溪流的流量都在由美國地質調查局安裝和監控的測壓站進行測量。流量記錄必須保存至少 **30** 年，以確保統計有效。可以從河流流量數據中計算出在給定年份的河流上發生特定水災的可能性。在給定年份中發生洪水的可能性（即 **100** 年洪水）的百分之一（也稱為 **100** 年洪水）是根據河流流量記錄計算得出的。**100** 年的洪水強度

在暴雨期間或暴雨之後，低階溪流可能會迅速氾濫。這種快速洪水稱為山洪。洪水氾濫通常是不可預測的。如果河流從高海拔地區的峽谷中流過，那麼人們可能會在陽光普照的情況下沿著峽谷中的溪流行走，而不會意識到溪流的源頭

正在發生雷暴。穿越峽谷的山洪可能會讓他們感到驚訝。通常可以預測高階流的緩慢建築洪水，因為要監測主要流，並且大雨或快速融雪產生的水流經高階流系統需要更長的時間。密西西比河等最高水位的洪水可能需要數週的時間才能達到頂峰並消退。

溪流流域土地的變化（例如增加建築物和道路）會改變溪流的氾濫方式。覆蓋地面的建築物和人行道可防止滲透並導致增加的地面徑流。徑流增加意味著降雨少於降雨，這將導致溪流進入洪水期。流將更頻繁地泛洪。對於在建築物之前造成洪水的相同數量和速率的降雨，溪流將更快地到達洪水階段，洪水將更深。下圖顯示了通過去除森林，增加建築物和道路使溪流流域城市化之前和之後，溪流對給定降雨量的洪水響應。都市化之後 與城市化之前相比，溪流更快地達到洪峰水平，並上升到更高的水平。除非設計並安裝了對策，否則城市化地區的洪災比森林砍伐時的同一地區更為頻繁和嚴重。

Hydrograph of stream flooding before urbanization of a watershed



冲積扇



圖 10。

在水流達到其基本水平面的位置，水流會減速並沉積幾乎所有其攜帶的沉積物。從峽谷降下來並進入平坦山谷或平原的水流形成了扇形沉積物，稱為冲積扇。冲積扇主要是在山洪暴發期間建造的。冲積扇在乾旱地區很容易識別，但它們也在潮濕的氣候中形成。

圖 11 中的橫截面圖顯示了隨著沉積物從高海拔地區侵蝕並沉積在相鄰的低海拔平原上，冲積扇如何隨時間發展。

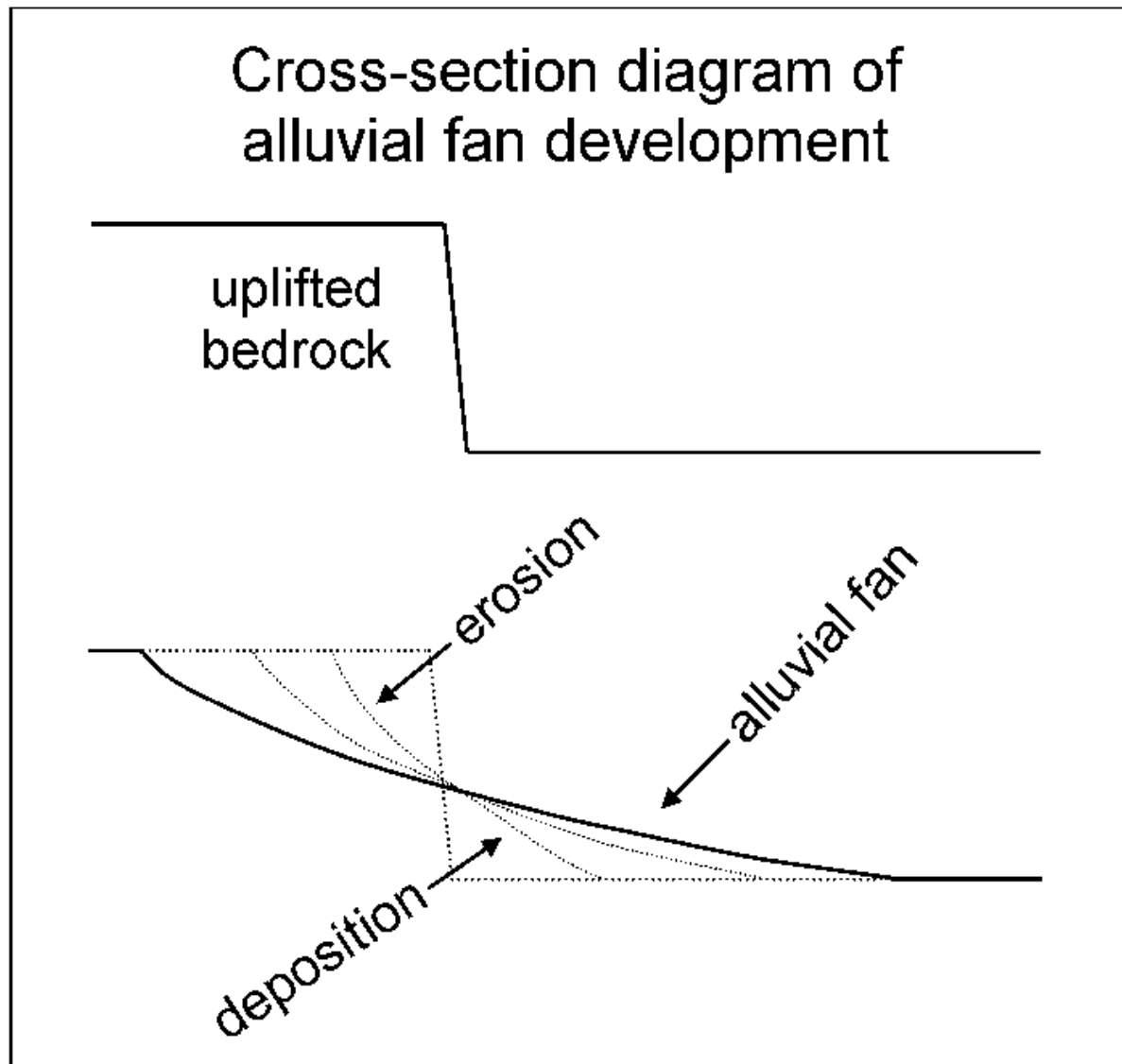


圖 11。

三角洲

三角洲是文明的重要地貌。它們為農業提供肥沃的土壤，平坦的土地和水，以及運輸的河道。

三角洲是一種由沉積物組成的地貌，其中的水流進入較大，運動較慢的水域，例如海洋，湖泊或較大的河流。術語 **delta** 來自希臘字母 **delta** (Δ) 的三角形。古希臘地理學家認識到尼羅河在倒空進入地中海的過程中形成的三角形形狀，並為該地形命名了三角洲。尼羅河三角洲是形成三角洲的主要過程所定義的幾種三角洲之一。尼羅河三角洲是波浪主導的三角洲。地中海海浪沿海岸推動並分佈了沉積物，使三角洲的海平面變平。

密西西比河三角洲是河流主導的三角洲的一個例子。沉積物的沉積使三角洲進入墨西哥灣的速度快於波浪或潮汐能重新分配沉積物的速度。正如在三角洲中普遍發生的那樣，密西西比河沿下游方向分裂成幾個分支，這些分支通過三角洲排入墨西哥灣。這些分支稱為分發服務器。每個分流器的口部都將三角洲的一部分延伸到了墨西哥灣，形成了所謂的“鳥腳三角洲”，這是溪流主導的三角洲的另一種名稱，基於它在地圖上的顯示方式。

恒河三角洲是潮汐主導的三角洲，由喜馬拉雅山脈（世界上最大的山脈）侵蝕下來的沉積物形成。恒河的河口位於孟加拉灣的北端，是印度洋的大屏障。這個大海灣的形狀對潮汐有放大作用。潮汐強勁，加上承受沉重泥沙負荷的河流不斷產生高流量，形成分流的分支模式，實際上是整個三角洲的辮狀河系。

三角洲是海拔僅略高於海平面的低地，極有可能被淹沒在水下。有幾種方法可以使水位上升淹沒三角洲。順流而下的洪水可以覆蓋三角洲。當極端風抬高沿海海平面並將海洋水推向內陸時，海洋三角洲可能會遭受風暴潮的襲擊。在過去的幾十年中，海洋三角洲出現了新的淹沒風險。隨著全球海平面上升，許多海洋三角洲正在逐漸淹沒。

流域

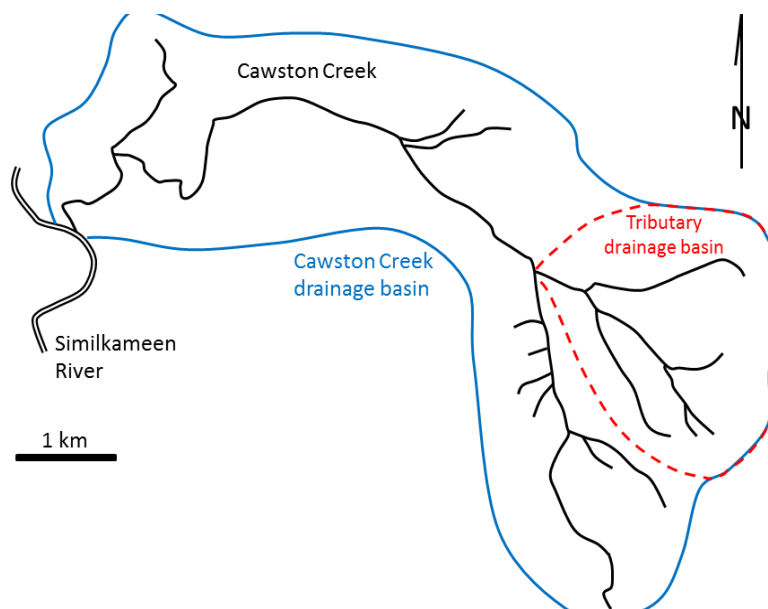


圖 1.不列顛哥倫比亞省 Keremeos 附近的 Cawston Creek 藍色線表示流域的範圍。紅色虛線是其支流之一的流域。
[SE]

水流是任何大小的表面水，從一個微小滴流至一個強大的河流的主體。水流形成河流的地區被稱為**流域**。落入流域的所有降水（雨或雪）最終都會流入其流中，除非其中一些水能夠通過地下水流進入相鄰的流域。圖 1 顯示了一個流

域的例子。

考斯頓溪（**Cawston Creek**）是一個典型的小流域（約 25 km^2 ），位於一個非常陡峭的冰川谷中。如圖 2 所示，小河的上部和中部具有陡峭的**坡度**（平均約為 200 m / km ，但範圍為 100 至 350 m / km ），而 **Similkameen** 河谷內的下部相對較陡。平坦（ $<5 \text{ m / km}$ ）。山谷的形狀首先受到構造隆升（與板塊匯聚有關）的控制，然後受冰川流之前的侵蝕和質量水土流失的控制，然後是幾次冰川侵蝕的發生，最後是冰川後的侵蝕。**Cawston Creek** 的最低海拔（在 **Similkameen** 河上 275 m ）是其**基準面**。除非 **Similkameen** 河侵蝕到更深的洪水平原（洪水氾濫的地區），否則 **Cawston Creek** 不能侵蝕到該水平以下。

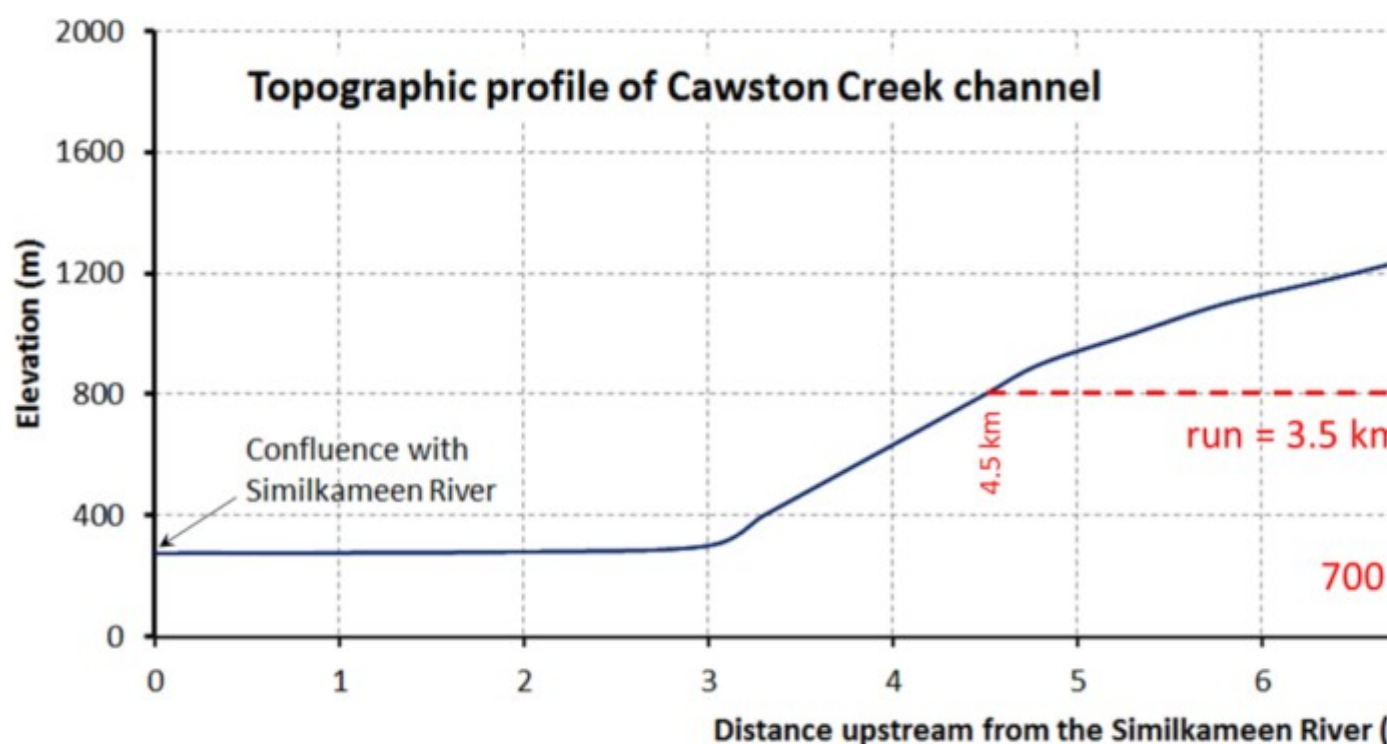


圖 2.不列顛哥倫比亞省 Keremeos 附近的 Cawston Creek 主幹的剖面在科鮑山附近，流域的最大海拔約為 1840 m 。在 **Similkameen** 河的基準高度為 275 m 。如圖所示，可以通過將任意兩個點之間的高度變化（上升）除以這兩個點之間的距離（行程）來確定流的梯度。[SE]

大溫哥華地區的供水來自 **Burrard Inlet** 北岸的三個大型排水盆地。兩個流域之間的邊界是它們之間的土地高度。例如，落在 **Capilano** 和 **Seymour** 流域（又稱流域）之間的邊界上的水滴可能會流入其中任何一個。

流域內支流的形式在很大程度上取決於下面的岩石類型，以及該岩石內的結構（褶皺，裂縫，斷層等）。三種主要類型的排水模式如圖 3 所示。迄今為止，最常見的**樹突**模式出現在河流下方的岩石（或未固結材料）沒有特定的織物或結構並且可以同樣容易地被侵蝕的區域。四面八方。例如花崗岩，片麻岩，火山岩和尚未折疊的沉積岩。不列顛哥倫比亞省的大部分地區都有樹突狀圖案，

大草原和加拿大盾構的大部分地區也有樹突圖案。**格子**通常在沉積岩被折疊或傾斜，然後根據其強度而不同程度地侵蝕的地方形成排水模式。卑詩省和艾伯塔省的落基山脈就是一個很好的例子，落基山脈內的許多排水系統都有格子狀。在地形很少的區域以及形成矩形網絡的層理平面，裂縫或斷層系統中會形成**矩形** 圖案。矩形排水方式在加拿大很少見。

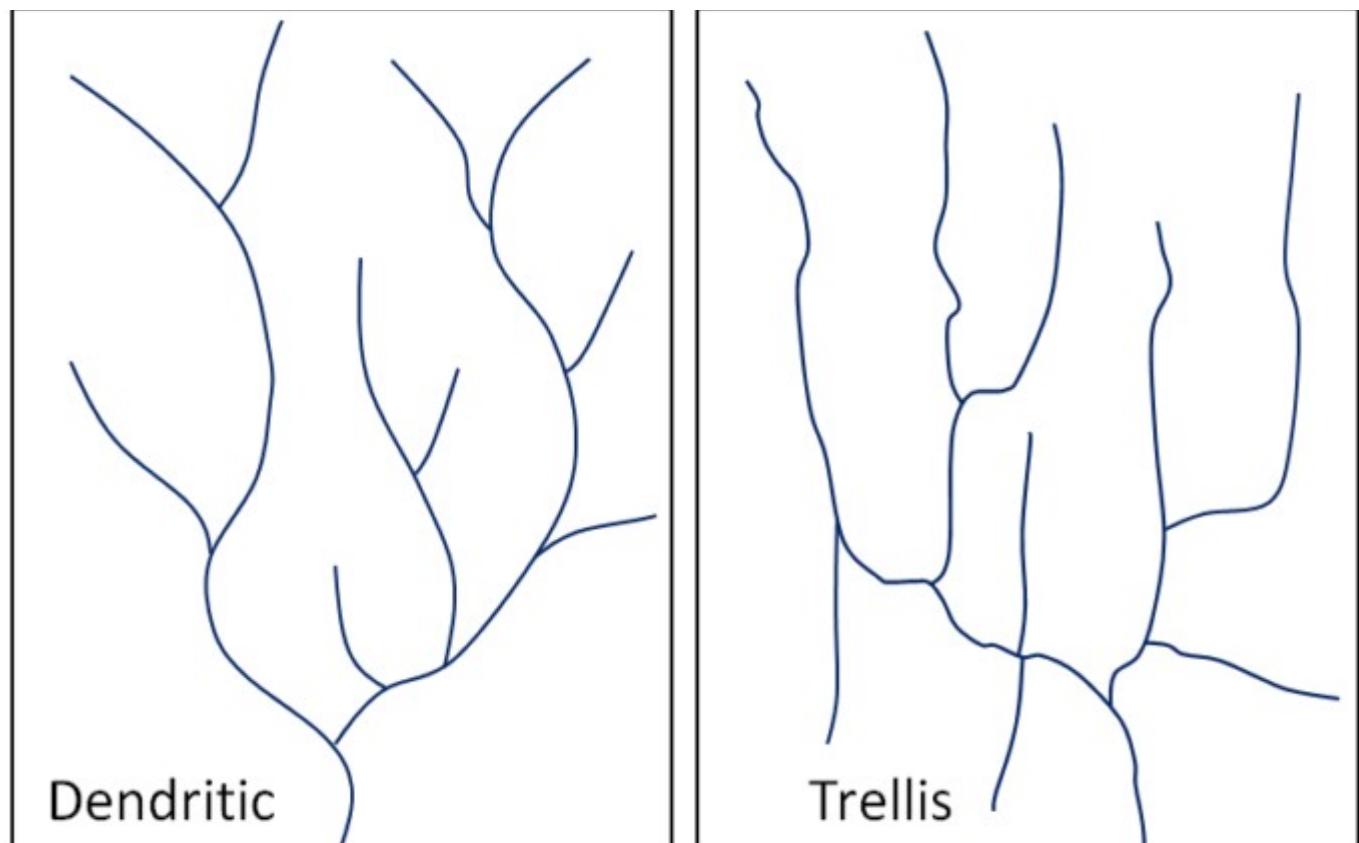


圖 3.典型的樹狀，網格和矩形流排水模式。[SE]

在加拿大的許多地區，尤其是冰川沉積較厚的相對平坦的地區，以及加拿大東部和中部的整個加拿大盾構的大部分地區，排水方式都是混亂的，或者是所謂的**亂序**（圖 4，左）。在這種類型的環境中，湖泊和濕地很常見。不屬於流域的第四種排水方式稱為**放射狀**（圖 4，右）。在孤立的山脈（例如火山）或丘陵周圍形成放射狀，並且各個溪流通常具有樹狀排水狀。

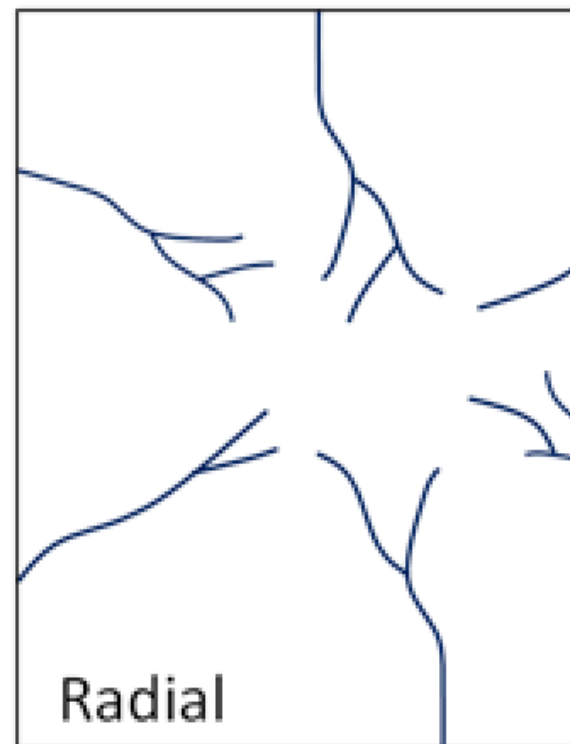
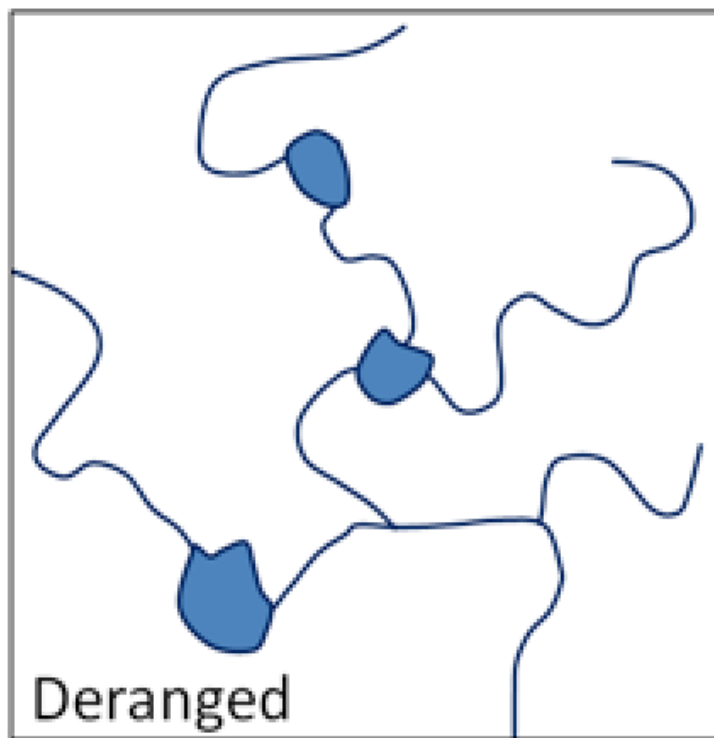


圖 4.左：典型的錯位圖案；右：在山區或丘陵周圍形成的典型放射狀排水模式。[SE]

在地質時間內，一條河流將侵蝕其流域，形成一個類似於圖 5 所示的平滑輪廓。如果將其與 **Cawston Creek** 等未分級的河流進行比較（圖 1），我們可以看到分級的河流在其上游水位最陡並且它們的梯度朝著他們的嘴逐漸減小。未分級的溪流在各個點都有陡峭的斷面，通常在沿其長度的許多位置都有急流和瀑布。

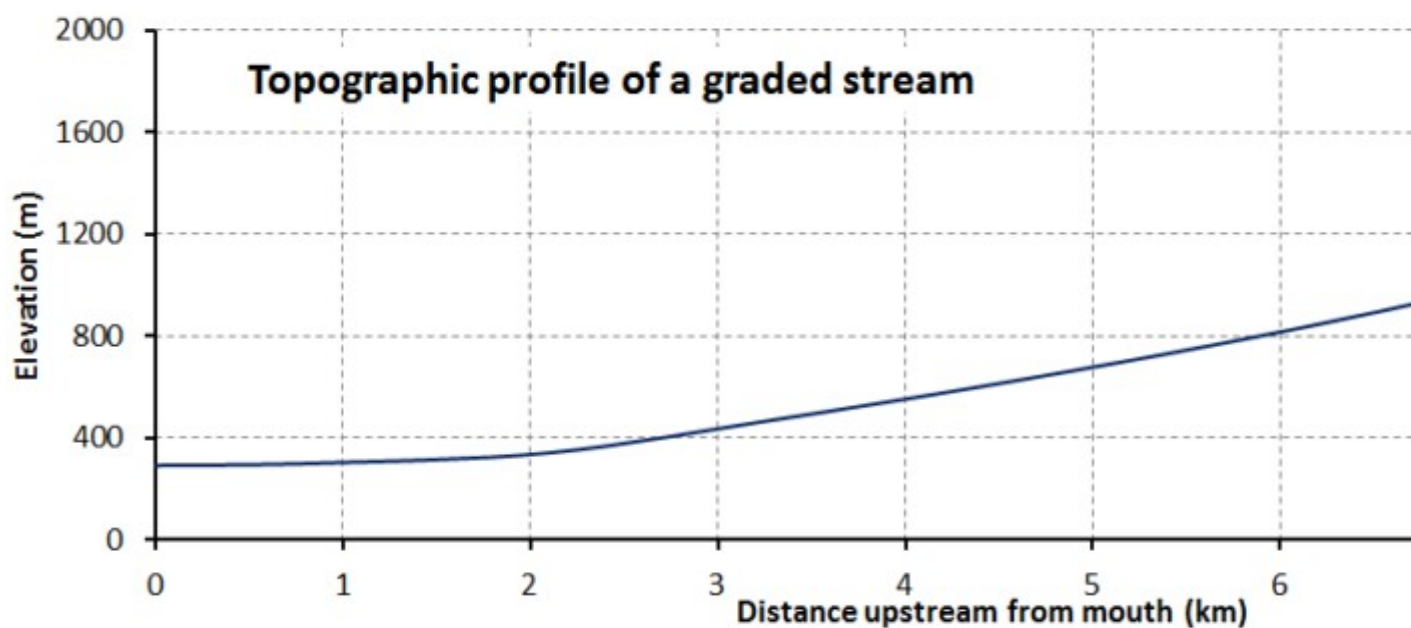


圖 5.典型漸變流的地形圖。[SE]

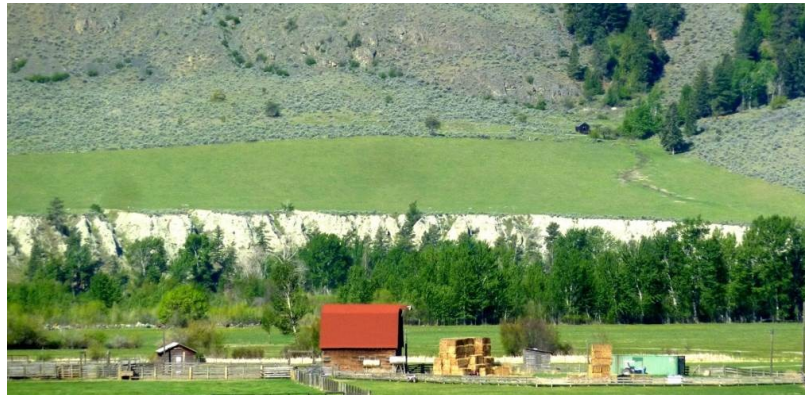


圖 6.流入 Keremeos 附近的 Similkameen 河中的一條小溪基本水位變化的一個例子。先前的基本水平接近沙質堤的頂部。當前的基準水平是河流。[SE]

如果由於構造隆升或其他某些原因而重新出現構造隆升，或者基準面發生了變化，則分級的河流可能會變得不評級。如前所述，**Cawston Creek** 的基準面是由 **Similkameen** 河的面限定的，但是這種情況可以改變，並且過去已經改變過。圖 6 顯示了 **Keremeos** 地區的 **Similkameen** 河谷。河道就在那排樹旁。遠處的綠色田野被物質從後面的山丘侵蝕而來，並被水平比現在更高的西米爾卡梅恩河附近的小溪（不是考斯頓溪）沉積。在過去幾個世紀的某個時候，西米爾卡梅恩河從這些沉積物中侵蝕下來（在河的另一側形成陡峭的河岸），小河的底面降低了約 10 m。在接下來的幾個世紀中，這條小河將試圖通過自己的沖積扇侵蝕而重新分級。

在溫哥華島西南部的胡安·德富卡步道上，可以看到基準面變化的另一個例子。如圖 7 所示，沿著這部分海岸的許多小溪流以瀑布的形式流入海洋。顯然，在過去的幾千年中，該地區的土地增加了約 5 m，這可能是由於冰消作用造成的。曾經直接流入海洋的溪流現在需要進行大量縮減才能恢復原狀。

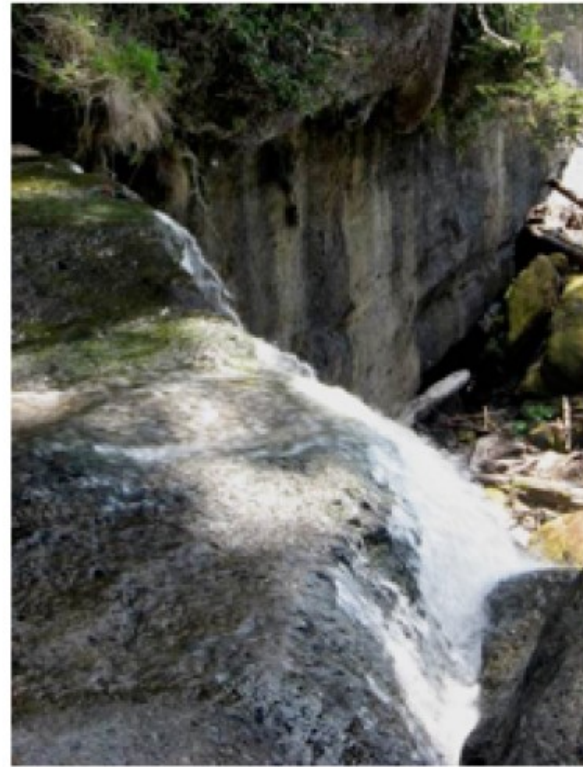


圖 7.溫哥華島西南部的胡安·德富卡步道上的兩條水位降低的基準流。[SE]

海洋是最終的基準面，但是湖泊和其他河流是許多較小河流的基準面。我們可以通過建造水壩在河流上創建人工基準層。

大壩對基準面的影響



圖 8.卑詩省雷夫爾斯托克哥倫比亞河上的雷夫爾斯托克水壩和雷夫爾斯托克湖[SE]

當在水壩上建造水壩時，水壩（人工湖）在水壩後面形成，這暫時（至少幾十年）為水壩上方的部分河流創建了新的基準面。

- 一個水庫的形成如何影響它進入水庫的水流，以及它所攜帶的沉積物發生了什麼？
- 離開大壩的水里面沒有沉積物。這如何影響壩下的溪流？

花點時間考慮一下您對這些問題的答案。如果需要，可以將它們記錄在下面的空格中：



圖 9.高酒吧的弗雷澤河上的梯田。[Marie Betcher 的照片，經允許使用]

沉積物堆積在河流的洪水平原中，然後，如果基面水位發生變化，或者沉積物較少，則河流可能會通過這些現有的沉積物而減少，形成梯田。**Similkameen** 河上的階地如圖 6 所示，**Fraser** 河上的階地如圖 9 所示。**Fraser River** 照片至少顯示了兩層階地。

在 19 世紀末，美國地質學家威廉·戴維斯（**William Davis**）提出，溪流和周圍地形以侵蝕的周期發展（圖 10）。構造抬升之後，溪流迅速侵蝕，形成深 V 型谷，這些谷傾向於沿著相對筆直的路徑行進。漸變高，輪廓不漸變。急流和瀑布很常見。在成熟階段，溪流侵蝕了更寬的山谷並開始沉積較厚的沉積物層。漸變逐漸降低，漸變增加。到了晚年，溪流被連綿起伏的丘陵所環繞，並佔據了寬廣的沉積物谷。彎曲模式很常見。

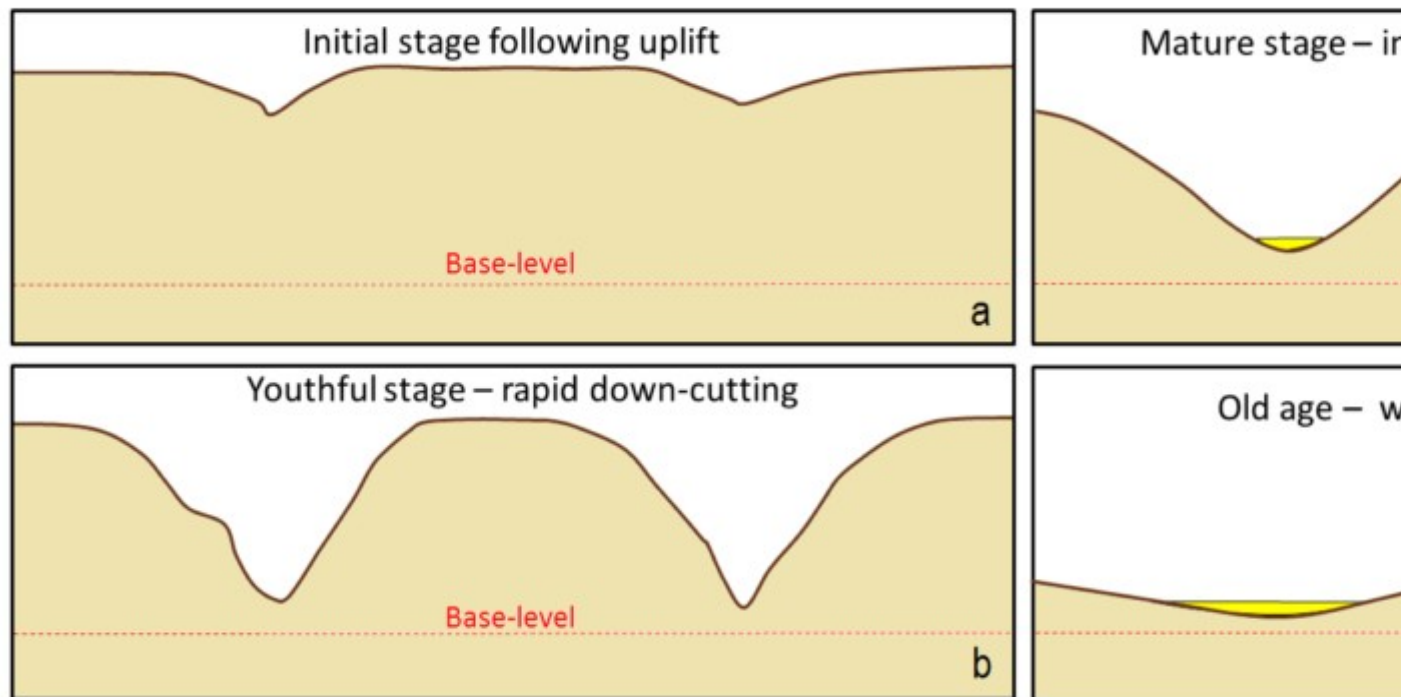


圖 10.戴維斯侵蝕循環的圖示：a：初始階段，b：年輕階段，c：成熟階段，d：老年。[SE]

戴維斯的工作早於板塊構造學的思想就已經完成，他對冰川侵蝕對河流及其環境的影響並不熟悉。儘管他的理論的某些部分已經過時，但這仍然是了解流及其演變的一種有用方法。

地質過程和流動水



圖 1.當溪流流向海洋時，它們攜帶風化的物質。

河流（從小溪到洶湧的河流的任何自來水）通過將落在陸地上的降水返回海洋而完成了水文循環（圖 1）。其中一些水在地表上方流動，而另一些則作為地下水穿過地面。流動的水既能腐蝕又能沉積。

溪流侵蝕和沈積

溪流侵蝕

流動的溪流通過侵蝕河岸的沉積物來吸收並運輸風化的物料。溪流還攜帶易溶於水的離子和離子化合物。沉積物如下：

- **溶解負荷**：溶解負荷由溶液中的離子組成。這些離子通常在水中一直攜帶到海洋。
- **懸浮負荷**：隨著流的流動而以固體形式攜帶的沉積物為懸浮負荷。可以攜帶的顆粒大小取決於流的速度（圖 2）。更快的流可以攜帶更大的顆粒。攜帶較大顆粒的流具有更大的**能力**。具有陡峭**坡度**（坡度）的溪流具有更快的速度和更大的能力。

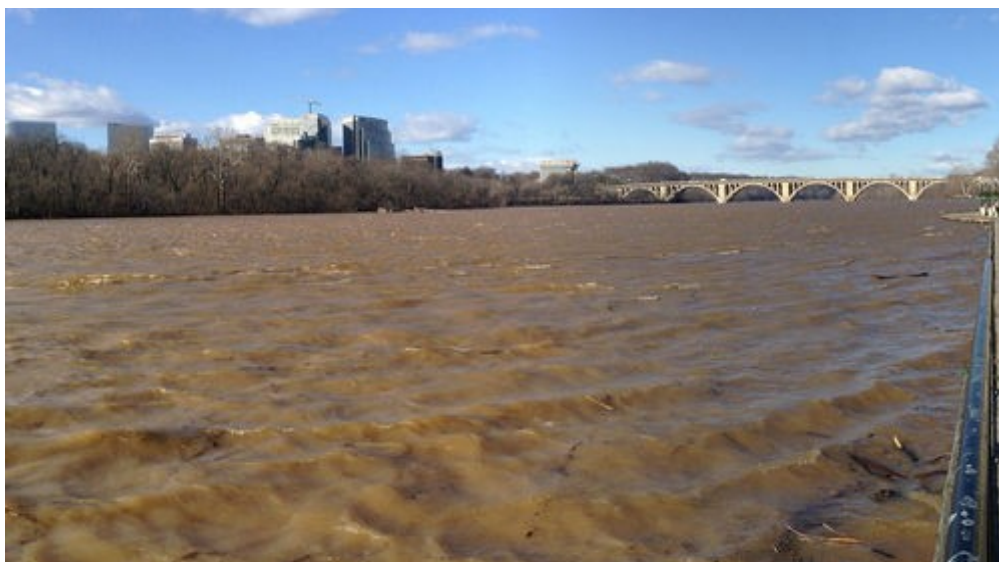


圖 2.河流承載著沙子，淤泥和黏土作為懸浮物。在洪水期，隨著水流速度的增加，懸吊負載會大大增加。

- **床層負荷**：太大而無法作為懸浮負荷帶走的顆粒將作為床層負荷沿流床碰撞和推動。床層沉積物不會連續移動。這種間歇運動稱為**鹽化**。具有高速度和陡峭坡度的溪流會大量向下切入溪流床，這主要是通過移動組成河床負荷的顆粒來完成的。

河流的階段

當溪流從海拔較高的地方（例如山區）流向海拔較低的地方（例如海洋）時，溪流的工作發生了變化。在溪流 **上游**（通常在山區較高），坡度陡峭（圖

3)。溪流移動很快，並且做了很多工作侵蝕了溪床。



圖 3.從山上融化的雪開始的水流。

當溪流進入較低區域時，坡度不那麼陡峭。現在，流完成了更多工作，侵蝕了堤岸的邊緣。許多河流開發他們的渠道叫做曲線**蜿蜒**（圖 4）。



圖 4. (a) 在彎曲處，水流主動侵蝕其外部堤岸並沿內部曲線沉積材料。這導致這些曲折隨著時間橫向移動。(b) 這股水流沿曲折的內部曲線沉積了較大的物質，例如礫石和卵石。(c) 該圖像是地形圖。隨著科羅拉多高原的抬升，聖胡安河侵蝕了陸地表面。河流的蜿蜒曲折被保留為“蜿蜒曲折”。

隨著河流向更平坦的地面移動，河流侵蝕了河岸的外緣，形成了**洪氾區**，**洪氾**

區是圍繞河道的平坦區域（圖5）。



圖5.波蘭的維斯杜拉河流入其洪氾區。

基準面是河流與大量死水的交匯處，通常是海洋，有時是湖泊或池塘。溪流在其河床中向下切割，直至達到基準水平。海拔越高，溪流到達基準水位的距離就越遠，並且必須進行的切割越多。

河流沉積

當水流接近基本水位時，其坡度降低，並且沉積的物料多於侵蝕的物料。在平坦的地面上，溪流將物料沉積在曲折的內部。地球礦產一章中描述的砂礦礦床通常沉積在這裡。一條小溪的洪氾區比一條小溪的河道更寬更淺。當水流流入洪氾區時，其速度會變慢，並且會分散大部分負荷。這些沉積物富含營養成分，並構成了極好的農田（圖6）。



圖 6.密西西比河漫灘被大量耕種。洪水可以消滅農場和城鎮，但溪流還沉積了營養豐富的沉積物，使洪氾區變得更加豐富。

洪水階段的溪流攜帶大量沉積物。當其梯度減小時，流溢出其堤岸並拓寬其通道。坡度的下降會導致溪流沉積其沉積物，這是最大的沉積物。這些大的沉積物在河道邊緣周圍形成更大的區域，形成**天然堤壩**（圖 7）。

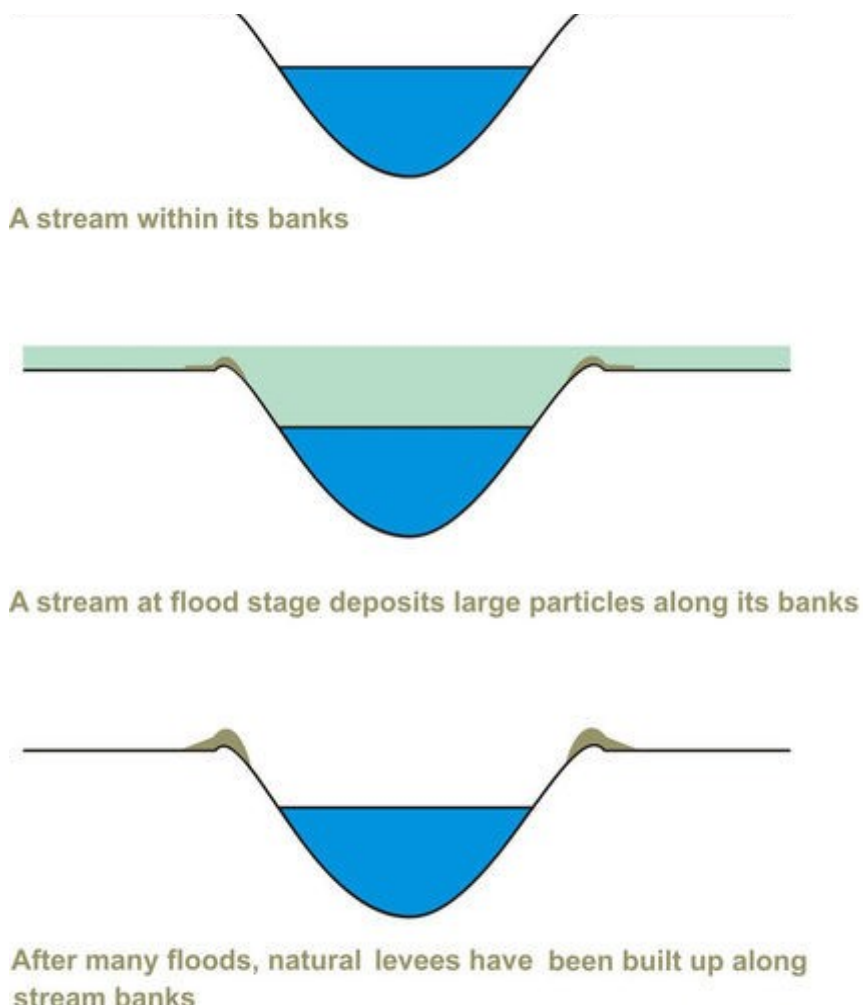


圖 7.多次洪水後，一條小溪沿河岸修建了天然堤岸。

當河流進入死水時，其速度會減慢至停止。溪流在整個區域內來回運動，並將其沉積物滴落到一個稱為**三角洲**的寬三角沉積物中（圖 8）。



圖 8. (a) 尼羅河三角洲具有經典的三角形形狀，例如大寫的希臘字母三角洲。(b) 黃河三角洲的沉積物。主流頻道分成許多較小的分配器。

如果一條小溪從陡峭的山坡上跌落到寬闊的平坦山谷上，就會形成**沖積扇**（圖 9）。沖積扇一般在乾旱地區形成。



圖 9.伊朗的沖積扇。山脈在照片的右下角。

