

# 洛磯山脈美西國家公園地質概述

(陳讚煌 11/25/2015)

八月五日至十二日由拉斯維加至黃石公園的美西國家公園旅遊,大致沿著西經 105 至 110 度之間以洛磯山脈爲主的範圍;洛磯山脈全長約 3000 英哩,最寬處達 350 英哩 (圖 1)。

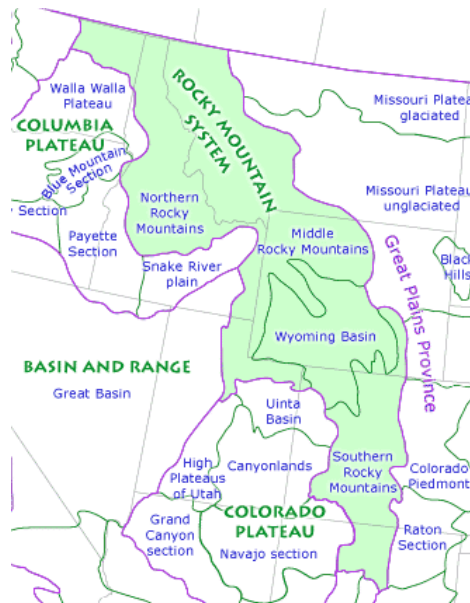


圖 1 洛磯山脈美國段

從火焰山開始直至黃石公園一路所見的地質景觀,都與洛磯山脈(1)八千至五千五百萬年間的拉臘米造山運動(Laramide orogeny), (2)其後長達六千萬年的地表風化侵蝕作用, (3)過去一千七百萬年北美洲因板塊漂移,黃石地區移到目前的熱點位置上方,造成類似夏威夷或冰島的火山作用,以及(4)一百八十萬年前開始至一萬一千年前爲止的數次冰川作用有關。

上述四個因素究竟是怎麼一回事?我借以下篇幅簡單介紹,以便對洛磯山脈的形成和相關地貌的演變能比較深入的認識。

## (1) 八千至五千五百萬年間的拉臘米造山運動(Laramide orogeny)

造山運動是指地層構造因爲板塊擠壓產生劇烈變化,地層發生摺皺,形成條帶狀區域,分爲兩類:海洋地殼在隱沒帶形成的(例如安底斯山脈)和大陸地殼碰撞擠

壓形成的造山帶（例如喜馬拉雅山脈）（圖 2）。造山帶產生的平行條帶狀區具有相似的地質特徵。造山運動的過程通常歷時至少數千萬年，其隆起的高度與地殼均衡原理有關。造山運動下的地層經常嚴重扭曲和變質，深埋的岩石可能會被推升到地表。

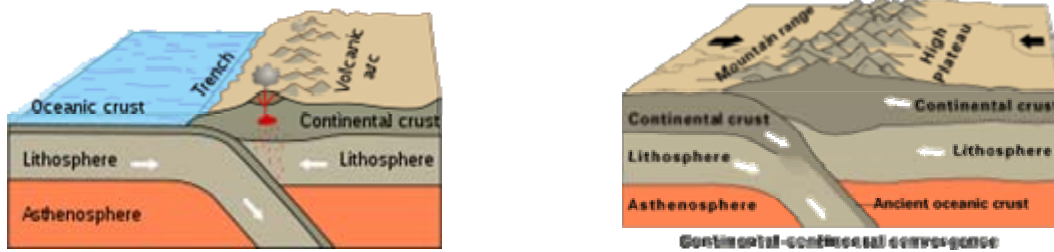


圖 2 左:海洋地殼在隱沒帶形成的造山帶, 右:大陸地殼碰撞擠壓形成的造山帶。

## (2) 長達六千萬年的地表風化侵蝕作用

地球表面持續受到風吹雨打和流水、冰川的磨損消溶，暴露在空氣中的岩石還受到天氣長期冷熱交替的影響，因而碎裂;侵蝕剝離的物質被搬運帶走，堆積在低窪或海底。碎裂的石塊在搬運過程中，即使非常細小，也能強化侵蝕作用而改變地貌(圖 3 野柳女王岩)。



圖 3 野柳女王岩

## (3) 一千七百萬年以來北美洲板塊向西漂移(圖 4a)，中新世時期(五百萬年前)黃石地區已抵達黃石熱點處(或熱柱上,(圖 4b))。

熱點或熱柱可能是來自下地幔(lower mantle)深部,從大約 2900 公里以下地球外核邊緣之岩漿湧升上來的(圖 4c)。它在古老的地質年代中位置是相對固定不動的。

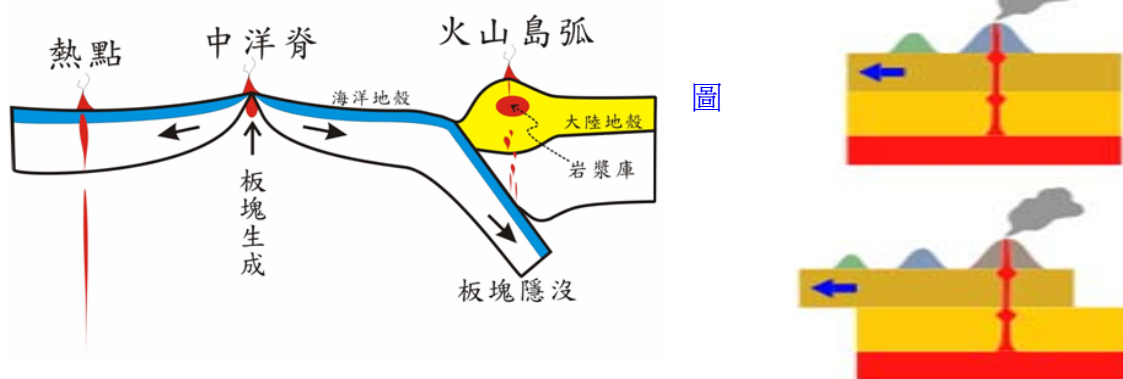


圖 4a 北美洲板塊平均厚度數十公里,在地幔之上向西移動,而熱柱固定不動,岩漿自地幔深部向上湧升。

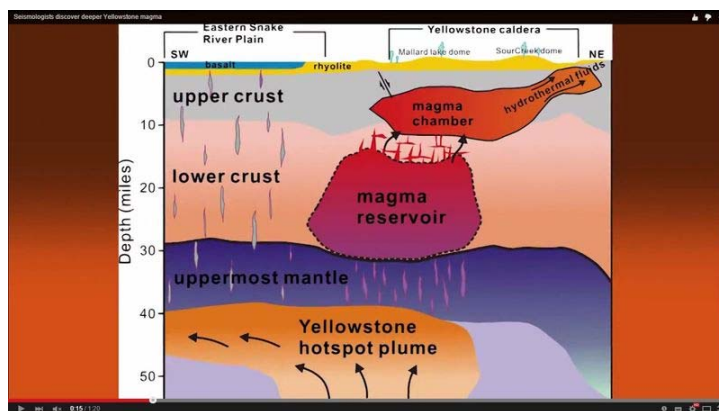


圖 4b 黃石地區目前坐落在熱柱之上,北美洲板塊(上、下地殼部分)相對於上部地幔則往西移動。

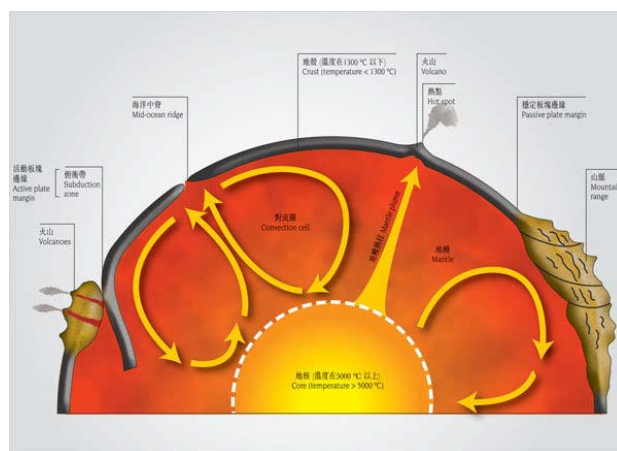


圖 4c 地表 2900 公里以下外核邊緣之岩漿湧升至地表形成熱柱。

#### (4) 一百八十萬年前至一萬一千年的數次冰川作用

冰川作用，指冰川的生成、運動和後退對地殼表面侵蝕、搬運和堆積以改變地貌的作用。冰川之拔蝕作用可挖起並移走突出岩塊；磨蝕作用可磨擦刮削岩牀；冰楔作用可使岩隙擴張，岩塊剝裂；清除作用可帶動地表鬆散岩屑土壤搬移。由於冰川體積與力量巨大，故可運移大塊體，甚至搬至較高處。搬運的物質因冰的溶解與蒸發，堆積於下游或其前緣。若直接因冰雪消融而滯留原地，則形成無層理次序的冰川堆積；如係經融化之冰水搬運他處堆積者，則常依顆粒大小成層堆積，具有層理構造。冰川前進時會切割山谷兩側的岩石，將它們帶往下游。冰河流經的山谷會由原來的V字型橫切面變成U字型，其粗糙的山谷岩層表面受到磨擦則呈現平滑。

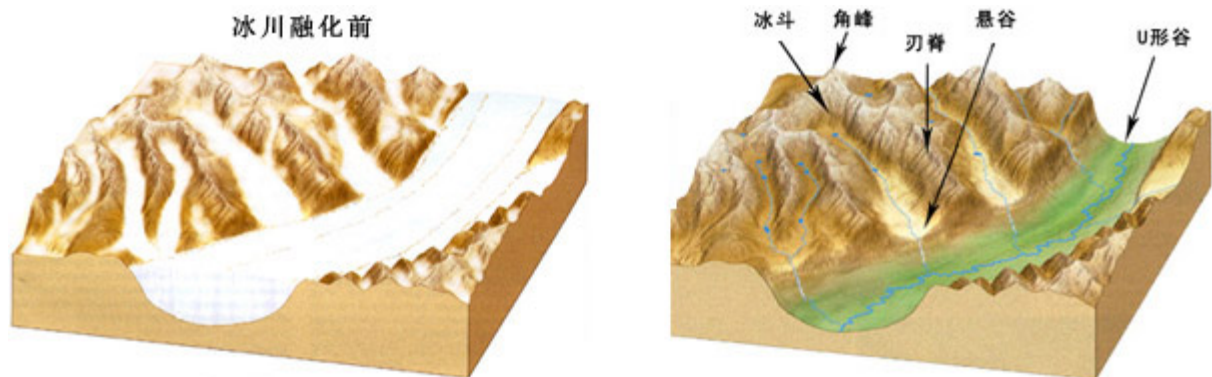


圖 5 冰川作用

#### 話說洛磯山脈

拉臘米造山運動後洛磯山脈就像西藏高原一樣，逐漸隆升至大約 6000 米高。經過六千萬年的地表風化侵蝕，突出的山峰被夷平，下面覆蓋的地層露出地表，便形成我們現今所見的洛磯山脈。過去 1700 萬年北美洲板塊載浮在對流的地幔上不斷向西漂移，五百萬年前的中新世時期，黃石地區漂移到一個熱點之上，現今黃石國家公園的景觀正是其地殼之下這一熱點造成的地貌。

第四紀冰川時期開始於 1.8 百萬年前，經過數次冰川作用，在洛磯山區域留下了大量的 U 型谷和冰斗等冰川地貌 (如我們在 Grand Teton 所見)。

黃石火山是北美最大的火山系統，由於其異常龐大的爆發力而被稱為「超級火山」。目前的凹陷火山口是在大約 64 萬年前的一次災難性噴發中形成的，該火山最猛烈的一次爆發則發生在 210 萬年前。



圖 6 火山山頂的凹陷火山口

從 64 萬年至 7 萬年前，黃石火山口一帶經歷了一系列小型爆發周期，逾八十次爆發形成了目前遍布的熔岩地表，包括黑曜石崖的流紋岩和Sheepeater Cliff的玄武岩。黃石大峽谷是由河道而非冰川侵蝕形成的典型V形山谷。

黃石地區每年經歷數千次微地震，幾乎都是人們感覺不到的。1959 年在公園西北邊界的 7.5 級地震，引發了嚴重的山崩，並導致希伯根湖的堤壩部分崩潰。山崩的沉積物順流而下並將河流堵塞形成堰塞湖，該湖即被稱為地震湖。



圖 7 此堰塞湖因左側滑崩泥石截流堵塞形成(不在黃石地區)。

地形奇特的錫安 (Zion) 國家公園，讓我們見證了兩億年來，大自然經過風化、侵蝕、堆積、和持續地殼變動在山壁上所遺留的地層剖面圖(圖 8)。



圖 8 錫安 (Zion) 國家公園

馬蹄灣 (Horse Shoe Bend) 距佩吉市(Paige) 6 公里，是科羅拉多河靠近亞利桑那州的一個馬蹄形曲流 (meander)，在格倫峽谷水壩和鮑爾湖的下游。陡峭的懸崖上方是最佳觀景位置，懸崖上方海拔為 4,200 英尺，科羅拉多河海拔 3,200 英尺，落差達 1,000 英尺。科羅拉多河的曲流在此地做 360 度的大迴旋，自然界的神來之筆處處精彩。



圖 9 馬蹄灣曲流

羚羊峽谷是狹縫型峽谷，位於亞利桑納州北部，屬於納瓦荷族保護區。億萬年來，大自然的鬼斧神工造成的奇幻地形，走在谷裏，時有變換不同的岩彩天光，是愛好攝影人士的天堂。



圖 10 羚羊峽谷是狹縫型峽谷

Bryce 國家公園，位於美國猶他州西南部，湖盆的沉積岩由風化侵蝕作用而形成巨大的自然露天劇場。岩體中所含的礦物成分呈現出奪彩的自然景觀，有天然石俑殿堂之譽。走到最底層可以看見經過長期侵蝕、沖刷的砂岩一線天。



圖 11 Bryce 國家公園的石俑殿堂

註：本文部分影像選取自網絡，撰述人沒有版權，特此聲明。