

國立臺灣大學理學院海洋研究所

碩士論文

Institute of Oceanography

College of Science

National Taiwan University

Master Thesis

中國雲南楚雄前陸盆地系統之地層架構與堆積區劃分

Stratigraphic Architecture and Depozones in

Chuxiong Foreland Basin System, Yunnan, China



吳沛臻
Pei-Jen Wu

指導教授：俞何興 博士

Advisor: Ho-Shing Yu, Ph.D.

中華民國 100 年 7 月

July, 2011

摘要

楚雄盆地位於中國雲南省雲貴高原西部，揚子地塊西南緣，盆地西側為麗江台緣褶皺帶，西南側為哀牢山造山帶，受到多次造山運動作用影響，現今已演變為高原地形，而無凹陷的盆地地貌。在前人的研究之中，對於楚雄盆地的形成有著不同的看法，本文藉由建立楚雄盆地之區域地層架構，與 DeCelles and Giles (1996) 所提出的前陸盆地系統概念作對照，為楚雄盆地是一周緣型前陸盆地系統之假說提出佐證。

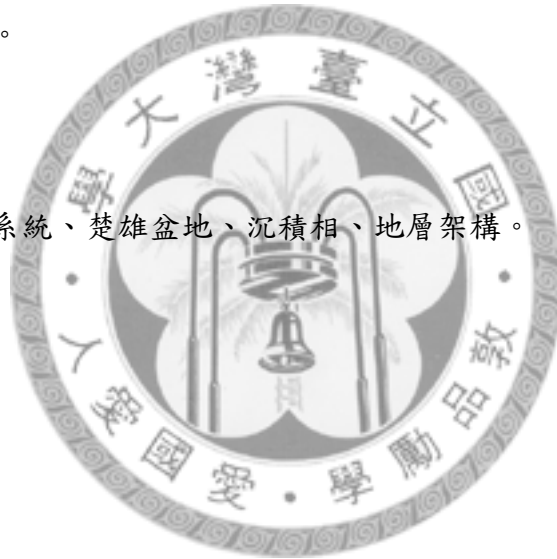
楚雄盆地為一中生代的沉積盆地，形狀呈北寬南窄的楔狀，沉積物厚度可達十公里，盆地主要發育期在三疊紀。盆地內之綠汁江斷裂帶發育在基底隆起區範圍內，可沿此斷裂帶將盆地大略分為兩個基底較為凹陷的區域，故以綠汁江斷裂帶為界，將三疊系地層分為東、西兩個地層區。西區地層發育較完整、厚度較厚，且較少缺失，中、下三疊統之地層僅出現在西區；而東區之沉積物堆積時間較晚，在晚白堊紀的馬頭山組之前未有和西區共通之地層。

因西區之沉積地層較完整，可藉由西區之縱向地層分布看出盆地演化過程所經歷的不同階段。低充填階段的代表地層為晚三疊紀卡尼期的雲南繹組及晚三疊紀諾利期的羅家大山組，已充填階段之代表地層為晚三疊紀諾利期的花果山組，而過充填階段之代表地層為早侏羅紀的馮家河組。低充填階段所沉積的岩套為巨厚的深海相複理層，已充填及過充填階段所沉積的則是淺海至陸相的磨礫層岩套。

楚雄盆地西區基底較深，沉積物厚度大，而東區基底較淺，地層厚度較薄，沉積物厚度由楚雄盆地西南側的哀牢山造山帶向東逐漸增厚，最厚的區域臨近哀牢山造山帶前緣，而再向東逐漸變薄，形成一中間較厚、兩邊較薄的角柱狀，符合 DeCelles 與 Giles (1996) 所提出之前陸盆地系統內的沉積物側向分布。

藉由文獻資料之蒐集統整，本文將楚雄盆地劃分為四個區域，此四個區域之地層特徵符合前陸盆地系統之四個堆積區。紅河斷裂帶向東至三街—沙橋斷裂帶之基底為造山楔形體，有許多向東的逆衝斷層及褶皺發育，沉積物由西向東增厚，故可對應至楔形體上方堆積區。而盆地西部由三街—沙橋斷裂帶向東至洒芷村地區，堆積巨厚沉積物，少有不整合面發育，可對應至前淵堆積區。而洒芷村以東至綠汁江斷裂帶，有一南北向延伸的基底隆起帶，有穩定大陸之岩石出露，自三疊紀晚期始有沉積物堆積，缺失侏羅紀中期至白堊紀早期之地層，地層中常有不整合面，推測此區應屬於前凸起堆積區。而此區以東至普渡河斷裂帶，其沉積物厚度較薄，且在白堊紀馬頭山組以下之地層和西部地區並無相通，故判斷此區為後凸起堆積區。

關鍵詞：前陸盆地系統、楚雄盆地、沉積相、地層架構。



Abstract

The Chuxiong Basin is located northeast of Yangtze platform, west of Lijiang fold belt, southwest of Ailaoshan orogenic belt in the western Yunnan Province in southwest China. The Chuxiong Basin is characterized by a narrow and elongated zone in N-S direction between Ailaoshan orogenic belt, Lijiang fold belt and Yangtze platform with an area of 36500 km² area. The Chuxiong basin has experienced multiple orogenic events and has resulted in an uplifted plateau without characteristics of a depressed basin. There are many hypotheses of the forming mechanism of Chuxiong Basin. This study established the stratigraphic framework of Chuxiong basin. The framework of Chuxiong Basin can be compared with the foreland basin system by Decelles and Giles (1996) to provide evidence supporting the Chuxiong foreland basin as a peripheral foreland basin system.

Chuxiong Basin is a Mesozoic sedimentary basin developed mainly during Late Triassic, receiving sediments nearly 10 km thick. This basin can be separated by the Luzhijiang fault into two depressed parts. The stratigraphic sections of the western part are thicker and more complete. Early and middle Triassic strata only appear in the western part. The sediments were deposited later in the eastern part. There are no strata in the eastern part as same as in the western part before late Cretaceous.

The vertical stratigraphic sequences of the western part show the evolutionary stages of the Chuxiong Basin. The representative strata of underfilled stage are Yunnanyi Formation in Carnian and Luojiadashan Formation in Norian. The stratum of filled stage is Huaguoshan Formation in Norian and the stratum of overfilled stage is Fengjiahe Formation in early Jurassic. The sediments in underfilled stage are mainly deep marine flysch, the sediments in filled and overfilled stage are molasse

characteristic of shallow marine to continental environments.

The base of western part of the Chuxiong Basin is deeper and sediments in western part are relatively thick, the sediment thickens toward Ailaoshan belt and the thickest part is near the front of Ailaoshan belt, then the sediment thickness decreases eastward. The lateral distribution of sediments forms a sedimentary wedge that tapers both toward and away from the orogenic belt (Ailaoshan belt), and is comparable to the sediment distribution proposed by DeCelles and Giles(1996).

Through literature research, this paper concludes that the Chuxiong foreland basin can be divided into four depozones. These depozones can be correlated to the four depozones in foreland basin system. The basement rock from Red River Fault to Sanjie-Saqiao fault is an orogenic wedge with northeast propagating thrust sheets. The sediment on top of the orogenic wedge thickens eastward. This zone can be considered as a wedge-top depozone. From Sanjie-Saqiao fault to Sazhi village, the sediments are very thick (6km~10km) and almost no unconformity occurs in the stratigraphic sections. This zone can be considered as a foredeep depozone. The basement from Sazhi village to Luzhijiang fault is uplifted from north to south. Sediments started to deposit on top of the basement since late Triassic in this zone and is lack of Middle Jurassic to Early Cretaceous sediment. Unconformities appear often in the strata, hence, this paper suggests that this depozone may be a forebulge depozone. The sediments are thinner from Luzhijiang fault to Puduhe fault. The strata below Matoushan formation in Cretaceous are not correlated to the west part of Chuxiong basin, so this depozone could be determined to back-bulge depozone.

Key words: foreland basin system; Chuxiong basin; stratigraphic framework; sedimentary facies.

目錄

摘要	I
Abstract	III
目錄	V
圖目錄	VI
表目錄	VII
第一章 緒論	1
1.1 研究目的與背景.....	1
1.2 前人研究	2
1.3 前陸盆地系統	6
1.4 前陸盆地系統沉積架構	9
1.5 研究方法.....	12
第二章 研究區域概述	13
2.1 楚雄盆地區域構造.....	13
2.2 楚雄盆地地層架構	15
第三章 成果與討論	18
3.1 楚雄盆地地層縱向分布	18
3.2 楚雄盆地地層側向分布	22
3.3 楚雄盆地演化	24
第四章 結論	26
4.1 楚雄前陸盆地系統	26
4.2 楚雄前陸盆地系統之沉積演化	27
參考文獻	30

圖目錄

圖 1-1	楚雄盆地之位置與範圍	3
圖 1-2	楚雄前陸盆地與龍門山前陸盆地及龍門山與哀牢山的相對位置	3
圖 1-3	楚雄盆地周圍區域地質圖	4
圖 1-4	楚雄盆地之地質簡圖	5
圖 1-5	前陸盆地系統示意圖	7
圖 1-6	周緣型與弧後型前陸盆地系統	7
圖 1-7	前陸盆地之沉降機制	8
圖 1-8	低填充狀態的前陸盆地之基底架構及岩性地層單位	10
圖 1-9	前陸盆地低填充、填充及過填充階段之沉積物堆積型態	11
圖 2-1	楚雄盆地之橫斷面示意圖	14
圖 2-2	楚雄盆地及鄰近區域構造橫剖面簡圖	14
圖 2-3	楚雄盆地之構造單元	16
圖 2-4	楚雄盆地之露頭位置	16
圖 3-1	楚雄盆地三疊紀至侏羅紀早期之沉積剖面	19
圖 3-2	楚雄盆地三疊紀沉積地層	21
圖 3-3	楚雄盆地地層對比圖	23
圖 3-4	前陸盆地發育之理論模式	25
圖 3-5	楚雄前陸盆地沉積與演化階段示意圖	25
圖 4-1	楚雄前陸盆地之複理層與磨礫層沉積岩套分布	28
圖 4-2	楚雄盆地堆積區示意圖	29

表目錄

表 1-1	前人文獻中對楚雄盆地的分類·····	4
表 2-1	楚雄盆地地層系統·····	17
表 3-1	祥雲地區地層與沉積環境·····	20
表 3-2	楚雄盆地三疊紀砂岩之微量元素特·····	23
表 4-1	楚雄盆地與前陸盆地系統之堆積區對比·····	28



第一章 緒論

1.1 研究目的與背景

楚雄盆地地處中國雲南省境內雲貴高原西部，位於揚子地塊西南緣，其西側為麗江台緣褶皺帶，西南側為哀牢山造山帶。哀牢山—紅河斷裂帶為一巨大的剪切帶，同時也是印支地塊與揚子地塊的縫合帶。印支地塊與揚子地塊碰撞形成哀牢山造山帶，而造山帶荷重使得揚子地塊撓曲，形成楚雄前陸盆地。(Leloup et al., 200；朱同興等，1999；王巨民等，2007)

2008年5月四川龍門山前緣發生汶川大地震之後，學界對龍門山造山帶及其相鄰的龍門山前陸盆地進行了相當多的研究，對於造山帶及與造山帶相耦合的前陸盆地系統之關係也日漸重視。而在2009年7月，與四川相鄰的雲南省楚雄州內的姚安地區也發生了規模6.0的地震，但楚雄前陸盆地及鄰近造山帶的相關研究卻相當缺乏(相對位置見圖1-2)。透過對楚雄前陸盆地的探討，可更深入瞭解造山作用與盆地的關係，而能提供造山帶前緣所發生的地震研究作為地質背景的參考。此外，前陸盆地內之沉積地層常儲存豐富的油氣，若對楚雄前陸盆地深入研究，可望找出楚雄盆地油氣探採的可能性。

楚雄盆地受到多次造山運動作用，抬升之後成為高原地形，現今已沒有凹陷的盆地地貌，且現有文獻對楚雄盆地的形成眾說紛紜，並未達到共識。故本研究以文獻蒐集的方式，建立楚雄盆地的區域地質架構，並以DeCelles and Giles (1996)所提出的前陸盆地系統的概念與楚雄盆地作對照，以解釋楚雄盆地的形成與演化。

1.2 前人研究

楚雄盆地(Chuxiong Basin)位於揚子地塊西南緣，地表平均海拔約 1800 公尺，面積約為 36500 平方公里，呈北寬南窄的楔狀，為一中生代的沉積盆地，出露地層由三疊紀至近代皆有(朱同興等，2000)。楚雄盆地西南方為印支地塊，分隔印支與揚子地塊的縫合帶為哀牢山—紅河剪切帶(Ailao Shan-Red River Shear Zone, ASRRSZ)，為一地質與地形上的不連續帶(Leloup et al., 2001)(圖 1-1)。根據前人對楚雄盆地地體架構的研究，可發現學界對其形成有不同的看法，朱同興等(1999, 2000)及譚富文等(2004)研究楚雄盆地之地層及構造沉降史、沉積演化，將之歸類為周緣型前陸盆地；陳根文與吳研之(1999)及劉和甫等(2000)在分類上將楚雄盆地歸為弧後前陸盆地；許效松等(1999)認為楚雄盆地為一前陸盆地，並特別討論楚雄盆地東部，認為其東部為一原型盆地；郭赤奇(1992)由震測結果，認為楚雄盆地有裂谷盆地之性質；張志斌與曹德斌(2002)認為其沉積環境與盆地動力學特徵與哀牢山西南的前陸盆地不盡相同，表現出造山帶後陸伸展盆地的特點；王巨民等(2007)則認為是板塊聚合時，地殼被拉薄造成的地塹式盆地。陳根文與吳研之(1999)的文章中，提出了許多更早期的楚雄盆地性質探討，如塊斷盆地、斷凹盆地、克拉通多迴旋盆地、克拉通內擠壓盆地等，但文內未引明出處及年代，無從查證其判斷依據(表 1-1)。

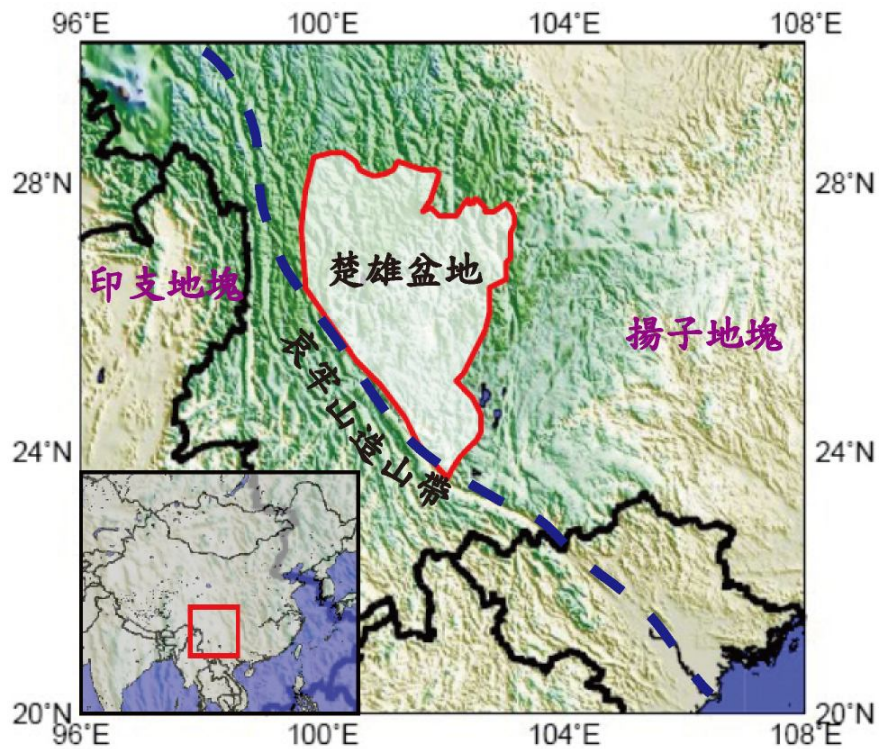


圖 1-1. 楚雄盆地的位置與範圍，虛線為揚子地塊與印支地塊之缝合線。

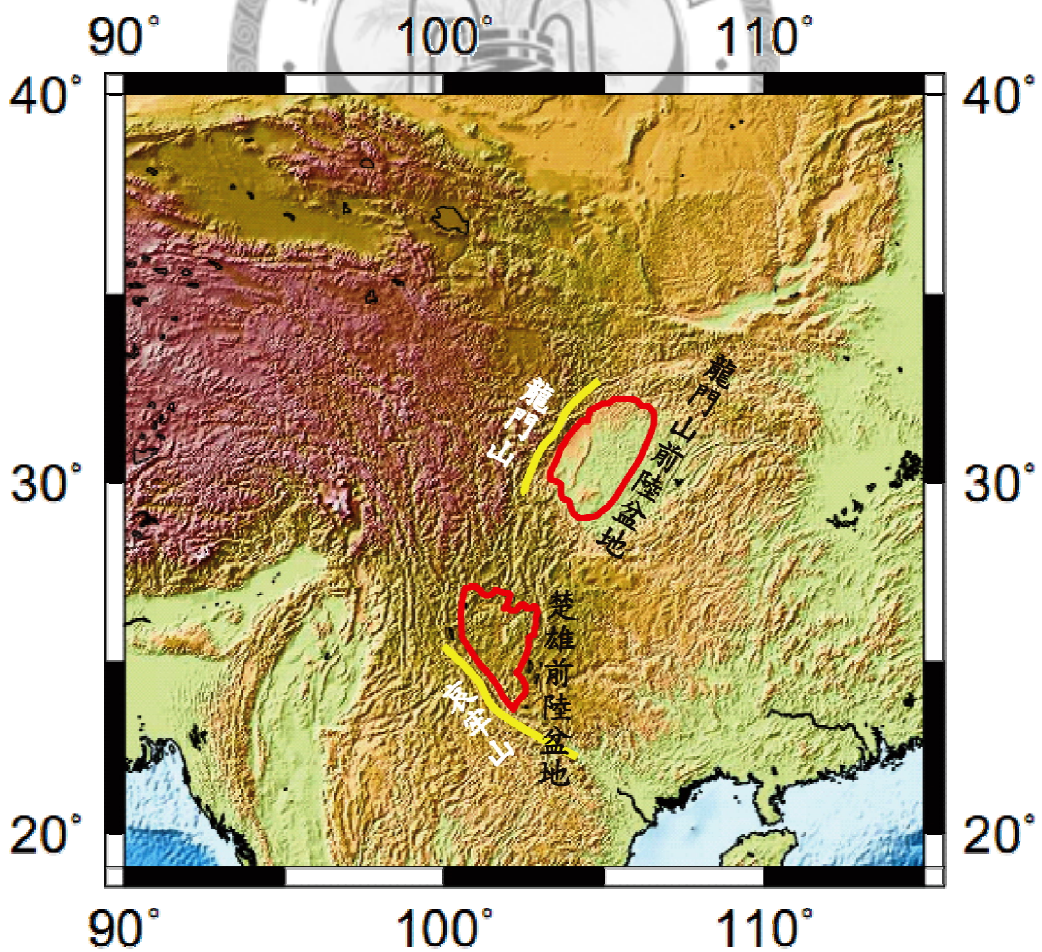


圖 1-2. 楚雄前陸盆地與龍門山前陸盆地以及龍門山與哀牢山的相對位置。

表 1-1. 前人文獻中對楚雄盆地的分類

作者	盆地類型
朱同興等(1999, 2000)	周緣型前陸盆地
譚富文等(2004)	周緣型前陸盆地
陳根文與吳研之(1999)	弧後前陸盆地
劉和甫等(2000)	弧後前陸盆地
許效松等(1999)	前陸盆地
郭赤奇(1992)	裂谷盆地
王巨民等(2007)	地塹式盆地
張志斌與曹德斌(2002)	造山帶後陸伸展盆地

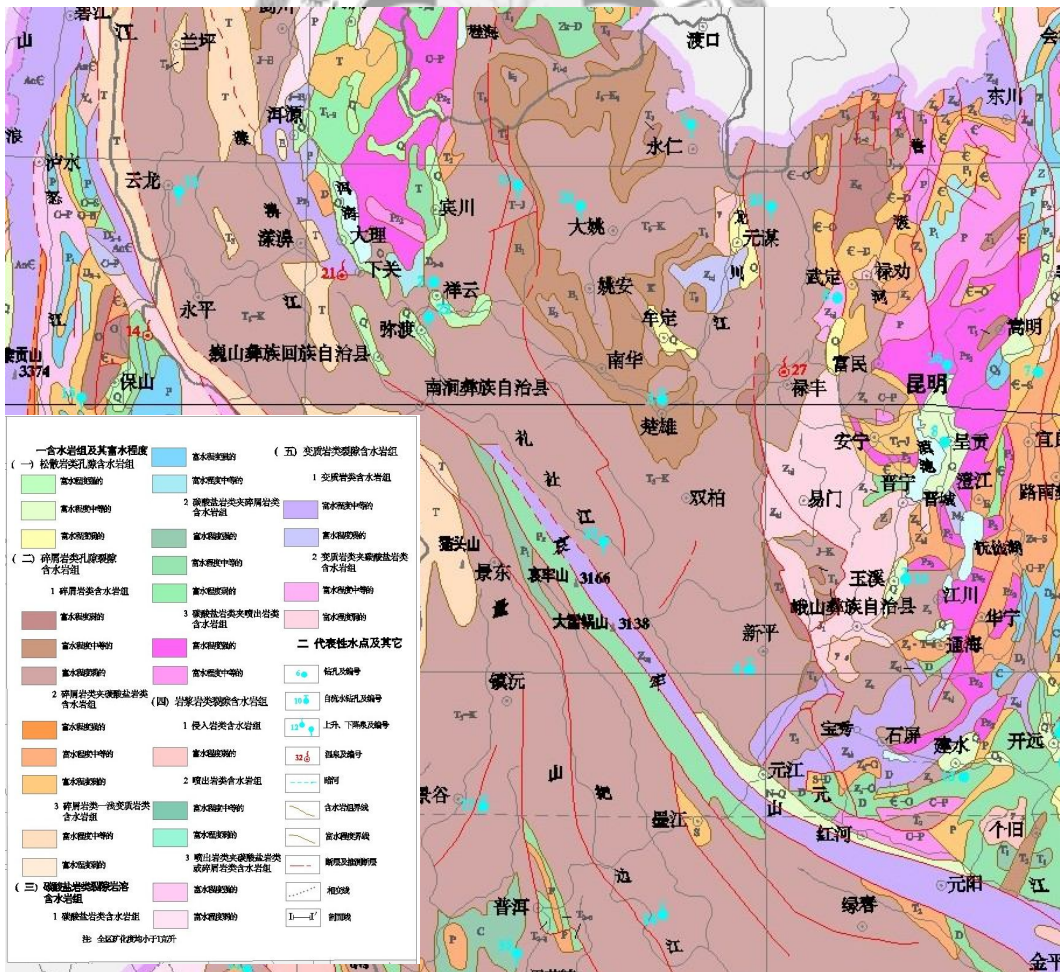


圖 1-3. 楚雄盆地周圍區域地質圖。(中華人民共和國水文地質圖集，1979)

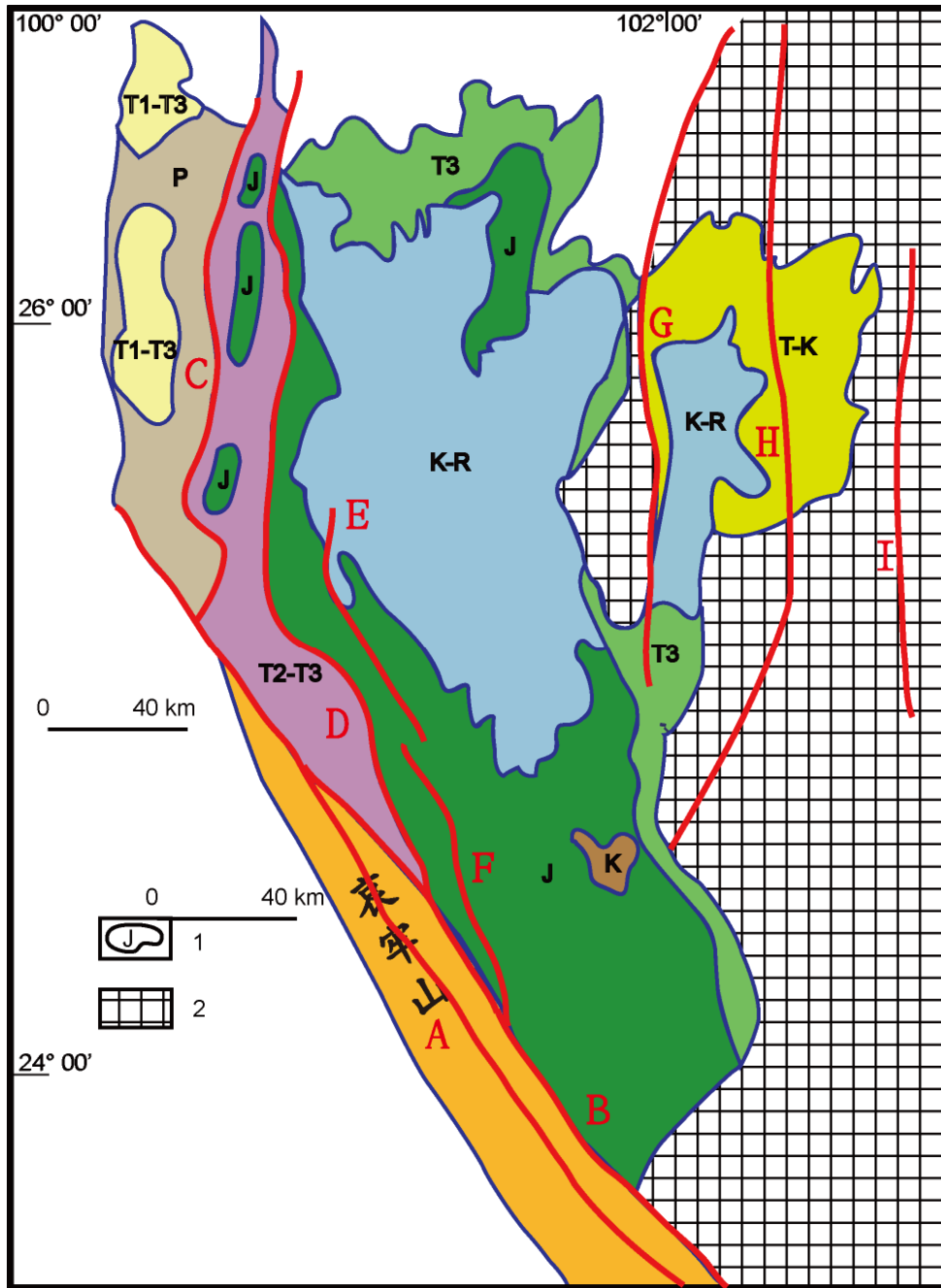


圖 1-4. 楚雄盆地之地質簡圖。(修改自譚富文等，2004)

1—層序與地質年代；2—康滇古陸；楚雄盆地內部之斷層帶。

A. 哀牢山斷裂帶；B. 紅河斷裂帶；C. 程海斷裂帶，D. 三街斷裂帶；E. 北沙橋斷裂帶；F. 南沙橋斷裂帶；G. 綠汁江斷裂帶；H. 安寧河—易門斷裂帶；

I. 普渡河斷裂帶。

K: 白堊紀；J: 侏羅紀；T: 三疊紀；P: 二疊紀；R: 近代

1.3 前陸盆地系統

前陸盆地的形成原因為板塊撓曲。板塊聚合造成地殼增厚，形成造山帶，而造山荷重壓在穩定大陸上，使板塊向下撓曲，在穩定大陸前方形成沉積物堆積空間，即為前陸盆地，前陸盆地會受造山帶移動的影響而改變其位置。在前陸盆地遠離造山帶的一側，會因板塊彈性反跳，而造成地殼相對抬升，此處稱之為前凸起(forebulge)(圖 1-5)。前凸起的基底向上撓曲，易被侵蝕，進而發育不整合面(Sinclair, 1997)。

DeCelles and Giles(1996)提出前陸盆地系統的概念，將前陸盆地分為四個堆積區：楔形體上方堆積區(wedge-top depozone)、前淵堆積區(foredeep depozone)、前凸起堆積區(forebulge depozone)以及後凸起堆積區(back-bulge depozone)，在此之前，前陸盆地可視為前淵盆地(foredeep)的同義詞。DeCelles and Giles(1996)對前陸盆地系統的定義有以下三項要素：1. 為容納沉積物的狹長區域，發育於大陸地殼上，位在收縮的造山帶與鄰接的穩定大陸之間，主要受控於板塊隱沒的動力過程；2. 由四個堆積區所組成—楔形體上方堆積區、前淵堆積區、前凸起堆積區及後凸起堆積區，而堆積區的劃分依據為沉積當時的位置，而非最終與造山帶間的地理關係；3. 前陸盆地系統的縱向長度大致與褶皺逆衝斷層帶相等，且範圍不包含溢流至殘餘海洋盆地或大陸地殼張裂處(圖 1-5)。

Dickinson(1974)將前陸盆地分為兩種類型：周緣型前陸盆地(peripheral foreland basin)與弧後型前陸盆地(retroarc foreland basin)(圖 1-5)。周緣型前陸盆地發展於隱沒板塊上，位於穩定大陸和造山帶之間、岩漿弧之前，與縫合帶鄰接，褶皺逆衝斷層帶與隱沒板塊在同側，通常形成於碰撞帶。弧後型前陸盆地發展於上覆板塊上，位於岩漿弧之後，褶皺逆衝斷層帶在隱沒板塊之對側，通常形成於隱沒帶。DeCelles and Giles(1996)前陸盆地系統之沉積物厚度分布

為中央厚邊緣薄的角柱體，接近褶皺逆衝斷層帶處最厚，部分沉積物可能在褶皺逆衝斷層帶下方(Jordan, 1995)。

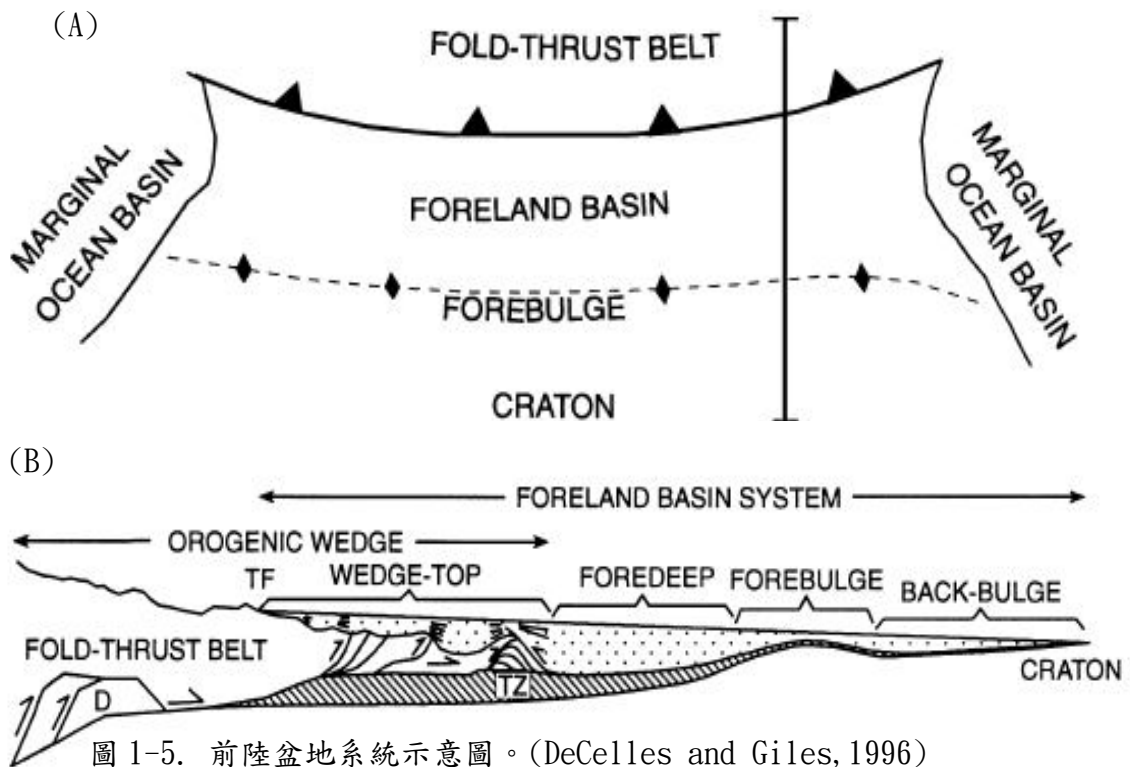


圖 1-5. 前陸盆地系統示意圖。(DeCelles and Giles, 1996)

(A) 前陸盆地系統俯瞰圖，典型的前陸盆地兩側邊界為邊緣海盆。

(B) 前陸盆地系統橫斷面，圖中顯示四個堆積區之相對位置及其堆積的沉積物厚度。此圖所示之比例接近真實比例。

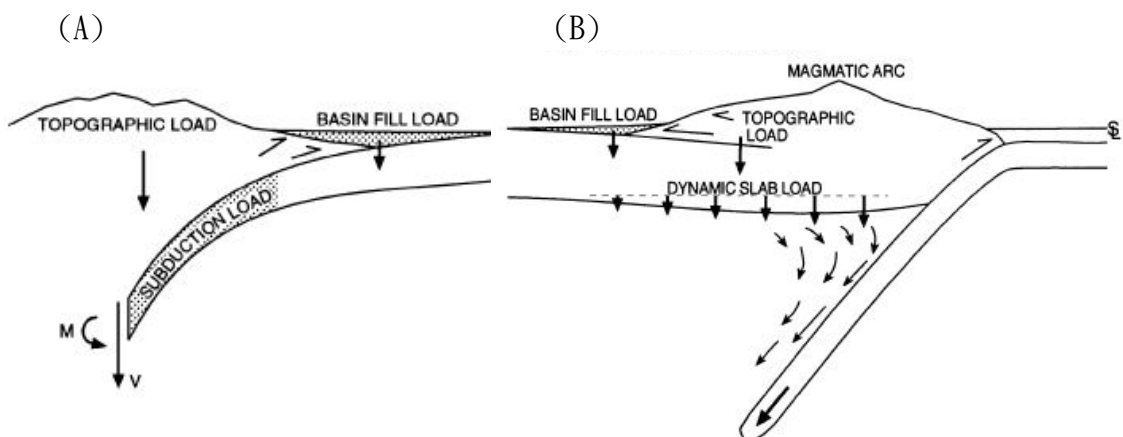


圖 1-6. (A) 周緣型前陸盆地系統；(B) 弧後型前陸盆地系統。圖中顯示影響前陸盆地沉降之各種荷重：地形荷重(topographic load)、盆地填充荷重(basin fill load)、隱沒荷重(subduction load)以及動力板塊荷重(dynamic slab load)。(DeCelles and Giles, 1996)

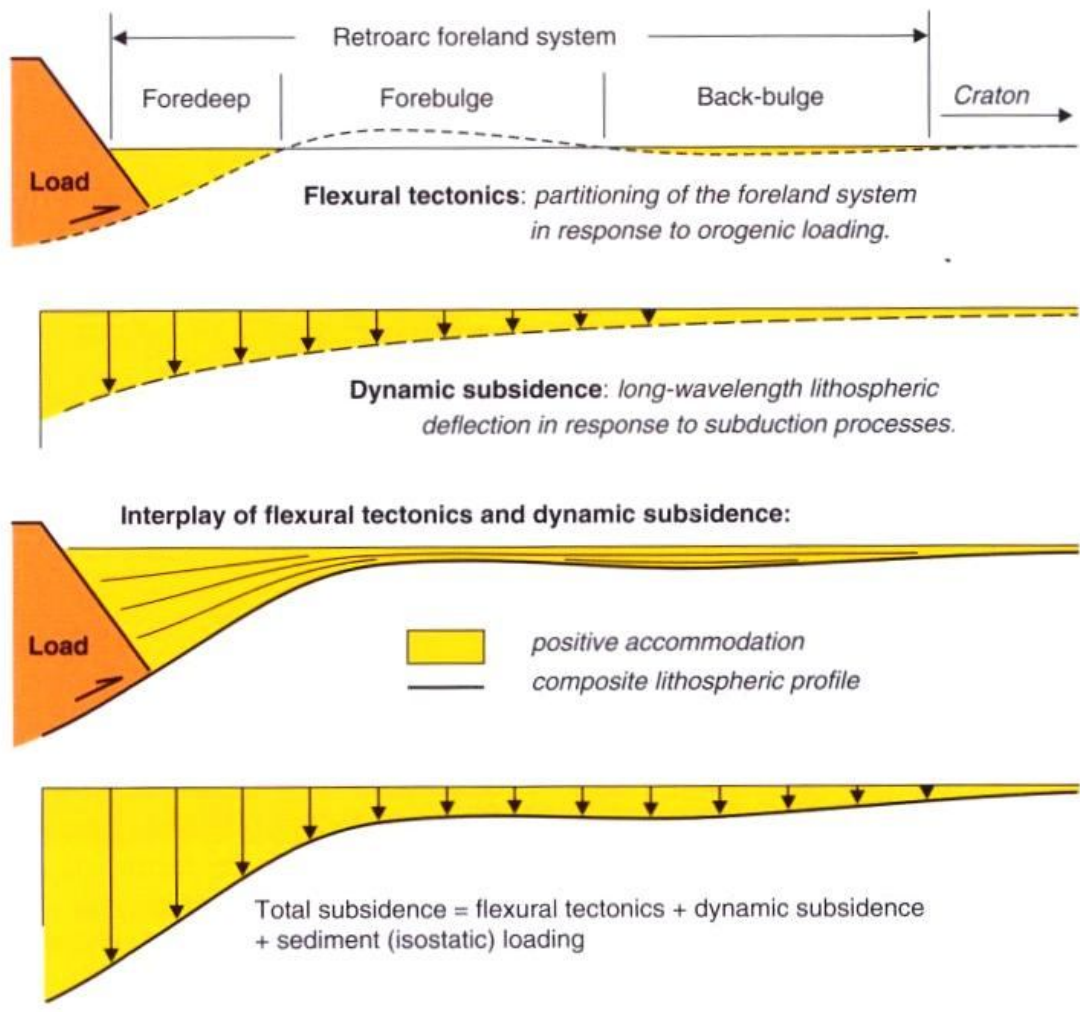


圖 1-7. 前陸盆地之沉降機制，愈接近造山帶荷重處，則沉降速率愈快。

(Catuneanu, 2006)

1.4 前陸盆地系統沉積架構

前陸盆地之基底為被動大陸邊緣，沉積環境為淺海，常有石灰岩形成。而當造山荷重使地殼撓曲，盆地開始沉降，使得沉積環境轉為深海，此時沉積空間未被沉積物填滿，稱為低充填(underfilled)階段，而此階段沉積的含濁流岩之深海相岩套，稱之為複理層(flysch)。沉積物逐漸堆積，將盆地填充至淺海沉積相，此時為盆地的已充填(filled)階段。盆地最終停止發育，沉積物填充至基準面以上，此時沉積環境為陸相，為盆地的過充填(overfilled)階段，而此階段盆地內所堆積的沉積物下部為淺海相，上部為陸相，此種岩套稱之為磨礫層(molasse)。

複理層及磨礫層為沉積層序，含有和造山運動相關聯的意義，同時也有特定的沉積特徵。複理層為造山運動主要活動期的沉積，堆積於前淵堆積區中，主要為薄層、細顆粒的砂岩、頁岩及黏土，含少量化石且夾有濁流層。整套複理層的厚度可由數百公尺到數千公尺，岩性、構造的變化大，層與層之間不一定有連續性。磨礫層堆積於逆衝推覆體之上，沉積物之顆粒粗、多孔隙且較為脆弱易碎，主要岩性為富含長石、雲母、綠泥石及海綠石等礦物的砂岩，少有化石，整體可依沉積環境分為：下部淡水單元、海水單元及上部淡水單元，整套磨礫層的厚度約為數百公尺厚。(Eardley and White, 1947; Sinclair, 1997)

低充填階段之沉積物可分為三個岩性地層單位：下層單位(lower unit)、中層單位(middle unit)及上層單位(upper unit)。下層單位可能覆蓋於基底不整合之上，主要構成為淺海碳酸鹽平台堆積，有時為矽質碎屑堆積，乾燥地區的下層單位可能含有蒸發岩；中層單位覆於下層單位之上，常有正斷層切過，沉積環境大多為深水環境，岩性主要為含有豐富碳酸鹽(如：浮游生物軟泥)的泥岩。由中層單位可獲得古水深資訊，中層單位之地層頂部可指示出最大古水深；上層單位主要由富含濁流岩的砂岩及泥岩(即複理層)組成，砂岩之成熟度低，富含岩屑及由逆衝楔形體所侵蝕下來的火山碎屑。此三個單位合稱為低充填三單位

(underfilled trinity)，下層單位顯示盆地中向穩定大陸一側之大陸邊緣淺海沉積，此單位堆積於被動大陸邊緣之上，其底部堆積記錄了前陸盆地在初期沉降的階段；中層單位顯示盆地中穩定大陸往離岸方向的沉積，中層單位初期保留了因撓曲沉降使海水面相對上升，造成海水面超過碳酸鹽生長平台的紀錄。而中層單位之上部則顯示了盆地水深最深的部分，因此也記錄了特定時間的盆地軸線位置；上層單位之沉積物主要為砂質碎屑沉積，來源為逆衝楔形體，堆積在逆衝楔形體之上及前緣。(Sinclair, 1997)

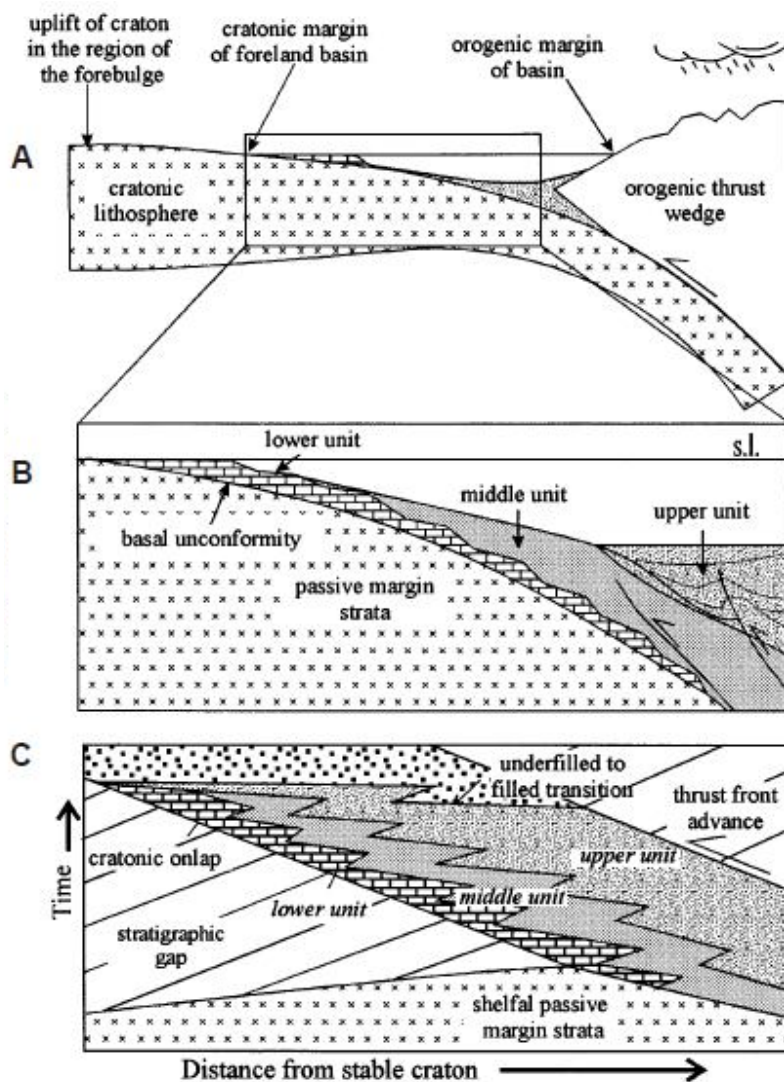
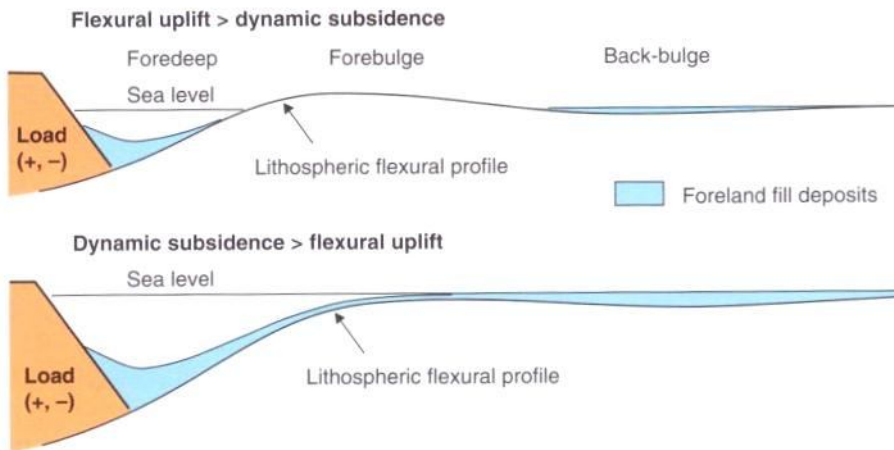
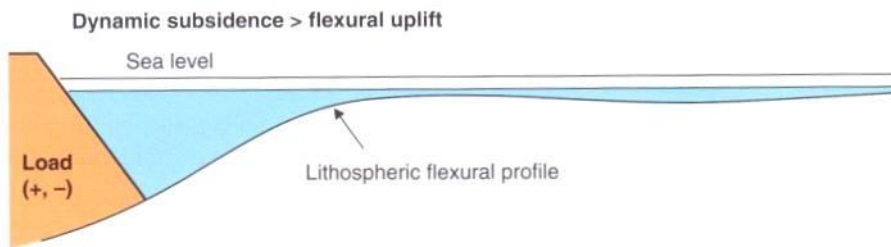


圖 1-8. (A)低填充狀態的前陸盆地之基底架構，造山楔形體荷重壓在穩定大陸上方使得地殼撓曲，形成前陸盆地。前陸盆地會隨著造山楔形體的移動而以大約相同的速率移動。(B) 低填充狀態的三個岩性地層單位，lower unit 主要為淺海石灰岩沉積；middle unit 主要為遠洋的泥岩及微動物群；upper unit 為複理層沉積岩套，圖中顯示之基底不整合為前凸起被抬升剝蝕而造成。(C) 由時間地層可看出三個岩性地層單位隨時間而改變其側向沉積位置。

1. Underfilled phase: deep marine environment in the foredeep



2. Filled phase: shallow marine environment across the foreland system



3. Overfilled phase: fluvial environment across the foreland system

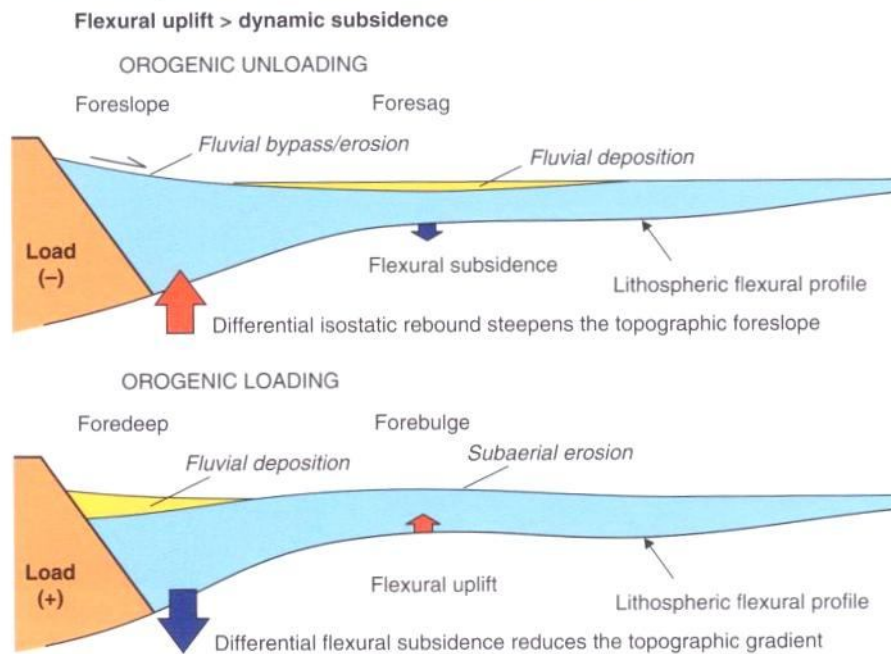


圖 1-9. 前陸盆地低填充、填充及過填充階段之沉積物堆積型態。

(Catuneanu, 2006)

1.5 研究方法

楚雄盆地有油氣與煤層等礦產蘊藏，為探究其開採的經濟價值、蘊藏量及可行的開採方式，故自 50 餘年前中國西部實施大開發策略開始，有許多盆地內部地層及構造特性的相關研究與文獻探討，但經由鑽探所得的資料較少，調查大多以野外露頭的觀察為主。本文以現有楚雄盆地之相關文獻加以統整，並帶入前陸盆地系統之概念，建立楚雄前陸盆地內之層序與其相對關係，藉由了解楚雄盆地之地層架構，釐清楚雄盆地之演化過程。



第二章 研究區域概述

2.1 楚雄盆地區域構造

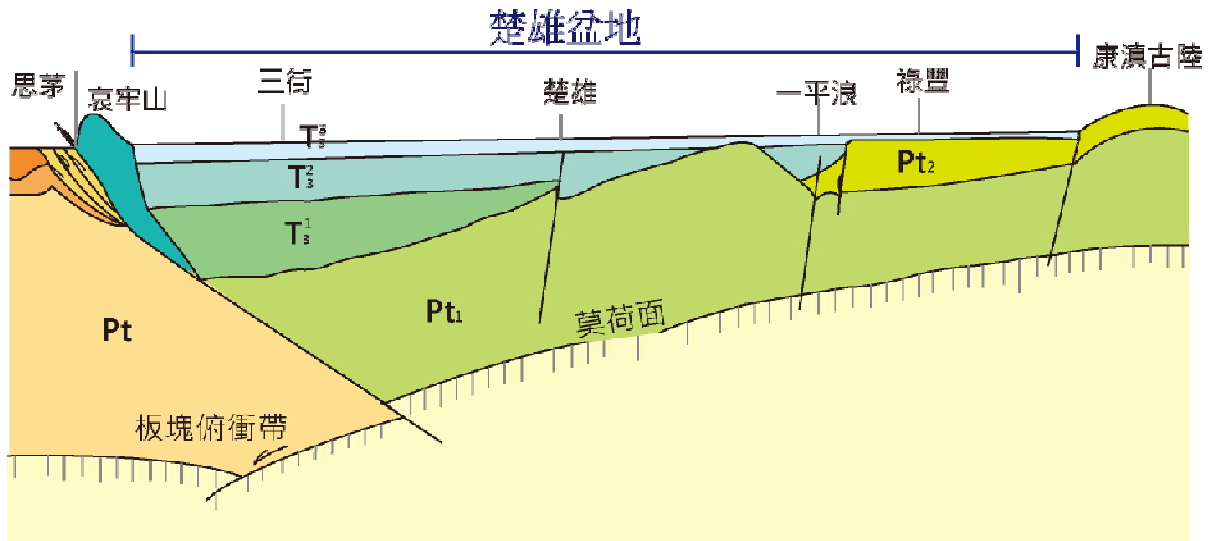
楚雄盆地位於雲南省，現今範圍可大致以三條斷裂帶為界，東以普渡河斷裂帶為界，與康滇古陸相鄰；西北約以程海斷裂帶為界，並與麗江台緣褶皺帶相鄰，普渡河斷裂帶與程海斷裂帶皆為南北走向的斷裂帶。西南界則為西北—東南走向的紅河—哀牢山斷裂帶，其西南側即為印支地塊。

盆地內沉積巨厚的中生代沉積物，厚度可達 10 公里。盆地內之綠汁江斷裂帶發育在基底隆起區範圍內，沿此斷裂帶，可將盆地大略分為兩個基底較為凹陷的區域，故三疊系地層可以綠汁江斷裂帶為界，分為東、西兩個地層區，西區地層發育較完整，厚度較厚，中、下三疊統地層僅出現在西區，上三疊統地層由老至新從西向東超覆。朱同興等(2000)將盆地內劃分為三個構造帶，分別為：西部衝斷帶、中部拗陷帶、東部隆起帶。

西部衝斷帶為一逆衝推覆構造帶，發育一系列由西向東逆衝的斷層帶；中部拗陷帶發育了巨厚的中生代沉積物(6~10 公里厚)，地層較完整，較少斷層發育，基底由東向西南逐漸加

深，為低重力異常區；東部隆起帶為高重力異常區，有古老的變質岩系基底出露，基底隆起而長期受侵蝕，三疊紀晚期局部地區開始接受沉積物。此三構造帶以三條南北走向的斷層帶作為大致的劃分依據，中部拗陷帶之西界為魚泡江—三街斷裂帶，東界為綠汁江斷裂帶。

揚子板塊



Pt:古生界; M₂:中生界; T₃¹:卡尼克階; T₃²:諾利階; T₃³:瑞替階;

圖 2-1. 楚雄盆地之橫斷面示意圖。(修改自王巨民等, 2007)

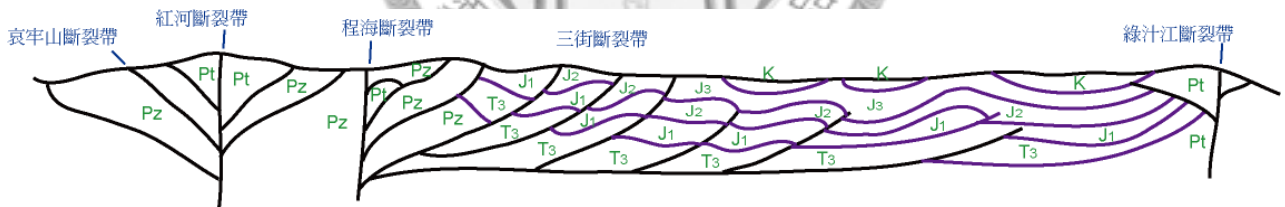


圖 2-2. 楚雄盆地及鄰近區域構造橫剖面簡圖。(修改自劉和甫等, 2000)

2.2 楚雄盆地地層架構

根據譚富文等人(2004)所整理的楚雄盆地地層，可知盆地內下三疊紀地層僅分布於程海斷裂帶以西，不整合覆蓋於二疊紀玄武岩之上，下部為河湖相砂岩、礫岩，中部為三角洲前緣之砂岩及粉砂岩，上部則為潮坪相砂岩、粉砂岩及泥岩組合。中三疊紀地層廣泛出露於三街斷裂帶以西，為一套陸棚碳酸鹽岩。在程海斷裂帶以西，其底部為角礫狀灰岩，下部為灰色層狀泥晶灰岩、泥灰岩，上部為層狀藻白雲岩及白雲質灰岩，其上有一段時期的地層缺失。程海斷裂帶以東，主要岩性為紋層狀泥晶灰岩夾白雲岩化藻灰岩、砂屑灰岩，與上覆的羅家大山組陸源碎屑沉積岩整合接觸，其間有一水下侵蝕面。上三疊紀地層可劃分出四個二級層序，層序1屬卡尼期，為早期前淵盆地沉積；層序2為諾利早期沉積物，沉積環境為潮坪相；層序3的沉積時間為諾利晚期，為三角洲—潮坪相沉積；層序4為瑞替期的三角洲—河相沉積物(表3-1)。

朱同興等(1999)將楚雄盆地劃分為三個構造單元，由西向東為：西部推覆斷隆、中部拗陷帶、及東部隆起帶。西部推覆斷隆為由一系列向東逆衝的斷裂所控制的推覆體所組成，此系列斷裂帶切過的地層從古生代至新生代皆有，其東界為三街斷裂帶；中部拗陷帶發育巨厚的中生代沉積物，基底由東向西逐漸加深，其東界為綠汁江斷裂帶；綠汁江斷裂帶以東至普渡河斷裂帶為東部隆起帶，此區基底隆起而長期受侵蝕，前寒武紀地層廣泛出露，三疊紀晚期局部地區開始接受沉積物。

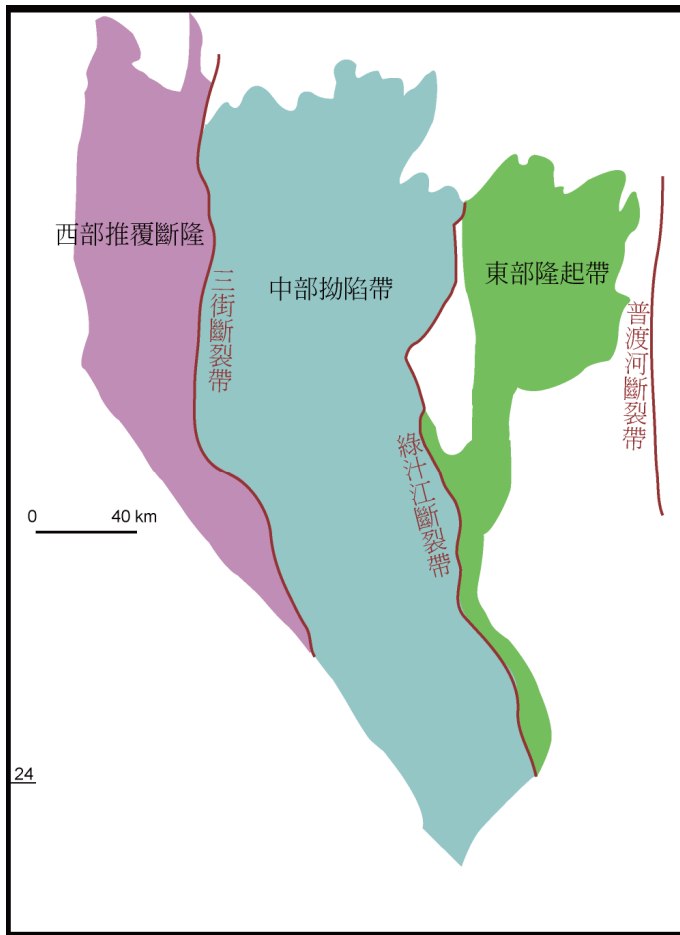


圖 2-3. 朱同興等(1999)將楚雄盆地劃分為三個構造單元：西部推覆斷隆、中部拗陷帶、及東部隆起帶。
(據朱同興等，1999)

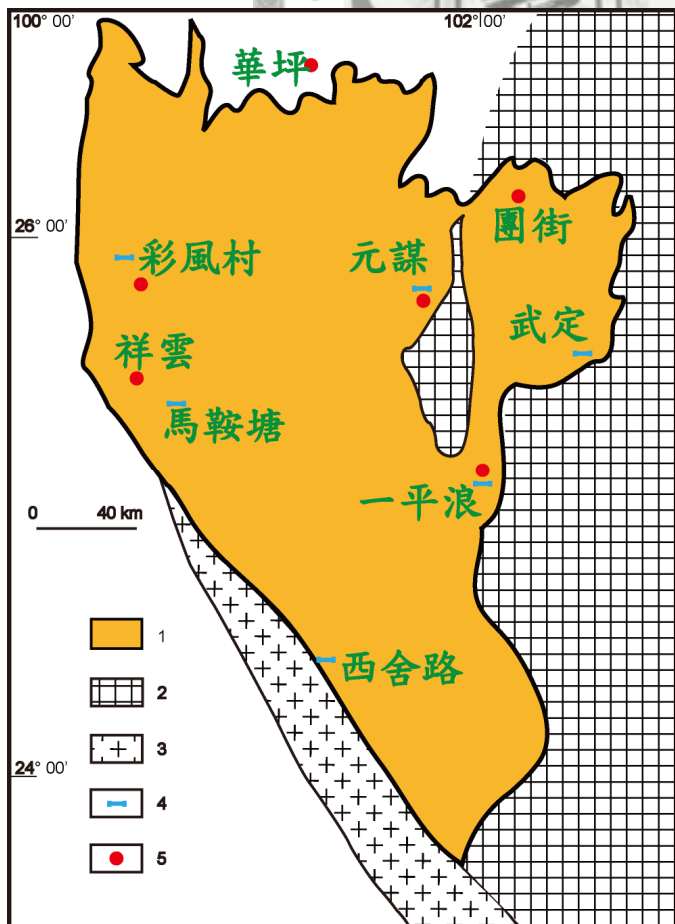


圖 2-4. 楚雄盆地之露頭位置
(修改自譚富文等，2004)

- 1—楚雄盆地；
- 2—康滇古陸；
- 3—哀牢山造山帶；
- 4—圖 3-3 之露頭位置；
- 5—表 2-1 之露頭位置

表 2-1. 楚雄盆地地層系統，剖面位置見圖 2-4。(修改自許效松等，1999；朱同興等，1999)

楚雄盆地地層系統									
		地質時代	祥雲		賓川彩風村	華坪	祿勸—團街	祿豐—元謀	一平浪
R-Q									
E ₁		早第三紀	趙家店組						趙家店組
			元永井組						元永井組
白堊紀	K ₂	晚白堊紀	江底河組						江底河組
			馬頭山組						馬頭山組
白堊紀	K ₁	早白堊紀	普昌河組						
			高峰寺組						
侏羅紀	J ₃	晚侏羅紀	妥甸組						
			蛇店組						
	J ₂	侏羅紀	張河組						
	J ₁	侏羅紀	馮家河組		馮家河組	馮家河組	馮家河組	馮家河組	下祿豐組
三疊紀	T ₃	瑞替期	白土田組	上段	白土田組	太平場組	舍資組	舍資組	舍資組
				下段		二段			
		諾利期	花果山組		花果山組	太平場組		干海子組	干海子組
			羅家大山組		羅家大山組	大蕎地組		普家村組	普家村組
		羅家大山組		羅家大山組					
		羅家大山組		羅家大山組					
	卡尼期	雲南繹組二段		雲南繹組	二段				
		雲南繹組一段		雲南繹組	一段				
	T ₂	拉丁期	團山村組						
		安尼期			北衙組				
T ₁	奧侖期			臘美組					
	印度期								
Pz				P ₂ β	Pz	Pz ₂			
Pt		大紅山群剛性結晶基底(早元古代)						昆陽群塑性褶皺基底(中元古代)	

第三章 成果與討論

3.1 楚雄盆地地層縱向分布

楚雄盆地內地層可依綠汁江斷裂帶劃分為東、西兩區，西區以祥雲地區之地層為代表，東區以一平浪地區之地層為代表，中、下三疊系地層僅發育於西區，東區在上三疊紀才開始與西區有同一時期的沉積物堆積。西區的地層發育較為完整，厚度較大，以祥雲地區地層柱為例，其基底為早元古代大紅山群剛性結晶基底，其上堆積團山村組，為被動大陸邊緣沉積物，而後改變至淺海相的中三疊紀地層，晚三疊紀開始堆積深海相地層，包括卡尼期的雲南繹組及諾利期的羅家大山組，而後諾利期的花果山組及白土田組分別為淺海相及濱海相含煤地層。侏羅紀的馮家河組為潮坪沉積地層，張河組、蛇店組及妥甸組為湖泊及三角洲地層，白堊紀的高峰寺組、馬頭山組、普昌河組及江底河組為沖積—河湖相地層，在此之上所能找到最新的地層為上第三紀的元永井組與趙家店組，為沖積—河湖相地層，而後的地層皆被侵蝕缺失。東部地層以一平浪為例，其基底為中元古代昆陽群塑性褶皺基底，其上堆積被動大陸邊緣沉積物，而後堆積上三疊系諾利期濱海相的普家村組、河湖相的干海子組與舍資組，侏羅紀的沉積地層為潮坪與湖泊三角洲相的祿豐組，其上缺失侏羅紀晚期及白堊紀早期地層，在不整合面之上覆蓋白堊紀晚期的馬頭山組及江底河組，而後為上第三紀的元永井組與趙家店組，此後地層缺失。在馬頭山組之後，東西兩區才開始有相同的沉積地層，可知在此之前，東區與西區分屬兩個不同的沉積物堆積空間。(尹福光等，2000；譚富文等，2000；許效松等，1999；周雁等，2005；張志斌與曹德斌，2002)

因西區地層較完整，故可由西區地層看出前陸盆地演化過程中所經歷的不同沉積階段(表 3-1)。低充填階段的代表地層為雲南繹組(T_3y)及羅家大山組(T_3l)(圖 3-2)，沉積物厚度大，雲南繹組厚度大於 1200 公尺，羅家大山組厚度大

於 2400 公尺。雲南繹組岩性可分為上下段：下段為碳酸鹽岩段，發育紋層狀泥晶灰岩和白雲岩化藻紋層灰岩等石灰岩類；上段為泥岩段，以水平紋層狀的灰色泥岩、粉砂質泥岩為主，夾細砂岩、薄層及透鏡體泥晶灰岩。羅家大山組地層大於 2400 公尺，可分為兩段：羅家大山組一段以火山岩、火山濁積岩為主，二段以灰色泥灰岩及泥岩為主，夾有薄層細砂岩及中粒砂岩、礫岩楔形體，礫岩以火山礫為主。(尹福光等，2000)已充填階段之代表地層為花果山組(T_3h)，其厚度超過 1300 公尺，以白色中粗粒砂岩、細砂岩、粉砂岩及頁岩組成，為一含煤地層(范中陳與李建華，2006)。過充填階段之代表地層為侏羅紀之馮家河組(J_1f)，以紫紅色泥岩、灰色細砂岩、粉砂質泥岩為主，厚度大於 200m(羽保林等，2006)。

由上述之地層縱向分布，可看出沉積地層的岩相由下部含濁流的深海相沉積岩層，向上逐漸轉為淺海相沉積岩層，符合前陸盆地系統之中，下部為巨厚的深海相複理層岩套，上部為淺海至陸相的磨礫層岩套之縱向變化。

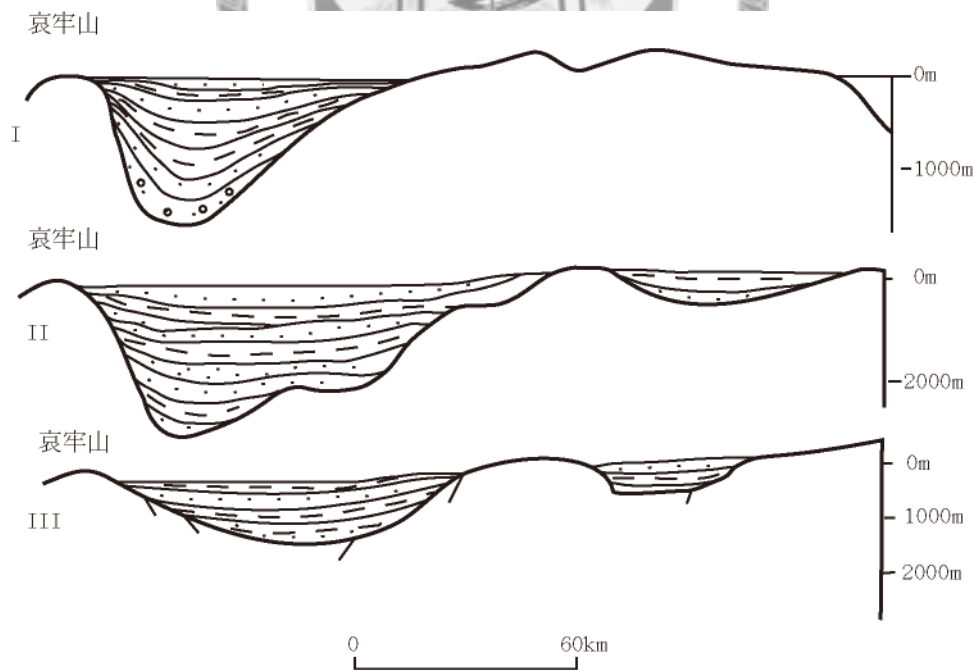


圖 3-1. 楚雄盆地三疊紀至侏羅紀早期之沉積剖面，顯示出三疊紀至侏羅紀早期時期東西地層並未連通。I—諾利期；II—瑞替期；III—侏羅紀早期。(修改自陳根文與吳延之，1999)

表 3-1. 祥雲地區地層與沉積環境

地質時代		祥雲		沉積相	層序類型	
E ₁	早第三紀	趙家店組		沖積—河湖相	磨礫層	前陸盆地階段
		元永井組				
K ₂	晚白堊紀	江底河組				
		馬頭山組				
K ₁	早白堊紀	普昌河組		湖泊及三角洲		
		高峰寺組				
J ₃	晚侏羅紀	妥甸組				
		蛇店組				
J ₂	侏羅紀	張河組				
J ₁	侏羅紀	馮家河組			潮坪碎屑岩	
T ₃	瑞替期	白土田組	上段	河湖沼澤		
	諾利期		下段	濱海沼澤		
		羅家大山組 上段		深海相		
		羅家大山組 下段				
		雲南繹組二段				
	雲南繹組一段					
	卡尼期					
T ₂	拉丁期	團山村組		碳酸鹽沉積相	被動大陸邊緣沉積	
Pt		大紅山群剛性結晶基底 (早元古代)				

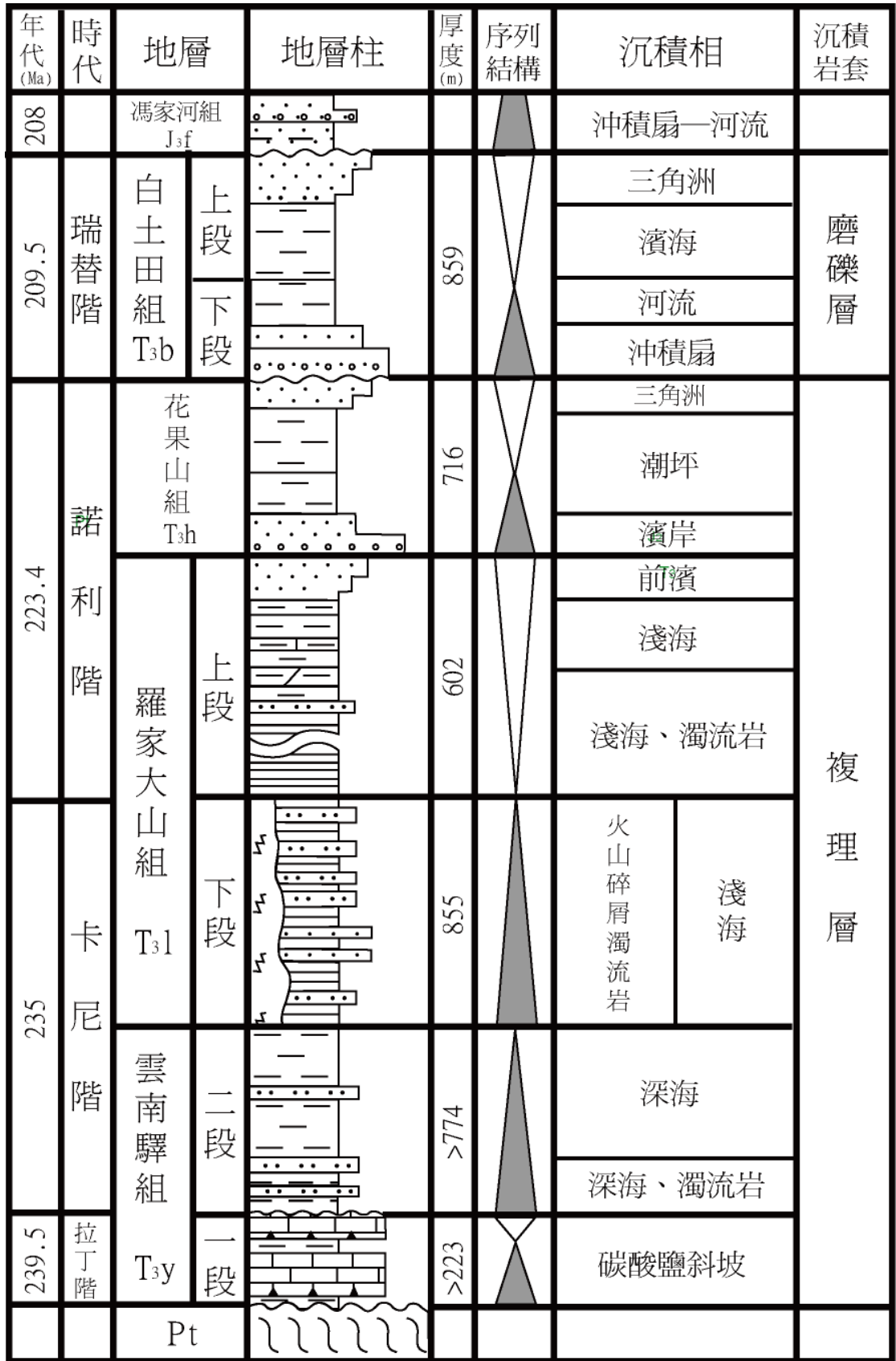


圖 3-2. 楚雄盆地三疊紀沉積地層。(修改自尹福光等，2000)

3.2 楚雄盆地地層側向分布

楚雄盆地西區基底較深，沉積物厚度大，且地層發育完整，少有不整合面或侵蝕面，而東區基底較淺，地層厚度較薄，在三疊紀晚期才開始接受沉積物，且地層常有缺失(如侏羅紀晚期至白堊紀早期)及不整合面。沉積物厚度由楚雄盆地南側的哀牢山造山帶至盆地內部逐漸增厚，而由盆地內西區至東區逐漸變薄，而最厚的區域臨近哀牢山造山帶前緣，成一中間較厚、兩邊較薄的角柱狀，符合 DeCelles 與 Giles(1996)所提出之前陸盆地系統內的沉積物側向分布(圖 1-5)。故可將依據前陸盆地系統之堆積區劃分方式，將楚雄盆地劃分為四個堆積區。紅河斷裂帶向東至三街—沙橋斷裂帶之基底為造山楔形體，有許多向東的逆衝斷層及褶皺發育，沉積物由西向東增厚，並受構造運動影響而變形，故此區可對應至前陸盆地系統的楔形體上方堆積區。而盆地西部約由三街—沙橋斷裂帶向東至洒芷村地區，堆積了巨厚(約 10 公里)的沉積物，地層自三疊紀中期至新生代，少有不整合面發育，可對應至前淵堆積區。而楚雄盆地東部洒芷村以東至綠汁江斷裂帶，有一南北向延伸的基底隆起帶，稱為元謀隆起(張福東、戚厚發，2004)，長度約為六十公里，寬度約為十五公里，此區有穩定大陸之岩石出露，自三疊紀晚期始有沉積物堆積，缺失侏羅紀中期至白堊紀早期之地層，地層中常有不整合面，依前陸盆地系統堆積區之劃分，此區應屬於地殼相對高起之前凸起堆積區。而此區以東至普渡河斷裂帶，其沉積物厚度較薄，且在白堊紀馬頭山組以下之地層和西部地區並無相通，故判斷此區為後凸起堆積區。

根據譚富文等(2000)的楚雄盆地三疊紀砂岩微量元素分析，在西部的麗江台緣褶皺帶，砂岩中的鉀銨比值(Rb/Sr)比值及釩的含量較低，鈦含量較高，顯示沉積物來源為活動大陸邊緣；同區的火山濁流岩之鉀銨比值低，但釩和鈦含量高，其特徵顯示沉積物來源為島弧區；而東部基底隆起帶的砂岩中鉀銨比值較高，鈦含量較低，釩含量中等，接近以被動大陸邊緣為源區的沉積物。由此可推測西部

的沉積物主要源自於西側的哀牢山造山帶，包含早期的島弧及混雜岩體等物質。而東部基底隆起帶的沉積物，其來源主要為東側的康滇古陸，其長期處於被動大陸邊緣。此結果亦符合前陸盆地系統中，前陸盆地系統內大部分沉積物來自造山帶，少部分來自穩定大陸，且前凸起堆積區地勢較高，而將盆地主要部分與穩定大陸分隔開之敘述。

表 3-2. 楚雄盆地三疊紀砂岩之微量元素特徵。(譚富文等，2000)

地 元 素	采 風 村	米 甸	采 風 村	馬 安 山	元謀酒芷		新平河口	
Bb/ Sr	0.30	0.39	0.01	0.17	1.42	1.58	2.28	1.32
Ti/ %	0.34	0.92	3.07	2.65	0.28	0.21	0.23	0.18
V × 10 ⁻⁶	34	140	450	450	114	136	90	92.2
源区 位置	活动 陆缘		岛 弧		被 动 陆 缘			

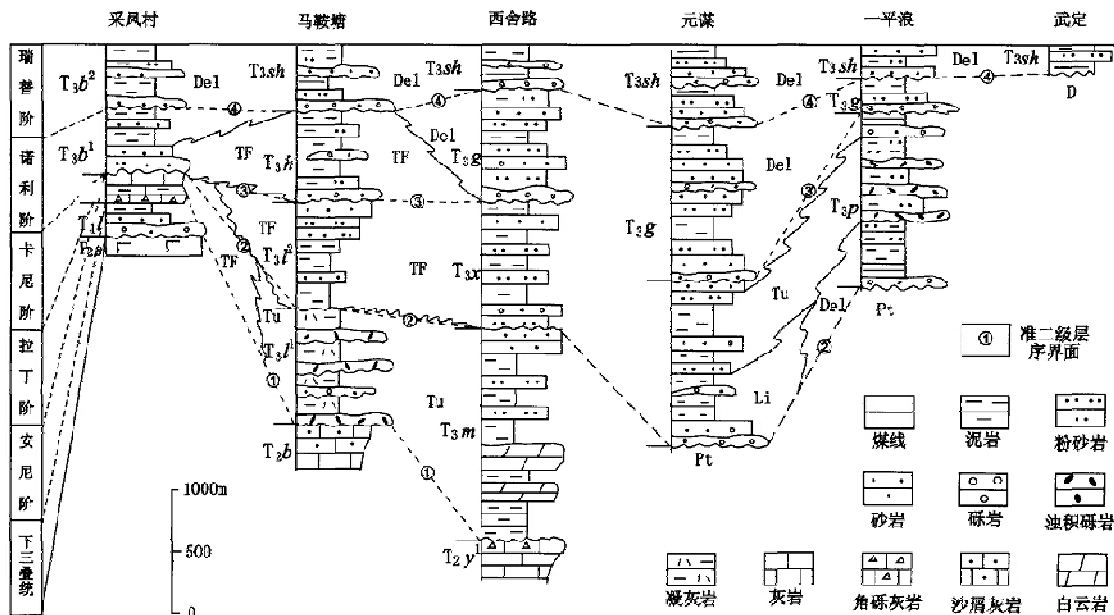


圖3-3. 楚雄盆地地層對比圖。Del—三角洲相；TF—潮坪相；Li—濱岸相；Tu—濁流相；Pt—元古界；D—泥盆系；P₂b—上二疊統；T₂b—北衙組；T₂y—雲南驛組；T₃b—白土田組；T₃h—花開佐組；T₃l—羅家大山組；T₃x—祥雲組；T₃m—馬鞍山組；T₃p—普家村組；T₃g—干海子組；T₃sh—舍姿組；圓圈中的數字為地層層序介面，剖面位置見圖2-4(譚富文等，2000)。

3.3 楚雄盆地之演化

朱同興等(1999)將楚雄盆地之演化分為四個階段：古生代至中三疊紀的被動大陸邊緣沉積階段、晚三疊紀前陸早期複理層沉積階段、侏羅紀至白堊紀的前陸晚期磨礫層沉積階段和新生代擠壓走滑改造階段，其中早期複理層沉積階段及前陸晚期磨礫層沉積階段為前陸盆地沉積物的堆積時期。

楚雄地區在古生代時處於隆起剝蝕狀態，哀牢山洋盆於中石炭紀打開，進入被動大陸邊緣沉積階段。二疊紀晚期，哀牢山洋盆開始沉積鹹海相含煤泥粉砂岩，顯示此時洋盆已逐漸關閉。二疊紀時，楚雄地區已演化為成熟的被動大陸邊緣，至中三疊紀全區停止堆積被動大陸邊緣沉積物，進入前陸早期複理層沉積階段。揚子地塊於二疊紀至三疊紀由東南向西北漂移，與印支地塊碰撞，地殼應力由碰撞轉為擠壓，哀牢山構造帶西側出現島弧型火山活動，三疊紀晚期，哀牢山逆衝造山帶覆於被動大陸邊緣之上，使揚子地塊西南緣的地殼發生撓曲沉降，楚雄盆地進入低充填階段，堆積深海相複理層。侏羅紀至白堊紀時期，哀牢山造山帶向前推至前陸地殼未變薄的地區時，撓曲作用受到阻礙，盆地沉降趨緩導致盆地內可容納空間減少，盆地內水深變淺，此時堆積的沉積物為淺海相至陸相的磨礫層，稱為前陸晚期磨礫層沉積階段。受新生代古近紀中期發生的喜馬拉雅造山運動之影響，楚雄盆地由西向東開始發生構造變形，盆地西南的紅河斷裂帶之左旋走滑活動劇烈，使得一些小型的拉張盆地形成，至此，楚雄盆地已逐漸失去期坳陷的形貌。（朱同興等，1999；方維萱等，2002）。

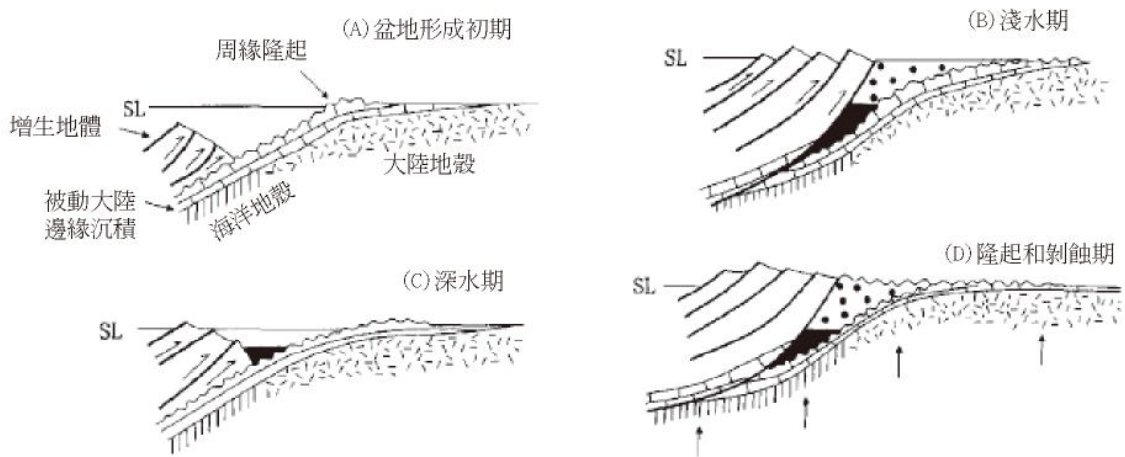


圖 3-4. 前陸盆地發育之理論模式。(修改自譚富文等，2004)

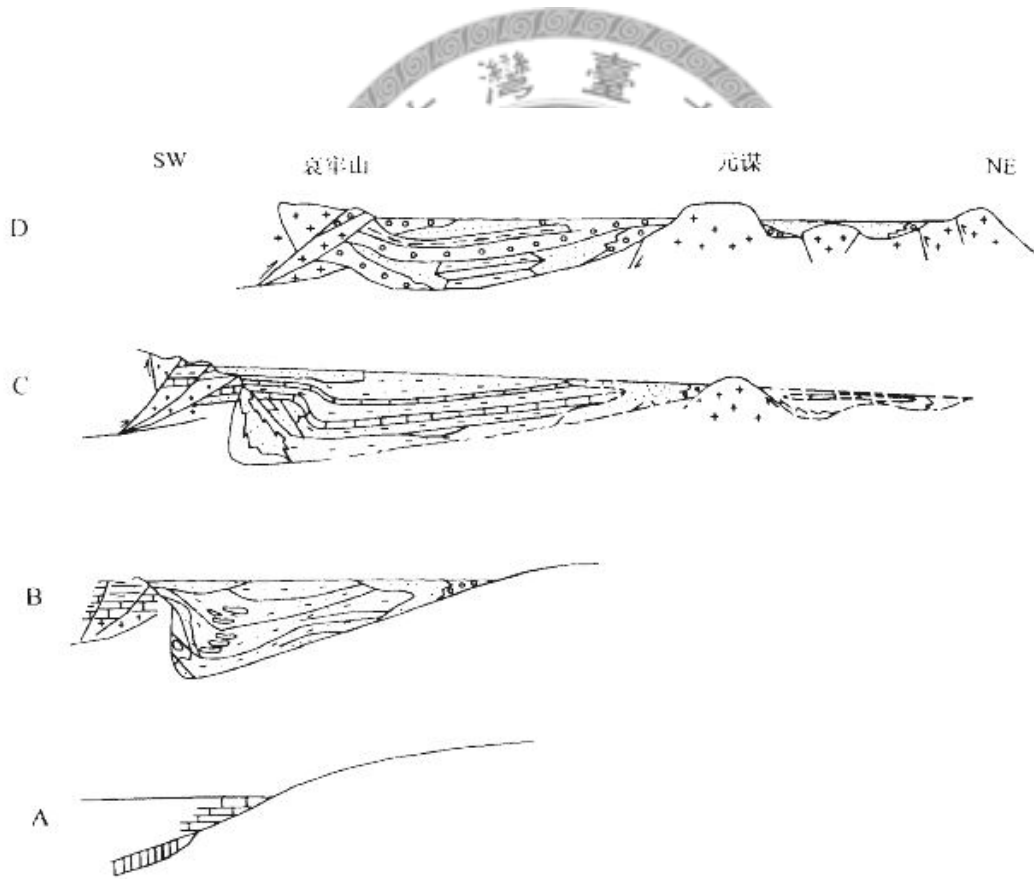


圖 3-5. 楚雄前陸盆地沉積與演化階段示意圖。

A. 古生代被動大陸邊緣沉積階段；B. 晚三疊紀早期複理層沉積階段；C. 侏羅紀—白堊紀前陸晚期磨礫層沉積階段；D. 新生代擠壓走滑改造階段。(朱同興等，1999)

第四章 結論

4.1 楚雄前陸盆地系統

前陸盆地發展早期，穩定大陸邊緣前陸部份地殼沉降速率較快，而楚雄盆地下部堆積深海相的複理層岩套，即為快速沉降的沉積環境下沉積的岩套；而在複理層之上覆蓋淺海相至陸相的磨礫層岩套，此複理層—磨礫層轉換(flysch to molasse transition)，可指示前陸盆地由低充填階段發展至過充填階段的過程。而楚雄盆地之沉積物側向分布，厚度由哀牢山造山帶向東逐漸增厚，在臨近哀牢山造山帶前緣處最厚，再向東逐漸變薄，形成一中間較厚、兩邊較薄的角柱狀，也可與 DeCelles 與 Giles(1996)所提出之前陸盆地系統之沉積物厚度分布作對照，綜合以上所述，可將楚雄盆地歸類為前陸盆地。且因楚雄盆地發展於隱沒的揚子地塊之上，位於康滇古陸與哀牢山造山帶之間，故為一周緣型的前陸盆地系統。

因楚雄盆地受後期構造變形，故用現今之斷層帶構造線，大致將楚雄前陸盆地劃分為四個南北向延伸之堆積區，從紅河斷裂帶至三街—沙橋斷裂帶為止，基底為造山楔形體，沉積物由西向東增厚，可判斷為楔形體上方堆積區；三街—沙橋斷裂帶以東至洒芷村堆積巨厚沉積物，地層發育完整，判定為前淵堆積區；洒芷村以東至綠汁江斷裂帶的基底隆起，有穩定大陸之岩石出露，自三疊紀晚期始有沉積物堆積，且侏羅紀中期至白堊紀晚期之地層皆缺失，故判斷為前凸起堆積區；而綠汁江斷裂帶以東至普渡河斷裂帶為止，此範圍內的地層在白堊紀馬頭山組以下皆和西部地區互不相通，且沉積物主要來源來自穩定大陸，則可判斷為後凸起堆積區(圖 7)。

4.2 楚雄前陸盆地系統之沉積演化

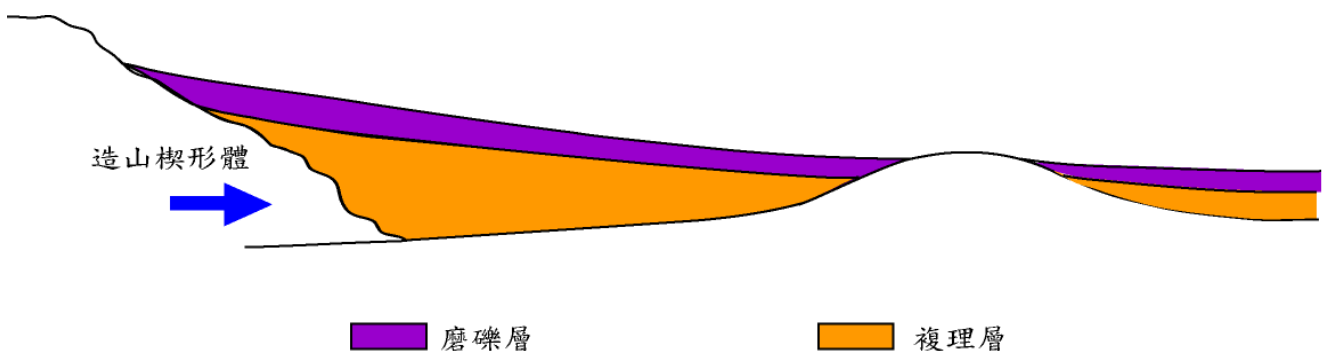
楚雄盆地之演化可大致分為四個階段：古生代至中三疊紀的被動大陸邊緣沉積階段、晚三疊紀前陸早期複理層沉積階段、侏羅紀至白堊紀的前陸晚期磨礫層沉積階段和新生代擠壓走滑改造階段。哀牢山洋盆於中石炭紀打開，楚雄地區進入被動大陸邊緣沉積階段。二疊紀晚期，哀牢山洋盆開始沉積賦海相含煤泥粉砂岩，顯示此時洋盆已逐漸關閉。揚子地塊於二疊紀至三疊紀由東南向西北與印支地塊碰撞，三疊紀晚期，哀牢山逆衝造山帶覆於被動大陸邊緣之上，揚子地塊西南緣的地殼產生撓曲，楚雄盆地堆積深海相複理層，為前陸早期複理層沉積階段。侏羅紀至白堊紀時期，盆地沉降趨緩，沉積物可堆積之空間減少、水深變淺，此時堆積的沉積物為淺海相至陸相的磨礫層，為前陸晚期磨礫層沉積階段。新生代古近紀中期，喜馬拉雅造山作用開始擠壓楚雄盆地，使其由西向東開始發生構造變形，至此楚雄盆地已逐漸失去期坳陷的形貌。



表 4-1. 楚雄盆地與前陸盆地系統(DeCelles and Giles, 1996)之堆積區對比

	前陸盆地系統 (DeCelles and Giles, 1996)	楚雄盆地
楔形體上方堆積區	沉積物堆積於造山帶前端之上，包含背負盆地(piggyback basin)及逆衝斷層上方盆地，沉積物往後陸方向變薄、粒徑增加，有許多構造不整合及漸進變形。沉積物堆積時，受造山帶前進抬升與造山帶和沉積物荷重造成區域沉降的影響，此兩種影響相互競爭。	為一向東推覆的褶皺逆衝斷層帶，上方堆積三疊紀至侏羅紀之地層，厚度由盆地內往麗江台緣褶皺帶方向逐漸變薄，主要為淺海相碎屑岩及碳酸鹽岩堆積，三疊系至白堊系地層皆有缺失。(紅河斷裂帶至三街—沙橋斷裂帶)
前淵堆積區	沉積物往逆衝斷層帶方向迅速變厚，為前陸盆地系統中，沉積物厚度最大處。大部分沉積物的堆積受到地形撓曲沉降、沉積物以及隱沒荷重的影響。	沉積物厚度大(可達 10 公里)，地層發育完整而少缺失。(三街—沙橋斷裂帶以東至洒芷村)
前凸起堆積區	為一撓曲抬升的廣闊區域，其位置會移動。常有不整合面，地層較薄，有河流或風成沉積。沉積中心受地區性的斷層控制，在海洋的沉積環境中，可能有碳酸鹽平台生長。	基底隆起抬升，有穩定大陸之岩石出露，沉積物開始堆積之年代較晚(晚三疊紀)，地層較薄(2 至 3 公里)，且常有缺失及不整合面(洒芷村以東至綠汁江斷裂帶)
後凸起堆積區	為一淺而廣闊的撓曲沉降區域，控制此區沉積作用的主要因素為滿足平衡剖面。	沉積物厚度較薄(2 公里以上)，馬頭山組以下地層和西部地區不相通。(綠汁江斷裂帶至普渡河斷裂帶)

圖 4-1. 楚雄前陸盆地之複理層與磨礫層沉積岩套分布。



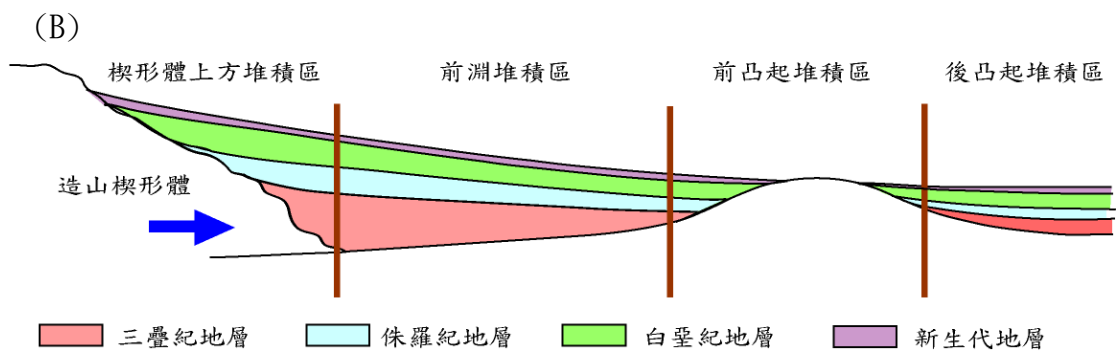
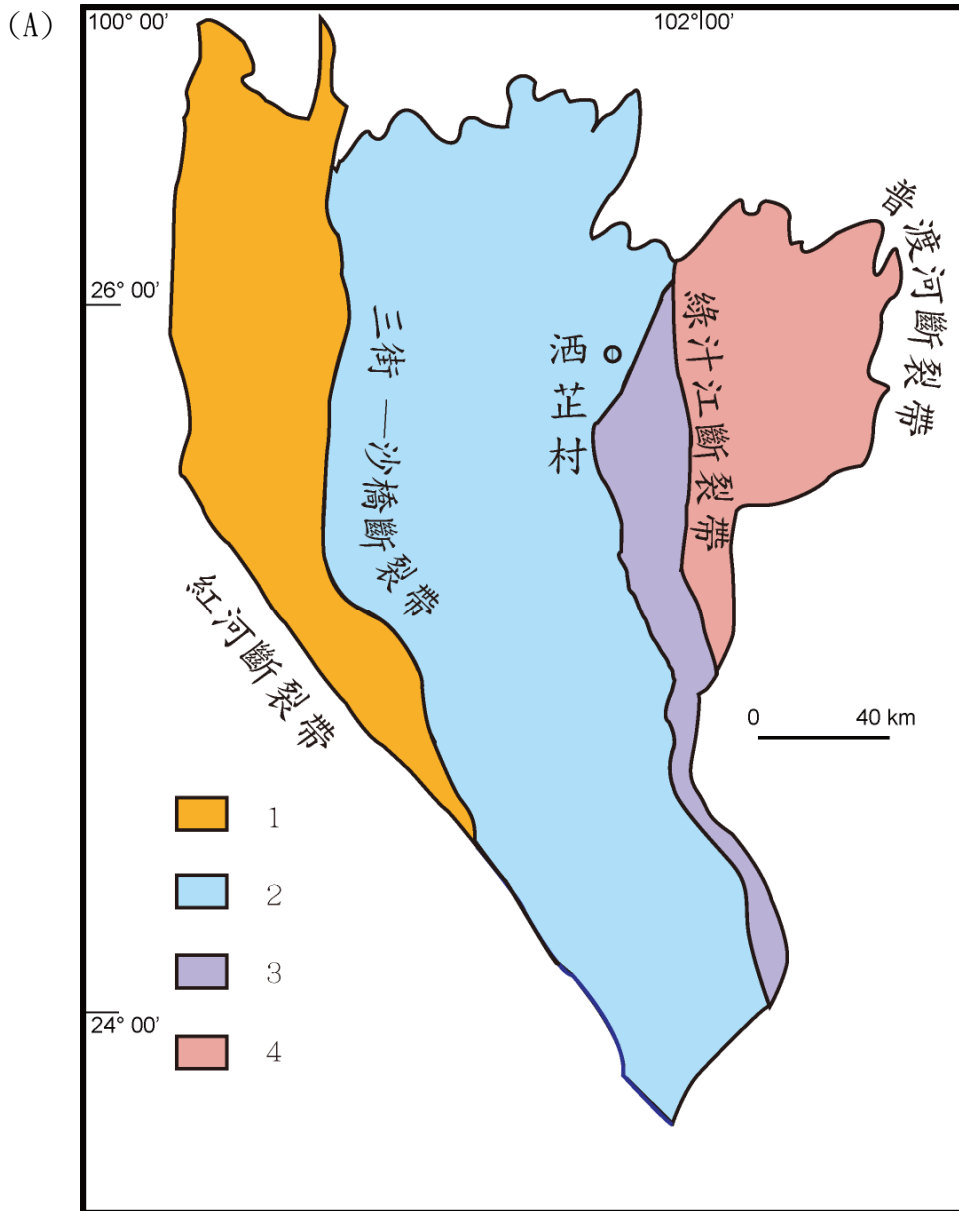


圖4-2. 楚雄盆地堆積區示意圖。

(A) 楚雄盆地之堆積區俯瞰示意圖。1—楔形體上方堆積區；2—前淵堆積區；3—前凸起堆積區；4—後凸起堆積區。

(B) 楚雄盆地之堆積區斷面示意圖。

參考文獻

- Catuneanu, O.(2006), Principles of sequence stratigraphy, Elsevier Science.
- DeCelles , P. G., and K. A. Giles(1996), Foreland basin systems, *Basin Res*, 8(2), 105-123.
- Dickinson, W. (1974), Plate tectonics and sedimentation, *Tectonics and sedimentation*, 22, 1-27.
- Eardley, A. J and White, Max G. (1947), Flysch and molasse. *Geological Society of America Bulletin*. 58, 979-990.
- Jordan, T. (1995), Retroarc foreland and related basins, *Tectonics of Sedimentary Basins*, 331-362. Oxford: Blackwell Science
- Leloup, P. H., N. Arnaud, R. Lacassin, J. R. Kienast, T. M. Harrison, T. T. Phan Trong, A. Replumaz, and P. Tapponnier (2001), New constraints on the structure, thermochronology and timing of the Ailao Shan–Red River shear zone, SE Asia, *J Geophys Res-Sol Ea*, 106(B4), 6683–6732.
- Sinclair, H.D. (1997). Tectono-stratigraphic model for underfilled peripheral foreland basins: an Alpine perspective. *Geological Society of America Bulletin*. 109. 324-346.
- Sinclair, H.D. (1997). Flysch to molasse transition in peripheral foreland basins: The role of the passive margin versus slab breakoff. *Geology*. 25, 1123-1126.
- 國家地質總局水文地質工程地質研究所(1979)，中華人民共和國水文地質圖集。地圖出版社。
- 方維萱、胡瑞忠、謝桂青、蘇文超(2002)，雲南哀牢山地區構造岩石地層單元及其構造演化。大地構造與成礦學，第26卷第1期，28-36頁。

- 朱同興、黃志英、尹福光(1999)，盆山轉換與沉積地質記錄—以楚雄前陸盆地分析為例。岩相古地理，19卷，1-14頁。
- 朱同興、黃志英、尹福光(2000)，楚雄中生代前陸盆地的構造沉降史研究。沉積與特提斯地質，第20卷第4期，20-30頁。
- 許效松、尹福光、萬方、譚富文(1999)，楚雄盆地性質與沉積層序演化。岩相古地理，第19卷第5期，1-11頁。
- 譚富文、尹福光、許效松、陳明(2004)，楚雄前陸盆地的構造特徵與沉積演化。大地構造與成礦學，第28卷第3期，345-352頁。
- 譚富文、尹福光、許效松、萬方(2000)，楚雄前陸盆地系統的構造單元及沉積標識。沉積學報，第18卷第4期，573-610頁。
- 張志斌、曹德斌(2002)，滇中楚雄中生代盆地的形成、演化及其與哀牢山造山帶的關係。地球學報，23(2)卷，129-134頁。
- 尹福光、許效松、萬方、譚富文(2000)，楚雄前陸盆地的油氣特徵。石油與天然氣地質，第21卷第54期，308-312頁。
- 范中陳、李建華(2006)，淺析楚雄—祥雲地區上三疊統花果山組煤岩層對比。雲南煤炭，第3期，21-23頁。
- 羽保林、王榮、龐建新、李光懷、施文慶、焦海中(2006)，提高深井硬地層鑽井速度技術難點及對策。鑽採工藝，第29卷第1期，24-38頁。
- 陳根文與吳研之(1999)，楚雄弧後前陸盆地的形成及演化。雲南地質，第18卷第4期，392-397頁。
- 劉和甫、汪澤成、熊保賢、李永林、劉立群、張建珍(2000) 中國中西部中、新生代前陸盆地與擠壓造山帶耦合分析。地學前緣，第7卷第3期，55-72頁。
- 郭赤奇(1992)，楚雄盆地晚三疊世海相沉積展布特徵。雲南地質，第11卷第1期，21-23頁。
- 王巨民、張永宏、朱紹兵(2007)，滇中(楚雄)晚三疊世盆地成因機制、聚煤古地

理類型與找煤方向。中國煤田地質，第19卷第4期，1-4頁。

周雁、金之鈞、湯良傑、李儒峰(2005)，楚雄晚三疊世前陸盆地沉積—剝蝕特點。

石油與天然氣地質，第26卷第5期，680-702頁。

張福東與戚厚發(2004)，從新的勘探理念尋求楚雄盆地油氣勘探的突破—試論楚

雄盆地的深盆氣勘探前景。天然氣地球科學，第15卷第1期，28-31頁。

