

第二章、研究區域及標本

2.1 雲南省保山地區古今地理及地質環境

中國大陸雲南省現今位置東經 $97^{\circ}32'$ ~ $106^{\circ}12'$ ，北緯 $21^{\circ}08'$ ~ $29^{\circ}15'$ ，地勢大致由西北向東南傾斜，北部海拔平均 3000~4000 公尺，南部平均 1500~2200 公尺左右。雲南省境內地形地貌複雜，且因西側緊鄰喜馬拉雅山脈，造山帶延伸至雲南省西南境內，形成複雜的縱向山脈、河谷系列；尤其西部多高山縱谷，動輒數千公尺的高度差異也使得雲南省形成特殊的立體氣候類型。整體而言年溫差介於 $10\sim 12^{\circ}\text{C}$ 之間，但日溫差可達 $12\sim 20^{\circ}\text{C}$ ；冬季月均溫 $6\sim 8^{\circ}\text{C}$ ，夏季月均溫 $19\sim 22^{\circ}\text{C}$ ；降雨量分佈則以北部較少（約 580 mm）而南部較多（最高可達 2700 mm），多數地區年雨量均達 1000 mm 以上，但主要集中在 5~10 月的雨季之間，雨量充沛但乾濕分明。雲南省境內石炭紀與二疊紀年代地層皆出露廣泛；依據沈積類型、生物群、地層關係及構造位置可分別將石炭紀與二疊紀地層劃分為四個地層區（圖 2.1）（林等人，1990），本研究標本主要皆採自騰沖—保山地層區，並以保山地區為主，以下依年代先後分別討論其地質環境。

從古地磁記錄重建顯示保山地區在泥盆紀時大約位於南緯 38 度（Wang et al., 1996），另外利用生物群及生物地層的對比，也認為早石炭紀的保山地區應位於 Gondwana 大陸邊緣靠近熱帶地區約南緯 30 度左右；石炭紀中期之後則因 Gondwana 大陸順時鐘旋轉與 Euramerica 大陸合併成為盤古大陸，因此位於大陸邊緣的保山地區一起向高緯度地區移動；到了石炭紀末期至二疊紀初期才脫離 Gondwana 大陸開始往低緯度地區移動（圖 2.2）（Wang et al., 2003）；不論是地磁重建或生物群對比都顯示保山地區石炭紀末期與二疊紀初期的古緯度較早石炭紀來得高，約南緯 $42\sim 60$ 度左右（Huang and Opdyke, 1991；Wang et al., 1996；Wang et al.,

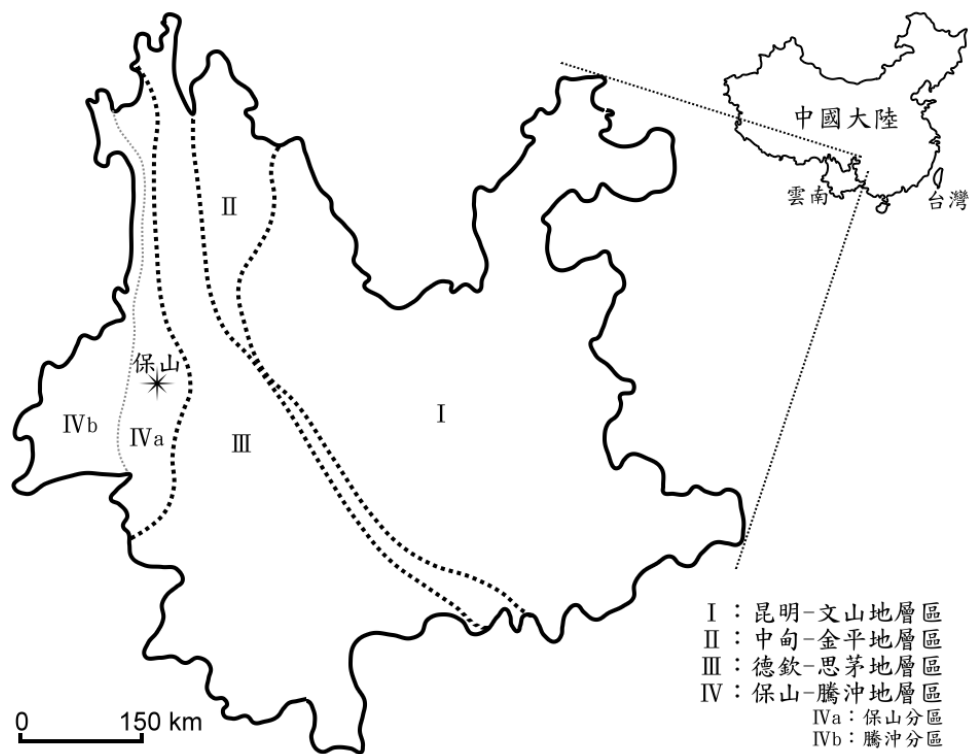


圖 2.1 雲南省石炭紀與二疊紀地層分區圖（修改自林等人，1990）。

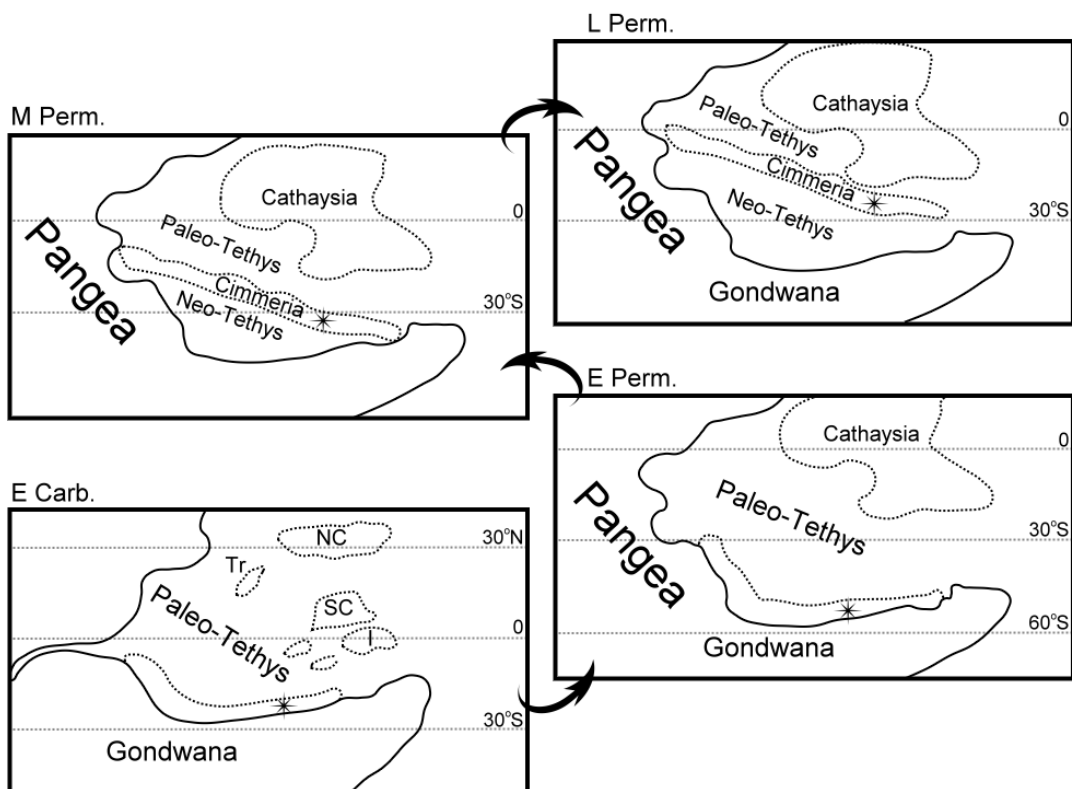


圖 2.2 晚古生代保山地塊（* 位置）的古地理位置變化示意圖（取自 Wang et al., 2003）。

2003)。同時保山地區的沈積相、動物相和古地磁紀錄都與西藏地區的古地理極為相似，反而與今日華南揚子地區差別較大，證實保山地區早期應屬於西藏地塊的一部份，與中國其他地區的古地理位置不同(Wang et al., 1996; Wopfner, 1999; Wang et al., 2001; Wang et al., 2003)。

根據前人 Wang et al. (1996)、Wang et al. (2001、2003)、林等人 (1990) 對於本地區的地質調查及相關研究結果，保山地區的早石炭紀地層整合於泥盆紀地層之上，Tournasian-Viséan 時期的地質記錄則顯示當時處於海進期，岩層組成包括石灰岩、生物碎屑石灰岩、泥質灰岩、鮎狀石灰岩、燧石石灰岩及白雲岩等，生物種類富含珊瑚、牙形刺及腕足等，屬於暖水且物種多的生物相。石炭紀中期後 (Serpukhovian-Gzhelian) 則因地殼構造運動抬升，同時 Gondwana 冰川發育造成大規模海退現象，因此晚石炭紀沈積記錄完全中斷。進入二疊紀後 Gondwana 大陸冰川逐漸消退，地層記錄主要也顯示海進的狀態，保山地區主要位於濱海至淺海區，二疊紀下部的地層以冰海相沈積為主，逐漸往上分別可見夾雜石灰岩砂岩或頁岩層、石灰岩與白雲岩互層、最上部則以白雲岩為主。所含生物化石群也隨著氣候變暖而顯現冷水種漸變為暖水種的變化趨勢，包括腕足、苔蘚蟲、二枚貝、珊瑚及筴類等化石都可見於地層中，推測當時位於南半球中低緯度地區。晚二疊紀時此地區受到構造運動伴隨海退因而沈積中斷，但因地質資料不足無法定出確定時間。

2.2 標本採集點的地層與年代

我們於民國九十二年九月中旬前往中國大陸雲南省騰沖—保山地層區進行標本採集 (圖 2.1)，實地觀察並記錄晚古生代地層及地質環境，同時採集腕足動物化石以進行後續研究。標本主要採集自早石炭紀的魚洞組、石花洞組及清水溝組 (圖 2.3)，依據 Wang et al. (2001) 指出前者為淺海碳酸鈣平台沈積相，沈積連續且較常見於保山地區，岩性包

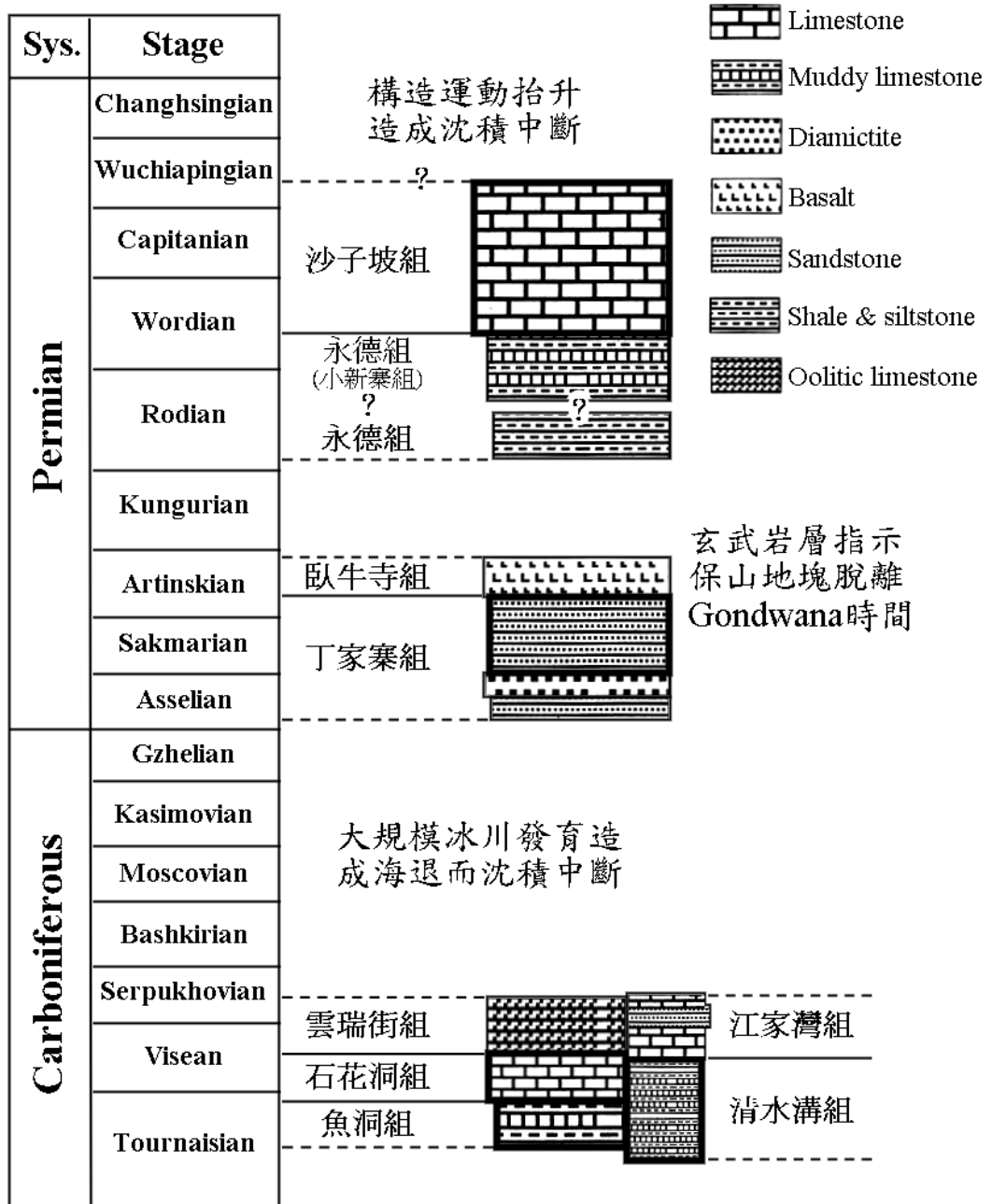


圖 2.3 雲南省保山地區晚古生代地層柱圖 (修改自 Wang et al., 2001)。

括泥岩、頁岩、石灰岩及白雲岩等；清水溝組則與前二者同時異相沈積，屬於盆地沈積相，地層中可見鈣質泥岩與石灰岩。二疊紀的標本則分別採自早二疊紀的丁家寨組上部與二疊紀中期的沙子坡組下部；前者主要由砂岩、粉砂岩、頁岩及生物碎屑石灰岩所組成，含有少許腕足與珊瑚化石；後者由下往上分別為黑色角礫石灰岩、生物碎屑岩及白雲岩化石灰岩，可找到大量的腕足與苔蘚蟲化石（圖 2.3）。

2.3 腕足動物

2.3.1 腕足動物的生態

腕足動物在生物分類學上屬於動物界的一門，與帚形動物門親緣較近，外型雖類似軟體動物門斧足綱（二枚貝類），但無親緣關係。腕足的兩瓣殼體位在軟體之背腹面，不同於二枚貝之左右面，且兩殼大小不等，一般較大的為腹殼（或具有莖孔，稱為莖殼），另一較小的為背殼（或具有腕骨，稱為腕殼），幼年期分泌之殼體具鈎狀似鳥嘴稱為喙部，即為殼體後端，後端至前端長度為殼長，垂直於殼長的最大寬度稱為殼寬，腹殼至背殼的最厚處則稱為殼厚（圖 2.4）。從背殼或腹殼觀察外型可分圓形、長卵形、橫橢圓形、三角形、五角形、方形等；由側面觀察則可分為雙凸、平（背）凸、凹凸、凸凹、雙曲等（何與徐，1990）。

腕足動物在地球上生存歷史悠久，自古生代至現今海洋中都有，古生代腕足化石多發現在礁石地層中，與正常淺海的動物群居，如珊瑚、苔蘚蟲等。寒武紀初期無鉸綱腕足動物已廣泛分佈，有鉸綱腕足動物則始現於中至晚寒武紀；奧陶紀是腕足動物的第一個鼎盛期，以無鉸綱及部分有鉸綱最為豐富；泥盆紀則是腕足的第二個鼎盛期，有鉸綱極為繁盛；晚泥盆紀發生一次腕足動物的滅絕事件，因此石炭紀腕足大量減少，並開始出現外型特化的種屬；二疊紀開始另一個腕足動物較繁盛的時期，以石燕貝類和長身貝類為主，同時特化的種屬發展到鼎盛時期，但

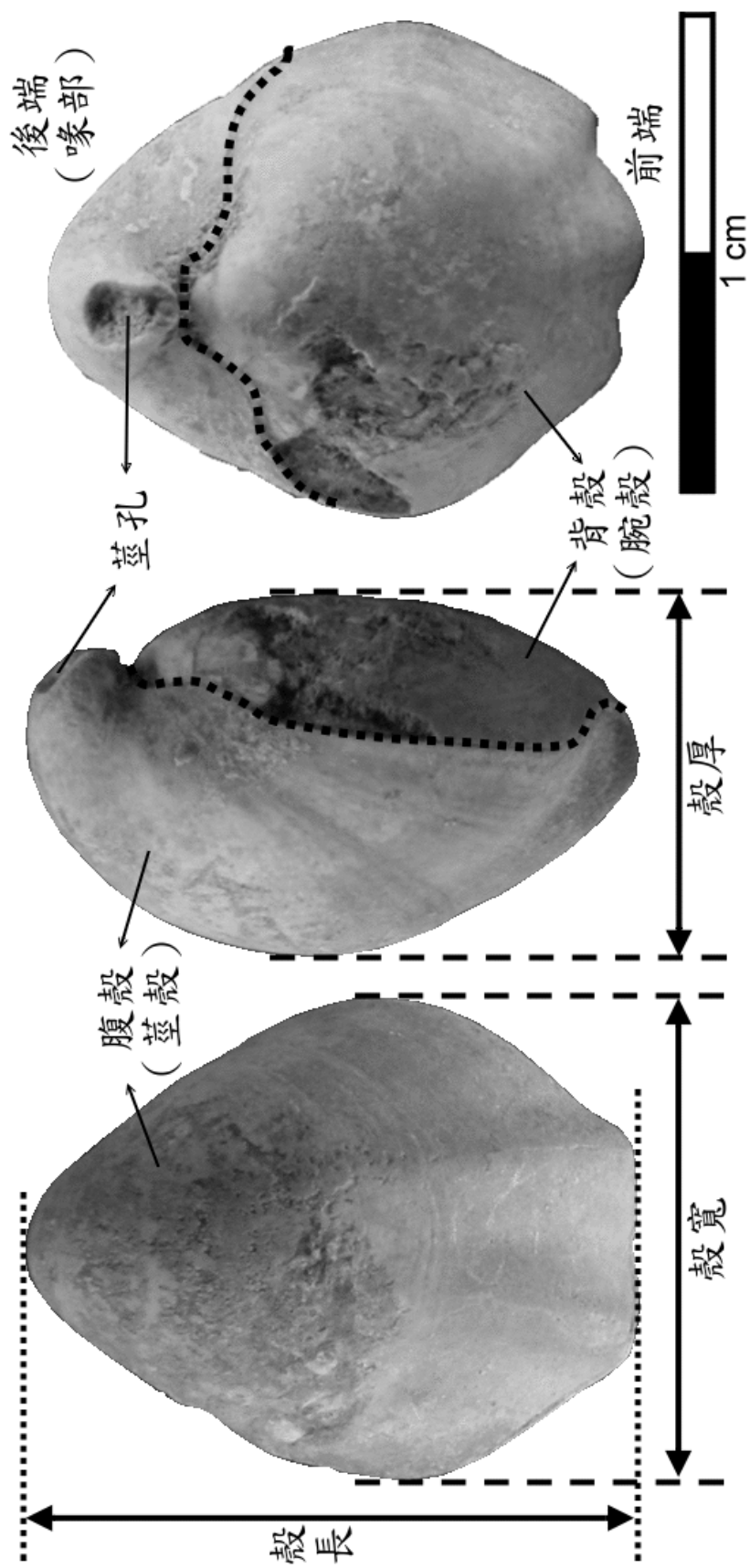


圖 2.4 腕足動物殼體各部位名稱 (本標本為保山地區二疊紀標本 YN093001-3)。

二疊紀末期發生第二次的滅絕事件，使得古生代的基本種屬都走上滅絕，包括石燕類及長身貝類等。進入中生代後，腕足開始向深海發展，從化石所在地層能看出腕足從陽光充足的淺海向深海擴展的過程，直到今日海洋各種不同深度仍能發現腕足動物的蹤影，但數量已經比古生代減少許多，以無絞綱和少數有絞綱（小嘴貝、穿孔貝）為主。依據目前現生腕足的生態研究，可知除了舌形貝（Lingulida）能生活在淡化海水，其餘種屬都在正常鹽度的海水中生活，主要以單體群居，雌雄異體進行有性生殖，幼蟲經歷數天至兩週浮游期之後開始分泌硬殼，之後以肉莖、次生膠結物或殼刺行固著生活或自由躺臥。不同生活方式的腕足偏好不同的沈積環境，穴居種屬多在砂質海底（如舌形貝）；固著生活的則多在岩盤或碎礫、碎殼沈積環境中（陳，1963; 何與徐，1990）。

因現生腕足動物較少，所以分類的建立主要依據腕足化石研究，大致依據三個方面進行：（1）根據重要特徵，如絞合構造、莖孔有無及位置、殼疹型態（2）綜合考量內外特徵及型態比較（3）釐清演化線索進行分類。目前現生腕足約 84 屬近 300 種，而已描述的化石數量約 3377 屬，並超過 32000 種（Moore, 1965；王等人，1966；何與徐，1990）。

不同類的腕足動物殼體若依礦物組成則可大致可分為下列三種：（一）無絞綱磷灰質殼體：含幾丁質成分，約 3.3~20.3% 不等；殼體通常可分為三層，由外套膜三種細胞分泌而成，分別為表殼層、薄稜柱層、纖維層，也有殼體不分層全為幾丁質或是混雜磷灰質的種屬。（二）無絞綱鎂方解石殼體：部分無絞綱腕足殼體中會同時存在鎂方解石和磷灰質的成分， $MgCO_3$ 含量甚至可高達 2.78~6.68%。（三）有絞綱方解石殼體：含 $MgCO_3$ 約 0.49~1.40mol%，低鎂方解石的成分較為穩定，能抵抗成岩作用的影響，一般化石殼體的 Sr 含量及碳氧同位素數值都能保存形成時的海水訊號，因此是古環境研究分析的良好材料（戴等人，1995）。

除了不同種屬腕足具有不同成分殼體之外，根據前人研究指出，不

同目的腕足也會具有不同的殼體結構，以有絞網腕足標本的 Orthida、Strophomenida、Rhynchonellida、Spiriferida、Terebratulida 五個目為例，殼體結構主要可分為表殼層（periostracal layer）、稜柱狀薄層（primary prismatic layer）及纖維層（secondary fibrous layer）三層。通常表殼層多為有機質組成而不易保存於化石中；稜柱狀薄層和纖維層則如前述主要為低鎂方解石成分。但有絞網腕足的 Spiriferida 目中，部分石燕與長身貝類腕足另具有第三層低鎂方解石成分的稜柱狀厚層結構（戴等人，1995；Moore, 1965；Williams, 1968）。

2.3.2 本研究採集之腕足標本種屬鑑定

首先將雲南保山地區早石炭紀與二疊紀地層中採得的腕足標本依採集日期、地點及年代編號建檔，詳細觀察每一腕足標本外型特徵進行初步分類，同時以書面記錄並描繪外在特徵；俟所有標本分類完成後，分別挑選外型完整且特徵明顯的標本，附上比例尺以數位相機拍照紀錄並於電腦進行後製整理。

本研究共選取早石炭紀腕足標本 27 個，殼長介於 0.5~3.5 公分之間，並根據採集之地層年代及層位對比可分為 Tournasian 時期的 9 個標本，分屬於 2 科 2 屬；及 Viséan 時期的 18 個標本，分屬於 10 科 11 屬。二疊紀的腕足標本亦可區分為早二疊紀 Sakmarine 時期的標本 8 個，分屬於 3 科 3 屬，殼長介於 1~2.5 公分；二疊紀中期 Wordian 的標本共 35 個，除了 7 個標本不確定種屬之外，其他分屬於 10 科 13 屬，殼長介於 0.5~4 公分之間；腕足種屬鑑定方面則由「中國科學院南京地質古生物研究所」研究員陳中強及沈樹忠博士協助完成（表 2.1）

表 2.1 雲南保山地區早石炭紀與二疊紀標本編號與種屬對照表。

年代	學名 (<i>genus species</i>)	數量	編號
二疊紀中期 Wordian 共 35 個；11 科 14 屬	<i>Crenispirifer sp.</i>	5	YN093001-4 a.b.c YN093001-18 a.b
	<i>Dielasma sp.</i>	1	YN093001-12
	<i>Orthotichia sp.</i>	1	YN093001-21
	<i>Schuchertella sp.</i>	2	YN093001-5 a.b
	<i>Spiriferellina sp.</i>	2	YN093001-19 YN093001-20
	<i>Streptorhynchus sp.</i>	1	YN093001-14
	<i>Tyloplecta sp.</i>	1	YN093001-6
	<i>Cleiothyridina sp.</i>	1	YN093001-7
	<i>Lissochonetes sp.</i>	3	YN093001-9 a.b.c
	<i>Pseudoantiguatonia mutabilis Zhan & Wu</i>	2	YN093002-1 a.b
	<i>Rhipidomella sp.</i>	5	YN093001-10 YN093001-13 a.b.c YN093001-22
	<i>Waagenites yunnanensis Fang</i>	3	YN093001-2 a.b.c
	<i>genus & specien indef.</i>	1	YN093002-3
	Unknown	7	YN093001-1 YN093001-3 a.b.c YN093001-8 YN093001-11 YN093001-25
早二疊紀 Sakmarian 共 8 個；3 科 3 屬	<i>Nantanella elegantula Grabau</i>	2	YN092208-1 a.b
	<i>Elivina yunnanensis Shi et al.</i>	5	YN092208-2 a.b YN092209-1 YN092209-2 YN092209-3
	<i>Orthotichia sp.</i>	1	YN092209-4
早石炭紀 Visean 共 18 個；10 科 11 屬	<i>Brachythyris sp.</i>	2	YN091919-1-1 YN091919-1-2
	<i>Cleiothyridina minilya Thomas</i>	3	YN091904 YN091906 YN091918
	<i>Cranaenidae (Cranaeninae) Cranaena</i>	3	YN091901 YN091915 YN091923-4
	<i>Eumetria sp.</i>	1	YN092402-1
	<i>Marginatia sp.</i>	1	YN092403-3
	<i>Martinothyris sp.</i>	1	YN092403-2
	<i>Productina sp.</i>	1	YN091917-1
	<i>Rhipidomella michelini (Leveille)</i>	2	YN091923-1 a.b
	<i>Schizophoria sp.</i>	1	YN091923-2
	<i>Setigerites setigerus (Hall)</i>	1	YN092403-4
早石炭紀 Tournaisian 共 10 個；2 科 2 屬	<i>Unispirifer sp.</i>	2	YN092402-2 YN092403-1
	<i>Crurithyris sp.</i>	8	YN092201-1 a.b.c YN092201-2 a.b YN092201-3 a.b.c
	<i>Composita sp.</i>	1	YN092201-6