

從化石說故事 甘肅同心動物群化石沉積埋藏之探討

報名編號：SA-098 隊伍名稱：未來的化石

作者：王依晴¹

指導者：吳育雅 老師

壹、 研究動機：

從國中三年級開始上地球科學課的時候，在地球科學這門學科廣泛的學習領域中，對於地質以及古生物的部分，我就產生極大的興趣。因此，藉由此次機會，我決定以探討一塊目前由板橋石尚典藏館收藏的『甘肅同心動物群化石』標本之沉積埋藏環境作為我的研究題目，以探索引起我極大興趣的知識領域。

貳、 研究目的：

藉由觀察描述『甘肅同心動物群化石』標本中各部分之骨骼化石以及其埋藏之相關位置，探討從骨骼形成化石，在此過程中之化石化作用。

參、 研究問題：

- (一) 藉由觀察描述現生動物骨骼標本及『甘肅同心動物群化石』標本之骨骼化石標本，推測此骨骼化石標本可能的動物屬種。
- (二) 由已推測討論出各骨骼化石之可能屬種結果以及此骨骼化石在『甘肅同心動物群化石』標本上之相關排列等埋藏資訊，合理推測形成此『甘肅同心動物群化石』標本之沉積過程。

肆、 研究方法

經由肉眼觀察『甘肅同心動物群化石』標本、已拍攝並製作成圖版的照片，比對在骨骼及齒式等各方面之相近及相異處，以此判斷推測此骨骼化石標本可能的動物屬種。並配合各骨骼化石在此化石標本中的相關位置，合理推測此『甘肅同心動物群化石』標本化石化作用的可能。

1. 台北市立第一女子高級中學

伍、 研究步驟：

(一) 拍攝化石標本照片

為了能夠方便觀察及紀錄等工作之進行，前往板橋拍攝目前暫由板橋石尚典藏館收藏之『甘肅同心動物群化石』標本的照片，並將沖洗出來的照片，製作成圖版以便於將來觀察、比對以及紀錄等工作之進行。

(二) 拍攝現生動物骨骼標本照片

經由初步粗略的觀察及推測，在這塊『甘肅同心動物群化石』標本上所包含之骨骼化石中，大部分較接近現代的牛、羊等動物屬種。

利用寒假假期期間，前往期程延年博士工作的台中自然科學教育博物館的收藏室中，參觀豐富的館藏並從中找尋相關的標本拍照，並製作成圖版以利於後續之工作。

此外，也承蒙程延年博士的指導，帶領我前往彰化和美拜訪一位專門製作現生動物標本的葉玉成先生。在葉玉成先生豐富的標本收藏中，找出一些比較可能與骨骼化石標本的動物屬種接近的現生動物標本來拍攝，並將照片製作成圖版，以便於比對、觀察等工作之進行。

(三) 蒐集、閱讀現生動物骨骼相關資料

由於在此『甘肅同心動物群化石』標本中，初步推測其包含的骨骼化石有大部分是屬於近於現代家畜的骨骼。因此，藉由閱讀『家畜解剖學』(楊昌輝編著(民 64)，家畜解剖學，國立編譯館出版，正中發行，台北市)以增加對現生動物骨骼的基本構造等知識及基本概念的了解。

(四) 蒐集、閱讀化石埋藏學相關資料

閱讀由程延年程博士提供的『甘肅武都龍家溝三趾馬動物群埋藏學』(張雲翔、薛祥煦編著(1995 年 1 月)，甘肅武都龍家溝三趾馬動物群埋藏學第一版，地質出版社出版，北京印刷學院印刷，北京，由程延年博士提供)。

由於在本書中，對於埋藏學的基本背景知識有詳細的解說敘述，且本書的主題 研究三趾馬動物群，與『甘肅同心動物群化石沉積埋藏之探討』有一定的同質性，因此就藉

著閱讀此書，學習基本知識以及作研究之方法、方向。

(五) 觀察並描述現生動物骨骼標本資料

觀察並描述已製作的現生動物骨骼標本圖版，將觀察描述這些現生動物的骨骼、齒式等由骨骼標本所提供的資訊紀錄，以作為將來用於比對骨骼化石標本之動物屬種的比對依據。

(六) 觀察並描述化石標本

觀察並描述已製作之骨骼化石標本圖版，將觀察描述這些骨骼化石的骨骼、齒式等由骨骼化石所提供的資訊紀錄，以作為將來與現生動物之標本所作之紀錄，比對其屬種時的依據。

(七) 觀察並比對現生動物骨骼標本及化石標本

藉由已觀察紀錄並描述標本的各项資訊，將現生動物骨骼標本及骨骼化石標本互相比對，觀察比對在其骨骼及齒式等各方面之相近及相異處，以此判斷推測此骨骼化石標本可能的動物屬種。

(八) 觀察並描述各骨骼化石在此化石標本中的相關位置

將與現生動物骨骼比對過後的化石標本圖版資訊，根據在此『甘肅同心動物群化石』標本中埋藏的相關位置排列，觀察並描述各個骨骼化石標本間的相關位置，以便於探討推測化石化作用的過程可能。

(九) 探討骨骼化石沉積埋藏為此化石標本之過程可能

根據以上各個討論的結果，合理推測此『甘肅同心動物群化石』標本化石化作用的可能。

(十) 撰寫研究報告

陸、文獻探討

- (一) 經由初步的觀察，我們發現在此『甘肅同心動物群化石』標本中所包含的骨骼化石可大致分為幾部分：脊柱、頭骨、前肢骨、後肢骨以及碎骨。由於種種的因素，我們只能用肉眼觀察的方式來描述此標本，因此我們可以從此標本的骨骼得知的資訊非常有限。依據楊昌輝(民 64)，我們

在觀察比對骨骼以判斷動物屬種時，會有一些較值得注意的要點。

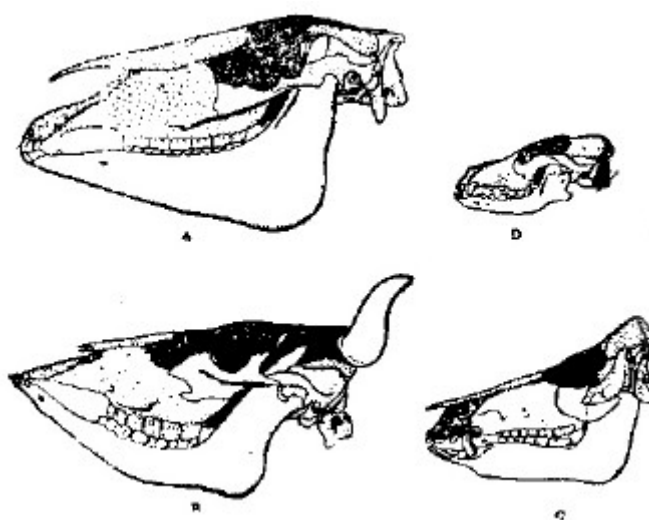
脊柱：

脊柱為動物體背側中央之軸幹，由多數脊椎前後連接而成。在『甘肅同心動物群化石』標本之背面，有一段不完整之椎體。我們可藉由觀察椎體的大小判斷此段椎體可能是屬於動物椎體的哪一段，但若要判斷出動物之屬種有一定的困難度。

頭骨：

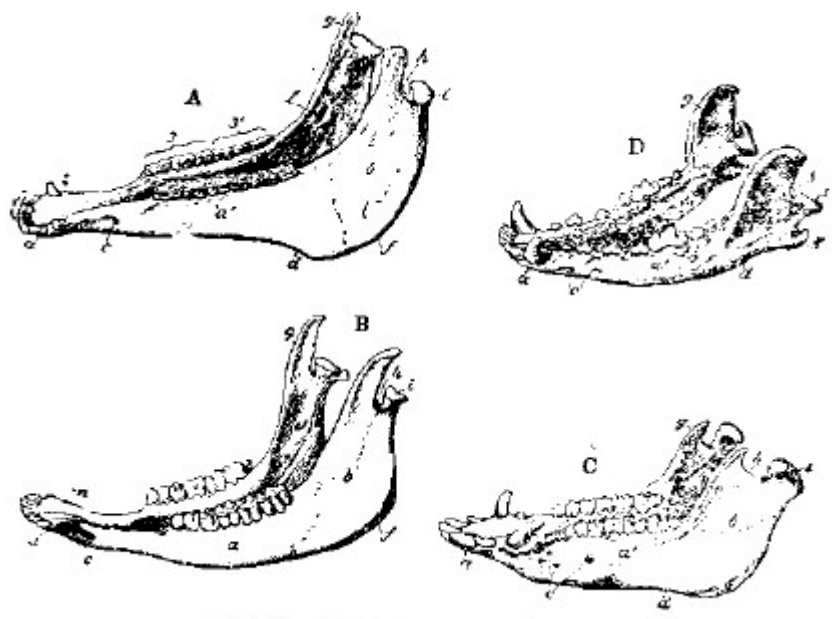
頭骨之構成可別為顱骨及面骨二部分。在『甘肅同心動物群化石』標本中，面骨中最大的骨片 下顎骨佔了很大的部分。而我們需要注意觀察的要點有下顎體水平部及垂直部、齒槽、切齒及犬齒及臼齒的顆數，以此判斷推測可能的動物屬種。

頭骨之比較



(左上)馬、(右上)犬、(左下)牛、(右下)豬

下顎骨之比較

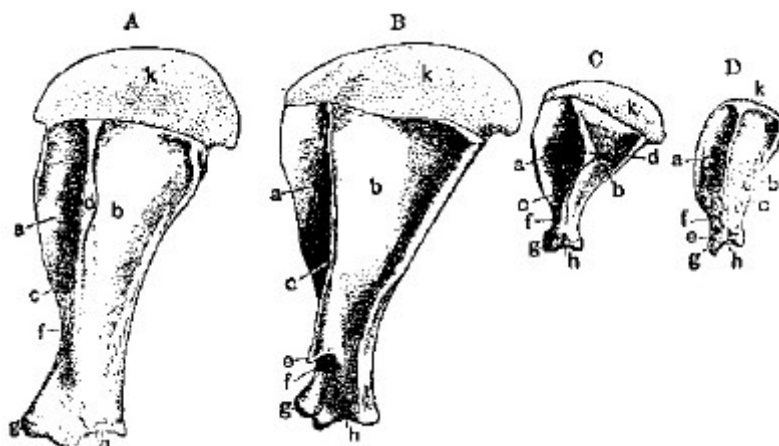


(左上)馬、(右上)犬、(左下)牛、(右下)豬

前肢骨：

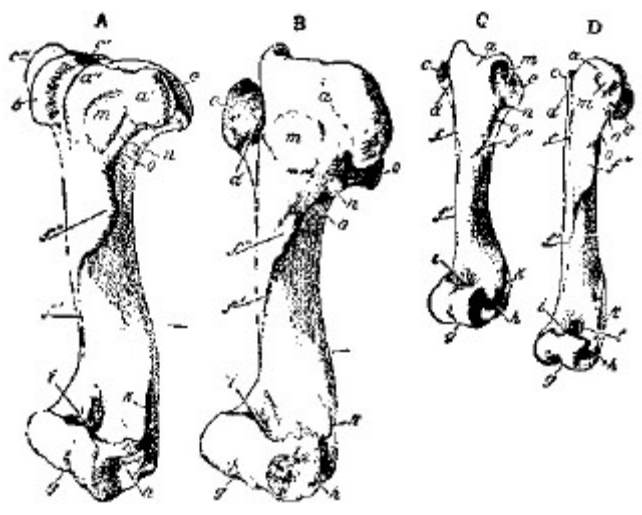
前肢骨可別為肩帶、上膊、前膊及手四部。肩帶原由肩胛骨、烏喙骨及鎖骨構成，我們要注意觀察的要點在其骨體的形狀以及肩胛棘；各種動物之上膊均為一發達長骨，稱為肱骨，在各種不同的動物屬種間，肱骨的骨體上的肌溝深淺及三角肌結都有不同之處，我們判斷的依據也可由此得知；前膊由兩長骨並列構成，即內側稱橈骨，外側稱尺骨，我們可由其骨體之長短粗細及尺橈二骨是否各自分離來判斷動物屬種；手部分為腕、掌及指三部，其特徵如指節數等明顯，較易判斷，但在『甘肅同心動物群化石』標本中並未觀察到手部分的骨骼化石。

肩胛骨之比較



(由左至右)馬、牛、豬、犬

肱骨之比較



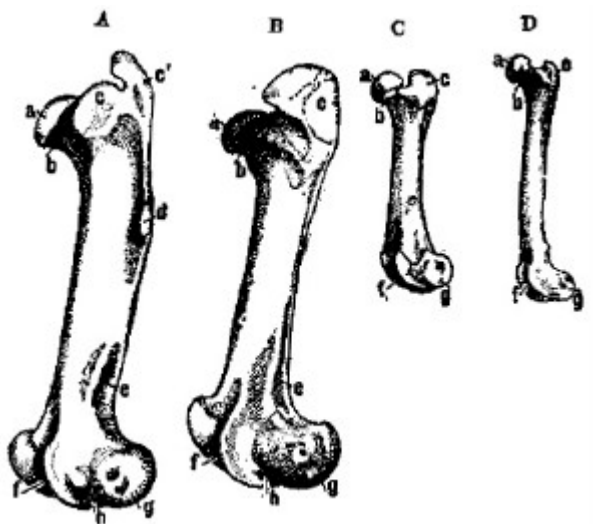
(由左至右)馬、牛、豬、犬

後肢骨：

後肢骨的構造與前肢骨對稱，可分為臀帶、大腿(又稱股部)、小腿及足部。在『甘肅同心動物群化石』標本之背面觀察到的骨骼化石較有可能為大腿及小腿之骨骼。大腿為一粗大柱狀的股骨，其觀察要點除了形狀長短粗細外，骨體上段與關節連接的轉節部分也會因為動物屬種不同而有所差異；小腿部分包括脛骨、腓骨及髌骨，脛、腓二骨並列相當於前膊之橈、尺二骨，而髌骨附著於膝關節前面。觀察脛、腓二骨時，注意的部分為其與關節連接的地方，有些動物甚至會

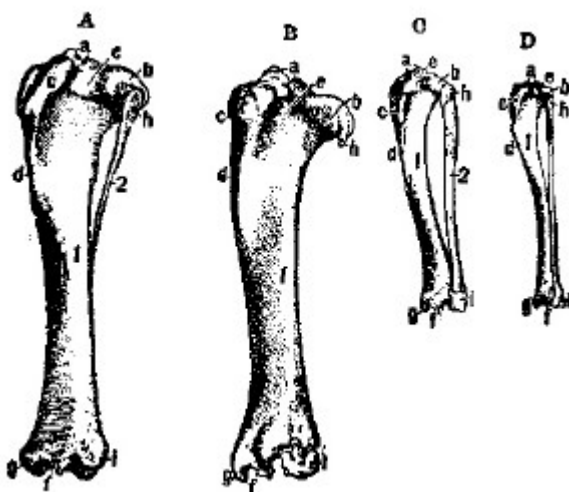
有踝骨。然而，在『甘肅同心動物群化石』標本中並未觀察到類似於髓骨的骨體。

股骨之比較



(由左至右)馬、牛、豬、犬

下腿骨之比較



(由左至右)馬、牛、豬、犬

- (二) 根據張雲翔、薛祥煦(1995年1月)，從生物群到化石群要經過的過程主要有生物群、死亡群、埋藏群、化石群。埋藏群指的是死亡群經過風化、分解及其他生物作用之後，許多還經過搬運，最後堆積埋藏成為埋藏群。而化石群則是埋藏群與其周圍沉積物同時經過成岩作用的變化，最後形成化石群。

在我們討論『甘肅同心動物群化石』標本的埋藏學時，我們會討論的除了上述經由現生動物及化石標本比對而可推測的動物屬種外，我們也要討論這些標本為什麼會在化石化的過程中，變成目前我們所看到的『甘肅同心動物群化石』標本。

首先我們先討論水流對於不同部位骨骼的分選作用。這個資料可以提供我們作為將來討論『甘肅同心動物群化石』標本中為何會出現許多不同種類的動物骨骼化石，並討論其沉積過程。根據美國古生物學家 Voorhies(1969)的實驗結果：

1. 不同部位的骨骼在開始搬運時所需要的水動力大小不同。比重較小、外形呈片狀的肋骨、肩胛骨及外型渾圓的脊椎骨、四肢遠端的骨骼等較早被搬運。而比重較大的骨骼及外形呈長棒狀的骨骼(如主要肢骨等)則較晚。
2. 不同部位的骨骼在水中具有不同的運動方式，如漂浮、牽引、滾動等。
3. 在相同的水動力條件下，不同部位的骨骼根據其大小、比重及型態，很快被分選成為三個不同的沉積組合。

(三) 根據張雲翔、薛祥煦(1995年1月)，化石標本在沉積埋藏的過程中，因為受到許多不同的營力作用，而使其埋藏的類型有許多不同的分類。這些分類的依據將有助於我們將來在分析『甘肅同心動物群化石』標本的沉積埋藏可能是屬於哪一種，藉此也可推測化石形成的原因。

1. 原域埋藏：指生物死亡之後的埋藏地就是其活著時的生存地。其中未經任何搬動者稱為原地埋藏，而經過搬運者稱為搬運埋藏。
2. 異域埋藏：指生物死亡之後經過長距離的搬運，化石受到明顯的破壞、分選及磨蝕等作用。化石賦存環境明顯與化石本身所指示的環境矛盾。
3. 複合埋藏：如果一個化石群中既有原地埋藏，

又有搬運埋藏的標本，則稱為複合理藏。複合理藏的化石類型在討論恢復古生態、古環境時仍可作為一個動物群考慮。

4. 混合理藏：指不同湖盆、不同生態環境的標本堆積到一起的埋藏類型。由這種埋藏方式形成的化石群，其特點是不但不同種類的材料保存狀態差別很大，並且它們彼此所適應的環境之間也有一定的矛盾。

柒、 研究內容

『甘肅同心動物群化石』標本之尺寸約為 50.0 × 36.8 × 4.7 公分³

照片上方有一支實際約 13.5 公分的原子筆

本標本照片中的 1 公分約等於實際的 4.9 公分

同心化石群 A 面



在 A 面約二十餘塊骨骼化石中，經過與現生動物骨骼比對後，由其骨骼提供之資訊，較能判斷比對其接近之動物屬種有以下幾件：

動物屬種接近羊的下顎兩件

動物屬種接近牛的下顎一件

動物屬種接近犬科動物的下顎一件

接近食肉類之顱骨一件

可能為接近羊或是接近牛的肩胛骨一件

尚未較明確判斷比對的標本約有十件

此外還有較難找到比對特徵的許多骨骼碎片

同心化石群 B 面

照片上方有一支實際約 13.5 公分的原子筆

本標本照片中的 1 公分約等於實際的 4.9 公分



由於特徵並不如頭骨明顯容易比對辨認，因此只能大致判斷出為何部位的骨骼，要比對出為何種動物屬種尚有困難。

下腿骨一件

股骨一件

肱骨一件

初步判斷為大型動物的脊柱椎體三塊

尚未能判斷比對的骨骼一件

捌、 討論

在『甘肅同心動物群化石』標本中，我們首先觀察到的是許多不同動物種類的下顎骨，及標本 B 面的前肢骨及後肢骨。經由和現生動物標本比對的結果，依照骨骼的部位分為五大類：

- (一) 接近現生草食性動物如牛、羊等的下顎骨標本
- (二) 接近大型動物的前肢骨及後肢骨標本
- (三) 接近大型脊椎動物的一段不完整脊柱
- (四) 接近貓科動物、食肉類的顱骨一件
- (五) 難以分辨判斷的碎骨

接著，我們觀察『甘肅同心動物群化石』，從標本的 B 側至 A 側，不同部位的骨骼標本沉積大致分為四個層。(註：本研究中所提及之「層」為骨骼標本在『甘肅同心動物群化石』標本中的上下部位分層，非指地層)

(一) 由化石標本最底部至最上部，骨頭的排列大致如下：

第一層：脊柱、前肢骨、後肢骨

第二層：肩胛骨

第三層：下顎骨

第四層：顱骨

(二) 同一層的骨骼堆積並未觀察到有非常特殊的排列，惟相近部位的骨骼之沉積位置會比較接近

藉由上述資訊，對於『甘肅同心動物群化石』標本的化石化過程，我們有以下的討論推測：

- (一) 我們假設在『甘肅同心動物群化石』標本中，搬運骨骼至其可能的沉積地點的營力是水流。根據美國古生物學家 Voorhies(1969)的實驗結果：「不同部位的骨骼在開始搬運時所需要的水動力大小不同。比重較小、外形呈片狀的肋骨、肩胛骨及外型渾圓的脊椎骨、四

肢遠端的骨骼等較早被搬運。而比重較大的骨骼及外形呈長棒狀的骨骼(如主要肢骨等)則較晚。」在『甘肅同心動物群化石』標本中，我們觀察到的骨骼化石的層位排列由 B 面至 A 面依序為肢幹骨、肩胛骨、頭骨，配合 Voorhies(1969)的實驗結果，這種層位排列顯示出在其沉積過程中，水流營力之大小由 B 面至 A 面逐漸減小。

- (二) 經由較仔細的觀察，發現『甘肅同心動物群化石』標本上的骨骼保存都算完整，標本上各個骨骼的斷口並沒有非常的鋒利。出現鋒利斷口之處都是在整塊標本的四周，且在這些鋒利的斷口，我們可以觀察到骨骼內部物質被取代的現象，因此我們認為這些斷口可能是在挖掘的過程中敲打產生的，並不像廝打追殺啃舐骨骼的過程所形成的斷口。此外，我們在這些骨骼上觀察到一些些微磨損的痕跡，且這些化石大致上型體都完整，並不是碎塊。因此我們推測這些標本的堆積較有可能是因為自然營力搬運而堆積在一起，推測為原始的人類或是動物食用過後刻意堆積而形成的可能性較小。
- (三) 在『甘肅同心動物群化石』標本中，我們發現被保存的骨骼大多為下顎骨。由於化石在搬運及沉積埋藏的過程中，各種不同的外營力會使由許多小塊骨頭組成的顱骨相對地比一整塊完整的下顎骨容易碎裂成碎骨，因此較不容易完整的在化石中保存下來。所以保存下顎骨較完整顱骨的機會比較大的這個現象，這可能性是相當合理的。
- (四) 在『甘肅同心動物群化石』標本中出現一件接近於現代貓科動物、食肉類的顱骨標本。由於顱骨並非由一完整的骨頭組成，而是由許多小骨頭組成，因此在化石標本中要出現完整的顱骨是很不容易的。我們認為這個顱骨會被保存在化石中的原因，有下列幾個推測：
 - 甲、 因為這個顱骨的個體比起標本中其他標本來說，相對的比較小。在搬運的過程中，通常大個體的物體因為其體積較大，因此相對上被撞擊為碎骨的機會，比起小個體的物體來說是比較大的。因此

這個顱骨可能在搬運過程中剛好受到相對較少的強烈外營力影響，因此被完整的保存下來。

但是我們的質疑是：當個體大小的差異程度並不是極大的差距時，這個被碰撞破壞的可能性大小是否相對上也並沒有那麼明顯的區別呢？這是我們難以判定的一點。

乙、 因為這個顱骨在『甘肅同心動物群化石』標本中所屬的層位較高，因此我們推測它沉積的時間應該相對來說是最晚的。然而，要判定其沉積時間是否有不同的一個方法是觀察其圍岩是否可以明顯看出這是不同時期的沉積。但是我們觀察圍岩後，發現圍岩的顆粒是很均勻的，並不能明顯的看出沉積時間的不同。

丙、 排除其個體大小的影響，也可能剛好搬運這個顱骨的營力如水流相對地較弱許多，因此它就在『甘肅同心動物群化石』標本中較容易完整的被保存下來。

相同的，這牽扯到一個機運的問題。若要我們判斷其外營力大小是否有很明顯的改變，我們也必須觀察圍岩的沉積物。但由於圍岩的顆粒是非常均勻的，所以我們依舊很難判斷出在沉積時外營力大小是否有很明顯的變化。

玖、 結論

經過上述的討論，我們將『甘肅同心動物群化石』標本中約二十餘塊的骨骼化石，根據骨骼的特徵將化石標本與現生動物比對，我們發現其中可由骨骼型態的特徵較明確的判斷出其接近現生動物屬種的標本有羊下顎兩件、牛下顎一件、犬科動物下顎一件、食肉類顱骨一件、羊或是牛的肩胛骨一件，只能大致判斷出是屬於動物哪一個部位的骨骼標本有大型動物的下腿骨、股骨、肱骨各一件、大型動物的脊柱椎體三塊，以及約十件尚未能較明確比對判斷出動物屬種或是屬於動物的哪一個部位的骨骼標本，和許多難以提供較明確的骨骼特徵的碎骨。

經過更進一步的觀察，我們發現上述這些不同部位的骨骼，

在沉積掩埋的過程中，形成了上下不同的層位排列，從『甘肅同心動物群化石』標本的 B 側至 A 側分為四層，依次為：

第一層：脊柱、前肢骨、後肢骨

第二層：肩胛骨

第三層：下顎骨

第四層：顱骨

依據 Voorhies(1969)的水動力實驗結果「不同部位的骨骼在開始搬運時所需要的水動力大小不同。比重較小、外形呈片狀的肋骨、肩胛骨及外型渾圓的脊椎骨、四肢遠端的骨骼等較早被搬運。而比重較大的骨骼及外形呈長棒狀的骨骼(如主要肢骨等)則較晚。」，推測可能是在這些動物死亡之後，經由自然營力如水流搬運沉積而形成此標本。此外，由於營力的大小對於不同部位骨骼的搬運能力差異，因而造成了此標本不同層位的沉積，形成了『甘肅同心動物群化石』標本特殊的沉積型態。

拾、致謝

- (一) 感謝程延年博士在整個研究過程中，提供我豐富的相關文獻資料以及寒假期間帶我參觀台中自然科學博物館的收藏室。在整個研究的過程中，非常感謝程博士的協助以及地質和古生物方面的知識的指導。
- (二) 感謝板橋石尚典藏館願意讓我能夠在館內為化石標本拍照。在研究過程當中，我也很感謝石尚典藏館提供我許多學習古生物及地質知識的機會以及許多這方面的相關資訊及協助。
- (三) 感謝吳育雅老師教導我許多地球科學的知識，為我的研究提供方向及指導，並不厭其煩地和我討論、提供我許多靈感。

拾、參考文獻

- (一) 楊昌輝編著(民 64)，家畜解剖學第二章，國立編譯館出版，正中發行，台北市。
- (二) 張雲翔、薛祥煦編著(1995 年 1 月)，甘肅武都龍家溝三

趾馬動物群埋藏學第一版，地質出版社出版，北京印刷學院印刷，北京，由程延年博士提供。

拾壹、後記

在這個研究的過程中，我學習到一些過去我不曾知道的概念，接觸到一些不曾接觸的領域，更重要的是，我學習到一種做研究的方法。我覺得我們高中生在現在這個階段，所學的知識其實都還沒有達到頂尖的地步，因此目前所做的研究也並不可能像學術論文般的精密。但是當我們花心思做研究的時候，這個中間的學習、摸索過程其實真的比最後得到的那個成果或是結論來得值得了多了。

最後，真的要再次感謝吳育雅老師以及程延年博士的指導，以及同學們的支持及鼓勵。從這個做研究的過程中，我真的學到很多東西！