

# 中華民國第42屆中小學科學展覽會

∴∴ 作品說明書 ∴∴

## 國中-地球科學科

科 別：地 球 科 學 科

組 別：國 中 組

作品名稱：月世界侵蝕地形的探討

關 鍵 詞：月世界、侵蝕地形、岩性分析

編 號：030512

---

**學校名稱：**

高雄縣立路竹高級中學

**作者姓名：**

蕭雅婷、李俞瑩、徐韻婷、黃佩曦

**指導老師：**

陳光榮、林烈毅



## 摘要

「月世界」是台灣典型的惡地形，主要分布於二仁溪上游，包括高雄縣田寮鄉大部分及燕巢鄉金山地區，台南縣的左鎮鄉及南化鄉大部分。外觀上，一大片隆起的黃土丘，表面較少植物生長，呈現光禿禿的鋸齒狀山脊。

本研究中，我們嘗試就月世界不同地點，不同地點做細部分析各小區域的岩性描述。並以此為分析沉積岩中的碎屑顆粒大小、含鹽量、碳酸鈣含量以及氧化鐵含量對惡地形侵蝕的影響。

就月世界不同地點侵蝕情況的觀察：各小單位地層碎屑顆粒大小，由本文中發現相關性不明顯；含鹽量高者，容易有大規模團塊風化侵蝕，表面溝蝕、山脊反而不明顯；而含石灰岩質多者，因膠結較緊密，且差異侵蝕明顯，表面溝蝕密度甚大，蝕溝深，溝角（即 V 型谷）小而高。地貌上，溝脊峰稜較多分歧。含氧化鐵多者坡腳土指，山脊峰稜呈圓滑狀，表面多褐色碎屑，呈土指狀侵蝕，山脊密度不大，如夾碳酸鈣含量較多，則差異侵蝕更明顯。

月世界地點而言，一般顆粒的土石流的穩定角約 31 度，如鹽分較高區為 35 度，石灰岩質較多區為 40 度，氧化鐵較多的坡腳呈較陡的土指狀。此數據可作為學術上、工程地質、土木技術上，在一岩性上邊坡施工的重要參考。不過，惡地形提供一個良好的鄉土野外教材，土壤也不適合農耕，實在不宜作過度的開發。

# 月世界侵蝕地形的探討

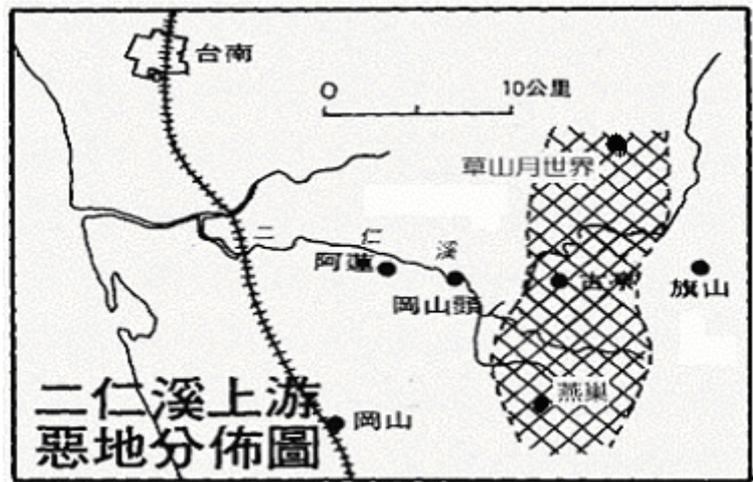
## 壹、研究動機

在國中地球科學課本 3-1 壯麗的山川之成因裡，對於地表的地質作用，我們有了一番初淺的認識，也不禁讚嘆大自然的神奇。假日中，父母帶我們到野外走走，經過了月世界，我們被這奇特的地形所吸引。之後我們利用網路，查詢一些月世界的相關資訊，經由這些資料，我們了解了惡地形的表面特徵，同時也激起我們對月世界的好奇心，於是便想進一步了解這奇特的侵蝕地形。

## 貳、月世界的位置及地形簡介

「月世界」是台灣典型的惡地形，主要分佈於二仁溪上游，包括高雄縣田寮鄉大部分及燕巢鄉金山地區，台南縣的左鎮鄉及南化鄉大部分。外觀上，一大片隆起的黃土丘，表面較少植物生長，呈現光禿禿的鋸齒狀山脊。

在地質上，田寮月世界所在的地層稱為「古亭坑層」(在台南縣稱為「南化泥岩」)，是由青灰色泥岩所組成，標準地點是在田寮鄉古亭村(舊名為「古亭坑」)的「月世界」。一般認為，古亭坑層為一海相沉積地形，厚度達 5000 公尺，層理並不清楚。



## 參、研究目的

- 一、不同地點作細部分析各小區域的岩性描述。
- 二、分析沉積岩的顆粒大小、含鹽量、含碳酸鈣量以及氧化鐵含量對惡地形侵蝕的影響。
- 三、以山脊密度建立侵蝕的量化指標。
- 四、探討不同地點碎屑所形成的穩定角的相關性。

## 肆、測量結果與討論

### 一、各地岩性分析

#### (一) 岩性觀察項目與方法

1. 將採回的岩石標本，觀察表面特徵，用手搓摩表面感覺碎屑顆粒大小。取部分秤重，置入烘乾機半天後，測量烘乾後的質量。
2. 將烘乾後的岩塊，置入盛有 80 毫升的燒杯中，觀察其「去膠結」的情形。用玻棒輕輕觸碰土塊，觀察是否已完全「去膠結」成顆粒，靜置一段時間，觀察燒杯水面是否浮有其他物質，並以八分法估計浮物含量。
3. 燒杯內沉澱之泥沙，以  $25\ \mu\text{m}$ 、 $8\ \mu\text{m}$  兩孔徑大小的濾紙，進行溶解過濾法作粒徑分

析。(步驟 1-3, 如附錄一, 粒徑分析過程圖)

- 以部分岩石標本, 置入盛半滿水的燒杯中, 靜置一天後, 取燒杯較上部分較澄清處 20 毫升, 以硝酸銀做簡單的鹽度分析。

## (二) 岩性觀察

<表一> 月世界各點岩性分析表

地點	代號	時間	泡軟多少	表面有無浮物		平均	備註			
古亭高幹 216	A-2	2002 年 4月 19、 20 日	9分25秒	3/8	3/8	6/16	鹽度分析後得知, G、K處含鹽量較多; B、E、M其次; J(草山)含鹽量少。但各處對硝酸銀均有反應。			
	B-2		6分16秒	3/8	4/8	7/16				
	C-2		11分24秒	4/8	4/8	8/16				
	D-2		17分37秒	3/8	3/8	6/16				
高雄客運月世界站牌	E-2	20 日	7分52秒	2/8	3/8	5/16		鹽度分析後得知, G、K處含鹽量較多; B、E、M其次; J(草山)含鹽量少。但各處對硝酸銀均有反應。		
	F-2		10分32秒	3/8	3/8	6/16				
古亭高幹 230	G-2	20 日	7分22秒	1/8	2/8	3/16			鹽度分析後得知, G、K處含鹽量較多; B、E、M其次; J(草山)含鹽量少。但各處對硝酸銀均有反應。	
	H-2		36分25秒	3/8	4/8	7/16				
草山月世界之草山幹 61	J-2	20 日	8分47秒	2/8	3/8	5/16				鹽度分析後得知, G、K處含鹽量較多; B、E、M其次; J(草山)含鹽量少。但各處對硝酸銀均有反應。
鹽水坑	K-2		8分52分	2/8	3/8	5/16				
	L-2	7分18秒	3/8	4/8	7/16					
燕巢內湖高分15分2(金山)	M	20 日	7分46秒	4/8	4/8	8/16				
	N		為方解石故無法測量							

## (三) 粒徑分析

<表二> 月世界各點粒徑分析表 (單位: 克)

組名	原始重	烘乾重	大於 25 $\mu$ m	大於 8 $\mu$ m	小於 8 $\mu$ m	岩性描述	備註
A-2	6.94	6.00	1.21	2.44	2.35	青灰色, 左方有含氧化鐵較高處	
B-2	12.63	12.21	11.43	0.20	0.78	青灰色	
C-2	16.37	15.47	0.42	15.11	0.05	褐色. 顆粒較小. 位於山脊凹處	
D-2	8.65	8.19	1.43	5.03	1.73	深灰色	
E-2	15.77	14.16	11.01	3.02	0.13	深灰色	
F-2	7.00	6.07	2.04	3.72	0.31	土黃色	
G-2	18.03	17.81	11.84	0.05	5.92	深灰色. 顆粒較小, 有小礫石	
H-2	13.51	12.33	4.60	4.94	2.79	深灰色. 顆粒較	

						小，有小礫石	
J-2	20.57	20.13	5.24	5.81	9.08	深灰色，部分成深褐色碎屑堆於邊坡	
K-2	16.87	15.23	6.84	0.12	7.27	棕色，含鹽量較多，甚至有小結晶	鹽水坑
L-2	20.74	19.54	10.81	5.43	3.03	深灰色	
M-3	25.00	24.53	6.24	3.22	15.07	深灰色，表面較多氧化鐵，也有方解石	
N-3	20.74	因內部多為方解石，所以無法在水中泡軟。					

#### (四) 結果與討論

1. A、B、C、D 雖然同為古亭高幹 216 號處的測點。但 B 點粒徑 25  $\mu\text{m}$  以上佔 85 %，而 C 點粒徑 25  $\mu\text{m}$  以上僅佔 3 %；E、G 點粒徑 25  $\mu\text{m}$  以上分別佔 78 % 及 67 %。整體而言，古亭坑層的沉積岩碎屑的粒徑大小的數量級在  $\mu\text{m}$  級數十  $\mu\text{m}$  之間，沉積時淘選度尚佳（如附錄二，月世界粒徑分析百分圓餅圖）
2. 我們原本評估，古亭坑層的沉積多為「泥土」組成，由「黏土」膠結碎屑形成沉積岩，應該不容易泡軟（去膠結）。由實驗觀察，古亭坑層中碎屑膠結度不佳，需 7~10 分鐘左右；但燕巢金山地區岩石中含碳酸鈣較多，膠結甚緊密，標本不易泡軟，甚至整塊已約見方解石結晶。
3. 由硝酸銀定性分析，古亭坑層中均含鹽分。此次研究中 G（古亭月世界）、K 兩點，含量較高。其中 K 點位於台南縣左鎮鄉「草山月世界」附近的鹽水坑，此處之逕流匯集成鹽水坑溪（菜寮溪的上游），據居民表示此溪水略帶鹹味；此地不易挖掘地下水，味道也是鹹的。早年，要飲用淡水，需越過崎嶇土丘數公里到菜寮溪底（曾文溪上游之一支流）去挑。
4. 漂在燒杯水面上的白色「浮物」，摸起來滑滑的，部分由顯微鏡觀察為微小貝殼。在採集土塊時，常常發現有貝殼的化石，我們可以判定那是碳酸鈣。
5. 月世界岩層普遍夾有氧化鐵，含量較多的岩層有較明顯的褐色。在某些局部較多，如 A 點左方，J、M 兩點，在山脊或蝕溝表面即可看見。

## 二、 蝕溝邊坡角、蝕溝角、蝕溝坡度角、山脊角、溝角的測量與討論

### (一)、測量角之圖示：

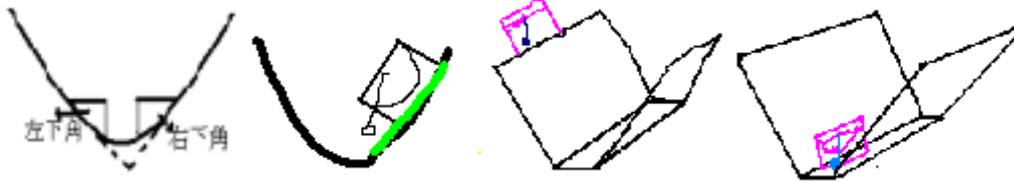
我們於各測點選擇一主蝕溝，再由此一蝕溝擇 3/4，1/2，1/4 高處（編號如 A-1，A-2，A-3）量取下述資料。每一蝕溝的左下及右下的角度可算出蝕溝角的大小。又於同一高度量取蝕溝左右邊坡的傾斜坡度，及其對應同高度鄰近的較大山脊的脊坡傾斜坡度。各測量角度、坡度，圖示如下：

1. 蝕溝角

2. 蝕溝邊坡度

3. 山脊

4. 蝕溝坡度



(二)、結果紀錄

<表三> 月世界各點蝕溝邊坡度、蝕溝角、山脊角、蝕溝坡度角、溝角測量表

編號	左下	右下	蝕溝	山脊	坡度	溝角	備註	
A-1	100	110	30	70	55	42	時間:2002/2/1/1:30~3:00 2002/2/5/1:30~3:00 2002/2/24/2:00~3:30 地點:高幹 216	
A-2	120	100	40	71	40	51		
A-3	110	123	53	70	54	42		
B-1	115	100	35	61	72	52		
B-2	120	110	50	56	57	65		
B-3	130	100	60	52	62	41		
C-1	130	130	80	62	60	40		
C-2	110	143	73	58	52	50		
C-3	140	150	110	84	62	53		
D-1	100	110	30	69	72	42		
D-2	115	110	45	57	75	50		
E-1	100	110	30	80	69	58		時間同上 地點:高雄客運月世界站牌
E-2	120	120	60	68	58	48		
E-3	130	110	60	64	55	41		
F-1	110	110	40	77	67	53		
F-2	110	125	55	62	70	46		
F-3	130	120	70	62	59	38		
G-1				69	62	45	時間同上 地點:高幹 230	
G-2				44	42	45		
H-1	110	95	25	45	56	58		
H-2	110	115	45	84	77	33		
H-3	120	120	60	59	57	55	時間同上 地點:草山月世界枝草山幹 61	
J-1	160	150	110	53	52	57		
J-2	140	150	90	55	53	36		
J-3	170	160	130	45	38	51	時間同上 地點:鹽水坑	
K	115	135	70	68	85	35		
L	115	110	45	65	88	39		
M-3	因蝕溝溝底狹窄(5~6cm)無法測量							
N-3								

### (三) 討論

1. 每一蝕溝外貌上呈現 V 字型。此溝形成的主因應為雨水的侵蝕。蝕溝角越小，即 V 字左右邊坡角度越陡，代表流水在此點侵蝕力越大，也就是此岩層抗侵蝕力較弱。就 ABCD 四點（古亭高幹 216）比較，B 點顆粒較大，蝕溝角較小，蝕溝底坡坡度較大；C 點顆粒較小，蝕溝角較大，蝕溝底坡坡度較小。山脊坡度看不出明顯的區別，因為蝕溝匯集各脊坡流下的水，有較明顯的下切現象。因此，如果一地地貌上，溝脊峰稜較多分歧，可視為有較明顯的侵蝕作用。
2. 在古亭高幹 216 處，我們原先以為用每一蝕溝，取中間高度討論「顆粒大小」和蝕溝等角度的討論，經縣展指導，發現每一測點的蝕溝中又縱切過許多小單位的「岩層」。所以，我們嘗試用更細部的層理找出原本想達到的目的，參見附錄三，以結果分析似找不到相關性，不知是當天測量（6.19）是前陣子幾陣豪雨大過剛過後（五月中起接連梅雨期，有幾陣豪大與），還是本來在如此小顆粒範圍就不太有差別。（我們查過何春蓀《普通地質學》，他提到，粒徑在 2mm 以下，卻顆粒越小，所需水流速度較大。，但毛松霖主編《高級中學物質科學地球科學篇》上冊提到，粒徑在 2mm 以下，造成侵蝕所需水流速度是相同的）
3. G、K 各測點含鹽量較高，就野外實際的訪問調查，表面易風化，平時炎熱時土塊易崩落，下雨時易有大規模土流泥漿的現象侵蝕。在此次研究中，表面蝕溝、山脊反而不清楚。故含鹽量高之處，不能由蝕溝或山脊下定論。
4. M、N 兩點含較多的碳酸鈣，蝕溝很窄，不好測量，蝕溝坡坡度（或次山脊）用傾斜儀目測約 55 度左右，山脊峰稜尖銳，見附錄四，圖版四。
5. A 點左側有一氧化鐵集中處，兩次野外觀察發現，表面山脊蝕溝並不清楚，成參差的「土指」小地形，有別於古亭高幹 216 處四點的侵蝕外貌，草山月世界，表面山脊蝕溝稍清楚，土指就稍模糊了，如附錄四，圖版二、五。另燕巢月世界氧化鐵較集中處，山脊（包括主、次）頂角呈圓滑狀，並沒有尖稜，土指並不多見。我們的推論，氧化鐵有時可作為沉積岩的膠結物，其膠結力小於黏土或「其他泥土」，而金山仍有膠結度高的碳酸鈣，外貌仍可見山脊和蝕溝。

## 三、 月世界範圍三十公尺山脊密度

### (一) 山脊密度統計的方法

1. 我們以 30 公尺的視野面寬，統計山脊的數量。主山脊為 4 分，主山脊延伸之次山脊為 3 分，以此類推 2 分、1 分，計算法如下照片所示。就各測點由四位同學分開計算統計。

2. 我們定義山脊密度為：

山脊密度 =

山脊指數總分

30 公尺



(二)、山脊密度統計表

表四 月世界各點山脊密度統計表

地點	測量者	4分	3分	2分	1分	總分	平均	密度	備註
A	俞瑩	6	8	3	1	55	49.75	1.658	此四測點，為同一系列山脊。C處之山脊較為低陷凹下，所以分開計算，看是否侵蝕較嚴重。  時間： 91.3.16. PM.1: 30
B	韻婷	8	8	7	0	70			
D	佩曦	11	5	0	0	59			
	雅婷	9	6	8	0	70			
C	俞瑩	4	3	1	0	27	32.75	1.09	
	韻婷	5	3	0	0	29			
	佩曦	7	2	2	0	38			
	雅婷	6	3	2	0	37			

E F	俞瑩	9	15	9	0	99	81.75	2.753	時間： 91.3.16 PM. 3:30
	韻婷	3	12	12	0	72			
	佩曦	5	10	11	0	75			
	雅婷	6	11	12	0	81			
G H	俞瑩	2	2	0	0	14	18.5	0.61	此二測點鹽分較高 時間： 91.3.16 PM. 3:00
	韻婷	2	4	0	0	20			
	佩曦	3	3	0	0	23			
	雅婷	2	3	0	0	17			

地點	測量者	4分	3分	2分	1分	總分	平均	密度	備註
J	俞瑩	6	12	10	0	70	90.5	3.01	此地為草山 時間: 91.4.14 AM. 11:08
	韻婷	12	12	8	4	104			
	佩曦	11	10	9	2	94			
	雅婷	10	11	9	3	94			

N	俞瑩	6	40	42	78	304	325	10.8	多貝殼化石，甚或方解石結晶，部分含氧化鐵 時間: 91.4.14 AM. 11:38
	韻婷	8	42	50	80	330			
	佩曦	7	46	46	76	334			
	雅婷	8	44	45	79	333			

### 三、討論

1. G.H 處的山脊密度較小，表面看起來較平坦。由野外觀察，得知它的蝕溝很淺，甚至不清楚。但據鹽水坑（K）處居民林先生（51歲）一家描述：在天氣熱時山坡岩層上常見食鹽結晶，有時土塊成大團塊崩落。下點小雨，即泥漿四流。G.H 兩點，含鹽量略少，表面蝕溝、山脊反而不清楚但表面偶見小礫石，地貌上，少節理、泥裂，多為大規模大團塊狀。由此可知，岩層中所含的鹽分較高，較易大規模土石（或團塊）的侵蝕。
2. A、B、C、D 同為古亭高幹 216 號處的連綿的山脊，但 C 處明顯凹下，顯示顆粒小者，較易被侵蝕。但在此統計法中，山脊密度卻不高。然而，如果我們將此處之密度再除以山高之比，是否可作為一校正的方法？
3. M、N 處可能因含石灰岩較多，膠結較緊密，且差異侵蝕明顯，表面山脊密度大，蝕溝深，溝角（即 V 型谷）小而高。地貌上，溝脊峰稜較多分歧。（如附錄四，圖版四）
4. 氧化鐵較多之處，局部含氧化鐵較高之處，土指多位於坡腳，蝕溝不明顯，山脊也不好認定。（如附錄四，圖版二、五、七）
5. 同一地我們以四個人統計，主要考慮山脊指數認定上的分歧。統計結果保留呈現，也代表每個人測量的獨立性。統計上求平均，是減少每人認定的誤差。
6. 山脊密度越大，代表流水對地形的侵蝕力越強。但含鹽量、氧化鐵較高之處，宜另行討論。

#### 四、 不同地點碎屑所行成的穩定角的相關性

##### (一) 蝕溝溝底坡度傾斜角之測量

表五 古亭高幹 216 處時溝底坡度表 (單位：度)

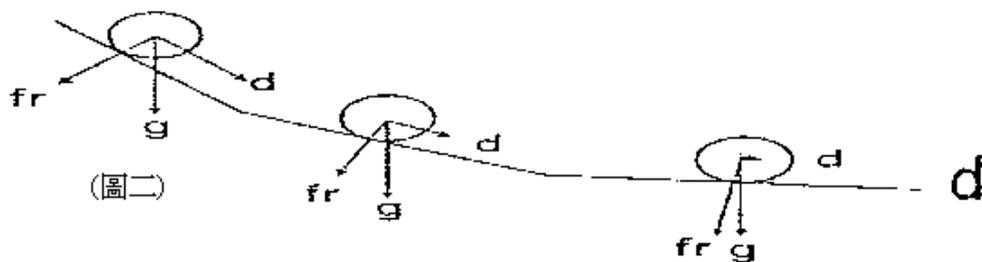
測點	-1	-1.1	-2.	-2.2	-3	備註
A	45	44	41	38	32	編號-1.1 為 5/8 高度。 編號-2.2 為 3/8 高度。
B	47	45	43	37	23	
C	55	49	41	37	29	
E	52	49	44	40	31	
F	51	49	44	39	32	

表六 草山、金山蝕溝坡腳穩定角統計表 (單位：度)

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	備註
G	35	34	32	36	35	34.4	測量穩定角
J	35	35	35	37	36	35.6	
M N	41	37	38	37	43	39.2	

##### (二) 討論

1. 就單一蝕溝溝底坡度而言，以 ABCFEF 為例，約成一拋物線圖，我們做一侵蝕坡度示意圖如下，各溝底傾斜角度實為下滑力 (d) 與摩擦力 (Fr 形成與 d 方向相反的力) 達平衡的結果。故每一測點編號 3 之處可視為侵蝕泥流最後的穩定角度。燕巢月世界的山脊坡度與蝕溝坡度較接近直線，由目測法得次山脊 (指數 3) 為 55 度。
2. 就穩定角的測量中，一般月世界地區坡腳的穩定角平均約 31 度，而鹽度較高的兩點，雖為不同兩地，穩定角平均約 35 度。而含碳酸鈣較多的金山地區，穩定角約為 40 度左右。而局部含氧化鐵較高之處，土指多位於坡腳，蝕溝不明顯，也沒有侵蝕碎屑的痕跡 (多直接噴濺於旁或整塊土指崩移)，故不測穩定角。
3. 我們選擇蝕溝溝底坡度測量，主要考慮雨水將侵蝕碎屑沖至蝕溝，再測量坡腳的穩定角時，我們特別注意是否為「二次堆積」的問題。



## 伍、結論與建議

- 一、月世界所在的古亭坑層，就粒徑分析為一細質粉砂的沉積，含有鹽分，有些含有海生貝類的化石，可確認為一海相沉積。
- 二、就月世界不同地點侵蝕情形的觀察：各小單位地層顆粒小者，較易被侵蝕；含鹽量高者，容易有大規模團塊風化侵蝕，表面蝕溝、山脊反而不清楚；而含石灰岩質多者，因膠結較緊密，且差異侵蝕明顯，表面蝕溝密度甚大，蝕溝深，溝角（即 V 型谷）小而高。地貌上，溝脊峰稜較多分歧。含氧化鐵多者坡腳多土指，山脊峰稜呈圓滑狀，表面多褐色碎屑，呈土指狀侵蝕，如夾碳酸鈣含量較多，則差異侵蝕更明顯。
- 三、就月世界地點而言，一般顆粒的土石流的穩定角約為 31 度，如鹽分較高區為 35 度，石灰岩質較多區為 40 度，此數據可作為學術上、工程地質，土木技術上，再一岩性上邊坡施工的重要參考。不過，惡地形提供一個良好的鄉土野外活教材，土壤也不適合農耕，實在不宜作過度的開發。

## 參考文獻

- 何春孫《普通地質學》五南出版社 1986 版 頁 73-74，
- 何春孫《台灣地質學概論 台灣地質圖說明書》增訂第二版 經濟部中央地質調查所 1986 99-100 頁
- 王執明等《國民中學地球科學》全一冊 國立編譯館 2001 版 38-41 頁
- 王執明等《國民中學地球科學》上冊 國立編譯館 1998 版 41-49，62-65 頁
- 劉廣定等《國民中學理化》第一冊 國立編譯館 2001 版 157-159 頁
- 劉廣定等《國民中學理化》第二冊 國立編譯館 2001 版 5-8 頁
- 毛松霖主編《高級中學基礎地球科學》全一冊 大同資訊出版社 2001 13-17 頁
- 毛松霖主編《高級中學物質科學地球科學篇》上冊 大同資訊出版社 2001 43-44，46-49，51-56 頁
- 王鑫《台灣地形景觀》渡假出版社 1986 222-225 頁
- Edward J.Deneck, Jr.《Let's Review:Earth Science》Science Technical Assistance Center. 1995 .169 頁
- 網站：(一) twcmrl.ct.ntust.edu.tw (二) www.shute.kh.edu.tw