

4-8064

地形模型

劉迪生編著



地形模型

劉迪生編著

中国青年出版社

一九五四年·北京

內 容 提 要

地形模型是表現地面景象最具體的實物標本。這種工具在軍事上、工程設計上、地理教學上應用漸廣，收效也很大。本書簡要地介紹了一些地形模型的基本知識，同時對於製作地形模型的方法和材料，都有很詳細的具體的說明，有些地方還是作者自己的經驗之談。

前 言

地形模型是表現地面景象最具體也最親切的實物標本。它把地面上許多錯綜複雜的地理景象精簡扼要地提供出來，給人們一個非常清楚而完整的印象。近年來這種工具在軍事上、工程設計上、普及教育上，應用日漸廣泛，而且效果也很好。解放後，由於全國國防、經濟和文化建設高潮的開始到來，大家對這種工具的應用更感迫切的需要。

作為一個地理工作者，尤其是地理教師，必須能夠掌握地形模型製造的技術。這不僅在地理教育上能收到實物教學的效果；而且教學生練習製造模型又是一種很好的勞動教育。作者自己曾經從事過地形模型的製造，在製作的過程中，也得到一些經驗。現在簡單的將製法介紹出來，供讀者參考，可能對讀者製作模型會有些幫助；但要把模型做好，主要還靠讀者根據科學原則，在自己的勞動實踐中，結合別人的經驗，多找‘竅門’。

在編寫這本小冊子的過程中，作者得到很多同志的幫助。蒙曾世英同志提供了很多關於模型製作的寶貴意見和參考資料，王煦樞同志在本書內容組織方面提供了不少意見並代為校訂，羅尹賢同志幫助畫了很多精緻的附圖，李孝芳同志、潘

德揚同志、吳端祥同志也給予不少協助，特此一併致謝。

作者經驗有限，錯誤的地方，一定難免。希望讀者多多加以批評和指正。

劉迪生 一九五二年五月於清華大學

目次

前言	
一 簡史	1
二 用途	2
三 底圖的設計	5
四 高度堆砌法	11
(1) 剖面法 (2) 等高線升起法 (3) 層板法 (4) 鐫刻法	
(5) 標尺法 (6) 標釘法 (7) 錘模法	
五 填塑材料	23
六 修飾	27
七 翻模	28
八 塗色	32
九 符號	34
十 寫字	36
十一 結語	38

一 簡 史

地形模型的製作起源很早，甚至比平面地圖還要早些。在現在某些原始民族中間，還沒有平面地圖，但已經有了立體地圖，如太平洋中的塔希且人用木料做成他們所居住的島嶼的立體地圖。馬紹爾羣島土著居民在做立體的海圖時，把椰子的直的葉柄做成方格網，好像現在的經緯線，這種方格網既可當作海圖的支柱，又可表示各島嶼在大海中的位置關係。他們又把彎曲的葉柄表示潮水流動的方向，用貝殼表示各島嶼所在的地位。這種立體的海圖係水手所創，用來作為航行的指標的。由此可見，上古時期可能也有立體地圖，後來隨着社會的發展，這種立體地圖就被輕便的平面地圖所代替了。

在我國的歷史記載中，東漢時馬援曾‘聚米為山谷，指畫地形’。南北朝時代謝莊(421—466)有木方丈圖的創作，這是一種木刻的地形模型。宋朝沈括(1030—1090)又用漿糊木屑與蠟製地形模型，同時還製作木圖。在歐洲，十八世紀纔有人製作兩個瑞士中部的地形模型：一個是蠟製的，一個是紙漿製的。直到十九世紀中葉，等高線地圖製印普遍時，地形模型的製作纔漸臻完善。

在兩次世界大戰中，尤其在第二次大戰中，地形模型的製

造，更因軍事上的需要，得到空前的發展。同時，橡皮和可塑性原料的供應，克服了地形模型體積笨重的缺點，解決了保存和運輸的困難；加以立體縮放儀和電動刻刀的設計，打破了手工業生產方式的限制，提供了大量生產的可能，因此開闢了立體地圖發展的新途徑。

二 用 途

把三度空間的立體圖形繪作平面地圖，雖然可用等高線來表示地形的高低起伏，但是對於等高線沒有訓練的人，這種地圖仍不易被理解；即使懂得等高線的讀者，看起來也要經過一番‘翻譯’的過程，需要豐富的想像力和仔細的研究，纔能完全理解。而地形模型具體的表現了三度空間的關係，可以從不同的角度去觀察，使人們從直覺中就能得到一個清楚而全面的印象，而且人人能看得明白。地形模型除了有表示地面的立體形象的優點外，又能表現地下的地質構造的情形。若把模型切成剖面，在剖面上繪製地層分佈的次序，更可幫助理解地面上地形和其他景象的構成原因。茲將地形模型在各方面的用途分別敘述於下：

(1) 地理教育 現在我國的中小學校中，地理教具是十分不完備的。如果地理教師能够自製地形模型，就可作為地理教學的有力工具，一方面節省了漫長費時的敘說，另一方面又

使學生獲得生動而深刻的概念，提高學生學習地理的興趣；而且地形模型的製作需要理論與實踐的結合，科學與藝術的結合。教師若能教學生練習製作，也是一種手腦並用的勞動教育。

我們在圖書館、文化館、展覽會場裏，如能利用模型適當地表現各種地域性事物的特徵，就幾乎用不着文字和符號來說明，就可使觀衆完全理解所表現的事物。即使識字不多或不識字的觀衆也能從具體的實物中獲得相當的地理知識。因此，地形模型在普及教育上也有很大的作用。

(2) 建設方面 在從事區域建設計劃時，地形模型是一種最有用的參考工具。如建築一條鐵路，把路線經過的地方製成模型，就可完全看出各種地形的情況，路線經過的坡度也可在模型上量出。如修建水庫，若能先製一地形模型，對於水庫區土地利用的情況、水庫的容量和淹沒區域等，都可以在模型上清楚的表示出來，而且也可以實驗出來。清華大學水力館曾製一永定河官廳水庫的模型，對水庫的研究很有用處。此外，在礦場方面，還可利用地形模型表示地質構造，把地形模型分成若干剖面，在剖面上表示地質構造，便可以很明顯地看出地層和礦牀的排列次序，這對探礦和開礦的計劃，有很多的便利。

(3) 航空方面 飛機駕駛員飛行時常要參考地形，以校正飛行的路線是否錯誤，因此必須把航線上的地形認識清楚。

這樣纔可以安全飛行。尤其在開闢航線前，地形的知識對於航空駕駛員，對於航空路線的計劃研究，都是很重要的。但是怎樣可以在短時間內掌握地形的知識呢？最簡單的辦法還是利用地形模型。

航空投擲的訓練，也可以利用地形模型。若預先把投擲目標的附近的地形做成模型，放在特製的機艙內（艙內的情形，包括音響震動等，與實際情形完全相同），再用光學儀器及機械設備，將模型上的地形按照飛機速度及航空高度投射到射手的眼中，使此種情況與實地完全一致。經過這樣的訓練，射手在實際飛行中，從高空俯視地面，就像看到的模型那般大小，這樣在投射的時候，就能對準目標，一擊中的。

（4）軍事方面 軍事作戰必須根據山川、沼澤、海岸線、道路、城鎮、村落，……等地理情況，來考慮攻守的部署。地形模型就是很有用的工具之一。假如把作戰的地區製成模型，一方面參謀部可利用它來計劃作戰，另一方面戰士們對那些地方的地形也可預先熟悉，在作戰時就胸有成竹了。中國人民志願軍在朝鮮戰場上，作戰之前有一種‘沙盤作業’的創作。就是用泥沙按地形圖作成地形模型，作為作戰的參考。

在地形模型上，可用電燈光從高處某一角度投射下來，以表示暴露區或掩蔽區，光坡即暴露區，暗坡即掩蔽區。這對於潛行軍和砲兵是很重要的參考材料。行軍的道路和時間，作戰的計劃，也都可利用地形模型來研究設計，而模型的這些優

點，是平面圖所不及的。

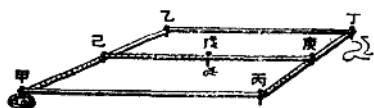
三 底圖的設計

地形模型的設計首先要決定底圖，底圖比尺的大小要看這個模型預備做什麼用處的。一般來說，普通為教育用的模型，底圖的比尺可以小些；如為工程用的，底圖的比尺可以大些。比尺就是地圖上的距離和相應的地面上的距離的比例。比尺小，圖的內容要簡單些；比尺大，圖的內容要詳細些。底圖決定後，再把底圖繪到所要做的模型上，其比尺有兩種：一為水平比尺，一為垂直比尺（或稱高度比尺）。

(1) 水平比尺 模型的大小確定後，即將底圖先在平面上按照比尺放大或縮小到所需的尺寸。若製作大幅模型時，為了工作便利，最好將地圖分為適當的方塊或長方塊，一塊塊的來分別處理，到最後纔把它們拼貼在一起。

我們把地圖縮小或放大，這可用縮放尺或方格法來解決。

(a) 縮放尺 這工具可以把原地圖放大或縮小，在製造地形模型時是很重要的。這工具的種類很多，普通的為右面一種（圖一）。



第一圖 縮放尺

甲爲固定不動點，其他三點可以移動，己庚棍可以在甲乙棍及丙丁棍上前後移動，但要使它和甲丙平行。放大或縮小要依甲己及己乙之關係，畫筆戊要在己庚棍上移動，使甲戊丁成一直線，則

甲己：甲乙＝甲戊：甲丁

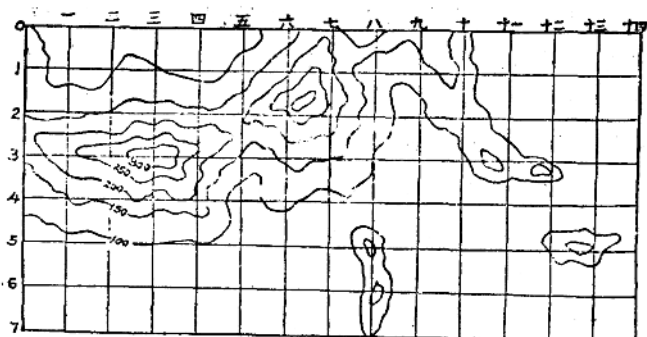
移動指針丁，畫筆戊在紙上描繪，原圖就縮小了。若將畫筆放在丁點，指針放在戊點，原圖就放大了。

使用這儀器時，首先要將己庚兩端移到適當的比例，然後再移動畫筆。應當注意的是先試繪一次，察看縮小或放大的位置是否合適，然後再開始進行縮放工作。一般說來，用縮放尺時，縮小較準，而放大則不大準確，超過四倍以上更靠不住。

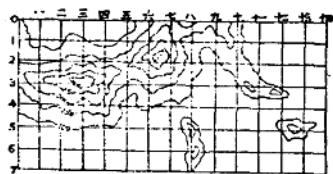
(b) 方格法 如果沒有縮放尺，可用方格法。先在底圖上打好方格，再在圖畫紙上也打上相當比例的方格。縮小時，畫圖紙上的方格小些，放大時，方格大些，均可按照比例任意縮放(圖二)。

又地圖縮小放大以後，最好能將政治區界線、河道和交通線、都市、鄉村、耕田等用透明紙描下，以便模型製竣後，將該圖覆貼於模型上，作爲最後填繪各景象的位置用。

如欲製作一地球弧面的模型時，模型的弧面也可求出，地球的半徑常數爲 6,371.2 公里，如製 1:10,000,000 的模型，



甲 圖



乙 圖

第二圖

方格縮放圖法

甲比乙 2 : 1

模型弧面的半徑即為 63.71 公分，以此半徑作弧面，再在其上堆砌高度。

(2) 垂直比尺 製造地形模型，最好要用等高線地圖作底圖，即使用一般書店印行的分層設色地圖也很簡便。如無底圖，在小區域內，可先做簡單的測繪工作，再將所測的地圖縮放至規定的大小。

如果製作一地形模型，其水平距離的比尺和垂直距離的比尺一樣大，那末地面上的高低起伏就很不易看出來，使我們

失去了對於地形的習慣的感覺。作一個十萬分之一的北京西山附近的地形模型，若垂直和水平比尺一樣大，萬壽山的高度纔有米粒大，太不明顯了。所以必須將高度放大些，看起來方纔明顯，可是放大多少倍纔好呢？這要看：

- ① 所擬製作區域地形起伏的大小，
- ② 該區水平比尺的大小，
- ③ 地形模型的用途。

一般說來，所用底圖的比尺愈大，地形的高低起伏愈明顯，這樣垂直比尺就要少放些；反之，要多放些。就模型的用途論，爲一般的觀看用的，垂直比尺可以多放些，爲工程用的，如水庫地形模型等，可以少放些。如表現地質構造的地形模型，垂直比尺可以不放大，否則地層的傾角就要會發生錯誤了。

但究竟放大多少倍纔較爲合適呢？最好在事先能試畫幾個橫剖面，選擇一個看起來好像是‘真實’而醒目的來用。如五萬分之一比尺的地形模型，模型上的垂直比尺可以不必放大。如比水平比尺放大到一倍半或兩倍，則地形顯得更醒目些；如十萬到二十萬分之一中級比尺的地形模型，模型上的垂直比尺可以比水平比尺放大二倍到五倍，模型的比尺再小些，模型上的垂直比尺就應再放大些。

如普通的丘陵地區，即中級的起伏地形，垂直比尺比水平比尺放大的倍數，一般粗略的規定如下：

$$\text{垂直比尺的放大} = 2\sqrt{\frac{\text{比尺之分子部分}}{50,000}}$$

如比尺為 1:50,000, 則垂直放大倍數為

$$2\sqrt{\frac{50,000}{50,000}} = 2$$

比 尺	垂直放大倍數
1:50,000	2
1:125,000	3
1:250,000	4
1:500,000	6
1:1,000,000	8
1:2,500,000	14
1:4,000,000	16

這個粗略規定,是適用於中級的地形起伏的情形的。如用於起伏緩和的平坦地區,垂直比尺應斟酌再多放些;如起伏陡峻的高山地,垂直比尺應少放些。又如果一個小比尺的地形模型,其中的景象是很細緻的,垂直比尺也可以少放些。此外,更須看當地的地形的特殊情況。比如在一地形模型中,地形起伏非常顯著,一邊為高山,一邊為平原,就須另外來處理。

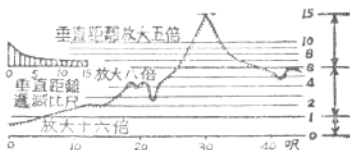
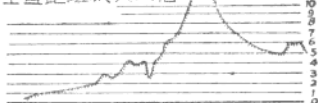
為一般應用,垂直放大的比尺最好按高度的不同而作適當的遞減,即在低地要多放一些,高地要少放一些(圖三),製作一個七百五十萬分之一的全中國地形模型(長約八十公分,寬約六十公分),若水平比尺和垂直比尺一樣,看起來全圖像個波面似的,喜馬拉雅山上的高峯如珠穆朗瑪峯,纔比附近平

原高出約 1.2 公厘，低地的起伏也表示不出，如垂直比尺比水平比尺放大十五倍（垂直比尺為五十萬分之一），則珠穆朗瑪峰將有將近二公分高，但我國東部很多山地地形仍舊表示不出來。如垂直比尺比水平比尺放大二十五倍，那末我國東部的地形表示就很顯明，但珠穆朗瑪峰的高度將達三公分，像個

垂直距離不放大



垂直距離放大八倍



第三圖 在小比尺的高山模型中或在高低對比太大的區域（如一邊為山地，一邊為平原）垂直距離的放大越高越要遞減。

錐針似的。所以爲了彌補這種缺點，最好採用高度放大遞減的辦法，即在低處可以放大二、三十倍左右，中部可以放大十五、六倍左右，上部最高處可放大十倍左右，這樣雖然失去真實的形狀，但看起來還好像是‘真實’的。在設計高度前最好畫個橫剖面，先看看是否合適。製作全中國模型時，爲了教育上應用，最好能製作一幅大比尺的（如二百五十萬分之一的）地形模型。二百五十萬分之一的模型，長約二公尺，寬約 1.7 公尺左右。垂直比尺的放大最好在二十倍左右。如要看起來比較更像些，全部高度可分三級來處理（或按對數遞減），即中級的高度可按二十倍放大，上下兩頭的高度可以酌量變

動。比如在 1,000 或 2,000 公尺以下的高度可以放大二十五倍。在 7,000 或 8,000 公尺以上的高度可以放大十五倍。這樣就顯得更為合適。至於邊框的高度最好能在 2.5 公分左右。

在一地形模型上，除了要註明水平比尺外，還要註明垂直比尺放大的倍數。比如水平比尺是七十萬分之一，而我們用每一公厘厚的紙板代表每一百公尺的等高線，這樣水平比尺為 1:700,000，垂直比尺為 1:100,000，

$$\text{垂直放大} = \frac{700,000}{100,000} = 7 \text{ 倍。}$$

四 高度堆砌法

在堆砌高度以前，先要製作一個基板，基板的大小依所要製作的模型而定，材料可用三合板或不翹曲的松木板，若用幾張厚的紙板粘在一起，再塗上油漆也可。基板的四周，可加做邊框，以便作為高度的參考，和後來翻模之用。如所製的模型太大，工作不便時，可再製作幾個小基板；其大小和數目要與基圖相同。

高度的堆砌，即利用各種方法將等高線地圖作成立體地形（圖四）。製作的方法主要有七種：（1）剖面法，（2）等高線升起法，（3）層板法，（4）鐫刻法，（5）標尺法，（6）標釘法，（7）錘模法。

（1）剖面法（蛋模法） 這方法適用於做大比尺的模型，