

中國的黃土及其成因

И. П. 格拉西莫夫院士

大家知道，中國黃土的研究在整个黃土問題上具有多麼重要的意義。可以說，當我們初次認識這些岩層時，就發生黃土的問題，並燃起了第一次的、熱烈的關於這些沉積物的成因的爭論。這些爭論一直延續到現在。目前在中國黃土的研究上已進入完全新的時期，即使它不能完全解決中國黃土的問題，那末無論如何也可以在這個問題上提出非常重要的補充和闡明。

在 B.A. 奧勃魯切夫院士著名的著作發表之後，沒有任何必要來詳細地談論中國黃土研究的歷史。B.A. 奧勃魯切夫在黃土問題的研究上曾付出他個人的巨大的貢獻，到現在為止，他尚未失去對這一問題的熱烈的興趣。B.A. 奧勃魯切夫在最近關於黃土問題的著作（特別是許多論文）中也談到這一點，其中“華北黃土”概論（1951a）具有重要的意義。在這一著作中，他對中國黃土層的研究歷史作了簡要的十分精闢的敘述。

正如這一概論所指出，在一般地理地質的科學文獻中所描述的關於中國黃土最流行的概念主要是根據 19 世紀末和 20 世紀初歐洲旅行家在中國所進行的觀察。大家知道，這種概念是 F. 李希霍芬創始的，他在 19 世紀後半葉，提出關於被厚度很大的（305 公尺或以上）黃土沉積物所充填的亞洲中部大“草原”凹地的理論。根據 F. 李希霍芬的觀點，這些沉積物由於周圍的山脈的破壞（風化作用）而形成，然後被風和水帶到凹地。

B. A. 奧勃魯切夫根據他 1892—1894 年在亞洲中部的觀察，在 20 世紀初發表了對中國黃土成因問題的完全不同的看法。按照他的意見，這裏黃土的分佈是不廣的；它們在天山、南山和崑崙山的山前地帶呈狹窄的帶狀分佈，而只有在亞洲中部的東部邊緣地區（華北）才有廣泛的分佈，其厚度達 400 公尺⁽¹⁾。

B.A. 奧勃魯切夫完全否定了 F. 李希霍芬的中

國黃土就地起源的說法。他認為，黃土的所有性質及其沉積條件證明這種沉積物是風成的，是從亞洲中部的砂質和石質沙漠中藉空氣帶來的“外來”的塵土。

後來安特生、巴爾博、洛奇、史洛謝爾、德日進、桑志華、維理斯、師丹斯基、溫格等人的研究，仍沒有解決關於中國黃土成因問題的主要爭論。但是他們大都促進了風成概念的發展，不過加以不同的修正而已。同時這些研究者的著作在中國黃土的沉積條件及其地理分佈、地層和確定年代等方面也提供了許多新的、有價值的資料。

在上述研究者的著作中，最重要的是把中國的黃土層按照地層的關係劃分為若干獨立的層，其中最有意義的是含有上新統動物羣的“紅色粘土”層，這層上面為含有下第四紀動物羣的“紅色黃土”層或“三門”層和含有中、上第四紀動物羣的“黃色黃土層”或“黃土”層。此外，還証明了在中國有着極其各種各樣的岩相的黃土層——有時粘土質較多，有時砂質較多，成層狀或不成層狀，富含或不含礫石或砂粒成分等等。

現在，在新中國的條件下，為進一步研究黃土形成物創造了特別有利的條件。黃土的研究直接關係到工業、水利技術、道路建築以及農業上許多重要的實際問題的解決。這一切都期望着中國的地質學家和地理學家在最近時期內應用最新的特殊的方法，根據有系統的、詳細的研究，以獲得關於黃土問題方面的新的資料。可以預料，這種研究將在黃土問題的研究上創造新的時期。

1955 年 4—6 月，在中國逗留的時間內（作為蘇聯科學院代表團的成員），我得以知道這些初步工作的結果。此外，中國科學院使我能够在中國主要黃土區（黃土高原區）進行有意義的考

〔1〕參閱 B. A. 奧勃魯切夫論文（1951）中亞洲中部黃土和沙漠的分佈圖。

察。在这次考察中，有許多从事黄土研究的中國學者（地質學家、地理學家、土壤學家）參加，彼此在野外考察期間內的交換意見，使我很容易認識了中國的黃土。因此我在下面敘述我自己的觀察和印象時，採用了中國學者的一些資料，特此敬向馬溶之、楊鍾健、黃秉維、劉東生、朱顯謨諸同志所給予工作上巨大的友好的幫助表示衷心感謝。

大家知道，分佈在黃河中游的甘肅（東部）、陝西（北部）和山西等省的華北黃土高原是中國最典型的黃土層發育的主要區域。當然，這並不等於說在中國境內，黃土只分佈於這一區域。黃土（主要是黃土狀的）沉積物在中國大平原（黃土高原東部）和東北平原（滿洲里平原）上有着廣泛的發展，以及在帶有沙漠、沙漠草原和山地草原性質的中國西北部（亞洲中部）的許多山前地帶和平原地區中也有發現，這是早已知道的。我曾在華北和東北的古代沖積平原上許多天然陡壁

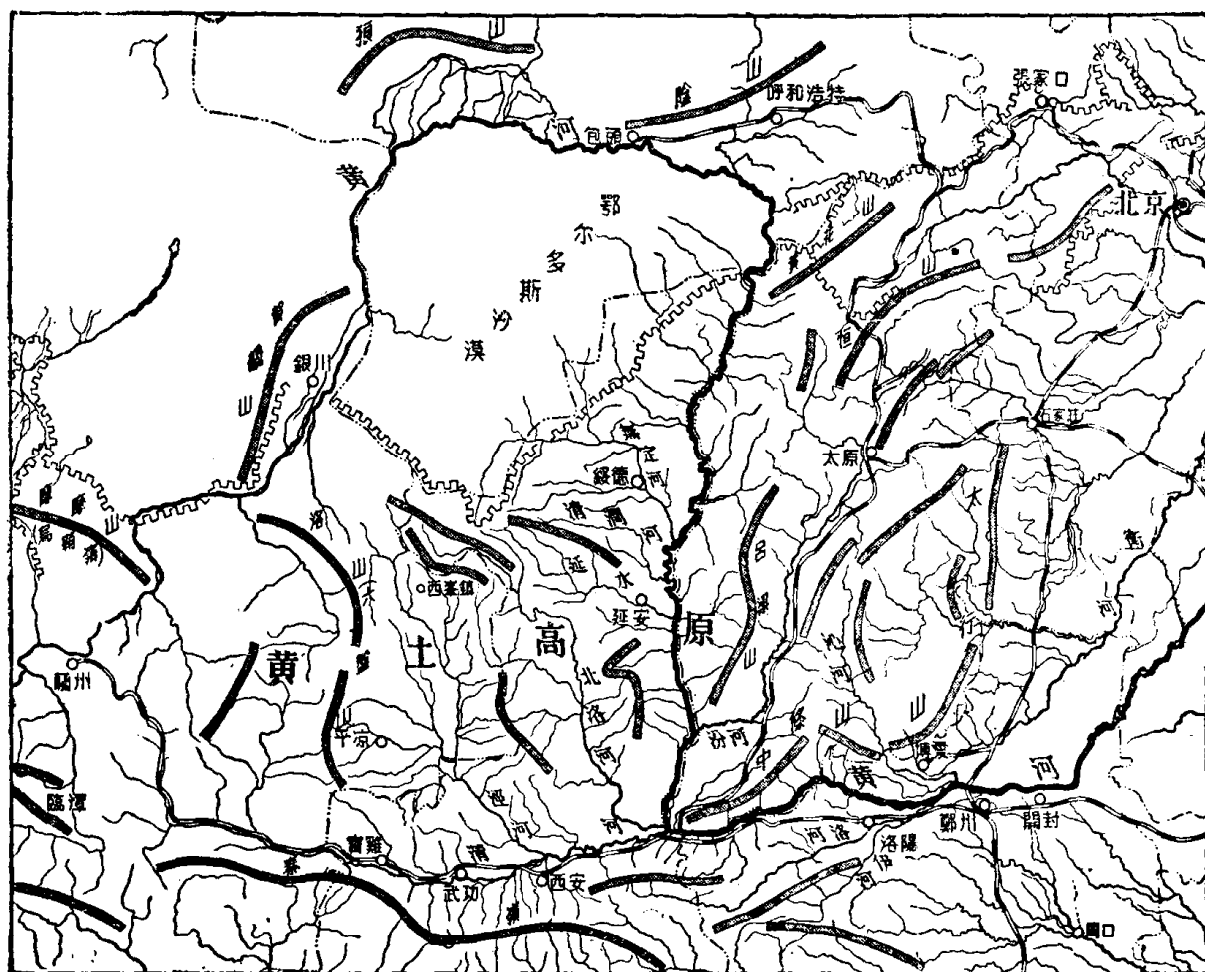
和土壤剖面中也看到過這種黃土狀沉積物。但是，訪問黃土高原對於認識中國黃土當然具有更重要的意義。

在黃土高原上，我研究過西安地區，並在這裏進行了三次野外考察（圖1）。第一次是由西安向西北到西峯鎮和西峯水土保持試驗站區域，深入了黃土高原；第二次是從西安向西到武功，認識了渭河（黃河右岸支流）河谷的構造及其與黃土高原的相互關係；第三次是由西安向南，觀察了秦嶺山脈的山前地帶及其與黃土高原的關係。此外，從火車的窗戶中，也觀察了黃河河谷（潼關向東轉彎處）的構造。

我在野外所看到的和從中國學者那裏聽到的所有這些材料，使我有根據地認為，黃土高原區最新的沉積物是由下列主要的層次組成的：

（1）在整個最新沉積物的底部，是由淺色的層狀的砂、礫石、鋁化型的古代風化壳和紅棕色重粘土組成的雜色層。

圖1 中國北部黃土高原山形—水文圖



(2) “三門”層是由含有堅硬的石灰質結核的淺紅色帶狀的泥灰質粘壤土(“石質黃土”)所組成。

(3) 过渡層位於“三門”層的冲刷面上,而且是由基底礫石(主要是圓形石灰質結核)和含有植物殘骸(“沼澤”黃土)的灰色泥灰質粘壤土組成的。

(4) “馬蘭”層是由含有石灰質結核的淺黃色棕色粘壤土(典型黃土)組成的。

(5) 黃土狀的最新沉積物。

下面(2、3、4圖)引用最新沉積物的幾個具体剖面,这个剖面是在上述考察途中根据野外观察描繪的。

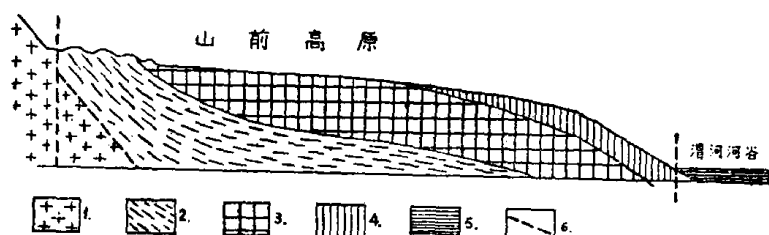


圖2 西安地區最新沉積物構造圖:

1. 秦嶺山脉的基岩; 2. 雜色層, 淺色砂土和紅棕色粘土;
3. 三門層, 淺紅色石質黃土; 4. 馬蘭層, 淺黃色棕色黃土;
5. 渭河河谷的黃土狀沉積物; 6. 最新構造斷裂。

圖2說明从西安向南形成山前高原的最新沉積物的剖面。从这个剖面可以看出組成山前地帶最新沉積物的各層(直到“馬蘭”層)在這裏是受到構造斷裂的影响的。

圖3說明武功地區渭河河谷左岸的構造。这个河谷位於充填着“馬蘭”黃土層的寬廣的地塹中。現代渭河河谷就在这个黃土層中造成了兩級的超河漫灘上的階地。由淺黃色棕色黃土所組成的“馬蘭”層具有帶狀結構; 其中發育着一系列的埋藏土壤, 这种土壤代表着含有石灰質結核的淺紅色褐色無碳酸鹽的黏土帶。

圖4說明黃土高原深处最新沉積物的剖面。从圖上可以看出“三門”層在這裏是形成黃土高原的基礎, 而“馬蘭”層則具有相当特殊的覆盖層, 这种覆盖層是在高原和古代階地的地面上發育起來的。

以上所引用的關於黃土高原區最新沉積物的構造的實際材料, 还可以用对黃河河谷中黃土層的特點的一些認識加以補充, 上面已經提到, 我僅僅走馬看花地視察了从潼關到陝縣一段的黃河

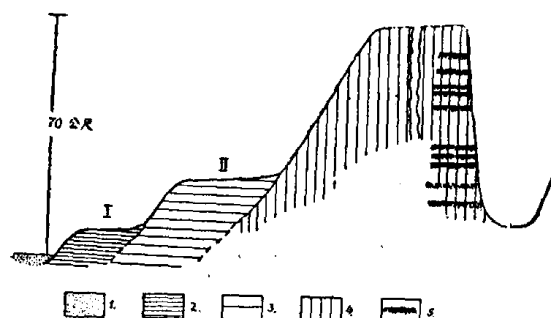


圖3 武功地區最新沉積物構造圖:

1. 渭河的超河漫灘; 2. 黃土狀(層狀)沉積物, 第一級超河漫灘上階地(15公尺); 3. 同2, 第二級超河漫灘上階地(30公尺); 4. 平原黃土沉積物; 5. 黃土層(霧中露頭)中埋藏土壤的層次。

河谷的構造。不过, 可以用刘东生的材料來補充我的观察, 他在这个區域進行过特殊的地形和第四紀地質方面的研究, 他很客气地允許我完全利用他的結果。

根据刘东生的观察, 在潼關以下从灵宝到陝縣一段的黃河河谷中, 發育着3—4級的超河漫灘的階地面。其下面兩級(第一級和第二級)階地的相对高度为

40—60公尺, 是由中夾有砂土的層狀的黃土狀沉積物組成。因此這兩級階地完全和渭河超河漫灘上第一、第二級階地相類似。黃河超河漫灘上第三級階地高達100公尺, 并由雄厚的淺黃色棕色黃土層以及許多層淺紅色褐色的埋藏土壤組成。

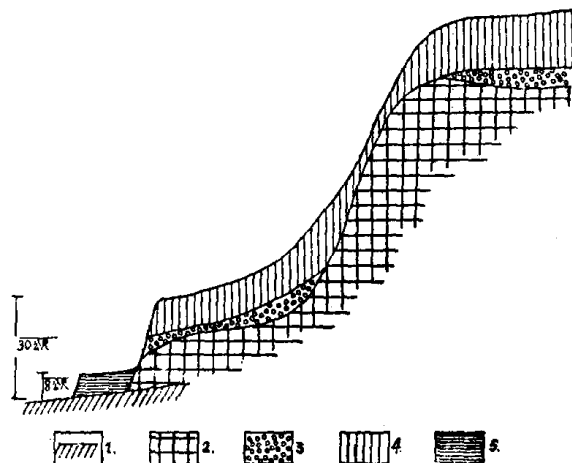
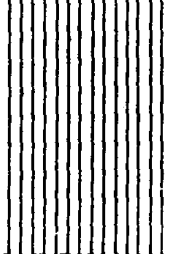
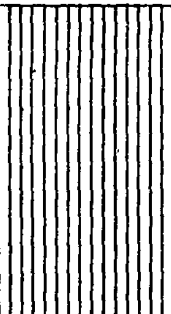
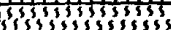
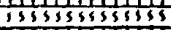
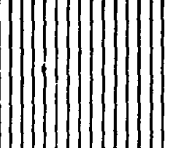
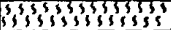
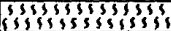
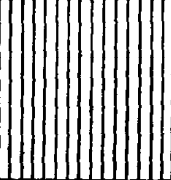


圖4 西峯鎮水土保持試驗站地區最新沉積物構造圖:

1. 白堊紀砂岩; 2. “三門”層(淺紅色石質黃土); 3. 过渡層; 4. “馬蘭”層(淺黃色棕色黃土); 5. 超河漫灘上最低階地的黃土狀沉積物。

圖5 黃河黃土層的描述
(根據劉東生的材料)

厚度		岩石性質
1.7		淺黃色黃土
1.2		紅色黃土,呈帶狀,含有石灰質結核
9.2		淺黃色黃土,含有化石蝸牛
2.2		紅色黃土,含有石灰質結核
10.6		淺黃色黃土,有大洞穴垂直節理較大,風化面不平,未形成陡壁
1.0		紅色黃土,上部有大量石灰質結核
1.3		淺黃色黃土,乾燥而堅硬
0.6		紅色黃土,含有石灰質結核
5.3		淺灰色黃色黃土,風化面呈淺紅色,成陡壁狀
1.3		淺紅色黃土,含有少量白色斑點狀的石灰質結核
2.5		淺黃色黃土,潮濕時變成淺棕色黃色而疏鬆
1.0		堅實的石灰質紅色黃土,含有化石蝸牛
3.8		黃色黃土,風化面呈陡壁狀,含有化石蝸牛
1.1		紅色黃土,含有石灰質結核,界線不明顯
6.1		黃色黃土,部分微帶紅色,微顯濕潤
		紫色礫石層,以磨圓的安山岩礫石為主

附註: 1. 紅色黃土和黃色黃土之間界線不明顯。
2. 黃色黃土的孔隙度相當大,但垂直節理不明顯。

圖5即引用劉東生所繪的這一層構造詳細描述。

在黃河河谷的第三級階地上,還能看到一級較高的而表現並不很明顯的階地面。這種階地面常和分水嶺平原(在本區它是羣山環繞的古代山麓堆積平原)的地面連成一片。

根據上面的觀察,可以作出有關中國黃土成因的某些結論。但假如再研究了整個黃土高原的地形特點以補充上述觀察,則這些結論就具有更廣泛的意義。

上已指出,黃土高原位於華北的西部。這部分有着特殊的山形結構。在這個範圍內分佈着佔滿大興安嶺南端和秦嶺之間地區的大量的低山和中山。太行山就是這些向南伸展的羣山的最東支,形成最新的斷裂系統的太行山東坡就是大家所知道的華北大平原的西部邊緣。太行山的西坡已有黃土的堆積。但是從太行山向西,廣大的山間地區充填着更雄厚的黃土堆積層(上面已舉過一個例子)。這些地區就是被扇狀伸展的山脈互相分割了的孤立的塊狀的黃土“高原”。這個扇形從東邊的子午綫方向(太行山)向東北西南方向(恒山、黃花山等)展開,甚至展開到西邊的緯綫方向(洛山、摩摩山等)。

所有這些分割着黃土高原的複雜山系,在南部很明顯地止於秦嶺,在秦嶺範圍內,僅在北坡有黃土的堆積;在西部,黃土高原區則為南山的支脈所鎖。因此,黃土高原只有在北部及西北部鄂爾多斯和阿拉善沙漠方面是開潤的。沿着這些沙漠南緣通過的長城,實際上就是黃土高原的北界。

黃河河谷切斷了黃土高原的東部,在這裏黃河呈南北走向。黃河

的較高部分(“鄂爾多斯台地”以上)是在黃土高原的西北部。因此，整個黃土高原區就成為黃河中游許多左、右岸支流的良好排水場所。由於強烈的侵蝕作用，本區(黃河支流水系所經過的地方)就成為大量黃土泥沙的主要來源，黃河搬運着這些泥沙，因而使水具有與黃河名稱相符的顏色。

以上所說的那些可以直接引導我們研究華北黃土高原地區黃土沉積物的成因問題。本區具有由低山和中山系統組成的複雜的割切地形，這些山脈是由古代岩層組成並為廣闊的山間地區所隔開。在這些地區也發育着黃土沉積物，這些沉積物在這裏或者形成了分水嶺地段，或者形成河谷階地。據我們看來，前一類地層(分水嶺地段)是黃土層中比較古老的層系，特別是淺紅色黃土層——“三門層”，它們是構成山麓平原和黃土高原的基礎；後一類地層(河谷階地)是黃土層中最年青的層系(主要是構成黃土高原下層的河谷階地的黃土狀沉積物)。過渡層(在階地上部具有“塌陷作用”的分水嶺地段)是典型黃土的中間層，這層分佈在黃土高原的表面上，並且是切穿黃土高原的黃河及其支流的古老的河谷階地。

因此可以說，黃土高原地區黃土沉積物的堆積過程必然是相當長期的過程，這種過程是與該區整個地形的發展密切聯系着的。在較早時期，它是由黃土堆積成的廣闊的山麓平原的形成物，這個平原是藉助從周圍山地流下而互相匯流到山間地區的河谷和三角洲中具有黃土性質的沖積物的堆積而形成的。在較晚時期，黃土沉積物的堆積顯然在該區總的構造上升影響下更局限於由於黃土高原的割切而形成的河谷中，在這個時期，黃土堆積物就開始堆積成階地的形狀。

根據以上的觀察，黃土高原地區黃土層發育的總的圖式就是這樣。這個圖式概括了與黃土層形成有關的地質現象的具體過程；這層相當複雜的岩性和地層(特別是各個層次在岩性上的差異)、一系列沖刷面的存在(例如：雜色層下部和“三門”層之間，“三門”層和“馬蘭”層之間等)、基底礫石層或湖相層的出現、構造斷裂的特徵，以及表示沉積物堆積過程中或多或少的間斷的許多埋藏土層等，所有這些都證明了這點。雖然所有這些黃土沉積物在岩性和地層上的各個特點使我們有可能(當進一步詳細研究時)揭露黃土沉積

物形成歷史中許多有意義的特點，但是並不能改變上述黃土發育的總的圖式。

這一圖式(在一般特徵上)，使我想起當年F. 李希霍芬所發展的中國黃土成因的圖式。總的來說有這樣一個概念：華北黃土的形成是由於古代低地(即山間低地)中大陸沉積物的堆積(主要是在地表逕流影響下)，並藉助周圍山地物質的搬運。但是，上述中國黃土成因的概念的進一步發展已經超出了F. 李希霍芬理論的範圍。

這一概念在邏輯上的進一步發展，必須部分地承認B.A. 奧勃魯切夫的上述觀點。事實上，黃土高原地區最新的大陸沉積的範圍是非常廣泛的，在這裏這種沉積形成了幾百公尺厚的廣大的最新沉積覆蓋層，這個區域自然就與中國其他區域不同。這就迫使我們為它尋求沉積物質的某種特殊的外在來源。根據黃土高原區的地理位置(北面及西北面——亞洲中部沙漠地區——開闊，西、南、東三面為山脈所封閉)，使我們有充分理由認為，從亞洲中部吹來的風成物能夠而且應該在沉積過程中起着十分顯著的作用，但不應該像某些風成說者那樣，把所有這些現象機械地解釋為風成塵土大量地帶到本區，和以如此的強度堆積起來，並且認為在沉積過程中起着唯一的作用，而壓倒土壤形成作用和風化作用，或一切剝蝕作用。當然，這裏沒有而且也不可能有任何相同之處。風成因素在黃土沉積過程中表現在地質時期和地質現象的規模上。它的作用在於某些礦物質不論是當地的或自遠處吹來的或多或少地不斷地降落到本區地面。這種物質自然立即參加到土壤形成作用和剝蝕作用的正常軌道中，而且為它們所根本改造，結果僅僅成為當地的土壤形成作用和風化作用產物中的補充混合物，由於這種物質的再度沉積，就隨時在各處形成了大陸沉積物。按照我的意見，應該就是這樣而且也只有這樣來估計風成因素在大陸沉積中的作用，因此，無論過去或現在，既不能否認它的意義，也不能誇大它的意義。

無論如何，必須強調指出，華北黃土沉積物的詳細研究——它的岩性、地層、沉積條件等——可以明顯地看出，關於這些沉積物起源的風成理論(通常是當作經典性的解釋的)是不能作為同樣研究工作的充分根據的。這種理論不僅沒有用

黃土沉積物的許多真實性質來作令人滿意的解釋，而且甚至常常與這些性質發生顯著的矛盾。例如，風成理論不能說明山麓或階地的典型黃土的沉積條件，而且這種理論也不能回答具有大量沖刷面和埋藏土壤的黃土層的複雜地層，以及黃土沉積物的岩相的多样性和它們之間不同岩相的密切聯繫等。如果承認，黃土物質是由最普遍的剝蝕因素（亦即地表水）所搬運和沉積下來的並在其活動的範圍內，在一定條件下，有不同來源的物質（包括被風力帶到斜坡上的物質）參加，則所有這些黃土層的性質，都可以得到更加明確而令人信服的解釋。

從上文可以看出，我所說的關於華北黃土成因的觀點，包括了過去的黃土形成概念的某些因素，同時更依據了Л.С.貝爾格關於土壤形成作用和風化作用在形成典型黃土性質中的主導作用的著名概念。如上所述，水的因素（地表逕流）顯然在華北黃土層的形成中起着極重要的作用，並在一定地形條件下，決定着黃土的堆積。但也不能否認風的因素在黃土形成過程中所起的作用，它可以把大量的礦物質搬運到黃土堆積區來。

但是，無論水的因素或風的因素都不是形成黃土特有的性質——它的團聚度、石灰性、結構性等——的原因。這些性質只能在風化作用和土壤形成作用的影響下才發展起來，這些作用向著一定方向進行，並形成黃土狀沖積土。然後，由於沉積變質現象，形成了典型黃土以及其他黃土。

我們知道，黃土的風化作用是在一定的氣候條件（從沙漠向草原及森林草原逐漸變化）下發展起來的。這種條件恰恰是為華北黃土高原地區所特有的條件（當地特殊的地理現象）。該區位於具有顯著大陸性氣候的亞洲中部沙漠區到東亞溫帶季風氣候區的過渡地帶。比較溫和而乾燥的氣候條件可作為該區的特徵。碳酸鹽粉砂質的風化產物就在這樣氣候條件下形成起來，而且所有現代沖積土也都具有黃土的性質。黃土在該區第四紀沉積物的成分中佔着主要的地位，這種情況說明了古代類似的氣候狀況，在這裏顯然代替了上新統時期溫和濕潤的氣候狀況，這可以從沒有黃土性質的淺紅色鋁化和高嶺土化的形成物的堆積中區別出來。

〔本刊特稿 文振旺譯〕

〔上接 21 頁〕

切。根據這些圖還可初步決定由研究典型區的資料而得到的水土保持方案的適用範圍，水土保持試驗站的設置地點和數目也按此作初步擬訂。因此，對規劃是有一些用處的。但缺點很多，最主要的是內容不夠精確，對土壤侵蝕的社會經濟因素考慮不夠多，沒有緊密聯繫水土保持措施的佈局。在這一工作中所得到的教訓較重要的有以下三點：（1）為水土保持而進行的調查研究試驗工作，均應有統一的規範，以便所得資料不致遺漏了必要的項目，而且可以互相比較；（2）進行分區時應多注意與所擬訂的水土保持措施有關的現象和規律，注意推行水土保持工作的條件和困難。如能抓緊這一原則，自然也就會疏忽社會經濟因素。И.П.格拉西莫夫院士在考察了黃土區並審閱了本文所附的三張圖以後，他認為作為規劃工作參考用的地圖，應該採用縮尺一百萬分之一的底圖，俾能更細緻地表示為了解土壤侵蝕和規劃水土保持措施所必須參考的情況。沒有着重考慮與水土保

持措施的聯繫應該是所有缺點中最嚴重的一項。例如，黃土邱陵第二副區在六盤山以東及以西的部分雖然侵蝕總量大致相同，但在前者種樹困難較多，而在後者困難不大。在黃土邱陵第一副區中白于山一帶，溝壁物質移動非常活躍，與其他部分很不相同，防蝕措施也不能沒有差別。如分區時注意了此類差別，對水土保持工作的意義就大得多了。（3）工作程序應先研究分析土壤侵蝕的因素和形式，然後吸收本國的及外國的經驗，特別是蘇聯境內與我們工作對象近似的地區的經驗，並結合具體情況，擬定分區的方法和步驟，然後正式進行分區工作。因為在規劃工作中，分區必須比許多工作早走一步，如準備不夠充分，工作程序往往為工作要求所打亂。我們就是在黃河中游土壤侵蝕的因素和方式的研究分析上還只做了一小部分的時候，提前進行分區工作的。

附註：在編製本文附圖時，羅來興、王明業、黃自立、李雁芳諸同志均曾予以協助，謹此致謝。——作者