171713
基本馆藏
馆内阅读

砂与黄土问题

И. А. 奥勃鲁契夫院士等著

科学出版社

中南工業

統一書號：13033·656
定　　價：　2.00　元

砂與黃土問題

B. A. 奧勃魯契夫院士等著

樂　錡　劉東生等譯

科　學　出　版　社

1958

目　錄

中亞細亞的風化和吹颺作用……B. A. 奧勃魯契夫院士（1）
色楞格•達烏里亞的流沙必須迅速加以研究
……B. A. 奧勃魯契夫院士（31）
特種類型的沙堆——羣集沙……B. A. 奧勃魯契夫院士（43）
黃土問題……B. A. 奧勃魯契夫院士（67）
黃土的成因問題……B. A. 奧勃魯契夫院士（101）
作爲土壤的一種特殊類型——黃土、黃土的
成因及其研究任務……B. A. 奧勃魯契夫院士（145）
黃土及其意義……B. A. 奧勃魯契夫院士（162）
黃土的起源……L. S. 貝爾格（183）
華北黃土……B. A. 奧勃魯契夫院士（205）
華北蒙古黃土之岩石學和礦物學的研究……柴田秀賢（252）
蘇聯亞洲部分的黃土和黃土狀沉積物……K. И. 盧卡謝夫（264）
蘇聯歐洲部分的黃土和黃土狀沉積物……K. И. 盧卡謝夫（268）

中亞細亞的風化和吹颺作用*

B. A. 奧勃魯契夫院士

現在所說的中亞細亞，就是指在亞洲大陸裏沒有河水流到大洋或和大洋溝通的各海裏的內陸區域。但是這個區域的西部通常也稱爲中亞細亞或裏海-鹹海盆地，那裏有河水流入裏海、鹹海和巴爾哈什湖，即流入外裏海邊區、希瓦、布哈拉和俄羅斯土爾克斯坦。這樣，中亞細亞本部北以杭愛山和肯特山爲界，該山系由南起連接薩彥嶺和阿爾泰山，南以長城和崑崙山系爲界，東起大興安嶺，西至帕米爾、天山和塔爾巴哈台山脈。在這個境內，中亞細亞除北部森林地帶外，差不多包括蒙古全部，並包括賀蘭山、哈密沙漠或北山、準噶爾盆地和塔里木盆地或中國的土爾克斯坦。我把鄂爾多斯也列入這個亞洲內陸區域裏，雖然鄂爾多斯和這個區域之間被黃河截斷，因此有河水流入海洋，但是這裏的許多氣候特徵，與外圍地區相比是要近於中部區域的。

中亞細亞的地表性質，與其說是平原，不如說是山地。最近25年來這方面的調查，已經根本改變了從前一些地理學家的觀點。他們認爲這個亞洲內陸或大戈壁就是在中部最低地方擁有一望無際的流沙的草原台地，而這塊最低地方當時中國稱之爲沙漠，即沙海[1]。這個由西南西往東北東方向，從帕米爾到興安嶺通過整個中亞細亞的寬廣的想像的沙海，也早已表示在許多現代的俄羅斯和

---

* 本文於1895年初次在西藏泉暴爲印刷，第二集33卷，第一版，229—272頁。

1) 列捷爾：亞洲地理學，第5卷，第1版（Гл. Ll. 謝麥諾夫譯），403，440—441頁。

外國的地圖裏。雖然許多旅行家在他們的著作中曾經指出，中亞細亞南部擁有大量沙漠，而在中部則分佈很少，可是這種錯誤的見解，却受到頑固的支持。

這種認爲中亞細亞是草原台地的陳舊觀點，也同樣是不正確的。這個區域可以說是一個寬廣的凹地，四面差不多都環繞着高山和高地，山脈向着各個不同的方向延伸。除東天山和南阿爾泰山兩個強大綿亙的山脈（其中有些山頂超出永久雪線）以及賀蘭山脈(雖然不是長年積雪，但是它的高度也是特出的)以外，中亞細亞就是整個的山脈、丘陵和斜坡的分佈網，它們的絕對高度一般不超過 10,000 呎，相對高度大部爲 2,000--3,000 呎，而山脈之間的凹地和谷底的高度，則由海拔 7,000 呎起一直到海面以下 200 呎止(天山附近盆地)。可是在遙遠的地質時代裏，中亞細亞的這種多山的性質表現得更爲顯著，幾乎全部地區都是高山重疊。這些高山多半只遺留下來一些低矮的山脈、地塊、壠、和陡峭或平坦的山羣，猶如那些經過長時期的磨蝕和侵蝕的廢墟遺跡。

十分明顯，在中亞細亞的廣大區域中，這些高地不是到處都具有同一方向的。中亞細亞的山脈是在不同的地質時代裏由各種不同的岩石，也就是說在不同的時期中由不同的材料所造成的山脈的遺跡。所以，它們除直接取決於造山作用以及往往與其有關的火成岩的流出情況所確定的原來不同的方向以外，還從它們的形成之日起，在漫長的歲月中，由於海水和大氣水的冲蝕、寒熱的影響、風化和膨脹的作用而受到不同程度的破壞，因爲所有這些地質營力對於具有各種成分、構造和硬度的岩石所發生的影響是各不相同的。

因此，除那些雖然由於上述各種作用多少受到破壞，但依然保持原來走向的山脈和丘陵以外，還形成了跟冲蝕和風化作用有關的另一方向的山脈。此外，從前的大部分山脈，由於這些作用的影響已經變成了平原或丘陵。而有些地方，主要在東部蒙古，分佈着

由瀚海的水平層紅土和砂岩所構成的較爲寬廣的平台高地，瀚海就是亞洲最後的一個內海，它的波浪對於以前山脈的破壞，甚至在某些地方進行毀滅，都起過重要的作用[1]。

在這些具有不同性質和方向的高地之間分佈着凹地，即大小懸殊的低地和平原：有些地方在兩山之間延伸着寬達 10 俄里或更大的谷地；但是更多的是具有各種形狀的盆地，這些盆地不是完全閉塞，就是通過各高地之間的寬度不同的通路和鄰近盆地連接起來，所以就形成山脈和凹地網。

凹地的底部，從中間最低部分起，逐漸上升到周圍山脈的山脚，假如凹地的面積很大，那麼在它周圍的山脈就像坐落在巨大的基盤地區上一樣。基盤地區的邊緣上部，分佈着富有懸崖峽谷的陡峭割裂的山脈。邊緣以下，輪廓就立刻變爲平坦，但是無論在橫斷面或縱斷面方向所形成的刻劃出山脈的參差曲折的線條，從基盤地區的開始處起就變爲向下凸起並延伸到鄰接凹地底部的很平坦的弧形。基盤地區高出鄰接凹地低矮部分的相對高度，比起山脈高出基盤地區的相對高度往往要超過一倍甚至兩倍。這就是爲什麼大多數見過中亞細亞風景的旅行家常談到"盤根結底"的山脈，但這一點在地質方面的許多情況下是不正確的。

在中亞細亞的高地和凹地裏，露出各種各樣的岩石：不同時代的塊狀結晶岩、層狀結晶岩和沉積岩，但是大部是最古老的變質岩和最年輕的岩石。

分佈很廣的有無生代或太古代的岩石——各種花崗岩、跟各種片麻岩一起成層的片麻狀花崗岩，無論那一種，主要都是粗粒或細粒的黑雲母岩、角閃岩或白雲母岩；和各種不同的結晶與半結晶

1) 在奧勃魯契夫的晚期作品中已經放棄關於第三紀瀚海存在的假說，並根據他所發現的第三紀犀牛牙齒，認爲自二疊紀後半期起中亞細亞裏已經沒有海的存在，現在所爲人所熟知的海灣遺跡是淡水的，而不是海水的。參閱奧勃魯契夫在本文後的附記和第一卷內的"中亞細亞盆地"一文——原編者。

片岩(雲母片岩,滑石片岩,綠泥片岩,角閃片岩,矽質片岩,石英片岩)以及和硬石英與結晶灰岩成層的片麻岩,構成了上述同一類的比較後期的岩系。

其次,按照時代可得出沉積性質更顯著的岩系,這種岩系就是變爲石英岩的深灰色或深綠色的堅硬砂岩和灰、黑或灰綠色的泥頁岩、雲母泥頁岩或千枚岩的交錯層。有時在這一岩系裏,可以遇到一些島狀的厚大的但很快就尖滅的結晶灰岩層,在這岩層裏的一處我曾經發現海百合類的隱約遺跡。這個岩系有些地方富有各種石英岩脈和岩枝,並浸染着黃鐵礦,而在岩石方面一般也和東西伯利亞的奧列克明斯克-維蒂姆山區的含金砂岩和頁岩的岩系很相似。上述岩系在南山境內也是含金的。根據Л.克萊孟茲的報導[1],在北部蒙古沿葉尼塞河上游和興安嶺南山坡的各小河裏也可以在同一岩系的分佈區域中採到砂金。因此可以推測,在中亞細亞的岩系裏,有些地方可能是含金的,但是由於缺少森林和流水,就成爲金礦開採的嚴重障礙了。

以下的岩系都是按照年代排列着的,這個岩系是石英片岩、泥質頁岩和灰質頁岩的交錯層,這些頁岩含有緻密或細粒的石灰岩,通常尚有形成大部地層的強烈矽質或石英灰岩。砂岩、細粒礫岩和緻密泥灰岩的數量較少。在彼此遠離的兩個地方——額濟納河和托克遜凹地附近楚理泰格山脈內的這個岩系的石灰岩裏所發現的生物化石,確定了這一岩系是屬於石炭系的下統。

後來我們還發現了各種大小顆粒和顏色的(主要是灰綠色和灰紅色)疏鬆和堅實的砂岩岩系一類的中生代的代表物,上述的砂岩岩系和同樣顏色的泥板岩和緻密粘土成層,有些地方也和各種厚度的礫岩成層。這一岩系有些地方包含褐煤礦床,它顯然是海濱沉積或淺海沉積,某些地方甚至是陸相沉積;這種岩系呈具有典

1) Л.克萊孟茲:旅途通信。1894年東方評論第81,87,105各期。

型的風成結構的砂岩形狀。它成爲分散在較古的岩石地區中的一個個的盆地分佈着。

分佈得更廣的是最年輕的岩系，這個岩系就是瀕海沉積，即亞洲的最後一個內海的沉積，根據所有材料來看，它是屬於第三紀的，同時有些地方則是中生代沉積的連續，但是它們之間的產狀往往不是一致的。這個岩系是疏鬆的圓礫岩、礫岩、砂岩和大部分是暗紅色或淺磚紅色、有些地方帶有白、灰、黃或淺綠色間層的黏土的交錯層。這些岩石往往富有土狀、粒狀或結晶石膏的礦巢和岩脈，而在有些地方的露頭上呈現白色的鹽霜。某些地方的瀕海岩系分解爲兩部，在兩部沉積的間隙裏下部岩石發生位移和冲蝕，因爲上部岩層只有幾俄丈的厚度，同時是灰、白、黃或淺紅色的礫岩。很明顯，在下部岩石的平坦頂部上發生海侵。在其他地方，具有這樣性質的礫岩則一致地生成在下部岩石上。這個瀕海岩系也是淺海沉積和海濱沉積，並結束了中亞細亞的海成層系。這個岩系不參與這個地區山脈的形成，而是沿着山脈邊緣，在基盤地區和盆地裏成爲各個小丘形狀，而在東部蒙古構成寬廣的平台高地。

中亞細亞境內廣泛分佈着由花崗岩起一直到玄武岩止的各種各樣的火成岩。這些岩石在有些地方構成整個或大部分的山脈，有些地方則只限於一些交切層狀晶質岩和沉積岩的岩脈。例如，我們遇見塊狀和脈狀花崗岩、正長岩、閃長岩、輝綠岩、塊狀和脈狀石英斑岩和霏細斑岩、岩鐘、暗玢岩和粗面岩的岩流和岩脈、玄武岩和粗玄岩的複體。經常見到的是暗玢質和玄武質熔岩、凝灰岩和角礫岩。間或遇見玻璃質的岩石。如果對採集的樣品用顯微鏡進行研究，大概還可以發現不少其他種類的火成岩，但是我暫時只列舉最重要的幾種。這些岩石，利用像小鐵鎚、放大鏡和鹽酸那樣簡單的工具便可以就地進行鑑定。這些火成岩不僅交切層狀晶質岩和沉積岩，而且本身也互相交切。例如，花崗岩的塊狀露頭通常被細粒細晶花崗岩或粗粒偉晶花崗岩以及黑、紅或綠色斑岩和可

以變爲玢岩的暗綠色輝綠岩等的岩脈所交切。輝綠岩和玢岩的岩脈交切斑岩的塊狀露頭。

在層狀晶質岩和沉積岩方面的火成岩有各種不同的時期：塊狀花崗岩和某些斑岩大概是在太古代末期噴出的；交切變質砂岩和片岩的最古岩系的脈狀花崗岩、花崗斑岩和輝綠岩，是屬於上古生代的；交切下石炭紀沉積的其餘斑岩和某些玢岩是屬於古生代末期；其餘玢岩、暗玢岩和粗面岩是在中生代初期噴出的，因爲它們的凝灰岩與角礫岩和該紀沉積的下部成層，而它們的礫石則包含在同一沉積的上部礫岩裏。至於玄武岩和粗玄岩是屬於中生代末期或第三紀初期，因爲它們在有些地方是在中生代沉積的平坦的頂部成層的。我沒有遇見過掩覆瀚海沉積的玄武岩或粗玄岩的複體。就所佔的面積來說，塊狀花崗岩佔第一位，斑岩佔第二位，玢岩、暗玢岩、粗面岩和玄武岩佔第三位。其餘岩石雖然也常常遇見，但是不佔很大的面積，主要是以交切其他岩石的岩脈形式存在的。

我已經提到過，中亞細亞的高地具有各種各樣的走向，這種走向，一方面取決於和噴發有關的各種不同方向的斷錯運動，另一方面又取決於海蝕、冲蝕和風化等作用。首先造成了各種不同性質的高度，其次使它們變形和受到破壞。因爲這個報告的項目裏不包括關於中亞細亞境內斷錯作用的研究，所以我就直接轉到晚近時期，在這個時期裏，逐漸形成了控制上述地區的近代風化和膨脹作用的活動場所。

第三紀初期，中亞細亞爲海所掩蓋，根據李希霍芬的意見，稱這個海爲瀚海。這個亞洲內海的邊緣，由於中亞細亞的許多地方都未經調查，還不能到處都很精確地指出來。它的北部邊緣大概和杭愛山與肯特山的南麓相近，東部沿大興安嶺，南部則超過中亞細亞的境界，深入到中國的南山和柴達木盆地。這個海的西部到達帕米爾的山麓，再繼續往北，在現代天山的恰提爾湖和準噶爾盆地的艾比湖的地域內，和土爾克斯坦盆地溝通。



圖 1. 在南部戈壁的塞瑞沙的丘陵地帶的近路 H. A. 黑曼斯賽夫攝



圖 2. 西部蒙古亞爹格霞思地的花崗岩地 A. K. 德什爾斯賽夫攝

這個海的表面決不是完整一片的，而是被由各種較古的岩石所構成的連綿成羣的多山的島嶼所隔開。也許在最近研究由各旅行家所採集的測高材料時，彷彿覺得，中亞細亞境內的瀚海就是整個的大小湖泊網，這些湖泊是彼此孤立的，或由海峽連成山脈和羣島。不管怎樣，瀚海沉積具有淺海和海濱的性質，因此海或湖泊都很淺，各個盆地也沒有擴張很大的面積。佔據東部蒙古中部、賀蘭山南部和中國土爾克斯坦的瀚海部分面積最廣，島嶼最少。但是瀚海的水的總面積比起所有島嶼的面積不見得超過很多[1]。

當這個海存在的時候，亞洲內陸的地質作用，一方面是海浪對於許多島嶼的邊緣和海岸的冲蝕和侵蝕以及在海水下堆集磚紅色的沉積，另一方面是各種大氣作用對於島上山脈的破壞。所以在瀚海所到之處出現了兩種地形：一方面是被無數峽谷所切斷的陡峭的山脈，另一方面則是平坦的小丘和坡地以及起伏不大的平台高地。雖然從這個海的存在時起經過一段很長的時間，但是由於中亞細亞的氣候條件，所以一直到今天在本質上依然保存着這兩種地形。

在瀚海沉積裏，無論是動物或植物的生物化石都是極其貧乏的。一直到現在，斯托里契克才在塔里木盆地內西崐崙山麓附近桑株以及考克羅巴塔至葉爾羌到英吉沙沿途以西的一些地方發現了動物化石。英吉沙那裏的粗粒灰質砂岩和綠泥灰岩有些地方充滿着板岩，根據邱斯的鑑定，這些板岩就是下始新世的三種牡蠣屬(*Ostrea*)[2]。後來洛奇在東崐崙山山麓附近的鄯州從墊着黃土的紅褐色粘土中得到了兩塊掩齒象(*Elephas* (*Stegodon*) *insignis*)的帶有臼齒的下顎，按照洛奇的意見，這些下顎表明這種沉積是上新世的。在黃河邊的貴德近郊到西寧西南一帶，洛奇也在雜色的粘土

1) 參閱第4頁附註——原編者。

2) E. 邱斯：中亞細亞地層學論文集。數學自然科學記錄。維也納科學院文集第61卷，1894年出版，464—465頁。

裏找到了壓碎的扁卷螺（*Planorbis*）和椎實螺（*Limnaeus*）的貝殼，而在地層的上部，在砂土裏發現了齧齒類田鼠（*Siphneus arvicolinus*）的下顎和其他大的哺乳類的四肢，並在上層灰質粘土裏發現了大量豆螺屬（*Bithinium*）瓣，洛奇把這些沉積也列入上新世中，並認爲是淡水沉積。把它們看作和鹽山（Соляной кряж）內的印度東部西瓦利克（Сиваликие）沉積一樣[1]。最後，在東部蒙古，由瀚海沉積的上層所構成的白泥灰岩裏，我發現了看來好像是魚類的下顎，但是在任何地方也沒有找到軟體動物，雖然我所考察過的瀚海岩石的露頭已在 100 種以上[2]。

斯托里契克和洛奇的發現證實了，在中亞細亞和華北的寬廣地區中的瀚海沉積，決不是同一時期存在的。在東崑崙山的山麓和西藏高地上，由於上新世氣候潮濕，可能也有瀚海的遺跡，當時在中亞細亞，這個海已經消失或已分成爲一些小湖了。但是洛奇認爲他所研究過的中國的沉積是淡水的。我覺得他所舉的證據不够充分。因爲椎實螺和扁卷螺族的代表物也可以生存在像青海那樣強烈的半鹹水裏，而洛奇所提到的哺乳類的骨頭最容易由周圍陸地帶到盆地裏，尤其是像我在上面所說過的，瀚海裏有許多島嶼，水的總面積並不寬廣，特別在它存在的末期時是這樣。與此相反，不僅我個人、就是洛奇也注意到，在瀚海沉積裏富有各種鹽類，特別是石膏，這一點很可以說明這些岩石是在海裏生成的。

到瀚海存在的末期，發生了新的造山運動，主要是在南山和天山附近一帶，那裏的瀚海沉積是成斷層的，有些地方甚至特別顯著。但是在這些位移以後，瀚海還繼續存在一個很短的時期，它的波浪還是冲蝕着許多地方新生的褶皺，並使上層礫岩和砂岩沉積，

1) 貝拉·斯捷慶琪爵士 1877—1880 年東亞和中亞旅行的科學成果第一卷，1893 年維也納版，423，612，654—655，799—800 頁。

2) 這次所發現的不是魚類的下顎，而是第三紀犀牛的牙齒。它說明在第三紀中亞細亞裏沒有海，而只有一些湖泊。參閱本文附記—— 原編者。

以後這個海便分成一些孤立的小湖，分散在一度是海底的乾涸的地區上。其中許多湖已經完全乾涸，只留下被鹽和石膏所侵染的沉積，如天山附近盆地裏的許多被石膏所粘結的砂岩層，上述湖泊，其中有一個就是在這個盆地裏的。其他湖泊由於流入淡水，使蒸發失去的水量差不多全部得到補充，可以到現在也還是繼續存在。這些存在着的湖泊主要散佈在中亞細亞的邊緣一帶，那裏附近的長年積雪的高山或森林葱郁的山岳都有溪流或河水流入湖泊。中部地帶，湖泊稀少，並且不大，都呈現逐漸乾枯的徵象。

海消逝以後的中亞細亞地表，遭受各種大氣作用力的破壞：這些作用力——寒熱、包含在土壤和岩石裏的水分和流在上面的雨水，以及幾乎每天都吹刮着的風，過去和現在都在改變着這一區域的地表。但是要知道其中某些作用力的激烈活動的原因，必須對中亞細亞的氣候和被蓋植物羣的特徵加以簡短的敍述。

這個地區的氣候可以說是大陸性的，乾燥和寒冷的。大陸性氣候表現在溫度劇烈的波動上。氣候的乾燥性表現在降雨量的稀少和不正常，而嚴寒性則反映在寒氣很早的侵入以及寒氣和嚴冬很晚的結束。甚至中亞細亞南部，在北緯 40° 附近，也就是說在伊斯坦布爾、那不勒斯和馬德里所在的同一緯度附近，到九月半晚間就開始嚴寒，一直到四月才終止。在北緯 41° 附近的哈密戈壁，去年(1894)八月一日晚間的溫度就降到冰點。以南各地在一月時冷到零下 20°，在北部和東部蒙古一般更爲寒冷——到零下 35° 和 40°。在南緯地區裏，在沒有風的陽光下，即使在冬季也是溫和的，而春季和秋季，在這樣的日子裏甚至是很炎熱的。夏季在陰影地方的溫度到達 40…45°，岩石和土壤熱到 60° 甚至 70°，以致許多黑色岩石和碎屑的表面熱得燙手。在無風的夏天，中亞細亞，特別是南部地區，富有流沙和石漠，變成了灼熱的火爐。在幸運的夏天和不幸的冬天裏，無風的天氣在中亞細亞不是常有的。通常太陽出來以後，就迅速起風，強烈或微弱地整天吹刮着，太陽一落便迅

速停止，因此晚間經常是安靜的。

這種風在冷天裏能使寒冷增加到極點，而在暑天却能減少炎熱。可惜冬、春兩季的大風常多於夏季，而且經常變爲風暴。但是必須指出，爲旅行家時常所談到的這種充滿着塵土的風暴，只是發生在中亞細亞的邊緣，特別是在富有砂和黃土沉積的南部邊緣上。那裏砂和黃土的微粒被風吹起，濃密地充滿在空氣中，以致在明亮的白天裏完全看不到太陽，使白晝如同黃昏一樣。

在中亞細亞的中部各地，甚至在發生強烈的風暴時，空氣也是相當透明的，因爲在這裏可作爲塵土的東西實在太少了。盆地上的散滿着碎石的砂質粘土，表面十分堅硬，風只能從這些粘土，從山岳的斜坡和懸崖上吹起前次風暴以後由於岩石破壞所形成的微量塵土。固然在中部盆地裏常常升起塵土柱——這種塵土柱在沙地上是黃色，在鹽沼地上是白色。但是，這些沙地和鹽沼地的面積，和堅硬的碎石草原、陡峭的山岳和丘陵相比，還是非常的小，所以當有風暴時，從那裏升起的塵土就不能使中亞細亞上空變黑。只是當風暴從南方、東南或西南方襲來時（這種風暴通常很少），空氣裏才充滿了由中亞細亞邊緣帶來的塵土。

雨雪的下降量，在這個地區的東部和西部之間有顯著的差別。比較接近海洋的東部蒙古能獲得較多的水分，在這裏，春季和夏季，一直到八月初止經常下雨，冬季有很厚的雪，並且跟中部蒙古、賀蘭山和哈密戈壁相比要保持得較爲長久，那些地方夏季只下幾次雨，雨量也不大，而雪則只保留在較大的山脈裏。

這種雨量分佈的情形完全反映在植物的生長上：東部蒙古沒有眞正的沙漠，土壤上生長着青草，有些地方則是稀疏的矮草，以致在細莖之間處處露出土壤，但是，就是像馬那樣比較好挑食的動物，也還是能够到處找到自己的食物，至於駱駝、綿羊和山羊那就更不用說了。在接近東部蒙古的北、東、南三面邊緣分佈着美麗的草原，有些地方蒙古人甚至在收割稍草過冬。

在中部蒙古大半是灌木植物——蒿屬，大戟屬，白刺，麻黃屬，及明棵屬。那裏的青草很缺乏，商隊過夜必須尋找合適的地方。在哈密戈壁，青草幾乎專生長在靠近水源的地區。如果商隊沒有駱駝，就必須留在那裏過夜，因爲這些地方以外，在完全光禿的土壤上只散佈着一些灌木。

在哈密戈壁和賀蘭山的南部邊緣已經可以見到完全沙漠的地區，那裏在許多平方俄里的面積中沿着乾燥地槽散佈着的稀少的小灌木就歷歷可數，在這些地槽以外的堅硬砂質粘土或疏鬆的砂土裏，只是散滿着帶有褐色光澤或被砂子磨光的石片。

由於雨量的缺乏，中亞細亞的流水也是稀少的，只是在中亞細亞的邊緣一帶，那裏的乾燥中部地區和較爲多水的地區毗連，這些地區把自己多餘的水成爲河流或小溪供應中部地區。但是這些水不能很遠地流入這個地區的腹部——它們有的散失在土壤或砂子裏，分成多數支流，灌溉濃密的蘆葦和雜草；有的則流入湖泊裏，在那裏逐漸變成苦鹹的水。只有強大的黃河，在那裏失去大量的水以後又重新越過中亞細亞的境界。

在離開邊緣的那些地方，可以稀疏地遇見像小溪那樣的流水，這種小溪是由山谷某些地方的源泉所形成，在覆蓋着白色鹽霜的草地上流過幾十步或好幾百步距離就消失在土壤裏了。爲動物或人所需要的水多半是從源泉和水井裏獲得的。這些源泉和水井可以常在山的峽谷或盆地的中部見到。大部分水井的深度不超過一或兩俄丈，裏面是淡水，有時略帶鹹味。

由此可見，中亞細亞地區的特徵就是氣候乾燥，一天內溫度的變動往往很大，經常發生大風，生長草本植物或灌木植物，但是一般都比較貧乏，很少或完全不能保護土壤，以免受到各種氣候作用力的影響。因此，這些作用力所發生的強度和它們的聚集情形，是和氣候潮濕、生長着濃密的被蓋植物羣的地區不一樣的。

上升的太陽一開始便進行曝曬活動，幾乎絲毫沒有保護的懸

崖、岩塊和碎石就開始變熱，在夏天裏它們表層的温度到達 60° 或 70°，以致黑色岩石不能拿在手裏。當天晚上，由於強烈的輻射作用，它們的温度又落到 20—25°。冬季岩石變熱的程度要小得多，只到 15—20°，但是一到晚上它們就要冷至零下 20—25°，有些地方則要冷至零下 35—40°。春季和秋季温度的波動更大，白天太陽照得非常炎熱，而晚上却變爲奇寒。因此冬季和夏季一晝夜中温度的變動達到 40—45°，而秋季和春季甚至到 50—55°。在一年中的許多晝夜裏，懸崖、岩塊和碎石的表面依次發生脹縮的變化。冷天下雪之後，白晝融雪的水留在裂縫裏，一到晚上都凍結成冰，也發生着影響。

這些作用力對於各種岩石的影響程度，完全決定於這些岩石的構造和成分。緻密或細粒的岩石，如許多石灰岩、石英岩、霏細岩、斑岩和玢岩（在這些岩石裏，基質要多於突出的晶體，而且晶體很小），其次爲玄武岩、細粒花崗岩、輝綠岩和閃長岩，都在表面發生許多裂縫，這些裂縫往往不能爲肉眼所察覺，但是一經小鐵鎚輕輕打擊就暴露出來，看來完整的岩石在打擊下就分散成銳角的碎屑。這些碎屑再經強烈的打擊又碎成小塊，往往還須分成許多碎屑，以便獲得有相當大小和帶有新斷口的岩石標本，那怕新斷口是在幾個晶面上，因爲岩石已經沿着所有的裂縫多多少少改變了。由於裂縫的逐漸增加，不用小鐵鎚的敲擊，也能使帶稜角的碎屑從懸崖和岩塊上剝落下來。因此在懸崖削壁的底部經常散佈着或多或少的巨大或微小的碎屑。有些地方整個懸崖和山脊已經變成石堆和由岩塊和碎屑互相堆積起來的地帶了。常常遇見被裂縫分成兩半或很多碎屑的漂礫和岩塊，這些碎屑在某些場合裏依然保留在原地，有時候則已經彼此分離，散佈在地面上了。有些地方在懸崖和小丘的斜面上，或在山坡和碎石草原上可以看到同一種岩石，如石英、斑岩、輝綠岩的微小碎屑所堆積的地段或地帶，就不難推測，這裏古時曾經有過這種岩石的漂礫或岩脈，這種岩石逐漸分裂

成微小的碎屑，並互相密接地覆蓋在土壤上。這種作用還可以在微小碎屑的本身上看到：我常常見到拳頭般大小的和較小的——一直到榛子狀的碎屑和礫石。它們被裂縫分成還是互相結合的小碎塊，以致拾起一塊還是完整的小碎屑或礫石，立刻可以用手指壓碎。在其他的場合裏，小碎塊已經彼此分離，但是可以用膠水把它們重新粘結成礫石。還有一種情形，就是脫落的小碎塊已經被砂子磨光(圖版 I, 1)，以及雖然在互相結合時成爲礫石，但是它的表面現出相當於裂縫的小溝。所有這一切情況不僅可以在自由散佈在地表上的礫石和碎屑中看到，而且也可以在還是突出在岩層裏的瀕海和中生代礫岩或第三紀礫岩中觀察到。

薄層的岩石，如各種頁岩、細粒片麻岩、片狀砂岩和石灰岩，由於溫度的變動，都分解成爲和層理面或劈理面一致的薄板、葉片和頁片。很少遇見由這些岩石所構成的懸崖。懸崖表面是不能覆蓋大量像陶瓷碎片那樣的這種板狀和頁片狀的岩石的。在平坦的小丘和斜坡的海蝕面上，這些板狀和頁片狀岩石形成整個結晶礦，而且在結晶礦的間隙裏還充滿砂、粘土和更小碎片的混合物，而板狀和頁片狀岩石能很容易從結晶礦裏單獨地取出來，所以它們和位置較深的岩石已經沒有聯系了。

均質的、但却如中生代和瀕海的粘土與泥灰岩一樣柔軟的岩石，分解成爲微小的帶有銳角的碎屑，這些碎屑往往有胡桃般的大小或更小，或分解成爲帶稜角的圓顆粒和塵土。

某些緻密灰岩和幾種大部分是一種顏色(白色或玫瑰色)並包含幾乎同一顏色的石英和長石以及少量雲母(大半是白雲母)的花崗岩，都成爲幾根線厚薄的葉片狀暴露在外面。這種分層可以比作同心的貝狀節理，因爲從岩體分離的薄層是和懸崖或岩塊的表面平行的。華爾特認爲這種現象就是由於岩石的表層受到的溫度變化要大於較深的岩層，而遭受同一溫度變化的岩層，由於順着懸崖表面的裂縫的作用便逐漸和遭受少一些溫度變化的較深岩層分

離；而這一岩層經過同樣的裂縫作用又和更深的岩層分離。但是，因爲這種說法只適用於任何同類或同一顏色的岩石，而分層作用只表現在一定範圍的岩石裏，那麼在這裏起作用的，顯然還有其他暫時沒有闡明的那些原因。

至於由各種成分和顏色的顆粒和碎屑所構成的粗粒岩石，如各種花崗岩、片麻岩、輝綠岩、閃長岩、某幾種粗粒花崗斑岩、斑岩、玢岩、粗粒砂岩、圓礫岩和礫岩，由於溫度的變動，遭受更大的破壞。構成粗粒結晶岩體的各種礦石，如石英、斜長石、正長石、黑雲母、輝石、角閃石等的結晶顆粒具有各種不同的顏色、熱容量和膨脹係數。因此在寒熱影響下，發生各種不同程度的脹縮。這種再三重複的細微運動終於破壞了在岩石裏互相結合的各種顆粒。岩石就逐漸疏鬆，並慢慢分解成單獨的顆粒。由各種顏色與熱容量的碎屑和礫石所構成的砂岩、圓礫岩和礫岩也同樣在破壞着，當然，岩石本身愈疏鬆，就愈容易破壞。所以上述各種粗粒岩石的懸崖和岩塊，從表面到幾俄寸（1俄寸等於$1\frac{3}{4}$吋——譯者）的深度都發生強烈的破壞，一經小鐵鎚輕輕打擊，就分散成石屑或砂子。可以常常用手不費力氣從花崗岩或砂岩的懸岩上摘下半普特（1普特等於16.38公斤——譯者）或更多的岩塊。

在構成中亞細亞高地的各種岩石中所發生的機械風化作用的結果就是這樣。在中亞細亞由於氣候乾燥，岩石的化學風化作用比較不顯著，化學風化作用多半發生在雨量豐富的熱帶、温帶和寒帶各地。這種作用只限於太陽光線不能直接作用的那些地方，也就是說在懸崖和岩塊的陰影面和岩石的裂縫裏發生的，在那裏經常含有一些爲岩石的化學分解所必需的水分。因此在那些地方我們可以看到大家熟悉的下列化學分解現象：長石的高嶺土化作用；綠泥石、角閃石、輝石的綠簾石化作用；使氧化亞鐵鹽類變成氧化鐵鹽類；呈彼膜狀的石英、方解石、石膏、鐵赭石、粘土等的沉積。機械風化作用和化學風化作用的結合，在上述的粗粒岩石中造成

最獨特的起伏形狀，關於這點以後再談。

在中亞細亞的沙漠和草原裏值得注意的其他一些現象，就是砂子對於懸崖、碎石和礫石的研磨作用。但是這些特殊的現象不是到處都有的，也不是處處都是一樣程度的。我曾經指出，最典型的砂子研磨和磨蝕作用的必要條件就是：(1) 非常疏鬆的土壤，其中細砂要比碎石、礫石和粗砂礫多得多，或有很多流沙堆；(2) 植物必須最少，尤其是青草。這些條件是完全可以理解的：大部分是砂質成分的疏鬆土壤或流沙堆，能使風對於作爲研磨、刻劃和磨蝕障礙物的武器的堅硬微粒進行搬運；由於缺乏能大力阻擋貼近土壤的空氣自由活動的植物，使風能最有利地利用這種微粒。

被風搬運着的砂子，對於沿途所接觸到的如散佈在土壤表面上的碎石和礫石或高聳在土壤上的懸崖和岩塊那類障礙物所起的作用，根據構成這些障礙物的岩石構造和成分的不同而有各種各樣的變化。在我所採集的一組標本中就有相當多的關於這種作用的例子。

我把霏細岩和角岩列入第一類，這類岩石具有隱晶結構，全體是一樣的，而且很堅硬。它們的磨損性最小而光澤最大；它們光亮的表面彷彿磨光似的(圖版 I，1，3)。

第二類由緻密或細粒結構的石英所組成。第一部分和第一類岩石完全相似，第二部分的表面光澤較少，粗糙並露出顆粒結構。

第三類爲具有斑狀結構的岩石——斑岩和玢岩。在它們磨光發亮的表面上散佈着好像痘疤似的大小窟窿，這些陷窩相當於長石中比基質柔軟的結晶顆粒。因此它們在細砂的打擊下就破壞得較多(圖版 I，4)。

第四類中有細粒砂岩和一塊細粒礫岩。砂岩相當堅硬和緻密，它們的表面很粗糙，幾乎看不出光澤，尤其是在較爲柔軟的紅色砂岩上更是這樣(圖版 II，2)。在礫岩裏，作爲比較堅硬的主要部分的石英小礫石，突出在其餘部分上，並較這些部分顯得光亮。

第五類是具有花崗岩結構、較爲粗粒的岩石——花崗岩、正長岩、閃長岩、輝長岩。它們的表面是不平滑的，含有突出磨光的相當於石英顆粒的結核，以及不突出的尖銳的相當於長石顆粒的結核，並含有相當於雲母、閃石、輝石、異剝石的顆粒和鱗片的小孔和小溝。這些岩石也和最柔軟的岩石一樣，大部分被砂子研磨(圖版 II, 4,5)。

第六類爲含有赭石和其他柔軟物質的礦巢和岩脈的不均質脈狀石英或粗粒石英。它們的表面雖然已經磨光，但是依然還有許多很深的窟窿和小溝，甚至還有在排除柔軟的礦巢和包裹體之後所遺留下來的穿孔(圖版 II, 1)。

第七類就是上述各類中具有石英和方解石礦脈的岩石。岩石表面的性質決定於岩石的成分，但是比較堅硬的石英礦脈成爲稜狀突起，而比較柔軟的方解石礦脈則形成小溝。

第八類是薄層的砂質岩和石英岩。它們的表面是磨光的，但是隨着岩層厚度的不同具有淺或深的稜角。因此這種岩層暴露出各種硬度的礦體的交錯層(圖版 I, 2)。

第九類就是具有各種硬度的頁岩和薄層的泥灰岩。有一塊堅硬的石英、雲母、泥質頁岩在暴露的外面的一邊，彷彿分裂成薄片似的，在各層之間有很深的相當於柔軟薄層的凹溝，其中散佈着較粗的細砂。堅硬的泥灰岩的表面，在較爲柔軟部分上佈滿着被砂磨成各種形狀的凹孔。在一塊岩石上，這些凹孔之間的稜角都已經磨光。柔軟的砂質泥灰岩不顯露研磨的現象。

第十類就是瀚海的鬆軟的粘土石灰質的砂岩和礫岩。它們的表面是較爲粗糙或呈粗粒狀的，隨着岩石硬度的不同稍微帶有光澤。比較堅硬的礫石突出在膠結物上，它的露出部分是多少被磨光的(圖版 I,5; 圖版 II,3)。

第十一類包含各種石灰岩。砂質的和細粒石英石灰岩的表面，散佈着微小的結核和稜角，同時又很平滑。在粗粒石灰岩的表面

上這些結核和稜角比較高而尖銳。石灰岩具有各種大小的顆粒,但是都帶有石英的礦巢和細脈。這些礦巢和細脈突出成結核和稜角,並且是磨光的。其實石灰質的表面是平滑的或覆蓋着微小的結核和稜角:在某幾種標本的極小平台體和截頭圓椎體上,它們的頂部是由石英微粒所構成,這種石英微粒保護墊在下面的石灰質免受砂子的磨蝕(圖版 III, 1,3)。與此相反,在具有方解石細脈的石灰岩塊上,這些細脈絲毫也不突出在一般的表面上,因爲它們的硬度和周圍實體的硬度是相同的。灰質石英角礫岩的表面最不平滑,因爲它全部由尖銳的和粗純的結核所構成,這些結核被很深的小溝和坑窪所隔開,坑窪的程度是與岐軟岩石相適應的(圖版 II, 6; 圖版 III,4)。

這些標本直接說明了關於移動着的砂子對於岩石作用的一些主要規律:在全體一致的隱粒或細粒的岩石中,較爲堅硬的岩石很少磨蝕,但被磨得很光;較爲柔軟的岩石則恰好相反。在粗粒、層狀或不均質的岩石裏,細砂好像刀具一樣,在起伏的形狀中刻劃出構成岩石的具有各種硬度的顆粒、岩層、礦巢和礦脈。堅硬的地方形成磨光的突出部分,柔軟的部分形成無光、粗糙或稍微磨光的凹處。一般說來,砂子對於比較柔軟的岩石起着磨蝕作用,對於比較堅硬的岩石起着研磨和磨光作用。

流水,特別是含有淤泥和砂粒的流水,也能對它所流過的礫石、漂礫和懸崖發生磨蝕作用,磨蝕情況也是隨着岩石的硬度而不同的。但是它的差別程度要比砂子的磨削微弱得多。水的活動,它的切削作用,可以說是很粗略的,不厲害的,它所暴露的岩石硬度的差別是不顯著的。此外,水是不能磨光岩石的。被水磨刷的礫石、漂礫和懸崖,只是在它們潮濕時才有光澤。乾燥以後,就逐漸變成無光了。水甚至能毀滅砂子所造成的磨光現象,因爲在擁有大量砂子並散佈着礫石和沒有植物生長的乾涸河床裏,也就是說使砂子獲得對礫石發生作用的一切條件的河床裏,我從來沒有遇見過

這種作用的徵象，可見流在這類河床上的水，即使幾年中只有過一次，畢竟毀滅了砂子所造成的磨光現象。由此可見，需要許多年，才能使懸崖和礫石上出現那些砂子作用過的鮮明的痕跡，像我們在沒有流水影響的地方所看到的那樣。

各種岩石（主要是堅硬的隱粒或細粒岩石），經過砂子的磨蝕作用，形成三稜石和四稜石，是一種雖然是次要的、但却富有興趣的現象。在散滿着被砂磨光的碎石和礫石的沙漠上，經常可以遇見這種比較有規則的三稜石和四稜石，五稜石則較少。但它們與不規則磨光的岩石相比，還是佔據少數。關於按照主導風方向確定晶面方位的事情，我也和華爾特一樣並沒有看到[1]，華爾特說明了這些風磨石的成因是由於移動着的細砂因爲鄰近岩石形成了障礙就沿着一定方向發生偏差。華爾特認爲，岩石的稜線是由被兩股沙流所磨光的兩個晶面交叉所形成的；所以晶面是原生的基本特徵，而稜線則是次生的偶然的特徵（圖版 I,6；圖版 III,2）。

在顯著突出的巨大岩石上，在岩塊和懸崖上顯露出主導風影響的痕跡，這些風在中亞細亞的許多地方都是西北風。因此在西北向的岩石上，多半被直接打在上面的砂子削平、磨刷和磨光。在其他方面則佈滿平行或分散的小溝。如果是平坦的岩石，在它的頂部就現出被隨風滑過的細砂所磨蝕的比較寬而深的溝痕。至於岩石後部東南向的面上，由往下流過的細砂所造成的高低起伏的圖景是極其複雜而曲折的。

在中亞細亞爲地質學家所注意的第三種現象，也許比砂子的磨光作用更爲重要，就是覆蓋在許多地方的懸崖、漂礫和碎石上的黑色或黑褐色的皮殼，這些皮殼在各種岩石上一般也比砂子的磨光現象出現得多，但發展程度是各不相同的。這種分佈在沙漠

1) 伊·華爾特：沙漠中的剝蝕作用及其在地質上的意義。數學物理學文集。薩克森系，科學會。第 16 集第 3 卷，1891 年版，446—447 頁（這部很有價值的著作使我在說明中亞細亞的風化和吹颳作用時感到非常方便）。

裏的懸崖和碎石上跟亮漆多少相似的奇怪的岩漆，它的成因問題雖然還沒有獲得徹底的瞭解，但是我的觀察材料，對於這個問題的解決已相當接近。這些材料可分爲下述兩類：(1)形成皮殼的外在條件和(2)內在條件，即生長皮殼的岩石的成分和構造。

以下的資料應列入第一類：

1. 如果土壤上散佈着漂礫和碎石，缺乏植物，並且土質相當堅硬，那麼皮殼發展最快。最黑和最亮的皮殼發生在周圍是較爲純淨的黃土、粘土的地方。

2. 若爲疏鬆的砂質土壤，就沒有皮殼，而是被砂子磨光的現象所代替了，可見這兩種現象是互相排斥的。同樣，在偶爾有流水的地方，即沿着乾涸的河床、細谷與峽谷的底部，也不生長皮殼。所以這兩種現象也是互相排斥的。

3. 光照和曝曬作用對於皮殼的形成所起的影響不大，因爲懸崖、漂礫和碎石的各方面都覆蓋着皮殼，而且在向南或向北的表面上，皮殼強度的差別是很微小的。

4. 只有在接觸空氣的表面上才能形成皮殼。在懸崖或巨礫的裂縫裏，皮殼只出現在由裂縫外緣向內至幾線深的地方。其次，沿着裂縫的壁上，以及在礫石和漂礫向着土壤的表面上，不是光亮的，而是粗糙無光的淺黃或淺紅色的皮殼。

以下觀察所得的材料是屬於內在的條件：

1. 在黑色皮殼和砂子磨光的兩種現象之間存在着非常相似的地方，因爲最黑和最光亮的皮殼覆蓋在大部分最利於砂子磨光的那些岩石上，即隱粒或細粒的和均質的堅硬岩石上。這些岩石的光亮表面多半也呈現經砂子研磨過的那種起伏形狀，但只有黑色和黑褐色的差別。

2. 岩石的顏色對於皮殼的密度、黑暗度和光澤不起任何作用。在白、灰、綠、紅或黑色的岩石上可以見到同樣發展的皮殼。

3. 在含有大量氧化矽和鐵的岩石上，即在石英岩、燧石板岩、

石英片岩、矽質片岩、輝綠岩、玄武岩、斑岩、玢岩（圖版 IV，2）、鐵質脈狀石英、鐵礦石等上面的皮殼，顏色最黑和最光亮。在雖然也含有許多石英和鐵的呈黑雲母、閃石、輝石的石英顆粒形狀的粗粒花崗岩上生長的皮殼，顏色較淺，光澤較少，不是整片而是成爲大小斑點狀分佈着的。

4. 在帶有含鐵石英細脈的石灰岩裏，懸崖和碎石的表面是很奇特的。石英的細脈和礦巢突出成稜角和結核，好像經過砂子研磨似的，但却佈滿着較石灰岩的中間部分黑而光亮的皮殼。這些中間部分是比較粗糙的，或甚至呈尖銳的結核狀，並覆蓋着褐色或黃褐色無光的皮殼（圖版 III，5；圖版 IV，1，3，4）。

根據這些觀察材料我得出下面一個意見：黑、褐或黃褐色的皮殼，是依靠岩石裏所包含的氧化矽和鐵形成在岩石的表面上，這種氧化矽和鐵是通過那些尚未被說明的途徑和方法而提到表面上。皮殼的光澤大概決定於被風搬運的黃土塵埃在表面上的研磨作用，這種研磨作用也服從於跟砂子的研磨相同的那些規律，它是和後者類似，但較爲不猛烈的一種現象。由於體積小而又輕，所以黃土塵埃的打擊力要小於細砂。

從另一方面也可以解釋這個問題：刮風時在中亞細亞地面上移動着的空氣，多少充滿着由地面吹起的礦物微粒。比較重的細砂只是在大氣的下層，如果到相當數量時，它們就對障礙物發生研磨和磨光的作用。飛在上層的較輕的塵土，也對障礙物發生某些作用。我們還發現塵土對於障礙物的摩擦和打擊的結果，就是在已知的條件下、而由我們還不知道的那些過程所形成的皮殼磨光的現象。當然，塵土是不能創造皮殼的，但是塵土却在可以磨光的地方，即在堅硬、隱粒、細粒和均質的岩石上對皮殼起着磨光的作用。

非常明顯，砂子的研磨和流水的冲刷是一種比較有力的作用，雖然在其短暫出現的地方也能很快擦去被黃土塵埃微弱磨光的痕跡，但是在沒有大量移動着的砂子和從來沒有流水到達的地方，

根據岩石成分的不同生長着比較農密的黑色皮殼，這種皮殼復蓋着躺在土壤上的礫石、碎石和漂礫，以及從頭到脚佈滿在懸崖上，把岩石的天然顏色完全隱蔽起來。在粗粒花崗岩、砂岩和礫岩上，皮殼只是成斑點狀散佈着，但是完全掩蓋了輝綠岩和斑岩岩脈的露頭，所以它們的黑色、光亮的部分在淺色花崗岩的背景裏從遠處看來就很觸目。在疏松或粗糙的瀚海砂岩和礫岩上，有些地方皮殼呈黃褐色薄層形狀寥寥地散佈着。在鬆軟的瀚海泥質砂岩和粘土上，雖然它們也都含有鐵質，但是我從來沒有見過皮殼。

在天山南邊山坡上，在庫倫塔什峽谷和東部天山以南的沙漠地帶裏，黑色皮殼發達到驚人的程度。在這個峽谷裏，高達 500—700 米的山坡，從上到下完全復蓋着光亮的皮殼，以致在適當的光照下山坡就閃爍着千萬點淡藍色的光芒，而在另一種光照下，山坡又成爲漆黑一團，彷彿生鐵鑄成的巨物一樣。在沙漠裏，礫石、碎石和漂礫已經完全變黑和帶有亮光，以致在寬廣的地區中，眼睛所接觸的就是一片灰黃色的土壤上散佈着已經變黑的石頭。在某種光照下沙漠閃閃發光，而在另一種的光照下，却又變成死氣沉沉的地方了。這種黑色皮殼強烈的發展，一方面是由於沒有植物和吹在這些地方的風非常猛烈的緣故，另一方面則由於對形成皮殼有利的岩石成分，這些岩石主要是斑岩、玢岩、霏細岩、角岩和帶綠、灰和淺紅色的角頁岩。

當研究砂的研磨作用和黑色皮殼時，我們已經看到在這些現象裏風起着什麼樣的作用，一般說來，風在中亞細亞佔據首要的地位。我已經說過，在這個地區裏經常起風，並在變成風暴時往往非常猛烈。

風對於只有稀少植物保護和有些地方沒有任何植物保護的土壤與岩石的表面所發生的作用，和對於植物繁茂的土壤是完全不同的。在後者情況中風的影響極爲微小，由土壤的化學和機械的破壞作用所形成的產物，積存在保護植物的下面。在中亞細亞，這

種保護作用是很微弱或是不存在的，風把能吹起來和不固定於土壤上的東西全部帶走。

曝晒和嚴寒的影響，化學和機械的風化作用，砂子的研磨作用，都經常造成新的材料讓風吹刮，因此它們活動的產物不能大量的聚集，而是逐漸被風帶走。所以在中亞細亞塵土和砂子是那麼的稀少，甚至在強烈的風暴時，空氣也還是相當透明的——在刮風以前所形成的塵土數量過於微小，不能使天空變黑。

最近在中亞細亞有流水和大氣水的活動。固然在這個地區裏有時候也發生傾盆大雨，這時從山上冲下來的短暫的急流，冲洗着長時期積存的大碎石，翻滾漂礫和岩塊，清掃細谷和峽谷，並洗淨谷底和凹地的冲積層裏很深的河床，可是在以後許多日或許多年中，它們依然是乾燥的。這裏水的活動往往是強有力的，但它的時間却很短促，中間隔開一個完全不起作用的漫長的時期。

因此在中亞細亞，由於它的氣候特點，我們發現了和其他地區相同但表現程度並不一樣的那些地質營力。在我們這裏軟弱無力的風，一到中亞細亞就成爲強大的勇士，迫使其餘的作用力都服從於它，把造成的材料供它吹刮。在我們這裏是首要作用力的流水，在中亞細亞却降到最後的地位，只是偶爾表現一下自己特有的力量罷了。

因此，由這些地質營力聯合的作用所造成的地形，是跟我們熟悉的這裏溫帶的地形不同的。所以我們在中亞細亞平原中所看到的，就是這樣陡峭的山脈、尖銳的岩石和懸崖——所有由機械和化學的破壞作用所形成的產物都受到風的吹刮和清除。這些山脈、岩石、懸崖以及山坡和谷底上的礫石和碎石，都復蓋着黑色、光亮的皮殼，或被砂子研磨和磨光。因此在懸崖峭壁上，在粗粒岩如花崗岩、砂岩、礫岩的板石和岩塊上，我們有時看到突出的懸崖和平台，有時看到像球狀，蘑菇狀、瘤狀和尖塔狀的奇奇怪怪的岩類，有時還看到像分歧的穴洞、間或被分立的岩柱隔開的深淺壁龕那類的

陷窩，所隔開的部分就像貫穿岩石或石板的孔穴一樣。

這些奇形怪狀的岩頸和岩洞，是由於這些粗粒岩的化學和機械的破壞作用再通過風而造成的。化學和機械的風化作用使岩石分解，使其變成疏松的彼此分離的顆粒集合體，而風又逐漸把這些顆粒帶走，於是還沒有被風化的岩石就暴露出來，使上述的風化作用愈來愈深地侵入岩體。因此，在機械和化學的風化作用可能一起發生的那些地方，在懸崖和岩塊的陰影面，特別是在節理或乾縮部分的裂縫裏，形成了上述各種形狀的大小懸殊的、並以不同的高度成行或成層分佈的岩洞。細粒的或緊密結合的堅硬部分、間層、細脈和岩脈，構成了各種各樣突出物——懸崖，尖頂，瘤狀體，岩脈，柱體，塔狀體。

東部蒙古，在分佈着由水平的瀕海沉積所構成的平台高地的那些地方，還出現一種由風所造成的岩體，這種岩體、華爾特稱之爲見證者[1]。沿着平台高地的邊緣散佈着圓椎形或截頭圓錐形的小丘和小山。小山超過周圍的高度和平台高地相同，小丘則較低。

形成這種平台高地的先決條件，就是瀕海沉積的上層是相當堅硬的礫岩，它比墊着的疏鬆粘土和砂岩更能抵抗風化作用。在高原的邊緣上，短暫的急流剜穿了細谷和冲溝，在它們之間突出着岬角。由於風化的作用，岬角的頂部終於脫離了高原，於是形成了截頭圓錐體的小丘。

在風化和膨脹作用的繼續影響下，形成小丘的礫岩就一塊接着一塊地崩塌下來，因爲小丘的邊緣形成了懸崖，垂在比較柔軟和隆起的墊着粘土和砂岩的斜坡上。最後，整塊礫岩崩塌下來，小丘逐漸變成圓錐形，由於風化、膨脹和雨水冲蝕的作用，它就愈來愈低。同時在它的後面，靠近高原邊緣的地方，已經出現了新的"見證者"，有時候可以看到兩三個高度不同的小丘互相靠在一起。

1) 上述文集 407—410 頁。

因此，在中亞細亞，風在曝晒、破裂、化學和機械的風化作用、流沙微粒等的影響下對山脈發生着磨蝕、鑽孔和破壞的作用，並不因爲它們的高大而受到阻礙。流水有時候也創造了同樣奇異的形狀，但是它的活動只是和土壤以及細谷與峽谷的底部發生關係。風不和土壤發生聯系，它飛馳在狹窄的峽谷裏，也奔流在寬廣的谷地裏，而且懸崖愈高，風對它所施的壓力愈強。水總是把被它冲洗的破壞的產物往下帶走，而風却能把它們帶往任何地方，它可以沿着峽谷、通過山脊吹起塵土，也能從四面閉塞的凹地裏把塵土播淨。

在中亞細亞，這種風化和膨脹作用的最後目的究竟是什麽呢？它們就是在毀壞全部山脈，使所有懸崖逐漸陷平，使整個地表變成平坦的丘陵和沒有突出懸崖的斜坡——總而言之，破壞所有妨礙空氣自由運動的障礙物——這就是風和它的同謀者在自己的破壞活動中所力求實現的事情，而且它在這方面已經做了許多工作，因爲我們見到不少的地方分佈着平坦的小丘和斜坡，它們的底板是由整塊風化的岩石所構成的，這種岩石只復蓋着薄層的碎石、石屑和砂，有時候則完全暴露。在這樣地區裏，只有某些地方聳立着由堅硬岩石所構成的孤零分裂的黑色懸崖，它們呈岩塊、柱體、牆或碎屑堆和壠等形狀，還能抵抗沙漠的各種作用力的定坡工作。

因此非常清楚，在中亞細亞內部沒有像李希霍芬所推測的那些強大的黃土沉積，凹地的底板就是碎石、砂子和粘土的混合物，這個層狀冲積層的厚度並不大。經常發生極猛烈的風，植物和水分的缺乏，使容易被風吹起的微粒不能在盆地裏大量集積起來。凹地的底板是由短暫的急流從山裏帶來的碎石、砂子和粘土所構成，並在山谷和盆地底部以及基盤地區形成泛濫，把這些材料在底板面上分佈成薄薄的一層：較大的材料分佈在接近山麓的地方，較小的則在凹地的中央部分，那裏多半是覆蓋着白色鹽霜的平滑粘土地區，有時候也有苦鹹的湖泊或鹽沼地，並常常環繞着呈低矮丘陵或小丘形狀的沙堆。

但是靠近中亞細亞的邊緣，凹地的底板就發生變化，開始具有大量更小的微粒——砂和粘土。例如東部蒙古，由中央地帶——散佈着石頭草原的戈壁本部——往北、東、南各方向，分佈着黃土草原和個別的流沙地區，這些地區在東南部特別佔多數。在東部蒙古的這些邊緣上的景觀，它的特點也是具有很大斜度的山坡和少數的懸崖，因爲這些山坡復蓋着黃土層，並生長着濃密的青草。

主要的流沙地區則在中亞細亞的南部邊緣——鄂爾多斯、賀蘭山和塔里木盆地。那裏比較光禿的流沙佔據遼闊的地域，有些地方則佔滿了山脈，一般說來，大大地限制了景觀的性質。

這種觀察直接告訴我們，風把從中亞細亞的山脈和丘陵掃除下來的風化微粒、塵土和細砂所帶往去的地方。

它們的一小部分，在稀少植物的保護下留在山谷和凹地裏，參加這些凹地土壤形成的工作。因此東部蒙古的雨量、青草密度和冲積土層的厚度，都要超過中部蒙古、賀蘭山和北山。但是主要部分的塵土和砂子則被帶到邊緣，那裏由中亞細亞吹來的風，或者遇到高山的障礙，或者和逆氣流相接觸，它的力量就迅速削弱，於是被它所吹起的塵土開始沉到地上，同時比較重的部分（細砂）要比輕的部分（塵土）下沉得早。

我已經提到過，在中亞細亞南部流沙分佈很廣，逐漸往北，這種流沙就很少遇見，而且面積不大。

這些砂子，一部分是當地由邊緣山上流下來的河流的砂質粘土沉積和黃河冲積層所發生的膨脹作用造成的，或由中生代和瀚海的疏鬆砂岩和某些結晶岩的破壞作用造成的。但是這些砂子的極大部分是從遠處以個別的細砂形狀帶來的，它們被風從中亞細亞的腹部吹來，由於風力的減低而沉積在南部的邊緣上。比較輕的塵土被帶到更遠的地方，主要在中亞細亞的氣候區域的外部；那裏對於它們的下沉來說，除風力及其速度的減低外，降雨也起着很大的作用。這種降雨一方面把塵土從空氣中打下去，另一方面使

草本植物更爲繁茂，以便阻止打下去的大量塵土在乾燥以後重新被風吹起。

我們在中亞細亞邊緣和邊緣以外地區才眞正看到這種黃土層狀的塵土沉積，黃土層在中國西北各省由東南方向圍繞着中亞細亞，它們的厚度達 200 俄丈。這樣的厚度是由被風帶來的塵土所形成的事實，不管乍看怎樣令人難以置信，但是，如果想一想在海底還要厚得多的、到好幾千俄丈的岩層，是由被河水帶到海裏的泥沙微粒、由灰質和矽質的介殼和纖毛蟲類的骨骸所形成的話，以及驟然看來一般地是很微小的那些作用，在一段很長時間內就能造成巨大的效果——如果想一想這一切，那麼由幾千年期間積存的塵土形成 200 俄丈厚的砂質粘土層在自然界的過程中就一點也不希奇了。特別是把復蓋着黃土的面積和進行着發生黃土塵埃的風化作用的中亞細亞遼闊的地區比較時更爲清楚。

但是，從這種砂質粘土層的厚度我們可以得出這樣一個意見，假如黃土層每年沉積 1 厘米厚，那麼形成這個砂質粘土層就需要一段很長時間——40,000 年，這個沉積作用與其說是很小，不如說是很大，因爲甚至在大風時，中亞細亞的大氣還是相當透明的，也就是說懸浮在空氣中的塵土量是極少的。因爲黃土塵埃的形成和它從中亞細亞吹來的事實，只有在氣候條件和現在很接近或相似的情況下才有可能，這就很明顯，幾千年來亞洲內部的氣候已經和現在一樣，在亞洲大陸的這一部分地區裏很早就開始沙漠草原時期。

黃土和砂在中亞細亞的邊緣上的分佈情形也可以證實關於中亞細亞的遺跡和氣候條件不變性的結論。根據許多旅行家的報導，在中亞細亞的南部和東南部邊區裏最多的是西北風，尤其是力量最大的西北西風。實際上我們在賀蘭山、鄂爾多斯、中亞細亞東南部發現了廣大的流沙地區。在甘肅、陝西、山西、河北各省普遍分佈的很厚黃土層由東南東方向連接上述這些地區。可見這裏以前就是西北風佔優勢。反之，在中亞細亞的東部特別是北部邊緣，

不論是砂或黃土都分佈得很少，黃土的厚度也不大。這點說明，從前這裏的南風也和現在一樣，力量不大，並吹得很少。

顯然，在中亞細亞的西南部——塔里木盆地，現在和過去多半不是西北風，而是東北風。沙州（即敦煌——譯者）以西原來狹長的流沙地帶逐漸擴大，而在羅布泊以西地區，有沿經線達 300 俄里的面積成爲塔克拉瑪干沙漠。這些沙漠的南方和西方環繞着黃土帶，這個黃土帶一直到崑崙山和帕米爾的山坡上，其中分佈着喀什噶爾的許多市鎮。關於這個地區多半是東北風的結論，被西藏考察隊的地質學家 K. И. 博格特諾維契的觀察確切地證實了[1]。

黃土土壤的肥沃是人所共知的，它在充分的雨量或人工灌溉下可以產生豐富的收成。黃土是中亞細亞的草原和沙漠裏已經發生和正在發生的風化和吹颺作用的產物。因爲風在中亞細亞境內由中心吹向邊緣，特別是吹向東南和西南邊緣，所以沙漠和草原中的廣大地區由於缺水缺雨和砂質或砂質土壤而不適宜於農業，在這個地區的邊緣環繞着肥沃的黃土帶，足以維持幾千萬人的生活。因此，這些草原和沙漠，好像制造肥沃的黃土塵埃的實驗室一樣，對於亞洲大陸的自然經濟不論過去和現在都起着極有利的作用。

但是也有不好的一面，沙漠裏灼熱的風使人口稠密的黃土地區時時遭受旱災，在不能進行人工灌溉的黃土高原上完全沒有收成，以致在中國黃土地區裏每年總有一些地方，人民遭受苦難，千萬人因之死亡，還有些人則流散到倖免旱災的地方求乞度日。

比這短暫的地方性災難更可怕的就是流沙對於這些和沙漠毗連的黃土區域的居民緩慢的但却是殘酷無情的侵犯，砂子是中亞細亞的沙漠和草原裏風化和吹颺作用的第二種產物。這些死氣沉沉的黃色沙浪被年年吹刮着的暴風追逐着，一步步地臨近作物地

1) K. И. 博格特諾維契：東部土爾克斯坦的地質調查。西藏考察文集，第二部，北彼得堡 1892 年出版，106—107 頁。

區，填滿耕田、果園、住宅、灌溉渠和水井，以致在這個生死的掙扎中衰弱和窮苦的居民，由於被砂填滿的土地上的收成逐漸減少，不得不離鄉背井，以逃避砂子向黃土地區內部的侵犯。

在砂土和黃土地區連接的全部境界上，可以看到作物地區被流沙侵犯的例子，看到已經被砂填滿或正在充填的耕田、村落和許多還有居民或者已無人煙的城市。還可以聽到許多關於城市和整個綠洲被砂子填塞的傳說。

附　記

本文寫於 1895 年初鄭從中國和中亞細亞調查回來時，當然，所採用的觀察材料還沒全沒有加以整理。本文對全部旅行中關於最後造成流沙和黃土堆的風化和吹颺作用的印象作了總結。今對本文提出以下的更正。

我對瀚海曾經作了說明，根據李希霍芬的意見，它包括中亞細亞大盆地的最深部分，而我在旅行的時候，還曾認爲它可以作爲這個地區發展史的最後第二章的材料。但是在"中亞細亞及其東南邊緣的山脈學"一文（這篇文章是關於這次旅行的綜合報告）的附記裏，已經提出以後發表關於瀚海存在的意見的材料。這裏有一位讀者獲得關於地質學家洛奇在秦嶺（東嶽嵩山）北麓附近發現上新世象的化石以及在貴德附近和以西的黃河岸上發現同時代的齧齒類和五大哺乳動物的頭骨和下顎的詳細情形，這些情形使他對於瀚海的存在發生懷疑。但是，這些在瀚海南部邊緣所發現的材料可能解釋爲流水把它們從附近陸地帶來，而地質學家斯托里契克在遙遠的塔里木盆地西部所發現的始新世板岩好像是關於瀚海存在比較確實的材料。由於我在遠離瀚海可能的海岸的東部蒙古發現犀牛牙齒，對於這個海的存在問題給以最後的反駁，已在"亞洲地理學問題選集"第一卷內上述文章的附記中指出。

現在，當美國紐約的自然歷史博物館的考察和蘇聯科學院古生物研究所的一些最新考察，已經豐富地採集了好幾百種白堊紀和第三紀各期的爬行類、兩棲類、鳥類和哺乳動物的代表時，我根據斯托里契克和洛奇的發現以及根據我在旅行時看到的 100 個瀚海沉積的露頭但只在一個地點發現化石（認爲是魚的化石）所說的關於瀚海沉積非常缺乏生物化石的話，現在看來是有點奇怪的。但是這些話說明了，當在路線區域的地質勘探下沒有時間仔細研究所遇到的每一個露頭時，這些生物化石的發現是偶然的。沒有露頭，任何在石灰岩裏存在的微小介殼，或在黃色或紅色粘土和砂岩裏埋藏的骨頭，如果不是偶然遇到的話，都不可能這樣容易地發現。我在中亞細亞考察期間曾經發現了許多古生代動物羣和植物羣的化石，中生代的比較少，第三紀的只發現一次犀牛的

牙齒碎片，在當時根據瀚海存在的觀念認爲是魚的牙齒。並在黃土和其他冲積層裏發現了許多第四紀和近代軟體動物的介殼。但是所有這些發現都是偶然的，不是由於找化石而得來，在當時是沒有時間來專門找化石的。

其次，關於中亞細亞的吹颺作用和沒有黃土狀的塵土沉積一點，必須加以說明。我在本文中說，這個地區中部甚至在猛烈的風暴時空氣也還是相當透明的，所以這裏塵土一類的東西是非常少的。關於這幾句話必須指出，我是在兩年中的秋季，當風一般稀少和微弱時看到中亞細亞的這些中部地區的。風最多是在春間，在兩個春季裏我沿着南山山麓由闢展走到肅州(酒泉)，那裏有許多植物、村落和果園，土地上已生長着幼苗而不是光禿的。盡管如此，那裏的風和空氣中的塵土還是很多的。根據許多旅行家的報告判斷，中亞細亞中部在冬、夏季特別是春季時往往因大量塵土而變暗，雖然和邊緣、尤其是南部地區相比當然要少，在這些邊緣地區裏分佈着廣大的流沙，而一邊則漫延着黃土區域，那裏的道路上飛揚着塵土，冬季在田野上也吹刮着塵土，到處是黃土的冲溝和削壁，很少有潔淨的空氣。

[樂緒譯自亞洲地理學著作選集第三卷]

色楞格·達烏里亞的流沙必須迅速加以研究*

B. A. 奧勃魯契夫院士

西伯利亞和亞洲大陸的較南地區相反，沒有很多稱爲流沙的光禿沙地。這種沙地在氣候極其乾燥的西伯利亞地區裏是以各個小型地段存在着的。例如我們在額爾齊斯河由鄂木斯克起差不多到烏斯特卡明諾戈爾斯克（石山口城）的沿岸地區，在巴爾瑙爾以下的鄂畢河沿岸地區，在靠近米努辛斯克縣的葉尼塞河沿岸地區，在伊爾庫茨克省南部的安加拉河沿岸地區，在外貝加爾地區以南邊境的西部——色楞格·達烏里亞和東部——涅爾琴·達烏里亞都看到這種流沙。

本文僅涉及色楞格·達烏里亞各處的沙地。我在 1895—1898 年的地質調查期間有機會了解這個地區的情形。搜集的材料已刊登在印出來的我的全部工作報告裏[1]，我在本文曾引用這個報告的具體材料。本文的目的在於想喚起俄羅斯地理學會特羅伊茨科薩夫斯克·恰克圖分會對於及時全面研究色楞格·達烏里亞沙地的注意。早在 15—18 年前，就有幾處沙地對當地居民造成了比較嚴重的災害。鐵路的修建，由於自然的生長、新部隊的駐紮和移

---

* 本文第一次刊登在俄羅斯地理學會特羅伊茨科薩夫斯克分會彙報 第十五卷，1912 年，第三版，53—67 頁。

1) 外貝加爾西南部的地質調查：色楞格·達烏里亞的山誌學與地質學論文，附圖表和地圖。西伯利亞鐵路沿線的地質調查和勘探工作，第 22 版，第一和第二部，北彼得堡 1905 和 1914 年出版。

民的定居等使人口增加，一部分遊牧民族最後改爲定居的生活方式——所有這一切，毫無疑義促進了森林的砍伐、新土地的耕種、新的輻射狀道路的修築等。

對於多少生長着植物的沙地，也就是說局部穩定的、幾乎完全失去能動性的鞏固的沙地的變遷，人是非常敏感的。在沙地上樹木生長緩慢，但却很快消滅。光禿的沙地使附近的植物遭致滅亡，並像潰瘍一樣擴展開來。現時在色楞格·達烏里亞，除少數地點外，沙地的危險性還不很大。但是如果不及時採取措施，這種危險性就會威脅許多地區，到那時要防止這種危險將更爲困難和需要更多費用了。

要查明採取什麼樣的措施以防止沙地的成長，必須首先研究色楞格·達烏里亞的全部沙地，不論是流沙或固定沙，但是厚大的沙地會變爲流沙。因此本文分爲下列三部：

1. 這個地區內沙地的成因。

2. 沙地的分佈（列舉並加以簡單的敍述）。

3. 爲查明防止光禿沙地和預防草沙地以免變成流沙的措施，應進行必要的調查。

一

沙地的成因　色楞格·達烏里亞的流沙是風的活動的產物，風從分佈在當地的所有其他冲積層，主要是從古代湖沙，但也從不成層的黃土和近代的河流沉積裏，吹刮着所有的材料。

因爲風的作用不是像流水或靜水的作用那樣，與某一固定的水平面有關的。所以我們在有產生流沙的適當材料和對於材料沉積具有良好條件的地方，都能到處遇見流沙。

因此，我們在色楞格·達烏里亞的各種不同的高地上——在谷底、山坡、小丘和山脊上都發現流沙堆。

但是這些流沙堆差不多僅僅集中在這個地區的西南部，也就

設在黃土特別發達的地方，因爲這兩種由風活動所形成的產物，在起源上是互相有關的，此外，色楞格·達烏里亞的砂質黃土在有利的條件下就會變成流沙。所以在西南部就自然經常遇見沙地，那裏氣候乾燥，植物稀少，有些地方往往是草原，黃土和古代湖沙特別發達，各大河流——色楞格河、吉達河、下奇科依河和下希洛克河——的河床沿線也分佈着近代的冲積層。

因此，在色楞格·達烏里亞構成流沙的取之不盡的主要源泉，就是沉積在後第三紀的廣大湖泊裏的古代湖沙，這些湖沙都在這個地區的許多近代河谷裏，並有河流通過貝加爾湖。這些砂土分佈很廣，並有很大的厚度，雖然它們大部分已被冲蝕作用所消滅，並被帶往貝加爾湖或變成新的冲積層。

這些湖沙主要帶有各種深淺的黃褐色或灰黃色。顆粒的形狀有粗大的，也有細小的。粗顆粒的湖沙往往包含卵石、礫石或碎石和砂礫。湖沙的主要成分爲不同程度的粘土質或淤泥質砂土，通常是微薄顯明的層理，有時呈小波浪形狀。

湖沙位於寬廣的河谷底部，形成很高的河成階地，也升到鄰近的山坡和較低的分水嶺上。階地的邊緣分裂成許多很深的冲溝，通常都生長着松林，在松林砍盡的地方，則生長着灌木林和青草。

由於這些湖沙非常疏鬆，完全沒有粘結性，所以它們很容易遭受雨水的冲蝕和被風吹颺。假如保護湖沙表面的植物一經消滅，它們就很容易形成流沙。

色楞格·達烏里亞的黃土是流沙的第二個源泉。黃土分佈在這個地區的乾燥的西南部，它的厚度爲 1—2 或幾俄丈，它堆積在丘陵和山的斜坡上，甚至升到山脊和分水嶺上。它和分佈在中國和土爾克斯坦境內的黃土的區別，就是它有高度的含砂量，以致可以稱爲黃土質砂土，所以它的凝集力很小，容易粉碎和散開。因此在保護黃土的被蓋植物羣已經消滅的暴露地方，黃土很容易遭受雨水的冲蝕和被風吹散，而變成流沙堆。

流沙的第三個源泉就是近代各大河流的冲積土，這種冲積土是細粒的泥質砂土、淤泥沙土或砂質淤泥。在缺水時沿岸的一部分河床都暴露出來，沙洲變爲島嶼，風從這些迅速乾燥的光禿沙地上奪取了大量的材料，把它們堆積在島嶼和河岸上的像湖沙丘一類的障礙物旁。

侏羅紀砂岩和幾種礫岩在風化的作用下可以產生作爲流沙的材料。但是這些岩石的露頭數量沒有那麼多，它們破壞的速度也不大，因此這種形成流沙的源泉可不加重視。

流沙具有各種灰黃顏色，紅黃色和黃褐色的較少，顆粒的體積可以說是很小的。流沙主要包含無色透明的石英顆粒，淡白色半透明的石英顆粒較小，有時也有褐色石英顆粒。白、黃或紅色長石、白雲母的顆粒佔很小數量，黑雲母顆粒則更少，還有少量角閃石、輝石，有時也有鋯石、石榴石、光晶石的顆粒。砂內磁鐵礦的含量各不相同。在粗粒砂裏磁鐵礦含量很少，在黑色的細粒砂裏則較多，根據對磁鐵礦的化驗爲 0.5%，在淺色的砂裏則較少。砂內粘土微粒的含量很少，所以使水幾乎不發生渾濁，如果將一小撮砂投入水中，澱渣就迅速下沉。

細砂具有各種不同的形狀——從圓形至稜角形。它們的大小：細砂由 0.3—0.4 至 0.05 毫米，平均爲 0.15—0.17 毫米；粗砂由 1—3 至 0.1—0.2 毫米，平均爲 0.5—0.6 毫米。在砂土移動時，比較粗的砂粒集中在表面上波紋的隆起部分，因此細砂就被粗砂的波紋掩蓋。粗砂由於含有大量的紅色長石，所以常帶紅色。有幾種砂土的灰顏色的程度，隨其中所含的灰色石英砂粒的多少而定。

二

沙地的分佈　包括流沙或在黃土的露頭、湖沙、島嶼或河岸及其附近地區上形成的小沙堆，或形成擁有一般新月沙丘、新月沙丘鏈和長堤的較大地區。

在下述各項中，我們不僅列舉那些已經有流沙然而發展不大的地區，而且也提出那些在有利條件下能很容易發生流沙的地區（也許在我們調查結束後的十五年中已經在其他地點發生了），即主要是古代湖沙強烈發展的地區。

1. 色楞格河流域

（1）伸展到貝加爾湖上的色楞格河三角洲，由近代的河流冲積土所構成，是細小的雲母泥質砂土，產生大量製造流沙的材料，供風搬運。我所知道的只是三角洲南部邊緣沿鐵路線的地方，那裏在 1895—1898 年間還沒有這種沙地。這方面整個三角洲的形成還是最近的事情。

（2）在哈馬爾達班山脈境內的色楞格河流域相當寬廣，並且人口稠密。構成谷底的近代河流冲積土和分佈在該谷底和山坡下部的古代湖沙，都可以形成流沙。這種小地段流沙——單獨的小丘、小堤、刮蝕盆地——已經在十五年前見過，毫無疑義，從那時起就逐漸擴大起來。

（3）在烏達河口上下，靠近上涅烏琴斯克城（烏蘭烏德）的色楞格河右岸地區。這裏的高階地，一部分由侏羅紀，一部分則由第三紀（?）的砂岩和礫岩所構成，而另一部分則由掩覆着侏羅紀砂岩和礫岩的湖沙所構成。該城附近由於草木都已毀滅就出現新月沙丘，城的周圍已經遭受到沙堆的危害。建立在該城下方的別廖佐夫卡河下游和查烏丁斯卡雅村的兩個軍事重鎮，大大地促進了森林和其他植物的毀滅。那裏沙地的危險性已很嚴重。在烏達河以南的高階地上可以見到個別的新月沙丘、流沙的長堤和小丘。而在色楞格河稱爲克里沃依·雅爾支流的河岸上，產生了很好的湖成層狀沙地的斷面。這個地方應迅速加以調查。

（4）再往上到希洛克河口，在察干達班山脈境內的色楞格河流域，古代湖沙構成了高階地，但是由於人口不密，所以湖沙變成流沙的情形還沒有什麼進展。雖然如此，可是在有些地點，主要在

村落附近，例如靠近薩揚圖依村，在奎通卡河口和日里姆卡河口上已經出現了光禿的地區（最後一處已經有很大面積）。

（5）在希洛克河口和奇科依河口之間，色楞格河右岸延伸着奧勃曼山脈，左岸則爲莫諾斯特山脈，後者沙地的危險性很小，而前者則極大。舊色楞金斯克城早在十八世紀就遭受了沙堆的危害。當時的一些旅行家——赫麥林、帕拉斯——曾經提到這些沙地的發展情形。帕拉斯說：舊色楞金斯克城附近右河岸上的山脈，是由各種顏色的灰色岩石所構成，這種岩石受到雨雪的破壞，又被風與河水帶往各流域。因此在色楞格河流域和一般在這個達烏里亞內形成了飛沙。

由於沙堆的威脅，該城以後遷移到左岸，但是一部分居民則仍留在舊城裏，砂子依舊填塞着舊城。這裏的古代湖沙變成了流沙，它們大量掩蓋着奧勃曼山脈的鄰近山坡。這裏有典型的新月沙丘、長堤和河谷口兩側的沙嘴。看來，自該城的大部居民遷到左岸以後，沙地的發展彷彿減低，因爲在右岸地區牲畜的放牧、植物遭受到的踐踏和砍伐都已減少。至少，我在暗玢岩（在接近奇科依河口處）的露頭上曾經發現被砂磨蝕的深而寬的溝痕，可是這些溝痕差不多已經失去光澤，一部分而且已長滿地衣，也就是說早已沒有受到砂子的作用了。所以這個地區對於最近將來的詳細調查來說是非常有利的。

（6）從奇科依河口至吉達河口的色楞格河流域，在右岸上有一些單獨的流沙地區：第一個流沙地區就是在奇科依河口旁，靠近博爾戈依山脈一端的稱爲上斯特列爾卡渡口。博爾戈依山脈還存留着帶有刮蝕盆地的層狀湖沙岩層的遺跡。小新月沙丘和流沙長堤則覆蓋着帶有溝紋的磨光的基岩露頭。

第二個流沙地區分佈在諾莫霍諾瓦村附近，在察干蘇拉依溪谷口，面積佔許多平方俄里。新月沙丘的高度爲 2—6 米，有時候達 10 米。大部分新月沙丘每 2 個或 3 個連成沙壟，沙壟脊沿東北

45°方向延伸，而陡峭的斜坡則朝着東南方向。這裏沙堆的危險性是很大的，必須首先設法保護諾莫霍諾瓦村和馬里英村，以免受到沙堆的危害。

（7）由吉達河口到蒙古邊境一段，古代湖沙掩蓋着色楞格河兩岸高地的斜坡，只是有些地方被基岩的露頭所隔開。因此這裏也分佈着流沙，然而地區不是很廣。我們在向着色楞格河的卡利諾山脈和巴查利達山脈西端，在吉達山脈對面，在蘇布克圖依及南端谷口的烏斯特恰克圖周圍，在布爾古圖依山脈到色楞格河一端的高坡上，都見過這種地區。這裏有些地方沙堆的危險性已經感到很強烈，特別是烏斯特恰克圖和邊境上的察干烏松村附近地方。

2. 奇科依河流域

（1）由色楞格河的匯合處至巴查利特山麓附近的梅爾尼科瓦村和諾沃捷夏特尼科沃村兩岸分佈着很多流沙，特別是右岸地區。我們在奇科依河下游一帶也看到古代湖沙，並在右岸的科羅里科瓦谷下游和左岸巴拉尼耶草地，以及博爾戈依山脈東坡，一直到波沃羅特納雅谷口都看到湖沙成因的新月沙丘。以下沙地只限於卡梅紹夫卡河谷下游和薩拉姆谷下游所在地的右岸一帶。

在最後一個稱爲奇科依·塔加爾察爾的地方，流沙和草沙地特別多，每處所佔的面積達幾平方俄里。這裏有典型的新月沙丘和長堤以及被其填塞的草地和叢林。一個地區在奇柯依河流域上的各草地之間，另一個地區則沿着普羅塔索夫卡溪谷向上延伸約達 6 俄里。這裏沙地的危險性是嚴重的，所以應迅速加以調查並使之固定。

（2）由巴查利特山脈北麓至庫達拉河口的奇科依河的兩岸上分佈着沙地。最初在巴查利特山脈境內可以看到古代湖沙階地，這些湖沙在有些地方、特別是在哈里阿斯克河口以上的左岸地區已變爲流沙。繼續往南，在右岸上由該山脈南麓至大庫曼山麓一段我們發現大批松林，這些松林佔據在塔普卡河谷與彼斯昌卡河

谷下流一帶和中間平坦的小塵曼山高地上。這裏是砂質土壤，湖沙厚而廣，流沙已開始發展，如果不停止森林的砍伐，將來可能變成廣大的新月沙丘海。在左岸上，在基要山谷口存在着同類的冲積土和小地段的流沙。

奇科依河上游，那裏右岸是比丘爾山脈和塔米爾山脈的一端，左岸在基蘭山脈，左岸分佈着較多的砂質冲積土，右岸上也佔據一部。這裏也有發展流沙的良好條件。

沿奇科依河繼續往上，一直到烏斯特·烏爾魯克前緣，還可以遇見不大的層狀沙地。但是這個地區砂堆的危險性較小。較大的流沙地區只有在河的左岸蒙古境內可能發展起來。

3. 希洛克河流域

（1）靠近哈利托諾瓦村的右河岸的高階地，是由古代湖沙所構成，一部分則被流沙所掩蓋。

（2）圖格古依河口以上的所謂佐爾金坡地、卡什塔克山谷斜坡和波德洛帕特卡村附近的右岸階地上，存在着這些湖沙的強大岩層，某些地方已變爲流沙。這個地區需要詳細調查。

（3）希洛克河左岸坡地，由舊基列特村往東至奧基諾·克柳奇鄉和往西沿塔普卡山谷到奇科依河一段，由同類湖沙所組成，是希洛克河流域裏的一塊很寬廣的沙地。這個地區的沙地在有利的條件下將發生危害，必須迅速加以研究。

（4）希洛克河左岸的高階地，由布依村往上至索霍托依鄉，有些地方已經變爲流沙，在這裏對於流沙的發展是相當有利的。

4. 烏達河流域

（1）由色楞格河到胡敦河口的整個距離中的左岸高階地，由湖沙所構成，大部生長着松林，並具有發展流沙的良好條件。在這個距離的某些地方，特別在伊利卡河口下游地方可以遇見流沙。

（2）在右岸，由庫爾巴河口至騰格列·博爾達斯卡驛和由奧納河將至格里亞斯卡雅驛一帶，我們見到和上述相同的情形。

5. **伊利卡河流域**的左側和烏達河流域毗連，湖沙也往上發展到阿拉基日河口。這裏有些地方，尤其是谷底分佈着流沙。

6. **胡敦河和基欽加河流域**

(1) 在察加克雄區和基欽加廟之間的基欽加河左岸坡地，有些地方是面積不大的流沙地區。

(2) 胡敦山脈南麓由基欽加河口起沿胡敦河右岸，再沿契桑河到契桑廟，現在已有(在某些地方)光禿的或生長稀草的沙地。這裏的沙地危險性要大於上述(1)區。

(3) 胡敦河與契桑河流域之間的坡地由湖沙所構成，並生長着森林。在這個地區砍伐森林也能造成流沙。

7. **蘇哈拉河流域** 該河是圖格吉依河的左支流。由左爾金坡地到大沙拉爾達依村的寬廣階地和左斜坡上，現在已經分佈有一些流沙地段。

8. **賽干達班山脈**包含一些湖沙地區和不大的光禿地段，這些地段在西部斜坡方面到達色楞格河流域，北部和東北部方面則至烏達河和伊利卡河流域。

9. **胡敦山脈**在北山坡方面至烏達河流域，尤其是胡敦河口下游(以西)，在南山坡方面——西至伊利卡河流域，東至基欽加河和胡敦河，都分佈着湖沙，有些地方則爲流沙。

10. **奧勃曼山脈**在西山坡方面至色楞格河，在西南端方面至奇科依河和科羅里柯瓦河流域，都掩蓋着沙堆。

11. **博爾戈依山脈**由色楞格河至奇科依河流域以東的兩側斜坡上，是一些已經光禿和正在裸露的沙地。在西部，沙地的危害性較小。

12. **諾依杭山脈**只是在靠近奇科依河流域的西部才有沙地。

13. **哈爾干圖依山脈**在奇科依河以西，一直到和博爾戈依山脈匯合處爲止，掩蓋着湖沙，有些地方已被吹散。奇科依河以東的兩側斜坡，有些地方存在着沙地。

14. **卡利諾山脈**北山坡有些地方，特別是色楞格河附近和布利塔穆爾廟周圍有很多沙地。南山坡的中央部分，至卡利尼什納河流域，沙地更多。

15. **吉達山脈**受到色楞格河流水的冲刷，在東山坡和部分南山坡附近有很多沙地，北山坡沙地較少。

16. **巴查利達山脈**差不多全部地區，尤其是南山坡擁有豐富的湖沙和流沙。山上的松林已顯著減少，沙地的危害性在逐年增加。

17. **布爾古圖依山脈**可以說也是同樣情形。特羅伊茨科薩夫斯克和恰克圖附近在其南山坡上早已變爲光禿。

18. **基蘭山脈**的全部山坡都被湖沙所掩蓋。西部和北部，由基蘭前緣至基蘭河口已經發現流沙地。

19. **馬爾汗山脈**只有北部比丘爾山脊，北山坡由基列特河至奇科依河流域和南山坡上的若干小地區都存在着湖沙層，有些地方則是流沙地段。

三

行將進行的調查　由上述列舉情形可以看出，色楞格·達烏里亞的西南部沙地的危害性已到了如何程度，尤其是由於人口的增加，森林的砍伐，牲畜的放牧等所引起的後果更爲嚴重。但是這些材料，毫無疑義，是不够充分的。我的行進路線沒有構成濃密的分佈網，所以超出觀察者視野以外的大沙地就不能充裕地容納在這個網的結構裏。

因此，預定調查的首要任務，就是查明所有的流沙地區，以及編訂關於這些地區的完全和精確的統計表。

然後必須仔細研究每一沙地：測定沙地的大小、沙堆的性質（新月沙丘、新月沙丘長堤、沙丘等）、砂土成分、生長的植物特性等。對沙地周圍地區直接觀察和詢問當地居民時應當查明，裸沙

地是否增加或依然如故，如果可能的話，應查明增長的速度。危害最大的光禿地區，必須設置固定標誌，這些標誌每隔一定時間應加以檢查，以便正確查明砂土的發展、移動的速度及其方向。詢問居民時必須查明，移動着的砂土對於他們造成些什麼危害，並查明人們是否意識到在流沙地的發展和擴大方面個人所造成的過錯，因爲有了這樣的認識，固定沙地的措施才能獲得更多人的支持。

就在地調查沙地的同時，應在一定的地點，在專家如農學家或林務長的領導下進行固定流沙的實驗。在富有裸沙地的特羅伊茨科薩夫斯克的周圍地區，是作爲這種實驗最合適的地方。應查明科學方面已經知道的沙地保護和栽植方法中，哪一些是最適合於當地的氣候和日常生活條件的。已經生長在色楞格・達烏里亞的流沙上的野生植物應加以研究，並移植到特羅伊茨科薩夫斯克的實驗區，在不同的條件下進行栽培。但是也不應當放棄那些在防止沙地方面早已有效的俄羅斯歐洲部分、西歐或甚至北美所有的植物種子和樹苗。

地理學會特羅伊茨科薩夫斯克-恰克圖分會是唯一地方性的科學機構，必須掌握色楞格・達烏里亞沙地的研究事項，召集當事人組成委員會，制訂觀察的項目並加以組織，研究出防止沙地的方法和保護草沙地免受吹颺作用的措施。在當地居民中宣傳關於植物在固定沙地方面的作用和保護沙土上的森林、灌木和青草的正確觀點。

對於沙地的調查，特別是在農村知識份子的協助下，不需要很大經費。當所進行的調查工作查明了色楞格・達烏里亞沙地的危險性確實存在和許多地區必須設法防止時，特羅伊茨科薩夫斯克實驗區就會受到土地整理主管機關的支持，這種支持將表現在對所有實驗機構撥給資金。

* * *

經我考察過的色楞格・達烏里亞的那些沙地，在我的全部報

告的第二部裏(西伯利亞鐵路沿線的地質調查和勘探工作,北彼得堡,1905 年第 22 版)有更詳細的敍述,這個報告還附有索引和詳細目錄。

附圖對於砂質冲積土(主要爲古代湖沙,有些地方則爲近代河流沉積)最發達的地區表示得很簡略。我所進行的那些觀察,在正確查明這些地區的境界方面做得很不够。充分查明這些地區是未來調查中的主要任務。我們這張地圖的目的,在於喚起俄羅斯地理學會特羅伊茨科薩夫斯克-恰克圖分會注意到沙地最發達的地區正是靠近分會所在地的西南部那個地方,對於靈速調查來說是非常便利的。

[樂鑄譯自亞洲地理學著作選集第三卷]

特種類型的沙堆——羣集沙*

B. A. 奧勃魯契夫院士

關於沙丘和新月沙丘，無論在海岸或沙漠上成爲各個流沙堆的形狀，或由多數個體所連結成的集合體，都早已有人研究過，而且曾經多次加以敘述。由於這種沙堆在地表上分佈很廣，而且往往形成巨大的面積，還在許多地區內造成災害，所以人們對它都很關心。因此，不僅在每一本地文地質學的指南裏，就是在近代的自然地理學教科書裏，我們都可以看到關於沙丘和新月沙丘的敘述。

但是，除這些在亞洲內陸的許多地方及其他大陸的沙漠和半沙漠中如此普遍和引人注意的沙堆外，還有另外一種在某些植物保護下跟沙丘和新月沙丘的形狀迥然不同的流沙堆，也是相當普遍和非常特出的。但是，由於這些沙堆體積不大(雖然有時也佔相當大的地區)和固定不移，所以多數旅行家都不加以注意。甚至在幾乎所有的近代旅行的報告裏，對於這些特殊沙堆，不是隻字不提，就是僅作簡短的敘述。所以無怪乎在一些地文地質學指南裏，甚至像 A. 馬爾所著的自然地理學那樣新的著作裏也沒有記述這種沙堆。

在最完備的地文地質學指南中，即新近出版的 И. В. 穆什凱托夫著的指南裏，對於這種沙堆的敘述也只佔一頁的篇幅，而且內容概略而不够精確[1]。此外，全部內容幾乎都是抄襲 К. И. 博格特

---

* 本文第一次刊載於慶祝 Д. Н. 安如慶七十誕辰的紀念册裏，莫斯科，1913 年出版，1—30 頁。

1) 地文地質學，第二版，第二卷，119—120 頁。

諾維契的著作[1]。穆什凱托夫在其"土爾克斯坦"一書裏，只提到在卡拉庫姆和克茲爾庫姆沙漠裏生長騷木屬和刺棘等沙堆的形成情形[2]。在博格特諾維契和作者以後的近代亞洲旅行家裏，提到這些特種沙堆的有弗捷列爾、斯文海定和伊夫慶柯。

穆什凱托夫根據博格特諾維契的意見，稱這種沙堆爲"敦(дон)"，這是從喀什噶爾語的"дон"——小丘而來的。幸而這個名詞還沒有完全在科學中習用。我認爲在科學中最好不採用這個名詞，因爲它的字音和"доны"與"дюны"（沙丘）相近，可能引起誤會。

И. 華爾特稱這種在植物周圍的小沙堆爲"紐林格(Neulinge)"，這個字可以直譯爲"新生"。無論"紐林格"或"新生"都不適於用作俄語的專門名詞[3]。

弗捷列爾在他的亞洲旅行的報告裏，再三提到這些見過的在植物周圍的沙和塵土堆，他稱之爲"Vegetationshügel"，即生長植物的小丘。這個名詞也是不合適的，因爲容易理解爲由某些植物所構成的小丘，而實際上小丘是由砂所構成，只是或多或少地覆蓋着植物罷了。

也可以把這種沙堆稱爲"灌木沙堆"[4]，但是這個名詞不能包括全部這類沙堆，因爲其中某些沙堆上不是長着灌木，而是生長着喬木、蕁麻或草類。

因此，我想來談談這個"羣集沙"的名稱，因爲大多數上述沙堆，按照大小來說應當稱爲堆，而不稱爲丘陵或小丘。此外，"沙丘"這個名詞，在地質學中早已公認爲用來表示平坦的多少生長植物的新月沙丘。但是，後來在稱所有下述由植物所造成的沙堆爲

1) 1889—1890 年西藏考察記，第二部，91 與 100－101 頁。
2) 土爾克斯坦，第一卷，334 頁。
3) 伊·華爾特：沙漠構造學，第二版，27[illegible] 頁。
4) 參閱我著的"中亞細亞、華北和南山"第一卷，1900 年出版。

羣集沙時，我根據沙堆上植物的名稱採用各種特殊的稱呼。因此我區分爲檉柳、白刺、茨茨草、蒺藜、駱駝蓬等羣集沙。

凡是有流動的砂、也生長着植物、而且風相當猛烈的地方，都可以產生有植物保護的由風搬運所形成的沙堆。大家知道，通常在灌木和草堆的掩護下所形成的沙嘴小丘，就是各個沙丘和新月沙丘的起源(胚胎)。同樣，在植物掩護下的古老的沙丘和新月沙丘裏，也能形成沙嘴小丘。但是在某種情形下，這些沙嘴小丘的形成是短時期的，因爲它們不久就變成沙丘或新月沙丘了。

我們所談到的羣集沙，在當地是一種經常存在的現象，當然，不是永久的現象，因爲像我們以後所看到的，在某種情況下，它們也會消失或改變，但是不管怎樣，它們都是很持久的。這種持久的羣集沙是在下列兩種條件下形成的(不涉及適當的氣候)：(1)須有相當的植物，(2)流動的砂的數量不大。

植物的分佈，不應當形成一大片整塊的形狀，而是成爲被光禿地段彼此隔開的各個單枝、小堆或羣體，當然，在整片植物的掩護下，砂子也會積聚起來；但是少量砂子分佈在較大的地區裏，地區的水平面逐漸提高，堆積的形狀就不能產生了。

流動的砂的數量不應當很大，否則沙堆的形狀就不能經常不變，而成爲短時期的了——它們將迅速地變成新月沙丘，同時植物被過多的砂子填塞時就會死亡。

亞洲的沙漠和半沙漠裏，在具備上述兩種條件時，羣集沙就開始發展，並長時期存在着。如果其中有一個條件改變，例如植物死滅或砂的數量增加，羣集沙就會變成其他形狀的沙堆，或開始消失。

在亞洲的沙漠和半沙漠裏廣泛分佈的小草堆和蒿屬小灌木及其他植物不足以保護沙地，可以構成極小形狀的羣集沙：在這些草堆和灌木周圍積累的沙堆，它們的高度一起只有幾吋，直徑爲1—2吋，所以在地形裏完全顯不出來。因此對於這樣的羣集沙，雖然

經常遇見，但是誰也沒有加以注意。

可以造成較大沙堆的高大濃密的灌木叢和草堆，在亞洲的沙漠和半沙漠裏則很少見到。它們通常分佈在乾涸的河床上，河岸與湖岸附近，源泉周圍和閉塞凹地的底部，一般說來，凡是有爲這些植物生存所需要的水的地方，不論它是短時期或經常出現在地面上或離地面較淺處，都可以生長這類植物。

在乾涸的河床裏，雖然有相當的植物和足够數量的流動的砂子，羣集沙也不能發展起來。因爲，那怕是間或在河床裏流過的水，也能妨礙沙堆的成長，流水很容易把乾旱時在植物附近堆積的砂子冲走。但是在這些河床沿岸，可以遇見一個個的羣集沙，或甚至整片的羣集沙地或地帶。

河岸與湖岸附近，往往有相當的植物和若干流動的砂子，這些砂子是風從沿岸乾涸的部分（湖岸）和缺水時露出來的島嶼與淺灘（湖岸，但主要爲河岸）那裏帶來的。所以這些地方對於發展羣集沙特別有利。

在中亞細亞大量散佈的大小窪地的底部上，由於靠近地下水，那怕是苦鹹的水，也能生長比較多的植物。風從窪地斜坡的暴露部分把砂帶走，這些窪地的斜坡通常就是被許多乾涸河床分割的周圍山脈或丘陵的基盤地區。這些地區也是有利於羣集沙的發展的。

至於源泉附近，經常有比較豐富濃密的草和灌木類的植物，因此，如果附近有流動的砂，這些地方就散佈着羣集沙，有時候還具有特殊的性質。

在形成羣集沙的條件下，植物周圍的砂子堆積得十分緩慢，所以保護砂粒的灌木或草堆可以生長，同時養成逐漸適應乾燥的性能。這種適應性就是被填平的一部分樹幹或莖，起先是在地上，現在已在地下，它們逐漸担負起根的機能，並產生了呈幼芽狀的新根。同時，以前的根的末梢，由於在地面下過深，都逐漸死亡。這

樣，被砂壅塞的植物就會繼續發育，並每年發綠，履行着它的任務，對被風帶來的微粒起着充分保護的作用。

但是，沙堆漸次擴大，就發生了一個問題，是不是砂的堆積將發展到沒有止境，以致造成幾十或幾百俄丈高的生長着植物的沙山呢？

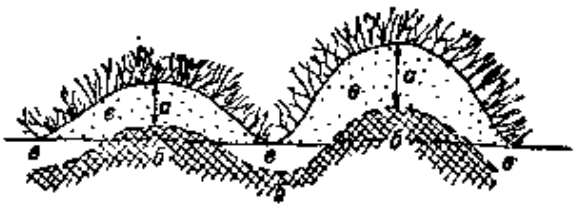


圖 1. в. 乾土壤， б. 濕土壤，
a. 上下小丘面之間的距離。



圖 2. 沙堆硬成柱體形狀

從觀察中可以知道並不是這樣。生長的範圍是受到自然的限制的，而且對於各種植物來說都是不同的。所以，由檉柳灌木造成的羣集沙可以高達 1 ½—2—3 俄丈，有時候達 5 俄丈，而由白刺灌木造成的羣集沙則只有 1 ½—2 俄尺，有時候達 3 俄尺，也就是說要小 ⅔—⅘。顯然，這種範圍是由每種植物的根的長度來決定的，因爲根從充分濕潤的土壤層裏吸收供應植物的水分。

當沙丘或沙堆散佈在原來平坦的表面上時，潮濕層的上部界限就隨之提高，但是這種提高要小於土壤表面的增高。大家知道，地下水的水位達到濕軟土壤的全部起伏不平的表面上，這種高地升得愈高愈陡峭，地下水的水位距離土壤表面就愈遠，如果我們拿低丘和高丘來看，那麼土壤表面和地下水水位或相當潮濕的表面之間的距離 a（圖 1），在低丘裏要比高丘裏的小。由於被砂壅塞的植物最深的根部開始死亡，所以這個植物的根和潮濕層的接觸就愈來愈小，於是植物由於缺少營養而逐漸枯死。

枯乾的灌木發綠的程度，一年比一年減少，枯乾的樹枝被風吹折，於是植物對砂子所起的保護作用也逐漸減少。因此在植物完全死亡以前，由其所形成的沙堆就逐漸消滅，因爲已經失去保護的

砂被風刮走。風對於灌木(或灌木叢)的外部所起的作用要強於受到前者保護的內部。所以沙堆斜坡上的植物首先毀滅，然後輪到沙堆頂上的植物。這樣，原來類似圓頂狀的沙堆，就漸次變成圓椎體或甚至成爲圓柱體(圖 2)。在被風吹颳和侵蝕的斜坡上，突出着早已死亡的根和樹枝，而被它們所固結的沙堆有時候被山脚附近的岩塊所推開。

除這種確定各個羣集沙成長範圍和破壞程度的天然原因外，對於某幾種羣集沙來說，還有另一種稱爲強制的原因。我們在河岸和湖岸附近的羣集沙裏見到這種原因。在這種情況下，造成沙堆的植物的生命決定於地下水的水位，但後者則又決定於露天水源的水位。如果這種水位長時期下降，例如湖泊乾涸或河流水量逐漸減少，或者如果水源完全消失或遠離——河流或湖泊枯乾或河床遷移到更遠的地方，那麼地下水的水位必然下降。羣集沙上的植物的根碰不到地下水，植物就迅速或緩慢地枯死——視水位的下降速度而定。

假如水位逐漸下降，沙堆破壞的情形應該和上述的一樣，若迅速下降，則在沙堆(與所有沙堆)的整個表面上的植物同時枯乾，植物的枝幹很快折毀，沙堆立刻成爲光禿，大體上，還是保持圓頂形狀。在朝着主導風方向的斜坡則爲例外，那裏的植物毀壞得最快，沙堆很早就被吹毀。這種破壞的情形，我們在 142 頁的圖上可以看到，那裏的植物很快死滅，就是由於河床移向一邊所引起的。

最後，我們還看到那些非自然的中斷羣集沙成長和存在的情況，即人們把植物砍作燃料，或食草的哺乳類動物對於植物的啃食、折毀和踐踏。強烈毀滅的植物開始死亡，被它保護的羣集沙也就受到吹毀。

雖然我們全部時間總是談到羣集沙，但在這種由植物造成的沙堆裏，砂子的純度和分類程度總是小於沙丘或新月砂丘的。在植物的保護下，不僅可以保持和積聚粗砂，而且也保留住細砂、塵

土、鹽粒、植物碎片，所有這一切都能同時沉積。某一種材料的相對數量首先取決於當時的風力，但也取決於植物生長的密度，如果植物有濃密的枝葉，它所起的保護作用要大於疏稀枝葉。因此，在同一地點和風力中，在第一類植物下所堆積的材料比較細微，這種沙堆一般所含的粘土、石灰質和鹽類，要多於在第二類植物下所形成的沙堆。枝葉的濃密度不僅在各類和各品種的植物裏有所差異，而且在同一種植物裏也有區別，因而沙堆的大小和成分也發生着種種的變化。至於單獨的植物所起的保護作用，要小於互相緊靠的整片濃密的植物羣。這對於零星或小塊生長的青草來說有着特殊的意義，因爲一根草莖或一小堆草差不多絲毫也不能防止風的吹襲，而草叢所起的保護作用就要大得多。

這些材料只是在起風時才進行堆積，由於風不是經常的吹颳，所以堆積的現象是週期性的，這樣就形成沙堆的層理。但是在同一層裏，材料是不分類的——在粗砂旁可能有細微的塵埃。一般說來，沙層不是水平，而是傾斜的。因爲大部材料都經常保持在植物的各莖之間，它的數量向着外圍逐漸減低——每一層逐漸的尖滅，而這一層愈接近沙堆新形成的表面，它從中心到外圍的傾斜度就愈大（如圖 3 所示。當然，所描繪的圖樣是很簡略的）。

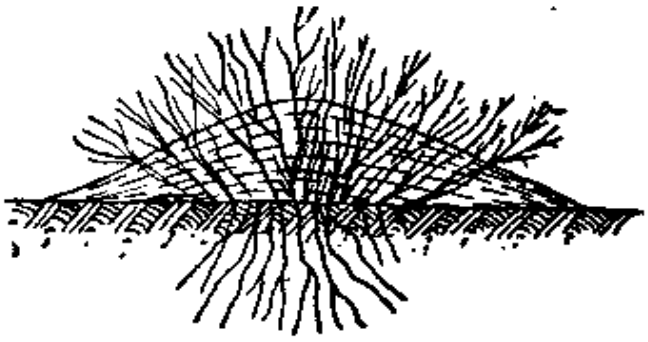


圖 3.　在灌木上積聚的沙堆。

但是，這個理論上的法則實際上由於下列各種情況而受到破壞：植物的背風面上材料的堆積要比向風面上強烈；風向的改變；棲息在植物下的成羣的動物，把材料從自己的穴洞搬到表面上。各層的厚度也是不一樣的：大風時沉積成厚層不同的材料，風弱時沉積成薄層相似的材料；在有風暴時，無機材料裏還有樹葉和枝

幹;秋季,植物殘體的數量增加,一到春季就減少。

總之,在羣集沙裏,我們見到不純的粘土灰質砂,有時候見到不均粒的鹽質砂,多少含有動、植物的殘骸,層理鮮明,一般爲圍斜層理,但是這種層理已經多數受到破壞。沙層內的各方面被植物的幹和根所貫穿,有些地方則被動物的穴洞所截斷。

在對羣集沙的一般敍述以後,讓我們詳細地研究各種類型的羣集沙。

1. **檉柳沙丘**[1] 由於它的體積,使旅行家最爲注意,這種沙堆在相當的寬度下,高達 2—3 俄丈,有時候達 5 俄丈,所以已經是丘陵或小丘了。這是羣集沙中最大的一種,它是由於檉柳灌木具有大量緊密分佈的構成密林的枝幹所造成的。因此,形成良好擋風的地區,落入灌木深處的細砂就永遠留在那裏了。

由於能良好地防止風的吹襲,在檉柳灌木下逐漸形成的沙堆,不僅包含大、小砂粒,而且還包含通常我們在羣集沙裏所看到的大量黃土塵埃,以及各種植物殘屑——灌木死亡的部分(根、樹皮、枝幹、枯葉)和生長在附近地區的植物殘體。在濃密的檉柳灌木的保護下,也生長着各種小動物——成羣的齧齒類、鳥類、蜥蜴、蛇、蝸牛、昆蟲,它們的骨骼和皮殼的遺骸都埋葬在逐漸增大的沙堆裏。所以在檉柳沙丘裏,砂土含有大量粘土和各種動、植物遺骸,如果檉柳分佈在鹽土上(這是經常有的),那麼還含有微小的鹽粒。

檉柳沙丘的外形,不是平坦的圓頂狀(圖 4),就是陡峭的圓頂狀(圖 5)。142 頁上的圖是第一種沙丘,這是我在距艾比湖北岸不遠的準噶爾山口內所照的相。從騎馬者的高矮可以看出,這裏的沙丘不是特別高大的,總共爲 5—6 俄尺高,覆蓋在上面的檉柳灌木,在沙丘頂上的只到馬的膝蓋那麼高,即 3/4 俄尺高,在斜坡下

1) 檉柳,土庫曼語爲 юлгын,蒙古語爲 сухай-модо,按照普爾熱瓦斯基的意見(第三次旅行記,162 頁),分爲下列幾種:最普遍的爲 *Tamarix Pallasi*,在塔里木盆地裏有豐富的 *T. loxa*,在鄂爾多斯,除第一種外,還可以見到 *T. elongata*.

半部上的，它的高度爲 1~1½ 俄尺。 周圍地區爲含有小碎石和礫石的紅黃色粘土質砂土，散佈着造成小沙堆的細小的檉柳灌木，但多半爲其他植物的灌木，在它們之間的土壤是完全光禿的。大沙堆成批的互相靠近的分佈着，在圖中右方可以看到，第一沙堆後面，就是第二沙堆的前端。

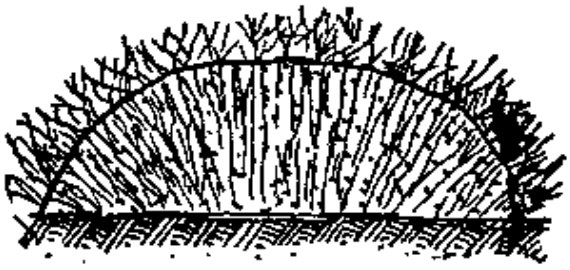


圖 4. 在檉柳灌木上的平坦圓頂形沙堆



圖 5. 在檉柳灌木上的陡峭圓頂狀沙堆

142 頁後的圖版上所表示的是已經完全沒有植物的死滅的檉柳沙丘。但是斜坡的左半部和頂部，大概都還保持着原來的斷面，根據斷面判斷，可以說這一沙丘是屬於第一種類型的。朝向右方和前面的陡壁，是由西北方來的主導風的吹颳作用所造成的。這種側壁可以顯露沙丘的成分，它的表面是由含有鹽粒的褐色粘土質細砂所構成，內部則是由含有比較粗的砂粒的黃褐色石灰質粘土細砂所構成，粗砂粒無論在全體和單獨的不規則的間層裏都分佈着，這種間層大體上是沿東南方向傾斜的。有些地方，沙堆裏充塞着腐爛的根，沙堆是多孔的，並包含許多古老的穴洞。

在準噶爾盆地札伊爾山脈南麓的瑪納斯河左岸上見過這種沙丘，這種沙丘在塔斯烏特凱爾淺灘下游地方成脈狀分佈，有些地方沿河的支流，二、三成羣地分佈着。在近水的沙脈上，所有沙丘都生長着植物，而且富有生氣，而在遠離河流的沙脈上，所有沙丘，不是死滅光禿、和照片上的情形一樣，就是覆蓋着枯乾的灌木叢，成爲垂死的狀態。

第二種——陡峭圓頂狀，大概是常常見到的。例如，我在中部

蒙古、索果諾爾湖以東的額濟納河下游曾經見到這種沙丘。索果諾爾湖那裏，在凹地底部和沿卓布波列克的下階地上都成羣地或單獨地分佈着檉柳沙丘。沙丘高 1½—2 俄丈，頂部平坦，側壁陡峻。砂土是灰色不均粒的，含有若干石灰質和粘土。在暴露的側壁上，有些地方可以看到灰色粗砂和黃色細砂的微薄交錯層的斜交層理。周圍是砂礫土壤。這些沙丘排成一行或兩行，沿黑河(弱水)右岸向南延伸[1]。

在肅州（酒泉）和安西之間，南山附近凹地的霍爾漢茲澤村綠洲東部的鹽沼地上，也發現有很大面積的檉柳沙丘。這裏的沙丘，有些地方分佈得很密，高達 2—3 或 4—5 俄丈，有些地方很稀，高達 1—2 俄丈。它們之間分佈着光禿枯乾的鹽沼地，鹽沼地表面的土壤覆蓋着 ½ 吋厚的硬殼，這種皮殼用脚踩就碎裂，露出墊在下面的疏松細微的灰黃色灰質粘土質砂土。在這些鹽沼地裏分佈着帶有檉柳枯枝（活的灌木很少）的比較低的沙丘。在膨脹的沙丘裏，也同樣露出灰質粘土質細砂，上面覆蓋着的砂土，也是很細，但是粘土和石灰質則較少。不過，這些沙丘也往往覆蓋着鹽質粘土皮殼。

東部和南部一帶，這些檉柳沙丘逐漸變成新月沙丘，這是由於地下水水位的降低而形成的。上述凹地裏，首先出現逐漸枯乾的湖泊。在乾涸的底上生長着檉柳灌木，然後產生檉柳沙丘。這種過程是從凹地的外圍向中心推進的，所以凹地周圍分佈着最古老的沙丘，而中間部分則是最年輕的沙丘。當然，在凹地底部（凹地西部已經出現乾涸河床）由於地下水水位的下降所引起的沙丘的死滅，也是從凹地邊緣開始的，而死沙丘變成了新月沙丘和新月沙丘長堤。所以在上述地區裏可以見到檉柳沙丘的死滅和吹颺作用

1) 關於這個地區裏的檉柳沙丘的情形，可參閱我著的"中亞細亞、華北和南山"第二卷 405—406 頁、58 圖，北彼得堡，1901 年出版。

的全部階段[1]。

128 頁後的圖版上所表示的是一部分分佈在平台高地中的寬廣干河谷裏的檉柳沙丘，這些平台高地從西面限止準噶爾盆地內地亞姆(Дям)河下游的奧爾哈盆地[2]。這個河谷曾經一度是烏魯斯都諾爾湖狹長的港灣，隨着湖港的枯乾，在谷底上出現了檉柳，成爲沙丘的基礎。現在這個湖本身已經完全乾涸，當然，谷底地下水的水位也隨之下降，於是檉柳沙丘一個接着一個地開始死滅，變成新月沙丘。比較各圖時就可以看出，在活沙丘和死沙丘上生長的檉柳不同的密度，這種差異的程度在實際上更爲顯著，因爲在死沙丘上的許多檉柳灌木，雖然還沒有被折斷，但是一半或全部已經枯乾。在左邊的兩個沙丘上大部是疏松的禿頂和枯乾的灌木，禿頂上的檉柳已經消失，而在右邊的沙丘上，檉柳還是較爲發綠和濃密的。

在死滅和垂死的沙丘上被風吹掉的砂子，一部分在靠近沙丘的東南東方面堆積成不同長度的高沙嘴（因爲這裏的風主要從西北西方向吹來），或在沙丘附近或兩沙丘之間堆積成新月沙丘。最後一張圖裏，在沙丘前面可以看到高約 2 俄丈的光禿的沙堤，這個沙堤靠近左邊的沙丘，但距右邊狹長的地溝較遠。譬如，經常分佈的高約 4 俄丈的沙丘也是這種形狀。

如 142 頁後的圖版所示，完全死滅的檉柳沙丘，它的一邊受到風的破壞，那裏可以看到陡峭的懸崖，在下面還有吹蝕的深溝，關於這點我們已經在上面談過。在瑪納斯河左支流的左岸上的這個沙丘及其鄰近沙丘的死滅，就是由於這條支流向右移動所造成的。

我認爲上述關於檉柳沙丘的例子已完全足以說明這種類型的

---

1) 關於這個地區的敍述，可參閱上述我的著作第一卷，594 頁，北彼得堡，1900 年版。

2) 這個地區，我在 1911 年出版的"地理學" III—IV 册裏稱之爲"風壁（ЭОЛОВЫЙ ЛОКОЛ）。"（參閱本著作第一卷——校訂時附記）。

聚集沙。還可以參考弗提列爾在"周遊亞洲記"一書裏所舉的亞洲其他地區的許多例子。



圖6. a.新月沙丘，б.新月沙丘的一部分，被檉柳根固結起來，在新月沙丘移動之後，成爲圓錐形檉柳沙丘。



圖7. 在某些地方生長着檉柳灌木的原來平坦的地區上，在吹颺作用下所形成的檉柳沙丘。

斯文海定在塔里木盆地旅行時曾遇見大批的檉柳沙丘，這些沙丘他稱之爲"tamarisk mounds"。但是根據他的意見，它們不是由於堆積所形成，而是相反的，由於土壤吹颺時保留了一部分被植物根部固結起來的土壤。同時他還區分爲兩種情況：第一種就是檉柳灌木(或灌木叢)生長在新月沙丘上，後來新月沙丘被風移動到新地方，但是它的被強烈分枝的長根鞏固起來的一部分砂土除外。當然，這部分砂土成爲覆蓋着檉柳的圓錐體形狀依然留在原來地方。幼齡的檉柳往往是形成沙嘴小丘的原因，以後這種小丘變成新月沙丘，而且檉柳不會死亡，而是生長起來，並高出填滿砂土的表面，同時以本身的根鞏固一部分砂土。新月沙丘逐漸移動，而這一部分則成爲檉柳沙丘留在原地(圖6)，在這種情況下，沙丘完全由風成砂所構成。

第二種情況就是檉柳灌木生長在河流或湖泊(一般說來，地下水不深的地方)附近的硬冲積土或黃土上。黃土除被檉柳根部鞏固的一部分外，其餘逐漸被風吹颺。因此，原來平坦的土壤漸次變爲如圖7那樣的小丘了(字母а、б、в、г、д表示在土壤吹颺的各階段中土壤的水平)，而且每個小丘被檉柳根所固定，被後者覆蓋，一般形成圓錐體形狀。

普爾熱瓦斯基已經提到這種成因的檉柳沙丘，他按照羅坡羅

夫斯基所作的圖把它們表示在總圖上[1]。關於圍繞塔克拉瑪干沙漠南部邊緣的黃土檉柳小丘的成因，彼夫卓夫也發表了同樣的意見[2]；在作者所制的248頁內的圖[3]上也畫有在沿尼雅至奚爾羣河道路上的卡拉穆爺河附近生長的檉柳沙丘，但沒有加以說明。

因此，在分佈着兩岸生長濃密植物的強大河流、山麓附近的黃土帶以及廣大流沙地區的塔里木盆地裏，我們見到彼甫卓夫和斯文海定所述的形成檉柳沙丘的特種條件。但是在我所見過的中亞細亞的其他部分裏，我沒有看到這樣形成的檉柳沙丘，而只是像我上面所述的那種。在根據斯文海定意見所述的兩個例子中，我們可以說都不是談到由堆積材料所形成的羣集沙，而只是談到在某種情況裏由砂土構成和在另一種情況裏由冲積土或黃土所構成的風積沙丘。關於這種由吹颺作用所形成的沙丘，我將在本文後再詳細提到。它們的成因和形狀，都跟羣集沙不同。

2. 白刺沙堆 無論在河流和湖泊附近（和檉柳沙丘交錯相處或從水的對面環繞檉柳沙丘）或在表面沒有水但在近處含有地下水的凹地裏，都分佈得相當多。我在東部和中部蒙古、北山、鄂爾多斯、柴達木盆地和準噶爾盆地裏曾見過這種沙堆。它們所佔的廣大面積，往往有幾十或幾百俄丈長和寬，而且經常只是成單獨個體或一小羣存在着的。

這種沙堆積聚的原因，就是普爾熱瓦里斯基最初所說的灌木植物 *Nitraria Schoberi*（蒙古語爲 Хармык）[4]。這種灌木通常高2—4呎，在特殊有利的地方高達5—7呎，生長着濃密細小的樹枝，這些枝幹向下彎成弓形，特別在夏季長滿小果時更爲彎曲（圖8）。

因此白刺能良好地阻擋風的吹襲，並逐漸集積構成小丘（說得確切一些，是丘陵）的砂土和塵埃。但是，和檉柳一樣，被砂填塞的

1) 第三次旅行記，164頁和兩頁上的圖。
2) 西藏考察記，第一部，106與147頁，北彼得堡，1895年出版。
3) 在原書248頁內無圖表——譯者註。
4) 中亞細亞第三次旅行記，160—161頁。

白刺也能繼續發綠和成長，以保護積聚的疏鬆材料，不致被風吹颺。可是在多數情況下，白刺會受到砂土充填的危害，而且沙堆愈高，受害愈大。這一點可以由被砂土充塞的白刺上的枝葉果實均較稀於未被充塞的白刺的事實獲得證明。被充填的白刺上，新生的枝幹逐漸疏稀，直接躺在沙堆面上，它們覆蓋着沙堆以防止吹颺作用。

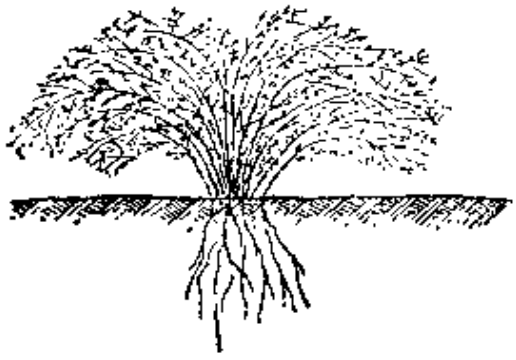


圖 8. 白刺灌木

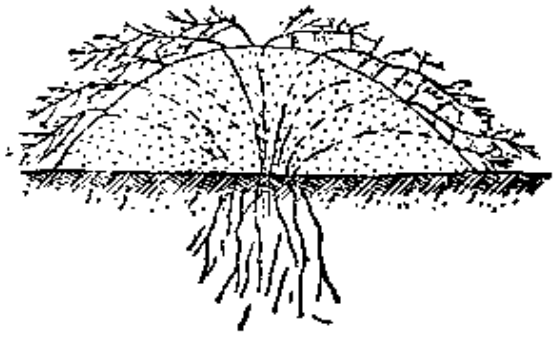


圖 9. 在白刺灌木上形成的平坦圓頂狀沙堆

由白刺形成的沙堆，通常高達 1—1½俄尺，很少有 2½—3 俄尺，平面形狀爲橢圓或圓形，斷面爲平坦圓頂形(圖 9)。在古老的小丘上，白刺的稀薄的綠色幾乎不能掩蓋砂土的顏色，於是沙堆就很像古老的墳堆，所以我從前稱這種羣集沙爲墳堆[1]。但是，因爲由其他灌木所形成的沙堆也具有同樣的形狀，那麼對於由白刺形成的沙堆，雖然它很像墳堆，也最好不用這個名詞。

造成白刺沙堆死滅的原因，也和檉柳沙丘的一樣，即地下水水位的下降，由於這種下降，灌木開始枯乾，同時失去保護作用的沙堆便漸次受到風的吹颺。斜坡下部逆風方向的砂土最先受到吹颺，於是沙堆逐漸變成不規則形狀。在變動的風向下，沙堆變成不平整的柱椿或小堆狀，在它的頂上有時候還可以看到灌木的殘體。

但是在河流和湖泊附近的白刺沙堆，它的死滅原因就是這樣

1) 中亞細亞、蒙北和南山，第一卷，60 頁。

的。其實中亞細亞大小凹地的底部上有很多這種沙丘，在那裏絲毫也沒有使地下水水位發生顯著變化，從而使沙堆死滅的原因。在這種凹地裏，沙堆死滅的原因，應該是沙堆本身過度的擴大，結果將灌木窒死，使其不能升到沙堆上。這種生長着枯乾或正在枯乾的白刺的小丘，可以在散佈這些沙堆的每個地區上看到，特別是在把砂土帶來的主導風方面可以看到，那裏沙堆的成長最爲迅速。

如以上所述，古老的沙堆，由於白刺的枝葉比較疏稀，所以受到的保護作用相當微弱。這種保護作用足以防止先前堆集和已經緊密的材料被風吹颺，但不足以防止新沉澱的疏鬆材料的被帶走。這就是爲什麼古老的小丘，它的體積幾乎絲毫也不會增加，它們從來也不會達到像檉柳沙丘那麼大的體積。

3. **芨芨草沙堆** 芨芨草(*Lasiogrostis splendens*)(吉爾吉斯文爲 Чий，蒙古文爲 дэрису) 在中亞細亞分佈得很廣，它們生長在所有的綠洲和沙漠中那些地下水不太深的地區裏。這種植物，根據年齡和良好生活條件的不同形成濃密或疏稀的單獨禾束，說得確切些，形成各莖在基部緊密壓縮、向上分散成扇形的束叢(圖 10)。由於這樣的形狀，單獨的芨芨草束只能構成小沙堆的基礎。各莖的間隙過於狹小，不能保留砂土，而在整束芨芨草的保護下只能形成沙嘴小丘，而不是對稱的沙堆。但是，如果各束芨芨草生長得相當緊密，彼此距離很近，那麼，綜合起來，它們就能形成十分濃密的草叢[1]，使在各束間隙裏的砂子獲得充分的保護，免受風的吹襲，同時可以聚積起來。於是逐漸出現寬闊平坦的沙堆(圖 11)，它的大小視芨芨草叢所佔的面積而定。但是這種沙堆永遠是淺平的，因爲芨芨草不能經受砂子強烈的填塞而開始枯乾，死亡的草束漸次消滅，砂的保護作用消失，沙堆就不擴大，而是逐漸被風吹颺。

1) 關於在塔城以南草原上所攝的芨芨草叢照片，請參閱我著的“準噶爾邊疆”第一卷，第一版，圖 I，托姆斯克，1912 年出版。

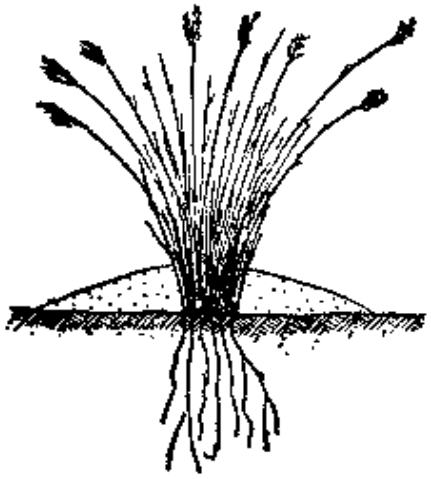


圖 10. 在單個芨芨草束上形成的沙堆

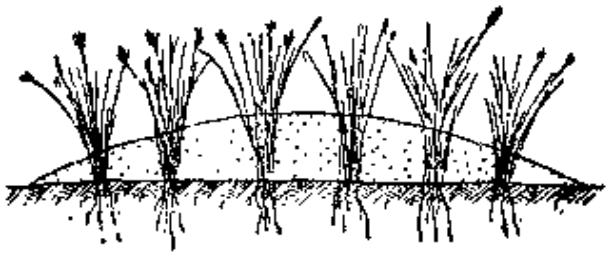


圖 11. 在各芨芨草束之間形成的寬廣淺平的沙堆

寬廣淺平的芨芨草沙堆經常可以見到，尤其是在東部和中部蒙古的水井附近，那裏的牲畜促進了芨芨草的消滅，因而妨礙沙堆的成長，使它們變成光禿和受到風的吹颳。

4. **莞屬沙堆**和芨芨草沙堆稍有區別，莞屬（或蘆屬）不是成束生長，而是以單獨的莖或細束大量的生長着，所以形成保持許多砂土的濃密禾叢（圖 12）。如莞叢所佔的面積很大，那麼沙子增加緩慢，就不能形成沙堆形狀。但是如果小叢和光禿的地區交互相處，那麼便出現各種不同的直徑和高度的淺平的沙堆，莞屬經受砂土壅塞的性能要比芨芨草好得多，但是，大概生長在靠近河流或湖泊，一般說來，在地下水很接近土壤表面的地方才有可能。當沙堆增大時，地下水的水位和沙堆表面一起上升，莞屬可以長時期獲得充分的營養，沙堆也就能擴大起來。

但是莞屬沙堆的高度是有限制的，因爲地下水的水位逐漸落在上升的沙堆下面。因而，莞屬獲得的水分愈來愈少，就慢慢枯乾，枯乾的莖在風的壓力下開始折斷，保護作用漸次減弱和消失，沙堆就被風吹颳。

在和流沙毗連的河流和湖泊附近，例如在塔里木河下游、孔雀河和這些河流流入的湖泊附近，可以見到非常多的莞屬沙堆。



圖 12. 在沙堆上的濃密的莞屬叢

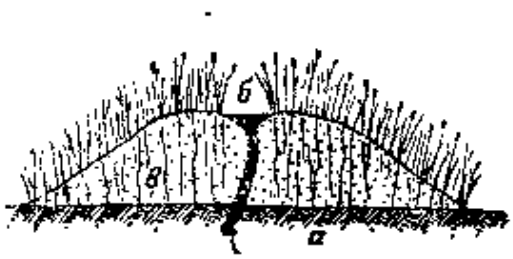


圖 13. а. 冲積土壤，б. 水，в. 沙丘。

我在準噶爾盆地、札伊爾山東南的比什巴斯塔烏曾經見過由源泉所造成的原始形狀的莞屬沙堆。在這裏的有些地方可以遇見高達 1½—2 或 3—4 俄丈、相當陡峻的小丘，它是由泥質砂土所構成，上面生長着比較濃密的莞屬，在小丘的頂或斜坡上有些小坑流着泉水。關於這種小丘的形成我是這樣解釋的：在這個冲積平原的各個地方，達爾布提河水滲透到地面上，這種河水還沒有從札伊爾山流出以前，就在河床的冲積土裏消失掉了。水的周圍生長着莞屬，把風從周圍沙漠帶來的沙土和塵埃保持起來。這些材料逐漸增加，形成小丘(圖 13)，在小丘表面上，由於有被源泉滲透的充分濕潤的砂土，所以莞屬不致死亡。但是一旦源泉流到其他較低的地方，小丘上的莞屬就會枯乾，於是材料逐漸被風吹颺[1]。

5. **鹽木屬沙堆** 鹽木屬 (*Haloxylon ammodendron*) 是沙漠裏的一種奇怪的樹木，生長着粗糙彎曲的樹幹和綠色的枝條，沒有樹葉，它們多半分佈在由裏海至鄂爾多斯一帶的中亞細亞南部和西部地區。這種樹木，如果單獨生長，擋風的作用不大，因此在樹幹附近只堆積着很少的砂土。但是在彼此距離 1—3 俄丈生長着的鹽木林裏，確能保持許多砂土，在每棵樹的周圍形成淺平的沙堆 (圖 14,а)。幼齡鹽木，樹幹長得很矮，看來與其說是樹木，不如說是灌木

1) 詳細情形可參閱我著的"準噶爾盆地"第一卷，第一版，423—424 頁。圖 13 也是引用該書的材料。



圖 14. 鹽木屬沙堆

(圖 14, б),這種鹽木可以產生較好的保護作用,它們周圍經常堆積着淺平圓錐體形狀的沙堆。假如在一個地方有許多這樣的鹽木,那麼砂土的堆積就進行很快,同時出現小型的沙堆,這種沙堆的形狀是和白刺沙堆不同的——比較平而低,只在頂部長着灌木。

鹽木屬不能經受砂土劇烈的充填,因此在它的灌木和喬木的周圍形成的沙堆不能達到很高,經常是平坦的。我在中部蒙古和準噶爾盆地的某些地方曾經遇見鹽木沙堆,通常是在寬廣凹地底部或有大量疏鬆沙土的平坦冲積扇上看到的(例如在準噶爾山口)。

6. 混合性的羣集沙 除上述作爲某種獨立類型的羣集沙基礎的各種植物外,在亞洲還可以見到許多其他也能造成沙堆的灌木和喬木,如形成各種高度和密度的灌木的沙拐棗屬(各種*Calligonum*)、錦鷄兒屬、灌木蒿屬、麻黃屬,而在喬木中,則有楊屬和黃華柳(山水楊)。但是,這些灌木植物不能像檉柳和白刺那樣,經受砂土劇烈的充填,所以在它們保護下所形成的沙堆,通常都是高1—2呎、直經 1—2 俄尺、淺平圓錐形或平坦圓頂形的小沙堆。這樣的羣集沙在草原的地形裏不很顯明,所以不惹人注目,無論在盆地底部或山脈和丘陵的傾斜基盤地區上分佈的許多山谷和窪地裏,甚至在狹谷和山坡上都可以遇見這種沙堆。

在上述的樹木中,黃華柳只生長在綠洲中靠近水的地方,通常形成具有濃密樹枝的高樹叢,這些樹枝可以良好地保護疏鬆的砂土。因此,在綠洲中擁有砂土的有利地區裏,例如在乾涸河床與光禿地區附近,黃華柳可以造成各種小丘形狀的羣集沙(視黃華柳本身的位置而定)。但是,一般說來,這樣的羣集沙分佈得過少,所以不能選作爲特種類型。

生長在中亞細亞的幾種楊屬中，最普遍的爲異葉楊（*Populus diversifolius*）或 тополак（吉爾吉斯文爲 туранғы），尤其是在這個地區的西部和南部。異葉楊，由於性喜鹽質土壤，所以通常生長在綠洲的邊緣上。在土壤被流水溶濾過的河床附近，則生長着香脂白楊、黃華柳、胡頹子屬等，異葉楊只在遠離水的地方大量出現。在沒有流水，而只有源泉或水井，即離地下水不遠的綠洲裏，通常異葉楊就是唯一的樹木。它不生長在流沙裏，如果遇見這類情形時，可以證明砂土填積在綠洲上面了。在關於塔里木盆地沙漠的記述中可以找到許多這樣的例子。

單獨的異葉楊對於被風帶來的材料所起的保護作用很小。因此異葉楊沙堆只有在樹木大批生長和彼此靠近的地方才能形成。但是，由於異葉楊只產生在綠洲裏，那裏的植物不止異葉楊一種，而且砂土以外，還有大量的黃土塵埃，所以在密林和樹蔭下積聚的堆或小丘，已經不可以稱爲砂質的了。它們應該叫做砂質黃土，這種砂質黃土主要由從大氣中沉積下來的塵土微粒所構成，而不是由在水平方向隨風移動的微粒所組成。所以，在異葉楊上，一般在綠洲密林裏所形成的這種疏鬆的微粒堆，按照成分和堆積的方法來說，不能算做是羣集沙。К. И. 博格特諾維奧首先指出它們在喀什噶爾的分佈情形，稱它們爲堆積沙丘[1]。

它們也和沙丘一樣，一直成長到保護它們的植物由於填塞或地下水水位下降而開始枯死時爲止。堆積的材料開始逐漸消滅，堆積沙丘就變成像破壞的羣集沙那樣的廢墟，突出着樹樁和樹根，斜坡受到風雨的摧毀和剝蝕。

這類堆積沙丘，無論是活的或死的，在弗提列爾的著作裏均有詳盡的敍述[2]，圖 15 也是引用該書材料，以說明這種沙丘。圖左

1）西藏考察記，第二部，101 頁。

2）新遊亞洲記第二卷，112 頁和表 VI，76 頁和表 III。

的異葉楊雖然快死了，但依然有生氣，圖右的異葉楊已經死亡，所以沙丘由於吹颺作用而逐漸縮小。

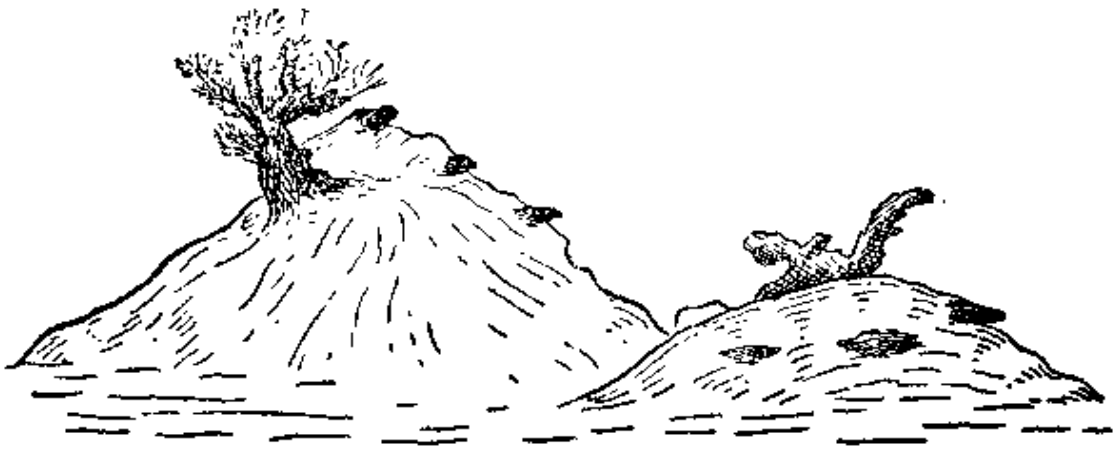


圖 15. 異葉楊周圍的堆積沙丘

但是，綠洲周圍、靠近產生砂土的地區，在異葉楊和其他植物的保護下就出現沙堆。例如，在準噶爾盆地我們就見到小地區的混合型羣集沙，這種羣集沙是由各種灌木和喬木所造成的。這種地區分佈在札伊爾山東北邊緣的幾個地區，該山附近有宗巴兹河流過，河流兩岸有黃華柳叢和寬廣的草地，在相距不遠的完全光禿的丘陵旁，分佈着需要較少水分的植物。這裏生長着異葉楊（老年呈喬木狀，幼年則呈灌木狀），而在它們中間生長着錦鷄兒屬、沙拐棗屬、單獨的茨茨草束，某些地方還有白刺。這種植物遠離草原邊緣上的、由幾乎完全光禿的砂質、礫石、碎石土壤所構成的寬廣地帶。被風從遠處沙漠（分開札伊爾山和烏爾卡沙爾山）以及從光禿地帶帶來的砂土，在植物的保護下堆積起來，形成平坦的小丘和沙堆，它們分佈得非常稠密，以致各個底部，有些地方甚至斜坡下部也都連接起來。

7. 堆積沙丘和風積沙丘 最後還應該談談這些沙堆，有些旅行家往往把這種沙堆和羣集沙混淆起來。我們已經說過堆積沙丘是在綠洲裏形成的。斯文海定曾經描述過這種在異葉楊周圍的活

沙丘。普爾熱瓦里斯基也遇見過這類沙丘，這種沙丘在羅坡羅夫斯基所作的圖裏是這樣敍述的："在沙漠裏由檉柳和白刺的根形成粘土質沙丘"。他還作了以下的描述[1]："那裏生長着檉柳的土壤，是由鬆軟的黃土所構成，風吹刮着隔層，把塵土和砂土一起堆積在鄰近的小堆上，因此堆積的土壤逐漸增高。這種冲積土和腐爛的植物殘體，慢慢形成相當大的小丘，在這些小丘上面繼續進行着堆積。這類小丘也可以由白刺形成，在中亞細亞沙漠的某些地區——下塔里木盆地、鄂爾多斯、賀蘭山和柴達木盆地的一部地區裏都有大量的分佈"。

這樣，普爾熱瓦里斯基把堆積沙丘和風積沙丘混淆起來，前者的確可以屬於羣集沙一類，當然這是有條件的，而後者則是由其他的過程和不同的材料所造成。描述檉柳沙丘的說明圖不是十分確切的，這種沙丘分佈得極其緊密，具有截頭圓錐體形狀，大部分只在頂上生長着灌木。

風積沙丘，К. И. 博格特諾維契在他的西藏考察記[2]的報告中曾經加以敍述。從這個調查中可以知道，在喀什噶爾那裏，沿各大河流伸展着寬廣濃密的植物帶，植物有異葉楊和檉柳灌木，它們保持着和潮濕塵土一起從空氣中沉積下來的黃土塵埃。森林的土壤逐漸增高，植物開始枯死。於是沒有喬木和灌木保護的黃土便開始被風吹颺：沒有被根固結的土壤，即各個喬木和灌木之間的土壤先被帶走，而固結的土壤則漸次增高，成爲帶有死滅的樹根和樹枝的小丘，這些小丘就是風積沙丘。它們和堆積沙丘不同的地方，就是它們具有由黃土和植物殘體（葉、枝）所構成的水平層理。

但是在塔里木盆地以外的中亞細亞沙漠裏，如我在 1892—1894 年旅行的初步報告裏早已指出，是沒有厚大黃土的，而黃土

1）第三次旅行記，162 頁和 164 頁上的圖。
2）西藏考察記，第二部，102—103 頁。

塵埃則被風帶到這個地區的邊緣或邊緣以外。因此，K.И.博格特諾維契所述的風積沙丘，我們只有在特殊情況中在大綠洲的邊緣上才能遇見。普爾熱瓦里斯基提到的那些沙丘，如果主要由黃土塵埃構成時，那麼多半屬於堆積沙丘；若主要由砂土構成時，則爲羣集沙。前面敍述過的泥質櫛柳沙丘（參閱圖 7），當然不屬於羣集沙，而是屬於風積沙丘，斯文海定只對於以前 K. И. 博格特諾維契說過的那種沙丘解釋得比較詳細些。

這些沙丘、堆積沙丘和羣集沙，只有像在喀什噶爾（和全部塔里木盆地）那樣地區裏才能靠近得這樣緊密。那裏，在高山脚下厚大黃土層旁邊（這些高山也曾經對塵土起保持和沉積的作用）我們發現被河床橫割的廣大流沙地區，沿着這些河床還伸展着寬廣濃密的植物帶。在這樣的條件下，除單純形狀的堆積沙丘、風積沙丘和羣集沙外，還出現混合形狀的沙丘，這種沙丘內的材料是各種各樣的，即沙丘的上部是堆積產物，而下部是由水平層理的冲積土或黃土所構成的風積沙丘。對於這類沙丘，弗捷列爾曾經加以描述[1]。

在這個地方也可以看到，由於大量細微塵土和砂混合在一起，使羣集沙變成堆積沙丘。最典型的羣集沙可以在塔里木盆地以外的中亞細亞地區裏看到，上述準噶爾盆地、中部蒙古、北山、賀蘭山的例子就是很好的證明。

* * *

把上述的材料全部歸納起來，我們可以簡短地說明亞洲沙漠和半沙漠內這種在植物周圍所形成的疏鬆材料的堆積。

這些堆積，乍看好像都很相似，因爲它們都是由於風的作用和植物的保護所造成，但可以分爲三種相當不同的類型。

1. **羣集沙** 這是由風在水平方向帶來的細砂，即較粗的材料

1）周遊亞洲記，第二卷，第一部，86 頁上圖 IV。

堆積而成。它們在本質上是由砂所組成，並含有不同數量的粘土、石灰質、鹽類（一般還有塵土）和現代動植物的遺骸。它們的層理是顯明的，這些層理一般都是交錯着分佈的，但有許多地方破壞了這種分佈的狀況。這種沙堆，由於被保護的植物種類的不同，就有各種大小和形狀，因此我們區分爲檉柳沙丘、白刺沙堆、芨芨草沙堆、鹽木屬沙堆和混合型沙堆。

不論在綠洲邊上和中部（在某些時候）的河流和湖泊附近，或在大小凹地與山谷底部、山脈的基盤地區和峽谷等遠離水源的地方，都分佈着這種羣集沙。

2. **堆積沙丘** 這是由塵土，即較細的材料沉積而成，這些材料也是由風帶來，但是在安靜的空氣裏從垂直方向沉澱下來的。它們在本質上是由礦物塵土所組成，並含有現代動植物遺骸和不同數量的細砂。它們的層理經常是顯明的，而且一般是水平的。這種沙丘的大小和形狀，也是隨保護植物的種類而不同。可是這方面，旅行家們還沒有加以研究。它們專門分佈在大量黃土塵埃沉積的地方，即在中亞細亞邊緣，靠近河流湖泊生長有濃密植物的地方，特別是在塔里木盆地上。

3. **風積沙丘** 是從沒有植物保護的土壤上帶來的以前沉積的疏鬆材料，被樹根固結保持起來所形成的。它們由流沙、河流淤泥、湖泊淤泥或黃土所組成，一般則由容易被吹颺的疏鬆土壤所組成。它們的層理有交叉平行的（若它的成分爲流沙或河流沉積時），有水平的（若成分爲湖泊沉積時），或完全沒有層理（若由沒有層理的黃土構成時）。可能含有動植物的遺骸，但也可能沒有（除植物的根外）。這些沙丘的大小和形狀，由於以根部形成沙丘的植物種類的不同而改變，但是在這方面，我們也沒有看到充分的材料。這些風積沙丘的分佈地點，暫時知道的只有塔里木盆地一帶。

也有堆積和風積兩種情形混合起來的沙丘，也就是說上部是沙堆或堆積沙丘，而下部則是風積沙丘。

本文只是敍述第一種類型的沙丘，即羣集沙，因爲對於其餘類型的沙丘，我還沒有充分的觀察材料可以講述。堆積沙丘和風積沙丘，只是在說明它們和羣集沙之間的區別時，才順便而概略地提了一下。

附　記

在慶祝 Д. Н. 安奴欽教授的紀念册於 1913 年年底出版後不久（本文即刊登在該紀念册裏）我接到 Л. 洛奇從布達佩斯來信。在這封信內說明，他在 1893 年所寫的關於他參加的貝拉·斯捷慶琪爵士 1877—1880 年在中國的考察一文裏已經提到他在戈壁南緣的甘肅省和南山北麓一帶看到過這類沙堆，以及除在城牆保護下的大沙堆外，還發現了在植物保護下所形成的小沙堆，他並且畫了和我所畫的很相似的圖解。在信內他還敍述了某些生長着芨芨草和灌木的小丘。顯然，他想以此強調說，他在我以前就已經認識了這種羣集沙了。由於 1914 年第一次世界大戰爆發，奧地利至匈牙利的郵遞停止，我來不及回覆他的信件。

在提到這件事時，我可以聲明，在 Л. 洛奇的祖速斯捷慶琪爵士地質考察的著作裏，以"瀚海盆地或戈壁南緣"爲題的第十一章中，提到 Л. 洛奇在沿南山北麓分佈的綠洲帶裏觀察到的材料。敍述了在安西（Ань-си-фан）城的城牆保護下和 Юя-чуань 湖附近的流沙堆，並以圖解說明，而後來 Л. 洛奇還敍述了在單獨灌木和草堆的保護下形成的小丘狀的砂質黃土堆，按照 525 頁上的這種小丘的圖解就不難認識這些植物就是蓑蓑草（*Lasiogrostis splendens*）。這種禾本科草與多刺礫松屬（*Calidium gracile*）都表示在圖 56 和 57 裏，它們都被認爲是這種沙堆的構成者。但是 Л. 洛奇在指出這些沙堆是由構成當地土壤的砂質黃土所組成時，沒有說明這種組成特種沙堆的輕鬆材料是由風搬運來的，而只是指出這些小丘的斜坡是處於背風方面的。

因此，應該說明，Л. 洛奇沒有把這些小丘列爲特種沙堆。很明顯，他沒有在戈壁裏見過它們，它們在戈壁按照分佈的情形是特殊類型。

我現在順便提起一件事，洛奇在敍述這些城牆旁的沙堆和厚大山狀黃土相對的小丘狀沙質黃土以後，還提到塵土漏斗或旋卷，這種旋卷，他在甘肅省草原中甚至在安靜的日子裏也每天可以看到。它們以螺旋狀運動把黃土塵埃向上升起，成爲直徑 5—10米的空心柱體。這種塵柱往往在原地旋轉幾分鐘或在地面迅速移動，然後擴大成笠松形狀，散失在空氣中，把許多塵土帶到 280—300 米高的上空，使空氣逐漸變爲渾濁。圖 58 就是洛奇所描述的旋卷。

［樂鑄譯自亞洲地理學著作選集第三卷］

黃　土　問　題*

B. A. 奧勃魯契夫院士

關於黃土成因及形成方式的問題，約在一百年以前就產生了，迄今仍在爭論，同時這個問題不僅使地質學家，而且使土壤學家、地貌學家、地植物學家、氣象學家、農業學家、考古學家及動物學家都感到興趣。各種科學部門對這方面之發生興趣，是由於黃土——不僅在第四紀沉積中，按其厚度及分佈情形是極其典型與重要的岩石，而且也是含有特殊的動物化石與原始人類化石的非常肥沃的土壤或母岩，這種土壤或母岩成爲比較厚的覆蓋層覆蓋在山脈與谷地上，造成特殊的地形，現在形成在某些地方，而在另外一些地方則是作爲證實自然地理情況發生劇烈變化的岩石。華北的黃土特別厚，它覆蓋着幾個廣大的省分，直到黃海沿岸和東嶺崙山脈高地上。在近代人類生活中黃土起着很大的作用，影響着農業、交通運輸業、灌溉和住所的情況。

黃土成因問題之所以複雜，一方面由於這種岩石由於其有柔軟性、透水性及產狀等特徵，所以在各種不同高度的地表上容易遭到冲蝕、搬運和在新條件下在其他地方的沉積，以及在原始成層的地方發生變化，而另一方面又由於，那些由其他成因所產生的但其機械和化學成分却與黃土相似的岩石，在某種條件下也具有黃土的構造。這樣，我們不僅只有唯一的標準黃土，而且還有許多不同

---

* 黃土問題第一次刊印於第四紀委員會的第二屆國際代表會議的論文集中（1933 年第二版，第 115—137 頁）。

成因和年代的黃土狀岩石。因此，爲了說明這種特殊岩石的成因，就自然提出了許多假說，其中一部分假說現在只有歷史上的意義，而另外一些假說還在互相爭論，爲了各自的利益，提出那些從野外觀察、實驗室研究和理論上的見解中得來的新論證。

所有這些假說可歸結爲以下幾種[1]：(1)冲積假說，(2)冰川假說，(3)海成假說，(4)湖成假說，(5)坡積假說，或稱爲流溪假說或洪積假說，(6)宇宙假說，(7)風成洪積假說類型的風成假說(李希霍芬提出的)，風成冲積假說類型的風成假說（烏依利斯提出的）及風成冰川假說類型的風成假說（屠特柯夫斯基提出的）及(8)土壤假說成殘積假說。

對於那些只有歷史上意義的假說，我們不多討論；這些假說在33年以前，已經屠特柯夫斯基研究過了，這就是冲積、冰川、及海成等假說。

冲積假說，萊伊爾是該假說的第一個維護者，這個假說認爲，黃土就是河流的淤泥，把黃土比作尼羅河在每年氾濫時所沉積的淤泥，並認爲西歐的黃土是與河流在氾濫時由於陸地起伏不平而沉積在谷底的淤泥相似。

分水嶺上的標準黃土的非成層性，黃土內的動物化石及其產狀却完全推翻了這個假說。

冰川假說可以歸併到冲積假說，僅僅認爲冰川成因是由於水流所沉積的岩泥造成的；沙爾潘提於1841年提出了冰川假說，萬沙菲研究得特別詳細，但是許多研究者都支持這一假說，其中包

1) 除以下列舉的假說以外，應該提及伍耕的假說，他認爲黃土是在冰川時代北極氣候所形成的永久凍土層上由於土壤的解凍與凍結而生成的；當解凍時，上層的土壤下滑，於是使過程產生新的凍土層。貝佛爾斯的假說更爲荒誕，他認爲黃土就是火山噴發時與大量的水一起噴出的地下灰質淤泥，與土壤混在一起、被大洪水冲到各處，同時沉積下來，在毛象時代的末期，埋葬着毛象的屍體。這兩種假說只考慮到黃土的某些特性（非成層性、地面上的動物化石等），並沒有得到推廣。

括 1876 年的克羅坡特金及 1892 年和 1893 年的多庫恰耶夫。這個假說認爲，黃土是沉積在陸地上最薄的、長有茂盛的草本植物的冰成岩泥，是形成岩層的障礙；這種沉積是從阿爾卑斯山或北部冰川沉積，在烈夏冰融化時所產生的巨量短暫的水流中發生的；這些水流，並沒有固定的河床，廣泛地氾濫於全區，也佈滿了分水嶺；這樣就闡明了黃土中含有地面上的動物化石的原因。但是植物可能說明，只有在黃土層最低下的一層才沒有層理，而黃土的多孔性，黃土分佈在離俄羅斯北部冰川邊緣極遠的地方（岩泥的沉積應較近），黃土的上層也有同樣的動物化石、甚至在最高的分水嶺上也有黃土的分佈——所有這些現象一般說來，都是與這個假說相抵觸的。這個假說特別不適合於中國黃土，因爲中國黃土分佈在遠離冰川作用所能達到的界限以外的地方，厚度極大，而且覆蓋在任何水流都無法淹沒的很高分水嶺上。因此 1915 年，威斯羅烏赫想宣稱黃土爲冰水泥灰岩（類似雨季時期所形成的漂礫泥灰岩），以及想證實黃土內的動物化石不是草原的，而是河漫灘和森林的這一企圖，暴露了該作者對於文獻知道得很少，以及任意解說所報導的關於中國黃土的事實。

海成假說，1857 年由別寧格辛-菲爾捷爾提出，後 1867 年和 1894 年獲得法盧及普列斯維奇的支持，於 1871 年和 1895 年金克斯米里又採用了這個假說以解析中國的黃土，但是這假說沒有找到一個擁護者，因爲無論在歐洲、北美洲和中國都沒有第四紀一般海侵的證據，而黃土的動物化石及其構造正與這個假說相抵觸。金克斯米里在中國山東半島見到黃土被海成沉積物所掩覆，但是離現代的海岸很近，因此根本沒有注意李希霍芬對中國黃土所提出的評述。

湖成假說是 1864 年第一個介紹中國北部黃土的地質學家——麗彼里提出的；按照他的說法，無論在各種盆地或同一盆地的各部分中，這種岩石均一的成分、廣泛的分佈和構成岩石材料細緻的情

形都證明它不是在當地生成，也不是鄰岸的生物碎屑沉積，而是被在寬廣地區排水的一條或幾條大河流帶入充填這些盆地的湖泊中的；軟體動物的貝殼證明是在淡水形成的。龐彼里認爲，黃河運送了黃土物質、這種物質龐彼里稱爲湖成亞黏土；黃河離開南山，即進入廣大的湖中，或進入佔有鄂爾多斯、山西省和直隸省北部直至勃海灣的三角洲的湖脈中；湖沼逕流漸漸的侵蝕三角洲而使湖沼乾涸；黃土所特有的階地，龐彼里認爲就是湖沼內水位下降的證據。這個假說被李希霍芬所推翻；無論是標準黃土中沒有層理和它的多孔性，或分佈在分水嶺上，以及大部地面動物化石的成分都不與這個假說相符合，而階地是取決於黃土的垂直節理及其岩層的沉陷，但不是因乾涸而縮小的階地。

龐彼里在看了李希霍芬的意見之後，也放棄了自己的假說。

坡積假說或洪積假說，大概是由弗爾格爾提出，經過拉帕蘭充分的研究，同時爲阿爾馬謝夫斯基和巴甫洛夫兩人熱烈的擁護，迄今雖然爲數不多，但仍有該假說的維護者。弗爾格爾解說了萊茵區的黃土是由雨水溪流冲刷各種基岩的風化產物而形成的。這個假說的其餘維護者更詳細地發展了這一思想，他們的根據是：黃土的動物化石實質上具有地面和草原的特徵，黃土成爲斗篷狀分佈在山坡及谷底上，黃土的構造和成分說明是沉積在氧化帶中，而不是沉積在水窪地中，以及黃土分佈在山坡上時，其中有基岩碎石夾層的存在。巴甫洛夫熟悉了土爾克斯坦的黃土之後，指出了在塔什干附近的黃土中常常出現砂和小礫石的夾層，有些地方甚至出現較大的礫石和小漂礫的透鏡體，指出了安格連河的黃土是由不同構造的土層所構成，也指出了在撒馬爾汗地區可以觀察到由黃土過渡到在當地破壞的花崗岩，這種過渡說明黃土、花崗岩、礫石及石英礫石成因的共同性，同時也可看到山區黃土中有從很細淤泥顆粒構成的高地冲刷和流下來的產物，而在與平原接

近的黃土中可以看到被各種強度的水流再冲刷和分選的產物，這種水流與那些現在淤積於科彼特格北部山坡毗鄰的平原上的水流相似。在其他的論文中，巴甫洛夫證實了，他所熟悉的俄羅斯某些地方的黃土在坡積成因中是有其適當地位的，而在土爾克斯坦的旅行使巴甫洛夫確信，土爾克斯坦的大量黃土就是再次被認定的大陸沉積的成因類型——是以在沙漠平原上重複分佈由間歇水流從山谷中帶來的礦物質的方法聚積起來的洪積物。

屠特柯夫斯基詳細地研究了拉帕蘭和阿爾馬謝夫斯基兩人的論證，我本人研究了巴甫洛夫的論證[1]，根據下列的理由，坡積-洪積假說對於解釋標準黃土的成因是不適合的：

(1) 黃土分佈在任何間歇水流都不能把岩泥帶到分水嶺上。該假說的維護者企圖說明這種分佈，假定有風從山坡上把尘土吹來，然後由雨把這些尘土變成黃土，以及假定早先附近有高地存在，岩泥從高地冲刷下來，以後這些高地由於侵蝕作用而消滅。後面的推測顯然是毫無根據，沒有討論的必要，至於前面的推測，已是對風成假說的讓步了，並使人發生疑問，爲什麼風只是選擇分水嶺來沉積尘土，而使山坡享受雨水呢？

(2) 當黃土分佈在各種各樣的岩石、火成岩、沉積岩及變質岩上時它在廣大地區內的化學和機械成分都是相同的。如果黃土是雨水從基岩露頭帶到附近山坡上的當地基岩的風化產物，那末隨着基岩成分的不同，黃土就必然改變本身的成分和顏色了。例如，白色石英，黑色泥質頁岩，綠色角閃石及紅色石灰岩等不可能只產生同樣的風化產物。該假說的維護者就迴避這一反對意見。

(3) 在山坡的所有地方，標準黃土都是均一和非成層的。當雨水細流冲刷微小的風化產物時，必然使物質按照大小和比重進行分類，較粗重的物質沉積在上游，較細的在下游，以及由於雨水

1) 這篇論文刊載在較前面——編者。

的力量和時間的差別所造成的黃土的層理。不能認爲，在黃土的長時期的沉積中雨水下降是經常均勻一致的，數量和力量也是相等的。

(4) 拉帕蘭認爲那裏有豐富的植物，是和極其潮濕與比較溫和的氣候相適應的；他推想，[洪積]雨水的情況應該發生於更新世的某些階段裏。但是斜坡上茂盛的植物，應該劇烈保持雨水細流，同時使淤積作用更不均衡。此外、尙不明白爲什麼在非常潮濕與溫和的氣候中，植物是草本而不是木本。同時在黃土內的動植物化石說明是草原的，而不是森林的植物覆蓋層。

宇宙假說是1920年蓋伊爾加克所提出的，他根據他見到的各地方的黃土的均一性及其他特性，企圖用這樣的推測來加以說明，就是黃土是某一時期中落在地球上的宇宙尘土。但是這個假說並沒有考慮到黃土的發育方面和現代及過去的吹颺作用的明確關係。像對於蓋伊爾加克報告的批評所指出的一樣，他的假說，雖然排除了問題中的某些困難，但却造成了新的更大的困難；這個假說與其說是眞實可信，不如說是新奇獨創。黃土所有的特性完全可由現代形式的風成假說加以闡明。

風成假說，由旅行家維爾勒德阿烏創立，他於1857年指出，墨西哥的高原及山坡被黏土質或泥灰岩-黏土質岩石所覆蓋，其平均厚度爲60到100米，完全由小旋風所帶來的尘土所組成這種小旋風在高原上吹颺沒有一定的方向，而且起滅無常；冲積淤泥-黏土沉積物成爲其形成的物質。維爾勒德阿烏首先指出旋風在尘土吹颺方面的重要作用。但是這個假說由李希霍芬在瞭解中國的黃土之後加以詳細的研究，雖然按照他所解說的形式來看，這個假說應該稱爲風成-洪積假說，因爲在黃土形成過程中，有雨水參加在過程中。

中國北部的黃土，以厚的覆土分佈在各種大小盆地的斜坡上，這些盆地被基岩的露頭所圍繞，但是受到冲蝕作用強烈的切

割，至於東部蒙古以南邊緣也是由黃土構成相同的但是沒有受到切割的盆地的土壤。對於上述兩處的觀察使李希霍芬認爲，黃土就是形成盆地斜坡的基岩的風化產物，這些盆地是由過去年代中造山作用及侵蝕作用所形成的。黃土形成時期內，當潮濕的氣候被乾燥的氣候代替時，就開始了風化作用的產物充填這些盆地的過程。使土壤逐漸聚積的作用力有：(1)由高地流向窪地並冲刷鄰近山脈岩石所分化的固體微粒的雨水；(2)在這些地方可以經常看見使尘土物質發生堆積的風及(3)草本植物，由於液體擴散作用植物根部自深處提取礦物質微粒，加以吸收並在其腐爛時使之游離。由於氣候的乾燥，這些盆地從有海洋逕流的亞洲邊緣部分轉變爲沒有逕流的中央部分，所以這三種作用力的活動產物就開始積聚。李希霍芬着重指出在這種盆地中冲刷的水有特別重大的作用，並指出，雨水從懸崖上把風所沉積下來的物質冲下，同時用這種物質充填極小的凹坑，以致到處形成以後雨水可以下流的斜面。下降的雨水通常是不足以使土壤飽和的；因此僅一小部分的尘土被帶入小溪，因而水的影響完全是地方性的。但是物質向下移動無論如何緩慢而在長時期中少量物質就能產生很大的效果。季節性的較大的降雨冲刷着堆積在斜坡下部的碎石，使碎石散佈在草原的斜坡上，有些地方則散佈在山脈的整個邊緣上，一直到幾千步以外的地方；這樣在黃土中就形成了碎石的夾層。在加強移動的時期內，黃土又獲得有規律的增長，這種增長標誌着又回到乾燥的氣候。

盆地就這樣逐漸地被黃土層所填滿，李希霍芬根據蒙古南部的安古利-諾爾湖盆地四周高地和盆地底部的差，以及斜坡的傾斜度和盆地的面積來估計黃土的厚度爲300多米，他認爲西藏西部、青海及瀚海的寬闊的盆地中黃土層更厚。

李希霍芬認爲這些佔有亞洲寬大面積的草原盆地的特徵就是在盆地的中央部分形成層狀黃土而較大盆地的特徵則是存在着鹽

湖;雨水從山坡上把一部分的尘土物質冲到盆地的中央部分,同時使其呈層狀冲積土形態沉積在臨時發生或永久存在的湖沼中,這種物質李希霍芬稱之爲湖成黃土,以區別於山坡上的非成層黃土。李希霍芬認爲較大盆地的第二個特點就是由風所形成的砂的堆積,風吹起草原上的土壤,按其粒徑而區分開來,同時以各種不同的速度使其移動。輕的粘土微粒像烏雲一般飄揚在空中,一部分的土壤落入中心湖及草原上,在那裏保存起來,而另一部分土壤則從中亞細亞帶至各邊緣地區。沙粒沿着一定方向慢慢的移動着,經常重覆的簸揚,同時從最新的粘土微粒中擺脫出來;這種砂流能够覆蓋生長植物的草原土壤;它的面積便逐漸增加。最粗的物質——碎石——留在當地,形成碎石沙漠。這樣就發生物質的分選及形成黃土狀草原、沙漠和碎石沙漠。看來,在每個較大的盆地中都有奇異地分佈着的沙漠的地段。

關於風對風化產物進行分選及粘土微粒被帶到中亞細亞境外的正確的思想,李希霍芬沒有把它徹底發揮,同時也沒有用這一思想來闡明亞洲的石漠、砂及黃土有規律的分佈情形。關於被從周圍高地來的風化產物所充填的草原盆地這一觀念,過分地支配了李希霍芬;他按照中國北部被侵蝕作用所開拓的盆地和他所僅僅看到過的東部蒙古鄰近地區未揭露的盆地來進行判斷;中亞細亞更遠的地方他不曾到過。因此他得出了這樣一個結論,認爲全部中亞細亞,除爲海成的瀚海沉積所佔的中央部分外,都是爲黃土層所充填的草原盆地;假如沒有黃土層的話,便可以見到高度和形狀極不相同的山地,好像假如中國北部沒有黃土層的話,也完全相同。

關於盆地由水和風從四周基岩的露頭帶來的當地的風化產物所充填這一概念,以及這類盆地分佈在中亞細亞的大部分地區的想法,是李希霍芬假說的主要錯誤所在。我在 1892—1894 年旅行期間熟悉了中亞細亞之後,確信了這一點,同時提議要更多地去研

究下述的風成假說。我們在這裏指出，由呈黃土厚層狀的當地的風化產物充填盆地的說法，一個簡單的理由就可以把它駁倒，就是本地的風化產物並不足以填滿盆地；風化過程越遠，則產生這些產物的地區與沉積產物的地區之間的關係就越不相稱，所以風化過程應該慢到沒有止境；而這種黃土層覆蓋在盆地周圍的分水嶺上是不可想像的。中亞細亞內根本沒有被黃土填滿的盆地，除了東部蒙古的南部邊緣以外（就是李希霍芬所僅僅看到的），而各種年代的基岩，不僅突出在山脈、山羣和丘陵中，也突出在各盆地之間的許多地方。中國北部也不是到處都是盆地，黃土充填的盆地是爲侵蝕作用所切割，同時一部分已被毀滅；由陝西北部和甘肅東部到鄂爾多斯南部，李希霍芬並未到過，那裏的地形是由中生代和新生代破壞很小的岩系所組成的被黃土層覆蓋的比較破裂的高原，北部邊緣地方的黃土層的厚度達 400 米，以整個山的形式凸出在鄂爾多斯平原上（蘆崑-林圖），而南部則較薄；這裏沒有任何可以冲下物質的圍繞的高地，因而盆地的假說是完全不適當的，同時也不能說明這個龐大的岩層的堆積。最後，假如黃土是由當地基岩的風化產物所組成的話，黃土在整個發育地區中便不會有同一的顏色和成分；每個盆地的顏色和成分就會隨着周圍基岩成分的不同而發生變化。

1882 年在一篇論黃土的文章裏，李希霍芬在考慮龐彼里的意見時（見下面）曾經指出，在沙漠中乾涸的湖沼和由山中的冰川流出的季節性的河流的沉積物及基岩都是尘土的來源。李希霍芬指出，大陸尘土在兩個主要的地形中聚集：(1)在一些大陸的中部地區——中亞細亞、波斯、北美洲大盆地，屬於鹽草原的地方聚集，(2)在一些廣大的草性草原——美國西部的大草原、南美潘沛大草原、北非大草原及俄羅斯南部和西伯利亞的草原中聚集，那裏尘土也是在乾燥的時期中增長的，所不同的是，由於河流的存在，鹽份不集積在土壤中，而是被浸析；黃土生長的程度取決於風從那裏吹走

疏鬆土壤的鄰近地區的特徵。歐洲的黃土屬於這一類型；造成黃土的乾燥氣候，李希霍芬認爲是由於，這時期中歐洲的陸地延伸至西部，到達現代的深海線 100 海俄丈，而阿爾卑斯山則較高；其下降和大陸沉沒都使乾燥的氣候變爲潮濕的氣候，同時也停止了黃土的形成。

這樣，假如對大陸的中部地區來說，帶來尘土的地方是可以理解的，那是草原中的沙漠地區，而對於第二種地形，卽草性草原來說，其尘土的來源，李希霍芬完全沒有指出。這已由霍烏奧斯在其風成假說的評論中指出了，這篇評論中，在某些不正確的敍述中尙含有一些正確的意見（例如，黃土的動物化石清楚地說明是潮濕的氣候和森林植物）。

以後不久，李希霍芬在他的旅行指南中，描述了風的活動，談到風把尘土帶至很遠的地方，及在中亞細亞和周圍地區長滿植物的地方的沉積，那裏因尘土的增加而形成的相當厚的岩層，逐漸覆蓋先前的凹坑；基岩的露頭促進了這種均衡的變動，提供了雨水冲刷的物質。

北非的綠洲，也是堆積藉風成方法帶來的肥沃尘土的地方；這些綠洲四周圍繞着經過摩損和溶蝕的地方，而其濕度和植物則爲尘土的保持和堆積創造了條件。這樣，李希霍芬對黃土的成因作了進一步的解釋，但是又中止下來，而且沒有作出關於整個地球上的沙漠、砂和黃土配合的規律性的結論。他在描述黃土時又談到黃土聚集的草原盆地，以及在沒有逕流的草原區的邊緣上黃土被侵蝕作用開拓的情形。李希霍芬並未提到黃土與冰川作用的關係。

雕彼里於 1879 年，大體上同意李希霍芬的假說，並指出，近代的風化作用不應該認爲是黃土物質充分的來源；假如注意到被厚 15 至 600 米的黃土覆蓋的地方和這樣的事實，就是黃土僅僅是岩石風化產物的微小部份，而黃土的堆積也只發生在很短的地質時

代中，那末我們就得去尋找生土的更豐富的來源。被河流從山上帶到中部地方的淤泥可能就是這樣，這些河流中有很多都含有冰成岩泥；在河流正在枯竭的地方和提供生土的湖沼已經乾涸的地方，廣大地區的侵蝕作用的微小產物都遭到吹颺。長時期的風化作用的殘餘物是第二種主要來源。龐彼里認爲，在氣候乾燥的黃土形成時期之前，中亞細亞經過一段氣候潮濕的時期，因此岩石覆蓋着像現時在亞洲南部所看到的那樣很厚的風化殼。現在，在中亞細亞已沒有此種風化殼，已爲乾燥時期的風所消滅；最重的微粒留在石漠中，細砂像波浪一般沿着地面搬運，形成了沙漠，而升到天空中的生土飄揚了出去，在遠近各地沉積下來，在草原上的雜草的影響和保護下變成了黃土。這樣，龐彼里在解釋亞洲黃土時，更向前推進一步，指出中亞細亞的河流和湖沼的冲積層以及古代風化殼是黃土的來源，同時更強調風的主要作用。但是龐彼里和李希霍芬一樣，以不肯定的態度指出了吹颺作用產物的有規律的分佈，因而，看來他承認了中亞細亞的草原盆地是爲黃土所充塡的。

烏伊利斯於 1903—1904 年和勃萊克烏埃利捷爾一起在中國旅行之後，同意龐彼里所說的關於黃土形成以前是潮濕時期和生土是由中亞細亞帶來的結論，但是烏伊利斯認爲搬運這些生土的主要作用力不是風，而是河流一類的水。並認爲中國的黃土是沉積在地形已經切割很厲害的地方，與李希霍芬相反，烏伊利斯得出的結論是，黃土形成以前的時期中，中國的北部只有很小的絕對高度，同時遭受長時期的侵蝕作用而形成了平坦的地形，以及在溫暖潮濕的氣候中在茂盛的植物的保護下，形成了很厚的風化殼。第三紀末期氣候變爲冷而乾燥；烏伊利斯認爲這種乾燥並不過份，不會把地區變成沙漠，而是溫和的，和經常產生生土風暴的現代的乾旱氣候一樣，但是還有草原植物和河流的存在，同時潮濕和乾燥的季節互相交替；在乾旱時期，風吹颺生土，把它帶到各處，在潮濕時期，

所下的雨水冲刷尘土，成爲冲積層而移動，現在這些過程在山西的黃土盆地中進行着，同時形成在成分和構造上與最古層系沒有區別的現代沉積，黃土層系。烏伊利斯認爲，黃土期開始時，蒙古曾發生隆起，在蒙古境內起源的充滿大量被吹颺和冲刷的風化殼淤泥的河流，流入了水平面較低的中國北部地區，在那裏這種淤泥沉積在潮濕季節時被水淹沒的廣大平原上；在乾燥季節，風把淤泥吹起并進行分選，吹向周圍的丘陵和山脈；於是就形成了黃土和從山坡上冲刷下來的錐體冲積層所構成的交錯層；黃土層系的兩個組成部分——風成產物黃土和河成產物礫石和砂——是由風和水流的交互作用而沉積下來的。烏伊利斯推測，現在所見到的中國北部的隆起和切割的地形，是在黃土時期以後和近代期開始時發生的，近代期氣候較濕於前者。這樣，烏伊利斯否認了李希霍芬所說的在草原盆地中黃土是從四周高地上來的物質的磨損而形成的假說，並假定形成中國黃土的物質，大部份是由中亞細亞帶來的，但是認爲挾帶黃土的主要作用不是風，而是河流；在中國水也是搬運和分選黃土的重大作用力。烏伊利斯的假說，不能稱爲風成假說，而是風成-冲積-洪積假說；這假說內關於次生黃土的形成及其與原生黃土形成互層的某些資料，是可以採納的，但是對於吹颺作用和沉積方面規律的配合則並未闡明。這個假說是爲中國黃土提出來的，可是正如中國的一些地質學家新的調查所證明一樣，它在這方面是不正確的。

1877—1880年間在中國進行研究的謝欽伯爵考察隊內的地質學家洛奇，收集了關於黃土的分佈、厚度、特性、產狀、基岩、動物化石、含水性等許多有價值的資料，並指出旋風從乾燥的地表吸取尘土和把它捲到空中的巨大的作用。他在戈壁南部邊緣，甘肅西部的南山山麓附近看到了由風從沙漠中吹來的尘土所構成的近代的黃土。但是洛奇沒有對李希霍芬的草原盆地的假說給予批評，僅僅指出，黃土是微細尘土下沉的產物，它沉積在遠離最乾燥的地區，

濕度不大及有少許草本植物的地方。按照他的意見，黃土時期是緊接上新統末期大湖沼時期，這是草原及冰川的發育時期，洛奇在西藏東部看到從前的大塊草原和冰川的痕跡。他也指出熱帶地區中風成尘土的下沉的意義，在那些地區中，由於十分潮濕和茂盛的植物，尘土就形成紅土，而在乾燥的草原上，由於在土壤中的雜草不發生腐爛，而是枯乾和脫落，所以這種尘土保存了原來的礦物成分。

我在 1892—1894 年的旅行中，不僅熟悉了中國北部的黃土地區，而且也熟悉了中亞細亞的廣大地區(蒙古的東部和中部、鄂爾多斯、賀蘭山及北山)，這次旅行使我按另一方式較李希霍芬更完全的敍述了風成假說。我完全同意黃土是風成沉積及風化產物的意見，我指出，中亞細亞並沒有填滿黃土的草原盆地，以及風化產物是風從邊緣地區的沙漠和半沙漠中帶來的，而且較重的細沙依然留在這些地區內，形成了流沙地，而較輕的尘土則帶到邊緣地區和形成黃土層以外的地方；我也曾利用風力的分佈和大小的情形來說明中亞細亞南部砂佔主要地位以及靠近中國的黃土層的厚度。

中亞細亞的砂和尘土的最初的來源，我認爲是在許多地區中可以看到的基岩的露頭，其中包括瀚海第三紀的鬆軟的沉積，根據李希霍芬的意見，我推測這是[存在的]；中亞細亞沒有黃土，已在旅行的報告書中指出，同時根據全篇報告書中的露頭的描述來看可能已進行過審查。後來我在專論黃土成因一文中指出，必須把關於尘土的成因及其沉積地點問題分別開來，也指出了，形成黃土層的尘土主要不是當地的，而是從遠方帶來的，外來的；只有這種尘土才能够填滿廣大的盆地和覆蓋分水嶺；我指出中國北部的三種黃土層——在山脈上、受切割的台地和平原上三種，我證實了，按照李希霍芬的意見，當地的風化產物要填滿盆地是不可能的，因此覆蓋的當地黃土是屬於其他兩種地形。我在重提關於在中亞細亞砂和黃土分佈的規律性的結論之後，把這個結論擴

大到亞洲其他地區——土爾克斯坦和西伯利亞，證實吹颺和沉積方面的配合。我認爲中亞細亞尘土的最初來源不僅是古代岩石和瀚海沉積(淡海或是湖羣)的露頭而且也是山脊基盤地區的洪積層和廣大砂區的新月砂丘。此外，我認爲中國黃土層下層的紅色是紅色戈壁的沉積物受到的吹颺所致。我也認爲，黃土時期的氣候當時只是稍爲乾燥，以及那時中國已在亞洲的邊緣，而不是在亞洲的中部地區，而在黃土層的形成，我不像李希霍芬那樣，認爲雨水溪流是重要的作用；雨和雪只是把風吹來的黃土尘土打落到地面上，逐漸成爲土壤。

因此我在 1895 年提出了適用於中國黃土的風成假說，其主要特點與李希霍芬所提的結合草性盆地的風成-洪積假說有根本的區別，這些特點就是否認草原盆地，指出風的主導作用，以及確定尘土的吹颺作用與沉積方面結合的規律性。

在這一時期和十九世紀末期、在歐洲及北美黃土的年代方面，已查明是屬於冰川時期[1]，但是在黃土成因方面，則冲積、冲積-冰川和坡積假說的維護者和李希霍芬風成假說的維護者之間曾經繼續爭論。1899 年屠特柯夫斯基充分地研究了把風成假說應用到歐洲的，特別是俄羅斯的黃土。他指出，覆蓋半個歐洲面積的北部巨大冰川，使吹向冰川周邊的分佈到冰川以外很遠地方的常風形成逆氣旋系統；這些風是冰川的熱燥風，其特點是相當乾燥。但是在冰川來臨時，由於沒有終冰磧、濕度及由冰川水所沉積沙的冲刷性，因此接近冰川邊緣的植物浮土還沒有爲熱燥風吹颺的物質；在經常不變的狀態下，這些條件是繼續保存着的，但是當冰川後退，廣大的底下冰磧成爲被熱燥風吹乾的沙漠時，這些條件就發生了變化；在冰川來臨及其固定不變時期由河流的堰遏水流所形成的大蓄水池成恢復河流的形式往外排水，因而底部顯露出來：這些失去冰與

1) 黃土的地層價值，1890 年舒馬赫爾（Шумахер）研究得特別詳細。

水、同時遭到強烈的乾燥作用和風化作用的地區中，植物是不能很快發育的；這些地區，以及前冰川沙的乾旱帶中，冰川熱燥風吹起大量尘土，把尘土搬運到南方、同時是標準黃土及其變種的形式沉積在有大陸性氣候的草原帶中。隨着冰川的後退，吹颳作用帶也向北方後退，而沉積帶，由於在原先沙漠地方發育的植物也隨着它們推進。沙漠隱埋於草原下面，但是由於擺脫了德國海和波羅的海之後氣候更爲潮濕，因此北方的草原很快就被森林所替代了。

這樣，按照屠特柯夫斯基的說法，黃土是氣候乾燥的間冰期及冰川後期的風成產物，雖然冰川期的氣候是潮濕和雨量豐富的，這些也造成了冰川沉積的發育。

必須指出，屠特柯夫斯基在創立自己的假說時，利用了從前許多勘察家所提出的觀察資料和意見；例如，浸林克從研究歐洲的動物化石中查明草原替代了苔原，而草原又爲森林所替代；安德勒和奧贊指出，在每次冰川後退時所留下來的由底冰磧的微細物質覆蓋的地區，初期沒有植物或只有少數植物，應該認爲是風力搬運的最有利的條件，這種風力搬運繼續了幾個階段的很長的時期，而且到達很遠的距離，一直到植物把物質固定起來時爲止。但是屠特柯夫斯基的功績還是在把所有零散的事實和觀念聯合成一個嚴整的假說，這個假說敍述詳盡，並附有大量文獻目錄。

屠特柯夫斯基的冰川-風成假說，雖然引起了嚴厲的批評，和受到其他假說，特別是冲積假說的維護者的否認，但是依然獲得很大的推廣，也應用於解說北美洲的黃土。但是逐步研究黃土與冰川沉積的相互關係時，對這假說必須進行重要的修正，即認爲黃土不是間冰期和冰川後期的風成產物，而是冰川期的風成產物。查烏埃爾在 1889 年已表示了這個觀念，後來許多考察家收集了有利於這種假說的實際資料，1914 年加格爾更詳細地發展了這一假說，同時在植物化石及其他一定特徵的基礎下（冰磧和黃土風化

帶等）證實了：間冰期爲氣候很潮濕的溫暖時期，而在間冰期的初期和末期時氣溫下降；關於黃土在間冰期的形成沒有任何明確的事實；含有地面上的軟體動物及哺乳動物的化石的非成層黃土（而且哺乳動物的一部分是很大的，在原生地層中可找到該動物完整的骨骼），分佈在很高的山上，不可能是水成沉積；黃土的底層中，大部份現出明顯侵蝕和剝蝕的不整合，一部份是被風磨光的風蝕礫層；冰川期的植物化石說明冰川邊緣的氣候是苔原性的，並括着大風；以及上層黃土（最幼年的）任何時候也不會被冰磧所覆蓋，但是經常在冰磧之上。

澤爾格爾詳細地證明了作爲風成沉積的黃土是與冰川期同時存在的；澤爾格爾研究了各種年代的黃土層、冰磧和冰水沉積的相互關係，指出黃土軟體動物的化石，其特徵是沒有南方的形態，而哺乳動物化石的特徵是有北極的形態，像北方的鹿、麝香牛、旅鼠、喘兎屬；以及較古的黃土符合俄羅斯冰川期，而幼年黃土的三層則符合武木冰期的三相；有理由假定在南德意志有由里斯風化時期分出來的古的黃土。澤爾格爾也提出了關於逆氣旋及氣旋在冰期與間冰期的分佈的意見，證實在冰川沉積來臨及其固定不變時，其上面形成的是逆氣旋和吹向南方的風從位於冰緣前的吹颺地區把尘土吹走；作爲尘土來源的主要作用是鬆軟的冰水沉積，而不是冰磧。冰川後退時逆氣旋情況遭到破壞，因爲冰川的融解不僅在邊緣地方發生，而且也發生在廣大的地區內，冰被內部融解的冰磧所覆蓋，浮土在死冰的地區裂開，這時風從南方，從草原方面吹到冰川上。澤爾格爾在圖上清楚地描述黃土的形成是和苔原最發育的冰川的來臨和固定期發生關係，而黃土的風化是與草原和苔原上同時生長森林的冰川後退期及間冰期發生關係。我們還指出澤爾格爾以下一些結論：冰川期黃土的形成可以由各種剖面得到證實。因爲像黃土那樣的特種岩石，只有在同樣的一些條件下才能形成，所以可確切地斷定一切黃土的冰川年代，甚至沉積在

沒有遭受冰川作用的及離冰川邊緣很遠的地區中的那些黃土的冰川年代。

由於北極探險隊在格陵蘭及南極圈的大陸冰川沉積上對風的方向、壓力、沉積物及温度的分佈等進行了新的研究，對於在廣大冰川沉積上面的逆氣旋情況已經不再引起疑問，正如冰川期的氣候在沉積最發育期的任何時期——在冰期來臨的末期、在固定狀態時及其後退都是乾燥的。不久以前在戈勃斯所著的一書中記述有關於格陵蘭及南極圈中氣候情況的新資料；在離冰邊緣 25 哩的格陵蘭建立的密西根大學的觀察台上，其最新的觀測材料是屬於戈勃斯的；在這地區中，離開冰的沿岸地帶，其寬度特別大，達 100 哩。冰下水流把冰水的砂質黏土礫石的浮土沉積在河谷中；這些浮土乾燥後，細小的物質被風吹起，在該台上不至一次的出現了像在沙漠中那樣的遮掩天空的尘土風暴。冰川邊緣留下的是礫石地帶，礫石外邊應當是呈大小新月沙丘狀的砂地；沙對岩石、漂礫和礫石起着研磨和磨蝕作用形成了典型的風蝕礫。細小的尘土在空中飄颺得很高，一部分沉積在離冰的邊緣幾哩以外的苔原中；如沿這苔原行走時，能揚起一股灰尘，因此鞋子完全爲尘土所覆蓋；尘土能湮沒台柱(Pora карибу)，有些地方竟達其高度的三分之一，這就證明風成土壤的增長。這些觀察直接說明，在歐洲及北美洲冰川沉積的邊緣上所出現的不同之點。即這裏的平原圍繞了冰，而我們在格陵蘭看到的是切割很厲害的高原。

土壤或殘積假說，從 1916 年起 J. C. 別爾格在許多論文中維護了這一假說，這個假說證實"黃土和黃土狀岩石，是由於在乾燥氣候的條件下各種各樣岩石經過風化和成土作用而形成的。含有同一種機械成分的某些沉積——幾種冰川及冰水的沉積以及冲積層和坡積層，最有利於黃土的形成。應該把黃土母岩的沉積方法及時間和這一岩石變爲黃土的方法和時間區別開來。前者的沉積主要是在冰川時期，其變成黃土則在於乾燥的間冰期及冰川後



鄂爾多斯西南部卡布爾附近的砂地。



蒙古西部，奧羅克-諾爾湖區的砂岩經風化作用所產生的形狀。

A. K. 羅日新斯文斯基攝

期”。

別爾格引證下列材料作爲證明：黃土中成土作用的痕跡；黃土中含有極少量的腐植質；在濕度適中的地帶中有現代的黃土形成；黃土厚度的不同一性；黃土與河谷的關係及其離開河流後的機械成分的變化；黃土岩石地帶，一般與土壤地帶相適應；水生和海岸的動物化石；黃土的成層性及黃土中的漂礫；在水平走向中黃土轉變爲其他的岩石。

在兩篇論文中，我已經詳細地研究了別爾格的證明，同時指明，所有這些證明完全沒有駁倒風成假說，而是對它作了很好的說明。由於篇幅有限，我只得在這裏簡略的敍述。

成土作用當然是在黃土中發生的，因爲在黃土中生長着植物，而且又有水與空氣透入黃土中。這些作用力使尘土堆積發生機械和化學變化——顆粒的擴大，黃土結核的形成，一般富有碳酸鹽類的岩層——鐵層的形成，產生黃土節理的垂直孔道的形成，其碳酸鹽類外殼的形成，最後，所有黃土的孔隙度。由於這些作用，風成尘土原始疏鬆的堆積就變爲黏結的標準黃土。

黃土中含腐植質很少是由於在風化尘土發生沉積的草原上，腐植質不能够集中，因而形成植物土壤。由於氣候的乾燥，草原植物到夏季一半時就已枯萎；風吹亂了這些植物，逐漸地把它折斷，又把植物的莖、葉、果實吹走。但是冬季氣候乾燥，和缺乏經常的雪蓋是有特別的意義，經常雪蓋不僅能預防枯乾的植物免於吹颺，而且把植物壓到土上，在春天融雪時強烈地使植物潮濕，同時又使形成逐漸變爲腐植質的緻密植物的氈狀殘餘物。按時降落在黃土草原上的雪，通常數量不多，很快就消失，在白天暖和時間氣化或融解；受到少量的雪覆壓的植物又重新乾燥，因此這種週期性的潮濕及乾燥僅僅加速在秋、冬、春季節樹莖和葉分解成被風帶走的碎塊。

在中國北部：旅行家並沒有發現黃土表層的較黑的顏色，除少

數闡明當地情況的黃土表層以外，也就是說，現在，在黃土繼續增長時，並沒有顯大量的腐植質形成；根據黃土中被封存的土壤的缺乏來判斷，從前也沒有腐植質形成，這種被封存的土壤爲歐洲及北美洲的特徵，是由間冰期的濕度所形成的，它中斷了風成尘土的增長。成土作用的過程並不是經常與豐富的腐植質沉積有關；這樣，南歐及北美洲南部的紅土及部分赭土中腐植質是很少的，而在灰化土中只有 A_1 層富有腐植質，在 A_2 層 B 層及 C 層腐植質的含量則由0.6 降到 0.14 %。在這些土壤中，腐植質的缺乏是由於水分過多，而在黃土中，腐植物的缺乏則是由於上述的沒有植物腐植質。

別爾格所用來證明黃土是由成土作用所形成的現代黃土形成理論，只能說明，成分相當的疏鬆岩石能够產生黃土外貌。但是在仔細研究時，這些次生黃土往往可以按照下列特徵與原生黃土區別開來：厚度不大，層理的殘留，小碎石或礫石的夾層，淡水軟體動物化石，地形或母岩變化時其構造和成分的變化等。

標準黃土的厚度爲別爾格所爭論，他認爲黃土層是不均一的，而實際上存在的黃土厚度推翻了土壤假說；俄羅斯南部及土爾克斯坦的均一的黃土層厚度爲 5—10 米，有時達 20 米，在中國達 50—70 米，這些黃土層不可能是由其他成因的細粒土經過成土作用而形成的，因爲這些作用最大限度只能到 2—3 米深。

標準黃土的不同類性，也是經常見到的，這種特性完全爲風成假說所闡明；大雨把碎石從鄰近高地帶到平原上，使成層和冲刷的黃土層沉積，在谷底這一類現象就形成礫石與成層黃土的夾層；在間冰期形成的黃土層的磨損、冲刷和滑動的產物特別多，而在經歷過一些氣候變化的較古的黃土中，各種晚期的變更是不可避免的。黃土中封存的土壤只能說明氣候的變化，不能駁倒風成假說；最明顯的證明是俄羅斯黑土逐漸深入地過渡爲黃土，這種過渡是由於乾旱的武木冰期爲在乾燥的黃土草原上創造大量集積腐植質的條件的潮濕暖和的冰川後期所代替。

別格爾爲俄羅斯黃土所指出的黃土與河谷的關係及其河流附近大量的沙層和離河流遠處的細顆粒層也可以用風成假說獲得最好的說明；在山谷中，像在地形中卑濕的地區一樣，尘土的沉積及保存的數量，要比在分水嶺上多，而從遭到吹颺的砂州、淺灘、懸崖、河成冲積層吹來的當地粗大的物質大量混到遠處細小的尘土中。

黃土顆粒的大小在 0.01--0.05 毫米之間，別爾格以此作爲反對風成假說的論據，首先，這種大小決不是在所有的黃土中都可以看到，其次，這是由於黃土中尘土堆積變更時較細顆粒合併起來的緣故。在中國、準噶爾盆地、蘇聯歐洲部分中查明在黃土發育地區的北部邊緣有廣大的沙層，也就是粗顆粒的黃土層，當然，那裏有大量的粗尘土沉積；離開這一地區黃土就逐漸變爲黏土質，也就是說含有較細的顆粒。這一個規律性只有風成假說才能加以說明。

黃土的成層性，別爾格引用來證明湖成和河成的細薄冲積層經過成土作用變爲標準黃土，這種性質實際上只出現在次生黃土中，而並沒有在原生黃土中出現。

廣大的山谷和平原上的黃土與砂及小礫石的互層是可以說明的，那裏的黃土草原定期的被河流或沉積這冲積層的間歇水流所淹沒；例如，戈洛德草原和塔什干綠洲；在塔什干綠洲中非成層的黃土與成層的黃土互相替換，因此用土壤假說不能說明爲什麽同樣的細粒土，有時候由於成土作用而形成黃土形，有時候却又不能形成黃土形。從風成假說的觀點來看，原生黃土與次生黃土的參錯層，在有這種特徵的地方是完全可以說明的。

風成黃土中不能經常見到水生的和海岸的動物化石，因此它們的存在，很可以解釋爲由鄰近的河谷偶爾帶到草原的，或是由陣風、凶惡的禽獸從湖岸上帶來。標準黃土內絕大部分的動物化石是地面上的軟體動物、草原的哺乳動物及鳥類；中國各地的黃土中可以發現鳥類蛋殼的碎片，甚至可以發現一種駝鳥——草原的典

型棲居者所生的完整的蛋。鹿、野豬、甚至海狸的骨頭很少發現，可能由於：在黃土草原中曾經出現與現代沙漠的綠洲一樣的在水源、湖沼及河岸周圍生長着叢林和莞蒿雜草的綠洲；在這些綠洲[1]中棲住過森林的、沼澤和水內的動物羣。

黃土的帶狀分佈的原因用風成假說解釋，要比用土壤假說完善得多；黃土，作爲沙漠的產物，應該呈帶狀分佈在圍繞於沙漠四周的乾燥草原帶中，從沙漠中帶走塵土；黃土帶的寬度及其厚度和沙漠的大小和主導風的方向有關。歐洲及美洲的前冰川的沙漠被黃土帶從南部包圍；由於冰川沉積的南部邊界的不同的位置，在各個冰川作用時期黃土帶便有時往北，有時往南移動；這就是爲什麼黃土能够覆蓋冰磧層和冰水沉積以及風成沙和前述冰期的較古黃土。

黃土形成的時期。別爾格認爲，歐洲黃土的母岩主要是沉積在潮濕的冰期，當河流帶走淹沒近代分水嶺的大量渾濁水時；這些岩石變成黃土是發生在乾燥的間冰期及冰後期。按照別爾格的意見，爲冰成岩泥甚至在分水嶺上沉積所必要的河水暴漲，曾經發生在冰川融解激烈時或冰川強裂進襲時。

這個解說顯然是不恰當的，因爲這樣大的能淹沒分水嶺的水流，甚至在冰川加緊融解時，也是很難設想的，更不要說是在冰川後退或固定狀態的時候了；在寬達幾千公里的汪洋大水的這樣巨流下，以及在幾十米深的河谷中，歐洲的冰川沉積，雖然有大氣水降

1) 在以前對於黃土的動物化石的敍述中，無疑地有原生黃土及次生黃土形成的混合類型，這在許多情況中可以闡明水內動物化石的存在。M. O. 麥爾尼克在1931年發表的對烏克蘭黃土的軟體動物化石的描述中，按照標準黃土層及黃土狀母岩把動物化石加以區分；在標準黃土層中唯一發現到的是陸地的類型，在黃土狀母岩中也有水生的類遺。令人感到特別的是，在黃土上面(或末冰期)有很多南方類型，那時冰川的邊緣離得很遠；在後者的黃土中沒有這些類型，但是有許多北極式類型，那時里斯冰川的邊緣要近得多。貝甲體積的縮小及其壁的厚度表明水分的不足和防止陽光的影響。

落在上面，也應該於幾十年期間消失；但是這種冰川沉積的退縮延長了好幾千年，這由對富典縞狀土層的計算得到證明，而且絲毫不容懷疑。這樣，爲了解說分水嶺上的黃土產狀，土壤假說就得求助於像冲積和洪積假說那類難以相信的假說了。

黃土塵土的起源。別爾格說：在土爾克斯坦、中亞細亞、蒙古、中國東北和中國遊歷過的旅行家所描述的那種塵土，主要是人類活動的結果，也就是形成黃土的土壤表層的吹颺的結果。亞洲的黃土地區好幾千年來經過劇烈的耕種，因此土壤的上層很容易被風吹颺。由於過分的(?!)開墾，在南俄羅斯草原上出現了塵土風暴。

誰也不否認這一事實，即耕地、道路及乾燥年代時一切疏鬆岩土的露頭都是被風飄颺的塵土的起源。但是在中亞細亞既沒有耕地和輻射狀道路，也沒有黃土層(有定居的居民的邊緣地方除外)，但是所有旅行家描述的在戈壁沙漠中的塵土風暴並不是罕見現象；沿平原和山谷中旋轉並把塵土吸到空中的旋風也可以經常見到。中亞細亞塵土的來源是：(1) 山脊、丘陵以及被風化作用破壞的山谷和盆地中基岩的寬廣露頭；其中有不少侏羅紀、白堊紀和第三紀的比較疏鬆的礫岩、砂岩、黏土及泥灰岩，這些岩石產生許多塵土；(2) 山坡的坡積層及山脈的廣大基盤地區和丘陵的洪積層，其上面只生長着不足以防止風化作用的貧乏的植物；(3) 這些基盤地區中，無數乾涸的河床的冲積層，以及從中亞細亞周圍山上流下的、進入湖泊或消失在沙漠中的河流、小溪的冲積層；這種冲積層絲毫沒有植物保護；(4) 沿中亞細亞南部，由喀什噶爾到鄂爾多斯延伸成寬廣地帶的，以及在蒙古中、西、東各部與準噶爾盆地中形成較大地段的廣大流沙地區；風在搬運砂土時，把砂中的許多塵土和細砂帶走；誰在刮風時到過沙漠，就會知道有多少的塵土吹颺在空中。

關於風在沙漠的破壞作用及在疏鬆的冲積層和堅硬的岩土中

這種破壞作用所造成的地形的敍述，可以由許多旅行家的文章中找到，而且其中的摘錄，就可以寫滿許多頁數。幾千年來所形成的這種物質究竟到那裏去了呢？假如這物質留在沙漠地區的話，沙漠地區便要成爲平坦的地方了，在這些地方舊有的山和丘陵的基岩將隱埋在其破壞的產物之下；李希霍芬起初也是這樣想像中亞細亞的地形的，除有乾涸的瀚海底床的中央部分例外，瀚海底呈填滿黃土的平坦的草原盆地形狀。實際上，我們發現的是帶有無數山脈和丘陵的各種各樣的破裂的地形，而基岩的露頭不受其限制，經常出現在廣大的平原和寬廣的山谷的表面上。這一點也可以說明，風化產物在這個地區中不是無限止地堆集，而是從這裏把風化產物帶走，因爲這一地區沒有通到海洋的逕流，所以風化產物的可能被內離心方向吹的風力由空中帶走。這早已由華爾捷爾指出。別爾格認爲，在沙漠中吹的不只是離心方向的風，也有把尘土往回帶的向心方向的風，在那裏尘土終於跌入河流及湖泊的水中或是被雨水冲刷到山谷。無論是氣象資料，或是沙漠的地形和其表面的構造都可以駁倒這種幼稚的論斷。別爾格宣稱，流沙是人們毀滅植物的活動結果，以及在天然狀態中，沙的堆積很快固結起來，而且在目前的天然條件下不發生任何大規模的吹颺作用。土庫曼的砂土的主要類型——草砂丘，岬形砂丘及沙平原——是固定起來的。這個論斷在各方面都是不正確的：首先像中亞細亞的塔克拉瑪干沙漠和戈壁以及撒哈拉和阿拉伯的沙漠那樣大的流砂面積，不是由於人們的活動所造成的；其次，無論是草砂丘的，或是岬形砂丘並不完全是雜草叢生的，而是能提供尘土的許多光禿地；第三，在冰川期，當黃土沉積時並沒有人，或者只有舊石器時代以狩獵爲生的人們，決不能認爲他們毀滅砂上的植物。流砂不僅是在上新世後，而且也在所有地質年代中的海岸、湖岸及沙漠中，並提供作爲尘土的物質。如上所述，使我們得出以下關於土壤假說的結論。

成土作用形成由各種細粒土組成的、厚度不大的黃土狀岩石。但是成土作用只有從特種母岩中才能形成均一的和厚層的標準黃土，這種母岩就是風成尘土，沙漠中的風化產物的堆積；在乾燥的氣候條件下，由於成土作用使尘土變成黃土，是與堆積同時進行的：這些條件暫時的破壞使小礫石、砂、成層黃土、封閉土壤的夾層形狀的黃土層失去均一性。土壤假說本身也起過有利的作用；它幫助闡明，造成風成尘土的堆積變爲標準黃土的那些過程，這種變化和其他細粒土變爲黃土狀岩石完全一樣。因此，土壤假說只是風成假說的補充，但是不能替代風成假說，也不應該強求這一點。我希望那些醉心土壤學的新成就、反對風成假說而欲以土壤假說代替的土壤學家最後能够同意這一點。關於洪積假說也可以這樣說，它幫助闡明黃土層的某些特性，但是決不能替代風成假說。

當刊物中出現了 Л. В. 索科洛夫的文章時，我們的評論已經結束，索科洛夫也維護土壤假說，但是方式上有些不同。根據經常發現的黃土逐漸轉變爲各種下伏"母"岩的事實，索科洛夫斷言，任何岩石在一定的氣候條件下，經過破壞和變更的複雜過程都能變爲黃土；這一過程索科洛夫稱爲黃土化。

對於風成假說來說，上述的轉變並不是什麼奇怪或不可解釋的事情；黃土期開始時少量的尘土沉積在任何岩石的殘積層和坡積層中，自然而然地與當地的風化產物混在一起；這樣，黃土就逐漸過渡爲白堊、石灰岩、石英岩、花崗岩等等。這篇文章初次企圖闡明在基岩和母岩層的變更中微生物的作用，這對我們是有益的；這篇文章使提出問題，而並未闡明黃土中有沒有腐植質就是由於這些作用力活動的緣故；以及在黃土生長時植物衰亡之後，貫穿黃土的植物根部的毀壞是不是取決於作用力等。如上所述，在黃土草原上植物的地上部分是不產生腐植質的，但是其地下部分則留在黃土中。

我們討論一下採取現代形式的風成假說的主要原理。

(1) 在成因方面，必須區別非成層的原生標準黃土和次生黃土狀岩石。

(2) 原生黃土過去和現在的某些地方都由風從沙漠帶來的塵土所形成；風化過程是塵土的創立者；把塵土從土壤表面颳到高氣層中的旋風是風的重要幫手。

(3) 作爲塵土來源的沙漠，可以分爲氣候乾燥寒冷的前冰期沙漠與氣候乾燥暖和或炎熱的大陸性沙漠兩種。

(4) 在前冰期沙漠中，塵土是由冰水沉積、冰磧平原、鼓丘、蛇形丘和冰磧層的風化而形成；塵土大部是由覆蓋平原和廣大山谷面上的疏鬆的礫砂黏土的冰流沉積產生的，在這些沉積上蜿蜒着河床，這些河床經常變換位置，並留下沒有被水淹沒的廣大的冲積層，特別在寒冷季節，當冰川沉積的融解減得相當少或甚至中止時是如此。現今冰川沉積吹颳作用的明顯例子就是根據戈勃斯觀察的格陵蘭材料。從冰川吹來的乾燥的熱燥風很快吹乾無水的冲積層，把砂及塵土帶走，砂成新月砂丘形狀沉積在鄰近地區，而塵土則在較遠的苔原和草原的土壤上沉積；冲積土的吹颳妨礙了那裏植物很快的發育。

(5) 大陸沙漠中的塵土，過去和現在都是由基岩、山坡坡積層、基盤地區的洪積層、消失在沙漠中的乾燥的河床的冲積層、變乾的湖岸的風化和吹颳作用以及由被風從吹颳地區帶到沙漠邊緣的較粗物質組成的流沙帶的簸揚作用所形成的；塵土沉積在沙漠以外，在乾燥的草原帶中。但是砂土也在盆地的沙漠內和山脈、丘陵的各種妨礙物前面聚集。

(6) 沉積在苔原及草原上的塵土，在植物保護下逐漸增長起來，同時被雨水壓到土壤，由於形成孔隙度、碳酸鹽層和結核、顆粒擴大等的成土作用而變成原生黃土。

(7) 在黃土帶內部邊緣，接近砂帶的地方，黃土是較粗的、砂質的，而離這個地方愈遠，則塵土微粒的數量愈大，在外部邊緣達

到最高的限度，這明顯地說明黃土的成分和吹颺地區的關係；同樣，在河流附近，由於混合從被吹颺的河成冲積層來的粗顆粒物質的緣故，黃土的成分內含有較多的砂。

（8）原生黃土不含有相當數量的腐植質，是由於氣候乾燥，妨礙了由苔原及草原上的枯萎植物所形成的腐植質的堆積，這些植物被風吹乾和吹颺；秋冬氣候乾燥和沒有長期的雪蓋都有着特殊的意義。

（9）黃土厚度取決於吹颺地區的大小、尘土形成作用的強度、從沙漠上吹走尘土的風力和次數以及氣候乾燥期的長短。這一切有利的條件，就是中國北部黃土特別厚的原因。

（10）黃土中礫石、碎石及其他冲積層的夾層，以及一般罕有的水生和森林動物化石，很容易用當地的一些條件加以說明，如大雨從鄰近高地上帶走碎石、黃土草原被水淹沒、從綠洲中帶來動物化石。

（11）沉積地區中砂和黃土帶分佈不均勻，以及在某些吹颺地區的邊緣地方缺乏砂或黃土帶或兩者兼無，這是由於在乾燥季節中風向、風力、氣候及沉積地區的特徵所造成的。例如：蒙古東部、撒哈拉、阿拉伯及智利沙漠的北部邊緣地方只有不厚的黃土層及沒有沙帶。必須指出，從這一觀點來看，地球上對於沙漠的研究是不够的。

（12）尘土的堆積及黃土形成不是發生在間冰期，而是發生在冰期，冰期在後半期的任何時期中都是乾燥的，以及有反氣旋式的風發生。聚積的冰川使大量濕氣呈固體狀固定下來，從大氣水的循環中逐漸使水分消失；冰川聚積得越多，氣候便越乾燥。從冰川吹向南方的（比較）乾燥寒冷的風，損害了在直接與冰邊緣毗連的廣大地區中的植物，使該地變成沙漠，在沙漠中，只有冰川流動的水流的兩岸上能够生長植物。沒有植物保護的廣大河間地區的乾燥土壤，遭受到吹颺，同時爲尘土風暴提供了豐富的物質；在寒冷

季節暴露出來的河床，當融解減少或中止時，就成冰水沉積的形狀產生供給吹颺的物質。冰川沉積的減少，不是由於強烈的融解，而是由於當氣候極度乾燥而冰川上的降雪幾乎完全停止時雪和冰的強烈的蒸發。氣候只有隨着水分囘到大氣水的循環時才逐漸變爲潮濕。因此在冰川後退時，很長時間內還沒有很多融解的水，氣候依然非常乾燥，而在冰前保持了逐漸退向北方的吹颺地區；現在吹颺的物質也是由從冰下擺脫出來的乾燥的底冰磧、蛇形丘、鼓丘等等產生的。只是在以後，當冰川強烈後退及氣候十分潮濕時，冰前的沙漠地帶，才逐漸地縮減，消失，爲苔原所代替。環繞冰川末端的吹颺地區以南，在降雨已經很少和比較暖和的地帶，分佈有成爲乾燥草原的堆積地區。在冰川來臨時期，該地區向南移動，在冰川後退時期（達到某種範圍）則向北移動。在這些草原上沉積了由風及風暴從北方帶來的生土，並將其堆集和逐漸變爲黃土。

假如認爲從北部地區第一次出現冰川作用的中心到冰川沉積完全消失或減少到最大限度時的一段時期是冰期的話，那末必須把從冰川沉積分佈到廣大面積時起一直到它又縮減到原來面積時爲止的一段時間的將近三分之一看作是黃土形成和氣候乾燥期；前者和後者的三分之一，一般爲冰期的開始和結束的時期，曾有過潮濕的氣候，當然，從潮濕過渡到乾燥的氣候是逐漸進行的；在草原上前冰期的沙漠及黃土形成的發育與縮減恰恰也是逐漸進行的。

（13）在冰期開始和結束時，以及在氣候潮濕暖和的間冰期和後冰期中，黃土草原與砂帶中發生了腐植質的堆積和植物土壤的形成，黃土的冲蝕和陵削，以及各種坡積、冲積、洪積的次生黃土的形成，這種形成也一直繼續到現在。風成黃土的形成和改變期中氣候的變更使歐洲及北美洲的第四紀沉積的外貌更爲複雜化了，形成了黃土狀岩石的多樣性，同時也成爲黃土成因的各種解說的主要原因。

（14）按照我在一篇論文中[1]所綜合的新舊資料來判斷，與原先的意見相反，亞洲北部也經歷了幾個冰川期，在這些冰川期內，在北緯 60—62° 以北地區冰川沉積廣泛發育，而在以南地區山地發生強烈的冰川作用。西伯利亞各地，由哈薩克草原和外貝加爾地區到雅庫茨克的黃土是衆所週知的，但是黃土與冰川沉積的關係還未全部研究，這就是未來要進行的任務。

（15）中亞細亞按面積來說是地球上第二大沙漠區，那裏一直到現在還是發生吹颳作用的地區；從三疊紀開始，其大部分地區已沒有海，而是陸地，按照沉積及動植物化石判斷，那裏乾燥氣候期與潮濕氣候期互相更替。該地沙漠的情況是從第四紀開始的所有時期內確定下來的，同時並沒有中斷。中亞細亞內的冰川期由北部的肯特山和與安嶺周圍山地、西部的天山和帕米爾，南部的崑崙山和南山，及內地的東天山和蒙古阿爾泰山的強烈冰川作用反應出來。這些山地的大量水分呈冰雪狀固定起來、在大氣水循環中水分的消失都應該加強氣候的乾燥程度，因此也加強了冰川期的風化和成土作用，所以這些冰川期應認爲是在周圍草原及山坡上的黃土沉積的加強時期。

（16）中國北部，與中亞細亞西南部毗連的主要黃土地區，現在實際上分爲黃土形成的兩個時期和潮濕氣候的三個時期——前期、中期和後期。大部分只保存在鄂爾多斯以南黃土最發育的地區中的下層古老黃土，具有淡紅顏色；這種黃土遭受比較強烈的陵削作用，同時和在中亞細亞發生白堊紀與第三紀沉積、主要是紅色沉積的強烈吹颳作用時的第一個冰川期相符；在許多地方黃土以在潮濕期以前發生的礫石及成層的砂質黏土沉積墊底。在其冲刷面上有標準褐黃色或灰黃色的上層黃土，這種黃土在許多地方也是以中期的潮濕的間冰期的礫石及砂質黏土沉積物墊底；帶有豐

1）這論文刊載於此卷內——編者。

富的動物化石的湖成沉積是與這一時期相符的。上層黃土是冰川後期的產物，在冰川後期中亞細亞的紅色白堊紀和第三紀沉積，一部分已被吹颺，一部分則被冲積層、洪積層及坡積層超覆，這種黃土一般是灰黃顏色。在紅色黃土中，沒有封存的土壤，大概由於間冰期的氣候不够潮濕的緣故，也與現代不腐腐植質堆積在黃土草原中一樣。間冰期及後冰期中發生了黃土層的冲刷，以及次生黃土、河谷和某些湖泊的冲積層的形成。

（17）現代，黃土形成在中國北部繼續進行，雖然它的程度已較弱於冰川期。中亞細亞的吹颺地區繼續提供吹颺到非常遠的塵土，由耕地、道路、峽谷和河谷懸崖上的黃土和河床的冲積層吹颺來的當地塵土與上述塵土混合在一起。黃土的增長可以從標準黃土 1—2 米深處所發現的器皿、磚瓦碎片、棺材、青銅器以及在陝西省西安府近郊從標準黃土幾米下掘出的景教古蹟（紀元 781 年）獲得證明。塵土風暴經常在中國整個北部發現，不僅在黃土的內部地區中發現，在該地區中黃土可認爲是當地的塵土，而且也在北部邊緣地區中發現，在那裏可以清楚地看到，塵土是從中亞細亞的沙漠中帶來的。

（18）除了烏斯秋爾特沙漠及天山和帕米爾-阿萊的冰川沉積以外，中亞細亞塵土的主要來源就是，縮小的鹹海-裏海盆地的砂質黏土沉積物，這種沉積物經過鹽揚作用變成克茲爾庫姆沙漠和卡拉庫姆沙漠，以及錫爾河、阿姆河、塞拉-卡森河、穆爾加布河、德簡河的冲積層；塵土在山麓附近的南方及東方周圍的乾燥草原沉積，並形成黃土，在費爾干納和伊寧的與東方隔離的寬廣河谷及與都庫什山北麓［帕拉帕米斯（Парапамиз）］特別豐富。

（19）在蘇聯歐洲部分，在以黃土狀沉積在南半部的前冰川沙漠的塵土中，可能混合有由東風從鹹海-裏海盆地、烏斯秋爾特沙漠及阿斯特拉罕邊區沙漠帶來的塵土。同樣，按照某些地質學家的意見，認爲北美洲密西西比河盆地的寬廣的大草原上的黃土形



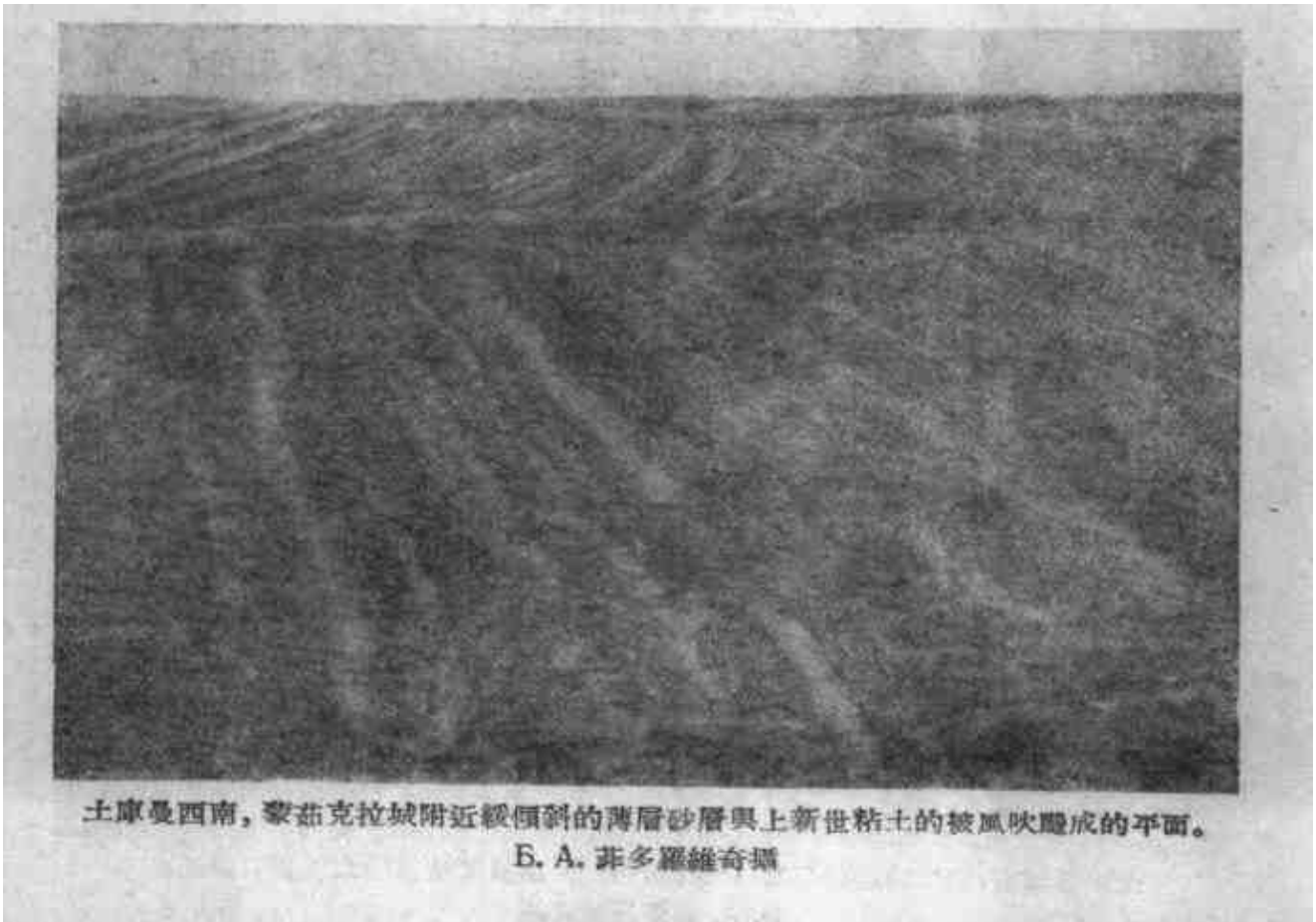
土庫曼西南，布格德依耳兰（Бурындык）山利地区沿风向延伸的光秃的砂垄。
Б. А. 菲多羅維奇攝



土庫曼西南，恩比特德格拉東（Небит-дар）由被風吹成的大塊新月砂丘。
Б. А. 菲多羅維奇攝

成，除有前冰川沙漠的尘土參加以外，還有那些由風從落機山脈和科羅拉多河盆地的西部各州的沙漠吹來的尘土參加。

（20）撒哈拉沙漠西部直接與大西洋相連，東部與紅海毗連；在這兩邊都沒有黃土的沉積地區，因爲尘土被吹到海中；根據航海家在大西洋中的觀察，對從撒哈拉帶來的貿易風式的紅色尘土是早已知道的。撒哈拉沙漠以北地區，西半部爲阿特拉斯山脈所圍繞，東半部幾乎到達地中海；這裏的黃土沉積地區很狹小，而根據烏伊契爾和拉齊耶斯的新資料，阿爾及爾、突尼斯及的黎波里等地的黃土是粗粒砂質的；細粒的尘土大部分都跌入海中，一部分則吹到歐洲南部，因此根據某些考察家的意見，尘土參加了歐洲南部紅土的形成，也可能參加黃土的形成。撒哈拉尘土吹入歐洲，已經多次發現，而且現在已有描述。撒哈拉南部圍繞着蘇丹草原帶，這裏



土庫曼西南，黎茹克拉城附近緩傾斜的薄層砂層與上新世粘土的被風吹蝕成的平面。
B. A. 菲多羅維奇攝

暫時沒有發現黃土，但是北部邊緣地方則有着增長的沙層；賀易風——非洲冬季的乾熱風——吹來撒哈拉的尘土；這種風乾燥暖熱，在冬季九—十月期間從東北及東方吹來，特別在一月中被夏季季風所代替，這種季風從西南方吹來，並帶來雨水。阿拉伯幾乎全部爲沙漠所佔據，三面臨海，同時有很多流砂地區；在這些地區沒有沉積，尘土應該是跌入海中了。在北部，美索不達米亞、巴力斯坦及錫奈半島上發現了黃土。

最後，爲了在辯論時避免誤會，我應該強調指出，必須嚴格分別原生及次生黃土，只有前者才稱爲黃土，而後者稱爲黃土狀岩石。只有由風蝕作用所形成的原生黃土，它的所有的特點發生於當它由尘土堆積形成的時候，雖然其餘那些稱爲黃土的特性，是在以後獲得的。原生與次生黃土之間這點區別，我在兩篇論文中提出的綜合表中已予闡明。

很清楚，由於某些作用力從原來埋藏的地方上發生變位的原生黃土，變成次生的——冲積、坡積、洪積的黃土；李希霍芬所說的湖成黃土，雖然在其成分中也有直接掉入湖泊中的尘土，但是也屬於次生的。那種不變位的，只是在原來埋藏地方，由於氣候的改變而變化的黃土，不應該把其列入次生黃土中；這就是只有局部喪失了某些特點，但是保留其餘特點的退化黃土。日爾蒙斯基所維護的黃土狀岩石成因的"綜合"假說，對於說明次生黃土是必要的，對於風成"黃土"並不適合。

我在結束時還有一個意見，即在李希霍芬之後，在中國工作的所有地質學家，都是風成假說的維護者[安捷爾松、巴爾布爾、貝爾基、弗捷列爾、利先特、洛奇、什米恆涅爾、饒爾格爾、塔菲爾、捷耳亞爾、中國年青的地質學家；只是烏伊利斯例外，認爲風的作用是有限的]。這就很清楚了，因爲在這個地區內的黃土的厚度、成分、產狀及其分佈不能用其他任何假說所能說明的；此外，一直到現在還可以在這裏看到黃土形成的過程。歐洲和美洲的一部分地質學

家是風成假說的反對者，因爲他們只熟悉歐洲及北美洲的黃土，那裏的岩石是化石的，而這種岩石的成因則被晚期的作用所蒙蔽，觀察的情況，由於冰川沉積和大量、甚至多半的各種成因的次生黃土而複雜化了。

以下的情況使我奇怪：沒有一個人否認砂是由風帶來的以及砂丘和新月砂丘，甚至像撒哈拉和塔克拉瑪干那樣佔有廣大面積並形成大量風成產物的大沙漠都是由砂形成的，而許多科學家對於被風吹揚並帶到遠處的較輕物質，黃土的態度顯然是不同的。它們對生土是否能形成大量堆集表示懷疑，同時企圖按另一種方式進行解說它們，但是假如計算僅由大陸成因所產生的砂的體積，我深信，如果不多的話，也不會少於黃土的體積，這一點許多反風成論者就不能理解了。

[周廷坤譯自亞洲地理學著作選集第三卷]

黃土的成因問題*

B. A. 奧勃魯契夫院士

（捍衛黃土的風成學說）

關於黃土成因的老問題，在 19 世紀下半葉曾引起了很多爭論，在十年前這個問題彷彿就完全解決了，即趨向於風成學說。最古老的學說——海相成因學說，冰川-冲積成因學說——的少數擁護者幾乎完全沉默了，П. А. 杜特柯夫斯基[1] (Тутковский) 毀滅性的批判以後，看來水流學說也得到了如上諸學說的下場，因而所有這些學說僅有着歷史上的意義。但是近幾年來又聽得了某些囂張的說法，這種說法不僅將黃土層形成過程的主導作用負予水流學說，而且否認風成學說的存在，不僅在解釋俄羅斯黃土方面否認風成學說的意義，甚至更厲害的是否認對亞洲黃土的解釋，也就是否認風成學說主要起源地的黃土成因的解釋。

П. Я. 阿爾瑪什夫斯基 (Армашевский) 和 А. П. 巴甫洛夫 (Павлов) 兩位教授可稱是俄羅斯學派中水流學說的熱忱捍衛者。

П. Я. 阿爾瑪什夫斯基在南俄地質[2]一巨著中描述黃土，黃土狀壤土，砂質壤土時稱這些岩石是空氣中風成-冲積岩石，即受冲

---

* 最初刊載於托姆斯克工業學院院報，13 卷第一期，1909 年第 1—12 頁。

1) 地理學，第 1—2 册，1899 年，第 213—311 頁。

2) 俄羅斯地質概圖，第 46 幅（波爾塔瓦-哈爾科夫-奧博揚），地質研究室著作，卷 15，第一期，聖彼得堡 1903 年，222—246 頁。

積的岩石[1] 而與水沉積的水成-冲積岩石不同。 П. Я. 阿爾瑪什夫斯基批判了李希霍芬 (Рихтофен) 所創造並在"中國" (China) 第一卷中所論述的那種風成學說以後，他正確地指出了風成學說的某些很大的缺點，及任意作出的，尚未證明的假設，這些假設完全表現出風成學說的弱點，甚致用來解釋中國的黃土也是完全無根據的，然後作者論述了水流學說，從 1881 年就捍衛着這種學說，所創立的這種學說不僅能完全解釋黃土的一些特性，而且也能夠解釋黃土的分佈。

A. П. 巴甫洛夫在 1903 年出版了"論土耳其斯坦和歐洲的黃土"[2] (О туркестанском и европейском лёссе) 的論文，在論文中談到"不否認風在缺少水渠和太陽照射的極炎熱的地區所起的重要地質作用，應當提出，在土耳其斯坦黃土的很多類型上，風力起了一個次要作用。 黃土本身強大的發育應歸功於水的作用，而不是風的作用，這絲毫也不抹殺黃土是風成的產物，且不具有沉積湖底的沉積特性。水流經一個相當長的地段就淤泥地面，分選，區分礦物。冲刷，搬運將地面上軟體動物的貝殼和留在沙漠中(?)的哺乳動物骨骼埋在有淤泥的水流泥灘中，停下來沉積成平坦而又光滑的表面，其上生長一簇簇的能抵抗久旱的細小植物。 這種地面和植物不利於阻礙大氣尘土，而一些經常潮濕的地區和潮介鹽(禿乾地)的風化物所覆蓋的地區例外。 而一些完全不生長植物的地區，就不利於植根腐爛形成有細孔的岩石。 而是成爲緻密成層的岩石，不是風成黃土。

土耳其斯坦黃土形成過程，根據力學條件很近似俄羅斯歐洲部分冲積層的形成過程，但也有着根本不同之處。 在土耳其斯坦不僅是自斜坡向下的水流，而且是間歇地自河谷流出的，巨大的含

1) 着重點是本文作者加的(以下同)。
2) 莫斯科自然實驗協會會議記錄。

有淤泥的水流，這些水流是由於暴雨而成。由山谷中分散流向平原的暫時水流帶到平原上的礦物堆積成的地質沉積，是一種特殊的成因類型。爲了表示這種成因類型而採用"洪積沉積層，山麓沉積層"名詞較合適。

因此，根據 A. П. 巴甫洛夫的意見土耳其斯坦黃土是洪積沉積物。

經過六年，到 1909 年底在莫斯科俄羅斯醫生和自然科學者第 21 次代表大會上 (XII съезд русских естествоиспытателей и врачей) A. П. 巴甫洛夫做的報告中對土耳其斯坦，南俄和西歐黃土[1] 成因再一次作了肯定，指出：在我們所熟悉的俄羅斯地區上找到了黃土堆積成因的自然環境。我對黃土成因現象的解釋與李希霍芬理論時期的歐洲大多數地質學家所解釋的完全不同。到西歐黃土區旅行後，特別是對維也納和克里木斯(Кремса)附近的杜奈(Дунайский) 黃土有了認識，在運用自己的解釋方法去解釋西歐黃土方面更增加了我的信心。在這一點上就不能不使我繼續追索，而對亞洲黃土的風成原因提出我的意見。

繼續說：1901 年到土耳其斯坦旅行使我發現了陸相沉積的另一種成因類型，即洪積成因類型。這種成因類型是自山谷中分散流向平原的間歇水流帶到沙漠平原上礦物質沉積堆積而成。而形成極大量的土耳其斯坦黃土。

作者舉了阿克套 (Ак-Тау) 山脈花崗岩崩裂而成爲黃土的有意義的例子，這種黃土在山脈底部我們能看到；在此引證這個例子是爲了把 A. П. 巴甫洛夫的觀點充分與土耳其斯坦黃土即沙漠山麓平原的洪積層結合起來。現在看來洪積層的確形成在沙漠山麓平原上，但是這種洪積層與黃土却沒有什麼共同點。

在外國的文獻中在近幾年來同樣在黃土成因上有不同的觀

1) 論地球上最早的沙漠，莫斯科 1910，8 頁和 11 頁。

點，擁護者之間同樣有爭論，甚致出現了 Кингсмилль (T. W. Kingsmill, 英國人主張中國華北山東沿海一帶黃土為湖成的，1895年。——譯者註)和 Пемпелла (R. Pumpelly 美人，主張中國華北山西五台一帶黃土為湖成的，1879，——譯者註)學說的捍衛者，這種學說在很早以前就被李希霍芬駁倒了，他們認為中國黃土是海相沉積層或寬廣的湖相沉積層。

在本文中我對所有有關黃土的巨著不做任何的研討，對海成，湖成和冰川-冲積學說也不做任何論述和反駁；對上述 П. А. 杜特柯夫斯基的著作也完全不去理睬。而僅就近幾年來很少引起注意的幾方面進行研究，就目前的情況概略地談談風成學說的實質及其歷史發展，從李希霍芬談起，並以亞洲黃土分佈的不同區域為例，這些區域大部分是我親自研究過的，還指出水流學說的無根據處及風成學說的全部論據。

我認為，假如風成學說的反對派(在 1894 年所提出的)現代風成學說有充分的認識的話，假如反對派能嚴格地區分(1)黃土尘土的成因(2)黃土尘土沉積及變成黃土層的地區和方式的話，那麼重新引起爭論的許多誤解是會被解除的。在亞洲各不同區域常久的觀察，使我在這些問題方面產生了下列的看法：(1) 黃土尘土在極大多數情況下和組成上是沙漠區風化，吹颺温度不同的岩石，黏土，沙或者不同大小面積的類似乾燥草原，或者蓋有稀少植物，但在一定程度上又不能阻住風力作用的不毛地和瘠地的產物。黃土尘土的數量依賴於沙漠區的面積和特性，而黃土尘土的組成依賴於岩石的組成。(2) 黃土尘土的沉積地點和沉積方式依氣候，地勢，植物覆蓋層的水文地理等等而不同。除在黃土沉積方面風起了首要作用以外，另外風還帶來了黃土，而水在黃土沉積方面也起了或多或少的作用。

但是如 П. Я. 阿爾瑪什夫斯基和 А. П. 巴甫洛夫所指出的水流學說或者洪積學說本身就不能解釋黃土的成因，只能作為風成

學說的輔助。 如果將水流學說的作用與風成學說的作用進行比較，在極大多數情況下水流學說的作用是受局限的。

水流學說的基本理論是佛利格爾 (Фольгер) 首倡，他利用該學說解釋過萊茵 (Рейнский) 黃土的成因[1]，風成學說的基本理論是1857 年維爾列戴阿烏(Вирле д'Ау)所倡，他利用該學說解釋過墨西哥黃土在 60—100 米厚度的黃土層[2]；但是這兩個學說都經李希霍芬詳細地修改過，發表在1877年"中國"第一卷，其次在李氏旅行書扎中也提到過，這些書扎曾於 1870—1872 年在上海出版[3]。

李希霍芬承認雨水的水流在形成黃土層的過程中起了應有的作用，這點在如下的意見中看到："可見還要尋找供應物質以使土壤能不斷增長的因素。在地表面進行觀察得出了三個不同因素：即第一是雨水，雨水從較高處流向較低處，並且冲下一些由於鄰近山脈岩石破壞而分出的一些固體合成物。第二種因素是風……"[4]。

隨後他又補充以上所說："當黃土塵土沉積時一部分塵土落到雜草叢生的土壤中，被植物阻住，高出地表，另一部分塵土落在有雨水冲刷的地方或者草原上，借助於小河被帶到鹹水湖中"[5]。

最後，在 100 頁上找到了雨水功能的全部景象："我及早詳細敍述過水力作用的主要特征，在指出了河水作用的同時，指出在無流瀉的盆地中水的冲刷 споласкивающий (Spülendes) 作用起着特別重要的作用。[6] 雨水從懸崖上流帶下來的東西，如不被風吹走，

1) 地球的歷史。舒里金譯 1868，231—234 頁 (根據 П. Я. 阿諾瑪什夫斯基引證)。
2) 圖特科夫斯基資料，參閱 242 頁。
3) Richthofen's Letters 1870—1872, Shanghai III Report on the provinces of Honan and Schansi, pp. 23—25, VIII Letter on Chili Mongolia, and Schansi, pp. 94—98。
4) China, Bd. I, S. 78，我力求逐字地翻譯李希霍芬原文，爲的是不脫離原文；簡明地，清楚地用其它方式表達這些意思是極簡單的。
5) China, Bd. I. S. 98。
6) 着重點是本文作者加的。

就填充到小的凸凹處。而在小凸凹處形成傾斜面，然後物質沿傾斜面向下移動（hinabgeschoben wird)。當落下的雨水不多時，雨水就滲入土壤；所以只有少許的生土被帶到小河中，並且水的影響只是區域性的。雖然向下移動的物質很慢，但久而久之會產生大的結果。從黃土的構成上可看到周期性發生強烈降雨的現象，這種特徵是長時期必然所致。這種是不斷堆聚在山麓附近的山地小碎石堆被分散在草原斜坡，山地邊緣部分及分散到離山地有幾千步遠的地方或更遠，向草原中心的地區，在後期在地表上改變了情況沿地表有泥灰物質增長。每經過這樣一個時期在黃土窪地中可以看到黃土增長，這種黃土的增長就標誌着較乾燥氣候的回轉"。

我認爲這些引證足以說明李希霍芬所指的水流學說的本質；目前該學說的捍衛者還在重述着李希霍芬的某些論調，否認風的作用。

李希霍芬以極大的篇幅在"中國"第一卷第三章 85—104 頁詳細地研究了被黃土層填充草原無水窪地的過程，根據李希霍芬的意見可以得出如下的黃土堆積景象。

由於乾燥氣候，且在良好的物理風化條件及強烈風力作用情況下，山脊和山壠上的岩石被破壞的產物從高處搬運下來，不斷堆積在河谷中和窪地上，在底部形成河流或湖相層狀黃土，而在斜坡上成爲非層狀典型黃土。由於在這些封閉的盆地中沒有水流，風成尘土久而久之堆積成極大的厚層。盆地底部漸漸增高，山脊和丘陵的高度絕對來說是減低了，由於基岩的破壞，物質被搬運，相對說來被填充的盆地底部升高了。終久，這種過程形成一種中心區域廣闊而平緩的窪地典型地形，該緩坡逐漸朝向平緩的分水嶺升起，在分水嶺上偶而可以遇到被破壞的基岩露頭。

李希霍芬以現有的高度和斜度的差異爲基礎曾試地測定了填充在安古里-諾爾（Ангули-Нор）湖流域和蒙古東南部窪地黃土厚度，其厚度超過 1000 米，李希霍芬推斷在同一地區上窪地延伸的

長，則厚度也越大，而在西藏西部，青海和翰海（過去李希霍芬所指中國西部新疆一帶爲翰海 Хан-хай——譯者註）則更甚。

關於中央亞細亞黃土的分佈，李希霍芬認爲：華北黃土低地反映出了中央亞細亞整個草原窪地的內部構造，與現代無洩水的草原相似，到下只有與黃土區相鄰的地區邊緣部分還可以使人相信。但是從一方面來看，中央亞細亞所有各地最終結果相似之點證明了關於黃土形成過程的結論。從另一方面來看，以下各章的論述標明與中國黃土相適應的形成過程普遍於中亞細亞周圍邊界。所以我們可以設想，除翰海海相沉積外，在整個窪地草原底部堆積着黃土狀產物，這些黃土狀產物和大的碎石混合在底部，覆蓋着基岩和有基岩的窪地斜坡上。假如沒有黃土狀產物，那麼中亞細亞所有的各種不同高度和不同形狀的地區都要暴露在外面。如果在華北地區沒有黃土覆蓋層，那麼也將會如此的[1]。

再補充幾句，在圖上幾乎整個中亞細亞都爲黃色的"中部鹽質草原沉積區"所佔據除蒙古東部的一些夾帶地區和塔里木（Тарим）河下游的較廣大的地方以外，這些地區與極深的窪地相適應，根據李希霍芬的意見，在這些窪地中當翰海海退以後應該存留有海相的沉積物。翰海海退發展的最大限度佔據了草原區相當大的地方，根據李希霍芬的意見，去掉這個海底的水（而極深的窪地除外）同樣變成黃土低地；某些地區在黃色黃土上面蓋有砂子和卵石。在第四章中可以找到很多說明，李希霍芬實際認爲幾乎整個中亞細亞被黃土所覆蓋，而在 110—111 頁提到，用黃土填充窪地的過程是在翰海邊緣地區開始的，因爲是從邊區向中部擴展，所以在翰海中部較晚，且發育不大，在中部有些地區還保留有古老海底的特徵。

根據李希霍芬的意見，風成學說的本質可以如此概述：黃土是

1）着重點是本文作者加的。

大陸中部沒有水流流向海洋上具有乾燥氣候地區上風化過程的產物，風成尘土被風吹颺，被高處流下的雨水冲刷，不斷堆積且填充在窪地之中；在現代的中亞細亞幾乎全是這種被黃土所填充的窪地，中國北部黃土也是類似同樣方式，是亞洲部分與中部合併時所形成的；在周圍地合併時是冲蝕黃土的開始，而且露出了全部草原窪地的構造。

當 1892—1894 年在我旅行的初期作者第一次對蒙古東部和中國北部進行了解以後，在關於黃土問題的第二部分即關於黃土的沉積方式和地區上[1] 對李希霍芬的觀點的正確性提出了意見。但在錯誤性方面是李希霍芬幾乎走遍了整個中國，研究了黃土的全部特性，但是對整個中亞細亞來說僅觀察了蒙古東部南邊的一小部分地區，對中亞細亞來說這不是典型地區：而將這個地區所進行的觀察作爲整個自己學說的根據，而將該結論向整個中亞細亞推廣。

作者在旅行時按不同方向穿過中亞細亞，確信在該地區沒有像李希霍芬的學說所說被黃土所填充的窪地，既或出現有這種現象，而在大多數情況下黃土層的厚度要比李希霍芬在"中國"中所說的要小。像李氏所說的用黃土填充窪地的面積和填充過程在理論上也是不可能的，正如以下所述。

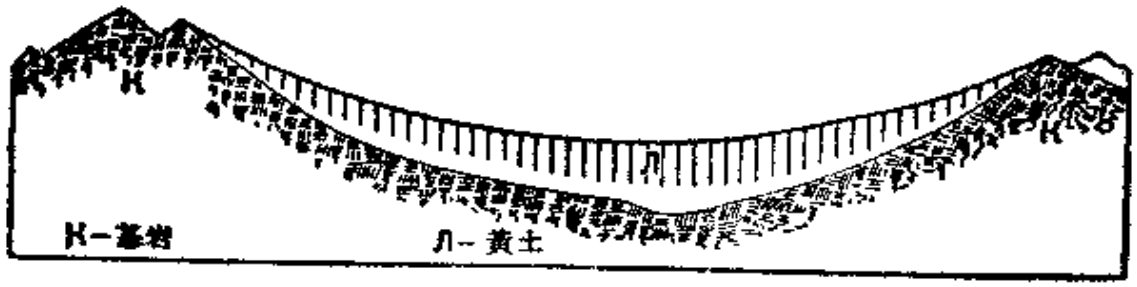


圖 1

1) 恰克圖至張家口商隊路線簡明地質圖，俄羅斯地理協會會報，29卷，1882，375—388 頁。

作者舉出在兩山之間無水窪地，如河谷的橫剖面爲例(圖 1)姑且適合李希霍芬的觀點，即兩個山脊破壞的全部產物不被來自中部地區的風帶走(實際上是可能的，正如以下所述)而保留下來，結果從高處搬運到河谷中去。很容易使人相信如圖中的情況，以兩脊及山澗河谷的容積爲基礎，物質堆積的過程在最初期間要快些，由於自山脊搬運物質而山脊越減低，由於物質沉積而窪地越增高，那麼供給物質和取得物質的容積更要小，黃土增長的過程也更減緩。終久，在山脊處所剩不大的深根露頭（圖 2）只能提供極少量的風成生土。而黃土的增長(包括兩山坡在內)一直在不斷減緩，不可免的要得出一個結論，縱然在極良好的條件下山脊也不可能被破壞山脊所形成的黃土完全覆蓋。

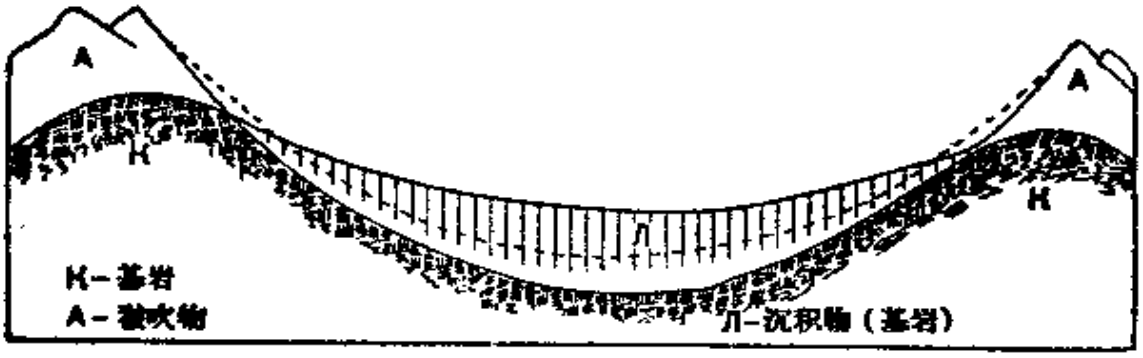


圖 2

同樣討論到水流學說的適應性：假如設想風起着微小的作用並且風化的產物主要由雨水所形成的水流自山脊上搬運到窪地，那麼我們可以得出同樣的結論，黃土層不可能完全覆蓋山脊。

可見，李希霍芬所描述的中亞細亞廣大幅員的理論景觀(被黃土所填充的厚度達 1000—2000 米的廣闊窪地和被黃土所覆蓋的中間高地(參閱"中國"第一卷)在黃土層中僅某處可以看到被破壞了的山脊或深根露頭）用任何水流說及作者剛剛提到的那種風成學說是不能解釋的。

幾乎在整個中亞細亞有被黃土所填充的草原窪地，當然，李希霍芬不能不知道中亞細亞無數的山脉不可能有相同的組成；雖然李希霍芬推斷黃土尘土是破壞所有可能被破壞的岩石主要產物，此外在窪地底部還能得到一些砂子，但是他並沒有詳細地研究過物理風化過程的細節。在 99 頁（"中國"第一卷）李希霍芬談到："看來，沙漠地區是一個較大的草原窪地，具有特殊不同的地形。除一些小的黃土草原窪地之外，大多數卵石草原地也都如此。砂子多分佈在被翰海底部所分隔的一些極廣闊的窪地上；在這裏砂粒大部分由白堊紀砂岩形成，破壞砂岩的產物被風吹颺，清除風化產物中所存在的大量的粘土雜質，粘土雜質的存在的事實是根據斯達利赤卡（Сталичка）的觀察。就所知道，卵石沙漠區是被形成卵石物質的沙漠（IIIa–Mo）窪地限制着。

由此可見，李希霍芬對沙漠中的風化作用還是有些不清楚，關於沙漠中風化過程，確實，在當時了解的很不够。現在我們還不能設想作爲主要破壞鄰近山脈的石英岩砂岩，花崗岩，片麻岩以及類似含有大量石英的岩石填充着窪地的事實。當然，從這些岩石中能得到相當數量的黃土尘土，但是作爲破壞岩石產物的主要部分砂子消失到什麽地方呢？總的來說，李希霍芬所設想的即在一個比較不大的草原窪地上變各種不同岩石爲黃土的過程，在現在的知識水平的限制下還是個不可信的過程。水流學說同樣敍述了雨水自高處帶來的破壞鄰近山脈丘陵的產物形成黃土的可能性。關於這個問題當研究 A. П. 巴甫洛夫的觀點時還要提到。

李希霍芬的風成學說甚致不能用來解釋中國許多地區的黃土堆積作用，即不能解釋李氏創造風成學說的那個國家的黃土堆積。

華北黃土區有着極不同的前黃土期的地形，這期地形可分爲三種類型：(1)山區，(2)桌狀高地，(3)平原。

在與蒙古東部相毗鄰的山西省和河北省兩省的北部發現了一些被不同厚度的黃土所覆蓋的相當高的，且平行排列的山脊，山坡

和山澗谷地，但黃土覆蓋層一般看來不厚。假如恢復被冲刷作用所帶去的黃土，按照李氏學說可以得到如上所述的圖（圖3，）；這是中國黃土區的第一種類型。

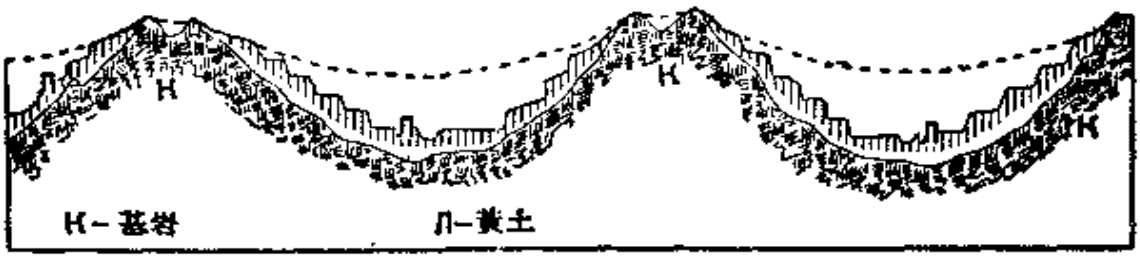


圖 3

在山西省南部和西部及其鄰省陝西的西部不是山脈，而是相當廣闊的高原，被斷層切割成桌狀階梯；還在黃土期前由於長久的冲刷作用就已經被切割成了，主要是內層狀的石炭紀，中生代沉積層組成。其中在一些地區有古老噴發岩岩塊隆起；極大的黃土層不僅蓋在地表式階梯面上，而且還蓋在高地上部（圖 4）按照李希霍芬的學說，如果恢復了被冲刷的黃土層部分，就能呈現出一些廣闊河谷和窪地被隔成一些廣闊的，平坦的高地——這就是第二種類型。

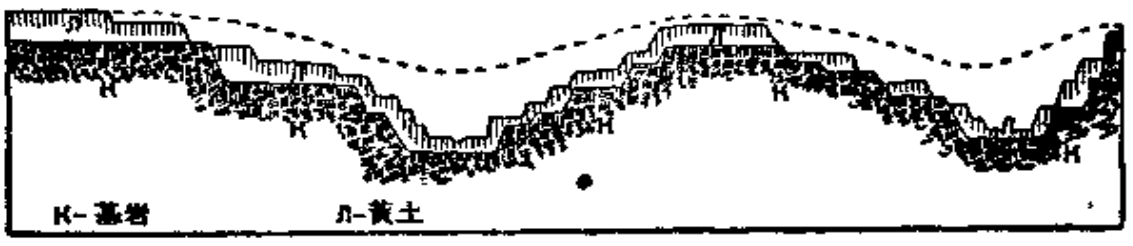


圖 4

最後，在陝西北部和鄂爾多斯沙漠南部相鄰的甘肅省東部，發現被切割的小平原，是由近似水平的中生代沉積層所組成，黃土覆蓋層的最大厚度是 400 米（圖 5）黃土高地被河谷，山谷和冲溝切



圖 二

劃成桌狀或圓形的，近似同樣高度的山丘和波頂。在這些坡上發現黃土的地方，僅在坡的最下部分是中生代岩石。向南的地區稍低，黃土層減小；這裏原始高地保存的很好，並且被切割成單個的，不同長度和寬度的桌狀體。再向南出現單個的山脊，某些地區被切割的不甚強，黃土層薄。這是第三種類型。這種類型南部靠近第一型類型。按照李希霍芬的學說，假如恢復被冲刷的黃土，就成一緩丘狀地區。還姑且認爲，在特別良好的條件下，兩個山脊之間的窪地可能被風化產物充滿而成厚大的黃土層，正如李希霍芬所推斷，這樣第一種類型黃土區如果能被解釋；但是運用該學說能解釋第二種，第三種類型的黃土區嗎？第二種和第三種類型是高地地區，並且現在還在被厚大的黃土層所覆蓋，在第二種和第三種類型的黃土區，在很大的距離內（幾十，甚至幾百俄里內）沒有基岩所組成的特殊高地。那麼從什麼地方取得形成黃土的物質呢？

由李希霍芬所建立的，用破壞鄰近山脈的產物來填充草原窪地的學說不能解釋第二種和第三種類型的黃土區的成因，正如以上所知，只是可以解釋第一種類型的黃土區成因，同樣也來談談水流學說——水流學說的適用性同樣不利於在沒有較高大的山脈地區。因爲雨水要從高山帶來黃土類物質。很難想像在形成黃土時所存在的，由基岩所組成的，並提供水流冲刷的較大的高地在最後時期也會被消失的如此假設。Н. Я. 阿爾瑪什夫斯基[1] 和拉巴

1）選集 244 頁。

蘭（Лапларан）也有過這樣的推測，此外再不能提出什麼其他的假設；並且對該假設所做的證明還不够，還需要進一步證明，而對第二種或第三種類型的中國黃土是完全不可能證明的。水流學說在這方面的唯一的弱點已由Π. A. 杜特柯夫斯基指出過[1]；認爲整個學說是建立在一個未經證明的假設上的，並與這些假設一起破產了。如果水流學說不能解釋上述地區的黃土成因，那麼這個學說還有什麼用處呢？

所以我們認爲李希霍芬學說和水流學說的理論研究應以現代地形和典型黃土區構造爲基礎。

所以，建築在區域成因的即內成因的黃土尘土填充草原窪地爲假設的李希霍芬學說還應該到實際中去驗證，驗證之處即在於；在一個相當大的窪地內尘土的來源問題，也就是論述：更遠處形成黃土的過程（外來的尘土成因過程）。對風成學說這樣的驗證是完全可能的。因爲在空氣中，輕的尘土能被帶到很遠距離的地方，通過山脈和桌狀高地、陵丘和平原，一直被帶到風力所能吹及的地區。對水流學說來說，這個驗正是不可能的，因爲雨水的水流受到窪地斜坡限制，而不能流入相鄰的窪地。所以水流只能攜帶和沉積內成的風化產物。

關於遠距離攜帶細小風化產物的想法，同樣是個陳舊的問題是維爾列戴阿烏（Вирле д'Ау）在 1857 年提出來的，其他的一些人也曾指出過，但李希霍芬並沒有用它作爲建立自己學說的另一個基礎。特別是李希霍芬在"中國"同一卷中提到細小的風化物可以被攜帶到很遠的地方去，提到關於中亞細亞的尘土大氣，關於自中部地區自周圍地區攜帶尘土的可能性。李希霍芬引證了鍾遜（Джонсон）關於霍旦（Хотан）區能取得風自沙漠區攜帶細小尘土，並沉積在平原上的論述的優良條件。又舉出斯達利赤卡

1）選集 227—238 頁。

(Сталичка) 關於莎車區 (Яркенд) 的論述："該處是沙漠區，烏雲似的肥沃揚尘代替了烏雲似的飽合蒸氣，大氣中多含有尘土，大氣常被尘土包圍，不得不認爲黃土是風成的沉積。在引證了這些論述以後，李希霍芬補充說："如果斯達利赤卡能繼續觀察，他就會相信由於尘土降落而黃土不斷增加的事實，高出 80 呎的黃土露頭證明該處或最早失去水流的窪地是通到塔里木湖的一個水流區或是黃土組成的塔里木盆地地區，由於天山山麓降沉而被切割，斯達利赤卡認爲天山山脈附近地區降陷是由於斜度增長的原因"。

李希霍芬沒有重視從中亞細亞境內帶出尘土的作用。李氏企圖把關於黃土充塡草原窪地的學說運用到塔里木盆地。斯達利赤卡關於黃土成因問題的解釋在本質上要比李希霍芬的解釋比較接近正確和全面，雖然李希霍芬曾詳細地研究過中國典型黃土區。

И. 瓦里傑爾 (Вальтер) 在研究風化各種作用的書籍中報導了關於沙漠中剝蝕作用的新材料。他對風化過程中的細小產物沒有給予任何注意；他僅指出風化過程中的這些細小產物被風吹颺，並沉積在離它們的生成地很遠的地方，即在沙漠邊緣地區[1]。他在自己所調查的非洲和錫尼亞 (Синая) 沙漠中沒有找到黃土層，也根本沒有考慮到自己的觀察與自己導師李希霍芬學說的矛盾。

在旅行者指南[2] (Путеводителе для путешественников) 中 ("中國"第一卷出版晚 9 年)李希霍芬從另一個角度上指出關於沙漠中的風化作用和鬆散物質被風分選的規律性；他說：最大的物質停留在原地，形成石塊和卵石沙漠，其他可吹動的物質分佈在兩個地帶——即砂子地帶和尘土地帶(第 441 頁)。中亞細亞尘土主

1) Walther. Die Denudation in der Wüste und ihre geologische Bedeutung. 1891, 206 頁。

2) Führer für Forschungsreisende, 1886。

要沉積在靠近不毛沙漠區而且有草木生長的草原上，因此逐漸形成不平坦的地形。李希霍芬對尘土的再搬帶和沉積過程描敍的相當詳細，除一些新的觀點外，他還堅持着過去關於風化周圍山脊充填無水草原窪地的理論(447 頁和 479 頁)，並堅持：黃土是無水草原邊緣地區被冲刷露出的草原土壤。

所以，在 80 年代末期關於黃土成因的問題(如風化尘土)已被簡明，黃土分佈的規律性問題，已接近於正確解決；還沒有得出結論，正如 И. В. 穆什凱托夫 (Мушкетов) 在"物理地質"第一版中所論述的，在該書中花費了 10 頁的篇幅論述砂子，然而對大陸砂子的分佈的規律還是沒有弄清楚，黃土的成因和分佈是與李希霍芬在"旅行指南"中的 (Путеводителе) 新觀點符合。

再稍晚一些，И. 瓦里傑爾在自己的關於北美沙漠的描述中[1]談到自沙漠中搬運細小風化產物的問題，但完全沒有射及到關於細小風化產物的地點與沉積方式的問題，甚至關於沙子分佈的問題也沒有涉及到。

在亞洲旅行的一些俄羅斯旅行家們曾談到自沙漠區搬運細小風化產物的問題。如 Т. Н. 鮑達寧 (Потанин) 在描述鄂爾多斯的砂子時談到關於被氣流所颺起的物質分選現象，及關於砂流和尘流的問題，並且他企圖根據中亞細亞[2] 地面特徵簡明砂子的分佈規律，但是他並沒有獲得必然的結論，也就是說他對尘流形成黃土層和砂子分佈規律的條件還是弄不清楚，無論是這位旅行者或者是如 Г. Е. 格盧姆-格爾日瑪拉 (Грумм-Гржимайло) 在自己的旅行書札中都未提到在中亞細亞區域上所觀察到的黃土實際問題。然而在這些書札中可以看到關於本區斜坡上，山脊懸崖上，山脈上，谷底中存在有基岩露頭的論述。但無論如何也不能闡明黃土

1) Verh. d. Ges. f. Erd. zu Berlin, 19 卷, 1892, 52—65 頁。

2) 中國唐古拉-西藏邊區和黎古中部，第一卷聖彼得堡 1893，99 頁，12 版，莫斯科，1950，116 頁。

現象的規律性，沒有把自己的觀察與李希霍芬主要關於中亞細亞黃土草原凹地的論述進行對比。

總之，當作者在中亞細亞旅行時已經知道一些論述關於中亞細亞某些地區上不存在有黃土的材料。這些材料是各個研究者們所論述的，其中包括李希霍芬關於自沙漠區搬運細小風化產物的理論及該風化產物在鄰近草原區沉積的理論。在中亞細亞黃土的存在否還需要審查和再觀察，找出關於在中亞細亞不存在有黃土的論點與風成學說的相矛盾處，並闡明沙漠區風化產物分佈的規律性。

這個任務由我（作者）担任了，在中亞細亞各不同地區經過二年的旅行，中國黃土區給了我足够的材料來解決這個問題。而與李希霍芬風成學說的基本理論即黃土是風成尘土的堆積有所關聯。但我反對李希霍芬對黃土層堆積方式方面的觀點。進行觀察的結果使我知道在中亞細亞一般來說沒有典型的厚大黃土，並且也不可能有。因爲較細小的風化物被帶到了該區域以外而沉積在其他氣候區，當然不是整個中亞細亞都是沙漠地，中亞細亞有很大地區是被草原所佔據，根據李希霍芬的意見看來在草原上沉積應該有黃土尘土，但是在一些草原上的土壤不是由典型黃土所組成的。而典型黃土只出現在邊緣地區，在有水流流向海洋的地區達到了很大的厚度。僅在有屏障的地區如崑崙，帕米爾，天山等高山區阻住大量的尘土，迫使這些黃土沉積在無水流區域之內，李希霍芬所說的被不斷增長的黃土所填充的典型草原地區是不存在的。不僅僅是尘土，而且較粗粒的風化產物（如砂）同樣大量的自中部地區（沙漠中）被帶出來，結果在沙漠邊緣地區堆成新月砂丘。在砂和尘土的分佈上，厚度上，所佔據的空間大小上可以找到其規律性和彼此的相依性；從一方面來說沙漠區的有利作用（能將肥沃的黃土帶到周圍地區）被闡明了；從另一方面來說也給這些地區帶來了不少的砂子。

吹颺區和沉積區的規律性配合如圖 6 所示，吹颺區佔據了整個區域的中部，由於不斷將風化物帶到它的周圍邊緣地區，又因爲是個離心吹風的地區所以中部是個窪地；帶有大量尘土和砂的大風經常吹向南方，所以吹颺區以南是被砂子地帶包圍，在砂子地帶以外地區是廣闊的黃土帶；吹向北方的風很弱，而且不經常，通常只能帶去一些尘土；所以吹颺區向北是被夾狹的，厚度不大的黃土地帶所包圍。這個概略圖使用於地球的不同地區，當然還要依賴於地形，氣候，區域特性的變化。

引證了自己 1894—190 年[1] 出版的論文以後，我還要指出以上所述的觀點在科學文獻中尚未遭到反駁，這個觀點雖然幾乎全部寫入了 И. В. 穆什凱托夫最後的一版"物理地質"中，但是一些對黃土有興趣的研究者來說還有不理解的，例如 П. Я. 阿爾瑪什夫斯基在上述的著作中在解釋黃土成因的問題上他一句也沒有提到我的研究，而只對李希霍芬進行了批判。在上述的 А. П. 巴甫洛夫的兩篇關於黃土的論文中對我們捍衛的新的風成學說 (новая форма эоловой гипотезы) 同樣被忽視了，А. А. 依諾斯特蘭采夫 (Иностранцев) 對新的風成學說也不了解，他在自己所寫的"地質學教程" (курс"Геологии") 第三版中(1899 年第一卷)關於黃土尘土寫了 15 頁。И. 瓦里傑爾在論述形成沙漠[2] 規律的一新書中引證了我(作者) 在近裏海以東 (Закаспийская) 地區進行觀察後，却沒有談到較重要的，直接涉及到關於論述中亞細亞的論文，雖然其中的一篇已譯成了德文[3]。在該新書中關於黃土和砂的一章中很

1) (1) 中亞細亞及其東南邊區地形。俄羅斯地質協會會報 31 卷；(2) 論中亞細亞風化和吹颺作用。西部礦物協會，33 期第一版，1895；(3) 旅途報告，俄羅斯地質協會會報，29，30，31 卷。(4) 中亞細亞，中國北部和南山，2卷，1900—1901 (包括所有實際材料)。

2) Das Gesetz der Wüstenbildung. Berlin, 1900。

3) Geographische Skizze von Zentral-Asien und seiner Südlichen Umrandung Geograph. Zeitschrift, 1, 1895。

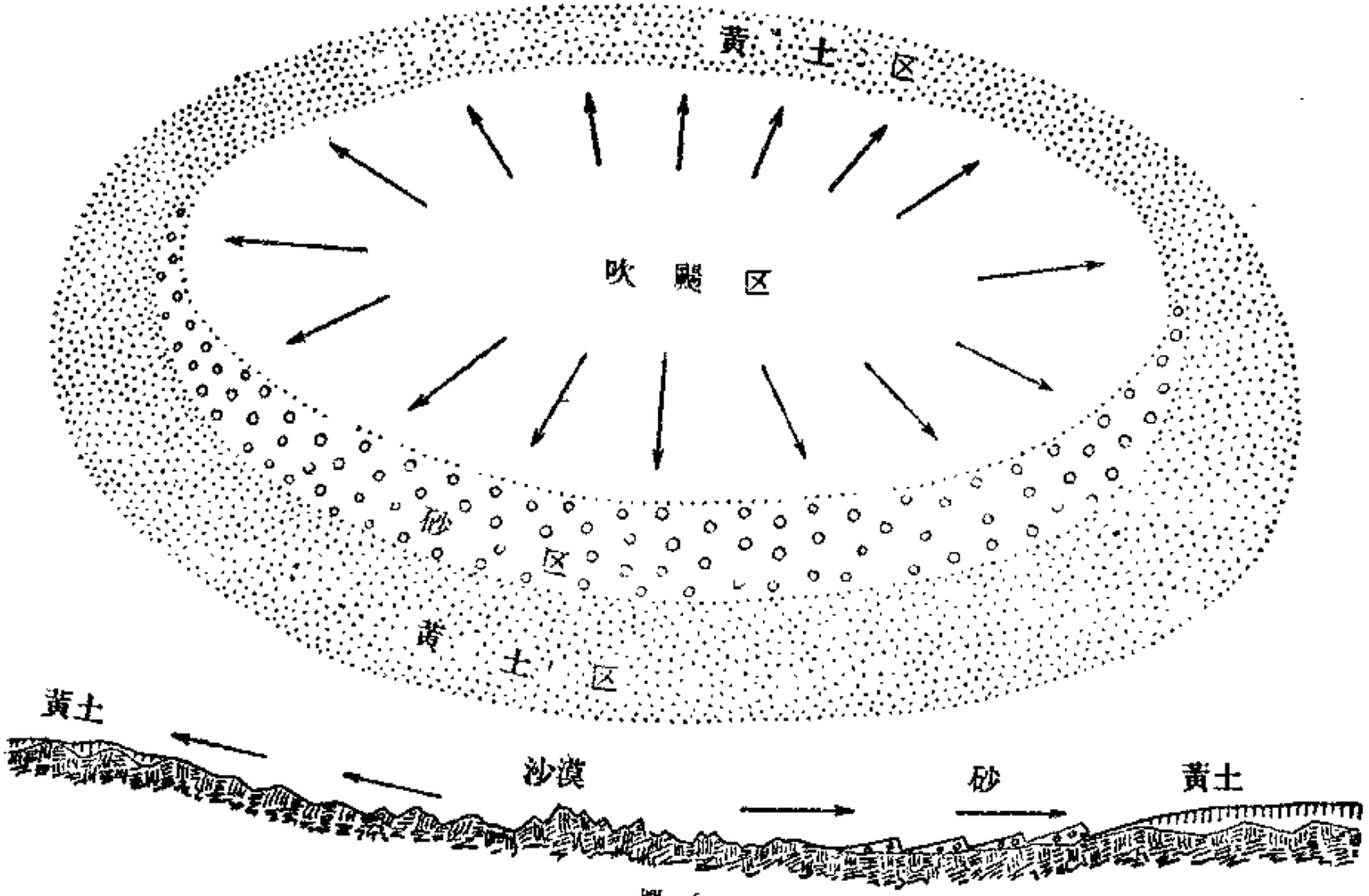


圖 6

少有修改。在本質上作者是站在十五年前李希霍芬在"旅行指南"(путеводителе)中所論述的觀點上。

我敢想假如上述的作者重視到新的風成學說的話，那麼他們的結論就要受到大大的修改。

假如承認黃土沉積在形成風成生土的地區以外，那麼就很容易解釋中國黃土區的三種類型，藉助於生土的外來成因，生土可能沉積到任何地形的地區上，逐漸形成不平坦的地表，充填山脊和高地間的谷地和覆蓋高地，和低地：一方面來說，黃土的厚度將依賴於帶來的生土數量和與生土相適應的氣候條件而改變，另一方面來說，要依賴於地區水文網。無疑地，黃土的沉積可以在現在中亞細亞及其周圍地區的氣候條件下進行：在該地區沒有特別豐富的降雨量，並且在該地區黃土的堆積與黃土的被冲刷進行着鬥爭；在不利於堆積而利於冲刷的地區(如第一種類型的黃土區，黃土層是不能達到極大厚度的。而在相反的條件下，黃土層很厚大，這正如第二種和第三種類型的黃土區。當然，在不同的地區上就有不同類型的黃土增長，在草原平坦的地表上，在低窪地，在緩傾斜坡上黃土增長較快，在較陡的斜坡上雨水向下冲走部分黃土到河溝中，或加寬冲溝而形成垂直的削壁。

但是怎樣證明在中國北部地區首先近於現代氣候條件下黃土的沉積呢？這點很重要，因爲李希霍芬推斷中國整個黃土地區當初是屬於亞洲的中部地區，即在中國黃土區上沒有流入海洋的水流，因此，在中國黃土區上堆積有填充草原窪地(填充平原，高原——作者附加)的黃土層。根據李希霍芬的意見("中國"第二卷756頁)中國的"草原"期是由於在巨大的中國窪地東南上升隆起了山脈，藉助於海退而到來。這些山脊阻住了潮濕的海風進入中國北部內地，中亞細亞的草原氣候向該地區擴展，失去了水流，在以前潮濕侵蝕時期產生的水文網消失了，逐漸乾燥的河谷不斷被黃土充填。新的海進和東南山嶂的沉沒成爲具有現代氣候條件的黃土期到來

的原因；中國北部與亞洲的四周區域重新合併了，恢復的河流漸漸歸入了以前的河床，結果切割和剝去了草原窪地上的黃土，潮濕氣候的這個時期繼續直到現在。

如 П. Я. 阿爾瑪什夫斯基[1] 正確指出的，雖然李希霍芬對自己的觀點作了一些有利的證實，而巨大隆起和急劇的氣候變化的畢竟造成了李希霍芬學說的弱點。姑且先不對這些證實進行批判，以後再進行，我（作者）僅認爲根本就沒有必要追索這些假設，中國北部黃土區的氣候無論如何不能稱爲潮濕的地區，在降雨量方面與中亞細亞氣候有很多不同，黃土斜坡和黃土高地上的植物也能證明這點；越從中國大平原向北，西北，西，而蒙古草原和黃土區之間氣候的區別越少，這是旅行者的直接體現，該體現已被詳細的氣報和專門的氣象材料證明。

水文網能提供給我們第二個證據；李希霍芬推斷，水文網的出現是在草原時期以前，當草原時期時水文網被黃土層破壞，以後水文網又恢復如前了。這點是似不可信的：因爲巨大的黃土層填充了所有的河谷，全部地區幾乎變成平坦的地表，在這種情況下很難證明恢復如前的水文網，似乎應當從發展上看到遺傳谷，而這些水文網似乎也應當保留有前期的形態。其實在這方面是沒有的。河谷被切割的深，河系被分散爲很多河流，甚至大的河流。如黃河切入到被黃土所覆蓋的不同基岩岩層中很深。並且不是到處都是峽谷的特性。我們舉出了黃河下游向南轉彎的一段爲例，黃河右岸所有的支流位於鄂爾多斯東部平原上，然後切入比平原較高的黃土高原。假如這些河谷是在黃土沉積以後才開始形成的，那麼就能看到兩個河流系統，這兩個河流系統一個向東從分水嶺向黃河，而另外一個向西，向鄂爾多斯，在該處河流應注入湖泊或者消失在沙漠地區中。假如同樣設想流入黃河的諸河上游能穿過分水

1) 選集 231—234 頁。

積並且佔據了鄂爾多斯斜坡上的河流，基本上改變了最初的水文網，那麼就證明是老期的水文網而不是新期的。

我推斷中國北部黃土是在以前近乎現代的氣候條件下就沉積了，當時中國的黃土區已不屬於中部地區，而是屬於亞洲的周圍地區。可能這些地區的氣候比現在有些乾燥，降雨量較少，河流所攜帶的水比現在要少，這些變化並不是由於山脈隆起和海退所引起的。

現代在中國北部的黃土既然還在沉積着，而在同樣條件下在以前的幾十年中黃土怎能不沉積呢？ 在乾燥的氣候條件下，藉助於草原植物，黃土的堆積可能比黃土冲刷快些。 假如在每個星期甚至每月沒有下雨，假如冬季降雪的次數和數量很少，且不能被堆積起來，雪被風吹颳並在乾燥空氣中蒸發，那麼就不能得到關於水作用的材料爲數少，且含少量水的河流及其很少的支流在地區上迂迴很慢，在混濁的水中所攜帶的黃土尘土是有限的；在諸河床間的廣闊地面上，平原上，高地和山脊上幾乎每天都沉澱黃土尘土，這些黃土尘土被草木阻住並被少量的雨水或雪固定在地面上，不斷形成土壤。有時遇到暴雨，又可能冲刷一些黃土，將黃土帶到河流中，而構成新的冲溝或擴大已有的冲溝；但是這種現象只限於陡立的斜坡上，而在平原上和高地斜坡上不能冲刷兩次暴雨之間堆積了很久的黃土，在難透水的乾燥土壤地表存留的水分要比滲入的水分多，所以在地表上流成小河，此外被水浸過的黃土帶有黏性，所以在平坦的斜坡上水的冲刷力量不大。

因而我推斷在現代的條件下，自中亞細亞帶來的黃土尘土在中國北部不斷增長着。黃土的增長首先是從亞洲內地淡水海的水面縮小並且在廣闊的禿乾地上變成了沙漠時開始的。

當然這個過程不是很快就開始的，不是當消失了淡水海的遺跡時才開始的（該遺跡還是存在，現在還存留着），而是更早些；即在海乾燥時，完全露出了廣闊的海底時就開始了。 沙漠範圍逐漸

確定了，並擴大了，乾燥海底的砂和黏土提供給風以豐富的物質．可以相信這些物質要比現在多，而現在主要是從風化基岩中取得，而且是很慢的，中國黃土層下部的紅色土（特別是在陝西和甘肅東部），具有大的黏性說明是在第三紀海相（或湖相）形成的紅色"戈壁"沉積層覆蓋中亞細亞極大面積時所形成的，並且提供了主要的吹颺物質。現在這種沉積殘遺比較罕見，而且主要吹颺物質是由各種古老的基岩，廣大地區內的新月砂丘和山脊基盤地區的區域沉積（洪積的）供給。所有這些混合物成爲典型的褐黃土。

當然中國北部氣候條件變乾及一些少水的河谷可能加速黃土的堆積。但是還沒有認識到變化的必要性，因爲迄今堆積還在進行，對形成 400 米厚度的黃土來說在時間上是很充裕的。假如我們的推測是正確的，那麼這個過程還是在第三紀末開始的。

不能不提到這種現象，在中國北部與亞洲大陸中部地區合併時就形成了不適合堆積風成尘土，而適合風成尘土吹颺的氣候，在現在中亞細亞區內一些黃土厚大層形成在適宜的地區，即阻檔風的高山附近。如在塔里木邊緣地區；中國北部山地，高原和平原不是阻風的屏障，並且在與中部地區（也就是吹颺區）合併的條件下只能提供黃土尘土，但不能成爲黃土的堆積地區。

總之，我認爲用來解釋中國北部黃土沉積的氣候條件強烈變化的必然性是不存在的。同時所有反對意見也正在跨台。這些反對意見在 П. Я. 阿爾瑪什夫斯基看來是反對風成學說有利的論據。現在看來風成學說根本不需要這些假說，風成學說認爲砂和黃土是現代沙漠中，半沙漠中和沙漠草原[1] 中的吹颺產物，這些產

1) 近似"黃土草原"（лесостепь）名詞，是森林區和草原區之間的過渡形式，我（作者）認爲不能割斷"沙漠-草原"（пустынностепь）名詞用來表示缺少植物的乾燥草原，不能與沙漠區和半沙漠區的概念並論，半沙漠區近似沙漠區，沙漠-草原近似草原；在哈薩克草原主要是草原和沙漠-草原，能發現半沙漠區；在中亞細亞主要是沙漠和半沙漠，在近邊緣處也經常能遇現沙漠-草原。

物被風吹颺並沉積下來，砂子大部分在吹颺地區的邊緣地區，而黃土是在吹颺地區的外圍的地區，即在氣候條件和植物有助於尘土堆積的地區。吹颺區和沉積區應該是有規律的——彼此圍繞着，假如因爲某種原因吹颺區不存在了，例如被水或者植物覆蓋了，那麼尘土來源和尘土在周圍地區堆積也就停止了；那麼沙漠區就變成了"封閉的"沙漠區周圍的土層也是如此。南俄和西歐黃土應該認爲是封閉的，因爲形成黃土的沙漠不存在了，但華北黃土不能認爲是封閉的，因爲中亞細亞沙漠還存在，並且還在繼續着自己的作用。

就我所知新的風成學說還沒有在地球所有地區上被證實過，我(作者)企圖以沙漠、砂子、黃土的配合規律的觀點來研究亞洲其他地區，關於這些地區我有足够資料。

除中國有大量的黃土分佈外，黃土也分佈在俄羅斯的土爾克斯坦，在該地區黃土、沙、沙漠之間的相賴性表現的最清楚。

黃土在天山和帕米爾-阿列依山麓和斜坡附近成相當廣闊的帶狀區與形成石質和泥質平原的區域沉積層（洪積層）相鄰；黃土在費爾干和伊寧（Ферганский и Кульджинский）河谷發展最大，河谷向西敞開而其他三方面封閉，成爲二個收集風成尘土和收集兩河谷底砂子的巨大口袋，這些尘土和砂子是由上述山脈匯聚而成的山脈屏障阻擋西北風帶來的風成尘土而停落的。

自土耳其斯坦黃土發育區西北發現廣闊的克茲爾（Кызыл-Кум）砂區，該砂區伸到鹹海海岸，鹹海的西北是烏斯秋爾特沙漠和沙漠草原區，是吹颺區；在沙漠區沿沙丘發現形成尘土的很多來源，如鹹海西岸的一些陡崖，其他各岸上的沙丘和沙洲錫爾河和阿姆河下游的淤泥層，克茲爾沙區中第三紀和更老的岩石所形成半蓋有砂的低地，不管這個地區的特殊性，而沙漠、砂子和黃土的規律性配合在該區還是很清楚的。

土耳其斯坦黃土的獨特性(據A. П. 巴甫洛夫所發見,照巴甫洛夫看來是黃土冲積風成的證據)是由砂和細卵石夾層和不同構造層的存在而形成的下部岩層的層理;河谷黃土有時與冰川沉積,有時與風化粘土、礫石、花崗岩[1]發生關係,所有這些絲毫不與風成學說相矛盾。來自沙漠和沙質地區的風成尘土沉積了幾千年。當時在斜坡上和山脚附近發生過各種風化和冲刷作用,風化和冲刷的產物,自然就與風成尘土相混合,或覆蓋風成堆積。由於將風成尘土的成因問題和尘土沉積的地點和方式問題分開了,所以就能毫不免強地解釋土耳其斯坦的黃土層的性質。

與土耳其斯坦相鄰的黑海周圍(Закаспиский)地區上在科彼特達格山脈(Копет-Даг)和巴拉巴密斯(Парапамиз)山脈斜坡上的黃土區,自這些山脈到烏斯秋爾特(Устюрт)山麓的卡拉(Кара-Кум)沙區和烏斯秋爾特(Устюрт)的吹颺區看到黃土區的配合規律。由於我(作者)1886—1888年親身的觀察對砂和黃土區有完善的認識;只有用風成學說才能解釋所發現的特點,沿阿富汗邊限自阿姆達里亞河到德詹(Теджен)河的區域東部丘陵草原成一廣闊地帶,厚大的黃土組成該區土壤,在該處缺水,河谷很少並無水,有些河流是鹽水。僅匯聚在山區草原帶以外的一些河流中是淡水,水井分散且少,一般很深,同樣是鹽水。在一些同樣的廣闊平坦的坡地上(根據地區來說稱爲"巴衣爾"(Баир)植有稠密的草原植物。並成爲良好的牧場。卡拉山脈絕對高度達2500—2600呎[高出庫什卡(Кушка)河口附近的穆爾加布(Мургаб)河約2200呎]並延國界自穆爾加布河向東北伸展。在巴衣爾的一些封閉盆

1) 論"土耳其斯坦和歐洲黃土",4—5頁。這些特點早爲米金多爾夫(Миддендорф)描述在自己的"費爾幹谷地概略"中了,從中可以找到很多對黃土風成成因有益的可資借鏡的觀察和證據。雖曾對風成學說來說還是有些最初的懷疑,而著名的研究者在親自了解了土耳其斯坦後完全把它結合起來了。

地中任何地方都分佈有自流鹹湖，鹽土和供水的泉源。巴衣爾是由黃土組成，位於庫什卡和穆爾加布河岸的露頭可以證明(靠近德簡河是由科彼特達格山脈的第三紀和白堊紀岩石所形成的高地)。根據地區和植物性質，稀少的水流和水的性質證明僅靠近安德霍依(Андхои)城市的土壤才較多含砂，而自該處到阿姆河地區具有另外的性質——是砂壤平原，有流砂。巴衣爾向北逐漸減低，幾乎變成均勻的沙漠草原，還有良好的植物，砂壤較粘，更向北砂漠草原逐漸變成卡拉草沙丘和新月砂丘區域。

根據游積作用能解釋區域黃土堆積的水流學說嗎？可以做爲游積作用來源的巴拉巴密斯（Парапамиз）和興都庫什高山向南延伸有 50—100 俄里，該高地被埃格里金科（Эгригенк）、庫什卡(Кушка)、穆爾加布（Мургаб）、基拉-瓦里（Кила-вали）和安德霍依等河谷與巴衣爾北部分開。巴衣爾北部高出河谷有幾百到幾千呎。其實這些河谷和地區上被切割的地形的形成是在黃土層形成以後；是由於什麼因素？現代是在乾燥氣候下堆積黃土的典型區所以也就得到關於急劇氣候變化的一些待要證實的假設，首先要解釋在巴拉巴密斯和興都庫什具有厚大的黃土層，其次解釋黃土層被強烈的冲刷，最後解釋現代的情況。風成學說很容易解釋這些特性，在山脈屏障附近發現廣闊的堆積地區，特別是來自烏斯秋爾特和卡拉砂漠區的風成尘土降落在科彼特達格高地西部和帕米爾-阿賴(Памиро-Алай)東部之間向南的海灣區，在該處典型黃土已經堆積了幾萬年，現在還在堆積着，黃土區北部靠近砂區，起先較多含砂，最後全部變成了砂子。在該處可以發現有不同大小的鹽湖的草原閉塞窪地，在自下至上有黃土和稠密草木所覆蓋的緩傾高地上沒有鹽湖，這是李希霍芬所描繪的中亞細亞的典型景象，但僅是在該處黃土的形成是外表的尘土，尘土覆蓋層填充了第三紀古老地形區，如沿庫爾卡河岸的露頭所示。在庫爾卡河附近發現

蓋在懸崖上的和峽谷[1]上的黃土層重新吹颺而形成的砂堆積。

在近里海地區西部(自科彼得達格山脈西部末端到加瓦爾斯(Гяурс)車站)，科彼特達格山脈的北部山麓主要是沙漠草原，土壤是由不標準的成層黃土狀壤土，洪積層和坡積層所組成，沙漠草原北部逐漸變成裸露地，廣容的禿乾地，禿乾地以外是砂地，沙漠草原的植物有小叢，羊柄菜，艾蒿，榆類和其它類似的，低生的，稀有的小草，有些地區沒有植物，沿流自山脈的小流有草園，耕地和紫苜蓿地，主要是黏土性質的土壤，有些地區有卵石和碎石，所以稱爲卵石-碎石草原。

在該草原上，當然，沉積有黃土，是北風自砂區和沙漠地區帶來的，由於河流和植物阻礙黃土的條件不好，所以黃土只存留在一些草木區，草木和蘆葦地的周圍(在窪地上，土壤的裂隙中)，而大部分被風吹送很遠。 山脈附近的草原地段，山麓，山坡上阻有尘土，一般說來如果沒有其它作用來幫助如雨水，暴雨(在山地一年有幾次，並且有時力量很大)，及自山峽流向沙漠-草原的間歇性水流，土壤的增長而變成沙漠草原是很慢的。

這些水流在沙漠、草原區上很多，帶有游泥，砂，碎石，卵石，有

1) 除親自的觀察(從德聲河到穆爾加布河及三次穿過阿姆河西部)對該處很少注意的地區我用了 "Yate C. E. Northern Afganistan or letters from the Afghan boundary Commission" London, 1388, 書和列薩爾(Лессар)的"土爾克明西南"，俄羅斯地質協會會報，1 版 1885，文章的材料。順便提出在我(作者)自己的書"近里海低地"中(俄羅斯地質協會記錄，22 卷，3 版，1890)，我(作者)認爲 Бапры 是由阿富汗山區帶來的再生成因的黃土所形成，在阿富汗山地是原生黃土 (164 頁 B. A. 著作第一卷——編者)。 在了解了亞洲其它黃土區，特別是中國北部黃土區，我認爲 Бапры 黃土是原生的，可能，像所含有的沙子要比中國典型黃土中多，近似巴爾喀克山和外貝加爾湖區的黃土。塔赫塔-巴查爾 (Тахта-базар) 高地附近的穆爾加布右岸懸崖處的窯洞不十分近似住在黃土區的中國人的地下窯洞。 Бапры 黃土中的礫岩夾層(我將其歸於黃土水成成因)是陸域沉積層，近似米金多爾夫在費爾幹典型黃土中所看到的礫岩，在1881 年所極正確解釋的。 (Einblicke in das Ferghanathal. Mem. de l'Acad. Sc. d. S-Petersbourg, VII série, 29 卷，第 1 期，S. 81—84)。

時有漂礫，甚致可能自斜坡上冲下黃土尘土，這些物質不斷沉積，在有水地區內由於土壤吸收，蒸發而水分減少，水流由於分散成了小的溪流或小河，因而水的搬運作用也隨之減弱。這些雨水，間歇水流或水系形成"洪積層"。這是 А. П. 巴甫洛夫採用的術語，但該洪積層完全不是黃土，是被冲刷的黃土尘土，游泥，砂，其它物質的混合物，這些混合物沉積成層，雖然不是經常成標準的，且成層不顯明，離山地越遠而沉積的物質則越細小，這就是由於重量大的先沉積，而最細小的，幾乎完全成黃土泥濁物最後沉積在有暴雨時恢覆成間歇湖的禿乾地地區，這是因爲砂堤阻住了雨水外洩的原因。這些湖只能存在幾小時或幾天。乾燥以後在其地表上留下粘土薄層：所以不斷增長有禿乾地土壤，是有顯明薄層的再生黃土，內成的混合物，外來的尘土有時具有細小的砂粒夾層，這些砂粒是強烈暴雨從鄰近沙區帶來的。

由於水流河床改變而被暫時淹沒的沙漠-草原區上逐漸生長草木植物，這就造成了阻障風成尘土和非層狀黃土增長的原因，經過一些時間這些地區又遭到淹沒，其上又出現洪積層。這就是爲什麽沙漠-草原土壤是典型黃土薄層、洪積層和經常改變河床的冲積層的交錯。

僅在山麓附近，峽谷之間地區非成層的黃土增長不受到破壞，而形成厚大層，而且是單一的純黃土。假如不把由於暴雨自斜坡直接冲到草原上的碎石層區計算在內，在這些地段上草木就要比沙漠草原上更稠密。

加瓦爾斯車站到柳特法巴特 (Лютфабад) 城向東科彼達格山麓具有另一種特徵；在該處札林-庫赫 (Зарын-кух) 山脈北段沒有被橫向的峽谷切割，由於密集的長垣伸延了 55 俄里。小的，弱的間歇水流自長垣北坡向山麓草原流下，水流不能妨礙風成黃土的增長，這就是爲什麽自山脈到砂區邊緣延展有平坦的，約20俄里的廣闊草原。該草原與山麓沙漠-草原傑然不同，土壤是由非成層的黃

土組成。在整個草原沙漠邊緣地區以沒有禿乾地地區而成爲該區的特點，像巴巴杜爾馬斯(Бабадурмаз)和阿爾迪克(Артык)(在該處有提列格斯(Дереrез)河流貫)車站間的窪地上鹽沼地是個破例。

柳特法巴特 Лютфабад 城以東，在科彼特達格山北部又出現很多山谷，而在山麓附近重新出現被禿乾地所包圍的沙漠-草原。

總之，科彼特達格山脈北麓提供給我們一個這樣的顯明例子，在間歇水流淤積草原地表形成有非典型的黃土，而不是其他的，在其它地方這種淤積現象就沒有發生。在草木保護下黃土增長，而在經常淤積的草原區上不能生長草木，有着獨特性質的間歇水流沉積歸爲特殊的冲積層，A. П. 巴甫洛夫建議對這種特殊的冲積層採用"洪積層"(пролювий) 術語還是完全恰當的，但洪積層不像風成黃土，並且洪積作用不能形成典型非成層黃土。

1905, 1906, 1909 年在中國準噶爾地區的西北部進行研究後，比較了黃土的分佈，在該區岩石和土壤的風成產物相當明顯。任何的其它黃土形成學說都不能正確地、毫無爭辯地解釋其成因。

參看繪有準噶爾西北隅及哈薩克斯坦部分的 1:5,000,000 圖，巴爾哈什 (Балхаш) 湖以東伸展有廣闊的窪地，把位於西部的塔爾巴哈台 (Тарбагатай) 山脈和位於南部的準噶爾阿拉-塔烏 (Джунгарский Ала-Тау) 山脈分隔，在該窪地上 (土爾克斯坦-西伯利亞幹綫穿過窪地向東) 有閉塞的薩塞克-庫爾 (Сасык-Куль) 湖和阿拉-庫爾 (Ала-Куль) 湖。湖岸有些地方被流砂包圍，有流自塔爾巴哈台山脈的烏爾沙爾 (Урджар) 河和哈頓蘇 (Хатын-су) 河，自北部，從塔爾巴哈台山脈末端，從薩烏爾 (Саур)，烏爾卡沙爾 (Уркашар) 和巴爾雷克 (Барлык) 諸山脈帶來水的艾米爾 (Эмель) 河自東部注入阿拉-庫爾湖。這些河流的下游同樣被流沙包圍，極廣大面積的沙區沿艾米爾河分佈。這些流砂區和新月型沙區是形成鄰近的巴爾雷克山黃土尘土及構成黃土層的主要風化區和吹颺區。而填充巴爾哈什湖東端窪地的流砂，以及位於該湖南部的廣

大面積的流沙區和新月沙區也提供尘土。然而從上述看來起主要作用的還是薩塞克-庫爾湖和阿拉-庫爾湖岸的砂區。

這些砂子很明顯是湖相成因的，注入上述湖的河水攜帶有細小的黏土-砂質物質，這些物質沉積在湖岸和河岸，特別是當湖水和河水不多時。而在其他季節裏細小的黏土-砂質物變乾，並且佔據很大面積。當在岸邊發現沒有植物的，由於河流而沉積的褐-黃色砂質淤泥時就能充分地了解到乾燥季節裏岸邊情況而使人信服。在一年的大多數季節裏在岸邊上集聚着吹颺物，並且把較大的顆粒變成極散碎的砂。

此外，分散的新月沙丘和草砂丘是不斷形成尘土的地區，迄今還很少人考慮過或者完全沒有被注意到大氣尘土的這個來源。散沙的裸露表面在炎熱的季節裏有60--80°，而在夜間只有10—20°，在冬季當然要大大地下降，在夜裏到零下 15—30°；在一天內沙漠地表時冷，時熱，當然這種變化對礦物組成的砂子有影響如分散的石英，長石，有色礦物，石灰石，片岩構成的砂，砂子顆粒破成裂縫，就分解成更細小的砂粒。按大小來說也達到尘土程度，及或是很小的風也很容易將這些尘土吹起，如果在風天到過散砂區就能理解這些事實。風越大則掀起的尘土也越大，這些散砂受到經久的吹颺，因而與尘土分開，由於經常的冷熱變化而產生新的，更新的尘土物質。而僅是有植物叢生的地區不能被吹颺去。

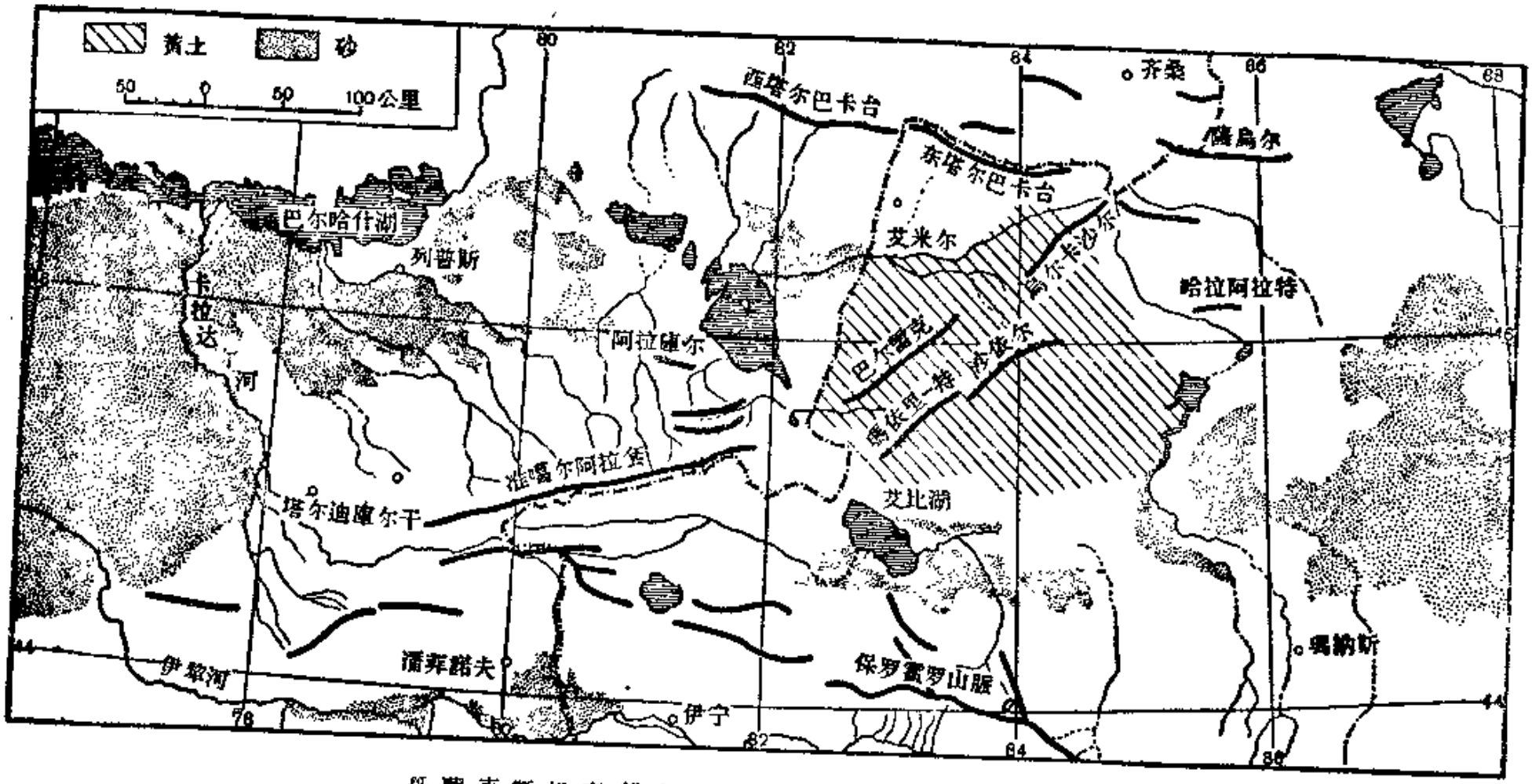
在兩湖岸上的草沙丘和新月沙丘是尘土經常的來源，在這些沙區上西北風將這些物質吹到東南，巴爾雷克山脈鄰近，自兩湖向東南方向的地區上發現低生的，但草木很稠密的廣闊地區，沙子自西北帶到該區，由於草木的保護而沉積有砂子及尘土，所有這些都是肥料。

沙區的南部延伸到巴爾雷克山麓邊緣，形成半不平的砂丘和新月沙丘，上部蓋着褐-黃細小不厚的黏質沙。在平緩的薩雷-布拉克（Сары-булак）河谷斜坡上的土壤最初還是沙質的，而在稍

遠處就變成了沙質黃土。河谷兩坡完全被黃土所覆蓋，雖然河谷是相當陡峻的。黃土是淺褐-黃色，極似石灰岩。我們(作者)登上了谷地上部，穿過山脈到北部隘口，北部完全是黃土，由於隘口而使我(作者)想起中國地區被厚大黃土覆蓋的隘口，其上除黃土以外任何岩石都沒有被發現，僅是緩丘。幾天以後我們(作者)沿黃土和緩丘向下到河谷，谷地上蓋有基岩，河口陡立的兩岸是泥盆紀火山岩系。沿谷地稍向上(這是1905年的路綫)發現被黃土所蓋的較緩的斜坡，一般說來是與靠近兩湖吹颳區鄰近的巴爾雷克北山相同，當1905年時就了解到黃土覆蓋在巴爾雷克北山的事實，而是黃土土壤，是中國農田形式的草原，很肥沃。

巴爾雷克北山基本上完全被黃土所覆蓋，不是像在西部那樣厚大，很多地區露出基岩，正如在1905年—1909年間在該山脈進行研究時所證實的。1909年我們(作者)穿過山脈最南部和最東部，山脈東部靠近特日里底卡爾(Джельдыкар)山脈和烏什特(Ушеты)河谷，在北部又發現厚大的黃土層，覆蓋了基岩，而使我憶起中國北部黃土區的景象。但黃土的分佈不受巴爾雷克山脈的限制，山脈南部有廣寬的古普(Куп)河谷，是很好的畜牧區，在平坦的丘陵上，斜坡上，河谷上有黃土土壤。再向南是巨大的瑪依里-特沙依爾(Майли-Джаир)山脈，北部基本上是相當平坦的，這點證明是特沙依拉烏(Джайляу)的繼續，是夏天畜牧地，這是因爲在土壤成分中有大量的黃土存在。在瑪依里-特沙依爾山脈的黃土厚度不到1米，而在巴爾雷克山脈斜坡上某些地區也是如此，無疑地在瑪依里-特沙依爾山脈有黃土尘土分佈。更向南是瑪依里-特沙依爾山脈和天山東部間的廣闊的準噶爾南部盆地，對這個地區沒有進行研究。

總之，如果在準噶爾邊區圖上畫出風成黃土和流沙分佈區，那麼發現它們規律性的配合，在北部圍繞着薩塞克-庫爾湖和阿拉-庫爾湖分佈有由於吹颳第四紀砂質-黏土沉積，由注入該湖的河流攜帶而形成的流沙區。在沙區的東南首先發現在艾米爾河和巴爾



哈萨克斯坦東部和準噶爾地區黃土和砂的分佈

雷克最高地之間的被砂所覆蓋的但已生長有草木的平原，在巴爾雷克高地上是砂質黃土，稍向南變成爲標準黃土，比較厚的黃土厚有 1—2 米，向南逐漸減薄，而且不是緻密的蓋層，因爲切割地形不利於蓋層在巴爾雷克山脈地表發育。斜坡稍陡，雨水冲刷，沉積的尘土被帶往向下，而形成各種黃土產物。由於黃土蓋層厚度不斷減退及由於地形被分散爲單獨的地段，所以黃土蓋層沿整個巴爾雷克山脈和瑪依里-特沙依爾山脈南部向東南分佈。

上述的流砂及由於地形變成再生洪積和坡積黃土狀岩石的典型原生黃土的分佈成爲風成黃土成因的明顯證明，用任何的其它理論却不能解釋。也可以相信：風成理論的反對者是不能得出對覆蓋着分水嶺的烏克蘭黃土而提出的假設。風成理論的反對者千方百計地證明分水嶺是出現在最後期，即與覆蓋分水嶺的最下部的黃土同時隆起的，其上有近里海地區的冲積層，洪積層和坡積層。但是在準噶爾邊緣上流砂狀的吹颺區和風成黃土狀的沉積區分佈如此靠近，並且是由一區在向另一區轉變，其規律性的配合是無可辯駁的。

還要注意，準噶爾-阿拉塔烏山區東部直接與上述邊緣地區相毗鄰，準噶爾阿拉-塔烏山脈北坡被厚大的風成黃土覆蓋，這點也由不同研究者所描述過，如 C. C. 涅烏斯特魯也夫 (Неуструев)，H. H. 郭爾諾斯大也夫 (Горностаев) 等，雖然還沒有被詳細地研究過，黃土發育區北部直接與位於巴爾哈什湖岸以南，並被該湖一些大的水流所貫穿的各種流沙區直接相鄰，來自巴爾哈什湖的水流攜帶着砂子，是尘土的來源，風將這些尘土向南吹送而沉積在準噶爾阿拉-塔烏緩坡上。該地區是上述地區向西的延續，並同樣是砂質物質(包括露在地表上的基岩)吹颺區和在植物保護下從各處帶來尘土(形成該草原風成黃土)[1] 的規律配合區。

1) 涉及到準噶爾文章的一部分，爲該版重新編述的，——編者註。

再向北，到西伯利亞地區，由塞米巴拉丁斯克 (Семипалатинск) 城東北，圍繞阿爾泰 (Алтай) 西部支脈的廣闊草原特別肥沃。該處有塞米巴拉丁斯克-巴爾瑙烏里斯克交通綫 (Семипалатинско-Барнаульский тракт) 上有很多大的村莊。草原土壤是黃土，並分佈在阿爾泰支脈上。特別引起興趣的是別里阿卡赤 (Бельагач) 草原。位於西米巴拉琴斯克城以北 50 俄里處，並高出周圍地表，根據 1910 年在該處進行過研究的 И. Н. 克利洛夫 (Крылов) 報導該草原土壤同樣是黃土，蓋在古老基岩之上有幾俄丈，這是由鑽探得知。由於草原肥沃而引起移民，雖然在該處十分缺少水流；有些地區是從深井中取水，有些地區是取自冬雪，由人工堆成雪堆，再蓋上麥桿。水流學說怎能解釋上述草原黃土的增長呢？

自西阿爾泰黃土草原向西南或向西沿額爾齊斯 (Иртыш) 河右岸是廣闊的砂區，多植有松，杉。再向西，在額爾齊斯流域區外是廣闊的吹颺區——卽哈薩克 (Казах) 草原南部乾燥區。主要是西南風[1] 自某處帶來風成尘土。

黃土同樣發育在托姆斯克(Томск)城附近，在托姆斯克河右岸受到強烈的分異作用的石炭紀石灰岩和片岩所構成的階梯面上帶來第三紀卵石和帶有植物化石的砂子，而後又被黃土覆蓋有 2—3

1) 根據 П. Е. 特列加科夫 (Третьяков) 報導，(在茲麥伊諾戈爾斯克附近的所舒風亭村莊，1911 年 1 月 27 到 28 的夜)，在一次大雪暴天以後，降下了黃色的雪，大約有一小指厚，在日光照耀下顯得更美麗。特列加科夫收集了些雪，將雪溶化后得到了幾克的土，送到了托姆斯克以供研究；他認爲是褐-黃色黃土尘土。吹南風，而后是西南風，黃土降落的面積大約 60 俄里寬，200 俄里長，這是在別洛戈拉佐夫 (Белоглазов)，維得利赫 (Выдрих)，額爾齊斯河上的紅雅拉 (КраснаяЯра)，茲麥伊諾戈爾斯克 (Змеиногорск)，科雷萬工廠 (Колыванская) 所看到。在維得利赫村在雪暴時黃色雪降落，其后降雨，在茲麥伊諾戈爾斯克是在約氣候零度下相當強的雪暴時降落的，這就是有時下雨的地區；風吹自南南東（這些補充數報是農學家 А. 涅斯特列拉也夫(Нестреляев) 自茲麥伊諾戈爾斯克報知我(作者)的並送了標本)。所有上述各點也出現在大西岸西部黃土區上。[在該卷中刊載了 В. А. 奧勃魯契夫 (Обручев) 關於"茲麥依諾戈爾斯克附近降落的黃色雪"的評語——編者註]。

俄丈厚。黃土是不成層的，有孔隙的黃土，與中國黃土不同之處是黏性更大，這是含有較多黏土的特徵，顏色較暗；近地表處顏色不顯明，水流學說不能解釋該種托姆斯克黃土；相鄰近的高地（黃土可能自此處被冲刷下來）位於庫茲涅茨阿拉-塔烏（Кузнецкий Ала-Тау）東南 100 俄里。

唯一的解釋就是認爲該處尘土的沉積是迄今主要的西南風自鄰近的廣闊的哈薩克草原吹颳區帶來的：黃土具有大的黏性也就在於此。因爲在如此廣大面積上所帶來的僅是極細小的尘土。順便指出，在乾燥的夏天或春天托姆斯克地區有西南風時就出現乾燥的尘土，如同在中亞細亞一樣，即極細小的尘土混在空氣中，紅色的太陽却變暗了，而變爲露雲狀。

看來托姆斯克黃土區不是孤立的地區，而是佔據巴拉巴（Барабa）西部幾乎到查納（Чана）湖的廣闊黃土區的東北部分並沿鄂畢河岸向南伸展，在阿列依（Алей）河附近與西阿爾泰黃土區相連。查納湖東南（庫隆達（Кулунда）河中流）變爲庫隆達草原褐色石灰岩砂區，厚達 30 米或 30 米以上。雖然這些砂子是層狀的，屬於淡水的第三紀[1]砂子，但其上部岩層具有如更南部砂區的風成沉積是可能的。

廣闊黃土發育區的第二個例子是米努辛斯克（Минусинская）窪地，窪地完全被山脈封閉，被葉尼塞河南北貫穿。葉尼塞河右岸窪地是廣闊的特殊草原。即卡辛斯克（Качинская），阿巴根斯克（Абаканская）和科依巴里斯克（Койбальская）草原，並且帶有很多鹽沼地和鹽湖，及泥盆紀沉積形成的山丘和山壠。米努辛斯克窪地是吹颳區，主要的西南風在穿過庫斯涅茨阿拉-塔烏時能給庫

1) 坦菲里也夫（Танфильев Г. И.）大西洋周圍地區巴拉巴和庫隆達草原。沙皇地質館著作，卷 5，第 1 版，148 頁—152 頁，作者認爲草原上的黃土是來自冰磧的水流所形成，部分可能是水再冲刷下部中新世黏土的產物（168 頁）；所收集的那據完全沒有說服力，但在本文中沒有可能過行批判。

斯湟茨阿拉-塔烏禿山和密林以充足水分，米努辛斯克窪地是乾燥的，所遺留的河流和冬季降雪很少，並且被風吹颳，物理風化作用幾乎是整年都在進行。在葉尼塞河右岸窪地上發現似砂粒狀的粗大物質的沉積區。該右岸的窪地也因此而著名，米努辛斯克城附近地區可以作爲例子，黃土覆蓋窪地東部及多森林的薩彥嶺(Саян)山麓厚達10—15俄丈。根據П. К. 雅瓦爾斯基(Яворский)的意見我們（作者）在該處附近找到一些研究材料[1]，黃土是褐黃色典型的，單一的，不成層的，有孔隙的黃土，在河谷和土壤深處黃土最厚大。黃土層從斜坡向山頂變薄，山頂上有些地方沒有黃土，黃土分佈的地區一般是與草原區和溶化草原區相適應。沿東西方向的河谷上黃土分佈很遠。一些研究者在1892年11月所看到的吹了幾小時的西南風落在米努辛斯克城市，村莊，建築物的雪面上的尘土大約有1½毫米厚。我(作者)在1910年12月親自在赤巴卡(Чебака)村(該村位於米努辛斯克窪地北部邊緣)看到西南風吹來一些帶有雪的尘土，在細谷中，峽谷中，冲溝中都有雪和尘土的混合物。

在0.4—0.8米以下米努辛斯克黃土變成黑土，由於黃土的存在，所以米努辛斯克窪地的東部很肥沃，農業區與黃土分佈區的限界相接。

黃土相應分佈在米努辛斯克窪地的西邊的事實作者從當地的研究者那裏沒有得到指白。而根據水流學說的理論在該處可能有黃土，因爲草原是位於庫茲湟茨阿拉-塔烏諸山脈東部；在草原上達到風化的基岩露頭；降雨量很少，即根據水流學說的理論黃土堆積條件是有的，但是沒有黃土，可見米努辛斯克窪地又是一個證實風成學說正確性的例子。

再向東在依爾庫茨克（Иркутск）城附近發現了黃土，該城位

1) 1893年在米努辛斯克周圍的東北部的地質研究。礦業雜誌，1894年，4期，252—255頁。

於安加拉（Ангара）河谷和依爾庫特（Иркут）河谷所圍繞的，由侏羅紀含煤岩層所構成的平坦高原上。黃土的厚度有幾俄尺，不成層，有孔隙，褐黃色，與典型黃土不同之處是含有大量砂子，也因此黃土較疏鬆。黃土層所形成的一些高原(位於車站和依爾庫特河下游之間的高原，和安加拉河右岸的耶路薩冷（Иерусалинский）高原)有幾俄里(按照水流學說的理論自這些高原上可能冲下黃土)，這些高原被一些河谷或在範圍之內的，多多少少被黃土所覆蓋的深的鞍部與上述山脈分開。這點證明現代區域地形是在黃土期以前形成的，也說明了水流學說不能解釋依爾庫茨克黃土堆積。

風成學說完全可以用來解釋該處的區域條件。依爾庫茨克城位於薩彥嶺和貝加爾（Саянский 和 Байкальский）的廣闊冰成圍場南隅。艾特修士（Эл. Зюсс）就是根據這個城市的名稱而對黃土命名的，這些山脈上生長有稠密的森林，氣候潮濕。依爾庫茨克城市以北 200—300 俄里的安加拉河兩岸上的冰成圍場很多乾燥草原，因此在該處向來就是游牧者布略特人（Бурят）居住地。在這裏沒有發現任何沙漠和沙漠草原，因爲冰成圍場朝向東北，風可以吹走很多沉積物。雖然如此廣闊的巴拉干（Балаганская）草原還是一個吹颳區，誰若是在春天住在依爾庫茨克城就能看到尘土風暴。在春季裏尘土風暴吹自西北，經常是在降大雪時尘土風暴停止。稍晚是在降雨時尘土風暴停止吹颳，在春末夏初大氣尘土在依爾庫特斯克城是常有的。

風成尘土過去有，現在仍在繼續，並可能數量很大，冰成圍場的南隅是風成尘土沉積的自然地區，在該處冰成圍場被山脈封閉，交換氣流，春天時在草原上已經酷熱，而在山上還是寒冷且存留有冬季的積雪，被森林遮蓋的土壤表層上的冰還不曾消失。

在依爾庫茨克冰成圍城上有沙的再生沉積區，雖然不像是現在沙漠邊緣地區那樣的發育，在依爾庫茨克城北部和巴拉干草原稍南的冰成圍場上發現砂帶，有幾十俄里寬，該沙帶是在依爾庫特

河稍北開始延伸到白河（Белая）；是緩丘狀地區（大部分植有松樹），沙質土壤，有些地區裸露着砂子。關於在該處經常是否有流砂區，或是能生長植物的砂區的間歇我（作者）不準備進行證明。然而由於具有良好的氣候條件，在該處經常有森林，而且由於森林的保護，被西北風帶來的風成物質能停留下來的問題是完全可能的。

總之，由於氣候條件（當時的條件當然要比現在壞）該黃土區具有自己的特點；黃土吹颺區不是沙漠，而是草原，當然風從草原上不會攜帶很多物質，有些地區被黃土覆蓋。黃土的堆積要與沙子堆積進行斗爭，黃土所覆蓋的面積比較小，厚度不大。

再向東是貝加爾（Байкал）湖，契爾斯基（Черский）認爲在外貝加爾湖（Забайкал）西南有黃土。作者在 1895—1898 年相當詳細地研究過這個地區。該處黃土不厚，多砂質，無論如何還是有着自己的特性：不成層，有孔隙，含有地面軟體動物貝壳，哺乳動物骨骼，有些地區黃土覆蓋谷地（現代冲積發育區除外），丘陵和山脈的斜坡及頂部以及地勢較高的地區，然而黃土不是從各處冲來的，因爲除小的三角洲以外，這種地形都是在黃土期開始前形成的。

外貝加爾湖西南（Ю-З-ного Забайкалья）黃土區也有自己的特性：吹颺區和沉積區在該處相交，是乾燥區氣候，冬季少雪，冬季和春季經常吹風，吹起尘土；尘土來源是該處老第三紀湖相砂區，要比沿整個河谷發育的和蓋在山坡上的黃土時代較老，由於水流終歸到貝加爾湖，當老第三紀的湖泊乾燥，佔有很大面積的湖底變成了尘土吹颺區，由此區吹起尘土沉積在鄰近的黃土區或草原區；較粗粒的物質在谷地的邊緣部分堆積成流沙狀，吹颺區和沉積區相鄰成爲外貝加爾湖區黃土的特點——即黃土多砂質性，因爲與尘土共同沉積有細小的砂子。

由於吹颺和冲刷，湖相冲積層逐漸在消滅，現在有些地方幾乎完全消失，在谷地底部經常發現基岩露頭，或冲積層露頭。湖成砂

子大量殘遺物不斷地被吹颺,現在部分已變成黃土,部分變成流砂,與黃土沉積層相鄰的地區可以經常看到這些流砂,風所攜帶的流砂中和出露在谷地階地上,島嶼上,乾燥季節時的淺灘上,河流冲積層中,風化懸崖和削壁時同樣可以看到一定數量的尘土。我(作者)推斷這些風成尘土可能是自更遠地區帶到上述地區,卽自蒙古東部帶到位於大戈壁北部邊緣恰克圖(Кяхтой)和烏爾卡(Урой)之間,尘土經過長途以後變成細小的塵土,也不是只因此而形成外貝加爾湖黃土,在外貝加爾湖黃土區主要還是顆粒大的地區性的物質。現在將結束與大戈壁相毗鄰的,亞洲主要吹颺區南外貝加爾湖黃土區的簡單論述。自裏海附近(Каспийское)海到色楞格河(Селенга)岸的全部地區上發現吹颺區和沉積區的規律結合和類似的黃土成因條件;對黃土層不同的性質和不同厚度的問題在區域氣候,地形,吹颺面積特點方面找到了當然的解釋。這些條件在寬 20° 縱 60° 的範圍內就有改變,而風成學說就能普遍使用,水流學說的應用也就是藉助於這些假說,如巨大高地的消失(黃土自山地上被冲刷下來)黃土形成以後地形的變化,深凹河谷的被填充;就水流學說應得出這樣的結論;在上述大多數地區,不可能產生新黃土。而僅是冲刷舊的岩層將黃土從一處搬到另外一處,同時黃土在所有地區上都在產生,在現代氣候條件下,地形條件,植物條件下黃土還在產生。

現在比較詳細地研究水流學說捍衛者所提出的泥積作用(Каиленые)。

李希霍芬在"中國"第一卷中所論述的黃土填充草原窪地的過程是以水流學說爲基礎的,完全除去了風的作用。水流學說推斷露出的基岩在風化當中供給以細小尘土,礦物質,這些物質被水流冲刷到下部斜坡,沉積在地表,經過幾個世紀在草原樹木周圍就形成不成層的黃土。

但是在黃土物質的如此區域成因的條件下,基岩的組成似乎

應該完全反映在黃土上，然而很難想像由純的白色石英岩所構成的高地山坡上獲得同樣組成的和顏色的黃土，而在黑色黏土片岩或紅色石灰岩構成的斜坡也應如此，在第一種情形下已得到白色的黃土，在第二種情況下是灰色的，第三種情況下是紅色的黃土，第一種黃土很少含有黏土和溶鹽，第二種黃土含有少量的石英和石灰石，第三種黃土含石英更少，含石灰石和鐵較多，同時作者自己從未看到過，在文獻中也未讀到過黃土根據鄰近基岩露頭很快改變自己的組成和顏色，反過來說即在鄰近可能有基岩的廣大地區上黃土有與其同一的顏色和近似的組成。在整個地區上黃土的一致性僅在這種情況下可以解釋，假如黃土主要是由外來土所組成；在廣闊吹颺區域上的、並且在大氣中相混合過的風化基岩的產物才能得到組成相一致的尘土，以中國爲例，在中國下層的紅色黃土轉變爲上部的褐-黃色黃土，我們看到了吹颺區主要岩石組成的強烈變化如何對尘土組成的影響，外貝加爾的西南地區提供給我們一個主要吹颺岩石組成對鄰近黃土組成的強烈影響。

A. П. 巴甫洛夫根據士爾克斯坦[1] 提出來的例子我認爲完全沒有說服力。作者看到堅硬的白色花崗岩是如何轉變爲分散的花崗岩物質；在較遠處堆積成粒狀物質，是黃色的，再遠處就以粉狀黃土狀物質爲主。岩石是黃色的，受到酸性的強烈浸蝕，證實了花崗岩露頭附近土壤組成主要是破壞花崗岩的產物，也證實這不僅是對黃土區如此，而對任何地區的殘積層和坡積層也如此，離花崗岩露頭越遠，花崗岩碎石分散的面積也越大，（因爲花崗岩碎石不斷地受到風化作用），花崗岩碎石與黃土狀被風帶來的黃土尘土相混合，當然花崗岩碎石佔多數。爲了證實本地區黃土是由本區花崗岩形成，那麼就需要分析新鮮的花崗岩，在各個階段中分解的花

1）論地球上最早的沙漠，10 頁。

崗岩以及最後形成爲黃土，這點就證實，並證明了化學和礦物組成變化的規律性。如果破壞的花崗岩最後確實形成黃土，那麼這種變化當然是會出現的。

A. П. 巴甫洛夫沒有指出這樣的證據，但他提到："在阿克-塔烏河谷看到相當巨大的黃土物質與由花崗岩分解出來的未滾圓的礦物成交錯層"。爲什麼這些花崗岩碎石存在於夾層中而不變成黃土呢？這應引用作者以前所說的話來解釋：在如此形成的黃土例子中特別引起興趣的是提供了根究粉碎和分崩的不同階段的可能性。花崗岩被分碎後大部分產物逐漸變化爲黃土狀物質，然後被洪流[1]分選或流遺，而形成 Задорогомская 冲積黃土層。

總之，除風化作用以外，還有被冲流所淘洗的過程，這個過程有完全不同的結果。

被作者批判的事實已經較詳細的研究過，在一些乾燥氣候的地區物理風化爲主要，不同的和粗粒岩石如花崗岩分出石英、長石、雲母及雲母片，磁鐵岩和橄石，然後這些礦物沿解理和壓力裂縫，形成一些塊狀，雨水，溶雪水，露水浸到花崗岩的碎石中也可能引起化學作用。開始破壞，長石還原爲主要含 K_2O, Na_2O, CaO 的黏土；白雲母，角礫岩成爲紅褐色，由於氧化鐵的形成（氧化鐵來自二矽酸鹽），磁鐵岩還原爲褐鐵和赭石。所形成的溶化的鹼性和鹼土鹽不斷地被水淋濾，從深處或沿地面被帶到雨水水流中，花崗岩和富含石英的岩石變成黏質砂，由於提供含水氧化鐵二矽酸鹽和磁鐵岩呈鮮黃色。

被洪積水流的冲洗過程帶來的黏土質砂子能說明什麼呢？在冲刷過程中攜帶較細小的黏土物質，留下較重的物質；攜帶溶鹽而靠近花崗岩剩下砂子，黏土沉積在下部（沿斜坡）假如雨水的力量不強，那麼出現位於花崗岩附近的粗粒砂子向分佈更遠的黏土

1）着重點是作者加的。

的一個逐漸過渡情況，但降雨量大小不等的，一些較大的雨不僅能冲刷黏土而且也能冲刷掉砂子，更大的雨能冲刷碎石塊，所以要根據雨水水流的程度；雨水水流也要損失一部分而浸入到土壤中，而且要損失一部分自己所攜帶的物質，碎石和砂子分別停留下來，黏土停運的最晚而且更遠；在由於雨而沉積的黏土層上由於一次大雨而停下薄的砂層，碎石或砂一類的東西；經過一些時期以後在該處上又停積下黏土；強烈的暴雨沿斜坡而下不僅冲下碎石而且有花崗岩碎石，這些花崗岩碎石以薄的尖滅層的形狀停積在砂子和黏土的上部。總之，在洪積水流流動時一定要得到層狀的沉積，層理可能不大清楚，究竟還是看得出來，這是由於本地區被不同強度的水流所攜帶的物質顆粒大小程度不同，而相同的成層黃土則不是這樣。

A. П. 巴甫洛夫所談到的物質的分選特徵在上述的例子中是沒有的，（花崗岩碎石的尖滅夾層除外），這些現象實際上是洪積成因的夾層（洪積水流是大的雨水所形成）正如以前李希霍芬所解釋，在靠近山坡和基岩露頭處的黃土中可以看到。如果出現有分選現象的地區，那麼就可能看到大量的新鮮的粗粒砂子，粗粒的砂子沿斜坡逐漸變成較細小的帶有黏性的砂子與黏土成不清楚的夾層，而更向下主要是黏土或壤土與砂子成夾層，總之，土壤的成分和顏色是依基岩的分佈而改變，雖然草木的根終久要破壞最早的土壤層，而這種破壞越到下層就越強烈，但是靠近地面的層理在一般情況下是被看得出來的。

無疑，雨水的水流自山坡懸崖處攜到草原以破壞產物，攜有少量的石灰岩，黏土，雲母和少量的碎石和石塊。這就是爲什麼在斜坡的黃土層中經常找到碎石塊、砂子夾層是薄的，尖滅狀的儼如雨後所造成的。但各種不同的洪積物，可以這樣說，沉積在斜坡上相同的風成物中，雖然在一個星期中和一個月中或有點雨，但久而久之多少就有些數量。此外經常有小的雨而沒有大雨，這些小雨只

能在土壤的地表上冲刷堆積的尘土，才能經常地將這些物質送到斜坡下，因爲水要被乾燥的或有孔隙的土壤吸收。這些小雨在堆積黃土上起着大的作用，因爲尘土物是游離的存在在地表上的，由於雨水使與草木彼此黏在一起，結果失去了自己的活動性，由於與黃土狀物質黏在一起所以再一次雨水也不能被冲刷，也不能被強風吹去。

根據黃土的沉積方式而言典型黃土是成層的，因爲黃土的沉積不是沒有間斷的；每次雨後不帶有尘土的空氣就成爲沉積過程終斷的原因，而帶有尘土的雨水就形成黃土的成層表面，但是因爲物質（外表的尘土）沉積經常是相同的，經過一些時期，在兩次雨之間而沉積成黃土的薄層，與上下兩層有明顯的界限，僅在暴雨之際（在幾年內能遇到一次）能帶到地表的碎石，石塊，砂子，由於在組成上急不相同，物質沉積和沉積顆粒有明顯層次。

不要忘記，風成黃土的堆積過程是很慢的，Л. 洛奇（Лоци）只就一年中黃土增長的數字上觀察到：在陝西省西安市看到在 2000 年的古老[1] 墳地中的黃土層有 2 米；而在一年中只增加 1 毫米，但在一年內可能有幾次帶有尘土的雨水；每一個黃土層可能有的厚度僅十幾個毫米。很清楚在這種薄層中相同的物質很難分辨清楚，被雨水所冲刷的較小的尘土物質不僅彼此相交結，並且與土壤地表相交結，也就是與前次的地表層相交結，所以兩個層次之間的界面就不清楚了。

在黃土沉積過程中不可能消滅這樣的表層。水所引起的沉積現象被水冲刷及由於水的作用而在兩相鄰的層次之間不是十分相同的。很難想像在一次雨後花崗岩露頭處僅帶來同一個變化階段的破壞產物，雨水冲來新鮮的長石，黏土，石灰石，大小不同的雲母片，磁鐵岩等物質，並可能沉積同一比重的不同組成的一些物質。

1) 根據 И. 瓦里德爾 (Вальтер): Das Gesetz der Wüstenbildung, 138 頁。

在沉積過程中風化作用還是不斷進行，結果使土壤帶有平坦的，斑點的如所帶的磁鐵岩，黑雲母，礫岩的周圍的銹色。上述現象在黃土中不經常看到在冲積層殘積層和坡積層中經常看到。

最後不能不再一次強調，在洪積成因的黃土上，在其顏色和組成上應反映出鄰近的形成這種黃土的基岩組成特點。不同基岩的機械風化和化學風化的產物（特別是在風化階段上）是不同的，由於洪積水流由不同的基岩而形成相同的黃土的問題很難理解。

關於南俄黃土我（作者）還要談談：大家都知道由圖特科夫斯基所說的黃土成因是藉助於風成學說的理論，北部芬蘭-斯堪的納維亞冰川留下廣闊的冰磧面積（即現在的游泥-砂質-漂礫沙漠區）其上有自冰川吹來的冷風所帶來的吹颺物質，正如經常在氣壓最大的地區（在南部）冷風帶來細小的塵土沉積在這些冰積沙漠[1]南部的草原上。

該作者的水流學說包括了最新研究成功的變化例如 Н. И. 克里什多法維赤（Криштофович）由於詳細的研究盧布林附近的地區闡明黃土的形成不應在冰川退却時而應在冰川前進時形成，無論是薩克遜（Саксонская）時期，或在波蘭-梅克倫堡爾格[2]（Польско-Мекленбургской）時期。這當然要改變 П. 圖特科夫斯基所繪製的圖。

不管兩個學說的細節，也不反駁在形成俄羅斯黃土中的冰川退却作用，我（作者）只談談部分造成黃土的風成塵土的其它來源的可能性。假如參閱由地質室（Геологический комитет）所繪製俄羅斯歐洲部分的土壤圖就能看到捷列克（Терек），庫馬（Кума），伏爾加和烏拉爾低地的砂子在西北部被褐色土壤草原所包圍，該草原起初是沙質壤土而後是淺褐色壤土，更遠處是栗色壤土，沿分

1）地理學，1899，1—2 册，250—295 頁。

2）新亞利山大農業森林學院院報，15 卷，3 版，1902，184—192 頁。

水嶺出現淺色壤土和黏質黑土帶有4—6%的腐植土。頓河河口南——薩馬拉黑土達6—8%，腐植土也佔很大面積成帶狀區，走向東南東—西北西，在西部更廣，有些地區在肥沃黑鈣土中黑土佔8—10%。

發生了這樣的問題，沙子和草原土壤（黃土）相鄰有沒有規律呢？自烏斯秋爾特沙漠和部分近裏海沙漠區東南不能帶來部分風成尘土嗎？在東部和西部黃土帶上草原土壤成分不同因爲在東部亞州尘土的數量應該較多，我（作者）認爲這個問題應引起研究俄羅斯南部黃土的地質學家注意。

在研究南俄黃土成因的問題上也不要忘記該黃土已經受到很多誤解。由於氣候條件的變化（比較豐富的殘積物以及人們的作用在南俄發現大量再生搬運的——洪積的、坡積的和冲積的黃土。這點使問題變的更模糊了，更複雜了。因此在研究黃土的條件更複雜的南俄和西歐所進行研究的地質人員就是水流學說和非風成等學說的主要擁護者呢？我認爲爲了要估計風成學說的全部正確性及說服力就需要研究亞洲黃土，即在氣候和其它條件還沒有改變，迄今風成尘土和黃土增長還在進行的地區上，由於在亞洲旅行而創造了並被修改了風成學說，在該地區需要用來反駁風成學說的因素和事實，（假如僅是尋找這些）即我是有很大意見的。A. П. 巴甫洛夫在亞洲的條件下作了第一次驗正水流學說的嘗試，還是有某些成就的，我（作者）已經在上面提過了。

【李毅譯自亞洲地理學著作集第三卷】

作爲土壤的一種特殊類型——黃土、黃土的成因及其研究任務*

B. A. 奧勃魯契夫院士

1. 在現在的一些關於土壤方面的著作中，例如 К. Д. 格林卡（Глинка，1932 年第五版）或 А. Н. 索柯羅夫斯基（Соколовский，1934 年），黃土僅是作爲位於腐植土，褐色土，灰色土底部的母岩（подпочва）或各種土壤的原生岩時（материнская порода）才被提到。可見，現代土壤學中不認爲黃土是作爲土壤的獨特類型。當時在土壤學發展初期這個問題是常別論的。李希霍芬（Рихтофен）在研究者旅行指南中劃爲殘積和冲積土壤類型，把黃土和一般的風成土壤，其中包括黃土狀土壤，腐植土，印度黑土（регур），以及相類似的種種作爲冲積土壤類型中的一種特殊類型。格林卡也曾注意到這種分類，並指出：俄羅斯學派一般僅承認殘積土壤。但是西比爾采夫（Сибирцев）在區域土壤第一級或者第一類的分類中指出沙漠-草原類型，或者乾燥草原土壤類型和大氣、尘土土壤類型，而韋索茨基（Высоцкий）在自己所繪制的圖表中把所提出的作爲乾燥近沙漠草原土壤和碱土來說，把土壤類型與土壤帶和植物類型做了對比。高索維赤（Коссович）同樣在土壤第一級即成因上獨特的沙漠-草原土壤或碱質土壤成因類型中劃出了乾燥草原風成-黃土土壤類型，與新鮮的土壤（белозем），紅色，灰-褐色和栗色土壤。在觀察了這些分類以後，格林卡指出：

---

* 最初刊載於土壤學院院報 27 卷，1948，23—38。

"必須取消風成-黃土土壤的說法，因爲實際上如用土壤形成的特殊類型，這種風成-黃土土壤並不存在"。

在格林卡最初詳細地描述黑土帶（草原帶）時，就指出了黃土的一般特性，由於簡要地研究了李希霍芬的風成理論及較詳細地研究了杜特柯夫斯基(Тутковский)的冰川黃土的風成學說而得出了下列的結論；我們擁護形成黃土和黃土狀岩石的水成學說，認爲黃土和黃土狀岩石的形成是由於水而沉積的，水並且還沉積有冰磧沙和一般的冰水沉積物。所以無論是終碛山脈（自波蘭伸向白俄羅斯，而後延至普斯科夫（Псковский），諾夫戈羅得（Новгородский）契列波維茨（Череповецкий）省或是南部冰磧山脈（根據冰磧山脈的遺跡被斷定是伸到波列謝（Полесье）沃羅涅日（Воронежский）省及頓斯科區（Донский）都被黃土或者黃土狀岩自南部包圍起來。這點對於李希霍芬創造風成學說的中國黃土區來說是有意義的。

最近，由於維利斯（Уиллис）的研究，黃土風成成因大大地被搖動了。

隨提到：關於黃土水成成因的結論雖然不是所有的土壤學者都承認，也是多數土壤學者所承認。

必須要解釋，根據什麼方式水成沉積層失去尋常所具有的層理，而帶有黃土的特性。關於這一點，Л. С. 別爾格(Берг)在 1916 年黃土化作用(облёссование) 的理論中就指出了。別爾格在內容豐富的論文結論中如此敍述：黃土和黃土狀岩石能形成是在有極不同的岩石地區在乾燥氣候條件下風化作用和成土作用的結果。尤其是機械組成相同的一些岩石，往往是形成黃土狀岩石的基礎，例如一些冰川和冰水沉積層，冲積層和坡積層。

將黃土和黃土狀岩石形成的主要作用歸爲成土作用的結論，當然爲土壤學家極贊同地接受，並在很多文章中得到了很多贊同者，這些學者衛護該結論竟有 25 年之久、並發展了由極不同的細

粒土組成的黃土的成土作用。

在該簡短的報告中研討有關黃土的一些巨大文獻是不可能的。就此問題我局限於從最新文章中的一篇的指南(即 И. П. 格拉西莫夫 (Герасимов) 的文章) 略加論述，在該文章中風成學說完全被否認了，被認爲是完全沒有信服力的，而將土壤學說被認爲是完全普遍適用的。格拉西莫夫肯定說："土壤學說說明黃土是特殊的岩石屬性灰質和尘土質。如將黃土化作用與物質堆積作用分出來，那麼土壤學說就能找出黃土和黃土狀沉積層再生堆積的原因。土壤學說使這個問題擴展到地理領域上了，是土壤學說作爲進一步研究的題目和方法論。

2. 須要指出：就連 Л. С. 別爾格(土壤學說的奠基)和土壤學說的所有擁護者們也不能藉助於完全不同組成和成因的細粒土的黃土化作用在黃土和黃土狀岩石形成關係方面指出黃土和黃土狀岩石之間的區別正因爲將所有黃土狀岩石結合起來，也就造成了土壤學說在適用方面的錯誤。完全有必要在成因關係上將所謂的厚大典型黃土與其它黃土狀岩石分開。即需要將典型的、厚大的原生黃土與十足的再生黃土狀岩石分開。如果很快的能確定黃土和黃土狀岩石之不同，我們就可能避免一系列錯誤的結論和不正確的對比。

3. 原生黃土是風成的。是乾燥氣候條件下，在乾燥的草原上，大氣尘土緩慢，斷續堆積的最終產物，大氣尘土堆積藉助於成土作用造成現代草原土壤，在草原上達到很大的厚度。被帶來並降落在草原上的尘土變成土壤是一個長期過程，隨時都在從大土壤堆積範圍內，並且在這種草原上，在上述的氣候條件下是不可能堆積任何其它土壤的。在濕潤氣候的條件下，雖然也繼續不斷地帶來尘土，但在草原上土壤的沉積會減退，其上部會增長其他類型的土壤，例如灰色土或者黑色土，而墊在其下部的原生黃土在未失去稱謂土壤的同時，就已成爲古土壤了。

4. 再生黃土狀岩石是完全不同成因的如冲積河流成因的，湖相成因的，冲積成因的，洪積成因的，冰川成因的，在某種情況下還有冰積和海相成因的細粒土的堆積。由於黃土化作用而具有某種（不是全部）原生黃土的特性，且厚度不大。

1932 年在列寧格勒召開的研究歐洲第四紀的國際代表會第二次會議上（Вторая международная конференция по изучению четвертичного периода Европы）作者在自己的報告中，詳細地分析了黃土成因的各種學說，並指出區分風成原生黃土和各種成因的細粒土由於黃土化作用而形成再生黃土狀岩石的必要性。但是一些蘇聯研究家並不承認如此區分的必要性和它的益處，並且在研究黃土和黃土狀岩石成因時仍將黃土和黃土狀岩石結合起來。И. П. 格拉西莫夫和 К. К. 馬爾科夫在自己的第四紀地質專題論文中仍然指出原生黃土是典型的黃土，並說明應識別原生黃土與風化黃土，再生黃土，或者再沉積黃土，硬化黃土（岩石黃土）和黃土狀沉積層，而後分別描敍這些黃土的性質，地理分佈和成因。格拉西莫夫和馬爾科夫僅將再沉積黃土認爲是再生黃土，而將所有的黃土狀岩石認爲是原生的。

在關於成因的結論中，他們將每種黃土成因的主要作用是由於地表水的作用，而將風的作用主要歸於黃土冲積層的區域再沉積方面。認爲典型黃土是由於流水和風的作用藉助於再沉積和分選由黃土狀岩石所形成。

因此地理學上兩位著明的作者在自己的巨著中（該書被批准作爲高等學校參考書）斷言宣稱：形成有幾十米厚的，廣泛分佈在亞洲、歐洲、美洲的及覆蓋在中國四省和蒙古南緣的典型黃土是再生的，再沉積的，並且藉助於水流，風吹來自黃土狀岩石中分選出來的。正如索柯羅夫斯基教授援引用一位土壤學家所說的話，根據我的意見（在地質營力方面風的作用和意義已不值得反駁）只有風成學說，並宣佈風成學說是陳腐的。同樣另外的一位土壤學

家在確定將要出版的一篇文章中指出，完全不需要地質學家參予關於黃土的問題，因爲只有土壤學家才是這方面的權威。

5. 任何人也不能否認風能帶來砂子，以及由沙子所形成的巨大堆積，如砂丘和新月砂丘（砂丘和新月砂丘佔有很大面積，並且是沿海地區和亞洲、非洲、澳洲河淇區主要風成物質）。同時風也能帶來大量的尘土-物質，較輕；但許多人却否認尘土能形成巨大的堆積。

Л. С 貝爾格在其論述黃土的文章中雖然也承認在所有地區（從沙漠到凍土帶）的土壤物質中，無疑地，有尘土參予，但是他斷定根據這種方式是不能形成黃土的。Л. С. 貝爾格認爲一般說來尘土的作用在地史上是大大地被誇張了，他否認土壤是全部或幾乎全部由大氣尘土所形成。他將中亞細亞和中國境內的空氣中的尘土認爲是田地和尘土道路受到吹颺而呈顯。

但他忘記了在舊的或者新的文獻中曾多次地描述過沙漠中的尘土風暴現象，在沙漠區既沒有田地，也沒有尘土的道路。他忘記了撒哈拉地區的尘土不僅被帶到大西洋而且還被帶到南歐。非洲的尘土降落在歐洲的事實已司空見慣，根據精確的計算，在歐洲一次降落到地區上的尘土層厚達 1/4 毫米，說明了被風帶來的尘土有 2 百萬噸。在美國過去的幾個乾旱的年代裏，在科羅拉多（Колорадо）州和韋奧明（Уайоминг）州沙漠區發生的尘土風暴把尘土向東吹散到大西洋。在威斯康星（Висконсин）州和艾奧華（Иова）州在 1 平方米上降落有 5—10 克尘土，即在 1 千平方米上降落 5—10 噸尘土，同樣在最東部的賓西法尼亞（Пенсильвани）（距沙漠區有 3,000 公里）在 1 平方公里上降落有 3—5 噸尘土。在冬季尘土落在雪上，收集帶有尘土的雪，從中取出尘土，所以能精確地計算尘土量。撒哈拉尘土有時能被吹到英國，也就是從沙漠區被帶到 3,000 公里遠的地區。

大家都知道吹散火山灰到遠距離的事實（這是由於火山強烈

噴發時被拋出的)。科拉卡達 (Кракатао) 火山灰在 1883 年噴發時，降落的火山灰尘在 1,600 公里內有幾英寸厚甚至火山灰有力量的降落在荷蘭(Голландия)。 C. 馬利亞(C. Мария)指出在危地馬拉 (Гватемал) 火山噴發時在距火山 65 公里內火山灰層厚達 20—25 米，冰島的火山灰能被帶到瑞典。

在中國尘土的降落和原生黃土厚層的增長至今還在進行，在典型黃土 1—2 米的深處所發現的器皿碎渣，磚頭，硬幣，青銅器具就能證明這點。公元 781 年的景教碑是在陝西省西安市附近的幾米的典型黃土層下被發現的。這些拾得物使我們有可能計算出黃土厚層的增長，在現代條件下每年增長 1—2 毫米即一千年增長 1—2 米，一般與第四紀的年代相符合，估計在一些特別有利的年代裏黃土層迅速增長要快 1—2 倍，

6. 根據原生黃土沉積物的成因可分爲冷、熱兩種。 冷黃土 (холодный) 是風自沙漠地表帶來的尘土所組成，該沙漠區在冰川期時位於歐、亞、美冰川蓋層的周圍，並且是受到乾縮和風化作用的冰積，冰磧丘和冰水沉積的廣大地區。 杜特柯夫斯基指出了冷黃土成因的正確解釋，澤克爾(Зергель) 對其進行了補充和發展；這種解釋取得了很多擁護者。 迄今殆無引起激烈地爭論，這正如瓦利什傑特(Вольштедт) 在關於冰川期的最新報導中所指出的那樣。 所以 И. П. 格拉西莫夫和 К. К. 馬爾科夫在其舊學中 (如杜特柯夫斯基) 所指出的關於冰川沙漠的存在很早就失去了所具有的意義的如此斷言性宣稱是完全沒有根據的。

尘土的堆積，並使變爲原生黃土層不是在間冰期發生的，而是在冰川期發生的。增長的冰川覆蓋層收集了大氣圈內的大量的水分而結成固體冰雪狀，冰川覆蓋層越增長，氣候就越乾燥。自冰川蓋層吹向南部的乾燥和寒冷的氣流催殘了與冰川邊緣直接相鄰地區上的植物，而將該地區變成沙漠。一些河間地區上的乾燥土壤，終磧和在冬季當溶水停止時出現在冰川覆蓋層下面的冰水沉積給

塵土風暴提供了塵土物質，塵土風暴將這些塵土帶到更遠的南部乾燥草原。冰川覆蓋層的縮減不是由於強烈的融化，而是由於在氣候極乾燥下雪和冰大量被蒸發。氣候就逐漸趨向於比較濕潤的，由於冰川退却因而也不會有更多地融雪水，所以乾燥的風就能將冰磧蛇形丘，鼓丘，冰磧丘和冰水沉積層底下出現的塵土帶向南部，而沉積在隨冰川退却向北分佈的乾燥草原上。所以每一冰川期中一冰川最大發育的最後階段和冰川退却的最初階段一是大量形成塵土及沉積爲原生黃土的時期，幾千年中足能形成 10—15—20 米厚的黃土層。

特別是每個冰川期的開始和結束（包括間冰期）濕潤氣候，在這期間沒有塵土風暴，黃土也不增長，黃土的上層受到退化（деградация），被腐植土所覆蓋而變成古土壤層（ископаемая почва），在烏克蘭黃土中發現該種土壤，這種土壤也曾引起過不同的解釋。必須了解：由乾燥氣候變爲濕潤氣候或者相反的過程就是很緩慢的和逐漸的，不得百年也得經過九十年的過程；塵土風暴的強弱和黃土堆積快慢是相適應的，在濕潤草原上植物的增長和其它類型的土壤的形成同樣是在不斷進行的。而僅將富含腐植土的舊土壤層稱爲古土壤是不確切的，因爲位於其上部或下部的黃土同樣是古土壤，不過是在較乾燥的氣候條件下形成的另一種類型而已。

7. 原生的熱（теплый）黃土是風自現代沙漠區或者以前存在的沙漠（但與冰川從沒有關係），區中帶來的塵土所形成的。塵土的來源是風化和吹颺各種不同基岩，沙漠山脈和丘陵斜坡的坡積層，基盤地區的洪積層，間歇水流河床的冲積層，乾燥湖岸，鹽澤地和禿乾地，地段和斜坡的懸崖，不毛地，草砂丘，新月砂丘等砂子分散區的再生黃土狀岩石而取得，這些砂子是風自各處帶來的粗粒的風化產物和吹颺產物。但沉積在離其不遠的沙漠區邊緣，凹地底部（主要是指在植物保護下的一些沙堆）和山脈，丘陵等各種障

礙物前面。旋風(小龍捲 маленькие смерчи)給風起輔助作用,旋風常發生在熱天和平原沙漠區,盆地,基盤山區,旋風將尘土掀起呈聳立狀,快速移動的尘流,自地殼吹到高空中。

自沙漠地區帶來的尘土沉積在沙漠邊緣或者邊緣以外的乾燥草原區,由於植物的阻礙土壤沉積不斷增長,形成草原土壤。帶來的尘土數量和原生黃土層的厚度依賴於自沙漠地區吹來的風的力量,頻率以及風的方向。所以在稀有吹風的地區或者風力不大的地區黃土增長較緩慢,且厚度不大,如果在經常有大風的地區,黃土的增長較迅速,厚度且大,而地區的地形也有很大的意義;平坦的輕微切割的地形是堆積厚大黃土的極有利的地方,而在被強烈切割成山岳地形的上部降落的尘土被雨水帶到斜坡下面,在谷底和山麓附近形成再生黃土堆積,或者落在自山脈流下的水流河床中,而又變成爲冲積形態的沙漠。植物蓋層的稠密也有很大的意義,在生長有稀疏小草或細矮的叢樹的地表上不能阻礙尘土,而被風吹到遠處。如果沙漠的任何一邊緣靠近沿海,則尘土不可能沉積下來,而落到水中,部分的尘土被帶到海對岸去。當然沙漠區域的面積大小,沙漠地形,沙漠地表組成及提供尘土物質的面積多寡等等也有重大意義。

還必須指出:原生黃土的組成同樣取決於上述諸條件。較粗的沙質黃土沉積在吹颺區較近的地方距吹颺區越遠則吹颺物越細小,似尘土,同時黃土層的厚度也減小了。在風力較弱的地區我們很快發現了尘土狀和厚度不大的黃土。

沙漠地區原生黃土層的分佈和厚度不同的原因取決於這些情況。而在每區又有着自己獨有的特徵。必須注意闡明原生黃土區分佈的規律性,以其在各種不同沙漠地區黃土的厚度。

8. 原生黃土在水平方向上,同時或者不同時可以極有規律地變爲再生黃土,在垂直方向上原生黃土可以變爲再生黃土,當其形成時期不同時就可能出現相互交替的現象。在大體上平坦而乾燥

的草原上降落有尘土，而在草原上的凹地上也可能自空氣中取得尘土，此外也可以自凹地周圍帶來尘土。假如窪底底部在一年的幾個月裏是被水所淹沒，而且破壞了植物，那麼在凹地中將沉積有黃土質，層理清楚的冲積層，很早以前李希霍芬就稱之爲"湖成黃土"，雖然在湖相黃土組成中含有自空氣降落到水中的尘土，但還是認爲該湖成黃土是再生黃土，該再生黃土被其同時形成的原生黃土從各方面包圍起來，沿邊緣變爲再生黃土。

在受到切割乾燥草原的地形上（如中國）原生黃土的增長延續迄今，在切入黃土層的冲溝斜坡上可以看到黃土坡積層的斷面，局部還保留着原來的構造；該混合黃土（смешанный）同樣被認爲是再生的，但形成較晚，是在切割原始冲溝以後形成的再生黃土。假如坡積層的斜面被草覆蓋，其上同樣降落或者阻有尘土，則黃土的組成將是混合的。而構造近似原生黃土，但還有不同，而這些不同要仔細研究才能被查清，該混合黃土在烏克蘭被切割了的原生黃土層的冲溝處普遍存在，在其組成中同樣是風自鄰近壁崖處帶來的尘土，但只是來自本地區的尘土，不是自遠處帶來的。在塔什干（Ташкент）的廣闊綠洲上，黃土層被奇爾奇克河（Чирчик）的支流切割，在黃土壁處能看到 1—3 米不成層的典型黃土和層狀的黃土冲積層的互層。1928 年地質人員代表會的代表們參觀時，黃土的水流學說的捍衛者們提出了這種互層而作爲整個黃土層沉積的證明。但是根據風成學說來解釋這種互層則更完美，更恰當。在該綠洲上（最初還是個乾燥草原）有尘土和原生黃土。但奇爾奇克河有時改變自己的河床。在草原上流貫，久之在不成層的黃土上部形成黃土質沉積層，在河床新改變的情況下，在同樣地區上出現尘土沉積及原生黃土的增長，成層的冲積層大部受到黃土化作用，土壤學說的捍衛者們指出了這點，但他們不能解釋爲什麼不能全部受黃土化，而却另一部分完全是典型的黃土。這就是在垂直方向上不同時期的原生黃土和再生黃土互層的很好的例子。

9. 研究冷黃土要比研究熱黃土(теплый)困難的多。由於乾燥和濕潤氣候期及其相互逐漸過度有關的冰川的多次發育，並延伸到不同界限的廣大冰川蓋層的進退，冰河灌溉(流自冰川的)，河谷中的堰止湖以及由於各別較大地區淹沒和乾燥作用在各季中地表可能發生的昇降運動，給予水成和風成沉積及其後期的改變造成了複雜的條件，所以我們在冷黃土發育地區能看到原生黃土和各種成因的再生黃土在水平方向上的一些產狀及在垂直面上的相互替換，各種性質的原生黃土的退化現象，原生黃土，再生黃土，水成沉積層和冰川沉積層各種程度上的變化；也因此可見在冷黃土地區之所以出現各種不同解釋黃土成因的學說。這些學說的擁護者企圖利用自己的說法而普遍的解釋所有黃土狀岩石類型。而且他們也沒有考慮到發生上述條件的複雜性，而企圖利用這些學說亦並解釋熱黃土的成因。

中央亞細亞和亞細亞中部的條件不太複雜，在該處沒有冰川蓋層；在冰川期僅較高的山區有過較強發育的河谷冰川。該河谷冰川越近山區則發育越強。並且增加了該地區氣候的乾燥性，一般說來氣候的變動還不大。較大的地區沒有水淹過。僅在受到冰川作用的山區鄰近地區有冷黃土沉積。該處的冷黃土與乾燥草原上其它地區的熱黃土相混合。風成學說同樣適用於熱黃土地區：1857 年在墨西哥戴阿烏(Д'Ay)指出了初步的輪廓。之後，1870—1877 年李希霍芬在中國考察時作了進一步發展，1895年作者在中亞細亞旅行以後從本質上又加以補充，而在 1899 年杜特柯夫斯基利用風成學說解釋了冷黃土的成因。

亞洲北部黃土形成條件與西歐很近似，也就是指在北部的冰川蓋層和南部山地冰川之間的地區。但是在氣候的乾燥程度上還有某些小的不同，即由於氣候乾燥性的減退變化小，以及冰川自西向東退縮的程度較小。所以較厚大的寒冷黃土僅沉積在阿爾泰山以北地區，和西鹽彥嶺以北的米努辛斯克窪地(Минусинский)，而

在東薩彥嶺以北厚度不大。在額爾齊斯河（Иртым）以西（在該處南部僅某些地區有過不大的冰川作用）也沒有厚大的黃土。而在該兩地區北部有過冰川作用，在西部呈覆蓋層狀，而在東部是山岳冰川。向東與額爾齊斯河下流和鄂畢河西部冰川作用區相鄰的地區上冷黃土發育不大。在勒拿-阿爾丹高地（Лено-Алданское плато）東部對寒冷區黃土研究的不夠。

在北美（冰川幾乎佔據了整個加拿大，並分佈到美國北部）分爲三個黃土發育區：1）密西西比河低地底中部諸州是河流淤泥冰水沉積，在河岸附近厚度達 30 米，西部變薄。這些物質吹颺形成原生冷黃土在該諸州西部高原上厚度很少到達 3 米，而且帶有來自科羅拉多州（Колорадо）和韋奧明州（Уайоминт）沙漠區的尘土混合物。2）在密蘇里，艾奧華（Иова），內布拉斯加（Небраска）和堪薩斯西部諸州都有來自科羅拉多和韋奧明沙漠區的熱黃土。在堪薩斯州和內布拉斯加黃土較厚，且粗，是砂質的；3）在威斯康星州和愛達荷（Эйдао）州冷黃土厚達 22 米。

南美大草原的黃土主要是來自西部沙漠區的尘土所組成，很少是來自安第斯（Анд）冰川區的，即冷黃土和熱黃土的混合，而後者佔主要。由於過去新西蘭島西部的山地冰川作用，所以在新西蘭有冷黃土分佈。北非撒哈拉尘土大量向西帶到大西洋，向北在阿爾及爾波里突尼斯和的黎發育着粗的沙質黃土，而較細小的尘土落到地中海，而有時還落到南歐。

10. 原生黃土的機械組成完全適應於生成原生黃土的大氣尘土。分析的結果是：在原生黃土中 80—90% 顆粒，其大小是 0.05—0.01 毫米或者更小，半數或者半數以上是小到 0.01 毫米。但是在吹颺區鄰近的原生黃土中尘土顆粒較大，由 0.05—0.25 毫米或者更大。呈粗砂質狀，如上所述。黃土分佈區內黃土顆粒變粗是完全有規律的。特別是與黃土分佈區直接相毗鄰的流沙區，巨大的顆粒首先從大氣尘土中落下。越向遠處顆粒越少，也越細小。

原生黃土的化學組成同樣適應於風成黃土物質，呈現爲石英的二氧化矽（60—70%）是風化時極穩定的礦物，是吹颺的流沙中主要成分。鈣的氧化（4—15% 一般超過 10%）是石英岩，泥灰岩，灰質砂岩，片岩，火成岩灰質-納長石的風化殘積物。鋁礬土（6—12%）較稀少，鐵、鎂、鉀、鈉的氧化物（4—8—10%）。

再生黃土狀岩石的組成極不相同，沒有受到水向遠處搬運的再沉積的黃土在組成上近似原生黃土；雖然黃土狀岩石經常含有30—40% 顆粒爲 0.05—0.25 毫米，較粗的物質，或者更粗些，在化學組成上仍極不一樣；有時近似原生黃土，有時與原生黃土完全不同。

必須指出，收集黃土標本而進行研究，分析的學者們迄今尚未把原生黃土和再生黃土分開來。雖然有過多次分析（被記載在文獻中的）而在標本成因方面還存在着分岐。在分析中大部分沒有指出該標本距地表的深度，詳細採集地點以及黃土和黃土狀岩石狀的厚度。

這正如索柯羅夫斯基教授在自己的文章中如此所指出的。迄今對最細小的黃土黏土顆粒（линистаяфракция）和膠質（коллоиды）的研究還不夠。

根據他的意見在極大多數條件下甚至在各種黃土剖面中得不到膠質部分分佈的概念，就更談不到本質上的特性了。

11. 研究黃土和黃土狀岩石中的植物，動物化石有極大的好處。在沒有嚴格不同的原生黃土和再生黃土地區中在收集化石時可能得到不正確的結論。在原生的冷黃土或者熱黃土中有地面軟體動物貝壳和生在乾燥草原上脊椎動物和鳥類的骨骼。關於動物化石的特徵已由各個學者在動物化石手册中都描述過了，還可看到被鳥類或者風力自鄰近水池和沼地帶到草原上的淡水軟體動物壳，及鹿、野猪、海狸等生物（棲於綠州森林和草原河谷中的）的骨骼，這些化石在其它文獻中也被描述過。上述的大量化石可以斷

言是多在再生黃土中收集的。

在原生黃土中的植物化石僅有風自綠州或者草原河谷中帶來的木質石花粉（пыльца древесных пород）和木質塊，而在冷黃土中植物化石同樣是來自北部森林中（是在冰川退却時出現的）。草原植物的莖和葉，在原生黃土中沒有保留，因爲莖葉在乾燥時被風吹颺而變成尘土。在黃土中存在植物花粉的事實現今知道的還不夠多，因爲對花粉的研究還是剛開始不久。

12. 黃土水成學說的擁護者們指出在原生黃土中存在有卵石，漂礫的事實絲毫不與風成學說相矛盾。假如在乾燥草原中有基岩露頭或者草原與山脈斜坡相毗鄰，那麼暴雨就能將卵石和漂礫帶到草原上，這些暴雨在乾燥氣候條件下也有時發生，甚致是災害性的。在這些情況下碎石和大的碎屑自山脈斜坡被帶到相鄰的草原上，這些碎石和碎屑在非成層的黃土中形成交錯的夾層，河流流貫在乾燥的平坦的，常久僅沉積尘土的平原上經常泛濫，就可能在該草原上停積下卵石和漂礫。塔什干綠洲上的黃土層的剖面可以作爲如上所述的，間歇淹沒乾燥草原的例子，在成層的黃土狀岩層的各處有被奇爾奇克河所帶來的細卵石。

13. 近 20 年來由於在烏克蘭，外高加索，中亞細亞的厚大黃土發育區上興建大的建築物和開鑿運河而發生所謂黃土下陷現象（просадочность），也就是黃土能力減退的表現。因爲在過飽合濕度的條件下，黃土體積改變引起建築物扭彎和破壞，堤壩裂縫和運河河堤扭曲，在建築時不知或不曾注意這種特性，就可能出現這樣的後果。

針對這個實際重要問題已進行過一系列的研究，收集了大量的文獻。

假如承認將黃土分成爲原生的和再生的，並承認原生黃土是風成的（是大氣尘土在乾燥草原上堆積而成的），那麼可以完全有信心地指出由於原生黃土帶有很多孔隙，以及黃土的組成物質從

未受到水的強烈作用及被水所浸漫，所以原生黃土具有下陷性。下陷的程度依賴於下列條件：1）依賴於原生黃土層的厚度——即原生黃土層厚度越大，在極潮濕的條件下體積將縮小。2）依賴於機械組成——即在黃土中所含有的細小物質和孔隙越多，則下陷性越大，砂質黃土發育區內的砂質黃土的下陷性要比區域外部的細粗黃土小。依賴於生成環境——即平坦地區或高地斜坡；在同一組成和厚度的斜坡任何地區上還要預料到由於原生黃土的垂直劈理，原生黃土的性質和斜坡各別地塊的下傾和滑動所造成的垂直下陷。

再沉積黃土中的坡積黃土(在搬運時很少受到水的作用)可能由於處在像原生黃土那樣的條件下而具有不同程度的下陷性。而受到水搬運的洪積黃土和冲積黃土（被水搬運的）未必能有下陷性，既便是在巨大的厚度和細粒土質的情況下也不過是較微的下陷。不同成因的再生黃土狀岩石一般來說是不下陷的，既便是在大的厚度情況下（這是很少有的）和很多孔隙情況下(也是很少有的)和細粒土質的情況下，下陷的程度也是很輕微的。在研究關於下陷性問題的一些文獻中指出部分研究者所得到的結論是：只有承認了形成厚大典型黃土的風成學說，才能解釋下陷性。可見如果研究下陷問題的研究者承認黃土分爲原生和次生，並承認形成黃土的風成學說，那麽就很容易弄清問題的底細，並且在研究了該區黃土，黃土組成，構造，產生條件以後就能作出關於黃土是否具有下陷性及下陷程度的決定。並且能在建築方面作出切合實際的結論。

14. 在氣候極潮濕和氣候經久潮濕的條件下原生風成黃土會受到強烈的變化，甚致是極大厚度的黃土也會受到退化。蓋在山西南部斜坡下部紅色黃土可作爲這方面的例子。原生風成黃土受到強烈的退化作用，黃土地表被冲刷變爲不平，上覆蓋的標準褐黃土被在某些情況下，在乾燥氣候變爲潮濕氣候時期形成的卵石，砂

質-黏土層與黃土分開。在這個過程中形成了紅色黃土層。推測烏拉爾南部（在頓巴斯以南到克里沃羅格的東部地區及較西的地區上）蓋在標準黃土層下的紅色黏土是類似的，古老的受到退化的黃土，該紅色黏土厚度很大（10—30 米），沒有層理，局部有白色斑點和石灰結構，甚至有纖維石膏的結晶和晶洞，紅-褐色黏土層上部受到強烈冲刷，所以界面不平，而且具有被黃土所填充的袋狀體，與後來的成層的冲積層分開。

在黏土中有地上的和水中的軟體動物化石及毛象，齧齒類骨骼，黏土位於第三紀沉積層的各層中，有時是在前寒武紀岩石中，多與前寒武紀岩石的逐漸過渡有關。黏土不是水平沉積的，是在不同高度上（從亞速海附近 −31 米到西北 +175 米）儼如依着某種古老地形而沉積的。對黏土的時代，成因有過不同的解釋；在時代方面有些認爲是新第三紀的，而另外有些人認爲是第四紀的，在成因上尚不可知。H. H. 卡爾洛夫(Карлов)（不久以前曾作出黏土的結論）推斷是紅色土和磚紅色土壤，該土壤是第四紀初在乾燥和炎熱的氣候條件下，在草原上形成的，是一種樹木稀少的大草原土壤類典型。目前還不能否認這樣形成的可能性。爲了進一步研究，作者又提出了一個假設認爲黏土可能是古老受退化作用的風成黃土。

15. 爲了進一步研討，估計可應提出這樣的一個問題：中亞細亞南部草原栗色和褐色土壤及灰色土是否就是黃土和黃土狀岩石在某種程度上受退化作用而成的呢？而烏克蘭黃土中的黑色土和中亞的灰色土是可能的。最後一次冰川結束時，烏克蘭的濕潤氣候使帶有腐植土的黃土表層逐漸起了退化作用。同樣也指出了中亞細亞黃土中的灰色土。但該處的潮濕氣候要比烏克蘭小，較淺的顏色是受退化作用的黃土的腐植土，在最上層的幾厘米土壤中腐植土的數量有 1.5—2%，如果在 12—15 厘米的深度時腐植土佔 1.5- 0.3%；在黑色土最上面 5 厘米腐植土的含量達 5—1.0%，

在 80—100 厘米的深度上腐植土佔 0.5—1.5%。

在靠近阿爾馬阿塔 (Алма-ата)(卽阿拉木圖) (Алмат) 城市附近的外伊犁阿拉奎(Заилийский Алатай)山脈北坡(蓋有厚大的風成黃土), 1943 年發現有小的，灰色層發育 (5－10 厘米)，該處植有果園及溝渠所灌溉的菜園。下覆蓋的黃土具有使土壤不能物還原(оглеение)(укр)的特徵，而在其他方面則與典型黃土不同。

16. 另外對進一步研究複雜的，而又有意義的黃土和黃土狀岩石的成因和特性問題提出一些任務，這些任務是巨大的而又是多方面的。這不僅土壤學家感到興趣而且地質學家和地理學家們在某些程度上也感到興趣。所以認爲黃土的問題是單一的一個學科問題是不對的不能忘記當土壤學還未出現時在 100 年前地質家對黃土及其成因就有了興趣。他們提出了黃土成因的各種學說，其中也包括擁有很多贊同者的風成學說。土壤學說是地理學家提出的，而不是土壤學家提出的。

根據專門性任務可簡單分爲：土壤學家應充分闡明大氣尘土堆積而變爲乾燥草原土壤的條件和特徵，在氣候變化條件下的退化作用，不同組成和成因的粗粒土的黃土化條件和特點，及其在氣候變化下的退化作用。這些任務是巨大的，要求在全面的研究了採集分析標本的條件及標本的自然-地理環境以後在實驗室內正確地，精細地工作。地質學家在野外工作中應該注意每個露頭的產狀要素，地形、環境、露頭的厚度、構造、與基岩走向水平和垂直的關係，要注意結核，動物化石，其他包裹體的存在。這些問題在某種程度上也是地理學家，工程建設者感到興趣的，工程建設者應該解決關於區域黃土下陷現象及下陷程度；根據黃土下陷和下陷程度對所收集的標石進行分析，應該證實或反駁對該區上述諸現象的假設。

在刊載在文獻上的分析結果中很少分析在同一露頭中自整個地層的各層中所收集的標本。同時只有這樣分析才能闡明直接形

成各層，條件及後來變化的特性。土壤學家應該特別注意不同組成和成因的黃土膠質部分，鹽性孔隙部分及吸收性，這點對工程建設者也感到興趣。

這些研究者的工作結合就能提供解決不同類型黃土和黃土狀岩石成因問題和氣候，構造及這些因素變化的特性。

〔李毅譯自亞洲地理學著作集第三卷〕

黃土及其意義

B. A. 奧勃魯契夫院士

爲了實現宏偉的斯大林建設計劃，在蘇聯的南部和東南部爲大面積的灌溉而進行的運河工程，在這些廣闊的工作中將運搬大量的土方。這些土質的大部分提供了三種鬆散沉積類型：沙漠的流砂，如喀拉庫木、啓澤爾庫木、伏爾加河沿岸、第聶伯河下游、頓河、烏拉爾的沙漠流砂；其次是河成砂質黏土及細砂沉積；最後是黃土-灰黃色的土壤、在不同地方構成草原土壤的亞黏土，厚度達幾十有時達幾百米。

所有的土都在被用不同的方法搬運着——從簡單的鐵鍬到用機器推動的掘土機——使之粉碎，使之鬆軟，在土壤的表面長滿了植物，被劈開了，露出了植物的根並且乾枯了。在建設家們的面前發生的關於在運河兩岸上的土壤表面所裂開的鞏固限度的每一個重要問題，就是爲預防它們由水力而引起的冲壞及風力的吹颺。從運河階地上取出的大量土方（常常用來構築堤壩）需要很快地加以鞏固。換言之，在乾枯以後，風力開始吹颺，而且雨水和融雪水也開始破壞它們了。

我們建議在現在的文章中要多多少少詳盡地弄清楚黃土狀土壤，因爲它的生成和它的特殊性質很少爲廣大讀者所知道，而且同時這種土壤廣泛地分佈在我國高加索北部、烏克蘭、中亞、西伯利亞的某些部分、中國北部的全部、準噶爾和新疆，甚至分佈於歐洲西部、北美和阿根廷。

在中亞、烏克蘭南部和中國北部的黃土常常造成 10—20 米高

的懸崖峭壁，在峭壁上長着草類、矮樹叢和它們的根。在峭壁上黃土常不具有任何層理，而是從上到下都是同樣的細粒土質。

這種黃色的土壤在某些開鑿的情況下，突然就顯示了不穩定性。當河水開始通過運河以後，經過幾晝夜的時間，運河的底部和具有台階狀的、被寬的裂縫所分割了的階地斜坡開始逐漸下沉。

除了這個引人注意而外，但對運河的建設者則是特別不利的，就是黃土所特有的沉陷性，即在黃土上建造了重大的建築物以後，它有下沉的特性。在這種情況下，建築物的墻壁就能造成裂縫，而且常會變形，以致最後建築物被破壞。

厚層黃土的下沉和塌陷決定於它在過去任何時候都沒有受到大量水的潮濕作用。黃土是由尘土組成的，而尘土則是來自於沙漠和半沙漠地帶的各種岩石的風化產物，它們藉助於風的運搬而被帶到周圍的草原地帶，在那裏尘土在千百年的過程中慢慢地堆積下來，並且處於植物保護之下。

黃土狀土壤的意義在於它很肥沃。在烏克蘭、高加索北部和中亞，被灌溉了的田地得到了豐收。在中國北部廣大面積的黃土也具有很大意義，並且由於新疆地方所有土地已經轉入人民手中，這就更有意義。

關於黃土的生成問題，直到目前在地質學家、地理學家和土壤學家中間仍引起普遍的爭論，雖然這個問題在一百年以前在科學中就曾提出來了。很多學者都沒有決定承認來自於空氣中的尘土會造成一種厚層岩石，這種厚層的岩石在它的全部領域內造成一種特殊的土壤，並且近百年來仍在慢慢地發展着。這些學者否認尘土在自然經濟當中的作用及其意義，力求以水對一切都起着明顯的作用來代替尘土的作用。從 1884 年開始我就從事於黃土的研究。那時我還是一個大學生，我讀一個德國旅行者 Φ. 李希霍芬的"中國"一書中熟悉了黃土，Φ. 李希霍芬曾在地理科學中提到這個問題。

在中國北部地區，黃土峭壁在所有地形的組成方面和居民的生活方面都起着突出的作用。山坡上從上到下時常出現一排排的黃色的黃土階地，這些黃土階地從谷底到山脊逐漸昇高，並且在階地上有田地、菜園和花園。在它們的某些地方在深厚的呈枝狀的黃色陡峭的冲溝壁上可以看到被挖掘在不同高度上的"地下住宅"(窰洞——譯者)的窗和門。

在這些階地和沒有樹木的山坡峭壁的外圍地方，僅在春天才蓋有小塊的草皮，而其他大部分時間仍是黃色的，正如黃土峭壁一樣。常常僅在尖頂的山脊上和最陡的山坡上才能看到有基岩出露；而且它們在被坐土所掩蓋的地方很少超出一般的黃色景象。甚至建築物的墻壁、房頂上的瓦、街道和土路的土壤都是黃色的，有時就連空氣中也充滿了細粒的坐土也顯黃色。所以很明顯，在中國北部黃顏色是"神聖的"(свещенный)。在中國的科學上稱它爲黃土，也就是"黃顏色的土"("желтая земля")。

黃土峭壁從上到下都是一片能顯示給我們它是逐漸堆積的沒有不同層次的黃色岩層。垂直的黃土峭壁有高達 10—20 米和更高一些，這給觀者感到它是一種固結的岩石，而且不和其他一些有明顯的不同層次和顏色的岩石相似，它常是一些出色的懸崖和斜槽。

有時在黃土峭壁上可以發現一些小的扁平的或圓錐狀的貝殼以及少量的圓形或枝狀的淺黃色結核；有時這樣一些結核在短距離還彼此組成水平的間層。這就是所謂"黃土結核"——沉積於富含石灰質的岩石中的結核。黃土本身是柔軟的，疏鬆的，雖然它表現爲塊狀的。黃土很容易用小刀割碎，或在手中被捻成碎末變爲黏土狀的細砂。在這種情況下，在它裏邊還能發現有個別的較大的砂的顆粒。

如果放一塊黃土於盛水的茶杯中，從黃土中就會長久地放出一些氣泡。這就是說岩石是多孔的；通過放大鏡能看出黃土中的

細小的氣孔，此外還能看到較多的直立的小孔管，在小孔管中有時保存着有薄膜狀的植物根，這說明它是從前生長植物的土壤。觀者一定會感到奇怪，像這樣疏鬆的亞黏土能保持高而陡直的峭壁，好像它被某種東西黏在一起似的。通過放大鏡，可以在它那裏發現細小的光亮的雲母碎片。是否可以說雲母碎片黏結了岩石？

第一個發現中國黃土的是美國學者 P. 彭培利，是在 1864 年發現的。他研究了同滿洲（即東北）南部毗連的，位於直隸省（即河北省）黃土峭壁的黃土，並稱之爲階地沉積（террасовое отложение）。根據他的推測，從前黃河曾在寧夏城附近（銀川）拐彎一直向東流入海，並在河的下游注入一個大的淡水湖，在湖中沉積了很大厚層的黃色淤泥。同樣，歐洲的學者也記載了西歐黃土的形成，特別是萊茵河谷的黃土的形成；對於當時提出的黃土是否爲純粹的淡水湖沉積或者黃土是否爲有海水滲入的大湖的三角港[1] 中的沉澱，當時曾發生過爭論。

李希霍芬在研究中國北部各省時就了解到黃土的生成是一個困難的問題。他堅信在從巨大的中國平原的水平面到幾千米的高處所遇的同樣的成分的黃土是在全國近代地形形成以後造成的。黃土中缺少層理，甚至缺少水生動植物化石這一事實，推翻了認爲這種岩石是沉積在任何一種河盆地和海盆中的說法，只能認爲它是在陸地上形成的。但是在這種情況下，造成這樣的岩層能够有什麼事實呢？

第一，雨水沿山坡向下流時，帶走了被風化和破壞了的岩石碎屑和土壤。第二，由於風而帶來的細微顆粒，這在中國到處都能見到。第三，礦物的物質：按其擴散法則草根自土壤中吸取礦物質擁爲己有，並當其腐敗時就殘留在地表附近。所有這些多種多樣的細而鬆散的固體微粒，都被草原的植被保護起來了，僅有一部分被

1）被海水淹沒的寬闊的河口部分，亦稱溺穀。

風帶到遠處去了。所以李希霍芬基本上認爲黃土是無數代青草的"殘骸地"("поле трупов")。

但是,爲了證明這樣一種黃土型土壤發展的可能性,就必須找到它在現時還在發生的過程的地方。李希霍芬解決了這樣一個地方,可能是蒙古草原。爲了進一步的認識它,他曾作了一些參觀旅行,從張家口城向北深入草原和一些各種不同的、波狀起伏的、曾被許多旅行者描述過的高原,在那裏他看到了一個被許多平緩的壠崗所分割了的、由一個接一個分佈的大而平緩的盆地組成的地帶。在橫剖面上,盆地像一根沒拉緊的纜繩,其四周被高地所封閉,或者有一個方向開着口。李希霍芬認爲全部中亞洲也是由類似這樣的盆地組成的,這種盆地顯示了適合於作爲粉狀土壤的黃土層的發育條件。

李希霍芬用以下的方式描繪了黃土在盆地中的充填過程。在盆地的斜坡上到處都有不同的基岩露出,並且在經常的風化過程中就造成了細砂和尘土粒。風和雨水逐漸帶着它們沿斜坡向下,與蓋有草類和矮樹叢的地方、經過成土作用而形成的土壤摻合在一起。有時大的雨水向下流帶來了粗砂和碎石,這些粗砂和碎石組成了正在發育着的亞黏土中的沿坡向下尖滅的間層。比較強烈的雨水冲洗了部分的細粒物質,並將其帶至盆地底部,是綠薄層的形成堆積在固定的或暫時的湖泊中,造成多層的具有清楚層理的黃土。這些沉積物李希霍芬稱之爲成層的湖成黃土。

根據中國史册的記載,李希霍芬曾推斷中亞細亞在第三紀時期曾處於內陸海(瀚海)狀態。其沉積物還可以在盆地的中心部分看到,而在盆地的其餘部分都充滿了黃土,在盆地斜坡上沉積了無層理的黃土,在盆地底部則沉積了有層理的含鹽地層。經過幾千年海的退縮,這種黃土得以堆積在有草原植物保護之下。在"中國"一書的第一册所附的有色地質圖上,李希霍芬除了將中亞細亞的內部劃爲沙漠和草原礫石——瀚海殘積物之外,其他部分則

完全劃爲黃土的分佈地區。

必須提到，李希霍芬在亞洲的圖上劃分出無瀉流入海的中心內陸部分、瀉流的邊緣部分以及從前組成中心部分而在不久以前則成爲瀉流的過渡區部分。他認爲黃土能够形成和發展於封閉的盆地中心部分。他用水流流瀉入海來解釋中國北部廣泛分佈着的黃土，他說中國北部從前是屬於中心部分，但是不久卽下降而改變爲過渡區的流瀉部分。所以在中國北部地區黃土還要發展，但是已經被河谷從邊緣部分割切了。中國北部所有的地形特點——階地、冲溝、河谷都是由於黃土層的破壞和河流網的割切而造成的，黃土從前堆滿了全部盆地，而現在逐漸遭到無數河流的冲刷，並且從黃河流域帶到黃海中去了。

這樣，李希霍芬根據自己的研究，敍述了中亞細亞和中國北部在第三紀和第四紀地質期間的發展歷史。這些結論所以在科學中得到擴展，是因爲一些非地質學家的旅行者——普日瓦爾斯基(Пржевальский)、波唐寧 (Потанин)、別甫佐夫 (Певцов) 過去曾在中亞細亞工作過，他們就能够驗證李希霍芬的關於黃土在這個區域廣大面積發展的結論。普日瓦爾斯基和波唐寧曾經眞實地提到作爲中亞土壤的黃土。

在 1892 年開始了我的旅行，在旅行當中我認識了在蒙古東部和西南部、鄂爾多斯地台、北山、南山和天山東部以及中國北部的省分——河北、山西、陝西和甘肅廣泛地發育着的黃土。我認爲除去接近於河北省的境界（在這些地方李希霍芬在最初的 100—200 公里地段內所見到的黃土是一個誤解）以外，在中亞細亞盆地中並不完全都是黃土。那裏的黃土實際上是堆積在盆地的底部和斜坡的下部，而在盆地的上部見有基岩出露。正如李希霍芬所指出的，被黃土一直堆滿到盆地的最上部是不會有的。我曾在中亞細亞的其他部分見到在所有盆地的底部都有侏羅系、白堊系和第三系基岩露頭，或者甚至於一些較老的古生界露頭和火成岩，它們只是局

部地被不很厚的、看去像含有碎屑和碎石的黏土質的砂的風化殼所覆蓋，當然那不是黃土。此外，還可遇到大面積的半月形的沙丘，而且在圖上可以追索到沿中亞細亞東南部和南部邊緣流砂特別發展，並且還可看到由流砂轉變爲粗粒的砂質黃土。

在中亞細亞的各個地方和被厚層黃土所掩蓋了的中國北部各省，甚至從黃土區穿過沒有黃土的中國南部各地所觀察的綜合結果，使我有可能對李希霍芬所指出的黃土的成因的理論作了重要的修正。這樣，就必須考慮到有關中亞氣候的全部情況，其中包括對它特有的帶砂的風暴和塵土風暴的描述。新型的理論被稱爲風成的理論，這在下面就要談到。

沙和塵土是亞洲內陸沙漠地區風化和吹颳過程的產物。風化作用，空氣濕度的急劇變化，在一晝夜間就能在露出的基岩和冲積層上造成大量的砂。頻繁和強烈的風提選了鬆散的風化物質和被草本保護不好的沙漠和半沙漠。輕重不同的砂被風帶至不遠的地方並在所有的盆地的底部和邊緣部分堆積成沙堆和半月形沙丘。一些最細的砂和塵土被塵土風暴帶起來了並將其帶至邊緣地帶，沉積在中亞細亞境內的乾旱草原地區。

在草原中，塵土和最細的砂促進了處於被植被保護下的土壤的增長；甚至在綠洲、公園和田地中也同土壤結合在一起。這個過程日益繼夜地在促使着處於植物保護下的土壤的增長，一年內增加 1—2 毫米並造成了黃土層。

這樣，風成學說的理論就確定了在沙漠和半沙漠——沙和塵土的供給場所——的外圍地區目前正在發生塵土的沉積和黃土的形成，而且如果在乾燥氣候條件下，每年沉積的大量的風成沉積物將可達到 150—200 毫米厚。這是發生在中亞細亞區域，在那裏黃土正在不斷地增長着。而在烏克蘭，正如杜特柯夫斯基所指出的，在那裏黃土是在冰期中形成的，以後氣候變爲比較潮濕，黃土就被黑土所代替。

爲了向讀者解釋這個問題，必須講幾句關於在各種土壤中被稱爲腐植土的植物腐植質的含量。 黃土中的腐植質很少，佔1%少一些，而在黑土中則佔10--15% 和更多一些。這是因爲在亞洲內陸圍繞着沙漠和半沙漠地帶的乾旱草原中，秋天和冬天非常乾旱，並且很少有雪，所以在下半年，乾枯了的草類和矮樹叢並沒有被保存在雪的下面，並且也沒有變成腐植質(在比較潮濕的氣候區域，土壤是黑土)，而被風所破壞了的植物碎屑則像尘土一樣被帶走了。這些植物覆蓋層的殘餘成腐植質在黃土中保存下來爲量甚少。在烏克蘭則降雪充足，草原植物被緊緊壓在土壤之上，防止了被風帶走而保存下來。這就是腐植土形成的原因。

在中亞，正如過去所指出的，堆積於土壤中的黃土目前由於人類文化活動的影響，其中已經包含了少量的腐植質。 所以現在的黃土土壤不是黃色而是灰色的；土壤學家稱之爲黑土。在中國北部的田野和莊園裏，由於人的活動也保存了一部分植物的腐植質，甚之在土壤的最上部造成了灰土層，而較深處則轉變爲黃色的黃土。

在這裏談一下關於黃土中的腐植質爲什麼那麼少，而所有的黃土又都是非常肥沃的土壤。這決定於：第一，在黃土的成分中保存了大量的、爲一切植物所必須的礦物成分——鉀、磷、石灰質；第二，這些礦物質象尘土一樣，都是呈最細微的顆粒，它們很容易被纖細的植物根所消化；最後、第三，黃土的多孔性有助於植物根伸入土壤深處。

在中國以及中亞是用黃土進行田地的施肥，這些黃土是取之於黃土峭壁或者甚至取之於建築物的廢墟中和車行大路的尘土遺肥。

目前在中國尘土的沉積和黃土層的發育不是發生於冰川期的範圍。 新的地質研究說明了在第三紀末期，亞洲大陸的地形曾有過一個大的改變。 在古生代期間強烈的地殼運動，使亞洲的大部分地區造成無數的山脈。發生於中生代和新生代時期的剝蝕作用

過程，使這些山脈顯著減低了，幾乎變爲平原和小山丘。在白堊紀和第三紀時期，在中亞細亞已經出現了帶有無數河流和湖泊的豐富灌溉的一些廣闊的盆地。在這些盆地中，蘇維埃時代的學術考察團曾找到豐富的動物化石——各種白堊紀的兩棲動物和爬行動物化石以及生於第三紀湖泊中和長着高幹樹木的湖岸上的哺乳動物化石。

但是，在第三紀末期又重新開始了強烈的地殼運動。在西伯利亞南部、阿爾泰山、東薩揚嶺和西薩揚嶺隆起的很高，擋住了從大西洋吹向中亞細亞的潮濕的風的道路。還有在比較南部的地方隆起的崑崙山脈、喀喇崑崙山脈和喜馬拉雅山脈隔開了從印度洋吹向中亞洲的南風。在這些隆起的山脈的山脊上發生了大的冰川作用。同樣，在中亞細亞的中心部分的天山山脈、蒙古的阿爾泰山山脈和南山山脈也昇高了，在這些山上也形成了大的冰川。

中亞細亞的氣候曾一度變冷和非常乾燥。在所有的盆地中，在不久前還存在着豐富的動物羣和植物羣此時都消失了。冰川將岩石碎屑、漂礫、碎石、砂和淤泥從山上帶到河谷和盆地中，而乾燥的風則捲起了最細物質——砂和塵土並將它們帶到邊緣地帶。砂形成了新月形砂丘，而塵土則堆積在乾旱草原中，造成了在植物保護下的黃土層。

這樣，黃土在若干世紀的過程中發育起來了。同時並掩蓋了丘陵、台地以及中國北部的山地地區。正是在中國的北部，由於地形的條件和佔絕對優勢的風向，才使那裏的黃土達到最大的厚度。雖然黃土沉積的數量較少，但是在南山、祁連山、崑崙山的北坡、天山的兩坡、蒙古北部和東北的山區以及南山東部較低的地方，到處都見有黃土沉積，並且有發育很好的、對來自遠處的塵土起保護作用的植被。

風成的理論充分地說明了在中國北部和俄羅斯南部黃土的沉積和形成，是由於從前的冰川作用被特別乾燥的氣候所代替的結

果。但是在烏克蘭，正如我們所知道的，氣候變爲潮濕，所以在一些草原上從前曾堆積和發育了黃土，以後又有腐植土和黑土的堆積，而後者是蓋在黃土之上，厚達 0.5—1 米。這樣，烏克蘭的黃土就是土壤，但是它不是現代土壤，而是古代土壤。在西伯利亞，在阿爾泰山北坡、米努辛斯克盆地邊緣、貝加爾湖沿岸和外貝加爾湖區發育着不厚的黃土，是由於從前西伯利亞北部，特別是西半部的冰川作用的結果。

西歐也有黃土區。那裏的黃土是在冰川期中沉積的，遍佈於歐洲北部。北美也有黃土區，在那裏黃土也是集中於曾經被冰川掩蓋過的北部地區。南美的黃土發現於阿根廷。

這樣，通過各個地方的一系列的舉例之後，黃土的風成理論，——這個理論最初是由旅行家 Вальс д' Ау 在 1857 年研究了墨西哥附近的黃土時提出來的，以後李希霍芬在研究中國黃土繼續提出，而最後被我和其他一些學者所發展了，——被完全證實了，並且更好地說明了這種特有的岩石的形成的細節方面。

現在我們進一步來分析中國北部佔有最大面積並達到很大厚度的黃土的分佈及其特性。依靠當地的地形，可將位於基岩之上的黃土層劃分爲四種類型。

第一種類型的黃土，是與蒙古台地相連的中國北部以及延伸到東北南部的黃土。這是一種具有平行山脈和過渡的縱河谷的類型。黃土堆積在谷地和斜坡上並具有各種不同的厚度，有時可達 5—10 米，有時完全消失不見，常常在斜坡黃土堆積較厚。在這一類型中的黃土，時而充填於兩山之間的峽谷中，時而昇高到平緩的次生的山頂上。

很可能在冰川時期當地的氣候曾經非常乾燥，並且山區的濕氣已縮小到最低限度，於是黃土就沉積並發育在所有的斜坡上，而這就決定於斜坡的陡緩和方位（экспозизия）[1]。當冰川期結束以

1) 相當於四面八方的位置（北、南、東、西）。

後，黃土層在個別地段被剝蝕和割切了，而在谷底部分的黃土層則一部分被帶走，另一部分被一些黃土狀亞黏土所掩蓋，這種黃土狀亞黏土係來自於斜坡上的物質，其中也有原生黃土的河流沉積物。

第二種類型的黃土發育在山西省的桌形山。它緊緊和山區相接，這個上面已經敍述了。這是一種具有不同高度和距離的、彼此被一些不大的斷層所分割並且蓋上了一層顯著的黃土層的類型。在原生黃土被次生黃土所代替了的和被河流灌溉着的較深的河谷地區以外，黃土使得不平地形變平緩了。在峭壁上，黃土層可達到很大的厚度——50—80 米。

第三種類型，黃土達到了最大的厚度，分佈於陝西省北部，向南延伸到渭河河谷和甘肅省的東部。在黃土形成以前，這個地方是被一個不很大的斷層將它與緊靠其北部的鄂爾多斯分割開的低桌狀山高地。從鄂爾多斯北部盆地向南望，我們可以看到許多相當高的平緩的塢窪，這種塢窪被昇高到 400—500 米的平坦山脊的黃河河谷割切了。在鄂爾多斯北部山麓，有的地方可看到上部古生界和中生界的砂岩，但在所有基岩斜坡上都蓋上了黃土。這樣的塢窪在中國的圖上叫着山嶺。

從這裏往上，我們看到的只是黃土：從平緩的坡地沿黃土向下直至底部又是我們曾在陝西北部山麓見到的水平沉積的岩石。所以可以推想，所有的 400 米高的塢窪都是由黃土組成的，如果在其下面有階梯狀斷層和撓曲（岩層彎曲）則黃土的厚度就減少了，可能爲 200—300 米厚。

這種塢窪向南轉變爲高原，並沿高原一直向南延伸。河谷深深切入高原中。道路時而降低到河谷底部，時而上昇到高處，繼續向南，高原則逐漸降低，但是它經常蓋有黃土層，黃土層厚度逐漸減少到 100 米。

在這一類型中我們看到最大厚度的和產狀最穩定的黃土層，與此同時，也是特別重要的，那就是黃土層的厚度自北而南有所減

少，同時顆粒也逐漸變小。在北部的塢窪中是較粗的砂，而在鄂爾多斯旁邊我們看到的已經是流砂的半月形砂丘了。風對這些沙的吹颺作用造成了尘土，這些尘土被風帶到南方，並將粗粒部分沉積在塢窪中，愈向南顆粒就愈細小，而厚度也就逐漸減低。十分明顯，風將細粒的尘土帶至南方，並且沉積的數量也不多，而在塢窪中則沉積了大量的並且是最粗粒的尘土。

第四種類型可以在甘肅省最西部的寬廣河谷中找到，此河谷延伸到原始積雪的南山山脈的北部山麓，河谷的北部則被分割，此河谷與半沙漠和阿拉善沙漠的低山脊的隴山山脈所環繞。在這個河谷中，有許多來自於南山河流附近的沙漠綠洲。在山的北坡和分散於沙漠綠洲中的小山和丘陵的底部沉積了不太厚的(約5—10米)無層理的典型黃土，這樣一種黃土正是在第三種類型中所描述過的。組成沙漠綠洲中的土壤的黃土已經或多或少地帶有層理，薄層的並常常轉變爲黑土。在這一類型中我們可以看到接近於兩種類型的黃土（決定於複雜的地形條件和尘土沉積物）：在南山斜坡上是比較寧靜地自空氣中沉積的無層理的典型黃土，而在沙漠綠洲地帶則經常有被河流自山脈中帶來的成層黃土同它混在一起。

以上四種類型黃土的描述給讀者提供了一個關於在中國各地的黃土的產狀和形成條件的特性的概念。

在中國，有很多居民在黃土層內建造了獨特的住宅（窰洞）。根據當地的地形條件，這些窰洞可分爲兩種類型：第一種是分佈在被割切成階地的黃土層中：第二種是分佈在覆蓋於高原上的黃土層中。

在陡峭的階地上，黃土層呈直立的墻壁，有 10—20 米高和更高一些。在直立的黃土壁中很容易挖成一個水平的穿廊，根據採礦工程俗語稱之爲"平巷"——窰洞。窰洞寬 4—6 米，高 4—5 米，長 10 米以上。窰洞的頂棚成穹窿狀。無論地板、墻壁和穹形屋頂

都不要求加固，因爲黃土保持有一定的堅固性，無論是墻壁或者穹形屋頂都不致於倒塌。窰洞的入口是用燒成的磚砌成墻壁來鞏固的。在墻壁上開一個門，門旁邊開一個窗，這種窗正像中國過去其他房屋的窗戶一樣，是用紙糊的。從門口往裏有炕伸展着，也就是一種用磚做的帶有朝外孔的睡鋪，通過那些孔用煤、木柴和馬糞磚燒炕。睡鋪高近半米，而其面積則決定於家庭人口的數目。在大車店裏的睡鋪通常是很寬的，炕上可以容納六七個人，頭靠墻壁的側面彼此緊挨着躺在上面。

在炕上有放置疊床、裝東西的箱子和桌子的地方。在一個小家庭中，就在窰洞的深處設一個爲驢、羊用的槽和圈，當有大量的牲畜時，就把牠們安放在鄰壁的窰洞裏，在窰洞出口附近的階地上可以放大車和農具。在峭壁旁邊另一些窰洞裏，可以安排一些各式各樣的儲藏室。

如果黃土峭壁延伸的很長，那麼在同一個階地的陡崖上就有同一個村落的其他住戶的窰洞，這樣就可看到一排排的彼此有一定間隔的門。大多數的居民都住在斜坡上具有若干級陡坎的階地上。在階地上通常可以看到有人、家禽、大車和麥草垛。爲了走到低的一層階地上去，可以利用任何一個通向階地的道路。

類似的住宅還分佈在厚層黃土和多層階地的地方，也就是主要屬於第二種類型的黃土。在第一種類型中，黃土在斜坡上保持有個別的不對稱的台級，在斜坡地帶有很多寬廣的河谷，在河谷的底部可以建造一些普通的住宅，而完全沒有窰洞。在山坡上窰洞也是很少的，而黃土也不够厚，並且是一斜坡地形（即窰洞的地板也不會是水平的）。

第二種類型窰洞的住宅，我曾在陝北高原和甘肅省東部見到，那裏的黃土層最厚，河谷深而窄，而且谷坡下部是由基岩構成的。建築在這種黃土中的窰洞住宅須付出巨大的勞動。所以在滿佈田地的黃土高原的某些地方見有挖成許多不少於10—12米深的矩形窰

坑，在窪坑的墻壁上挖了許多如上面所描述過的爲居住而建造的窰洞。每一窪坑住着一二戶人家。在經過高原時可以看到在耕地中的某些地方有烟自煙筒中冒出來——或者是燒炕或者是地下灶火。從田地上到窰洞裏去是通過沿着矩形長邊的一個斜坡開的道路。

這些窰洞比起用土磚和燒磚蓋的房子有很大的優點。在窰洞裏冬天較暖和，而夏天則較涼爽。所用的燃料亦較省。但是這種窰洞最怕地震，在有地震時，不用東西支撑的頂棚就容易塌下來。1923 年在中國北部地區，發生於夜間的強烈的地震，曾使很多窰洞倒塌並且死了不少的人。

下面談一下關於中國黃土的成分及其某些亞種的特性。

在實驗室作的各個地方的黃土的分析表明，這種岩石的機械成分和化學成分證實了黃土的成因符合於風成理論。

機械分析表明了黃土是由砂和尘土組成的。砂的顆粒從 0.05—0.5 毫米和更大一些。在這些砂中又分爲粗砂和細砂。黃土中的含砂量一般不超過百分之三，在靠近於流砂地區的黃土中，砂的含量可增加到 15—25%。小於 0.05 毫米的顆粒叫尘土。絕大多數的黃土是由尘土組成的。化學分析證明黃土包含如下成分：二氧化矽——53—87%；鋁礬土——4—19%；氧化鐵——1.1—11.2%；氧化鈣——0.2—18%；等等。

這樣，在黃土中化學成分的顯著改變就完全可以理解了。黃土是各種岩石風化後而成的尘土狀的混合體。這種尘土的礦物部分可以是各種各樣的，這決定於被風所運搬來的尘土的所在地區這一些或者那一些岩石成分的多寡而定。

黃土成分的改變在中國可以爲我們提供一個很有意義的實例。在中國北部，黃土層的上部是黃褐色，而其下部則是紅色或淺紅色，甚至被厚的黏土層所分開。上部黃色黃土不整合沉積於底層[1] 之上，因爲底部岩層的沉積面上曾遭到某些剝蝕作用。

1) 沿不平整的剝蝕面有沉積間斷。

我用以下的方式來說明這兩個岩層的關係。底部的岩層是沉積在中亞細亞在第三紀時期已經隆起的地面上，在第三紀沉積中，大部分都是黏土質成分並且顯紅色。這些沉積業已受到第一次風化侵蝕作用，也有被風從中亞細亞帶來的尘土沉積在它的邊緣地帶，這些尘土就組成了底部的黃土層。這就是爲什麼底層黃土比起上層黃土是紅色的，而且顯黏土質。雖然如此，但這種推測還要求對黃土底部的岩層作專門的研究，據我所知，在有關學者當中無論誰還都沒有作過。

黃土的特性，——黃土的沉陷性，——最近幾年在中亞的黃土層中開鑿運河和在黃土上進行重大的建築時，對這個問題已經弄清楚了，這一點在文章開始時就已經提到了。

由風所沉積的黃土層顯著的多孔性決定了黃土的沉陷性，並且也決定於在它形成過程中從沒有受到大量水的滲透。當開鑿運河時，多孔的黃土被水逐漸滲透到小孔中就破壞了它的原始結構。尘土粒彼此的黏結力是非常差的，而且充填於黃土中的水徹底地破壞了它的結構。黃土層由於其本身的重量及有水分充填開始壓縮了，並且沿運河的邊緣很快發生了黃土的收縮。在黃土上興建的巨型建築物有很大的壓力，引起了黃土的下沉，這種壓力垂直向下，一直到多孔隙的厚層黃土層的深處；很可能在一定程度上由於在砌墻時用水濕潤了土因而也促成了下沉。

必須指出在不同程度上黃土狀岩石的亞種的沉陷性。最大的沉陷發生於無層理的典型黃土中和最上部的黃土層中，而位於下部深處的黃土層，在上部岩層幾百年的壓力下，已經多少下沉和變得更加緻密了。黃土狀亞黏土在其形成過程中有水分加入，所以變種的程度較小。而淤積[1]成因的黏土當然就完全不會發生沉陷現象。

1）具有明顯層理的河流、湖泊和海洋等流水和靜水沉積物稱之爲淤積(аллювий)。

爲了完成蘇聯南部和東南部偉大的運河灌溉系統，在大多數情況下，建設者是在黃土和黃土狀亞黏土中開鑿運河和其他龐大建築工程。因此，在進行這些工程時，就必須注意黃土和黃土狀亞黏土的各種不同程度的沉陷性。爲了避免建築物的下沉、變形以及運河兩岸的沉陷和裂縫，領導者應當注意使工作人員認識這個特性。

一般的沉陷，特別是當在黃土和黃土狀亞黏土中進行運河工程時發現了不同程度的沉陷，有力地證明了黃土的風成理論而不能用其他的理論來解釋黃土的成因問題。僅僅由空氣中沉積而沒有水參加而形成的尘土粒的土壤層（岩石），當它完全被水滲透時才有可能發生這樣大的沉陷，或者見於在黃土狀亞黏土中進行工作時所發生的輕微的沉陷，這在黃土狀土壤中工作時能够見到（參看 H. Я. 捷尼索夫"黃土和黃土狀亞黏土的建築特性"。國家出版社，莫斯科——列寧格勒。1951）。

在文章開始時我曾指出，黃土風成理論還沒有被各方面的大自然研究者完全承認——地質學家、地理學家、土壤學家，甚至水力學家、農學家和建築學家，當他們要征服沙漠和半沙漠地帶而進行工作時就遇到了黃土和黃土狀岩石。他們應該知道決定他們的工作方法的這些岩石的特性。

大多數人都非常熟悉親眼見到的流水的全部作用——冲刷並帶走各種大量岩石碎屑，造成了冲溝和峽谷，有時把物質搬運到很大距離以外，在其冲刷和運搬的同時就造成了淤泥、砂、小石子、卵石、碎石和礫石。從這些物質中造成不同的沉積物——從最細的幾乎是粉粒的，到最粗的各種不同厚度的冲積層。

但是，人們常常只看到水的作用，而沒有注意到被風帶至大街上、村落、土路和田園中的尘土，也沒有注意到被風帶到還沒有長出綠草的田野和菜園中的尘土，並且在所有的情況下也沒有得到任何的意義，雖然這些尘土降落到田野、菜園和花園中同土壤混合

在一起並增加着土壤的肥沃。所以他們只相信在某些地方尘土在成土作用中甚至在目前是起着很大的作用。他們不知道在地球的歷史中曾發生過偉大的席捲大陸的冰川作用，乾燥氣候激增並加速促成了尘土的形成。

尘土的沉積已經繼續了很多世紀，因爲從最後一次冰川期起已經過去了一萬年以上。如果在草原地帶一年中沉積僅 1 毫米厚的尘土層，那麼在一萬年中就能造成 10 米厚的尘土層，而且在幾個冰川期中都曾形成和沉積了大量的尘土。所以在整個第四紀期間，如果每年繼續有 1—1.5 毫米厚的尘土沉積，那麼在最適宜於它沉積的地方就能够達到近 1,000 米厚的尘土層。因之，形成厚達 40—50 米甚至 100—200 米厚的黃土層是完全可能的，並且不應該不相信。

最近在花粉孢子的研究方面取得了很大的成果，花粉孢子完整無損地保存在黃土中。在黃土層的最底部除有花粉孢子外，還有殘留的植物根充填於小孔或者直立的孔管中。這一不可反駁的事實證明了，含有這些殘留植物的黃土層造成了草原地帶的含有植物的土壤。這樣，那些不相信作爲草原土壤的、可能有幾百米厚的尘土層沉積的研究者的反對意見就不會存在了。所以我就不再花費時間向讀者敍述那些否認風成理論的、被部分的地理學家、地質學家和土壤學家所提出的許多假說。在結束這篇短文時，我認爲有必要簡短地談一下黃土和黃土狀岩石的沉積方式以及它們彼此過渡的情況，並指出在研究這些岩石的彼此過渡時所發生的許多懷疑、誤解和錯誤。

我們應當把在具有各種複雜地形的草原上的現代土壤看成是生成尘土的沉積和它的變化。

我們以爲在平坦的呈水平分佈的平原上的草原地帶，在那裏具有各種不同的植物——草類和矮樹叢，它們時而稠密，時而稀薄。尘土降落到這些植物上並且在乾燥時期就掩蓋了它們的莖和

葉。風從植物上把尘土吹落到地面上，而雨，特別是強烈的雨則冲洗它。秋天，風同樣從植物上把雪和殘留於草類和矮樹叢上的尘土一起吹到地面上。這樣，不論在秋天或者在冬天，尘土繼續被風運搬並最後落到地面上，而且是牢固地留在地面上。落下的植物葉和衰亡的莖參與了被雨水和融雪水打落到地面上的尘土層，造成了僵死的植物層，也就是腐植土層。腐植質把土壤染成了灰色，或者如果其量很多甚至染成黑色。但是，發育在草原地帶的黃土土壤造成的腐植質則很少，這是因爲正如上面所提到的，落下來的植物葉和衰亡的莖都乾枯了，被破壞了，並且很大一部分被風帶走了。

在平原上發育的尘土沒有受到破壞，甚至強烈的大雨由於沒有斜坡而完全滲入到逐年發育着的尘土層的土壤中去了。在有尘土的土壤中不能造成任何層理；它發展很慢，但不間斷。在這樣的草原上應該發生厚層的無層理的黃土層。

但是假如我們想象草原具有朝某一個方向的斜坡，那麼寧靜地繼續不斷發育着的黃土層在此處將隨着時間受到破壞。強烈的大雨（雖然不是經常發生）襲擊着還沒有被植物保護起來的已安定下來的尘土的表層和還沒有被植物和植物根保護起來的土壤，而把它們向下帶走，並且就在這個草原地帶的任何低窪的地方沉積成淤泥。這樣，在無層理的黃土中就形成了層狀淤泥的夾層。

現在我們假定在平原中的某些地方有基岩露頭的丘陵，大的雨水將其碎石、砂礫和黃土一起帶到平原中，在無層理的岩層中組成了粗的碎石夾層和成層的黃土。如果這些丘陵從一個方向約制了平原，那麼在無層理的黃土中就會造成全是水平的碎石夾層和水平的成層黃土。

我記起了1928年在塔什干舉行的地質代表大會期間的參觀印象。在參觀位於塔什干城南的沙漠綠洲期間，大會會員看到了在不同地點的無層理黃土的露頭，而且其中的某些地方，可以看到

不大的無層理和有層理的黃土層的相互交替現象。黃土水成沉積的贊助者把這種具有層理的黃土說成是水成的，而不認爲是風成的。但是他們並沒有分析所有黃土層的發生原因。處於塔什干沙漠綠洲的黃土層被發源於天山的奇爾克克河的支流灌溉着。此河的支流沉積了成層的黃土，而在它們中間的草原上則發育無層理的黃土。近百年來，由於各種不同的條件，有時由於人的意志，使河流改變了它自己的河道。所以自然就會發生有層理的和無層理的黃土的交替層。

如果平原具有顯著的斜坡，在這種情況下，暴雨將足以常常帶走降落到草原上的尘土部分，結果就會在平原上發生無層理和有層理黃土的交替層。在乾旱草原的條件下，具有支流的河床在幾百年中改變了它的位置，在這些河床中將沉積被風帶來的並直接落到水中的尘土和被支流從草原地帶帶來的黃土顆粒所組成的成層黃土。在這樣的草原地帶中，將造成在河谷中的從上到下的層狀黃土層，並且它們只能是水平的，但是是由各種不同的物質組成的。

因此，在研究佔有很大面積的黃土時，必須注意到所有自下而上的露頭，並盡可能地追索其分佈。必須注意黃土在每一個露頭中的成因和有層理的和無層理的交替層，仔細觀察每一個交替層以及搜集有機質的殘餘——動物化石、軟體動物貝殼、植物莖和各種不同性質的標本。根據在黃土中採取的花粉孢子標本，鑑定它是屬於哪一類的植物。必須作這種化學的和機械的分析。在作了這樣一個詳細的研究之後，就容易詳細敍述全區的第四紀歷史和描述這一歷史的連續階段——冲刷的情況，由於強烈的大雨破壞了發育着的黃土層而發生的粗粒物質沉積情況。

結核（關於它上面已經提到）同樣是值得研究的；在結核中常有動物骨骼或者軟體動物貝殼，而在眞正的黃土中，有時甚至見有大的鳥卵碎片，很象駝鳥蛋。在黃土壁上常見有被覆蓋在黃土上

的黑色土壤所充填了的動物古穴，或者碎石、卵石和砂礫的間層。

在黃土層中常見有被顏色和成分分爲上下不同的並破壞其整個岩層的一致性的岩層。從分析結果得知，在這一層裏的腐植質比它上層和上層的黃土層含量較多。十分明顯，它是當某些條件發生了改變之後而造成的。在烏克蘭，這樣的層被稱爲古土壤，並認爲它是在當氣候改變爲比較潮濕的情況下而沉積的。這說明其中含腐植質較多。這樣的古土壤層可達半米厚。

必須說明，古土壤這樣一個名稱可能引起誤解，因爲位於這種"土壤"的上部和下部的黃土，同樣也提供了草原土壤的形成，並且這種土壤也是"古的"，它也被區分爲不同的層。問題在於當它形成期間，按其中所含腐植質來判斷，當地的氣候眞正比較潮濕的時間是很短的，可能僅是幾百年或者幾十年。

黃土風成論者早在很久以前就提出了區別黃土和黃土狀亞黏土的建議。他們用"黃土"這個術語來代表無層理的典型黃土，這種黃土具有很大的厚度，並且是由風在幾百年中帶來的尘土組成的。他們稱爲有相同礦物成分但或多或少表現爲有層理的這樣一種岩石叫作黃土狀亞黏土，黃土狀亞黏土所表現的層理證明它顯然是由於流水作用而沉積的。風成論者並不完全否認流水的加入，但將其視爲次要作用。

在典型黃土的成分中有機質的殘餘應當是主要的成分，多是一些地面上植物花粉的殘餘、草原哺乳動物和鳥類的骨骼、草原鳥類的卵殼、鼹虎、蛇和龜的骨骼以及地面上軟體動物的貝殼。水生動物羣和植物羣的有機質殘餘在黃土中則很少見到。

希望正確的了解和敍述黃土或者黃土狀岩石的土壤的發生和發展歷史的客觀研究者，應該注意和無偏見地研究關於所有土壤層的成因的各個方面的細節。僅僅根據所收集的全部資料就可以決定關於土壤究竟是風成的或者是風水混合而成的問題。如果地質學家、地理學家，特別是否認由尘土造成的第四紀厚層沉積的可

能性並力求把所有的黃土和黃土狀岩石的生成解釋爲由於水的活動或者某種"黃土形成作用"(облёссование)過程的土壤學家,開始完全客觀地並全面地研究這些第四紀的土壤-岩石,那麼不可避免地他們應當承認風成理論的正確性。事實迫使他們這樣做,而事實,大家知道,事實勝於雄辯。

[劉敏厚譯自"Новый Мир" № 3, 1952]

黃 土 的 起 源

L. S. 貝爾格

以下是我對黃土起源學說的意見的一個簡短的大綱

I. 黃土沉積物的類型

黃土，我們這樣叫一種沉積物，主要是由它的特殊結構來區別它的；它是亞粘土（Loam），有時是砂質亞粘土，大部由中等大小顆粒組成的，由 0.05—0.01 毫米直徑的顆粒常達它們總體的一半或一半以上；大於 0.1 毫米顆粒很少；大於 0.25 的可以說沒有。黃土是一種不成層的沉積物（或者至少已成一種規律似的，層次不清楚）。常是多孔性，易分裂爲直立劈理。一般是淡白黃色。黃土的碳酸鈣含量很高可達 10—15%，有時會含有更高的碳酸鈣和碳酸鎂，這樣的沉積物一般常稱爲標準的或是風成黃土，被認爲是由於風吹颺的灰塵所形成的。

有一種或幾種性質與上述不同的沉積物就不叫黃土，而叫黃土狀亞粘土，黃土狀粘土、黃土狀冰磧物、黃土狀砂、黃土狀砂質亞粘土、表層粘土質亞粘土、湖成黃土等，黃土狀的沉積物（Loess-like Deposits）現在一般都確信是水成的。

讓我們談一談關於黃土起源的主要假說」

II. 冰——水、坡積、風成假說

1. 冰水假說（fluvio-glacial Hypotheses）

在李希霍芬（1877）以前，一般認爲黃土是由冲積，或不如說是

冰水沉積的。例如萊伊爾（Lyell, 1834）認爲萊茵河谷的黃土是冲積物。由於萊茵河在冰期時代，大量的冰川泥由阿爾卑斯山上被河水帶出而形成的。

冰水假說在蘇聯過去曾是，而現在仍是被廣泛接受的一個學說。在一些早期的學者中，我們可以提出像克魯泡特金(1876)和杜庫恰耶夫(1892)。最近這學說又重新獲得到了許多擁護者。如K. 格林卡（Glinua)，他以前(在1908)是一個風成假說的相信者，最近傾向（1923, P. 126）於認爲蘇聯欧洲部分的黃土是由於冰川帶來的泥流聚集而成的。在冰蓋後退不久淺谷不能容納所有冰川的溶水。這樣的水季節性的上漲，溢過河岸，淹沒了分水嶺地區而沉積了一種細粒的物質，"因爲洪水僅僅是週期性的發生，他們不可能阻止植物的生長，也不能阻止土壤的形成"這一學說，按格林卡的說法，可以解釋在黃土中和黃土狀亞粘土和相似的沉積物中的石子及小的礫石，它們可能是爲浮冰攜帶來的。坦菲里耶夫(1922, P. 109)也認爲冰水作用對蘇聯南部的黃土至少是某些黃土的聚集有關係。

關於白俄羅斯黃土的冰水起源學說最近由阿法納謝夫(1926)更進一步的發展了。他指出冰水顯然可能在冰川外圍區不僅沉積礫石和砂，像大家常常聽說的，而也可沉積一系列的由粗到細粒的沉積物。這樣一系列的沉積物在白俄羅斯現在仍然可以看到。

由於現在在分佈着黃土的分水嶺地區，沒有看到任何由於冰川的洪水淹沒的痕跡，所以對冰水學說有了一種反對的意見。對此，也可以從另一方面來說就是分水嶺地區的被淹沒一事實也並未被證明其不確實。也有一些證據是對於它們曾經被淹沒的說法有利的。那些在高原草地的分水嶺地區（烏克蘭）的小而淺的"盆"（Pan）形凹地很顯然的就是這種被淹沒過的遺跡。考慮到分水嶺地區的被冰水的侵蝕作用，K. 格林卡(1923)表示了這樣有分量的意見，在冰蓋退出後不久，被冰磧物和冰水沉積物所填滿的河谷，

不可能是很深的，所以在頓河——伏龍芝分水嶺的整個寬約 4—5 公里的地區是由於厚的冰水沉積物（幾十米厚）所填充。很明顯的是，在那種情況下，在冰蓋附近地區的一些淺谷是不能存貯所有由於冰的溶化而供給的大量的水。這些水，特別是在夏季，溢出河岸，淹沒了分水嶺的廣大的地區，當它慢慢的前進的過程中，沉積了細粒的物質，它們填平了下伏的崎嶇的地形，並達到了相當的厚度。

但是對於冰水假說，這樣一種相反的意見也可以提出，即沒有現代的冰水或是冲積形成的岩石可以被認爲是黃土。爲了把它們改變成黃土就必須經過一種黃土形成的過程，但是這在冰水學說中並未曾提及。

2. 坡積假說 (Deluvial Hypothesis)

第二個假說，在我國也有相當數量的擁護者，可以叫做坡積說，巴甫洛夫(A. П. Павлов, 1888)，曾建議叫做坡積物（由 deluo ——冲刷掉），是一種岩石的破壞產物爲雨水水流所冲刷攜帶沉積在斜坡和平原上的沉積物。巴甫洛夫認爲俄羅斯平原南部的黃土是坡積成因的。這種看法十分接近於拉普蘭 (Lapparent, 1883) 所提出的殘積假說(Hypothesis of Ruissellement)這一假說爲阿馬舍夫斯基(1883, 1903)，所採納，他曾依此研究過却尼果夫 (Chernigov) 及其附近地區的黃土。還有一些其他的人也同意此說法。

坡積假說對黃土在斜坡上出現的事實解釋得十分成功；但是必須指出在黃土地區的大部分坡積類型的黃土，是由黃土本身的移動而來的。但是對於在分水嶺地區的黃土（高原黃土），坡積假說是不能對其成因給以說明的。除非先假設在那裏曾經有過更高的地形，從那裏黃土被冲刷下來，而在以後這些高地爲剝蝕作用所夷平。可是，這樣的假設是和黃土地區已知的地貌發展歷史的實際情況不相符合的。

坡積黃土，毫無疑問的是存在的。他們是斜坡上的黃土，但是

必須記着，現代形成的坡積黃土，當它們的表面爲土壤層所覆蓋的時候，坡積物的形成便停止了。

3. 風成假說 (Aeolian Hypothesis)

現在最廣泛被人們接受的是灰尘或是風成假說。按李希霍芬 (1877, 1886) 黃土是一種由風攜帶的灰尘所形成的，風吹起了砂漠地區的風化物的細粒，把它們沉積在草原上，在那裏灰尘爲草本植物所阻留而變爲一種多孔性的，無層次的，岩石——風成或是標準黃土。這樣的假說是李希霍芬由他在中國旅行時的觀察所得來的。在那裏他曾不止一次的看到這種灰尘的降落。這位著名的旅行家相信中國黃土是一種近代建造，現在仍然由於尘土的聚集而在形成中。當嘗試以這樣學說來應用於解釋歐洲的黃土時，立刻就發現在那裏的黃土並不是現代的建造，而是以前地質時期裏所形成的。所以就不得不以其從前的自然地理情況的不同來解釋而認爲：黃土是一種以前的沙漠環境的產物。屠特科夫斯基 (1899) 發展了這一學說，認爲俄羅斯平原南部的黃土是在大冰蓋後退之後形成的。大冰蓋的邊緣正是一種焚風型 foehns 的(北部阿爾卑山之乾燥暖熱的風) 反氣旋風的發源地；也就是相當的溫暖和乾燥。當冰蓋後退的時候他的邊緣爲一帶沙漠所圍繞，那裏爲自北方和東北方吹來的冰川焚風吹蝕着冰磧物。在整個沙漠帶上形成新月型砂丘(barkhan)。當最細的顆粒被風運送到更南邊去的時候，在南部，東南及西南的一部分地區以外伸展着"大陸氣候型的草原，那裏爲冰川焚風帶來冰磧物的細的尘土沉積下來 (沉積帶)" 這樣形成爲正常的標準黃土沉積及其他的變種。

反對風成假說的事實：

現在暫時不討論這個難以令人承認的觀點，讓我們列舉當李希霍芬提出風成學說時對於它的反對的意見吧：

1) 首先風成假說不是從看到的現代的事實出發的，而是不加思考的，認爲理所當然的假設一種從未看到過的自然地理現象。

李希霍芬(1877),維里士(B. Willis, 1907)屠特科夫斯基(1899),奧布魯契夫(1911)及其他一些人認爲中國及中亞(土耳其斯坦)的黃土是現代生成的,而現在仍然在由尘土形成中。像本文作者在另一處所提出的(1916)黃土形成的作用可以在現在乾燥地區形成,但是中亞及中國的黃土的主體不是最近期的建造,是以前地質時期的見證物。這樣,所以在鄂爾多斯,第四紀的黃土的下部有很厚層的相似的上第三紀的岩層;而第四紀的黃土覆蓋層本身又可以再分爲許多層[1]。

旅行家們在土耳其斯坦、中亞、蒙古、東北平原和中國本部所看到的尘土是由於人類活動的結果,是由於在黃土上部,由黃土發育的土壤的上層被破壞的產物。在亞洲的黃土地區,數千年來已經爲人類極強度的開發了,而土壤層的最上層可以很容易的被風吹走。"在中國東北冬季是非常寒冷與乾燥,在耕種過的田地上,耕起的土塊很快的在雪地上乾燥,同時被風吹散成爲尘土蓋在雪的表面上。在冬季從齊齊哈爾到瀋陽一帶常可看到在積雪堆上一條條的黑色的尘土。這種所說的風吹的積雪堆有時不是由雪而是由尘土本身所形成的。更遠一些在北京一帶,也可看到同樣的情況,僅是在那邊雪要少些,尘土不再是黑色的而是黃色的"[2]。

尘暴——過份開墾耕種的結果——不僅常常在中亞,也曾在烏克蘭草原上看到。在 1892 年 4 月末,在瑪瑞奧坡有 150,000 海克特的穀物被風吹走;尘土的雲在 4 月 28—29 日曾經把日光完全遮蔽了。同樣在土耳其斯坦一帶的道路上由於很輕微的風,或是車輛的行動就有大量的灰尘飛颺起來的情形也是很出名的。對費爾干納尘土的研究,在鄂息(Osh)一個特設的尘土研究站在 1913

1) M. Boule, H. Breuil, E. Licent et P. Teilhard, Le Paléolithique de la Chine. Arch. Inst. de Paléant, humaine, Mém, IV, Paris 1928.

2) A. D. Voevkov, Climatic conditions of horticulture in Manchuria, Messenger of Manchuria Harbin 1927, No. 2 (In Russian).

年曾經證實了，在費爾干納我們所得到的僅僅是費爾干納當地的尘土，這是由於當地的土壤被積年累月的耕種而引起的尘土。這種尘土像任何其他起源的尘土一樣，爲風所吹颺直至它降落在湖面上，河水中或是海裏。當灰尘如雨點擊落在土壤上時它就參加了後者成爲它的組成物的一部分，並與平常所見到土壤的顆粒沒有區別；但是沒有看到任何像黃土狀的物質在這樣情況下形成。

自從諾埃斯圖耶夫（1910）的研究以後，已經成爲衆所週知的事實了，即是現在並沒有"風成"黃土在土耳其斯坦形成。在這個區域內黃土普遍的爲灰鈣土（Serozem）所覆蓋，——一種按正常帶狀分佈的土壤。對它們來說風成起源也像對於褐色土、栗鈣土或是黑鈣土是一樣的。

2）第二個常常引起的抵觸的事實是這樣，即很難令人理解的，爲甚麼風僅僅的吹颺了特殊的像黃土那樣類型的顆粒的沉積物。風按它的速度，可以攜帶更粗一些的或是更細一些的物質，但是爲什麼他要特別照顧從 0.01—0.05 毫米的顆粒呢？這一事實從未被任何風成說的擁護者們所解釋。標準黃土不只是在欧洲和亞洲，連在美洲的都是以具有上述的直徑的顆粒作主體爲其特徵。由此我們不得不被迫的承認風的速度在所有的地方完全一樣。更有甚者，在若干萬年的時期裏風要從同樣的方向以同樣的速度吹着。不然那些所降落的沉積物便不會這樣均勻一致。但事實上風是以不同的力量吹着，也由不同的方向吹着，那就很清楚了，假如有風成黃土存在的話，它應當是一種具有很大顆粒粗細變化的混合物，同時在附近地區黃土的結構也應當是很不一致的。風成假說的擁護者，認爲黃土的特殊結構是由風吹來的尘土所形成的。但是這是不可能的。因爲風吹起了其中的黃土狀的尘土沉積在沙漠的四週的草原上，在那裏植被對於黃土的堆積起了作用。這樣，按此種意見，黃土的整個剖面的形成都要經過一種土壤形成的階段，即黑鈣土或者至少是栗鈣土型的土壤。但是假若在那樣情況下，

在黃土中應當有相當量的腐植質。但是正如衆所週知的，並不存在這樣事實。在正常黃土中腐植質的含量，不過是千分或是萬分之幾，有時它少到了沒有。也許可以說腐植質在當初是有的，而在隨後分解了。但是黃土層中像我們所知道的，一般都夾有一層或者有時有好幾層化石腐植質層，在那裏腐植質並未變化；雖然在這樣古土壤中保存下來的腐植質是很少，平均有百分之 0.3—1.1，但是總是有一個腐植質層清楚的存在着。所以假如黃土是尘土在草原植被上聚集而形成的，那整個黃土剖面上都應顯示出一致的腐植質層。但這在事實上是不存在的，所以黃土不可能是在草原上沉積的。

3）由風成說者的觀點來看，像黃土狀冰磧亞粘土這樣沉積物的出現是很難理解的。風成說者並未試圖解釋這一事實。我曾經觀察過在噶勞克夫一帶的黃土狀冰磧礫石亞粘土。阿格芳諾夫也曾描述過相似的沉積物其中含有大量的變質岩的巨礫。在基輔的北部（冰川作用地區）一種特別的冰磧亞粘土"假如除去含在這些亞粘土裏的巨礫的話，它們在一切其他特性上都代表標準黃土"（費遼洛夫，1916）。

4）成層狀的黃土的存在曾經使風成說者發展了一種難以成立的理論，他們想着，假如黃土落到湖中它們可以在湖底形成一種特別成層的結構的——湖成黃土[1]。

但是沒有比這個更錯誤的觀點了。尘土沉積在湖中（假如曾經是有如此多的尘土可以形成一個可看得出的層的話）它們將形成亞粘土或是砂質亞粘土，而不能形成黃土。黃土不僅在水下而且也在旱地上，當爲水分散時，就會由一種鬆而多孔的岩石變成一種單純的、含有富集的細粒質點的發粘的亞粘土。

不僅普通尘土沉澱在河中或是在湖中不能生成黃土，很明顯

1）湖成黃土是由"由冰川區裹風，吹蝕的沙漠地帶的風成灰尘的降落而形成的"（Tutkovsky, 1912）。也有一些著者如（N. Krishtafovich, 1912）認爲灰尘降落在河裏可以生成一種特別的"冲積黃土"。

的就是黃土——尘土，即由黃土受剝蝕而形成的灰尘，一旦落入水中就必然要失去大部分黃土所保持的特性，而變成最常見的亞粘土或是砂質亞粘土，變成爲一種通常所謂的砂與粘土的混合物，有時是含鈣質的。

同樣的，黑鈣土從來不能在沼澤地帶或是在水下形成。一種沼澤土祇有當它乾燥了，不再是沼澤了以後才能够可以獲得黑鈣土的樣子。當一種沉積物保留在水下的時候，就讓它是有和黃土一樣的機械組成，同含有碳酸鈣，也不能具有黃土的外貌，也不能叫做層狀的，湖成的，或是其他的黃土，因爲那種沉積物與後者並無任何關係。

所以對於"湖成"黃土的概念，僅是從觀察陸地上的、成層狀的黃土狀岩石而引起的一種概念。但這種外貌僅能在沉積物自水面下昇起來以後才能形成的。所以這不是"湖成"黃土：即一種在湖中水下形成的黃土；而是一種非常不相同的東西，一種由湖相冲積物形成的黃土。這種層狀的黃土狀沉積物是很常見的，因爲任何細粒的冲積物在乾旱的氣候條件下都可具有黃土狀沉積物的外貌。可以舉兩個例子來說明上述的情況。

假如有"湖成"黃土爲什麼不可能有層狀的"河成黃土"呢？事實上在乾燥的大陸性氣候的雅庫斯梯克的列那河谷中確實存在有現代的黃土狀河流冲積物。

我們現在可以舉一個成層的"海成"的黃土的例子，在烏拉爾斯克，烏拉爾河岸旁，在河邊的陡崖上可以看到一種棕色的黃土狀的砂質亞粘土，下部成層狀，含有現代裏海的軟體動物的貝殼（*Adacna plicata* Pravoslaulev, 1913）。在伏爾加河下游在薩拉托夫（Sarepta）附近，裏海的沉積物向上逐漸變成爲一種非常類似黃土的建造，但具有層理。雖然它經過了在陸地上的風化和成土作用的影響已具有黃土狀的外貌，但它仍是成層狀的海相沉積物。

祇有在這種情況下，成層狀的黃土，河流的，湖泊的和海成的

黃土才可以形成。即它們的具有層理，是因爲它們經過一種成土作用而形成的，但由於經歷一個較簡短的時間，沒有來得及變化爲眞正的黃土。它們的黃土狀是由於它們從水中昇起來後成爲一種陸地的岩石，在乾燥的氣候條件下的風化作用和成土作用的影響下而形成的。

5）讓我們現在看一下屠特科夫斯基（1899）的"焚風（foehn）學說吧。毫無疑問的在大陸冰蓋的上一個反氣旋系統的高壓是盛行的。但是也不用多疑在俄羅斯平原的南部這樣一種情況不能發生焚風（除非可能那種所謂的"自由大氣"的焚風，現在對我們的問題來說並無興趣）。由於焚風是空氣從相當高的地方下落所形成，這種情形在冰蓋的南端並不存在。而所謂的黃土"沉積帶"也是位於不能爲假設的冰川焚風所影響的冰蓋的邊緣以外很遠的地區。

按焚風假說的說法，這一成問題的焚風是假設自東北和東方吹來；它們在風蝕帶形成新月型砂丘（barkhans）而把冰磧物的尘土運送到更南邊、西南或東南邊。但是正如我在最近的著作中所指出的，（1926，p 80—20），在（第聶泊盆地）波列斯地方所聚集的被稱爲"barkhans"[1]的新月型砂丘，事實上是由於西和西南風作用所形成的砂丘，而根本不是由東北和東風所形成。當冬季，在冰蓋的南部事實上主要的是刮着西風（Enquist，1916）。

屠特科夫斯基假設當冰蓋前進的時候和靜止的階段上，不適於形成在冰蓋的邊緣以外部分的冰磧物的吹蝕，和在草原地帶黃土尘土的沉積；但是按同一作者的說法，當冰蓋後退時期，上述的那種情況才會產生。從冰的退却而解放出來的地區是一個"純粹的沙漠"，在乾而熱的焚風的作用下，泥礫分裂開變爲熱散的物質，爲風所吹颺而沉積下來成爲黃土。

在現代，毫無疑問的是方才所描寫的情況與實際事實並不相

1）"barkhans"爲中亞沙漠地區的一種特殊新月型砂丘。

符合。冰川退却後留下的地區並未變成沙漠，但這是不言而喻的，首先是爲標準的苔原植被所伏蓋。具有如 *Dryas octopetala*, 矮樺和極地柳等特徵的植物。在這條帶以南分佈着樺樹林。這是我們由泥炭層裏所發現的植物遺跡所看到的情況。同樣如像在分水嶺地區黃土的上部層中，在冰磧物本身中，或是伏蓋在冰磧層上的冰水及冲積的沉積層中，可以看到一層化石土壤代表着可以叫做沼澤土壤、灰壤(在 Kherson 地區)或者甚至於黑鈣土。當形成化石的沼澤土、灰壤和黑鈣土的時候，在那裏，明顯的，不能是沙漠，不僅是在那裏，甚至在更近一些在更北的地方也不能是沙漠。

部分的由於這些事實的影響，克魯柯斯一個風成說的擁護者同阿法納謝夫，一個冰水假說的贊同者，全指出"不可能發生由於冰蓋的後退而有吹蝕冰磧物的事實（Krokos 1924, p 23. 28）所以在這種情況下連最小的風蝕作用也沒有發生（Afanassiev, 1924, p. 151)。

早已被人指出過（A. P. Pavlov, 1911)，冰磧物（泥礫）由於他們的堅實性和他的組成，一般說來是一種不易被吹蝕和生成尘土的。冰磧物不易受吹蝕，也可以由在斯摩棱斯克地區很多地方看到(尼基丁，格突卡，杜克屠洛夫斯基)化石泥炭直接蓋在冰磧物上(在別洛斯克地方其中含有 *Carpinus betulus* 和 *Brasenia purpurea*)，這樣，在黃土形成的時期雖然沒有焚風也沒有東風，更沒有在冰川退却後的冰磧物的被吹蝕。所以焚風假說必須整個地放棄。

III. 尘土的起源

現今也有很多風成假說的追隨者們認爲尘土的來源不是從冰磧物來的，而是從冰水的和冲積物來的。（Penck and Brückner, Sörgel Mirchink 等)。

假如我們同意這樣的假設，我們就不得不承認許多的冰水沉積的砂，砂質亞粘土和亞粘土是爲風所吹動過，其中一部分變爲砂

丘，一部分爲風攜帶向南而沉積下來成爲黃土，而一部分（粘土顆粒）被吹到海裏。只是這樣一個假說的情形的不成立是很明顯的，因爲冰水沉積的砂質亞粘土和亞粘土像任何其他的沉積物一樣都將爲植物所覆蓋。僅有砂可能在冰期後成爲遭受吹蝕的對象。但是如果要造成伸延有一百萬平方公里面積的，像烏克蘭的黃土，需要多大量的砂子才能形成呢？砂子的面積一定要比黃土的面積大十倍才成。舉例說：（依阿法納謝夫 1924）從 Mohilev 附近高爾基城的砂的分析來看；它含有小於 0.5—0.01 的顆粒（尘土）不到 7%，而在 Chernigov 的黃土中却含有 50—80% 的這樣的顆粒。

自冰水沉積物中吹起的物質不能形成均一結構的尘土，因爲不可能想像在兩岸都由黃土形成的河谷中，如德聶泊河的中游及下游，曾是經常的颳着相反方向的風，關於這個爭論已久的問題現在暫不討論，留在後面再談。

IV. 黃土，做爲一種在原地風化和土壤形成作用的產物

現在已經說明了風成、冲積和坡積假說都不能解釋黃土的起源。

依我在 1916 年所提出的假說黃土及黃土狀沉積物可以由富於石灰質的不同的細粒的岩石，在乾燥氣候條件下經過風化作用，和土壤形成作用在原地形成。

黃土的起源和它的母岩的起源

讓我們現在探討一下這個問題，是不是黃土的不同類型，或是不同的黃土和黃土狀沉積物可能是不同的來源呢？例如，能不能說標準黃土有一些是風成的，而另一些是冲積的；或者說不一定所有的黃土都是風成的，而所有黃土狀沉積物都是冲積（冰水沉積的成因呢？）曾經提過了，大多數學者都採取了後一種觀點。但是

這種看法是很不對的，因爲可以從以下看出。

是甚麼導致了我們對一種沉積物叫做黃土狀的冰磧物，黃土狀的砂，或是黃土狀的粘土呢？那就是上述的沉積物具有一種特別的黃土狀的外貌。這種外貌是什麼樣呢？顆粒是黃土型的，即0.05—0.01毫米直徑的顆粒，開始在這類岩石中佔主要的成分，這種沉積物成爲多孔性，富含鈣質，或多或少的帶黃色，具有一種按直立劈理裂開的趨勢。

這樣，我們可以發現很多碳酸鹽含量高的岩石，可以具有黃土狀的外貌。所以我們必須把岩石（讓我們稱之爲黃土的母岩）的起源，從黃土狀外貌的起源區分開。母岩的起源可以是多種多樣的；它可以是冲積的、坡積的、冰水的、冰川的、風積的等等。但是黃土狀的外貌却很顯然的，總是這些岩石在某一種相同的情況下產生的。黃土和黃土母岩間的不同，正像岩石和土壤之間的關係一樣：岩石變爲土壤必須有一個土壤形成過程，岩石改變成黃土，也需要一個黃土形成作用。這種作用，在細節方面可以有很多的變化。但基本上是一樣的；從這樣的觀點出發讓我們談一談整個黃土狀沉積物這一類的情況。

黃土形成作用

什麼是把表層岩石轉變爲黃土和黃土狀沉積物的黃土形成作用呢？

最近吉德諾茲（K. K. Gedroiz, 1912— 1926）和甘森（Ganssen, 1922）的工作已經證實了這樣的作用。

要獲得黃土狀的外貌，一個沉積物必須具有：1）相當大量的0.0001毫米或更小直徑的微小的顆粒。2）一定量的鋁矽酸鹽，特別是那些富於二氧化矽的。3）相當量的碳酸鈣及一部分鎂。另外4）一種特別屬於草原型或沙漠型的乾燥氣候的風化作用。

在這樣情況下風化作用的結果可以使一個沉積物具備"生土"

狀的顆粒結構，也就是具有相當多的由 0.01—0.05 毫米粒徑的質點及鬆散的構造。這是因爲在碳酸鈣的作用下，泥質 (silt) 的質點會被膠結在一起造成更粗的集合體。這些集合體是相當穩定的，即使在土壤水的影響下也不再分散（在這種情形下不易生成更大的顆粒)。在母岩中由於這種從很小的質點形成了更大一些顆粒的結果便產生了很多的孔。這樣就說明了黃土的鬆散性和它的多孔性。

所以黃土可以從一種比它本身所含的更富於細的質點的物質形成。甘森 (Ganssen, 1922, P. 41) 曾做過這樣一個值得注意的實驗。一個高嶺土樣品在和鹼性矽酸鹽的接觸作用下，於實驗的最後階段，這個不能爲鹽酸分解的高嶺土差不多有一半轉化爲可以爲鹽酸所分解的沸石型矽酸鹽。同時它們的結構有如下的特殊的變化。

顆　粒　直　徑	試驗前的%	試驗後的%
小於 0.01 毫米	93.5	45.3
由 0.01—0.05 毫米	3.3	43.2
大於 0.05 毫米	3.3	11.6

可以看出，在鹼質的作用之下，顆粒的直徑加大了，它的粒徑接近於黃土顆粒的大小，在黃土的母岩中由於吸收了鈣和鎂的離子，以及碳酸鈣和碳酸鎂鹽的作用，也可以發生相似的過程。這種黃土形成的過程，甘森說是由含有富於二氧化矽的細粒鋁矽酸鹽的表面的加水作用以及土壤質點的被碳酸鈣的膠結包裹作用所致，由於這種作用，使小於 0.01 毫米直徑的質點增大爲 0.01—0.05 毫米直徑的質點。

這是發生在乾燥的氣候條件下，我們所看到的情形，粘土轉化爲亞粘土。假如鋁矽酸鹽在濕潤的氣候條件下，粘土的量（物理的）要增加，即小於0.01 毫米粒徑的質點增加。當風化的時候黃土

失掉其中的碳酸鹽，同時也變得更細粒些和具有粘性。

風成說的主張者或許要說：好，我們承認由於黃土形成作用可以造成具有黃土外貌的岩石，但是我們更注意的是形成黃土的母岩的來源問題，它們是風成的，黃土的母岩是尘土，是一種風積物。

但是對於這個我們可以做如下的回答，即如果你承認，通過某種作用岩石可以獲得黃土樣的外貌，那又有什麽必要認爲母岩必須是由風吹來的呢？你又如何來解釋這些問題呢？

黃土的現代形成作用

這裏引起了一個問題：黃土的形成是一種現代的還是一種古老的作用呢？

對於這一問題可以做以下的解釋，即現代的和古老的黃土形成作用全都有。但無論所遇到的是那種黃土，它們都是一種乾燥氣候的標誌。在土耳其斯坦和外高加索一帶現在仍可以看到由冲積和坡積物變爲黃土的形成作用。Neustruev (1910)對土耳其斯坦 Chimkent 區的現代沉積物說："仔細的研究了土耳其斯坦的沉積物以後，我們可以看到所有的細粒的沉積物完全的或是在某種程度上的具有黃土的標準特徵。冲積物獲得多孔隙性，較淺的顏色，以及相當鬆散和在酸下不同程度的起泡"。"差不多所有 Chimkent 區的冲積物和坡積物都具有這樣或那樣黃土的樣子。它們全都具有高的碳酸鈣含量，大多都是多孔隙的和含有很細的顆粒"。在 Andizhan 區的 Kora-dorga 河的現代冲積層中常常可以看到夾有黃土狀的夾層 (Neustruev, 1912)。東土耳其斯坦的河流冲積的砂-粘土質沉積物，(沿 Kashgar-darya, Yarkend-darya, Khotan, Keria, 及 Nia 一帶) Bogdonovich (1892) 說是黃土狀的。

巴庫，Mugan 草原的土壤，是由 Araxes 河帶來的沉積物所形成的，也必然是冲積成因的。(Zakharov, 1905) 它們常是一種多孔

性的亞粘土，而 Zakharov 認爲是"平原河流冲積黃土"。（Plain alluvial river-loess）至於它們的結構，Mugan 的冲積土，是同土耳其斯坦的黃土很相似的（Tulaikov，1906）。由於這些現象的影響 Kossovitch，（1911）一個風成學派的人說："冲積造成的岩石在顆粒上是可能和風成的相似"。但，是冲積物，當然只有在乾燥氣候條件下經過風化作用才可以變爲黃土。

以上我們列舉了在沙漠地區的現代黃土形成的例子。但是同樣的作用可以在黑鈣土區看到。正如 Bogoslovsky（1899）所指出的，在黑鈣土發育於海相亞粘土質的母質上的時候，後者的上部常常獲有一種黃土狀的特徵，像變爲多孔，高鈣質含量，黃色。這種變化可以自表面向下達到 2.5—3 米的深度。在薩拉托夫，同西姆畢爾斯克第三紀的砂質粘土和砂岩的坡積物中，當它們形成爲黑鈣土的底土（母質）的時候，也獲有很好的黃土狀的外貌。Bogoslovsky 說：在草原風化的影響下，在很多情況下非常不同來源的土壤（由於它們的組織）都具有黃土狀的外貌。Prasolov 和 Datsenko 都支持這樣的看法（in "Stavropol District"，1907）。他們對中伏爾加河的具有黃土狀樣子，和含有高碳酸鹽含量和柱狀構造的"階地粘土"，說"任何一種粘土都可以由於殘積作用，植物根的深入獲有這些特徵，在草原地帶所有的底土，除了堅硬的岩石外，全是黃土狀的粘土，"關於托姆斯克和鄂木斯克的底土 Neustruev（1925）說它們的黃土狀形態有時可以由於草原土壤形成作用而形成。至於坡積層，那是毫無疑問的，可以在草原和沙漠裏乾燥的氣候條件下有可能獲得黃土狀的樣子。談到關於斜坡上的黃土（Gekange-lösse）就是 Wahnschaffe（1886）也指出它們是"曾經，很可能現在仍在斜坡上由於細粒物質的剝蝕作用而形成"。正如以前所提到的，在 Chimkent 區的坡積物也像在薩拉托夫和西姆畢爾斯克區以及其它各地的一樣都具有黃土狀的形態。

V. 黃土和河谷的關係

很大一部分的烏克蘭黃土的母岩，特別是在分水嶺地帶的黃土，沒有問題不是風成的，而是水成的，清楚的是由流水的作用所形成的，這可以由那裏的黃土結構和它們距離大河河岸的遠近的關係上找出證明。因爲好像在河床的附近是有砂和砂質粘土，或者至少也是一種比較粗成份的沉積物，隨着距河床的距離的增加，沉積物的顆粒也就逐漸的變細。

不僅在烏克蘭，正如我們以後可以看到的，而在西西伯利亞、土耳其斯坦和高加索，在很多的大河都具有這種情況，除非是那些形成黃土的物質是由於河流的泛濫，因而把粗粒的同砂質的物質沉積在河附近，把細的粘土質顆粒帶得更遠是不容易解釋的。

Makhov 1926 年所編的烏克蘭土壤圖上表示出在第聶伯河左側的任何一個支流的兩岸都有砂質亞粘土的黑鈣土發育於砂質亞粘土質的黃土之上，而在距河岸遠的地方便變爲亞粘土質的黑鈣土發育於亞粘土質黃土之上。

這種隨着距離河流愈遠因而在黃土中的粘土成分的加多也可以在前基輔和喀山境內從第聶伯河向西，在 Desna 東方的 Chernigov 和 Orel 地區，還有在克拉科夫境內的河流區域看到。在庫班盆地內的黃土狀亞粘土，這些，C. A. 雅柯夫列夫(1914)認爲是水成的，由在庫班河同拉巴河的兩岸的砂質，而在離河谷較遠的地方變爲粘土質的。薩馬拉區 "Syrt" 粘土經過 Neustruev 的研究也認爲其黃土組成有愈向伏爾加河愈變爲砂質的情況。離開伏爾加河不遠以後，這種 "Syrt"（兩河之間分水嶺高原）是由不成層的棕色粘土組成的，它們的絕對高度不超過 170—180 米的樣子。在薩馬拉地方伏爾加河左岸的 "Syrt" 砂 "很可能是位於現在伏爾加河位置上的古老的河流的堆積物"。

在西西伯利亞的黑鈣土地帶這種現象是很普遍的。在托博爾

河和伊希姆河流域的表面堆積物是一種亞粘土質堆積物，而在分水嶺地區則是粘土。在伊希姆河和額爾齊斯河之間的分水嶺地區離開河床不遠，土壤的母岩很快的就變得更細，變爲亞粘土和粘土。在距離額爾齊斯河約10—15公里的範圍內，沉積物又變爲砂質，形成了額爾齊斯河外圍的輕亞粘土帶。由下附的表中可以看出在鄂木斯克附近額爾齊斯的母岩(河的右岸的)的機械組成向東的變化：

顆　粒（毫　米）	>1	1—0.25	0.25—0.05	0.05—0.01	<0.01
在額爾齊斯河附近	4.4	27.3	31.2	17 3	19.3
離額爾齊斯河 1.5 公里	1.2	4.5	25.3	31.6	37.2
離額爾齊斯河 7.5 公里	—	2 2	20.8	26.0	52.0
離額爾齊斯河 19 公里	—	0.5	8.7	30.2	60.4

由這個表上可以清楚的看出粘土的顆粒，即小於 0.01 毫米直徑的顆粒，在表層上是隨着距額爾齊斯河愈遠愈加大。眞正的重粘土在更遠的地方便有了。

在土耳其斯坦也可以看到河谷與黃土之間的這樣關係。從錫爾達利亞河鄰近的饑餓草原部分的土壤圖上可以看出砂質亞粘土和輕亞粘土是在錫爾河附近，而重粘土是離河流較遠。

基於方才所說的一些事實在 1916 年我曾寫過，"在冰期時代河谷中的水量要比現在大得多"，夏季泛濫延展到很大的距離，也常淹沒了分水嶺地區。

奧勃魯契夫(1929)相信黃土中粘粒的成分隨距離河谷的愈遠而增加的情況也可以用風成說來解釋：在河岸附近，很遠吹來的尘土顆粒中也可以同樣參加進去由風吹颺起來的河岸陡坡和河邊的砂。但是爲什麼相反方向的風不能把砂吹向河裏呢？所以假如接受奧勃魯契夫的解釋，那就要承認像以上所說的額爾齊斯，伊希姆河谷，阿托博爾河谷的沉積物分佈的情形是在右岸主要是由西風，而在左岸主要是由東風的作用所形成的。換言之在分水嶺地區則

受相反的風的影響。一種十分難以認爲是持之有理的假說。

依我的理論來說，這種隨着距河谷遠近而發生的黃土的組成的不同，便可以迎刃而解了。水淹沒了河床，把砂質物質沉在河岸邊，把粘土質的物質帶到遠處去。這種現象不可能有其他另外的解釋。

簡短的來說，在河道附近沉積物的組成和距離河道較遠地方的沉積物的變化只能在基於承認黃土和黃土狀沉積物母岩是由水的作用冲積而成的情況下才能解釋得通。

VI. 黃土沉積物的分帶性

在"東欧表層沉積物的分帶性及黃土之成因"一文中(1928)，我曾指出過有趣的事實即在俄羅斯平原上的表層沉積物和土壤表現出一種分帶性，從北到南，粗顆粒的物質逐漸爲細粒所代替。這樣在北方表層沉積物是以砂和冰磧亞粘土，及表層砂質亞粘土爲代表而向南便出現了黃土狀的亞粘土。在烏克蘭的北部的冰川作用區依瑪克霍夫的說法是分佈着一種砂質亞粘土，或者是微亞粘土質的黃土。含有 20—25% 的粘土顆粒，即直徑小於0.01毫米的顆粒，稍微往南在冰川作用區域以外，我們便可遇到一種亞粘土質的黃土具有 30—50% 的粘土顆粒，最後在最南也可以遇到一種粘土質黃土，具有 50% 以上的粘土顆粒。普拉索洛夫 1930 年編的蘇聯欧洲部分土壤圖上表示出，在黑鈣土區以北的地方，從 Poliesie 到 Kama 在較細粒的底土層上發育了一層砂質灰壤。

這層表層堆積物的分帶性可以是由於它們是冰川的或冰水的沉積物的不同而形成。烏克蘭黃土的母岩的冰水沉積物，同時也是它們在南方的最細粒的岩相。

VII. 黃土狀沉積物

假如烏克蘭的黃土是一種在乾燥氣候條件下風化的產物，很

自然的可以希望在標準的黃土帶的北邊應該有另外一個區。因爲細粒的物質已爲冰水攜帶到南方，而留在那裏的黃土應該粗一些。在北方的這一帶的黃土一定含有更多的礫石，由於較濕潤的氣候的關係淋洗作用強而含有較少的石灰質，同時也由於它的形成的時代較新而更清楚的具有明顯的層理。所有這些現象事實上都在東歐北部的所謂的黃土狀沉積物中可以遇到。大約自北緯 51 度向北一直到北緯 64 度。同樣的沉積物在西西伯利亞分佈也很廣。

風成說者們對於黃土狀亞粘土成因的問題是保持沉默的。對於這樣一種沉積物是很難以風成來形容，標準黃土在水平方向上幾乎是不知不覺的轉變爲黃土狀沉積物。這樣，依阿法納謝夫(1924)高爾基區的標準黃土在接近於斯摩稜斯克時變爲很均一而廣泛分佈的黃土狀的亞粘土，

假如我們否認黃土狀沉積物的風成來源，便沒有任何理由要認爲標準黃土是一種大氣中灰尘的沉積物。自伏爾加向東，與黃土相當的岩石是"Syrt"(棕的 Syrt，或是草原 Syrt)粘土，這已經在文中提到過不是冰水成因的沉積物。

VIII. 黃土中的動物羣

黃土中的動物羣和我們的黃土由於不同母岩經過風化和成土作用而在原地生成的黃土起源說法並沒有任何一點矛盾。關於黃土中的動物羣可以有以下三種類型：

1）在黃土母岩形成的同時埋藏的動物化石。

2）在黃土形成過程的乾燥時期的動物遺骸。

3）在黃土形成後由於裂縫或是動物穴的關係而埋藏進去的現代動物。

例如，像黃土中標準的陸生軟體動物 *Pupa muscorum*，在河流沉積和洪水泛濫的沉積中也是極爲常見的，在夏季暴雨之後大

量的這樣陸生軟體動物被冲入河中，在春雪溶化的春泛時期，也有同樣情形。在北高加索的小卡比爾達地方的 Terek 河的右岸，草原上有大量的陸生軟體動物 *Helix* 如 *H. vindobenensis* 和 *H. derbentina* 等及 *Buliminus tridens*（黃土中極常見的一種）。Krasheninnikov 和 Neustrues (1916) 曾指出這些軟體動物的殼在這個草原的黃土狀亞粘土的不同剖面中都可以遇到，在深達 20 米以下的地方都找到過。

IX. 黃土的年代

黃土的年代的問題祇有在把黃土分爲兩部分來討論時才能解決，即黃土的母岩的形成時代及其轉變爲黃土的時代。有些學者把黃土解釋爲是間冰期的產物，說是在冰退的時期所形成的，也有人說黃土是當冰前進時期形成的。

按照我們的看法，黃土的母岩可以由不同類型的沉積物形成，可以是河流、湖泊或是海邊冲積的，或是冰水的，冰川沉積或是坡積的，但是他的形成黃土是在一個乾燥的時期，是一種在乾燥氣候下成土作用和風化作用的結果的產物。

在間冰期和冰期以後是具有乾燥的氣候的，很明顯，上述的這些沉積物是在這個時期才取得了黃土的面貌。這樣說來烏克蘭黃土的母岩的絕大部分是在冰期時代沉積的。

這也可以由不管是在德國或是東歐，最後一次冰期（武木期）的冰積物上都沒有黃土的沉積來證明。

X. 對上述觀點的幾點不同的意見

大致可以歸納起來有下列幾點：1）黃土的巨大厚度不可能是由風化作用而形成的；2）黃土和其下伏基岩之間是截然分開的。

這些反對的意見可以作如下的解答：

1）歐洲同北美的黃土的厚度很少超過 10—15 米，20 米就是

很例外的了(例如在南保加利亞的 Voznessensk)。

很肯定的,黃土是被化石土壤層分開成爲幾個不同的層,其中每一層,當然都有他自己的黃土化作用。這樣,在 Kherson 地區,平均第一層(上層)的黃土的厚度是 3.2 米,黃土化作用是可能把所有這些母岩變爲黃土。至於中國的黃土的剖面依最近的研究也是被分爲好多層。

2) 黃土並不是永遠和下伏岩石截然劃分開的。常常在一些新黃土中(或者可以說是黃土狀亞粘土)上覆的黃土常是很不易覺察的變爲其下的母岩。在黃土狀亞粘土中這已是一個很肯定的事實了。對黃土來說也可以說是同樣的。所以,N. Krishtafoŭich (1903) 在描述 Novaia 附近維斯都拉河的上階地的黃土時說是和其下伏的暗灰色的粘土分不開的。

但是當達到相當深處時,它的化學成分,和岩性結構方面發生顯著的變化,在此標準的黃土化作用也不能達到其母岩。例如,在冲積的亞粘土表層下有一層冰磧石,前者可以完全變爲黃土,而後者則不能形成標準的黃土。在那樣的情況下,在冰磧物和黃土之間便可看到一個清楚的界線,簡而言之,就是表層是在其母岩允許的最大可能深度下全變爲黃土。在有些例外的地方表層的厚度大於一般的平均厚度時,他下面的一部分也被黃土化作用所影響。在 Chernigov 區我曾常常遇到在黃土岩石下,初看似乎可以找到有一個明顯的界線把上面的黃土分開,但仔細的研究之後,也可看到下伏的岩石,(例如冰磧石)雖然在結構上和黃土很不一樣,可是也具有黃土狀的外貌,說來,這樣的事實是從風成說的觀點找不到可以解釋的道理的。

已故的格林卡(K. D. Glinka)曾同意我對黃土成因的看法,在他的土壤學第三版中,(1927, p. 577)他寫道:

"至於談到黃土成因的問題,我要特別强調的是在這方面我和貝爾格的看法是不矛盾的,我們全都反對風成學說,而承認它的水成(冰水)

成因，自貝爾格在第六次土壤會議上報告後，我相信他所聲稱的在成土作用的影響下，沉積物可以形成黃土的說法是對的"。

結　論

黃土和黃土狀岩石具有共同的成因，——他們是在原地，由不同岩石形成的，常是富含鈣質的，是一種風化同成土壤作用，在乾燥氣候條件下的結果。若干具有均一組織結構的岩石、像一些冲積和冰水沉積物，是很容易產生黃土和黃土狀岩石的。

這樣黃土發育地區和冰川地區的常常相接連也是十分可以理解的。

形成黃土的母質的沉積的時期同方式和這些物質的轉變爲黃土和黃土狀亞粘土的時期和方式是必須加以劃分開的。

欧洲黃土的母質大部分是在冰期堆積的，當時河流充滿了大量的泥水，它們的泛濫超伏於現代水系的分水嶺地區。這些沉積物(母質)轉變爲黃土是在乾燥的間冰期和冰期以後。

很多確切無疑的冲積物證明其具有黃土狀的外貌。有如：在北高加索、外高加索、西西伯利亞和土耳其斯坦高地的黃土狀沉積物。

同樣也證明了富含鈣質的粘土岩石在乾燥氣候條件下風化時會變爲更粗粒同獲得一種近似黃土的顆粒組成。

自標準黃土到非常多種多樣的黃土狀沉積物之間可以找到一系列的漸變的關係。對於後者一般不認爲是風成的，所以同樣也沒有理由認爲標準黃土卽是風成的。

風成說沒有現實的事實根據。被當做黃土來源的在土耳其斯坦和中亞的灰尘，是一種人爲的產物。常常是由於對黃土本身的被破壞而引起的。沒有任何證據證明在現代由於灰尘能形成黃土。

[劉東生譯自 L. S. Berg, The Origin of Loess. Gerlands Beiträge zur Geophysik Band. 35, s. 130—150. 1932]

華　北　黃　土*

B. A. 奧勃魯契夫院士

1928 年我在塔什干城舉行的第三次全蘇地質代表大會中，曾經根據我在 1892—1894 年考察期間親自觀察和各種文獻作了關於華北黃土的報告[1]。大會的發起者、地質委員會中亞細亞分會曾經打算把這個報告刊登在大會的彙報裏。但是在出版的第一、二期的彙報裏，我的報告沒有登出，而預定的第三期彙報又沒有出版，於是這個報告就留在資料的檔案裏。關於黃土的問題雖然列入大會的議程內，但是顯然沒有引起組織委員會的注意，甚至該會沒有把這篇報告未曾刊登在大會彙報裏的情形告訴我，也不想把原稿退還給我。大會以後不久，我又當選為科學院院士，忙於遷移到列寧格勒、組織地質研究所和一些新的任務，以致完全忘記了這篇沒有發表的報告。

在俄羅斯的著作中，誰也沒有比較詳細地敍述過中國的黃土，只是在討論黃土問題時概略提到一下。但是，了解黃土及其產狀和分佈的情況，對於正確解答黃土和黃土狀岩石的一般成因問題具有重大的意義。因此我利用地理出版社把我的舊時一些著作再版的機會，加入我在塔什干所作的那篇關於黃土的報告，使關心這個問題的人可以得到詳細的了解。這篇報告的草稿保存在我的文卷中。該文曾經考慮到 1928 年夏季以前在莫斯科所有的關於中

---

* 本報告僅摘要刊出，特別是動物化石的目錄部分。全文將刊登在蘇聯科學院第四紀研究委員會的彙報中。

國黃土的各種文獻，但是我不能以最近的材料對它們加以充實，而僅僅在該文的目錄上作了一些補充。

* * *

華北各省（河北、山西、陝西、甘肅、河南、山東、安徽和江蘇一部）是地球上黃土最普及的地區，而且這裏的黃土還達到最標準的發育和最大的厚度。所以，黃土風成成因假說雖然最初產生在墨西哥，但却是根據到過中國的旅行家們的觀察材料才進行了詳細的研究和具有極其重要的意義。公正地說來，風成假說的創造者就是李希霍芬，雖然他的見解由於在中國和中亞細亞——黃土物質的誕生地——調查時所獲得的新材料已經有重大的改變和補充。

近十年來，在北京成立不久的中國地質學會內的地質學家，不論是中國人、歐洲人以及某些生長在中國的學者——傳教師和當地的大學教授，他們的研究工作提供了關於第三紀和第四紀構造地質學的新的有益材料，這些材料更加證實了風成假說，同時使更清楚地理解黃土沉積的過程、分佈的情況及其特徵。由於這些材料對於一般黃土問題相當重要，所以我，作爲唯一親自研究過華北黃土層的俄羅斯地質學家，認爲必須在這個報告裏把這些新的材料介紹給大會會員，並因而涉及到一般的黃土問題[1]。

早已知道，華北第四紀，一般不成層的稱爲黃土的岩層是不均一的。

一月考察隊內的地質學家洛奇，已經注意到在陝西和甘肅兩省觀察過的黃土的變種。他在渭河兩岸發現紅色石質的堅硬砂質粘土。他在六盤山的山坡上看到基岩上的黃土往下變成堅硬的褐色砂質粘土，這種堅硬的褐色砂質粘土遇酸不發生沸騰，具有黃土

1) 必須指出，研究過黃土成因問題的俄羅斯學者，除少數外，都忽視關於中國黃土的著作，他們企圖根據在歐洲的觀察材料來解決這個問題，僅僅聯系一下關於土爾克斯坦的材料。由此可以說明洪積假說和冰發假說維護者的立場。當認識了中國的黃土——廣大的黃土地區時，這些假說就立刻顯得毫無根據了。

形狀，但沒有層理，並含有那些相同的貝殼、黃土結核和木塊。鄭州地區和渭河河谷裏的黃土下墊着紅色、紅褐色和黃色的含石膏的堅硬粘土，這種粘土到底層就變爲帶有泥質膠結物的疏鬆礫岩。

洛奇在平涼府和蘭州——Пин-фань 地區曾經發現墊在黃土下的礫石層，並指出這些礫石層往往帶有由黃土浸析出來的碳酸鹽或礫岩中的氧化鐵，並含有卵石，有時候還包含下墊基岩的巨礫。

在我的全部報告的第一卷裏已經可以看到許多指示，說明黃土層分解成爲兩個不同的部分：上部是褐色或褐黃色黃土，下部是由淺紅色至褐紅色的黃土。我在旅途通訊中認爲後者就是中亞細亞的戈壁大陸沉積，但在全部報告中則稱之爲最古老的黃土。我將在下面敍述這種黃土的特性，這裏只談談我當時所發現的褐黃色黃土在不平的淺紅色面上的不整合產狀。那個報告包括有關墊在兩種黃土下的礫石層和最近的已經位移的黃土的材料，這種黃土有成層的和不成層的，並摻雜着礫石和砂。

下層"最古老"黃土的淺紅顏色和豐富的粘土量，我認爲是由於這種黃土是在第三紀湖沼遺留下來的淺紅色戈壁沉積覆蓋中亞細亞盆地的大部面積和產生主要的吹颺物質時形成的緣故。

烏依里斯於 1903—1904 年曾經認識了李希霍芬所到過的中國各省內的黃土，他指出：在黃土下面或中間存在着礫石層，局部不顯明的黃土層理，變爲凹地的顯明層理的黃土以及有些地方潛藏在帶有細緻貝殼的淺綠色泥灰岩的黃土下邊。但是他沒有提到黃色黃土下面的紅色黃土，雖然在他到過的地方出現這種黃土。在黃土的一般敍述中他也沒有談到這種類型的黃土層。

塔費爾在黃河由北往南流的一段地區看到黃土下面有紅色層狀粘土，並在這些粘土裏採集到動物化石。他也在西寧以南的黃河兩岸觀察貴德的上新世層系，並提到黃土下面的礫石層。澤利格爾曾經描述山西省 Xyo-ny 附近的斷面，在這個斷面內，在黃色

黃土下有下墊紅色黃土的褐色黃土，這種紅色黃土有不平的剝蝕面，並位置在層狀沉積、可能是河流沉積上。他還談到使黃土發生沉積的乾旱期轉變爲黃土遭受冲蝕和發生變化的潮濕期。

中國地質學家的觀察提供了許多更精確的新材料，尤其是這些材料是以能確定沉積年代的動物化石和人類化石的發現爲根據的。此外，和黃土成因有關的亞洲冰川作用的知識也獲得了增加。

根據新的材料，華北的上新第三系和更新統就是和轉變爲強烈侵蝕期的三個沉積期相當的三個層系。這三個層系也形成一直到現在仍稱爲黃土層的綜合體，洛奇曾把這個綜合體分爲貴德層系和眞黃土，而我把它分爲最古老的紅色黃土和最新的褐黃色黃土。讓我們從最古老的黃土起更詳細地觀察一下這些層系。

1．含有三趾馬化石的紅粘土已經在下列各地發現：山西省東北部、陝西省接近山西省的黃河一帶部分、河南省、河北、甘肅和山東各省的一部。這些沉積雖然含有近似的動物化石，但不是到處都有相同的性質。根據曾經收集極多材料的茲丹斯基的記述，在靠近保德縣東北的黃河附近地區，特別是該縣東北 13 公里的徐家口村周圍出現紅粘土。這個地方是逐漸向東上升的高原，但是受到河谷和狹谷強烈的切割，河谷和狹谷的底上突出石炭紀的石灰岩，而斜坡和分水嶺則覆蓋着不成層的標準黃土。石炭系裏有厚達 65 米的紅粘土層。紅粘土大部分以由石灰岩礫石組成的 4 米以內不同厚度的底礫岩開始，這種石灰岩礫石含有形成石炭紀泥灰岩狀的上層和紅粘土之間陡峭台階的灰色灰質膠結物（具有很大硬度）。紅粘土在各方面都和畢凱爾米（Пикерми）粘土相似，是一種含有和紅色砂質粘土（不同於基礫岩）與石灰質結核稀有層位結合的礫石不固定夾層的砂質粘土。一個個的小卵石可以在礫石夾層內看到。按照夾層來判斷，是水平產狀。動物化石形成單獨的礦巢，大部分的體積從 0.5 至 2 立方米，包含大量各種不同的骨頭。沒有遇見整個的骨骼，但是比較完整的食肉類動物和犀牛的四肢、脊椎

和帶有下顎的頭骨以及骨骼的情況，表明僅僅是從近處帶來的。這些骨頭已經強烈礦化，腦腔大部分佈滿方解石結晶，它們的表面通常是純白色。直接靠近礦巢的亞粘土滲透着石灰，已經硬化，有時候包含在往往帶有骨頭碎片的砂土小透鏡體中。礦巢裏的某些地方也可以看到一些層理。這些礦巢經常分佈在厚 5 米的層位中，距底層高 25 米，距岩層頂面高 35 米，而且有時候可以見到兩個礦巢：一個在另一個之上，彼此相距 1 米。所有礦巢裏的動物化石完全一樣，很少變動，譬如一個礦巢內有極多的食肉類動物化石，而在另一個礦巢內則有更多的大反芻類動物化石。犀牛化石到處都很普遍。

在徐家口地方，特別富有骨礦巢的區域佔 5×5.5 公里。但是下列地區也還有這一類的石灰礦巢：(1) 在同一層位以北 70 公里的河曲縣地區內，這裏礦巢的體積較大，所含的骨頭較少，填滿較多的砂，礦巢周圍石灰的滲透較弱；(2) 在保德縣西 55 公里，陝西省府谷縣地區的烏梁口村附近，那裏在同一的水平面上，在紅色岩層的頂面下約 35 米處存在着一系列充滿砂質亞粘土的礦巢；這裏的骨頭較脆。

所有這些地點的發現，都是由於化石骨頭在中國藥舖大量用作藥物，成爲採掘和買賣的對象，因而獲得線索。

在徐家口與現代地形相符的紅色岩層的冲蝕面上，形成褐黃色標準黃土，而黃土上的某些地方還有由風從鄂爾多斯沙漠帶來的流砂。紅色岩層延伸在這個地區裏，東至由寒武紀-奧陶紀石灰岩組成的高地，往西經過黃河，由北往南長達 60 多公里。

按照安德遜的記述，河南省新安縣(洛陽以西約 50 公里)地區的紅色岩層曾經調查，在當地往北往東的 10 公里處紅色岩層最爲發達。那裏的地形就是由這種在谷內覆蓋大量黃色黃土層的岩層所組成的一些圓形小丘。這裏的紅色岩層，它的厚度看來要比在山西省的厚得多，成分也比較不同。粘土不僅是紅色，而且還有帶

不規則的淺白色斑點的雜色，這種粘土包含砂、礫石和類似黃土結核的石灰質結核的夾層，在某些層位中有不規則的夾層，這種夾層有時候發展成爲不整齊的分枝狀岩體或形成有時包含卵石的堅硬多孔的石灰岩夾層。動物化石形成貧乏疏稀的堆積，骨骼保存的情形較壞，有時存在於紅砂的透鏡體中。

鄂爾多斯南部邊緣，含有基礫岩的紅色砂土和粘土不一致地壓在中生代岩層上。拉伊利亞爾和利桑認爲這些岩層也和含有三趾馬化石的粘土一樣，是蓬蒂層。安德遜在蒙古南部找到富有石灰質結核的紅粘土，這種石灰質結核包含哺乳類動物的骨頭和牙齒。這樣的粘土在這個地區他處也可以遇見，蒙古人送給安德遜的動物化石大概是從這種粘土裏來的。

含有三趾馬化石的粘土層裏，動物化石極其豐富，而且大部分已經敍述。安德遜、貝爾基、茲丹斯基、林格斯特爾、什羅塞爾都曾對這種動物化石加以確定。這些動物化石中有猿猴（只在河南省、華北地區的最南部發現）、長頸鹿、鹿、犀牛、各種食肉動物（犬科、熊科、鬣狗、貓科）和齧齒類。除前述的三趾馬（*Hipparion richthofeni* Schl.）和暫時還沒有精確確定的羚羊、兩種豬屬、乳齒象、劍齒象、象屬外，還有鳥類（駝鳥屬 Strutherionidae）和爬蟲類。按照安德遜的意見，在甘肅東部的含有典型三趾馬化石的紅粘土最上層在表面下 20—30 米處所發現的駝鳥形鳥類的蛋殼碎片不是屬於黃色黃土上層內所見到的 *Struthiolithus chersonensis*，而是屬於另外一種類型。在山西省南部的基礫岩上和黃土下，在較小的圓錐形貝殼和相當大（24毫米）和扁平（11 毫米）的貝殼中可以遇見無脊椎動物中的大蝸牛屬。他們在慶陽府附近的含有三趾馬化石的粘土內發現了同一類的大蝸牛屬。

大家把這種含有三趾馬化石的粘土的年代確定爲上新世。但是對於這種岩層還沒有加以很詳細的研究，很有可能在某些地方也有較年輕的紅色黃土和這種岩層相連。茲丹斯基發現各個不同

地點，特別是河南、河北、山西的某些動物化石的傾斜成份，他認爲這是由於一部分上述動物化石不是地質學家親自在當地所採集的，而是在中國的小商店購買的，所以化石產狀的精確情況是不知道的。塔賽爾在黃河附近山西省的紅粘土裏採集了犀牛的頭骨、羚羊、*Palhyaena*，三趾馬，並將它們記述在自己的報告裏。安德遜從蒙古南部 Харобо 境界上的紅粘土裏指出有原犀（*Aceratherium*）、三趾馬、犀牛的牙齒、雙蹄類、馬、奇蹄類。

含有黃土結核的紅粘土不是華北這個時期唯一的代表物。巨流沉積和湖沼沉積也屬於這個時期。巨流沉積形成在山坡上，充滿峽谷和河谷，湖沼沉積形成在湖沼狀河谷底部上。對於兩者的研究都還很少。提伊利亞爾和利桑把潼關以上 500 米處的黃河右岸上、在有豐富石灰質結核和墊在黃土層基礫岩裏的一些層位中、包含田螺、小蝸牛屬和川螺的淡綠色層狀砂質粘土歸屬於這個時期。

含有三趾馬化石的紅粘土的成因，還沒有精確地獲得說明。哺乳類、駝鳥形鳥類、陸地大蝸牛屬的化石，明顯地表明是在草原條件下在地上生成的。但是由於有猿猴、長頸鹿、鹿、豬、海狸、沼澤龜(*Enydinae*)的存在，說明了在草原裏還有供豐富動物羣棲居的叢樹和湖沼。一般可以想像非洲中部的所謂走廊森林或非洲南部草原的景觀。湖沼和短時期水流的槽身可能成爲那些在雨天把草原動物的尸體和骨頭帶走的自然境界，而在湖沼裏也保留了水生和森林動物的遺骸。茲丹斯基根據山西省西北部骨頭的保存情形以及在脊椎動物的許多頭骨、整個的四肢和其他部分裏有下顎骨的情形判斷，認爲它們被帶走的距離是不遠的。安德遜認爲含有三趾馬化石的粘土實質上就是砂質亞粘土，上述粘土是在草原的條件下形成的，是主要由石灰岩所組成的表面經過很長時期的風化的地殼精選殘餘物，也就是精選殘餘的紅粘土。大家知道，這種土壤可以說明是在乾熱的氣候中形成的，像現代地中海的氣候那樣，

夏季乾熱，冬季則暖而潮濕。

如上所述，山西省西北部，靠近粘土層中心、只有5米厚的一個層位裏可以見到呈礦巢狀的動物化石：層位的上下部沒有動物化石。在河南省的全部岩層裏可以遇見化石，但是骨頭保存的情形較差。可見那裏的生活條件不是相同的。在河南省以南靠近海的地區，整個時期的氣候是良好的，有充分的雨量；只有在這裏才發現三種猿猴以及較多的鹿，雖然犀牛看來比較稀少。山西省西北部最靠近中亞細亞的地方，氣候比較乾燥，於是只有在這個時代的中期，顯然由於氣候短時期的改變和繁茂植物羣的發展，大批的動物才來到這裏，而以後又都死盡或退移到南方。

很明顯，揑伊利亞爾和利桑在把含有三趾馬化石的粘土和作爲上新世黃土相的淺紅色黃土和黃色黃土進行比較時，認爲它們的形成是和標準黃土的形成相似。在另外一個地方，他們和巴爾巴爾一起提到桑乾河盆地的紅粘土，這種紅粘土形成在片麻岩上，包含巨大堅硬的錳礦結核的夾層，但不包含任何動物化石，連大蝸牛屬也沒有，他們認爲這種紅粘土是古老岩石，可能是冲積岩石的風化產物所形成的堆積。新近研究這種層系的人，誰也沒有更詳細地注意它的成因。

我認爲構成含有三趾馬化石的粘土的物質，不僅是當地產生的鄰近山坡紅色風化地殼的冲洗和吹颺的產物，而且還有遠處的由風從中亞細亞帶來的塵土。這種外來的物質在山西省西北部沉積很多，在河南省則較少。這是很明顯的，河南省在蒙古以南的距離遠於山西省北部。

2. 三門層系和古老的紅色黃土。在含有三趾馬化石的紅粘土型形成堆積期以後，就開始了這些岩層的強烈冲蝕期，這種冲蝕向我們說明了這些岩層的各種厚度和不是到處都保存的情形。根據紅粘土和以下層系的年代判斷，冲蝕期與上新世中期近似。隨着侵蝕程度的減弱，由於氣候在乾燥方面的新的變化，冲蝕的產物

開始堆積在谷底上。拉伊利亞爾和利桑也把這個層系區分爲三個相：(1) 巨流相；(2) 湖河相和 (3) 黃土相。但是必須指出，在下部中的第一相可能較其他兩個相古老，這個相還和含有三趾馬化石的紅粘土冲積期相適應。我們從這個意見引出現有的綜合材料。

(1) 巨流相 (torrential) 是砂土，往往是粗砂，帶有礫石、卵石、間或層狀粘土的夾層與透鏡體，或爲疏鬆的砂，或結實的砂，有時是粘土質玫瑰色、淺紅色或甚至紅色，有些地方包含巨礫或整個岩層變成帶有已膠結爲堅硬礫岩的砂土透鏡體的礫石層。厚度達 40—50 米。這些砂土或形成在含有三趾馬化石的粘土層上，或形成在同一年代的多孔石灰岩上，有時候以基礫岩開始，或在已經位移的古生代或中生代岩石上。有些地方在砂相中間出現含有黃土結核、厚幾米的紅色黃土層。岩層上面大多數是含有小黃土結核、厚 5—10 米的紅色黃土。動物化石中只發現大蝸牛屬，一部分和含有三趾馬化石的粘土內一樣的類型，一部分顯然是在較南的地區。在岩層下部含有結核的褐紅色粘土的一個地方，曾經發現和古生代母岩有關的兩瓣小四角孔蟲 (*Quadrula*)。

我所描述的山西省太原府以南的露頭也屬於巨流相，這種露頭是由不一致地沉積在紅粘土小丘上的礫石層和砂土所組成，並覆蓋有紅色黃土層。這種相在蘭州附近黃河右岸上的黃土層高斷崖的下部可以看到，上面是黃色黃土，下面是淺紅色黃土，沉積在第三紀的堅硬礫岩上，從這些礫岩流出源泉。

(2) 湖河相在山西與河南境界線從黃河轉彎處往東到三門峽一段的黃河兩岸上曾經調查，顯然，三門峽就是湖狀寬谷的原因。

三門峽以下的相就是 4.5 米的含有許多淡水軟體動物瓣 (往往是近於垂直分佈)和哺乳類動物骨骼的砂土的礫石岩層。瓣鰓類一部分和下述的相似。三門峽以上，在同一水平面上，在含有基礫

岩的黃色黃土層下面，有墊着砂質粘土（看得見的有 3 米）的砂土（6 米）；在砂質粘土裏曾經發現多數瓣鰓類。這種瓣鰓類和現在活着的相似，但並不完全相同，即有 2 種四角孔蟲和 1 種 *Cuneopsis*。根據德羅的測定，它們近似 *Q. spurius*, *Q. affinis* Heude 和 *Cuneopsis capitatus* Heude，大概屬於上新世後的初期。

由此往上，從 Чжан-чжоу 到潼關，在黃河兩岸斷崖上，在黃土的基礫岩下，形成疏鬆的砂土，有些地方包含厚殼河蚌（*Lamprotula*）的碎片，帶有淡綠色粘土或褐色泥灰岩的岩層。潼關對面，墊在礫岩下的全部岩層是由夾雜着淡綠色粘土的玫瑰色砂質粘土所構成，這種粘土在個別的層位裏包含甚至形成整個河岸的大量石灰質結核。它們富有軟體動物田螺、小蝸牛屬和腕的川蜷。奧特納爾在三門峽下游收集的標品中曾經確定有下列各種動物化石：

Solenia carinata Heude +
Anodonta woodiana Lea
Cristaria herculea Midl.
Hyriopsis descendens n. sp. +
Lepidodesma ponderosa n. sp. +
Nodularia Doyglasiae Gr. 8c. Pidg.
Cuneopsis maximum n. sp. +
Lamprotula antiqua n. sp. +
Lamprotula undulata n. var. +
Corbicula flumineae Müll.
Limnaea classini Neumayr.
Metodontia honaiensis Orosse
Cathaica (*Pseudoberus*) *plectotropis* v. nov.
Platypetatus andersoni n. sp.

克萊斯契克發現只是已知的化石類型的那些形狀。

這種動物化石表明當時是濕熱的氣候，所以奧特納爾就更認

爲是上新世上期。這種化石類型只有在其發現處以南的地方才有近親種類，這說明氣候變化的情形。瓣上的一些磨損說明顯然是由三門峽上游的湖沼搬運來的。地面上的代表物 *Helicidae*（最近的三種類型）曾經生活在河岸附近。有幾種列入淡水瓣裏，充滿着紅褐色粗砂。其中的一種（*Cathaica*）現時已不生存在中國的這個地區了。

沿黃河左支流汾河在平陽府以後一段，在以前的湖沼盆地的中部出現那種帶有墊在砂、粘土、紅色和黃色黃土層下、厚達28米的玫瑰色和淺紅色粘土夾層的粗砂和細砂狀的相。在其中一個地方形成厚 6 米含有黃土結核和大蝸牛屬的淺紅色堅硬的標準黃土層，而在斷崖的脚下則發現從砂土中冲洗來的厚殼河蚌。

這個相在海河右支流桑乾河盆地、北京西北的山脈、低峽谷以上的湖狀寬谷中最爲標準和富於動物化石。盆地的邊緣上，這個相下墊着含有圓卵石的鮮紅色礫石和砂層，圓卵石往往結合爲形成斷崖的石灰質礫岩。這種岩層顯然是在它下面的含有三趾馬化石的粘土的冲蝕產物。隨着遠離邊緣，岩層裏出現含有 *Limnaea* 的細砂層，這種細砂層到盆地中部變爲白色泥灰岩。在這中部，全部岩層是層理鮮明的白色泥灰岩，這種泥灰岩帶有內含 *Limnaea* 的淺綠色砂和內含石灰質結核（往往膠結成堅硬的岩層）的紅色砂質粘土的夾層。有時也出現礫石夾層。在這種岩層裏可以大量發現厚殼河蚌，*Cuneopsis*, *Corbicula*, *Pisidium*, *Limnaea*, 扁卷螺（*Planorbis*）。沒有大蝸牛屬。厚殼河蚌與 *Cuneopsis* 則在砂和礫石層的最下層，有時候已經磨損。*Corbicula* 經常見到，扁卷螺在白色泥灰岩裏最豐富，而 *Limnaea* 則到處都有。處處可以見到少數脊椎動物——蛙、鳥類、特別是哺乳類的骨頭。這些骨頭在含有 *Limnaea* 的綠砂、而且經常在淺紅色砂質粘土裏最爲豐富。在這種粘土裏骨頭形成堅硬礫岩的透鏡體，並且經常受到強烈的礦化作用。

但是經常見到帶有下顎的骨頭和全套完整的四肢骨骼。也發現鹿和狐狸的整個骨骼。許多骨頭上遺留着鬣狗或齧齒類牙齒的痕跡。所有這一切說明這些堆積都形成在那些有尸體遺骸沉在淤泥中的飲水地方。

下表爲初步測定的動物化石，在表中我們只舉那些完整的能表明類型的動物化石：

Elephas cf. *trogontherii*
Rhinoceros cf. *tichorhinus*
Paracamelus gigas Schlos.
Cervulus cf. *munjack*
Cervus cf. *rusa*
Cervus cf. *tetraceros*
Cynailurus pleistocenius?
Hyaena ultima
Vulpes schlosseri Zd.
Lagomys plicidens
Equus sp.

這種動物化石羣和含有三趾馬化石的粘土內的動物化石羣不同的地方就是，完全沒有 *Giraffidae*, *Aceratheridae*, *Ictitheridae*, 和發現有更近乎現代品種的馬屬、綿羊屬、鼢鼠、*Arvicola*, 但是也有古代動物化石，如 *Chalicotherium*, 三趾馬, *Canis*, *schlosseri*, *Hyaena ultima*。這種動物化石羣也和黃土內的動物化石羣有別，但是包含明確的更新世的動物，如 *Rhinoceros* cf. *tichorhinus*, *Elephas* cf. *primigenius*, *Ovis* sf. *ammon*, *Cervus rusa*, 鼢鼠。根據特殊豐富的馬、鹿、羚羊、*Leptobos* 等情形，這種動物羣和西歐 (Villafrenchien, Forestbeds, Val d' Arno) 的上新世上期與更新世下期的動物羣看來是相同的。這種動物羣說明當時的氣候是温暖潮濕的。但是上層存在着石膏，又表明氣候的極度乾燥，這種乾燥的氣

候顯然是造成盆地消失的原因。

在天津冲積平原 24 米深的地方，曾經發現大量瓣鰓類，在瓣鰓類中多半是近似 *L. antiqua* var. *elongata* 或 *undulata* 的 *Lamprotula paihoensis* n. sp. 其次是 *L.* (*Unio*) *fibrosa* Heude 巨大變種的 *L. tingi* n. sp. 以及小 *Corbicula*。其次在南口山外、運河左支流、媽河盆地內發現了近代 *C. capitatus* Heude 和 *Nodularia dayglasii* 血緣的 *Cuneopsis harlouri* n. sp.。我們認爲三門岩系的湖沼動物羣也在這兩個地點發育。在懷來縣和 Тен-де-пу 村之間的媽河河谷裏，我在黃土下的玫瑰色和淺綠黃色的層狀粘土(往往是砂質或泥灰質粘土和粘土質砂交疊成層) 中觀察到大量淡水瓣鰓類的瓣。粘土厚達 3—4 米，而黃土是在這種粘土的冲蝕面上。根據斯都拉尼的測定，這裏曾經發現 *Corbicula obrutschevi* n. sp., *C. methoria* n. sp. 和 *Unio tchiliensis* n. sp. 以及8—10 厘米的瓣碎片 (大概是 *Anodonta*)，但是它們可能屬於 *Solenia* 或 *Cuneopsis*族，它們的代表物在黃河一帶也有同樣的範圍。

巴爾巴爾也指出，媽河盆地的灰、褐、淺綠色的淤泥與砂層和桑乾河盆地的沉積完全相似，並包含大量某幾種的瓣鰓類和淡水腹足綱(還沒有記載)，以及它們中間的大 *Cuneopsis*。

應將洛奇所述的貴德岩系也列入這個三門層系的湖河相內。貴德岩系沿蘭州上下游的黃河段強烈發育，並佔據在西寧和 Пинфань 一帶的南山山脈區域。貴德附近的黃河深谷中夾雜着雜色的粘土、砂、礫石和含有石灰膠結物與大球狀及透鏡狀結核的砂岩層；在雜色粘土中有泥灰岩夾層；還見到石膏。由於岩系的底面低於峽谷底，所以厚度在 1,000 米以上。在下層粘土中發現壓碎的 *Limnaea*，在泥灰岩中的粘土內有扁卷螺，而在岩層上的砂中則有齧齒類田鼠(*Syphnaeus arvicolinur* Nehr.)的顎與較大哺乳類的四肢，再上面是充滿豆螺屬 (*Bithinium*) 瓣的灰質粘土。什羅塞爾曾敍述從最高層的堅硬泥灰岩中採集到 *Limnaeus* af. *pereger*

Müll., 扁卷螺 (*Gyrorbis*? sp.), 扁蜗牛屬 (*Vallonia*?), *Pupa*? *Bythinia* sp. (近似中新世上期的 *B. gracilis*), 從鬆軟的泥灰岩採集到 *Limnaeus* af. *ovatus* Müll, *Valvata piscinalis* Müll.。他認爲這些岩層和洛奇發現掩齒象(*Stegodon insignis*)的那些岩層大概是同一時代。

西寧河峽谷以北的層系是紅色和褐色的砂質粘土，並含有石膏、黃色和紅色的鬆軟泥質砂岩及礫石層。洛奇向東追溯這個層系到渭河河谷，並把含石膏的墊在黃色黃土下的粘土、砂岩和礫石層列入這個層系。他認爲這個層系曾經佔據一個擴展到西藏和南山內部的大湖，那裏的青海就是這個上新世上期盆地的殘餘。石膏的含量說明這個盆地曾經發生定期的乾縮和鹼土變質作用。貴德岩層的厚度極大，使人想到它的底部就是含有三趾馬化石的紅粘土。安德遜在很深的岩層裏採集了淡水軟體動物與偶蹄目、食肉目、和柱牙象的化石，這些動物顯明指出上第三紀年代。

(3) 中國地質學家所述的紅色黃土風成相或我的報告中提出的古老淺紅色黃土風成相。

捷伊利亞爾和利桑在山西南部從前的汾河湖沼盆地的邊緣上看到過這種相。這種相厚 40 米以上，由含有豐富大蝸牛屬的玫瑰色或紅色黃土所組成。在總岩體中，隨着暗紅顏色的加深分成單獨水平層，這些水平層充滿着由胡桃到拳頭般大小的黃土結核。這些水平層在冲蝕時堆積在冲溝底上，形成和埋藏在黃色黃土底部內相同的礫岩層。黃土沉積在花崗岩上。在黃土結核中發現了齧齒類 *Sphynius* 的頭骨，很明顯，這種頭骨是埋藏在當地的下層紅土中並發生礦化，因爲上層內的黃土結核比較不大和不堅硬。

勘查者在把汾河盆地和以南的凍水盆地隔開的全部高地線上追溯紅色黃土層，而往東約 20 公里就到寒武紀石灰岩的一些大石山，那裏的紅色黃土層是在厚度不大的角礫岩上。他們在這裏的最高岩層中發現駝鳥 (*Struthiolithus*) 蛋的碎片。他們也看到在區

分兩個盆地的高山（Коу-шань）山脈的北山坡上的紅色黃土層形成兩個階地，而對面的汾河河谷斜坡却平穩地上升到北部的高地上。他們還發現，汾河盆地的整個南（下）部，在紅色黃土下沒有包含三趾馬化石的紅色粘土。

那些地質學家在靠近北部的小河（李希霍芬圖上稱 Пан-ку-чуань）盆地和鄉寧縣內遇見可以說明華北這三種近期層系的斷面。稷山的北山坡上，在上升到分水嶺的黃色黃土層下面，某些地方的冲溝裏暴露出在二疊紀和石炭紀岩層上殘留的暗紅色蓬蒂粘土（三趾馬層系）。在這種粘土和黃色黃土之間，尤其在山坡上，還分佈着紅色或淺紅色黃土，這種黃土往往富於黃土結核，但是大概沒有基礫岩。黃色黃土和紅粘土之間的不協調的情形十分明顯，可是黃色黃土和紅色黃土之間的差異就很難察覺，因此兩種層系看來好像打成一片。但是當黃色黃土在盆地底上特別發育時，在高地上紅色黃土便佔優勢，它在那裏變爲富有無數大的石灰質結核的紅色和橙色土壤（terres），這些結核在基岩中的有些地方結合成厚介殼。

鄉寧河盆地的四周都環繞着這種前黃土和後蓬蒂的粘土，這種粘土在山坡下部的某些地方明顯地分佈在黃色黃土下面。這些勘查者在作爲紅色黃土的動物化石方面僅僅發現大蝸牛屬、田鼠、駝鳥（*Struthiolithes*），但是他們還是提到可能有的那些動物：在黃色黃土的基礫岩中發現的、顯然從更古老的岩層中被冲洗出來的 *Rhinoceros* cf. *sinensis*, *Lagomys plicidens*, *Equus* sp.，其次是山西南部黃土狀岩石中的 *Machairous*, *Hyaena ultima*，這些動物是茲丹斯基所確定，很明顯是屬於三門期的，最後就是同一作者所提出的，從紅粘土中產生、但較蓬蒂層年青的 *Canis schlosseri*, *Paracamelus gigas*。

本文開始時所舉的洛奇的許多材料最可能屬於湖河相，至於僅爲他所收購的掩齒象，可能是從紅色黃土而不是從紅粘土裏來

的。

在我的日記中就記載着，在山西省北部由正定府到太原府再由太原府到吳堡附近的黃河上沿路的許多地方都有紅色黃土，其次在由黃河通過陝西省到鄂爾多斯的路上，尤其是在由鄂爾多斯往南經過陝西-甘肅高原的路上，這種黃土達到最大的厚度和最標準的發育。這些觀察可以綜合成下列概要：最古老的黃土有淡紅、淺紅、玫瑰或紅黃等顏色；這種黃土比黃色黃土孔隙度要小，但比較硬和脆，容易在有稜角的岩塊裏遇見。這種黃土的垂直節理是比較不完全的，因此它所構成的斷崖往往是不陡峭的。一般說來，這種黃土也是不成層的，但是它的岩層則是比較厚（由15至50—80厘米或更厚）的各層所組成的交互層，各層的顏色深淺不同，彼此的分界大部分是模糊不清的。它遇酸往往不發生沸騰，也就是說，它失去集中在黃土結核的石灰，黃土結核形成單獨的岩層和0.3—0.6米厚的整個夾層，或散佈在由胡桃到拳頭、有時到頭部般或甚至到1—2立方米大小的全部岩體上，這種岩體在有些地方呈奇異的形狀。通常顏色較淺的岩層特別富於黃土結核，而顏色較深的岩石則含有大量錳鐵的黑色沉積物。

這種黃土由於遭受沖蝕作用，所以它的厚度各有差異，由10—20至60—80米，最大至150—200米。它的下部在基礫岩上，往往直接分佈在基岩上，上部則成爲高低不平、向近代河谷傾斜的地表。它和鋪在上面的黃色黃土的界限大部分都模糊不清，但是遠看時可以清楚看出，黃色黃土形成在紅色黃土不平的表面上。動物方面我只發現大蝸牛屬一種，但是在斯都拉尼所確定的採集中，沒有見到標本（大概由於很脆，在許多個月的運輸中粉碎了）。斯都拉尼所述的，我從最古老黃土採集的 *Cathaica pulveratrix*, *C. pulveratricula*, *Metodontia*, 不是從紅色黃土而是從黃色黃土的下層中來的。

一般說來，紅色黃土在成因方面和黃色黃土一樣，所不同的是

兩者的顏色以及紅色黃土由於非常古老，發生改變物質特性的強烈退化作用；具有很大的硬度與脆度，很小的孔隙度，石灰集中在黃土結核層裏，在黃土結核層內產生鐵的沉積物——這一切都是由於滲透到黃土內的地下水作用的結果。使這種較古的黃土區別於鋪在上面的黃色黃土的淺紅顏色，可用兩種方法加以說明，即(1)在中亞細亞各盆地的黃土形成期內，紅色的出現要比現在頻繁，也就是說在廣大地區內出現第三紀和白堊紀的各種色度的紅色砂岩、砂土和粘土，而被風吹到中國的塵土不是像現在那樣的黃色，而是淺紅色的；(2)由於紅顏色主要取決於說明炎熱和潮濕氣候的紅色氧化鐵，所以黃土的變紅完全有可能逐漸發生在潮濕氣候期以後，這種氣候在中國是在這種黃土沉積以後的時期內才有的；紅色黃土的被冲蝕，以及黃色黃土沉積在其不平的冲蝕面上，證實當時的氣候是極其潮濕的。可能這兩種原因都發生過，但是時間不同，而在乾燥時期沉積的黃土是淺紅色，並在以後古老黃土的冲蝕時期內還加深了它的紅色。由深淺不同顏色的各層所形成的交互層不是到處都可以看到，也不是都在同一程度上，這種交互層與其說是取決於最後的退化作用，不如說取決於被吹來的塵土的不同的質量。這種黃土在各種不同的地形、一直到分水嶺上的產狀，表明它就是在不平的、即冲蝕的表面上沉積的。

關於汾河盆地內三門層系的三種相的相互關係，據捷伊利亞爾與利桑說，沿河谷中心線一帶主要爲砂質湖河相，在河谷的斜坡上大部爲泥質風成相，而在上游(Zone des racines)則爲粗礫石、即基礫岩相。

中國地質學家正確地認爲，三門層系和它的三個相要比含有三趾馬化石的粘土年青，但比黃色黃土古老。這完全可以由它在紅粘土冲蝕面上的產狀、黃土或其基礫岩在三門層系不平的面上分佈的情形以及最近的動物化石得到證實。這個層系是在上新世下期(中新世上期)粘土與第四紀黃土之間的時期、最可能是上新

世後半期中填補空白的。

3．黃土(黃色黃土)層系。在桑乾河、汾河等盆地內，無論在呈紅色黃土的風成冲積期或呈層狀砂土的湖河冲積期以後，都毫無疑義發生過這些沉積的冲蝕期，這可以從黃色黃土在紅色黃土不平的表面上不一致的成層和在許多地方在黃色黃土下存在着基礫岩(實質上、往往專門由比較圓滑的從紅色黃土冲洗來的黃土結核所構成)的情形得到確證。

在這一層系中也可以區分3個相，即巨流相、湖河相和黃土相。

黃土層系開始於(1)巨流相，這個相就是當乾燥氣候變爲潮濕時紅色黃土層系的冲蝕時期，當時大概經常下注暴雨，暴雨冲蝕覆蓋着紅色黃土的斜坡，侵蝕其中的冲溝，而在河谷底上沉積較粗的物質，至於砂和淤泥則被河流帶到海裏。這個相主要是黃色黃土的基礫岩，這種基礫岩不是到處、而是在谷底上發育的，可是在河谷斜坡的黃色黃土，大部分是不一致地直接鋪在紅色黃土的不平表面上。

潼關以下的黃河，即黃河下游開始處，但在現在的三門峽以上的一段河谷內，湖狀寬谷中的基礫岩發育微弱。捷伊利亞爾與利桑提供下列兩種標準斷面：鹽寶縣附近，在含有充滿厚殼河蚌(三門層系)的砂岩透鏡體的砂地上分布着厚達1米的礫石層，這種礫石層摻雜着淺紅色砂土，並含有骨頭化石及相當大的帶有厚殼河蚌的砂岩碎屑，碎屑表明砂岩是十分古老的。上述均一的但有很多砂質的黃土，從本身的底部起有極豐富的大蝸牛屬介殼。靠近潼關的黃河上游，這種砂質黃土也含有大蝸牛屬，在下層1—2米處變爲層狀砂土，砂質黃土上墊有灰色礫石層，礫石極其堅強，可用作鐵路的道碴；有的地方這種砂質黃土在下面膠結成砂岩和礫岩。卵石的體積大部分是小的，但是有時也達到頭狀那麼大小；這種黃土中也發現有圓滑的骨頭。

平陽以上的汾河河谷縮小成陷在黃土和基岩裏的峽谷，上述兩位地質學家把這裏河谷的斷面（見圖 1）上部從形成斷崖的結實礫石層起歸屬於黃土層系。礫石層 d（斷面 A）厚達 8 米，礫石層 c—d（斷面 C）達3—4 米。在斷面 B 中，礫石層大概沒有，或與很厚的三門礫石層合併（e—k），假如當時三門礫石層不完全是黃土的基礫岩相，這種基礫岩在冲蝕時代替相當的三門相。

其他中國地質學家也提到黃土的基礫岩，雖然他們沒有詳細討論它的特性，而且有時把它和三門層系的亙流相混淆。當然，在另外一些情況下，如果沒有動物化石，只有仔細研究成分和產狀才能解釋年代，如果有動物化石，還應當注意它是不是從三門層系冲洗出來以後處在次生礦層裏。例如，安德遜所提的上述三門峽以下的黃河段的斷面，這裏的含有砂土的黃土下礫石層包含淡水軟體動物的巨大的瓣（往往直立埋置），可以猜想爲帶有從三門峽冲

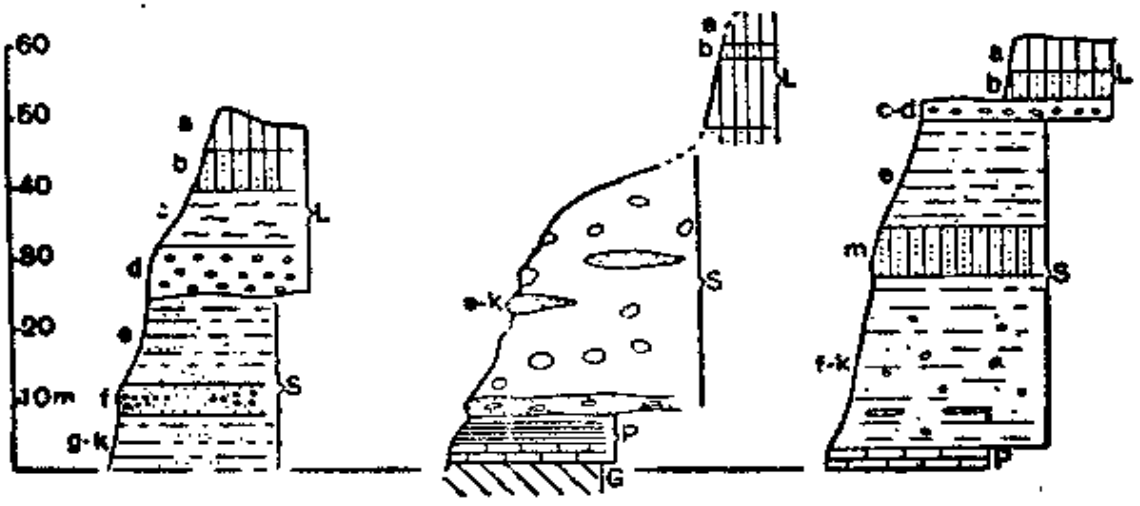


圖 1．平陽縣以上汾河河谷斷面圖

洗出來的動物化石的黃土基礫岩。在三門峽內，墊在黃土下的以及在含有四角孔蟲、*Cuneopsis* 的砂土上成層、厚 5 米的礫石層，很可以說是黃色黃土的基礫岩。例如李希霍芬已經提到汾河河谷的礫石層，洛奇經常指出它主要在蘭州地區的黃河河谷中，雖然這

裏還有覆蓋着最新黃土的比較年青的礫石層。在另一些情況下，洛奇似乎沒有把黃土下礫岩和類似的三門相區分開。

我在旅行時也不止一次地、主要在較深的谷底、即低水位上的露頭中看到黃土下邊的卵石或者礫石層，例如在山西省東部登伏虎山時曾經見過，在那裏的峽谷中，雜亂地堆積的礫石層覆蓋着黃土，包含有厚 1.5—2 米、顏色較深、空隙較小的堅硬黃土夾層。其次在 Цза-са 村附近的礫石層包含層狀砂土、層狀黃土和非成層紅褐色黃土的夾層。山西省西部 Он-пин 河河谷各處，陝西省北部與甘肅省東部從鄂爾多斯到渭河的沿路上許多地方；其次在蘭州附近的黃河河谷內，根據所有材料，那些地方除三門層系的比較堅硬的礫岩外，還有比較疏鬆的黃土下礫岩。南山東部低矮山脈間的山谷中，在非成層黃土下有些地方出現帶有小卵石夾層的層狀黃土，在這種黃土下躺着包含巨礫的小礫石層根據我的材料，黃土下礫石層或礫岩不僅由泥灰質的紅色黃土的圓滑結核所組成，而且往往由各種各樣基岩(有時佔多數)所組成。

關於基礫岩的動物化石的材料很少。捷伊利亞爾和利桑指出，在這些化石中經常遇見犀牛、牛、齧齒類的經過強烈礦化的圓滑的牙齒和骨頭，但是經常不容易把它們和從紅色黃土層系和紅粘土中冲洗出來的化石分別開來。磷灰岩結核包含大部是齧齒類(*Myospalex*)頭骨的碎片。

(2) 湖河相就是所謂李希霍芬的層狀黃土，李希霍芬認爲這種湖成黃土 (*Seeloss*) 沉積在草原盆地的中部，同時在盆地的斜坡上發生非成層黃土的沉積，這種黃土是由形成周圍高地的基岩的風化產物所組成。黃土物質被雨水從斜坡上冲下，並堆積在盆地底部的臨時或永久的湖沼中，因此就產生了明顯的層理，摻雜着地上的和淡水的動物化石，以及含有豐富的鹽類。但是洛奇已經證明，這種湖成黃土有一部分是比較古老的。他把這部分列入上新世上期的貴德層系。不容懷疑，在李希霍芬認爲是第四紀湖

成黃土的那種黃土中有許多是屬於三門層系的湖河相的。但是畢竟還是有比較晚期的層狀黃土。根據新的材料，在黃土的基礫石中間和上面，有些地方露出屬於黃土層系的層狀砂土和黃土淤泥。

德伊利亞爾和利桑認爲在沙拉烏蘇河岸上暴露的鄂爾多斯南部沉積就是湖河相的代表，在那裏的沉積中採集了豐富的動物化石。Сяо-цао 府以下的地方被河流侵蝕成 65 米深的峽谷，他們在那裏看到下述斷面：

（1）含有扁卷螺的上層泥炭。

（2）包含板狀砂岩的疏鬆砂土。

（3）含有扁卷螺的下層泥炭。

（4）含有串珠狀砂質結核的疏鬆黃砂土，達 30 米。

（5）含有 *Sphaericum* 的薄層淡藍色泥質砂土——尖滅層達 2—3 米。

（6）鐵銹褐色或淡藍色砂土，達 20 米。

（7）形成第 6 層內透鏡體的含有羱（джигитай）骨等的薄層淡藍色泥質砂土。

岩層極富於哺乳類的骨頭，經常是在淡藍色砂土的透鏡體中的整個骨骼，但在第 6 層的砂土中散佈較密；距地面 60 米深的最豐富的岩層提供了幾千根關於犀牛、象、馬、牛、瞪羚、鹿、羚羊、駱駝、狼、鬣狗等的骨頭以及舊石器時代的許多石英（不是當地的岩石）製的工具。這些骨頭往往已經被人折毀。駝鳥蛋的碎片在舊石器時代的地層中十分豐富，但在鋪在上面的砂土中還要多。在第 3 層以上，即上層 15 米處，以及在古老的草原土壤中沒有發現犀牛。

勘查者發現了大批經過良好加工的新石器時代的工具。在斷面的厚大砂層中往往見到交錯層，尤其是在舊石器時代的地層上。就是由於完全沒有礫石層的存在，使大家認爲這種砂土不是河成，而是風成的。

Сяо-чао 府以南，在鄂爾多斯平原上升起由非成層黃色黃土組成的寬廣平坦的坡地，捷伊利亞爾和利桑認爲這種坡地和所述的沙拉烏蘇河的層狀層系同一時候。這個結論是可以同意的，因爲無論在沙拉烏蘇河或靠近東部的 Цзин-бянь 河附近，在層狀黃土淤泥的高壠上的黃土層冲蝕產物覆蓋着含有動物化石的砂土，那裏捷伊利亞爾、利桑和我曾經親自觀察過。我在不同的路線上兩次越過這個高壠，最初由東往西到鄂爾多斯的路上，後來一次由北往南。在陷入壠內一直到基岩的深谷中，沒有上述含有動物化石的風成砂，但是黃土本身含有較多的砂子，而上部，在下降到鄂爾多斯前的隘口上，我在壠上的幾個地方看見過一些由風從鄂爾多斯帶來的流砂堆。在我的報告中的圖 18 和 19，可以看到 Сяо-чао 府附近侵蝕在上述斷面中的沙拉烏蘇河的深谷；而圖 20 則是由層狀黃土淤泥所組成的斷崖的形狀，這種層狀黃土淤泥是由這條河流從黃土壠上帶來和沉積下來，並覆蓋着含有由上述傳教師所發現的動物化石的淡藍色砂。但是河流在其以前沉積中的深 65 米的侵蝕，最可能由於這裏地形的年青隆起，即由於近代的大地構造所造成。[1]

捷伊利亞爾和利桑在斷面的第 6 和第 7 層裏採集了包含下列各種（按照他們初步的目錄）類型的動物化石：*Rhinoceros tichorpinus*, *Elefas? primigenius*, *Bos*, *Bison*, *Equus hemionus*, *Gazella*, *Cervus* (2 或 3 種)，羚羊（長有螺旋形的角），*Camelus*, *Lupus*, 鬣狗，*Erinaceus*, *Talpa*, *Myospalax*, *Eagomys*, *Hipus*, *Struthiolithus* 的碎片。在舊石器時代的地層中，和骨頭一起還有許多由石英岩製的小工具。在一個泥質砂土的透鏡體中有驢（джигитай）族的骨骼。先前在 Сяо-чао 府以下河岸上的這些層裏獲得的犀牛 *Tichorhinus* 的頭骨，我於 1893年在這兩位傳教師那裏見過，但是只

1) 這張照片刊登在第 I 卷中—— 原編者。

能帶走一個白齒，而頭骨以後就運到歐洲，陳列在比利時魯文的博物館裏。那時我從傳教師處得知，當地近郊還有更多的大頭骨、可能是象的頭骨被作爲偶像供奉在小廟裏。

鄂爾多斯的這個南部邊緣以西，在 Цзин-шуй-ин 村和 Шуй-дын-коу 之間已經發現有同樣的沉積。在 Хун-чжа-пу 工事廢墟附近的斷崖裏，傅教師曉殷找到了 *Rhinoceros tichorhinus* 的頭骨和石英岩工具。揆伊利亞爾和利桑在 Шуй-дин-коу 河冲溝中的基礫岩（這裏例外地不是由滾圓的黃土結核所構成，而是由卵石或甚至古老岩石的巨礫所組成）上看到厚 20 多米的黃土，但是這種黃土內有較多的砂質黃土，並摻雜着含有淡水軟體動物殼的紅褐色或淺綠色鐵質砂堆。他們在這個黃土層裏發掘到舊石器時代的許多工具和犀牛，鬣狗，*Bos*，馬，*Struthiolithus*。

在鄂爾多斯的北部邊緣、黃河的右岸斷崖內，也應當有這個相的代表物，根據包頭以北各磚坑的露頭判斷，那裏的紅粘土沉積着厚 20 米、包含帶有 *Limnaea*、扁卷螺的泥灰岩夾層的砂質黃土，黃土上不一致地覆蓋着台地狀的礫石層。

（3）風成相就是標準的黃色黃土。這種岩石的性質在全世界各地的著作中已經記載得非常明確，所以我們只要提到關於它的顏色、成分、厚度和層理的幾點意見就足以說明了。

雖然黃土的主要顏色是淺灰黃色，但是如果比較中國各地的標本，便可以很容易發覺從淡灰和黃灰到褐黃、淺紅黃和紅褐的各種色度的許多變化。揆伊利亞爾和利桑說黃土的顏色只是灰色，這是不正確的，因爲它的名詞 *Gelberde*，желтозем 和黃土都說明這種岩石的惹人注目的黃色。至於色度的豐富是可以理解的，因爲中亞細亞產生風成物質的廣大吹颺地區，在各個地區上有不同的地質成分，而在作爲基岩和冲積層（有近期的河成、湖成和地上三種）的風化和吹颺產物的尘土和細砂土微粒的一般單純的情形下，由風帶來的尘土顏色的變化應當不止發生一次。

黃土的化學成分和機械成分也不是完全一律的。可惜我沒有關於中國黃土的較新的分析材料，舊的材料也不多，而我從華北各地所收集的多數黃土標本還沒有加以處理。首先應當說明，黃土發育地區的整個北部邊緣上的黃土含砂量較多，這一點其他勘查者也曾經指出。這種含砂量是完全可以理解的，因爲在中亞細亞南部靠近流砂的地區，被風吹到南方的尘土當然會含有大量細砂，這些細砂因爲比較重，所以大批沉積在最靠近的草原帶，使由這些物質形成的風積土更爲豐富。距中亞細亞的境界愈遠，黃土中所含的細砂愈少，而細尘土便愈多。在現代河成或湖成冲積層和洪積層再簸揚時摻雜從遠處帶來的尘土和當地形成的較粗砂粒的地方則爲例外。例如，根據洛奇的材料，潼關以下的黃河河谷斜坡是由含有許多直徑 0.1—0.15 毫米微粒的黃土所組成，這種微粒的平均直徑約比格伊捷利貝爾格的黃土中的微粒大一倍。分析的結果證實含有較多的長石。

黃土中粗物質——礫石、卵石、碎石和砂土——的夾層早已經常發現，並經李希霍芬正確的解釋，它們就是暴雨從鄰近高處露出基岩和殘積層的地方冲洗下來的沉積物。但是在甘肅東部和山西北部以厚層覆蓋在水平沉積的基岩上並形成一切最高部分地形的黃土中，我從未見過這種粗物質的夾層，而只是由從古老紅色黃土冲洗來的圓滑的黃土結核所構成的稀薄夾層，在紅色黃土的冲蝕面上沉積着黃色黃土。

黃土結核或多或少地出現在黃色黃土中，以及比較疏稀地散佈在整個岩層中，或集中在各層內。這些往往還保持着黃土孔隙度的淡白色或淺黃色泥質石灰結核，就是滲透到黃土和使在下列中心物體周圍的石灰發生沉積的地下水的沉積產物，那些中心物體大概就是介殼或其碎片，骨頭或駝鳥蛋殼碎片。在沒有地下水時，石灰沉積在黃土本身的各層中使黃土的顏色稍爲變成淡白色，並產生在黃土層中某些地方出現的、往往形成界限的各層不顯明

的深淺交替的顏色。

根據中國地質學家的意見，以前勘查者對黃色黃土的厚度曾經加以誇大。李希霍芬認爲中亞細亞草原凹地的黃土厚達600米。洛奇指出甘肅省內的黃土厚度幾乎不超過50—70米。他在可以測量的斷崖上發現有40—50米，於是說黃土中的井沒有一個地方深過35米。我測定了甘肅東部和山西北部省界附近、鄂爾多斯高原南部邊緣上黃土的最大厚度，那裏的黃土上升成鮮明的平坦波浪狀的山脈，在地圖上稱爲平山（Пеин-ула）——整片的覆蓋着黃土。基岩突出在鄂爾多斯黃土的北麓上，其絕對高度爲1,260米，而在黃土南坡上高1,240米；在通過山脈的隘口上黃土堆積到1,730—1,800米高。因此，如果假定整個山脈是由黃土組成的話，那末黃土的厚度可達470—560米。但是比較可能的是，在山脈中基岩上升，掩埋在黃土下，它們在鄂爾多斯高原邊緣上的這些露頭也就是黃土尘土堆積的起因，阻礙尘土更隨意吹向南方。所以黃土的厚度應當較小，可以假定爲300—400米。在隘口上鑽井可以獲得正確的答案，隘口附近侵蝕在黃土中的最深冲溝只達40—50米。由此往南，遠離尘土發源地、鄂爾多斯，黃土的厚度就愈來愈減小，同時在黃色黃土下出現紅色黃土，至慶陽府地區黃色黃土的厚度已不超過100—150米，再往南至渭河河谷，厚度已在50米以下，這和洛奇所舉的材料是相符的，他只看到秦嶺北麓附近甘肅省東部的一部分黃土。在西寧河河谷中黃土的厚度爲40—50米。

在華北的山西與河北省切割較多的地區，黃土的厚度也不大，我估計爲50—100米。安德遜指出河北、山西、河南、山東各省黃土的厚度爲50—60米，這與其他勘查者的材料是一致的。甘肅省西部的綠洲中黃土厚度較小，爲2—10米，但是在南山前山脈的北麓上增加至60—70米，而在山脈之間的谷地中也達到這個厚度。

在中國沒有像在烏克蘭那樣的埋在黃土中的土壤，勘查者誰

也沒有提到過這種土壤，我在許多仔細觀察過的露頭上也沒有見過。這說明在黃土堆積期內沒有發生過如洛奇所說的使乾旱草原的土壤中產生植物腐殖質堆積的突出的潮濕期。

黃土中的動物化石一般是不豐富的，它們稀少地散佈在黃土層中，主要爲地上軟體動物族大蝸牛屬，*Pupa*, *Succinea*, *Cathaica*, *Metodontia*, *Zua*. 蝸牛屬 (*Eulota*), *Buliminopsis*. 這些動物化石早由希理彼爾從洛奇的採集物中、斯都拉尼從我的採集物中以及馬爾頓從波丹寧的採集物中敍述過了。對於這些動物不在這裏一一列舉，只是指出，有許多種現在還生存在上述採集過的地方，有一部分則生存在較南的地區，而現在活着的動物中一部分尙沒有發現，當然是由於採集的不完全和對於中國的軟體動物了解不够的緣故。

脊椎動物中最常見的是哺乳類動物，但是這類動物的種類和標本都很貧乏，這點可以從李希霍芬、洛奇、烏依里斯的報告中看到，並被中國的地質學家，例如安德遜所證實，安德遜指出在厚大的黃土層中這類動物的骨頭散佈得這樣少，以致勘查者對於自己的採集不得不依賴當地居民偶爾的發現。像在含有三趾馬化石的粘土的地方那樣、開採這類動物骨頭以用於工業方面的地方則完全沒有。按照安德遜的意見，最常發現的是象的門牙和臼齒，但不是猛獁象，而是 *Elephas meridionalis* 的牙齒，這種象與兩種河馬及其他各種哺乳類動物最初發現在印度納爾巴特河谷的冲積層內。從黃土中確實知道的有 *Rhinoceros* aff. *simis*, *Ovis* sp., *Hyaena* sp., *Ursus* arc., 海狸的頭骨, *Sus* sp.。只有茲丹斯基在山西省西南永濟縣附近的黃河岸上的黃土中發現一小堆動物骨頭，那裏的岩層下部，在基礫岩上約 3 米處曾經發現鬣狗、馬、*Cerous* 和龜。鳥類的化石中只發現 *Struthiolithus* 的整個蛋殼和碎片，有時兩個或多個蛋殼排在一起。這顯然說明黃土是風成的，因爲放置蛋的鳥巢在風暴時被黃土粉土所塡滿，使鳥無法找到蛋而進行孵

化，蛋便失去孵化的機會。但是，與此同時安德遜還指出：海狸、猪和龜——水生與沼澤動物以及森林動物的骨頭的發現，似乎和李希霍芬所說的黃土就是草原沉積物的風成假說有所抵觸。

這一點必須指出，野猪和龜現在都大批棲居在阿富汗國境附近、裏海以東的乾燥無水的草原中，我於 1886 和 1887 年在那裏見過這些動物。鹿和海狸可能生活在湖岸上，在黃土草原中的河谷或盆地的密林內，它們的骨頭從居住食肉目動物的地方帶走到很遠。圍繞着蘆葦和密林的小水池的存在，不破壞黃土草原的一般特性，而且完全有可能分佈在廣大的盆地中，甚至像黃河那樣大河的河岸，在黃土草原中間也完全能使像海狸、鹿、野猪一類動物居住。在北京附近西山山脈的窰洞內，在黃土狀的亞粘土層中發掘出和考古學遺蹟一起的犀牛、*Ursus*、野猪、偶蹄類和鳥骨。

德日進和桑志華在鄂爾多斯南部黃土的動物化石中，除大蝸牛屬和 *Pupa* 的介殼外，在離地面 20 米深處曾經發現犀牛和馬的骨頭；他們從 Сяо-чао 府以南地方獲得鹿（*Alces?*）的頭骨和羚羊的頭骨碎片。他們說在黃土中動物骨頭一般很稀少，而且是帶白色和疏鬆的（*friables*）。

最後我們指出，在黃土層系中也知道有人類的化石，也就是說上述舊石器時代的工具在鄂爾多斯南部沙拉烏蘇河河湖沉積中（在鄰接高地的最低黃土層和基礫岩中）發現。捷伊利亞爾和利桑宜佈，他們在鄂爾多斯南部 Ю-Фан-ту 附近的這個礫岩裏發現了 6 件舊石器時代的石英岩工具，於是推斷在黃色黃土形成期開始、前人已在華北居住了，並還繼續居住到沙拉烏蘇河沉積物開始沉積時。在黃土的上層和在草原的古老土壤的表面上，只遇見大批新石器時代的經過良好加工的工具。在人類歷史中這裏有相當黃色黃土的主要沉積期的巨大空白點。

4．板橋期層系，或後黃土期。華北的年青大陸沉積還不只限於形成黃土層系後而終結。如果黃色黃土層系是屬於更新世中期

或冰川期，那末在其上層也應該有一些代表物。李希霍芬已經指出，黃土在中國沉積的時間，那時這個國家還是在亞洲的中央地區，是沒有河流注入海洋的。但是現在中國境內有河流入海，並和周圍地區合併，因此，厚大的黃土層發生了很深的切割，而且還在繼續發生。所有最近在中國的勘查者都不能不指出這種切割的情形。於是重新出現在含有三趾馬化石的紅粘土和紅色黃土沉積期以後發生過的情形，即沉積的堆積轉變爲很深的侵蝕，這種侵蝕證明氣候發生很大變化和大氣降水量的增加。

靠近黃土層系和更古老的三門、三趾馬、中生代與古生代層系的冲蝕面的現代河谷谷底和斜坡上的近期沉積就是屬於這個時期。安德遜稱這些沉積爲 Redeposited loess、即次生黃土，並說它們就是夾雜着礫石層的黃土，這種黃土的分佈範圍很狹小，層理的變更也迅速而不規則。突然出現厚的礫石層，其中的卵石要比在標準黃土中多得多。根據他的意見，一切都說明在這種層系裏水力起主要作用，而風力僅起次要作用。

從李希霍芬與洛奇那裏就可以得到關於年青的坡積層和冲積層的知識，而在我的報告裏更有許多這些知識。根據我的觀察，這個時期的黃土在成分上與標準黃土沒有什麽區別，但是如遇有砂層和礫石層的交錯層時，它的厚度就很小。在標準黃土曾經沉積和到現在還是不斷沉積的那些地方（馬蘭期內在黃土坡地和高原的表面上已經存在的寬谷底上）它的最上層也屬於同一時期。它們的詳細關係還很少研究。洛奇說，西安府周圍，在渭河河谷的波浪狀起伏的黃土平原，被一些深 2—3 米、寬 50—80 米的道路所刻穿，在這種道路的兩壁上可以看到由上往下完全均一的標準黃土，其中帶有垂直的裂縫和大蝸牛屬的貝殼。但是在 1—1.5 米深處掩埋着大批陶器和磚瓦的碎片，說明這裏黃土的形成已經在這個城市建立以後，即在有史時期中。這裏的黃土內可以遇見四方形的空洞，洞壁上可以明顯地看到棺材板的痕跡，空洞裏面有

時還保存着棺材板化成灰的碎屑和已經化爲石灰的骨頭。這層厚 1.5 米的上層黃土與深處埋藏的黃土絲毫沒有區別，包含相同的貝殼，同時不顯示有任何被人發掘的形跡。按照中國的風俗，裝有死人的厚壁棺材是不下到墳墓裏的，而是放在地面上，有時只用土覆蓋成小丘。因此，在深 1—1.5 米深處發現這些棺材的遺跡，可以直接證實黃土土壤的增加是由於風成作用所造成。關於這些埋葬的年代、還沒有精確的材料，但是西安城的存在已超過一千年，而這個地區從黃土中掘出的銅器則有 2,000 年的歷史。很明顯，1625 年在西安府附近幾呎深處掘出的按照新式樣刻有中文和敍利亞文的著名的 781 年景教石牌，是覆蓋着風成黃土的。

必須指出，黃土表層的顏色和下層沒有什麼區別，也就是說沒有顯著受到腐植質的染色。洛奇十分肯定地說明這一點，同時指出在匈牙利甚至在砂土地區中也有和底層顯然分開的植物土層。我也沒有在任何地方見過覆蓋標準黃土的深色植物土，只是有些地方在地面附近有比較灰色的黃土。但是在華北的某些地方，深色植物土相當出名。李希霍芬提到，在蒙古的草原盆地和中國接壤處、張家口地區，土壤的表層被腐植質染成褐色，只有在細谷中才能看出土壤就是黃土。他還說，中國東北的南部有當地人開拓的泥炭田。安德遜敍述，北京平原的泥炭田形成在距地面 1.8—4.6 米深處，厚達 0.2—1.25米，並覆蓋着淤泥與黃土狀土壤層，也就是說這種泥炭田是近期形成的。有一個地方的泥炭，在其上面直接發現小偶蹄目、大概是鹿、牛、猪、狗和大魚的化石。特別有價值的是發現水牛的整個頭骨；在泥炭上的土層裏發現銅器、骨器、鐵器和陶器碎片。根據鐵器判斷，這些泥炭田在漢朝或更早時就已存在。但是在另一個地方的泥炭上的土層內相當高處（這裏的泥炭厚 5.6 米），距地面 2.4 米深處找到磨光的石斧和墜子，可見這個地方的泥炭田還要古老。

在河北和熱河省的次生黃土內發現有動物化石。其中最常見的是大鹿的角和羊(它的角比現有任何種羊的角都粗)的頭骨。也發現了 *Bos* sp. 的角和一部分頭骨。在熱河朝陽縣的中國小鋪中購得的 *Rhinoceros antiquitatis* 的完好頭骨可能是在這裏的黃土中發現的,但是按照安德遜的看法,也可能是從原生黃土產生的。後者的意見似乎是最可能。這位地質學家在北京西山的一些窰洞裏發現少數哺乳類動物化石,他認爲這些動物"可能屬於後黃土時期"。其中最值得注意的是豪猪(*Hystrix*)的化石,這是比現有品種的體積大的一種標本。現時豪猪僅棲居在中國的長江以南地區,而在河南省發現的豪猪化石和新石器時代初期而體積也是小的化石在一起,倫彼爾格把它寫作 *Histrix lagrebei* n. sp.。上述北京平原泥炭田的動物化石也是屬於近期的、甚至是有史時期的。無論現時居住在濕熱氣候中的豪猪,或這種泥炭田,都說明後黃土期華北近海地區的氣候無論何時都比現在濕熱。

這個後黃土層系的相還很少研究。可以肯定的有下列各相:

(1) 風成黃土和砂土。標準風成黃土到現在還是繼續形成,很明顯,它的這種形成就是在後黃土期雖然氣候發生了變化也沒有停止;不然的話,我們便應當在距現代地面某一深度的黃土中看到很小的被埋藏的土層。

我們已經提到西安府近郊的這種現代黃土,那裏埋在黃土中的碎片和被黃土覆蓋的棺材證明黃土是年青的。但是到處可以看到黃土——在現代黃土高原的表面上,在冲溝和河谷的斜坡上,在那裏還可以看到層狀砂土、礫石層、層狀和非成層黃土的交錯層。流砂也是後黃土層系的風成相。在鄂爾多斯南部邊緣的高地上,可以看見在黃土層上形成的是小丘、斜坡、砂嘴狀的小流砂堆和砂丘旁發育的黃土。兹丹斯基在山西省西北部離黃河不遠的地方也看到這種情形和分佈在黃土地區整個北部邊緣的黃土覆蓋着新吹來的砂土,那裏附近有流砂堆。我認爲這說明氣候的重新惡化,使

砂區向黃土區接近。

（2）坡積相就是由於冲刷和部分的簸揚作用沿斜坡往下移動的黃土。

（3）冲積相是黃土層系和在河谷底部與斜坡下部的層狀黃土（黃土淤泥）、砂與礫石層的較古層系冲蝕產物的沉積。我們在鄂爾多斯南部邊緣上知道這個相的良好例子，在 Сяо-чао 府以南沙拉烏蘇河的峽谷中，上述含有豐富動物化石的砂土覆蓋着厚達20—27米層理顯明、堅硬的黃土淤泥層，這種黃土淤泥顯然是由比較在南方的 Пейн-ула 邊緣山脈的由厚大原生黃土所構成的高土丘上冲洗下來的。這種沉積我與德日進、桑志華都曾敍述過。但是這種沉積很可能是屬於後黃土期的初期，因爲河流的峽谷就侵蝕在這些沉積裏，在谷底上可以看見由更年青的層狀冲積層組成的階地。德日進和桑志華在某些地方計算每層3—4米的階地有6個，每個階地以含有從古老砂土冲下來的化石與近期物質——骨頭、碎片等——的混合物的基礫石層開始，並由堅硬的層狀黃土淤泥所組成。

因此，由於侵蝕基準面的下降或上層剝蝕面的隆起（這也許可以證實 Пейн-ула 邊緣山脈的近期隆起）或沉積物數量的增加，使沙拉烏蘇河定期侵蝕了6次，而且每次侵蝕都由於新冲積層從礫石層起至黃土淤泥止的堆積而發生改變。

德日進和桑志華所述的鄂爾多斯西部以南地區 Хуан-чен 和阿爾善山（卽賀蘭山）周圍構成厚100與50米階地的粗礫石層，屬於同一個相，雖然一部分的這種沉積可能較爲古老。

（4）泥炭相很少例外，如上所述，見於北京平原中。

（5）黑土相爲李希霍芬所指出的蒙古南部邊緣各盆地中的上層土壤。這個相證明中亞細亞這部地區的近代氣候是十分潮濕的。

（6）上述的含有各種動物骨頭的洞穴相。

一般對於後黃土形成的觀察可以得出這樣的結論，即是改變具有厚大的黃色黃土沉積的乾旱黃土期並使黃土層產生複雜切割的強烈冲蝕期，又轉變爲中間不斷發生短時期冲蝕的堆積期。這種變化是不是僅僅由於雨量的定期增加或擴大河谷斜坡和加強冲蝕作用的地殼運動，或由於兩個因素共同的作用，現在還沒有查明。我們只能指出，根據如安德遜所說的我們在現代河谷底上很少看到通常埋藏在冲積層下的基岩露頭的意見來判斷，目前所進行的堆積作用要勝過冲蝕作用。

中國近期史的地文期已經由新近的勘查者比歷來更詳細地加以規定。對於中國的新的勘查使這個問題更爲明確。如果注意逐漸的發展和查明觀察資料，並消除時間方面的某些矛盾，就可以將安德遜、巴爾巴爾、文格、伊依、桑志華和德日進的結論歸納成下列要點：

1．在始新世上白堊系褶皺的造山運動期，開始這些褶皺的剝蝕作用，並形成還保存低背斜脈和向斜谷的半準平原；這是呂梁(Лю-лян)期。

2．在包括漸新世與中新世的唐縣期，在古老的侵蝕面上有些地方由於火山噴發湧出玄武岩的複體。在中新世內，漸新世的沉積發生很小褶皺；強烈的侵蝕作用形成了相當古老的形狀。

3．含有三趾馬化石的紅粘土期，相當於上新世後期。在由以前各期的風成殘餘物所組成的斜坡上形成風成（洪積風成）紅粘土，有些地方，在暖熱的但是已經相當乾燥的氣候條件下，有豐富的哺乳類動物化石；在谷底上是汾河、河南、山西的礫石層，而在湖沼條件下則爲含有川蜷（*Melania*）的層狀粘土。

4．三門期以輕微的造陸運動開始，有些地方帶有斷層；強烈的侵蝕作用（在潮濕的氣候下）對紅粘土複體進行切割，而在許多地方則進行破壞。氣候變爲十分乾燥，使富於動物化石的湖河相礫石層和動物化石貧乏的紅色風成黃土的沉積物開始堆積；上新

世的中期與上期。

5. 汾河期在更新世下期。造陸運動與潮濕的氣候加強了三門沉積的侵蝕和冲蝕作用，一直到各種不同的深度，有些地方還形成峽谷。在甘肅，河谷侵蝕 500 米，一直到準平原以前的表面，並形成由礫石層和砂土構成的一些階地。

6. 馬蘭期在更新世中期。氣候又變爲乾燥寒冷，使侵蝕作用減弱和使礫石層(黃土下的基礫石層)堆積起來，其次使中國的厚大風成黃色黃土層和中亞細亞的流砂堆積。黃土期開始時中國已經有舊石器時代的人存在。黃土中有相當多的各種草原動物化石。河谷充滿了黃土，形成近似平原的地形。

7. 板橋期在更新世上期。潮濕的氣候、小規模的造陸運動和斷層，加強了黃土層和比較古老層系的侵蝕和冲蝕作用，有些地方形成峽谷與階地，使河成冲積層和吹來的黃土發生沉積。風成黃土的形成沒有中止過，但是開始變弱。開始了人類的新石器時代。在北京地方開始形成泥炭層。

8. 黃河期。當地發生造陸運動；濕度減低使侵蝕和向內部冲蝕的作用變弱。在河谷中河流沉積開始堆積；風成黃土沉積稍爲加強，而在中亞細亞附近，黃土上的流砂也有些增加。北京平原的泥炭田掩埋在冲積層下。有些地方的河谷(鄂爾多斯邊緣上的沙拉烏蘇河)發生侵蝕。進入有史時期。

我們再補充一點，就是包括上新世中期與上期的三門期也應當區分爲兩期，即冲蝕期和沉積期，好像後來的更新世的下期與中期屬於汾河(冲蝕)期與馬蘭(沉積)期一樣。同樣很長階段的唐縣期將來大概也要劃分。現在已經可以從唐縣期分出以前的沉積開始冲蝕作用的中新世上期，這種冲蝕作用使形成含有三趾馬化石的粘土所沉積的地表形狀，並造成促進這種粘土堆積的條件。由於這些區分使論述更爲完整。

*　　*　　*

華北黃土發育的情況。在敍述關於中國黃土成因的一些觀點前，必須扼要說明這種土壤在華北分佈的情形。我在論黃土起源一文中已經指出中國黃土區的三種類型：

1. 延伸着平行山脈和中間谷地的山地類型；中間谷地和山坡上覆蓋着黃土。屬於這種類型的有河北、山西、河南各省的北部，山東省西部，秦嶺北坡，靠近北方的渭河河谷和環繞該河谷的北部山脈，以及南山東部。

2. 被斷口和侵蝕作用切割成台階的平台地區型；大大小小的黃土層沉積在所有台階上，甚至在最高的台階上。這種類型是在山西省廣大的南部地區和陝西省的鄰近部分。

3. 被厚大黃土覆蓋的切割微弱的平原型。這種類型是在圍繞鄂爾多斯南部的陝西省北部和甘肅省東部，往西南和東南接近黃河，逐漸變爲第二種類型，而往南隨着褶皺山脈的出現就變爲第一種類型。

所有這三種類型都描述在第一篇關於黃土論文[1]的斷面圖中。現在觀察到的第一種類型的黃土厚度由 20 到 40—50 米，第二種類型稍厚，而第三種，如上所述推測爲 400 米。但是，在第一種類型和一部分第二種類型的地方（那裏的黃土層分佈在不平的表面上以及黃土不能完全消除前黃土地形的坡度）可以假定這種黃土層的某些部分遭受冲刷，即減低其原來厚度，後來的沉積也不足以補償。要說明這一點，必須更詳細地來研究上層的黃土，現在還未完成這個任務。一直到現在，中國地質學會內的地質學家從事查明和礦床有關的古老沉積的區域地層與地質構造，還沒有時間研究黃土。傅教師德日進和桑志華已經研究了這一問題，並進行了許多觀察，這些觀察還擴大了巴爾巴爾和安德遜的採集範圍。

* * *

1) 刊登在本區中 原編者。

紅色和黃色黃土與含有三趾馬化石的粘土的成因。對於這個問題應扼要地加以研究，讓我們從黃色黃土開始。

龐彼里是第一個由歐洲來到中國黃土區參觀的地質學家，他認爲黃土是廣大湖沼的沉積，黃土期內黃河流經這些湖沼，由寧夏直接到北京，將其上游和各支流的淤泥沉積在湖沼裏。威廉楊姆遂把這個假說擴展到山西省，認爲黃河由鄂爾多斯開始，分爲5條支流，通過湖沼。金格斯米里反駁李希霍芬的風成假說，認爲中國東部最初沉入海內，海水把黃土沉積在各高地上，後來該部地區又重新隆起。這些假說，由黃土及其動物化石的構造證實是毫無根據的，李希霍芬已經加以解釋，他提出了自己著名的草原盆地風成假說，這種草原盆地上填滿基岩的風成產物，被風和水從其斜坡上帶走。龐彼里同意他的意見，但是指出形成黃土層的尘土的其他來源，這些來源李希霍芬在其後期的著作中也已承認。

洛奇從李希霍芬沒有到過的地方搜集了有利於這一假說的新材料，同時指出黃土是細尘土的下落產物，沉積在距乾燥地區很遠一般濕度不大和有草本植物的地方。他也指出把尘土成龍卷狀吹到空中的重要因素。波格達諾維契在研究塔里木盆地和周圍山脈時，也承認黃土的風成成因，並指出在中亞細亞黃土的堆積和分佈的一些特點。我的旅行經歷使我完全同意風成解說，但是在確定黃土尘土的來源和分佈及其沉積方法方面和李希霍芬的意見不同。很久以後，我又更仔細地注意這個問題。拉伊特到過華北以後，在標準黃土方面同意李希霍芬的說法，反對冰成假說，但是認爲在冰川期就存在的和覆蓋亞洲廣大地區的瀚海沉積就是尘土的來源。烏依里斯看到中國大部分地區，但沒有到過中亞細亞，他曾想大大縮小風在吹走尘土方面的作用(參閱以下所述)。

在最近觀察過中國黃土的歐洲旅行家中，讚成我所主張的風成假說的，無疑是塔費爾和什米特海浬爾。康特爾提供了各個調查者的觀察材料和結論，說明就是李希霍芬也逐漸傾向於這一觀

點，但是比較不明確。中國地質學家沒有詳細發表關於黃土成因的意見，大體上同意風成假說，在實質上不加分析，雖然其中有些人，如安德遜舉出與這一假說不相符的那些事實，而另一些人則偏重於烏依里斯的假說。但是烏依里斯的假說，如我們在下面所看到的，是完全經不起批評的，而我所敍述的風成假說則爲新近的調查者所確認。

目前已完全查明，中亞細亞沒有厚大的標準黃土，而李希霍芬認爲是在前一時代形成的和後來被幾十呎厚黃土填滿的窪地和谷地的草原盆地的土壤，不是圍繞着基岩的風化產物與洪積物的古老基岩的整個露頭，就是經過侵蝕和吹颺作用多多少少切割過的侏羅紀、白堊紀和第三紀的大陸沉積層。

含有或多或少的碎石和礫石的發育輕微、厚度不大的黃土，可以在中亞細亞較高的山脈，如天山東部和蒙古阿爾泰山的山坡上看到，那裏有較大的降水量，使之產生強烈阻止被風吹來的尘土的濃密植被，而向着主導風的山坡使尘土沉積在上面。在中亞細亞的邊緣上——北部杭愛山和肯特山、在東部是大興安嶺、南部察哈爾盆地、陰山山脈斜坡、賀蘭山脈、南山北坡、崑崙山、帕米爾東部斜坡——黃土逐漸變爲厚大和純淨，往往厚達幾米，而在有利的地點，甚至到 60—70 米。

在形成較厚黃土的一切地方，都是生長着由各種禾本科植物和蒿屬所組成的濃密植物的草原，這些植物保護土壤免受吹颺，並保持由空中下落的尘土。這是很容易相信的，在氣候乾燥時穿着高腰皮靴在這種草原散步以後，皮靴就會蓋上從植物掃下來的濃厚的尘土。仔細觀察草原植物，便可以發現草、蒿屬和其他種植物的莖和葉大多數都不光滑，而是粗糙或呈細毛狀，所以不管風怎樣吹刮，這些莖和葉上還是能保持從空中落下的尘土。而從植物冲洗這種尘土，把它冲到已被雨水淋濕的土壤上，最後，尘土就粘結在土壤面上；直接沉澱在草莖之間的土壤上的尘土也發生同樣的

情形，這些草莖保護尘土以免被風吹刮。被風從莖和葉上搖落的尘土也落在土壤上。尘土就這樣慢慢堆積起來，使絲毫不顯示層理的風成土壤漸次擴大，雖然尘土的沉積不是連續不斷的，而是有間隔的。寒冷季節中雪也把尘土從空中打落到植物和土壤上。

但是在中亞細亞地區內，茂盛的植物很少，土壤的表面是光禿的。各個蒿屬小叢、麻黃屬、錦鷄兒屬、草束和茨茨草束形成疏稀的網狀，而在平靜時日，沉澱下來的尘土又被風吹起，使它無法堆積，而被帶到更遠的地方。這已經不是草原，而是在個別地方變爲沒有植物並散佈小碎石和礫石的完全沙漠的半草原。這裏可以使尘土堆集的地方很少，但是有許多把尘土供給風吹割的地方。這就是洪積層……寬廣的山脊 бэли—— —山麓平原，有斜坡通到鄰接盆地的底部，平原內能保護土壤的植物十分貧乏，有無數乾河床蜿蜒於斜坡上，河床底露出一片砂土。盆地底部植物也很稀少，往往成階梯狀分爲幾層下降到最深部分，那裏分佈着湖泊或鹽沼地。盆地的這些階梯被冲溝、小河床和細谷所切割，這些冲溝等使帶有裂縫、發生分裂與風化、經帶由疏鬆砂岩、泥灰岩、粘土組成的基岩暴露出來。丘陵、坡地和山脊也成爲無數沒有植物、正在風化的禿頂。許多盆地底上的聚集砂地，在乾旱季節時縮小的湖沼岸上開闢的乾燥砂土和淤泥地區，以及佔據廣大地區的草砂丘與新月砂丘——所有這一切就是產生許多尘土物質供風吹刮的表面。光禿的草砂丘和新月砂丘地區產生尘土特別多。雖然這些砂丘的上層經常發生鹼揚，似乎在起風時不應該再被吹刮，但是，由於這一層上又形成新的尘土，所以還是經常被吹揚。這一層白天被太陽晒熱到 50—70°，而夜間則冷到 10—15°，冬季冷至零下 20—30°；構成砂土的石英、長石、石灰岩、泥灰岩和粘土的顆粒，在每一晝夜的冷熱變化下發生裂縫，再由裂縫分成各種礦物的極細微粒，這些微粒就是在鹼揚以後又重新集結的尘土。

因此，中亞細亞的沒有植物保護的廣大地區產生大量尘土供

風吹刮。那些突然發生的旋風甚至在安靜的熱天中也會把尘土吹起，這種旋風就是成螺旋線狀旋轉的空氣柱，在草原上疾馳而過，然後消散，至於被它吹起的枯乾的樹枝草莖和各種垃圾在空中滾動以後就落下，而細微尘土則成柱狀上升，並消失在空中。普爾熱瓦里斯基已經指出這種旋風把尘土從地面吹到大氣中的作風，稱之爲龍捲，並在他的第三次旅行的報告中繪圖說明。洛奇也指出這種旋風的重要意義，注意到它在把細微物質搬到遠處所起的作用。

這樣，在中亞細亞地區內形成尘土的物質到處都很充足，而且這裏經常產生尘土。作爲尘土起源地的砂土地區特別引起旅行者的注目。甚至在微風下，砂地的表面土壤也微微的被吹揚，而在中等風力下就吹起尘土旋風，砂地上迅速充滿尘土。控制這個地區的離心方向的風把尘土帶到山坡上或更遠的地方。在一般罕見的安靜的日子裏，一部分尘土依然從空中落到這個地區裏，但是不像草性草原那樣，能使土壤增加，而是在下次起風時再被吹起，並帶往遠處，一直落到圍繞在植物保護下可以沉積成黃土土壤的地區的草原上爲止。

比較強烈的風，不僅從中亞細亞帶走尘土，而且帶走細砂；但是沒有從空中帶到遠處的較粗的砂，則留在這個地區裏，在各種障礙物——灌木、土壤的凹地、丘陵、岩石——的保護下堆積起來，並逐漸形成新月砂丘，這種砂丘在南部邊緣特別普遍，但是西部和東部也有，北部則例外。

中亞細亞是一個大盆地，這個盆地的整個地區經常吹刮大風，從幾乎終年是乾燥的（甚至在冬天時）和在稀少的植物保護下的土壤吹起尘土。所有的旅行家過去和現在都描述過大風和尘土風暴。魯布魯克維斯和普拉諾·卡爾比尼已經記述了準噶爾盆地的西北風。科茲洛夫和羅波羅夫斯基也描寫過楚理泰格的"鬼谷"中可怕的風暴。華北的居民早已會識別黃風或黑風，這些風特別在

春季刮得最兇，甚至妨礙道路的交通。中亞細亞在第三紀末期就已變爲製造尘土的工廠，尘土被風帶到南方，帶到西方和東方較少，並形成含有三趾馬化石的紅土壤層、三門層系的紅色黃土層以及黃土層系的黃色黃土層，現在還對那些地區繼續供應尘土，但是數量較少。

風成假說的反對者（Н. С. 湟烏斯特魯也夫，Л. С. 別爾格等），認爲黃土本身就是尘土的來源，這種黃土是從土壤已經疏鬆和粉碎的田地與道路上被風揚起來。毫無疑義，在黃土發育區內，起風時黃土也把尘土供應給風。但是這種當地的 энтопическая 尘土只是和被風從發育地區帶來的外來尘土結合一起，在參與現代黃土的積累方面增加了它的數量。但是中國的黃土層不是由這種當地尘土產生的，而是由過去和一直到現在從中亞細亞地區帶來的並繼續使黃土層增長，因爲華北的氣候促進了這一點，這由埋在黃土中的石碑、碎片、磚瓦以及全部地區的田野、山坡和丘陵斜坡的上層土壤未被腐植質染成灰色的事實得到證明。當然，這一地區內，黃土層被細谷、道路和冲溝強烈切割的情形，可以說明黃土層近期的侵蝕作用，但是這種侵蝕作用在由空中落下的尘土粘着土壤、並在植物保護下和土壤合併的地方則完全和土壤的積累同時進行。當然，這種近期黃土的積累在其可能發生的地方也有從秋到春由道路、冲溝壁和田地的土壤吹來的當地尘土參加。

在上述第一種類型的地方，黃土積累在生長植物的山坡和斜坡面上以及在暖熱時生長植物的一切菜園和田地內。在第二與第三種類型的地方，黃土積累的面積較大，因爲一切高原的表面都不斷地參加這種積累，那裏還生長着野生植物，在菜園和田地中定期栽植植物。因此，華北的黃土沉積期現時還在繼續，但是由於侵蝕作用和人們活動的破壞，黃土層的積累已經不是到處都在進行。

我在一篇維護風成假說的文章中，以華北現代黃土形成的可

能性爲根據，發表了這樣的意見，認爲這個地區的氣候，在主要的黃土堆積期內只是比現在稍爲乾燥一些。但是由那時起所搜集的新的材料，迫使我想到黃土期氣候要比現在乾燥得多：從中亞細亞挾帶黃土物質的尘土風暴比現在頻繁和強烈得多，大氣降水量還要稀少，幾乎不足，以致草原中的濃密植物只在春季生活，一到夏季後半期就枯萎，但是畢竟保護了土壤，並在一年的其餘時期內使新的黃土在吹颺中沉積在土壤上。中國這些帶有尘土的植物同水源稀少的乾旱草原，不能棲居大批各種各樣的動物。可以想見，那裏的生活條件對於集中在河流附近少數綠洲的高等動物來說是不利的。中國現代的許多河流還沒有完全形成，另一些河流流量劇烈減少，已經變爲遲緩地蜿蜒在平坦的谷底上的小溪，這種小溪所發生的沉積作用大於冲蝕作用。至於氣候惡化到什麼程度，可以根據德日進和桑志華在鄂爾多斯南部地區蒐集的重要材料來判斷。他們在前黃土沉積和黃土最下層處發現古老的舊石器時代的遺跡，而僅在黃土最上部和後黃土沉積發現新石器時代的豐富遺跡。對於把古代人類的這些遺跡彼此隔開的一大段時間，只有這樣來解釋，就是這個沙漠的南部地區的氣候在黃土期開始時已經非常惡劣，以致居住在這個地區的人不斷死亡，或者爲了逃避尘土風暴和飢渴繼續向南方遷移，因爲使人獲得主要食物的動物已經死亡或者爲追求較好的生活條件——足夠的飲水場和空氣中較少的尘土——而來到南方。

究竟中亞細亞的這個乾旱期又是如何侵佔到華北的呢？李希霍芬認爲華北的黃土堆積是由於這個地區的北部同沒有水流流入海洋的中央地區合併；這是由於在東部興起山地隆起的屏障，把這個地區和潮濕的海風隔開，使在那裏產生乾旱氣候。這個屏障的下沉和分解，使潮濕的海風又重新進入，以致華北和外圍地區又連在一起。

我們在敍述關於華北上新世和更新世的新材料時看到在上新

世和更新世時期內的侵蝕期與堆積期，即潮濕期和乾旱期互相變更了三次。這種變更是不是由於中國東南部山脈屏障的隆起和下沉所造成的呢？

美國地質學家烏依里斯於 1904—1905 年研究過華北地區(但是沒有到過中亞細亞)，他在其著作中敍述自新生代起亞洲這部分地區的複雜歷史，認爲水在形成黃土層方面起着主要作用，而風僅起着次要作用。按照他的說法，黃土主要沉積在中亞細亞，然後被河流從那裏帶到中國。他認爲這段歷史的末期是帶有斷口的造陸運動的隆起，其垂直斷距達 6,000 米。但是中國地質學家的最近觀察推翻了烏依里斯的見解，所以沒有必要加以敍述。一般說來，可以斷定華北的新第三紀——更新世的一段時期對我們說明當時氣候發生顯著的變化：促進侵蝕作用的潮濕期到乾旱期的變更發生過三次，乾旱的氣候在每一次更替以後變得更加寒冷。乾旱期中冲蝕作用逐漸減弱，並開始堆積作用，最初的堆積是以局部的比較粗糙的冲積層來進行的，這種冲積層從鄰近高地帶來，微弱的水流已不能再把它搬運，後來的堆積主要依靠被風從中亞細亞帶來的尘土進行。這種變更已經發生到第四次：造成中國近期複雜的和很深切割的黃土地形的潮濕的後黃土期，已經顯出那裏又回到乾旱的氣候，這種乾旱情形表現在冲蝕作用的減弱，和鄂爾多斯沙漠東南部和東部黃土面上侵蝕很深的河谷和流砂的底上冲積層的堆積。最近幾百年來中國黃土區各省的居民經常遭受飢餓的情形，就可以證明那裏乾縮的過程，因爲那裏的黃土高原和階地上的耕田只有在充足的雨量下才能得到收成。

美國的貝爾基和摩理斯考察團，在蒙古搜集了關於氣候惡化、變爲更加乾旱和發生暴雨性質降雨的材料，由於這種暴雨，使冲溝發生侵蝕和以前潮濕期所形成的比較平穩的表面產生新的切割，以及冲積扇的被切割。考察團也認爲乾縮的特徵就是：在戈壁中古代植物的消失，在保存的叢樹中沒有幼齡的灌木林，鹽湖的乾縮

及其變爲鹽沼地，河流就減少了，已經不再流入以前的出口湖了，河流的彎曲度縮減了，由許多留下來的舊河床得到了證實，留存的河床充滿流砂，察干諾爾湖的沿岸階地，最後就是，前人留在懸崖上的描畫森林動物，如北方鹿、麋和手執弓箭的狩獵者的圖畫。

安德遜在青海岸上發現湖岸線比現在水平線要高 6 米。這裏古老的湖岸就是低窪的、但却很明顯的丘陵地。在這上面發現原始的陶器、骨器與石器。從那時起湖泊沿垂直線減低 6 米，也就是說氣候更加乾旱。喀什噶爾各縣填滿着砂土，遺留下來的沿阿爾金山脈山麓的馬可孛羅絲綢公路，以及枯乾河床中的 Torpak 樹和灌木林，都說明 600—700 年來氣候惡化的情形；沿南山山麓在沙州與肅州之間的湖沼遺跡也說明了這一點。所有這一切都是進入更加乾旱的時期的特徵。

很難說，這個乾旱期將延長多久和它的特性將有什麼變化。是不是所有河流會再變淺，冲蝕作用會停止，沙漠的尘土開始重新填平凹地，形成新的黃土層呢？假如按照以前的經過來判斷，每個乾旱期都要比前一個時期的乾燥，那末現在就應期待將有比黃土期更乾旱的時期到來。華北在黃土期中，連舊石器時代簡樸的人也不能生存，都跑到南方去了，以逃避尘土風暴和食物不足的恐慌。是不是那個地區會威脅中國黃土區內勤勞的居民呢？

乾旱的黃土形成期和冰川期的關係究竟是怎樣的呢？

華北沒有過去冰川作用的痕跡，只在南山的高山上我們發現近期的冰川及其過去相當發育的證據。在中亞細亞，蒙古阿爾泰山和天山東部也有近期冰川，前者的冰川不大，但是有過去冰川作用相當發育的形跡。蒙古北部的肯特山脈中沒有冰川，但是有很大冰川作用的痕跡。在杭愛山中只有很小的冰川，但是美國考察團和格藍納發現了過去相當大的冰川作用的痕跡。蒙古阿爾泰山西部，一直到沿科布多城的經度上，近期的冰川作用相當大，而根據新的材料證明，這裏以前的冰川作用更大。

薩烏爾山脈中存在一些冰川，而在烏爾卡沙爾、塞米斯塔依和巴爾喀克山脈以南地區也發現有以前很大的冰川作用的痕跡。天山東部、帕米爾和崑崙山西部，無論近期或者過去冰川作用的痕跡都很大。李希霍芬已經指出，亞洲的草原黃土沉積期包括歐洲的整個冰川期，其繼續時間比歐洲中部爲草原所佔的時期要長。洛奇也得出相同的結論，他和當時流行的見解不同，認爲華北乾旱的草原發育與厚大黃土沉積期是和南山與西藏內冰川的發育一致的。在涉及到歐洲的黃土現在也盛行這樣的意見時，認爲黃土是冰川期的產物，而不是如以前所想像的那樣，是間冰期的產物，以及認爲間冰期是潮濕，而冰川期是乾旱的。現在可以十分確定的是，在肯特山、杭愛山、薩彥嶺東部與西部、俄羅斯阿爾泰山、蒙古的大部地區（東部的冰川作用較小）、薩烏爾、巴爾喀克、烏爾卡沙爾、天山東部、阿萊山脈和帕米爾、以及崑崙山和南山都覆蓋着厚大的雪和冰川。大體上，與中亞細亞北部毗連長寬的半圓形山脈，由鄂嫩河上游起，向中亞細亞的西部和南部靠近，幾乎到蘭州。這半圓形山脈還向東突出兩條支脈，即東天山和蒙古的阿爾泰山。

在環形山脈中具有大量的雪和冰川是與大氣循環有關，並由後者產生的。如果想到，根據新近材料，西伯利亞北部也是掩覆在冰川沉積下，這種沉積還在較南地區覆蓋高山山羣和山脈，以及天山和阿爾泰山的其他部分，也和與都庫什山脈、西藏和喜馬拉雅山脈一樣，在冰川的覆蓋下，那末就會了解，從北、西、南方吹向中亞細亞的風不可能是潮濕的。從寒冷的半圓形高地往下，便逐漸暖熱，並遠離飽和點，這裏比較暖熱、但有很乾燥的熱燥風。

中亞細亞，由於周圍有高山圈繞，並在其寬廣的盆地中停留着冷空氣，所以現在一年四季還是在寒冷中，這裏的氣候是屬於反氣旋式的，吹刮着離心方向、主要是西南、南與東南方向的風。在冰川期內這種氣候情況應該表現得更加明顯，可能甚至在暖熱季節中，從太平洋刮來的濕風，能把雨水帶到蒙古東部，但不能深入到

遙遠的西部，而止於華北地區，在那裏還供給黃土草原的植物。冰川期內中亞細亞全部是沙漠，吹刮着大量乾風，這種乾風從完全失去了植物的乾燥土壤、山脈的洪積綫、乾涸的湖岸、夏季從冰川流出並消失在沙漠中的河流的冲積錐、戈壁（白堊紀和第三紀）層系鬆軟岩石的廣大露頭以及經過風化的古老岩石那裏把尘土和砂吹起。尘土被風吹到邊緣地區，尤其是東南邊緣，到華北黃土草原，也在圍繞半圓形山脈的山坡上，雪線以下的冰川周圍的草原上沉積。砂土成波浪狀在土壤面上向東南、南和西南方向移動，並逐漸形成塔克拉瑪干、賀蘭山、鄂爾多斯及大興安嶺西山坡一帶和西部的準噶爾盆地內的廣大新月砂海。

如上所述，李希霍芬認爲華北黃土沉積期的乾燥氣候和華北黃土區和亞洲中部的合併是由於在東部興起山脈屏障，遮斷潮濕海風的緣故。但是我們現在知道乾旱期老旱就有，即在含有三趾馬化石的紅粘土和紅色黃土的沉積期內便已發生，也就是說，在上新世和更新世中已有兩次變爲潮濕的冲蝕期。這種變更在黃色黃土沉積期以後已經發生過三次，而現在的乾旱期好像開始在第四次，雖然在東部沒有興起屏障的形跡。東部山脈屏障的經常隆起和以後的下沉，像現在那樣，對於作爲解析這些氣候變化的根據實在太不夠了，這些氣候的變化顯然是由於那些和整個地球上引起定期冰川作用的氣候變化一樣的一般原因所造成的。如上所述，冰川作用本身，在東部沒有山脈屏障的情形下，使中亞細亞地區內發生乾旱期和潮濕期的變更。

烏依里斯也認爲華北的巨大隆起帶有斷口，而在黃色黃土的主要沉積期以後沒有這些斷口。他也許能解釋這個地區氣候潮濕和黃土切割的原因。但是烏依里斯的論證，就關於紅色黃土和含有三趾馬化石的紅粘土以及過去的氣候變化和堆積期與侵蝕期的更替（對於這些變更他毫無所知）的新材料而論，不是十分確實的。此外，烏依里斯的結論同中國地質學家的觀察並不一致，中國

地質學家發現了主要在黃色黃土沉積期以前的不大的斷距的垂直運動的痕跡。因此，按照巴爾巴爾所說的最近地文期的概要，在三門期已經發生很小的運動——平穩的隆起，有些地方產生斷層，這些斷層使侵蝕作用重新活動，並引起含有三趾馬化石粘土的冲蝕和三門湖河層系的沉積。

文格認爲在上新世上期有恢復侵蝕作用不大的隆起，後來在黃土沉積期以後的更新世上期，重新發生隆起和斷層（黃河期），並恢復侵蝕和形成 V 字形河谷。伊依認爲，在由新第三紀過渡到更新世的汾河期內，發生了非常緩慢的隆起恢復了侵蝕作用，而第二次隆起極爲輕微，發生在黃土沉積以後的更新世末期中，而且也使河谷發生侵蝕。根據安德遜的意見，沿黃河的貴德岩系在第三紀末期發生呈斷層狀大量的破壞；他不知道中國西北也發生同樣的變位。尤安在甘肅省西北、南山山麓的丘陵中觀察了第三紀沉積的褶皺和斷層，而在陝西[1]省的渭河流域中看到分佈在皺襞狀白堊上的第三紀岩系也發生斷層。

中國各位地質學家的材料暫時還不能互相聯系，因爲有些地質學家發現三門期以前的隆起（如巴爾巴爾、文格、伊依），而另外一些地質學家發現三門期以後的隆起（安德遜）。尤安的觀察很難與其他人的觀察相對照，因爲他一般所說的是第三紀沉積，在這些沉積當中有屬於漸新世、始新世和中新世的，而不僅是上新世上期的貴德層系。但是大體上可以認爲在上新世末期確實發生了垂直運動——造陸運動和斷層運動，有些地方可能發生相當巨大的運動，而在上新世後結束時這些運動只是在微弱的情形下重複進行。

但是從這些地質學家當中誰也沒有談到後黃土期的垂直斷距達幾千米的那些巨大隆起和斷層，這些隆起和斷層烏依里斯曾經予以假定，主要是爲了解釋他所不明白的山頂與丘陵上覆蓋着黃

1）原文是 Шаньси（山西）可能排印錯了。

上和從蒙古引導河流的那些情況，按照他的想法，這些河流從那裏把淤泥帶到華北，以運送作爲黃土的物質。烏依里斯的這些見解是應當完全推翻的。

結論。中國地質學家最近關於華北第三紀上期和第四紀沉積的區域地層、成分和動物化石的調查，證明必須將它們分爲包括下列成分和時代的四個岩系（自下往上）：

1. 上新世上期（一部分也可能是中期）含有三趾馬化石的紅粘土岩系；這種岩系主要由不成層的紅粘土和亞粘土所組成，亞粘土包含紅色亞粘土、稀少的石灰結核層和基礫岩結合的礫石夾層和礦巢。動物是在地上哺乳類，主要是草原動物，地上和淡水生物的貝殼，駝鳥。在地上沉積含有某些部分的基底上有巨流相與湖河相。

2. 三門岩系或紅色黃土岩系，是屬於上新世上期和更新世下期；是由包含黃土結核層、礦巢及砂土與礫石夾層的紅色和淺紅色黃土所組成。動物有比較接近現代種類的地上哺乳類，淡水和地上生物的貝殼。也有巨流相，湖河相和風成相。

3. 黃土岩系：屬於更新世的中期和上期。主要爲不成層的黃色黃土。動物有接近現代種類的地上哺乳類、駝鳥狀鳥類，地上和淡水生物的貝殼。有黃土結核層；某些地方有巨流相和呈基礫岩和層狀黃土狀的河湖相。風成相佔多數。

4. 後黃土和近期岩系。主要爲風成黃土，但是也有層狀黃土、湖河沉積和巨流沉積。現代的動物化石及舊石器時代與新石器時代的人類化石。

在一切岩系中，巨流相和河湖相說明每個時期的開始和氣候轉爲潮濕，使以前時期的沉積發生侵蝕。這些相相當於間冰期（和後冰期），但是每個岩系的主要部分沉積則屬於乾燥的冰川期。當氣候更暖時，含有三趾馬化石的紅粘土的乾燥沉積期表現得比較不顯著。比較很冷的氣候說明是三門岩系，而當黃色黃土的主

要部分沉積時，特別寒冷而又非常乾燥的氣候說明是黃土岩系。

在亞洲，黃土層的形成顯然和冰川作用有關。每個冰川期使氣候變爲乾燥，並在亞洲內部造成厚大的尘土形成地區，使大量尘土運到南部邊緣，那裏尘土在植物保護下沉積在乾旱草原中。可能（但是還需要證實）亞洲的冰川作用是和地殼的近期運動有關的（或爲後者所造成），地殼的這些近期運動形成了積雪和冰川發育中心的相當大的隆起，那些冰川使亞洲內部的氣候變爲極度的乾燥。

［樂鑄譯自亞洲地理學著作選集第三卷］

華北蒙古黃土之岩石學和礦物學的研究

（中間報告第1報）

柴田秀賢

緒　言

黃土是存在於地球上，大致爲同一緯度地區的大陸中央部分，而具有大致相同的產狀和組成的物質。歐洲和北美的黃土是和冰川沉積物（Glacial deposite）有着密切關係，而認爲當着間冰期的乾燥過程在沉積物(Deposits)中的微細顆粒物質是由風吹的堆積物而成。關於中國黃土既往李希霍芬（Richthofen, F. von）認爲是從西部的沙漠地區的微細顆粒物質，經風吹而堆積到現在的地區，關於它和冰川間的關係尙在研究着。

不論那種黃土雖然都是以風成堆積爲事實，但是另外也應承認當雨期也有經水沉積而成，所以在一個露頭的直面上，是難以確定全都是風成的或水成的情形爲多。一般雖然將僅依風成堆積作用的黃土稱爲1次黃土，而其再經水的搬運沉積在平地的則稱爲2次黃土，但是，實際上更爲複雜，則有由風成或水成同時作用的堆積物或由於重力作用崖堆(Talus)的堆積物等，還存在着3次、4次的情形。就是在同一地區，當黃土堆積時，由風成(原文爲水成，恐爲風成之誤——譯者註)的則爲1次黃土，也有其後是由於侵蝕作用而生成的，2次，3次堆積黃土的情形。如斯如1次，2次的說法是不夠確切的，因而不用了，普通的說法則以其堆積的區域來加以分類，而提議用：

山頂黃土、坡面黃土(包括崖堆黃土),
山谷黃土、山麓黃土(包括扇形地區),
盆地黃土、台地黃土(包括階地、丘陵)和
冲積黃土(包括現代河床)來表示。

製 備 薄 片

爲了進行岩石學和礦物學的研究，則須使其保持爲原始狀態的薄片而依顯微鏡來檢查其組織構造。因此將黃土的碎塊浸以二甲苯 [$C_6H_4(CH_3)_2$] 所稀釋的加拿大樹膠 (Canada balsam), 放於電烘箱中，在 95°C 左右慢慢加熱，充分地使加拿大樹膠滲入，待固結後按常法來製薄片的時候，則可以不破壞其組織構造而來進行觀察。黃土的重要構造是具有土管構造的微小管狀的孔隙 (Pore space)，而這種土管主要是以垂直和水平方向來排列，其中也有以任意方向來排列的。在此種孔隙的周圍則呈現特別顯著的方解石沉淀所膠結的狀態。

尙有雖然知曉黃土是以砂和粘土所成的，並知曉其含有微量的微小顆粒的膠質物。以相類似於黃土的組織構造的關東（日本地名）垆坶來相比較時，則可充分確認這種事實，就是關東垆坶中的膠質是由潛晶質 (Cryptocrystalline) 到微晶質來呈現放射狀的球狀構造，而在黃土中全未認出這樣的構造。

機 械 分 析

爲了了解黃土組成物質的粒度和其粒度級配，而進行了在普通土壤學上所使用同樣的機械分析。

使用日本土壤學會所製定的 ASK 土壤淘洗器，雖然按常法進行洗滌分析，但是由於原始試樣以含有碳酸鈣（方解石）爲特徵的原故，所以未使用鹽酸而以水來振盪煮沸，待粘土部分分散後，加氨水以進行分析。表 1 的結果是粒徑在 2 毫米以下的百分率。粒度的劃分雖然是按日本土壤學會的規定，但是若來觀察分析結果時，則以稍微再詳細劃分較爲適宜。今後想繼續發表更詳細劃分

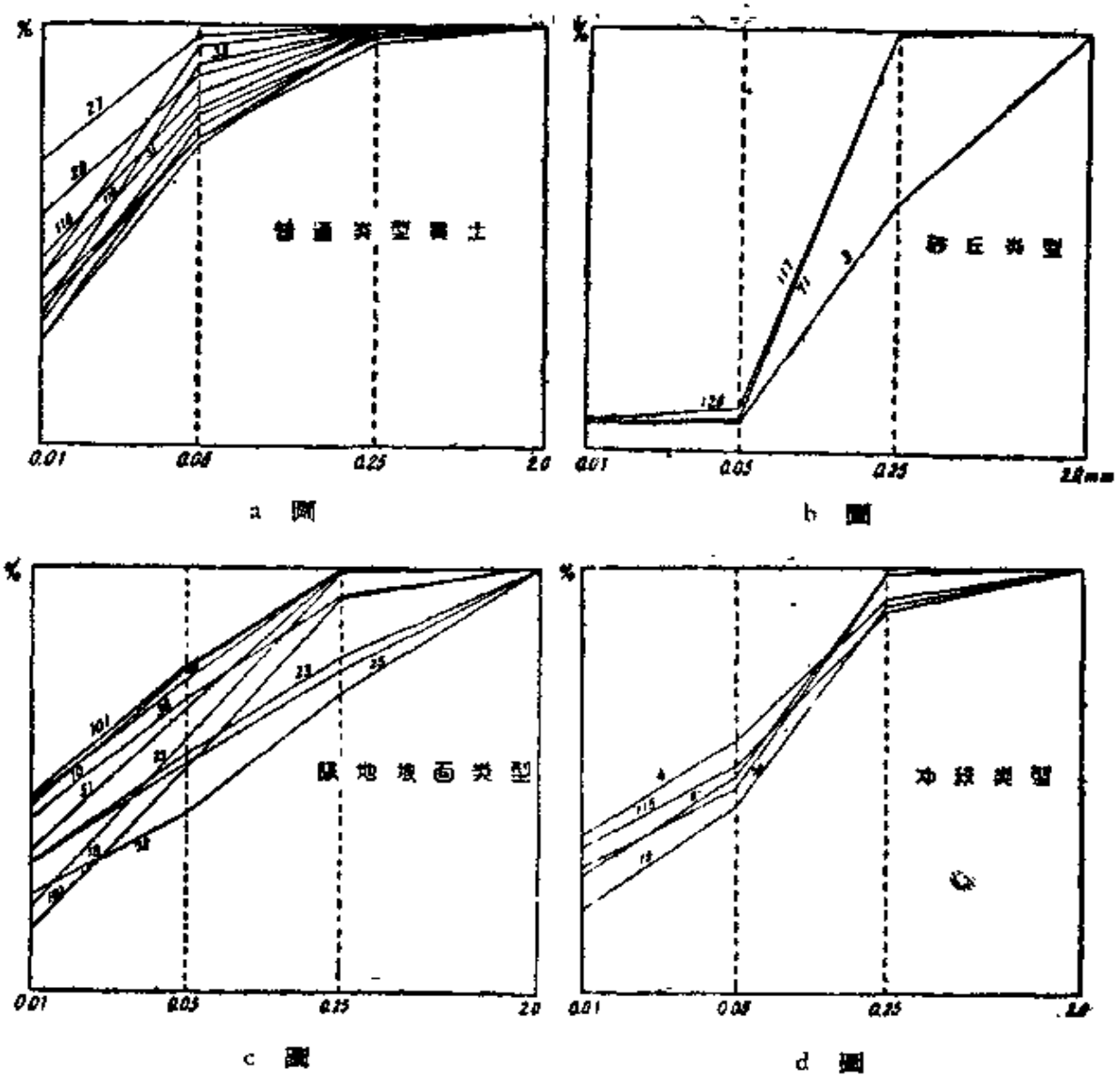
表 1. 黃土及其下層的機械分析結果

編號	產地	粗砂 2.0～0.25毫米	細砂 0.25～0.05毫米	粉粒 0.05～0.01毫米	粘土 <0.01毫米
	普通類型黃土				
6	五壩西橋處	2.73	24.03	42.02	33.22
9	水母宮南方河岸	0.26	26.86	34.12	38.76
	水母宮	0.28	4.76	55.87	39.09
	永寧堡	0.19	29.32	53.48	17.01
21	石匠窰子對岸下層	1.47	14.57	57.68	26.28
22	同上 上層	1.40	23.51	44.38	30.71
26′	張家口東門下部	0.08	29.88	37.36	30.68
26	煙筒山	0.37	25.22	29.84	44.57
27	同上	0.90	3.03	28.61	67.46
28	同上	0.07	12.14	33.52	54.27
31	張北北台地上方	0.93	21.28	38.75	39.04
32	同上 玄武岩上方	0.70	9.40	61.93	28.60
34	張家口瓦盆窰	0.09	26.98	39.88	33.05
34b	同上	6.35	16.50	41.25	35.90
35a	賜兒山下上層	0.17	31.51	42.59	25.73
35b	同上 上層	0.22	31.23	39.53	29.02
	大青山	0.22	22.40	46.21	31.17
726	大青山大發窰	1.22	24.26	50.61	23.91
101	鐵綱山上	2.53	21.58	28.98	46.91
110	綏遠盛河向	0.03	19.72	49.32	30.93
116	金山寺火山玄武岩下方	0.03	15.71	49.02	44.24
118	同上 玄武岩上方	0.14	21.03	50.38	28.46
119	同上 玄武岩下方	2.72	17.02	51.86	28.39
125	永定莊	0.80	11.30	58.15	29.75
山 1	徽水站	0.97	17.51	49.76	31.76
山 2	井陘站	0.04	9.36	58.05	32.55
山 4	太原白家莊	0.75	14.25	57.15	27.85
山 8	太原磚土	0.18	15.08	56.57	28.17
山 11	南孝村步哨	0.35	31.13	45.08	23.43
山116	南孝村墳地	1.60	22.65	45.30	30.45

表1(續)

編號	產地	粗砂 2.0～0.25毫米	細砂 0.25～0.05毫米	粉粒 0.05～0.01毫米	粘土 <0.01毫米
山12	臨汾城西端	0.24	2.39	67.33	30.04
山13	史村	0.45	14.44	56.73	28.38
山16	東趙村洋碱土方	2.13	21.57	41.10	35.20
平均		1.08	19.11	46.45	33.33
	階地坡面類型黃土				
36	張家口賜兒山土方	0.93	26.48	26.37	46.22
25	永豐堡北方長城	22.87	22.88	23.50	30.75
7	永豐堡	0.31	34.51	33.97	31.21
33	鷄鳴山脚下	0.88	39.50	39.35	20.27
51	柴溝堡	0.48	32.14	34.01	33.37
102	青子窩南岸	5.85	42.03	37.21	14.91
山7	銀山煤礦	0.06	31.76	33.79	34.39
	冲積類型黃土				
18	石匠窩子	0.55	47.71	32.47	18.27
4	大紅溝	6.75	33.96	22.14	37.15
3	大紅溝	41.46	50.84	0.79	6.91
61	南海子黃河水中	0.31	48.35	23.80	27.54
20	石匠窩子	0.21	50.12	18.54	29.24
19	同上	8.15	48.95	23.54	19.36
72a	大青山大發窩	29.05	29.44	18.70	22.81
	砂丘類型黃土				
71	大青山石拐子	0.53	91.81	1.39	6.27
117	金山寺玄武岩上方	0.09	90.05	2.58	7.28
126	保晉煤礦	0.58	90.06	2.93	6.43
	黃土底盤層				
94	武川紅色粘土	29.21	38.34	11.58	20.87
山15	運城白家莊帶紅色粘土	14.10	18.87	32.13	34.90
115	金山寺帶紅色粘土	9.66	35.60	20.66	34.08
	柴莊(西里村)	0.28	0.43	54.53	44.76

的結果。依現在所示的結果來觀察其級配曲線則如圖 2 所示，大致可以分類爲四種。圖的橫軸是表示粒度的對數，而縱軸是表示其百分比。a 圖爲黃土的普通類型，其爲表示各國都相似的曲線，而以含 0.01～0.05 毫米的粒徑的部分，就是粉粒（Silt）的部分爲最多。再積風成土就是砂丘（Sand dune）類型（b 圖）是與其相反，而以含細砂的部分顯著的爲多，竟達 90%。在冲積類型（c 圖）的水



a 圖　　b 圖

c 圖　　d 圖

圖 2. 各種類型的黃土

成沉積物中，同樣是以細砂爲多，但不太顯著，而考慮這是多量粘土質物質所致。階地坡面類型（d 圖）的是以細砂、粉粒和粘土的含量是大致相等，而幾乎是呈現直線形狀。這是普通類型和冲積類型的中間性的階地坡面類型。

冲積類型黃土是向低窪處流動所堆積的盆地黃土和河底堆積黃土。還有大紅溝的是在蒙古高原的玄武岩台地(Table land)上而向低處所堆積的。

砂丘類型黃土是佔了部分台地，它與它所離開的產地具有同一組成的事實則爲有趣兒。

普通類型黃土是以佔台地的爲多，而位於山頂的黃土反而不是普通類型，因爲其含有崖堆堆積物和風化物則多半具有階地坡面類型而爲其特徵。此次的採集物中的最高地方的張家口賜兒山頂的黃土，反而粘土部分很多的事實，則爲出乎意外。

位於黃土的下部"帶紅色粘土"(特別是以山西省爲多)其組成不定，一般在水中的分散質爲多，雖然是帶紅色的，但是在其組成中也有和黃土是相同的。

表 2.

	德國黃土平均	美國伊利諾州黃土平均	北美大平原冰積粘土平均	華北普通類型黃土平均
＞2 毫米 礫	0.0	0.00	—	0.00
2.0～0.25 毫米 粗砂	6.2	0.82	9.78	1.08
0.25～0.05 毫米 細砂	17.0	13.03	12.05	19.11
0.05～0.01 毫米 粉粒	54.8	52.77	28.38	46.45
＜0.01 毫米 粘土	22.0	27.85	45.46	33.33
水分	—	5.53	4.36	—
合計	100.0	100.00	100.12	99.97

化學成分

由於所採集試樣的化學分析尚未完成，所以依據文獻將各地

表 3. 各地黃土和灰質黃土之化學成分的比較

	北美7個黃土平均〔克拉克(Clarke, F. W.)〕	德國8個黃土平均（勞德修弗陶）	華北6個黃土平均（腦水）	北美4個灰質黃土平均（克拉克）
SiO_2	67.11	60.50	59.513	39.31
Al_2O_3	11.76	9.30	11.105	8.11
Fe_2O_3	3.35	4.38	6.793	2.81
FeO	0.56	—	—	—
MnO	0.04	—	Mn_2O_3 0.043	0.06
MgO	2.06	1.02	2.155	1.87
CaO	4.08	0.86	5.496	22.94
Na_2O	1.39	2.02	1.788	0.32
K_2O	2.17		2.175	0.73
H_2O	3.83	1.76	10.791*	3.19
TiO_2	0.25	—	0.408	—
P_2O_5	0.18	—	0.133	0.55
CO_2	2.97	—	—	16.18
有機碳	0.08	—	—	3.37
SO_3	0.11	—	—	0.60
Cl	0.03	—	—	0.17
$CaCO_3$	—	17.81	—	—
$MgCO_3$	—	1.83	—	—
合　計	99.97	99.48	100.373	100.21

* H_2O 中含有 CO_2.

黃土的化學成分加以比較時，則如表 3，就是硅酸的含量爲 50% 以上，氧化鹹金屬的含量爲 2～3% 而類似於花崗岩的化學組成。稍含有碳酸，而經淋溶(Leaching)的則其含量減少。德國產地的是含有白雲石。今將其類似於北美的灰質黃土（Adobe）來加以比較時則有相當的差異。

在各處所受淋溶作用是使表層或接近於地表地方遭受脫鹽，而在其下部則生成鈣積層（Caliche）的黃土偶（Loess doll）看來則類

似地層。尤其是以張家口平門外(圖 3)辛莊子爲顯著。其機械分析結果和碳酸其他的含量則如表 4 所示，而由於層位的不同則其組成是有顯著差異，碳酸則以上層爲多而下層爲少。同時如有機質、粘土膠質物含量多的，其也以向下層而增多，而上層被淋溶。



圖 3. 張家口平門外黃土層

110°C 以上的吸附水是與有機質的含量略成比例關係。張家口平門外的如圖 3 所示，在其呈層狀的黃白色部分中是含多量的碳酸鈣，而呈現數層的鈣積層。在下部層位含碳酸少的部分，則看成地下水的浸洗部分，而此部分特別作爲磚土來開採。在此部分中散佈着有如花狀圖案的空隙，而其大小則恰如黃土偶，而其空隙的形狀是呈薄的菱面體形，認爲這是由於方解石結晶的溶解而所形成的。此外在張家口瓦盆窰的階地下部及其他地區也被發現。在如此所呈現層狀的部分中是由於淋溶作用和累積作用的相互進行的結果

表4. 淋溶層及鈣積層的組成

產地	CO_2 %	H_2O^- %	H_2O^+ %	有機物 %	粘土 %（<0.01毫米）	備註
辛莊子上層（地表下1尺）	3.06	1.91	1.80	0.19	20.50	暗灰褐色
同上 2尺	3.76	2.52	1.37	0.07	20.92	暗灰黃褐色
同上 3尺	4.36	2.66	1.04	0.26	21.27	灰黃褐色
張家口平門外（地表下5米）	4.12	1.51	1.10	0.59	37.66	黃灰色
同上 5.5米	12.14	2.48	1.42	0.13	57.62	黃白色
同上 6.0米	7.71	2.33	1.61	0.08	67.83	黃褐色、多量黃土偶
同上 20米	4.23	2.15	2.70	0.34	—	黃褐白色
同上 22米	3.98	2.39	2.93	0.48	30.68	黃褐色

以致擾亂了碳酸，有機質，吸附水和粘土等量的中間的平行關係。

礦物組成

在原來黃土的薄片中混合有粗細各種粒度的礦物，由於不能決定其量的比例之故，所以用機械分析所分離的 0.01～0.05 毫米粉粒來製成薄片，以求各種礦物所含數量的比率。此種粒徑是接近於普通薄片的厚度（0.02～0.03 毫米）最便於觀察。由於 ASK 式的水洗的淘洗分析結果，因而礦物比重的大小和其片的形狀是會帶來相當大的誤差。就是如磁鐵礦、鋯石的比重大的礦物則以小顆粒的居多，而如雲母薄板狀結晶是以大粒的爲多。由於礦物數的比就是面積比的原故，於是通常以其乘上各種礦物比重的比，而爲重量比，但因上述的誤差，致使以其數比來直接換算成重量比時，則稍含有誤差。各個測定是在同一薄片中的五個不同部分所測定的平均值。

石英：其含量爲最多竟達 26～51%。有不帶包裹物純淨的和含多量的氣體，液體等包裹物的。

正長石和微斜長石：其含量次於石英，也有呈條紋構造的。

陶土化的是以冲積黃土爲多。尙有侏羅紀南天門層的帶有紅色粘土(產於運城白家莊)等也多爲遭受陶土化了的。

鈉微斜長石：其新鮮的(可能是未遭風化的——譯註)接近於2毫米顆粒，呈現藍色的乳光的則爲月長石。含有此種礦物的黃土都是代表南天門層的粗面岩和碱性流紋岩上面及下面的冲積台地，崖堆等則爲由其下部的基岩所供給。1938年春天由南英一博士贈寄東京所降落的黃土*之中，則以含有鈉微斜長石是爲有趣兒的問題。

斜長石：其含鉀長石的量未達一半，而通常雖然是以鈣鈉長石爲主，但是在片麻岩上面的黃土中則含有多量鈉長石。就是由於在片麻岩中的各處侵入閃長岩的原故，故認爲是由閃長岩所成。尙有在大同金山寺的火山地區及在冲積黃土中含有鈉鈣長石，認爲是由高原性的鈦輝石、玄武岩所成，而伴生有橄欖石。

黑雲母、白雲母：其爲鱗片狀。其粒度較大的含量被認爲在微小部分中爲多。在黑雲母中雖有褐色的和綠色的，但通常褐色的則多半是呈現洒黃色。

角閃石：其呈藍綠色的多色性，而輝石則呈灰色到淺綠色的爲多，有時若呈現深黃綠色多色性的是屬於鈍鈉輝石。

橄欖石：其限於火山區和冲積黃土層中。

磁鐵礦：因其呈現小粒則在數比上多半被漏掉。

磷灰石、鋯石、金紅石、電氣石、褐簾石等花崗岩特有礦物的存在，這可以看成黃土的全體組成是以鉀長石，石英爲主的花崗岩質。

方解石：不例外地都稍含有，而表示鈣質黃土的特徵。在如日本潮濕地區的土壤中是完全見不到的，1938年在東京所落下的黃土則顯然不是日本的。

---

* 恐怕由風吹而落到東京的黃土——譯註。

表 5. 黃土及其下層的礦物組成 (0.01～0.05 毫米粒徑部分)

編號	產地	石英	正長石	微斜長石	鈉微斜長石	黑雲母	白雲母	角閃石	輝石	綠簾石	磁鐵礦	磷灰石	鋯石	金紅石	電氣石	石榴子石	榍石	綠泥石	綠曜石	方解石	粘土結核	火山砂	十字石	未知礦物	斜長石
36	賜兒山頂	34.2	22.1	4.1	6.2	4.1	2.4	1.9	—	4.7	1.5	1.0	—	—	0.1	—	0.3	—	1.9	7.5	—	—	—	8.0
18	張家口石匠窰子	39.0	25.4	5.4	3.8	2.2	3.3	2.5	1.1	3.5	1.3	1.3	—	—	—	0.3	—	—	3.0	4.1	—	—	1.1	2.7
35a	同上 瓦盆窰上層	37.9	19.2	5.9	9.5	2.3	2.7	1.5	1.5	3.3	2.0	2.0	—	0.3	—	0.3	1.2	—	3.0	1.8	—	—	—	5.6
35b	同上 下層	51.6	16.3	—	8.8	2.4	1.4	1.0	—	2.1	1.4	1.4	—	—	—	—	0.6	1.0	3.1	0.8	—	—	0.6	7.5
34	瓦盆窰(褐出土)	48.9	15.9	2.4	4.4	4.9	1.8	0.9	—	6.1	1.2	1.8	—	—	—	—	—	0.9	5.3	2.9	—	—	—	2.6
25	長城線上方	42.2	18.0	3.0	6.0	6.0	3.0	1.1	—	2.4	1.4	2.2	0.3	—	—	—	1.4	—	4.6	1.7	—	—	—	4.6
118	金山寺婿岩上方	30.3	27.0	—	6.9	8.9	3.1	1.4	—	6.8	2.1	1.4	0.5	—	0.2	0.2	—	—	3.8	1.0	—	—	—	6.4
119	同上 下方	30.4	26.4	—	6.5	6.8	1.7	1.7	—	5.8	2.7	2.5	0.9	0.2	0.2	—	0.9	—	3.1	2.5	—	—	—	7.7
117	同上 (大塚氏)	31.6	19.5	—	3.5	3.5	2.7	1.9	3.0	4.2	2.3	1.1	—	—	—	—	—	—	7.6	1.9	2.7	—	—	14.5
116	同下 (大塚氏)	35.7	26.7	—	5.5	3.1	1.3	0.5	—	5.5	2.2	2.7	—	—	—	—	0.9	0.5	0.9	1.3	—	0.5	—	12.7
125	大同永定莊	26.6	25.7	—	8.4	6.8	3.0	1.7	—	2.1	1.7	2.6	—	0.5	0.9	—	1.7	1.3	3.4	1.7	—	—	—	11.9
山11	陳汾南孝村	33.4	23.3	—	5.7	6.1	3.4	2.0	0.7	2.2	1.3	2.0	—	—	—	—	0.5	—	10.3	3.0	—	—	—	6.1
	平均	36.8	21.9	1.7	6.2	4.7	2.5	1.5	0.5	4.0	1.7	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.6	0.3	4.2	2.5	0.2	0.0	0.1	7.5
	包頭黃河水	43.3	17.3	—	4.3	7.8	1.1	—	—	4.3	1.3	2.2	—	—	—	—	—	—	6.0	3.0	—	—	1.3	8.2
	東京落下 (1938)	27.6	10.3	2.5	2.5	1.7	1.5	0.8	—	9.5	1.0	1.2	—	—	0.5	—	0.5	—	3.9	30.9	—	—	2.2	4.4
24	南天門砂層	3.6	24.9	3.7	2.1	1.5	1.2	0.9	—	2.4	—	0.6	—	—	—	—	—	0.3	56.1		—	—	—	2.7
1	玄武岩下係層	19.1	21.7	—	0.4	0.9	—	—	—	2.0	—	0.7	—	—	—	—	—	—	52.8		—	—	1.3	2.4
山15	遷城白家莊	6.0	9.0	—	5.2	2.0	1.3	1.2	—	1.0	0.5	1.3	—	—	—	—	0.5	—	68.5		—	—	—	4.5

粘土結核：其爲正長石的分解物，粘土顆粒是由氫氧化鐵、方解石所膠結，以黑豆狀者爲多，進行淘洗分析時則以難於分散的居多。尙有以方解石所膠結的，其難於同方解石相區別。像這樣的冲積黃土是以三門系紅色粘土，南天門系頁岩爲最多。

如上所述黃土的礦物組成在大體上爲花崗岩質。這是世界各國黃土的共通性質。地球上的黃土分佈是在大陸的內部，其都位於片麻岩乃至花崗岩的露出部分。

而又如表5，其基盤層的影響就是基盤層的多數風化物質所相混合的物質。

[李輿譯自"資料丙142號1)"(四委內三、中間報號第2號，東亞研究所(1940)。]；[劉東生選材]

蘇聯亞洲部分的黃土和黃土狀沉積物

K. И. 盧卡謝夫

據現有的資料，黃土狀沉積物非常廣泛地分佈在西伯利亞西部、吉爾吉斯草原、庫隆達草原、整個阿爾泰西部邊緣地區、庫茲涅茨和米努辛斯克盆地及貝加爾湖南部沿岸、外貝加爾湖區、阿爾丹那河、勒拿河、黑龍江流域和許多其他的區域。

在由北向南過渡的大森林帶地區，例如在卡奇河流域，黃土狀砂質粘土得到廣泛的分佈；最南方的吉爾吉斯草原、庫隆達、巴拉賓斯克，是黃土出現的典型地區，有些地方也出現砂和亞粘土。森林區的黃土狀亞粘土有時可達到相當大的厚度（達 25 米），是不成層、富有泥灰質的。草原地帶之黃土狀砂質粘土的特徵是，厚度從 5—6 到 60—90 米，例如在巴拉賓草原和貝爾干(Бель-Arra)草原。

黃土狀土壤的成份，在遠離開河谷到分水嶺的範圍內，有明顯的變化。譬如據已有的材料看來，沿着托博爾和依希姆發育的是粘土質的岩石。在依希姆河和額爾齊斯河之間的分水嶺上及遠離河谷地區之草原，同樣的分佈着粘土質土壤，很快的從砂質粘土向粘土變化。

從這個額爾齊斯河流域的黃土狀土壤粒度組成測定整理好的統計表中，可以看出上述情況。

從一覽表中可以看出，在遠離額爾齊斯河區，黃土狀土壤的特徵有比較顯著的變化。在西伯利亞西部黃土狀土壤中，據目前一系列資料的研究結果（如維守茲斯基、單菲里也夫、涅烏斯特魯也夫等人），是覆蓋在不同岩石上面的，大多數是蓋在中新統的粘土

額爾齊斯河流域黃土狀土壤的粒度組成測定一覽表

土壤取樣地點	直徑 (μμ)				
	>1毫米	1--0.25	0.25 0.05	0.05 0.01	<0.01
	含量百分比 %				
額爾齊斯河附近	4.4	27.3	31.2	17.3	19.3
離額爾齊斯河1.5公里	1.2	4.5	25.3	31.6	37.2
離額爾齊斯河7.5公里	—	2.2	20.8	26.0	52.0
離額爾齊斯河19公里	—	0.5	8.7	30.2	60.4

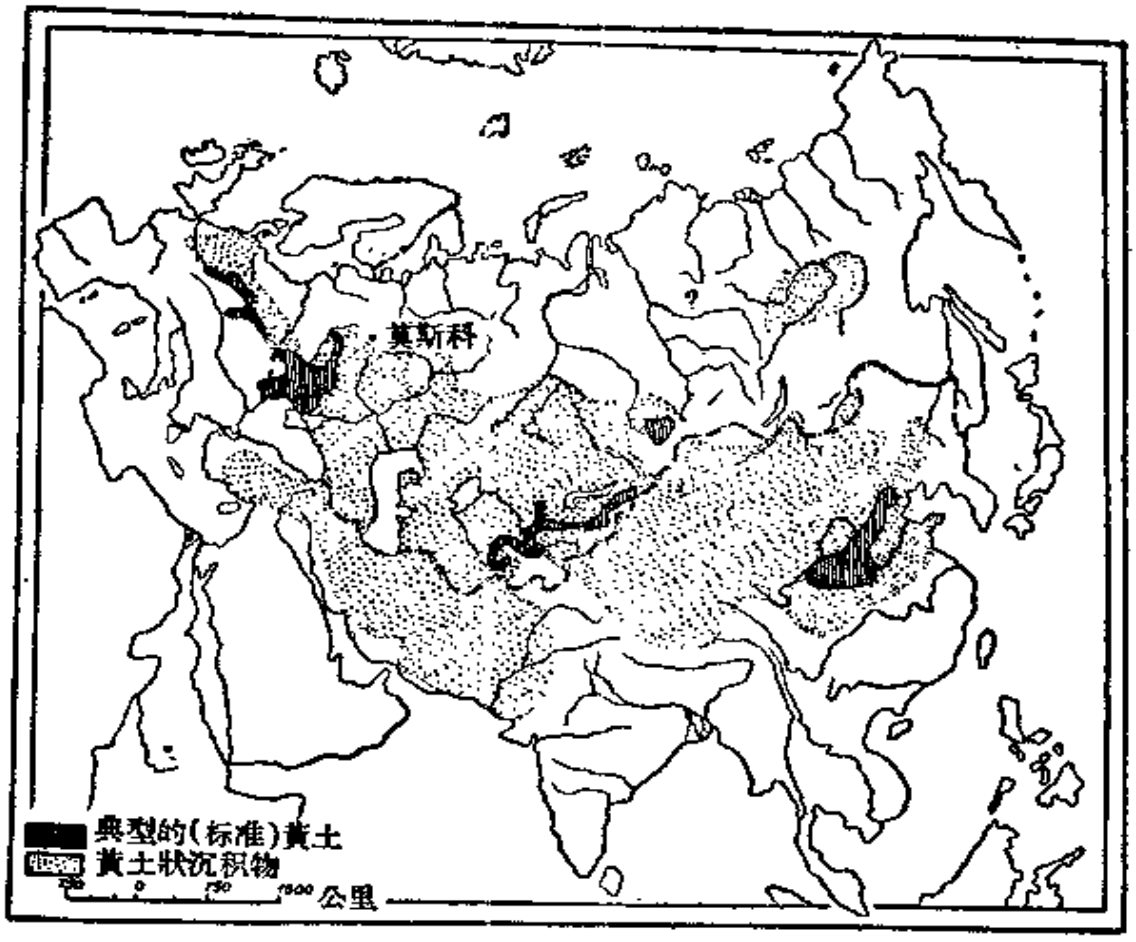


圖7. 黃土和黃土狀岩石分佈圖

(據 И. П. 格拉西莫夫和 К. К. 馬爾科夫)

和礫石上，向這些粘土和礫石轉化且沒有明顯的界限。它們覆蓋的地區，是呈斷續出現的、被分割成個別的土丘及蓋在侵蝕窪地上。有些地方這些土壤是砂質、泥灰質岩石，具有鮮美的淡紅色，在許多情況下它們具有蘇聯南部黃土地淡黃色的特徵，常常是砂質和碎石的交互層。

在厚層地黃土狀土壤中，具有各種各樣的特徵，經常發現它和冰積層或似冰磧層、冰水沉積物、湖成堆積及埋藏的土壤層組成交互層，黃土狀土壤的厚度，由平原向山頂上逐漸變薄。

在黃土狀土壤中出現有蓋石、淡水軟體動物、大量的齧齒類動物、猛獁象、犀牛。黃土狀粘土從地表到深達 2—3 米的地方，多多少少地受到了風化及成土作用，常常是十分堅硬和成塊的，爲淡紅棕色。成層的黃土狀土壤的下面，常常是粘土質和砂礫的沉積物。

據 Ю. М. 阿別列夫的資料（1934 年），在庫茲涅茨，黃土狀土壤的厚度從 4—10 米，其下覆以粘土沉積物，厚達 3.5 米。位於粘土沉積物下部的是帶有礫石包裹物的砂質亞粘土。黃土狀土壤是不均勻的，並且具有由小碎石和砂礫組成的細長帶狀的透鏡體夾層。據粒度組成測定的結果，其主要部分（68—76%）是由 0.05—0.005 毫米直徑大小的粉狀顆粒組成，其中粘土顆粒佔 14—25%。

黃土狀土壤，廣泛地分佈在雅庫梯地區：一方面在勒拿河谷中，及其平坦的階地上；另一方面，在勒拿河和阿爾丹河中間的分水嶺高地上。據 А. А. 克拉秀克和 Г. Н. 奧格涅夫（1927 年）的資料，黃土狀土壤在那裏絕大多數是黃紅色和淡紅色的粘土；這些粘土沒有漂礫，沒有層理，不含碳酸鹽，有時它們包含由古生代紅色岩層中冲刷而成的小礫石。1947 年 Л. С. 貝爾格認爲是水成的："它們在冰河期中沉積，在以後的旱燥時期裏改變成黃土狀沉積物之外貌"。

作者曾在黑龍江流域北部和中部工作過，並記述過這些土壤，據作者的意見，它們爲典型的黃土狀沉積物，呈細粉末狀、多孔、易

污染、易被碾成粉末、它們成層的分佈在平緩的分水嶺及緩和的高地上，它們是由殘積坡積物形成的。B. A. 奧勃魯契夫指出，成層的黃土狀土壤分佈在謝林吉洛、德烏里，那裏大多數地層是成層分佈在各種各樣的地區——河谷兩側、在斜坡上和山脈分水嶺上，同時形成 0.7—4 毫米的岩層，有些地方厚度更大。

由生物沉積的黃土狀土壤中，可見到樹根、樹枝、鳥骨骼等半陸生的沉積物及骨骼和大的牙齒及小的哺乳動物。

[楊理華譯自 Основные генетические типы четвертичных отложений СССР; 蘇聯第四紀沉積物的基本成因類型，第 89—92 頁]

蘇聯歐洲部分的黃土和黃土狀沉積物

K. И. 盧卡謝夫

在蘇聯黃土和黃土狀土壤分佈極廣。在蘇聯歐洲部分黃土和黃土狀土壤佔據了遼闊的面積如烏克蘭，中亞黑土區，外高加索，依爾根泥 (Ергенях)，伏爾加河流域和外伏爾加河 (Заволжье) 以及許多其他地區，和位於原始森林，草原和半沙漠地帶地區。

研究蘇聯歐洲部分的黃土狀土壤，不能不指出這樣一個很奇特的事實，黃土狀土壤與一般的土壤相仿，非常清楚地表現出帶狀分佈的特徵。即看到，從北向南的地區內，黃土狀的和粗粒的含巨礫亞粘土(舊名壚坶)及砂質亞粘土爲較細粒的和成分均一的亞粘土或者砂質黃土所替代。

許多研究家指出，在北部黑土地帶邊緣，覆蓋的紅褐色粗粘土和砂質亞粘土，由北往南都變爲黃土狀沉積，巨礫變小而且其中含量也減少，土壤變得疏鬆而且多孔，炭酸鹽的含量增多，紅褐色變淡，黃土狀亞粘土逐漸過渡成典型的多孔狀淡黃色黃土。最近黃土狀土壤的粒度分析同樣也證明這種情況。

同樣根據 Г. Г. 馬霍夫 (Махов) 1926 年的材料，在德聶伯河舌狀地區，主要分佈着砂質亞粘土質黃土或者輕亞粘土質黃土，黃土中 < 0.01 毫米質點的含量爲 20—25%。可是在較南的冰川作用以外的地區，主要分佈着亞粘土質黃土，< 0.01 毫米質點的含量爲 35—50%。更南分佈着 < 0.01 毫米質點的含量高於 50% 的黃土狀土壤。

許多研究家確定，不論沿德聶伯河和沿伏爾加河，從上游向下

游覆蓋的階地岩石，變得更緻密：第聶伯河上游的砂子往下游直到基輔省（Киев）以下，被冲積成因的黃土狀砂質亞粘土及砂質亞粘土質黃土所代替。伏爾加河沿岸的砂子，在卡馬河口以下，左岸上爲泥灰岩所代替。

在冰川地區內的黃土狀亞粘土和砂質亞粘土

在冰川作用地區紅褐色黃土狀亞粘土和砂質亞粘土分佈很廣。它們不是成片地發育，而是成斑點狀的分佈，與各種巨礫亞粘土和粘土及湖泊沉積互層。黃土狀亞粘土及砂質亞粘土通常覆蓋在侏羅紀的基岩上。它們的厚度爲 4—12 米，有時變化很大。在水平分佈上同在垂直分佈上它們的成分是不一樣的。例如：A. A. 卡拉柚克（Красюк）在1225 年描述的東北部的黃土狀砂質亞粘土和亞粘土，其厚度爲 1 到 3 米，向深處變粗，有時含有炭酸鹽（而炭酸鹽通常被淋濾了），特別多孔，並具有結構節理，其節理面光滑而具深褐色。

Н. М. 查依采夫（Заицев）在 1927 年曾描述了爾熱夫縣（Б. Ржевскии）的黃土狀亞粘土，特徵爲黃褐色直徑 0.01—0.05 毫米的膠點含量爲 50% 到 62%。不緻密多孔狀結構，無巨礫；土壤的厚度爲 5—6 米。

根據查依采夫描述，黃土狀亞粘土在那裏具有清晰的板狀結構，在上部地層中薄層的厚度約 0.5 厘米，而在 1.5—2 米的深處薄層的厚度可達 4—5 厘米，在深部地層中常看到黃土狀亞粘土與細粒砂質亞粘土互層的層理。在黃土狀亞粘土中找到淡水軟體動物的介殼。根據查依采夫的意見爾熱夫縣的黃土狀亞粘土是沉積在大的湖盆地內，這些湖盆地與冰川覆蓋的邊緣都有一定的距離；冰川融化的水、流入這個盆地，這些融冰水以懸浮狀態搬運的物質形成了黃土狀亞粘土。

斯摩陵斯克地區，奧卡河-克萊麥克斯（Окско-Клэминскиӣ）

以及某些其他地區的黃土狀亞粘土，大概同樣也具有這些特點。

第聶伯河沿岸和烏克蘭的典型黃土

烏克蘭黃土的詳細描述，包含在各種不同學者的很多著作中。在描述地區的黃土及黃土狀土壤，首先是它們的分選極好，並且從冰川邊緣向南、從河谷到分水嶺 < 0.01 毫米顆粒的含量顯著增加爲其特徵。黃土狀土壤的厚度從 2 到 15～20 米；在黃土狀土壤層中常發現古土壤，共計 3～4 層。根據 Г. Ф. 米爾欽柯的資料在第聶伯河沿岸及地名 Приднестровые 土壤層有下列特徵：

1. 黃土狀土壤的表層帶有分異不良的石化土壤層(木冰期)。
2. 石化土壤(里斯、雨沫間冰期)。
3. 黃土的綜合體在第聶伯河舌狀冰積層和冰水沉積物之上(里斯冰期)。
4. 石化土壤(民德爾-里斯間冰期)。

根據米爾欽柯的資料，在亞速夫海沿岸也看到同樣的現象。黃土狀土壤常常沉積在一般的層狀細粒泥灰岩之上，泥灰岩爲青灰色帶有赭色斑點，其厚度可達 15 米。在黃土狀土壤和泥灰岩之間常常有紅褐色的粘土，這種粘土根據許多作者的意見認爲是冰川沉積物。

根據 В. И. 克羅柯斯 (В. И. Крокос) (1922) 的觀察，在基岩上(卽山坡)黃土的一般厚度平均爲 5～10 米，極少達 20 米。克羅柯斯 (1932) 引證了烏克蘭黃土各層的平均厚度和最大厚度：

第一層(表層)	2 ～ 5 米
第二層	3.5 ～ 13 米
第三層	2.1 ～ 14.5 米
第四層	1.6 ～ 12.3 米

在高原上沿着伏爾斯克拉 (Ворскл) 河，三層土壤交互的黃土岩系的厚度超過 25 米。В. Г. 鮑達楚克 (1938) 描述了烏克蘭黃

土覆蓋層的地層,並給以它們下列的一般鑑定。黃土覆蓋層成層在大面積低下的(地貌觀點)地表部分。黃土覆蓋層在主要分水嶺的高地爲黃土狀坡積亞粘土所代替或者缺失;厚度的變化取決於古地形的起伏,在低下的地段爲最厚,但平均不超過35米;具隱微的層狀構造。層理面是不平的,夾層厚度爲1～1.5厘米,常常更小;包裹有砂子、錳鐵質細粒、石膏和石灰質結核;腐植質夾層厚度不穩定,分佈廣泛且大多數在有亞粘土質覆蓋層的地方具有較大的厚度。

根據幫達楚克的意見,在烏克蘭蘇維埃共和國境內,與地形有關的一些因素,取決於氣候的各種不同自然地理作用和時間都影響到黃土覆蓋層的形成。所有這些因素決定了黃土形成物的成因類型和它們空間上分佈的規律。

在 Н. И. 特米特里也夫 (Дмитриев) (1952) 的報告中概括了烏克蘭黃土大量的實際資料。作者指出了烏克蘭黃土的四種沉積方式而且黃土中至少有三個建造層,這與歐洲冰川作用的三個時期相符合(民德爾、里斯和雨沫冰期)。黃土沉積物分爲石化土壤層和泥炭層三層。

黃土狀覆蓋粘土和亞粘土

在外伏爾加河左岸,例如:從卡馬到布澤混河(Узене)上游,在頓河-沃羅涅日河(Дон-Воронеж)的分水嶺上,以及在烏克蘭南部和克里米亞地區,這些沉積有着廣泛的分佈。覆蓋粘土的顏色,爲紅色黃色,黃褐色。當厚度較小時,它們的成分較爲均一,很清楚地呈現出垂直的柱狀劈開。很密緻常含有石膏,常有大量的鈣質結核。在其成分中佔優勢的是小於0.01毫米的質點,其含量變化爲53—69%。在土壤的剖面中(Балашевскии 地方)常常可分出單獨不同顏色的岩層,有時有泥灰岩碎屑組成的卵石夾層爲其特徵。黃土狀土壤向下過渡爲厚達5米的粗粒砂質沉積,其下常有白色的粗粒的泥灰質亞粘土。

根據 Ф. П. 薩瓦連斯基 (Саваренский) 1927 年的材料，在伏爾加河左岸 (Заволжье) 及卡馬河內 (Прикаме)，土壤層由許多綜合體組成(2—3 層，有時 6—8 層)每一綜合體在下部爲砂子，而在上部是粘土。粘土具有黃土狀的特徵，含有炭酸鹽和石膏，具紅褐色。

在外高加索 (Предкавказье) 及耶爾根 (Ергени) 廣泛地分佈着黃色和紅色的黃土狀粘土，亞粘土和砂質亞粘土。它們通常成層在礫石層之上，覆蓋了古階地和現代的階地或分水嶺台地；其厚度達 20 米，通常向着河谷增大。

在黃土狀土壤中被找到單個的礫石及淡水軟體動物；在某些情況下，黃土狀土壤富含石膏和石灰質結核。推想它們是在水中形成的，雖然還有其他的見解。尤其是 Н. М. 索科洛夫 (Соколов) 1929 年觀察過德聶伯河下游盆地中紅色和黃色粘土，在這裏粘土成層在蓬蒂灰岩之上；認爲它們是在熱濕氣候條件下形成的殘積層。

在最近有這種意見，認爲覆蓋層粘土形成於上上新世。有些地質學家研究了分水嶺上黃土狀亞粘土和粘土認爲好像風成沉積物。

外高加索黃土狀土壤

С. А. 查哈羅夫 (Захаров) 成功地鑑定了外高加索黃土狀地層。在這裏根據產狀，層理或粗粒碎屑的存在及顏色進行分層。查哈羅夫在 1910 年根據所有標誌綜合，把外高加索黃土狀土壤分爲兩類：

1. 冲積黃土狀亞粘土，其特徵爲存在有層理，其下部通常與礫石層有聯系。

2. 風成黃土狀亞粘土組成黃土地層的上部，並且剛發現的層理很快就消失。一般沒有明顯的過渡順序，在剖面垂直的方向上

與浮土的冲積部分相匯合。

查哈羅夫從風成黃土狀土壤中區分出洪積黃土狀土壤，分佈在凹地內及山坡上，其特徵爲有碎屑物質不規則的分佈。塌積黃土狀亞粘土較規則地分佈在陡坡上，具有粗粒碎屑。坡積黃土狀亞粘土爲較緩山坡上和山麓所固有的沉積。後一種具有清晰層理的細粒物質組成。

查哈羅夫其次指出：根據產狀形態和化學標誌，同樣地在頗大程度上根據機械成分，在庫拉 (Кура) 盆地中部所研究的黃土狀形成物與戈洛德諾依(Голоднои)草原和費爾干納河谷類似的形成物很相似。

黃土狀岩層與礫石層的關係很密切。在這兩個地區內很多研究者區分爲兩部分：米德提依沃拉法 (Мидденворф) 院士，分爲原生非層狀黃土和次生層狀黃土。或者穆什凱托夫 (Мушкетов) 分爲層狀黃土及非層狀黃土。

[文啓忠、蘇聯義譯自 1955 年出版的蘇聯第四紀的基本成因類型 (Основные генетические типы четвертичных отложений СССР) p. 84—89；校　者：　陳友明]