

普通地質學講義

(B.H.Павлинов 教授講課記錄整理稿)

下 册

北京地質學院

普通地質教研室

1 9 5 6

目 录

第十講	風化作用	(119)
	風化作用的因素	(119)
	物理風化作用	(119)
	化学風化作用	(122)
	生物風化作用	(123)
	風化壳	(124)
	土壤	(124)
第十一講	風的地質作用	(128)
	風在沙漠中的作用	(128)
	吹揚作用	(128)
	沙漠的類型	(129)
	磨蝕作用	(129)
	石漠(129), 砂質荒漠(130), 黃土區或黃土草原區(131)。	
	風成地形的形狀	(132)
	對沙漠草原的研究與征服工作	(140)
第十二講	冰的地質作用	(142)
	冰川的類型	(143)
	山岳冰川(143), 大陸冰川(144)。	
	冰川的刨蝕作用	(146)
	冰川的搬運作用	(147)
	羊額石(147), 捲毛岩(147)	
	冰碛及其類型	(148)
	表面冰碛(148), 側冰碛(148), 底冰碛(148), 中央冰碛(148), 末端冰碛(148), 冰水堆積物(149), 蛇堤, 彭陵, 冰川紋泥(149)。	
	山岳冰川的類型	(150)
	冰期形成的原因	(155)
第十三講	流水及其地質作用	(158)
	洗刷作用	(158)
	冲刷作用	(158)
	侵蝕作用	(160)
	河流的發展	(162)
	流水之搬運作用	(163)
	侵蝕基準面(165), 平衡縱剖面(166), 河谷再生現象(169)。	
	河谷階地	(173)
第十四講	地下水及其地質作用	(175)
	研究地下水在國民經濟上的意義	(175)
	水文地質学發展簡史	(175)
	地下水的存在狀況	(176)
	氣體狀態的地下水(176), 吸着水(176), 膠膜水(176)。	

	毛細管水(177), 重力水(177)。	
	地下水產狀.....	(177)
	壤中水(178), 潛水(178), 層間水(180)。	
	地下水的地質作用.....	(181)
第十五講	海洋及其地質作用.....	(188)
	海洋的一般特性.....	(189)
	海水的化學成份.....	(189)
	海水的溫度.....	(191)
	海水的運動——海流.....	(193)
	海水的密度.....	(193)
	海水的透光性.....	(193)
	潮汐.....	(195)
	海浪.....	(195)
	海底地勢.....	(196)
	海洋的地質作用.....	(199)
	海洋的破壞作用.....	(199)
	海洋的搬運作用.....	(202)
	海洋的沉積作用.....	(202)
第十六講	湖泊、沼澤及其地質作用.....	(213)
	湖泊的成因.....	(213)
	沼澤的成因.....	(217)
第十七講	地層學及生物發展的歷史.....	(220)
	地質年表及地質學中的記年方法.....	(220)
	地球歷史中的代和紀.....	(222)
	地球上生命發展的概況.....	(222)
第十八講	地殼運動.....	(225)
	昇降運動	
	地殼上升的標誌.....	(226)
	地殼下降的標誌.....	(226)
	褶皺變動.....	(229)
	斷裂變動.....	(233)
	構造變動的時間.....	(236)
第十九講	地震	
	地震按成因的分類.....	(238)
	地震的強度.....	(240)
	地震破壞的後果.....	(242)
	現代的防震措施.....	(243)
	地震的地理分佈.....	(244)
	地震在地球上分佈的規律.....	(246)
第二十講	地殼形成的基本規律.....	(248)
	地槽區.....	(249)
	陸台區.....	(251)
	地質圖.....	(251)
	陸台與地槽的概念及其發展.....	(256)
	關於地殼發展的學說.....	(256)
	收縮說(256), 均衡說(256), 大陸漂移說(256), 大地槽說(258),	
	放射性說(258), 放射性重力分異假說(258)。	
附:	普通地質學各講應備直觀教材目錄.....	(1—15)
后	記	

第十講 風化作用

前面我們已經指出，地面上不斷地在進行着岩石和礦物的破壞作用和建設作用；也就是說，地面上不斷地有着新的岩石及礦物在形成同時又不斷受到破壞。礦物和岩石可以在海洋、河流、湖泊、小溪等有水的地區形成，也可以在陸地上形成。岩石這一名詞俄文是 горная порода，和本意是不符合的，因岩石為不一定在山上。所有的礦物和岩石只要露出地面就會受到大氣的影響及各種外力作用的破壞；有時只有一定程度的改變，有時則起了根本的改變。岩石破壞後的產物，可以殘留原地，也可以通過流水、風等動力搬運很遠再沉積下來。我們不要認為某一地區只有破壞而另一地區只有沉積，在破壞作用為主的地區同樣也有建設作用。也不要認為地面上在某一時期中只有破壞而後來又只有沉積，而是兩種作用同時進行的。這就是自然界的辯證統一性。新堆積的物質也會受到破壞，可見矛盾不斷地在產生而且互相鬥爭。

岩石的破壞屬於外力地質作用。外力作用進行的方式很不相同，風化作用即是其中的一種。什麼叫做風化作用？所謂風化作用是指礦物和岩石受大氣的因素和生物的影響而遭到破壞的一種作用，但破壞的產物搬運並不很遠。如果搬運很遠，在搬運過程中所受各種破壞作用，便不屬於風化作用概念的範圍了。風化是引起礦物和岩石的破壞（或從緊密變為松散）的許多作用的總稱。俄文『風化』（выветривание）一名詞含有風（ветер）的作用的意思。但必須注意，風的破壞岩石並不是風化作用，風化和風是毫無關係的。風化是外力作用的一種，此外還有剝蝕如吹揚、磨蝕、洗刷、沖刷、刨蝕、沖蝕等同樣也是破壞岩石的作用，但並不是風化。搬運也是外力作用的一種，搬運時也使岩石破壞，但也不是風化作用。還有堆積作用，有機械的、化學的、和生物的堆積作用，都不能和風化相混。

風化作用對岩石的破壞有兩種類型：一、機械的破壞。二、化學的改變。

風化作用的因素：物理的因素，包括（1）溫度的變化；也就是從很高的溫度忽而變成很低的溫度，或者反過來。（2）空中的雷電閃擊作用。化學的因素是：水、氧氣、碳酸氣和各種酸類。生物的因素是：細菌、微生物，地衣、菌類、各種植物的根，地下的動物，螞蟻、地鼠、人的活動等。以上因素作用的結果，可以分為兩種基本類型，也就是機械的風化作用和化學的風化作用。

機械的風化作用，又名物理風化作用，特點是礦物和岩石被破壞後成份不改變，只是顆粒變小。

化學風化作用的特點是改變了礦物和岩石的化學成份。

另外還可分出一種類型，這一類型並不是所有地質學家都把它單獨劃出的，但很重要，這就是生物的風化作用或有礦物的風化作用，可以是機械的或化學的，常常是二者結合起來。生物風化作用是岩石受生物的影響而遭到破壞的一種作用，其中包含機械破壞和化學分解。所以有些地質學家不把它劃分為單獨的類型，是不對的。因為生物的作用很大，很多地質學家都已經把它劃分為單獨的一類了。

物理風化作用：主要是受溫度變化的影響。溫度的變化以大陸性氣候地區為顯著，如沙漠地區，白天受陽光照射達 60° — 80°C ，晚上可降至 0° 或 0° 以下，結果岩石白天膨脹，晚上縮小，因而很快崩碎（圖 172）。有時白天岩石很熱時，忽下暴雨，岩石破壞很快。可以

用岩石燒熱后澆水作試驗。並不是所有岩石的情況都一樣，如在一陡壁上，夜間為 -2°C ，白天一面受陽光照射而熱起來，因而膨脹，這一面就出現了裂紋，成鱗片狀剝落下來。這樣不斷剝落的結果，出現了鱗片狀的花紋，叫做鱗片剝落。如果岩石不是一邊受熱，而是整個熱起來，晚上整個的冷起來，表面收縮里面還熱，就形成很多裂縫，像橘子瓣一樣。這種現象是極端大陸性地區的特點。有的岩石會成層的剝落下來(圖 173)。如果岩石是由顏色不同的礦物組成的，如花崗岩，輝長岩及各種斑岩等，這種色較深的吸熱量大，膨脹較大；色淺的吸熱少，膨脹小；所以這種岩石易於崩碎，形成岩屑，變成大大小小的塊堆起來(圖 174)。

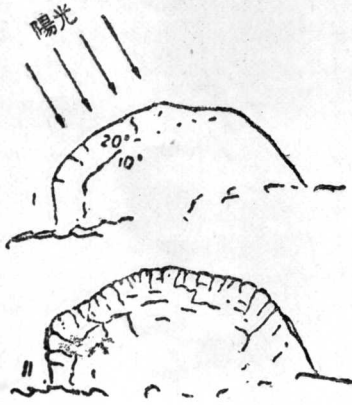


圖 172a

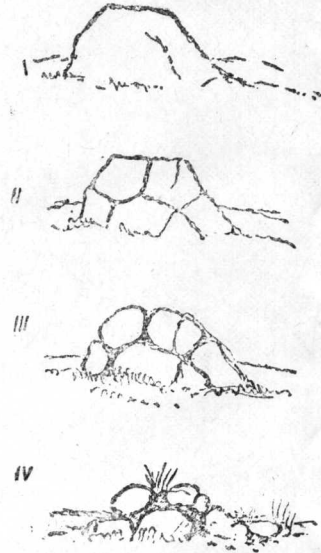


圖 172b

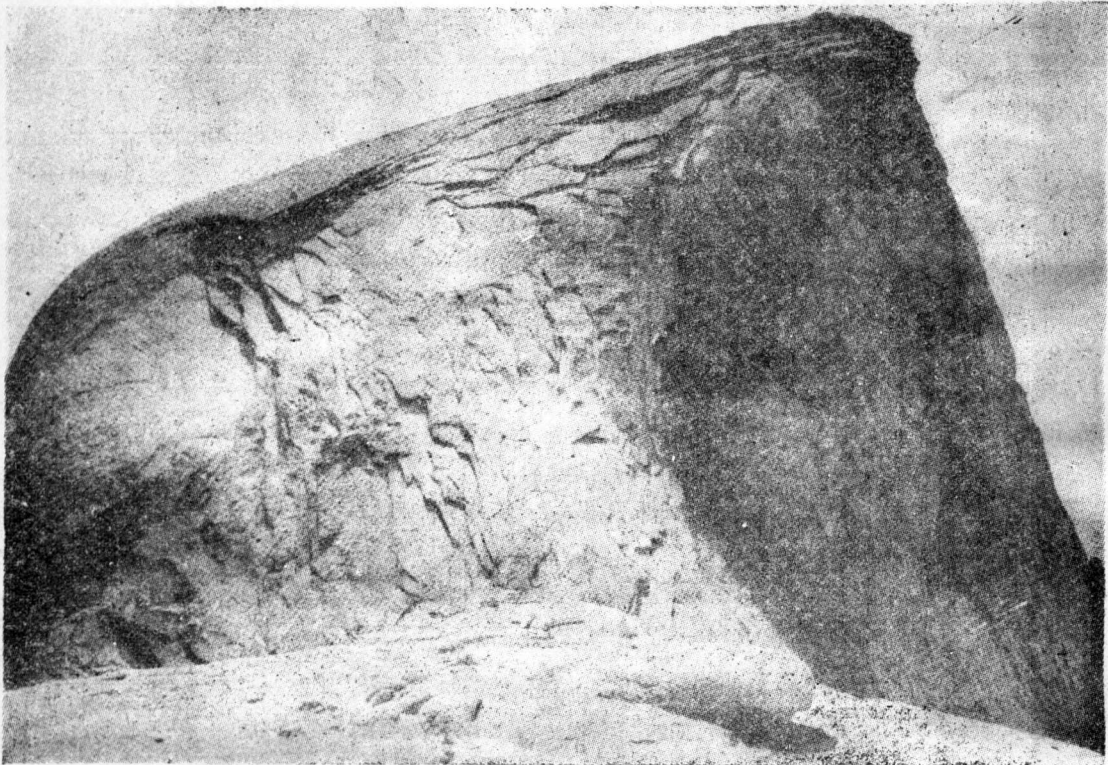


圖 173 花崗岩的岩片剝落(美加里佛尼亞)

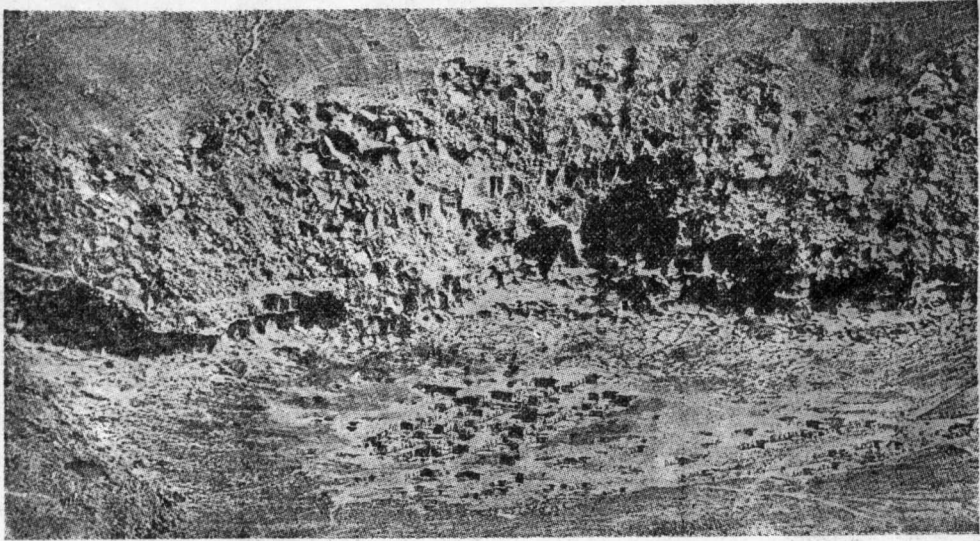


圖 174 岩石受物理風化崩碎的情形

物理風化時如果岩石有節理和空洞時作用更為明顯，不僅外表受溫度變化的影響，水還可沿裂縫浸入，夜間變冷在里面結冰，體積比原來約增大10%，使裂縫不斷擴大，正如瓶子裝滿了水結冰以後，瓶就破裂了。水在裂縫中結冰時，每平方公分有960公斤的壓力，所以很容易使岩石破碎。特別是岩石空隙很小時，水不易散失，作用更大。如果裂縫是開口的，結冰時，冰可擠出口外，影響不大。如果裂縫和外面不通，受壓力較大，水進入細孔是很慢的，但結冰時起作用很大。如果裂縫深達內部，先在出口處結冰，正如塞子一樣，內部結冰時作用便大。這種作用，叫做冰劈作用。結果使大塊的岩石變成石礫、石屑、砂等。

岩石的破壞也會是受雷電閃擊的影響，使岩石上出現裂縫或炸開。這種作用是由於岩石被閃擊時溫度增高很快，任何岩石都有一定的濕度，由於水濕立刻轉化為汽而膨脹，結果使岩石破開。有時由於高溫使岩石融化，所以我們常常在石塊上見到有部份融化的現象。如閃擊在疎松的砂子上，則可使砂成為致密的一塊，旁邊仍為疎松的砂子包圍着，叫做雷鍊石（фульгурит），好像爐子里融化過的熔渣一樣。

物理風化只使岩石從大變小，並沒有化學成份上的變化。陡崖上有大塊岩石突出，受物理風化作用而開裂垮下，順山坡滾動很遠，往往可達幾百米，叫做山崩。特點是：大塊滾得較遠，所以有些選擇性，但大小石塊都帶有稜角。依比重大小也有些選擇性，重的比輕的滾動得遠些。巉崖上受陽光照射的一面破壞得厲害些，這樣的碎塊堆積於山坡上，叫做崩積物（圖 175）。其中的碎屑是有向低處運動趨勢的，但很慢，是由於重力作用的結果，又叫重力堆積物。結果山脊不斷的被夷平，全部堆上風化產物，叫做亂石堆。重的集中於底部，一般重礦物多為礦產，所以亂石堆中形成砂礦，如金、鎢、鉍等。如有水在里起作用，則在低處集中程度更高，所以我們常見到錫砂等集中於鬆散的砂堆下面，因而研究物理風化作用可以幫助查明砂礦的產狀。

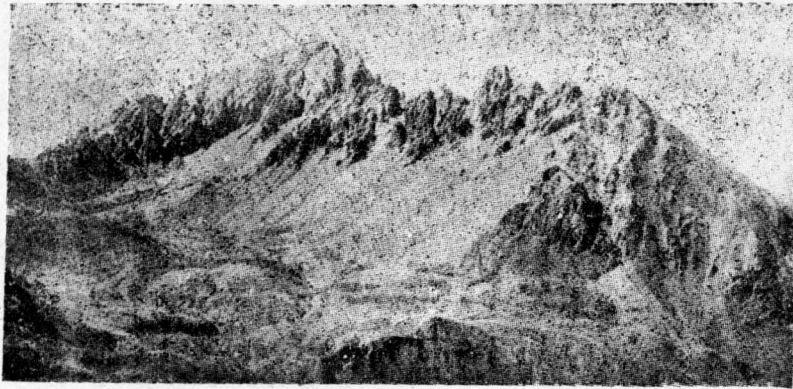
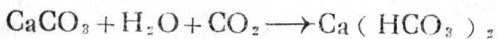
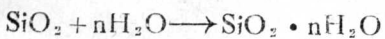
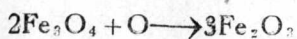
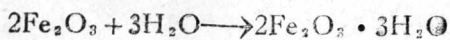
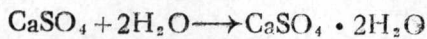


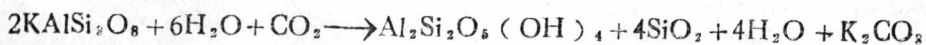
圖 175 崩積物

化学風化作用：岩石破壞時，化学成份發生改變或被溶解了，主要是在雨水作用下發生的，如果雨水是很純的，對岩石的影響就很小了，但雨水因含有各種酸和 CO_2 ，有弱酸性，可使岩石慢慢發生變化。雨水達地面以後酸度更濃。在土壤中還有有機酸成份及微生物和礦物質，所以岩石受雨水破壞的作用，在不同的情況下是不相同的。如果雨水集中後成爲小溪流而破壞岩石，便不是風化作用而是侵蝕作用了。

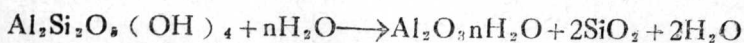
化学風化作用可使岩石在作用的過程中減少或增加原有成份，或使岩石發生交代作用，舉例說明如下：



以上的反應是可逆的。如石膏失去水份後可成爲硬石膏。自然界中常見的是替換作用——就是一種物質成份被另一種物質成份所替換。舉例如下：



這樣便只剩下了高嶺土和砂子，其中高嶺土進一步風化，可形成重要的鋁土礦



再如： $\text{FeS}_2 + 8\text{H}_2\text{O} + 7\text{O} \longrightarrow \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4$

由於上式的反應，往往可見含硫酸很多的泉水，如南烏拉爾的 Блява，車站附近，地下面不能安裝鐵管，鑽井中所下的套管在兩三個月中就含硫酸的水蝕爛了。

熱帶地區由於化學風化作用的結果，形成了一些不溶解的物質，如從石灰岩風化中殘余下來的氧化鐵，造成紅土，磚紅色，成份上和鋁礬土一樣，所不同的是紅土中含氧化鐵分量較多。紅土在石灰岩地區堆積很厚，往往可變成鋁礬土和磚紅土鐵礦。所以化學風化作用可以造成有用礦物的集中。化學風化不僅使岩石成份改變，同時可以破壞岩石。由於化學風化作用的結果，岩石體積發生膨脹或收縮，會引起岩石的破壞。也可以是由於把可溶物質帶走，使岩石的孔隙度加大，因而松散，最後便破碎；如膠結物為鈣質，即可為水帶走，使其余部份成為碎塊。由於產生不均衡的膨脹，結果也會使岩石破碎；例如岩石中有硬石膏碎塊；遇水後硬石膏部份可膨脹 30%；或鐵遇水變成了褐鐵礦也發生膨脹，同樣會引起岩石的破壞。

球形風化：岩石都有裂隙，由於化學風化沿裂隙進行最快，所以造成了球形的塊和物理風化時沿一面剝落不同（圖 176）。

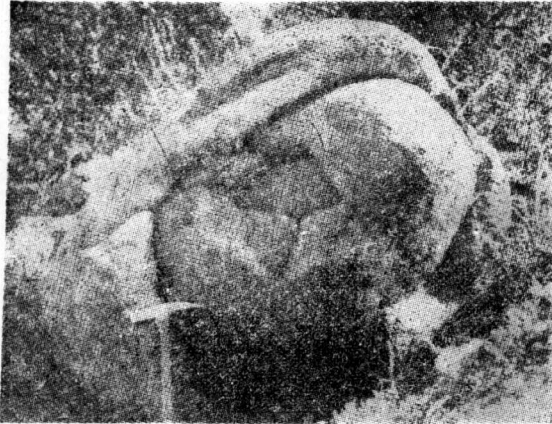


圖 176 球形風化

生物風化作用：植物破壞岩石的作用很大。維爾納茨基院士證明任何一種礦物和岩石的破壞都有生物參加。他研究了長石的風化，除了水和碳酸的作用外，還有微生物參加。我們可以舉例來說明生物風化作用的巨大。在溫帶每半公頃土壤中有十五萬條如蚯蚓一類的蟲。它們以土為食料，再排洩出來，使土質更細，這樣一年便可把十五噸的土翻過，而且不僅使土變細，還使它發生了化學變化。在山區里岩石裸露的地方，往往可見有下等的植物如苔蘚類覆蓋着，它們從岩石中吸取一些物質，再分泌出酸來，這樣的新陳代謝作用，可使岩石破碎，並發生化學變化。它們死後分泌出 CO_2 及有機酸，溶於水中，又可破壞岩石。植物的根對岩石的破壞能力很強。山區的植物除機械的破壞以外，還分泌出酸來破壞岩石。

在陡坡上，植物的根深深地插入岩石的裂縫中，並把岩石擠破，成為碎石（圖 177）堆積於山腳下，一顆樹長得很茂時，所有的細根加起來可以超過幾公里。

動物同樣對岩石有破壞作用，挖洞的動物使岩石破壞和翻轉，可見地面上生物對岩石的破壞是很普遍的。凡是被植物蓋滿和微生物很多的地方，生物風化往往超過了單純的物理風化或化學風化。

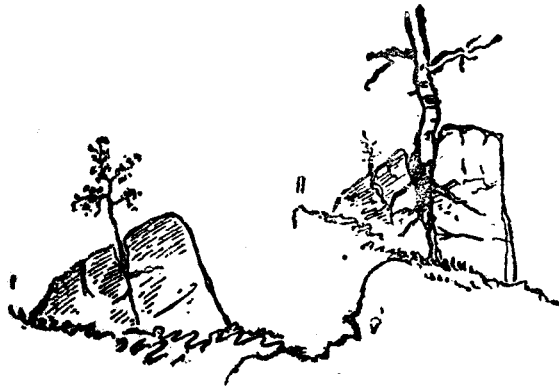


圖 177

殘積物是岩石破壞后未經其他作用搬運而殘留原處的松散的物質。如果受到后來的成岩作用，也可以緊密起來，例如受到膠結或壓緊便可成爲一般的沉積岩了。岩石風化后的產物覆蓋在地面上的一層，叫做風化壳，也就是指把基岩掩蓋起來的風化產物，其中岩屑的大小各地不同。風化壳分佈範圍和碎屑成份變化很大，往往決定於母岩性質。在不同的地方風化壳的成份也不相同。在自然界中，風化壳並不是到處都把基岩蓋起來，而往往被其他營力搬走了。風化壳的結構如下：下部爲未經破壞的岩石稱爲母岩或基岩；往上裂隙擴大，在半破壞狀態，屬殘積物；再上顆粒更細，且有植物生長，已成爲土壤了。

各地的風化壳都和上述的剖面相似，風化程度隨地而異，而風化程度和氣候與地形有關，所以風化壳厚度各地區是不相同的，可以從几公分至几十公尺；決定於：（1）氣候、（2）岩石性質和成份，是否易於破壞，（3）引起岩石破壞因素的強弱。

土壤

殘積物的上部，經過生物改造的一層，叫做土壤，土壤是綜合風化作用的產物，其中以生物的風化作用爲主，也就是殘積物通過生物作用進一步的改造而形成的（圖178a）。土壤的形成過程，受下列因素影響：（1）濕度。（2）空氣， O_2 ， CO_2 ，及其他氣體，（3）起主要作用的是有機質。生物的遺體供給了腐植酸，形成了腐植質。土壤和殘積物的不同點是土壤有腐植質存在。腐植質是一種有機質的膠狀物，化學成份是一些複雜的有機酸，是由於植物及動物緩慢腐敗后形成的，形成環境多在空氣不足的情況下，通常是植物的根及微生物死亡后所成。前面我們已經說過，生物圈在岩石中可達相當深度。有人曾經研究過，如像花崗岩這樣致密的岩石，經風化后便有大量由肉眼看不見的生物存在。植物很少的地方，土壤是很薄的。風化壳的厚度，隨地而異，且多爲殘積層而不是土壤。土壤不只是生物腐敗的環境而且是生物滋長的環境。也就是說，土壤是生物圈重要的活動環境。土壤和殘積層的不同是有肥沃能力，成份是礦物質和腐植質，其中礦物質一般是石英的碎塊，長石，小片的云母、方解石、石膏，氧化鐵質。

土壤的顆粒大小很不相同，有粗有細，按顆粒大小及成份分爲：

1. 石塊質土壤：粒很粗，有一定的腐植質；
2. 砂質土壤：如砂一樣大小，有腐植質；
3. 細粒質土壤：顆粒如塵土般的大小，也稱粉砂質土壤；

4. 泥質土壤：顆粒如粘土的大小；

5. 混合型土壤：顆粒粗細相混合。

由於土壤所含雜質不同，所以都具有一定的顏色、如黃，紅，黑，灰等。決定土壤顏色的往往不是礦物成份，而是腐植質的多少：如果多，土壤顏色就暗，如果少就淺。腐植質是通過有機質（淀粉、蛋白質等）腐敗變化而成，成份很複雜，而相當穩定，但並不是不變的，其中礦物質較易發生變化。腐植質能使植物易於繁殖。

土壤在垂直剖面上看來往往是很不相同的。一般土壤可分為三層：最上的一層稱 A 層，特點是：植物的根很多，且有大量的微生物，所以有大量腐植質的集中。其次是 B 層，特點是：腐植質經過本層后往下滲。再下為 C 層，在此層中聚集了鐵礦物、鎂礦物和腐植質，往往彼此膠結起來，成為致密完整的一層，由於含氧化鐵很多，往往成紅色，很像砂岩，如圖所示：

A 層：腐植質發育的一層，成黑色、灰色、淺灰。

B 層：腐植質只從中濾過很少存留或沒有，一般為黃色或白色。

C 層：腐植質多，但和礦物膠結在一起，成紅色、褐灰等色。

總的厚度，一般是 20—30cm，厚的可達十公尺。在潮濕地區，殘積物很厚，腐植質可以達到較深地方，其中一般以 B 層較厚。

土壤的成份是很複雜的，除礦物質和腐植質以外，還含有 N . Ca . P . K . S . Fe . Cu . Mg . O₂ . H₂ 及其他元素。這都是土壤的重要組成，缺少了會影響植物的生長，所以缺乏某種元素時，便要施肥。N . P . K 常隨水帶走，施肥是使某種元素增加。因而必須了解土壤缺乏那種元素后才能施肥。如果土壤缺乏 K 肥，而施 P . N 肥，便會更不適合植物的生長。如果某些地區天氣變熱，潛水面上升、蒸發加大，土壤下部礦物質成份上升，便會變成鹽鹼土。所以如果我們不了解土壤的發育和變化，便會不利於植物生長。土壤的成份，在氣候影響下是不斷發生變化的。美國有些土壤學者認為土壤是會衰老的，人類也無法改變它。但蘇聯學者 B . B . 道古恰也夫等人，認為土壤是可以受人為約制的，這就是他們的功績——奠定了科學土壤學的基礎。

土壤形成的主要因素是：

1. 基岩性質：如在黃土區，土壤發育很快；因為黃土本身就是很好的母質，又如花崗岩是不好的母質，上面土壤較難形成。

2. 地形的因素：如在陡坡上，所有殘積物很易搬走，土壤形成較難。因為土壤的形成必須有殘積物集中。

3. 氣候：植物復蓋決定於氣候條件，雨量也決定於氣候條件，例如在沙漠地區，殘積物很多，但由於雨量少，生物不易生長，所以土壤發育困難。

4. 時間：例如有新的風化壳和老的風化壳，在老的風化壳上，較宜於土壤的發育。

5. 人工的種植對土壤改造影響很大，因為可以人為的增多腐植質。

這些條件的相互關係是很複雜的，所以土壤也複雜起來。按土壤的成份，可分為：酸性土壤、中性土壤、鹼性土壤。

最肥沃的是中性的土壤，如黑土，是含鉀肥的土壤。屬於酸性的土壤是：紅壤、灰化土、沼澤土。鹼性的土壤如鹽土等（圖 178 b）。

由於母岩、氣候等的不相同，形成了不同的土壤，分佈成帶和地球的气候帶相當。蘇聯從北向南有：

1. 極地苔原土壤：气候平均溫度為 0° 以下，有永久凍土層，往往凍至地面下 460M，

腐植質很少，泥炭發育，原因是水不能滲至地下，而在地面集中。

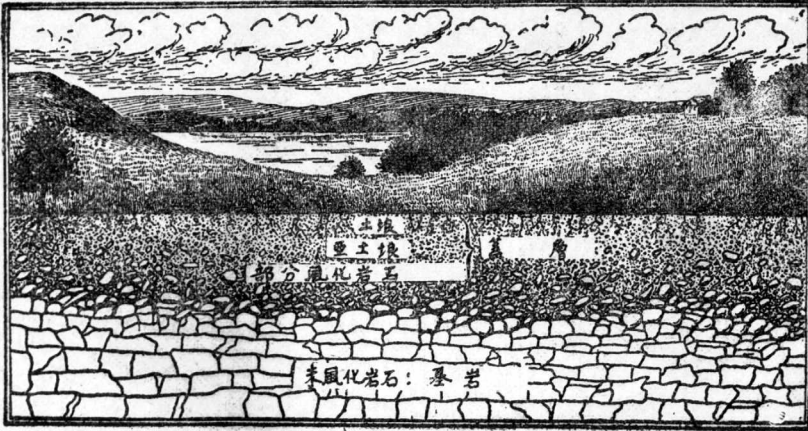


圖 178 a)

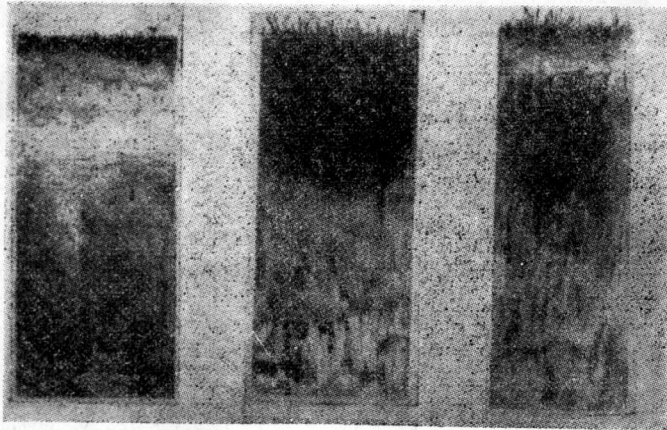


圖 178b 幾種主要土壤類型的剖面（左—灰化土，中—黑土，右—鹽土）

2. **灰化土**：多水汽滲至地下，上部淋失很厲害，腐植質較多，但大部淋失，所以A層腐植質很少，是含石灰質的土壤，由於腐植質淋失，不適於植物生長。

3. **灰土帶**：植物腐敗完全，A層可厚達一公尺，是中性土壤，分布在干旱草原帶，適於植物生長。

4. **灰色森林土**：有森林生長，是灰化土與黑土之間的土壤，即中性與酸性土壤的過渡類型。

5. **栗鈣土**：顏色如栗，腐植質比黑土較少，也很肥沃。

6. **褐色土**：是干旱草原常見的土壤，腐植質不多，鈉成份很高，帶鹼性，不太肥沃，如蒸發大，地面成鹽土。

7. **沙漠性土壤**：色淺，又名灰土或白土，含鹽份高，腐植質少，松疎，易為風帶走，如果加以灌溉，可變成沃土，因灌溉后礦物可分解，鹽份溶走，植物易於繁殖，腐植質便會增多。

8. **鹽土或鹽鹼土**：蒸發時，鹽順毛細管上升，形成地表鹽份太多，故不肥沃，鹽在地面上成層存在，凡有鹽鹼土地區，都是蒸發量較大的地區。

9. **高加索一帶的紅壤**：發育於熱而潮濕地區，在紅壤地區，紅土也有存在，腐植質很富，因有 Fe 存在，成紅色。

蘇聯的土壤分佈，也代表了全地球上的主要土壤類型。

從上所述，我們的結論是：**土壤是氣候的函數**。如果氣候發生變化時，**土壤厚度、性質**也將發生變化，並且人類完全有力量改變土壤。例如防護林和運河的興建，可以改變氣候，因而土壤也會改變。根據土壤性質，特別是化石土壤，可以推斷當時該地區的氣候條件。無疑地在過去是有過土壤的，在侏羅紀，白堊紀、石炭紀等地層中很少發現土壤，但那時應該有土壤存在。化石土壤在研究第四紀地質時有特別意義。化石土壤也是以第四紀地層中為常見。蘇聯在間冰期地層發現了古土壤，可見在兩次冰期之間有土壤存在，且含腐植質相當多，說明當時氣候相當溫和。在中亞的費爾干納的黃土層中有化石土壤，說明有風積物時期和殘積物時期。煤和泥炭的存在，說明當時氣候和現在不相同，因當時土壤中含有大量腐植質，轉化為泥炭。所以依照岩石的性質研究其中所含的腐植質便可知當時的氣候情況。**土壤在風化壳的頂部，風化壳在一定地區一定的氣候條件下相當穩定**，所以根據整個風化壳的性質，可以推斷當地形成風化壳的氣候條件。例如已經知道在某種風化中穩定的礦物，便可以知道當時的地理情況：——例如在風化壳中有高嶺土，是一種氣候情況；如果是鋁礬土又是一種氣候情況；如果是粘土又是一種氣候情況；如果是大量的腐植質也是一種氣候情況。所以研究風化壳時，便可推斷當時地理條件。**風化壳形成的時期很不一定**。例如烏拉爾東部，自三疊紀以後，海水就退出了，所以風化壳的形成時期是從三疊紀起至現在。在風化壳上有時蓋上侏羅紀、白堊紀、第三紀的地層，可從風化壳推斷當時的氣候情況。

風化壳的研究同樣還有其他的實際意義。岩石中較重的有用礦物常集中於風化壳的底部，所以風化壳中，常含有金、白金、錫、汞等砂礦，而且風化壳本身常常就是礦產，例如紅土化作用形成鋁礬土，在蘇聯就有很多鋁礬土礦與紅土化有關，錳和風化壳也有關，如 Mn、Fe、Ni、CO 等礦物，往往發現於基性或超基性岩石的風化壳中。由此可見，對風化壳的研究不僅有理論上的，而且有實際上的意義。

研究風化壳在地面的分佈，便可以知道礦物在地面分佈的情況，因而可正確地指導找礦。岩石風化時以上部為主，如果風化產物沒有其他因素搬開，所有都留在原處的話，風化壳便會蓋滿了全球，然而地面上是存在着各種的地質作用的，也就是不但有破壞作用，同時還存在着搬運作用，將破壞的產物帶走。可見並不是風化以後的產物，都能殘留原處。如風、流水、冰等也都可將岩石破壞並搬運至他處。風化產物，同樣可由其他作用搬開，使基岩出露，所以基岩的出露和剝蝕作用有關。可見地面上是在不斷地進行着破壞、搬運、沉積。而在某一區域中是以某一種作用為主，在風化作用中，可以是以物理風化為主或化學風化為主。可見破壞、搬運、沉積是有一定界限的。例如冰川堆積可以在山腳下，也可以帶到海、湖或河谷中堆積下來，風的破壞是在迎風的一面起作用。總的說來是某一地區常是以某一種作用為主，而不是各種作用都均衡發展的。

第十一講 風的地質作用

風是重要地質動力之一。風可以破壞地表的岩石，將破壞下來的產物搬運到別的地方堆積下來。除此之外，風可以改變空氣中的濕度，成為影響氣候的因素。風可以加速風化作用或減緩風化作用。此外，風還可以影響河流水量的變化以及冰川的加大或縮小。風又是海浪和湖浪的主要起因，浪又可破壞岩石，被破壞下來的岩石又可被浪搬走。但是，風的破壞作用在無植物覆蓋的地區最顯著。

風在沙漠中的作用

風破壞岩石並將破壞下來的物質搬開的作用叫吹揚作用（圖 179）（дефляция）——即風化作用的產物被風吹走（deflare—сдувать）。風對細粒碎屑的吹揚作用，在蘇聯南部，中國西北及蘇聯中亞的延長帶的東部等植物不發育的地區最顯著。在意大利有由非洲吹來的紅土塵埃隨雨水降落的『血雨』。

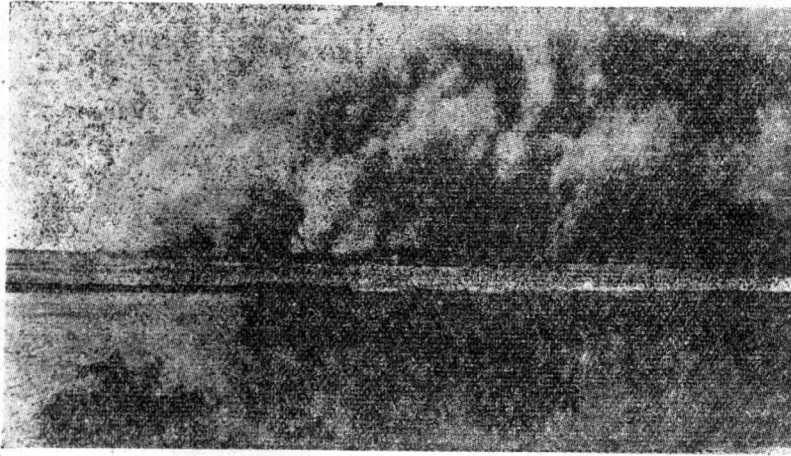


圖 179 風的吹揚——搬運作用（風暴）

風不夾帶泥砂時只有吹淨的作用。夾有泥砂時則破壞作用增大。泥砂被風吹動打擊在岩石及土壤上，發生鑿磨的破壞作用。在蘇聯沙漠區中可以看到電線桿下部被風夾帶的泥砂不斷磨損終於折斷的現象，有一些古老的建築土牆的下部也可以發現類似磨損的凹槽存在。帶有砂子的風可以將普通的玻璃打磨成毛玻璃，因此蘇聯常利用風砂的侵蝕力，用空氣壓縮機鼓動帶有細小砂粒的空氣來清除古老建築物面上的塵埃，可以省去刷新的手續。

風將泥砂吹開的作用叫吹揚作用，對岩石產生磨擦的作用叫磨蝕作用（абразия）。但近來常用 Коразия 一詞代替 Абразия，Коразия（共磨作用）是指風先進行吹揚作用將泥砂從岩石表面吹開然後對岩石發生磨光及打磨作用。

風的作用在不同的區域及不同的條件下，破壞力是不相同的。海洋上的風因攜帶泥砂很少，破壞力也不大。但是當海洋季風愈向大陸深入時，泥砂愈增多，破壞力也增大了。反之大陸上的風夾帶泥砂多，破壞力大，然而當大陸季風吹向海洋時，離大陸愈遠泥砂愈少，破

壤力也愈來愈弱。大陸上的風所挾帶的泥砂量雖然多，但破壞力並不是在任何地方都很顯著，而是以地面上無植物復蓋的地區最為顯著。

風搬運泥砂塵埃的方式是不相同的，細微的塵埃被風以懸浮狀態進行搬運，而大小砂粒則被風力推動跳躍或滾動向前，砂粒粗的在風力小的時候可以小的跳躍或滾動方式向前進，而細的則可以是極其活躍地跳動向前進，但是當風力改變或砂的粒度改變時，搬運方式隨風力增大而活躍，隨顆粒增大而減弱。

如果風中不帶有泥砂則只有吹揚作用，一旦風帶有泥砂時就具有對岩石破壞的磨蝕作用了，作用大小決定於風力大小和攜帶泥砂的量。帶有泥砂的風除對岩石有磨蝕作用外，在吹揚及磨蝕過程中，風中的砂粒由於它們本身的磨擦和與地面的磨擦，使得它們本身也逐漸遭到磨損，由粗大變為細小。砂粒本身的磨蝕程度決定於風力的大小、速度以及砂粒本身的粒度、搬運路程的長短和所經過路程中自然地理的環境等等。例如在無植物復蓋地區風暢行無阻，地表泥砂也加入風中，則砂粒磨蝕程度大，但是當下雨時砂粒隨雨水下落，不但本身的磨蝕暫時停止，而且磨蝕作用也暫時停止。如風吹過湖面時則砂粒跳入水中磨蝕作用停止，或是在被搬運路程上有森林草皮或其他阻礙物存在時，使砂粒停止前進而不再繼續磨蝕變小了。

風所攜帶的物質成份以石英為主，因為石英分佈的範圍很廣而且性質穩定，不易受外界條件影響發生變化。在沙漠中常有堆積很厚的石英砂，看起來好像是由石英質岩石破壞而來，實際上是由不同種類的岩石破壞而來的。如花崗岩風化后殘余穩定性最高的是石英，云母很容易被破壞成細片被風吹到沙漠以外的干旱草原中堆積下來，因之在沙漠中云母是非常少見。所以可以利用石英砂岩純淨與否來推論過去地質時期的氣候條件，如果看見的石英砂岩很純，則當時一定是氣溫變化劇烈物理風化顯著的大陸性沙漠氣候。由於沙漠區中的物理風化強烈因而風化堆積物質很多，但是沙漠中的風力也很強，地表無植物蓋層保護，風化下來的物質常被風搬運開去。然而風也不能一下子把所有的風化堆積物都搬開，而是按風化物質的粗細進行分選搬運，最細的搬得最遠，有時可以吹到幾千公里以外，或者長期懸浮在空中形成塵云。中等顆粒的被搬運的距離要近些，但也可以搬到好多公里以外去，至於粗大的則不能在空中進行搬運而是在地面以跳躍或滾動方式而前進的，搬運的最大距離不過幾公里。這種搬運作用只有在無植物掩蓋的地區才能進行。

沙漠的類型

風力作用最顯著的沙漠地區，總面積等於全部陸地面積的五分之一，如果把世界上的沙漠都集中在一起，面積將有整個蘇聯加上中國這么大（圖 180）。由此可以知道風在地球上的作用的範圍是多大，但是沙漠在地殼上是到處分散的，非洲、歐洲、亞洲、美洲都有。這些分散的沙漠，地質構造和地貌都是各不相同的。沙漠形成的條件決定於地形和氣候，海陸的分佈，及其所處的地理緯度等等，最主要的還是地勢和氣候。

按照組成沙漠的物質不同，沙漠分為：

1. 岩石荒漠：（石漠）為一個荒涼的無植物復蓋的地區，地面平緩，而少有風化產物堆積，暴露於地面的差不多都是基岩（圖 181），形狀是迎風方面較平緩而且光滑，背風面則較陡而粗糙。在突出基岩之間的低窪處堆積着破壞下來的石塊，這些石塊也有被風琢磨過的痕跡——打光現象，表現光滑程度的高低決定於石塊被搬運距離的遠近。順風向觀察低處堆積的石子可以明顯的看出有分選的現象，近處較粗大，遠處較細小，變化情況是：

大石塊 → 石礫（礫石） → 大石子（小石子） → 砂

在前邊的三類中也有砂子存在於石塊之間，不過數量很少，超過以上範圍即進入真正沙漠區，而不再屬於岩石荒漠區了。

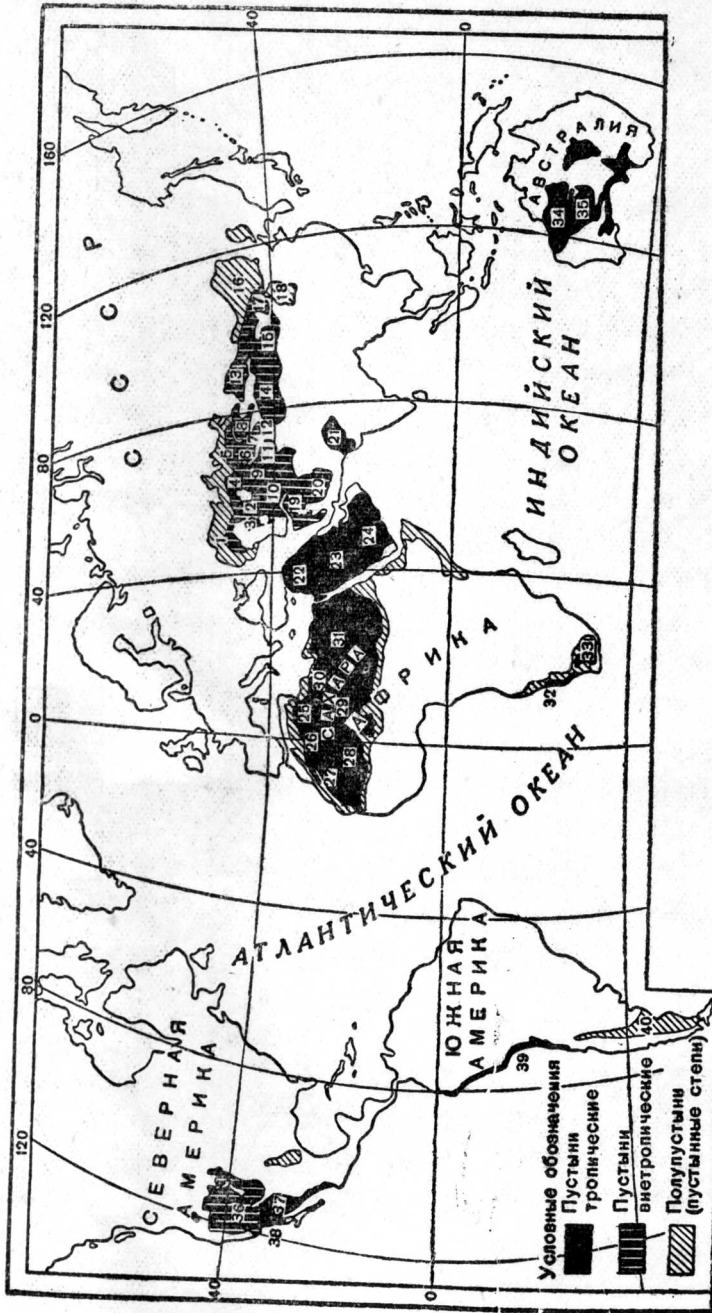


圖 180 世界沙漠分佈圖

2. 砂質荒漠 (圖 182) (沙漠) 砂的分佈同樣有分選現象, 靠岩石荒漠近的較粗, 遠的較細。砂質荒漠是沙漠的主要類型之一, 其中的砂來源於岩石荒漠中。並不是各種岩石都能造成砂, 如為粘土岩類, 則沙漠中堆積的砂就會減少。因之, 沙漠中砂的堆積量決定於:

- (1) 石漠中岩石的種類; 如果是花崗岩, 砂岩則砂子多。
- (2) 气候條件; 如石漠周圍為潮濕气候, 則在石漠範圍之外就不能造成沙漠。
- (3) 風速及風向, 風速大則被搬運的物質遠, 因而沙漠寬廣。如風向穩定或一个方向



圖 181 岩石荒漠



圖 182 薩哈拉沙漠的景色

風佔優勢，則在該方向上沙漠分佈廣，設若風向不穩定則砂子堆積不多，而且面積不大。

(4) 石漠外圍的地勢條件，如地勢低平則砂子易於滾動，而分佈面積寬廣，如有山脉阻擋則砂子在迎風的山坡上堆積下來。

因之沙漠中砂量堆積的因素不是單一的，而決定於各種因素的綜合。

3. 黃土區或黃土草原區，位於沙漠區域外圍，圍繞沙漠區邊緣上。和石漠的位置比起來黃土地帶是順風向最遠的地區（圖 183）。風力在這裡只能堆積細微的礦物，粗大的不能送達本區。在黃土區域內可繁殖一定植物。離石漠愈遠，顆粒愈細小。由石漠或沙漠吹到沙漠邊緣草原地帶中細粒塵土的堆積，則成為黃土。



圖 183 黃土區的景色

什么叫黃土？黃土是由顆粒細小、孔度高，的松散塵土狀物質堆積而成。厚度可達 400 公尺。如中國西北部的黃土層。由於黃土肥沃，再加以灌溉后，可能為良好的農作區。

黃土成因的說法很多，現在仍然在爭辯中。中國境內的黃土一般認為是風成的，但是根據最近的研究，中國的黃土和蘇聯費爾干納的黃土或黃土狀壤土的生成方式，不一定只限於風成一種，可能由下列方式生成：

- 1) 細微塵土在山坡上堆積而成，
- 2) 河流淤積而成。
- 3) 山洪在山口的堆積而成，或在山岳地帶的沖積錐邊緣處形成。
- 4) 由成壤作用形成。

中國境內厚達几百公尺的黃土的成因，上述四種方式都有可能，如果只強調風成方式而否認其他的方式是不妥當的。

風成地形的形狀

凡是由風力搬運而堆積的物質叫風力堆積物。與風有關的地質作用叫風力地質作用 (Эоловый)。

如果我們認識了沙漠區中風力堆積物的規律性，就可以根據它來恢復風成物在平面上的分佈情況。

區域性的定向風越過高山后，濕度減低而變為干熱的風。山后面如果條件適合，就可能造成沙漠。破壞后堆積下來的物質按照分佈遠近有一定規律，因之，根據沙漠中物質相的變化可以恢復它的分佈範圍和風向。

當風攜帶大量泥砂前進時，如果遇到了障礙物，不但增加了風中砂粒的磨損作用，而且阻擋風前進的物體也要遭受琢磨。遭受琢磨程度的大小，視岩石的強度及風力的大小和攜帶物質的數量以及大小而定。在風力相同的條件下，不同性質及產狀的岩石可造成不同的地形。同樣，在不同的風力作用下，岩石的性質和產狀相同時，也可造成不同的地形。另外，同一岩石本身組成物的強度不同，結果也不一樣。

總的說來，硬岩石造成高地，軟岩石則形成窪地。例如在礫岩中因礫石及膠結物質的種類不同，(灰質、砂質膠結物較軟，其中礫石一般比較硬)，因而在風力琢磨之后，岩石表面就呈現了凸凹不平(圖 184)。如果軟硬不同的岩石成層產出，受風力破壞作用后，單斜岩層造成鋸齒狀的地形，凹下處叫做亞當(Ярданги)，而水平岩層則造成蘑菇狀(圖 185)或石簷。如軟岩石在硬岩石之下則可造成風磨柱或風桌子(圖 186)。但是，這種地形也可以在岩石性質一致的岩石中出現。這是因為風所攜帶的砂量在不同高度不相同，低處多而粗大，高處不但數量少，而且細小。所以在不同高度上風力的磨蝕作用不一樣，上部的風只起磨光的作用，下部因風攜帶有多量砂粒因而磨蝕力很強(圖 187)。因之。由於在這種有差異的風力作用下，也可以使用一性質的岩石產生與不同岩性組成的地形相似。