

中国科学院地理研究所編輯

# 沙漠地区 風沙地貌调查法

中国科学院地理研究所地貌研究室編著



科学出版社

中国沙漠学研究会编

# 沙漠地区 风沙地貌调查法

中国地质出版社地质研究所编



地质出版社

中国科学院地理研究所編輯

# 沙漠地区風沙地貌調查法

朱震达 陈治平 譚見安  
陈永宗  
吳 正 李鉅章 吳功成

科学出版社

1961

## 內 容 簡 介

本书就沙漠地区风沙地貌的沙源、风沙地貌的形成和分类以及风沙移动等方面,从野外观察到室内分析的方法和步骤,作了比较系统的介绍。

本书可供治沙工作人员,研究沙漠的地貌、自然地理等专业人员以及大学地理系师生的参考。

## 沙漠地区风沙地貌调查法

朱震达 陈治平 譚見安  
陈永宗 編著  
吳 正 李鉅章 吳功成

\*

科学出版社出版 (北京朝阳门大街 117 号)

北京市书刊出版业营业许可出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总经售

\*

1961 年 9 月 第 一 版

书号: 2388 字数: 48,000

1961 年 9 月 第一次印刷

开本: 850×1168 1/32

(京) 0001—2,700

印张: 2 插页: 7

定价: 0.43 元

## 前 言

为了利用和改造沙漠,地貌工作者必須研究沙漠的成因类型、风沙地貌特征、风沙移动規律与防风固沙的方法。如何对这些問題进行調查研究,是沙漠地区地貌工作者首先需要解决的一个重要問題,因此我們根据了苏联在风沙地貌方面的理論,如 Б. А. 費道罗維奇(Федорович)对于沙的成因、沙丘类型和气流活动的关系及 А. И. 茲納門斯基(Знаменский)对于风沙流和沙丘移动等原理,并依据我国沙漠地区有关风沙地貌的实际例証,加以整理汇编成这本小册子,作为在沙漠地区进行风沙地貌工作时的参考。但是必須指出,在本书中所涉及的大部分問題,研究得还不够,定位观测试驗的数量資料也很貧乏,毫無疑問,这本小册子还存在許多缺点,我們將以感激的心情来接受同志們对这些缺点的指出,以便修改补充。

## 目 录

前言.....	(iii)
第一章 沙漠地区风沙地貌調查的基本任务及其实践意义.....	(1)
第二章 沙漠地区风沙地貌調查的内容和方法.....	(4)
第一节 沙源的調查.....	(4)
第二节 风沙地貌成因的調查.....	(15)
第三节 风沙移动的調查.....	(27)
第三章 沙漠地区风沙地貌調查資料的处理和綜合.....	(43)
附录 风沙地貌景观(照片)	

# 第一章

## 沙漠地区风沙地貌調查的基本任务 及其实践意义

在亚洲中部內陆地区广泛分布着沙質沙漠<sup>1)</sup>，其总面积可达2,199,800方公里，其中有50.5%分布在苏联境內，如卡拉庫姆、喀茲尔庫姆、穆云庫姆等；48%分布在我国境內，如著名的塔克拉瑪干、准噶尔和阿拉善沙漠(包括烏兰布和、騰格里及巴丹吉林)等。此外，尚有1.5%的沙漠分布在蒙古人民共和国境內。在这样广大面积的沙漠里，除了固定沙丘地区以外，流动沙丘的危害也非常严重。因此为了保护农垦地区农作物不受风沙流危害和交通道路不受流沙的堆积必須同风沙作斗争。所以改造沙漠乃是沙漠地区改变自然面貌、发展农业生产的一个重要关键。

在向风沙作斗争中，地貌学的基本任务便是探討沙漠沙的成因类型、风沙地貌的形成和沙丘移动的規律，只有掌握了它的发育規律，才能为沙漠改造利用提供科学的依据。正是如此，在治沙工作中地貌学就需要研究下列主要問題：

1. 沙漠沙的来源：在进行防风固沙措施时，对于沙的来源和研究是具有重大的实践意义，只有弄清楚了一个地区的沙源，才可以对症下药进行治疗，否则就会盲目施工，造成损失。如陝北毛烏素沙漠沙的来源究竟是就地起沙，还是风力由外地吹送而来？意見頗不一致。假使說是由于外地的沙为风力吹送而来，那么主要的

---

1) 沙漠的含义很广，有人把砾漠(戈壁)也列入为沙漠；同时在沙漠中，尚分布着盐漠(盐渍地)及泥漠(龟裂地)等。本书所指的沙漠，只是指沙質的，即具有沙子复盖沙丘起伏的沙漠，而不包括砾漠、盐漠及泥漠在內。

防风林带就要考虑配置在沙漠的北缘；如果说是就地起沙，也就是說第四紀的河湖相沙质沉积物由于人类不合理的利用土地，破坏了植被，致使风力直接吹扬沙层，导致流沙的形成，那么防风固沙的措施，一方面是在流动沙丘地区采取生物与工程措施相結合的方針——应用植树种草的方法来固定沙丘，开渠引水的方法来冲沙整地，另一方面是在沙丘地带的南缘营造防风林带，阻止流沙侵入农业地带。由此我們可以看出，沙源的研究是直接关系到防风固沙措施的配置。

2. 风沙地貌的形成和风沙移动的規律：风沙地貌的形成和风沙移动規律的研究关系着防风固沙的具体措施。举例來說，在同一方向或两种相反方向风作用下所形成的新月形沙丘鏈（橫向沙壠）和一个主要风作用下所形成的新月形沙丘与其发育初期的圓形或橢圓形沙丘，在进行防风固沙措施时便不相同。假使以沙障为例，在新月形沙丘鏈上，沙障宜与主风方向大致相垂直而稍微偏斜，不宜完全垂直，借以減緩冲力；而在新月形沙丘发育初期的橢圓形沙丘上則适宜于采用环状沙障<sup>1)</sup>。不仅如此，沙及沙丘的移动更密切地关系着防风固沙措施的配置。以甘肃民勤來說，沙丘移动的方向是趋向于东南，因此措施上就首先在农田西北边缘的沙丘上采用营造农田防护林与机械措施相結合的方法。而其移动的速度和农田防护林带配置的具体地点、固沙植物品种的选择和播种的时间尤为密切。关于沙在气流中运动的特点和在靠近地表气流层内分布的数量也直接关系到沙障高度和設計型式。

3. 风沙地貌的类型及沙漠改造利用地貌条件的評价：沙漠地区风沙地貌类型的划分，乃是沙漠改造和利用中一个重要的問題，因为不同类型的沙丘，其改造和利用的措施也就不相同，因此它是治沙措施规划配置中一个重要的基础。举例來說，在我国內蒙西部某些沙漠是属于复盖在白堊紀、侏罗紀、第三紀沙岩上的新月形沙丘鏈类型，对于这种类型的沙漠，因为地下水較深，植物很难利

1) 內蒙古党委农牧部編：万里风沙綫上紅旆飄，內蒙古人民出版社，1959年。



用，但沙丘內含水量还是可以滿足沙生植物生長上的需要。因此為了加速綠化沙漠，就需要考慮實行人工引水或人工降雨。如銀川一帶復蓋在淤積平原上的新月形沙丘類型，因其地下水和土壤條件較好，沙丘低矮，因此可以靠生物措施來固沙。而有些分布在荒漠邊緣及干草原地帶復蓋在古代河湖相沉積物上的新月形沙丘鏈類型，因其地下水較高，且瀕臨河岸，有引灌條件，沙丘高度也不大，容易綠化。由上述數例可以看出，風沙地貌類型的不同，綠化和改造沙漠的難易程度也有着很大的區別，並且直接關係到固沙植物品種的選擇與固沙措施及沙漠利用的途徑。

綜合以上所述，可以看出對於這三個問題的闡明，是能夠解決在治沙工作中對地貌學所提出的實際問題——為編制沙漠改造利用方案和防風固沙措施的配置提出科學依據。為此就需要採用下列方法：

(1) 野外考察：包括路線考察、各種典型地區的詳細調查、航空觀察與航攝照片的判讀，借以掌握沙漠的分布、特點和沙丘類型。

(2) 定位觀察：在不同類型的地區進行定位及半定位觀察，包括沙丘形成的過程、氣流中沙的運動（風沙流特徵）和沙丘移動的速度、方向、方式與自然環境的關係，借以掌握風沙運動的規律。

(3) 實驗室的分析和研究：包括利用風洞的風沙地貌形成過程的實驗和沙的礦物顆粒及化學分析，借以闡明風沙地貌形成的空氣動力學原理和沙的來源的科學依據。

在下面幾章中，我們將詳細的來討論每一個問題所研究的內容和方法。

## 第二章

# 沙漠地区风沙地貌調查的内容和方法

### 第一节 沙源的調查

在前面一章中曾經提及要改造利用沙漠，首先需要弄清楚沙漠沙的来源，因为這個問題的解决不仅具有科学上的意义，而且在国民經济上也具有重大的意义。不过这一問題的彻底解决，需要搜集广泛的科学資料，也就是說只有在获得了丰富而精确的第四紀地質、古地理、地貌、地层、自然地理、风沙移动規律和矿物分析、机械分析資料以后，并且进行了綜合分析才有可能彻底解决这一問題。如果不是这样，那么对沙源的分析会产生片面的、甚至完全錯誤的結論，如1896—1901年斯文赫定在旅行了塔克拉瑪干沙漠的部分地区后，認為这一浩瀚沙漠的沙大多是由东北风从罗布泊洼地吹送而来。事实証明，塔克拉瑪干沙漠的沙主要不是来自罗布泊洼地，而主要来自古代河流的冲积物。根据最近考察資料和前人的調查，說明庫魯克庫姆（指罗布泊以西，塔里木河下游冲积平原以东的罗布泊洼地部分）的沙，主要是来自古代河湖相沉积物（細沙、粉沙和薄层沙粘土互层），而塔克拉瑪干沙漠北部地区的沙則主要来自古塔里木河的冲积物，西南部、南部和其他地区都是由古代河流的冲积物受风力吹揚作用所形成，并且多数是属于古代三角洲沉积相，仅仅在瑪札尔塔格山以北和北民丰隆起地区有极少的第三紀岩层风化的沙；同样也有些人在談到我国其他地区风成沙的来源时，也常常不做具体分析，而把沙源追索到相当遙远的地方，認為既然是风成沙，那一定是风力从很远的地方搬运而来，因此发生了就地起沙？还是沙系风力从远处搬运而来的爭論。以

阿拉善地区为例,有人从风力搬运的观点出发,认为腾格里沙漠和巴丹吉林沙漠的沙系风力把馬鬃山的风化物吹送过来。这些意見同样都是沒有根据的。大量的矿物分析和第四紀地質的資料都証明,鄂尔多斯地区沙丘沙的主要来源为古代河湖相沉积物,也有一部分来源于古代和近代河流冲积物中的沙和白堊紀紅色沙岩的风化物。至于腾格里沙漠的沙主要也来自河湖沉积物和部分基岩风化物的再吹揚。而銀川平原北部沙丘沙的来源,完全是河流冲积物受风力的吹揚而形成的,它同賀兰山以西的巴彥浩特附近的沙根本沒有什么联系。

在研究沙源时往往也要牵涉到沙漠的形成年齡。关于这个問題以前往往也有这样一个錯觉,认为风成沙都形成于第四紀。其实并不完全如此。誠如 B. A. 費道罗維奇所指出的,在亚洲中部有許多风成沙是在第三紀上新世甚至中新世末期即已形成。法国学者也认为撒哈拉沙漠风成沙的起点是在中新世和上新世年代。

所有上述事例表明:如果不全面地分析各个沙漠的具体情况,往往是不能得出关于沙源的正确結論。因此当我们确定一个地区沙的来源时,必須和当地的环境条件紧密地联系起来加以考虑,而不能只根据某一方面的事实就輕率地做出判断。这正如 B. A. 費道罗維奇所指出的,我們不能离开沙漠的发展史,不能离开对沙漠所处的地点的自然环境,不能离开沙漠在其中生成和发展的景观去考察沙漠沙的成因。因此研究沙漠的来源时,可以从下列几方面来进行:

## 一、野外調查方面

野外調查是解决沙漠沙来源最基本的方法,因为通过野外調查,可以获得解决沙源問題所必不可少的第四紀地質、地貌、古地理、自然地理等方面的实地資料,同时室内沙样分析的标本也要依赖于野外調查来采集。如果缺乏这些充分的实地資料,就不能正确地解决沙源問題。調查的内容可以分为以下几方面。

## (一) 沙漠地区自然条件的調查分析

首先应了解沙漠所在的地理位置,确定这里是热带沙漠、亚热带沙漠或者是寒冷地区的沙漠。因为风成沙不仅只形成在干旱的荒漠地带,同时也形成在草原、甚至森林草原地带;另外在其他地带内的某些沿河与沿海地区也有风成沙的形成。不同地带的沙地,其形成过程与特征是有区别的,所以調查时必须予以注意。在自然地理条件与沙源关系方面最密切的是气候、水文网、地表结构特征与地貌条件,因此必须重视搜集和分析这方面的資料。

1. 气候条件的分析:主要包括对气温变化、降水情况和风力状况三方面。

(1) 气温分析 必须了解調查区的日温差与年温差的幅度,因为温度变化状况对于岩石的风化性质和水分的蒸发有着重要意义。在干燥地区气温变化幅度大,往往是加速岩石物理风化的最重要的因素,而物理风化的产物很可能成为某些沙漠的重要沙源。蒸发量的大小与气温的关系很密切,在蒸发量大的区域,表面的沙层往往流动性很大。如果蒸发量减小,则沙中的含水率增加,从而沙粒的稳定性也增加,沙粒移动就会受到抑止。因此調查时,首先要注意温度变化的分析。

(2) 降水分析 必须了解降水量的大小和降水性质,因为降水量和降水性质决定着物质搬运、堆积的方式与强度。在荒漠区常常可以见到与现代降水不相称的地貌形态或沉积物,而这种特征也提供了沙源的线索。如干燥少雨的塔克拉玛干沙漠中部却分布着深厚的沙层和无数干河床三角洲,因此就必然会联系到气候条件的变化和古代河流的堆积作用。

(3) 风的分析 风是沙粒搬运的力量,也是风沙地貌形成的重要条件。因而对它进行分析是具有特殊的重要意义。风的分析除了要了解这个地区内盛行风向、风速,编制风向、风速频率图,说明风的季节变化的特点外,还需要了解风速每秒大于5米的风(起沙风)的情况(强度、频率、出现季节),编制出起沙风矢量图。此外,

还应描述风的性质，说明那些季节的风或那些方向的风是由大气环流所引起，那些是由局部地形差异所产生。当我们掌握了风的规律以后，就可以根据主风向去追索沙的来源地，同时也可以具体地来分析风力吹蚀、搬运、堆积的特征。

2. 水文网的分析：河流、湖泊和暂时性水流，往往把自己在沿途所携带的物质在适当的地方停积下来，成为风成沙形成的物质基础，所以必须调查水文网的分布特征、密度、水量及其季节变化情况。此外，还须了解河水含沙量、河流在调查区内的作用性质（属于冲刷、搬运？还是属于堆积？）等内容。因为在干燥区的河流经常是内陆水系，并且大多是间歇性的，所以在它们干涸期间，河床或湖盆中的沙粒在风力作用下往往成为风成沙极其丰富的来源地。如额济纳河下游东岸的高大红柳沙堆即由此形成；塔里木河中游的流动沙丘，也和塔里木河干涸河床中的沙质沉积物有关。

### 3. 地表结构特征与地貌条件的分析：

(1) 地表结构方面 首先我们了解沙漠周围的地形是开敞的还是隆起封闭的。如果四周是高山的话，那么它的相对高度和绝对高度又怎样？其排列方向如何？山地有无缺口？缺口与盛行风向的关系怎样？如果沙漠周围地形是开敞的，那么我们必须详细了解该地盛行风的方向。总之我们应该知道，每一个沙漠在整个地表结构中究竟分布在何种结构单元上，它为什么会如此分布？如我国西北地区的沙漠大都分布在低凹的盆地内；因为这里有着丰富的沙质沉积物，提供了沙丘形成的重要物质来源。如果了解到这点，就会很容易地把这些沉积物与现代风成沙联系起来，就不会象某些人那样到迢迢千里之外去追索沙源了。

(2) 地貌条件方面 在分析沙源时，仅仅了解一般的地表结构特征是不够的。譬如我们只知道沙漠周围是山地，而不知道山地属于何种地貌成因类型？现代地貌作用怎样？在地貌发育过程中处于什么阶段？组成岩石的岩性如何？那么就很难阐明周围山地与沙源的具体联系。假如周围是受冰雪作用的侵蚀高山类型，山体大，组成物质为沙岩、花岗岩、片麻岩等，那么就有可能从山上带

來較多的沙粒到低處，成為風成沙的來源。假如沙地周圍是其他類型的堆積地貌，我們從它所表現的地貌特徵和地貌形成過程也可以判斷出它與風成沙的關係。如羅布泊地區主要為湖積-沖積平原，地面已受風力的強烈吹蝕，顯得支離破碎，形成雅丹地貌。而組成地表的物質則是細沙、粉沙和沙粘土互層。這就說明了這一地區地貌的成因類型、形態和岩性。因此由羅布泊向西，地面出現了由風蝕地貌逐漸過渡到風蝕與風積兼有的地貌，再過渡到全為流沙分布的沙丘地貌。充分反映出了風力吹揚作用的地帶性規律，同時也暗示了沙漠沙的來源。

## (二) 沙漠地區古地理的分析

沙源問題的解決，古地理資料、特別是第四紀時期以來的古地理資料，具有頭等重要的意義，因為大部分沙漠的形成起點不在歷史時期，而是在第四紀或更早的新生代期間即已形成，只有極小部分沙地如沙漠邊緣和半干旱地區的某些沙地才是人類歷史時期的產物，它與人類的經濟活動破壞植被導致沙層裸露、地表受風力吹揚有關。正是如此，掌握調查地區的古地理資料是解決沙源與沙漠形成年齡最主要的關鍵。

我們這裡所指的古地理，其內容很廣泛，如陸海分布、剝蝕區與堆積區分布輪廓、古地貌特徵、古氣候及其演變過程和古水文網分布及其變遷等。不過應該說明，我們主要只是了解與現代風成沙有關的新生代，特別是第四紀以來的古地理資料，而與風成沙關係較少的中生代、古生代、太古代則不在研究範圍之內。為了獲得上述各項古地理資料，必須採用第四紀地質調查法、地貌調查法、考古法和其他自然地理研究法等，這些方法在有關文獻中均有詳細敘述，本文不再贅述。不過應該指出一點：在野外考察中必須詳細地進行沉積物剖面的觀察和描述，因為從沉積物剖面結構和形態特徵上能夠反映出當時的沉積環境及其演變過程，必要時還得採集標本進行孢子花粉分析和輕重礦物分析。其次，沉積物成因類型分布範圍的變化和水文網的變遷情況，也應予以特別注意，因

为气候变化常常是通过它們反映出来的。

### (三) 沙漠地区下伏地貌与下伏基岩的分析

1. 查明沙丘下伏地貌情况，也就是說要了解地表的起伏情况和下伏地貌的成因类型。例如騰格里沙漠东北部与西部的原始地貌就不一样：东北部是由紅色岩系（白堊紀—第三紀）所組成的梁状地貌，西部則是河湖相的堆积平原。这种沙丘下伏地貌形态的特征，就給我們判断沙源时提供了很好的資料。很明显，西部以湖河相堆积物的再吹揚为主要的沙源，而东北部剝蝕丘陵的殘积物則是沙的主要供給地之一。有的地方，新近发育起来的沙丘又复盖在較老的沙丘之上，而这些老沙丘多已为风力所吹揚，那末很明显，老沙丘的沙粒是新近发育沙丘的沙源供給者。有些沙丘直接复盖在現代的冲积平原上，可以肯定現代河流冲积物是沙丘沙的主要源地。而有些沙丘直接复盖于剝蝕低山上，当然坚硬岩石构成的剝蝕低山殘丘的殘积物絕不可能在原地堆积成沙丘，沙源必須是外来的，如敦煌南面的沙山就是一例，它是由河西走廊中河流冲积物和戈壁中的細沙在偏北风的作用下吹至剝蝕低緩山丘上所堆积形成的。

2. 查明下伏基岩的成因类型和岩性。在調查下伏基岩的成因类型与岩性时，特別要着重研究第四紀的沉积物，对它們的成因、岩性（尽可能查明时代）要詳細描述。尽量利用天然剖面，在必要的情況下还可以进行一些簡單的鉆探，例如最簡單的是用洛阳錘或手搖鉆挖探坑；較复杂的是利用物探的方法。最好能作出第四紀沉积物的岩性和成因类型图。此外，第四紀以前的地层也要注意观察，因为第四紀以前的地层在很多地方都是沙丘沙的重要供給者，例如新疆喀什三角洲上布古里沙漠东南部的沙丘沙均呈紅色，这就是沙粒来源于附近紅色的第三紀岩层风化物的反映。又如 M. П. 彼得洛夫 (Петров) 根据許多矿物分析的資料証明，鄂尔多斯大部分地区沙丘沙是由下伏的白堊紀沙岩风化物所組成，它們之間的矿物成分非常相近。

## 二、室內分析

除了根据上述內容和方法来进行沙子来源的研究外，还須应用实验室的方法来研究沙漠沙的来源。如只有野外調查資料的描述，而沒有室內的标本分析，那么所得的結論容易片面，而且在有些情况下，单纯根据野外的資料很难得出确切的答案。正是如此，所以在沙源的研究中，我們要把室內分析看成是不可缺少的方法之一。室內分析的內容很多，但它們是服从于不同的目的。在研究沙粒来源时，分析的內容有以下几方面：(一)机械分析，(二)矿物分析，(三)沙粒表面特征的观察。

### (一) 机械分析

机械分析的目的是要了解沙粒各种粒級所占的百分比；也就是說要了解各沙漠地区及不同地形部位上沙粒的大小及其各粒級之間的比例(常用百分数表示)。根据这个資料，可以反映出沙粒直径大小所占的百分比，表示出风力搬运沙粒的特征。顆粒越粗就越不容易为风力所搬运；相反，顆粒較細，則越容易被风力所移动。根据 B. A. 奥勃魯契夫(Обручев)的意見，在风力吹揚各种风化物和其他沉积物的过程中，往往将粗的物質留下来，形成了沙丘；而将細的物質搬运到很远的距离堆积成黄土。如果我們在分析标本时发现其机械組成非常均匀，那么这些沙粒很可能是經過长途搬运(风或水)的結果。不过常有这样一种情况：假如风成沙与沙源相距并不太远，那么它們之間在顆粒成分和形态基本是相同的，最多不过是粒級比例上有所調整，因为經风的再搬运，也就是說經选择后有部分細粒被吹走。因此細粒的百分比就減少，而較粗的粒級往往在沙丘中形成相对的集中，所占比例增大，因此参考顆粒分析的資料可以作为追索沙粒来源的佐証。

沙受风力吹揚作用的过程中，在不同的地形部位上，其粒級的配置情况也不相同。这与气流速度在沙丘不同地形部位上所产生的差异有关。往往在沙丘迎风坡的沙粒要較背风坡为粗，即使在



迎风坡和背风坡的各个部位上，粒級的配置也不一致。根据已有的分析資料表明，一般坡脚沙粒粗，向上粗沙粒所占比例就减少，而細沙粒的比例却相对增加，不过有时頂部反較中部来得粗。表列如下：

地形部位		粒 級 (毫米)		
		2—0.25	0.25—0.1	<0.1
迎 风 坡	下 部	85.0%	7.6%	7.4%
	上 部	74.0	12.0	14.0
背 风 坡	下 部	81.4	4.8	13.8
	上 部	69.9	15.9	14.2

注：粒級标准尙无統一規定，一般采用表列分級标准。

因此，我們在对比各沙丘的机械組成时，必須將所采沙样的地点和地形部位，分別辨明，不能籠統而論。由上所述，可以看出分析沙粒机械組成是具有一定意义的。至于分析的設備和方法，在許多有关书籍中都有詳細的叙述，这里不再重复了。

## (二) 矿物分析

矿物分析是追索沙粒来源最有效的方法之一。不同岩性的基岩风化后所产生的碎屑物质的矿物成分是不同的，当这些物质受外力（流水、风、冰川等）作用搬运堆积后，形成了含有各种不同种类矿物的疏松堆积物，如果我們將这些疏松堆积物的矿物成分和沙丘沙的矿物成分进行比較，那么很容易判断出沙丘沙粒的源地，因而矿物分析对确定沙粒的来源是比較可靠的。一般說来，沙漠沙的矿物成分特点通常是含有少量不稳定的矿物，这是由于风搬运时，它們立即被破碎而未及变化的緣故。根据很多資料分析的結果，长期被风力搬运的沙，其矿物成分在很大范围的地区内都很稳定，如 B. A. 費道罗維奇等在进行卡拉庫姆調查时，曾利用矿物分析的資料，得出这一沙漠的沙源是古代阿姆河的冲积物受近代风力吹揚而形成的。他們在进行这一工作时，曾从阿姆河的源头