

自然因素和人为因素对土壤侵蝕發展的 影响及其对防止土壤侵蝕的作用

苏联 地質礦物副博士

M. H. 札斯拉夫斯基

(水土保持訓練班講義)

前 言

大家要求我在这个訓練班上，对“影响土壤侵蚀發展和制止土壤侵蚀發展的自然和社經因素”等方面，做几个專題报告。这个講座將由11个專題組成。

1. 自然因素对土壤侵蚀發展的作用；
2. 地形对土壤侵蚀發展的作用；
3. 降水对土壤侵蚀發展的影响；
4. 土壤条件对土壤侵蚀發展的影响；
5. 植被在防止土壤侵蚀發展方面的作用；
6. 黃河流域的自然条件——造成土壤侵蚀進一步發展潛在危險的因素；
7. 長江流域的自然条件——造成土壤侵蚀進一步發展潛在危險的因素；
8. 东北地区的自然条件——造成土壤侵蚀進一步發展潛在危險的因素；
9. 人类經營活动对促進和制止土壤侵蚀發展的作用；
10. 土壤侵蚀帶給中國國民經濟多方面的危害；
11. 水土保持工作的方向問題。

必須指出，本講座所談的几个問題在文献書籍中很少見到，大概这样專門性總結性的著作也沒有。同时，研究影响土壤侵蚀發展程度的自然規律，确定人类經營活动对促進和制止土壤侵蚀發展的作用和中國某些地区土壤侵蚀發展的危險程度等，無疑是具有很大的理論价值和實踐意义的。

在我們所了解的一些書籍文献中，某些作者对这个大題目中的某些問題所持的观点是对立的。在觀測試驗成果方面也常見到彼此矛盾的現象。在准备这些專題报告时，我們曾力圖应用天水、綏德、西峰和七家子等試驗站的資料。在研究这些資料的过程中我們闡明了，有时同一項試驗在各試驗站所得的結論也同样是彼此矛盾的。所有这一切表明，对于土壤侵蚀進一步發展有关的自然因素和人为因素問題需要進行全面的，深入的研究。

当然，在这个講座中我們的任务并不是把这个大題目中所有不清楚的或研究得不够的問題全部解决。

同样，对这几个專題报告也不能指望它們是对我們現在所研究的这些問題的最后的、完整無遺的闡述。由于資料的限制，特别是時間的限制，这些專題报告只是做为对收集到的資料的初步总结彙編的一个嘗試。

在这些报告中我力求应用我所知道的中國的資料，但是，可能有很多寶貴資料我还不知道。同时，某些資料我理解得可能不正确，在表格中也可能有錯誤。对你們的各种意見和修正我將表示感謝。我也請求大家用批判的态度來对待我在自己的專題报告中为了共同研究討論而提出的某些意見。

如果这个講座對你們進一步全面深入的研究这重大問題有一点微小的帮助的話，那么我將認為我这簡單而平凡的任务就算完成了。

假如你們認為我完成这个任务还比較順利时，那是由于我的中國朋友們在这件工作上有很大功劳，他們給我介紹了許多丰富的試驗研究資料，在搞專題报告时，刘万銓，章瑞，蔣長樹和其他同志們也花了很大的力量，他們参加了資料收集，繪整圖表和翻譯工作。

書 信

（一）

（二）

（三）

（四）

（五）

（六）

（七）

（八）

（九）

（十）

（十一）

（十二）

（十三）

（十四）

（十五）

（十六）

（十七）

（十八）

（十九）

（二十）

（二十一）

（二十二）

（二十三）

（二十四）

（二十五）

（二十六）

（二十七）

（二十八）

（二十九）

（三十）

（三十一）

（三十二）

（三十三）

（三十四）

（三十五）

（三十六）

（三十七）

（三十八）

（三十九）

（四十）

（四十一）

（四十二）

（四十三）

（四十四）

（四十五）

（四十六）

（四十七）

（四十八）

（四十九）

（五十）

（五十一）

（五十二）

（五十三）

（五十四）

（五十五）

（五十六）

（五十七）

（五十八）

（五十九）

（六十）

（六十一）

（六十二）

（六十三）

（六十四）

（六十五）

（六十六）

（六十七）

（六十八）

（六十九）

（七十）

（七十一）

（七十二）

（七十三）

（七十四）

（七十五）

（七十六）

（七十七）

（七十八）

（七十九）

（八十）

（八十一）

（八十二）

（八十三）

（八十四）

（八十五）

（八十六）

（八十七）

（八十八）

（八十九）

（九十）

（九十一）

（九十二）

（九十三）

（九十四）

（九十五）

（九十六）

（九十七）

（九十八）

（九十九）

（一百）

1. 自然因素对土壤侵蚀发展的作用

为使专题报告中所用的名词有统一理解,首先需要研究一下几个名词问题。

应该指出,“土壤侵蚀”这个名词在苏联的作者们都有各种不同的解释。

一部分意见,对土壤侵蚀理解为“全部土壤与部分土壤借助人类活动,又遭受自然因素的毁坏,在大多数情况下发生的土壤耗损与破坏现象”。这样确定“土壤侵蚀”的作者有 A.M. 潘可夫,他认为土壤的侵蚀不仅包括面蚀,沟蚀,风蚀,而且还包括有土壤淋溶,滑坡,崩塌,陷穴及其他一些现象。^①

Л.И. 普拉索洛夫院士所理解的土壤侵蚀,是水流和风破坏搬运土壤和疏松母岩的多种形式的普通现象。^②

“土壤侵蚀”名词的这样解释,在一些书籍中常见到,如 C.C. 索保列夫写道,目前,人们对“土壤侵蚀”的理解,是水流与风对土壤,母岩的破坏作用。因此,把土壤侵蚀分为水蚀与风蚀。^③

除这样解释“土壤侵蚀”以外,还有一些作者对此概念的内容理解更窄一些,他们所指的土壤侵蚀,只是水流对土壤的搬运和破坏作用。

A.C. 科兹敏科写道,“土壤侵蚀,是坡地上流水的破坏活动,一般表现为两种形式,一种是细股流破坏影响,使土壤表层剥蚀;另一种则是狭小沟道内集中的大股流的作用下,搬走大量的土壤,由此,在地面上形成各种形式和不同面积的凹陷现象。”^④

С.И. 西利维斯特罗夫,Д.Д. 阿尔曼德和一些其他作者也谈到,“土壤侵蚀”的概念只限于地表水流对土地的破坏作用。

我对“土壤侵蚀”名词的理解,也只偏重于由降水径流作用产生的地表面蚀与沟蚀现象。^⑤

地表径流对风蚀,崩塌,滑坡,陷穴和其他的地质作用的产生不起什么作用,或者只起一点附属的作用,因此,把这些现象也算作侵蚀作用未必合适。这些现象,与降水径流形成的面蚀与沟蚀比较

是有它独特的发展规律。

当然,大自然界有许多现象之间是有密切联系的,同时彼此之间还有一定因果关系。这种联系一方面表现面蚀与沟蚀上,另一方面这种现象也表现在风蚀,滑坡,崩塌和陷穴上。例如,风蚀的土壤一般比没有风蚀现象的土壤易遭受面蚀;同样面蚀的土壤也比没有面蚀的土壤易遭风蚀。大家都了解,支离破碎的坡地,在很多情况下,是为滑坡的发生造成了条件;同时,滑坡的发展常常是促使径流进一步的破坏土壤。非常明显,陷穴现象对降水径流进一步的破坏土壤也有同样大的影响,例如,黄河中游黄土区陷穴的严重发展,就是此地区沟蚀发展的主要原因之一。崩塌的发展与沟壑网的前进有密切关系等。

现在,我们不想更多地说明面蚀与沟蚀作用之间的相互联系,以及面蚀、沟蚀同其他作用之间的相互联系。我们只想举几个例子,说明这些联系是非常密切的。

注1 A.M. 潘可夫——“一般的剥蚀和土壤侵蚀”1937年苏联科学院出版的土壤侵蚀论文集。

注2 Л.И. 普拉索洛夫——“土壤侵蚀及其防止法”消息报。1941年 №72

注3 C.C. 索保列夫——苏联欧洲部分土壤侵蚀作用的发展和土壤侵蚀的防止。1948年,苏联科学院出版。

注4 A.C. 科兹敏科——土壤侵蚀的防止。1949年农业出版社。

注5 应该指出,一般在地质书籍,而特别是在地貌的书籍内,大多数的作者所写的侵蚀是水流对河床的冲刷作用(如И.С. 雄金,Б.А. 奥布魯茨夫,華爾薩諾娃等)。Ф.Ю. 利溫松——利辛格理解的侵蚀,除地上的固定径流与地下水流的作用外,还包括降水引起临时的股流作用(利溫松——利辛格,地质一书的引言,1923年出版)。这样一来,他把固定的径流与临时径流所引起的侵蚀合并成一个名词。我们认为,土壤侵蚀与一般的侵蚀这个名词还是有区别的,对“土壤侵蚀”来说还是只保留由降水径流引起的作用比较合理。

虽然，上述作用之间的联系是很密切的，但我们认为，还不足以说明能把它们合并成为一个名称“土壤侵蚀”。因为所有这些作用都有其独特的发展规律，而其防止的措施应根据这些发展规律来选定。

例如，防止风蚀措施的采用，要考虑到风沙的形成和运行的规律，很明显，这些规律是与降水地表径流的形成规律不相同的。滑坡与陷穴的发生，主要是与土壤特性和地下水状况有关系。它们与地表径流引起的面蚀与沟蚀相比，则完全是另一种发展规律。

根据上述的意见，我们认为“土壤侵蚀”这个名词，只理解为降水径流对地表的破坏作用比较合理。

“土壤侵蚀”名词解释的统一，能避免在此问题上发生混淆现象，同时能帮助明确的理解水土保持的方向。

除上述情况外，还需要再搞清一个名称。

土壤侵蚀分为由长期自然地理作用过程造成的“天然侵蚀”与人类社会经营活动引起的“人为侵蚀”两种。^①

“天然”侵蚀（有时也叫正常侵蚀或地质侵蚀）发生在有天然植被的地区内，这些地区的植被没有被人类经营活动所破坏。“人为”侵蚀（有时又叫加速侵蚀）发生在天然植被已破坏的地区内。

天然侵蚀一般发展的很慢，它所引起的地形变化，是按地质年代计算。人为侵蚀则发展很快，同时给国民经济造成巨大而不可估计的损失。

我们所研究的专题是人为侵蚀，即由人类社会经营活动而造成的侵蚀。

现在我们研究自然因素对土壤侵蚀发展的作用。

首先需要指出，只有当地的自然条件在一定的配合的情况下，土壤侵蚀才能发生。如果自然条件不会引起土壤侵蚀，就是以非常粗放的方式对待土地时，也不会发生土壤侵蚀。

土壤侵蚀是由地表径流造成的。因此，土壤侵蚀只能发生在降水的地点或降水径流集中的地点，没有降水，也就不能产生土壤侵蚀。根据降水情况不同，一个地区发生土壤侵蚀的危险性可能大些，也可能小一些。

但是，单是降水还不足以造成土壤侵蚀的。土壤侵蚀只发生在降水能产生径流的地方。没有径流是不会发生侵蚀的。而径流是发生在有坡度的地

方。在十分平坦的地区，是不能产生径流及土壤侵蚀的。因此，土壤侵蚀只发生在一定的地形条件下，而且首先是与地面坡度有密切关系。所以一个地区根据地形条件，发生土壤侵蚀的危险程度可能大，也可能小。

但是，一定的土壤条件下地表径流与土壤侵蚀能够发生，或比较严重的发生。因为，一方面，土壤特性与土壤状态决定土壤的透水性大小，因此，它直接影响径流的发生和径流量的大小；而另一方面，土壤的特性与状态又决定土壤抗蚀性能的程度。如果土壤的透水性能很大和抗蚀性能很高，就是在坡度较大，降水量很大的地区，土壤侵蚀也可能不发生。反之，如果土壤的透水性能很不好，抗蚀性也很低，虽然这里的坡度小，降水量不大，但也可能发生很严重的土壤侵蚀。这样，根据土壤条件的不同，一个地区发生土壤侵蚀的危险程度可能大，也可能小。

植被的特点与状态，对一个地区的土壤侵蚀的产生有着多么重大的作用也是十分明显的。如在植被条件很好的情况下，虽然坡地很陡，降水量也很大，土壤侵蚀可能不发生。反之，植被条件很差，坡地坡度虽缓，降水也不很大的情况下，土壤侵蚀可能严重的发展。因此，一个地区发生土壤侵蚀危险程度的大小是与植被的特点与状态有关系。

这样一来，降水情况，地形条件，土壤条件（包括土壤生成母质的特点）和植被就成为决定土壤侵蚀发展不同程度的一些因素。

在研究土壤侵蚀发展的自然规律时，搞清各种自然因素对土壤侵蚀的特点与程度的影响，以及阐明促进土壤侵蚀发展或削弱侵蚀作用的条件是非常重要的。

在一些自然条件下（例如，地形平坦，降水不足，植被条件非常好等），一般是不能产生土壤侵蚀的。在另一些自然条件下（例如微波状地形，坡缓而短，经常下小雨，土壤透水性很大，而且抗蚀性能也很好，植被很稠密等）土壤侵蚀的发展受到极大的限制或者完全没有侵蚀现象。而在第三种自然条件下（例如，地形非常破碎，坡陡而长，多暴雨，土壤透水性小，抗蚀性能差，植被稀疏而不好等），就造成了土壤侵蚀作用很快发展的很大危险

注1 Д.И. 阿尔曼德——人为侵蚀的作用。农业土壤侵蚀及其防止的论文集，1956年苏联科学院出版。

性。

但是，在自然界中一般很少見到如下的情況，同時所有自然因素都配合得很好，阻礙土壤侵蝕的發展，或者所有自然因素互相配合，促進土壤侵蝕劇烈的發展。因此，了解每個自然因素或各種自然因素互相配合對土壤侵蝕的影響是非常重要的。

根據這些有足夠科學根據的資料，就能夠最合理地與最有效的採用成套的水土保持措施。因此，B. B. 道古察也夫說：我們施用於自然的措施，應像自然本身的發展一樣要有系統的和很徹底的，這些措施的採用，主要是用來消滅或削弱這些現象發生的原因。^①

需要注意造成土壤侵蝕或阻礙侵蝕發生的所有自然因素之間的密切聯繫和互相的作用。例如，直接影響土壤侵蝕發生的徑流強度是決定於下列因素：降水量與降水強度，坡地的坡度與坡長，對土壤透水性與含水量有關的土壤特性及狀態，植被密度等。

研究土壤侵蝕，像研究其他一些現象一樣，需要採用分析與綜合的方法。開始分析時，我們將多方面的作用劃分成幾個主要部分。但在研究個別因素對土壤侵蝕發展影響時（都假設其他條件均衡不變化的），我們也應永遠注意此問題，即實際上自然界的一切現象與作用都是處於互相依賴的地位。

我們研究自然界的規律時，必須採用馬克思主義的辯證法，И. В. 斯大林把它總合成下列四個基本特徵：

（1）辯證法與形而上學相反，它不是把自然界看作什麼彼此隔離，彼此孤立，彼此不相依賴的各個對象或各個現象的偶然堆積，而是把它看作有內在聯繫的統一整體，其中各個對象或各個現象是互相密切聯繫着，互相依賴着，互相制約着的……。

（2）辯證法與形而上學相反，它不是把自然界看作靜止不動的狀態，停頓不變的狀態，而是看作不斷運動，不斷變化的狀態，不斷革新，不斷發展的狀態，其中始終都有某種東西在產生着和發展着，始終都有某種東西在敗壞着和衰頹着……。

（3）辯證法與形而上學相反，它不是把發展過程看作什麼簡單增長的過程，看作量變不會引起質變的過程，而是看作由不顯著的細小量變進到顯著的變，進到根本的變，進到質變的發展過程，在這個過程中質變不是逐漸地發生，而是迅速和突然地發生，即表現於由一種狀態突變為另一種狀態，并

不是偶然發生，而是規律式地發生，即是由許多不明顯的逐漸的量變積累而引起的結果……。

（4）辯證法與形而上學相反，它所持的出發點是：自然界的對象或自然界的現象含有內在的矛盾，因為所有這些對象或現象都有其反面和正面，都有其過去和將來，都有其衰頹着的东西和發展着的东西，而這種對立面的鬥爭，舊東西與新東西間的鬥爭，衰亡着的东西和產生着的东西間的鬥爭，衰頹着的东西和發展着的东西間的鬥爭，便是發展過程的實在內容，由量變進到質變的這一過程的內容^②……。

正如以前所談的一樣，一些自然因素可能配合起來，為土壤侵蝕作用發生造成條件，另外這些因素也許不能配合而為侵蝕作用產生創造條件。自然因素對土壤侵蝕發展的作用是非常大的。

但是，過份估計自然因素對土壤侵蝕發展的作用也是不對的。自然因素只能為土壤侵蝕的發生造成某種潛在條件，先決條件，但自然因素決不是土壤侵蝕發生的直接原因。

土壤侵蝕的發生，是由於這些地區的自然條件能引起土壤侵蝕再加上人類不合理的經營活動的結果。

因此，發生土壤侵蝕與其發展的程度，是與當地的物理——地理條件和人類生產活動的綜合影響有關係。

在書籍中常常指出，土壤侵蝕作用的發展是決定於兩組因素：

（1）自然因素；（2）社經因素。

因此，地形條件，氣候，地質，土壤和植物是屬於自然因素範圍內，而人類的農業活動和其他的經營活動的各種方式則屬於社經因素。

很顯然，這樣劃分，在某種程度上應該承認它不是絕對的，因為人類的生產活動還影響土壤的特性與狀態，影響植物的特性與情況，以及影響地形的各別特點。

在人類生產活動過程中，越來越多地牽涉到自然的發展及其變化。

例如，不能認為影響徑流與土壤侵蝕的土壤特性是唯一的客觀自然條件，因為此特點還是要根據我們對土壤的影響和科學技術的發展在變化着。

注1 1894年B. B. 道古察也夫領導下的林業局考察總結。

注2 И. В. 斯大林，列寧主義問題，705—708頁。

我們應該承認 B.P. 威廉士所說的原理“土壤是勞動的產物。”^①

從 A.E. 非爾斯曼院士的著作中，所用用的下列幾句話，就能非常生動的表明人類對自然作用的巨大影響：

“在物質的轉移上，人類的作用要比一般自然現象（例如，河流、海洋與冰河的活動）大得多，其規模可以和國內地史期的變革作用相比，甚至比最強烈的火山爆發還要猛烈。”^②

人類的生產活動可以促進土壤侵蝕作用的劇烈發展，但是，人類的生產活動也能制止侵蝕的破壞作用，並能恢復已侵蝕土壤的肥力。人類對自然財富的掠奪，或是不斷地增加土壤肥力，主要是決定於一個國家的社經條件。為使在社會主義生產關係條件下的人類生產活動不致引起了土壤侵蝕的發展，必須了解這些作用的自然規律。

人們不能規定自然發展規律，但人們能客觀地

揭露自然現象的存在規律，參考其規律並以此為基礎，在社會主義生產關係條件下，人們能夠制止或限制許多不利的自然現象。

我們還不能說，目前的科學條件，在了解了自然現象發展規律以後，就已經找到了制止這些不利的自然現象發生的辦法。雖然，我們進行了這些現象的預報工作，現在我們還不能很有效地削弱這些現象的發生。如地震、台風和漲潮等，但是，我們能削弱這些現象造成的災害。

關於與土壤侵蝕有關的自然規律，雖然我們還遠遠的未充分的研究這些規律，但我們有足夠的根據說明，在社會主義生產關係的國家內，以現有的知識完全能夠消滅或者顯著的削弱土壤侵蝕作用的發展。

注 1 B.P. 威廉士。土壤學，1947 年出版。

注 2 A.E. 非爾斯曼。地質化學，第二冊，1934 年出版。

2. 地形对土壤侵蚀发展的作用

地形条件乃是决定侵蚀发生潜在危险程度的最重要的因素之一。

1. 坡度对地表径流、土壤流失与作物产量的影响

在地形条件中，首先弄清楚坡度对侵蚀发展的影响是很重要的。

只有在地面有坡度的情况下侵蚀现象才会发生，这是很显然的。因为在下雨时，正是地面的斜度才造成了地表径流形成的可能。在其它条件相同时，随着地面坡度的加大，地表径流的速度要加快，侵蚀的强度也要加剧。

在苏联进行了坡地坡度对径流和土壤侵蚀影响的研究工作。

根据各种不同条件，作了各种试验，试验表明：由于坡度的加大，土壤流失的各个指标是成正比数值增加。(Г.Б.洛帕亭, Г.Л.普罗斯库里亚科娃, Б.Б.古萨克, М.Б.莫雅科夫斯基, Н.И.德罗兹达, Л.Т.捷姆里亚尼兹基和 А.П.沙波史尼科夫等)。

在德涅普罗彼得罗斯基州径流小区上所观测的径流量与土壤流失量可作为例证①。第1表所列举的是当小区的坡度增大时，土壤流失量与径流量的变化情况资料(小区是秋耕休闲地，长度为8公尺，强度为1公厘/分钟的人工降雨继续了60分钟)。

第1表

小 区 坡 度 (度)	3°	6°	9°
径 流 深 度 (公 厘)	14.4	15.2	23.6
径 流 系 数	0.24	0.25	0.38
土 壤 流 失 量 (噸/公頃)	1.99	7.55	27.35

为研究坡度对土壤侵蚀发展的影响，美国也进行了一些调查研究工作。如根据密苏里试验站在种

植玉米的坡地上的观测，当坡度由2°增加到4°时，土壤流失量增加两倍；坡度增至5°时，流失量增加4倍。阿拉巴姆试验站在顺坡耕作的棉花地中也进行了观测，土壤流失量随坡度增长的情况见第2表。

第2表

坡 度 (度)	4.5	9	13.5
土壤流失量 (噸/公頃)	14.1	72.3	106.5

从这个表可以看出，土壤流失量的增长快于坡度的加大。

根据美国试验研究工作者青哥的资料，坡度增加一倍土壤流失量平均增加1.8倍。

在降雨量25.4公厘，降雨强度0.85公厘/分的情况下，尼伊勒的试验中土壤流失量和地面坡度的关系如第3表。

第3表

坡 度 (度)	0.9	1.8	3.6	7.2	14.4
土壤流失量 (噸/公頃)	1.01	1.62	2.35	4.26	7.28

Г.Б.洛帕亭教授对古萨克，沙波史尼科夫，马里诺夫，捷姆里亚尼兹基，青哥，尼伊勒和美国的阿拉巴姆试验站的有关坡度对流失量影响的观测资料进行了分析。

第1图是流失量和地面坡度的关系曲线图非常清楚地表明了流失量随坡度而变化的情况。

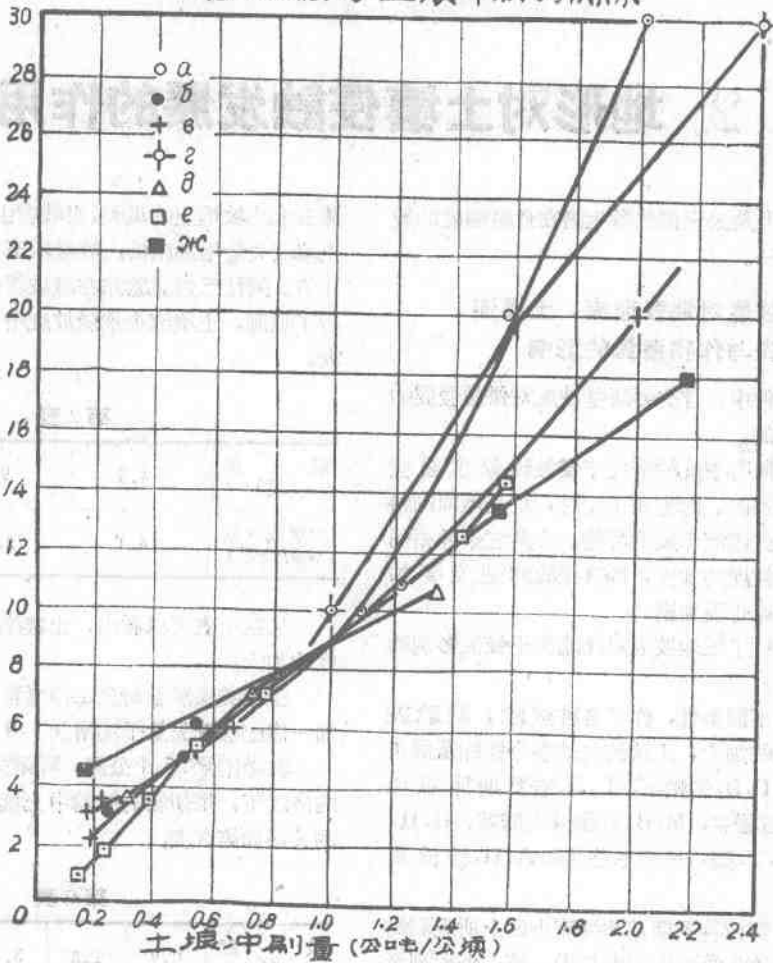
黄河流域的几个水土保持试验站也获得了一些很好的有关坡度对径流和土壤侵蚀影响的试验资料。

对于这些资料需要加以更详细的说明。

我们了解了天水和绥德试验站的一些观测资

第 1 圖

地面坡度与土壤冲刷的关系



观测者: a 古萨克 б 沙波史尼科夫 B 馬里諾夫
 r 捷姆里亞尼茲基 日 青哥 e 尼伊勒
 * 阿拉巴姆

料。

根据天水試驗站的資料，我們編制了不同坡度徑流小区的地表徑流和土壤流失量观测表。（參看第4表）

根据表中的資料可以看出，

1. 大多数的观测表明，随着坡度的增加，地表徑流要减小。（見1947年6月5日，8月11~13日，1956年8月17日的观测）。在1947年6月5日和1956年8月17日的观测中，地表徑流随着坡

度加大而减小的情况最为顯著。（1947年6月4日的观测是100:88:81:74，1956年8月17日的观测是100:91:50:48）。

地表徑流随坡度的增加而加大的现象只發生在1949年7月24日的一次观测中。此次观测是在扁豆后休閑地內一組徑流小区上進行的。当时14°和17°50'的小区上的徑流量比4°50'的小区上的徑流量大25~35%，而在8°36'的小区上徑流量甚至增加了107%。

第4表 (天水試驗站觀測)

觀測日期	暴雨特性	作物	徑流小区坡度	地表徑流		土壤流失量	
				公方/公頃	相對%	公噸/公頃	相對%
1947年6月5日	37分鐘降雨21公厘; 10分鐘間的最大強度1.9公厘/分。	扁豆	4°10'	159.94	100	23.56	100
			6°33'	139.94	88	26.57	113
			13°56'	137.33	86	49.19	208
			17°50'	118.34	74	29.99	127
1947年8月11~13日	48小時5分鐘降雨155公厘; 10分鐘間的最大強度0.99公厘/分。	蕎麥	4°40'	431.97	100	13.15	100
			8°03'	309.16	72	68.42	520
			14°30'	198.24	46	23.41	170
			17°30'	304.11	70	67.49	513
1949年6月24日	38分鐘降雨31.3公厘; 10分鐘間的最大強度1.1公厘/分。	小麥後的休閒地	4°50'	173.71	100	10.96	100
			8°36'	157.68	91	8.25	75
			14°00'	190.40	110	44.79	409
			17°30'	169.85	98	88.36	806
		扁豆後的休閒地	4°50'	119.94	100	10.81	100
			8°36'	248.65	207	23.80	220
			14°00'	162.06	135	37.91	350
			17°50'	149.45	125	83.24	770
1956年8月17日	4小時50分鐘降雨23.9公厘; 最大強度0.5公厘/分	蕎麥	5°30'	62.28	100	0.97	100
			8°03'	56.75	91	1.74	179
			14°00'	31.43	50	2.86	294
			17°	29.37	48	4.11	422

1949年7月24日, 在小麥收後休閒地內一組徑流小区上進行的觀測, 并未得出徑流量隨坡度變化的任何規律。

2. 全部觀測都表明了土壤流失量隨坡度增加而增加的總趨勢。表現得最為顯著的是1949年7月24日(100:220:350:770)及1956年8月17日(100:179:294:422)的觀測。

與坡度為4°10'和5°30'的徑流小区相比, 不同坡度的徑流小区上平均土壤流失量的增加百分數如下:

- 1) 6°33'—8°36'——222%;
- 2) 13°56'—14°30'——286%;
- 3) 17°—17°50'——528%。

同時, 在徑流小区上也曾出現了土壤流失量隨坡度增加而減小的個別現象。例如, 1949年7月24日在小麥收後休閒地內一組徑流小区上進行的觀測

表明, 當坡度增加時, 流失量的相對數值為100:75:409:806。

除進行了各種觀測外, 天水試驗站并總結出了1945—1953年和1954—1956年的地表徑流及土壤流失量資料。

1945—1953年間總結了12個徑流小区上觀測資料。小区長20公尺。根據坡度把這些小区又分成四組:

- 第一組——4°10'—4°50' 共三塊
 第二組——6°33'—8°—30' 共三塊
 第三組——13°50'—14°30' 共三塊
 第四組——17°30'—17°50' 共三塊

第二、三、四組小区的坡向是同一方向, 而第一組小区的坡向則相反。

在觀測期間, 各小区上均採用了下列輪作: 扁豆——冬小麥——蕎麥——玉米黃豆間作。

第5表 天水試驗站觀測1945~1953年 各種作物的輪作情况如下：扁豆——冬小麥——蕎麥——玉米黃豆間作。（見第6表）

徑流 小区 組別	坡 度	地 表 徑 流		土 壤 流 失 量	
		公方/公頃	相 对 %	公噸/公頃	相 对 %
I	4°10'~4°50'	486.65	100	27.55	100
II	6°33'~8°30'	484.45	99	48.16	175
III	13°50'~14°30'	425.30	87	64.46	234
IV	17°30'~17°50'	447.85	92	92.78	337

第5表是九年來在不同坡度的徑流小区上地表徑流和土壤流失量觀測資料。

取第一組徑流小区（4°10'—4°50'）上的地表徑流量和土壤流失量为100%。

由表中看出，随着坡度的增加，地表徑流有某些减小（100:91:87:92）。但是，这些觀測并未表明出徑流随坡度变化的嚴格的規律性。土壤流失量方面的規律性比較清楚——随着坡度的加大，土壤流失量也要急剧增加。在坡度对比关系1:1.7:3.2:4.0时，相应的土壤流失量为1:1.7:2.3:3.4。

此外，天水試驗站还收集了坡度对徑流和土壤流失影响的3年（1954—1956年）的觀測資料。这些觀測是在四个徑流小区上進行的，各小区所采用

第6表 天水試驗站觀測1954~1956年

小区編号	坡 度	地 表 徑 流		土 壤 流 失 量	
		公方/公頃	相 对 %	公噸/公頃	相 对 %
29	5°31'	917.34	100	8.54	100
2	7°40'	786.86	86	12.16	142
8	14°	548.36	60	19.10	224
13	17°	481.63	53	22.66	265

取29号徑流小区（坡度5°31'）的徑流量和土壤流失量为100%。

各种坡度的徑流小区的地表徑流量和土壤流失量如下：

随着坡度的增加，地表徑流减小，而土壤流失量則急剧加大。当坡度对此关系为1:1.4:2.7:3.6时，相应的土壤流失量为1:1.4:2.2:2.6。地表徑流量为1:0.86:0.6:0.53。

除天水試驗站外，綏德試驗站对地表徑流和土壤流失量随徑流小区坡度的变化情况也進行了觀測。

第7表 （綏德試驗站觀測）

觀 測 日 期	暴 雨 特 性	作 物	小区編号	小 区 坡 度	地 表 徑 流		土 壤 流 失	
					公方/公頃	相 对 %	公噸/公頃	相 对 %
1954年8月28日	降雨21公厘	高粱 豇豆	18	14°41'	69.78	100	9.11	100
			11	28°41'	64.47	92	42.50	467
1955年	降雨30公厘	高粱 豇豆	10	14°	2.51	100	0.21	100
			15	29°	3.64	145	0.88	419
1956年8月8日	2小时30分降雨51.7公厘；平均强度为0.35公厘/分；7分鐘最大强度3公厘/分。	高粱 豇豆	10	14°39'	172.02	100	102.04	100
		谷子	18	14°41'				
		高粱 豇豆	15	29°03'	374.73	218	201.46	197
		谷子	11	28°41'				
1956年10月1日	降雨39公厘	高粱 豇豆	10	14°39'	58.64	100	5.33	100
			15	29°03'	22.74	39	2.02	48

这些观测是在长度 20 公尺，坡向和植被情况完全一样的径流小区上进行的。

第 7 表引用的就是綏德試驗站在不同坡度径流小区上对径流和土壤流失的观测资料。

正如表中所見，在四次观测中，有兩次观测（1954 年 8 月 28 日和 1956 年 10 月 1 日）是地表径流随坡度的加大而减小，有兩次观测（1955 年和 1956 年 8 月 8 日）是地表径流随坡度的加大而加大。在三次观测中，当坡度增加一倍时，土壤流失量出现了急剧的增加（达 1—3.7 倍！）同时，在 1956 年 10 月 1 日的一次观测中，当坡度增加一倍

时，土壤流失量反而减少了 50%。（？）

这样在綏德試驗站，随着径流小区坡度的增加。既出现了地表径流增加的情况，也出现了减少的情况；既有土壤流失量增加的情况，也有减少的情况。

現在我們來看看綏德試驗站逐年的观测成果。正如第 8 表中所示，1954—1955 年，当地面坡度增加一倍时，地表径流减少 22—24%，而在 1956 年增加了 33%。每年的土壤流失量是随小区坡度的增加而加大。三年来的平均值是当小区坡度增加一倍时，土壤流失量加大 1.3 倍。

第 8 表（綏德試驗站观测）

观测年度	小区编号	坡 度	作 物	地 表 径 流		土 壤 流 失	
				公方/公頃	相 对 %	公頃/公頃	相 对 %
1954 年	18	14°41'	高粱 豇豆	229.67	100	35.01	100
	11	28°41'		179.80	78	83.69	239
1955 年	18	14°41'	高粱 豇豆	13.02	100	1.15	100
	11	28°41'		9.83	76	1.34	117
1956 年	18	14°41'	谷子	664.80	100	147.01	100
	10	14°39'	豇豆 高粱				
	11	28°41'	谷子	882.18	133	335.58	242
	15	29°03'	豇豆 高粱				

讓我們簡短地归納一下天水和綏德試驗站的观测資料。

1. 絕大多數的观测表明：土壤流失量随着径流小区坡度的增加而加大。一些观测表明，当坡度增加一倍时，土壤流失量增加 0.2—3.7 倍。

2. 通过观测并未發現地表径流随坡度变化的清楚的規律性。但是大多數的观测表明出了地表径流随坡度增加而减小的趋势。当坡度增加一倍时，地表径流减少 9—60%。

在个别的观测中發現了地表径流随坡度的加大而增加。同时，也發現了土壤流失量随坡度增加而减小的情况。

天水和綏德試驗站所观测的資料中，关于地表坡度对地表径流与土壤流失的影响方面的資料，好

像有許多矛盾現象。因此，我們認為很詳細地分析一下所观测的原始資料是非常合理的。尤其是要了解在試驗中要保持“其他因素一样”的原則作得怎样。我們除了解了天水和綏德試驗站的資料以外，还了解了七家子試驗站（遼寧省）所研究的地表坡度对径流量与土壤流失量的試驗成果。

現將 1956 年和三年平均（1954—1956 年）在不同坡度小区上观测的資料列于第 9 表。

由表中已很明顯的看出，七家子試驗站的試驗，是随坡度的加大，地表径流和土壤流失量都增大。

一些的观测也說明，随坡度的加大，土壤流失量与径流量都特別顯著的增加。該站 1955 年 6 月 25 日的观测成果可作为这方面的实例。（參看第 10 表）

第9表

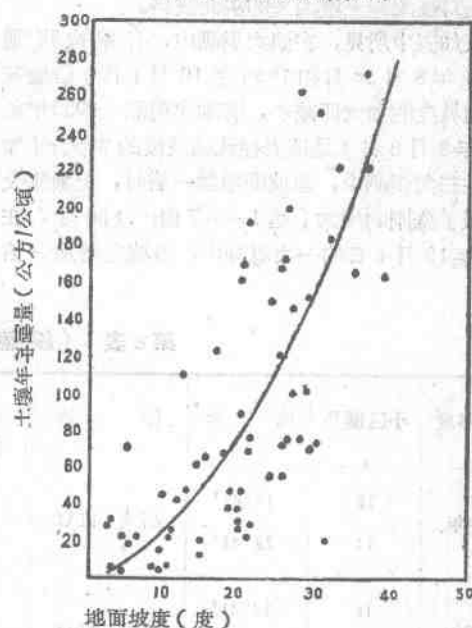
观测的年份	小区的坡度	地表径流量		土壤流失量	
		(公厘)	(%)	(噸/公頃)	(%)
1956年	5°~10°	83.05	100	35.60	100
	10°~15°	91.82	111	49.43	131
1954~1956年	5°~10°	52.75	100	86.93	100
	10°~15°	72.26	137	123.20	142

我們也了解了水利部北京勘测設計院的一些資料。他們在永定河、子牙河、漳衛河流域考察期間曾探求了土壤年流失量与坡度关系的規律。⑧在66个地段观测資料的基础上，繪出了年土壤流失量与坡度的关系曲綫，見第2圖。

需要附帶說明，由于考察工作条件的限制，66个观测段可能不只是坡度上有差異，顯然影响侵蚀發展的其它因素不可能完全一样。但是这个曲綫能充分清楚地表示出由于坡度增加土壤流失量增長的

第2圖

地面坡度对土壤年冲刷量的关系
(水利部北京勘测設計院在永定河子牙河及漳衛河流域的观测資料)



第10表

观测的时间	降雨量	作物	小区坡度	径流量 (公方/公頃)	土壤流失量 (噸/公頃)
1955年6月25日	10.5公厘强度为	谷子	9°	13.29	0.89
	0.36公厘/分鐘		13°	24.45	24.32

总的趋势。

因此，許多試驗資料都表明坡度对侵蚀發展的巨大影响。当然，在不同的土壤，降雨，植被，農業技術及其它因素的条件，坡度对土壤流失的影响是不会一样，但随着坡度的增加，侵蚀大大加剧的趋势是無可爭辯的。

顯然，一般的情况下，可以这样推測，即随坡

度的增大，径流速度和土壤流失量都将增加。尤其是在暴雨多，土壤透水性和抗蚀性能又低的地区，这个規律表現得更突出。

由于侵蚀的强烈發展，陡坡上作物的產量通常比緩坡上的產量低得很多。

在这方面天水和綏德試驗站对不同坡度坡地作物產量的观测是很有益的。观测資料見第11与12表。

第11表 不同坡度坡地上作物的產量(天水試驗站 1945~1943年間观测)

小区別組	坡度	九年观测的作物平均產量(斤/畝)					三年輪作平均產量	
		扁豆	冬小麥	蕎麥	玉米和黃豆	合計	斤/畝	相对%
I	4°10'~4°50'	63	250	127	414	854	285	100
II	6°27'~8°30'	53	158	128	388	727	242	85
III	13°20'~14°	34	153	114	322	623	208	73
IV	17°	34	163	128	224	549	183	64

第 12 表

不同坡度坡地上作物的產量 (綏德試驗站觀測)

觀測年度	作 物	小区坡度	產 量	
			斤/畝	相 对 %
1954年	高粱和豇豆	14°41'	183	100
		28°41'	93	51
1955年	高粱和豇豆	14°40'	120	100
		29°	102	85
	谷 子	14°40'	113	100
		29°	98	87
1956年	谷 子	14°40'	34	100
		29°	13	39
	高粱和豇豆	14°40'	92	100
		29°	72	78

由这个表可以看出,虽然有个别的偏差,但產量随坡度增加而降低的总趋势是很清楚的。在其它条件完全一样的情况下,陡坡上作物產量的降低,無疑的还与侵蚀作用强烈的發展有关,这点可从我們前面引用的一些表中看出。

从綏德試驗站的觀測資料中也可看出,由于侵蚀較强烈的發展,陡坡上的作物產量大为降低。在其它条件完全相同时,坡度由 14°40', 增加到 29°, 谷子產量平均降低 30%, 高粱, 豇豆混作產量降低

31%。

除黄河流域的水土保持站外,七家子試驗站和四川省有几个地区也就坡度对土壤流失,作物產量的影响进行了觀測。在考察期間,我們也了解了这些資料。

第 13、14、15 表引用的是四川省紫色土丘陵区三个試驗区的觀測資料

第 13 表 不同坡度坡地上土壤流失量和作物產量 (四川省簡陽縣山泉鄉滴水上社)

坡 度 (度)	年土壤流失量 (公方/畝)	產 量 (折原粮)	
		斤/畝	相 对 %
1~10	1~6	580~650	100
10~15	6~8	520~580	89.4
15~20	8~10	330~520	68.5
20~25	10~15	240~330	46.1
25~35	15~26	150~240	30.9

第 14 表 不同坡度坡地上土壤流失量和作物產量
(四川省遂寧縣西寧鄉幸福二社)

坡 度 (度)	年土壤流失量 (公方/畝)	產 量 (折原粮)	
		(斤/畝)	相对 (%)
0	—	562	100
10	2~6	489	86.6
10~15	5~8	412	73.0
15~20	6~10	386	68.5
20~25	8~15	270	48.0

第 15 表 不同坡度坡地上土壤流失量和作物產量
(四川省达縣河市鎮东紅社)

坡 度 (度)	年土壤流失量 (公方/畝)	作 物 產 量 (斤/畝)			
		豌 豆	小 麥	綠 豆	紅 苕
<10°	2~5	220~250			2,000~2,700
10°~20°	4~12	150~200	180~220	40~90	1,800~2,800
>20°	11~20	100~140		40~60	

从以上三个表可以看出,在各种情况下,随着坡度的增加,土壤流失量都急剧加大。一些觀測表明,当坡度增加一倍时,土壤流失量增加了 1~2 倍。

随着坡度的增加,侵蚀加剧的結果,几乎在所有的情况下作物產量都大大下降。

因此,在黄河流域及在四川省进行的这些觀測表明:在絕大多数情况下,随着坡度的增加,侵蚀

作用加剧，又不采用專門措施来提高侵蝕土壤肥力和防治侵蝕作用时，从而引起作物產量的降低。

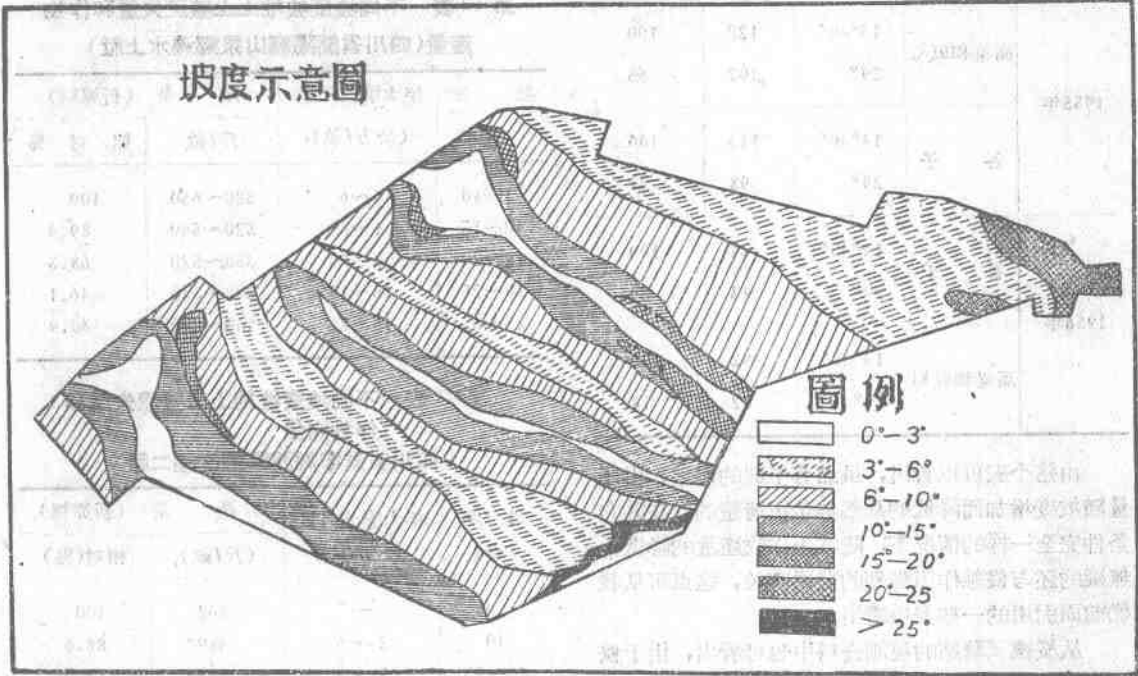
2. 坡度圖的繪制：

为了按坡度來确定哪些地区是土壤侵蝕發展的危險地区，就要繪制土地坡度分布分級圖。根据各种圖的比例尺和具体的用途，地形条件，現有的地

形圖及其它因素，按照坡度把一個地区划分開來。

例如，我們在为莫尔达維亞共和國一个集体農庄繪制坡度圖时，坡度的分級标准采用：0°~3°，3°~6°，6°~10°，10°~15°，15°~20°，20°~25°，>25°。但在另一个地形較平緩的集体農庄坡度分級标准則采用了0°~1°，1°~3°，3°~6°，6°~10°，10°~15°。

第 3 圖



黃河流域在繪制坡度圖时，也采用着不同的分級标准。例如，离山縣王家溝流域坡度圖的分級标准是0°~5°，6°~12°，13°~20°，21°~25°，26°~30°，31°~35°，36°~45°，>46°。（參看第4圖）

在研究坡度对侵蝕的影响时，順便應該指出，不同的作者給“緩坡”“斜坡”“陡坡”确定了不同的坡度界限。

第16表乃是在苏联已發表的一种坡度分級法⑨。坡度用三种方法表示：1) 以度表示；2) 以比降即表縱坡方向一点对另一点的高差与此二点水平距离之比；($i = \frac{h}{e}$ 式中 i ——坡度， h ——高差， e ——水平距离) 3) 以百分数表示，即沿縱坡方向每 100 公尺坡面降低或升高若干公尺。

从侵蝕發展可能性的观点來說某一地区坡地陡的土地愈多那么这个地区也就愈危險。

第 16 表

坡地的特点	坡 度		
	以度表示	以比降表示	以百分数表示
非常平緩的	0~3	0~0.052	0~5.2%
平緩的	3~5	0.052~0.088	5.2~8.8%
不太斜的	5~10	0.088~0.176	8.8~17.6%
斜的	10~15	0.176~0.268	17.6~26.8%
很斜的	15~20	0.268~0.36	26.8~36%
陡的	20~30	0.36~0.58	36~58%
很陡的	30~45	0.58~1.00	58~100%

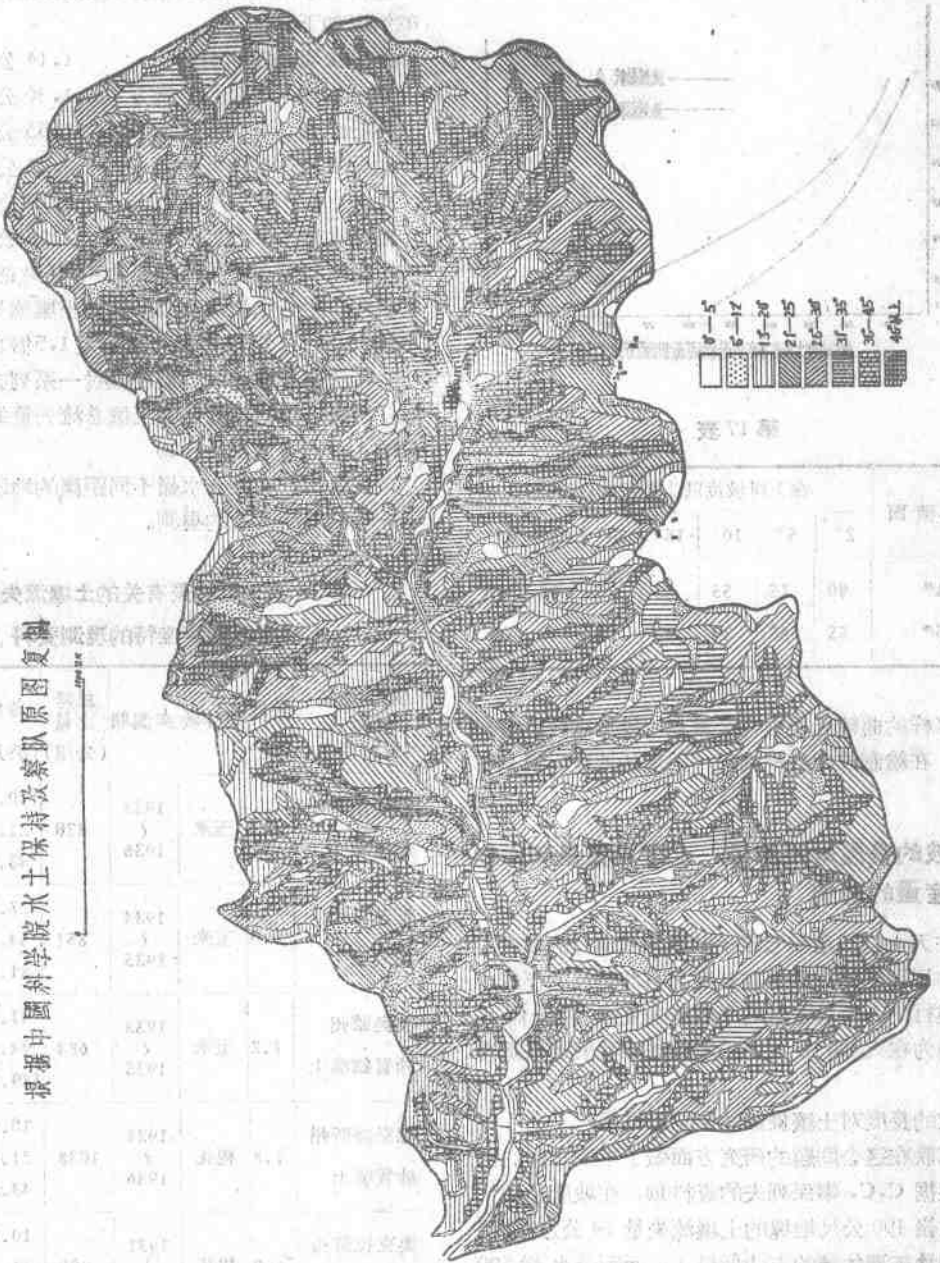
为了比較研究与坡地坡度有关的侵蝕發生的危險程度，可以利用繪制不同斜度（面積划分）曲綫方法。

例如，第5圖中的曲綫，是据第17表假設資料

第 4 圖

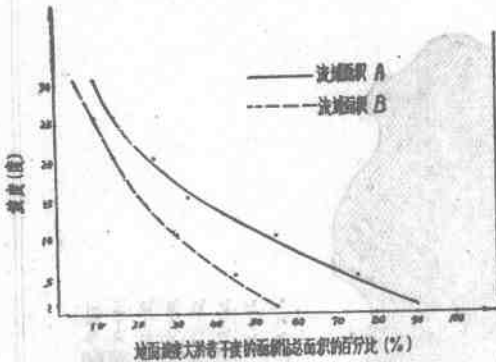
晋西禹山王家沟流域地石坡度图

根据中国科学院水土保持考察队原图复制



为流域面積“A”与“B”所繪制的不同傾斜度，
(面積划分)曲綫圖。

第 5 圖



第 17 表

流域面积	在下列坡度以上面积的百分比						
	2°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
“A”	90	75	55	33	25	25	10
“B”	55	45	30	20	15	10	5

这样的曲綫可根据几个重点地段坡度統計資料繪制。在繪制坡度分級圖时，采用的坡度界限是不同的。

3. 坡的长度对径流量、土壤流失量和作物产量的影响

在水、綏德和七家子試驗站所進行的坡度对侵蝕作用影响的觀測是在長度只有20公尺的徑流小区上進行的。所以这里的土壤流失量顯然是偏小了，因为在天然的長坡上土壤侵蝕的發展要嚴重得多。

坡的长度对土壤侵蝕的影响怎样呢？

苏联在这个问题的研究方面做了不少工作。例如，根据 C.C. 索保列夫的資料⑩，在坡度为3°距分水嶺400公尺地塊的土壤流失量19公方/公頃（用測量細溝体積的方法所得），而距分水嶺500公尺的地塊上，土壤流失量25公方/公頃。特别是在2°的坡地上，在对一次暴雨（降雨量42公厘，降雨强度1.05公厘/分）所引起的土壤流失的觀測中獲得了很可引为例証的資料。这里在休閒地上，

距分水嶺10公尺的土壤流失量不到0.5公方/公頃，而距分水嶺100公尺，流失量达98公方/公頃。

根据諾沃西里溝蝕試驗站的資料⑪，坡地徑流（融雪时）的含沙量随距分水嶺距离的加大而增加的情况如下：

距分水嶺很近的地方	1.14 公斤/公方
距分水嶺 35 公尺的地方	1.30 公斤/公方
距分水嶺 280 公尺的地方	1.55 公斤/公方
距分水嶺 315 公尺的地方	2.22 公斤/公方
距分水嶺 415 公尺的地方	5.70 公斤/公方
距分水嶺 450 公尺的地方	7.28 公斤/公方

根据我們在莫尔达維亞共和國(奥克尼茲克区)的觀測，距分水嶺700公尺处的土壤流失量比距分水嶺450公尺处的土壤流失量大1.5倍⑫。

諾沃西里溝蝕試驗站在做过一系列試驗觀測之后，得出这样的結論，即土壤总流失量的增加与坡長的1.5次方成正比。②

在美國，在距分水嶺不同距离的地段上也進行了一些土壤流失量的觀測。

第 18 表 与坡長有关的土壤流失量

(根据美國宾涅特的觀測資料)

觀測地区 土壤的 机械組成	坡度 (度)	農作物	觀測期	总降 水量 (公厘)	坡長 (公尺)	年土壤 流失量 (公頃)
威斯康星州 粉質壤土	14.4	玉米	1933	820	10.9	159.0
			1936		21.8	248.0
					43.5	286.6
密苏里州 粉質壤土	9.0	玉米	1934	851	27.0	58.6
			1935		54.0	133.7
					81.0	164.0
艾奧華州 砂質細壤土	7.2	玉米	1933	684	47.2	28.9
			1935		94.6	40.3
					189.2	25.6
德克薩斯州 砂質壤土	7.8	棉花	1931	1038	10.9	45.9
			1936		21.8	68.9
					43.5	107.7
奧克拉荷馬 砂質壤土	6.9	棉花	1931	800	10.9	42.5
			1936		21.8	55.6
					43.5	95.3

Г.В. 罗帕亨根据宾涅特的坡長与侵蝕关系的資料繪制的曲綫如第6圖。