

滑坡与岩堆地区的路基工程

Г.Д.杜別里尔 Б.Г.科尔聶耶夫

С.Г.維什那科夫等著

奉力人 全雪华 赵煜祥合译

奉力人校

人民交通出版社

本書分为三篇。第一篇敘述滑坡現象的自然条件和路基变形，以及滑坡調查的方法；第二篇是关于不稳定的路塹和路堤的处理方法，对地面排水、地下排水、擋土墙、护岸工程等几种主要的工程構造物均有詳尽的闡述，并介紹了各种構造物中最通用的型式和应用这些構造物的条件；第三篇为“岩堆”，主要是說明岩堆的自然条件，以及公路机关在岩堆地区修筑与养护路基的若干資料。

此書是苏联工程界經多年的实践与研究所得的經驗总结，对我国在山嶺区道路的勘测、施工与养护中处理滑坡和岩堆的問題，有重大的现实意义。可作为公路高等学校教学参考書及公路工程技术人员学习参考之用。

統一書号：15044·1109-京

滑坡与岩堆地区的路基工程

Г. Д. ДУБЕЛИР В. Г. КОРНЕЕВ С. Г. ЕРИШНЯКОВ
ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА
В РАЙОНАХ ОПОЛЗНЕЙ И ОСЫПЕЙ

МОСКВА 1948

本書根据苏联道路出版社1948年莫斯科俄文版本譯出

奉 人 全雪華 趙煜祥合譯
奉力人校

人民交通出版社出版

(北京宣武門外和平里)

新華書店發行

公私合营慈成印刷工厂印刷

1956年8月北京第一版 1956年8月北京第一次印刷

开本：850×1168 印張：9張，插頁2頁

全書：229,000字 印數：1—3,900冊

定价(10)：1.60元

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六号)

前 言

在山嶺區道路的勘測、施工與養護中最困難的任務之一就是決定處理滑坡和岩堆的辦法。這種處理方法，直到現在都很少研究。誠然，在蘇聯和國外的文獻中有着許多從地質方面來闡明滑坡現象的資料，而岩堆却連地質方面的說明也幾乎沒有。至於在滑坡地區內保證路基穩定的工程措施，則暫時還沒有系統的俄文專書。

對局部的問題，例如疏水溝、擋土牆等的設置，在個別俄文的專論中有若干指示。但是，很大一部分在實際工作中經常為工程師們碰到的問題，在這類資料中卻沒有包括進去。

根據這種情況，聯蘇內務部公路總局道路科學研究院及時研究了“滑坡與岩堆地區路基的修築”的問題。這一問題的研究曾委託給由 Г. Д. 杜別里爾教授、Н. П. 馬留科夫教授和 Б. Г. 科爾聶耶夫講師組成的工作隊。此書就是這一問題的研究結果。

滑坡現象的自然條件是複雜的和各式各樣的。因此，研究滑坡必須進行多年的有系統的、緊密依靠道路勘測、施工和養護等經驗的工作。

但是，為了要把有利於生產的、頭幾年的研究結果發表出來，工作隊就給自己提出了這樣的一個任務：主要根據蘇聯在公路方面的經驗，編寫一本關於滑坡與岩堆地區公路修築的有系統的專書。此書的對象是具有高等公路學校教學大綱中地質學基礎知識的公路工程師。

編寫此書時，工作隊曾經搜集了蘇聯各滑坡地區的資料。

根據這些資料寫成的此書（並未全部印出）包括下列三篇：

第一篇“滑坡概論”，敘述滑坡形態學的基本問題以及滑坡調查的方法。關於篇中所提出的問題，文獻中有着豐富的資料。本

書在滑坡現象的地質學方面只打算作一個簡要的敘述。

第二篇“**不穩定的路壟和路堤的處理方法**”，描述了地面排水、地下排水、擋土牆、護岸工程等幾種主要的工程構造物。篇中介紹了各種構造物中最通用的形式和應用這些構造物的條件。

第三篇“**岩堆**”，包括了对岩堆自然條件的詳細描述（在文獻中這還是第一次）以及以公路機關在岩堆地區修築與養護路基的經驗為基礎的若干資料。

參加本書編寫工作的人員主要是：

第一篇——Г. Д. 杜別里爾教授，一部分由 Н. П. 馬留科夫教授編寫；

第二篇——Г. Д. 杜別里爾教授和 Б. Г. 科爾聶耶夫講師；

第三篇——地質學家 С. Г. 維什那科夫(47~50 節)和 Б. Г. 科爾聶耶夫講師(51~59 節)。

整個工作的總的領導以及校訂工作由 Г. Д. 杜別里爾教授擔任，而在他逝世以後由 Б. Г. 科爾聶耶夫講師負責。

此外，還有許多科學工作者和工程技術人員也參加了這些資料的選擇和整理工作，其中有：А. А. 捷米羅夫、Е. Д. 聶瓦頓斯基、С. Г. 維什那科夫、С. А. 科包節夫、П. И. 伊甫琴科、М. Г. 庫卡什、В. Е. 羅季奧諾夫、В. Д. 季紐興、А. А. 特魯賓、З. С. 畢茨基納什維里、О. С. 布里諾夫等人。

在護岸工程方面利用了工程師魯德聶夫的資料。

水工計算方法是由 Б. В. 仲恩講師編寫的。

工程師 О. С. 布里諾夫參加了資料的最後整理工作。

目 錄

前 言

第一篇 滑坡概論

第一章 滑坡現象的自然条件

1. 几种主要的滑坡現象 1
2. 剝蝕作用的个别情形——滑坡現象 5
3. 滑坡形态学 9
4. 滑坡力学 19
5. 形成滑坡的地質条件 34
6. 水文条件 40
7. 滑坡物質的物理力学性質 46
8. 滑坡現象的發展(微动力学) 50
9. 崩塌 55

第二章 路基变形

10. 路基变形和滑坡的几种主要处理方法 59

第三章 滑坡調查

11. 調查方法的歷史簡述 62
12. 現代工程地質調查的程序和任务 63
13. 為編制初步設計研究山坡穩定性时的工程地質調查 65
14. 防止滑坡構造物初步設計的內容 68
15. 編制防止滑坡構造物技術設計时的詳細工程地質調查 69
16. 技術設計 80

第二篇 不穩定的路塹和路堤的处理方法

第四章 上側山坡与路塹边坡的穩定

17. 上側山坡上的滑坡現象	82
18. 地面逕流的調治	87
19. 截水溝和排水溝網的布置溝渠的加固	90
20. 水溝、急水槽和跌水的水力計算	105
21. 地下逕流的調治	116
22. 疏水溝和深疏水壕	121
23. 泉源的引水設備与疏水井	134
24. 水平坑道	141
25. 路塹边坡的坡度。边坡开挖的条件	152
26. 山坡与边坡上荷載的卸除	156
27. 培植樹木加固边坡法	160
28. 挡土牆	160
29. 確定橫压力。選擇挡土牆的断面。挡土牆的类型	169
30. 挡土牆的奠基	178
31. 牆后疏水溝	180
32. 护面牆	185
33. 山坡的階梯化	188
34. 在滑坡地区开鑿山洞來通过路綫	189
35. 穩定滑坡物質的力学方法和化学方法	190

第五章 路基和下側山坡的穩定

36. 公路路堤的变形	195
37. 急斜坡上路堤的变形	198
38. 不穩定山坡上路堤的变形	202
39. 保証山坡上路堤穩定的一般措施。表面水的排除。 逕流的調治	204
40. 路堤的疏水溝和疏干	206
41. 下側山坡的刷坡工作	209
42. 把山坡挖成階梯狀。护堤	210
43. 下方挡土牆和框架	212
44. 防浪牆	215

45. 护岸工程和整流工程	217
46. 棧道和棧桥上路基的建筑	227

第三篇 岩 堆

第六章 岩堆地区路基的穩定

47. 岩堆的自然条件	229
48. 岩堆的形态和組成	233
49. 岩堆形成的条件	243
50. 岩堆物質的物理力学性質和影响这些性質的因素	256
51. 岩堆中路基的穩定	259
52. 表面逕流的調治	263
53. 地下逕流的調治	267
54. 岩堆上挡土牆和护面牆的应用	268
55. 岩堆的階梯化	277
56. 岩堆裙附近的护岸工程和整流工程	282
57. 通过冲積錐的方法	286
58. 崩坍的防止	290
59. 岩堆地区道路的养护	291

第一篇 滑坡概論

第一章 滑坡現象的自然條件

1. 几种主要的滑坡現象

廣义的說來,滑坡現象是指天然斜坡上巨大地塊的位移。

引起这种位移的自然因素主要的有下列几种:

- 1) 岩石的風化;
- 2) 重力作用;
- 3) 地面水与地下水的的作用;
- 4) 地震的震动。

風化作用越强,活动地塊的物質產生得越多。山坡越陡,重力对地塊上每一單位体積的作用也就越大。水的作用能使摩擦力和粘着力减小,因而地塊移动便比較容易;有时,河水或海水冲刷山坡下面的支持部分,这样便引起平衡的破坏。

由于地形、气候、地質和水文等条件的不同,运动地塊的性質和运动本身的性質也跟着發生变化。位移的形式有:崩坍岩堆或滑坡。

在主要由岩石構成的陡山坡上,往往發生岩塊、石塊和碎石的突然崩落或使以前落在山坡上的个别岩塊再一次崩落。这种突然的或瞬息間的崩落称为崩坍。發生崩坍时,在高速度运动的崩落体中具有很大的动能 $\Sigma \frac{mv^2}{2}$ 。与岩塊或个别岩層移动的同时,也發生滚动(也就是圍繞重心旋轉)、撞击,并有时發生跳躍。崩坍的特点是時間上的突然性或偶然性,这往往与地震有关。在極為坚固的,几乎沒有風化的岩石中,有时也發生崩坍。

圖 1 表示的是一个崩坍,当發生时一些岩塊突然由山坡上崩



圖1 石灰岩岩地的崩坍

落到公路上來，其中个别岩塊的尺寸达 $5 \times 10 \times 8$ ，也就是400~500立方公尺。

岩堆的碎落与崩坍不同，**碎落**是一种非粘結的細小岩屑沿山坡往下的，不是短时的而是在多年內長期不断的运动(圖2)。

形成碎落的基本因素是風化作用——在干燥气候中，当晝夜温差顯著时岩体面上的岩石的崩解。碎落运动的速度很小(与崩坍比較)，同时只在表層上發生。碎落所形成的岩堆位于山坡上一定的地方，在这个地方的上方有碎落物質落下，而且山坡或山坡上的地槽又便于岩屑的移动。在运动过程中，岩堆中的岩屑往往具有选择作用，比較大的碎塊达到山坡下部，較小的碎屑便停留在上部和中部。在山坡上这样形成的堆積物称为岩堆。它們在河谷斜坡上的排列很有規律，并且与崩坍不同，在時間上并不是偶然的，而是一个長期不断的過程。

由第四紀堆積層或基岩構成的天然斜坡的巨大地塊的長期而緩慢的移动，称为**滑坡**(圖3)。滑坡的特点是：

- 1) 运动地塊是粘結的；



圖2 岩堆表面的一部分(圖中可看出碎塊的選擇作用)

2)有滑动面，該滑动面視地塊平衡条件如何而具有規律的外觀；

3)整个地塊在滑动面上的运动是長期的，而且主要是一直前進的，僅有时在往下移动时，个别塊体發生滾动，也就是圍繞一定的中心旋轉；旋轉的中心可能与重心不一致；

4)減少运动阻力的主要因素之一——雨水和地下水的作⤵用。

可見，由于滑坡移动的長期性和緩慢性(正如名称本身所表示的)以及运动本身的性質(主要是前進的运动，只有一部分是旋轉运动)，滑坡是和崩坍不同的。滑坡与岩堆的区别是發生滑坡时运动的不是一塊一塊的风化岩石的碎塊，而是体积巨大的、山坡上粘結的地塊。在滑坡地点，水使滑动面潤湿，并使地塊軟化，而在岩堆



圖 3 滑坡全貌

地点,水只能破坏坡脚的稳定性或从表面带走一些细小的颗粒,因而间接引起岩层的运动。滑坡经常表现为坡积层^①或坡积层与基岩一起,在纵向横向都弯曲的滑动面上滑动。在某些情况下,基岩可能在基岩上移动,同时滑动面可能就是层面。

滑坡也可能表现为其他的形式。当粘土大量含水(相对湿度 $>100\%$)变为稀泥时形成“泥流”,沿着地槽或支槽慢慢流动(圖 8)。有时泥流可能连续不断,有时流动的土体可能断裂开来。

有时也能看到滑坡崩坍与岩堆的中间形式。由于能促成平衡破坏的条件之积累或地震的震动^②,有时滑坡体可能突然脱落。这种突然的运动(滑坡式崩坍)可能与滑坡体个别部分迅速的滑动、滚动同时发生。有时由于岩堆物质全部胶结(不仅是它上部活动的一层),可能在位置很深的滑动面上整个运动(有时岩堆底面以下的基岩也发生移动)时,岩堆可能变为滑坡。地下水的作用或河水对岩堆坡脚的冲刷可能促使岩堆物质发生这种突然的移动。

① 盖在山坡基岩上的粘壤土层(这种粘壤土层系经雨水和化冻水冲洗后由分水岭和山坡往下移来的风化产物所形成的)参考第一章第 2 节。

② Ф. И. 薩瓦連斯基:“工程地质学”107~108 页,1938 年出版。

大量的風化產物和土壤變成的分散物質(譬如泥灰岩粘土)的移動有時稱為溜脫^①。

天然斜坡或挖方边坡上表層過濕部分的不深的移動稱為溜方或土滑^②。

所有這几种滑坡現象,在道路施工與養護中是有重大意義的。隨着汽車行駛對路綫順直、路面平整和路面寬度的要求的提高,隨着山嶺區公路建設的發展,路基穩定的問題具有越來越大的意義。為了保證滑坡地區路基的穩定,在大多數情況下需要在很大的範圍內採取措施;而為了對各種措施進行設計,必須進行詳細的地質調查,並對滑坡現象的自然條件加以充分深入的分析。在很多情況下,由於道路施工本身的不合理,引起了滑坡現象的發展。

下面,我們主要从路基施工的观点來研究滑坡現象。在書末第六章中還要研究岩堆地區路基的修築。

2. 剝蝕作用^③的个别情形——滑坡現象

所有各種滑坡現象可以認為是地表和地表附近普遍存在的所謂“剝蝕作用”的个别情形。在自然界中的剝蝕作用大部分是與地球上常見的所謂“風化作用”同時進行的。

風化作用 大家知道,在地殼的上層,也就是在地殼和大氣圈、水圈以及生物圈接觸的地方,發生很大的變化——風化,結果使岩石不論在化學上、物理上都尽可能變得更穩定。岩石經過物理風化的結果,發生機械的分裂,而經過化學風化後的結果之一是大多數造岩礦物的剩餘產物逐漸轉變為分散體,有時轉變為膠體。這種情況使剩餘風化產物具有特殊的性質,即具有“粘土性”。

大家知道,不管是化學風化或物理風化,就其作用的強度和作用的最後結果來說,都與氣候有着密切的關係。

風化產物的運動和地形的形成 上面已經提到,剝蝕作用和

① 薩瓦連斯基“工程地質學”198頁。

② 同書107頁。

③ Н. И. 馬留科夫教授編。

風化作用在自然界中是同時進行的。剝蝕作用一詞的概念從廣義來說，概括了這樣一些作用，即由於這些作用岩石風化產物可以離開（搬走、移動）原生地到達較低的地方，在那裡風化產物將找到暫時平衡或比較長時間平衡的條件。陸地表面或表面附近岩石的這種移動，或者是直接在重力作用下發生的（岩堆、崩坍），或者是借助於搬運媒介（水、空氣和冰等）發生的。這種移動有時牽涉的面很大，而成為面的運動，如風化產物借風力移動時就有這種現象；而有時碎屑材料沿着多少有些局限的渠道、地槽（如河谷）移動。在第一种情況下，剝蝕作用通稱為**面剝蝕**，而在第二種情況下的剝蝕作用通稱為**綫剝蝕**。

地面上各種不同的地形，例如不同的**山坡坡度和山坡構造**，是伴隨著構造作用而不斷進行的風化作用和剝蝕作用的結果。如果我們把剝蝕作用當作岩石的位移來說，那麼，按照力學的观点可把剝蝕作用認為是靜力平衡的破壞。靜力平衡的這種破壞能使岩石在有關的自然因素影響下發生位移，而且，除了靜力外，還要考慮運動的動力情況。在某些情況下，自然因素和位移力是十分明顯的（例如，岩石在流水或冰川的冰影響之下的搬運），而在另外一些情況下則多少是隱蔽的（例如滑坡現象）。破壞岩石靜力平衡的條件和促使岩石發生緩慢位移的因素，通常綜合地表現出來。

面剝蝕的作用就是屬於這一範疇的現象。常見的平緩山坡很大部分是在面剝蝕作用後形成的。這種山坡通常由粘壤土構成，而在粘壤土掩蓋下的都是基岩。這種粘壤土層俄羅斯地質學者稱為**坡積土**，並把它看作（見 1 節）被雨水和化凍水從分水嶺上沿山坡沖洗下來的風化產物（根據 A. П. 巴甫洛夫院士）。但是，本世紀二十年代的晚近的資料表明，風化產物沿山坡移動的過程是具有更為複雜的原因的。山坡上鬆散的風化產物不斷緩慢地向下運動，也就是處於不穩定平衡的狀態。風化產物甚至在坡度僅達 $4\sim 5^\circ$ 的斜坡上也會發生位移。在後面這種情況下，也就是在斜坡十分平緩時，很明顯地，當風化產物運動時，**重力並沒有首要意義**，而只起着調節的作用。移動過程本身是由下列許多因素決定的，

例如：由于晝夜溫差，岩石碎屑在体積上發生变化；由于吸收水分，重量增大；由于水分濡潤，顆粒之間和岩層之間的摩擦力減弱等。

在發生面剝蝕作用時，風化產物沿山坡的運動特別緩慢；同時，由于坡度、濕度、溫度变化和岩石組成等的不同，這種運動在一定的限度內，有時可能快些，有時也可能慢些。這種緩慢的面剝蝕在所有地理緯度中都能發生，但是面剝蝕作用是和與氣候有關的風化作用同時進行的，所以在發生面剝蝕作用時，氣候因素使這種緩慢的運動具有某種特點。例如在以物理風化作用為主的沙漠地區，沿山坡運動的物質是一些主要由劇烈的晝夜溫差形成的較大的岩石碎屑。這種干燥的岩石碎屑從山頭或山丘的剝蝕中心緩慢地但卻不停地往平坦的山麓下降，只在其安息角減小到 $2\sim 3^\circ$ 時才停止運動。風化產物可能以這種緩慢的方式離開剝蝕中心運動到幾公里、幾十公里以外；根據某些資料，甚至達到幾百公里。

在溫度常變化于 0° 左右的兩極和高山地區內，風化產物的緩慢位移是由地層中水的凍結和融化交替變化的作用引起的，而與體積因晝夜溫差所起的變化也有部分關係。在溫濕緯度的地帶，主要是化學風化，在這裡，大部分的風化產物變為膠體，當干湿交替變化時，膠體膨脹和收縮的交替變化也同樣引起這種緩慢的位移。B. 邊克認為面剝蝕現象在條件適宜時是到處都有的；同時他甚至反對那種認為植物蓋層、特別是根網可以阻擋或停止這種運動的流行意見。按照他的意見，甚至熱帶森林（在熱帶森林中地殼上部進行着強烈的化學風化作用）稠密的根網（不管它怎樣密）也不能以其根系形成這樣一個足以阻止山坡上膠體物質運動的篩子。

這些簡單敘述的情況，在解釋崗丘、山頭等的山坡的成因時，和在山坡地形學方面還不失其作用。在其餘條件相同時，山坡表層內風化產物的成分與結構，以及山坡的形態仍然與氣候有密切的關係。

上述幾種以風化產物沿山坡緩慢移動的方式出現的面剝蝕現象，在許多情況下說明了山坡的構造和形成。這種作用的後果是

使山坡平緩化。

不論山坡是怎样形成的，是因大地構造作用形成的（褶曲翼、斷層面等）、或因侵蝕作用形成的（侵蝕河谷的岸坡），它們的坡脚通常連接着某一水流（哪怕是定期作用的）或支持在風化階地上；但第一種情形是最常見的。限制着山坡坡脚的水流長度通常就是這一山坡的**剝蝕基準面**。風化產物緩慢下行的運動通常在剝蝕基準面附近停止下來，但水流兩岸冲刷嚴重時例外。在一般情況下，滑坡體沿山坡運動的性質在其他條件相同時，與剝蝕基準面直接有關。

我們所觀察到的大小不同的天然山坡的坡度與以綜合形式表現出來的各種極不相同的因素有關。這裡可以舉出三種主要的情形：

甲、如果坡脚（剝蝕基準面）不因侵蝕作用或大地構造的下降作用而往地面以下深入，那麼，山坡坡度幾乎保持不變，因為風化產物向坡脚移來和風化產物隨水流沖走之間出現了一種動態的平衡：面剝蝕在陸地地段上的一般效果是分水嶺絕對高度的減小。

乙、如果剝蝕基準面逐漸**升高**（例如，沙漠地區中往下運動的風化產物在坡脚附近的堆積），那麼，就會使山坡**逐漸平緩**。

丙、最後，如果剝蝕基準面**下降**（例如，經過水流的侵蝕作用後常常發生剝蝕基準面下降的現象），那麼，山坡就會變得更陡。

可見，而剝蝕對山坡形成的作用是非常巨大的。

如果一般地來談地形，也就是綜合地來談地表上各種類型和輪廓的不平整現象，那麼，大家知道，地形被認為是外營力作用和內營力作用對地殼所起的複雜的相互作用的結果。同時，根據幾種作用中哪種作用佔主要地位的情況，在地形學中分為三種主要的發生類型——**構造類型**、**侵蝕類型**和**堆積類型**。一般說來，在地形形成中，內營力和外營力的作用是相反的：由地殼運動引起的內營力作用好像為地形創造了骨骼，而外營力作用則使地形具有一定的形狀並最後加以修整，使地形複雜化並具有分割性，而地形的複雜和分割又是各地區現代地形的特徵。在自然世界中，內營力和

外營力往往同时对地殼發生作用。但是我們較常見的，是在風化与剝蝕等外營力影响下所形成的各种形式的地形。例如，在許多情況下，必須把山坡形成的复雜过程看作是風化產物大規模往下运动的函数；这种运动本身受着剝蝕基准面的限制，而剝蝕基准面在大多数情況下与綫剝蝕作用有着密切的关系。更确切的說，剝蝕基准面是和山坡下水流的侵蝕强度緊密相关的，最后，水流本身的侵蝕作用通常与水流の侵蝕基准面有关，对某山坡進行地形分析时，这种函数关系在許多情況下，可以作为山坡最初研究时的假定基礎。很明顯，在这許多因素中，山坡下水流的侵蝕基准面的位置有着十分重要的作用。

必須把滑坡看作参加山坡形成和决定山坡穩定程度的剝蝕作用的局部情形。

3. 滑坡形态学

滑坡形态学^①的含义包括对滑坡地区的地面、地形和地質構造的鑒定，以及对滑坡体本身構造（外表面、滑动面和稠度）的鑒定。就某一滑坡來說，形态学的实际任务在于編制圖表和說明，以便根据这种圖表与說明來确定該滑坡形成的基本原因和选择处理滑坡的措施。

在不同緯度与經度的地方都有滑坡現象。但是在各个地区內具有一定的地形条件的配合，这种配合为該区所特有，并能使滑坡現象的發展特別强烈；在这个意义上，可以分出一些滑坡地帶和滑坡地区。例如在苏联就地形条件來說，便可以举出伏尔加滑坡地区、高加索黑海沿岸的滑坡和达格斯坦的岩堆等为代表。

滑坡地区可能由好几个滑坡源組成；而每一个滑坡源中又有好几个滑坡斗或單独的滑坡。按照 A. П. 巴甫洛夫院士的建議，具有階梯狀表面的馬蹄鉄形的滑坡称为**滑坡斗**。

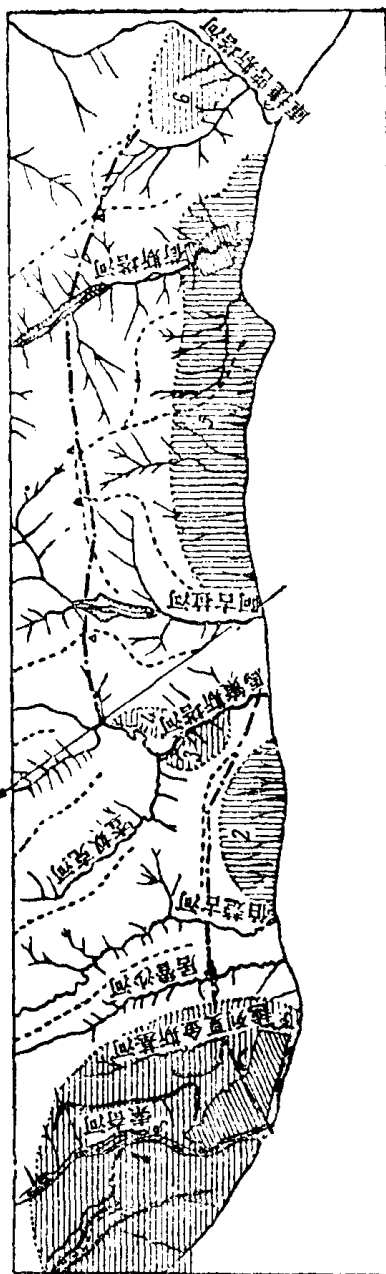
例如好几百公里長的整个黑海沿岸便几乎是一条由各种滑坡

① Г. Л. 杜別里尔教授根据 B. E. 罗校諾夫工程師的資料編寫而成：1. “滑坡地区內滑坡源的划分原則及其簡單鑒定”（1936 年）。2. 与拟制滑坡研究方法有关的資料（1935 年）。

所構成的連續的鍊條。離海很近的條件，對這些滑坡的發生起了重大的作用。

在圖4中所示的為一個有六個滑坡源的滑坡地區。在該地區內，地質因素和水文因素（岩石產狀、海水作用、暴雨、地下水、地震等）大致相同，這些因素造成山坡不穩定的一般條件，並成為滑坡發生的直接原因。

這六個滑坡源中每一個都具有特殊的地形景觀。六個滑坡源中的基本情形是背斜軸離海很近（參看圖4），四個滑坡源（1、3、4及6、用水平綫條表示）位於背斜的末端（外圍部分），短背斜具有逐漸消失的褶曲，向海或溪流緩慢地下降。在這些滑坡源中，運動的面積不大，運動岩疊①的厚度大部分不超過3公尺。其他兩



圖例
 短背斜中央部分的滑坡源
 短背斜外圍部分的滑坡源
 長背斜
 分水綫
 圖4 滑坡地區圖(有六個滑坡源)

① 岩疊 (ПАЧКА, ПЯКЕТ), 即好幾層結合在一塊, 成為巨大的岩石塊體, 在滑動時一疊一疊地往下移動, 故譯作岩疊, 也有譯作層疊的——譯者。