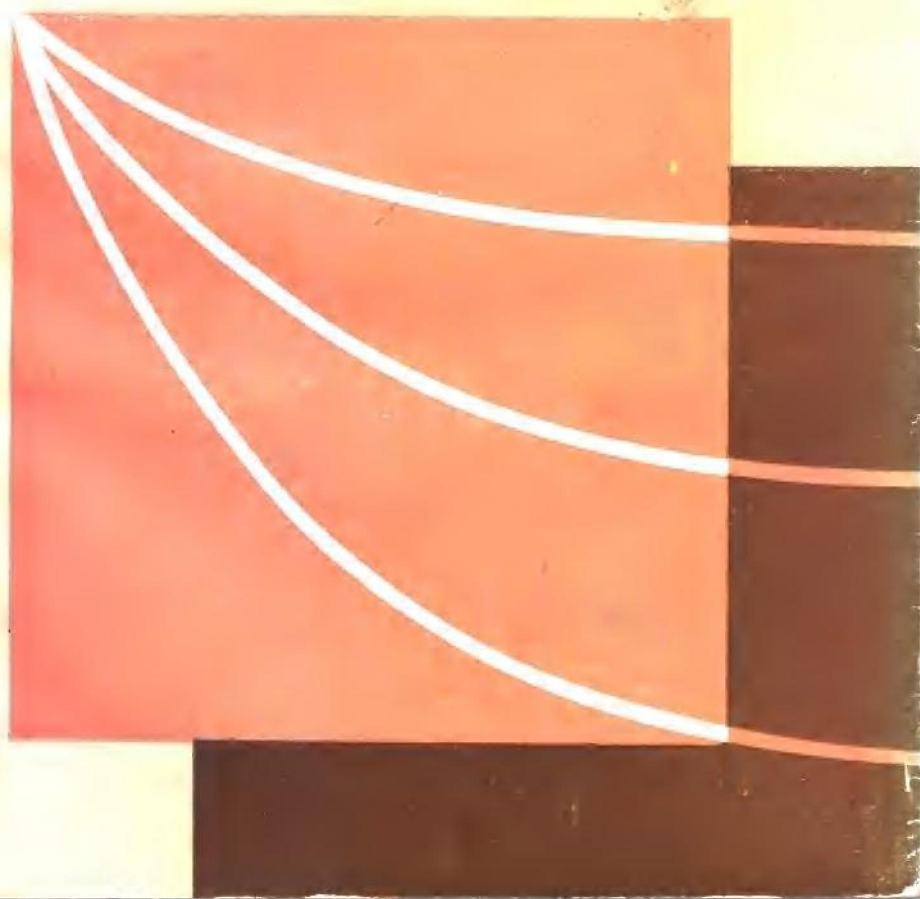


HUAPO ZUOYONG
DE JIBENGUILÜ

〔苏〕E·П·叶米里扬诺娃著

铁道部科学研究院西北所滑坡室译 重 庆 出 版 社

滑坡作用 的基本规律



滑坡作用的基本规律

[苏] E·Π·叶米里扬诺娃著

铁道部科学研究院西北研究所滑坡研究室译

重 庆 出 版 社

Е. П. ЕМЕЛЬЯНОВА
ОСНОВНЫЕ
ЗАКОНОМЕРНОСТИ
ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»
Москва 1972.

责任编辑：王镇寰
封面设计：乔 南

滑坡作用的基本规律

重 庆 出 版 社 出 版 (重庆李子坝正街102号)
新 华 书 店 重 庆 发 行 所 发 行
重 庆 印 制 一 厂 印 刷

开本:850×1168 1/32 印张:10.375插页:2 字数:252千
1986年5月第一版 1986年5月第一次印刷
科技新书目:125—197 印数 1—4,100

书号: 13114·33 定价: 2.20 元

内 容 提 要

作者根据个人的调查研究结果和文献资料,论述了自然斜坡上滑坡作用的各种理论和实验所得的规律,并提出了新的滑坡分类(按其形成的地质条件特征)。对所划分出的滑坡基本类型和种别论述了:其形成条件的定量指标;水文地质条件、岩石强度变化、切坡和加载、气候、植被、新构造运动和地震现象等对滑坡产生的影响;位移的机理、幅度和速度,发育的阶段和时期。提出了滑坡预报的基本方式和选择预防滑坡措施的建议。

本书可供与滑坡问题有关的各方面的专家和工程技术人员,首先是地质工程师、建筑工作者和筑路人员以及有关院校师生参考。

译 者 的 话

苏联滑坡专家 E.Π.叶米里扬诺娃的《滑坡作用的基本规律》一书于1972年出版，它主要从地质学角度比较全面地论述了自然滑坡产生的条件、因素、机理和过程。取材比较广泛，论述比较详细，尤其紧密联系各种地质条件的成因和结构特征，论述滑坡发生规律及其机理、过程和特点，对我国滑坡防治工作者是一本有价值的参考资料。我们曾于1974~1975年组织有关专业人员进行翻译，但因种种原因未能印刷交流。最近又对原译稿进行了校订，印刷出版，提供读者参考。

本书的引言及四、六、七、八、九章由钟采元译；一、二、五章由阳昌秀译；三章由谌壮丽译；十至十二及十八至二十二章由傅传元译；十三章由姚一江译；十四、十五章由任干之译；十六、十七章由徐峻龄译；二十三章由王恭先译；二十四章由岳启伦译。成都地理研究所姚德基同志对前面几章作了部分校核。全书由钟采元同志校核。潘恒涛同志作了部分技术审校。武汉地质学院晏同珍教授对全书译稿进行了审订。全书的图件由常荣祯、黄桂芳描绘。原书末所附参考文献未予译出。

由于译者水平所限，错误和不当之处难免，望读者批评指正。

铁道部科学研究院西北研究所滑坡研究室

1984. 2.

引 言

滑坡所造成的巨大损失，以及由此引起对滑坡认识的重大意义；滑坡作用本身的多样性、复杂性和具有多因素的特性，要求我们对它作多方面的研究；再就是涌现出大量的滑坡文献（仅1970年的俄文滑坡文献就超过2000种）——所有这些情况，都说明需要划分出一门专门的学科——滑坡学。这门学科研究的基本方向，作者早已论述过（叶米里扬诺娃，1962，1968a），概括起来如图1所示。然而，至今尚未出版过任何一种著作来论述组成滑坡学的全部综合问题。尤其是对滑坡作用的理论研究则更差。

按照И. В. 波波夫（1964）关于任何一种地质作用理论的定义，滑坡作用的理论可定义为基本法则和规律性的一种系统。这些法则和规律性决定滑坡作用的自然本质、它产生的可能性和条件以及与周围环境相互作用有关的过程和消亡情况。

任何一种自然历史作用和现象的规律性，应理解为在它的某些组成部分之间，或这种作用与其他作用、现象或与之有关的条件的各组成部分之间存在的一定相互关系。对滑坡作用规律性的认识，则是对它进行预报和防治的依据。

从事滑坡问题研究的有地理学家、地质学家和各种有关专业的工程技术人员——建筑师、筑路专家、水利工程师、矿业工程师、矿山测量人员，甚至是制定斜坡稳定性计算方法的数学家。不同职业的专家从不同的观点出发去分析滑坡作用而有不同的研究任务和范围，他们往往不了解和不考虑其他部门的代表对滑坡作用所研究的各个方面。

作者从1940年起作为一个地质工作者开始从事滑坡问题的研究，曾有机会了解有关滑坡的几乎全部俄文资料，许多英文著作，以及其他文字的某些著作。此外，作者由于在全苏水文地质工程地质科学研究所研究一系列有关滑坡问题，有机会亲自对苏联地质部一些滑坡站的工作成果加以分析和整理。本书目的是要根据目前各方面专家所阐明的局部规律性，对滑坡作用的全过程和支配着它的规律性提出所设想的一种完整景象。有些问题已在作者的一些著作和论文中研讨得较为详细(其中包括每个问题的来历)，但本书对它补充了新的资料和意见。其中有许多论点是初次在本书提出和讨论的。作者并不是一定要使对滑坡学的所有问题作出新的和独创性的见解，其任务是表达出符合于现代知识水平的最正确和切合实际的情景。当然，在这同时作者要凭借其过去所作的全部调查研究结果，将其用于达到所规定的目的。不过，作者并没有提出要对有关滑坡的所有著作和现有观点加以评论的任务，因为这样做会招致批评和辩论，并过多地增加本书的篇幅。

以前的大多数综合性滑坡著作，主要内容在于描述、分类，

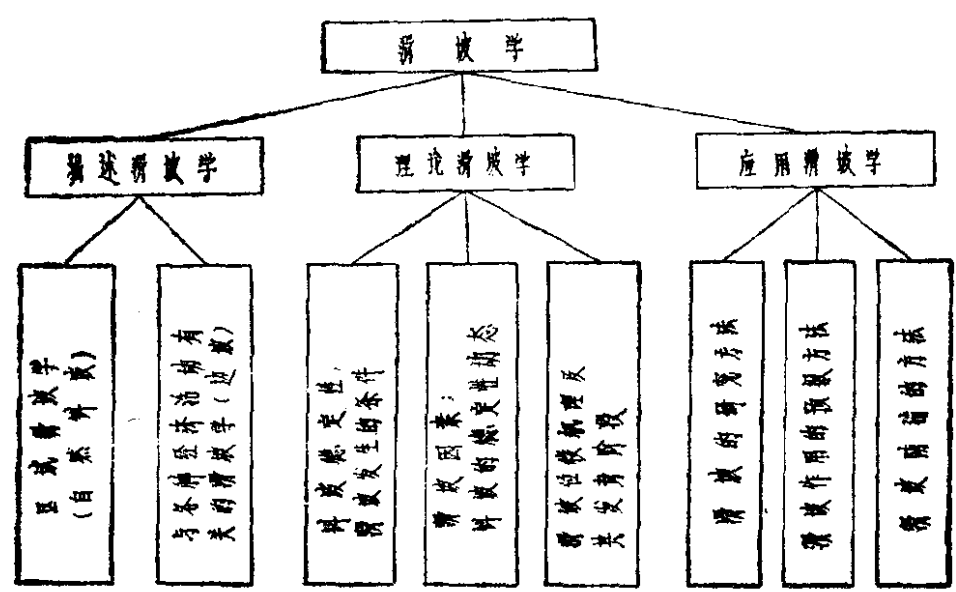


图1 滑坡学内容简图

且力求最全面地列举所有的原因、因素等等。本书则相反，它着重说明所见到的事实。作者还对所采用的术语进行了叙述。虽然术语重复和含意不清往往阻碍学科的发展，而且在利用电子计算机的时代是完全不容许的，但仍然普遍存在这样的一种不良倾向，即对于以前理解错误的一些名称概念，再行引入新的术语。作者尽量避免引入新术语，而是利用最普遍流行和恰当的名称，使它所表达的滑坡学概念有明确定义和限制。

虽然本书只是主要探讨理论滑坡学问题，但由于大量的资料和所述问题的复杂性，因此不得不对其范围加以限制。譬如，作者只讨论陆生滑坡(不包括微压密的沉积层内极为特殊的水下滑坡)，而其中又只论述发育于自然斜坡上的滑坡(不探讨人工边坡的滑坡，这种滑坡的特性与边坡修筑和管理的技术作业有密切关系)和影响斜坡的那些自然因素。

此外，滑坡作用(如同任何一种自然作用一样)可按下列不同的级别来研究：1)宏观作用级(整个斜坡)，2)发生剪切现象的岩层级(中等作用级)，3)微观作用级(组成岩石的颗粒及它们之间的关系)，4)分子级，5)原子级和6)基本粒子级。本书主要讨论第一级滑坡，其次才是探讨第二级滑坡，而完全不涉及更低级别的滑坡。

作者认为本书讨论的那些规律，可作为建立滑坡作用统一理论的基础。目前，滑坡作用的几乎所有特性指标，在逻辑上都可以从应力(或力)与岩石抗剪强度值之间的比例关系概念(“原理”)中推论出来。这一比例关系可作为一个指标，它在各种因素影响下逐渐不断地变化，并决定斜坡的状态，斜坡的稳定性，它破坏的特性和时刻，滑坡位移的机理、速度和幅度。因此，几乎全部所见到的事实和确定的规律性可结合成一种统一的系统。滑坡作用的许多方面，已可用不同的数学公式(或曲线图)来表达。

必须注意，由于滑坡作用复杂和因素繁多，用分析公式和经

验公式（或曲线图）只能对一些最主要因素予以计算，故用公式所表达的规律性只反映出滑坡作用的主要趋势及其平均的或可能性最大的特征指标。至于各个单独的滑坡，其特征指标可能多少与计算所得有所差别，亦即为随机值。滑坡作用的规律性是按统计规律性来表示的。

在大量的滑坡文献中，论述滑坡作用的各个不同方面的精确资料，特别是定量资料为数不多。因此，本书主要不是作出结论和总结现有的实际资料，而是想为今后进一步研究和有目的地搜集滑坡作用资料确定方向。滑坡学当前的任务既要大量资料中论述的观点作出定量检验，同时还要弄清楚尚未研究或研究得不足的局部规律性。

目 录

引 言	(1)
第一篇 斜坡稳定性、滑坡产生条件	(1)
第一章 斜坡与边坡的基本特征	(1)
第二章 稳定斜坡和边坡内的应力	(9)
第三章 对滑坡产生、发展极为重要的岩石性质	(22)
第四章 斜坡稳定性破坏形式、破坏发生条件 和基本规律	(39)
第五章 滑坡作用和滑动现象的主要特征；术语； 滑坡分类	(54)
第六章 滑坡与斜坡其他重力位移的关系	(66)
第七章 斜坡稳定性动态和滑坡作用因素	(72)
第二篇 地质条件对滑坡发生及其特征的影响	(80)
第八章 斜坡地质构造对其平衡条件的影响； 真滑坡分类的详细说明	(80)
总 论	(80)
近水平岩层的斜坡总的极限平衡条件	(82)
有倾斜软弱面的斜坡极限平衡条件	(89)
深层滑坡类型的划分，其分类的详细说明	(95)
覆盖层极限平衡发生的条件；表层滑坡分类的详细 说明	(97)
第九章 近水平岩层的滑坡	(102)
通常粘土质岩层的坡脚滑坡	(102)

通常粘土的悬垂滑坡	(118)
双层和多层滑坡	(121)
高灵敏性粘土的滑坡	(122)
泥炭层的滑坡	(127)
第十章 具倾斜软弱面的岩石滑坡	(130)
第十一章 表层滑坡(覆盖层滑坡)	(138)
坡积——残积层滑坡	(138)
粘土成分为主的岩层中的坡积——残积滑坡	(138)
结晶岩石的坡积——残积层滑坡	(148)
山坡上的黄土覆盖层滑坡	(149)
碎屑层滑坡	(150)
滞 滑	(150)
泥 流	(150)
环 滑	(152)
与冻结现象无关的环滑	(152)
融冻泥流	(155)
第十二章 不同类型滑坡体积的比较	(156)
第三篇 其他主要自然因素对滑坡发育的影响	(158)
第十三章 地下水的影响	(158)
第十四章 斜坡岩石强度变化的影响	(171)
松弛和膨胀作用	(173)
风化作用	(174)
和地下水活动有关的机械物理化学作用	(176)
由于滑坡作用岩石强度的变化	(177)
岩石强度的季节性变动	(179)
第十五章 斜坡切割及斜坡和坡脚所受	
荷载变化的影响	(183)
斜坡切割	(183)
作用于斜坡及坡脚的荷载变化	(192)
第十六章 气候和天气变化的影响	(196)

气候是气象条件在一年中规律变化的平均状态	(196)
气象指标的非规律性变化及其与“平均值”的偏差	(206)
第十七章 植被的影响	(214)
第十八章 现代构造运动和地震现象的影响	(217)
大范围地域的缓慢升降	(217)
沿构造裂隙的局部坳陷和差异性位移	(218)
地震	(220)
第四篇 滑坡作用经历的过程	(228)
第十九章 滑坡作用的机理	(228)
总 论	(228)
平行于斜坡的土的粘——塑流	(240)
滑动体与原来斜坡的分离和滑动面的形成	(245)
滑动体及其滑床在主要位移过程中的变形	(251)
第二十章 滑坡移动的幅度和速度	(261)
第二十一章 滑坡作用发育的阶段和时期	(274)
总 论	(274)
与通常粘土压碎有关的近乎水平岩层坡脚	
滑坡发育的阶段	(275)
一次滑坡旋回的程序	(276)
重复滑坡旋回的程序	(280)
粘土质岩层中薄层残积——坡积层滑坡发育阶段	(289)
其他类型滑坡发育阶段的特征	(293)
滑坡作用的周期性	(294)
第二十二章 老滑坡、古滑坡及稳定的斜坡	(296)
第五篇 实际问题	(300)
第二十三章 滑坡作用预报	(300)
第二十四章 滑坡防治和防滑坡措施效果	
评价的基本原则	(307)

第一篇 斜坡稳定性、 滑坡产生条件

第一章 斜坡与边坡的基本特征

在论述滑坡作用以前，必须先探讨一下遭受滑坡破坏的主要对象，即斜坡与边坡的基本特征，并确定其有关的术语。

地表自然形成的，向一个方向倾斜的地段称为斜坡。人为所造成的，向一个方向倾斜的地段称为边坡(图2)。简单斜坡或边坡由以下要素组成：1) 斜坡和边坡本身(AC)——地表的倾斜地段；2) 坡缘(C)——坡地的上限，即地面与坡地上方地面的交线；3) 坡脚(A)——坡地的下限，即地面与坡地下方地面的交线。与坡脚毗邻的面(AF)叫作坡麓。坡缘和坡脚之间的垂直距离叫作斜坡高度；坡缘和坡脚之间的水平距离叫作斜坡平距。坡地上各点的坡度为通过该点同斜坡相切的倾斜面与水平面之间的夹角(β_i)，坡地的平均坡度是最大倾斜方向上，坡缘和坡脚相连的倾斜线与水平线之间的夹角(β)，或是坡地高度和平距之比值($H:B=\text{tg}\beta$)。边坡的坡度在工程实践中通常表示呈比值 $1:\text{ctg}\beta$ ，以概数计(1:1, 1:1.5, 1:2等等)。

复合斜坡或复合边坡在垂直方向上有若干个坡形不同、坡度不一的倾斜地段；这些地段有的被坡度急剧变化的线段所分割，

有的被水平区段（阶地或斜坡台阶、边坡护道）所分割，有的甚至被向斜坡内倾的地段所分割。组成复合斜坡的简单斜坡，或简单斜坡按其成因和在复合斜坡中的部位有时具各种不同的名称（譬如，在滑动斜坡上可分出上部破裂壁，单个的滑坡台阶面和坡地，岸边悬崖或峭壁，等等）。

边坡一般坡度颇大，断面呈规则的几何形态，其界线在地面上显示明显，因而易于与其它地形形态区分开来。自然斜坡则非常复杂，形态不规则，坡度不一。斜坡坡度的下限是没有的，因此斜坡与倾斜平原之间无明显的界限，且至今地貌学中尚无令人满意的斜坡总概念。

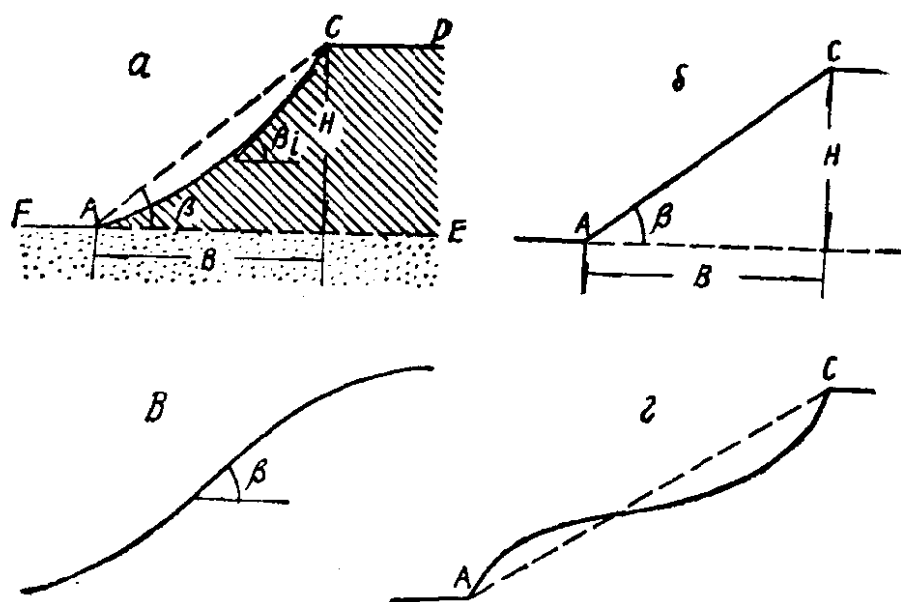


图2 简单斜坡和边坡断面图

- a—具明显坡缘和坡脚的凹形斜坡；
- b—直线边坡；
- c—凸凹斜坡；
- d—凹凸斜坡。

为便于探讨滑坡作用，可对作为同一地貌单元的各种复合斜坡提出如下定义：斜坡乃是地表的一个地段，它具单一倾向的总坡度，尽管局部高低不平，但是迳流和岩体位移总是向着坡麓具

同一的运动方向。应强调指出，整个斜坡（组成同一复合斜坡的最简单斜坡）的成因或年代相同者，如同斜坡的地质构造相同者一样，皆未列入我们的斜坡定义内。因为总平衡的破坏和同一滑坡的产生，都可发生在一个斜坡中，这个斜坡的各部分具不同的成因和年代，且组成岩石亦不同。

自然斜坡常无明显的坡缘和坡脚。（图2.6）因此，斜坡的高度、平距和坡度的概念是难以肯定的。譬如，斯特拉勒(strahler 1950)曾提出用斜坡最陡处的中部倾角来表示自然斜坡的固定坡度。但是某些斜坡（譬如，滑动斜坡）的中部坡度就最小（见图2.1）。在无明显的天然界线时，有时就必须相对地确定斜坡界线。坡度明显变化的线就是斜坡的天然界线：在上部即为高原、阶地和微倾斜平原三者的边缘，以及分水岭；在下部即是狭窄的谷底线（以反向斜坡为界），滩地、纤道、阶地和山脚面等的连线。有时斜坡的天然下界被水淹没，则诸如水边线、地质界线或其他相对的地平线都可以作为相对界线。

严格说来，斜坡就是一个面。但是在研究滑坡作用时，必须研究由岩石构成的且被坡面所限的坡体状况，即必须研究空间的状况。表示这个概念尚无专门的术语，对此通常也要采用斜坡的术语。因此，所谓斜坡，指的也就是由岩石构成的且被倾斜面 AC 所限的半空间地段，在其上部连结地面 CD ，在下部连结通过坡脚的地平面 AE （图2.a），即为地形形态的一部分，而不仅是一个有限的坡面。就这个意义而论，斜坡有一个基底。所谓基底者，即指由岩石构成的半空间，位于斜坡坡脚线下方。

大多数斜坡的分类不只是根据个别标志（主要按斜坡坡度），还要根据其成因。

斜坡按坡度的分类既根据斜坡变形中占优势的某些作用，又根据斜坡开发条件的评价和斜坡移动难易程度的评价等。斜坡坡度对滑坡作用的影响是很大的，在本书中我们对这个因素考虑得

较精确，是定量的，而不是以分类为依据。

斜坡按其在断面和平面上的形态分类，对分析斜坡的稳定性条件和滑坡的产生条件都是重要的。

按斜坡在断面上的形态，可把自然界中常见的斜坡分为下列七种类型：1) 直线坡或直坡；2) 凹形坡；3) 凸形坡；4) 凸凹形坡，即上部为凸形，下部为凹形的（对古老的稳定斜坡来说，有此类典型的斜坡）；5) 凹凸形坡，即上部为凹形，下部为凸形的（对于许多滑动斜坡来说，有此类典型的斜坡）；6) 弯曲斜坡，有许多凹凸起伏面；7) 阶梯状斜坡（阶梯的成因可以是各种各样的，阶地、滑坡台阶以及准水平基岩层的露头等）。

坡地剖面及其某些形成因素的研究，在地貌学中已作了许多工作。不同的时期，不同的学者把不同的因素认为是主要的因素：有的（戴维斯）认为坡地发育阶段是主要因素；有的（B. 彭克）认为造陆运动的速度与剥蚀速度之比值是主要因素；有的（特里卡尔和许多美国学者）认为气候及其变化是主要因素；还有的（金格）认为斜坡的岩性和地质构造是主要因素。毫无疑问，坡地剖面取决于所有这些因素和一些因素之间复杂的相互作用，其中包括剖面塑造过程的特性。

为便于研究斜坡基底的深层滑坡的产生条件，应把在断面上的斜坡分成单体斜坡和支撑斜坡两种。我们所称的单体斜坡，是指其坡脚毗连开阔平地或微倾斜地段（海岸、湖岸和宽谷河岸等）的部分。我们所称的支撑斜坡，是指狭谷、冲沟和深沟的斜坡，其坡麓是被对面斜坡所支撑的。

按斜坡坡脚在平面上的形态而论，可把在平面上的斜坡分成凹坡，直线坡，凸坡和弯曲状坡四种。我们所理解的弯曲状坡，是指凹凸地段交替极为频繁的斜坡，致使在一个既成滑坡区或潜在滑坡区内既有凹下的地段，又有凸起的地段。

斜坡在其成因分类中可根据其形成作用来确定名称。H. B.

巴舍宁娜和И. В. 皮奥特罗夫斯基所制定的最详细的分类中，如同在工程地质手册中所列出的较概略的分类一样都把滑动斜坡（如同崩坍——岩堆坡一样）列为一个特殊的成因类型。如果把斜坡看成是个面，同时如果又指的仅是最简单的斜坡，则如此做法是可以的。但是，由于在研究滑坡时多半把斜坡看成是一个由倾斜面所限的坡体，所以把滑动斜坡认为是一个特殊的成因类型，这在原则上是不对的。滑坡作用在以往无斜坡的地方不可能形成斜坡，不可能增大高差（譬如，高差是由深切侵蚀所造成的），亦不可能增加既有斜坡的平均坡度（譬如，平均坡度是由侧向侵蚀或浪蚀作用所造成的）。滑坡作用仅能改造既成的斜坡，使斜坡变得平缓。也就是说，滑坡作用只能促使斜坡消失而不能促使斜坡的形成。

还必须指出，滑坡作用与形成坡体的作用不是同时发生的。滑坡作用有时要产生在数十年以至数千年内是稳定的斜坡上。逐渐的滑坡作用被其他斜坡变形作用所取代，而后趋于消亡。斜坡的成因与物体的成因一样，并非是变化莫测的，对它可得出这样的结论：滑动斜坡的概念不是一个成因概念，而仅是一个论述在一定时间内占主要地位的斜坡作用的概念。

此外，在许多斜坡的形成过程中，常参与有其他作用（譬如，敖德萨斜坡既是海蚀斜坡又是滑动斜坡）。因此在确定斜坡的成因类型时，便产生了一个偏重于那个作用的问题。

必须把斜坡作用分为主要作用和次要作用两种。前者形成斜坡；后者仅是改变既成的斜坡。斜坡的存在对次要作用的产生是必要的。几乎所有的斜坡作用，包括滑坡在内，都只是和斜坡共存和改变斜坡的作用。确定斜坡的成因类型，如同确定物体的成因类型一样，应以斜坡的主要形成过程为依据。С. С. 沃斯克列先斯基（1969）曾发表过类似的见解。

我们根据滑坡发育的最重要特征，提出了如下的斜坡分类，