

市区滑坡的防治

B. E. 阿努弗利也夫 著

建筑工程出版社

市区滑坡的防治

(水 工 措 施)

舒鳳岐 合譯
王自然
張濟中 校對

建筑工程出版社出版

• 1959 •

内容提要 本书阐述了防治市区滑坡的諸問題。着重点放在防滑坡的水工措施方面。

本书可供城市建設与市政工程技术人員之用。

原本說明

书 名 БОРЬБА С ОПОЛЗНЯМИ НА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

著 者 В.Е. АНУФРИЕВ

出版者 Издательство министерства коммунального хозяйства РСФСР

出版地点 及 年 份 Москва——1955

市 区 滑 坡 的 防 治

舒凤歧 合譯

王自然

張济中 校对

1959年2月第1版

1959年2月第1次印刷

2,860册

850×1168· $\frac{1}{32}$ ·80千字·印張3 $\frac{3}{16}$ ·插頁1·定价(10)0.59元

建筑工程出版社印刷厂印刷 · 新华書店发行 · 書号: 1011

建筑工程出版社出版(北京市西郊百万庄)

(北京市書刊出版业營業許可証出字第052号)

目 录

序 言	4
第一章 滑坡及其形成的原因	6
第1节 滑坡的分布	6
第2节 滑坡对市区的破坏	7
第3节 某些滑坡的种类。滑坡的工程地质分类	9
第4节 引起滑坡斜坡稳定性破坏的因素。举例	13
第5节 水流拦水河段对滑坡现象活化的影响	21
第二章 防治滑坡的措施	25
第6节 防治滑坡的方法	25
第7节 依据城市每一組成部分的城市建設 用途选择防治滑坡措施	27
第8节 防治滑坡的水工措施(概論)	29
第9节 防治滑坡水工措施的应用举例	36
第三章 主要防治滑坡构筑物的結構及計算	45
第10节 調节地表径流构筑物	45
第11节 疏干滑坡土体的排水沟	50
第12节 排水沟的水文地质計算原理	64
第13节 护面	70
第14节 斜坡稳定性的校核	73
第四章 护岸构筑物	78
第15节 沿岸地带冲刷对滑坡活动的影响	78
第16节 河岸的加固	79
第17节 海岸防护构筑物: 防浪墙、丁坝、防波堤	82
第五章 冲沟及其防治措施	92
第18节 冲沟对城市和村鎮的破坏	92
第19节 冲沟的成因	93
第20节 城市建設中防治冲沟的措施	96

序 言

大家知道，沿岸区域是修建居住房屋和工业建筑物以及建立疗养所和休养所最有价值的场地。但是，水文地质、水文、气候和其他许多因素的影响所发生的滑坡，会使许多位于河流、湖泊、水库及海滨的城市遭致破坏。因此，在设计改善原有居住区及新建的城市和居住区场地的各种工程措施时，防治滑坡的工作往往占有十分重要的地位。

滑坡形成和发展的問題以及防治滑坡的方法，一方面是工程地质的論題，另一方面也是水力工程的論題，因此，無論是在地质学家，水文地质学家或是在水力工程学家的著作中过去都作了充分的闡述。

А.П.巴甫洛夫、Н.Ф.保哥列包夫、А.П.尼范托夫、Ф.П.薩瓦連斯基、Л.А.拉果金等的大量著作，都是研究防治滑坡的方法的。在В.Ф.普切林采夫、А.М.德兰尼可夫、Н.Н.馬斯洛夫、М.Е.科諾列、Г.Д.杜別里尔、Г.М.沙胡念茨、С.К.阿布拉莫夫等的著作中，对于在不稳定的斜坡上防治滑坡的工程措施也作了研究。在这些著作中，有許多著作对城市建設來說是具有理論意义和实际意义的。

全苏給水、排水、水工建筑物与工程水文地质科学研究所和铁路建筑与设计科学研究所的工作，以及以前設置在索契市的俄罗斯苏維埃联邦社会主义共和国公用事业部防治滑坡工程設計公司的資料，在与滑坡的实际斗争中給予的帮助是很大的。在1935年和1946年举行的第一次和第二次全苏滑坡研究會議的工作，以及克里木和索契滑坡观测站的研究工作，使防治滑坡的措施又有了新发展。

过去在与滑坡斗争的实践中，所设计的和建成的防治滑坡构筑物，也有未能达到预期效果，滑坡斜坡未能达到全部稳定的情况。这就说明了有再进一步精细地调查和研究滑坡现象的必要；同时，也说明了不仅要寻求新的防治滑坡的方法，而且还必须对现有防治滑坡的构筑物加以研究，并要制定出防治滑坡构筑物的管理规程。

不考虑滑坡地质，是不可能正确地了解滑坡因素及合理地设计防治滑坡的措施的。因此，本书中所研究的滑坡实例及防治滑坡的方法，在许多情况下均以相应的滑坡斜坡构造示意图加以说明。鉴于产生滑坡移动的原因往往是由于地表水和地下水对滑坡的作用所致，所以还着重地阐述调整地表水和地下水的水工措施。但是，不能认为各类斜坡的塌陷只以水力工程方面的措施就可以控制。人工加固滑坡岩体的方法目前也具有很大意义；而对某些滑坡来说，利用农林土壤改良法作为防治滑坡的方法之一，同样也具有很大的意义。

有时，滑坡现象是由于时间性水流作用引起的地下侵蚀之发展而产生的。这一问题以前在书籍中几乎没有提到，因此在本书结尾部分简要地叙述了市区冲沟的加固措施。

第一章 滑坡及其形成的原因

第1节 滑坡的分布

岩体受重力的作用而在斜坡上向下运动叫做滑坡。滑坡现象，狭义来讲，系指岩体受重力作用沿斜坡向下移动(滑动)时，滑动体并非急剧下降或有倾复的现象而言。据观测确定，这种移动在大多数情况下，都是由于地表水或地下水的作用而产生的。

滑动岩体也叫做滑坡或滑坡堆积，而分离了出去的滑坡体在地表上向下移动的表面叫做移动(滑动)面或滑坡床。滑动面的上部微露部分叫做滑动台阶或滑坡壁。斜坡上形成的凹部叫做滑坡斗。

由于斜坡破坏不均匀，在滑坡凹地间便形成突脊或滑坡间脊。这些滑坡凹地与滑坡间脊对沿岸滑坡地带的地形来说是典型的。

滑坡遍于地球整个表面；不仅在陆地上，就是在水库的底部，也会发生滑坡。

在地形起伏和降雨量很大的山区中滑坡尤多。

在苏联，滑坡现象常常发生在克里木、高加索、喀尔巴阡的山区、伏尔加河、德涅泊尔河、卡玛河、南布葛河、密阿斯河的高地河岸，贝加尔湖的湖岸及其他地方。

曾经做过详细研究的有下列的滑坡区域：从高尔基城至斯大林格勒的伏尔加河右岸，在基辅地区的德涅泊尔河右岸，克里木南岸，敖德萨城地区黑海沿岸及高加索黑海沿岸。

滑坡也常常发生在路堑与沟渠的人工边坡上，露天采矿场的边缘上、以及建筑基坑的边坡上。

第2节 滑坡对市区的破坏

在上述大部分滑坡区域内都有大型工业城市及许多中、小型居住区。在水库沿岸地带还建有疗养所、疗养院及休养所。这些地区，工业建筑、住宅建筑及疗养建筑之所以发展，是因为靠近水路交通，有供水来源并具备矿泉医疗条件等。

要利用沿岸地带场地，就必须修筑道路、桥梁及其他工程建筑物，这完全是很自然的。要利用廉价的水路交通，也就需要建设港口、码头和护岸建筑物。

由于河流便于运输燃料，并且又是极为丰富的供水源，因此，必然要利用沿岸场地修建发电站、进水建筑物及城市公用事业需用的其他工程项目。

但是，沿岸地区的许多地方，由于活动滑坡，却阻碍了滑坡地带居住区的经济发展。

伏尔加河沿岸城市（高尔基城、新吉列亚、乌里扬诺夫斯克、萨拉托夫、伏尔斯克、斯大林格勒）中的个别工业建筑物与公用建筑物，就是由于滑坡而遭到损坏的。

在基辅沿德涅泊尔河岸相当长的一段距离内常常产生滑坡。在未加固的地段，滑坡的移动却威胁着位于沿岸阶地上的建筑物。

在敖德萨沿海地带，建筑物及海滨疗养所的建筑物也受滑坡损坏了。

在克里木南岸（阿鲁普克、西梅茨、克赤与其他城市）和高加索黑海沿岸城市（索契、土阿普萨、苏呼密），也常常产生许多活动滑坡。这种滑坡的破坏性很大，并对城市建筑与疗养所建筑极为有害。

滑坡移动会引起建筑物部分的或全部的破坏（图1），会引起沿岸地带建筑物（海运及河运的候船室、码头、滨江公园、架空索道、公园和挡土墙）的损坏（图2）。

滑坡向修建在山傍或山脚的路基移动，结果会中断公路或铁



图 1 滑坡发生引起建筑物的破坏



图 2 由于滑坡移动挡土墙的破坏

路的交通。

在海岸上，对岸坡若不进行防护工程，受到海潮或大气降水的冲刷后，会形成滑坡，结果会使最宝贵的市区遭到损失（图 3）。

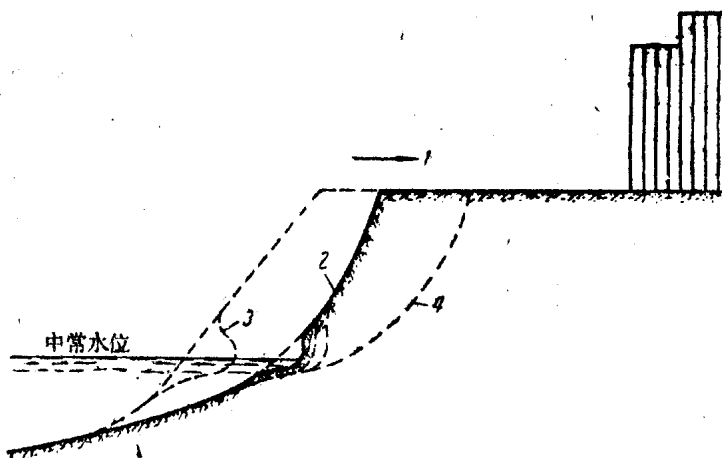


图3 市区因海岸未加以防护以致被冲刷与产生滑坡带来的损失

1—市區滑坡帶來的損失；2—滑坡體；3—浪擊；4—滑動面

第3节 某些滑坡的种类。滑坡的工程地質分类

在天然斜坡上发生的滑坡，其种类极为繁多。有时甚至在一定的同一滑坡地区的区域内就可能有十几种(类型)滑坡(如在高加索的黑海沿岸地区)。这与滑坡区域的地质、水文地质和水文等各种条件及岩层的物理机械性能有关。在河流及水库沿岸经常发生滑动滑坡，是由于坡积层受水饱和后沿基岩移动的緣故(图4,a)。当岩石向水库方向倾斜时，岩石也沿层理面滑动(图4,b)。在这两种情况下，滑动面通常是由产生滑动的岩层接触面的形状确定，同时滑动表面可能是平面或者是曲面。

与层理成角度滑动的滑坡也常见；在这种情况下滑动面与层理面交錯(图4,c)。

在发生的滑坡中，还有塑性滑坡，如在均质砂质粘土岩或粉状粘土岩中，其变形是由于大气降水湿润了表面所致(图4,d)。被复岩石在重力的作用下就会变形并向下移动。这种滑坡滑动面的界线并不明显。

也有山崩式的滑坡，即是土体沿河岸陷落或在峻陡的山坡上坚硬岩层崩陷。

在均质岩层中(如在坡积层)也时常发生滑坡(图4, d)。

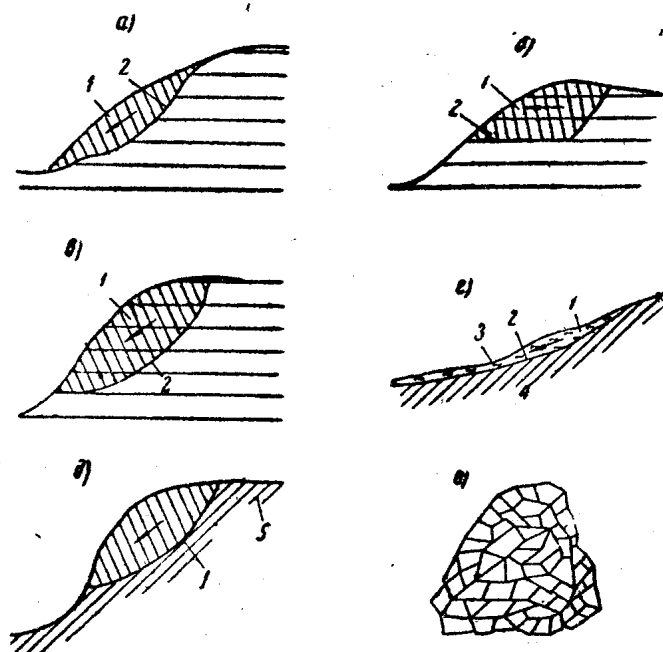


图 4 滑坡示意图

a—坡积层沿基岩滑动: 1—滑坡体; 2—滑动面; b—岩石沿层理面的滑动; c—岩石与层理面成角度的滑动; d—塑性滑坡; 3—塑性揉皱粘土; 4—密实的原生粘土; e—坡积层滑坡; 5—坡积层; f—粘土的角砾状构造

还有其他许多种滑坡。如 C. C. 布茨科记载，角砾状构造粘土的滑坡遍于乌克兰、北高加索、苏联欧洲部分的东北部及其他地方。

角砾状粘土体系由粒径 2~5 公分粘土棱角砾状块构成的(图4, e)。在角砾状块与块之间的空隙系统中循环的水，使砾状块接触面上的土成流动状态，甚至成可塑状态(虽然棱角砾状块内部可能仍是固态)。棱角砾状块接触面的浸湿导使其相互之间

活动。因此在边坡上形成基岩漂浮和膨胀。潛水在空隙系統中循环极为緩慢，而在自由流泻时，角砾状构造的粘土并不出水。

为了在制定天然斜坡稳定性校核計算的計算图时，确定总的方向，为了确定滑坡移动的原因和为了正确选择防治滑坡的措施，将所研究地区的滑坡，按着一定的和最典型的标志加以整理和分类是十分重要的。苏联的学者A.П.巴甫洛夫、Φ.П.薩瓦連斯基、И.В.波波夫等提出的各种分类主要是以滑坡地质标志为根据的。同时尚有工程方面的分类。如Г.С.佐洛达列夫就提出了在斜坡上岩石滑坡移动的工程地质分类，在这个分类中指出引起或促使岩石运动的主要因素，同时也列有这些运动的简要特征(表一)。

斜坡上岩石滑坡运动的工程地质分类

表 1

運動類型 (名稱)	引起或促使運動的主要因素	簡 要 特 征
1. 山崩滑坡	(1) 在岩体開始斷裂的縫隙中，湿润粘土类的風化和形成； (2) 由于基底受冲刷或受切斷而使斜坡變陡； (3) 由某种原因產生的斷裂面和移動面受大氣降水或地下水的浸湿； (4) 裂隙，以及岩層向斜坡方向傾斜； (5) 地震。	風化過程就是大塊岩石或半岩石沿裂隙系統斷裂的預兆。地下水和大氣降水促使移動。初期岩塊沿斷裂面、層理等滑動。再繼續運動岩石大塊擊成碎塊。碎塊沿斜坡向下翻滾，帶有山崩標誌，在基岩形成碎石崩陷和堆積成較大的移動岩石堆。在高加索，克里木，中亞細亞及其他地區常見。
2. 岩石移動体	(1) 斜坡範圍內各种波痕強烈的垂直构造運動； (2) 斜坡陡峻； (3) 地震； (4) 基底冲刷，斜坡陡度增大； (5) 地下水浸蝕滑坡床； (6) 風化、喀斯特、岩体擴展构造裂隙。	体積為0.5~1百万立方公尺或更大的岩石塊体和岩石体的移動。由于在非常陡峻的山坡上發生地壳強烈的垂直突起及斜坡冲刷。地壳突起時在岩石層中(石灰岩及其他)形成裂隙，結果分離了的大塊岩石和岩石体沿斜坡向下滑動。地下水通常浸湿粘土岩床，并減輕塊体的運動。在移動的塊体下形成揉皺帶。在各地區，尤其是在克里木常發生。
3. 岩塊滑坡	上述因素及如下的附加因素： (1) 水動壓力； (2) 机械潜蝕及化學潜蝕；	粘土狀及半岩狀岩石層和岩塊的移動。在滑坡斜坡的陡度最大并冲刷基岩時是滑坡斜坡發展第一階段的特

續表

運動類型 (名稱)	引起或促使運動的主要因素	簡 要 特 征
4. 水流滑坡: 大的, 小的	(3) 人的日常活動。 (1) 由于溫度在岩石受大氣降水、地下水及工業用水浸潤時起了變化; (2) 水流《舌》的冲刷; (3) 滑坡邊緣岩石的強烈風化與堆積, 先滑下的岩石破碎; (4) 耕土層的破壞; (5) 斜坡上部荷載移動; (6) 人的日常活動。	征。尺寸各異: 長達 40~50 公尺以上, 寬達 150~300 公尺, 深度(厚度)很大, 達 20~30 公尺以上。在地形上形成明顯的台階、階梯及小丘。伏尔加河沿岸, 克里木、高加索、敖德薩、烏魯斯諾基喀斯哥山坡和其他地區分布很廣。通常所見到的大都是處在懸崖狀態。 當滑坡岩塊破碎, 滑坡邊緣的岩石風化及崩陷時, 在滑坡斜坡發展的第二階段形成。按其形狀, 通常是與冰川相似; 滑坡運動是由于岩石受地下水和氣降水浸潤到半液化狀態而發生。流床的陡度為 10~12°。在各滑坡區域內尤多。
5. 土爬: 大的, 小的	(1) 由于溫度在岩石受地表水、工業用水及地下水浸潤時起了變化; (2) 斜坡方向; (3) 由于岩石受反復結凍、融凍、濕潤、干燥等的破壞; (4) 斜坡底部受切割; (5) 機械磨蝕; (6) 受風吹動的樹, 其樹根使岩石鬆散等。	多半在春秋兩季, 在中等陡度(15~20°)的無草皮復蓋的斜坡上以及路堑斜坡上發生土爬。觸及深度一般為 2~4 公尺, 運動的形狀及速度頗為明顯, 濕潤主要靠大氣降水, 而靠地下水以及活動層融凍的情形較少。土爬在各區域內都常見。
6. 土流滑坡	(1) 由于溫度在岩石受地表水與工業用水濕潤時起了變化; (2) 斜坡方向。	滑坡涉及深度一般不超過 3~4 公尺, 路堤邊緣干燥路堑及無水天然斜坡的滑坡, 尤其是向北的滑坡尺寸都不大。岩石僅受大氣降水和融化水濕潤。
7. 斷 裂	(1) 主要是由于土壤與表面粘土層受大氣降水的局部濕潤所致; (2) 斜坡陡度過大; (3) 斜坡受切割。	土壤及下伏岩層的移動面積及深度不大。邊緣成小梯階狀。

滑坡的工程分類是 H. H. 馬斯洛夫與 E. E. 米奈爾維娜提出的, 在此分類中, 可以看出滑坡的地質基礎及工程方面的防治滑坡措施, 第一類是一般性的, 而第二類只是南高加索的(表二)。

第4节 引起滑坡斜坡稳定性破坏的因素。举例

基岩滑坡产生变形的因素是多种多样的，基岩受这些因素的作用，就是形成滑坡的原因。有许多分类把影响滑坡过程的因素做了系统的整理(Ф.П.薩瓦連斯基, А.М.德兰尼可夫, В.П.斯拉瓦諾夫, Г.С.佑洛达列夫等提出的)，但应指出，到目前为止，确定滑坡形成的有关现象还是不够十分清楚的。某些作者給“形成滑坡的因素”及“滑坡产生的原因”这一概念添加了许多內容。例如，按И.В.波波夫的意见：‘斜坡被海水或河水冲刷而变陡就是最常遇到的产生滑坡的原因，而岩石的状态与性质及地下水的作用使岩石在这些条件下易产生不稳定皆属滑坡的因素’。А.М.德兰尼可夫認為，引起滑坡的原因应分为消极的(地质构造，地形)和积极的(地下水与大气作用力的作用——风化和降雨)。

Е.П.叶米里扬諾娃在其著作中談到“滑坡过程的原因及因素”[●]时指出，在观察滑坡过程时应区别下述几点概念：

- (1) 滑坡过程的物体——一定外形的斜坡；
- (2) 滑坡过程借以发展的条件与情况，如：斜坡的地质构造，岩石的性质，地下水。这样，观察时的地质或水文地质条件应称做环境或条件(在其中所发生的变化除外)；
- (3) 滑坡过程因素，如地下水量的变化；
- (4) 引起某种因素产生或变化的作用力；
- (5) 滑坡过程中的机械力。

一方面不停留在某些作者提出的关于确定滑坡过程的许多意见，同时考虑到本书的“工程”方面，我們采用滑坡因素的綜合概念，并将其理解为在滑坡现象中起作用的全部条件。我們首先認為那些可以引起滑坡变形的因素是基本的(主要的)。这些因素

● Е.П.叶米里扬諾娃《水文地质及工程地质問題》，國立地质書籍出版社出版，莫斯科1953年。

所涉及到的不仅是自然的或是人工所造成的情况，而且也涉及到各种作用力的作用(地下水或地表水、风化作用等)。

在此条件下影响滑坡过程的基本原因是：

1. 地貌；
2. 地质；
3. 水文地质；
4. 气候；
5. 人工原因(人类的活动)所引起的。

应将斜坡形状与斜坡地形列入地貌因素。在条件相同的情况下，陡峭的和峻的斜坡失去自己的稳定性，比坡度较缓和的和不高斜坡要快。

由于活性冲沟地底侵蚀的结果，天然斜坡的高度常因侵蚀基线的降低而增大。

地质特性因素在能否改变滑坡斜坡稳定性方面具有重大意义。岩层的破坏及其倾向斜坡方面的坡度往往是岩石移动的原因。移动变形是沿着不太结实的岩层接触面或湿润的粘土岩接触面发生。强烈的岩石(如页岩)构造裂隙乃是斜坡变形的原因之一。裂隙的形成会破坏岩石的内聚力，此外，水容易从裂隙流至下一地层中。岩石中粘土的成分增多，会改变土壤的物理机械性能，并且当水饱和时其内抗力减小。

在山区，地震最容易促使滑坡的发生。

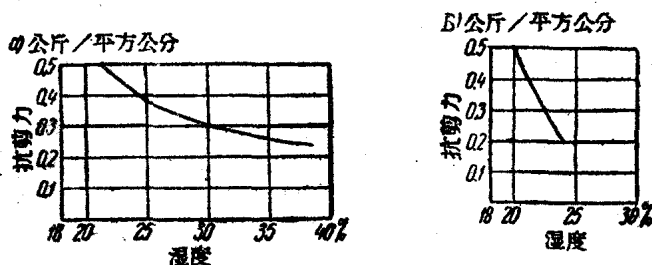


图 5 抗剪力与湿度的关系

a—粘土；b—砂质粘土

水文地质因素对滑坡过程的发展起着特殊的作用。岩石受流至滑坡斜坡的地下水饱和，内聚力和摩擦力的抗剪力就会减低很多，滑坡体的重量则因此而增大。

图 5 中的两个图表所示为具有如下之物理机械特性(表三)的粘土及砂质粘土在湿度增高时，抗剪力的变化情况。

表 3

特 性	土 壤	
	粘 土	砂 质 粘 土
	微 粒 含 量 (%)	
粒度(公厘):		
1.00~0.25.....	0.5	0.2
0.25~0.10.....	—	—
0.10~0.05.....	1.66	5.70
0.05~0.01.....	22.67	46.78
0.01~0.002.....	31.37	36.76
0.002~0.001.....	10.00	3.44
小于0.001.....	33.80	7.12
比 重.....	2.75	2.70
比 容.....	1.93	2.02
塑性上限.....	47.40	26.60
塑性下限.....	20.50	18.00
塑性数值.....	26.90	8.60

有某些粘土岩(例如，寒武纪、赫瓦伦粘土层及其他的粘土)被水饱和的时候，岩石的抗剪力降低得很厉害，水分达到一定的百分比时，甚至开始流动。

地下水流渗过时，会产生朝向斜坡方面的水动压力。此外，地下水会带出岩层里的土壤细粒，引起机械管流现象，而且在某些情况下会导致滑坡移动。有时也产生化学管流现象，即岩层被地下水溶解与带出易溶解的岩块，使地层形成影响滑坡产生的岩洞和喀斯特过程。

同样，水文地质因素及形成滑坡的气候因素，对滑坡过程往往也具有决定性的意义。在滑坡区域，地貌特征所引起的作用更

为重要。雨水和春季融雪时的水渗入岩石层中也会增添地下水的储量。粘土与砂质粘土的表层被雨水渗入时，粘性便会降低，并呈柔软可塑状态，有时达到流动状态。事实证明，均质粘土中的滑坡及塑性滑坡，在大多数情况下都是由于滑坡体受地表雨水的过分湿润而引起的。

温度的变化会加速岩石的物理风化过程，这就使之支持不稳定滑坡体的天然扶壁遭致破坏。粘土定期受大气降水浸湿，以及因温度高而干燥，都会引起干缩裂缝，引起岩石接触面“皂化”的雨水沿此裂缝渗至滑坡体中，这就会使滑坡地层容易移动。例如，粘土坡积层之底板的粘土页岩顶盘的“皂化”会促使坡积层运动。

滑坡活性的加强往往是由于和人工构筑物的建筑与使用有关的因素所决定的。例如，在斜坡上采用爆破方法修筑路堑以及挖沟槽路堑与开露天矿场时，往往发生岩石移动现象。滑坡下部的采掘与排除斜坡上部岩石的天然扶壁相关。当进行土方工程时，斜坡天然外形的其他某些破坏现象也会导致此点。

在城市建筑条件下，由于建造房屋、仓库和其他构筑物而使滑坡斜坡的载荷增大时，也会发生滑坡移动。另一方面，取下荷载后，则岩石的密度与强度也会改变。岩石松散率增大，更易透水，其抗剪力则大大降低。

水管及蓄水池漏水、沟渠及水池渗水，以及污水及废水排至滑坡上的时候，岩石湿度都会提高。

在清扫市区时，如果把雪堆积到斜坡上，居民区的滑坡斜坡，由于雪的融化亦会产生饱和。

火车、电车、公共汽车在靠近滑坡的公路及铁路上行驶，以及滑坡附近设有工作发动机时，滑坡斜坡由于受到长时间的震动，结果亦会变质。

前面所列举的当然不能说明全部对产生滑坡有影响的因素，而在这里举出的主要是那些在市区常遇到的滑坡。

滑坡的变形是以许多繁杂的天然与人为因素为前提，这些因