

水文地质条件复杂地区 公路設計須知

中华人民共和国交通部公路总局制訂

人民交通出版社

水文地質条件复杂地区 公路設計須知

中華人民共和国交通部公路总局制訂

人民交通出版社

統一書号:15044·1151-京

**水文地質条件复雜地区
公路設計須知**

中華人民共和國交通部公路总局制訂
人 民 交 通 出 版 社 出 版
(北京安定門外和平里)

新 華 書 店 發 行
公 私 合 營 慈 成 印 刷 工 廠 印 刷

1957年1月北京第一版 1957年1月北京第一次印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張:3 $\frac{1}{4}$ 張

全書:77,000字 印數:1~4,850冊

定价(10):0.48元

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六号)

目 錄

前 言

第一章 滑坡及其防治方法	5
I 滑坡現象的实質	5
§ 1. 滑坡种类	5
§ 2. 滑坡原因	6
II 路基形变和某些滑坡的描述	10
III 滑坡和滑坡斜坡的調查	14
§ 1. 編制調查滑坡計劃的方向	14
§ 2. 設計新建道路时滑坡和滑坡斜坡的調查	17
总 論	17
初步設計阶段調查工作的特点	17
技术設計阶段的調查工作	18
§ 3. 原有道路上的滑坡調查	19
§ 4. 研究滑坡时的勘探工作	21
§ 5. 滑坡工程地質調查的若干特点	25
IV 防治滑坡的办法	28
§ 1. 总論	28
§ 2. 表面徑流的調治	30
§ 3. 地下水流的調治	37
边坡盲溝	37
边坡范围外的盲溝	40
§ 4. 根据力学維持土体平衡的措施	48
用种植方法加固边坡	48
擋土牆	48
支牆	49

木疊架擋土牆和鋼筋混凝土疊架.....	54
§ 5. 加固冲溝.....	58
總 結	60
附件 1. 防治滑坡構造物初步設計的組成	64
2. 防治滑坡構造物技術設計的組成	66
3. 調查滑坡時勘探觀察中的若干特点	69
在試坑中的觀察	69
試坑中勘探觀察描述示例	70
用鑽孔測定變位裂縫	72
4. 人力冲击旋轉鑽探鑽孔記錄簿 (樣張)	73
4. 鑽探記錄簿標題頁 (樣張)	73
5. 試坑記錄簿格式 (樣張)	76
6. 試坑工程地質展視图表	77
第二章 路基及構造物穩定性的計算	78
§ 1. 边坡穩定性的計算問題	78
確定边坡穩定性的半图解方法	80
確定最危險滑動面圓弧之中心	83
§ 2. 計算河灘路堤及高堤壩边坡穩定性	88
計算河灘路堤穩定性	88
計算高堤壩边坡穩定性	90
§ 3. 計算人工構造物基底的總穩定性	94
§ 4. 計算路堤及堤壩基底之沉陷	95
在變形嚴重的土壤上計算路堤沉陷	98
計算堤壩基底沉陷	98
§ 5. 繪制降落曲綫之主要方法	100
第一、二章的結論	102
參考文獻	103

前 言

随着我国公路事业的发展，在公路及其构造物的設計、修建、养护和营运方面，向从事公路事业的工作人员提出了新的任务。

今后的公路建設，將有很大的一部分要通过困难的山嶺地区以及自然条件复杂的地段。由于这些地点的坍方問題严重地威胁着公路的稳定性和安全；因此，在这些地点所特有的滑坡和不稳定斜坡上如何修建公路的問題，是公路工作者所必須注意的新課題。

在水文地質条件复杂地区，特别是在滑坡和不稳定斜坡上修建道路，是道路实际工作上所能遇到的最困难的任务之一。

几年来的公路修建、养护和营运的經驗証明，由于未能綜合考虑这些复杂的自然条件，在公路的稳定和安全方面帶來严重的不良后果，甚至造成阻断交通的情况。

在勘测过程中，如对这些复杂地段的調查研究未引起应有的注意，則不能正確了解和掌握这些地段自然条件的复杂作用的因素；因此，也不可能获得正確的設計。对于公路及其构造物的稳定性和安全性，就不能获得必要的保証。

在大多数的情况下，正確地考虑在当地起作用的因素，并結合具体条件而提出防治措施，那么，这些复杂条件所起的不良作用是可以防止的。

針对这种情况，本局特制定本須知，作为水文地質条件复杂地区公路勘测設計工作上的使用文件。鑒于工程地質調查对于复杂水文地質条件中的公路測設和修建有着首要的意义；因此在本須知中，对于工程地質調查及勘探工作作了必要的說

明，并列入了必要的表格文件和举例。由于目前对于公路及其构造物稳定性計算方面，尚未引起足够的注意，因此在本須知內也包括了各該稳定性計算的部分，作为有关单独設計的計算之用。

应当指出：研究滑坡时，必須有正確的工作組織和工作方法；同时在防治滑坡的措施上，必須是对生成滑坡的因素做事先的防治，只有这样才能減少公路遭受滑坡的危害；否則如等待滑坡发展到危害程度以后，才来采取防治措施常是得不偿失，甚或难以防治的。

此外，由于自然現象的复杂性和多样性，研究滑坡（尤其是大的滑坡）需要多年而系統的工作，并且需要与公路設計、修建养护和营运方面的經驗密切相結合。

由于土力学、工程地質和水文地質等科学还在不断发展，在工程方面对于滑坡的生成还远不能得出所要求的明确的解釋；因而对于滑坡的防治措施也就还有些不够確定之处。因此本須知今后仍須根据理論与各地实践經驗逐步加以补充修正，因此，我們热烈期望各使用單位随时將意見提交本局。

中華人民共和國交通部公路总局

第一章 滑坡及其防治方法

I. 滑坡現象的實質

§ 1. 滑 坡 种 类

广义地講，滑坡是岩石体順斜坡向下的运动。它是由于重力的作用，同时因岩石的風化、表面水及地下水的作用，在許多情况下还由于地震的震动而产生的。

在各种物理——地質現象中，滑坡則介乎崩坍与泥流之間。

崩坍主要发生在岩石組成的陡坡上，其特征是大石块、块石和碎石驟然或瞬息之間的崩潰墜落。

泥流是粘性土体因为特別过湿（相对含水量大于100%）而变为液化状态，因而沿溝槽和分支緩慢的流动。

岩堆与崩坍不同，岩堆是风化岩石的碎块多年、長期（非短时的）地沿着斜坡不断向下的运动。

滑坡（图1），按其本义來講，是由第四紀沉积物或本生岩所構成的天然斜坡巨体的長期而緩慢的变位。滑坡的特点是：移动体的結合性，具有滑动面，整个物体沿滑动面的变位性質是長期而緩慢且多半是向前的。

滑坡崩坍是疏松岩石和岩石沿斜坡的变位，在此种情况下，岩石不仅滑动而且也滚动，表現有一般崩坍（山嶺区所特有，地震也可引起）所具有的特点。

坍坡是天然坡或路暫边坡表层过湿部分的变位。这种变位一般只包括土体較淺的表层，因为含水过多常呈流态，所以也

有称为液流的。

塑性滑坡是水飽和到糊狀的土壤沿斜坡的变位。塑性滑坡的基本特征是沒有明顯的滑动面。

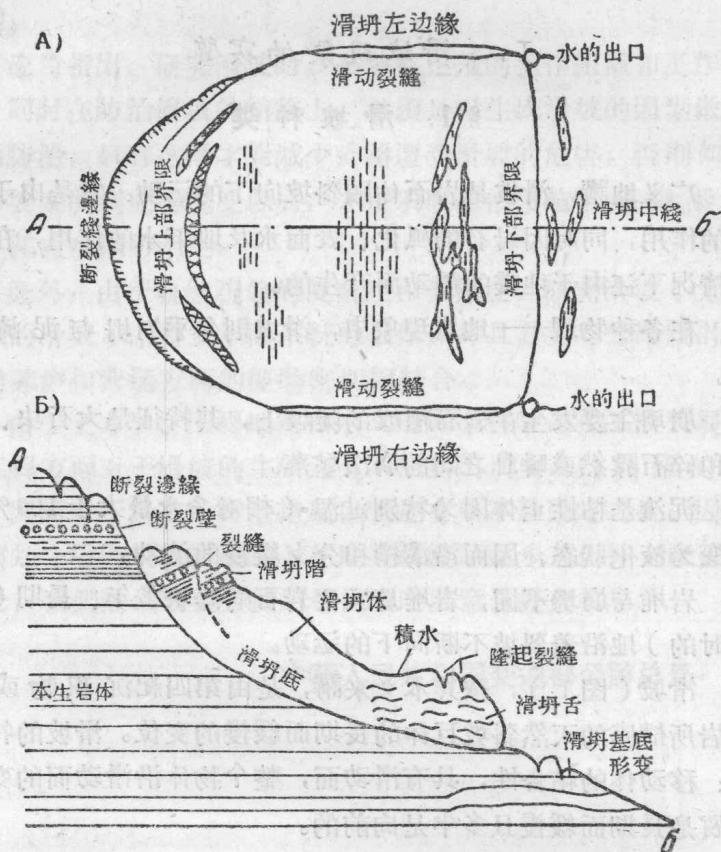


圖1 滑坍:

a) 平面圖; 6) 断面圖

§ 2. 滑 坡 原 因

滑坡現象产生的原因在于当地的地質構造、滑坡体中的水

文状态、含水岩层和不透水岩层的层次交错及其成分等。

組成滑坡斜坡的岩石失去平衡的結果，就发生滑坡。在斜坡上如果发生地質的或人工的作用，結果，就使力的关系起了变化。

形成滑坡現象的因素

这些因素按其影响于滑坡的性質，可以分为三个基本的种类。

一、变更斜坡的外形和尺寸的因素。属于此类因素者計有：流水对于坡脚的冲刷，挖切斜坡以修建路塹、溝、基础坑等，在不稳定的斜坡上填筑路堤，用任何不正确的方法来完成所計划的工程，以及滑坡本身的运动，这些結果都会引起斜坡中內力的重新分布。

二、变更岩石內部構造和性質的因素。属于此类因素者計有：風化（冻结和融解，干燥时形成裂縫和岩石的剝蝕，化学作用）；地下水、大气水和池水浸湿岩石；当土壤被細水流冲走时、进行土方工程时、岩堆及滑坡运动时土壤所遭受的再冲刷；摩碎和搅动；泥沼化（岩石性質因此而改变）和滲分作用（細顆粒受水流洗蝕）使構成斜坡的岩石疏松化。

三、破坏稳定性条件的因素，但不改变岩石性質及斜坡外形。列入此类因素者計有：水滲入滑坡体中的动力压力，水侵入岩石裂縫空洞和孔隙中的靜水压力，地震、建筑道路和其他構造物时的爆炸工程及通过列車对斜坡所产生的动力荷載，浸湿时所增加的岩石重量。

在自然条件下，滑坡斜坡上的地質作用，是上述各种因素在不同結合的情况下发生的，但彼此之間也有密切的关系。

各因素对于滑坡的形成和发展形式的影响及其相对意义，

可能是极不一致的。

在目前我国各公路上造成滑坡的主要原因是：大气水和地下水的作用，修筑路暂时不正确的挖切边坡，水流对于边坡的冲刷，在不稳定的斜坡上修建道路等。

促使滑坡现象和土体变位形状的原因是很多的，因此，分类时要把一切滑坡现象都包括无遗是很困难的。

在此后的叙述中，我们将利用苏联学者 A. П. 巴甫洛夫院士所提出的分类，他建议把滑坡分成两类：下滑坡及上滑坡。

凡在不稳定的岩石斜坡底部开始的滑坡，均属于下滑坡类，随着在不稳定状态地段的分离和滑动，较高部分也开始变位直至最后整个斜坡开始运动，这种滑坡也有称为坍落滑坡的。

上滑坡的形变过程系从斜坡上部分开始分离，土体不再为摩擦力和粘聚力所能支持而开始运动，并挤压和磨擦下面的岩石，在坡脚处形成不规则的挤压体。这种滑坡也有称为推动滑坡的。

上述单纯的滑坡形式是很少遇到的，因而还有第三类，即混合式滑坡。凡具有下滑坡和上滑坡特征的滑坡，均属于混合式滑坡类。

按所移动的岩石性质，滑坡可以表现为下列的变位情况：

- 1) 表土沿底土变位（坍坡、溜坡）；
- 2) 坡积层沿坡积层变位；
- 3) 坡积层沿风化本生岩变位；
- 4) 风化本生岩沿本生岩变位；
- 5) 上层各种岩石（也包括本生岩在内）沿同类本生岩变位；
- 6) 已滑坡体沿滑坡体变位。

• 根据移动的岩石性质，苏联学者 Ф. П. 薩瓦連斯基院士就

滑坡斜坡的構造（結構）把滑坡分成三組：

1) 非层狀同类岩石的滑坡（逆向滑坡或均質岩石滑坡）（見圖2a）；

2) 滑动面与兩层界限或裂縫相符合的滑坡（順向滑坡或順层滑坡）（見圖2b, B）；

3) 滑动面切割不同成分的水平岩层或斜岩层的滑坡（亂向滑坡或切层滑坡）（見圖2r）。



圖2a 同类粘土中与同类粘土滑动面的逆向滑坍



圖26 沿洪積層分界面
(1) 与本生岩 (b) 的順向滑坍

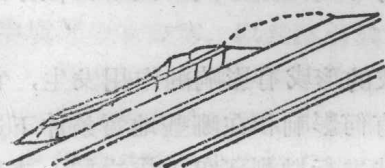


圖2B 滑动面沿層次分界面的順向滑坍



圖2r 塑性形成的亂向滑坍：
1. 粘土；2. 砂質粘土；3. 滑坍体

根据滑坡滑动的時間和目前的狀態，又可將滑坡分为：

（一）活动的滑坡：

1) 新的，2) 旧的，3) 以前的（从新开始）。

（二）休止的滑坡：

1) 旧的，2) 古时的。

根据滑动土体所及深度，又可分成表面滑坡（如所及深度不大于1公尺时），小型滑坡（深度不大于5公尺时），深滑坡（深度不大于20公尺时），及特深滑坡（深度在20公尺以上时）。

确定滑坡时，须注意的表面特征是：

1) 水流对于坡脚的冲刷，土方工程施工时对于斜坡的破坏；

2) 有平行于斜坡的裂缝；斜坡上有不规则的隆起；

3) 斜坡上有页岩粘土和泥灰岩，坡脚处堆积有与坡脚地段不同的岩石；草和灌木复盖层有特征的破裂和损坏；有弓形倾倒的树木（醉林）；

4) 在地表面上有地下水流出地点；构成山坡岩石的层理甚薄并有裂缝；层理倾向道路等等。

根据上述关于滑坡的实质、滑坡时代、发展阶段、产生和运动因素等，就可将滑坡分成某一种类。

促成滑坡现象的原因的多样性、土体变位的多种形状，以及介乎各种典型滑坡形状之间的许多过渡形式，使滑坡在分类问题上发生很大困难。

在斜坡上究竟有哪些对滑坡的形成有影响的作用发生，它们如何发展，对于斜坡的稳定有何影响和在哪些地质条件下进行，只有对每一斜坡或个别滑坡进行勘测研究工作之后，才可以确定。

在每一具体情况下，研究滑坡和编制设计文件时，可以使用上述的分类及说明滑坡实质的各个基本特征。

II、路基形变和某些滑坡的描述

在山的陡坡上，沿水流的陡坡上和湖海的沿岸常常可以看

到滑坡現象。

滑坡現象範圍的大小極為不同，有時滑坡可能只及於路暫边坡，有時在斜坡上的滑坡現象範圍又很大，可以包括道路山坡上下的大部分，在這種情況下滑動面很深，整個道路與斜坡表面同時變形和遭受破壞。

我國所修築的公路上，最普遍的滑坡是土壤從斜坡、路暫边坡和傍山边坡向道路上滑坍。

在我國某條道路上，所以發生大滑坡的原因，基本上是由於破壞了山坡的天然形成的平衡條件所致，在該處缺乏任何加固構造物和盲溝，以及對排水設備的養護不良，都將促成該滑坡今後的發展。

在許多公路上，由於山坡上面滑坡所引起的土體移動，以及土石由山上向路基上崩坍，竟致道路交通為之阻斷。

某些地段，因路基底下的山坡表層不穩定，而且山坡下層也不穩定，以致在短短的幾天內，路基竟發生十餘公尺深的垂直沉陷。

當修築半填半挖路基時，山坡下側的不穩定常常引起路堤半填部分的變形，以致路肩從下側沉陷和行車部分的沉陷等。

滑坡現象也可以發生在比較平緩的斜坡上。

茲以蘇聯伏爾加河右岸某一地段的滑坡作為示例。

滑坡是驟然發生的（1941年）。土體的巨大變位破壞了數百公尺長的鐵路。由於土體變位的結果，在平緩的高原狀斜坡上形成了一個深15公尺寬200公尺以上，並沿斜坡向上達500～600公尺的斷崖。斷崖表面呈現階梯形狀的隆起。

滑坡前后的地質斷面情形如圖3。

研究該滑坡地區的資料證明，在這裡由於有很厚一層砂的沉積物自行壓實的結果，發生了引起巨大土體變位和坍塌的自

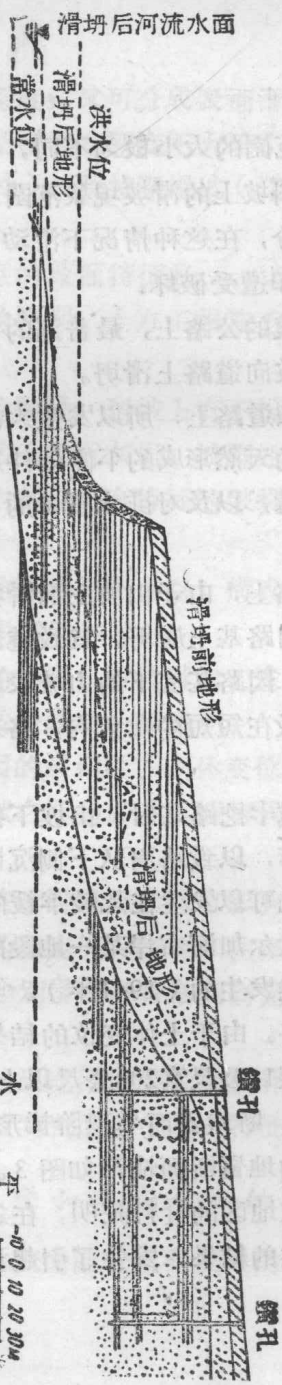


圖3 傾斜階地地質断面圖 (滑坍以前) :

1. 岩堆及滑坡, 2. 坡積物 (砂質粉埤), 3. 坡積物 (砂質粘土), 4. 古里海沉積物 (巧克力色粘土), 5. 古里海及赫凡尔斯基沉積物 (砂), 6. 中察里津沉積物 (砂及砂岩夾層), 7. 下察里津沉積物 (黑粘土)

水 平
比例尺垂直
0 10 20 30 40
5 0 5 10 15 20

行沉陷。由于积聚大量有压力的地下水，形成了渗透水流并增加了水力坡度，乃致发生自行压实，有压力的地下水则由于滑坡前夕大量降雨，在岸边又有粘土层阻碍雨水的自由排泄，同时伏尔加河水位急剧下降等原因所引起的。

勘测工程师和地质人员必须注意：外表稳定的地形不能算是证明斜坡稳定的绝对准绳，只有经过地质调查工作，对山坡的稳定程度作出可靠的鉴定，才能决定该斜坡上是否可以建筑工程构造物。

粘土的塑性状态具有特殊意义。路基中的粘性土壤多半是这样的状态，因此，鉴定其可能的形变是首要的任务。

为了说明粘性土壤中形变过程的全部复杂性，兹以苏联某一铁路作为示例。在35年前用粘性土壤所填筑的路堤边坡，发生了形变，并完全失去原有的形状而成为S形；坡脚处是凸形，路基边缘处由于边坡经常填土而成凹形并接近于1:1.5的坡度，边坡中间部分坡度非常小。坡脚外的宽度则增加到原来宽度的二倍以上。

形变过程经常地和不断地在进行，但有时进行得特别剧烈。为了修理好这段路堤，虽然采用了稠密而起排水作用的盲沟和坑道网的办法，但是土壤仍然好象是流动体。由于该路堤不能令人满意，须将该段路堤作废，重辟新线。

情形相似的形变，在我国许多道路的滑坡路堑的边坡上也可见到。在某条公路的个别地点，由于形变而在道路断面正中形成了断崖陡壁，严重地阻碍了正常的交通。

形变逐渐而不断地增长是粘性土壤构造物的形变特点。同时，在塑性形变（爬行）过程缓慢进行时，也可能发生急剧的崩溃性质的形变。因此，测量人员和地质人员在任何时候都应极为谨慎地来对待这一种形变（当有塑性粘土和頁岩粘土时），

这里，不应把平衡状态下的土体当作一个固体物质来研究。

以上所述关于滑坡破坏作用的事实指明，建筑路基时进行地质调查是如何的重要，而研究滑坡及防止滑坡在国民经济上又有多么重大的意义。

III、滑坡和滑坡斜坡的调查

§ 1. 编制调查滑坡计划的方向

只有根据全面详细研究滑坡现象的综合，才可以设计及实现防治滑坡的办法。

为了正确拟定防治滑坡的综合措施，必须具备下列资料：

- 1) 构成斜坡的岩石的成分、状态和性质；
- 2) 斜坡的构造，其尺寸大小，形状，岩石层理条件及层次厚度；
- 3) 含水条件；
- 4) 气候条件；
- 5) 滑坡过程及其机械作用；
- 6) 与滑坡同时发生和影响滑坡作用的其他物理—地质现象；
- 7) 斜坡或滑坡的发展及其发展阶段，滑坡作用今后可能的趋向；
- 8) 改变自然条件的人为活动，此种活动今后可能的发展及其对斜坡稳定性的影响。

为了取得这些资料，应进行地质及水文地质勘测和调查工作。滑坡的工程—地质调查工作应该是有目的性的，它可以解决在滑坡地区设置路线时最重要的技术可能性和技术—经济合理性的问题，以及明确该滑坡的全部复杂性。

在布置工程—地质调查时，应要求能直接回答下列问题：