

滑坡文集

铁道部科学研究院西北研究所主编

人 民 铁 道 出 版 社

滑 坡 文 集

(1973年“全国铁路滑坡防治经验交流及科研协作会议”交流资料)

铁道部科学研究院西北研究所主编

人 民 铁 道 出 版 社

1976年·北 京

滑 坡 文 集

铁道部科学研究院西北研究所主编

人民铁道出版社出版

(北京市东单三条14号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国科学技术情报研究所印刷厂印

开本: $787 \times 1092 - \frac{1}{16}$ 印张: 31 插页: 1 字数: 739千

1976年12月 第1版

1976年12月第1版 第1次印刷

印数: 0001—5,000册 定价(科三): 2.50元

毛主席语录

列宁为什么说对资产阶级专政，这个问题要搞清楚。这个问题不搞清楚，就会变修正主义。要使全国知道。

抓革命，促生产，促工作，促战备。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。停止的论点，悲观的论点，无所作为和骄傲自满的论点，都是错误的。

前 言

滑坡是山区建设中经常遇到的一种山体变形现象。它和崩塌、错落、泥石流等一样，有时中断交通、堵塞河道、摧毁厂矿、掩埋村镇，给人民的生命财产造成重大损失。在工业、交通、矿山、水利和城市建设中，由于大量开挖山体和堆填土石方，以及施工方法上的不当，常常造成滑坡的发生和发展，直接威胁建设的进程和安全。

我国的滑坡防治工作是解放后才正式开展的。由开始对滑坡不认识到能够整治住大型滑坡，如宝成铁路上成功地整治住了白水江、谈家庄、横现河等百万至数百万方的大型滑坡；又由单纯的整治发展到防治结合、以防为主，如成昆铁路等干线，因在选线阶段对滑坡等问题比较重视，事先做了大量深入、细致的调查研究和方案比较工作，使修建中绕避了不少古老的大型滑坡；现在，一方面正在积极开展滑坡预报工作的研究，另一方面，在防治工作中已大量采用了较新的技术，如钢筋混凝土抗滑桩、垂直钻孔群排水、锚杆抗滑挡墙和斜孔排水，以及砂井-平孔排水等。

我国幅员辽阔，自然条件复杂，随着山区建设的发展，滑坡的防治工作，不仅为铁路部门所重视，而且为其他工矿企业部门所重视。现在，我国研究滑坡防治工作的部门，几乎已遍及全国，在滑坡防治工作的各个方面，都取得了显著的成果。

遵照毛主席“要认真总结经验”的教导，在铁道部和甘肃省的关怀和领导下，于1973年9月，由铁道部第一、二、三设计院，第四工程局，兰州、西安铁路局，铁道部科学研究院西北研究所共同主持召开了第四次“全国铁路滑坡防治经验交流及科研协作会议”〔注〕。参加会议的除铁道部所属的各局、院、所外，还有各有关的部、委、铁道兵所属的单位共118个单位。现为了更广泛地交流滑坡防治的经验，由原会议筹备和主持单位派人组成资料整编组，在铁道部科学研究院西北研究所领导下，将各单位在这次会议上提出交流的资料整编成文集出版。整编原则是：（一）本文集主要是反映和总结我国近十余年来广大工农兵、技术人员、领导干部在滑坡防治方面的经验。因此，对有关国外资料译文部分及少数同滑坡关系不大者，均未编入；（二）按资料的内容和考虑其地区性、代表性、出版上的要求，以及有的资料已经或即将另外发表等情况，文集中分别以全文和摘要方式刊登；（三）为避免重复、便于阅读，将内容相近者进行了归类，使之较系统；（四）本着广泛交流经验的精神，整编时均保存原文的论点与分析。

最后，由于我们参加整编工作的同志，政治水平和业务水平有限，文集中定会有不少缺点和错误，热忱地希望广大工农兵和各有关同志们批评指正。

《全国铁路滑坡防治经验交流及科研协作会议》资料整编组

1974年12月

〔注〕前三次会议分别于1959、1961、1964年召开。

目 录

综合性经验类

1. 防治铁路滑坡经验综述.....铁道部科学研究院西北研究所 (1)
2. 滑坡防治及研究述评.....铁道部科学研究院西北研究所 (25)
3. 现阶段国外土坡稳定性研究概况 (摘要)第六机械工业部第九设计院 (43)
4. 关于滑坡地区铁路勘测设计细则(草案)的建议 (摘要)
.....铁道部第一、二设计院、铁道部第四工程局、铁道部科学研究院西北研究所 (46)
5. 西安铁路局管内滑坡整治调查报告.....西安铁路局综合技术室 (49)
6. 对某线堆积层及煤系地层滑坡的几点认识 (摘要)铁道部第一设计院 (56)
7. 在六盘水地区与滑坡斗争的体会.....水城煤矿设计研究院 (59)
8. 四川煤矿矿区滑坡的调查分析 (摘要)重庆煤矿设计院 (65)
9. 露天煤矿滑坡及其研究概况 (摘要)辽宁省煤炭研究所 (69)
10. 滑坡基本性质研究 (摘要)铁道部科学研究院西北研究所 (76)
11. 对滑坡勘测中一些问题的看法 (摘要)水城煤矿设计研究院 (79)

堆积层滑坡类

12. 鹰厦线滑坡整治调查报告.....铁道部第四工程局第三勘测设计总队 (81)
13. 对鹰厦外福两线滑坡的认识与整治 (摘要)南昌铁路局 (87)
14. 鹰厦线K602滑坡整治调查报告铁道部第四工程局第三勘测设计总队 (90)
15. 鹰厦线K163滑坡整治调查报告 (摘要).....铁道部第四工程局第三勘测设计总队 (99)
16. 成昆线沙北1号滑坡 (摘要)铁道部第二设计院第二勘测设计总队 (103)
17. 昆河线58滑坡调查研究报告 (摘要)昆明铁路局勘测设计所 (106)
18. 对成昆铁路377滑坡的初步认识四川省地理研究所 (108)
19. 内宜铁路115滑坡勘察与分析 (摘要)四川省地理研究所 (115)
20. 陇海铁路华山路堤滑坡整治.....西安铁路局勘测设计队 (119)
21. 黔桂线三处路堤滑坡的产生与整治.....柳州铁路局勘测设计队 (125)
22. 成昆线拉洛路堤滑坡.....铁道部第二设计院第二勘测设计总队 (129)
23. 埋式防滑挡墙整治路堤滑坡 (摘要)吉林铁路局基建处勘察设计所 (132)

黄土滑坡类

24. 黄土塬边滑坡的稳定性.....陕西省宝鸡峡引渭灌溉管理局 (135)
25. 卧龙寺滑坡的稳定性及处理措施.....陕西省宝鸡峡引渭灌溉管理局 (147)
26. 某电厂的滑坡及其治理 (摘要)山西省电力勘测设计院 (152)
27. 铜川金华山煤矿广场滑坡勘察整治初步总结 (摘要)
.....陕西省煤矿设计研究院铜川设计队 (157)

28. 山区建设中必须重视斜坡稳定性问题 (摘要) 陕西省综合勘察院 (162)
29. 长大线某段在地下水位以下落坡预防滑坡措施 (摘要)
..... 沈阳铁路局基建处勘测设计所 (164)

粘土滑坡类

30. 红土路堑滑坡原因分析及整治效果的初步总结 铁道部第三设计院 (168)
31. 红崖地区成层杂色粘土工程地质特征和滑坡整治 铁道部第三设计院 (176)
32. 对某工业区滑坡规律的初步认识 昆明冶金设计院 (186)
33. 用隧道通过林场古滑坡 铁道部第二设计院第二勘测设计总队 (195)
34. 陕南地区建厂中的土坡稳定问题 (摘要) 第一机械工业部勘测公司 (198)

岩层滑坡类

35. 关于柳潭滑坡改线 (摘要) 铁道部第四工程局第一勘测设计总队 (201)
36. 王家村隧道顺层滑坡及错落 铁道部第四工程局第一勘测设计总队 (202)
37. 对酒店塘滑坡的分析 (摘要) 铁道部第四工程局第一勘测设计总队 (206)
38. 穿越坍滑地层的铜锣滩隧道病害处理 (摘要) 铁道部第二工程局 (207)
39. 棕溪车站滑坡 中国人民解放军五七六零部队 (211)
40. 罗文车站滑坡及整治 中国人民解放军五七五八部队 (215)
41. 拉普滑坡整治 (摘要) 铁道部第二设计院第二勘测设计总队 (220)
42. 鹰厦线K615滑坡工点调查报告 铁道部第四工程局第三勘测设计总队 (222)
43. 陇海线K1348滑坡的地貌研究 铁道部科学研究院西北研究所 (231)
44. 黄河某水库坝址区基岩滑坡的初步探讨
..... 黄河水利委员会规划大队、地质科学研究院
水文、工程地质研究所、清华大学水利系 (247)
45. 水库库岸滑坡实例 江波 (260)
46. 某水库溢洪道滑坡动态与防治 江波 (265)
47. 边坡岩体的蠕动变形 湖南省水利电力勘测设计院 (269)

稳定性分析及计算类

48. 滑坡推力计算盘设计说明 (摘要) 铁道部科学研究院西北研究所 (275)
49. 用虚 f 曲线分析滑坡稳定性及其推力计算 水城煤矿设计研究院 (278)
50. 同向岩体边坡稳定性的研究 北京地质学院工程地质教研室 (290)
51. 露天矿边坡稳定研究的工程地质工作方法 (摘要) 中国科学院地质研究所 (304)
52. 稳定边坡角的岩体结构分析方法 中国科学院地质研究所 (314)
53. 用岩体工程地质力学解决岩石边坡稳定性问题实例 (摘要)
..... 冶金工业部沈阳勘察公司 (333)
54. 岩体稳定性的图解分析法 (摘要) 冶金工业部沈阳勘察公司 (336)
55. 山区建筑场地裂隙性硬粘土斜坡稳定性评价方法的探讨 (摘要)
..... 四川省综合勘察院 (339)
56. 水库库岸滑坡掀起的涌浪估算 湖南省水利电力勘测设计院 (342)

抗滑桩及锚杆类

- 57. 場坪滑坡锚固桩(抗滑桩)设计及计算……铁道部第二设计院第一勘测设计总队(348)
- 58. 場坪滑坡锚固桩施工……铁道部第二工程局第四工程处(379)
- 59. 用锚固桩整治大栗树车站滑坡施工简介……铁道部第二工程局第一工程处(382)
- 60. 用锚固桩整治青溪滑坡施工简介……铁道部第二工程局(386)
- 61. 牙口滑坡整治总结……牙口滑坡处理小组、鞍山矿山设计院(390)
- 62. 抗滑桩计算探讨……水城煤矿设计研究院(408)
- 63. 103站滑坡整治工程……第十九冶金建设公司技术处(423)

测试技术类

- 64. 现场大型剪力仪简介……第三机械工业部勘测公司(432)
- 65. 现场大面积剪切试验在滑坡工点中的初类应用(摘要)……铁道部第一设计院(435)
- 66. 滑坡滑带土在不同物理状态下的残余抗剪强度(摘要)
……铁道部科学研究院西北研究所(439)
- 67. 杠杆加压式等应变环状剪力仪设计原理
……铁道部科学研究院西北研究所(447)
- 68. 物探在滑坡勘探中的应用概况……铁道部第四工程局物探队(456)
- 未编入本文集的各篇资料重点内容……(466)
- 编 后……(483)

综合性经验类

防治铁路滑坡经验综述

铁道部科学研究院西北研究所

一、滑坡、滑坡类别及其与几种主要斜坡病害的区别

斜坡岩体在自重及其他因素的作用下向下运动，它所产生的不良物理地质现象有多种类型，如滑坡、崩塌、错落、堆塌、坠石、剥落和泥石流等。

(一) 滑坡的涵义及特点

对于滑坡的涵义，各人的解释不尽一致。我们从利于防治滑坡工作出发，例如便于识别滑坡现象、易于找出滑动原因和不利条件、利于判断稳定性和发展趋势、能预先估计防治措施，结合原因、变形过程和形态特征等特点认为：斜坡岩土在重力作用下，一般由于改变了坡内一定部位的软弱带（或面）的应力状态，或因水和其他物理化学作用降低了该带的强度，以及因振动力或其他作用破坏了该带岩土的结构，使部分岩土失却稳定而沿该带作整体沿长期地向下滑动的现象称为滑坡。它有蠕动、挤压、滑动和固结阶段，在不同阶段表现为不同速度的向前运动。滑动后一般具圈椅形后壁、封闭洼地、台阶、鼓丘和陇状前垣等独特的外貌。其特点为：

1. 许多滑坡有一较长的形成和发展时期，因受地质和水文地质条件的影响，在岩土形成过程中早就有软弱带存在其中，滑带即沿此软弱带发育形成。在既有的软弱带部位，先因应力大于岩土的强度而变形、而移动，滑带就逐渐依之而形成。此段滑体则构成滑坡的主滑地段。由于主滑地段有变形，后部（在软弱带以上的岩土）似基础陷落、失却支撑而断裂、产生一系列的裂面组，前部岩土因受挤、被剪断而产生了滑面组，直至形成贯通的滑面在前缘挤出地表时，滑动就开始。后部称牵引地段，前部叫抗滑地段。滑体向前移动一段距离之后，主要因前部产生滑面一段及滑动后脱离滑床一段的阻力逐渐增大而稳定。当然，滑动一段之后，位能减小、主滑地段岩土的体积减少、滑带水被挤出、滑体在受挤中消耗能量等，和抗滑地段岩土的体积增大，也都是有利于稳定的；由于滑动使滑带岩土的结构破坏，如土粒作平行与带状排列等物理化学的作用而降低了抗剪强度，也不可忽视。后部在未断开之前本无推力作用于主滑地段，只因主滑地段变形、蠕动或滑动使之失却支撑而引起断裂，产生了裂面组之后，后部岩土由内摩擦的结合作用转变成沿裂面间的外摩擦性质而产生推力；尤以有了裂面，导致水沿裂面渗入，降低了裂面间岩土的强度，以及裂隙充水产生了水压等作用才会有较大的下滑力；故就极限状态时而言，后部属牵引性质，称牵引地段。至于前部（自滑带向上离开原岩土中既有的软弱带以后）在岩土中本无贯通的软弱带，只是在主滑地段的作用力挤压下，新形成了滑带（有些滑坡无此段落），它和滑动后在前缘脱离滑床的一段滑体，产生阻止滑动的作用，故叫抗滑地段。由于影响滑动的条件有改变，应力与强度间的对比也随之变化，所以主滑地段和抗滑地段是经常在变动的。故在不同时间内滑坡的稳定就表现有阶段性与周期性。这就是一般滑坡的主要特点。

2. 也有另一些滑坡的滑带，由于岩土中本无地质上既有的软弱带控制，而是纯因山

体的几何外形与实际荷载分布的不同,或是下部为深厚的松散体与强度小的岩土,因截面尺寸的变化,应力(包括压应力与剪应力)集中于尺寸较小或下部岩石强度较弱处,或被剪断或遭压坏而生成的。滑带形成后,滑体即如前条所述各特点沿之滑动。这类滑坡如改变外形或增加、改变荷载,滑带的位置是可以变动的。由于其酝酿和形成、滑动的过程和方式、滑动后形态与稳定性等均与一般滑坡有出入,应注意区分,在防治上有本质的不同。例如在巨大而高陡的山体斜坡上,此类滑坡形成的过程一般是:在中前部常先有深层蠕变现象,后导致水分在这蠕变带集中,随之该带岩土因水的作用而风化,强度逐渐衰减,使蠕变区逐步扩大。由于该山体各部分的岩土强度基本类似,包裹最大岩土体积的面是弧形,因此剪切变形区按弧形向后、向前发展。一旦变形积累到足够数量,蠕变区以上岩土在其后部如基础下陷性质与母体按一定的斜度断开,此断裂面成组,裂面间强度自比原岩土间结合力为小,势必产生推力而逼迫蠕变区移动,因之发育成滑带而推挤斜坡前部的岩土。此时,一面在后缘出现环状裂缝与错壁,一面在斜坡坡面上产生X形挤开裂隙(有的不显著)。山体经此挤压紧缩,有的可能因压密而增加强度在裂缝逐渐消失下趋于稳定;也有变动后在裂缝未密闭前由于条件适宜,如多次降水或壤中水通道被切断,因水沿裂面组渗透,使滑带强度进一步遭削弱,由于恶化了条件,滑坡变成长期不断地缓慢移动;也可在暴风雨侵袭下因暂时性裂隙充水而增大了山体重量与水压,使蠕变带与前缘新生的滑面突然贯通成滑带而沿之急剧地滑下。这类滑坡一般是滑动后的滑体大部分离开原滑床,它滑动后的稳定性随离开老滑床的体积大小和离开滑床部分之下伏老地面的倾斜与性质而异;有的逐渐压密固结不再滑动,有的转化为一般沿老地面滑动的滑坡了。由于特点不同,这些滑坡在某些阶段的防治办法与一般滑坡是有区别的;例如产生后缘裂缝后常以减重或改变滑体外形减少压应力和加强地表排水为主。

3. 在变动滑带应力状态方面,不少滑坡是由于河流冲刷或人为切割了前缘支撑部分,滑体在失却支撑状态下,增大了滑带的剪应力而滑动,也有局部的滑带可能因压应力增大而将滑带岩土的结构先破坏而失却剪强度的;或是由于后缘山坡的崩坍土石或人为填碴堆于滑坡的中后部,直接增大滑带的应力而滑动,等等。一切改变滑体外形增大滑带剪应力而能促使滑动的条件,总是在主滑地段加载、在抗滑地段减载,才能产生滑动。

4. 大多数滑坡的形成与复活,都是因增大了滑带的含水程度或结构遭破坏而引起的。招致滑动的水量和水位或某种水质变化,随滑带土的性质和滑床的倾斜度而异。例如,四川某地三迭纪的灰绿色页岩风化残积土和岩屑为滑床时,如向临空面倾斜,在 20° 左右则滑带含水刚达塑限程度即产生滑动;而山西某地新第三纪或老第四纪的杂色粘土为滑床时,其倾斜如在 7° 左右,滑带含水必须达液限(或塑流)程度才能滑动。

至于滑带结构的形成与再次破坏,只有在岩土形成中已具备软弱层,尤以在孔隙饱水条件下,在一般震动中才是可能的。形成或破坏滑带结构的原因,尚有在高水头下水对滑带岩土的长期潜蚀作用,或滑带为煤层因自燃而丧失、因人工开采而遭破坏、因某种矿化水与滑带土产生化学作用等而促成。

5. 滑体是滑坡动体的总称,沿滑带与滑床分开,可以是任何土石组成。滑带与滑床之间有锯齿状擦痕的滑面。一般纯因剪切破坏而滑动的滑坡或滑坡中这一部位(如在滑坡的主滑地段),其滑带薄、滑面光滑而单一,从显微镜下能见滑带土粒的排列和裂隙与滑动方向平行。受挤压作用严重所形成的滑带(如在抗滑地段),带厚、岩土扰动大、滑面成组(常为两组及以上),镜下所见土粒排列和裂隙为两组及以上,它与滑动方向虽一致但成锐角相交。因基础沉陷或主动土压所引起破裂的面(如在滑坡后缘牵引地段),多张开、粗糙、成组,该面

的倾角较陡，它经过下错后才具擦痕。

6. 滑带的形成往往依附或由岩土中软弱带生成。一般与地质条件有密切关联，其岩性软弱、易于风化而降低强度、有持水及隔水性，或是处于斜坡内应力集中和结构松散易于遭破坏的部位。有一些滑坡的整个成长过程，由于地质、水文地质条件和临空面以及其他原因的影响，可以沿一个滑带发生一层或一级滑动，也可能沿几个软弱带发育成多层或多级滑动。发育成多层滑坡的，总是由于滑坡发展过程，能形成几个滑带所致。但每一滑带土总比上下岩土强度为低、松散、持水性能好，而滑带下层岩土一般总是具相对隔水性的或是透水层。

7. 一般滑体为一整块或几大块下滑，每块滑体上各部分的相关位置，在滑动前后基本上变化不大。虽然一些大滑坡的前缘及两侧可能先有局部崩塌、坍塌及流泥现象，或滑动中滑坡表面也出现崩塌和土石翻滚现象，但绝大部分的滑体还是作整体地滑动。

8. 滑动是长期的、缓慢的，具间歇性，有蠕动阶段、挤压阶段、滑动阶段，有时也表现为急剧变形的大滑动阶段，最后为渐趋稳定、滑体逐步沉实的滑带固结阶段。随着条件的变化，各个阶段或其中某几个阶段可因之周而复始，有周期性；但滑坡基本上（指主滑地段）总是沿原滑带作向前滑动。大多数滑坡在滑动的各个阶段都具有一定的外貌，并出现一定迹象可资辨别；崩塌性滑坡只不过是中间阶段（滑动）短暂、迅速发展至急剧滑动而已，但在各个阶段的迹象还是明显的。

9. 发育完全的滑坡，滑动后多具有一定的形态。在后部，一般具有弧形后壁或张开性下错裂缝与下滑擦痕和月牙形的封闭洼地；有些滑坡刚滑动后可见滑体与后壁分开直到滑面，水沿这月牙形的沟（滑坡湖）向两侧排泄，随后因后壁坍塌而将此滑坡湖掩埋成封闭洼地，该处水泉发育并丛生喜水植物。在中部常为一级以上台阶，每级平台的后缘总有弧状错壁或下错裂缝，台面常有后倾现象，在台面的前端常高出两侧不动山坡，滑体两侧与不动体间有断断续续的羽状剪切裂缝或错壁，此错壁上常有横向、与滑动方向平行的擦痕。滑坡的前部成陇状，具放射状裂缝，常有坍塌现象，如滑面低于基底，前缘常出现鼓丘和环状的垣，丘上有横切滑动方向、张开性的隆起裂缝，在出口附近常见错出的滑面，具有明显的擦痕，有时沿此出口一带出露有喷泉、湿地与喜水植物。

10. 自然滑坡群的形成，常与某一具软弱岩性的岩层分布有关，绝大多数为这一岩性不良的岩层被侵蚀出露后或接近地表时，尤以岩层面倾向临空面，更易于产生滑坡区群。滑坡为河流下切过程中，常因山坡失却侧向支撑在重力作用下而发生的不良物理地质现象之一，尤其是在河流侵蚀作用强烈阶段极其发育，因此同一河谷不同年代的滑坡群常与各个阶地侵蚀基准面的标高有密切关系；也由于某些岩层受地下水的浸润而形成滑带，因此一旦成带状分布的地下水被切断倾向临空面时，滑坡也会沿此地下水分布面成群发育；等等。所以滑坡区群是有区域性、成层性和分带性。

（二）滑坡与其他斜坡病害的区别

1. 滑坡与泥石流的区别：滑坡是整体地沿滑带滑动，其土石结构层次及相对关系不因滑动而有所变更，即是塑性滑坡也是这样，只有滑带土石在挤压下混淆，在稍干时仅滑带土中可见有规律的滑面与擦痕；而泥石流是以水流搬运为主，土石在水流作用下呈悬浮状态，下层的土石可以翻滚混淆于上层之中，常出现泥球互相挤压，具有许多不规则的擦痕。因此，动体如在大量水的作用下流动，已达到整个厚度几乎全为滑带时，土石产生混淆现象，即是泥石流；如动体基本上分为两层，上层较厚，仍保存原始结构状态、基本上是整体地沿

下层滑带向下滑动，只下层为滑带，土石混淆，它可以呈塑限、液限和流塑状态，谓之滑坡。当泥石流的水量减少，动体内土石不再翻转、悬浮，而是成层地整体地沿下伏老地面滑动时，就转化为滑坡。同样塑性滑带，一旦水量增多到使滑体土石悬浮而翻转混淆时，动体各个组成部分的结构遭破坏，就转化为泥石流。

2. 滑坡与错落，在一些国家和个人是并为一类，我们因其变形性质、危害、稳定阶段和防治办法不同，从有利于防治工作出发，认为必需区分。错落一般是当地较大范围内地貌演变的继续，尤以山区受地质构造的配套裂面组合和河流切割造成的临空面为地貌发育的基础时，它是从属于由此而奠定的山体格局的变形现象。错落的后壁往往依附一组陡而平顺的、或两组相交的、倾向临空面的、既有的断裂面而发育，作用力来源于后部沿裂面产生的重力之分力，挤压中前部向临空面变形。由于作用力以垂直为主，中前部的变形则以压密为主，水平移动为次，而不能产生前缘反翘现象。被压密的岩土，因承载强度增大，也就恢复到稳定阶段。引起中前部压密的条件，理应为高陡的斜坡有巨厚的岩体则自重大，同时位于下部的岩石如结构松弛或强度能逐渐衰减则受压压缩。压密变形的过程，一般先从侵蚀基准面附近最近一层的松弛岩石、或是基底承载面积相对小的部分发生，逐渐调整至坡顶，在后壁裂面附近这一部位形成一组下错裂缝，产生一定错距后，就完成了—次错落现象。由于变形系自下部先产生，因此这一变动就很突然，等到发现后缘下错后，变形即告完成。在上述条件下，可由于种种增加下部松弛岩石的应力，如久雨促使松弛岩体充水和裂面暂时充水而产生水压、自然和人为在坡顶堆积土石、河流或人为切割了下部松弛岩石而减小承载面积等发生错落或再错落；也可因种种作用降低下层松弛岩石的单位承压能力和剪切强度，如渗水后加速风化、岩石在长期压力作用下强度的衰减等，以及可以因种种作用使整个岩体结构遭破坏，如地震、大爆破和浸水崩解等，使错落现象再产生。一旦在松弛岩石内形成—压碎带，就易于导致壤中水沿之而集中，更促进风化，从而降低了该带的强度。此压碎带名之错落带，如其相对厚度小、向临空面的倾斜缓，将由于自身的抗剪强度降低至小于剪切应力，而转化为顺错落带的滑动现象。错落带即发育成滑带，变形现象也转化为在错落基础上发育的滑坡。此时各平行于后壁的构造裂面组，一旦暂时充水，排泄不及，易产生水压，错体在此强大的水平推力作用下而急剧地作滑坡滑动。同样如错落带较厚，或下部松弛岩石的破坏范围大成楔状，向临空面倾斜陡，往往起因在下部楔形尖端的岩石结构先遭挤压破坏，由于下部边缘岩石大量丧失，上部岩体悬空而产生大范围的岩体倒塌等现象，这就是错落向崩塌转化的过程。

我们经多年实践，如上述，认为错落这一变形性质特殊，而大自然中尤其是在山区这一现象也十分发育，故需要划分为独立类型。它与滑坡的区别：由于错落的后缘裂面是依附或由岩体形成过程中地质条件下既存的一或两组构造裂面而产生的，故后缘裂缝或错壁往往呈直线或两组直线相交的折线形如齿状；而滑坡的后壁基本上是无既存裂面为控制，纯按较均质岩土中力学性质而成为弧形。错落是垂直变动为主，作用力来自后部，沿错动带初期属压密性质，顺后缘陡壁下错，故外貌呈半馒头状，从平行移动方向的截面上看，横长略大于厚度；而滑坡以水平移动为主，作用力来自中部主滑地段，沿滑动带向前滑动，属剪切性质，故外貌如舌状，在平行移动方向的截面上横长远远大于厚度。错落的错落带主要受陡倾向的挤压作用形成，故带厚、挤压柔皱现象突出、有多组多方向裂面，带中为破碎岩土以岩屑、岩粉混杂为主，潮湿、水量小、一般不承压；而滑坡主滑地段的滑带系受自身缓倾斜的剪切作用形成，故带薄、滑面光滑且基本平行于滑床，带中岩土以粘性土为主、多持水、呈软塑

至塑流状，滑带水尤其在中前部常具承压性。错落的出口常在临空面的基底以上，一般总是向下倾斜而少擦痕与光面；而滑坡出口如在基底以下时，前缘易弯曲、隆起，形成鼓丘及陇状的垣，有明显的向上翘的滑面组和擦痕。错落很少有几级错台，每级错台的后缘均基本上平行成直线状或齿状，且错台的台面基本上为平的或前倾；而滑坡多有几级台阶，每级台阶的后缘在方向上多有出入，即属一致，也是成弧状，有新月形洼地，每级滑坡台阶的台面多向后倾。如错落体的中前部错动带自行下滑时，带中产生与移动方向一致而平行于不动体的擦痕，就转化为滑坡现象。

3. 崩塌与滑坡在变形上的区别比较显著。崩塌体是各自分离，有倾倒、翻转、散堆于坡脚下的现象，每次崩落均离开原有的裂面，再次崩塌又沿新生的裂面发生；而滑坡体在滑动后基本上仍保持整体状态而不分散、体内土石无倾倒与翻转现象，再次滑动时大部分滑体仍沿原滑面继续向前。崩塌系因斜坡下部在边缘部分的岩土结构先遭破坏，上部岩体在失却承载下因自重而断裂作急剧地倒塌和崩落而下的现象；而滑坡则因斜坡内有一定的软弱带，先因该带剪切应力大于岩土的强度，或因失却横向支撑剪断了该带岩土而沿之较缓慢地滑动。由于与母岩分离的崩塌部分的主要界面是受下部结构先遭破坏的岩石分布范围的影响，也与上部悬空受影响范围内软弱部分和既有裂面的分布有关，以及当时各种不利条件的组合，使之向力学上组合最不利的边界发育，因之在坡顶上事先出现的裂缝与松弛张开的现象常不规则，只是大体上有一走向范围，一般离坡顶较远，且往往自坡顶出现这类裂隙后至大崩塌为时短暂，只有发育不全的崩塌地区，我们才见到这种崩塌前的酝酿变形，这是崩塌不同于滑坡的又一特点。滑坡的后缘裂缝与变形是有规律的，而且各个部位的裂隙性质也是明显的。

由于崩塌与滑坡两者在力学性质上如此不同，对尚未变形的斜坡岩体，可自体内软弱部分的分布和组合与在一定外形下应力的分布等方面了解，从而判断和预计能否产生变形，应是滑坡或崩塌变形。

至于崩塌体与滑动体可从堆积土石的结构与顺序上区分，崩塌体是杂乱无章的；而滑体基本上仍保持未变动前的相互关系、结构和顺序的；崩塌体的地面倾斜坡陡，滑体则缓。如崩塌堆积体沿下伏老地面作整体滑动，此时即转化为滑坡现象；同样滑体滑出陡坎的部分，坠落而下，这坠落部分已转化为崩塌了。

4. 至于堆塌（又称坍塌）现象，基本上属斜坡边坡部分的变形，与滑坡、错落和崩塌等属斜坡岩体部分变形，在范围和规模上、在变形性质上不一样。坍塌一般是发生在斜坡岩体各部分的强度基本类似的条件下，由于种种原因使岩体边坡部分的土体结构松弛或强度降低，不能支持原有的斜度，而发生土体由外向内、由下向上的逐层向下移动的现象。直到斜坡坍至一定缓度，变形才终止。坍下的土石按自然休止角的坡度堆于坡脚。这一边坡部分岩石的变形，多半在雨季由于表水渗透与浸湿了土体所造成，或因震动使之结构松弛、降低了强度而坍塌，或某些岩石由岩性所决定因新鲜面受大自然营力的风化作用有膨胀和崩解性而松弛；另一些构造变动剧烈的岩体存在有地应力，在大量削坡后，因地应力释放而使边坡在一定厚度内的岩石松弛，逐渐不能支持新开挖的陡坡；不少地段是由于开挖后，改变了水文地质条件，由于坡内壤中水的作用，在浸湿了岩土的部分先坍塌而逐步向内和向上扩大。

基于上述理解，坍塌与滑坡的主要区别：堆塌仅仅是因边坡坡度过陡，由外向内、由下向上逐次松弛而变形，逐步塌下而改变斜坡表面的坡度；而滑坡则为下伏滑面剪切强度不够作整体地向前滑动，其头部斜坡甚至滑动一段距离之后仍能支持原陡度。虽说有些滑坡在滑

动前、或滑动中头部斜坡也有堆塌现象，但动体的后缘裂缝总是远离坡顶，它与坡顶附近坍塌裂缝之间总有一段无裂缝区；而坍塌则仅是在坡顶附近不断变形、坡顶裂缝密布、由边向內发展，但无如滑坡与错落作整体移动而保存原结构状态的中间一段。堆塌如土体失却一般挡墙的横向支撑一样，产生由下向上的一环一环的主动土压破裂面，由外向內逐渐扩大，每次坍下后该破裂面即消失，再次坍塌又沿新面下塌；而滑坡则沿一定的滑面移动，再次滑动基本上仍沿原面继续移动。坍塌体是松散的、潮湿的，原结构也不一定保持；而滑坡体的主体部分则较密实，维持原含水状态与组织结构。

在自然现象中，往往下伏软弱带倾向河的山坡，其前缘陡坎外堆积了土石，常因陡坎外堆积体受坡內壤中水的作用而坍塌，一旦由于坍塌而削弱山坡的横向支撑，引起后部山坡岩土沿向河倾斜的下伏软弱带作整体地滑动，此时山坡即转化为滑坡。同样大滑坡体的前部与两侧，常在大滑动以前，受滑坡推力的推挤，使之向临空面松弛，或有坡內壤中水、滑带水等浸湿了前部与两侧岩土而坍塌，这时变形现象虽局限于滑坡的前部与两侧，可称之堆塌，但不可忽视为滑动的前兆。当大滑动后，滑体基本上已远离滑床，如掩埋在阶地之上，由于经过急剧运动，前缘及两侧土体结构松弛，在每年雨季浸湿下，常产生堆塌现象，需经过长期沉实固结才能稳定，此时滑坡则转化为堆塌了。

区分滑坡与其他主要山坡病害的目的，可防止错用整治措施，否则非但未能减缓变形，甚至反而增大危害。

例如大滑坡移动之先往往头部（即前部）斜坡出现岩、土松弛、坍塌等堆塌现象，如误以堆塌为主要病情，采用刷缓斜坡措施，正好是刷了滑坡头部抗滑地段，减少了抗滑力，反而促使滑坡发展。这种情况在铁路新线修建过程中，仍较常见。

又如新生的中深层块状滑坡，尤以处于青年期的滑坡，往往头部抗滑地段较短或几乎没有，在外貌上接近馒头形，如误认为错落现象或推动式滑坡，以为变形作用为中后部的巨大压力，而中前部基本上是抗滑的，从而在中后部进行大量减重工程，它虽是减少了推力，也减缓了变形速度，但并不能改变中下部自行下滑这一基本性质，结果耗费了大量费用与劳动力，几年后滑坡又大动。这一教训有的铁路直到修建完运营五至十年之后才认识。同样在一些大型错落体的坡脚开挖隧道引起了错动，经过山坡局部减重，整平地表，加强地表排水和在隧道內加强衬砌与压浆后，变形就不再发展；如误认为滑坡，处理又不当，结果由于抗滑工程过大，有些几乎办不到，只好改线绕避，给人民财产造成巨大损失。

同样将泥石流误认为滑坡，在头部修建支撑工程，泥流体往往自两侧及其顶部越过。将崩塌误认为滑坡，也易造成不必要的耗费大量工程于下部，而高出墙顶以上的巨大山坡，仍在不断崩塌落石，并未防止危害。

（三）滑坡的类别

为了便于与防治滑坡的工作顺序相配合，能预先估计可能采用的相应的措施及工程造价，我们按组成滑体的物质（包括成因）、滑体厚度和滑动性质将滑坡分为四个基本类别：堆积层滑坡、黄土滑坡、粘土滑坡和岩层滑坡。按滑体厚度又分为浅、中、深三种滑坡。根据不同的主要性质和特点区分为典型滑坡、崩塌性滑坡和错落转化成的滑坡；同类土滑坡、顺层滑坡和切层滑坡；以及牵引式滑坡和推动式滑坡；等等。

防治滑坡工作的一般内容及顺序：首先要判断是否滑坡现象，尤其要充分估计到如人为地改变了自然山坡的条件后能否产生或转化为滑坡，并需能估出它的性质、规模和危害。其次，在初步勘察后要对滑坡现象能预计到滑坡带可能发生的部位、依附或由那类岩土组成，

当前滑坡处于那一稳定阶段，以往滑坡发育过程及发生发展的条件、因素与变化，将要变形的范围、滑动性质、规模、危害和因之而引起的后果和发展，今后可能促使滑坡发展的主次要条件、因素和变化；并据此应能大体上安排出正规调查、测绘、勘探、化验、试验和观测以及研究等等工作量和计划，尔后再随工作进程随时修改看法与计划。再者，要提出应针对那些主次要条件和因素进行治理才能防止危害，从而提出可能生效的防治方案及每一方案有那些主要措施和造价，以便比选；在对滑坡地区进行工程建设及整治工程时，也需能预计到施工中可能产生的变化，而能预防不使滑坡因之恶化，并能保证工程顺利完成，等等。

从实践体会，我们认为抓组成滑体的基本物质为主结合地质成因的滑坡分类是可以满足利于防治工作要求的。现分堆积层、黄土、粘土和岩层滑坡四大类：首因这些类型的滑坡在我国自然环境中数量多、性质不同、了解方法不一样、有效的防治办法有别等，才有归类的价值。其次，从定名上即可了解该岩土成因、性质、地质条件和可能的水文地质变化，且可从外貌上一目了然为最大优点。再者，可联系各类滑坡必然具备的特点，经过短期工作与针对各自特点的勘测方法后，即可了解滑面可能埋藏的深度和部位而推断出变形的规模大小；从滑床性质和倾斜度、从地质成因分类的滑体必然存在的结构特点和水的活动，从滑带岩土上可以了解到的滑坡特性等，可预计到滑动性质为缓慢移动或突然剧动。最终，从上述分类法可以针对各自特点，安排调查，测绘、勘探、化验、试验和研究等工作的重点内容和计划，并可预计到了解它需多长时间与可能性，从而可尽快地掌握它属该类滑坡中那一类型和特点、影响滑动的主次要条件和因素、转化条件和发展限度与危害；并据此而能预先断定采用那些防治措施可能生效，且能保证建成。

事实上多年来我们每接触一滑坡，总是先找滑体是否包括基岩、滑带是否深入基底以下和滑动是否急剧与突然，才可尽快判断规模与危害性，以便尽早地确定铁路或厂矿的位置的。在数量上岩层滑坡虽少于覆盖层滑坡，但岩层滑坡的滑面与地质上构造结构裂面、断层带、不整合面、层面、片理面等有密切关系，常产生于岩石破碎或岩性软弱的泥化、片理化、石墨化、滑石化、蛇纹化等和易溶、易燃的夹层部位，深入基底以下者较常见，它不同于覆盖层的滑动，故必需将之单独划为一大类。覆盖层（除软土外）的滑动，在地形上虽一般多以基底面、或当地各个侵蚀基准面、基岩顶面为出口，但因堆积中山坡堆积、黄土和各种特殊粘性土的形成环境与过程不一，性质不同，以其为滑体的滑坡在成因、性质、规模 and 危害上出入很大，而且有地区性，在防治上有不同的规律，故也需各个单独分开。

例如，在各山区均常见有各种山坡堆积物，包括坡、崩、洪、残积和个别冲积层等沿基岩顶面或不同的堆积层间滑动，滑体以碎石夹土为主，一般粗颗粒成分多、成倾斜排列、具不均匀性；正因为它的组成不均匀、松散而易于渗水，构成滑面的部位将为堆积体内各个不同成因、年代的堆积层次（当其具相对隔水现象之时）。也因结构松软，当前部滑动后易引起滑坡向后部、向上发展，以及水可因堆积土石的再松弛而下渗，使滑面向下发展直至基岩顶面。同样滑动性质和滑动时滑带所需含水程度与滑床（隔水层或基岩顶面）的倾斜度和组成滑带岩土（含粘性土较多一层或基岩残积土）的岩性是密切相关；如滑床较陡时，滑带中并不一定有流动的水就滑，因此实践证明往往毋需对滑坡供水来源和补给方式做过多的了解（也不一定能及时了解清楚），只在滑坡头部了解了壤中水的分布后，修建了疏干和支撑工程群等措施，就立即产生防止滑动的作用。此说明将之单独划为一类的必要性。

同样在我国的西北广布了黄土与黄土类土，它在地质上虽称堆积物，但它有一定的成层性、均一性和成岩环境，它以粉土为主而组成含大量碳酸钙盐、并具大孔性，层厚常达数十

米至百余米等，这些特点与山坡堆积是回然不同的。除了洪、堆积成因的黄土之外，老黄土中除非有地震裂隙一般是不会在黄土层本身产生滑动的，只在不同年代的黄土堆积面或钙核层内且含水饱和时，才产生顺层滑动；由于这类层面平缓，只在层间水量大时才有可能滑。比较常见的黄土滑坡为厚层黄土沿下伏老地层顶面的滑动，它虽与堆积层沿基岩顶面滑动类似，但地面水是否能直接渗至滑床顶面，将视黄土中垂直节理及大孔隙是否贯通而定；一般老黄土内有古土壤层、大孔隙不发育，表水常不易直接渗入，不如堆积层有利。所以当厚层黄土下伏的老地层较平缓时，沿之而滑动的滑带水非独水量大而且来源必远，易于截断；不似堆积层滑坡沿基岩顶面的水常系裂隙水和地表水所补给，量小、而少规律。如下伏的老地层倾斜较陡时，由于系底部黄土作为滑带土，它浸水后丧失强度大而迅速，故比堆积层滑坡产生滑动突然和急剧；且因黄土具高陡边坡，故滑动后的危害更大。这样在防治措施上两者不可能完全一致，前者堆积层滑坡可能采用减重与支挡相结合的措施治理；而后者黄土滑坡在不能绕避时，目前办法是在滑面下修明峒，或修支撑明峒并在峒顶回填土以支撑山坡。即是洪、堆积成因的黄土，也与山坡洪、堆积层不一样，一般它在重塑作用下仍保持一些碳酸钙盐的作用、土体结构密实、能保持高陡的边坡。如洪积黄土所夹砂层呈透镜状分布，它能否沿砂层产生滑动，将视透镜体的总倾向、倾斜度与临空面的关系，以及砂层是否有封存水、或如何集中水分而定；往往开挖后经过两三年才以水气方式在砂层透镜体附近集中了一些水，使该带土体呈现潮湿（仅达塑限程度），事实上土体已在难于查觉的情况下因蠕动而微变形几年了。这与结构松散的山坡洪、堆积层为滑体的滑坡现象不同，故了解两者的办法也不相同。例如在一个坡面上曾有早期出现的X形微裂隙，因它细小而为人们所忽视，随后在久雨或暴雨之后，突然在坡顶产生环裂，并在坡脚同时出现隆起，由数时至一两日即沿砂层产生急剧的大滑动。一些顺层的黄土滑坡，如新黄土沿老黄土或老地面的滑动、上层黄土沿古土壤层或沿钙核层的滑动，它们与一般堆积层的顺层滑坡是有类似之处；但作为滑床的土质与滑带土是以粉土或粘性土为主，故古地形剥蚀面为滑床时其倾斜一般较缓，常需滑带有较多的水才能滑动。在防治措施上则着重于处理滑带水及防止地面水下渗，不似堆积层的顺层滑坡以疏干头部、修支挡工程为主。至于在了解滑坡的办法方面：对黄土滑坡，①着重于了解所在地段大范围内黄土的成因、阶地个数和每阶地标高，以判断是否有层间滑动的可能性和可能的出口位置；②通过对当地地层对比，从缺失或减薄的层次中可找出滑体内滑带或面的部位；③从邻近范围内含水层的分布以推断滑带位置及滑带水的水文条件，然后经过勘探来证实；④特别重视黄土下伏的老地层或老地面的顶面形状与岩性，以及有无沿此层滑动的可能性；⑤对已经滑动后的黄土滑坡，地貌景观是清晰易于辨认的，可据之推断滑坡的各个组成部分，最后由观测和勘探来证实。而对堆积层滑坡，则着重于滑坡所在的地形为主，此因组成滑体的堆积物受当地条件的影响大，除气候因素外，它与滑体中多次堆积交迭现象和堆积面的倾斜度有关。所以，在了解堆积层滑坡时，①需弄清它属山坡洪、堆积或是沟口洪、堆积类型，如属洪积需弄清各次洪积的交互沉积方向；②了解滑带（或面）可能埋藏的位置，往往用勘探证实它；③对基岩残积土的岩性要特别注意，以便确定滑带土究竟是残积土或坡积土组成，以及滑坡能否发育至基岩顶面；④古剥蚀地形的形状为研究的重点，往往滑坡沿古沟槽、洼地发育，常以勘探证实它；⑤常需做基岩顶面图和过湿带分布图，以确定滑坡的立体形状。以上所述各点，即是我们对黄土滑坡必需单独划为一类有利于防治滑坡工作进行的原因。

在我国华东、中南和许多山间盆地一带的丘陵地区，为湖、海相和间冰期沉积的地层，

一般多为细颗粒、并含有特定的矿物。有些如晋中、晋东南的老第四纪（或新第三纪）的杂色粘土，基本上为半成岩性质，有不同产状的构造裂面；当层面倾向临空面，在粉细砂与粘土互层处如含水，且该层接近地表时就易产生滑坡。它类似岩层滑坡中顺层滑坡性质，不过岩性较之软弱；所以除着重了解构造裂面外，还需注意岩性。又如裂隙粘土，在我国上述地区分布广泛，或因卸载膨胀而松弛，或因干、湿而崩解，滑面位置是随裂隙的扩大与深入而向下发展。由于它含有某些亲水矿物如伊利石、蒙脱石及高岭土，因而在平缓的斜坡上也产生滑动；这类滑坡大多受地面水和壤中水的影响，所以厚度小、范围大为其特点。发生这类滑坡的山坡虽缓，如不处理壤中水或加强支挡而单纯用刷方和排地面水是不易求得稳定的。再如，西南金沙江流域一带的昔格达层，为间冰期的沉积物，也有半成岩及松散的，因其岩性特殊，受水极易丧失强度，使上盖土石急剧滑动。它类似堆积层滑坡的滑床与滑带，然而变形较之发展快、范围大，需要从岩性上了解它才能认识此类滑坡的性质与危害。其他如海边一带湖、海相沉积的软土和山区以铝土页岩的风化土或某些含盐为主的地层中发生的滑坡，其性质、规模和危害都与一般粘性土有区别，了解它均需逐类从岩性上分别考虑才行。综上所述，在这类岩土中发生的滑坡，非但种类多，数量大；且该岩、土沉积的总厚度大，具地区性，同一层岩土的物理化学性质均匀，有含水、持水和排水困难等共同特点。其力学强度和可变性与所含的矿物种类和百分数有关，尤以某些含盐地层除了排水外，常需结合单独项目进行研究后，弄清了性质及滑动机理，才能据之而提出对策。所以，我们认为有将之单独划为一大类的必要。

滑坡的滑动与稳定，决定于改变滑带土应力方面，除少数为振动力、水压力和活荷载的变动处，主要原因还是在改变滑体外形；对自然滑坡而言，河流冲刷坡脚是主要的。所以，滑坡是否易于复活与滑体前部结构是否密实、土石和岩块的大小等的抗冲刷能力有关，因此按组成滑体物质的分类法对判断稳定性上较方便。含大块崩积岩块和坚硬岩石组成滑体前部的滑坡，理所当然，不易再因河流冲刷而复活；对黄土及粘土滑坡，在河流冲刷下，自易于再滑动。同样对因降低滑带土的强度而造成再滑动的滑坡，它虽与滑带土的岩性、滑动频率和滑走距离有关，但增加滑带水的水量与水头仍为控制因素。如以组成滑体物质为主来分类，堆积层滑坡易因滑动而断裂使滑体内各层间的水集中下渗至基岩顶面附近；而岩层滑坡的滑带水常较固定于一定的地质构造部位，如断层带、不整合面或一定含水层。对特殊粘性土滑坡，则随裂隙发展而作用至某一顺坡的裂隙面，滑带就发育到该深度；或者滑带只固定于有受水则软化的一层特殊土分布的部位，沿之而滑动，等等。所以，以组成滑体物质为主分类时，它有直接了解地质条件及变化、可能构成滑带土的岩土和层位、各个阶段引起滑坡发展的可能性和主次要因素及变化等优点。多年来我们就是随着工作次序，由表及里的而认为这样分类于防治工作有利。当然这样分类，也不能看成僵死的，还需看到它们之间的相似性、相异性和彼此不断在转变中。

实践证明，自然现象是复杂的，也是逐步发展的。各种病害之间，除了相异性，又有相似性，在一定条件下又可互相转化。除了一些典型现象外，又大量存在着过渡形态的现象。因此在辨别、区分和整治时不能仅从定义出发，而要从客观存在的具体性质出发，从分析这些性质中找出办法来。

二、铁路滑坡防治概况

二十年来，铁路部门在与各种山坡病害作斗争的问题上，有成功的经验，也有深刻的教