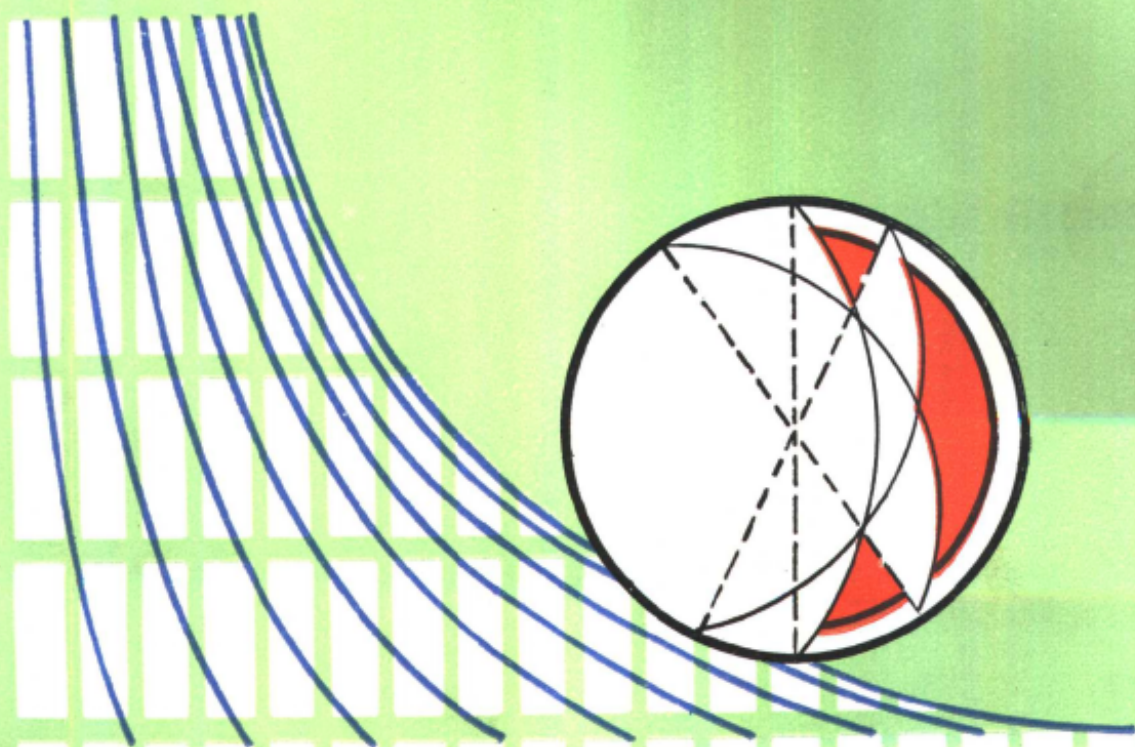


高等学校教学用书

露天矿边坡稳定

周昌寿 杜竞中 郭增涛 崔治光 合编



中国矿业大学出版社

责任编辑：周立吾

封面设计：张蕴琪

ISBN 7-81021-387-3

TD·80 定价：3.75 元

高等学校教学用书

露天矿边坡稳定

周昌寿 杜竞中 郭增涛 崔治光
合 编

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书针对露天矿边坡的特点、变形破坏特征,分析了影响边坡稳定性的因素,介绍了岩体结构面的调查统计分析方法。在叙述土岩基本物理力学性质的基础上,着重讨论了岩石、岩体的抗剪强度及其测定方法。较详细地介绍了边坡稳定性的不同分析计算方法,以及斜坡防治、监测方法。对排土场的稳定问题作了专门讨论。

本书为高等院校露天开采专业教学用书,也可供从事矿业、铁路、公路、土木或其它岩土工程建设的广大工程技术人员参考。

责任编辑 周立吾

设计、校对 杜锦芝

高等学校教学用书

露天矿边坡稳定

周昌寿 杜竞中 郭增涛 崔治光 合编

中国矿业大学出版社出版

全国新华书店经销 中国科学院开封印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/16 印张18.75 字数451千字

1990年12月第一版 1990年12月第一次印刷

印数:1—2000册

ISBN 7-81021-387-3

TD·80 定价:3.75元

前 言

为适应露天煤矿生产的需要,我国煤炭工业高等院校的露天开采专业,自1959年起开设了“露天矿边坡稳定”课程,并相应地编写了讲义。此后,曾对该讲义进行了多次修订。

随着露天矿山工程的发展,露天矿边坡失稳问题日趋严重,引起了国内外采矿界的极大关注。因此,自70年代以来,大量开展了这方面的研究工作,边坡设计及管理的经验日益丰富,有关论著大量问世。

根据国内外有关资料以及编者的科研实践经验,按照露天开采专业的教学计划要求,于1980年由杜竞中主持编写了新的讲义。

本书是在上述讲义经过多年教学实践的基础上,由原编写人对各自所编写的章节再次进行了大量的修改与补充。由周昌寿编写第一、七、八章,杜竞中编写第二、三、五章,郭增涛编写第四章,崔治光编写第六章。全书最后由周昌寿统编定稿。

限于编者水平,书中定有不妥之处,敬希广大读者指正。

编 者

1990年5月

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 露天矿边坡概念.....	(1)
第二节 露天矿边坡的变形破坏.....	(2)
第三节 露天矿边坡的特点.....	(9)
第四节 露天矿边坡稳定性的研究内容.....	(10)
第二章 影响边坡稳定性的因素	(12)
第一节 岩石矿物组成的影响.....	(12)
第二节 岩体结构面、结构体、岩体结构的影响.....	(13)
第三节 水的影响.....	(18)
第四节 爆破作业、震动影响.....	(21)
第五节 构造应力影响.....	(23)
第六节 其它因素影响.....	(25)
第三章 边坡工程地质工作程序及岩体结构面的调查、统计与分析	(27)
第一节 边坡工程地质工作程序.....	(27)
第二节 岩体结构面的调查.....	(29)
第三节 岩体结构面的统计.....	(32)
第四节 岩体结构面的分析.....	(41)
第四章 岩体的力学性质	(45)
第一节 岩石的物理、水理性质.....	(45)
第二节 岩石的力学性质.....	(51)
第三节 结构面抗剪强度.....	(73)
第四节 碎裂岩体强度.....	(88)
第五节 岩石、岩体力学指标的测定.....	(99)
第六节 试验数据的整理.....	(122)
第五章 边坡稳定性计算	(124)
第一节 概述.....	(124)
第二节 计算基础及计算方法分类.....	(126)
第三节 平面滑面计算法.....	(127)
第四节 圆弧滑面计算法.....	(134)
第五节 曲折滑面计算法.....	(143)
第六节 萨尔玛计算法.....	(151)
第七节 楔形体滑动计算法.....	(154)
第八节 球投影法.....	(161)
第九节 崩落及屈曲计算法.....	(173)

第十节 极限应力计算法.....	(175)
第十一节 有限元分析法.....	(189)
第十二节 概率分析法.....	(198)
第六章 滑坡防治	(203)
第一节 滑坡防治方法类型及程序.....	(206)
第二节 大型预应力锚杆(索).....	(207)
第三节 抗滑桩.....	(216)
第四节 疏干排水.....	(237)
第五节 控制爆破.....	(241)
第六节 抗滑挡墙.....	(243)
第七节 改变滑带土岩性质.....	(245)
第八节 矿山工程法.....	(247)
第七章 边坡监测	(250)
第一节 大面积边坡岩体移动的观测.....	(251)
第二节 边坡表面测量岩体移动的装置.....	(257)
第三节 钻孔内测量岩体移动的装置.....	(259)
第四节 微震监测.....	(267)
第八章 排土场稳定性	(268)
第一节 排土场变形的类型.....	(268)
第二节 影响排土场稳定性的因素.....	(270)
第三节 排土场稳定性分析.....	(275)
第四节 排土场滑坡防治.....	(281)

第一章 概 论

第一节 露天矿边坡概念

露天开采工程将矿床中部分矿岩采出后，形成了露天采场。露天采场四周由台阶、沟道及其附近土体、岩体组成的斜坡，称为露天矿边坡或露天矿边帮。

垂直边坡走向，边坡某部分最上一个台阶的坡顶至最下一个台阶的坡底的连线与水平线之间的夹角，称为该部分边坡的边坡角。

露天采场到达最终境界位置时的边坡，称为露天矿最终边坡，或称非工作帮边坡。相应的边坡角，称为露天矿最终边坡角，或非工作帮边坡角。

正在进行开采作业的边坡，称为工作帮边坡。它的位置是变动的，随开采工程的推进而到达最终边坡。采矿工程上将工作帮台阶坡底的连线与水平线之间的夹角称为工作帮边坡角。

单个台阶的边坡，称为台阶边坡；相应的边坡角，称为台阶边坡角。

露天矿最终边坡通常较陡，工作帮边坡很缓，台阶边坡则较低。因而露天采场边坡的稳定性，主要涉及的是最终边坡，亦即非工作帮边坡。

露天矿边坡依与倾斜矿体的相对位置，可分为底帮边坡、顶帮边坡和端帮边坡。如果是水平矿体，则无这三种边坡的区分。根据组成边坡的岩性，可分为土质边坡和岩质边坡。依露天采场位于开采境界封闭圈以上或以下，可分为山坡露天矿边坡或凹陷露天矿边坡。

露天矿边坡断面示意图 1-1

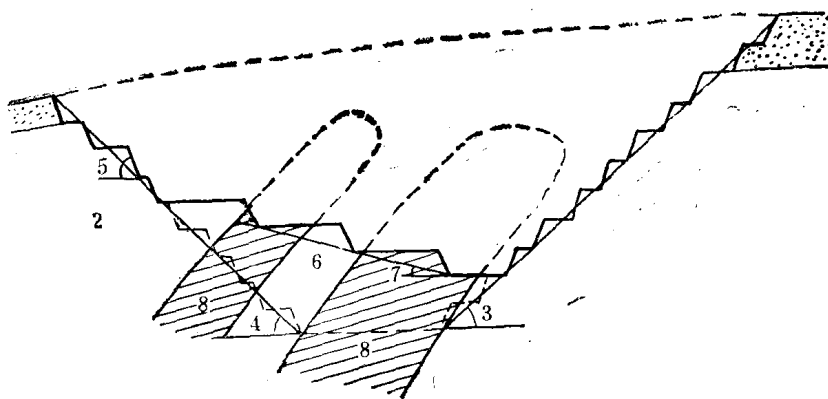


图 1-1 露天矿边坡断面示意图

1—顶帮边坡；2—顶帮边坡；3—底帮最终边坡角；4—顶帮最终边坡角；5—台阶边坡角；6—工作帮边坡；7—工作帮边坡角；8—矿体

对一个露天矿企业而言，除上述露天采场的边坡以外，还有由剥离的土岩堆积而成的排土场边坡。后者或位于采场境界以外，或位于境界内采空区。露天矿位于山区或丘

陵地带时，其地面工业建筑、道路工程等还常涉及到自然边坡。

露天矿边坡上常设有铁路、公路、胶带输送机线路、倾斜提升机线路，以及站场、通讯、输电、防排水设施，矿岩转载、破碎站等。非工作帮上的安全平台和清扫平台，用来承接和清除上部的落石，以保证露天采场深部作业的安全。临近边坡的地面，常设有工业广场、建筑物等，如调车场、矿仓、提升机房、机修厂、洗煤厂等。因而边坡稳定与否，关系到露天矿的生产是否正常和人身设备的安全。

第二节 露天矿边坡的变形破坏

严格地说，随着露天采场的开挖，由于原岩体内应力的变化，边坡岩体的变形也随之产生，但这种变形通常是不明显的。

人们习惯上将边坡明显的变形视为是边坡变形，如台阶面和地表面出现断续的裂缝，铁道出现轻度弯曲等。此时边坡仍不失其完整性，生产仍能继续进行，铁道稍加拨正仍能正常通车。边坡破坏是指边坡解体、崩落、滑落而言的。

边坡变形常是边坡破坏的前兆，但在一定条件下如加以整治，则往往不会导致破坏。如不加整治，则变形继续发展，如裂缝加宽、连通、延长、增多，变形体位移增大、加速，最终导致破坏。一个边坡工作者应及时发现边坡变形迹象，采取对策。

露天矿边坡的变形破坏按其发生形态可分为剥落、崩落、滑落、沉降、流动等几种基本形态，如图1-2所示。

剥落是指台阶坡顶坡面附近的松软、多裂隙土岩碎块，因风化、生产爆破、运输机械等震动作用沿台阶坡面下滚，堆积于坡底。这是露天矿边坡不可避免的现象，特别是岩石强度较低的露天煤矿更是如此。有的露天煤矿的最终边坡设计的平台较窄，剥落的岩石碎块堆满了有限宽度的平台，掩埋了人行通道和运输通

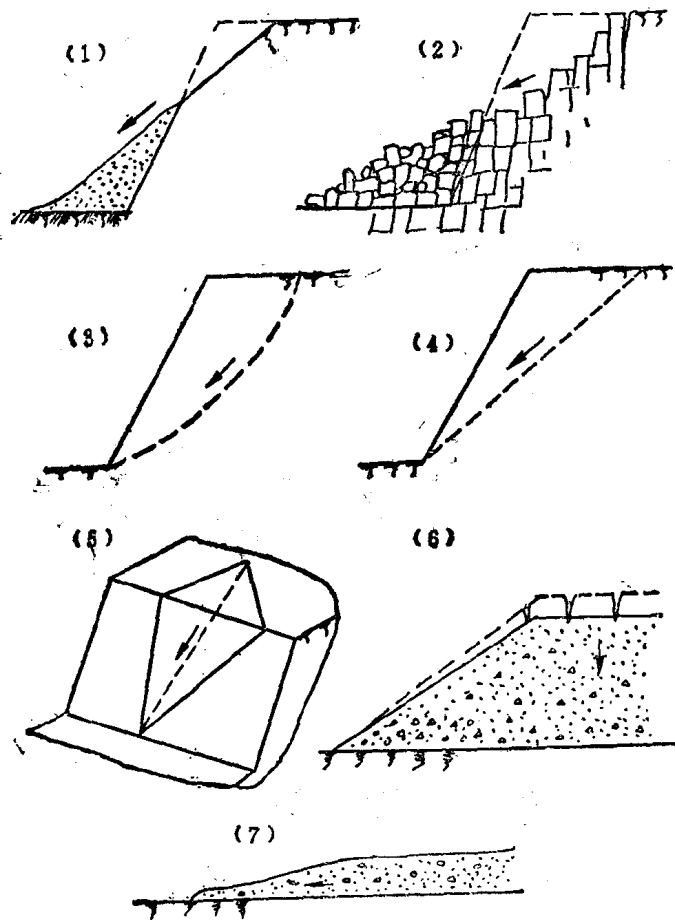


图1-2 露天矿边坡的变形破坏

1—剥落；2—崩落；3—圆弧滑动；4—平面滑动；
5—楔体滑动；6—沉降；7—流动

道，使数个台阶形成一个连续高坡，不但增加了剥落岩石清除的困难，而且危及露天矿

深部作业的安全。

崩落是指边坡上大量陡立柱状或棱块状的土体、岩块向下倾倒、坍塌、移动，土体或岩块间有相对位移，边坡岩体内往往有倾角较大的岩体结构面存在。崩落的发展有的较慢，如一些倾倒变形。但许多崩落却是突然、迅速发生的。

滑动是指完整的边坡土岩体沿其内部的一定的面或带，或边坡上部的松散堆积土岩沿其基底面（或带）作整体移动。一个滑体的全部滑动时间较长，由几十分钟至数日数月，甚至数年。滑动初期较慢，表现为整体移动，最后往往解体，表现为突然崩落。露天煤矿自台阶表面出现裂缝、铁道弯曲等滑动迹象至滑体最终滑落、崩落，常经历数月或一年以上。按滑动面形状有平面滑动、楔体滑动、圆弧形滑动等。由于地质条件的复杂性，露天矿边坡的滑动面常是组合形的，即同一断面上不同倾角平面的组合，平面与圆弧形面的组合等。

沉降是指边坡上原状的松散多孔土岩或排弃土岩，在其自重或上部机械设备重力作用下产生的一种垂直下沉变形。边坡内不产生连续的滑动面，但在台阶表面常能见到沉降裂缝。沉降变形常见于排土场。

流动是指饱水的松软土岩以 $4 \sim 6^\circ$ 甚至更缓的坡角沿台阶表面、基岩面或地面沟谷呈流体移动。流动多发生在排土场。我国南方露天矿山常有发生。

上述几种变形破坏有时不易截然区分，同一边坡可能兼有两种形式，也可能由一种转变为另一种。例如，露天矿上部的厚层黄土上部常呈崩落破坏，而其下部常呈圆弧形滑动破坏。边坡大规模滑动前常表现有局部台阶的加速剥落或崩落。刚排弃的排土台阶沉降是普遍存在的必然现象，但如排土台阶过高、排弃物岩性不良、排水不畅、排土场基底软弱等，则可形成排土场滑动或其它破坏。

普遍存在于露天矿且危害最大的变形破坏是滑动。滑动在露天矿习惯上称为滑坡。

我国绝大部分露天煤矿均出现过滑坡，有些矿还比较频繁，例如，抚顺西露天煤矿创办于1914年。目前露天采场走向长约6.5km，宽约2km，采深已达300m，最终采深将达500m。按记载，滑坡始于1927年，到1986年，有记录的滑坡已54次。其中规模较大的1964年南机电厂滑坡和1979年W700剖面线滑坡，滑动量分别达到105万 m^3 和129万 m^3 。该矿自1929年起开始在南帮滑坡区清理岩石将其外运，据统计，在解放前其外运量约2100万 m^3 ；1949年至1986年约为6500万 m^3 ；至今累计量近1亿 m^3 。该矿滑坡过去

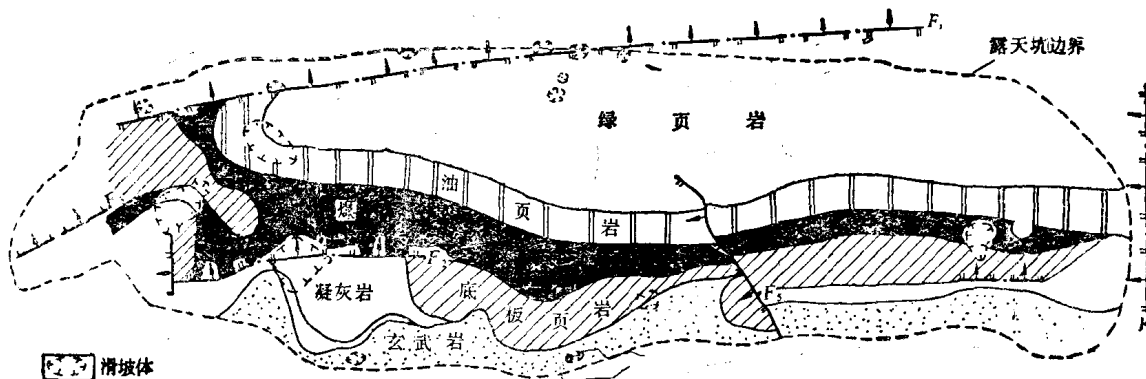


图 1-3 抚顺西露天煤矿滑坡区平面图

主要发生于南帮(底帮),现已逐渐发展至西端帮、西北帮及北帮(顶帮)东部(图1-3)。

阜新海州露天煤矿建于1951年。采场走向长4.0km,设计采深350m,现深200m。1953年投产,当年即发生滑坡。至今沿非工作帮(底帮)已发生滑坡53次,沿到界顶帮发生10次。其中规模较大的1977年底帮86站滑坡和1986年底帮滑坡,滑动量分别为17万 m^3 和31万 m^3 。

平庄西露天煤矿建于1958年。采区全长3.8km,平均宽1.2km。地表标高约540m,最终开采标高250m。1959年出现第一次滑坡,至今已出现45次,其中工作帮发生27次,非工作帮17次,排土场1次。规模较大的1983年4月工作帮滑坡和1983年9月非工作帮滑坡,滑动量分别为47万 m^3 和42万 m^3 ,1978年的排土场滑坡滑动量约为142万 m^3 。

哈密三道岭露天煤矿1962年开始建设,1970年投产,滑坡始于1967年5月,至1982年该矿东区全长3.5km的非工作帮上部全部发生了滑坡,滑动量约2163万 m^3 。

义马北露天煤矿1961年建设,1962年简易投产。采场走向长2.4km,宽0.2~0.3km。采深50~60m。1965年9月西区出现滑坡,滑动量约27万 m^3 。以后滑坡逐渐向东发展,沿整个非工作帮全线发生了滑动,至1977年大规模的滑动基本结束,滑动总量约400万 m^3 。现非工作帮上部的表土层滑动仍时有发生。

其它露天煤矿如前河、小龙潭、吕合等也都发生过滑坡。

我国许多冶金矿山也都发生过边坡的变形破坏。如金川露天矿采场长1000m,宽600m,呈椭圆形。边坡高180~310m。自1969年以来近1/2的边坡区段先后发生了明显的变形破坏。

白银露天矿开采过程中共发生较大滑坡10次,小规模滑坡、坍塌及片帮等不下数十次。滑坡分布见图1-4。1983年发生的IX、X号大型滑坡,上下部标高分别为1896及1653m,滑体上宽300m,下宽120m,最大厚度60m,总滑动量约1 Mm^3 。

攀枝花钢铁公司石灰石矿属高山矿床。矿体埋藏标高自1645m至1150m,地表比高

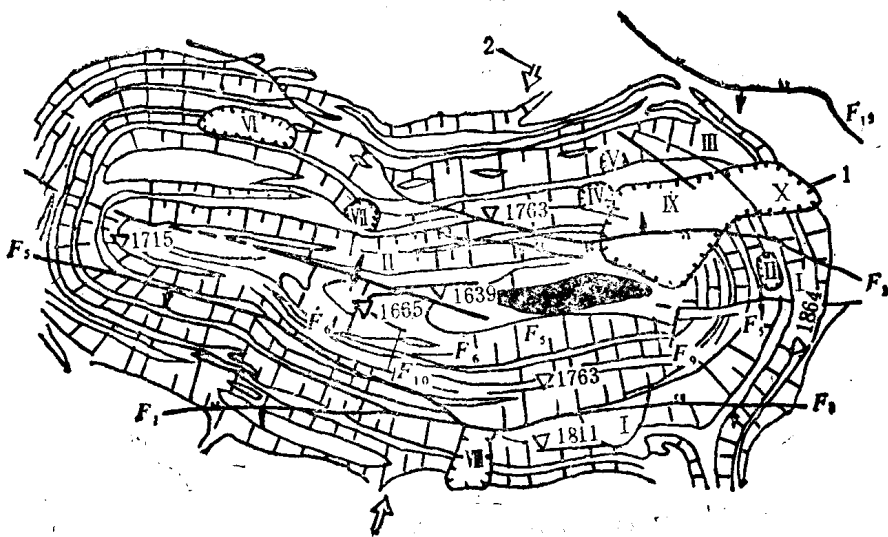


图1-4 白银露天矿一采场滑坡分布图
1—滑坡及其编号; 2—构造应力方向

达400余米。原设计自1400m水平开采。1980年11月~1981年6月,采场的东西两端发生了两次大型滑坡,尤其是1981年6月的 H_2 滑坡,滑体从标高1400m至1645m,垂直高差达250m,东西宽200m,滑动量达416万 m^3 (1063万t)。

武钢大冶铁矿东露天采场象鼻山采区北帮边坡,自1967年开始一直处于不稳定状态。以后位移明显增加,局部滑落,边坡上部地面出现弧形裂缝,至1979年7月发生了约7000 m^3 的滑坡。该矿狮子山北帮西口I号滑坡滑体总高达108m,宽80~90m,厚22~24m,滑动量达17万 m^3 。该矿1962年至1975年底尖山东北帮144m水平以下的滑坡,滑动总量达87万 m^3 。大冶铁矿东采场1962年至1978年间,各种大小滑坡计约22次,不稳定边坡占边坡总长约19.7%。

海南铁矿亦多次发生过滑坡,1967年至1979年间,各种滑坡发生14次。1971~1972年间发生的滑坡,滑动量达24万 m^3 。不稳定边坡占边坡的总长约27.1%。

此外,鞍钢大孤山铁矿,马鞍山南山铁矿,吉林省红旗岭露天矿等也都多次发生过滑坡。许多冶金露天矿山虽未发生过滑坡,但也潜存着滑坡危险。

我国一些化工、建材露天矿山同样发生过滑坡。

露天煤矿常易发生平面滑坡,滑动面一般是岩层面、软弱夹层、断层面等。滑动面在断面上也常呈折线形,折线的各部分除上述各种面外,还可能是与层面相交的岩层剪断面。露天金属矿岩体结构比较复杂,除平面、折面等滑动外,还较多地发生楔体滑动,特别是单个台阶尤易发生,滑动面由不同产状的岩层面、断层面、节理面等组合而成。圆弧滑动主要发生在露天采场上部的土层、岩石的强风化带,软岩,或者岩体破碎、无大型结构面存在、宏观上可视为“均质”的边坡岩体中。圆弧滑动也常发生在排弃物中。

图1-5至图1-13所示为我国一些露天矿的滑坡断面图和平面图。图中反映了边坡面、岩层、层面等和滑动面之间的相互关系。图1-5、图1-6所示为滑动面是平面,是沿岩层中的弱层滑动的。图1-7所示为滑动面沿层面,岩层呈向斜构造。图1-8所

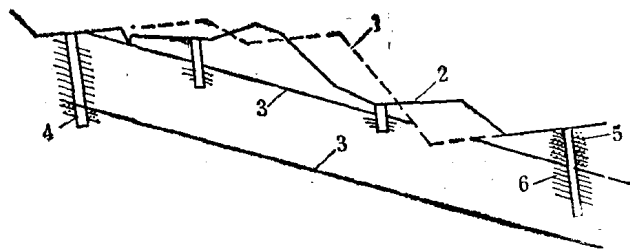


图1-5 平庄西露天煤矿非工作帮第4次滑坡剖面图

1—滑动前边坡表面; 2—滑动后边坡表面; 3—弱层; 4—探井; 5—砂岩; 6—页岩

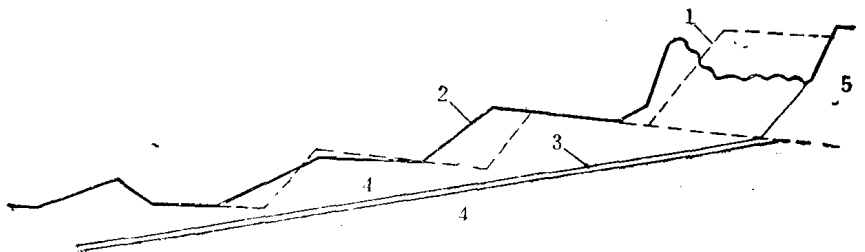


图1-6 阜新海州露天煤矿第17次滑坡剖面图

1—滑动前边坡表面; 2—滑动后边坡表面; 3—滑动面(弱层); 4—砂质页岩; 5—表土

示滑动面为上部沿层面，下部切断岩层。图 1-9 所示滑动面上部沿岩脉，下部沿节理面。图 1-10 所示滑动面切断岩层。图 1-11 所示滑动面沿风化残积层与下伏岩层的不整合接触面。图 1-12 所示滑动面沿表土与基岩间的风化绿泥岩层。图 1-13 所示为楔体滑动，滑动面沿岩层面和断层面。

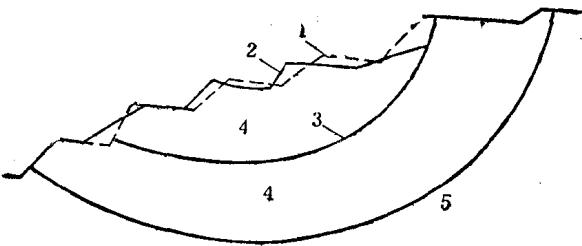


图 1-7 抚顺西露天煤矿 W900 剖面滑坡图

1—滑动前边坡表面，2—滑动后边坡表面，3—滑动面（褐色片状页岩），4—绿页岩和褐色页岩互层，5—油母页岩

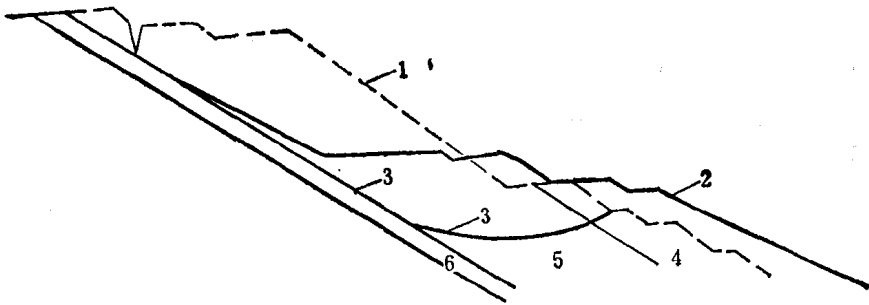


图 1-8 抚顺西露天煤矿西端帮滑坡剖面图

1—滑动前边坡表面，2—滑动后边坡表面，3—滑动面，4—煤层，5—软质凝灰岩，6—A煤层

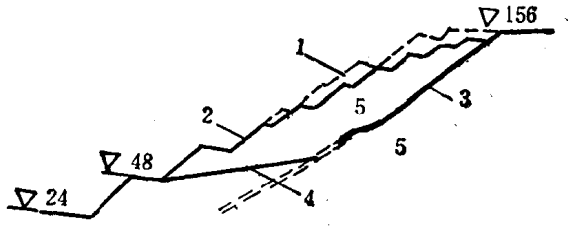


图 1-9 大冶露天铁矿 I 号滑体断面

1—滑动前边坡表面，2—滑动后边坡表面，3—煌斑岩，4—节理光面，5—变质风化闪长岩

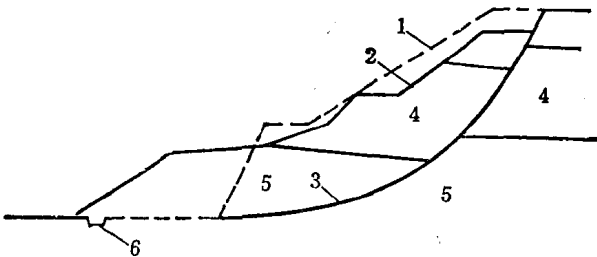


图 1-10 抚顺西露天煤矿北帮 E900 绿页岩风化带滑坡剖面图

1—滑动前边坡表面，2—滑动后边坡表面，3—滑动面，4—冲积层，5—绿色页岩，6—水沟

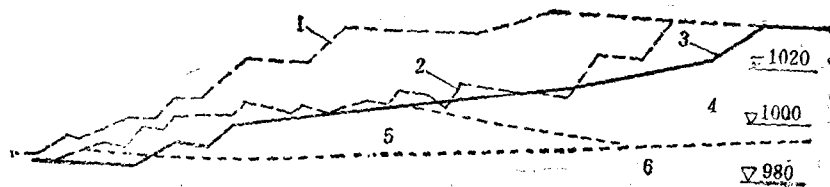


图 1-11 哈密三道岭露天煤矿4709剖面残积层滑坡

1—1979.10 边坡表面；2—1980.2 边坡表面；3—1985.8 边坡表面；4—第三系砂砾岩、钙质泥岩；5—杂色泥质残积层；6—侏罗系含煤地层

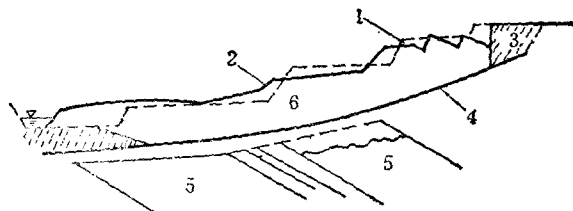


图 1-12 平庄西露天煤矿工作帮第24次滑坡断面

1—滑动前边坡表面；2—滑动后边坡表面；3—砂质粘土；4—绿泥岩层滑动面；5—煤层；6—滑体

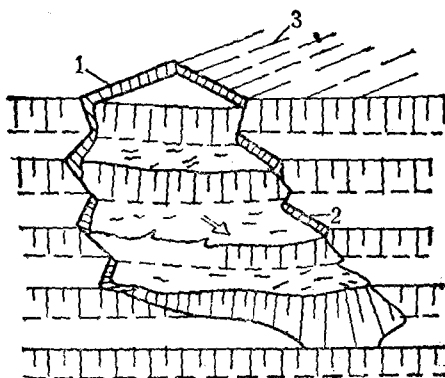


图 1-13 抚顺西露天煤矿西北帮楔体滑坡平面图

1—绿色页岩层面；2—断层面；3—裂缝

图 1-14 所示为一种边坡组合式变形破坏。边坡岩体上部滑动，下部倾倒变形。

图 1-15至图 1-18所示为苏联露天煤矿的几个边坡破坏断面。图 1-15 所示为台阶沿断层面崩落破坏。图 1-16所示为沿煤层顶板面滑动。图 1-17所示为底帮岩层面被切断，引起上部岩体沿层面滑动。图 1-18所示为底帮岩层面虽未被切断，上部岩体部分沿层面，部分切断层面滑动。

露天矿的滑坡危害极大，如切断运输线路，推倒采掘运输设备，掩埋采矿、剥离工作面，破坏地面工业民用建筑物，甚至迫使矿山停产等等。而清除滑落物、修复更新设备、拆迁地面建筑物，恢复生产等均需大量人力、物力、财力与时间；露天矿的滑坡还威胁或危及人身安全。

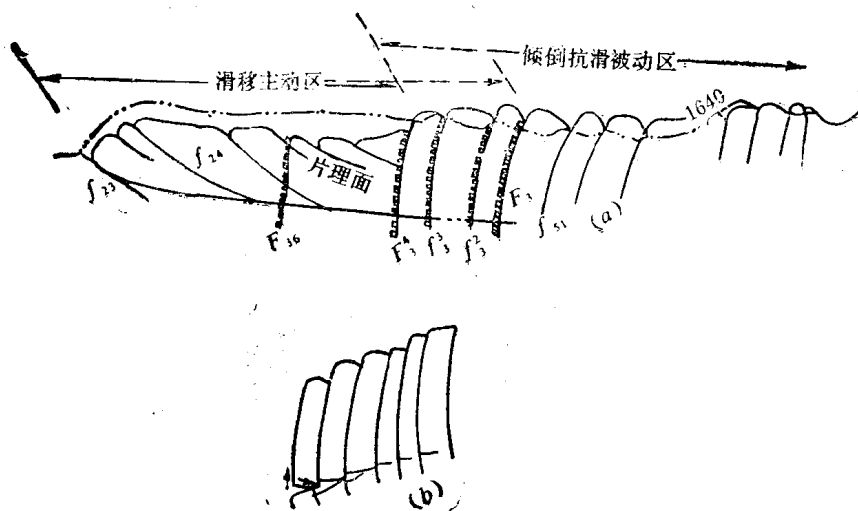


图 1-14 金川露天采场一区边坡变形破坏
a—滑动与倾倒的组合变形破坏；b—倾倒变形破坏机理

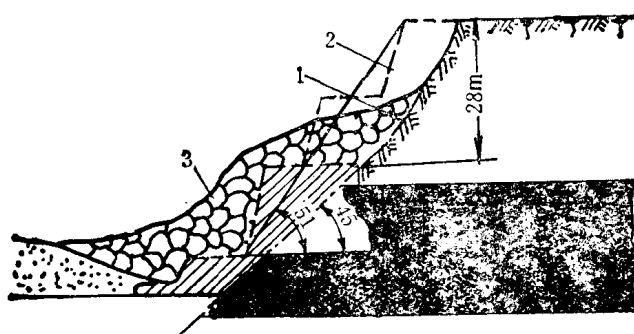


图 1-15 苏联鲍戈斯洛夫露天煤矿台阶沿断层面崩落破坏
1—断层面；2—崩落前边坡表面；3—崩落后边坡表面

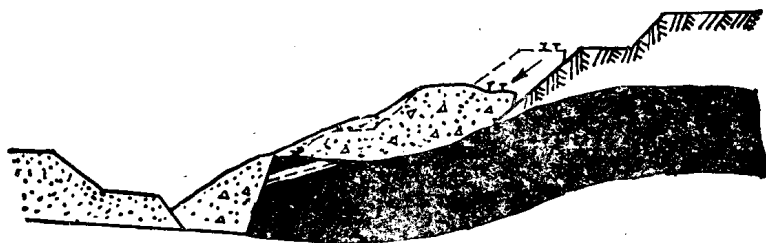


图 1-16 苏联鲍戈斯洛夫露天煤矿岩体沿煤层顶板面滑动

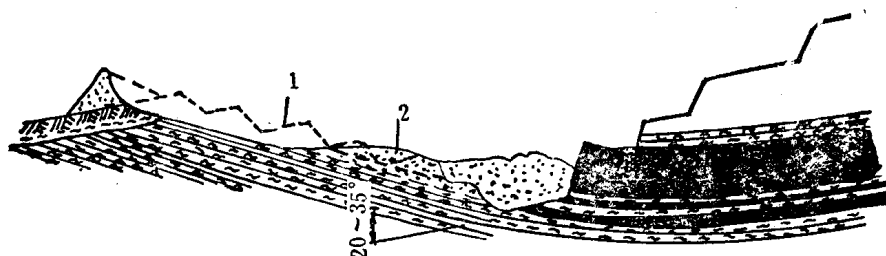


图 1-17 苏联沃尔昌斯克露天煤矿底帮顺层滑动
1—滑动前边坡表面；2—滑动后边坡表面

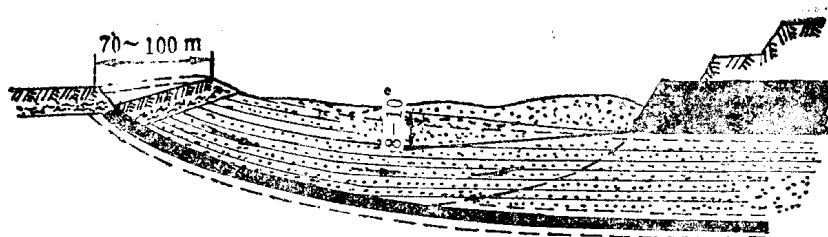


图 1-18 苏联沃尔昌斯克露天煤矿底帮切层滑动

露天矿最终边坡角的大小对露天矿剥离量影响极大。例如，高 400m、倾角 35° 的边坡，如边坡角变化 1° ，则每公里长边坡的剥离量变化约 420万m^3 之巨。增大边坡角可减少剥离费，但增加了滑坡危险，增加了边坡维护费；减小边坡角增加了剥离费，但可减少滑坡危险，减少边坡维护费。最优边坡角应使剥离费与边坡维护费之和为最小。

由此可知，露天矿边坡问题可归结为：设计并形成一個使露天矿生产既经济又安全的最优边坡问题。

第三节 露天矿边坡的特点

人类遇到的边坡，种类繁多，如山区的自然边坡、公路铁路路堑边坡、水库河流岸坡、土建挖方工程边坡、露天矿及采石场的边坡等。各种边坡均有其自身特点。露天矿边坡主要有以下的特点。

1. 露天矿边坡较高，常达数百米；走向较长，常达几公里。如抚顺西露天煤矿、阜新海州露天煤矿的设计采深分别达480m和350m，走向长分别为6.4km和4.0km。因而露天矿边坡揭露的岩层多，边坡各部分地质条件差异大，变化复杂。

2. 露天煤矿边坡岩石主要是沉积岩，层理明显，软弱夹层较多，岩石强度较低。我国有些露天煤矿的土质边坡较高，达80m以上，露天金属矿边坡岩石主要是岩浆岩、变质岩，岩石强度较高，但断层、节理等较发育，构造复杂。

至于排土场边坡，则是由破碎的岩石和表土堆积而成的。

3. 露天矿边坡变形破坏的形式主要是滑坡。露天煤矿的滑坡主要沿层面、软弱夹层，其次是沿断层、节理发生。滑动面下部还往往切断岩层。沿层面、软弱夹层、断层的滑动面较明显，而沿节理与切断岩层部分的滑动面则不明显。露天金属矿的滑坡常沿节理、断层，有时亦沿层面发生。

4. 露天矿边坡是开挖工程形成的边坡，边坡岩体较破碎；而且一般不加维护，因而易受风化作用的影响。

5. 露天采场每日频繁地进行爆破作业，边坡上常有运输设备运行，因而边坡常受震动影响。而且运输设备重量越来越大，台阶上载荷有日益加大的趋势。

6. 露天最终边坡由上至下是逐渐形成的，上部的和下部的服务年限不同。上部边坡可长达几十年，下部边坡则为十几年或几年，最底下的台阶边坡在采矿结束后即可报废。未到界的边坡是临时性的，其服务年限较短。

至于排土场边坡，其空间位置大都随排土工程的推进而经常变化。

7. 露天矿边坡的不同地段要求达到的稳定程度不同。当边坡上部地表有重要建筑物、不允许发生变形时,要求的稳定程度最高。边坡上有站场、运输线路、下部有开采作业时,要求的稳定程度亦较高。对生产无甚影响,且边坡上无采矿建筑设施时,稳定程度可低些,甚至不考虑其稳定性。

8. 露天矿边坡对地质条件无可选择的余地,不能因地质条件不良而改址。

第四节 露天矿边坡稳定性的研究内容

如前所述,露天矿边坡稳定问题可归结为设计并形成一個使露天矿生产既安全而又经济的最优边坡问题。为此,首先应分析影响露天矿边坡稳定性的各种因素。

对岩质边坡来说,边坡岩体中的各种结构面,如断层、层面、节理等的产状、位置、数量或分布密度、相互关系等是影响边坡稳定性的重要因素。例如,边坡内结构面倾向采场而下部又被边坡面切断时稳定性差;反之,结构面倾向岩体内部时则较稳定。又如边坡内结构面密集,边坡岩体较破碎者稳定性差;反之,结构面少,岩体完整者则较稳定。

边坡稳定性还与结构面、结构体以及由此二者组合成的边坡岩体的物理力学性质有关。不难理解,结构面、结构体,以及边坡岩体强度高时边坡较稳定;反之,稳定性差。

水是边坡的有害因素,水会增加岩体容重、降低岩体抗剪强度。水对边坡岩体产生静压和动压、减小滑动面上岩石颗粒间的有效压力,从而促使边坡滑动。

露天矿边坡相对于结构面的方向、边坡构成要素、边坡形状、开拓运输系统、采掘工作线方向、开采程序、最终边坡形成的早晚、穿孔爆破方法以及疏干排水方法等对边坡稳定性均有影响。影响边坡稳定性的许多自然因素是不可改变的,而上述设计生产管理因素是人为安排的。后者做得好,可以减小或消除前者对边坡稳定性的影响;反之,可增大对边坡稳定性的影响。

在掌握了上述各种影响因素之后,可通过技术经济分析,设计最优边坡。

为了了解边坡动态及预报滑坡,需进行边坡监测工作。

对稳定性差或已经发生滑坡的边坡,必要时可相应地采取防滑或治理措施。

以上即为露天矿边坡稳定性研究的主要内容。

边坡研究工作,应在露天矿的勘探阶段就着手进行,以便为露天矿设计提供必要的与边坡有关的原始地质资料,如地层的组成、产状、岩性、构造,主要结构面的产状、数量、性质,地下水情况等。对露天煤矿来说,特别要注意掌握煤层底板以下一定深度内的地质情况,因为露天煤矿的滑坡经常沿煤层底板以下的软弱夹层发生。

在掌握了一定程度的地质资料后,就能对所设计的露天采场不同地区的边坡稳定状况有一个初步的估计,就有可能较有把握地确定一个经济而又基本稳定的整体边坡轮廓,确定露天采场的境界位置。

矿山投产后,边坡逐渐形成,各种地质现象逐渐清楚地揭露出来,这时应开展各种地质测绘工作,如在边坡上详尽地测绘各种结构面的产状、数量,测绘地下水条件等。必要时,进行补充钻探或巷探井探。还可进行现场大型岩体力学性质试验、爆破测震等