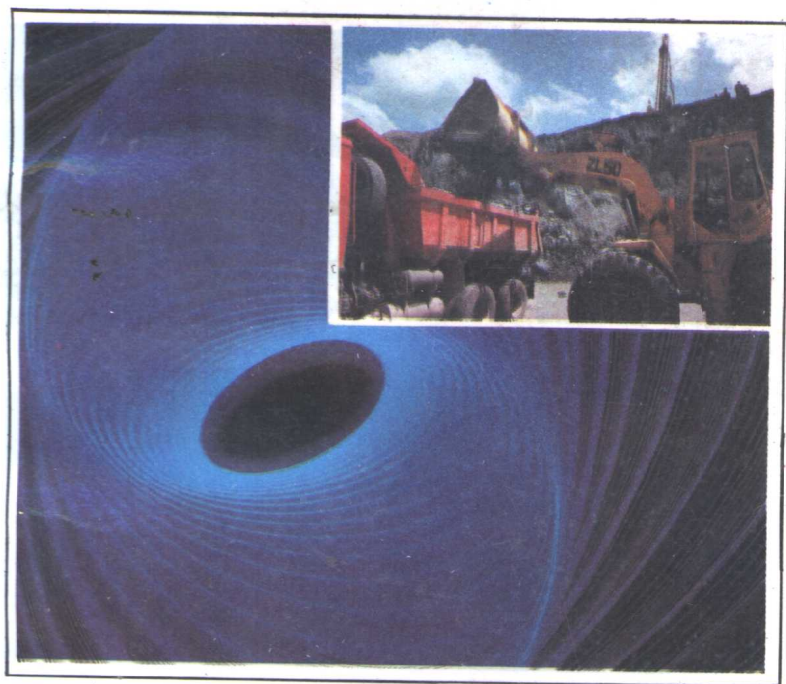


露天矿场边坡稳定检测

劳动部矿山安全卫生监察局 编



中国劳动出版社

露天矿场边坡 稳定检测

劳动部矿山安全卫生监察局编

中国劳动出版社

(京)新登字114号

内 容 提 要

本书围绕露天矿边坡稳定性的检测工作,介绍了露天矿边坡的基本概念,影响边坡稳定的主要因素,边坡工程地质调查方法、边坡状态测量、边坡岩体位移观测、不稳定边坡的治理措施、边坡稳定性检测及其报告的编写等有关技术知识。可作为露天矿山边坡检测人员的培训教材,亦可供矿山有关工程技术人员和边坡管理人员参考。

露天矿场边坡稳定检测
劳动部矿山安全卫生监察局

责任编辑:高永新

中国劳动出版社出版

(北京市和平里中街12号)

北京大兴包头营印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

787×1092毫米 32开本 6印张 139千字

1992年5月北京第1版 1992年10月北京第1次印刷

印数:3700册

ISBN 7-5045-1013-X/ID·012 定价:4.00元



编 审 人 员

主 编 朱明光

编写人员 于志臣 郑一方

诸 立 楼 鸣

主 审 韩 俊

审稿人员 王兆斌 李作章

杨国顺 张世德

张晓学

97/06

前 言

为了贯彻执行劳动部颁发的《乡镇露天矿边坡稳定检测规定》，配合各地开展露天矿边坡检测工作，根据劳动部矿山安全卫生监察局的安排，我们组织编写了《露天矿边坡稳定检测》一书。本书由韩俊主审。全书共分五章，围绕露天矿边坡稳定性的检测工作，介绍了有关露天矿边坡的基本概念，影响边坡稳定的主要因素、边坡工程地质调查方法、边坡状态测量、边坡岩体位移观测、不稳定边坡的治理措施、边坡稳定性检测及其报告的编写等技术知识。本书可作为露天矿山边坡检测人员的培训教材，亦可供矿山企业有关工程技术人员和边坡管理人员参考。

参加本书编写工作的人员有：楼鸣(第一章、第五章)、郑一方(第二章)、于志臣(第三章)、诸立(第四章)。参加本书审阅工作的人员有：王兆斌、李作章、杨国顺、张世德、张晓学。在编审过程中，得到了有关部门和有关人员的支持帮助，我们表示感谢。

由于编写时间仓促，水平有限，本书难免有不妥之处，欢迎批评指正。

編者

目 录

第一章 基本概念.....	1
第一节 边坡的结构和特点.....	1
第二节 边坡破坏类型.....	5
第三节 边坡管理的要求.....	11
第二章 影响边坡稳定的因素及工程地质调查方法.....	18
第一节 岩体结构面及其影响.....	18
第二节 岩性及其影响.....	33
第三节 地下水及其影响.....	37
第四节 爆破和地震及其影响.....	40
第五节 边坡几何形状及其影响.....	44
第六节 影响边坡稳定的其它因素.....	46
第七节 边坡工程地质调查方法.....	50
第三章 边坡测量及边坡移动观测.....	62
第一节 常用测绘仪器、工具及简易测绘方法.....	62
第二节 主要测量内容、方法及要求.....	84
第三节 边坡移动观测.....	92
第四章 不稳定边坡的治理措施.....	102
第一节 治理措施分类.....	102
第二节 疏干排水法.....	105
第三节 机械加固法.....	113
第四节 周边爆破法.....	129
第五章 边坡检测.....	137

第一节	检测工作程序及准备工作·····	137
第二节	现场检测工作·····	144
第三节	检测资料的分析与计算·····	151
第四节	边坡稳定性评定·····	158
第五节	边坡检测实例·····	160
附录一	乡镇露天矿边坡稳定检测规定·····	169
附录二	露天矿边坡检测人员培训大纲·····	182
参考文献	·····	185

第 一 章

基 本 概 念

随着露天采矿技术的发展，露天矿的有效与合理开采深度不断增加，边坡暴露的高度、面积以及维持的时间也不断增加，造成边坡不稳定的因素随之增加。加上一些矿山对边坡管理不善，最终可能导致露天矿边坡岩体滑动或崩落坍塌，给国家财产、矿产资源和人员生命安全带来严重的危害和损失。

关于露天矿边坡稳定问题，在未滑动和坍塌以前，往往不被人们重视。一旦这些情况发生后再来研究防治措施，则为时太晚，已经造成的损失将不可弥补，代价太大。因为边坡的破坏往往带来灾难性的后果，所以开展边坡稳定性定期检测很有必要。这也是监督矿山企业贯彻落实“安全第一、预防为主”的安全生产方针和国家有关安全法规的一项重要措施。

第一节 边坡的结构和特点

露天采矿工程将岩体中一部分有用的矿物和废石从地表直接采出后，会形成坑状地形，称之为露天矿场。

露天开采时，通常是把矿岩划成一定厚度的水平层，自上而下逐层开采。这种开采的结果使露天矿场的周边形成阶梯状的台阶，多个台阶组成的斜坡称为露天矿边帮即露天矿边坡。

一、边坡组成的要素

露天矿边坡按其所在采场所处的位置不同可分为：

底帮边坡：位于矿体底盘一侧的边坡；

顶帮边坡：位于矿体顶盘一侧的边坡；

端帮边坡：位于矿体两端部的边坡。

台阶是露天边坡的基本组成部分，其结构要素见图1—1。

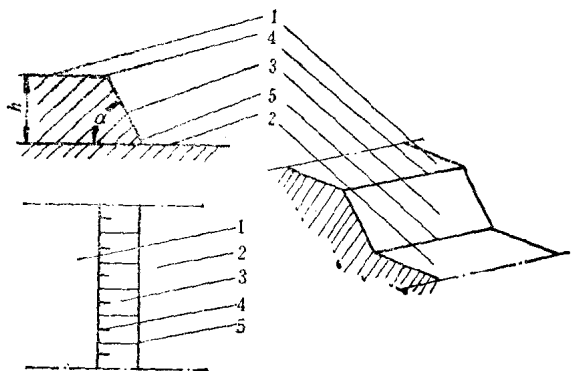


图 1—1 台阶要素图

台阶上部水平面称为台阶上部平盘（图1—1中1）；

台阶下部水平面称为台阶下部平盘（图1—1中2）；

上、下平盘之间已采掘暴露部分的倾斜面称为台阶坡面（图1—1中3）；

台阶坡面与下部平盘的夹角称为台阶坡面角（图1—1中 α ）；

上、下两平盘之间的垂直距离称为台阶高度（图1—1中 h ）；

上部平盘与台阶坡面的交线称为台阶坡顶线（图1—1中4）；

下部平盘与台阶坡面的交线称为台阶坡底线（图1—1中5）。

台阶的命名，一般以平盘的标高来表示，如××米水平。

台阶根据其采剥、运输……等用途不同可为：工作平台，

安全平台，清扫平台，运输平台等。

平盘宽度、台阶坡面角、台阶高度等要素的确定，主要取决于矿岩力学性质，所采用的穿孔、装载和运输设备的规格与技术性能，及有关的安全要求等。

露天矿其它组成要素有：

最终边坡：指已开采结束到达最终境界而留下的台阶所组成的边坡，其位置一般是固定的，其深度是随着开采深度的增加而不断延伸。最终边坡一般由安全平台、清扫平台、运输平台所组成，其功能是为了保证露天深部的开采和采场内人员和设备的安全，因此也是边坡检测工作的重点。

最终边坡坡面：最终边坡最上部一个台阶的坡顶线和最下部一个非工作台阶的坡底线所做的假想斜面。如图1—2中的AC与BD两个斜面。

最终边坡角：最终边坡坡面与水平面之间的夹角。如图1—2中的 α 和 β 角。

露天矿边坡组成的要素见图1—2。

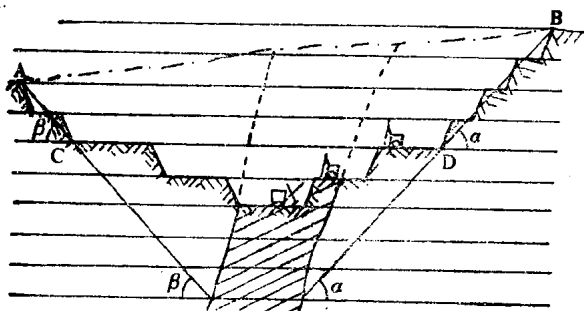


图 1—2 露天矿边坡组成要素示意图

二、边坡的结构

一般来说边坡结构中的基本单元是台阶。不同用途的台阶

进行组合形成了边坡的结构。各台阶参数的组合决定了最终边坡角的大小，而最终边坡角又受到岩体的工程地质条件和开采深度等的限制。

最终边坡角、台阶各项参数、开采深度等一般在开采前由设计来确定，当这些参数确定后，边坡的基本结构也就定了。最终边坡的一般结构是：在非运输一帮边坡上是由几个安全平台加上一个清扫平台组成；在运输帮边坡上由安全平台、清扫平台、运输平台组成，运输平台是根据线路条件而布入的。由于运输平台往往较安全或清扫平台宽，所以在有运输线一帮的边坡角比无运输线一帮的边坡角要缓些。

需要指出的是在一些采石场，尤其是乡镇采石场，往往是不分层的高台阶开采，有的台阶高达100多米。在如此高台阶上进行开采，作业环境极不安全，容易诱发高空坠落、坍塌、物体打击与爆破飞石等事故。因此，如何控制开采高度与坡度、选取合理的边坡形式与几何形状等，对边坡的稳定性有较大影响。

三、露天矿边坡特点

露天矿边坡与其它一些工程边坡如：铁路、公路、水库、水坝等形成的边坡相比，有以下一些特点：

（一）露天矿边坡一般比较高，从几十米到几百米均有，走向长从几百米到数公里，因而边坡揭露的岩层多，边坡各部分地质条件差异大，变化复杂。

（二）露天矿最终边坡是由上而下逐步形成，上部边坡服务年限可达几十年，下部边坡则服务年限较短，底部边坡在采矿结束时即可废止，因此上下部边坡的稳定要求也不相同。

（三）露天矿场每天频繁的穿孔、爆破作业和车辆行走，使边坡岩体经常受到震动影响。

（四）露天矿边坡是用爆破、机械开挖等手段形成的，坡

度是人为的强制控制，暴露岩体一般不加维护，因此边坡岩体较破碎，并易受风化等影响产生次生裂隙，破坏岩体的完整性，降低岩体强度。

(五) 露天矿边坡的稳定性随着开采作业的进行不断发生变化。

第二节 边坡破坏类型

露天矿开采本身是一种对原岩的破坏，采剥作业打破了边坡岩体内的原始应力的平衡状态，出现了次生应力场，在次生应力场和其它因素的影响下，常使边坡岩体发生变形破坏，即岩体失稳。

一、边坡岩体破坏类型

边坡破坏的形式主要有：崩落、散落、座落、倾倒坍塌和滑动等。边坡岩体破坏类型按破坏机理来看可分为四类：

(一) 平面破坏 (表1—1a图)

这种破坏类型是指：边坡沿某一主要结构面如层面、节理或断层面发生滑动，其滑动线为直线性。

边坡中如有一结构弱面倾向与边坡倾向相近或一致，且倾角小于边坡角，又大于弱面间的内摩擦角时容易发生这类滑动破坏，当结构面下端在边坡上出露，岩层的抗剪强度又不能抵抗滑动岩体向下滑动的力时，即沿层面发生破坏。

(二) 楔体破坏 (表1—1b图)

在边坡岩体中有两组或两组以上结构面与边坡相交，将岩体相互交切成楔形体而发生破坏。

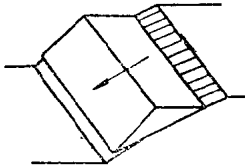
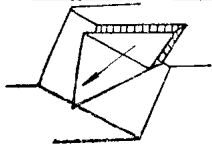
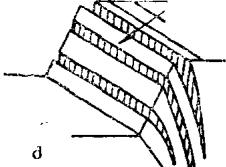
当两组或两组以上结构面的组合交线的倾向与边坡相近，倾角小于坡面角而大于结构面上的内摩擦角时，容易发生这类

滑动。这种滑动有时是发生在单个台阶上，也可能发生在几个台阶上甚至整个边坡体上。

(三) 圆弧形破坏 (表1—1c图)

边坡岩体在破坏时其滑动面呈圆弧状下滑破坏。

表 1-1 露天矿边坡破坏类型表

类型	标准图形	破坏形式	破坏条件
平面破坏		边坡沿某一主要结构面如：层面、节理或断层面等发生直线滑动。	1. 结构面倾向、走向与边坡一致； 2. 结构面倾角小于边坡倾角； 3. 结构面倾角大于结构面间内摩擦角； 4. 结构面下端在边坡上出露； 5. 结构面两端有自由面或其它结构面。
楔体破坏		边坡岩体中有两组结构面与边坡相交，将岩体相互交切成楔形体破坏滑动。	两组或两组以上结构面的组合交线的倾向和边坡一致，其倾角小于边坡角，又大于结构面的内摩擦角，交线下端又在边坡上出露。
圆弧形破坏		边坡岩体呈圆弧状破坏滑动。	一般发生在散体状结构的岩体和均质的软岩中如，风化岩石、较弱的沉积岩、土层和废石堆中，在破坏前坡顶往往出现明显裂隙。
倾倒破坏		较陡的层状岩体底脚受压破坏发生弯曲、折断和倾倒变形引起的滑动。	层状岩体的结构面与边坡平行，其倾向相反，且倾角很陡，使岩体在重力形成的力矩作用下向自由面变形。

这种破坏一般发生在土体中。散状结构的破碎岩体或软弱和沉积岩中的边坡也常以此种形态破坏，在破坏前被破坏的坡顶往往出现明显裂隙。

(四) 倾倒破坏 (表1—1d图)

当岩体中结构面或层面很陡时，每个单层弱面在重力形成的力矩作用下向自由空间变形而发生的一种破坏形式。

当层状岩体的结构面与边坡平行，其结构面的倾向与边坡倾向相反，且倾角在 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 时，由于边坡脚的岩体受压破坏，或者由于上覆岩层的挤压，层状岩体发生弯曲、折断和倾倒破坏。当边坡底脚岩体为软岩时或底脚被掏采时更易发生这种破坏。倾倒破坏类型与前三种类型的破坏机理不同，它主要不是剪切破坏而是在重力作用下岩块向下滑落。

四种破坏类型的标准图例、破坏形式、破坏条件见表1-1。

二、边坡岩体的滑动速度分类

当露天矿边坡为不稳定边坡时，一般不会立刻发生滑动破坏。在岩体破坏发生之前，总会发生一些征兆，岩体中可能发生滑动破坏的弱结构面会存在着一些变形或位移。这种变形和位移的速度开始时一般是缓慢的，几天或几十天才会出现1厘米的变化，随着变形和位移的速度加快也就说明滑动破坏的可能性增加。这种变形和位移速度只能靠平时的监测来记录结果，以便作出判定。

当边坡岩体发生滑动破坏时，由于受各种因素和条件的限制，并不是千篇一律在瞬间发生和完成的。有的滑动破坏是缓慢的，在一段时间内完成整个滑动破坏过程，有的滑动破坏则在瞬间就完成。也就是说当岩体发生滑动破坏时，其滑动的速度是有区别的。

分析边坡岩体破坏时滑动速度的大小，具有非常重要的意义。例如当发生缓慢的蠕动滑动时，可以迅速撤出设备和人员，因而一般不会引起人员伤亡事故，也不会导致设备的重大损失。当发生高速滑动时则往往会给矿山带来灾难性后果。当然，在一次破坏滑动过程中，其滑动速度也是变化的，有一个从慢到快的过程。

按照边坡岩体滑动的平均速度，可把岩体的破坏分为以下四种滑速类型：

1. 蠕动滑动：其平均滑动速度小于0.01毫米/秒。
2. 慢速滑动：其平均滑动速度为0.01毫米/秒~1.0厘米/秒。
3. 快速滑动：其平均滑动速度为1.0厘米/秒~1.0米/秒。
4. 高速滑动：其平均滑动速度大于1.0米/秒。

三、边坡岩体破坏规模分类

露天矿边坡岩体发生破坏时所产生的后果不但取决于其破坏的类型、破坏的速度，还取决于破坏的规模即下滑体积的大小和滑动岩体的范围。边坡岩体破坏的规模可划分以下四种类型：

（一）小型滑落

一般指发生在单台阶局部边坡上小块岩体沿一个或多个节理面产生局部的滑落，其滑落的垂直距离往往小于台阶的高度。

这种规模的局部边坡滑落对整个矿山的采剥作业影响不大，但对人员和设备会造成一些危害。在矿山开采过程中，只要密切注意和监视边坡岩体的变化，及时收集和分析边坡岩体的地质资料，并对采剥生产作出相应的调整，及时采取有效的防治措施，是可以预防这种类型的滑落及避免人员和设备伤害的。

小型滑落的岩体滑动体积在1万立方米以下。

（二）中型滑落

一般指一个和多个台阶边坡岩体沿结构弱面产生的一定规模的整体滑落，破坏类型多为楔体破坏，破坏的范围限于局部边坡。

中型滑落类型的边坡岩体破坏，可能直接影响到矿山的安全生产工作，危及人员和设备的安全，会给矿山带来一定的危害。这种规模的边坡岩体滑落一般发生在地质条件较为复杂，边坡岩体存在较大弱结构面或结构面组的矿山。其岩体结构面的范围不易搞清，需建立经常性的监测制度和较多地建立观察点，及时掌握边坡岩体的动态，以减少岩体破坏时带来的危害。

中型滑落的岩体滑动体积一般在1~10万立方米之间。

（三）大型滑落

一般指多台阶边坡岩体沿结构面产生的大规模整体滑落。岩体的破坏类型多为平面破坏和圆弧形破坏。

边坡岩体的大型滑落往往可能引起全矿场的停产。在滑坡前需撤出矿场内的所有作业人员和设备。这种滑坡如果不能及时预报，那将给矿山带来极大的危害，严重危及作业人员和设备的安全。这种规模的滑坡一般容易在矿场岩体变化较大、存在较大的断层、破碎带、风化带的矿山发生。因此这类矿山对边坡岩体的观察，对各种地质资料和分析因素的分析工作尤为重要，需成立专门的边坡监测队伍，以及时预报边坡破坏的可能性，采取有效的防治措施，尽可能地防止滑坡的产生。

大型滑落的岩体滑动体积一般在10~100万立方米之间。

（四）巨型滑落

一般指露天矿边坡岩体产生大规模破坏，其滑动的范围、体积都很大。

这种规模的边坡破坏一般发生在开采年限长的大型露天矿山，其边坡往往高达百米以上，由于地质构造、岩体性质、地下水等情况影响而发生，发生破坏后会给矿山带来灾难性的后果，并会产生长远的影响，甚至报废整个矿场。这类规模的滑坡在国内外露天矿均有发生过，据记载：美国怀俄明州的一个高岭土矿发生滑坡，滑落体积达3800万立方米的岩土，堵塞了附近的一个河谷，使上游形成一个60米长的湖泊，导致整个矿山报废；美国的宾汉·康诺露天矿在采深467米时发生滑坡，掩埋了露天矿场一半以上的深度和大部分宽度，滑落总矿岩量近608万立方米；苏联的马格尼托哥尔斯克露天矿，沿200米长的工作线上8个台阶同时滑落，滑落岩石总量达200万吨；我国的抚顺西露天煤矿1964年在采场南帮发生大滑坡，滑落量达105万立方米。这些巨型滑坡都给矿山带来灾难性后果，并对矿山生产产生长远的影响。

巨型滑落的岩体滑动体积一般都在100万立方米以上。

边坡破坏型式，破坏岩体的滑动速度，破坏规模三个要素在每次边坡破坏过程中都能反映出来。三个要素的综合作用决定了一次边坡破坏过程可能造成的危害。如果在事故发生前能较正确地预测这三个要素，那将能提前采取必要有效的措施，制止边坡破坏的发生或使边坡破坏时所造成的危害减少到最低限度。

在小型矿山中，由于开采的深度一般不大，岩体结构，地质条件相对简单，边坡岩体大规模的破坏可能性较小。但是由于我国小型露天矿，尤其是采石场还有相当一部分仍采用高阶段不分层的开采，所采用的技术和设备还比较落后、简陋，因此边坡稳定问题还比较严重。这些矿山的大部分伤亡事故和一些重大事故均与边坡稳定有关。例如：浙江省某村办采石场，