

露天矿山开采过程中,滑坡是一种主要的地质灾害,客观地分析滑坡的类型和原因,提出矿山滑坡的预防与控制措施是至关重要的;对矿山滑坡进行预防和治理,将为矿山创造良好的经济效益。

# 矿山滑坡的预防与控制

□ 梁亚林 王军 刘利军 文

露天矿在开采过程中,边坡稳定与否直接制约着矿山的安全,是影响矿山经济效益的最关键因素之一。一般从矿山投产到开采结束,滑坡的影响贯穿始终,所以,对露天边坡的治理,应一直延续到开采结束,而且其投资巨大。随着矿山开采深度的逐渐增加,露天矿山边坡的高度、面积、维护时间都要相应大幅度增加,不然,边坡滑落灾害将日益突出。因此,边坡的稳定性越来越成为我国矿山防灾的重点之一。

## 滑坡的类型

### 一、平面滑坡

顺层滑坡是发生最多的一种滑坡类型。一般为顺着层面的滑动。它又可分为沿单一层面的滑坡和坐落式平推滑移型滑坡两类。沿单一层面的滑坡,一般滑面倾角大于其内摩擦角,发生规模较大,且坡角切层开挖,往往是形成滑坡的重要人为原因。坐落式平推

滑移型滑坡,滑面具有复合形态,主体滑面为岩层滑面,而滑坡后缘为近似的圆弧形,它是沿着构造节理等追踪发展而形成的,倾角逐渐变陡以致高倾角。主滑面比较平缓,滑体的滑动变形速度较小。

### 二、楔体滑坡

楔形体滑坡是最常见的一种滑坡形式。楔形体滑坡的主要特点是,滑动面及切割面均为较大的断层或软弱结构面,根据结构面的数目,又可以分为有两个结构面组合形成的楔形体,及由三个结构面组合形成的滑动楔形体。由两个结构面组合形成的滑坡,一般为沿组合线交线方向滑动的双滑面滑坡;由三个结构面组合形成的滑坡,既可能是组合线交线方向滑动的双滑面滑坡,又可能是单一结构面倾向滑动的单滑面滑坡。当边坡中有两种结构面相互交切成楔形失稳体,即当两结构面的组合交线倾向与边坡倾向相近或相同,且倾角小于边坡角而大于内

摩擦角时,容易发生楔形体滑坡。另外,其规模一般较小。

### 三、圆弧滑坡

圆弧滑动滑坡,是指其滑动面是弧形状的,常见于土质滑坡。这类滑坡一般要经过坡角蠕动变形,滑坡后缘张裂扩张和滑坡中部滑床断裂贯通三个阶段。其前期发展缓慢,中后期发展迅速,滑坡速度很大。散体结构的破碎岩体或软弱沉降岩边坡滑坡多属于此。

### 四、倾倒滑坡

倾倒变形滑坡一般具有反倾边坡结构,最初为沿着边坡岩体中的反倾结构面产生错动,边坡面形成微细的错动裂纹,继而发展为裂缝,随着岩层层面的进一步错动使边坡面的裂缝两侧产生相对的差异变形,并使岩层逐



渐向外倾斜直至崩塌。当边坡岩体结构面倾角很陡时,岩体可能发生倾倒,它的破坏机理与上述三种不同,它是在岩石重力作用下岩块发生移动而产生的倒塌破坏。这种滑坡往往发生在台阶坡面上,很少导致整个边坡下滑。

## 五、复合滑坡

即上述两种形式组合而形成的滑坡。复合型滑面滑坡常见于具有较厚的第四系覆盖层的岩土质边坡中,第四系覆盖层的土形成近似圆弧状滑面,而下部地质结构面特别是软弱结构面发育。

## 滑坡的原因

据力学理论,一个物体静止不动,是其各方向受力均势的结果。如果其中某一方面或几方面的力发生变化,物体的均势遭到破坏,就要发生相应的移动,即从原来的位置以不同的方式运动到新的位置,并形成新的均势,这就是均衡理论或均势理论。

影响边坡稳定性的因素有:边坡岩石力学性质,地质构造的复杂程度,节理、滑面及断层有无交错;地下水位的移动和地面降雨情况;残余构造压力的存在;采场内爆破移动;采场几何形状变化;雨季和解冻期等。

滑坡活动是在各种动力作用下,岩土体发生变形崩落的现象。它的形成可分为三个阶段:第一阶段为不稳定因素积累阶段;第二阶段为重力崩坠阶段;第三阶段为平衡恢复阶段。第一阶段:岩土体在长期的地质应力作用下,产生节理、裂隙或断裂,完整性受到破坏,甚至破裂分割成支离破碎的块体,为滑坡活动奠定了基础。此阶段历时长短随岩石性质与结构、构造活动程度、边坡形状、外应力强度等而不同。第二阶段是滑坡体脱离母岩:沿最大重力梯度方向急剧而猛烈地崩落,然后堆积于坡麓。第三阶段是平衡恢复阶段,同时又是下一次可能滑坡的

准备阶段,如此周期变化。

滑坡活动受多种因素影响,主要发生在雨季。而软硬相间岩层,由于差异风化,坚硬岩体突出,由结构面切割或重力蠕变,坚硬岩体就会产生崩塌、落石。地质构造发育使完整岩石被分割成割裂体,割裂体在诱发因素下失稳而形成崩场,因此构造越发育,岩体越破碎,越易产生崩塌、落石。人为影响主要是开挖坡脚、改变应力场,使坡体内积存的弹性应变能释放而造成应力重新分布,岩体产生卸荷裂隙,它们多张开且平行于边坡面,并使原有裂隙扩展和张开,由其所切割的岩体,可能失稳而形成崩塌滑坡。

目前露天煤矿、铁矿、采石场所发生的滑坡,大多数是由于违反开采顺序,乱采滥挖而造成的。为了使露天采掘、剥离作业正常进行,采场边坡岩体应该具有一定的稳定性。当工作台阶采掘到最边界时,便形成最终边坡。当最终边坡角过陡时,稳定性差,易滑坡,危及人员和设备的安全,导致停产闭坑;当其过缓时,会降低采矿经济效益。

## 滑坡的预防与治理

### 一、合理确定工作阶段坡面角

边坡稳定是露天采矿的安全保证。露天开采时,先剥离后开采,严禁掏底部、放上部造成滑坡的野蛮冒险采矿。在工作阶段上,需要进行凿岩、爆破、装运和地质测量等作业,并随着回采的推进而不断移动。阶段上特别是坡面附近的矿岩受爆破震动的影响,常因为阶段坡面角过大造成岩石塌落或使平台宽度变窄而发生事故。为此,在露天矿设计和生产中,必须根据矿山的地质条件、岩石力学性质和采用各种设备的性能、规格尺寸,确定合适的坡面角并规定出最小工作平台宽度,把剥离、采矿和运输设备,供电和通讯线路,设置在工作平台稳定坡面的范

畴内。

### 二、边坡维护

露天矿边坡,必须对其进行经常性的检查和维护,用以保证边坡稳定,防止灾害发生。建立一支边坡维护专业队伍,加强检查维修,必要时进行人工放坡,铺上草皮,植上灌木,砌筑局部挡土墙或者预埋防滑坡的木桩。要设置排水网络,防止地表雨水流入矿坑冲刷边坡,润滑层理;深凹露天矿要在坑外周围设置防山洪、防泥石流的阻挡或者疏导的设施。排水网络包括以下三个部分:地表排水,地下排水,立体排水系统。在临近边坡进行爆破时,宜采用预裂和减震爆破法,减少单孔装药量而增大孔数,减少每次延时爆破的炮孔数,以防止因为露天爆破作业而破坏边坡的稳定性。

### 三、抗滑工程及加固方法

抗滑工程是防止山体滑坡的不可缺少的一部分,尤其对于事关生命、财产安全的矿区坡体来说,意义非同寻常。抗滑工程包括:抗滑挡墙、加筋挡墙、锚定板挡墙、预应力锚索挡墙、锚杆挡墙。抗滑桩:大截面积排式抗滑单桩、抗滑链、钢管桩、承台式抗滑桩、抗洪桩、桩基挡墙、椅式挡墙、排架式抗滑桩、抗滑刚架桩、板桩抗滑桩和锚固桩。土质改良:注浆、微型桩。

### 四、滑坡的监测

对岩石的位移进行监测,可以发现滑坡预兆。对于坡体下面的地下水的活动也要用水压计来观察;用测震仪观测爆破震动的影响,用以获得边坡动态。

### 五、滑坡防治

限制无证开采,严禁非法开采;处罚治理强占山头、山坡的矿点;禁止不开工作台阶,不剥离或边剥离边开采的掠夺式开采,严禁破坏山坡植被。露天矿边缘必须设置疏导水流的防洪设施。对边坡进行机械加固,设锚杆、锚桩。●