

浅谈露天矿山边坡稳定性研究中的钻探与疏水问题

李文秀

(冶金部长沙矿冶研究院)



钻探技术

边坡稳定的重要性

在矿产资源开发中,无论是金属矿或非金属矿,露天开采都占有较大的比例。在露天采矿中,边坡稳定问题一直是被关注的重要问题;尤其是金属矿山的深凹露采高陡边坡稳定问题,更为突出。当今,国内外许多露采矿边坡稳定问题,已处于急需研究解决的阶段。经大量观察,凡是发生滑坡事故的矿山,均可能在缩短露天矿的寿命,影响现场生产,或损坏设备以及危害人身安全等方面造成不良后果。现就下列矿山滑坡事故加以介绍。

1. 国内露天矿滑坡事故举例

白银露天矿I号采场^①,1971年3月发生滑坡,使采场采矿寿命缩短两年,造成较大的损失。海南铁矿^②1971年4月发生大滑坡;1972年7月和8月,1973年9月又连续发生滑坡。大冶铁矿^③,从1962年6月~1975年中间曾发生过多次滑坡。大孤山矿^④,1975年3月发生滑坡。金川露天矿,自1969年开始也曾在顶盘的西、中、东段及下盘先后发生过变形和滑落。这些边坡滑落的发生,都不同程度地给生产带来了影响。

2. 国外露天矿滑坡事故举例

国外金属露采矿边坡事故,同样屡见不鲜,也造成了较大的损失。现将实例列于表中^⑤。

增加边坡稳定性的措施

由上述部分事例看出,露天边坡滑落问题是比较普遍的现象,而且都要不同程度地影响生产,以及危及人身和设备的安全。所以,生产中人们也采取了各种措施使之实现稳定与安全。

1. 人工加固与减载的办法

一旦发现边坡出现裂缝或有其他滑坡迹象时,便用人工加固或局部减载来稳定坡面。具体办法很多样,现举白银露天矿I号采场东坡为例加以说明。该区1975年3月发生滑坡,使区内270米长的公路处于不稳定状态,后人们用抗滑桩和混凝土墙稳定坡脚,用金属锚杆加固坡面,并在基部采取了混凝土护坡措施,才使局势缓和。又如人们曾对大冶铁矿南部I—I剖面线附近约50米长不稳定区进行了类似的人工加固。

以上加固办法,均属对不稳定边坡的临时补救措施。对于有的边坡效果也是有限,而且往往要付出较大的经济代价。就以加固白银露天矿I号采场东坡为例,前后耗时两个多月,消耗混凝土2200米³,钢材50多吨,钢轨(抗滑桩)70根,金属锚杆200根,建混凝土墙270米。

2. 设计合理的边坡角

原始设计边坡角的大小,直接影响到边坡的后期稳定性。分析所有的边坡滑落,都是发生在地下岩体结构的薄弱面上,这种薄弱面的存在是发生后期滑落的内在因素,其它的外界因素皆是通过这个内在薄弱环节产生作用的。因此,施工前的合理设计,必须对边坡岩体的结构面产状与构造特点作周密的勘察。但由于这种不连续结

①②③④ 冶金部露天矿边坡考察组考察报告,1976年

⑤ 冶金部马鞍山矿山研究院编译,国外露天矿稳定边坡的主要措施,1977年

国外部分露天边坡滑落实例表

矿名	坡高(米)	滑坡时期	滑坡位置	滑落量(万吨)	滑坡主要原因	危害程度
美国 Berkerly	>300	1965 1968 1969	北邦		断层、水	直接损失共计 2030万吨矿石
加拿大 Steep Rock	>300	1968 1972 1975.7	上盘 罗伯特南(上) 霍格思(上)	15.3 3.8	断层、水	死亡电铲司机1名
美国 Twin Buttes	300	1970 1971	南邦	2~3台阶几百 英尺长滑落 300	断层	
美国 Shirley Basin	>100	1970 1971 1972	西、北邦 东、西邦 南、西邦	共371	地下水、 岩体破碎	完全破坏了矿石开采
加拿大 East Jersey		1964 1965	南邦	一系列大滑坡	断层、水	提前停止露天开采
加拿大 Jeffrey	275	1971 1975	东南邦	2970 400	顺坡、地下水	破坏箕斗装载机 减产石棉8万吨等 损失500万加元
加拿大 Roth lake		1966	西邦		地下水	破坏了主干公路,使 2%的矿石不能采出
美国 Bron		1962 1963		20 100	工程地质因素	
澳大利亚某铁矿				1公里长		停产3年
智利 Choqui- camata	>400	1968.4 1969.2	东南邦	450 100	断层、破碎 断层破碎及 地震	破坏了铁路,停产65小 时。(由于事前5周预 报,采取了措施而减 少了损失)

构面的构造复杂性,以及在未被挖掘之前存在的难探测性,所以要正确可靠地掌握有关结构面的要素产状,已成为重要的技术研究课题。而现代钻探技术中的岩心定向技术的成功,为此提供了有利条件。

3. 采取疏干排水措施

通过对国内外滑坡的统计分析看到,大量的滑坡现象,是由于坡内存在着薄弱结构面这个内在因素,又加之外力作用的综合结果而产生的。而外力作用因素中,占绝大多数的是地下水活动的

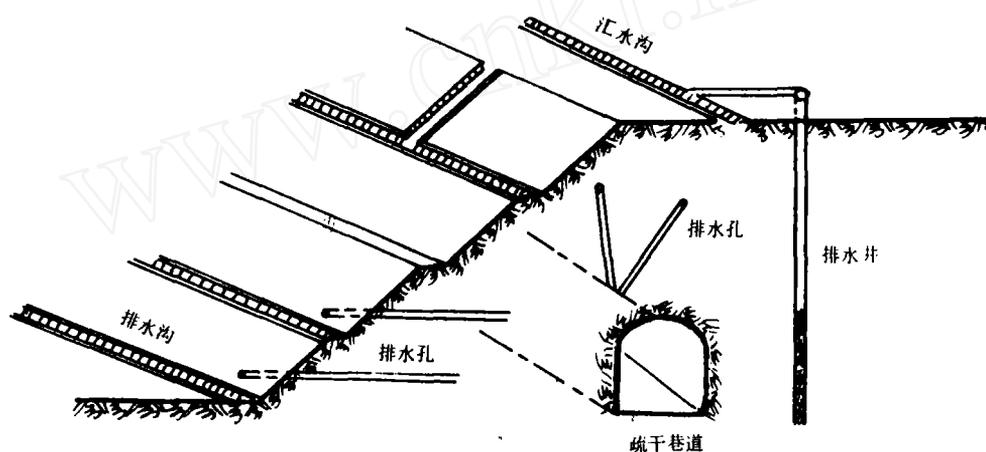
影响(见上表中原因分析一项)。这种影响过程可简单地归纳如下:即当边坡内部的地质构造薄弱面把完整岩体切割成许多块体时,使岩体失去连续的完整结构,这时地下孔隙水顺着这些切割面的渗透,浸泡,压涨等不断地作用,使结构面的原始结构强度和抗滑动摩擦能力都明显下降,又加上采掘活动的影响(如生产时爆破震动、机械施工震动等),往往就会造成局部失稳,甚至整体滑落。上述过程如遇到高陡露天边坡时,又有丰富地下水活动的地区,就更具有滑坡的可能性(如

我国某金属矿,设计采深达600米,其上部200米的边坡角为 50° ,又加之该矿处于多雨山区,所以应该特别重视其边坡稳定问题)。

据有关资料介绍,在某些条件下,岩体内的不连续结构面,如遇有较弱的地下水影响时,可使安全边坡角降低 $20^{\circ}\sim 25^{\circ}$;据资料^[1]认为,对有地下水活动影响的区段,布置合理的疏干排水工程,可使露天边坡在保证原稳定程度的基础上提高 $5\sim 7^{\circ}$ 边坡角。从而看出地下水活动对边坡稳定影响的严重性及疏干排水的重要性。

如前所述,地下水的破坏作用是通过地质构造、地层不连续面进行的,而现实中几乎所有矿山边坡岩体都存在着解理裂隙、破碎带或断层构造等,因此,要减少地下水破坏影响,必须调查清楚可能滑落面的薄弱结构带分布,在此基础上再布置排水工程,才能使之达到应有的效果。

疏干排水工程的组成与布置,可参看疏干排水系统图。其中包括疏干巷道(最好与勘探施工巷道结合起来)、排水井、排水沟、排水孔、汇水沟等,它们的空间角度与位置,应与地质构造相适应。



露天边坡疏干排水系统图

现代岩心钻探技术给边坡工程提供了有利条件

1. 可有效地获得地下构造面产状

前面已经指出,只有掌握了地下岩体的不连续面的分布规律和产状要素,才能正确地设计边坡角以及科学地部署疏干排水工程。过去为获得边坡岩体不连续面产状,主要是借用一般地质找矿勘探钻孔资料进行推断,从这种钻探资料中获得的数据多反映区域性构造参数,并不能准确地标定出露采边坡处的具体构造产状;另外,许多矿山部门,还常借用露天坑内揭露面来作工程地质调查(如节理分布调查与统计、自然坡调查等)。实践证明,这些工作属于(近似于)间接的定性分析,其所获资料对边坡稳定性研究具有一定的参考作用。然而,要在边坡形成的初期(露采基建剥离阶段),理应对所设计的边坡稳定程度

给出定性到定量的评价,要达到这个标准,只靠浅部、局部以及地表的资料是不够充分的,尤其对深凹高陡露天边坡会更感到不足。

为获得地下的不连续面产状分布,人们曾运用三个钻孔(假如都通过一个结构面),通过一个层面的标高来计算推断出此层面的产状。但这种方法费工费时,准确性也受到限制;最近几年国内研究成功的岩心定向技术,就可通过一两个钻孔,较准确地从需要探测区取出定向岩心,并在地表阅读仪上直接读出地下不连续面等结构要素的真实产状。这种定向岩心,是从将要研究的岩体上定向切割下来的矢量分离体,岩心上的层面分布就是地下不连续面的一部分,所以它具有可靠的代表性,岩心的矿物组成与结构特点,也真实表示着地下岩体的结构特征。

2. 现代钻探技术能满足边坡对钻探的特殊要求

现代钻探技术是建立在金刚石钻进基础上的比较完备的钻进技术工艺, 不仅它的本身与旧的钢粒钻进方法有本质的区别, 而且在一系列有关的分枝技术方面也得到了充分发展, 所以它可以满足当前各种作业对钻探的要求, 也同样能满足边坡工程对钻探提出的各项需要。下面对如何达到边坡工程所提出的要求作一简述。

(1) 各种钻孔角度和孔深要求 由于边坡中岩体不连续结构面的空间分布具有各种形态产状, 所以在设计岩心定向钻孔时, 其倾角变化远超过一般地表钻探孔角范围, 有的钻孔倾角甚至达到 $30\sim 40^\circ$ (趋向水平孔) 的状态。这种角度要求, 对于国内通用的油压立轴钻机而言是完全可以达到的, 关键的问题是老式钻塔难以适应。近来全液压钻机的塔架结构, 是可以胜任大顶角钻孔施工的; 最近, 冶金部华东冶金地质勘探公司812队制做的BP—1型井架, 也很适合大顶角钻孔施工需要。至于为加固边坡稳定性而设计的各种角度排水孔 (有时需在坑内施工) 的施工问题, 选用国产金刚石坑道钻机可方便地给以解决。由于现代金刚石钻进技术的完备和装备的配套, 达到当前边坡工程所要求的钻孔深度, 已是容易实现的。

(2) 口径要求 为制做边坡工程岩石力学测定标样, 对岩心定向钻孔口径提出了最低要求 (如75毫米直径或者更大), 但由于近几年我国制订了金刚石钻孔口径和钻探管材系列标准, 使金刚石钻孔口径有了从28毫米至91毫米七级规格配备 (见国标GB3423—82标准), 以及近来有的厂家 (如冶金部中南冶金地质勘探公司金刚石制品厂) 还专门研制了 $\phi 91$ 毫米~ $\phi 275$ 毫米的多种大口径金刚石工程钻头, 从而使边坡岩心定向钻孔口径的特殊要求得到满足。

(3) 钻进硬岩层的要求 由于金属矿山中的硬岩比例较高, 许多矿区即使使用金刚石钻进, 也常发生进尺缓慢, 甚至出现钻头“打滑”不进尺的现象, 这种情况如发生在较深孔段, 更会严重影响钻探施工进度。对此, 最近几年专门开展了研究工作, 并取得了一定效果, 如在钻头方面, 由于在工艺改革、磨料优选、结构改进、胎料选

配等方面开展研究, 优质硬岩金刚石钻头已被用于生产; 在钻具方面, 现已有多级口径、多种类型的回转冲击金刚石钻具被用于硬岩钻进; 在钻进工艺方面, 也摸索了不少硬岩钻进经验。采用这些新的技术装备, 可望使硬岩钻进效率得到大幅度的提高。

(4) 矿区的磁性对边坡岩心定向的要求 许多金属矿山都有磁性影响存在。在这样的矿山上进行岩心定向, 不能采用带有磁元件定向的仪器。国外 (美国克里斯坦森公司) 比较成熟的多点随钻照相岩心定向仪就属于磁元件定向仪。国内也有类似的单点定向仪, 它们均不能在磁性矿区使用。我国最近研究成功的YCO—II型和YD—D75型多点随钻定向钻具, 由于它们是采用重力定向原理, 所以可以被用于磁性及非磁性区的岩心定向工作。另外, YD—NQ型杆式单点打印定向器, 也适用于磁性矿区。

(5) 岩心定向资料可靠性的要求 在边坡岩体的定向钻进中, 应尽量保证钻探资料的可靠性, 这对于研究治理边坡至关重要。这就必须要求岩心定向钻具及井上岩层产状测角仪均有可靠性。为此, 研究并汲取了国外先进岩心定向钻具的优点, 在YCO—II型和YD—D75型定向钻具上, 均采用了对岩心侧面连续刻定向母线的方法 (不用岩心端面定向) 及多点定向方案。这种侧面连续刻痕定向法, 可克服端面定向存在的下列缺点: 即当井内有沉落粉石、断根的岩心, 端面奇形、岩石过软、端面倾角过缓与过陡, 岩柱碎断不好对接时而使本回次定向失灵的漏洞, 以及为修磨心柱端面花费多余的工序。YCO—II及YD—D75型钻具还能用本回次多点数据相互校正, 提高了定向的可靠性与准确性; 或当某一点发生定向失灵时, 其他定向点可以补充, 从而提高了成功率; 另外, 在孔底有残留岩心柱 (断根或未断根) 时, 它仍能准确地进行正常定向工作, 这是当前其他定向钻具 (与定向器) 所难以作到的。在与YCO—II和YD—D75型定向钻具配套的地面岩层产状测角仪上, 由于采用了光学瞄准和被测体调移装置, 故可直接阅读出岩心上的层面产状数据, 避免了有些仪器须依靠间接测量而

带来的多余误差。

(6) 提高岩心定向效率的要求 设法提高边坡工程中的岩心定向钻进效率的迫切性,有时比一般地质钻探更大。因如能及时提供地质资料,尽早对边坡作出正确设计,对于搞好边坡稳定工作是十分必要的;在生产中有许多岩心定向钻探工程需在采矿现场施工,为不影响采场其他工作的部署,也需要提高工作效率,缩短施工期限;另外,同其他地质钻探一样,边坡定向钻进也应该加快工作速度,以获取好的经济效果。为此,应采取下述措施:

① 选用多点定向钻具,使之能在保证可靠性情况下,实现长回次钻进,以避免单点定向器在不完整岩层中的短回次钻进(有时回次长仅为几十厘米)。

② 选用随钻定向钻具。因它能在正常钻进过程中自动定向,无需进行多余的升降钻具工序,以及井底停钻等。

上述两项要求,在YCO—II与YD—D75型定向钻具上均可得到满足。

③ 发挥绳索取心钻进技术的优点。只要把岩心定向装置装配在已获成功的绳索取心钻具上,便可以明显地缩短辅助时间,提高生产效率[2]。

④ 选用优质金刚石钻头和其他先进的钻进方法以及合理的钻进工艺参数,可有效地提高钻进效率。

小 结

矿山露采边坡的稳定问题,确实是现实生产中的重要问题。许多矿山正对此开展治理工作。据国内外的工作经验,提早开展对边坡稳定的研究工作,比当边坡出现不稳定迹象后再突击治理会更有安全性和经济合理性。在解决边坡稳定问题中,应取综合预防治理为主的办法。即在准确地探求岩体不连续面产状、结构的基础上,合理地设计边坡角,科学地布置疏干排水工程。在做好上述基础工作后,还需重视使用生产中行之有效经验与措施,去治理现场中不断出现的各种临吋问题。

国内现代钻探技术的发展,已给边坡工程提供了良好的技术条件,我们应当尽快掌握和使用岩心定向等一系列与边坡工程有关的新技术,做好边坡稳定的研究工作。在此,必须提出的是如何用科学分析的方法,去分析利用好岩心定向等有关地质资料问题。因多数边坡资料表明,边坡体内容易产生滑落的结构薄弱带,往往是地质构造变化区。如存在着某些破碎、褶曲带,经常造成上下或邻近处产状不统一的现象,因而在使用岩心定向钻探资料时,应针对具体情况作具体分析,才能更好地发挥出新技术的作用。

主要参考文献

- [1] Hoek, E., et. al: Rock Slope Engineering, Institution of Mining and Metallurgy, London, 1977.
- [2] 王友章: 地质与勘探, 1984, 第11期

勘 误

本刊1985年第6期第47页第4行应为: $\therefore A = (y_2 - y_1)(z_3 - z_1) - (y_3 - y_1)(z_2 - z_1)$; 第48页第7

行应为: $\theta = \arccos \left| \frac{C}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} \right| = 47^\circ 48' 07''$ 。