

露天矿山排土场的变形破坏及其监测

贺跃光*

(中南大学资源环境与建筑工程学院,湖南长沙 410083)

摘要:分析了排土场变形、破坏的3种主要模式:压缩沉降变形、失去平衡产生滑坡、产生泥石流。然后以排土场失稳类别为基础,针对排土场变形、破坏几何因素及生产工艺要求,探讨了排土场的变形观测内容、方法与精度。

关键词:露天矿;排土场;变形;监测

中图分类号:TD824.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-4336(2002)02-0011-04

露天开采是国内外矿山开采的普遍形式,据统计,我国露天开采铁矿石占总产量的90%以上,每年剥离的岩土量达5亿t。排土场是露天矿采掘剥离废石的排弃堆积体,它由承纳废石的基底和排弃的散体废石两部分组成,大型排土场的最大垂高为400m左右,最大容量达10亿m³。露天矿排土场的失稳在我国露天矿山,特别是多雨的南方矿山非常普遍,并且常常造成重大经济损失^[1]。

1 排土场滑塌的主要模式

根据其受力情况及变形方式,排土场的破坏主要可分为3种类型。

1.1 压缩沉降变形

由于新堆置的排土场为松散岩土物料,其变形主要是在自重和外载荷作用下的逐渐压实和沉降,排土场沉降变形过程随时间及压力而变化,排土初期沉降速度大,随压实和固结沉降逐渐变缓。冶金矿山排土场观测资料表明:其沉降系数为1.1~1.2,沉降过程延续数年,但在第1年沉降变形占50%~70%,是产生滑坡事故的关键一年。在排土场正常压实沉降过程中,虽然变形较大,但不会滑坡,只有当变形超过极限值时才导致滑坡,大量观测资料表明:排土场位移速度为0~25cm/d时,属压缩沉降过程,而超过25~50cm/d便可能出现滑坡,需采取安全措施。

1.2 失去平衡产生滑坡

按滑坡影响条件和滑动面所处位置的不同,排

土场失去平衡产生滑坡可分为一种形式^[2]。

(1) 排土场内发生变形破坏。当基底岩层坚硬稳定,排弃散体透水性差,含粘土矿物多、风化程度高、散体强度低时,常常发生这类破坏。这类破坏往往是排土场台阶先鼓起后滑坡。

(2) 沿排土场基底与接触面的滑坡。当排土场散体物料及基底岩层强度较大、二者的接触面存在软弱物料时,常发生这种滑坡。如在外排土场陡倾山坡基底表面,存在第四纪黄土、粘土等软弱层覆盖的排土场,或内排土场基底表面存在有被风化而又未清除净的松散物料时,可能产生这种滑坡模式。

(3) 基底破坏。当承纳废石的基底岩层软弱承载能力较小,在排土场的压力作用下可能会沿基底软弱岩层滑动,从而引起排土场滑塌。由于基底岩层滑动,常在排土场前方产生地鼓,从而引起牵引式滑坡。

1.3 产生泥石流

泥石流又称山洪流或泥石洪流,是指斜坡上或沟谷中含有大量的泥、砂、石的固、液相颗粒流体,流

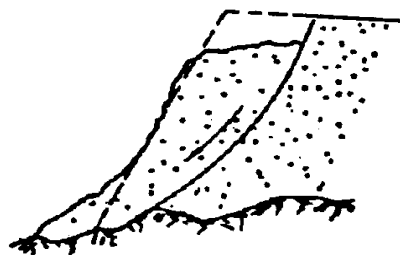


图1 排土场内部滑动

* 收稿日期:2001-11-03

作者简介:贺跃光(1966-),男,湖南桃江县人,中南大学测量实验室主任,博士研究生,高级工程师。

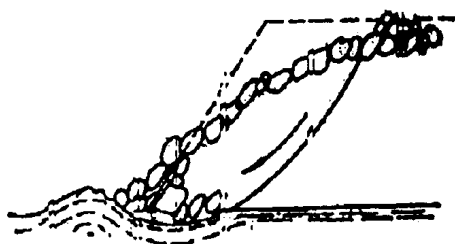


图2 排土场沿接触面滑动

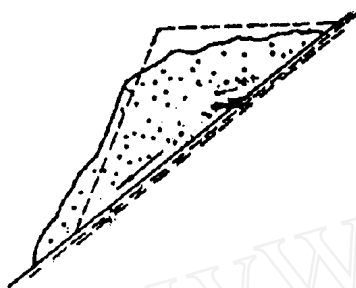


图3 排土场软弱基底破坏引起滑塌

体的体积密度一般在 $1.2 \sim 2.3 \text{ t/m}^3$, 泥石流是地质不良的山区的一种介于洪水和滑坡间的地质灾害现象。常在暴雨(或融雪、冰川、水体溃决)激发下产生。矿山泥石流是山地沟槽或河谷在暂时性急水流与流域内大量土石相互作用的洪流过程和现象。其特点是过程短暂、发生突然、结束迅速、复发频繁。泥石流形成必须具备3个条件:有大量的岩石破坏产物;有数量足够的水体;山地地形^[3]。

2 排土场监测的内容

排土场的监测是为安全生产和稳定性研究服务的,一般说来,对排土场的监测,只是在特殊的条件下,包括:基底存在软弱岩层或承载能力低的岩面;在滑坡没有波及地带有排土设备,或在变形地段有直接进行工作的机动性很强的设备;为对土场变化发展进行监测,以探求规律,指导生产;为制定并采用保证安全的专业措施,才开展监测工作。

2.1 监测的范围

对无滑坡、破坏可能的排土场或虽有这种可能,但不会危及生命财产安全、也不会影响土场正常生产、不至于造成生态环境破坏的排土场,并不需要监测。但大部分排土场需要进行安全监测,以服务于排土场新工艺、边坡参数研究及治理效果、后效措施分析,具体说来,有如下情况。

(1) 山坡排土场,基底为硬岩,山坡坡角 $27.0^\circ \sim 30.0^\circ$,有沿基底滑坡可能。

(2) 山坡排土场,基底为软弱岩层、厚层腐殖土或植物腐败层,排弃的松散土体,山坡坡角近于或略小于 $27.0^\circ \sim 30.0^\circ$,有沿弱层滑坡可能。

(3) 山坡排土场,基底为硬岩,存在着与山坡面倾向一致、倾角较小的构造弱面时,当山坡坡角小于 27.0° 时,也存在沿构造弱面滑坡的可能。

(4) 较缓山坡,基底为硬岩,排土场堆料为坚硬岩块, $f = 3 \sim 10$,堆置高度为 $92 \sim 103 \text{ m}$,土场总体坡角 33° ,有滑坡可能。对高度超过 200 m 的排土场,可按坡角 30° 作为监测与否的依据。

(5) 复垦区陡边坡稳定问题,从排水系统、稳定及复垦出发,排土场的最终坡面角不应大于 27.0° ,各排分层间的台阶宽度最小应保持 5 m ,接近或超过此限值时考虑其稳定性监测。

(6) 土场局部变形与破坏,可按照对新建土场,以单位坡顶长度在单位时间内排入土体体积来表示废石流量指标,其最佳值为 $150 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$,当土场形成后,可按实际沉降速度为指导,如冶金矿山的沉降速度极限一般为 3 cm/h ,小于此值,排土作业正常;沉降速度增至 $3 \sim 5 \text{ cm/h}$,预示着 $3 \sim 5 \text{ d}$ 内沉降速度仍会增加;沉降速度增至 $5 \sim 10 \text{ cm/h}$, $1 \sim 2 \text{ d}$ 内将会塌陷,超过 30 cm/h ,破坏即将发生。

对进行过测量的排土场,可按垂直位移 w 与水平位移 u 的比值 $b = u/w$ 来判断稳定性。

建设土场初期:

$$b = 0.18 \pm 0.09 \quad (1)$$

建设终止阶段:

$$b = 0.91 \pm 0.20 \quad (2)$$

建设成形后:

$$b = 0.16 \pm 0.20 \quad (3)$$

(7) 软弱地基排土场,沉降变形超限可能会导致失稳。

$$h = \frac{\cdot h_1}{(1 + e_1)} \quad (4)$$

$$= \cdot h \quad (5)$$

式中 h ——软弱地基最终沉降量, cm ;

——压缩系数, m^2/N ;

h_1 ——压缩前软弱地基厚度, cm ;

e_1 ——孔隙比;

——垂直压应力, N/m^2 ;

H ——土场堆料高度, m ;

——土场堆料容重。

当软弱地基的沉降变形相对量 $h/h > 15\%$ 时,基底已发生了破坏,并向周围产生塑性滑动,土场破坏。

(8) 由于软弱地基排土场超过基底极限承载能力而致失稳,一般按排土场最终设计高度,用勃兰特公式对地基承载力进行检校。

$$P_0 = 2C(L - X)/h_1 \\ = 2C(H \cot \alpha - X)/h_1 \quad (6)$$

式中 P_0 ——导致软弱地基地鼓的极限垂直压力, N/m^2 ;

C ——基底岩土的内聚力, N/m^2 ;

H ——排土场边坡高度, m ;

L ——排土场边坡斜长的水平投影, m ;

——台阶坡面角;

h_1 ——软弱基底岩土厚度, m ;

X ——从边坡眉线到计算点距离的水平投影影响, m 。

对允许边坡极限高度,当 $X = 0$, $P_0 = P_{\max}$ 时,土场基底的最大单位压力为 $\gamma \cdot h$,当 $P < P_{\max}$,土场稳定, $P = P_{\max}$,土场有可能失稳,需要监测。

2.2 监测内容

以排土场失稳类别为基础,根据排土场变形、破坏几何因素及生产要求来确定排土场的监测内容如下^[4]:

(1) 土场顶面微量沉降与位移监测。如生产土场在基底倾斜条件下,土场沿基底弱面滑移前邻近基底处的土场顶面沉降与位移,永久性土场稳定状态下的沉降与位移。

(2) 排土场沉降与位移监测。包括永久性土场的稳定监测;生产土场在作业过程中的坡顶面沉降观测;牵引式滑坡引起的坡顶沉降与位移观测;软弱地基土场在坡脚前沿地鼓的过程观测。

(3) 土场坡面形态测量,指土场边坡形态,包括边坡角、台阶边坡角测量,以及不同排弃方式、排弃顺序、排弃工艺、排弃速度、料流量大小等,坡角与形态变化量测,滑坡瞬间、措施实施后的坡角与形态量测。

(4) 土场变形、破坏观测和记录,包括变形及破坏类别、范围、条件、时间、特征量测与记录,坡顶开裂、错动、塌陷、崩落、隆起等破坏的定时、定量观测。此外,有的还应进行地球物理量测、水文孔观测,并结合其稳定性进行状态分析,与泥石流问题相关联进行分析。

2.3 监测精度、周期与方法

与失稳类别相对应,排土场顶面沉降及相邻山坡滑移监测、局部变形与破坏监测、地鼓与滑坡监测、泥石流监测的精度、周期与方法如下:

(1) 精密位移与沉降观测。精密位移按 5 s 级导线要求,坡顶平台及相邻山坡沉降观测按四等水准要求,平台间按四等水准要求进行联测,该等级精度要求在于控制基底滑坡所造成的失稳。测点间距:沿眉线横向观测线按 50 m 以内;竖向观测线,在眉线附近 20 ~ 30 m 范围内,每隔 10 m 设置一点,距眉线 30 m 以外,每隔 20 ~ 30 m 设置一点;附近山坡上每隔 10 m 设置一点,但至少不能少于 3 点。

观测周期在土场沉降大时,沉降观测每月 1 次,水平位移观测的周期可加大,发现特殊情况或滑坡时应加强观测,水平位移观测周期可定为每月 1 次。

(2) 土场顶部沉降观测。主要用于区段沉降监测,可按等外水准测量要求,测点间距可按 5 ~ 15 m 设置,也可在已有固定点的基础上加设临时性木桩,其设置范围为对某工程研究目的感兴趣的区段,周期一般可定为每 2 d 1 次。

(3) 土场坡面形态及坡角测量。可采用大地测量的方法或摄影测量的方法,但因实地测量时往往会因为生产而人员和设备不安全,因此应尽可能采用摄影测量的方法^[4]。一般可视剖面形态的变化而不定期地测量。

(4) 土场坡脚处地鼓测量。以排土场坡脚附近的工程水准测量,距离测量、宏观破坏调查来实现,其精度要求较低。测线一般为沿与底部眉线垂直的临时性测点组成,测点间距 5 ~ 10 m,测线需延设至地鼓区以外 20 ~ 30 m,一般设置相互平行的观测线 3 条以上,测线间距 10 ~ 20 m。周期一般每星期 1 次,变化剧烈时每天 1 次,稳定后 1 个季度至半年 1 次。

(5) 土场变形与破坏调查。该项工作作为土场坡顶面眉线处相对位移、坡顶面开裂扩展、坡顶面眉线附近相对沉降、破裂与错动测量等。测量范围及精度要求以满足工程要求以及研究破坏发展过程的统计学要求为准则。因而可在破坏处现场摄影、素描,以及钢丝悬锤法、边坡位移记录仪、倾斜仪和其它简易测量,观测周期可视变化随时调整。

(6) 其它方面的测量,可视实际需要而定。

3 结 语

分析排土场的变形、破坏原因,确定与之相适应

的观测方法、观测精度与观测周期,既可避免监测过程的盲目性,又可确保排土场的稳定性与安全生产的需要。

参考文献:

[1] 廖国华.边坡稳定[M].北京:冶金工业出版社,1995.

[2] 颜荣贵,贺跃光.倾斜地基排土场与对策[J].江西有色金属,1990,4(3):40-42.

[3] 戴塔根,刘悟辉,等.环境地质学[M].长沙:中南大学出版社,1999.

[4] 贺跃光,颜荣贵.高台阶排土场摄影测量技术研究[J].矿冶工程,1992,12(3):5-9.

Open-pit Dump Deformation and Breach Observation

HE Yue-guang

(College of Resources, Environment and Civil Engineering of
Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: Open-pit dump deformation and breach patterns are compress subside, coast due to unbalance, mud and rock flow. based on unsteady sorts, and dump deformation, and breach geometry and technics, observation content and means and precision is discussed.

Key words: open-pit; dump; deformation; observation

(上接第 10 页)

Quality of Mn_3O_4 and Its Determination

PAN Ying-qing, TAN G Xiao-zhuang

(National Committee of Manganese Industry Technology, ChangSha 410006, China)

Abstract: This paper describes the chemical and physical quality of Mn_3O_4 and its application requirements, investigates the measures to improve its quality and explains the basic means for quality determination.

Key words: quality; determination; Mn_3O_4 ; density; specific area

《锰业信息快讯》(月刊[®] 自办发行)

锰行业及相关行业的商情刊物

翔实佳作:纵观锰业市场风云变幻 汇集世界商贸重要信息

《锰业信息快讯》1986 年创刊,深受国内外读者的喜爱。

该刊优点:可信、实用、新颖、系统。所提供的数据均基于严谨调查加科学分析;所报道的内容紧密结合网员单位的生产、销售、供需双方的需求;诸多信息为首发稿件,可以负责地说,我们随时跟踪国内外锰行业及相关行业的动向,大部分内容报道时差仅 1~2 月;很多栏目中的信息具有系统性,为各订户了解市场、分析市场、判断、分析、统计提供了依据。被专家誉为行业致富的良师益友,企业领导的决策参谋。

《锰业信息快讯》设有锰业信息、研究与开发、技术与应用、电解锰之窗、铁合金动态、商贸传真、热门话题、部委消息、政策与法规、会议消息、价格行情、供求热线等栏目;定期召开学术会议等。

《锰业信息快讯》订阅手续随时办理,每年 600 元(国内订价)。该刊提供免费阅读,订阅者除可获得该刊外,还可免费获得《中国锰业》,并免费在《锰业信息快讯》上刊登供求信息。

(周柳霞)