

# 大型复杂露天铁矿边坡管理措施

尹磊

河北钢铁集团矿业有限公司司家营北区分公司 河北 唐山 063701

**摘要:**我国露天矿多为鞍山型沉积变质矿床。深凹露天矿位于燕山褶皱带昌黎隆起西南缘。矿区出露地层主要为前震旦系、震旦系和第四系。第四系地层面积大。除矿区东部有少量连续分布外,基岩露头零星分布。露天矿上边界附近形成了一层厚的第四系土层。边坡条件复杂,强风化带、风化带及下伏基岩稳定性差。随着露天开采的深入,边坡暴露时间越来越长。在风化、暴雨、爆破震动等因素的影响下,出现了不同程度的滑坡,呈现出大规模滑坡的迹象。为了减少和杜绝露天矿边坡滑坡等安全事故,加强对露天矿边坡的监测和检查,落实边坡安全管理措施尤为重要。

**关键词:**露天矿边坡;安全性;安全管理

随着露天矿山岸外开采深度持续下降,井喷边坡安全成为露天矿山安全的主要潜在威胁。因此,有必要研究露天矿的稳定性,制定各种安全措施,以提高露天矿的稳定性,改善露天矿安全开采条件,降低露天矿安全事故的发生率。结合各矿山实际生产情况,讨论分析了露天矿山边坡稳定性管理措施。

## 1 案例分析

某矿业公司是集采矿、选矿于一体的大型露天铁矿。该矿设计年产原矿1500万吨,年采剥总量1.125亿吨。露天矿东西长约5000m,南北宽约1000m。呈鳄鱼形,开采深度近500m,围圈以下约70m分为东露天和西露天。只有闭合圆的边界长度约为13000m,属于陡坡长坡形式。主要矿石和岩石品种有氧化矿、混合矿、稀土、铌矿、白云石、板岩、云母角闪岩和第四纪。且呈带状不规则分布,斜坡岩性复杂。

1.1 影响采场边坡稳定性的因素。(1)内因。影响采场边坡稳定性的内因主要是地质构造。白云西矿构造为紧密向斜,含矿层集中,形成向斜两翼。构成斜坡的岩层主要有七种,即白云石层、铁矿层、板岩层、云母层、方钠石层、第四系和岩脉分布。边坡的力学性质一般。由于岩层倾角大于 $60^\circ$ ,边坡岩体自上而下往往有白云岩夹层,露天矿边坡稳定性尚可。但在采坑浅部,结构裂缝和风化裂缝相对发育,倾角一般大于 $40^\circ$ ,影响边坡稳定性。该区第四系地层发育良好,厚度一般为20m~

50m,南部花岗岩附近厚度不足1km的区域厚度为60m,厚度一般为100m~20m~50m,最深处可达300m,与基岩不整合,影响边坡稳定性。(2)外部因素。1)水文地质条件。采场地下水文地质条件简单,但位于采场北坡,存在FB1、FG2、FG3等蓄水断层,使该区水文地质条件复杂。蓄水断层可能因暴雨等因素快速充水,或因采场快速开挖而无法及时降低水位,对边坡稳定性产生不利影响。2)开采技术条件。采场分为水平台阶,自上而下逐层开采。由于地质条件复杂,矿体多而薄,矿岩类型多样,需要分采。采场开采台阶高度为12m,开采达到最终状态时每两个台阶段为24m,最终清理平台宽度为7m~9m,平行台阶斜坡的岩石角坡为 $65^\circ$ ,第四纪为 $45^\circ$ 。(3)自然风化和气候。当地气候属于高原大陆性气候类型,年降雨量少于蒸发量。日、年气候变化幅度很大,年温差近 $70^\circ\text{C}$ ,冻结深度2.1m~2.66m,年风向为西北风、西南风,最大风速23.3 m/s,由于采坑上坡第四系覆盖层厚、结构松散、力学性质差、强度低,对边坡稳定性十分不利。(4)生产工艺对边坡的影响。爆破振动是影响边坡稳定性的重要因素。矿业分公司日爆破能力60万吨,炸药消耗量约130t。特别是在 $\phi 310\text{mm}$ 钻孔爆破区域,即使采用逐孔起爆方式,单级起爆药量也在1t左右,对边坡有害。<sup>[1]</sup>

1.2 斜坡管理措施。(1)严格按照设计施工。1)采用预裂爆破。在最终边坡附近,需确保预留30m工作平台进行预裂爆破,预留工作平台附近的大直径孔洞需逐孔爆破,爆破药量控制在20t以内,除第四系、第三系外,预留作业平台严格按照预裂爆破设计要求施工。为最大限度地保护边坡,防止爆破震动引起的裂缝延伸至保留岩体,公司采用两级预裂孔同时射孔起爆的形式。实践表

**通讯作者:**尹磊,出生年月:1990.6,民族:汉,性别:男,籍贯:河北省唐山市迁安市,单位:河北钢铁集团矿业有限公司司家营北区分公司,职位:采矿技术人员,职称:助理,学历:本科,邮编:063701,研究方向:采矿工程。

明,双断面半孔率高,贴边效果好。2)根据各岩性的设计角度进行施工。原设计最终边坡的边坡角岩石为 $65^\circ$ ,第四系和第三系的边坡角岩石为 $45^\circ$ 。实际生产中,第四系、第三系严格在 $45^\circ$ 进行边坡施工,效果良好,边坡稳定。(2)开采边界校正。1)消除应力集中区域。随着露天边坡开采活动的开展,原岩应力不断增大,最终可能导致边坡失稳。斜坡的形状对应力集中有很大影响,应力集中多发生在尖角、沟槽、缝隙等部位。图1中,A区和B区突出部分应力集中严重,在实际生产中难以保持。

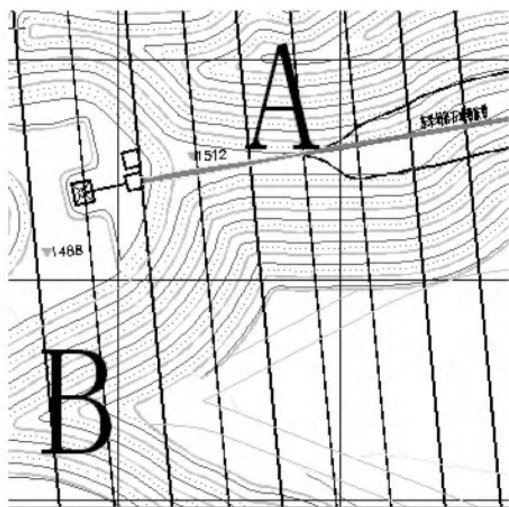


图1 原设计中的应力集中区

目前上台阶施工预留区域已出现局部坍塌,存在较大安全隐患。为了避免应力集中带来的边坡破坏,对上述A、B及类似区域的边坡进行了修改,如图2所示。

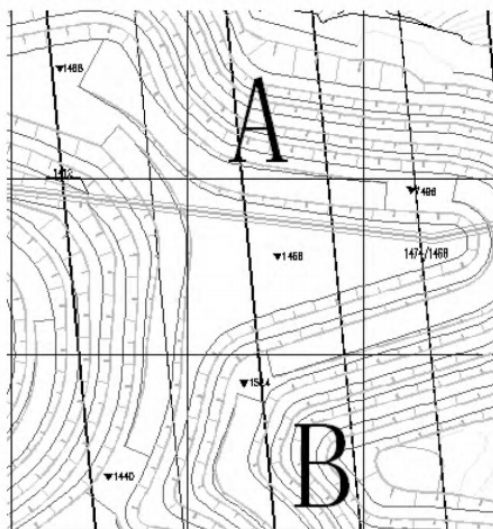


图2 修改设计后消除了应力集中区

改造后,边坡线光滑平整,消除了应力集中区,有利于边坡稳定。2)优化岩性错配区设计。矿业分公司采

场岩性复杂,受工程勘探程度影响,部分地段岩性与地质图不符。地质图显示岩石部位,开挖后第四系暴露,导致第四系最终边坡台阶坡角设计不合理。对于条件相似的边坡,开展了第四系边坡稳定性研究。从采场中选取了两个有代表性的第四纪位置。第四系位于西采场南帮11-12勘探线。采场顶部台阶平均高度13m,岩体多由粘土组成,含部分砂砾岩。图3为位于西采场南帮勘探线26-27的第四系。自上而下形成了两个台阶,上台阶的平均高度为17m。



图3 第四系按 $45^\circ$ 施工后边坡稳定

距边坡顶线15m处有临时矿石转运平台,距采场内固定水泵站约100m。相比之下,图3所示零件的工作条件明显更差。然而,该区域是按照 $65^\circ$ 的原始设计坡角,即岩石坡角建造的。五个月后,斜坡大规模坍塌。该区域严格按照 $45^\circ$ 施工,建成3年后边坡非常稳定。因此,在边界设计时,需要根据现场实际岩性对岩性错配区进行优化设计,确保边坡稳定。(3)边坡水处理。采矿分公司采场水文地质条件较好,边坡水治理以大气降水为主。对于采场外的积水,在采场周边设置截水沟进行导流排水,防止积水向下渗透或冲刷破坏下部坡顶。采场积水主要依靠采场内斜坡道两侧的沟槽和边界安全平台外的斜坡加挡土排水。特别是在边界安全平台外坡设置挡土墙,完全避免了积水对下台阶顶部的冲刷,有利于边坡的稳定。(4)边坡清理和边坡施工过程管理。1)注意边坡清理。永久边坡受风化和工程扰动的影响,一段时间后不可避免地会落石,容易对下层作业人员和设备造成伤害。因此,专门对边界附近的斜坡进行了清理工作。一方面彻底清理松动的石块和坍塌的物料,另一方面及时检查清理后的边坡现状,对于有结构区和堤防区的地区隐患排查落实具有重要意义。2)边界施工过程管理。边界质量是影响边坡稳定性的重要因素。对于特殊的地质条件,双方技术人员将进行讨论,制定合理的方案。经过几年的实践,边界质量良好。

## 2 露天边坡安全管理措施的分析

### 2.1 斜坡边界管理

在采场的实际生产过程中,不合理的爆破方法影响了边坡过采和欠挖的发生,日常生产中的爆破振动对边坡的稳定性影响严重。因此,边坡边界管理采取以下措施:(1)边界台阶冲孔作业。射孔必须严格按照爆破设计孔网参数进行,射孔的位置和深度必须精确控制,这为实现精确控制爆破提供了前提条件。(2)采矿设计边界的现场标定。在现场铺设设计边界线时,必须用小孔将爆破作业的边界控制在边界线30m以内,同时应指示采矿工人严格按照设计边界线和坡角进行削坡和切边,并对采场局部转折区域的边界线点进行加密标定。(3)边界爆破设计与施工。采用100mm~200mm小孔径控制爆破,根据爆破震动限值合理设置炸药单耗,逐孔间隔起爆相邻炮孔。根据不同区域的地质构造和岩石特征,不断改进爆破设计,降低爆破振动,从而降低对边坡稳定性的影响。(4)做好边界边坡开采的防护和加固工作。<sup>[2]</sup>

### 2.2 实施削坡作业

由于露天矿岩质边坡崩塌,第四系土层边坡变陡,自稳能力低。为保证下台阶的正常推进边界和台阶的顺利放坡,在第四系土层上进行削坡作业,削坡坡度为1:0.75~1:1.0,然后在坡顶堆筑安全挡土墙。为保证永久运输道路边坡的稳定性,防止边坡被破坏,削坡作业结束后,采用全长粘结锚杆加网喷混凝土进行加固。

### 2.3 坡度位置控制

对于已发生滑坡的露天台阶边坡,由于滑坡体处于自然静止状态,滑坡稳定后短时间内不会再次发生。为了防止滑坡再次发生,需要及时两个关键位置。第一个位置是滑坡上部近似垂直或反坡的位置,坡角宜切为35°~40°。第二个位置是滑坡体的下部。对散落的滑坡体应及时清理,并修建高度1.5m~2m的临时挡墙,防止滑坡体从采场运输道路上滑落,影响运输车辆安全。为避免连续降雨造成滑坡,可采用塑料布覆盖滑坡的方法,防止雨水再次进入滑坡。

### 2.4 控制爆破

露天矿永久边坡的稳定性与爆破振动和侧爆方法有

关。根据采场实际爆破生产经验总结,普通边坡爆破对矿山边坡稳定性的影响比较严重,而微差爆破、预裂爆破、光面爆破等控制爆破对矿山边坡稳定性的影响相对较小。如果爆破参数和爆破药量设置不合理,会对不稳定边坡和极限状态的边坡造成很大影响,边坡岩体容易坍塌。根据相关研究,大中型普通爆破引起的振动会使永久边坡的稳定性降低15%~20%。对于地质条件较差、岩土强度较低或高陡边坡,当爆破振动超过预定值时,可能发生局部滑坡或大规模崩塌。爆破震动小的光面爆破或预裂爆破技术可以减少边坡滑坡的发生。

### 2.5 采场边坡的日常维护与检查

对于露天边坡的安全管理,首先要建立常规和专项检查制度,加强对露天既有边坡的检查和巡查,发现边坡有异常及时采取措施或制定方案及时处理。加强重点部位和重要设备设施以上的边坡管理,增加边坡清理巡查频次,防止自然灾害对边坡造成严重影响。

### 2.6 边坡截排水处理

如果露天矿边坡岩体中存在裂隙水,会对边坡产生静水压力,削弱不连续边坡岩体的抗剪强度,导致边坡滑坡的发生。汛期,强降雨天气,雨水短时间聚集,形成地表径流,地表径流聚集冲刷边坡坡面。因此,应定期对采场地下水和地表汇水进行分析和现场调查,以减少地下水和地表汇水对边坡稳定性的影响,保证边坡的稳定性。

总之,斜坡安全管理涉及露天采矿的整个生产过程,这对于保护安全和处理露天采矿特别重要。结合地雷生产的实际情况,所有露天矿都应加强对边坡稳定因素和潜在危险的研究,通过制定严格的管理制度和有效的边坡处理措施,确保露天矿边坡的稳定,并始终防止滑坡和事故的发生。

### 参考文献:

- [1]于庭安,戴兴国.露天矿边坡稳定性的安全因素分析[J].矿业安全与环保,2008.
- [2]张艳红.大型复杂露天铁矿边坡管理措施[J].包钢科技,2014.