

边坡支护在工程地质灾害治理中的应用分析

孙永利

(四川省冶金地质勘查局六〇五大队, 四川 眉山 620800)

摘要 针对开挖不科学造成的地质灾害易引起坍塌和滑坡, 采用边坡支护工程是缓解这些地质灾害最有效的预防措施。合理应用边坡支护工程可以减少矿山边坡的应力变化, 消除岩质滑坡的危险, 从而提高矿山土壤的稳定性。边坡支护工程可以提高边坡的抗滑能力, 提高边坡的抗震能力。实践中证明了边坡支护工程能够增强边坡稳定性, 并有效降低了地质危险性。最后本文以某大型地质灾害为例, 讲述了该地区边坡支护工程的设计方案及施工方法。

关键词 边坡支护 地质灾害 矿山

中图分类号: U213.1

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)09-0043-03

边坡支护技术可以改变边坡的荷载, 提高边坡的结构稳定性, 有效地控制地质灾害, 提高施工现场的安全性。因此, 相关人员应结合实际情况, 加强支护技术在施工中的应用方法研究, 确定危险部位, 充分发挥支护结构的作用^[1]。

1 应用边坡支护对矿山稳定性的作用

1.1 降低边坡的应力变形

边坡在重力作用下变形, 在开采过程中因应力过大而受损。根据边坡破坏模式和应力变化的特点, 将边坡断裂模式分为四种类型: 倾倒、平移变形、拉裂开裂、楔形体变形。

倾倒: 倾斜力矩的形成主要受岩体自重的影响。由于力矩超过了岩石的承载力, 岩石很容易失稳而落在边坡较大的岩石上。特别是当岩石不连续时, 倾斜变形更容易在断裂方向发生, 最终发生块体弯曲和崩塌。在横缝的影响下, 岩体也会产生连续剪切, 从而导致弯曲变形和坠落。

边坡的平移拉开断裂形式, 通常发生在滑动构造或倾斜较低的顺层边坡上, 受自重的影响, 边坡与节理之间的裂隙会互相剪切, 张力是在自身重量的影响下产生的。当周围的约束条件被移除时, 坡度等于岩石的内摩擦角, 所以一旦矿点发生了爆破或是降雨造成岩块的结构稳定性降低, 岩块就很容易沿着滑移面形成平移拉开的断裂形式。楔体变形通常在两个或以上构造平面的边坡中发生, 主要原因是结构面切割产生的楔体变形, 沿切割线滑动, 对边坡造成严重破坏^[2]。

结合以上故障模式的分析, 所有故障模式都会在应力作用下使边坡发生变形, 导致边坡薄弱部位的结

构破坏, 并逐渐扩展到整个结构的破坏, 从而导致最终事故。倾斜支护可以对外施加反向拉力, 抵消重力等荷载对边坡的影响, 控制边坡的形成, 避免边坡结构的破坏, 实现对边坡的持力作用。

1.2 解决危险岩体坠落隐患

在矿山开发过程中, 采用了爆破和其他开发方法, 导致岩体受到内部振动和结构破坏的影响。如果有外力, 岩石很容易沿着裂缝断裂。这类岩体是矿山中的危险岩体, 对矿山设计人员的安全构成极大的威胁, 制约了该技术在矿山开发中的应用。为了解决潜在的安全风险, 通常情况下, 相关人员要定期检查和清除小的危险岩石。

一旦边坡表面出现大量危岩, 必须及时清除松动的岩石, 以清除风化层和有裂缝的岩石表面, 并进行边坡加固, 坡体具有适当的坡度, 提高了边坡结构的稳定性。边坡支护结构的使用可以支护破碎岩体, 保证矿山结构的安全。在处理危险岩体时, 边坡防护工程通常采用柔性人网覆盖危险岩体, 通过竖向约束和作用力, 可以有效地控制岩体的空间运动, 以限制坠落和坠落。支撑结构是一种主动控制方法。在确定承载结构时, 我们需要了解岩块裂缝的分布情况, 确定围岩的钻孔, 制定放置锚索和注浆的操作技术, 以合理使用锚索, 加固危险的巨石和潜在的滑动体^[3]。该结构还保证了植被恢复空间, 能适应不同的边坡结构。

2 使用边坡支护工程对矿山边坡的深层加固

2.1 加大边坡抗滑力

分析坡度的稳定能力, 要在研究边坡破坏模式的基石上展开。我们可以作一个假想: 将刚性滑动岩块

某一点当作回转的中心点,以滑裂平面作为速度不连续平面,从岩块上任意选取一微分的单元体,此时的旋转角就可设定为 θ 。当坡度岩体在临界状况时,就可能得出坡度的稳定能力系数,即是函数 $f(\theta)$ 的极小值。而通过边坡稳定系数,就可能得出坡度稳定能力的效果分析结论,同时边坡定量承载力分析结论也必须根据岩石条件、实际荷载量、支护情况等条件。为了明确锚索支撑稳定性系数的具体范围,应该将传统边坡稳定性分析方法更改为锚索支撑稳定能力分析,对边坡系统的内外功率变化做出测算,最后通过得出的计算结果,应该增加对坡度维持稳定能力的防滑力,从而使坡度的稳定能力大为提高。

2.2 支护结构提升边坡抗震能力

边坡的支撑构件能和岩体形成一个整体结构,用支撑构件就提高了岩体的整体结构,从而增加了岩体的承载力和抗震性。在矿山企业的开采过程中,随着边坡的影响发生变化,在开挖的影响下,岩体的初始应力不断释放,应力状态也发生变化。岩体结构的变化可以促进岩体向新平衡状态的转变,但也会导致岩体结构的破坏。边坡支护结构能更好地改善岩体结构的均布张力,提高岩体结构的稳定性。此外,边坡支护结构也适用于岩体支护,它不仅能控制岩体的自由运动,还可以通过对岩体形成反作用力来控制岩体的自由移动,同时支撑加固结构。由于岩体与支护构件紧密相连,可以形成刚体,滑动推力也从外部传递到更深的固体岩层。同时,嵌入效应可以使岩体具有更强的抗震能力,因为支撑元件增加了垂直于滑动面的表面张力,从而改变了滑动面的动力特性。同时,滑动面的表面摩擦力增大,岩体的滑动推力显著减小,最终抗震能力显著提高^[4]。

3 边坡支护试验分析

3.1 稳定力学参数

以某矿山工程为例,分析了边坡处理过程中的稳定性和力学参数。对现场采集的10例滑动岩石和10例滑动带岩土进行室内力学试验。通过测试和分析抗剪强度,岩体的抗剪强度参数确定如表1所示。

表1

天然内聚力	饱和内聚力	天然内摩擦角度	饱和内摩擦角度
20.25kPa	19.01kPa	14.89°	13.81°

经过对实际的勘测结果进行综合分析,判断边坡

的力学平衡参数如表2所示。

表2

参数	滑体岩土	滑带岩土
天然重度(kN/m ³)	18.95	18.95
饱和重度(kN/m ³)	19.21	19.21
天然状态(kPa)	20.22	16.43
饱和状态	14.93	8.72
粘度强度(kPa)	18.91	15.66

3.2 边坡稳定性分析

为了检验边坡支护技术的效果,分析地质灾害治理的作用,有必要分析边坡支护前后的稳定性变化,研究边坡各特征点在水平和垂直方向上的位移,然后比较数据。通过分析强度折减,确定支护边坡的安全系数约为1.27。虽然总体情况相对稳定,但部分地区仍存在不平衡问题,尤其是在矿山附近较高的边坡,安全隐患更为严重,因此有必要进一步加强对这些地区的管理。经过支护加固后,该高边坡的安全系数达到1.9,得到了显著提高,证明通过支护工作可以在工程地质灾害防治方面取得更好的效果。

4 实际案例分析

4.1 地质概括

山地斜坡土壤,主要由填筑物、残坡积黏性土和前寒武系黄洞组上段的全、强风化作用粉砂石等构成。针对斜坡的岩石的成分、土壤结构、物理力学等特性测试结论,简介如下:(1)杂填泥土:土灰白、棕红色,略湿润,成松散状况,以黏性土居多,含碎岩矿渣粉、砖块等建筑材料废弃物,为高压缩力黏土,透水性较强,一般厚度范围为0.30~3.80m。(2)含碎岩粉状黏土:系粉砂石坡积物,褐红色、棕黄色,略湿或~湿,成可塑状况~硬塑土壤,以粉状黏土居多,含碎岩约百分之十,粒度通常为2~4cm,成棱角形。(3)粉质黏土:系粉砂石坡积物,棕红色、褐发黄,稍湿~湿,可塑状态~硬塑,以粉体颗粒居多,土质较平整,为中压缩力黏土,具有遇水后易软化,硬度迅速下降等特征,一般厚薄范围为0.40~3.50m。(4)黏土:系粉砂石山坡残积物,棕红色、褐发黄,稍湿~湿,可硬塑~坚固,以体粉粘粒居多,属于中压缩力黏土。

4.2 边坡支护设计

鉴于坡度高程较大,面积广阔,为减少坡度建筑施工过程对斜坡稳定性的影响,坡度保护工程适宜于采用自上而下分期砌筑、推进保护的逆作法开展建设;

并且充分考虑到坡度岩石的生产状、结构组成、节理裂缝发育状况等,本坡度建设过程对斜坡表面主体结构采用土钉+框架柱+植草实施稳定性保护,对部分边缘路面采用挂网喷水泥实施保护。而针对本坡度建设过程的特殊性和实际施工经验,本建设过程按照特性及工序的差异,大致包括以下5个分项部分:(1)削坡清表砌筑。(2)截沟渠(排水沟)砌筑。(3)锚索支撑结构砌筑。(4)砼框架梁砌筑。(5)植草绿化砌筑。其中锚索+框架梁+植草是本边坡的重点建设项目。

基于工程设计经验和实际施工类比情况,并采用了锚索结构内部刚度验算和外部稳定性验算,设计中边坡面每层倾斜度选择 65° ,土钉在面层的垂直布置上下倾角为 10° ,垂直和水平距离各为2.5M 钉材选择中25热轧螺纹钢筋,钻孔孔径为100Mm 钉孔内注浆方法材料选择中M25水泥砂浆。土钉孔径为8~18m,钉材表层喷涂了聚醚环氧树脂涂层以增强防腐力。为使混凝土钢筋的直径尺寸处于钻孔中,在每隔2m设有定位支架。框架混凝土钢筋则使用C25水泥,竖柱、气窗的尺寸为 $30\text{cm} \times 30\text{cm}$,间距 $2.5\text{m} \times 2.5\text{m}$ 。框架柱和锚索连为一体,在框架柱内喷播草种,进行园林绿化。

边坡排水系统能否得到改善,将直接影响后续防护效果。因此,根据设计特点,在边坡外侧2m处设置底宽 $80\text{cm} \times 80\text{cm}$ 的梯形槽,在边缘中部设置 $60\text{cm} \times 60\text{cm}$ 的矩形排水槽,在残缺处设置 $100\text{cm} \times 100\text{cm}$ 的矩形排水槽。集水沟和排水沟收集的降水与相邻的城市排水系统相结合。边缘表面也设置排水孔,直径75mm,横向间距2.0m。横向排水系统外坡5%,设置不小于50cm的砾石反滤袋。

4.3 施工技术、方法与要求

1. 削坡施工的流程:施工前准备,清除边坡表层植被,勘测放线,人工削土方,将土方对外运送,边坡表面修整,单项工程验收合格。建设技术规定:(1)在清方建设之前进行现场施工技术监测,并严密把控清方工程量,削方建设时应进行严密的把控,拟专设一观测组随挖随测地形情况,用观测设备指挥削方沙坪的工作。(2)在建设之前,必须首先做好现场清洁工作,把坡面的部分杂草、不平衡林木和所有废弃物清除出场,而后针对具体的坡体形状特征或有坡度治理工程设计需要,按照工程设计坡度进行挖除的方式进行削方工程和斜坡表面沙坪。(3)削方沙坪从后往前逐步进行,因现场坡度较斜,禁止在建筑坡度范围内堆放大块土石方,对破碎的土石方工程要及时地运

到场边。(4)开挖高度不得高于工程设计剖面模型中所标记的开挖高度,并严密按工程设计所述削坡线进行施工,以确保等值线的圆顺。(5)所采取的削坡程序应当保证边坡表面的稳定性,在施工过程结束合格之前,对所有的施工过程边坡表面稳定性与安全问题负责,在建筑施工过程中,对边坡表面的不平衡泥土、碎石等应该进行削坡清除以保证安全。

2. 锚杆支护施工方法。(1)锚索成洞方式:针对原本容易破坏山体整治施工的性质和特征,将抗滑锚杆的锚孔用风动潜洞锤钻入施工中,该施工方式的好处是不需要用水和泥浆清洞工艺,可有效减少冲击坡体,且速度快。锚杆钻孔施工时采用潜孔锤机,部分锚孔口径均为中130mm,并安装一定锤体。沿锚杆轴线走向,按照设计图上对不同施工区域的规定,每隔2.0m设定一对中支撑;锚杆体按国家防腐规定经过了防腐处理。(2)锚索体注浆材料:张拉锚杆体注浆方法材质为M25水泥砂浆,选用P_o32.5等水泥混合,设计配置比为:水泥:混凝土:砂浆=0.45:1:1.25,每立方米水泥砂浆材料用量比为360kg:800kg:1000kg,采取洞底返浆灌注法。水泥砂浆搅拌机一般采用普通搅拌机,搅拌机的每次搅拌砂量不能低于 0.3m^3 /次,搅拌时间也不能低于2min。注浆材料一般采用UB负二型灰浆挤压泵进行,运输管道应采用耐压不低于2.0MPa的高压胶管,管零接头选用快速接头以提高注浆速度。

5 结语

边坡支护技术对地质矿山灾害的影响分析表明,边坡支护的使用可以满足提高边坡稳定性的要求,显著减少机械工程地质灾害,确保矿山开发安全。在研究过程中,除了考虑岩石和土壤的影响外,还需要分析矿山周围的地下水文作用对矿山的影响,加强矿山环境的模拟,分析地质环境的实际情况,确定最合理的支护形式。

参考文献:

- [1] 潘利宾. 边坡地质灾害治理过程中SPIDER主动防护网的施工应用分析[J]. 科学时代, 2013(01):1-3.
- [2] 甘星星, 隆延. 边坡支护工程在矿山地质灾害治理施工中的应用[J]. 中国金属通报, 2021(12):45-46.
- [3] 夏训文. 边坡支护工程在矿山地质灾害治理施工中的应用研究[J]. 中国金属通报, 2020(23):191-192.
- [4] 汤德刚. 锚杆支护技术在地质灾害治理工程中的应用[J]. 科技资讯, 2006(04):55-56.