

边坡支护施工过程中锚固失效事故分析

徐建军¹, 王建光²

(1. 河南省地矿局第三地质探矿队, 河南 洛阳 471023; 2. 河南省地矿局第二地质队, 河南 郑州 450001)

摘要:针对边坡施工过程中常见的边坡锚固失效事故类型, 分析事故发生原因, 提出相应的预防措施和补救措施, 对于预防和减轻事故损失具有借鉴作用。

关键词:边坡支护; 锚固失效; 事故处理; 预防措施

中图分类号: TU753.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2010)01-0063-04

Analysis on Anchorage Failure in Side Slope Support Construction/XU Jian-jun¹, WANG Jian-guang² (1. No. 3 Geological Prospecting Team, Henan Bureau of Geology and Mineral Exploration, Luoyang Henan 471023, China; 2. No. 2 Geological Team, Henan Bureau of Geology and Mineral Exploration, Zhengzhou Henan 450001, China)

Abstract: Based on the common failure types in the side slope support construction process, analysis was made on the accident causes and the corresponding preventive and remedial measures were put forward to prevent and reduce the loss from accident.

Key words: side slope support; anchorage failure; accident treatment; preventive measures

0 前言

随着西部大开发步伐的加快, 西部经济建设进入高潮时期, 大型工程建设项目多处于山区, 建设工程边坡开挖不可避免, 大量的边坡采用锚固方式加固。特别是矿山建设工程, 大量的建筑物、构筑物直接布置在山体上, 工程布局依山而建, 受场地限制不得不大量开挖山体, 甚至形成高陡边坡, 边坡平台荷载大, 而且有动载, 边坡的加固设计和施工显得尤其重要。边坡的合理设计和施工过程控制, 可以避免不必要的工程事故损失, 不但能节约投资, 降低工程造价, 保证边坡工程的安全性、长久性、稳定性, 而且保证合理的施工工期, 使工程建设项目早日建成发挥作用。本文以陕西大西沟铁矿东部矿体焙烧场地边坡支护工程为背景, 对于工程施工过程中出现的几起典型锚固工程失效事故进行分析, 指出边坡设计和施工中存在的问题、采取的工程补救措施, 提出了工程施工中的预防措施, 对于类似工程预防事故发生具有重要借鉴作用。

1 工程概况

陕西大西沟矿业有限公司矿区所在地距西康铁路柞水站 25 km, 西安—柞水高速公路通车后距西安 100 km。公司所属大西沟铁矿位于柞水县城以

东小岭镇境内, 大西沟铁矿矿床内的菱铁矿石总储量 3.02 亿 t, 含铁平均品位 28.01%, 属全国特大型铁矿床之一, 占陕西铁矿总储量 47.6%。

为了发挥区域资源优势, 公司在现有规模的基础上对大西沟菱铁矿进行开发。确定一期东部矿体(露天开采)建年处理原矿 90 万 t 生产规模, 年产铁精矿 30 万 t, 二期西部矿体(露天开采)建设年处理原矿 800 万 t 生产规模, 该项目委托鞍山冶金设计研究总院进行可行性研究和设计工作, 总投资约 18 亿元。项目建成后, 新增铁精矿 270 亿 t。

大西沟铁矿东部矿体焙烧工业场地位于秦岭南柞水县小岭镇大西沟内 7 km 处南面山坡上。矿区地处秦岭腹地, 山大沟深, 地质条件复杂, 边坡支护便成为工程建设的首要任务。本工程项目属于一期东部矿体焙烧场地边坡支护工程。

2 工程边坡设计简述

2.1 边坡地形地貌

大西沟菱铁矿大地构造位置位于秦岭地槽北部的华力西褶皱带上, 属秦岭纬向构造带南亚带的北侧。本地区总的褶皱形态为一巨大的复向斜, 即蔡玉窑—西庐山复向斜, 轴向东, 两翼基本对称, 北翼被九华山岩基吞蚀; 断裂发育程度中等, 主要断裂

收稿日期: 2009-11-16

作者简介:徐建军(1966-), 男(汉族), 河南偃师人, 河南省地矿局第三地质探矿队副总工程师、高级工程师, 采矿工程、计算机技术专业, 硕士, 从事探矿工程、岩土工程、采矿工程技术与管理工作, 河南省洛阳市关林, xjj8902@163.com; 王建光(1974-), 男(汉族), 山西榆次人, 河南省地矿局第二地质队副队长、高级工程师, 岩土工程专业, 从事探矿工程、岩土工程技术与管理工作, 河南省郑州市科学大道 81 号, wjgwjg2000@163.com。

为东西向的华力西褶皱带南北两翼的深大断裂及凤镇-山阳深大断裂。本区沿大西沟为一条主要断层,属于凤镇-山阳深大断裂的一部分。并伴随有次生断层和受新构造运动产生的破碎带。拟建的90万t/年的菱铁矿采选项目地貌单元属构造剥蚀高中山褶皱山地地貌。地形北高南低,山势陡峭,岭脊地势高缓,山坡陡倾,倾角为 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$,海拔一般800~1300 m,脊谷相对高差100~200 m;占地面积200余亩(13万 m^2);第四系覆盖层厚度变化大,主要由碎石土和夹碎石的粉质粘土组成,整个场地的第四系地形的形成是由岩基呈块体滑动坡积、堆积形成,植被发育。人工梯田改变天然坡面形成多个人工梯埂,坡面残存滚石。

据勘探揭露,拟建场地地层自上而下依次为第四系全新统耕土、含角砾粉质粘土、碎石及下石炭统千枚岩、板岩等。在勘察期间,勘探孔中未见到地下水,在拟建场地⑤号边坡上方第四系与基岩面存在渗水。从坡前取水分析结果判定本地区地下水为中性水,无腐蚀性。

根据现场调查,本地区坡面覆盖层主要由疏密不均的坡积物组成,下伏基岩产状与坡面一致,存在有外倾结构面,不同时期的松散层多次沿基岩面产生块体滑动;在千枚岩中未发现滑动面。

2.2 设计概况

在这样的地形地貌地层的场地上拟建8个不同高程的施工平面,建设17个单位工程。边坡高度最低为6 m,最高为31 m。共剥离土石方12万 m^3 ,土钉、锚杆(索)3117根,总长度为63240 m,喷护面积26335 m^2 ,混凝土挡墙3000 m^2 。

大西沟铁矿东部矿体开采焙烧场地平面布置依山势从上向下依次展布,其中有电机车修理库场地(1号和10号坡)、转运站(2号坡)、粗破碎和高压配电室场地(3号坡)、中细碎、筛分场地(4号坡)、卸煤场地(5号坡)、回转窑焙烧室场地(6号坡)、煤粉制备间场地(7号坡)、中间矿仓(9号坡)等,每个场地都是山坡开挖形成,边坡倾角 $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 。其中1、10、3、4、5号边坡为土钉墙支护结构;5、6、7号边坡为预应力锚索、喷射混凝土支护结构;5、7号边坡中有部分锚杆。混凝土挡墙位于回转窑焙烧室场地的下游8号坡填土部分坡脚。

设计边坡为永久边坡,安全等级为I级,安全系数 $K_s \geq 1.35$,支护结构重要性系数为1.1。

2.3 设计参数

2.3.1 岩土参数(表1)

表1 设计岩土参数

土层序号	土层名称	重度/($kN \cdot m^{-3}$)	c/kPa
②	含角砾粉质粘土	19.5	30
③	碎石	21.0	3
④	含角砾粉质粘土	19.5	35
⑤	碎石	21.0	3
⑥	千枚岩	23.0	200

2.3.2 锚索、锚杆设计强度(表2)

表2 锚杆、锚索材料

序号	材料名称	强度等级	强度标准值 /MPa	强度设计值 /MPa
1	钢绞线 $\phi_12.7$	1860	1860	1260
2	钢筋	HRB335	335	300

2.3.3 设计荷载

公路按挂-100,单向行驶设计,荷载距坡肩距离0.5 m,荷载强度 $q=47.35$ kPa,铁道按Ⅲ级铁路设计,混凝土枕木路基,荷载强度 $q=56.60$ kPa。

2.4 边坡支护结构设计

锚杆、锚索孔径140 mm,倾角 15° ,孔内灌M30砂浆;锚杆、锚索间距2 m \times 2 m,长度6~21 m不等,锚索最大预应力设计值300 kN。

喷射混凝土C25,厚150 mm,面板铺设 $\phi 8$ mm钢筋网片,间距200 mm \times 200 mm。锚索锚头部位用钢筋混凝土现浇板横向整体连接,现浇板厚度200 mm,宽度300 mm,混凝土强度C30,双层配筋,钢筋直径14 mm,间距200 mm,箍筋6@200,钢筋保护层不小于25 mm。

2.5 混凝土挡墙

8号填土边坡采用悬臂式混凝土支挡,基础长26.2 m,高1.8 m,宽2.8 m,基底为碎石土(部分为基岩);

混凝土挡墙高3.0 m,为梯形变截面,底宽2.0 m,顶宽0.8 m,厚1.2 m;

混凝土挡墙以预应力锚索平衡坡体下滑力,墙上设计3排,每排6根,共18根锚索,锚索采用后张法施工;

对滑坡土体采用土工膜防渗,反滤层和排水管排水;

其中在混凝土挡墙3个锚索外锚头下安装C \times 2000KNC(1件)、C \times 1000型(2件)长效压力计传感器。

3 施工过程中出现的事故分析

在工程施工过程中由于设计和施工环节、管理

协调等问题,施工过程中出现了坡体下滑、坡顶裂缝、挡墙滑移等工程质量事故,造成了一定的经济损失,出现了不应有的施工失误。

3.1 坡体下滑

卸煤场地5号坡,设计坡长64 m,边坡高18.4 m,坡度 72° ,锚索上下间距1.5 m,长度6~18 m。当边坡开挖至12 m时,上部坡面9 m混凝土已喷射,下部3 m开挖后没有及时支护,而且边坡上部已喷射混凝土坡面的6排锚索没有预张拉。2006年3月18日,坡面已喷射的混凝土面板长度近30 m整块从坡体上滑脱,由于锚索的支撑牵扯,悬挂在坡面上,由于下部3 m没有喷射混凝土,混凝土面板下的破碎岩体塌落形成空洞,不仅造成巨大经济损失,形成安全隐患,给工程抢险、事故补救带来很大困难。

笔者分析,事故原因主要有以下几条:

(1)山坡开挖超过设计分层高度2 m,下部暴露坡面没有及时喷射混凝土封闭,造成未及时支护的边坡暴露面过大,引起部分坡面塌落,喷射混凝土面板和坡面间形成空洞。

(2)设计锚索端部采用400 mm×400 mm钢垫板,锚索和喷射混凝土施工时间超过15天,锚索没有加垫板预张拉,混凝土面板和坡面在锚索没有张拉前,由于岩体破碎没能形成有效的坡体应力,混凝土面板对坡体没有约束力,导致混凝土面板从坡体滑脱。后经过采取措施,在混凝土初凝后就把垫板套上进行锚索预张拉,有效地避免了此类事故的再发生。

(3)岩体易风化,结构破碎,加上春季化雪,雨水渗入岩体强度降低,增加了坡体的不稳定性。

后来采取工程补救措施:坡面和喷射混凝土之间的空洞采用毛石混凝土砌筑,开挖后及时初喷混凝土封闭坡面,张拉后坡面空洞充填注浆等。

3.2 坡顶裂缝

在6号坡支护过程中,由于开挖坡顶上部是一斜坡体,尚没开挖,在坡面开挖至8 m时,坡顶上部斜坡体出现明显裂缝,且裂缝发展速度明显加快,最宽裂缝宽度十几厘米,为保证边坡施工安全,不得不停工观察,待裂缝宽度发展稳定时才继续施工。

造成本次坡顶裂缝原因表面上是6号破开挖破坏了岩体的平衡条件,坡脚开挖,坡顶荷载过重,上部边坡没有同步开挖,造成坡面滑移。笔者分析认为,还有一个更重要的原因是6号坡施工过程中,由于锚索注浆,大量水泥浆液注入岩体,岩体裂隙发育,遇水后岩体强度迅速降低,岩体沿着潜在滑移面

滑动造成坡顶裂缝。

3.3 混凝土挡墙滑移

8号坡下部是填土区,设计3 m高混凝土挡墙支挡填土,挡墙原来没有设计3排锚索张拉,只设计了混凝土挡墙。在挡墙建成后,上部剥离岩体逐渐填满挡墙背后。当挡墙背后岩土体堆满后,这时混凝土挡墙发生了整体向前滑移,造成极大的安全隐患。后经多方协商,只得重新设计3排锚索来平衡墙后土体压力。但此时再打孔装锚索施工就非常困难:一是挡墙背后是填土区,岩块大小不一,成孔困难;二是锚索张拉后容易应力损失。最后锚索成孔不得不用跟管钻进,花费很大代价才补救成功。究其原因,一是挡墙基底不完全是基岩,设计挡墙抗滑安全系数不够;二是对挡墙后土压力估计不足,才造成如此事故教训。

4 施工经验和教训

施工中在其它边坡开挖中也曾出现一次开挖面过高出现边坡坍塌事故,设计的锚头钢垫板尺寸偏小,致使锚索张拉过程中钢垫板陷入土体过深等设计和施工中的问题,都是值得注意的问题。边坡工程是一个复杂的系统工程,涉及到勘察、稳定性评价、设计、施工、监测、防水等诸方面,任何一个环节都不能出差错,否则不但会造成工期延误,经济损失,而且为以后边坡的运营维护造成困难。

纵观边坡施工中出现的事故,分析其原因无非是勘察、设计和施工中的不符合规范行为所致。勘察、设计和施工要紧密相连,一环紧扣一环,任何环节的失误都可能导致后面工序的重大事故发生,因此,要从系统的整体的观念看待边坡施工,从基础做起,严格按规范施工,避免出现不必要的损失。

边坡勘察是工作的基础,也是非常重要的一项工作。通过边坡工程地质水文地质的勘察,为边坡的稳定性评价和边坡设计所需的物理力学参数提供科学的依据。边坡的勘察要从边坡的调查、气象、水文和工程地质条件的调查收集到专项技术的研究、以及工程地质的详勘等进行系统化的策划和组织实施。

边坡设计方案的合理与否决定着边坡工程整体效益。根据场地工程地质、水文地质、环境条件,在保证边坡稳定性的前提下设计经济合理的方案,即边坡的优化设计方案,才能做到安全可靠、施工顺利、缩短工期,达到预期的经济与社会效益。所以,在边坡设计过程中,不但要考虑边坡设计的安全性、

经济性和工程环境的协调性,而且要按照系统方法对设计特征值的选取、稳定性系数的确定、安全等级的划分、计算方法的遴选、设计方案的比较进行优化。

同时,在设计过程中要贯穿动态的设计思想,根据施工信息反馈的资料,对设计参数及设计方案进行验证,如确认原设计条件有较大变化,及时补充、修改原设计。

所谓施工过程中的信息反馈主要指2个方面:一是指坡面开挖过程中对暴露出来的地质构造、地下水分布的变化及未知地下建筑物的信息反馈;二是指施工过程中对边坡位移及应力监测的信息反馈。岩土层面结构多变,影响因素多,物理力学性能各向异性大。其结构计算原理及各种参数取值有较大的不确定性,不可能一次计算到位。施工阶段的不稳定性因素多,边坡位移及应力监测能为施工提供直接的原始依据。

边坡的施工质量是确保边坡稳定的非常重要的环节。从原材料的购进、成孔设备的选取、成孔方法的确定、锚杆(索)的制作、注浆的质量、喷护的质量等等要严格把关,强调施工过程的质量。同时要采用信息法施工,就是将设计、施工、监测及信息反馈融为一体的现代施工方法。信息施工方法是动态设计的延伸,也是动态设计的要求。尤其对于地质情况复杂、稳定性差的边坡工程,施工期间的稳定安全控制更为重要。在施工过程中,应贯穿于全过程,使监控网、信息反馈系统与动态设计和施工活动有机结合在一起,不断的将现场水文地质变化情况及时反馈到设计和施工部门,以便调整设计和施工参数,

指导设计与施工。

对于大型边坡工程,边坡稳定性安全监测是监视边坡稳定性状况必不可少的手段,也是非常重要和必要的。通过安全监测,获取边坡变形的信息并对获取信息进行科学的分析和处理,掌握第一手的资料,以便及时地确定相应的处理方案,同时,为今后边坡的治理积累资料。所以,在监测方案设计方面,要把传统的监测手段和现代监测技术结合起来,把常规监测和重点监测、特殊监测结合起来;处理数据时,要把经验方法和现代信息技术结合起来。

5 结语

岩土边坡是一种复杂的地质体,岩土的物理力学性质、破坏模式,这些因素都存在着不确定性,如何从工程施工的各个环节预防边坡锚固事故的发生,如何把这些复杂的、不确定性的因素合理的考虑,把影响边坡工程安全的不利因素控制在一个可承受的范围,从源头上预防事故的发生,需要有一个整体系统的认识方法,这对于减少工程事故、避免不必要的工程损失具有重要意义。

参考文献:

- [1] 曾宪斌,麦荣强,林思波. 锚索结构梁在岩质滑坡治理中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(4):72-75.
- [2] 霍宇翔,黄润秋,巨能攀,等. 高陡岩质碎裂结构临时边坡抢险治理方法研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(10):64-67.
- [3] 赵利铭,谭晓丽,王晓华. 高速公路高边坡锚固护坡综合治理施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(8):61-61.

(上接第81页)

各阶段洞内拱顶下沉和水平收敛最大变形量在0.5~2 cm,累计最大变形量在3 cm以内。时态位移曲线未出现反弯点,变形在1~3星期内趋于稳定,即水平收敛速度 $\geq 0.1 \sim 0.2$ mm/d;拱顶下沉位移速度 ≥ 0.1 mm/d。量测数据表明:进洞开挖方法和支护措施有效,施工控制效果明显。

7 结语

浅埋偏压隧道的综合防治首先从分析工程地质特点入手,了解围岩结构力学变化规律和自承能力的特点,采取适宜的超前加固措施,提高岩体本身的结构承载力和控制其变形;对初期支护进行加强,受

力结构进行完善,使其适应围岩后期变化对支护层产生的压力,限制其变形,确保最终沉降量在可控的范围内。任何支护和加强措施都有一个时效性,针对浅埋偏压不良地质,施工中选择合适的施工工法,作到“短进尺、强支护,早封闭“,同时辅以监控量测,对施工方案和加强措施进行验证,确保顺利进洞,安全施工。

参考文献:

- [1] 钟世航. 隧道围岩自承体系的形成及发展[J]. 铁道工程学报,1994,(9):678-684.
- [2] 李祖伟,袁通,等. 特长公路隧道建设工程技术——重庆万开高速公路铁峰山隧道工程[M]. 北京:人民交通出版社,2007.