

焦作市北山采石场矿山地质环境恢复治理工程实践

靳双喜¹, 叶昭和², 余海滨³, 郭建民², 金江峰¹

(1. 河南省地矿建设工程(集团)有限公司, 河南 郑州 450007; 2. 焦作市国土资源局, 河南 焦作 454000; 3. 南阳市杰达绿化工程研究所, 河南 南阳 473000)

摘 要:简要介绍了在焦作市北山采石场矿山地质环境治理工程中, 对高边坡、大坡度岩质边坡运用爆破削坡、清坡、锚杆加固、框架护坡、挂网、厚层基材喷播、绿化等多种技术方法与措施进行综合治理所取得的经验与体会, 供今后类似工程设计和施工参考与借鉴。

关键词: 矿山; 地质环境; 治理工程; 爆破削坡; 锚网加固; 基质层; 喷播绿化

中图分类号: P642.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2007)S1-0271-03

Engineering Practice on Countermeasure of Geological Environment in Beishan Quarry of Jiaozuo City/JIN Shuang-xi¹, YE Zhao-he², YU Hai-bin³, GUO Jian-min², JIN Jiang-feng¹ (1. Henan Province Field Ore Construction Project (Corp.) Ltd, Zhengzhou Henan 450007, China; 2. Jiaozuo City Land and Resources Bureau, Jiaozuo Henan 454000, China; 3. Nanyang City Jieda Landscape Engineering Research Institute, Nanyang Henan 473000, China)

Abstract: This article introduced experience of slope truncating by demolition, clearing up slope, bolt reinforcement, frame revetment, mesh spray and thick base material & seed spraying, in geological environmental treatment for high side slope and rock side slope.

Key words: mine; geological environment; treatment engineering; demolition truncate slope; anchor network reinforcement; matrix level; hydroseeding

1 概述

1.1 工程概况

焦作市北山采石场位于焦作市区北部山区边缘,距市中心 3 km,南侧紧邻焦作市影视路。采石场始建于 20 世纪 70 年代初,是焦作市市政建设主要石材生产基地,曾为焦作市政建设做出了重要贡献,90 年代末封山停采。为改善焦作市的自然生态环境,为市民提供一个休闲安乐的场所,创建一个以人为本、人与自然和谐发展的社会生活环境,焦作市政府决定将北山建造成为焦作市缝山针公园。《焦作市北山采石场矿山地质环境恢复治理工程》是市政府在建造缝山针公园中对焦作市北山采石场进行矿山地质环境恢复治理工程之一,也是 2004 年度焦作市国土资源局承担的河南省探矿权、采矿权使用费及价款项目资金管理的矿山地质环境恢复治理工程项目之一。工程的施工质量和实施效果,将对我省在岩石边坡矿山地质环境恢复治理工程项目中起到重要的示范和推动作用。

1.2 目的与任务

通过本项目的实施,使采石场的岩质边坡成为

安全稳定的边坡,并营造具有较强固土护坡和较好景观效果,喷薄绿化立足于本土植物,主要以灌木、草本植物为主、小乔木花卉局部点缀且能自然协调生长和演替的植物群落,使采石场与周边自然山体植被融为一体,把缝山针公园建成一个山美、水美的自然生态公园。

1.3 工程技术要求

(1) 削坡后的坡面角 $\geq 60^\circ$, 岩性较差地段坡面角 $\geq 46^\circ$; 坡面上的松动岩块(直径 ≥ 10 cm)要彻底清除。

(2) 局部发育有顺坡向的、巨大非稳定危岩体,采用锚杆加固(采用短锚杆,长 1~2 m); 岩石松散区块采用人字形框架加固,达到稳固坡面的目的。

(3) 坡面连续高度一般应在 10~15 m, 超过此高度则应留出(开辟)3~4 m 宽的马道,作为安全平台。坡面上部(及坡顶)有截水沟,坡底有排水沟。

(4) 对草、灌植物的选择要根据本地区的气候、水文、地质状况和边坡特点,配置适应当地特点的植物种类和组合。

收稿日期: 2007-05-30

作者简介: 靳双喜(1954-),男(汉族),河南浚县人,河南省地矿建设工程(集团)有限公司教授级高级工程师,探矿工程专业,从事工程施工技术研究及管理工作,河南省郑州市互助路 25 号;叶昭和(1957-),男(汉族),河南固始人,焦作市国土资源局副局长、高级工程师,煤田地质专业,河南省焦作市;余海滨(1978-),男(汉族),河南南阳人,南阳市杰达绿化工程研究所总工程师、工程师,绿化工程专业,河南省南阳市。

2 地质条件与特点

2.1 地质、水文条件

出露地层为下古生界寒武—奥陶系地层,岩性为奥陶系灰岩夹细晶白云岩;岩层产状较平缓,边坡岩石较坚硬,上部风化层厚度 1~10 m,节理比较发育,岩石较破碎,按岩体的工程质量分类,边坡岩体类型属Ⅲ类,局部属Ⅳ类。由于主坡面有悬挂危岩,在边坡中、上部的松动岩块随时有下滑的可能,边坡产状 $188^{\circ}/49^{\circ}$,主坡面下部标高 217.89~244 m,主坡面上部标高 243~288 m,坡面垂高 16~60 m 不等,工作区总面积约 20000 m²。工作区边坡岩体具备不稳定性的各类因素,在长期开采中人为破坏严重,主要类型表现为岩体的滑坡及坍塌。

工作区地表水属大气降水,随自然山沟山势径流,施工期为干旱季节,未见山沟水流;地下水主要为构造裂隙水,水位埋深较大。具有典型的北方气候特征。

2.2 工程特点

综合北山矿山地质构造条件、工程地质条件、水文地质条件和边坡现状分析,工作区边坡的基本特征为:

(1) 边坡岩体有结构面存在,在地表水的作用下,层间结合力较差,不利于水土保持和植物生长;

(2) 矿山经过长期的不规范开采,形成了高大陡峻的边坡面,边坡面最大处相对高差达 50 m,一般均在 20~30 m 之间,边坡坡角一般在 50° ~ 75° 之间,因此,为岩块滑移创造了自由空间;

(3) 根据边坡岩体结构面的方位及组合,同时存在自由临空面,边坡滑移面由倾向临空面一侧的构造结构面组成,不利于边坡岩体的稳定;

(4) 区内岩石节理、裂隙发育,滑移严重,破碎带多,工作面长,施工作业面及空间狭窄,各工序交叉平行难度高,安全性受到影响。

3 边坡修整与加固

3.1 削坡与清坡

岩体边坡治理(岩体爆破削坡、清坡)和边坡绿化是本工程的重要工作内容。爆破方法及爆破参数的科学性和可靠性,将对本工程施工质量、施工安全产生重大影响。本工程共完成爆破石方量 27076 m³和清坡石方量 9025 m³。

3.1.1 爆破方法的选择

通过对边坡状况和工程地质条件、施工设备和施工技术条件的综合分析,对于不同区域分别采用

了不同的爆破方法。对坡面较缓(坡面角 $<75^{\circ}$)的边坡采用一般爆破方法与预裂爆破相结合的方法进行;对坡面角 $>75^{\circ}$ 的坡面采用以深孔爆破与一般爆破方法相结合的施工方法;在留坡位置采用预裂爆破法。

3.1.2 主要爆破器材

铵油或乳化炸药、非电导爆管及配件、非电毫秒雷管、普通导火索、8 号火雷管。

3.1.3 主要技术参数

选用的各爆破参数及主要技术指标:炮孔直径 36 mm;炮孔倾角 75° ~ 80° ;最小抵抗线 1.5 m;炮孔深度 4.25 m;炮孔间距 1.8 m;炮孔排距 1.4 m;堵塞长度 0.8 m。

3.1.4 清坡措施

在坡面顶部的岩石稳定位置钻眼,固定地锚拴大绳。施工人员系安全带后顺大绳下到需要处理危石的上方位置,上方人员用另一根绳把工具送到施工人员手中并确定安全可靠后,进行排石(一般用撬杠把危石排掉,尽量不用爆破施工)。危石清除后,施工人员在上方人员配合下顺绳上来。

3.2 边坡加固措施

经削坡、清坡后,对局部仍不稳定的较大危岩体,采用锚网进行加固。锚杆设计参数为:钻孔孔径 32~36 mm;钻孔倾向 80° ,倾角 45° ;每孔布设 1 根 $\varnothing 22$ mm 螺纹钢筋,电焊连接;孔口焊接 $\varnothing 32$ mm 螺杆;锚杆长 1500 mm 左右。钻孔完成后要清洗,然后才可布设锚杆和灌注。共施工锚杆 15 根,总长 22.50 m,锚固面积 40 m²。

3.3 挡土墙及压脚回填

为防止坡面以上的岩块塌落对坡面的破坏和坡脚堆积碎石的坍塌,清坡前在上、下边坡脚沿工程控制线用块石砌筑一道 $508\text{ m}\times 1.50\text{ m}\times 1.79\text{ m}$ 的重力式挡土墙,将削坡、清坡产生的碎石及岩块进行分级处理后在坡脚处回填。回填的石块下大上小,级配适当,上部碎石块径 $>50\text{ mm}$,最上部坡面敷设 30 mm 厚的种植土,以利喷播后草灌植物生长。完成回填土石方 8000 m³。

3.4 马道及排水系统施工

3.4.1 马道施工

在边坡高程 230 m 处,修建一条宽度为 4 m 的施工通道;在高程 245 m 处修建一条宽度为 2~4 m 的施工通道代替原设计马道。马道施工共完成工作量 1663 m²。

3.4.2 给排水系统施工

为便于坡面大降雨量的排泄,消除地表径流对坡面的冲刷破坏,在边坡顶部利用已有的排水系统对上部水流进行截流排泄;在边坡上、下马道的内侧采用浆砌碎石修建上、下 2 条排水沟,用于分流排泄降雨在坡面形成的径流。

4 喷播绿化

完成边坡加固工作后,在主边坡采用以厚层基材喷播绿化为主,局部弱风化、边坡坡面角 $> 85^\circ$ 的边坡采用多功能植生槽的技术工艺方法,同时结合人工点播、扦插、土壤改良、施肥和保水保湿技术以及其它防护、绿化技术方法对岩体边坡进行复绿,取得了良好的绿化效果。

4.1 挂网

选用 14 号镀锌铁丝网;网眼规格 $50\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ 。在岩石边坡采用 $\varnothing 10 \sim 14\text{ mm}$ 、长 $150 \sim 400\text{ mm}$ 钢筋弯制成的 L 型钢钉进行锚固;局部土质边坡采用 $\varnothing 40\text{ mm}$ 左右的竹签(或 $40\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 450\text{ mm}$ 的木材)进行锚固;在部分区域较平缓坡面上的铁丝网下衬垫 $40\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 800$ (或 1200) mm 的木质垫片,以保证铁丝网与坡面的间距和基材喷播厚度。

4.2 厚层基材喷播

4.2.1 主要设备

粉碎机 1 台;350 型搅拌机 1 台;VF-10/7 型空压机 2 台;CP-5A 型混凝土喷射机 2 台;QJ200 型潜水泵 2 台。

4.2.2 工艺流程

爆破平整边坡→框架加固→铺设铁丝网→基材配置→厚层基材喷播→喷灌养护。

4.2.3 基质材料与草灌植物配方

基质材料为:泥炭土、种植土、草纤维(稻壳)、木纤维(锯末)、次团粒剂、保水剂、粘合剂等。

草灌植物配方:每平方米种子黄荆 5 g、臭椿 2 g、刺槐 2 g、油松 2 g、紫穗槐 1 g、火棘 2 g、胡枝子 1 g、多花木兰 2 g、栾树 2 g、白三叶 1 g、高羊茅 1 g、野皂角 2 g、野花组合 0.2 g。

将各种基质材料按配方进行配置、拌合后喷播,其理化性质要满足设计要求,草灌植物种子用量要保证草本覆盖率在 85% 以上,乔灌木不少于 3 株/ m^2 。

4.2.4 喷播方法

用喷射机械将基质材料(连同种子)喷附到坡面上,基质层厚度 $\leq 8\text{ cm}$;喷射基质材料时喷枪口距

岩面 1 m 左右,加水量保持在基材不流不散为适当。分基层和面层二次喷播,在基层喷播过程中,注意坡面的 2 次找平。

4.2.5 喷灌与养护

喷播完成后,根据气温覆盖 28 g/m^2 的无纺布进行保墒,营造种子快速发芽环境。为确保种子发芽前保持厚基质层呈湿润状态,采用自动喷灌系统与人工喷灌相结合的养护方法。自动喷灌喷头选用可调摇臂式自动旋转喷头,喷洒半径 $20 \sim 30\text{ m}$,自动喷灌覆盖面积达 8000 余平方米,对自动喷灌覆盖不到的部位采用人工补喷。

4.3 马道绿化

在上下马道上种植雪松、塔柏、大叶女贞、珊瑚树、石楠、海桐、夹竹桃、黄杨、红枫、红叶碧桃、银杏、水杉等树种,使坡顶与坡下的植物景观既协调,又有独特的观瞻效果。

4.4 其他绿化措施

基材喷播结束后,在局部土质边坡采用人工点播、扦插、栽种、植生槽等方法,又种植了大量的紫穗槐、山杏、桃树、椿树、爬墙虎等植物。

5 取得的主要成效

(1)成功地应用了控制、预裂爆破技术,并通过精心的组织管理,在公园游览区内安全、圆满地完成了岩石边坡爆破削坡任务。

(2)明敷式自动喷灌管路系统,解决了管路铺设在岩石坡面上施工难度大、维护管理困难等问题,满足了对坡面植被正常养护管理的需求。

(3)优化了北方干旱少雨地区岩质边坡厚层基质材料喷薄绿化工艺方法;立足本土植物选种,采用草灌结合、乔木和花卉点缀、分区施工的方法,达到了美化景区、恢复自然生态的效果。

(4)应用多功能植生槽工艺方法,解决了较陡岩坡坡面喷播基质材料下滑、脱落的问题,改善了较陡岩坡坡面草灌植物的生长环境,提高了岩石坡面整体绿化效果。

项目边坡治理前原貌见图 1,治理后的绿化效果见图 2。

6 结语

本工程运用科学合理的岩石边坡整理加固和厚层基质材料喷播绿化等多种技术工艺方法,完成了 22940 m^2 岩石山体边坡的矿山环境治理及喷播绿化
(下转第 277 页)

进行。

分级加载等级:分别为 0.25、0.5、0.75、1.0 倍设计工作荷载 σ ;

第一循环张拉: $\sigma/5 \rightarrow \sigma/4$ (稳定 2 min);

第二循环张拉: $\sigma/4 \rightarrow \sigma/2$ (稳定 2 min);

第三循环张拉: $\sigma/2 \rightarrow 3\sigma/4$ (稳定 3 min)。

第四循环张拉: $\sigma 3/4 \rightarrow \sigma$ (稳定 3 min)。

第四循环张拉结束后,在设计工作荷载的基础上继续加载至 1.05σ 锁定,即 $\delta \rightarrow 1.05\sigma$ (稳定 1 min)。加载至锁定吨位后即进行超张拉试验: $1.05\sigma \rightarrow 1.1\sigma \rightarrow 1.15\sigma$ (稳定 6 min)。最大张拉力不得超过预应力钢绞线强度标准值的 75%。

4.4.9 外锚头保护

锚具外的钢绞线除留存 15 cm 外,其余部分切除。

4.5 锚杆束及多点位移计施工

锚杆束及多点位移计施工与锚索施工类似,参照执行。

5 处理效果

施工开始时即在边坡上设置观测点。观测结果(表 5)表明:经过处理 0.5 月后,边坡趋于稳定。现已建成的大坝安全运行。

6 结语

通过对边坡拉裂变形、失稳的原因进行分析研

究,采取“自上而下、由浅至深、由表及里”的处理原则和方案,削坡、网喷、锚杆、抹面、排水沟先治标,保持临时稳定,施工安全;再采用中、深锚筋束及预应力锚索治本,达到标本兼治的目的,从而确保大坝安全运行。

(上接第 273 页)



图1 治理前边坡全貌

工程,取得了良好的治理绿化效果,圆满地完成了目标任务,为焦作市的矿山地质环境恢复治理、生态环

表 5 观测结果表

时 间	变化情况/mm				备 注
	1 号点	2 号点	3 号点	4 号点	
06.05 ~ 06.06	0	0	0		
06.06 ~ 06.07	10	10	10		
06.07 ~ 06.08	10	10	10		
06.08 ~ 06.09	原观测点破坏	20	50		重新设置 2 点
06.09 ~ 06.10	20	20	35	15	
06.10 ~ 06.11	15	5	5	5	
06.11 ~ 06.12	10	10	0	20	
06.12 ~ 06.13	0	5	5	10	
06.14					原观测点垮,重设 4 个观测点
06.14 ~ 06.15	10	6	5	3	
06.15 ~ 06.16	5	3	2	1	
06.16 ~ 06.17	2	1	1	0	
06.17 ~ 06.18	0	0	0	0	
06.18 ~ 08.15	0	0	0	0	

究,采取“自上而下、由浅至深、由表及里”的处理原则和方案,削坡、网喷、锚杆、抹面、排水沟先治标,保持临时稳定,施工安全;再采用中、深锚筋束及预应力锚索治本,达到标本兼治的目的,从而确保大坝安全运行。

在边坡抢险加固中,采用了自由式单孔多锚头防腐型预应力锚索,有效地解决了锚固段应力集中、锚索腐蚀等难题,保证了在复杂地质条件下锚索的加固质量,对边坡加固长效性的保持起到了重要作用。



图2 治理后边坡全貌

境建设和经济发展作出了贡献,也为今后全省同类矿山地质环境恢复治理工程项目的设计和和实施提供了可借鉴的成功经验。