

破损山体治理新思路

孙廷仁^{1,2}, 张闻璟^{1,2}

(1. 山东省鲁南地质工程勘察院, 山东 济宁 272100; 2. 山东省华鲁工程总公司, 山东 济宁 272100)

摘要:经济的粗犷发展形成了大量破损山体,造成周边环境恶化,治理难度大。目前,对破损山体主要治理方式为覆土绿化、生态重建,需要耗费大量资金,甚至会破坏客土源地生态环境。山东省嘉祥县纸坊镇南武山区废弃石灰岩矿山经过改造设计和施工,建设山地光伏电站,为破损山体改造提供了新思路。主要采用削坡排险、危石撬除、主动网铺设、被动网架设等方法,有效减少了崖面崩塌的可能性和影响范围,为光伏设施布设腾出了大量场地。另外发明了简易运输工具,解决了崖顶材料运输问题。

关键词:破损山体;高陡边坡;地灾治理;成本造价;材料运输;光伏发电

中图分类号:P642.2 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2017)03-0053-05

New Method of Damaged Mountain Treatment/SUN Ting-ren^{1,2}, ZHANG Wen-jing^{1,2} (1. Shandong Provincial Lunan Geo-engineering Exploration Institute, Jining Shandong 272100, China; 2. Shandong Provincial Hualu Engineering Corporation, Jining Shandong 272100, China)

Abstract: The rough economic development has led to a large number of damaged mountains and resulted in deterioration of the surrounding environment, it is difficult to resume. At present, the main ways for treatment of the damaged mountains are earth sheltered plantation and ecological reconstruction, which need to spend a lot of money, even destroy the ecological environment of borrowed soil source area. The project presented in this paper is the design and construction of transforming abandoned limestone mine to photovoltaic power station on mountain, mainly by slope zone cutting, dangerous stone prying out, active network laying, passive network erecting and some other methods, the possibility of cliff surface collapse and the influence scope are effectively reduced to prepare a lot of space for photovoltaic facilities. Furthermore, a simple means of transportation is invented, which can solve the cliff top material transportation.

Key words: damaged mountain; high-steep slopes; geological disaster control; cost; materials transportation; photovoltaic power generation

0 引言

近几十年我国经济的飞速发展,带动了房地产的繁荣,建材需求的急剧增加,造成采矿业畸形发展、山体破损严重。随着近几年国家“绿色经济理念”的逐步贯彻深入,在山区城市及景区周边可视范围内,由地方国土资源等部门主导,部分破损山体已进行了修复。传统的修复方法大多采用覆土及景观营造^[1-2],取得了较好的生态效益,但是需国家投入大量财政资金;多数地区所需的碎石土及耕植土源数量较大且在短距离内难寻,为了进行覆土绿化,不得不远距离装运,这样对异地的环境不可避免地造成了破坏。目前,城市远郊或不可视区域现在还存在大量的破损山体,由于国家及地方财力等原因,至今尚未得到治理。因此,笔者通过对山东省嘉祥

县纸坊镇南武山区破损山体治理设计及施工方法探讨,意求为破损山体治理模式提供了一个新思路。

1 项目由来

嘉祥南武山位于嘉祥县纸坊镇南4 km, S252公路西侧约2 km, 破损山体占地面积约1.7 km², 江苏爱康实业集团有限公司(以下简称爱康集团)于2015年在此区域建设20 MW光伏发电项目。因项目所在地山体岩性为石灰岩,经过前几十年的无序开采,现有山体破损严重,崖体高陡,落差最高可达90多米,坡度大多呈80多度,局部甚至呈倒立状态,随时会有危石掉落(见图1),若布设光伏发电装置,会对崖下光伏板等设施及人员生命造成威胁。基于此,爱康集团委托我院对光伏发电设施周边高

收稿日期:2016-08-05; 修回日期:2016-11-29

作者简介:孙廷仁,男,汉族,1966年生,总工程师,高级工程师,水文地质与工程地质专业,从事基坑工程、破损山体治理设计及施工工作,山东省济宁市兖州区建设东路272号,suntingren@163.com。

陡破损山体进行排险加固治理设计及施工工作。

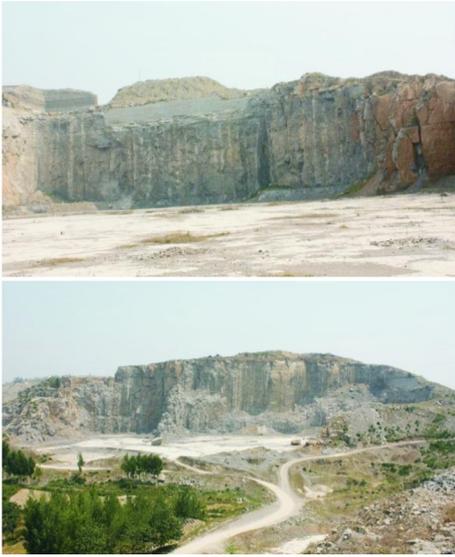


图1 项目区部分需治理山体状况

2 设计思路

通过与爱康集团有关人员对接,了解光伏发电的特点:光伏板布置需要较为平整场地,并安装成一定角度,才能充分接收太阳光能;每块光伏板能产值固定,需要足够面积才能达到设计发电量;光伏板属于易碎物品,发电需并网连接,若一块受损,整组(8块)就不能发电。由笔者牵头,组织了院地质、岩土工程、水文地质、测量等相关方面人员到现场多次踏勘,分析总结了工区情况及设计施工方案如下。

2.1 工区地层岩性及工程地质特征

(1)张夏组盘车沟页岩段($\epsilon_j P$)。主要出露于崖顶,岩性主要为黄绿、灰绿页岩与薄层灰岩互层,残留厚度1.5~6.5 m,岩石破碎,裂隙发育;

(2)张夏组下灰岩段($\epsilon_j I$)。区内广泛出露,主要岩性为白云质灰岩、鲕粒灰岩,原岩呈厚、巨厚层产出,岩石裂隙不发育,为微风化至未风化地层。治理区整体岩层倾向为 $280^\circ \sim 290^\circ$,倾角为 $15^\circ \sim 20^\circ$ 。

2.2 设计主要治理方法

不稳定边坡的综合治理方法一直受到学者关注和探讨^[3-4],治理区拟建光伏场地位于山体阳面,场地较为平整但倚靠的崖面岩石松动破碎,崖顶部有薄层泥岩与灰岩互层的强风化层,崖下大面积场地属于危险区域,若不治理,光伏发电量难以达到设计要求;山体岩性和产状决定自然崩塌可能性低,但因

爆破开采崖体浅表层裂隙发育。本设计目的是通过治理不稳定崖面,缩小以至消除其下危险地段范围,为光伏设施布置提供更多场地,但整体削坡不切实际,挂网植绿难以实施,锚喷加固费用过高,均不可采用。

结合国内外类似破损山体治理经验,本项目设计主要治理方法为:

- (1)人工或机械削除上部破碎页岩边坡;
- (2)人工撬除陡崖面危岩体,局部勾缝注浆;
- (3)局部混凝土喷面;
- (4)坡(崖)面上部铺设主动网,离底部8.0 m坡(崖)面上架设与崖面形成 70° 的被动网;
- (5)在崖根处3.0 m以外垒砌挡石墙,崖顶安装防护栏及挡石墙。

3 施工工艺

根据本工程特点及治理设计方案,制定了合理的施工顺序,主要步骤如下。

(1)用挖掘机对坡顶破碎页岩及薄层灰岩进行削排。

(2)在坡顶进行挂网喷面,以彻底消除坡顶破碎岩石掉落的危险。

(3)人工清除崖面破碎岩石,较大岩石采用千斤顶、撬棍相结合的方式清理。主要针对坡面上较大的对挂网及坡面安全存在一定影响及安全隐忧的块石、碎石土。

(4)局部进行勾缝注浆,按设计要求配制M10的普通硅酸盐水泥砂浆,配制的水泥砂浆充分搅拌均匀成浓稠状后用瓦刀等工具涂抹于裂隙内,裂缝较宽位置,表面用碎石砌筑。待勾缝后水泥砂浆强度达到设计的75%或5 d后,使用M10水泥砂浆进行注浆。

(5)对崖面中部局部地段边坡存留大量碎石土的情况进行挂网喷面,以消除大气降水等原因造成其碎石土滚落现象。

(6)主动网铺设。锚杆孔位间距 $4.5 \text{ m} \times 4.5 \text{ m}$,锚杆孔钻凿孔径为50 mm,锚杆与水平面的夹角为 15° ,依据锚杆孔位的岩石情况确定孔深,岩石若松散破碎,需加大深度,确保达到稳定性岩层,孔深为1.5~3.0 m。注浆并插入锚杆,确保注浆体强度后自上而下安装纵横向支撑绳,使用纵横交错的 $\text{Ø}16 \text{ mm}$ 横向支撑绳和 $\text{Ø}12 \text{ mm}$ 纵向支撑绳与4.5

m×4.5 m 正方形模式布置的钢丝绳锚杆相连接并进行预张拉,支撑绳构成的每个挂网单元内先后铺设小网孔的 SO/2.2/50 型格栅网和 DO/08/300/4.0×4.0 m 型钢丝绳网,每张钢丝绳网与四周支撑绳间用缝合绳缝合连接并拉紧。待格栅网和钢丝绳安装完毕后,进一步张拉紧固支撑绳和缝合绳,确保支撑绳紧勒岩体,缝合绳能够紧密连接钢丝绳和支撑绳。

(7)被动网架设。安装高度为高于崖底地面 8.0 m 位置,架设网宽为 6.0 m,网面与崖面角度为 70°,相邻锚杆孔间距 8.0 m,其他与主动网锚杆施工方法相同。锚杆安装完工后,把长 6 m、Ø108 mm×3.5 mm 无缝钢管的上、下两端 10 cm 处各打 Ø20 mm 的小孔 2 个。在钢管上端适当位置紧系 Ø18 mm 钢丝绳作为上支撑绳,在靠近钢管位置悬挂减压环,接口用 Ø19 mm 轻型绳卡固定。DO/08/150/6×8 m 菱形勾花钢丝网,用 Ø8 mm 缝合绳将钢丝网与钢管和上支撑绳连接并拉紧。在钢丝网上铺设

小网孔的 SO/2.2/50 型格栅网,以阻止小尺寸岩块的崩落。用 Ø16 mm 钢丝绳将钢管下端与锚杆连接,松紧程度以钢管不横向偏离过大、纵向可绕锚杆转动为宜,调整好后用绳卡固定。用 Ø18 mm 钢丝绳作为上拉锚绳与钢管上端连接,用 Ø19 mm 轻型绳卡固定,拉扯上拉锚绳使得被动防护网与崖壁呈 70°夹角,固定锚绳另一端于岩体上。

(8)机械清除崖面底部因上部撬石削坡等施工掉落的碎石土。

(9)崖根砌挡石墙,根据崖高确定挡墙位置,并进行平整,确保挡墙基础落在完整基岩上。

(10)崖顶安装防护栏,安装在坡顶边线 2.0 m 以外,安装完成后所有钢管涂刷防锈漆。

图 2 为现场部分施工工艺照片,图 3 为治理建设中的项目全景。施工过程中,根据现场特点,项目部制定了详细的施工方案,并通过大胆的改革及创新,原计划工期 4 个月,实际只用了 2.5 个月,节约成本 55%。



图 2 现场部分施工工艺照片

4 主要难点

4.1 成本造价问题

常规工艺在垂直崖面上勾缝注浆、喷面、锚杆、主动网、被动网等施工时,为确保施工人员安全,需

用到长臂作业台车或在崖壁进行架子管搭设,有学者发明了高陡坡锚固设备^[5],这种设备具有一定优点,但需要根据锚固作业面位置和范围预设锚固点,而本工程崖面高陡、水平延伸距离长、工作面多处在中上部,若也如此进行,在锚固点选择和施工、设备



图3 治理建设中的项目全景

移动和使用、架子管搭设等方面耗时费力,工期不允许且造价太高。因此经过现场踏勘,最终决定在崖顶上部先每隔4~5 m施工一锚杆,锚杆长度2.5 m。锚杆用钢绞线制成,用水泥砂浆灌注,钢绞线对折处留在外面约20 cm。待锚杆灌浆10 d后,施工人员系上与牢固拴在崖顶已施工的锚杆之上的保险绳连接在一起的保险带,即可在崖壁面上自上而下进行危石撬除、锚杆施工、主动网铺设、被动网铺设、喷面、注浆等工作,这样使得工期大大提前,施工费用大大降低,且还避免了传统的在架子上施工时人工撬除的危石掉落,砸坏架子管,影响施工人员的安全问题。

4.2 材料运输问题

边坡施工材料运输直接影响到工期和成本,有学者对其进行了探讨研究,索道建筑是其中一种比较便利高效的运输方式^[6-8]。本项目山高坡陡,底部向崖顶的路窄且陡,向崖顶进行材料运输的话,运输车辆无法上去,人工运输又不可能。因此,经过研究,我们在现场制造了向上运输的索道(见图4),索道主要由3部分组成:顶部立柱、卷扬机、空中吊篮。

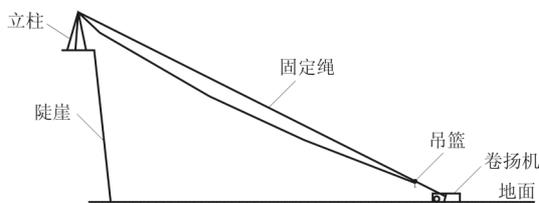


图4 材料运输索道示意图

具体做法及步骤如下:

(1)在崖顶岩石完整处施工一直径50 mm、孔

深1.5 m,用1.7 m长C32的钢筋作为锚杆杆体的锚杆(此锚杆外露0.5 m,内灌水泥砂浆)。

(2)在此锚杆外围(远离崖壁侧)3.0~3.5 m与此锚杆相互形成60°夹角施工两锚杆,此两锚杆长度 ≤ 1.5 m,且底部进入完整岩石不少于1.0 m。此两锚杆杆体用对折后的型号为1×7-15.2-1860预应力钢绞线制成,钢绞线对折处留在外面约20 cm,如图2所示。

(3)对称锚杆施工完毕10 d后,在6.0 m长 $\varnothing 108$ mm×10 mm无缝钢管顶部下0.2、1.0 m处各钻一对直径为30 mm钻孔。

(4)杆体为C32的锚杆插入钢管底部。

(5)用一根6×19-9.3-170钢丝绳穿过无缝钢管顶部下0.2 m处,孔径为30 mm的孔眼。此钢丝绳两端分别与已施工好的互成60°夹角的两锚杆牢固连接。

(6)无缝钢管下1.0 m处,用11×19-15.0-170、长度为1.5 m钢丝绳穿过两孔,两绳交接0.5 m并用3个直径为12 mm的钢丝绳夹牢固拧紧。

(7)竖起无缝钢管并与地面垂直,钢丝绳与锚杆穿过后,再与钢丝绳用直径为20 mm钢丝绳夹牢固拧紧。

(8)把一拉力为20 kN、有防脱钩装置的定滑轮挂钩挂在于无缝钢管顶部1.0 m穿过的钢丝绳上。

(9)在崖面底部平台上施工4根锚杆,间距2.0 m,每根锚杆孔深1.5 m,孔径9000 mm,内插对折的型号为1×7-15.2-1860预应力钢绞线,钢绞线对折处留在外面约20 cm。

(10)待锚杆灌浆10 d后,可把JM2t的卷扬机与此4根锚杆间用 $6 \times 19 - 9.3 - 170$ 钢丝绳拉紧,并用钢丝绳夹牢固拧紧。

(11)用一根 $6 \times 19 - 9.3 - 170$ 钢丝绳分别绕过崖顶立柱上的定滑轮和下部的卷扬机轮,此钢丝绳一端挂一吊篮,一端与卷扬机轮用两直径32 mm的钢丝绳夹拧紧固定。

(12)卷扬机接入电源即可启动缆车运行。固定锚杆和立柱结构见图5、图6。

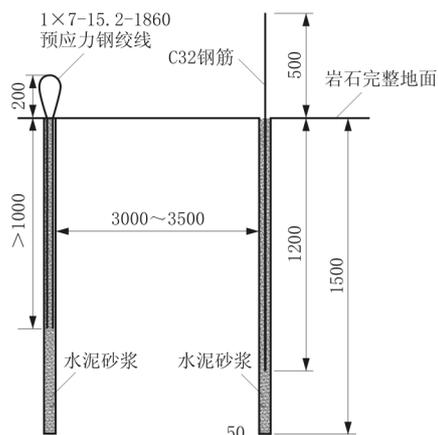


图5 固定锚杆结构大样图

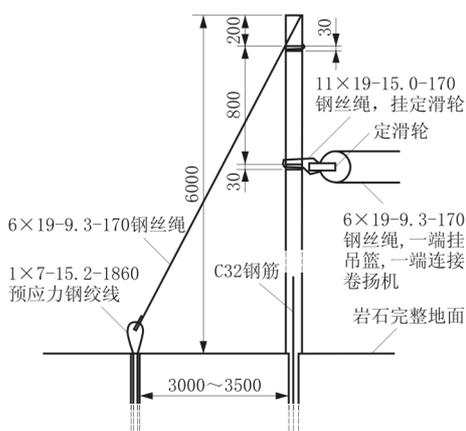


图6 立柱结构大样图

索道运输材料不仅大大节省了人力,减轻了劳

动强度,且大大提高了运输效率,保证了运输过程中的安全。

5 结语

城市的周边山区由于多年的无序开采,存在众多大大小小的破损山体。由于原来的开采责任主体已灭失,国家要想在较短的时间内全部治理需投入巨量资金,这对国家和地方政府的财政都是一个很大的负担。通过本次项目的治理可得到一个新思路,即地方政府可以通过租赁或拍卖形式,对连片的破损山体区由拍得方治理后,按政府规划作为工业、商业、仓储等用地。这在城市用地越来越紧张,对城镇化水平、对城市环境要求越来越高的现在及将来,解决经济发展与用地紧张、环境保护的矛盾不失为一种好的方法。

参考文献:

- [1] 杨振意,薛立,许建新.采石场废弃地的生态重建研究进展[J].生态学报,2012,32(16):5264-5274.
- [2] 张鸿龄,孙丽娜,孙铁珩,等.矿山废弃地生态修复过程中基质改良与植被重建研究进展[J].生态学杂志,2012,31(2):460-467.
- [3] 罗伟.破石山边坡SNS主动柔性防护系统综合治理技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(1):73-76.
- [4] 韩富强,张锦灵,庞磊.兰州徐家湾不稳定边坡的综合治理技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(2):78-84.
- [5] 石午江,张巍.高陡坡新型锚固施工方法及设备[J].岩石力学与工程学报,2005,(S2):5371-5373.
- [6] 贺波,杨波.溪古水电站架空索道的设计与应用[J].四川水力发电,2009,(S1):20-23,160.
- [7] 谭文俊,黄邹涛.长河坝水电站左岸开关站边坡材料运输滑道施工实录[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1):370-372.
- [8] 魏鹏飞,汪子奇,邵远爻,等.索道建筑基于桩锚共同作用的悬臂桩加固设计[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(12):79-83.