

高陡岩石边坡软体护坡技术设计及施工实践

孙小杰¹, 张 辉², 杜焯伟³

(1.山东省物化探勘查院, 山东 济南 250013; 2.山东省第八地质矿产勘查院, 山东 日照 276800; 3.山东省地矿工程集团有限公司, 山东 济南 250000)

摘要:为了消除济南市燕翅山北侧采矿遗留的高陡岩石边坡的地质灾害隐患,恢复自然植被,通过施工砼基座、施工砼格构梁、砌筑软体生态袋和挂网喷播等多种技术方法进行了综合治理,消除了滑坡和崩塌等地质灾害隐患,整个坡面植被覆盖率超过 99%,消除了视觉污染,恢复了当地生态环境,该工程成功的设计及施工实践对类似高陡岩石边坡有很好的指导和借鉴作用。

关键词:高陡岩石边坡;生态袋;软体修复技术;格构梁;挂网喷播

中图分类号:TU751 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)04-0078-04

Design and Construction Practice of Software Slope Protection for High and Steep Rock Slope/SUN Xiao-jie¹, ZHANG Hui², DU Zhao-wei³ (1.Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Jinan Shandong 250013, China; 2.Shandong Province 8th Geological Mineral Exploration Institute, Rizhao Shandong 276800, China; 3.Shandong Geo-Mineral Engineering Group Co., Ltd., Jinan Shandong 250000, China)

Abstract: In order to eliminate the hidden danger of geological hazards of high and steep rock slope left by mining on the north side of Jinan Yanchishan, the comprehensive treatment was carried out with the technical methods of concrete base and concrete lattice beam construction, soft ecological bag masonry and mesh covering spray seeding, the vegetation coverage rate of the whole slope reached more than 99%, the visual pollution was vanished with the restoration of the ecological environment. The successful project design and construction practice could be good guidance and reference for the similar high and steep rock slope treatment.

Key words: high steep rock slope; ecological bag; software repair technology; lattice beam; mesh covering spray seeding

0 引言

矿山高陡岩石边坡生态袋护坡系统是通过将装满植物生长基质的生态袋沿边坡表面层层堆叠的方式在边坡表面形成一层适宜植物生长的环境,同时通过专利的生态袋标准扣将袋与袋之间、层与层之间完全紧密的结合起来,生态袋与边坡表面之间采用粘土夯实进行充填,达到牢固的护坡作用,同时随着植物在其上的生长,进一步的将边坡加固,然后在砌筑好的袋面采用挂网喷播或栽植植物,达到恢复植被的目的。由于采用生态袋护坡系统所创造的边坡表面生长环境较好(可达到不小于 60 cm 厚的土层),草本植物、小型灌木,甚至一些根系发达的小乔木都可以生长得非常良好,能够形成茂盛的植被效

果。

生态袋是一种由进口聚丙烯及其它高分子材料等复合制成的材料编织而成,耐腐蚀性强,耐微生物分解,抗紫外线,易于植物生长,使用寿命长达 70 年的高科技材料制成的护坡材料。该生态袋主要特点是:它允许水从袋体渗出,从而减小袋体的静水压力;它不允许袋中土壤流出袋外,达到了水土保持的目的,成为植被赖以生存的介质,袋体柔软,整体性好,耐久性强。本工程生态袋尺寸选用 81 cm×40 cm,装土夯实后的尺寸约 70 cm×30 cm×15 cm。

1 工程概况

燕翅山是我省最大的地质灾害隐患点之一,该

收稿日期:2017-10-13; 修回日期:2017-12-07

作者简介:孙小杰,男,汉族,1971年生,研究员,勘察工程专业,从事矿山环境治理和岩土工程施工等工作,山东省济南市历山路 56 号, sd-sj1971@163.com;杜焯伟,男,汉族,1973年生,部门经理,从事矿山环境治理和岩土工程施工等工作。

通信作者:张辉,男,汉族,1971年生,副院长,高级工程师,勘察工程专业,从事钻探和岩土工程施工等工作,山东省日照市东港区海滨五路 35 号。

工程位于济南市二环东路东侧约400 m,本次治理断崖区位于燕翅山北麓,为20世纪50年代采矿遗留高陡石灰岩硬质边坡,治理区坡脚长度约180 m,坡高30~80 m不等,山体坡面倾角 $45^{\circ}\sim 82^{\circ}$,局部有负坡,总治理面积约10000 m²。

1.1 地形地貌

该区位于泰山背斜北翼,济南单斜构造的边缘,属低山丘陵区,为山前冲洪积平原与低山丘陵区的交接地带。燕翅山山体呈北东—南西向展布,长约650 m,宽约430 m,占地面积约0.28 km²。工作区地势为中间高、四周低,地貌形态为剥蚀—堆积地貌类型。燕翅山最高点为山顶,高程188.67 m。原始地形原貌见图1。



图1 原始地形原貌

1.2 气象

济南市属暖温带大陆性季风气候,春季干旱少雨,夏季炎热多雨,秋季天高气爽,冬季寒冷干燥。多年平均气温14.2℃,多年最高气温42.7℃(1942年7月6日),多年最低气温-19.7℃(1953年1月17日)。济南市多年平均降雨量为684.5 mm,6—9月份降水集中,降水量472.05 mm,占全年总降水量78.46%。

1.3 土壤

为裸露的石灰岩山体,土层瘠薄,肥力低。

2 治理方案选择

施工治理区坡底为济南七十二名泉之一的砚池,施工场地狭小,无法采取常规堆坡的方式施工。

2.1 直接挂网喷播技术

我省沿海城市多采用此技术,主要是沿海地区气候湿润多雨,矿山坡面多为花岗岩且表层风化严重,易于植物生根。内陆地区,如济南、枣庄等气候干燥少雨,矿山坡面基本上都是难以风化的石灰岩,

植物根系不能深入岩石,采用直接挂网喷播的技术,植被难以成活。

2.2 植生袋技术

该方法直接将装好混有种子草炭土长条形植生袋固定在岩体上,内陆地区气候干燥,水分蒸发比较快,这就需要定期进行浇水养护才能保证植被生长,长期养护的成本比较高。植生袋为竖向铺设,如遇大雨冲刷,容易造成植被滑落,导致治理工程失败,特别是当坡面接近 75° 甚至出现负坡的情况下,冲刷造成的后果就更严重。

2.3 高陡岩石边坡生态袋修复技术

生态袋护坡系统通过将装满植物生长基质的生态袋沿边坡表面层层堆叠的方式在边坡表面形成一层适宜植物生长的环境,同时通过专利的生态袋标准扣将袋与袋之间、层与层之间完全紧密的结合起来,生态袋与边坡表面之间采用粘土夯实进行充填,达到牢固的护坡作用,同时随着植物在其上的生长,进一步的将边坡固定,然后在砌筑好的袋面采用喷播或栽植植物,达到恢复植被的目的。

考虑到该施工区域位于城市内安全第一的原则,通过设置砼格构梁承担生态袋的荷载,有利于整个护坡系统的稳定,综上方法比较决定采取砼格构+生态袋+挂网喷播的综合治理方案。

3 设计方案

根据燕翅山北部裸露岩石破损山体的地质环境特征,采取底部浇筑钢筋砼基座、坡面浇筑砼格构梁、格构梁内砌筑生态袋护坡系统、挂网喷播绿化、坡顶浇筑钢筋砼挡水墙的综合治理方案。

3.1 钢筋砼基座

采用C30砼浇筑,基座尺寸宽15000 mm,高1000 mm,配筋:主筋20 Φ 16 mm,箍筋 Φ 8@200 mm,斜向锚杆直径130 mm,配筋1 Φ 25 mm,间距1000 mm,长度5 m,倾角为 30° ,注0.6:1水泥浆,垂直锚杆为2排间距1000 mm,直径130 mm,配筋1 Φ 25 mm,间距1000 mm,长度1000 mm,注0.6:1水泥浆。

3.2 钢筋砼格构梁

采用C30砼浇筑,宽600 mm,高400 mm,配筋:主筋8 Φ 16 mm,箍筋 Φ 8@200 mm,格构梁间距采取4 m \times 5 m和5 m \times 6 m两种,格构梁节点和中间位置设置预应力锚杆,直径130 mm,配筋1 Φ 25

mm,长度5 m,注0.6:1水泥浆,预应力锁定值90 kN,锚头采用C30砼浇筑。

3.3 生态袋砌筑

固定生态袋锚杆横向纵向间距2.0 m,锚杆直径50 mm,杆体为 $\Phi 25$ mm钢筋,入岩1.5 m,注0.6:1水泥浆,锚杆头做防腐处理。生态袋每砌筑高度约2 m水平铺设双排 $\Phi 16$ mm加强钢筋,通过与连岩锚杆焊接,增强格构梁分区生态袋水平方向的稳固性;生态袋每砌筑高度约1 m时在每个生态袋上竖向击入长为1300 mm的 $\Phi 16$ mm加强钢筋,以增强格构分区生态袋垂直方向的稳固性。竖向和横向每隔3 m设置排水管,减小降雨渗入对生态袋的压力。排水管管径63 mm。

3.4 挂网喷播

采用干法喷播,铺设网丝直径2.5 mm间距5 cm的镀锌铁丝网,自上而下实施喷播,喷播厚度控制为8~10 cm。

3.5 坡顶挡水墙

采用C30砼浇筑,尺寸宽240 mm,高500 mm,配筋:主筋6 $\Phi 16$ mm,箍筋 $\Phi 8@200$ mm,抗滑锚杆直径90 mm,配筋1 $\Phi 25$ mm,深度1 m,间距1000 mm,注0.6:1水泥浆。

4 施工工艺

生态袋施工由于受现场施工环境限制,面临着运料难、施工作业面小等难题,大型机械无法使用,只能用小型机械(如滑道、索道、小型吊车、小推车)及搭设栈道进行施工。前期钢筋砼基座、格构梁等施工工艺本文不再叙述,本文详细介绍生态袋砌筑工艺。格构梁施工结束详见图2。



图2 格构梁施工结束后

4.1 生态袋砌筑

在基座或格构梁上摆好第一层生态袋,每层采

取三顺一丁的方式错缝进行砌筑。铺设袋子时,把袋子的缝口一侧向内摆放。

4.2 充填粘土及夯实

每砌筑一层生态袋,利用粘土充填生态袋和坡面之间空隙。做到逐层堆码,逐层回填,逐层夯实。然后利用内燃式打夯机将生态袋和内侧粘土一起夯实,做到不漏夯,确保每一施工部位均夯填密实,使回填土与生态袋形成一个整体结构。空隙 >500 mm的区域采用3:7灰土进行充填。

4.3 浇筑水泥砂浆、安放结构标准扣和土工格栅

在砌筑夯实好的生态袋内侧浇筑一层厚度3~5 cm的M20水泥砂浆,增加生态袋之间的粘结力,将生态袋结构扣水平放置两个袋子之间在靠近袋子内侧边缘的地方,以便每一个生态袋标准结构扣跨过两个袋子;每垒砌5层生态袋铺设一层土工格栅。

4.4 泄水管施工

生态袋砌筑时应视山体岩面性质和当地降雨量,竖向和横向每隔3 m设置排水管,减小降雨渗水对生态袋的压力。排水管管径63 mm,长度不小于生态袋和充填粘土厚度,末端10 cm制作直径6 mm花眼,花眼间距3 cm沿管壁对称设置,用过滤纱网将管端部和花眼部分包裹,然后在端部及花眼部位填筑中砂滤层。视岩壁裂隙渗水情况,在裂隙处增加布设泄水管。

4.5 锚杆施工

生态袋每砌筑施工到设计锚杆位置开始施工锚杆,固定锚杆风钻成孔,杆体为 $\Phi 25$ mm钢筋,锚孔直径50 mm,入岩1.5 m,纵向和横向间距2.0 m,注1:0.6水泥浆,锚杆头做防腐处理。生态袋每砌筑高度约2 m水平铺设双排 $\Phi 16$ mm加强钢筋,通过与连岩锚杆焊接,增强格构梁分区生态袋水平方向的稳固性;在生态袋每砌筑高度约1 m时在每个生态袋上竖向击入长为1300 mm的 $\Phi 16$ mm加强钢筋,以增强格构分区生态袋垂直方向的稳固性。锚杆压放在两层生态袋之间,锚杆端部外生态袋约5 cm,以便后续挂网喷播绿化固定铁丝网之用。

4.6 压顶施工

每区格构生态袋的顶部,将生态袋的长边方向水平垂直于墙面摆放,以确保压顶稳固,在其上铺设防水土工布,然后浇筑厚度 <20 cm M20水泥砂浆压顶,防止雨水从顶部渗入生态袋内。

重复上述施工砌叠步骤,直至完成该区格构内的生态袋砌筑。生态袋砌筑完成后见图 3。

4.7 挂网喷播绿化施工

4.7.1 挂网



图 3 生态袋砌筑完成后

在砌筑好的生态袋坡面上挂网丝直径 2.5 mm 的镀锌铁丝网,网丝间距 5cm,用膨胀螺丝固定在格构梁上,并与锚杆及加强筋连接确保网片的稳定。

4.7.2 喷播

采用干法喷播,按照种子配比 159 g/m² 将种植土、种子、肥料均匀喷附在生态袋表面。利用专用客土喷播机,调节输送泵压力、出风量,使混合料均匀喷射至生态袋坡面,自上而下实施喷播,喷播厚度为 8~10 cm。挂网喷播后见图 4。



图 4 挂网喷播后

5 特殊情况处理

砼基座基础开挖后,A区、B区坡底基础经开挖发现地层上部是约 1.0 m 厚的杂填土,杂填土以下为碎石,杂填土和碎石埋深不一,基础无法按原设计施工,采取钢管桩注浆进行地基处理,梅花形布置 3 排钢管桩,孔径 90 mm,孔深 6.0 m,孔距 1.0 m,钢管直径 50 mm,注浆水灰比 0.5 : 1,共施工钢管桩

81 根,施工结束通过轻便触探检验承载力均在 260 kPa 以上,满足了设计 160 kPa 的要求。该两区通过在岩面凿出 3 条宽 0.5 m 平台增设加固梁,承担上部格构梁和生态袋的荷载,合理地将其上部荷载分解到坡面上,有效减少生态袋对基础的荷载压力。

6 结语

燕翅山高陡岩石边坡生态修复软体技术成功实践,针对城市内施工空间狭小的高陡边坡提供了很好的指导借鉴着用,本技术减少了水土流失,消除了滑坡、崩塌等地质灾害,恢复自然植被,改善生态环境,美化城市的视觉空间,大面积的绿色植物可以有效吸收大量的 CO₂,使昔日的裸露岩面成为花香鸟语的生态景观,本技术的推广应用,将会产生巨大的社会效益。治理后效果见图 5。



图 5 治理后效果

参考文献:

- [1] 许广伟.生态袋护坡结构形式的研究和实践要点[J].上海水务,2012,(4):28-30.
- [2] GB 50086—2001,锚杆喷射混凝土支护技术规范[S].
- [3] GB 50330—2002,建筑边坡工程技术规范[S].
- [4] JGJ 79—2002,建筑地基处理技术规范[S].
- [5] DB 3701/T 79—2005,济南市垂直绿化技术规范[S].
- [6] 徐文杰,胡瑞林,骆详君.一种新型的软体结构在边坡防护中的应用[J].长安大学学报(自然科学版),2008,28(5):86-90.
- [7] 彭超,徐洲平.生态袋挡墙护坡技术在运河航道整治工程中的应用[J].水利规划与设计,2010,(5):100-102.
- [8] 王博军.生态袋加筋挡墙工作机理研究[D].天津:河北工业大学,2014.
- [9] 刘泽.生态型加筋土挡墙静力学特性试验研究与数值分析[D].湖南长沙:中南大学,2012.
- [10] 姚圣龙.生态袋技术在南京幕燕景区山体护坡治理中的应用[J].科技世界,2011,(23):100-102.