

矿山高陡岩质边坡治理应用研究

吴祖成¹ 郭山峰¹ 何伟民²

(1. 河南省地质矿产勘查开发局第五地质勘查院, 河南郑州 450001;

2. 河南省地质矿产勘查开发局第二地质勘查院, 河南郑州 450001)

【摘要】 以栾川县煤窑沟石煤矿矿山地质环境恢复治理项目为例, 采用锚网喷护加钻孔竹筒置土工程及滴灌技术等措施进行综合治理, 一方面可以避免岩质高陡边坡传统的“大开挖”方式引发边坡地质灾害, 便于后续分台阶绿化同时不对治理区山体造成更大程度的破坏, 减少了工程施工中产生的大量弃方; 另一方面, 采用钻孔竹筒置土和滴灌技术, 改善了高陡岩质边坡治理绿化效果并基本解决了工程养护难题。该工程治理技术在河南省类似矿山地质环境治理中有一定的参考价值。

【关键词】 矿山地质环境; 高陡边坡; 锚网喷护; 滴灌技术

【中图分类号】 TU 457

【文献标识码】 B

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2021.01.010

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Application of High and Steep Rock Slope in Mine

Wu Zucheng¹ Guo Shanfeng¹ He Weimin²

(1. The Fifth Institute of Geological Exploration of Henan Provincial Bureau of Geology and Mineral Exploration and

Development, Zhengzhou 450001, Henan, China; 2. The Second Institute of Geological Exploration of Henan

Provincial Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Zhengzhou 450001, Henan, China)

【Abstract】 Coal mine geological environment restoration project in Luanchuan County is introduced as an example. Measures such as bolt mesh shotcreting, soil placement with bored bamboo tube and drip irrigation technology are adopted for comprehensive treatment, which can reduce the traditional large excavation method of high and steep rock slope to eliminate the geological hazards of the slope, and facilitate the subsequent step greening. This technology will reduce great damage to the mountain in the treatment area, and reduce the disposal earthwork of engineering construction. On the other hand, the use of drilling bamboo tube soil and drip irrigation technology could also improve the greening effect and engineering maintenance. The engineering treatment technology has reference value in the geological environment treatment of similar mines in Henan Province.

【Key words】 mine geological environment; high and steep slope; bolt mesh shotcreting; drip irrigation technology

0 引言

矿山开采形成的高陡岩质边坡易产生崩塌、滑坡等矿山地质灾害, 严重影响周边人民的生命财产安全^[1]。裸露的岩质边坡视觉效果差, 与当前环保美观、以人为本的城市建设方针相背离^[2]。影响高陡岩质边坡稳定的因素众多, 包括岩性、地质构造、岩石风化破碎情况、地下水、地震作用等^[3], 对岩质高陡边坡的植被恢复是目前采石场整治及边坡覆绿的重点和难点^[4], 马丽等论述了通过锚固、削坡和设置落石平台等措施对广西凤山县石灰岩高陡边坡治理与改造^[5], 赵志明等在工程边坡绿色防护机制

研究中认为岩质边坡坡度大, 植被很难在边坡上生根成长^[6]。总之, 矿山开采产生的高陡边坡修复一直是个难点, 采用锚网喷护加钻孔竹筒置土工程及滴灌技术等综合治理措施, 可为高陡边坡治理提供新的思路和方法。

1 项目概况

栾川县煤窑沟石煤矿矿山地质环境恢复治理项目是河南省“探矿权采矿权两权价款”项目, 目的是通过工程治理措施对原矿山生产遗留的环境地质问题进行除险及生态修复, 消除矿山地质灾害隐患, 创建山青水秀大美栾川, 保障矿区周边人民的生命

财产安全^①。

该矿山是历史时期遗留矿山, 开采主要矿石为石煤和石灰岩。石煤为低品劣质无烟煤, 是低热值燃料, 石煤可用来烧制水泥、制造化肥。石煤矿开采年代久远, 采矿有上百年历史, 开采方式以沿煤线露天与地下兼具, 历史上开采主体均以个体无序私采为主, 给当地环境造成极大破坏; 石灰岩主要用作建筑材料, 石灰岩矿开采主要始于 20 世纪 70—80 年代, 开采方式为露天开采, 仍以个体开采为主, 遗留多处高陡岩壁及采坑, 引发的矿山地质环境问题主要包括矿山地质灾害、含水层破坏、地形及地貌景观植被破坏等^[7]。对于该矿山的修复和治理, 高陡边坡恢复治理是其主要难点。

2 气象水文、地质背景条件

2.1 气象水文

栾川县属暖温带大陆性季风气候。年平均气温 12℃, 极端最高气温曾达 40.2℃, 极端最低气温 -20℃。地面温度冬夏悬殊较大, 夏季白天可高达 69.4℃, 冬季白天可降至 -23.4℃, 最大冻土深度 24 cm。栾川县年平均降雨量为 818.7 mm, 最大年降雨量为 1370.4 mm, 最小降雨量 564.9 mm。降雨多集中在 6、7、8、9 四个月, 占全年降雨量的 64.3%。

栾川县境有伊河、小河、明白河、涓河四条河流。总计大小支流 604 条, 河网密度 0.59 km/km²。地表水年均迳流量 6.83×10⁸ m³。其中, 最大河流伊河境内总长 113 km, 流域面积 1053 km², 最大洪峰流量为 1370 m³/s, 最小流量为 23.4 m³/s, 一般年份为 200 m³/s。

2.2 地形地貌

工作区在县城城郊, 地貌类型以中低山地貌为主, 海拔 730~1050 m, 相对高差 150~300 m, 区内花煤山海拔 1017 m。分水岭为狭长平衡屋脊状, 沟谷纵坡降 5%~10%, 部分地段沟谷内可见零星阶地发育。

2.3 地质构造

工作区位于洛南—栾川台缘褶皱带, 区内发育褶皱和断层。

2.3.1 褶皱

区内发育一倒转的向斜构造, 地层随之发生倒转, 新地层在下, 老地层在上。向斜轴向 NW 290°左右, 地层倾向北东, 倾角 70°左右。

2.3.2 断层

区外南部约 2.0 km 为黑沟—栾川断裂, 该断裂为区域性深大断裂, 河南省境内长度 560 km 左右, 断深 35 km, 为华北地台与秦岭地槽两大构造单位的分界, 总体走向 NW 270°~290°, 北倾, 倾角 65°~90°, 在走向、倾向上均呈舒缓波状, 断裂力学性质为压—张—扭压性。区内仅发育一压扭性小断层。

2.4 地震

栾川地跨两个一级构造单元, 台槽分界线均为深大断裂, 且有长期活动的特点。据史料记载, 分别发生于 1556 年和 1615 年的陕西华县和卢氏地震均波及栾川。自 1956—1970 年, 栾川共发生有感地震 6 次, 最大震级 2.6 级。根据 2015 年版中国地震动参数区划图, 工作区地震动峰值加速度为 0.05g, 地震烈度为 VI 度。

2.5 水文地质条件

工作区地下水类型主要为松散岩类孔隙水、碳酸盐岩类岩溶裂隙水及基岩裂隙水。

松散岩类孔隙水主要分布在伊河和煤窑沟谷两侧, 由第四系粉土、粉质黏土和砂卵石组成, 一般地下水比较丰富。

碳酸盐岩类岩溶裂隙水位于三川—栾川复向斜核部, 由中下元古界白云岩及大理岩构成, 因处于新华夏系构造带与近东西向构造带复合部, 断裂构造交错展布, 岩层构造裂隙发育、岩溶发育, 在构造有利部位易形成地下水富水带。

基岩裂隙水主要为块状岩类裂隙水, 由中元古代前加里东期变辉长侵入岩组成, 其贮水构造一般以次生构造带节理为主, 节理密集带为贮水场所, 富水性极弱, 泉流量 0.01~0.05 L/s。

3 高陡边坡特征

栾川煤窑沟矿山南邻县城区伊水河, 矿山是露天开采且倚斜坡开挖, 该矿山采石遗留高陡边坡, 长约 255 m, 高为 40~80 m, 边坡坡度 60°~85°, 临空面大, 破坏面积约 21700 m²。局部呈突出危岩体, 后缘产生卸荷张裂缝(见图 1); 岩体节理裂隙发育, 发育密度 7~16 条/m, 坡体被切割破碎凌乱, 呈块裂—碎裂状构造。坡面上破碎的危岩体现状条件下不稳定, 在暴雨和重力作用下, 易发生崩塌。另外, 在坡面上局部堆积有采矿碎石土。在连续强降雨作用下, 很易引发崩塌或滑坡矿山地质灾害, 威胁矿区周边居民生命财产安全。

^①河南省地质工程勘察院. 栾川县煤窑沟石煤矿矿山地质环境治理施工图设计书[R]. 2011.

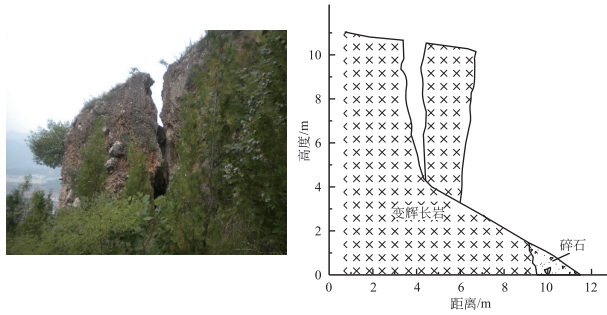


图1 边坡后缘(危岩体)形态示意图

4 综合治理措施

因矿山距县城较近,开采裸露面积大,有可能会影响当地旅游形象。为保证对裸露岩质高陡边坡的恢复治理效果,拟采用警示牌、边坡危岩清除、裂缝封填及监测、锚网喷植混凝土护坡等工程防治措施,并采用钻孔竹筒置土复绿的方法和滴灌技术综合复绿工程措施(见图2)。

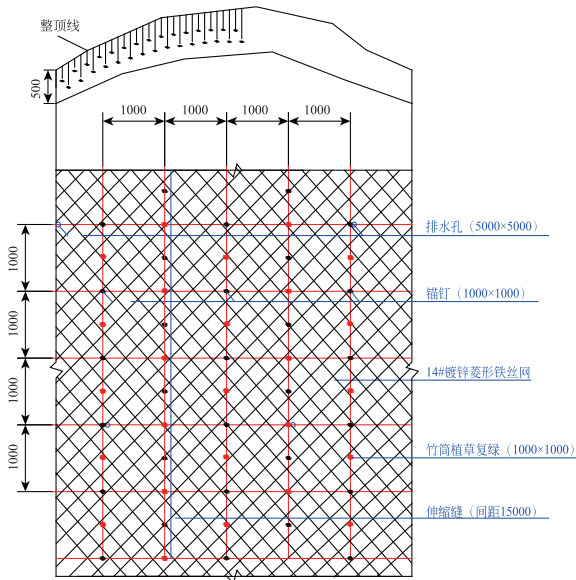


图2 锚网喷护及各钻孔竹筒置土结构示意图(单位:mm)

4.1 工程防治措施

警示牌:在山体裂缝南西部较为稳定的高陡直立边坡两端和中间位置各设置1块混凝土安全警示标志牌,书写“陡崖危险,请勿靠近”警示语。

边坡平整:首先对高陡边坡进行平整^[8],采用爆破或铁锹、水、气力冲刷清除边坡危岩体及坡面浮石与杂物,使坡面尽量达到平整,先对坡面转角进行修整,再对坡顶有棱角的区段进行整修,对接呈弧形,尽可能利于客土喷播及施工,同时为了增加整个作业面的绿化效果,保证在施工以前,凹凸度作业面平均要达到 ± 10 cm,最大不能超过 ± 15 cm。最后,为了增加整个作业面的粗糙程度,增加客土对作业面的附着

力,在作业面施工时,每隔一定高度开一个横向槽。

裂缝封填:使用清除的碎石填实深部裂缝,表层裂缝使用混凝土封填,混凝土厚度 ≥ 20 cm,外侧涂抹厚度 ≥ 2 cm的砂浆。每年检查1~2次,破损部位及时修补,并对地裂缝进行后期监测。

铁丝网铺设:在边坡坡面整平以后,在坡面上先铺设一层14#镀锌铁丝网,严格按照施工流程,从上到下铺设并拉紧,在包坡顶部,长度要达到500 mm,横向搭接网片长度为100 mm,坡面与铁丝网间距为60 mm。绑好的镀锌铁丝网上,要防止人员随意踩踏。在极陡岩面上,为了增加附着力,保障客土的厚度,可以用草绳按一定间距缠绕在网上,材料要求14#镀锌铁丝,菱形,网孔50 mm \times 50 mm,尺寸2000 mm \times 10000 mm。

钻孔锚钉:为了把铁丝网固定在岩质坡面上,本次工作采用钻孔打锚钉方式对铁丝网进行固定。锚钉上下间距控制在1000 mm \times 1000 mm,梅花型布设,锚钉总长度长度为2000 mm,直径选择 $\phi 22$ 螺纹钢。外露长度不小于80 mm,在距边坡坡面高度60 mm处,与镀锌铁丝网绑扎在一起。钻孔应与边坡面成 $10^\circ \sim 15^\circ$ 上倾角钻入,达到一次性成孔,间距偏差不超过 ± 50 mm。打好的钻孔要及时插入锚钉,以防孔钻内落入杂物、浮土碎石等。

截排水:为防止边坡遭到冲刷,在坡面开挖岩槽,并保证与周边封闭衔接,尺寸为宽200 mm \times 深100 mm。顶部设置截水沟尺寸为宽400 mm \times 深300 mm。沿岩面自上而下设置6垂直排水管,水管为 $\phi 110$ mm PVC管,在边坡底部修筑浆砌石起到消力作用。排水孔采用梅花形布设,孔径为30 mm,孔深为300 mm,排水孔间间距为5000 mm \times 5000 mm,安装材料为PVC管。

4.2 综合复绿工程措施

钻孔竹筒置土:为了保障岩面的绿化效果,增强岩面种植植物抗寒抗旱的能力,在岩面打钻孔,竹筒嵌入孔中,竹筒内置壤土及草种,为了保证透水和植物根系向岩缝生长,竹筒壁周边应打少量的 $\phi 2 \sim 3$ mm孔。岩面钻孔间距不大于1000 mm \times 1000 mm,钻孔孔径为90 mm,孔深为500 mm,外露长度为100 mm。

植被混凝土喷植:喷播植草是岩石边坡植被护坡的主要工程技术方式^[9],该边坡为岩质边坡,没有腐殖质,为了保证植被成活率,坡面需采用较大的喷植厚度,喷植厚度设计为100~120 mm,为了增加植被混凝土附着力,使喷护厚度得到保证,用草绳按

一定间隔缠绕在网上,并沿锚钉延伸方向,每隔 15 m 设置一道 2 cm 宽自上而下垂直贯通的伸缩缝,然后再用低发泡聚乙烯板进行填塞。

滴灌养护:滴灌养护主要是利用毛管滴头在低压或天然自重下向土壤缓慢地自然滴水,养护了植被,达到了节约用水、省时省工、科学灌溉的目的,体现了低碳绿色的理念。目前滴灌技术被广泛用于农田、大棚、果园、花卉及其他绿化项目。滴灌系统主要由动力枢纽系统、管路系统及滴头系统组成(见图 3)。

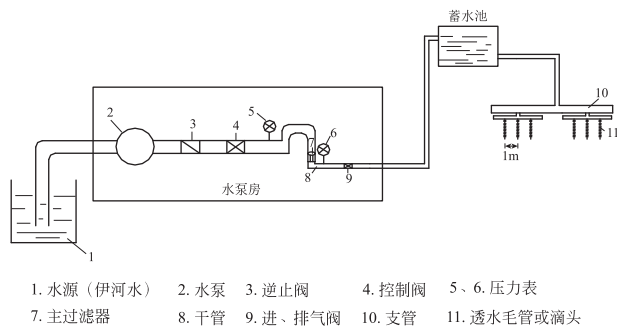


图 3 滴灌系统的首部枢纽和输配水装置示意图

动力供水系统位于岩壁下侧伊河旁的水泵房内,水泵拟采用小流量高扬程型号水泵,直接用水泵把伊河水抽送到到坡顶蓄水池。另外,为了防止因水泵使用中突然停机,网管中运动的水流倒流对管网产生破坏,在水泵的下游处安装了逆止阀。为了防止水质对滴头腐蚀和破坏,在出水口处安装了一组过滤器,过滤器型号较多,可选用旋流水砂分离器或叠片式过滤器及其组合装置。为了保证系统的运行正常,在过滤器的上游和下游应各布设一个压力表,在工作中,若发现上下游水力压差过大时,应对过滤器及时进行清洗。

管路系统由干管、支管及透水毛管组成,干管采用 $\phi 50.8$ mm 的钢管或 PVC-U 管,干管线路沿坡面垂直方向布设,把伊河水供至边坡顶部的蓄水池。支管从顶部的蓄水池侧壁再分别引出,把支管从上至下设置为两排。滴头从支管引出,滴头主要采用透水毛管或其他专用毛管滴头,滴头间距不超过 1.0 m。支管和毛管必须选用抗变形、具有耐磨性的抗冲击能力强的 PE 管。管路布设后,先进行滴灌效果试验,各项试验指标达到要求后,再进行坡面喷护工作。

5 结论

(1)通过采用锚网喷护加钻孔竹筒置土工程及滴灌技术等综合治理措施,完成了栾川县煤窑沟石煤矿矿山地质环境恢复治理工程,减少了治理中形

成新的开挖破坏区域,同时减少了开挖方量,基本维持了山体“原貌”,较传统台阶式开挖治理节约了成本,治理效果明显。

(2)高陡岩质边坡锚网喷护技术的应用前提是已实施工程勘查工作。在整体边坡基本稳定条件下,锚网喷护技术可以防止局部岩土体发生小规模崩塌滑坡。对于整体边坡欠稳定的工程治理项目,必须采用其它有效的工程防治手段。

(3)钻孔竹筒置土工程及滴灌技术的应用,首先应当选择适合区内气候和岩壁易存活的树种和草灌;其次应进行科学的苗木养护及除病虫害管理工作,方能提高或达到预期绿化效果。

(4)矿山地质环境中的岩质高陡边坡工程治理,是一项复杂的科学治理工程,工程治理前建议进行专项矿山地质环境防治工程勘查。

本技术的借鉴参考或推广应用,建议选择区域植被生长茂盛,不宜进行分级削坡或大开挖的高陡岩质边坡生态治理修复工程。

参 考 文 献

- [1] 郝社锋,蒋波,喻永祥,等. 秦山隧道南口高陡岩质边坡稳定性分析及治理效果评价[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2019, 30(2): 89-97.
- [2] 吴帆,陈洪凯. 高陡岩质边坡植被绿化技术研究[J]. 公路, 2017, 62(4): 280-283.
- [3] 张开玉. 高陡岩质边坡防护治理研究[J]. 黑龙江水利科技, 2019, 47(3): 66-67.
- [4] 温冰,徐恒力,周建伟,等. 河南宜阳锦屏山岩质高陡边坡植被恢复技术研究[C]//中国地质学会 2013 年学术年会论文摘要汇编——S16 矿山地质环境防治研讨会分会场, 2013.
- [5] 马丽,柴波,唐朝晖,等. 广西凤山县石灰岩高陡边坡治理与改造[C]//中国地质学会 2013 年学术年会论文摘要汇编——S16 矿山地质环境防治研讨会分会场, 2013.
- [6] 赵志明,吴光,王喜华,等. 工程边坡绿色防护机制研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25(2): 299-305.
- [7] 河南省矿山地质环境恢复治理工程勘查、设计、施工技术要求[M]. 郑州:黄河水利出版社, 2014.
- [8] 方星等. 矿山土地复垦理论与方法[M]. 北京:地质出版社, 2015.
- [9] 李绍才,孙海龙,杨志荣,等. 岩石边坡喷播植草护坡工程的抗侵蚀效应[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(1): 43-47.