

金牛山矿山环境治理设计与施工实践

孙小杰¹, 张 辉², 杜焰伟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 276801; 3.山东省地矿工程集团有限公司, 山东 济南 250000)

摘要:通过对烟台市牟平区金牛山矿山采矿历史遗留的老采坑(井)、塌陷带和采空区等综合恢复治理,详细介绍了采空区充填注浆的设计和施工工艺,消除了地质灾害隐患,改善了地质环境。该工程设计及成功实践对类似金矿塌陷带和采空区治理有很好的指导和借鉴作用。

关键词:采空区; 塌陷带; 充填注浆; 环境治理

中图分类号:TD167; TU47 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)06-0070-05

Environmental Management Design and Construction Practice in Jinniushan Mine/SUN Xiao-jie¹, ZHANG Hui², DU Zhao-wei³ (1.Geophysical Exploration Institute of Shandong Province, Jinan Shandong 250013, China; 2.Shandong Province 8th Geological Mineral Exploration Institute, Rizhao Shandong 276801, China; 3.Shandong Geo-mineral Engineering Group Co., Ltd., Jinan Shandong 250000, China)

Abstract: Based on the comprehensive recovery management of the old mining pits (wells), collapse zone and goaf left in Jinniushan mine of Muping District, this paper introduces the design and construction process of the goaf filling and grouting in detail, by which, the hidden geological hazard is eliminated and the geological environment is improved. The engineering design and the successful practice can provide good guidance and reference for similar treatment projects of gold mine collapse zone and goaf.

Key words: goaf; collapse zone; filling and grouting; environment management

1 项目概况

1.1 项目区位置

项目治理区位于山东省烟台市牟平区水道镇东南约 2 km 的金牛山地区,面积 3.0617 km²。

1.2 项目区采矿历史

金牛山是牟—乳成矿带中的主要矿区之一,该矿区开采历史悠久,明清时期就进行过露天开采金矿,开采深度 30~40 m。解放前,日本人也曾进行过掠夺性开采。20 世纪 80 年代起附近村民乱采金矿石,采用竖井和巷道开采至矿脉,在矿脉处利用巷道横向放炮冒落开采,开采深度一般不超过 80 m。到 90 年代后期,已基本制止开采。民采、乱采时采空区未进行充填,开采顶板也未进行防护,且采用大面积冒落开采,导致采空区地表出现了大面积塌陷,造成了较严重的环境地质问题。

1.3 地形地貌

项目区属低缓丘陵区,为剥蚀丘陵地貌。地势

总体北高南低,区内金牛山山脊呈南北向带状展布,构成本区分水岭。金牛山主峰海拔 168.84 m,当地最低海拔 74.00 m,相对高差 94.84 m,坡度一般 10°~20°,局部可达 50°,沟谷多呈深而窄的 U 字形。

原始地貌详见图 1、图 2。

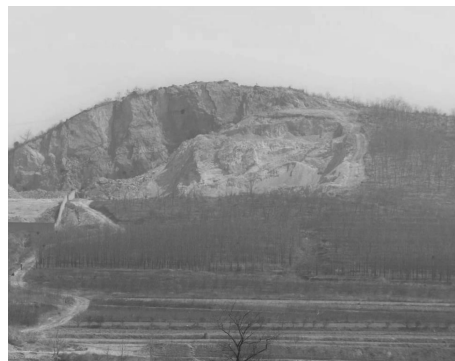


图 1 4 号塌陷带陡崖原始地貌

1.4 水文地质条件

含水层为基岩裂隙水含水层,分布于整个治理

收稿日期:2017-11-27; 修回日期:2018-04-20

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;杜焰伟,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,山东省济南市章丘工业三路 1560 号。

通讯作者: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。



图2 塌陷带原始地貌

区内,水位埋深为 9.50~18.80 m。该层渗透性较弱,富水性弱,单井涌水量 $<100\text{ m}^3/\text{d}$,大气降水为该区地下水的主要补给源。

1.5 项目区地质条件

1.5.1 构造

金牛山断裂纵贯全区,为区内主要成矿构造。断裂带宽 5~20 m,走向 $10^\circ\sim 25^\circ$,倾向南东,局部北西,倾角 $74^\circ\sim 85^\circ$,局部直立。带内由石英脉、煌斑岩脉和矿体充填,断裂带两侧发育多条近于平行的同期低序次的断裂构造,均有金矿化现象,断裂带自中心向两侧发育黄铁矿化(金矿化)、绢英岩化、碳酸岩化蚀变。

1.5.2 松散岩区

项目区表层地层较简单,主要为新生界第四系残坡积、冲洪积物,沿山间沟谷、冲沟和山前平坦地段分布,厚度 $<2\text{ m}$ 。岩性主要由砾石、含砾砂土、亚砂土等组成。

1.5.3 半坚硬—坚硬岩区

项目区内深部地层侵入岩极为发育,主要为新元古界玲珑超单元云山单元(弱片麻状细粒含石榴二长花岗岩)中生代界煌斑岩脉等。项目区矿脉多赋存于金牛山主断裂带中,总体 $10^\circ\sim 25^\circ$,倾向南东,局部北西,地表产状与断裂带一致,地下局部反倾,倾角 $74^\circ\sim 85^\circ$,局部直立,局部被后期断裂错断。

2 工程治理设计思路

通过收集资料、1:1000 地质环境调查、工程测量、物探和钻探等方法,发现治理区内共有 8 条塌陷带,75 口老采坑硐(井),1 处地下采空区。

塌陷带采取削坡整形和回填的方法进行治理;老采坑硐(井)采取回填的方法治理;采空区采取注浆充填的方法治理,为防止出现串孔,使水泥浆有效

充填到采空区内,根据治理区内采空区的特点,本次采空区充填方案采取将 175 m 长的采空区分成密封的 4 段,在段与段之间的横断面上施工砼墙分隔,分隔完成后再逐段充填注浆处理。

3 工程设计与施工方案

根据本区的地形地质条件及治理总体思路的要求,本项目区治理内容主要为塌陷带治理、老采坑硐(井)治理和采空区治理。

3.1 塌陷带治理

3.1.1 塌陷带治理设计方案

采用两种方式治理,一种对高陡边坡及山顶、山脊线上的塌陷坑带采用削坡治理的方法消除地质灾害隐患;一种对山腰处或地形相对平坦的塌陷带直接采用回填的方式进行治理。其中 3、4 号塌陷带采用爆破削坡的方法治理,1、2、5、6 号塌陷带采用回填方法治理。4 号塌陷带的陡崖治理和采空区充填是本工程重点治理项目,下面以 4 号塌陷带治理方法为例进行介绍。

4 号塌陷带陡崖削坡治理方案,结合现场及本区规划,以山顶塌陷带北侧与东侧悬崖的交汇点处(该处地面标高为 145.0 m)为基准,以悬崖北侧接地点为另一基准点(该处地面标高为 119.8 m),此两点连线为悬崖放坡线(见图 3),以放坡线为准,爆破削山使山体高度整体降低 6.3 m,悬崖壁与爆落后堆放的岩石自然相接,整体上清除的悬崖壁、爆破后的岩石堆落于 4 号塌陷带西北侧的工业废弃平地,使碎石堆堆放高度与相接的陡崖高度一致,碎石堆高度向西、向北逐渐降低,坡角控制 30° ,最后形成一个由人工堆砌的碎石土坡与自然山体组成的完整低山,然后覆种植土绿化。在山体底部的边界处砌筑尺寸下底 $\times$ 上底 $\times$ 高=1500 mm $\times$ 1000 mm $\times$ 2000 mm 的挡土墙,挡土墙底部采用锚杆和岩体固定,需砌筑毛石挡墙 128 m,锚杆 65 根。爆破及回填

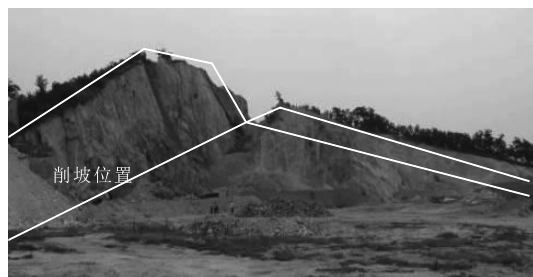


图3 4号塌陷带陡崖削坡示意

土石方量为 165307 m^3 , 回填种植土 7489 m^3 , 种植黑松 12965 株。

3.1.2 塌陷带治理施工工艺

测量放线→平台清理→潜孔钻机成孔→装药、接雷管、爆破→坡面清理→渣土外运回填→修整坡角 30° 成坡→回填种植土→砌筑挡土墙→绿化。治理后的效果见图 4。



图 4 4 号塌陷带陡崖治理后效果

3.2 老采坑硐(井)治理

3.2.1 老采坑硐(井)治理设计方案

治理区内老采坑硐(井)大多是 20 世纪 80 年代到 90 年代初民采乱采后遗留的, 治理区内发现老采坑硐(井)有 75 口, 根据各老采坑硐(井)直径制作高度 4 m 的钢筋笼, 将装满大块石的钢筋笼下至孔底,

然后回填碎石土, 边回填边夯实, 回填至距井口 4 m 浇筑 C20 砼进行封口, 砼厚度 3.5 m, 最后回填厚度 0.5 m 的三类种植土, 对井口及周边荒地进行绿化。

3.2.2 老采坑硐(井)治理施工工艺

钢筋笼制作下沉→碎石土充填→井口浇筑砼墙→回填种植土→整平绿化。

3.3 采空区治理

地下采空区位于金牛山山脊线附近, 南北向狭长, 东西向较窄, 采空区投影到水平面的范围界线由物探解译资料圈定, 投影到水平面的采空区总面积为 1542 m^2 , 空洞区开采标高在 $81.0 \sim 85.0 \text{ m}$, 目前地面标高为 $11.5 \sim 20.0 \text{ m}$ 不等, 空洞高约 3 m, 宽度 $5.0 \sim 9.8 \text{ m}$, 空洞长约 175 m, 空洞内未发现充填物, 需充填空洞体积为 4626 m^3 ; 采空区内无地下水。

3.3.1 采空区治理设计方案

采用灌注砼和注浆方法, 泵送的方式灌注砼, 纯压式注浆。

3.3.1.1 钻孔布置

在每个横断面上施工 3 个 $\varnothing 300 \text{ mm}$ 的钻孔灌注砼, 孔距 1.5 m, 孔深 $42 \sim 68 \text{ m}$, 共布置 15 个钻孔。每段的充填灌浆孔布设 2 个, 钻孔孔径 110 mm, 孔距 15 m, 孔深 $40 \sim 65 \text{ m}$, 共布置钻孔 8 个。钻孔布置详见图 5。

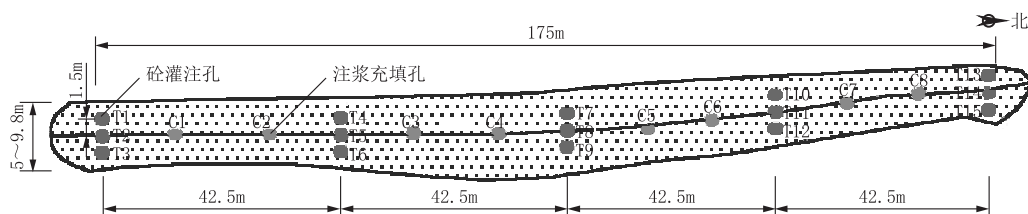


图 5 采空区充填孔布置

3.3.1.2 灌注砼

将 175 m 长的巷道用 C20 砼墙间隔成 4 段, 每个分隔断面采用 3 个 $\varnothing 300 \text{ mm}$ 的钻孔向下泵送灌注塌落度 16 cm 的 C20 商品砼, 自然堆积成墙进行分隔, 砼墙必须起到间隔作用, 使各段形成独立的封闭空间, 这样容易控制各段的充填灌浆量和发现漏浆通道。施工时先灌注中间孔, 然后灌注两边孔, 单孔浇筑砼应连续无中断进行, 直至孔口。泵送砼停止标准: 灌注砼不小于设计灌注量, 且直到砼充满到孔口位置。设计 C20 砼体积约为 694 m^3 。

3.3.1.3 注浆

每段的灌注砼充填完成后, 按基岩帷幕注浆标

准进行纯压式压力灌浆, 做到回灌的浆液凝结体与巷道四壁胶结紧密没有空隙, 以使回灌浆液凝结体与岩体成一体, 增强山体稳定性。注浆材料为 32.5 MPa 普通硅酸盐水泥; 注浆水灰比; 注浆浆液的浓度由稀到浓, 逐级或越级变换, 宜从下列比例中选取: 1, 0.8, 0.6 和 0.5, 开灌水灰比可采用 1; 根据注浆需要, 可在水泥浆液中掺入速凝剂, 宜选用水玻璃, 水玻璃模数宜为 2.4~3.0, 浓度宜为 30~45 波美度, 速凝剂的掺入量应根据现场注浆试验确定。设计注浆充填量为 4032 m^3 。

采空区纵向剖面示意图见图 6。

3.3.2 采空区施工工艺

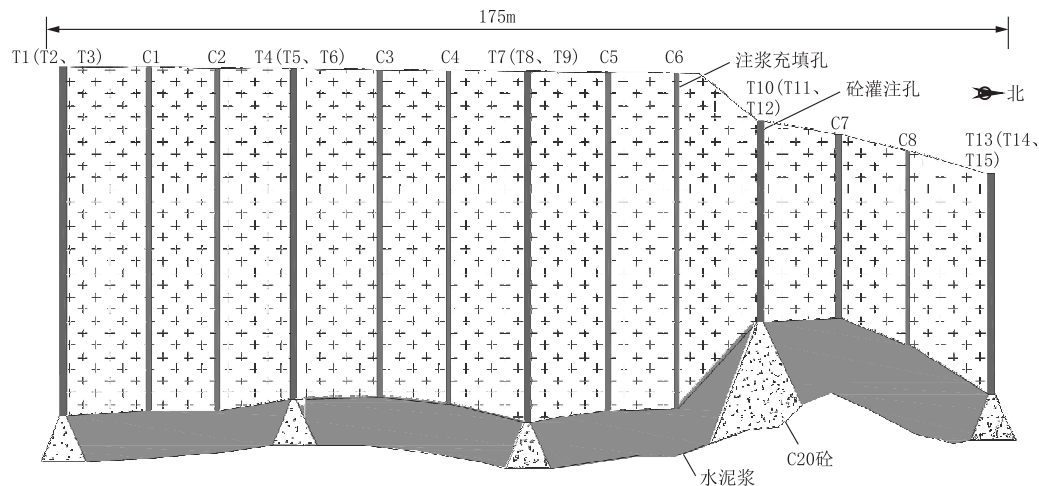


图 6 采空区钻孔布设纵向剖面

先施工砼隔离墙,施工结束不小于 7 天再开始注浆作业。

3.3.2.1 工艺流程

平台清理→钻孔定位→钻机就位→潜孔锤钻进→布设无缝钢管→终孔检验→浇筑砼墙→封孔→水泥浆充填→封孔→治理效果检验。

3.3.2.2 投入设备

投入一台套潜孔锤钻机施工,钻机功率 22 kW,空压机功率 90 kW;水泥(砂)浆搅拌机 15 kW,浆泵 5 kW,共 20 kW;砼输送泵 75 kW。以上设备共需动力能源约 200 kW。

3.3.2.3 采空区灌注砼和注浆工程量

采空区 15 个钻机灌注砼 969 m³,8 个注浆机充填水泥浆 4974 m³,详细工程量见表 1、表 2。

表 1 采空区灌注砼工程量统计

砼孔号	孔径/mm	Ø273 mm×5 mm 钢管/m	孔深/m	砼充填量/m ³
T1	300	67	70.1	42
T2	300	66	69.7	102
T3	300	66	69.3	26
T4	300	63	66.4	31
T5	300	64	67.2	97
T6	300	64	66.9	28
T7	300	66	69.6	35
T8	300	65	69.8	126
T9	300	67	70.3	48
T10	300	37	40.3	74
T11	300	38	41.2	153
T12	300	37	40.8	41
T13	300	40	43.5	42
T14	300	41	44.1	90
T15	300	40	43.2	34
合计			872.4	969

表 2 采空区注浆工程量统计

注浆孔号	孔径/mm	Ø89 mm×5 mm 钢管/m	孔深/m	水泥浆充填量/m ³
C1	110	65	68.9	1042
C2	110	65	68.5	267
C3	110	65	66.2	954
C4	110	65	66.6	97
C5	110	65	67.5	1037
C6	110	65	66.9	91
C7	110	35	37.2	489
C8	110	35	38.9	997
合计			480.7	4974

4 工程检验

采空区充填效果采用物探和钻探相结合的方法进行检验。充填灌浆全部完成 28 d 后,采取物探和钻探取心检查充填灌浆体与巷道顶部是否接触紧密,检查孔的数量为不少于总灌浆孔数的 5%,现场随机选定布设检查孔 2 个。

4.1 物探检验

采取高密度电法对采空区充填效果进行检验。根据野外采集的原始数据经转换后得各测点不同深度处的视电阻率数据文件,然后由高密度反演软件进行瑕疵点剔除和地形校正,最后进行反演并解释成图,根据高密度地电断面图并结合现场地质及水文地质情况分析如下:在测线控制范围内基岩基本出露,视电阻变化范围介于 200~900 Ω·m 之间,且随着深度的增加而逐渐变大,5 条测线视电阻等值线均匀变化,无明显的高低电阻电性畸变异常反映,根据高密度地电断面图和现场地质情况推测注浆加固处理后形成的灌浆体性质均匀稳定饱满。

4.2 钻探检验

根据设计要求施工钻探取心钻孔2个,本次采用GJ-200A型工程钻机,金刚石钻头取心,转速700~900 r/min,取心钻头直径91 mm,取心直径89 mm,总进尺143 m。钻孔布设充分考虑到砼墙与水泥浆充填衔接处密实度及采空区北侧陡崖处注浆效果,钻探施工过程严格按钻探工作实施细则和有关规范的要求执行,检验孔孔深、孔径、岩心采取率等均满足设计要求,整个钻探过程注浆段上下没有发现冲洗液漏失现象,未发生掉钻现象,岩心采取率91.4%(取心区域平均值),RQD指标80%(取心区域平均值),填充物高度分别为3.5和3.1 m,岩层与注浆衔接处接触良好,空洞完全被填充物充填,注浆体密实,采空区注浆治理效果良好,达到了设计要求。

5 结语

本治理工程对老采坑硐(井)、塌陷带和采空区等进行了综合治理,还原了原有地貌特征,消除了地质灾害隐患,使金牛山治理区与周边地质环境相协调,治理完成后,新增梯田约71.7亩,这部分土地宜农则农,宜林则林,给当地带来可观的经济效益。本次治理成功经验为今后类似矿山恢复治理提供了参考资料,有一定的借鉴作用。治理后效果如图7。



图7 塌陷带治理后效果

参考文献:

- [1] 编委会.工程地质手册(第四版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [2] 山东省地质灾害防治规划(2003—2020)[Z].山东济南:山东省国土资源厅,2003.
- [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] 林宗元.岩土工程治理手册[M],北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [6] 郑英飞,王茂森.栾川钼矿采空区钻探技术试验研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(2):22—25.
- [7] 张昌生,吕晋松,张海雷.晋侯高速公路双层煤矿采空区治理工程中的注浆方法[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(12):34—36.
- [8] 孙廷仁,张闻璟.破损山体治理新思路[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(3):53—57.
- [9] 的研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(1):84—86,92.
- [6] 姜亦军,王文龙,张辉.SY系列深孔硬岩孕镶金刚石钻头的研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(6):80—84.
- [7] 沈立娜,阮海龙,李春,等.坚硬致密“打滑”地层新型自锐金刚石钻头的研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(11):57—59.
- [8] 刘全心,方小红,刘青.热压烧结金刚石钻头工程勘探钻进时效的试验研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(12):54—57.
- [9] 刘全心,刘青,南建平,等.预压层叠式钻齿型孕镶金刚石钻头的研制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S1):94—96.
- [10] 杨世珍,李杰,裴爱国.影响夹层式钻头性能因素的研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(5):51—54.
- [11] 孙毓超,宋月清,等.金刚石工具制造理论与实践[M].河南郑州:郑州大学出版社,2005:7—8.
- [12] 张绍和,杨凯华.自形成同心圆齿孕镶金刚石钻头研究[J].工业金刚石,2002,(3):23—27.
- [13] 周红心.坚硬致密岩层钻进用热压金刚石钻头的研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(4):51—53.
- [14] 刘广志,等.金刚石钻探手册[M].北京:地质出版社,1991.
- [1] 杨世珍,何世文,刘祖铭,等.夹层式结构在金刚石钻头上的应用[J].超硬材料工程,2006,18(4):7—9.
- [2] 王强,朱恒银,杨凯华.深部钻探金刚石钻头设计思路[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(5):84—87.
- [3] 吴海霞,欧阳志勇,李春,等.青海东昆仑、祁曼塔格地区金刚石钻头的研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(3):77—80.
- [4] 李俊萍,吴金生,胡立,等.若尔盖铀矿田金刚石钻头的研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(1):79—83.
- [5] 沈立娜,路棣,尹建民,等.坚硬地层NBS高效孕镶金刚石钻头

(上接第69页)

(2)分层复合型结构钻头对岩层适应性大大提高,具有一定的广谱性。

(3)分层复合型结构钻头钻进速度大大高于普通型钻头,寿命也有了一定的提高。

(4)分层复合型结构钻头具有很好的防斜效果,大大提高了成孔质量。

参考文献: