地下矿山防尘与除尘技术探究

谢剑波

(中国水利水电第十工程局有限公司 矿业公司,四川 成都 610036)

摘要:粉尘是金属非金属地下矿山施工作业过程中严重威胁井下作业人员职业健康的重要因素之一。阐述了对地下矿山采掘施工过程中产生的粉尘危害进行的全面分析,有针对性地采取了积极的降尘抑尘措施和除尘治理措施,对改善施工作业人员的工作环境具有重要意义。

关键词:塔中矿业井巷工程;金属非金属矿;地下矿山;粉尘;危害;防尘技术;塔吉克斯坦

中图分类号:TD7;TD8

文献标志码: B

文章编号:1001-2184(2023)增 2-0083-04

Study on Dust Prevention and Dust Removal Technology in Underground Mines

XIE Jianbo

(Mining Company, Sinohydro Bureau 10 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610036)

Abstract: Dust is one of the important factors that seriously threatens the occupational health of underground workers in the construction process of metal and non-metal underground mines. This paper expounds a comprehensive analysis of the dust hazards produced in the process of underground mining construction, and takes proactive dust suppression and dust removal measures, which is of great significance for improving the working environment of construction workers.

Key words: Sinking and driving engineering; Metal and non-metal mine; Underground mine; Dust; Hazard; Dust prevention technology; Tajikistan

1 概述

塔中矿业井巷工程项目(简称塔矿项目)位于塔吉克斯坦卡拉库姆市阿尔登-托普坎塔中矿业有限公司铅锌矿区,距离塔国首都杜尚别约 400 km,距离塔国第二大城市胡占德(苦盏)约 100 km。该矿区为前苏联时期塔吉克斯坦的一座大型铅锌矿,拥有派布拉克、阿尔登-托普坎、北阿尔登-托普坎、恰拉塔 4 个铅锌多金属矿采矿权,以及巴雅尔别克、别列瓦尔、乌茨卡特雷 3 个铅锌多金属矿探矿权,保有矿石资源储量约为 1.1 亿 t。该矿区于 2006 年由塔中矿业开始恢复生产,对阿尔登-托普坎、派布拉克、北阿尔登-托普坎 3 个铅锌矿区进行开采,采选能力已达 400 万 t/a,至今已采出矿石超 3 000 万 t。

塔矿项目为地下矿山工程,工作地点在地下各分层。工人们上班从生活区步行至井口罐笼(距离约 300 m)通过罐笼到达各个分层(罐笼井口处距离各工作面的距离按照工作面的远近分别

为 300~2 000 m)。井下工作温度约为 20 ℃。

阿尔登-托普坎矿、北阿尔登-托普坎矿的开拓运输系统采用平硐+竖井+斜坡道联合开拓的方式,井下回采矿石采用无轨运输至矿石溜井后由有轨矿车运出地表破碎、采选。

根据矿体赋存形态、矿石品位、地质构造复杂程度以及开采技术条件,矿区主要采用无底柱浅孔留矿法、中深孔分段空场法回采井下矿石。

地下矿山在其作业过程中不可避免会遇到粉尘,且因粉尘对人体健康危害极大,对其进行深入分析与治理极为重要。

2 地下矿山粉尘的特性、危害及治理措施

2.1 粉尘的特性

粉尘系指悬浮在空气中的固体微粒。习惯上对粉尘有许多名称,如灰尘、尘埃、烟尘、矿尘、砂尘、粉末等。国际标准化组织规定:将粒径小于 75 μm 的固体悬浮物定义为粉尘。

2.1.1 粉尘的分类

(1)按照粉尘直径的大小可以将粉尘分为粗

尘、细尘、微尘和超细微尘^[1]。粗尘的直径大于 $40\ \mu\text{m}$,其极易沉落;细尘的直径在 $10\sim 40\ \mu\text{m}$ 之间,在阳光的直射下能够直接用肉眼观察,在静止的空气中能够快速沉落;微尘的直径在 $0.25\sim 10\ \mu\text{m}$ 之间,可以使用普通光学显微镜进行观察,在静止的空气中能够匀速沉落;超细微尘的直径在 $0.25\ \mu\text{m}$ 以下,在静止的空气中做普朗运动。

(2)按照组成粉尘的组分可以将其分为煤尘、岩尘、石棉尘、水泥尘及动、植物尘。

(3)按照危害性质分类可以将其分为无毒粉尘、有毒粉尘、放射性粉尘。

(4)按照燃烧爆炸性质分类可以将其分为易燃、易爆和不燃、非爆炸粉尘。

2.1.2 粉尘具有的性质

(1)粉尘的表面有一层厚度极小的空气膜,该空气膜对粉尘之间及粉尘与空气中水分的凝聚有阻碍作用,导致粉尘难以聚集、沉落。

(2)由于粉尘上覆盖的空气膜作用,加快了粉尘颗粒的氧化速度,使其更为破碎、直径减小。

(3)粉尘表面附着的空气膜会增加粉尘的表面积,从而增大了粉尘中的二氧化硅等有害物质在肺泡中溶解的概率,使现场作业人员罹患尘肺病的可能性增加,并能缩短尘肺病形成所需的时间。

(4)粉尘容易携带电荷,表现出带电性质,尤其是在矿石采掘作业过程中产生的粉尘。带电的粉尘更容易引起尘肺病,在煤矿中更易引起燃烧和爆炸,同时也会对生产设备和电气设备产生不良影响。

2.2 粉尘的危害

粉尘具有多种危害,包括对人体、机械设备、环境和生态都会产生诸多不良影响。

2.2.1 粉尘对人体的危害

(1)对人体机体的局部危害。粉尘可以对人的眼睛产生物理性刺激,导致人的眼角膜损伤,视力减弱,引起角膜病变等;粉尘可以增加龋齿的发病率,能够破坏消化腺分泌机能、引发消化不良和胃炎^[2];粉尘被人体吸收后能够引发生理功能的紊乱和组织损伤,进而导致皮肤病,甚至能够引发全身中毒和皮肤癌。

(2)粉尘可以导致人体细胞组织癌变。沥青、砷化合物、铬酸盐、石棉、放射性物质及镍等物质

的粉尘可以引发人体癌变。沥青、铀的粉尘能够导致皮肤癌;石棉粉尘会增加肺癌、胃癌、肝癌的发病率;镍、铬、砷等的粉尘能够导致肺癌。

(3)粉尘能够引起中毒。粉尘通过呼吸系统和皮肤进入人体并溶解后可随血液进入人体器官和循环系统,导致全身中毒。

(4)粉尘能够对呼吸系统造成物理性刺激、损害和感染。

(5)粉尘能够引发职业病^[3]。

2.2.2 粉尘对机械设备的危害

生产作业过程中产生的粉尘可附着于精密仪器仪表上,导致其精度下降而影响到相关数据的准确性;粉尘亦可进入运行的设备设施及工程机械的运转、传动部位,加快设备及工程机械运转、传动部位的磨损,加速设备的老化;粉尘能够阻挡作业人员的视线,使其作业效率降低。

2.2.3 粉尘对环境的污染

粉尘可以吸附有毒有害物质造成大气污染;粉尘能够传播传染病并能腐蚀文物、建筑、古迹等;若大量粉尘悬浮于空气中,可以导致能见度下降,形成烟雾,加剧温室效应。

综上所述,粉尘可以缩短机械设备的使用寿命,导致投入的成本增加。粉尘可以引发作业人员的职业病,使医疗费用、护理费用及福利性费用等成本增加,同时会导致劳动者调离岗位而需要重新培训人员进行作业,进而增加用人成本且造成劳动效率不稳定。

2.3 常用的防尘除尘技术

2.3.1 防尘技术

为适应不同质地的岩性,穿孔作业一般分为湿式穿孔和干眼穿孔。湿式穿孔采用的防尘技术是将湿润剂通过水针和钻钎送入孔眼底部湿润粉尘,减少粉尘与空气混合的数量,达到抑尘的目的;而干眼穿孔则是通过使用气流将粉尘吹入捕尘器中以减少粉尘和空气的接触而达到防尘的目的。

在爆破作业中,可以使用水炮泥代替普通炮泥进行炮孔填塞来达到抑尘的目的。爆破作业结束后,采取爆破喷雾防尘措施不但可以产生良好的降尘效果,也可以降低炮烟中有毒气体的危害。

装岩过程中应采用洒水喷雾进行防尘,包括人工洒水、喷雾洒水、装载机洒水、冲洗岩帮等。

冲洗岩帮除了能够清除附着在岩壁上的粉尘,还可以减少支护过程中产生的粉尘。

喷雾洒水防尘措施是一种经济高效的防尘措施,多用在转载运输过程中,主要包括以下几种防尘技术措施:机械式自动喷雾洒水装置、磁控式自动喷雾洒水装置、光电控制自动喷雾洒水装置^[4]。对于难以湿润的粉尘则应采取泡沫防尘措施。

对于支护作业过程,应采用湿式钻孔或干式捕尘钻孔进行防尘;喷浆作业过程应采取潮喷、低风压短距离等措施以减少粉尘的产生。

个体防护是最后一道防尘措施。在施工作业过程中,作业人员必须按照相关要求配备、佩戴合格的防尘口罩,以保护作业人员身体健康,免受粉尘的侵害。

2.3.2 除尘技术

(1)通风除尘是利用风机产生的动力使粉尘进入设置在尘源附近的吸尘装置,然后将其吸进的粉尘进行净化处理,使空气达到排放标准后排入大气。根据实践经验,其包括长压短抽、长抽和长抽短压^[5]三种通风防尘系统,可以根据矿井的实际生产情况进行选择。

(2)除尘器是设置在尘源处通过抽取尘源处的含尘气体并进行净化排除的除尘设备,也被叫做收尘器、集尘器、滤尘器、过滤器等。

(3)重力除尘技术是利用重力的沉降作用使粉尘和气体分离的除尘技术。

(4)惯性除尘技术系指利用粉尘与空气具有的不同惯性实现将粉尘从空气中分离的技术。

(5)旋风除尘技术是通过将气流旋转后使粉尘从气流中剥离并捕捉、净化空气,再利用重力使粉尘颗粒落入灰斗的一种技术。

(6)湿式除尘技术是将粉尘与洗涤剂充分接触,然后从空气中剥离出去以达到净化空气目的的一种除尘技术。

除以上除尘技术之外,还有湿润剂除尘、泡沫除尘、超声波除尘、磁化水除尘、袋式除尘、静电除尘、净化机除尘等多种除尘方法。

3 塔矿项目采取的粉尘治理措施

塔矿项目的采掘作业、运输作业及转载作业各工序中均存在粉尘危害,因此,采取有效的除尘和降尘措施非常必要。

由于塔矿项目的岩石在遇水情况下不会改变其性质,因此,项目部在穿孔作业过程中采取湿式穿孔作业的方法以达到降低粉尘的目的。项目部技术人员采用添加了湿润剂的水溶液代替清水进行湿式作业,其降尘效果是仅用清水降尘效果的一倍,能够达到 2 mg/m^3 以下的卫生标准。

穿孔作业采取了相应的防尘措施,但其并不能实现完全的粉尘防治效果,仍会有直径较小的粉尘逸散在空气中给人员、设备等带来不可逆转的伤害。因此,还应寻找有效的措施进行防尘。

铲运作业施工过程中,项目部技术人员除了采用人工对被铲运的矿、废石进行湿润的方法外,还在装载机上加装了喷洒装置,用添加了湿润剂的水溶液喷雾洒水,使铲装过程中的粉尘浓度只有采用清水喷洒进行湿润的 60%。

对于采掘作业面,项目部技术人员采用长压短抽的方式进行通风除尘。利用风机产生的动力使粉尘进入设置在尘源附近的吸尘装置,然后将其吸进的粉尘进行净化处理,使空气达到排放标准。

对于运输过程,项目部技术人员采用洒水车对运输道路进行洒水湿润。采取该措施后,运输道路中的粉尘浓度比未采取降尘措施时减少了 80%。

根据工程实际情况,项目部技术人员采用了湿式穿孔、喷雾洒水、通风除尘等综合措施进行防尘和除尘,将各巷道内及作业面的粉尘浓度均控制在 4 mg/m^3 以下,取得了良好的粉尘控制效果。

为监测、检测所采取的防尘与除尘措施的效果,每日在各作业点及运输道路上均进行了粉尘浓度检测,其粉尘浓度均能达到国家要求的相关标准。

通过塔矿项目实践发现:在防尘除尘施工过程中,单一的除尘和降尘措施很难将粉尘控制在较低的范围,只有通过采取综合除尘降尘技术才能够大大降低地下矿巷道粉尘的浓度,但其仍与地面空气中的粉尘浓度存在一定的差距。因此,除了采取有效的抑尘和降尘措施、尽量减少空气中的粉尘外,仍须为作业人员提供严密的个体防护护具和装备并督促作业人员严格按照相关要求佩戴,以保证员工的身心健康。

4 结语

粉尘是金属非金属地下矿山中严重危害员工

职业健康、威胁设备设施使用寿命的一种有害因素。单一的防尘和除尘措施虽然能够降低相关地点的粉尘浓度,但仍会存在较高的粉尘浓度,因此,应根据不同地点和工序的相关特性采取切实有效的综合防尘除尘措施才能有效地降低施工场所整体的粉尘浓度,最大限度地保护作业人员的身心健康并延长机械设备的使用寿命。采取有效的防尘除尘措施对地下矿山项目经济高效发展、实现绿色环保具有重要的意义。

参考文献:

(上接第 61 页)

(8)第三层的开挖及支护:塌方体的第三层处理在第二层处理过程中穿插进行。第二层比第三层的处理保持超前 5 m 以上,在第二层混凝土浇筑后等待强度时即可穿插进行第三层的开挖及支护,其具体施工工艺同步骤(7)直至于下台阶掌子面桩号 K9+369.800。

4 结 语

本次塌方处理从塌方开始、经过前期未塌段加固、方案选择到最后实施完成总计用时 30 d,其实施过程均处于安全可控的范围。塌方处理施工期间其顶拱多次出现过局部垮塌,皆因施工方法选择的合理而未发生一例人员伤亡事故。由于充填混凝土整体性好、强度高的特性对周边围岩起到了很好的约束作用,根据笔者对后期变形观测

(上接第 68 页)

5 结 语

结合具体的工程实例,针对位于水势较大、水流较快、水情复杂条件下的公路桥梁桥墩基础防护加固,采取钢管桩+高喷桩的联合防护方案进行防护加固的实施效果表明:该联合方案技术可行、工期优势突出、抗冲击性佳、防护加固效果好,但其施工成本稍有增加。对于水势及水情相对较好的区域,在保证设计目标实现的前提下,制定防护方案时可将钢管桩的外部钢管优化,其可大幅度降低施工成本。以该工程钢管桩施工成本为参照物,可降低施工成本约 31%。

参考文献:

[1] 樊俊生. 苏通大桥主墩基础冲刷防护工程质量控制[J]. 世界桥梁, 2008, 6(1): 58-60.

[1] 李雨成. 矿井粉尘治理理论及技术[M]. 北京:煤炭工业出版社, 2015.
 [2] 李雨成. 矿井粉尘防治[M]. 北京:煤炭工业出版社, 2017.
 [3] 杨胜强. 矿井粉尘防治[M]. 徐州:中国矿业出版社, 2015.
 [4] 郝玉柱. 矿井粉尘防治[M]. 北京:煤炭工业出版社, 2017.
 [5] 支学艺, 张红婴. 矿井通风与防尘[M]. 北京:化学工业出版社, 2013.

作者简介:

谢剑波(1976-),男,四川西充人,项目常务副经理,副高级工程师,从事矿山工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

的数据进行分析得知:本次实施的临时支护体一直到 2017 年开始永久混凝土浇筑前均处于稳定状态。

充填混凝土作为实施简单、安全、可靠、及时、可变因素比较少的超前支护施工方案,可以在隧洞塌方处理方案选择时借鉴。

参与文献:

[1] 水工建筑物地下工程施工技术规范, DL/T5009-2011[S].
 [2] 水利水电地下工程施工组织设计规范, SL642-2013[S].
 [3] 水工建筑物地下开挖工程施工规范, SL378-2007[S].
 [4] 泵送混凝土施工技术规程, JGJ/T10-2001[S].
 [5] 水利水电工程锚喷支护施工规范, DL/T5181-2007[S].

作者简介:

刘 彤(1967-),男,四川成都人,副高级工程师,从事水利水电工程设计与施工技术管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

[2] 邓朗妮,等. 微型钢管桩抗弯性能及受力监测试验研究[J]. 混凝土, 2016, 37(8): 130-132, 135.
 [3] 董弘. 高压旋喷桩在桥梁工程中的应用研究[J]. 工程技术, 2019, 10(6): 54-55.
 [4] 胡建伟,等. 注浆微型钢管桩在某填土边坡治理中的应用研究[J]. 土工基础, 2014, 28(1): 17-20.
 [5] 李相然,贺可强. 高压喷射注浆技术与应用[M]. 北京:中国建材工业出版社, 2007.
 [6] 龚晓南. 地基处理手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2008.

作者简介:

高 强(1985-),男,四川成都人,副高级工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工作;

王志鹏(1989-),男,甘肃定西人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;

张 晶(1987-),男,陕西咸阳人,工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)