综合技术

金属矿地下连续开采技术探讨

Discussion on continuous mining technology in underground metal mines

徐东升,戴兴国,廖国燕(中南大学资源与安全工程学院,湖南 长沙 410083)

摘 要:讨论了地下金属矿山连续开采的概念,从我国地下金属矿山的采矿现状出发,总结了在金属矿山中逐步推广的两种广义连续采矿模式。在此基础上,结合连续采矿的一些国家科技攻关项目,重点论叙了我国目前地下金属矿山连续开采技术的现状,并提出了连续开采技术面临的一些问题和发展方向。

关键词:地下金属矿;连续开采;技术

Abstract: Discussed the concept of continuous mining in underground mines, also summarized two generally continuously mining pattern from the present situation in underground metal mines in our country. Based on this, combined some national science and technology research projects, and discussed the current status of continuous mining technology in underground metal mines in our country at present. Some problems and the direction of development of continuous mining technology were proposed.

Key words: underground metal mines; continuous mining; technology

文章编号:
1672-609X(2007)02-0036-05
中图分类号:TD853
文献标识码:B
收稿日期:2006-12-19
作者简介:徐东升(1985-),男,中南大学资源与安全工程学院在读研究生。
基金项目:2006中南大学创新教育资助项目(LB06097)

1 引言

随着地下矿山开采规模的不断扩大、开采深度的不断增加,会带来一系列的技术难题。连续开采技术工艺是解决这些难题的有效途径之一。它可以改善井下工人的作业环境和工作条件;可以实现矿山机械化连续作业,提高采场的综合生产能力;可以缩短采场的回采周期,有利于深部低压的控制和管理;可以实现大规模、高强度的集中强化开采,降低矿石的开采成本,提高开采的经济效益等。因此,自20世纪80年代以来,国际矿业界对实现连续强化开采问题予以极大关注,把它视为发展矿山生产,提高经济效益最直接有效的途径[1-3]。随着高效率采、装、运设备的出现和大量落矿采矿技术的发展,井下生产正趋向于大型化、连续化,采矿方法向高阶段和一步骤回采的方向发展。因此,连续开采技术对实现21世纪矿山向开采纵深化、规模大型化、设备机械化、操作自动化、生产连续化、管理现代化发展具有重大意义。

2 地下矿山连续开采的概念及模式

随着采矿技术的发展,地下矿山连续开采的概念逐渐清晰。由于矿岩软硬程度的不同,出现了两种形式的连续开采方式。一是采掘工艺全过程(含切割、落矿、装载、运搬)同时平行连续进行,如综合机械化采煤工艺。这种连续开采方式主要是适用于开采矿岩硬度不大的矿体,如煤矿、钾盐矿等;另一种是指采装运机组与一步骤回采配套的连续采矿,这是

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

基于爆破破岩的一种广义连续采矿概念。它是一步骤回采的采矿方法和高效率的采、装、运设备组成的采矿系统。它不追求严格意义上的连续并行作业,而是以规模化采矿为目标,通过创新采矿方法、工艺和设备,将各采矿工序和设备有机组合起来,成为广义的连续采矿系统。这种连续开采方式主要适用于矿岩硬度较大的矿山[4]。

目前,这种广义的连续采矿,已在地下金属矿山中逐步推广应用,并已经出现了两种连续采矿模式。

第一种连续采矿模式:一步骤回采的采矿法与无轨采掘装运设备构成的连续采矿系统。在大矿段一步骤回采、阶段连续推进(不留间柱)的采矿系统的基础上,采用以无轨采掘、装运设备为主导的采掘、落矿、出矿(装载)、运矿机械化作业线。

第二种连续采矿模式:一步骤回采的采矿法与连续作业机组构成的连续采矿系统。在大矿段一步骤回采、阶段连续推进(不留间柱)的采矿系统的基础上,集中不同功能设备组成的出矿(装载)、运矿连续作业线与采矿出矿工作面直接衔接,从而实现集中化、规模化采矿。

对于第二种采矿模式,中南大学和北京矿冶研究总院在国家科技攻关项目中,分别创造了两种由连续作业机组实现的连续采矿方案。

(1)大矿段侧向深孔落矿、振动连续作业机组出矿、一步骤回采的阶段矿房法回采系统。采下的矿石经采场振动出矿机—分节式振动运输列车—原矿振动条筛将矿石卸到采场溜井,然后在溜井下部用溜井振动出矿机向矿车装矿,用电机车将矿石运到井下主矿仓。该连续采矿系统创造了采矿综合生产能力845t/d的成绩。

(2)大矿段束状深孔落矿、绳架式胶带运输机连续作业机组出矿、一步骤回采的阶段矿房法回采系统。采下矿石通过振动助流格筛—振动转载机—绳架式胶带运输机将矿石卸到采场溜井,然后在溜井下部用溜井振动出矿机向矿车装矿,电机车将矿石运到井下主矿仓。采场综合生产能力为238t/d。由于各种原因,系统的潜力未能充分发挥。

3　金属矿山地下连续开采技术

在我国从"七五"期间开始,专门组织了多次"连续采矿技术及装备"的科技攻关,目前已经取得了许多重大的成果,广义的连续采矿技术已经应用于我国很多矿山。

3.1　连续采矿工艺系统

连续采矿工艺系统的建立,使不少孤立的出矿和运输的设备配置,达到了采用连续采矿工艺的调剂及经济上的合理。每个矿山企业都有其具体的开采条件,因此就可能有各种不同的实施方案,形成的作业系统可能是全面连续作业或间断—连续作业。其基本模式可用框图1表示。

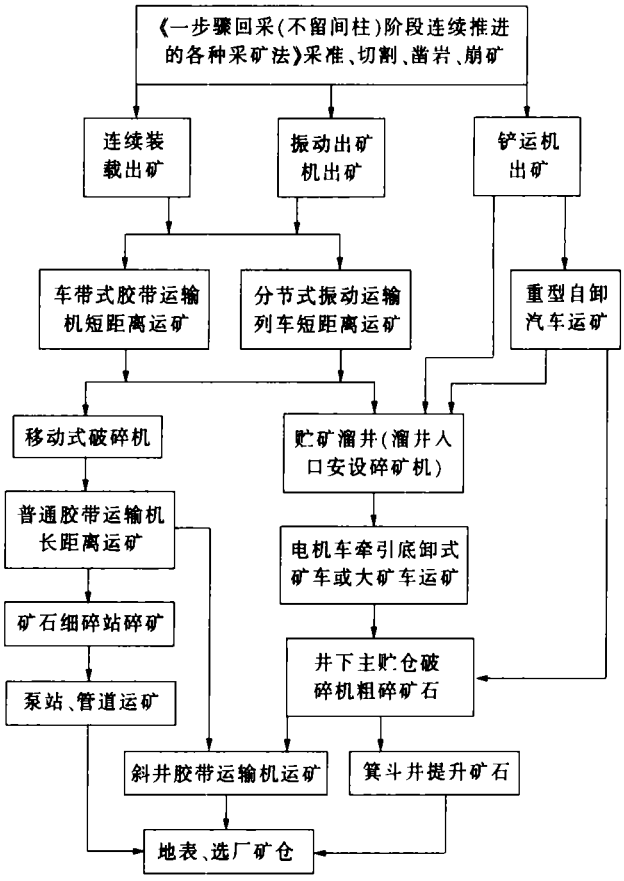


图1　连续采矿系统基本模式框图

由图1可以看出,采场工作面的出矿设备由振动出矿机、连续装载机和铲运机三种,可以分别与振动运输机、特殊胶带运输机配套,或将矿石直接卸入溜井,再在后面组成各种连续或间断—连续的采矿系统[5-6]。

3.2　一步骤房式回采振动机组出矿的连续采矿技术

在矿床开采中,传统采用的房式采矿法把阶段分为矿房和矿柱,先采矿房,再回收矿柱(也称间柱)。这种留间柱的开采方法,存在一些难以解决的问题:①所留间柱形态一般不会很规则,而且承受变形甚至破坏,给后期回收带来很多问题,工艺复杂、安全性差、采矿效率低、作业成本高;②间柱回收在技术上存在较多的困难,因此回收率较低,有的甚至无法回收,造成资源大量损失;③由于间柱回收滞

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

后,致使阶段作业长期不能结束,井巷工程、风水管线及设备维护工作量大,直接影响井下开采的经济效益;④由于间柱回收滞后,回收困难,致使井下作业线越拉越长,形成多阶段作业,给矿山生产管理带来很多困难,井下人均劳动生产率无法提高,矿山的经济效益受到严重影响。

为了变革传统开采方法,中南大学在研究振动出矿机技术取得很大成功的基础上,"七五"、"八五"期间,先后在狮子山铜矿和凤凰山铜矿承担了国家科技攻关项目,取得了重大的研究成果。

地下金属矿无间柱连续采矿法就是针对传统两步骤采矿法提出的。实施的总体方案和技术思路是:将阶段划分为矿段,以矿段为回采单元,不留间柱,采用下向平行深孔侧向崩矿(矿段中部拉切割槽)、无二次破碎水平的组合式振动机出矿的底部结构,用分节式振动运输列车搬运矿石,形成采场出矿、运矿连续作业线,崩矿过程中靠充填空区一侧留临时隔离矿壁,待本矿段出矿工作将结束时再一次崩落,强采强出,并跟随快速充填。采切、回采和充填作业在三个相邻块段间平行进行,相互衔接,分别转移,采矿工作面在阶段上连续推进,故称之为"连续采矿"。由于这里的连续采矿是以矿段为回采单元、矿段间不留矿柱为其主要特征,故又称为"无间柱连续采矿"。

实现无间柱连续采矿,将是金属矿地下开采技术的一个重大变革。

(1)可从根本上解决长期以来因矿柱回采滞后给生产带来一系列的被动,致使国家资源大量损失,矿山经营效益受到严重影响的问题。

(2)回采时工作面的连续推进,有利于实现井下采矿作业的合理集中,为提高采矿强度和井下工人劳动生产率创造条件。

(3)阶段连续回采时,强采、强出、强充,围岩暴露时间较短,有利于采场地压控制,对于围岩稳固性稍差,特别是地压较大的深部矿床开采,将是一种有效的开采方式[7]。

(4)阶段连续回采将推动地下金属矿山作业机械化、工艺连续化、生产集中化和管理科学化的进程,促进矿山现代化。

3.3 深井连续推进帷幕隔墙跟随充填采矿技术[8]

缓倾斜薄矿脉属难采矿体,多使用削壁充填采矿法开采,存在劳动强度大、生产能力低、损失贫化大等缺点。特别是进入深井开采的高地压环境,传统的被动支护方式严重影响了回采作业的正常进行。因此,改变缓倾斜薄矿脉开采现状,连续高效安全回采就成为人们追求的目标。

中南大学承担了国家"九五"科技攻关项目,在湘西金矿成功的实现了深井连续推进帷幕隔离跟随充填技术。该工艺特点是:①不留矿柱,沿走向一步骤连续开采,提高了采矿效率,减少了贫化和损失;②使用具有主动支护能力的可压缩金属支柱为临时支护设备,保证了工作面的安全,为落矿、运搬和充填提供了良好的作业环境;③应用采空区帷幕隔墙跟随充填的快速处理方式,从而达到了快速处理采空区及整体支护采场顶板的目的。

此采矿技术采用沿走向长壁式推进,不分矿房矿柱以整条矿脉为回采单元一步骤回采;采场顶板管理,以水压支柱作为采场支护设备,采用帷幕隔离条带式跟随充填处理空区。采场布置形式见图2。主要的采切工程有:底盘运输巷道、切割平巷、出矿漏斗及布置在矿脉边界的切割天井。

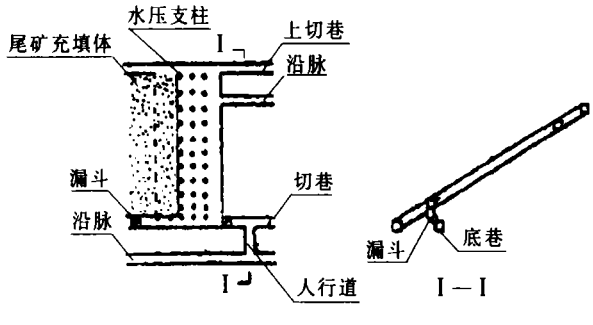


图2 湘西金矿深井倾斜薄矿脉采矿方法示意图

3.4 深孔合采连续采矿技术

我国许多金属矿和大部分非金属矿都属于缓倾斜矿床,一直采用常规的方法开采,效果普遍不理想。而在云锡公司松树脚锡矿"大马芦"矿段首次使用了深孔合采连续采矿技术。

松树脚锡矿"大马芦"矿段由脉状矿体和似层状矿体组成,矿石是以赤铁矿、褐铁矿为主的土状氧化矿,含水,爆破后的矿岩易于分离。属于缓倾斜层状含水松软矿体,采用深孔合采连续采矿技术,其工艺系统见图3所示。

缓倾斜层状含水松软矿体深孔合采连续采矿技术在我国地下矿山首次采用了井下矿岩集中分离,分离出的废石回填空区;首次采用了矿浆输送方式从井口至选厂运输矿石;首创地下综合开采工艺与技术,把大直径深孔连续采矿技术、井下矿岩集中分离技术、连续开采过程的岩层控制技术、浆体输

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

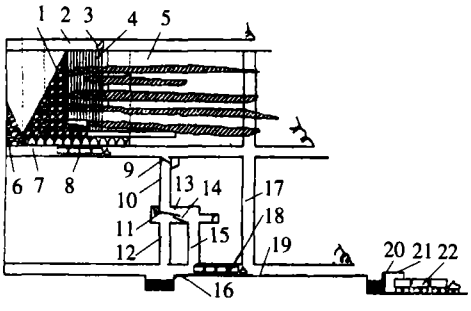


图 3　缓倾斜层状含水松软矿体深孔合采连续采矿工艺系统示意图

1—矿石;2—凿岩硐室;3—钻机;4—深孔;5—夹石;6—回填废石;7—出矿漏斗;8—电机车;9—原矿振动条筛;10—矿段溜矿井;11—原矿振动筛洗机;12—矿浆溜井;13—矿废分离硐室;14—振动给矿筛分机;15—废石溜井;16—集矿池;17—废石提升井;18—电机车;19—矿浆沟;20—浓缩池;21—泵送管道;22—电机车

送技术等综合起来,应用于"大马芦"矿段的开采,实现了高效回采,取得了良好的经济效益和社会效益。

3.5　无间柱连续分层充填采矿技术[9]

无间柱连续采矿技术总体思路是将整个矿块划分为一个回采单元,采场宽即为矿块厚度,长度视矿块情况确定。采场与采场之间不留矿柱,采切、回采、充填三大工序按一定的顺序进行,切采跳跃式展开,相邻采场错开分层回采,即相邻采场不同时采切,且不在同一分层水平上回采。其方案示意见图 4。

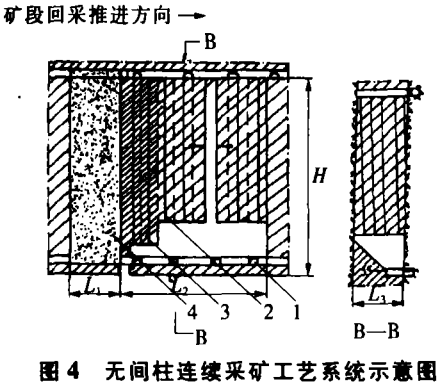


图 4　无间柱连续采矿工艺系统示意图

1—无二次破碎水平振动出矿底部结构;2—直径为 165mm 的垂直深孔;3—最后回收的临时矿壁;4—高水速凝尾砂结充填体;L_1—第 1 分区长度;L_2—第 2 分区长度;L_3—矿体厚度;H—阶段高度

4　连续开采技术面临的问题

我国地下金属矿山连续开采工艺取得的成果,将在生产实践中进一步完善和提高,同世界先进国家相比,仍有一定的差距。目前,我国地下金属矿山连续开采技术面临的问题主要有 4 个方面。

(1)连续开采的理论研究不够。目前我国连续出矿、运矿技术和设备得到迅速发展,但采矿方法和工艺始终没有大的突破,直接影响连续开采技术的发展;对低层次的开采模式而言,偏重设备的研制和试验是正确的,但要向高层次模式发展,必须加强如工艺与设备的合理配套问题、适合连续工艺设备的合格块度标准优化问题、连续工艺的合理应用范围问题、作业集中程度的优化确定等理论研究,创造与连续采矿技术相适应的连续采矿理论基础。

(2)连续采矿工艺技术相关的岩石力学研究不够。目前,我国部分地下矿山已实现了矿房或矿体(床)的连续回采,但随之而来的许多新的岩石力学问题还没能得到解决,这对矿山的安全生产是一个潜在的隐患。从采矿方法而言,连续开采的根本是地压问题,主要是研究其机理,探明时空分布及转移规律等。今后应通过计算机数值模拟、相似材料模拟等手段加强连续采矿工艺的岩石力学研究,并在矿山建立观测站和观测网,采用多种手段对围岩(或充填体)应力、位移和稳定状态进行全面监测,对岩体的稳定性状况进行预测预报。

(3)提高矿石的破碎质量,使之与连续作业设备相适应。大量落矿采矿法的落矿量大,是实现采矿连续工艺的有利条件,但是大孔落矿块度大,大块产出率高,这又是实现采矿连续工艺的最大难题。因此,一方面采用块度标准两步制,即出矿以 1 100mm 为目标,落矿以 500mm 为目标,将放出大块实行集中二次破碎;另一方面要优化凿岩爆破参数,尽可能降低大块产出率。

(4)不断研制出矿、运矿及破碎新设备。大型高效的矿山设备是研究和推广应用地下连续开采工艺技术的前提条件,今后需要进一步改进和完善连续出矿、运矿设备,提高设备拆装灵活性、工作可靠性及抗冲击性能,并不断开发研制新型设备[10]。新型的井下移动式破碎机已逐步开始推广应用,胶带运输机技术也日趋成熟,可以预料,在不远的将来,我国的地下金属矿山连续开采将从采场连续作业向全矿系统的连续开采迈进。

5　结语

(1)通过总结分析我国金属矿地下开采技术的现状,归纳出了两种广义的连续开采模式。

(2)根据不同矿山的实际情况,所形成的连续采矿作业系统也不尽相同,分析总结地下金属矿连续采矿工艺系统的基本模式,可为矿山的生产设计

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

提供参考。

(3)总结了自"七五"国家科技攻关项目以来,在金属矿连续开采方面所取得的成果,总结归纳出我国金属矿地下连续开采的技术现状。

(4)探讨了金属矿地下连续开采技术所面临的问题及今后的发展方向。

总之,21世纪的矿业目标就是创造更高效率、更低成本、最少环境污染和较好安全条件的采矿模式,为人类提供巨大的物质财富[11]。为实现上述目标,地下金属矿的发展方向就是实现采矿作业系统的连续化、规模化和自动化。

[参考文献]

[1] 吴周罗中.非胶结充填体下阶段矿柱的低贫损连续回采技术[J].采矿技术,2006,(3).

[2] 袁世伦,胡国斌,杨承祥.连续采矿工艺在铜陵有色金属矿山的研究与应用[J].黄金,2004,25(3):19-22.

[3] 罗周全,古德生.地下矿山连续开采技术研究进展[J].湖南有色金属,1995,11(2).

[4] 古德生.地下金属矿采矿科学技术的发展趋势[J].黄金,2004,25(1):18-22.

[5] 吴爱祥,韩 斌,古德生等.国内外地下金属矿山连续开采技术研究的发展[J],矿冶工程,2002,22(3):7-10.

[6] 谌 江.我国地下金属矿山采场连续出矿运矿设备研究的现状与发展[J].矿冶,1997,6(2):11-16.

[7] 王建国,冯金海,肖宗佛等.河东金矿不稳固多变中厚矿体的连续采矿技术[J].有色金属(矿山部分),2005,(5).

[8] 于 键,戴兴国等.深井连续推进帷幕隔离跟随充填采矿技术研究[J].中南工业大学学报,2000,31(6):481.

[9] 顾春宏,唐建红.黄沙坪矿129m中段无间柱连续充填采矿优化实践[J].采矿技术,2004,(3).

[10] 李承通.大孔落矿振动机组出矿连续开采法试验研究[A].陈国秉.第五届全国采矿学术会议论文集[C].成都:中国硅酸盐学会,1996,384-386.

[11] 古德生.二十一世纪矿业[J].有色金属设计与研究,2002,17(4):1-5.

(上接第20页)

售合质金1~9月平均金价142元/g,仅此一项年增加的收入为390.70万元(银浸出增加的效益、吨矿成本降低增加效益及浸渣浮选铜精矿销售收入三项在此不作计算)。

6 结语

(1)金渠金矿在提高氰化回收率方面所采用的措施是成功的。工艺改造投资50余万元,在不影响氰化生产的情况下,只用较短的时间生产工艺指标就达到了理想水平,回收率比以前提高了3%以上,经济效益可观。

(2)通过采用"细磨、高碱度和大量充气"的条件,可大大减弱或消除金精矿中含有碲、磁黄铁矿等杂质对浸出的影响,为直浸工艺处理含有有害杂质成份不高,但对浸出影响较大的金精矿浸出开辟了一条新思路。

(3)在此次改造的基础上,增加碱浸预处理工艺,可进一步提高氰化回收率;随着矿山向更深部开采,矿石性质将会发生变化,需进行氰化回收率的研究与探索。

[参考文献]

[1] B.B.罗杰希润夫.从难处理矿石及精矿中回收金[M].

[2] 徐正春,徐天允.金的氰化与冶炼[M].

[3] 姜启秀,王夕亭.氰化浸出的试验研究和生产实践[J].黄金,1994.

(上接第27页)

井壁,减轻矿石对井壁的磨损;还可起支撑井壁作用,防止溜井片帮和塌方;可降低矿石自由下落高度,从而减少了对井内矿石的夯实作用,减少了堵塞机会。

(5)建立健全溜井管理规章制度和经济责任制,加强监督检查。发现溜井堵塞,要及时找出原因,采取恰当的处理方法。加强理论学习和安全培训工作,使施工人员认清溜井堵塞的严重性和危害性。

6 结语

溜井是整个矿山开拓系统的关键环节,在矿山开采过程中,它起着非常重要的作用。科学合理的溜井设计是保证溜井安全、正常生产使用的前提,溜井生产管理方法与措施决定了溜井能否正常使用及溜井的寿命。溜井一旦由于某种原因出现故障,将会影响整个矿山生产的正常进行。溜井堵塞的预防及堵塞后的处理是井下矿山亟待解决的问题,溜井堵塞后一般采用综合治理方法,这样溜井堵塞悬空的机会大大减少,生产效率大幅度提高。

[参考资料]

[1] 采矿手册编委会.采矿手册(第6卷)[M].北京:冶金工业出版社,1991.

[2] 中国黄金生产实用技术编委会.中国黄金生产实用技术[M].北京:冶金工业出版社,1998.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net