

似楔体结构胶结体底柱的设计与应用

吕光宗,周德卿,赵雄飞

(湖南新龙矿业有限公司, 湖南 新邵县 422927)

摘要:为了有效回收顶底柱矿石,在干式充填采矿法中构筑胶结体底柱,其强度是在确保安全的前提下不致过大。根据井下工程特点,按照楔体嵌布原理,合理确定无钢筋胶结体底柱高度。提出了似楔体结构胶结体底柱稳定性判据及采取的安全措施,并在干式充填采矿法中得到成功应用,取得了明显的经济效益。这一技术可在急倾斜薄矿体、干式充填法中推广应用,可资留矿法和下向分层胶结充填法借鉴。

关键词:似楔体结构;胶结体底柱;干式充填采矿法;稳定性判据

湖南新龙矿业有限公司龙山金锑矿床,属热液硫化物型脉状矿床。矿区有大小矿脉23条,主矿脉为1、2号矿脉。矿体呈急倾斜产出,平均倾角 76° 。矿体走向长870~1396 m,矿化段长30~260 m。矿体垂直延深大于700 m。矿体有膨胀、缩小、分支复合现象。矿体平均厚1.05 m,局部2 m以上。

矿体受断层控制而产于破碎带中,矿石稳固性差,坚固性系数 $f=3\sim5$ 。上、下盘围岩为绢云母化含砾砂质板岩,岩石蚀变强烈,尤其是上盘距矿脉0.5~4 m处,受断层破碎带影响,节理发育,稳固性差,有时随矿石崩落而跨塌。下盘岩石变质程度相对较弱,稳固性较好,近矿围岩 $f=4\sim8$,远矿围岩 $f=10\sim14$ 。

1993年前,主要采用人工假底留矿法开采,由于岩石稳固性差,采矿损失率和贫化率达50%以上。1993~1995年,完成了干式充填采矿法试验研究,取得了满意的效果,可将贫化率、采矿损失率控制在10%左右。

2005年前,在采场两侧布置料石拱假巷,中部为无底柱底部结构,不存在底柱矿石回收问题。而松散体下部顶柱回采,安全性差,损失贫化大,必须构筑胶结体底柱。钢筋混凝土底柱,技术成熟^[1]。新龙公司曾在1996年作了两个采场的试验,为便于矿车通行,在采场两侧料石拱假巷轨道以下构筑0.5~1.0 m的钢筋混凝土。因施工劳动强度大,进度慢,假巷底部下挖加大了暴露面积而使安全条件变差,多年来一直未被推广应用。随着矿产品价格高涨,特别是富矿地带,对矿石回收提出了更高的要求,而构筑胶结体底柱是提高矿石回收率的关键。

2006年开始,参照国内废石胶结充填经验^[2],于采场底部构筑5~6 m高的废石胶结充填体,就近利用脉外掘进废石充填,配10%水泥,已施工10个采场。该法施工工艺简单,骨料来源容易,但结构尺寸大,1个采场水泥消耗达100~150 t,人工搬运水泥劳动强度大,施工质量难以保证。通过大量的实际观察,采用楔体嵌布原理来设计胶结体底柱,以达到安全省料的目的。

1 胶结体底柱稳定性分析

胶结体底柱与围岩接触面除了存在粘结摩擦作用之外,还存在着楔体嵌布作用,这几种作用力共同阻止胶结体底柱下滑。

1.1 粘结摩擦作用

在胶结体底柱与围岩充分接触的情况下产生粘结力;底柱受围岩压力作用在接触面产生摩擦阻力。粘结力和摩擦阻力共同阻止底柱下滑。然而,其接触面仍然是一种结构弱面,要确保底柱稳定,则必须有足够的高度或在其中安放钢筋锚杆。

1.2 楔体嵌布作用

生产实践中,可以见到一个有趣的现象:料石拱假巷拱顶,采场大块悬空,溜矿井卡斗,结构尺寸不大且由多个个体组成,却能保持短期或长期稳定,这就是由楔体嵌布作用引起的,底柱与围岩也如此。图1(a)为典型的楔体结构,楔体嵌布于受周边构筑物(人工的或自然的)约束的有限空间内,在上部压力(如废石充填体)及自重作用下,只要楔体和围岩具有足够的强度,楔体就不致下滑而保持稳定。稳定的楔体,将上部压力及自重传递到围岩,使之处于

受压状态而有利于岩体的稳定,这对不稳定岩体来讲具有重要的意义。楔体受上部压力和围岩的反作用力而处于多向受压状态,提高了楔体的承载能力^[3]。古代桥梁无沙浆砌筑的拱形结构,现代采矿业井下防水门闸体结构等,无不具备楔体结构而产生楔体嵌布效应,从而保持其结构稳定。

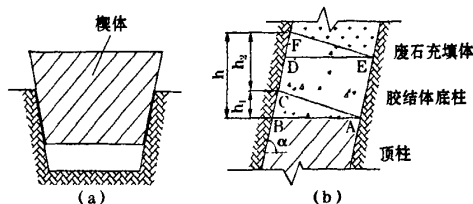


图1 楔体矿柱示意

2 楔体底柱设计与应用

2.1 楔体底柱设计特点

作为井下工程的底柱与地表建筑工程有许多不同之处,主要表现为似楔体结构、受力状态、养护期、使用期限。

(1) 似楔体结构。受开采条件的限制,采区上下盘两壁具有一定程度的倾斜,如图1(b),底柱下盘具有典型的楔体结构;上盘是一个倒楔体结构,不利于结构的稳定。但只要下盘不下滑,上盘尺寸大于 h_1 ,受围岩约束,同样具有整体的楔体作用,而ABC部分虽然不具备楔体作用,却对不稳固围岩具有支撑作用。这有别于理想楔体结构,故称之为似楔体结构。

(2) 底柱起隔离上部松散充填体作用,不承受上盘全部岩石压力,不致因应力集中而破坏。

(3) 只求在下中段顶柱开采期的稳定,其开采期在3个月以内。

(4) 从构筑底柱到下中段顶柱回收有1a以上的养护期,且底柱处于多向受压状态,其承压能力大大提高。

2.2 底柱高度和强度

底柱高度和强度影响结构的稳定性和采矿成本,其稳定性如何必须以揭露胶结体来验证。由于缺乏相当数量的实例,尚难得出一个最为科学的设计方法。根据实践经验,借鉴国内胶结体强度要求^[4,5],提出底柱高度经验计算公式,供设计时参考。

(1) 底柱高度。在围岩稳固性较差的情况下,结构为ABFEA,则:

$$h_{\pm} = h_1 + h_2 = m \sin \alpha + 0.5m$$

$$h_{\mp} = h_2 = 0.5m$$

式中: h_{\pm} ——靠上盘一侧高度;

h_{\mp} ——靠下盘一侧高度;

m ——采幅;

α ——矿体倾角。

在围岩中等稳固以上,结构为ACFEA,则:

$$h_{\pm} = h_{\mp} = (0.3 \sim 0.5)m$$

(2) 结构材料。胶凝材料为水泥,细骨料为河沙,粗骨料为脉外掘进废石或砾石与废石搭配,粗骨料最大粒径不大于底柱高度的1/3,其配合比(水泥:河沙:废石)为1:2~3:5~6。

2.3 楔体底柱稳定性判据及安全措施

按照楔体嵌布原理,综合考虑底柱受力状态、养护条件、使用期限、围岩稳固性、采幅等因素确定的无钢筋锚杆底柱,与地面土工程设计方法截然不同,目前应用实例不多,现场条件千差万别,基于安全考虑,在试验推广应用这一技术时应考虑结构失效时的安全措施。

(1) 为了恰当地采取安全措施,提出了底柱稳定性判据。根据楔体底柱与围岩相互作用原理,只要上盘围岩稳定,便有底柱稳定。由于底柱是一个整体,上盘围岩局部失稳,并不影响底柱的稳定,当连续垮落30%以上,应关注其稳定。

(2) 安全措施。构筑底柱前彻底清除下盘松散岩石,捣置底柱时要确保其密实度;脉幅2.0m以下破下盘围岩,脉幅2.0m以上破下盘围岩或加锚杆;回采顶柱,要严格控制采幅,特别是要保持下盘围岩的整体性;遇围岩不稳时,及时用横撑和立柱支护。

2.4 应用效果

新龙矿业在550~120采场顶部构筑1.1m高混凝土加块石的胶结体底柱。采场用干式充填法开采,斜线工作面分层推进,采场中部高、两侧低。于2007年10月2日在采场中部揭露胶结体,经过3个月作业,顺利实现顶柱矿石安全有效地回收,顶柱矿石回收率达95%以上,为该矿顶柱矿石回收效果最好的采场。期间空间高达4~7m,仅局部用木材支撑两侧围岩。目前采用5~6m高废石胶结体底柱,以采场走向长50m、采幅2m、配10%水泥计算,其造价为5万元,而楔体底柱造价仅1.9万元,后者造价不及前者的40%。

(下转第63页)

不升,进浆量不减,应逐渐加大浓度;若压力上升快,吸浆量减少,为保证足够的浆液注入量和有效的扩散半径,应逐渐降低浆液浓度。

(4) 注浆量的确定与控制:钻孔每米浆液注入量 27 m^3 是根据公式 $Q = A(3.14R^2 HBF)M$ 来确定的。其中 Q 为钻孔每米注入量, m^3 ; A 为浆液损失系数取 1.3; R 为浆液扩散半径,取 15 m; H 为注浆孔长,取 1 m; B 为岩层裂隙率,取 4%; F 为浆液充填系数,取 0.7; M 为结石率,取 95%。

(5) 单孔注浆段长:根据单孔裂隙涌水大小确定单孔注浆段长。断层裂隙宽、涌水量大时,段长应小,反之宜大。当涌水大时,钻 1~2 m 就开始注浆,等初凝后再打钻注浆,重复单孔短钻短注浆方案,以保证浆液有足够的扩散范围。

(6) 注浆结束标准:在注浆过程中,注浆压力逐步升高,当达到设计终压值时,注浆终量为 5~10 L/min,稳定 20~30 min 即可结束注浆。

3 注浆安全要求与效果评定

(1) 配制和使用浆液时,应佩戴防护眼镜和劳保手套,防止受到刺激和腐蚀。

(2) 拆卸孔口管端部过浆装置时,必须先泄压后拆卸,防止高压浆喷射伤人。

(3) 当高压管内压力超过设计终压时,应稍降压,以免管路阀门受损。

(4) 对注浆材料的凝胶时间要进行测定,不符合技术要求的材料不得使用。

(5) 注浆系隐蔽工程,对注浆工程质量的评定要依据各种原始记录,在施工中出现的事故及新发现的问题应及时进行处理。

(6) 注浆孔要冲洗干净,冲孔质量的好坏直接影响注浆质量的好坏,冲洗干净的注浆孔可以提高浆液结石体与岩石裂隙面的粘结强度和抗渗能力。

(7) 注浆施工结束后,应随机地或选择薄弱地段打检查孔,检查有无漏水或做压水试验来检查注浆效果。

4 结 论

通过对盲斜井作业面注浆堵水工程的实践,使盲斜井作业面 $300 \text{ m}^3/\text{h}$ 左右的涌水量降至 $5 \text{ m}^3/\text{h}$ 左右,达到了预期的效果,使盲斜井的开拓工程得以正常施工。实践证明,在井巷施工中,遇到地下涌水量大时,采用注浆堵水技术是防治地下涌水最有效的办法之一。

参考文献:

- [1] 《采矿手册》编辑委员会. 采矿手册(第六卷)[M]. 北京:冶金工业出版社,1999.
- [2] 罗继辉. 硫铁矿地下深井堵水工程设计[J]. 水文地质与工程地质,1999,(2):57~59.
- [3] 孟广勤,等. 矿体顶板灰岩注浆堵水技术[J]. 水文地质与工程地质,1998,(3):57~60.

(收稿日期:2008-06-06)

作者简介:郑春阳(1968-),男,福建仙游人,工程师,长期从事采矿生产技术管理工作,Email:wwjwwj.8888888@163.com。

(上接第 57 页)

3 结 论

(1) 实践证明,用楔体嵌布原理设计底柱在干式充填采矿法中得到成功应用,且比废石胶结体省工省料,比钢筋混凝土底柱施工工艺简单。适用于脉厚 3 m 以下、围岩中等稳固以上(局部可不稳)的急倾斜矿体。对留矿法胶结底柱及下向分层胶结充填采矿法有借鉴作用。

(2) 似楔体设计是一种新的设计方法,由于现场条件多变,应用实例不多,目前设计上还不够完备,尚须进一步研究探索。

参考文献:

- [1] 周爱民. 有色矿山采矿技术新进展[J]. 采矿技术,2006,(3).
- [2] 龚清平,姚 香. 钢筋混凝土稳定性分析研究[J]. 有色金属(矿山部分),2005,(5):23~24.
- [3] 徐东升,廖国燕. 胶结充填体作用机理研究[EB/OL]. http://www.paper.edu.cn/paper.php?serial_number=200612-61, 2006-12-05.
- [4] 王建国,王春生,肖宗佛,等. 干式充填体下中段矿柱回收综合技术研究[J]. 有色金属(矿山部分),2007,(3):1~6.
- [5] 刑万芳,郭树林,姚 香. 岩金矿山充填系统设计初探[J]. 黄金,2005,(12),15~18.

(收稿日期:2008-05-26)

作者简介:吕光宗(1962-),男,湖南新邵人,工程师,从事采矿技术及生产管理工作,Email:lvzong6210@163.com。