

# 斜井提升安全技术的研究现状和展望

张佳文

(中国地质科学院矿产资源研究所,北京 100037)

**摘要:**对地质勘探和矿山斜井跑车事故的种类和原因进行了分析,介绍了国内外斜井防跑车安全装置的研究现状,在对各种防跑车装置进行比较后,对小断面勘探斜井使用防跑车安全装置的前景进行了展望。

**关键词:**斜井掘进;跑车事故;安全技术;安全装置

**中图分类号:**P633.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)01-0071-06

**Current Situation of Study on Inclined Shaft Hoisting Safety and the Prospect/ZHANG Jia-wen** (Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China)

**Abstract:** This paper discusses the varieties and causes of winch sliding-down accident in geological exploration and mine inclined shaft, introduces current situation of study on safety device for sliding-down prevention in inclined shaft both in China and abroad. Based on the comparison of anti-sliding-down devices, the prospect of the anti-sliding-down safety device for small cross-section exploration inclined shaft is forecasted.

**Key words:** inclined shaft driving; sliding-down accident; safety technology; safety device

斜井单钩串车提升因动力小、施工简便、投入产出快的特点,成为地质勘探斜井掘进生产和矿山开采的主要工序。但生产中如果在安全设施、操作和管理等方面处置不当,极易发生跑车事故。这种事故一旦发生,就会给井下作业人员造成重大伤亡,设备和巷道遭到严重破坏。地质勘探和矿山斜井以往多次发生上述事故,教训是极其深刻的。据矿山部门不完全统计,斜井跑车事故占地下矿山机电事故的30%,90%以上造成了人员伤亡。

## 1 斜井跑车事故的种类和原因

造成斜井跑车事故的种类和原因较多,概括起来有以下几种。

### 1.1 提升钢丝绳拉断致矿车下溜造成跑车

这类跑车的原因有:

(1)钢丝绳在提升过程中与地滚、枕木或石块摩擦,表面严重磨损,钢丝打断根数超过规定,又未及时更换,因此,在提升重载时钢丝绳被拉断,造成跑车;

(2)矿井中涌水长期腐蚀提升钢丝绳,造成钢丝绳破断引起跑车;

(3)提升钢丝绳长期反复弯曲致其强度接近允许的冲击载荷,钢丝绳被冲断引发跑车。

### 1.2 钩未挂好就将矿车推入井下,造成跑车

这类跑车的原因有:

(1)工人操作偶然疏忽,钩未挂好,即将矿车推入井下;

(2)首车与尾车之间连接钩未挂好,尾车推入井口即滑入井下;

(3)斜井未设“一坡三挡”,井口坡度设计或施工未注意外倾负角,矿车卸钩后自动溜入井下。

### 1.3 在斜井中途矿车脱钩造成跑车

这类跑车的原因有:

(1)轨道铺设质量不好,或提升启动不平衡,使矿车掉道,或遇障碍物阻挡,使车猛烈跳动,造成矿车脱钩跑车;

(2)挂钩插销无防脱卡装置,连接装置磨损、变形,导致插销中途脱落或断裂造成矿车跑车;

(3)钢丝绳卡子未卡牢,钢丝绳接头脱开造成矿车跑车。

### 1.4 违章作业,安全生产制度和责任制不落实

这类跑车的原因有:

(1)矿车载人,人货混装,无专用人车,超挂、超载;

(2)安全设施不到位,提升绞车无深度指示器,矿车上下无信号指示;

(3)斜井施工未及时支护,未设躲避洞,未砌筑挡墙。

收稿日期:2010-05-11; 修回日期:2010-12-08

作者简介:张佳文(1955-),男(汉族),湖南湘潭人,中国地质科学院矿产资源研究所副所长、教授级高级工程师,成都理工大学客座教授,勘察技术与管理专业,从事勘查技术与管理工作的北京市百万庄大街26号,zhangjiawen1955@sina.com。

由此可见,造成上述跑车事故的主要原因是操作疏忽或管理不善。增强工人安全生产意识,加强安全生产管理,严格执行安全操作规程,都是防止跑车的主要措施。但是,在长期施工过程中又难免有疏忽大意造成事故的可能。

为了防止万一,除了在加强管理,按制度定期检查钢绳,检查地滚等,减少钢丝绳磨损,提高操作人员的责任心,选用合格的提升设备以外,还必须有一套防止跑车的安全装置,一旦出现跑车,也能加以控制,保证井下安全。这种防跑车装置应该动作灵活可靠,结构坚固耐用,而且经济适用,才能在生产中得到广泛应用。

## 2 斜井防跑车安全装置的研究现状

多年来,国内外对斜井防跑车安全装置进行了广泛的深入研究,并在各个时期相应推出了一些产品用于各类斜井,有效地减少或消除了斜井跑车事故的发生。目前,国内外在斜井防跑车安全监测与制动控制方面采取的主要措施有机械控制、机电联控、充电电子控制和微信息自动监测控制等。制动形式根据原理可分为刚性制动和吸能制动2类。

所谓刚性制动是通过类似于机械挡车门的阻车装置迫使高速下行的矿车在极短时间内发生突变制动停车。其特点是:碰撞时间短,往往用千分之一秒计;冲力大,其冲力与时间的关系可用图1(a)曲线表示。刚性制动产生的巨大的不可控制的冲力会导致挡车门的损坏和矿车变形。

所谓吸能制动是通过在井巷内或在车辆上设置带缓冲装置或吸能装置的阻车器延长制动时间或制动距离,用缓冲或吸能装置来吸收矿车或人车的冲击能量使之平稳地实现制动。采用吸能式制动装置可以使下行矿车或人车产生可控制的恒阻力,使车辆在设计距离内以允许的减速度减速下行直至停车。图1(b)表示了恒阻力与时间的关系。从图1(b)可知,延长制动时间或制动距离,可消除两物碰撞时产生的巨大冲力。显然,这对于车辆、制动系统特别是乘车人员来说是十分有利的。这也正是吸能制动优于刚性制动的地方。一般地,对载人车辆的制动原则是保证乘车人员不受损伤,最大制动减速度不超过 $3g$ ( $g=9.81\text{ m/s}^2$ );对不载人车辆的制动原则是保证车辆不脱轨和不变形。

### 2.1 国外研究状况

国外对斜井防跑车安全装置的研究重点是在吸能式制动方面。吸能制动器的研究分为2类:一类

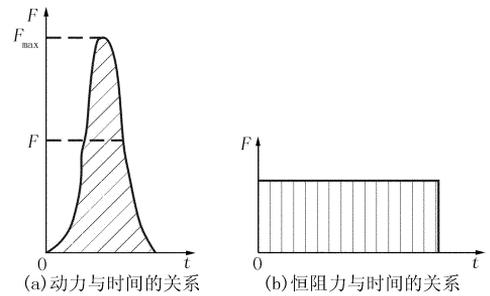


图1 冲力和恒阻力与时间的关系曲线

是安装在轨道上的阻车器,其代表形式有3种;另一类是安装在车辆上的制动器,其代表形式有4种。

#### 2.1.1 安装在轨道上的阻车器

##### 2.1.1.1 摩擦制动器

此种制动器一般是在运输轨道内侧设置制动轨,并通过与成对的钢质摩擦闸瓦之间的摩擦阻力实现制动。制动器主要由顶住矿车的碰头,产生阻力的滑块,固定的滑道(即制动轨)3部分组成。当跑车进入阻车器时即撞击碰头迫使闸瓦沿导轨滑动直到吸收完车辆动能而使其停住为止。摩擦制动器的缺点是制动难以准确控制,易受水、油及其它环境污染的影响而降低摩擦阻力。

##### 2.1.1.2 朗利(Lengleg)制动器

这种制动器为英国朗利煤矿发明,其制动停车是借助一特殊装置剪断一系列的M16螺栓实现的。该类制动器适用于运输材料和人员的车辆并备有电子控制的速度感应装置,可实现全自动,其缺点是制动力不连续。

##### 2.1.1.3 塞尔达(Selda)制动器

塞尔达制动器的基本原理如图2所示。它是将一条钢带通过一个辊轮箱,辊轮箱中装有若干个平行交错排列的辊轮。当钢带被拉伸时,辊轮迫使钢带变形,由于钢带连续不断地被弯曲和展平而吸收能量。这种制动器具有在整个制动过程中保持恒制动力的特点。塞尔达制动器可布置在井口或井底,也可布置在井巷的任何位置。由于其制动性能可预先确定,因此可以根据实际工况设计出各种条件下性能最佳的制动器。这种制动器的另一优点是制动

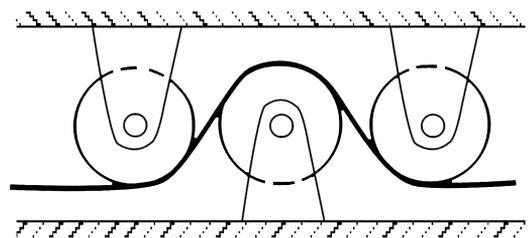


图2 塞尔达制动器的基本原理

性能不受水、油及其它污染的影响。英国、澳大利亚、南非、赞比亚已在使用这种制动器。

### 2.1.2 安装在车辆上的制动器

#### 2.1.2.1 闸力随车重变化的制动器

这类制动器主要用于人车,如图 3 所示。其原理是将闸瓦安装在车辆的底盘下部,通过降低底盘相对于行走机构的高度,使一部分或大部分车重作用在闸瓦上,从而增加闸力实现制动。如在轨道的两根钢轨上分别增加两个侧闸瓦,其制动可靠性将得到进一步改善。但这类制动器仅限于能可靠获得动摩擦系数的斜井和环境。

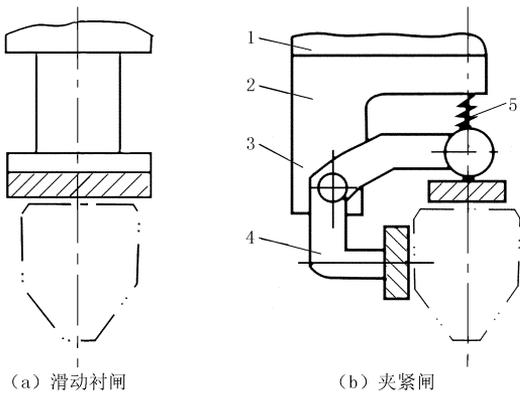


图 3 闸力随车重变化的制动器

1—车辆底架;2—闸框架;3—支点;4—水平臂;5—轻型负载弹簧

#### 2.1.2.2 闸力不随车重变化的制动器

这类制动器只能在一种特殊形状的 A. T. C 轨道上行驶,如图 4 所示。A. T. C 轨道(Asymmetric Trapped Contentionat Rail)即代表不对称、捕车式常规型轨道。这种制动器可以安装在串车的主闸上以防止其它没有制动装置的车辆跑车,适应于较大坡度的斜井使用。

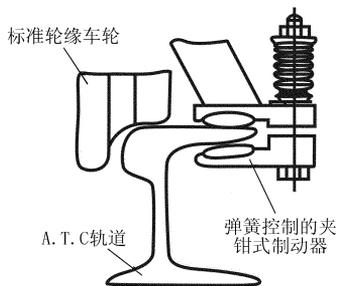


图 4 闸力不随车重变化的制动器

#### 2.1.2.3 插爪式制动器

插爪式制动器主要用于斜井人车,是苏联 20 世纪 50 年代马克尼型产品。其工作原理是当提升钢丝绳拉断时,通过人车上安装的开动机构,打开制动器的常压主弹簧,使位于人车两侧的一对插爪依靠自

重下落插入枕木制动停车。这种制动器的最大缺点是车辆制动后枕木大量损坏,不能立即恢复生产。

#### 2.1.2.4 抱轨式制动器

抱轨式制动器已大量用于斜井人车。这种制动器造价高于插爪式制动器,且结构也复杂一些。其突出优点是制动后轨道无损伤,并可很快恢复生产。其工作原理是断绳跑车发生瞬间,通过自控开动机构上的撞块打击制动器上的支撑滑块,使制动器压常主弹簧工作,至位于主要构件楔形箱内的两对抱爪分别从抬起初始位置同步抓捕两根钢轨实现制动。

安装在车辆上的制动器与安装在轨道上的制动器相比其优点是:车辆在运行的任意位置发生跑车都能实现紧急制动,即动态响应好;在运行超速时可实现自动控制或人机控制,并可通过设在车辆上的缓冲装置消除巨大的冲力,从而保证车上人员和车辆不受损坏。

### 2.2 国内研究状况

#### 2.2.1 抱轨式斜井人车

抱轨式斜井人车是现在矿山斜井提升运输的主要设备。国内煤炭系统因大量使用斜井提升运输,开展防止跑车的专题研究已达几十年之久。煤矿斜井因掘进阶段时间相对较短,其研究重点是解决斜井成巷以后大量工作人员上下矿井的安全问题,现已研制成功并在斜井生产中广泛使用的主要产品有 RS20 型、RS-40 型以及 S76 型等带有抱轨式制动器的斜井人车。实际生产中,常以带有制动器的人车作为首车,不带制动器的人车作为尾车,以 2 车或 3 车组成列车运行,一次可提升 40~60 人,最小型的可载 16 人,自重 2 t 多。

我国地质系统针对独头斜井掘进阶段的提升安全问题,20 世纪 80 年代初开始研究斜井防跑车装置。地矿部勘探技术研究所 1986 年研制成功了可以串挂 1~2 个矿车的斜井抱轨式防跑车装置,即 XRC-1 型斜井人车。这种小型人车在独头斜井掘进阶段串挂矿车主要用于提渣。斜井转平巷施工后,主要以单车形式或串挂不带防跑车装置的人车作为尾车,运送人员和设备,一次可提升 8 人,单车可载 4 人,自重 0.8 t。90 年代开始这种人车在地质、核工业和煤炭系统斜井生产中逐渐得到了推广应用。

以图 5 抱轨式斜井人车为例,其首车结构分别由 7 个部分组成。

(1) 底盘部分:由槽钢、钢板等组焊而成。上有

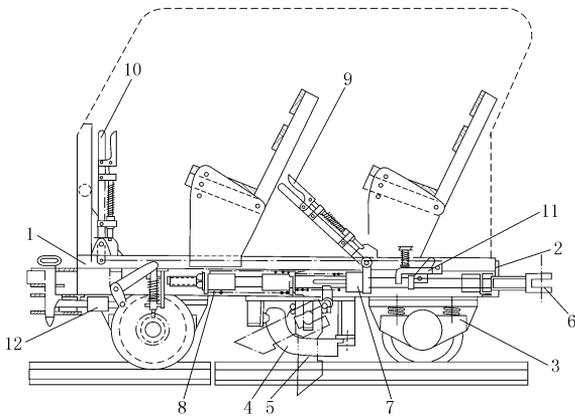


图5 抱轨式斜井人车示意图

1—上盘;2—底盘;3—轮轴部分;4—楔形箱;5—抱爪;  
6—牵引杆;7—撞块;8—牵引弹簧;9—开动手柄;10—  
闭锁手柄;11—闭锁勾头;12—止动机构

人车架,下装轮轴、抱轨机构、开动、闭锁、缓冲、止动等机构,前端有提引杆与提升钢绳相接。

(2)轮轴部分:装在底盘下部,两轴四轮,两端轴头安装弹簧减震轴承座。

(3)抱轨机构:有两个抱轨器装在底盘下部两轴之间,分别装在左右两边,每个抱轨器有一对抱爪,平时抱爪被定位滑块锁在抬起位置。提升钢绳断后,钢绳张力消失,导致开动机撞开定位滑块,抱爪被常压弹簧推出,抱紧钢轨,使底盘部分立即停在斜井钢轨上,动作时间为0.12~0.16 s。

(4)开动机:由提引杆、开动弹簧等件组成。提升时弹簧被压缩,断绳时弹簧立即推动撞块,将定位滑块撞倒。抱爪立即开始捕轨动作。在运行中如需紧急停车时,用手动柄打开插锁,撞块将定位滑动撞倒,使抱爪动作,制动停车。在钢绳跳动时不会使抱爪误动作。

(5)闭锁机构:当人车升出井口或下到井底且提升钢绳放松之前,开动机机构会自动闭锁,不致松绳造成抱爪误动作。当人车下井后或从井底提起之后,可立即打开闭锁机构,做好随时可以断绳抱轨的准备。

(6)缓冲机构:在底盘两侧各装有一个钢绳缓冲器。当人车抱轨制动时,钢绳缓冲器可以延长首车上盘和尾车的停车时间,使首车上盘和尾车在首车底盘制动后继续滑行一段距离,减小冲击力,避免撞伤人员,保证平衡制动停车。XRC-1型斜井人车的这一缓冲距离设计为600 mm。

(7)车架部分——装在底盘上部乘坐上员,即人车上盘。两边与缓冲器钢绳相连,后端与尾车相连。

## 2.2.2 插爪式斜井人车

插爪式斜井人车是仿苏马克尼型产品,国内目前仍有少数厂家在生产,主要用在煤矿斜井运送人员上下矿井。

## 2.2.3 简易的前钩式、尾叉式装置

斜井提升前钩式防跑车装置是在矿车前部装一弯钩,提升时被钢绳张力提起,可以上下提升。当钢绳被拉断时,前钩自重下垂,可钩住枕木,防止矿车溜下井内。

尾叉式防跑车装置是在矿车尾端装一尾叉,当矿车上行,钢绳拉断发生跑车时,矿车后退,尾叉立即插入枕木之间的岩渣内,阻止矿车后退。

## 2.2.4 挡车门装置

上摆式、侧摆式斜井防跑车挡车门装置,其结构原理如图6及图7所示。在巷道顶部或侧面装一摆轴,摆轴因重心下垂保持一定方位。轴上装一摆杆,矿车经过井巷时与摆杆相撞。当矿车发生跑车时车速加快,与摆杆相撞时,摆开挡车门的挂钩,使挡车门一端落在轨道上,将溜下来的矿车挡住,阻挡矿车下溜至井底。

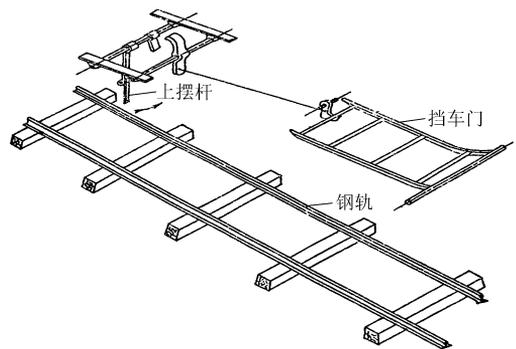


图6 上摆式防跑车装置示意图

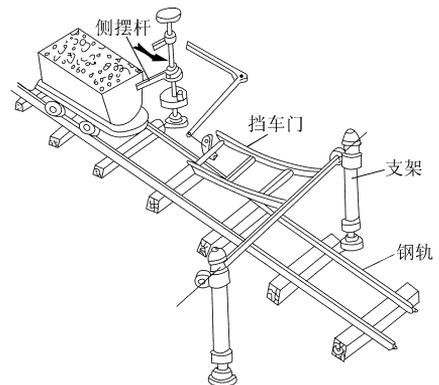


图7 侧摆式防跑车装置示意图

有的矿山斜井挡车门的启闭是利用钢绳的张力来控制的。当提升时钢绳因受张力被拉直,利用此张力将挡车门提起来,使矿车通过。当断绳时,提升

钢丝绳张力消失,挡车门即自动放下,阻挡矿车溜入井下。有的也采用电磁铁的控制方法来启闭挡车门,如图 8 所示。

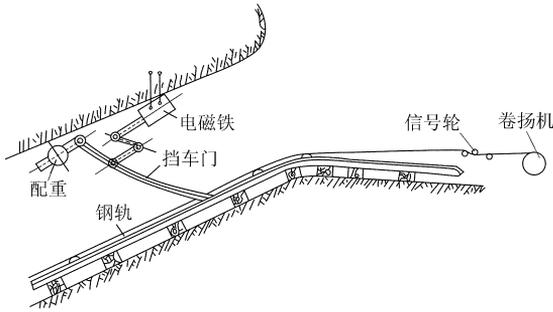


图 8 机电结合式防跑车安全装置示意图

制动自动抱紧摩擦轮,可阻止钢丝绳运动。

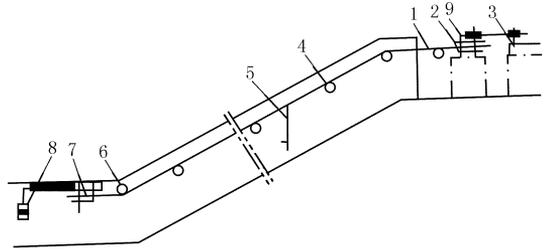


图 10 斜井索道系统

1—钢丝绳;2—摩擦牵引装置;3—驱动装置;4—托轮组;5—乘载装置;6—导向轮组;7—换向装置;8—拉紧装置;9—安全制动装置

### 2.2.5 下摆钩式防跑车装置

下摆钩式防跑车装置装在轨道之间,其结构如图 9 所示。矿车在轨道上运行时,车轴与摆杆碰撞,当跑车后车速增大,即将挡车钩掀起,后车轴被钩住,阻止矿车溜下。

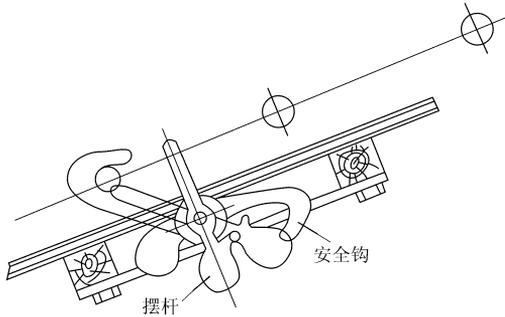


图 9 下摆钩式防跑车安全装置示意图

### 2.2.6 斜井架空乘人装置

斜井架空乘人装置(猴车)具有对巷道条件要求不高,驱动装置简单,驱动功率小,容易自制和安装及乘坐安全等优点,在许多煤矿斜井用于输送人员。这种装置采取电气制动,根据抱索器的类型有固定钩和活动钩 2 种,按运行方式为往复式和循环式。目前,国内 20% 的斜井用架空乘人装置运送人员上下斜井。

### 2.2.7 斜井索道系统

索道系统如图 10 所示,钢丝绳绕经摩擦轮和换向轮形成一条环形索道,拉紧装置提供钢丝绳以正常工作所需的张力。工作时,驱动装置的电机通过三级圆锥圆柱齿轮减速器和套筒滚子链驱动摩擦轮,借其摩擦力牵引钢丝绳并带动固结绳上的乘载装置一起运动,井下人员可以乘此装置上下斜井。斜井索道系统设有安全制动装置,当意外发生停电或断电时,钢丝绳在荷载作用下会自动下滑,此时,

## 3 各种防跑车装置的比较

### 3.1 人车与挡车门、安全钩的比较

前述人车防跑车装置安装在人车或矿车上,属于吸能制动,挡车门、安全钩安装在井巷里,属于刚性制动,两者相比,安装防跑车装置的人车,动作及时停车较快。当发生跑车时,防跑车机构可以立即动作,在速度尚未溜快之前即被停止在轨道上。后类装置都是在矿车溜滑一段距离,速度超过正常车速之后才被阻挡停车。这时因为车速增大,一般挡车门的强度很难承受这样的重载瞬时冲力。

从理论计算来看,如矿车总重为  $W$ ,斜井坡度为  $\theta$ ,矿车自由溜滑距离为  $s$ ,冲撞前溜行速度为  $U_1$ ,冲撞后末速为  $U_2$ ,挡车门所受冲力为:

$$F = \frac{M(U_1 - U_2)}{\Delta t}$$

$$U_1 = \sqrt{2gssin\theta} \quad U_2 = 0$$

$$F = \frac{W \sqrt{2gssin\theta}}{g\Delta t}$$

令  $W = 2000 \text{ kg}$ ,  $\theta = 30^\circ$ ,  $\Delta t = 0.05 \text{ s}$ 。

如矿车断绳下滑初速为 0,计算结果如表 1 所示。

表 1 矿车冲力计算结果

溜行距离 $s/m$	自由溜速 $U/(m \cdot s^{-1})$	冲力 $F/ft$
5	4.68	28.57
10	9.89	40.40
15	12.12	49.48
20	14.0	47.14
25	15.6	63.88
30	17.14	69.98

以上计算可见,采用挡车门装置,如无缓冲机构,当溜行距离为 5 m 时,2 t 矿车冲力达 28.57 tf。溜行距离 30 m 时,冲力达 69.98 tf。这样的冲力,一

般结构的挡车门,或下摆式安全钩都是无法承受的。抚顺煤炭研究所曾做过挡车门冲击试验,报告记载,载重为2.2 t的矿车从30°的斜坡自由下滑51 m撞击挡车门,撞击后的挡车门和矿车产生了严重的扭曲变形不能再用。

防跑车挡车门和下摆式安全钩因结构比较简单,在井口近处防止空车溜入井内还是适用的,一些矿山坚持使用了这类安全装置。

### 3.2 抱轨式斜井人车与插爪式斜井人车的比较

抱轨式人车在发生抱轨动作后,人车停在轨道上,对轨道基本无破坏,接好钢绳,放松抱爪,立即可以恢复生产。插爪式人车在断绳后,因插爪插入枕木,枕木阻挡,将车停下来。但枕木被大量破坏,不能立即恢复生产。其优点是插爪式结构比抱轨式稍简单,造价稍低。

### 3.3 人车与简易前钩式或尾叉式矿车的比较

前钩式或尾叉式装置虽简单,但每次上下井口都要抬钩,或者拆卸尾叉。与人车相比使用不便,所以许多地方没有坚持使用。

综合对比上述各种防跑车装置,以抱轨式人车优点较多。这种人车停车制动可靠;制动停车造成的损失最小;生产恢复较快。人员上下乘坐人车,可以减轻劳动强度。其缺点主要是提升重力增加了20%~25%,其次造价略有提高。

### 3.4 与斜井架空乘人装置或斜井索道系统及塞尔达制动器的比较

斜井架空乘人装置或斜井索道系统及塞尔达制动器一般要斜井完工后进行平巷开拓时再安装,仅适合矿山输送人员上下斜井。抱轨式人车不仅适合矿山开采输送人员上下斜井,更重要的是解决了地质勘探斜井掘进过程中的安全提升问题,它不仅可以串接矿车安全提渣,防止跑车,同时可以载人上下斜井,大大减轻了井下作业人员的劳动强度,明显改善工人的生产环境。

国外其它有代表性的制动器,国内地质勘探和小矿山斜井尚未见到应用方面的报道。

## 4 地质勘探斜井使用防止跑车安全装置的展望

一直以来,地质勘探斜井使用矿车提渣,少数使用箕斗提渣,人员靠行走上下斜井,劳动强度大,安全隐患多。如果每辆矿车都安装抱轨装置费用太高。因此,选择在矿车之前,采用人车作为首车,即可制动防止跑车,又可乘坐人员,后面挂1~2辆矿车作为尾车,用来运渣的组合提升方案是比较安全合理的。由于地质勘探斜井掘进期间人车以运渣安全为主,没有专职人车操作人员。因此在开动和闭锁的装置方面要研究自动开闭,保证动作灵活可靠。

箕斗提升也可采用首车载人,防止跑车。箕斗作为尾车提运矿石,箕斗卸渣方式不变。仅卸渣架需要延长2~3 m。

近几年,加强地质工作,实现找矿突破,西部地区的找矿勘查工作已经开始较多地使用了斜井工程;现在中东部地区组织实施国家专项——深部探测技术与实验研究,危机矿山寻找接替资源,预计未来开展500 m以深的深部找矿勘查工作,斜井工程不会少。运距超长的斜井工程或深部探采相结合的多级斜井工程,对斜井人车的使用将会有更大的需求。

### 参考文献:

- [1] 张佳文.斜井安全运输及XRC系列人车[J].探矿工程,1999,(1).
- [2] 陈燎原.实现斜井输送人员机械化的一种途径[J].矿山机械,2001,(3).
- [3] 杨恒,等.斜井架空乘人装置自动停车和制动[J].煤矿安全,2004,(4).
- [4] 赵清华.地下矿山斜井跑车事故原因分析与预防[J].中国矿业,2007,(4).

## 西藏确定16个重点勘查区

**中国国土资源报消息** 为实现地质找矿“358”宏伟目标,西藏自治区加快推进地质找矿新机制,统筹谋划地质找矿工作,加大优势矿产资源的勘查开发力度。

1月4日召开的西藏自治区青藏高原地质调查与评价成果交流暨构建地质找矿新机制座谈会明确,西藏将加快推进和完善“公益先行、基金衔接、商业跟进、整装勘查、快速突破”的地质找矿新机制,构建多元投资平台和互利共赢机制,促进资本与技术结合。今后,西藏将以铁、铜、铅、锌、金、钾

盐6个矿种为主攻矿种,确定16个重点勘查区。争取到2015年,西藏矿业年增加值超过200亿元。

会议明确,要形成多元资金有机联动;大力实施青藏专项规划纲要,特别是要加快已列入全国地质找矿行动计划重点勘查区的5个整装勘查区相关工作;进一步加强对探矿权人勘查投资能力和项目承担单位技术保障能力的审查;对钨、铀、锑、钼、稀土矿要严格控制勘查开采;大力推进勘查开采一体化,鼓励资本与技术的结合。