

矿井提升机安全技术现状和发展趋势

李宏伟（山西西山煤电股份有限公司马兰矿，山西 古交 030205）

摘要：矿井提升机是矿井井下和地面使用的一种大型机械设备，是矿产作业领域里不可或缺的设备之一。矿产领域出现安全事故一般都是灾难性的，所以矿井提升机的安全技术也是非常重要的。提高矿井提升机的安全系数能有效的预防矿井作业时事故的发生，对矿产作业人员的生命安全有着重要的保障。本文就矿井提升机安全技术的现状做出了分析，同时从多方面对矿井提升机未来的发展趋势做出了讨论。

关键词：矿井提升机；安全技术；发展趋势

Abstract: Mine hoist is a large mechanical equipment used underground and ground, is one of the indispensable equipment in the field of mineral operations. Safety accidents in the mineral field are generally catastrophic, so the safety technology of mine hoist is also very important. Improving the safety coefficient of mine hoist can effectively prevent the occurrence of accidents in mine operation, which has an important guarantee for the life safety of mineral workers. This paper analyzes the current situation of mine hoist safety technology, and discusses the future development trend of mine hoist from various aspects.

Key words: mine hoist; safety technology; development trend

矿产是一个国家必不可少的行业，在煤矿开采，稀有金属开采，地质探测等多个领域中，都会用到矿井提升机。近年来矿产事故频发，国家因此对矿产行业的安全技术提高了重视程度。矿井提升机作为矿产领域里必不可少的大型设备之一，其安全性更是非常重要的。本文就矿井提升机安全技术的现状做出了分析，同时从多方面对矿井提升机未来的发展趋势做出了讨论。

1 矿井提升机安全技术现状

矿井提升机在矿山、建筑等行业应用非常广泛，是集机、电、液于一体的大型复杂系统。它是联系矿山井上和井下的“咽喉”设备，是矿山生产的一条生命线，主要用于提运矿石、煤炭和煤矸石、运送物料、提升人员和设备，一旦发生故障，轻则矿井停工停产、重则造成人员伤亡。

1.1 提升机系统故障

在我国众多的矿产事故中，提升机系统故障占了很大的比例。因此在对矿井提升机安全现状进行分析时，提升机的系统故障成为了重中之重。我国的矿井提升机使用的主流提升系统大致分为两种。分别为历经诞生缠绕式和多绳摩擦式提升，一般是由钢丝绳、提升容器、滚筒、减速器、提升容器。卸载设备等组成。基本上采用的提升方式无非两种，罐笼或箕斗。其中，罐笼的作用为运送货物、物料、以及作业人员。为了解矿产事故的详细信息，通过查阅资料，走访调查，对我国多数矿产集团进行信息收集，对一系列的事故实例进行统计。最终发现提升机系统的常见故障为提升钢丝绳断裂，制动设备失效等。这些故障发生的频率很高，大大降低了矿井提升机的安全性。解决这些故障便可以有效的提升矿井提升机的安全性，降低事故发生率。在这些故障中，常见的提升钢丝绳断裂，制动设备失效等，有很多都是可以提前发现的。通过集团的有效化管理，培养员工的

安全意识，让员工或工程师在作业前仔细检查提升机系统，保证提升钢丝绳无异样，制动设备工作正常，不在极端天气和不良外部干扰下作业。可以有效地放置一些事故的发生。

1.2 摩擦矿井安全研究现状

摩擦提升是矿井提升机一项非常重要的技术指标，我国对摩擦提升的研究方法主要有以下几类：首先，优化算法，比较正常的防滑计算法，找到最安全和最简单的计算方法。其次，算法防滑的安全系数的最佳办法是使用多种不同的算法。利用一些模拟程序进行模拟，分析不同环境下不同的工作条件，找到最危险的工作条件，作为一个防滑分析的参考。提高摩擦力水平是一个国家的主要研究领域，由于近年来当地发生的许多事故和煤炭工业的增长，对井下升降机垫摩擦的要求越来越大，越来越多的人开始注意研究摩擦系数。

1.3 提升制动系统和过卷故障的研究现状

制动系统是矿井提升机的动力来源，当制动系统出现故障时通常也会引起其他硬件设备的故障从而导致事故的发生。制动系统工作时，在运动过程中会产生动张力，是摩擦提升机在各种工作环境下产生紧急制动。并判断为危险工况。近年来对制动系统的研究主要有制动力矩的规定、测定、摩擦特性的研究、制动器故障等多个方面。而过卷故障方面，主要是研究防过卷的保护装置。在我国出台的《煤矿安全规程》和《机电完好设备标准》中对其标准和法规给出了明确的规定。我国大多数采用专项管制，规定明确的技术人员，定期对其所看管的设备进行检查、维修、以及性能的定期检测。通过对设备进行合理的维护、日常检查，来避免事故的发生。

1.3.1 高可靠性液压装置的研究和应用

在因制动系统失效而引发的事故中，由液压站引起的故障占有较大的比例。目前关于高可靠性液压装置的

研究,主要内容是在实现提升机工作制动、安全制动和调绳等功能的基础上,增加改善系统的调压、多路回油保护、残压保护、电磁阀故障检测以及 PLC 程序化控制等功能。其最终目标是通过增加液压站的安全保护功能和改善工作制动性能,提高液压系统的可靠度,从而使整个提升机制动系统更加安全可靠。由中国矿业大学和徐州矿务集团联合研制的提升机盘式制动器高可靠性液压装置是这方面研究中较为成功的一个例子。

1.3.2 恒减速液压制动系统的研究和应用

提升机安全制动是通过对液压制动系统中电磁阀的控制来调节制动油压的大小,从而实现对制动器制动力矩的控制。提升机安全制动时的减速度必须满足文献的有关规定。否则,若制动减速度过大,虽然停车快,但将会对提升机机械设备和钢丝绳产生很大的冲击,对摩擦轮提升机还会产生钢丝绳相对摩擦轮打滑的现象;若制动减速度过小,则制动时间加长,不能及时停车,又容易产生过卷或碰罐等事故。因此,目前,国外基本上使用恒减速制动系统。国外以德国的西马格公司(Siemag)、SIEMENS、ABB 公司等的产品为代表。国内矿井提升机仍停留在完善过去引进的前苏联式的二级制动系统的配套使用上。恒减速制动的使用不足国内提升机总量的 1%,而且只在竖井和多绳摩擦提升机上使用。此外,国内所采用的恒减速制动系统多数是从国外引进的,价格都非常昂贵。国内自行研制的恒减速制动系统又或多或少地存在这样那样的问题,在现场的实际应用过程中,效果不是十分理想。

1.3.3 可调闸回路控制方式的研究和应用

可调闸是司机进行工作制动手柄控制的机械制动闸,目前普遍采用盘形闸。可调闸制动器所产生的制动力矩与流过电液阀线圈 KT 的电流有关。矿井提升机可调闸回路的控制方式经历了如下几个发展阶段:

1.3.3.1 继电器逻辑控制阶段

以在我国矿井提升系统中应用相当广泛的 TKD 电控系统为例,可调闸回路有 2 种控制方式,即手动控制和速度闭环控制。在手动控制方式下,司机操纵控制手柄,调整自整角机的输出电压,从而调整磁放大器的输出,即流经 KT 线圈的电流的大小,最终实现控制制动力矩的目的。速度闭环控制方式下,系统用凸轮板控制自整角机(或旋转变压器)的电压输出完成速度图的给定,用测速发电机作测速反馈,比较后的偏差控制磁放大器的输出,从而实现对可调闸制动力矩的调节。由于凸轮板和磁放大器整定困难、灵敏度亦达不到要求、电参数易发生漂移、容易误动或拒动等原因,在实际中可调闸速度调节往往没有闭环运行只有开环运行,减速段限速保护也几乎不起作用。所以,继电器逻辑控制实现的可调闸回路可靠性不高。

1.3.3.2 电子模块实现阶段

20 世纪 90 年代中后期,在国产矿井提升机电控系统

统中,PLC 主要用于处理开关量,以替代老式提升机 TKD 电控系统众多的继电器、接触器,复杂的连线以及信号显示系统。在涉及到提升机制动系统中的模拟量和自动调节过程等情况时,则是通过用半导体器件和运算放大器等实现的电子模块来处理。该阶段以洛阳矿山机械设计研究院设计的 KTXS 型可调闸限速模块和 KTDL 型动力制动电子模块为代表。这些普通电子模块在一定程度上实现了可调闸的闭环调速和限速保护,但在使用过程中常会出现零点漂移和电子元件损坏等现象,因而使得制动系统的可靠性不高。

1.3.3.3 计算机控制阶段

随着计算机技术特别是 PLC 技术的发展,传统的继电器逻辑控制系统逐渐被计算机数字控制系统所代替。PLC 当初是针对工业顺序控制发展而研制的,近十几年发展迅速,已不仅能进行开关量控制,而且还能进行模拟量控制和位置控制等。因此,可调闸控制中模拟量的给定和自动调节等过程都采用 PLC 或工控机技术来处理。

2 矿井提升机安全的发展趋势

矿井提升机在矿山、建筑等行业应用非常广泛,是集机、电、液于一体的大型复杂系统。它是联系矿山井上和井下的“咽喉”设备,是矿山生产的一条生命线,主要用于提运矿石、煤炭和煤矸石、运送物料、提升人员和设备,一旦发生故障,轻则矿井停工停产、重则造成人员伤亡。近年来,矿山尤其是煤矿事故层出不穷,国家和各个矿山企业也对矿井的安全问题越来越重视,采取各种手段来减少事故的发生。对提升机安全保护系统的研究在现代化矿山生产中占有重要的地位。

2.1 矿井提升安全运行评估

近年来随着半导体和计算机行业的发展,各种工业软件以及检测装置也在不断升级。其中,安全系统工程也开始在煤矿行业中应用推广起来。其中“煤矿事故三不安全评估法”对安全系数的提升有着良好的效果。对安全运行的评估还包括软件仿真。采用各类传感器收集数据,对于不同情况下的作业进行数据收集,把收集到的数据导入到仿真软件作为一个数据库。在每次作业前,通过传感器收集的数据在仿真软件上先进性仿真作业,采用 matlab 等软件进行优化算法提升仿真效率以及仿真效果的可靠性和可行性。可以有效的对矿井运行情况进行模拟,以降低事故发生率,提升作业安全性。

2.2 事故树(FTA)分析技术

该技术实际上就是一种推理方法,它通过图形来演绎失效事件,从而突显出事故树的特点。在对其进行分析的时候,需要针对当前系统中的各方面因素进行分析,再通过画出逻辑树状图,更加直观的来观察当前系统出现失效故障的主要原因,再通过计算进行概率计算,这样能帮助企业更好的找到对应的预防措施,从而使整个系统变得更加安全可靠。事故树主要是在故障树分析的

前提下衍生而来的,对系统的各方面危险性因素进行评价,可以帮助企业更加快速的分析原因,为后期解决问题提供一定的思路。

2.3 可编程控制器(PLC)技术

可编程控制器简称 PLC,是随着半导体行业发展的新兴产物。可编程控制器的发展起源于美国,最初被命名为可编程逻辑控制器,是种专门为在工业环境下自动化控制而设计的数字运算操作电子系统。可编程控制器由内部 CPU,指令及数据存储器、输入输出单元、电源模块、数字模拟等单元所模块化组合成,通过数字式或模拟式的输入输出来控制各种类型的机械设备或生产过程。而在工业领域,可以替代传统的继电器,拥有逻辑判断、计时、计数、等顺序控制功能。最初的实际思想是让硬件变得可编程化。计算机经过多年的发展,功能方面也逐渐完善,而且有着灵活通用的特点。继电器作为电气控制系统中不可或缺的部分,有着简单易懂、操作方便、价格便宜等许多优点。将两者的优点结合起来,可以更有效的改进电器的控制系统,提高安全率和效率。对于控制器,国际上有着通用的标准。PLC 技术可以根据实际应用对象,对硬件进行编程,将程序写入控制器内。可以同时实现逻辑判断、数据处理、PID 调节和数据通信功能。

2.4 控制器核心的发展

单片机作为现在主流的控制核心,单片机的发展几乎带动了整个控制领域。其中 51 系列单片机应用最为广泛。AT89C51 作为 MCS-51 系列的单片机的代表作,更是被应用到了各个行业领域。其内部有着两个定时计数器,两个外部中断,全双工的串行口,后缀 RC 系列拥有着内部晶振。

四个八位 GPIO 口几乎可以满足任何工业控制领域的需求,将单片机用于核心控制器,不仅有着很好的通用性,而且价格便宜功能强大,可以有着很好的效果。将单片机的中断口连接至继电器,可以在出现故障的第一时间内作出反应。对传感器进行标量设定,当单片机接收到来自传感器的异常数据时,第一时间做出处理,以防止事故的发生。

2.5 容错技术的发展现状

在计算机系统设计环节,离不开“容错”,它实际上是一个概念,主要是根据容忍情况进行判断,最后再通过评分的方式对整个采煤工作进行危险评估。并且还需要挖掘工作面上的地区危险性,利用灰色系统或者模糊数学的方式来进行安全评估,这样能使整体煤矿安全管理工作更好的开展起来。容错控制系统实际上说的就是在错误范围内进行有效控制,如果某些地方出现错误的话,需要系统能根据标准来进行调整,确保整个时候过程能得到有效的控制。根据探究可以发现,容错控制器的设计方式主要有两种类型,即硬件冗余和解析冗余。

3 结束语

矿井提升机矿井井下和地面使用的一种大型机械设备,是矿产作业领域里不可或缺的设备之一。矿产领域出现安全事故一般都是灾难性的,所以矿井提升机的安全技术也是非常重要的。提高矿井提升机的安全系数能有效的预防矿井作业时事故的发生,对矿产作业人员的生命安全有着重要的保障。总而言之,矿井提升机的安全作为矿产作业之中的重中之重,其安全技术的重要性是不言而喻的。跨领域的安全技术非常有必要,合理的应用计算机技术,通过计算机软件,硬件以及大量的算法优化,可以构建更加安全的作业体系。提升安全系统的可靠性。

参考文献:

- [1] 何风有,谭国俊.矿井直流提升机计算机控制技术[M].徐州:中国矿业大学出版社,2013.
- [2] 周东华,叶银忠.现代故障诊断与容错控制[M].北京:清华大学出版,2010.
- [3] 矿井提升机故障处理和技术改造编委会.矿井提升机故障处理和技术改造[M].北京:机械工业出版社,2015.
- [4] 张红涛,杨占卿,徐桂云.单绳缠绕式矿井提升机液压制动系统冗余改造的研究与应用[J].煤矿机械,2018,39(07):110-112.
- [5] 向晓晴.过卷制动关键技术及装备在矿井提升系统中的研究与应用[J].金川科技,2015(1):4.
- [6] 任海兰,郑孝平.矿井提升机零速电气安全制动技术的研究与应用[J].矿山机械,2015,43(08):54-58.
- [7] 韩世辉,曹国堂,赵红正.更换立井多绳摩擦式提升机罐笼的安全技术方案[J].科技创业家,2013(12):84-85.
- [8] 曹志新.在矿井提升系统应用雷达探测技术提高运行安全可靠性的设想[J].煤矿机械,2011,32(08):185.
- [9] 李启光.基于故障树的机车 PLC 控制系统可靠性分析[J].计算机测量与控制,2003,11(9):692-695.
- [10] 余胜国,朱宏洲,李世东.提升机超重限载及停层安全装置的研制与应用[J].中州煤炭,2004(6):8-9.
- [11] 胡晓虎.矿井提升机安全技术现状和发展趋势[J].冶金动力,2012(4):4.
- [12] 王成福.电器及 PLC 控制技术[M].杭州:浙江大学出版社,2008.
- [13] 陈启荣.浅谈矿井提升机控制技术研究现状与发展[J].区域治理,2018(22):1.
- [14] 张安宁,王国峰.某矿主井过卷重大事故原因分析[J].矿山机械,2005,33(12):128-129.
- [15] 于月森.矿井提升机自动制动系统的研究及应用[D].徐州:中国矿业大学,2003.

作者简介:

李宏伟(1989-),男,2020年1月毕业于陕西航天职工大学,现在西山股份有限公司马兰矿,主要从事煤矿技术管理工作。