

矿井提升系统 新技术及装备

王朝晖 主编



煤炭工业出版社

矿井提升系统新技术及装备

主 编 王朝晖
编写人员 王安山 张希武 田 遐
 刘竞雄 李绪展

煤炭工业出版社

前 言

在煤矿生产中，矿井提升机起着非常重要的作用。为了适应煤矿现代化的需要，近年来，各矿务局、大专院校、科研部门及生产厂家开发了各种提升机电控系统改造所需的技术，并研制出了许多更新换代产品，积累了宝贵的经验，同时也出现了一些问题。本书以安全、可靠、高效为出发点，以可靠性原则为依据，分析了目前矿井提升机电控系统改造的现状，探讨了可靠性、电磁兼容性、容器位置实时控制等在现代化改造中必须遵循的技术原则，并介绍了近年来研制出的各种提升机电控系统等新装备及改造实例。本书可供设计部门、生产厂家和现场科技人员，在进行矿井提升机技术改造的方案设计和新设备选型时参考。

本书由王朝晖同志任主编，参与编写的有王安山、张希武、田遐、刘竞雄、李绪展同志。在本书编写过程中，得到了煤炭科学研究总院高新技术开发中心的大力协助，并得到了中国矿业大学信电学院、开滦矿务局、兖州矿业集团公司及有关生产厂家的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

编 者

1999年3月

目 录

第一部分 矿井提升系统新技术

第一章 概述	1
一、我国矿井提升机电气控制系统的现状	1
二、必须坚持“安全、可靠、经济运行”的原则进行 技术改造	4
三、我国矿井提升机电气控制系统改造的途径和技术 要点	5
第二章 提升机电控系统的可靠性要求及措施	10
一、可靠性系统工程的基本概念	11
二、我国提升机电控系统的安全可靠性水平	13
三、提升机电控系统的安全措施	14
第三章 矿井提升机提升行程控制技术	16
一、概述	16
二、提升机位置控制原则	16
三、提升行程控制器国内使用状况	19
四、数字式提升行程控制器	20
第四章 电磁环境对矿井提升机安全性的影响 及对策	25
一、提升机电控系统电磁环境的特点	25
二、抗干扰措施和实效	26
三、工业控制电磁兼容性的国家标准概况和执行要点	30
第五章 全数字调速电控系统	34
第六章 真空接触器操作过电压及其测试	36

一、接触器操作过电压的形成	36
二、操作过电压测试及结果分析	36

第二部分 矿井提升系统新装备

第一章 提升机电控系统	43
一、TKSZ 系列矿井直流提升机电控系统	43
二、TKS 系列矿井交流提升机电控系统	49
三、交流绞车晶闸管编码起动电控系统	56
四、JTDK-PC-01 型交流提升机电控系统	65
五、TKD-SZ 系列矿井提升机全数字直流电控系统	76
六、TKD-PC、JKMK/J-PC 矿井提升机新型交流 电控系统	79
七、交流提升机成套电控设备	84
八、直流传动电控系统	86
九、交—交变频调速电控系统	87
十、ASCS 全数字调速电控系统	90
十一、提升机晶闸管直流供电装置	93
十二、TDZ-1 型可编程控制器交流提升机电控系统	101
十三、国产交流提升机自动化改造	102
第二章 提升机电控系统改造的相关产品	105
一、TXKJ 型计算机提升行程速度控制器	105
二、KWD-1 型晶闸管无环流交—交低频装置	109
三、DE128 矿井提升机安全制动恒减速控制装置	112
四、KTMN-1 型矿井提升机数字式监控器	114
五、KTJC 型矿井提升机智能监控装置	116
六、KZG-□/□-D 矿井提升机全数字动力制动装置	117
七、TCK 系列磁性开关	119
八、KDG 晶闸管低频电源装置	123
九、KZG (D) 系列晶闸管动力制动电源装置	125

十、矿井提升机主回路真空化设备	126
十一、KYGK-6 矿用一般型高压真空开关柜	128
十二、ZKTD 系列矿井提升低速大型直流电动机	128
十三、TDBS 系列变频调速同步电动机	130
十四、KG1010A 型防爆磁性接近开关	131
十五、CKG3-□/□交流高压真空接触器	133
十六、ZN□-6/□-12.5 型真空断路器	135
第三章 提升信号装置	137
一、多功能矿井提升信号系统	137
二、PXK-2 型 PLC 绞车提升信号、操车综合控制系统	140
第四章 装卸载自动化装置	144
一、DZTS 系列矿用箕斗提升定重自动装载监控系统	144
二、KBG4 型振弦式箕斗煤量称重仪	153
三、矿井自动装卸载控制系统	160
第五章 提升机安全保护及显示装置	164
一、M12-3C 提升机安全回路故障检测仪	164
二、M12-3B 提升机综合后备保护装置	165
三、TJHB-I 型提升机微机后备保护装置	166
四、WZX-1 (A、B) 型微机综合显示装置	174
五、矿井提升机信号显示器	182
第六章 其它产品	184
一、GXT-1 型钢丝绳在线无损探伤仪	184
二、GSY 型钢丝绳探伤仪	187
三、JKE 型单绳缠绕式矿井提升机	192
四、JYD/N 型径向液压站制动系统	196
五、GZ-1A 型钢丝绳注油机	198
六、多绳摩擦式提升机	200
七、TBZ 型提升机盘式制动器补偿增压装置	201
附录 提升设备部分生产企业名录	208

第一部分 矿井提升系统新技术

第一章 概 述

采用新技术、新设备、新工艺来装备煤炭生产的各个环节，以达到减人提效、确保安全生产的目的，是科技兴煤的必由之路。矿井提升设备，其中主要是提升机及其控制和安全设备，也同样要面临着这一必经之路。

多年来，矿井提升机及其拖动、安全保护系统等设备的技术水平和安全水平一直是困扰煤炭安全生产和效益提高的重要因素。为改变这一状况，煤炭行业的科研、高校、生产企业和行业主管部门以及机电行业的科研和生产企业的工程技术人员做了大量的工作，已开发了众多适用的产品和技术，积累了丰富的经验，取得了长足的进步。大家可以看到，目前我国已经可以提供多种技术先进、性能可靠、安全性高的矿井提升设备，大多数已在煤矿基建、生产和技术改造等方面获得了成功的应用。

一、我国矿井提升机电气控制系统的现状

目前，我国矿井提升机 90% 以上是采用单机容量在 1000kW 以下传统的交流异步电机拖动，采用转子串、切电阻调速，由继电器—接触器构成逻辑控制装置（为了与当今国际上通常所说的交—交变频同步电机交流拖动有所区别，本书对绕线式异步电机转子串电阻调速的拖动方式冠以“传统”二字，下同）；直流电动机拖动的提升机不足 10%，其中

多一半为电动机—发电机组 (F—D 机组) 供电, 采用晶闸管整流传动 (SCR—D) 的只占一少部分。近年来, 仅引进了几台交—交变频同步电机拖动系统。

传统的交流拖动系统的显著缺点是: 调速性能差, 调速时能量要大量消耗在电阻上, 给定方式落后, 控制精度低, 安全保护和监测环节不完善, 安全可靠性能差, 维护工作量大, 而且运行不经济。

由于异步电机在低速运行时特性曲线软, 在次同步状态下无法产生有效的制动力矩, 因而难于准确地控制提升机的停车位置。目前, 多采取动力制动加微拖或低频拖动加制动的方式来完成减速、爬行和停车。目前在用的动力制动及低频电源大多数为采用模拟技术控制的晶闸管装置, 仍存在调试困难、维护量大的问题。

传统交流电控可靠性差的另一原因是安全保护、闭锁及监测系统不完善, 均为单线系统, 且与控制系统相混联, 多数共用一套线路, 互相影响。1986 年以来, 针对制约提升安全的主要环节, 陆续增设了经常影响提升安全的深度指示器失效、自动减速、限速等安全监测及后备保护功能, 初步实现了对提升容器的定点位置监测及几项重要安全保护的双线制, 使提升安全状况有所改善。

然而, 随着微电子技术及计算机技术的迅速发展, 国际上主要采煤国的矿井提升机控制技术也得到迅速发展。与这一趋势相比, 我国提升机控制技术水平和安全可靠性都明显落后于国际水平。

当前, 国际上已将晶闸管整流直流电机传动作为标准使用方式, 而大型提升机则已由直流转向交流 (这里讲的不是上述传统意义上的交流拖动, 而是指交—交变频同步电机拖

动)，并已占发展的主导地位。直流拖动的 SCR—D 变流装置，也由模拟控制发展为数字控制为主。

国际上，计算机技术已在提升机电控系统中得到普遍应用。这种由可编程序的控制、调节装置构成的提升机电控系统的主要特点是：可完成提升行程的测量和设定；实现了对提升过程的程序控制，精度高，甚至可以取消爬行段；实现了速度、电流以及矢量的数字变换等，对提升机进行闭环调节；实现行程、速度等重要参数及提升状态的监视；具有良好的控制监视系统，实现了显示、记录和打印等有关数据的全部自动化。

矿井提升机的安全监控是提升机控制系统中至关重要的组成部分。国外由微机构成的安全保护系统，已日趋完善，其构成原则和保护技术已十分成熟。其特点是：系统中多采用两台计算机装置，每台都有自己独立的测量、传感装置和数据处理系统，它们是同步工作、互相检验；对提升行程均实现了直接测量和间接测量容器位置相结合的方式，在二者相互比较和校正后实现行程的自动控制；由可编程序控制器组成的故障监视系统，按一定程序对安全回路、制动回路、电源及驱动回路进行状态检验，实现故障记忆，有的尚能存储上千次作业信息等。

与国际先进水平相比，我国提升电控系统总体技术水平不但远落后于发达国家，同时也明显地不能完全适应煤矿安全生产和现代化建设的需要。为此，近年来国家煤炭行业主管部门和许多科研、院校及生产企业的工程技术人员作了大量的技术改造及技术开发工作，并取得明显效果。主要表现在：

(1) 推广应用动力制动、低频制动、二级制动，以改善

拖动控制性能，特别是减速段、爬行段的拖动控制性能。

(2) 研制及推广后备保护、井口闭锁装置等，以改善安全可靠性能。

(3) 开发出全数字交—交变频低频电源。

(4) 研制出一批 PLC 定型电控及信号产品及少数全数字的电控装置。

尽管如此，由于我国总体技术水平仍然偏低，经济实力不足，电子元器件质量不够稳定，提升电控系统总体水平相对落后的状况仍未得到根本性的改变。

由上述可看出，我国近年来在提升电控系统的技术改造上虽然取得了很大的成绩，技术上也取得了长足的进步，但无论在驱动方式上，还是在控制技术水平上仍存在不少差距，总体装备水平较低。1995 年全国第三次工业普查时对提升机的调查结果表明，具有国际先进水平的仅占 0.98%，均为近年来进口设备；具有国内先进水平的占 4.76%，多数为近十年来的进口设备及少数自行研制或改造的设备；落后、淘汰的占 31.5%，除机械性能落后外，电控系统水平低是主要原因。

由上可知，我国在提升系统技术改造上的任务还很繁重，需要全面普及高新技术知识，大力推广新技术、新产品，统一认识，提高技术水平。

二、必须坚持“安全、可靠、经济运行”的原则进行技术改造

在矿井提升系统中，“可靠性”包含两个含义，一是“安全可靠”，二是“工作可靠性”。二者密不可分，又各有侧重、相互区别。

“安全可靠”是指当出现故障时，要确保把系统引入安

全状态，一般是指安全制动，也就是我们通常所说的“故障安全型”。

而“工作可靠性”则要求在一定的时间内，系统尽可能长地保持正常工作状态，这时就要研究如何把系统故障率降到最低。在矿山设备中，如主要通风机、主排水泵等当属此类。对提升系统而言，当然也需要较高的工作可靠性，就是要使提升容器按要求快速、准确地送到规定位置，保证高效长期运行。

在确保提升安全、可靠运行的前提下，提高系统运行质量，减少操作难度和维修保养时间，延长系统的有效服务年限，则应是实现系统经济运行的研究课题。

在此需着重指出，坚持“安全、可靠、经济运行”的原则不仅仅是设计者的指导思想，也应是用户选型时应坚持的最重要的原则。为了真正实现“安全、可靠、经济运行”的原则，在利用众多新技术、新产品来实现提升系统现代化改造时，必须以“可靠性系统工程”理论为指导。“可靠性系统工程”作为一门科学已有多年的历史了，提升安全是这一学科的重要研究对象。

三、我国矿井提升机电气控制系统改造的途径和技术要点

在实施提升机电气控制系统技术改造时，既要有超前一步的意识紧盯国际先进水平，也要考虑我国国情，依靠自己的力量，加强与先进国家的合作，采取引进消化、吸收、合作生产、联合改造等多种形式，实现符合中国国情的煤矿提升机电控系统现代化。

技术改造的途径是多种多样的，主要可归纳为：

(1) 改变传动方式，广泛采用晶闸管直流或交流传动等

技术。目前，发达的主要采煤国的提升系统多已采用这一方法。例如：中、小容量的系统均可改为直流拖动，并采用全数字的晶闸管变流装置供电；数千千瓦的大型系统可采用直流或新的交流拖动方式。若采用这种方法对大量在用系统进行改造，虽可以一步到位，但投资太大，在我国现有经济条件下显然是难于实现的。但在新井建设时，则应给予考虑并采用。

(2) 对电控系统进行局部的修改、完善。例如：增设后备保护、电气制动、井口闭锁等等，以改善原电控系统的安全性能。80年代以来国有重点煤矿就是这样做的，尽管也取得一定的效果，提升事故有所下降，重大及以上事故比例由70%左右下降到50%左右，但这只能是局部改善性能，严格地说仍是头痛医头、脚痛医脚的权宜之计，不能达到技术改造所应达到的目的。

(3) 根据我国国情，按照可靠性系统工程的原理，对现有提升电控系统进行综合分析、评价，尽量采用国内外的新技术成果，形成一套较为完整的改造方案及适用的换代产品。

根据技术改造的几种途径，我国提升机电控系统改造的主要内容是：

(1) 对提升机交流异步机拖动系统的改造，应根据我国现有的经济条件，采取保留绕线电机串电阻的调速方式，但在减速、爬行段应采用计算机控制的全数字化的SCR—D低频制动、拖动装置；对直流拖动系统，改造对象应为目前仍采用的F—D供电的拖动系统，在条件具备时将其改造为全数字的SCR—D供电系统。

(2) 对交流异步机电控系统的改造，应采用无触点的PLC系统代替原有触点的继电器逻辑控制系统。目前该技术

已较成熟，并且得到迅速发展。在今后的改造工作中应进一步提高系统的安全性及可靠性，选用高可靠性的 PLC、故障检测元件和控制电器；同时，凡与安全有关的检测和控制装置，均应考虑双线制原则；在采用双 PLC 控制时，应实现程序软件多样化，并充分利用 PLC 的多种功能，进一步改善控制性能；要采取各种有效的措施来防止控制系统的内、外部干扰。

(3) 对安全保护系统改造的首要任务是最大限度地提高提升系统的安全可靠性。安全回路的设计要根据可靠性系统工程的原则，实现安全冗余，并应实现与控制系统相独立工作。实现提升系统的安全监视与保护环节的双线制原则，同样也是确保提升安全可靠性的技术核心，是安全冗余原则的具体化表现。

(4) 实现行程控制。提升控制的本质是实现对提升容器的位置控制。因此，矿井提升机与电梯一样，其运行的最终目的是要实现对提升容器位置的准确控制。在现有控制设备中，多数系统也是遵照这一原则构成的，例如从最简单的机械式行程控制器中的凸轮板给定装置和监视环节，到最先进的计算机提升行程—速度控制器。然而必须指出的是，许多在用的或正在设计、加工的系统均为间接测量容器的位置，难免会产生误差；再者，许多系统采用的是行程—给定积分器，这种“位置—时间”方式给定控制，在减速段其性能与负载等外部条件有关，也会造成位置上的偏差，不是严格意义上的位置给定控制，这些误差都可能影响到提升安全和效率。所以，在提升控制设备中强调按位移给定、按行程监视的原则是十分必要的。

在提升行程终端可靠地实现按容器的实际位移给定，并

进行控制和监视，使提升容器在提升的终端位置准确停车是提升系统安全、可靠、经济运行的关键之一。提升系统中采用计算机技术后，由于位置测量、处理和制速度的准确度都大大提高，因此控制特性大大改善。在直流拖动和交—交变频拖动的提升机中，人们所期待的“无”爬行段运行已成为可能。这时，容器位置测量的准确度和控制的可靠性就显得更为重要。因此，我们要不断地完善和提高提升行程控制器的性能，以保障提升系统的安全、可靠、经济运行。

(5) 普及、应用电磁兼容性技术。在提升机控制系统采用电子技术和计算机控制技术后，提升机房的电磁环境对它们会产生什么样的影响及应采取什么对策，对所有使用、开发和生产者来说，都是必须认真对待的问题。

多年的实践与科研成果都证明，提升机电控系统的电磁环境属恶劣的工业环境。应用电子计算机技术装备的提升机电气控制系统必须采取有效措施，与其工作的电磁环境相适应，才能保证其长期可靠的运行。

必须强调的是，现有的提升机电控设备的抗干扰性能与提升机的使用环境的要求仍存在不同的差距。为确保提升机电控系统具有可靠的抗干扰能力，对提升机控制与监视设备，应实施电磁兼容性设计和检验。

(6) 以科学的态度认识和应用新技术。在采用新技术时，还应做到对每项新技术、每种新产品深入认识、认真对待、趋利避害，这是推动新技术应用时应采取的方法。例如，做好真空开关操作过电压的防治；了解数字显示应用范围的局限性；采取多种措施尽量避免电子器件的早期失效的不利影响；慎重对待和进行制动系统的改动，等等。

矿井提升设备的现代化，是关系到矿井能否安全、高效

运行的重大问题，应引起各方面的注意。应该说经过近十余年各方面的不断研究、开发和实践，人们对这些问题有了进一步的认识，技术水平也有了进一步的提高，目前在提升机上成功使用的许多新产品、新技术和新工艺就是最好的证明。但是有些产品在技术和性能上仍有不足，有待科研部门和生产部门不断改进和提高。

可以相信，只要积极推广应用目前已具有的和今后不断涌现出来的高新技术及产品，就会不断提高提升机电控设备的安全性、可靠性和技术水平。

第二章 提升机电控系统的可靠性 要求及措施

矿井提升机是煤炭生产过程中大型关键设备，它的性能和安全可靠性直接影响煤炭生产和职工生命安全，因此，素有矿山咽喉之称。随着技术进步、现代化矿井的建设和对人的生命的更加重视，人们对矿井提升机的安全可靠提出了更高的要求。目前这已是世界各主要采煤国在考核提升机时，最关注的重要内容之一。在发达国家中，提升机已具有相当高的可靠性。例如，在德国多年未发生过重大的提升事故。在英国，自1973年马克海姆矿一起恶性蹲罐事故造成18人死亡、9人重伤之后，英国政府组织了一百多名专家对事故进行调查，把“可靠性系统工程”引入事故调查、分析和提出安全措施的全过程中，并采取了全面措施，之后英国基本上杜绝了提升恶性事故。

在我国，矿井提升机及其控制技术的安全性问题，虽然一直被作为第一原则强调，然而在很长的时间内，一方面由于理论研究上的差距，许多方面缺乏具体的技术措施予以保证，使得安全第一有时成为空话；另一方面单纯重生产的观念仍然存在，导致安全第一的原则无意之中被淡化或忽略。近年来，尽管在提升安全上做了大量的工作，也取得了长足进步，但在安全可靠性方面与国际水平仍有很大差距，恶性伤人事故仍时有发生。其中，由于提升机电控系统而引起的问题尤为突出。下面，根据“可靠性系统工程”原理，对提升

电控技术改造的安全可靠性和工作可靠性问题进行专门介绍。

一、可靠性系统工程的基本概念

1. 系统工程

系统工程是一门科学，它应用于大系统中，使设计者从总体角度保证各分系统和元件在构成大系统上都是最优的，通常包括系统分析、设计、实施和运行。

2. 安全系统工程

安全系统工程是采用系统工程的原理和方法，识别、分析、评价系统中的危险性，并根据其结果调整工艺、设备、操作、管理、生产周期和投资等，使系统可能发生的事故得到控制，并使系统安全性达到最好状态的一门技术。

安全系统工程主要包括安全分析、安全评价及采取安全措施等方面的工作。

3. 可靠性

可靠性是指当按照规定条件工作时，在要求的时间内，产品或系统所具有的完成其规定功能的概率。

提升系统的可靠性是指在某一规定的时间内（如1年），提升机按规定的速度图运行，并使提升容器能准确无误地停止在规定位置上时所具有的概率。

4. 安全可靠性

安全可靠性是指产品或系统在规定的条件下和时间内，保证不发生影响某一后果的事故的安全性能的概率。它和工作可靠性属两类不同内容的可靠性指标。例如，系统因某种事故而不能完成规定功能，但这时可能并不会产生危害人身和设备安全的危险，具有这种性能的设备就是具有高安全可靠性的设备。