

kuangjing zhiliu tishengji
jisuanji kongzhi jishu

何凤有 谭国俊 著

矿井直流提升机 计算机控制技术



江苏省自然科学基金资助项目

矿井直流提升机计算机控制技术

何凤有 谭国俊 著

中国矿业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

矿井直流提升机计算机控制技术/何凤有,谭国俊著.

—徐州:中国矿业大学出版社,2003.8

ISBN 7-81070 779 5

I. 矿… II. ①何…②谭… III. 矿井提升机—计算机控制 IV. TD534

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第080509号

书 名 矿井直流提升机计算机控制技术

著 者 何凤有 谭国俊

责任编辑 何 戈

责任校对 张海平

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> **E-mail** cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 中国矿业大学印刷厂

经 销 新华书店

开 本 787×960 1/16 **印张** 15.25 **字数** 291 千字

版次/印次 2003年8月第1版 2003年8月第1次印刷

定 价 28.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

序

矿井提升机作为矿山企业的关键机电设备,对矿山的高效、安全生产与经济的营运具有极其重要的作用,它不仅装机容量大,是矿山的主要耗电大户,而且它作为一个典型的位势力矩负载,要求其拖动电动机在其机械特性的四个象限内频繁周期性地启动、制动和反向运行。反映其运行状态的速度图和力图是根据设计的提升能力和安全规程确定的,对其在运行过程中的加速度、减速度以及各运行阶段的行程和最后的停车位置都有精确的要求和严格的限制。因此,提升机(亦称卷扬机)始终是电力拖动与控制的典型应用装置和研究对象。特别是随着矿井井型向大型化、巨型化的方向发展,提升机拖动电机的容量在不断地增大,目前世界上最大的提升机电机容量已超过 10 000 kW,我国最大的提升电机容量也超过 5 000 kW。因此,研究矿井提升机的拖动系统及其自动化问题,不仅对保证矿井的生产、安全和效益具有重要意义,而且对发展电力拖动学科与技术也具有重要的价值。

自从伦纳德(Leonard)提出发电机-电动机机组的直流拖动模式以来,凭其优异的调速性能,始终在大型矿井提升机拖动中占据主导地位。随着电气工程技术的发展与进步,先后出现过由交磁放大机和磁放大器控制的发电机-电动机机组的提升机电力拖动与控制系统,到 20 世纪 50 年代后期,又兴起了由可控的离子整流器(水银整流器)取代直流发电机而直接向拖动电机供电并进行控制的技术革新热潮,吸引了不少学者和工程技术人员的参与,它的理论研究成果与实践经验为以后的电力电子器件的应用奠定了基础,创造了条件。20 世纪 50 年代出现的可控半导体电力电子器件以及由此发展起来的电力电子技术给矿井直流提升机拖动与控制技术带来革命性的变革,使之发展到一个崭新阶段,特别是高性能、高可靠、高电压等级的大功率电力电子器件的出现,改变了矿井直流提升机的拖动控制模式,使其技术水平和性能上升到一个新的台阶。还应指出,随着以信息技术、计算机技术和控制技术为代表的信息科学技术的飞速发展,给矿井提升机的技术进步带来无限的生机,数字技术、人工智能技术、软件技术以及计算机技术的引入,使矿井提升系统向着多功能化、数字化、网络化和机电一体化的方向发展,极大地提高了系统的可靠性和运行效率以及控制的精确性,并可实现无人值守。矿井提升机技术的这种发展与当代对传统机械进行数字化改造的潮流是完全相吻合的,现代矿井提升系统已成为集检测、监视、监控、通信、故障

诊断、谐波治理以及自动优化运行等功能于一体的数字化、智能化、集成化的综合体系,使提升机成为新一代机电一体化的数字化机械。

应指出,一方面,随着电力电子技术、计算机技术和控制技术的飞速发展,现代交流调速系统技术取得了革命性的突破,基于变频调速的大功率交流拖动(同步电机与异步电机)技术已经成熟,并在矿井提升机中得到应用与推广,由同步电动机拖动的频率控制的内置式提升机就是这方面的杰出代表,正如其他领域一样,现代交流拖动模式将成为提升机拖动的未来发展方向已是人所共识。但现代全数字控制的直流提升机仍不失为一种可行的应用模式。另一方面,在 20 世纪七八十年代,我国煤炭生产企业从欧洲引进了相当数量的直流拖动提升机,如今这些设备与系统的元器件已经老化或损坏,而原厂家已不再生产此类产品,整个系统的技术已经落后,满足不了矿山扩大生产的需求。因此,对这些系统与设备进行技术改造并使之国产化具有十分重要的现实意义。

电力电子与电力拖动是中国矿业大学的优势学科,拥有博士学位授予权和博士后流动站,是国家重点学科,集合了一批优秀的科技人才,特别是博士群体。以谭国俊、何凤有两位博士为代表的学科骨干教师及由他们领导的研究所一直从事交、直流提升机拖动与控制系统的研究、开发工作,承接并完成了相当一批的工程开发与国产化技术改造工作,积累了丰富的经验,已成为国内这一领域有实力、有水平、有影响的重要研究实体。本书的编写得到了江苏省自然科学基金的资助,是他们的经验总结和水平的体现。作者在编写中既重视理论分析,又给出了设计与调试方法,对从事这一领域研究的人员具有很好的参考价值,对从事实践工作的科技人员具有很强的指导意义,它的出版发行必将弥补在这一领域缺少高质量论著的不足。事实上,本书对矿山行业以外从事这一领域的高校师生、研究生和科技人员都是十分有益的。令人欣慰的是,从这部著作的出版和他们在工作中所取得的成绩,可以看出新一代有抱负、有能力、有发展前途的青年科技工作者已经成长起来,衷心祝愿和期待他们不断地推出新的成果,取得新的进步。

许世范

2003 年 8 月 27 日于北京

前 言

提升机在矿山承担着矿物的提升、人员的上下、材料和设备的运送等任务,对矿山生产起着非常关键的作用。矿井提升机有交流拖动和直流拖动两种,是电力传动技术的典型应用。早期的交流拖动采用“异步电机+转子串电阻加速+高压接触器换向+动力制动(或低频拖动)减速+继电器控制”方式;直流拖动在20世纪70年代以前一般采用“发电机-电动机机组+继电器控制”的方式,在80年代后普遍采用“可控硅变流+电动机+模拟调节+继电器控制”的方式。上述拖动控制方式中,交流拖动和“发电机-电动机机组”直流拖动两种方式存在能耗大、运行效率低、占地面积大、噪声高、维护困难、可靠性低、控制方式陈旧、技术落后等缺点;“可控硅整流+电动机+模拟调节”直流拖动方式尽管能降低能耗,但由于分立元件多、参数分散性大,存在可靠性低、维护困难、控制性能差等缺点。

进入20世纪90年代,随着计算机控制技术和电力电子技术的飞速发展,在提升机拖动系统中,采用“电动机+可控硅变流+全数字调节+PLC控制+上位机监控”的全数字控制方式已成为一种发展趋势。提升机采用全数字控制技术具有如下优点:(1)硬件结构简单,故障点少,可靠性高。(2)可控精度高,工作稳定性好。(3)故障自诊断能力强,大大降低了使用维护成本。(4)具有较高的可购置性,扩展方便,运行灵活性高。(5)可与其他系统联网,实现现代化管理。(6)运行效率高,能耗低。

提升机采用全数字控制技术,综合了电机、电力电子、自动化、计算机控制等多种学科,控制系统结构发生了很大变化,硬件大大简化,软件实现的功能不但越来越复杂,而且日新月异。因此,了解和掌握提升机数字控制系统的工作原理和设计方法,不仅可以根据实际需要选择合理的控制方案,以达到投资和收益最佳,而且对消化吸收国外引进技术不无裨益。

近10余年来,关于提升机计算机控制系统的研究发展迅速,积累了大量的文献。但既适合高等院校师生和科技人员,又适合现场工程技术人员参考的文献为数不多。本书的任务就是:一方面较为系统地介绍提升机计算机控制的基本原理和分析规律,为读者深入研究奠定理论基础;另一方面较为全面地介绍提升机计算机控制系统的设计方法,以使读者在解决实际问题时加以利用。

全书共分7章,第1章简述了提升机系统的运行工艺、提升机电控系统的发展与现状以及直流提升机计算机控制系统的组成和特点。第2章介绍了直流提

升机转速、电流双闭环调速系统的基本特性和晶闸管整流装置的谐波问题,同时给出了基于微处理器的提升机调速系统硬件设计方法和软件控制策略。第3章介绍了在现代提升机电控系统中广泛得到使用的可编程序控制器(PLC)的系统组成、工作原理、硬件结构和编程语言等基础知识。第4章分析了提升机速度给定方式,推导出计算S形速度曲线的基本公式,介绍了提升机PLC行程控制的基本功能、硬件配置以及软件设计方法。第5章介绍了提升机PLC操作保护系统的基本功能、硬件配置以及软件设计方法,同时阐述了提升机液压制动系统的PLC控制原理,提出一种传动系统与制动系统协调控制策略。第6章介绍了提升机辅助系统(如信号系统、主井装卸载系统、副井操车系统等)的工艺特点,同时阐述了PLC控制技术在这些系统中的应用。第7章阐述了提升机智能故障诊断系统,首先分析了提升机系统主要故障现象和产生原因,其次提出基于人工智能方法的提升机离线计算机辅助诊断方案和在线计算机监控与诊断策略,最后给出了提升机智能诊断系统的硬件结构和基于VB语言的监控组态软件流程。

在本书的写作过程中,作者的研究生承担了大量的文字录入及图表的绘制工作,为本书的顺利出版做出了贡献。他们是陆行先、孙西龙、李浩、胡学峰、李江成、韩跃飞、王宇峰等,作者在这里向他们表示诚挚的感谢。

最后,作者还要感谢自己的妻儿,尽管他们对提升机计算机控制技术毫不知情,但还是给予了作者一贯的支持。

由于作者学识所限且时间紧迫,在提升机计算机控制技术方面一定还有很多内容没有得到反映,恳请读者谅解;书中内容也难免有不当之处,敬请有关专家和各位读者批评指正。

何凤有 谭国俊

2003年6月于中国矿业大学

目 录

第 1 章 概述	(1)
1.1 矿井提升系统	(1)
1.1.1 矿井提升系统的组成及拖动方式	(1)
1.1.2 提升机的运行特点及对拖动控制的要求	(4)
1.1.3 提升系统的速度图和力图	(6)
1.1.4 提升机的制动保护装置	(15)
1.2 矿井提升机控制系统的发展与现状	(16)
1.3 矿井提升机计算机控制系统	(17)
1.3.1 计算机控制系统的发展与现状	(17)
1.3.2 电气传动计算机控制系统的特点	(19)
1.3.3 直流提升机计算机控制系统的构成及特点	(21)
第 2 章 直流提升机调速系统计算机控制	(25)
2.1 直流提升机转速、电流双闭环调速系统	(25)
2.1.1 直流提升机常用的晶闸管整流装置	(25)
2.1.2 晶闸管变流装置的谐波问题	(33)
2.1.3 转速控制的要求和调速指标	(39)
2.1.4 转速、电流双闭环调速系统及其静特性	(41)
2.1.5 双闭环调速系统的动态特性	(46)
2.1.6 晶闸管-电动机系统的可逆线路	(51)
2.2 直流提升机调速系统计算机控制硬件设计方法	(54)
2.2.1 概述	(54)
2.2.2 直流提升机计算机控制调速系统硬件设计的一般问题	(55)
2.2.3 微处理器和控制芯片简介	(58)
2.2.4 直流提升机数字调速系统的构成	(67)
2.2.5 硬件系统设计中的抗干扰问题	(77)
2.2.6 反馈信号的检测	(80)

2.3 直流提升机调速系统计算机控制算法	(88)
2.3.1 直流提升机控制软件设计概述	(89)
2.3.2 电枢电流控制算法	(91)
2.3.3 转速控制算法	(96)
2.3.4 励磁电流控制算法	(98)
2.3.5 无环流控制算法	(100)
2.3.6 数字触发器原理	(101)
第3章 可编程序控制器(PLC)基础知识	(109)
3.1 概述	(109)
3.1.1 可编程序控制器的名称及定义	(109)
3.1.2 PLC的产生和发展	(110)
3.1.3 PLC的功能及特点	(111)
3.2 PLC系统的组成及工作原理	(114)
3.2.1 PLC的硬件系统	(114)
3.2.2 PLC的软件系统	(116)
3.2.3 PLC的基本工作原理	(117)
3.3 PLC的硬件简介	(120)
3.3.1 PLC常用的CPU	(120)
3.3.2 PLC常用的存储器	(120)
3.3.3 PLC常用的I/O模块	(121)
3.4 PLC的编程语言	(128)
3.4.1 梯形图	(128)
3.4.2 语句表	(129)
3.4.3 控制系统流程图	(130)
第4章 提升机提升行程PLC控制技术	(132)
4.1 速度给定方式分析	(132)
4.1.1 时间给定方式	(133)
4.1.2 行程给定方式	(135)
4.1.3 带加速度变化率限制的速度给定	(137)
4.2 S形速度给定曲线的算法分析	(139)
4.2.1 理想S形速度给定曲线基本公式	(139)
4.2.2 实际S形速度给定曲线参数校正方法	(141)

4.3 提升行程 PLC 控制器硬件的构成	(142)
4.3.1 PS307 电源模块	(142)
4.3.2 CPU314 模块	(143)
4.3.3 开关量输入模块 SM321	(143)
4.3.4 开关量输出模块 SM322	(143)
4.3.5 模拟量输入模块 SM331 和输出模块 SM332	(144)
4.3.6 FM350 高速计数模块	(144)
4.3.7 通信模块 CP340	(144)
4.4 提升行程 PLC 控制器的基本功能及软件设计	(144)
4.4.1 PLC 系统软件概述	(144)
4.4.2 行程控制器功能实现	(145)
4.4.3 PLC 行程控制器用户软件设计	(151)
第 5 章 提升机操作保护系统 PLC 控制技术	(155)
5.1 提升机 PLC 操作保护系统硬件配置及软件设计	(156)
5.1.1 硬件配置	(156)
5.1.2 软件设计	(157)
5.2 提升机的操作功能及逻辑闭锁	(159)
5.2.1 提升机运行控制信号	(160)
5.2.2 提升机运行方向控制信号的生成	(161)
5.3 提升机的保护功能及安全回路	(161)
5.3.1 双线式提升机安全保护系统	(161)
5.3.2 提升机故障分类	(162)
5.3.3 继电器安全回路	(163)
5.3.4 PLC 安全回路	(164)
5.4 提升机液压制动系统 PLC 控制原理	(164)
5.4.1 提升机制动系统的组成	(164)
5.4.2 液压站工作原理	(165)
5.4.3 液压制动系统 PLC 控制原理	(167)
5.5 提升机制动系统与传动系统的协调控制	(170)
5.5.1 模糊控制器隶属度函数的设定	(170)
5.5.2 控制规则的确定	(171)

第6章 提升机辅助系统 PLC 控制技术	(173)
6.1 概述	(173)
6.2 PLC 控制的主井提升信号和装、卸载系统	(174)
6.2.1 典型的主井装、卸载系统工艺流程	(174)
6.2.2 PLC 控制的主井提升信号和装、卸载系统	(176)
6.3 PLC 控制的副井提升信号和操车系统	(182)
6.3.1 系统的构成及特点	(182)
6.3.2 系统工作原理	(183)
第7章 提升机智能故障诊断系统	(185)
7.1 引言	(185)
7.2 提升系统主要故障现象与征兆分析	(186)
7.2.1 提升机故障的分类	(186)
7.2.2 主要故障现象与征兆	(186)
7.2.3 直流提升机主要故障产生原因分析	(191)
7.3 提升机离线式辅助诊断方法	(194)
7.3.1 故障树的诊断方法	(194)
7.3.2 专家系统方法	(196)
7.3.3 神经网络方法	(198)
7.3.4 离线式诊断系统的总体结构及辅助功能	(199)
7.4 提升机在线式监控与诊断方法	(200)
7.4.1 信息融合技术及在故障诊断系统中的应用	(200)
7.4.2 在线式监控与诊断系统信息获取策略	(201)
7.4.3 提升机故障的表现形式及诊断算法	(201)
7.5 直流提升机智能故障诊断系统的硬件结构	(204)
7.5.1 PLC 硬件配置	(204)
7.5.2 上位机硬件配置	(205)
7.5.3 上位机与 PLC 的通信连接	(205)
7.6 基于 VB 的直流提升机故障诊断系统软件设计	(207)
7.6.1 VB 的开发环境	(207)
7.6.2 故障检测与诊断流程图	(208)
7.6.3 监控屏幕布局设计	(211)

附录 ASCS 全数字调速电控系统调试方法	(215)
1 ASCS 全数字调速电控系统简介	(215)
2 ASCS 全数字调速电控系统调试方法	(216)
2.1 通电前的检查	(216)
2.2 通电实验	(216)
2.3 同步调试	(217)
2.4 输入与输出逻辑的调试	(218)
2.5 开环调试	(219)
2.6 闭环调试	(225)
2.7 整体调试(即和 PLC 部分联调)	(228)
参考文献	(229)

第1章 概 述

1.1 矿井提升系统

1.1.1 矿井提升系统的组成及拖动方式

矿井提升系统是由提升容器、提升钢丝绳、滚筒、减速器、井架和装卸载设备(或操车设备)以及拖动电机、电控设备和制动装置等组成的。

矿井提升机是矿井生产的重要环节,其主要任务是将原煤或矸石从井下提到地面,将材料、设备和人员运往井下,或从井下运到地面。它在矿井生产中占有极其重要的地位。

矿井提升是井上下运输的咽喉,为了保证生产和人员的安全,提升系统设备和运行必须安全可靠,一旦发生故障,不仅使全矿生产陷于停顿,而且可能造成严重的人身伤亡事故。

一般提升设备是非连续运行的,即需要经常启动、停车、反向运行,要保证设备以较高的速度安全地往返运行,要求提升系统的控制性能好,应有较高的调速性能和位置控制,同时具有可靠的安全保护。

矿井提升设备是矿山大型设备之一,其功率大,耗电也大,应尽量发挥设备的能力,减小提升循环时间,以减小吨煤电耗。矿井提升设备的造价以及运转费用,是影响矿井生产技术经济指标的重要因素之一。

1.1.1.1 提升类型

(1) 按结构和传动方式分

有缠绕式和摩擦式两种。缠绕式的主要工作机械是滚筒,有单滚筒和双滚筒、圆柱形和圆锥形之分。目前在用提升机均为圆柱形。摩擦式分为单绳 Koepe 式和多绳滚筒式。常用的是单绳缠绕式和多绳摩擦式两种。

① 单绳缠绕提升机。单绳缠绕式提升机如图 1-1 所示,是将钢丝绳的一端固定到提升机的滚筒上,另一端绕过井架上的天轮与提升容器相连接,利用两个滚筒上钢丝绳的缠绕方向的不同,当提升机转动时,使两个容器一个向上、一个向下,以完成提升任务。目前我国浅井及中等深度的矿井大部分使用单绳缠绕式双滚筒提升机。

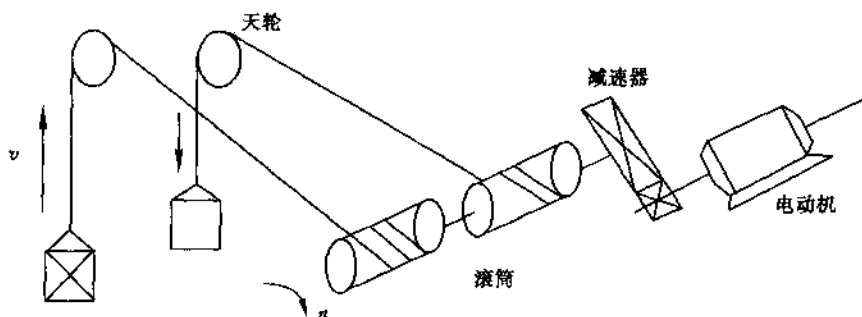


图 1-1 单绳缠绕提升系统示意图

② 多绳摩擦式提升机。又分为塔式和落地式两种。由于单绳缠绕式受滚筒容量的限制，提升能力又受单根钢丝绳强度的限制，因此在井较深、年产量大的矿井多采用多绳摩擦系统。多绳提升使用数根钢丝绳代替一根钢丝绳，并将钢丝绳搭放在主导轮上，提升容器悬在钢丝绳的两端，靠摩擦力实现容器的提升与下放运动。图 1-2 所示为多绳摩擦提升系统示意图，图中提升钢丝绳用四根，这样钢丝绳的直径变小了，摩擦轮直径因而也变小了，与单绳提升系统相比，钢丝绳与摩擦轮的直径均减小一半。因为多绳提升采用有尾绳提升系统（静负载基本保持不变），故为平衡提升系统。由于多绳提升系统具有突出的优点，目前被广泛采用。

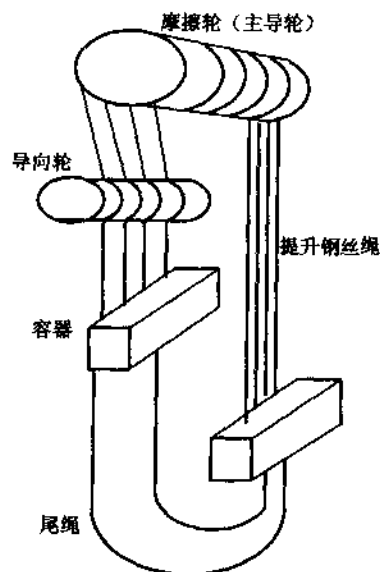


图 1-2 多绳摩擦提升系统示意图

(2) 按提升容器的种类分

① 箕斗提升设备：用于主井提升，采用箕斗提升，由于装卸载快，所以生产率高，一般都采用底卸式，当箕斗运行到卸载曲轨时，通过装在扇形闸门上的导轮，将扇形闸门打开，煤自动从箕斗底部流入煤仓。

② 罐笼提升设备：大型矿井用于副井提升，小型矿井也可兼作主井提升，它是将矿车推入其中，需要井底车场和地面车场。罐笼主要用于上下人员、材料、设备或矸石，也可用于提升有益矿物。

(3) 按井筒的角度分

① 立井提升：提升容器在井中做上下往复运动，具有位势负载性质。

② 斜井提升:可采用斜井串车提升,即采用矿车作为提升容器。也可采用斜井箕斗提升,具有生产能力大、装卸载自动化等优点。还可采用斜井胶带运输提升,具有安全可靠、运输量大等优点。

(4) 按用途和任务分

① 主井提升:用来提升有用矿物。

② 副井提升:用来升降人员、材料、设备和矸石,也称辅助提升。

1.1.1.2 拖动动力

提升机需要原动机拖动,原动机可用下面几种形式:

① 蒸气动力:效率低,已被淘汰。

② 压气动力:用于需要防爆的场合,效率低。

③ 液压传动:防爆,体积小但效率低,噪音大。

④ 电力拖动:效率高,电能传输方便,控制性能好,而且具有电气制动功能,是目前使用得最多的一种传动方式。

1.1.1.3 电力拖动的主要形式

(1) 按电流的种类分

可分为交流拖动和直流拖动两大类。交流拖动主要采用绕线型感应电动机,通过改变转子回路的电阻来控制转矩或转速,也有采用饱和电抗器或串级调速方式进行转矩或速度控制的。小容量的绞车也有采用鼠笼型电动机拖动的,为了满足调速要求,可采用改变极对数、改变定子电压或采用各种联轴器或离合器。随着电力电子技术的发展,交流调速系统越来越受到人们的重视,如交-交变频调速系统和大型无整流子电机用于矿井提升机的拖动。直流拖动有直流发电机-电动机组和可控硅供电两种形式,主要用于大型提升机的拖动。

(2) 按电机的数量分

有单机和双机之分。

(3) 按连接形式分

有带减速器和直联式两种。由于提升机大部分选用高速电动机,所以需经减速器进行减速,达到所设计的提升速度,但为了提高传动效率和工作的可靠性,可以不用减速器,而采用低速电机与提升机直联,虽然低速电机的造价高且效率低,但可以免除减速器的损失,综合考虑还是合算的。目前我国低速直联的直流提升机得到广泛使用。

1.1.1.4 拖动形式的选择

矿井提升设备的选型是否合理,直接影响矿井的基础投资、生产能力、安全可靠性以及吨煤成本,在选型时主要考虑以下几个因素:

(1) 初期投资费用

一般交流拖动系统初期投资便宜,但控制性能和调速性能不如直流拖动系统。

(2) 运行费用(包括维护费用)

交流拖动调速、启动需要转子附加电阻,特别是在爬行二次给电阶段大部分能量消耗在电阻中,运行费用较高;直流系统调速性能好,运行费用比较低。

(3) 控制性能

从传统意义上来说,直流电机的启动和调速性能优于交流电机。但随着电力电子技术的发展,采用可控硅变频的交流拖动系统也具有调速性能好的优点,因而很有发展前途。

(4) 容量的限制

绕线型感应电动机转子回路串电阻交流拖动最大容量为 1 000 kW,双机拖动可达 2 000 kW。

拖动容量大于 1 000 kW 和提升速度在 10 m/s 以上时,一般采用直流拖动比较合适。直流拖动中,由于发电机-电动机拖动系统的运行效率低、金属消耗量大、建筑费用高,因而限制了它的发展;而可控硅供电的直流拖动系统已得到广泛应用。

拖动容量大于 3 000 kW 时,既可以采用双机拖动的直流系统,也可以采用交-交变频供电的同步机拖动系统。

1.1.2 提升机的运行特点及对拖动控制的要求

1.1.2.1 提升机的运行特点

(1) 具有周期性

提升机的运行情况如图 1-3 所示,在 t_1 时刻,提升机启动,容器 A 开始上

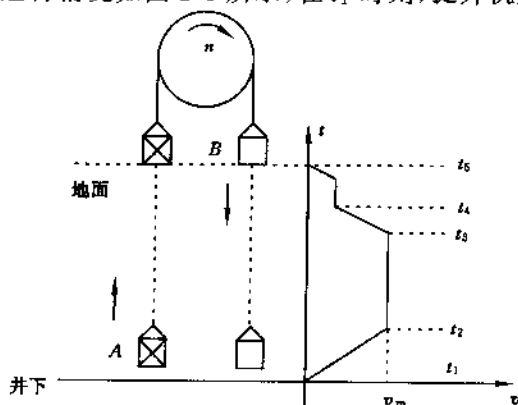


图 1-3 提升机运行示意图

提、容器 B 开始下放,到 t_2 时刻提升机由静止加速到最高运行速度 v_m ,当运行到 t_3 时刻时,提升机开始减速,到 t_4 时刻速度降至爬行速度,爬行速度是为了使容器准确停在需要的位置而设置的。当达到 t_5 时刻时,容器 A 到达最终位置,提升机停车,而容器 B 到达井底,下一次提升是容器 B 按照上述速度图运行,如此按一定规律,往返周期运行。

(2) 电动机存在两种运行状态

根据电动机负载情况的不同,电动机轴上的受力方向有时与容器的运动方向相反,如向上提升重物,就需要电动机发出拖动转矩,即为电动状态,我们称之为正力。有时轴上受力的方向与容器运动方向相同,如提升机下放重物,此时为了限制下放重物的速度,可采用制动状态,使电动机发出转矩的方向与重物方向相反,我们称之为负力。

(3) 绕线型感应电动机转子回路串电阻交流拖动系统在减速阶段电动机的运行状态,可能有三种情况:自由滑行、负力减速、正力减速

① 自由滑行。减速时,电动机从电网断开,电动机的拖动转矩为零,系统在阻力作用下逐渐减速。

② 负力减速。减速时,使电动机产生的力矩的方向与运动方向相反,此时电动机工作在制动状态,保证系统按照要求的减速度进行减速。

③ 正力减速。此时电动机仍处于电动状态,只不过产生的转矩小于负载转矩,以使提升系统按要求的减速度减速,避免减速度过大。

(4) 加速度、减速度的限制

由于提升系统存在有绳索(弹性环节),多数情况下还存在着减速器齿轮间隙,加速度过大,则会产生过大的机械震动应力,对机械有害。《煤矿安全规程》规定,当升降人员时,加速度不得大于 0.75 m/s^2 ,而在主井提升中,一般根据设计规定,加、减速度也最好不大于 1.2 m/s^2 。

近年来,为了改善钢丝绳在启动、制动过程中可能出现的动态张力,采用变加速度控制,或称加速度变化率限制,这样就可以在加、减速阶段减小冲击,同时也可减小钢丝绳的摆动。详细内容参见第4章。

1.1.2.2 提升机对拖动系统控制性能的要求

① 调速范围较宽,可高达100。

② 箕斗容器出卸载曲轨的速度应受到限制,一般不超过 1.5 m/s ,否则冲击大。

③ 升降人员时,加、减速度受到限制,与升降货物时速度图不同。

④ 启动和制动过程实现加、减速度的自动控制。

⑤ 便于实现自动、半自动控制,以减轻工人的劳动强度,避免由于人工操作