

矿

井

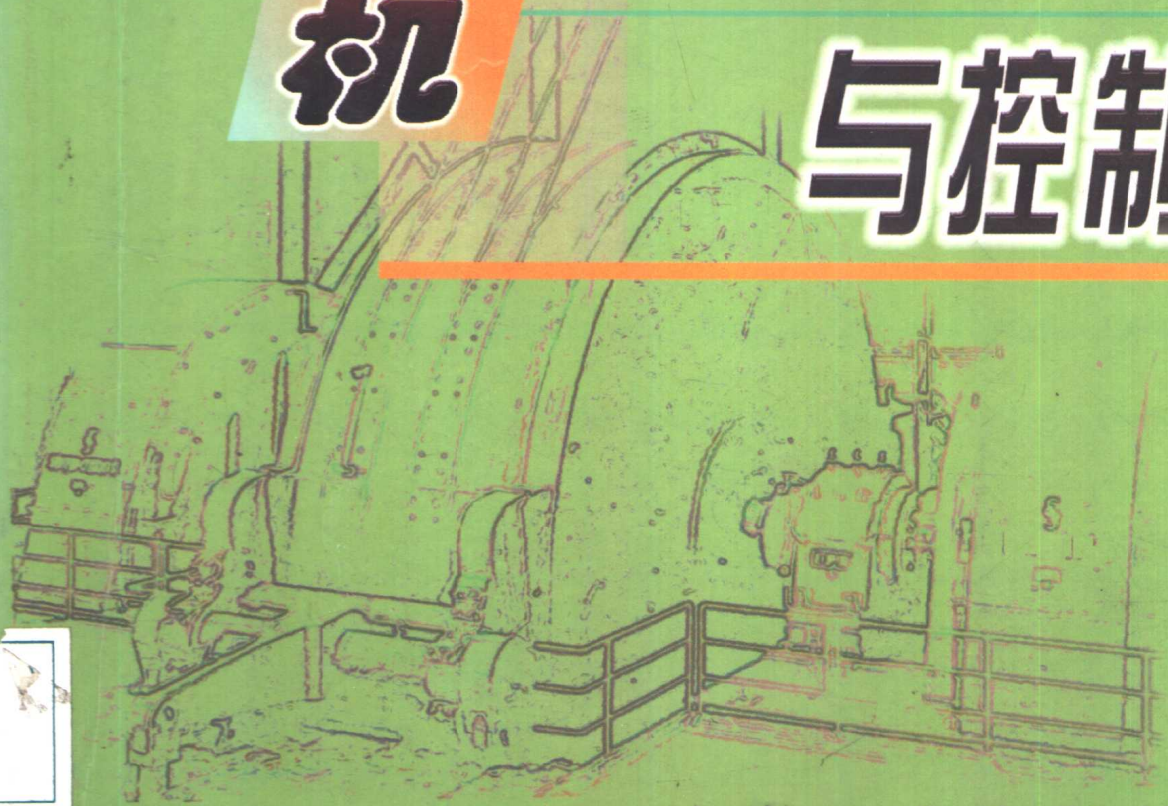
提

升

机

青岛建筑工程学院 卢 燕著

电力拖动 与控制



冶金工业出版社

TD534
L-911

矿井提升机电力 拖动与控制

青岛建筑工程学院 卢 燕 著

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2001

内 容 提 要

本书详细介绍了我国目前正在服务的矿井提升机的电控系统,包括主电路、控制电路、安全保护电路等,并以典型电控系统为例,对实际电路进行了较为详尽的分析。本书可作为高等院校相关专业师生和矿山企业机电技术人员的参考书,也可作为提升机制造、使用单位工人的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

矿井提升机电力拖动与控制/卢燕著. —北京:冶金工业出版社,2001.7

ISBN 7-5024-2777-5

I. 矿… II. 卢… III. ①矿井提升机—电力传动
②矿井提升机—控制 IV. TD534

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 26637 号

出版人 卿启云 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 王之光 田 锋 美术编辑 王耀忠 责任校对 栾雅谦 责任印制 李玉山

北京市顺义兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2001 年 7 月第 1 版,2001 年 7 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 18.5 印张; 447 千字; 288 页; 1-2000 册

36.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

矿井提升机是矿山生产的关键设备,提升机电控装置的技术性能,既直接影响矿山生产的效率及安全,又代表着矿井提升机发展的整体水平。

根据矿山企业对提升机电控系统的要求,提升机的电控技术水平近年来有了显著提高。我国目前正在服务的矿井提升机的电控系统主要有以下3种方案:转子电路串电阻的交流调速系统、直流发电机与直流电动机组成的G-M直流调速系统和晶闸管整流装置供电的V-M直流调速系统。本书根据目前我国矿山企业提升机电控装置的现状,对较常见的各类提升机电力拖动方案及其控制系统的原理进行了详尽介绍,并对几种典型控制线路进行了细致分析。本书的主要对象是高等院校相关专业的师生和矿井提升机现场的电气工程技术人員。

本书在编写过程中,曾得到鲁中矿山公司李云山高级工程师、吕鑫金高级工程师和青岛建筑工程学院王廷和研究员、马文祥副教授等同仁的大力支持,在此表示衷心感谢!

由于作者水平有限,不妥之处恳请读者批评指正。

作 者

2001年1月

ABF-29/07

目 录

第一章 概论	1
第一节 工艺对提升机电控系统的要求	1
第二节 常见提升机及其电控系统的型号	3
第三节 交流拖动和直流拖动	6
第二章 交流拖动系统	9
第一节 绕线式异步电动机转子回路串电阻调速	9
第二节 提升机主电动机转子电阻的计算	14
第三节 提升机的动力制动	25
第四节 TKD-A 电控系统线路分析	31
第五节 提升机的操作及控制顺序	47
第三章 G-M 直流拖动系统	50
第一节 概述	50
第二节 主要设备的选择计算	56
第三节 放大环节	60
第四节 反馈环节	78
第五节 给定环节	94
第六节 G-M 提升机系统的传递函数和动态特性	97
第四章 G-M 提升系统实例分析	105
第一节 系统原理图	105
第二节 线路分析	131
第三节 电控计算	152
第四节 控制元件一览表	163

第五章 V-M 直流拖动系统	172
第一节 可逆调速系统的电气控制方案.....	172
第二节 可逆调速系统的工作状态及机械特性.....	174
第三节 晶闸管变流装置的设计计算.....	185
第四节 矿井提升机 V-M 系统的构成及工作过程	202
第五节 V-M 系统的动态分析	207
 第六章 V-M 系统的标准控制单元	215
第一节 触发器.....	215
第二节 调节器.....	221
第三节 变送器.....	226
第四节 检测器.....	231
第五节 换向逻辑.....	235
第六节 其他控制单元.....	238
 第七章 V-M 提升系统实例分析	258
第一节 系统工作原理.....	259
第二节 操作及保护部分.....	264
第三节 主要电器元件作用表.....	285
 参考文献	288

第一章 概论

第一节 工艺对提升机电控系统的要求

矿井提升机是矿山运输系统中的主要设备之一,主要用于矿井提升矿石(主井)或人员、材料(副井)。不论何种提升系统,都有固定的循环运行方式,亦即按照一定的速度图进行运转,目前,典型的的速度图有以下两种:

(1) 三阶段速度图、加速度图及其相应的力图,如图 1-1 所示。

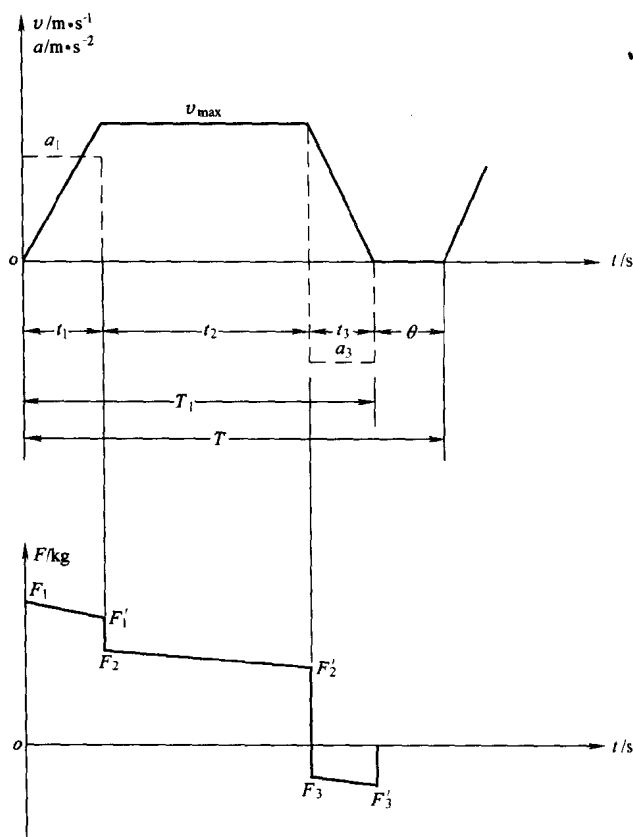


图 1-1 三阶段速度图、加速度图及其相应的力图

提升高度 $H = h_1 + h_2 + h_3$, 式中 h_1 、 h_2 、 h_3 分别为加速、等速、减速运行距离, 单位为 m; 一次提升时间 $T_1 = t_1 + t_2 + t_3$, 式中 t_1 、 t_2 、 t_3 分别为加速、等速、减速运行时间, 单位为 s; 一次全提升时间 $T = T_1 + \theta$, 式中 θ 为停歇时间, 单位为 s。

F_1 、 F_1' 、 F_2 、 F_2' 、 F_3 、 F_3' 分别为加速、等速、减速阶段开始及终了时作用在提升机卷筒周边上的力,单位为 kg。

(2) 五阶段速度图、加速度图及其相应的力图,如图 1-2 所示。

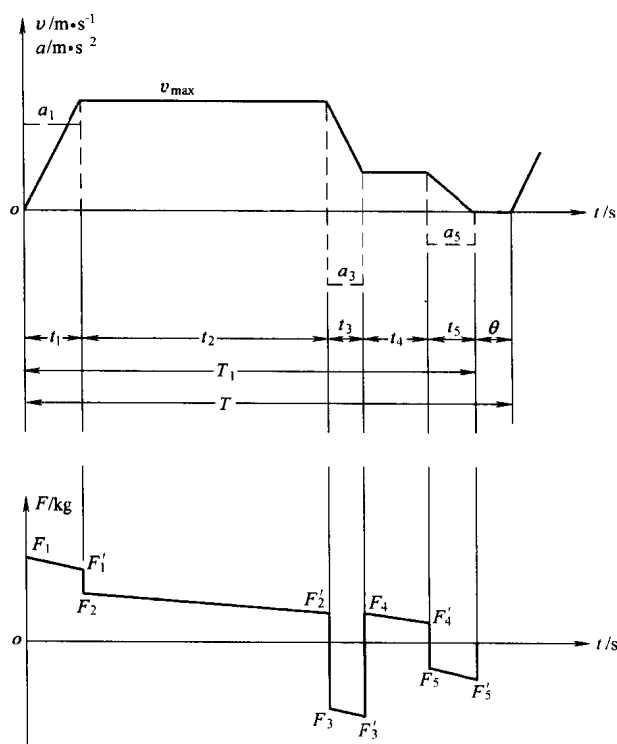


图 1-2 五阶段速度图、加速度图及其相应的力图

由图 1-1 及图 1-2 可以看出,一次提升循环的速度和力均是变化的,即使在同一运行阶段,力的大小也略有改变(如 $F_1 \neq F_1'$, 但等重系统情况好得多)。同时,加速阶段为要保证一定的加速度,由于负荷的变化则要求不同的减速方式等等,综合以上因素及矿山固有的特点,工艺对提升机电控系统的要求如下:

(1) 加(减)速度大小的确定应符合以下条件:

1) 应符合国家有关安全生产规程的规定。升降人员时,加速度 $a \leq 0.75 \text{ m/s}^2$, 升降物料时,加速度 $a \leq 1.2 \text{ m/s}^2$ 。

2) 应不超过提升机的减速器所允许的动力矩。

(2) 具有良好的调速性能。要求速度平稳,调速方便,调速范围大,能满足各种运行方式及提升阶段(如加速、减速、等速、爬行等)稳定运行的要求。

(3) 有较好的启动性能。提升机不同于其他机械,不可能待系统运转后再装加物料,因此,必须能重载启动,有较高的过负荷能力。

(4) 特性曲线要硬。要保证负载变化时,提升速度基本上不受影响,防止负载不同时,速降过大,影响系统正常工作(当然,当负载超过一定的限度时,还要求系统能有效地自我保护,迅速安全制动停车,即所谓要具备挖土机机械特性)。

(5) 工作方式转换容易。要能够方便地进行自动、半自动、手动、验绳、调绳等工作方式

的转换,操作方便,控制灵活,不至于因工作方式的转换影响正常生产。

- (6) 尽量采用新技术和节能设备,易于实现自动化控制和提高整个系统的工作效率。
- (7) 要求具备各种必要的连锁和安全保护环节,确保系统安全运行。
- (8) 要尽量节约投资和降低运转费用。

第二节 常见提升机及其电控系统的型号

由于各种类型提升机产自不同生产厂,因此型号标注和各种符号代表的意义有所不同,现将常见的国产提升机及其电控系统的型号,型号中各种符号所代表的意义说明如下:

(1) JK 系列单绳圆柱型滚筒小绞车。型号标注方法如下:

$$\begin{array}{ccccccc} \square & J & K & - & \square & / & \square \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \textcircled{1} & \textcircled{2} & \textcircled{3} & & \textcircled{4} & & \textcircled{5} \end{array}$$

各种符号所代表的意义:

- ① $\square$ ——滚筒个数(无加注为单滚筒,2 为双滚筒);
- ② J——绞车;
- ③ K——矿井;
- ④ $\square$ ——滚筒直径,m;
- ⑤ $\square$ ——减速器速比。

例 1:JK-2.5/30 表示单绳单滚筒矿井绞车,滚筒直径 2.5m,减速器速比为 30。

例 2:2JK-3.5/11.5 表示单绳双滚筒矿井绞车,滚筒直径 3.5m,减速器速比为 11.5。

(2) JT 系列单绳圆柱型滚筒小绞车。型号标注方法如下:

$$\begin{array}{ccccccc} \square & J & T & \square & \times & \square & - \square \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \textcircled{1} & \textcircled{2} & \textcircled{3} & \textcircled{4} & \textcircled{5} & & \textcircled{6} \end{array}$$

各种符号所代表的意义:

- ① $\square$ ——滚筒个数(无加注为单滚筒,2 为双滚筒);
- ② J——绞车;
- ③ T——提升;
- ④ $\square$ ——滚筒直径,mm;
- ⑤ $\square$ ——滚筒宽度,mm;
- ⑥ $\square$ ——减速器速比。

例 1:JT1600 × 1200-20 表示单绳单滚筒提升绞车,滚筒直径 1600mm,滚筒宽度 1200mm,减速器速比为 20。

例 2:2JT1200 × 800-24 表示单绳双滚筒提升绞车,滚筒直径 1200mm,滚筒宽度 800mm,减速器速比为 24。

(3) JKM 系列、JKMD 系列多绳摩擦轮提升机(洛阳矿山机械厂)。型号标注方法如下:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{J} & \text{K} & \text{M} & \square & \square & \times & \square & \square \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ \textcircled{1} & \textcircled{2} & \textcircled{3} & \textcircled{4} & \textcircled{5} & & \textcircled{6} & \textcircled{7} \end{array}$$

各种符号所代表的意义:

- ① J——提升机;
- ② K——矿井;
- ③ M——多绳摩擦轮(洛阳矿山机械厂标注方法);
- ④ $\square$ ——提升机安装方式(无标注为井塔式,D 为落地式);
- ⑤ $\square$ ——主滚筒直径,m;
- ⑥ $\square$ ——提升钢绳(即首绳)根数;
- ⑦ $\square$ ——传动形式[●](无加注为单机,Ⅱ为双机)。

例 1:JKM2.8×6 表示井塔式多绳摩擦轮矿井提升机,主滚筒直径 2.8m,首绳 6 根,单机传动。

例 2:JKMD4×4 表示落地式多绳摩擦轮矿井提升机,主滚筒直径 4m,首绳 4 根,单机传动。

(4) JKD 系列多绳摩擦轮提升机(上海冶金矿山机械厂)。型号标注方法如下:

$$\begin{array}{ccccc} \text{J} & \text{K} & \text{D} & \square & \times & \square \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \textcircled{1} & \textcircled{2} & \textcircled{3} & \textcircled{4} & & \textcircled{5} \end{array}$$

各种符号代表的意义:

- ① J——提升机;
- ② K——矿井;
- ③ D——多绳摩擦轮(上海冶金矿山机械厂标注方法);
- ④ $\square$ ——主滚筒直径,mm;
- ⑤ $\square$ ——首绳根数。

例:JKD2800×6 表示多绳摩擦轮矿井提升机,主滚筒直径 2800mm,首绳 6 根。

(5) TKM 系列电控设备(湘潭电机厂)。型号标注方法如下:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{T} & \text{K} & \text{M} & - & \square & \square & \square & \square \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \textcircled{1} & \textcircled{2} & \textcircled{3} & & \textcircled{4} & \textcircled{5} & \textcircled{6} & \textcircled{7} \end{array}$$

● 有的资料为⑦ $\square$ 为减速器种类说明。Ⅰ为弹性基础减速器中心驱动式;Ⅱ为刚性基础减速器侧动式;Ⅲ为无减速器,直流直联。

各种符号所代表的意义:

- ① T——(交流)提升机;
- ② K——电控设备;
- ③ M——多绳摩擦轮;
- ④ □——制动方式(2 为三相可控硅动力制动,3 为低频机组动力制动);
- ⑤ □——高低压,2 为高压 6000V;
- ⑥ □——转子磁力站级数,B 为 12 级;
- ⑦ □——电机转子主回路电流等级(9 为 900A 及以下,6 为 600A 及以下)。

例:TKM-22B6 表示交流多绳摩擦轮提升机电控设备,制动方式:三相可控硅动力制动,主电动机定子电压:6000V,转子磁力站级数:12 级,转子主回路电流:600A(或 600A 以下)。

(6) JKMK/J-A 系列电控设备(天津电控设备厂)。型号标注方法如下:

J	K	M	K/J	—	A	—	□	□	□	□
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	

各种符号所代表的意义:

- ① J——提升机;
- ② K——矿井;
- ③ M——多绳摩擦轮;
- ④ K——电控设备;
- ⑤ J——交流;
- ⑥ A——改型标记(统一设计,改型的主要内容有:1)动力制动改为带晶闸管整流装置;2)液压站上改为装有两套油泵和电动机;3)改单自整角机为双自整角机;4)可调闸改为闭环运行系统);
- ⑦ □——微机或低频拖动(0 为不带微机或低频拖动,1 为带微机拖动,2 为带低频拖动);
- ⑧ □——动力制动(0 为不带动力制动装置,1 为带动力制动装置);
- ⑨ □——转子电流等级(Ⅱ为 600A 及以下,Ⅲ为 900A 及以下);
- ⑩ □——传动形式(I 为单电机,Ⅱ为双电机)。

例:JKMK/J-A-01Ⅱ(Ⅱ表示交流多绳摩擦轮矿井提升机电控设备(改型),不带微机或低频拖动,带动力制动装置,转子主回路电流 600A(或 600A 以下),双电机拖动)。

(7) TKD 系列、TKD-A 系列电控设备。型号标注方法如下:

T	K	D	—	□	—	□	□	□	□	/□
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨		

各种符号所代表的意义:

- ① T——提升机;

- ② K——电控设备;
- ③ D——单绳;
- ④ □——系列符号(无加注为原系列,A 为派生系列);
- ⑤ □——有无电气制动(0 为无电气制动,1 为机组动力制动,2 为三相可控硅动力制动,3 为低频制动,4 为单相可控硅动力制动);
- ⑥ □——高压或低压(2 为高压,1 为低压);
- ⑦ □——磁力站级数(8 为 8 级,5 为 5 级);
- ⑧ □——磁力站主回路电流(9 为 900A 及以下,6 为 600A 及以下);
- ⑨ □——传动形式(无加注为单机,S 为双机)。

例:TKD-A-3289/s 表示单绳提升机电控设备(派生系列)带低频制动,主电机定子电压 6000V,磁力站级数为 8 级,磁力站转子主回路电流 900A(或 900A 以下),双机拖动。

(8) ZKJ 系列电控设备。型号标注方法如下:

Z	K	J	—	□	□	□
⋮	⋮	⋮		⋮	⋮	⋮
①	②	③		④	⑤	⑥

各种符号所代表的意义:

- ① Z——磁力站;
- ② K——矿井;
- ③ J——提升机;
- ④ □——制动闸形式(W 为瓦块闸系统,P 为盘形闸系统);
- ⑤ □——一位或两位数字(1~5 为转子屏与电源屏的组合类别,12 为 1.2m 提升机,16 为 1.6m 提升机);
- ⑥ □——两位数字,表示转子主回路电流等级(以额定电流的 1/10 表示)。

例:ZKJ-P1215 表示 1.2m 矿井提升机转子磁力站,盘形闸系统,转子主回路电流 150A。

第三节 交流拖动和直流拖动

矿井提升机,从电力拖动而言,可分为交流拖动和直流拖动两大类。

交流拖动系统具有结构简单,坚固耐用,建筑面积小,维护方便,运行可靠,价格低廉,设备供货容易,安装调试周期短等优点。主要缺点是启动阶段电能损耗较大,当用于要求频繁启动或不同运行速度的多水平提升机时就更为不经济。但用于单水平深井提升时,其提升效率实际上与用发电机组供电的直流拖动系统相当。此外,在调速性能方面,交流拖动系统一般不如直流拖动系统优越,但选用了动力制动、低频制动、可调机械闸、负荷测量、计量装载等辅助装置后,交流拖动系统亦可获得满意的调速性能。综合以上原因,交流拖动系统在我国中小型矿山或中等深度以下矿井获得了广泛应用。但是,由于交流开关容量的限制,单台交流拖动电机的容量一般不能大于 1000kW,当功率超过 1000kW 而又需要用交流拖动时,则利用两台绕线型异步电动机并轴进行拖动,即所谓双机拖动。双机拖动系统与单机拖

动系统比较,有以下几个特点:

(1) 如果生产条件允许,两台电动机分期安装,例如可先装设一台,生产发展需要时再增设一台,可大大提高系统效率。

(2) 利用两台电动机不同的工作方式,例如减速阶段一台制动,另一台电动,可得到一个合成的低速爬行硬特性。

(3) 利用两台电动机转子电阻的交替切除,可使平均启动力矩大大增加。

(4) 在故障情况下,可以降低负荷单机运行,使两台电动机达到互为备用的目的。

(5) 控制设备较单机拖动系统复杂,安装、调试、维护不便。

同样,出于交流开关设备容量的限制,双机拖动系统整机功率只能达到 2000kW,当提升机主拖动电机功率大于 2000kW 时,均采用直流拖动方案。

直流拖动系统一般采用直流他激电动机作为主拖动电机,它具有调速性能好,低速阶段能够稳定运行,在加速,减速和低速运行时的电耗小,容易实现自动化控制等优点。根据供电方式不同,直流拖动系统又可分为两类,一类是发电机组供电的系统(简称 G-M 系统),一类是晶闸管供电的系统(简称 V-M 系统)。

G-M 系统的特点是过载能力强,所需设备均为常规定型产品,供货容易,运行可靠,维护工作量大但技术要求不高,对系统以外的电网不会造成有害的影响,即不会引起电力公害等等。

与 G-M 系统相比,V-M 系统具有以下优点:

(1) 功率放大倍数大。G-M 系统的功率放大倍数在 10^1 左右,V-M 系统可高达 10^4 ,比 G-M 系统高 3 个数量级。

(2) 快速响应性好。G-M 系统为秒级,V-M 系统为毫秒级,比 G-M 系统快 3 个数量级,因而动态品质快速性能较佳。

(3) 功耗小、效率高。G-M 系统平均效率为 75% 左右,V-M 系统可达 85% 左右,比 G-M 系统效率提高 10% 以上。

(4) 调速范围大。由于剩磁影响,G-M 系统在调速时转速受到限制,而 V-M 系统调速时速度从零到最大速度都能控制。

(5) 运行可靠。V-M 系统变流部分是静止设备。无转动部分,运行稳定可靠,而且无噪声,安装及维护工作量都较少。

(6) 设备费用低。G-M 系统设备复杂、庞大,需要大量的钢铁和有色金属进行制造,而 V-M 系统设备重量轻、辅助设备少、占地面积小。据统计,在相同条件下,V-M 提升系统在设备投资方面,比 G-M 提升系统节省 20% 以上。

由于直流拖动系统具有调速性能好的优点,是交流拖动系统无法相比的,而 V-M 系统又具有以上一些突出的优点,因此,在大型提升机方面,目前世界各国大多采用直流拖动方案,而尤以 V-M 系统为主。但是,根据国内生产实践经验表明,V-M 系统尚存在以下缺点:

(1) 晶闸管元件的过载能力(过电压、过电流)较低,因而在矿井提升机系统中作为供电元件时,为了适应瞬时过载(例如提升机的加速阶段)的需要,通常将元件的容量和耐压等级都相应增大,或者增加使用的晶闸管元件数量,使元件作串联或并联运行,即使用的元件在正常负载时处于低负荷(降级使用),以确保在过载的加速阶段,晶闸管元件的负荷仍然在额定负荷的范围内,不致由于所出现的过负荷使晶闸管元件烧毁。由于这种降级使用,也给生

产维护上增加了困难。

(2) 有冲击性的无功功率。由于高次谐波的影响,使电网电压的波动加大并导致畸变,即所谓引起“电力公害”;同时,低速时功率因数也较低。

目前,在用的国产多绳摩擦轮提升机,G-M 直流拖动系统仍占一定比例,而进口的直流拖动提升系统,则全部采用 V-M 系统。

第二章 交流拖动系统

第一节 绕线式异步电动机转子回路串电阻调速

鼠笼式异步电动机尽管结构简单、价格便宜、维护方便，但很难满足提升机启动和调速性能的要求，因此，矿井提升机交流拖动系统均选用绕线式异步电动机作为主拖动电动机，绕线式异步电动机转子串电阻后能限制启动电流和提高启动转矩，并能在一定范围内进行调速。为了说明这一问题，可用其机械特性进行分析。

绕线式异步电动机的机械特性方程用式(2-1)表示：

$$M = \frac{2M_m}{\frac{S}{S_m} + \frac{S_m}{S}} \tag{2-1}$$

- 式中 M ——电动机某瞬间所产生的电磁转矩；
 M_m ——电动机的最大转矩(临界转矩)；
 S_m ——对应于最大转矩 M_m 的转差率(临界转差率)；
 S ——对应于转矩 M 的转差率，转差率 S 可用下式表示： $S = \frac{n_0 - n}{n_0}$
 n ——与转矩 M 对应的转速；
 n_0 ——电动机的同步转速。

由式(2-1)可绘出电动机的特性曲线，如图 2-1 所示。

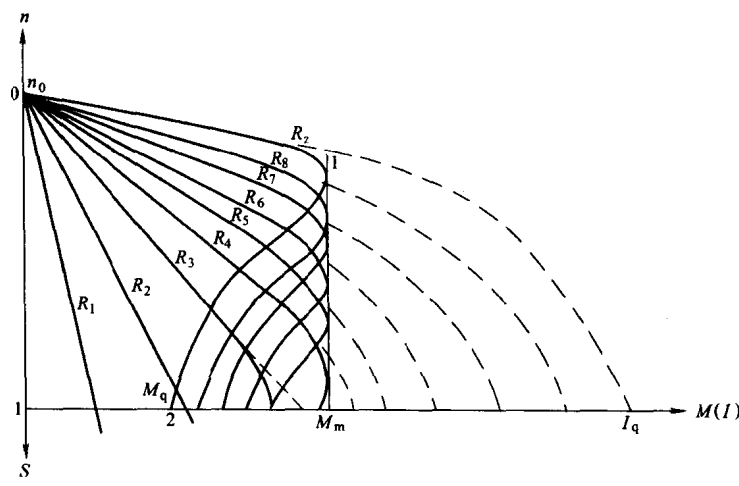


图 2-1 异步电动机机械特性曲线

图 2-1 中 R_z 为自然特性, $R_1 \sim R_8$ 为人工特性。在 R_z 特性曲线中, $n_0 \sim 1$ 段曲线为稳定运行区域, $1 \sim M_q$ 段为不稳定运行区域。另外, 在自然特性上, 启动转矩 M_q 很小, 而启动电流 I_q 很大。为了使提升机在低速时也能得到稳定运行区域, 同时加大启动转矩和减小启动电流。必须在电动机转子内适当的配置电阻, 以获得不同的人工特性。图 2-1 中 $R_1 \sim R_8$, 即为在电机转子中串有八段电阻的人工特性曲线。

下面以图 1-2 所示的五阶段速度图为例, 分析电动机是如何按照预定的速度图工作的。

一、提升机的加速

当电动机与电网接通后, 由于这时全部电阻串接在转子回路内, 形成如图 2-2 所示的特性曲线 R_{pr1} , 此时启动转矩一般为电动机额定转矩 M_e 的 $0.3 \sim 0.4$ 倍, 且小于其静阻力矩 M_j , 故仅能使提升钢丝绳张紧, 并消除减速器的齿间隙。在 R_{pr1} 特性曲线上经过少许停留后 (约为 $0.75s$), 司机即切除第一段电阻 ΔR_{pr1} , 使电机转入特性曲线由 R_{pr2} 上运转。在图 2-2 中, 即由 a 点转换到 a' 点, 这时拖动转矩 M_{pr2} 大于静阻力矩 M_j , 电动机便沿着 R_{pr2} 特性曲线由 a' 点加速到 A'' 点 (实际上, 图 1-2 所示的五阶段速度图中并没有表示出这一段加速过程, 若将该段表示出来, 则成为六阶段速度图), 如果系统为箕斗提升, 这相当于箕斗沿卸载曲轨运行的时间, 如果此后不加任何控制, 电机将沿 R_{pr2} 特性曲线继续加速到 X 点, 该点电机转矩与静阻力矩相等, 提升机便以此低速等速运行, 这显然是不合理的。为了使提升机能达到稳定工作点 P , 当电动机运行到 A'' 时, 司机必须及时切除一段电阻 ΔR_{pr2} , 使电机转入到

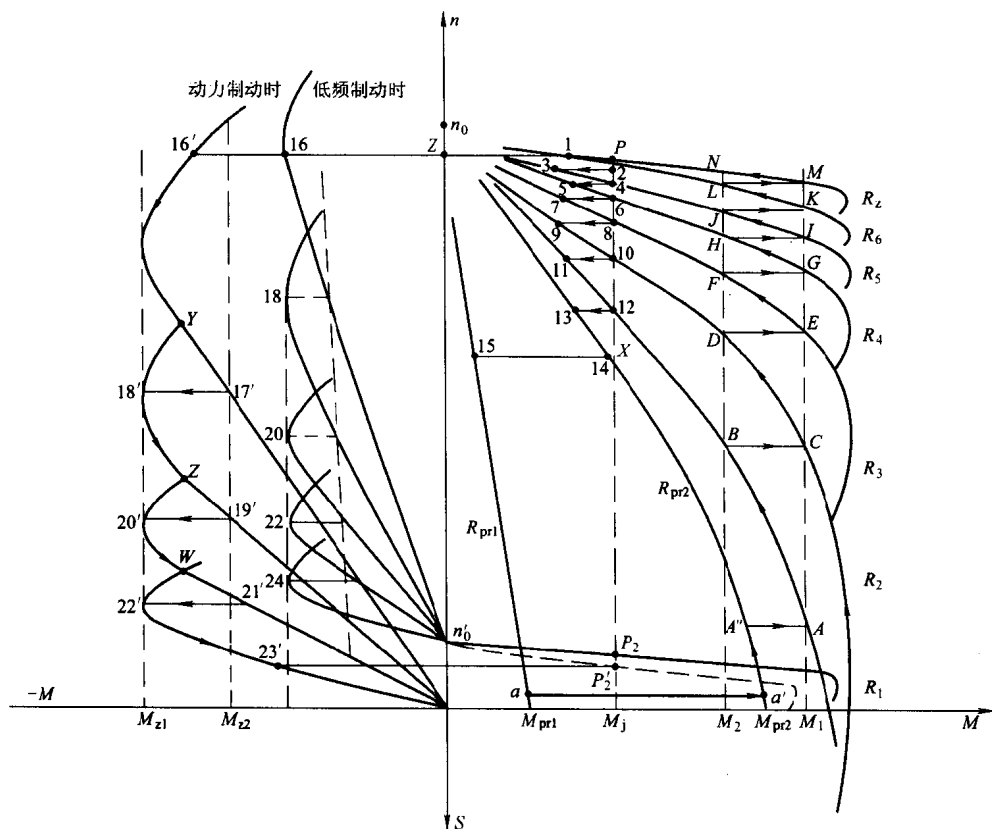


图 2-2 提升机电机的特性曲线

特线曲线 R_1 上运行。同理当电机在 R_1 上由 A 点运行到 B 点必须再及时切除一段电阻 ΔR_1 , 工作点由 B 点又跳到 C 点, 如此继续下去, 电动机便可按照设计的主加速度达到拖动转矩与静阻力矩相等的稳定运行点 P , 这时提升机的速度为最大提升速度 $v_{\max}$, 提升机开始等速运行。等速运行阶段提升机不需任何控制。由图 2-2 看出, 为了使启动平稳, 得到一个固定的平均加速度, 应使电机各条特性的峰值力矩 M_1 和切换力矩 M_2 都相等, 要想达到这一要求, 必须正确的配置转子电阻, 并需适当的加以控制。

目前, 加速阶段的控制方法有以时限、电流、电流为主附加时限、时间为主电流为辅以及电流时间独立控制等几种方案。如果单纯用时间控制时, 在负荷变化的情况下, 虽能保证启动时间不变, 但由图 2-3 可看出, 当负荷加大时, 第一条特性曲线的切换点将由正常的 B 点变为 B' 点。在其他各条特性曲线上也发生类似现象。由于启动转矩的上下限随负荷大小而变化, 负荷过重时有造成油开关跳闸的可能。如果单纯用电流控制时, 如图 2-3 所示, 当负荷变化时, 虽能保证启动转矩的上下限不变, 但启动加速度和启动时间却随负荷而变化。负荷过小, 有可能使加速度过大, 不够安全。为了在一定范围内适应负荷的变化, 同时满足力矩上下限和时间变化均不太大的要求, 目前提升机的电控系统多数采用以电流为主附加延时的控制方案, 其控制特性曲线如图 2-4 所示。每级电阻靠电流继电器在 M_j 时释放后再经过一段延时才能切换。延时的时限一般占总时限的 25% 左右。无论负荷变化与否, 电流继电器的释放值均不变。例如当负荷变重时, 由于电流继电器仍在 M_j 时释放, 故 B' 点虽稍离正常切换点 B , 但差值甚小, 以后各级情况类似。电机将沿 $AB'C'D'E'$ 加速, 使启动电流的上下限和启动时间均变化不大, 部分地改善了单纯按时限或单纯按电流控制的缺点。

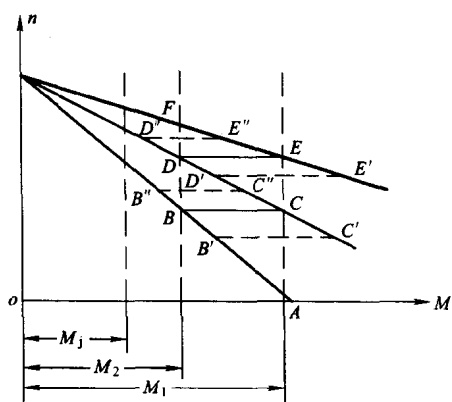


图 2-3 单纯用时限或电流控制的特性曲线

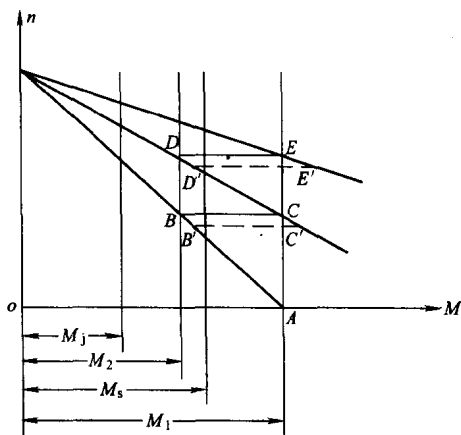


图 2-4 以电流为主附加延时的控制特性曲线

为了在较大范围内适应负荷的变化, 并能均匀平稳地自动加速, JKMK/J 电控系统中采用了电流、时间独立控制的加速系统, 电阻的切除是靠时间和电流两个因素控制。此时各时间继电器 SJ 的延时是按在额定负荷下在其相应控制的特性曲线上, 由最大力矩 M_1 运转至切换力矩 M_2 的运行时间来整定。电流继电器则按额定负荷下规定的加速度进行整定, 启动的峰值电流即为电流继电器的吸合值, 其切换电流即为电流继电器的释放值。这样, 在额定负荷下的加速过程自然是合适的, 既适合于启动电流又符合启动时间的要求。重载时, 时