

感应电动机拖动的 矿井提升机自动化

〔苏联〕 M. И. 瓦西列夫斯基 等著

楊 健 民 譯

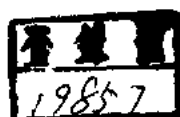


中国工业出版社

感应电动机拖动的 矿井提升机自动化

[苏联] M. H. 瓦西列夫斯基 E. C. 特劳别 K. Γ. 维伊斯别格 著

楊健民 译



中国工业出版社

本书介绍矿井提升机自动化的各种方法及线路。前两章阐述基本理论及要求，其余各章分别讲解自动化控制系统及所需的各种控制装置、保护装置与元件。作者用较大篇幅详细介绍了被实用的 МПЧ-150 型机械变频器、ОРДП 型调节器、大容量液体变阻器和小尺寸换向器。此外对元件的计算和选择也做了适当介绍。

本书对自动化系统各环节阐述比较具体，可供从事矿井提升机自动化研究、设计、使用的技术人员参考。

М. И. Васильевский Е. С. Траубе К. Г. Вейсберг
**АВТОМАТИЗАЦИЯ ШАХТНЫХ
ПОДЪЕМНЫХ МАШИН
С АСИНХРОННЫМ ПРИВОДОМ**
Госгортехиздат Москва—1962

* * *

感应电动机拖动的矿井提升机自动化

楊 健 民 譯

*

煤炭工业部书刊编辑室編輯（北京东长安街煤炭工业部大楼）

中国工业出版社出版（北京修门内大街四十四号）

北京市书刊出版业营业登记证出字第116号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张8%·插页5·字数177,000

1965年9月北京第一版·1965年9月北京第一次印刷

印数0001—2,600·定价(科四)0.95元

*

统一书号：15165·4088(煤炭-298)

譯 者 序

感应电动机拖动的矿井提升机自动化的关键，在于减速和爬行阶段速度的控制。近十几年来，随着感应电动机容量和电压等级的不断提高，用感应电动机拖动的矿井提升机的数量越来越多，所以国内外有不少学者和工程技术人员在这方面作了大量研究工作，提出了各种各样的自动化线路及元件，特别是变频器式样更多了，如西门子的《利达》变频器组、英国交流凸极整流子发电机等。本书介绍了苏联国立煤矿电气设备设计研究院所设计的一种 МПЧ-150 型机械变频器。该装置在爬行阶段将直流电变成低频三相交流电供给提升电动机的定子实现稳定低速爬行。

作者还用较多的篇幅介绍了关于用 ЭРДП 型电动压力调节器来控制工作闸的自动化系统。由于这种调节器既可作成电动液压的也可作成电动气压的，所以对液压或气压制动系统均可使用，安装时不需要增添更多的新元件，控制盘所要改动的线路较少，调节器的结构也比较简单，在井筒不太深的情況下，用于不常下放重物的中小型提升机上比较适宜，特别是用来改造现有提升机更为方便。

目前，对绕线型高压异步电动机的接通、断开及换向多采用 КТП-6200 系列的换向器，由于它的熄弧效率低，对 6 千伏高压来讲，需要将换向器作成三个极的，尺寸相当大，所能控制高压电动机的容量仅在 1000 瓩以下，这就限制了感应电动机进一步的应用。在本书内介绍了一种具有多级熄弧室和强磁吹式小尺寸高压换向器（PBM 型），这种换向器可

IV

控制电压为 1 万伏而容量达 4 千瓦的高压电动机，而且尺寸也相当小，这对今后采用高压大容量繞线型电动机拖动的提升机創造了一个良好的条件。

此外，本书还介紹了提升机自动化的一些其它新元件，例如，无触点限位开关、松绳監視开关、閘瓦磨損开关等。

在本书翻譯过程中，曾得到煤炭工业部提升机自动化工作组有关同志的大力协助，特别是周风起、孙福星和范世义等同志对譯稿作了大量的校正工作，提出了不少宝贵的意見，在此特表示謝意。

目 录

译者序

第一章 感应电动机拖动的矿井提升机自动化的基本

原理	1
----	---

§1 自动控制系统的基本方式及作用	1
§2 自动调节系统所用的元件	7
§3 按被调量偏差值的自动调节系统	11
§4 按扰动量的自动调节系统及复合调节系统	16
§5 自动调节系统的品质	18
§6 提升机起动自动化	23
§7 减速阶段的自动化	33
§8 爬行阶段的自动化	43
§9 选择自动化系统的建议	49

第二章 对自动控制系统的要求

§1 一般要求	53
§2 对设备的用途及运行方式的一些要求	54
§3 提升设备的保护	55
§4 装载设备和辅助设备的闭锁	57
§5 自动控制回路本身的监视	59
§6 设备运行方式信号	60

第三章 减速阶段用动力制动和爬行阶段电动机用低频

电流供电时提升设备的自动控制	61
----------------	----

§1 概述	61
§2 继电式行程调节器	61
§3 提升电动机转子回路用金属电阻的线路	67

VI

§ 4	提升电动机轉子回路用液体变阻器的线路	83
第四章	用机械制动自动控制的提升机	97
§ 1	具有自动控制机械閉系統的行程調节线路	97
§ 2	提升电动机轉子回路为金属电阻用机械制动提升設 备的自动控制	103
§ 3	提升电动机轉子回路为金属电阻用动力制动和机械 制动自动控制的提升設備	117
§ 4	提升电动机轉子回路为液体变阻器及用机械制动提 升设备的自动控制	122
第五章	提升設備自动化所用装置的选择	126
§ 1	概述	126
§ 2	动力制动发电机的选择	126
§ 3	继电式行程調节器所用元件的計算及选择	136
§ 4	用机械制动的自动化线路所用装置的計算和选择	139
第六章	制动装置和液体变阻器伺服拖动装置的自动 控制元件	150
§ 1	电动气压調节器和电动液压調节器的作用原理及 类型	150
§ 2	用电动气压和电动液压調节器时制动装置的特点	160
§ 3	采用电动气压調节器时HEM3制动传动装置的控制 系統	165
§ 4	当采用ЭРДП-1 型及ЭРДП-2 型調节器时对 具有 HEM3閉的现有提升机控制盘的改进	171
§ 5	ЭРДП-1 型和ЭРДП-2 型調节器的結構特点	175
§ 6	运行中ЭРДП-1 及ЭРДП-2 型調节器的整定	178
§ 7	制动閉木位置的反饋裝置	182
§ 8	用ЛКСМУ-15 液 压传动閉时提升机自动化所用装 置的特点	184
第七章	自动化提升設備典型控制装置及保护装置	188

§ 1	概述	188
§ 2	行程控制器	189
§ 3	自动控制盘	194
§ 4	終端开关	198
§ 5	松绳監視裝置	202
§ 6	制动閘木磨損監視开关	206
§ 7	制动气缸压力監視继电器	209
§ 8	控制自动提升設備用的轉轍指示器	211
§ 9	自动同步深度指示器	216
§ 10	极化继电器	221
第八章	控制感应电动机主回路的設備	238
§ 1	小尺寸高压接触器和換向器	238
§ 2	液体变阻器	244
§ 3	动力制动发电机	250
§ 4	机械变频机	253
§ 5	电容器	261
附录		264
参考文献		268

第一章 感应电动机拖动的矿井提升机

自动化的基本原理

§ 1 自动控制系统的基本方式及作用

提升设备的运行是由几个相互交替的阶段构成。在某些情况下，各阶段的衔接取决于各环节之间交替的机动性。当提升设备自动控制时，给定运行方式的任务由自动控制系统来承担。

这时，自动控制系统本身应该作到：

- 1) 确定提升设备在一个循环中的运行方式；此时，必须保证提升机与其他辅助机械之间正确的相互作用；
- 2) 在完成每一个循环的过程中，按给定速度图来调节提升机的速度；
- 3) 要保证在自动工作模式下提升设备运行的安全性；
- 4) 要能发送出关于提升设备的运行方式及可能超过给定方式原因的信号。

设备运行方式的整定工作包括：检验装卸载装置的工作状态，容器在上一循环中卸载的情况，容器的装载程度及是否有阻碍机器运行的因素等，当将上述各项检查完毕之后，再发送信号开始运行。

在一个工作循环内，控制系统应能在需要的时候使机器过渡到减速及爬行方式，在一个循环終了时，使电动机与电网断开，使提升机刹车。对某些设备来讲，控制系统应按一定的要求来选择提升水平，箕斗由此进行装载。

为了完成上述各项任务，以及确定设备运行方式的其他任务，在控制系统内就得有相应的装置，此类装置由一些程序装置及各种类型的发送器以及按一定的逻辑线路相连接的继电器组成。

属于程序装置的有：使机器停止或运行的按钮或转换开关，选择提升水平（机器在该水平工作）的转换开关，确定机器运行图的凸轮装置，按容器的位置将机器由一种运行方式转换成另一种运行方式的行程转换开关等。

发送器是用来确定装卸装置所处的位置及煤仓是否有煤等。指示定量器、闸门、支架等位置的终端开关，煤仓煤位监视继电器以及与此相似的一些其他装置均属于此类发送器。

从程序装置及发送器中所得到的任何形式的信号，均得经过运行方式选择系统内逻辑线路的分析，并选择出机器所要运行的这一种或那一种运行方式。这时，也要考虑到为提升机服务的一些辅助机械的工作状态，为此就得在提升机的控制线路内装设各种类型的闭锁装置。

提升机运行速度的调节，根据所采用的运行方式由自动调节系统来承担，它是整个自动控制系统的组成部分之一。

提升设备运行的安全性，由保护系统内的各种装置来担保，这些装置监视提升设备的运行方式，当超过允许的工作方式而具有危险的情况下，将提升机转换到保险制动方式。属于这类装置的有限速器及过卷终端开关等。

关于提升设备运行方式的信号，在控制系统内另设有信号系统。信号系统可分为内外两种，外部信号是将自动化提升设备的运行方式转发给矿调度员，其转发的数目要尽量少，以免占满调度台。内部信号仅供提升设备本身需要，

一般它应能显示出設備正常运行方式被破坏的原因，为縮短故障的探索時間，信号的这一部分应能迅速显示。

自动控制系统中的各个組成环节彼此之間都密切相关，很难按不同的系統将各种裝置加以精确地划分，即是在同一裝置上的不同元件，通常也与不同的系統相关联着（例如，运行方式和自动調节的选择，或者保护及信号回路的选择）。

自动調节系統是自动控制系统中极为重要的环节，提升設備能否自动化則主要取决于它的調节特性。

自动調节系統应在一个提升循环內来調节提升速度。

如众所知，所謂某一量值的調节，即是将它保持在給定的水平上，或按某一規定的規律来改变。矿井提升机速度的自动調节系統必須依据給定速度图，即按一定的标准来改变其速度的大小，因此象这样的系統就称之为自动調节的典型系統。机器运行图（即速度图）的选择取决于提升設備的工艺特点，提升容器的类型，卸載曲軌及罐座裝置的結構等。同时，給定速度图的形状，特别是在一个循环的最后阶段，对自动調节系統有着极重要的影响。

整个提升循环（图1）由三个主要阶段組成：机器加速（ t_1 ），等速运行（ t_2 ）及停車前的减速（ t_3 ）。其中每一个阶段都对調节的准确度有着不同的要求。例如，机器在加速度阶段的持續時間和所通过的行程并不要求太高的准确度，也就是在該阶段对調节的要求不高。但是，这也是很重要的阶段，尤其是对罐籠提升来讲，在加速过程中，加速度不得超出容許的范围，机器的速度不能大于額定值。在下放重物时，一定要将加速度維持在允許的范围之內，这对具有摩擦輪的提升机而言更为重要，这也包括多绳提升机在內，

倘若加速度超出規定的允許值，就可能引起鋼絲繩沿主動輪滑動。

在機器的等速階段，要求速度穩定在額定值左右。因為在通常的情況下，這種運行方式是拖动電動機按自然特性曲線工作（轉子回路中的電阻被短路），那麼要实现上述要求並不十分困難。

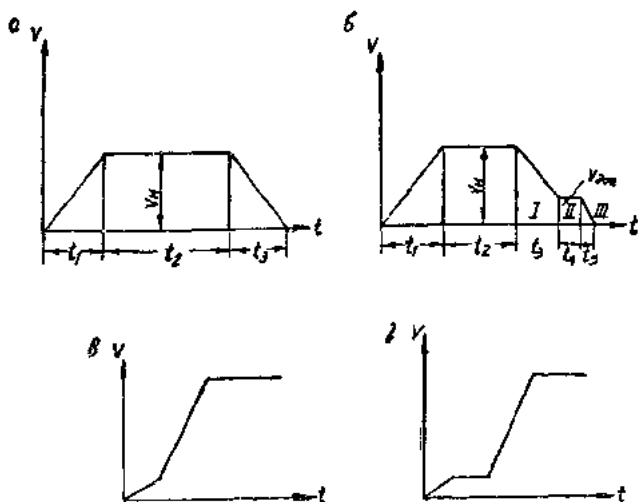


图 1 速度图

a —三段图； b —五段图； v 和 z —加速阶段； t_1 ， t_2 ， t_3 ， t_4 和 t_5 —加速、等速、减速、爬行和停車阶段

在機器的减速阶段，一定要把减速度保持在允許的範圍之內（特別是罐籠提升），并保證容器在卸載位置停住時有必要的準確度。但是，任何自動調節系統都不可能在靜特性上完成象圖 1 所示出的那種給定速度圖，要以如此高的準確度使提升容器幾乎以零的速度接近裝載位置是實難達到的。

所以減速階段可分為三個階段(圖1, 6): I——基本減速階段, 在該階段內, 提升容器要將其速度由額定值 v_n 降至最小速度 $v_{0.0.1}$, 即提升容器與卸載曲軌或裝載裝置的滑架相接觸時最安全的速度, 並保證在停車時具有一定的準確度;

II——速度為 $v_{0.0.1}$ 的爬行階段, 在該階段內, 要對調節系統工作的準確度加以補償, 使提升機以穩定低速接近停車位置; III——制動階段, 使提升容器停在卸載或裝載位置。

自動調節系統是由被調對象(在這裡是指提升機)及各種自動調節裝置(也稱為調節器)組成。在礦井提升方面的調節由行程調節器來承擔。

調節系統必須保證被調對象的參數按給定規律變化, 所有這些均稱為被調量。對礦井提升來講, 被調量是提升速度、減速度或減速行程。有時對調節對象的數個量均需及時調節, 例如, 速度和減速度。

提升的速度與許多因素有關, 比如, 電動機轉子回路內的電阻值, 拖动電動機軸上所帶的負荷力矩及電網電壓等等。其中每一個作用量的變化均會引起被調量的改變。作用量可分為擾動及調節兩種, 擾動(騷動)作用乃是由外部因素而引起, 並企圖改變速度的大小, 例如, 由於機器軸上負荷力矩被提高或給定量產生變化等(電動機換切到下一級電阻特性上運行)。

擾動分為兩種: 主要的(它對被調量的影響甚大)及次要的(干擾)。對礦井提升而言, 主要擾動量是加在機器軸上的負荷, 這種量比較容易測定。擾動企圖使速度偏離於給定值, 在被調量偏移值的作用下使給定值與實際值之間產生誤差。

自動調節系統中的調節器是用來將被調量恢復到給定

值，假若它在扰动的作用下与给定值有偏移的话。为了使被调量接近给定值，即消除偏移，调节器利用其调节作用来调节被调对象。

调节器根据误差的大小和符号来产生调节作用，以保证在有扰动时，被调量能按给定的规律变化。对矿井提升而言，调节的作用是借助于电动机或电动机与闸共同在机器轴上产生电力矩或制动力矩来调节之。

因为自动调节系统必须以一定的方式来补偿扰动的作
用，其中主要的干扰起决定性的作用，所以调节器的复杂程度及实现的可能性，在很大程度上是取决于调节对象对主要扰动的静特性（负荷特性）。假若它在调节器被断开时，其特性即消失，这种特性就称之为调节对象的固有特性，或称为自然静特性。矿井提升机的静特性是速度与负荷之间的关系。

图2是用Г-Д（发电机-电动机）系统及感应电动机拖动时，矿井提升机的静特性。在相同的负荷变化下，而引起感应电动机（在转子回路内接有电阻）拖动系统速度的变化远远大于Г-Д拖动系统，即Г-Д拖动系统的特性比较硬，在很大的程度上具有自调的能力（自动平衡）。被调对象的特性越硬（越平）则它的自调能力越高。

提高自调的能力是调节器的任务之一，所以要将调节器和调节对象之间作成较硬的静特性。在此情况下，这种特性被称为调节系统按主要扰动的静特性。这种特性在图2上用虚线表示。而对感应电动机来讲，这里所研究的是用饱和电抗器的调节器。对用感应电动机拖动的矿井提升机若用性能良好的调节器，也应该保证能得到调节系统的静特性，象Г-Д系统的特性那样。

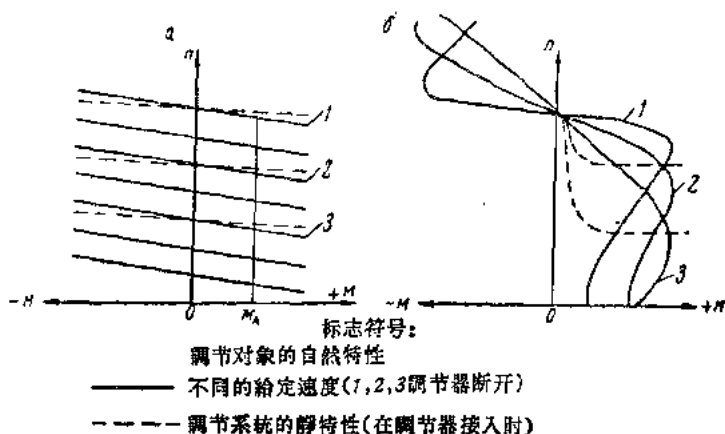


图 2 按主要扰动(负荷)提升机的静特性

α — Γ - Π 拖动系统; δ —感应电动机拖动系统

§ 2 自动调节系统所用的元件

自动调节器所用的元件可分为以下几种:

测量元件, 用来测量被调量的实际值; 给定元件, 将被调量的给定值输给调节器; 比较元件, 将被调量的实际值与给定值加以比较得出偏差值, 并发出调节信号(在某些情况下, 调节按几种信号方式来进行, 例如, 按被调量的误差值及主要扰动, 此时, 比较元件则起着—个综合器的作用, 它是将这些数量在代数上加以综合, 得出—定的规律作为调整信号); 放大器, 通过它将调节信号加以放大; 执行元件, 它作用在调节机构上, 使偏移减小或消除误差, 而调节机构则作用到调节对象上, 完成调节的作用。

图3是减速阶段用动力制动时, 感应电动机拖动矿井提升机的自动调节系统。

所讲系统的测量元件乃是限速发电机 TT ，其电压与提升电动机 IIA 的速度成正比，给定速度电位计 $II3C$ 作为给定元件，其滑标由凸轮 PA 的侧面带动，从电位计中所取出的电压与给定速度成正比。电机放大机 OMY 的激磁绕组 OY_1 和 OY_2 作为综合器用。两个绕组所产生磁化力的大小是依速度偏差的调节信号而定，此信号经放大机 OMY 放大后，输给动力制动发电机 $ΓAT$ ，它在此场合下是一种调节机构，用来改变提升机的定子电流和改变调节作用力——电动机轴上的制动力矩。

在所研究的系统中仅有一个调节机构，这种系统称之为简易性调节系统。但是，在矿井提升自动化的条件下，通常采用比较复杂的调节系统，它的调节机构有两个或两个以上，例如，在图3所描绘的系统中，根据提升速度将各级转子电阻接入，在这种情况下，它是属于第二种调节机构的转子电阻，它也同样能改变调节的作用值——提升电动机轴上的力矩。对调节机构转子电阻的控制，在这种情况下，借助调节系统中的执行机构来完成，执行机构乃是转子磁力盘的接触器。

自动调节系统中互相之间的关系特性用结构图来精确地描绘，如图4所示。在某些情况下，即使是同一元件也有几种作用，例如， OMY 既是综合器又是放大器，而动力制动发电机是调节机构也是放大机构，在设计正确的调节系统中，当信号由一种元件传递给另一种元件时，调节信号按其功率连续放大。

在图3所示的调节系统中，动力制动力矩依实际速度超越给定速度的情况在提高。当实际速度接近于给定速度时，动力制动的力矩下降为零。假若实际速度要是低于给定值，那么由于发电机 $ΓAT$ 的励磁回路中有整流器 $BC-1$ 存在，调

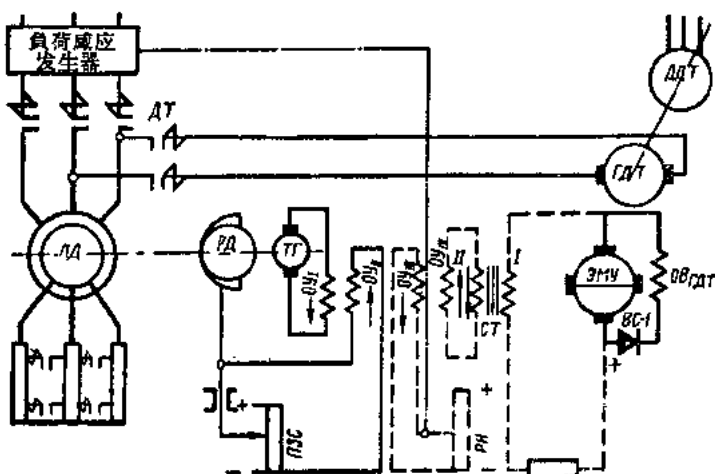


图 3 在减速时，用动力制动由感应电动机拖动的提升机速度自动调节的单值线路（虚线表示负荷校正装置和稳定装置）

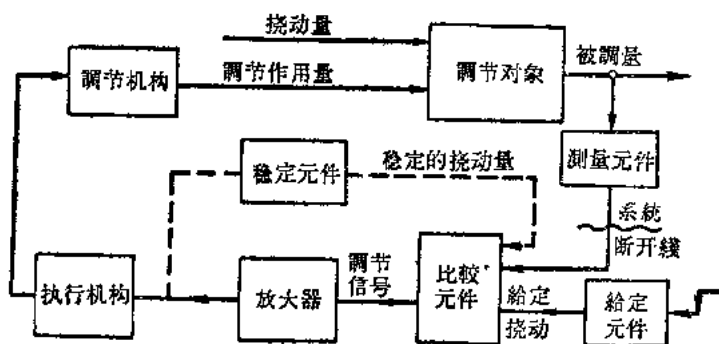


图 4 自动调节系统的结构图