

煤矿电工手册

MEIKUANG DIANGONG SHOUCHE

6

煤炭工业出版社

74.6073

8500992

煤矿电工手册

(第三分册)

提升机电力拖动 (交流部分)

总 编	顾永辉	范廷瓚		
主 编	盛纪宝	郁继裳	陶绍斌	田崇愿
编写人	林 英	盛纪宝	田崇愿	路世瑞
	王芳生	李忠民	张慎宇	刘建东
	郁继裳			

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书是《煤矿电工手册》三分册第六专集。主要介绍提升机交流拖动的电动机起动、制动计算；提升机主要电气设备选择；常用的交流电气控制线路图；提升信号及设备安装，调试和运行维护。该专集基本上收集了我国目前在煤矿提升机交流拖动方面的资料，可作为现场技术人员、工人以及科研、设计和教育等方面的人员查阅使用。

煤 矿 电 工 手 册 提升机电力拖动（交流部分）

*

煤炭工业出版社 出版
(北京安定门外和平北路 16 号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*

开本787×1092¹/₁₆ 印张22插页12
字数520千字 印数28,501—39,625
1980年8月第1版 1984年6月第2次印刷
书号15035·2252 定价2.60元

前 言

为高速度发展煤炭工业，加快煤矿机械化、现代化的步伐，进一步满足广大煤矿电气工作人员查阅使用方便，特组织编写这部《煤矿电工手册》。

在《手册》编写过程中，我们曾多次召开专业性座谈会，认真调查研究，广泛搜集资料，并尽量吸取广大煤矿职工在生产和科学实验中的好经验。内容力求做到准确、实用，文字简练，通俗易懂，采用的公式、图表及测试方法等附有计算实例，便于读者掌握运用。

本《手册》是由部生产司、教育司、设计管理局、科技局、制造局和科技情报所共同负责组织的。共有三十五个单位，七十多位同志参加编写。

本《手册》共分四个分册十二个专集，先按专集出版单行本，而后合订成册。

第一分册《电机与电器》由辽宁省煤炭工业局组织，抚顺矿务局、中国矿业学院为主编单位；

第二分册《矿井供电》由山东省煤炭工业局组织，新汶矿务局、山东矿业学院、中国矿业学院为主编单位；

第三分册《煤矿固定设备电力拖动》由安徽省煤炭工业局组织，淮南矿务局、淮南煤炭学院为主编单位；

第四分册《采掘运机械的电气控制及通信》由江苏、山西省煤炭工业局组织，徐州、阳泉矿务局为主编单位。

《手册》编写工作，曾得到有关单位，特别是一机、冶金、水电和国防部门的大力支持，并提供了许多宝贵意见和资料，谨此表示衷心感谢。

本《手册》编写工作涉及的面广，专业性强，但由于我们经验不足，水平有限，难免有不足之处，希广大读者提出批评、建议，便于在修订时改正。

一九七八年十一月

《手册》编委会成员:

姜岐山 刘焕民 边振邦 陈耕夫 韩时针 李平

组织各分册的主要人员:

第一分册 王为勤 唐步岭 君学瑞
 第二分册 尤家炽 杨永保 李德志
 第三分册 张新华 孟子荣 裴功元 郑雅棠 王克
 第四分册 郑庆金 刘正民 张瑞聪 徐岐瑞

《手册》名称及编写单位

分册名称	专 集 名 称	编 写 单 位
电机与电器	1. 电工、防爆基础 电工材料与仪表 2. 电动机 3. 变压器、高低压 电器 及特殊电机	抚顺、阜新、焦作、渡口矿务局, 中国矿业学院、焦作矿业学院, 抚顺煤矿研究所, 抚顺煤矿电机厂
矿井供电	4. 地面供电 5. 井下供电及照明	新汶、枣庄、肥城、淄博、峰峰矿务局, 山东矿业学院、中国矿业学院, 沈阳、湖北煤矿设计院
煤矿固定设备电动机	6. 提升机电力拖动 (交流部分) 7. 提升机电力拖动 (直流部分) 8. 通风机、空压机、水泵的电力拖动 9. 钢丝绳胶带输送机电力拖动	淮南、淮北、资兴、本溪、鹤壁矿务局, 淮南煤炭学院, 安徽、河南、河北省煤矿设计院, 上海煤矿机械研究所, 沈阳煤矿设计院
采掘及运输机械电气控制	10. 采掘机械和采区运输设备的电气控制 11. 窄轨电机车及电气控制 12. 通信及监测装置	徐州、阳泉、大同、西山、平顶山、淮南矿务局, 沈阳煤矿设计院, 北京煤矿学校

主要文字符号

一、常用符号

a 加、减速度	L 电感、长度	V 速度
B 磁通密度	M 转矩	W 电能
C 电容	m 质量	X 电抗
E 电动势	N 匝数、转数	Z 阻抗
F 力	n 转速	α 转角、移相控制角
f 频率	p 有功功率	β 移相逆变角
G 重量	q 起动电阻公比	λ 力(力矩)相对值
H 高度	R, r 电阻	η 效率
I 电流	s 转差率	η_i 减速机传动效率
i 瞬时电流、速比	T, t 时间	
K, k 变比、系数	U, u 电压	

二、常用角标

1 输入、定子的	eq 等效	N 额定
2 输出、转子的	f 励磁、反馈	pr 预备
0 空载、自然	g 给定、触发	r 释放
aoc 过流动作	G 发电机	rel 可靠
aq 速断动作	i 初始、电流	ret 返回
at 吸引	L 负载	rd 减速
av 平均	l 线	s 同步、静止、饱和
b 基准、偏移、制动、	lf 低频	st 起动
c 控制、接线	m, max 最大	uc 电压补偿
cv 变流	min 最小	ϕ 相
d(d, c) 直流	M 电动机	

本书中的图例、文字符号采用国家标准，文字的角标采用国际通用注脚；但考虑到目前各厂家图纸还未曾统一，为了使用方便，所有厂家图纸仍用其原图中的图例、符号，未予更改。

目 录

主要文字符号

第一章 提升机电力拖动概述	6-1-1
第一节 提升机主要技术数据	6-1-1
第二节 提升机的速度图和力图	6-1-3
一、立井提升速度图和力图	6-1-3
二、斜井提升速度图和力图	6-1-4
第三节 提升机电力拖动方式	6-1-6
一、提升机交流拖动方式	6-1-6
二、提升机直流拖动方式	6-1-10
三、提升机拖动方式的选择	6-1-11
第四节 提升机电动机轴功率的计算	6-1-12
一、张力差值法	6-1-12
二、动力系数法	6-1-13
三、等效力值法	6-1-13
第五节 提升机电动机的选择	6-1-14
一、电动机电压和型式的选择	6-1-14
二、电动机转速和容量的选择	6-1-15
三、电动机最大力矩倍数的选择	6-1-15
第六节 提升机的电耗计算	6-1-16
一、交流拖动时吨煤电耗的计算	6-1-16
二、直流拖动时吨煤电耗的计算	6-1-16
三、提升机年电耗的计算	6-1-17
第七节 提升机的供电方案	6-1-18
第八节 电机通风装置	6-1-18
第二章 提升机的交流拖动控制	6-2-1
第一节 电动机转子电阻的计算及其选择	6-2-1
一、三相平衡的转子起动电阻计算	6-2-1
二、三相不平衡的转子起动电阻计算	6-2-20
三、转子电缆截面选择	6-2-22
第二节 提升机交流双机拖动	6-2-24
一、等容量双机拖动	6-2-24
二、不等容量双机拖动	6-2-36
第三节 交流拖动提升机的电气制动	6-2-44
一、异步电动机的动力制动	6-2-44
二、异步电动机的低频发电制动及爬行	6-2-73
第四节 主要电气设备及其选择	6-2-110
一、高压开关柜	6-2-110

二、高压换向接触器	6-2-112
三、磁力控制站	6-2-114
四、液体电阻器	6-2-127
五、微拖动装置	6-2-129
第五节 提升机交流电气控制线路	6-2-135
一、控制线路的几个环节	6-2-135
二、TKD-A系列提升机电气控制线路	6-2-151
三、微拖动自动化控制线路	6-2-176
四、JKMK/J及JKMK/J-A多绳摩擦轮提升机控制线路	6-2-183
五、KKX系列提升机电控线路	6-2-200
六、1.2~1.6米小绞车控制线路	6-2-209
第六节 主要电气设备的安装	6-2-220
一、安装前的准备工作	6-2-220
二、主要电气设备的安装	6-2-220
三、试运转	6-2-240
第七节 主要电气元件的整定和调试	6-2-243
一、过电流继电器的整定	6-2-243
二、欠电压脱扣器的整定	6-2-244
三、加速电流继电器的整定	6-2-244
四、加速时间继电器及电弧闭锁继电器的整定	6-2-246
五、电气测速回路继电器的整定	6-2-247
六、可调闸环节的调整	6-2-249
七、限速保护磁继电器的调整	6-2-252
八、动力制动环节的调整	6-2-253
九、低频发电机组的试验	6-2-256
十、电气限速凸轮板的绘制	6-2-258
十一、提升参数的测定	6-2-267
第八节 电气设备的运行维护和故障处理	6-2-270
一、主电动机的维护	6-2-270
二、高压开关柜的维护	6-2-271
三、高压换向器的维护	6-2-272
四、磁力控制站的维护	6-2-273
五、其它电器部分的维护	6-2-275
六、主要电气设备常见故障及处理	6-2-276
七、控制线路(参照TKD-A系列)常见故障及处理	6-2-281
八、安全回路闭锁触点的故障检查线路	6-2-284
第三章 提升信号	6-3-1
第一节 提升信号的要求	6-3-1
一、各种提升信号的基本要求	6-3-1
二、主井罐笼提升及串车提升	6-3-1
三、主井箕斗提升	6-3-1
四、副井提升	6-3-2
第二节 提升信号系统	6-3-2

一、主井提升信号系统	6-3-2
二、副井提升信号系统	6-3-17
三、提升系统中的局部信号	6-3-20
第三节 信号设备	6-3-26
一、常用设备技术规格	6-3-26
二、晶体管信号继电器	6-3-27
三、无触点限位开关	6-3-29
四、压磁测力计	6-3-31
五、钢丝绳感应信号继电器	6-3-34

第一章 提升机电力拖动概述

第一节 提升机主要技术数据

单绳圆柱形滚筒提升机的主要技术数据见表1-1-1，多绳摩擦轮提升机的技术数据见表1-1-2和表1-1-3；单绳圆柱形滚筒小绞车见表1-1-4。

表 1-1-1 单绳圆柱形滚筒提升机主要技术数据

机器型号	滚筒			钢绳最大静张力 t	钢绳最大静张力差 t	最大钢绳直径 mm	提升高度 m			减速器速比	电机转速 r.p.m	提升速度 (不大于) m/s	机器旋转部分总变位重 t (不大于) (不包括电机)	机器部分总重 t (不大于) (不包括电机和电控)	
	个数	直径 m	宽度 m				两滚筒中心距 mm	一层	二层						三层
JK-2/20 JK-2/30	1	2	1.5	6	6	24.5	290	610	950	20 30	1000	5	6.1 7	23	
JK-2.5/20 JK-2.5/30	1	2.5	2	9	9	31	400	810	1290	20 30	750	8.5	13	37	
JK-3/20	1	3	2.2	13	13	37	460	960	1500	20	750	10			
2JK-2/11.5 2JK-2/20 2JK-2/30	2	2	1	1130	6	4	24.5	170	380	600	11.5 20 30	1000	5	7.2 8.2	27
2JK-2.5/11.5 2JK-2.5/20 2JK-2.5/30	2	2.5	1.2	1350	9	5.5	31	220	500	790	11.5 20 30	750	8.5	11 11.5	37
2JK-3/11.5 2JK-3/20 2JK-3/30	2	3	1.5	1630	13	8	37	290	650	1000	11.5 20 30	750	10	16.3 17	53
2JK-3.5/11.5 2JK-3.5/20	2	3.5	1.7	1840	17	11.5	43	340	750		11.5 20	750	12	29.7 25	95 74
2JK-4/10.5 2JK-4/20	2	4	2.1	2260	21	14	47.5	450	930		10.5 20	600	12		
2JK-5/11.5	2	5	2.3	2460	26	18	52	570	1200		11.5	600	13		

- 注：1. 提升高度为给定条件下当使用最大钢绳直径时概算值；
 2. 提升速度按卷筒名义标准直径一层缠绕时概算值；
 3. 钢绳的最大静张力和两钢绳的静张力差应允许不超过+5%的偏差；
 4. 钢绳的出绳，倾角应按零度计算。

6-1-2 提升机电力拖动 (交流部分)

表 1-1-2 JKM系列多绳摩擦轮提升机技术数据

机器型号	主导轮直径 m	导向轮直径 m	钢绳最大静张力 t		钢绳最大静张力差 t	钢绳最大直径 mm		钢绳根数	绳距 mm	最大提升速度 m/s	减速机传动比	电动机			适用矿年产量 10 ⁴ t
			有导向轮侧	无导向轮侧		有导向轮侧	无导向轮侧					功率 kW	转速 r.p.m	传动形式	
JKM1.35×4	1.35	1.2	9.8	12	2.5	15.5	17	4	150	7.2	7.35 10.5	192	750	单机	
JKM1.6×4	1.6	1.5	12	16.1	4	17	19.5	4	200	8.54	7.35 10.5	364	750	单机	40~60
JKM1.6×6	1.6	1.5	18	24.1	7	17	19.5	6	200	8.54	7.35 10.5	635	750	单机	120
JKM1.8×4	1.8	1.5	12.8	21.1	7	17.5	22.5	4	200	9.61	7.35 10.5	717	750	单机	120
JKM1.8×6	1.8	1.5	19.2	31.7	9	17.5	22.5	6	200	9.61	7.35 10.5	921	750	单机	180
JKM2.1×4	2.1	1.8	18.3	29.5	9	21	26.5	4	200	11.2	7.35 10.5	1070	750	单机	180
JKM2.1×6	2.1	1.8	27.5	44.2	13	21	26.5	6	200	11.2	7.35 10.5	1550	750	单机	210
JKM2.1×6 I	2.1	1.8	27.5	44.2	13	21	26.5	6	200	11.2	7.35 10.5	1550	750	双机	210
JKM2.25×4	2.25	1.8	21.1	33	10	22.5	28	4	200	12	7.35 10.5	1280	750	单机	180
JKM2.25×4 I	2.25	1.8	21.1	33	10	22.5	28	4	200	12	7.35 10.5	1280	750	双机	180
JKM2.25×6	2.25	1.8	31.7	49.5	13	22.5	28	6	200	12	7.35 10.5	1660	750	单机	210
JKM2.25×6 I	2.25	1.8	31.7	49.5	13	22.5	28	6	200	12	7.35 10.5	1660	750	双机	210
JKM2.8×4	2.8	2.5	33		13	28		4	250	11.9	7.35 10.5	1655	600 750	单机	210
JKM2.8×4 I	2.8	2.5	33		13	28		4	250	11.9	7.35 10.5	1655	600 750	双机	210
JKM2.8×6	2.8	2.5	52.3	80.3	17	28	350	6	250	14.95	7.35 10.5	2710	750	单机	300
JKM2.8×6 I	2.8	2.5	52.3	80.0	17	28	35	6	250	14.95	7.35 10.5	2710	750	双机	300
JKM3.5×6	3.5	3	80.3		21	35		6	250	14.95	7.35 10.5	3350	600 750		300
JKM4×6	4		95		20			6			7.35 10.5				

注: JKM系列为洛阳矿山机械厂产品。

表 1-1-3 JKD系列多绳摩擦轮提升机技术数据

机器型号	提升速度	减速机型号	摩擦轮直径 mm	导向轮直径 mm	钢绳最大静张力 t	钢绳最大静张力差 t	钢绳最大直径 mm	机器重量 (不包括电器) t	钢绳间距 mm
	m/s								
JKD1850×4	9.7	ZGH70	1850		22	6.5	23	15.7	200
JKD2100×4	9.7	ZGH70	2100		28	9	25.5		200
JKD2100×6	9.7	ZGH80	2100		42	10	25.5		200
JKD2250×4	9.7	ZGH80	2250				28		200
JKD2250×6	9.7	ZGH80	2250		49.5	13	28		200
JKD2800×6	11.75	ZGH90	2800	2000	55	17	28	48.9	250
JKD3250×6	11.75	ZGH100	3250	2500	70	17	32.5		250
JKD4000×6	11.75	ZGH120	4000	3000	95	20	39.5	90	250

注: JKD系列为上海冶金矿山机械厂产品。

表 1-1-4 单绳圆柱形滚筒小绞车技术数据

型 号	滚 筒			载 荷 kg		钢绳丝		钢绳速度 m/s	减速比	电动机		最大提升高度或拖运长度 m			
	个数	直径 mm	宽度 mm	钢绳在滚筒上最大静张力	最大静不平衡圆周力	最大直径 mm	破断拉力 kg			转速 r.p.m	功率 kW	一层	二层	三层	四层
JT1200×1000-24	1	1200	1000	3000	3000 (2000)	19	21100	2.5	24	970	75	145	335	530	690
2JT1200×800-24	2	1200	800	3000	2000	19	21100	2.5	24	970	55	110	260	420	550
JT1600×1200-20	1	1600	1200	4500	4500 (3000)	22.5	30350	4	20	980	185	231	478	735	960
2JT1600×900-20	2	1600	900	4500	3000	22.5	30350	4	20	980	130	165	340	539	700

第二节 提升机的速度图和力图

一、立井提升速度图和力图

立井提升速度图和力图分罐笼提升和箕斗提升两种，如表1-2-1中所示，不论是单绳提升还是多绳提升，该速度图和力图都是适用的。

在罐笼提升中，对于双层罐笼而又只有一个出车平台需要换层提升的速度图和力图，

表 1-2-1 立井提升速度图和力图

提升方式	阶 段	速 度 图 和 力 图	说 明
罐 笼 提 升	三 阶 段		<ol style="list-style-type: none"> 1. 加速度a_1和减速度a_3不得超过0.75米/秒²； 2. 爬行速度V_c一般取0.3~0.5米/秒。爬行距离：手动操作时取3~5米；自动操作时取2~3米； 3. t_3段为机械抱闸； 4. 力图实线是不带尾绳情况，虚线是带等重尾绳情况
	五 阶 段		

续表

提升方式	阶段	速度图和力图	说明
箕斗提升	五阶段		<ol style="list-style-type: none"> 1. 加速度a_1和减速度a_3不应大于1.2米/秒^2; 2. 箕斗滑轮脱离曲轨速度V_1不得超过1.5米/秒; 滑轮进入曲轨速度V_4亦不得超过1.5米/秒; 3. 爬行速度V_c一般取$0.3\sim 0.5\text{米/秒}$; 爬行距离: 手动操作时取$3\sim 5\text{米}$; 自动操作时取$2\sim 3\text{米}$; 4. t_5段为机械抱闸时间; 5. 力图实线是不带尾绳情况, 虚线是带等重尾绳情况
	六阶段		

仍可按三阶段或五阶段考虑, 只是在其休止时间内多出现一个换层运行速度和力的变化, 表内没有表示。

对于箕斗带有垂直闸门而不需要卸载曲轨卸煤时, 其提升速度图和力图常采用三阶段, 如同表1-2-1罐笼提升三阶段速度图一样, 至于爬行段因时间较短, 为了简化计算而被忽略。

二、斜井提升速度图和力图

斜井提升分箕斗提升、双钩串车提升和单钩串车提升, 其速度图和力图见表1-2-2所示。

表 1-2-2 斜井提升速度图和力图

提升方式	阶段或车场形式	速度图和力图	说明
箕斗提升	六阶段		<ol style="list-style-type: none"> 1. 加速度a_1和减速度a_3不应大于0.7米/秒^2; 2. 空箕斗离开曲轨速度V_1不得超过1.5米/秒; 3. 箕斗在曲轨内的加速度a_1取0.3米/秒^2; 4. 爬行速度V_c一般取$0.3\sim 0.5\text{米/秒}$; 5. 箕斗升降物料的最大速度: 斜长在300米以下时, 每秒5米, 斜长在300米以上时, 每秒7米; 6. a_5为机械抱闸减速度

续表

提升方式	阶段或车场形式	速度图和力图	说明
双钩串车	上部为平车场或甩车场，下部为平车场		<ol style="list-style-type: none"> 1. 在车场上的加速度a_1和减速度a_3一般取0.3米/秒²； 2. 升降人员时加速度a_1和减速度a_3不得超过0.5米/秒²； 3. 在车场上运行的速度V_1和V_4一般取1.5米/秒； 4. 串车提升的最大速度：斜长在300米以下时，每秒3.5米，斜长在300米以上时，每秒5米；
串车提升	上部为平车场或甩车场，下部为甩车场	<p>1—从下部甩车场提升重车组通过上部甩车场道岔口；2—转换道岔；3—下放重车组；4—交换空重车组；5—提升空车组；6—下部车场交换空重车组</p>	<ol style="list-style-type: none"> 5. 休止时间：平车场取25秒；甩车场取20秒；转换道岔时间取5秒
单钩串车	上部为平车场或甩车场，下部为平车场	<p>1—提升重车组；2—交换空重车组；3—下放空车组；4—交换空重车组</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在车场上的加速度a_1和减速度a_3一般取0.3米/秒²； 2. 升降人员时加速度a_1、a_1'和减速度a_3、a_3'不得超过0.5米/秒²； 3. 在车场上运行的速度V_1和V_4一般取1.5米/秒； 4. 串车提升的最大速度：斜长在300米以下时，每秒3.5米；斜长在300米以上时，每秒5米；
串车提升	上部为甩车场，下部为平车场或甩车场	<p>1—从下部甩车场提升重车组通过上部甩车场道岔口；2—转换道岔；3—下放重车组；4—交换空重车组；5—提升空车组；6—转换道岔；7—下放空车组到下部甩车场；8—交换空重车组</p>	<ol style="list-style-type: none"> 5. 休止时间：平车场取25秒，甩车场取20秒；转换道岔时间取5秒

第三节 提升机电力拖动方式

一、提升机交流拖动方式

（一）单机拖动装置

1. 金属电阻调速方法

在绕线型异步电动机的转子回路内接入金属电阻，用控制器或磁力站切除电阻的方法进行调速，它的机械特性曲线如图1-3-1所示。提升机电动机的起动过程是沿着电动运行区 I 内 a、b、c、d、e、f、g、h、i 曲线一直到 v_L 速度点，这时电动机发出的力与提升负载力 F_L 相等，电动机在自然特性曲线上等速运行。

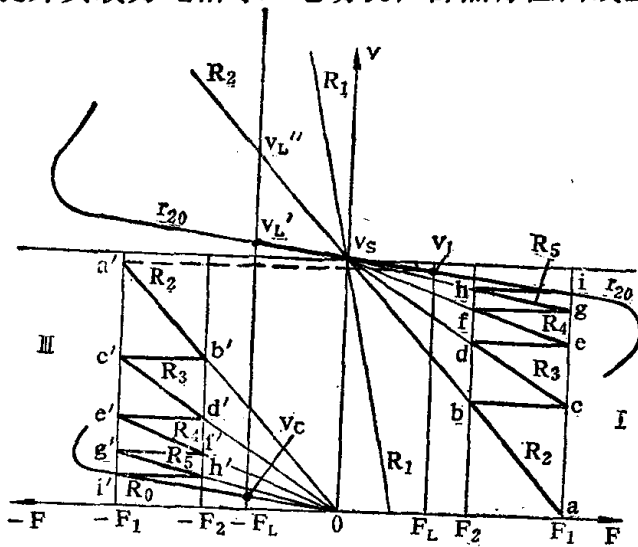


图 1-3-1 绕线型异步电动机转子接入金属电阻时的机械特性曲线

I—电动运行区；II—再生发电制动区；III—动力制动区

这时电动机的定子必须从交流电网切断，另加直流电源装置进行供电，它的制动曲线亦如图1-3-1所示。提升电动机从等速段的 v_L 切换到动力制动区 III 时，电动机也变为发电机，它将机械能变为电能消耗在转子电阻上，所以又叫能耗制动。电动机在动力制动区内发出的是负力，负力的大小是通入定子的制动电流和转子电阻的函数。图1-3-1所示是定子制动电流不变时的一簇特性曲线，此时制动过程沿着 a'、b'、c'、d'、e'、f'、g'、h'、i' 曲线一直到某一低速度。目前提升机的配套中，动力制动装置都有速度反馈的闭环系统，尤其是采用可控硅动力制动装置后，其动作迅速，制动过程可以做到接近给定速度。

提升机的爬行速度是很低的，而且常常要求电动机发出的是正力，单纯的动力制动装置解决不了低速正力爬行。要解决这个问题需要采取一些措施或加装一些辅助设备。目前采用的有脉冲爬行、微拖爬行和低频爬行三种方法。

脉冲爬行是在爬行阶段上电动机接入大量电阻，手动或自动地多次通断电动机电源的方法。这种方法由于机械特性较软，不易控制，多次通断电动机对机械和电气设备都会产生冲击，不宜多加采用。

微机爬行是加装了一套微机拖动装置，它由小容量的绕线型异步电动机、减速器、气囊离合器和压气装置等组成，并与主提升电动机相连。在爬行阶段上电动机从电网切断，

电动机的转速超过同步速度 v_s 时，便进入再生发电制动区 II 上运行，电动机变为发电机，将机械能变为电能返送给交流电网，这时电动机起制动作用，发出的是负力。斜井单钩串车提升下放重物时就可采取这种运行方式，要注意的是，在再生发电制动区运行，电动机转子电阻应全部切除，使它运行在自然特性曲线上的 $v_{L'}$ 点，否则接入电阻反而会使提升机速度升高，甚至会发生“飞车”事故。

从图中还可以看出，电动机由电动运行到再生发电制动运行是自然过渡的，中间不需加装任何设备。但是很多提升机在减速阶段出现大的负力常常采用动力制

接通微拖动电动机，气囊离合器充气，提升容器由于再经过减速器的减速而获得爬行速度。因为爬行速度低，微拖动电动机的容量可以选得很小。微拖动电动机运行在自然特性曲线上，特性很硬，运行速度比较稳定，所以近年来得到了应用。微机拖动装置的主要缺点是加装了一套设备，需要压气能源，占地面积大等。

低频电源装置用得较多的是低频机组，它由6台旋转电机组成，可发出2~4赫低频。这种低频拖动装置是用于减速段和爬行段，因为交流异步电动机的同步转速 n_s 和电源频率 f 有如下关系

$$n_s = \frac{60 f}{p} \tag{1-3-1}$$

式中 p ——极对数。

显然，电源频率降低了，电动机的同步转速 n_s 也降低了，其机械特性曲线如图1-3-2所示。低频拖动装置在减速制动段和爬行段的拖动运行方式如下：

在等速阶段上，提升容器以 v_L 速度运行，减速开始时，提升电动机从50赫电网切断，接到2~4赫低频电源上，电动机转子接入大量电阻，制动点落在 a' 点，电动机发出负力起制动作用，到了 b' 点切除一段电阻进入另一条特性曲线的 c' 点，然后又减速，到 d' 点又切除一段电阻，余类推，最后将电阻全部切除。制动曲线沿着 a' 、 b' 、 c' 、 d' 、 e' 、 f' 、 g' 、 h' 、 i' 到自然特性曲线上，经过同步速度点 v_s' 自然过渡到爬行速度 v_c 。由图可

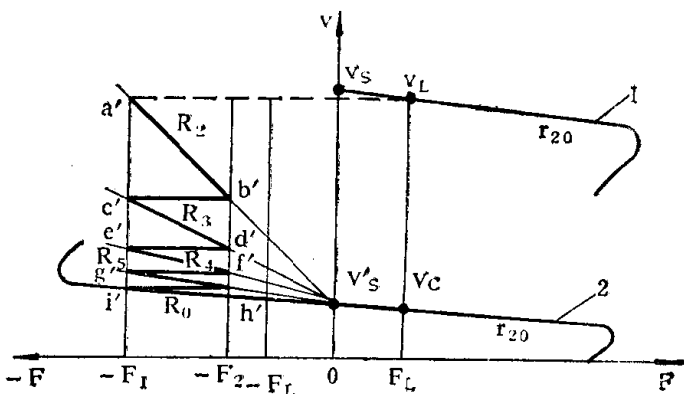


图 1-3-2 低频拖动的机械特性曲线
1—~50赫自然特性曲线；2—~2.5赫自然特性曲线

以看出，低频拖动在减速阶段上是使提升电动机运行在再生发电制动区内，对于低频机组而言，提升电动机此时变为发电机，向低频发电机进行供电，低频发电机变为电动机。由于拖动低频发电机的低压三相交流电动机在某一额定转速下运行，低频发电机变为电动机时则带动其拖动电动机超同步转速运行，电能就通过该电动机反馈给低压三相交流电网。但是，在高速阶段上提升电动机转子回路接入大量电阻，提升机的机械能转换成电能后，大部分消耗在转子回路内，此时低频制动具有明显的能耗制动的特征。另外提升电动机由制动状态到电动状态是自然过渡的，这对于消除失控现象是很有意义的。所以近年来不少矿井提升机自动化都加装了这种低频机组装置，运行效果是令人满意的。

同样，由于低频制动力矩是定子电压和转子电阻的函数，改变低频电源电压，也可以调节制动力矩。在减速阶段采用速度反馈的闭环系统，控制低频电源电压也可使低频制动特性曲线得到无级特性。

提升电动机在低频电源供电下可工作在自然特性曲线上，特性曲线硬，爬行速度稳定，容易控制。

低频机组拖动的缺点是拖动系统比较复杂，需要6台旋转电机，占地面积及维护工作量较大等。运行较好的可控硅交-交变频装置，它和低频机组功能一样，将取代低频机组。

金属电阻调速的缺点是它的运行特性出现阶梯跳跃式，这对于机械和电气设备来说

都是不利的。

2. 液体电阻调速方法

在绕线型异步电动机的转子回路内接入液体电阻, 用手动或电动切除电阻的方法进行调速, 它的机械特性曲线如图1-3-3所示。由图可知, 液体电阻调速与金属电阻调速不同, 它的调速特性是无级的。图中过渡到 r_{20} 自然特性曲线上时出现的轻微跳动, 主要是动电极到极端位置时, 它与静电极之间总有一小段电阻, 用转子接触器短接而产生的。

在动力制动区, 液体电阻调速也需加装直流电源装置。同样, 尽管动力制动可使速度降低到某一低值, 但对于正力爬行还是不能胜任的, 仍需加装其它辅助装置。

液体电阻调速方法虽然性能较好, 但电阻液易受温度影响而使阻值变化以及需要冷却水和比较笨重等, 所以目前我国生产的液体电阻还都用在小绞车上。

3. 金属水冷电阻调速方法

这种调速方法是在异步电动机转子接入金属水冷电阻, 它分成两部分——金属电阻和液体电阻。金属电阻采用的是铁铬铝合金电阻带绕成管状, 三相电阻均置于同一的冷却水箱中, 金属电阻带抽出若干个抽头接到三角形钢板上, 该钢板置于电阻液箱中, 通过压气装置和气阀可使电阻液面上升或下降, 从而可以改变电阻带的阻值。这种调速方法是无级的, 它的调速特性和液体电阻一样 (见图1-3-3)。

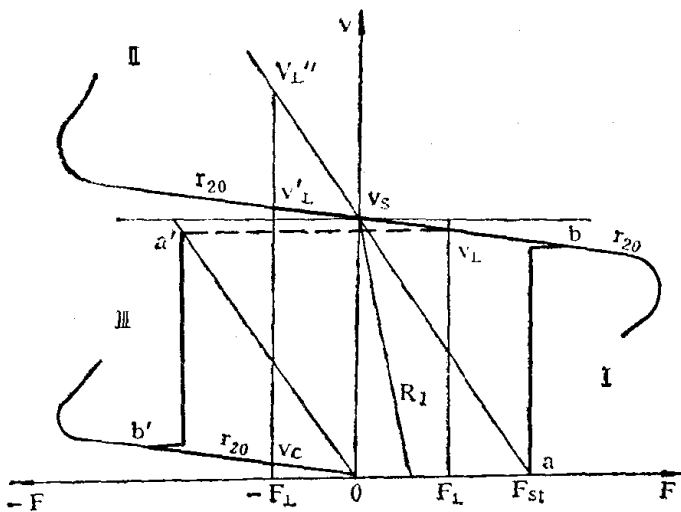


图 1-3-3 异步电动机转子接入液体电阻时的机械特性曲线

I—电动运行区; II—再生发电制动区; III—动力制动区

液体电阻部分的热损很小, 电阻液温度的变化对金属电阻带的阻值影响很小, 所以运行是稳定的。但是它在使用中存在不少缺点, 运行可靠性差, 需要冷却水又需要压气能源等。

近年来各地实际运用中反映出不少结构上和控制系统上的缺陷。但也有一些矿经改进后运行效果还不错, 这只有今后不断改进, 通过较长时间去考验, 目前还没有得到广泛的应用。

(二) 双机拖动装置

利用两台绕线型异步电动机并轴进行拖动, 目前电动机的转子仍多采用金属电阻调速方法, 两台电动机各设一套换向器、磁力站和转子电阻。过去是等容量双机拖动, 其它技术特征也相同。近几年根据现有提升机挖潜的需要, 在原有单机拖动系统加装了一套与主电动机不同容量但转速相同或相近的不等容双机拖动方式, 扩大了双机拖动的应用范围

采用双机拖动装置以后, 两台电动机转子的金属电阻可以同时切换起动也可以不同时切换起动, 但后者起动特性曲线数增加一倍, 作用在提升机主轴上的力要有所减少, 这对于减少机械的冲击是有利的。

两台电动机也可以在不同的工作模式下运行, 即一台电动机为电动方式, 另一台为制动方式。利用两台电动机的复合特性可以完成减速和爬行阶段的需要, 它的复合特性曲线如图1-3-4所示。