

冶金电气调整手册

冶金工业出版社



冶金电气调整手册

下 册

第二冶金建设公司编

冶金工业出版社

本手册共分上、下两册出版。

上册主要内容是工业企业供电。包括变配电设备、绝缘与继电保护；各种半导体器件、逻辑控制、调节放大与检测元件，可控硅及其触发线路；各种交流电机和一般电气传动装置的试验调整。

下册主要内容是：同步电动机、高炉上料系统、电弧炉、热轧机主副传动、水银整流和离子传动、矿山电铲和高频电气系统的试验调整。

《手册》着重介绍调整试验方法和要求，对一些基本元件和电控线路原理、计算，也作了一定的分析和说明。

《手册》适用于冶金企业中从事电气调整试验的工人和技术人员，可供其他部门有关人员参考。

冶金电气调整手册

下 册

第二冶金建设公司编

(只限国内发行)

冶金工业出版社出版

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张15 1/8 插页4 字数531千字

1975年7月第一版 1975年7月第一次印刷

印数00,001~21,700册

统一书号：15062·3103 定价（科三）1.90元

毛主席语录

领导我们事业的核心力量是中国共产党。

指导我们思想的理论基础是马克思列宁主义。

路线是个纲，纲举目张。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

抓革命，促生产，促工作，促战备。

要认真总结经验。

出 版 说 明

在毛主席无产阶级革命路线指引下，在批林批孔运动推动下，我国冶金工业战线广大革命职工，高举“**鞍钢宪法**”的光辉旗帜，认真落实党的十大提出的各项战斗任务，以党的基本路线为纲，抓革命，促生产，进一步发展了冶金工业的大好形势。

为了适应冶金工业建设的更大发展，根据冶金企业电气调整工作的实际需要，我们组织编写了这本《冶金电气调整手册》。本书分上、下两册出版，供冶金战线上的广大电气调整工作人员参考。

《手册》初稿完成以后，又经第一冶金建设公司、鞍钢基建公司、第六冶金建设公司、第七冶金建设公司、太钢基建指挥部、第二十冶金建设公司、冶金部建筑研究院、包头钢铁公司、包头钢铁设计院等单位进行审查。审查中，各单位对原稿不妥之处提出了意见，然后又进一步作了修改和补充，成为现在的这本《手册》。参加审查的各单位同志，为《手册》的定稿作了许多工作，对此表示感谢。

对于《手册》中的缺点和错误，欢迎读者批评指正。

一九七五年四月

31901

目 录

第十六章 同步电动机的调整	1
16—1 异步起动的同步电动机	1
一、异步起动及励磁供给方式	1
二、异步起动的同步电动机的调整	8
16—2 准同步起动的同步电动机	10
一、概述	10
二、准同步起动的典型线路	12
三、准同步起动的调整	16
16—3 电机放大机控制的励磁自动调节器的典型线路	18
一、系统说明	18
二、大型同步电动机的调整	26
16—4 可控硅励磁的同步电动机	31
一、轻载起动的可控硅励磁系统	31
二、重载起动的可控硅励磁系统	38
三、冲击负荷的可控硅励磁系统	45
四、可控硅励磁系统的调整	49
第十七章 电铲的调整	57
17—1 电铲的特点和调速要求	57
一、电铲电气传动的特点	57
二、调速要求	59
17—2 D-4型电铲及调整	59
一、系统简介	59
二、系统调整	65
17—3 WK-4型电铲及调整	69
一、系统简介	69
二、系统调整	76
第十八章 高炉装料系统的控制与调整	79
18—1 概述	79
一、自动装料系统的特点	79

二、关于半导体无触点控制系统	80
18—2 有触点程序控制系统(CX)	82
一、控制系统的分析	82
二、系统调整	93
18—3 有触点主卷扬系统(ZJ)	94
一、主卷扬的特点和要求	94
二、控制系统的分析	98
三、系统调整	109
18—4 有触点料钟系统(LZ)	115
一、交流传动的运行方式	115
二、控制系统的分析	121
三、系统调整	125
18—5 有触点探尺系统(TC)	130
一、控制系统的分析	130
二、系统调整	134
18—6 无触点装料程序控制系统(CX)	136
一、周期程序控制(ZCK)	136
二、料批程序控制(LCK)	137
三、出口控制部分	139
18—7 无触点主卷扬机系统(ZJ)	142
一、可控硅励磁调速系统	142
二、主卷扬机控制系统	150
三、可控硅励磁调速系统的调整	154
18—8 无触点料钟及均压阀系统	159
一、料钟液压传动无触点控制系统(LZ)	159
二、均压阀无触点控制系统(JY)	162
18—9 无触点探尺控制系统	165
一、探尺卷扬机可控硅控制系统	165
二、料面高度的测量和显示	168
三、料面控制与联锁工作情况	170
四、系统调整	171
第十九章 电弧炉的调整	174
19—1 概述	174
一、电弧炉的生产过程	174

二、电弧炉的继电保护.....	175
三、对功率自动调节器的要求.....	175
19—2 交磁放大机控制的电动机式功率自动调节系统.....	176
一、基本原理.....	176
二、系统调整.....	178
19—3 可控硅控制的电动机式功率自动调节系统	185
一、基本原理.....	185
二、系统调整.....	189
19—4 可控硅控制的滑差电机式功率自动调节系统.....	193
一、基本原理.....	193
二、系统调整.....	197
第二十章 电子管式高频发生装置的调整.....	200
20—1 概述	200
一、用途和构造.....	200
二、主要技术数据.....	200
20—2 线路基本原理.....	203
一、原理线路.....	203
二、闸流管整流器.....	206
三、电子管振荡器.....	208
20—3 高频发生装置的试验与调整	211
一、通电调整前的检查及注意事项.....	211
二、水冷系统的检查、调整与运行.....	212
三、稳压器的调整.....	212
四、闸流管和振荡管的调整.....	213
五、高频部分的调整.....	216
20—4 操作程序及运行维护	217
一、高频发生装置的操作程序.....	217
二、振荡管和闸流管的运行和维护.....	217
第二十一章 轧钢辅助传动的调整	220
21—1 混合截止线路及其调整	220
一、混合截止线路简单工作原理.....	220
二、混合截止线路的系统调整.....	225
21—2 具有再生绕组的截止线路及其调整	232
一、线路基本原理.....	233

二、系统调整.....	240
21—3 压下装置控制系统的参数计算.....	243
一、原始数据.....	243
二、控制系统参数计算.....	245
三、静特性的计算.....	254
第二十二章 可逆热轧主传动的调整	258
22—1 概述	258
一、单辊传动的特点.....	258
二、对主传动系统的要求.....	259
22—2 控制系统的工作原理	259
一、发电机电压调节器.....	262
二、电动机励磁电流调节器.....	263
三、电动机负荷调节器.....	265
四、维持上下辊电动机速度关系恒定的调节器.....	267
五、上下辊电动机负荷均衡调节器.....	268
22—3 系统调整	268
一、系统静特性的调整.....	269
二、系统动特性的调整.....	281
三、试生产过程中的精调整.....	288
第二十三章 水银整流系统的主要设备、元件及其试验.....	299
23—1 主变压器的接线方式及其试验.....	299
一、主变压器的接线方式.....	299
二、主变压器的试验.....	304
23—2 电压调整装置及其试验	306
一、调整变压器的技术说明.....	306
二、调整变压器的工作圆图检查.....	312
23—3 阳极快速栅极继电器及其试验.....	314
一、JD-1 型 阳极快速栅极继电器的工作原理	314
二、JD-1 型 栅极继电器的试验	316
23—4 快速开关及其试验	316
一、快速开关的工作原理.....	316
二、快速开关的试验.....	319
三、技术数据.....	321
23—5 静移相器及其试验	324

一、电感电阻串联线路.....	324
二、电感电阻桥式线路.....	325
三、静移相器的试验.....	328
23—6 尖波发生器的原理及其试验	330
一、半波磁放大器.....	330
二、BF-1 型 尖波变压器.....	332
三、尖波发生器的试验.....	335
第二十四章 水银整流器的调整	336
24—1 水银整流器的绝缘试验	336
一、绝缘电阻测定.....	336
二、交流耐压试验.....	336
24—2 点励弧系统与主阳极的定相.....	337
一、单阳极整流器点励弧系统.....	337
二、多阳极整流器点励弧系统.....	343
三、点励弧系统的试验及励弧极与主阳极的定相.....	345
24—3 栅控系统与主阳极的定相	351
一、栅极的作用及其对整流电压的控制.....	351
二、水银整流器一般栅控装置.....	355
三、栅极和主阳极的定相.....	359
24—4 冷却系统的检查和无泵水银整流器的化成	362
一、冷却水及循环水系统的检查.....	362
二、无泵水银整流器的化成.....	363
24—5 牵引变电所直流感地保护的检查	364
第二十五章 离子传动装置的调整.....	367
25—1 离子传动的特点	367
一、可控水银整流器的特点.....	367
二、主回路的特点.....	367
三、栅控的特点.....	369
25—2 热连轧机生产的工艺特点及其对电气传动的要求	370
一、生产工艺过程的特点.....	371
二、对电气传动的要求.....	374
25—3 热连轧机的栅控装置及其调整.....	376
一、栅控装置的线路及其说明.....	376
二、栅控装置的试验和定相.....	377

25—4 热连轧机的速度自动调节系统及其调整	381
一、热连轧机的速度自动调节线路.....	381
二、速度自动调节系统的调整.....	384
25—5 离子传动的动力制动系统及其调整	393
一、动力制动环节的说明.....	393
二、动力制动环节的调整.....	396
附录九 普通电子示波器的使用方法	400
一、示波器各旋钮的作用.....	400
二、操作步骤.....	403
三、使用中的某些问题.....	404
附录十 SBD-1 型低频示波器使用方法	406
一、用途及技术性能.....	406
二、操作方法.....	407
附录十一 SC1型8线电磁示波器的使用方法	415
一、技术性能.....	415
二、操作方法.....	418
附录十二 SC11 型 16 线示波器 使用方法	424
一、用途及技术性能.....	424
二、工作原理.....	425
三、使用说明.....	429
附录十三 各种稳定线路的分析	439
一、电阻电容稳定线路.....	439
二、稳定变压器线路.....	440
三、桥式稳定线路.....	444
附录十四 LG11型硅半导体逻辑元件	448
一、技术说明.....	448
二、元件原理图.....	452
文字符号	469

第十六章 同步电动机的调整

16—1 异步起动的同步电动机

一、异步起动及励磁供给方式

异步起动是同步电动机的基本起动方法。这种方法的实质是把同步电动机作为异步电动机起动。当同步电动机接到电网时，其转子磁极上装设的起动绕组（端部焊接起来的许多铜条）便产生电流，此电流与定子旋转磁场相互作用而产生的转矩，使电动机转速逐渐增加。当接近同步转速时，在转子励磁绕组中通入直流电流，使同步电动机进入同步。

由于起动时定子电压和转子励磁供给的方法不同，同步电动机的控制线路亦有各种不同的形式。兹分述如下：

1. 同步电动机的起动方式

（1）直接起动：即在全电压下起动，当电机达到准同步速度（一般指转速达到0.95~0.98额定转速）时供给励磁，然后牵入同步。直接起动线路简单，使用设备最少。但能否直接起动主要取决于下列因素：

- a. 电动机的结构是否允许直接起动；
- b. 起动转矩能否满足负载的要求；
- c. 起动时母线电压下降的程度。

直接起动时，起动电流很大，如果母线的短路容量与电机的起动容量不相适应，则母线电压下降的程度会超过允许值，因此，能否直接起动，可用下式确定：

$$\frac{S_K + Q_H}{S_M + S_K + Q_H} > \alpha$$

式中 S_K ——母线的短路容量；

Q_H ——母线的无功负荷；

S_M ——电机的起动容量；

α ——母线允许的最低电压相对值。对于动力与照明混合受电的母线为85%，电机单独受电的母线为80%。

（2）降压起动：为了限制起动电流，可通过电阻、电抗器或自耦变压

器，把同步电动机接到电网上，如图16—1所示。假定在这种情况下，同步电动机接到电网瞬间的端电压为 U_q ，则：

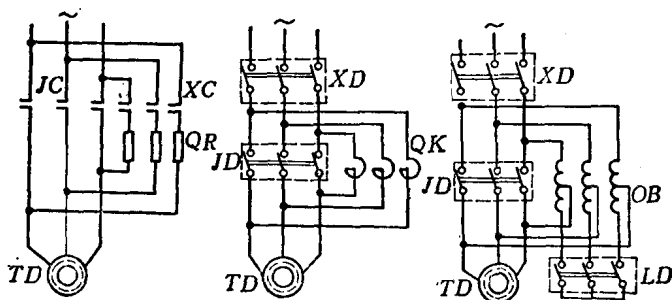


图 16—1 同步电动机降压起动主回路接线图

α . 当利用自耦变压器降压时，电动机的起动电流 I_q 为：

$$I_q = \frac{U_q}{U_e} I_{qe}$$

式中 U_e 及 I_{qe} ——分别为电动机的额定电压及其在额定电压时的起动电流。

相应的电源电流 I_y 为：

$$I_y = \frac{U_q}{U_e} I_q = \left(\frac{U_q}{U_e} \right)^2 I_{qe}$$

电动机的起动转矩 M_q 为：

$$M_q = \left(\frac{U_q}{U_e} \right)^2 M_{qe}$$

式中 M_{qe} ——电动机在额定电压下起动时的起动转矩。

b . 当利用串联电阻或电抗器降压时，电动机的起动电流及起动转矩为：

$$I_q = I_y = \frac{U_q}{U_e} \cdot I_{qe}$$

$$M_q = \left(\frac{U_q}{U_e} \right)^2 M_{qe}$$

由此可知：在电动机的端电压和转矩相同的条件下，自耦变压器的限流作用更为显著。因为电源电流与电压下降比率的平方成比例。在同样的电源电流下，利用自耦变压器可得到较大的转矩。

从图16—1可以看出，利用自耦变压器起动时，线路较复杂。起动时，首

先合上零位断路器 LD ，再合上线路断路器 XD ，这时经启动自耦变压器 OB 把降低了的电压接到同步电动机定子上。当电动机加速到一定速度时，先断开 LD ，电动机经 OB 的一部分线圈接到电网上，此时自耦变压器相当于一个电抗器。再合上加速断路器 JD ，电动机获得全电压。这里应注意两点，一是 LD 断开后加到电动机上的电压，不应比断开前低。二是 JD 合闸前， LD 必须可靠断开。

利用启动电抗器 QK 或电阻 QR 启动时，先合上线路断路器 XD （或线路接触器 XC ），电动机经限流装置接到电网上。随着电动机转速的增加定子电流逐渐下降，电动机端电压逐渐增加。当加速到一定速度时，合上加速断路器 JD （或加速接触器 JC ），电动机获得全电压。

供给励磁的时间有二种：一种是电动机在降低了的电压下加速到准同步速度，供给励磁，使电动机进入同步，然后接入全电压，这叫做“轻载启动”。采用“轻载启动”可以用限流装置减小励磁接入时引起的电流冲击，这是它的优点。另一种是由于某些机械所需要的牵入转矩较大，电动机在低电压时所产生的转矩，不能带动机械加速到准同步速度，这就需要采用“重载启动”。所谓“重载启动”就是在电动机接入全电压，加速到准同步速度时，再供给励磁。

综上所述，采用何种启动方法，不但要考虑电动机的构造，电动机启动时母线电压下降的程度，还应考虑负载的情况，表16—1列出了某些机械的启动转矩、牵入转矩、最大转矩的数字，以供参考。

几种机械的启动、牵入与最大转矩（%） 表 16—1

工作机械名称	启动转矩	在95%同步转速时所需的牵入转矩	在工作时最大转矩
离心通风机	40	—	150
压缩机	40	—	150
破碎机	100	—	250
变流机组	5~15	5~15	150
带钢和钢板的连续钢坯轧机	40	30	250
小型轧钢机	60	40	250
整组拖动的连续线材轧机	75	40	200~250
单独拖动热轧带钢连轧机	25	20	250
板材热轧机	125	100	250
板材冷轧机	200	150	250

2. 励磁的供给

(1) 根据励磁机与同步电动机励磁绕组连接的方式,可分为固接、经电阻固接和非固接三种形式。

固接励磁,就是励磁机的电枢与同步电动机的励磁绕组直接连接,如图

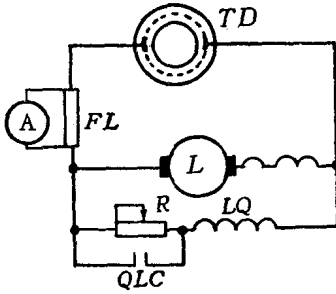


图 16—2 固接励磁接线图

16—2 所示。固接时励磁机与同步电动机一般都是同轴联接。电动机接通电源后,逐渐加速,当达到一定速度时,励磁机开始自励,电动机进入同步。当励磁增长较电动机达到准同步速度为早时,将使主回路产生过大的电流冲击,甚至使电动机不能进入同步;励磁机自励的早晚决定于其励磁回路伏安特性对横座标的倾角,从图 16—3 中可清楚地看出,只要励磁机励磁回路的电阻合适,也就是变阻器 R 调得合适,是可以

避免励磁机过早的自励,又能保证达到准同步速度时供给同步电动机励磁。

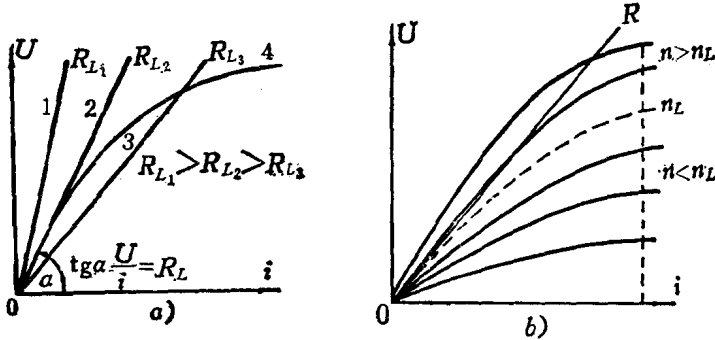


图 16—3 并励发电机的励磁特性与空载特性

a) 自励伏安特性

1、2、3—励磁回路特性;

4—空载特性

b) 不同转速时的自励伏安特性

n_L —临界转速;

R —发电机励磁回路特性

固接励磁需用设备最少,使线路大大简化。但在不是在任何情况下,都可以采用的,这是因为:

a. 在电动机内部故障时,励磁电流消失时间过长,使故障扩大。

b. 电动机起动时, 其励磁绕组被励磁机电枢短接, 单轴效应更为显著, 引起起动转矩特性曲线在高于半同步转速的部分发生较大的下陷, 如图 16—5 中放电电阻为零的一条。当负载转矩较大时, 电动机可能达不到准同步速度。

电动机轴上的阻力矩不超过电动机额定转矩的 0.4 倍时, 可采用固接励磁, 如果大于 0.4 倍时, 需经试验, 方可采用。通常固接励磁适用于 2000 千瓦以下的轻载起动的电动机。

经电阻固接, 就是励磁机电枢经放电电阻与电动机励磁绕组固接的线路如图 16—4 所示。

电动机接通电源后, 逐渐加速, 达到准同步速度后, 励磁接触器 LC 的接点短接了放电电阻 R_{fd} , 励磁机给电动机励磁绕组励磁, 电动机进入同步。

由于起动时接入了放电电阻, 避免了固接励磁的缺点。适当的选择放电电阻的数值, 还可以改善起动特性。图 16—5 表示放电电阻和同步机励磁绕组电阻的比值 R_{fd}/R_L 不同时, 起动特性、起动转矩和牵入转矩的变化, 一般取 R_{fd}/R_L 为 6~10。

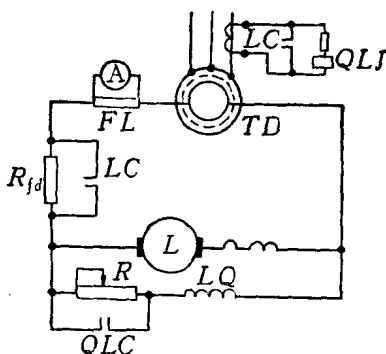


图 16—4 电动机轻载起动的固接励磁线路图

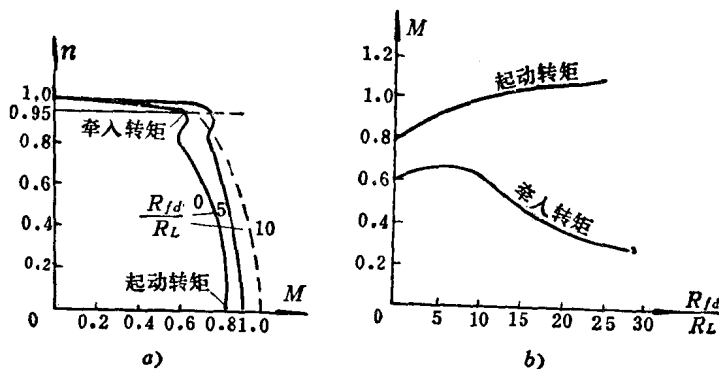


图 16—5 放电电阻 (R_{fd}) 对起动特性的影响
 R_L —励磁绕组电阻

电动机转子回路连接必须可靠。如果励磁回路开路，在起动时，会感应高电压，危及励磁绕组及其回路中其他设备的绝缘。固接励磁系统，其励磁电流如忽大忽小，可在励磁机的励磁绕组回路串入二极管，以避免分励绕组电流的变化。

非固接线路，就是励磁机与放电电阻不同时接在电动机励磁绕组上。如图16—6所示。

电动机起动时，其励磁绕组接在放电电阻上。当达到准同步速度时，励磁接触器LC吸上，使励磁机向电动机励磁绕组供电，并断开放电电阻，电动机进入同步。

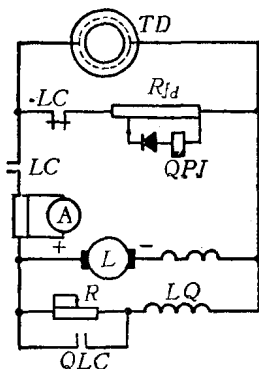


图 16—6 非固接励磁线路图

这种线路的优点是电动机由于内部故障断开时，励磁电流可以较快的减少到零。所以对于具有差动保护的重要电动机或在断开后要长期滑行的传动装置（如电动发电机组）上多采用非固接线路。

(2) 当同步电动机的转速接近同步速度并给以励磁电流时，电动机是否能够牵入同步并正常运行，决定于励磁电流供给时刻与电动机的转差率。通常按最不利的条件下仍能保证牵入同步的最大转差率称为临界转差率 (S_L)，可用下面的经验公式确定：

$$S_L = \frac{243}{n_0} \sqrt{\frac{P_{max} - 0.6P_f}{f \cdot GD^2}}$$

式中 n_0 ——电动机的同步转速（转/分）；

P_{max} ——在给定励磁电流下牵入同步的功率最大值（千瓦）；

P_f ——负载功率（千瓦）；

f ——电源频率（周/秒）；

GD^2 ——电动机及其拖动系统的飞轮力矩（公斤·米²）。

励磁供给的控制有两种方法：

a. 按定子电流控制，如图16—4所示。QLJ为一普通的LJ型电流继电器，电动机起动之初，定子电流很大，继电器吸上。随着电动机转速的逐渐增加，电流逐渐下降，当接近同步速度时，电流很快的下降至最小值，继电器释放，使励磁接触器LC吸上，电动机进入同步。继电器释放值一般整定为1.5～2倍电动机额定电流；为了防止QLJ再次动作，LC吸上后，用其接点把QLJ的