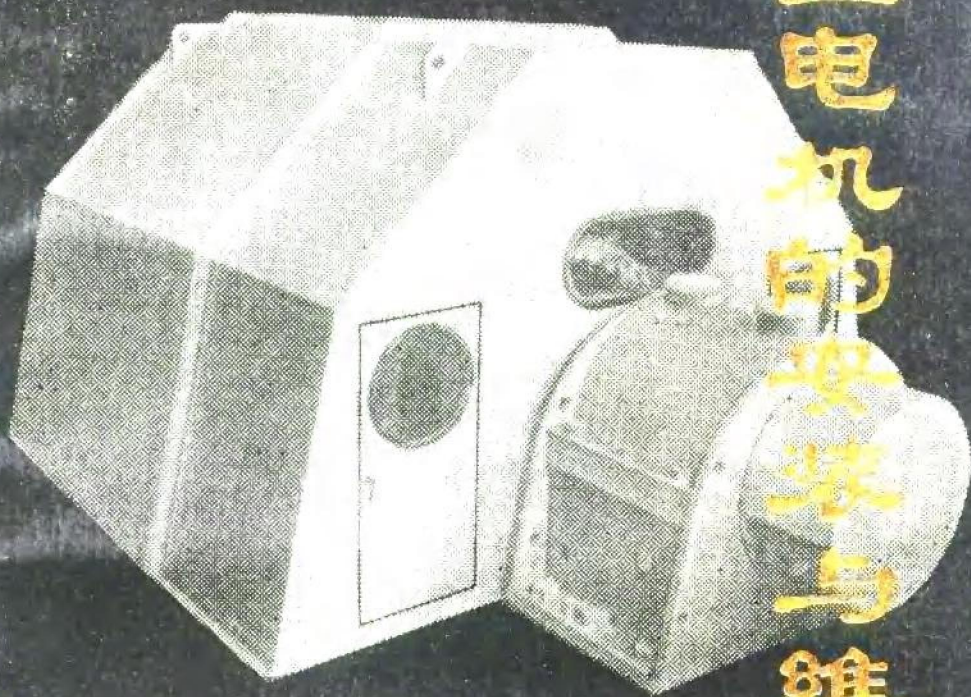


沈标正 颜家驹 编著

大型电机的安装与维修

(第二版)



冶金工业出版社

内 容 简 介

本书主要介绍冶金企业使用的大型交、直流电机的安装、维护与检修方面的实际经验、施工工艺和诊断技术。

本书共分九章：主要介绍大型电机安装工艺和施工方法；直流电机换向问题；电机振动、噪音和扭振的测试和分析；电机运行维护；电机绝缘事故处理；可控硅供电和励磁电动机的一些特殊问题；电机通风问题和测温技术；直流电机故障处理及交流电机维修问题。

本书可供冶金系统与电机有关的工程技术人员、电气工人使用。与之有关的其他专业人员也可参考。

大型电机的安装与维修 (第二版)

沈标正 颜家驹 编著

责任编辑 葛志祺

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店总店科技发行所经销

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 13 字数 338 千字

1978年9月第一版

1989年11月第二版 1989年11月第三次印刷

印数33,201~40,200册

ISBN 7-5024-0388-4

TM·8 定价6.85元



再 版 前 言

本书第一版已出版十年。在这期间大型电机制造、修理与安装技术发展迅速,新型绝缘材料、新的制造工艺和新的结构广泛用于电机制造技术中;座浆法、无垫板安装新工艺已应用于电机安装技术中;电机检测和状态监测技术有了很大进步;随着对外开放,在引进成套设备中国外的不同类型的电机也都陆续投入运行,这些都对电机安装、运行维护和检修提出了新的要求。

根据电机技术发展情况,在这次再版中将原书大部分章节作了增删和修改,内容由七章增加为九章,修改主要内容如下:

第一章中增加了座浆法和灰浆墩法安装工艺和电机干燥方法。

第二章仅作了少量更正和修改。

第三章电机振动与噪声控制是新增加的,包括振动和噪声测试技术,转子校平衡和扭振问题的内容。

新增加的第四章为大型电机维护和检修。

在第五章中增加了绝缘材料与电机修理用新绝缘材料。

第六章中增加了电动机电感计算和测量方法。

第七章改为电机通风、冷却与温度检测,增加了电机过滤器和测温技术的内容。

第八章是在原书第四章基础上,增加了换向器故障处理的内容。

第九章是在原书第三章基础上增加滑动轴承和铁芯修理内容。

本书再版时，得到上海宝山钢铁总厂设备部、宝钢建设公司的支持和帮助，谨此致谢。

由于编者能力和水平有限，对书中缺点，诚恳希望读者批评指正。

编者

一九八八年十月五日

目 录

第一章 大型电机的安装	1
第一节 垫板组的安装	2
一、垫板组的配置和形式	2
二、垫板面积的选择	3
三、垫板组安装的几种施工方法	4
四、安装垫板的施工准备	5
五、研磨法垫板安装工艺	5
六、座浆法垫板安装工艺	6
七、灰浆墩法安装工艺	7
第二节 底板的安装和调整	11
一、底板	11
二、地脚螺杆	11
三、底板安装和调整	12
第三节 轴承座的安装	14
一、清洗、检查与绝缘垫板要求	14
二、轴承座的安装	15
第四节 联轴器的热装	16
一、联轴器热装的准备工作	19
二、感应加热举例	20
三、热装联轴器的注意事项	21
第五节 转子和定子的安装	22
一、转子的检查	22
二、定子的检查	23
三、配合面的检查	23
四、转子和定子的安装	24
五、初步调整	28
第六节 定心	31
一、有关定心的概念	31



二、定心工作的原理	32
三、调整	43
四、单轴承转子的定心	45
五、质量标准	46
第七节 轴承各部间隙测量与轴瓦的刮研	46
一、磁力中心线的测量	46
二、顶间隙的测量	47
三、侧间隙的测量	49
四、轴瓦的刮研	49
五、保证轴承正常运行的条件	50
第八节 气隙测量与调整	51
一、气隙测量工具	51
二、气隙测量与调整方法	52
第九节 电机的干燥	53
一、电机干燥的必要性	53
二、外部加热法	54
三、铁损干燥法	56
四、通电干燥法	60
第十节 试车准备	63
第二章 直流电机换向器的维护和调整	65
第一节 换向的基础理论	65
一、换向过程	65
二、换向的基本理论	66
第二节 氧化膜和滑动接触理论	72
一、氧化膜	72
二、滑动接触	74
三、电刷的工作性能	76
四、换向火花产生的原因	81
五、换向火花的等级	83
第三节 改善换向的几个措施	85
一、换向正常化条件的检查与调整	85
二、换向检查和换向调整	95

三、改善动态换向的措施	101
四、利用加宽电刷和电刷错位来改善换向	104
五、合理选用电刷	107
第四节 换向的维护	113
一、经常和仔细观察换向火花的状态和特征	113
二、区分电磁原因和机械原因造成的火花	114
三、换向器表面的检查	115
四、电刷镜面的检查	120
五、要保持换向器表面的清洁和良好滑动接触条件	121
六、保持电刷的稳定运行	122
第五节 换向不良的征象和原因	126
一、直流电机换向不良的征象和主要故障	126
二、直流电机换向不良的原因	126
第三章 振动与噪声的控制	132
第一节 电机振动的测量与监视方法	132
一、电机振动概念	132
二、电机振动的容许值	133
三、电机的振动源与减振措施	134
四、电机振动测量与分析	136
五、电机振动测试系统	139
第二节 电机噪声及其控制	143
一、噪声危害及控制标准	143
二、大型电机的噪声	144
三、电机噪声的测量与分析	147
四、电机噪声源的简单鉴别	150
五、降低电机噪声的措施	151
第三节 扭转振动及防止措施	152
一、扭转振动问题的发现	152
二、轧机轴系的扭振现象	154
三、扭振测量方法	157
四、扭振的防止和解决办法	160
第四节 电机转子校平衡	161

一、校平衡的目的和许用不平衡量	161
二、静平衡	162
三、大型电机刚性转子的动平衡	165
第四章 大型电机运行维护与检修	172
第一节 大型电机的运行维护	172
一、温升的监视	172
二、电机电流、电压的监视	173
三、绝缘电阻的监视	174
四、对直流电机换向的监视	174
五、润滑系统的监视	175
六、异常情况的观察和分析	176
第二节 大型电机的定期检修	176
一、定期检修的目的	176
二、定期检修的工作内容	177
第三节 大型电机的中修和大修	178
一、大型电机中修和大修的目的	178
二、大型电机的中修	178
三、大型电机的大修	179
第四节 状态维修	180
一、状态维修	180
二、采用状态监测技术, 提高大型轧钢电机的运行可靠性	181
第五章 电机绝缘与故障处理	183
第一节 绝缘材料的主要性能	183
一、电气性能	183
二、耐热等级	185
三、机械性能	187
四、防潮性能	188
五、物理和化学性能	189
第二节 常用绝缘材料和电磁线	189
一、绝缘材料分类	190
二、电机常用绝缘材料与电磁线	195
第三节 电机绕组绝缘结构	195

一、交流电机高压定子绕组绝缘结构	195
二、直流电机电枢绝缘结构	203
三、直流电机主极绝缘结构	208
四、换向极绝缘结构	211
五、直流电机其它部分绝缘	211
六、同步机磁极绕组绝缘	212
第四节 绝缘试验项目与标准	212
一、绝缘电阻测量	212
二、直流泄漏和直流耐压试验	215
三、交流(工频)耐压试验	217
四、匝间耐压试验	217
五、介质损耗角($\text{tg}\delta$)及其增量($\Delta\text{tg}\delta$)的测定	218
第五节 绝缘清洗、浸漆与涂敷工艺	219
一、绝缘电阻降低征状	220
二、提高绝缘电阻的措施	222
三、绝缘清洗	224
四、电机现场浸漆方法	225
五、涂敷工艺	227
第六节 直流电机电枢接地和短路处理	229
一、电枢接地和短路	229
二、电枢绕组局部处理和重卷	231
三、电枢端部的固定	235
第七节 高压交流电机定子绕组接地和短路事故处理 ..	239
一、接地和短路事故	239
二、高压定子绕组接地和短路事故的处理	240
三、用自粘性硅橡胶三角带抢修高压交流定子绕组	240
第八节 单层磁极线圈接地和短路事故的处理	242
第六章 可控硅供电与励磁直流电机	245
第一节 可控硅供电与励磁直流电机换向的特点	245
一、脉动电压的影响	245
二、系统快速反应的影响	248
三、可控硅励磁的影响	248

第二节 改善换向的措施	249
一、减少换向极磁路的时间常数	249
二、减少变压器电势	253
三、采用分块电刷和合适材质的电刷	255
四、加设滤波电抗器	256
第三节 轴电流	257
一、产生轴电压的原因	257
二、防止轴电流的措施	258
三、可控硅供电电动机轴电压实测例子	259
第四节 防止绕组局部过电压	261
第五节 可控硅电源对直流电动机温升和效率的影响	262
第六节 电感计算和测量方法	263
一、电枢回路电感计算	263
二、励磁绕组电感计算	264
三、电枢电感工频法测量	264
四、励磁绕组电感测量	265
第七章 电机通风、冷却与温度检测	266
第一节 电机发热与冷却	266
一、电机发热与冷却	266
二、电机各部分允许温升	268
三、电机绝缘寿命的概念	268
四、电机的冷却方式	270
五、电机所需通风数据的估算	271
第二节 交直流电机几种通风方式	273
一、直流电机的通风方式	273
二、交流电机的通风方式	282
第三节 通风冷却装置	286
一、几种冷源	286
二、几种冷却装置	294
第四节 通风冷却系统的改进	297
一、改进电机的测温技术	297
二、提高空气净化质量	298

三、保持主电室的正压	302
四、正确使用冷却器	303
第五节 大型电机测温技术	305
一、电阻法测温	305
二、温度计法测量电阻各部温度	313
三、埋置检温计法	314
四、大型电机温度监测装置	315
第八章 直流电机常见事故与处理方法	324
第一节 换向器故障处理	324
一、换向器的基本技术要求	324
二、换向器常见故障	326
三、换向器故障处理工艺	328
第二节 电枢拉紧螺杆放电事故及处理	335
一、事故的征象	335
二、事故发生的原因	336
三、事故的处理	337
第三节 换向器支架断裂事故及处理	338
一、事故发生原因及征象	338
二、事故处理方法	339
第四节 电枢支架焊缝开裂事故及处理	342
一、电枢支架焊缝开裂原因分析	342
二、电枢支架鸽尾筋焊缝开裂事故的处理	344
三、电枢支架辐板立筋焊缝开裂的处理	348
第五节 升高片断裂事故及处理方法	349
一、升高片的断裂现象	349
二、升高片断裂事故的处理和预防措施	350
第六节 换向器的带电切削工艺	354
一、换向器车削原因	354
二、大型直流电机换向器带电切削工艺	355
第七节 环火事故及预防措施	358
一、直流电机的环火事故	358
二、发生环火的原因	359

三、环火发生的过程	361
四、环火事故的预防措施	364
第九章 交流电机的维修	366
第一节 滑动轴承的检修	366
一、滑动轴承的工作原理与结构	366
二、滑动轴承的维护和检查	371
三、轴瓦瓦衬重新浇铸	372
四、油环修整	373
五、轴承漏油的处理	375
第二节 铁芯缺损的修理	376
一、铁芯缺损的原因	376
二、铁芯表面的刮伤的处理	377
三、铁芯烧损的修理	377
四、铁芯紧密度不够的处理	378
第三节 同步电动机阻尼绕组开焊, 阻尼端环接触不良	379
一、同步电动机的几种起动方式	379
二、同步机阻尼绕组开焊和阻尼端环接触不良的征象和检查 方法	380
三、产生事故的原因	382
四、处理方法	383
五、实心磁极阻尼环放电和断裂事故处理	383
六、同步机连续起动的次数	386
第四节 鼠笼型感应机断条事故	387
一、断条事故的表现和处理方法	387
二、笼条开焊或断条的原因	388
三、开焊与断条事故的处理	389
第五节 绕线型感应电动机转子并头套开焊和短路事故	391
一、绕线型感应电动机力矩—转差特性	391
二、并头套开焊和短路事故产生原因	392
三、并头套开焊和短路事故的处理	392
第六节 同步电动机的失磁运行	395
一、同步电动机的运行特性	395

二、同步电动机失磁运行事故和防止措施	396
第七节 同步电动机滑环火花和异常磨损	398
一、事故的征象	398
二、滑环磨损的原因	399
三、滑环急剧磨损的预防措施	400
参考文献	400

第一章 大型电机的安装

在基本建设和生产维修中，都会遇到电机设备的安装和调整问题。电机安装质量直接影响到电机运行可靠性。大型电机的安装，除需要和土建、机械安装等专业相互配合外，尚须经过复杂、细致的调整检测工作。卧式电机或机组的安装，一般要经过底板的安装、轴承座的安装调整、定、转子的就位和调整，机组定心、各部分间隙测量和调整，电机干燥、耐压试验和试车等工序，方能正式投入运行。

电机安装前，还必须进行电机基础验收，开箱检查等准备工作。

大型电机安装是一个需多种专业配合，周期较长，要求较高的作业过程，在安装过程中必须注意下列事项：

施工安全：电机安装时，施工中必然要进行大件搬运、起吊作业、高空作业、明火作业和油冲洗作业等。在进行上述这些作业时，必须充分地做好准备，小心地进行作业。

防潮：电机在现场开箱、安装在基础坑后，就会逐渐吸潮，使绝缘电阻降低。在安装过程中要用保护罩盖起来，并用加热器加热防潮。

防止异物进入电机内部：在电机安装过程中，应十分注意，不要使螺钉、螺母、棉纱和垃圾等进入电机内部。

当在电机内部进行作业和检查时，应将工具和物品清点，数量较多时应作表登记、作业完后应进行清点，以免工具类物品遗忘在电机内部。

主要结构部件处理：电机主要部件开箱后，应进行部件清点和外观检查。对于表面锈蚀，应用砂纸除去，金属件表面防锈漆，需用煤油、酒精溶剂洗去。

对于重要配合面（如轴颈与轴瓦、法兰止口）和滑动接触部

件（如换向器、滑环、集电环和电刷装置）应保护好，在施工中应避免受损伤，造成性能下降。

起吊裕度：起吊部件时，要预先考虑部件重量和安装高度。在使用钢绳时，要有足够安全余量。

本章将介绍大型电机安装的主要工序和工艺过程。

第一节 垫板组的安装

大型电机的底板一般都安装在金属垫板组上，以调节底板的高度和水平度，并传递电机的动、静负荷。垫板组的配置、数量、形状和尺寸，通常在电机安装图上有具体规定。在图纸上未作规定时，可按本节介绍内容进行选择和计算。

一、垫板组的配置和形式

1. 垫板组配置

在安装图上没有规定垫板配置位置时，垫板组应配置在下述部位：

- 1) 基础螺栓两边；
- 2) 轴承的下方；
- 3) 机座底脚的下方，每组之间距离约250~300mm；
- 4) 底板可能产生弯曲变形的下方，间距约600~800mm。

垫板配置还必须保证二次灌浆时砂浆的流路；

2. 垫板的形式

垫板安装是手工作业，垫板大小必须适合人工搬运。中、小型电机采用垫板宽度为50~80mm，大型电机采用垫板宽度为80~150mm。垫板厚度约12~35mm，垫板越宽，垫板最底下的一块越厚。

垫板的长度应略大于底板接触面的宽度。垫板安装好后，应露出底板外缘。平垫板应露出10~30mm，斜垫板应露出10~50mm。

电机安装中常用的垫块组形式有三种，如图1-1。

(1) 平垫板组

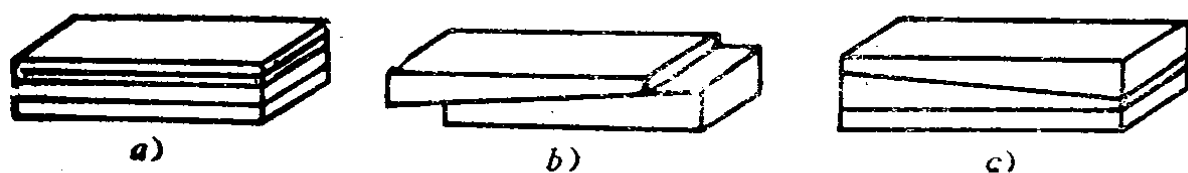


图 1-1 垫板组的种类

a—平垫板组；b—斜垫板组；c—组合垫板组

平垫板组由厚薄不等的垫板和垫片组成，如图 1-1a。这种垫板组的垫板加工方便，成本低，但调整较麻烦，特别微调很困难。在为调整方便而增加片数时，精度就不能保证。平垫板一般用气割后，四边倒角。而尽量不用剪床冲剪，因垫板冲剪后易产生弯曲变形。

(2) 斜垫板组

斜垫板组通常采用 $1/20 \sim 1/50$ 斜度，如图 1-1b。这种垫板组调整方便，易微调。在电机定心后，为不使其松动，必须把垫板焊接固定。

(3) 组合垫板组

组合垫板组由平垫板和斜垫板组合而成，如图 1-1c。这种垫板组优点是承受冲击负载能力强，其余与斜垫板组相同。

二、垫板面积的选择

电机的全部动、静载荷，都是由垫板组和二次灌浆层承受的。垫块面积可按下面几个公式计算和校验。

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (1-1)$$

式中 Q ——基础全载荷，N；

Q_1 ——电机载荷，N；

Q_2 ——基础螺栓紧固力，N；

Q_3 ——电机动载荷，N。

$$Q < A_1 \sigma_1 + A_2 \sigma_2 \quad (1-2)$$

式中 A_1 ——垫板的面积， m^2 ；

A_2 ——二次灌浆层面积（底板面积—垫板面积）， m^2 ；

σ_1 ——垫板许用抗压应力, kPa

σ_2 ——二次灌浆层许用抗压应力, kPa。

$$Q + Q_2 < A_1 \sigma_3 \tag{1-3}$$

式中 σ_3 ——安装时仅受静载荷时, 垫板 (或灰浆墩) 的许用抗压应力, kPa。

其中 σ_1 、 σ_2 和 σ_3 是根据基础灌浆层混凝土强度确定的。表1-1是以基础抗压强度为23.5MPa时, 所得到垫板下基础的许用抗压应力。

表 1-1 基础许用应力(MPa)

施工方法 许用应力	灰浆墩法	座 浆 法		研 磨 法
	无收缩水泥	无收缩水泥	普通水泥	研磨基础面
垫板 (灰浆墩) 部分许用压应力, σ_1	7.85	7.85	4.905	5.885
二次灌浆部分 许用压应力, σ_2	4.905	4.905	0.295~0.785	—
安装时仅受静载 时垫板 (灰浆墩) 许用压应力, σ_3	11.77	11.77	7.358	8.339

三、垫板组安装的几种施工方法

垫板安装的施工方法有三种：研磨法、座浆法和灰浆墩法，如图1-2所示。其中灰浆墩法是无垫板安装工艺。

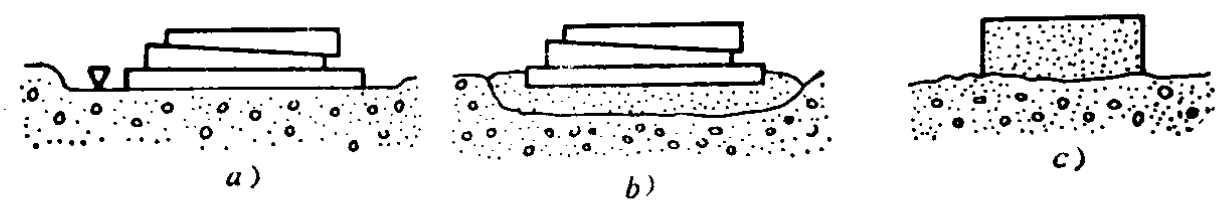


图 1-2 垫板组安装施工方法
a—研磨法；b—座浆法；c—灰浆墩法

1. 研磨法

这是一种老的施工方法。施工时研磨混凝土表面既费工时，效率又低，而且作业时灰土飞扬，劳动条件恶劣。同时，研磨混