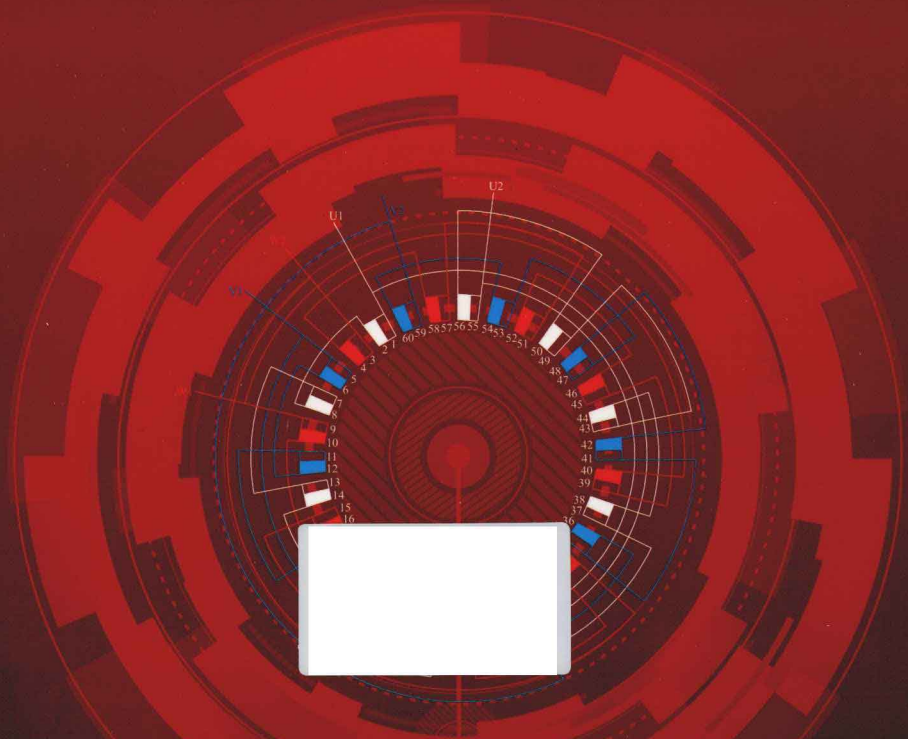


才家刚 主编

DIANJI SHIYAN JI XINGNENG FENXI
JIANMING SHOUCHE

电机试验及性能分析 简明手册

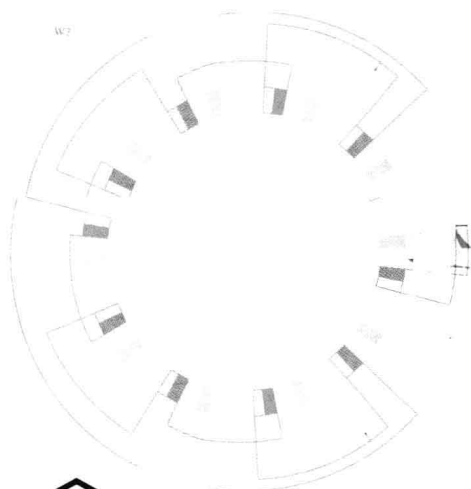


化学工业出版社

才家刚 主编

DIANJI SHIYAN JI XING
JIANMING SHOU

电机试验及性能分析 简明手册



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电机试验及性能分析简明手册/才家刚主编. —北京:
化学工业出版社, 2012. 11
ISBN 978-7-122-14767-7

I. ①电… II. ①才… III. ①电机-实验-技术手册
②电机-性能分析-技术手册 IV. ①TM3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 147272 号

责任编辑: 卢小林
责任校对: 洪雅妹

文字编辑: 孙 科
装帧设计: 张 辉

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 北京云浩印刷有限责任公司
装 订: 三河市万龙印装有限公司
850mm×1168mm 1/32 印张 15 $\frac{3}{4}$ 字数 416 千字
2013 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究



前言

电机试验及检测是电机研究、生产和维修过程中不可缺少的重要环节。因此，对于从事这些行业的单位来讲，具备一套符合要求的电机试验检测设备和一定数量具有一定技术水平的试验技术人员，是非常必要的。

另外，对于从事电机设计和制造的技术人员，若不甚了解电机试验的有关知识，也将给自己的工作带来一定的困难。

本书从解决上述问题的目的出发，汇集了我国现行最新的有关中、小、微型交流异步电动机试验检测方面的技术标准，并结合编者近30年的实践经验，对电机试验方面的理论、设备选用和组建、试验操作方法、试验数据的采集和处理、试验报告的编写和性能数据分析、故障判定等多方面内容，进行了详细地介绍。由于采用了图文并茂和以实例说明的形式，所以各项内容都很容易理解和实施。

本书可作为电机生产和修理单位试验人员的工具书和培训辅助教材，也可作为从事电机设计、制作、修理、教学和研究人员参考资料。

应当指出的是，随着科学技术的不断发展，电机试验检测技术和有关设备也将不断地更新和改善，与之对应的有关标准也将进行不断地补充或更改，因此，请读者随时注意相关变化内容，做到采用最新技术和最新标准。

另外还需说明的是，本书中原则性的规定均来自于现行的有关

标准，但本书并不是具有法律效力的标准，所以，在对其中某些内容有争议时，请以文中所提到的标准原文为准。

本手册由才家刚主编，吴亚旗、倪立新、李振军、卜云杰、董良初、才雪冬、齐永红、齐志刚、李红、薛红秋、王爱红、齐岳、施兰英、王光禹、才学静、王裕群等参加了部分内容的编写、绘图和收集整理资料等工作。

电机设计专家傅丰礼博士、电机试验专家李宝金、肖兆波、陈业韶、黄昌梅等，给与了很多指导。在此一并表示衷心的感谢。

限于编者的经验和技术水平，书中定有不妥和疏漏之处，欢迎广大读者批评指正。在此表示衷心的感谢。

编者



目录

第一章 基础知识	1
第一节 电机试验的分类及常用术语	1
一、电机试验分类	1
二、电机及电机试验常用名词术语	3
第二节 电机的工作制与定额	5
第三节 电机的安装方式及其代号	8
第四节 电机的冷却方法及其代号	11
第五节 电机性能指标考核标准容差的一般性规定	14
一、保证值和容差的定义	14
二、国家标准中对电机性能指标容差的规定	15
第六节 旋转电机外壳防护分级 (IP 代码)	17
一、表示方法	17
二、第一位表征数字 (防固体等级) 的内容	17
三、第二位表征数字 (防液体等级) 的内容	18
第七节 关于 GB/T 21210—2008 中提出的起动性能代号 问题	19
第二章 试验用设备及仪器仪表	21
第一节 电动机试验用交流电源设备	21
一、对试验用交流电源的质量要求	21
二、三相感应调压器	23
三、接触式自耦调压器	27
四、交流三相单频发电机组	27
五、交流变频发电机组	28

六、变频器——交流变频电源	30
第二节 不平衡电压对三相笼型感应电动机性能的影响	30
一、不平衡电压对电动机性能的影响	31
二、不平衡百分率的计算	32
第三节 试验用直流电源设备	33
一、对直流电源的质量要求	33
二、直流电源机组	33
三、固定输出电压和用晶闸管调压的整流电源	35
四、用自耦调压器调压的整流电源	36
第四节 电动机试验负载设备	39
一、以直流发电机作负载	39
二、由交流异步电动机转化成的交流发电机负载	40
三、试验专用变频回馈负载	46
四、磁粉制动器负载	48
五、专用测功机	50
六、转矩-转速传感器与机械负载组成的测功机	51
七、测功机测量结果的修正	53
八、转矩-转速传感器测量结果的修正	54
九、微型电动机绳索滑轮加载法	54
第五节 发电机试验负载——电负载设备	55
一、电阻负载	56
二、电感负载设备	58
三、交流发电机的回馈负载	60
四、变频机组容量小于被试电机容量时的解决办法	61
五、直流发电机的回馈负载	62
六、直流电机试验用励磁电源	65
第六节 电机试验用工装	66
一、试验平台和安装固定器件	66
二、对小功率电机发热试验用支架及散热板的规定	66
三、架电机用弯板	67
四、联轴器	68

第七节 电量测量仪表及其使用方法	71
一、电量测量仪表的分类	71
二、仪表的误差和准确度分级	72
三、电机试验测量对仪表准确度的要求	73
四、仪表使用方法及注意事项的通用部分	74
五、电动系交流功率表的使用方法	74
六、电机试验中常用的指示仪表	79
第八节 数字式仪表	79
第九节 电流互感器、电压互感器和分流器	81
一、互感器的用途、分类及准确度分级	81
二、互感器的误差及其修正方法	81
三、电流互感器的使用方法及注意事项	85
四、电流互感器及其接线的常见故障和原因	88
五、电压互感器的使用方法及注意事项	90
六、分流器及其使用方法	91
第十节 交流电机试验测量电路	93
一、单相交流电流测量电路	93
二、三相交流电流测量电路	93
三、单相和三相电压测量线路	94
四、功率测量线路	94
五、电动机三相电流、电压及功率综合测量线路	98
六、三相交流同步发电机试验综合测量线路	99
七、两表法三相功率测量线路常见故障	100
八、用两表法测量三相功率时的读数计算三相负载的功率 因数	100
第十一节 直流电机试验测量电路	101
第十二节 变频器输入、输出电量测量仪表的选用	102
第十三节 温度测量仪器	103
一、测量仪器类型及要求	103
二、膨胀式温度计	103
三、半导体点温计	105

四、热传感器和温度显示器	105
五、红外测温仪	108
第三章 电机通用试验及设备	109
第一节 绝缘电阻测定试验	109
一、试验设备	109
二、测量方法及注意事项	109
三、测量结果的判断	112
四、吸收比考核标准	114
五、极化指数 (PI) 考核标准	114
第二节 介电强度试验 (耐电压试验)	115
一、耐交流电压试验	115
二、耐直流电压试验	121
第三节 绕组匝间耐冲击电压试验	123
一、试验仪器的类型和工作原理	123
二、匝间仪使用方法及注意事项	126
三、交流低压电机散嵌绕组试验方法及试验电压限值	127
四、交流低压电机成型绕组匝间绝缘试验及限值	129
五、直流电机电枢绕组匝间绝缘试验规范	130
六、电机磁极线圈及磁场绕组的匝间耐冲击电压试验	133
七、利用曲线状态人工判定试验结果的方法	135
第四节 绕组直流电阻的测定试验	138
一、常用直流电阻测量仪及使用方法	138
二、三相绕组直流电阻的测量	145
三、相电阻与线电阻的换算关系	145
四、不同温度时导体直流电阻的换算	146
第五节 转子转动惯量的测定试验	147
一、计算法	147
二、双钢丝实测法	148
三、辅助摆摆动实测法	149
四、空载减速法	150
第六节 非正常工作条件试验	151

一、偶然过电流试验	152
二、短时过转矩试验	152
三、短时过电压试验	153
四、三相同步发电机的突然短路试验	154
五、超速试验	155
六、小功率电机的较长时间堵转试验	157
七、小功率三相电动机缺相运行试验	158
第七节 热试验	158
一、试验目的	158
二、试验方法分类	159
三、电机部件温度测量方法的选择原则	160
四、用电阻法测量和求取绕组温升的试验及计算过程	160
五、集电环、换向器温度的测量	171
六、轴承温度的测量和限值	171
第八节 电机绕组及相关部件的温升或温度限值及有关 规定	172
一、说明	172
二、用空气间接冷却绕组的温升限值	172
三、对在非基准条件下试验或运行的电机绕组温升限值的 修正	174
四、集电环、换向器以及电刷和电刷机构温升或温度 限值	176
第九节 振动测定方法及限值	176
一、测量仪器	176
二、测量辅助装置及安装要求	177
三、测定方法	181
四、测量结果的确定	183
五、振动限值	183
六、轴振动振幅与速度有效值的关系	184
第十节 噪声测定方法及限值	185
一、说明	185

二、声音的量子度	185
三、声级测量仪器和辅助装置	187
四、电机噪声声压级的测量方法	190
五、对试验环境影响因素的修正	194
六、试验结果的确定方法	195
七、声功率级和声压级之间的转换	196
八、电机负载噪声的测试方法	197
九、电机噪声限值	198
第十一节 电机转速和转差率的测定与计算	199
一、转速的直接测量	199
二、交流异步电动机转差率的测量和转速的计算	201
第十二节 轴伸、集电环和凸缘端盖止口的圆跳动检测	203
一、轴伸和集电环径向圆跳动检测	204
二、凸缘端盖止口对轴线的径向和轴向跳动测量	205
第四章 三相交流异步电动机试验	207
第一节 电工半成品试验	207
一、外观检查	208
二、电气性能检查和试验	208
三、对出线相序的检查	210
第二节 普通电机成品检查试验	212
一、试验项目	212
二、堵转试验	213
三、空载试验	215
第三节 绕线转子三相异步电动机特有试验	217
一、检查电刷系统的安装情况	217
二、定、转子电压比的测定试验	220
三、堵转和空载试验	222
四、其他试验	223
第四节 三相交流异步电动机出厂标准的确定原则	223
一、说明	223

二、三相交流异步电动机性能参数正常波动范围	224
三、额定电压时的空载电流统计值	224
四、额定电流时的堵转电压统计值	225
五、三相交流异步电动机出厂试验数据与电机主要性能 数据的关系	225
六、制订三相交流异步电动机出厂标准的原则和步骤	226
第五节 三相交流异步电动机出厂数据分析	227
第六节 型式试验项目及说明	230
一、试验项目	230
二、试验方法及试验报告编制的说明	231
第七节 空载特性试验	232
一、试验目的	232
二、试验过程和有关参数的测定方法	233
三、试验结果的计算和特性曲线的绘制	234
第八节 堵转特性试验	236
一、试验目的	236
二、试验设备和线路	237
三、试验步骤及注意事项	238
四、试验结果的计算	240
五、采用圆图算法求取工作特性的深槽和双笼型电动机 附加堵转试验	242
六、采用等值电路法求取工作特性的堵转试验	243
第九节 热试验	243
一、直接负载法	243
二、等效负载法	243
三、绕线转子电动机的试验要求	247
第十节 负载试验	248
一、试验目的和有关说明	248
二、可实测输出功率的额定电压直接负载法	249
三、不能实测输出功率的额定电压直接负载法	252
四、降低电压的直接负载法	253

五、关于绕组直流电阻温度修正的规定温度问题	253
第十一节 杂散损耗的测定试验和有关规定	254
一、杂散损耗的定义和试验目的	254
二、基频杂散损耗测定方法	254
三、采用反转法测定高频杂散损耗和求取总杂散损耗的 过程	255
四、采用 B 方法计算效率时，杂散损耗的线性回归过程及 有关规定	258
五、GB/T 1032—2005 中规定的杂散损耗推荐值	260
第十二节 效率的确定方法	260
一、效率确定方法的分类	261
二、A 法测定效率——效率的直接测定法	262
三、B 法测定效率——输入-输出损耗分析法	263
四、C 法测定效率——双机对拖反馈法	263
五、E (E1) 法测定效率——损耗分析法	266
六、G (G1) 法测定效率——降低电压负载法	266
第十三节 除效率以外其他性能的确定方法	268
一、满载功率因数的直接确定方法	268
二、满载转差率的直接确定方法	268
三、满载转矩的直接确定方法	269
四、满载输入电流的直接确定方法	269
五、满载温升的直接确定方法	269
第十四节 最大和最小转矩的测定试验及计算方法	270
一、最大转矩的定义和转矩-转速特性曲线	270
二、接近额定电压时的实测最大转矩试验和计算方法	271
三、电源和负载设备能力不足时的实测试验和计算 方法	276
四、最大转矩的圆图计算法	277
五、最小转矩测定方法	280
第十五节 用损耗分析法 (E 法) 求取效率的型式试验报告 计算和编制实例	281

一、汇总与试验有关的铭牌数据	282
二、测定定子三相绕组的绝缘电阻和冷态直流电阻	282
三、堵转试验	282
四、热试验	284
五、负载试验	284
六、杂散损耗试验	285
七、空载试验	287
八、满载效率、功率因数、定子电流、绕组温升、转矩和 转差率的确定	289
九、试验结果汇总	292
第十六节 三相异步电动机试验报告分析	294
一、对试验报告内容的检查	294
二、对不合格项目的分析	294
第十七节 制动电动机的特殊试验	298
一、静制动力矩测定试验	298
二、制动时间的测定试验	300
第十八节 电磁调速电动机特殊试验	302
一、YCT 系列电磁调速电动机基本结构	302
二、特有或有特殊要求的试验项目、试验方法及特殊 要求	302
三、对电磁调速控制器的试验	305
第十九节 井用潜水电动机试验	309
一、主要系列技术条件编号和相关参数	309
二、特有或有特殊要求的试验项目、试验方法和有关考核 标准	310
第二十节 YLJ 系列力矩三相异步电动机特有试验	312
一、性能特点简介	312
二、特有或有特殊要求的试验项目、试验方法和有关考核 标准	313
第二十一节 变频器供电调速电动机的试验	314
一、名词解释	315

二、对所用仪器仪表的要求和抗干扰问题	315
三、试验方法和试验项目说明	316
四、试验方法和相关计算	316

第二十二节 60Hz 电动机用 50Hz 供电进行试验的计算

方法	320
一、说明	320
二、试验方法	320
三、试验数据的折算	321

第五章 单相交流异步电动机试验

第一节 单相交流异步电动机的通用试验

一、试验电源及电气测量	322
二、绝缘电阻的测定试验	324
三、绕组直流电阻的测定试验	324
四、空载试验	324
五、堵转试验	325
六、热试验	326
七、直接负载法效率、功率因数的测定	328
八、各项损耗的确定	330
九、转矩-转速特性试验	331
十、电容器两端电压的测定试验	332
十一、耐交流电压试验	332
十二、起动过程中起动元件（离心开关）断开转速的测定 试验	332
十三、其他试验项目	333

第二节 单相交流串励电动机试验特点

一、单相交流串励电动机的结构及其特点	334
二、试验前的检查工作	334
三、堵转电流和堵转转矩的测定试验	334
四、额定负载试验和换向检查试验	335
五、超速试验	335

六、耐交流电压试验	335
第三节 单相离合器电动机试验	335
一、离合器加速时间和制动时间的测定试验	336
二、电动机空载起动时间的测定试验	338
三、振动和噪声测定试验	339
四、热试验	339
第四节 外转子电动机试验方法	339
一、安装方法与要求	339
二、试验方法及要求	340
第五节 电容器电容量的测定和故障判断	341
一、电容器好坏的简易判断方法	341
二、用电压和电流表测定电容器的容量	343
第六节 单相异步电动机常见故障分析	344
第六章 同步电机试验	346
第一节 三相同步电机试验项目及有关规定	346
第二节 绕组绝缘电阻和直流电阻的测定试验	347
一、绝缘电阻的测定	347
二、直流电阻的测定	348
第三节 空载特性测定试验	348
一、发电机法	349
二、电动机法	350
第四节 三相稳态短路特性测定试验	351
一、发电机法	351
二、电动机法（自减速法）	352
第五节 励磁电流测定试验	353
一、空载过励并在额定电枢电压和电流时的励磁电流测定 试验	353
二、额定励磁电流的测定	354
三、测定保梯电抗 X_p 的试验和计算方法	356
第六节 固有电压调整率的测定试验	358

一、直接负载法	358
二、额定励磁电流法	358
第七节 自励恒压发电机电压调整性能和三相不对称负载 试验	358
一、电压调定范围检查试验	358
二、稳态电压调整率的测定试验	359
三、冷、热态电压变化率测定试验	360
四、不对称负载工作时三相电压偏差的测量试验	361
第八节 热试验	361
一、通用部分	361
二、直接负载法温升试验	362
三、降低负载热试验	363
四、不对称负载工作时各绕组温升试验	364
第九节 效率的测定试验	364
一、用测功机直接测量输入或输出机械功率的直接 测定法	364
二、两台同规格电机对拖回馈的直接测定法	365
三、直接负载的损耗分析测定法	366
四、其他负载时效率的求取方法	371
第十节 异步起动的同步电动机堵转性能试验	371
一、试验设备	372
二、试验过程和注意事项	372
三、降低电压的试验方法	372
第十一节 同步电动机标称牵入转矩和失步转矩测定试验	374
一、标称牵入转矩测定试验	374
二、失步转矩测定试验	377
第十二节 过电流（过载）和机械强度试验	379
一、偶然过电流（过载）试验	379
二、突然短路机械强度试验	379
第十三节 瞬态电压调整率和恢复时间的测定试验	381
一、试验设备和试验方法	381