

# 电机测试技术与标准应用

熊端锋 代颖 主编



非外借



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



电气信息工程丛书

# 电机测试技术与标准应用

主 编 熊端锋 代 颖  
 参 编 蒲有东 杨 栋 姜 雷 朱春华  
 王智勇 高淑瑜 占金梅 倪立新  
 郑秀文 刘 颖 赵文华



www.cmpbook.com 机械工业出版社 (010) 88379300  
 www.cmpedu.com 机械工业出版社 (010) 88379300

www.cmpbook.com 机械工业出版社 (010) 88379300  
 www.cmpedu.com 机械工业出版社 (010) 88379300

本书从电机的基础理论、试验方法和标准的角度介绍电机的测试技术和标准应用。全书分为三部分，第一部分为电机基础知识，包括电磁理论知识、磁路分析基础、电机分类与原理、电机制造工艺、电机标委会与标准体系及产品认证等；第二部分为电机测试方法，包括电机测试理论、电机试验基础、常用测试设备、通用测试方法、专用或特殊应用电动机测试方法等；第三部分为电机标准解析，包括电机标准间的逻辑关系、通用电机标准解析、中小型旋转电机通用产品类标准解析、中小型旋转电机典型专用产品类标准解析、小功率电动机通用产品类标准解析、小功率电动机专用产品类标准解析和控制电机产品类标准解析。

本书可供高校电机相关专业的师生学习参考，也可供电机企业及检测认证机构的工程人员阅读。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

电机测试技术与标准应用/熊端锋, 代颖主编. —北京: 机械工业出版社, 2018.3

(电气信息工程丛书)

ISBN 978-7-111-58929-7

I. ①电… II. ①熊… ②代… III. ①电机-测试技术 IV. ①TM301

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 017307 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 汤枫 责任编辑: 汤枫

责任校对: 张艳霞 责任印制: 常天培

唐山三艺印务有限公司印刷

2018 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·27.75 印张·669 千字

0001-3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-58929-7

定价: 98.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线: (010) 88361066

读者购书热线: (010) 68326294

(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: [www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

机工官博: [weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

教育服务网: [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

金书网: [www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

# 前 言

在以机器人、电动汽车和高精度机床为代表的智能制造技术高速发展的今天，传统电机的应用面逐渐加大，控制电机也以其优异的性能得到了一定程度的应用。

作者在从事检测、认证、设计、生产的过程中，发现高校本科毕业生缺乏电机测试的相关知识，而负责电机生产、加工的一线技工对电机基础理论掌握较差。本书试图从电机的基础理论、试验方法和标准的角度介绍电机的测试方法，以供高校的师生、电机企业及检测认证机构的工程人员参考。

本书分三部分，第一部分为电机基础知识，包括电磁理论知识、磁路分析基础、电机分类与原理、电机制造工艺、电机标委会与标准体系及产品认证等；第二部分为电机测试方法，包括电机测试理论、电机试验基础、常用测试设备、通用测试方法、专用或特殊应用电动机测试方法等；第三部分为电机标准解析，包括电机标准间的逻辑关系、通用电机标准解析、中小型旋转电机通用产品类标准解析、中小型旋转电机典型专用产品类标准解析、小功率电动机通用产品类标准解析、小功率电动机专用产品类标准解析和控制电机产品类标准解析。

本书由熊端锋、代颖负责统筹和主编，由蒲有东负责编写与电磁兼容有关的内容，由杨栋负责编写与电机认证有关的内容，由姜雷负责编写与电机环境适应性有关的内容，由朱春华负责编写与小功率电动机测试及标准有关的内容，由王智勇、赵文华负责编写与军工和核电有关的内容，由高淑瑜负责编写与测试设备有关的内容，由占金梅、刘颖、郑秀文负责编写与测试仪器有关的内容，由倪立新负责编写与测试数据及测试方法有关的内容。

在本书的编写过程中，得到了哈尔滨理工大学电机专业同仁和东华大学 2011 届领袖班全体同学的帮助，特别感谢唐为电机技术创始人唐名钟、开利空调高级工程师魏华雄和广东加华美认证有限公司上海分公司（CSA）高级电机工程师李军丽提供的无私帮助，在此表示衷心的感谢。在本书的编写过程中，还得到了行业专家陈业绍教授的大力支持和指点，在此表示衷心的感谢。另外也要特别感谢电机测试行业的前辈才家刚老师，才老师所撰写的书籍为我们从事电机检验指明了方向。

在本书的写作过程中，得到了家人的大力支持，谨对夫人和孩子表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免有疏漏和不足之处，欢迎广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 前言

## 上篇 电机基础知识

<b>第1章 电磁理论基本物理量</b> .....	2	3.3.3 交流三相异步电动机的基本结构	21
1.1 磁感应强度	2	3.3.4 交流三相异步电动机的定子和绕组	21
1.2 磁通量	2	3.3.5 交流三相异步电动机的转子	22
1.3 磁导率	2	3.3.6 交流三相异步电动机的主要性能	22
1.4 磁场强度	2	<b>3.4 交流三相同步电机</b> .....	25
<b>第2章 磁路分析基础</b> .....	3	3.4.1 交流三相同步电机的分类	25
2.1 磁路的基本定律	3	3.4.2 交流三相同步电机的工作原理	26
2.1.1 磁路的概念	3	3.4.3 交流三相同步电机的基本结构	26
2.1.2 磁路定律	3	3.4.4 交流三相同步电机的定子和绕组	26
2.1.3 磁路和电路的比较	5	3.4.5 交流三相同步电机的转子	27
2.2 常用铁磁材料及特性	6	3.4.6 交流三相同步电机的主要性能	27
2.2.1 铁磁物质的磁化	6	3.4.7 交流三相同步发电机组	28
2.2.2 磁化曲线与磁滞曲线	6	<b>3.5 单相异步电动机</b> .....	29
2.2.3 铁磁材料	6	3.5.1 单相异步电动机的分类	29
2.3 磁路分析	9	3.5.2 单相异步电动机的工作原理	29
2.4 绕组基础	9	3.5.3 单相异步电动机的基本结构	31
<b>第3章 电机分类与原理</b> .....	11	3.5.4 单相异步电动机的定子和绕组	32
3.1 电机分类	11	3.5.5 单相异步电动机的转子	32
3.2 直流电机	12	3.5.6 单相异步电动机的主要性能	32
3.2.1 直流电机的分类	12	<b>3.6 单相串励电动机</b> .....	33
3.2.2 直流电机的工作原理	12	3.6.1 单相串励电动机的分类	33
3.2.3 直流电机的基本结构	13	3.6.2 单相串励电动机的工作原理	33
3.2.4 直流电机的定子	14	3.6.3 单相串励电动机的基本结构	33
3.2.5 直流电机的转子	15	3.6.4 单相串励电动机的定子和	
3.2.6 直流电机的励磁	16		
3.2.7 直流电机的主要性能	16		
3.2.8 无刷直流电机	18		
3.3 交流三相异步电动机	19		
3.3.1 交流三相异步电动机的分类	19		
3.3.2 交流三相异步电动机的工作原理	20		

绕组	34
3.6.5 单相串励电动机的转子	34
3.6.6 单相串励电动机的主要性能	34
3.7 特种电机	35
3.7.1 伺服电动机	35
3.7.2 步进电动机	38
3.7.3 直线电机	40
3.7.4 开关磁阻电动机	41
3.7.5 磁滞电动机	42
3.7.6 旋转变压器	42
3.7.7 永磁电机	44
<b>第4章 电机制造工艺</b>	<b>45</b>
4.1 电机生产流程	45
4.2 电机工艺文件	45

## 中篇 电机测试方法

<b>第6章 电机测试理论</b>	<b>58</b>
6.1 电机的损耗与发热	58
6.1.1 能量守恒定律	58
6.1.2 损耗分析	58
6.1.3 电机的发热	59
6.1.4 电机的散热	60
6.2 电机的噪声	61
6.2.1 电机主要噪声源	61
6.2.2 降低电机噪声的方法	61
6.3 电机的振动	61
6.3.1 电机振动产生的原因	61
6.3.2 降低电机振动的方法	61
6.4 电机的电磁兼容	62
6.4.1 电磁兼容的基本概念	62
6.4.2 电磁兼容的研究领域	62
6.4.3 电磁兼容标准化组织	63
6.4.4 电磁兼容标准体系	66
6.4.5 电磁兼容标准	66
6.4.6 提高电磁兼容性的措施	70
<b>第7章 电机试验基础</b>	<b>71</b>
7.1 电机试验分类	71
7.2 电机试验模型	72
7.3 电机试验常用物理量单位	73

<b>第5章 电机标委会与标准体系及产品认证</b>	<b>47</b>
5.1 电机标委会	47
5.2 电机标准体系	47
5.2.1 国际电机标准体系	47
5.2.2 中国电机标准体系	49
5.3 电机认证	52
5.3.1 强制性产品认证	52
5.3.2 能效认证	53
5.3.3 CQC标志认证	54
5.3.4 中国船级社认证	55
5.3.5 防爆认证	56
5.3.6 核安全设备认证	56
5.3.7 出口电机的认证	56

7.4 测量误差常识	74
7.5 电机试验常用图形符号和文字符号	75
<b>第8章 常用测试设备</b>	<b>76</b>
8.1 电源	76
8.1.1 试验电源的要求	76
8.1.2 变压器和调压器	77
8.1.3 交流发电机组	77
8.1.4 变频电源	78
8.1.5 直流电源发电机组	79
8.1.6 直流整流电源	79
8.1.7 直流开关电源	80
8.1.8 可编程直流电源	82
8.2 电动机试验负载	83
8.2.1 直流发电机负载	83
8.2.2 交流异步电动机变频回馈负载	84
8.2.3 磁粉制动器负载	84
8.2.4 涡流测功机负载	85
8.2.5 磁粉测功机负载	85
8.2.6 直流测功机负载	86
8.2.7 水力测功机负载	86
8.3 发电机试验负载	86

8.3.1	电阻负载	86	8.6.14	对地耐冲击电压测试仪	105
8.3.2	电感负载	87	8.6.15	接触电流测试仪	105
8.3.3	交流发电机的回馈负载	88	8.6.16	噪声测试相关仪器及场地	105
8.3.4	直流发电机的回馈负载	88	8.6.17	振动测试仪	106
8.4	电机试验用配电和控制电路	88	8.6.18	机械尺寸测量仪器	107
8.4.1	三相异步电动机试验配电		8.6.19	变频器供电回路中使用仪器	
	线路图	89		设备的特殊要求	107
8.4.2	互感器选择与控制电路	89	8.6.20	带电测量仪器的特殊要求	107
8.4.3	输入回路测量电路	90	8.6.21	电磁兼容测试场地和测试	
8.4.4	三相异步电动机正反转的电气			设备	107
	回路和控制电路	90	8.7	辅助设备	115
8.4.5	三相异步电动机的星-三角		8.7.1	试验平台	115
	起动电路	91	8.7.2	安装固定装置	115
8.4.6	直流电机试验电源配电和		8.7.3	联轴器	116
	控制电路	91	8.7.4	防护罩	116
8.5	电机试验测量电路	92	8.7.5	升降机构	116
8.5.1	交流电流测量电路	92	<b>第9章 通用测试方法</b>	<b>117</b>	
8.5.2	电压测量电路	92	9.1	绝缘电阻试验	117
8.5.3	功率测量电路	92	9.1.1	试验原理	117
8.5.4	三相异步电动机综合测试		9.1.2	试验设备	117
	电路	93	9.1.3	试验方法	117
8.5.5	三相同步发电机综合测试		9.1.4	试验要点及注意事项	117
	电路	93	9.1.5	试验结果判定	117
8.5.6	直流电机试验测量电路	94	9.2	耐电压试验	118
8.6	电机试验用仪器和设备	94	9.2.1	试验原理	118
8.6.1	电参数测量仪器仪表	94	9.2.2	试验设备	118
8.6.2	电压互感器和电流互感器	96	9.2.3	试验方法	118
8.6.3	分流器	98	9.2.4	试验结果判定	119
8.6.4	万用表	98	9.2.5	试验要点及注意事项	120
8.6.5	钳形电流表	99	9.3	耐冲击电压试验	120
8.6.6	直流电阻测试仪	99	9.3.1	试验原理	120
8.6.7	转速表	100	9.3.2	试验设备	120
8.6.8	相序仪	100	9.3.3	试验方法	121
8.6.9	温度测试仪	101	9.3.4	试验结果判定	121
8.6.10	转矩转速测试仪	102	9.3.5	试验要点与注意事项	121
8.6.11	工频耐压测试仪	103	9.4	绕组匝间绝缘试验	121
8.6.12	绝缘电阻测试仪	104	9.4.1	试验原理	121
8.6.13	匝间绝缘耐冲击电压		9.4.2	试验设备	122
	测试仪	104	9.4.3	试验方法	122

9.4.4	试验结果判定	125	9.10.2	试剂、材料和试验设备	143
9.4.5	试验要点与注意事项	125	9.10.3	试验方法	144
9.5	接触电流和泄漏电流试验	125	9.10.4	试验要点	144
9.5.1	试验原理	125	9.10.5	试验结果判定	144
9.5.2	试验设备	126	9.10.6	试验注意事项	145
9.5.3	试验方法	126	9.11	低温/高温试验	145
9.5.4	试验要点	127	9.11.1	试验原理	145
9.5.5	试验结果判定	127	9.11.2	试验设备	146
9.5.6	试验注意事项	127	9.11.3	试验方法	146
9.6	直流电阻试验	127	9.11.4	试验要点	146
9.6.1	试验原理	127	9.11.5	试验结果判定	146
9.6.2	试验设备	128	9.11.6	试验注意事项	147
9.6.3	试验方法	128	9.12	高温高湿试验	147
9.6.4	试验要点	128	9.12.1	试验原理	147
9.6.5	试验结果判定	128	9.12.2	试验设备	147
9.6.6	试验注意事项	128	9.12.3	试验方法	147
9.7	外壳防护等级试验	128	9.12.4	试验要点	147
9.7.1	试验原理	128	9.12.5	试验结果判定	147
9.7.2	试验设备	131	9.12.6	试验注意事项	147
9.7.3	试验方法	131	9.13	温度变化试验	148
9.7.4	试验要点	134	9.13.1	试验原理	148
9.7.5	试验结果判定	134	9.13.2	试验设备	149
9.7.6	试验注意事项	134	9.13.3	试验方法	149
9.8	湿热试验	134	9.13.4	试验要点	149
9.8.1	试验原理	134	9.13.5	试验结果判定	149
9.8.2	试验设备	134	9.13.6	试验注意事项	149
9.8.3	试验方法	136	9.14	低温/高温低气压试验	149
9.8.4	试验要点	138	9.14.1	试验原理	149
9.8.5	试验结果判定	138	9.14.2	试验设备	151
9.8.6	试验注意事项	140	9.14.3	试验方法	151
9.9	盐雾试验	141	9.14.4	试验要点	151
9.9.1	试验原理	141	9.14.5	试验结果判定	151
9.9.2	试验设备	142	9.14.6	试验注意事项	151
9.9.3	试验方法	142	9.15	其他环境试验	151
9.9.4	试验要点	142	9.16	电气间隙与爬电距离试验	153
9.9.5	试验结果判定	142	9.16.1	试验原理	153
9.9.6	试验注意事项	143	9.16.2	试验设备	157
9.10	霉菌试验	143	9.16.3	试验方法	157
9.10.1	试验原理	143	9.16.4	试验要点	157



9.16.5	试验结果判定	157	10.1.1	试验原理	181
9.16.6	试验注意事项	159	10.1.2	试验设备	181
9.17	转动惯量测定试验	159	10.1.3	试验方法	181
9.17.1	试验原理	159	10.1.4	试验要点	183
9.17.2	试验设备	159	10.1.5	试验结果判定	183
9.17.3	试验方法	160	10.1.6	试验注意事项	183
9.17.4	试验要点	161	10.2	三相异步电动机空载试验	183
9.17.5	试验结果判定	161	10.2.1	试验原理	183
9.17.6	试验注意事项	162	10.2.2	试验设备	184
9.18	温升试验	162	10.2.3	试验方法	184
9.18.1	试验原理	162	10.2.4	试验要点	185
9.18.2	试验设备	164	10.2.5	试验结果判定	185
9.18.3	试验方法	164	10.2.6	试验注意事项	185
9.18.4	试验要点	165	10.3	三相异步电动机最大最小 转矩试验	185
9.18.5	试验结果判定	165	10.3.1	试验原理	185
9.18.6	试验注意事项	166	10.3.2	试验设备	186
9.19	非正常工作试验	166	10.3.3	试验方法	186
9.19.1	试验原理	166	10.3.4	试验要点	187
9.19.2	试验设备	167	10.3.5	试验结果判定	187
9.19.3	试验方法	167	10.3.6	试验注意事项	187
9.19.4	试验要点	167	10.4	三相异步电动机负载试验	187
9.19.5	试验结果判定	167	10.4.1	试验原理	187
9.19.6	试验注意事项	170	10.4.2	试验设备	188
9.20	噪声试验	170	10.4.3	试验方法	188
9.20.1	试验原理	170	10.4.4	损耗分析逻辑关系	189
9.20.2	试验设备	172	10.5	三相异步电动机杂散损耗 试验	190
9.20.3	试验方法	172	10.5.1	杂散试验方法分类	190
9.20.4	试验要点	176	10.5.2	剩余损耗法求取负载杂散 损耗 $P_s$	191
9.20.5	试验结果判定	177	10.6	三相异步电动机效率的确定 方法	192
9.20.6	试验注意事项	177	10.6.1	试验方法分类	192
9.21	振动试验	177	10.6.2	输入输出法 (A 法) 数据处理 过程	193
9.21.1	试验原理	177	10.6.3	测量输入和输出功率的损耗分析 法 (B 法) 数据处理过程	195
9.21.2	试验设备	177	10.7	三相异步电动机轴电压和轴承	
9.21.3	试验方法	178			
9.21.4	试验要点	179			
9.21.5	试验结果判定	179			
9.21.6	试验注意事项	180			
<b>第 10 章 三相异步电动机测试方法</b>			<b>181</b>		
10.1	三相异步电动机堵转试验	181			

10.7.1 轴电压和轴承电流产生机理	196	试验	215
10.7.2 试验设备	196	12.5 直流电机无火花区域的测定	216
10.7.3 试验方法	196	试验	216
10.8 变频器供电三相异步电动机	197	12.6 电感的测定	217
试验	197	12.7 效率的测定	219
10.8.1 变频调速原理	197	12.8 发电机的外特性和固有电压	221
10.8.2 试验方法	199	调整率的测定	221
10.9 其他类三相异步电动机的特殊试验	201	12.9 电动机的转速特性和固有转速	221
第11章 三相同步电机测试方法	202	调整率的测定	221
11.1 空载特性的测定试验	202	12.10 电枢电流变化率的测定	222
11.2 稳态短路特性的测定试验	203	12.11 整流电源供电时电机的电压、	222
11.3 三相同步电机效率的测定	203	电流纹波因数及电流波形	222
试验	203	因数的测定	222
11.4 三相同步电机温升试验	206	第13章 单相异步电动机测试方法	224
11.5 自励恒压时电压调整性能	207	13.1 单相异步电动机试验综述	224
测定	207	13.2 转矩-转速特性的测定	224
11.6 堵转电流和堵转转矩的	207	13.3 电容器端电压的测定	225
测定	207	13.4 起动过程中起动元件断开转速	225
11.7 标称牵入转矩的测定	208	的测定	225
11.8 同步电动机失步转矩的	209	第14章 单相串励电动机测试方法	226
测定	209	14.1 单相串励电动机试验综述	226
11.9 负序电流承受能力试验	210	14.2 工作期限试验	226
11.10 参数测定试验	210	14.3 换向检查试验	226
11.11 电话谐波因数的测定试验	212	第15章 伺服电动机及系统测试	228
11.12 发电机瞬态调整率与恢复	212	方法	228
时间测定试验	212	15.1 摩擦力矩的测定	228
11.13 三相永磁同步电动机特殊	213	15.2 控制特性的测定	229
试验	213	15.3 功率、电流和阻抗的测定	229
11.14 单相同步电机特殊试验	213	15.4 电刷接触电阻变化的测定	229
第12章 直流电机测试方法	214	15.5 机电时间常数的测定	230
12.1 直流电机电刷中性线位置的	214	15.6 步进电动机保持转矩的	231
测定试验	214	测定	231
12.2 直流电机空载特性的测定	214	15.7 步进电动机步距角误差	231
试验	214	的测定	231
12.3 直流电机额定负载试验	215	15.8 步进电动机反电动势常数	231
12.4 直流电机换向火花测定	215	的测定	231
		15.9 转矩波动系数的测定	232
		15.10 空载起动电压的测定	232
		第16章 电动汽车用驱动电机系统	

<b>测试方法</b> .....	233	项目 .....	256
16.1 电动汽车用驱动电机系统概况 .....	233	19.3 基准试验（环境鉴定试验前的功能试验） .....	257
16.2 工作电压范围的测定 .....	235	19.4 正常运行环境条件下的极限试验 .....	257
16.3 转矩-转速特性及效率的测定 .....	235	19.5 机械强度试验和/或耐久性试验 .....	257
16.4 关键特征参数的测定 .....	236	19.6 地震试验 .....	259
16.5 控制精度的测定 .....	237	19.7 模拟事故工况核辐射环境试验 .....	260
16.6 响应时间的测定 .....	237	19.8 模拟事故工况热力环境试验 .....	261
16.7 驱动电机控制器工作电流的测定 .....	238	19.9 模拟事故工况化学喷淋环境试验 .....	261
16.8 馈电特性的测定 .....	238	19.10 模拟事故后环境试验 .....	262
16.9 驱动电机控制器支撑电容放电时间的测定 .....	238	<b>第 20 章 舰用电机测试方法</b> .....	263
16.10 环境适应性试验的测定 .....	238	20.1 舰用电机概况 .....	263
16.11 可靠性试验 .....	239	20.2 舰用电机测试项目 .....	263
<b>第 17 章 防爆用电机测试方法</b> .....	241	20.3 舰用电机的颠震试验 .....	264
17.1 试验原理 .....	241	20.4 舰用电机的振动试验 .....	264
17.2 防爆电气设备通用试验 .....	244	20.5 舰用电机的冲击试验 .....	266
17.3 隔爆型电气设备安全性能试验 .....	246	<b>第 21 章 电磁兼容测试方法</b> .....	268
17.4 增压型电气设备安全性能试验 .....	246	21.1 电机的电磁兼容测试项目适用性概况 .....	268
17.5 正压型电气设备安全性能试验 .....	248	21.2 辐射骚扰试验 .....	269
17.6 隔爆型电动机防爆试验案例 .....	248	21.3 传导骚扰试验 .....	270
<b>第 18 章 船用电机测试方法</b> .....	250	21.4 谐波电流发射试验 .....	270
18.1 船用电机概况 .....	250	21.5 静电放电抗扰度试验 .....	271
18.2 船用电机的检验项目 .....	251	21.6 射频电磁场辐射抗扰度试验 .....	272
18.3 倾斜摇摆试验 .....	251	21.7 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验 .....	272
18.4 电源电压和频率变化试验 .....	252	21.8 浪涌（冲击）抗扰度试验 .....	274
18.5 过载试验 .....	252	21.9 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验 .....	275
18.6 船用发电机的并联运行 .....	253	21.10 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验 .....	277
18.7 耐化学活性物的腐蚀性能 .....	254	21.11 工频磁场、脉冲磁场、阻尼振荡磁场抗扰度试验 .....	278
18.8 振动试验 .....	255		
<b>第 19 章 核用电气设备鉴定</b> .....	256		
19.1 核用电气设备鉴定概况 .....	256		
19.2 核用电气设备质量鉴定 .....			

21.12	振铃波抗扰度试验	280	22.3	电功能性试验	285
21.13	军工电磁兼容测试	282	22.4	中小型旋转电机的绝缘结构 评定	286
<b>第22章 电机绝缘结构功能性评定</b>		284	22.5	小功率电动机的绝缘结构 评定	286
22.1	电机绝缘结构功能性评定 概况	284			
22.2	热功能性试验	285			

## 下篇 电机标准解析

<b>第23章 电机标准间的逻辑关系</b>	288	解析	299
23.1 电机标准的逻辑关系	288	24.5.1 适用范围	299
23.2 电机通用要求标准及基础性 要求标准	289	24.5.2 标准主要结构	299
23.3 中小型旋转电机产品类 标准	290	24.5.3 标准主要内容	300
23.4 小功率电动机的产品类 标准	292	24.6 《旋转电机冷却方法》(GB/T 1993—1993) 标准解析	302
23.5 控制类电机的产品类标准	293	24.6.1 标准概述	302
<b>第24章 通用电机标准解析</b>	294	24.6.2 命名规则	303
24.1 《电工术语 旋转电机》(GB/T 2900.25—2008) 标准解析	294	24.7 《旋转电机结构型式、安装型式 及接线盒位置的分类(IM代码)》 (GB/T 997—2008) 标准 解析	305
24.1.1 标准概述	294	24.7.1 标准概述	305
24.1.2 典型术语和定义	294	24.7.2 典型术语和定义	305
24.2 《电工术语 小功率电动机》 (GB/T 2900.27—2008) 标准 解析	295	24.7.3 采用代码1(字母数字代号) 的表示方法	305
24.2.1 标准概述	295	24.7.4 采用代码2(全数字代号)的 表示方法	310
24.2.2 典型术语和定义	295	24.7.5 代码1(字母数字代号)与代码2 (全数字代号)的对应关系	310
24.3 《电工术语 控制电机》(GB/T 2900.26—2008) 标准解析	296	24.8 《旋转电机整体结构的防护等级 (IP代码)——分级》(GB/T 4942.1—2006) 标准解析	311
24.3.1 标准概述	296	24.8.1 标准概述	311
24.3.2 典型术语和定义	296	24.8.2 防护等级(IP代码)标记 方法	311
24.4 《旋转电机产品型号编制方法》 (GB/T 4831—2016) 标准 解析	297	24.8.3 防护等级(IP代码)的试验 方法和认可条件	313
24.4.1 标准概述	297	24.9 《数值修约规则与极限数值的 表示和判定》(GB/T 8170— 2008) 标准解析	315
24.4.2 产品型号的编制原则	297		
24.4.3 产品型号的编制方法	297		
24.5 《旋转电机 线端标志与旋转方向》 (GB 1971—2006) 标准			

24.9.1	标准概述	315	25.3.2	标准的主要内容	342
24.9.2	数据修约规则	315	25.4	《直流电机试验方法》(GB/T 1311—2008)标准解析	344
24.9.3	极限数值的表示方法和判定	316	25.4.1	标准概述	344
24.10	《旋转电机 定额和性能》(GB 755—2008)标准解析	317	25.4.2	标准的主要内容	344
24.10.1	标准概述	317	25.5	《变频器供电三相笼型感应电动机试验方法》(GB/T 22670—2008)标准解析	346
24.10.2	标准框架	317	25.5.1	标准概述	346
24.10.3	工作制的表达方式与类型	317	25.5.2	标准的主要内容	346
24.10.4	定额类别和定额的选定	319	25.6	《三相永磁同步电动机试验方法》(GB/T 22669—2008)标准解析	347
24.10.5	现场运行条件	320	25.6.1	标准概述	347
24.10.6	电气运行条件	321	25.6.2	标准的主要内容	347
24.10.7	热性能与试验	323	25.7	《旋转电机噪声测定方法及限值 第1部分:旋转电机噪声测定方法》(GB/T 10069.1—2006)标准解析	348
24.10.8	其他性能与试验	323	25.7.1	标准概述	348
24.10.9	笼型感应电动机的安全运行转速	324	25.7.2	标准的主要内容	348
24.10.10	同步电机总谐波畸变量(THD)	324	25.8	《旋转电机噪声测定方法及限值 第3部分:噪声限值》(GB/T 10069.3—2008)标准解析	349
24.10.11	铭牌及标记	324	25.8.1	标准概述	349
24.10.12	接地保护	325	25.8.2	标准的主要内容	349
24.10.13	容差	326	25.9	《轴中心高为56mm及以上电机的机械振动 振动的测量、评定及限值》(GB 10068—2008)标准解析	350
24.10.14	电磁兼容性	326	25.9.1	标准概述	350
<b>第25章 中小型旋转电机通用产品类标准解析</b>			25.9.2	标准的主要内容	350
25.1	《中小型旋转电机通用安全要求》(GB 14711—2013)标准解析	327	25.10	《中小型三相异步电动机能效限定值及能效等级》(GB 18613—2012)标准解析	350
25.1.1	标准概述	327	25.10.1	能效等级概况	350
25.1.2	标准结构	327	25.10.2	标准概述	351
25.1.3	标准的主要内容	327	25.10.3	电动机能效限定值	352
25.2	《三相异步电动机试验方法》(GB/T 1032—2012)标准解析	340	<b>第26章 中小型旋转电机典型专用</b>		
25.2.1	标准概述	340			
25.2.2	标准的主要内容	340			
25.3	《三相同步电机试验方法》(GB/T 1029—2005)标准解析	342			
25.3.1	标准概述	342			

产品类标准解析	354	解析	375
26.1 《Y3 系列(IP55)三相异步电动机技术条件(机座号 63~355)》(GB/T 25290—2010)标准解析	354	27.2.1 标准概述	375
26.1.1 标准概述	354	27.2.2 标准结构	375
26.1.2 型式、基本参数	354	27.2.3 标准的主要内容	376
26.1.3 机械尺寸	355	27.3 《单相异步电动机试验方法》(GB/T 9651—2008)标准解析	385
26.1.4 技术要求	356	27.3.1 标准概述	385
26.1.5 检验规则	362	27.3.2 标准的主要内容	385
26.1.6 标志、包装及保质期	363	27.4 《单相串励电动机试验方法》(GB/T 8128—2008)标准解析	387
26.2 《YE3 系列(IP55)超高效率三相异步电动机技术条件(机座号 80~355)》(GB/T 28575—2012)标准解析	364	27.4.1 标准概述	387
26.2.1 标准概述	364	27.4.2 标准的主要内容	387
26.2.2 标准的主要内容	364	27.5 《小功率电动机能效限定值及能效等级》(GB 25958—2010)标准解析	388
<b>第 27 章 小功率电动机通用产品类标准解析</b>	365	27.5.1 标准概述	388
27.1 《小功率电动机 第 1 部分:通用技术条件》(GB/T 5171.1—2014)标准解析	365	27.5.2 电动机能效限定值	388
27.1.1 标准概述	365	<b>第 28 章 小功率电动机专用产品类标准解析</b>	392
27.1.2 标准结构及简述	365	28.1 《YS 系列三相异步电动机技术条件》(JB/T 1009—2007)标准解析	392
27.1.3 运行条件	367	28.1.1 标准概述	392
27.1.4 额定值	367	28.1.2 型式、基本参数	392
27.1.5 温升试验	367	28.1.3 机械尺寸	393
27.1.6 介电性能试验	368	28.1.4 技术要求	394
27.1.7 起动性能试验	369	28.1.5 检验规则	397
27.1.8 短时过转矩	370	28.1.6 标志、包装及保质期	398
27.1.9 超速试验	371	28.2 《YY 系列电容运转异步电动机技术条件》(JB/T 1012—2007)标准解析	398
27.1.10 偶然过电流试验	371	28.2.1 标准概述	398
27.1.11 噪声试验	371	28.2.2 型式、基本参数	399
27.1.12 振动试验	372	28.2.3 机械尺寸	400
27.1.13 电磁兼容性	373	28.2.4 技术要求	401
27.1.14 容差	373	28.2.5 检验规则	404
27.1.15 检验规则	374	28.2.6 标志、包装及保质期	404
27.2 《小功率电动机的安全要求》(GB 12350—2009)标准			

<b>第 29 章 控制电机产品类标准解析</b> .....	406
29.1 《控制电机基本技术要求》 (GB/T 7345—2008) 标准 解析 .....	406
29.1.1 标准概述 .....	406
29.1.2 标准的主要内容 .....	406
29.2 《交流伺服系统通用技术条件》 (GB/T 16439—2009) 标准 解析 .....	409
29.2.1 标准概述 .....	409
29.2.2 标准的主要内容 .....	410
29.3 《交流伺服电动机通用技术条件》 (GB/T 7344—2015) 标准 解析 .....	411
29.3.1 标准概述 .....	411
29.3.2 标准的主要内容 .....	411
29.4 《步进电动机通用技术条件》 (GB/T 20638—2006) 标准 解析 .....	412
29.4.1 标准概述 .....	412
29.4.2 标准的主要内容 .....	412
29.5 《电动汽车用驱动电机系统 第 1 部分：技术条件》(GB/T 18488.1—2015) 标准解析 .....	414
29.5.1 标准概述 .....	414
29.5.2 标准的主要内容 .....	414
29.5.3 电压等级 .....	415
29.5.4 耐电压要求 .....	415
29.6 《电动汽车用驱动电机系统 第 2 部分：试验方法》(GB/T 18488.2—2015) 标准解析 .....	417
29.6.1 标准概述 .....	417
29.6.2 标准的主要内容 .....	417
29.7 《微电机安全通用要求》(GB 18211—2000) 标准解析 .....	417
29.7.1 标准概述 .....	417
29.7.2 标准的主要内容 .....	417
<b>附录</b> .....	418
附录 1 F 级绝缘浸漆工艺守则 .....	418
附录 2 IEC 电机标准汇总 .....	420
附录 3 电机常用基础和通用国家 标准 .....	424
附录 4 空载最大 A 计权声功率级 $L_{WA}$ (IC411、IC511、IC611 单速 三相笼型异步电动机) .....	427
附录 5 额定负载工况超过空载工况的 A 计权声功率级允许最大增 加量 $\Delta L_{WA}$ .....	428
附录 6 空载最大 A 计权声功率级 $L_{WA}$ .....	428
<b>参考文献</b> .....	429

# 上篇 电机基础知识

本部分为电机基础知识，包括电磁理论知识、磁路分析基础、电机分类与原理、电机制造工艺、电机标委会与标准体系及产品认证。

本部分是电机测试和标准应用的基础。

## 量纲表 5.1

(1-1)

$\phi = \Phi$

## 率与率 6.1

(1-1)

$W = P$

## 量纲表 4.1



# 第1章 电磁理论基本物理量

电机是指依据电磁感应定律实现电能转换或传递的一种电磁装置，分析电磁装置的理论基础是电磁场理论。为了便于理解，本章简要介绍几种与电磁场理论相关的术语。

## 1.1 磁感应强度

磁感应强度是描述磁场强弱和方向的物理量（矢量），常用符号  $B$  表示，国际通用单位为 T（特斯拉）。磁感应强度也被称为磁通量密度或磁通密度。在物理学中，磁场的强弱使用磁感应强度来表示，磁感应强度越大表示磁场越强；磁感应强度越小，表示磁场越弱。通过导体中的电流与所产生的磁场符合右手螺旋关系，如图 1-1 所示。

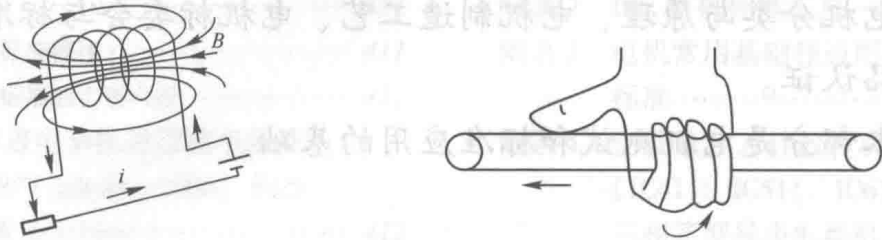


图 1-1 电流与磁场间的右手螺旋关系图

## 1.2 磁通量

设在磁感应强度为  $B$  的匀强磁场中，有一个面积为  $S$  且与磁场方向垂直的平面，磁感应强度  $B$  与面积  $S$  的乘积，叫作穿过这个平面的磁通量  $\Phi$ ，简称磁通。磁通  $\Phi$  的计算公式如式 (1-1) 所示。磁通  $\Phi$  的国际通用单位为 Wb（韦伯）， $1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \times 1 \text{ m}^2 = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2$ 。

$$\Phi = \int_S B dS \quad (1-1)$$

## 1.3 磁导率

磁导率表示在空间或在磁心空间中的线圈流过电流后，产生磁通的阻力或者是其在磁场中导通磁力线的能力，常用符号  $\mu$  表示，其表征介质的导磁性能，磁导率  $\mu$  的计算公式为

$$\mu = B/H \quad (1-2)$$

国际上用 H/m（亨利/米）来表示磁导率，真空中磁导率  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ 。铁磁材料的磁导率  $\mu = \mu_0 \mu_r$ ，其中  $\mu_r$  叫作相对磁导率。对于电机行业所使用的硅钢片材料来讲， $\mu_r$  通常为 5000~8000，永磁导体的  $\mu$  远大于  $\mu_0$ 。

## 1.4 磁场强度

磁场强度是描写磁场性质的物理量。磁场中某点磁感应强度  $B$  与介质磁导率  $\mu$  的比值叫作该点的磁场强度  $H$ 。在国际单位制中，磁场强度的单位为 A/m（安/米）。