



Y2 系列 三相异步电动机 技术手册

黄国治 傅丰礼 主编



Y2 系列三相异步电动机 技术手册

黄国治 傅丰礼 主编



机械工业出版社

本书共分 13 章。第 1 章至第 5 章详细介绍了 Y2 系列三相异步电动机的研制过程、电磁设计、结构与工艺、绝缘结构、系列技术参数和安装尺寸；第 6 章至第 8 章介绍了在 Y2 系列三相异步电动机研制时取得的最新科研成果，包括噪声分析计算、温升计算、机械计算；第 9 章至第 11 章介绍在 Y2 系列三相异步电动机研制成果基础上所取得的新进展，包括变频调速电动机、中型高压电动机、高效电动机；第 12 章介绍 Y2 系列三相异步电动机所贯彻的标准；第 13 章是电动机的维护和修理知识。

本书内容丰富，文字通顺，许多技术内容都是第一次公开发表，对读者有较大的实用价值和参考价值。

本书可供从事电机研究、设计、运行、维护的工程技术人员作为工具书使用，也可供高等院校电机专业的师生作为教学参考书使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

Y2 系列三相异步电动机技术手册/黄国治，傅丰礼主编．
—北京：机械工业出版社，2004.1
ISBN 7-111-13389-7

I. Y... II. ①黄... ②傅... III. 异步电动机，Y2
系列—技术手册 IV. TM343-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 102247 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑：周 娟 版式设计：冉晓华 责任校对：李秋荣
封面设计：姚 毅 责任印制：路 琳
北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2004 年 1 月第 1 版第 1 次印刷
890mm×1240mm A5·13.25 印张·6 插页·397 千字
0 001—4 000 册
定价：33.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646
封面无防伪标均为盗版

序

各种类型的电动机作为驱动各种机械设备的动力，广泛用于工业、农业和国民经济各部门。异步电动机有较高的运行效率和较好的工作特性，能满足大多数机械设备的传动要求，且制造、使用和维护方便，运行可靠，因此，异步电动机在各种类型电动机中应用面最广，需要量最大，在各种电气传动系统中，有 90% 左右采用异步电动机驱动。

Y2 系列三相异步电动机是在 Y 系列电动机基础上，继 JO、JO2、Y 系列异步电动机后我国中小型电机行业开发的新一代一般用途电动机系列产品，它总结和继承了 Y 系列三相异步电动机的成功经验，应用了多年来中小型电机的科研成果，是我国第一个完整的低压三相异步电动机系列。Y2 系列三相异步电动机的成功开发和推广生产促进了中小型电机的产品发展和技术进步。

希望通过本手册的出版，能为推广 Y2 系列三相异步电动机和促进中小型电机新技术的应用有所贡献。

周鹤良

2003 年 8 月

前 言

Y2 系列三相异步电动机是在 Y 系列电动机基础上更新设计的一般用途基本系列电动机。系列更新设计总结了 Y 系列电动机的稳定生产及改进、提高的经验,应用了多年来在电机电磁设计、机械结构设计、工艺、振动噪声抑制、通风温升计算、电机测试及计算机辅助设计等领域的科研成果,吸收了国外同类产品更新的先进技术,从而成功地设计开发了新一代产品——Y2 系列三相异步电动机。

Y2 系列三相异步电动机机座号从 63 到 355,是我国第一个完整的低压三相异步电动机系列;系列电动机采用 F 级绝缘结构;防护等级为 IP54;噪声得到有效抑制,并首次提出考核负载噪声要求;结构上的改进使电机外观设计有了较大的改变;电机技术经济指标先进。

为了更好地总结 Y2 系列三相异步电动机研制过程的技术成果,进一步促进技术成果的推广,由当年负责 Y2 系列三相异步电动机设计及开发的技术专家主编了这本 Y2 系列三相异步电动机技术手册。全书共分 13 章。第 1 章至第 5 章详细介绍了 Y2 系列三相电动机的研制过程、电磁设计、结构与工艺、绝缘结构、系列技术参数和安装尺寸;第 6 章至第 8 章介绍了在 Y2 系列三相异步电动机研制时所取得的最新科研成果,包括噪声分析计算、温升计算、机械计算;第 9 章至第 11 章介绍在 Y2 系列三相异步电动机研制成果基础上所取得的新进展,包括变频调速电动机、中型高压电动机、高效电动机;第 12 章介绍 Y2 系列三相异步电动机所贯彻的标准;第 13 章是电动机的维护和修理知识。

本书内容丰富,文字通顺,许多技术内容都是第一次公开发表,对读者有较大的实用价值和参考价值。

本书由上海电器科学研究所黄国治教授级高级工程师、傅丰礼

教授级高级工程师主编。参加编写工作的有：黄国治（第1章、第6章、第12章、第13章）、傅丰礼（第2章、第3章、第4章、第5章、第7章、第11章、附录）、山东华力电机（集团）股份有限公司张文斌高级工程师（第2章）、上海电机技术高等专科学校郭环球讲师（第3章、第4章、第13章）、上海电器科学研究所陈业绍教授级高级工程师（第6章）、上海电器科学研究所李秀英高级工程师（第8章、第9章）、上海电器科学研究所康平高级工程师（第10章）。

在当年 Y2 系列三相异步电动机的研制过程中，上海电器科学研究所黄国治、傅丰礼、李文正、虞修忍、黄坚、李秀英、曾兆炎、杨士特、夏丽萍、崔贤淑、葛美德、瞿祖方、陈业给，大连电机厂李久安、董诗炯、孟金兰、王晓燕、邹春风、北京电机总厂王德亮、杨勤、周守廉、王振中，上海电机（集团）公司肖仲夫、邬培均、朱岳、潘杏宝、胡志奋、徐际群，山西电机厂廖维华、渠伶俐、贾建平，开封博达电机公司范剑英、秦雷，重庆电机厂敬晓宏、刘景辉、赵雨村，西安电机厂孟宪英、薄月琴；天津斯波泰克潜水电泵公司李艳丽，抚州电机厂王钦根，皖南电机厂陈云松、单敬爱、卫爱民、许峰，昆明电机厂唐薇华、王雁，无锡华达电机公司谈纬红，博山电机厂吴昭文、徐祯文、陈茂华，南通电机厂陆斌、廖传德，江门电机股份有限公司陈飞鸿，河北电机厂方攸同、张运哲、乔英存，沈阳实业电机厂梁庆信、红梅，襄樊电机厂郭长信参加了 Y2 系列三相异步电动机联合设计工作组的工作。藉本书出版的机会，谨向上述参加联合设计工作的同志以及在 Y2 系列电机试制工作中作出贡献的有关企业和广大技术人员表示最衷心的感谢。

编者

2003 年 8 月

目 录

序

前言

第 1 章 概论	1
1.1 异步电动机的特点及用途	1
1.2 Y2 系列三相异步电动机开发简况	4
1.3 系列设计原则	5
1.4 运行条件	6
1.5 基本型式	7
1.6 工作制与定额	7
1.7 功率等级与安装尺寸的对应关系	7
1.8 绝缘等级与温升限值	9
1.9 主要性能指标分析	9
1.9.1 异步电动机性能指标	9
1.9.2 效率水平分析	10
1.9.3 Y2 系列三相异步电动机的效率水平与能效限定值的比较 ..	11
1.9.4 起动性能分析	13
1.9.5 噪声振动水平分析	14
1.10 容差	16
1.11 主要技术成果	17
第 2 章 电磁设计	20
2.1 定转子冲片主要尺寸	20
2.1.1 定子冲片外径	20
2.1.2 定子冲片内径	20
2.1.3 转子冲片内径	20
2.2 定转子冲片槽形	22

2.3 槽配合和槽斜度	23
2.4 气隙值	25
2.5 绕组	25
2.5.1 绕组型式	25
2.5.2 槽满率	26
2.6 电磁负荷和热负荷	26
2.7 损耗	27
2.7.1 铁耗	27
2.7.2 风摩耗	27
2.7.3 杂散损耗	29
2.7.4 绕组损耗	29
2.8 性能指标	29
2.8.1 Y2 系列三相异步电动机的性能指标	29
2.8.2 Y2 系列与西门子公司 1LA5、6 系列的比较	30
2.8.3 Y2 系列与 Y 系列的比较	30
2.9 导磁和导电材料	32
2.9.1 硅钢片	32
2.9.2 电磁线	33
2.9.3 铝材	34
2.10 经济分析	34
第 3 章 结构与工艺	36
3.1 总体结构	36
3.2 机座	37
3.2.1 机座结构特点	37
3.2.2 机座加工工艺	40
3.2.3 铝合金机座加工工艺	41
3.2.4 散热片垂直、水平分布的铸铁机座浇注工艺	42
3.3 端盖	42
3.3.1 端盖结构特点	42
3.3.2 端盖加工工艺	43
3.4 转轴与轴承部件	44
3.4.1 转轴和转子的加工工艺	45
3.4.2 轴承部件	45

3.4.3 轴承的清洗及安装	47
3.5 通风部件	47
3.6 接线装置	48
3.7 主要工艺与设备	49
3.7.1 铁心制造工艺	50
3.7.2 铸铝转子制造工艺	53
3.7.3 铸铝转子热套工艺	57
3.7.4 转子校平衡	57
3.7.5 绕组制造和嵌线工艺	59
3.7.6 定子绕组浸漆和干燥处理工艺	63
第4章 绝缘结构及评定	66
4.1 绝缘结构及组分材料	66
4.1.1 绝缘结构	66
4.1.2 绝缘规范	66
4.2 绝缘结构评定	68
4.2.1 组分材料的选材试验	69
4.2.2 F级绝缘结构功能性评定试验	70
4.2.3 小结	72
第5章 技术参数和安装尺寸	74
5.1 效率和功率因数	74
5.1.1 基本设计	74
5.1.2 提高效率设计	76
5.2 起动性能	77
5.2.1 基本设计	77
5.2.2 提高效率设计	82
5.3 噪声	83
5.4 振动	86
5.5 安装尺寸和外形尺寸	86
第6章 噪声分析及测试	87
6.1 电机主要噪声源	87

6.2 电磁噪声分析计算	88
6.2.1 电磁噪声产生原因分析	88
6.2.2 谐波磁场计算	93
6.2.3 径向力计算	97
6.2.4 径向力引起的振动	98
6.2.5 噪声辐射	101
6.2.6 计算程序框图	108
6.3 电磁噪声抑制	108
6.3.1 定转子槽配合	108
6.3.2 气隙长度	112
6.3.3 转子斜槽	112
6.3.4 定转子槽口	118
6.3.5 绕组型式	118
6.3.6 定子绕组并联路数	119
6.3.7 降低电机表面振动量	121
6.3.8 降低声辐射效率	123
6.4 轴承噪声分析计算	123
6.5 通风噪声分析计算	125
6.6 电机噪声测试	126
6.6.1 空载噪声测试	126
6.6.2 负载噪声测试	129
第 7 章 温升计算	131
7.1 引言	131
7.2 数学物理模型	132
7.2.1 基本方程	132
7.2.2 等效热路	134
7.3 通风计算	136
7.4 机座散热	138
7.5 定子散热	141
7.6 转子散热	149
7.7 热导方程组及其求解	152
7.8 计算实例	154
7.9 误差分析	155

第 8 章 机械计算	159
8.1 概述	159
8.2 机座的强度和刚度计算	159
8.2.1 有限元计算原理	159
8.2.2 计算模型简化	163
8.2.3 考题	163
8.2.4 算例	165
8.2.5 简易计算的近似公式	166
8.3 端盖紧固螺栓的强度计算	167
8.3.1 螺栓预紧力的计算	167
8.3.2 在重力作用下螺栓的工作载荷计算	169
8.3.3 螺栓的总拉力计算	169
8.3.4 螺栓强度计算	170
8.3.5 计算结果	171
8.4 定子铁心固有频率计算	172
8.4.1 有限元法	172
8.4.2 约束松弛	174
8.4.3 计算结果分析	175
第 9 章 YVF2 系列变频调速异步电动机	176
9.1 概述	176
9.2 交流调速系统的基本类型	177
9.3 YVF2 系列变频调速异步电动机设计原则	178
9.4 设计参数选择	179
9.4.1 系列电机设计参数的选择原则	179
9.4.2 电机结构设计	181
9.5 绝缘结构	181
9.5.1 电磁线	182
9.5.2 浸渍漆	182
9.5.3 线圈浸烘工艺	182
9.5.4 端部绑扎	183
9.6 主要性能参数	183
9.7 技术经济分析	186

第 10 章 Y2 系列中型高压三相异步电动机	188
10.1 概述	188
10.2 系列型谱	188
10.3 结构特点和安装尺寸	190
10.3.1 结构特点	190
10.3.2 安装尺寸	194
10.4 主要性能参数	194
10.5 绝缘结构与线圈尺寸设计	196
10.6 通风和温升计算	197
10.7 技术经济分析	206
第 11 章 高效异步电动机	208
11.1 概述	208
11.2 美国高效电动机	208
11.2.1 美国电动机的耗能情况和节能潜力	208
11.2.2 关于 EPACT	209
11.2.3 关于 NEMA-E 设计	210
11.2.4 关于 Premium Efficiency	213
11.3 欧洲高效电动机	216
11.3.1 CEMEP-EU 协议	216
11.3.2 西门子公司高效电动机	217
11.4 中国高效电动机	222
11.5 小结	228
第 12 章 电机基础标准	229
12.1 Y2 系列三相异步电动机贯彻的基础标准	229
12.2 定额和性能	231
12.2.1 工作制和定额	231
12.2.2 运行条件	232
12.2.3 热性能与试验	235
12.2.4 耐电压试验	242
12.2.5 偶然过电流	245

12.2.6	短时过转矩	246
12.2.7	最小转矩	246
12.2.8	超速	246
12.2.9	电机的接地	246
12.2.10	容差	248
12.3	外壳防护分级	248
12.3.1	标志	248
12.3.2	防护等级——第一位表征数字	249
12.3.3	防护等级——第二位表征数字	252
12.3.4	标志方法	252
12.4	冷却方法	252
12.4.1	表示冷却介质的特征字母	253
12.4.2	冷却回路布置的特征数字	253
12.4.3	冷却介质运动的推动方法特征数字	253
12.4.4	标记系统	255
12.5	旋转电机的结构及安装型式代号	256
12.5.1	规定 1 的代号组成	256
12.5.2	规定 2 的代号组成	262
12.6	尺寸和输出功率等级	262
12.6.1	电机尺寸标志	262
12.6.2	接线盒位置	263
12.6.3	凸缘上孔的位置	263
12.6.4	安装尺寸	263
12.6.5	优先额定输出功率	267
12.7	线端标志与旋转方向	269
12.7.1	线端标志	269
12.7.2	交流电机的线端标志	269
12.7.3	旋转方向	269
12.7.4	旋转方向与线端标志的关系	271
12.8	起动性能	271
12.8.1	设计代号	271
12.8.2	N 设计的起动转矩	271
12.8.3	N 设计的堵转视在功率	272
12.8.4	N 设计的起动要求	273

12.8.5 NY 设计的起动要求	274
12.8.6 H 设计的起动转矩	274
12.8.7 H 设计的堵转视在功率	274
12.8.8 H 设计的起动要求	275
12.8.9 HY 设计的起动要求	275
12.9 噪声限值	275
12.10 振动	278
12.10.1 测量量值	278
12.10.2 电机安装	278
12.10.3 轴承座振动限值	279
12.10.4 轴相对振动限值	280
第 13 章 电动机的维护和修理	282
13.1 电动机维护保养	282
13.1.1 起动前检查	282
13.1.2 运行中的维护	283
13.2 常见故障及处理方法	284
13.2.1 异步电动机常见故障及其处理	284
13.2.2 绕组故障及其处理	287
13.3 定子绕组及重制	289
13.3.1 绕组构成	289
13.3.2 绕组分类	290
13.3.3 绕组各槽线圈相属确定	290
13.3.4 绕组连接	293
13.3.5 损坏绕组的拆除	298
13.3.6 绕组制作及绝缘处理	298
13.4 旧壳重制	304
13.4.1 测量定子铁心各部位尺寸	304
13.4.2 计算齿距、齿宽及轭高	304
13.4.3 估计电动机的极数	305
13.4.4 选定气隙磁通密度	306
13.4.5 确定每相串联导体数	306
13.4.6 确定每槽导体数	307
13.4.7 确定导体直径	308

13.4.8 确定定子绕组数据	309
13.5 电机的拆装	310
13.5.1 电机的拆卸步骤及要求	310
13.5.2 电机的装配及要求	311
13.6 简易试验	311
13.6.1 冷态绝缘电阻合格值的估算	311
13.6.2 空载试验及结果分析	311
13.6.3 堵转试验	313
13.6.4 温升试验	314
13.6.5 工作特性的测定	315
13.6.6 最大转矩的测定	317
附录	318
附录 A Y2 系列 (IP54) 三相异步电动机技术数据 (380V、50Hz)	318
附录 B Y2-E 系列 (IP54) 三相异步电动机技术数据 (380V、50Hz)	328
附录 C Y2 系列三相异步电动机工艺文件	334
附录 C-1 引出线冷压端头技术条件	336
附录 C-2 铸件技术条件	337
附录 C-3 油漆涂饰技术条件	339
附录 C-4 铸铝转子铁心技术条件	341
附录 C-5 轴承清洗及安装技术条件	343
附录 C-6 风扇平衡技术条件	344
附录 C-7 转子平衡技术条件	346
附录 C-8 铸件加工余量与尺寸公差	348
附录 C-9 铝合金压铸件加工余量与尺寸公差	350
附录 C-10 定子绕组绝缘 (F 级) 规范	354
附录 C-11 定子绕组绝缘 (F 级) 浸漆工艺守则	356
附录 C-12 定子线圈绕线工艺守则	360
附录 C-13 定子散嵌绕组嵌线工艺守则	362
附录 C-14 定子铁心外压装工艺守则	367
附录 C-15 滚动轴承清洗工艺守则	369
附录 C-16 转子铁心铸铝工艺守则	370

附录 C-17 铝合金压铸件工艺守则	374
附录 C-18 铝壳机座与带绕组定子铁心热套工艺守则	376
附录 D Y2 系列三相异步电动机部分主要生产厂名录	379
附录 E Y2 系列三相异步电动机部分材料、配件、装备生产厂 名录	397
参考文献	404

第 1 章

概 论

1.1 异步电动机的特点及用途

异步电动机是一种交流电机，其负载时的转速与所接电网频率之比不是恒定值。感应电动机是一种异步电动机，仅一套绕组连接电源。在异步电动机中，感应电动机应用最为普遍，在不致引起误解或混淆的情况下，也可称感应电动机为异步电动机。本手册论及的电动机其实质应为感应电动机。

普通异步电动机的定子绕组接交流电网，转子绕组不需与其他电源连接。因此，它具有结构简单，制造、使用和维护方便，运行可靠，以及重量较轻，成本较低等优点。

异步电动机有较高的运行效率和较好的工作特性，从空载到满载范围内接近恒速运行，能满足大多数工农业生产机械的传动要求。异步电动机还便于派生成各种防护型式，以适应不同环境条件的需要。随着电力电子器件及交流变频调速技术的发展，由异步电动机和变频器组成的交流调速系统的调速性能及经济性已可与直流调速系统相媲美，且使用维护简便，因而应用愈来愈广泛。

异步电动机在各种电动机中应用最广，需要量最大，在各种电气传动系统中，有 90% 左右采用异步电动机驱动；在电网总负载中，异步电动机占 60% 左右。

按转子结构型式，异步电动机可分为笼型异步电动机和绕线转子异步电动机。

笼型异步电动机的转子由置于转子槽中的导条及两端的端环组成闭合回路，整个转子形成一坚实的整体，结构简单牢固。它分为一般单笼、深槽单笼和双笼结构转子。从制造工艺上，分为铸铝笼