

通用电机和

控制电机

实用手册

〔日〕 坪島茂彦 中村修照 著



# 通用电机和控制电机实用手册

〔日〕坪島茂彦 中村修照 著

潘兆柱 戎华洪 译

唐任远 校



机械工业出版社

本手册对生产领域中应用的各种电动机作了汇集和分类，并根据使用者的需要，对各种电动机的主要结构、工作原理、特点、规格范围及用途等用图表和条文的形式作了简明扼要的说明，多数还附有实物照片。全书图文并茂，文字通俗易懂。

手册共分七篇。首篇为基础篇，叙述与电动机使用有关的基础知识，并附有练习和答案；第二至第七篇分别为直流电动机、异步电动机、同步电动机、交流换向器电动机、交流无换向器电动机、控制电动机，共介绍了70多种电动机的性能、结构和用途。还附有电动机的树形分类法图及按用途选择电动机的选用表。

本书是供从事生产机械电气技术工作的工人和技术人员参考的一部实用手册；也可供有关机、电专业的师生参考。

## 汎用から制御用まで

## モータ活用マニュアル

工学博士 坪島茂彦・中村修照 共著

オーム社 1978

\* \* \*

## 通用电机和控制电机实用手册

〔日〕坪島茂彦 中村修照 著

潘兆柱 戎华洪 译

唐任远 校

\*

机械工业出版社出版（北京阜成門外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

\*

开本 850×1168<sup>1</sup>/<sub>32</sub>·印张 11<sup>7</sup>/<sub>8</sub>·插页 3·字数 325 千字

1985年12月北京第一版·1985年12月北京第一次印刷

印数 00,001—11,600·定价 3.70 元

\*

统一书号：15033·5824

# 序 言

有关电机的书籍已有很多，但都是从理论、设计或一般阐述的角度来写的。本书的特点则是从电动机的使用角度来编写的。

对于电动机的用户来说，从外部来了解电动机的性能比了解其理论和设计内容更为重要。电动机本来是把电能转换成机械能的工具。但从功能方面来说，它除了具有转换能量的功能外，还具有按照控制信号来改变输出量的功能。如果分别对各种电动机的这两种功能加以总结，那么，我们认为它会给电动机的选择和使用带来许多方便。

其次，目前多把电动机与半导体器件等各种器件组合成为成套装置，以发挥单独电动机所不能产生的控制性能。而且可以预计，这也将是今后的发展方向。按照这种观点，可以认为这样的成套装置是一个独立的机体。因此，可以把这种装置看作是一个整体，并和单独电动机并列起来进行分类，以便对它们的性能进行比较和评价。我们认为这种做法对使用是大有好处的。

本书就是基于这种观点，按如下方法编写的。

(1) 首先把使用小型电动机所必须的共同内容在基础篇内综合论述，然后在各篇里分别论述每种电动机装置。

(2) 在各篇里都是把电动机和电动机装置并列安排的，并以单独的章节介绍其性能。每个章节都从各页的顶头开始，精心整理，阅读方便。

(3) 编写各章节内容时，力求做到在本节内就能理解其内容，不必另查他页。因而，有一些共同的特性，在很多地方是重复的。在通读本书时，也许会感到有点烦琐，但它照顾到了每个章节的独立性。

但要着重注意的是和其他装置相比较的内容。

(4) 大量地采用了图表。其内容的编排是经过精心研究

#### IV

的，以便于读者容易理解。在各章节的末尾，以表格的方式列出了必要的典型产品规格。此外，对一般内容的介绍，也尽量采用简洁的条文形式。

(5) 在本书中，到处附有计算题及其解答，以便于实际应用。

(6) 在各个装置正文下面的附注中介绍了产品的商品名称。

为了实现上述措施，欧姆社的前田清先生以及佐藤博先生想了不少办法，做了很多工作，在此表示衷心感谢。

作者在工作之余，不顾经验缺乏，学识浅薄，写了这本书，确实有点大胆。在编写中，考虑到尽可能有益于读者，参阅了很多文献资料，其中大多数是各制造厂的产品目录和产品照片。对提供这些资料的单位，在这里再次表示深切的感谢。

因为是采用新的整理方法编写的，内容上不足之处一定很多。希望读者对错误和不完整的地方给予批评指正，使本书在再版时在内容上变得更为完善。

最后，对给予指导的明电舍及欧姆社的各位先生表示深切的感谢。

1973年1月

著者

# 目 录

第一篇 基础	1
1. 电动机概述	1
〔1〕 电动机功能之一：把电能转换成机械能	1
〔2〕 电动机功能之二：按照控制信号改变输出量	2
〔3〕 电动机的功能图	2
〔4〕 作为成套装置的电动机	2
2. 电动机的种类	3
3. 电动机的型式	4
〔1〕 按照外壳型式分类	4
〔2〕 按照通风方式分类（之一）	4
〔3〕 按照通风方式分类（之二）管道通风的使用方法	6
〔4〕 按照防护方式分类	6
4. 防爆电动机	8
〔1〕 气氛	8
〔2〕 电动机的防爆结构	9
〔3〕 适用于危险场所的防爆电动机	10
〔4〕 防爆检验	12
5. 电动机的选择方法	12
6. 铭牌上的记载	13
7. 计算电动机输出功率（负载所要求的功率）的方法	15
〔1〕 根据力和速度计算功率	15
〔2〕 根据转矩和角速度计算功率	18
〔3〕 输送流体的功率计算	19
8. 直流和交流	21
〔1〕 直流和交流	21
〔2〕 单相、三相和两相	21
9. 极数和转速	22
10. 转矩	23
〔1〕 什么是转矩	23

## VI

〔2〕 旋转运动和直线运动相对应的物理量	24
〔3〕 旋转运动的基本公式	24
11. 转速-转矩特性	25
〔1〕 电动机的转速-转矩特性	25
〔2〕 负载的转速-转矩特性	26
〔3〕 稳定运行	26
12. 转速-转矩特性的种类	28
〔1〕 电动机转速-转矩特性的种类	28
〔2〕 负载转速-转矩特性的种类	28
13. 电压	29
14. 输出功率和电流	30
〔1〕 输出功率	30
〔2〕 电流	31
15. 输入功率、功率因数和效率	31
〔1〕 输入功率	31
〔2〕 效率	32
〔3〕 输出功率、输入功率与电压、电流、功率因数和效率的关系	32
16. 励磁电压和励磁电流, 一次和二次	34
〔1〕 励磁电压和励磁电流	34
〔2〕 一次和二次	34
17. 定额、工作制、温升	35
〔1〕 温升	35
〔2〕 工作制	36
〔3〕 定额	38
〔4〕 定额和工作制的关系	39
18. 起动、加速	40
〔1〕 加速时间	40
〔2〕 加速中的损耗	42
〔3〕 起动等级	43
19. 制动	44
〔1〕 按制动目的分类	44
〔2〕 按吸收能量的方法分类	44

〔3〕 制动时间·····	45
20. 转速控制·····	45
〔1〕 电动机转速控制的种类·····	45
〔2〕 转速控制的顺序·····	47
21. 恒转矩和恒功率·····	47
〔1〕 恒转矩特性负载的转速控制·····	47
〔2〕 恒功率特性负载的转速控制·····	48
〔3〕 平方转矩特性负载的转速控制·····	48
22. 转速控制和损耗·····	50
23. 运行区域·····	51
24. 轴承·····	52
25. 电刷·····	53
26. 电动机的应用和运行方式·····	54
〔1〕 使用电动机的优缺点·····	54
〔2〕 电动力分配的方式·····	55
〔3〕 传动方式·····	55
27. 运行控制装置·····	56
〔1〕 电磁接触器·····	56
〔2〕 断路器·····	57
〔3〕 继电器·····	58
〔4〕 端子间的空间距离·····	58
〔5〕 电子元件·····	58
28. 自动控制·····	60
〔1〕 什么是自动控制·····	60
〔2〕 自动控制（反馈控制）的特性·····	60
29. 速度的协调·····	63
〔1〕 什么是速度协调·····	63
〔2〕 速度协调控制（齐速控制）的特点·····	63
〔3〕 速度协调的精度·····	64
30. 电动机的维护和保养·····	64
〔1〕 期间检查·····	64
〔2〕 运行前后的检查·····	65
〔3〕 电动机的故障及其处理·····	67



## VII

31. 关于电动机的标准	70
〔1〕 技术标准的种类	70
〔2〕 有关电动机的技术标准	71
<b>第二篇 直流电动机</b>	<b>75</b>
1. 直流电动机的原理、结构及特点	75
〔1〕 原理	75
〔2〕 结构	76
〔3〕 特点	78
2. 直流电动机的特性和种类	78
〔1〕 特性	78
〔2〕 种类	79
〔3〕 直流电动机标准	80
3. 直流电动机的起动方法	81
〔1〕 直接起动	81
〔2〕 利用起动电阻手动起动	81
〔3〕 自动起动	82
〔4〕 调节电压法（调压电源装置法）	84
4. 直流电动机的制动方法	84
〔1〕 能耗制动	84
〔2〕 反接制动	85
〔3〕 回馈制动	86
5. 直流电动机的转速控制及其比较	86
〔1〕 转速的控制方法	86
〔2〕 转速控制方式的比较	88
〔3〕 各种调压电源装置的比较	89
6. 直流并励电动机	90
〔1〕 结构和接线	90
〔2〕 特点和特性	90
〔3〕 标准规格和性能	91
7. 直流串励电动机	93
〔1〕 结构和接线	93
〔2〕 特点和特性	94

〔3〕 标准规格和性能	94
8. 直流复励电动机	95
〔1〕 结构和接线	95
〔2〕 特点和特性	96
〔3〕 标准规格和性能	97
9. 励磁控制电动机装置	99
〔1〕 结构	99
〔2〕 特点和特性	100
〔3〕 大范围调速的励磁控制电动机	101
〔4〕 使用时的注意事项	102
〔5〕 标准规格和性能	102
10. 控制电枢电阻的直流电动机装置	104
〔1〕 结构和特性	104
〔2〕 标准规格和性能	105
11. 升压器控制直流电动机装置	106
〔1〕 结构	106
〔2〕 特点和特性	108
〔3〕 标准规格和性能	108
12. 直流发电机-电动机组	109
〔1〕 结构	109
〔2〕 特点和特性	110
〔3〕 直流发电机-电动机组的派生	112
〔4〕 标准规格和性能	113
13. 饱和电抗器控制直流电动机装置	114
〔1〕 结构	114
〔2〕 特点和特性	115
〔3〕 饱和电抗器控制直流电动机装置的派生	117
〔4〕 标准规格和性能	117
14. 可控硅直流电动机装置	118
〔1〕 结构	118
〔2〕 特点和特性	120
〔3〕 标准规格和性能	124
15. 斩波器控制直流电动机装置	125

## X

〔1〕 结构 .....	125
〔2〕 特点和特性 .....	126
〔3〕 标准规格和性能 .....	127
16. 直流齿轮传动电动机 .....	129
〔1〕 结构 .....	129
〔2〕 特点和特性 .....	130
〔3〕 标准规格和性能 .....	130
<b>第三篇 异步电动机</b> .....	<b>132</b>
1. 异步电动机的作用原理 .....	132
2. 三相鼠笼式异步电动机 .....	133
〔1〕 结构 .....	133
〔2〕 鼠笼式转子及其特性 .....	133
〔3〕 标准规格和性能 .....	136
3. 三相鼠笼式异步电动机的起动方法 .....	138
〔1〕 直接起动法 .....	138
〔2〕 星三角起动法 .....	138
〔3〕 起动补偿器起动法 (自耦变压器法) .....	139
〔4〕 电阻降压起动法 .....	139
〔5〕 串联电抗器起动法 (起动电抗器法) .....	139
〔6〕 不对称起动法 .....	140
4. 三相绕线式异步电动机 .....	141
〔1〕 结构 .....	141
〔2〕 特性 .....	142
〔3〕 起动方法 .....	142
〔4〕 标准规格和性能 .....	143
5. 异步电动机的电气制动法 .....	144
〔1〕 直流制动法 .....	144
〔2〕 单相制动法 .....	145
〔3〕 回馈制动法 .....	145
〔4〕 反接制动法 .....	145
〔5〕 自身励磁法 .....	146
6. 单相异步电动机 .....	146

7. 单相分相起动异步电动机	150
〔1〕 结构	150
〔2〕 特性	151
〔3〕 单相电动机的转速控制	151
〔4〕 标准规格和性能	152
8. 单相电容起动异步电动机	153
〔1〕 结构和特性	153
〔2〕 标准规格和性能	154
9. 电容电动机 (电容运行电动机)	156
〔1〕 结构	156
〔2〕 特性	156
〔3〕 标准规格和性能	157
10. 电容起动及运行电动机	158
〔1〕 结构和特性	158
〔2〕 标准规格和性能	160
11. 单相推斥起动异步电动机 (推斥电动机)	161
〔1〕 原理和结构	161
〔2〕 特性	162
〔3〕 标准规格和性能	162
12. 罩极电动机 (短路环起动电动机)	163
〔1〕 原理和结构	163
〔2〕 特性	164
〔3〕 标准规格和性能	164
13. 一般用途异步电动机	165
14. 多速异步电动机 (变极异步电动机)	169
〔1〕 结构和特性	169
〔2〕 标准规格和性能	170
15. 起重用电动机	171
〔1〕 结构	171
〔2〕 标准规格和性能	172
〔3〕 起重用电动机的转速控制	173
16. 锥形转子制动电动机	175
〔1〕 结构和动作	175

## Ⅺ

〔2〕 特点 .....	175
〔3〕 标准规格和性能 .....	176
17. 带直流制动器电动机 .....	177
〔1〕 结构和动作 .....	177
〔2〕 标准规格和性能 .....	178
18. 带交流制动器电动机 .....	179
〔1〕 结构和动作 .....	179
〔2〕 特点 .....	180
〔3〕 标准规格和性能 .....	180
19. 轴向气隙制动电动机 .....	182
〔1〕 结构和动作 .....	182
〔2〕 特点 .....	182
〔3〕 标准规格和性能 .....	183
20. 带离合器电动机 .....	184
〔1〕 结构 .....	184
〔2〕 特点 .....	185
〔3〕 标准规格和性能 .....	185
21. 电机皮带轮 .....	186
〔1〕 结构 .....	186
〔2〕 标准规格和性能 .....	187
22. 转矩电动机 .....	188
〔1〕 结构 .....	188
〔2〕 特性 .....	188
〔3〕 使用时的注意事项 .....	189
〔4〕 标准规格和性能 .....	189
23. 扁平电动机 .....	190
〔1〕 结构 .....	190
〔2〕 标准规格和性能 .....	190
24. 密封电动机 (密封鼠笼式电动机) .....	191
〔1〕 结构 .....	191
〔2〕 规格 .....	192
25. 交流齿轮传动电动机 .....	192
〔1〕 结构 .....	192

〔2〕 特点和特性 .....	192
〔3〕 标准规格和性能 .....	194
26. 振动电动机 .....	194
〔1〕 原理和结构 .....	194
〔2〕 特点 .....	195
〔3〕 标准规格和性能 .....	196
27. 潜水电动机 .....	197
〔1〕 结构及种类 .....	197
〔2〕 标准规格和性能 .....	199
28. 控制转子电阻的电动机装置 .....	199
〔1〕 组成 .....	199
〔2〕 特点和特性 .....	200
〔3〕 转子电阻的计算方法 .....	201
〔4〕 标准规格和性能 .....	202
29. 饱和电抗器控制异步电动机装置 .....	203
〔1〕 组成 .....	203
〔2〕 特点和特性 .....	205
〔3〕 标准规格和性能 .....	205
30. 可控硅控制输入的异步电动机装置 .....	207
〔1〕 组成 .....	207
〔2〕 特点和特性 .....	208
〔3〕 标准规格和性能 .....	209
31. 控制输入频率的异步电动机装置 .....	210
〔1〕 组成 .....	210
〔2〕 特点和特性 .....	212
〔3〕 标准规格和性能 (超高速电动机除外) .....	213
32. 超高速电动机 (高频电动机) .....	215
〔1〕 结构 .....	215
〔2〕 高频电源 .....	216
〔3〕 用途和规格举例 .....	216
33. 克雷默装置 .....	217
〔1〕 组成 .....	217
〔2〕 特点和特性 .....	217

## XIV

〔3〕 标准规格和性能 .....	219
34. 谢菲尔毕斯装置 .....	220
〔1〕 组成 .....	220
〔2〕 特点和特性 .....	221
〔3〕 标准规格和性能 .....	222
35. 静止谢菲尔毕斯装置 .....	224
〔1〕 组成 .....	224
〔2〕 特点和特性 .....	225
〔3〕 标准规格和性能 .....	226
36. 电磁调速异步电动机 .....	227
〔1〕 原理和结构 .....	227
〔2〕 特点和特性 .....	229
〔3〕 标准规格和性能 .....	229
37. 功率自整角机 (电轴) .....	231
〔1〕 原理和结构 .....	231
〔2〕 特性 .....	232
〔3〕 标准规格和性能 .....	233
38. 直线电动机 .....	234
〔1〕 原理和结构 .....	234
〔2〕 特点 .....	235
〔3〕 特性 .....	236
〔4〕 其他直线电动机 .....	236
〔5〕 标准规格和性能 (异步机式) .....	237
第四篇 同步电动机 .....	238
1. 同步电动机的原理和结构 .....	238
〔1〕 原理 .....	238
〔2〕 结构 .....	238
〔3〕 特点 .....	240
〔4〕 种类 .....	241
2. 同步电动机的特性 .....	241
〔1〕 牵出转矩 .....	241
〔2〕 V形曲线 .....	242

〔3〕 起动特性 .....	243
〔4〕 标准规格和性能 (特殊结构的同步电动机除外) .....	243
3. 无刷同步电动机 .....	245
〔1〕 组成 .....	245
〔2〕 特点和特性 .....	247
〔3〕 标准规格和性能 .....	247
4. 反应式电动机(反作用式电动机) .....	249
〔1〕 结构 .....	249
〔2〕 特点和特性 .....	249
〔3〕 单相反应式电动机 .....	251
〔4〕 标准规格和性能 .....	251
5. 永磁同步电动机 .....	252
〔1〕 结构 .....	252
〔2〕 特点和特性 .....	253
〔3〕 标准规格和性能 .....	254
6. 磁滞电动机 .....	256
〔1〕 原理和结构 .....	256
〔2〕 特性 .....	257
〔3〕 标准规格和性能 .....	258
7. 华伦电动机 .....	258
〔1〕 结构 .....	258
〔2〕 标准规格和性能 .....	259
8. 永磁电磁减速电动机 .....	259
〔1〕 原理和结构 .....	259
〔2〕 特点和特性 .....	260
〔3〕 一般规格和性能 .....	261
第五篇 交流换向器电动机 .....	262
1. 交流换向器电动机 .....	262
〔1〕 原理 .....	262
〔2〕 种类 .....	262
2. 单相串励换向器电动机(串励电动机) .....	263
〔1〕 原理和结构 .....	263



## XVI

〔2〕 特点和特性 .....	265
〔3〕 串励电动机的转速控制 .....	266
〔4〕 标准规格和性能 .....	267
3. 单相排斥电动机 .....	268
〔1〕 原理和结构 .....	268
〔2〕 特性和转速控制 .....	269
〔3〕 标准规格和性能 .....	269
4. 三相串励换向器电动机 .....	271
〔1〕 原理和结构 .....	271
〔2〕 特性和转速控制 .....	271
〔3〕 标准规格和性能 .....	272
5. 施拉盖三相并励换向器电动机 .....	273
〔1〕 原理和结构 .....	273
〔2〕 特点和特性 .....	274
〔3〕 标准规格和性能 .....	275
6. 定子供电三相并励换向器电动机 .....	276
〔1〕 原理和结构 .....	276
〔2〕 特点和特性 .....	277
〔3〕 标准规格和性能 .....	278
第六篇 无换向器电动机 .....	280
1. 无换向器电动机 .....	280
〔1〕 分类 .....	280
〔2〕 种类 .....	281
2. 直流可控硅无刷电动机(直流可控硅无换向器电动机) .....	281
〔1〕 原理和结构 .....	281
〔2〕 特点和特性 .....	282
〔3〕 标准规格和性能 .....	283
3. 交流可控硅无刷电动机(交流可控硅无换向器电动机) .....	285
〔1〕 原理和结构 .....	285
〔2〕 特点和特性 .....	286
〔3〕 标准规格和性能 .....	287
4. 晶体管直流无刷电动机 .....	288