

中等专业学校试用教材

# 电 机 与电力拖动基础

马春森 主编

(一)

武汉工业大学出版社

中等专业学校试用教材

# 电机与电力拖动基础

(一)

马春森 主编

武汉工业大学出版社

## 内 容 简 介

本书是为建材中专工业电气与自动化专业编写的，全书共分五篇二十七章以及绪论和附录。内容包括直流电机、变压器、异步电机、同步电机、控制电机以及电力拖动基础。编者根据多年的教学和生产实践经验，参考了大量的书籍和资料，精选内容，理论联系实际，电动机与电力拖动密切配合，理论教学与实验密切配合，每章有思考题和习题。叙述深入浅出、层次分明，清楚易懂，便于自学。

考虑到某些工厂的特殊需要，在附录中选编了三相换向器式电动机、小型变压器的计算和异步电动机的修理。

本书除作为中等专业学校电气与自动化专业的教材外，也可作为职大、大专和工厂电气工程技术人员参考书，也可以精减一些内容作为技工学校该专业的教学和参考书。

# 前 言

本教材是根据1987年国家建材局人才开发司审定的中等专业学校建材工业电气与自动化专业的教学计划和《电机与电力拖动基础》大纲编写的。

全书共分五篇二十七章，包括直流电机、变压器、异步电机、同步电机、控制电机以及电力拖动基础。

本书从中专学校的实际出发，力求做到精选内容，理论联系实际，将基本理论、基本知识、基本技能讲透，层次分明，清楚易懂。并配以思考题与习题、实验，使学生能对基本内容深刻理解，牢固掌握，灵活运用。

本书由北京市建材工业学校马春森主编。第一篇直流电机及电力拖动基础和第四篇同步电机由马春森同志编写，第二篇变压器由北京市建材工业学校李国成同志编写，第三篇异步电机及电力拖动基础和附录中的三相换向器式电动机及异步电动机的修理由湖南省建材工业学校龙望南同志编写，第五篇控制电机由广州市建材工业学校黎庆新同志编写。

本书由东北林业大学于连波副教授主审，仲丽华副教授参审。

在编写前收集资料过程中，得到了哈尔滨电机厂的韩佩卿和高惠二同志的大力帮助，在此表示谢意。

由于时间和编者水平所限，本书有不当之处，诚恳地希望读者批评指正。

编 者

1990年11月

# 目 录

## 绪 论

一、电气化与自动化事业在建设社会主义和共产主义社会中的意义 .....	(1)
二、电机在电气化与自动化中的作用 .....	(2)
三、电机的发展简史 .....	(2)
四、我国电机发展简介 .....	(2)
五、本课程的性质、目的和任务 .....	(3)

## 第一篇 直流电机及电力拖动基础

### 第一章 直流电机的基本原理及结构

§ 1-1-1 直流电机在工业上的应用 .....	(6)
§ 1-1-2 直流电机的基本原理 .....	(6)
一、直流发电机的工作原理 .....	(6)
二、直流电动机的工作原理 .....	(9)
§ 1-1-3 直流电机的基本结构 .....	(10)
一、静止部分——定子 .....	(10)
二、转动部分——转子或电枢 .....	(11)
§ 1-1-4 直流电机的铭牌数据和国产直流电机简介 .....	(12)
一、直流电机的铭牌数据 .....	(12)
二、国产直流电机简介 .....	(13)
本章小节 .....	(13)
思考题与习题 .....	(14)

### 第二章 直流电机的电枢绕组

§ 1-2-1 电枢绕组简介 .....	(15)
一、电枢绕组连接的一般规律 .....	(15)
二、按绕法电枢绕组的分类 .....	(17)
§ 1-2-2 单叠绕组 .....	(17)
一、计算节距 .....	(17)
二、画单元槽中的上、下层中的导体和换向片 .....	(18)
三、连接元件（即画出元件端接部分） .....	(18)
四、确定电刷的位置和极性 .....	(18)
五、绕组的并联支路数 .....	(18)

§ 1-2-3 单波绕组 .....	(19)
一、计算各节距 .....	(19)
二、画出单元槽中的上、下层导体 .....	(20)
三、连接绕组 (绘制上、下端接部分) .....	(20)
四、电刷的位置、数目和极性 .....	(20)
五、电枢绕组的并联支路数 .....	(20)
六、其它形式绕组简介 .....	(21)
§ 1-2-4 电枢绕组的感应电势和电磁转矩 .....	(21)
一、电枢绕组感应电势的计算公式 .....	(21)
二、电枢绕组的电磁转矩计算公式 .....	(23)
本章小结 .....	(24)
思考题与习题 .....	(24)

### 第三章 直流电机的磁场

§ 1-3-1 直流电机的空载磁场 .....	(27)
§ 1-3-2 直流电动机的电枢反应 .....	(28)
一、主极磁场的特点 .....	(28)
二、电枢磁势与磁密曲线 .....	(29)
三、合成磁场及电枢反应的影响 .....	(30)
§ 1-3-3 直流发电机的电枢反应 .....	(32)
本章小结 .....	(32)
思考题与习题 .....	(32)

### 第四章 直流电机的换向

§ 1-4-1 直流电机产生火花的现象和原因 .....	(33)
一、产生火花的现象 .....	(33)
二、火花产生原因的分析 .....	(33)
§ 1-4-2 改善换向的方法 .....	(39)
§ 1-4-3 环火现象和补偿绕组 .....	(39)
一、形成环火的现象和原因 .....	(39)
二、补偿绕组的设置 .....	(40)
本章小结 .....	(40)
思考题与习题 .....	(41)

### 第五章 直流发电机

§ 1-5-1 直流发电机的分类 .....	(42)
一、他励直流发电机 .....	(42)
二、自励直流发电机 .....	(43)
§ 1-5-2 直流发电机稳定运行时的平衡关系 .....	(43)
一、直流发电机的能量关系和能流图 .....	(44)

二、功率平衡关系 .....	(45)
三、转矩平衡关系 .....	(45)
四、电势平衡关系 .....	(46)
五、几点结论 .....	(46)
§ 1-5-3 直流发电机的运行特性 .....	(46)
一、运行特性的概念 .....	(46)
二、分析特性的理论依据 .....	(47)
三、运行特性的内容 .....	(47)
§ 1-5-4 他励直流发电机的运行特性 .....	(47)
一、空载特性 .....	(47)
二、负载特性 .....	(48)
三、外特性 .....	(48)
四、调节特性 .....	(49)
五、效率特性 .....	(50)
§ 1-5-5 直流并励发电机 .....	(50)
一、建立电压的条件和自励过程 .....	(51)
二、并励发电机的运行特性 .....	(52)
§ 1-5-6 复励发电机的外特性 .....	(53)
一、复励发电机的分类 .....	(53)
二、复励发电机的外特性曲线 .....	(53)
本章小结 .....	(54)
思考题与习题 .....	(54)

## 第六章 直流电动机

§ 1-6-1 直流电动机的分类与用途 .....	(56)
§ 1-6-2 直流电动机稳定运行的平衡关系 .....	(56)
一、直流电机运行的可逆原理 .....	(56)
二、电动机运行中的电势平衡关系 .....	(57)
三、电动机运行中的功率平衡关系 .....	(58)
四、转矩平衡关系 .....	(59)
§ 1-6-3 直流电动机的工作特性 .....	(59)
一、他励(并励)电动机的工作特性 .....	(59)
二、串励电动机的工作特性 .....	(61)
三、复励电动机的工作特性 .....	(62)
本章小结 .....	(64)
思考题与习题 .....	(64)

## 第七章 直流电动机的电力拖动基础

§ 1-7-1 电力拖动系统的运动方程式 .....	(65)
一、运动方程式 .....	(65)

二、运动方程式中转矩正、负号的规定	(67)
三、过渡过程的时间计算	(67)
§ 1-7-2 工作机械的转矩、力、飞轮矩和质量的折算	(68)
一、为什么要进行折算	(68)
二、系统中各物理量的折算	(68)
§ 1-7-3 他励直流电动机的机械特性	(71)
一、机械特性的定义	(71)
二、他励电动机的机械特性方程式	(72)
三、自然机械特性(固有机械特性)和人为机械特性	(72)
四、固有机械特性及其绘制	(72)
五、人为机械特性及其绘制	(73)
§ 1-7-4 根据电动机的机械特性分析稳定运行	(76)
一、负载的机械特性	(76)
二、稳定运行的分析	(76)
§ 1-7-5 他励直流电动机的反转与起动	(79)
一、他励电动机的反转	(79)
二、电动机起动问题的一般探讨	(80)
三、起动电阻的计算	(82)
四、起动过程的定性分析	(85)
五、起动时间的计算	(86)
§ 1-7-6 直流他励电动机的制动	(87)
一、制动的概念与分类	(87)
二、能耗制动	(88)
三、反接制动	(90)
四、回馈制动(发电制动)	(93)
五、各种制动方式的比较	(95)
§ 1-7-7 直流他励电动机的调速	(99)
一、调速的概念、方法和指标	(99)
二、改变电枢回路串入的电阻值调速	(102)
三、改变励磁回路串入的电阻(改变磁通)调速	(103)
四、改变供电电压调速	(104)
五、电动机调速时的允许输出和与负载的配合	(105)
§ 1-7-8 直流串励电动机的电力拖动	(109)
一、串励电动机的机械特性与调速	(109)
二、串励电动机的制动状态	(111)
§ 1-7-9 电机的发热和冷却	(112)
一、电机中常用的绝缘材料及其允许温升	(112)
二、电机的发热过程和冷却过程	(112)
三、电机的冷却方式简介	(115)
§ 1-7-10 电机额定容量及其选择	(116)



一、电机的额定容量与工作方式·····	(116)
二、连续工作制电动机额定功率的选择·····	(117)
三、短时工作制电动机额定功率的选择·····	(124)
四、断续周期工作制电动机额定功率的选择·····	(126)
本章小结·····	(130)
思考题与习题·····	(132)

## 第八章 直流电机实验

§ 1-8-1 实验课的基本目的与要求·····	(136)
§ 1-8-2 直流电机的认识实验·····	(137)
§ 1-8-3 直流发电机实验·····	(139)
§ 1-8-4 并励直流电动机实验·····	(143)
§ 1-8-5 串励直流电动机实验·····	(145)
§ 1-8-6 并励直流电动机的制动实验·····	(146)

# 第二篇 变压器

## 第一章 变压器的工作原理、类型和基本结构

§ 2-1-1 变压器的原理、用途及分类·····	(150)
一、变压器的原理和基本用途·····	(150)
二、变压器的分类·····	(150)
§ 2-1-2 变压器的基本结构·····	(152)
一、变压器铁心的结构·····	(152)
二、变压器绕组的结构型式·····	(154)
三、油箱和其它附件·····	(155)
§ 2-1-3 变压器的铭牌及额定值·····	(157)
一、额定容量 $S_N$ ·····	(157)
二、额定电压 $U_{1N}$ 及 $U_{2N}$ ·····	(157)
三、额定电流 $I_{1N}$ 及 $I_{2N}$ ·····	(157)
四、额定频率 $f_N$ ·····	(157)
思考题与习题·····	(158)

## 第二章 变压器的基本原理

§ 2-2-1 变压器的空载运行·····	(159)
一、空载运行时的物理情况·····	(159)
二、空载运行时的电势和变比·····	(159)
三、空载电流·····	(161)
四、空载运行时的电势平衡·····	(162)
五、空载运行时的相量图·····	(163)

六、空载运行时的等值电路	(164)
§ 2-2-2 单相变压器的负载运行	(166)
一、负载运行时的磁势平衡	(166)
二、负载运行时的电势平衡	(168)
§ 2-2-3 变压器负载运行时的等值电路和相量图	(169)
一、等值电路的概念	(169)
二、原、副(一、二次)绕组间电势、电压、电流和阻抗的折算	(170)
三、负载运行时的等值电路	(171)
四、负载运行时的相量图	(173)
五、等值电路和相量图的应用	(175)
§ 2-2-4 等值电路参数的测定	(177)
一、空载试验	(177)
二、短路试验	(178)
三、由试验测得的数据计算等值电路参数举例	(179)
§ 2-2-5 变压器标么值的应用	(181)
一、标么值的概念	(181)
二、电压的标么值	(181)
三、电流的标么值	(181)
四、阻抗的标么值	(181)
五、使用标么值的优点及应用举例	(182)
§ 2-2-6 变压器的运行特性	(184)
一、电压变化率	(184)
二、变压器的外特性	(186)
三、损耗与效率特性	(186)
本章小结	(189)
思考题与习题	(190)

### 第三章 三相变压器

§ 2-3-1 三相变压器的磁路系统	(192)
一、三相变压器组的磁路	(192)
二、三相心式变压器的磁路	(192)
§ 2-3-2 三相变压器绕组的联接组	(193)
一、变压器绕组的极性和标记	(193)
二、三相变压器绕组的联接	(194)
三、三相变压器的联接组别	(196)
四、变压器的标准联接组	(202)
五、已知联接组别,确定原、副绕组接线和同名端标记	(202)
§ 2-3-3 三相变压器的磁路系统对电势波形的影响	(203)
一、Y/Y接法的三相变压器组	(204)
二、Y/Y接法的三相心式变压器	(205)

三、 $\Delta/Y$ 和 $Y/\Delta$ 接法的三相变压器 .....	(205)
本章小结 .....	(206)
思考题与习题 .....	(206)

#### 第四章 变压器的并联运行

§ 2-4-1 变压器并联运行的条件 .....	(210)
§ 2-4-2 变比不等时的并联运行 .....	(211)
§ 2-4-3 联接组不同时的并联运行 .....	(212)
§ 2-4-4 短路阻抗不同时的并联运行 .....	(212)
本章小结 .....	(213)
思考题与习题 .....	(214)

#### 第五章 其他用途的变压器

§ 2-5-1 自耦变压器 .....	(215)
一、自耦变压器的结构特点 .....	(215)
二、电压关系 .....	(215)
三、电流关系 .....	(215)
四、容量关系 .....	(216)
五、主要优缺点 .....	(217)
§ 2-5-2 仪用互感器 .....	(217)
一、电压互感器 .....	(217)
二、电流互感器 .....	(218)
§ 2-5-3 电焊变压器 .....	(219)
本章小结 .....	(220)
思考题与习题 .....	(221)

#### 第六章 变压器实验

§ 2-6-1 单相变压器的空载和短路实验 .....	(222)
§ 2-6-2 三相变压器的绕组极性和联接组别的测定 .....	(226)

## 第三篇 异步电动机及电力拖动基础

### 第一章 异步电动机的基本结构和工作原理

§ 3-1-1 中小型三相异步电动机的分类和结构 .....	(234)
一、分类 .....	(234)
二、异步电动机的基本结构 .....	(235)
§ 3-1-2 三相异步电动机的工作原理 .....	(238)
一、三相交流电产生的旋转磁场 .....	(238)
二、异步电动机的工作原理 .....	(242)

§ 3-1-3 国产中小型异步电动机简介	(243)
一、异步电动机的型号	(243)
二、异步电动机的铭牌数据	(245)
本章小结	(245)
思考题与习题	(246)

## 第二章 交流电机的绕组和电势

§ 3-2-1 交流电机绕组概述	(247)
一、对交流绕组的一般要求	(247)
二、交流绕组的分类	(247)
三、交流绕组的一些基本知识	(247)
§ 3-2-2 三相单层绕组	(249)
一、三相绕组的构成原则和数据计算	(249)
二、三相单层绕组的型式及联接方法	(251)
§ 3-2-3 三相双层绕组	(255)
一、叠绕组联接	(256)
二、波形绕组联接	(259)
§ 3-2-4 绕组的感应电势	(260)
一、一个整距线圈的感应电势	(260)
二、一相绕组的感应电势	(261)
本章小结	(265)
思考题与习题	(266)

## 第三章 三相异步电动机的运行分析

§ 3-3-1 三相异步电动机的空载运行	(267)
一、转子绕组开路时的空载运行	(267)
二、转子转动时的空载运行	(269)
§ 3-3-2 三相异步电动机的负载运行	(270)
一、转差率 $s$	(270)
二、转子各量和转差率的关系	(271)
三、电势平衡方程式	(272)
四、磁势平衡方程式	(272)
五、鼠笼转子的极数和相数	(273)
§ 3-3-3 三相异步电动机的等值电路和相量图	(274)
一、将旋转的转子折算为等效静止的转子	(274)
二、异步电动机转子电流、电势和阻抗的折算	(276)
三、异步电动机的等值电路	(277)
四、异步电动机的相量图	(278)
§ 3-3-4 异步电动机参数的测定	(281)
一、空载实验与励磁参数的确定	(281)

二、短路实验及短路参数的确定	(283)
本章小结	(285)
思考题与习题	(285)

#### 第四章 三相异步电动机的电磁转矩和工作特性

§ 3-4-1 异步电动机的功率平衡方程式	(287)
一、功率变换过程	(287)
二、功率方程式	(287)
§ 3-4-2 转矩平衡方程式	(288)
§ 3-4-3 电磁转矩和机械特性	(290)
一、电磁转矩的物理表达式	(291)
二、电磁转矩的参数表达式	(291)
三、机械特性	(292)
四、转矩的实用表达式	(296)
五、机械特性的直线方程式	(298)
§ 3-4-4 异步电动机的工作特性	(299)
一、转速特性 $n = f(P_2)$	(300)
二、效率特性 $\eta = f(P_2)$	(300)
三、功率因数特性 $\cos\varphi_1 = f(P_2)$	(301)
四、转矩特性 $T = f(P_2)$	(301)
五、定子电流特性 $I_1 = f(P_2)$	(301)
本章小结	(302)
思考题与习题	(302)

#### 第五章 三相异步电动机的电力拖动基础

§ 3-5-1 异步电动机的起动性能	(304)
§ 3-5-2 鼠笼式异步电动机的起动	(305)
一、直接起动(全压起动)	(305)
二、降压起动	(306)
三、改善起动性能的鼠笼式异步电动机	(311)
§ 3-5-3 绕线式异步电动机的起动	(313)
一、在转子电路串入电阻起动	(314)
二、在转子电路中串入频敏电阻器起动	(319)
§ 3-5-4 三相异步电动机的调速	(323)
一、鼠笼式异步电动机改变磁极对数 $p$ 进行调速	(324)
二、变频调速	(326)
三、转子电路串电阻调速	(329)
四、在转子电路中引入附加电势调速	(321)
五、用电磁离合器调速	(332)
§ 3-5-5 三相异步电动机的制动	(335)

一、回馈制动·····	(335)
二、反接制动·····	(338)
三、能耗制动·····	(341)
本章小结·····	(344)
思考题与习题·····	(345)

## 第六章 单相异步电动机

§ 3-6-1 概述·····	(346)
§ 3-6-2 单相异步电动机的工作原理·····	(346)
一、一个单相脉动磁场可分解为两个旋转磁场·····	(347)
二、单相异步电动机的工作原理·····	(348)
§ 3-6-3 单相异步电动机的类型和起动·····	(349)
一、分相式电动机·····	(350)
二、罩极式电动机·····	(352)
§ 3-6-4 单相异步电动机的调速·····	(353)
§ 3-6-5 单相换向器电动机·····	(356)
一、单相串励电动机的构造和原理·····	(356)
二、单相串励电动机的相量图和特性·····	(357)
三、电枢反应及补偿方法·····	(358)
§ 3-6-6 单相异步电动机的绕组·····	(359)
一、单相单层同心式绕组·····	(359)
二、单相双层绕组·····	(360)
三、单相正弦绕组·····	(361)
本章小结·····	(365)
思考题与习题·····	(365)

## 第七章 异步电动机实验

§ 3-7-1 三相异步电动机的参数测定·····	(366)
§ 3-7-2 三相异步电动机的工作特性·····	(369)
§ 3-7-3 三相异步电动机的起动与调速·····	(372)

# 第四篇 同步电机

## 第一章 同步电机的类型和结构

§ 4-1-1 同步电机的基本类型·····	(378)
一、同步电机的特点·····	(378)
二、同步电机的基本类型·····	(378)
§ 4-1-2 同步电机的基本结构·····	(379)
一、显极式水轮发电机的基本结构·····	(379)

二、隐极式汽轮发电机的基本结构.....	(379)
§ 4-1-3 同步电机的铭牌和额定值.....	(379)

## 第二章 同步发电机的运行原理

§ 4-2-1 同步发电机的空载运行.....	(381)
一、空载运行的概念和空载电势.....	(381)
二、空载特性.....	(381)
§ 4-2-2 同步电机的电枢反应.....	(382)
一、同步电机电枢反应的概念.....	(382)
二、 $\varphi_0 = 0^\circ$ ，即 $I$ 与 $E_0$ 同相时的电枢反应.....	(382)
三、 $\varphi_0 = 90^\circ$ ，即 $I$ 滞后 $E_0 90^\circ$ 的情况.....	(383)
四、 $\varphi_0 = -90^\circ$ ，即 $I$ 超前 $E_0 90^\circ$ 的情况.....	(384)
五、 $0^\circ < \varphi_0 < 90^\circ$ 的情况.....	(384)
六、同步电动机的电枢反应.....	(386)
§ 4-2-3 同步发电机的电势方程和相量图.....	(386)
一、 $0^\circ < \varphi_0 < 90^\circ$ 时的基本电势相量图和电势方程.....	(386)
二、磁势—电势相量图.....	(388)
§ 4-2-4 同步发电机的功率和转矩方程.....	(389)
一、功率方程.....	(389)
二、转矩方程.....	(389)
本章小结.....	(389)
思考题与习题.....	(390)

## 第三章 同步发电机的运行特性

§ 4-3-1 空载运行特性.....	(391)
§ 4-3-2 短路运行特性.....	(392)
一、短路运行特性的求取.....	(392)
二、 $x_d$ 未饱和值的确定.....	(392)
三、 $x_d$ 饱和值的确定.....	(393)
四、短路比的确定.....	(393)
§ 4-3-3 同步发电机的负载运行特性.....	(394)
一、外特性.....	(394)
二、调整特性.....	(395)
§ 4-3-4 稳态的功角特性.....	(395)
§ 4-3-5 同步发电机的损耗与效率.....	(397)
本章小结.....	(397)
思考题与习题.....	(398)

## 第四章 同步发电机的并网运行

§ 4-4-1 同步发电机的并网.....	(399)
-----------------------	-------

一、投入并网的条件	(399)
二、并网投入方法	(400)
§ 4-4-2 并网运行的有功功率调节	(402)
一、有功功率的调节	(402)
二、静态稳定问题	(403)
§ 4-4-3 并网运行的无功功率调节	(404)
一、空载运行时的无功功率调节	(404)
二、负载运行时的无功功率调节	(405)
三、V形曲线	(406)
本章小结	(406)
思考题与习题	(407)

## 第五章 同步电动机和补偿机

§ 4-5-1 同步电机的可逆原理	(408)
§ 4-5-2 同步电动机的基本方程和相量图	(409)
一、电势方程和相量图	(409)
二、功率和转矩方程	(410)
§ 4-5-3 同步电动机的运行特性	(411)
一、工作特性	(411)
二、V形特性曲线	(412)
§ 4-5-4 同步电动机的起动	(413)
一、同步电动机不能直接起动	(413)
二、同步电动机的异步起动	(413)
§ 4-5-5 同步补偿机	(414)
本章小结	(415)
思考题与习题	(415)

## 第六章 同步电机实验

§ 4-6-1 同步发电机实验	(417)
§ 4-6-2 三相同步电动机实验	(420)

# 第五篇 控制用微型电机

## 第一章 伺服电动机

§ 5-1-1 概述	(424)
§ 5-1-2 直流伺服电动机的结构和工作原理	(424)
§ 5-1-3 电枢控制直流伺服电动机	(425)
§ 5-1-4 磁极控制直流伺服电动机	(427)
§ 5-1-5 直流伺服电动机的选用	(428)



一、主要技术数据(额定值) .....	(428)
二、使用注意事项 .....	(429)
§ 5-1-6 交流伺服电动机的工作原理 .....	(429)
一、结构特点 .....	(429)
二、工作原理 .....	(430)
三、控制方式 .....	(431)
§ 5-1-7 交流伺服电动机的工作特点 .....	(432)
§ 5-1-8 交流伺服电动机的工作特性 .....	(433)
一、幅值控制时的特性 .....	(433)
二、相位控制时的特性 .....	(434)
三、幅—相控制时的特性 .....	(435)
§ 5-1-9 交流伺服电动机的选用 .....	(436)
思考题与习题 .....	(437)

## 第二章 测速发电机

§ 5-2-1 概述 .....	(438)
§ 5-2-2 直流测速发电机 .....	(438)
§ 5-2-3 异步测速发电机的工作原理 .....	(441)
§ 5-2-4 负载对输出特性的影响 .....	(442)
一、纯电阻负载 .....	(442)
二、纯电感负载 .....	(442)
三、纯电容负载 .....	(443)
§ 5-2-5 异步测速发电机的技术指标 .....	(444)
一、线性误差 .....	(444)
二、相位误差 .....	(445)
三、剩余电压 .....	(445)
四、输出斜率 .....	(446)
§ 5-2-6 测速发电机的选用 .....	(446)
一、主要技术数据 .....	(446)
二、使用注意事项 .....	(446)
思考题与习题 .....	(447)

## 第三章 步进电动机

§ 5-3-1 概述 .....	(448)
§ 5-3-2 反应式步进电动机的工作原理 .....	(448)
§ 5-3-3 单段式三相反应式步进电动机 .....	(450)
§ 5-3-4 多段式步进电动机 .....	(451)
§ 5-3-5 反应式步进电动机的特性 .....	(452)
一、静态运行特性 .....	(452)
二、步进运行特性 .....	(453)