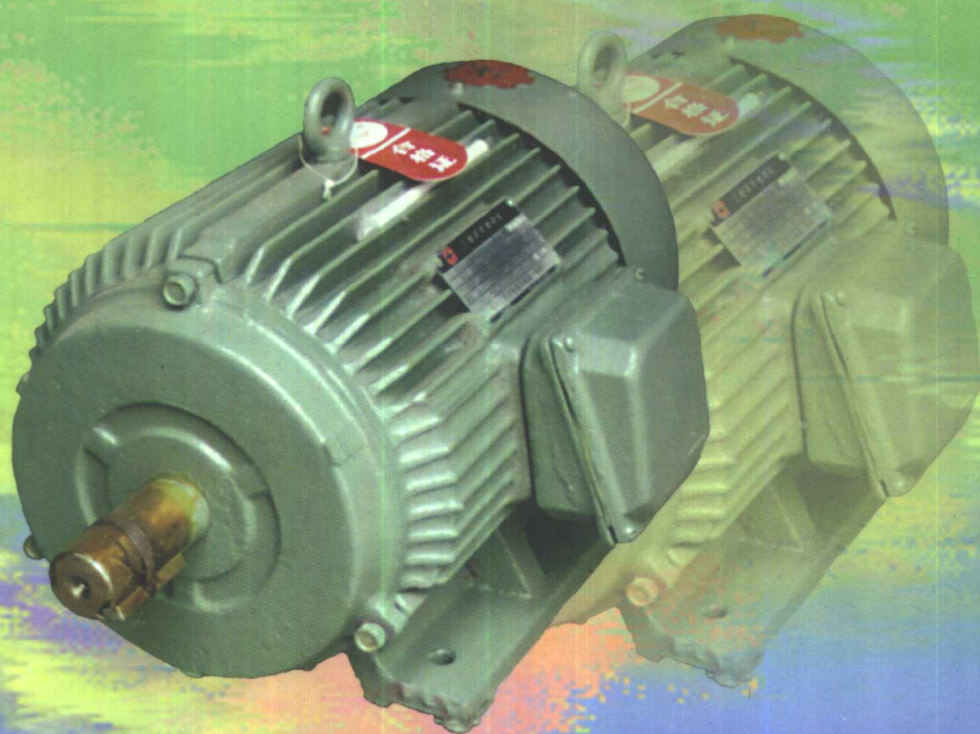


● 电器修理技术丛书

电机 修理技术

(第三版)

潘宝昌 编著



山东科学技术出版社

~~~~~电器修理技术丛书~~~~~

# 电机修理技术

(第三版)

潘宝昌 编著

山东科学技术出版社

电器修理技术丛书

**电机修理技术**

(第三版)

潘宝昌 编著

\*

山东科学技术出版社出版

(济南市玉函路16号 邮编250002)

山东科学技术出版社发行

(济南市玉函路16号 电话2064651)

山东人民印刷厂印刷

\*

787mm×1092mm 1/16开本 16印张 360千字

2000年1月第3版 2000年1月第15次印刷

印数：301801—306800

ISBN 7-5331-2414-6  
TM·37 定价：23.00元

**图书在版编目 (C I P) 数据**

电机修理技术/潘宝昌编著. -3 版. -济南: 山东科学技术出版社, 2000. 1  
(电器修理技术丛书)  
ISBN 7-5331-2414-6

I. 电… II. 潘… III. 电机-检修 IV. TM307

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 30784 号

1  
M63127

# 出版说明

为了适应中等职业教育、电器修理业发展及寻求职业者的需要，我社将《电器修理技术丛书》，在重印、修订了几次的基础上，又请作者在保留原书风格和特点的前提下，作了全面修订，除改正了印刷错误、删除了过时的内容外，着重增加了一些实用的新知识和新技术。

本丛书目前共 13 种，分别是《电机修理技术》、《电工基础与电工技术》、《黑白电视机修理技术》、《彩色电视机修理技术》、《半导体收音机修理技术》、《家用制冷设备修理技术》、《录像机修理技术》、《电子线路与电子技术》、《微型计算机修理技术》、《激光影碟机修理技术》、《盒式录音机修理技术》、《洗衣机修理技术》、《国产、进口组合音响及家庭影院系统修理技术》。今后，随着科技的发展及新的家用电器种类的出现，我们将陆续补充本丛书的品种，在内容上亦不断修订增补，使本丛书始终适应新形势，更好地为读者服务。我们热切希望读者在使用本丛书的过程中，将发现的问题及希望及时告知我们，以使本丛书渐臻完美，在此我们预致诚挚的谢意。

本丛书在编写（修订）过程中，力求做到理论联系实际，文字通俗易懂，除简要介绍基础知识外，着重介绍了修理、操作技术，以达到实用速成的目的。丛书可作为中等职业学校或短训班的教材，也适合电器维修人员及广大业余爱好者阅读。

# 前 言

本书自 1984 年 6 月出版发行以来，已重印、修订多次，累计印数达 30 多万册，深受全国各地青年电工和电器工作者的欢迎。

本书主要讲述了电机的基本工作原理与结构，电机维护及运行故障的检查与处理，电机机械故障的修理，电机绕组的拆换、改接、重绕、重嵌以及电机修复后的试验等内容。

本书取材于现场经验，力求理论结合实际，深入浅出，通俗易懂。对电机的基本理论、故障原因、修理技术以及在修理过程中经常用到的计算方法，都作了较详细的分析和介绍。

为了更好地满足广大青年电工和电器工作者的需要，编著者又一次将本书作了较大修订。此次修订，除对本书部分内容作了修改或删除外，还补充了工农业生产中经常遇到的微型电动机故障的修理技术。

本书可供具有初中以上文化程度的青年电工学习、阅读，也可作为技工学校、职业教育、徒工培训等方面的教材。

**编著者**

# 目 录

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| <b>第一章 电的基本知识</b> .....       | (1)  |
| 第一节 磁场 .....                  | (1)  |
| 第二节 电磁感应 .....                | (3)  |
| 第三节 磁场对通电导体的作用 .....          | (4)  |
| 第四节 正弦交流电 .....               | (5)  |
| 一、交流电的产生 .....                | (6)  |
| 二、交流电的相位和相位差 .....            | (7)  |
| 三、交流电的有效值 .....               | (8)  |
| 第五节 三相交流电 .....               | (8)  |
| 一、三相交流电的产生 .....              | (8)  |
| 二、星形连接和三角形连接 .....            | (9)  |
| 第六节 旋转磁场 .....                | (11) |
| <b>第二章 电机的基本工作原理与结构</b> ..... | (16) |
| 第一节 电机的基本类型 .....             | (16) |
| 一、直流电机 .....                  | (16) |
| 二、同步电机 .....                  | (16) |
| 三、异步电机 .....                  | (16) |
| 第二节 直流电机的工作原理与结构 .....        | (17) |
| 一、直流电机的工作原理 .....             | (17) |
| 二、直流电机的结构 .....               | (19) |
| 第三节 交流发电机的工作原理与结构 .....       | (21) |
| 一、交流发电机的工作原理 .....            | (21) |
| 二、交流发电机的结构 .....              | (23) |
| 第四节 异步电动机的工作原理与结构 .....       | (23) |
| 一、异步电动机的工作原理 .....            | (23) |
| 二、异步电动机的结构 .....              | (24) |
| <b>第三章 电机绕组及其接线图</b> .....    | (28) |
| 第一节 绕组展开图及安排原理 .....          | (28) |
| 第二节 绕组结构基本概念 .....            | (29) |
| 一、极矩 .....                    | (29) |
| 二、节距 (或叫跨距) .....             | (29) |
| 三、每极每相槽数 .....                | (30) |
| 四、极相组 .....                   | (30) |
| 第三节 单层绕组 .....                | (30) |

|                                  |             |
|----------------------------------|-------------|
| 一、同心绕组 .....                     | (30)        |
| 二、链形绕组 .....                     | (31)        |
| 三、交叉式链形绕组 .....                  | (32)        |
| 第四节 双层绕组 .....                   | (33)        |
| 一、全节距双层迭绕组 .....                 | (33)        |
| 二、短节距双层迭绕组 .....                 | (34)        |
| 三、分数槽绕组 .....                    | (34)        |
| 第五节 转子绕组 .....                   | (36)        |
| 一、同心绕组 .....                     | (36)        |
| 二、波绕组 .....                      | (36)        |
| 第六节 直流电枢绕组 .....                 | (37)        |
| 一、迭绕组 .....                      | (37)        |
| 二、波绕组 .....                      | (39)        |
| 第七节 概念图及槽矢量星形图 .....             | (40)        |
| 第八节 绕组的连接 .....                  | (42)        |
| 一、极相组的连接 .....                   | (42)        |
| 二、相绕组的连接 .....                   | (42)        |
| 三、并联支路的连接 .....                  | (43)        |
| <b>第四章 电机的绝缘结构及绝缘处理 .....</b>    | <b>(46)</b> |
| 第一节 低压电机的绝缘结构 .....              | (46)        |
| 一、合理选择绝缘材料和绝缘结构 .....            | (46)        |
| 二、匝间绝缘 .....                     | (47)        |
| 三、槽绝缘 .....                      | (47)        |
| 四、层间绝缘和相间绝缘 .....                | (48)        |
| 五、半开口槽分片嵌绕组的绝缘结构 .....           | (49)        |
| 第二节 直流电机的绝缘结构 .....              | (49)        |
| 一、电枢的绝缘结构 .....                  | (50)        |
| 二、直流电机定子绝缘结构 .....               | (51)        |
| 第三节 电机的绝缘处理 .....                | (53)        |
| 一、绕组绝缘处理的目地 .....                | (53)        |
| 二、浸渍漆 .....                      | (53)        |
| 三、绕组绝缘处理的步骤 .....                | (55)        |
| 四、烘干方法 .....                     | (56)        |
| <b>第五章 电机维护及运行故障的检查与处理 .....</b> | <b>(62)</b> |
| 第一节 电机维护工作的基本内容 .....            | (62)        |
| 第二节 电机的一般性维护与故障 .....            | (62)        |
| 一、机械方面的维护与故障 .....               | (63)        |
| 二、绕组绝缘方面的维护与故障 .....             | (68)        |
| 三、集流装置的维护与故障 .....               | (73)        |
| 第三节 交流电机运行故障的检查与处理 .....         | (74)        |



|                                 |              |
|---------------------------------|--------------|
| 一、起动故障 .....                    | (74)         |
| 二、转速故障 .....                    | (75)         |
| 三、异步电动机的过热故障 .....              | (76)         |
| 四、同步发电机电压故障 .....               | (76)         |
| <b>第四节 直流电机运行故障的检查与处理 .....</b> | <b>(76)</b>  |
| 一、发电机电压或电动机起动故障 .....           | (77)         |
| 二、电动机转速故障 .....                 | (77)         |
| 三、换向火花故障 .....                  | (77)         |
| 四、直流电机过热故障 .....                | (78)         |
| <b>第六章 电机机械故障的修理 .....</b>      | <b>(80)</b>  |
| <b>第一节 电机修理前的整体检查 .....</b>     | <b>(80)</b>  |
| <b>第二节 电机的正确拆装 .....</b>        | <b>(82)</b>  |
| 一、拆卸前的记录 .....                  | (82)         |
| 二、拆卸方法和步骤 .....                 | (82)         |
| 三、修后装配 .....                    | (83)         |
| 四、装配时应注意的事项 .....               | (84)         |
| <b>第三节 转轴的修理 .....</b>          | <b>(84)</b>  |
| <b>第四节 轴承盖及轴承的修理 .....</b>      | <b>(85)</b>  |
| 一、轴承盖的修理 .....                  | (85)         |
| 二、滑动轴承的修理 .....                 | (86)         |
| 三、滚动轴承的修理 .....                 | (87)         |
| <b>第五节 机座的修理 .....</b>          | <b>(90)</b>  |
| <b>第六节 电机铁心的修理 .....</b>        | <b>(91)</b>  |
| <b>第七节 集流装置与刷握的修理 .....</b>     | <b>(92)</b>  |
| 一、换向器的修理 .....                  | (92)         |
| 二、滑环的修理 .....                   | (94)         |
| 三、刷握的修理 .....                   | (95)         |
| 四、电刷的研磨及更换 .....                | (96)         |
| <b>第八节 转子(电枢)的平衡 .....</b>      | <b>(98)</b>  |
| <b>第七章 电机绕组的损坏及修理 .....</b>     | <b>(100)</b> |
| <b>第一节 交流定子绕组的损坏及修理 .....</b>   | <b>(100)</b> |
| 一、绕组的损坏类型 .....                 | (100)        |
| 二、绕组接地故障的检查与修理 .....            | (100)        |
| 三、绕组短路故障的检查与修理 .....            | (102)        |
| 四、绕组断路故障的检查与修理 .....            | (105)        |
| 五、绕组接线错误的检查 .....               | (106)        |
| 六、短路侦察器的简单计算 .....              | (108)        |
| <b>第二节 交流转子绕组的损坏及修理 .....</b>   | <b>(109)</b> |
| 一、鼠笼转子故障的检查与修理 .....            | (109)        |
| 二、绕线式转子绕组故障的检查与修理 .....         | (111)        |

|            |                             |       |
|------------|-----------------------------|-------|
| 第三节        | 大型电机成型绕组的修理 .....           | (112) |
| 第四节        | 同步发电机励磁绕组的修理 .....          | (114) |
| 第五节        | 直流电枢绕组的损坏及修理 .....          | (115) |
| 一、         | 电枢绕组接地故障的检查与修理 .....        | (115) |
| 二、         | 电枢绕组短路故障的检查与修理 .....        | (117) |
| 三、         | 电枢绕组断线故障的检查与修理 .....        | (119) |
| 四、         | 电枢绕组的接错与嵌反 .....            | (119) |
| 第六节        | 直流励磁绕组的损坏及修理 .....          | (120) |
| <b>第八章</b> | <b>交流定子绕组的拆换及重嵌工艺</b> ..... | (122) |
| 第一节        | 记录铭牌和原有数据 .....             | (122) |
| 一、         | 铭牌数据 .....                  | (122) |
| 二、         | 铁心和绕组的数据 .....              | (122) |
| 三、         | 线圈尺寸 .....                  | (122) |
| 第二节        | 拆除旧绕组 .....                 | (123) |
| 一、         | 冷拆法 .....                   | (123) |
| 二、         | 通电加热法 .....                 | (123) |
| 三、         | 溶剂溶解法 .....                 | (124) |
| 第三节        | 制作绕线模 .....                 | (124) |
| 一、         | 双层迭绕式绕组线模 .....             | (125) |
| 二、         | 单层同心式或链式绕组线模 .....          | (125) |
| 第四节        | 绕制线圈 .....                  | (126) |
| 第五节        | 安放槽绝缘 .....                 | (127) |
| 一、         | 槽内绝缘物伸出铁心的长度 .....          | (127) |
| 二、         | 槽绝缘的宽度 .....                | (128) |
| 三、         | 裁剪绝缘注意事项 .....              | (128) |
| 第六节        | 嵌线 .....                    | (128) |
| 一、         | 嵌线工具和辅助材料 .....             | (128) |
| 二、         | 嵌线 .....                    | (129) |
| 第七节        | 接线与焊接 .....                 | (131) |
| 一、         | 焊接前的准备工作 .....              | (131) |
| 二、         | 线头的连接形式 .....               | (131) |
| 三、         | 连接线的焊接方法 .....              | (132) |
| 四、         | 引出线的选用 .....                | (134) |
| 第八节        | 绕组试验 .....                  | (134) |
| 第九节        | 浸漆与烘干 .....                 | (135) |
| 一、         | 浸漆工艺 .....                  | (135) |
| 二、         | 烘干方法 .....                  | (136) |
| <b>第九章</b> | <b>直流绕组的拆换及重嵌工艺</b> .....   | (138) |
| 第一节        | 直流电枢绕组的重绕及嵌线 .....          | (138) |
| 一、         | 绕组的加工工艺 .....               | (138) |

|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| 二、绝缘材料的选择 .....               | (139)        |
| 三、电枢嵌线 .....                  | (140)        |
| 第二节 并励磁绕组的重绕 .....            | (143)        |
| 一、绕线模的制作 .....                | (143)        |
| 二、绕组绕制 .....                  | (143)        |
| 第三节 串励磁绕组的重绕 .....            | (144)        |
| 一、绝缘圆导线串励绕组的绕制 .....          | (144)        |
| 二、绝缘扁导线串励绕组的绕制 .....          | (144)        |
| 三、裸铜扁线串励绕组的绕制 .....           | (145)        |
| 第四节 换向极绕组的重绕 .....            | (145)        |
| 第五节 单相串激电钻定子绕组的重绕 .....       | (146)        |
| 一、记录有关数据 .....                | (146)        |
| 二、拆除线圈 .....                  | (147)        |
| 三、线圈绕制 .....                  | (147)        |
| 四、绝缘处理 .....                  | (147)        |
| 五、线圈的连接 .....                 | (148)        |
| 六、改变电钻的运转方向 .....             | (149)        |
| 第六节 单相串激电钻电枢绕组的重绕 .....       | (149)        |
| 一、原始数据的记录或计算 .....            | (149)        |
| 二、拆除绕组 .....                  | (150)        |
| 三、检查换向器故障 .....               | (151)        |
| 四、裁剪铁心槽内绝缘 .....              | (151)        |
| 五、绕制线圈 .....                  | (151)        |
| 六、接线与焊接 .....                 | (153)        |
| 七、捆扎绑线 .....                  | (153)        |
| 八、电枢绕组的试验 .....               | (154)        |
| <b>第十章 绕组改接及重绕的简易计算 .....</b> | <b>(156)</b> |
| 第一节 改变导线规范的计算 .....           | (156)        |
| 一、改变并绕根数 $n$ .....            | (156)        |
| 二、改变并联支路数 $a$ .....           | (156)        |
| 三、“Y”接改“ $\Delta$ ”接 .....    | (157)        |
| 四、“ $\Delta$ ”接改“Y”接 .....    | (157)        |
| 第二节 单相异步电动机空壳重绕的计算 .....      | (159)        |
| 一、单相异步电动机的定子绕组 .....          | (159)        |
| 二、由定子铁心尺寸计算定子绕组 .....         | (160)        |
| 第三节 三相异步电动机空壳重绕的计算 .....      | (164)        |
| 一、根据电动机定、转子几何尺寸计算 .....       | (164)        |
| 二、按经验公式计算 .....               | (168)        |
| 三、按比例计算 .....                 | (170)        |
| 第四节 改变电机电压的计算 .....           | (172)        |
| 一、单相异步电动机改变电压的计算 .....        | (172)        |

|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| 二、三相异步电动机改变电压的计算 .....             | (173) |
| 三、直流电机改变电压的计算 .....                | (175) |
| 第五节 改变电机极数的计算 .....                | (178) |
| 第六节 单速电动机改绕成多速电动机的简易计算 .....       | (181) |
| 一、改绕方案的选择 .....                    | (181) |
| 二、改绕的简易计算 .....                    | (182) |
| 第七节 三相异步电动机改为单相使用的接线方法 .....       | (185) |
| 第八节 提高电机效率的措施及改制高效电动机重绕计算的特点 ..... | (186) |
| 一、提高电机效率的措施 .....                  | (186) |
| 二、改制高效电动机重绕计算的特点 .....             | (188) |
| <b>第十一章 微型电动机的修理</b> .....         | (192) |
| 第一节 微型电动机的分类及特点 .....              | (192) |
| 一、微型异步电动机 .....                    | (193) |
| 二、微型同步电动机 .....                    | (194) |
| 三、微型直流电动机 .....                    | (194) |
| 四、微型换向器电动机 .....                   | (194) |
| 第二节 微型异步电动机的使用与选择 .....            | (195) |
| 一、微型异步电动机的型号 .....                 | (195) |
| 二、微型异步电动机的铭牌 .....                 | (196) |
| 三、微型异步电动机的运行特点 .....               | (199) |
| 四、微型异步电动机的选择原则 .....               | (202) |
| 第三节 微型异步电动机的调速方法 .....             | (203) |
| 一、电抗器调速 .....                      | (203) |
| 二、绕组抽头调速 .....                     | (208) |
| 三、电子线路调速 .....                     | (214) |
| 第四节 微型异步电动机的故障与修理 .....            | (214) |
| 一、电磁故障 .....                       | (214) |
| 二、结构故障 .....                       | (216) |
| 三、常见故障的原因及排除方法 .....               | (216) |
| <b>第十二章 电机修复后的试验</b> .....         | (221) |
| 第一节 试验前的检查 .....                   | (221) |
| 第二节 绕组冷态直流电阻的测定 .....              | (221) |
| 第三节 绝缘试验 .....                     | (222) |
| 一、绝缘电阻的测量 .....                    | (222) |
| 二、绝缘耐压试验 .....                     | (222) |
| 第四节 空载试验 .....                     | (224) |
| 第五节 温升试验 .....                     | (224) |
| 一、互馈试验法 .....                      | (224) |
| 二、用空载法间接测定绕组的温升 .....              | (225) |
| 第六节 超速试验和短时电流过载试验 .....            | (225) |

|                                       |       |
|---------------------------------------|-------|
| 第七节 换向故障的检查 .....                     | (226) |
| 第八节 确定变压系数 .....                      | (226) |
| <b>附表</b>                             |       |
| 附表 1 直流电机分类名称及用途 .....                | (228) |
| 附表 2 三相异步电动机型号、结构特征及用途 .....          | (228) |
| 附表 3-1 电机常用电磁线 .....                  | (230) |
| 附表 3-2 电机常用漆布管 .....                  | (232) |
| 附表 3-3 低压电动机常用引接线 .....               | (232) |
| 附表 4 电机常用绝缘材料 .....                   | (232) |
| 附表 5 直流电机常用绝缘材料和电磁线 .....             | (233) |
| 附表 6 直流电机电枢绕组槽部绝缘规范 .....             | (234) |
| 附表 7 直流电机电枢端部绝缘规范 .....               | (235) |
| 附表 8 直流电机主极绝缘规范 .....                 | (236) |
| 附表 9-1 直流电机同心式补偿绕组绝缘规范 .....          | (236) |
| 附表 9-2 直流电机条形补偿绕组绝缘规范 .....           | (236) |
| 附表 10 国产电刷型号和主要适应范围 .....             | (237) |
| 附表 11-1 常用圆电磁线(裸)直径与截面积 .....         | (238) |
| 附表 11-2 漆包圆电磁线绝缘厚度 .....              | (238) |
| 附表 11-3 各种纤维包绝缘圆电磁线绝缘厚度 .....         | (238) |
| 附表 11-4 QZB 高强度聚脂漆包扁铜、扁铝电磁线绝缘厚度 ..... | (239) |
| 附表 11-5 SBECB 双玻璃丝包扁铜线绝缘厚度 .....      | (239) |
| 附表 12-1 单相串激电钻技术数据 .....              | (239) |
| 附表 12-2 220V 单相串激电钻电磁参数 .....         | (240) |
| 附表 13-1 异步电机各部分的温升限度(℃) .....         | (240) |
| 附表 13-2 直流电机各部分的温升限度(℃) .....         | (240) |
| 附表 14 三相异步电动机的标准容量等级(kw) .....        | (240) |
| Y、Y-L 系列三相异步电动机简介 .....               | (241) |

# 第一章 电的基本知识

## 第一节 磁 场

如果在一根永久磁铁周围的空间中，放一根能自由转动的磁针，磁针将指向磁铁。若将磁铁拿开，磁针就转回到它原来的位置，即转向地磁子午线。由此可知，在磁针上作用着某种固定的力，这个力叫做磁力。

磁铁、运动的带电体或载有电流导线的周围空间有磁力作用，这种空间称为磁场。

磁铁各部分吸引钢铁和某些金属的本领是不同的。实验证明，在磁铁的两端磁性最强，这两端叫做磁极。其中，指北的一端叫北极，用N表示；指南的一端叫南极，用S表示。两磁极之间，同极性相斥，异性性相吸。这种极间的相互作用，是通过磁铁周围空间的磁场实现的。

磁场的形状和强弱，常用磁力线来表示。在磁铁外部，磁力线的方向总是从N极出发回到S极。而在磁铁内部，磁力线由S极回到N极。因此，磁力线无头无尾，不能中断，构成一个闭合的环路，如图1—1所示。

磁力线像有弹性的橡皮筋一样，具有缩短自己长度的倾向，这就是异性性相吸的原因，如图1—2所示。

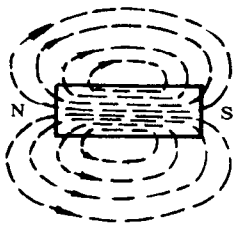


图 1—1 磁力线的闭合路径

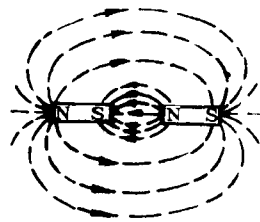


图 1—2 异性性相吸的磁力线分布

磁力线互不相交，并具有互相向侧面排斥的倾向，这就是同极性相斥的原因，如图1—3所示。

磁力线的疏密程度，通常表明了磁场的强弱。在磁场强的地方，磁力线比较密；在磁场弱的地方，磁力线比较疏；在磁场均匀的地方，磁力线疏密均匀并互相平行。以上说明磁力线的根数与磁场的强弱成正比。

磁力线易于通过钢铁和其他铁磁物质。

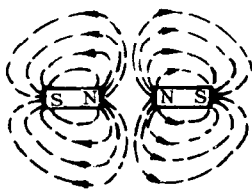


图 1—3 同极性相斥的磁力线分布

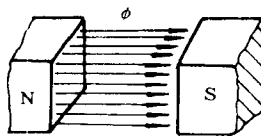


图 1—4 均匀磁场的磁力线

为了进行磁场中各物理量的定性分析，首先引用磁通这个物理概念。磁通就是通过某一面积内的磁力线数。如图 1—4 所示。

因为磁通是通过某一面积的磁力线总和，不能说明在这一面积上磁力线分布的疏密情况，所以有必要引出单位面积的磁力线数这个概念，叫做磁通密度。

磁通用字母  $\Phi$  代表，磁通密度用字母  $B$  代表。如果用  $S$  表示磁通所通过的垂直面积，那么磁通密度可写成

$$B = \frac{\Phi}{S} \quad (\text{T}) \quad (1-1)$$

式中： $B$  为磁通密度 (T)； $\Phi$  为磁通 (W)； $S$  为磁通所通过的垂直面积 ( $\text{m}^2$ )。

当面积  $S$  与磁通  $\Phi$  不相垂直时 (图 1—5)，(1—1) 式可表示为

$$B = \frac{\Phi}{S \cdot \cos\alpha} \quad (\text{T}) \quad (1-2)$$

式中： $\alpha$  为面积  $S$  与垂直有效面积的夹角。

如果将一根直长导体通入直流电，并把磁针放在通电导体的附近。可以看出，当导体电流方向改变时，磁针转动的方向也随着改变，这表明通电导体周围有磁场存在。

磁场的方向与电流的方向有着一定的关系，这个关系用右手螺旋定则来确定，如图 1—6 所示。当螺旋前进的方向与导体电流的方向一致时，螺旋旋转的方向就表示磁力线的方向。为了帮助记忆，可以用右手握持导体，伸直拇指，使拇指指向电流的方向，其余四指所围绕的方向就是磁场的实际方向。

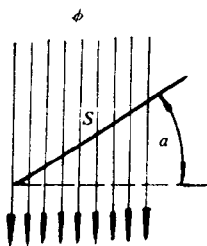


图 1—5 当面积  $S$  与磁通  $\Phi$  不相垂直时的示意图

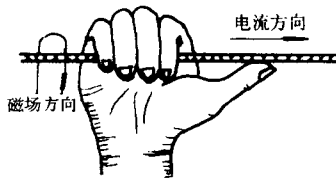


图 1—6 右手螺旋定则示意图 (一)

在实际工作中，常常把导线一圈一圈地绕成圆筒形线圈，这种线圈叫螺线管。当电流通过螺线管时，也会产生磁场，其磁力线的分布情况如图 1—7 所示。它和条形永久磁铁的磁场分布很相似。

螺线管磁力线的方向，同样可用右手螺旋定则来确定。此时，用右手的四指握持线圈 (图 1—8)，四指指着电流方向，大拇指所指的便是磁力线方向。

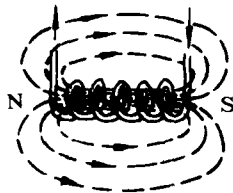


图 1—7 通电线圈的磁场

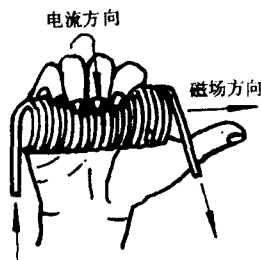


图 1—8 右手螺旋定则示意图 (二)

从物理意义上可以理解，螺线管内通过的电流越大，线圈匝数越多，所产生的磁场便越强。也就是说，磁场的强弱（即磁通密度  $B$  的大小）决定于通过的电流  $I$  和线圈的匝数  $N$ 。或者说磁通密度与  $I$ 、 $N$  的乘积成正比。电流和线圈匝数的乘积  $IN$ ，称为磁动势（简称磁势），它的作用是产生磁力线，建立磁场。磁动势的单位为安培匝数（简称安匝）。

## 第二节 电磁感应

将一根导线放在均匀磁场中，导线的两端接上一检流计，构成闭合回路，如图 1—9 所示。当导线以一定速度垂直于磁力线运动时，检流计的指针发生偏转。这个现象说明，只要导线和磁场发生了相对运动（或者说导线切割了磁力线），在导线中就会产生感应电势和电流。这种现象叫做电磁感应。

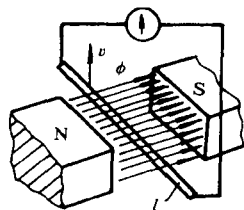


图 1—9 电磁感应现象示意图

由上述试验可知，导线中感应电势的大小，决定于磁场的磁通密度  $B$ 、导线在磁场中的运动速度  $v$  以及导线的有效长度  $l$ （即位于磁场范围内的导线长度）。当磁通密度、导线的运动方向和导线的有效长度三者彼此互相垂直时，其感应电势的大小可由下式表示

$$e = Blv \quad (\text{V}) \tag{1-3}$$

式中： $B$  的单位用特 (T)； $l$  的单位用米 (m)； $v$  的单位用米/秒 (m/s)；感应电势  $e$  的单位用伏 (V)。

当导线的运动方向与磁力线方向间的夹角为  $\alpha$  时，垂直于磁场的速度分量为  $v \cdot \sin\alpha$ ，(1—3) 式可表示为

$$e = Blv \sin\alpha \tag{1-4}$$

在常见的电机及电测仪表中，导线的运动方向都与磁场方向垂直，这时其感应电势最大。当导线的运动方向与磁场方向平行时，感应电势为零，因为这时导线并不切割磁力线。

导线上感应电势的方向，可用发电机右手定则来确定，如图 1—10 所示。右手的掌心迎着磁力线，拇指指向导线运动速度  $v$  的方向，则伸直的四指所指的方向，即感应



电势  $e$  的方向。

电磁感应现象不仅表现在导体运动切割磁力线产生感应电势，还表现在处于变化磁场中的导体上存在感应电势。穿过一单匝线圈的磁通变化时（图 1—11），线圈上产生感应电势的大小，与线圈内磁通变化的速度（就是单位时间内磁通变化的数值，又叫磁通的变化率）成正比。

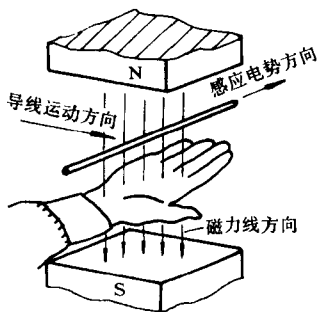


图 1—10 发电机右手定则

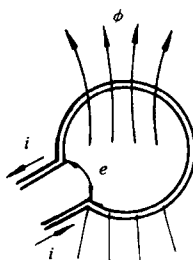


图 1—11 单匝线圈的感应电势

例如，在一个单匝线圈中，原有的磁通为  $\Phi_1$ ，变化后的磁通为  $\Phi_2$ ，则磁通的变化量为  $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ 。如果磁通变化  $\Delta\Phi$  所需的时间用  $\Delta t$  来表示，那么磁通的变化率就是  $\Delta\Phi/\Delta t$ 。因此单匝线圈中产生的感应电势可用下式表示

$$e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (\text{V}) \quad (1-5)$$

式中： $\Delta\Phi$  的单位为  $W$ ； $\Delta t$  的单位为  $s$ ； $e$  的单位为  $V$ 。式中的负号，表示感应电势所产生的感应电流反抗磁通的变化。(1—5) 式所表示的关系，叫做电磁感应定律。

(1—5) 式说明，当通过单匝线圈的磁通变化率为 1 韦/秒时，线圈中产生 1 伏的感应电势。因此， $N$  匝线圈中所产生的感应电势可按下式计算

$$e = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (\text{V}) \quad (1-6)$$

式中： $e$  为感应电势； $N$  为线圈匝数； $\Delta\Phi$  为线圈中磁通的变化量 ( $W$ )， $\Delta t$  为磁通变化  $\Delta\Phi$  所需的时间 ( $s$ )。

根据 (1—6) 式，可以从已确定的磁通方向（也就是电流方向）及其变化量的正、负，来判断感应电势  $e$  的实际方向，例如，当磁通不断增加时， $\Delta\Phi$  是个增量，取正值。代入 (1—6) 式，得出感应电势  $e$  等于负值，说明此时感应电势的实际方向是反抗原磁通增加的。

当磁通减少时， $\Delta\Phi$  是个减量，取负值。代入 (1—6) 式，得出感应电势  $e$  等于正值，说明此时感应电势的实际方向是阻止原磁通减少的。

### 第三节 磁场对通电导体的作用

在通电导体周围存在着磁场，若把通电导体放到其他磁场里，通电导体会被推动。