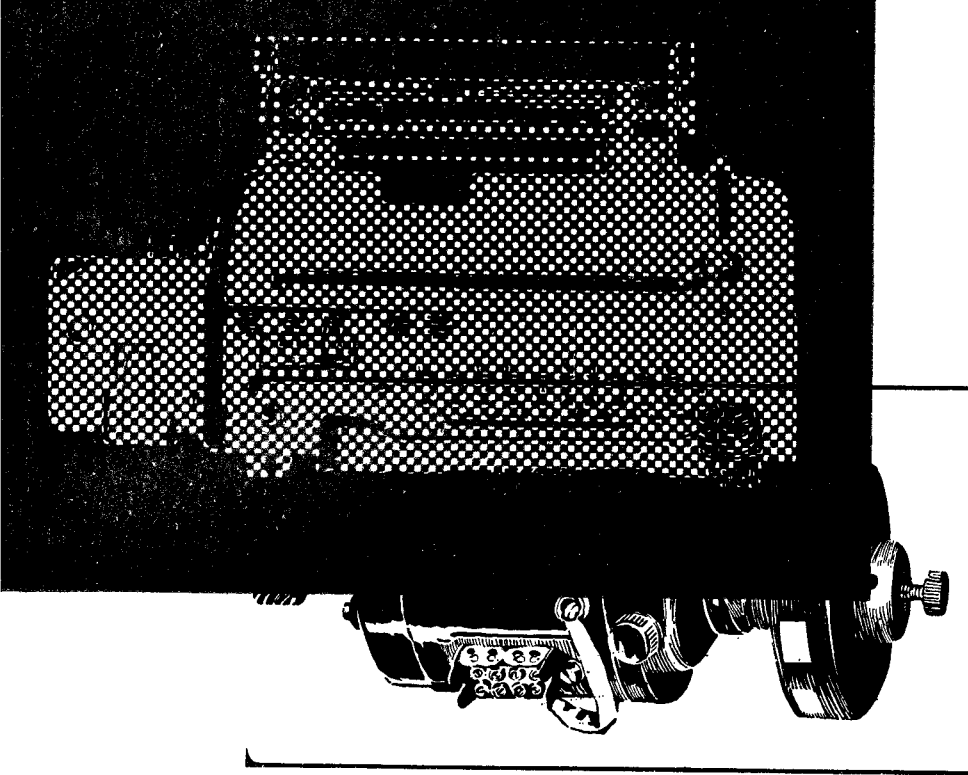




电动机的维修

55 XING DIANCHUANJI
DIANDONGJI DE WEIXIU

人 民 邮 电 出 版 社

17.73

内 容 提 要

本书主要介绍55型电传打字电报机所用电动机的维护、拆修、嵌绕等内容，并对电动机的工作原理作了简单介绍，可供新参加维修电传机的工人自学，也可供微型电机维修人员参考。

55型电传机电动机的维修

蔡全虎 编著

*

人 民 邮 电 出 版 社 出 版

北京东长安街27号

天 津 市 第 一 印 刷 厂 印 刷

新 华 书 店 北 京 发 行 所 发 行

各 地 新 华 书 店 经 售

*

开本：787×1092 1/32 1978 年 12 月 第 一 版

印张：4 $\frac{24}{32}$ 页数 76 1978年12月天津第一次印刷

字数：106 千字 印数：1—19,000册

统一书号：15045·总2281-有5114

定价：0.40 元

前 言

随着我国通信事业的发展，国产55型电传机的使用日益普遍，维护人员也在不断增多。电动机是电传机的重要组成部分之一，为了提高设备完好率，认真做好维护和修理工作是非常重要的。

本人现将维护和修理55型电传机电动机工作中的一些体会，整理编写成这本小册子，借以交流经验，达到共同提高的目的；并可供新参加维护工作的同志自学参考。本书的内容包括：电动机的原理、日常维护、修理、嵌绕和计算五个方面。

由于个人水平有限，书中谬误之处在所难免，希望广大读者批评指正。在编写过程中，得到了武汉市电信局及修机室同志们的大力支持和帮助，并承北京邮电学院李朔生付教授、北京长途电信局严可光工程师等提出不少宝贵意见，衷心表示感谢。

作 者

一九七八年五月

目 录

第一章 电动机的原理.....	1
第一节 直流电动机基本工作原理	1
第二节 电动机的构造	4
第三节 电枢反应	6
第四节 换向	8
第五节 直流电动机的转矩与转速	19
第六节 串激电动机的工作特性	23
第七节 损失、效率和温升	25
第八节 电动机电源电路中部分元件的作用.....	30
第二章 电动机的维护.....	32
第一节 拆卸与安装	32
第二节 保养	33
第三节 电动机的同步速率	43
第四节 工具的使用与制作	46
第三章 电动机的修理.....	52
第一节 产生障碍的原因和检查结果.....	52
第二节 修理	59
第三节 电枢障碍测试	69
第四节 障碍分析.....	77
第四章 电动机的嵌绕.....	81
第一节 障碍绕组的拆除.....	81
第二节 电枢嵌绕法	82
第三节 磁极嵌绕法.....	103
第四节 绝缘烘烤.....	104
第五章 电动机的嵌绕计算及其检验测试	111
第一节 电动机嵌绕计算.....	111

第二节 嵌绕或修理不当对电动机的影响·····	115
第三节 转矩及其它有关测试·····	120
附录 ·····	129
一、油性漆包圆铜线(A级)——附表 1 ·····	129
二、高强度聚乙烯醇缩醛漆包圆铜线(E级)——附表 2 ·····	132
三、高强度聚酯漆包圆铜线(B级)——附表 3 ·····	135
四、铜芯橡皮绝缘编织涂蜡软电线——附表 4 ·····	139
五、中国与英美线规的换算——附表 5 ·····	140

第一章 电动机原理

国产55型电传打字电报机采用SU—930型两极串激式电动机作为动力。用交流220V、50赫电源，也可用直流110V电源。当装有电触点调速器后，能得到额定的转速。

第一节 直流电动机基本工作原理

一、工作原理

55型电传机的电动机是交直流两用的，其工作原理与直流电机相同，所以先从直流电动机的工作原理谈起。

直流电动机基本工作原理示意图如图1-1所示，图中画出一对磁极N、S和一匝电枢元件abcd，其两端分别连接在两个互相绝缘的换向器片1、2上。

当接通电源时，电枢由电刷3、换向片1，经电枢元件abcd，由换向片2、电刷4流出，元件中就有电流流过。在电枢元件中电流的方向是：靠N极的有效边ab中的电流是向右，而靠S极的有效边cd中的电流是向左（如图1-1中的箭头所示）。根据左手定则，两个边上受到的电磁力大小是相同的，而方向是相反的。因而使电动机的电枢按反时针方向旋转。由于

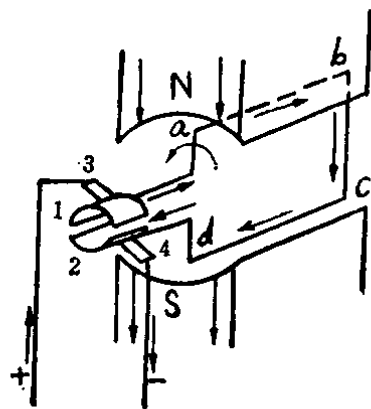


图 1-1 直流电动机工作原理

采用了换向装置，当电枢元件的有效边ab从N极转到S极，另一有效边cd从S极转到N极时，电刷3、4的位置不变，电刷3与换向片2接触，电刷4与换向片1接触，流过换向片的电流方向改变了，电枢元件有效边的位置也同时改变，转到N极的有效边cd中的电流仍是向右，转到S极的有效边ab中的电流仍是向左，所以电枢转动的方向不变，仍继续按反时针方向旋转。

二、左手定则和右手定则

1.左手定则又称电动机定则，它是用来判断在磁场中导体通电以后的运动方向的。将手掌伸平，大拇指与四指垂直，把手心面向N极，如果四指所指的方向是电流的方向，则大拇指所指的方向就是通电导线在磁场中受力的方向，如图1-2所示。

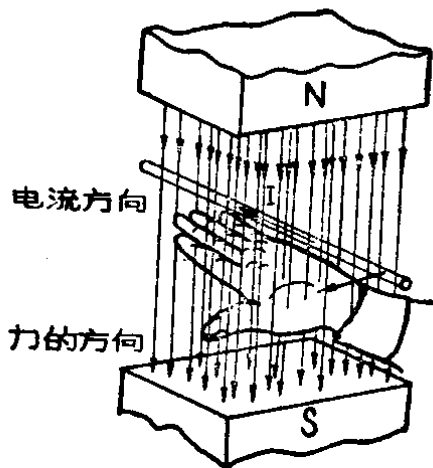


图 1-2 左手定则

为什么通电导线在磁场中会产生一定方向的力呢？这可以用磁力线的性质来解释，如图1-3(a)所示，带箭头的横线表示磁铁的磁场及其方向；电流的方向垂直于纸面而向内流去，以 $\otimes$ 符号表示，反之， $\odot$ 符号表示由纸面向外流出。从图1-3(b)中可以看出通电导线所产生的磁力线的方向在下半部相反，而在上半部是相同的，结果使上半部的磁通密度增加，而下半部磁通密度减少，磁力线形成向上弯曲，磁力线力图尽量缩短它的行程，就把导线斥向下方。这就是为什么通电导线在磁场中会产生一定方向力的道理。

为什么通电导线在磁场中会产生一定方向的力呢？这可以用磁力线的性质来解释，如图1-3(a)所示，带箭头的横线表示磁铁的磁场及其方向；电流的方向垂直于纸面而向内流去，以 $\otimes$ 符号表示，反之， $\odot$ 符号表示由纸面向外流出。从图1-3(b)中可以看出通电导线所产生的磁力线的方向在下半部相反，而在上半部是相同的，结果使上半部的磁通密度增加，而下半部磁通密度减少，磁力线形成向上弯曲，磁力线力图尽量缩短它的行程，就把导线斥向下方。这就是为什么通电导线在磁场中会产生一定方向力的道理。

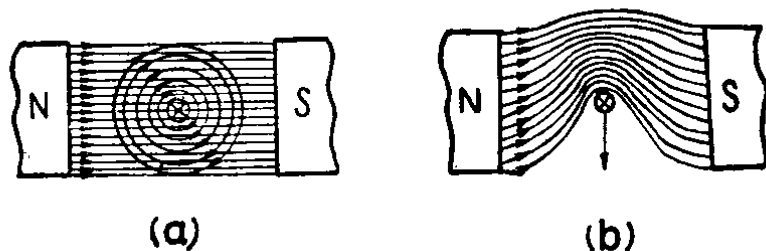


图 1-3 载流导线与磁场的作用

2.右手定则又称为发电机定则，用以判断导体在磁场内运动后所产生的电动势的方向。

将手掌伸平，大拇指与四指垂直，把手心向着N极，如果大拇指所指的方向是通电导线在磁场中运动的方向，则四指所指的方向就是感应电动势的方向，如图1-4所示。图中a端为感应电动势的正，b端为负，感应电动势的方向是由“-”到“+”的。

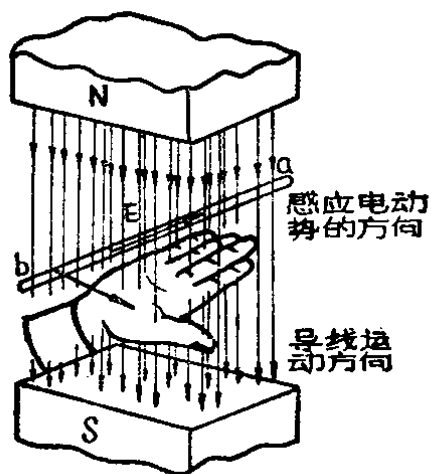


图 1-4 右手定则

三、感应电动势的大小和方向

电动机的电枢在磁场中转动时，由于电枢元件的有效边切割磁通，所以在电枢元件中感应产生电动势，这个电动势叫做感应电动势。感应电动势与外来电流和电压的方向是相反的，它的作用是抵制外来电流流入，所以通常把这个感应电动势叫做反电动势。

当电动机接通电源而旋转时，电枢元件中的电流和感应电动势的方向如图1-5所示。根据左手定则，可知电枢是逆时针方向旋转的。根据右手定则，可知感应电动势的方向与电流的

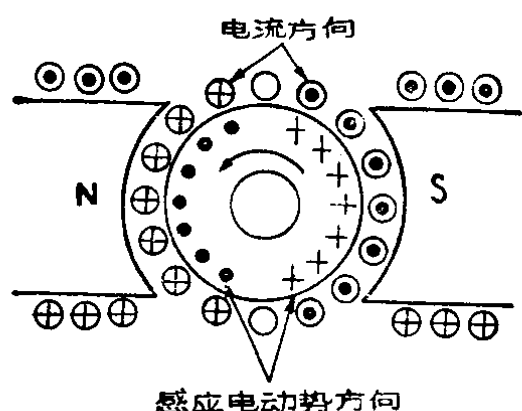


图 1-5 电枢的电流与感应电动势

方向相反。感应电动势的方向见图 1-5 中电枢内侧的小符号所表示的方向。

感应电动势的大小 E 与转速 n 和磁通 ϕ 的乘积成正比，即

$$E = C \phi n$$

式中： C ——比例常数；

设电动机的电源电压为 U ，感应电动势为 E ，电枢内阻为 R 。由于感应电动势是反电动势，因此电源电压 U 和感应电动势 E 的差值应是电枢内阻上的电压降，即

$$U - E = IR$$

或者写成

$$I = \frac{U - E}{R}$$

即电枢电流 I 与电源电压 U 与感应电动势 E 之差值成正比，而与电枢内阻 R 成反比。

第二节 电动机的构造

图1-6是一部电动机外形图，它主要由四大部分组成： 1 为磁极(在机壳内)， 2 为电枢， 3 为机壳， 4 为调速器。

一、转动部分

转动部分如图1-7所示。 1 为电枢叠片铁心(由硅钢片叠成)， 2 为换向器， 3 为电枢绕组(此电枢一共有 16 个绕组线

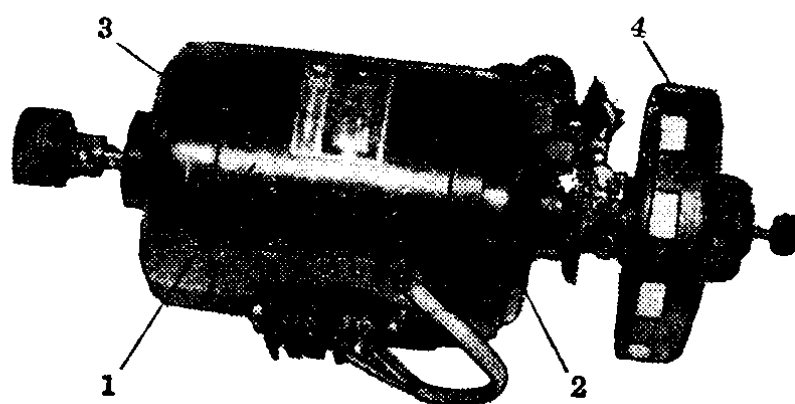


图 1-6 电动机的外形

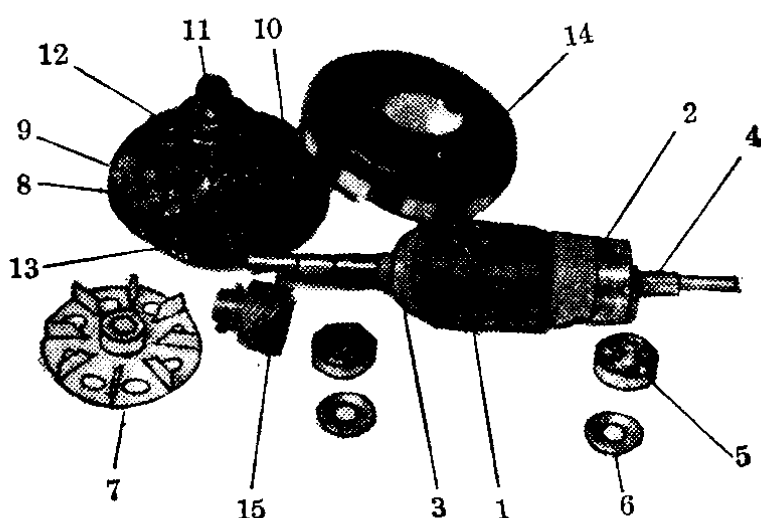


图 1-7 电动机的转动部分

圈，每 1 个绕组由 3 个电枢元件组成，而 30 匝(圈)元件组成 1 个电枢元件)，4 为主轴，5 为轴承，6 为护油垫圈，7 为鼓风轮，8 为调速接点，9 为调速接点架，10 为平衡铁，11 为调速手拧螺丝，12 为调速器帽(调速活动在调速器帽内)，13 为调速滑环，14 为示速环盖，15 为主轴负载齿轮。

二、静止部分

静止部分如图 1-8 所示。1 为磁极叠片铁心(由硅钢片叠成)，2 为磁极绕组，3 为机壳，4 为前盖，5 为后盖，6 为穿心螺

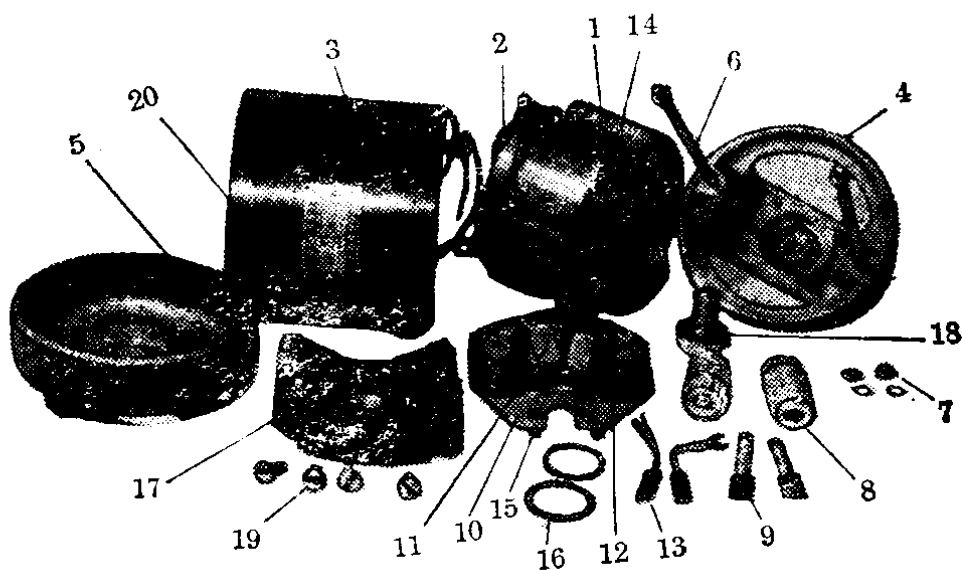


图 1-8 电动机的静止部分

杆，7 为螺杆和前后盖的制紧螺母，8 为电刷套管，9 为电刷，10 为调速电刷架板，11 为调速电刷架，12 为调速电刷压簧杆，13 为调速电刷，14 为扼流线圈，15 为调速电刷架板制紧螺丝，16 为轴承调整弹片垫圈，17 为电动机机壳调整底座，18 为电动机定位制紧螺丝，19 为电动机底座制紧螺丝，20 为电源接线柱。

第三节 电 枢 反 应

一、什么是电枢反应

电流通过磁极绕组所产生的磁通称为磁极磁通。电流通过电枢元件所产生的磁通称为电枢磁通。电动机工作时，磁极绕组和电枢元件中都有电流流过，这时，电枢磁场对于磁极磁场产生一定的影响，这种影响称为电枢反应。

二、电枢反应及其影响

我们用图 1-9 来说明电动机的电枢反应。图1-9(a)表明当只在磁极绕组中通有电流,而电枢电流为零时磁极磁通的分布情形。磁极磁通的方向与磁极的轴线方向相符合。与磁极轴线成垂直,并通过电枢轴中心的线称为磁极几何中性线。图 1-9 (b)表明当电枢中单独通有电流,而磁极绕组电流为零时电枢磁通的分布情形。图1-9(c)表明当磁极绕组和电枢元件中都通有电流,这两个磁场共同作用下的实际磁通分布情形。由于电枢反应影响,磁极前尖端的磁极磁通与电枢磁通的方向一致,相互叠加,所以磁通增多,磁感应增强。而在磁极后尖端的磁极磁通与电枢磁通的方向相反,相互抵消;所以磁通减少,磁感应减弱。

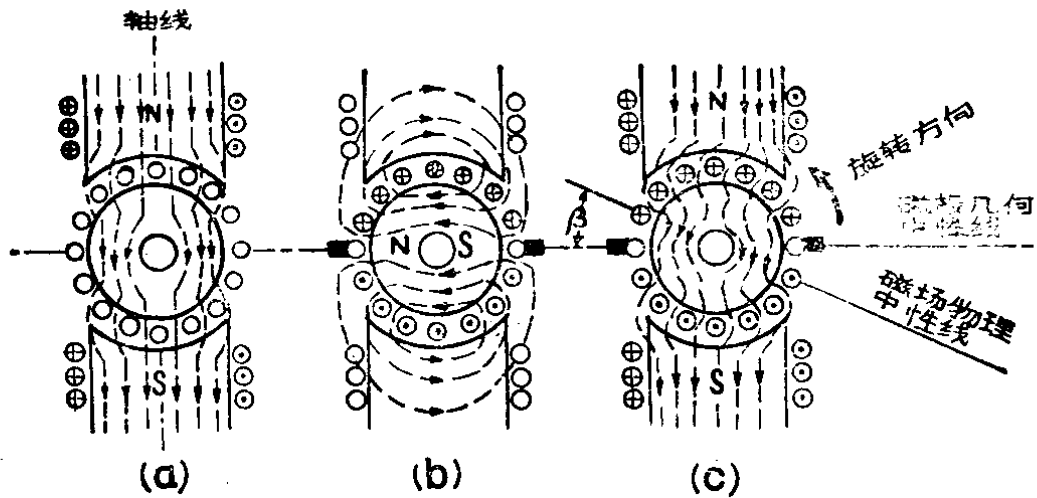


图 1-9 电枢反应原理

由图1-9(c)可见,电枢反应把磁场扭斜了,我们把与合成磁通相垂直,并通过电枢轴中心的线称为磁场物理中性线。当电枢电流为零时,磁场物理中性线与磁极几何中性线是一致的。当电枢电流不为零时,合成磁场的物理中性线就不再与磁

极几何中性线一致了，磁场物理中性线将反着电枢旋转方向偏转了一个 β 角。 β 角的大小随着电枢电流的大小，即负载大小而改变，负载大时， β 角也大。

另外，由于铁心磁饱和的缘故，电枢反应使磁极磁通减弱的部分多、增加的部分少，故使磁极磁场有所削弱。

第四节 换 向

一、元件跨距与换向节距

1. 元件跨距

元件跨距（也称第一节距）是指一匝电枢元件的两个边之间的距离，通常以所跨的槽数来表示（元件的一边在槽下层用虚线表示，跨到另一边在槽上层用实线表示），如图1-10所示。当元件的跨距等于极距（约等于磁极凸极的弧长）如图1-10(b)第1槽跨到第8槽时，称为整距元件（也称整距绕组）。当元件的跨距小于或者大于极距时，称为短距元件（也称短距绕组）或长距元件（也称长距绕组），如图1-10(a)第1槽跨到第7槽和图1-10(c)第1槽跨到第9槽。

整距元件的每一个元件的两个边的电势总是相加的，因此它所感

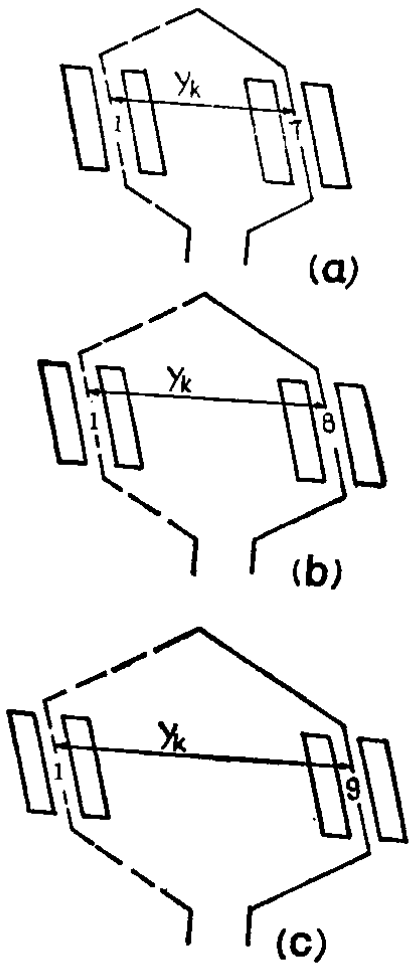


图 1-10 元件跨距

应的电势最大。而在短距或长距元件中，在任何一瞬间元件的感应电势总比整距元件的小，因此，每个元件的平均电势也比整距元件的小。如果元件的跨距跟极距相差不大，其平均电势一般说比整距元件的减小不多，但这时由于电抗电势（包括元件的自感电势和互感电势）较小，而对换向有利。因此，在微型电机中，通常采用元件跨距与极距相差不大或者等于极距的电枢元件。

一个电枢元件有二个有效边，每一换向片也连着二个元件边。图 1-11

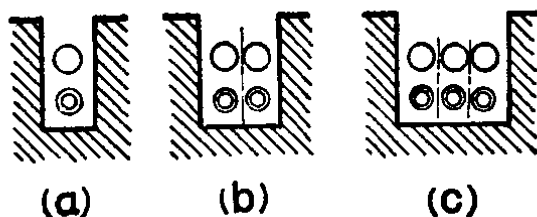


图 1-11 实槽和虚槽

中：“○”表示槽上层元件，“◎”表示槽下层元件。一个实槽包括一个上层元件和一个下层元件，实际电枢的一个槽中往往按放了 2 个或更多个上层元件与下层元件，这样就要引入虚槽的概念了。图 1-11(a) 是由二个元件有效边所占一个电枢实槽，即一个虚槽等于一个实槽。图 1-11(b) 是由四个元件有效边占一个电枢实槽，即二个虚槽组成一个实槽。图 1-11(c) 是由六个元件有效边占一个电枢实槽，即三个虚槽组成一个实槽。

因此，电枢元件数 W_a 与换向器片数 K 应相等。即

$$W_a = K$$

为了正确的将电枢元件安装在电枢槽内，选取合理的元件跨距，并将它和换向器片相连接。于是，元件跨距可用下列公式来计算，即

$$Y_z = \frac{Z}{2P} \pm \varepsilon$$

式中： Y_z —— 槽跨距；

Z —— 铁心槽数；

P —— 磁极对数；

ϵ —— 常数，用以凑成正整数。 ϵ 取负值时为短距元件，取正值时为长距元件，整距元件 $\epsilon = 0$ 。

例如一电动机电枢铁心槽数 $Z = 16$ ，磁极对数 $P = 1$ ，我们可以用上述公式来计算，即

$$Y_z = \frac{16}{2 \times 1} \pm 0 = 8$$

所以元件跨距为整距元件（1 槽跨到 8 槽）。

一般情况下，为了简单起见，如果电动机电枢槽为单数时，也可以舍去单数后按上述公式来换算。

2. 换向节距

一个电枢元件的两个端点（起端和末端）分别连接到两个换向片间的距离称为元件在换向器上的节距，简称换向节距。

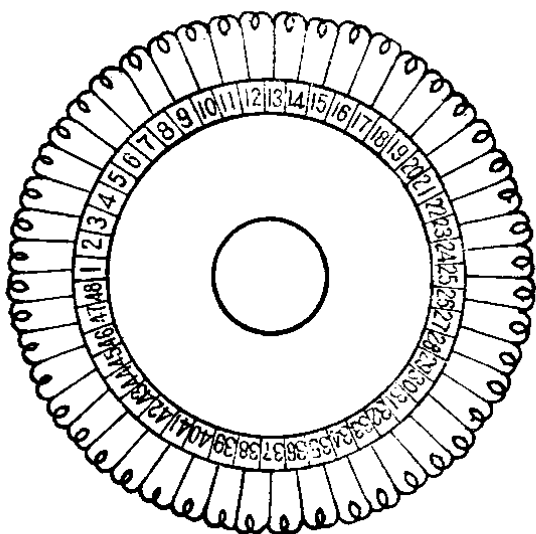


图 1-12 单叠绕组

换向节距依据电枢的绕组程式而定，大体上分为单叠绕组和双叠绕组，单波绕组和复波绕组等。

微型电机电枢绕组一般都采用单叠绕组，简称“叠式”。单叠绕组是这样连接的：它的每一个电枢元件的起端和末端均接到相邻的两个换向片上，

所有的元件彼此串联着，最后一元件的末端与最初一元件的起端接在一起并联到同一换向片上，形成一个闭合回路如图1-12所示。

因为电枢元件始末端间的间隔等于 1，所以换向节距为

1，即

$$Y_K = 1$$

图1-13是一电枢嵌绕展开图。图中：

1 为铁心，2 为铁心槽，3 为换向器，4 为元件，5 为基准线，6 为铁心中线。第一个电枢槽内安装有 1 个绕组 3 个元件（图

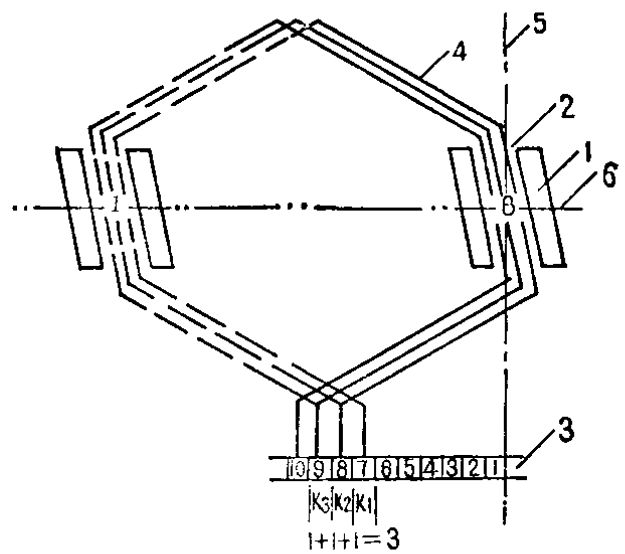


图 1-13 电枢嵌绕展开图

中没有画出覆盖层)，元件跨距 $Y_z = 8$ ，换向节距 $Y_K = 1$ ，嵌绕程式为左行绕组逆时钟方向嵌绕，右行绕组与左行绕组嵌绕方向相反，为顺时针。左行绕组和右行绕组是以基准线为界来区别的。因此，第 1 槽的第 1 元件应以铁心中线相垂直的基准线开始，左行连接到相对应的换向器片 7 (K) 上，第 2、3 元件顺序类推。即

$$\text{元件 } 7 = 8 - 1 = 7(K)$$

$$\text{元件 } 8 = 8(K)$$

$$\text{元件 } 9 = 8 + 1 = 9(K)$$

第 1 槽的第 1 元件到第 2 槽的第 1 元件的距离为 $7 + 3 = 10(K)$ ，第 1 槽的第 1 元件到第 3 槽的第 1 元件的距离为： $7 + 3 + 3 = 13(K)$ ，就这样按先后次序循环嵌绕完毕（具体嵌绕方法详见第四章第二节电枢嵌绕法）。

二、换向过程

换向是指电枢旋转时，电枢元件中的电流流过的方向需要从一个方向转变为另一个方向。以保证电枢连续向一个固定方

向转动。每一个电枢元件内电流改变方向的过程叫做换向（也叫电流换向），这一瞬间被短路的电枢元件又称为换向元件。

换向过程如图1-14所示。设电刷的宽度 b_m 等于换向片宽度 K_b ，将换向片间的云母绝缘片宽度略去不计。电枢元件以线速度 v_a 从右向左运动，如图1-14(a)所示，电刷与换向片2接触的一瞬间，换向元件abcde内流过的电流是反时钟方向的，我们假定为 $+i_a$ ，它是电枢两个支路中一个支路的电流，同时其左边元件fg流过的电流是顺时针方向的，则为 $-i_a$ ，即电枢中另一支路的电流。

过了一个短时间，当换向片2、1同时与电刷接触的一瞬间，如图1-14(b)所示，换向元件abcde被电刷短路了，这时元件中的电流由 $+i_a$ 减到0，电枢一个支路的电流 i_a 从元件的f点、换向片2流入电刷、另一支路的电流 i_a 从换向片1流入电刷。

当电刷完全与换向片1接触时，如图1-14(c)所示，换向元件abcde已进入了另一支路，其中电流由图(a)中的反时钟方向变为顺时针方向，即从 $+i_a$ 变成 $-i_a$ ，电流方向改变了。

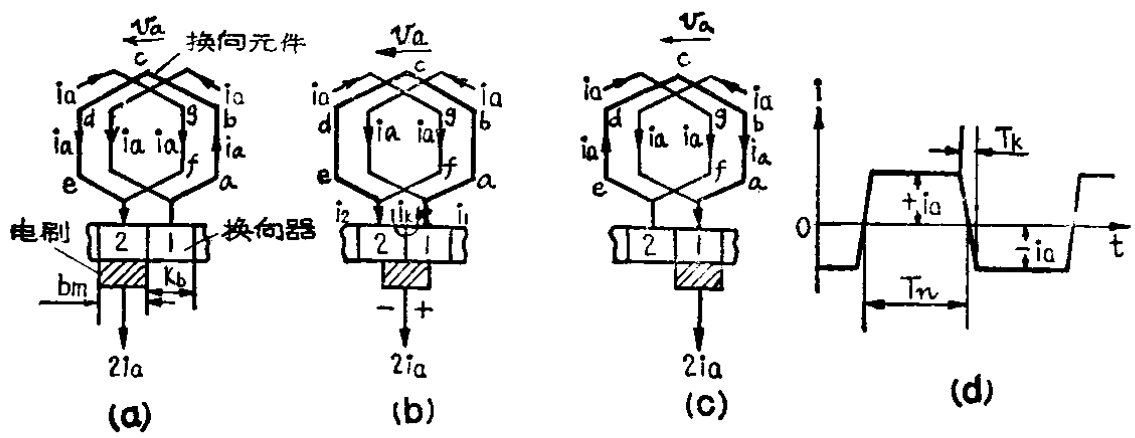


图 1-14 换向过程

电刷接触换向片2、1时，电刷在换向片1上的部分电刷