

电动工具的原理与维修

《电动工具的原理与维修》编写组 编



机械工业出版社

序 言

电动工具是实现手工操作机械化的一种重要工具，它对于提高劳动生产率和加工质量，减轻劳动强度，均有积极作用。目前，电动工具已被广泛使用于工农业生产的许多部门中，其发展前途是十分广阔的。

回顾我国电动工具制造业发展的过程，更加感到毛主席无产阶级革命路线的英明伟大。大跃进时期，我国工人阶级在“**鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义**”总路线的光辉照耀下，积极发展电动工具，取得了显著成绩。到一九六三年，我国即初步形成了电动工具制造业。无产阶级文化大革命，促进了电动工具制造业的迅速发展。一九七二年与一九六五年相比，电动工具的产量大幅度上升，品种又有新的发展。工程塑料、粉末冶金、电枢绕组的点焊、无云母整流子等新材料、新技术、新工艺在电动工具上的应用也取得了可喜的进展。

在这种情况下，各方面希望更多了解电动工具及其使用与维修知识。为此，我们编写了《电动工具的原理与维修》一书。本书对目前国内生产的电动工具产品，从结构、基本特性、参数选择、用途及效果、一般的维修知识等方面，作了比较全面地介绍。文字力求通俗，并适当地利用插图，结合产品，进行一些结构原理介绍和必要的理论叙述。

本书的出版，曾得到有关领导部门以及不少兄弟单位的大力支持。上海电动工具厂派人参加了本书的编写工作；其它电动工具生产厂也为本书出版作出了努力。在此，一并表示感谢。

由于我们水平有限，本书一定会有不少缺点，甚至错误，殷切期望读者批评指正。

《上海市电动工具研究所》

一九七三年十月

目 录

序言

绪论	1
一、我国电动工具制造业发展概况	1
二、电动工具的使用范围及其特点	3
三、电动工具的分类及技术要求	4

第一篇 电动工具的主要元件

第一章 电动机及电器元件	7
一、交直流两用串激电动机	7
二、三相异步鼠笼型电动机	32
三、三相中频异步鼠笼型电动机	42
四、永磁直流电动机	46
五、变频机组	49
六、开关	50
七、电刷	59
八、电缆和电磁线	61
第二章 减速传动机构	63
一、圆柱齿轮传动	63
二、圆锥齿轮传动	64
三、行星齿轮传动	65
四、一齿差传动	68
五、谐波齿轮传动	69
六、同步齿形带传动	70

第二篇 金属切削加工和装配用电动工具

第三章 金属切削加工用电动工具	72
-----------------------	----

一、电钻	72
二、特殊用途电钻	83
三、电动攻丝机	91
四、电动刮刀	96
第四章 锯剪加工用电动工具	101
一、概述	101
二、电剪刀	102
三、电冲剪	105
四、电动曲线锯	108
五、电动锯管机	113
六、无齿锯	116
第五章 砂磨加工用电动工具	119
一、概述	119
二、砂磨工具的磨具	120
三、手提式砂轮机	124
四、软轴式砂轮机及多速软轴式砂轮机	126
五、模具电磨	135
六、汽门座电磨	138
七、曲轴修磨机	141
第六章 多能电动工具	146
一、多能电动工具简介	146
二、J1W-50型多能电动工具	146
第七章 装配用电动工具	159
一、概述	159
二、单相串激电动扳手	160
三、三相工频电动扳手	170
四、电动螺丝刀	173
五、电动胀管机	176

第三篇 采掘、矿山用电动工具

第八章 煤矿用电动工具	184
一、概述	184
二、煤电钻	185
三、撞煤机	194
第九章 掘进用电动工具	198
一、概述	198
二、电动凿岩机	198
三、岩石电钻	224

第四篇 建筑和道路用电动工具

第十章 建筑、桥梁用电动工具	230
一、概述	230
二、混凝土振动器	230
三、电锤	245
四、冲击电钻	258
五、定扭矩电动扳手	262
第十一章 铁道用电动工具	268
一、概述	268
二、轨枕螺钉电动扳手	268
三、枕木钻孔机	270
四、轨枕捣固器	273

第五篇 农牧业、林业及木材加工用电动工具

第十二章 农牧业用电动工具	276
一、电动剪毛机	276
二、电动切割式采茶机	292
三、改土电钻	296
第十三章 林业、木材加工用电动工具	300

一、概述	300
二、电链锯	300
三、电圆锯	304
四、电刨	307
五、木工电钻	314
六、木工电插	317
七、木工刀、刃具刃磨用砂轮机	319
第十四章 其它用途电动工具	327
一、石膏电锯	327
二、电动裁布机	329

第六篇 电动工具的试验、安全及其修理

第十五章 电动工具的试验	333
一、检查试验	333
二、型式试验	334
第十六章 电动工具的安全问题	337
一、电动工具引起的触电	337
二、电动工具的安全措施和使用前的检查	339
三、双重绝缘与工具塑料化	341
四、漏电保护装置	344
第十七章 单相串激电钻的修理	349
一、电钻故障检查	349
二、单相串激电钻故障分析	351
三、单相串激电动机及开关的检修	356
四、电钻机械传动部分的检修	385

绪 论

一、我国电动工具制造业发展概况

电动工具是一种由电磁旋转式或电磁往复式小容量电动机通过传动机构带动作业装置（工作头），进行工作的 手提式或移动式的生产工具。

解放前，我国电机制造工业十分落后，电动工具制造业更是薄弱。一九四二年全国仅有上海大威电机厂开始生产电钻。当时，设备简陋，技术力量缺乏，产品只有三相13毫米、19毫米二种规格，年产量仅几百台至上千台，国内使用的电钻一直主要依赖于进口。

解放以后，在党和毛主席的英明领导下，随着工农业的发展，迫切需要应用各种类型的电动工具来为生产服务。在大跃进时期，发展了交直流两用串激式电动工具，并初步形成了一支电动工具制造业队伍。经过几年的努力，电动工具的设计、制造水平迅速提高。一九七二年的电动工具产品产量比文化大革命前的一九六五年增长了四倍，品种有了较大的发展，质量也在不断提高。

几年来，我国电动工具制造业在采用新材料、新工艺、新技术的基础上，向着安全、可靠、经济、轻巧和提高劳动生产率的方向发展。

工程塑料在电动工具中的应用有了一定的发展。零部件的塑料化是一个发展趋势：其外壳、手柄、风扇、挡风圈、甚至行星齿轮的内齿圈等均能采用热塑性工程塑料注射成型；整流子采用无云母全塑料整流子。这不仅提高了劳动生产率，提高了电动工具产品的单位重量出力指标，而且逐步解决了双重绝缘结构的应用与推广。从而基本上保证了电动工具的使用安全。

在电动工具的传动装置中，较广泛地采用了行星齿轮机构，

这对减轻工具的重量有着显著的效果。在齿轮制造技术上，已逐步采用冷轧和粉末冶金工艺。近年来，以专用机床、自动机床切削加工各种零部件，使电动工具产品生产过程朝着实现机械化和自动化方向发展。

为了实现电动工具的通用化和系列化，电动工具制造业的广大工人和技术人员完成了电动工具用DT系列单相串激电动机的统一设计。该系列电动机的力能指标比原有的产品在同体积下，提高了19~54%，电动机的使用寿命也显著提高。电动工具用的单相串激电动机的系列化为单相串激式的电动工具产品的标准化、系列化提供了良好的基础。

随着我国社会主义建设的发展，许多精密产品和模具的抛光等加工，需要切削速度很高的电动工具。因而在电动工具制造业中，开始采用直流永磁绕线式杯形转子电动机、无整流子电动机、实心转子电动机等新结构的电动机和三相中频异步鼠笼型电动机。这些电动机的工作转速可达10000~30000转/分，且具有结构简单、便于制造、寿命长等优点。

遵照毛主席关于“开发矿业”的英明指示，全国各地掀起了大打矿山之仗的热潮。掘进、锤击用电动工具的研究有了较大的进展。电动凿岩机等产品经过不断改进，逐步提高了工作效率和使用寿命。

几年来，我国电动工具制造业，还设计、制造了一种只需变换其工作头（即工作机构）即可进行不同形式的加工，具有一机多用特点的电动工具。此外，有些单位还把多台电动工具按各种方式组合在一起进行切削和装配作业，如：多头钻床、组合电动扳手等，以适应现代高速流水作业线的加工和装配的需要。

但是，电动工具制造业在我国还是一门新兴行业。技术水平、工艺水平，产品的品种、规格及质量还不能适应我国社会主义建设的需要。

“人民群众有无限的创造力。”电动工具制造业发展的实践证明：广大工人和技术人员在技术革新和技术革命中根据实际需

要，凭着丰富的实践经验，创造了各种类型的工具，推动了我国电动工具制造业的迅速发展。同时也根据“洋为中用”的原则，批判地吸取了国外的先进技术。我们相信，我国的电动工具制造业在不远的将来，一定会赶上和超过世界先进水平。

二、电动工具的使用范围及其特点

电动工具是实现手工劳动机械化的一种重要手段。它具有结构简单、重量轻、携带使用方便、易于维修等优点。电动工具对提高国民经济各个生产部门的机械化程度、提高劳动生产率、减轻劳动强度、改善工作条件和提高加工质量，有着明显的效果。

目前，我国生产的电动工具产品已使用于机械制造、建筑、采矿、铁道和公路、桥梁建设、农牧业、林业加工等生产部门，在国民经济中占有一定的地位。

在现代机械工业中，电动工具是实现生产机械化必不可少的手段之一。大量钻孔、攻丝和螺帽的紧固需要电动工具；工件表面的去锈、磨平、打光腻子 and 底漆、表面抛光等繁重的手工劳动可以使用电动工具。现代快速装配流水线，采用电动扳手拧螺钉比手动扳手提高工作效率2~10倍；石油冶炼、化工等设备的管路施工，采用电动胀管机进行胀管，不但减轻了劳动强度，提高了工作效率，而且大大地提高了安装质量。

在铁道、公路施工及采矿部门中，使用电动凿岩机钻炮眼，具有投资省、上马快、使用方便、适应性强、噪音小、没有油雾等优点，对国防工程、中小型矿山具有较大的意义。现代的桥梁、道路、建筑等工程中钢筋混凝土结构的质量往往是工程的关键，使用高频混凝土振动器，不但能提高混凝土的强度，加快施工进度，而且能节约水泥15~20%。在桥梁施工中，运用定扭矩电动扳手能够成功地控制每个螺栓的恒定张力，目前在桥梁的建设中正推广“以高强度螺栓代铆”的新技术，从而可以大大地降低建桥成本。

电动工具除能单独使用外，亦能组成多轴机床形式加工或装

配零部件，不但投资少，而且结构也比较灵活。如用多头电动扳手装配螺栓，其工作效率可提高几十倍至上百倍，使螺纹装配能跟上现代高速度生产的需要。在汽车、拖拉机制造工业中具有较大的意义。

电动工具不但促进了手工劳动机械化，而且在机械化工具中是一种有发展前途的比较先进的工具。尤其中频电动工具的发展，将为国民经济各个领域广泛使用电动工具开创广阔的前景。

三、电动工具的分类及技术要求

电动工具按结构可分为两类：一类是驱动电动机与作业装置（工作机构）结合成一体，成为不可分离的整体，目前的电动工具大部分属于这种型式；另一类是软轴式电动工具，其作业装置与电动机是分开的，电动机通过钢丝软轴驱动作业装置，使用时操作人员握持作业装置进行工作，如砂磨工具、行星滚锥高频插入式振动器等。

电动工具按其供电电源种类可分为：（1）交直流两用串激电动工具；（2）三相工频电动工具；（3）三相中频电动工具；（4）永磁式直流电动工具。

电动工具按服务行业可分为：（1）金属切削加工和装配用电动工具；（2）采掘、矿山用电动工具；（3）建筑和道路用电动工具；（4）农牧业用电动工具；（5）林业和木材加工用电动工具；（6）其它用途电动工具。

电动工具的工作方式主要有连续工作方式和断续工作方式两种。连续工作方式的工具，即可在额定功率下长期运转。而断续工作方式的工具，规定在额定功率下周期性运转。一般以10分钟为一个标准周期，以工作时间所占的百分比来表示负载的性质。如负载持续率为40%，则表明一个周期中工作时间占40%，停歇或空载时间占60%。

我国电动工具产品的分类，采用五级分类法。

第一级：类别——按电动工具主要使用场合、加工对象，考

考虑到电动工具的通用性和专用性而划分为不同类别（如金属切削加工和装配用电动工具、林业、木材加工用电动工具等）。

第二级：组别——在同一类别中按加工方式划分成若干组（如金属切削加工和装配用电动工具中的砂磨加工组、装配组等）。

第三级：型别——在同一组别中按加工性质来划分型（如切削加工组中的电钻、电动攻丝机等）。

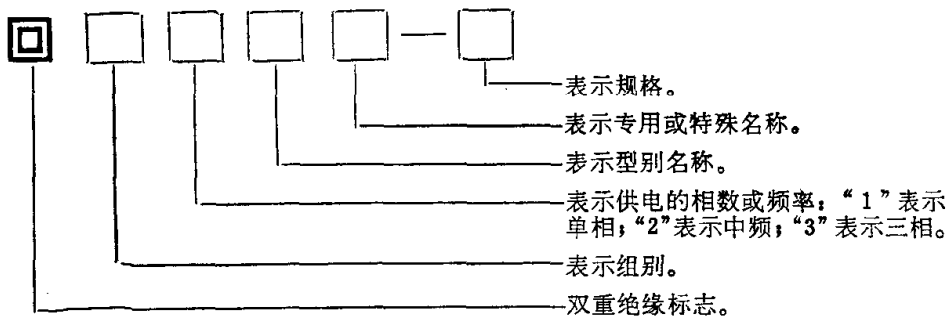
第四级：系列（品种）——在同一型别中按所使用的电动机类型及不同结构而划分系列（如双重绝缘P1B单相串激电动扳手系列）。

第五级：规格——在同一系列中按工作头尺寸、速度或作用力划分规格（如□P1B-16型中的数字“16”，即表示工作头的规格是M14~M16；□J1Z-6型中的数字“6”，即表示钻头直径是6毫米）。

国内电动工具制造厂编制的电动工具的各种类别、各组的组别以及各品种见电动工具产品型谱系统表。

电动工具型号的命名方法：

电动工具型号是以各类工具的组别、型别及专用名称的第一个汉语拼音字母来表示。书写的序列如下：



例如：□J1Z-6型——表示双重绝缘单相串激电钻，工作头是6毫米；

S3S-150型——表示三相工频手提式砂轮机，砂轮直径是150毫米；

M2Y-200型——表示三相中频木工电圆锯，锯片直

径为200毫米;

M3YR-76型——表示三相工频软轴式羊毛剪,剪幅宽度为76毫米。字母“R”表示软轴;

J1ZJ-6型——表示交直流两用单相串激角向电钻,钻头直径为6毫米。字母“J”表示角向。

电动工具产品的使用环境的一般要求为:

- (1) 海拔高度不超过1000米;
- (2) 工作环境温度不超过40°C;
- (3) 工作环境的相对湿度不超过90%。

在上述条件下,对电动工具产品的共同要求一般有下列几个方面:

(1) 重量轻:电动工具的单位重量的出力(瓦/公斤)应尽量高。即在功率不变的条件下,电动工具应尽量轻。因为电动工具大多数由操作工人握持使用,重量的大小,对劳动强度影响很大,直接关系到生产率的提高。例如煤电钻当重量减轻2.6公斤,劳动生产率可提高18~23%。

(2) 安全:电动工具的绝缘必须良好,以保证安全使用。对于一般的电动工具必须有良好和可靠的接地保护,或采用双重绝缘。对于潮湿地方及某些特殊部门(例如造船和锅炉制造)使用的电动工具,应采用安全低电压(36伏或42伏)。

(3) 可靠:电动工具在使用时,工作必须可靠,机械结构应坚固、耐用,且装卸方便。对于危险的工作机构(如铣刀、锯片、磨盘等)应装置保护罩。电动工具还必须有一定的使用寿命。

(4) 运转平稳:对于电动工具的转动部件(如电枢、转子)应进行动平衡试验,校正其不平衡性,使之运转平稳。这是因为工具的振动不但会缩短使用寿命和降低加工质量,而且会使操作工人疲劳和引起职业病。

(5) 使用方便、外形美观:电动工具的外形和尺寸必须力求美观和适合使用要求。如电动工具的手柄必须适合手提或手握;开关操作方便等。

第一篇 电动工具的主要元件

第一章 电动机及电器元件

一、交直流两用串激电动机

交直流两用串激电动机又称通用电动机，在电动工具中一般称为单相串激电动机。由于它转速高、体积小、起动力矩大、转速可调，又可以在单相交流电源上使用，因而在电动工具中得到了广泛的应用。

功率较大的单相串激电动机，若选择的转速太高，往往使整流子火花难以控制。因而，单相串激电动机的功率和转速的提高受到了一定的限制。电动工具用的单相串激电动机的输出功率从几十瓦到几百瓦，一般不超过一千瓦。额定转速在12000转/分左右，较大功率的电动机转速约为8000转/分，功率较小的电动机转速可达到16000转/分以上。

（一）单相串激电动机的一般结构

单相串激电动机的一般结构和小功率直流电动机相仿。它由定子、电枢、刷握等部件组成。如图1-1所示。

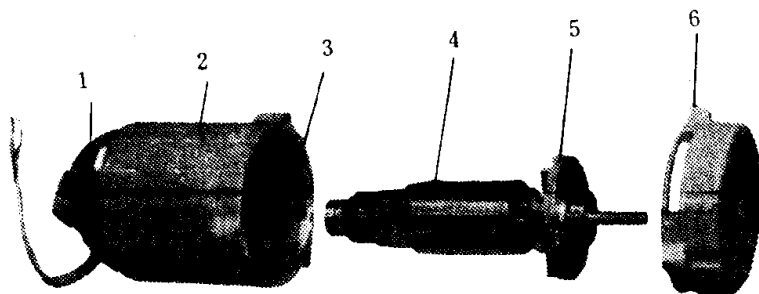


图1-1 单相串激电动机结构分解图

1—刷握，2—机壳，3—定子，4—电枢，5—风扇，6—前端盖

1. 定子

为了减小涡流损耗，定子铁心由 0.5 毫米的定子冲片叠装后用空心铆钉铆接而成。定子冲片如图 1-2a 所示。

定子铁心内嵌入用 QZ 型高强度聚脂漆包线绕制成型并经绝缘处理后的线圈，以组成完整的定子。

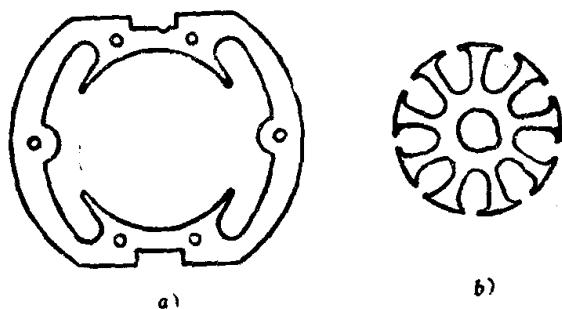


图1-2 单相串激电动机的定子、电枢冲片图

a—定子冲片；b—电枢冲片

2. 电枢

电枢是单相串激电动机的旋转部分。它由轴、铁心、电枢绕组和整流子等组成。冷却风扇也固定在电枢的轴上。

电枢铁心由厚 0.5 毫米的电枢冲片沿轴向叠装后与转轴压入配合。电枢冲片的槽形一般是半闭口槽，在槽内放置绝缘材料后，用绕线机或手工在电枢铁心上叠绕线圈。线圈的进、出线端与整流子铜片相焊接。电枢冲片如图 1-2b 所示。

在电动工具中，为简化工艺，电枢铁心的槽，一般与转轴轴

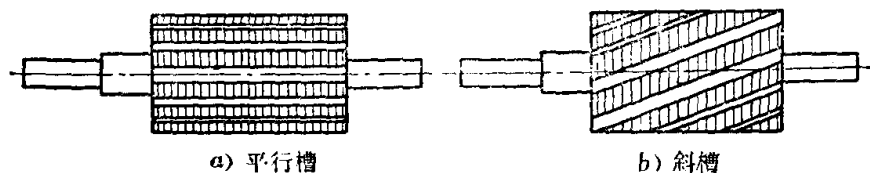


图1-3 平行槽和斜槽结构示意图

线相平行。也可以叠装成斜槽形式：即槽与转轴轴线间夹有一个角度，如图 1-3b 所示。斜槽结构可使极面和电枢间的磁阻变化较小，在运行时可减小电动机的噪声。

在电动工具中使用的单相串激电动机的转轴上往往还滚制小模数齿轮，并经高频热处理。

电枢上的整流子由许多梯形铜片相围而组成。铜片和铜片之间一般用云母片相绝缘，铜片是制成楔形的（如图 1-4a），因此，可以合成一个圆柱体。在各铜片下面的两端有半月形槽，在两端的槽里压制塑料，使各铜片能紧固在一起，使电枢轴与铜片相绝缘，还可以承受高速旋转产生的离心力而不变形。铜片一端突出的称为竖板，它用作与电枢线圈相焊接。整流子中的铜片一般称为换向片。

云母绝缘片不能高出整流子的换向片的圆柱面，因为高出的云母绝缘会使炭刷和铜片接触不良而在整流子上形成火花，并使炭刷很快地磨损。

电动工具中目前采用的整流子，其结构形式一般有半塑料整流子（如图 1-4b）和全塑料整流子（如图 1-4c）二种。

全塑料整流子即是在铜片之间采用耐弧塑料相绝缘的整流子。

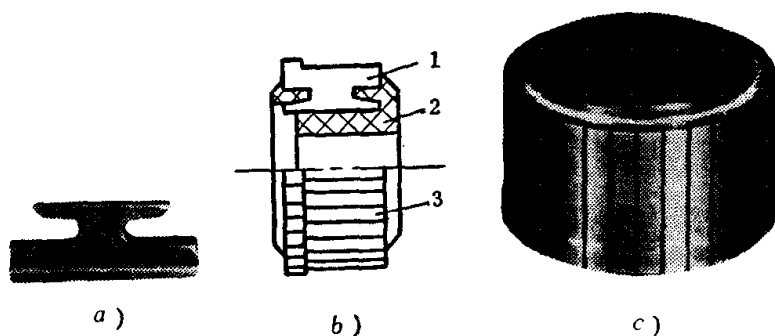


图1-4 单相串激电动机的整流子

a—整流子铜片，b—半塑料整流子，c—全塑料整流子
1—云母片，2—酚醛玻璃纤维塑料，3—铜片

3. 炭刷架

炭刷架一般用胶木粉压制底盘，由刷握和盘簧组成。

刷握的结构应能保证炭刷在整流子上有准确的位置及正常的工作，即炭刷在准确的位置上与整流子获得连续不断的全面的紧密接触，使其接触电压降保持恒定，不致时高时低地跳动而影响火花的大小。

单相串激电动机的刷握按其结构型式可分为管式和盒式两大类。其结构如图 1-5 所示。

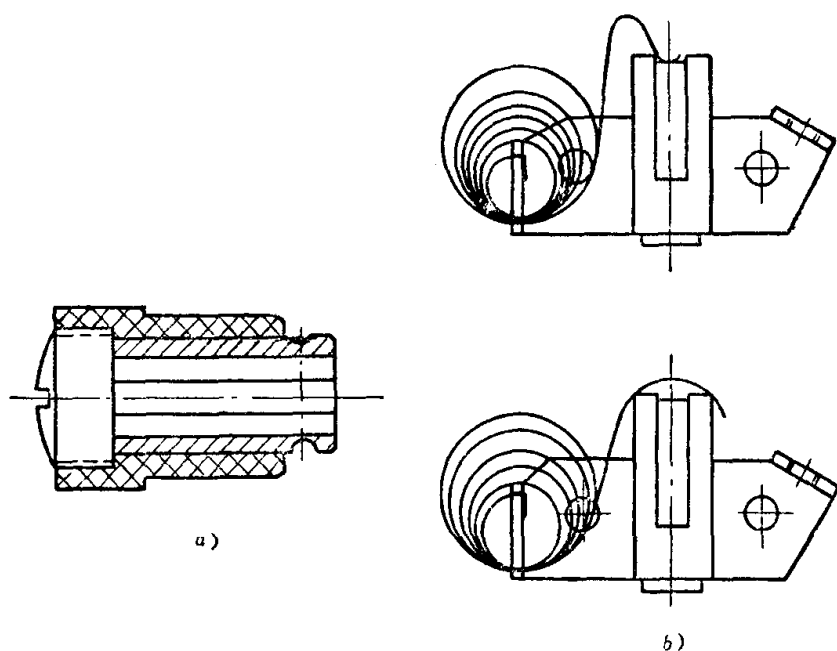


图1-5 单相串激电动机的刷握结构

a—管式结构刷握；b—盒式结构刷握

目前国内单相串激电动机的刷握结构大部分采用盒式结构（如图 1-5b 所示）。该结构具有结构简单、加工要求低、调节方便等特点。特别是需移动刷握的位置以改善换向时，更显示出它的优越性。其缺点是：刚性差，变形大，不适合在高速、振动大的场合应用；盘簧工作时圈间摩擦力较大；炭刷粉末易落入刷握盒内，影响炭刷上下移动；通风冷却效果较差；调换炭刷不方便

等。而管式刷握结构就能弥补盒式刷握的不足之处,它具有可靠、耐用等优点,但其加工工艺要求较高,外形也较难安排。

国内设计的 DT 系列电动工具用单相串激电动机中采用了管式刷握,其结构如图1-5a所示。

(二) 单相串激电动机的基本原理及特点

1. 单相串激电动机的基本概念

如上所述,单相串激电动机的结构基本上与直流电动机一样,但能交直流通用。在交流供电的情况下,产生旋转转矩的原理,同样可以用直流电动机有关原理来解释。

当导体内有电流时,此电流就在导体周围产生磁力线,磁力线方向取决于电流方向。如图 1-6 所示。若将此有电流的导体放

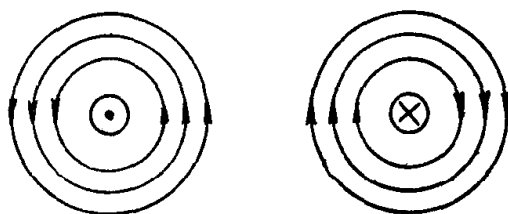


图1-6 通电导体周围产生的磁力线

⊙—表示电流流出纸面; ⊗—表示电流流入纸面

入磁场中,由于磁场与导体内电流所产生的磁场相互作用,导体受到一个力 F 的作用,就使导体发生运动,如图1-7所示。

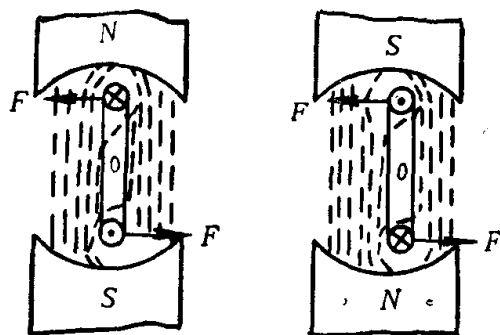


图1-7 通电导体在磁场中受到力 F 作用