

# 电动工具综述

## Overview of power tools

孙全增, 杨劲, 陈晖

广东大比特网络科技有限公司 广州 510660

**摘要:** 电动工具基本结构是由电气部分和机械部分组成。电动工具的电气部分包括电源、电驱、电控等。机械部分包括结构件、传动装置、工作头、手柄等。随着锂电技术的不断进步, 电动工具呈现出无绳化、锂电化、大功率化、小型化、智能化、一机多用化的发展趋势。

**关键词:** 电动工具, 综述

### 1 引言

用手握持操作, 以小功率电动机或电磁铁作为动力, 通过转动机构来驱动作业工作头的工具叫做电动工具。文章对电动工具特点、应用、使用要求、双重绝缘、基本结构、安全防护等作了综述。

电动工具主要是由电气部分和机械部分组成的。电动工具的电气部分包括电源、电驱、电控等。机械部分包括结构件、传动装置、工作头、手柄等。

近年来, 随着锂电技术的不断进步、消费者需求的不断变化、工具种类的不断推陈出新、应用领域的不断延伸, 电动工具行业呈现出无绳化、锂电化、大功率化、小型化、智能化、一机多用化的发展趋势。

### 2 电动工具及其应用概念

电动工具是一种运用小容量电动机或电磁铁, 通过转动机构驱动工作头的手持式或可移式的机械化工具。电动工具品种繁多, 目前世界上的电动工具已经发展到近 500 多个品种。

电动工具特点: 结构轻巧, 携带使用方便。比手动工具可提高劳动生产率数倍到数十倍; 比风动工具效率高, 费用低, 振动小和易于控制。

电动工具应用:

(1) 机械工业中: 钻孔, 攻丝, 锯割, 去锈, 磨光, 抛光, 胀管及螺钉, 螺栓和螺母的紧固等。

(2) 农田改造, 水利建设, 隧道施工, 矿山开采中: 凿岩, 混凝土捣实。(3) 铁道建设中; 道渣捣实。

(4) 农牧业中: 农药喷洒, 剪毛。

(5) 采茶和林业中: 伐木, 造材, 打枝。

(6) 木材加工中: 锯, 刨, 开榫, 砂光。

(7) 医疗方面: 锯骨, 钻骨, 拆石膏。

(8) 工艺美术中: 雕刻, 地毯剪。

(9) 特殊用途: 剪切钢板, 冲剪孔(不会使工件弯曲变形), 角钻在狭小的场所对工件钻孔, 磁座钻能吸附在被加工钢铁件上作业, 自爬式锯管机能自动切断大直径钢管, 定扭矩电扳手能控制螺栓达到恒定张力, 拉铆枪能单面铆接工件等。

### 3 电动工具使用基本要求

电动工具应能在下述环境条件下额定使用: (1) 海拔不超过 1000 米。(2) 空气介质温度不超过 40°C (海拔 1000 米处), 不低于 -15°C。(3) 空气相对湿度不大于 90% (25°C)。(4) 电源电压与额定电压相差不超过  $\pm 10\%$  的范围。

电动工具除应具有良好的工作性能和足够的使用寿命外, 还应满足以下各项条件:

(1) 安全可靠: 为尽可能避免在使用过程中发生触电情况和事故: I 类工具的全部可触及的金属零部件必须进行良好而可靠的保护接地和保护接零。为了进一步提高工具的安全可靠, 应大力发展 II 类工具。对触及危险的作业工具如: 铣刀、锯片、砂轮等应有足够强度的不妨碍操作的防护罩, 工具外壳的孔洞应有能防止手指等意外的触及到内部旋转及带电零件,

(2) 轻便小巧: 电动工具力求体积小、重量轻、振动小、噪声低、运转灵活, 便于控制与操作。

(3) 坚固及耐用电动工具的安全: 电动工具大多由人们直接握持操作, 所以保证安全使用尤其是电气安全极为重要。为防止触电事故, 最简单的安全措施是将工具实施

保护接地或保护接零，这种保护措施虽能有效地防止人体触电，但工作场所必须有良好的接地或接零装置且安全可靠。

Ⅲ类工具使用时安全可靠（50 V 以下电压），但需要相应的安全电压电源供电，使用受到限制。设计制造双重绝缘电动工具（既Ⅱ类工具）是保证电动工具安全的重要途径，是国内外电动工具的发展方向。双重绝缘采用改善工具的电气绝缘结构方法，当基本绝缘损坏时，以附加绝缘形式将人体与带电零件实行有效的隔离，采用该结构后，介质强度提高到 4000 V。双重绝缘标志“回”。

## 4 双重绝缘的基本概念

### (1) 基本绝缘

基本绝缘是带电部分上对防止触电起基本保护作用的绝缘，如：转子的槽绝缘，定子线圈的绝缘衬垫等。基本绝缘置于带电部分上并直接与带电部分（换向器，转子绕组，定子绕组）接触。

### (2) 附加绝缘

附加绝缘是在基本绝缘损坏的情况下，为防止触电而在基本绝缘之外使用的“独立”绝缘，如：转子冲片与转轴间设置的绝缘等。附加绝缘靠近可触及的金属零件或使用者可触及的：外壳，主轴。

### (3) 双重绝缘

双重绝缘是由基本绝缘和附加绝缘组成的绝缘。

### (4) 加强绝缘

相当于双重绝缘保护程度的单独的绝缘结构。

图 1 示出双重绝缘和加强绝缘。

## 5 电动工具按电气保护的方式分类

电动工具按电气保护的方式分为三类：(1) I 类工具；(2) II 类工具；(3) III 类工具。

### (1) 电动工具 I 类工具

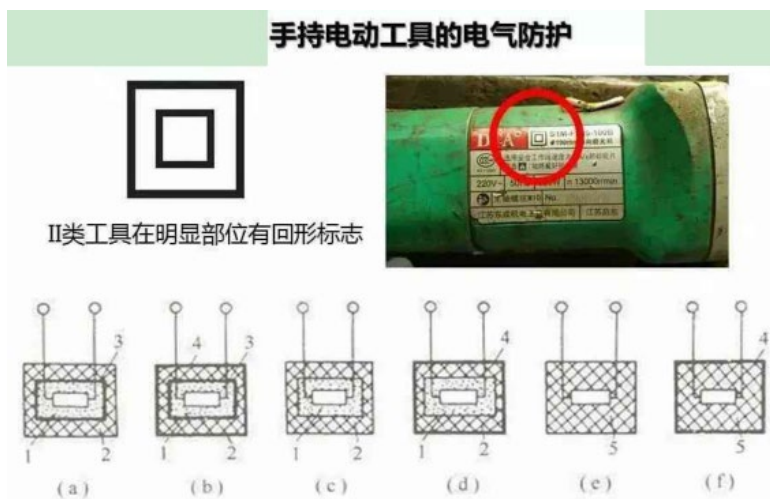
即为普通型电动工具，其额定电压超过 50 V，I 类工具在防止触电的保护方面不仅依靠基本绝缘，而且包含一个附加的安全措施。其方法是将可触及的可导电的零件与已安装在固定线路中的保护（接地）导线联起来，使可触及的可导电的零件在基本绝缘损坏的事故中不成为带电体。I 类工具的插头为三脚插头。

### (2) 电动工具 II 类工具

即绝缘结构全部为双重绝缘结构的电动工具。其规定电压超过 50 V II 类工具不允许设置接地装置。一般为绝缘外壳。通俗地讲，II 类工具的设计制造者将操作者的个人防护用品以可靠的方法置于工具上，使工具具有双重的保护电流，保证在故障状态下，当基本绝缘损坏失效时，由附加绝缘和加强绝缘提供触电保护。II 类工具必须采用加强绝缘电源插头，且电源插头与软电缆或软线压塑成一体的不可重接电源插头。II 类工具只允许采用不可重接的两脚电源插头。II 类工具均带有标志“回”。

### (3) 电动工具 III 类工具

即安全电压工具。其额定电压不超过 50 V，在防止触电的保护依靠由安全电压供电和在工具内部不会产生比安全电压高的电压。在一般性的加工场所应选用 II 类工具。



1- 工作绝缘；2- 保护绝缘；3- 不可触及的金属件；4- 可触及的金属件；5- 加强绝缘

图 1 双重绝缘和加强绝缘

## 6 电动工具基本结构

电动工具主要是由电气部分和机械部分组成的。这和一般的设备是相同的。

电动工具的电气部分包括电源、电驱、电控等，其中电枢又称电机部分。电动工具的机械部分包括结构件、传动装置、工作头、手柄等。其中电动机和传动机构与工作头直接相联的称直连式电动工具；通过软轴联接的称软轴式电动工具。

电动工具的结构，由七部分组成。(1) 结构件，(2) 传动装置，(3) 电源，(4) 电驱，(5) 电控，(6) 工作头，(7) 手柄。

相关零部件的具体功能如下。

### 6.1 结构件

结构件：支承和保护作用。例如：支架，外壳。

电动工具最初用铸铁作外壳，后改用铝合金作外壳。60年代，热塑性工程塑料在电动工具上获得应用，并实现了电动工具的双重绝缘，保障了电动工具的使用安全性。

### 6.2 传动装置

传动装置：传递能量、改变速度和运动方向。例如：带传动、齿轮传动、联轴器、减速箱。

传动减速机构（牙箱）类型：

- (1) 单速牙箱（没有机械调速功能）；
- (2) 双速牙箱（单杯带冲击和单杯不带冲击两种类型）；
- (3) 三速牙箱。

由于电子技术的发展，60年代还出现了电子调速电动工具。这种电动工具利用晶闸管等元件组成电子线路，以开关按钮被插入的深度不同来调节转速，从而使电动工具在使用时能按被加工对象的不同（如材料不同、钻孔直径大小等），选择不同的转速。

### 6.3 电源

电源：为电动工具提供动力。

- (1) 交流电动工具：电源线、电源联接件、充电器；
- (2) 直流电动工具：锂电池。

### 6.4 电驱

电驱：将电能转化为动能，使电动工具达到工作状态。主要有直流、串激、异步三种。

(1) 单相串激电动机（分体式 and 一体式）：转速高，体积小，起动力矩大，软的转矩/转速特性。

(2) 永磁直流电动机（分体式和一体式）：结构简单，效率高，机械特性硬，换向相对好。

(3) 无刷电机（GLB 开发重点）。

### 6.5 电控

电控：电源通断，刹车等基本功能及参数实时监控、精准控制、充放电保护、电源管理等智能化功能。例如：开关、控制器。

电动工具开关指安装在电动工具本体或者附件上使用的开关，主要作用包括接通与分断电流、改变电动工具的旋转方向、限制空载转速、调节运转速度及其他保护与控制。

开关型式较多，内部线路有抑制干扰作为用。

(1) 电源开关：接通或断开电源，自动复位、自锁开关（锁定开或闭）；

(2) 正反转开关，通过改变定子电流方向而转子方向不变来改变旋向；

(3) 调速开关，通过调节电压来调节速度。

### 6.6 工作头

工作头：作业工具及其夹持部分。工作部分，方式有旋转、往复、振动、冲击。例如：钻头、丝锥、锯片、刨刀等。

电磁铁，马达通电以后会旋转，经过齿轮带动工作头进行转动。有往复运动的，有轴向运动的。

### 6.7 手柄

手柄的横截面呈易于抓握的形状，提高电动工具的可操作性。

(1) 电钻这一类属于较小的、较轻的，水平方向上工作的工具，手柄设计为手抡型。

(2) 较为大型的，采用 T 型手柄或者是 D 型手柄，便于使用者掌控与操作。

(3) 手柄设计都会以食指和拇指的形状为参考设计的凹槽。

(4) 为了方便使用，小型电动工具的开关通常都会设计在靠近手柄的地方，便于使用者能一手控制，节约一定的工作时间。

图 2、图 3 示出电动工具基本构造与主要部件 (1)、(2)。

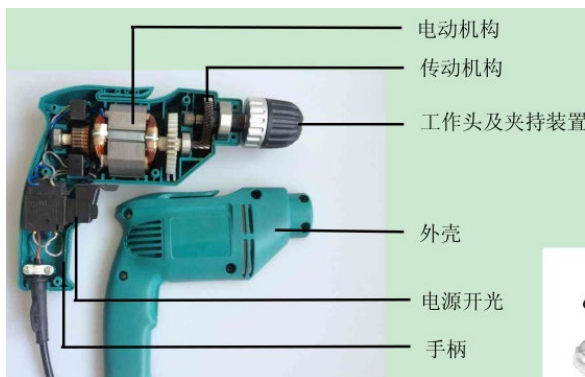


图2 电动工具基本构造与主要部件(1)



图3 电动工具基本构造与主要部件(2)

## 7 电动工具的能源

目前，截至 2021 年，电动机是为固定工具提供动力的最受欢迎的选择，便携式电动工具可以有线的也可以是电池供电的。专业级电动工具与 DIY（自己动手制作）或“消费者”工具的不同之处在于双重绝缘且不接地——事实上，出于安全原因，它们不得接地。

### 7.1 电池类型

不同的电池供电的电动工具通常使用不同品牌和型号的电池。这可能会导致供应商锁定，并在电池、充电器或电动工具组件出现故障时导致可持续性较差，从而可能导致必须更换所有组件。

电池差异的例子包括电池技术本身，镍金属氢化物 (NiMH) 和镍镉电池 (Ni-Cd) 以前很常见，但截至 2021 年，锂离子电池已成为事实上的标准新的电动工具。该电压是用于电池的兼容性是最重要的因素之一。简而言之，工具上的额定电压越高，通常意味着电动工具可以提供更多功率，而其他条件都相同。使用额定电压错误的电池可能会

损坏工具、人员或周围环境。

截至 2021 年，18 V 电池组已成为新型电动工具的事实上的标准。该安培小时简单来说，它说明了电动工具在需要充电之前可以运行多长时间。如果比较具有相同电池技术和相同额定电压的两块电池，具有两倍安培小时额定值的电池的使用寿命大约是其两倍。然而，在实践中可能会有一些变化。此外，在实践中，具有更高安培小时额定值的电池通常也可以让电动工具提供略高的峰值功率，因为它能够提供更高的电流。

即使使用相同的电池技术、额定电压和额定安培小时，不同制造商的电动工具电池接口往往不兼容，有时甚至不在同一品牌或产品线内。有售后市场适配器的例子，以使用户可以在知名品牌之间混合和匹配电池，但这样做的风 险由用户自行承担。

### 7.2 电动工具锂电池未来发展方向

目前电动工具用锂电池主流为三元 5 系搭配石墨体系的 18650 型圆柱电池，少数特殊国外品牌的电动工具使用 NCM811 或者 NCA 的 21700 与 26650 型圆柱电池（主要为工业级 / 专业级电动工具）。

电动工具锂电池未来有三个发展方向：(1) 无绳电动工具占据主流，锂电池取代镍镉 / 镍氢电池；(2) 硅基材料在电动工具电池领域开始量产应用，NCM811/NCA+硅基材料路线将实现更高倍率与更耐耐高温产品的上市；(3) 电池将根据应用场合（电容量、倍率要求）差异化，21700/26650 在工业级乃至专业级电动工具的渗透率有望提升。

## 8 电动工具的安全

虽然手持电动工具非常有用，但它们也会产生大量噪音和振动。长时间使用没有听力保护装置的电动工具会使人面临听力损失的风险。在美国国家职业安全与健康研究所 (NIOSH) 建议，一个人不应该被暴露在等于或高于 85 噪音分贝，为求预防听力损失。大多数电动工具，包括电钻、圆锯、砂带机和链锯，在超过 85 dB 限制的声级下运行，有些甚至超过 100 dB。NIOSH 强烈建议在使用此类电动工具时佩戴听力保护装置。

在 1930 年代之前，电动工具通常安装在铸造金属外壳中。铸造金属外壳很重，导致重复使用伤害，以及导电——经常使用户感到震惊。随着亨利福特适应二战的制造需求，他要求工具制造商 AHPeterson 制造一种更轻便的电钻，让他的装配线工人更加便于携带。



## 电动工具安全防护：

### (1) 电动工具 I 类工具安全防护

工具中设有接地装置，绝缘结构中全部或多数部位有基本绝缘。如果绝缘损坏，由于可触及金属零件通过接地装置与安装在固定线路中的保护接地（见接地）或保护接零导线连接在一起，不致成为带电体，可防止操作者触电。

### (2) 电动工具 II 类工具安全防护

这类工具的绝缘结构由基本绝缘和附加绝缘构成的双重绝缘或加强绝缘组成。当基本绝缘损坏时，操作者由附加绝缘与带电体隔开，不致触电。II 类工具必须采用不可重接电源插头，不允许接地。

### (3) 电动工具 III 类工具安全防护

这类工具由安全电压电源供电。安全电压指导体之间或任何一个导体与地之间空载电压有效值不超过 50 V；对三相电源，导体与中线之间的空载电压有效值不超过 29 V。安全电压通常由安全隔离变压器或具有独立绕组的变流器供给。III 类工具上不允许设置保护接地装置。

### (4) 无线电干扰

带换向器的单相串激电动机和直流电动机会对电视机、收音机产生严重的电磁干扰，所以电动工具在设计时要考虑抑制对无线电的干扰。主要采用屏蔽、励磁绕组对称联接、设置电气滤波器、滤波器接成△形等措施。必要时，还可在电动机电枢两端串接小电感线圈。

## 9 常用电动工具简介

### (1) 电钻

电钻是一种在金属，塑料及类似材料上钻孔的工具。同一规格，根据其参数不同可分为 A，B，C 型。A 型电钻主要用于普通钢材的钻孔，B 型电钻主要用于优质钢材及各种钢材的钻孔，C 型电钻主要用于铝，铜等有色金属及其合金，塑料和铸铁等材料的钻孔。

### (2) 磁座钻

磁座钻又称吸铁钻，是一种安装在设有电磁吸盘，回转机构进给装置的机架上，使用时由电磁吸盘将整机吸附在钢铁的水平面，侧面，顶面或曲面（须在电磁铁和曲面间加垫块）上钻孔的电钻。

### (3) 电剪刀和电冲剪

① 电剪刀：马蹄型电剪刀是一种刀架为马蹄形单刃剪切的手持式电剪刀。用途：电剪刀用于裁剪钢板，铝材及其它金属板材。

② 电冲剪：电冲剪的用途具有冲剪波纹钢板，塑料板，

层压板等及开切各种不同形状的空洞，且冲剪过程中被冲剪的材料不会变形。

### (4) 角向磨光机

角向磨光机用于切割不锈钢，合金钢，普通碳素钢的型材，管材或修磨工件的飞边，毛刺。

### (5) 电扳手

装卸螺纹连接件，已广泛应用于汽车，阀门，水泵，纺织等制造业的装配工作中。

### (6) 电动拉铆枪，

电动拉铆枪是一种铆接各种复杂管件，板件结构的新型铆接工具。。

### (7) 电锤

用于混凝土，砖石等建筑物构件上凿孔，开槽，打毛等作业。

### (8) 冲击电钻

冲击电钻和电锤的区别从外观上就可以看出，电锤有快装机构没有钻夹头，而冲击电钻用钻夹头。。

### (9) 石材切割机（云石机）

云石机适用于建筑工程，装饰作业，石材加工等对非金属硬脆性材料的切割加工。

### (10) 曲线锯

曲线锯可按各种曲线在各类板材上锯割出具有较小曲率半径的几何图形。

## 10 电动工具的发展趋势

近年来，随着锂电技术的不断进步、消费者需求的不断变化、工具种类的不断推陈出新、应用领域的不断延伸，下游电动工具行业呈现出无绳化、锂电化、大功率化、小型化、智能化、一机多用化的发展趋势。

### (1) 无绳化、锂电化

传统的电动工具主要通过电线插电驱动，在使用时会存在诸多不便和安全隐患，譬如要寻找电源接口或自带发电机，可能触电和发生过载等。相比之下，无绳的充电式电动工具优势突出。

近十几年来，锂离子电池技术突飞猛进，其能量密度、循环寿命、充放电倍率上有明显优势，同时更加环保，价格也随电动车行业的发展持续下降，锂电池电动工具真正带来了无绳化的革命。

而以电池为动力的新一代无绳类电动工具轻巧便携，改善了各种应用场景下的工作条件；同时，无绳工具所造成的噪音污染少，工作持续度较高；此外，无绳电动工具

没有线缆，触电和事故风险较小，工作场景更安全，所以无绳工具逐渐受到消费者的青睐，其在全球电动工具产品销售占比逐渐提升。根据数据，无绳类电动工具渗透率从2011年的30%提升至2021年的70%左右。

无绳化电动工具的电源从交流电转向以电池供电为主的直流电，而锂电池相比于传统的镍镉电池、镍氢电池具有高能量密度、长循环寿命、清洁无污染等优点，已成为无绳直流电动工具的主流电源方案。无绳锂电池电动工具能够摆脱线缆对使用环境的限制、降低触电事故发生、较好发挥灵活性。

### (2) 大功率化、小型化

随着社会经济的发展，大规模高强度的工业作业随之增多。功率大小作为影响作业效率的重要因素，推动电动工具供应商不断研发功率更大、质量更为稳定的电动工具，大功率化成为了目前电动工具市场的发展趋势之一。

在电动工具的普及过程中，越来越多的家庭消费者倾向于自主完成小型任务，小型化的电动工具逐渐成为了未来产品的发展趋势之一。随着锂电技术的不断进步和相关成本逐步下降，锂电池电量储备大、重量轻的特点进一步顺应了小型化的发展趋势。加之电机技术等相关技术的不断进步、电动工具设计更加科学，使得电动工具在保证原有功率的前提下做到小而轻型化，从而进一步适应消费者的需求。

### (3) 智能化、一机多用化

电机技术、电子控制技术、人工智能技术等快速发展，推动传统电动工具向智能化工具发展，智能化电动工具逐步走入家庭。随着科学技术的进步，智能化电动工具将在更多的领域推广应用。

同时，随着电动工具在家庭应用普及率的提升，电动工具将承担多种用途，一机多用或成套复合式工具逐渐成

为未来电动工具发展新趋势。

## 11 结束语

随着电动工具在工业和家庭等领域更广泛使用，电动工具行业的市场规模有望将进一步扩大。

(1) 电动工具逐步转为清洁能源供电。受益于锂电技术突破，电动工具电池容量和安全性有望大幅提高，电池成本则不断降低，从而抛弃原来的单相、三相电源供电方式。

(2) 一机多用或成套复合式工具成为主流。随着在家庭的普及率提升，电动工具需承担起多种用途，一机多用或成套复合式工具应运而生。

(3) 电机技术发生质变，智能化工具走入家庭。电子控制技术的突破，将促使电机技术发生质的飞跃。同时，人工智能技术成熟，也令电动工具智能化水平大幅提升。

## 参考文献

- 1 电动工具. <https://baike.so.com/doc/2491167-2632633.html>
- 2 电动工具基本知识. <https://wenku.so.com/d/45352b2ce02b7776054b47fe4e47f333>
- 3 方伟, 刘红娟. 电动工具产品的概述及其发展趋势. 机械和电子, 2008年第3期, 54~55
- 4 终端需求发生转变, 电动工具行业无绳化趋势加速. <https://www.huaon.com/channel/trend/666423.html>
- 5 我国电动工具行业市场规模超百亿 未来呈无绳化、大功率化、小型化趋势. [http://www.360doc.com/content/23/0207/14/13672581\\_1066567362.shtml](http://www.360doc.com/content/23/0207/14/13672581_1066567362.shtml)