

LED ZHAOMING GONGCHENG
SHEJI YU CHANPIN ZUZHUANG

LED

照明工程设计与 产品组装

刘祖明 编著



化学工业出版社

LED ZHAOMING GONGCHENG
SHEJI YU CHANPIN ZUZHUANG

LED

照明工程设计与 产品组装

刘祖明 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以 LED 应用技术为核心,以 LED 照明技术应用和照明灯具组装为两条主线,有针对性地介绍了 LED 新技术进展,LED 照明灯具组装,LED 照明灯具开发、设计及应用要点,同时也详细介绍了 LED 照明灯具安装、LED 照明工程施工的步骤、方法和注意事项等内容。

本书内容丰富、图文并茂,精选了常用 LED 照明灯具设计与组装案例进行分析讲解,启发读者思路,并达到举一反三、学以致用效果,本书所选案例都具有很强的实用性,有很高的参考价值。

本书适合从事 LED 产品研发、生产和应用的工程技术人员阅读,也可作为高等院校、职业院校电子电工专业师生的辅助教材和课外读物。

图书在版编目 (CIP) 数据

LED 照明工程设计与产品组装/刘祖明编著. —北京:化学工业出版社,2011.7
ISBN 978-7-122-11286-6

I. L… II. 刘… III. ①蓝色发光二极管-照明设计②蓝色发光二极管-照明器材-组装 IV. ①TN383
②TU113.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 089680 号

责任编辑:李军亮
责任校对:陶燕华

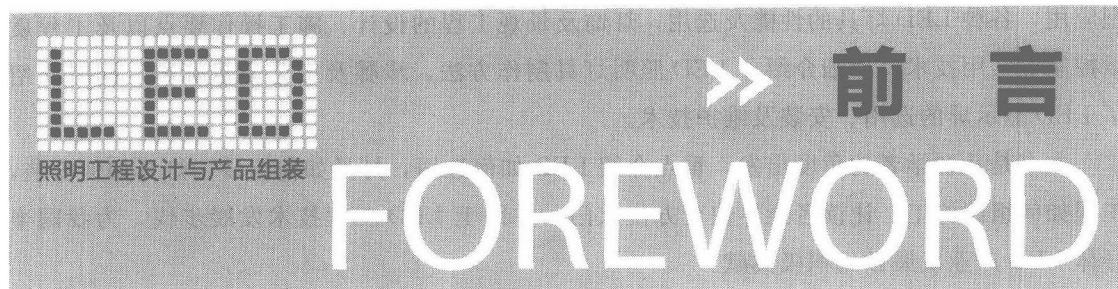
文字编辑:高 震
装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装:三河市延凤印装厂
787mm×1092mm 1/16 印张 11 字数 267 千字 2011 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:29.00 元

版权所有 违者必究



中国是全球 LED 产业发展最快的区域之一。国家半导体照明工程研发及产业联盟提供的数据显示, 2009 年半导体照明工业销售产值达 600 亿元, 同比逆势增长 30% 以上。按目前的发展速度和趋势测算, 半导体照明市场规模 2015 年将达到 1500 亿元。LED 是具有一定技术门槛、以技术进步为主导的长期成长行业, 随着应用领域的逐渐扩大, LED 必将成长为一个大行业。以工程设计、安装调试及维护为主的“岸上”服务企业(或个体户), 则进入门槛相对更低, 投资风险小、回报率高, 若能够紧跟随全行业的技术发展动向, 并及时、持续瞄准市场需求及变化趋势, 保持快速技术进步, 企业则可立于不败之地。

LED 照明的作用不仅在于带动城市 LED 照明产业的快速成长, 更重要的是起到了表率作用。LED 照明在奥运场馆、城市景观照明上的出色表现, 将会打消其他城市对于 LED 照明的使用顾虑。在全球能源短缺、环保要求不断提高的情况下, 2008 年北京奥运会和 2010 年上海世博会都不约而同地以围绕“绿色节能”为主题, 这给中国 LED 照明产业的发展带来了巨大的历史机遇。

随着全球达成发展低碳经济的共识, LED 照明凭借其性能优势, 迎来了快速发展的大好机遇。近年来, LED 产业欣欣向荣, 新产品、新技术、新工艺日新月异, 备受业界人士关注。LED 应用技术方兴未艾, 在大城市有许多成功的经验及案例值得我们认真学习与分析、借鉴。但毕竟 LED 行业与其他行业相比还比较“年轻”, 尤其是在国内, 加之现阶段 LED 照明产品价格仍贵, 尽管其应用领域甚广, 目前只集中应用在商业照明、市政工程、事业单位等方面。由于 LED 行业发展不平衡、应用地域分布极不平衡, 致使可供技术人员、工程人员学习和借鉴的“样板”比较少。没有现成资料可以提供参考, 无疑是有识之士学习技术的苦恼。本人长期从事 LED 设计与应用研究工作, 并亲自参与了一些 LED 工程施工方面的设计与技术指导工作, 积累了比较丰富的经验, 同时每年参加广州国际照明展, 了解国际照明展上新技术、新产品、新工艺。鉴于此, 编写了本书。

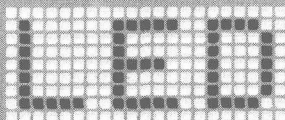
本书以 LED 照明灯具组装及工程应用施工为主线, 介绍了立足工程应用必须了解的 LED 结构、封装、LED 照明等基础常识; 着重介绍了近年来 LED 照明灯具在各个领域的典

型应用，各种 LED 灯具的性能及选用，灯饰及景观工程的设计、施工操作要点以及工程质量控制等实用技术；详细介绍了 LED 照明灯具制作方法、步骤及工艺质量标准，同时介绍了 LED 显示屏的选用、安装及维护技术。

本书是从初学者的角度出发，重点介绍 LED 如何选用，灯具如何组装、灯具如何安装，工程如何组织施工。让读者能尽快全方位入门，并跟上 LED 工程技术发展步伐，为我国半导体 LED 产业发展做出积极贡献。

参加本书编写工作的还有张安若、祝建孙、钟柳青、邱寿华、刘文泌等。由于时间仓促，且编者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请业界同仁及广大读者批评指正。

编著者
于广州



照明工程设计与产品组装



目 录

CONTENTS

第 1 章 LED 常用组装工具、仪器、材料	1
1.1 组装工具	1
1.2 仪器	9
1.3 材料	14

第 2 章 LED 照明基础知识	22
2.1 LED 照明产品	22
2.2 LED 的发光原理及主要参数	25
2.2.1 LED 的结构	25
2.2.2 LED 的发光原理	26
2.2.3 LED 的主要参数与特性	27
2.3 白光 LED 基础知识	34
2.4 照明灯具及照明设计	39
2.4.1 照明灯具	39
2.4.2 照明设计	43
2.5 LED 绿色照明工程	45

第 3 章 LED 照明灯具设计与组装	49
3.1 LED 照明灯具简介	49
3.2 LED 照明灯具应用	55
3.3 LED 照明灯具组装	56
3.3.1 MR16 灯杯组装	56
3.3.2 E27/GU10 3W 射灯的组装	59
3.3.3 PAR LED 灯的组装	62
3.3.4 球泡灯的组装	67
3.3.5 蜡烛灯的组装	70
3.3.6 壁灯的组装	73
3.3.7 天花射灯的组装	76
3.4 小功率 LED 照明灯具的设计与组装	81
3.4.1 LED 日光灯的设计与组装	81
3.4.2 财神灯的设计与组装	88

3.4.3 小功率灯具电路设计	91
-----------------------	----

第4章 道路、隧道LED照明工程设计与灯具组装	96
--------------------------------------	-----------

4.1 道路LED照明方案设计	96
4.1.1 道路照明要素	96
4.1.2 道路照明规划设计	98
4.1.3 LED路灯	101
4.2 公路隧道LED照明设计	106
4.2.1 公路隧道照明设计	106
4.2.2 LED隧道灯具	109
4.3 道路、隧道LED照明灯具组装	110
4.3.1 LED路灯组装	110
4.3.2 隧道灯组装	115

第5章 LED景观照明工程设计与灯具组装	118
-----------------------------------	------------

5.1 景观照明的规划设计	118
5.1.1 景观照明设计方案	118
5.1.2 景观照明规划设计要点	120
5.1.3 景观照明的亮度和色彩	121
5.1.4 景观泛光照明设计	123
5.1.5 景观照明规划设计的步骤	125
5.2 景观照明灯具应用与灯具简介	126
5.3 景观照明灯具设计与组装	135
5.3.1 LED数码管设计与组装	135
5.3.2 投光灯组装	138
5.3.3 洗墙灯组装	139
5.4 LED电子显示屏(条)	141
5.4.1 LED电子显示屏(条)基础知识	141
5.4.2 LED电子显示屏(条)的组装	144
5.5 LED灯带	151
5.5.1 LED彩虹管	151
5.5.2 LED霓虹灯	153
5.6 LED灯条(光条)	154
5.7 LED模组	156
5.8 LED点光源	157
5.9 LED发光字	160

附录	163
-----------------	------------

附录A 防护等级IP	163
附录B LED技术标准	164

参考文献	166
-------------------	------------

第1章

LED 常用组装工具、仪器、材料

1.1 组装工具

(1) 旋具

旋具是一种用来拧转螺钉以使其就位的工具，通常有一个薄楔形头，可插入螺钉头的槽缝或凹口内。常用的旋具有一字和十字两种。

① 普通旋具，如图 1-1(a) 所示。就是头柄制造在一起的旋具，使用方便。由于螺钉有许多种不同规格，需要准备多支不同规格和普通旋具。

② 组合型旋具，如图 1-1(b) 所示。就是一种把旋具头和柄分开的旋具，要安装不同类型的螺钉时，只需把旋具头换掉就可以。

③ 电动旋具（电动螺钉批），如图 1-1(c) 所示。是以电动马达代替人手安装和移除螺钉，通常是组合旋具。



图 1-1 旋具

(2) 钳子

钳子是一种用于夹持、固定加工工件或者扭转、弯曲、剪断金属丝线的手工工具。钳子的外形呈 V 形，通常包括手柄、钳腮和钳嘴三个部分。同时也包括具有特殊功能的钳子。

钳子使用时常与电线之类的带电导体接触，故其钳柄上套有额定工作电压 500V 的绝缘套管，以确保操作者的安全。

钳子可分为夹持式钳子、钢丝钳、剥线钳、管子钳等。

① 钢丝钳 钢丝钳是一种夹钳和剪切工具、其外形如图 1-2(a) 所示。钢丝钳由钳头和钳柄组成，钳头包括钳口、齿口、刀口和侧口。电工常用的钢丝钳有 150mm、175mm、200mm 及 250mm 等多种规格。

钳子的各部位的作用是，齿口可用来紧固或拧松螺母；刀口可用来剖切软电线的橡皮或塑料绝缘层；侧口可以用来切断电线、钢丝等较硬的金属线。

✚ 说明 使用中，切忌乱扔。以免损坏绝缘塑料管。

② 尖嘴钳 尖嘴钳又叫修口钳，如图 1-2(b) 所示。它是由尖头、刀口和钳柄组成。主要用来剪切线径较细的单股与多股线，以及给单股导线接头弯圈、剥塑料绝缘层等。

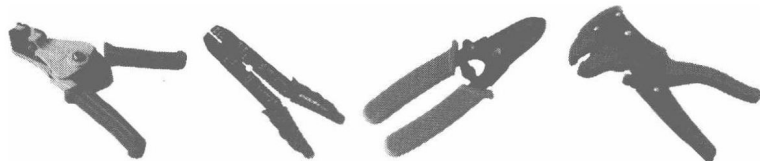
③ 剥线钳 剥线钳由刀口、压线口和钳柄组成，其外形如图 1-2(c)。剥线钳适宜用于塑料、橡胶绝缘电线、电缆芯线的剥皮。

剥线钳使用方法是：将待剥皮的线头置于钳头的刀口中，用手将两钳柄一捏，然后一

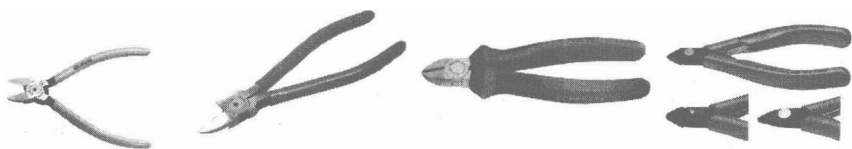


(a) 钢丝钳

(b) 尖嘴钳



(c) 剥线钳



(d) 斜口钳



(e) 网线钳

图 1-2 钳子

松，绝缘皮便与芯线脱开。

④ 斜口钳 斜口钳主要用于剪切导线，元器件多余的引线，还常用来代替一般剪刀剪切绝缘套管、尼龙扎线卡等。斜口钳其外形，如图 1-2(d)。

⑤ 网线钳 网线钳是用来压接网线或电话线和水晶头的工具，外形如图 1-2(e)。可以压接电话接入线 RJ11 接口、网线 RJ45 接口，一般都带有剥线和剪线的功能。

(3) 电烙铁

电烙铁是电子产品生产和电器维修必不可少的主要工具，主要用途是焊接元器件及导线，按结构可分为内热式电烙铁和外热式电烙铁，如图 1-3(a)、(b) 所示。内热式的电烙铁体积较小，价格便宜。一般都用 20~50W 的内热式电烙铁作为生产过程的主要工具。内热式的电烙铁发热效率较高，更换烙铁头也方便。外热式因发热电阻在电烙铁的外面而得名。主要适合于焊接大型的元部件。有烙铁头使用的时间较长，功率较大的优点。

说明 外热式电烙铁，一般要预热 6~7 分钟才能焊接。

焊台是一种常用于电子焊接工艺的手动工具，通过给焊料（锡丝）供热，使其熔化，从而使两个工件焊接起来。外形，如图 1-3(c) 所示。



图 1-3 电烙铁

(4) 吸锡器

吸锡器是一种修理电器用的工具，收集拆卸焊盘电子元件时融化的焊锡。

① 手动吸锡器 [如图 1-4(a) 所示] 手动吸锡器在接触焊点以前，每次都蘸一点松香，改善焊锡的流动性。头部接触焊点的时间稍长些，当焊锡熔化后，以焊点针脚为中心，手向外按顺时针方向画一个圆圈之后，再按动吸锡器按钮。

② 电动吸锡器 [如图 1-4(b) 所示] 若吸锡时，焊锡尚未充分熔化，则可能会造成引脚处有残留焊锡，遇到此类情况时，应在该引脚处补上少许焊锡，然后再用吸锡器吸锡，从而将残留的焊锡清除。

说明 吸锡器在使用一段时间后必须清理，否则内部活动的部分或头部会被焊锡卡住。清理的方式随吸锡器的不同而不同，不过大部分都是将吸锡头拆下来，再分别清理。

(5) 热风枪

热风枪主要是利用发热电阻丝的枪芯吹出的热风来对元件进行焊接与摘取元件，或者加热热缩管使之收缩的工具。热风枪外形如图 1-5 所示。

(6) 胶枪

胶枪是一种打胶（或挤胶）的工具，广泛用于建筑装饰，电子电器，汽车及汽车部件，



图 1-4 吸锡器

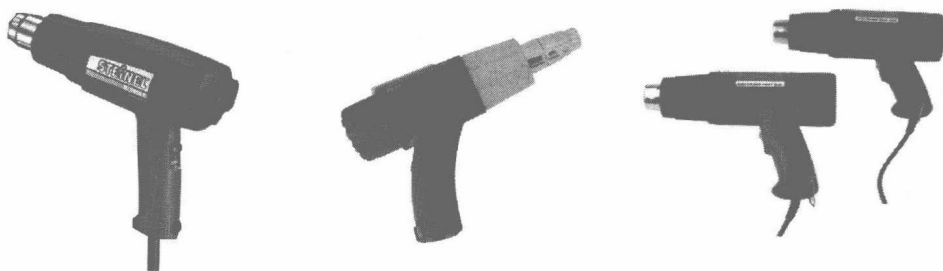


图 1-5 热风枪

船舶及集装箱等行业。胶枪外形，如图 1-6 所示。

① 手动胶枪 操作者用手力按动板实现打胶。

② 气动胶枪 需要接压缩空气气源，空气去推动胶的底部实现打胶，一般工厂生产流水线上配备。

③ 电动胶枪 电动胶枪是用可充电电池作为供电，充满电后可打 30~45 支胶，可轻松完成大量打胶工作。

④ 热熔胶枪就是将热熔胶加热的工具，使热熔胶熔化，黏结固定东西用。在电子行业常用来固定线或者有接插部分线材。

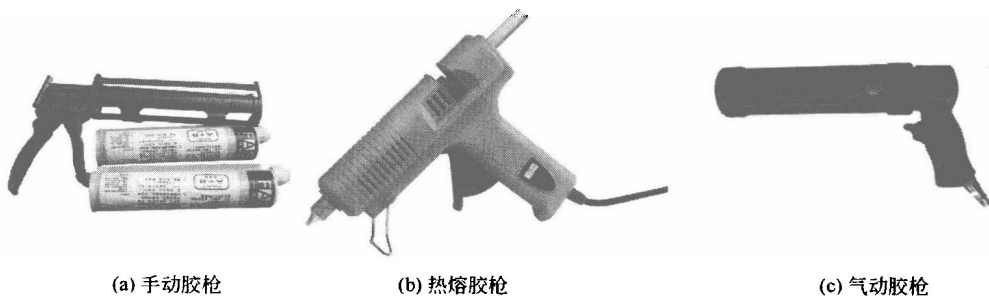


图 1-6 胶枪

(7) 打灯头机

打灯头机是一种用来固定螺口灯头的工具。如图 1-7 所示。常用的打灯头机有 8 针、10 针、12 针，国内一般用 8 针的打灯头机来固定螺口灯具，出口到中国香港、欧盟一般采用 12 针的打灯头机来固定螺口灯具。



图 1-7 打灯头机

注 常用手动打灯头机有 E27 和 E14 两种，见图 1-7(a)。自动打灯头机一般都是采用气动与电动相结合的方式，见图 1-7(b)。

(8) 手枪钻

手枪钻主要用于钻孔，外形如图 1-8 所示。

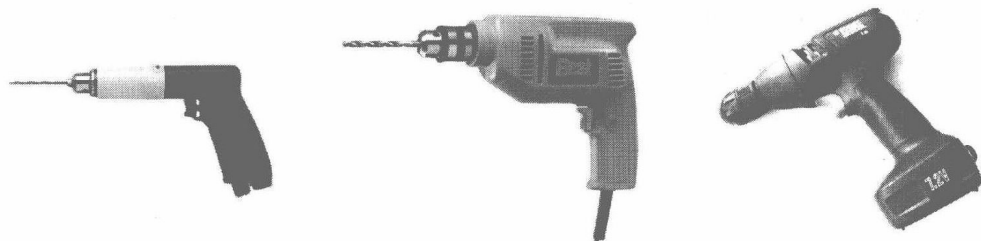


图 1-8 手枪钻

说明 手枪钻钻孔的范围大小可以参照手枪钻说明书，一般都按照说明书来操作，防止损坏手枪钻。

(9) 电工刀

电工刀是电工常用的一种切削工具，如图 1-9 所示。普通的电工刀由刀片、刀刃、刀把、刀挂等构成。用电工刀剖削电线绝缘层时，可把刀略微翘起一些，用刀刃的圆角抵住线芯。切忌把刀刃垂直对着导线切割绝缘层，这样容易割伤电线线芯。用电工刀切剥电线绝缘层时，不要碰伤线芯，常用级段剥落和斜削法剥削。电工刀同时还可以削制木榫、竹榫等。

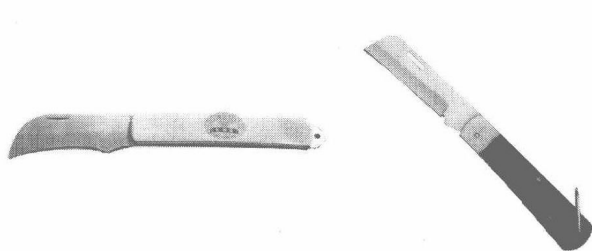


图 1-9 电工刀

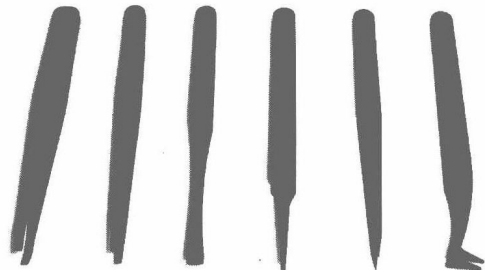


图 1-10 镊子（防静电塑料镊子）

(10) 镊子

镊子是电子产品生产、维修中经常使用的工具，常常用它夹持导线、元件及集成电路引脚等。其外形，如图 1-10 所示。镊子有金属与塑料两种。

防静电塑料镊子采用碳纤与特殊塑料混合而成，弹性好，经久耐用，不掉灰，耐酸碱，耐高温，可避免传统防静电镊子因含炭黑而污染产品，适用于半导体，IC 等精密电子元件生产使用，及其特殊使用。同时也适用于对静电敏感的元器件加工和安装。表面电阻： $1000\text{k}\Omega\sim 100000\text{M}\Omega$ 。

(11) 锉刀

表面上有许多细密刀齿、条形，用于锉光工件的手工工具。用于对金属、木料、皮革等表层做微量加工。

锉刀的品种很多，如图 1-11 所示。

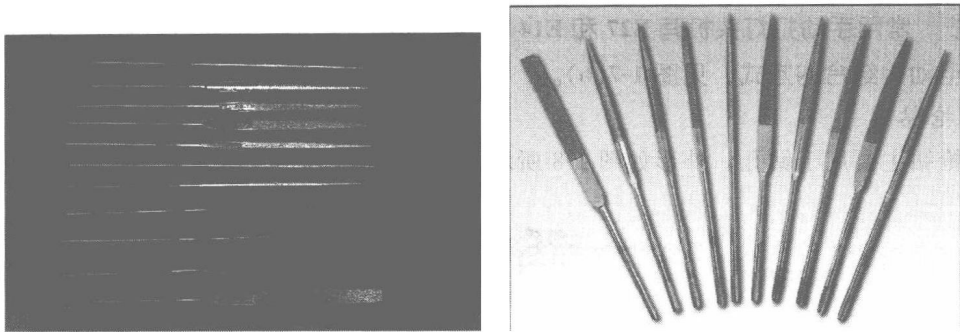


图 1-11 锉刀

① 按用途分 普通钳工锉，用于一般的锉削加工；木锉，用于锉削木材、皮革等软质材料；整形锉（什锦锉），用于锉削小而精细的金属零件，有许多各种断面形状的锉刀组成一套；刃磨木工锯用锉刀；专用锉刀，如锉修特殊形状的平形和弓形的异形锉（特种锉），有直形和弯形两种。

② 锉刀按剖面形状分 有扁锉（平锉）、方锉、半圆锉、圆锉、三角锉、菱形锉和刀形锉等。平锉用来锉平面、外圆面和凸弧面；方锉用来锉方孔、长方孔和窄平面；三角锉用来锉内角、三角孔和平面；半圆锉用来锉凹弧面和平面；圆锉用来锉圆孔、半径较小的凹弧面和椭圆面。

③ 锉刀按锉纹形式分 有单纹锉和双纹锉两种。单纹锉的刀齿对轴线倾斜成一个角度，适于加工软质的有色金属；双纹锉刀的主、副锉纹交叉排列，用于加工钢铁和有色金属。它能把宽的锉屑分成许多小段，使锉削比较轻快。

④ 锉刀按每 10mm 长度内主锉纹条数分 可分为 I～V 号，其中 I 号为粗齿锉，II 号为中齿锉，III 号为细齿锉，IV 号和 V 号为油光锉，分别用于粗加工和精加工。金刚石锉刀没有锉纹，只是在锉刀表面电镀一层金刚石粉，用以锉削淬硬金属。

(12) 扳手

扳手是利用杠杆原理拧转螺栓、螺钉、螺母和其他螺纹紧持螺栓或螺母的开口或套孔固体的手工工具。扳手通常在柄部的一端或两端制有夹柄部，对外力柄部施加外力，就能拧转螺栓或螺母持螺栓或螺母的开口或套孔。使用时，沿螺纹旋转方向在柄部施加外力，就能拧转螺栓或螺母，如图 1-12 所示。

① 钩形扳手 又称月牙形扳手，用于拧转厚度受限制的扁螺母等。

② 套筒扳手 它是由多个带六角孔或十二角孔的套筒并配有手柄、接杆等多种附件组

成，特别适用于拧转地位十分狭小或凹陷很深处的螺栓或螺母。

③ 内六角扳手 成 L 形的六角棒状扳手，专用于拧转内六角螺钉。扭力扳手：它在拧转螺栓或螺母时，能显示出所施加的扭矩；或者当施加的扭矩到达规定值后，会发出光或声响信号。扭力扳手适用于对扭矩大小有明确规定的地方。

④ 活动钳口 活动钳口一端制成平钳口；另一端制成带有细齿的凹钳口；向下按动蜗杆，活动钳口可迅速取下，调换钳口位置。



图 1-12 扳手

(13) 冲击钻

冲击钻是一种既能转动又带冲击的电动工具。它带有可调机构，当调节环在转动的无冲击位置时，装上麻花钻头在金属上进行钻孔。当调节环在转动和带冲击位置上，安装上带硬质合金的钻头，可在砖面、混凝土墙、屋面、墙面进行钻孔。如图 1-13 所示。

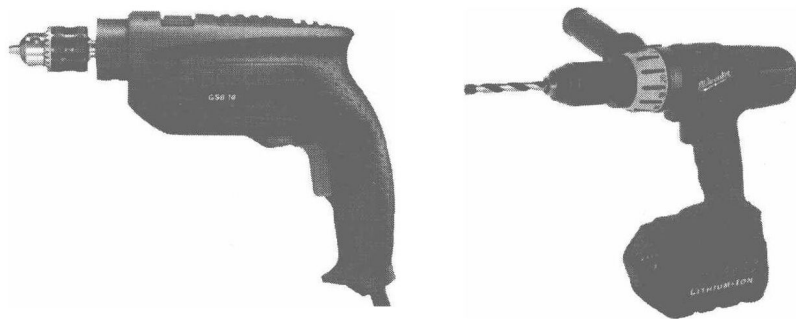


图 1-13 冲击钻

(14) 开孔器

开孔器（切割器）安装在普通电钻上，就能方便地在铜、铁、不锈钢、有机玻璃等各种

板材的平面、球面等任意曲面上进行圆孔、方孔、三角孔、直线、曲线的任意切割。

常见有固定直径和可变直径（飞机式）两种，可变直径开孔器常用于室内外装修。

固定直径开孔器，又有普通型，冲击型、水冷型，其中水冷型常用于墙壁开孔，工效高，开孔比较美观。如图 1-14 所示。

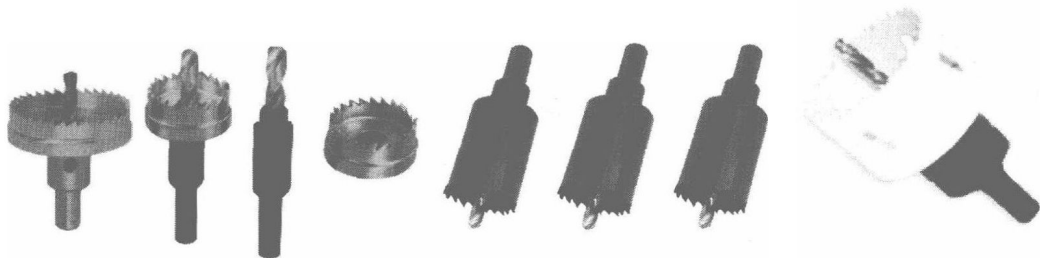


图 1-14 开孔器

(15) 防静电毛刷

防静电毛刷采用塑胶制成手柄，防静电塑胶丝或动物毛制成刷毛，具有防静电性能稳定，使用方便等特点。其外形，如图 1-15 所示。防静电毛刷用来清理 PCB 板或灯具表面的灰尘。

手柄表面电阻 $\leq 10^7 \Omega$ ；手柄表面电阻： $\leq 10^9 \Omega$ ；刷毛用防静电塑胶丝、动物毛或金属丝。

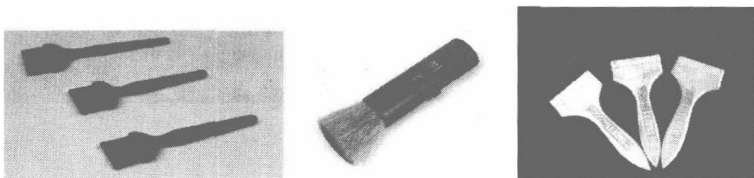


图 1-15 防静电毛刷

(16) 防静电服工作装

防静电服工作装是指为防止服装上的静电积累，用防静电织物为面料缝制的工作服。目前，绝大多数防静电织物是采用导电纤维制作的，其中以导电成分复合型，即复合纤维使用最多。

防静电服使用注意事项：

① 凡是在正常情形下，爆炸性气体混合物持续地、短时频繁地出现或长时间存在的场合及爆炸性气体混合物有可能呈现的场合，可燃物的最小点燃能量在 0.25 mJ 以下时，应穿用防静电服。

② 禁止在易燃易爆场合穿脱防静电服。

③ 禁止在防静电服上附加或佩戴任何金属物件。

④ 穿用防静电服时，还应与防静电鞋配套应用，同时地面也应是导电地板。

⑤ 防静电服应保持干净，保持防静电性能。使用后用软毛刷、软布蘸中性洗涤剂洗擦，不可破坏服料纤维。

⑥ 穿用一段时间后，应对防静电服进行检验，若性能不符合要求，则不能再以防静电服使用。

防静电手套是具有能防止静电积聚引起伤害的手套。穿戴防静电手套可避免操作人员手指直接接触静电敏感元器件，并能安全泄放操作人员所带的人体静电荷。它是半导体工业，光电工业，半导体制造业、LED 应用企业等工作人员工作时必须穿戴的。

防静电鞋是电子半导体器件、电子计算机、电子通讯设备和集成电路等微电子工业生产车间和高级试验室为减少或消除静电危害而穿着的一种工作鞋。防静电鞋能有效泄放静电，同防静电服一起构成完整的防静电体系。其外形如图 1-16 所示。

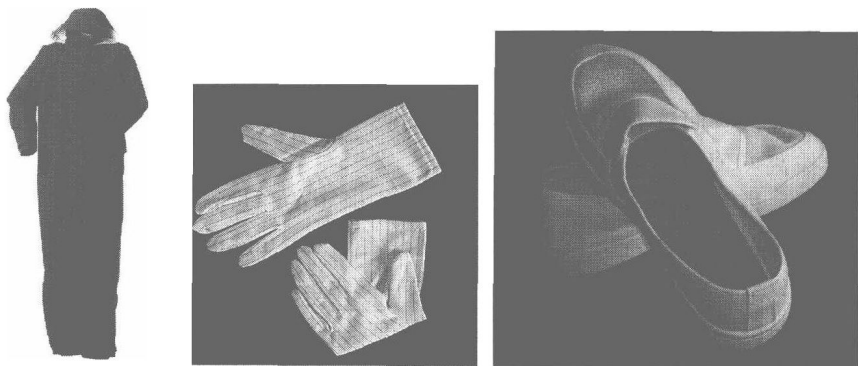


图 1-16 防静电服工作装

(17) 防静电手环

静电手环用以泄放人体的静电。它由导电松紧带、活动按扣、弹簧 PU 线、保护电阻及插头或鳄鱼夹组成。其外形如图 1-17 所示。

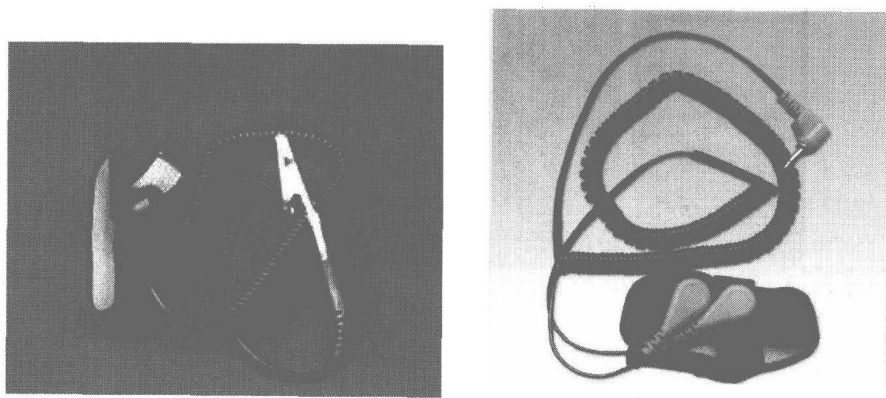


图 1-17 防静电手环

1.2 仪器

(1) 万用表

万用表又叫多用表、三用表、复用表，万用表分为指针式万用表和数字万用表。

万用表可测量直流电流、直流电压、交流电流、交流电压、电阻和音频电平，有的还可以测交流电流、电容量、电感量及半导体的一些参数（如 β ）。

万用表由表头、测量电路及转换开关三个主要部分组成。其外形如图 1-18 所示。

① 指针式万用表使用注意事项。

- 在测电流、电压时，不能带电换量程。
- 选择量程时，要先选大的，后选小的，尽量使被测值接近量程。
- 测电阻时，不能带电测量。因为测量电阻时，万用表由内部电池供电，如果带电测量则相当于接入一个额外的电源，可能损坏表头。
- 用毕，应使转换开关在交流电压最大挡位或空挡上。
- 注意在欧姆表改换量程时，需要进行欧姆调零，无需机械调零。

② 数字万用表使用方法。

- 使用前，应认真阅读有关的使用说明书，熟悉刀盘、按钮、插孔的作用。
- 将刀盘拨离 OFF 位置即为开机。
- 基本测量：根据需要拨到相应位置，交直流电压的测量：表笔插入相应的插孔。
- 其他功能的测量温度，二极管筛选，温度，频率，占空比，快速脉冲，dB，逻辑分析，示波，趋势绘图，谐波分析，通断性，电导率，电容的测量均可以实现。

③ 数字万用表使用注意事项。

- 电流插孔是为了测量电流用的，不用的时候禁止使用本插孔，否则万用表可能被烧毁。
- 数字万用表量程是自动量程，如果想使用规定量程，请按量程选择键。
- 当插错插孔时，万用表有报警。使用趋势绘图、示波、逻辑分析、谐波分析等功能时，请查看量程选择和刀盘位置。



图 1-18 万用表

(2) 摇表

摇表又称兆欧表，是用来测量被测设备的绝缘电阻和高值电阻的仪表，它由一个手摇发电机、表头和三个接线柱（即 L：线路端、E：接地端、G：屏蔽端）组成。其外形如图 1-19 所示。

① 选用原则：

- 额定电压等级的选择。一般情况下，额定电压在 500V 以下的设备，应选用 500V 或 1000V 的摇表；额定电压在 500V 以上的设备，选用 1000~2500V 的摇表。
- 电阻量程范围的选择。摇表的表盘刻度线上有两个小黑点，小黑点之间的区域为准确测量区域。所以在选表时应使被测设备的绝缘电阻值在准确测量区域内。

② 使用方法：