

 无人机应用技术系列教材

无人机组装与维护

李发致 钟仲钢 黄海 叶秋林 编



高等教育出版社



无人机应用技术系列教材

无人机组装与维护

李发致 钟仲钢 黄海 叶秋林 编

高等教育出版社·北京

内容简介

本书以无人机组装与维护作为主要线索,内容上侧重实操应用。全书首先以模型机为载体,比较详细地介绍了多旋翼无人机、无人直升机、固定翼无人机的组装及调试流程,可作为实际组装、调试无人机的参考;随后介绍了工业级无人机应用中关注的无人机选型及任务挂载选用的要素和基本建议,以及维护保养的基本知识,为开展无人机行业应用提供指导。

本书可作为全国职业院校无人机应用技术相关专业的教材,也可作为社会上无人机应用教育培训的教材。对于希望从事无人机应用领域的相关人员或无人机应用爱好者,本书也是一本较好的自学参考书。

图书在版编目(C I P)数据

无人机组装与维护/李发致等编.--北京:高等教育出版社,2019.5

ISBN 978-7-04-051676-0

I. ①无… II. ①李… III. ①无人驾驶飞机-组装-职业教育-教材②无人驾驶飞机-维修-职业教育-教材
IV. ①V279

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 062469 号

策划编辑	李文婷	责任编辑	李文婷	封面设计	张楠	版式设计	徐艳妮
插图绘制	于博	责任校对	胡美萍	责任印制	韩刚		

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	北京东君印刷有限公司		http://www.hepmall.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	7.5		
字 数	160 千字	版 次	2019 年 5 月第 1 版
购书热线	010-58581118	印 次	2019 年 5 月第 1 次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	16.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 51676-00

无人机组装与维护

李发致 钟仲钢

黄海 叶秋林

- 1 计算机访问<http://abook.hep.com.cn/1255924>, 或手机扫描二维码、下载并安装 Abook 应用。
- 2 注册并登录, 进入“我的课程”。
- 3 输入封底数字课程账号(20位密码, 刮开涂层可见), 或通过 Abook 应用扫描封底数字课程账号二维码, 完成课程绑定。
- 4 单击“进入课程”按钮, 开始本数字课程的学习。



无人机组装与维护

无人机组装与维护数字课程与纸质教材一体化设计, 紧密配合。数字课程资源涵盖多媒体课件等, 极大地丰富了知识的呈现形式, 拓展了教材内容。在提升课程教学效果的同时, 为学生学习提供思维与探索的空间

课程绑定后一年为数字课程使用有效期。受硬件限制, 部分内容无法在手机端显示, 请按提示通过计算机访问学习。

如有使用问题, 请发邮件至 abook@hep.com.cn。



扫描二维码
下载 Abook 应用

<http://abook.hep.com.cn/1255924>

无人机应用技术系列教材编写委员会

策 划：杨 力

执行策划：李延红

主 编：李发致 钟仲钢

编 委(按姓氏拼音排序)：

昂海松 陈劲松 黄跃华 金 伟 孔祥蕊 李发致

李 军 李延红 梁 洁 林 建 刘 洋 刘 永

缪克华 宁静新 钱季平 沈海军 宋作强 孙卫国

王 霞 吴 强 吴森堂 肖 勇 杨 力 杨培良

殷 华 张循利 郑海峰 钟仲钢 朱 亮 朱咏梅

邹 益

支持单位：

中国成人教育协会

上海中成协培训中心

中国航空运输协会通航分会

北京乾播科技有限公司

“十三五”时期是我国全面建成小康社会的决胜阶段,也是战略性新兴产业大有可为的战略机遇期。民用无人机制造业是近几年快速发展的新兴产业,在个人消费、农林植保、物流快递、地理测绘、环境监测、电力巡检、安全巡查、应急救援等众多行业正呈广泛应用之势,在国民经济和社会生活中发挥越来越重要的作用。2016年国务院发布了《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》,明确提出要大力开发市场需求大的工业级无人机。目前,我国消费级无人机发展迅速,已经成为引领全球发展水平的高科技产品之一,成为中国制造新名片,从而对我国的工业级无人机产业的崛起和快速发展起到了强大的推进作用。当然,作为一个新兴产业,民用无人机(尤其是工业级无人机)在快速发展的同时,也存在一些问题需要积极面对和解决,比如,缺乏系统的无人机研发和应用人才的职业教育培训、教育培养的质量和数量远远不能满足日益增长的行业需求、行业法规标准体系不完善、检测认证体系不健全等问题。

国务院关于《加快发展现代职业教育的决定》指出,加快发展现代职业教育,是深入实施科教兴国战略和人才强国战略的必然要求,是保就业、惠民生、打造经济升级版的重要举措,是让人人成为有用之才、共享人生出彩机会、创造更大人才红利的有效途径,对于全面建成小康社会、实现中华民族伟大复兴的中国梦具有重要意义。该决定还指出,行业部门和组织要制订与产业发展规划配套的人才同步培养计划,履行好推进校企合作、参与指导教育教学、开展质量评价等职责。

教育部相关司局在《职业教育与继续教育2018年工作要点》中指出,要面向中国教育现代化2035,细化落实职业教育提质升级攻坚战和“争先计划”的具体工作措施,围绕服务国家战略和区域经济社会发展需求,做好人才需求预测和专业设置管理工作,加强课程和教材建设。

我本人长期从事教育管理工作,对无人机这一新兴产业不很熟悉,但我对推广无人机应用教育培训这件事情很关注、很赞成,也很支持。党的十九大强调要加强我国在核心技术领域的竞争力,我觉得特别是在制造业的人才培养培训方面,我们确实有很多事情要做。

中国成人教育协会航空服务教育培训专业委员会(简称为航空服务专委会),近年来充分关注了无人机应用教育培训的发展,认为这是未来职业教育乃至成人继续教育的一个重要方向。航空服务专委会发挥平台优势,整合了当前国内外无人机应用领域教育和培训的资源,组织国内高校和无人机企业的相关专家,率先编写了无人机应用技术系列教材,具有

开创性的意义,为无人机应用教育培训工作在国内的普及和推广,做了一件实实在在的好事。编撰者准确把握住人才培养对于一个新兴产业的重要性,花大力气编撰这套教材,敢为人先,这种创新精神值得肯定。希望编撰者再接再厉,在实践中发现教材中的不足之处,继续用心修订完善,努力把这套教材打造成为精品,造福莘莘学子,为有志于学习无人机操作技术的年轻人和从业人员提供学习支持。也希望有更多的专家学者加入到这个队伍中来,为拓展无人机应用献计献策。

中国成人教育协会在这一领域应有更多更好的作为,应在推动无人机应用技术这一新型职业教育的同时,着力抓好这个领域的教师能力提升及培训教材建设,积极与有关部门、协会一起,做好面向从业人员和有意愿学习无人机应用技术的年轻人的技术培训工作。这不仅是对新型职业教育发展的促进,对当代成人继续教育的发展也有很重要的意义。因为职业教育和成人继续教育是相互贯通的,加强成人继续教育也是对发展职业教育的有力推动。

习近平总书记在十九大报告中对办好继续教育的意义和目标作了重要阐述。我们要以此为指导,以无人机应用教育培训作为重要抓手之一,做好协会的组织、服务和创新工作,努力促进我国无人机应用行业健康、快速和持续发展,为新时代成人继续教育的改革发展做出新贡献,续写新的多彩篇章。

郑树山

2018年5月

(序作者系中国成人教育协会会长)

无人机应用是什么？

有人说就是在公园或广场不时可以看到的无人机航拍；有人说那是消费级无人机，仅仅是在“玩”，谈不上“应用”，无人机应用起码应该是采用工业级无人机进行各种行业作业；有人说无人机应用就是农业植保、电力巡检、工程测绘等有限的应用而已；有人说未来无人机应用将遍布各行各业……众说纷纭，莫衷一是。细究之，这些看法都有一定道理，但也都有其片面性，因为回答“是什么”有时会过于表面化，顾此失彼。我们不妨稍换一个角度来看看无人机应用的价值何在，思考一下无人机应用意味着什么。

我们认为，当前的无人机应用至少包含几层意思：第一，无人机应用的重点已经从单纯的军用发展到民用，包括工业级和消费级应用，并且不断扩展应用的范围；第二，无人机应用已经进入商业化阶段，这明确了应用的市场现状；第三，无人机应用开启了从地球表面到立体空间合理利用的平民化时代，这明确了应用的广阔对象。应用的空间维度的拓展无疑具有革命性意义，它为我们展示了未来无人机应用的无限可能性。同时，无人机应用可以看作是未来人工智能应用的一扇新窗口，开辟出人工智能时代的广阔应用场景。

本书以无人机组装与维护作为主要线索，内容上侧重于实操应用，解决无人机及相关设备怎么选、怎么装、怎么用等问题。第1章介绍无人机组装与维护的常用工具与配件，有助于读者了解实操过程中所需工具的概况。第2至第4章以模型机为载体较详细地介绍了多旋翼无人机、无人直升机、固定翼无人机的组装调试过程，有助于读者掌握无人机的基本结构，并可作为实际组装调试无人机的参考。第5至第7章介绍了工业级无人机的选用、无人机任务载荷的选用，以及无人机维护保养的基本知识，为开展无人机行业应用提供了指导。

本书针对无人机应用职业教育培训，编写时遵循“有用、有理、有趣”三个基本原则。“有用”是说，全书内容以应用为主线，更加侧重“怎么做”，少问“为什么”，通过合理组织实训案例，把应用的工作流程和规范传授给学生；“有理”是说，理论学习有助于激发学生的创新精神，激活学生的创造力，少问“为什么”不等于不问“为什么”，我们要合理安排理论知识点，让学生掌握必要的工作思路和方法，把理论学习的“度”掌握在“够用”即可；“有趣”是说，要注重知识内容载体的多样化，不能只习惯于传统的纸质教材方式，要关注新生代的思维和学习方式，更加强调用各种

信息载体形式展示知识点,充分挖掘碎片化时间学习的潜力。

本书由李发致、钟仲钢共同确定编写大纲,由钟仲钢组织确定组装、调试流程,由黄海、叶秋林等收集提供各章节相关的素材,由李发致负责执笔编写并统稿。

本书在编写时,得到专家、同行的鼓励和支持,上海中航欣盛航空科技有限公司何小良、马宏、郭杨敦等在无人机设备的使用上提供了大量的支持,江南影视艺术职业学院何康义参与拍摄无人机组装过程的相关图片,中国航空运动协会航空模型飞行员考核高级代表、原中国航空模型直升机项目国家队教练杨培良对全书作了审校,在此谨致以最衷心的感谢!编写时还参考了大量国内外文献资料,在此也对原作者表示感谢!

我们看到了一个新时代的序幕正在拉开,并怀抱理想投身到这一时代潮流中来。在本书编写过程中,我们用“落笔惶尤窘,回思慨以慷。心耕无日夜,奋勉领新航”来激励自己,全力以赴。限于作者水平,书中不妥之处在所难免,恳请读者不吝指正。

作者

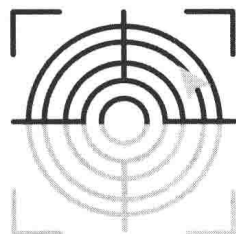
2018年11月8日

目 录

第1章 常用工具与配件	1
1.1 机械类常用工具	1
1.1.1 钳口工具	1
1.1.2 裁剪切割工具	3
1.1.3 紧固工具	4
1.1.4 量具	5
1.2 电工类常用工具	7
1.2.1 检测工具	7
1.2.2 焊接工具	8
1.3 专用工具	10
1.4 常用配件	12
复习题	14
第2章 多旋翼无人机的组装与调试	15
2.1 组装前的准备工作	15
2.1.1 多旋翼无人机构造概览	15
2.1.2 零部件清单	17
2.1.3 工具材料清单	19
2.2 组装流程	19
2.2.1 组件准备	19
2.2.2 机架主体安装	23
2.2.3 电子系统安装	24
2.3 调试	26
2.3.1 通电前检查	26
2.3.2 通电检查	27
2.3.3 试飞	27
复习题	27
第3章 无人直升机的组装与调试	28
3.1 组装前的准备工作	28
3.1.1 无人直升机构造概览	28
3.1.2 零部件清单	31
3.1.3 工具与配件清单	32
3.2 组装流程	32
3.2.1 机身组装	33

3.2.2 电子设备安装	42
3.3 调试	43
3.3.1 通电前检查	43
3.3.2 通电调试	44
3.3.3 试飞	45
复习题	46
第4章 固定翼无人机的组装与调试	47
4.1 组装前的准备工作	47
4.1.1 固定翼无人机构造概览	47
4.1.2 零部件清单	50
4.1.3 工具材料清单	51
4.2 组装流程	52
4.2.1 机架组装	52
4.2.2 电子设备安装	54
4.3 调试	61
复习题	62
第5章 工业级无人机的选用	63
5.1 工业级无人机概述	63
5.1.1 工业级无人机的兴起	63
5.1.2 工业级无人机的硬件制造	63
5.1.3 工业级无人机的特性要求	64
5.1.4 工业级无人机的价格状况	64
5.1.5 国内布局工业级无人机的企业状况	65
5.2 如何选择工业级无人机	65
5.2.1 无人机平台的选择	65
5.2.2 无人机的挑选建议	66
5.2.3 行业应用无人机选型建议	67
5.2.4 选型案例——植保多旋翼无人机	68
5.2.5 选型案例——固定翼无人机测绘系统	69
5.3 常见工业级无人机介绍	69
5.3.1 EWG-II型固定翼无人机	69
5.3.2 AF25B无人直升机	70
5.3.3 大疆经纬 M200系列多旋翼无人机	72
5.3.4 极飞 P系列植保无人机	74
复习题	76
第6章 无人机任务载荷的选用	77
6.1 无人机任务载荷概述	77
6.2 图像视频设备的选用	78
6.2.1 FPV摄像头	78

6.2.2 运动相机	79
6.2.3 摄影相机	79
6.2.4 专用航拍相机	79
6.2.5 电视摄像机	80
6.2.6 倾斜摄影相机	81
6.3 探测监测设备的选用	82
6.3.1 红外热像仪	82
6.3.2 紫外成像仪	83
6.3.3 合成孔径雷达	84
6.3.4 激光雷达	85
6.4 植保设备的选用	87
6.4.1 药箱	87
6.4.2 液泵与喷头	88
6.5 其他设备的选用	90
6.5.1 空中喊话与照明设备	90
6.5.2 无人机物流设备	91
复习题	92
第7章 无人机的维护保养	93
7.1 常规维护保养	93
7.1.1 日常维护保养	93
7.1.2 运输与存放注意事项	100
7.2 零配件与辅助设备	100
7.3 常见问题的分析处理	101
复习题	103
参考文献	104



第 1 章 常用工具与配件

1.1 机械类常用工具

在无人机的组装与维护保养过程中,我们通常会使用一些机械类工具,按照其功能与使用方式的不同,可归为钳口工具、裁剪切割工具、紧固工具及量具等。

1.1.1 钳口工具

钳口工具一般称为钳子,主要用于夹捏工件或导线,有些综合类钳子还带有刀口和侧口,兼有剪切功能。钳口工具一般带裸柄或绝缘柄,带绝缘柄的钳子耐压为 500 V 以下,电工应选用带绝缘柄的钳子,可以带电夹捏或剪切导线等。

1. 平嘴钳

平嘴钳,俗称老虎钳、钢丝钳、综合钳,是一种常用的钳口工具;它可以把坚硬的细钢丝夹断。平嘴钳的基本结构由钳头和钳柄组成,钳头包括钳口、齿口、刀口和侧口,如图 1.1 所示。钳口可用来夹持物件;齿口可用来夹持柱状物,夹持接触面大;刀口可用来剪切电线、铁丝,也可用来剖切软电线的橡皮或塑料绝缘层;绝缘套管(柄)使操作者可带电剪切电线(耐压 500 V)。

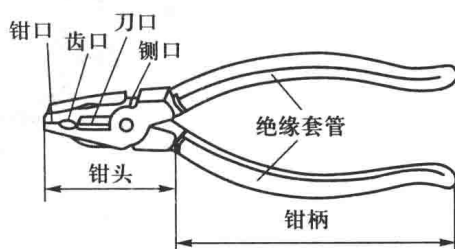
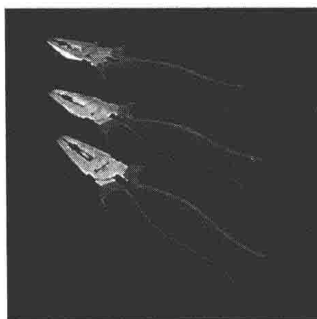
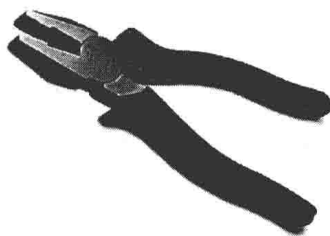


图 1.1 平嘴钳的基本结构

平嘴钳有带齿口和不带齿口两种,如图 1.2 所示,规格以全长表示,常用的规格有 160 mm、180 mm 和 200 mm 三种。



(a) 带齿口



(b) 不带齿口

图 1.2 平嘴钳示例

使用平嘴钳时应注意以下事项:

1) 使用钳子要量力而行,不可以超负荷使用。切忌在切不断的情况下扭动钳子,这样容易造成崩牙与损坏。对于钢丝、铁丝或者铜线,先用钳子留下咬痕,然后用钳口夹紧,轻轻地上抬或者下压就可将其掰断,不但省力,而且不会损坏钳子,可以有效地延长钳子的使用寿命。

2) 带电操作时应该注意选用带绝缘套管的钳子,以免操作者被电击伤。使用前应注意检查绝缘套管是否完好,损坏的绝缘套管可能失去绝缘作用。不可用钳子剪切双股带电电线,以避免引起短路。

3) 不可将钳子当锤使用,以免刀口错位、转动轴失圆,影响正常使用。

2. 尖嘴钳

尖嘴钳头部尖细,如图 1.3 所示,夹持较小螺钉、垫圈、导线等元器件比较方便,适合于在狭小的工作空间操作。带刀口的尖嘴钳还可以剪切线径较细的单股与多股线以及剥除导线塑料绝缘层。尖嘴钳还可以将单股导线弯成需要的各种形状,便于在装接控制线路时使用。尖嘴钳的规格以全长表示,常用的规格有 125 mm、140 mm、160 mm、180 mm 和 200 mm 五种。



图 1.3 尖嘴钳示例

使用尖嘴钳时应注意以下事项:

1) 不允许用尖嘴钳装卸螺母、夹持较粗的硬金属导线及其他硬物。

2) 绝缘手柄破损后严禁带电操作。

3) 尖嘴钳头部是经过淬火处理的,不能在锡锅或高温条件下使用。

3. 圆嘴钳

圆嘴钳的钳头呈圆锥形,如图 1.4 所示,适宜于将金属薄片及金属丝弯成圆形,是仪器仪表、电信工程、电信器材以及家电装配、维修行业中常用的工具。圆嘴钳规格以全长表示,有 125 mm、140 mm、160 mm、180 mm、200 mm 五种规格。

4. 镊子

镊子虽然不属于钳口工具,但是作为夹持类工具,是对钳子某些功能的补充,如图 1.5 所示。



图 1.4 圆嘴钳示例

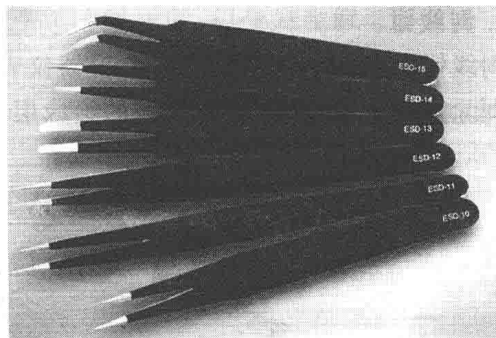


图 1.5 镊子示例

镊子可以夹捏钳子无法夹捏的细小精密物件、电子元件、导线及集成电路引脚等，是电子、小型电器维修中的常用工具。一般常用的有直头、平头、弯头镊子等。

1.1.2 裁剪切割工具

1. 偏口钳

偏口钳又称为斜口钳，如图 1.6 所示，主要用于剪切导线及元器件多余的引线，还常用来代替一般剪刀剪切绝缘套管、尼龙扎线卡及扎带等。

在剪切导线，尤其剪掉焊接点上网绕导线后多余的线头和印制电路板安放插件后过长的引线时，选用偏口钳这一工具效果最好。偏口钳还常用来代替一般剪刀剪切绝缘套管、尼龙扎线卡等。钳身长 160 mm 且带塑胶绝缘柄的偏口钳最为常用。

2. 电工刀

电工刀是电工常用的一种切削工具，如图 1.7 所示。普通的电工刀由刀片、刀把、刀挂等构成。不用时，将刀片收缩到刀把内。

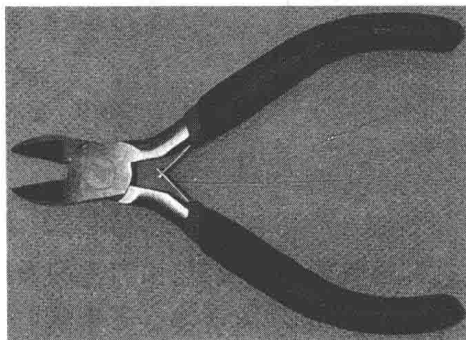


图 1.6 偏口钳示例

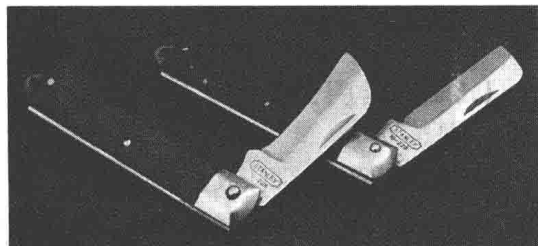


图 1.7 电工刀示例

导线接头之前应把导线上的绝缘层剥除。在剥除双芯护套线的外部绝缘层时，可以用刀刃对准两芯线的中间部位，把导线一剖为二。用电工刀剥除电线绝缘层时，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，因为这样容易割伤电线线芯。

电工刀没有绝缘保护，禁止带电作业。应避免使用电工刀切割坚硬的材料，以保护刀口。刀口用钝后，可用油石将其磨削锋利。如果刀刃部分损坏严重，可用砂轮磨削，

但须防止退火。

3. 剥线钳

剥线钳是内线电工、电机修理、仪器仪表电工常用的工具之一,如图 1.8 所示。它适宜于剥除橡胶绝缘电线、电缆芯线的绝缘层。

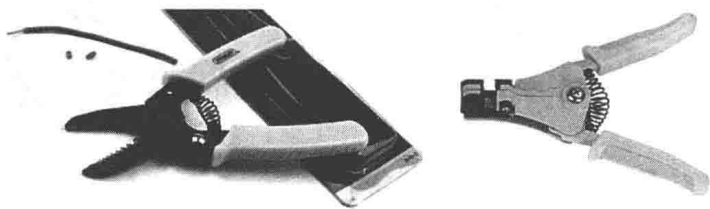
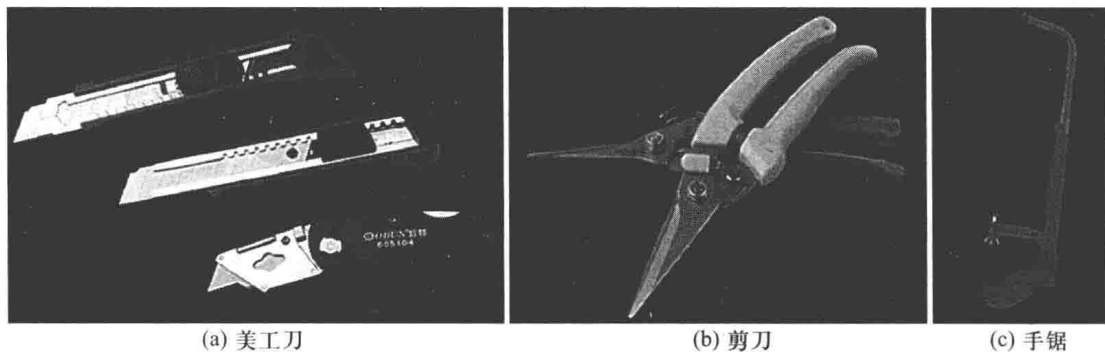


图 1.8 剥线钳示例

剥线钳的使用方法是:将带绝缘层的线头置于钳头的刀口中,用手捏住钳柄,然后松开,绝缘层便与芯线脱开。

4. 其他常见的裁剪切割工具

此外,在操作过程中还会用到一些常见的裁剪切割工具,如图 1.9 所示的美工刀、剪刀、手锯等。这些工具大家在日常生活中也经常使用,在此不作赘述。



(a) 美工刀

(b) 剪刀

(c) 手锯

图 1.9 其他常见的裁剪切割工具

1.1.3 紧固工具

1. 螺丝刀

螺丝刀又称螺丝批、改锥、起子,是一种紧固或拆卸螺钉的专用工具,由刀头和手柄组成,通常有一字形和十字形两种,如图 1.10 所示,分别用于旋动头部为一字槽或十字槽的螺钉。

一字槽螺丝刀常用的规格有全长 50 mm、100 mm、150 mm 和 200 mm 等,必备的是 50 mm 和 150 mm。十字槽螺丝刀常用的规格有 4 种,Ⅰ号适用于直径为 2~2.5 mm 的螺钉,Ⅱ号适用于直径为 3~5 mm 的螺钉,Ⅲ号适用于直径为 6~8 mm 的螺钉,Ⅳ号适用于直径为 10~12 mm 的螺钉。

一般螺钉的螺纹是正螺纹,顺时针为拧入,逆时针为拧出。使用螺丝刀时,手紧握手柄,用力顶住,使刀紧压在螺钉上。

螺丝刀头部厚度应与螺钉尾部槽形相配合,使头部正好卡入螺母上的槽,否则易损

伤螺钉槽。

在带电场合作业时,螺丝刀的金属杆上要套上绝缘管,以免发生触电事故。

2. 扳手

活络扳手又称活扳手,是一种拧紧或旋松有角螺丝钉或螺母的工具,由动扳唇、扳口、定扳唇、蜗轮、手柄和轴销组成,如图 1.11 所示。电工常用的有全长 200 mm、250 mm、300 mm 三种,使用时应根据螺母的大小选配。



图 1.10 螺丝刀示例

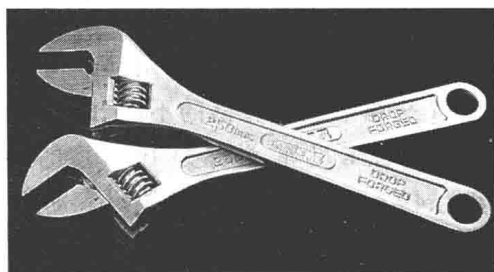
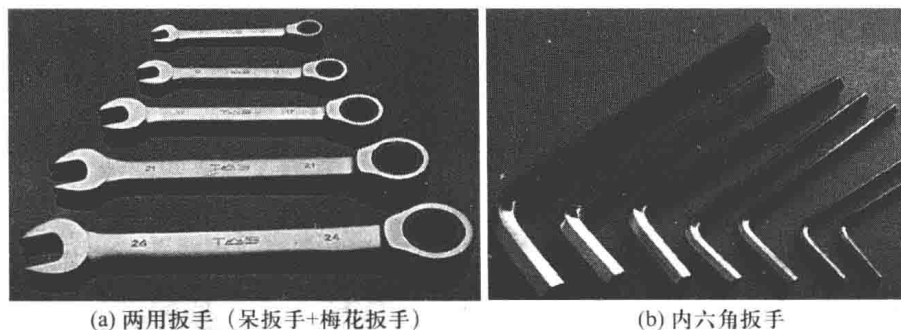


图 1.11 活扳手示例

使用活扳手时,使活扳手紧紧卡住螺母,不可太松,否则会损坏螺母外缘。扳拧较大螺母时,手应握在近手柄尾处,扳动起来比较省力。另外,活扳手不可反用,动扳唇不可作为重力点使用,以免损坏动扳唇。也不可用钢管接长柄来施加较大的扳拧力矩,更不得把活扳手当撬杠和锤子使用。

图 1.12 所示的呆扳手(也称开口扳手)、梅花扳手和内六角扳手也很常用。呆扳手和梅花扳手是根据螺钉头、螺母的标准尺寸制作而成的,用于拆装六角螺母或螺栓;内六角扳手用于装拆内六角螺钉,常用于某些机电产品的拆装。



(a) 两用扳手(呆扳手+梅花扳手)

(b) 内六角扳手

图 1.12 两用扳手与内六角扳手

图 1.13 所示的扭力扳手又称力矩扳手、扭矩扳手、扭矩可调扳手,在拧转螺栓或螺母时,能显示出所施加的扭矩;或者当施加的扭矩达到规定值后,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安装、拆卸。

1.1.4 量具

1. 游标卡尺

游标卡尺是一种测量长度,内、外径,深度的量具,如图 1.14 所示。游标卡尺由主尺