

高校无人机应用技术专业新形态系列教材（总主编：何先定 刘建超 李屹东）

# 无人机

## 维护与维修

（活页式）

主 编 王 旭 冯成龙 李志异  
副主编 邓建军 范宇航



活页式



课件



校企合作

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

---

图书在版编目 ( C I P ) 数据

无人机维护与维修 / 王旭, 冯成龙, 李志异主编  
· 一成都: 西南交通大学出版社, 2022.9  
ISBN 978-7-5643-8893-5

I. ①无… II. ①王… ②冯… ③李… III. ①无人驾  
驶飞机 - 维修 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①V279

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2022) 第 158746 号

---

Wurenji Wei hu yu Weixiu

无人机维护与维修

主编 王旭 冯成龙 李志异

---

责任编辑 何明飞

封面设计 吴兵

---

出版发行 西南交通大学出版社  
(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号  
西南交通大学创新大厦 21 楼)

邮政编码 610031

发行部电话 028-87600564 028-87600533

网址 <http://www.xnjdcbs.com>

印刷 四川玖艺呈现印刷有限公司

---

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印张 10.75

字数 247 千

版次 2022 年 9 月第 1 版

印次 2022 年 9 月第 1 次

定价 38.00 元

书号 ISBN 978-7-5643-8893-5

课件咨询电话: 028-81435775

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

# 高校无人机应用技术专业新形态系列教材

## 编写委员会

### 主任委员

刘建超 国家教学名师 成都航空职业技术学院

### 副主任委员

何敏 云影系列无人机总设计师 成都飞机工业(集团)有限责任公司  
李屹东 翼龙系列无人机总设计师 中航(成都)无人机系统股份有限公司  
李中华 国家英雄试飞员 中国人民解放军空军指挥学院  
冯文全 北京航空航天大学  
任斌 成都纵横自动化技术股份有限公司  
董秀军 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室  
张秦罡 自然资源部第三航测遥感院

### 总主编

何先定 刘建超 李屹东

### 执行编委(按拼音排序)

陈世江	重庆电子工程职业学院	江启峰	西华大学航空航天学院
李乐	国网乐山供电公司	李兴红	成都理工大学工程技术学院
刘清杰	四川航天职业技术学院	卢孟常	贵州航天职业技术学院
王福成	黑龙江八一农垦大学	王晋誉	上海民航职业技术学院
王利光	成都纵横大鹏无人机科技有限公司	王永虎	重庆交通大学
魏永峭	兰州理工大学	吴道明	重庆航天职业技术学院
许云飞	成都航空职业技术学院	徐绍麟	云南林业职业技术学院
查勇	天府新区通用航空职业学院	周军	厦门大学

### 委员(按拼音排序)

陈宗杰	成都航空职业技术学院	戴升鑫	成都航空职业技术学院
邓建军	成都航空职业技术学院	段治强	成都航空职业技术学院
范宇航	成都航空职业技术学院	房梦旭	成都航空职业技术学院
冯成龙	成都航空职业技术学院	付鹏	成都纵横大鹏无人机科技有限公司
何达	成都航空职业技术学院	何国忠	四川航天中天动力装备有限责任公司
何云华	成都工业学院	胡浩	天府新区航空旅游职业学院
姜舟	成都航空职业技术学院	蒋云帆	西华大学航空航天学院

李 恒	成都航空职业技术学院	李林峰	成都纵横大鹏无人机科技有限公司
李 艳	成都航空职业技术学院	李宜康	成都航空职业技术学院
李懿珂	成都纵横大鹏无人机科技有限公司	李志鹏	中航（成都）无人机系统股份有限公司
李志异	成都航空职业技术学院	廖开俊	中国人民解放军空军第一航空学院
刘 驰	四川航天中天动力装备有限责任公司	刘 奔	成都纵横大鹏无人机科技有限公司
刘佳嘉	中国民用航空飞行学院	刘 健	山西机电职业技术学院
刘 静	重庆科创职业学院	刘明鑫	成都航空职业技术学院
刘 霞	重庆航天职业技术学院	马云峰	成都纵横大鹏无人机科技有限公司
梅 丹	中国人民解放军海军工程大学	牟如强	成都理工大学工程技术学院
潘率诚	西华大学	屈仁飞	成都西南交大研究院有限公司
瞿胡敏	四川傲势科技有限公司	任 勇	重庆电子工程职业学院
沈 挺	重庆交通大学	宋 勇	四川航天中天动力装备有限责任公司
唐 斌	成都航空职业技术学院	田 园	成都航空职业技术学院
王 聪	成都航空职业技术学院	王国汁	中航（成都）无人机系统股份有限公司
王 进	成都纵横大鹏无人机科技有限公司	王朋飞	西安航空职业技术学院
王 强	成都航空职业技术学院	王泉川	中国民用航空飞行学院
王思源	成都航空职业技术学院	王文敬	中国民用航空飞行学院
王 旭	成都航空职业技术学院	王 洵	成都航空职业技术学院
魏春晓	成都航空职业技术学院	吴 可	重庆交通大学
吴 爽	中航（成都）无人机系统股份有限公司	谢燕梅	成都航空职业技术学院
邢海涛	云南林业职业技术学院	熊 斌	西南大学
徐风磊	中国人民解放军海军工程大学	许开冲	成都纵横自动化技术股份有限公司
闫俊岭	重庆科创职业学院	严向峰	成都航空职业技术学院
杨 芳	成都航空职业技术学院	杨谨源	中航教育科技（天津）有限公司
杨 琴	成都理工大学工程技术学院	杨 锐	成都纵横自动化技术股份有限公司
杨少艳	成都航空职业技术学院	杨 雄	重庆航天职业技术学院
杨 雪	成都航空职业技术学院	姚慧敏	成都航空职业技术学院
尹子栋	成都航空职业技术学院	游 奎	成都纵横大鹏无人机科技有限公司
张 捷	贵州交通技师学院	张 梅	成都农业科技职业学院
张 松	四川零坐标勘察设计有限公司	张惟斌	西华大学
张 伟	成都纵横大鹏无人机科技有限公司	赵 军	重庆电子工程职业学院
郑才国	成都理工大学工程技术学院	周 彬	重庆电子工程职业学院
周佳欣	成都航空职业技术学院	周仁建	成都航空职业技术学院
邹晓东	中航（成都）无人机系统股份有限公司		



# 前言

PREFACE

《无人机维护与维修》是专门为无人机应用技术专业开发的配套教材。本书采用模块化的组织形式，以“翼龙”等大中型固定翼无人机为载体，完成对无人机基本维护作风、安全规范、基本维修技能、典型零部件的维修维护与机体结构件的修理等内容的讲解。通过对本书的学习，读者能够了解无人机机务维护作风，掌握基本的维修技能，能够完成基本的航线维护与无人机放飞。

本书共分为3个模块，模块1主要介绍无人机机务维护的基本规范，包括相关的机务维护作风、外场安全基本知识及劳动保护相关要求等；模块2主要介绍无人机机务维护的基本技能，包括基本工量具的使用、航空连接件与保险、典型部件的拆装等；模块3主要介绍无人机结构修理的相关基础知识，包括无人机结构基本特点、结构修理的基本原则、典型结构损伤形式与相关修理技术等。

本书模块1由李志异编写；模块2由王旭编写；模块3由冯成龙、邓建军和范宇航共同编写。由于本书编写时间仓促、作者水平有限，书中还有很多疏漏与不足，请各位专家批评指正。

编者

2022年6月



# 目录

## CONTENTS

<b>模块 1</b>	<b>无人机机务维护的基本规范</b>	<b>001</b>
任务 1	航空机务保障和机务维护作风	002
子任务 1	无人机机务维护作风的含义与意义	004
子任务 2	无人机机务安全操作规范的基本要求	008
任务 2	无人机机务外场消防安全基本知识 with 劳动保护基本措施	019
子任务 1	无人机机务外场消防安全基本知识	020
子任务 2	无人机机务外场劳动保护基本措施	027
<b>模块 2</b>	<b>无人机机务维护的基本技能</b>	<b>030</b>
任务 1	掌握机务维护基本技能	031
子任务 1	掌握常用工、量具和地面设备的使用	032
子任务 2	认识无人机机件的连接与保险	060
子任务 3	无人机软硬管路施工的基本方法	079
任务 2	掌握无人机主要零部件的维护方法	087
子任务 1	掌握无人机典型零部件的拆装流程与方法	088
子任务 2	掌握无人机操纵系统的检查维护流程与方法	100
<b>模块 3</b>	<b>无人机的结构修理</b>	<b>117</b>
任务 1	无人机结构修理方案基础知识	118
子任务 1	无人机结构受力特点	119
子任务 2	无人机结构修理三大准则	131
子任务 3	无人机结构修理方案制订	137
任务 2	无人机结构损伤的基本形式及结构修理技术	139
子任务 1	无人机结构损伤的基本形式及检测	140
子任务 2	铆接修理技术	144
子任务 3	胶接修理技术	146
任务 3	无人机铝合金结构修理	149
<b>参考文献</b>		<b>164</b>







## 模块 1 无人机机务维护的基本规范

航空机务维修保障工作是航空装备的技术使用、日常维护和维修管理等工作的总称。航空机务维修保障的目的是保持、恢复和改善航空装备技术的可靠性，使最大数量的航空装备经常处于良好和随时可用状态，保证飞行器有最短的反应时间、最大的出动强度和持续的工作能力，并确保飞行安全。

### 知识目标

1. 掌握无人机机务维护作风的基本概念。
2. 掌握无人机机务维护作风的意义及特点。
3. 掌握无人机机务维修安全操作规范的要求及特点。

### 技能目标

1. 养成良好的机务维护和维修作风。
2. 遵守机务维护和维修安全操作规定。

## 任务 1 航空机务保障和机务维护作风

---

航空机务保障是航空器技术装备的技术使用、航前航后维护和航空修理等各项工作的总称。航空机务保障的目的是保持、恢复和改善技术装备的可靠性，使最大数量的装备经常处于良好和随时可用状态，保证飞行器有最短的反应时间、最大的出动强度和持续的工作能力，并确保飞行安全。

航空机务保障是以航空机务人员为主体，以飞机、直升机、无人机等技术装备为保障对象，通过一定的保障模式和技术手段，使航空技术装备的工作状态达到最佳。因此，航空机务保障的职能是通过经常性的、大量的、精心细致的检查、测试、调整、维护保养等工作，有效预防故障，及时发现和排除故障，保证飞行安全。

航空机务保障直接决定了航空技术装备的完好状态和可用程度，它是航空器完成作战、训练任务的先决条件和技术基础。现代技术装备采用了很多新技术、新材料；飞机、直升机、无人机结构复杂，维修保障难度大；机载设备技术密集，自动化、智能化程度高。这些都决定了高技术装备必须要有高技术手段作为保障。因此，随着飞行器的高技术化，世界各国空军都非常重视和加强航空机务保障的建设，以适应高技术局部战争的需要。

航空技术装备的维修质量，直接影响航空技术装备的使用效能。只有航空机务保障做到优质，才能保证装备工作正常可靠，它是飞行安全的根本条件；只有航空机务保障做到高效，才能保证航空器的反应速度，平时可以完成飞行训练任务，战时可以突然出击，快速机动。

航空机务保障工作的基本原则：积极主动、全力保障；平战结合、常备不懈；精心维修、预防为主；尊重科学、按章办事；严密组织、严格管理；艰苦奋斗、勤俭节约。

### 1. 积极主动，全力保障

组织实施航空机务保障工作，必须从保障任务完成的全局出发，以保证飞机的最高完好率、最短反应时间和最大出动强度为目的，积极维修，主动配合，为任务顺利完成贡献一切力量。要不断地提高维修技术水平和各种复杂困难条件下的保障能力，不怕牺牲、不怕疲劳、连续作业、全力以赴，千方百计地完成保障任务。

### 2. 平战结合，常备不懈

航空机务保障工作必须着眼战时需要，把平时工作与战时的保障要求结合起来，保持经常的战斗准备状态。要从未来战争的保障特点出发，改革保障模式，改进保障设备，储备必要的器材，研究制定不同情况下的保障预案，并定期组织演练和技术训练，提高快速反应能力、机动能力、夜间作业能力、战伤抢修能力和持续战斗能力。一旦进入任务状态，航空机务保障能迅速适应任务需要，并保证有最大数量的飞机迅速投入任务。

### 3. 精心维修，预防为主

从事航空机务保障工作，要有高度的责任心和一丝不苟的态度，并在工作中坚持“以人为本，科学维修”的思想。要教育机务人员充分认识飞机“空中使用”的特点，专心致志地完成航空技术装备的检查、测试和各项维修工作，真正做到精益求精，切实防止和消除人为差错。要严肃对待故障，认真研究故障发生和发展的规律，并采取积极有效的措施，预防事故的发生。

### 4. 尊重科学，按章办事

航空技术装备是多种科学技术的综合成果。航空机务保障工作必须尊重装备本身的科学技术原理及其使用规律，严格遵守规章制度，切实贯彻技术文件。机务人员要认真学习科学技术，自觉遵守维修法规，切实掌握技术标准，如实反映工作中发现的情况和问题。加强科学维修理论的研究，树立科学态度，防止违背科学和违反规章制度的现象出现。

### 5. 严密组织，严格管理

航空机务部门要针对保障工作内容多、专业分工细、时间要求紧、协作要求高的情况，切实加强组织指挥和协调管理。为此，各项工作都要统筹安排，周密计划，保证各项工作顺利实施。严格各类人员的岗位责任制，把发挥群众的积极性与科学的组织管理结合起来；将按章办事、控制维修质量与改进技术、运用现代化管理手段结合起来，不断提高航空机务保障能力。

### 6. 艰苦奋斗，勤俭节约

组织实施航空机务保障必须发扬艰苦奋斗的优良传统，贯彻勤俭办事的方针，力争以最少的人力、物力消耗，发挥装备的最大效能，并不断改进维修保障的方法，提高效益。要大力开展技术革新，节约器材、能源，杜绝浪费。要合理控制维修经费的使用，保证取得应有的经济效果。

航空机务工作的这6条原则，是根据航空机务工作的性质和任务，运用现代管理科学的基本观点，在总结航空机务保障经验的基础上，分析航空机务保障规律而概括出来的。这6条原则是相互关联、不可分割的整体，正确理解和掌握这些原则，对指导航空机务保障的各项工作有着重要的意义。

机务维护作风是在航空机务维修领域，广大的机务人员经过几代人的努力，总结出各方面的经验教训，逐渐形成航空机务行业的维护作风，即“实事求是、认真负责、严格要求、遵章守纪、迅速准确、细致周到、团结协作、刻苦耐劳”的32字准则。

一个机务工作者在维护工作当中的表现就是他的维护作风，这由他对维护工作的态度来决定。态度决定一切，细节决定成败，维护作风在机务维修工作中，对提高维修质量，确保飞行安全发挥着重要作用。

## 子任务 1 无人机机务维护作风的含义与意义

### 知识点 1 机务维护作风的含义

“作”是人的动作和行为。“风”是风格、风俗、传统和习惯。作风就是人们观察事物，对待工作和生活的一贯态度和行为表现，是人们在长期的生活和工作中自觉或不自觉、自愿或被强制地养成的思维方式和行为习惯。在生产过程中，具有劳动能力和生产经验的人是生产活动的主体。人具有无限的想象力、创造力，同时人的行为又是生产活动中最不安定、最难规范的因素。

影响人的行为有以下三个要素：

- (1) 思想意识，是产生行为并维持行为达到目标的原动力。
- (2) 知识和技能，是推动行为达到目标的基础。
- (3) 作风，是维持行为圆满达到目标的保证。

上述三因素是决定人的综合素质的三要素。作风与人的综合素质和工作质量之间关系密切。

“实事求是，认真负责”体现了机务人员高度的责任感。实事求是，客观存在的事实；求是，以科学严谨的态度去探索；认真负责，在探索的过程中，严肃对待，决不敷衍，对自己所做的工作负责。航空维修的可靠性要求高，技术性强，机务人员的任何疏忽，都可能危及飞行安全。

“严格要求、遵章守纪”体现了机务人员的工作效率。严格要求，对人严，对己严，加强纪律性，严格按技术、工作标准，保质保量地完成任务；遵章守纪，要按规章、行业标准和各项规定办事，遵守规章制度和劳动纪律，一切按规定办事。机务工作者要树立质量与效率的统一观。技能不到家，想快也快不起来，往往顾此失彼；操作不准确，出了差错、疏漏，乃至造成人为故障，“欲速则不达”。

“准确迅速，细致周到”这是对维修活动操作过程的要求。准确，才能降低维修差错率；迅速，才能保证航班的正点率；细致，才能发现故障；周到，才能将维修过程做到尽善尽美。

“团结协作、刻苦耐劳”体现了机务人员的互助协作精神。机务工作必须牢固树立群体意识，同各类保障部门积极主动地搞好团结协作，才能高效、高质量地完成机务保障任务。航空机务工作繁重复杂，要求极其严格，环境条件比较艰苦，劳动强度大，有着其特殊的难处和苦处。广大机务人员披星戴月到机场保证飞行，加班加点排故，有时一天工作十几个小时。夏天，在炎热地区，机务人员要顶着四五十摄氏度的酷暑，在滚烫的蒙皮上，在蒸笼般的机舱里，在停车后灼人的喷管中，在高温的水泥道面上工作。他们的胶鞋烤变了形，脸晒脱了皮，口鼻蒸得出了血，干劲却丝毫不减。在我国三北地区的严寒季节，机务人员要冒着零下几十摄氏度的低温工作，许多同志的手脚冻僵了，脸耳冻伤了，都毫不畏惧，仍兢兢业业地奋战在保障第一线。“刻苦耐劳”是机务人员崇高的思想品德的体现，也是每个人成才不可缺少的品质。什么叫“苦”，

什么叫“乐”？怎样对待苦和乐，说到底是一个人生观、世界观的问题。在马克思主义伦理学看来，苦与乐总是同一定的社会实践和人生追求相联系的。人生观不同，对苦与乐的看法也不一样。在为社会主义、共产主义而奋斗的战士看来，如果个人吃苦是同多数人的幸福相联系，那么这种“苦”就是通向幸福的必由之路，是“苦在其始，乐在其终”，就是苦得有价值。

## 知识点 2 如何培养良好的作风

### 1. 维修差错概念

在航空维修活动中，维修人员受到内在、外在因素的影响，发生偏离维修目的、要求的行为偏差，导致秩序、状态的异常，装备损坏或人员伤亡的后果，称为维修差错。维修差错是人为差错的一种，凡是作业人员违犯系统的客观要求，做出错误行为而可能引起不良后果的差错都是人为差错，如“丢、错、漏、损”等。在航空维修领域，维修对象本身就是精密复杂的仪器设备，维修系统由多个要素组成，要求有严格的技术条件约束，如果这些要素不兼备，或作业人员操作不当，就会产生差错。如使用规程和程序不完备，操作者按照错误的规定和程序进行操作，肯定会出现差错。又如，在拆装机轮时，由于技术不熟练，少装了刹车片，属于人为故障，这些都是维修差错。如果在维修中，发现起落架缓冲支柱有裂纹或损伤，属于自然故障，是机件质量或其他外来因素的作用引起的，而不是维修差错。

维修差错按照导致后果的严重程度分为三个等级：重大维修差错、较大维修差错和一般维修差错。重大维修差错是指导致飞行事故或严重地面事故后果的差错，如造成人员重伤或死亡、飞机严重损伤等；较大维修差错是指因机务责任造成了一般地面事故和机械原因飞行事故征候，如造成人员受伤离职治疗 15 天以上、损坏设备价值 5 000 元人民币以上、危及飞行安全但未构成事故的危险现象；一般维修差错是指除重大、较大维修差错外的一切维修差错，如丢失工具、技术资料，超时限使用，返工，误工等。

### 2. 产生维修差错的原因

飞机维修是人-机-环境结合的产物，维修差错的产生，一般包括人的因素、装备因素和环境因素。

#### 1) 人的因素

在航空维修活动中，有很多维修差错是由人的因素造成的。人的因素是指机务人员本身的生理、心理、技术素质和维护作风等因素。

人的生理因素包括体力、智力和听觉、嗅觉、视觉、触觉等方面。人体有 300 种以上的生物节律，如 23 天一个体力周期，28 天一个情绪周期及 33 天一个智力周期。当人们处于生物节律的“低谷期”时，容易疲劳，做事拖拉，反应迟钝，听觉、嗅觉、视觉、触觉的灵敏度降低，出现看错、听错、触摸不准的现象。当处于“临界期”时，身体的各种状态都处于过渡状态，往往会感到力不从心、气力衰退、工作能力下降等，出现精力不集中、动作不协调、丢三拉四的现象，会导致“错、忘、漏”等人为差错。

人的疲劳程度具有一定的规律性，人在每周的不同时间内疲劳程度有很大的差异。若将重要且易出现差错的工作避开疲劳期，就会防止或减少维修差错。

人的心理因素包括理想、情绪、气质、性格、能力、动机等内容。心理活动是复杂多变的，心理品质和心理状态直接影响着人的感知、判断和动作。积极的情绪能够减轻疲劳，增强力量，可能做到一些平常做不到的事情；消极的情绪容易疲劳，降低工作热情，转移兴趣，使知觉变得迟钝，判断不准确，失误机会增多，增大发生维修差错的可能性。因此，加强心理训练，形成积极的心理定势，可以有效地减少维修差错。

技术素质和维护作风是做好维修工作的根本，如果机务人员缺乏飞机维修的基本知识、基本理论、基本技能以及对规章制度的了解，就不能胜任维修工作。

## 2) 装备的因素

装备的因素是指装备本身存在缺陷以及工具、设备存在的问题。它主要分为维修性因素、安全性因素和维修手段等因素。

装备的可维修性是维修工作的基本条件，也是产生维修差错的重要原因。如果装备零部件的互换性不好，设备布局设计不合理，交叉作业多，就会使维修作业的难度增加，机务人员容易产生疲劳；如果装备缺乏必要的防差错设计，维修中易发生差错的部位较多，则出现差错的可能性会大大增加。

装备的安全性是保证维修人员作业时的安全和各种装备不受损坏的条件。任何一个装备，由于结构和布局形式及工作原理等，本身不可避免地存在着某种潜在的危险因素，在某种激励源的影响下，这种潜在的因素将发展成为实际的危险。如在给飞机进行重力加油时，要求将加油枪紧贴在加油口边缘，同时不允许给飞机通电、充氧或加温。如果不按要求去做，产生静电火花，后果将不堪设想。

维修手段是维修作业的必要条件，也是导致维修差错的不可忽视的因素。如常用工具设备不良，用于检测、监控、调整等方面的工具设备不正常或故障，不能正确反映维修对象的信息，在维修中不能正确体现人的意图等，都容易导致差错发生。

## 3) 环境的因素

维修作业环境与人的生理、心理状态密切相关，环境因素往往通过对维修人员生理、心理的作用而影响维修工作的效率和质量。维修作业环境主要包括周围环境的温度、湿度、照明、噪声和空气等。

人们在高温、高湿条件下工作，容易疲劳，工作能力降低，差错增多。气温过低容易造成人们动作不良、反应迟钝、注意力涣散等，这时人们往往急于赶时间，抢进度，极易出现漏项和错误动作。照明不良会使人的视觉出现问题，做出错误的判断和行为。噪声能使人获得的听觉信息含糊不清，心神不定，妨碍思维，感到疲倦，容易出现错、忘、漏、丢等现象。自然环境的变化，雷雨风沙的作用，同样会使飞机故障概率增加，直接影响装备的正常工作，如果检查、预防工作没有及时跟上，会导致问题的发生。

## 3. 如何培养良好的作风

在航空维修工作中，只要抓住主要矛盾，认真防范，采取必要的预防措施，是可

以最大限度地减少维修差错。

#### 1) 树立良好的维护作风

树立良好的维护作风是做好维修工作，保障飞行安全的重要保证。机务人员必须注意维护作风的养成，严格按维护规程、条例、规章制度办事，做到“三个负责、三想、四到、四个针对、五化、五严”，认真负责，准确细致，决不能粗心大意，盲目蛮干。工作中要虚心好学，不懂就问，不能不懂装懂。特别是工作中出了差错，出了问题，不管是自己，还是他人，都不能掩饰和隐瞒，要及时如实地向上级汇报。只要每一个机务工作者都能认真对待工作，时刻把安全放在第一位，严格按规定的内容和程序进行维修，差错是可以避免的。

#### 2) 加强维修基本技术的训练

维修基本技术是我们做好维修工作的基本能力，包括维修基本知识、基本原理和基本技能。机务人员的专业训练则以“三个基本”为重点，以“外场维修工作需要”为目的，按机种分专业进行培训，打牢上岗任职的技术基础。每一个机务人员认真学习，熟知所维护飞机、发动机的性能、构造、原理和维修规则，掌握飞机维修技能和操作方法，在实际维修工作中，就可以减少维修差错。

#### 3) 坚持维修作业卡片制度

维修作业卡片制度是新时期航空机务保障模式的重点内容之一，其基本规定如下：凡进行发动机地面试车等危险作业，进行重要机件、设备拆装调试，落实技术通报，进行飞机定检工作都应当使用维修作业操作卡片。这一制度实行以后，维修差错下降了90%，这表明坚持维修作业操作卡片制度，可以有效地控制和大幅度减少维修差错。

#### 4) 学会自我调节，保持旺盛的工作精力

健康的生理、心理素质和体力是做好维修工作的基础，也是减少维修差错的有力措施。每一个机务人员都要重视生理、心理、体力和环境对人的影响，注意调节心理素质 and 生理节奏，加强体能锻炼，科学合理地安排各项工作，自始至终保持旺盛的工作精力、稳定的思想情绪，确保维修工作中不出差错。



## 子任务 2 无人机机务安全操作规范的基本要求

### 知识点 1 着装规范

整体要求：工作衣与工作裤应配套穿着，工作服应勤洗勤换，保持整洁。

衣领规范：工作服上衣衣领应整齐下折，不得竖起。

拉链规范：工作服上衣拉链下拉不能超过上衣衣兜上翻边上缘。

衣袖规范：工作服衣袖应自然放下，不可折起、卷起。

里衣不露出：当穿多件衣服时，里面衣服的袖边不应长于工作服的袖边，里面衣服的下摆不应长于工作服的下摆。

裤边要求：工作裤左右裤边拉链必须保持同一状态，不得将裤边挽起。

工作鞋规范：应穿工作鞋或黑色、硬鞋顶、胶底的等效鞋子，工作鞋或等效鞋子鞋带应系绑整齐。

通行证佩戴规范：通行证应佩戴在胸前，工作时可装入工作服证件兜，正面向前，通行证辨认不清时应及时更换。

临时通行证夹挂规范：实习生、临时通行人员的临时通行证统一夹挂在上衣左胸前衣兜上。

插扣式反光背心：穿上反光背心后，左右插扣均应扣上，不得只扣一个或不扣。

### 知识点 2 基本安全常识

#### 1. 进入无人机驾驶操控台的规定

(1) 必须检查所有操纵手柄、控制开关应在规定位置（通常在关闭位置）。

(2) 不得随意扳动与工作无关的手柄和开关，尤其是涂有红色标记的手柄和开关更不能随意扳动。

(3) 当操纵飞机各动翼面或试验起动系统时，必须通知地面人员，并有专人负责方可进行。

#### 2. 无人机维修作业的规定

(1) 采取措施防止多余物落入或遗留在飞机内部。

① 上飞机工作要着制式工作服，工作前要检查衣服纽扣的缀钉是否牢靠；进入进气道要着专用工作服。

② 在发动机舱上部工作前，要关闭放气带并铺上垫布，工具应拴绳子，以防保险丝、开口销、垫片和工具掉入发动机舱和压气机内部。

③ 进入进气道检查压气机后，应复查进气道，防止工具、物品遗忘在进气道内。

④ 从飞机上拆下发动机后，应用堵盖、塞垫或罩布将压气机进气口盖严。



(2) 拆卸分解与安装组合时, 应按照维护规程或操作卡片规定的程序、方法和注意事项进行操作。对容易装错的接头、导管、电缆插头、导线, 拆开前和分解时要做好明显的安装、定位标记, 复杂部位应有对接图案或标签。

(3) 拆开的管口、插头、插座应包扎或装上堵盖、堵头进行防护。

(4) 及时清除由于维修操作而带来的金属屑、残余物、积油、尘土等。

(5) 更换机件、设备时, 所安装机件、设备的型号(图号、件号)应与换下的完全一致, 按规定可互换的机件、设备除外。

(6) 机件、设备安装好后, 或故障排除以后, 必须按质量检验规定进行检验。凡需进行通电、加压、收放、试车等试验的必须做试验, 并特别注意系统联动协调性与一致性的检查。

(7) 工作中需要拆动非本人维护的机件、设备时, 必须通知该机件、设备的维护人员进行拆卸、安装和检验。

(8) 拆动了影响某一系统性能的机件、设备, 或进行了影响某一系统性能的维修工作之后, 应当检查该系统的性能及联动部分的工作情况。

(9) 每一项维修工作应当由专人自始至终完成, 不得将尚未完成的工作转交别人, 也不得停止尚未完成的工作去做另一项维修工作。

(10) 正确使用工(量、夹)具和擦洗用具, 并按规定方法操作。在拆装、擦洗、润滑等维修工作中不得损伤飞机蒙皮及其保护层; 不使腐蚀性液体接触座舱有机玻璃、密封胶带及胶套等部件上; 不在航空装备上造成划伤、磨损、毛刺、缺口等。

### 3. 给无人机加添燃油、润滑油、特种液体的规定

(1) 加添前必须确实判明牌号符合规定, 化验单上有机务干部“准予加添”的签署, 油枪和加油设备清洁完好。特种液体的容器上有明显的识别标志。加添燃料时, 加油设备(油车)、飞机的接地线应可靠接地。

(2) 重力加添燃料时, 油枪要紧贴加油口边缘, 同时不允许给飞机通电、充氧或加温。还应遵守规定的各油箱的加油顺序, 并采取措施防止雨雪、尘土和其他杂物落入油箱。压力加添燃料时, 按照规程的规定接通飞机的有关用电设备, 并遵守有关安全规定。

(3) 飞行实施过程中加添燃料时, 每名加油人员都要明确各油箱的加添量, 准确地按飞行任务规定的油量加添。加完燃料后, 飞机机械师应进行加添量的复查, 并填写飞机放飞单。

(4) 在加添过程中, 如果发现燃料、润滑油内有杂物或其他不符合规定的情况, 要立即停止加添, 并报告现场的机务干部和机务总值班员, 查明原因, 进行处理。

(5) 每次加完油盖油箱盖之前, 要检查加油口接合面不得有杂物, 油箱盖密封胶圈应完好, 不得有老化、裂纹现象。盖油箱盖时要放平油滤, 把油箱盖卡块卡入槽内安装到位, 并确保卡好拧紧。

### 4. 防止静电起火的规定

(1) 发动机起动或试车后, 还没冷却时不允许用汽油、煤油擦洗。用汽油、煤油

擦洗过的发动机，一定要等汽油、煤油挥发完后才能试验点火或起动发动机。

(2) 用汽油、煤油擦洗飞机，要在露天进行，保证通风良好，飞机接地线必须可靠接地，并多备抹布轮流使用。经剧烈摩擦过的抹布放入汽油中清洗前，要先对地放电。

(3) 用绸布或毛刷擦洗机件时，动作要柔和、缓慢，防止剧烈摩擦。此项工作禁止使用化学纤维抹布。

(4) 用汽油、煤油清洗机件时，通风应良好，容器接地要可靠，机件应放在油中慢慢清洗。在机库、厂房、工作间及其他房间内不准用汽油、煤油清洗抹布。

(5) 无人机维修作业中，禁止使用容易产生和积聚静电的塑料容器（桶、壶、盆）盛装汽油、煤油。

## 5. 地面气瓶的使用规定

(1) 使用各种气瓶之前，应按照国家《气瓶安全监察规定》中规定的气瓶漆色认真检查识别，确实判明其属性后方能使用。对有怀疑的，超过试压期的，标志不符合规定的，开关不良的，壳体损伤（裂纹、深腐蚀、变形）的，头部歪斜、松动、损伤或漏气的气瓶，禁止使用。

(2) 气瓶的放置应当符合下列要求：

① 不得靠近热源和酸碱等腐蚀性物质。

② 夏季不受日光曝晒。

③ 不使气瓶跌落或受到撞击。

④ 氧气瓶不得与氢气或其他可燃气体气瓶放置在同一房间。氧气瓶和可燃气体气瓶离明火的距离不得小于 10 m。

(3) 从车上卸下气瓶，必须轻抬、轻放。各种气瓶没有装橡皮圈时不得在地上滚动。

(4) 必须保持各种气瓶的清洁，尤其是氧气瓶和氢气瓶的瓶嘴周围不得有油类、尘土等杂质。

(5) 瓶内气体不能用尽，必须留有剩余压力，防止其他气体混入气瓶。

(6) 严格遵守交接气瓶的规章制度。

## 知识点 3 用电安全规定

### 1. 用电安全常识

(1) 熟悉电气设备特性及使用要求，严格按安全操作规程操作。

(2) 电源和设备必须有良好的接地，并且火线、零线连接正确。

(3) 使用符合容量要求的电缆、插头、插座。

(4) 插头、插座接触良好，导线要有良好的绝缘，绝缘破损的裸露导线必须更换。

(5) 在合电闸之前，应检查全部电器的开关均在关断位，才能合闸。

(6) 当衣服、手、鞋是湿的时候，不要接触电源，以防触电。

## 2. 飞机电子、电气设备维修安全规则

(1) 维修电子、电气设备时，必须遵守下列规定。

① 所有导线、电缆、防波套、搭铁线、负极线外观完好，固定牢靠，防止摩擦，导线头的标记要正确、清晰。

② 更换任何一段导线时，其性能要与换下的导线相同，截面积要与原来的相同或稍大。

③ 各种插销、插孔和其他电接触部位，都要保持清洁和接触良好。

④ 易受液体侵蚀和易受摩擦的导线、电缆，应对其进行防护、固定，靠近高温部位的导线，应用专门的耐高温导线，不得任意更改。

⑤ 导线的焊接要牢固，接头表面应光滑洁净，夹接应使用牢固的夹线钳，连接在接线柱上的导线头，必须有接线片且焊接牢固。

(2) 维修飞机电子、电气设备时禁止下列操作。

① 安装不符合规定的保险熔丝和自动保险电门。

② 用导线和金属丝代替保险熔丝。

③ 在有易燃气体的隔舱内焊接。

④ 在通电的线路中进行拆装工作。

⑤ 在无人机上留有裸露的导线头（接地线除外）。

⑥ 使用酸性焊剂焊接导线。

⑦ 电动机在通电状态擦洗整流子或更换碳刷。

⑧ 吹洗仪表管时，所有相关仪表都必须事先与管路脱开，吹洗用的压缩空气应该清洁干燥，压力不得超过维护手册的规定。

⑨ 拆装仪表时，要遵守操作规程，在运转中的陀螺仪表要锁定或停止转动后，才能进行拆除。

⑩ 拆下的电子、电气设备，要妥善放置，防止撞击和振动，并保持清洁。禁止在不合规定的场地分解电子设备。

## 3. 飞机通电安全

(1) 通电及在插上或拔下电源前，应通知有关工作人员检查电源开关是否在关闭位，并接好搭地线。

(2) 通电时应使用地面电源，并检查电源电压应在规定范围内。必须使用机载蓄电池时，只允许短间接入小功率的用电设备。

(3) 通电前应熟知通电的操作程序和注意事项，严格按照规定数据进行测试。

(4) 无人机加、放燃油和拆装燃油系统附件及吹洗发动机、铺设钢索、电缆、进行喷漆或其他需要易燃液体、气体工作时禁止通电。

(5) 气象雷达打开时，飞机前 300 ft (91 m, 视雷达信号而定)，应无人员、车辆及建筑物等，并在无人机前放置雷达通电警示牌，且雷达俯仰角度不得低于 0°，以免烧坏接收机。

(6) 电动配平有故障时，自动驾驶仪 (AP) 禁止通电。

(7) 飞机上禁止使用绝缘不良的电气设备。

(8) 有关电子、电器设备不能通电时,应及时挂上禁止通电的标牌和拔出断路器,必要时装卡环保险。

(9) 襟翼系统通电时,襟翼下应无人员和障碍物。

#### 4. 安全操作流程

(1) 无人机电气机件拆卸前的准备。

① 弄清机件的连接特点及相邻机件的关系。

② 明确安全措施。例如,拆卸燃油、润滑油、液压、冷气、供水系统的附件和导管前,检查相关开关是否关闭,液体是否放出,压力是否释放,避免拆卸时出现漏油、漏气;在拆卸与电气设备有关的机件前,应检查电源是否断开等。

③ 准备好工具、器材和设备,并做好登记,放置整齐。

④ 工作场所准备。在各设备舱、发动机舱、驾驶舱、客舱和各种舱口内拆卸机件前,应在拆卸机件下方铺好垫布,防止零件或保险丝、开口销等物品掉入舱内。

(2) 无人机电气机件的拆卸顺序。

① 做好标记。拆卸前,要做好标记,以便工作完成后恢复安装。尤其是拆卸不能互换的机件或操纵机构的可调部分时,做好标记显得尤为重要。

② 拆除保险。在拆卸螺母之前,应先将螺母上的保险丝或开口销全部取下后,再进行拆卸。

③ 按顺序进行拆卸:先拆转动点,再拆连接点,后拆固定点;先拆外面的连接点,后拆里面的连接点;先拆小的连接点,后拆大的连接点;先拆低处的连接点,后拆高处的连接点;拆最后一个连接点或固定点时,应扶好机件,防止机件掉下损坏或伤人。

④ 机件的连接处全部拆开后,即可取下机件。取出时,应设法避开障碍。当连接点或机件拆不下来时,不得强行拆卸,要查明原因,以免损坏机件。

(3) 无人机电气机件拆卸后的工作。

① 拆下的机件应及时清洗、检查,并妥善保管。对不能互换的螺母、螺栓、螺钉、垫圈或较小的零件,装入做好标记的专用小盒或小袋内,或串起挂在原来的部位上,以防损坏或遗失。

② 对拆开的导管接头或机件的外露孔洞,应用堵塞或堵盖堵好,或用干净的抹布、塑料布、油纸包扎好,防止灰尘或杂物进入,禁止将布或纸塞入导管内部。对可调部分,不得随意变动。

③ 清点工具、器材、设备,并摆放整齐。如有丢失,应及时报告,并认真查找。

(4) 无人机电气机件的安装顺序。

① 安装机件时,为保持正确的位置和连接关系,必须按工厂的标记或拆卸时所做的标记进行装配。

② 安装的顺序,一般按拆卸的相反顺序进行,即先拆的后装,先上后下,先里后外,先大后小,先固定点后活动点。

③ 穿螺杆的方向,一般应遵守从上向下、从里向外、从前向后的原则。拧紧螺钉、螺母时,应按规定力矩并对称交叉拧紧,使之受力均匀。

④ 安装与电气设备有关的机件或零件时，应保证其绝缘性，防止漏电。

⑤ 打好保险，防止连接处松动。

(5) 无人机电气机件安装后的工作。

① 工作结束后，应将机件表面上的油迹和地面上的杂物清理干净。

② 进行全面检查，防止装错、漏装和损伤，复查各连接处的保险是否正确、牢靠。

③ 清点工具、设备、器材。如发生丢失，应及时报告，并组织查找，否则不得进行下一步工作（如密封试验、性能检查等），最后关好各个舱口盖。

④ 需要进行密封试验和内部各种性能检查的机件和系统，应按规定进行。

⑤ 及时填写技术文件。

(6) 无人机电气机件拆装的质量要求。

机件或附件拆装后，必须经过质量检验，才能确保其工作正常可靠。质量检查从以下几方面来进行。

① 各机件、附件的安装或连接点的固定螺钉、螺母和螺栓等，应按规定力矩拧紧，紧度合适，没有轴向和径向间隙。

② 装配间隙和工作间隙符合规定，误差应在规定范围以内，确保被装机件工作正常。

③ 轴承和操纵传动杆，以及活动连接点应传（转）动灵活、无卡滞现象。

④ 密封试验无渗漏，各种性能检查符合要求。在试验检查性能时，外部的运动状态和工作性能参数均应符合规定和要求。

⑤ 各连接处的保险完好。

## 知识点 4 危险化学品安全使用

国际航空运输协会把在运输、装卸或储存保管过程中容易造成人身伤害和财产损毁而需要特别防护的物品均列为危险化学品。危险化学品一般具有易燃易爆、有毒或有污染、有腐蚀性或氧化性、放射性等性质。

航空器维修中经常会接触各种危险化学品，溶剂类如丁酮、油漆及稀释剂、退漆剂、环氧树脂溶剂、聚酯树脂溶剂、风挡玻璃清洗剂及航空器清洗剂等；油类如燃油、液压油、发动机润滑油、汽油等；酸碱液类如电解液、铅酸电瓶的酸液、阿洛丁等；其他类如玻璃纤维、碳纤维、氟利昂、泰氟隆、水银等。

在工作中要正确识别和安全使用危险化学品，必要时须查询危险化学品安全技术说明书（MSDS）。MSDS 是材料生产厂家向使用人员提供的危险品信息，其内容包括材料的成分、对健康的影响、紧急救护措施、安全注意事项、劳动保护等。

### 1. 危险化学品的识别

按照《化学品分类和危险性公示 通则》（GB 13690—2009）的规定，常见的危险化学品按其危险特性分为理化危险、健康危险和环境危险三大类。

理化危险包括易燃易爆物质、氧化性物质和金属腐蚀剂等，健康危险包括毒性、致癌性、对皮肤、眼睛、呼吸道等人体器官产生腐蚀、损伤、刺激或过敏等。

图 1.1.1 所示是几种危险化学品的识别标识。



图 1.1.1 几种危险化学品的识别标识

## 2. 易燃性材料的安全防护

易燃性材料包括易燃气体、液体和固体等，维修工作中比较常接触的是易燃液体。根据国标定义，易燃液体是指闭杯实验闪点不高于  $60^{\circ}\text{C}$  或开杯闪点不高于  $65.6^{\circ}\text{C}$  的液体或液体混合物，闪点是衡量易燃液体火灾危险性的一个重要参数，闪点越低，危险性越大。

在现场使用的易燃材料，只能存放在合格的、不渗漏的有盖容器内，除有专门规定外，不得使用易燃材料的混合液。使用易燃材料应远离明火、火花、电器开关及其他火源。使用易燃材料的房间或区域严禁吸烟，并使用防爆电气设备，维修人员不得穿着化学纤维的衣服和使用化纤材料的抹布，不得携带打火机等火种。

使用易燃性材料的场所，应有良好的通风设施，维修人员应根据化学品安全技术说明书的规定做好个人防护措施。接触易燃材料如引起不良反应，应立即脱去被污染的衣服，受影响的人员要转移到有新鲜空气的环境中或立即请医生治疗，被污染的地板和设备应用水冲洗干净。

## 3. 常见油液的安全防护

航空器维修要使用液压油、润滑油、燃油以及各种油漆和密封胶等，其中一些油液对身体有害，使用中要特别注意安全防护。

### 1) 液压油

民用航空器上通常使用三种液压油：植物基液压油（蓝油，如 MIL-H-7644）、矿物基液压油（红油，如 MIL-H-5606，用于起落架减振支柱）、磷酸酯基液压油（紫油，

如 SKYDROL-LD-4，用于现代航空器液压系统）。

液压油有较强的腐蚀性，特别是磷酸酯基液压油。维修液压系统时维修人员必须穿戴专用工作服及手套、护目镜、口罩等，操作间必须保持良好的通风。如果皮肤或眼睛接触了液压油应立即使用淋浴器和冲眼器彻底冲洗，必要时请医生处置。

### 2) 润滑剂

航空器使用的润滑剂分为三类：润滑油、润滑脂和固体（气体）润滑剂。润滑剂种类繁多，常见的有黄油（MIL-G-23827，通用油脂用于各轴承的润滑）、绿油（BMS3-33）、粉红色油（DC-33，用于门滑梯等）、黑油（11MS，用于小车架）。此外，还有各种系列的润滑油、复合油脂和喷剂，如美孚 28、二硫化钼等。

加注润滑油与更换润滑油系统部件时，必须小心操作不能让润滑油长时间接触皮肤，加注润滑油时要戴橡胶手套。航空器进行润滑时，经常配套使用各种清洗剂、防咬剂和防腐剂等，这些化学品多数有强的腐蚀性和毒性，如防咬剂、防腐剂 BMS3-27（Mastinox 6856K），使用时必须进行安全防护，避免直接接触。如果皮肤或眼睛接触了以上有强腐蚀性和毒性的清洗剂、防咬剂和防腐剂，应立即使用清水彻底冲洗，必要时请医生处置。

### 3) 燃油

常用的航空燃油有航空汽油和航空煤油两大类，活塞发动机使用航空汽油，燃气涡轮发动机使用航空煤油。航空燃油具有挥发性、可燃性、腐蚀性。航空燃油有一定的含铅量，长时间接触对皮肤和脑部有损伤。

维修人员应避免在燃油蒸气浓度高的环境中工作，在进行燃油箱的维修工作时必须穿防静电工作服，工作前放掉身上静电，不应戴手表、戒指，携带打火机等。如果燃油蒸气进入眼睛应立即用大量清水冲洗，严重者应送医院救治。如果维修人员被燃油喷中、衣服被燃油浸湿，应撤离到安全地带，脱下衣服用水冲洗身体。如果维修人员身体被引燃，应立即用毯子、大衣或其他被服包裹全身或立即在地面上打滚，将火苗扑灭。更换燃油系统部件时，必须小心操作不能让燃油长时间接触皮肤，要戴橡胶手套。

## 4. 其他化学品的安全防护

维修人员在进行维修工作过程中会接触各种化学品，在机械施工中会接触到防咬剂、除锈剂、防腐剂；在结构修理中会接触到密封胶、阿罗丁；在复合材料修理中会接触到树脂、纤维、黏合剂；在航电维护中会接触到乙醇、电接头清洁剂等；在喷漆、电镀、热处理等特种作业中会接触到油漆、电解液、电镀液等。接触以上各种化学品时应戴防护手套和防护眼镜，工作场所（工作间）必须有通风设施以避免上述物质的雾气聚集。维修人员在工作过程中应避免直接接触水银，一旦接触水银必须彻底洗净手和衣服。在水银污染区工作，要有良好的通风，以避免吸入水银蒸气。所有在清除水银过程中用过的设备、工具，应用肥皂水、热水或蒸汽清洗。



## 知识点 5 发动机试车安全

### 1. 发动机危险区域及安全通道

发动机在地面启动和试车时，在航空器区域活动要遵守发动机安全区域要求。发动机启动和试车时的危险区域包括进气道危险区、排气危险区、噪声危险区。进气道危险区会将人和地面工具设备吸入发动机内；排气具有高速、高温、气体污染的特点，此危险区会对人和设备造成危害；在噪声危险区内长时间停留会对人的听力造成损害，在此短时工作应带上听力保护装备（如耳塞、耳罩等）。发动机的危险区域与发动机的推力有关，推力越大危险区域范围越大。一般在发动机启动前，维修人员应观察并确认滑行道周围的道面是清洁的，没有冰、雪、油污或其他外来物，不存在其他可预见的不安全因素，包括过往人员、车辆以及自身安全等。负责观察发动机运转情况的地面指挥人员必须熟知该型航空器发动机在地面运行时的危险区域。

发动机的安全通道是试车时接近发动机的通道，一般仅允许在地面慢车时从进、排气危险区以外的区域接近。当发动机使用反推力时，进气道危险区域加大，不允许以任何通道接近发动机，发动机危险区域如图 1.1.2 所示。

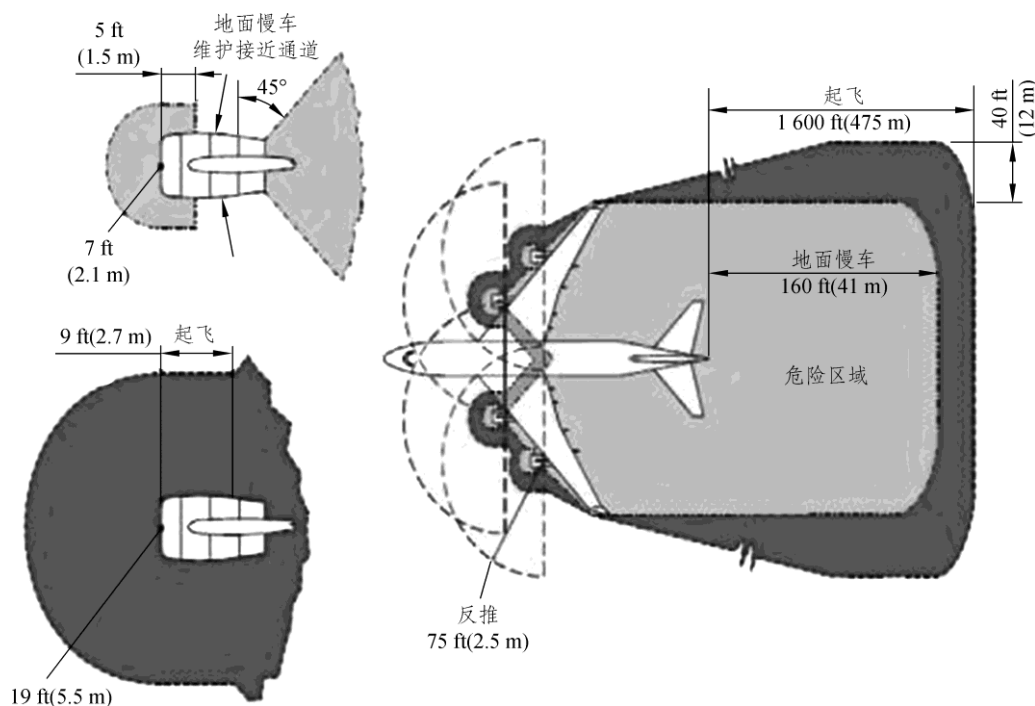


图 1.1.2 某型飞机的发动机试车时的危险区域

### 2. 地面试车安全

发动机的地面试车必须由持有维修人员执照、经过机型培训和试车培训并通过考试的授权人员进行。发动机试车时，航空器应迎风停放，打开航行灯和防撞灯，夜间试车还应打开机翼照明灯、发动机照明灯，并确保其处于良好工作状态。试车过程中，



与试车无关的人员不应进入驾驶舱，试车人员不应离开驾驶舱。只有在试车人员的指挥下，地面维修人员采取必要的安全措施后，才能按安全路线接近发动机，进行需要在发动机工作状态下才能开展的检查、测试和调节工作。发动机起动时，应按照该型航空器维修手册中规定的起动程序进行。试车过程中，试车人员应密切注意相关仪表指示、信号显示的变化及各种警告信息。当发现发动机温度接近规定的起动极限并有增加趋势，以及漏油、火警等不安全情况时，应立即停车，查明原因，予以排除后，才能再次起动发动机。发动机试车时，应关闭登机门，撤走登机工作梯。做好试车过程中各系统性能参数的记录。停车前，应按该型航空器维修手册中规定的程序进行冷车。停车后，若发现喷管内有大量的烟和明火，应立即冷起动将其吹灭。

出现下列情况时，不得起动发动机：

- (1) 用易燃液体清洗过发动机，在易燃液体未蒸发净之前；人员登机或装卸货物时。
- (2) 对维修情况不明，不能确定发动机及航空器各系统工作已完成，或发动机有故障，不能确定开车是否会对发动机造成损坏。
- (3) 当风速超过试车风速的限制。
- (4) 由于风沙、大雾等影响，能见度很低。

## 知识点 6 红色警告牌使用规范

红色警告标记是提醒维修人员工作时禁止扳动挂牌的电门、开关、手柄及使用挂牌的零部件、附件或设备，完成工作后应及时取下有关工具设备，恢复航空器状态，以免损坏航空器或危及维修人员人身安全。

### 1. 红色警告标记的分类

#### 1) 航空器使用的红色警告条带

航空器使用的红色警告条带规格为 40 mm×300 mm、80 mm×600 mm 或 100 mm×1 000 mm 的红色阻燃条带，标有“起飞前取下”的白色荧光中英文字样及航空公司标志，字体大小与条带规格相协调。

#### 2) 航空器使用的红色警告标牌

航空器使用的红色警告标牌规格最小为 50 mm×100 mm，标有“禁止操作”“禁止通电”或“缺件”等白色中英文警告字样（1 号黑体字），还应有必要的栏目，如姓名、部门、日期、理由等。

#### 3) 航空器保留故障项目红色警告标牌

航空器保留故障项目红色警告标牌规格宜为 60 mm×25 mm，材料为稍厚、易书写的不干胶纸，且易于粘贴，揭下时不遗留残留物，标牌为红底、黑框，其上用黑色字体标有“失效件名称”“保留故障单号”或“件号”等。

#### 4) 特殊情况下使用的红色警告标记

在不宜使用红色警告条带和红色警告标牌时，可使用规格为 50 mm 宽的红色条带警告标记，长度根据需要确定。也可使用原航空器制造厂配备的红色警告标记代替。

## 2. 红色警告标记的使用规则

(1) 航空器维修过程中，在下列情况时应使用红色警告条带和红色警告标牌，必要时应在标牌上配有简要文字说明：航空器的操纵面不能使用或没有连接好；安装或连接软管、管路、钢索、拉杆、导线等工作中断；使用堵头（盖）、校装销、安全销、夹板等；航空器外部舵面移动而影响内部人员安全；润滑油箱内无润滑油；其他需要使用处。

(2) 航空器维修过程中打开局部地板或地板检查口，有可能影响维修人员人身安全时，应使用特殊情况下使用的红色警告标记，将有关区域标识并隔离。

(3) 不应使用没有红色警告标记的校装销、堵头（盖）、安全销、夹板等。

(4) 红色警告标记应放置在航空器各部位明显易见的位置，通常挂在驾驶杆、操纵杆、开关、手柄上，也可直接固定在有关的堵头（盖）、销子等部件上。必要时，在相应的部件、零件上同时挂一个红色警告标记。当航空器部件安装不完整、缺件时，红色警告标记应固定在其安装区域。当航空器恢复正常或完成维修工作后，应及时取下红色警告标记。

(5) 航空器保留故障项目红色警告标牌应尽可能贴在最低设备清单（MEL）中指定位置或失效的控制开关、仪表附近。另外，还应将故障件的说明和“保留故障单号”附在飞行记录本内，供机组参考。故障排除后，应及时去除该保留故障项目红色警告标牌。

(6) 在两人（含）以上维修人员同时进行一项工作或一个系统不同工种同时进行时，应建立挂、取牌程序，落实挂牌人和取牌人的责任。

(7) 各类警告标记（条带）应保持完整、清洁、颜色鲜明。

(8) 航空器维修手册对红色警告标记（条带）的使用另有规定时，应按该手册的规定执行。

## 任务2 无人机机务外场消防安全基本知识 与劳动保护基本措施

---

无人机机务工作中会接触大量的燃油、滑油、液压油等易燃易爆的物质，稍有不慎便会引发火灾或者爆炸，轻则影响正常机务工作的开展，重则威胁生命、财产安全。因此，在开展具体的机务工作前很有必要了解各种危化品的性质、使用要求与安全规范，尽量避免事故的发生。除了各种油液等危化品之外，外场还面临噪声、粉尘、跌落、摔倒、碰撞等危险因素，在具体工作中还应做好相应的劳动保护措施。