

国防军工

军用无人机专题报告

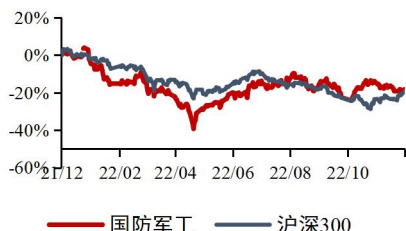
领先大市-A(维持)

锻造新城新质作战力量，内需外贸前景光明

2022年12月7日

行业研究/行业专题报告

国防军工板块近一年市场表现



数据来源：最闻

首选股票		评级
688297.SH	中无人机	增持-A
600760.SH	中航沈飞	买入-A
600893.SH	航发动力	增持-A
300593.SZ	新雷能	买入-A
600862.SH	中航高科	买入-A
002025.SZ	航天电器	增持-A

相关报告：

【山证国防军工】伊久姆方向（8.29-10.23）-俄乌战场态势定期更新（8月29日-10月23日） 2022.10.24

【山证国防军工】军队信息化核心系统，数字相控阵已成方向-国防军工行业深度：雷达电子行业专题报告 2022.10.20

分析师：

骆志伟

执业登记编码：S0760522050002

邮箱：luozhiwei@sxzq.com

李通

执业登记编码：S0760521110001

电话：010-83496308

邮箱：litong@sxzq.com

投资要点：

➢ 系统功能和战术运用不断增强，无人机逐步成为主战装备。20世纪60年代起步阶段，无人机多作为飞行炸弹和靶机使用。随着照相机等早期侦察设备拍摄质量的提高，无人机开始在军事侦察中得到广泛应用，战场上崭露头角。2001年阿富汗反恐战争中，无人机首次携带武器攻击地面目标，开启“察打一体”无人机潮流，之后的多次局部战争中，各类无人机被综合运用协同作战，从小规模应用的支援性配角成长为常态化运用的主力装备。我国无人机发展虽然起步晚，但发展较快，目前已达世界先进水平。

➢ 察打一体无人机已经成为当前空中作战力量的重要环节，基于“有人机/无人机编组技术”的“忠诚僚机”是无人机未来发展方向。无人机系统由众多分系统构成。动力装置是无人机的核心，也是我国无人机产业链相对薄弱的环节。任务载荷是为无人机完成特定任务所安装的设备组合，决定了无人机的应用价值，种类繁多，主要包括了成像侦察类载荷、电子战类载荷和武器弹药类载荷。通信数据链是无人机系统的“神经”，决定了无人机的控制距离。复合材料的应用对无人机结构轻量化、小型化和高性能化至关重要，无人机未来将向高隐身性发展，而隐身材料是实现隐身性能的关键。随着人工智能等技术的发展和运用，无人机将向中高烈度战争中与有人机协同作战甚至完全自主作战进化。

➢ 就全球的军事预算而言，各国无人机系统方面的预算将持续增长，中东地区国家是主要买家，在中东地区中国稳坐第一大供应商。随着越来越多的国家从近几年局部战争中吸取无人机参与作战的经验教训，无人机在全球范围内开始大规模扩散，尤其是作为全球“安全洼地”的中东和北非的阿拉伯国家，近几年已成为国际军用无人机市场上的主要买家。无人机强国美国和以色列由于国防法律法规和政治因素，严格限制了无人机系统向中东地区国家出售，物美价廉的中国无人机获得了中东国家的青睐，面对同样具备价格优势的土耳其和伊朗的竞争，中国无人机具有性能更高和供应链自主可控的优势，从而稳坐中东地区无人机第一大供应商。

➢ 军用无人机产业链下游整机企业处于产业链核心地位。军用无人机产业链上游是通用性强兼容性好的原材料、元器件、零部件和组件/部件/模块，集中度低，参与企业多，中游分系统虽然整体价值量大，但分系统众多，定制化程度高，需要按照下游整机企业的技术要求，完成相应配套，下游整机企业处于产业链核心地位，是牵引整个产业链发展的龙头。

➢ 重点公司关注：重点推荐中无人机、中航沈飞、航发动力、新雷能、中



航高科和航天电器。中无人机是大型固定翼长航时无人机领军企业，翼龙产品系列已达到国际先进水平，是我国军贸无人机的龙头产品。中航沈飞是我国重要战斗机的主要研制基地，目前我国空军和海军航空兵装备新增和换代需求迫切，随着我国航母舰队的不断建设，海军舰载航空兵将为公司带来持续的增量需求。航发动力是我国航空发动机产业的中流砥柱，主力型号已处于产量上升期，其中多款涡扇、涡桨以及涡喷发动机可用于无人机，填补了我国急需的无人机动力空白。新雷能在特种电源领域品类丰富，在新型重点型号导弹及雷达电子设备电源产品领域占比较高，随着相关总体类产品进入批量交付阶段，公司特种电源产品业绩将持续高速增长。中航高科聚焦碳纤维预浸料产品，处于碳纤维产业链核心枢纽环节，承担了多型航空新装备所需预浸料产品的研制、生产和供应，具有垄断优势，随着新型航空装备和导弹的大规模列装，公司航空复材业务进入高速成长期。航天电器主导产品是系统或整机电路中关键必备基础元器件，广泛用于航天、航空、电子、兵器等高新技术领域配套，公司将直接受益于我军新型导弹武器和航空装备的定型量产加速，以及全军实战化演练频次增加带来的消耗增多。

风险提示：无人机海外订单不及预期；国内列装不及预期；疫情不确定性对生产交付造成影响；新型号研发不及预期。

目录

1. 无人机发展史：系统功能和战术运用不断增强，逐步成为主战装备.....	9
1.1 起步阶段（20世纪初-60年代）：多作为飞行炸弹和靶机使用.....	9
1.2 实用阶段（20世纪60-80年代）：战场上崭露头角.....	9
1.3 发展阶段（20世纪90年代至今）：局部战争中全面应用，渐成主力装备.....	10
1.4 中国无人机的发展：起步晚，但目前已达世界先进水平.....	12
1.5 无人机系统组成及分类.....	13
2. 察打一体无人机：即察即打，把握稍纵即逝的战机.....	15
2.1 动力装置：无人机的“心脏”.....	17
2.2 任务载荷：扩展了无人机的应用价值.....	21
2.3 通信数据链：决定了无人机的控制距离.....	24
3. 忠诚僚机：有人机/无人机协同作战.....	27
4. 无人机载弹药：低成本精确打击是无人机载弹药发展的主题.....	32
5. 无人机机体材料：轻量化和隐身性是无人机核心需求.....	35
6. 无人靶机：战机升级促研发新一代高速、大机动性和高隐身性靶机.....	38
7. 国际市场格局：中东国家是主要买家，中国稳坐中东头号供应商.....	40
8. 军用无人机产业链及相关标的.....	47
9. 投资建议.....	51
9.1 中无人机.....	51
9.2 中航沈飞.....	51
9.3 航发动力.....	51
9.4 新雷能.....	52
9.5 中航高科.....	52
9.6 航天电器.....	53

10. 风险提示..... 54

图表目录

图 1: 二战末期德国 V-1 飞行炸弹..... 9

图 2: DH.82B“蜂后”号.....9

图 3: “火蜂”无人机..... 10

图 4: DC-130 运输机携带的“火蜂”无人机..... 10

图 5: 以色列“猛犬”无人机..... 10

图 6: 以色列“侦察兵”无人机..... 10

图 7: 美国 RQ-4“全球鹰”无人机..... 11

图 8: 挂载“海尔法”的 MQ-1“捕食者”无人机..... 11

图 9: 以色列赫尔墨斯 450 型无人机..... 11

图 10: 土耳其 TB-2 察打一体无人机.....11

图 11: “长空一号”(CK-1) 无人机..... 12

图 12: “长虹一号”(无侦-5) 无人机.....12

图 13: “长鹰”BZK-005 无人机..... 12

图 14: “翼龙”-2 无人机.....12

图 15: “无侦-8”无人侦察机..... 13

图 16: “攻击-11”无人机验证机..... 13

图 17: 无人机系统组成..... 13

图 18: 美国“扫描鹰”无人机及其发射架..... 14

图 19: 翼龙无人机系统的地面控制站..... 14

图 20: 无人机分类..... 14

图 21: 美军无人机构成.....	15
图 22: 活塞/涡轴/涡桨/涡扇/涡喷发动机实物图.....	18
图 23: 成像侦察载荷工作示意图.....	21
图 24: RQ-4 (全球鹰) 结构图.....	22
图 25: 土耳其安卡无人机 Sarper 合成孔径雷达.....	22
图 26: 转塔式光电吊舱.....	22
图 27: 电子战的划分和功能组成.....	23
图 28: L3Harris 公司的信号情报侦察吊舱 SOAR.....	23
图 29: MQ-4C 的电子支援载荷 (ESM)	23
图 30: MQ-9 配置的自卫吊舱 (SPP)	24
图 31: Hermes 900 的通信干扰系统 (SKYJAM)	24
图 32: 翼龙无人机地面控制站内部.....	24
图 33: MQ-1C 地面控制站外部.....	24
图 34: 无人机地空数据链覆盖图: 地面站、卫星、无人机.....	25
图 35: 无人机通信系统组成.....	26
图 36: C 波段无人机数据链系统.....	26
图 37: MQ-9“死神”通信链路配置.....	26
图 38: Ku 波段卫星通信数据链结构.....	27
图 39: MQ-9“死神”的卫星通信天线.....	27
图 40: 俄罗斯“猎户座”中型察打一体无人机.....	27
图 41: 无人机自主能力等级参考示意图.....	28
图 42: 无人机系统功能架构.....	28
图 43: F-35 与 QF-16 伴飞.....	28

图 44: “忠诚僚机”计划中的无人机.....	28
图 45: 歼-20 与 4 架 FH-97A 编组低空突防.....	29
图 46: 攻击-11 无人机与双座歼-20 编组飞行.....	29
图 47: MQ-28 更换机头示意图.....	29
图 48: 有人/无人协同组网技术 (IFDL/MADL)	29
图 49: Skyborg 概念图.....	30
图 50: 空战演变 (ACE) 项目.....	30
图 51: 美国 XQ-58A.....	30
图 52: 俄罗斯雷霆无人机.....	30
图 53: 澳大利亚 MQ-28A (原名 ATS)	31
图 54: 中国“飞鸿”FH-97A.....	31
图 55: 世界局部冲突中无人机空袭次数.....	32
图 56: “海尔法”反坦克导弹.....	32
图 57: “宝石路”II 制导炸弹.....	32
图 58: JAGM 导弹 (红外成像+半主动激光+毫米波)	33
图 59: SDB II 制导炸弹 (激光+非制冷红外+毫米波)	33
图 60: “短柄斧”Hatchet 小型制导弹药 (3.2kg)	33
图 61: “销钉”Spike 空地导弹 (2.5kg)	33
图 62: AGM-114R 地狱火采用 IBFS 多用途战斗部.....	34
图 63: LMM 导弹模块化设计的战斗部和导引头.....	34
图 64: Namrod.....	34
图 65: SDB II 内部结构 (加装双向数据链)	34
图 66: 采用全复合材料设计的“翼龙”-1E.....	35



图 67: “全球鹰”复合材料机翼（左）及翼尖结构.....	35
图 68: 复合材料在无人机应用的发展历程.....	36
图 69: X-47B 隐身无人机.....	37
图 70: 攻击-11 隐身无人机.....	37
图 71: 靶机的分类.....	38
图 72: BQM-74E.....	38
图 73: 俄罗斯 VM-V 直升机靶机.....	38
图 74: 5GAT 原型机.....	39
图 75: QF-16.....	39
图 76: 携带红外增强器的 BQM-167 靶机.....	39
图 77: MQM-107D 携带的 TRX 型雷达拖靶.....	39
图 78: 世界军用无人机市场规模（2023-2032）.....	40
图 79: 无人机在中东作战区域.....	40
图 80: 2010-2020 世界军用无人机市场占比（按订单统计）.....	41
图 81: 2011-2021 中东地区无人机供应商情况.....	41
图 82: 2011-2021 中国出口军用无人机型号.....	42
图 83: 全球察打一体无人机市占率.....	42
图 84: 2011-2021 土耳其出口军用无人机型号.....	43
图 85: TB-2 无人机系统组成.....	43
图 86: Baykar AKINCI A/B/C/X.....	43
图 87: TB-2 需要外购的关键部件.....	44
图 88: 2011-2021 伊朗出口军用无人机型号.....	45
图 89: 伊朗“见证者”-136.....	45

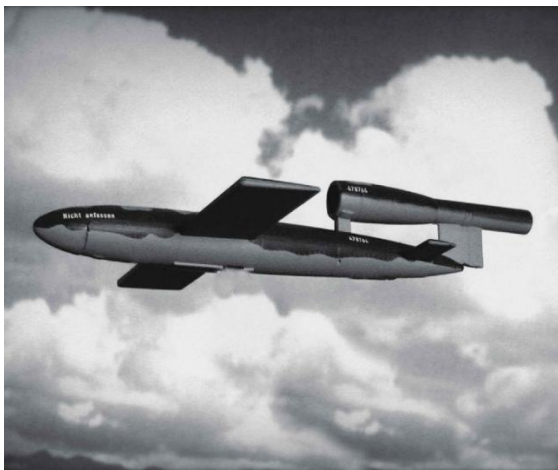
图 90: KUS-FS 中空长航时无人机.....	46
图 91: KUS-LW“忠诚僚机”概念模型.....	46
图 92: 军用无人机产业链.....	47
表 1: 全球主要察打一体无人机.....	16
表 2: 无人机各种动力装置类型特点.....	17
表 3: 不同类型的发动机所适用的无人机.....	19
表 4: 配置不同类型动力装置的无人机列表.....	19
表 5: 复合材料的优点.....	35
表 6: 部分无人机复合材料应用概况.....	36
表 7: 2011-2021 中国军用无人机出口数据（订单数据）.....	42
表 8: 2011-2021 土耳其军用无人机出口数据（订单数据）.....	44
表 9: 军用无人机产业相关上市公司梳理.....	47
表 10: 重点推荐公司盈利预测及估值.....	53

1. 无人机发展史：系统功能和战术运用不断增强，逐步成为主战装备

1.1 起步阶段（20 世纪初-60 年代）：多作为飞行炸弹和靶机使用

以陀螺仪为基础发明的自动驾驶仪的出现，拉开了无人机发展的序幕，1917 年斯佩里为美国海军研制的“空中鱼雷”完成首飞，同时期凯特灵为美国陆军研制成功了“凯特灵虫”飞行炸弹，第二次世界大战末期德国研制了类似于“凯特灵虫” 制导原理的 V-1 飞行炸弹。随着无线电技术的发展与应用，无人靶机迅速发展，1935 年英国 DH.82B “蜂后” 号的问世实现了无人机的回收，大大降低使用成本，为无人机的推广打下基础，二战末期到 20 世纪 60 年代，多国相继研制出多种靶机，一段时间内靶机成为无人机的代名词，这个时期无人靶机的发展也带动了遥控遥测技术、飞行控制与导航技术、小型发动机技术、发射与回收技术以及无人机专用设备等无人机关键技术的发展，为无人机未来的全面发展奠定了基础。

图 1：二战末期德国 V-1 飞行炸弹



资料来源：《无人机》，山西证券研究所

图 2：DH.82B “蜂后” 号



资料来源：宝安国防网，山西证券研究所

1.2 实用阶段（20 世纪 60-80 年代）：战场上崭露头角

由于无人机具备无需考虑飞行员的疲劳和伤亡、成本相对较低等优势，并且随着照相机等早期侦察设备拍摄质量的提高，无人机不再局限于靶机方面的应用，开始在军事侦察中得到广泛应用。军用无人机首次大规模地应用于实战时在越南战场上，美军为了减少战机和飞行员的损失，采用无人机进行侦察，战争期间，“火蜂”系列无人高空侦察机使用了 3435 架次，执行了高空和超低空照相侦察、电子窃听、干扰无线电台通信等任务，战损率仅为 16%。“火蜂”的出色表现展现了无人机的新价值，开辟了无人机使用的新阶段。

图 3：“火蜂”无人机



资料来源：《无人机》，山西证券研究所

图 4：DC-130 运输机携带的“火蜂”无人机



资料来源：《无人机系统概论》，山西证券研究所

越战之后，以色列接过了无人机技术发展的火炬，并使无人机在贝卡谷地空战中大放异彩。1982 年黎以冲突中，以色列奇袭了叙利亚部署在贝卡谷地的 19 个“萨姆-6”导弹连，短短几分钟就彻底摧毁了叙利亚和苏联苦心经营 10 年的防空网。战斗中，以色列首先派出了“猛犬”无人机作为诱饵，欺骗叙军打开了全部雷达，大量消耗“萨姆-6”导弹，同时以色列派出“侦察兵”无人机侦察机收集叙利亚导弹阵地的雷达位置和信号频率，并把信息传送给 E-2C“鹰眼”预警机，“鹰眼”预警机作为空中指挥站，引导 F-4 战斗机发射反辐射导弹，对叙利亚军队的雷达系统进行了精确打击。

图 5：以色列“猛犬”无人机



资料来源：《无人机系统概论》，山西证券研究所

图 6：以色列“侦察兵”无人机



资料来源：《无人机》，山西证券研究所

1.3 发展阶段（20 世纪 90 年代至今）：局部战争中全面应用，渐成主力装备

随着无人机的军事价值逐渐被各国军方重视，众多高新技术被用于无人机上，比如新翼型和新材料的运用大大提升续航时间，先进的信号处理和通信技术大大提升信号处理和传输的速度等等，无人机的系统功能不断丰富，系统性能不断提升。同时 20 世纪 90 年代以后的多场高技术局部战争中，无人机的运用方

式不断迭代升级，作战效果得到反复实践检验，无人机正成为战场上的多面手，从小规模应用的配角成长为常态化运用的主力装备。

2001年阿富汗反恐战争中，无人机大显身手，开启“察打一体”无人机潮流。美军派出“全球鹰”和“捕食者”无人机进行全天候侦察，为了能使无人机直接打击地面目标，美国首次在“捕食者”无人机上挂载了“海尔法”导弹。2001年11月15日，指挥中心通过“捕食者”无人机侦察的信息，分析出疑似基地组织召开的会议，指挥中心控制“捕食者”无人机向召开会议的大楼和停车场发射“海尔法”导弹，击毙了基地组织的二号人物，这一击意味着无人机开始具备低空探测和直接攻击地面目标的能力，将侦察与打击融为一体，大大压缩了“观察-判断-决策-行动”的攻击链路，实现“发现即摧毁”的作战目的，提高作战效率，是无人机技术和功能的重要转折点，预示了察打一体化时代的来临。

图 7：美国 RQ-4 “全球鹰” 无人机



资料来源：《无人机系统概论》，山西证券研究所

图 8：挂载“海尔法”的 MQ-1 “捕食者” 无人机



资料来源：《无人机》，山西证券研究所

纳卡战争中，无人机首次作为主战装备参战，首次实践无人机协同作战并取得卓越战绩。2020年9月阿塞拜疆与亚美尼亚爆发军事冲突，阿方综合运用各类无人机协同作战代替了地面部队的长驱直入，掌控了战场的制空权和主动权。阿方首先出动赫尔墨斯450和苍鹭无人机纵深侦察亚方防空装备部署情况，随后出动安-2无人机诱使亚方防空系统开机，尽可能暴露和消耗亚方的防空力量，然后多架配备反辐射导引头的哈洛普无人机携带炸弹击毁亚方的防空系统，在亚方防空力量被大面积摧毁后，TB-2无人机携带导弹向纵深攻击亚方的军火库、指挥所、军事基地以及主战坦克等地面装备。

图 9：以色列赫尔墨斯 450 型无人机



图 10：土耳其 TB-2 察打一体无人机



资料来源：《无人机》，山西证券研究所

资料来源：百度，山西证券研究所

1.4 中国无人机的发展：起步晚，但目前已达世界先进水平

我国无人机的研究起步较晚，始于 20 世纪 50 年代后期，由于苏联援助取消和专家撤离，我国空军的主要靶机拉-17 严重缺乏，从而促成我国下决心搞自己的无人靶机，“长空一号”（CK-1）应运而生。20 世纪 60 年代越南战争时期，我军击落数架美国“火蜂”无人侦察机，通过仿制“火蜂”无人机，研制了“长虹一号”（无侦-5）高空、高亚音速多用途无人机，主要用于军事侦察、高空摄影、靶机、地质勘查等任务。

图 11：“长空一号”（CK-1）无人机



资料来源：《无人机系统概论》，山西证券研究所

图 12：“长虹一号”（无侦-5）无人机



资料来源：百度，山西证券研究所

“长鹰”系列无人机系统是我国第一套大型中高空远程无人侦察机系统，具备一定隐身能力，被称为中国的“全球鹰”，最大续航时间大于 40 小时，最大载重为 150kg，具备数千公里的战略侦察能力。“翼龙”-1 无人机是我国第一款研制成功的中空长航时察打一体无人机，2007 年原型机实现首飞，2008 年完成性能/任务载荷飞行试验，之后我国又陆续研制成功了彩虹-3、彩虹-4 等型号的察打一体无人机，“翼龙”和“彩虹”系列无人机也是我国无人机出口的主力机型。2019 年国庆阅兵首次展示了多种先进的无人作战飞机，其中“无侦-8”是一款飞行于临近空间的高速隐身无人侦察机，“攻击-11”是一款高空长航时察打一体隐身无人机，这些无人机的研制成功代表了我国无人机设计制造水平已达到世界先进水平。

图 13：“长鹰” BZK-005 无人机

图 14：“翼龙”-2 无人机



资料来源：Military-Wiki，山西证券研究所

图 15：“无侦-8”无人侦察机



资料来源：第十四届珠海航展，山西证券研究所

图 16：“攻击-11”无人机验证机



资料来源：东方 IC，山西证券研究所

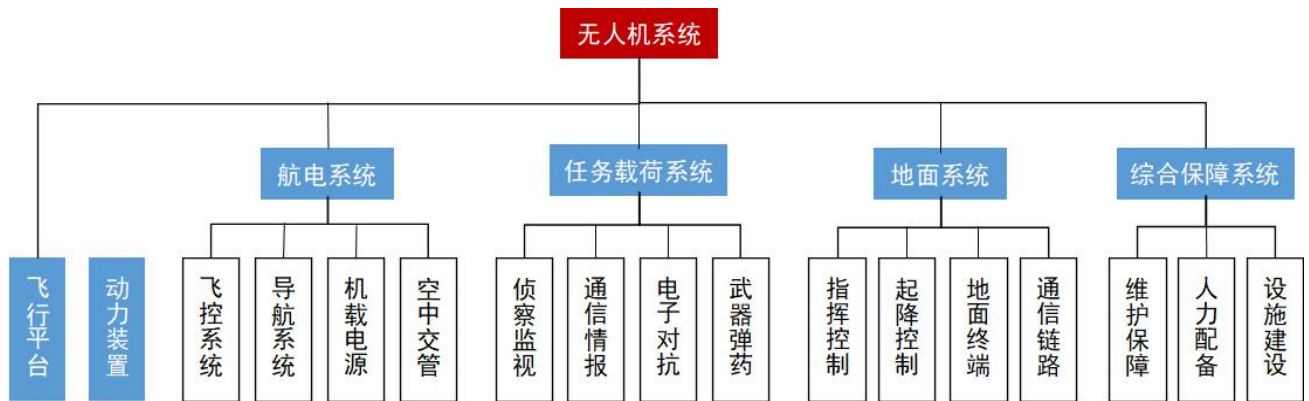


资料来源：百度，山西证券研究所

1.5 无人机系统组成及分类

经过近百年的发展，无人机技术的发展和系统复杂程度不断提高，战术运用不断增强，无人机为了高效完成任务，除了飞行平台和任务设备外，还需要地面控制设备、数据通信设备以及起降回收装置等进行辅助，典型的无人机系统由飞行平台、动力装置、航电系统、任务载荷系统、地面系统、综合保障系统等子系统组成。

图 17：无人机系统组成



资料来源：《无人机系统概论》，山西证券研究所

图 18：美国“扫描鹰”无人机及其发射架



资料来源：《无人机》，山西证券研究所

图 19：翼龙无人机系统的地面控制站



资料来源：中国军网，山西证券研究所

无人机的应用领域非常广泛，为了适应不同的使用要求和应用场景，无人机在尺寸、质量、性能等方面差异明显。针对无人机的多样性，可以从用途、飞行平台构型、大小、飞行性能（速度、航程及实用升限）等角度进行分类。

图 20：无人机分类

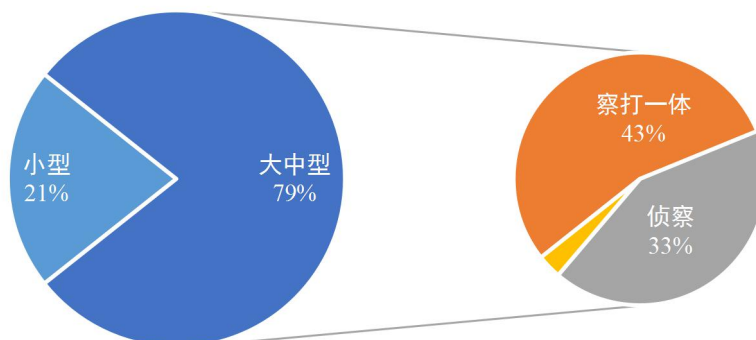


资料来源：《无人机系统概论》，山西证券研究所

2. 察打一体无人机：即察即打，把握稍纵即逝的战机

察打一体无人机通过将无人侦察机配备打击武器，实现侦察和打击的一体化，可以及时地向其所探测到的目标发动攻击，大大缩短对目标的“杀伤链”周期，极大提高了侦察信息的时效性和攻击的准确性。从2001年阿富汗反恐行动中美军首次实用察打一体无人机发射“海尔法”导弹开始，察打一体无人机已经逐步成为空中作战力量的重要环节，并逐步从配角走向主力，从承担空中狙击的孤军作战向网络信息数据共享环境下的多无人机、有人无人协同联合作战模式发展。察打一体无人机从中空长航时无人机发展而来，经过20多年的发展，展现出良好的发展前景，各国对作战类无人机的研制和装备的投入不断加大，随着人工智能技术的发展和应用，察打一体无人机在战术应用和系统功能方面还有很大的发展空间。

图 21：美军无人机构成



资料来源：TheMilitaryBalance2022，山西证券研究所

表 1：全球主要察打一体无人机

国家	机型	分类	首飞时间	最大起飞重量 (kg)	武器载荷 (kg)	实用升限 (m)	航程 (m)	续航时间 (h)
美国	MQ-1 “捕食者”	中空长航时	1994	1044	—	7600	—	24
	MQ-9 “死神”	高速中高空长航时	2001	4760	1700	7500-15420	—	14（满载）
	“复仇者” ER	高速高空长航时	2009	—	1360	18288	—	20
中国	翼龙-1	中空长航时	2007	1200	200	7000	3000	20
	翼龙-1D	全复材多用途中高空长航时	2018	—	400	7500	—	—
	翼龙-2	中高空长航时	2017	4200	480	9900	—	32
	翼龙-3	大型	—	6200	2300	—	10000	40
	彩虹-3	中空长航时	2007	740	100	6000	2400	12
	彩虹-4A/B	中空长航时	2011	1260（4A） 1330（4B）	115（4A） 345（4B）	8000（4A） 7000（4B）	3500（4A） 1600（4B）	30（4A） 14（4B）
	彩虹-5	中空察打一体无人机	2015	3000	900	—	—	40
	BZK-005C	中高空远程	—	1500	370	8200	—	40
以色列	WJ-700 “猎鹰”	高空高速	2021	3500	—	—	—	20
	苍鹭 (Heron) TP 无人机	多功能中空长航时	2004	5670	2700	14000	—	30
	Hermes 900	多功能中空长航时	2009	1100	350	9100	—	36
土耳其	Bayraktar TB-2	中空长航时	2014	700	150	5500-7600	4000	27
	Akinci	大型高空长航	2019	6000	1500	9100-12000	7500	24

国家	机型	分类	首飞时间	最大起飞重量 (kg)	武器载荷 (kg)	实用升限 (m)	航程 (m)	续航时间 (h)
		时						
伊朗	Shahed 129	中空长航时	2012	——	400	7300	——	24
	Mohajer-6	中空长航时	2016	600-670	100-150	5400-7600	——	12
俄罗斯	猎户座	中空长航时	2016	1150	200-250	7500	——	24
	前哨-R	中空长航时	2019	500	120	6000	——	18

资料来源：《透视俄罗斯第一款中型察打一体猎户座无人机》，《中大型察打一体无人机系统综合设计技术》，IAI, Baykartech, Janes, 维基百科, 山西证券研究所

2.1 动力装置：无人机的“心脏”

无人机动力装置主要为无人机提供满足飞行速度和高度要求的推力，并为无人机航电系统和任务载荷系统提供电力及功率支持，作为无人机的“心脏”，其性能在很大程度上决定了无人机的作战性能。为了满足无人机在飞行高度、航时、工作任务等方面的不同需求，无人机动力装置的功率和推力变化范围很大，但基本上是属于中小型发动机的范畴，按类型分为电动动力系统、活塞动力系统和空气喷气动力系统。

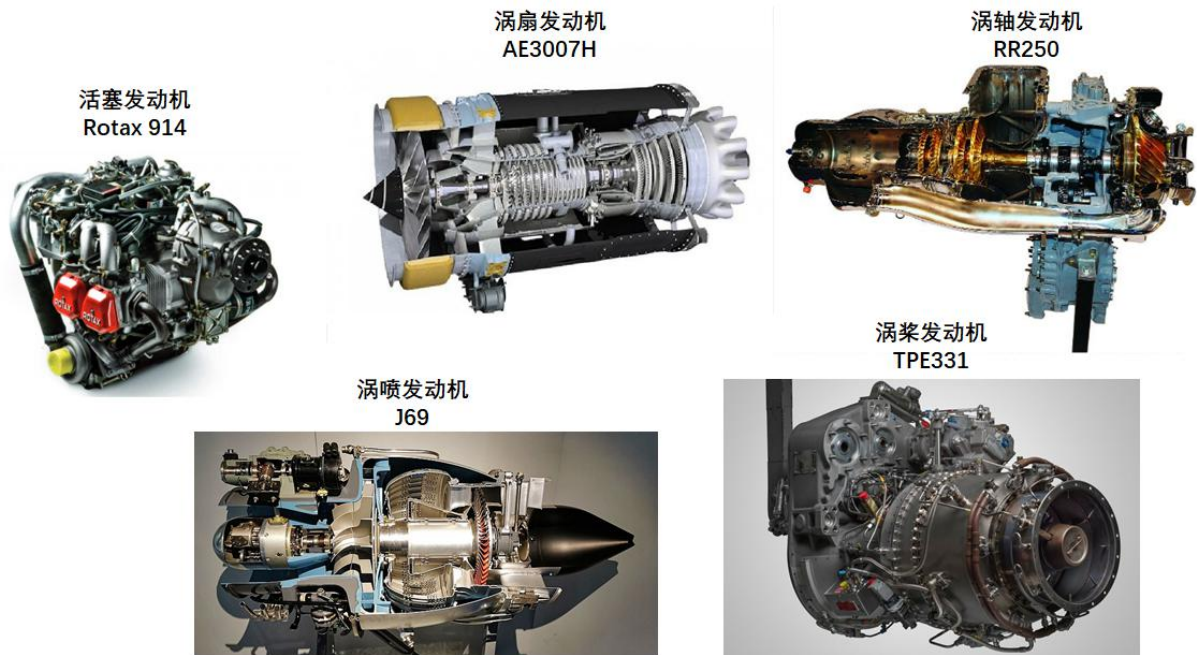
表 2：无人机各种动力装置类型特点

动力装置类型		优点	缺点
活塞动力系统	二冲程发动机	结构简单、运动部件少、重量轻、转速高、维护性好	噪声、污染和耗油率较高、寿命短、工作效率低
	四冲程发动机	相对于二冲程发动机，结构复杂、成本高、重量大	排气污染低、振动小、工作效率高，还可以于增压器组合提高最大飞行高度
	旋转活塞发动机	相比于往复活塞发动机（二冲程/四冲程发动机），旋转活塞发动机结构更加紧凑、简单，具有功重比高、振动与噪声小等优点	活动部件易损耗，寿命较短，油耗高，排放特性较差
喷气式动力系统	涡轴/涡桨发动机	相比于活塞发动机，功重比大，结构紧凑，高原性能好，振动小，燃料适用性好	与涡扇发动机和涡喷发动机相比，适航范围受限，只能应用在亚音速飞机上
	涡扇发动机	相比于涡喷发动机，推力大，推进效率高，噪声小，燃油消耗率低，飞行航程远，寿命长，易于实现系列化	相比于涡喷发动机迎风面积大，阻力大（尤其是在高速飞行时）
	涡喷发动机	相对于涡扇发动机，结构紧凑，推重比大，响应快，适航范围极其广泛	低速飞行时油耗高，成本和技术门槛高
	冲压发动机	相比涡轮发动机结构简单、重量轻、推重比大、成本低，在飞行马赫数大于 3 的条件下使用有较高的经济性，适合高空高速飞行	不能自行起动，须用其他发动机作为助推器，并且只有飞行器达到一定飞行速度后才能有效工作
电动动力系统	锂电池驱动	能量密度高、平均输出电压高、输出功率大、可快速充放电、使用寿命长	充电时间长，续航时间短、过放电会导致电池性能下降、低温时电池性能下降明显等
	氢燃料电池驱动	续航时间长、环保	燃料电池体积较大、氢气难于保存和获取、成本高

动力装置类型		优点	缺点
太阳能电池驱动		环保无污染	受天气状况、电池封装材料、电池封装方式、飞行条件下对发电效率要求等因素的制约

资料来源：《无人机用航空活塞发动机关键技术的研究进展》，《无人机系统概论》，山西证券研究所

图 22：活塞/涡轴/涡桨/涡扇/涡喷发动机实物图



资料来源：维基百科，山西证券研究所

活塞发动机是无人机最早、最广泛使用的动力装置，技术较为成熟，具有良好的经济性和可靠性，一直在中低速无人机和长航时无人机领域占据主导地位，相较汽油活塞发动机，重油活塞发动机具备更优异的燃油性能和高空性能。相比活塞发动机，**涡轴/涡桨发动机**具有功重比大、结构紧凑、振动小、高原性能好、燃料适用性好、便于维修等优点，因而涡轴发动机代替了活塞发动机成为直升机的主要动力装置，尤其 0.7t 级以上的直升机平台多采用涡轴发动机，在中空长航时领域，涡桨发动机也在大中型固定翼无人机中具有广泛应用。在万米以上高空条件下，活塞发动机因空气稀薄性能急剧衰减，螺旋桨的推进效率也同样会大幅降低，能够解决活塞发动机升限和高原起降问题的多级增压技术尚待攻克，因而必须使用高增压比高性能的燃气涡轮发动机，其中**涡喷发动机**具有结构紧凑、质量轻、尺寸小、推重比大、响应快和相比涡扇发动机成本低等显著优点，能使飞行器实现高速飞行，高空、高速无人机动力装置一般会首选涡喷发动机，另外在高速靶机、靶弹等特殊的应用领域小推力涡喷发动机仍然具有独特的地位，而**涡扇发动机**具有耗油率低、寿命长、易于实现系列化等优点，其质量和推力等级能与无人机实现较好匹配，对于高空长航时无人机，涡扇发动机仍是最佳动力选择，其升限一般在 10000~20000 m，最大飞行马赫数（Ma）可以达到 0.85，世界最高水平的无人机多数配备的是涡扇发动机。**冲压发动机**在飞行马赫数大于 3 的条件下使

用相比燃气涡轮发动机有较高的经济性，适合高空高速飞行，但缺点是不能自行起动，需借助其他发动机助推飞行至 0.5Ma 以上才能有效工作。电动无人机目前常用的是**锂电池**供电，多用于小型固定翼和多旋翼无人机，但锂电池存在续航时间短、低温下性能差的问题，因而衍生出**氢燃料电池**和**太阳能电池**动力能源，多用于中型固定翼和体型较大的多旋翼。

表 3：不同类型的发动机所适用的无人机

发动机类型	速度 (km/h)	使用高度 (m)	续航时间 (h)	起飞重量 (kg)	适用的无人机类型
活塞发动机	110~260	2500~9750	1~48	30~1150	低速、中低空的长航时、侦察、监视、反辐射无人机等
涡喷发动机	700~1100	3000~17500	0.2~3	160~2500	飞行时间较短的中高空、高速侦察机及靶机和无人攻击机
涡扇发动机	500~1000	3000~20000	3~42	600~12000	中高空长航时侦察、监视及无人作战飞机
涡桨发动机	357~500	14000~16000	25~32	1650~3200	中高空长航时无人机
涡轴发动机	160~390	4000~6100	3~4	658~1100	中低空、低速短距/垂直起降无人机
微型电动机/活塞发动机/喷气发动机	36~72	45~150	<10	<0.1	微型侦察、监视、搜索无人机

资料来源：《无人机动力技术发展现状与展望》，《无人机系统概论》，山西证券研究所

由于无人机动力需求与有人驾驶飞机有一定区别，而国内大部分资源都投入到主力战机的配套发动机研发中，导致目前国内无人机动力的发展滞后于无人机系统的发展。活塞发动机方面，国外主要有奥地利罗塔克斯 (Rotax) 公司、美国莱康明 (Lycoming) 公司、美国大陆 (Continental) 公司、德国 Limbach 公司、英国 RCV 公司以及美国猛禽涡轮增压柴油机公司等，国内主要有宗申动力 (001696.SZ)、安徽航瑞、航天科工三院 31 所等。涡轮燃气发动机方面，中国航发的 AEF50E/AEF100 涡扇发动机、AEP50E/AEP60E 涡桨发动机以及 AEF20E 涡喷发动机，航天科工某院所的 CTF-3 涡扇发动机，中发天信的 XX850 涡喷发动机等可用于无人机的发动机。

表 4：配置不同类型动力装置的无人机列表

发动机类型	国家	机型	动力装置	投入使用年代	升限/m	功率	推力	研发企业
活塞发动机	中国	翼龙-1	C115 活塞发动机	2017 (换装国产发动机)	7000	84.6kw	——	宗申动力
		翼龙-1D	C145 活塞发动机	2018	7500	106.6kw	——	宗申动力
		“彩虹” CH-3	C115 活塞发动机	2016 (换装国产发动机)	6000	84.6kw	——	宗申动力
		“彩虹” CH-4	DB416 云雀	2022 (换装国	9000	118kW	——	航瑞动力



发动机类型	国家	机型	动力装置	投入使用年代	升限/m	功率	推力	研发企业
			重油发动机	产发动机)				
		“彩虹” CH-5	金鹰重油发动机	——	10000	600kW	——	航瑞动力
	美国	MQ-1 “捕食者”	914涡轮增压汽油活塞发动机	1994	——	84kW	——	Rotax
		Aerosonde	EL-005重油发动机	——	2438	2.98kw	——	莱康明
	俄罗斯	猎户座	APD-115T活塞发动机	2016 首飞	7500	84.6kw	——	Itland
	以色列	“苍鹭” Heron 1	914涡轮增压汽油活塞发动机	1994 首飞	——	84kW	——	Rotax
		Hermes 900	914涡轮增压汽油活塞发动机	2009 首飞	——	84kW	——	Rotax
	伊朗	Shahed 129	914涡轮增压汽油活塞发动机	2012 首飞	——	84kW	——	Rotax
土耳其	TB-2	912汽油活塞发动机	2014 首飞	7600	60kW	——	Rotax	
涡喷发动机	美国	BQM-34A “火蜂”	J69-T-29A 涡喷发动机	1952	18000	——	7.6kN	特里达因公司
	中国	翼龙-10	XX850 涡喷发动机	——	21000	——	——	中发天信
涡扇发动机	美国	X-45A 无人战斗机	F124-GA-100 涡扇发动机	2002 首飞	12000	——	26.8kN	霍尼韦尔
		X-47A 无人战斗机	JT15D-5C 涡扇发动机	2003 首飞	——	——	——	——
		X-47B 无人战斗机	F100-220U 涡扇发动机	2011 首飞	>12200	——	64.9kN	普惠公司
		RQ-4 “全球鹰”	AE3007H 涡扇发动机	2001	20000	——	32kN	罗罗公司
		“暗星” RQ-3 无人机	FJ-44-1A 涡扇发动机	1996 首飞	>19800	——	8.6kN	威廉姆斯
		“复仇者” MQ-20	PW54B 涡扇发动机	2009 首飞	18288	——	17.75kN	普惠公司
		“人鱼海神” MQ-4C 无人机	AE3007H FADEC 涡扇发动机	2013 首飞	17220	——	38.4kN	罗罗公司
涡桨发动机	美国	“死神” MQ-9	TPE331-10T 涡桨发动机	2014 首飞	>15000	700kW	——	霍尼韦尔
	以色列	“苍鹭” (Heron) TP	PT6A-6A 涡桨发动机	2004 首飞	14000	894kw	——	普惠公司

发动机类型	国家	机型	动力装置	投入使用年代	升限/m	功率	推力	研发企业
		无人机						
	中国	翼龙-2	AEP50E 涡桨发动机	2017 首飞	9900	500kW	——	航发动力
	土耳其	“游骑兵” Akincl A	AI-450S 涡桨发动机	2019 首飞	9100-12000	336kw	——	马达西奇
涡轴发动机	美国	MQ-8B “火力 侦察兵”	RR-250-C20W 涡轴发动机	2000	6100	313kW	——	罗罗公司
	加拿大	CL327 无人直 升机	WTS-125 涡轴发动机	——	——	92kW	——	威廉姆斯

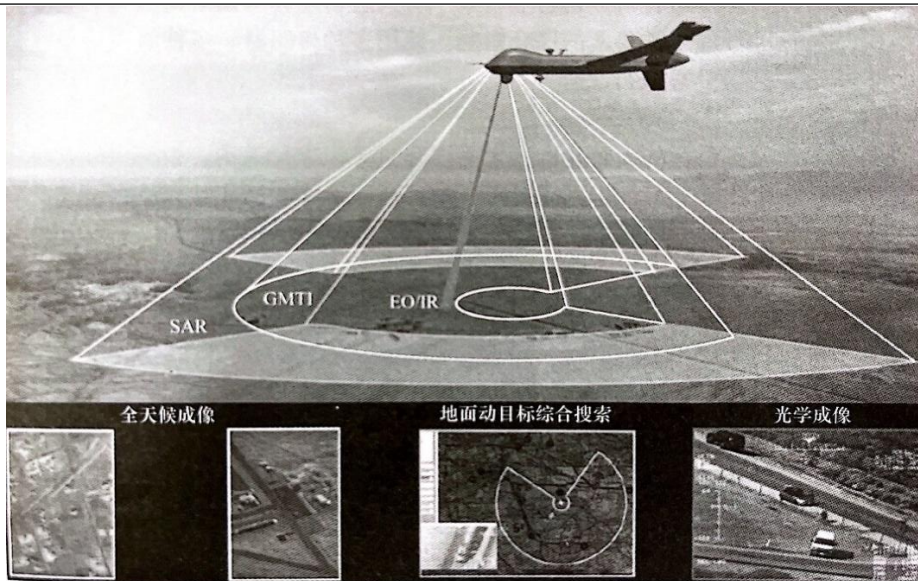
资料来源：《中国无人机动力装置现状浅析》，《高空长航时无人机动力装置的现状与发展》，维基百科，山西证券研究所

2.2 任务载荷：扩展了无人机的应用价值

无人机的任务载荷是为无人机完成特定任务所安装的某种或几种设备组合，无人机可携带的任务载荷的种类和功能很大程度上决定了无人机的应用价值。察打一体无人机的任务载荷主要包括成像侦察类载荷、电子战类载荷和武器弹药类载荷。

成像侦察类载荷主要指光电/雷达侦察设备，用于完成光电探测与对抗、辅助导航、情报收集、侦察与监视以及搜索跟踪瞄准等作战任务。成像侦察类载荷主要有可见光传感（EO）、红外传感器（IR）、合成孔径雷达（SAR）、激光雷达和激光测距机/激光目标指示器等。可见光传感器主要在昼间使用，红外传感器可以获得夜间图像，二者相结合可以实现全天时工作，是光电侦察平台的基本配置，若再配上激光雷达和激光测距机/激光目标指示器又可以实现对目标的测量及成像跟踪，光电侦察设备最大作用距离一般在10-15km，适合于察打一体无人机在最后攻击阶段的探测和攻击任务。与可见光/红外传感器相比，合成孔径雷达不受雨雪云雾等恶劣气象条件限制具有全天候和远距离使用的优点，适合于察打一体无人机在战场的早期大范围搜索，也是目前常选配的侦察监视类载荷，近年来合成孔径雷达一般都具有动目标指示能力（GMTI），非常适合察打一体无人机对地面运动目标的搜索、发现和跟踪。

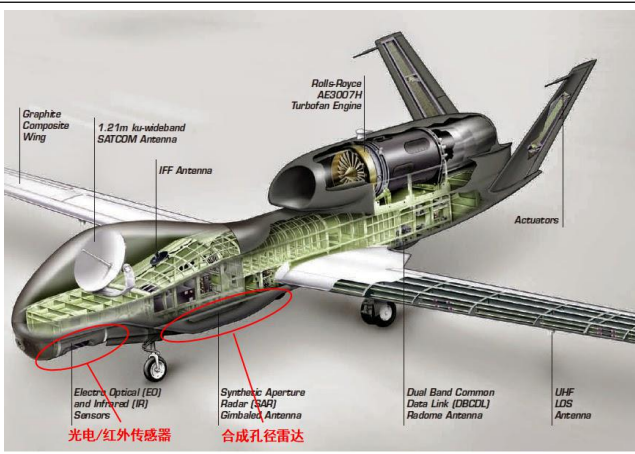
图 23：成像侦察载荷工作示意图



资料来源：《大中型察打一体无人机系统综合设计技术》，山西证券研究所

图 24：RQ-4（全球鹰）结构图

图 25：土耳其安卡无人机 Sarper 合成孔径雷达

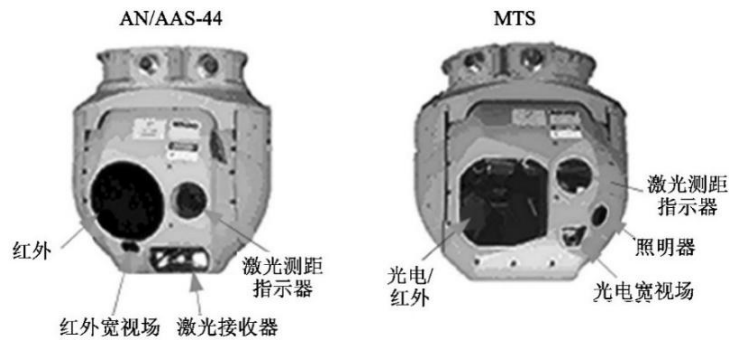


资料来源：谷歌，山西证券研究所

资料来源：Defence Turk，山西证券研究所

随着遥感、微电子等科学技术的进步以及任务需求的发展，光电任务载荷不断多样化、小型化、轻型化和模块化，光电侦察平台从最初的单一载荷向多载荷集成发展。无人机载光电载荷通常采用球形稳定转塔结构形式，光电传感器安装在球形转塔内，光电传感器会根据载机任务的不同需求有不同搭配，目前主流的基础配置是中长波红外热像仪、彩色高清可见光摄像机和激光测距机，有些产品还会集成惯性测量单元、全球定位系统、低照度照相机、激光照明装置等。

图 26：转塔式光电吊舱

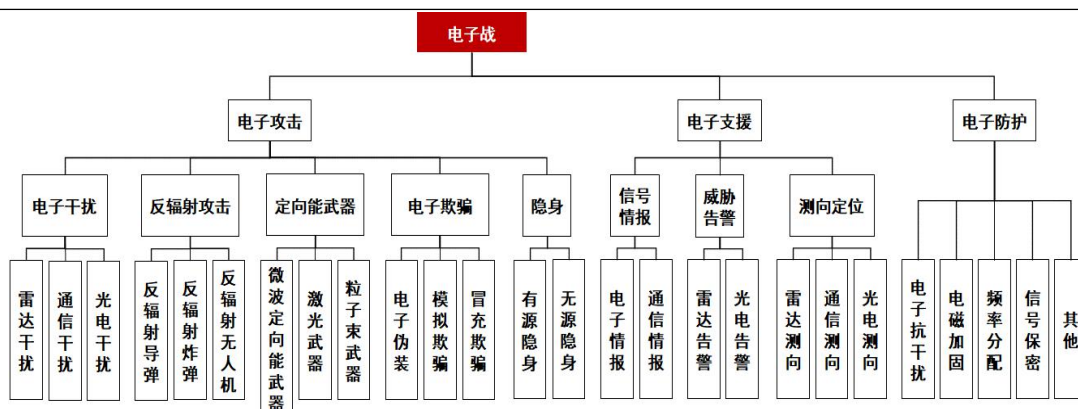


资料来源：《无人战斗机发展及光电任务载荷关键技术》，山西证券研究所

电子战类载荷是无人机执行电子自卫和电子对抗任务的设备。一方面，无人作战飞机面临敌方以雷达为导引的武器攻击，需要进行及时的威胁告警、态势感知和电磁对抗；另一方面，无人机也可以对敌方的雷达和通信设备发起电子攻击，干扰和摧毁敌方的雷达和通信设备。

电子战划分为电子支援、电子对抗（或电子攻击）和电子防护三大部分。电子支援通过对敌方辐射源（包括通信和雷达信号源）的截获、识别、分析和定位，为电子攻击、电子防护、武器规避、目标瞄准或其他兵力战术部署的快速决策提供依据；电子对抗指主动使用电磁频谱或定向能削弱或破坏敌方战斗力；电子防护指主动使用多种措施削弱或完全抵消电子攻击效果的行动。除了专门的信号情报侦察载荷执行电子支援任务外，电子支援和电子对抗通常是紧密结合为一体，成为一个完整的电子战设备。随着现代战争从单一武器和平台对抗向系统级、体系级对抗转变，采用一体化和通用模块化架构设计，将多种电子战功能融为一体的一体化综合电子战系统已成为现代电子战装备发展的主流方向。

图 27：电子战的划分和功能组成



资料来源：《无人机系统任务载荷技术》，山西证券研究所

图 28：L3Harris 公司的信号情报侦察吊舱 SOAR

图 29：MQ-4C 的电子支援载荷（ESM）



资料来源：L3harris 公司官网，山西证券研究所

图 30：MQ-9 配置的自卫吊舱（SPP）



资料来源：Theaviationist，山西证券研究所

图 31：Hermes 900 的通信干扰系统（SKYJAM）



资料来源：General Atomics 官网，山西证券研究所



资料来源：Aerotime，山西证券研究所

2.3 通信数据链：决定了无人机的控制距离

无人机通信数据链是无人机系统的“神经”，通过采用标准化的消息格式、传输协议和无线传输信道，在传感器、指控系统和武器单元之间实时传输作战信息。无人机通信数据链分为地空数据链和空空数据链（机间链）。地空数据链是无人机的关键子系统，为无人机系统和地面控制站提供双向通信能力，实现遥控遥测基本功能，即实现将地面控制站的飞控指令、任务载荷控制指令、链路控制指令等遥控指令实时上行传输至飞行平台，同时将飞行平台的飞行状态信息、飞行参数、任务载荷工作状态参数、侦察信息（或视频信息）以及链路工作状态等遥测信息实时下行传输至地面控制站。空空数据链（机间链）为无人机系统和指通机之间提供双向通信能力，实现有人机对无人机的控制以及无人机之间的信息传输。

图 32：翼龙无人机地面控制站内部

图 33：MQ-1C 地面控制站外部



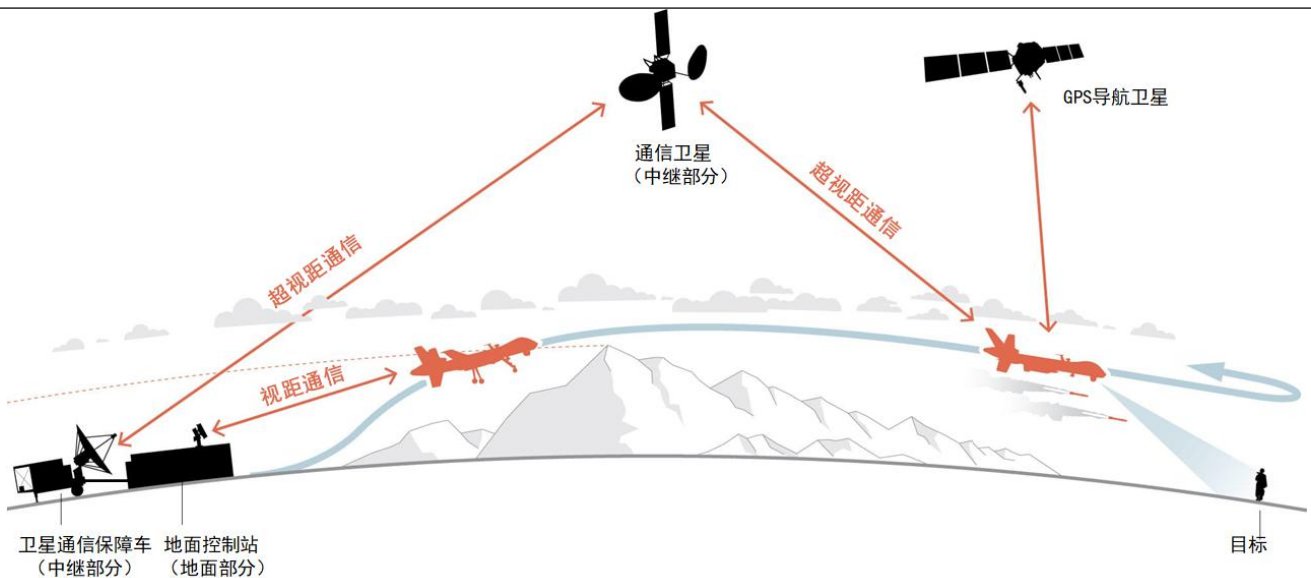
资料来源：蓉城政事，山西证券研究所



资料来源：谷歌，山西证券研究所

无人机与地面控制站之间的信息传输属于视距通信，当无人机飞行距离超过地面控制站的作用范围时，数据链必须采用中继的通信方式。由于中继设备所处位置的不同可分为地面中继、空中中继和卫星中继三种典型中继方式，其中卫星中继覆盖范围大，不易受敌方干扰，可实现高带宽大数据量传输，是目前无人机中继通信的主要模式，美国的捕食者和全球鹰等主流长航时无人机均采用卫星中继的方式。

图 34：无人机地空数据链覆盖图：地面站、卫星、无人机

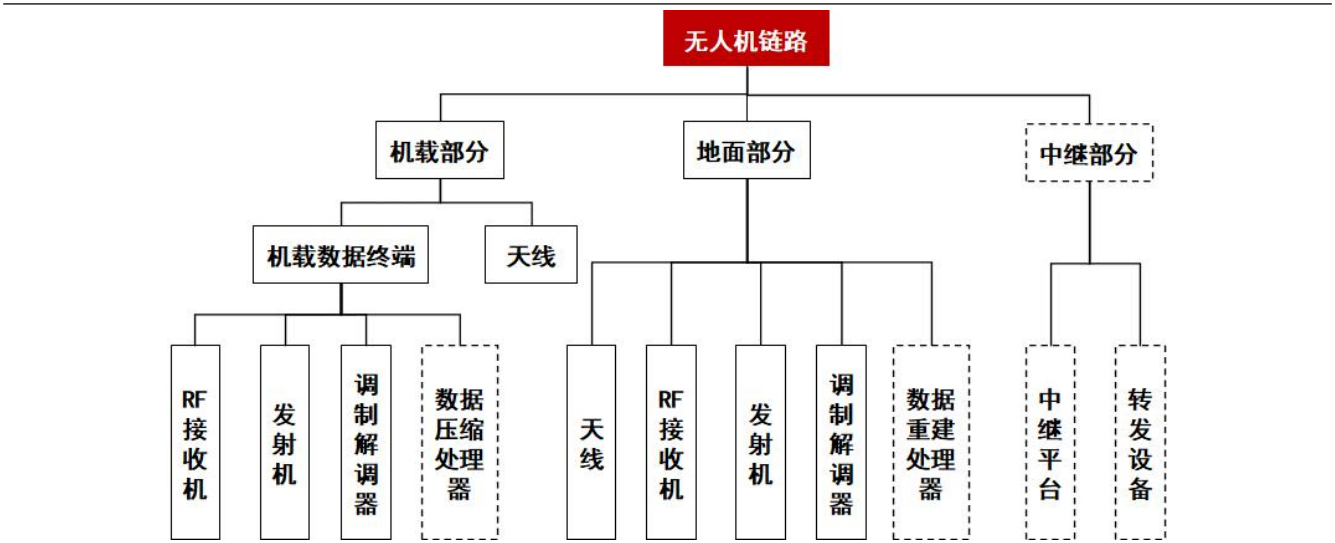


资料来源：Whitlock，山西证券研究所

无人机的通信系统一般由机载、地面和中继三个部分组成。机载部分包括机载数据终端（ADT, Airborne Data Terminal）和天线。前者包含 RF（Radio Frequency）接收机、发射机和调制解调器几个部分，有些机载数据终端受到链路带宽限制，集成了数据压缩处理器。地面部分也称为地面数据终端（GDT, Ground Data Terminal），由天线、RF 接收机、发射机和调制解调器组成。如果数据在机载部分经过了压缩，那么对应地面部分还需配备数据重建处理器，以便将数据还原。中继部分对于需要延伸链路作用距离的中、长航时无

人机才需要配备，它一般由中继平台和转发设备构成。

图 35：无人机通信系统组成



资料来源：《美军无人机通信数据链浅析》，山西证券研究所

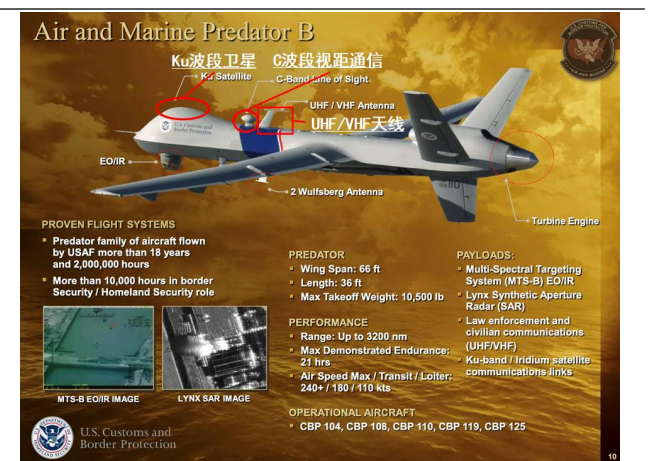
视距通信链路分为宽带链路和窄带链路，其中宽带链路一般工作在 C 或 L 波段，主要用于遥控遥测和宽带任务数据传输，窄带链路一般工作在 UHF 或 L 波段，仅用于遥控遥测数据传输。超视距卫通中继链路通常工作在 Ku 或 Ka 波段，主要用于遥控遥测和宽带任务数据传输。小型战术无人机一般只安装视距通信链路，甚至只安装视距宽带链路，中高空、长航时无人机会配备视距和超视距等多条通信链路。随着无人机任务载荷能力的不断提高，机上任务传感器的数据量将越来越大，高性能的宽带数据链将成为无人机测控数据链的主流。

图 36：C 波段无人机数据链系统



资料来源：tualcom 公司官网，山西证券研究所

图 37：MQ-9 “死神” 通信链路配置

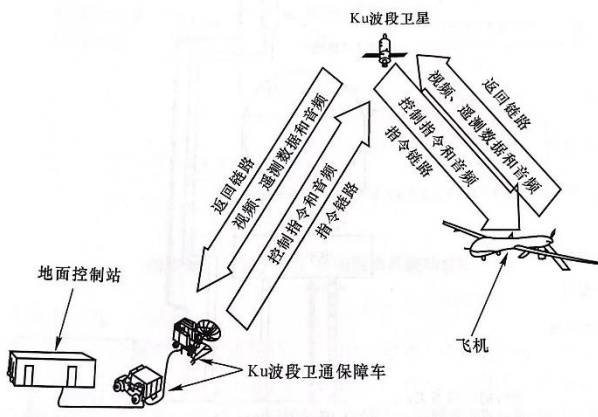


资料来源：谷歌，山西证券研究所

俄乌冲突中俄军参战的中空长航时无人机“猎户座”是俄罗斯第一款中型察打一体无人机，于 2020 年首次装备俄军，2022 年 1 月首次展示了具有卫星通信功能的飞行样机，但该机当前版本未配备卫星通信模

块，最远控制距离 250 km，由于无人机控制站距离前线过近，很容易受到敌方远程精确制导火力打击。

图 38: Ku 波段卫星通信数据链结构



资料来源:《大中型察打一体无人机系统综合设计技术》，山西证券研究所

图 39: MQ-9 “死神” 的卫星通信天线



资料来源: NASA, 山西证券研究所

图 40: 俄罗斯“猎户座”中型察打一体无人机



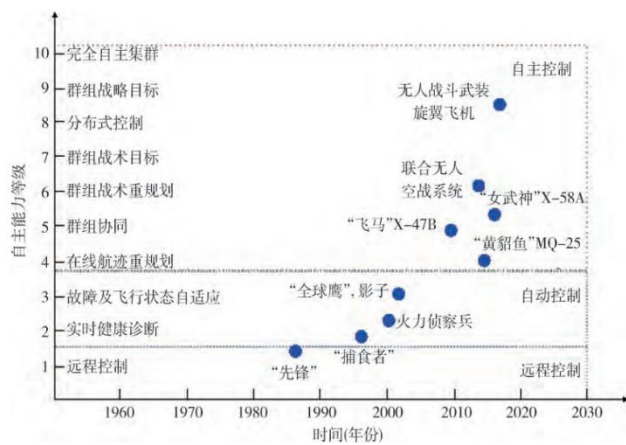
资料来源: TheDefensePost, 山西证券研究所

3. 忠诚僚机：有人机/无人机协同作战

美国国防部在近年发布的《无人机系统路线图》中明确了无人机的发展过程为有人机与无人机协同作

战（有人机主导）、无人机与有人机协同作战（对等条件）、无人机自主作战。对于中高烈度战争，由于强对抗作战环境的高度动态化、不确定性以及飞行任务的复杂性，具备完全自主作战能力的无人机才是无人机发展的终极目标，但是由于当前无人机技术尚未达到全自主作战的水平，在未来相当长的一段时间内，利用当前现有装备进行有人-无人编队协同作战是一种可行的作战方式，若用于实战这种作战方式仍然存在着一些技术困难需要攻克。

图 41：无人机自主能力等级参考示意图

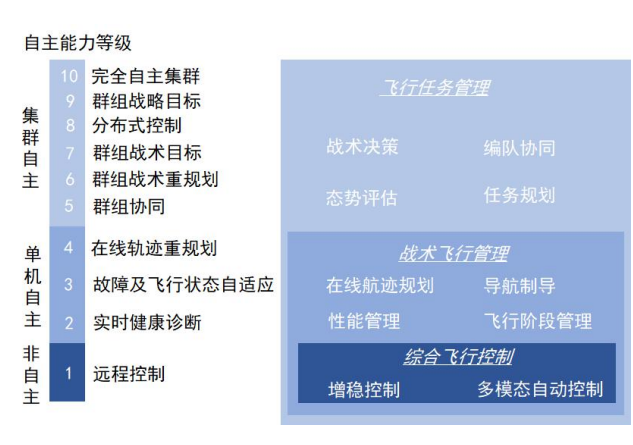


资料来源：《美军无人空战装备智能化发展动态及启示》，山西证券研究所

2015 年，美国空军提出了基于“有人机 / 无人机编组技术”的“忠诚僚机”概念，将第五代战斗机与无人驾驶的第四代战斗机组合搭配成一个编队，借助五代机的作战网络节点角色，充分发挥四代机高机动性和火力充足的优势，从而大大提高整体作战效能。这种作战理念中，有人机/无人机协同作战，具备远距离探测能力的高端有人机是长机，巡弋在敌防空火力打击范围之外，避免暴露自身，配备制导武器类、电子战类和侦察监视类载荷的无人机作为攻击性僚机，在机间通信数据链信息的支持下，执行长机的命令，进入敌防空火力打击圈，充当远程传感器、武器库、“射手”或者诱饵，完成目标搜索、跟踪、打击等任务，形成 1+1>2 的作战效益。

图 43：F-35 与 QF-16 伴飞

图 42：无人机系统功能架构



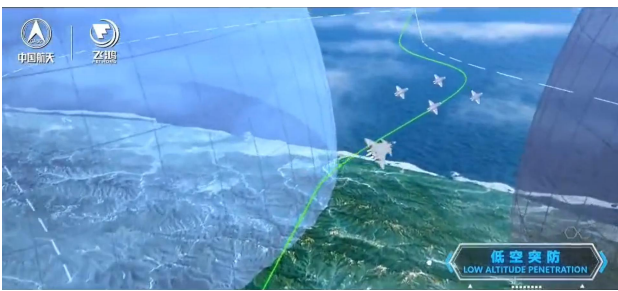
资料来源：《无人机系统关键技术》，《美军无人空战装备智能化发展动态及启示》，山西证券研究所



资料来源：《“忠诚僚机”式有人/无人机协同作战概念与任务管理技术研究》，山西证券研究所
图 45：歼-20 与 4 架 FH-97A 编组低空突防



资料来源：《“忠诚僚机”式有人/无人机协同作战概念与任务管理技术研究》，山西证券研究所
图 46：攻击-11 无人机与双座歼-20 编组飞行



资料来源：FH-97 宣传片，山西证券研究所

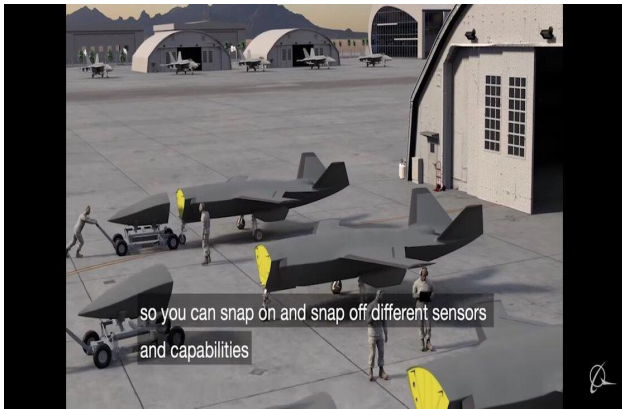


资料来源：CCTV7，山西证券研究所

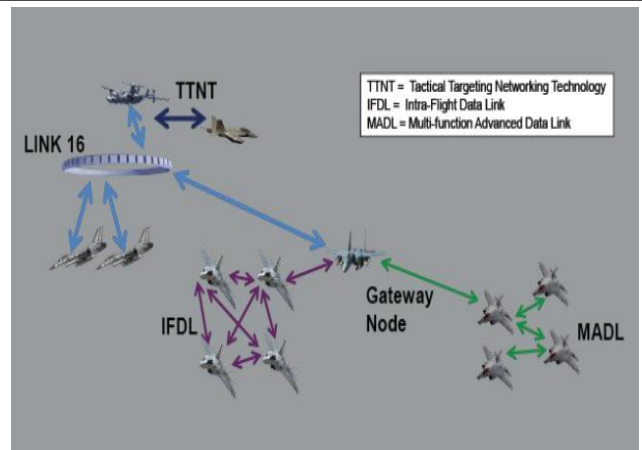
为了满足有人机/无人机协同作战需求，忠诚僚机需要具备以下特点：一是自主性，能在不同的作战行动中，自主组合实现作战目标；二是开放性，采用模块化设计，易于第三方快速集成新的功能和能力，具有可扩展性；三是弹性，具有可靠的通信和导航，以及自主能力，即使与外部的联系受到干扰或欺骗时，这些能力仍能发挥作用；四是可消耗性，需要低成本，以达到军事目的所需的损失率容忍度，需要设计成具有较高的寿命和较低的单程飞行故障概率，且被设计成可重复使用。

图 47：MQ-28 更换机头示意图

图 48：有人/无人协同组网技术（IFDL/MADL）



资料来源：谷歌，山西证券研究所



资料来源：DARPA，山西证券研究所

自主技术是支撑忠诚僚机用于实战的关键。美国 2019 年 5 月启动的空战演变（ACE）项目，旨在发展空中近距离格斗的自主能力，提高作战人员对自主化作战的信任，2018 年 10 月启动的空中博格（Skyborg）项目旨在将人工智能等算法集成于多型无人平台，提供强对抗战场环境下具备高度自主水平的无人作战装备。无人机自主控制问题的解决需要人工智能技术支撑，这些人工智能技术的开发难度不亚于无人机本身。

图 49：Skyborg 概念图

图 50：空战演变（ACE）项目



资料来源：美国空军官网，山西证券研究所



资料来源：TheDrive，山西证券研究所

目前，美国、英国、澳大利亚、俄罗斯和日本等均在发展“忠诚僚机”相关项目或技术。2020 年 12 月 9 日，XQ- 58A“女武神”和美国空军 F- 22、F- 35A 战斗机进行编队飞行测试，这是 XQ- 58A“女武神”无人机首次实现与有人战机的半自主编队飞行。2020 年 9 月，在“军队-2020”论坛上，俄罗斯喀琅施塔得集团公司展示了“雷霆”无人机示意图，作为“忠诚僚机”，有人机可以引导 3~4 架“雷霆”无人机。2019 年 2 月 27 日，波音公司在澳大利亚举行的阿瓦隆航展上首次公开展出了 ATS（MQ-28A）全尺寸模型，原型机于 2021 年 2 月 27 日首次试飞。

图 51：美国 XQ-58A

图 52：俄罗斯雷霆无人机



资料来源：维基百科，山西证券研究所

图 53：澳大利亚 MQ-28A（原名 ATS）



资料来源：TopWar，山西证券研究所

图 54：中国“飞鸿” FH-97A



资料来源：Boeing Australia，山西证券研究所

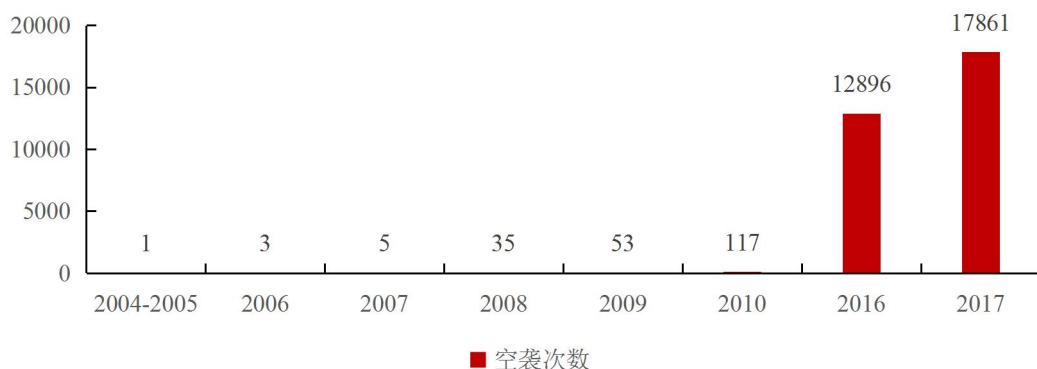


资料来源：第十四届珠海航展，山西证券研究所

4. 无人机载弹药：低成本精确打击是无人机载弹药发展的主题

无人机载弹药正成为大量使用和消耗的武器产品。近年来，在以中东和东南亚等地区为代表的局部地区冲突和反恐战争中，参与空袭的无人机数量和空袭次数明显增多，2016年空袭次数就达到12896次，相比2010年的117次出现激增，随着无人机在现代战争中从支援性装备逐渐成长为主力装备，无人机载弹药的需求将快速增长。

图 55：世界局部冲突中无人机空袭次数



资料来源：《小型低成本精确制导弹药技术现状及发展趋势》，山西证券研究所

目前无人机载弹药主要以空面导弹和制导炸弹为主。无人机载弹药按照弹药种类，分为导弹（空面导弹和空空导弹）、制导炸弹（含制导布撒器）、火箭弹（制导型，少量非制导型）、制导迫击炮弹、灵巧子弹药、小型战术制导弹药（重 10kg 以内的制导弹药）等类型，其中空面导弹又包含了反坦克导弹、多用途导弹及巡航导弹三类。空面导弹具有机动性强、射程远、命中精度高等优点，是无人机实施对地打击的主要武器。与空面导弹和普通炸弹相比，制导炸弹具备结构简单、技术成熟、价格低廉、命中率高以及使用方便等特点，也是无人机理想的机载武器。

图 56：“海尔法”反坦克导弹



资料来源：维基百科，山西证券研究所

图 57：“宝石路” II 制导炸弹



资料来源：谷歌，山西证券研究所

低成本精确打击是无人机载弹药发展的主题。早期无人机载弹药多数采用激光半主动制导方式，这种制导方式具有结构简单、成本低、抗干扰性好和命中精度高的特点，但易受恶劣天气影响。为了能在夜间、不良气象条件及各种主、被动干扰等复杂的战场环境下提高打击精度和任务可靠性，融合了红外成像制导、毫米波雷达制导、惯性制导及 GPS 制导等多种制导方式的多模制导弹药成为无人机载弹药的发展方向。

图 58: JAGM 导弹（红外成像+半主动激光+毫米波）



资料来源：维基百科，山西证券研究所

图 59: SDB II 制导炸弹（激光+非制冷红外+毫米波）



资料来源：DefenseMediaNetwork，山西证券研究所

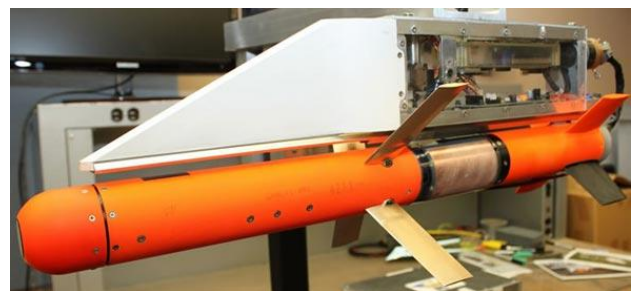
机载弹药轻型化发展。经过多年发展，无人机载弹药已初步形成 500kg 以上级、250kg 级、100kg 级、50kg 级、25kg 级、15kg 级、10kg 级以及 5kg 以下级等重量级别体系。50kg 以上级以现有反坦克导弹、制导炸弹等弹种改造为主，适应大、中型无人机，50kg 以下级以改进和新研相结合，主要适合于中小型无人机挂载。无人机载重比有人机小很多，难以携带大型弹药，同时为了满足对多目标的高效能打击需求，需要提高无人机载弹量，另外为了满足未来无人战斗机武器内埋以及减小附带毁伤的需求，轻型化成为未来无人机载弹药发展的必然趋势。

图 60: “短柄斧” Hatchet 小型制导弹药 (3.2kg)



资料来源：DefenseUpdate，山西证券研究所

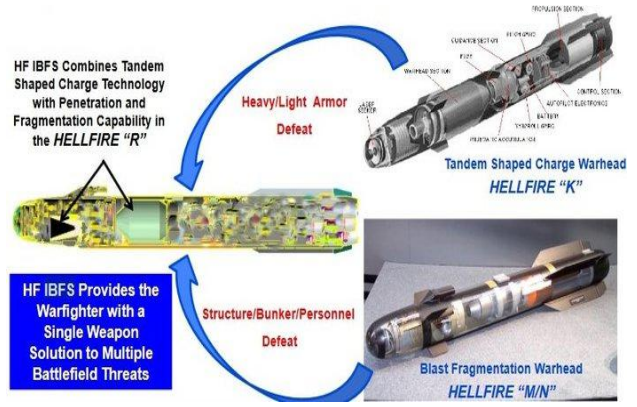
图 61: “销钉” Spike 空地导弹 (2.5kg)



资料来源：DefenseUpdate，山西证券研究所

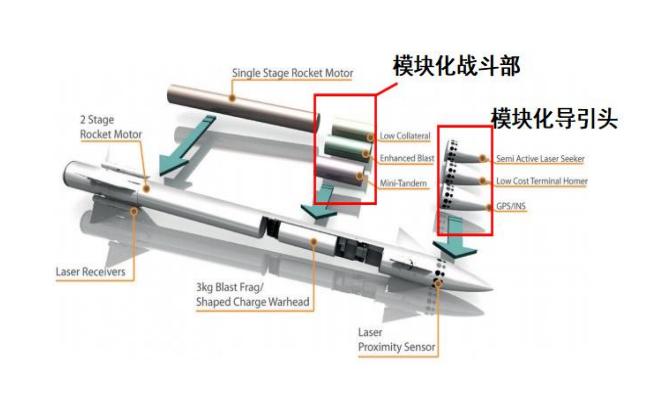
模块化、多用途战斗部是多目标毁伤的重要手段。无人机的作战对象既包括坦克、装甲车等重装甲目标，又包括建筑工事、掩体、地面车辆和武装人员等目标，所以无人机载弹药需要根据作战任务和目标类型，配装不同类型或者多用途战斗部以便对软、硬目标实现高效毁伤。

图 62: AGM-114R 地狱火采用 IBFS 多用途战斗部



资料来源：朝鲜日报，山西证券研究所

图 63: LMM 导弹模块化设计的战斗部和导引头



资料来源：MilitaryLeak，山西证券研究所

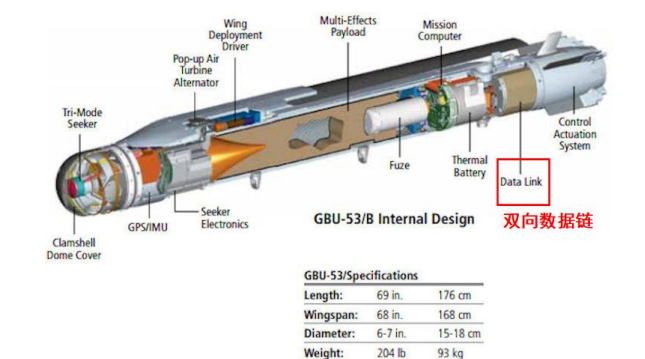
远程化、网络化发展。在保证命中精度的前提下，无人机载弹药正在向更远程打击的方向发展，射程提高也就是提高无人机的生存率，同时通过加装数据链，使其与各军兵种的指挥、控制、情报系统紧密链接在一起，并在发射后可根据战场态势改变飞行中弹药的作战任务指令，可最大程度发挥无人机系统机载武器的作战效能。20 世纪 70 年代的“海尔法”系列导弹射程均为 9km，2008 年启动的三模 JAGM 项目中导弹的射程指标达到 28km，阿联酋 Adcom 公司 2011 年披露的 Namrod 轻型防区外制导弹药，配置了双向数据链，既可以将视频上传载机，又可以接收操作员指令，最大射程可达 60km，美国 SDB II 制导炸弹加装了双向数据链，可以连接到美军武器数据链，具备发射后更改目标并完成命中评估的能力。

图 64: Namrod



资料来源：MilitaryRussia，山西证券研究所

图 65: SDB II 内部结构（加装双向数据链）



资料来源：DefenseUpdate，山西证券研究所

5. 无人机机体材料：轻量化和隐身性是无人机核心需求

复合材料的应用对无人机结构轻质化、小型化和高性能化至关重要。由于无人机通常要求具备低成本、轻结构、长航时和高存储寿命等特点，对于“忠诚僚机”还有高隐身性、高机动性和大过载需求，以上特点和需求给无人机的机体结构设计带来严峻挑战，而与传统的金属材料相比，复合材料凭借其比强度大、比模量大、成型工艺性好及材料的可设计性等优势，很好地解决了以上挑战。

表 5：复合材料的优点

优点	说明
比强度和比模量高	高的比强度、比模量能够大大减轻无人机的机身质量，降低无人机的载荷成本，对无人机结构的轻质化、小型化和高性能化意义重大
材料的可设计性、成型工艺性好	复合材料具有可设计性，可对复合材料结构有可能按结构特点更好地达到优化设计，从而设计的结构具有更高的效率；复合材料构件整体成型能力可以明显减少机械加工和装配工作量，大幅度降低装配费用，还可改善构件使用性能
整体一体化成型	整体成型可以大量节约成本，提高表面质量和劳动生产率
耐腐蚀和耐热性好	满足无人机各种环境条件下，长储存寿命的特殊要求，降低使用维护的寿命周期成本
隐身功能	聚合物基复合材料是一种非金属材料，具有特殊的电磁性能，研究改性后具有一定的隐身功能，有望实现结构/功能一体化，满足无人机高隐身的技术要求
智能材料和结构	复合材料易植入芯片、传感器形成智能材料、结构

资料来源：《复合材料在无人机上的应用与展望》，山西证券研究所

图 66：采用全复合材料设计的“翼龙”-1E



资料来源：第十四届珠海航展，山西证券研究所

图 67：“全球鹰”复合材料机翼（左）及翼尖结构



资料来源：《无人机结构复合材料应用进展》，山西证券研究所

复合材料的用量已经成为衡量一款无人机先进程度的重要指标之一。从开始承力小的部件，到次承力结构，以及到主承力结构，目前世界各国都在无人机上大幅度使用以碳纤维复合材料为主的先进复合材料，

基本覆盖了包括机身、机翼、平尾、垂尾、尾撑、舵面和起落架在内的大部分结构，占到了结构总质量的60%-80%，使机体质量减少了25%以上，目前已有无人机达到全复合材料结构。当前碳纤维复合材料、玻璃纤维复合材料、蜂窝夹层复合材料等已成为无人机的主要结构材料，且多数以碳纤维复合材料为主，出于降低成本目的会混杂玻璃纤维和芳纶纤维等复合材料。

图 68：复合材料在无人机应用的发展历程



资料来源：《复合材料在无人机上的应用与展望》，山西证券研究所

表 6：部分无人机复合材料应用概况

机型	国家	类别	结构材料
全球鹰	美国	高空长航时侦察无人机	除机身主结构为铝合金外，其余均为复合材料制成，包括机翼、尾翼、后机身、雷达罩、发动机整流罩等，复合材料用量约为结构总重的 65%
X-45	美国	无人战斗机	生产型复合材料用量 90% 以上，蒙皮、进气道及舱门等采用低温固化环氧复合材料，机翼采用 FMC 技术
X-47A	美国	海军无人战斗机	全复合材料飞机，整个机体蒙皮由 4 部分组成，减少表面缝隙，采用低温固化环氧复合材料
X-47B	美国	海军无人战斗机	满足无人机各种环境条件下，长储存寿命的特殊要求，降低使用维护的寿命周期成本
捕食者	美国	察打一体战术无人机	除机身大梁外，其他主要结构采用复合材料制造
暗星	美国	高空长航时侦察无人机	全机由复合材料制造，大展弦比复合材料机翼整体成型，外加吸波涂层
太阳神	美国	太阳能无人机	全复合材料飞机，主梁为 CFRP 管梁，CFRP 桁架翼肋，机翼前缘填充泡沫
苍鹭	以色列	中空长航时无人机	全复合材料结构，采用光纤健康监测系统
豺 2	法国	多用途无人机	前 4 架样机采用玻璃纤维/碳纤维/芳纶纤维复合材料设计，第 5 架样机采用了一种由日本开发的陶瓷纤维复合材料
不死鸟	英国	战场监视与目标	全复合材料，模块化结构

机型	国家	类别	结构材料
		捕获无人机	
秃鹫	南非	多用途无人机	除翼梁是金属制造外，其余部分均使用 CFRP 制造
梭鱼	欧洲	无人技术验证机	除翼梁是金属制造外，其余部分均使用 CFRP 制造
大鸦	英国	监视无人机	玻璃纤维复合材料和芳纶纤维复合材料模块化结构，雷达特征值极低

资料来源：《先进复合材料在无人机结构的应用》，山西证券研究所

为了适应高强度对抗作战环境，提高生存率，无人机未来将向高隐身性发展，而隐身材料是实现隐身性能的关键。隐身材料存在多种分类标准。针对探测技术而言，隐身材料分为为雷达隐身材料、红外隐身材料、可见光隐身材料、激光隐身材料以及多频谱隐身材料等。按照材料用途隐身材料可以分为隐身涂层材料和隐身结构材料，隐身涂层材料是将隐身材料涂覆在武器装备部件表面，以降低其雷达和红外目标特性，隐身结构材料是将吸收剂分散在特种纤维（如玻璃纤维、石英纤维）增强的结构材料中，形成结构复合材料，可替代部分现有武器装备金属材料制造的结构件，实现结构和隐身功能的一体化。目前隐身飞机除了进行飞机隐身结构设计外，主要的隐身方式是采用隐身涂层材料和隐身结构材料相结合。

图 69：X-47B 隐身无人机



资料来源：谷歌，山西证券研究所

图 70：攻击-11 隐身无人机



资料来源：第十四届珠海航展，山西证券研究所

6. 无人靶机：战机升级促研发新一代高速、大机动性和高隐身性靶机

无人靶机是指利用无人机模拟空中目标（如作战飞机和导弹），需要模拟目标的各种特性，比如可见光、红外辐射和雷达散射以及目标运动等特性。目前利用无人机模拟目标主要用于检验空空/地空武器装备的战术、技术性能及作战部队的训练与演习。

靶机包括实体靶机、巡航靶机和旋翼靶机三类，其中巡航靶机按照飞行速度又分为低速靶机、亚音速靶机和超音速靶机三类。实体靶机是用实体飞机改装成全尺寸靶机；低速靶机飞行速度在 100m/s 以下，采用活塞发动机，一般在 6000m 以下飞行；亚音速靶机常作为导弹测试和评估的空中机动目标，一般采用涡喷发动机作为推进动力，是需求量最大的一种靶机；超音速靶机大多采用火箭或冲压发动机为动力；旋翼靶机一般用于对武装直升机专门研制的对空战术导弹的测试靶机。

图 71：靶机的分类



资料来源：《无人靶机及其自主控制技术发展》，《靶机装备现状与发展需求》，山西证券研究所

图 72：BQM-74E



资料来源：谷歌，山西证券研究所

图 73：俄罗斯 VM-V 直升机靶机



资料来源：全球无人机网，山西证券研究所

目前国际军事航空工业已进入由第三代战斗机向第四代战斗机过渡的阶段，研制模拟第四代战斗机的高速、大机动性和高隐身性的靶机是当前的主要需求。四代战机的基本特征包括：高隐身目标（雷达散射截面积 $RCS < 0.02m^2$ ）、大机动过载（横向过载 8g 并持续 30 s）、超音速飞行（M1.2~M1.7）以及配备各种抗干扰设备。相应的靶机也需要具备如下性能和特征：小 RCS 目标特性，前向 $\pm 30^\circ$ 雷达反射面积小于 $0.01m^2$ ；大机动性，要求横向过载 8g 持续 40 s，或 10g 过载持续 10 s；高空高速飞行，要求飞行高度大于 18000 m，速度 M1.2~M2；目标增强器和抗干扰设备携带能力，25~50 kg 任务设备。

图 74：5GAT 原型机



资料来源：美国国防部，山西证券研究所

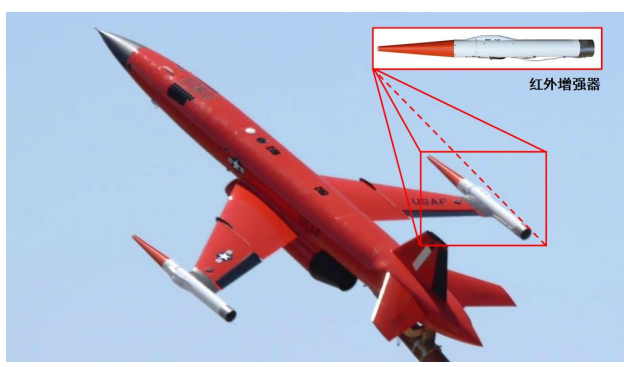
图 75：QF-16



资料来源：维基百科，山西证券研究所

无人机及其携带的靶标类任务载荷一起构成完整的目标模拟靶机。由于靶机与其模拟的目标在气动外形、尺寸大小、发动机以及飞行参数等方面有明显差异，仅靠无人机本身的红外特性和雷达散射特性是无法逼真模拟目标特性的，无人机还需要携带红外和雷达靶标载荷来模拟目标的红外特性和雷达散射特性。另外，为了模拟对抗性环境，靶机一般还需要携带电子对抗、光电对抗等对抗性模拟设备。

图 76：携带红外增强器的 BQM-167 靶机



资料来源：MilitaryAerospace，山西证券研究所

图 77：MQM-107D 携带的 TRX 型雷达拖靶



资料来源：谷歌，山西证券研究所

7. 国际市场格局：中东国家是主要买家，中国稳坐中东头号供应商

就全球的军事预算而言，各国无人机系统方面的预算将持续增长，中东地区国家是主要买家。随着越来越多的国家从伊拉克、阿富汗、叙利亚、利比亚和乌克兰等国家身上吸取无人机参与作战的经验教训，无人机在全球范围内开始大规模扩散，根据《The Drone Databook》数据，全世界拥有军用无人机的国家从2010年的60个激增至2020年的102个，尤其是作为全球“安全洼地”的中东和北非的阿拉伯国家，由于饱受恐怖主义和分离主义影响，内战和代理人战争此起彼伏，国家间敌对和地缘政治竞争愈演愈烈，近年来已成为国际军用无人机市场上的主要买家，同属中东地区的以色列、土耳其和伊朗等国也在积极自行研发和装备军用无人机。根据蒂尔集团（Teal Group）数据，世界军用无人机市场规模将从2023年的132亿美元增长至2032年的187亿美元，复合年增长率为3.9%。

图 78：世界军用无人机市场规模（2023-2032）

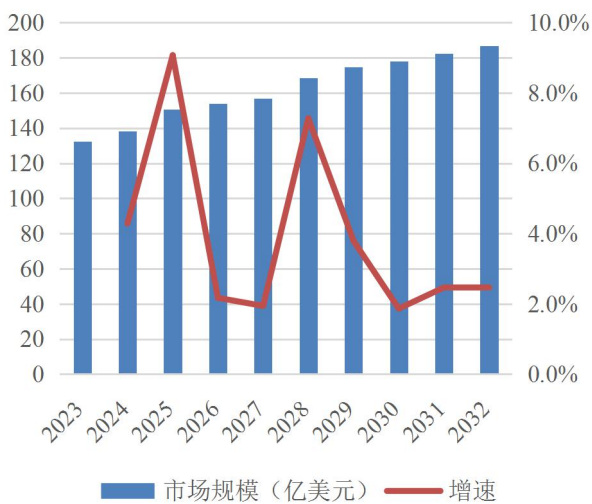


图 79：无人机在中东作战区域



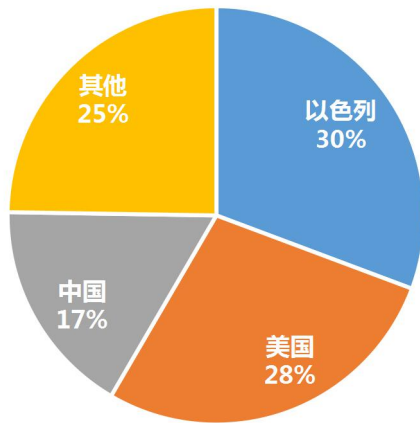
资料来源：Teal Group，山西证券研究所

资料来源：《The Drone Databook》，山西证券研究所

全球无人机系统军贸领域的主要出口国家是以色列、美国及中国，澳大利亚、土耳其、瑞典、意大利、伊朗等国也有部分无人机出口，但是在中东地区中国是第一大供应商。根据斯德哥尔摩国际和平研究所（SIPRI）统计，2010年至2020年无人机军贸市场，以色列占比最大达到30%，美国占比28%，中国占比17%，但是在中东地区2011年至2021年期间中国占比达到51%，坐稳中东地区无人机第一大供应商。以色列和美国占比较低主要有两方面原因，一方面以色列由于政治原因不会向中东敌对国家提供无人机，美国由于受制于导弹及其技术控制制度（MCTR）以及担忧无人机流入中东会挑战以色列在该地区的主导地位，严格限制了无人机系统向中东地区国家的出售，另一方面中国无人机的物美价廉也获得了中东国家的青睐，性能对标MQ-9的CH-5只有MQ-9价格的一半左右，CH-4和翼龙II更是比MQ-9低了大约75%，中国出

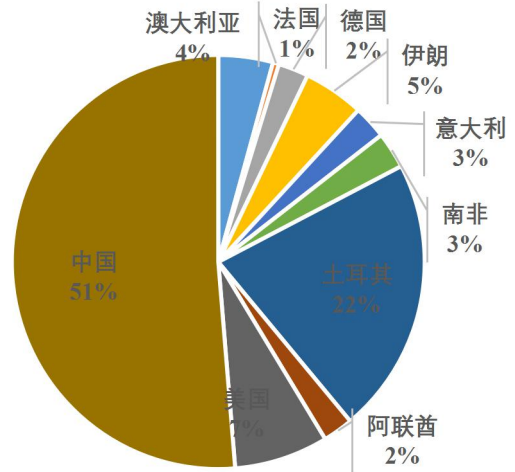
口主力机型翼龙系列和彩虹系列无人机，已累计完成数万架次的起落及十余万小时的飞行，其性能和成熟度已经历了高强度实战检验。

图 80：2010-2020 世界军用无人机市场占比（按订单统计）



资料来源：SIPRI，山西证券研究所

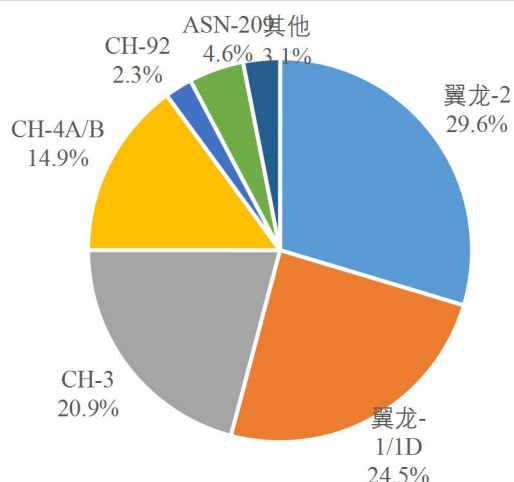
图 81：2011-2021 中东地区无人机供应商情况



资料来源：SIPRI，山西证券研究所

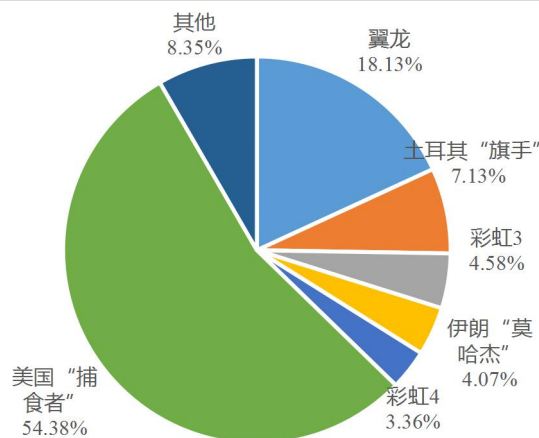
中国出口军用无人机主要以高端中大型察打一体无人机为主，面对同样具备价格优势的土耳其和伊朗的竞争，中国无人机具有性能更高和供应链自主可控的优势。2011 年至 2021 年，中国出口军用无人机主力机型是翼龙系列和彩虹系列，分别占到 54.1%和 38.1%，其中基本都是中空长航时察打一体无人机，在全球察打一体无人机细分领域，翼龙系列和彩虹系列也排名前列。比较同样具备价格优势的土耳其和伊朗的察打一体无人机，首先我国无人机在性能上水平更高，比如翼龙 II 和 CH-4 在最大升限、有效载荷、飞行速度和续航时间上明显优于 TB-2，可以在 TB-2 飞行高度之上对 TB-2 进行监视和跟踪，并在 TB-2 需要返航时跟踪发现地面指挥控制站位置并打击摧毁，这是已经发生在叙利亚和利比亚战场上的作战案例，其次中国无人机已经能够实现全产业链的自主可控，而土耳其和伊朗无人机在发动机、侦察载荷等关键部件上仍需要从加拿大、德国、乌克兰等国进口，2020 年由于在亚美尼亚和阿塞拜疆冲突中使用 TB-2 不符合加拿大的外交政策和装备最终用途保证，加拿大停止了向土耳其出口 TB-2 配备的 CMX-15D 光电/红外成像系统。

图 82：2011-2021 中国出口军用无人机型号



资料来源：SIPRI，山西证券研究所

图 83：全球察打一体无人机市占率



资料来源：AviationWeek，山西证券研究所

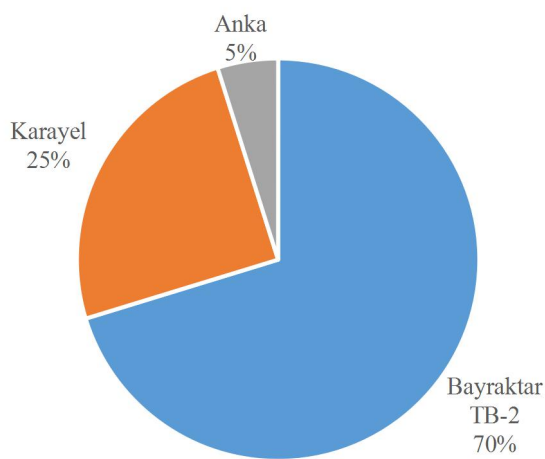
表 7：2011-2021 中国军用无人机出口数据（订单数据）

国家	翼龙-1	翼龙-1D	翼龙 2	CH-3	CH-4A	CH-4B	CH-92	ASN-209	CR500	WJ-600	总计
哈萨克斯坦	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
埃及	10	32	—	—	—	—	—	18	—	—	60
巴基斯坦	5	—	48	50	5	—	—	—	—	—	108
沙特阿拉伯	15	—	50	—	—	5	—	—	—	—	70
阿联酋	25	—	15	—	—	—	—	—	10	—	50
乌兹别克斯坦	5	—	5	—	—	—	—	—	—	—	5
尼日利亚	—	—	2	7	—	4	—	—	—	—	13
苏丹	—	—	—	5	5	—	—	—	—	—	10
土库曼斯坦	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2	4
缅甸	—	—	—	12	—	—	—	—	—	—	12
伊拉克	—	—	—	—	—	20	—	—	—	—	20
约旦	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—	6
阿尔及利亚	—	—	—	5	5	—	—	—	—	—	10
印度尼西亚	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—	6
老挝	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	2
塞尔维亚	—	—	—	—	—	—	9	—	—	—	9
总计	63	32	115	81	15	43	9	18	10	2	388

资料来源：SIPRI，山西证券研究所（注：被蓝色标记国家为中东和北非地区国家）

土耳其在全球低端中小型察打一体无人机领域占有重要地位。2011年至2021年，土耳其出口军用无人机185架，其中70%是Bayraktar TB-2察打一体无人机。Bayraktar TB-2是土耳其自主研发的首款中小型察打一体无人机，虽然作战能力相比美国MQ-9等大型察打一体无人机尚有差距，但由于土耳其对该机大规模的装备和实战应用，该机在实战效果和累计飞行时间上处于世界第一梯队，并在近几年的纳卡战争和俄乌冲突中频繁曝光，从总体性能而言，TB-2在500kg级别无人机中表现突出，能以更低的作战成本为军方提供有力支持。2019年Baykar继TB-2、ANKA之后推出了AKINCI系列大型高空长航时双发无人机，AKINCI A配备两台乌克兰450马力的涡桨发动机AI-450S，AKINCI B配备了两台加拿大750马力的涡桨发动机PT6，该系列无人机具备更强的载油和武器挂载能力，后续值得持续关注。

图 84：2011-2021 土耳其出口军用无人机型号



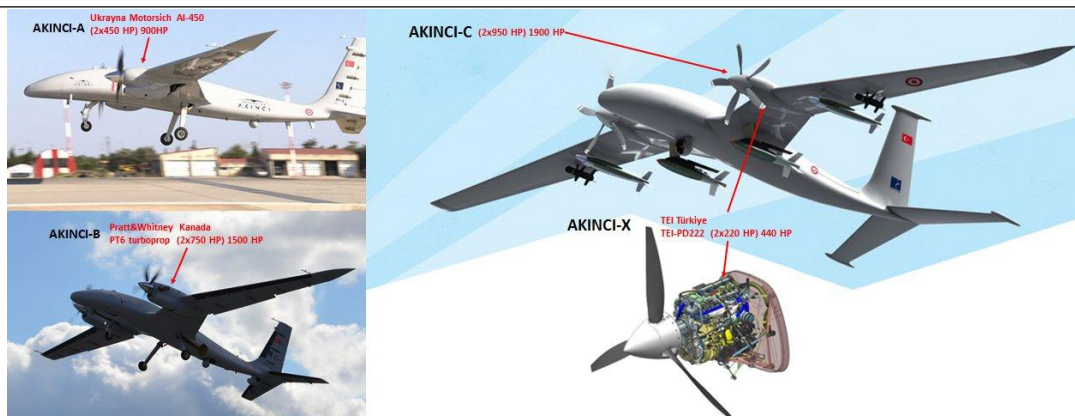
资料来源：SIPRI，山西证券研究所

图 85：TB-2 无人机系统组成



资料来源：《土耳其 TB-2 中小型察打一体无人机的发展与启示》，山西证券研究所

图 86：Baykar AKINCI A/B/C/X



资料来源：Twitter，山西证券研究所

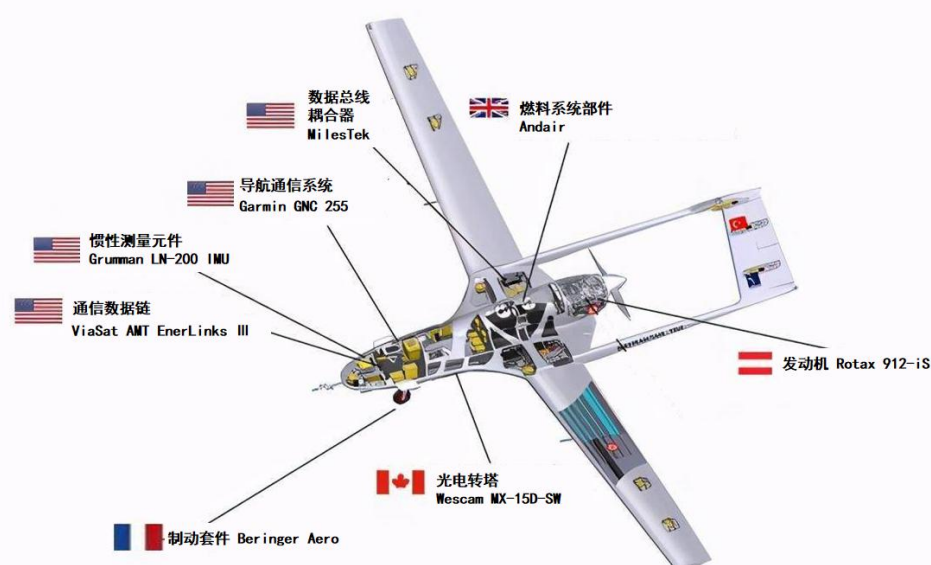
表 8：2011-2021 土耳其军用无人机出口数据（订单数据）

国家	Karayel	Bayraktar TB-2	Anka	总计
沙特	46	—	—	46
埃塞俄比亚	—	1	—	1
伊拉克	—	8	—	8
哈萨克斯坦	—	—	3	3
吉尔吉斯斯坦	—	3	15	3
利比亚	—	12	5	12
摩洛哥	—	13	2	13
波兰	—	24	—	24
卡塔尔	—	6	—	6
突尼斯	—	—	6	6
土库曼斯坦	—	3	—	3
乌克兰	—	60	—	60
总计	46	130	9	185

资料来源：SIPRI，山西证券研究所

土耳其无人机许多关键部件需要外购，供应链自主可控水平低，容易被“卡脖子”。TB-2 的发动机采用了奥地利 Rotax 公司的 912 型涡轮增压汽油发动机，光电吊舱采用了 L3 公司的 CMX-15D 光电转塔，2020 年这些核心部件被相继限制出口，土耳其宣布采用国产 TEI PD170 发动机和 CATS 光电转塔进行替代，并于 2020 年 11 月开始集成测试，但是 TB-2 的大多数客户排斥购买 CATS 光电转塔，主要原因是土耳其产光电转塔重量从 45kg 增加至 61kg，并且性能表现一般，与已有无人机系统兼容性一般。

图 87：TB-2 需要外购的关键部件

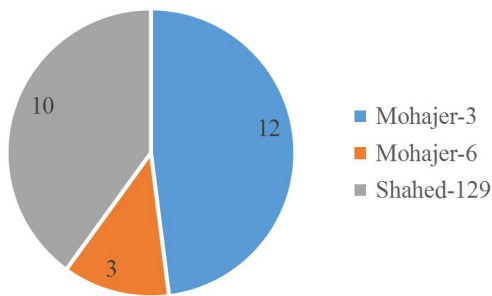


资料来源：Vstrokax 网站，Hetq 网站，山西证券研究所

伊朗坚持国防自主化道路，无人机装备先进与落后并存。伊朗是中东地区最早开始大规模应用和研制无人机的国家，由于长期处于制裁环境下，限制了从国际社会获得先进技术和装备的路径。伊朗早期通过仿制由于电子干扰、诱骗以及失控坠毁在本土的美国和以色列的无人机，快速形成战斗力，并结合自身实际大量采用了民用成熟技术，有效降低了研制难度和生产成本，但也一定程度上削弱了装备的性能和可靠性，虽然较强的系统工程能力实现了整体作战效能的提升，但是仍然呈现出先进与落后并存的特点。

“莫哈杰”（Mohajer）系列和“见证者”（Shahed）系列是伊朗无人机外销主力，自杀式无人机“见证者”-136 俄乌战场发威。2011年至2021年，伊朗出口军用无人机25架，主要是“莫哈杰”（Mohajer）系列和“见证者”（Shahed）系列。“莫哈杰”（Mohajer）系列是伊朗最早研制的一款无人机，衍生型号一直延续至今，其真正具备作战能力的型号是2019年量产的Mohajer-6，伊朗首款实用型察打一体无人机是2012年亮相的“见证者”129。“见证者”-136是一款低成本自杀式无人机，体积小，飞行高度低，雷达难以探测，而且拦截成本高，可以远距离飞行并在攻击目标上方盘旋，虽然依赖民用级GNSS导航，但相对较大的弹头弥补了部分导航精度的下降，在俄乌战场上被广泛用于攻击仓库、厂房、电力基础设施及基地等目标，有效弥补了俄罗斯日益减少的巡航导弹供应，另外据媒体报道，除了“见证者”-136之外，“见证者”-131和Mohajer-6也出现在了俄乌战场上。

图 88：2011-2021 伊朗出口军用无人机型号



资料来源：SIPRI，山西证券研究所

图 89：伊朗“见证者”-136



资料来源：Mezha，山西证券研究所

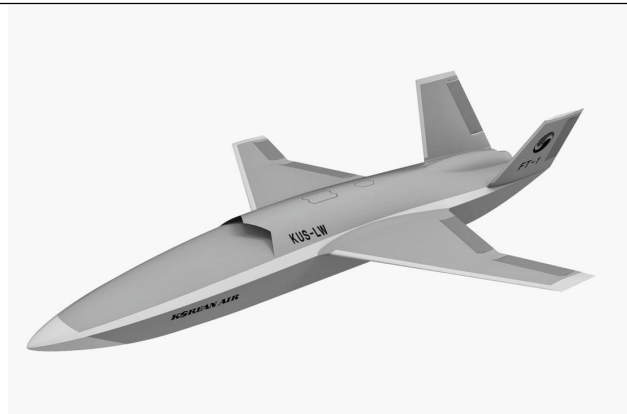
韩国军用无人机技术正在崛起。韩国国防部于20世纪90年代初制定了无人机发展“三步走”战略，目标打造一支近、中、远程相结合的无人机部队，随着以“夜侵者”-300为代表的国产小型战术无人侦察机批量装备部队，以及KUS-FS中型中空长航时无人机研发完成并即将部署，韩国正逐步掌握无人机关键技术，追赶步伐逐渐加快。2022年韩国空军宣布拟组建隐身无人机中队，开发一种有人机-无人机编队系统，依托1架有人驾驶隐身飞机，编组3-4架隐身无人机，联合执行作战任务，并计划于2027年形成战斗力。

图 90: KUS-FS 中空长航时无人机



资料来源: UasVision, 山西证券研究所

图 91: KUS-LW “忠诚僚机”概念模型

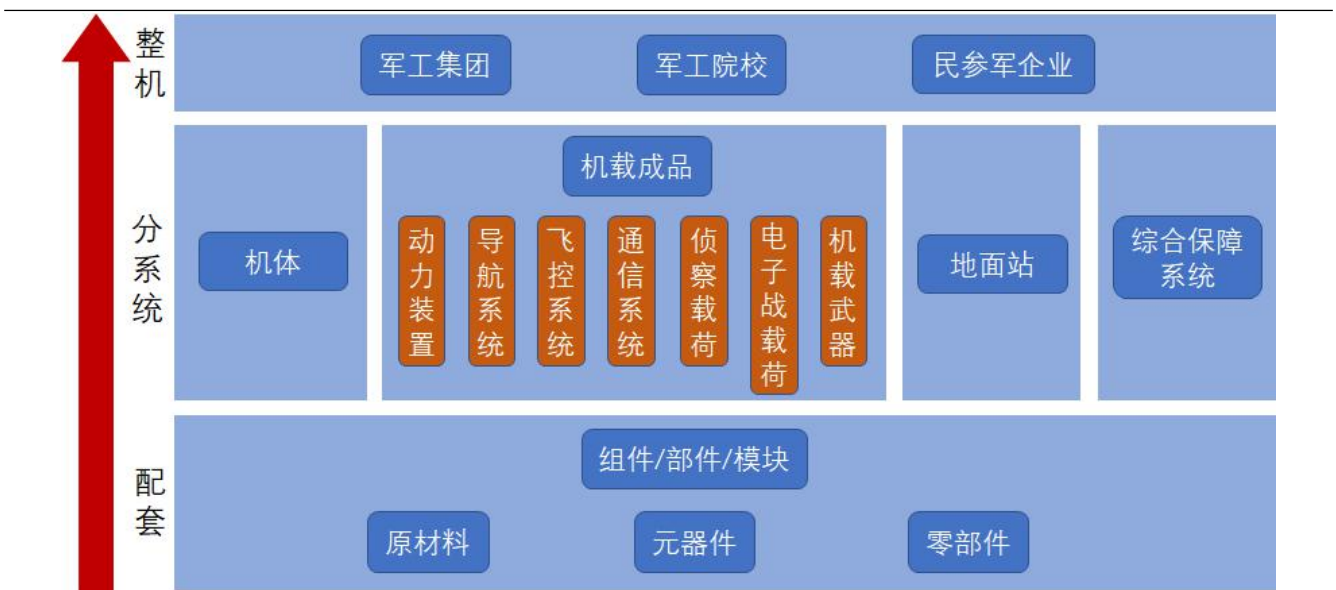


资料来源: SCMP, 山西证券研究所

8. 军用无人机产业链及相关标的

军用无人机产业链上游是通用性强兼容性好的原材料、元器件、零部件和组件/部件/模块，集中度低，参与企业多，中游分系统虽然价值量大，但分系统众多，定制化程度高，需要按照与下游整机企业签署的技术协议中要求的成品适用标准、接口、通用质量特性、环境适应性等技术要求，完成相应配套，下游整机类企业处于产业链核心地位，是牵引整个产业链发展的龙头。下游整机企业包括以航空工业集团、航天科技集团以及航天科工集团为代表的军工集团、以北航和西工大为代表的军工院校和民参军企业，其中军工集团主要生产大中型长航时无人机，体量最大，占据下游整机的第一梯队，民参军企业主要生产靶机及小型无人机。中游分系统主要包括动力系统、飞控系统、导航系统、通信系统、侦察/电子战类载荷和机载武器等，主要供应商是各军工集团研究所，根据整机企业中无人机招股说明书数据，2021年机载成品（发动机、合成孔径雷达、挂架、飞机管理计算机、卫通天线组合、光电监视/瞄准装置等）采购金额占到采购总额的60.40%，地面站（指挥控制站、视距链路地面站、卫通链路地面站及相关产品等）采购金额占到采购总额的12.59%。

图 92：军用无人机产业链



资料来源：山西证券研究所

表 9：军用无人机产业相关上市公司梳理

产业链位置	领域	公司名称	公司代码	公司简介	主营业务	无人机相关主要产品
整机		中无人机	688297.SH	专注于大型固定翼长航时无人机系统成体系、多场景、全寿命的整体解决方案提供商，主要从事无人	大型固定翼长航时无人机系统	翼龙-1、翼龙-1D、翼龙-1E、翼龙-2

				机系统的设计研发、生产制造、销售和服务。		
		航天彩虹	002389.SZ	公司是新材料业务和无人机研发制造双主业的业务模式。	中大型察打一体无人机产品以及机载弹药；功能聚酯薄膜、光学膜业务	彩虹-3、彩虹-4、彩虹-5、射手系列导弹；
		航天电子	600879.SH	主要业务为从事航天电子、无人系统及高端智能装备、电线电缆等产品的研发、生产与销售。	航天测控通信、机电组件、集成电路、惯性导航等领域航天电子产品；无人机系统、精确制导产品系统、智能感知、特种电机和其他无人和高端智能装备等系统级产品和服务；民用导线、电缆及军用特种电缆产品	飞鸿系列无人机、机载武器、航空活塞发动机
		中航沈飞	600760.SH	主营业务为航空产品制造，主要产品包括航空防务装备和民用航空产品，核心产品为航空防务装备	歼 5、歼 6、歼 7、歼 8、歼 11、歼 15、歼 16、歼 35 等	暗箭系列无人机等
		洪都航空	600316.SH	国内专业生产教练飞机和通用飞机的企业	初教-6、初教-7、K8/教-8、L15/新高教	攻击-11
		星网宇达	002829.SZ	是国内较早致力于惯性技术开发的高新技术企业，后来进入无人系统领域，发展成为从核心部件到任务设备直至无人平台的全产业链无人系统公司	组合导航、卫星定位、光电吊舱、相控雷达等信息感知产品；“动中通”卫星通信天线；无人机、无人车、无人船等无人系统产品研发和技术服务	组合导航产品、无人靶机
分系统	动力装置	宗申动力	001696.SZ	主要从事小型热动力机械产品及部分终端产品的研发、制造、销售等业务	发动机及配件；通用汽油机、耕作机、割草机、水泵机组、汽油发电机组等整机及零部件；摩托车零部件、汽车零部件	C115 发动机、C145 发动机、航空变距螺旋桨等航空活塞发动机
		航发动力	600893.SH	国内大型航空发动机制造基地企业，国内唯一的生产制造涡喷、涡扇、涡轴、涡桨、活塞全种类军用航空发动机的企业	航空发动机及衍生产品业务、外贸出口转包业务、非航空产品及其他业务	AEF50E/AEF100 涡扇发动机、AEP50E/AEP60E 涡桨发动机、AEF20E 涡喷发动机
	飞控系统/导航	中航电子	600372.SH	主营业务是航空电子系统产品	产品谱系覆盖飞行控制系统、雷达系统、	飞行控制系统、惯性导航系统、机载计算机与

	系统				光电探测系统、座舱显控系统、机载计算机与网络系统、火力控制系统、惯性导航系统、大气数据系统、综合数据系统、控制板与调光控制系统等十大系统在内的航空电子相关领域	网络系统等
	侦察载荷(光电吊舱)	大立科技	002214.SZ	主要业务涵盖红外及光电类产品和巡检机器人产品两大领域	红外热成像芯片、红外热像仪及光电系统产品；巡检机器人产品	光电吊舱
		晶品特装	688084.SH	光电侦察设备和军用机器人的研发、生产和销售	主要产品包括多个型号系列的无人机光电吊舱、手持光电侦察设备、夜视多功能眼镜、手持穿墙雷达、排爆机器人、多用途机器人、便携式侦察机器人等	光电吊舱
		睿创微纳	688002.SH	专业从事非制冷红外热成像与 MEMS 传感技术开发的集成电路芯片企业，致力于专用集成电路、MEMS 传感器及红外成像产品的设计与制造	非制冷红外热成像 MEMS 芯片、红外热成像探测器、红外热成像机芯、红外热像仪及光电系统	光电吊舱
		高德红外	002414.SZ	业务涵盖了红外焦平面探测器芯片、红外热像整机及以红外热成像为核心的综合光电系统、完整装备系统总体、传统非致命性弹药及信息化弹药四大业务板块。	红外焦平面探测器芯片、红外热像整机及以红外热成像为核心的综合光电系统、传统非致命性弹药、信息化弹药	光电吊舱
配套	组件/部件/模块(模块电源)	新雷能	300593.SZ	主要从事于高效率、高可靠性、高功率密度电源产品的研发、生产和销售	模块电源、定制电源	模块电源、定制电源、大功率电源及系统
	元器件	航天电器	002025.SZ	高端连接器、微特电机、继电器、光电器件、电缆组件的研制、生产和销售	连接器、微特电机、继电器、光电器件、电缆组件	连接器等
	复合材料	中航高科	600862.SH	主要业务分为“航空新材料”和“高端智能装备”	航空复合材料原材料、民用航空结构件	航空复合材料

				两大板块，业务涵盖航空新材料、高端智能装备、轨道交通零部件、汽车零部件、医疗器械等应用领域。	和民用领域复合材料零部件；普通铣床、数控铣床、数控车床、立式加工中心、卧式加工中心、龙门加工中心及航空专用装备等	
		中简科技	300777.SZ	专业从事高性能碳纤维及相关产品研发、生产、销售和技术服务的高新技术企业	碳纤维及碳纤维织物	碳纤维及碳纤维织物
		光威复材	300699.SZ	业务涵盖碳纤维、经编织物和机织物、系列化的树脂体系、各种预浸料、复合材料构件和产品的设计开发、装备设计制造、检测等上下游，依托在碳纤维领域的全产业链布局，成为复合材料业务的系统方案提供商	碳纤维和织物产品；预浸料产品；碳纤维复合材料	碳纤维和织物产品；预浸料产品；碳纤维复合材料
	隐身材料	光启技术	002625.SZ	主要业务是新一代超材料尖端装备产品的研发、生产及销售。汽车零部件业务板块主要业务为各类汽车座椅功能件、安全件及其关键零部件的研发、生产和销售	新一代超材料技术在尖端装备领域的应用，按照使用场景分为航空结构产品与海洋结构产品	新一代超材料航空结构产品
		华秦科技	688281.SH	主要从事特种功能材料，包括隐身材料、伪装材料及防护材料的研发、生产和销售	隐身涂层材料和结构隐身材料；有高仿真伪装遮障和伪装网；重防腐材料和高效热阻材料；特种功能材料技术服务	隐身涂层材料和结构隐身材料

资料来源：Wind，山西证券研究所

9. 投资建议

随着现代战争形态的演变以及先进技术带来的装备系统功能的不断丰富和增强，无人机从非对称低烈度战争中的支援性装备，逐步转变为中高烈度战争中的主力装备，并将在人工智能等先进技术推动下向高烈度战争中与有人机协同作战甚至完全自主作战进化。无人机在近些年的多次局部战争中频繁曝光，越来越多国家认识到了无人机的重要意义，无人机在全球范围内将持续大规模扩散，关于军用无人机产业链，我们重点推荐的标的是中无人机、中航沈飞、航发动力、新雷能、中航高科和航天电器。

9.1 中无人机

公司是大型固定翼长航时无人机领军企业，翼龙产品系列达到国际先进水平。公司专注于大型固定翼长航时无人机系统，翼龙系列无人机具有国际先进水平，是我国军贸无人机的龙头产品，在全球察打一体无人机市占率位居全球第二，中国第一。

随着信息化战争的不断发展以及近几年多次局部战争的实践，无人机系统已成为未来各国武器装备发展的重点之一，全球军用无人机需求持续快速增长。作为新域新质作战力量的典型代表，无人机在未来作战体系中的比重将大幅增加，公司翼龙系列产品拥有优越的性能和成熟度，经历了高强度检验，将受益于全球无人机需求的持续快速增长。

风险提示：海外订单不及预期；产品生产交付不及预期

9.2 中航沈飞

公司是我国重要战斗机的主要研制基地，研制成功我国首款舰载隐身战斗机。公司是中国歼击机的摇篮，负责研制了我国多款主力战机，随着公司新型歼-35 舰载隐身战斗机的研制成功，我国成为全球第二个能自研自产隐身舰载机的国家。

我国空军和海军航空兵装备新增和换代需求迫切。我军目前战斗机中仍有很高比例是二代机，急需换代升级，公司三代半战斗机歼-16 系列已经是空军主力机型，歼-15 是我国现役唯一一款航母舰载机，随着我国航母舰队的不断建设，海军舰载航空兵将为公司的歼-35 和歼-15 系列带来持续的增量需求。

风险提示：全军新型航空装备列装进度不及预期；订单交付节奏不及预期；技术创新风险

9.3 航发动力

公司是我国航空发动机产业的中流砥柱，主力型号已处于产量上升期，其中多款涡扇、涡桨以及涡喷

发动机可用于无人机，填补了我国急需的无人机动力空白。第三代发动机涡扇 10 系列发动机已经十分成熟，并且已经推出多个改型，公司目前已具备第四代发动机研制能力和第五代发动机预研能力，随着新型发动机研制进度的不断推进，我国有望消除代差，迈入航空发动机强国行列。

航空装备升级换代加快叠加实战化训练强度加大，推动航空发动机需求高速增长。国内航空动力装备将形成一、二代机加速淘汰，三代机批量稳定交付、四代机研制、五代机预研加速的局面，航空装备升级换代加速，同时随着航空兵实战化训练强度加大，飞行员平均飞行小时数极大增长，加速航空发动机损耗，这将极大推动航空发动机需求，推动公司业务持续高速增长。

风险提示：新型航空装备列装不及预期；新型号研制进度不及预期

9.4 新雷能

特种电源领域高速增长。航空航天及军工特种领域对电源产品在严酷环境下的性能要求很高，并要求长期可靠性，公司在特种电源领域品类丰富，在新型重点型号导弹及雷达电子设备电源产品领域占比较高，随着相关总体类产品进入批量交付阶段，公司特种电源产品业绩将持续高速增长。

定增落地打开成长空间。公司持续推进产能扩充，定增项目覆盖特种电源、高可靠性 SiP 功率微系统、5G 通信及服务器电源等业务板块，预计达产后三项业务新增年营收分别为 12.5 亿元、2.5 亿元和 3.0 亿元，净利润 2.94 亿元、0.47 亿元和 0.21 亿元。随着定增项目落地，公司将完善产品业务布局，打开未来长期增长空间。

风险提示：全军采购进度不及预期；募投项目进展不及预期

9.5 中航高科

碳纤维复合材料在航空结构轻量化中具有无可替代的材料性能，不需要考虑过载更专注于机动性能的无人机相比于载人飞机碳纤维复合材料用量占比更高。碳纤维复合材料经过多年发展已经从最初的非承力构件发展到应用于次承力和主承力构件，应用比例不断提升，公司聚焦碳纤维预浸料产品，处于碳纤维产业链核心枢纽环节。公司承担了多型航空新装备所需预浸料产品的研制、生产和供应，具有垄断优势。

航空装备和复合材料技术迎来跨代发展机遇，公司航空复材业务进入高速成长期。随着新型航空装备和导弹的大规模列装，以及国产大飞机 C919 完成适航认证，军民航空装备需求上升叠加复合材料应用比例不断提高，公司作为主要的预浸料供应商，航空复材业务将进入高速成长期。

风险提示：航空复合材料需求不及预期；生产交付不及预期

9.6 航天电器

连接器是系统或整机电路中负责电气连接或信号传输的关键必备基础元器件，公司主导产品用于航天、航空、电子、兵器、船舶、通信、轨道交通、能源装备等高新技术领域配套。随着我军新型导弹武器和航空装备的定型量产加速，以及全军实战化演练频次增加带来的消耗增多，公司作为关键必备基础元器件配套企业将直接受益。

定增项目稳步实施，持续推进产能提升。公司持续推进生产基地建设，定增募资扩充产能，募投项目涉及公司军民用连接器、继电器、电机和光模块业务板块，项目预计 2023 年 12 月建成投产，预计年新增销售收入 23.61 亿元，公司将打破产能瓶颈，满足下游不断增长的军民用需求，实现十四五期间高速发展。

风险提示：连接器订单不及预期；募投项目进展不及预期

表 10：重点推荐公司盈利预测及估值

证券代码	证券名称	收盘价		EPS			PE			投资评级	
		2022/12/6	2021A	2022E	2023E	2024E	2021A	2022E	2023E		2024E
688297.SH	中无人机	52.29	0.44	0.58	0.85	1.30	118.84	90.16	61.52	40.22	增持-A
600760.SH	中航沈飞	61.35	0.86	1.08	1.33	1.74	71.34	56.81	46.13	35.26	买入-A
600893.SH	航发动力	45.10	0.45	0.58	0.76	1.03	100.22	77.76	59.34	43.79	增持-A
300593.SZ	新雷能	42.82	0.67	0.94	1.44	2.48	63.91	45.55	29.74	17.27	买入-A
600862.SH	中航高科	23.94	0.42	0.50	0.68	0.89	57.00	47.88	35.21	26.90	买入-A
002025.SZ	航天电器	67.66	1.08	1.25	1.71	2.31	62.65	54.13	39.57	29.29	增持-A

资料来源：Wind，山西证券研究所

10. 风险提示

(1) 无人机海外订单不及预期。海外订单受国际安全局势、贸易国家双边关系、政局稳定性以及政策变化及市场竞争等诸多因素影响，存在较大波动性，如果国际政治格局发生不利变化，海外订单可能会不及预期。

(2) 国内列装不及预期。国内无人机列装情况受国家战略需求影响，如果国家战略部署发生变化，会影响国内列装的规模和进度。

(3) 疫情不确定性对生产交付造成影响。局部疫情的反复可能会影响产业链上部分重要产品的研发、生产和交付节奏。

(4) 新型号研发不及预期。随着无人机市场竞争加剧，如果企业不能紧跟新技术发展、加强新产品研发、丰富产品谱系，可能会错失市场发展机会，影响企业业绩的可持续性。

分析师承诺：

本人已在中国证券业协会登记为证券分析师，本人承诺，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本人对证券研究报告的内容和观点负责，保证信息来源合法合规，研究方法专业审慎，分析结论具有合理依据。本报告清晰地反映本人的研究观点。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点直接或间接受到任何形式的补偿。本人承诺不利用自己的身份、地位或执业过程中所掌握的信息为自己或他人谋取私利。

投资评级的说明：

以报告发布日后的 6--12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中：A 股以沪深 300 指数为基准；新三板以三板成指或三板做市指数为基准；港股以恒生指数为基准；美股以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。

无评级：因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见的结果的重大不确定事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。（新股覆盖、新三板覆盖报告及转债报告默认无评级）

评级体系：

——公司评级

- 买入： 预计涨幅领先相对基准指数 15%以上；
- 增持： 预计涨幅领先相对基准指数介于 5%-15%之间；
- 中性： 预计涨幅领先相对基准指数介于-5%-5%之间；
- 减持： 预计涨幅落后相对基准指数介于-5%- -15%之间；
- 卖出： 预计涨幅落后相对基准指数-15%以上。

——行业评级

- 领先大市： 预计涨幅超越相对基准指数 10%以上；
- 同步大市： 预计涨幅相对基准指数介于-10%-10%之间；
- 落后大市： 预计涨幅落后相对基准指数-10%以上。

——风险评级

- A： 预计波动率小于等于相对基准指数；
- B： 预计波动率大于相对基准指数。

免责声明：

山西证券股份有限公司(以下简称“公司”)具备证券投资咨询业务资格。本报告是基于公司认为可靠的已公开信息，但公司不保证该等信息的准确性和完整性。入市有风险，投资需谨慎。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，公司不对任何人因使用本报告中的任何内容引致的损失负任何责任。本报告所载的资料、意见及推测仅反映发布当日的判断。在不同时期，公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。公司或其关联机构在法律许可的情况下可能持有或交易本报告中提到的上市公司发行的证券或投资标的，还可能为或争取为这些公司提供投资银行或财务顾问服务。客户应当考虑到公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突。公司在知晓范围内履行披露义务。本报告版权归公司所有。公司对本报告保留一切权利。未经公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯公司版权的其他方式使用。否则，公司将保留随时追究其法律责任的权利。

依据《发布证券研究报告执业规范》规定特此声明，禁止公司员工将公司证券研究报告私自提供给未经公司授权的任何媒体或机构；禁止任何媒体或机构未经授权私自刊载或转发公司证券研究报告。刊载或转发公司证券研究报告的授权必须通过签署协议约定，且明确由被授权机构承担相关刊载或者转发责任。

依据《发布证券研究报告执业规范》规定特此提示公司证券研究业务客户不得将公司证券研究报告转发给他人，提示公司证券研究业务客户及公众投资者慎重使用公众媒体刊载的证券研究报告。

依据《证券期货经营机构及其工作人员廉洁从业规定》和《证券经营机构及其工作人员廉洁从业实施细则》规定特此告知公司证券研究业务客户遵守廉洁从业规定。

山西证券研究所：

上海

上海市浦东新区杨高南路 799 号陆家嘴
世纪金融广场 3 号楼 802 室

太原

太原市府西街 69 号国贸中心 A 座 28 层
电话：0351-8686981
<http://www.i618.com.cn>

深圳

广东省深圳市福田区林创路新一代产业
园 5 栋 17 层

北京

北京市西城区平安里西大街 28 号中海
国际中心七层
电话：010-83496336

