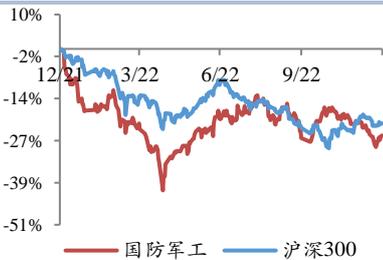


# 信息化，武器装备的中枢神经系统

行业评级：增持

报告日期：2022-12-31

## 行业指数与沪深300走势比较



分析师：郑小霞

执业证书号：S0010520080007

电话：13391921291

邮箱：zhengxx@hazq.com

联系人：邓承佺

执业证书号：S0010121030022

电话：18610696630

邮箱：dengcy@hazq.com

## 主要观点：

### ● 国防信息化是我国新时代国防建设的驱动力

《新时代的中国国防》白皮书指出，以信息技术为核心的军事高新技术日新月异，武器装备远程精确化、智能化、隐身化、无人化趋势更加明显，战争形态加速向信息化战争演变，智能化战争初现端倪。

现代信息技术不仅显著提高了军队指挥作战的效率，而且极大提升了军队获取战场信息的丰富度，有效的获取、处理和利用信息成为了现代战争中各方争先抢占的战略制高点。建设信息化国防已经成为新世纪各国国防现代化建设所追求的主要目标。

### ● 武器装备信息化系统构成复杂，行业高景气度催生多领域投资机遇

武器装备信息化是指利用信息技术，使武器装备在预警探测、情报侦察、精确制导、火力打击、指挥控制、通信联络、战场管理等方面实现信息采集、融合、处理、传输、显示的网络化、自动化和实时化。信息化武器装备是复杂技术系统，是当前装备发展的高级形态。

从产业链来看，国防军工信息化行业上游主要是为信息化武器装备制造提供零部件以及信息化武器装备控制系统，包括电子元器件、集成电路、特种材料等；行业下游是军事应用领域，包括信息安全、侦查预警、卫星导航、军事通信等多领域。根据智研咨询预测，2027年我国军工信息化总市场规模超1600亿元，众多细分领域蕴含巨大潜力和发展机遇。

此外，信息化并非国防军工行业独有的发展趋势，传统行业转型同样需要信息化助力，未来多领域的军工信息化产品有望凭借其优异的性能迅速切入民用领域，获取增量市场。

## 相关报告

### ● 多技术融合构建企业核心竞争力，产业链齐头并进方能助行业发展

企业竞争力方面，信息化武器装备是复杂技术系统，包含从材料、元器件、组件、部件到整机多个层级。若各层级技术成熟度不均衡、各车间制造发展不均衡，产品的最终性能也极难得到高标准的军工企业的认可。因此对于企业而言，掌控全流程生产工艺，保障产品可靠、优异的性能，是构建企业核心竞争力的关键。

行业竞争格局方面，信息化武器装备的制造包括了核心元器件、零部件、软件和新材料、新工艺等内容，也包括设计仿真、生产调试、服务保障等环节，是一项系统工程。随着装备进一步向一体化、智能化方向发展，系统集成度和复杂度不断提高，其生产工艺越来越复杂、

装配精度和可靠性要求越来越高。单家企业不可能独立完成全部环节，信息化武器装备的生产研发需要全产业链企业集聚各方优势资源，集中力量才能实现。因此，国防军工信息化企业之间的关系更多是唇齿相依，而非直接竞争。

此外，信息技术发展的最大特点就是迭代速度快，因此信息化武器装备的研制需要大量企业前仆后继的努力，国防军工信息化行业仍有足够的空间吸纳更多企业加入核心技术领域攻关项目。

#### ● 投资建议

基于政策继续大力支持国防信息化建设，我们预计国防信息化行业将迎来快速发展期，建议关注卫星、雷达、光纤线缆、军工通信、军工电子、无人机、仿真训练、网络安全及综合信息化等细分赛道。

#### ● 风险提示

行业需求不及预期、相关公司产能建设不及预期、技术迭代导致部分公司产品需求不及预期、原材料价格波动影响部分公司毛利率、疫情影响部分公司产品交付进度。

# 正文目录

<b>1 信息化：战争形态演变的有力催化引领</b>	<b>10</b>
1.1 信息化：信源、信宿和信道是信息技术三要素	11
1.2 国防信息化：信息化在武器装备中的实际应用	18
<b>2 技术角度：构建军事信息化体系的基石</b>	<b>26</b>
2.1 信息获取技术：信息作战的眼睛	27
2.1.1 电磁波与信号：信息在信息系统中的载体	27
2.1.2 光电信息获取技术：光电装备的核心技术	30
2.1.3 声波信息获取技术：声呐装置应用最广泛	31
2.1.4 无线电信息获取：雷达是重要的装备之一	33
2.1.5 地面传感器：弥补雷达/光学侦察系统不足	38
2.1.6 导航定位技术：导航技术为关键支撑技术	40
2.2 信息传输技术：信息作战的神经	49
2.2.1 光纤传输技术：满足速度及数据量大要求	49
2.2.2 无线传输技术：满足灵活性及成本低要求	52
2.2.3 通信抗干扰技术：推动无线高效高质发展	56
2.3 信息处理技术：信息作战的大脑	60
2.3.1 数据库/数据仓库技术：致力信息存储管理	61
2.3.2 信息识别技术：图像识别类技术发展迅猛	65
2.3.3 信息融合技术：满足高胜率和成本低要求	72
2.4 信息安全技术：信息作战的盔甲	77
2.4.1 军事密码技术：无形战场上的智慧较量	77
2.4.2 网络安全技术：夺取军事信息优势手段	79
2.4.2 电子对抗技术：争夺“制电磁权”焦点	83
<b>3 应用角度：多领域市场空间规模超百亿</b>	<b>92</b>
3.1 军费稳定增长，政策催动国防信息化建设	93
3.2 卫星：持续关注卫星互联网及导航发展	97
3.3 雷达：重点关注相控阵雷达及相关组件	102
3.4 光纤线缆：军事有线通信重要组成部分	108
3.5 军工通信：军事 C4ISR 系统的神经中枢	111
3.6 军工电子：国防信息化建设的基础支撑	118
3.7 无人机：信息化在武器装备的综合体现	129
3.8 仿真训练：现代化战争的超前智能较量	137
3.9 网络安全：制网权将成为战争关键制权	143
<b>4 投资建议</b>	<b>148</b>
<b>风险提示：</b>	<b>149</b>

# 图表目录

图表 1 新一代信息技术产业领域概念演化过程 .....	10
图表 2 信息技术群 .....	10
图表 3 人类对信息的感知、传递、处理和利用的能力的五次跃升 .....	11
图表 4 信息技术革命的结构 .....	12
图表 5 单向通信系统模型 .....	12
图表 6 双向通信系统模型 .....	12
图表 7 信源位于信息发送端 .....	13
图表 8 有线信道分类及简要介绍 .....	13
图表 9 无线信道中电磁波按照波长的区分 .....	14
图表 10 无线信道通信中主要用到的无线电波及光波 .....	14
图表 11 无线信道中电磁波的传播模式 .....	16
图表 12 无线信道中电磁波的传播模式应用 .....	16
图表 13 信息传输模型 .....	17
图表 14 通信系统模型中编码及译码的位置 .....	17
图表 15 战争冲突的信息过程模型 .....	18
图表 16 信息优势原理图 .....	19
图表 17 信息的军事效能与消息容量的关系 .....	19
图表 18 信息化战场的一体化电子信息系统 .....	20
图表 19 战争划代与各阶段典型特征 .....	20
图表 20 战争形态内涵特征对比 .....	21
图表 21 战争形态演变对照表 .....	21
图表 22 不同战争形态效能量化对比分析 .....	22
图表 23 美军信息化战争中赛博空间作战力量和指挥体系 .....	23
图表 24 未来军事信息系统技术架构设想 .....	24
图表 25 未来军事信息系统部署形态构想 .....	25
图表 26 未来军事信息系统的信息流动机理 .....	25
图表 27 信息技术按工作流程中基本环节的不同分类 .....	26
图表 28 军事信息技术分类 .....	26
图表 29 信息系统的组成 .....	27
图表 30 电磁波谱及部分应用 .....	27
图表 31 无线电电波的波段划分和应用 .....	28
图表 32 光波的波段分布 .....	28
图表 33 天线收发电磁波示意图 .....	29
图表 34 近地空间电波传播环境 .....	29
图表 35 无线电波传播方式 .....	30
图表 36 光电获取信息主要技术 .....	30
图表 37 红外热像仪结构原理图 .....	31
图表 38 典型微光电视系统 .....	31
图表 39 典型微光直视系统 .....	31
图表 40 脉冲激光测距原理框图 .....	31
图表 41 主动声呐和被动声呐 .....	32

图表 42 主动声呐的基本组成	32
图表 43 被动声呐的基本组成	33
图表 44 脉冲雷达方框图	33
图表 45 典型的单基地脉冲雷达基本组成框图	33
图表 46 雷达常用频段与用途	34
图表 47 雷达基本组成	34
图表 48 FMCW 雷达基本框架	35
图表 49 雷达定位示意图	35
图表 50 方向显示器的荧光屏图像	35
图表 51 弹丸多普勒测速原理	36
图表 52 数字相控阵二次监视雷达系统基本组成	36
图表 53 二次雷达机理示意图	37
图表 54 雷达的主要技术	37
图表 55 相控阵雷达相位扫描原理	38
图表 56 相控阵雷达的基本组成	38
图表 57 地面传感器的基本构成	39
图表 58 ASTARTE 在空域作战中的作战执行	39
图表 59 雷达的主要技术	40
图表 60 空间信息网络结构	40
图表 61 第一次世界大战以来发展的主要导航系统二维定位精度	41
图表 62 无线电指向标/差分全球定位系统	42
图表 63 卫星导航定位系统组成图	42
图表 64 电磁波波段划分	43
图表 65 GPS 目前在轨卫星简介	43
图表 66 卫星导航定位系统组成图	44
图表 67 GLONASS 卫星迭代计划	44
图表 68 北斗卫星导航系统	45
图表 69 惯性导航系统的工作流程	45
图表 70 惯性导航系统框图	46
图表 71 惯性导航系统算法的主流程图	46
图表 72 惯性平台的结构	46
图表 73 平台式惯性导航系统组成框图	47
图表 74 捷联式惯性导航原理框图	47
图表 75 GPS/INS 组合导航系统	48
图表 76 单工通信、半双工通信及全双工通信等通信方式示意图	49
图表 77 串行通信及并行通信方式示意图	49
图表 78 光纤传输原理示意图	50
图表 79 多模光纤和单模光纤示意图	50
图表 80 八芯光缆剖面示意图	50
图表 81 光纤通信系统的构成	51
图表 82 无线通信系统组成示意图	52
图表 83 无线通信系统的划分	52
图表 84 数字微波传输系统结构组成示意图	53
图表 85 微波远距离传输需要设置若干微波中继转接站	53

图表 86 微波中继传输系统的构成示意图 .....	54
图表 87 卫星通信线路示意图 .....	54
图表 88 卫星通信系统的基本组成 .....	55
图表 89 直接扩频系统原理图 .....	57
图表 90 自适应天线阵结构框图 .....	58
图表 91 调频图案 .....	59
图表 92 MIMO 技术在 5G 无线网络中应用示意图 .....	59
图表 93 信息处理概念图 .....	60
图表 94 信号处理、数据处理、信息处理概念对比 .....	60
图表 95 信号处理、数据处理、信息处理在信息提取中层次关系 .....	60
图表 96 数据库系统结构层次 .....	61
图表 97 系统数据处理流程 .....	62
图表 98 实体联系图 .....	62
图表 99 数据仓库示意图 .....	63
图表 100 数据库和数据仓库的区别 .....	63
图表 101 数据仓库整体架构设计 .....	64
图表 102 数据仓库发展趋势 .....	64
图表 103 数据仓库发展历史 .....	65
图表 104 自动识别技术模型 .....	66
图表 105 自动识别技术分类 .....	66
图表 106 语音识别模型结构图 .....	67
图表 107 GMM-HMM 模型结构图 .....	67
图表 108 DNN-HMM 模型结构图 .....	68
图表 109 NNLM 结构示意图 .....	68
图表 110 语音特征提取过程 .....	69
图表 111 图像技术三个层次示意图 .....	69
图表 112 飞机目标识别系统的基本构成 .....	70
图表 113 飞机目标识别系统的算法流程图 .....	70
图表 114 经过降噪处理的不同姿态飞机红外图像 .....	71
图表 115 FCM 算法分割图像 .....	71
图表 116 数据级融合示意图 .....	72
图表 117 图像传感器组合效果 .....	72
图表 118 遥感图像融合 .....	73
图表 119 红外与可见光图像融合 .....	73
图表 120 数据级融合示意图 .....	73
图表 121 组网雷达系统 .....	74
图表 122 组网雷达协同探测典型工作模式 .....	74
图表 123 组网雷达系统信号融合检测模型 .....	75
图表 124 决策级融合示意图 .....	75
图表 125 决策级融合结构 .....	75
图表 126 毫米波雷达视觉决策级融合方案 .....	76
图表 127 红外与可见光图像决策级融合流程图 .....	76
图表 128 信息安全保障体系 .....	77
图表 129 对称密码体制 .....	77

图表 130 非对称密码体制 .....	78
图表 131 区块链+人工智能 .....	78
图表 132 基于物联网联盟链的“区块链群” .....	79
图表 133 包过滤防火墙 .....	79
图表 134 应用代理对应用层进行防护 .....	80
图表 135 状态监测对传输层进行防护 .....	80
图表 136 入侵监测技术中 GIDF 模型 .....	81
图表 137 入侵监测技术中 DENNING 模型 .....	81
图表 138 静态口令认证 .....	82
图表 139 数字证书的申请和颁发过程 .....	82
图表 140 SSL 体系结构 .....	83
图表 141 IPSEC 协议中的 AH 协议及 ESP 协议 .....	83
图表 142 雷达对抗原理示意图 .....	84
图表 143 雷达对抗侦察系统的基本组成 .....	85
图表 144 搜索式超外差接收机的基本构成 .....	85
图表 145 零中频接收机的基本架构 .....	86
图表 146 FPGA 数字发射机基本架构 .....	86
图表 147 综合信号分选算法流程图 .....	87
图表 148 雷达信号处理的常用方法 .....	87
图表 149 美国电子侦察卫星发展情况 .....	88
图表 150 美国电子侦察卫星示意图 .....	88
图表 151 美国 EP-3 电子侦察机 .....	88
图表 152 雷达有源干扰系统组成 .....	89
图表 153 雷达无源干扰中投放箔条干扰 .....	89
图表 154 ALQ-184 电子对抗吊舱 .....	90
图表 155 美国舰载 EA-6B 徘徊者电子战飞机 .....	90
图表 156 认知智能雷达抗干扰技术架构示意图 .....	91
图表 157 抗干扰通信时序图 .....	91
图表 158 信息系统、军事信息系统、军用电子信息系统的关系 .....	92
图表 159 军事信息系统的开发过程图 .....	92
图表 160 军事信息系统分类 .....	92
图表 161 2010-2022 年全国财政安排国防支出预算及同比增速 .....	93
图表 162 1992-2021 年全球部分国家军费占本国 GDP 比例 (单位:%) .....	94
图表 163 2010-2017 年我国军费使用结构 .....	95
图表 164 国防信息化部分主要政策法规 .....	96
图表 165 国家出台的一系列推动国防信息化行业良性发展的政策 .....	97
图表 166 卫星产业链 .....	98
图表 167 中国卫星产业链 (列举部分公司) .....	98
图表 168 卫星分类 .....	99
图表 169 卫星互联网产业链细分领域 .....	99
图表 170 2016-2021 年全球发射卫星及星链数量 .....	100
图表 171 2021 年全球各国在轨卫星数量 (颗) .....	100
图表 172 2021 年 1-9 月全球各类在轨卫星占比 .....	100
图表 173 2013-2021 年全球卫星产业收入规模统计及增长情况 .....	101

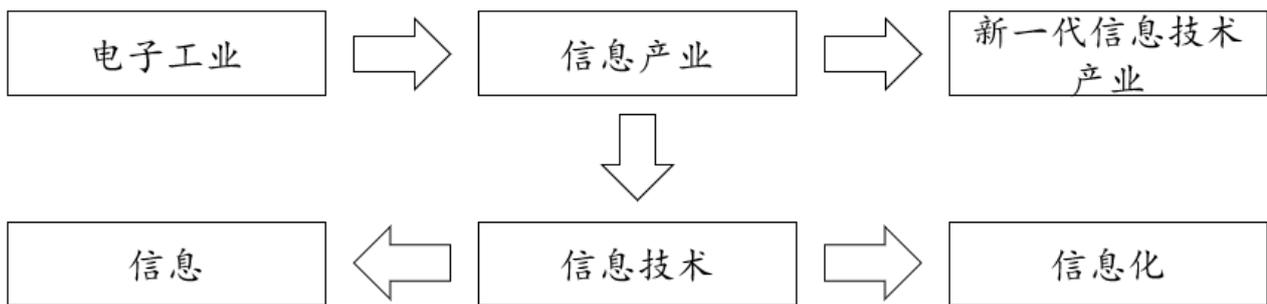
图表 174 2016-2021 年中国各类卫星发射数量	101
图表 175 2021 年 1-9 月中国各类在轨卫星占比	102
图表 176 2016-2021 年中国各类卫星行业市场规模	102
图表 177 雷达产业链	103
图表 178 中国雷达产业链（列举部分公司）	103
图表 179 有源相控阵雷达、无源相控阵雷达和机械扫描雷达主要能力表	104
图表 180 外军主要有源相控阵雷达研发装备情况	104
图表 181 2011-2020 年军用雷达主要厂商市场份额（单位：亿美元）	105
图表 182 典型的有源相控阵天线系统组成	105
图表 183 有源相控阵天线模块成本构成	106
图表 184 有源相控阵天线材料成本构成	106
图表 185 四型主要战机装备有源相控阵雷达的模块数	106
图表 186 2014-2025E 全球雷达市场规模（单位：十亿美元）	107
图表 187 2013-2025E 我国雷达市场规模（单位：亿元）	107
图表 188 中国光纤光缆产业链	108
图表 189 中国光纤光缆产业链（列举部分公司）	108
图表 190 航空航天用线缆	109
图表 191 光纤光缆利润分布	109
图表 192 光纤光缆产业链价值分布	110
图表 193 2020-2027 年全球光纤光缆市场规模（单位：亿美元）	111
图表 194 2015-2022 年 H1 中国光纤光缆行业产量及增速情况	111
图表 195 宽带移动通信行业产业链	112
图表 196 无线通信发展历程	113
图表 197 军工通信网地位分析	113
图表 198 C4ISR（军事指挥控制通信专网）系统	114
图表 199 全球各地区 C4ISR 市场比例现状及预测	115
图表 200 2016-2020 年中国专网通信行业主要下游需求情况	116
图表 201 2016-2021 年中国专网通信行业市场规模及增速	116
图表 202 2016-2020 年中国专网通信行业设备及服务市场规模	117
图表 203 2021-2026 年中国专网通信行业市场规模预测（单位：亿元）	117
图表 204 电子元器件分类	118
图表 205 军工电子相关产品	118
图表 206 军用 MLCC 应用领域	120
图表 207 中国军用电子产业链结构	120
图表 208 军用元器件研制流程示意图	121
图表 209 军用电子元器件研制过程阶段划分	121
图表 210 元器件使用全过程流程图	122
图表 211 电子元器件全寿命周期中各个环节的可靠性内容	123
图表 212 不同种类元器件失效的代价（单位：美元）	123
图表 213 军用电子器件标准发展历程	123
图表 214 军用原器件产品质量保证等级	124
图表 215 电子元器件失效率分布服从“浴盆曲线”的规律	124
图表 216 常见的 DPA 试验方式	125
图表 217 2010-2019 年中国军工电子行业市场规模测算（单位：亿元）	126

图表 218 2021-2025 年中国军工电子行业市场规模测算 (单位: 亿元)	126
图表 219 2017-2021 年全球军用电子元器件可靠性检测市场规模 (单位: 亿美元)	127
图表 220 2017-2021 年中国军用电子元器件可靠性检测市场规模 (单位: 亿元)	127
图表 221 2022-2029 年中国军用电子元器件可靠性检测市场机构数量预测 (单位: 万家)	128
图表 222 2022-2029 年中国军用电子元器件可靠性检测市场规模预测 (单位: 亿元)	128
图表 223 无人机系统组成示意图	129
图表 224 无人机系统按照用途分类示意图	129
图表 225 翼龙-1 无人机系统	130
图表 226 全球军用无人机发展历程	130
图表 227 中国军用无人机发展历程	131
图表 228 中国主要军用无人机情况	132
图表 229 无人机产业链结构图	132
图表 230 中国无人机产业链 (列举部分公司)	133
图表 231 全球无人机市场规模预测 (亿美元)	134
图表 232 全球无人机系统军贸市场占比 (按订单统计)	134
图表 233 中国军用无人机市场规模预测 (亿元)	135
图表 234 2015-2024 年全球民用无人机市场规模统计及预测 (亿元)	135
图表 235 2015-2024 年全球民用无人机细分市场占比	136
图表 236 2015-2024 年中国民用无人机市场规模统计及预测	136
图表 237 2015-2024 年中国民用无人机细分市场占比	137
图表 238 华如科技战斗仿真平台	138
图表 239 华如科技仿真模型库	139
图表 240 华如科技虚拟训练仿真平台	140
图表 241 2014-2019 年中国军用计算机仿真软件行业市场规模情况	141
图表 242 2014-2019 年中国军用计算机仿真 (软件) 行业细分市场规模	142
图表 243 2020-2026 年我国军用仿真行业市场规模预测	142
图表 244 网络安全问题的攻击/防御模型	143
图表 245 2021 年中国网络安全产业链	144
图表 246 美国联邦政府部门 2017-2020 财年网络安全预算情况 (单位: 亿美元)	145
图表 247 2016-2023 年全球及中国网络信息安全市场规模及预测	145
图表 248 全球防务网络安全市场 (单位: 亿美元)	146
图表 249 信息安全的主流安全技术	146
图表 250 2010-2021 年 8 月全球网络安全行业专利申请人集中度-CR10	147
图表 251 2010-2021 年 8 月美国及中国网络安全行业专利申请数量	147

# 1 信息化：战争形态演变的有效催化引领

信息指音讯、消息、通讯系统传输和处理的对象，泛指人类社会传播的一切内容，是有价值的一种客观存在。信息是除物质、能量之外存在于客观世界的第三要素。信息反映的是事物或者事件确定的状态，具有客观性、普遍性等特点，由于获取信息满足了人们消除不确定性的需求，因此信息具有价值，而价值的大小取决于信息的质量，这就要求信息具有一定的质量属性。

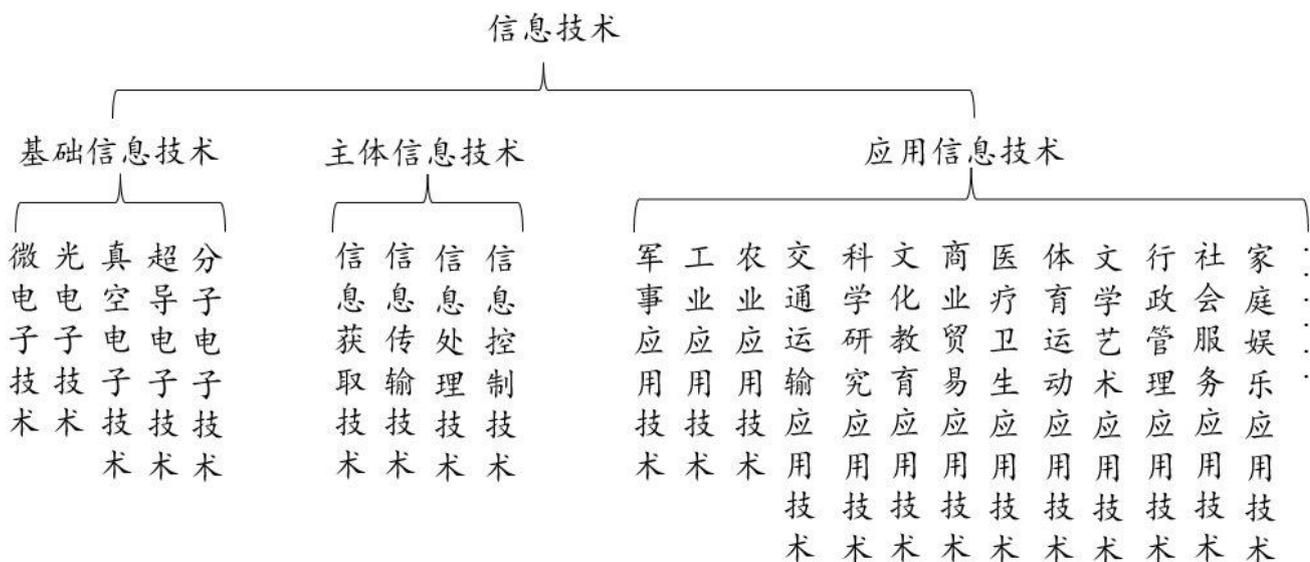
图表 1 新一代信息技术产业领域概念演化过程



资料来源：《新一代信息技术产业发展评价及影响因素研究》，华安证券研究所

信息技术是研究信息的产生、获取、变换、传输、存储和利用的工程技术。《信息技术词典》中将之定义为：“信息技术主要指利用计算机、网络、和现代通信手段获取信息、传递信息、存储信息、处理信息、显示信息和分配信息的相关技术。信息技术是新兴的技术群，主要包含基础信息技术、主体信息技术及应用信息技术等三个层面。

图表 2 信息技术群



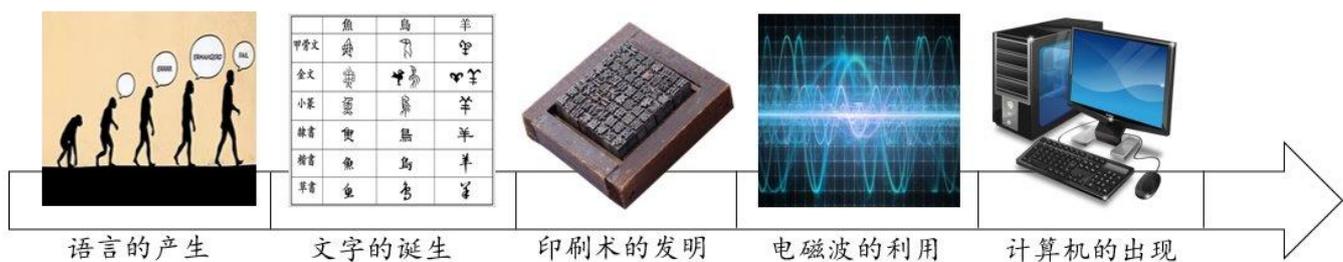
资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

- 基础信息技术：包含微电子技术、光电子技术、真空电子技术、超导电子技术、分子电子技术等，基础信息技术的进步推动了信息化技术和信息系统在性能上的提高。
- 主体信息技术：包括信息获取技术、信息传输技术、信息控制技术，这四技术被称作信息技术的四基元，是完成信息获取、传输、处理、再生和施效等功能的设备与系统的开发、设计及实现的技术，是整个信息技术的主体。
- 应用信息技术：泛指由以上信息技术派生出来的针对各种应用目的的技术群类，包含了信息技术在工业、农业、交通、科学研究、文化教育、商业、医疗卫生、体育、艺术、行政管理、社会服务、家庭娱乐等各个领域的应用，以及随之而形成的各行业的信息系统。

### 1.1 信息化：信源、信宿和信道是信息技术三要素

信息技术发展经过了五次革命，分别是语言的形成、文字的产生与应用、造纸与印刷术的发明与应用、电话电报的发明与应用、计算机与现代通信技术的应用与发展。《论信息技术革命的结构及本质》对五次信息技术发展革命进行过梳理，语言的产生标志着人类的信息技术从无到有的革命性变革；文字的发明让人类文明得以稳定延续和传承；造纸术和印刷术的发明是人们利用器具拓宽信息传播和存储的能力的最有力表现，并且这两种技术的结合让社会大量生产出书籍，让一部分信息变成文化而固定流传；受益于电力技术，利用电子信息技术而产生的电报、电视、让信息的不受时空限制而实现传播形式的多样化和即时化；计算机将信息“数字化”处理，从而可以被机器设备识别和计算，并通过互联网高速传播，是电子信息技术在现代取得最辉煌的技术成就。

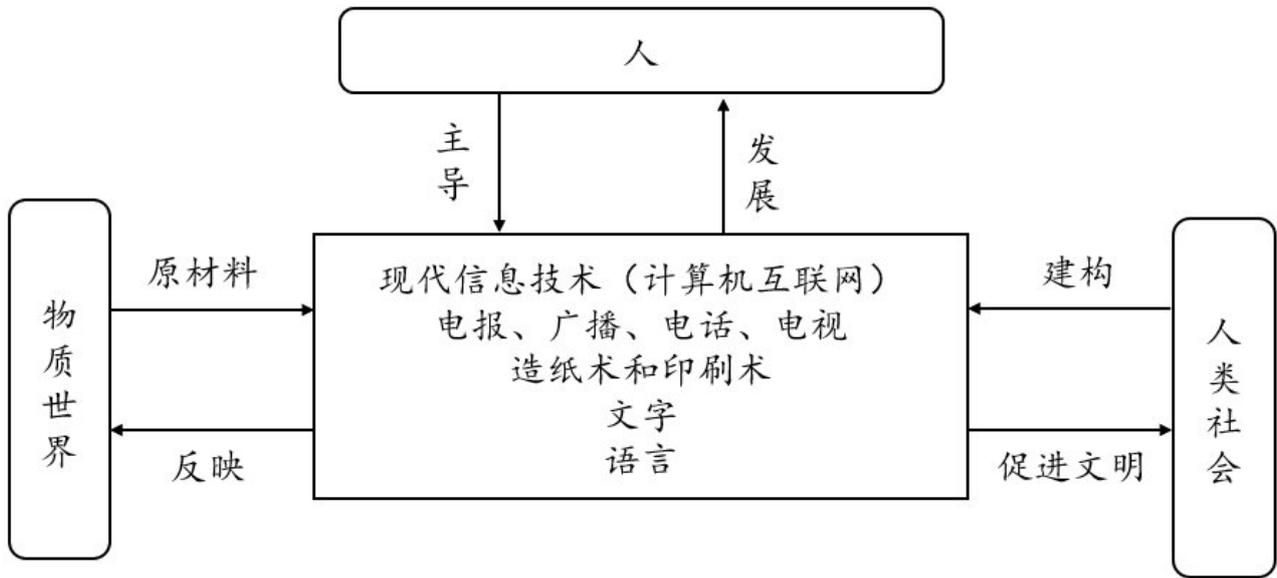
图表 3 人类对信息的感知、传递、处理和利用的能力的五次跃升



资料来源：《军事信息化技术基础》，华安证券研究所

《论信息技术革命的结构及本质》一文还指出，每次信息技术革命都始终包含着四种不同的要素——物质世界、人、人类社会和具体的信息技术种类。物质世界为每一次信息技术革命提供了直接的材料，表现为以下两个方面：一方面信息技术是以信息作为原料的技术手段，人们在认识和改造自然界的过程中，自然界所产生的信息直接成为信息技术的一部分信源；另一方面自然界为信息技术提供了信息技术本身所需要的物质载体，这些物质载体使得信息可以通过它们得以显现。物质世界是人和人类社会所赖以生存的基础，人对物质世界的认识和改造活动离不开对物质世界客观规律的反映。信息作为人能动反映的物质世界规律的结果，需要通过具体信息技术呈现出来。

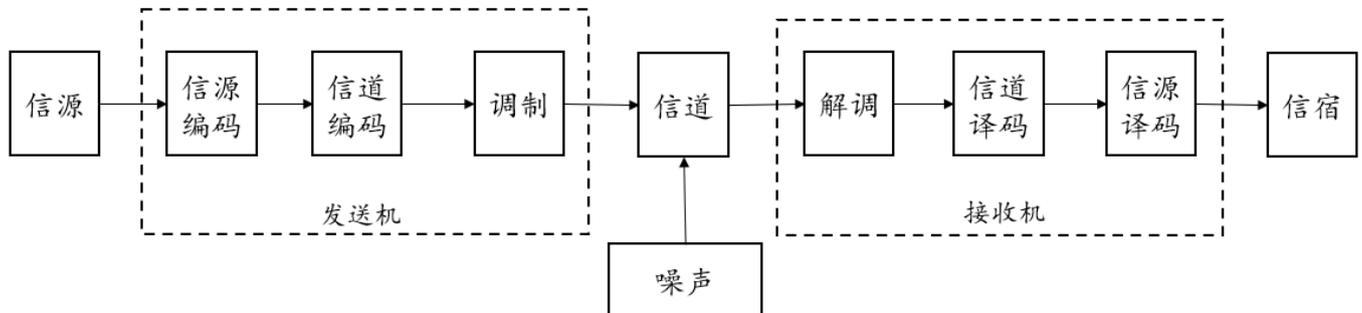
图表 4 信息技术革命的结构



资料来源：《论信息技术革命的结构及本质》，华安证券研究所

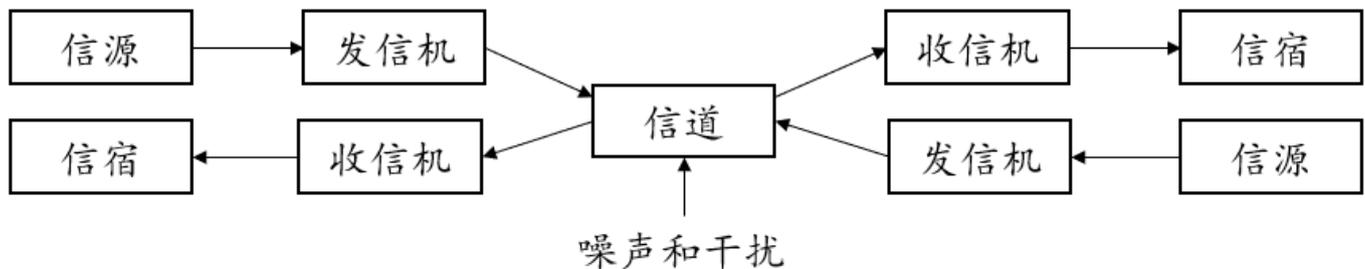
信源、信宿和信道是信息的三要素。信息传播过程简单地描述为：信源→信道→信宿。

图表 5 单向通信系统模型



资料来源：《通信原理》，华安证券研究所

图表 6 双向通信系统模型



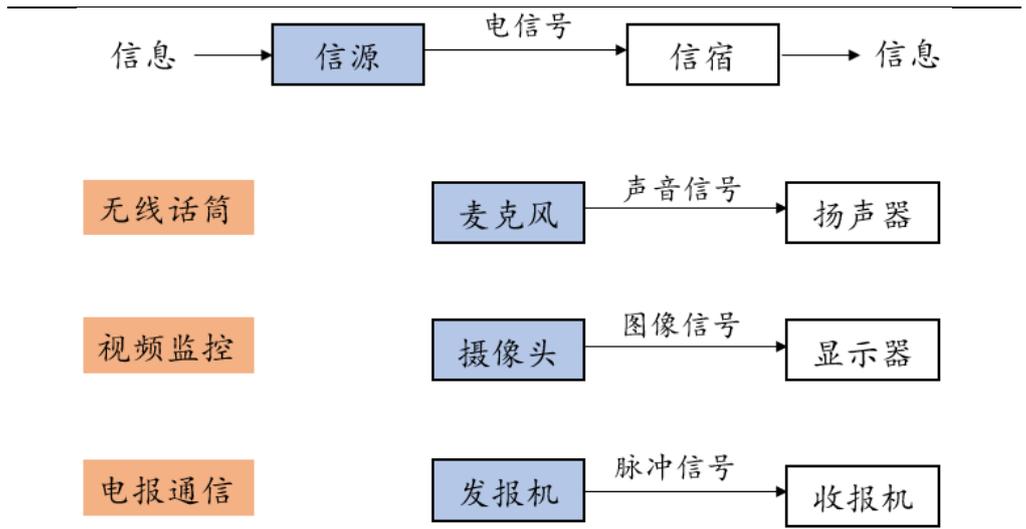
资料来源：《深入浅出通信原理》，华安证券研究所

来自信源的消息（语言、文字、图像或数据）在发信端先由末端设备（如电话

机、电传打字机、传真机或数据末端设备等) 转换成电信号, 然后经发端设备编码、调制、放大或发射后, 把基带信号转换成适合在传输媒介中传输的形式; 经传输媒介传输, 在收信端经收端设备进行反变换后恢复成消息提供给收信者。这种点对点的通信大都是双向传输的。因此, 在通信对象所在的两端均备有发端和收端设备。

- 信源: 也称发信者, 产生待传输的消息信号(语音、文字、图像、数据等), 若信源产生的原始消息信号不是电信号的形式, 则需要通过转换器将其转换成电信号。

图表 7 信源位于信息发送端



资料来源:《深入浅出通信原理》, 华安证券研究所

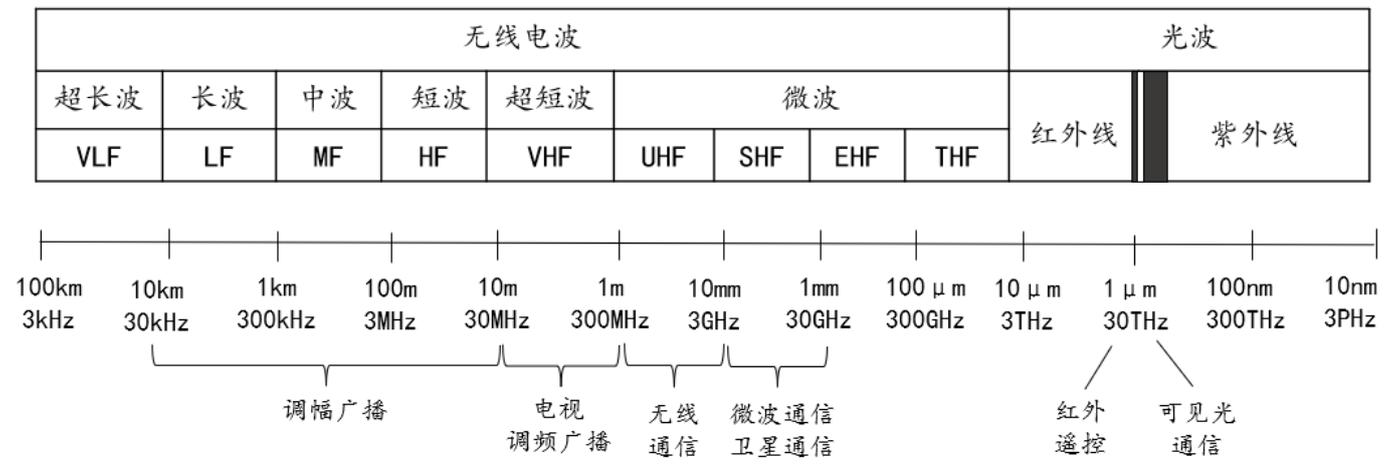
- 信道: 连接发送端和接收端通信设备的传输媒介。根据信号在信道中的传输模式可分为导向传输信道和自由传输信道两大类, 前者主要为电缆、光纤等有线信道, 后者主要是无线信道。

图表 8 有线信道分类及简要介绍

类别	主要构成	主要特点	示意图
明线	平行架设在电线杆上的架空线路	传输损耗低、对外界噪声干扰比较敏感	
对称电缆	由若干对叫做芯线的双导线放在一根保护套内制成的, 为了较小每对导线之间的干扰, 每一对导线都做成扭绞形状, 称为双绞线	损耗比较大, 但是性能比较稳定	
同轴电缆	由内外两层同心圆柱体构成, 在这两根导体之间用绝缘体隔离开	外导体通常接地, 能够起到很好的屏蔽作用	
光纤	传输光信号的有线信道是光导纤维	传输宽带大、传输损耗小、对电磁干扰有天然免疫力、价格低廉	

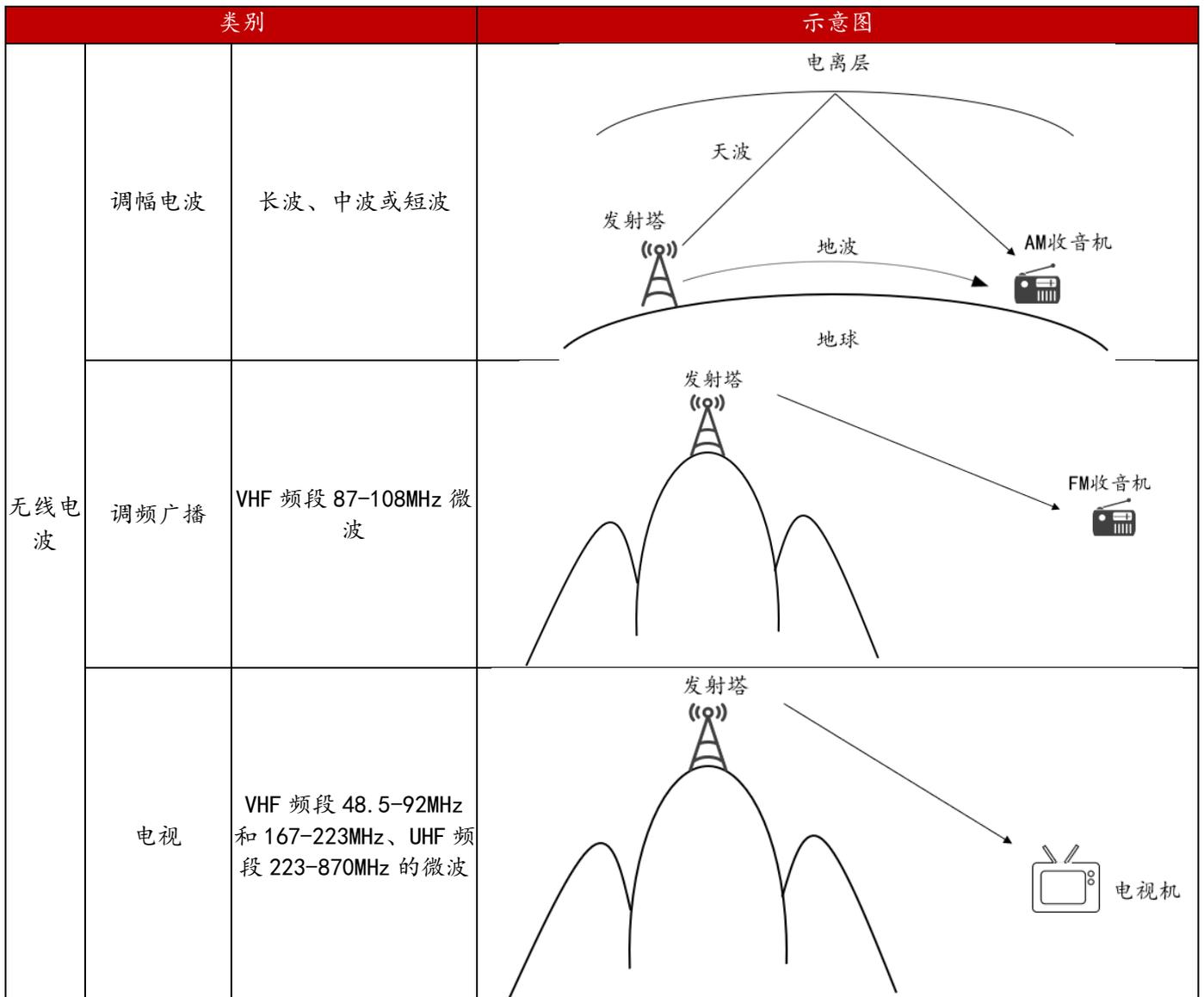
资料来源: 百度百科, 华安证券研究所

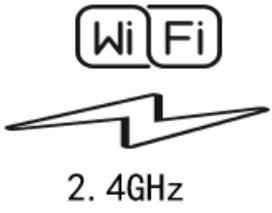
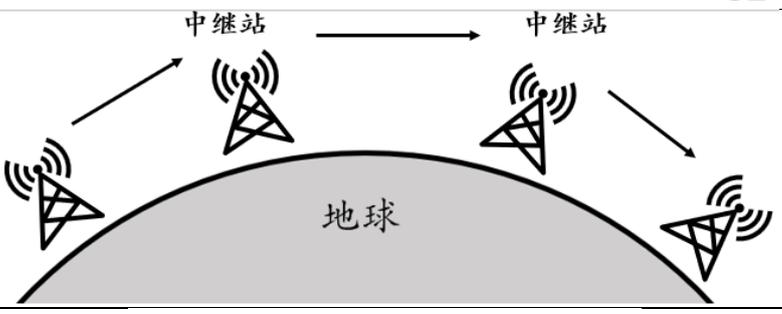
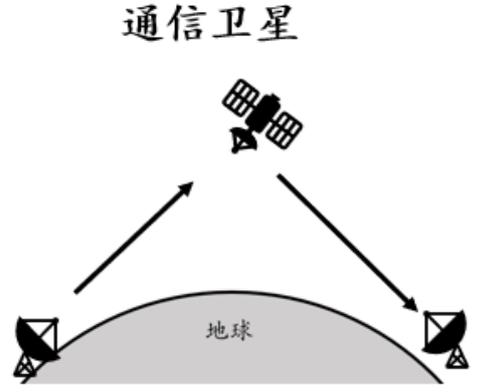
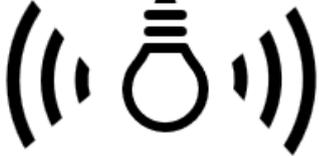
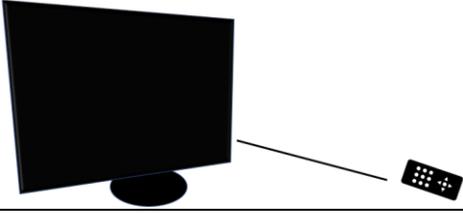
图表 9 无线信道中电磁波按照波长的区分



资料来源:《深入浅出通信原理》, 华安证券研究所

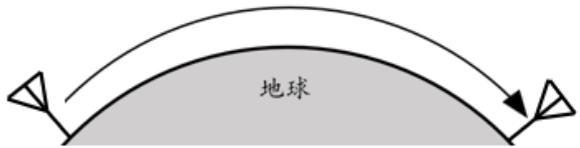
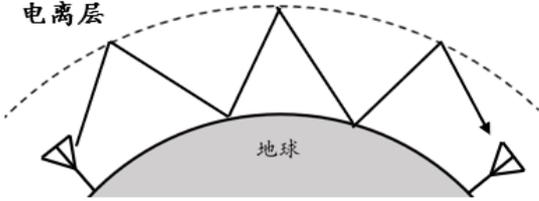
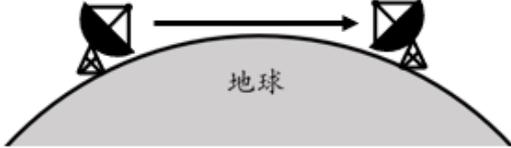
图表 10 无线信道通信中主要用到的无线电波及光波



无线电波	Wi-Fi	UHF 频段 2.4GHz 的微波	 AP  2.4GHz  Station
	GSM	UHF 频段 900MHz/1800MHz 的微波	 BTS  900MHz/1800MHz  MS
	LTE	UHF 频段 2.5GHz 的微波	 eNodeB  2.5GHz  UE
	微波		 地球 中继站
	卫星通信	SHF 和 EHF 频段的 7-38GHz 的微波	 通信卫星 地球
光波	可见光通信	可见光	 LiFi  
	红外遥控	940nm 的红外线	

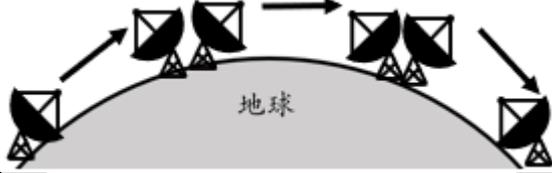
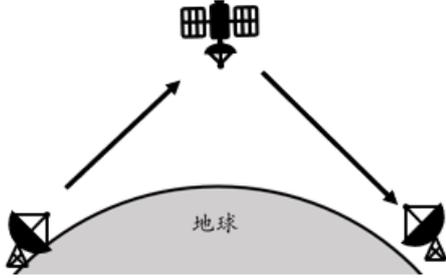
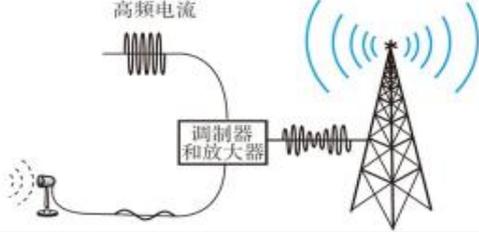
资料来源：《深入浅出通信原理》，华安证券研究所

图表 11 无线信道中电磁波的传播模式

类别	主要构成	示意图
地波传播模式	电磁波沿着地球表面传播，是频率在 2MHz 以下电磁波主要传播方式	
天波传播模式	电磁波依靠电离层的反射进行传播的模式，是 2-30MHz 频率范围内电磁波的主要传播模式	
视线传播	收发天线之间的直线传播	

资料来源：《通信原理》，百度百科，华安证券研究所

图表 12 无线信道中电磁波的传播模式应用

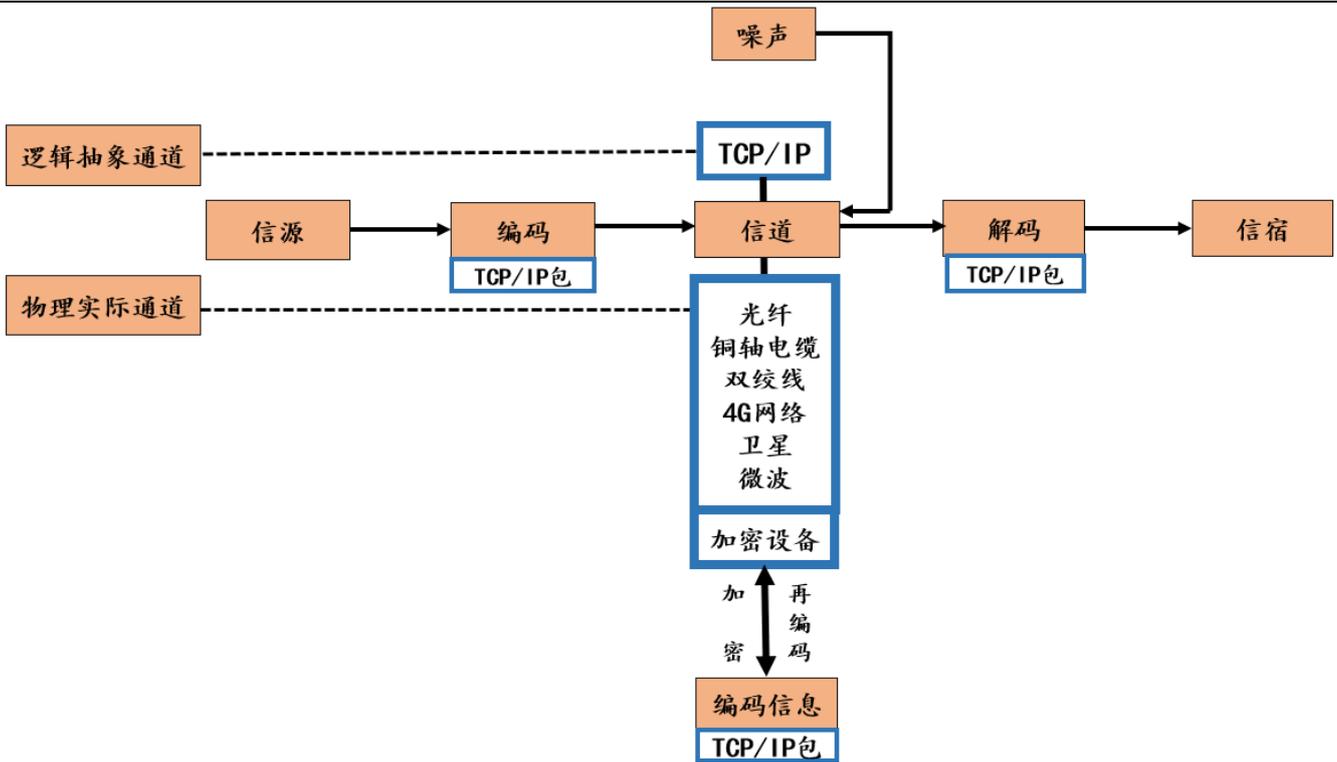
类别	主要构成	示意图
无线电视线中继信道	视线传播模式，传输距离在 100km 以内，工作频率在几百 MHz 至几 GHz 内	
卫星中继信道	利用人造卫星作为中继站进行中继转发的通信方式	
无线电广播信道	中波广播使用的频段在几百 KHz 至几 MHz 间，短波广播使用的频段在几 MHz 至几十 MHz 间，调频广播在几百 MHz 附近	
移动通信信道	频带在几百 MHz 至几 GHz 内	

资料来源：《通信原理》，百度百科，华安证券研究所

- 信宿：信宿是相对于信源而言的。信宿是信息动态运行一个周期的最终环节。其功能是接收情报信息，并选择对自身有用的信息加以利用，直接或间接地为某一目的服务。信宿可以把信息资源转化为人类的巨大物质财富，在信息的再生产过程中，还可以起到巨大的反馈作用。

信息只有流动起来，才能体现其价值，因此信息的传输技术（通常在通信、网络等）是信息技术的核心。

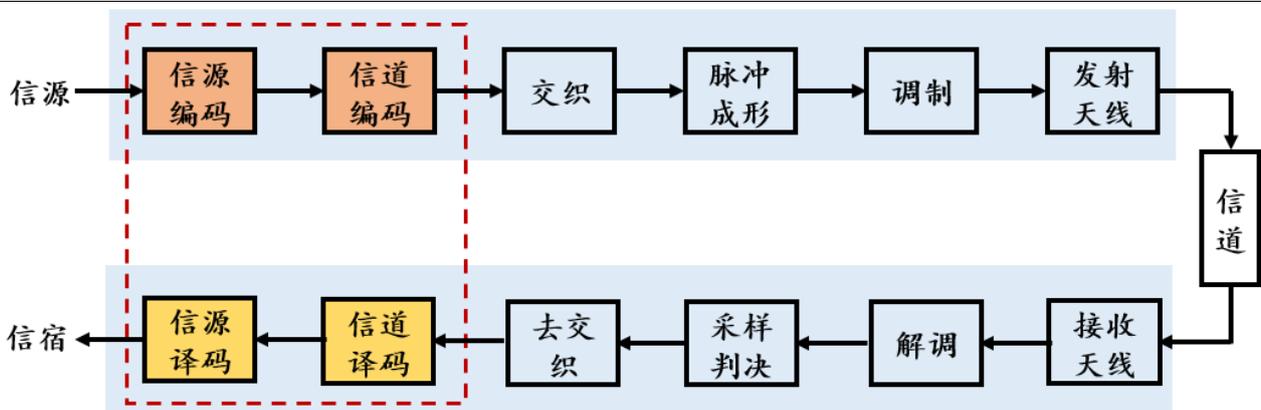
图表 13 信息传输模型



资料来源：《信息传输模型对信息系统性能影响研究》，华安证券研究所

根据《信息传输模型对信息系统性能影响研究》一文，当信源和信宿已给定，信道也已选定后，信息系统性能就取决于编码器和译码器。设计一个信息系统时，除了选择信道和设计其附属设施外，主要工作也就是设计编码器、译码器。

图表 14 通信系统模型中编码及译码的位置



资料来源：《深入浅出通信原理》，华安证券研究所

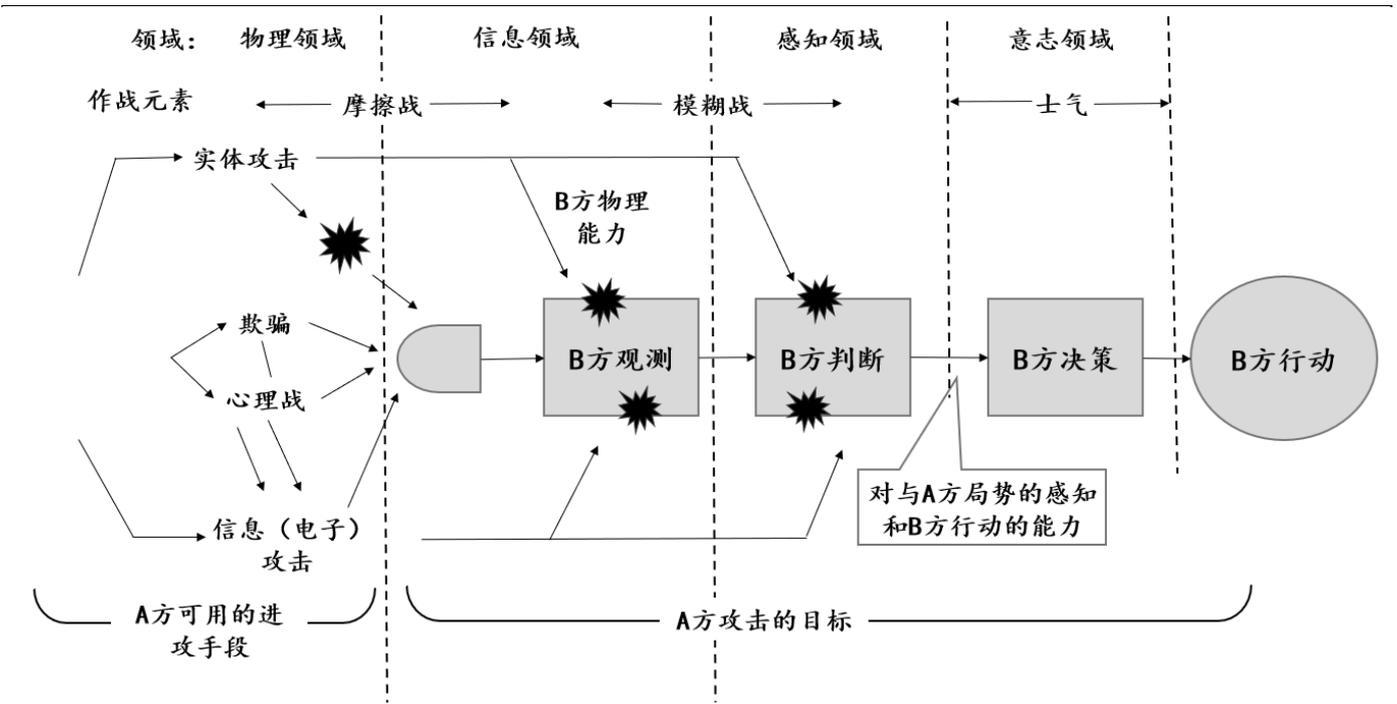
一般情况下，信息系统的主要性能指标，为信息的重复性和可信性。为了提高可靠性，在信息编码时，可以增加冗余编码，恰当的冗余编码可以在信息受到噪声侵扰时被恢复，而过量的冗余编码将降低信道的有效性和信息传输速率。

- 编码器：在信息论中泛指所有变换信号的设备，实际上是终端机的发送部分，包括从信源到信道的所有设备，如量化器、压缩编码器、调制器等。
- 译码器：是编码器的逆变设备，把信号信道上送来的信号（原始信号和噪声的叠加）转化成信宿能够接收的信号，可包括解调器、译码器、数模转换器等。

## 1.2 国防信息化：信息化在武器装备中的实际应用

根据《新时代的中国国防》白皮书一文，在新一轮科技革命和产业变革推动下，人工智能、量子信息、大数据、云计算、物联网等前沿科技加速应用于军事领域，国际军事竞争格局正在发生历史性变化。对信息技术的日益依赖以及信息本身日益增长的价值，使得信息成为有价值的作战武器和双方争夺的重点，也使得信息在战争中的作用和行为方式发生了重大的改变。当前，创新发展信息化武器装备不仅已成为世界各军事强国推进新军事变革的基本内容，而且成为各国建设信息化军队的重要物质和技术基础。

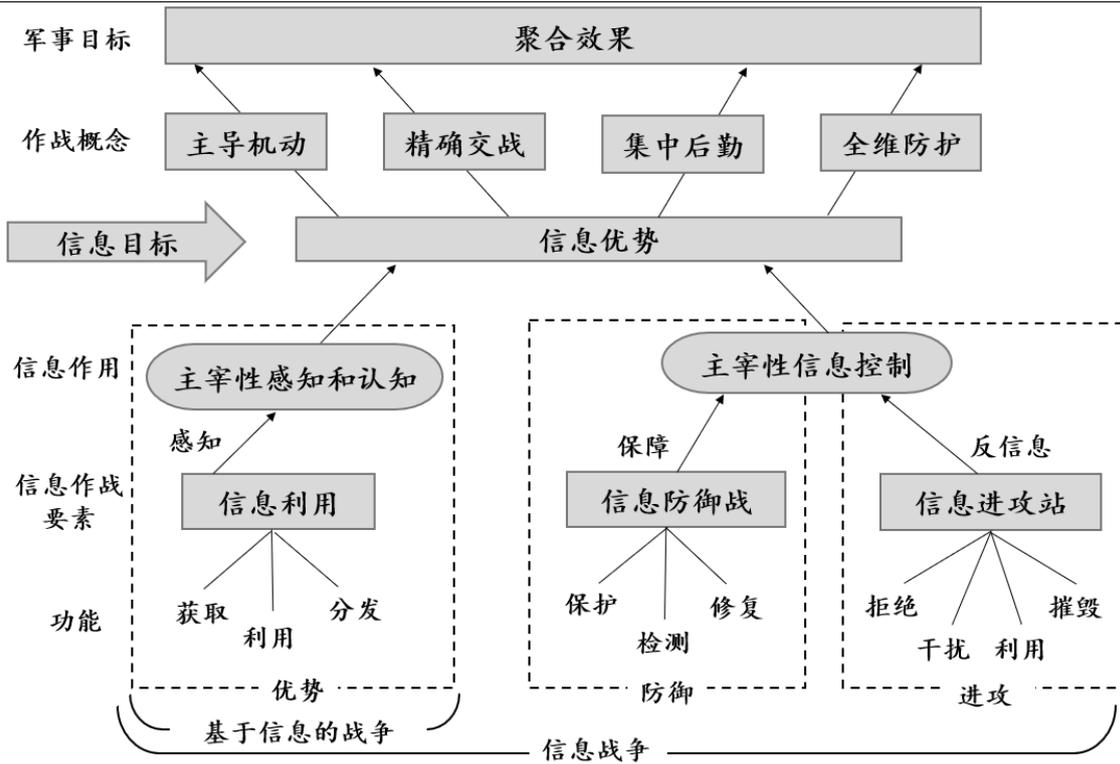
图表 15 战争冲突的信息过程模型



资料来源：《军事信息系统》，华安证券研究所

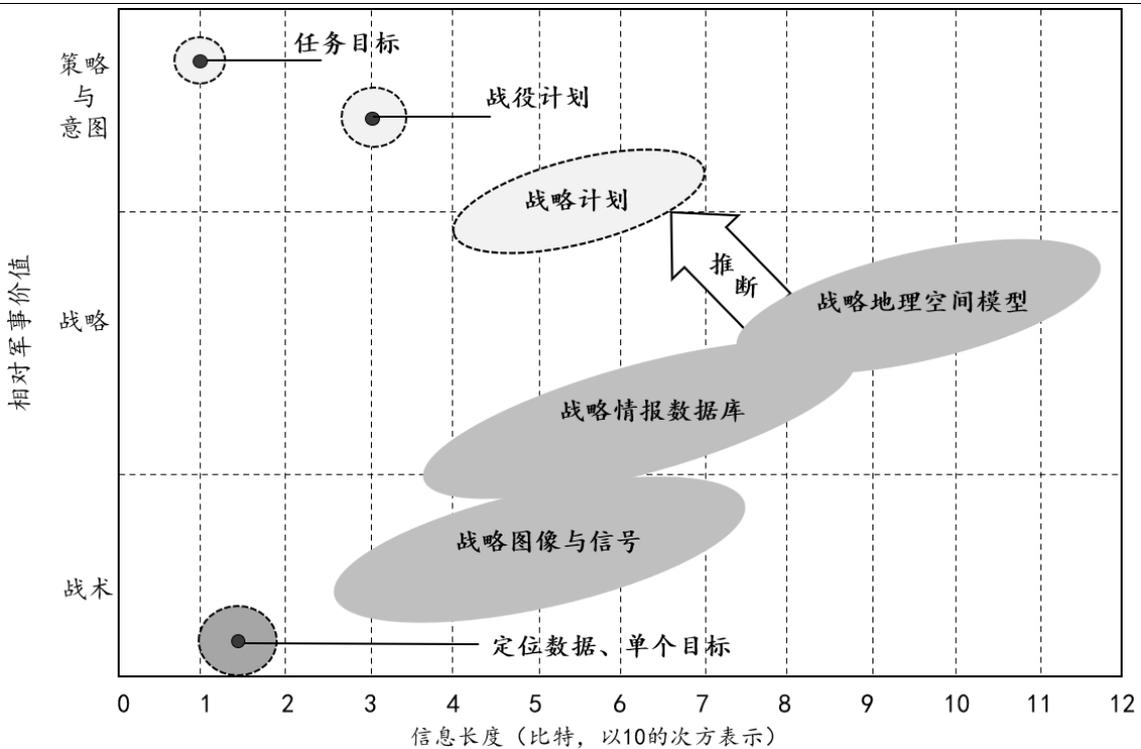
信息化战争的目的就是通过对信息资源的有效运用，实现全维主宰，达到最终的军事目标。根据《军事信息系统》一书，信息优势主要体现在主导机动能力、精确交战能力、集中后勤能力以及防护能力。信息优势必然会创造有利条件以有利于军事力量的运用，信息优势是军事行动的前提条件。

图表 16 信息优势原理图



资料来源:《军事信息系统》, 华安证券研究所

图表 17 信息的军事效能与消息容量的关系

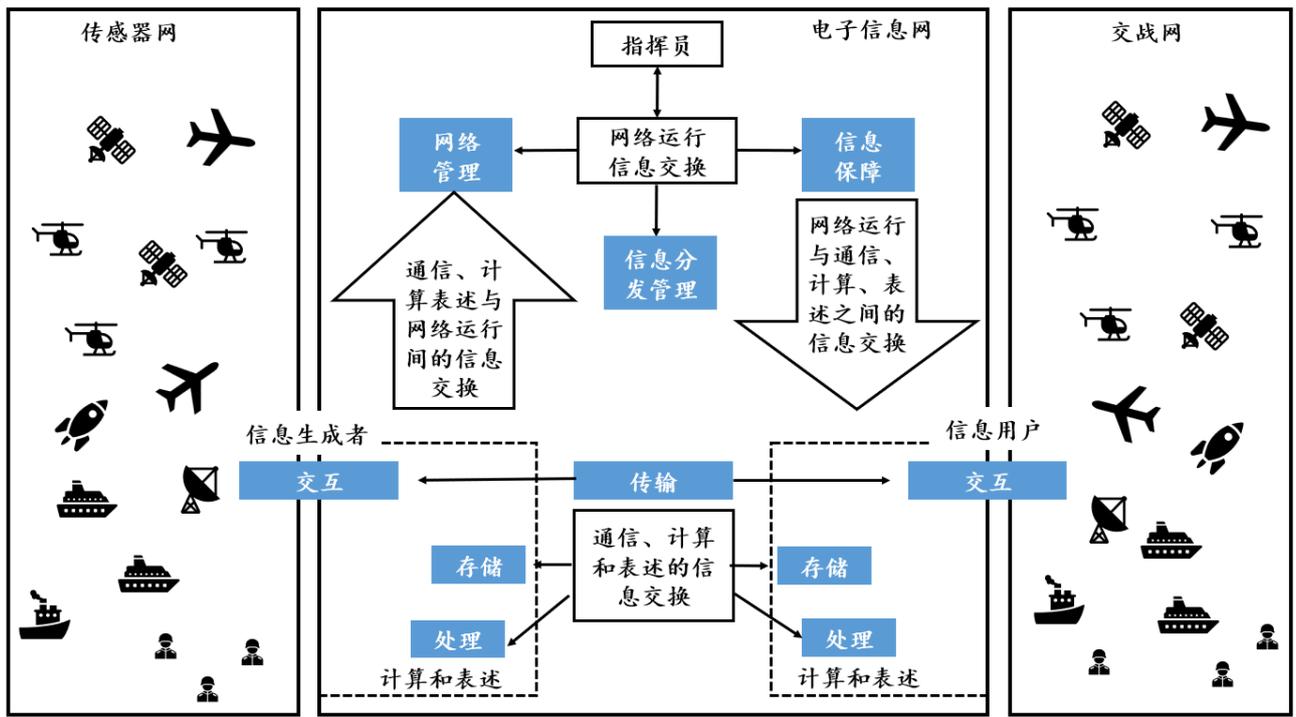


资料来源:《军事信息系统》, 华安证券研究所

以信息技术为核心的军事高新技术日新月异, 武器装备远程精确化、智能化、隐身化、无人化趋势更加明显, 战争形态加速向信息化战争演变, 智能化战争初现

端倪。

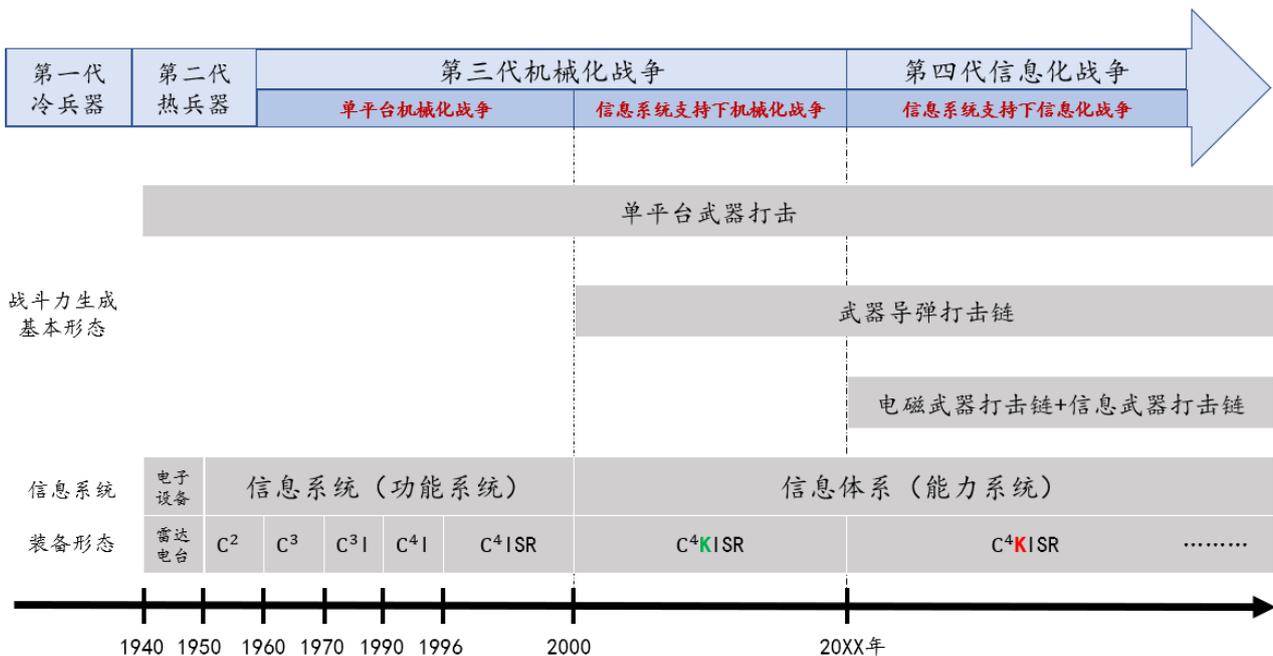
图表 18 信息化战场的一体化电子信息系统



资料来源：《基于云架构的军事信息系统概念及机理研究》，华安证券研究所

传统的战争形态按照其战斗力生成模式中主战武器装备特征等关键要素，可划分为冷兵器战争、热兵器战争、机械化战争和信息化战争等四个阶段。

图表 19 战争划代与各阶段典型特征



资料来源：《战争形态演进及信息系统发展趋势》，华安证券研究所

《战争形态演进及信息系统发展趋势》一文从战斗力生成模式出发，对比分析了信息系统装备不同形态的本质特征及其与战斗力生成模式的相互影响促进关系，在此基础上将机械化战争和信息化战争细分为单平台机械化、信息系统支持下机械化和信息系统支持下信息化等三种战争形态。

图表 20 战争形态内涵特征对比

战争形态	单平台机械化战争	信息系统支持下机械化战争	信息系统支持下信息化战争
内涵	在物理域展开的，以单平台武器打击为主要手段，以电子设备为辅助手段，通过最大发挥己方各作战平台的机动和火力能力来获得相对优势的战争形态。	在物理域(经典力学)和电磁域“看得远、反应快、打得准”，是以精确打击(导弹武器打击链)为主、电磁域控制(电子对抗)为辅，同时通过降低/剥夺敌方信息系统能力，来影响敌方机械能的发挥，实现“降维降代”击(将敌方降低至单平台机械化战争)，实现体系对平台的跨代优势的战争形态。	在物理域、电磁域和信息域谋求“看得远、反应快、打得准”，是以信息武器打击链、电磁武器打击链以及导弹武器打击链形成的三域一体作战，实现全域优势的战争形态。
特征	战斗力生成是以单平台武器打击为基本形态的加和模式。电子设备依附于装备平台，服务于单平台完成任务的能力，服从单平台机械化战争客观规律。	战斗力生成是以信息系统支持下的导弹武器打击链为主、以电磁域控制为辅的一体化作战。信息系统是战斗力生成倍增器，引起作战方式改变(量变)，战争形态本质仍是机械化战争，服从机械化战争的客观规律。	战斗力生成模式为信息武器打击链、电磁武器打击链以及导弹武器打击链形成的三域一体作战。信息系统是战斗力生成的指增器，引起作战方式变革(质变)，战争形态转变成信息化战争，服从信息化战争的客观规律。

资料来源：《战争形态演进及信息系统发展趋势》，华安证券研究所

图表 21 战争形态演变对照表

	冷兵器战争	热兵器战争	机械化战争		信息系统支持下信息化战争
			单平台机械化战争	信息系统支持下机械化战争	
开始时间	约 2500 年前—19 世纪初	19 世纪初—20 世纪初	20 世纪中—20 世纪末	20 世纪末—21 世纪初	21 世纪初—
主战兵器	斧、矛	火器	飞机、导弹	信息系统支持下的导弹武器	电磁武器和信息武器
战斗力生成基本形态	人+冷兵器	人+火器	单平台武器打击	单平台武器打击	电磁武器打击链和信电磁武器打击链和信
军队战斗力生成模式	加和	加和	加和	倍增	指增
主要战场	物理域	物理域	物理域	物理域、信息域	全域
战争空间	陆	陆海	陆海空	陆海空天电	陆海空天电心
作战方式	独立作战	独立作战	独立作战	体系作战	体系作战
作战体系	无	无	无	哥白尼、GIG	JIE
战争边界	严格清晰	清晰	比较清晰	模糊	无边
信息系统	人	人	C2、C3、C3I	C4I、C4ISR、C4KISR	C4KISR
典型作战样式	骑兵战	火力战	闪电战	空海一体战	赛博空间战

资料来源：《战争形态演进及信息系统发展趋势》，华安证券研究所

信息技术在战争中的快速应用带来武器装备现代化的同时，也推动战斗力生成模式将从以单平台武器打击为基本形态的加和模式发展为以导弹武器打击链为基本形态的倍增模式和以电磁武器打击链、信息武器打击链为基本形态的指增模式。对比单平台机械化战争和信息系统支持下机械化战争可以看出，由于信息系统支持下的导弹武器形成了传感器到射手的闭环打击链，使得杀伤时间由小时级缩短到了分钟级，从而使作战综合效能得到了百倍的提升。相对于导弹武器打击链，电磁武器打击链由于整个打击过程都在电磁场内以光速完成，闭环链中省去了跟踪、评估等环节，最大速度和杀伤时效得到了极大提高。同时，完成一次攻击的成本以消耗电能为主，因此设其约为 1 美元的量级，这样电磁武器打击链的综合效能提升到约为单平台武器打击的  $10^{14}$ — $10^{15}$  倍。另一方面，根据法国数学家雷内托姆的“突变论”思想，高度优化的设计具有结构敏感性，当出现不可避免的缺陷时，会出现突然而全面的塌陷。因此，网络信息体系难以避开“一毁俱焚”的脆弱关键节点，使得信息武器打击链在杀伤规模方面具备体系级的杀伤效果，其综合作战效能达到单平台机械化战争的  $10^{15}$ — $10^{16}$  倍。可见，对于同阶战争，作战效能具有量变累积效应，战斗力基本单元的增加会以加和或倍增的形式不同程度地增加战争优势。而对于不同阶段的战争，其作战效能具有质变效应，这种质变是无法通过基本战斗力单元的数量增加来弥补的。

图表 22 不同战争形态效能量化对比分析

	单平台机械化战争	信息系统支持下机械化战争	信息系统支持下信息化战争	
	导弹武器打击	导弹武器打击链	电磁武器打击链	信息武器打击链
杀伤规模	点杀伤	点杀伤	点杀伤	体系级杀伤 ( $10^2$ ) (一次攻击影响多个节点)
最大速度	7km/s <sup>【*】</sup>	7km/s	$3 \times 10^5$ km/s	$3 \times 10^5$ km/s
杀伤时间	小时级	分钟级	秒级	秒级
最高精度	米级	米级	米级	米级
杀伤力 <sup>【#】</sup>	1	$10^2$ 倍(时间+精度)	$10^8$ 倍(规模+速度+时间+精度)	$10^{10}$ 倍(规模+速度+时间+精度)
单次攻击成本	百万美元 / 单次攻击	百万美元 / 单次攻击	1 美元 / 单次攻击	1 美元 / 单次攻击
综合效能	1	$10^2$	$10^{14}$ — $10^{15}$	$10^{15}$ — $10^{16}$

注：【\*】战术导弹速度一般不超过 5 马赫(约 1.7 km /s)，战略弹道导弹速度可达 20 马赫(约 7km /s)；

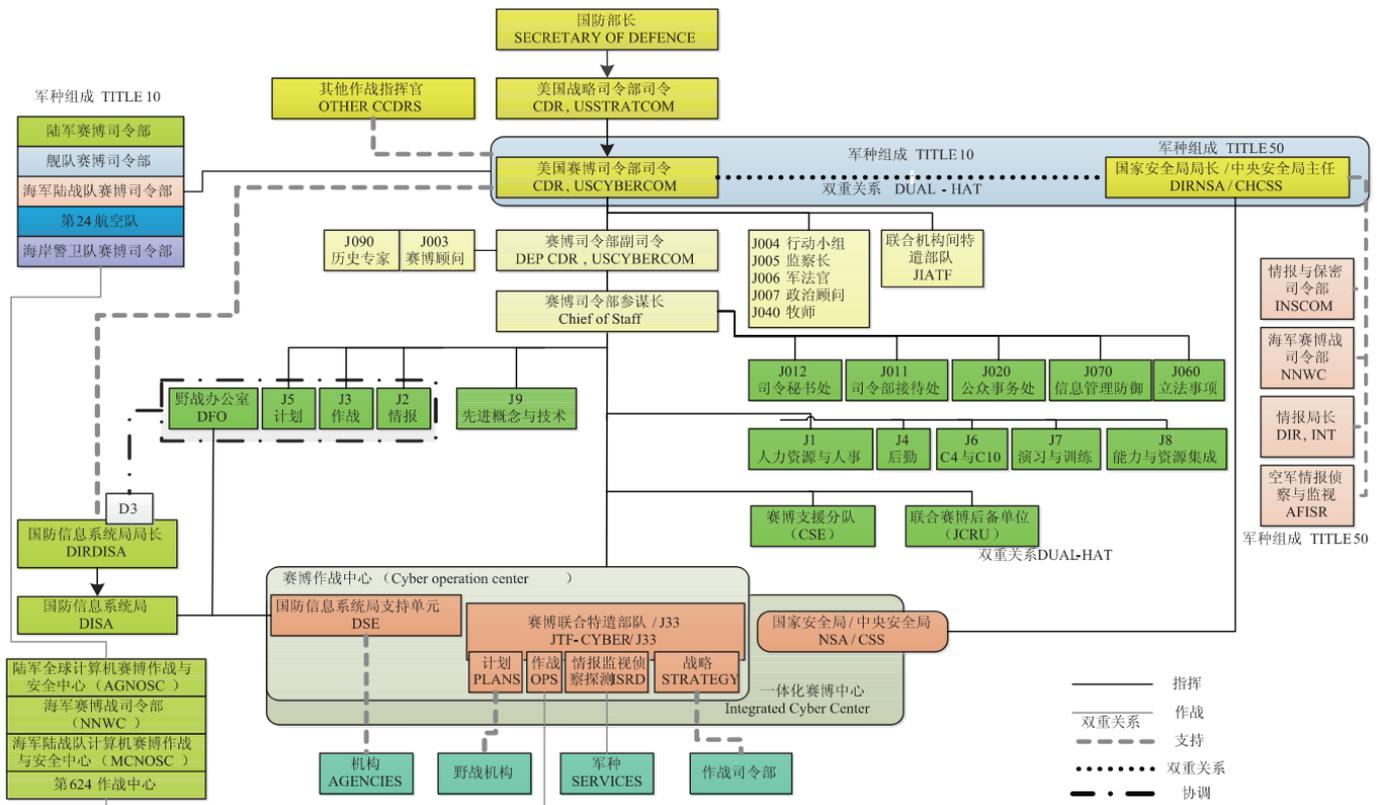
【#】杀伤力=精度\*规模\*射速\*射程\*可靠性

资料来源：《战争形态演进及信息系统发展趋势》，华安证券研究所

参考美国，美国将信息化融入国防建设中，创建了美军赛博空间作战能力体系架构。20 世纪 90 年代，美军引入赛博空间作战概念，并进行了深入的理论研究和 技术积累，不断探索将网络信息技术应用于军事作战的可能性。尤其是 2009 年美军赛博空间司令部的成立，标志着美军开始真正的从军事角度来认真对待赛博空间问题，从作战战略部署、提高装备技术水平和大量演习实战等方面，构建了相对完整的赛博空间作战能力体系。当前居于主导地位的战争技术莫过于信息技术，而基于这种技术形成的赛博空间作战环境将在今后一段时间主导美军战略、理论和作战方式。美国国家安全战略、作战理论、基础能力、装备和关键技术等都将围绕这一

主题展开。通过国家安全战略，从顶层进行规划设计赛博空间能力建设，对外表达战略意图，形成战略威慑。战略是认知的反应，同时也是意图的表达。随着技术发展水平的提高和国防信息基础设施的完善，美军对赛博空间认知也在不断进步，从最初的网络通信、指挥控制，逐步向网络体系与武器系统、单个装备的互联互通的网络中心战思想过渡。

图表 23 美军信息化战争中赛博空间作战力量和指挥体系

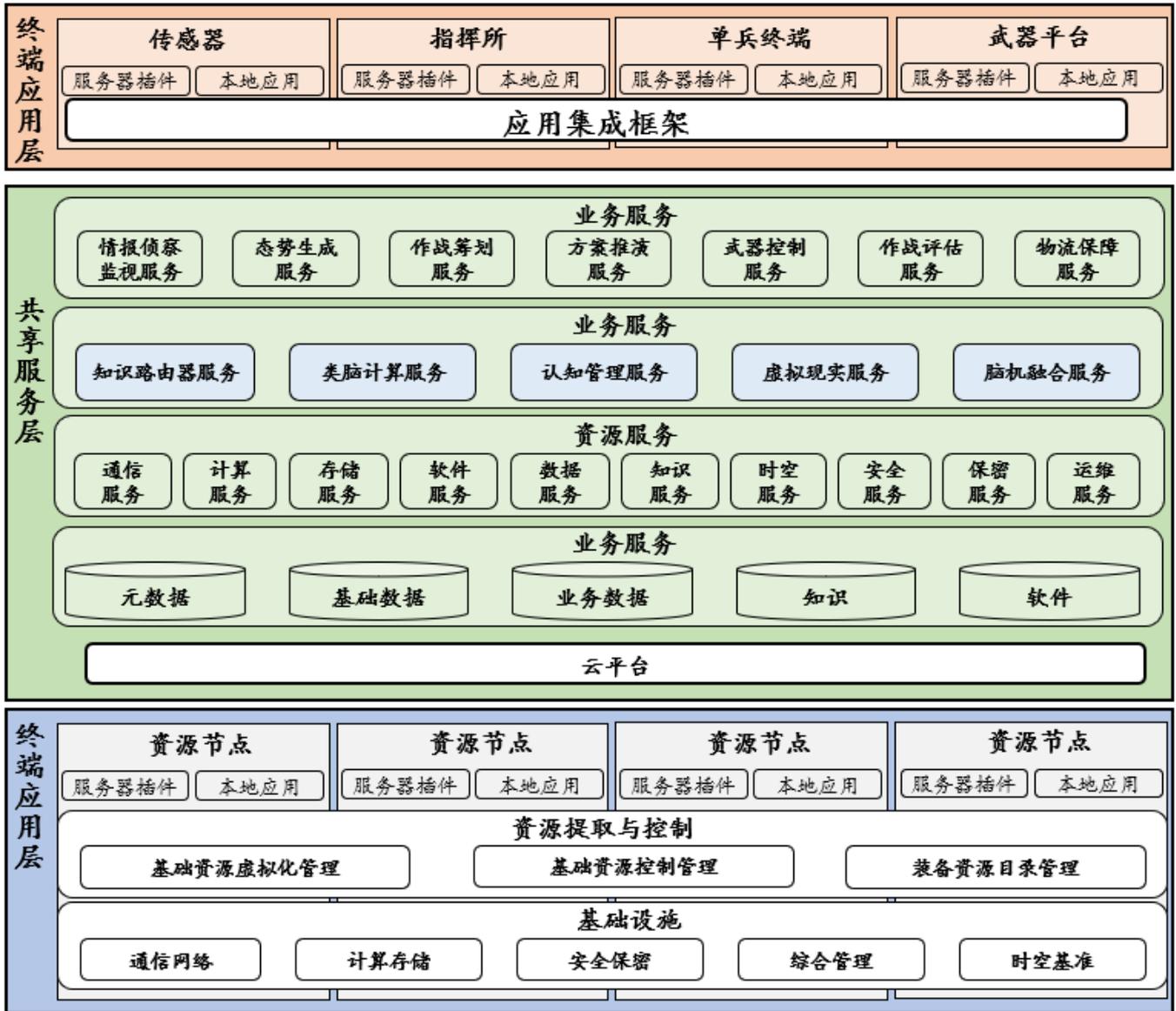


资料来源：《美军赛博空间作战战略、理论与技术能力体系研究》，华安证券研究所

以云计算为基础，聚焦敏捷、适变的资源组织运用与体系能力生成，《基于云架构的军事信息系统概念及机理研究》一文从部署形态、技术结构上提出军事信息系统的一种适应性变革方向。根据《基于云架构的军事信息系统概念及机理研究》一文，军事领域，无人作战、智能作战等新作战理念的出现更加促使军事信息系统从“网络中心”转型，不断向“数据中心”、“知识中心”演变，并要求形成弹性、敏捷的系统应用模式，以期对各类行动需求做出更加快速、智能的响应，在信息优势之上达到决策优势、行动优势。

- 技术结构角度，借鉴云计算 IaaS、PaaS、SaaS 架构理念及其在智慧城市中的应用，考虑到未来军事系统的开放性与敏捷性，以“功能解耦、逻辑分层”为原则，设计的未来军事信息系统技术分层结构，在逻辑上由基础资源(网)、共享服务(云)、端应用(端)三层组成，支持根据作战需求从不同层次中选取功能服务，柔性组合构建系统。

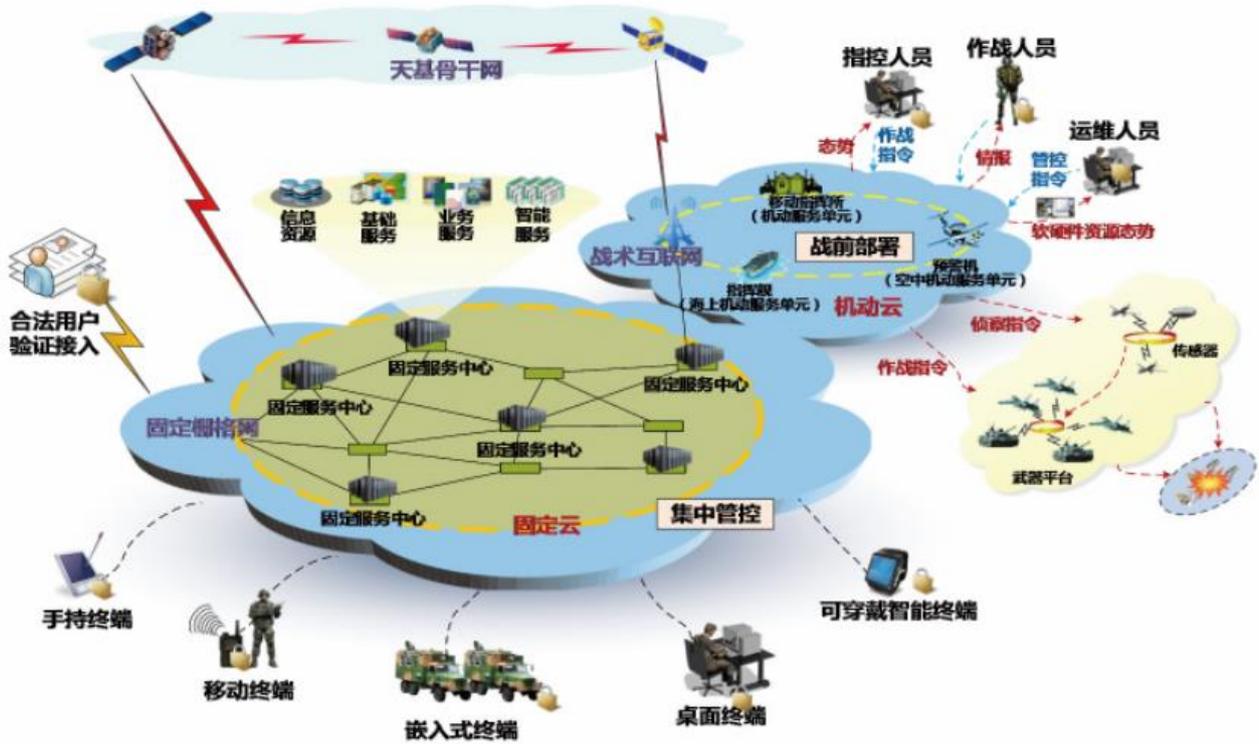
图表 24 未来军事信息系统技术架构设想



资料来源：《基于云架构的军事信息系统概念及机理研究》，华安证券研究所

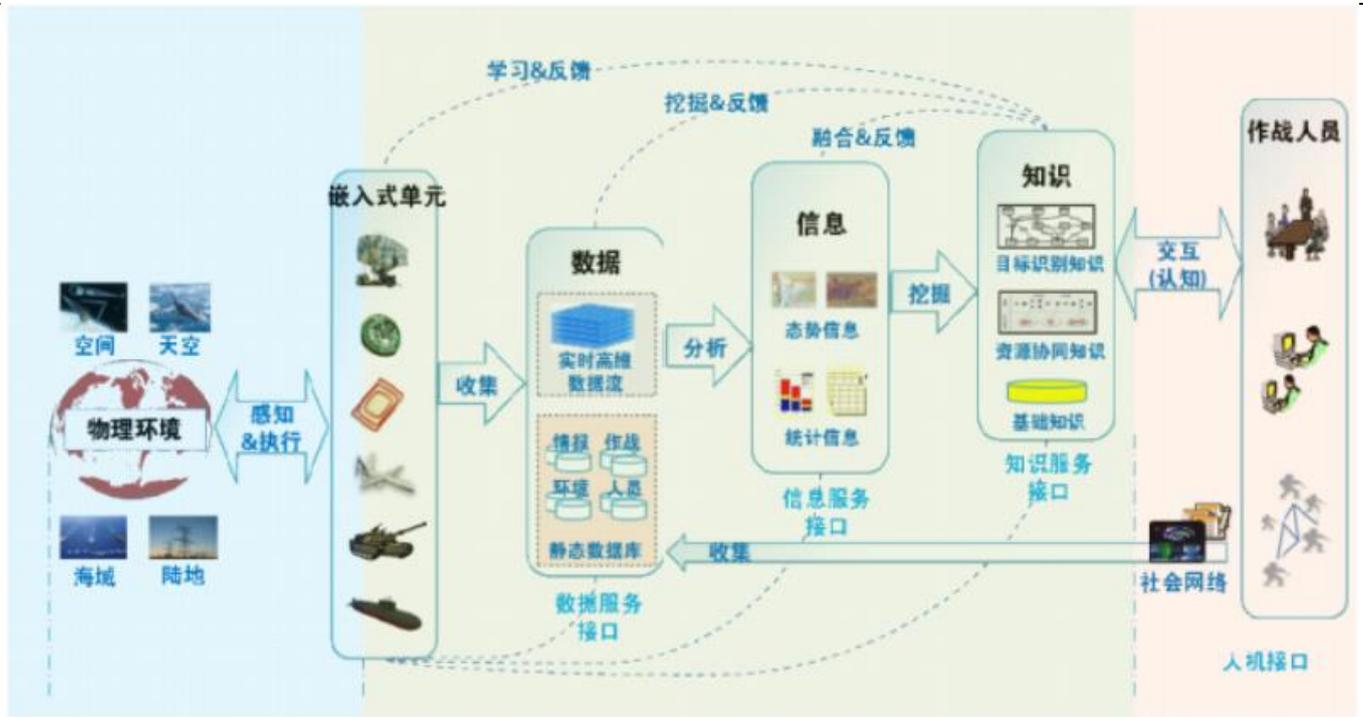
- 架构部署角度，基于云架构的军事信息系统是一个依托泛在网络连接了众多节点的分布式系统，按照“网—云—端”技术结构，结合作战应用，各服务功能、信息资源分布式部署于陆、海、空、天各作战节点或系统节点（如各级服务中心、机动服务单元、传感器、武器平台、单兵等），形成以“网”为基础、以“云”为核心、柔性集成向端赋能的作战体系。
- 信息传输角度，基于云架构的军事信息系统依据作战活动的内在规律和对信息支撑保障的需求，合理配置信息资源，通过信息流动过程中的不断反馈交互，优化作战流程、驱动作战环路高效运行，实现作战人员—信息系统—战场资源深度融合，达到制胜目标。

图表 25 未来军事信息系统部署形态构想



资料来源：《基于云架构的军事信息系统概念及机理研究》，华安证券研究所

图表 26 未来军事信息系统的信息流动机理

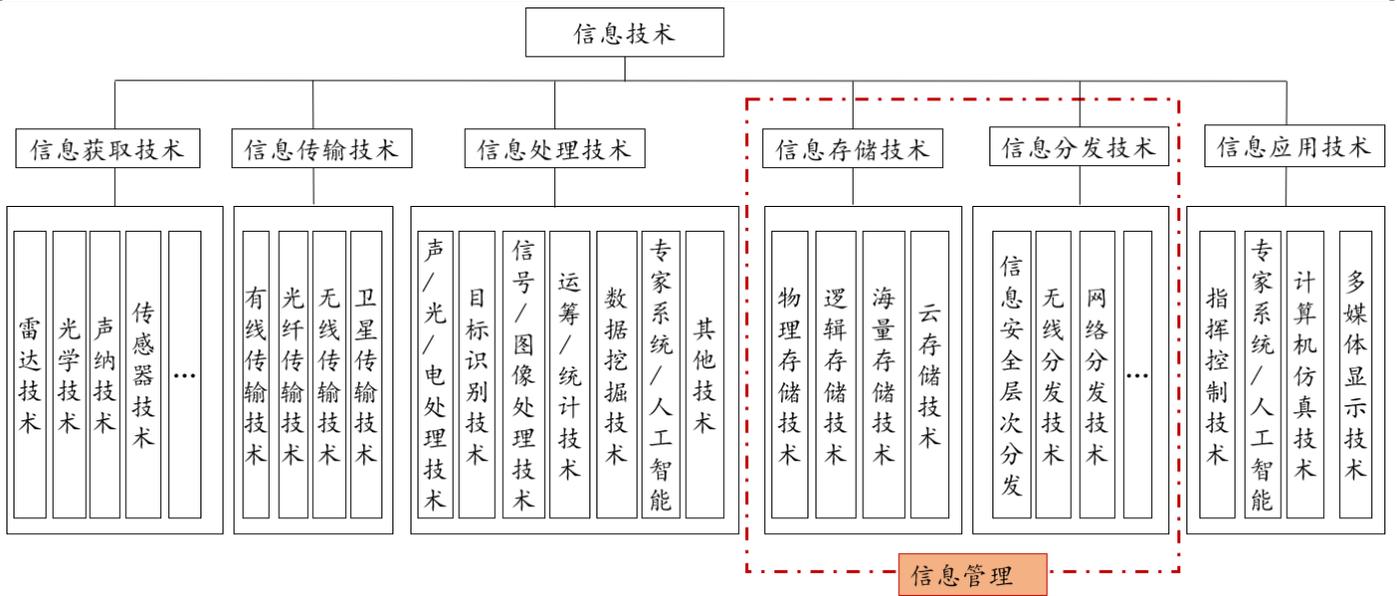


资料来源：《基于云架构的军事信息系统概念及机理研究》，华安证券研究所

## 2 技术角度：构建军事信息化体系的基石

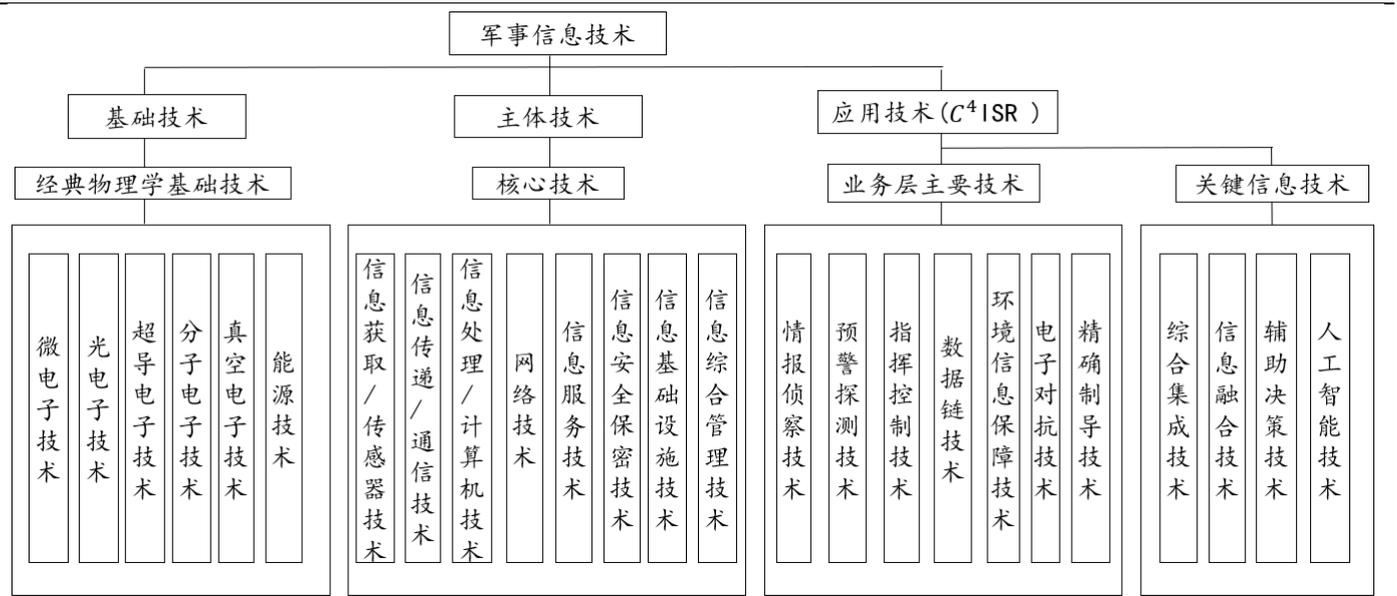
根据《军事信息技术基础》一书，军事信息系统在特殊时期用于作战指挥、武器控制、综合保障，平时还可以用于军事训练、部队管理、作战模拟、战备值班和反恐、维稳、抢险救灾等突发事件的处置，其功能和作用具体体现在对上述任务的信息获取、处理、传递、利用及信息对抗等信息服务方面。

图表 27 信息技术按工作流程中基本环节的不同分类



资料来源：《军事信息技术及应用》，华安证券研究所

图表 28 军事信息技术分类

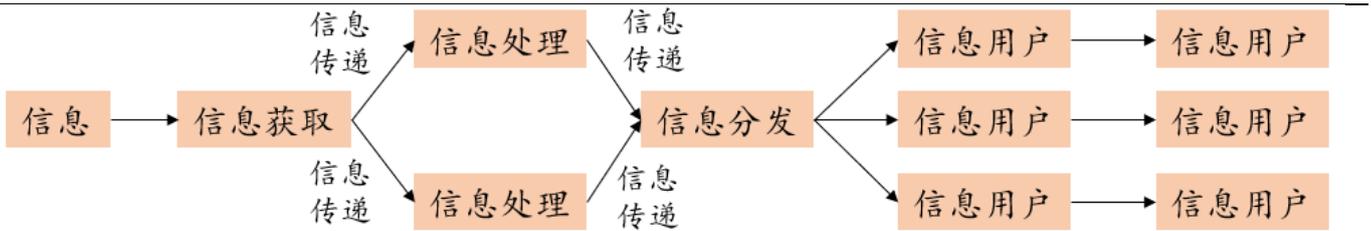


资料来源：《军事信息技术及应用》，华安证券研究所

## 2.1 信息获取技术：信息作战的眼睛

信息获取技术是指能够对各种信息进行测量、存储、感知和采集的技术，特别是直接获取重要信息的技术。根据《军事信息技术基础》一书，信息获取在信息作战中的应用主要表现在侦察监视、定位引导及火控制导三方面。按照获取过程所利用的媒介可分为光电信息获取技术、雷达信息获取技术、声波信息获取技术等。随着信息获取技术的发展，信息获取在深度、广度、速度、隐蔽性等方面均实现了质的飞跃，信息获取技术已成为信息作战的主体技术之一。

图表 29 信息系统的组成

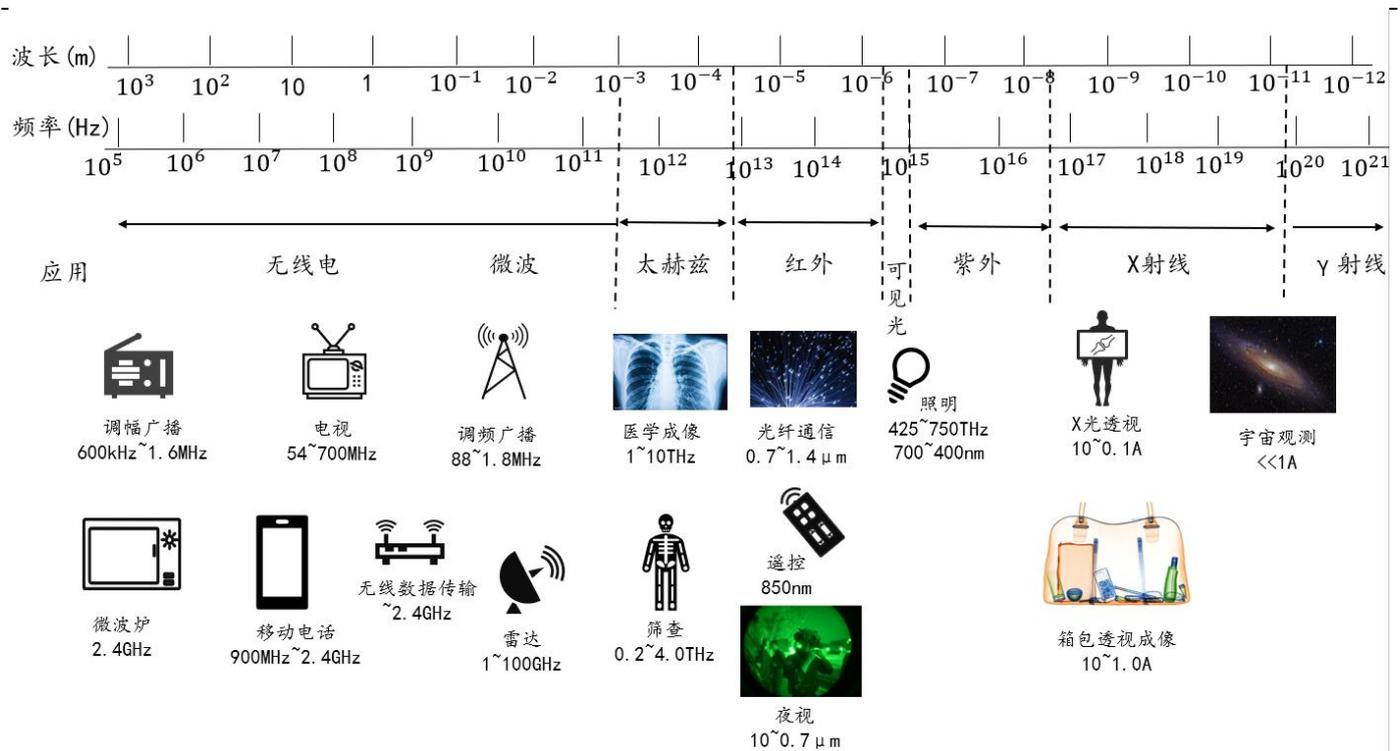


资料来源：《军事信息技术及应用》，华安证券研究所

### 2.1.1 电磁波与信号：信息在信息系统中的载体

电子信息的产生、传播、探测、处理、对抗等行为，从根本上都是对电磁波和信号进行操作。

图表 30 电磁波谱及部分应用



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

电磁波可分为两类：无线电波和光波。

- 无线电波波长在 0.75mm-100km 之间，按波长可划分为超长波、长波、短波、超短波（米级）和微波（分米级、厘米级、毫米级）几个波段。按频率则可划分为与波段对应的甚低频（VLF）、低频（LF）、中频（MF）、高频（HF）、甚高频（VHF）、特高频（UHF）、超高频（SHF）和极高频（EHF）等频段。

图表 31 无线电电波的波段划分和应用

波段（频段）		波长	频率	应用范围
超长波（甚低频）		100-10km	3-20kHz	海岸-潜艇通信、海上导航
长波（低频）		10-1km	30-300kHz	大气层内中等距离通信、底下岩层通信、海上导航
中波（中频）		1000-100m	300-3000kHz	广播、海上导航
短波（高频）		100-10m	3-30MHz	远距离短波通信、短波广播
超短波（甚高频）		10-1m	30-300MHz	电离层散射通信（30-60MHz）、流星余迹通信（30-100MHz）、人造电离层通信（30-144MHz）、对大气层内及外空间飞行体的通信、电视/雷达/导航/移动通信
微波	分米级（特高频）	10-1dm	300-3000MHz	对流层散射通信（700-1000MHz）、小容量（8-12路）微波接力通信（352-429MHz）、中容量（120路）微波接力通信（1700-2400MHz）
	厘米级（超高频）	10-1cm	3-30GHz	大容量（2500路、6000路）微波接力通信（3600-4200MHz、5850-8500MHz）、数字通信、卫星通信、波导通信
	毫米级（极高频）	10-1mm	30-300GHz	再进入大气层时的通信

资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

- 光波波长在 1mm 以下，在可见光之外，还可分红外线、紫外线、X 射线、γ 射线等，光波的波长比无线电波更短。

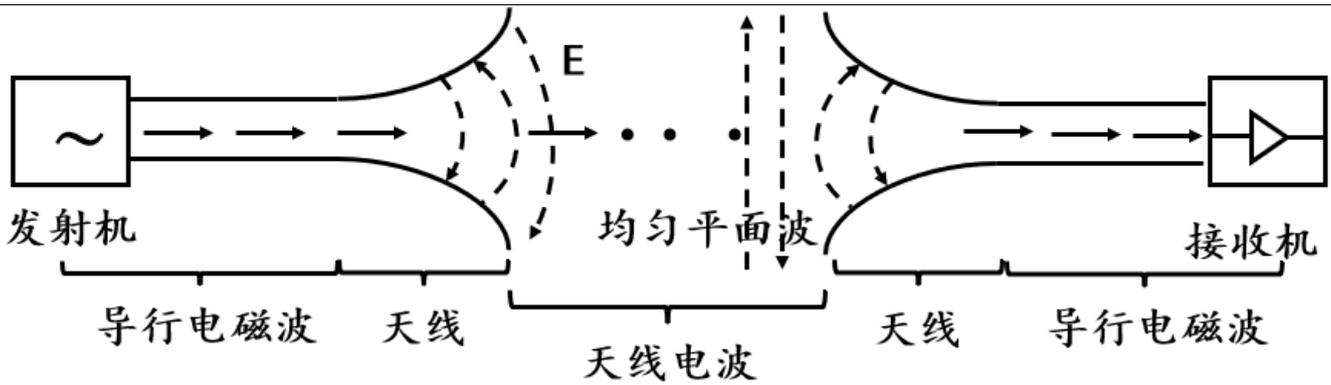
图表 32 光波的波段分布

名称	波长	
红外线	远红外线	25-1000 μm
	中红外线	1.5-25 μm
	近红外线	0.76-1.5 μm
可见光（红、橙、黄、绿、青、蓝、紫）	0.4-0.76 μm	
紫外线	100A-0.4 μm	
X 射线	0.01-100A	
γ 射线	0.01A 以下	

资料来源：《战争形态演进及信息系统发展趋势》，华安证券研究所

电磁波的辐射与接收方面，在无线电波频段，辐射和接收电磁波的装置是天线，天线是整个无线信息系统的重要组件。根据《军事信息技术基础》一书，其原理可简单概述：发射信号在传输线中以导行电磁波的形式传输给发射天线，发射天线把导行电磁波转化为向空间传播的电磁波，在距离发射天线足够远的地方，电磁波近似为局部的平面电磁波，该局部平面电磁波照射到接收天线上，电磁波被接收下来并转化为导行电磁波，最后经传输到达接收机。

图表 33 天线收发电磁波示意图

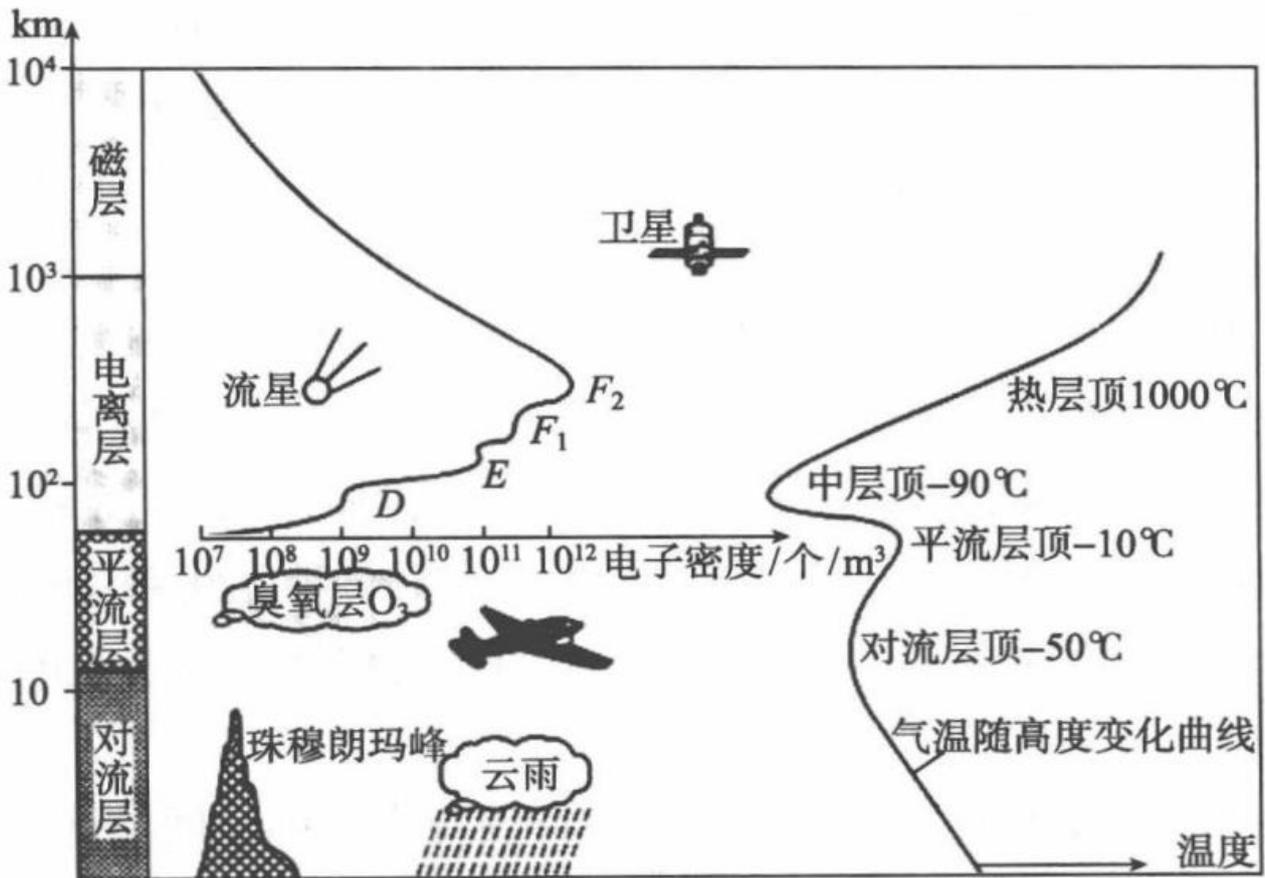


资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

**电磁波的传输方面**，电波既能在真空中传播，也能在介质中传播。根据《军事信息技术基础》一书，电波在从一种介质进入另一种介质时，会产生反射、折射、绕射和散射现象，同时速度也要发生变化，不同介质对一定频率的电波还具有吸收作用。因此，电波在传播过程中，能量的扩散和介质的吸收都会导致电波逐渐减弱。

- **电磁波传播环境**：无线电波从发射到接收必定经历一定空间，按照垂直高度近地空间可分为对流层、平流层、电离层和磁层。

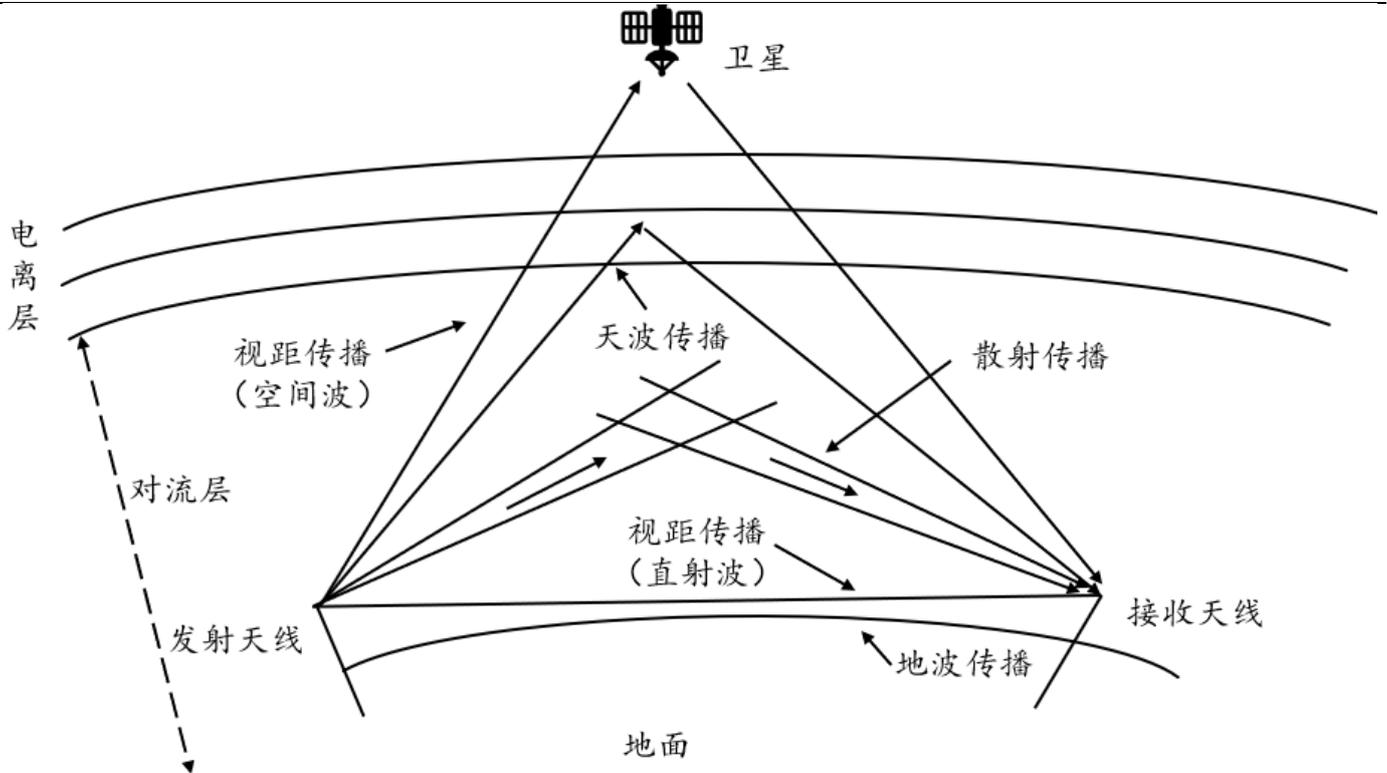
图表 34 近地空间电波传播环境



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

- 电磁波传播方式：明确传播环境后，根据介质及不同介质界面对电磁波传播产生的主要影响，可分为地波传播、天波传播、视距传播、散射传播。

图表 35 无线电波传播方式



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

### 2.1.2 光电信息获取技术：光电装备的核心技术

光电信息获取技术是以光波为介质，通过对目标反射或者辐射的可见光、红外线或者紫外线能量的感测，将其转换成电信号，从而获取目标信息的技术。根据《军事信息技术与应用》一书，光电信息获取技术以高于微波频率的光波为信号与能量载体，具有极高的时间、空间和频率分辨力，特强的抗电磁干扰能力，独有的夜视功能及良好的环境适应性，在各领域均发挥重要的作用。目前，光电信息获取技术包括可见光信息获取技术、红外信息获取技术、紫外信息获取技术、激光信息获取技术、多光谱信息获取技术、微光夜视技术等。

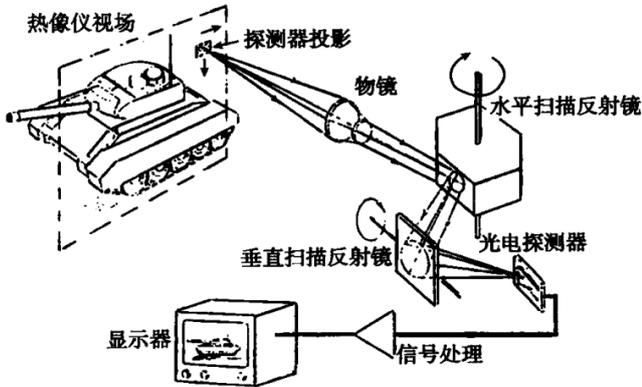
图表 36 光电获取信息主要技术

类别	主要技术	优点	缺点
可见光信息获取	可见光照相、电视摄像、微光夜视技术	图像直接易于判断、高空对地面目标的分辨率高	难以发现隐蔽及伪装的目标、照度太低或恶劣情况下信息获取能力降低
红外信息获取	红外夜视仪、红外热像仪	识别隐蔽及伪装目标的能力强、能够投全黑的夜晚及晨雾/雨雪等障碍实现信息获取、作用距离远	目标与背景的温度差别较小时图像较为模糊、在雨雪浓雾等严重条件下作用距离减小
紫外信息获取	紫外成像和非成像技术	不需要低温冷却、探测器体积小、重量轻	一般工作在 0.2-0.29 μm 的紫外波段

多光谱信息获取技术	多光谱照相、多光谱电视、多光谱扫描	获取的信息不仅包括二维空间信息，还包含随波长分布的光谱辐射信息	技术成熟度待提高
-----------	-------------------	---------------------------------	----------

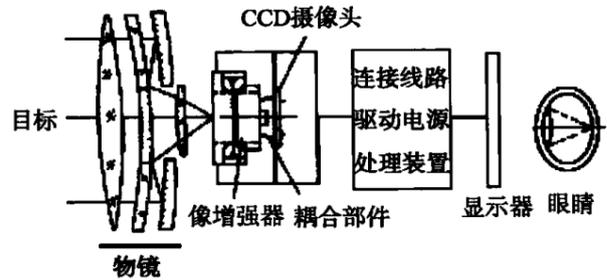
资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

图表 37 红外热像仪结构原理图



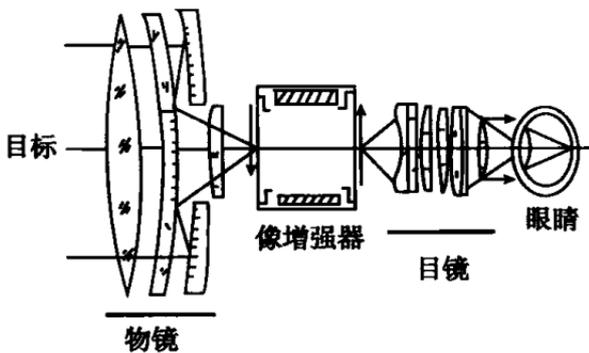
资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

图表 38 典型微光电视系统



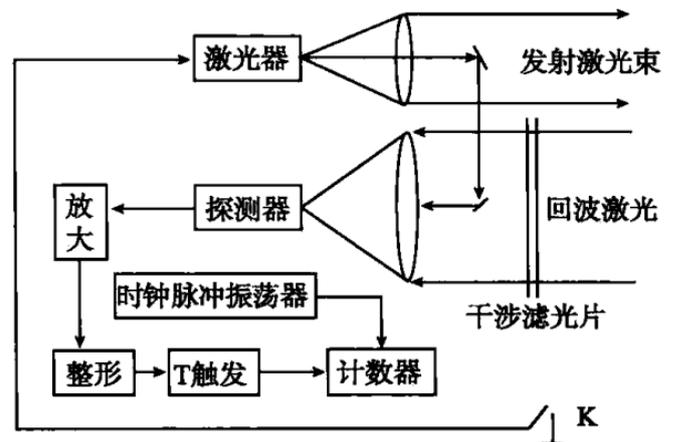
资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

图表 39 典型微光直视系统



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

图表 40 脉冲激光测距原理框图



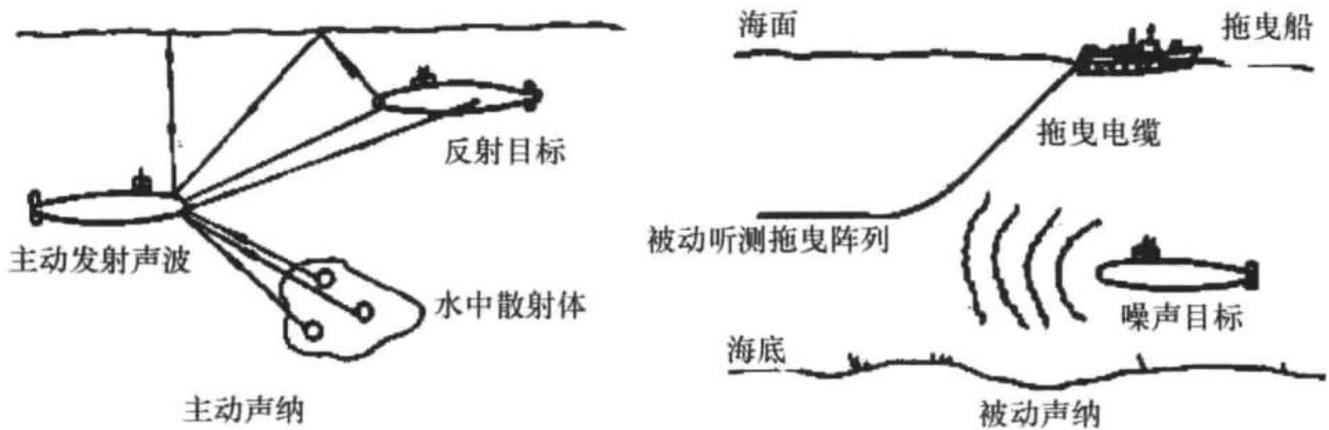
资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

### 2.1.3 声波信息获取技术：声呐装置应用最广泛

声波信息获取技术是以声学原理为基础，根据被探测目标在声波传播介质中发出的声频振动。根据《军事信息技术及应用》一书，按声波传输介质的不同，声学信息获取技术分为声探测技术和水声探测技术两大类。声探测技术是利用声音在大气中传播的物理特性而获取目标信息的技术，水声探测技术则利用声音在水中传播的物理特性来获取信息的技术。

按照探测方式的不同，声学探测可分为主动和被动两种方式，其中被动式声学探测技术由于较高的隐蔽性受到了极大的重视。按照安放方式可分为岸基声呐、船壳声呐、拖曳线列阵声呐、声呐浮标及吊放声呐。

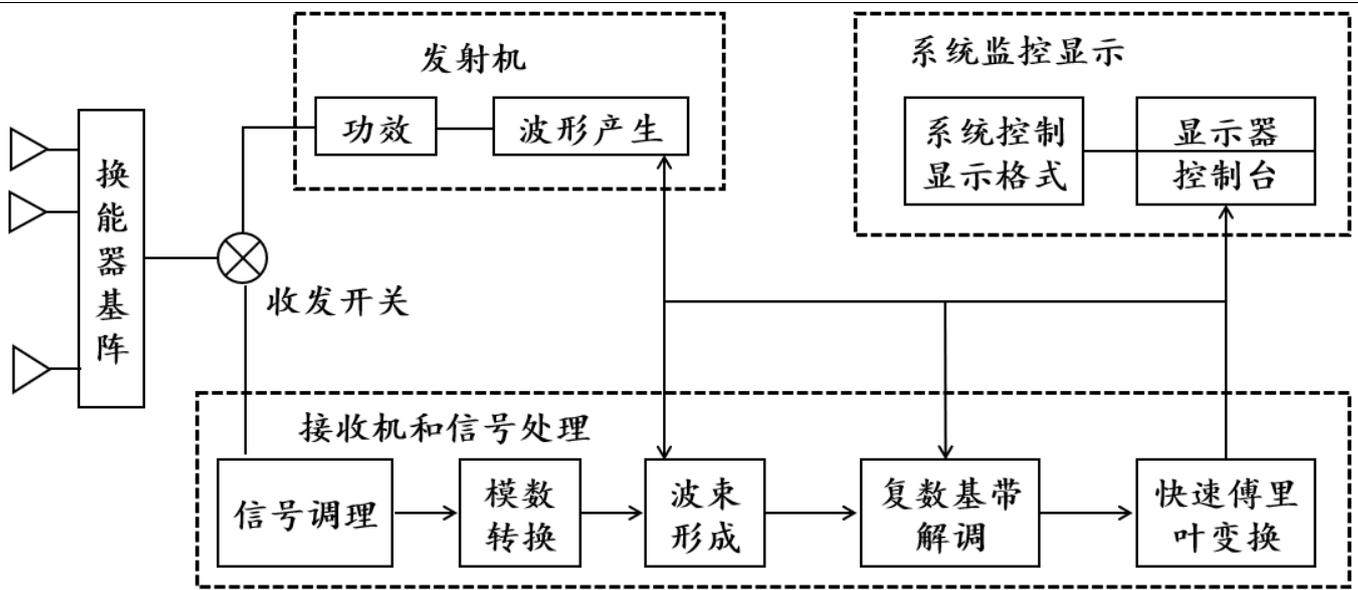
图表 41 主动声纳和被动声纳



资料来源：《军事信息技术及应用》，华安证券研究所

- 主动声纳又称有源声纳，通过水声换能器及其组成的阵列，将探测电信号转换为一定频率的声波，形成水下声信号，一旦该信号遇到目标，则形成反射回波，声纳则将其接收并转换成电信号，经过处理就可发现水下目标的存在并进行定位。主动声纳大多采用脉冲波体制，其主要优点在于可以探测静止无声的目标，同时可以测定目标的方位和距离。

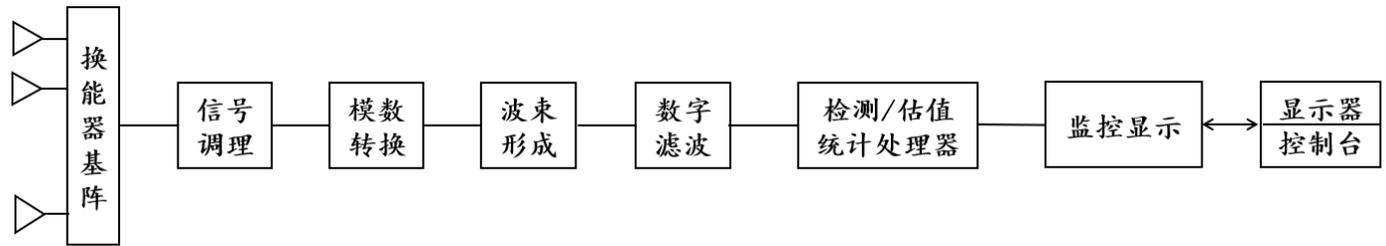
图表 42 主动声纳的基本组成



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

- 被动声纳又称无源声纳或者噪声声纳，其本身不发射声波，依靠接收目标辐射的声波作为目标检测和对之估值的基础。目标辐射的声波一般是目标自身发出的噪声，包括螺旋桨转动噪声、流体动力噪声、发动机机械震动引起的辐射噪声或者目标声纳的辐射声波。被动声纳通过换能器基阵接收后利用空域、时域、频域信号处理，提取并检测有用信号分析估算信源的性质和类型，其主要优点在于隐蔽性好。

图表 43 被动声呐的基本组成

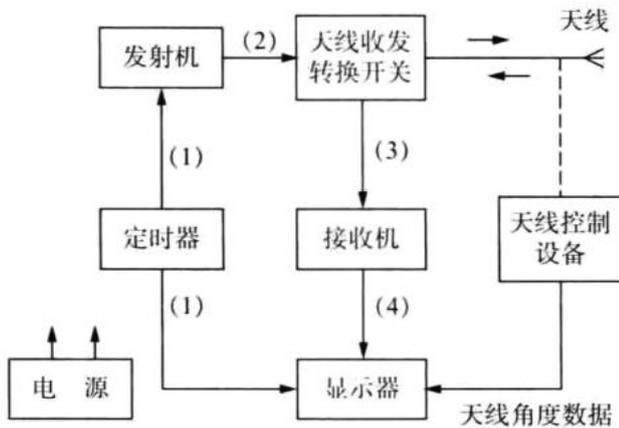


资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

### 2.1.4 无线电信息获取：雷达是重要的装备之一

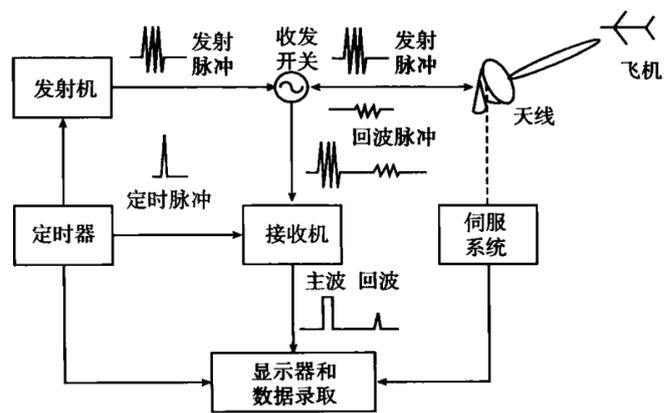
雷达原意为无线电探测与测距，即利用无线电来发现目标，并测量目标在空间的位置。

图表 44 脉冲雷达方框图



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

图表 45 典型的单基地脉冲雷达基本组成框图



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

根据《军事信息技术基础》一书，雷达可利用自身控制的电磁波照射来探测目标及其特性，其主要由天线系统、发射装置、接收装置、抗干扰设备、显示器、信号处理器、电源等组成。

- 发射机：在定时脉冲控制下，产生并向天线输出大功率高频震荡脉冲电流。
- 天线：将高频震荡脉冲电流转换成无线电波，聚集成波束向空中发射，此外还将目标发射的回波接收下来送往接收机。
- 接收器：将目标回波进行处理后送给显示器。
- 天线收发转换开关：一般情况雷达发射和接收使用的均为同一副天线，当天线发射电波时，天线收发转换开关使得天线与发射机连通，发射停止后，收发开关便立即自动将天线与发射机断开而与接收机连通，等待接收回波。
- 显示器：显示目标和测定目标距离的设备，分为距离显示器、方位显示器和高度显示器。
- 定时器：定时器为脉冲信号产生器，作用是使发射时间和显示器计时七点严格同步，为达到该目的，定时器同时向发射机和显示器发出时间基准信号，成为定时脉冲。在定时脉冲的触发下，发射机同时发射，显示器开始

计时并在计时起点显示主波脉冲。

- 天线控制设备：其作用是控制和驱动天线旋转，同时不断把天线的方向数据送给方位显示器，一旦显示器上出现目标，就能读出目标方位。
- 电源设备：保障供电。

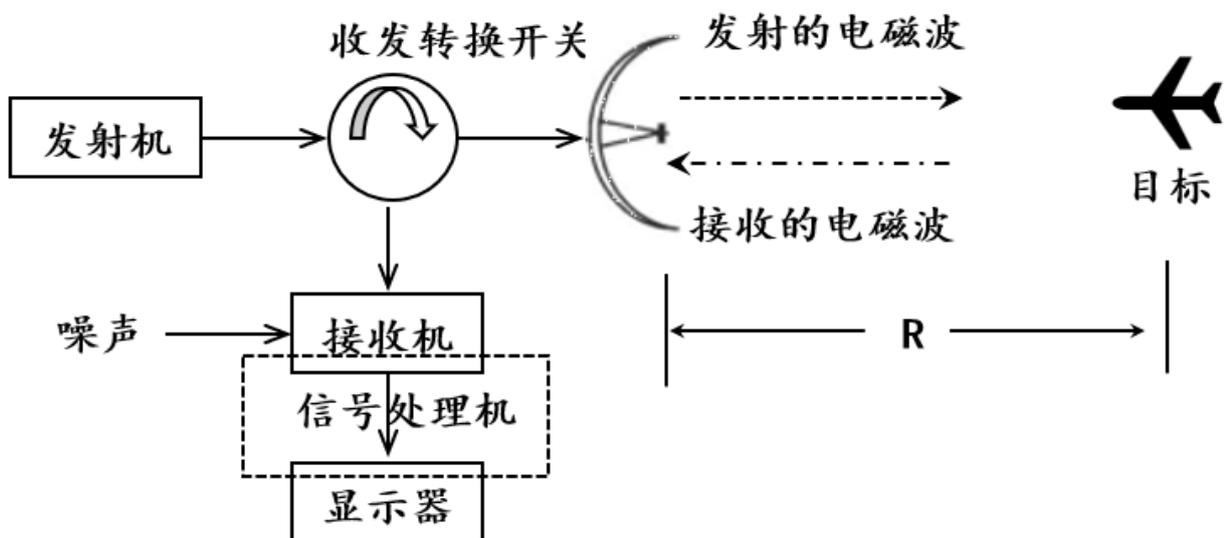
雷达的基本工作过程是通过发射电磁波，接收空间中此电磁波的回波信号，并对接收到的信号加以处理和分析，从其中提取有用信息。当目标体积小于雷达分辨单元的时候，目标可以被视作一个点，此时可以对目标进行角度和距离的测定，而当目标的体积大于雷达的分辨单元则可以对目标进行形状等特征的测定。

图表 46 雷达常用频段与用途

符号	频率范围	波长范围	用途
HF	3-30MHz	1000-10000cm	超视距雷达
VHF	30-100MHz	300-1000cm	苏联 20 世纪 50 年代中程警戒雷达
A	100-300MHz	100-300cm	西方 20 世纪 30-40 年代早期雷达，苏联远程警戒雷达
B	300-500MHz	60-100cm	预警雷达
C	0.5-1GHz	30-60cm	
D	1-2GHz	15-30cm	中/远程搜索雷达
E	2-3GHz	10-15cm	中/远程搜索雷达
F	3-4GHz	7.5-10cm	
G	4-6GHz	5-7.5cm	中程搜索雷达、跟踪雷达
H	6-8GHz	3.75-5cm	
I	8-10GHz	3-3.75cm	近程搜索雷达、跟踪/武器射控雷达、导航雷达
J	10-20GHz	15-30mm	
K	20-40GHz	7.5-15mm	跟踪/武器射控雷达
L	40-60GHz	5-7.5mm	毫米波雷达
M	60-100GHz	3-5mm	毫米波雷达

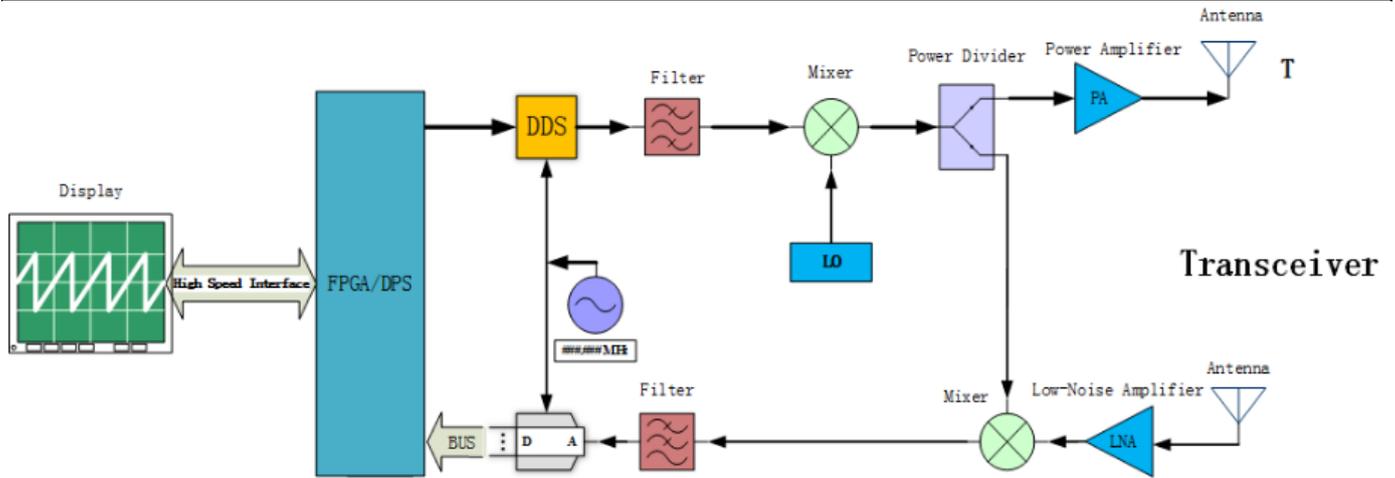
资料来源：《军事信息技术及应用》，华安证券研究所

图表 47 雷达基本组成



资料来源：《军事信息技术及应用》，华安证券研究所

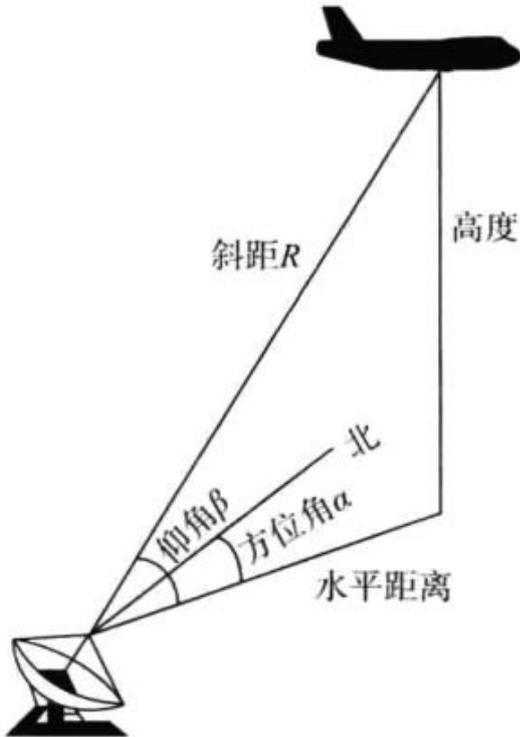
图表 48 FMCW 雷达基本框架



资料来源：CSDN，华安证券研究所

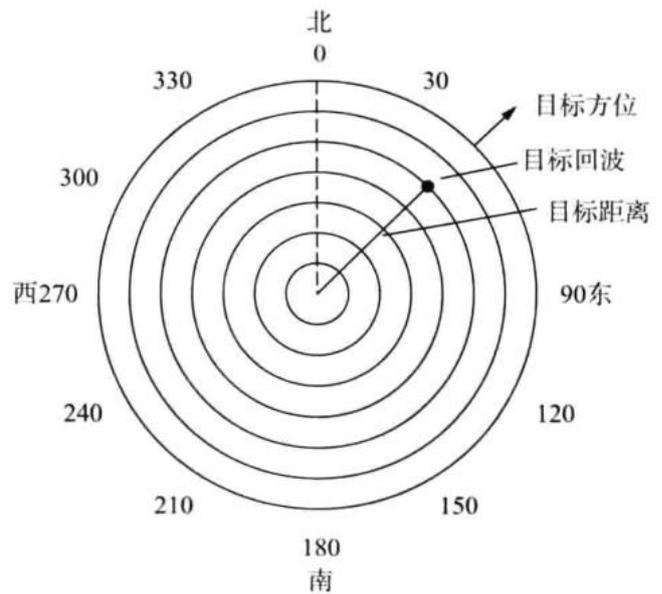
- 定位方面，雷达测定目标时通常采用球坐标表示，以目标与雷达间的直线距离、目标方向与正北方向的夹角、目标雷达连线与水平面之间的夹角来进行测定。

图表 49 雷达定位示意图



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

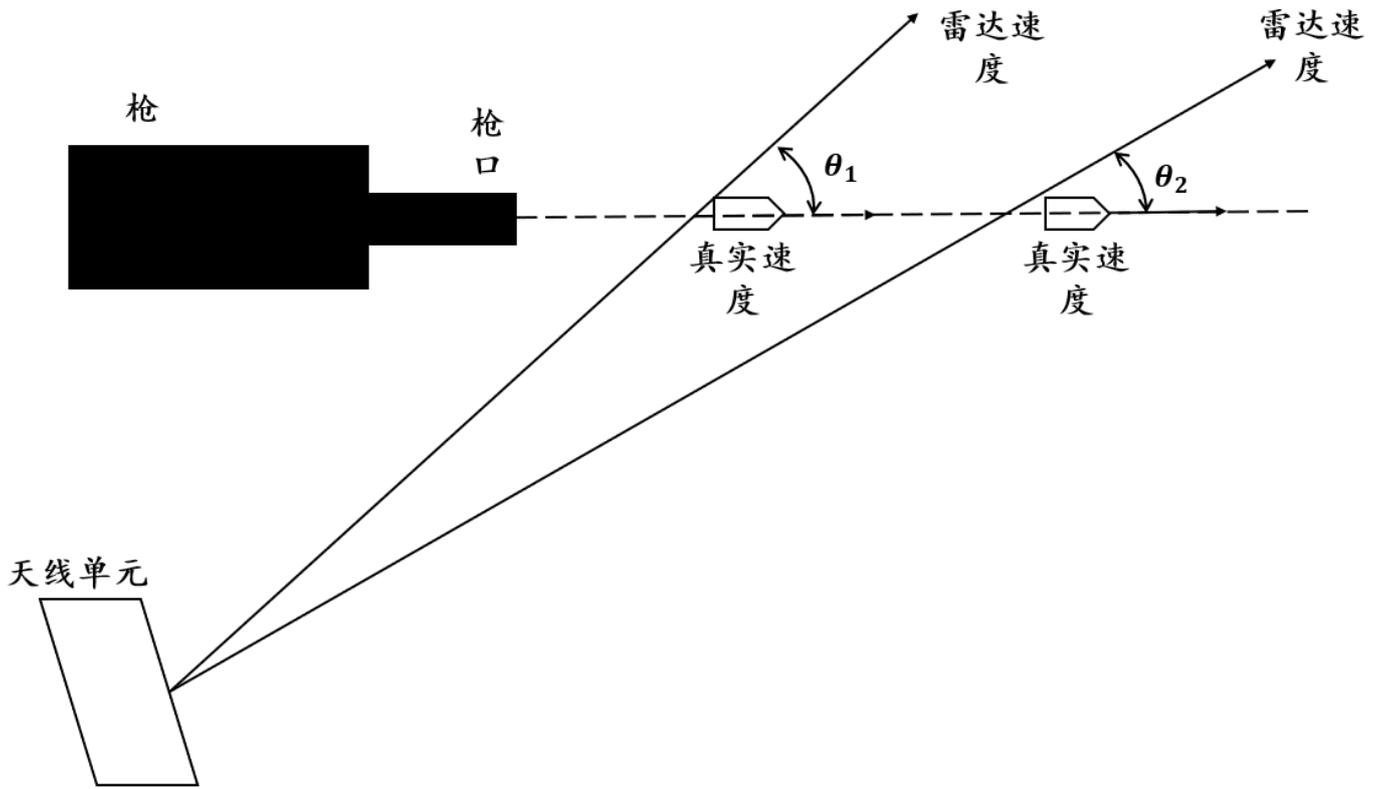
图表 50 方向显示器的荧光屏图像



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

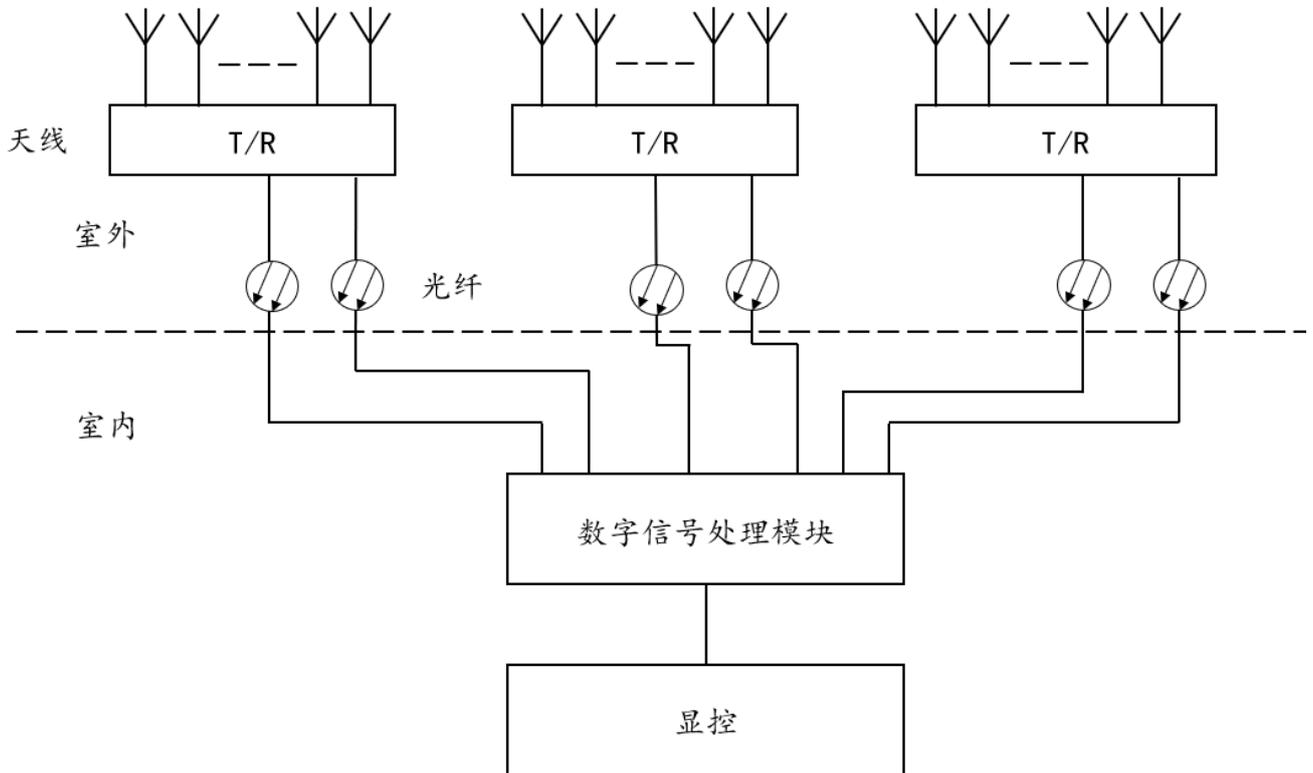
- 测速方面，雷达利用多普勒效应来测量目标速度。以多普勒雷达为例，雷达工作时，天线向弹丸飞行方向发射连续等幅的电磁波，同时也接收弹丸反射回来的电磁波，经信号处理可得出多普勒频移信号，根据多普勒原理求解出弹丸相对天线径向运动的速度。

图表 51 弹丸多普勒测速原理



资料来源：《基于FPGA的多普勒雷达测速系统》，华安证券研究所

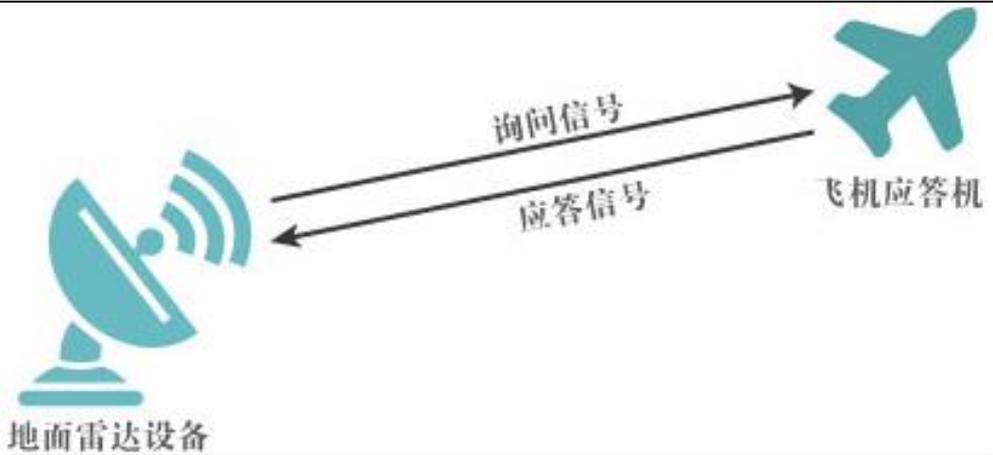
图表 52 数字相控阵二次监视雷达系统基本组成



资料来源：《数字相控阵二次监视雷达关键技术》，华安证券研究所

- 识别目标方面，雷达识别目标采用的主要技术装备为二次雷达。二次雷达系统地面上的雷达设备叫做发射机。而另一重要组成部分是飞机上装的应答机，应答机是一个在接受到相应的信号后能发出不同形式编码信号的无线电收发机，应答机在接收到地面二次雷达发出的询问信号后，进行相应回答。

图表 53 二次雷达机理示意图



资料来源：广州银迅官网，华安证券研究所

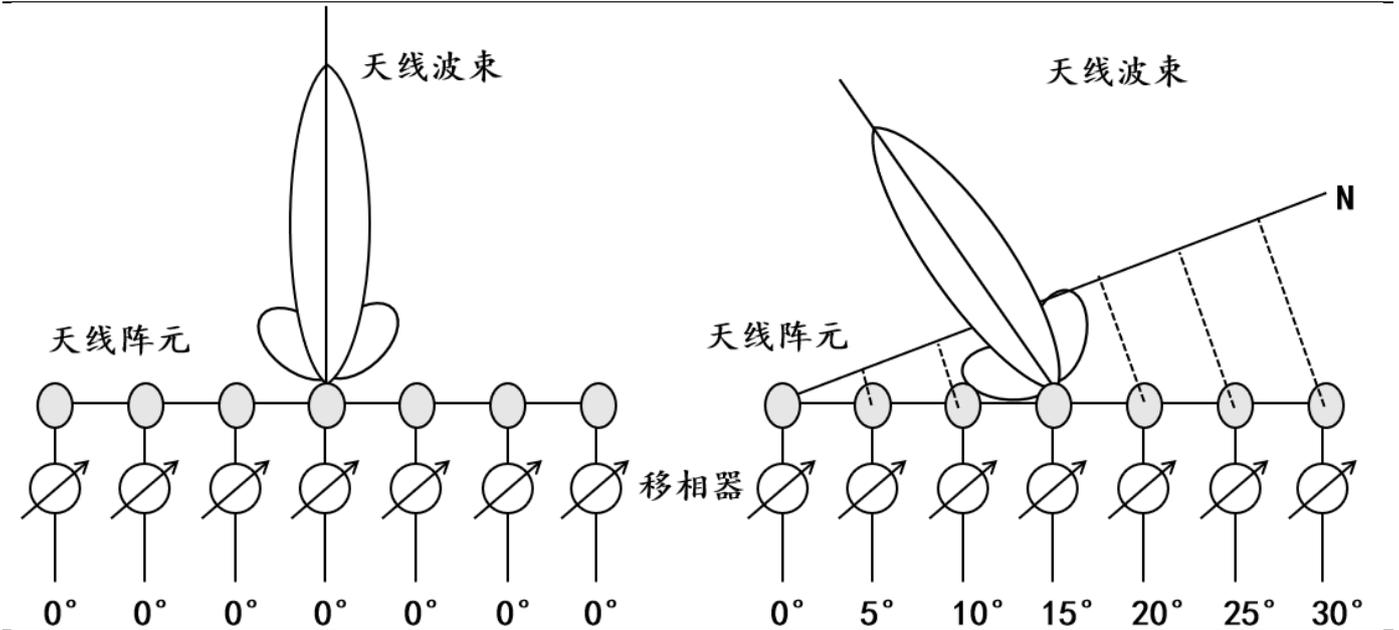
根据《军事信息技术基础》一书总结，雷达主要技术有多普勒雷达技术、频率捷变技术、相控阵技术、超视距技术、激光雷达技术、合成孔径与逆合成孔径成像雷达技术。

图表 54 雷达的主要技术

类别	含义	优势
多普勒雷达技术	用频率过滤的方法检测目标的多普勒频率谱线，滤除干扰杂波的谱线，即可从强杂波中分辨出目标信号	抗杂波干扰能力强
频率捷变技术	发射的相邻脉冲的载频在一定频带内随机快速改变的脉冲雷达技术	探测距离加大、测量精度提高
相控阵技术	通过改变天线表面阵列所发出波束的合成方式来改变波束扫描方向的雷达，传统雷达需要转动才能实现波束的指向	侦查范围提升、抗干扰性能好
超视距技术	天波超视距雷达利用大气电离层对短波的反射特性，使得电磁波在电离层和地面之间多次反射传播，接收目标的反射回波，从而发现目标； 短波超视距雷达利用电磁波在地球表面的绕射效应	预警时间长
合成孔径与逆合成孔径成像雷达技术	利用雷达与目标的相对运动，把雷达在不同位置接收的目标回波信号进行相干处理，实现天线的等效合成，使小孔径天线起到大孔径天线的的作用，从而获得较高的目标方位分辨率	目标图像较清晰、提供信息块
激光雷达技术	向目标发射探测信号，然后通过测量反射信号的到达时间、波束指向、频率变化等参数来确定目标的距离、方位和速度	测速精确

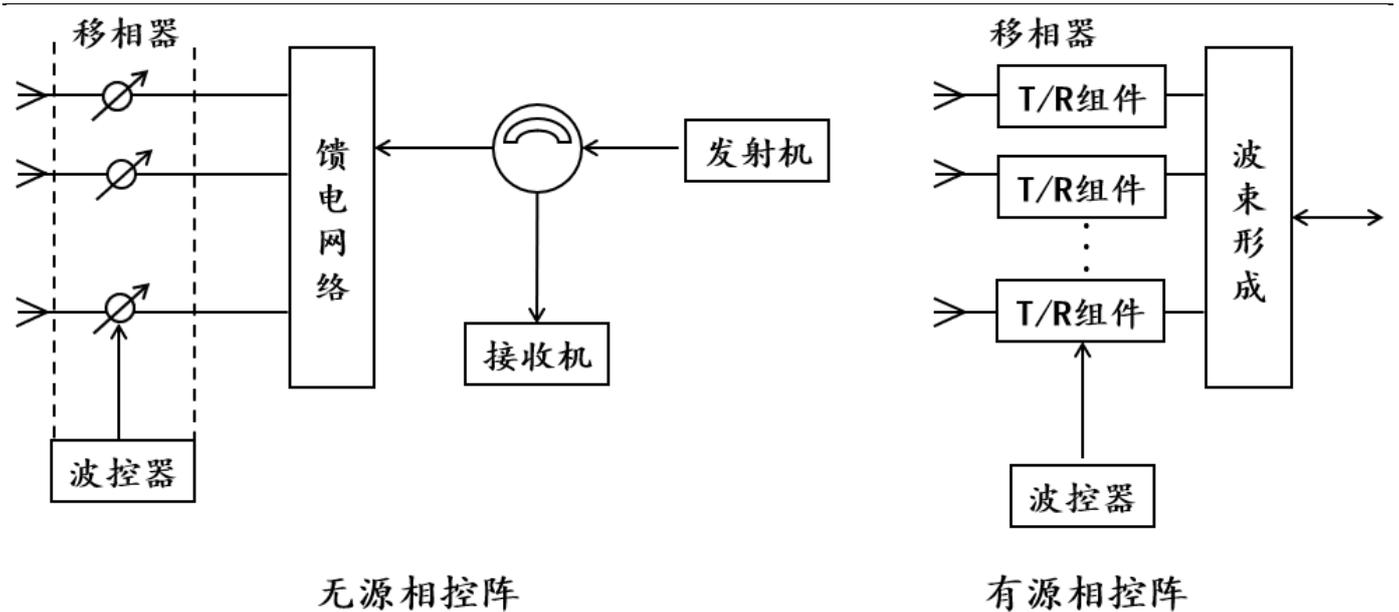
资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

图表 55 相控阵雷达相位扫描原理



资料来源:《军事信息技术基础》, 华安证券研究所

图表 56 相控阵雷达的基本组成



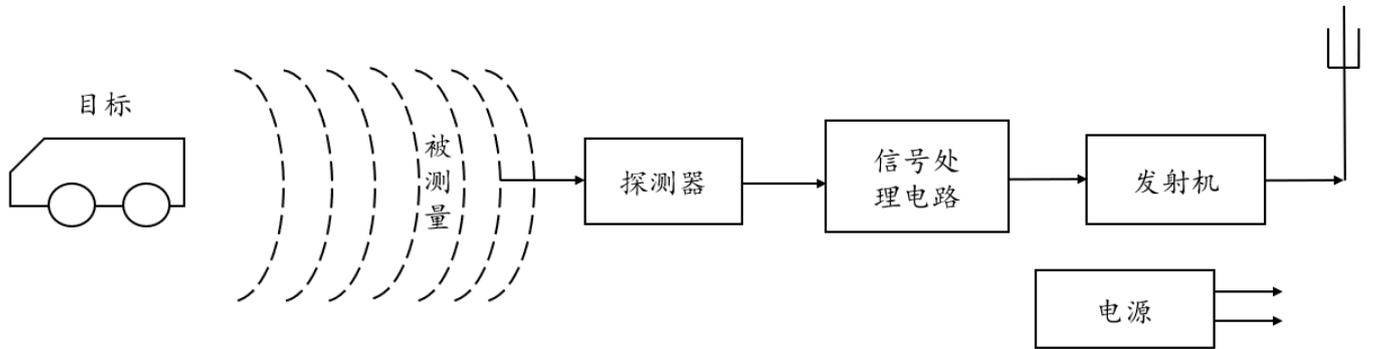
资料来源:《军事信息技术基础》, 华安证券研究所

### 2.1.5 地面传感器：弥补雷达/光学侦察系统不足

地面传感器能够有效弥补雷达和光学侦察系统的不足。根据《军事大辞海·上》一书，地面传感器侦察系统由感测地面振动、磁信号变化，红外和压力信号变化的传感器，无线电接收机，送受话机等组成。传感器对人的探测距离为 50 米，对车可达 500 米，可采用人工、空投或炮射方式将传感器布置到离战斗前沿 40~70 千米地区，其侦察数据则通过数据中继设备传送。地面中继设备的传输距离为 15 千米，机载中继设备则可延长到 100 千米。利用地面传感器侦察系统可以提供发现敌方目标的时间、地点、种类、行进速度和方向等重要的战场情报，既可用于监视道路、

桥梁、渡口和重要军工设施，也可用来监视障碍区、布雷区、空降区和部队可能的集结区。

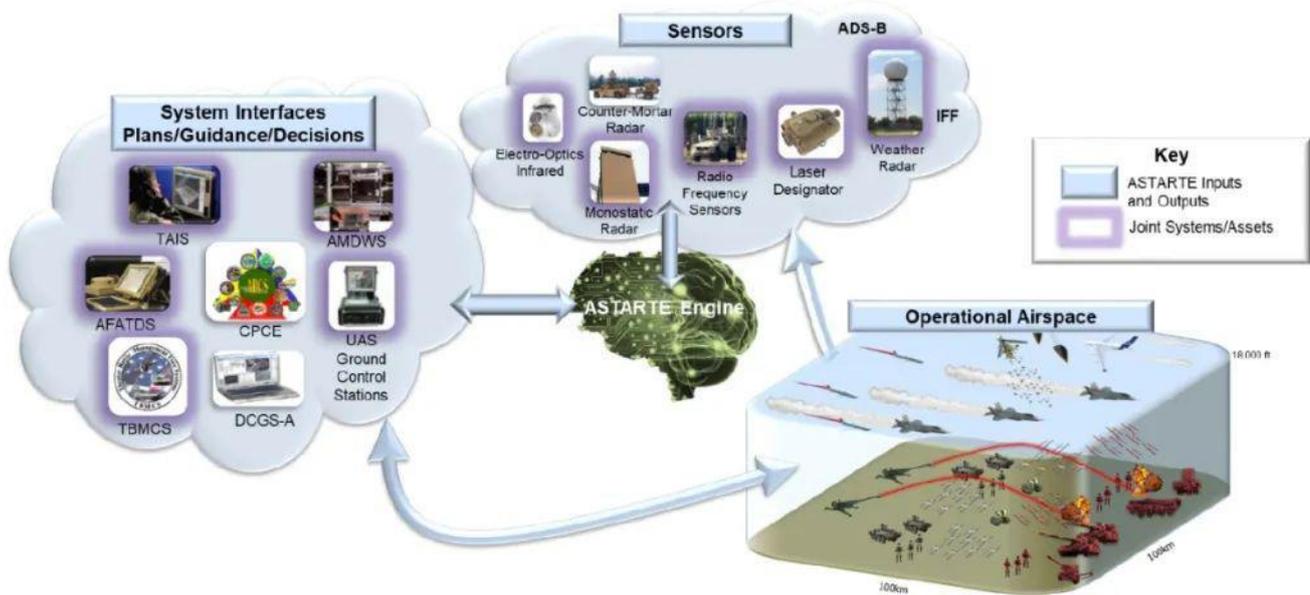
图表 57 地面传感器的基本构成



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

根据搜狐 2020 年 4 月 9 日新闻，美国国防高级研究计划局（DARPA）宣布了其与美国陆军和空军合作实施的“空中空间快速战术执行全感知”（ASTARTE）项目，旨在空域用户和联合火力之间提供实时、低风险的冲突解除，以支持战术部队，并在进行联合全域指挥与控制（JADC2）作战时，在反介入与区域拒止（A2/AD）系统下建立一个有弹性的空中图像。ASTARTE 由一个人工智能（AI）引擎、运行理解和决策算法、结合创新、传统和非传统传感器的网络层组成。

图表 58 ASTARTE 在空域作战中的作战执行



资料来源：搜狐新闻，华安证券研究所

地面传感器的工作过程是运动目标所产生的地面振动波、声响、红外辐射、电磁或者磁能等被测量，由探测器接收并转换电信号，之后由信号处理电路放大和处理送入发射机进行调制后发射。

图表 59 雷达的主要技术

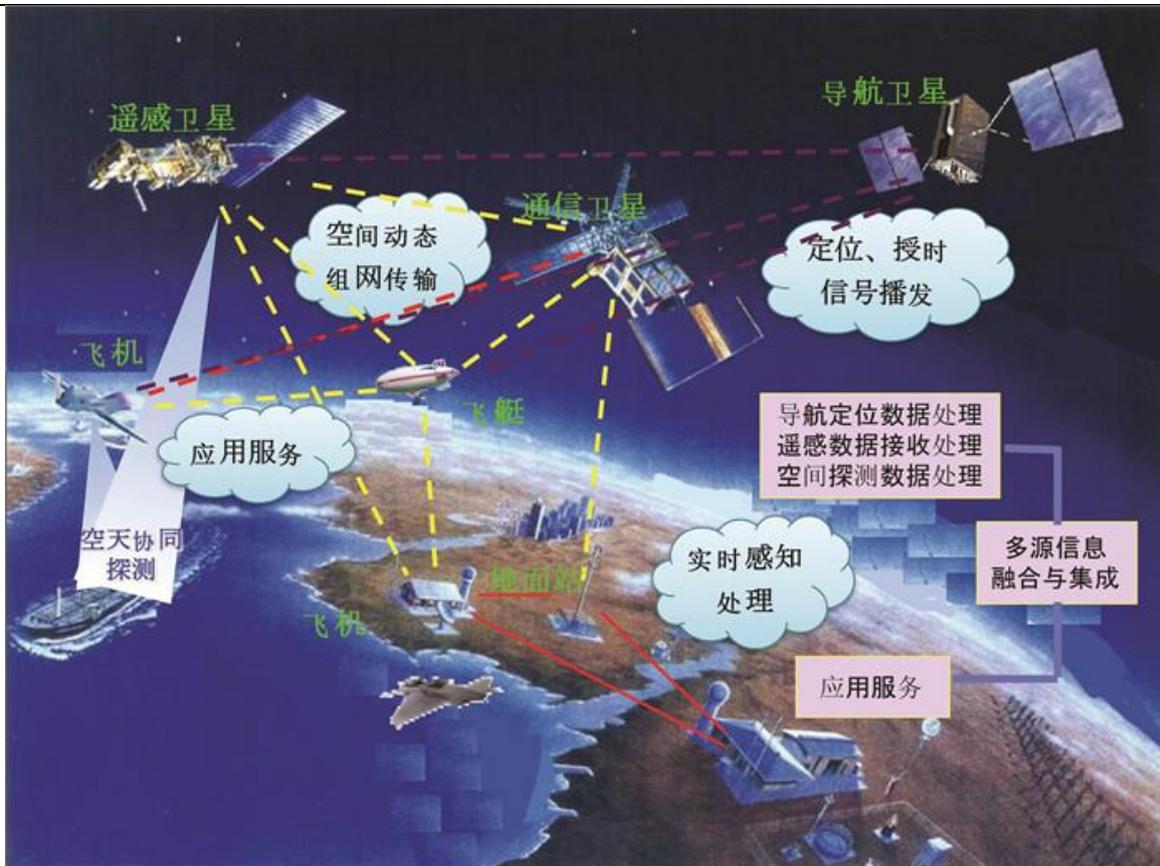
类别	含义	主要优势	主要劣势
振动传感器	通过仪器的振动探头来捕捉人员或者车辆活动引起的振动信号	灵敏度高、探测距离远	松软土质下探测范围减小、分辨率不是很高
声响传感器	能够灵敏接受战场声响的探测装置	对目标的分辨能力极强	耗电量
磁性传感器	目标运动所产生的的干扰使得磁场发生变化从而引起磁强针偏转和摆动	准确探测运动的铁磁金属物体或携带铁磁金属的目标	探测范围受限
红外传感器	感应目标辐射的红外线	体积小、反应速度快、隐蔽性好	只能进行人工布设
应变电缆传感器	当运动目标通过浅埋在地下的应变电缆时，电缆受挤压使得其中的应变金属丝变形引起电阻值变化	传感响应速度快	探测距离受限

资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

### 2.1.6 导航定位技术：导航技术为关键支撑技术

导航技术最初只应用于军队任务中，但随着社会进步和制造成本的降低，导航技术向民用领域逐步开放，目前已广泛地融入到日常生活中，大到火箭发射、高铁运行、飞机航行，小到共享单车、智能手机、物流运输，生活中的方方面面都离不开导航技术的应用。

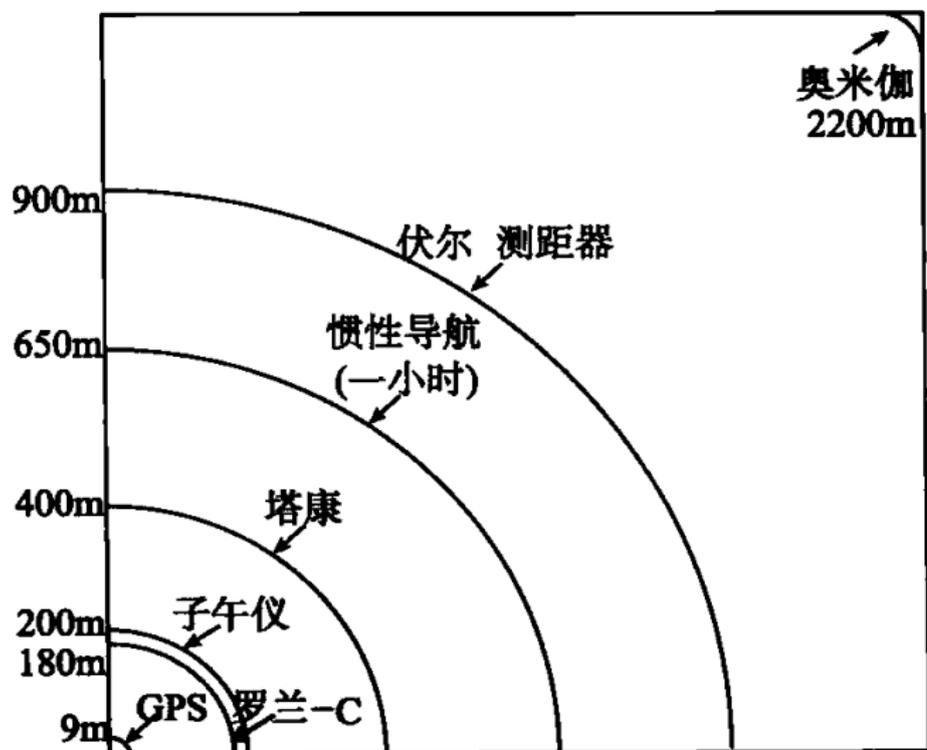
图表 60 空间信息网络结构



资料来源：《论军民融合的卫星通信、遥感、导航一体天基信息实时服务系统》，华安证券研究所

导航技术根据其导航信息获取原理的不同，可分为无线电导航、卫星导航、天文导航、惯性导航、地形辅助导航、综合导航与组合导航，以及专门用于飞机等飞行器进行着陆的着陆系统等。如果运动体导航定位的数据仅仅只依靠装在运动体自身上的导航设备就能获取，采用推算原理工作，称自备式导航，或自主式导航，如惯性导航。假若要靠接收地面导航台或空中卫星等所发播的导航信息，才能定出运动体位置的为他备式导航，无线电导航和卫星导航等为典型的他备式导航。对于能够完成一定导航定位任务的所有设备组合的总称就叫导航系统，例如无线电导航系统、卫星导航系统、天文导航系统、惯性导航系统、组合导航系统、综合导航系统、地形辅助导航系统，以及着陆引导与港口导航系统等。

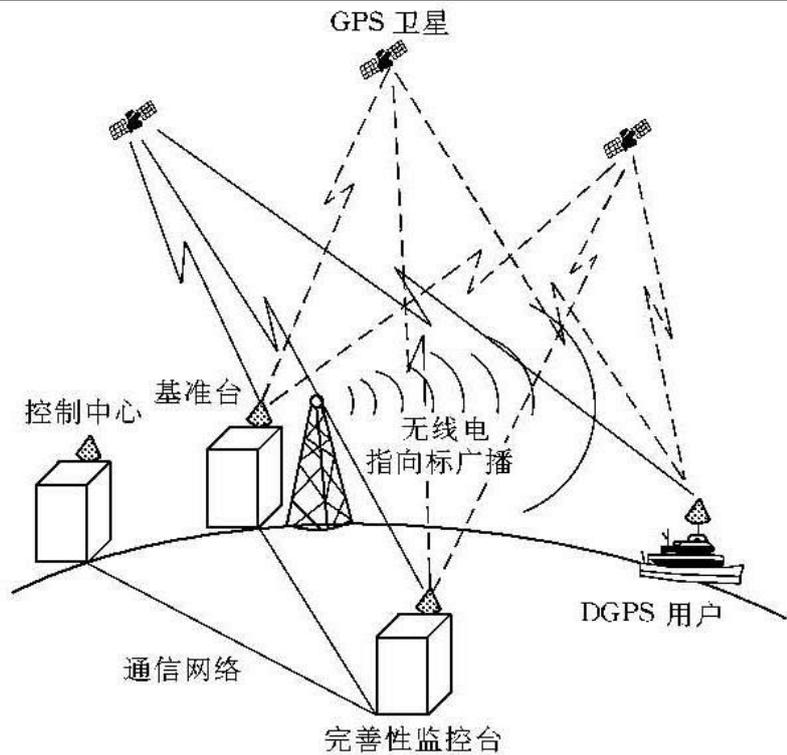
图表 61 第一次世界大战以来发展的主要导航系统二维定位精度



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

- 无线电导航，无线电导航是利用相关的无线电技术引导运动目标按照既定的路线航行，最终到达目的地。无线电导航系统主要包括无线电导航台、无线电收发机以及处理单元等。无线电导航主要是通过测定运动载体与导航台之间的角度、距离以及距离差来进行导航的。无线电导航所使用的设备或系统有无线电罗盘、伏尔导航系统、塔康导航系统、罗兰 C 导航系统、奥米加导航系统、多普勒导航系统、卫星导航系统以及发展中的“导航星”全球定位系统等。无线电信号中包含 4 个电气参数：振幅、频率、时间和相位。无线电波在传播过程中，某一参数可能发生与某导航参量有关的变化。通过测量这一电气参数就可得到相应的导航参量。

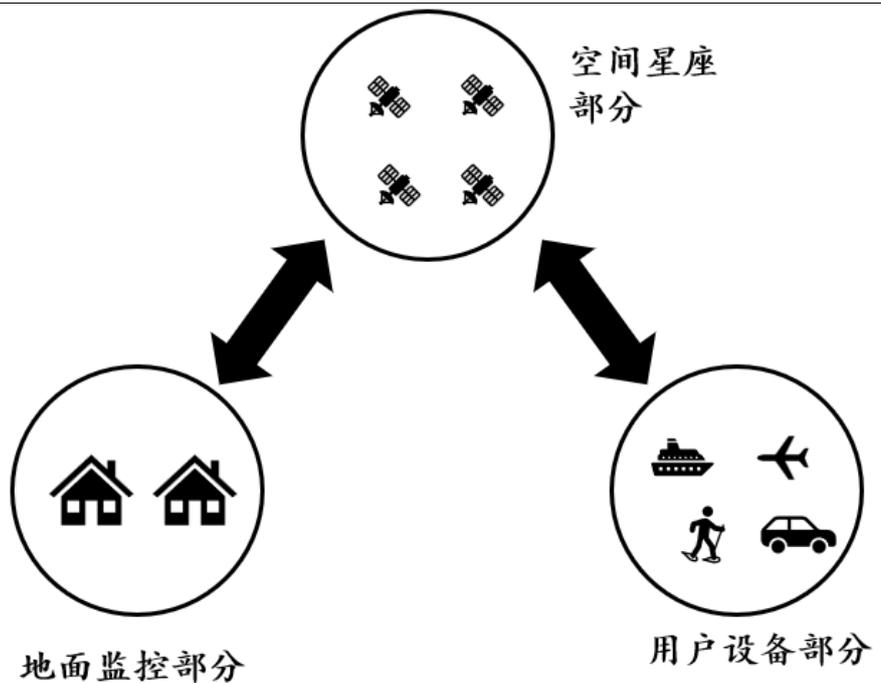
图表 62 无线电指向标/差分全球定位系统



资料来源：水知识助手网站，华安证券研究所

- 卫星导航，卫星导航系统是利用飞行的卫星不断向地面广播、发送特定频率，并加载一些特殊定位信息的无线电信号来实现定位、导航和授时的导航定位系统。

图表 63 卫星导航定位系统组成图



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

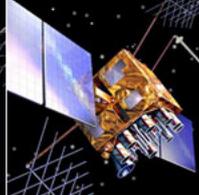
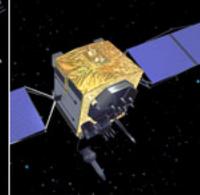
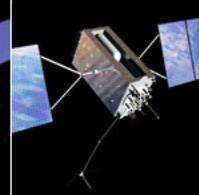
图表 64 电磁波波段划分

符号	频率 (GHz)	平均波长 (cm)
P 波段	220-300	115
L 波段	1-2	20
S 波段	2-4	10
C 波段	4-8	5
X 波段	8-12.5	3
Ku 波段	12.5-18	2
K 波段	18-26.5	1.35
Ka 波段	26.5-40	1

资料来源:《军事信息技术基础》, 华安证券研究所

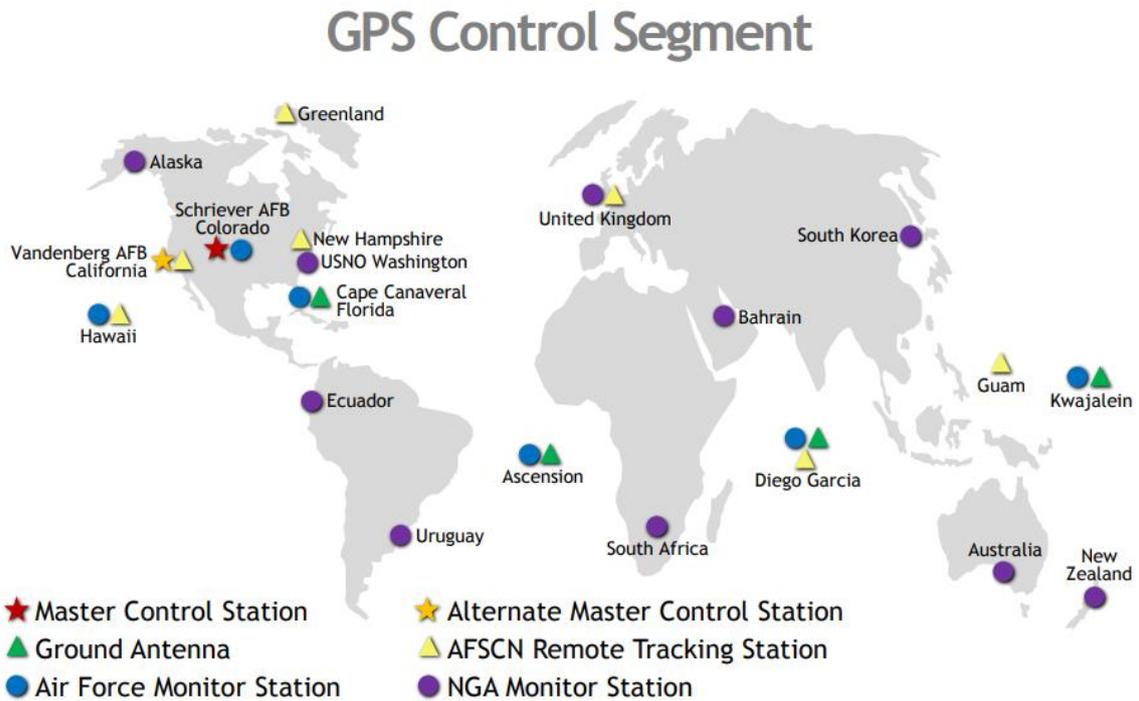
全球卫星导航系统 (Global Navigation Satellite System, GNSS) 最为大众熟悉, 具备技术成熟、范围广、精度高等优点, 可工作条件要求卫星信号能够被顺利接收。此外, 卫星导航接收机的信号输出频率较低。目前全球有四大卫星导航系统, 分别是美国的全球定位系统 (Global Position System, GPS)、俄罗斯的格洛纳斯卫星导航系统 (Global Navigation Satellite System, GLONASS)、欧盟的伽利略卫星导航系统 (Galileo Satellite Navigation System, GALILEO) 以及我国的北斗卫星导航系统 (BeiDou Navigation Satellite System, BDS)。

图表 65 GPS 目前在轨卫星简介

LEGACY SATELLITES		MODERNIZED SATELLITES		
				
BLOCK IIA	BLOCK IIR	BLOCK IIR-M	BLOCK IIF	GPS III/IIIF
0 operational	7 operational	7 operational	12 operational	5 operational
<ul style="list-style-type: none"> <li>Coarse Acquisition (C/A) code on L1 frequency for civil users</li> <li>Precise P(Y) code on L1 &amp; L2 frequencies for military users</li> <li>7.5-year design lifespan</li> <li>Launched in 1990-1997</li> <li>Last one decommissioned in 2019</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>C/A code on L1</li> <li>P(Y) code on L1 &amp; L2</li> <li>On-board clock monitoring</li> <li>7.5-year design lifespan</li> <li>Launched in 1997-2004</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>All legacy signals</li> <li>2nd civil signal on L2 (L2C) <a href="#">LEARN MORE</a></li> <li>New military M code signals for enhanced jam resistance</li> <li>Flexible power levels for military signals</li> <li>7.5-year design lifespan</li> <li>Launched in 2005-2009</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>All Block IIR-M signals</li> <li>3rd civil signal on L5 frequency (L5) <a href="#">LEARN MORE</a></li> <li>Advanced atomic clocks</li> <li>Improved accuracy, signal strength, and quality</li> <li>12-year design lifespan</li> <li>Launched in 2010-2016</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>All Block IIF signals</li> <li>4th civil signal on L1 (L1C) <a href="#">LEARN MORE</a></li> <li>Enhanced signal reliability, accuracy, and integrity</li> <li>No Selective Availability <a href="#">LEARN MORE</a></li> <li>15-year design lifespan</li> <li>IIIF: laser reflectors; search &amp; rescue payload</li> <li>First launch in 2018</li> </ul>

资料来源: GPS. GOV, 华安证券研究所

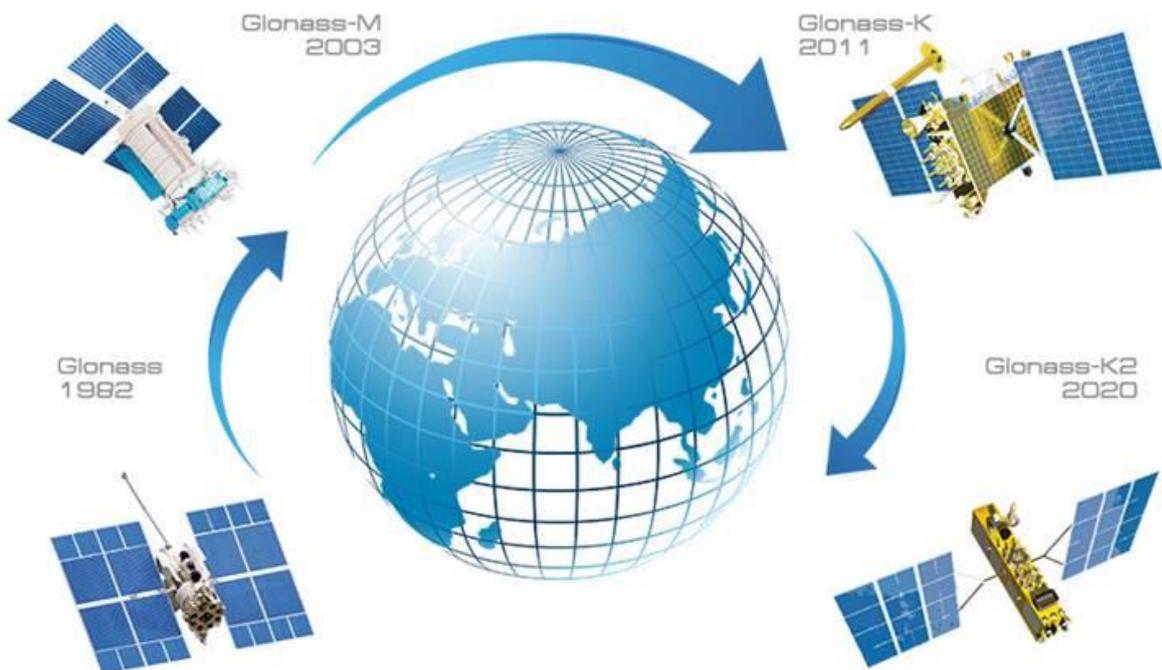
图表 66 卫星导航定位系统组成图



Updated May 2017

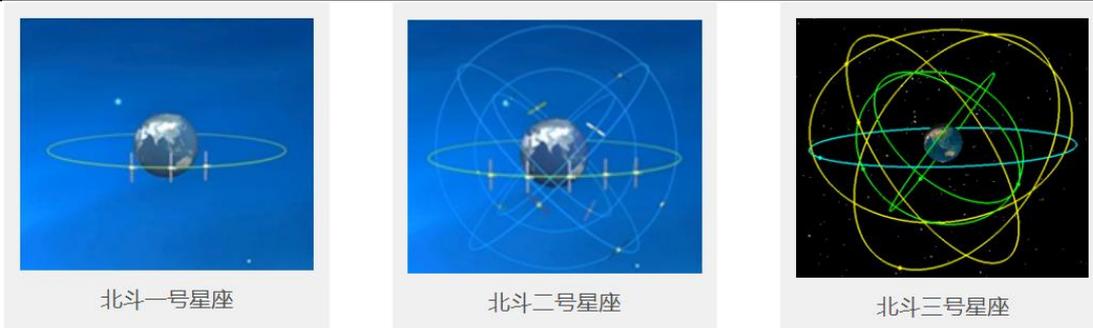
资料来源：GPS.GOV，华安证券研究所

图表 67 GLONASS 卫星迭代计划



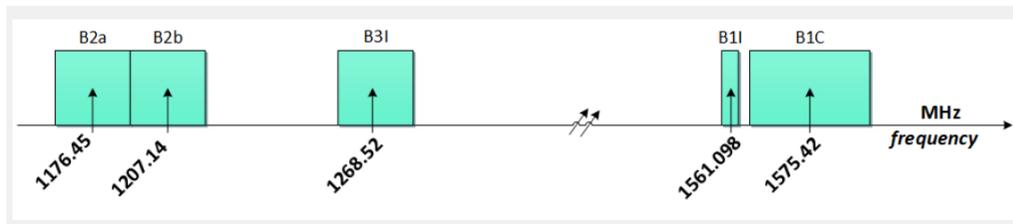
资料来源：武汉大学卫星精密定轨与导航增强团队官网，华安证券研究所

图表 68 北斗卫星导航系统



**北斗二号** 在B1、B2和B3三个频段提供B1I、B2I和B3I三个公开服务信号。其中，B1频段的中心频率为1561.098MHz，B2为1207.140MHz，B3为1268.520MHz

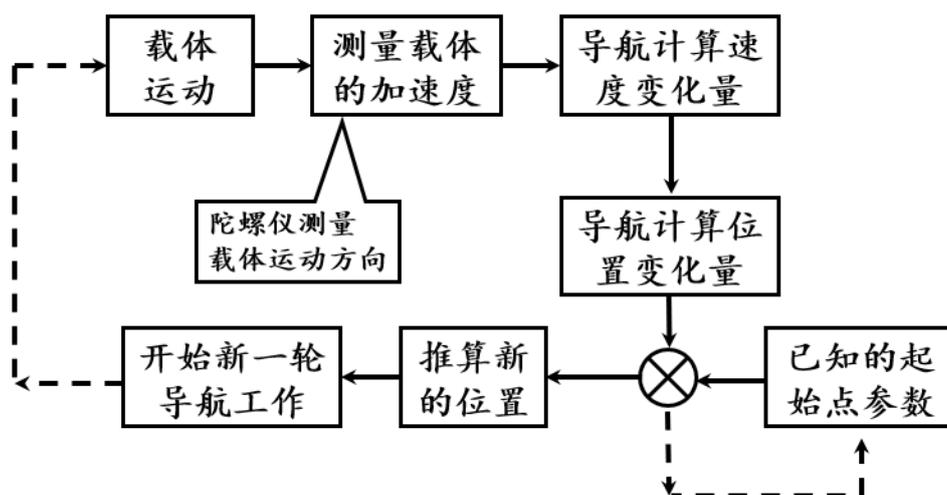
**北斗三号** 提供B1I、B1C、B2a、B2b和B3I五个公开服务信号。其中，B1I频段的中心频率为1561.098MHz，B1C频段的中心频率为1575.420MHz，B2a频段的中心频率为1176.450MHz，B2b频段的中心频率为1207.14MHz，B3I频段的中心频率为1268.520MHz。



资料来源：中国卫星导航系统管理办公室测试评估研究中心官网，华安证券研究所

- 惯性导航，惯性导航系统基本原理为牛顿运动学，由惯性传感器测量载体相对于环境特征的角速率和加速度等参数，既不依赖外部信息，也不向外界传递信息，工作时不会被信号或无线电干扰，短时间内精度较高，解算时间快，但缺点是误差随时间迅速累积。

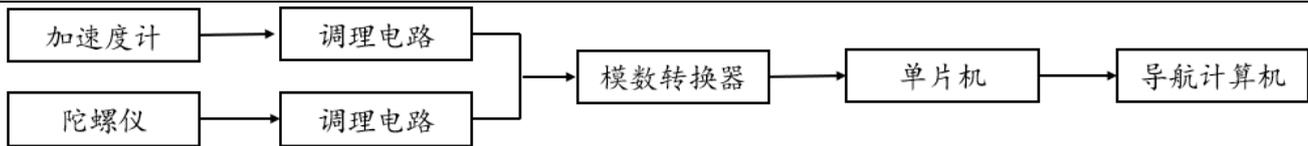
图表 69 惯性导航系统的工作流程



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

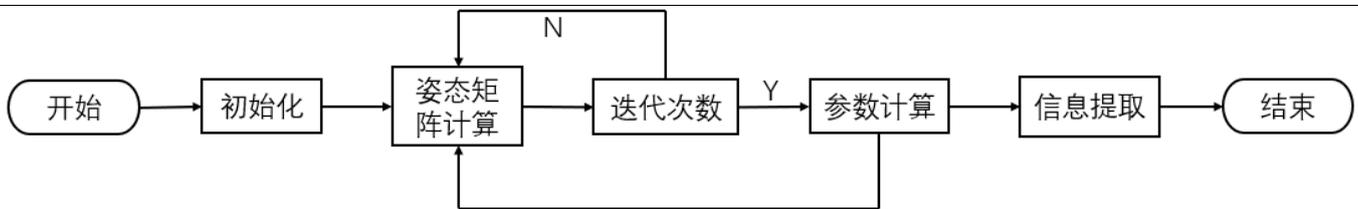
陀螺仪和加速度计是惯性导航系统中不可缺少的核心测量器件，现代高精度的惯性导航系统对所采用的陀螺仪和加速度计提出了很高的要求。惯性导航系统通常由惯性测量装置、计算机、控制显示器等组成。惯性测量装置包括加速度计和陀螺仪，又称惯性导航组合。3个自由度陀螺仪用来测量飞行器的三个转动运动；3个加速度计用来测量飞行器的3个平移运动的加速度。计算机根据测得的加速度信号计算出飞行器的速度和位置数据。控制显示器显示各种导航参数，实现功能。

图表 70 惯性导航系统框图



资料来源：《一种捷联惯性导航系统设计》，华安证券研究所

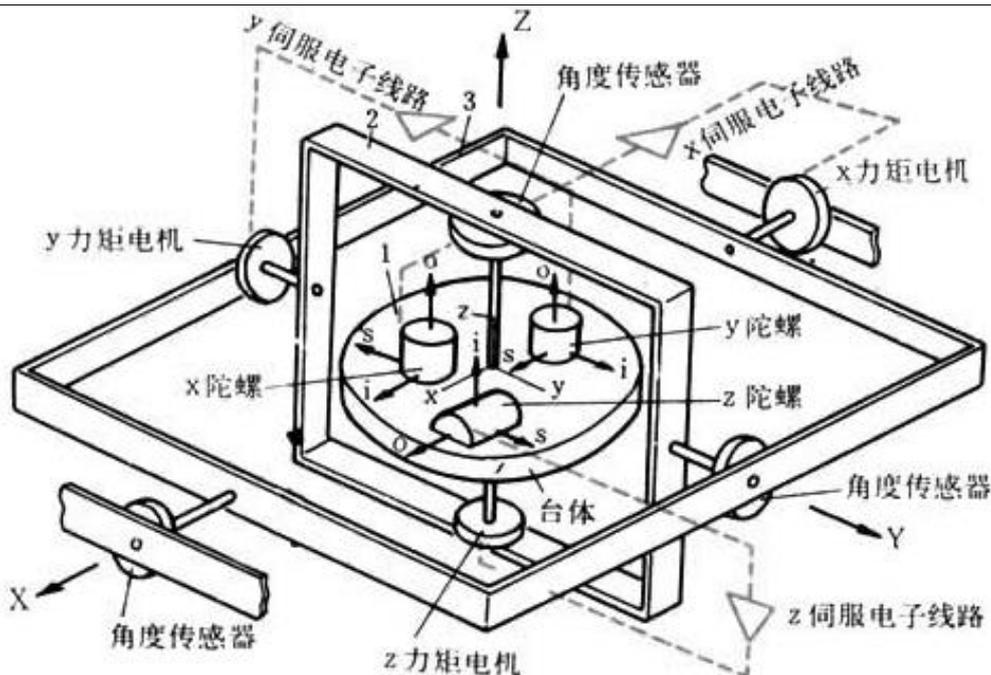
图表 71 惯性导航系统算法的主流程图



资料来源：《一种捷联惯性导航系统设计》，华安证券研究所

按照惯性导航组合在飞行器上的安装方式，可分为平台式惯性导航系统（惯性导航组合安装在惯性平台的台体上）和捷联式惯性导航系统（惯性导航组合直接安装在飞行器上）。

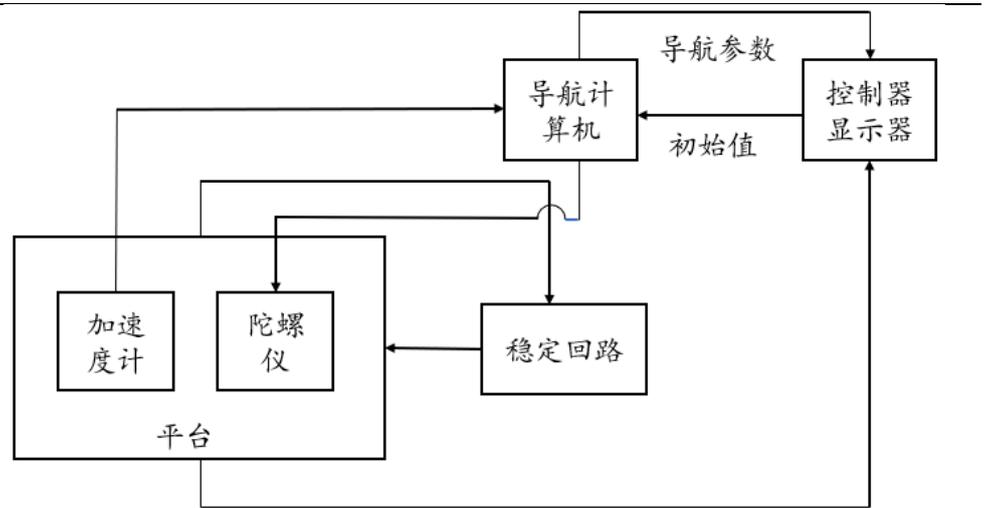
图表 72 惯性平台的结构



资料来源：百问百科，华安证券研究所

平台式惯导系统有物理平台，陀螺和加速度计安装在物理平台上，陀螺感测平台与坐标系之间的偏差，同时通过修正回路使陀螺按照要求进动，使平台能够跟踪惯性坐标系或当地水平坐标系。根据建立坐标系的不同，平台式惯导可分为空间稳定平台式惯导和当地水平式惯导两类。空间稳定平台式惯导的台体相对惯性空间稳定，用以建立惯性坐标系，地球自转、重力加速度等影响由导航计算机加以补偿，这种系统多用于运载火箭的主动段和一些航天器上。当地水平式惯导的特点是台体上的两个加速度计输入轴所构成的基准平面能够始终跟踪载体所在点的水平面，因此加速度计不受重力加速度的影响，这种系统多用于沿地球表面运动的载体，如飞机、船舶等。

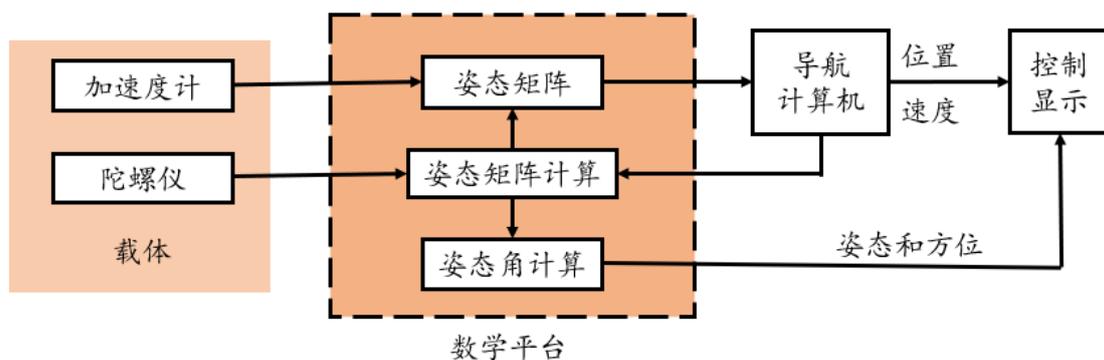
图表 73 平台式惯性导航系统组成框图



资料来源：《平台惯性导航系统仿真器的设计》，华安证券研究所

捷联式惯性导航系统是将加速度计和陀螺仪直接安装在载体上，在计算机中实时计算姿态矩阵，即计算出载体坐标系与导航坐标系之间的关系，从而把载体坐标系的加速度计信息转换为导航坐标系下的信息，然后进行导航计算。由于其具有可靠性高、功能强、重量轻、成本低、精度高以及使用灵活等优点，使得 SINS 已经成为当今惯性导航系统发展的主流。捷联惯性测量组件是惯导系统的核心组件，IMU 的输出信息的精度在很大程度上决定了系统的精度。

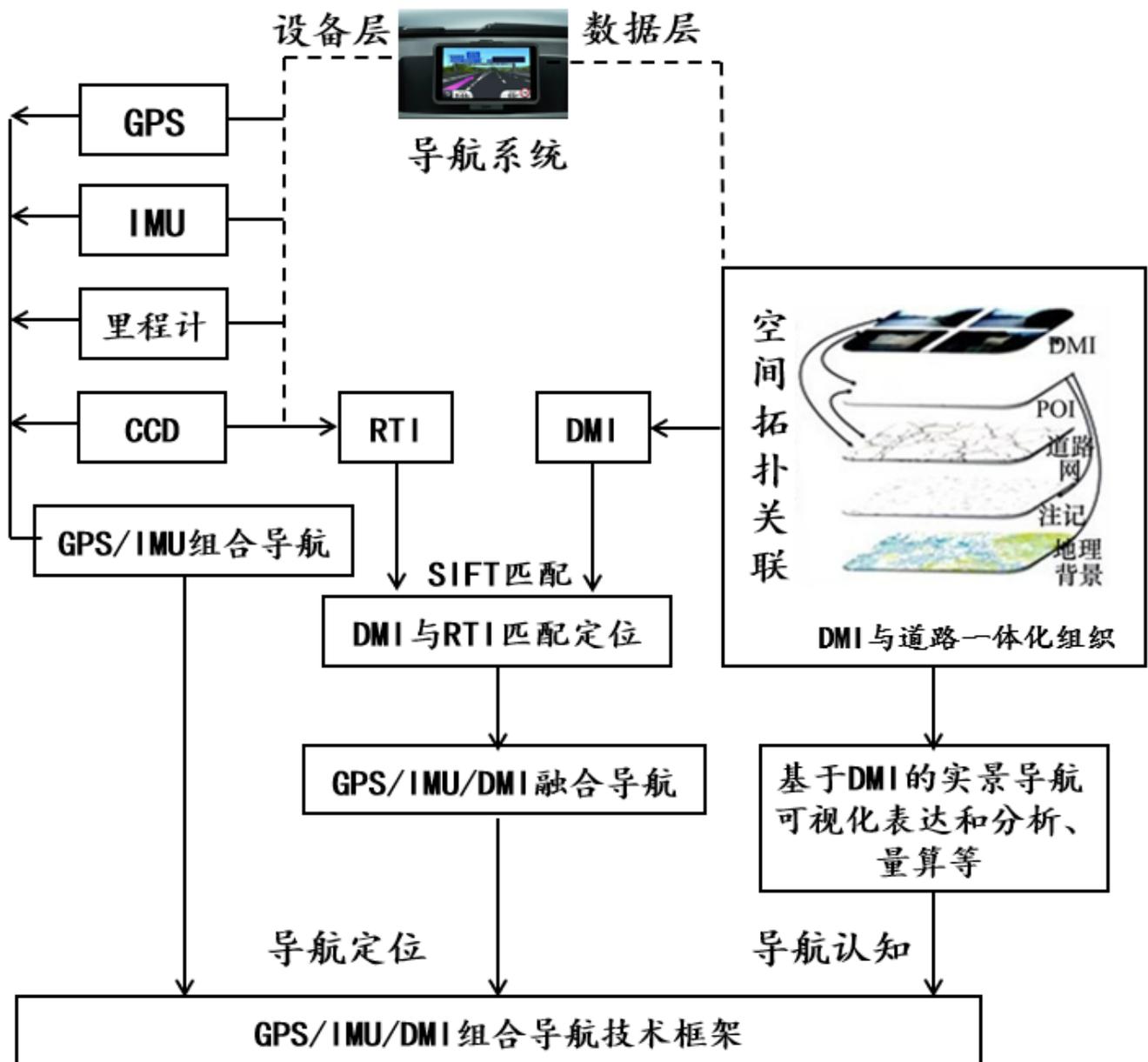
图表 74 捷联式惯性导航原理框图



资料来源：搜狐新闻，华安证券研究所

- 组合导航，组合导航按照数据融合层次深浅的不同，一般可分为松耦合、紧耦合、深耦合三种耦合方式。组合导航最核心的技术在于如何将不同系统的导航数据以最优的滤波算法进行有机融合，对不同类型传感器采集后的导航信息进行综合处理。通过滤波技术把卫星导航和惯性导航两者组合在一起，充分发挥两者各自优势。卫星导航的高精度可以弥补惯性导航误差迅速发散的问题，惯性导航的自主性也可以填补卫星导航易受干扰、稳定性差等不足。尤其在卫星信号被遮挡导致接收机无法定位的情况下，惯性导航能够继续输出定位结果，直至信号恢复。在无法接收卫星信号和低信噪比等环境下，组合导航可以提供比单独任何一种系统更精确的导航结果。

图表 75 GPS/INS 组合导航系统



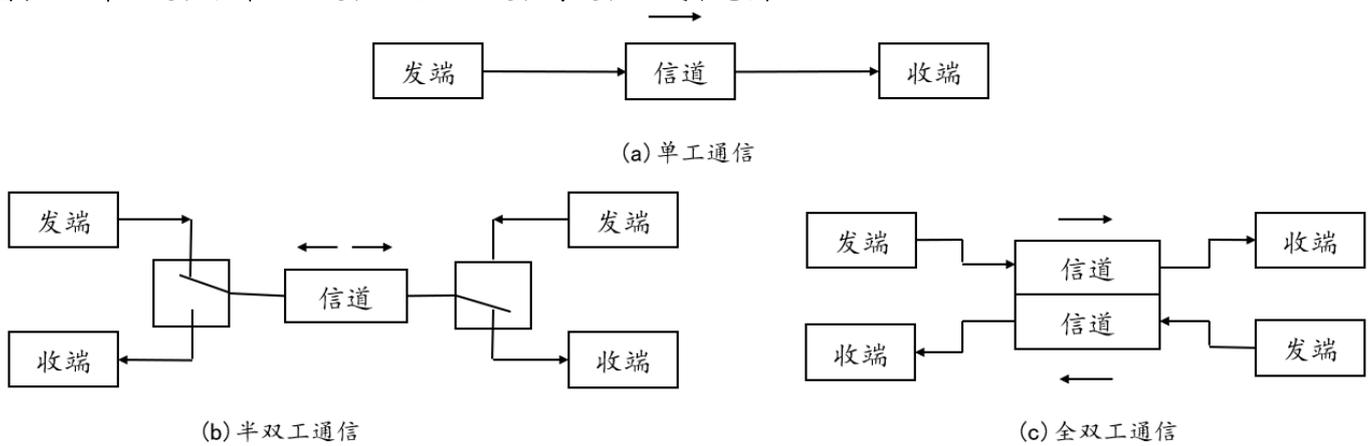
资料来源：北微传感官网，华安证券研究所

## 2.2 信息传输技术：信息作战的神经

通信的方式是指通信双方之间的工作方式或信号传输方式。信号在信道中传输，一般有单工通信、半双工通信、全双工通信、串行通信及并行通信。

- 对于点对点通信，按照消息传送的方向和时间的关系，可分为单工通信、半双工通信与全双工通信。单工通信是指消息在任意时刻只能单方向传输的一种通信方式，半双工通信是指通信双方虽然都能进行收或发信息，但不能同时进行收或发的通信方式，全双工通信是指双方可同时进行双向消息传输的通信方式。

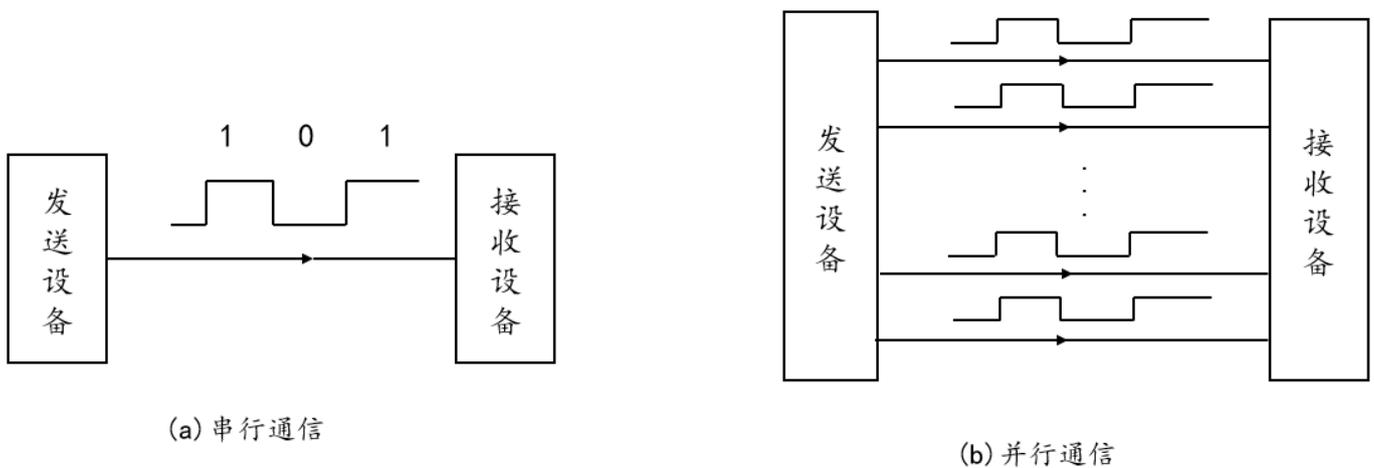
图表 76 单工通信、半双工通信及全双工通信等通信方式示意图



资料来源:《军事信息技术基础》，华安证券研究所

- 对于数字通信，按照数字信号码元的排列方式的不同，可分为串行通信及并行通信。串行通信是指将代表信息的数字信号或者数据信号按时间顺序一个接一个的在信道中传输的方式，并行通信是指代表信息的数字信号序列按照某一规则分成两路或者两路以上同时在信道中传输。

图表 77 串行通信及并行通信方式示意图

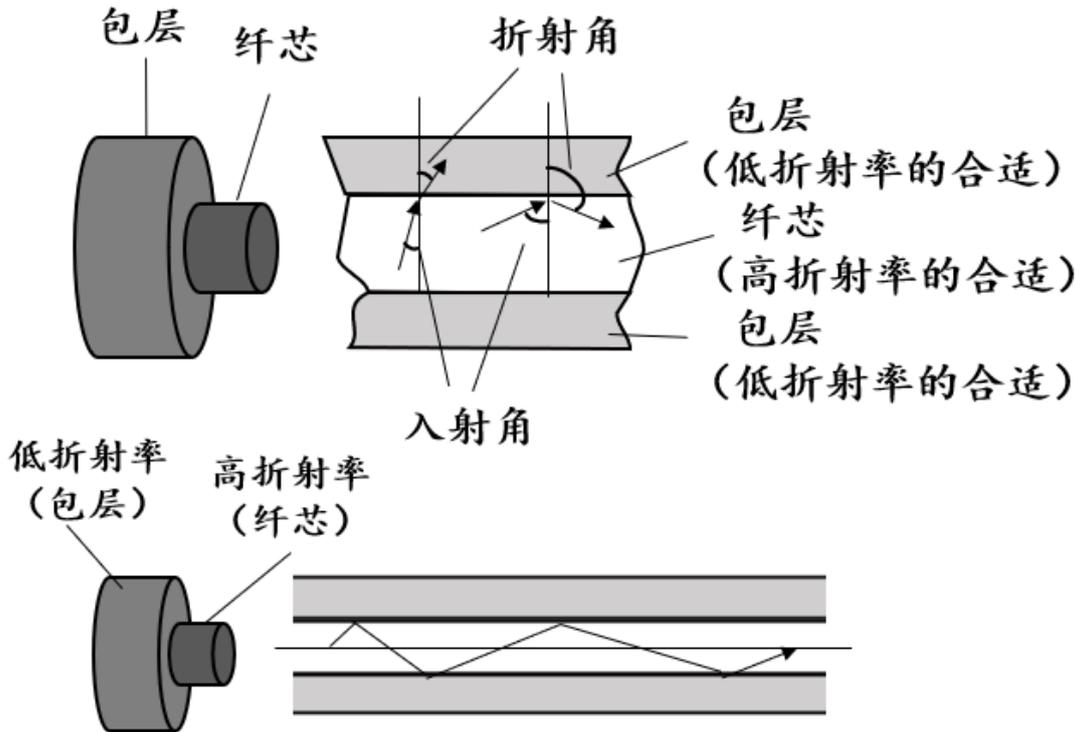


资料来源:《军事信息技术基础》，华安证券研究所

### 2.2.1 光纤传输技术：满足速度及数据量大要求

光纤传输技术是指将要传送的语音、图像和数据信号调制在光载波上，以光纤作为传输介质的通信技术。根据《关于光纤传输通信及设备的研究》，光纤通信技术的工作原理是：先将需要传输的信息经过发送端转变成的电信号，利用激光器将调制好的电信号通过激光束发送出去。光的强度会根据电信号的频率而不断发生变化，将信息传送到接收端，再通过检测器把光信号转变成电信号，最后利用解调的手段把电信号中的信息复原。

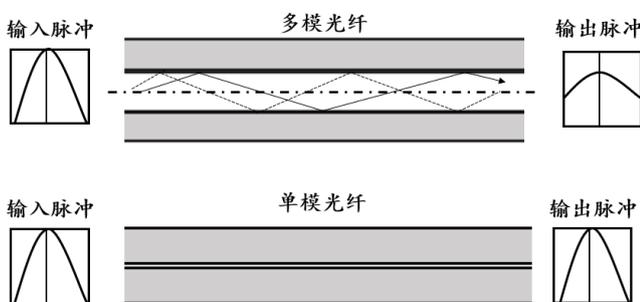
图表 78 光纤传输原理示意图



光线在纤芯中传输的方式是不断地全反射

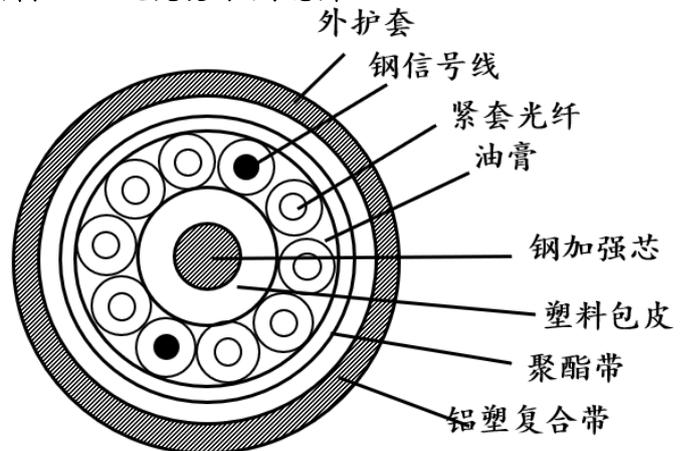
资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

图表 79 多模光纤和单模光纤示意图



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

图表 80 八芯光缆剖面示意图



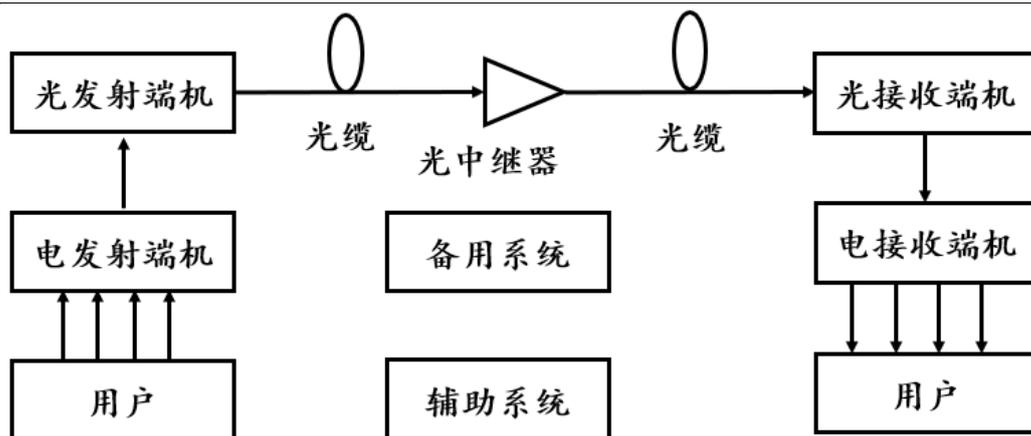
资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

光纤通信系统按照传输信号的类型可分为光纤模拟信号通信系统和光纤数字通

信系统。光纤通信系统的基本组成包括光发信机、光收信机、光纤或光缆、中继器以及光纤连接器、耦合器等无源器件。这些设备共同组成了光纤通信系统当中的数据源、光发送端和光学信道，光纤通信系统的构成及主要设备对于光通讯人员来说极为重要。

- 光发信机：光发信机的实质是光端机，它的作用是实现光的转换过程。一台光发信机由光源、驱动器和调制器共同构成，在实际工作中把从光源中得到的光波通过电端机发送过来的电信号进行调制，转换成已调光波，再利用光纤或者光缆将已经耦合好的已调光波传输出去。我们在日常所接触的电子通信设备就是电端机。
- 光收信机：光收信机由光放大器和光检测器两个重要元件构成，在光纤通信中起到转换光电信号的作用。在实际工作中通过光检测器将来自光纤或者光缆的光信号转换成电信号，然后再放大这些电信号，直到达到能够被接收器识别的电平，最终送到电端机中。
- 光纤或光缆：光纤和光缆是连接各种光纤通信系统设备的媒介，是构成光传输通道的重要组成。在实际工作中会将已经调制好的光信号从发信端耦合到接收端去，在这个过程中，负责保护信号的长距离传输，完成信息传递。
- 中继器：中继器是光纤传输过程中的信号补偿工具，负责补偿光信号在传输过程中因为传输距离或者其他原因而造成的信号衰减，除此之外，中继器还负责对波形失真的脉冲近行政性。中继器的主要元件为判决再生电路，同时具备光源和光检测器，能够随时分析光纤中的电信号。
- 光纤连接器、耦合器等无源器件：光纤和光缆的长度并非可以无限延长，受到施工条件或者拉制工艺的限制，很多情况下需要额外连接其他的光纤。也存在一条光纤线路需要对多根光纤进行连接的情况，所以光纤连接器、耦合器这些无源器件也就应运而生。

图表 81 光纤通信系统的构成



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

伴随着信息技术的高速发展，对于信息传输速度的要求越来越高，光纤技术最为一种新型的高速传递信息的手段已经得到了各领域的重视和应用。如在以多微机为主的电梯系统中，对数据的处理准确性、完整性、传输效率和数量都有很高的要求，光纤技术完全满足了多微机电梯系统的处理要求，不仅对并联群控性能有所帮助，还减少了电梯控制系统的延迟，提高了反应速度。例如，电梯系统的光纤传输

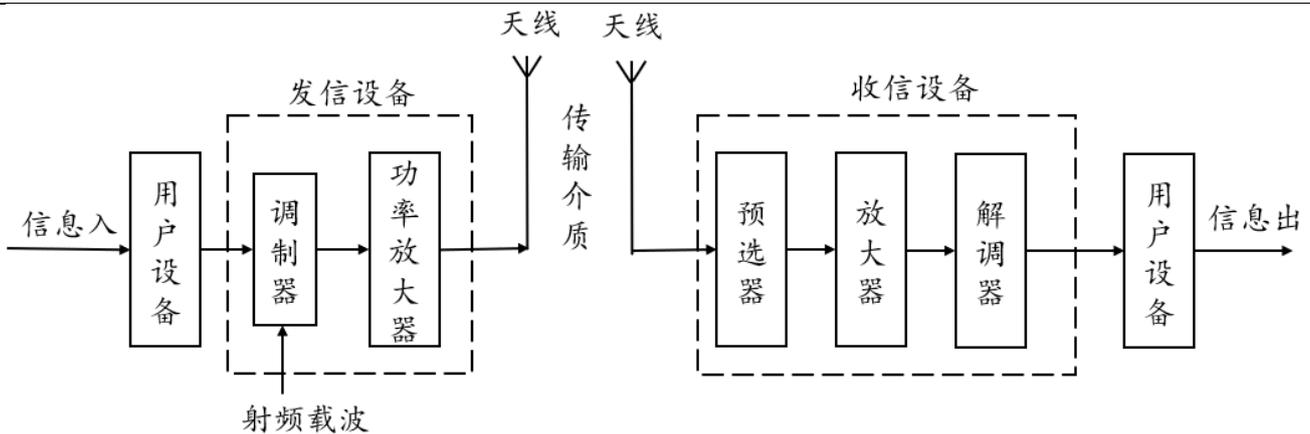
通信装置就是由光纤、光源以及光电接收器共同组成。

### 2.2.2 无线传输技术：满足灵活性及成本低要求

无线通信是利用电波信号可以在自由空间中传播的特性进行信息交换的一种通信方式。无线传输和有线传输是对应的。随着无线技术的日益发展，无线传输技术应用越来越被各行各业所接受。无线图像传输作为一个特殊使用方式也逐渐被广大用户看好。其安装方便、灵活性强、性价比高特性使得更多行业的监控系统采用无线传输方式，建立被监控点和监控中心之间的连接。

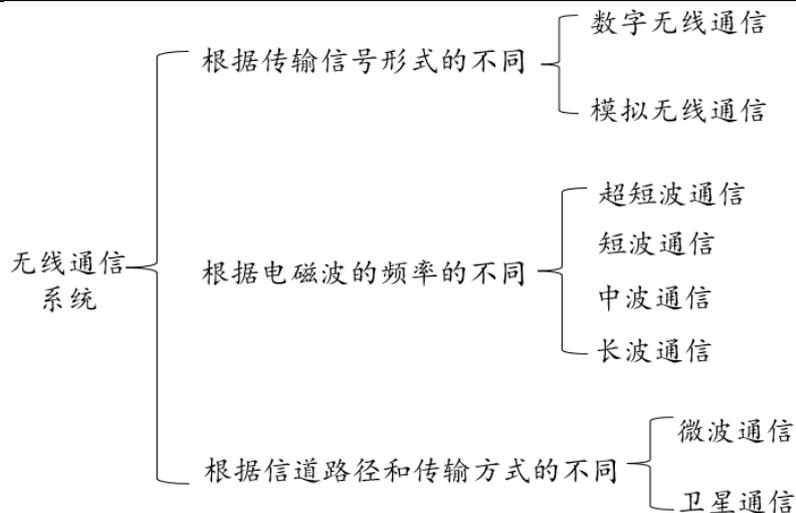
无线通信系统由三个部分组成发信设备、收信设备和传输介质。发信设备的作用是将原始的信源转换成能够在特定的传输介质上进行传输的信号，它的处理过程主要是放大、滤波、调制和编码等。传输介质就是信道，信道中常常会伴有干扰和噪声，而这些会影响通信的质量。收信设备是针对发信设备而言的，它同收信设备的功能相逆，通过译码、解调、变换、放大等将收到的信号还原成原来的信息并送到接收端。

图表 82 无线通信系统组成示意图



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

图表 83 无线通信系统的划分

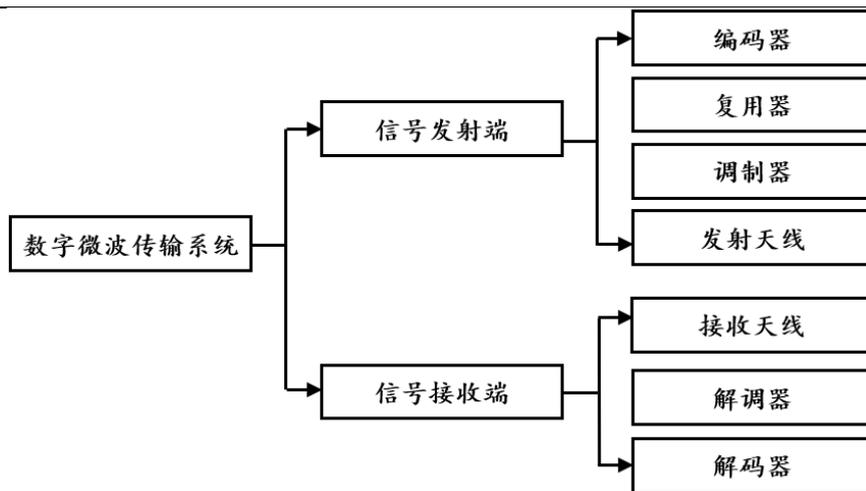


资料来源：《无线通信系统信道估计算法的研究》，华安证券研究所

根据信道路径和传输方式的不同，无线通信系统可分为微波传输及卫星通信两种方式。无线通信系统不需要铺设线缆，而且很容易克服一些地理特点对信号传输所造成的障碍，它具有利用自由空间进行通信的特点，比有线通信要相对灵活，远距离的通信也相对比较容易实现。但是，由于无线通信的信道是开放的，而且通信的质量也受信道的特性的影响。

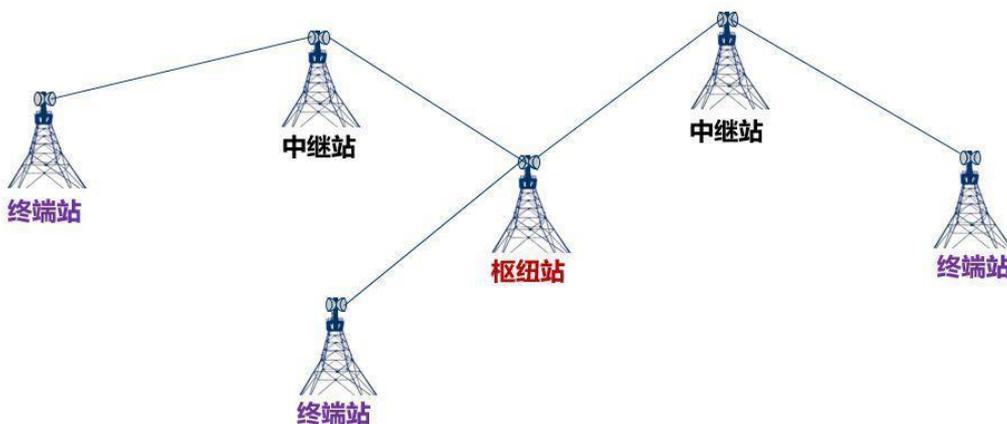
- 微波传输，微波传输技术是在微波频段（频率范围 300MHz~3THz 的电磁波，波长范围是 1 米~0.1 毫米）采用视距和中继的方式传输信息的一种无线传输技术。微波传输技术可以实现大容量通信，不仅能传输大容量的数据和语音业务，而且能传送频带很宽的彩色图像信号。根据基带信号形成不同可分为模拟微波接力通信系统和数字微波接力通信系统。前者采用频分制同时传送多路信号，射频调制多采用调频制；后者采用时分制传送多路信号，射频调制多采用数字调相制或正交调幅制，与前者相比较具有传输质量高、终端设备经济、保密性能好等优点，但是也存在占用频带较宽，频带利用率不高的缺点。从 90 年代至今，模拟微波中继通信系统已经基本被数字微波中继通信系统所取代。数字微波通信系统在世界许多国家作为其通信网的主要传输手段之一。

图表 84 数字微波传输系统结构组成示意图



资料来源：《数字微波传输系统及维护方法研究》，华安证券研究所

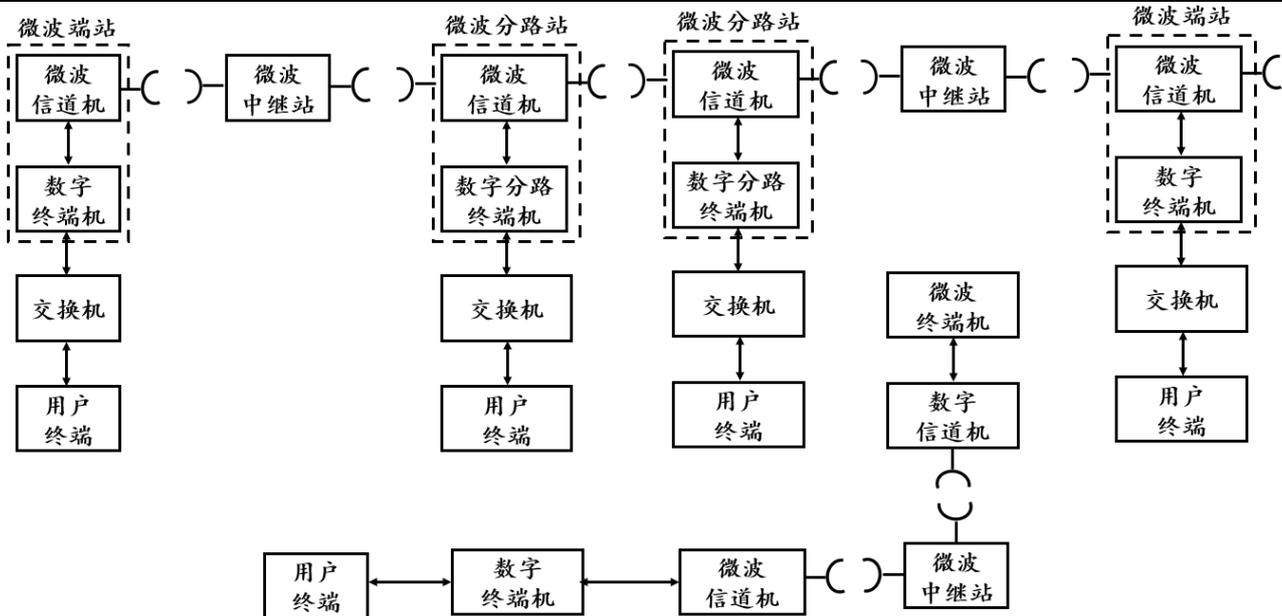
图表 85 微波远距离传输需要设置若干微波中继转接站



资料来源：澎湃新闻，华安证券研究所

微波的视距通常为 50 公里左右，若实现远距离的通信，则需要两个终端站之间建立若干中继站。微波中继系统一般由微波端站、微波中继站及微波分路站组成。

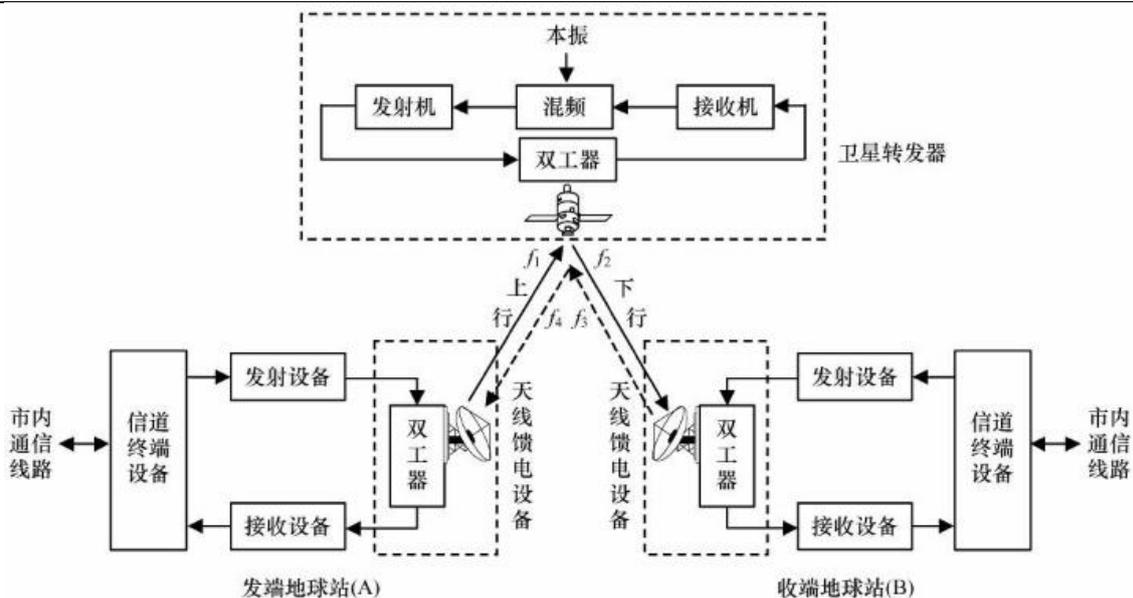
图表 86 微波中继传输系统的构成示意图



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

- 卫星通信传输是一种利用人造地球卫星作为中继站来转发无线电波而进行的两个或多个地球站之间的通信。卫星通信具有覆盖范围广、通信容量大、传输质量好、组网方便迅速、便于实现全球无缝链接等众多优点，被认为是建立全球个人通信必不可少的一种重要手段。

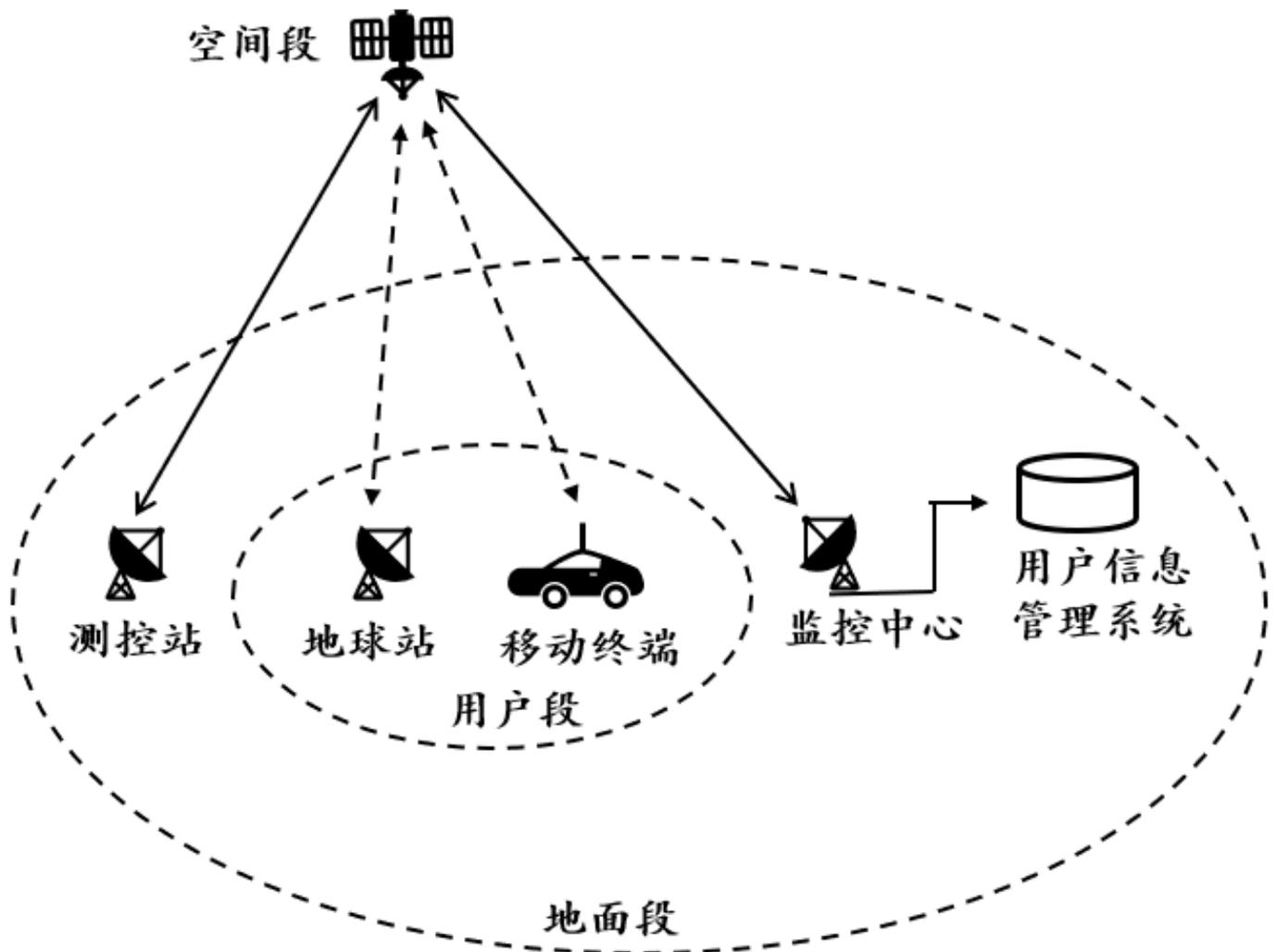
图表 87 卫星通信线路示意图



资料来源：原创力文档，华安证券研究所

根据《探讨卫星通信系统在航空领域的应用》一文，在现阶段的卫星通信系统发展过程中，根据相关不同的需要将其分为不同的类别，例如根据通信范围可以分为全球通信卫星、国际卫星通信系统、区域卫星通信系统以及国内卫星通信系统等。而现阶段的主流分类标准是按照通信轨道进行划分，主要包括低轨道卫星通信系统（LEO），即距地面 500—2000Km 的卫星构成的通信系统，传输时延和功耗都比较小，但是卫星的覆盖范围也较小，而且低轨系统的系统构成和控制复杂、具有很强的技术性，在建设和使用过程中耗费的资金也很多；然后是中轨道卫星通信系统（MEO），就是距地面 2000—20000Km 的卫星构成的通信系统，这种系统的延时相比低轨道系统较高，但是覆盖范围比较大，十几颗卫星就能够实现对地球的双重覆盖；最后就是高轨道卫星通信系统（GEO），是指距地面 35800km 的卫星构成的通信系统，即和地球保持同步静止轨道，三颗高轨道卫星即可以实现全球覆盖，但是其存在较长的传播时延和链路损耗，对通信存在一定的影响。

图表 88 卫星通信系统的基本组成



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

根据世讯电科官网，卫星通信有五大关键技术：

1) 数据压缩技术：随着科学技术的发展，数据压缩技术已经发展得很成熟，尤其是在数据处理相关领域。静态和动态的数据压缩均可作为通信系统在时间、频带、能量上带来高效率。例如节约了时间、提高了频带利用率、节约了存储空间。等数据压缩标准有很多，但被人们广泛采用的标准主要是对静止图像压缩编码的 ISO 标准以及 CCITT 的 H.26 标准。而在卫星通信中主要采用的是 MPEG2，该项技术主要是面向对象的，特别注重交互性和多媒体同步、实时表现、实时交换、最终形式等方面，目前已被多媒体卫星通信系统所采用。

2) 智能天线系统：降雨以及大地对电磁波的吸收从很大程度上导致高频段的卫星 ATM 网络产生突发错误，而且卫星本身也存在各种限制和随机错误，这就需要通过智能天线的多波束来覆盖到更广的区域。因此，研究智能高性能天线非常必要。为了构成较大范围的多波束覆盖，可采用多波束快速跳变系统，在低轨道系统中地面接收天线可用蜂窝式天线覆盖图做同频再用，并具有跟踪功能。同步轨道系统可用多馈源或相控阵天线形成蜂窝式覆盖图。

3) 多址接入技术：多址接入技术是指系统内多个地球站以何种方式各自占有信道接入卫星和从卫星接收信号。目前使用的技术主要有频分复用 (FDMA)、时分复用 (TDMA)、码分复用 (CDMA)、空分复用 (SDMA)、随机多址接入 (RA/TDMA)。针对接入方式，ATM/TDMA 多址接入方式比 FDMA 和 CDMA 更适合星上处理卫星对多址接入的要求，因为此种方式有信息传输角度较好、网络应用灵活性好等特点。但是，TDMA 方式对速率和发射功率要求很高，这在无形中就增加了解调器的实现难度，同时也增加了载波功率与噪声功率密度的比值的要求。一种有效的解决方法是将一个高速率的 TDMA 信道用不同的频率分成几个较低速率的 TDMA 信道，即采用频分多路方式的 FDMA (FDM/TDMA) 来替代高速率 TDMA 信道，以降低每一信道的速率。

4) 卫星激光通信技术：未来的卫星通信数据率要求工作在数百或数千兆特每秒，这就需要采用激光进行通信。卫星通信采用激光可以提升卫星的通信量和保密性，减轻了卫星的重量和大小；在大气层外，没有大气的干扰，通信更加准确，同时也降低了误码率；运用激光可以提升数据的传输速率以及系统的可靠性；同时卫星通信也互不干扰，最主要的是，采用激光通信可以大幅度地降低延时，使信息能够得到及时传输，激光的这些优点都被发挥得淋漓尽致。据专家测算：在理想的情况下，卫星激光通信在比微波通信数据速率高一个数量级的情况下，天线孔径尺寸却比微波通信卫星减小一个数量级；用激光作为载体进行空间无线电通信，若话路带宽为 4kHz，则可容纳 100 亿条话路；若彩色电视带宽为 10MHz，则可同时传送 1000 万套节目而互不干扰。可以肯定，在未来的卫星之间进行激光通信是很有前途的。

5) 新型高效的数字调制及信道纠错编码技术：由于卫星信道的衰减严重，要大幅度地提高卫星通信的传输速率，其调制技术和信道编码技术将成为研究的重点。目前，应用较成熟的有正交频分复用多载波调制技术 (OFDM) 和 16-QAM 调制技术等。在 ATM 信元中，位于 ATM 信头的最后一个字节是信头差错控制 (HEC)，它主要是通过检测和纠正单比特错误以及检测是否有多比特来保护 ATM 信头。所以，在出现丢失信元或者信元误插现象时，主要是由于 HEC 在多比特发生错误时没有发生作用。因此提出了采用交织技术来降低信元丢失率和检测不出错误的概率来保护 ATM 信头、改善信息的传输质量。

### 2.2.3 通信抗干扰技术：推动无线高效高质发展

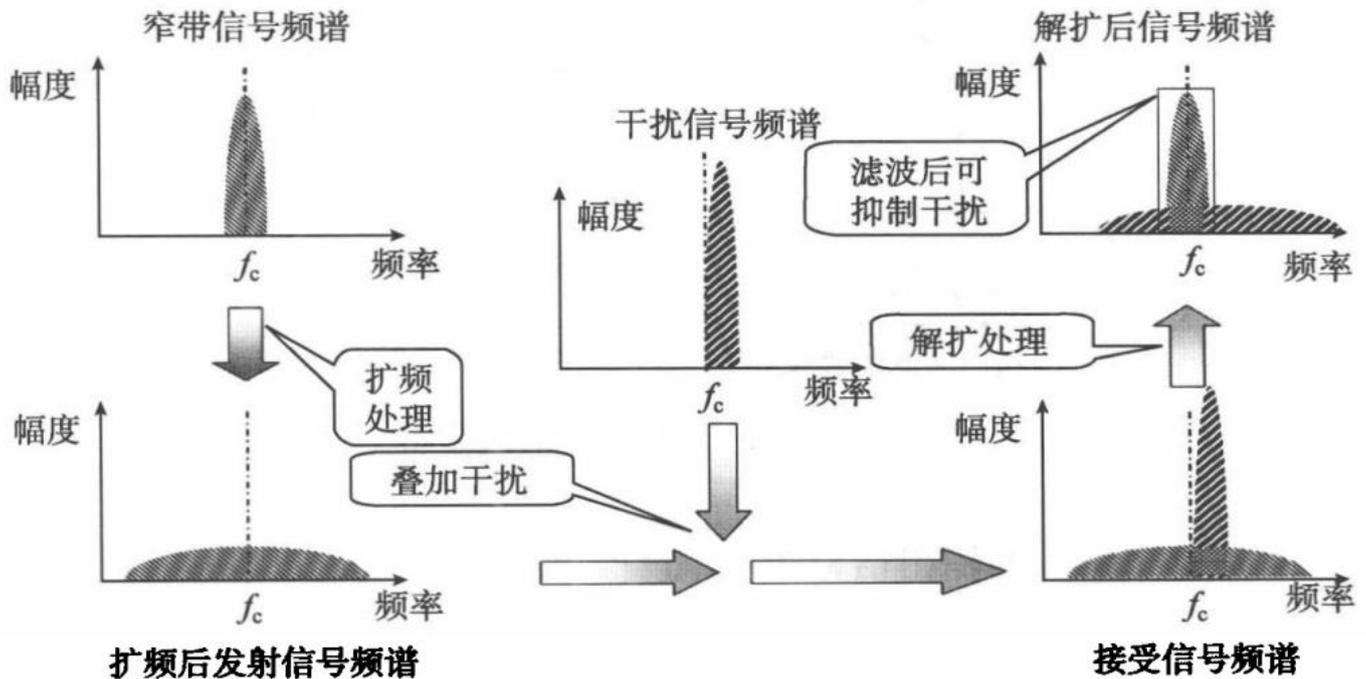
抗干扰通信，指在密集、复杂多变的电磁干扰和有针对性的通信干扰环境中，采取各种电子抗干扰措施以保持通信畅通的通信。随着科技的发展和无线领域的不

断拓展，抗干扰技术的研发、应用，能够从正确的角度来思考，并且在各类问题的解决过程中告别了传统的思路和方法。抗干扰技术的影响因素非常多。技术人员的因素是最为重要的，当前技术团队表现出匮乏的特点，虽然在抗干扰的功能上不断的增加，但是还没有完全解决干扰的问题，干扰的现象依然是大量存在的，设备因素也是重要的组成部分。

根据《无线通信中的抗干扰技术》一文，无线通信的抗干扰技术对策可以从扩频技术、设备研发、快速跳频、多输入多输出技术等四大领域出发。

- **扩频技术。**无线通信是通信行业的重要发展趋势，各项工作的开展基本上能够按照合理化的思路、方法来调整，但是考虑到干扰问题的影响，必须在抗干扰技术的应用过程中，按照针对性的思路来改变。扩频技术的应用是比较常见的抗干扰技术。该项技术在实施的过程中，主要是对干扰的功率密度或者是干扰的碰撞概率进行有效的降低，一定程度上减少干扰带来的不利影响。但是，扩频技术并不能对误码完全的消除，而且干扰依然是存在的。扩频技术的最大优势，是针对信号进行有效的隐藏，采用很宽的频带形成伪噪声的通信，由此能够在抗干扰技术的效果上进一步的提升。通过对扩频技术进行操作，对无线通信的稳定性、安全性更好的改善，对用户的日常使用提供了较多的帮助。

图表 89 直接扩频系统原理图

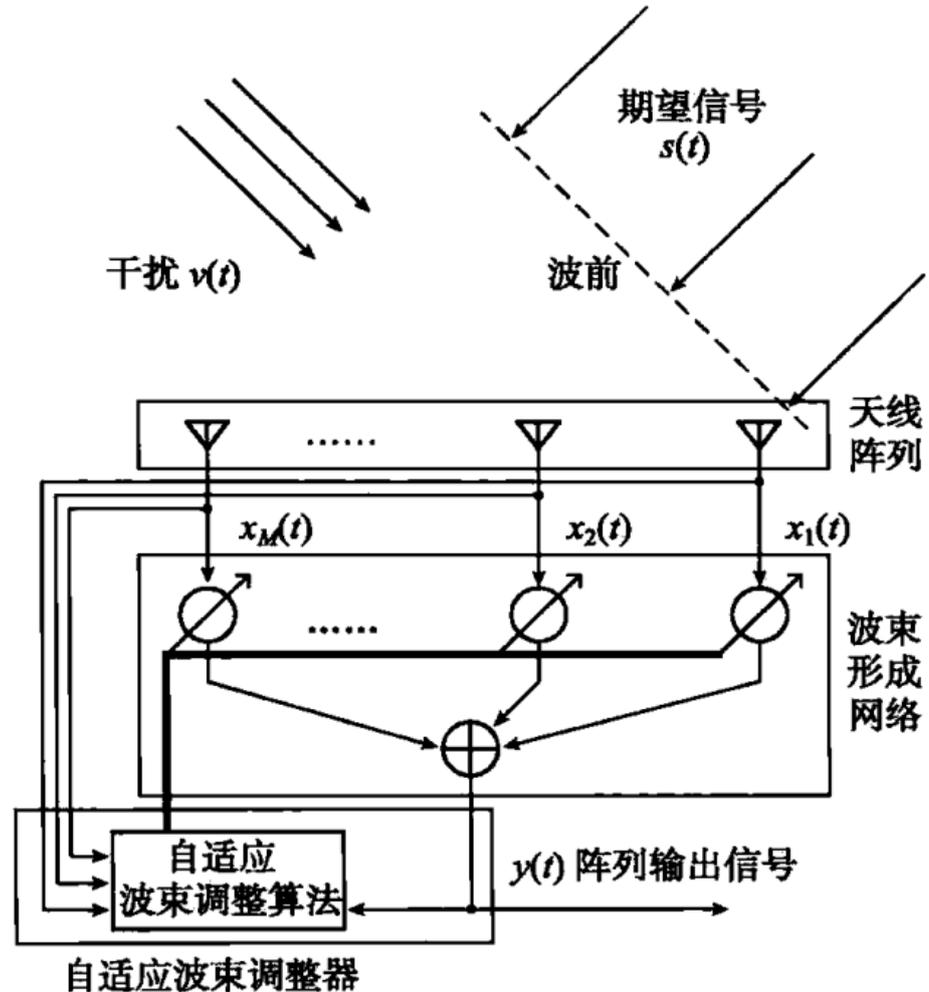


资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

- **设备研发。**抗干扰技术的实施过程中，与硬件设备存在密切的联系，如果在设备上不够先进，或者是设备的功能不够完善，都没有办法在抗干扰技术的综合目标上快速的实现。设备研发过程中，应创建不同的干扰环境，观察哪些材料的应用可以在抗干扰技术的发挥上取得更好的成绩，那些材料不能得到较好的效果。设备研发过程中，针对无线通信的传输方式和通信功能要进一步地巩固，外界的自然因素变化表现出不可抗力的特点，此

时在抗干扰技术的操作层面上，需要对各类不可抗力因素有效的预防，让各类无线通信设备的运行更加稳定，在一系列的工作无线通信中的抗干扰技术安排上努力的取得更好的效果。

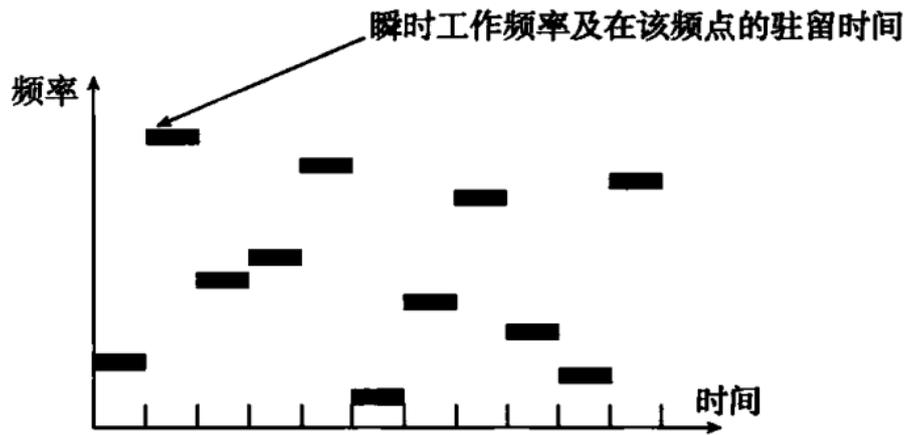
图表 90 自适应天线阵结构框图



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

- **快速跳频。**对于抗干扰技术，要坚持在无线通信的服务过程中，采取多元化的技术来应对，掌握好通信的可靠性、可行性。快速跳频的应用，是一种相对灵活的方式。快速跳频的实施过程中，因为移动通信系统的运行，主要是通过高于信息速率的跳速在很宽的频带上进行频率的跳变，相比目前的跳速得到了大幅度的提升，基本上提高了 100 倍左右。因此，利用这样的技术手段，能够对跟踪干扰、转发干扰进行更好的解决，在各类不利因素的处置效果上进一步地提升，尤其是在数据传输的误码性能上不断地改善，针对可通过率进一步的调整。快速跳频技术的应用，比较符合抗干扰技术的诉求，能够在无线通信的综合保障力度上更好地加强。

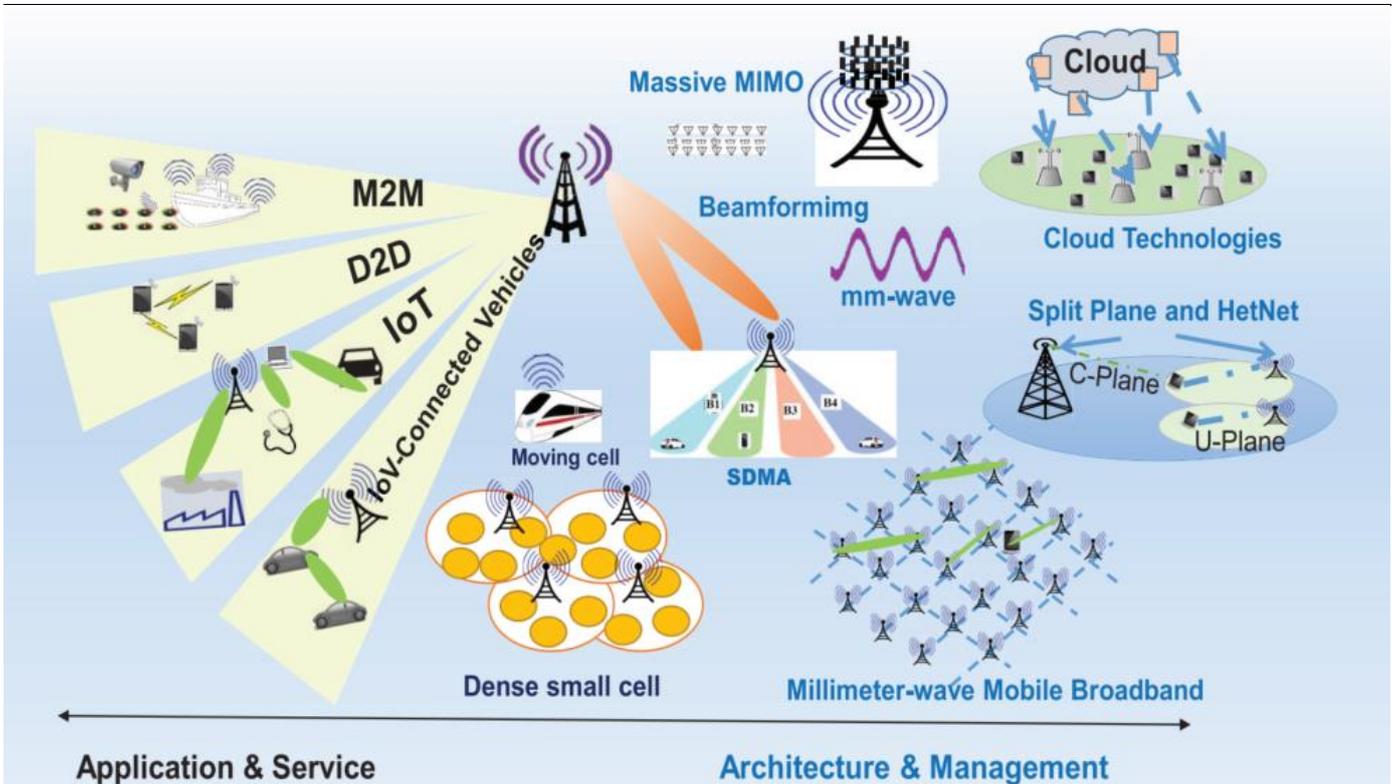
图表 91 调频图案



资料来源:《军事信息技术基础》, 华安证券研究所

- **多输入多输出技术。**MIMO 是近年来在无线传输领域出现的一项新技术, 它采用在发射端通过多个发射天线传送信号, 在接收端使用多个接收天线接收信号, 这种技术可以极大地提高无线通信的性能和容量。由于 MIMO 技术提供的信道容量大, 这就为数据率提供了一个很大的变化范围, 因此, 在速度域上能实现抗干扰; 另外, MIMO 技术与 OFDM、时空编码相结合, 就能实现在时域、频域和空域上的抗干扰, 是一项正在深入研究的新技术。通过对该项技术应用, 能够在抗干扰技术的体系上不断地健全。

图表 92 MIMO 技术在 5G 无线网络中应用示意图

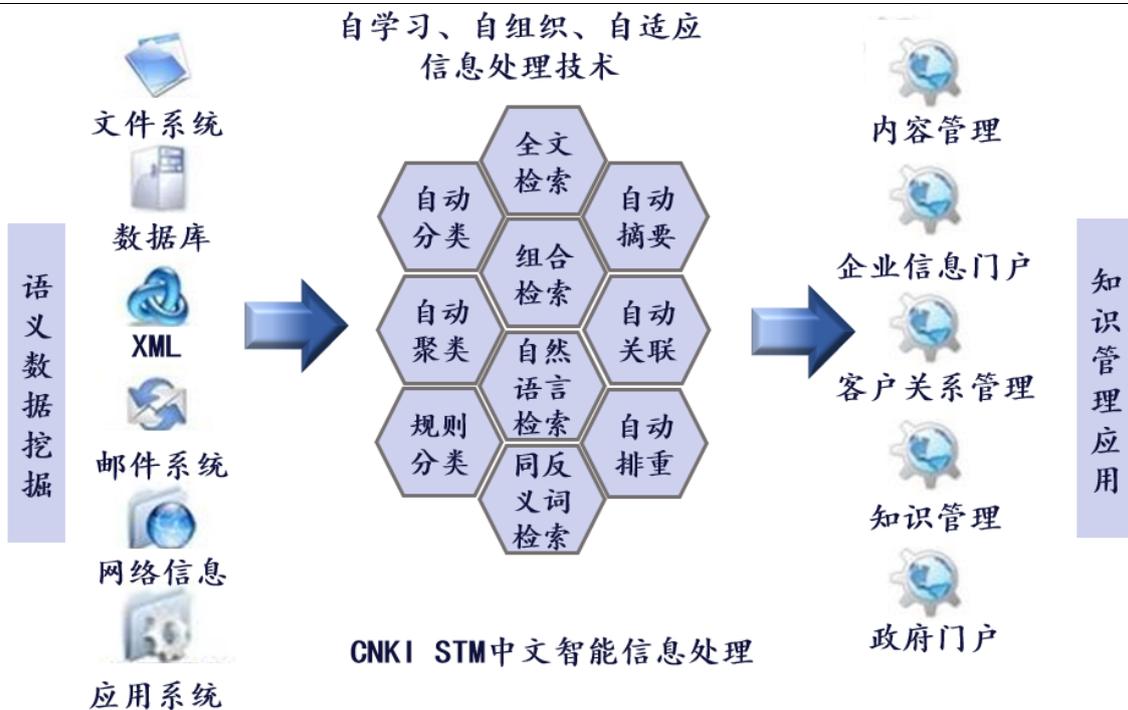


资料来源:《Next Generation 5G Wireless Networks A Comprehensive Survey》, 华安证券研究所

### 2.3 信息处理技术：信息作战的大脑

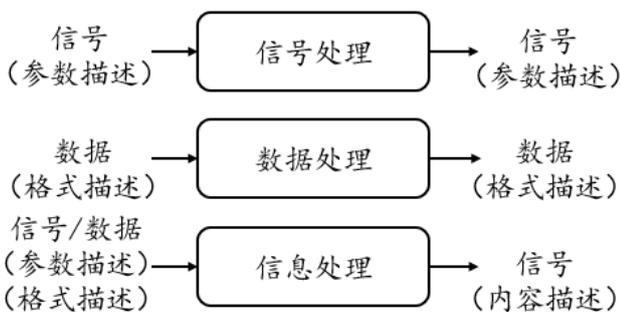
获取信息并对它进行加工处理，使之成为有用信息并发布出去的过程，称为信息处理。在信息作战领域，信息处理技术的主体——计算机技术和作为信息处理工具的电子计算机，是信息作战指挥员和指挥控制机构的“外脑”，是信息作战系统的核心。其组成的计算机网络，将各种信息系统、信息武器系统、数字化部队相连，使信息的获取、传递、处理、辅助决策、指挥控制、显示和对抗实现了自动化，它可为信息作战指挥员及其指挥控制机构提供经处理的必要、适时、准确和相关的情报信息，使其在“透明”的信息化战场指挥部队和控制武器系统遂行信息作战任务，协调诸军兵种联合作战，以夺取信息作战的胜利。这表明信息处理技术已成为信息作战的重要支柱。信息处理技术的应用程度，已成为信息作战运用高新技术程度的一个重要标志。

图表 93 信息处理概念图



资料来源：百度百科，华安证券研究所

图表 94 信号处理、数据处理、信息处理概念对比



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

图表 95 信号处理、数据处理、信息处理在信息提取中层次关系

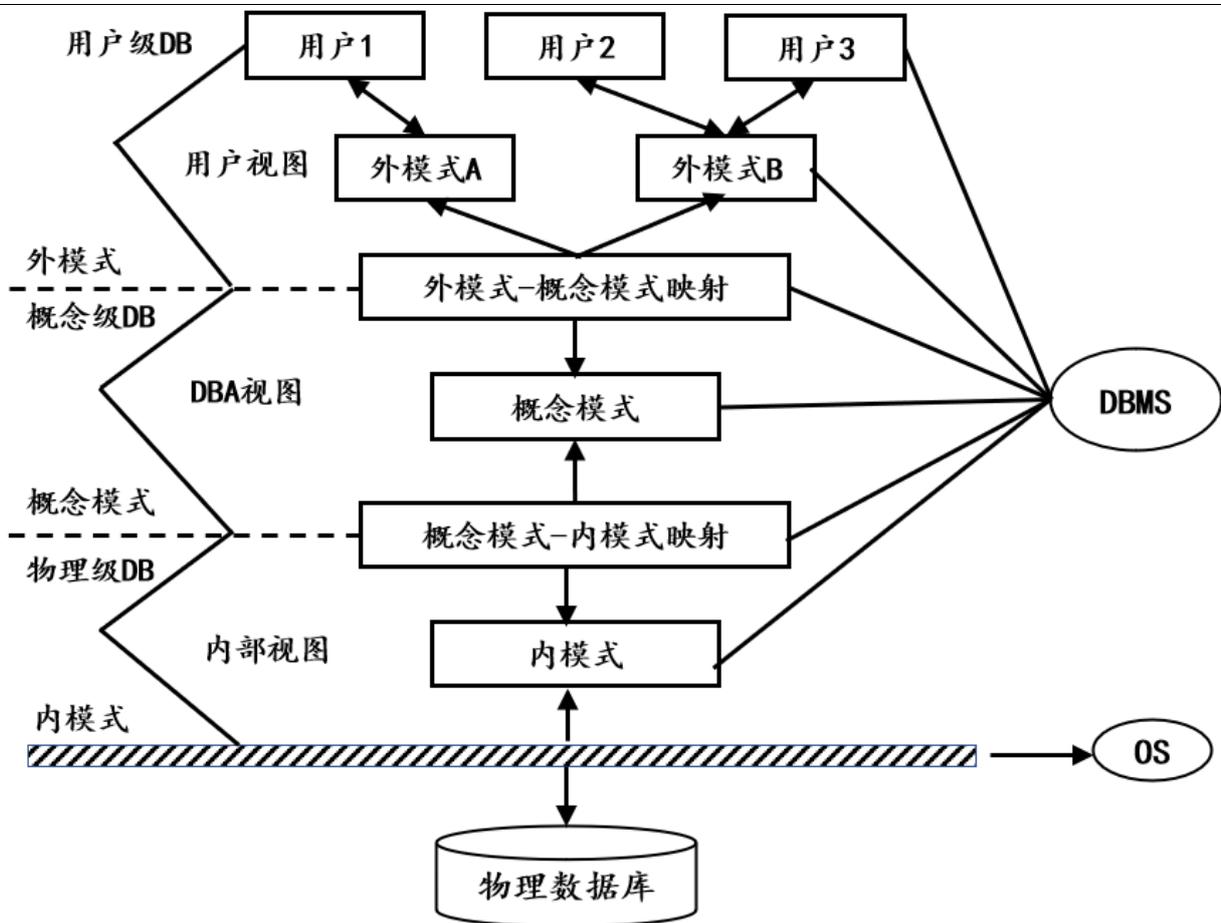


资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

### 2.3.1 数据库/数据仓库技术：致力信息存储管理

计算机数据库技术是指依托于计算机硬件基础及软件平台所开发出的一种专门针对数据存储、管理的技术。该技术并不是简单地将各类数据信息存储于硬盘上，而是可以通过建立数据库分析模型来分类存储管理计算机数据，形成便于操作、层次结构清晰的管理平台，并进一步实现数据信息的处理、分析和备份保护等，还可以实现数据库的“云管理”和“共享”，便于在各种场景下进行数据信息的管理和应用。计算机数据库技术的应用有效解决了数据信息科学、系统、结构化存储的问题，并借助数据信息的备份恢复、安全监测、访问认证技术来保障数据信息的安全。当前，计算机数据库技术还处于持续改进、提升的过程中，通过扩大容量和规模、增加数据模式来解决更为复杂多样的数据信息处理需求。

图表 96 数据库系统结构层次

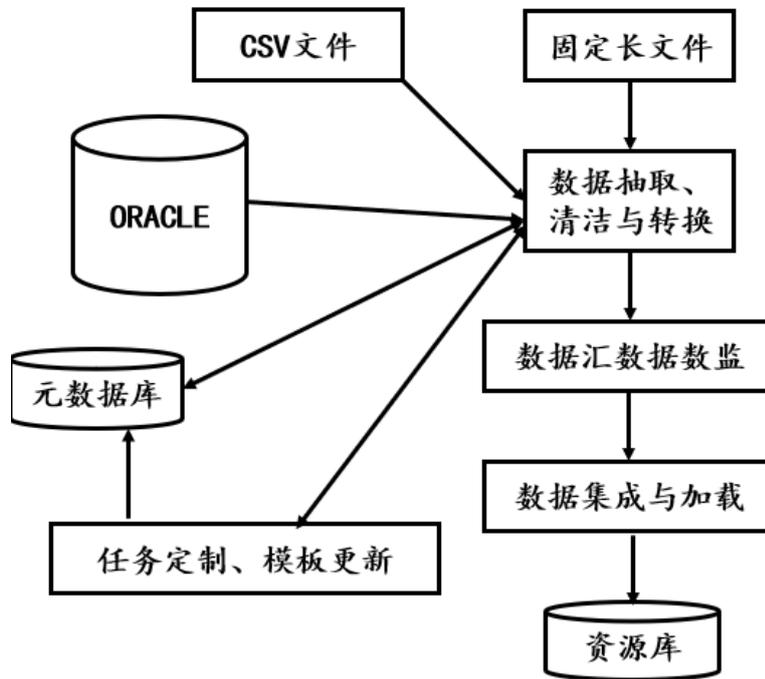


资料来源：CSDN，华安证券研究所

根据《计算机数据库技术在信息管理中的应用》一文，数据库主要作用在于对各类信息数据进行自动化以及规范化管理。在数据处理中应用计算机数据库技术，要求首先利用前端对数据相关的各类请求进行处理，为数据管理操作的顺利完成奠定基础。同时，对于各类信息数据，采用分批处理方式，将系统任务和请求作为依据，对任务数据进行解包处理，对于解包后的结果，需加载至指定的数据库。另外，对于任务请求处理情况，可应用计算机数据库进行精确化处理，最后将结果记

录在日志文件中。

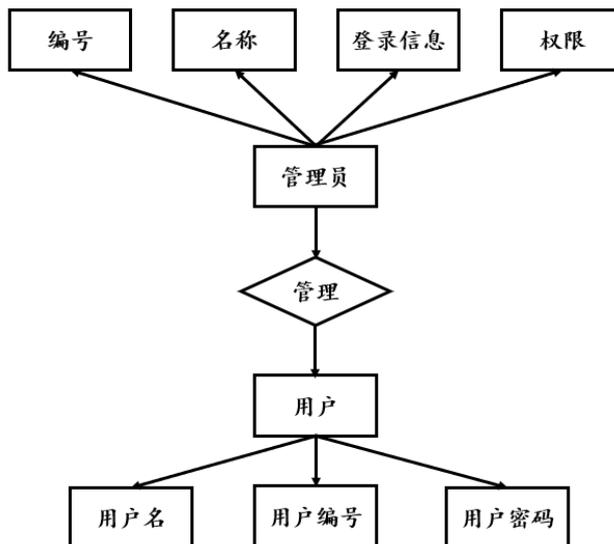
图表 97 系统数据处理流程



资料来源：《计算机数据库技术在信息管理中的应用》，华安证券研究所

计算机数据库系统已被推广应用于信息数据存储以及管理，为保证信息安全性和准确性，需要科学合理地设计计算机数据库。对此，首先确定所需储存的信息数据，其次应用表格的方式进行分类处理，将所有数据划分为 3 种类型，最后进行有序存储，最大限度地降低数据冗余度。为了能够准确描述出系统中的关键信息数据，需要提高对计算机数据库创建的重视度，保证在计算机数据库规划创建完成后，高效处理数据对象关系组成问题。

图表 98 实体联系图



资料来源：《计算机数据库技术在信息管理中的应用》，华安证券研究所

数据仓库，是在数据库已经大量存在的情况下，为了进一步挖掘数据资源、为了决策需要而产生的。数据库已经在信息技术领域有了广泛的应用，我们社会生活的各个部门，几乎都有各种各样的数据库保存着与我们的生活息息相关的各种数据。作为数据库的一个分支，数据仓库概念的提出，相对于数据库从时间上就近得多。美国著名信息工程专家 William Inmon 博士在 90 年代初提出了数据仓库概念的一个表述，认为：“一个数据仓库通常是一个面向主题的、集成的、随时间变化的、但信息本身相对稳定的数据集合，它用于对管理决策过程的支持。”

图表 99 数据仓库示意图



资料来源：星环科技官网，华安证券研究所

图表 100 数据库和数据仓库的区别

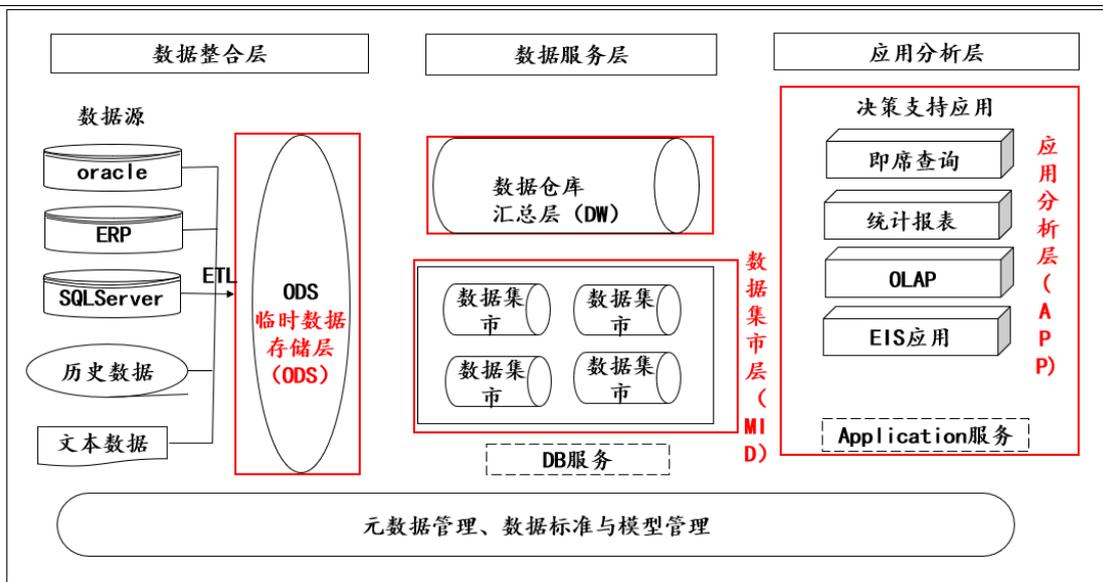
特性	数据库	数据仓库
数据	当前数据	历史数据
面向	业务操作	数据分析
存取	读写操作	多为只读
使用频率	高	较低
数据访问量	少	多
要求的响应时间	较短	可以很长
关注	数据输入	信息输出

资料来源：html 中文网，华安证券研究所

根据《关于大数据时代的数据仓库建设研究》一文，数据架构及其技术实现都

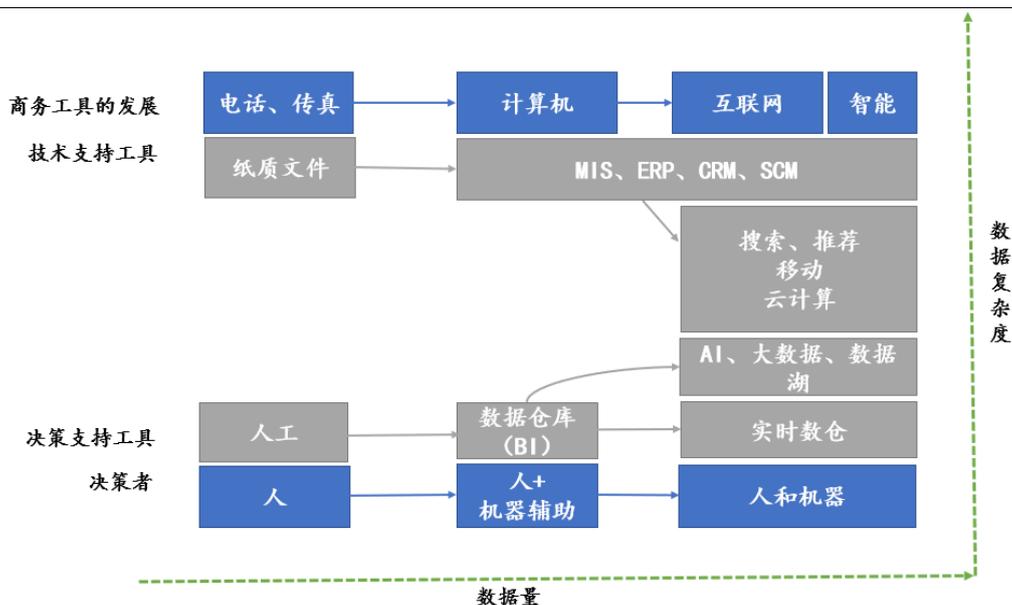
是服务于数据使用需求的，而使用需求上的差异对于技术实现的要求不同，需要采用各种变通的技术架构满足要求。以经典三级架构设计为例，第一层为“数据整合层”，亦可称作是“临时数据区”或“数据预处理层”，这层架构中会保留最早期的基础数据统计分析。当前数据仓库的整体架构设计中，也有技术人员会将数据信息的清洗和格式化环节置于这一层，以满足对统计清理和格式化工作的各种需求。对于结构化数据来说，在从数据处理体系中提取出来之后，可以不作其他转换而直接存储到这一层中。第二层架构，是整合多种数据的集成体系，其可以消除多种数据源的不一致等问题，并与数据建立链接服务关系。第三层是面向应用分析的系系统，其构建起面向特定应用的分析指标系统，在这一层系统中，强调数据指标体系的规范性，其主要涉及指标体系定义、一致性等。

图表 101 数据仓库整体架构设计



资料来源：《关于大数据时代的数据仓库建设研究》，华安证券研究所

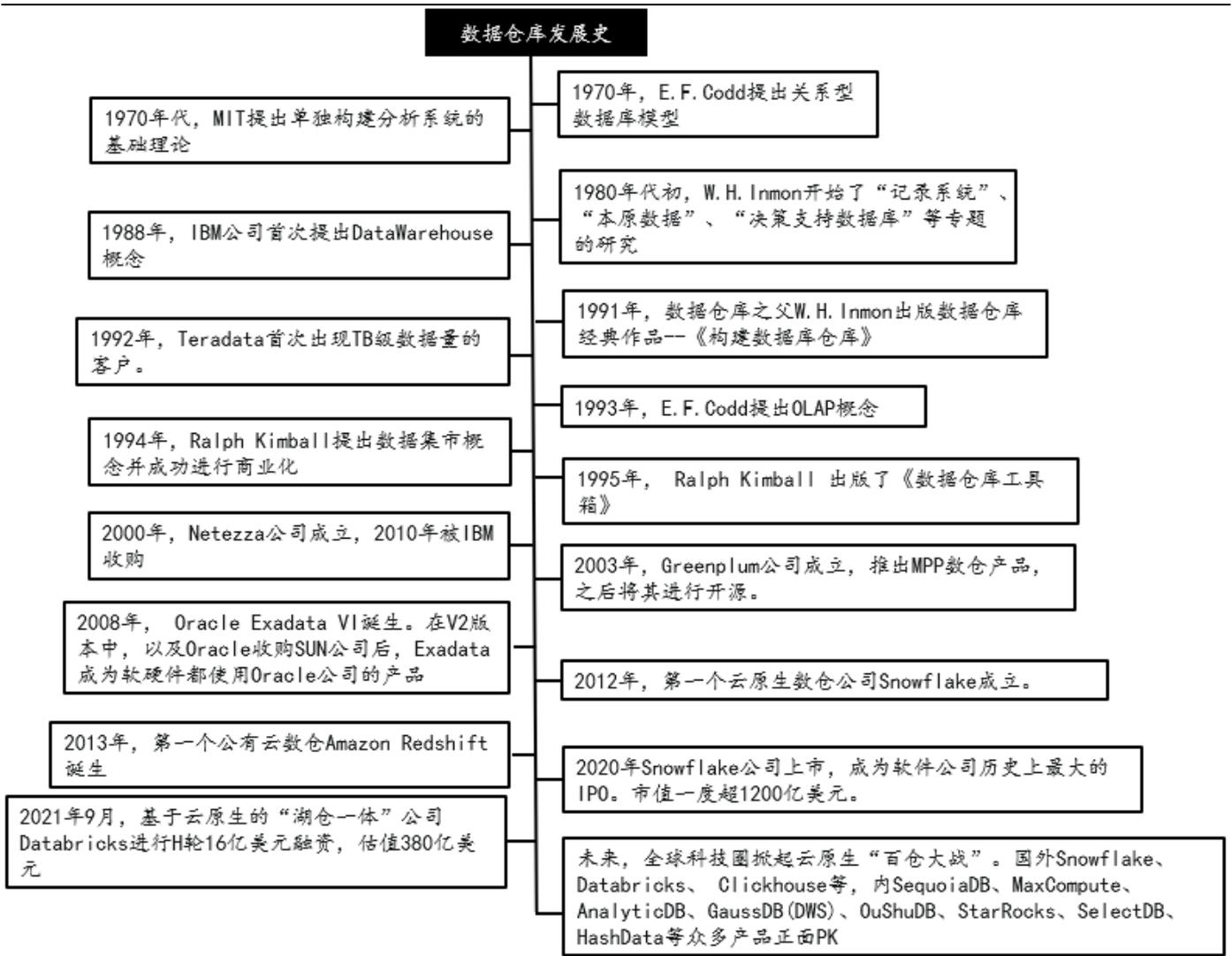
图表 102 数据仓库发展趋势



资料来源：腾讯云开发者社区，华安证券研究所

根据腾讯 2022 年 9 月 22 日刊登的《数据库发展史 2-数据仓库》一文，数据仓库是 80~90 年代提出的概念，互联网企业为了解决更大数据量的管理问题，掀起了大数据技术新浪潮，大数据已经跳出了数仓定义领域，未来再专题阐述。随着 2020 年云原生数仓 Snowflake 上市并取得巨大的成功，大家开始趋向把数据仓库、大数据、数据湖、云存储的技术全面融合，全世界掀起了云原生数据仓库和湖仓一体的热潮，国际上 Databricks、Clickhouse 已经正面 PK，国内有 SequoiaDB、MaxCompute，AnalyticDB，GaussDB (DWS)，OuShuDB、StarRocks、SelectDB、HashData 等不下数十款产品，还有很多类似 HTAP 新品在路上。

图表 103 数据仓库发展历史



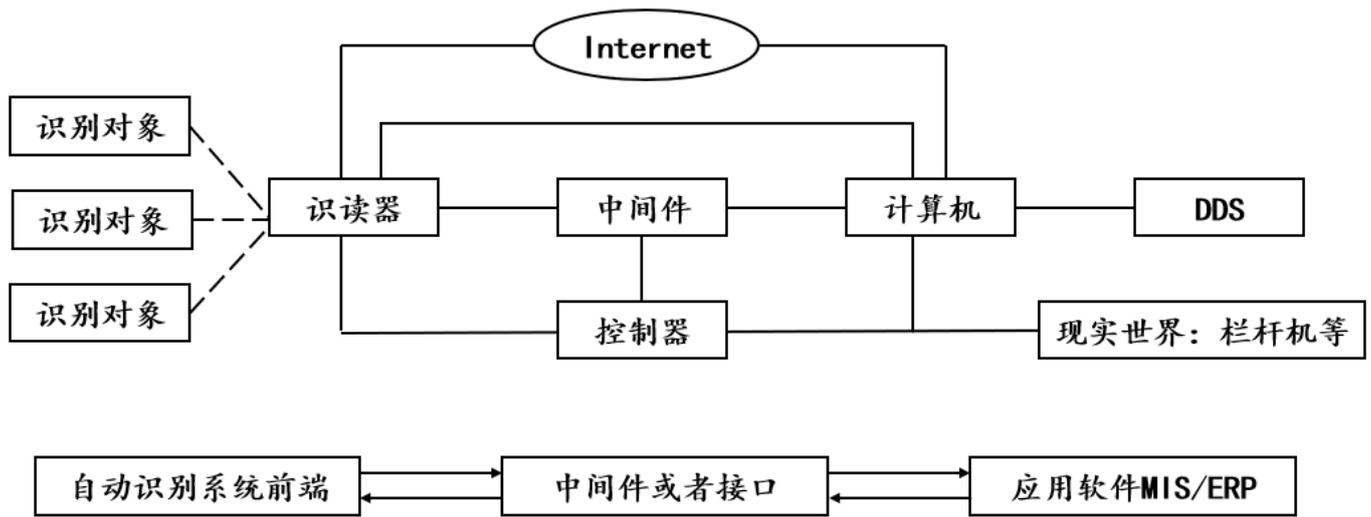
资料来源：腾讯新闻，华安证券研究所

### 2.3.2 信息识别技术：图像识别类技术发展迅猛

信息识别技术在光机电一体化领域中的应用也称自动识别技术，是数据自动采集、自动输入和自动识别的基础，是计算机“实时”处理的重要技术保障。自动识别技术就是应用一定的识别装置，通过被识别物品和识别装置之间的接近活动，自动地获取被识别物品的相关信息，并提供给后台的计算机处理系统来完成相关后续

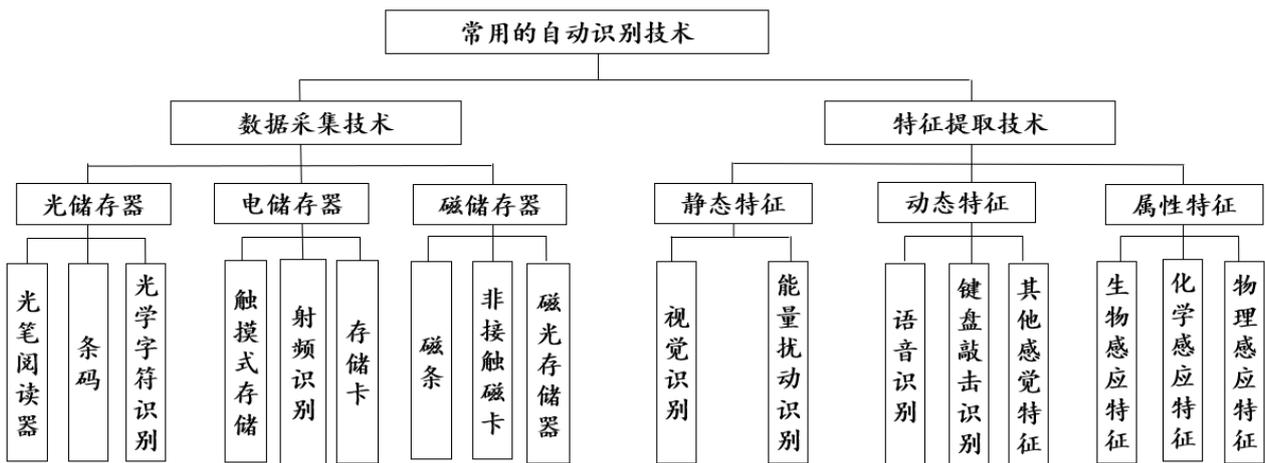
处理的一种技术。自动识别技术将计算机、光、电、通信和网络技术融为一体，与互联网、移动通信等技术相结合，实现了全球范围内物品的跟踪与信息的共享，从而给物体赋予智能，实现人与物体以及物体与物体之间的沟通和对话。自动识别技术主要包括针对物（“无生命”）的识别和针对人（“有生命”）的识别两类。而针对物的识别技术包括：条形码、智能卡技术、射频识别技术等；针对人的识别技术包括：声音识别技术、人脸识别技术、指纹识别技术等。

图表 104 自动识别技术模型



资料来源：Labview 社区，华安证券研究所

图表 105 自动识别技术分类

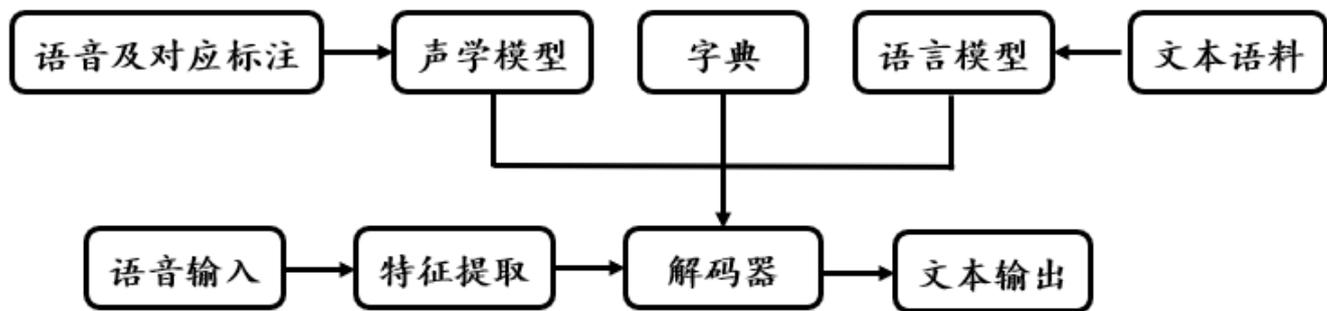


资料来源：Labview 社区，华安证券研究所

- 语音识别技术，也被称为自动语音识别，其目标是将人类的语音中的词汇内容转换为计算机可读的输入，例如按键、二进制编码或者字符序列。与说话人识别及说话人确认不同，后者尝试识别或确认发出语音的说话人而非其中所包含的词汇内容。

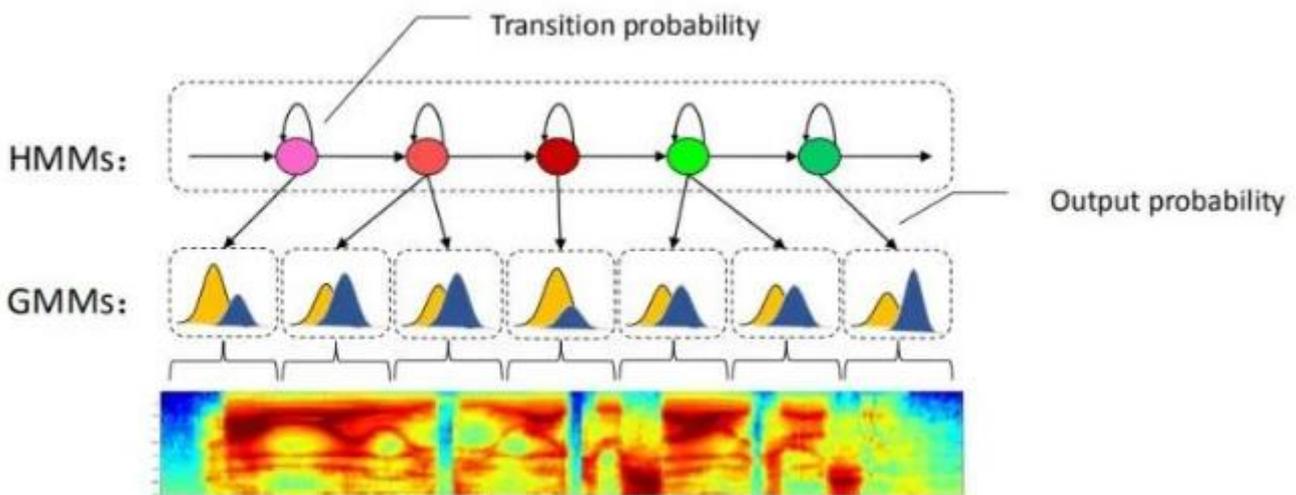
语音识别模型结构主要由声学模型、语言模型、词典、特征提取、和解码器五个模块共同组成。由于人类语音是模拟信号，想要被计算机录入则需要事先使用采样量化技术将其转化为数字信息，其次通过语音预处理从原始嘈杂信号中提取出干净的语音信号，以便于后续的语音特征提取。语音特征提取的目的是将预处理后的语音转换为声学模型训练可以利用的特征向量，在提取过程中，语音从时域空间转换到频域空间。声学模型经过语音数据集训练后，把声音信号识别成音素等声学单元并给出相应的概率。语言模型是在大量语言文件上进行训练，并根据语法、词法知识对初步识别结果再做筛选，进而选出符合语法规则的部分作为最终的语音识别结果。

图表 106 语音识别模型结构图



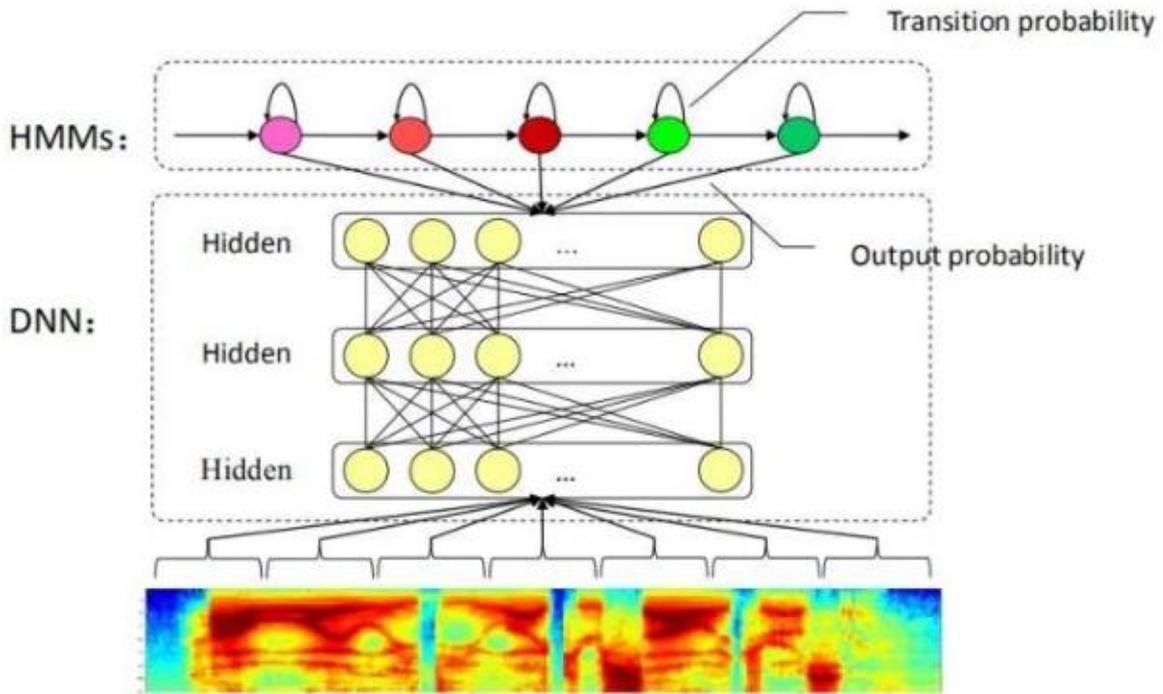
资料来源：《面向语音识别应用的数据增强技术研究》，华安证券研究所

图表 107 GMM-HMM 模型结构图



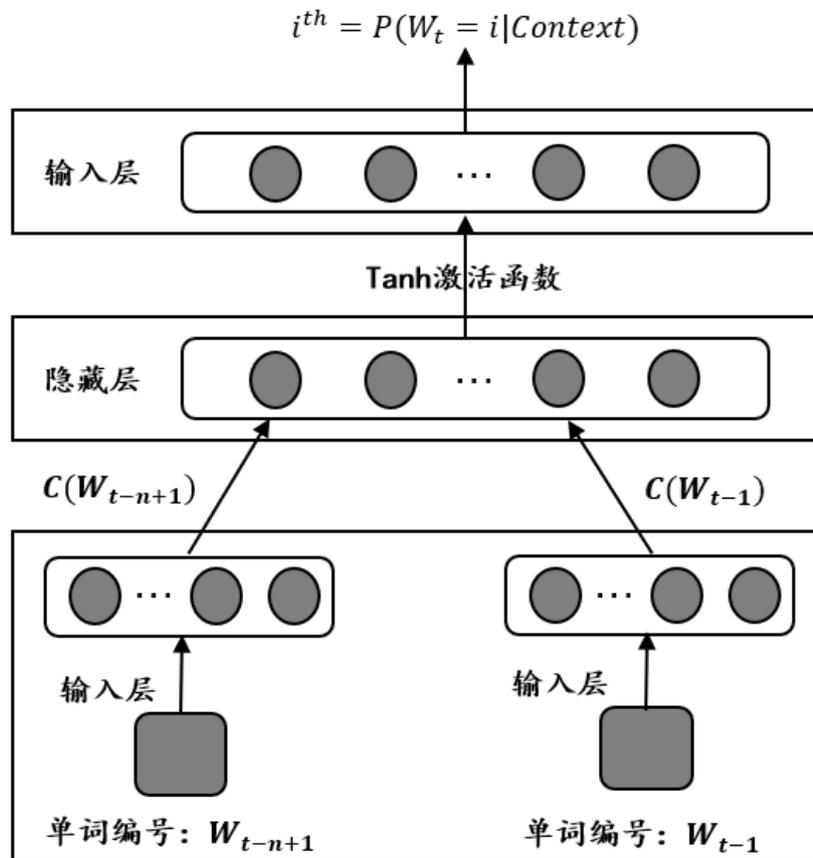
资料来源：CSDN，华安证券研究所

图表 108 DNN-HMM 模型结构图



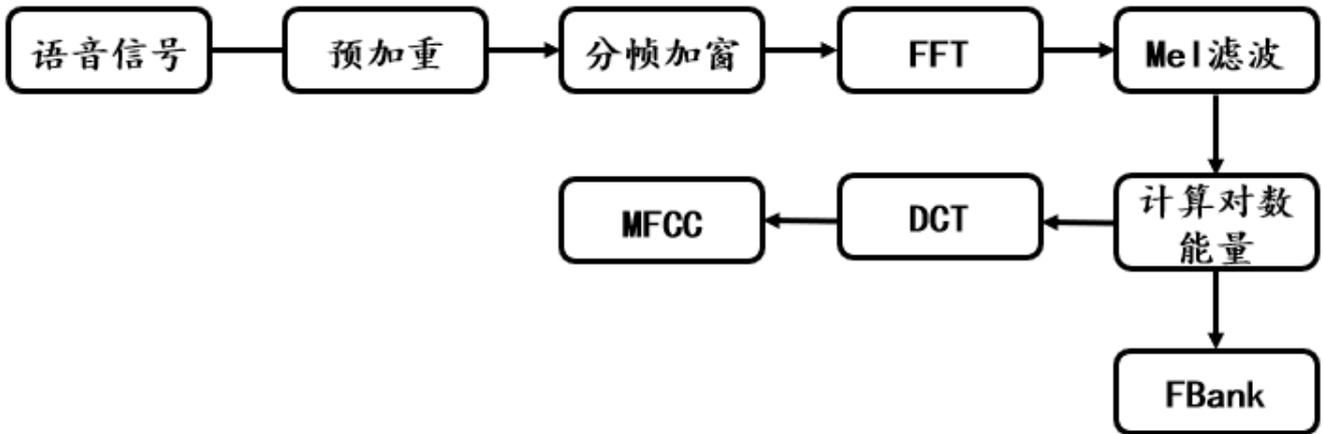
资料来源：GSDN，华安证券研究所

图表 109 NNLM 结构示意图



资料来源：《基于神经网络语言模型的动态层序 Softmax 训练算法》，华安证券研究所

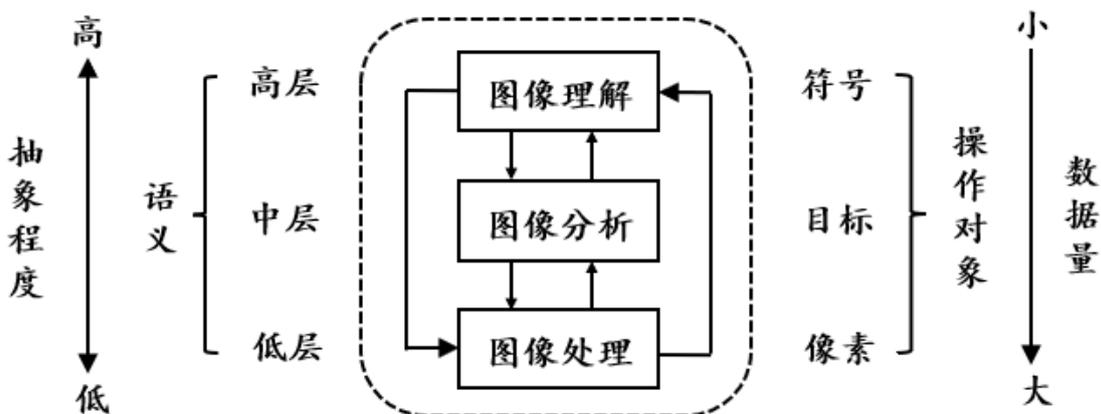
图表 110 语音特征提取过程



资料来源：《面向语音识别应用的数据增强技术研究》，华安证券研究所

- 图像识别技术是人工智能的一个重要领域，是指利用计算机对图像进行处理、分析和理解，以识别各种不同模式的目标和对像的技术。图像识别原理主要是需处理具有一定复杂性的信息，处理技术并不是随意出现在计算机中，主要是根据一些研究人员的实践，结合计算机程序对相关内容模拟并予以实现。该技术的计算机实现与人类对图像识别的基本原理基本类似，在人类感觉及视觉等方面只是计算机不会受到任何因素的影响。人类不只是结合储存在脑海中的图像记忆进行识别，而是利用图像特征对其分类，再利用各类别特征识别出图片。计算机也采用同样的图像识别原理，采用对图像重要特征的分类和提取，并有效排除无用的多余特征，进而使图像识别得以实现。有时计算机对上述特征的提取比较明显，有时就比较普通，这将对计算机图像识别的效率产生较大影响。

图表 111 图像技术三个层次示意图

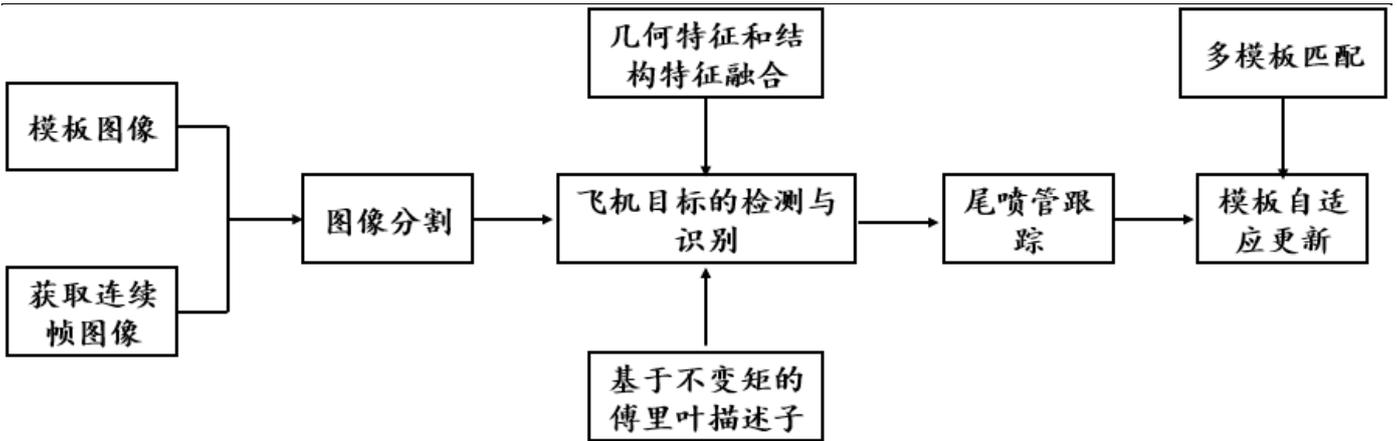


资料来源：《信息识别技术》，华安证券研究所

红外图像处理和红外目标识别方法一直是模式识别和图像处理领域的一个比较

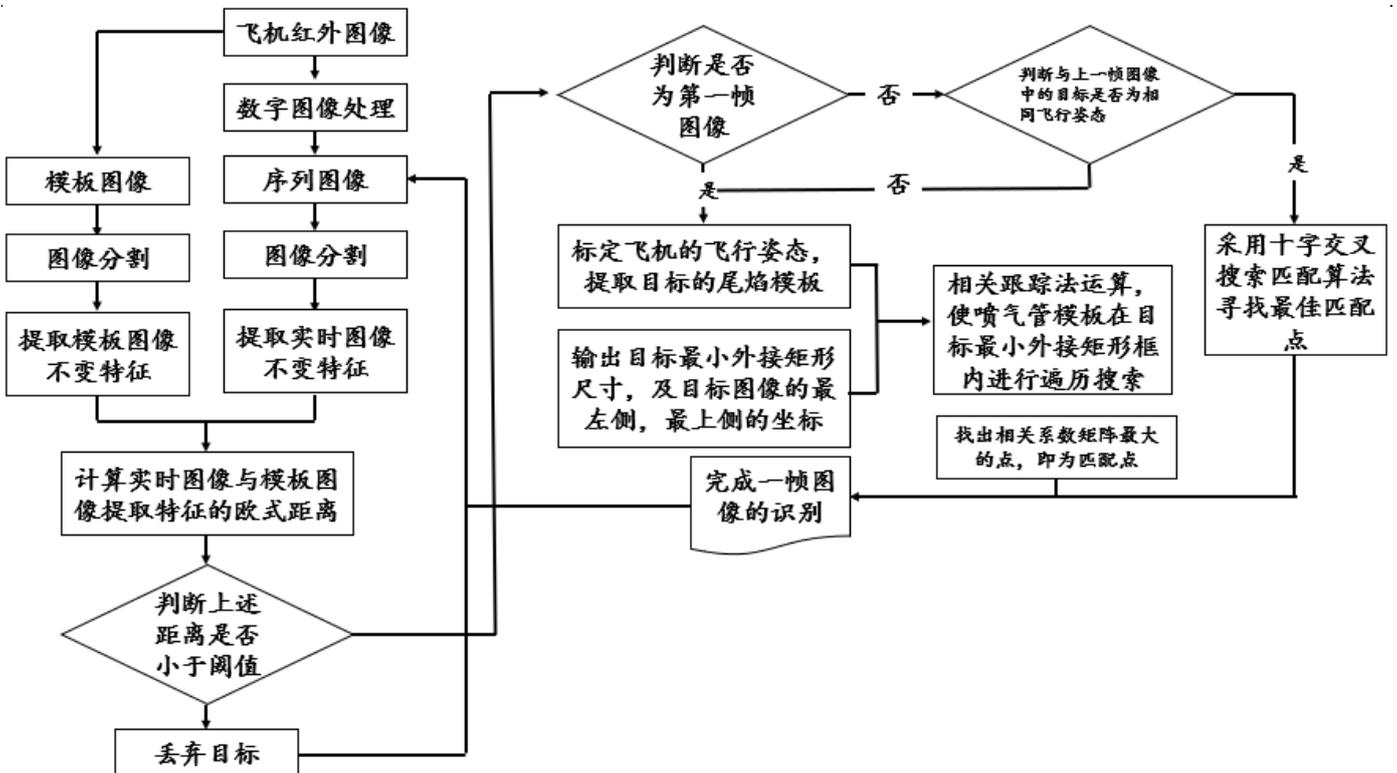
重要的研究课题，该研究在空中目标识别、跟踪、导航与监测、军用监控系统中的飞机识别等方面有着广泛应用。根据《基于红外图像和特征融合的飞机目标识别方法》一文，由于红外目标图像具有较高的探测灵敏度、较强的抗干扰能力和较高的空间分辨力，所以由红外图像能探测并识别出远程空中的飞行目标。特别是当前红外成像制导具有导引精度高、灵敏度高、作用距离远、隐蔽性好等特点，使得该项研究成为当今精确制导技术发展和研究的热点。随着现代战争中红外成像技术的迅速发展，对空中飞机目标识别的要求也越来越高。如何快速、准确地检测、分割和识别出红外目标是红外图像处理的基础和前提。

图表 112 飞机目标识别系统的基本构成



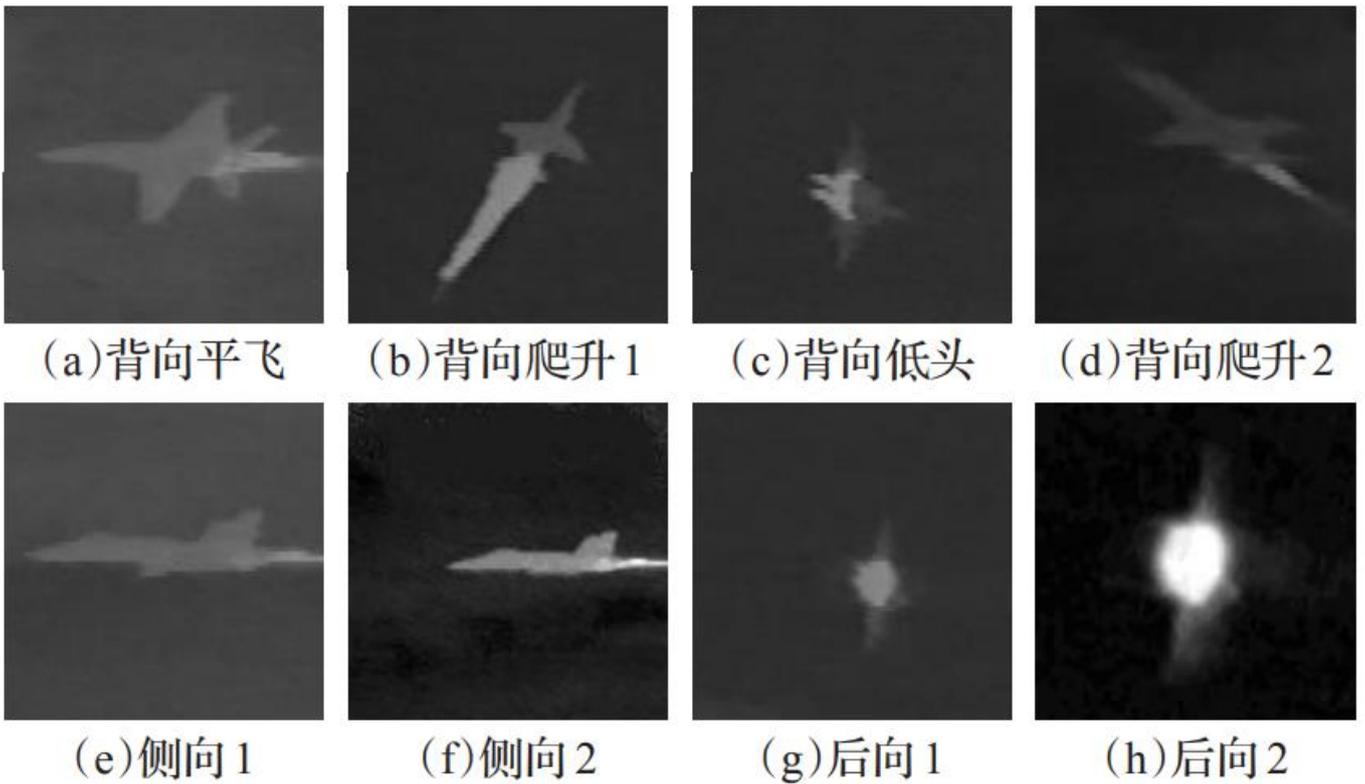
资料来源：《飞机红外图像的识别跟踪算法研究》，华安证券研究所

图表 113 飞机目标识别系统的算法流程图



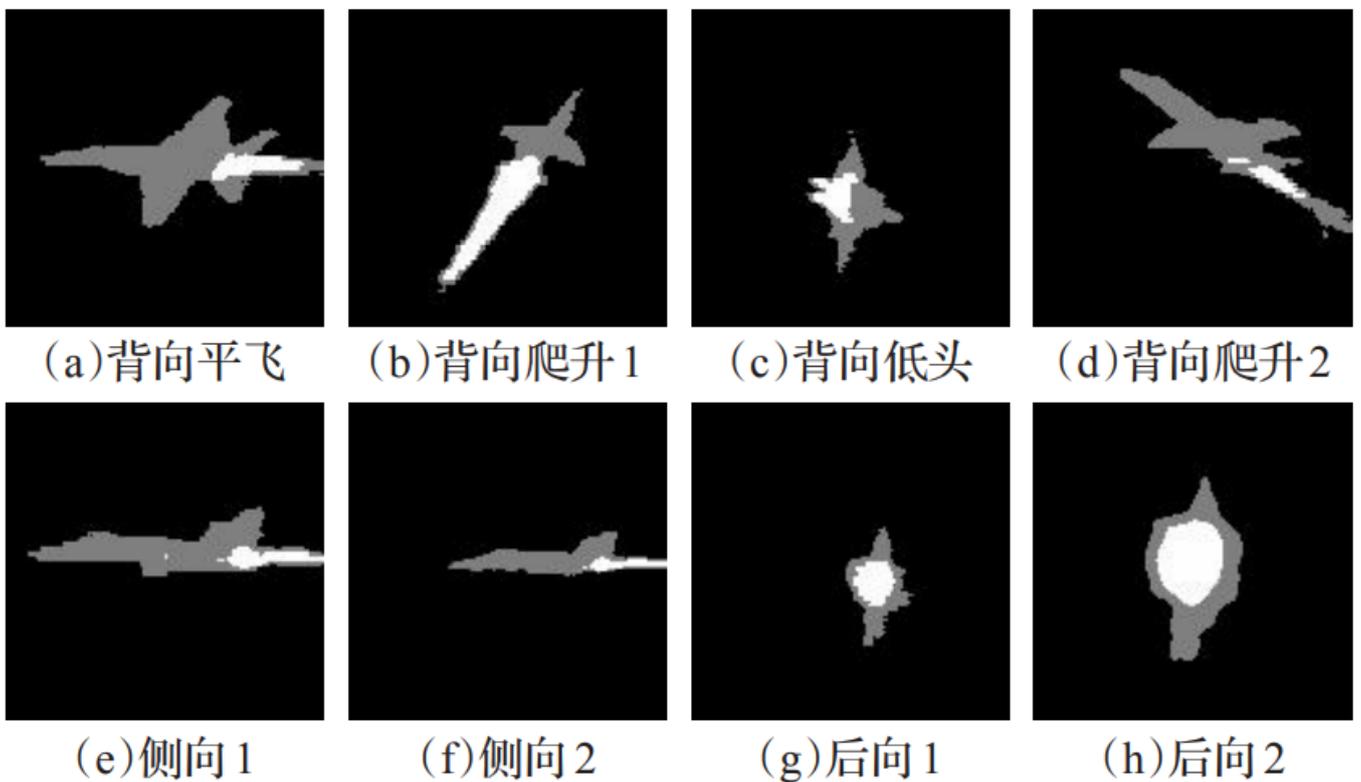
资料来源：《飞机红外图像的识别跟踪算法研究》，华安证券研究所

图表 114 经过降噪处理的不同姿态飞机红外图像



资料来源:《基于红外图像的飞机目标关键攻击部位识别》,华安证券研究所

图表 115 FCM 算法分割图像



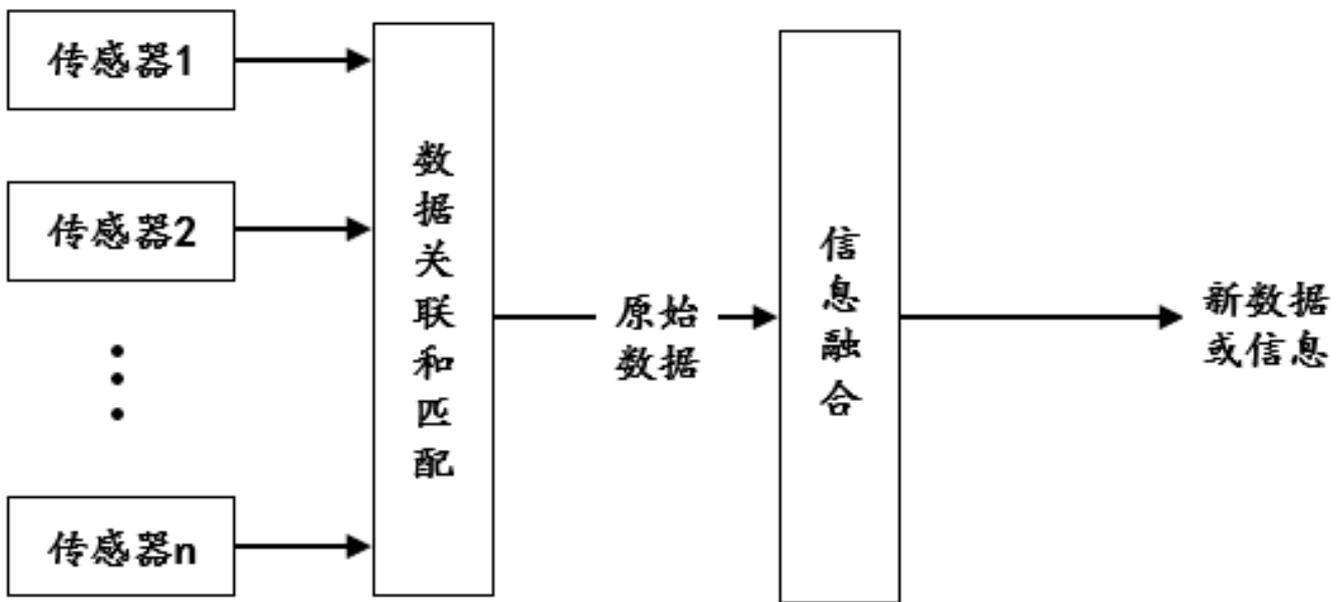
资料来源:《基于红外图像的飞机目标关键攻击部位识别》,华安证券研究所

### 2.3.3 信息融合技术：满足高胜率和成本低要求

信息融合技术是利用计算机技术对按时序获得的若干传感器的观测信息在一定准则下加以自动分析、综合处理，以完成所需的决策和估计任务而进行的信息处理过程。按照这一定义，多传感器系统是信息融合的基础，多源信息是信息融合的加工对象，协调优化和综合处理是信息融合的核心。从军事角度讲，信息融合可以理解为对来自多源的信息和数据进行检测、关联、相关、估计和综合等多级多方面的处理，以得到精确的状态和类别判定以及进行快速完整的态势和威胁估计。信息融合可以分为三个级别：数据级信息融合、特征级数据融合和决策级信息融合。

- 数据级信息融合，在原始数据层上进行的融合，即各种传感器对原始信息未作很多预处理之前就进行的信息综合分析，主要应用于图像融合。

图表 116 数据级融合示意图



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

图表 117 图像传感器组合效果

传感器 1	传感器 2	效果
可见光传感器	红外成像仪	穿透能力强，适用于白天或夜晚
可见光传感器	合成孔径雷达 (SAR)	用于绘制地形图等
毫米波 (MMW) 雷达	红外成像仪	穿透能力强，分辨率高
红外成像仪	紫外成像仪	适合识别背景
红外成像仪	红外成像仪	背景信息加强，提高了探测距离和识别能力
CD 摄像机	红外成像仪+合成孔径雷达	分辨能力强，全天候
多光谱成像	全色图像	适合识别特征和纹理
合成孔径雷达	红外成像仪	空间分辨率和光谱分辨率都较高
合成孔径雷达	合成孔径雷达	穿透能力强，分辨率较高，全天候

资料来源：《多源图像融合技术的发展与军事应用研究》，华安证券研究所

图表 118 遥感图像融合



资料来源：《基于深度神经网络的红外与可见光图像融合方法研究》，华安证券研究所

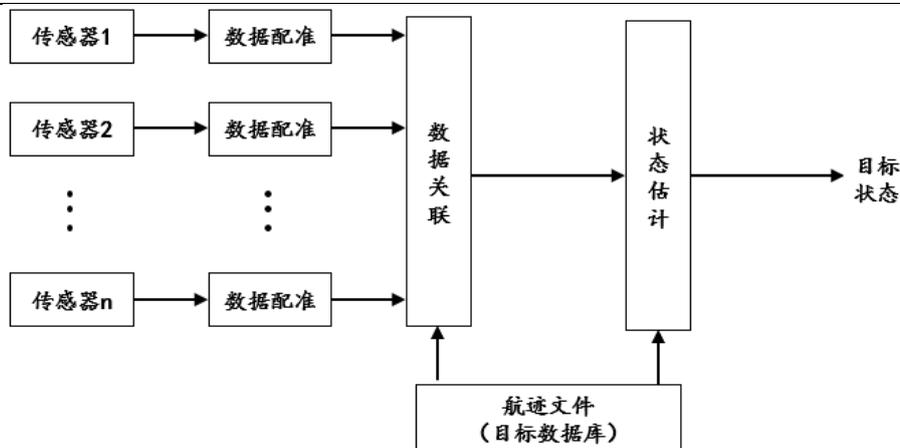
图表 119 红外与可见光图像融合



资料来源：《基于深度神经网络的红外与可见光图像融合方法研究》，华安证券研究所

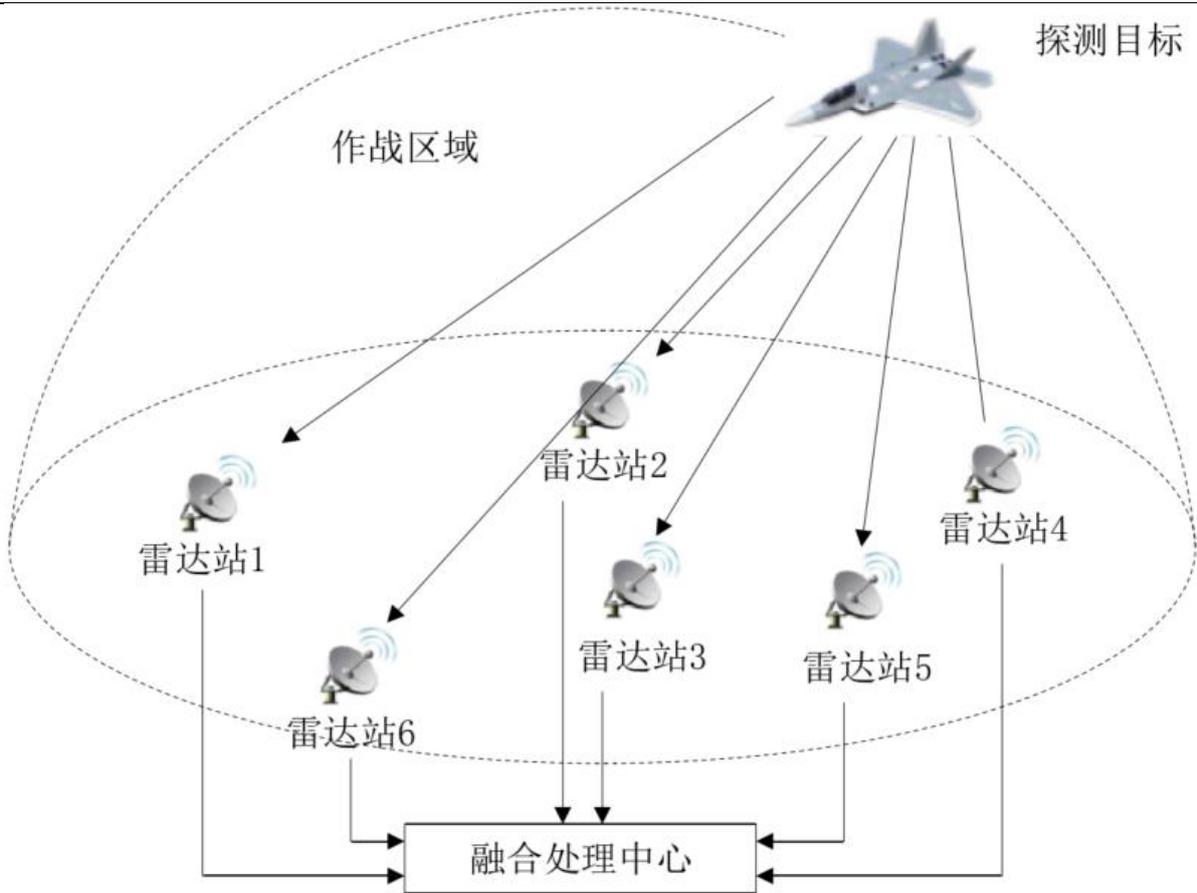
- 特征级信息融合，特征级融合属于中间层次，它对来自传感器的原始信息进行特征提取，然后对特征信息进行综合分析和处理。特征级融合可划分为两类：目标状态信息融合和目标特性融合。特征级目标状态信息融合主要用于多传感器目标跟踪领域。

图表 120 数据级融合示意图



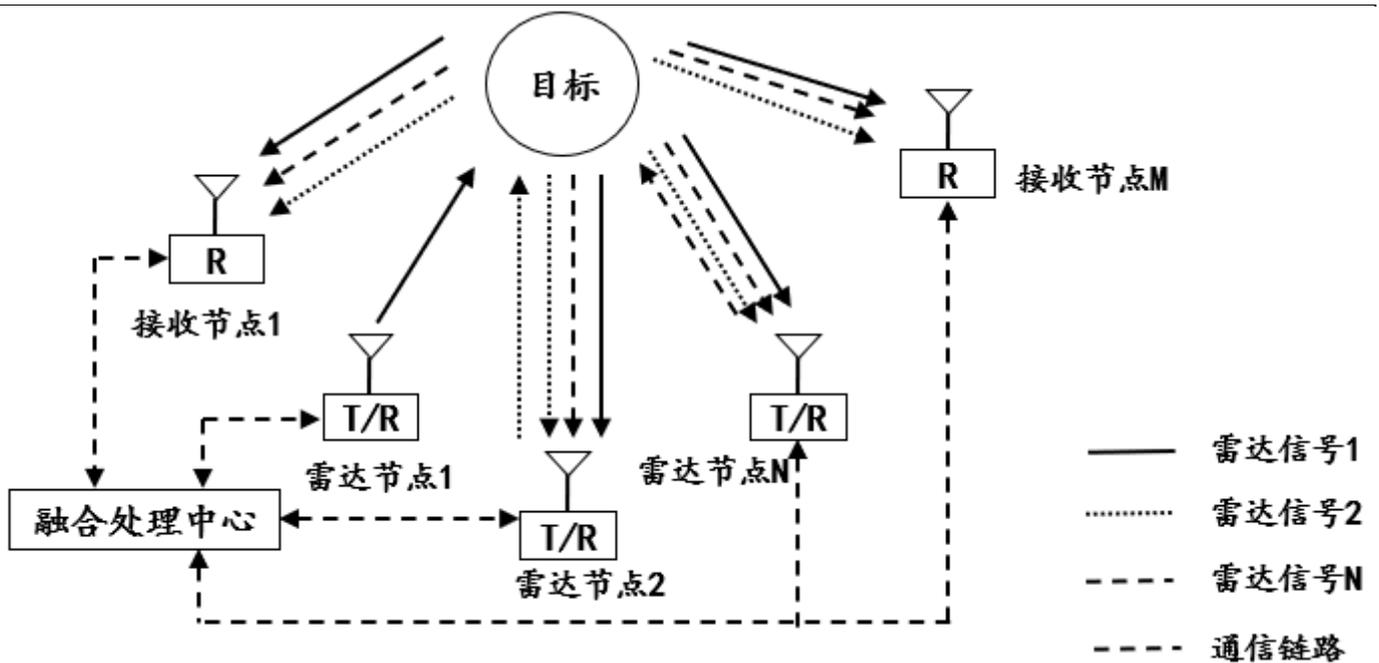
资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

图表 121 组网雷达系统



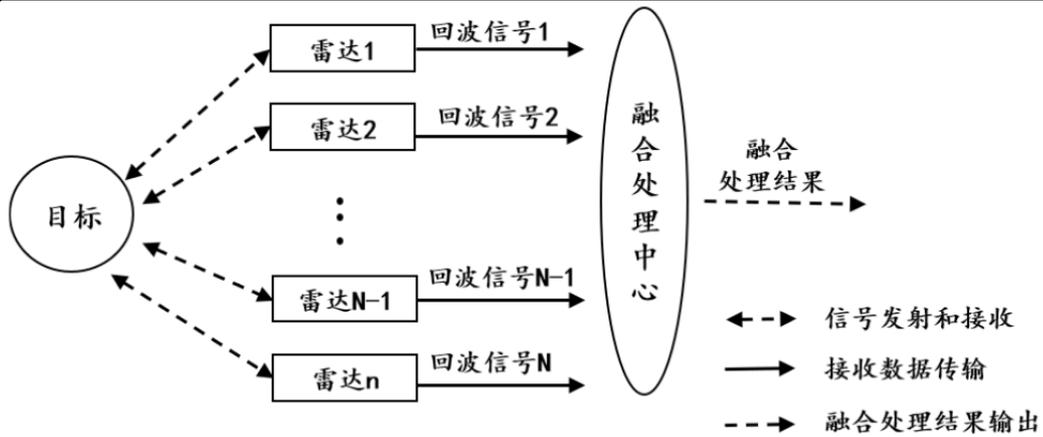
资料来源：《组网雷达协同探测技术研究》，华安证券研究所

图表 122 组网雷达协同探测典型工作模式



资料来源：《组网雷达协同探测技术研究》，华安证券研究所

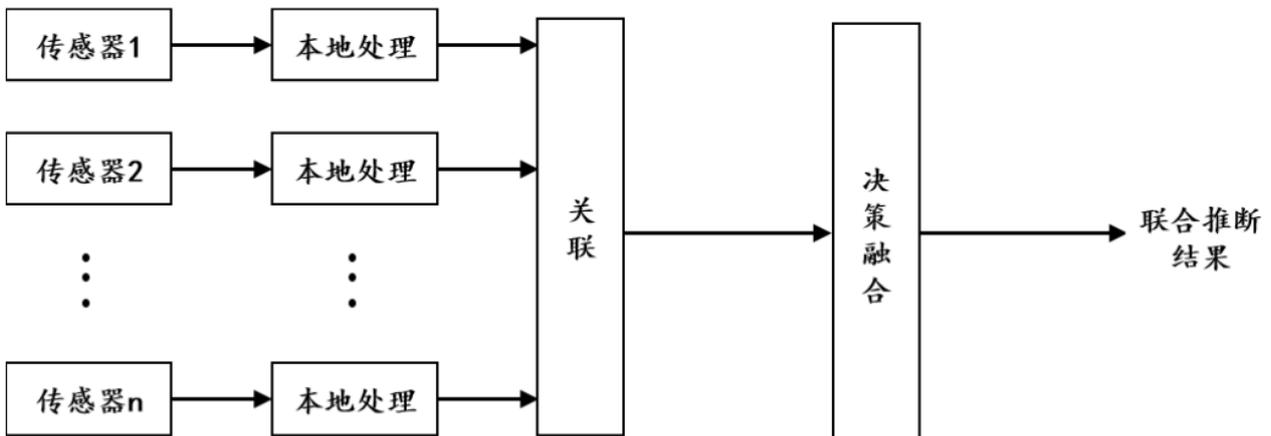
图表 123 组网雷达系统信号融合检测模型



资料来源：《组网雷达协同探测技术研究》，华安证券研究所

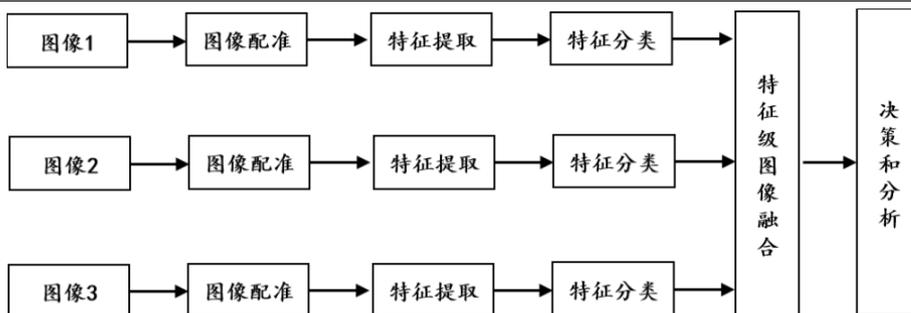
- 决策级信息融合，决策级融合是一种高层次融合，其结果为指挥控制决策提供依据。因此，决策级融合必须从具体决策问题的需求出发，充分利用特征融合所提取的测量对象各类特征信息，采用适当的融合技术来实现。决策级融合是三级融合的最终结果，直接针对具体决策目标，融合结果直接影响决策水平。但是，决策级融合首先要对原传感器信息进行预处理以获得各自的判定结果，所以预处理代价高。

图表 124 决策级融合示意图



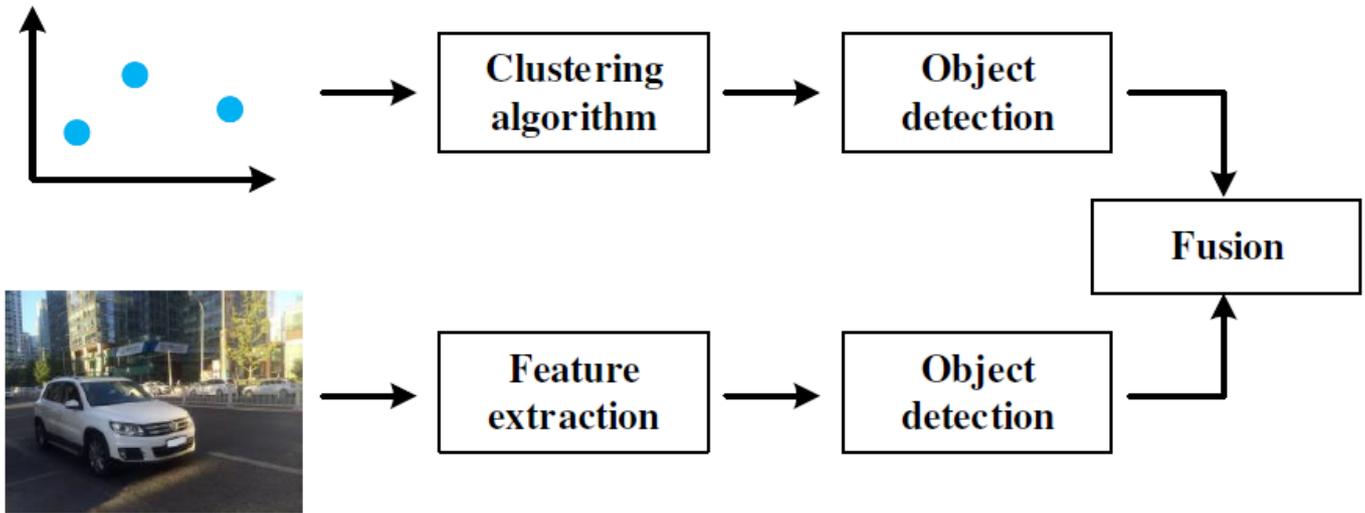
资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

图表 125 决策级融合结构



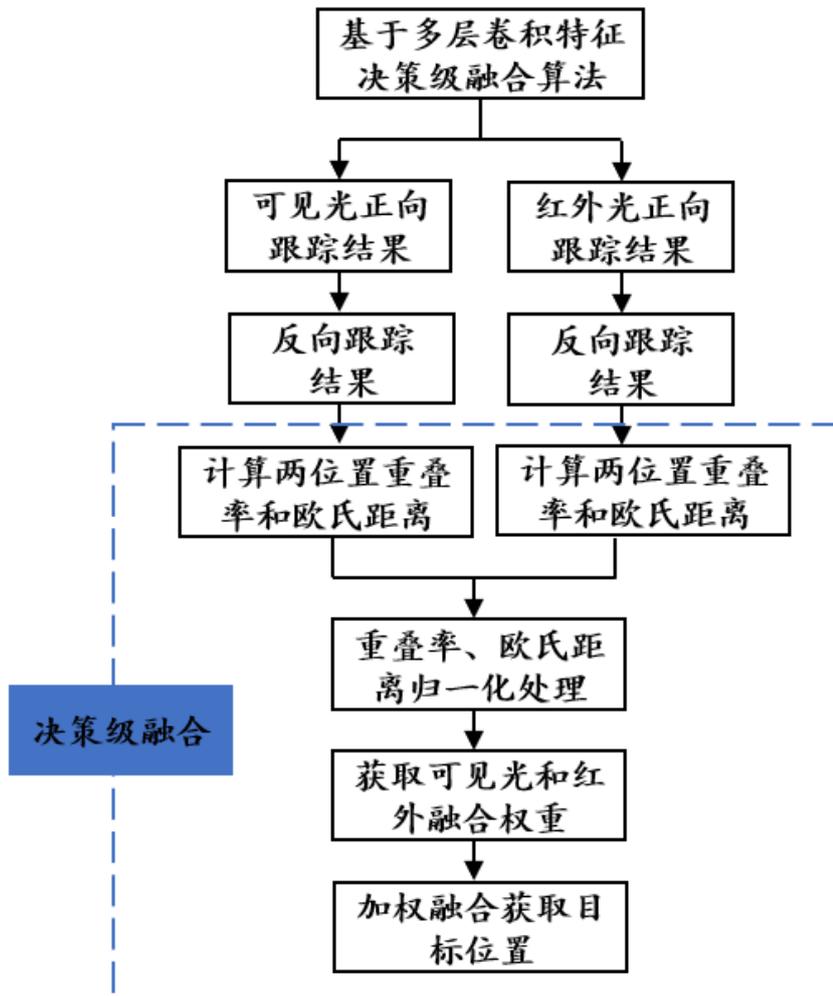
资料来源：《基于决策级融合的无人机目标跟踪方法研究》，华安证券研究所

图表 126 毫米波雷达视觉决策级融合方案



资料来源：GSDN，华安证券研究所

图表 127 红外与可见光图像决策级融合流程图

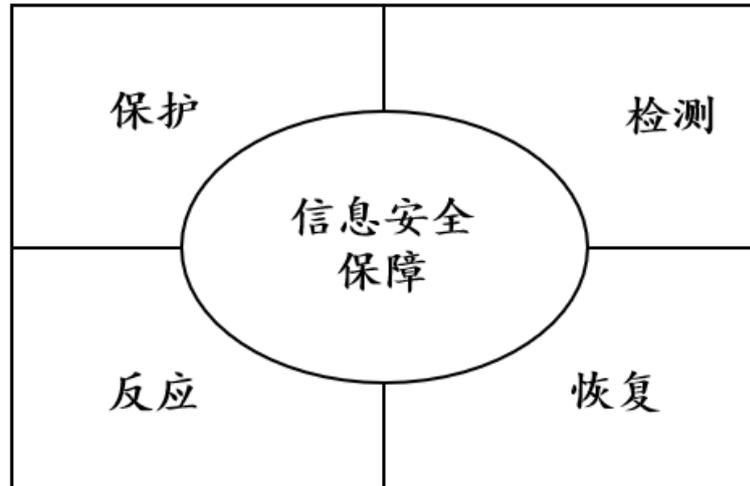


资料来源：《基于决策级融合的无人机目标跟踪方法研究》，华安证券研究所

## 2.4 信息安全技术：信息作战的盔甲

信息安全，ISO（国际标准化组织）的定义为：为数据处理系统建立和采用的技术、管理上的安全保护，为的是保护计算机硬件、软件、数据不因偶然和恶意的原因而遭到破坏、更改和泄露。

图表 128 信息安全保障体系

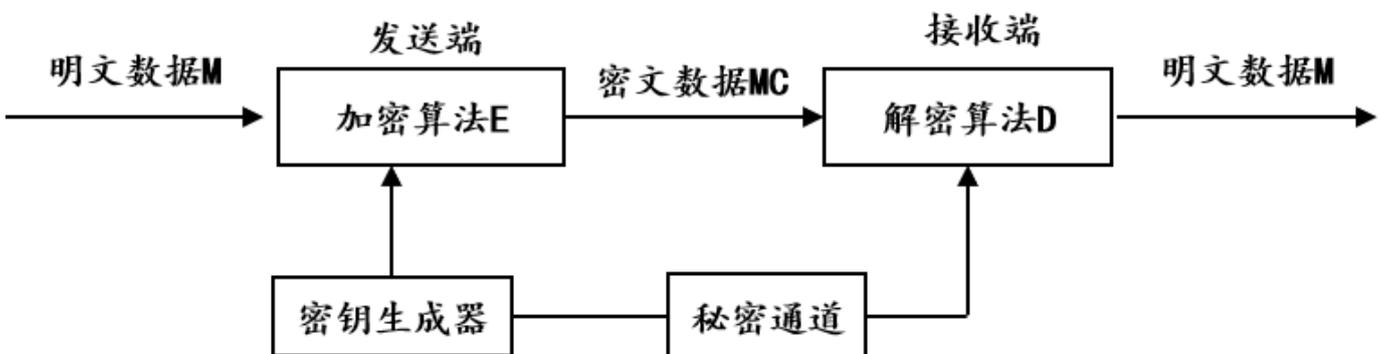


资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

### 2.4.1 军事密码技术：无形战场上的智慧较量

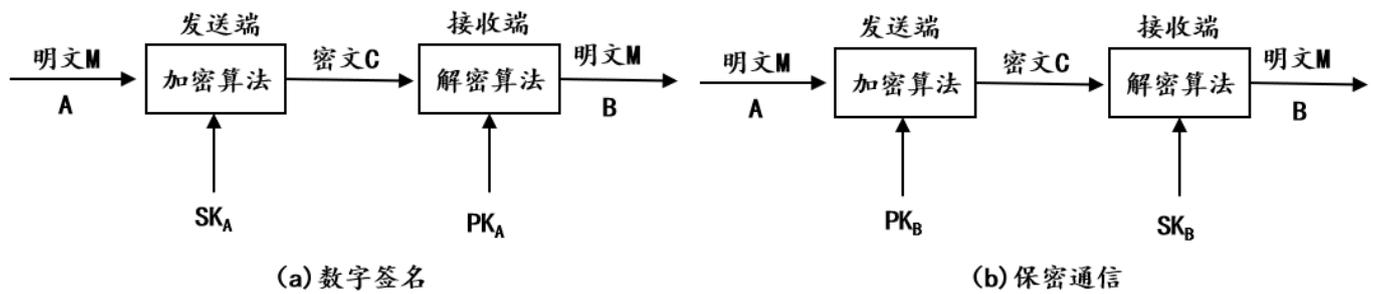
密码被誉为信息安全的“守护神”。如《解放军报》2015年1月22日第007版新闻提及，到了现代，随着信息技术的空前发展，密码学也迎来了它的辉煌时期，相继诞生了序列密码、分组密码、公钥密码等多种体制，“加密”与“破译”成为信息保密传输与情报获取激烈对抗领域，双方斗智斗勇，循环进行着“魔高一尺道高一丈”的较量，其范畴已不仅仅限于传统意义上的“保密通信”，而是将应用领域扩展至政治、经济、军事、外交、商业、金融等各个领域，成为维护国家安全、保守国家秘密、夺取战争胜利和谋求商业利益的重要手段。密码体制从原理上可分为两大类，即对称密码体制和非对称密码体制。

图表 129 对称密码体制



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

图表 130 非对称密码体制

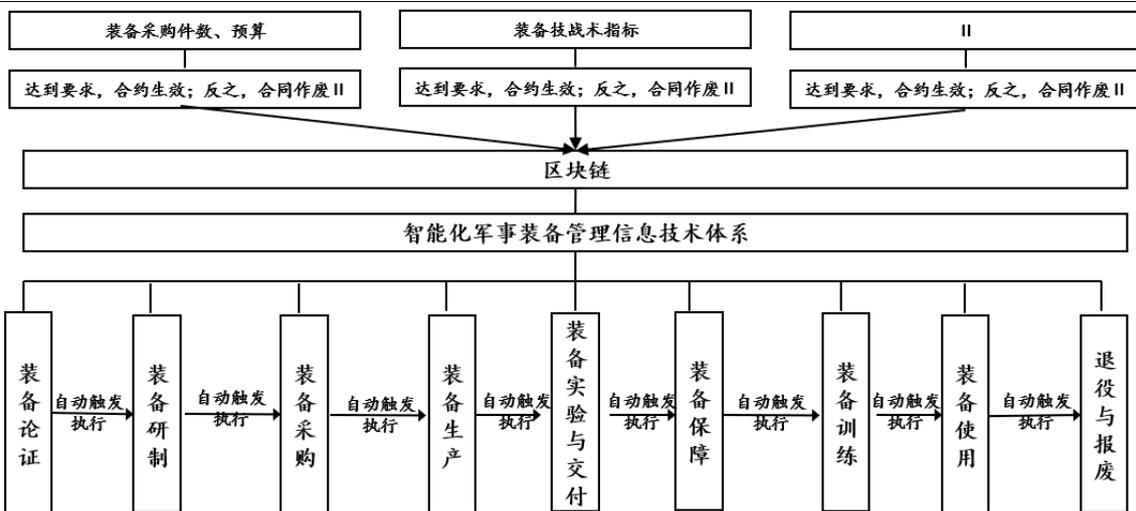


资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

从区块链技术特点上看，是指一种由成员集体维护稳定、以密码学保证数据信息安全、用共识算法保障系统一致性的分布式去中心化账本。狭义区块链是按照时间顺序，将数据区块以顺序相连的方式组合成的链式数据结构，并以密码学方式保证的不可篡改和不可伪造的分布式账本。广义区块链技术是利用块链式数据结构验证与存储数据，利用分布式节点共识算法生成和更新数据，利用密码学的方式保证数据传输和访问的安全、利用由自动化脚本代码组成的智能合约，编程和操作数据的全新分布式基础架构与计算范式。

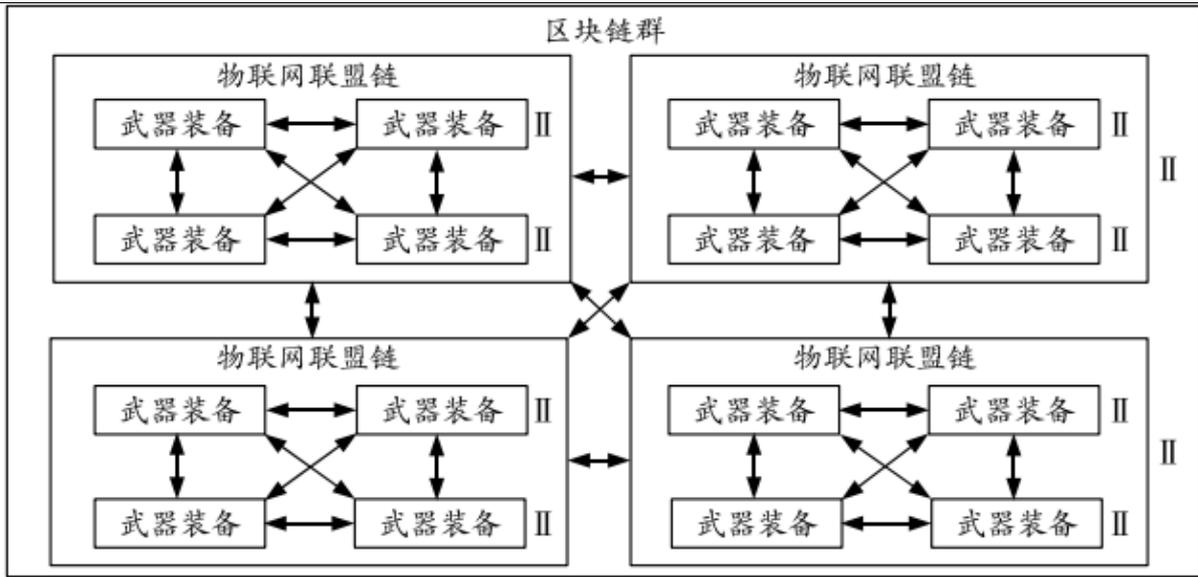
根据《区块链赋能军事装备管理信息技术体系》一文，现代战争已经步入信息时代甚至是智能时代，各军事强国都在争夺理论和技术的制高点。随着军事需求的持续增加以及使命任务范围的不断拓宽，信息化和智能化建设将同步展开，装备管理工作面临着前所未有的机遇和挑战。在军事装备管理活动中，信息要素是连接主体和客体要素的纽带和桥梁，是装备管理系统运行的基本保证。未来的信息化战争，信息的快速传输、高效整合、智能处理等作用将逐渐凸显，信息的安全性、保密性也随着战争形态变化显得尤为重要。大数据、人工智能及物联网等信息技术为装备管理工作提供了技术支持，是实施装备管理的重要手段，是提高体系对抗能力的必经之路。我们要加快完善能够满足履行使命任务要求，具备信息化条件下体系对抗能力的军事装备管理信息技术体系；加快新技术的成果应用与转化，以解决制约装备管理信息技术体系发展的突出问题。

图表 131 区块链+人工智能



资料来源：《区块链赋能军事装备管理信息技术体系》，华安证券研究所

图表 132 基于物联网联盟链的“区块链群”

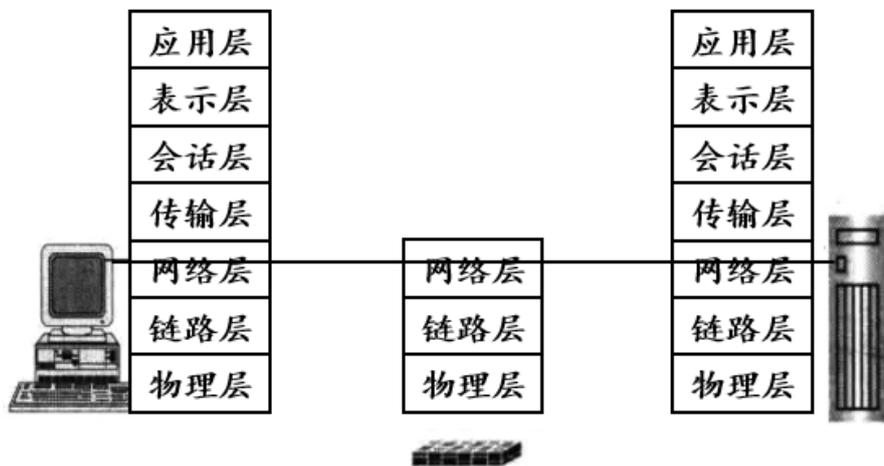


资料来源：《区块链赋能军事装备管理信息技术体系》，华安证券研究所

### 2.4.2 网络安全技术：夺取军事信息优势手段

网络安全技术指保障网络系统硬件、软件、数据及其服务的安全而采取的信息安全技术。20 世纪 60 年代以后，随着计算机网络应用的发展和普及，网络与信息安全的重要性日益突出。人们普遍认为网络安全问题是由于系统设计上存在漏洞，可以通过改进系统细节和复杂协议设计等补救措施构建安全系统。90 年代后期，人们逐渐认识到仅靠被动防御技术，不能保证网络系统的安全，需要采用主动防御技术，及时检测入侵发生，作出响应。随着网络攻击技术的不断发展，网络攻击和入侵不可避免，且很难及时检测和报警，网络容侵、容灾技术出现，使网络在受到攻击和破坏后仍能恢复预定功能。在信息化条件下，网络战将成为信息作战的主要样式，网络攻防技术将成为获取信息优势的新技术。网络安全技术作为夺取军事信息优势的手段，将有很大发展空间。

图表 133 包过滤防火墙

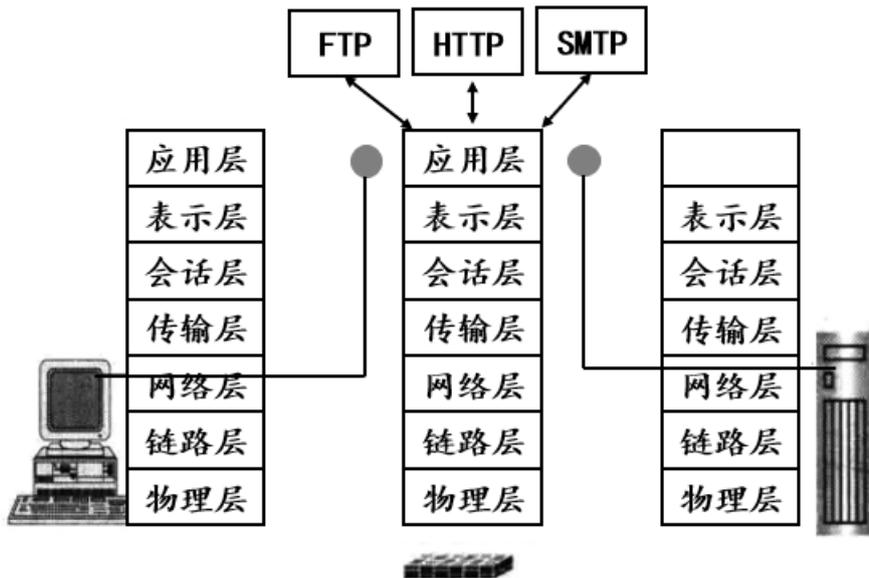


资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

根据《军事信息技术基础》一书，网络安全的核心技术大致可分为防火墙技术、入侵检测技术、身份认证技术及安全协议等四类。

- 防火墙技术，位于被保护网络和外部网络之间执行访问控制策略的一个或者一组系统，包括硬件和软件，构成一道屏障，以防止发生对被保护的网络的不可预测的、潜在破坏性的侵扰。传统意义上的防火墙技术氛围包过滤、应用代理和状态监测三大类。

图表 134 应用代理对应用层进行防护



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

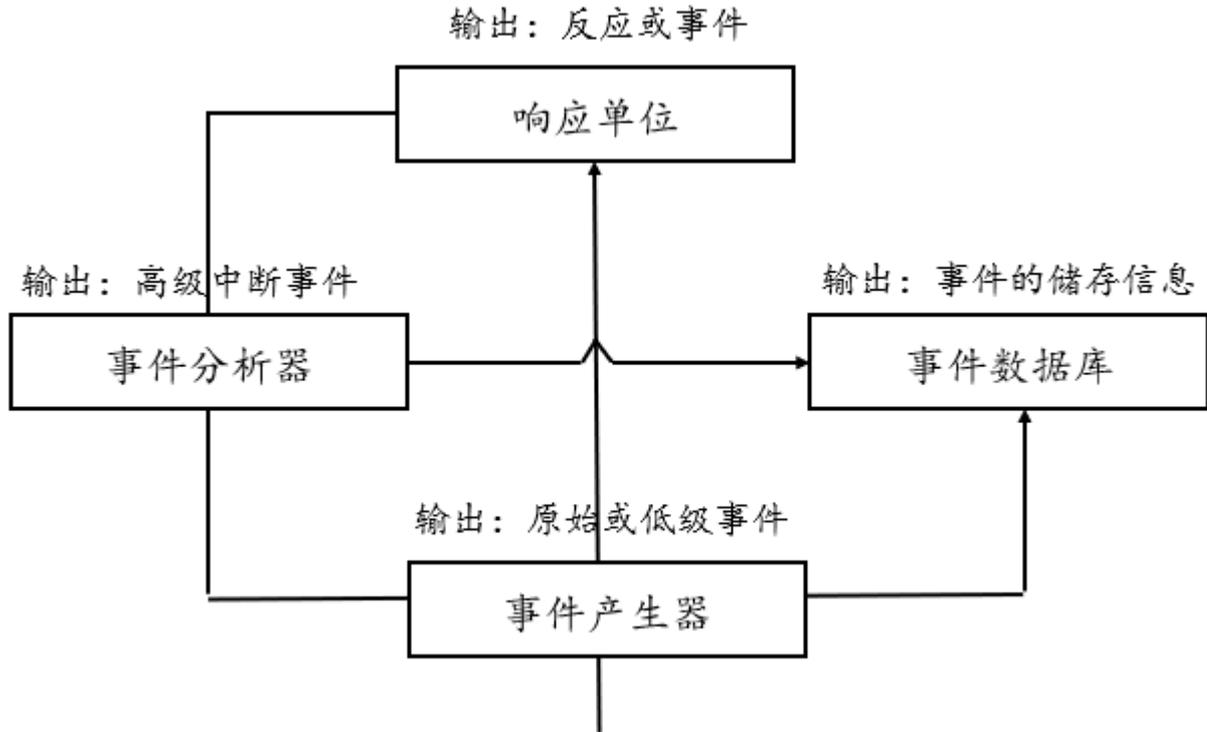
图表 135 状态监测对传输层进行防护



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

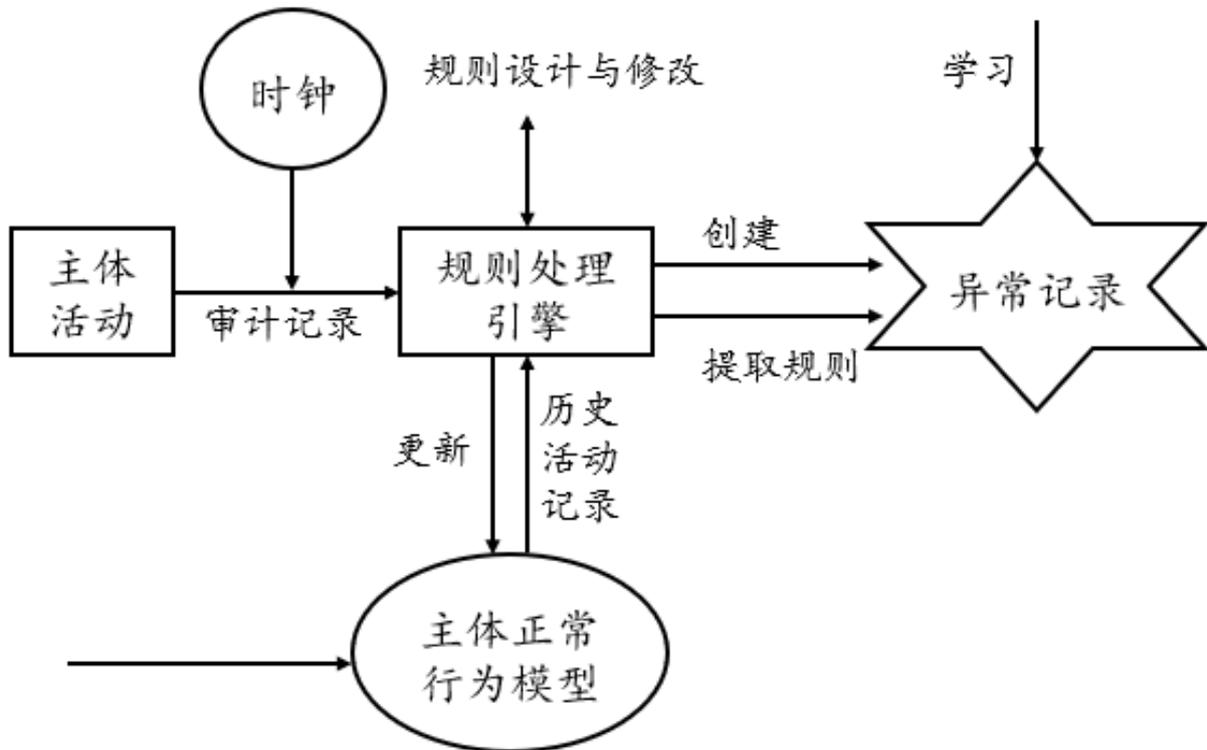
- 入侵监测技术，一种积极主动的安全防护技术，提供了对内部攻击、外部攻击和误操作的实施保护，在网络系统受到危害之前拦截和响应入侵。入侵检测系统是防火墙的合理补充，构建其骨架和关键在于入侵检测系统的模型，常用技术有滥用监测技术及异常检测技术。

图表 136 入侵监测技术中 CIDF 模型



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

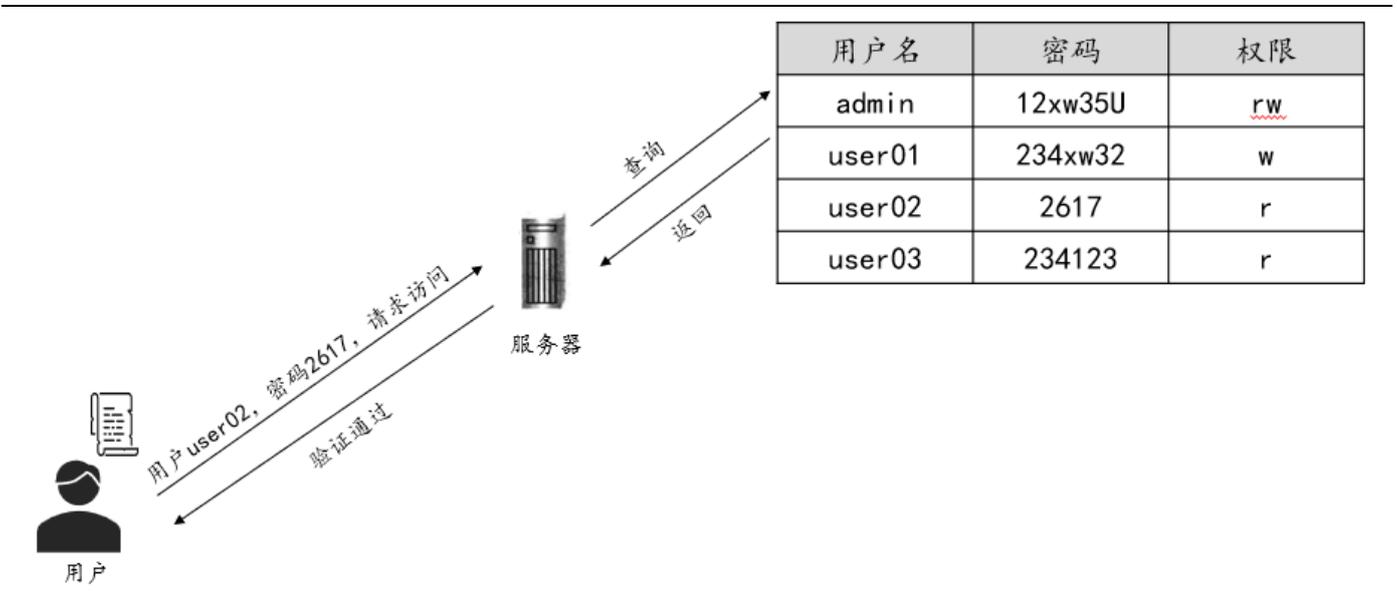
图表 137 入侵监测技术中 Denning 模型



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

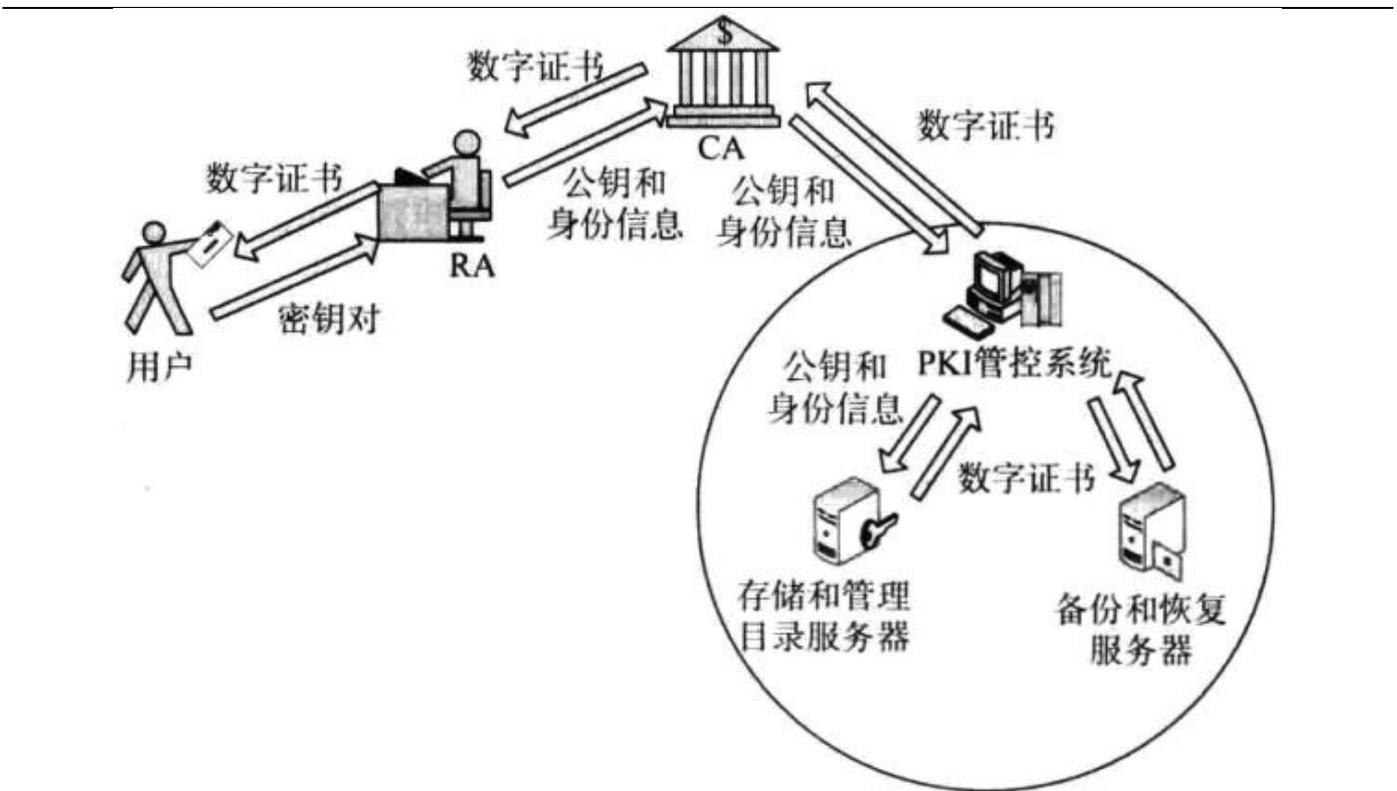
- 身份认证技术，在网络信息传输中，为了确定双方的身份以保证信息发送的不可抵赖性所用的技术。身份认证技术可以用多种方式实现，其中口令认证和数字证书是常用的两种技术。

图表 138 静态口令认证



资料来源:《军事信息技术基础》, 华安证券研究所

图表 139 数字证书的申请和颁发过程



资料来源:《军事信息技术基础》, 华安证券研究所

- 安全协议技术，融合了加密技术和认证技术的安全通信标准，它可以提供安全服务，是保证网络安全的基础。安全协议中，应用最为广泛的是 SSL 协议及 IPSec 协议。

图表 140 SSL 体系结构

应用层		
SSL握手协议	SSL修改密文协议	SSL报警协议
SSL记录协议		
传输层 (TCP协议)		
网络层 (IP协议)		

资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

图表 141 IPSec 协议中的 AH 协议及 ESP 协议

0	1	2	3
0 1 2 3 4 5 6 7	0 1 2 3 4 5 6 7	0 1 2 3 4 5 6 7	0 1 2 3 4 5 6 7
下一个头	载荷长度	保留未用	
安全参数索引 (SPI)			
序列号			
认证数据 (可变长度)			

	1	2	3
0 1 2 3 4 5 6 7	0 1 2 3 4 5 6 7	0 1 2 3 4 5 6 7	0 1 2 3 4 5 6 7
安全参数序列			
序列号			
载荷 (可变长度)			
载荷 (可变长度)	填充 (0~255字节)		
填充 (0~255字节)	填充长度	下一个头	
认证数据 (可变长度)			

资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

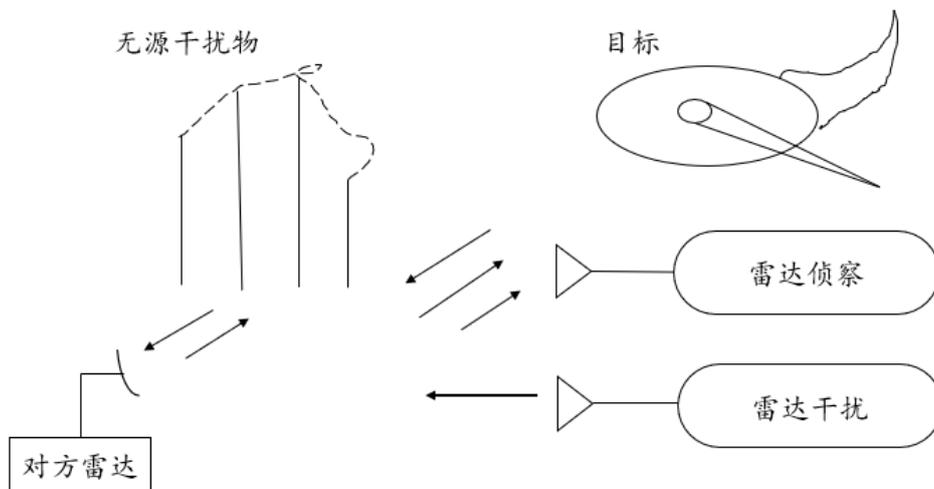
### 2.4.2 电子对抗技术：争夺“制电磁权”焦点

电子对抗又被称之为电子战，主要任务是将敌对方的电子设备进行破坏干扰，

削弱对方的势力，保障己方的电子设备仪器可以发挥最大的效能，并高效化的展开军事指挥行动。电子对抗战主要是通过电子对抗的侦察和反侦察手段，电子干扰和反干扰手段，电子的进攻和防御手段进行对抗。电子对抗仪器主要是通过雷达，无线电通讯，光电对抗，网络对抗，导航和制导对抗等进行的，电子对抗的方式可以应用在空军、海军、陆军、潜水作战等方面，是现代化主要的军事作战对抗手段，随着卫星定位系统的不断覆盖，跟踪定位作战不断运用到导弹方面。随着电子指挥控制可以精准化的打击目标，电子对抗在现代化战争中担任着不可替代的重要作用。

**基本原理方面**，以雷达对抗为例，雷达对抗是与雷达紧密联系在一起的。雷达为了获取目标信息，必须首先将高功率的电磁波能量照射到目标上；由于目标的电磁散射特性，将对照射能量产生相应的调制和散射，雷达接收到目标调制后的一部分微弱的散射信号，再根据收发信号的调制的相对关系，解调出目标信息。雷达对抗设备中的侦察设备接收雷达发射的直达信号，测量该雷达的方向、频率和其它调制参数，然后根据已经掌握的雷达信号先验信息和先验知识，判断该雷达的功能、工作状态和威胁程度等，并将各种信号处理的结果提供给干扰机和其它有关设备。由此可见，实现雷达侦察的基本条件是：雷达向空间发射信号、侦察接收机收到足够强的雷达信号、雷达信号的调制方式和调制参数位于侦察机信号检测的能力和范围之内。

图表 142 雷达对抗原理示意图



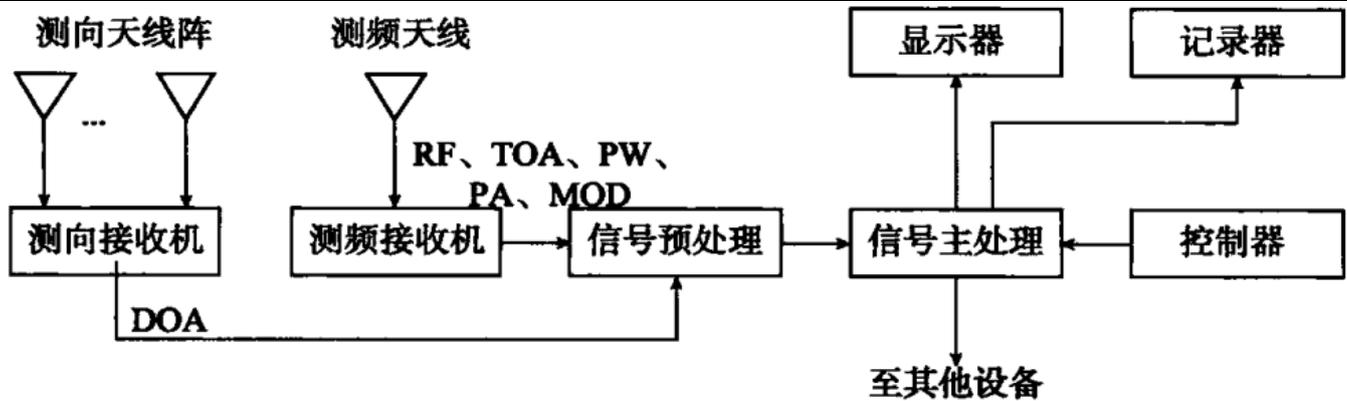
资料来源：《现代电子对抗的新技术研究》，华安证券研究所

- 电子对抗侦察主要是通过电子设备为己方提供技术支援，通过高效化的探测系统对敌方的电子信号进行搜索定位，采集对方的电子频率，进行技术分析，收集对方电子技术的参数和对方电子控制平台的位置，实施信号的屏蔽和干扰，并为己方提供位置，实施打击。现代化电子卫星侦察技术的应用，实现了全球性无死角的电子侦察，其覆盖面积广，侦察的范围大，快速的定位和寻找目标大大提升了侦察的迅捷性。卫星采集信息进行数据的传输，并将数据转化为能够对我方使用的视频或定位，相比警戒接收系统而言范围更广，效率也更高。

以**雷达对抗侦察系统**为例，雷达对抗侦察系统主要由天线、测频/测向接收机、信号处理和显示记录等部分组成。天线及接收部分完成信号的截获和信号的变换，

通称为侦察机的前端，信号处理和显示部分完成信号的分析、识别、显示和记录，通称为侦察机的终端。其主要功能是信号截获、侧向定位、信号分选与识别、威胁警告。

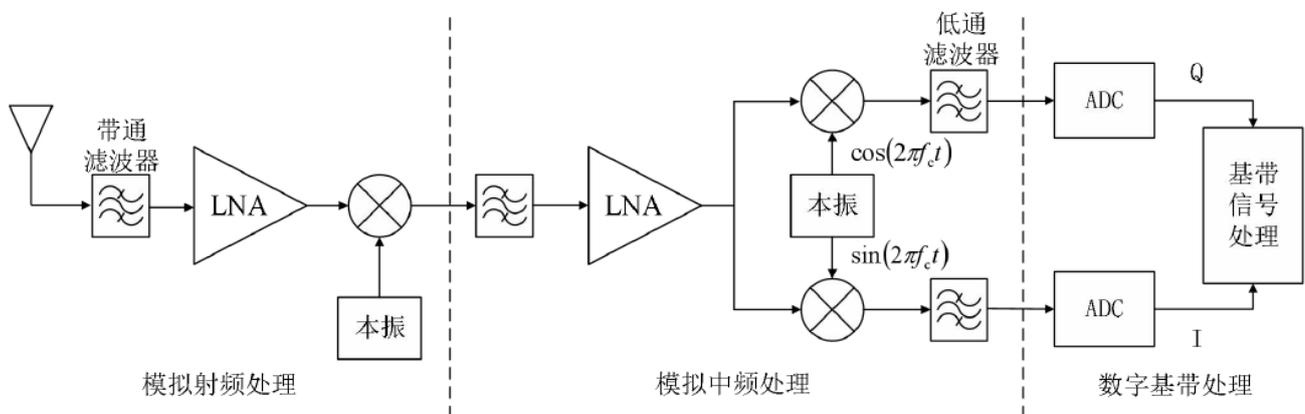
图表 143 雷达对抗侦察系统的基本组成



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

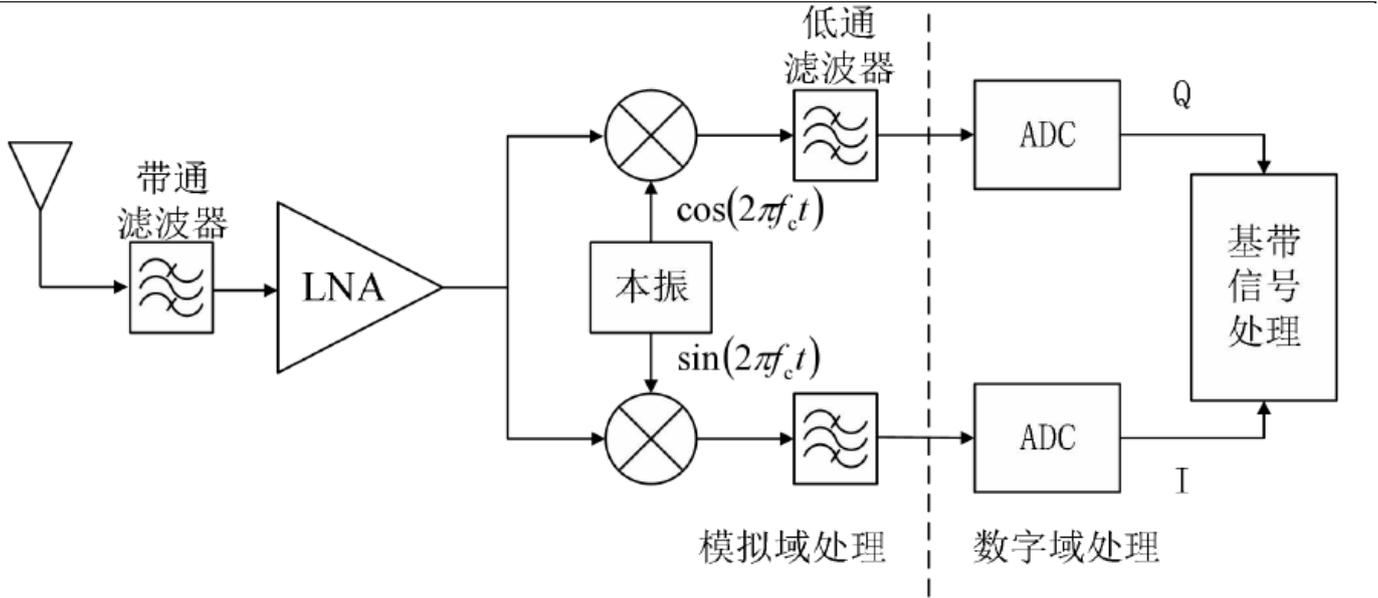
测频/测向接收机、信号处理是重要环节。电子对抗的本质是电磁频谱的争夺，因此对于侦察系统而言，敌方辐射型号的频域参数是需要侦察的最重要的参数之一。对于测频接收机而言，接收机用于测定辐射源信号工作频率的，随着高速数字电路和数字信号处理(DSP)技术的发展,已经能够将宽带信号直接进行 A/D 变换、保存和处理(数字接收机),使传统的测向、测频技术等与数字信号处理技术紧密地结合到了一起,不仅改善了当前系统的性能,并且具有良好的发展前景。对于信号处理而言,信号处理功能,是对随机交迭的信号进行自动地分选,即有去交错能力。因为只有先将随机交迭的脉冲流分离成各个雷达单独的脉冲列,在此基础上,才能对每个脉冲列进行信号参数的分析、进而识别辐射源的类型、判断其威胁等级。雷达对抗侦察装备在演习训练和例行侦察任务中,为了提高分选技术的水平,国内外学者提出了熵、神经网络、聚类、小波包特征等信号侦察算法,现分选技术能够适应特殊体制雷达信号。

图表 144 搜索式超外差接收机的基本构成



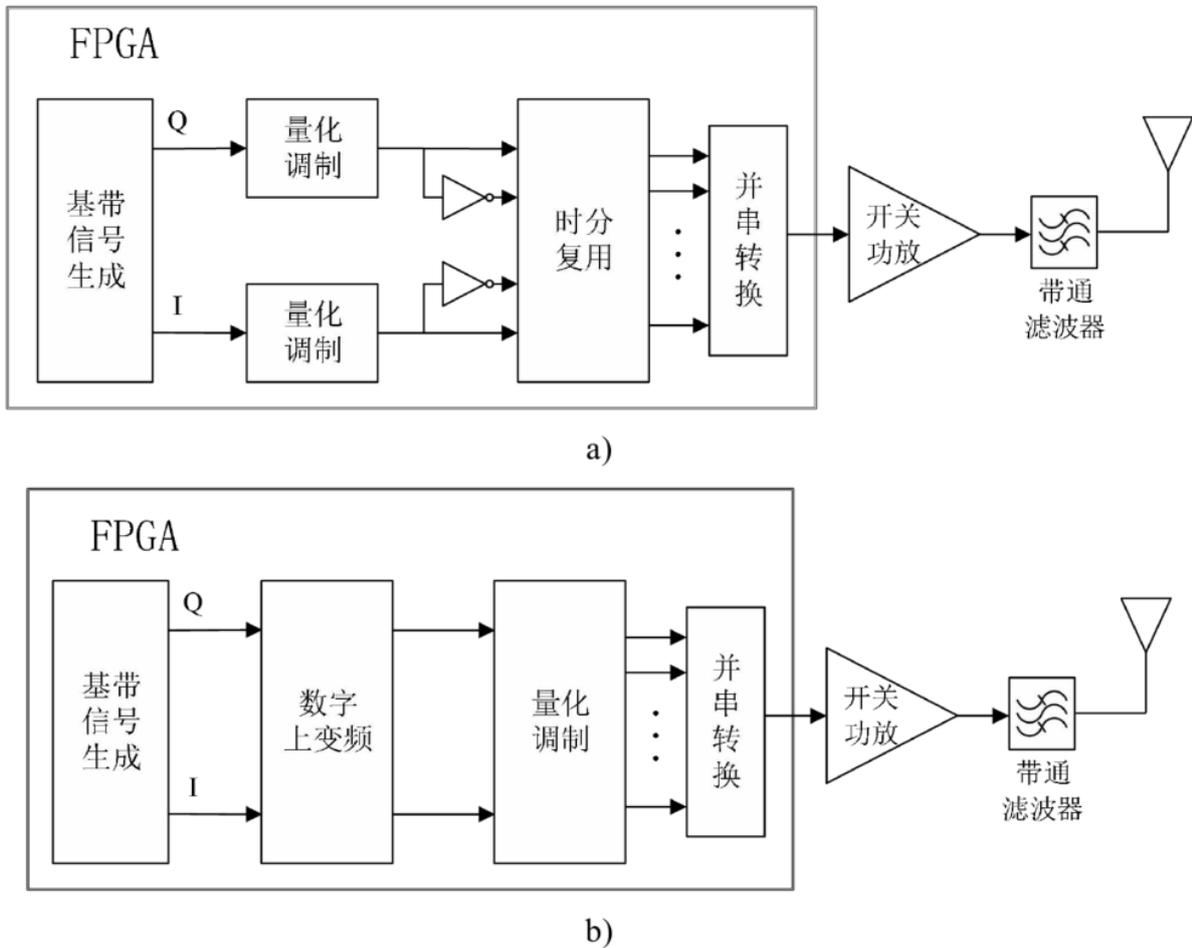
资料来源：《面向电子对抗的FPGA数字射频收发机设计与验证》，华安证券研究所

图表 145 零中频接收机的基本架构



资料来源：《面向电子对抗的FPGA数字射频收发机设计与验证》，华安证券研究所

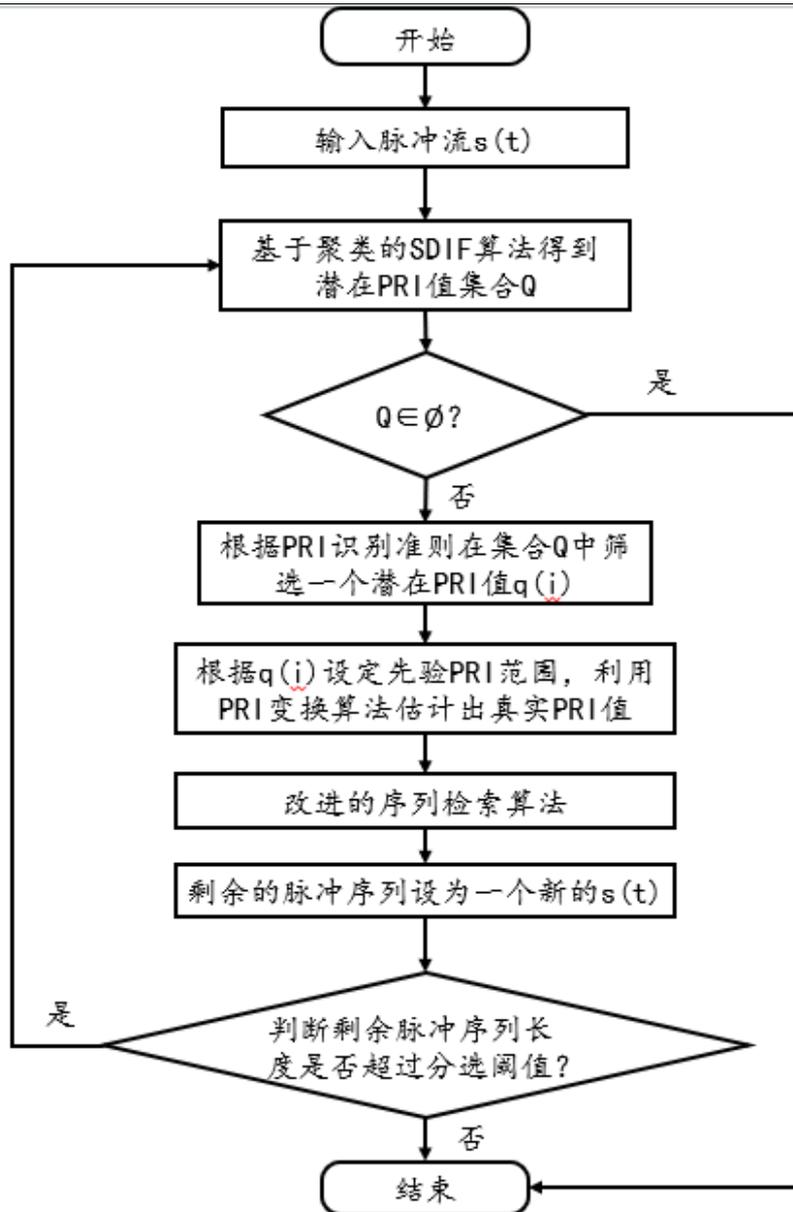
图表 146 FPGA 数字发射机基本架构



注：a) 基带量化调制型；b) 射频量化调制型

资料来源：《面向电子对抗的FPGA数字射频收发机设计与验证》，华安证券研究所

图表 147 综合信号分选算法流程图



资料来源：《一种高效的雷达信号综合分选算法》，华安证券研究所

图表 148 雷达信号处理的常用方法

信号处理方法	作用
数字正交采样	得到数字基带 I, Q 信号
脉冲压缩	提高噪音比 (SNR)
相干积累、非相干积累	提高噪音比 (SNR)
动目标显示 (MTI)	抑制杂波、提高信杂比 (SCR)
动目标检测 (MTD)	抑制杂波、提高信杂比 (SCR) 和噪音比 (SNR)、提供目标多普勒信息
旁瓣相消 (SLC)	干扰对消、降低干燥比 (JNR)
数字波束形成 (DBF)	空域滤波、提高噪音比 (SNR)
恒虚警检测 (CFAR)	自动检测目标

资料来源：《现代雷达系统分析与设计》，华安证券研究所

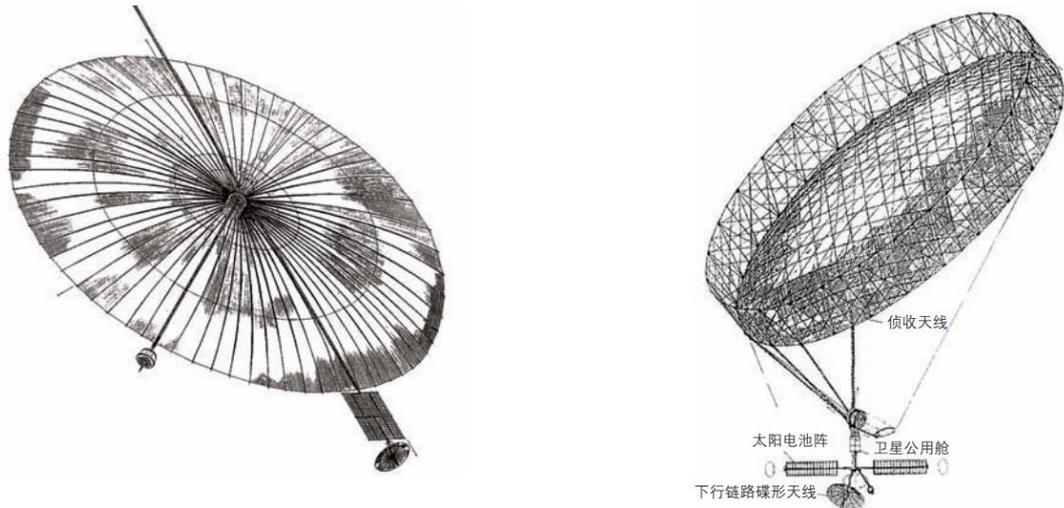
应用方面，目前电子侦察卫星及电子侦察飞机为电子侦察领域主要两大应用。

图表 149 美国电子侦察卫星发展情况

轨道与任务		1960s	1970s	1980s	1990s	2000 年后
地球同步轨道 (GEO)	通信情报	-	“峡谷” (Canyon)	“小屋” (Chalet) “漩涡” (Vortex)	“高级漩涡” (Advanced-Vortex) “水星” (Mercury)	
	电子情报	-	“流纹岩” (Rhyolite) “水技会演” (Aquacade)	“大酒瓶” (Maganum) “猎户座” (Orion)	“高级猎户座” (Advanced-Orion) “顾问” (Mentor)	
大椭圆轨道 (HEO)	电子情报	-	“弹射椅” (Jumpseat)		“军号” (Trumpet)	
低地球轨道 (LEO)	电子情报	雪貂-A、B (Ferret-A、B)			雪貂-D	“天基广域监视系统” (SB-WASS) “入侵者” (Intruder)
	海洋监视	“银河辐射背景” (GRAB)	海军海洋监视系统” (NOSS-1/1A/2)			

资料来源：《国外电子侦察卫星发展现状与启示》，华安证券研究所

图表 150 美国电子侦察卫星示意图



▲ 美国海湾战争中使用的“大酒瓶”电子侦察卫星示意图

▲ 美国“军号”电子侦察卫星示意图

资料来源：《电子侦察卫星：神秘的太空之眼》，华安证券研究所

图表 151 美国 EP-3 电子侦察机

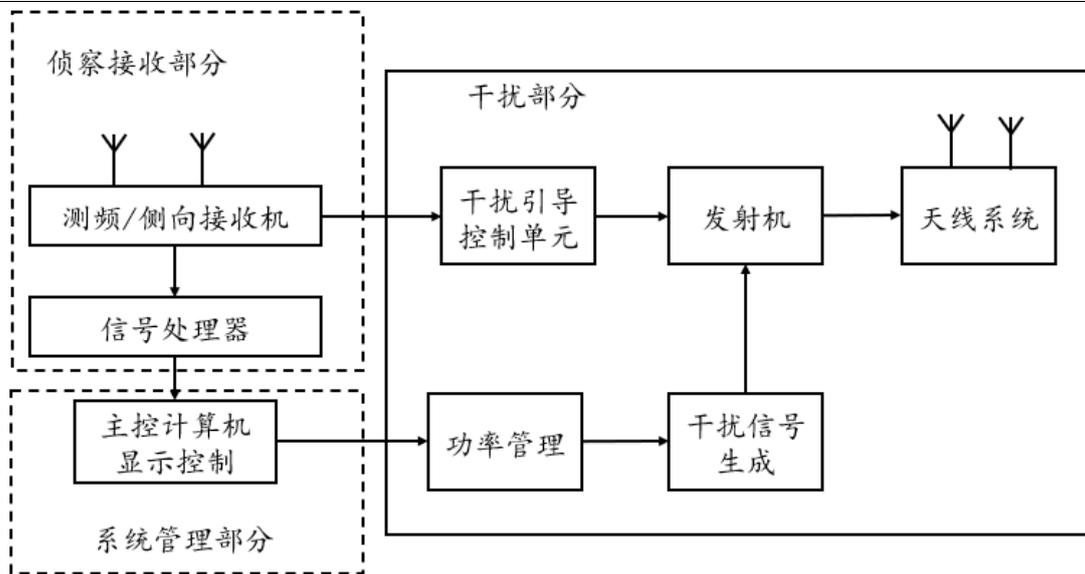


资料来源：《美国海军 EP-3E 电子侦察机》，华安证券研究所

- 电子进攻，为破坏和阻止敌方有效使用电子信息设备和系统而采取的行动。目的是力求造成敌方无线电通信混乱或中断、雷达迷盲、制导兵器失控，以致指挥失灵、协同失调、战斗力下降。主要包括电子干扰、反辐射摧毁、定向能攻击、计算机病毒干扰等。

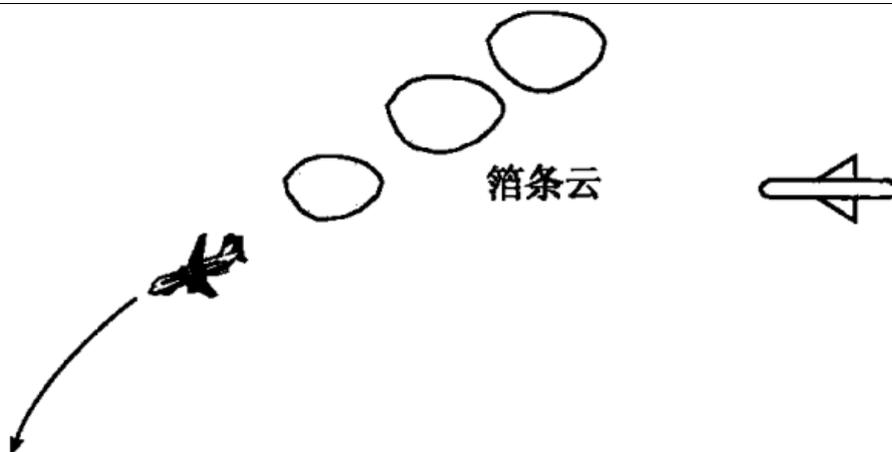
以**雷达干扰为例**，为了削弱和破坏敌方探测和通信网络，争夺战场的“制电磁权”，电子对抗的能力是必不可少的，而雷达干扰技术是电子对抗环节中重要的一环。通常情况下战场上一方将首先侦察获得敌方电磁频谱参数，然后使用各种相应的技术手段使其不能正常工作。在这种情况下，受干扰方的雷达探测或通信系统由于受到干扰和限制，将使其信息获取能力大幅降低，成为战场上的“聋子”和“瞎子”，从而降低干扰方自身的受威胁程度。雷达电子干扰的分类方法有多种：按照干扰的作用机理可分为压制干扰和欺骗干扰，按照干扰的空间几何位置可以分为自卫干扰和支援干扰，按照干扰能量的来源，可以分为有源干扰和无源干扰。

图表 152 雷达有源干扰系统组成



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

图表 153 雷达无源干扰中投放箔条干扰



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

应用方面，目前自卫干扰系统及支援干扰系统领域为主要两大应用。根据《军事信息技术基础》一书，自卫干扰系统主要有自卫干扰吊舱、箔条投放装置及综合自卫对抗系统，支援干扰系统主要有专用电子战飞机。

图表 154 ALQ-184 电子对抗吊舱



资料来源：搜狐新闻，华安证券研究所

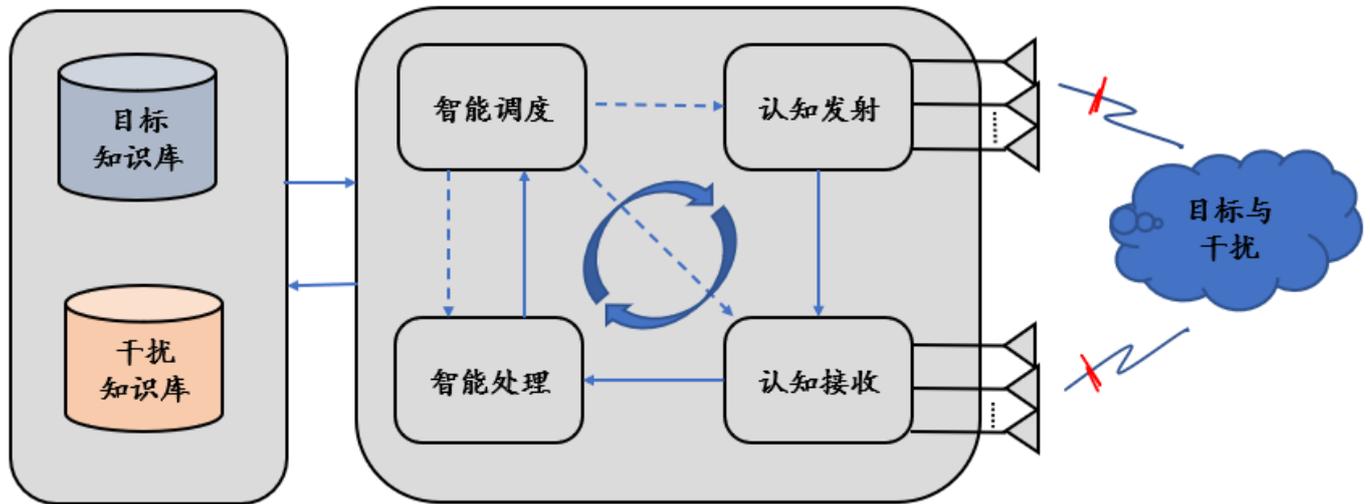
图表 155 美国舰载 EA-6B 徘徊者电子战飞机



资料来源：新浪军事，华安证券研究所

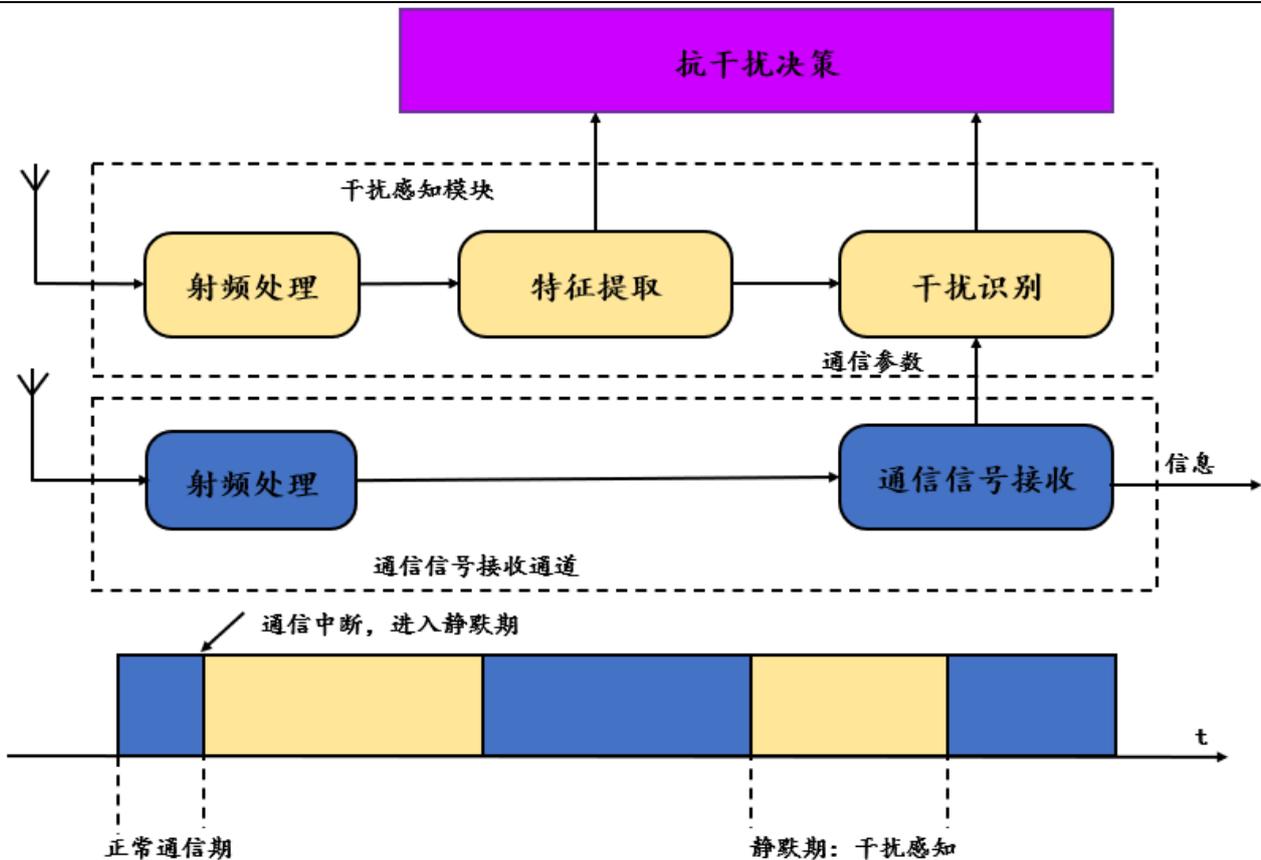
- 电子防御，电子防御是在敌方实施电子对抗的情况下，为保障己方电子设备和系统发挥效能而采取的措施和行动。是电子对抗重要的组成部分。电子防御包括反电子侦察、反电子干扰和对反辐射导弹的防护。

图表 156 认知智能雷达抗干扰技术架构示意图



资料来源：《认知智能雷达抗干扰技术综述与展望》，华安证券研究所

图表 157 抗干扰通信时序图

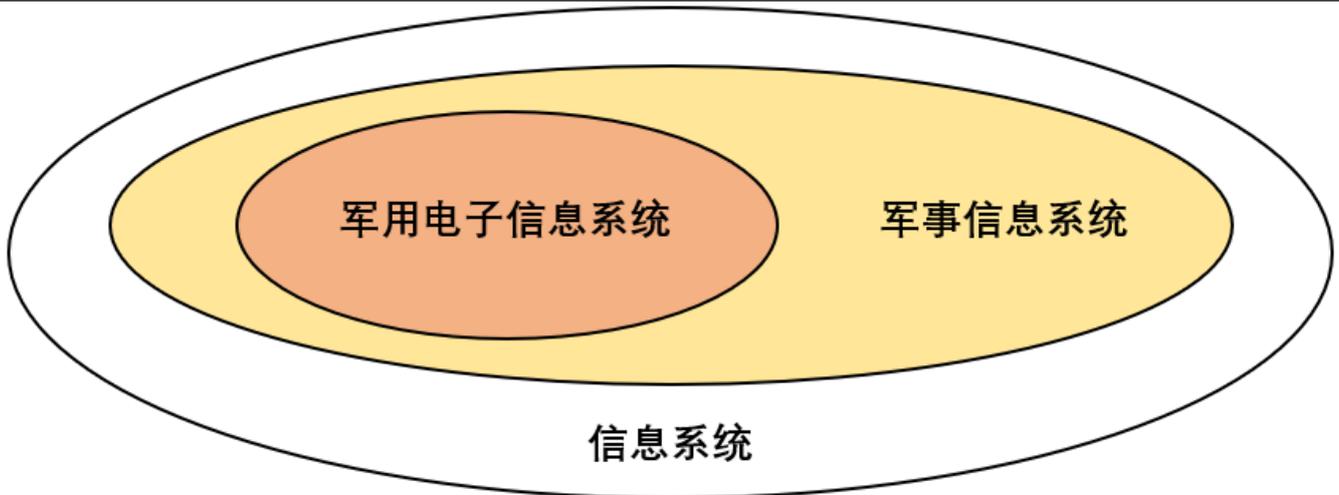


资料来源：《智能抗干扰通信关键技术研究》，华安证券研究所

### 3 应用角度：多领域市场空间规模超百亿

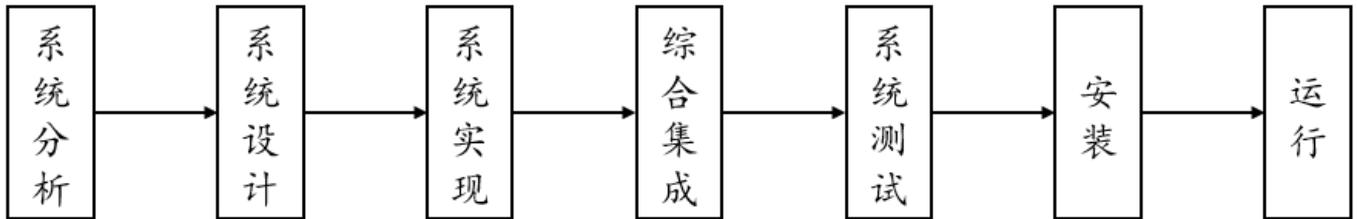
军事信息系统是综合了指挥、控制、通信、侦察、监视、情报、后勤、保障等众多系统的大型的复杂人机系统。在《军事信息系统分析与设计》书中指出，军事信息系统的概念有多种认识，但学术上对于军事信息系统的内涵认识基本一致，主要包含三方面：第一，能够涵盖军事信息的整个流程；第二，是包含相对独立的综合电子信息系统和嵌入式信息系统；第三，人机结合的系统。综合来看，军事信息系统主要包含指挥信息系统、作战信息系统和日常业务信息系统。

图表 158 信息系统、军事信息系统、军用电子信息系统的关系



资料来源：《军事信息技术基础》，华安证券研究所

图表 159 军事信息系统的开发过程图



资料来源：《军事信息系统分析与设计》，华安证券研究所

图表 160 军事信息系统分类

层面	类别
军兵种	陆军军事信息系统
	海军军事信息系统
	空军军事信息系统
	火箭军军事信息系统
指挥层次	战略军事信息系统
	战役军事信息系统

系统规模	战术军事信息系统
	平台级军事信息系统
	平台级军事信息系统
	小规模军事信息系统
	中等规模军事信息系统
应用领域	大型军事信息系统
	预警探测系统
	情报侦察系统
	导航定位和交通管制系统
	指挥控制系统
	军事通信系统
	电子对抗系统
综合保障信息系统	

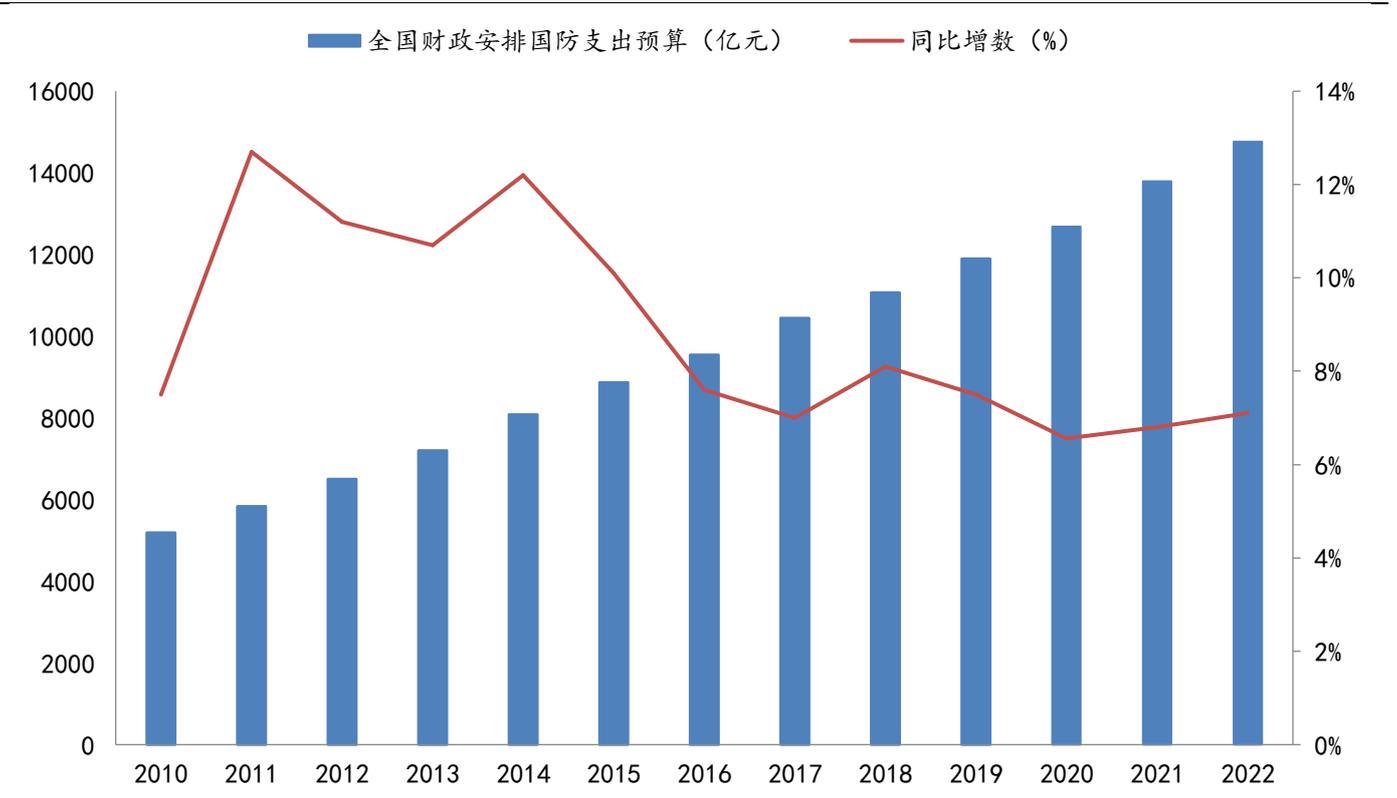
资料来源：《军事信息系统分析与设计》，华安证券研究所

### 3.1 军费稳定增长，政策催动国防信息化建设

我们认为有三点原因支撑国防化行业发展：

- 军费是军工行业发展源头，2022年增速虽有所提升，但我国国防预算支出占比GDP相较于其他国家仍较小，未来有持续提升的空间。

图表 161 2010-2022 年全国财政安排国防支出预算及同比增速



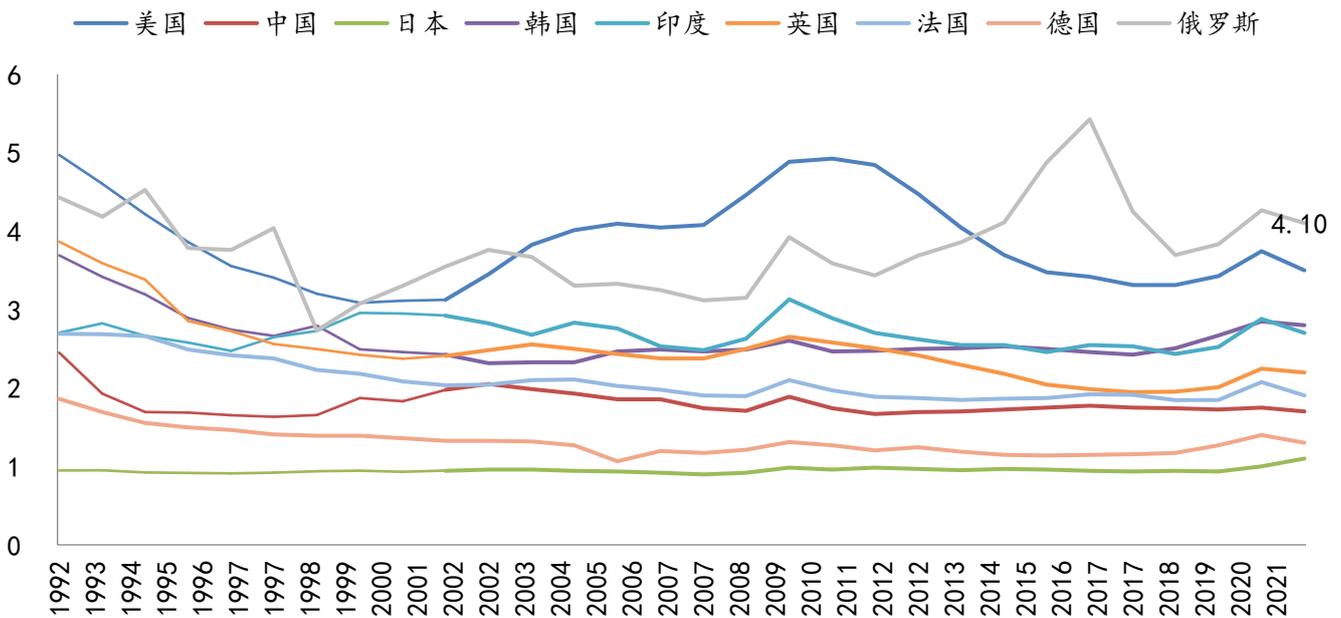
资料来源：腾讯新闻，华安证券研究所

国防军费是军工产业发展的源头，国防建设需要长期稳定的投入，军费预算与经济增长同步回落使其更具备持续性，有利于国防现代化建设的稳步发展。

2022年3月9日，十三届全国人大五次会议解放军和武警部队代表团新闻发言

人吴谦接受媒体采访时表示，2022 年全国财政安排国防支出预算 14760.81 亿元，其中，中央本级安排 14504.50 亿元，比上年预算执行数增长 7.1%。增加的国防费主要用于以下几个方面：一是按照军队建设“十四五”规划安排，全力保障规划任务推进落实，加快武器装备现代化建设。二是实施新时代人才强军战略，推动军事人员能力素质、结构布局、开发管理全面转型升级。三是深化国防和军队改革，保障军事政策制度等重大改革。四是与国家经济社会发展水平相适应，持续改善部队工作、训练和生活保障条件，提高官兵生活福利待遇。

图表 162 1992-2021 年全球部分国家军费占本国 GDP 比例（单位：%）



资料来源：wind，华安证券研究所

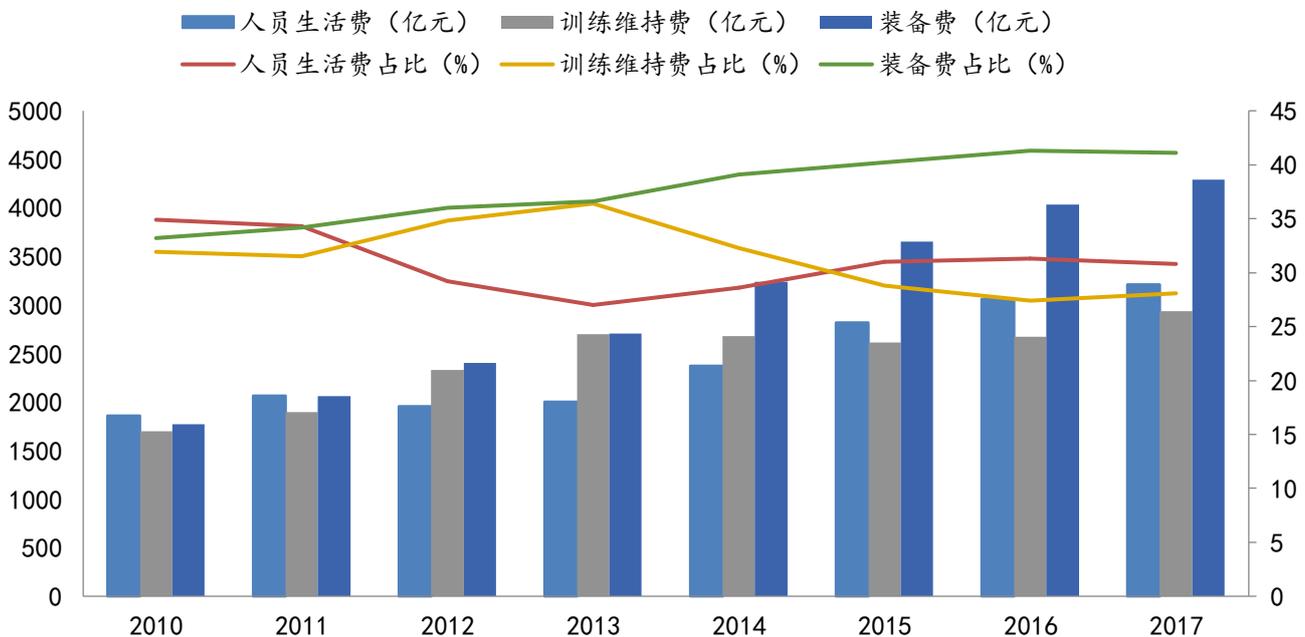
根据 Sipri 发布的《TRENDS IN WORLD MILITARY EXPENDITURE, 2021》，从军费占 GDP 比值看，2021 年中国军费支出占 GDP 比例仅为 1.7%，远小于俄罗斯（4.1%）、美国（3.5%）和韩国（2.8%）的占比，同时也是联合国安理会常任理事国中最低的。从全球防务支出的历史数据来看，冷战和美国反恐战争期间全球的防务开支经历了两次快速增长阶段，自 2011 年美国从伊拉克撤军以来，全球防务开支进入短暂的稳定阶段。受经济状况改善以及热点地区局势动荡的影响，美国、中东及东欧等地区军费开支快速增长，带动全球防务开支进入新一轮的增长周期。与世界第一大经济体美国相比，我国军工占比仍然较小，与我国世界第二大经济体地位不匹配。2022 年 2 月 27 日，德国总理宣布拟在 2022 年设立总额达 1000 亿欧元的基金用来提升武器装备水平和现代化水平，未来每年军费占 GDP 将达到 2% 以上，达到北约之前对成员国的 2% 军费比例要求。

- 武器装备建设已逐渐成为国防支出应用的重点，近年来国防支出中装备费一直保持 10% 以上的增速

中国国防费按用途划分，主要由人员生活费、训练维持费和装备费构成。人员生活费用于军官、文职干部、士兵和聘用的非现役人员，以及军队供养的离退休干部工资、津贴、伙食、被装、保险、福利、抚恤等。训练维持费用于部队训练、院校教育、

工程设施建设维护以及其他日常消耗性支出。装备费用于武器装备的研究、试验、采购、维修、运输、储存等。国防费的保障范围包括现役部队、预备役部队、民兵等。

图表 163 2010-2017 年我国军费使用结构



资料来源:《新时代的中国国防》, 华安证券研究所

国防部 2019 年发布的《新时代的中国国防》白皮书提出构建现代化武器装备体系。其主要内容包含完善优化武器装备体系结构, 统筹推进各军兵种武器装备发展, 统筹主战装备、信息系统、保障装备发展, 全面提升标准化、系列化、通用化水平。加大淘汰老旧装备力度, 逐步形成以高新技术装备为骨干的武器装备体系。15 式坦克、052D 驱逐舰、歼 20 战斗机、东风 26 中远程弹道导弹等装备列装部队。

自 2010 年至 2017 年, 我国国防支出中装备费由 1774 亿元增长至 4288 亿元, 复合增速达 13.44%, 占比也从 33.2% 提升至 41.1%。2015 年至 2017 年增速略有所下降主要原因系 2015 年中央军委宣布实施全面军改, 影响了部分军品的定型以及订单落地。整体来看, 国防支出中装备费的支出仍呈现增长态势。

● 产业政策不断推出, 我国正加快推进国防信息化进程, 国内民用电子元器件厂商迎来国产替代契机

现代战争对信息化的要求日益提高, 国防信息化建设水平已成为衡量一个国家综合战力水平的重要指标之一。根据中国产业信息网数据, 美国陆军的信息化装备程度已达到 50% 以上, 美国海军、空军的信息化装备程度已达到 70% 以上, 已初步建成了符合现代战争、战术要求的信息化国防体系。在此环境下, 我国正加快推进国防信息化进程, 近年来国家高度重视军工信息化建设, 不断出台政策推动行业发展。2016 年《军队建设发展“十三五”规划纲要》提出, 到 2020 年要构建能够打赢信息化战争的现代军事力量体系; 2021 年“十四五”规划指出, 要加快机械化信息化智能化融合发展, 全面加强练兵备战, 提高捍卫国家主权、安全、发展利益的战略能力, 确保 2027 年实现建军百年奋斗目标。

2016 年 5 月, 中央军委颁发《军队建设发展“十三五规划纲要”》提出, 到

2020年，军队要基本实现机械化，信息化建设需取得重大进展，要构建能够打赢信息化战争、有效履行使命任务的中国特色现代军事力量体系。2016年7月，中央办公厅、国务院办公厅印发的《国家信息化发展战略纲要》首次提出“积极适应国家安全形势新变化、信息技术发展新趋势和强军目标新要求，坚定不移把信息化作为军队现代化建设发展方向”，吹响了以信息化驱动军队现代化的进军号角。

图表 164 国防信息化部分主要政策法规

发布时间	发布单位	相关政策法规	主要内容
2021.07	国务院	《国务院关于深化“证照分离”改革进一步激发市场主体发展活力的通知》	取消省级国防科技工业部门实施的“第二类武器装备科研生产许可（初审）”，申请人直接向国家国防科工局提出申请加强事中事后监管措施：1、开展“双随机、一公开”监管、跨部门联合监管等，发现问题依法及时处理。2、依法及时处理投诉举报。3、强化信用约束，对弄虚作假、提供假冒伪劣产品等严重失信的企事业单位，依法依规将其列入失信黑名单并通报4、强化属地管理，地方国防科技工业部门对本行政区域内从事生产活动的单位加强监管。
2021.03	全国人大	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》	提出“加快国防和军队现代化，实现富国和强军相统一”；“加快武器装备现代化，聚力国防科技自主创新、原始创新，加速战略性前沿性颠覆性技术发展，加速武器装备升级换代和智能化武器装备发展。”同时，“深化军民科技协同创新，加强海洋、空天、网络空间、生物、新能源、人工智能、量子科技等领域军民统筹发展，推动军地科研设施资源共享，推进军地科研成果双向转化应用和重点产业发展。”
2019.07	国务院	《新时代的中国国防》	战争形态加速向信息化战争演变，中国特色军事变革取得重大进展，但信息化水平亟待提高。提出推进国防科技和军事理论创新发展，构建现代化武器装备体系，建设一切为了打仗的现代化后勤。
2017.11	国务院办	《国务院办公厅关于推动国防科技工业军民融合深度发展的意见》	提出进一步扩大军工开放、加强军民资源共享和协同创新、促进军民技术相互支撑、有效转化、支撑重点领域建设、推动军工服务国民经济发展、推进武器装备动员和核应急安全建设、完善法规政策体系。
2017.01	工信部	《软件和信息服务产业发展规划（2016-2020年）》	指出软件和信息技术服务业步入加速创新、快速迭代、群体突破的爆发期，加快向网络化、平台化、服务化、智能化、生态化演进；软件定义服务深刻影响了金融、物流、交通、文化、旅游等服务业的发展；到2020年，产业规模进一步扩大，技术创新体系更加完备，产业有效供给能力大幅提升，融合支撑效益进一步突显，培育壮大一批国际影响力大、竞争力强的龙头企业，基本形成具有国际竞争力的产业生态体系；到2020年，业务收入突破8万亿元，年均增长13%以上，软件出口超680亿美元，软件从业人员达到900万人。
2016.12	国务院	《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》	指出加快发展壮大新一代信息技术、高端装备、新材料、生物、新能源汽车、节能环保、数字创意等战略新兴产业，促进更广领域新技术、新产品、新业态、新模式蓬勃发展，建设制造强国，发展现代服务业，推动产业迈向中高端，有利支撑全面建成小康社会。
2016.08	国务院	《“十三五”国家创新规划》	规定了“十三五”期间科技创新的总体思路、发展目标、主要任务和重大举措，致力于发展构建包括新一代信息技术在内的具有国际竞争力的现代产业技术体系。
2016.07	中央军委	《关于经济建设和国防建设融合发展的意见》	提出到2020年，基本形成军民深度融合发展的基础领域资源共享体系、中国特色先进国防科技工业体系、军民科技协同创新体系、军事人才培养体系、军队保障社会化体系、国防动员体系。
2016.07	国务院	《国家信息化发展战略纲要》	积极适应国家安全形势新变化、信息技术发展新趋势和强军目标新要求，坚定不移把信息化作为军队现代化建设发展方向，贯彻军民融合

			深度发展战略思想，在新的起点上推动军队信息化建设跨越发展。
2016.05	中央军委	《军队建设发展“十三五”规划纲要》	提出未来五年军队信息化中军事通信、电子对抗、指挥控制、安全加密等成为重点建设领域。构建能够打赢信息化战争、有效履行使命任务的中国特色现代军事力量体系。
2013.11	中央军委	《中国人民解放军装备管理条例》	规定我军武器装备管理必须贯彻新时期军事战略方针，立足现有武器装备，以保障打赢现代技术特别是高技术条件下局部战争为目标，按照武器装备全系统、全寿命管理的要求，实行科学化、制度化、经常化管理。同时，强调武器装备管理应当遵循“统一领导、统筹规划、首长负责、分级管理”的原则。

资料来源：观想科技招股说明书，华安证券研究所

2022年10月，《高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗》报告中指出，“如期实现建军一百年奋斗目标，加快把人民军队建成世界一流军队，是全面建设社会主义现代化国家的战略要求。必须贯彻新时代党的强军思想，贯彻新时代军事战略方针，坚持党对人民军队的绝对领导，坚持政治建军、改革强军、科技强军、人才强军、依法治军，坚持边斗争、边备战、边建设，坚持机械化信息化智能化融合发展，加快军事理论现代化、军队组织形态现代化、军事人员现代化、武器装备现代化，提高捍卫国家主权、安全、发展利益战略能力，有效履行新时代人民军队使命任务。”

国防信息化行业是推动国防现代化全方位转型升级，实现国防军事从传统人力规模型向质量效能型和科技密集型转变的主要推动力量。近年来，国家先后颁布一系列鼓励性政策，支持优势民营企业进入国防信息化相关产业链条，在资质许可范围内提供信息化软件、硬件或配套服务。政策的出台，一方面再次强调了国防信息化建设的重要程度，另一方面也为民营企业进入国防信息化市场提供了历史性机遇，为国防信息化行业的发展营造了优良的政策环境。

图表 165 国家出台的一系列推动国防信息化行业良性发展的政策

发布时间	发布单位	相关政策法规	主要内容
2019.7	国务院	《新时代的中国国防》	战争形态加速向信息化战争演变，中国特色军事变革取得重大进展，但信息化水平亟待提高。提出推进国防科技和军事理论创新发展，构建现代化武器装备体系，建设一切为了打仗的现代化后勤。
2017.11	国务院办	《国务院办公厅关于推动国防科技工业军民融合深度发展的意见》	提出进一步扩大军工开放、加强军民资源共享和协同创新、促进军民技术相互支撑、有效转化、支撑重点领域建设、推动军工服务国民经济发展、推进武器装备动员和核应急安全建设、完善法规政策体系。
2021.11	中央军委	《军队装备订购规定》	按照军委管总、战区主战、军种主建的总原则，规范了军队装备订购工作的管理机制；坚持以战领建，明确保障战斗力快速生成的具体措施；贯彻军队现代化管理理念，完善装备订购工作需求生成、规划计划、建设立项、合同订立、履行监督的管理流程；破解制约装备建设的矛盾问题，构建质量至上、竞争择优、集约高效、监督制衡的工作制度。

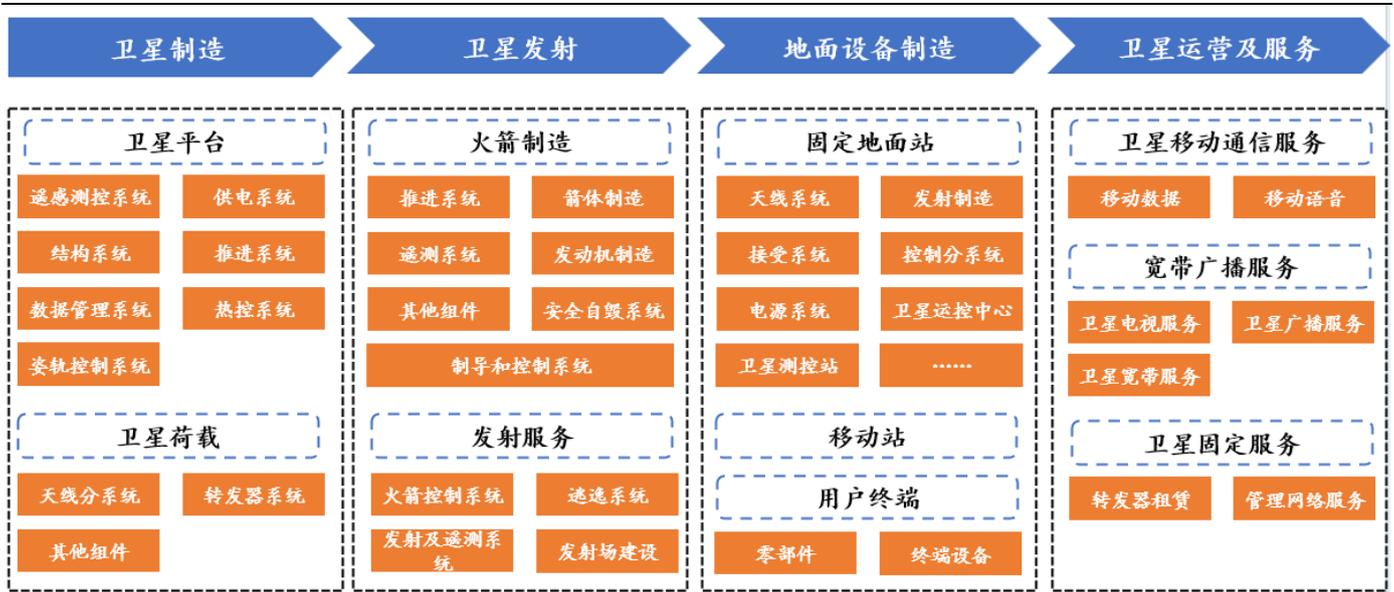
资料来源：观想科技招股说明书，华安证券研究所

### 3.2 卫星：持续关注卫星互联网及导航发展

卫星产业是国家战略性高技术产业。应用卫星研制生产已形成系列化，正在从

试验应用型向业务服务型转变，卫星应用已成为经济建设、社会发展和政府决策的重要支撑。卫星及其应用产业链总体分为四个环节：1) 电器元件材料等卫星火箭配套厂商；2) 卫星研制商、发射服务提供商以及地面设备制造商；3) 卫星运营商与卫星应用服务提供商；4) 终端用户（政府、企事业单位、个人）。

图表 166 卫星产业链



资料来源：前瞻产业研究院，华安证券研究所

图表 167 中国卫星产业链（列举部分公司）



资料来源：前瞻产业研究院，华安证券研究所

按照用途不同，卫星可分为科学研究、技术试验和应用卫星，其中应用卫星包括通信卫星、气象卫星、侦察卫星、导航卫星等。按照轨道类型分为低轨道卫星（LEO）、中轨道卫星（MEO）、地球同步轨道卫星（GEO）、大椭圆轨道卫星；目前我国大部分卫星基于低轨道和同步轨道。

图表 168 卫星分类

卫星按照用途不同的分类		
用途	具体应用	
科学研究	科学探测和研究	
技术试验	卫星工程技术和空间应用技术的原理性或工程性试验	
应用卫星	通信	通过转发无线电通信信号来保持航天器与地面的联系
	遥感	地物识别、获取影像、对地观测，环境减灾，测绘成图等
	导航	地球点位的方向判读以及全球定位和引导等
	侦察	窃取军事情报、搜集地面目标的电磁波信息，监视预警等
卫星按照轨道不同的分类		
轨道类型	轨道高度/km	典型代表
低轨道 (LEO)	小于 2000	通信卫星星座：OneWeb、StarLink
中轨道 (MEO)	2000-35786	定位导航卫星：GPS、格洛纳斯 GLONASS、加利略 Galileo
高轨道 (HEO)	大于 35786	宽带通信卫星

资料来源：观研报告网，华安证券研究所

卫星产业链分为卫星制造、卫星发射、地面设备、卫星运营及服务四个部分。其中，卫星制造分为卫星平台和卫星载荷；卫星发射包括火箭制造和发射服务；地面设备包括固定地面站、移动站和用户终端；卫星运营及服务包含卫星移动通信服务、宽带广播服务和卫星固定服务。

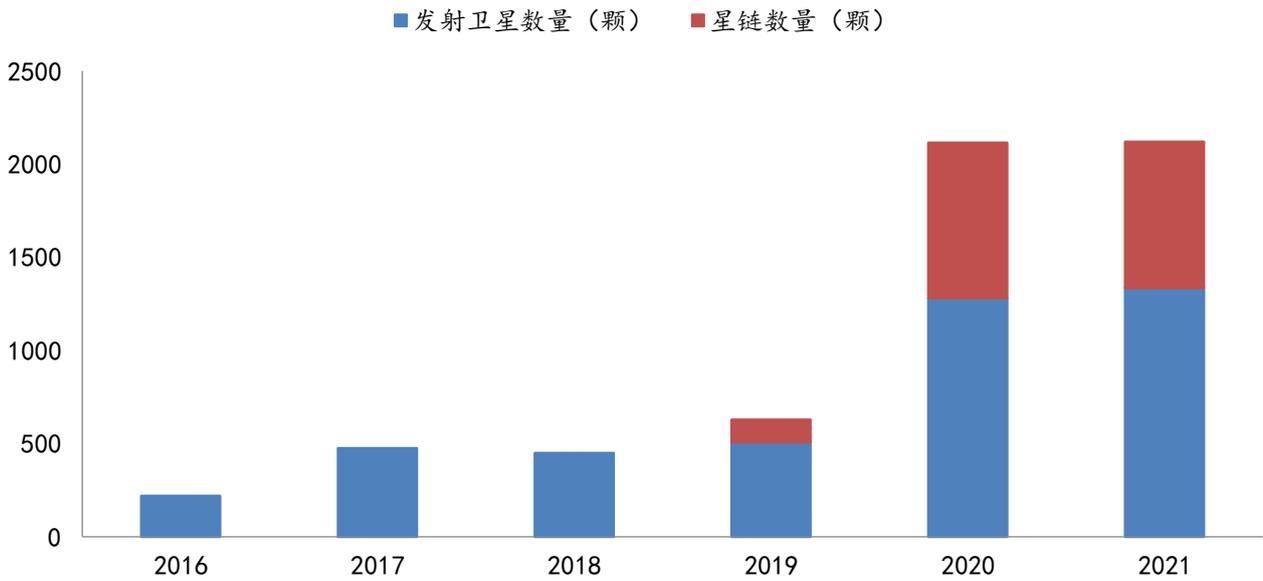
图表 169 卫星互联网产业链细分领域

产业链	细分	具体
卫星制造	卫星平台	遥感测控系统、供电系统、结构系统、推进系统、数据管理系统、热控系统、轨控系统
	卫星载荷	天线分系统、转发器分系统、其他组件
卫星发射	火箭制造	推进系统、箭体制造、遥测系统、其他组件、发动机制造、制导和控制系统、安全自毁系统
	发射服务	火箭控制系统、逃逸系统、发射及遥测系统、发射场建设
地面设备	固定地面站	天线系统、发射系统、接收系统、信道终端系统、控制分系统、电源系统、卫星运控中心、卫星测控站
	移动站	集成式天线、调制解调器、其他设备
	用户终端	零部件、终端设备
卫星运营及服务	卫星移动通信服务	移动数据、移动语音
	宽带广播服务	卫星电视服务、卫星广播服务、卫星宽带服务
	卫星固定服务	转发器租赁、管理网络服务

资料来源：华经情报网，华安证券研究所

全球市场来看，根据智研咨询数据，2021 年全球发射卫星数量为 1336 颗，同比增长 4.3%；星链数量为 783 颗，同比下降 6%。从 2021 年 1-9 月全球在轨卫星按用途分布来看，通信卫星数目最多，占比为 63%。根据客户来看，商用卫星数量最多，占比 71%。

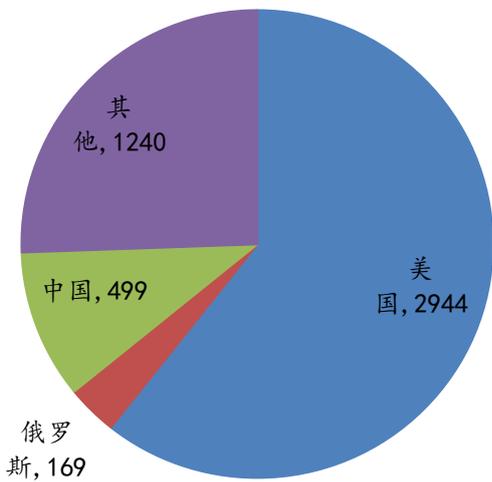
图表 170 2016-2021 年全球发射卫星及星链数量



资料来源：智研咨询，华安证券研究所

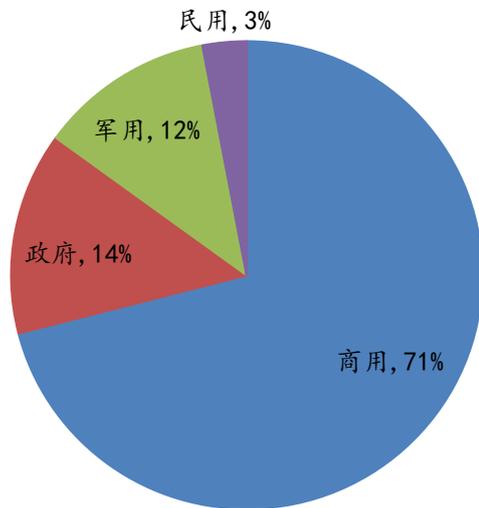
根据 UCS 数据，2021 年全球在轨卫星数量 4852 颗，其中，中国在轨卫星数量为 499 个，占所有在轨卫星比重的 10.28%，为世界第二大在轨有效卫星的拥有国；而美国在轨卫星数量为 2944 个，是中国的 5.9 倍。未来中国航天产业仍存在较大的提升空间。

图表 171 2021 年全球各国在轨卫星数量 (颗)



资料来源：华经产业研究院，华安证券研究所

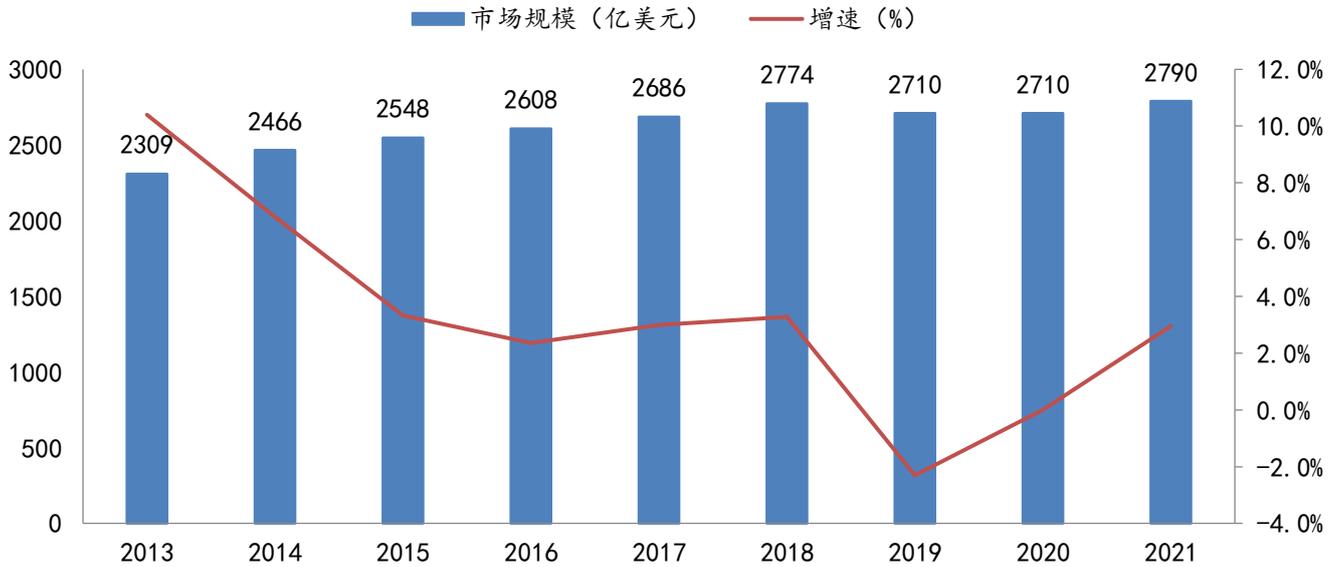
图表 172 2021 年 1-9 月全球各类在轨卫星占比



资料来源：智研咨询，华安证券研究所

2013-2021 年，全球卫星产业收入保持逐年增长。从增长速率上来看，2013-2015 年，全球卫星产业收入增速快速下降，到 2015-2018 年，收入增速趋于稳定，保持在 3% 左右。2019-2021 年增速受多方面影响有所停滞，2021 年卫星产业占全球航天业务的 72%，收入为 2790 亿美元，比 2020 年增长 3%。

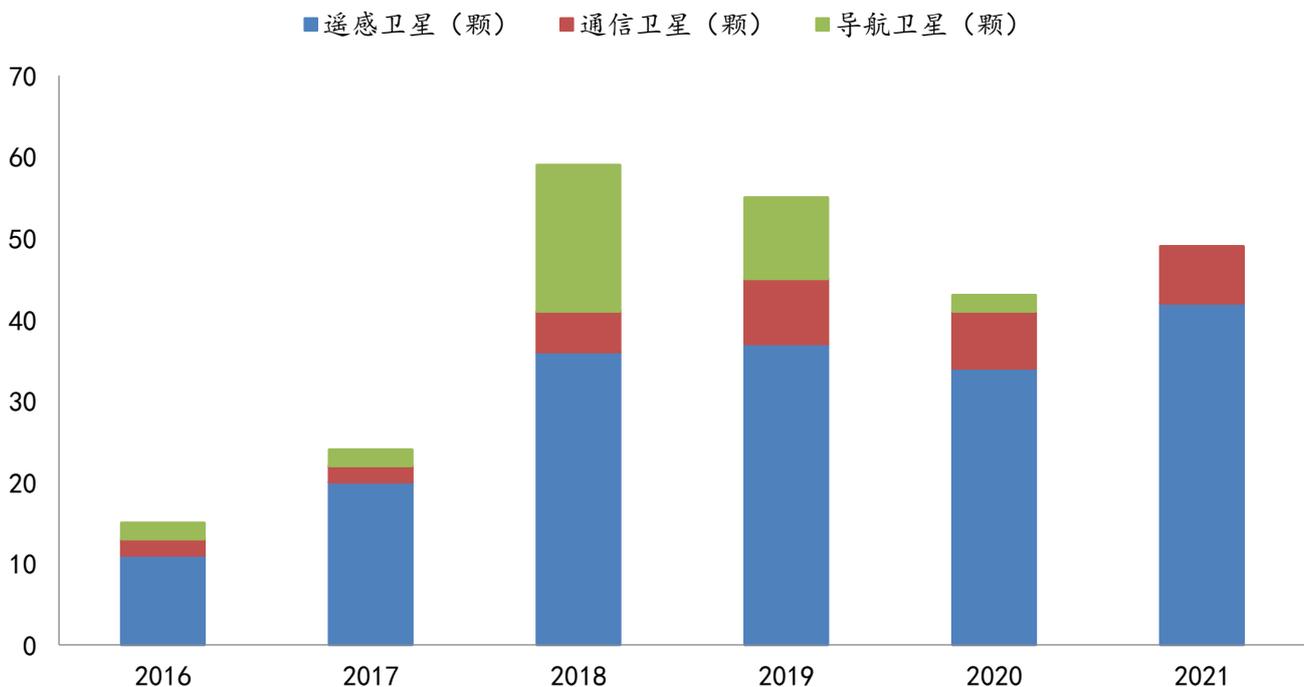
图表 173 2013-2021 年全球卫星产业收入规模统计及增长情况



资料来源：智研咨询，华安证券研究所

全球市场来看，根据智研咨询数据，2021 年 9 月底中国共计发射 42 颗遥感卫星，但通信卫星只有 7 颗，导航卫星更是没有。从中国目前在轨卫星分布来看，2021 年 1-9 月中国遥感卫星数目最多占比为 53%。通信和导航卫星分别只占有 13% 和 10%。根据客户来看，我国较多由政府 and 军方主导。政府卫星占比最高，为 38%；其次为军用卫星，占比 29%。此外近年来随着商业卫星的发展，其占比也达到了 28%。

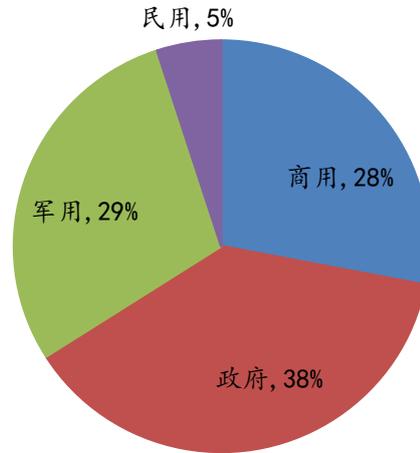
图表 174 2016-2021 年中国各类卫星发射数量



注：2021 年数据为 1-9 月

资料来源：智研咨询，华安证券研究所

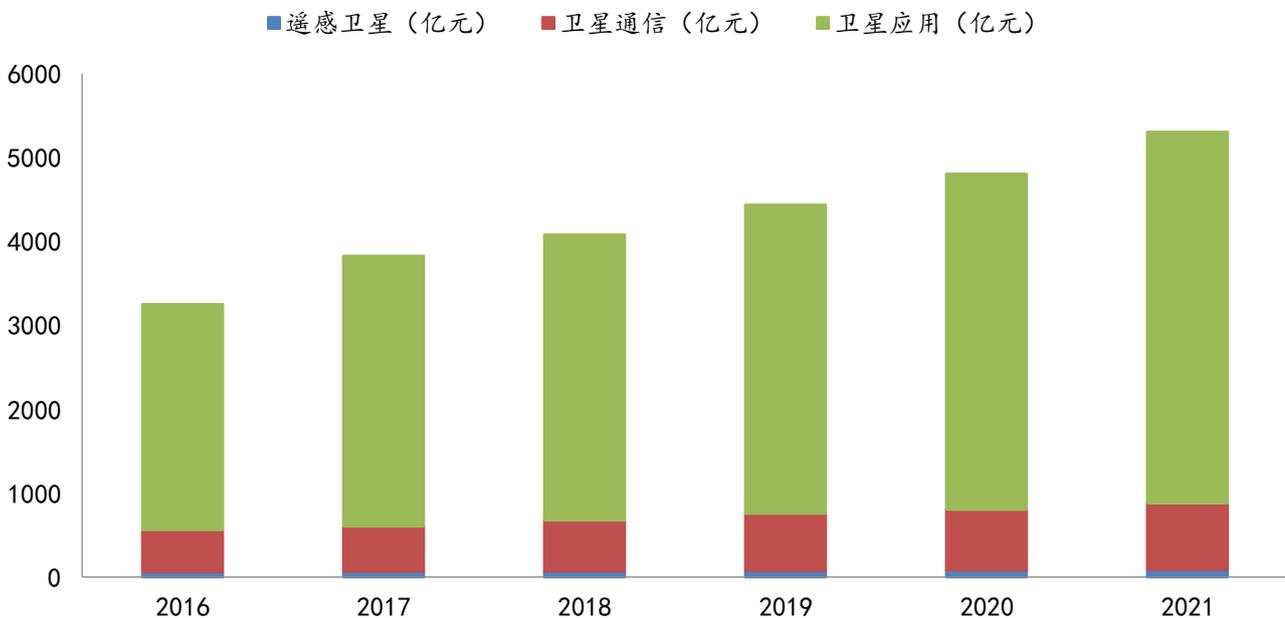
图表 175 2021 年 1-9 月中国各类在轨卫星占比



注：2021 年数据为 1-9 月  
资料来源：智研咨询，华安证券研究所

市场近年来虽然增速有所放缓，但中国卫星应用行业市场规模保持稳步提升的趋势。2021 年中国遥感卫星市场规模约为 88.3 亿元，同比增长 7.9%；卫星通信市场规模约为 792 亿元，同比增长 9.6%；卫星应用市场规模为 4422 亿元，同比增长 10.6%。

图表 176 2016-2021 年中国各类卫星行业市场规模



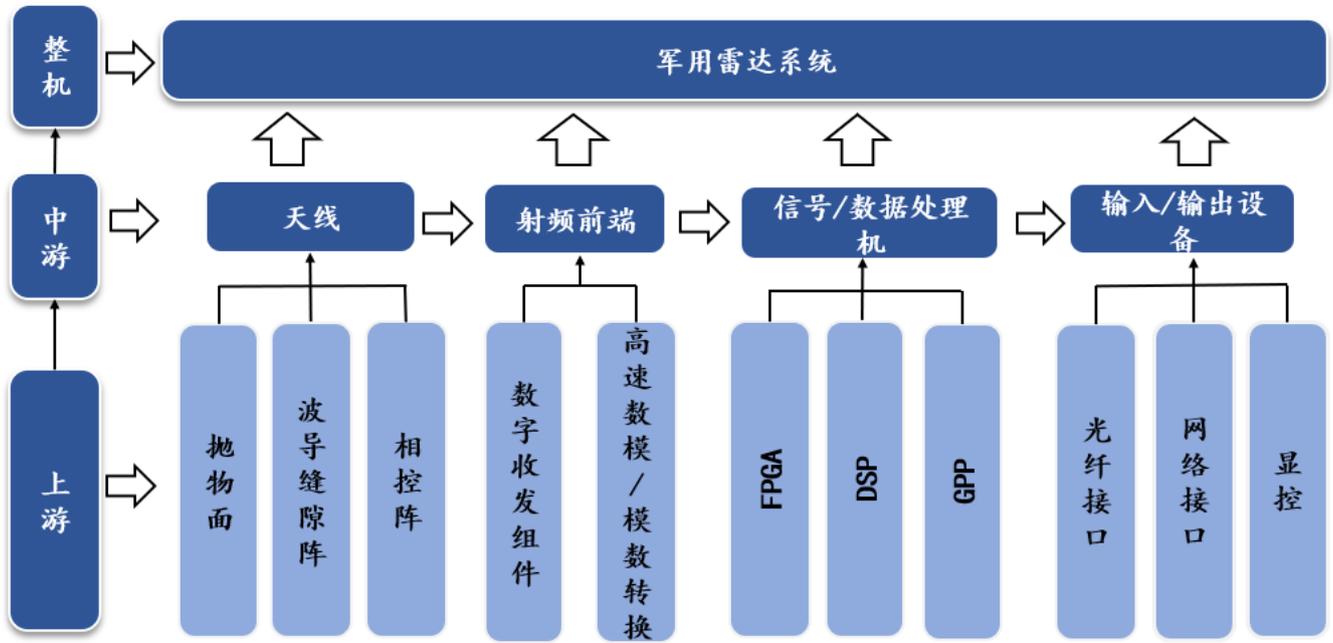
资料来源：智研咨询，华安证券研究所

### 3.3 雷达：重点关注相控阵雷达及相关组件

军用雷达是利用电磁波探测目标的军用电子装备，雷达发射的电磁波照射目标并接收其回波，由此来发现目标并测定位置、运动方向和速度及其它特性，并且能

适应战场上恶劣的环境、能全天候使用等特点。雷达系统主要由天线、发射机、接收机、信号处理机、数据处理机和显示器等若干分系统构成，因此可分为上游原材料/元器件，中游分系统，下游整机厂。

图表 177 雷达产业链



资料来源：《“软件化雷达”技术研究》，华安证券研究所

图表 178 中国雷达产业链（列举部分公司）



资料来源：乐晴智库，华安证券研究所

有源相控阵雷达凭借其独特的优势，已广泛应用于飞机、舰船、卫星等装备上，

成为目前雷达技术发展的主流趋势。根据铖昌科技招股说明书，现代战争要求雷达技术具备抗侦查、抗干扰、抗隐身的能力，为了满足这些新要求，雷达技术在探测器的构型、观测视角覆盖和信号空间维度三个技术方向发展，形成三种主流技术体制：相控阵、合成孔径和脉冲多普勒。相控阵雷达是指通过计算机控制各辐射单元的相位，改变波束的指向进行扫描的雷达，具有快速而精确的波束切换及指向能力，使雷达能够在极短时间内完成全空域扫描。相控阵雷达的每个辐射天线单元都配装有一个发射/接收组件，每一个组件包含独立的功率放大器芯片、低噪声放大器芯片、幅相控制芯片等，使其都能自己产生、接收电磁波，得到精确可预测的辐射方向图和波束指向，在频宽、信号处理和冗余设计上都比传统无源及机械扫描雷达具有较大的优势，因此在探测、遥感、通信、导航、电子对抗等领域获得广泛应用。

图表 179 有源相控阵雷达、无源相控阵雷达和机械扫描雷达主要能力表

	有源相控阵	无源相控阵	机械扫描
多目标探测能力	强	强	一般(搜索区域受限)
多目标制导能力	强(6个目标)	强(4个目标)	一般(2个目标)
抗干扰能力	强	一般	一般
对抗能力	X波段侦收与干扰	无	无
复合多任务能力	有	无	无
同频兼容工作能力	强(兼容设计)	一般(闭锁设计)	一般(闭锁设计)
低截获概率(LPI)	有	有	无
工作带宽	宽带(2-4GHz)	窄带(300MHz)	窄带(300MHz)
任务可靠性	高(500h)	一般(200h)	一般(200h)

资料来源：《机载有源相控阵雷达的作战优势、性能对比及军事应用》，华安证券研究所

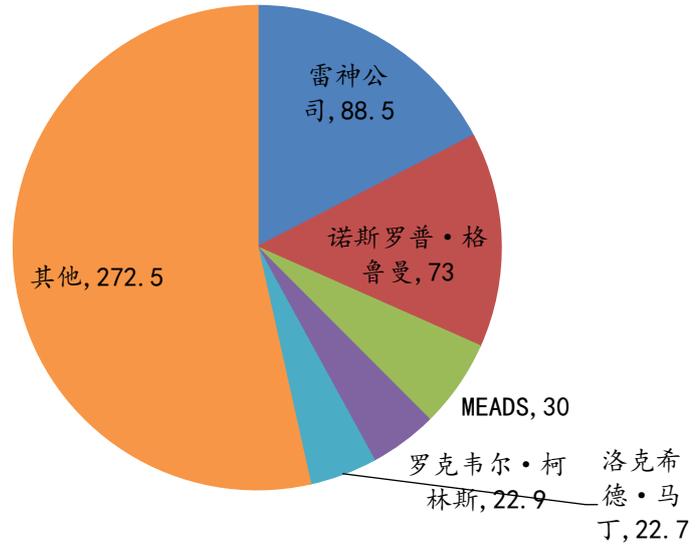
当前，国外机载火控雷达主要由美国、俄罗斯和欧洲形成三足鼎立的格局，但是各自又形成了自己的发展特色。根据预测国际报告，雷达产品的产值及其在市场份额中所占比例排名前5位的公司依次是：雷神公司、诺斯罗普·格鲁曼公司、MEADS 国际公司、罗克韦尔·柯林斯公司和洛克希德·马丁公司。5家公司合计市场规模约为237亿美元，约占市场总额的46.5%。

图表 180 外军主要有源相控阵雷达研发装备情况

雷达型号	装配机型	状态	所属国别
AN/APG-63 (V)	F-15C/D	服役中	美国
AN/APG-80	F-16E/F	生产中	
AN / APG-82	F-15E	研发中	
AN/APG-79	F/A-18E/F	服役中	
AN/APG-77	F-22	小批量生产	
AN/APG-81	F-35	研发中	
Zhuk AE	米格-35、米格-29 升级	在研	俄罗斯
AFAR-X	T-50	在研	
RBE-2AA	“阵风”战斗机升级	研发中	欧洲
Captor-E	“台风”战斗机升级	研发中	
ES-05	JAS-39E/F	研发中	

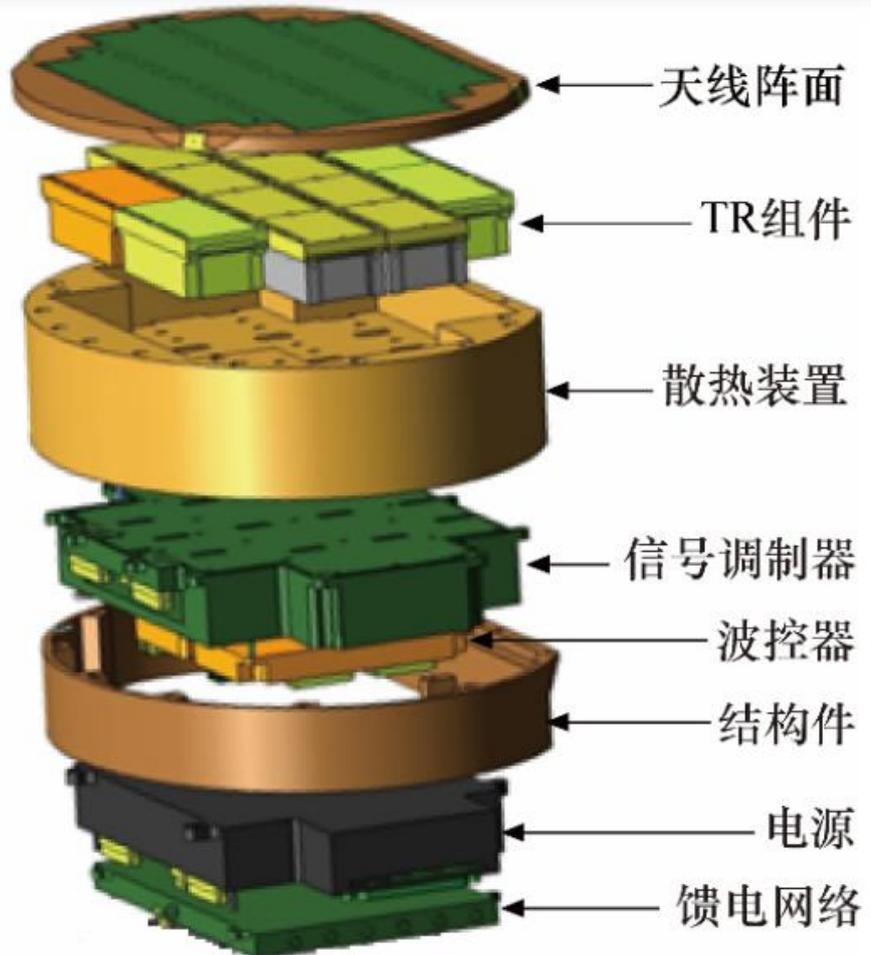
资料来源：《机载有源相控阵雷达的作战优势、性能对比及军事应用》，华安证券研究所

图表 181 2011-2020 年军用雷达主要厂商市场份额 (单位: 亿美元)



资料来源: 中为咨询, 华安证券研究所

图表 182 典型的有源相控阵天线系统组成



资料来源: 《低成本有源相控阵天线研究》, 华安证券研究所

在有源相控阵天线的成本中，T/R 组件的成本占有重要比重，有源相控阵天线的材料成本，射频芯片占有重要比重。所谓有源相控阵天线，就是在每个天线单元通道中设置固态发射/接收组件，其典型的特征就是在每个天线单元发射通道中集成了功率放大器和在每个天线单元接收通道中集成了低噪声放大器。典型的有源相控阵天线主要包括天线阵面、T/R 组件、馈电网络、波控器、电源(含信号调制器)、以及结构件(含散热装置)等。天线阵面主要包括辐射单元、金属基板、射频接插件等。T/R 组件包括 T/R 腔体、PCB 板或 LTCC 板、软基片、功率放大器、低噪声放大器、移相器、串并转换、滤波器，温度补偿、射频接插件、以及低频接插件等。对于成本组成而言，不同体制、不同规模、不同频率、不同输出功率的有源相控阵天线的成本组成是有变化的。

图表 183 有源相控阵天线模块成本构成

名称	脉冲体制 320 阵元	连续波体制 144 阵元
天线阵面	5.5%	8.3%
T/R 组件	52.7%	41.7%
馈电网络	6.2%	5.4%
波控器	7.1%	13.6%
电源调制器	10.4%	-
电源	7.6%	13.4%
结构	10.5%	17.6%

资料来源：《低成本有源相控阵天线研究》，华安证券研究所

图表 184 有源相控阵天线材料成本构成

名称	脉冲体制 320 阵元	连续波体制 144 阵元
接插件与电缆	6.7%	6.8%
印制板	5.6%	7.5%
射频芯片	53.6%	40.1%
材料二次集成	3.4%	6.2%
安装件	8.8%	11.2%
微组装	11.2%	12.4%
调试与测试	10.8%	14.9%

资料来源：《低成本有源相控阵天线研究》，华安证券研究所

市场空间方面，由于有源相控阵火控雷达信号的发射和接收是由上千个 T/R 组件完成，相互之间存在冗余，因此少数单元失效对系统性能影响不大。试验表明，有源相控阵天线中有 10% 的单元失效时，对雷达总体性能无显著影响，不需维修。30% 的辐射器失效时，系统增益降低 3dB，但系统仍可维持基本工作性能。一般情况下，有源相控阵体制雷达的任务可靠性 (MTBF 指标达 500h) 是无源相控阵和机械扫描体制雷达可靠性 (MTBF 指标一般为 200h) 的 2~3 倍。

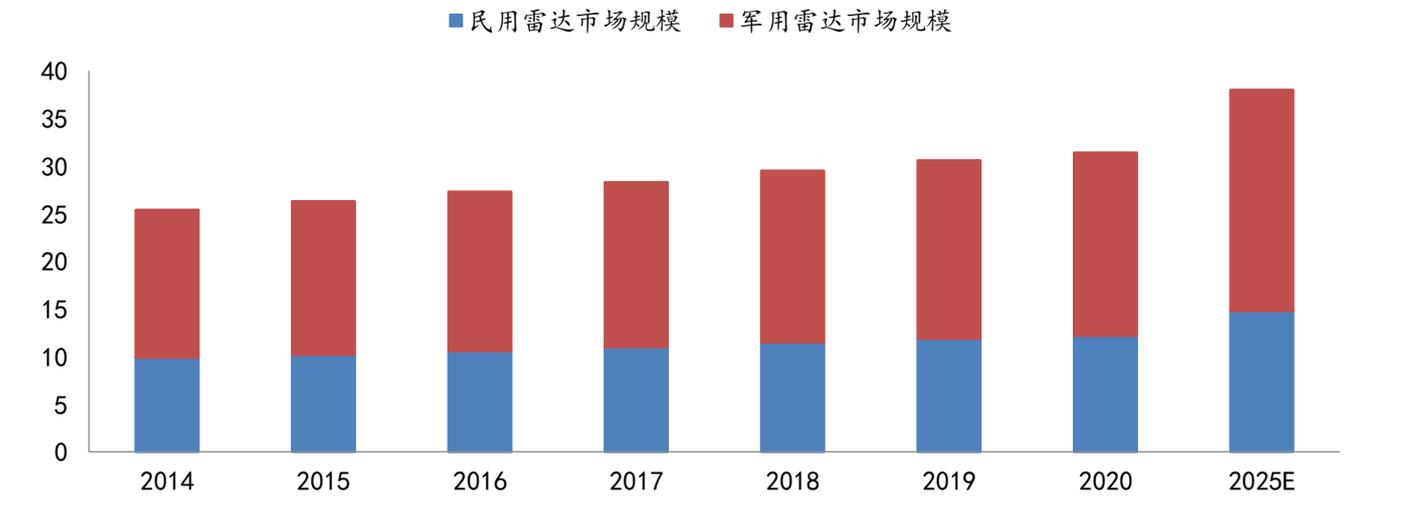
图表 185 四型主要战机装备有源相控阵雷达的模块数

战机型号	F-22	F-18E/F	F-18E/F	F-35
雷达型号	AN/APG77	AN/APG79	AN/APG80	AN/APG81
模块数(T/R)	2000 个	1100 个	约 1000 个	1200 个

资料来源：《机载有源相控阵雷达的作战优势、性能对比及军事应用》，华安证券研究所

根据 Grandview Research 研究报告，2020 年全球雷达市场规模为 314 亿美元，全球军用雷达市场规模为 192 亿美元，约占全球雷达市场份额的 61.15%；预计 2025 年全球雷达市场规模将达到 380 亿美元，按此比例测算，预计 2025 年全球军用雷达市场规模可达到 232 亿美元。

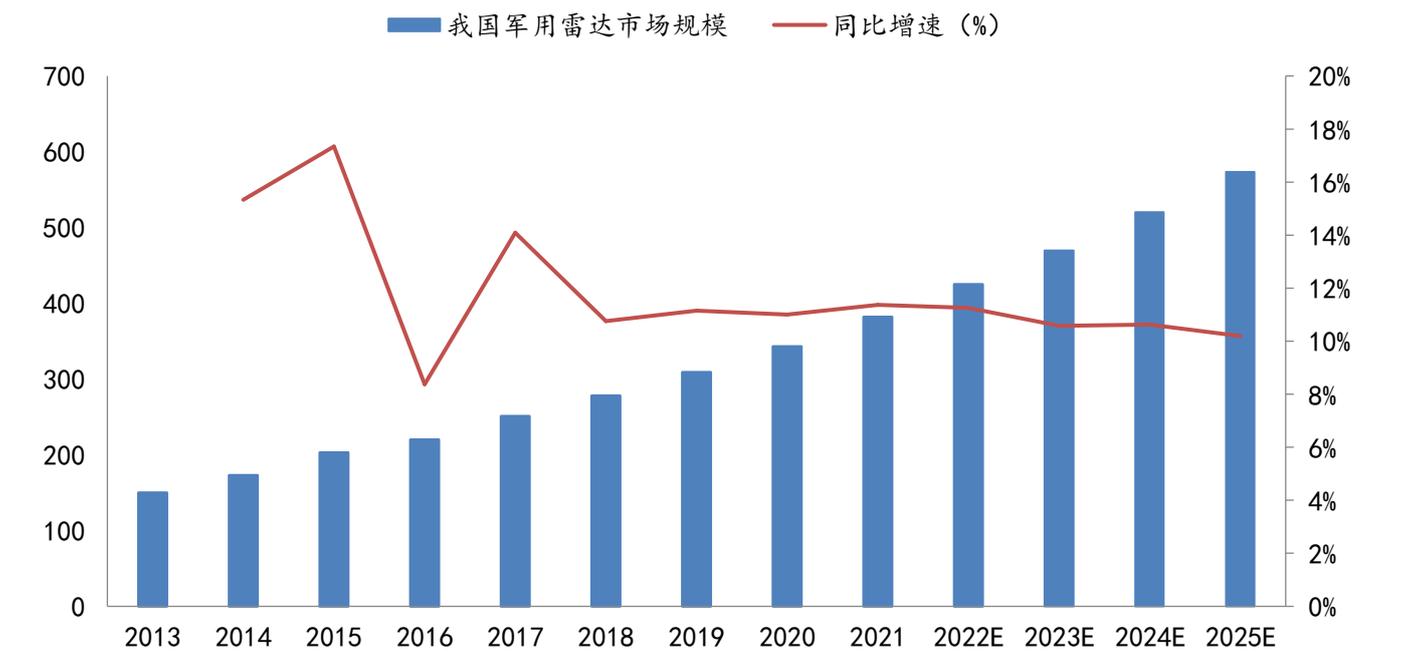
图表 186 2014-2025E 全球雷达市场规模（单位：十亿美元）



资料来源：前瞻产业研究院，航天南湖招股说明书，华安证券研究所

根据立鼎产业研究院数据，我国军用雷达市场快速增长，相控阵雷达应用逐步普及。随着国防装备费用的持续投入，我国军用雷达市场保持快速增长，预计 2025 年市场达到 573 亿元，复合增速达到 11.5%。

图表 187 2013-2025E 我国雷达市场规模（单位：亿元）

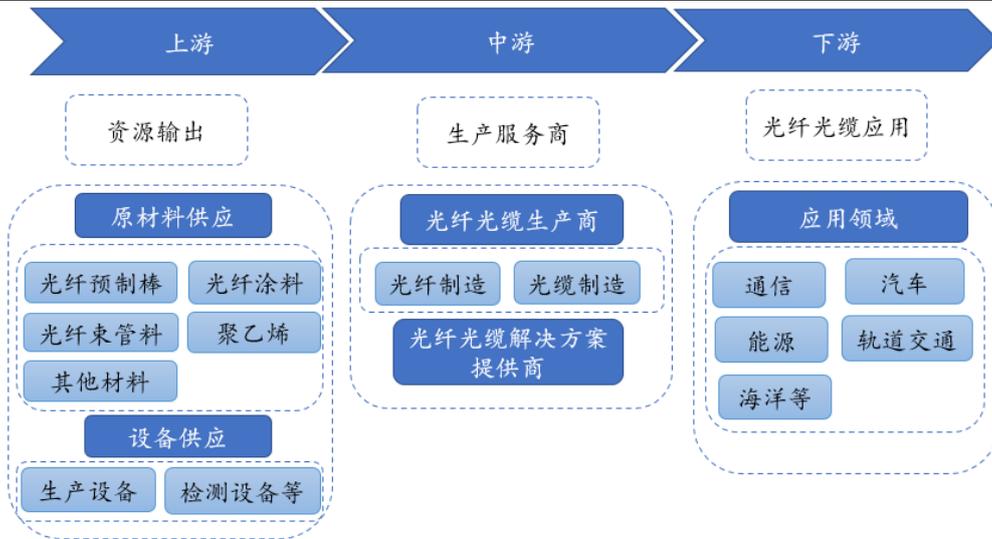


资料来源：立鼎产业研究院，华安证券研究所

### 3.4 光纤线缆：军事有线通信重要组成部分

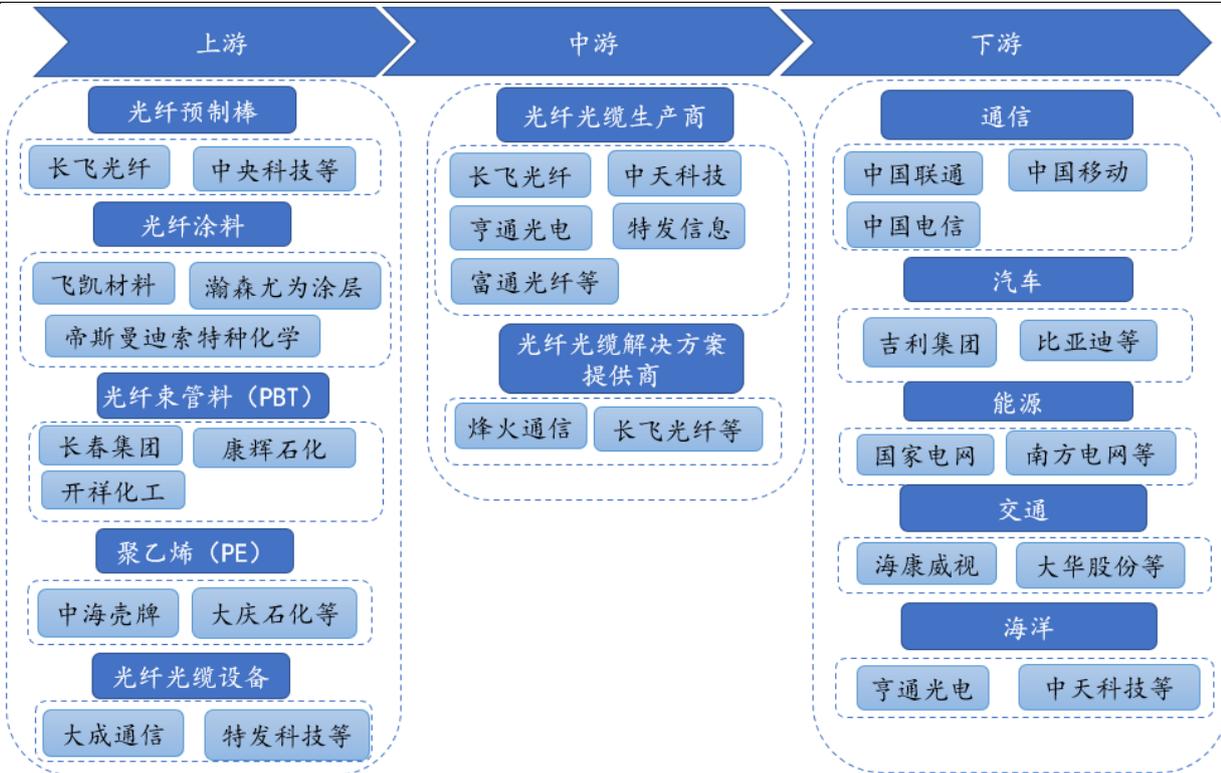
军用线缆主要是通过绝缘、辐照、成缆等工艺来制作完成，涉及的工艺门类非常广泛，包括有色金属的熔炼和压力加工，塑料、橡胶、油漆等化工技术，纤维材料的绕包、编织等纺织技术，金属材料的绕包及金属带材的纵包、焊接等金属成形加工工艺等。

图表 188 中国光纤光缆产业链



资料来源：前瞻产业研究院，华安证券研究所

图表 189 中国光纤光缆产业链（列举部分公司）



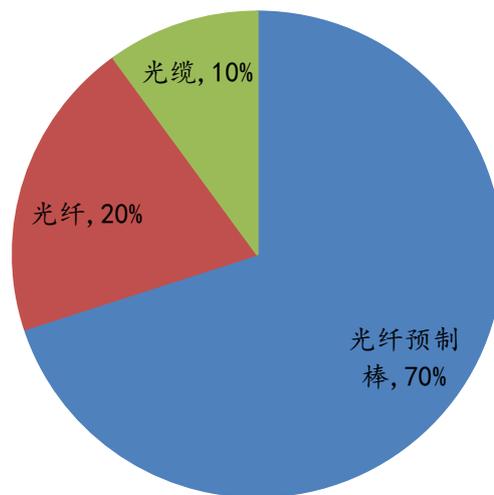
资料来源：前瞻产业研究院，华安证券研究所

图表 190 航空航天用线缆



资料来源：湖南华菱线缆股份有限公司官网，华安证券研究所

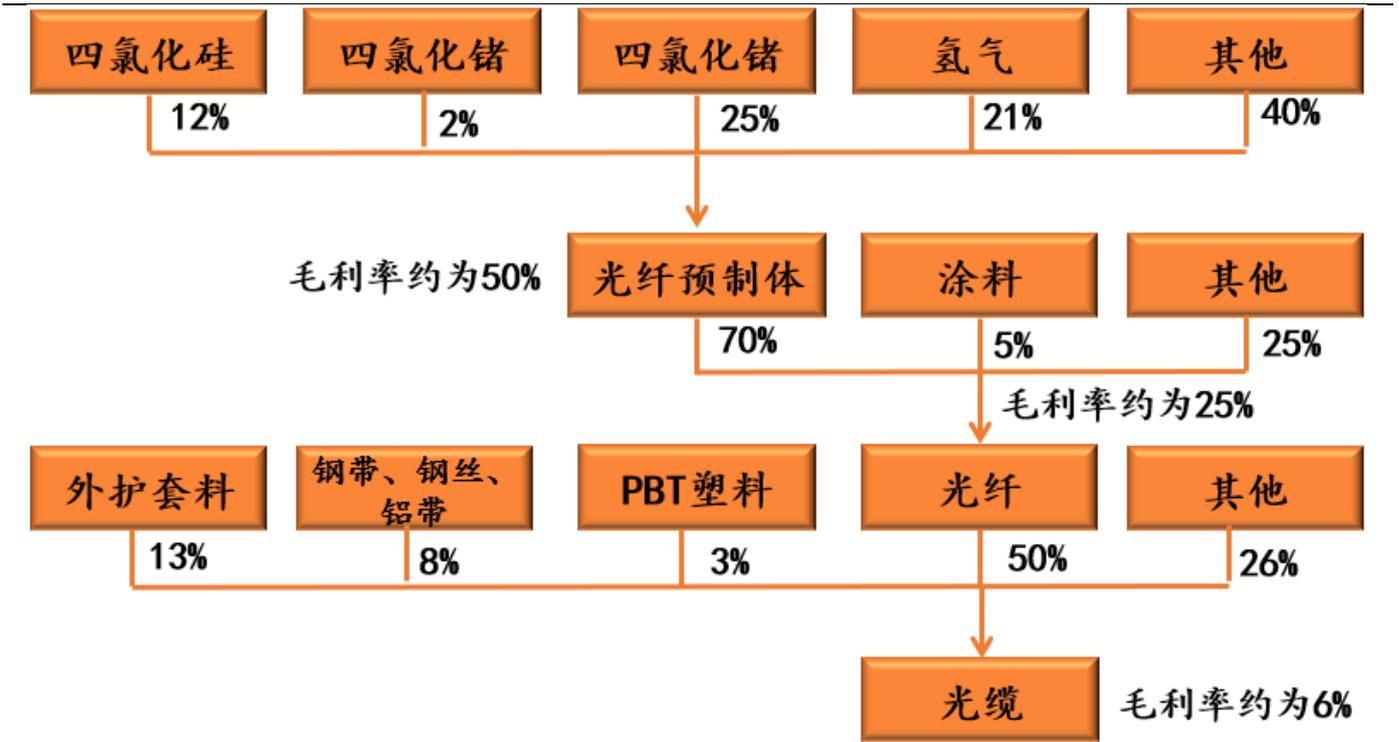
图表 191 光纤光缆利润分布



资料来源：智研咨询，华安证券研究所

根据《浅谈军事无线通信发展及趋势》一文，目前我军战略通信网以地下有线通信（电缆或光缆）为主，并辅以微波、卫星、对流层散射等无线通信手段。战术（战役）通信网中则以短波、微波无线通信手段为主，结合使用了野战被覆线、对称（同轴）电缆、野战光缆等多种有线通信手段，卫星通信系统使用较少。战略网和战术网都还以电话业务为主；数据通信业务只在战略级和级别较高的战术级单位的系统中使用；图像、图形业务的使用还很少。电话通信采用模拟方式可经多种有线或无线方式传输。对于数据通信，在战略网上已成体系地建成了全军公用数据网，并正在有计划地扩大规模。

图表 192 光纤光缆产业链价值分布

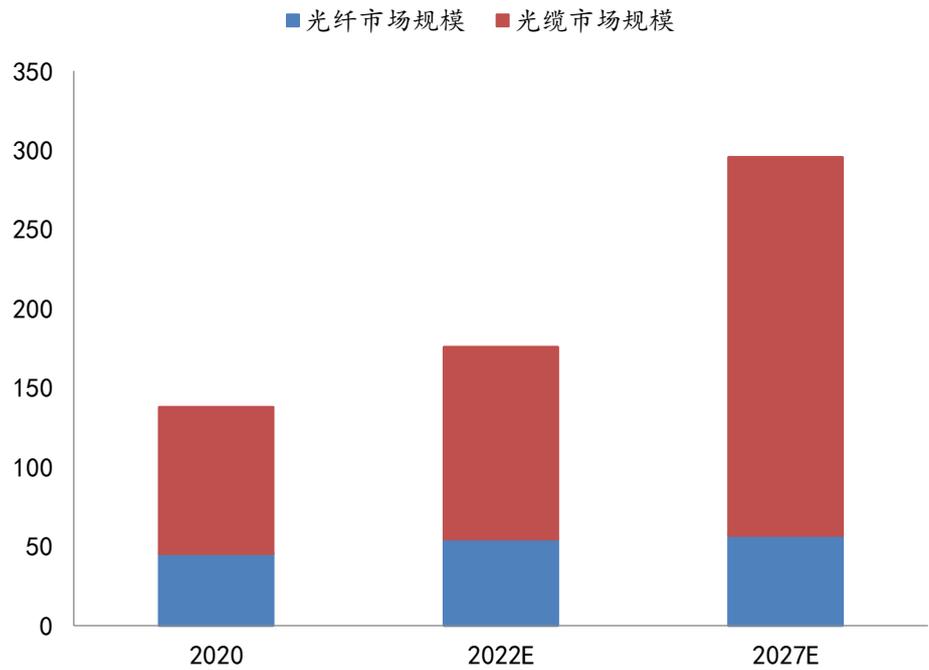


资料来源：华经情报网，华安证券研究所

从光纤光缆产业链情况来看，光纤光缆产业链的主要环节为光纤预制棒—光纤—光缆，其中光棒被业界誉为光纤产业“皇冠上的明珠”，是整个产业链中利润最高的部分，毛利率约 50%，同时生产过程技术难度高，工艺复杂。光纤光缆下游应用较广主要包括 5G 领域（运营商集采）、数通领域、海洋海缆、军事通信领域，以及电力等其他领域。

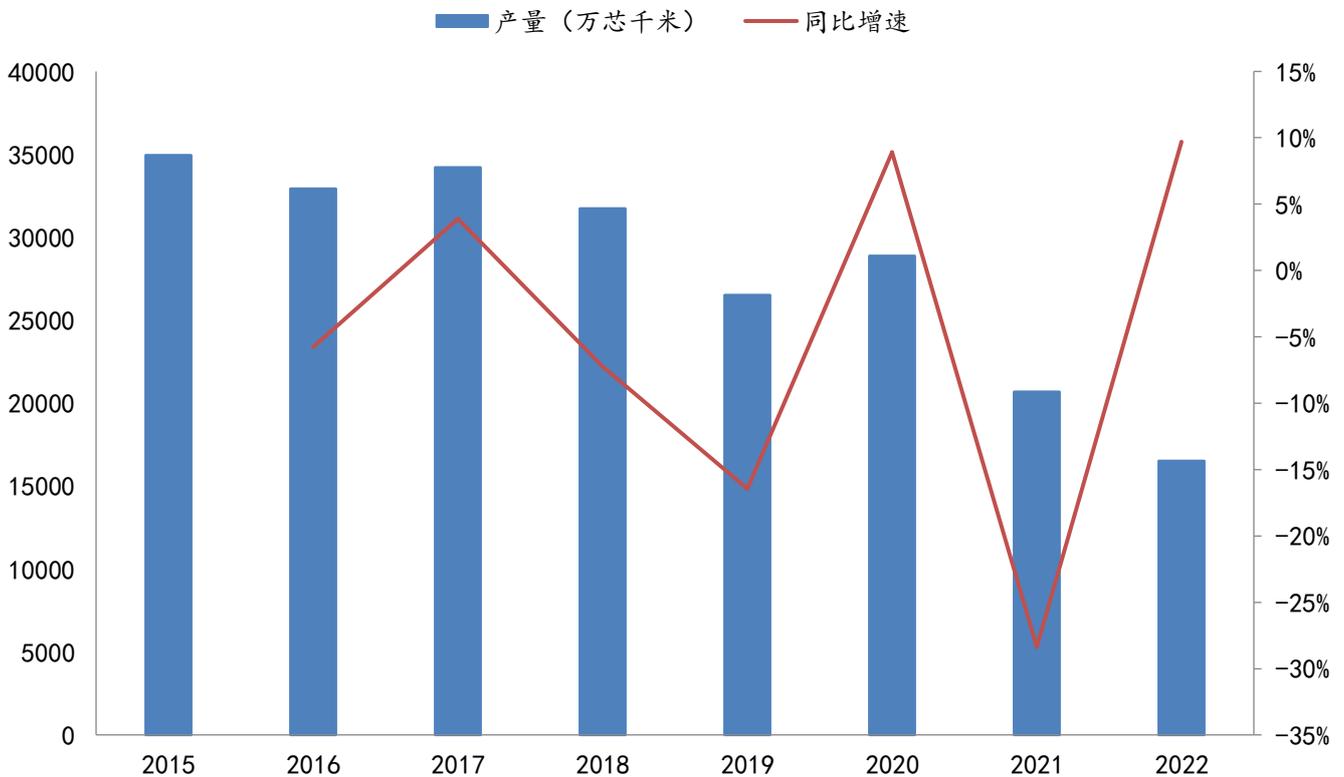
**市场规模方面**，国际市场研究机构 Markets and Markets 发布的研究报告称，2021 年全球军用和航天光缆市场规模预计将达到 12 亿美元，到 2026 年这一数据将增至 15 亿美元，期间年复合增长率为 5.1%。从我国光纤光缆行业产量来看，我国光缆产量整体调节弹性较大。2021 年我国光纤光缆产量受疫情影响，2022 年行业产量回升，2022 年上半年，国内光缆产量累计值达到 1.65 亿芯千米，光缆产量累计增长 9.7%。新思界产业研究员认为，当前，我国军队正处于加紧完成信息化建设的历史任务阶段，我国对军事通信领域强有力的支持性产业政策，将为行业的未来发展提供有力保障，预计 2023 年军用光缆的市场规模将达到 5.46 亿元。

图表 193 2020-2027 年全球光纤光缆市场规模 (单位: 亿美元)



资料来源: 前瞻经济网, 华安证券研究所

图表 194 2015-2022 年 H1 中国光纤光缆行业产量及增速情况

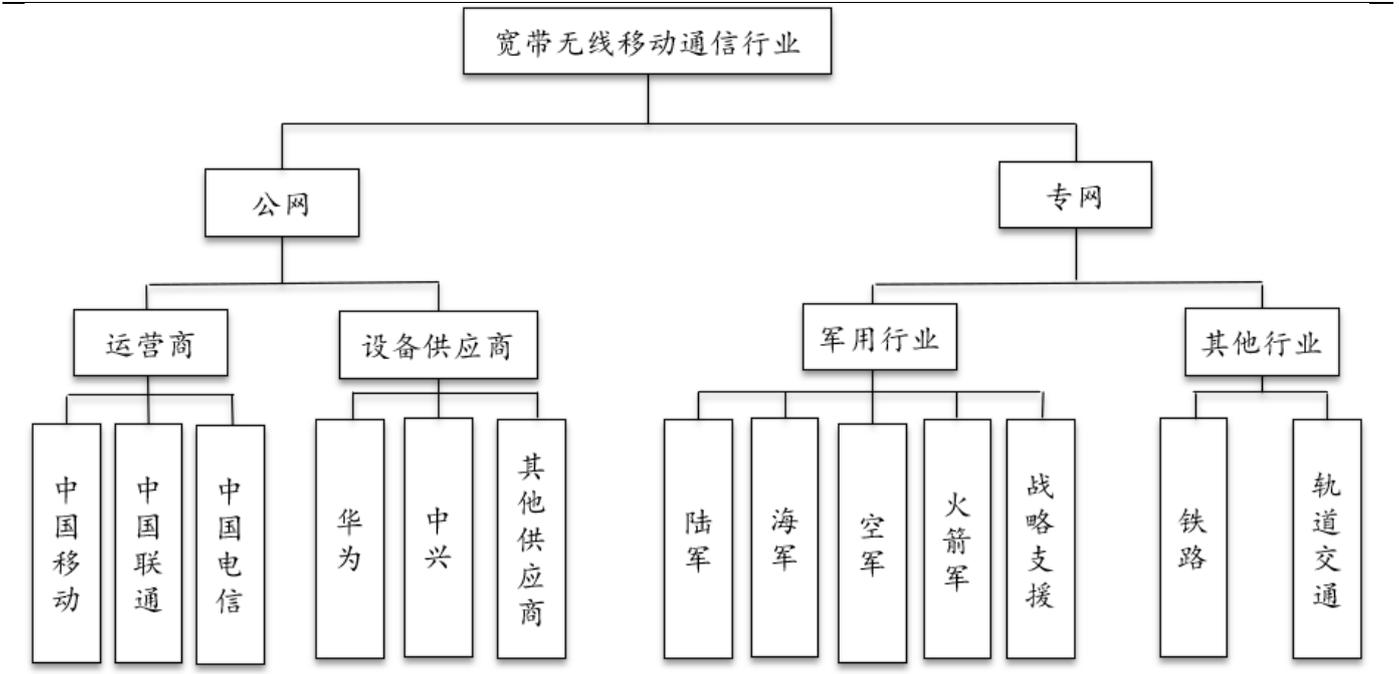


资料来源: 华经产业研究院, 华安证券研究所

### 3.5 军工通信: 军事 C4ISR 系统的神经中枢

宽带移动通信行业主要可划分为公网和专网两大领域。在我国，公网领域的系统运营商主要是中国移动、中国电信、中国联通，设备供应商主要是华为、中兴为首的一系列供应商。而在专网领域，各个行业的用户通常直接向设备供应商采购。

图表 195 宽带移动通信行业产业链



资料来源：上海瀚迅招股说明书，华安证券研究所

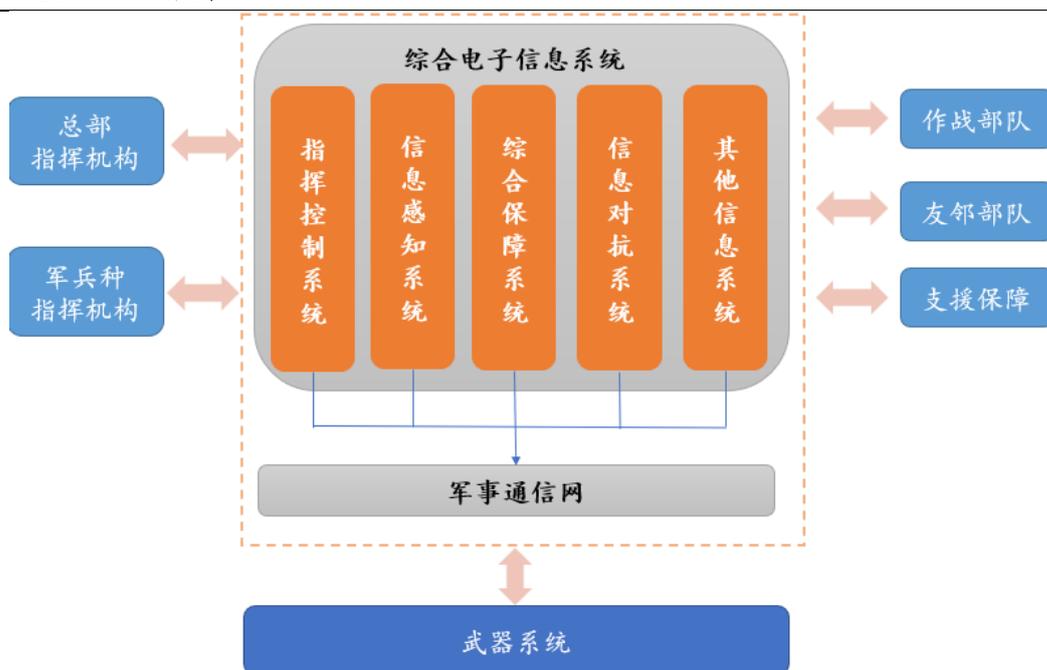
2008年以来，随着全军信息化建设工作的持续开展，我军逐步建立了较为完善的网络通信系统，并实现了窄带向宽带逐渐过渡，以 TD-LTE 为主要技术的军用宽带移动通信技术逐渐应用广泛起来。我军信息化建设进入全面发展阶段。20 世纪 50 年代，我军无线通信装备主要以仿苏体制的电子管通信装备为主。从 60 年代末到 70 年代中期，随着半导体器件、频率合成技术的发展，我国研制生产了以半导体器件为主要特征的对流层散射机、短波单边带电台等，初步实现了装备的系列化、小型化。70 年代末到 80 年代中期，基于中小规模集成电路，短波、超短波、微波（接力、卫星通信）等装备及保密机，各种经过统型的通信车辆陆续在军队列装，同时引进少量西方通信装备。80 年代至 90 年代中期，随着微电子技术的飞速发展和电子对抗的需要，以大规模集成电路为主，我国研制出一批具有自适应、跳频、扩频功能的抗干扰通信装备，极大地提高了我军无线通信装备的对抗能力和现代化水平，实现了装备的标准化、系列化。进入二十一世纪以后，无线电通信装备的网络系统功能得到重视，新一代通信系统强调采用多种无线电传输手段，同时加上数字化与各种加密措施。新一代通信系统的可靠性、生存性、抗毁性能力更高，更加适应未来高科技战争的需要。宽带移动通信是在前几代无线通信的基础上发展起来的，过去主要以语音、文字为主的数据流无需太多带宽资源，随着传输内容的复杂度提升，带宽的瓶颈愈发突出，因此以第四代移动通信技术（4GTD-LTE）为代表的宽带移动通信成为主流，而且向更高传输速率的 5G 网络不断演化发展。以 4G 为代表的宽带移动通信在标准、技术、产品等各个方面得到迅猛发展。宽带移动通信技术最大的特点就是数据传输量大，更加灵活，更加智能，兼容性更强。

图表 196 无线通信发展历程

时间	名称	典型制式	特点
上世纪 80 年代	第一代无线通信系统	AMPS	采用频分多址技术组建的模拟蜂窝网也被称为第一代 (First Generation, 下称 1G) 无线通信系统。话务是这些系统的主要通信方式。第一代移动通信系统采用模拟语音调制技术, 仅提供语音服务, 不能传输数据。
上世纪 90 年代	第二代无线通信系统	GSM	第二代移动通信系统 (2G) 标准于 20 世纪 80 年代末开始制订、90 年代中完成, 典型的商用系统有“全球通” (GSM)、码分多址 (CDMA) 等。第二代移动通信系统是基于数字传输的, 传输速率可达 64 千比特/秒。2G 的另一个显著特点是, 所有的标准都以商业利益为宗旨。2G 标准包括 GSM、iDEN、USDC (D-AMPS)、IS-95、PDC、CSD、PHS、GPRS、HSCSD 和 WiDEN。
2000 年	第三代无线通信系统	CDMA2000、WCDMA、TD-SCDMA	第三代移动通信系统 (3G) 标准于 20 世纪 90 年代中期开始制订、90 年代末完成, 其主要特点是无缝全球漫游、高速率、高频谱利用率、高服务质量、低成本和高保密性等, 不仅可以提供 2 兆比特/秒以上的传输速率, 而且能够提供多种宽带业务。3G 的标准出现是为了满足不断增长的网络容量需求, 数据速率亟待提高到能提供高速数据传输和多媒体应用的水平, 常见的 3G 标准包括: UMTS (W-CDMA)、CDMA2000、FOMA、TD-SCDMA、GAN/UMA、WiMax。
2010 年	第四代无线通信系统	TD-LTE 和 FDD-LTE	第四代移动通信技术, 是 3G 之后的延伸。从技术标准的角度看, 按照 ITU 的定义, 静态传输速率达到 1Gbps, 用户在高速移动状态下可以达到 100Mbps, 就可以作为 4G 的技术之一。4G 系统采用 OFDM, 正交频分复用 (OFDM) 技术是一种无线环境下的高速传输技术, 是多载波调制的一种, 该技术包括 TD-LTE 和 FDD-LTE 两种制式。
2020 年	第五代无线通信系统	-	第五代移动通信系统 (简称 5G) 是面向 2020 年移动通信发展的新一代移动通信系统, 具有超高的频谱利用率和超低的功耗, 在传输速率、资源利用、无线覆盖性能和用户体验等方面将比 4G 有显著提升。与 4G、3G、2G 不同, 5G 并不是一个单一的无线接入技术, 而是多种新型无线接入技术和现有无线接入技术演进集成后的解决方案总称。

资料来源: 上海瀚迅招股说明书, 华安证券研究所

图表 197 军工通信网地位分析



资料来源: 观研天下, 华安证券研究所

军工通信系统在构成上与其他民用通信系统大致相同，分为终端设备、传输设备、交换设备和通信协议四个组成部分。其中，终端设备主要负责在通信两端将信息和信号相互转化。传输设备主要负责传输信号，连接各个网络节点，包括各种媒体和设备。交换设备主要负责节点链路，包括其汇集、转接接续和分配等功能。通信协议是指一种规则，制定了与网络信息交换相关的标准、规定。

按通信业务划分，军工通信系统可分为语音通信系统、数据通信系统、图像通信系统等。按传输媒介划分，军工通信可分为有线通信系统和无线通信系统两大类。其中，有线通信是以传输线缆作为传输媒介，包括电缆通信、光纤通信等；无线通信是无线电波在自由空间传播信息，包括微波通信、卫星通信等。按应用范围划分，军工通信可分为战略通信、战役通信和战术通信。

图表 198 C4ISR（军事指挥控制通信专网）系统



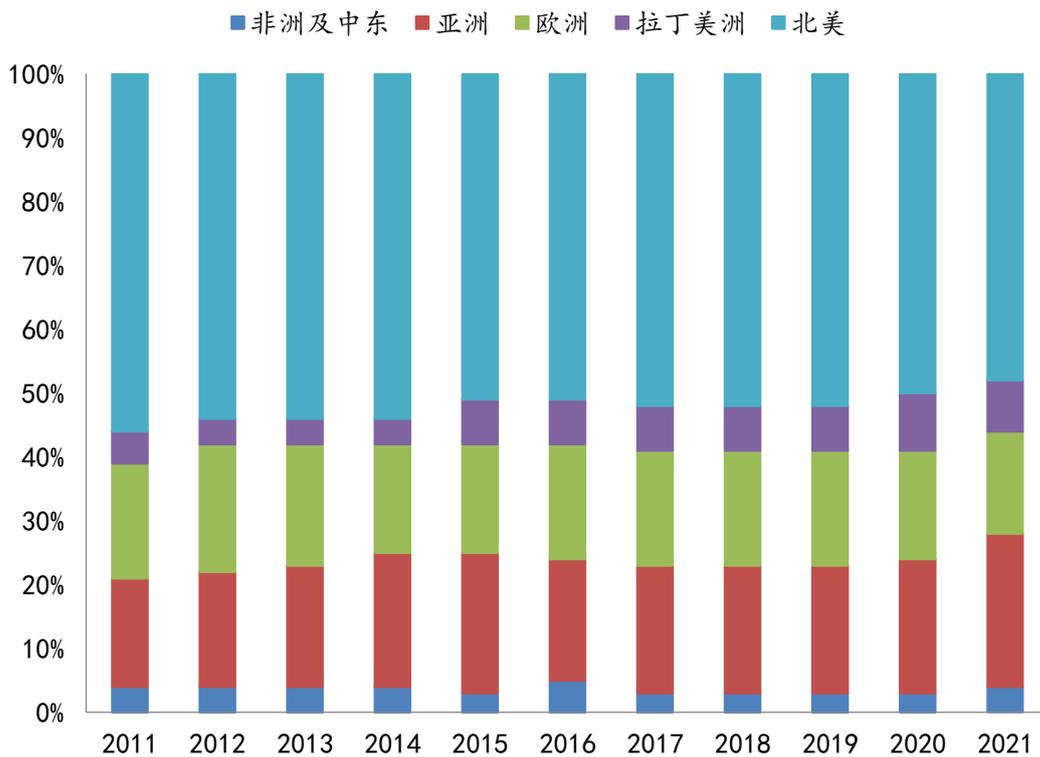
资料来源：上海瀚迅招股说明书，华安证券研究所

军工通信系统是军事 C4ISR 系统的神经中枢，分布于整个 C4ISR 系统中，承担着命令交接、信息传输的功能，是军事系统保持有效运作的基础支撑。C4ISR（军事指挥控制通信专网）系统是国防信息化的应用载体。C4ISR 系统是指从基础的指挥与控制（Command & Control）出发，囊括通信（Communicaitons）、计算机（Computers）、情报（Intelligence）、监视（Surveillance）、侦查（Reconnaissance）等要素的全维度军事信息系统框架。C4ISR 系统不仅是对军事

信息管理的理论概括，也对应着现实的软硬件解决方案。C4ISR 系统能及时准确获取战场信息，分析处理后将指令经由可靠安全的军工通信网络传达到具体作战单元，从而形成完整的信息闭环。伴随现代战争的不断演化，在复杂地形、恶劣环境以及广阔区域内保持通信的有效性愈发重要，军工通信系统的建设升级将贯穿现代国防体系始终。美军自上世纪 90 年代开始实施 C4ISR 建设，目前美国已建成全球最先进的 C4ISR，能满足美国军方各种通信的需求。美国陆军信息化装备已占 50%，海军、空军信息化装备占 70%；2020 年前后美国主战武器装备将实现完全信息化。由于技术进步和正在转型的军事条令的驱动，欧洲军事通信工业得以迅猛发展，包括软件无线电台、数据链、班级电台、用于近距离致远的空-地链路和卫星通信等领域。近年来，俄、日、印等周边国家以及欧洲各国在网络中心战思想的指导下，充分利用先进信息技术推动军事电子信息装备的发展。

根据中金企信研究数据，2020 年全球 C4ISR 系统市场规模估计为 1,019 亿美元，预计到 2027 年将达到 1,185 亿美元，年均复合增长率为 2.20%。其中 2020 年，美国 C4ISR 系统市场规模估计为 276 亿美元，中国 C4ISR 系统市场规模估计为 174 亿美元。预计到 2027 年，中国 C4ISR 系统市场规模将达到 231 亿美元，年均复合增长率为 4.10%。

图表 199 全球各地区 C4ISR 市场比例现状及预测

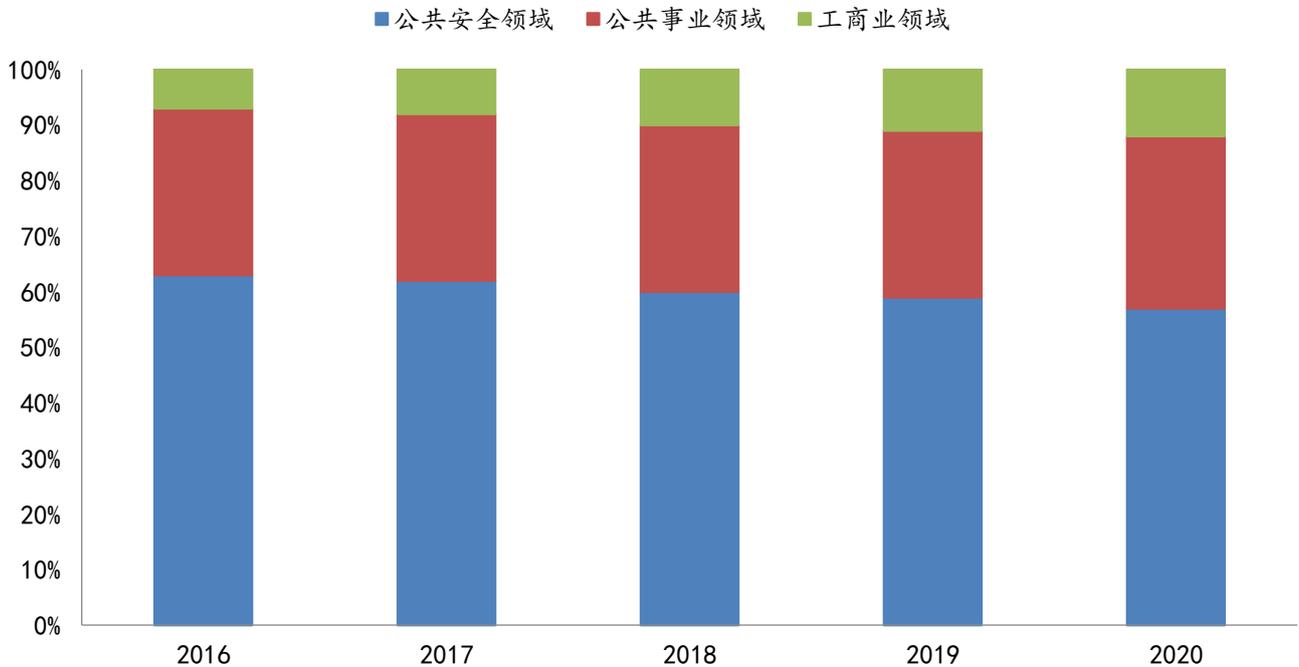


资料来源：上海瀚迅招股说明书，华安证券研究所

**市场规模方面**，据 Leadleo Research 数据，2020 年我国公共安全领域市场规模或将实现 70.6 亿元，占总市场规模比重达 57%；其次为公共事业领域，包括了交通运输、能源、水利、林业等，市场规模 37.9 亿元，占总市场规模比重达 31%；工商业主要包括了物业、服务业、建筑、物流、制造业等，市场规模 14.9 亿元，占总市场规模比重达 12%。受益于国家对政府与公共安全的重视，以及我国经济快速

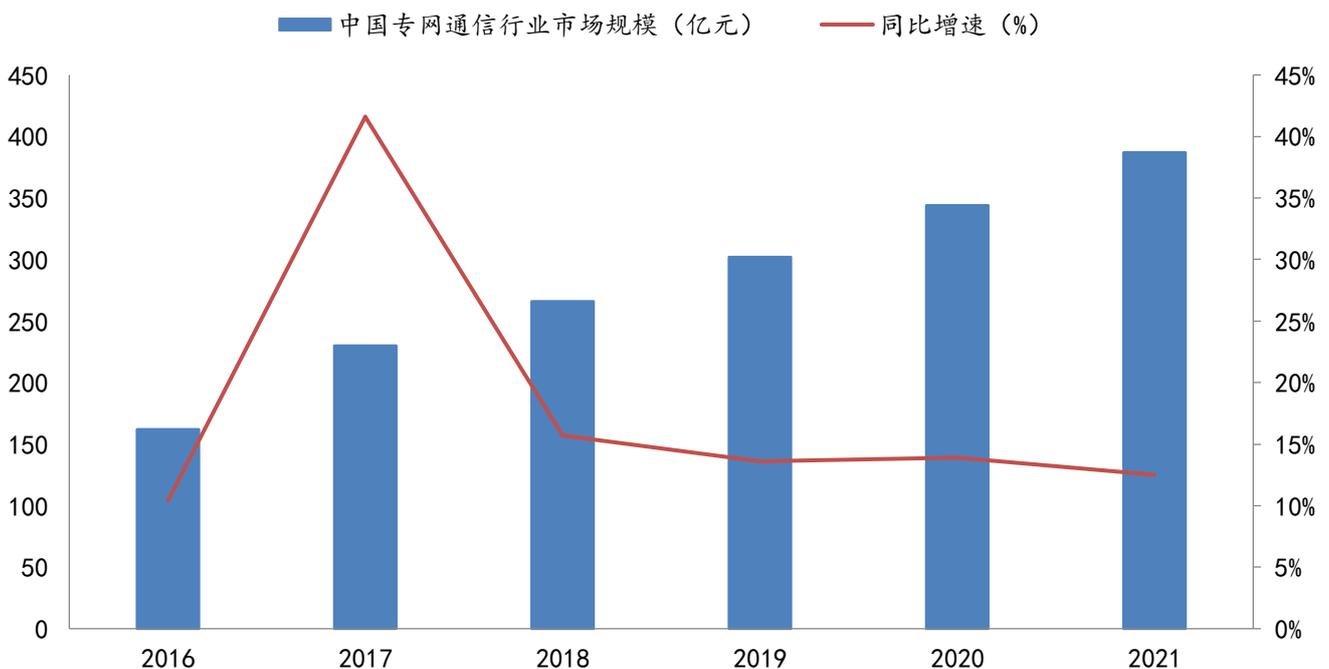
发展带来的大型活动增加，我国专网通信市场近年来一直保持较快增长。2016年我国专网通信市场规模达到162亿元，到2020年市场规模增长至344亿元，增长率为13.9%。前瞻估计2021年我国专网通信行业市场规模保持稳定增长态势，2021年市场规模约为387亿元。

图表 200 2016-2020 年中国专网通信行业主要下游需求情况



资料来源：前瞻产业研究院，华安证券研究所

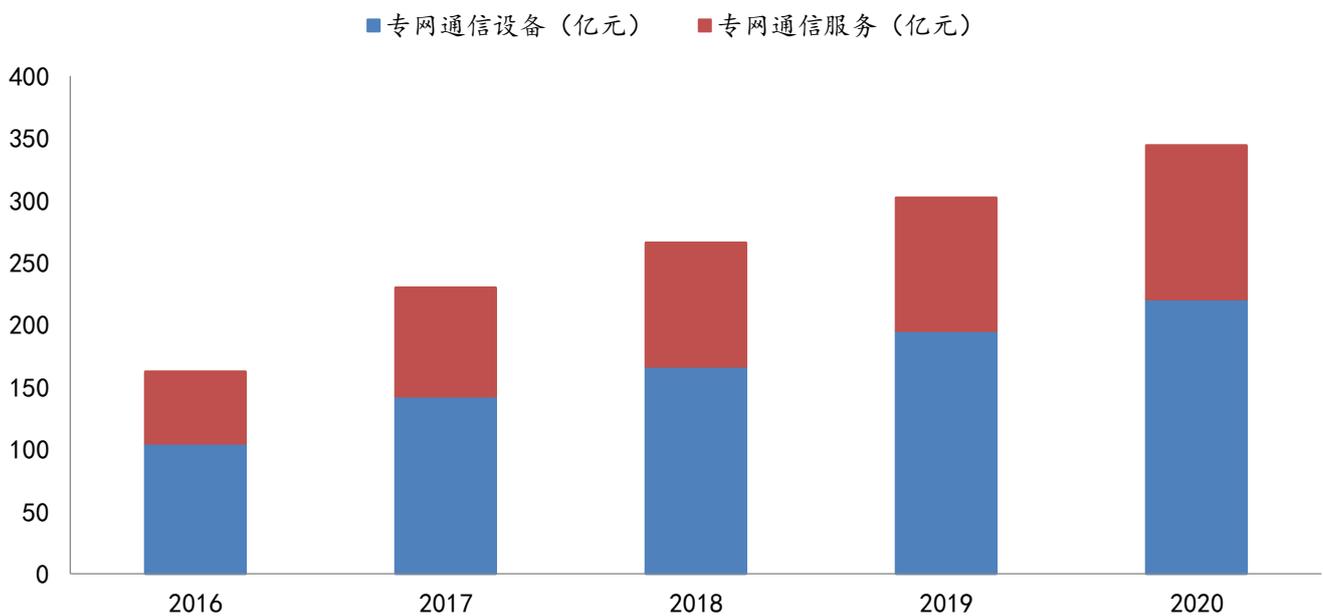
图表 201 2016-2021 年中国专网通信行业市场规模及增速



资料来源：前瞻产业研究院，华安证券研究所

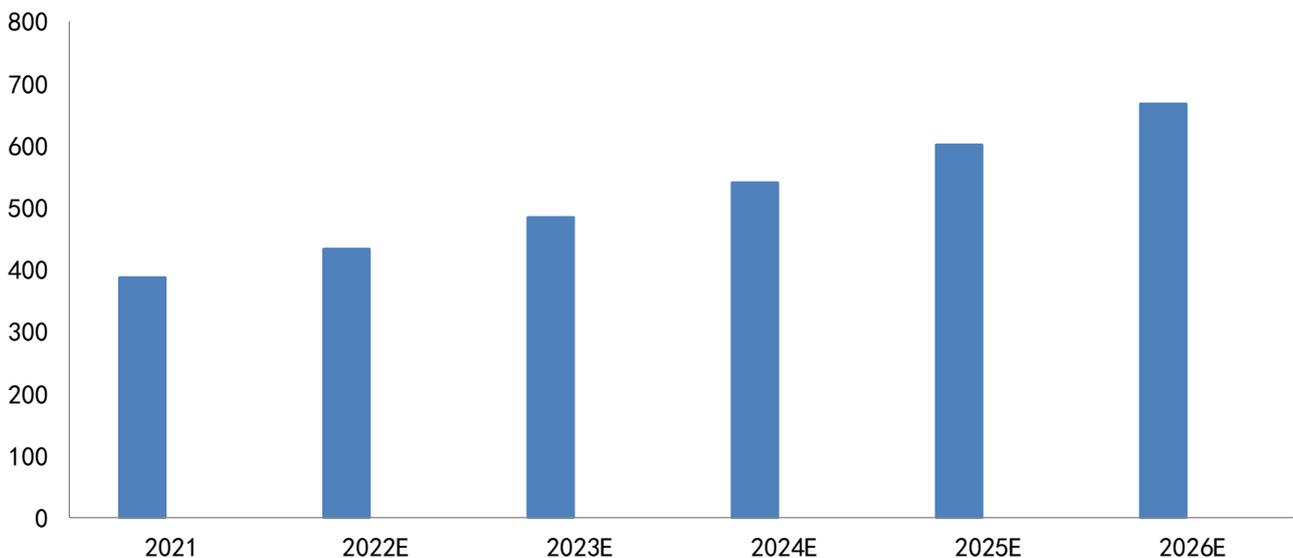
受益于国家对政府与公共安全的重视，以及我国经济快速发展带来的大型活动增加，我国专网通信市场近年来一直保持较快增长，2016年我国专网通信市场规模达到162亿元，到2020年市场规模增长至344亿元，增长率为13.9%。社会经济发展带动专网通信需求的扩大和升级。未来几年我国基础设施建设仍将处于大规模建设、升级期，这将带动配套的专业无线通信设备需求快速增长。专业无线通信产品是各国公共安全部门实现有效指挥调度的必备装备，交通运输、能源、林业、水利等公用事业部门为了提高生产运营效率和保障生产安全，也普遍有配套专业无线通信设备的需求。前瞻估计未来五年我国专网通信行业的市场规模将保持增长，到2026年市场规模将达到667亿元。

图表 202 2016-2020 年中国专网通信行业设备及服务市场规模



资料来源：前瞻产业研究院，华安证券研究所

图表 203 2021-2026 年中国专网通信行业市场规模预测 (单位：亿元)

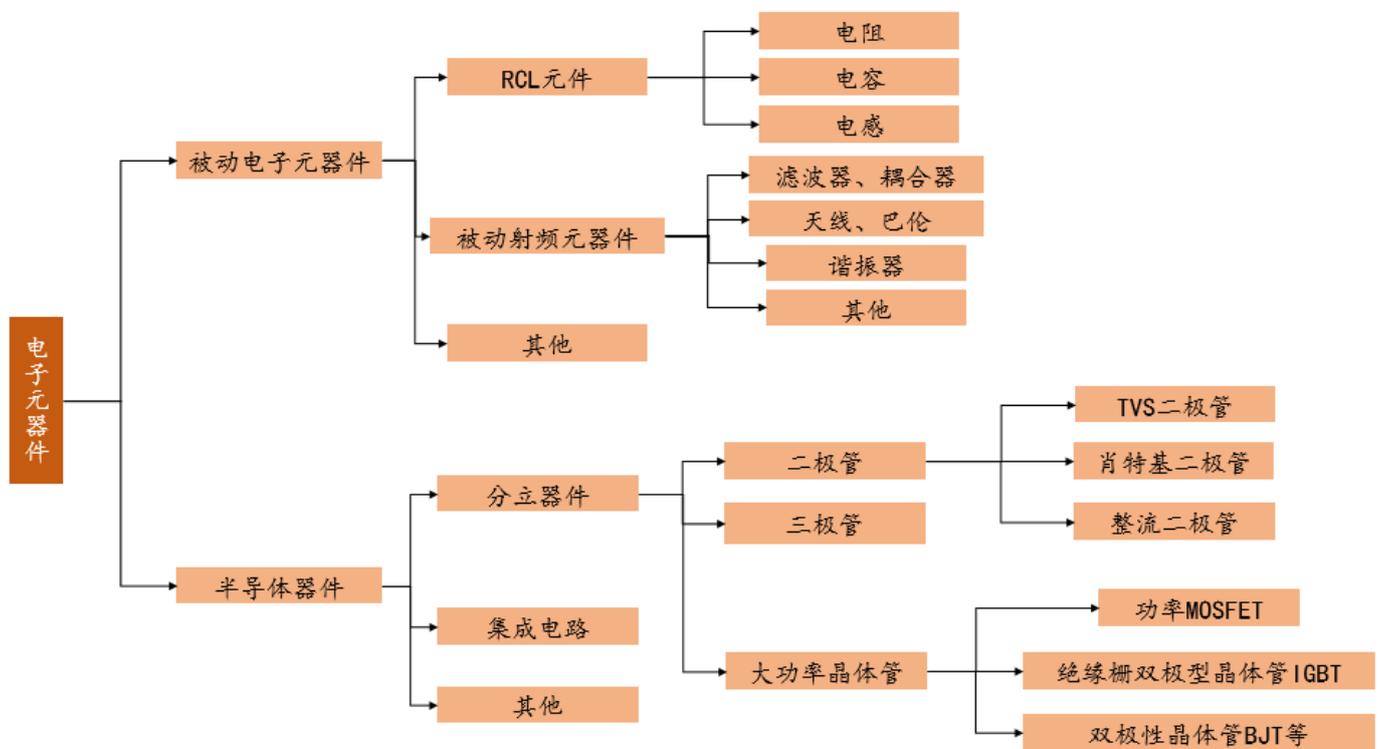


资料来源：前瞻产业研究院，华安证券研究所

### 3.6 军工电子：国防信息化建设的基础支撑

电子元器件制造业是整个电子信息产业的基础支撑，我国电子元器件行业总产值约占电子信息产业的五分之一，已成为支撑我国电子信息产业发展的重要基础。军工电子元器件大致划分为两个大类：一类为无源器件，另一类为有源器件。无源器件主要包括阻容感（重点产品如 MLCC、钽电容）、连接器、继电器、被动射频元件等。有源器件主要包括模拟电路、数字电路和分立器件，其中，集成电路主要包括存储芯片、GPU、DSP、IGBT、FPGA、ASIC、SOC、SIP、MEMS（重点产品如红外 MEMS 芯片、振动/温度/压力 MEMS 芯片等）、微波毫米波射频芯片、T/R 组件、基带芯片等。

图表 204 电子元器件分类



资料来源：回收街资讯动态，华安证券研究所

图表 205 军工电子相关产品

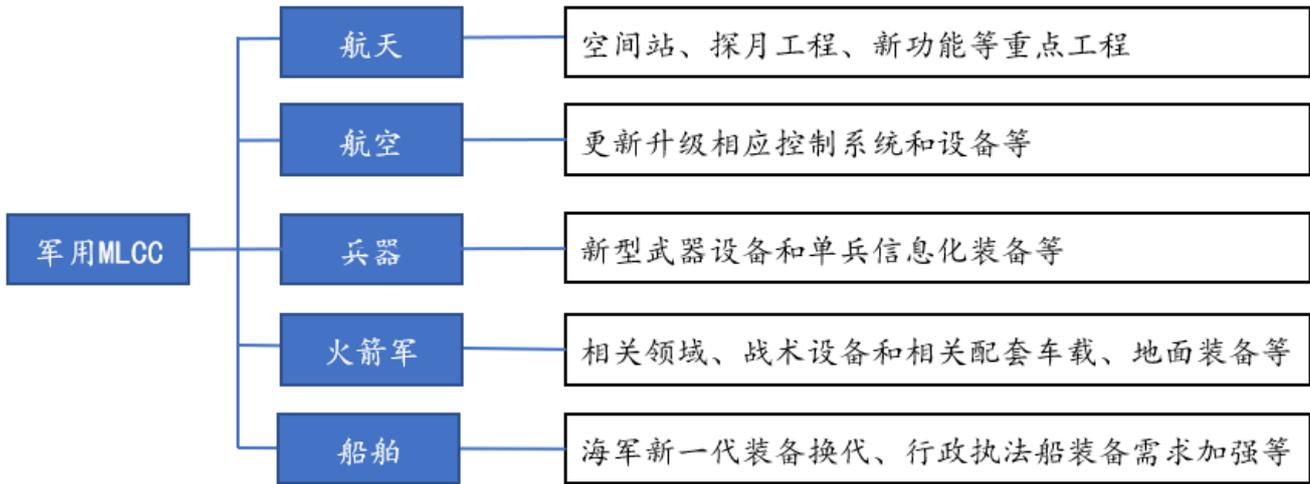
类别		
被动 元 器 件	片式阻容感二三极管 真空灭弧室	军工行业基础性电子元器件产品。
	MLCC 片式多层陶瓷电 容器	一款应用广泛的基础陶瓷电容器，市占率高达 50%。 <b>特征:</b> 电容量范围宽、频率特性好、工作电压/温度范围宽、超小体积、无极性。 <b>用途:</b> 可用于噪声旁路/电源滤波/储能/微分/积分/振荡电路，广泛用于航天/航空/船舶/兵器等军用领域电子信息装备。
	钽电容	<b>特征:</b> 单体体积能量密度大，在能量转换/功率脉冲电路中可以发挥电池作用，为电路提供储能、断电延时、滤波等功能，非常适用于航空设备中 50ms 断电延时

		的要求。 <b>用途:</b> 产品广泛用于航天/航空/舰艇/导弹/雷达/兵器/电子对抗等航天工程、军事工程和武器装备。
	连接器	军用连接器是组成飞机、导弹、舰艇等武器系统用量最多的通用电子元器件。 <b>特征:</b> 比民用连接器更宽的工作温度范围、更稳定的电信号等可靠性设计,适应各种恶劣的军事环境。 <b>用途:</b> ①航空航天:完成主机、发动机、机载控制系统及机载设备之间的电器链接。②导弹:各种型号战术导弹的导引头、战斗部、发动机等关键部件的连接。
	继电器	<b>特征:</b> 一种具有隔离和开关功能的自动控制元件,在军用整机中主要起着信号隔离与传输、信号扩展与综合、自动控制与量和程序配电的作用,以电磁类继电器为主、固态无触点继电器占的比例较小。 <b>用途:</b> 广泛用于卫星、导弹、火箭、飞机、舰艇、坦克、火炮、工厂、雷达、通讯、计算机等系统。
半 导 体 集 成 电 路	GPU	图形处理器
	DSP	一种微处理器,将模拟信号转换成数字信号进行处理,强调数字信号处理的实时性。能够即时处理资料,快速实现各种数字信号的处理算法。 <b>应用领域:</b> 机载空空导弹、战斗机目视瞄准器、补兵头盔式微光仪、自动火炮控制、巡航导弹、预警飞机、相控阵天线等雷达数字信号处理,通信,工业控制,仪器仪表,汽车安全与无人驾驶。
	FPGA	允许实现特殊的硬件加速算法,广泛运用于航天、航空、电子、通信、雷达、高端波束形成系统、芯片模拟等领域。 <b>应用领域:</b> 相控阵雷达(相位控制电子扫描阵列雷达)、夜战红外设备、精确制导武器上的地图匹配、5G通信基站、医疗等。
	红外 MEMS 芯片	是红外热成像探测器的核心元件,探测器将光信号转变为电信号,再通过图像处理电路将电信号转化为视频图像。红外 MEMS 芯片分为制冷型、非制冷型两种。 <b>下游军用应用场景:</b> 红外制导、武器瞄具、光电载荷、辅助驾驶、安防监控等多种类场景。
	其他 MEMS 芯片	也即微机电系统,从功能上可分为振动传感器、温度传感器、压力传感器、射频传感器等。 <b>用途:</b> 可用于加速度计、陀螺仪、微惯性测量单元、卫星定位与导航系统、航空电子、航空惯性导航等系列产品。
	微波毫米波射频芯片	<b>类型:</b> 包括功率放大器芯片、低噪声放大器芯片、模拟波束赋形芯片、数控移相器芯片、数控衰减器芯片以及 GaN 宽带大功率芯片等。 <b>功能:</b> 可用于国土资源普查、卫星导航、通信等高端领域,为客户提供模拟相控阵 TR 芯片。
	微波 TR 组件	基于 CMOS/砷化镓/氮化镓/锗硅材料的 TR 芯片,进行 TR 组件的搭建。具体包括: ①微波 IC-TR 组件:采用薄膜混合集成电路制造技术。 ②MMIC-TR 组件:采用 MCM/LTCC,将多个 MMIC 与一些二三极管集成到基板上,最终封装成 TR 组件。 ③多功能芯片-TR 组件:将多个 MMIC 的功能集成到一个芯片中形成核心芯片,再形成 TR 组件。
	基带芯片	基带信号指的是经过数字调制的、频谱中心点在 0Hz 的信号,可能是模拟的,也可能是数字的。基带芯片负责调制和解调,调制即通过一定的规则调制到载波上面,通过无线收发器发送出去,解调是调制相反的过程。该芯片包括调制解调器、信道编解码、信源编解码,以及一些信令处理。

资料来源:产业深度网,华安证券研究所

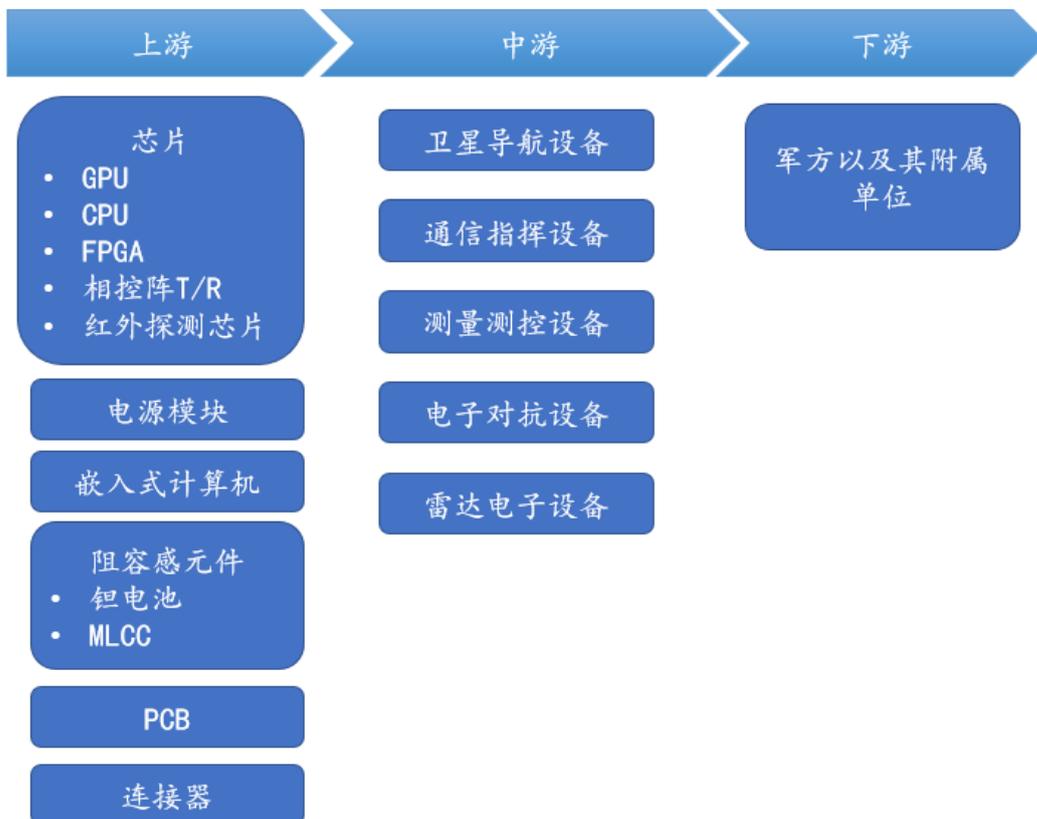
军工电子是国防科技工业的重要基石，是一个相对独立的产业集群，电子信息技 术、部组件及装备同时也服务于航空、航天、兵器和船舶等其他产业集群，为主 战装备飞机、卫星、舰船和车辆由机械化向信息化转变提供技术支持和武器装备的 配套性支持，是我国军队实现“信息系统一体化、武器装备信息化、信息装备武器 化、信息基础设施现代化”的重要基础。

图表 206 军用 mlcc 应用领域



资料来源：前瞻产业研究院，华安证券研究所

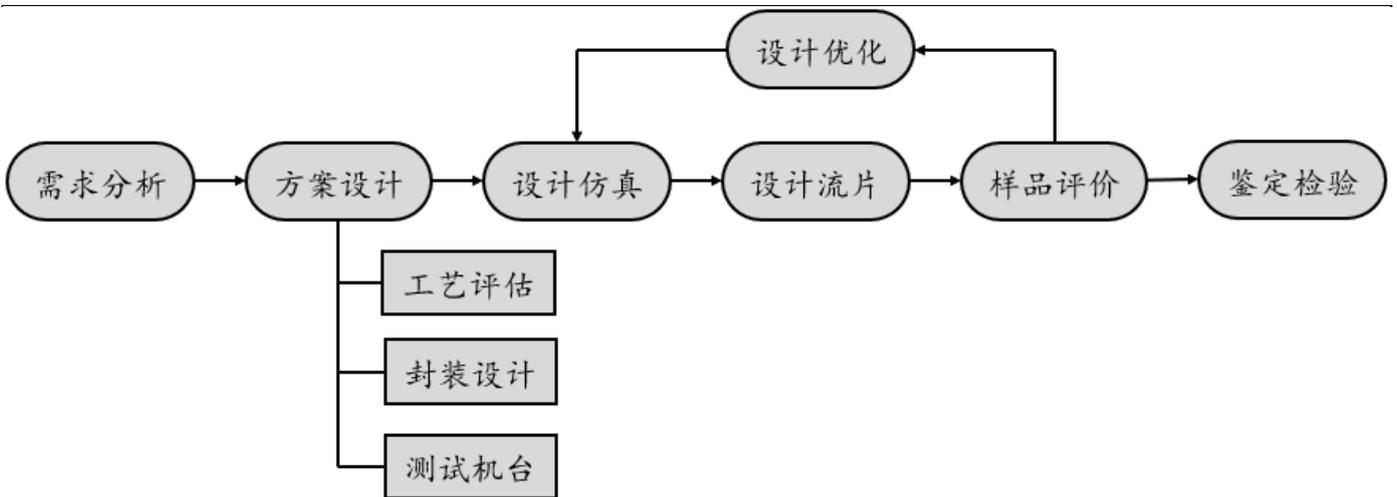
图表 207 中国军用电子产业链结构



资料来源：前瞻产业研究院，华安证券研究所

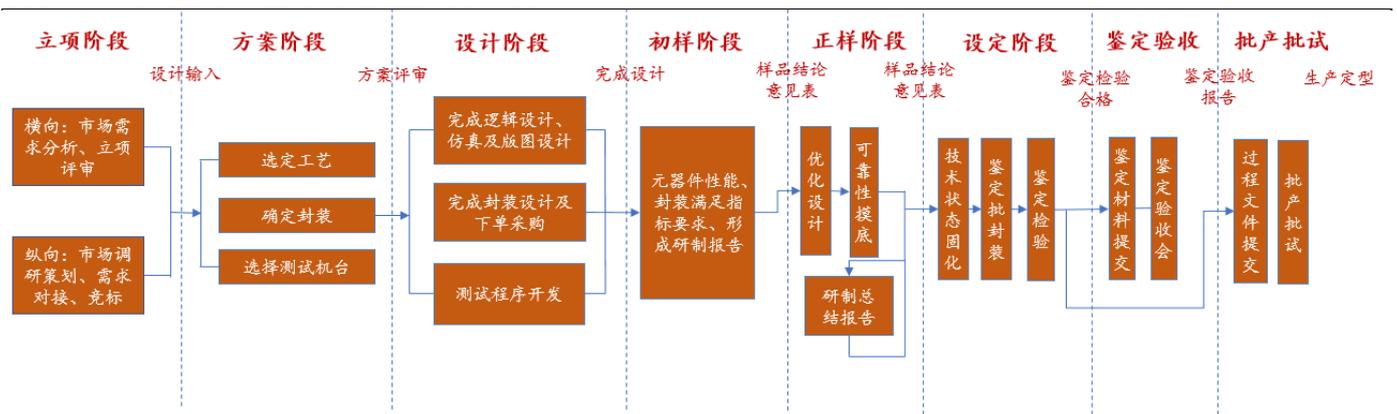
当前，以信息化为核心的现代战争对于电子设备的需求逐年增加。选用高可靠性的元器件是实现武器装备信息化的必要条件，所以电子元器件选型的重要性就日益凸显出来。以航空装备为例，在机载航电设备中，应用的元器件数量和种类繁多，因此保证机载航电设备的任务可靠性，就必须先保证电子元器件的固有和应用可靠性，而有效的选取电子元器件，可以提升武器装备的可靠性水平。据国内外相关数据分析，近 50%的电子元器件失效并非源于固有可靠性不高，而是元器件选型不当造成，故保证军用电子产品的可靠性应严格把控元器件的选型。根据国内不完全统计，直升机外场保障中有近 30%的故障是由电子元器件故障引起的，其中 40%是由电子元器件选用不合理造成的，电子元器件故障给直升机使用造成了严重影响。

图表 208 军用元器件研制流程示意图



资料来源：《关键链技术在军用电子元器件领域的应用研究》，华安证券研究所

图表 209 军用电子元器件研制过程阶段划分



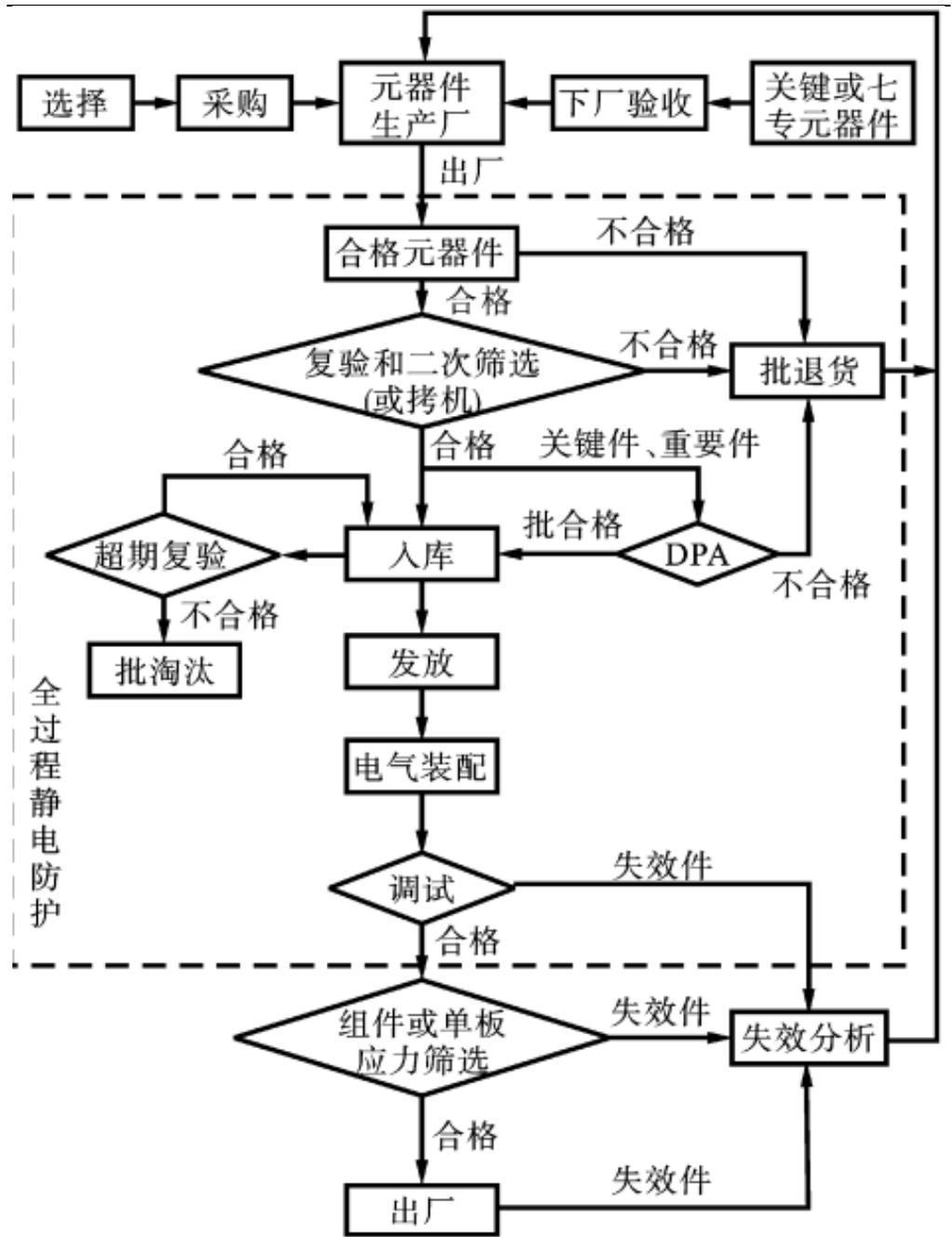
资料来源：《关键链技术在军用电子元器件领域的应用研究》，华安证券研究所

军用电子元器件的科研生产水平是国家军事基础工业综合实力的体现，军用电子元器件的质量与可靠性水平是反映新一代武器装备技术性能的重要标志。军用电子元器件标准及标准体系是科学指导和规范军用电子元器件科研、生产使用各个环节质量和可靠性工作的重要技术基础。

研制方面，军用电子元器件研制项目的整个研发周期约为 2.5 年，其中设计周期约为 9~15 个月，评价周期约为 8 个月。

使用方面，元器件使用全过程包括选择、采购、监制、验收、筛选(拷机)、破坏性物理分析(DPA)、保管、使用、电气装配、通电调试、静电防护和失效分析等。

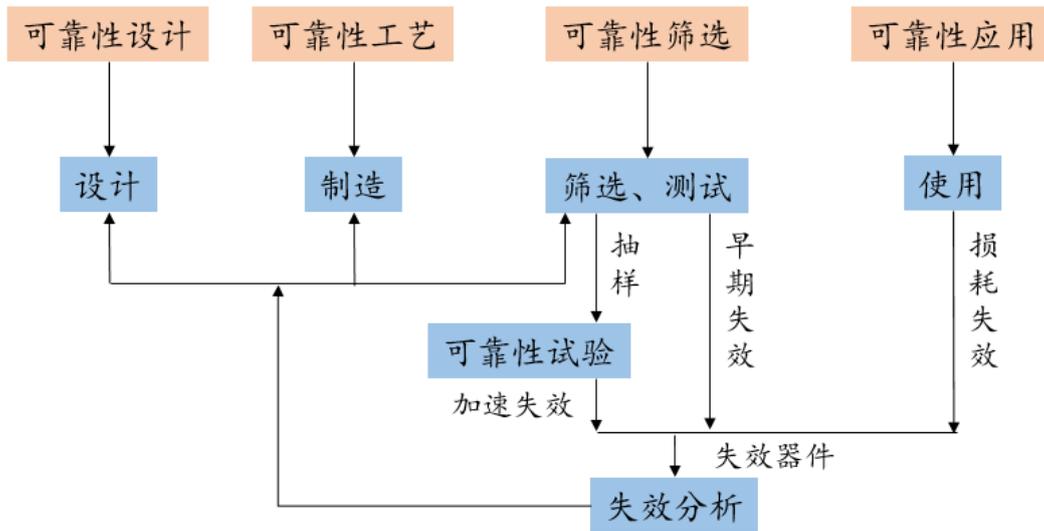
图表 210 元器件使用全过程流程图



资料来源：《军用电子元器件的选择和使用》，华安证券研究所

在整个研制及使用过程中，考虑到电子元器件数量繁多，总结来看，主要从标准设立、质量控制两大角度全面保障电子元器件可靠性，因而上游厂商需要付出极大的时间成本及技术成本来全面参与，一旦形成稳定的供货关系，新厂商难以撼动其地位。

图表 211 电子元器件全寿命周期中各个环节的可靠性内容



资料来源：《军用电子元器件》，华安证券研究所

图表 212 不同种类元器件失效的代价（单位：美元）

类型	元器件筛选	印刷板调试	整机调试	现场使用
民用	2	5	5	50
工业用	4	25	45	215
军用	7	50	120	1,000
空间用	15	75	300	2,000

资料来源：思科瑞招股说明书，华安证券研究所

军用电子元器件国军标体系通过近 40 年的建设，已成为军用电子元器件质量控制与可靠性保障的主体平台，形成了覆盖元器件各个专业门类的标准体系，有力支撑了军用电子元器件科研生产和整机装备配套建设。目前现行有效的电子元器件国家军用标准有近千项，包括管理标准、通用基础标准、产品标准（含产品规范、专业基础标准）和应用标准等。每年支撑装发及海陆空等各军兵种各类元器件产品研制任务数千项，覆盖新品、型谱、贯标、核高基、质量增长等所有元器件产品研制任务和专项工程，贯穿协议约定、鉴定依据和验收评价各环节，“提必及可靠性、言必谈标准”是军用电子元器件领域的各类节点检查、审查验收的基本要求，军用电子元器件标准体系不断完善，已成为军用电子元器件质量控制与可靠性保障的主体平台，有力支撑了军用电子元器件科研生产和整机装备配套建设。

图表 213 军用电子器件标准发展历程

发展阶段	标准专注点
20 世纪 50 年代	集中于对苏联标准的转化和引用
20 世纪 60 年代	“独立自主、自力更生”，集中设计、联合开发
20 世纪 70 年代	制定了一大批“七专技术条件”标准
2003 年	制定型谱项目企业军用标准
2008 年开始	提出了可靠性增长的要求，企业军用标准增加特定应用需求的考核试验项目

资料来源：《军用电子元器件标准化发展历史、现状和建议》，华安证券研究所

国产元器件的质量水平从低到高的顺序:普军品、(七专)7905、(七专)8406、(七专加严)8406、补充技术协议、国军标(GJB)。GJB 参照了美军标(MIL),其质量等级的分类比较复杂,器件分为 3~4 个质量等级。

图表 214 军用原器件产品质量保证等级

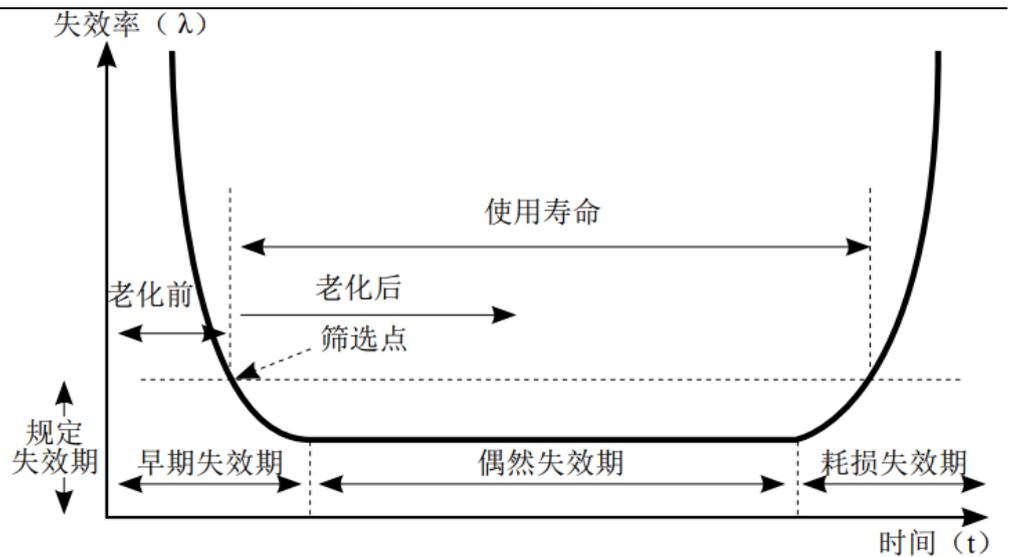
元器件类型	质量等级 (从高到低)
半导体集成电路	S (宇航级)、B (军级)、B1 (B 级派生级)
混合集成电路	K (宇航级)、H (军级)、G/D (承制方等级)
半导体分立器件	JY (宇航级)、JTC (超特军级)、JT (特军级)、JP (普军级)
光电模块	M2、M1
晶体振荡管	S (宇航级)、B (军级)
声表面波器件	S (宇航级)、B (军级)、B1
固体继电器	Y (军级)
混合和固体延时继电器	X (超特军级)、Y (军级)、W (工业级)
微波组件	J、G、T
其他元件和组件	军级

资料来源:《军用电子元器件》,华安证券研究所

**选型方面**,为保证军用电子产品设计师对元器件正确选型,首先应参照《电子元器件质量保证大纲》和“型号元器件质量保证大纲”的要求,针对军用装备的任务需求、技术指标和环境适应性要求等,拟定相应的元器件选型依据,从而在型号研制阶段依据大纲开展元器件选型评审及指导设计实践中的选型工作。

元器件选型的原则,应面向型号产品的使用要求,选用功能、性能、质量等级和技术指标均适应的元器件,而非一味追求高性能、高品质和高质量等级的元器件;应尽量优选型号总体单位指定的元器件优选目录中的国产元器件,避免因外部因素造成装备自主保障不利,也要避免使用最新研制成功,但未经技术鉴定合格的元器件;应优选正规供应渠道的标准元器件,即高可靠性、质量稳定和非淘汰的元器件。

图表 215 电子元器件失效率分布服从“浴盆曲线”的规律



资料来源:《军用元器件质量控制研究》,华安证券研究所

**筛选方面**，元器件筛选试验是指通过特定的试验剔除生产不合格或存在缺陷的早期失效电子产品而进行的试验，以保证元器件的可靠性。元器件筛选包括一次筛选、二次筛选和升级筛选。

一次筛选是指生产单位在交付前，按元器件的产品详规进行初次筛选。二次筛选是指主机研制单位在元器件装配前为满足可靠性的要求，在一次筛选的基础上进行的复检及验证。在美国等西方国家没有二次筛选要求，元器件采购后就可以在型号上应用。

在我国军工产品使用的元器件均要求进行二次筛选，原因在于我国元器件的生产与研制水平尚处于初级阶段，和国外的同类型产品还存在一定的差距，一次筛选的试验设计不能完全覆盖型号研制的环境应力需求。二次筛选的通用要求参照 GJB 7243-2011《军用电子元器件筛选技术要求》或主机研制单位按其设计需求在国家军用标准规范上进行裁剪。

**DPA 试验方面**，DPA 是通过对电子元器件进行合理抽样，对样品实施非破坏性和破坏性检验及分析后，判断该批次的电子产品是否满足用户的质量和设计要求，使用户在设计使用前全面掌握元器件的质量状态，确保装机的元器件有较高的可靠性。DPA 起源于二战后的美国，主要通过对元器件样品进行解剖，来验证元器件的设计、结构、材料和制造质量能否符合现有标准规定。国家军用标准规范包括：GJB 4027A-2006《军用电子元器件破坏性物理分析方法》、GJB 128A-1997《半导体分立器件试验方法》、GJB 360A-1996《电子及电气元件试验方法》和 GJB 548A-1996《微电子器件试验方法和程序》。

图表 216 常见的 DPA 试验方式

试验项目	试验内容及控制方法
外部目检	在至少 10 倍率放大镜检查元器件外部结构、密封是否受损、涂装与玻璃填料是否存在缺陷
超声波检查	元器件基板是否存在分层、空洞和裂纹等缺陷，通过图像的对比度判断元器件材料内部声阻抗差异、确定缺陷形状、大小和所在方位
射线检查	试验以 X 光检验为主，检查壳体内结构是否受损变形、键合线是否断裂和是否存在多余物等
PIND	通过振动反馈检测壳体内的可动颗粒物，以确定是否有引起随机短路的因素
粗检漏	粗检漏多采用氟油气泡检漏，先压入低沸点氟油，在放入高沸点氟油观察是否存在气泡，此方法可以初步检测出元器件是否存在泄漏
细检漏	细检漏多采用示踪气体加压进行检漏，细检漏可以精确的确定电子元器件的漏率
键合强度	用设备拉断键合线，从而测试键合线的极限强度，以避免键合线强度不达标缺陷
制样镜检	将元器件镶嵌在环氧树脂材料中固化，再按要求切割、研磨及抛光，从而达到试验要求

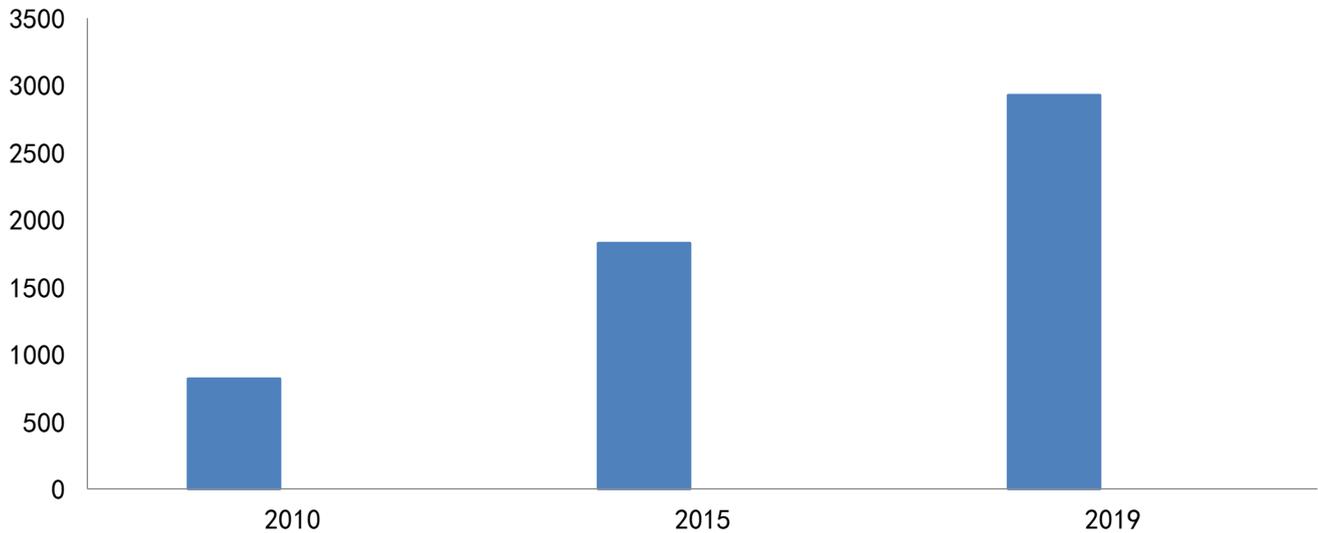
资料来源：《军用元器件质量控制研究》，华安证券研究所

我国军工电子行业起步较晚，且发展历程艰难，伴随着我国近年来加大对国防信息化的建设，国防白皮书和十九大报告明确指出，我国军事斗争准备基点是打赢信息化局部战争，确保到 2020 年信息化建设取得重大进展，我国正处于国防信息化加速建设期。据统计，2010 年我国军工电子行业市场规模在 819 亿元左右，市场规模较小；2019 年我国军工电子需求占到国防装备支出的 60%左右，2019 年我国国防装备费用约为 4759 亿元，前瞻产业研究院推算，我国军工电子行业市场规模已经达到 2927 亿元。

《新时代的中国国防》白皮书提出，要加快新型主战武器装备列装速度，构建现代化武器装备体系，加大淘汰老旧装备力度，逐步形成以高新技术装备为骨干的

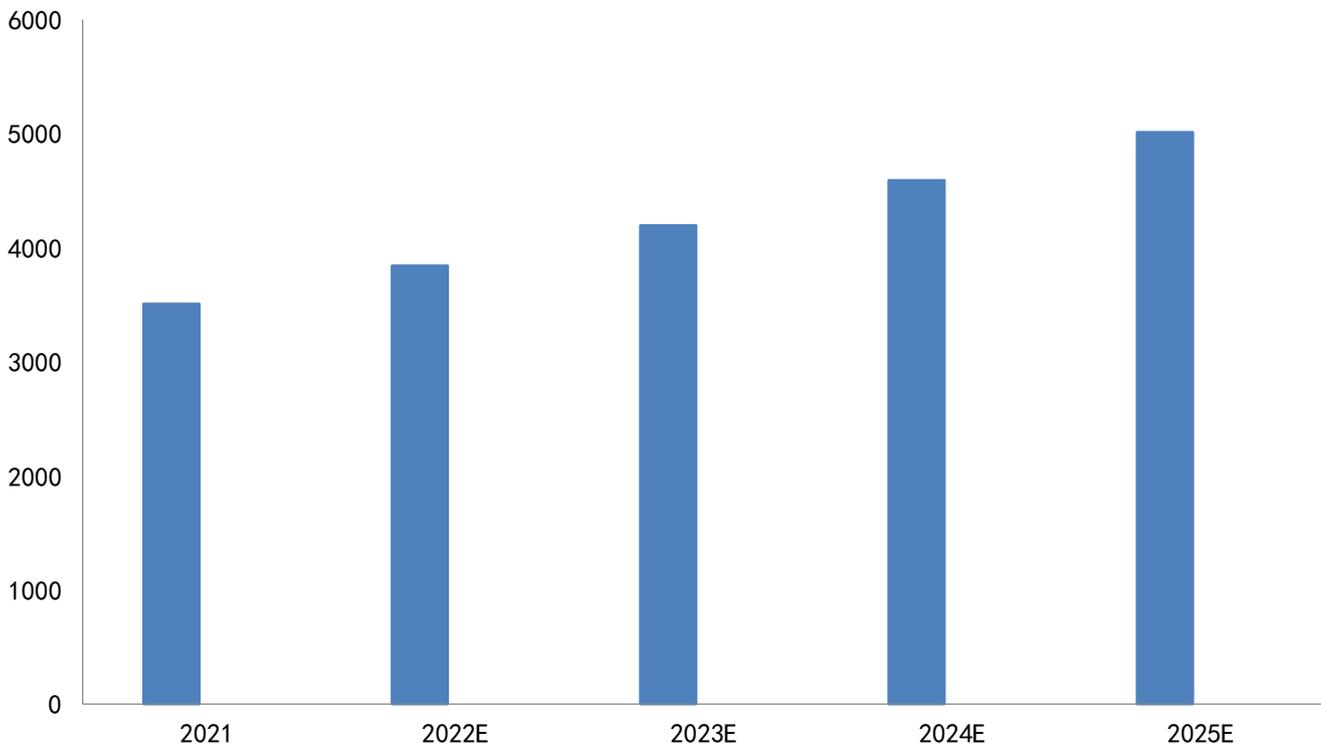
武器装备体系。随着国防信息化建设的不断深入，新型主战武器的加速列装、老旧装备的更新升级将会为军工电子行业带来新的市场空间。中商产业研究院预计 2022 年我国军工电子行业市场规模预计将达到 3842 亿元，2021-2025 年年均复合增长率将达到 9.33%。

图表 217 2010-2019 年中国军工电子行业市场规模测算（单位：亿元）



资料来源：前瞻产业研究院，华安证券研究所

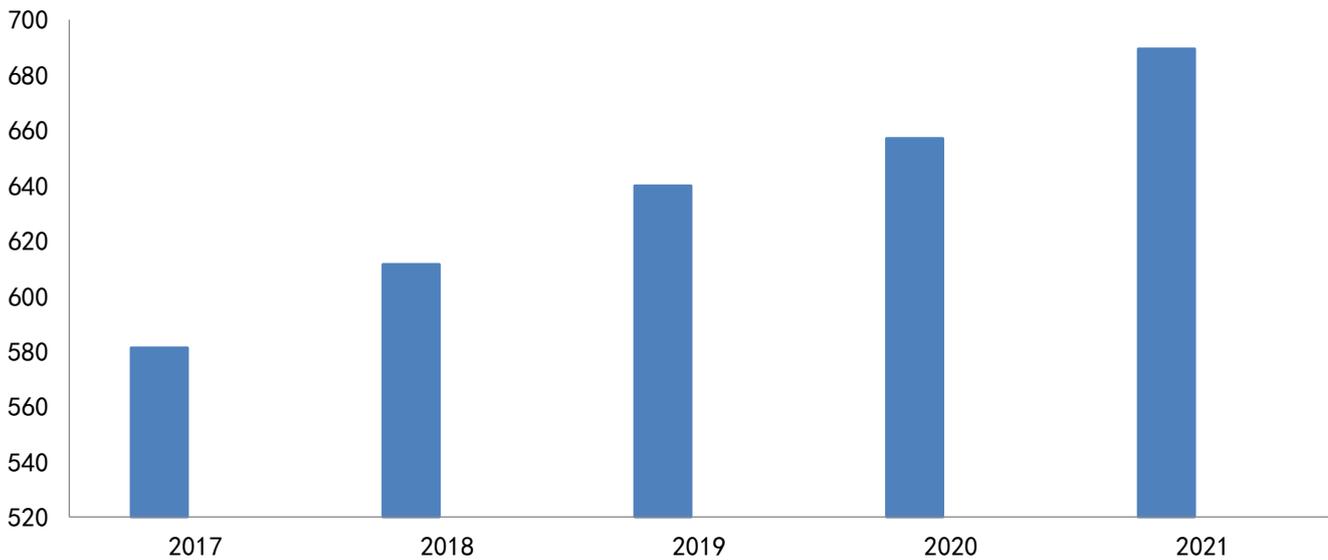
图表 218 2021-2025 年中国军工电子行业市场规模测算（单位：亿元）



资料来源：中商情报网，华安证券研究所

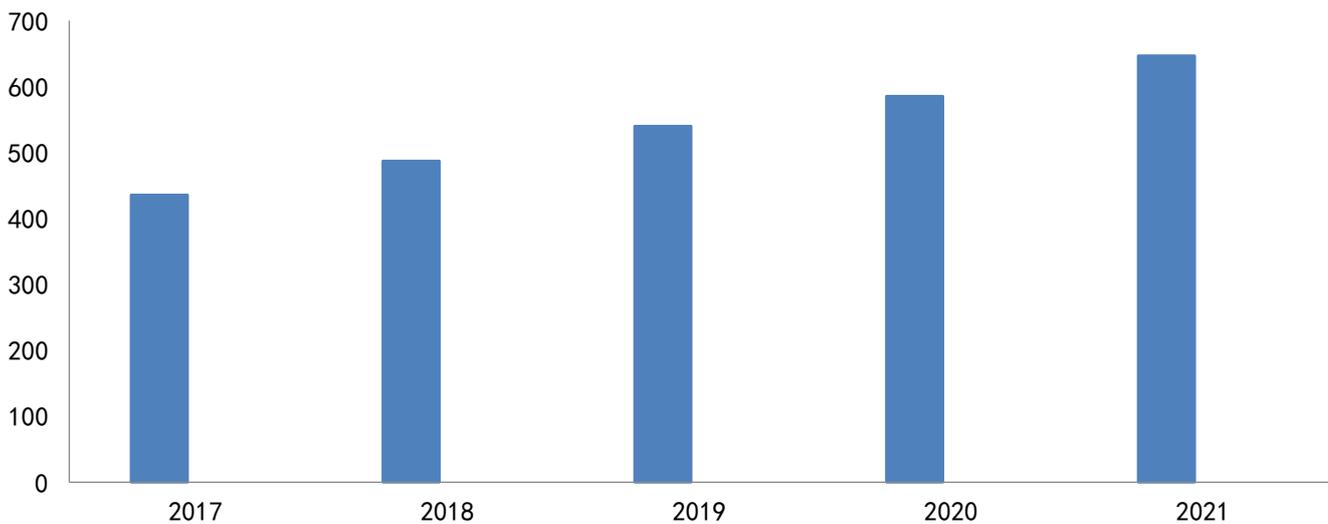
可靠性检测服务是军用电子元器件产业链中的重要环节，独立的检测机构主要是承接二筛业务，电子元器件制造厂商根据自身经营需要也会将部分内部测试业务对外委托检测。军用电子元器件已成为发展现代电子信息化武器装备的必备元件。随着现代科学技术的高速发展，全球正经历机械化战争形态向信息化军事形态的转变，而这场变革的核心和本质就是信息化。实现武器装备信息化的必要条件是拥有高水平、高可靠性的军用电子元器件。随着各个国家经费投入、装备平台建设及编制改革的推进，未来军工电子信息化投入规模将持续增加。根据观研天下数据，2021 年全球军用电子元器件可靠性检测服务行业市场规模已达到 689.45 亿美元左右，2021 年我国军用电子元器件可靠性检测市场规模增长至 646.7 亿元。

图表 219 2017-2021 年全球军用电子元器件可靠性检测市场规模（单位：亿美元）



资料来源：观研报告网，华安证券研究所

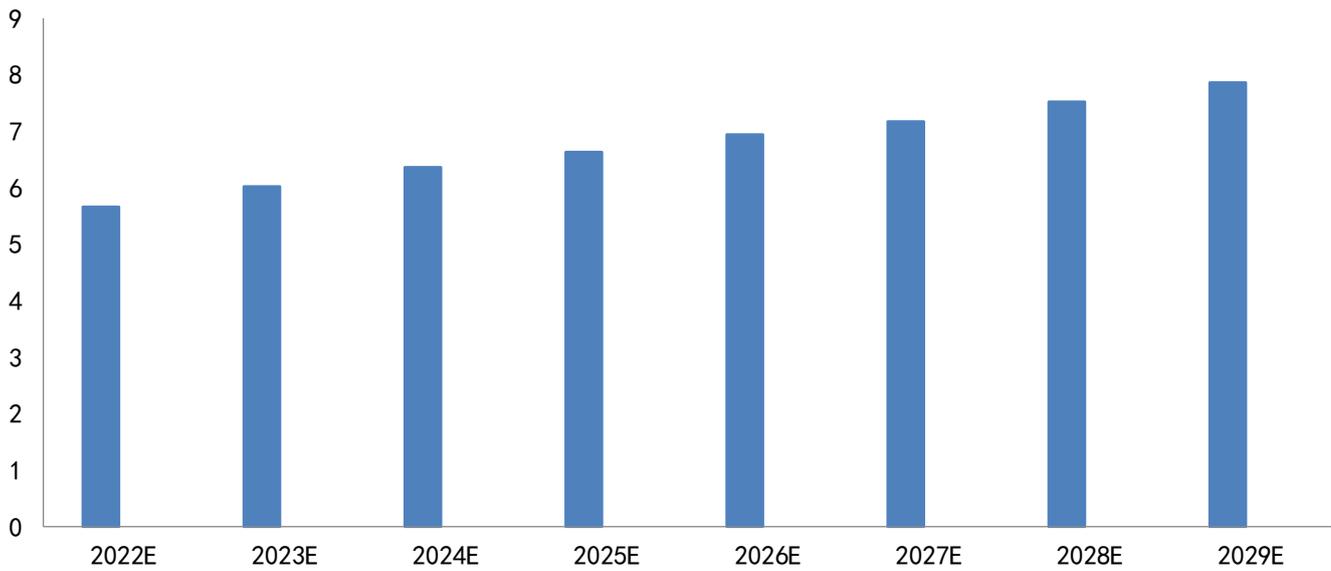
图表 220 2017-2021 年中国军用电子元器件可靠性检测市场规模（单位：亿元）



资料来源：观研报告网，华安证券研究所

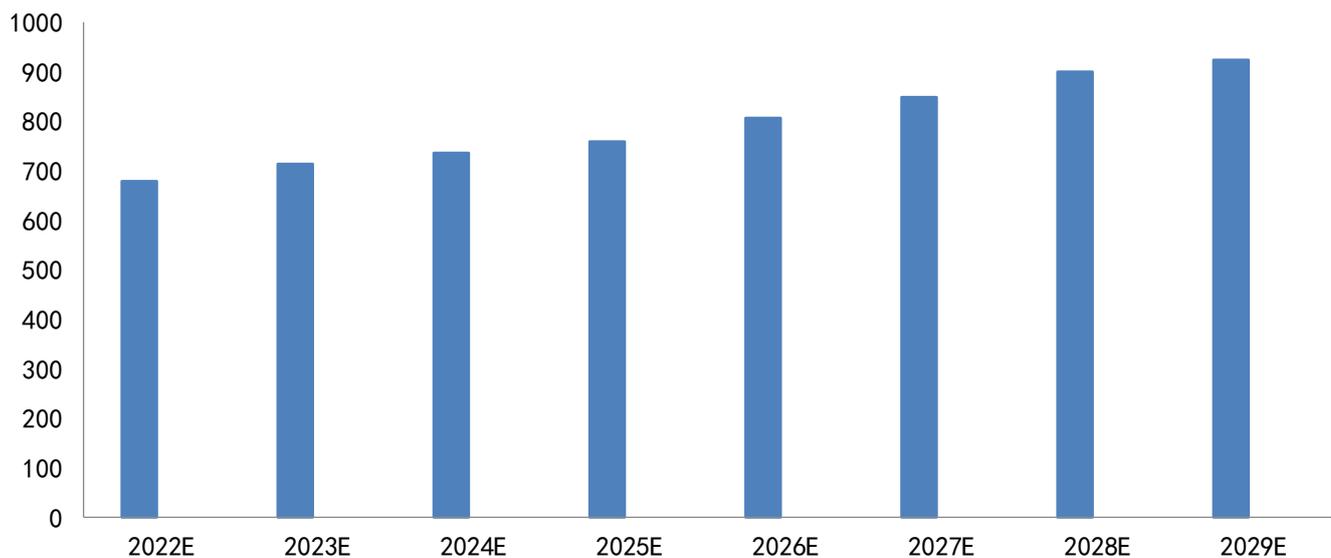
近年来，我国也出台了《认证认可检验检测信息化“十三五”建设任务与行动计划》等政策和指导意见，为检验检测行业创新服务模式、增强服务能力提供了必要的政策支持。根据观研天下数据，目前，我国军工检测行业正处于快速发展阶段，呈现机构众多、单个机构规模较小的竞争格局。未来，随着更多中小机构入局，军用电子元器件可靠性检测服务行业检验检测机构数量将持续增加，预计在 2029 年增长至 7.86 万家。此外，我国军用电子元器件可靠性检测服务行业市场规模或将持续扩大，我国军用电子元器件可靠性检测服务行业市场规模在 2029 年预计达到 923.90 亿元。

图表 221 2022-2029 年中国军用电子元器件可靠性检测市场机构数量预测（单位：万家）



资料来源：观研报告网，华安证券研究所

图表 222 2022-2029 年中国军用电子元器件可靠性检测市场规模预测（单位：亿元）

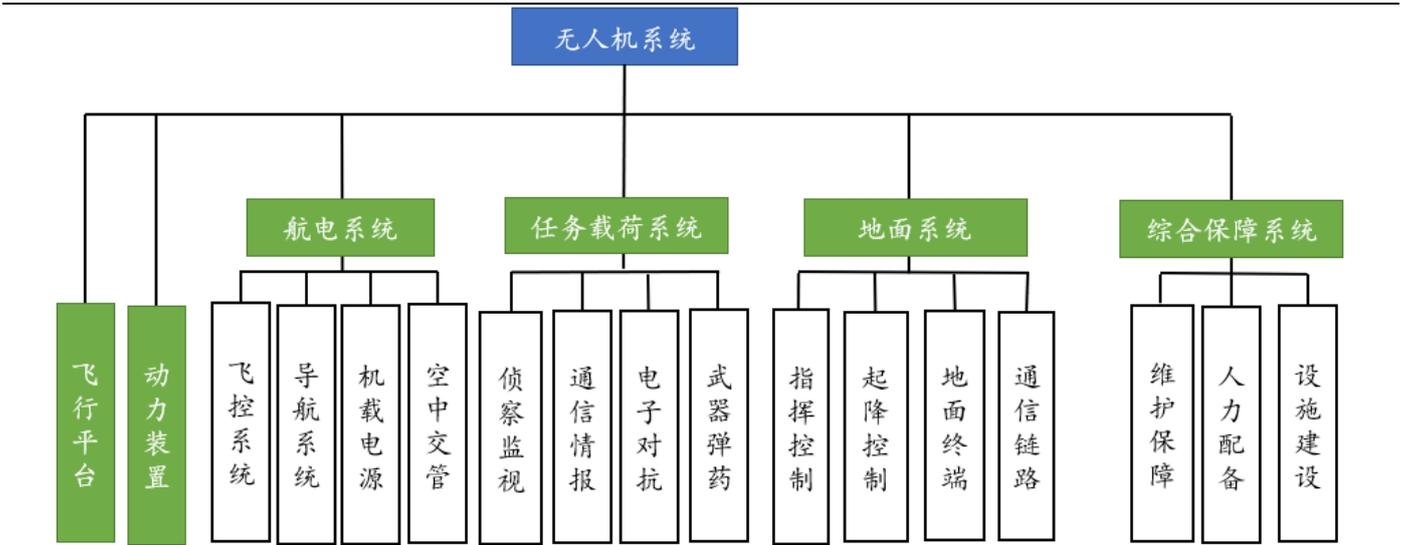


资料来源：观研报告网，华安证券研究所

### 3.7 无人机：信息化在武器装备的综合体现

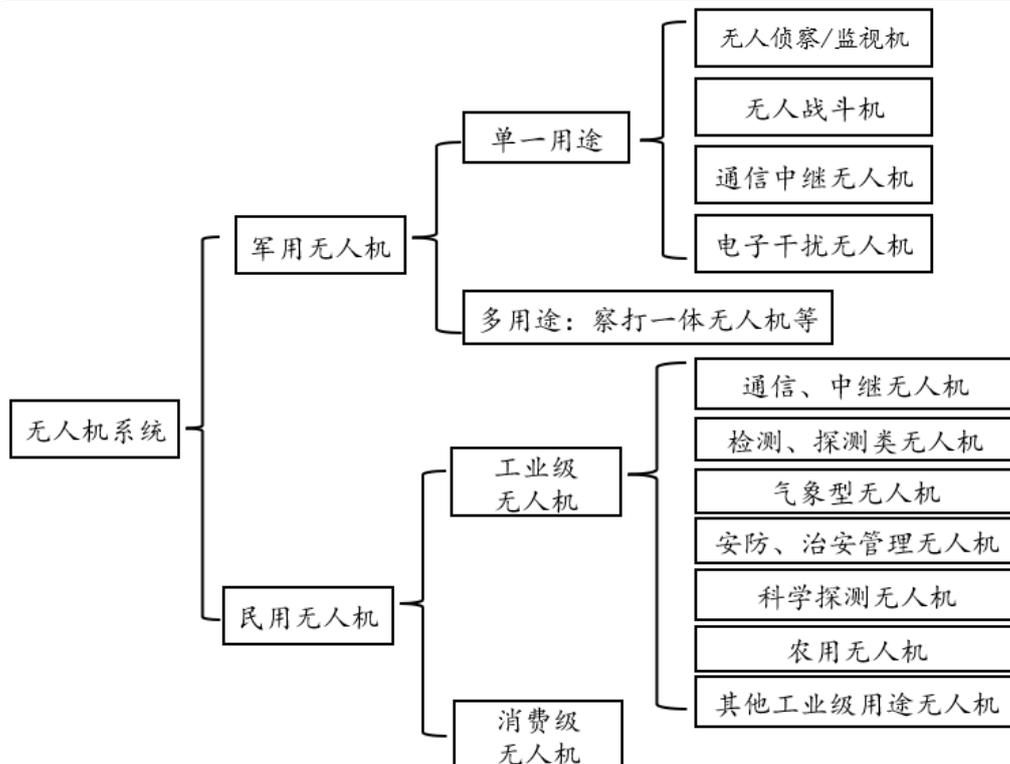
无人机是不携带操作人员、由动力驱动、可重复使用、利用空气动力承载飞行、可携带有效载荷、在远程控制或自主规划的情况下完成指定任务的航空器。根据北京航空航天大学出版社出版的《无人机系统概论》，典型的无人机系统由飞行平台、动力装置、航电系统、任务载荷系统、地面系统、综合保障系统等组成。

图表 223 无人机系统组成示意图



资料来源：中无人机招股说明书，华安证券研究所

图表 224 无人机系统按照用途分类示意图



资料来源：中无人机招股说明书，华安证券研究所

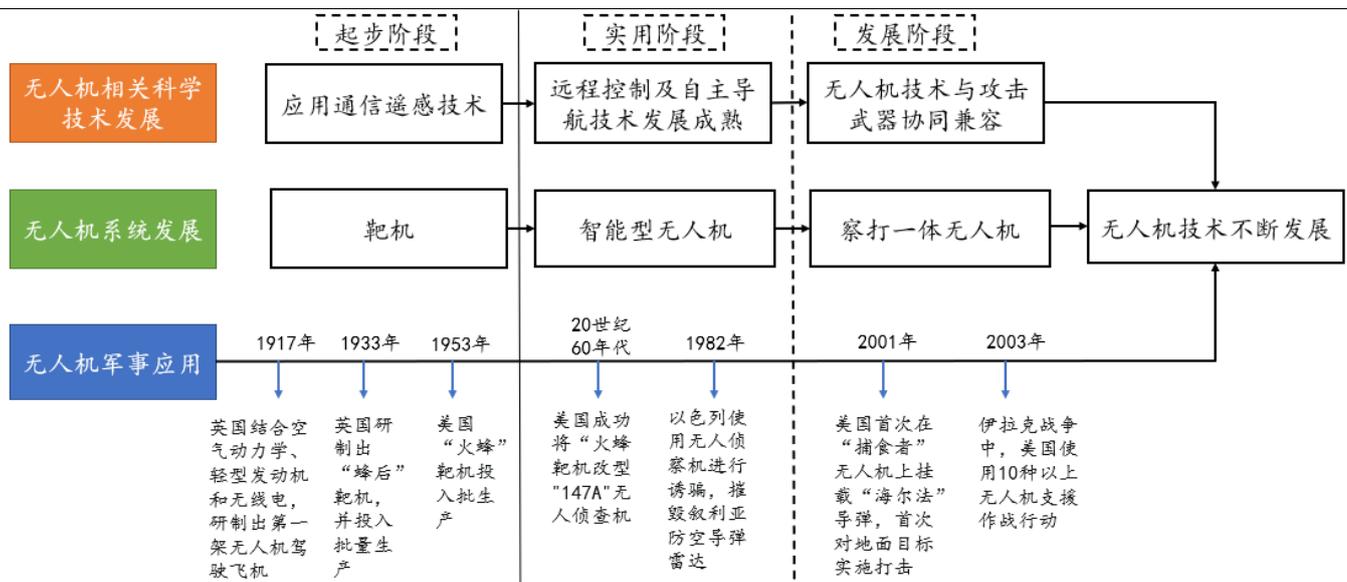
随着无人机技术的飞速发展，无人机系统形成了种类繁多、用途广泛、特点鲜明的分类特征，致使其在尺寸、质量、航程、航时、飞行高度、飞行速度、性能和特征以及任务等多方面都有较大差异。通常，无人机可按用途、飞行平台构造、大小、飞行性能、续航时间等方法进行分类。

图表 225 翼龙-1 无人机系统



资料来源：中无人机招股说明书，华安证券研究所

图表 226 全球军用无人机发展历程

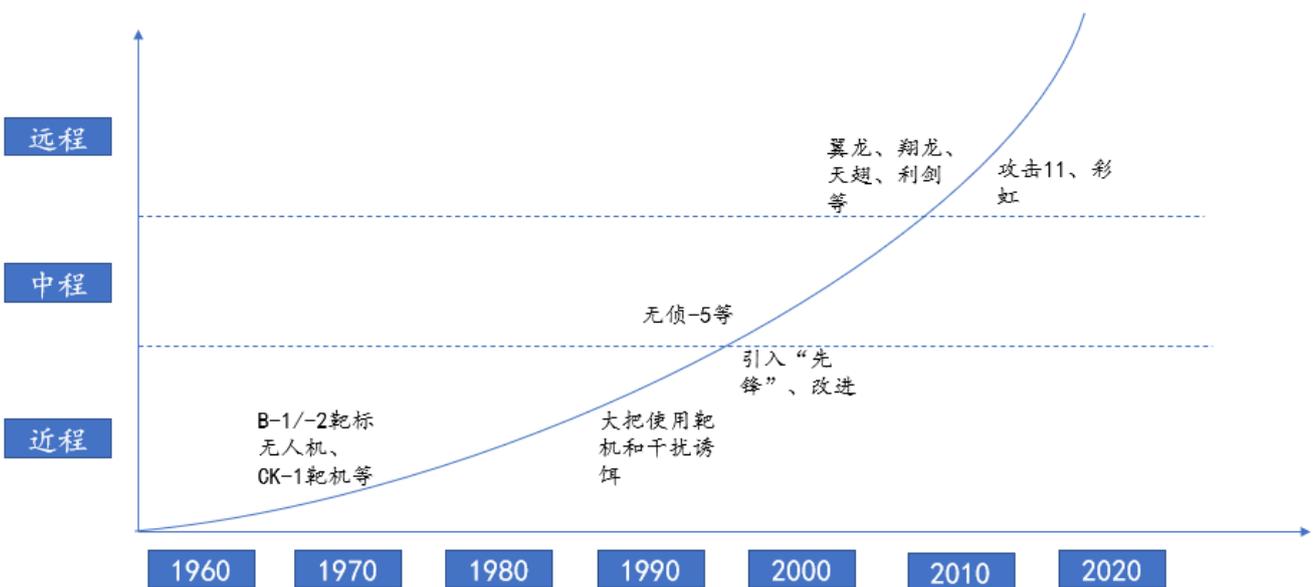


资料来源：中无人机招股说明书，华安证券研究所

无人机的发展最早可以追溯到 1917 年，当时英国皇家航空研究院将空气动力学、轻型发动机和无线电三者结合起来，研制出世界上第一架无人驾驶飞机。此后，全球军用无人机的发展大致经历了以下几个阶段：20 世纪 20-60 年代，无人机主要作为靶机使用，是无人机发展的起步阶段；20 世纪 60-80 年代，无人侦察机及电子类无人机在战场上崭露头角，无人机开始进入实用阶段；从 20 世纪 90 年代起，无人机在现代高技术局部战争中得到了全面应用，无人机正处于迅猛崛起和蓬勃发展阶段。

我国军用无人机起步于 1964 年，1980 年代开始批量使用无人机，最初主要作为防空系统的靶机和干扰诱饵等。到 2000 年后，我国相关科研院所、高等院校积极合作，开发出了多型的无人机设备，除了 2002 年在珠海航展上亮相的 WZ-2000 型无人侦察机引起世界轰动外，近几年也开发出了中国版的“捕食者”——“彩虹-4 号”、“彩虹-5 号”无人机和“翼龙型”无人机，还有酷似全球鹰的“翔龙型”无，而“利剑”隐身无人攻击机在 2019 年国庆阅兵时正式亮相，并更名为“攻击 11”。

图表 227 中国军用无人机发展历程



资料来源：前瞻产业研究院，华安证券研究所

我国研制无人机已有五十多年的历史，国内无人机的研究发展在总体设计、飞行控制、组合导航、中继数据链路系统、传感器技术、图像传输、信息对抗与反对抗、发射回收、生产制造和部队使用等诸多技术领域积累了一定的经验，具备一定的技术基础。

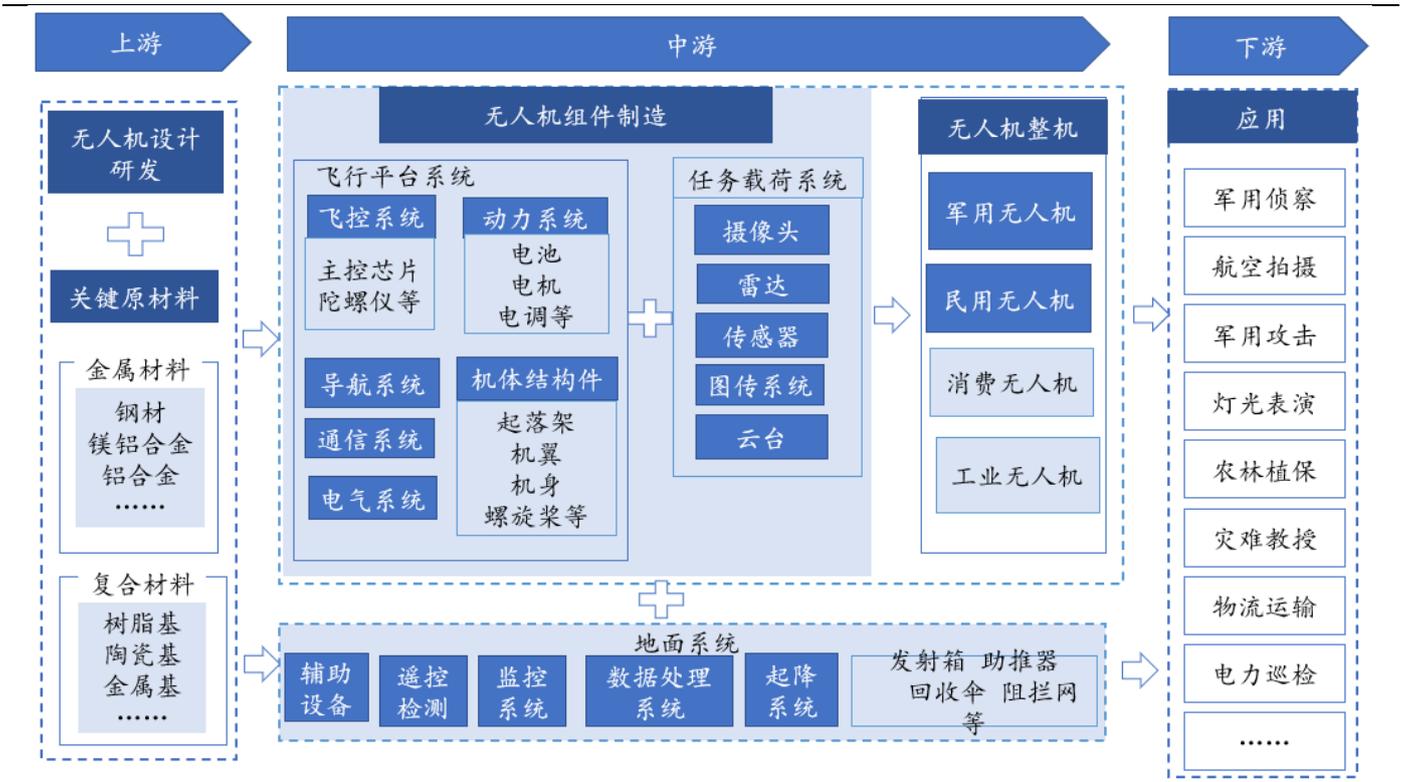
但在军用无人机领域，我军无人机装备同发达国家相比仍有一定差距，还不能完全适应高技术战争的要求。国内已有的无人机任务系统载重都不大，尚难满足电子对抗、预警、侦察等大型任务系统的要求，平台技术难以满足无人作战飞机的高隐身、高机动能力的要求，在气动力、发动机、轻质结构和高精度导航等方面基础技术薄弱。

图表 228 中国主要军用无人机情况

型号	最大起飞重量 (Kg)	最大飞行速度 (Km/h)	最大航程 (Km)
长空一号	2500	920	900
长虹一号	1700	800	2500
ASN-105	140	170	300
ASN-206	220	210	150
WZ-2000	-	-	-
BZK-005	1250	-	-
翼龙-I	1200	280	4000
翼龙-II	4200	370	-
翔龙	6800	700	-
利剑	-	-	-
彩虹系列	-	-	-
云影	-	620	-
金雕	650	-	140

资料来源：前瞻产业研究院，华安证券研究所

图表 229 无人机产业链结构图

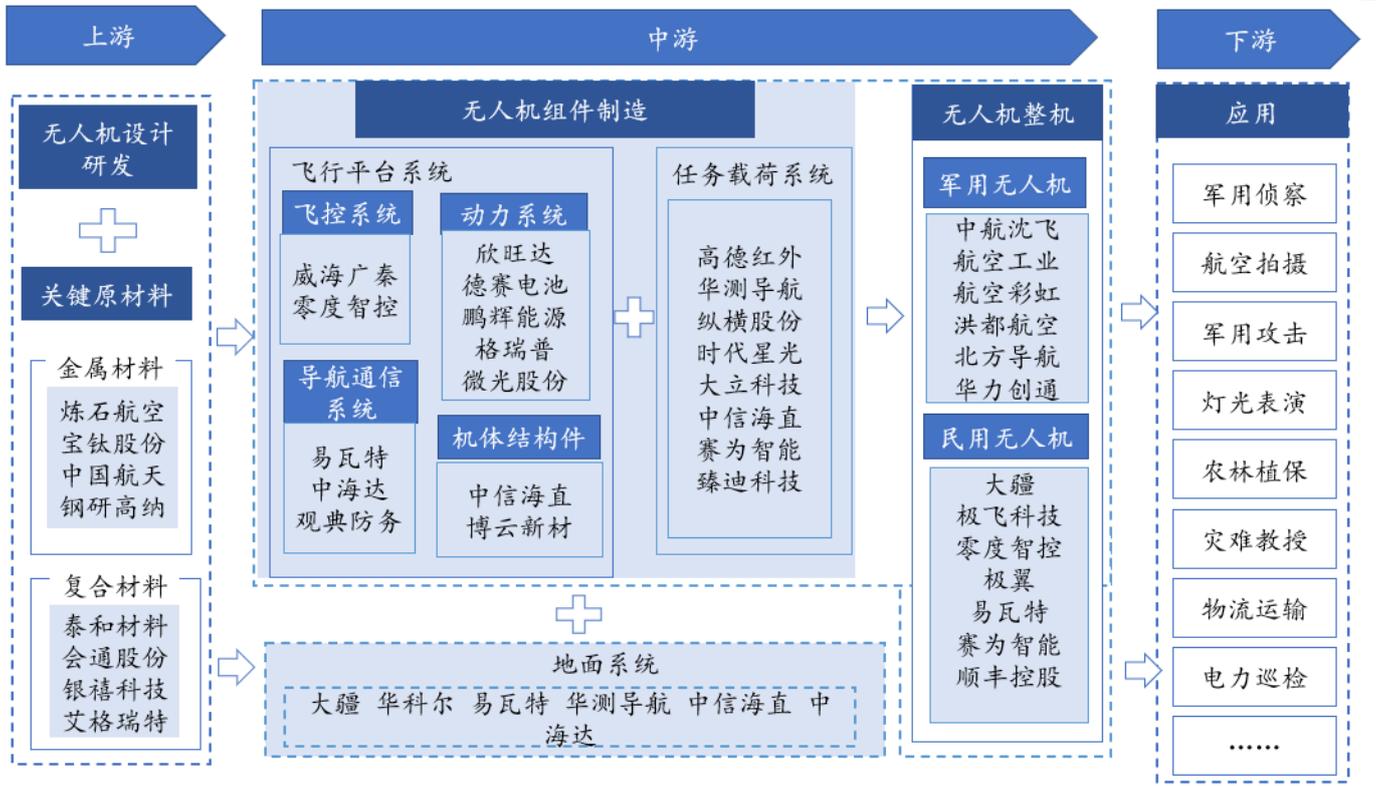


资料来源：前瞻产业研究院，华安证券研究所

无人机产业链上游为无人机设计研发及关键原材料的生产，其中关键原材料有金属材料和复合材料两大类，包括钛合金、铝合金、陶瓷基等特殊材料。中游无人机整机制造包括飞行系统、地面系统、任务载荷系统三个方面，是无人机制造的核心

心部分。飞行系统包含动力系统、导航系统、飞控系统、通信系统和机体制造等，是无人机完成起飞、空中飞行、执行任务和返场回收等整个飞行过程的核心系统。无人机产业链下游是无人机的应用场景，无人机可应用于军用侦察、军用攻击、航空拍摄、灯光表演、农林植保、灾难救援、物流运输、电力巡检等领域。

图表 230 中国无人机产业链（列举部分公司）

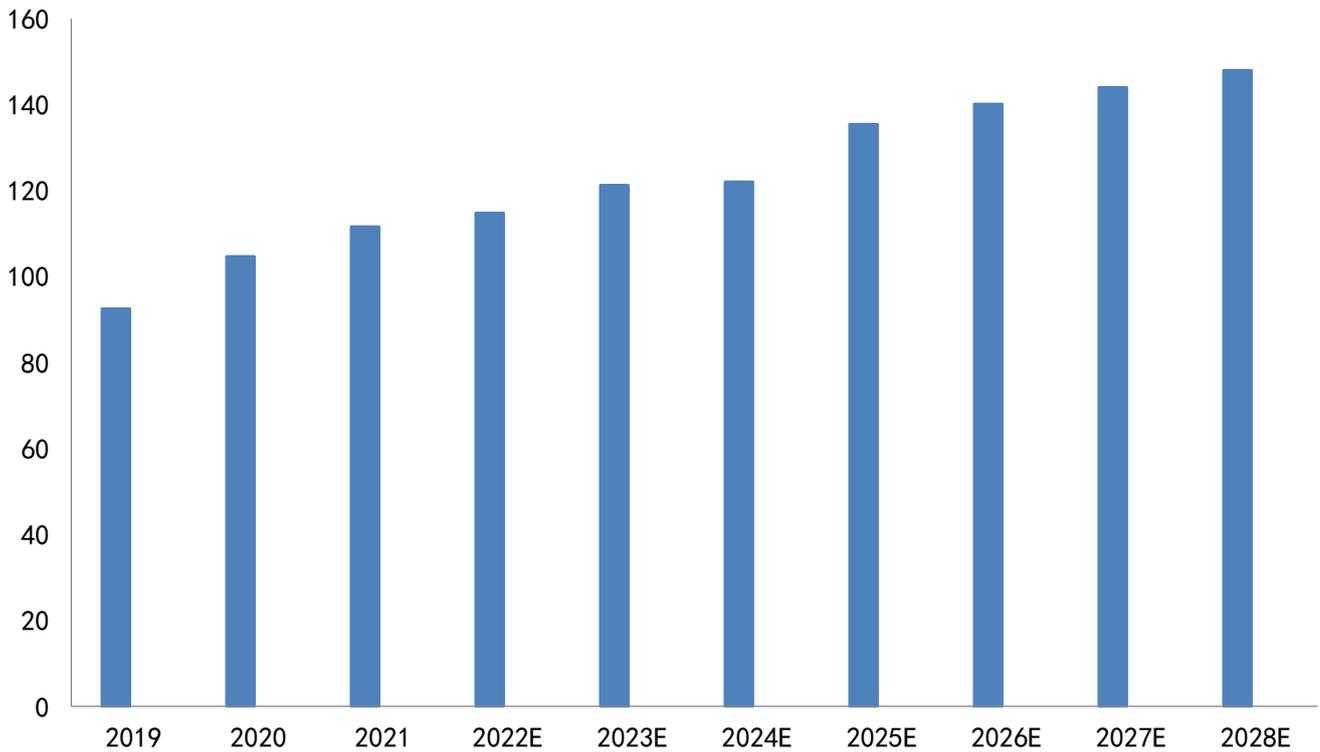


资料来源：前瞻产业研究院，华安证券研究所

近年来，在信息化战争的发展形势下，无人机等新型装备需求大幅提升，再加上不断爆发的安全问题、领土争端，装备无人机成为了以较低成本增强自身国防实力的有效手段，导致全球军用无人机需求不断扩大。根据蒂尔集团的报告，2019年-2028年全球军用无人机年产值（含采购）逐年增长，到2028年产值预计达到147.98亿美元，年产值（含采购）复合增长率约5.36%，市场保持可持续的稳定发展。

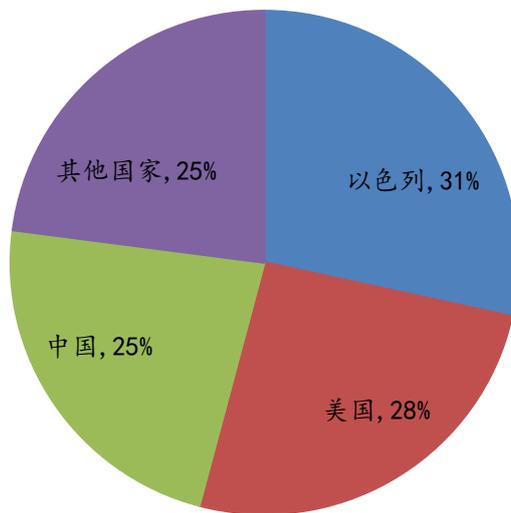
由于对无人机装备有需求的国家很多，但目前全球具备自主生产高性能军用无人机能力的国家较少，因此相较传统武器装备，无人机全球军贸市场较为活跃。目前全球无人机系统军贸领域主要出口国家为以色列、中国及美国，澳大利亚、土耳其、瑞典、意大利等国也有部分无人机出口。根据斯德哥尔摩国际和平研究所（SIPRI）统计，2010年至2020年度，无人机军贸市场中以以色列出口份额最大，约占军贸市场31%，美国市场份额约28%，中国市场份额约17%，其他国家无人机系统军贸出口规模合计占比约25%。中国无人机出口的主力机型为“翼龙”和“彩虹”系列无人机。

图表 231 全球无人机市场规模预测（亿美元）



资料来源：中无人机招股说明书，华安证券研究所

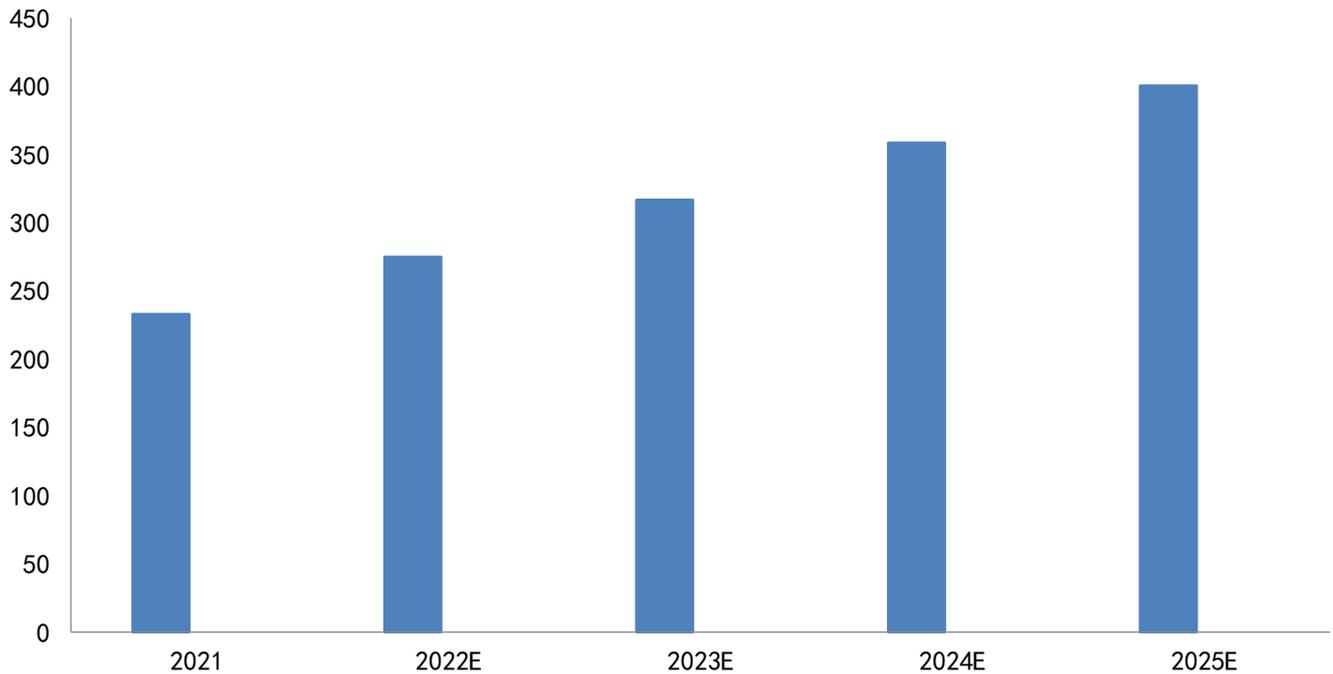
图表 232 全球无人机系统军贸市场占比（按订单统计）



资料来源：中商情报网，华安证券研究所

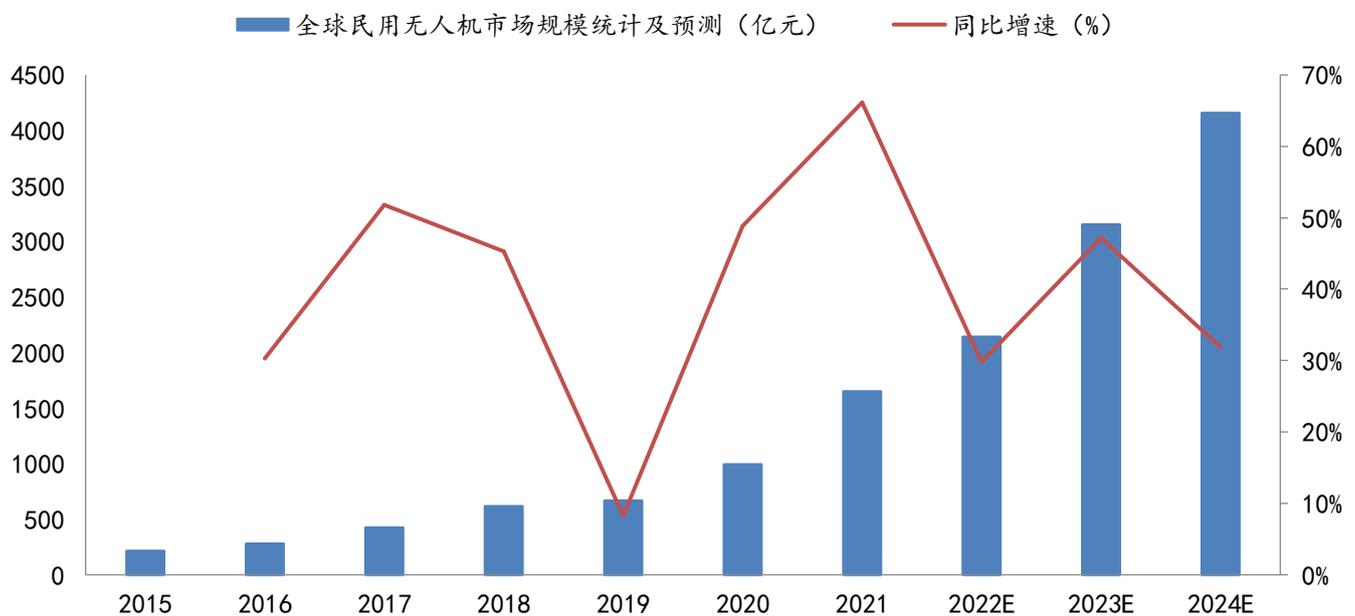
根据中研普华产业研究院数据，2018 年我国军用无人机市场规模为 111.4 亿元，同比增长超过 37%，到 2020 年市场规模达到了 209.1 亿元，2025 年有望达到 400 亿元。

图表 233 中国军用无人机市场规模预测（亿元）



资料来源：中研普华产业研究院，华安证券研究所

图表 234 2015-2024 年全球民用无人机市场规模统计及预测（亿元）

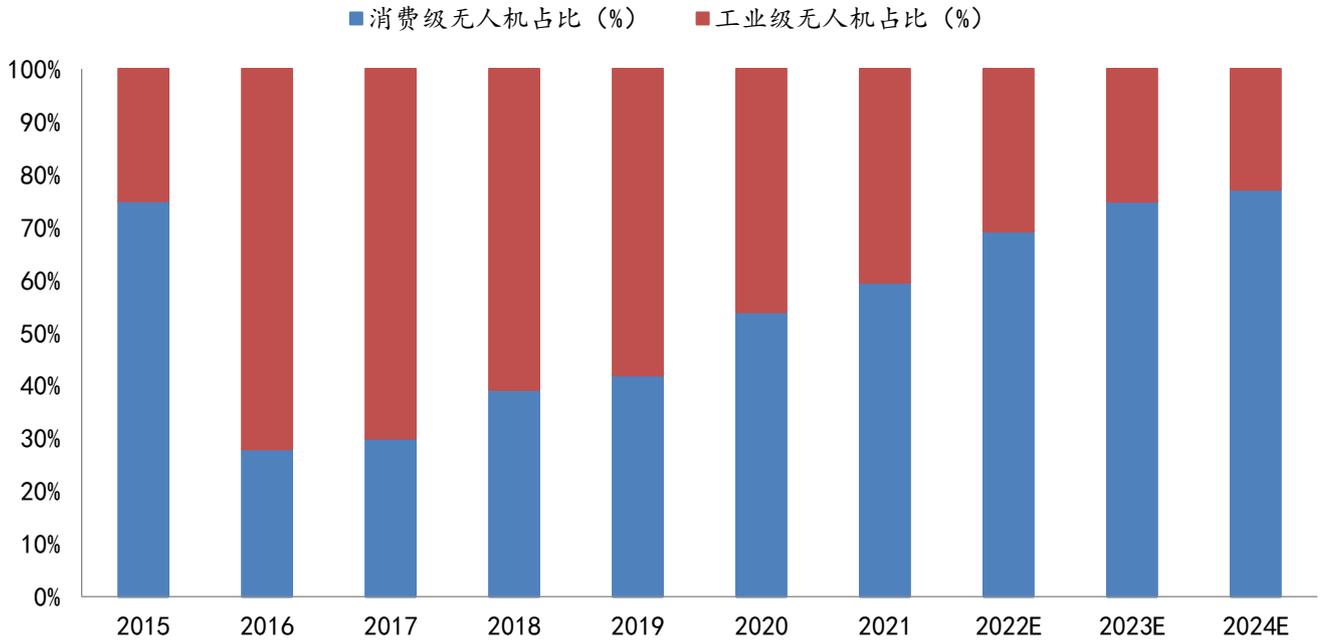


资料来源：智研咨询，华安证券研究所

无人机作为新时代极具代表性的科技产品，市场价值及其应用前景是有目共睹的。随着无人机工业应用及个人消费领域的不断渗透，近年来全球民用无人机市场飞速发展，2021 年全球民用无人机市场规模达 1605.48 亿元，较 2020 年增加了 612.08 亿元，同比增长 61.61%。而随着下游应用领域的不断扩大，未来将继续保

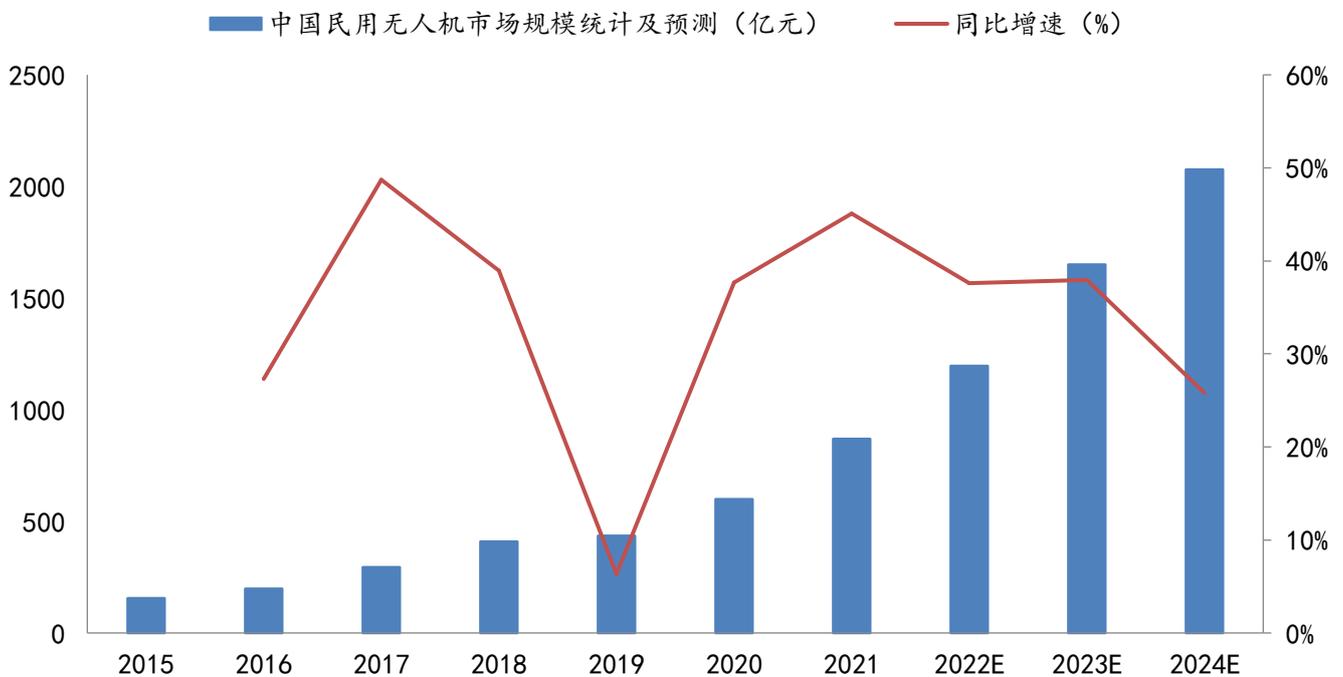
持续增长，预计 2024 年全球民用无人机市场规模将达到 4157.27 亿元。

图表 235 2015-2024 年全球民用无人机细分市场占比



资料来源：智研咨询，华安证券研究所

图表 236 2015-2024 年中国民用无人机市场规模统计及预测

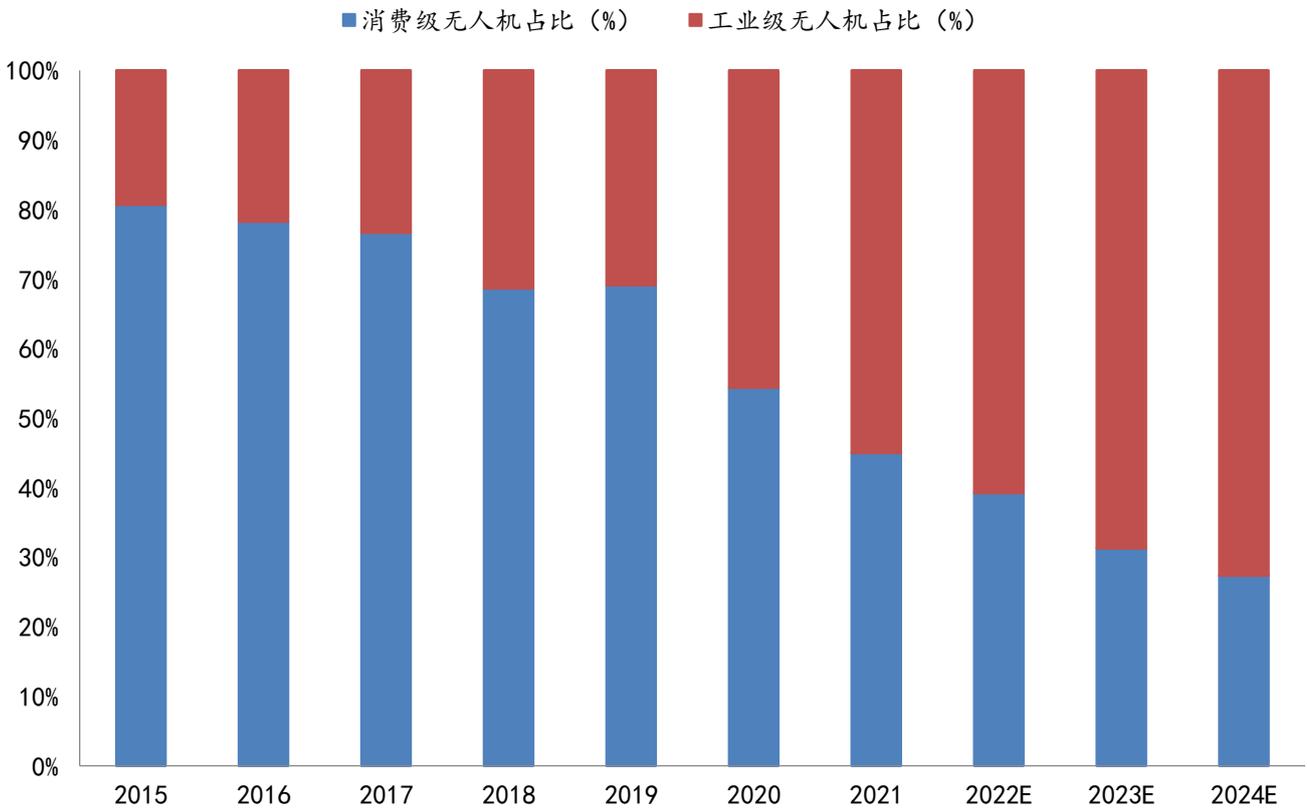


资料来源：智研咨询，华安证券研究所

近年来我国民用无人机市场蓬勃发展，2021 年中国民用无人机市场规模达 869.12 亿元，较 2020 年增加了 270.08 亿元，同比增长 45.09%，中国民用无人机的

市场发展潜力巨大，预计 2024 年中国民用无人机市场规模将达到 2075.58 亿元。其中，工业级无人机市场规模占民用无人机市场总规模的比例逐年攀升，2021 年中国工业级无人机市场规模占民用无人机市场总规模的 55.01%，较 2015 年的 19.31% 增长了 35.70%。预计 2024 年中国工业级无人机市场规模占民用无人机市场总规模的比例将达到 72.65%，而消费级无人机市场规模占民用无人机市场总规模的比例刚好相反，2021 年中国消费级无人机市场规模占民用无人机市场总规模的 44.99%，较 2015 年的 80.69% 减少了 35.70%，预计 2024 年中国消费级无人机市场规模占民用无人机市场总规模的比例约为 27.35%。

图表 237 2015-2024 年中国民用无人机细分市场占比



资料来源：智研咨询，华安证券研究所

### 3.8 仿真训练：现代化战争的超前智能较量

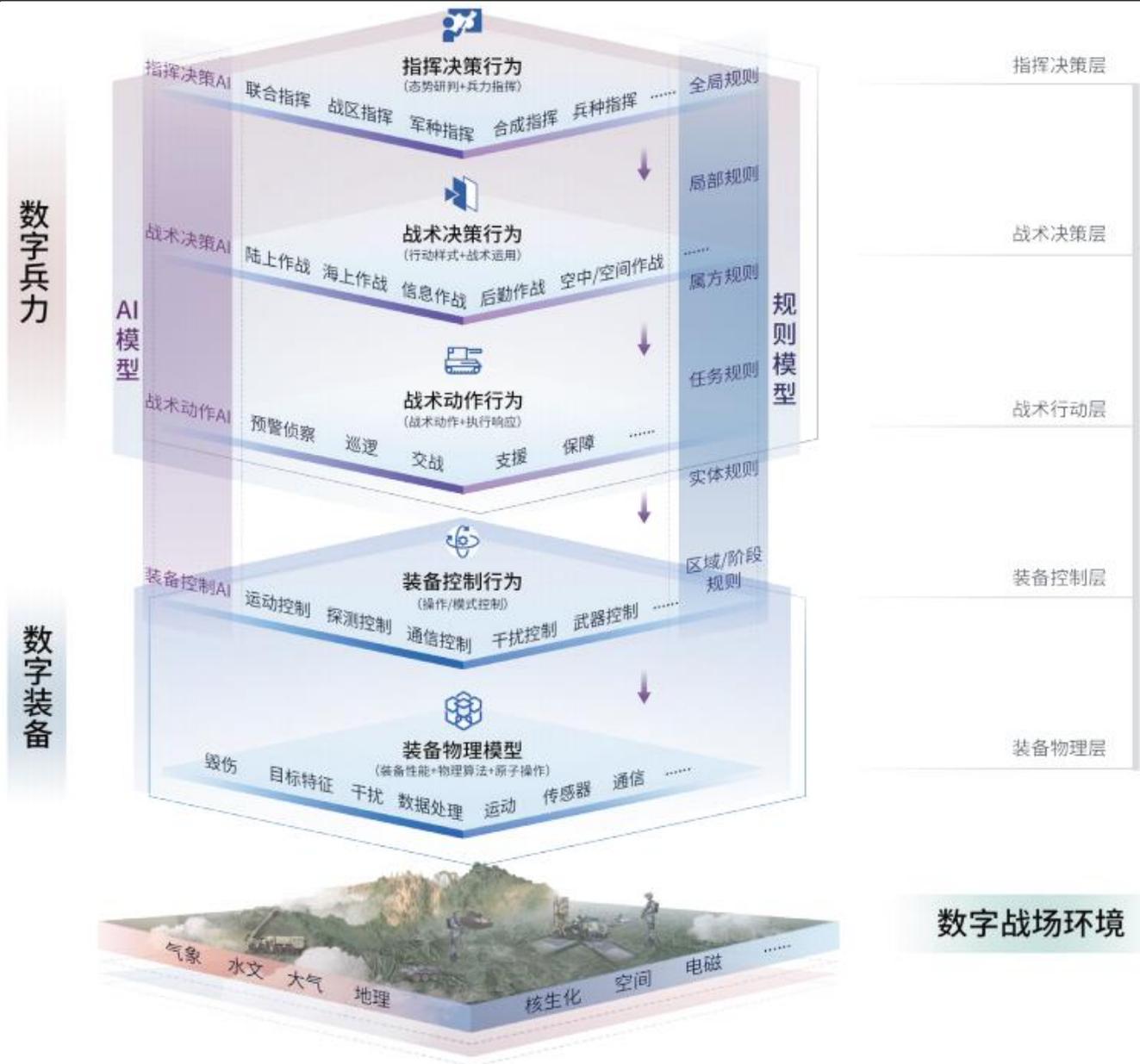
军事仿真技术的工具是计算机和专用物理设备，其基础是计算技术、军事运筹方法、相似原理和控制论，它是一种在军事作战及保障领域，对实际的或者设想的系统利用系统模型进行试验研究的综合技术。根据《军事仿真技术的价值分析及发展展望》一文，在军事装备领域，军事仿真技术已经成为武器装备研制与试验中的先导技术、校验技术和分析技术。1930 年左右美国陆、海军航空队就使用了林克式仪表飞行模拟训练器，当时其经济效益相当于每年节约 1.3 亿美元，而且少牺牲 524 名飞行员。在 20 世纪 80 年代对于导弹研制，由于采用仿真就有了减少飞行试验数量 30%~40%、节约研制经费 10%~40%和缩短周期 30%~40%的效果，极大地减少了装备研发成本。

图表 238 华如科技战斗仿真平台



资料来源：华如科技官网，华安证券研究所

图表 239 华如科技仿真模型库



资料来源：华如科技官网，华安证券研究所

美国国防部高度重视仿真技术的发展，美国一直将建模与仿真列为重要的国防关键技术。1992 年公布了“国防建模与仿真倡议”，并成立了国防建模与仿真办公室，负责倡议的实施；1992 年 7 月美国国防部公布了“国防科学技术战略”，“综合仿真环境”被列为保持美国军事优势的七大推动技术之一；1995 年 10 月，美国国防部公布了“建模与仿真主计划”，提出了美国国防部建模与仿真的六个主目标；1997 年度的“美国国防技术领域计划”，将“建模与仿真”列为有助于能极大提高军事能力的四大支柱（战备、现代化、部队结构、持续能力）的一项重要技术，并计划从 1996 年至 2001 年投资 5.4 亿美元、年均投资 0.9 亿美元。同时美国国防科学局（Defense Science Board）认为建立集成的综合仿真环境和仿真系统，必须解决五个层次的使能技术，(enabling technologies)（即应能解决实现的技术）：

- 基础技术：包括光纤通讯、集成电路、软件工具、人的行为模型、环境

模型等；

- 元、部件级技术：包括内存、显示、局域网、微处理器、数据库管理系统，数/模/数转换器，建模与仿真构造工具，测试设备等；
- 系统级技术：包括微机系统，人一机界面，远距离通讯/广域网、计算机图象生成；
- 应用级技术：包括制造过程仿真、工程设计建模与仿真，含人仿真系统，随机作战仿真等；
- 集成综合环境和建模与仿真工程：包括原型机、规划、设计与制造，训练与备战，测试与评估。

同样，欧洲对于仿真的研究历来也十分重视。北大西洋公约组织（NATO）于1992年9月成立了DIS工作组。同年欧洲学术界的二百个成员成立了欧洲仿真特殊兴趣组，并于次年组建了“仿真未来：新概念、工具和应用”基础研究工作组。制定了仿真基础研究和开发为第一优先主题。尤其是并行和分布式仿真这样的基础技术，围绕这个主题将就“仿真互操作性”展开行动计划。并对应于美国DIS工作组成立一些对应的机构进行跟踪研究。

图表 240 华如科技虚拟训练仿真平台



资料来源：华如科技官网，华安证券研究所

根据智研咨询网数据，总体来看，在军用计算机仿真（软件）行业内部主要有两类企业：第一类是体制内单位，如军队的科研机构，研究院所和国防科技工业企业等；第二类是民营企业。

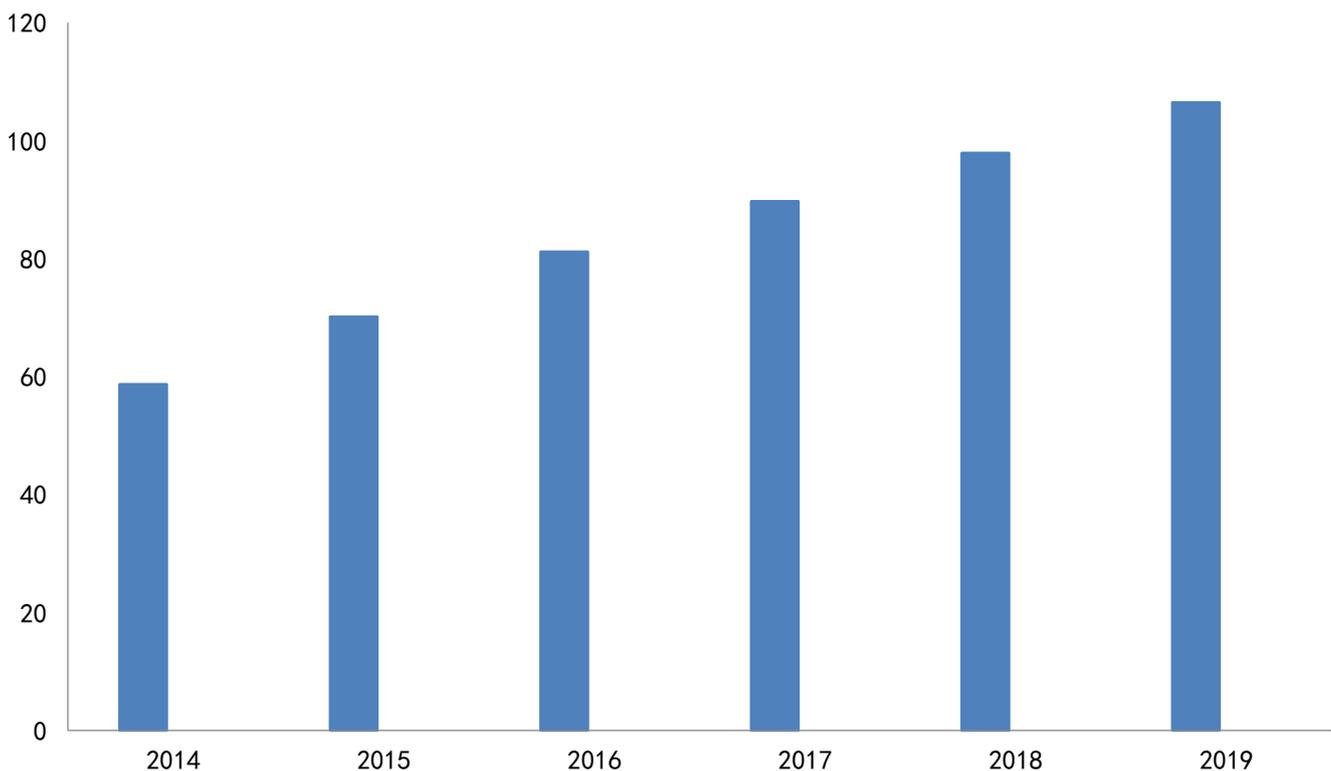
- 对于体制内单位而言，由于国外应用于军工行业的仿真技术属于高度保密的核心技术，禁止向我国出口和转让，因此，一直以来我国军用仿真相关

产品开发主要由我国的军队科研机构，科研院所和国防科技工业企业等承担。该类体制内单位因其装备和信息系统研制主业科研任务繁重，涉及仿真类科研往往都委托第三方完成。部分国防工业单位的主业本身包含仿真相关的业务，其依托的工业集团在军品研制方面优势较大。

- 对于第二类竞争主体，即民营企业而言，近年来，随着军民融合政策的推进，民营企业技术研发水平的不断提升，一批具备军品科研生产相关资质的企业已逐步进入专业市场，且军品的采购模式也逐步从传统的定向采购向市场化采购模式转变，上述因素均使得军用计算机仿真（软件）专业市场的市场化程度逐步提高。

目前，我国军用计算机仿真（软件）行业主要企业有神州普惠、神州智汇睿辰欣创、华力创通、华如科技、航天发展、天晟通、赛四达等企业。“十三五”以来，国家政策鼓励加大军民融合力度，行业内龙头企业在政策指引下，逐步拓宽软件产品的应用领域和应用方向，军用仿真软件行业得到进一步发展。2019年我国军用计算机仿真（软件）行业市场规模约 106.47 亿元，同比 2018 年的 97.91 亿元增长了 8.74%。

图表 241 2014-2019 年中国军用计算机仿真软件行业市场规模情况



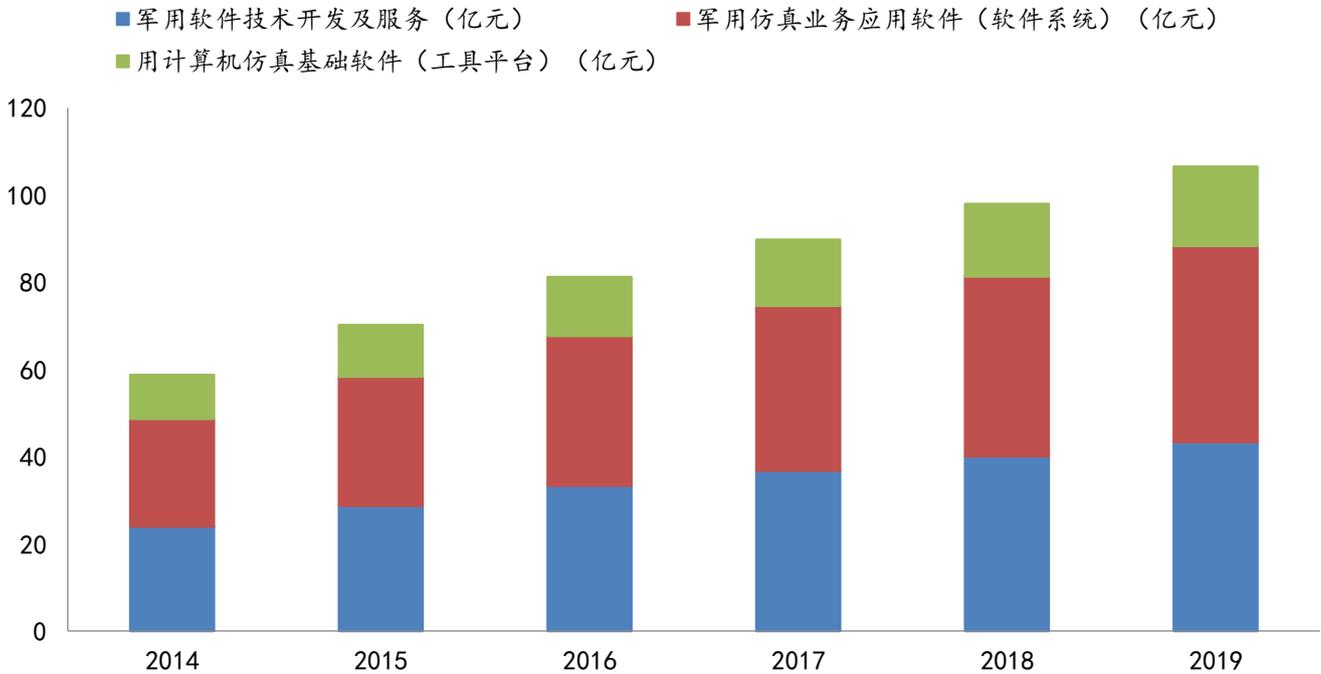
资料来源：智研咨询，华安证券研究所

军用计算机仿真（软件）企业可以通过提供技术开发、销售软件产品、提供技术服务等方式实现盈利。对于技术开发类合同，制造商可以利用自身核心技术，由技术人员为客户提供定制化开发，收取技术开发费用；对于软件产品销售类合同，制造商通过自主研发形成具有自主知识产权的软件产品，并销售给客户以获取产品销售收入；对于技术服务类合同，行业可以根据客户需求提供软件技术方案及软件

产品使用相关培训等服务以实现服务收入。

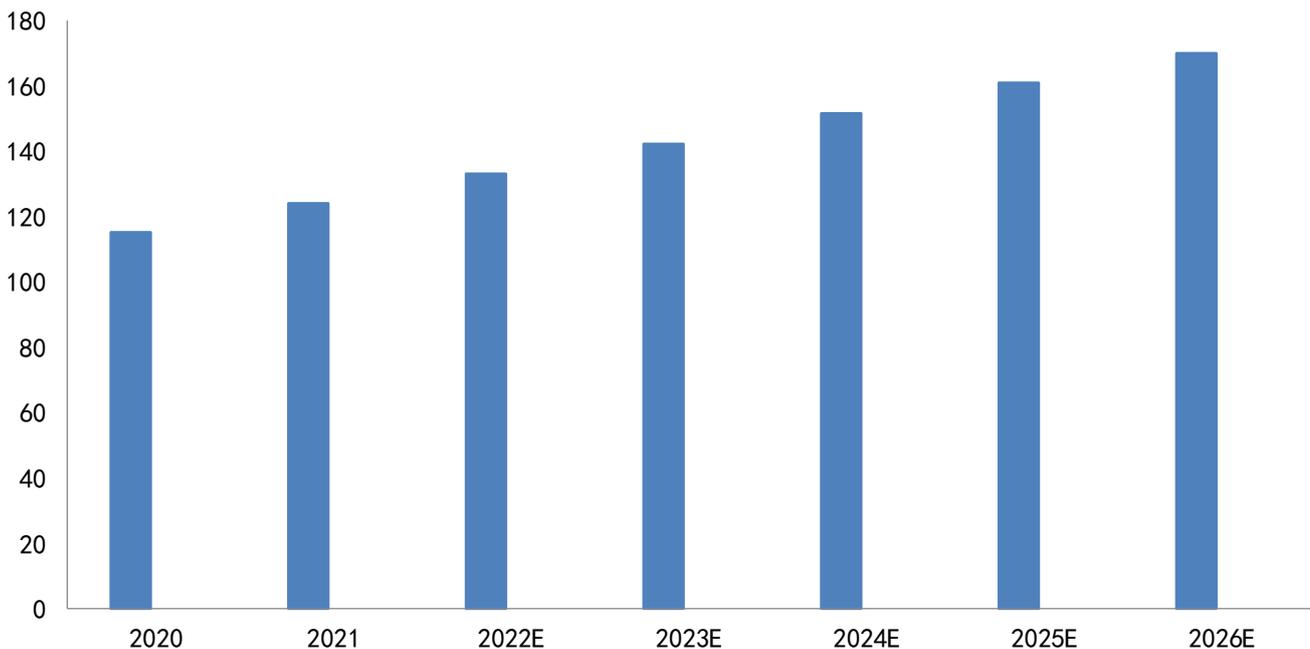
2019 年我国军用计算机仿真（软件）行业市场规模 106.47 亿元，其中，军用计算机仿真基础软件（工具平台）规模 18.16 亿元；军用仿真业务应用软件（软件系统）规模 44.96 亿元；军用软件技术开发及服务规模 43.35 亿元。

图表 242 2014-2019 年中国军用计算机仿真（软件）行业细分市场规模



资料来源：智研咨询，华安证券研究所

图表 243 2020-2026 年我国军用仿真行业市场规模预测



资料来源：智研咨询，华安证券研究所

中国国防信息化进程历经萌芽阶段、起步阶段和全面发展阶段。囿于历史原因信息化基础仍相对薄弱，整体正处于由机械化向信息化转变的过程中，未来提升空间巨大。军用仿真软件应用作为中国国防信息化进程的关键环节之一，受益于国防科工体系与社会经济体系相互融合的不断深化。随着自主可控软件在军方的不断推广，军事仿真软件行业实现了从无到有、从有到精，出现了高速发展，从我国国防发展趋势看，未来用于的军事仿真行业的国防开支存在较大增长空间，国内军用计算机仿真软件市场规模将维持增长态势。

### 3.9 网络安全：制网权将成为战争关键制权

随着信息技术的快速发展和信息化应用的不断深入，信息技术、产品及网络已经融入社会经济生活的方方面面，但同时信息安全问题也越来越突出。信息安全是指信息系统的硬件、软件及系统中的数据受到保护，不会由于偶然的或者恶意的原因而遭到未经授权的访问、泄露、破坏、修改、审阅、检查、记录或销毁，确保信息系统连续可靠地运行，保证信息服务不中断。信息安全行业主要为各类用户通过公共和专用网络传递、存储、处理各种语音、传真、数据、视讯等信息时的信息安全提供服务，即确保通信系统和信息网络中各类信息的保密性、完整性、真实性和可靠性。

图表 244 网络安全问题的攻击/防御模型



资料来源：《美国政府问责办公室《武器系统网络安全》报告解读》，华安证券研究所

网络安全产业链涉及范围广泛，主要包括上游基层技术、中游网络安全产品和服务、下游多领域应用。上游基层技术包括工控机、服务器、集成电路等，中游网

络安全产品与服务主要分为硬件产品、软件产品与安全服务。下游应用领域广泛，通信、金融、医疗等是网络安全治理的几大关键领域。

图表 245 2021 年中国网络安全产业链



资料来源: 艾媒咨询, 华安证券研究所

随着军队的组织架构日趋完善, 各种类型的安全设备、安全数据越来越多, 传统的分析能力明显不足。为应对以高级持续威胁 (APT) 为代表的新型安全威胁, 安全防护系统需要储存和分析更多的安全信息并且更加快速做出判定和响应。

参照美国, 步入信息时代以来, 美国历任总统都在网络安全领域进行了一系列的部署。自里根和老布什政府开始, 美国相关部门开始认识到美国在网络领域可能面临的风险以及加强网络安全防御的重要性。克林顿政府明确了网络安全在国家安全战略中的地位 and 意义, 对信息基础设施保护等问题做出了具体要求, 实行“防御为主”的国家网络安全政策。9·11 事件之后, 小布什政府将网络空间安全战略上升为国家安全战略, 建立了网络安全框架, 在更全面地开展网络防御工作的同时, 开始部署网络空间攻击性行动, 其网络安全政策呈现出攻防结合的特点。奥巴马政府更是建立了涵盖立法、机构设置、技术发展及国际合作等各方面的较为完善的国家网络空间战略体系。特朗普政府在网络安全方面秉持了“以实力求和平”的原则, 以提高网络攻击能力、加强对潜在对手的威慑来维持美国的全球领导地位。

“分层威慑”是美国网络威慑理论与政策发展的新动向。“分层威慑”主张整合所有威慑手段和工具, 将政府、国内私人行为体以及国际盟友均纳入网络威慑体系, 形成各层级综合应对网络威胁的网络, 从而塑造和影响对手决策。“分层威慑”与以往网络威慑的不同之处在于, 它更强调预先发现、跟踪和打击对手, 将防线推进到攻击源头, 从而在敌人面前获得主动权; 同时注重联合盟友和伙伴, 在共同利益和价值观的基础上创建和执行网络规则, 并利用外交、军事、经济等所有国家工具迫使对手重新评估攻击的利弊, 从而实现由威慑性的“劝阻”。“分层威慑”的提出显示出美国网络空间政策较以往更加强硬, 网络空间“军事化”趋势更加明显。其中, 国防部在 2020 年获得 96 亿美元的网络安全预算, 占其部门总预算的 1.34%, 经费和占比都达到近年来最高水平。其在安全防御、攻击和研发三个方面投入分别为 54 亿美元、37 亿美元和 5 亿美元, 占比分别为 56.3%、38.5%和 5.2%, 在强化防御的同时突出攻击能力建设。

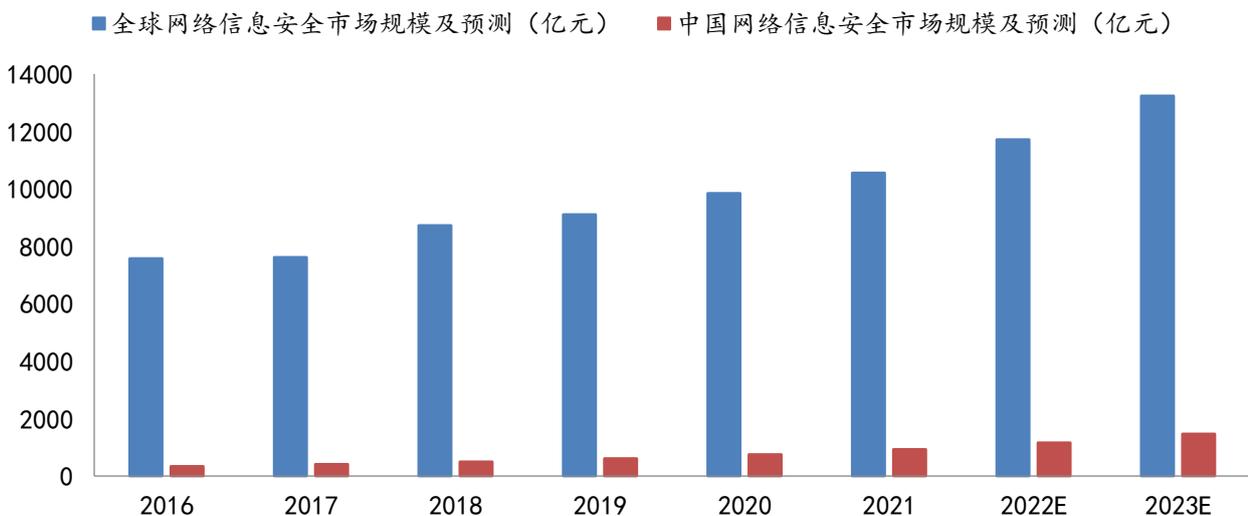
图表 246 美国联邦政府部门 2017—2020 财年网络安全预算情况 (单位: 亿美元)

部门	2017	2018	2019	2020	2020 增长率
国防部	72.24	80.48	87.34	96.43	10.41%
国土安全部	16.14	18.59	19.21	19.19	-0.10%
司法部	7.35	8.21	8.24	8.81	6.92%
财政部	4.58	4.45	5.05	5.22	3.37%
退伍军人事务部	3.85	3.86	5.3	5.13	-3.21%
能源部	3.7	4.48	5.2	5.57	7.12%
卫生与公众安全服务部	3.19	3.59	4.74	4.6	-2.95%
商务部	2.73	3.5	4.03	3.92	-2.73%
国务院	2.54	3.62	3.63	4	10.19%
国家科学基金会	1.82	2.47	2.39	2.24	-6.28%
社会保障管理总署	1.56	1.67	2.25	2.05	-8.89%
其他	8.97	14.89	19.09	17.15	-6.00%
总计	128.32	149.78	166.45	174.35	4.75%

资料来源:《特朗普政府期间的中美网络空间竞争研究》, 华安证券研究所

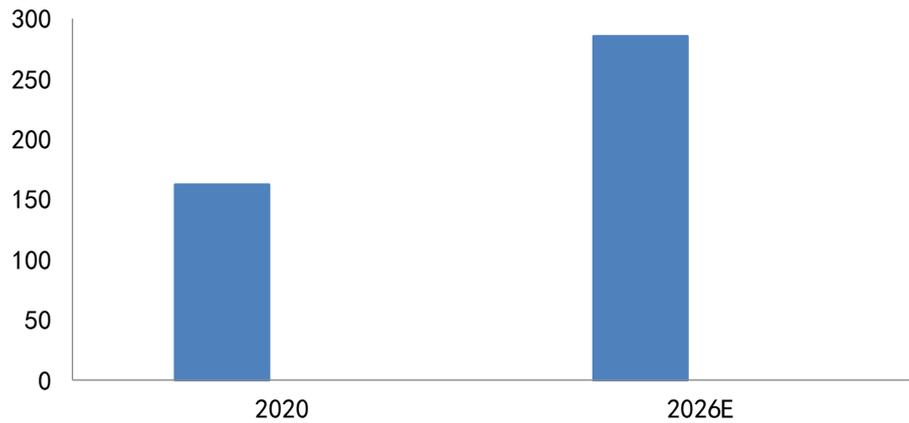
根据 iiMedia Research(艾媒咨询)数据显示, 中国网络信息安全市场规模自 2017 年以来保持高速增长态势, 平均增幅达到 22.5%。2021 年, 中国网络信息安全市场规模有望达到 926.8 亿元。艾媒咨询分析师认为, 在系列政策的刺激与技术不断进步的影响下, 未来中国网络信息安全市场规模增幅将进一步扩大, 预计 2023 年市场规模将突破 1400 亿元。国外咨询机构 Mordor Intelligence 发布《防务网络安全市场: 发展, 趋势, 新冠疫情冲击和展望 (2021-2026)》, 该报告在对全球防务网络安全市场进行综合概述的基础上, 提出军队、政府部门以及防务企业均对网络安全有巨大需求, 未来防务网络安全市场前景广阔, 预计 2026 年全球防务网络安全市场可望达到 285.3 亿美元, 2021-2026 年间的年均复合增长率 (CAGR) 约为 10.51%。

图表 247 2016-2023 年全球及中国网络信息安全市场规模及预测



资料来源: iiMedia Research(艾媒咨询), 华安证券研究所

图表 248 全球防务网络安全市场 (单位: 亿美元)



资料来源: Mordor Intelligence, 华安证券研究所

从技术角度来看, 信息安全是对信息与信息系统固有属性的攻击与保护的过程。它围绕着信息系统、信息自身及信息利用的保密性、真实性、完整性、可靠性、可用性、不可否认性、可控性这七个核心安全属性, 具体反映在物理安全、运行安全、数据安全、内容安全、信息内容对抗等五个层面上。

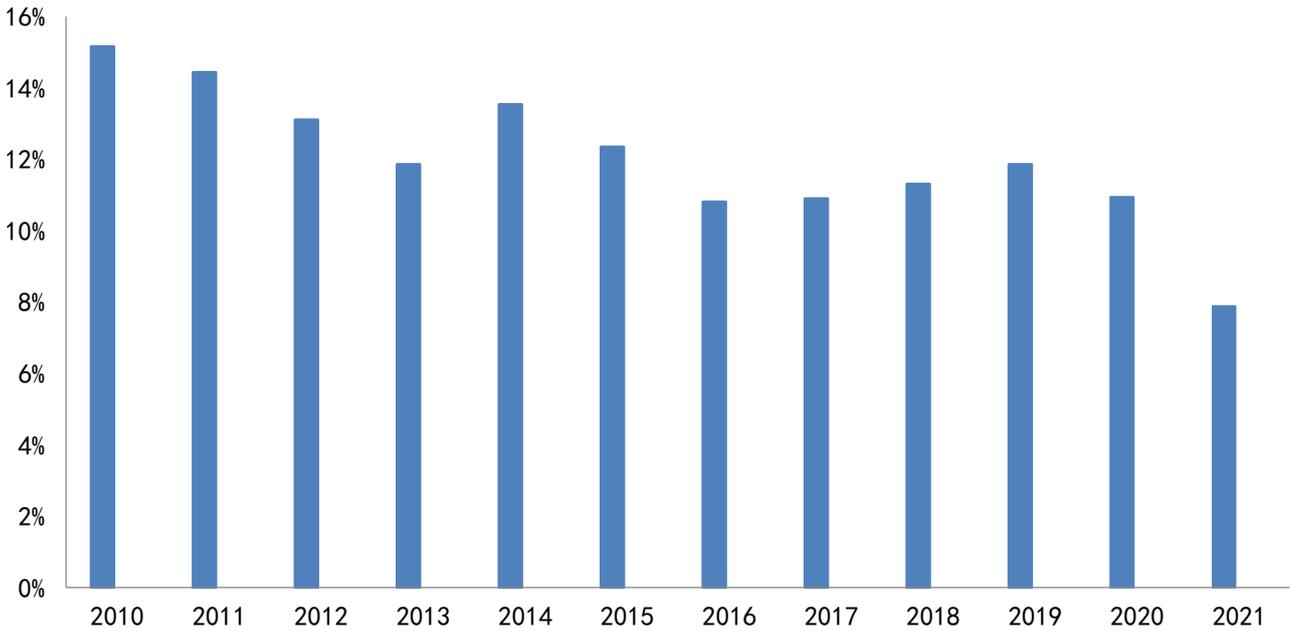
图表 249 信息安全的的主流安全技术

技术名称	具体内容	涉及属性
物理安全技术	主要包括防范电磁泄漏的加扰处理、电磁屏蔽技术; 防范随机性故障的容错、容灾、冗余备份、生存性技术和防范信号插入的信息验证等技术。	保密性、可用性、完整性
运行安全技术	主要包括支持系统评估的风险评估体系、安全测评体系, 支持访问控制的漏洞扫描、安全协议、防火墙、物理隔离系统、访问控制技术、防恶意代码技术, 支持入侵检测的入侵检测及预警系统、安全审计技术, 支持应急响应的反制系统、容侵技术、审计与追踪技术、取证技术、动态隔离技术, 用于网络供给的 Phishing、Botnet、DDoS、木马等技术。	真实性、可控性、可用性
数据安全技术	主要包括防范信息泄露的对称与非对称密码技术及其硬化技术、VPN 等技术, 防范信息伪造的认证、鉴别、PKI 等技术, 防范信息篡改的完整性验证技术, 防范信息抵赖的数字签名技术, 防范信息破坏的秘密共享技术。	保密性、真实性、完整性、不可否认性
内容安全技术	主要包括用于对信息的理解与分析的文本识别、图像识别、流媒体识别、群发邮件识别技术, 用于对信息过滤的面向内容的过滤技术、面向 URL 的过滤技术、面向 DNS 的过滤技术等。	保密性、真实性、可控性、可用性
信息对抗技术	主要包括发现信息的数据挖掘技术, 保护信息的隐写技术、水印技术, 对特定协议理解的网络协议逆向分析技术, 对于数字化的语音、视频进行理解和锁定的技术。	保密性、完整性

资料来源: 邦彦技术招股说明书, 华安证券研究所

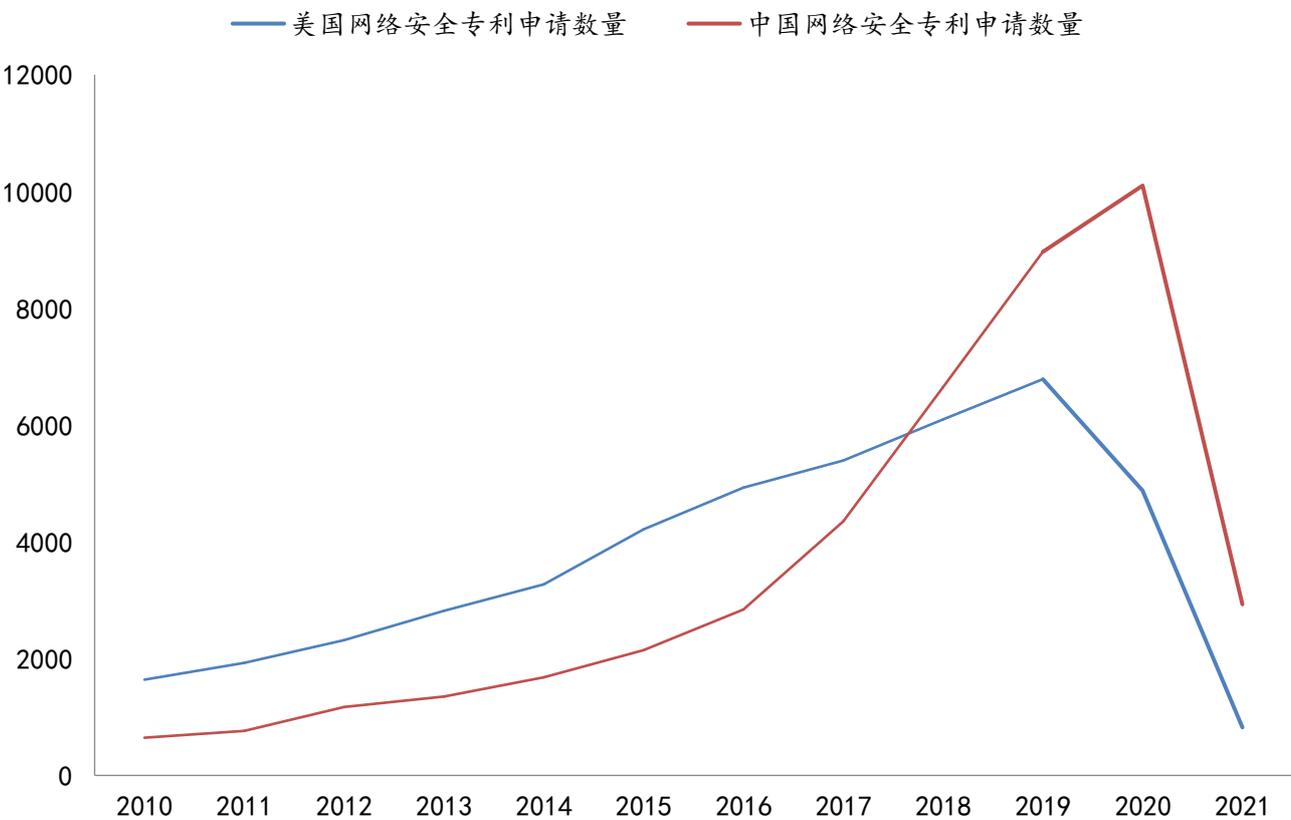
全球竞争格局上看, 2010-2021 年 8 月, 全球网络安全专利申请人 CR10 呈现波动下降态势, 由 2010 年的 15.16% 下降至 2021 年 8 月的 7.88%。整体来看, 全球网络安全专利申请人集中度不高, 且集中度呈现下降趋势。从专利角度来看, 2010-2017 年, 美国网络安全专利申请数量遥遥领先, 但在 2018 年被中国反超。2018 年, 中国网络安全专利申请量为 6647 项, 美国为 6096 项。2020 年, 中国网络安全专利申请量为 10101 项, 美国下降至 4877 项, 两国差距逐渐拉开。

图表 250 2010-2021 年 8 月全球网络安全行业专利申请人集中度-CR10



资料来源：前瞻产业研究院，华安证券研究所

图表 251 2010-2021 年 8 月美国及中国网络安全行业专利申请数量



资料来源：前瞻产业研究院，华安证券研究所

## 4 投资建议

基于信息化下游行业的高景气度，考虑到政策仍在继续支持国防信息化建设，我们预计国防信息化行业将迎来快速发展期。

根据各公司财报披露的主营业务所处领域，建议关注九条细分赛道：

- (1) 卫星：中国卫星、中国卫通、盟升电子、理工导航、北方导航、华力创通、北斗星通、中海达、合众思壮等；
- (2) 雷达：国博电子、国睿科技、四创电子、铖昌科技、雷科防务、火箭科技、新劲刚等；
- (3) 光纤线缆：全信股份、金信诺等；
- (4) 军工通信：七一二、海格通信、邦彦技术、奥维通信、烽火电子、高凌信息等；
- (5) 军工电子：中航光电、航天电器、航天电子、振华科技、鸿远电子、火炬电子、宏达电子、景嘉微、臻镭科技、雷电微力、新雷能、中瓷电子、振华风光、思科瑞、振芯科技、晶品特装、国光电气、甘化科工、亚光科技、天奥电子、富吉瑞、西测测试、中航电测、大立科技、高德红外、睿创微纳、中光学等；
- (6) 无人机：航天彩虹、中无人机、星网宇达、纵横股份、观典防务、广联航空等；
- (7) 仿真训练：华如科技等；
- (8) 网络安全：佳缘科技、左江科技等。
- (9) 综合信息化：中航电子、航天发展、观想科技、海兰信、中科海讯、中国海防、兴图新科、新光光电、恒宇信通、天微电子、奥普光电、科思科技、泰豪科技、晨曦航空、天和防务等。

未上市公司建议关注航天南湖、航天软件、华达股份等。

## 风险提示：

行业需求不及预期、相关公司产能建设不及预期、技术迭代导致部分公司产品需求不及预期、原材料价格波动影响部分公司毛利率、疫情影响部分公司产品交付进度。

## 重要声明

### 分析师声明

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，以勤勉的执业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，本报告所采用的数据和信息均来自市场公开信息，本人对这些信息的准确性或完整性不做任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。报告中的信息和意见仅供参考。本人过去不曾与、现在不与、未来也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接接收任何形式的补偿，分析结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

### 免责声明

华安证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。本报告由华安证券股份有限公司在中华人民共和国（不包括香港、澳门、台湾）提供。本报告中的信息均来源于合规渠道，华安证券研究所力求准确、可靠，但对这些信息的准确性及完整性均不做任何保证。在任何情况下，本报告中的信息或表述的意见均不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。华安证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

本报告仅向特定客户传送，未经华安证券研究所书面授权，本研究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，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。如欲引用或转载本文内容，务必联络华安证券研究所并获得许可，并需注明出处为华安证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。如未经本公司授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。本公司并保留追究其法律责任的权利。

## 投资评级说明

以本报告发布之日起6个月内，证券（或行业指数）相对于同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准，A股以沪深300指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以纳斯达克指数或标普500指数为基准。定义如下：

### 行业评级体系

- 增持—未来6个月的投资收益率领先市场基准指数5%以上；
- 中性—未来6个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差-5%至5%；
- 减持—未来6个月的投资收益率落后市场基准指数5%以上；

### 公司评级体系

- 买入—未来6-12个月的投资收益率领先市场基准指数15%以上；
- 增持—未来6-12个月的投资收益率领先市场基准指数5%至15%；
- 中性—未来6-12个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差-5%至5%；
- 减持—未来6-12个月的投资收益率落后市场基准指数5%至15%；
- 卖出—未来6-12个月的投资收益率落后市场基准指数15%以上；
- 无评级—因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。