



中国电子技术标准化研究院  
China Electronics Standardization Institute

# 无人机遥感白皮书 (2015 年)

中国电子技术标准化研究院  
2015 年 6 月

---

## 版权声明

---

本白皮书版权属于中国电子技术标准化研究院（工业和信息化部电子工业标准化研究院），凡转载或引用本文的观点、数据，请注明“来源”。

## 前 言

无人驾驶飞机是一种有动力、可控制、能携带多种设备、执行多种任务,并能重复使用的无人驾驶航空器。简称无人机(Unmanned Aerial Vehicle 缩写 UAV)。自 1913 年世界上出现第一个自动驾驶仪以来,无人机受到越来越多国家的重视,发展迅猛。目前从事研究和生产无人机的有美国、俄罗斯、以色列、法国、英国和南非等近 30 个国家,无人机基本型号数量已增加到 300 多种。随着信息通信技术的快速发展和网络的普及,无人机技术也在原来的基础上上获得了突破性的发展。无人机以其成本低,效费比好;无人员伤亡风险;生存能力强,机动性能好,使用方便,在军事上可用于侦察、监视、通信中继、电子对抗、火力制导、战果评估、骚扰、诱惑、对地(海)攻击、目标模拟、早期预警以及军事训练等;在民用上可在气象观测、城市环境检测、地球资源勘探和森林防火、边境巡逻、核辐射探测、航空摄影、航空探矿、灾情监视、航拍航测、海陆资源勘探、农林作物药物喷洒,以及电力线路巡视、交通巡逻、治安监控等;同时也在大地测量、大气研究,核生化污染区的取样与监控、新技术新设备与新飞行器的试验验证等科学研究领域有大量应用和广阔发展前景,并已经深刻影响到我们生活的方方面面。

加快军事和民用无人机标准制定,建立并完善无人机技术标准体系,对大力发展无人机技术,迅速开拓其在军事以及民用等领域的应

用等方面具有重要的战略意义，也将极大提高我军现代战争的作战能力和政府管理能力，产生巨大的社会和经济效益。

本白皮书主要阐述了无人机及无人机遥感的定义、分类等基本概念、产业发展现状，技术发展现状及趋势，从无人机系统整体设计、生产和管理的产业链出发，梳理了国内外无人机现有标准体系和已颁布标准情况，分析了无人机技术和产业的特点和未来发展走向，提出了进一步完善军用无人机遥感标准体系、建立民用无人机标准技术体系、紧急制定一批基础、通用、检测认证类标准思路和建议，为产业健康、可持续发展提供参考。

## 目 录

一. 无人机遥感系统概述 .....	2
1.1 基本概念 .....	2
1.2 无人机分类.....	3
1.2.1 按照续航时间和航程分类.....	3
1.2.2 按照军事用途分类.....	5
1.3 无人机遥感系统应用领域.....	7
1.3.1 在军事领域方面.....	7
1.3.2 在民用领域方面.....	7
二. 无人机遥感系统国内外现状和发展趋势.....	8
2.1 国外现状分析.....	8
2.2 国内现状分析.....	11
2.3 无人机遥感系统发展趋势分析.....	11
三. 无人机遥感产业发展概述 .....	13
3.1 无人机遥感技术经积累酝酿, 将呈现爆发性增长 .....	13
3.2 无人机遥感未来必将成为军事主战装备 .....	14
3.3 未来高端无人机遥感系统将占据主要市场 .....	14
3.4 美国、欧洲和亚太区域将引领无人机遥感需求引擎 .....	14
3.5 无人机市场亟待开发, 急需加速标准制定。 .....	15
3.5.1 预计未来 15 年我国做战无人机需求超过 2000 亿元 .....	15
3.5.2 预计未来 15 年其它军、民用无人机需求将达数千亿规模.....	16

3. 6 无人机遥感系统产业链.....	17
四. 无人机遥感系统的技术现状和趋势.....	18
4. 1 无人机遥感系统技术发展现状.....	19
4. 1 1 机体结构设计技术 .....	19
4.1.2 机体材料技术.....	19
4.1.3 飞行控制技术.....	19
4.1.4 无线通信遥控技术 .....	20
4.1.5 无线图像回传技术.....	20
4.2 无人机遥感系统技术发展趋势.....	20
4.2.1 高集成化、多任务平台、一机多用以顺应作战变化 .....	20
4.2.2 根据用途,机身尺寸向两级发展 .....	21
4.2.3 从平台武器化到全系统武装战斗化.....	22
五. 无人机遥感系统标准概况和标准体系建立.....	23
5.1 国内外无人机遥感系统标准概况 .....	23
5.1.1 国内无人机遥感系统标准现状.....	23
5.1.2 已知国外标准情况分析 .....	27
5.2 无人机遥感系统标准化工作思路 .....	29
5.3 无人机遥感系统现有国军标情况 .....	30
5.4 现有民用标准情况 .....	31
5.5 无人机遥感系统标准体系框架 .....	31
六. 无人机遥感综合标准化思考 .....	33

6.1 鼓励创新和研发，紧跟技术潮流和动向，运用标准化方法促进无人机技术发展。 .....	33
6.2 建立和完善军民通用的无人机标准体系框架，制定一批急需的军民 用标准。 .....	33
6.3 密切关注国家空域改革和通航产业发展的政策利好，加快无人机产 业布局。 .....	34
6.4 深度结合北斗导航，加强在导航领域的自主知识产权的研究开发与 应用。 .....	34
6.5 整合资源，以标准和验证测试为切入点，形成对军民无人机产业全 方位支撑、服务的良好局面。 .....	35
6.6 顺应国家经济体制改革大方向，促进产业结构快速转型，有助于地 方经济发展 。以北京为代表的一线城市“总部经济”效应显著，无人机 将成为带动整个通用航空产业大发展的有利契机和强劲引擎。 ....	36
七. 无人机遥感产业展望及发展建议 .....	37
八. 总结 .....	38

## 一． 无人机遥感系统概述

### 1.1 基本概念

无人机(Unmanned Aerial Vehicle) 是不搭载操作人员，采用空气动力为飞行器提供升力，能够自动飞行、远程引导或自行编队，一次性或多次重复使用，携带各类有效载荷的有动力空中飞行器。

遥感 ( RS-Remote Sensing )——不接触物体本身，用传感器收集目标物的电磁波信息，经处理、分析后，识别目标物，揭示其几何、物理性质和相互关系及其变化规律的现代科学技术。 换言之，即是“遥远的感知”，按传感器搭载平台划分，包括航天遥感、航空遥感、地面遥感。

无人机遥感 ( Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing ), 既是利用先进的无人驾驶飞行器技术、遥感传感器技术、遥测遥控技术、通讯技术、GPS 差分定位技术和遥感应用技术，具有自动化、智能化、专用化快速获取军事、国土、资源、环境等空间遥感信息，完成遥感数据处理、建模和应用分析的应用技术。无人机遥感系统由于具有机动、快速、经济等优势，已经成为世界各国争相研究的热点课题，现已逐步从研究开发发展到实际应用阶段，成为未来的主要航空遥感技术之一。

无人机要完成相应任务，需与导航遥感、任务载荷、测控与信息



传输系统、地面保障系统等配合工作，无人机与以上各类设备组成的完整系统称为无人机遥感系统。无人机遥感系统可由单个无人机构成，也可由多个同型的无人机或由多型多个无人机共同构成。

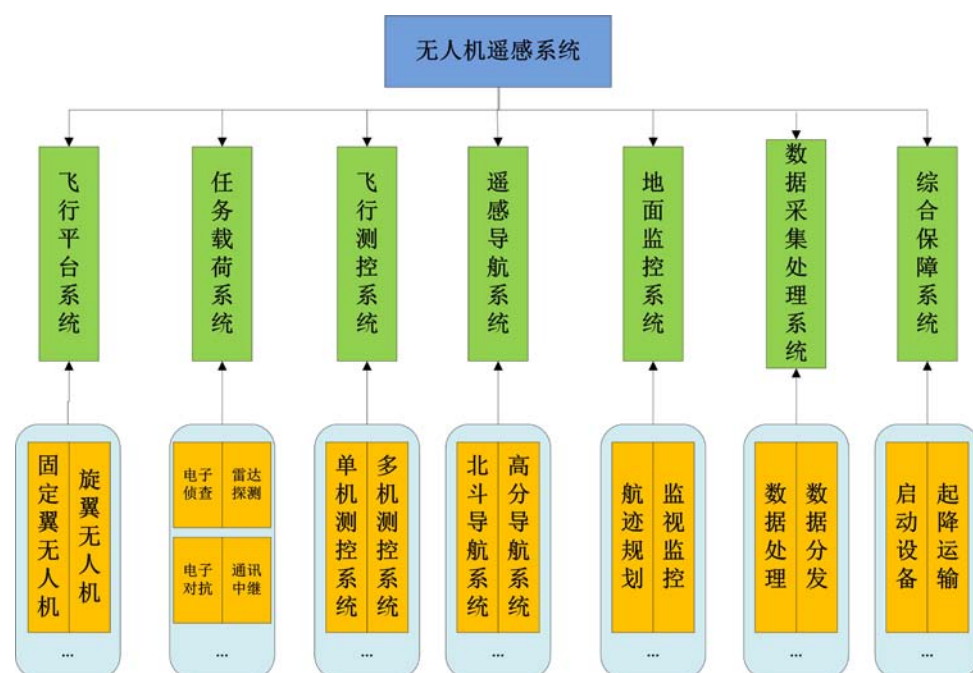


图 1 无人机遥感系统示意图

## 1.2 无人机分类

无人机种类很多，不同的无人机可以完成不同的特殊任务。一般来讲，以按照“续航时间和航程分类”和“军事用途分类”两种方法进行分类，分类示意如图 2 所示。

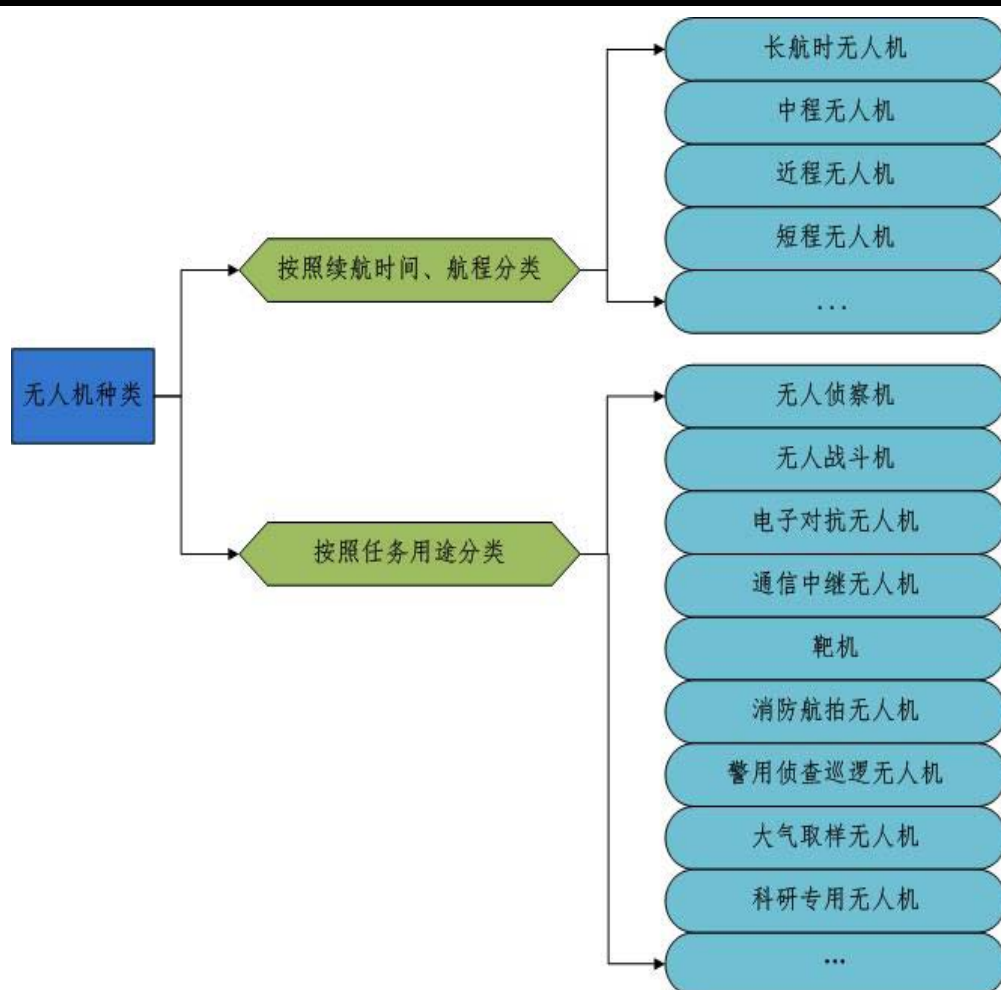


图 2 无人机分类示意图

### 1.2.1 按照续航时间和航程分类

根据航程、活动半径、续航时间和飞行高度不同，可分为长航时无人机（又称战略无人机）、中程无人机、近程无人机和短程无人机。

#### （1）长航时无人机

长航时无人机是一种飞行时间长，能昼夜持续进行空中探测和执行其他任务的无人机。长航时无人机又可分为高空型和中空型两类。

高空型飞行高度多在 18000m 以上，续航时间超过 24 小时，中空型飞行高度一般低于 11000m，续航时间超过 12 小时。在高空长航时无人机中，美国的“全球鹰”和“暗星”无人机最具代表性；中空长航时无人机中，美国的 RQ-1A“捕食者”、“猎人”无人机、英国“凤凰”无人机等具有代表性。

## ( 2 ) 中程无人机

中程无人机是一种活动半径为 700~1000km 左右，能在战前战后作大面积、快速侦查的无人机。它的速度一般较高，为高亚音速或超音速，一般采用自主飞行，有高空型和中低空型两类。中程无人侦察的代表机型主要有：美国的 D-21、324 型“金龟子”和 350 型无人机等。

## ( 3 ) 近程无人机

近程无人侦察机活动半径在几 km 到几十 km 之间等。中飞行速度为 100-300km/h，飞行高度为 2000-4000m，适用于陆军和海军陆战队的旅或营级部队以及小型舰艇的战地监视，能及时准确地使指挥员了解战场动态，如以色列的“微小-V 型”、“短毛猎犬”无人侦察机。

## ( 4 ) 短程无人机

短程无人机作战半径为 150-350km 左右 ,飞行速度为亚音速 ,多为小型无人机 , 适用于陆军的军、师级和海军陆战队的旅级部队 , 其代表机型主要有“瞄准手”、“不死鸟”、“玛尔特”、“猛犬”、“侦察兵”、“先锋”等。

### 1.2.2 按照军事用途分类

根据不同军事用途和作战任务 , 无人机又可分为靶机、无人侦察机、无人战斗机、通信中继无人机、诱饵无人机、电子对抗无人机和校射引导机等类别。

#### ( 1 ) 靶机

靶机是发展较早的无人机 , 主要用来模拟各种飞机和导弹的飞行状态和攻击过程 , 鉴定各类航空武器的性能和训练战斗机飞行人员、高炮和地空导弹及雷达的操纵人员 , 也可用来研究空战和防空战术 ;

#### ( 2 ) 无人侦察机

无人侦察机是利用光电、红外、生化等手段对地面或海面目标进行战略战役和战术侦察 , 监视战场。

#### ( 3 ) 无人战斗机

携带有小型和大威力的精确制导武器、激光武器或反辐射导弹，主要任务是攻击、拦截地面和空中目标。

#### **(4) 通信中继无人机**

作为空中中继平台，增加信息传输距离，即利用无人机向其他军用机或陆、海军传送图像等信号，一般为安装了超高频或甚高频无线电通信设备的无人机。

#### **(5) 诱饵无人机**

诱使敌雷达等电子侦察设备开机，获取有关信息模拟显示假目标，引诱敌防空兵器射击，吸引敌火力，掩护己方机群突防。

#### **(6) 电子对抗无人机**

分为电子侦察无人机和电子干扰无人机，前者用来进行电子侦听与监视，截获、收集敌方的通信、指令及电子情报，后者用来对敌方的通信指挥系统进行无源和有源压制性或欺骗性电子干扰。

#### **(7) 校射引导机**

用来执行目标定位、火力校正、战果评估等任务。

## 1.3 无人机应用领域

### 1.3.1 在军事领域方面

无人机主要可用于情报侦察、战场监视、电子对抗、通信中继、军事测绘、火炮校射、气象探测、打击效果评估等任务；根据任务的不同，军用无人机可以使用不同的有效载荷，主要包括数据传输与测控、目标探测、成像、光电、电子战、电子侦察、光电侦察以及敌我识别等类型。随着技术的发展，无人机的军事应用较为广泛而深入，技术和性能已日臻完善，其承担的任务范围逐渐扩大，任务级别由战术级扩大到战役和战略级，任务性质由支援保障任务扩展到攻击作战任务。

### 1.3.2 在民用领域方面

由于无人机具有成本相对较低、无人员伤亡风险、生存能力强、机动性能好、使用方便等优势，使得无人机在民用方面的主要应用市场包括：航空拍摄、航空摄影、地质地貌测绘、森林防火、地震调查、核辐射探测、边境巡逻、应急救援、农作物估产、农田信息监测、管道、高压输电线路巡查、野生动物保护、科研实验、海事侦察、鱼情监控、环境监测、大气取样、增雨、资源勘探、禁毒、反恐、警用侦查巡逻、治安监控、消防航拍侦查、通信中继、城市规划、数字化城市建设等多个领域，其应用远景较好，但在现阶段相关应

用还处于尚未形成规模的初级阶段。

## 二． 无人机遥感系统国内外现状和发展趋势

### 2.1 国外现状分析

据统计，截至 2011 年，全世界共有 51 个国家、511 家供应商、54 个国际联合机构参与无人机的研制生产，其中美国、以色列、俄罗斯等国处于领先水平。美国开始的时间最早，投入的人力和财力最大，研制的型号多达几十种，在历次战争中积累了无人机应用的丰富经验，在无人机技术领域一直处于领先地位。

美军在无人机平台及系统的发展方面，主要是围绕陆海空三军的需要而发展相应的无人机平台以及平台装备。美军对无人机的任务分级分为 18 项 4 个基本类别：

(1) 小型无人机：起飞重量小于 25kg；

(2) 战术无人机：起飞重量在 25kg~600 kg；

(3) 战场（战役）无人机：起飞重量在 25kg~600kg；

(4) 作战无人机：按攻击平台设计，带内埋炸弹舱或外部武器挂架，起飞重量 600kg 以上。

根据无人机未来情况预测，可以大概看出未来 10 年美军对于无人机的需求：

(1) 从数量上来看，美军大量需要小型无人机及小型战术无人机。这种无人机用途明确单一、易损耗，单台套价值不高，所需载荷简单，主要执行战场战术侦察等任务；

(2) 对于战术无人机及中程长航时无人机，美军正在逐步将其定位为战场主力机型，其将执行多样作战任务，并在多个机型上实现“察打”一体的功能；

(3) 对于诸如全球鹰高空长航时无人机，美军在未来 10 年需求量不是特别巨大，一方面是因为该型无人机科技含量高，单台套价格昂贵，另一方面美军将其定位为战略战役武器，在战场上将起到决定性作用。

亚太地区已正在逐步成为世界无人机发展又一热点地区，亚太地区各国无人机的发展情况各有不同，发展水平基本分为 3 个层级：

(1) 第一级：澳大利亚、新加坡和韩国；

(2) 第二级：中国、日本和印度；



### (3) 第三级：马来西亚、印尼、泰国。

亚太地区多个国家都与一些拥有先进无人机技术的北约国家保持着密切联系，这也使得亚太地区一些主要军事国家的无人机研制和装备进展迅猛，越来越多的高技术、新概念无人机系统和技术开始在亚太地区生根发芽。

在民用领域，各国特别是美国民用无人机的应用正在迅速升温。目前用于民用任务的无人机除少量专门发展的型号外，大多都由军用无人机修改而成。一些大中型长航时军用无人机，如“捕食者”和“全球鹰”在修改后，也将广泛应用于民用领域，包括无人机用于灭火和全球变暖研究、美国国土安全部扩大无人机应用等。但是，要进一步扩大民用无人机的应用，最重要的一点是，必须装备探测与回避系统，以便它在民用空域中飞行时，不会同有人飞机或其他无人机相撞。

## 2.2 国内现状分析

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。特别是近几年来，一批新型无人机装备相继研制成功并交付部队，无人机装备体系结构有了较大改善，现代化水

平有了明显提高。

我国研制无人机已有近 50 多年的历史，先后研制多种无人机。在无人机平台研发方面，军工企业、院校和民营企业都纷纷加入了无人机平台的研发行列。尽管我国无人机产业近年来得到了长足的发展，但从总体上说，我国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和民用科研的要求。

## 2.3 无人机遥感系统发展趋势分析

(1) 重视体系发展，融入整体作战效能的实现无人机发展初期，无人机系统研制主要有两种主要方式：一种是先主要研制平台，平台定型后再考虑载荷；另一种是首先研制载荷，而后再考虑搭载什么平台。

随着无人机技术与产品的发展，用户更为重视无人机实现的使用效能，无人机研发将重点关注系统效能的实现，将平台、载荷、测控、传输等设备视为一个大系统开展论证、研制工作，而不再片面追求平台或载荷的能力。

(2) 平台与载荷的深度融合随着无人机技术与载荷技术的发展，以及用户对尺寸、重量要求的不断提高，无人机与功能载荷的集成度逐步提高，逐渐向深度融合的方向发展；出现了传感器

共通、信息共享、硬件共用、结构共形、功能互为备份等新特点。

(3) 多样化、系列化发展随着无人机系统在军、民两个领域的应用，无人机的优势愈为凸显，无人机产品的发展更为多样，且逞系列化发展的趋势。为获得更长的航时、更高的可靠性和携载能力，战略无人机将向更大的外形尺寸发展，将可替代当前的有人高空机载预警监视和通信平台。而战术无人机将会向更小的外形尺寸发展，以满足各种应用的需求。

(4) 无人机向作战平台发展是未来战争的发展趋势，未来新型无人攻击机或多用途无人机将更加广泛地应用自主目标截获与识别、精确制导、信息传感和高速数据链等先进技术和自动控制系统，从而提高无人机的作战能力。此外，多种无人机都开展了系列化发展，满足用户在不同航程、不同空域、不同载荷能力间的个性化需求。

(5) 向集成化、多任务平台发展搭载不同的载荷，无人机可以完成不同的任务。为了更好地利用成熟的无人机平台，无人机研制更为注重对多种载荷、多种任务的适应性，力求实现一机多用。

(6) 对多机协同的适应性将成为无人机系统发展需首要考虑的问题将来，无人机的使用将更多体现出多机协同、有人无人协同、网络化作战的特点。因此，无人机系统在设计之初，就要充分考

虑对网络化协同的适应性问题。

### 三. 无人机遥感产业发展概述

21 世纪是信息时代，无论是在军事上民用上还是在科研上，大家都对于信息快速、及时全面的摄取、分拣整理有着强烈的需求，掌握了信息就意味着赢得了主动权。无人机正是在特定条件和环境下最好的获取信息的重要手段之一。随着电子技术、计算机技术、信息技术、以及网络空间等技术日新月异的发展，以及其在航空领域的广泛应用，无人机技术和产业将迎来巨大的发展机遇。

#### 3.1 无人机度过萌芽酝酿期，21 世纪初呈现爆发性增长。

革命性的装备往往意味着超常规发展速度，经历了 20 世纪漫长的萌芽期和酝酿期，伴随着 21 世纪初的多次局部武装冲突和反恐战争，无人机迎来了其产业发展的高速成长期。进入 21 世纪以后，无人机的研制投入和采购需求呈现爆发性增长。20 世纪整个 90 年代美国在无人机领域的投入合计只有 34 亿美元，但仅 2014 年当年，这一数字已经达到了 48 亿美元左右，过去十几年间平均增速高达 46% 以上。

#### 3.2 无人机将在不久的将来成为航空的主战装备

根据数据分析，2010 年全球军用航空平台新交付价值中无人机（不含微型无人机）占 8%，到 2018 年将上升到 15%；载人战斗机/攻击机/侦察机的比重将从 15% 下降到 14%。照此趋势发展，无人机将在不远的将来成为航空主战装备。以色列空军此前规划在 2030 年打造一支无人机占 50% 以上的新型空军机队。

### 3.3 未来高端无人机占据主要市场

据目前掌握的资料分析预测，未来 10 年全球无人机研发投入和采购需求将超过 900 亿美元。2011-2020 年中/高空长航时型（MAIL/HALE）和作战无人机（UCAV）属于无人机产业高端领域，交付梳理只占 4.1%，而价值量超过 72.6%，微小型无人机（Mini/Small Tactical）种类和数量众多，占 77.3%，但价值量只占 6.2%。舰载无人机需求增长迅速；民用无人机市场由于政策的原因依然有限。

### 3.4 美国、欧洲和亚太区域将引领无人机遥感需求引擎

预计 2015-2020 年，美国、欧洲和亚太地区将是无人机需求最旺盛的市场，分别占到无人机市场的 59%、17% 和 16%，合计占全球市场的 92%、预计中空长航时无人机、高空长航时无人机和无人战斗机就爱你个分别在 2015 年和 2017 年前后迎来各自交付的快速增长期。

### 3.5 无人机市场亟待开发，急需加速标准制定。

中国无人机市场与世界无人机市场发展基本保持同步：需求增

加，市场不断扩张。由于国内上个世纪研发和服役的无人机无论在质量还是性能上都已不能达到国外同类无人机的水平，以及近年来民用领域无人机数量的短缺。因此，在近 10 年甚至 20 年内，无人机产业将迎来“井喷”时期。按照目前国际无人机的发展趋势，以及近年来国内展出的无人机型号，我军将大力研发和生产中/高空长航时无人侦察机以及无人战斗机。因此，我国在逐步淘汰落后无人机型号的同时必将增加对新型无人机产业的投入，“利剑”、“翼龙”、“彩虹”系列、“WJ-600”等无人机将见证我国无人机行业的蓬勃发展。

目前我国自主研制的“翼龙”、“彩虹 3”、“彩虹 4”已达到了国外同类无人机的水平，该系列无人机可执行坚实、侦查及对地攻击等任务，也可用于反恐、便捷巡逻等方面。预计我军在未来 5-10 年内将具备批量生产“利剑”、“翼龙”、“彩虹 3”、“彩虹 4”等型号无人机的能力，并逐步列装部队。

### **3.5.1 . 预计未来 15 年我国做战无人机需求超过 2000 亿元**

未来保证攻防兼备的作战任务，预计 2030 年我国战斗机配置至少需要 1500-2000 台三代和四代战斗机。而根据未来空军的发展趋势，预计我国无人战斗机占全部战斗机比例将达到 50%，预计 2015 年-2030 年间我国无人战斗机需求将在 800-1200 台之间，未来 15 年我国无人战斗机需求将超过 2000 亿元。

### **3.5.2. 预计未来 15 年其它军、民用无人机需求将达数千亿规模**

我国由于海岸线绵长曲折，海岛众多，近年来周边国家与我岛屿争端不断，因此光是运用于军事侦查的中/高无人侦察机需求量就十分庞大，预计未来 15 年其它军用无人机需求在 3000 架左右。

除军事之外，上述几种无人机亦可广泛应用于民用和科学研究领域，如灾情监视、缉私查毒、环境保护、大气研究、以及地质勘探、气象观测、大地测量、农药喷洒和森林防火等等。据保守估计，到 2030 年，这几种无人机的需求量将在 5000 架以上。

随着技术的成熟和生产成本的降低，还有大量的消费级无人机，在广大航空爱好者和玩家的钟爱和追捧下，产业需求极大，如果空域管理政策进一步开放，技术标准进一步完善，其数量和产值将难以估量。

### 3.6. 无人机遥感系统产业链

无人机遥感和传统的航空制造业产业链一样，产业链长，涉及产业众多，包括航空机载武器装备、机身复合材料、飞行器操纵控制、遥感遥测系统、发射回收装置、无人机整机和无人机在军事、民用以及科研等方面的各种管理、应用和服务。

在国内形成了以中航工业、总参 60 所、航天科技、中国电子技术标准化研究院、中国测绘科学研究院、中兵光电、山河智能、西安爱生技术集团、北京航空航天大学、南京航空航天大学、大疆创新科技有限公司、珠海星宇航空技术、桂林鑫鹰电子科技等各大高校、研究院所和高科技公司联合研究开发制作，产学研密切结合的大好发展局面。

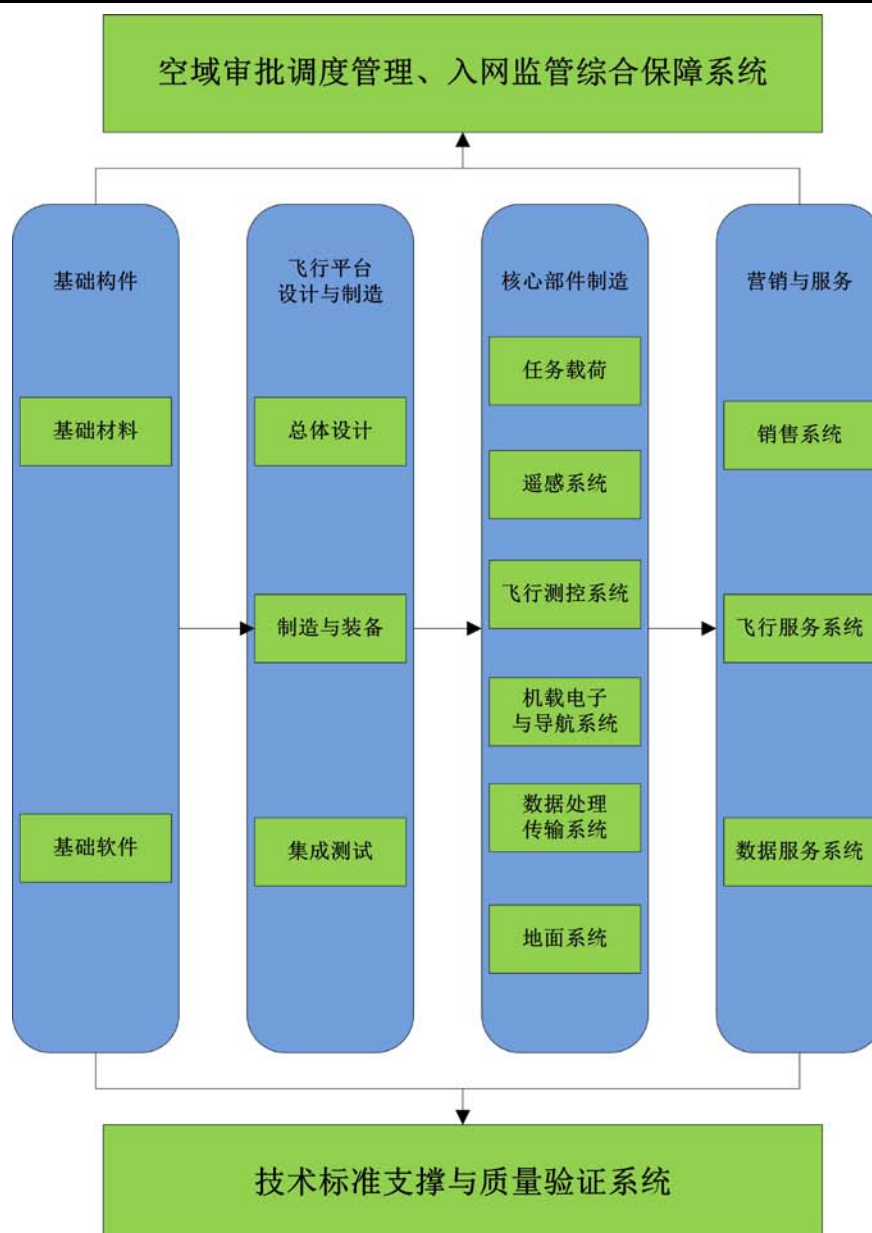


图 3 无人机遥感系统产业链图

#### 四. 无人机遥感系统的技术现状和趋势

随着材料科学、传感器技术、航空科技、信息技术、大数据、物联网、云计算、导航等技术的日新月异，给无人机遥感的发展和改进的提供坚实的基础，使无人机遥感向着低成本、智能化、网络化、高机动性、超负荷大载荷、数据可靠高效处理等方向演进。



## 4.1 无人机遥感技术发展现状

整体上说无人机主要有五大关键技术，分别是机体结构设计技术、机体材料技术、飞行控制技术、无线通信遥控技术、无线图像回传技术，这五项技术支撑着现代化智能型无人机的发展与改进。

### 4.1.1 机体结构设计技术

飞机结构强度研究与全尺寸飞机结构强度地面验证试验。在飞机结构强度技术研究方面，包括飞机结构抗疲劳断裂及可靠性设计技术，飞机结构动强度、复合材料结构强度、航空噪声、飞机结构综合环境强度、飞机结构试验技术以及计算结构技术等。

### 4.1.2 机体材料技术

机体材料（包括结构材料和非结构材料）、发动机材料和涂料，其中最主要的是机体结构材料和发动机材料，结构材料应具有高的比强度和比刚度，以减轻飞机的结构重量，改善飞行性能或增加经济效益，还应具有良好的可加工性，便于制成所需要的零件。非结构材料量少而品种多，有：玻璃、塑料、纺织品、橡胶、铝合金、镁合金、铜合金和不锈钢等。

### 4.1.3 飞行控制技术

提供无人机三维位置及时间数据的 GPS 差分定位系统、实时提供无人机状态数据的状态传感器、从无人机地面监控系统接收遥控指令并发送遥测数据的机载微波通讯数据链、控制无人机完成自动导航和任务计划的飞行控制计算机，所述飞行控制计算机分别与所述航姿传感器、GPS 差分系统、状态传感器和机载微波通讯数据链连接。本

实用新型采用一体化全数字总线控制技术、微波数据链和 GPS 导航定位技术，可使无人机平台满足多种陆地及海上低空快速监测要求。

#### 4.1.4 无线通信遥控技术

无人机通信一般采用微波通信，微波是一种无线电波，它传送的距离一般可达几十公里。频段一般是 902 - 928MHZ，常见有 MDS EL805，一般都选用可靠的跳频数字电台来实现无线遥控。

#### 4.1.5 无线图像回传技术

采用 COFDM 调制方式，频段一般为 300MHZ,实现视频高清图像实时回传到地面，比如 NV301 等多种应用。

### 4.2 无人机技术发展趋势

无人机在世界范围内得到了空前重视和发展的背后,技术进步赋予了其崭新面貌,使它们一步一步成长为贴合作战需求、更具有高效费比的实用型平台。但另一方面,它的更新换代却面临诸多尚未解决的技术瓶颈,制约着其综合能力的进一步提升。新概念向技术发动了挑战,未来无人机能否达到预期的高战术、技术性能,响应新的作战理念,从辅助支援装备跃升为重点作战装备,完全有赖于关键技术的突破与实施。

#### 4.2.1 高集成化、多任务平台、一机多用以顺应作战变化。

美军在 5 空军 20256 报告中提出今后几十年无人机的关键需求,明确了多任务平台为战略、战术无人机的下一个发展方向。在综合集成方面,无人机本身就是飞行器、各类传感器、武器、发射与回收装

置、通信系统、指控系统的融合体。除在目前的已知应用领域,无人机的任务设置还将深入进攻、生化探测、反地雷、战区导弹防御、电子战和信息战等各个领域。尽管国外已有少数现役无人机实现了单机多功能,但总体集成程度不高。未来无人机强调的是高度集成化,它将广泛采用模块化设计和开放式架构,并依托先进的信息技术,突破多种功能简单/拼凑的模式,以满足灵活多变的作战任务需求,实现一机多用和即插即用;朝着以侦察、发射平台为基础,以导弹攻击、拦截为作战手段,以卫星实时通信、传输为信息保障,以智能控制、指挥为核心的机、弹、星、人综合集成武器系统发展,真正成为立体化战场的多面手、战斗力的倍增器。

#### 4.2.2 根据用途,机身尺寸向两级发展。

目前,国外军用无人机已逐渐形成高、中、低空,大、中、小型,战略、战役、战术级谱系。根据不同用途,无人机的机身尺寸表现为向两端发展:

(1)为获得长航时、高可靠性和大携载能力,战略无人机向更大的外形尺寸发展,并可能替代目前的有人驾驶高空机载监视和通信平台。正在研制中的中空和高空长航时无人机,在空中滞留时间将可以达到数天乃至数月,可谓真正的不间断执行任务;

(2)与此相反,为提高机动性、生存能力及效费比,战术无人机、小型和微型无人机则朝着缩减尺寸方向发展,从而更好地满足未来应用需求。结合微机电系统(MEMS)领域所取得的技术进步,载荷尺寸可以减至一块普通芯片大小。尽管这些传感器的性能不及大型传感器,但

是它们拥有更小的体积、更轻的重量、更低的功率要求,以及更容易在小型平台上部署等优势,能够更好地贴合反恐、特种作战等需求,因此在此类应用上的应用呈现出增长态势。

### 4.2.3 从平台武器化到全系统武装战斗化

科索沃战争的经验教训,催生了无人机的变革,从单纯的传感器平台转向攻击平台,由此缩短杀伤链,加快对时敏目标的打击。阿富汗战争中,捕食者、地狱火导弹,开创了无人机执行对地攻击任务的先河。

此后,作为致命武器平台的无人作战飞机正式成为美国空军重点研制项目之一。承担高风险任务、装备下一代武器系统的无人作战飞机已被看作是有人机系统的一个高效费比替身。新一代无人攻击机或多用途无人机由于应用了精确制导、信息传感、数据链等技术和自动控制系统,不仅威力大、火力准确,而且隐身性能好。随着轻型机载精确制导武器、自主目标截获与识别技术的产生和发展,相信无人作战飞机的时代不久就会到来。

## 五. 无人机遥感系统标准概况和标准技术体系建立

### 5.1 国内外无人机遥感系统标准概况

我国研发应用无人机遥感系统技术已有近 50 多年的历史，有西北工业大学、北京航空航天大学 and 南京航空航天大学等数家无人机研制和发展中心，在无人机总体设计、飞行控制、组合导航、遥控遥测、图像传输、中继数据链路系统、发射回收、信息对抗、任务设备等诸多技术领域发展很快。随着近几年无人机技术的日趋成熟，性能的日臻完善，无人机遥感系统的应用也越来越广泛。

与此同时，快速发展的无人机遥感技术促进了整个无人机产业的进步，培养和造就了大批的无人机技术领域的科研生产人员，在全国形成了一个完整的科研、生产配套体系，已具有相当的产业规模和技术储备。随着市场经济的成熟、竞争机制的引入，新的无人机型号不断涌现，无人机研制标准化的重要性逐渐凸现出来。因此，如何加速开展无人机专用标准体系研究，建全适合我国国情和无人机发展需要的专用技术标准体系，编制相应的标准规范，实现新产品设计的系列化、标准化，从而有效地保证产品研制质量，促进我国无人机的规范化和有序发展，已成为无人机领域技术人员关注的问题。

#### 5.1.1 国内无人机遥感系统标准现状

标准化作为国民经济进入工业时代后一种重要的技术管理理论、方法和手段不仅可以将成熟的技术固化和共享，规范产品设计和生产；也可有利协调引导本领域或相关领域产业链各环节的市场化行为

走向系统化、模块化、可替换化，减少技术资源上的浪费，鼓励创新、降低社会消费成本。标准化是引导行业在安全健康、低碳环保等方面进行统筹兼顾，向有利于技术和产业可持续发展的方向演进的一种有效的技术管理手段。

我国对无人机的研发应用以西北工业大学、北京航空航天大学等高校和研究机构为主，培养了一大批无人机技术领域的科研生产人员，在全国形成了一个比较完整的科研、生产配套体系，具备了一定的技术储备和产业规模。先后对无人机总体设计、图像传输、飞行控制、组合导航、信息对抗、遥控遥测、中继数据链路系统、发射回收等诸多技术领域进行研究并取得了相当的成绩。但相对于无人机技术的快速发展，我国无人机的标准化工作发展较慢，略显滞后。随着无人机制造、遥感导航、网络传输、数据处理技术和国内外经济、社会环境的变化，对无人机性能要求的不断提高、新型号不断涌现，无人机标准化工作的重要性和必要性越发凸显。为此，如何加速开展无人机标准体系研究，已成为国家和无人机遥感领域专业人员关注的问题。

目前已颁布实施的无人机国家军用标准有《无人机系统飞行试验通用要求》等 40 项。这些标准涉及的专业不全面，缺少具体的产品规范，对具体研制生产过程的指导性还不是很强，各专业标准数量分布情况如下图所示。

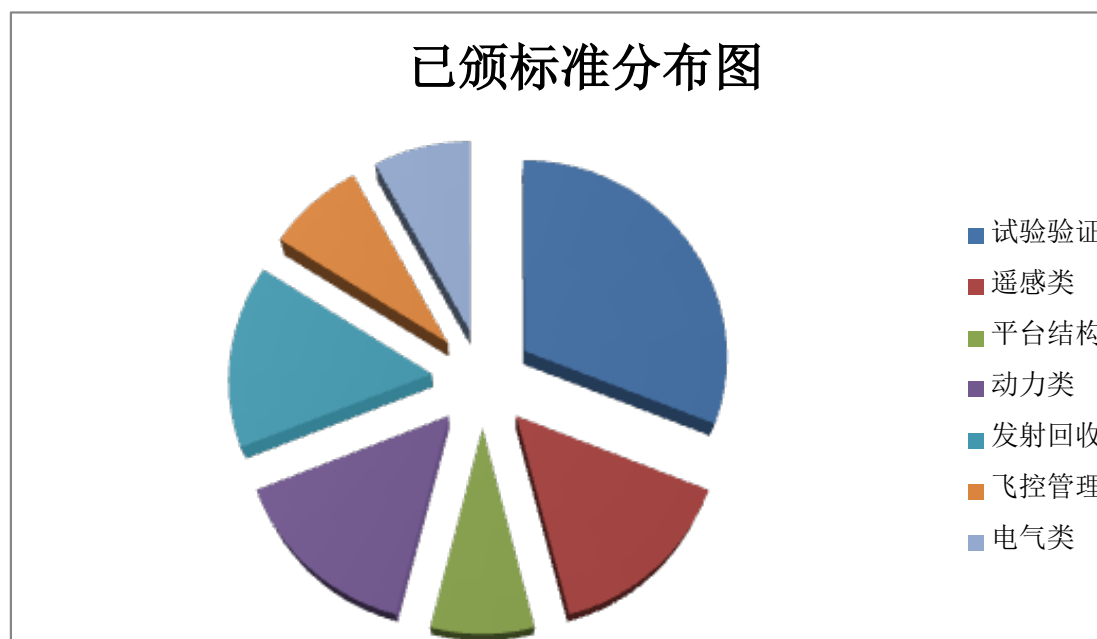


图 4 无人机已颁布标准各专业标准数量分布图

目前我国针对民用无人机还是一片空白。无人机的数据传输链路、数据处理、控制系统、导航系统、设备电磁兼容管理等诸多方面急需相关标准化工作。

在当前的无人机系统研发过程中，标准体系结构和已发布标准的数量都远远不能满足实际研制生产的需求。由于缺乏无人机的专用标准，技术人员在设计生产过程中主要是参考有限的国外资料，借用剪裁有人驾驶飞机的设计手册和有关的标准规范作为指导。虽然一部分有人机、直升机和发动机的设计规范 and 标准经过合理剪裁后可以应用到无人机上，但由于无人机的特殊性，如无人机的发射与回收系统、任务设备系统、地面维修和综合保障以及无人机可靠性、维修性、电磁兼容性设计等方面都有着其不同于有人机的特性，使得这些标准规范在使用的过程中感觉内容不够完整、缺乏针对性，许多实际问题的解决只能凭借长期积累的工作经验。

近些年来,无人机领域的标准制修订工作已经引起了各方面领导和专家的重视。中国航空综合技术研究所已开展了有关标准化课题的研究,在汇总多方专家的意见后初步提出了无人机标准体系的框架,也制定了一批无人机的专用标准,在一定程度上解决了型号研制的急需,但仍十分欠缺在无人机的研制、生产和使用过程中起到指导作用的标准。随着无人机技术的快速发展,无人机的型号研制任务将更加紧迫,新型号和新技术的出现必然对标准又会产生新的需求。

综上所述,目前无人机标准化工作领域主要存在以下三方面问题:

(1) 对标准体系缺少深入的研究,各分系统没有牵头标准,整个无人机领域的标准化工作缺少整体规划;

(2) 已制定的专用标准数量少,涉及专业面狭窄,针对研制生产中的许多实际问题,找不到可依据的标准,只能凭借长期积累的工作经验解决;

(3) 有些标准制定年代较早,涵盖的新技术内容不十分全面,可操作性不强,对于现阶段无人机的研制生产没有起到应有的指导作用。

因此,开展无人机技术标准化研究,建立系统完整的标准体系框架,对体系中的缺项进行补充完善,同时结合武器装备发展的需要制修订一批急需的标准,规范型号的研制流程,切实指导研制工作,为装备的发展奠定扎实的技术基础,已成为目前无人机标准化技术领域迫切需要解决的问题。



### 5.1.2 已知国外标准情况分析

近十多年来,无人机发展很快,在国际上展开了争夺技术优势的竞争,全世界参与研制装备无人机的国家和地区已由30多个增加到50多个,呈现大幅度增长的趋势。在从事研究和生产无人机的国家中,技术水平先进的国家和地区主要有美国、西欧、以色列等。

鉴于欧美国家独特的研制机制,无人机的研制生产部门都有自己内部的标准规范,我们很难获得大量的标准信息。目前,我们搜集到的国外标准主要有以下几类:

#### (1) 美国ASTM协会标准

经查阅,美国ASTM协会中有专门关于“无人驾驶空中飞行器”的分协会组织。该组织致力于研究无人机系统的设计、性能、质量验收测试和安全检测等相关的问题,工作范围包括无人机系统标准和指导性资料的发展。目前在该组织查到的无人机相关标准有:

a)《无人机发现与规避系统的设计与性能规范》该规范主要适用于无人机发现与避让系统,内容包括无人机发现与避让系统的设计与性能要求,用以支持对有人驾驶飞行器和其他无人系统的相互探测及规避。

b)《无人机系统设计、制造和测试标准指南》该指南列出了指导无人机设计、制造和测试的现行标准,使无人飞行器的设计员和制造单位在确定适用于他们产品的指导文件和标准时可以作为参考,并按照工业标准和最优规程设计、制造及测试无人机系统。

c)《无人机系统标准术语》该标准区别和定义了关于无人机系统

的重要概念和术语，目的在于确立各名词术语的分界和特征，以指导无人机系统其他标准的制修订工作。

d)《微型无人机操作指南》该标准适用于微型无人机的研究及商业操作，为微型无人机的安全操作提供指南，给操作员划出明确的安全等级。

e)《无人机飞行员和操作员的发证和定级》该标准将无人机的飞行员证书划分为：学生飞行员、娱乐飞行员、私人飞行员、商业飞行员、航线运输飞行员等级别，使飞行员证书的操作具体化，在全行业领域主张飞行安全和标准化。

以上这些标准对于无人机设计制造和安全飞行等技术领域均有涉及，对于今后我国无人机的适航性设计，以及飞行操作和操作人员资格等方面标准的发展将起到一定的促进作用。

## ( 2 ) 美国军用标准：

在美军标中，我们搜集到 4 项与无人机有关的标准：

- a)《液体火箭发动机弹射式发射器》
- b)《火箭和靶机降落伞回收系统设计通用设计要求》
- c)《动力推进的空中靶机的设计和制造通用规范》
- d)《M A - 1 型靶机飞行控制系统》

我国在编制 G J B 2 3 4 7 - 9 5《无人机通用规范》、G J B 2 0 1 8 - 9 5《无人机发射系统通用要求》、G J B 2 0 1 9 - 9 5《无人机回收系统通用要求》时，分别借鉴了这些标准。

## ( 3 ) 英国国防部防御系列标准：

在英国国防部防御系列标准中，有部分关于无人机的内容。该防御标准的内容丰富，涵盖面广，几乎涉及到无人机的各个分系统，基本构成了一个完整的标准体系，同时，该系列标准在无人机的电磁兼容性、可靠性维修性、使用气候条件等方面都有专门的章节，而目前我国在这些方面的标准还是空白，这些内容也将为我国制定具体的无人机型号标准规范提供丰富的素材，对国内无人机军用标准的制(修)订工作具有重要的指导意义和参考价值。

## 5.2 无人机遥感系统标准化工作思路

**总体思路：**密切关注与无人机设计、生产、制造以及遥感等关键技术相关单位的研究成果和技术演进动向，与科技部、国家遥感委、国家遥感中心、中科院遥感所等单位开展合作。尽快以四院或以四院牵头建立“无人机标准化工作委员会”，同时对无人机军用和民用标准开展大量的研究，建立和完善无人机军用、民用标准技术体系，开展军用无人机标准的制修订工作，对民用无人机需要制定一批急需的基础类、通用类标准。

尤其是以“无人机遥感技术”为中心，深入结合“北斗”和“高分工程”等自主知识产权导航技术，协助国家遥感中心在民用上推动以轻小型无人机遥感产业技术创新战略联盟为依托，参与遍布全国的无人机遥感网建设，参与全国信息技术标准化技术委员会无人飞行器控制及信息采集系统标准工作组，组织编制遥感无人机标准体系，建立遥感无

人机检测认证机制；开展以安全、电磁兼容等相关的环境测试业务，建立无人机遥感信息库；密切沟通国家空管委、民航局，推动解决遥感无人机空域管理与作业飞行问题，服务于军民无人机遥感需求；推动无人机遥感技术与产业的发展。

### 5.3 无人机现有国军标情况

序号	标准号	FL 号	标准名称
1	GJB2347-95	FL 1550	无人机通用规范
2	GJB5433-2005	FL 1140	无人机系统通用要求
3	GJB7101-2010	FL 1140	无人机任务载荷通用要求
4	GJB6722-2009	FL 1140	通用型无人机操作使用要求
5	GJB2019-94	FL 1670	无人机回收系统通用要求
6	GJB6703-2009	FL 1140	无人机测控系统通用要求
7	GJB7102-2010	FL 1231	无人机测控与信息传输系统链路协议
8	GJB5190-2004	FL 5865	无人机载有源雷达假目标通用规范
9	GJB2018A-2006	FL 1140	无人机发射系统通用要求
10	GJB3060-97	FL 0199	无人机电气系统通用规范
11	GJB5434-2005	FL 1140	无人机系统飞行试验通用要求
12	GJB7105-2010	FL 1231	无人机测控与信息传输系统终端机通用要求
13	GJB7104-2010	FL 1231	无人机测控与信息传输系统信道通用要求
14	GJB7100-2010	FL 1221	无人机信息对抗载荷通用要求
15	GJB5436-2005	FL 1140	无人机鉴定、定型程序和审查文件要求
16	GJB4994-2003	FL 1600	无人机载侦查装备定型试验规程
17	GJB4108-2000	FL 1550	军用小型无人机系统部队试验规程
18	GJB7053-2010	FL 1140	无人机转子发动机定型试验规程
19	GJB5435.1-2005	FL 1140	无人机强度和刚度规范 第1部分：总则
20	GJB5435.2-2005	FL 1140	无人机强度和刚度规范 第2部分：飞行载荷
21	GJB5435.3-2005	FL 1140	无人机强度和刚度规范 第3部分：地面载荷
22	GJB5435.4-2005	FL 1140	无人机强度和刚度规范 第4部分：发射及回收
23	GJB5435.5-2005	FL 1140	无人机强度和刚度规范 第5部分：其它载荷
24	GJB5435.7-2005	FL 1140	无人机强度和刚度规范 第7部分：振动
25	GJB5435.8-2005	FL 1140	无人机强度和刚度规范 第8部分：气动弹性不稳定性

26	GJB5435. 9-2005	FL 1140	无人机强度和刚度规范 第 9 部分：地面试验
27	GJB5435. 10-2005	FL 1140	无人机强度和刚度规范 第 10 部分：飞行试验
28	GJB5435. 11-2005	FL 1140	无人机强度和刚度规范 第 11 部分：文件和报告
29	GJB7201-2011	FL 1221	舰载无人机雷达对抗载荷自动测试设备通用规范
30	GJB5309-2004	FL 5865	反辐射无人机被动雷达导引头通用规范
31	GJB6724-2009	FL 1221	通信干扰无人机通用规范
32	GJB6081-2007	FL 1221	通信对抗无人机训练模拟设备通用规范
33	GJB3728-99	FL 1510	无人机地面试验要求
34	GJB6760-2009	FL 1140	无人机北斗定位导航系统定型试验规程
35	GJB57103-2010z	FL 1231	无人机测控与信息传输系统消息格式
36	GJB5887-2006k	FL 1140	无人机任务设备通用要求
37	GJB5200-2003k	FL 1550	无人机遥控遥测系统通用规范
38	GJB5100-2002	FL 2840	无人机用涡轮喷气和涡轮风扇发动机通用规范
39	GJB5201-2003k	FL 1550	无人机飞行控制与管理系统通用规范
40	GJB7796-2012z	FL 1140	无人机用航空转子发动机通用规范

## 5.4 现有民用标准情况

从工信部装备司航空处了解到，目前我国军用无人机有非常好的基础，但是针对民用无人机还是一片空白。无人机的数据传输链路、数据处理、控制系统、导航系统、设备电磁兼容管理等诸多方面急需相关标准化工作。

## 5.5 无人机遥感系统标准体系框架

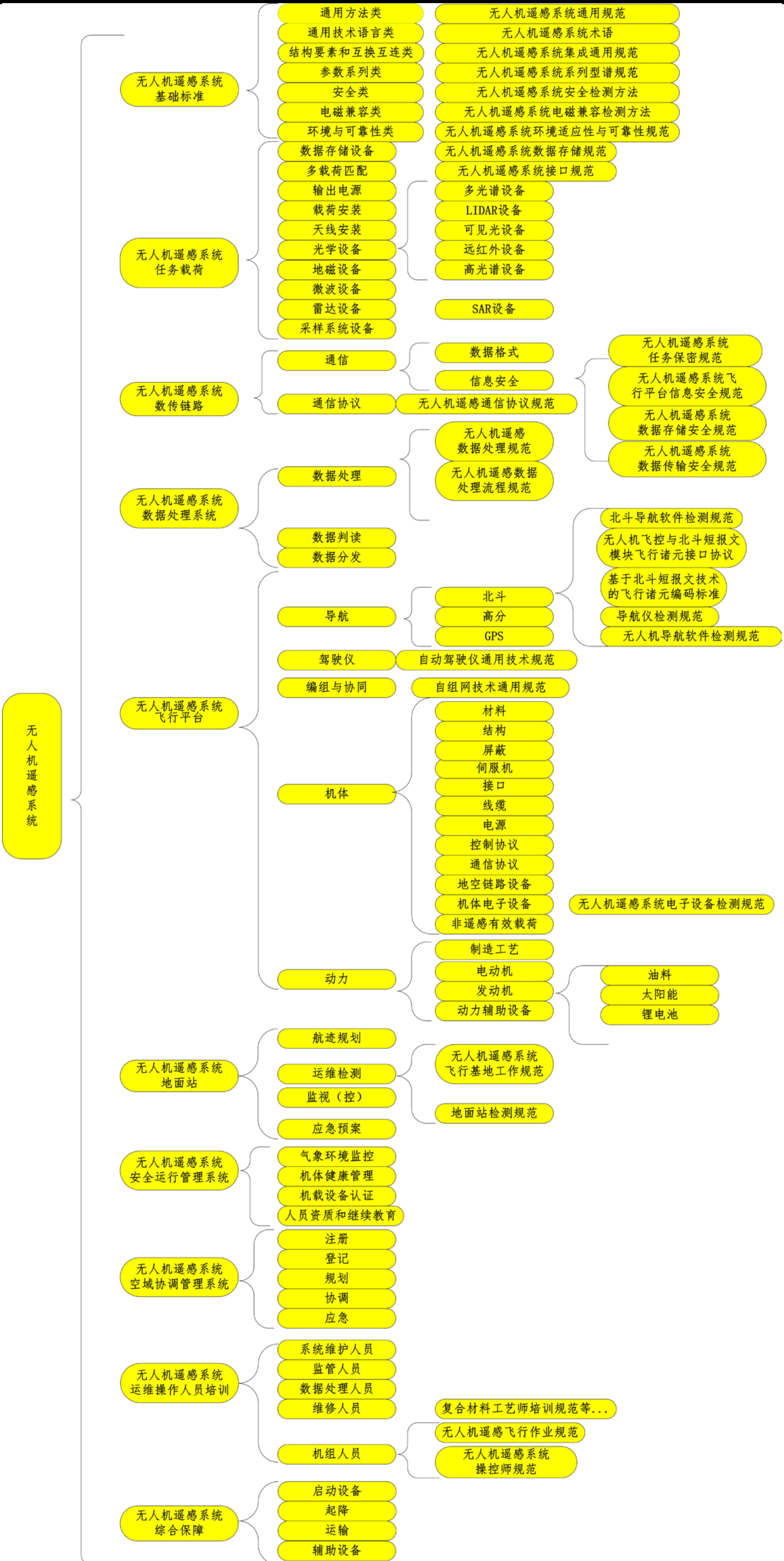


图 5 无人机遥感系统标准体系框架图

---

## 六. 无人机遥感综合标准化思考

### 6.1 鼓励创新 and 研发，紧跟技术潮流和动向，运用标准化方法促进无人机技术发展。

国家在空管、产业政策上进行调整支持，给予更加开放和宽松的技术环境，鼓励创新 and 研发，紧跟国际无人机的发展潮流和动向，充分吸取、大胆应用。密切结合物联网、大数据和云计算等新技术，加强对多学科、跨领域、复合型学科研究和借鉴，并结合我国特点主动加以融合。运用标准化方法，广泛采用模块化结构、通用设计、商用现货标准,以期在技术上获得更大支持,既缩短研发周期，节省了成本，又缩小了与先进国家的差距。

### 6.2 建立和完善军民通用的无人机标准体系框架，制定一批急需的军民标准。

在大力吸收引进国外经验和相关通信网络新技术，加强无人机技术研究的基础上，针对我国现阶段情况和产业特点，充分考虑未来近 20 年发展态势的情况下，对现有标准进行详细梳理，明确各层面标准化内容、范围和相互之间的关系，形成分层次、结构化的军民通用的标准体系框架（详见附件）。民用标准在此基础上根据自身的特点适当补充、剪裁使用，初步考虑标准体系主要由以下十部分组成：基础标准、遥感飞行平台标准、数传链路标准、地面站标准、遥感人物载荷标准、综合保障标准、遥感数据处理系统标准、安全运行管理系统标准、空域协调管理系统标准、遥感无人机人员培训标准。针对目前工作的需要，民用领域急需制定《民用无人机电子设备通用规范》、《民

用无人机飞控设备和地面站设备通用规范》、《民用无人机机载电子设备电磁兼容检测方法》、《民用无人机遥感成果元数据规范》等标准。

### **6.3 密切关注国家空域改革和通航产业发展的政策利好，加快无人机产业布局。**

无人机产业的发展离不开国家和行业政策支持与管理，目前我国空域管理体制在历史上曾对国防建设和运输安全发挥了重要的作用，但随着我国经济的发展和经济一体化、全球化大背景下，渐渐浮现出一些问题和挑战。在考虑到安全有序的前提下，空域的高效、最大化使用也许是今后的发展趋势。

无人机一般在海拔 6000 米以下的中低空域活动，低空空域开放涉及国家领空安全、军民航协调、管理法规、技术标准的制定等等因素，需要政府统筹规划，统一指挥与协调才能稳妥推进。国家相关部门对低空开放和无人机产业发展极大重视，研究机构也在紧锣密鼓的进行调查研究，相信在国家的统一筹划协调下，进一步开放空域、顶层设计、优化流程、分级管理、逐步完善法律法规，顺应技术与市场的发展方向，大力发展无人机技术、完善无人机技术标准体系建设，以撬动整个无人机产业的健康持续发展。

### **6.4 深度结合北斗导航，加强在导航领域的自主知识产权的研究开发与应用。**

北斗卫星导航系统是中国正在实施的自主研发、独立运行的全球



四大卫星导航系统之一，是联合国卫星导航委员会已认定的供应商。北斗卫星导航系统拥有快速定位，为服务区域内的用户提供全天候、实时定位服务三大功能，定位精度与 GPS 民用定位精度相当;短报文通信，一次可传送多达 120 个汉字的信息;精密授时，精度达 20 纳秒，预计在北斗二代全部建成后，亚太地区的导航精度将达到 10 米之内。

同时，今年 8 月 19 日，高分辨率对地观测系统二号卫星成功发射，空间分辨率优于 1 米，观测幅宽达到 45 公里，达到亚米级分辨率国际卫星中幅宽达到最高水平。该卫星将密切配合北斗系统共同协作在土地利用动态监测、矿产资源调查、城市精细化管理、交通路网规划、林业资源调查、防灾减灾、环境保护与监测、农作物估产等众多领域将发挥重要作用。

为此将以北斗为代表的国有自主知识产权技术应用在在无人机等通航航空器上，逐步结束其对 GPS 的依赖，提高其可靠性和安全性。

## **6.5 整合资源，以标准和验证测试为切入点，形成对军民无人机产业全方位支撑、服务的良好局面。**

依托国家级实验室，建立无人机系统检测认证机制和平台，为企业和大众提供标准咨询、标准制修订、标准管理、标准国际化服务、检测、认证、高端峰会论坛组织等全方位一条龙服务。基于无人机飞行具有任务多样、区域散布、范围广、时效性强、机动性高、情况复杂等特点，军民广大用户急需对飞行平台和载荷进行以电器安全、电

磁兼容环境效应评估为主的各种试验验证手段，以避免任务失败、硬件损坏和造成数据损失。目前国内针对无人机平台和载荷的电器安全和地磁兼容环境效应等评估尚处空白，急需制定相应标准、评估模型和检测规范。既可提供设计生产企业作为技术参考、提供用户、消费者做采购依据，也可提供给工业、市场质量监督管理部门、行业协会进行有效的市场管理和抽查使用，产业需求非常巨大而迫切。

**6.6 顺应国家经济体制改革大方向，促进产业结构快速转型，有助于地方经济发展。**以北京为代表的一线城市“总部经济”效应显著，无人机将成为带动整个通用航空产业大发展的有利契机和强劲引擎。

随着国际经济形势、产业链分工和产业布局的演进，我国经济发展模式的遗留问题和弊端正在逐渐显现出来，影响了国际生产力和竞争力，同时我国正处于工业化、城镇化加速发展时期，各种自然灾害和长期积累的社会问题风险不断加剧，突发事件的诱因更是复杂多样，导致目前的经济产业结构面临着较大的压力。依据常规经济分析，地方政府在运输航空的发展过程中能直接分享的利益较少，但确是通用航空发展的一大受益者。因此，在通用航空产业被列为我国“十二五”计划中国家七大战略性新兴产业之一后，其又被列为北京市八大战略性新兴产业之一。占领产业链高端，发展以北京为代表的国内一线城市无人机产业，不仅可以增加飞机销售，带动上下游诸多产业发展，还可以增加通用航空技术和事业的发展，鼓励创新，增加新的经济增长点。

尤其是以北京为代表的国内一线城市，配套好，城市化、国际化程度高，吸引了大量的国际集团和跨国公司入驻，科研、旅游、娱乐、私人商务飞行和公务飞行需求及其旺盛，经济文化交流日益繁荣，其在国内外的影响力不言而喻。率先发展以北京为代表的一线城市无人机遥感产业将成为带动整个通用航空产业大发展的有利契机和强劲引擎。

## 七. 无人机遥感产业展望及发展建议

分析和总结国际无人机的研制现状,把握前沿技术的发展动向和重点,从中可以获得许多有益的启示,对于我国无人机的自主研发具有良好的借鉴意义。相比许多国家,我国在无人机领域的起步较晚,现有装备数量和种类有限,处在初级阶段,与国外先进水平相比,主要存在两大方面的差距:一是品种不全,二是无人机关键技术和整体工艺水平偏低。为此,必须迎头赶上,走出一条有自身特色的发展之路,具体可从以下方面入手:

(1)紧跟国际无人机的发展潮流,充分吸取其新技术、新概念的合理成分,在此基础上结合本国特点进行创新,努力缩小差距;

(2)广泛采用模块化结构、通用设计、商用现货标准,以期在技术上获得更大支持,同时节约研制成本、缩短研发周期。以任务载荷为例,

开发基于开放式架构的综合化任务载荷,可根据任务需求灵活驳接、加载各类型任务设备,同时提供升级空间和可维护能力;

(3)大力发展基础性技术研究,特别是信息、传感、通信、动力能源、微电子、制造工艺等与无人机密切相关的技术,加强理论研究和实验验证工作,着重攻克制约无人机发展的技术瓶颈,为无人机的研发提供坚实的底层支撑。

## 八. 总结

综上所述,加快制定无人机遥感系统急需标准,健全无人机遥感系统标准管理渠道,完善建立无人机遥感系统标准体系,大力鼓励和促进研制高空、高速、长航时及微型化、智能化和隐身化的无人机系统为当前和未来的发展方向。随着计算机、通信、信息融合和人工智能等技术的飞速发展,制约无人机发展的技术难题将会逐一解决。无人机遥感技术正在加速发展,无论是在军事还是在民用领域,无人机遥感将会将揭开航空产业的新篇章。