

# 载人航天航空救援体系建设探讨

卞韩城 黄 宁

(中国酒泉卫星发射中心)

**摘 要** 介绍了航空救援发展概况,分析了载人航天航空救援体系,提出了发展我国载人航天航空救援体系的有关建议。

**关键词** 载人航天 航空救援 体系 建议

**分类号** V555 **文献标识码** A **文章编号** 1674-5825 (2010) 01-0031-06

## 1 引言

我国载人航天工程进入空间交会对接和空间实验室建设阶段后,载人航天发射越来越频繁、航天员在轨工作时间越来越长,航天员搜索救援系统面临新的发展机遇和重大挑战。

航空救援是航天员搜索救援的主要模式,同时,载人航天也是航空救援的重要应用领域,因此,基于快速发展的国家航空救援系统,对载人航天领域的航空救援问题进行系统研究,探讨具有中国特色的载人航天航空救援系统,不论是对国家航空救援系统的发展,还是对完成载人航天搜索救援任务都具有十分重要的意义。

## 2 航空救援概述

航空救援是针对各类突发灾难和事件,充分利用航空技术手段实施救援的一种行为,具有科技含量高、救援范围广、响应速度快、救援效果好的特点,在自然灾害、事故灾难、公共卫生、公共安全等涉及国民经济、社会发展和国防建设的诸多领域应用极为广泛,其体系发展受到世界各国政府的高度重视。

英国是最早建立航空救援协调机构的国家,1941 年成立了航空救援协调中心,最初是营救在陆地和海上迫降或跳伞的飞行员,后来扩展到救援所有处于险境的人员。美国是世界上救援组织规模最

大的国家,1946 年在空军建立了搜索救援机构,1956 年又把军队和地方所有的救生组织联合起来,建立了全国统一的航空救援机构,负责组织和协调军队与民间的航空救援活动。日本在上世纪 50 年代先后成立了民航救援系统和自卫队航空救援系统,组建了航空救援部队。目前,世界上拥有较大规模航空救援系统的国家还有瑞士、奥地利、西班牙、瑞典、阿根廷、比利时等国家。

我国的航空救援力量主要由五部分组成,一是军队,包括空军、陆军航空兵、海军航空兵、武装警察部队和第二炮兵部队,尤其是陆军航空兵具有较强的航空应急救援能力。二是交通部救助打捞局,该局有 4 个救助飞行队、1 个机场和相关的地面保障装备,拥有多架海上救助直升机和小型飞机。三是中国民用航空局,该局的直属单位拥有数十架通用飞机和 5 个训练机场,管理着数十个通用航空运营企业。四是公安部警用航空办公室管理的警用直升机,负有应急事故处置和救援职能。五是民政部中援应急投资有限公司,开展大众化、社会化、商业化的立体救援业务。

## 3 航空救援在国外载人航天中的应用

### 3.1 苏联/俄罗斯的载人航天航空救援

苏联/俄罗斯载人飞船的回收救援工作由空军和海军的专业搜救部队以及与载人飞行有关的机构和

来稿日期:2009-10-15;修回日期:2010-02-07。

作者简介:卞韩城(1964.01-)男,硕士,高级工程师,主要从事航天测控总体研究。

部门共同完成。“东方”号载人飞船回收时动用了 81 架飞机、18 个空降兵分队。“联盟 TM”飞船回收与救援通常动用 26 架“安-12”、“安-14”、“伊尔-22”、“伊尔-76”、“图-154”等飞机和 57 架“米-6”、“米-8”等直升机。载人飞船正常返回时,一般在升力控制返回着陆区布置 2 架载有空降救生分队的飞机和 5 架搜索救援直升机,在弹道返回着陆区布置 1 架载有空降救生分队的飞机和 3 架搜索救援直升机。

俄罗斯航空救援飞机和直升机按照承担的任务分为以下几种:

#### (1) 远距离运输机

运送地面搜索救援装备、救生器材、搜救人员,运送返回舱。有效载荷 20~50t,巡航速度 480~780km/h,航程 2000~4000km。

#### (2) 运输直升机

运送地面搜索救援装备、救生器材、搜救人员,运送返回舱。外挂重量 5~20t,巡航速度 230~250km/h,航程 670~1130km。

#### (3) 搜索救援直升机

运送空降搜救人员,搜索返回舱和航天员,运送航天员并进行最初的医疗援助。外挂重量 3~5t,巡航速度 230~250km/h,航程 930~1130km。

#### (4) 作业直升机

在着陆地点或从着陆地点撤离过程中,根据航天员的健康状况给予医疗救助。最大飞行速度 250km/h,航程 900km。配备野战手术台,麻醉器,心电图仪,心脏起搏器,人工呼吸器,保温箱,医用担架,氧气和氧化亚氮气瓶等医疗救护设备,可同时救援 3 名航天员。

#### (5) 搜索救援飞机

搜索返回舱和航天员,运送和空降搜救人员,向搜救指挥中心中继转播搜救现场情况。巡航速度 430~550km/h,航程 2000~4000km。

#### (6) 海上搜索救援系统

由搜索救援直升机、空降救生汽艇、汽艇空间设备等组成,搜索救援在海上溅落的航天员。最大飞行速度 560~850km/h,搜索半径 1750~3600km。汽艇最大排水量 5.3~8.0t,最大速度 11~3km/h,漂浮距离 450~500km,最大载客量 11~20 人,配备用于托拽和系吊返回舱的牵引设备。

#### (7) 搜索救援水陆两用飞机

搜索救援在海上溅落的返回舱和航天员。巡航速度 460~800km/h,最低飞行高度 50~100m,搜索半径 1500~5000km,续航时间 6~10 小时。

#### (8) 搜索救援船载直升机

搜索救援在海上溅落的返回舱和航天员,运输和空降搜救人员。巡航速度 230~250km/h,运送乘客 4~11 人,座舱载重 4t,外挂 5t。

### 3.2 美国的载人飞船航空救援

美国凭借其雄厚的海军力量,众多的海洋测量船和打捞舰队,载人飞船的返回场均选择在海上。“水星”号设计了 32 个计划着陆区和 51 个应急着陆区,171 架飞机部署在全球 30 个机场和 2 艘航空母舰上。“阿波罗”飞船设计了 4 个着陆区和 4 个应急着陆区,主着陆区部署航空母舰和 3 架直升机、2 架飞机。

载人飞船回收和救援工作主要由国防部承担。“水星”号飞船回收时,国防部指派大西洋导弹靶场司令为国防部代表,授权组建国防部“水星”支援计划办公室,负责与 NASA 联系,协调国防部各部门以及海军、空军、陆军和海岸警卫队的工作,在休斯顿飞行指挥控制中心设立回收控制室和回收控制中心,全面指挥回收救援作业。

美国参加载人飞船回收和救援的飞机主要有 C-130 中型涡桨战术运输机的衍生机型 HC-130E;直升机有 S-61R 双发两栖运输直升机衍生机型 HH-3E,S-65 双发重型运输直升机衍生机型 HH-53B,HH-53C。HH-53C 是美国空军标准救生型直升机,有承载能力为 4070kg 的吊钩,曾用于在海上回收“阿波罗”飞船。

## 4 载人航天航空救援体系分析

### 4.1 装备体系

#### 4.1.1 空中救援载体

载人航天着陆场分为正常返回着陆场、陆上应急返回着陆区和海上应急返回溅落区,航空救援载体分为飞机和直升机两大类。

##### (1) 飞机

① 航天员专机,用于将航天员从着陆现场附近机场转运回航天员训练中心。

② 大型运输机,用于转运地面搜索救援车辆、搜索救援装备和器材、搜索救援人员等,将回收的返

回舱从着陆现场附近机场运回研发中心。

③ 中型运输机,用于远距离搜索已经着陆或在海上溅落的返回舱。执行陆上搜索救援任务时,载有空降搜索救援分队,必要时实施空投作业。

## (2) 直升机

① 搜索指挥直升机,主要用于搜索指挥和通信中继任务。早期的搜索指挥和通信中继任务是由飞机承担的,随着机载卫星通信技术的发展,现在一般都由直升机承担。这种直升机除加装指挥和通信中继设备外,还要加装机载可见光/红外摄像系统,并通过卫星通信信道将搜索救援实况发往任务指挥中心。

② 医疗救护直升机,主要用于对有伤病情的航天员实施现场医学救援,加装野战手术台,麻醉器,心电图仪,心脏起搏器,人工呼吸器,医用担架等医疗救护设备。

③ 医监医保直升机,主要用于在着陆现场对航天员实施医监医保工作,测量航天员从长期失重环境返回地面时的生理参数。

④ 救援作业直升机,主要用于运载救援装备和器材,采用索吊方式救援航天员,外挂方式短距离转运返回舱。

⑤ 海上搜索救援直升机,从岸上或舰船起飞,执行海上溅落返回舱的搜索和监视任务,必要时索吊海上已自行出舱的航天员。

⑥ 支援直升机,一般不直接参加搜索救援任务,主要用于运载工程指挥人员、技术专家、航天研究者和新闻记者等。

## 4.1.2 搜索救援装备

(1) 目视观察设备,包括空中载体前视、侧视、后视观察窗,强光探照灯,也包括返回舱本体、降落伞、频闪灯,以及航天员使用的发烟筒。

(2) 红外成像设备,工作在  $3\sim 5\mu\text{m}$  和  $8\sim 14\mu\text{m}$  两个波段,利用红外光线在大气中不易被烟、光、雾、霾吸收,传播距离比可见光和微光远的多的特点,在夜间实施搜索。现代红外成像设备一般都具有可见光和红外探测功能,和强光探照灯组合用于夜间观察飞行危险物、野外着陆等。

(3) 测向定位设备,返回舱内加装符合全球卫星搜救组织标准的航空救援信标和国际救援示位标,测向定位设备用于远距离搜索捕获返回舱信标

信号,对其进行定向或定位,以归零飞行方式接近返回舱。

(4) 救援设备,最基本的救援装备是电动绞车和吊具。电动绞车一般安装在空中载体侧门位置,通过吊索营救已出舱航天员,航天员有伤病情时,使用吊篮营救。

## 4.1.3 医学处置设备

用于对航天员实施医监医保和测量从长期失重环境返回地面时的生理参数,对有伤病情的航天员实施医疗救护,要求空中载体舱内空间大,便于医学处置设备展开和医务人员工作,同时载体要具有一定的抗震、降噪设计,具有环境温度控制和连续供氧能力。

主要的医学处置设备包括航空医疗冰箱、航空医疗担架、航空医疗手术台、麻醉器、心电图仪、心脏起搏器、人工呼吸器、医疗器械等。

## 4.2 信息支持体系

载人航天航空救援需要及时获取返回舱工程遥测和航天员关键生理遥测信息,需要返回舱着陆后的落点信息支持,因此,需要构建完备的搜索救援信息支持系统。

### 4.2.1 轨道预报

载人航天飞行设计阶段,要规划正常返回着陆区、上升段应急着陆区、飞船应急返回着陆区的位置、范围、着陆瞄准点、返回圈次和返回制动时刻等要素;飞船返回制动前,需要飞行控制中心提供预选着陆区、返回制动时刻、预计着陆时刻、着陆瞄准点等返回参数,搜索救援系统据此进行航空救援资源配置、制定搜索救援计划,组织搜索救援行动。

### 4.2.2 测控跟踪

飞船返回过程中,测控跟踪系统要进行雷达、光学和遥测跟踪,实时获取飞船返回轨道参数、工程遥测数据,航天员关键生理遥测参数,预报返回落点,引导航空救援系统在返回舱出黑障前到达搜索区域,等待捕获返回舱信标信号。

### 4.2.3 落点信息

返回舱着陆后航天员利用携带的卫星电话向飞行控制中心通报落点位置和自身健康状况;全球卫星搜救组织接收飞船航空救援信标和国际救援示位标,解算返回舱位置并通报飞行控制中心;搜救飞机和直升机利用自身携带的无线电测向和定位设备

接收救援信标,定向飞行或在导航卫星支持下搜索接近返回舱。搜索过程中,飞行控制中心汇集各种落点预报信息,按优先级筛选,指导航空救援系统开展工作。

### 4.3 指挥体系

载人航天航空救援任务区域大、协作单位多、指挥时效性要求高,必须建立科学的指挥体系,通过高科技手段保障高效运转。

#### 4.3.1 联合指挥

载人航天航空救援涉及空军、陆军航空兵、海军航空兵、海上救助打捞、民航等大系统,分为正常返回搜索回收和应急返回搜索救援,特殊情况下还要组织国际航空救援联合行动,涉及国与国之间或国际组织内部关系,需要在载人航天飞行试验指挥机构中成立搜索救援联合指挥所,统一指挥航空救援工作。

#### 4.3.2 搜救态势

飞控中心要依托导航卫星收集、显示搜索态势信息,依托通信网络汇集、分发、显示飞行空域状况、返回舱和航天员信息,为指挥员提供决策依据。

#### 4.3.3 通信网络

为保证指挥体系正常运作,现代航空救援采用直升机机载 Ku 或 Ka 波段宽带卫星通信技术,建立飞行控制中心和搜救指挥直升机之间的高速数据通道,开通远距离指挥调度、数据和图像业务;在搜救区域内,采用无线局域网技术实现指挥调度和数据传输。

## 5 我国载人航天航空救援体系发展建议

经过七次飞行任务建设积累,我国已初步形成载人航天航空救援体系,但与载人航天后续工程对着陆场的要求相比,仍有很大差距。

### 5.1 建设成就

我国载人航天着陆场分为正常返回着陆区、陆上应急着陆区和海上应急溅落区,以飞机和直升机为主构成航空救援系统,采取直升机救援为主,飞机搜救为辅,地面搜索回收分队补充的搜索救援模式。

任务期间,由空军、陆军航空兵、海军航空兵、交通部救助打捞局、民航总局、外交部等单位参加组成联合搜救指挥所,以飞船系统、测控通信系统、医疗救护系统和气象保障系统等专业领域专家参加组成

搜救专家支持系统,依托测控通信系统,将航天员信息、飞船工况信息、测量控制信息、搜救态势信息、救援现场图像信息汇集处理,形成了较为科学、高效的指挥体系。

按照全球卫星搜救组织标准研制了返回舱航空救援信标和国际救援示位标,交通部中国低极轨道搜救卫星任务控制中心通过全球卫星搜救组织的多颗卫星对返回舱进行定位,搜救飞机和直升机利用机载无线电罗盘对返回舱测向和定位。

搜救直升机具有强光探照、红外成像和微光成像等搜索设备,携带防沙装置、救生绞车、外挂吊架等救援装备,具备昼夜搜索和在复杂地形条件下的救援能力。

建设了基于救护直升机的流动便携式 ICU 病房,机内加装医学处置平台,配备担架、氧气、血袋、药品等急救物品和充电式多功能除颤仪、便携式呼吸机、吸引器、快速气管通气器械、手术器械等急救设备,基本满足航天员医监医保和医疗救护需要。

### 5.2 存在不足

(1) 任务前从陆航部队调配直升机的模式存在直升机保障难度大、任务准备周期长、人员装备临时集结的缺点,不具备常年执行搜救任务能力,无法形成航天搜救的专门力量,难以适应空间实验室阶段每年多次航天员中期驻留和空间站阶段航天员长期驻留任务要求,也不利于载人航天搜索救援力量的巩固和发展。

(2) 搜救飞机和直升机与任务指挥中心之间只有少量窄带、低速率通信链路,返回着陆景象传输能力比较弱,满足不了民众日益增长的着陆现场实况转播需求。

(3) 搜救直升机机舱空间有限、重装吊运能力小、环境控制能力差,抗振、降噪设计薄弱,限制了对救援方式改进和医疗救护水平提高。

(4) 航空应急救援力量仅限于军队和海上救助打捞系统,和国家航空应急救援体系结合不够,紧急动员机制不够成熟。

### 5.3 发展建议

(1) 满足航天任务需求,组建搜索救援直升机工作分队

在今后每年实施多次载人航天发射任务,航天员在轨工作时间以月来计算的形势下,直升机搜索

救援作为载人航天着陆场主要的搜救模式,迫切需要走专业化的发展道路。同时,我国的探月工程、卫星工程等任务都需要动用直升机搜索飞行器残骸和数据记录系统,对直升机搜索的需求也非常大。

为了从根本上解决我国航天发射与回收任务对直升机的需求问题,建议以载人航天搜索救援需求为基础,组建航天搜索救援直升机工作分队。在以后的重大科研试验任务期间发挥重大作用,发生突发事件和重大自然灾害时,作为国家快速反应机制的常备力量参加抢险救灾行动。

(2) 针对航天员救援特殊需要,建设先进的直升机医学处置系统

多名航天员对应 1 架医监医保直升机的模式存在医监医保空间小、着陆现场处置流程复杂、航天员医疗救护能力弱的缺点。

建议对空中医疗救护系统结构进行调整。一是按照有关标准建设与航天员人数相对应的医监医保和后送转运直升机,加装医监医保和生理参数测量设备,提供较为舒适的乘坐环境,使航天员医监医保、长期失重环境生理参数测量、后送转运在同一个载体实施,简化着陆现场处置流程,创造更好的医学处置和后送转运环境。二是参照空中医院模式,以大型直升机为平台建设 1 架医疗救护直升机,装备较为完备的医疗救护设备和不间断医疗供氧设施,具备对多名航天员在着陆现场和飞行途中实施输血和紧急救命性手术条件。

(3) 引进新技术和新工艺,提升载人航天航空救援技术水平

加大大型直升机在载人航天航空救援中的应用力度,采用重型直升机整体吊运返回舱模式从根本上解决沙漠、山区和水上航天员救援难题,利用大型直升机舱内空间优势建设世界一流的空中指挥直升机和空中医疗救援直升机,促进我国航空救援技术水平跨越式发展。

开发直升机制造新技术、新工艺,通过加装减振和隔振装置,安装被动和主动噪声控制装置,增加加温和降温系统,采用分子筛技术不间断医疗供氧,为航天员和救援设备创造良好的生活、工作环境。

组织直升机 Ka 波段宽带、高速卫星通信技术攻关,建立航空救援区域性机动无线局域网,实现航空

救援空中指挥平台与任务指挥中心大容量话音、数据、图像传输,彻底解决搜救信息传输瓶颈,实现搜救过程科学、有序管理。

(4) 依托国家航空应急救援体系,完善航天员应急救援体系结构

航天员应急救生具有概率小,时间、地点不确定的特点,必须做好与国家航空应急救援体系的衔接,依托国家航空应急救援体系组织航天员应急救生。一是组织机构衔接,成立航空应急救援组织协调机构,纳入国家航空应急救援管理体系之中,专职负责航天员应急救生的组织、计划、协调工作;二是指挥系统衔接,载人航天搜索救援指挥中心与国家航空救援指挥中心实现指挥信息共享,通过国家航空救援指挥网络实施航天员搜索救援指挥;三是资源调配衔接,将国家航空救援系统力量布局作为飞船发射轨道、运行轨道、返回轨道设计的参考条件,就近选择载人航天的后支医院和急救医院,整合航空救援力量和医疗救护力量联合实施救援工作;四是人员培训衔接,定期对国家航空救援系统的救援作业人员进行载人航天工程和航天员搜索救援知识培训,明确航天员搜索救援的基本要求、处置原则和救援流程。

## 6 结束语

载人航天航空救援体系建设是一项综合利用国家航空救援力量的系统工程,需要基于国家航空救援力量的发展不断优化完善。在载人航天事业需求的牵引下,经过载人航天工程和航空救援体系的不断融合,具有中国特色、世界一流的载人航天航空救援体系必将为我国载人航天事业提供更为坚强有利的救援保障。

## 参 考 文 献

- [1] 栗琳.直升机发展历程.北京:航空工业出版社,2007.9
- [2] 陆惠良,费伊.航空救生学.北京:国防工业出版社,2006.4
- [3] 于耕.航空应急救援.北京:国防工业出版社,2009.6
- [4] 张广林.直升机在公共事务中的应用.北京:国防工业出版社,2009.6
- [5] 卞韩城.我国航天着陆场未来发展方向探讨.北京:载人航天,2006(3)
- [6] 侯鹰.中国载人航天工程着陆场系统总体技术创新.北京:载人航天,2004(5)

## On the System Construction of Astronautic Search and Rescue with Aircraft

BIAN Hancheng HUANG Ning  
(Jiuquan Satellite Launching Center)

**Abstract:** The paper introduces the evolution of aviation search & rescue. The system of aviation search & rescue regarding the manned spacecraft astronautic engineering is analysed in detail, then some proposals are put forward on the development and construction of astronautic search & rescue with aircraft.

**Key words:** Manned Spacecraft Astronautic; Landing Range; Astronaut Search & Rescue; Return-module recovery

.....  
(上接第 30 页)

### 6 结 论

发动机涡轮泵复测气密性检查中出现的氧化剂端面密封气检漏率超标现象,是由于发动机在运输、停放和气密检查的充放气过程中,端面摩擦副发生微变出现  $\mu\text{m}$  级的缝隙引起的。端面密封漏率超标现象在工作时靠介质压力作用会有改善,不影响发动机涡轮泵的密封可靠性。

对发动机涡轮泵装配环节有效地控制,可以保证端面密封装配的性能稳定性。

### 参 考 文 献

- [1] 洪先志,董宗玉,顾永泉.机械密封端面力变形的解析计算[J].化工设计,2002 12(2):37-39
- [2] 解惠贞,崔红,郝志彪等.液氧/煤油发动机涡轮泵密封材料的研制[J].宇航材料工艺,2006(5):34-39
- [3] 徐悦,田爱梅.基于 CFD 的涡轮泵转子密封液体激振研究进展[J].火箭推进,2005,3(1):8-13
- [4] 潘文全.工程流体力学[M].北京,清华大学出版社,1990.
- [5] 沃尔科夫.E.B.火箭发动机静、动力学.北京:机械工业出版社,1978
- [6] 朱宁昌.液体火箭发动机设计[M].宇航出版社,1994.8

## Study on the Stability of Seal-performance of Rocket Engine Turbopump Face-riding

BAI Dongan DUAN Zengbin Zhang Cuiru  
(xi'an Aerospace Propulsion Institute)

**Abstract:** The heavy leaking of oxidant pump face-riding seal on the rocket engine appeared in seal-performance measurement before delivery is analyzed and tested through simulation experiments, and also examined by engine hot-firing test. This paper puts forward seal-stability control measures in turbopump assembly segment which proved to be effective.

**Key words:** Turbopump; Face-riding seal; Seal-performance; Stability study