

实施载人飞船返回舱海上溅落搜索救援的技术分析与方案探讨

孙 威 吴 斌

(北京跟踪与通信技术研究所)

摘 要 从载人航天陆上着陆场存在的问题和海上着陆场的优缺点出发, 提出构建载人飞船海上着陆场需要考虑的基本因素, 对在海上选择着陆场进行初步分析, 并提出初步方案设想。

关键词 搜索救援 载人飞船 返回舱 海上溅落

1 引言

随着载人航天任务的顺利实施, 位于内蒙古地区的载人飞船主着陆场已经成功完成了多次无人飞船和两次载人飞船的正常回收任务。载人航天工程未来的空间应用要求调高轨道倾角, 对应的着陆场在中国陆地上选择将变的十分困难。考虑到“神舟”飞船已经设计了上升段应急着陆到海上的实际情况, 同时借鉴美国“阿波罗”飞船海上回收的成功经验, 选择海洋作为飞船着陆场, 构建我国载人飞船海上着陆场的设想便应运而生。

2 陆、海着陆场的优缺点比较

选择陆地作为着陆场存在三方面不足, 首先是作为最终接触介质的地面比较坚硬, 当飞船返回舱以大于 6m/s 速度降落到地面时, 如果返回舱缓冲着陆发动机没有工作, 其着陆冲击仍会使航天员感到不适, 甚至造成伤害。其次作为自然地形的着陆场不可避免的存在沟壑、树木、流沙等天然危险物。而社会和经济也使场区内的高压线、电信塔、房屋等人为危险物不断增加。第三由于着陆场的选择和维护要求, 场区必将相对固定, 从而对飞船多种倾角轨道的适应性变差。

选择海面作为着陆区, 海水是很好的着陆缓冲介质。其次海面与陆地相比天然危险物和人为危险

物明显减少, 且易于控制。海面的物理特性变化较小, 海区的选择和变更相对容易, 这就增强了对飞船多种倾角轨道的适应性。此外, 一旦选用海洋作为主要着陆场, 则飞船的运行段在轨应急返回着陆区选择范围可以得到有效扩大, 一方面增加了飞船在轨应急返回的灵活度, 另一方面也可以适度降低目前着陆场系统国外(陆上)应急搜救着陆区很难选择的压力。

海上着陆场也存在不可避免的缺点。首先是航天员在海洋的生存能力一般劣于陆地, 独立生存几率相对陆地要低, 对外界救援的依赖明显提高。其次飞船返回舱着陆后承担的生命保障任务更重, 对供氧、保温、防水、求救等多项技术要求更加严格。再次, 与美国相比, 我国的海上及空中搜救能力比较薄弱, 自主无源搜索能力很弱。

3 构建海上着陆场需要考虑的基本因素

3.1 对飞船系统的要求

选择海洋作为主用着陆场对飞船系统的要求最为苛刻。需要考虑的因素包括:

(1) 返回舱落水时的安全和落水后的漂浮、生活保障能力应当具有高可靠性;

(2) 飞船返回舱救援信标和通信设备应适应落水冲击和在海洋条件下使用, 特别应具备在海水浸泡和高海况(高动态)情况下的稳定工作能力;

3.2 对着陆场系统的要求

构建海上着陆场,将对着陆场系统的设计、建设和实施带来巨大变化,关键因素包括:

(1) 支持飞船返回轨道测量、控制和落点预报的测控网需要做较大调整。测控网应当具备遥测接收,遥控发送,落点预报以及红外、可见光图像摄录功能;

(2) 由于海上搜索力量相对薄弱,因而对返回舱救援信标的监视至关重要。对救援信标采用救援星座系统、机载定向仪、船载定向仪多种手段协同互补,实现全时段大范围搜索。同时配备必要的无源搜索能力;

(3) 搜救载体应具备较强的通信能力,一方面能够及时与航天员建立通信联系,另一方面要随时获取指挥中心提供的多种信息支持;

(4) 充分继承高海况打捞设备的优势,具备在恶劣海况条件下的整舱打捞救援能力,同时视情增加机载救援平台,形成空中快速救援航天员的能力;

(5) 配备海空相结合的医监医保和医疗救护体系,在救捞船上形成较强的紧急抢救和小型救命手术能力,在直升机上形成生命维持和快速转运能力;

(6) 在现代通信技术的支持下,搜救载体应当配备完整的图像摄录、显示和传输系统,形成搜救现场的全程可视,同时通过视频获取后方技术支持。

3.3 对航天员系统的要求

(1) 航天员需要进行飞船返回舱水面溅落适应性训练;

(2) 航天员需要进行海面求救和生存训练;

(3) 根据航天员情况对飞船系统和着陆场系统提出技术改进要求;

3.4 对有效载荷系统的要求

(1) 有效载荷系统需要针对飞船返回舱水面溅落做适应性改进;

(2) 有效载荷系统需要针对返回舱在海面浮留状态做适应性改进。

3.5 对气象系统的要求

(1) 在设计阶段提供选择着陆场所在相关海区的气象资料,并通过分析提出海洋环境特别是恶劣天气条件下的海况对飞船返回舱漂浮和航天员生存构成威胁的因素,以及对测控和搜救造成的影响;

(2) 在建设阶段实施全面长时间气象数据采集

和处理,基本掌握着陆场所在海区气候特点。重点掌握海况、洋流、风速、水温、气温变化规律;

(3) 在任务阶段对着陆场所在海区做出准确天气预报,为海上着陆场测控和搜救工作提供气象保障;

(4) 结合多种因素,提出气象备份场选择要求。为避免气象相关性,两场相距 200 海里到 500 海里以远。

4 技术可行性分析

4.1 飞船系统技术状态

结合“神舟”飞船目前技术状态和海上综合试验结果,可以确定“神舟”飞船返回舱具备海上漂浮能力,能够为航天员提供规定时段的生命保障环境。并且飞船返回舱安装了与着陆场系统配合使用的 406 国际救援信标,在飞船返回舱处于漂浮状态下可以持续发送救援信标,时间长度与生保系统工作时段长度相当。此外飞船返回舱安装了卫星通信设备。可以与指挥中心直接进行通信联系,也可以与海上搜救载体进行海区内通信。上述技术状态是构建海上着陆场时,飞船系统需要具备的必要条件。

飞船系统在设计上具有海上溅落能力,但到目前为止,尚未进行过海上空投试验,因此飞船返回舱在海中溅落的具体数据尚不确定。飞船系统能否提供高海况条件下的生保环境,并且能够提供多长时间都需要通过真实试验加以验证和考核。

飞船返回舱救援信标舱外天线在经过海面溅落冲击和海水浸泡后能否正常工作也有待试验验证。结合历次陆上飞船回收任务实战经验,救援信标的可靠性有待加强,同时应当配备不同的备份手段。比如采用 406 国际救援信标和北斗定位系统相结合的救援信标系统。从而确保飞船返回舱在海面溅落后可以可靠、及时发出救援信号。飞船返回舱上还安装有超短波信标机,从而为海区内各搜救平台提供了合作目标。但由于超短波属于视距通信范畴,因此救捞船的搜索半径不可能很大,一般只有几十千米。而短波通信属于超视距通信,船载短波定向仪搜索范围已经达到百千米量级,可以有效增加救捞船搜救半径。

飞船返回舱设计了卫星通信和超短波通信相结合的通信功能,但卫星通信设备没有经过海上试验

考核,具体技术状态特别是高海况条件下的卫星通信能力尚不明确。由于卫星通信系统覆盖率高,可以做到 24h 工作,因此应当着重配备,并且进行不同手段备份设计,比如使用铱星手机卫星通信和北斗定位系统的短消息功能实现与指挥中心及搜救平台之间的双路由通信。超短波通信同样无法避免视距通信的原理缺陷,因此需要着陆场系统配备机载超短波通信设备,采用海空通信来增大通信距离。

4.2 着陆场系统技术状态

海上着陆场系统的建设首先应当建立具备遥测数据接收、遥控指令发送和飞船落点预报、实况景象摄录等完整功能的测控网。由于测量船数量有限,且在载人航天任务中承担着远洋测控任务,因此初步分析需要利用现有测控网沿海测控站构建着陆海区的测控系统。必要时将机动光学测量设备配置到观测条件较好的沿海或岛屿上,承担实况景象摄录任务。

海上着陆场应当具备大范围全时段的搜索能力,目前对救援信标的监视和通报功能的实现仍然依靠现有国际救援组织和北斗定位系统自身能力。目前上述两套救援系统都是依靠卫星星座实现大范围全时段监视能力,是着陆场系统目前已经使用的重要搜救手段。着陆场系统目前配合飞船返回舱超短波信标机为全部救捞船和部分搜救飞机配制了超短波定向仪,这些装备在海上着陆场可以继续使用。

现有着陆场系统的上升段海上搜救力量已经形成了完整、实用的通信系统。各搜救载体不仅实现了各单元之间的内部通信,同时也可以分别与指挥中心和飞船返回舱进行通信联系。可以说目前海上搜救力量虽然规模不大,但已经与整个着陆场系统形成有机整体。鉴于北斗定位系统同时具备定位和卫星通信能力,并且可以利用中心站用户机直接构造全部搜救平台的地理信息态势系统,因此应当在着陆场系统中着力进行这一系统的应用建设。

海上着陆场应当具备高效的航天员救援能力,一旦搜救载体抵近飞船返回舱就应当及时将航天员转移至搜救载体上。从“神舟”四号载人航天试验任务开始研制建设的飞船返回舱高海况打捞设备历经两次载人航天回收任务的试验训练,已经形成了可靠高效成熟的高海况打捞能力。但由于空中力量的薄弱,截至到“神舟”六号载人航天任务结束,着陆场

系统始终没有具备海上空中营救航天员的能力。一来是海上搜救作为上升段应急任务,仅负责火箭二级飞行段 10min 以内的故障条件下海上搜救,概率低任务少。二来是使用具有搭载搜救直升机能力的救捞船及相关保障体系投入巨大且可用载体不多。随着 2007 年我国交通部为海上搜救引进了数架专用直升机,扩展了空中搜救规模,提高了海上空中搜救能力。

医监医保医疗救护分系统仍然是海上着陆场不可或缺的组成部分。目前为海上应急搜救配置的医救力量已经形成初步规模。每条救捞船均设有简易手术室和监护室,并且选定了陆上后支医院,任务期间由他们专门派出医疗救护队随船出海执行任务。截至到“神舟”七号载人航天任务,每条救捞船上的医救系统都具备为一名航天员进行小型手术同时监护两名航天员维持其生命的能力,基本形成完善有效的海上医救体系。不足之处仍然是空中医救力量尚属空白。但作为海上着陆场的医监医保医疗救护分系统,空中营救航天员并且及时提供医疗保障,同时形成快速后送的综合医救能力是必不可少的。它必然与空中搜索、营救航天员的能力共同成为海上着陆场设计研制建设的重点。

5 初步方案设想

5.1 海区的选择

结合历次任务实际飞船星下点轨迹,可以初步选择渤海或黄海海面与主场扩大区相当的海区作为海上着陆场。海区呈长方形,长轴走向沿飞船星下点轨迹。区域选择应当在条件允许的情况下尽量布设在近海。其优点在于:(1)近海区域可以直接使用陆上固有测控站点;(2)近海区域船只较多,一旦失去飞船返回舱搜救信标可以获得大量民用船只支援进行拉网式搜索;(3)航天员获救后可以及时后送到陆上后支医院,缩短运送时间。(4)目前空中搜救力量薄弱,船载搜救飞机很少,因此近海区域可以有效利用沿岸机场,形成近海空中搜救能力。着陆海区应当避免覆盖主要航道、捕鱼区、岛屿或石油平台等固定设施。海区气候相对稳定,或有较固定的变化规律。并且不处于台风多发带等灾害气象多发区。

5.2 测控网构成

测控网基本采用现有 USB 和反射式雷达构成

对飞船返回轨道的测量链,完成飞船遥测信息接收、遥控指令发送、轨道计算、信息引导和落点预报等测控任务。如果沿用现有返回轨道,可以通过推迟飞船制动离轨点的方式使飞船返回舱落点沿星下点轨迹方向延伸到海上着陆场。这样陆上可以选用渭南、青岛等现有 USB 测控站,同时在观测几何良好的返回轨道延迹上布设一到两台脉冲雷达形成测量链。另外在理论落点附近陆地或岛屿上配置机动光学设备,完成实况景象记录任务。

5.3 搜救力量配置

搜救力量采用海、空、天紧密结合的方式构成综合搜救体系。在海面配置三艘以上的高海况救捞船,承担近距离搜救与高海况打捞任务。空中采用直升机与固定翼飞机配合,在不同飞行高度上形成局部详查与全区普查相结合的空中搜救体系。继续使用国际卫星搜救系统,对着陆海区以及海上着陆场以外区域实施大范围全时段监视,及时获取求救信息,经数据处理后向指挥中心和海空搜救平台提供飞船返回舱落点信息。

5.4 通信手段

搜救通信采用两级组网方式,以卫星通信和电信网构成战略通信网,实现北京指挥中心与海上落区载体、陆上后支医院、机场等大尺度范围内的跨区通信;以超短波电台等通用海上通信设备构成战术通信网,组成海上落区各搜救平台内部通信网。鉴于飞船返回舱已经为航天员提供了上述两种通信方式(卫星手机和超短波电台),因此搜救载体应当分级别根据授权与航天员进行通信联系,避免线路繁忙和信息重复。

5.5 医监医保医疗救护

医监医保医疗救护采用陆上后支医院、船载医疗救护舱室、直升机机载医救后送平台相结合的三级医救保障体系。通过驻京总院和沿海后支医院联合形成功能强大设备齐全的综合医监医保医疗救护能力;在每条救捞船上配备能够兼顾三名航天员的医疗救护舱室,确保在海上可以进行小型救命性手

术;在搜救直升机上安装吊篮、手术床、呼吸机等必要的救治和生命维持设施,形成空中生命保障和快速后送能力。

6 结 论

综上所述,构建载人航天海上着陆场已经具备基本条件。一旦建成海上着陆场不但可以承担飞船正常返回回收任务,还可以兼顾飞船应急返回的搜救任务。但要完整的海上搜救体系全面建成仍然需要做深入论证和试验验证,在获取充分的试验数据支撑后,着陆场系统和相关的飞船系统、航天员系统、有效载荷系统以及气象保障专业都还要进行相应的适应性改造。

构建载人航天海上着陆场首先要解决的问题是飞船返回舱海上溅落的技术安全性,紧随其后的是飞船系统需要提供高可靠的生命保障、救援信标、和通信手段。返回舱在高海况条件下完成安全着陆,可靠漂浮,并且在规定的时段内向外发出稳定的救援信号,并提供通信联络手段。这些都是采用飞船海上回收方案的先决条件。

着陆场系统的首要任务是确保从飞船离轨到最终溅落始终保持对飞船返回舱的全程不间断跟踪,并且有能力获取并实时向各搜救载体提供高频度高精度的飞船落点位置信息。保证飞船返回舱始终处于搜救力量的监视和跟踪之下,从而有效缩短搜索时间提高营救效率。其次要充分使用国内外搜救领域的最先进技术,在搜索、通信、打捞和医救领域形成彼此支援相互协调的综合海上搜救能力,形成完整严密可靠的海上搜救回收体系。◇

参考文献

- [1] 航天器进入与返回技术(下). 宇航出版社,1991,9
- [2] 载人航天工程基础. 国防科技大学出版社,1997,9
- [3] 卫星通信技术. 国防工业出版社,2000,12
- [4] 短波通信技术. 国防工业出版社,2002,2
- [5] 全球卫星搜救系统在载人飞船搜索回收中的应用. 载人航天(总第3期),2003,8