

## 国际空间站的运行管理与飞行控制

### 一、国际空间站的运行管理

#### (一) 运行管理合作协议

1998年1月28日,美国、俄罗斯、欧洲航天局(ESA)成员国、日本和加拿大政府签定了“关于永久性载人民用空间站的详细设计、研制、运行及利用的合作”的多国协议,简称“政府间协议”(IGA),这是国际空间站(ISS)计划的最顶层文件。美国国家航空航天局(NASA)、俄罗斯联邦航天局(RSA)ESA、加拿大航天局(CSA)、日本航空航天探索局(JAXA)之间还达成了双边谅解备忘录(MOU)。因此,ISS的运行管理是按照IGA和MOU的规定实施。

上述协议和备忘录赋予美国NASA对ISS计划的总体责任,在整个研制、装配、运行中全面负责,并具有最终决策权。各合作国对各自提供的产品负有首要责任。备忘录明确了各航天局的作用和责任。其中最重要的执行性备忘录是运行和利用概念(COU),它规定了ISS如何运行和使用。

在ISS研制阶段开始后,建立了由各合作国主管官员参加的多边协调委员会(MCB),由美国NASA主管空间站的副局长任主席。委员会定期召开会议,协调合作国在空间站运行与利用方面的有关问题,下设系统运行小组委员会和用户操作小组委员会,分别负责制订年度的“综合运行计划”和“综合利用计划”。

#### (二) 运行管理原则

由于ISS计划是一个有16个国家参加的大型国际载人航天项

目,组织管理形式有其自身特点,与之相应的也必然是一种特殊的运行管理模式。

ISS 运行管理的一个最基本原则是作为载有集成乘员组和单一指令长的整合航天器来运行的。这意味着全体乘员将共同执行任务,对整个空间站有着统一的认识,并规定英语为工作语言。另一个原则是以 3 人(现在人数更多)为一组进行乘员组的更替,不进行个别的乘员替换。乘员组原则由美、俄两方航天员共同组成,并轮流担任指令长。第三方的航天员占用美国或俄罗斯的第二名乘员的名额。双边或多边的乘员运行委员会是顶层协调和解决站上乘员有关事务的主要机构。

ISS 运行中,莫斯科任务控制中心(MCC-M)和休斯顿任务控制中心(MCC-H)主要对核心系统的计划和运行负责,而乘员组主要是对有效载荷、舱外活动(EVA)和机器人操作负责。

### (三) 分享站上资源

ISS 的组装需要从 5 个国家的航天发射场用 6 种不同的运载工具进行几十次航天飞行才能完成。然而,要完成站上的科学研究工作,ISS 需要参加该计划的多个国家错综复杂的合作。空间站实验室资源是按照各国在该计划总费用中所投入的经费比例分配的。但俄罗斯例外,俄罗斯将支配和控制自己的实验室空间。

完整的 ISS 拥有 33 个标准的增压有效载荷机柜,供进行生命、物理和材料等方面的微重力研究。欧洲和日本舱段内各有 10 个机柜,而在美国舱段内有 13 个。

在欧洲和日本舱段内各有一半实验室空间供 NASA 使用。作为向俄罗斯提供数据管理系统的交换条件,ESA 还可使用俄罗斯实验室中的一部分空间。

按照 NASA 权威人士的说法,“空间站按费用分享空间的原则——这种交换关系是十分重要的,它意味着我们为你们发射了某个载荷,你们就得让我们进入你们实验室的一部分空间”,“空间站

的参与者将为改善全人类的生活而分享不同的资源和设备”。这种交易原则也适用于航天员完成空间实验的问题,因此各国在空间站乘员组的组成方面无需达成正式的协议。

## 二、国际空间站的飞行控制

参与国际空间站运行的控制与载荷中心包括:美国 NASA 的休斯顿任务控制中心、位于阿拉巴马州亨茨维尔的载荷操作与集成中心;俄罗斯莫斯科任务控制中心;欧洲航天局位于德国奥伯法芬霍芬的附加加压舱控制中心、位于意大利都灵的多用途后勤舱(MPLM)技术支持中心;日本航天航空探索局位于筑波的空间站集成与推进中心;加拿大航天局位于魁北克圣休伯特的空间运行支持中心。

在 ISS 运行的任何时期,休斯顿任务控制中心都对空间站的运行具有全面控制权。莫斯科任务控制中心和休斯顿任务控制中心对其各自的舱段提供飞行控制功能,如果需要,双方有在应急状态下互为控制中心备份的能力。在组装程序 F5A(美国实验舱发射入轨)之前,莫斯科任务控制中心负执行领导责任,F5A 之后,休斯顿任务控制中心负责执行多舱段程序和整个任务的执行。由各合作伙伴的代表组成的任务管理小组(MMT)对整个计划负责,监视实时执行小组的工作并提供指导。

### 1. 美国休斯顿任务控制中心

设在约翰逊航天中心的 MCC-H 负责空间站的整体操作及安全,以及所有 NASA 硬件的发射、对接、集成。

MCC-H 设有航天飞机飞控厅(称为白厅)和国际空间站飞控厅(称为蓝厅)。飞控人员在履行指挥/控制和监控职责的同时,通过控制台上的计算机显示器或投影显示器获取信息与乘组协调。飞控厅使用的是能支持所有美国航天飞行活动的通用工作台,这种工作台还能支持模拟训练(可就具体任务进行练习或提出可能的问题

和解决办法的飞行任务预演)。

### 2. 俄罗斯莫斯科任务控制中心

MCC-M 负责俄罗斯舱段的发射、对接、集成和控制,以及同 NASA 协调自拜克努尔发射场的发射。MCC-M 在空间站的运营中起着举足轻重的作用,一旦休斯敦的空间站控制中心发生紧急情况失去控制能力,这个设在莫斯科的中心就将接管空间站的控制。

MCC-M 现在是重要的空间站控制中心,这是因为俄罗斯建造的“曙光”舱负责空间站的推进、供电和通信。所有这些功能以后将由其他舱接管,届时“曙光”舱将用于存贮燃料和其他补给品。如果 NASA 设在约翰逊航天中心的空间站控制中心(该中心负责控制空间站的所有活动)被破坏或无法应用,MCC-M 可以接管空间站的操作。

### 3. 阿拉巴马州亨茨维尔载荷操作与集成中心(POIC)

设在马歇尔航天飞行中心(MSFC)的 POIC 协调所有 NASA 载荷的操作、规划和安全。POIC 是国际空间站设施之一,与 MCC-H、分布式国际合作伙伴载荷控制中心、遥科学支持中心等共同管理在轨 ISS 载荷和载荷支持系统。

国际实验室中的科学研究活动的协调处于 MSFC 的 POIC 的指导之下。该中心协调站上研究计划,并把计划提交到 MCC-H,在那里,这些计划将综合到空间站的整体计划中。NASA 的载荷操作中心以及空间站控制中心将由 NASA 的“联合空间操作”合同小组成员负责操作。

POIC 按其核心要求提供管理和集成载荷操作的能力,还依照个别载荷用户的要求,为其提供操作和控制他们的载荷和实验的能力。除了遥测和遥控处理及视频分配,POIC 还提供任务话音通信,它是到所有载荷用户的载荷话音通信的源头。

### 4. 德国奥伯法芬霍芬“哥伦布”控制中心(Col-CC)

Col-CC 位于德国慕尼黑附近的奥伯法芬霍芬,是“哥伦布”研

究实验室的操作中心,作为在实验舱中进行科学实验的主控中心,为 ESA 的 ATV 提供发射和在轨操作支援。它还提供 ESA 的“哥伦布”实验舱与 ISS 对接时控制操作。

Col-CC 由德国航天局负责开发和管理,并代表 ESA 为“哥伦布”舱的所有在轨操作提供协调和保障。“哥伦布”舱和 ATV 系统大部分都是自动操作,控制中心监视操作按规划进行。维护由在轨的航天员进行,地面控制中心和相应的载荷操作中心进行监视。

Col-CC 和 ATV 控制中心都是主备份工作制,主控制中心用于实时操作,备份控制中心用于准备活动(操作员的训练、仿真等)。

Col-CC 的主要职能是:星上和地面的任务规划;监视、控制“哥伦布”舱的技术系统以及有效载荷;提供和操作配套的欧洲地面通信网(IGS);协调对 ISS 上的欧洲有效载荷的操作;在 ATV 控制中心进行 ATV 控制和操作期间协调欧洲实验载荷的操作;培训地面操作团队。

#### 5. 法国图卢兹自动转移飞行器(ATV)控制中心(ATV-CC)

ATV-CC 位于法国图卢兹,负责操作欧洲的 ATV,并与位于莫斯科和休斯敦的任务控制中心以及 Col-CC 合作,在任务和交会对接期间每周 7 天、每天 24 小时工作。在 ATV 发射阶段,ATV-CC 协同圭亚那航天中心工作。

为了持续与其他控制中心保持联系,并使中继卫星(美国的 TDRSS 和欧洲的 ARTEMIS)与在轨的 ATV 保持联系,ATV-CC 的通信依赖互联地面子网(IGS),该网络的控制中心在 Col-CC 内。

#### 6. 日本筑波航天中心

日本的筑波航天中心控制日本的硬件和发射器。在日本实验舱(JEM)的操作中,JEM 任务控制间(MCR)是一个关键站,它有着非常重要的地位。MCR 有两条访问 JEM 的通信线路,第 1 条是通过位于休斯顿的任务控制中心(MCC-H)和 NASA 的 TDRSS;第 2 条是通过 NASDA 航天网站和 NASDA 的数据中继测试卫星(DRTS),

此星现在正用于对地观测。NASA 的 TDRS 是用于 JEM 系统操作的主要线路,而 NASDA 的 DRTS 主要用于有效载荷数据的上行和下行,为此 JEM 有其内部的卫星通信系统,其上行速率可达 3Mbps,下行速率可达 50Mbps。MCR 通过 40 条声音信道、4 条视频线路以及遥测和控制的主次线路与休斯顿任务控制中心相连。

在 2009 年 9 月,日本用独立研制的新型大推力火箭 H2B 从种子岛航天中心将 H-2 转移飞行器(HTV)发射升空。HTV 负责运送密封货物。该飞行器不与空间站对接,但可用一只机器臂控制。

#### 7. 加拿大魁北克圣休伯特空间运行支持中心

加拿大航天局空间运行支持中心的移动业务系统操作设施负责监测空间站 17.4 米的机械臂。

(北京跟踪与通信技术研究所)