

2011 年国外航天测控系统发展综述

为掌握、控制航天器的运行和工作情况,需要建立能保证及时通信的航天测控系统。航天测控系统由控制中心、测控站和通信网组成,完成航天器的跟踪定轨、遥测数据和探测信息的采集、指令信息上行发送和电视话音信号的传输任务。早期的测控系统主要由地基测控系统组成,随着中继卫星的研制及投入使用,天基测控系统逐步建成,大大提高了测控精度和测控覆盖率。未来的天基测控系统将不再是一个独立的系统,要向集测控、通信为一体的综合性网络结构发展。

一、美国航天测控系统

美国航天测控系统由多个分属不同部门管理的测控网组成,主要包括美国国家航空航天局(NASA)的地基网、天基网、空军的空间卫星控制网等。随着中继卫星系统的研制及投入使用,NASA 的测控网逐渐形成了天基网和地基网两大体系。

地基网主要包括地基测控站和深空网(DSN),用来支持高地球轨道、同步轨道航天器,以及月球、星际和深空探索任务。随着美国天基测控系统的建立,NASA 全球分布、规模庞大的地基测控网规模已经大大缩小,很多测控站陆续关闭,但目前该网仍保留 50 个地面天线,30 个天线系统,并将长期维持下去。目前 NASA 所属测站可以每天跟踪 275 圈次以上,商业合同站可以提供每天 40 圈次的跟踪。

天基网则由位于地球同步轨道上的一组“跟踪与数据中继卫

星”(TDRS)及其地球站组成,用于支持低地球轨道航天任务(轨道高度在 3000 千米以下)。TDRS 系统的应用使 NASA 对近地轨道航天器的测控覆盖率从约 20% 提高到近 100%。2011 年 12 月,NASA 天基网中的 TDRS - 4 因电池性能下降无法正常工作而退役,计划由 TDRS - 3 接替其工作。目前,美国在轨运行的 TDRS 卫星有 7 颗,具体配置情况为:TDRS - 3、TDRS - 10 位于大西洋上空,处于工作状态;TDRS - 5、TDRS - 6 位于太平洋上空,处于工作状态;TDRS - 7、TDRS - 8 位于印度洋上空,处于工作状态;TDRS - 9 处于备份状态。为了满足不断增长的用户需求和弥补第一代卫星退役造成的能力缺失,美国正在研制第三代 TDRS 卫星。按照计划,首颗第三代 TDRS 卫星(TDRS - K)将在 2012 年第四季度发射。

二、俄罗斯航天测控系统

俄罗斯/苏联经过 40 多年的建设、扩充和改造,拥有了一个庞大的、功能齐全的航天测控网。俄罗斯航天测控网在建设上采用陆(海)基和天基测控网并用;在测控台站(含测量船)建设上采用备份和多站(双站和三站)重叠测控;在测控设备配置上既有集测轨、遥测、指令、电视、通话(报)于一体的多功能站,又有独立的遥测、指令、电视、通话(报)设备。俄罗斯航天测控网可对航天器的上升段、在轨运行段(包括轨道机动,交会对接)和再入返回段提供良好的测控服务。

1. 地基网

目前,俄罗斯主要是利用国防部下属的“地面自动化控制综合体”(之前俄称之为“地基网”)来控制不同类型的航天器。此外,俄罗斯还使用联邦航天局及其他国家机关和商业机构的测控设施来控制某些科学用途和社会商业用途的航天器,保障载人航天器的飞行,管理商业卫星的运行。

俄罗斯国防部“地面自动化控制综合体”组织结构严密,通常由

其航天器试验管理主控中心实现集中管理,包括一个位于航天器试验管理主控中心的航天器控制中心,两个分别位于莫斯科“沙波罗夫卡”及“罗科特”设施中的信息处理中心,以及肖尔科沃、乌兰乌德、诺里利斯克、科尔帕舍沃、沃尔库特等十余个测控站和一个位于拜科努尔发射场的首区测量站。

俄罗斯深空网由两个飞行控制中心、3 个地面站和两个弹道中心组成。两个飞行控制中心一个为主控中心,另一个作为备份使用。主控中心位于莫斯科近郊的科罗廖夫,备用和本地指控中心与西部深空通信中心——叶夫帕托里亚站在一起。主控中心负责深空任务重要飞行段的探测器控制,这些飞行段包括以下主要操作:探测器入轨、第一次轨道修正和探测器着陆。备份中心负责“平静期”飞行段的控制任务,即第二次轨道修正和第三次轨道修正之间的飞行段,其延续时间最长。3 个地面站分别设在乌苏里斯克、叶夫帕托里亚和熊湖。乌苏里斯克配置的是 25 米(发)、32 米(收)和 70 米(收/发)站;叶夫帕托里亚是 32 米(发)、70 米(收/发)站;熊湖则是 32 米(收)、64 米(收)站。东、西两站经度相隔 100 度左右,提供了从苏联本土最长的接力观测时间,并构成尽可能长的基线。莫斯科飞行控制中心是俄罗斯深空网的神经中枢机构,各跟踪站把从航天器接收到的遥测信息通过卫星信道和地面信道送到飞行控制中心,而控制航天器用的所有信息均由飞行控制中心发出,先传给各站,然后发往航天器。

2. 天基网

俄罗斯数据中继卫星可分军用和民用两大系统。民用系统称为“射线”(Loch)系统,目前已研发利用了两代“射线”专用数据中继卫星,正在研制第三代“射线”卫星。军用系统称为“急流”(Potok)系统,采用“喷泉”(Geizer)专用数据中继卫星。

俄罗斯的卫星数据中继网与美国的类似,其民用“射线”系统主要使用固定卫星业务的 10 台 Ku 波段转发器,并又分为东部(卫星

位于太平洋上空)、中部(卫星位印度洋上空)和西部(卫星位大西洋上空)三个独立的网络。“射线”系统主要用途是为低地球轨道卫星提供通信和控制,为“礼炮”号空间站、“和平”号空间站、“联盟”号系列载人飞船与地面测控站间提供双向电视、数据交换。同时还可用于电视转播、电视会议和应急通信。目前,俄罗斯在考虑用多功能中继卫星替代“射线”5A 和“射线”5B 卫星。

俄罗斯的军事数据中继卫星“喷泉”的天线采用 C 波段相控阵天线技术。登记的轨道位置有 3 个,即东经 80 度、西经 168 度和西经 13.5 度,但其中西经 168 度的位置没有使用。首颗“喷泉”卫星发射于 1982 年。“急流”系统与“射线”系统结合在一起,在厘米波长范围进行高速率数据转发。“射线”系统处理航天器与地面站之间的通信,“急流”系统处理固定点与“琥珀”成像侦察卫星数据之间的通信。目前,俄罗斯正在研发新一代的军用数据中继卫星。这种新型卫星携带的转发器将是以往卫星的 2 倍,使用寿命将达到 12 年,而以往同类卫星的设计寿命为 3 年,实际使用寿命一般为 5 年。

三、欧洲航天局航天测控系统

欧洲航天局(ESA)的航天测控网于 1968 年开始运行,早期测控设备工作在 VHF 频段,主要用于近地大倾角卫星的测控。1986 年研制并启用 S 频段统一测控系统,主要用于支持地球同步轨道卫星以及高轨卫星的发射段和在轨运行期间的测控。由于受国际电信联盟移动通信频率范围上移的影响,ESA 正逐步将航天测控频段由目前 S、X 频段为主向 X、Ka 频段为主过渡,并逐渐弃用 S 频段。

ESA 早期的深空任务由 NASA 深空网地面站提供支持。随着 ESA 越来越多深空探测项目的实施,为确保独立进行下一代深空行星的探测任务,ESA 开始建设自己的深空网,于 20 世纪 90 年代后期通过欧洲空间操作中心(ESOC)和科学理事会在西澳大利亚建立了新诺舍深空站,于 21 世纪初在西班牙建立了塞布莱罗斯深空站。

目前正在建设第三个深空地面站,位置在经度相隔 120 度左右的南美洲阿根廷马拉圭,按预定计划将于 2012 年建成。

为弥补地面测控网对航天器/卫星测控覆盖率低的不足,ESA 于 1989 年决定发展数据中继卫星。其“阿尔特弥斯”(ARTEMIS)试验中继卫星于 2001 年 7 月发射,除进行新技术的试验外,还服务于 ESA 的地球应用卫星任务和载人航天任务。2009 年,在多方需求的推动下,ESA 开始建设其数据中继卫星系统——“欧洲数据中继卫星”(EDRS)系统。建成后的 EDRS 系统将为国际空间站和“自动转移飞行器”提供支持,并将为未来的载人登陆月球、火星探测任务提供有效支持,同时还将满足其他军、民用户需求。

经过几十年的发展,欧洲航天测控网已经初具规模,其测控站可以保证欧洲航天局所有中低轨卫星和同步高轨卫星的测控支持业务。随着深空探索任务的逐步开展,欧洲航天测控网也在积极地建设发展其深空探索任务。同时 ESA 测控网其他的几个地面站也会根据需要进行升级改造,部分还将参加深空探索任务,为深空航天器提供测控支持。近年来,ESA 还在对其他远方站点进行“地面操作网”(OPSNET)链路合理化改造,不断提高整体容量并降低成本。

(中国国防科技信息中心)