



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104590585 B

(45) 授权公告日 2016.06.01

(21) 申请号 201510036221.9

(22) 申请日 2015.01.23

(73) 专利权人 中国空间技术研究院

地址 100194 北京市海淀区友谊路 104 号

(72) 发明人 李志 黄剑斌 蒙波 尹建凤  
张志民 孙玉成 韩旭 庞羽佳  
陈维春

(74) 专利代理机构 中国航天科技专利中心  
11009

代理人 陈鹏

(51) Int. Cl.

B64G 1/10(2006.01)

B64G 1/22(2006.01)

(56) 对比文件

JP 特开 2003-187395 A, 2003.07.04, 全文.

US 6453220 B1, 2002.09.17, 全文.

US 2012/0168566 A1, 2012.07.05, 全文.

US 6655637 B1, 2003.12.02, 全文.

US 6061019 A, 2000.05.09, 全文.

李岩等. 构建空间在轨维护与服务系统的初步设想.《导弹与航天运载技术》.2008,(第5期),第31-34页.

审查员 郑硕

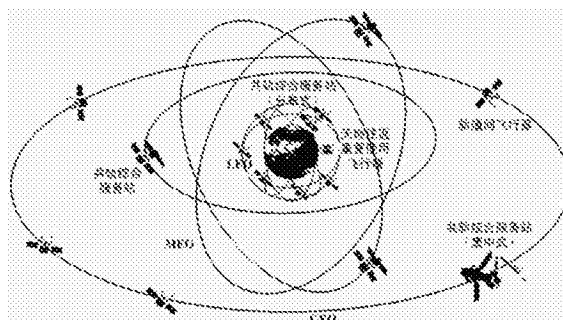
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

基于一站两器的空间飞行器在轨服务与维护系统及方法

(57) 摘要

基于一站两器的空间飞行器在轨服务与维护系统及方法,包括共轨综合服务站、高轨轨道间飞行器、中轨轨道间飞行器、低轨轨道间飞行器、天地往返重复使用飞行器。服务时,高轨采用共轨综合服务站和高轨轨道间飞行器组合的方式,中轨采用中轨轨道间飞行器和导航卫星的组合方式,低轨采用低轨轨道间飞行器和天地往返重复使用飞行器的组合方式。本发明提出的由“一站两器”构成的空间飞行器在轨服务与维护系统及相应的服务与维护方法,能够满足对高、中、低在轨卫星的快速响应,执行服务与维护任务,以及对空间碎片抓捕清除的要求。



1. 基于一站两器的空间飞行器在轨服务与维护系统,其特征在于:包括共轨综合服务站、高轨轨道间飞行器、中轨轨道间飞行器、低轨轨道间飞行器、天地往返重复使用飞行器,其中:

共轨综合服务站:包括自由飞行机器人(1)、控制舱(2)、机电液气一体化对接接口(3)、中心桁架扩展级(4)、太阳翼(5)、电子舱(6)、能源舱(7)、中心桁架基础级(8)、舱段连接接口(9)和物资舱;中心桁架基础级(8)和中心桁架扩展级(4)固定连接构成完整的中心桁架,其中中心桁架基础级(8)为桁架式构型的单卫星平台,推进舱集成在所述单卫星平台内部,中心桁架扩展级(4)为横截面与所述单卫星平台横截面匹配的桁架式构型刚性结构,中心桁架扩展级(4)的左侧与中心桁架基础级(8)固连,中心桁架扩展级(4)的右侧安装用于桁架扩展,高轨轨道间飞行器对接或者天地往返重复使用飞行器对接的机电液气一体化对接接口(3);中心桁架扩展级(4)的周围设置用于舱段更换或者扩展的舱段连接接口(9),自由飞行机器人(1)、控制舱(2)、电子舱(6)、能源舱(7)、物资舱分别通过不同的舱段连接接口(9)固定连接在中心桁架扩展级(4)上,太阳翼(5)通过SADA与能源舱(7)连接;自由飞行机器人(1)通过空间机械臂对高轨轨道间飞行器或者高轨道服务对象实施在轨服务与维护操作;控制舱(2)内部设有用于在高轨轨道间飞行器接近过程中相对位姿测量的相对测量敏感器以及用于空间目标观测的观测相机;物资舱用于存储低轨轨道间飞行器运输来的在轨维修补给物资以及已使用的废弃物资;

高轨轨道间飞行器:为包括服务舱、抓捕对接机构、机械臂、机电液气一体化对接接口(3)和舱段连接接口(9)的卫星平台,其中服务舱配置有用于对共轨综合服务站以及高轨被服务对象进行相对位姿测量和近距离成像的相对测量敏感器,以及用于空间目标观测的观测相机;高轨轨道间飞行器通过机电液气一体化对接接口(3)与共轨综合服务站对接,通过抓捕对接机构与被服务对象形成刚性连接,通过机械臂对高轨被服务对象实施在轨服务与维护操作;

中轨轨道间飞行器:与高轨轨道间飞行器的结构相同,并通过舱段连接接口(9)携带一颗导航卫星形成组合体,当轨道上运行的导航卫星发生故障时,释放所携带的导航卫星替代故障导航卫星,同时抓捕故障导航卫星并对其进行在轨修复;

低轨轨道间飞行器:与高轨轨道间飞行器的结构相同,当低轨道上的卫星发生故障时,通过舱段连接接口(9)与故障低轨道卫星形成组合体并对故障卫星进行在轨修复;通过舱段连接接口(9)与天地往返重复使用飞行器形成组合体,获取地面运输来的上行在轨维修补给物资,并通过舱段连接接口(9)与中轨轨道间飞行器或者共轨综合服务站形成组合体,将所述上行在轨维修补给物资转运至中轨轨道间飞行器或者共轨综合服务站,同时从中轨轨道间飞行器或者共轨综合服务站获取废弃物资,并将所述废弃物资转运至天地往返重复使用飞行器;

天地往返重复使用飞行器:通过舱段连接接口(9)与低轨轨道间飞行器进行对接形成组合体,重复性的将地面的上行在轨维修补给物资转运至低轨轨道间飞行器,同时从低轨轨道间飞行器获取废弃物资并转运至地面。

2. 基于一站两器的空间飞行器在轨服务与维护方法,其特征在于包括如下步骤:

(A)在GEO轨道面内部署共轨综合服务站和高轨轨道间飞行器,其中高轨轨道间飞行器与共轨综合服务站对接停泊,共轨综合服务站与低轨轨道间飞行器进行对接并从低轨轨道

间飞行器获取上行维修补给物资并存储在物资舱;共轨综合服务站对高轨轨道间飞行器进行在轨维护,并将在轨维护物资装载至高轨轨道间飞行器,高轨轨道间飞行器通过姿态机动靠近高轨服务对象并与高轨服务对象对接形成组合体后对高轨服务对象进行在轨维护;

(B)在中轨轨道面内部署中轨轨道间飞行器,中轨轨道间飞行器与低轨轨道间飞行器进行对接并从低轨轨道间飞行器获取上行维修补给物资;利用中轨轨道间飞行器所携带的导航卫星作为备份星,当轨道上运行的导航卫星发生故障时,释放所携带的导航卫星替代故障导航卫星,同时抓捕故障导航卫星形成组合体并对其进行在轨修复,修复完成后将修复后的导航卫星作为备份星;

(C)在低轨轨道面内分布式的部署低轨轨道间飞行器,从天地往返重复使用飞行器获取上行维修补给物资,当低轨太阳同步轨道卫星出现故障时,与对低轨太阳同步轨道卫星组成组合体并对故障卫星进行在轨修复;同时低轨轨道间飞行器通过轨道机动,将所述上行维修补给物资送至中轨轨道间飞行器和共轨综合服务站,并将中轨轨道间飞行器和共轨综合服务站的废气物资通过天地往返重复使用飞行器送至地面。

## 基于一站两器的空间飞行器在轨服务与维护系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于航天在轨服务技术领域,涉及一种可覆盖高、中、低全轨道高度,能对在轨卫星提供维修维护服务的空间飞行器在轨服务与维护系统及相应的在轨服务与维护方法。

### 背景技术

[0002] 受限于卫星部组件的寿命、燃料、运载能力、发射以及在轨运行环境等多个因素,卫星在从发射入轨、轨道转移、初轨部署、按计划运行,直至结束运行的全寿命过程中,在轨故障难以避免。在轨卫星故障中,一部分可以通过系统冗余备份或地面指令切换进行恢复,然而还有一些重大故障使得卫星性能严重下降或失效。对国内外故障卫星的统计分析表明,不可恢复故障卫星主要是由于控制与推进、供配电等分系统中某个设备故障引起,其他系统在轨功能正常,如果能够对故障设备在轨维修或更换,则有可能恢复卫星功能。我国在轨运行卫星中,推进剂耗尽是造成卫星寿命终结的直接原因,这些卫星各分系统均完好,但燃料不足,无法进行轨道维持,严重影响了卫星正常执行在轨任务。如果可以对这些卫星进行在轨燃料加注,则可延续其在轨寿命。

[0003] 另一方面,随着人类航天活动的日益频繁,空间碎片急剧增加,目前毫米级以上的空间碎片数以亿计,大于10厘米已编目空间碎片超过17000个,GE0带( $GE0 \pm 200\text{km}$ )内仅废弃卫星数量就已超过330颗。这些碎片与我国在轨卫星平均每天就会发生10次左右危险交会事件(碰撞概率大于 $1 \times 10^{-6}$ 或在距离1km范围内交会),已成为在轨卫星正常运行的严重威胁。如果可以对空间目标进行准确编目,并实施抓捕清理,则可以为卫星提供在轨安全运行的轨道环境。

[0004] 在轨服务与维护是指在轨开展的延长卫星寿命、保证轨道空间安全、提升卫星任务能力的空间活动。空间飞行器在轨服务与维护系统对于保证在轨卫星稳定、可靠和高效工作有着重要作用,具有非常显著的经济和社会效益。

[0005] 目前卫星在地面研制完成发射入轨后,在轨运行过程中仅能通过有限的地面软件注入方式进行维护,可实现的维护手段单一,可获得的维护效果有限。同时,对于威胁在轨卫星安全的空间碎片亦无有效手段进行清除。国内外在在轨服务方面,开展了一些单星技术验证试验,但尚未提出完整的在轨服务与维护整体系统,

[0006] 要形成较为完整的在轨服务与维护体系,首先就需要提出空间飞行器在轨服务与维护系统的总体方案,构建常驻空间的大型在轨系统,并可由地面进行物资补给,实现对高、中、低轨的在轨卫星快速响应,执行在轨空间目标观测、燃料加注、模块更换、接管控制等服务与维护任务,并执行空间碎片抓捕清除任务。

[0007] 目前国内外还没有专门针对空间飞行器在轨服务与维护系统总体方案的公开文献报道。

### 发明内容

[0008] 本发明解决的技术问题是：解决目前卫星无法有效在轨服务与维护、空间碎片无法有效清除的问题，提出了一种由“一站两器”构成的空间飞行器在轨服务与维护系统及相应的服务与维护方法，满足对高、中、低在轨卫星的快速响应，执行服务与维护任务，以及对空间碎片抓捕清除的要求。

[0009] 本发明的技术解决方案是：基于一站两器的空间飞行器在轨服务与维护系统，包括共轨综合服务站、高轨轨道间飞行器、中轨轨道间飞行器、低轨轨道间飞行器、天地往返重复使用飞行器，其中：

[0010] 共轨综合服务站：包括自由飞行机器人、控制舱、机电液气一体化对接接口、中心桁架扩展级、太阳翼、电子舱、能源舱、中心桁架基础级、舱段连接接口和物资舱；中心桁架基础级和中心桁架扩展级固定连接构成完整的中心桁架，其中中心桁架基础级为桁架式构型的单卫星平台，推进舱集成在所述单卫星平台内部，中心桁架扩展级为横截面与所述单卫星平台横截面匹配的桁架式构型刚性结构，中心桁架扩展级的左侧与中心桁架基础级固连，中心桁架扩展级的右侧安装用于桁架扩展，高轨轨道间飞行器对接或者天地往返重复使用飞行器对接的机电液气一体化对接接口；中心桁架扩展级的周围设置用于舱段更换或者扩展的舱段连接接口，自由飞行机器人、控制舱、电子舱、能源舱、物资舱分别通过不同的舱段连接接口固定连接在中心桁架扩展级上，太阳翼通过SADA与能源舱连接；自由飞行机器人通过空间机械臂对高轨轨道间飞行器或者高轨道服务对象实施在轨服务与维护操作；控制舱内部设有用于在高轨轨道间飞行器接近过程中相对位姿测量的相对测量敏感器以及用于空间目标观测的观测相机；物资舱用于存储低轨轨道间飞行器运输来的在轨维修补给物资以及已使用的废弃物资；

[0011] 高轨轨道间飞行器：为包括服务舱、抓捕对接机构、机械臂、机电液气一体化对接接口和舱段连接接口的卫星平台，其中服务舱配置有用于对共轨综合服务站以及高轨被服务对象进行相对位姿测量和近距离成像的相对测量敏感器，以及用于空间目标观测的观测相机；高轨轨道间飞行器通过机电液气一体化对接接口与共轨综合服务站对接，通过抓捕对接机构与被服务对象形成刚性连接，通过机械臂对高轨被服务对象实施在轨服务与维护操作；

[0012] 中轨轨道间飞行器：与高轨轨道间飞行器的结构相同，并通过舱段连接接口携带一颗导航卫星形成组合体，当轨道上运行的导航卫星发生故障时，释放所携带的导航卫星替代故障导航卫星，同时抓捕故障导航卫星并对其进行在轨修复；

[0013] 低轨轨道间飞行器：与高轨轨道间飞行器的结构相同，当低轨道上的卫星发生故障时，通过舱段连接接口与故障低轨道卫星形成组合体并对故障卫星进行在轨修复；通过舱段连接接口与天地往返重复使用飞行器形成组合体，获取地面运输来的上行在轨维修补给物资，并通过舱段连接接口与中轨轨道间飞行器或者共轨综合服务站形成组合体，将所述上行在轨维修补给物资转运至中轨轨道间飞行器或者共轨综合服务站，同时从中轨轨道间飞行器或者共轨综合服务站获取废弃物资，并将所述废弃物资转运至天地往返重复使用飞行器；

[0014] 天地往返重复使用飞行器：通过舱段连接接口与低轨轨道间飞行器进行对接形成组合体，重复性的将地面的上行在轨维修补给物资转运至低轨轨道间飞行器，同时从低轨轨道间飞行器获取废弃物资并转运至地面。

[0015] 基于一站两器的空间飞行器在轨服务与维护方法,包括如下步骤:

[0016] (A)在GEO轨道面内部署共轨综合服务站和高轨轨道间飞行器,其中高轨轨道间飞行器与共轨综合服务站对接停泊,共轨综合服务站与低轨轨道间飞行器进行对接并从低轨轨道间飞行器获取上行在轨维修补给物资并存储在物资舱;共轨综合服务站对高轨轨道间飞行器进行在轨维护,并将在轨维护物资装载至高轨轨道间飞行器,高轨轨道间飞行器通过姿态机动靠近高轨服务对象并与高轨服务对象对接形成组合体后对高轨服务对象进行在轨维护;

[0017] (B)在中轨轨道面内部署中轨轨道间飞行器,中轨轨道间飞行器与低轨轨道间飞行器进行对接并从低轨轨道间飞行器获取上行在轨维修补给物资;利用中轨轨道间飞行器所携带的导航卫星作为备份星,当轨道上运行的导航卫星发生故障时,释放所携带的导航卫星替代故障导航卫星,同时抓捕故障导航卫星形成组合体并对其进行在轨修复,修复完成后将修复后的导航卫星作为备份星;

[0018] (C)在低轨轨道面内分布式的部署低轨轨道间飞行器,从天地往返重复使用飞行器获取上行物资,当低轨太阳同步轨道卫星出现故障时,与对低轨太阳同步轨道卫星组成组合体并对故障卫星进行在轨修复;同时低轨轨道间飞行器通过轨道机动,将所述上行物资送至中轨轨道间飞行器和共轨综合服务站,并将中轨轨道间飞行器和共轨综合服务站的废气物资通过天地往返重复使用飞行器送至地面。

[0019] 本发明与现有技术相比的优点在于:

[0020] (1)本发明构建了完整的空间飞行器在轨服务与维护系统,该系统以“一站两器”为主体,满足对高、中、低轨的服务对象(含在轨卫星和空间碎片)快速响应,可以目标观测、燃料加注、模块更换、接管控制、碎片清除等服务与维护任务;

[0021] (2)本发明采用了一站两器在高、中、低轨分别部署的方式。高轨由大型集中式共轨综合服务站与多个轨道间飞行器配合,实现对高轨卫星的快响应服务与维护。中轨在导航卫星轨道面内部署中型共轨综合服务站,平时可做备份星,必要时可对轨道面内导航卫星服务与维护。低轨在高价值太阳同步轨道卫星轨道面和低轨星座轨道面内部署中小型分布式综合服务站,实现对轨道面内卫星的服务与维护。天地往返重复使用飞行器可向上行运输轨道维修补给物资,并下行运输在轨废弃物资,保障空间飞行器在轨服务与维护系统在轨长期运行;

[0022] (3)本发明提出的共轨综合服务站桁架外挂舱式开放式体系结构,可实现功能舱段的在轨更换、扩展;共轨综合服务站、轨道间飞行器均采用标准化、模块化设计思路,可接受在轨维修服务,通过灵活配置不同载荷,可具有多种在轨功能;通过在高中低轨的部署,形成覆盖全轨道的在轨服务与维护应用体系;通过接受天地往返重复使用飞行器的上行物资,可保持长期在轨运行,长期提供在轨服务与维护。

## 附图说明

[0023] 图1为本发明由一站两器构成的空间飞行器在轨服务与维护系统的在轨部署方案示意图;

[0024] 图2为本发明共轨综合服务站的构型图。

## 具体实施方式

[0025] 如图1所示,本发明一种由“一站两器”构成的空间飞行器在轨服务与维护系统,一站是指共轨综合服务站,两器分别是指天地往返重复使用飞行器、轨道间飞行器。系统的服务对象为高、中、低轨卫星和空间碎片。

### [0026] (1)共轨综合服务站

[0027] 共轨综合服务站是与服务对象共轨道面运行的大型常驻空间设施,采用桁架构型的卫星平台,主体结构为桁架挂舱体系结构,在中心桁架上连接推进舱、能源舱、控制舱、电子舱,推进舱配置化学推进分系统与电推进分系统,实现混合动力推进。能源舱主要配置供电分系统。控制舱主要配置控制分系统。电子舱主要配置综合电子分系统和测控通信分系统。上述常规舱段外,共轨综合服务站配置物资舱,用于存储在轨维修补给物资(如燃料存储罐、可更换模块);配置停泊对接接口,用于与高轨轨道间飞行器对接;配置机械臂/手,用于对高轨轨道间飞行器实施服务与维护操作;配置相对测量敏感器(如CCD光学成像敏感器、激光雷达、微波雷达),用于在高轨轨道间飞行器接近过程中相对位姿测量;配置观测相机,用于平时执行空间目标观测任务。

[0028] 一种可行的共轨综合服务站构型如图2所示。包括自由飞行机器人1、控制舱2、机电液气一体化对接接口3、中心桁架扩展级4、太阳翼5、电子舱6、能源舱7、中心桁架基础级8、舱段连接接口9;中心桁架基础级8和中心桁架扩展级4固定连接构成完整的中心桁架,其中中心桁架基础级8为桁架式构型的单卫星平台,推进舱集成在所述单卫星平台内部,中心桁架扩展级4为横截面与所述单卫星平台横截面匹配的桁架式构型刚性结构,中心桁架扩展级4的左侧与中心桁架基础级8固连,中心桁架扩展级4的右侧安装用于桁架扩展或者空间飞行器对接的机电液气一体化对接接口3;中心桁架扩展级4的周围设置用于舱段更换或者扩展的舱段连接接口9,自由飞行机器人1、控制舱2、电子舱6、能源舱7分别通过不同的舱段连接接口9固定连接在中心桁架扩展级4上,太阳翼5通过SADA与能源舱7连接。

[0029] 控制舱2、电子舱6和能源舱7的外形均呈长方体形,采用壳体式结构,由六块板构成。其中控制舱2内部除安装有常规卫星控制所需的敏感器和执行机构以外,还具有在轨服务与维护任务所要求的目标探测、跟踪与测量模块,以及与中心桁架上舱段连接接口相匹配的舱段连接接口9。电子舱6主要放置即插即用测控通信模块。能源舱7主要放置蓄电池组、电源控制器、SADA控制器等能源基本配置模块。

[0030] 自由飞行机器人1采用长方体外形,也可以采用壳体式结构,停靠在中心桁架4的扩展级上,可以是在中心桁架扩展级4上移动的机械臂,或者是可与中心桁架扩展级4分离的具有机械臂的空间飞行器,通过自由移动或飞行,完成在轨加注、模块更换等操作。

[0031] 舱段连接接口9可以采用通用的快速连接接口(如采用卡锁式,CN201110122583.1,面向空间大型机械臂和交会对接的大容差对接捕获装置)。机电液气一体化对接接口3可以采用通用的载人航天对接接口(如俄罗斯的APAS89对接机构),并进行小型化设计,用于桁架再扩展或飞行器的对接。

### [0032] (2)轨道间飞行器

[0033] 按照工作轨道高度不同,轨道间飞行器分为三种:

[0034] 1)高轨轨道间飞行器(高轨所指的轨道高度通常是指GEO轨道,高度为35786km)

[0035] 高轨轨道间飞行器在模块化卫星平台基础上改进,配置服务舱、仪器舱和推进舱等功能模块舱段,各舱段之间由标准化机电一体化接口连接。服务舱配置相对测量敏感器,用于对综合服务站、服务对象进行相对位姿测量和近距离成像;配置观测相机,用于平时执行空间目标观测任务;配置舱段对接接口,用于与共轨综合服务站的停泊对接接口对接;配置抓捕对接机构,用于与服务对象形成刚性连接;配置机械臂/手,用于对服务对象实施模块更换操作,并配合燃料加注接口对服务对象实施在轨加注操作;配置可更换模块存贮适配器,用于存储可更换模块。仪器舱主要包括供配电、姿态控制、测控通信、综合电子分系统。推进舱主要包括化学推力器、电推力器、燃料罐。

[0036] 2)中轨轨道间飞行器(中轨所指的轨道高度通常是轨道高度20000~25000km)

[0037] 中轨轨道间飞行器在高轨轨道间飞行器基础上,配置与导航卫星的在轨连接与释放分离接口,用于与导航卫星形成组合体。

[0038] 3)低轨轨道间飞行器(低轨所指的轨道高度通常是多少,轨道高度300~1000km)

[0039] 低轨轨道间飞行器在高轨轨道间飞行器基础上,配置与天地往返重复使用飞行器的在轨连接与释放分离接口,用于与天地往返重复使用飞行器形成组合体,从而接收天地往返重复使用飞行器运输的上行维修补给物资,并向天地往返重复使用飞行器传递下行废弃物资。

[0040] (3)天地往返重复使用飞行器

[0041] 天地往返重复使用飞行器是用于完成天地往返运输和物资补给任务,部分或全部可重复使用的飞行器,包括垂直起飞垂直着陆重复使用运载火箭、垂直起飞水平着陆重复使用往返飞行器,以及水平起飞水平着陆重复使用往返飞行器三类,用于地面与低轨轨道间飞行器之间可更换模块、燃料等上行维修补给物资运输,在轨替换下的故障模块、废弃设备等下行维修补给物资运输。天地往返重复使用飞行器采用类似X-37B的设计方案。

[0042] (4)“一站两器”部署轨道

[0043] 1)高轨部署轨道

[0044] 在GEO轨道面内部署1个大型共轨综合服务站,运行在GEO+100km~GEO+200km的高度范围,在GEO+200km~GEO+500km的高度范围内部署多个(4~8个)高轨轨道间飞行器。共轨综合服务站、高轨轨道间飞行器相对于高轨服务对象均有轨道相位进动,共轨综合服务站、高轨轨道间飞行器之间亦存在轨道相位进动。高轨轨道间飞行器在一定的周期内可相对整个GEO带运行一圈,当接近服务对象时改变轨道高度即可提供服务。对于有紧急服务需求的服务对象,则主动机动变轨调整相位抵近服务对象。高轨轨道间飞行器缺乏执行服务与维护所需的维修补给物资时,向共轨综合服务站抵近停泊,从服务站上获取维修补给物资;高轨轨道间飞行器自身需要接受服务与维护操作时,也向共轨综合服务站抵近停泊,由共轨综合服务站对其实施服务与维护操作(包括燃料加注、模块更换)。

[0045] 2)中轨部署轨道

[0046] 中轨分布的主要是导航卫星,在每个中轨导航卫星轨道面内部署1个中型共轨综合服务站。中型共轨综合服务站由1个中轨轨道间飞行器与1颗可独立运行的导航卫星通过可在轨连接与释放分离的接口组合形成,平时可作为导航备份星使用,并执行MEO区域空间目标观测任务。当处于同一轨道面的某颗导航卫星发生故障时,共轨综合服务站进入故障卫星轨位,释放所携带导航卫星,由其在该轨位导航服务。随后综合服务站抓捕故障卫星,



形成空间组合体后对故障卫星实施服务与维护操作,操作结束后携带修复后的卫星继续作为导航备份星运行。

[0047] 3)低轨部署轨道

[0048] 运行在低轨的共轨综合服务站采用分布式部署方式,由运行在不同轨道面内的低轨轨道间飞行器运行构成,主要服务对象为低轨太阳同步轨道高价值卫星和未来发展的低轨星座(如低轨移动通信星座)。针对低轨太阳同步轨道高价值卫星,在卫星轨道面内部署1个低轨轨道间飞行器;针对低轨星座,在星座中每个轨道面部署1个低轨轨道间飞行器。低轨轨道间飞行器可对共轨道面的服务对象实施抵近成像、在轨加注、模块更换等服务维护操作。天地往返重复使用飞行器将上行物资运送至低轨轨道间飞行器,并从低轨轨道间飞行器上获取需要下行运输的在轨废弃物资。对于高轨、中轨综合服务站所需要上行的维修补给物资和下行的废弃物资,则由低轨轨道间飞行器在高中轨与低轨之间执行往返运输任务。

[0049] (5)实施在轨服务与维护过程

[0050] 对于分别位于高轨、中轨、低轨的服务对象,由部署在相应轨道内的在轨服务与维护系统实施服务与维护操作。

[0051] A)高轨在轨服务与维护过程

[0052] 平时,高轨共轨综合服务站、高轨轨道间飞行器执行空间目标观测任务。

[0053] 对服务对象(高轨卫星和碎片)实施服务与维护操作时,过程如下1~9步所述:

[0054] 1)远程导引

[0055] 高轨轨道间飞行器测控通信分系统收到实施在轨服务与维护任务指令后,在地面导引下进行大范围轨道机动,逐渐接近服务对象,使二者相对距离不断减小,直至服务对象进入轨道间飞行器相对测量敏感器探测距离范围之内,获得服务对象方位和距离信息,满足星上自主导引条件。

[0056] 2)近程导引

[0057] 高轨轨道间飞行器利用相对测量敏感器,获得自身与服务对象的相对位置、相对速度、相对姿态、相对姿态角速度信息,由星上控制分系统控制发动机开关,使高轨轨道间飞行器逼近服务对象,修正轨道和姿态相对误差,满足绕飞观测条件。

[0058] 3)绕飞观测

[0059] 高轨轨道间飞行器利用相对测量敏感器测量服务对象的相对位置运动信息(相对距离和方位角),进行相对运动控制,相对服务对象主动绕飞,通过观测相机对服务对象进行详细观察,获取服务对象细节图像,识别并跟踪服务对象可抓捕对接和锁紧的特征部位。

[0060] 4)逼近停靠

[0061] 高轨轨道间飞行器将抓捕对接机构对准服务对象待抓捕部位,以服务对象对接坐标系为基准,进行相对姿态和相对位置控制,逐渐逼近服务对象,直至服务对象可抓捕部位进入抓捕对接机构可抓捕范围内。

[0062] 5)抓捕对接

[0063] 服务对象待抓捕部位进入抓捕对接机构可抓捕范围内,抓捕对接机构执行抓捕动作,与可抓捕部位锁紧形成刚性连接,建立高轨轨道间飞行器和服务对象的物理连接,形成刚性连接的组合体。

[0064] 6)实施服务与维护操作

[0065] 高轨道间飞行器对服务对象实施服务与维护操作。对于燃料不足的服务对象,通过燃料加注接口实施燃料加注;对于有模块出现故障的服务对象,通过机械臂/手抓取可更换模块,更换服务对象上故障模块;对于姿轨控分系统出现故障的服务对象,实施接管控制,辅助服务对象姿轨控;对于空间碎片,高轨道间飞行器推动碎片进入废弃轨道,实施碎片清除。

[0066] 7)组合体分离

[0067] 高轨道间飞行器服务操作完成后,抓捕对接机构执行释放动作,解除对服务对象可抓捕部位的锁紧,断开高轨道间飞行器与服务对象的物理连接。

[0068] 8)撤离飞行

[0069] 高轨道间飞行器采用与逼近停靠段相同的测量与姿轨控方式,但向相反方向运行,扩大与服务对象的相对距离,当服务对象离开高轨道间飞行器相对测量敏感器探测范围后,相对测量敏感器关机,高轨道间飞行器完成星上自主姿轨控制向地面姿轨控制的转换。

[0070] 9)后期在轨待命常规飞行

[0071] 高轨道间飞行器执行平时的空间目标观测任务,等待在轨服务与维护指令。

[0072] 当高轨道间飞行器缺乏执行服务与维护所需的维修补给物资或者自身需要接受服务与维护操作时也按照上述远程导引、近程导引、逼近停靠的过程抵近高轨共轨综合服务站,由舱段对接接口与共轨综合服务站的停泊对接接口对接形成刚性连接组合体,然后通过共轨综合服务站上的机械臂/手,利用物资舱内维修补给物资,对高轨道间飞行器补给物资或实施服务与维护操作。

[0073] B)中轨在轨服务与维护过程

[0074] 平时,中轨共轨综合服务站执行空间目标观测任务。

[0075] 执行对服务对象(中轨卫星)的服务与维护任务时,与高轨道间飞行器不同的是,中轨共轨综合服务站抵近服务对象后,先要释放所连接的导航卫星,然后抓捕对接服务对象,完成对服务对象的服务与维护操作后,继续与服务对象保持连接,作为导航备份星运行,并执行空间目标观测任务,在轨等待下一次任务指令。

[0076] C)低轨在轨服务与维护过程

[0077] 平时,低轨分布式共轨综合服务站执行空间目标观测任务。

[0078] 执行对服务对象(低轨卫星或碎片)的服务与维护时,由与服务对象位于同一轨道面内的低轨道间飞行器实施,过程与高轨道间飞行器服务与维护操作过程一致。

[0079] 与高、中轨不同的是,根据任务需要,低轨道间飞行器可通过与天地往返重复使用飞行器的在轨连接与释放分离接口,与天地往返重复使用飞行器对接,并利用机械臂/手从天地往返重复使用飞行器抓取上行可更换模块,存储于可更换模块存贮适配器上,或者抓取上行燃料罐,挂接于推进舱,同时,机械臂/手抓取低轨道间飞行器上废弃物资,传送给天地往返重复使用飞行器,由其下行运输。

[0080] 对于高轨和中轨共轨综合服务站所需的维修补给物资,由低轨道间飞行器在高轨、中轨与低轨之间执行往返运输任务。

[0081] 本发明说明书中未作详细描述的内容属本领域技术人员的公知技术。

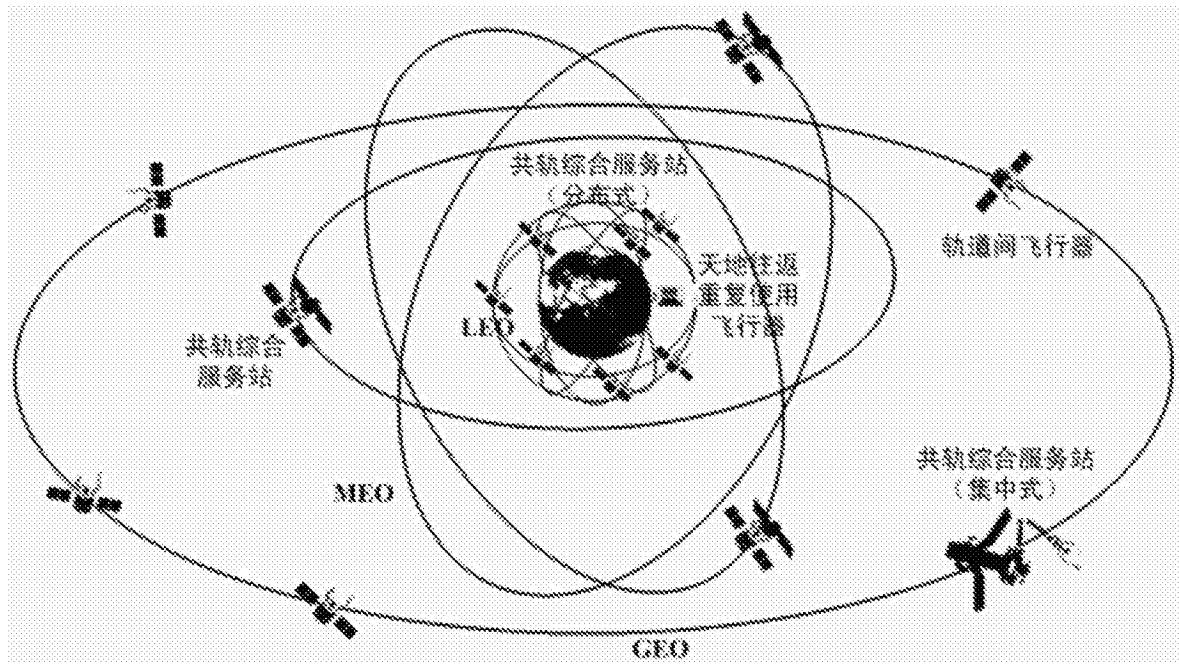


图1

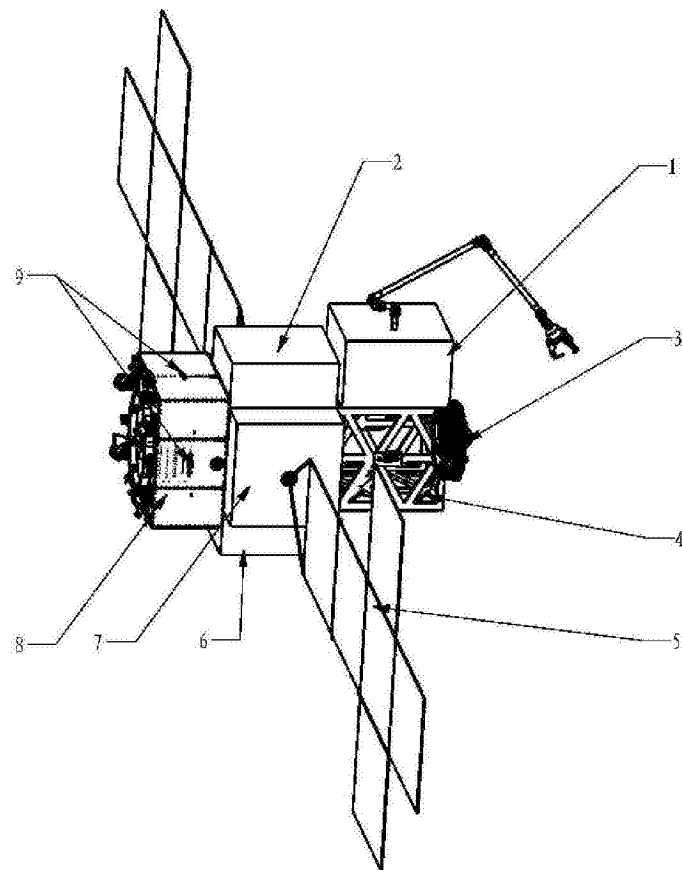


图2