(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 117856866 A
(43)申请公布日 2024.04.09

(21)申请号 202311801602.2

(22)申请日 2023.12.26

(71)申请人 北京遥测技术研究所
地址 100076 北京市丰台区南大红门路1号

(72)发明人 王振河 上官勇 张利民 史江博 姚增利 李超 王坚

(74)专利代理机构 北京巨弘知识产权代理事务所(普通合伙) 11673
专利代理师 张婧

(51)Int.Cl.
H04B 7/185(2006.01)

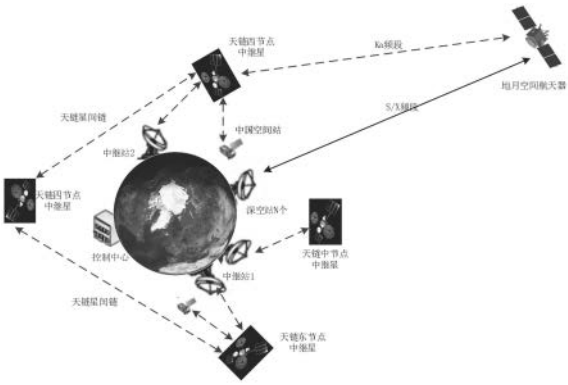
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法

(57)摘要

本发明提供一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,通过在中继星上增加对天面深空天线得到天链深空星间链路,与地面深空测控网共同进行地月空间航天器通信。本发明可充分弥补地面深空测控网国外建站可靠性较弱的短板和地面深空站同时服务地月空间航天器数量较少的现实,显著提高可靠性,面向未来需求,提高地月空间航天器同时多目标服务能力;两系统互为补充,有效提高全覆盖的健壮性和工程实现性;高低数传速率按需传输,更好满足各类用户的各种应用需求;控制中心统一调配地面深空测控网、天链中继卫星系统,可更加有效、灵活、实时地掌控地月空间航天器;可进一步促进我国地基测控网、天基测控网和深空测控网的融合创新。



CN 117856866 A

1.一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,其特征在于:包括以下步骤:

S1、在地月空间航天器上部署天地一体化测控通信载荷,然后发射所述地月空间航天器;

S2、所述地月空间航天器通过所述天地一体化测控通信载荷与地面深空站和地面控制中心建立地面深空测控网并按要求实施通信;

S3、在中继卫星上增加对天面深空天线,然后发射所述中继卫星,至少三个节点的所述中继卫星沿轨道运行并通过所述对天面深空天线与所述地月空间航天器构成天链深空星间链路,所述天链深空星间链路与天链星地链路、地面中继站和所述地面控制中心建立天链深空网并按要求实施通信;

S4、所述地面控制中心通过所述天链深空网、所述地面深空探测网将任务工作计划分别发送至所述中继卫星和所述地月空间航天器;

S5、所述中继卫星和所述地月空间航天器的星间天线分别以程序跟踪方式指向预定位置;

S6、所述中继卫星向所述地月空间航天器发送前向信号,所述地月空间航天器捕获接收所述前向信号并根据信号要求转为自跟踪;所述中继卫星、所述地月空间航天器进行双向跟踪、传输双向中高速数据;

S7、随着地球自转,各节点所述中继卫星的对天大天线适时切换、接力跟踪所述地月空间航天器,所述天地一体化测控通信载荷的深空天线也适时切换、跟踪不同的所述中继卫星,所述地面控制中心和所述地月空间航天器间进行双向、准全时通信,一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法完成。

2.根据权利要求1所述的一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,其特征在于:步骤S7还包括:所述地面控制中心将所述地面深空测控网传回的地面深空测控数据和所述天链深空网传回的天链深空测控数据综合使用;

所述天链深空网开始在轨应用时,当所述地面深空测控网和所述天链深空网均在所述地月空间航天器的共视覆盖范围内时,以所述地面深空测控网为标尺验证调校所述天链深空网直至验证通过后所述天链深空网才可单独执行通信任务。

3.根据权利要求2所述的一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,其特征在于:当所述地面深空测控网和所述天链深空网均在所述地月空间航天器的共视覆盖范围内时,所述地面深空测控数据和所述天链深空测控数据互为备份,所述地面控制中心向所述地月空间航天器发送控制信息时,所述地面深空测控网和/或所述天链深空网均可工作。

4.根据权利要求2所述的一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,其特征在于:当所述天链深空网在轨运行期间需要再次校准时,仍以所述地面深空测控网为标尺验证调校所述天链深空网直至验证通过后所述天链深空网才可单独执行通信任务。

5.根据权利要求2所述的一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,其特征在于:当所述地面深空探测站位于所述地月空间航天器的通信范围以外时,单独使用所述天链深空网进行通信。

6.根据权利要求1所述的一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,其

特征在于:

步骤S1中,所述天地一体化测控通信载荷包括深空天线和深空天线数据处理设备;

步骤S3中,所述中继卫星还部署了中继卫星天地一体化测控通信载荷,所述中继卫星天地一体化测控通信载荷包括对地天线和处理设备,所述处理设备包括星上数据处理、星间网络路由功能,可进行地基目标、近地目标、深空目标间的信息传递与交换;

步骤S3中,所述对天面深空天线为以下任意一种:抛物面天线、相控阵天线和激光天线;

步骤S6中,所述双向中高速数据的双向传输速率大于等于10Mb/s;

步骤S7中,位于月球上的国际月球科研站/月球基地也可接入所述天链深空网中。

7.根据权利要求6所述的一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,其特征在于:步骤S1中,所述天地一体化测控通信载荷的天线为1m天线;

步骤S3中,所述中继卫星为天链中继卫星,所述对天面深空天线为4.2m伞状抛物面天线;

步骤S6中,所述前向信号为Ka频段信号。

8.根据权利要求1所述的一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,其特征在于:步骤S3中,所述天链深空网的星间链路频段采取频分全双工、测量通信一体化体制。

9.根据权利要求1所述的一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,其特征在于:步骤S5中,所述地月空间航天器先发送返向高速数据信号;所述中继卫星采取无独立信标的快速捕获方式,捕获接收所述地月空间航天器的返向高速数据信号并按要求进行数据转发,同时可根据要求转为自跟踪。

10.根据权利要求1所述的一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,其特征在于:步骤S3中,所述天链深空网为三节点中继卫星或者四节点中继卫星;

步骤S3中,所述天链深空网的星间链路使用测量通信一体化、UQPSK调制方式,按LDPC1/2编码方式,1×10^{-7}误码率条件下解调门限$E_b/N_0\leq3.0dB$。

一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法

技术领域

[0001] 本发明涉及测量测试技术领域,具体涉及一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法。

背景技术

[0002] 随着地月空间探索的发展,世界大国都加紧实施地月空间探索、纷纷发射以月球为目的地的深空航天器;我国将计划建设运行国际月球科研站(航天员/科学家驻留)、月球基地、以及地月空间诸多深空航天器。地月空间航天器在轨正常运行的一个重要保障是:与地面控制中心间需建立高可靠、准全时的测控通信方式。

[0003] 目前,我国依靠地面深空测控网实现与地月空间航天器的测控通信。资料表明,国内深空站对月球及深空探测器的通信覆盖率约60%,国内深空站和国外阿根廷站联合可实现约90%的通信覆盖率,阿根廷单站的通信覆盖贡献率约为30%,这表明:阿根廷单站的重要性、以及单点失效的风险性。

[0004] 中国GEO轨道的天链中继卫星,建成了“多星组网、全球覆盖”的中继卫星系统,系统主要组成:空间段包含东、中、西三个节点多颗中继星;地面段包含运行控制系统和与各用户中心相连的通信网;以及应用于各种用户平台上的型谱化用户终端。星间采用S/Ka频段,广泛应用于以中国空间站为代表的卫星、飞船、火箭、飞机、舰船等用户的测控、通信、数据中继任务,天基信息传输高可靠、准全时的优点体现充分。

[0005] 当前,激光链路在近地空间的同轨/异轨星星间已陆续开始应用,优势体现明显,后续应用将愈加广泛。

[0006] 目前我国依靠单一的地面深空系统实现与地月空间航天器的测控通信,地面深空系统主要包括国内多个地面深空站和国外阿根廷深空站,由于地球自转,当地面深空站位于地月空间航天器的数据传输范围以外时,地面深空站与地月空间航天器之间的通信中断,而国外建站也存在可靠性的风险,即现有的地面深空系统无法全天候与地月空间航天器通信。

[0007] 因此,需要一种可提高地月空间航天器通信可靠性、全时性的方法。

发明内容

[0008] 本发明是为了解决如何提高地月空间航天器通信的可靠性、全时性、双向高速性及同时服务多目标能力的问题,提供一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,通过在中继星上增加对天面深空天线得到天链深空星间链路,与地面深空测控网共同进行地月空间航天器通信。本发明可充分弥补地面深空测控网国外建站可靠性较弱的短板和地面深空站同时服务地月空间航天器数量较少的现实,显著提高可靠性,面向未来需求,提高地月空间航天器同时多目标服务能力;两系统互为补充,有效提高全覆盖的健壮性和工程实现性;高低数传速率按需传输,更好满足各类用户的各种应用需求;地面控制中心统一调配地面深空测控网、天链中继卫星系统,可更加有效、灵活、实时地掌控地月空间航天

器;可进一步促进我国地基测控网、天基测控网和深空测控网的融合创新。

[0009] 本发明提供一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,包括以下步骤:

[0010] S1、在地月空间航天器上部署天地一体化测控通信载荷,然后发射地月空间航天器;

[0011] S2、地月空间航天器通过天地一体化测控通信载荷与地面深空站和地面控制中心建立地面深空测控网并按要求实施通信;

[0012] S3、在中继卫星上增加对天面深空天线,然后发射中继卫星,至少三个节点的所述中继卫星沿轨道运行并通过所述对天面深空天线与所述地月空间航天器构成天链深空星间链路,天链深空星间链路与天链星地链路、地面中继站和地面控制中心建立天链深空网,并按要求实施通信;

[0013] S4、地面控制中心通过天链深空网、地面深空探测网将任务工作计划分别发送至中继卫星和地月空间航天器;

[0014] S5、中继卫星和地月空间航天器的星间天线分别以程序跟踪方式指向预定位置;

[0015] S6、中继卫星向地月空间航天器发送前向信号,地月空间航天器捕获接收前向信号并根据信号要求转为自跟踪;中继卫星、地月空间航天器进行双向跟踪、传输双向中高速数据;

[0016] S7、随着地球自转,各节点中继卫星的对天大天线适时切换、接力跟踪地月空间航天器,天地一体化测控通信载荷的深空天线也适时切换、跟踪不同的中继卫星,地面控制中心和地月空间航天器间进行双向、准全时通信,一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法完成。

[0017] 本发明所述的一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,作为优选方式,步骤S7还包括:地面控制中心将地面深空测控网传回的地面深空测控数据和天链深空网传回的天链深空测控数据综合使用;

[0018] 天链深空网开始在轨应用时,当地面深空测控网和天链深空网均在地月空间航天器的共视覆盖范围内时,以地面深空测控网为标尺验证调校天链深空网直至验证通过后天链深空网才可单独执行通信任务。

[0019] 本发明所述的一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,作为优选方式,当地面深空测控网和天链深空网均在地月空间航天器的共视覆盖范围内时,地面深空测控数据和天链深空测控数据互为备份,地面控制中心向地月空间航天器发送控制信息时,地面深空测控网和/或天链深空网均可工作。

[0020] 本发明所述的一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,作为优选方式,当天链深空网在轨运行期间需要再次校准时,仍以地面深空测控网为标尺验证调校天链深空网直至验证通过后天链深空网才可单独执行通信任务。

[0021] 本发明所述的一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,作为优选方式,当地面深空探测站位于地月空间航天器的通信范围以外时,单独使用天链深空网进行通信。

[0022] 本发明所述的一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,作为优选方式,

[0023] 步骤S1中,天地一体化测控通信载荷包括深空天线和深空天线数据处理设备;

[0024] 步骤S3中,中继卫星还部署了中继卫星天地一体化测控通信载荷,中继卫星天地一体化测控通信载荷包括对地天线和处理设备,处理设备包括星上数据处理、星间网络路由功能,可进行地基目标、近地目标、深空目标间的信息传递与交换;

[0025] 步骤S3中,对天面深空天线为以下任意一种:抛物面天线、相控阵天线和激光天线;

[0026] 步骤S6中,双向中高速数据的双向传输速率大于等于10Mb/s;

[0027] 步骤S7中,位于月球上的国际月球科研站/月球基地也可接入天链深空网中。

[0028] 本发明所述的一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,作为优选方式,步骤S1中,天地一体化测控通信载荷的天线为1m天线;

[0029] 步骤S3中,中继卫星为天链中继卫星,对天面深空天线为4.2m伞状抛物面天线;

[0030] 步骤S6中,前向信号为Ka频段信号。

[0031] 本发明所述的一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,作为优选方式,步骤S3中,天链深空网的星间链路频段采取频分全双工、测量通信一体化体制。

[0032] 本发明所述的一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,作为优选方式,步骤S5中,地月空间航天器先发送返向高速数据信号;中继卫星采取无独立信标的快速捕获方式,捕获接收地月空间航天器的返向高速数据信号并按要求进行数据转发,同时可根据要求转为自跟踪。

[0033] 本发明所述的一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,作为优选方式,步骤S3中,天链深空网为三节点中继卫星或者四节点中继卫星;

[0034] 步骤S3中,天链深空网的星间链路使用测量通信一体化、UQPSK调制方式,按LDPC1/2编码方式,1×10^{-7}误码率条件下解调门限$E_b/N_0\leqslant3.0dB$。

[0035] 本发明的技术方案是:采用“天链深空+地面深空”的天地一体化测控方式,实现地月空间航天器与地面控制中心间的高可靠、准全时、多目标、双向高速率通信。

[0036] “地面深空”指沿用我国现存的地面深空测控网;

[0037] “天链深空”的技术方案是在天链星上增加对天面深空天线;

[0038] 天链深空星间链路频段使用分两个阶段。第一阶段:采取当前成熟的Ka微波频段,参考天链中继卫星系统协议;第二阶段:待适应地月空间的激光链路设备成熟后,发展天链深空激光链路,下一代天链星、地月空间航天器的星间天线相应替换为激光天线;

[0039] 天链深空传输体制采取频分全双工、测量通信一体化体制;

[0040] 地月空间航天器上需设计研发天地一体化测控通信载荷,满足天链中继卫星系统、地面深空测控网的天地一体化测控需求;

[0041] 天链星天地一体化测控通信载荷、实施卫星整体优化设计,具备星上数据处理、星间网络路由功能,可准实时实现地基目标、近地目标、深空目标间的信息传递与交换;

[0042] 天链中继卫星系统地面段需进行适应性设计研发改造,满足地月空间航天器与地面控制中心间各类信息稳定、可靠、全时、长期通信需要。

[0043] 天链深空、地面深空两套系统需结合使用,以充分发挥天地一体化测控优势。主要结合点如下:

[0044] 1)地面控制中心可根据要求,灵活调配二者资源,制定二者有机结合的统一工作

计划；

[0045] 2)二者在地月空间航天器的共视覆盖范围内，都可以接收数据、传递至控制中心，从而实现数据接收的互为备份；向航天器发送控制信息时，可灵活在二者之间选择，增强系统工作稳健性；

[0046] 3)当仅出于天链深空的覆盖范围时，可充分发挥天链深空全时无缝覆盖的天基优势，高可靠完成地月空间航天器通信任务；

[0047] 4)天链深空在轨应用之初，需要二者的共视段落内，以地面深空系统为标尺，验证调校其通信性能；验证通过后，方可单独执行任务；长期在轨运行期间，状态发生较大变化后，仍需以地面深空系统为标尺，重新进行在轨测试，验证调校其通信性能。

[0048] 本发明具有以下优点：

[0049] 1)可靠性方面：本发明可充分弥补地面深空测控网国外建站可靠性较弱的短板，显著提高可靠性；

[0050] 2)同时多目标服务方面：本发明可充分弥补地面深空站同时服务地月空间航天器数量较少的现实，面向未来需求，显著提高地月空间航天器同时多目标服务能力；

[0051] 3)覆盖率方面：本发明中，两系统互为补充，有效提高全覆盖的健壮性和工程实现性；

[0052] 4)数传能力方面：本发明高低数传速率按需传输，更好满足各类用户的各种应用需求；

[0053] 5)实力方面：本发明中，控制中心统一调配地面深空测控网、天链中继卫星系统，可更加有效、灵活、实时地掌控地月空间航天器；

[0054] 6)实时性方面：天链中继卫星系统完全是我国的空间基础设施，由国内中心统一掌控，实时性强；

[0055] 7)本发明可进一步促进我国地基测控网、天基测控网和深空测控网的融合创新，为建设“深天地”综合测控网发挥有益作用，也可为行星际探测的其它航天器通信提供借鉴。

附图说明

[0056] 图1为当前天链星对地星间天线覆盖仿真图；

[0057] 图2为一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法流程图；

[0058] 图3为一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法三节点天链星深空/对地星间天线覆盖仿真图；

[0059] 图4为一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法四节点天链星深空星间天线覆盖仿真图；

[0060] 图5为一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法地月空间航天器微波通信链路示意图。

具体实施方式

[0061] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。

[0062] 实施例1

[0063] 如图1～5所示,一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法,包括以下步骤:

[0064] 1)确定地月空间航天器轨道。利用传统深空测控方法确定;

[0065] 2)确定天链星轨道。利用传统方法确定;

[0066] 3)形成工作计划。地面控制中心分别通过天链中继卫星系统、地面深空探测网获取天链星、地月空间航天器的轨道、姿态、终端遥测状态等相关信息,根据需要,形成任务工作计划;

[0067] 4)计划上注。地面控制中心通过天链中继卫星系统、深空探测网,将任务工作计划分别发送至天链星、地月空间航天器;

[0068] 5)捕获跟踪。天链星、地月空间航天器的星间天线分别以程序跟踪方式指向预定位置;通常地月空间航天器先发送Ka频段返向高速数据信号;天链星采取无独立信标的快速捕获方式,捕获接收地月空间航天器的返向信号,按要求进行数据转发;同时可根据要求转为自跟踪;

[0069] 6)数据传输。天链星向地月空间航天器发送Ka频段前向信号,地月空间航天器捕获接收该前向信号,可根据要求转为自跟踪;天链星、地月空间航天器稳定双向跟踪、可靠传输双向中高速数据;

[0070] 7)天线切换。随着地球自转,各节点天链星的对天大天线适时切换、接力跟踪地月空间航天器;地月空间航天器的星间载荷天线也适时切换、跟踪不同的天链星,在地面控制中心和地月空间航天器间实现双向高可靠、准全时通信。

[0071] 以上所述,仅为本发明最佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。如采用其他口径抛物面天线、相控阵天线、激光天线;又如国际月球科研站(月球基地)通过月球中继卫星接入天链中继卫星系统的间接接入方式,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

[0072] 本实施例中,天链深空采用4.2m伞状抛物面天线、地月空间航天器采用1m天线,可稳定可靠双向传输10Mb/s信息速率数据;

[0073] 图1为当前天链星对地星间天线覆盖仿真图。仿真条件:当前三个节点天链星,每颗卫星对地星间天线转动范围假定为±45°圆锥角。仿真结果:现有天链星条件下,对地月空间航天器覆盖率优于75%。需占用大量天链星系统资源,有必要在天链星上增加深空天线。

[0074] 图3为本发明三节点天链星深空/对地星间天线覆盖仿真图。仿真条件:当前三个节点天链卫星,每颗卫星对地星间天线转动范围假定为±45°圆锥角、深空星间天线转动范围假定为±60°圆锥角。仿真结果:天链星深空、对地星间天线均参加时,可完全实现全时覆盖地月空间航天器,但需占用大量服务于中低轨道航天器的天链星系统资源,有必要仅使用天链星深空天线;仅使用天链星深空天线条件下,对地月空间航天器覆盖率优于80%。

[0075] 图4为本发明四节点天链星深空天线覆盖仿真图。仿真条件:四个节点天链星(第四节点位置:东、西节点外侧的中间位置附近),每颗卫星深空星间天线转动范围假定为±60°圆锥角。仿真结果:仅用四个节点天链星的深空星间天线,可完全实现全时覆盖地月空

间航天器。

[0076] 图5为本发明地月空间航天器微波通信链路示意图。地月空间航天器利用两套并行、独立的系统与地面控制中心建立通信联结,通过天地一体化测控方式实现对地月空间航天器的测控通信。一是通过传统的地面深空测控网(深空站N个)接入地面控制中心;二是通过天链深空星间链路、星地链路、地地链路接入地面控制中心;两套系统并联工作,互为补充,可有效提高全系统工作可靠性、全时性、实时性、多目标性。

[0077] 表1为本发明天链深空星间微波链路预算表。预算条件:星间距离取45万公里;地月空间航天器星间载荷G/T值取15dB/K、EIRP值取60dBW;天链深空星间载荷G/T值取27dB/K、EIRP值取71dBW;星间传输无线信号电平损失取2.5dB;采用测量通信一体化、UQPSK调制方式,按LDPC1/2编码方式,1×10^{-7}误码率条件下解调门限$E_b/N_0\leq3.0$dB,即使考虑工程实现门限再放宽3dB,系统余量仍满足要求。该链路条件下,可稳定可靠双向传输10Mb/s信息高速率数据。

[0078] 表1天链深空星间微波链路预算表

[0079]

天链星	发信息 10Mb/s	收信息 10Mb/s
调制方式	UQPSK	UQPSK
编码方式	LDPC1/2	LDPC1/2
星间距离（Km）	450000	450000
工作频率（GHz）	Ka 频段	Ka 频段
信息速率（Mb/s）	10.0	10.0
[EIRP](dBW）	71.0	60.0
空间传播损耗(dB)	232.7	233.8
其它损耗（dB）	2.5	2.5
总的传播损耗[L](dB)	235.2	236.3
[Gr/Tr]（dB）	15.0	27.0
接收信号[Eb/N0]（dB）	9.4	9.3
Pe 为 1×10-7 时解调门	3.0	3.0

[0080]

限（dB）		
Eb/N0 设计余量（dB）	6.4	6.3

[0081] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,根据本发明的技术方案及其发明构思加以等同替换或改变,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

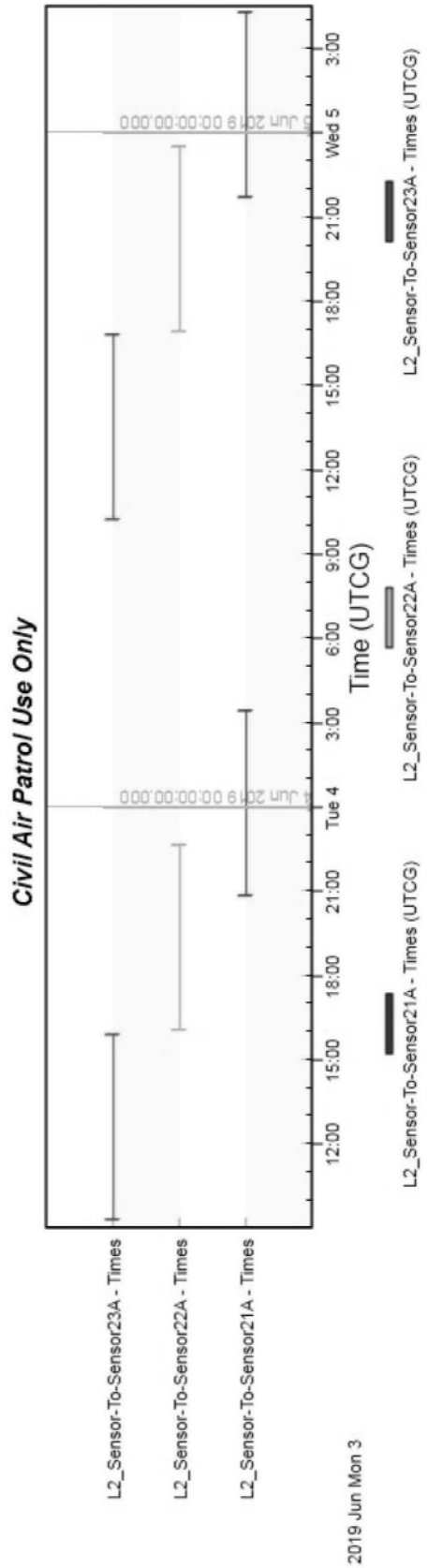

Civil Air Patrol Use Only
Time (UTCG)
12:00
15:00
18:00
21:00
Tue 4
3:00
6:00
9:00
12:00
15:00
18:00
21:00
Wed 5
3:00
L2_Sensor-To-Sensor21A - Times (UTCG)
L2_Sensor-To-Sensor22A - Times (UTCG)
L2_Sensor-To-Sensor23A - Times (UTCG)
L2_Sensor-To-Sensor21A - Times
L2_Sensor-To-Sensor22A - Times
L2_Sensor-To-Sensor23A - Times
2019 Jun Mon 3

图1

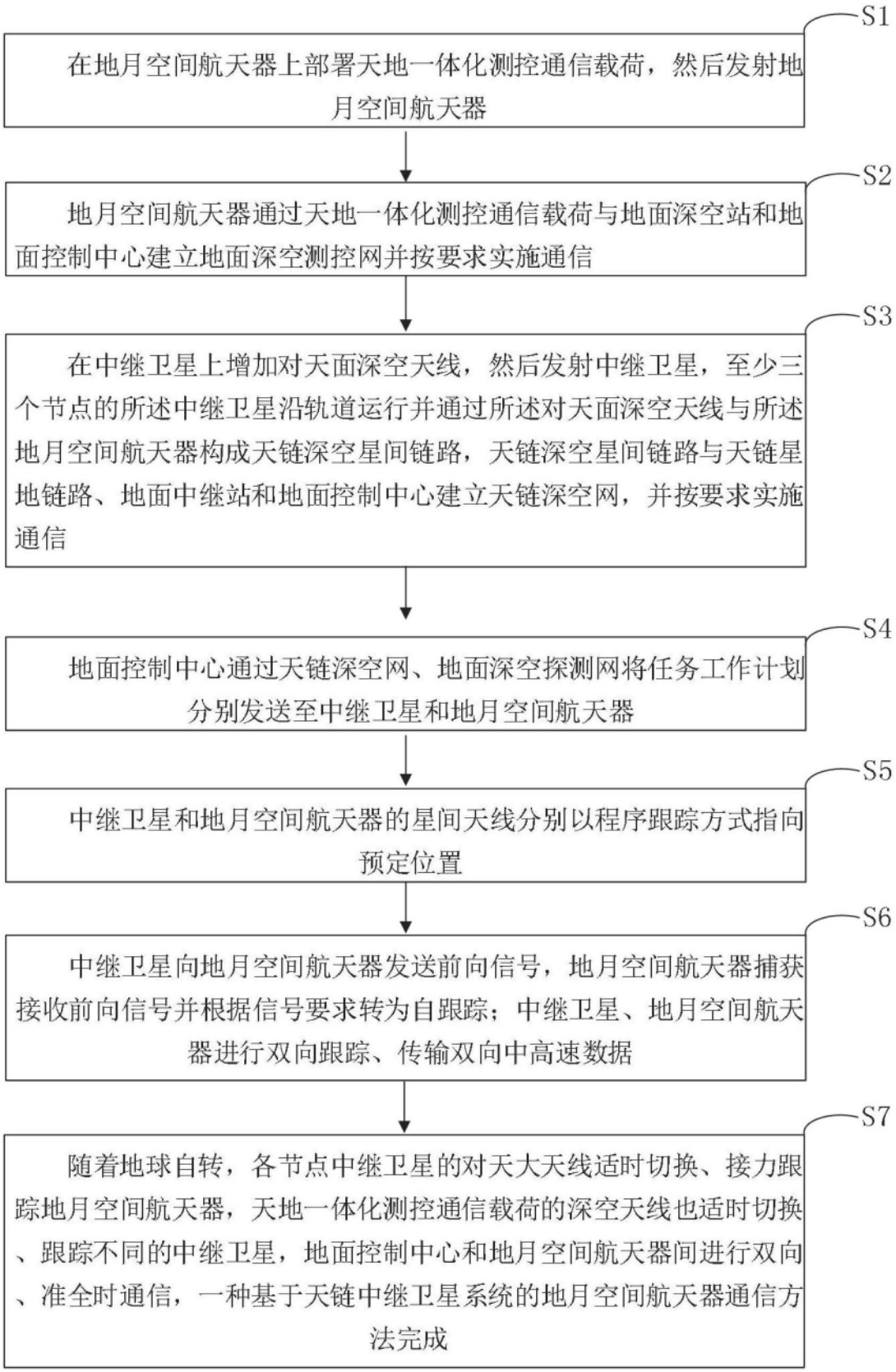

S1
在地月空间航天器上部署天地一体化测控通信载荷，然后发射地月空间航天器
S2
地月空间航天器通过天地一体化测控通信载荷与地面深空站和地面控制中心建立地面深空测控网并按要求实施通信
S3
在中继卫星上增加对天面深空天线，然后发射中继卫星，至少三个节点的所述中继卫星沿轨道运行并通过所述对天面深空天线与所述地月空间航天器构成天链深空星间链路，天链深空星间链路与天链星地链路、地面中继站和地面控制中心建立天链深空网，并按要求实施通信
S4
地面控制中心通过天链深空网、地面深空探测网将任务工作计划分别发送至中继卫星和地月空间航天器
S5
中继卫星和地月空间航天器的星间天线分别以程序跟踪方式指向预定位置
S6
中继卫星向地月空间航天器发送前向信号，地月空间航天器捕获接收前向信号并根据信号要求转为自跟踪；中继卫星、地月空间航天器进行双向跟踪、传输双向中高速数据
S7
随着地球自转，各节点中继卫星的对天大天线适时切换、接力跟踪地月空间航天器，天地一体化测控通信载荷的深空天线也适时切换、跟踪不同的中继卫星，地面控制中心和地月空间航天器间进行双向、准全时通信，一种基于天链中继卫星系统的地月空间航天器通信方法完成

图2

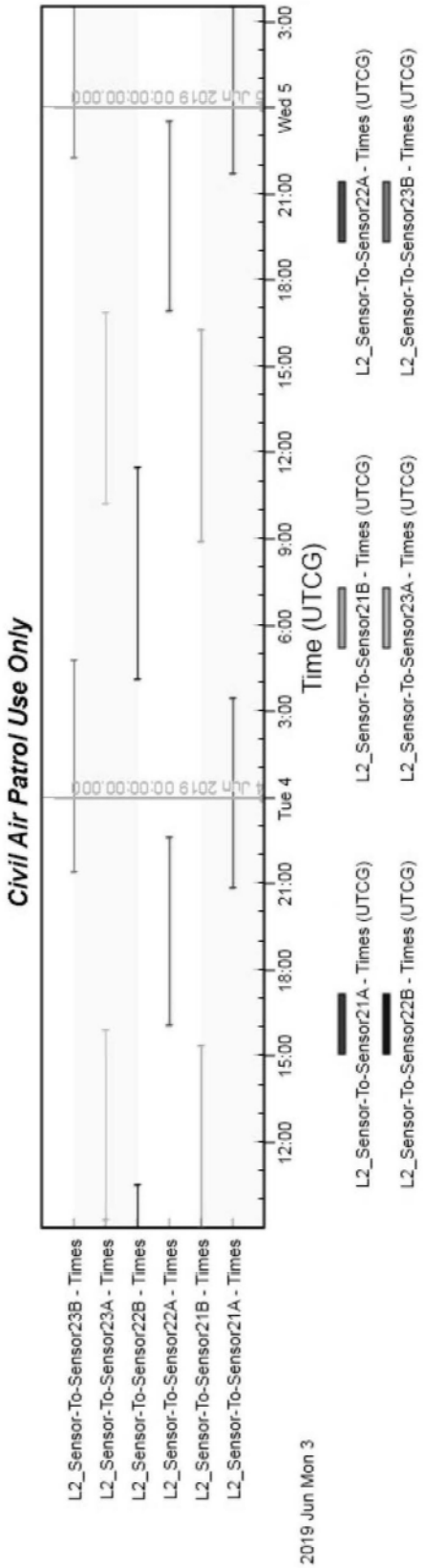

Civil Air Patrol Use Only
Time (UTCG)
2019 Jun Mon 3
Tue 4
Wed 5
12:00
15:00
18:00
21:00
3:00
6:00
9:00
12:00
15:00
18:00
21:00
3:00
L2_Sensor-To-Sensor21A - Times
L2_Sensor-To-Sensor22B - Times
L2_Sensor-To-Sensor21B - Times
L2_Sensor-To-Sensor22A - Times
L2_Sensor-To-Sensor23A - Times
L2_Sensor-To-Sensor23B - Times
L2_Sensor-To-Sensor21A - Times (UTCG)
L2_Sensor-To-Sensor22B - Times (UTCG)
L2_Sensor-To-Sensor21B - Times (UTCG)
L2_Sensor-To-Sensor22A - Times (UTCG)
L2_Sensor-To-Sensor23A - Times (UTCG)
L2_Sensor-To-Sensor23B - Times (UTCG)

图3

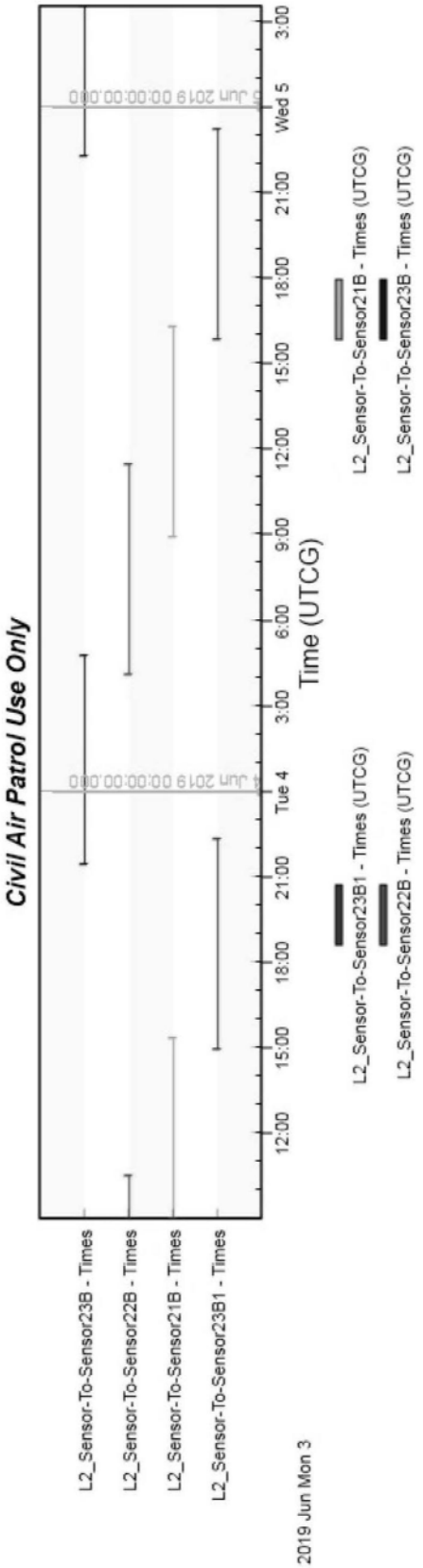

Civil Air Patrol Use Only
Time (UTCG)
12:00
15:00
18:00
21:00
Tue 4
3:00
6:00
9:00
12:00
15:00
18:00
21:00
Wed 5
3:00
4 Jun 2019 00:00:00.000
5 Jun 2019 00:00:00.000
L2_Sensor-To-Sensor23B - Times
L2_Sensor-To-Sensor22B - Times
L2_Sensor-To-Sensor21B - Times
L2_Sensor-To-Sensor23B1 - Times
2019 Jun Mon 3
L2_Sensor-To-Sensor23B1 - Times (UTCG)
L2_Sensor-To-Sensor22B - Times (UTCG)
L2_Sensor-To-Sensor21B - Times (UTCG)
L2_Sensor-To-Sensor23B - Times (UTCG)

图4

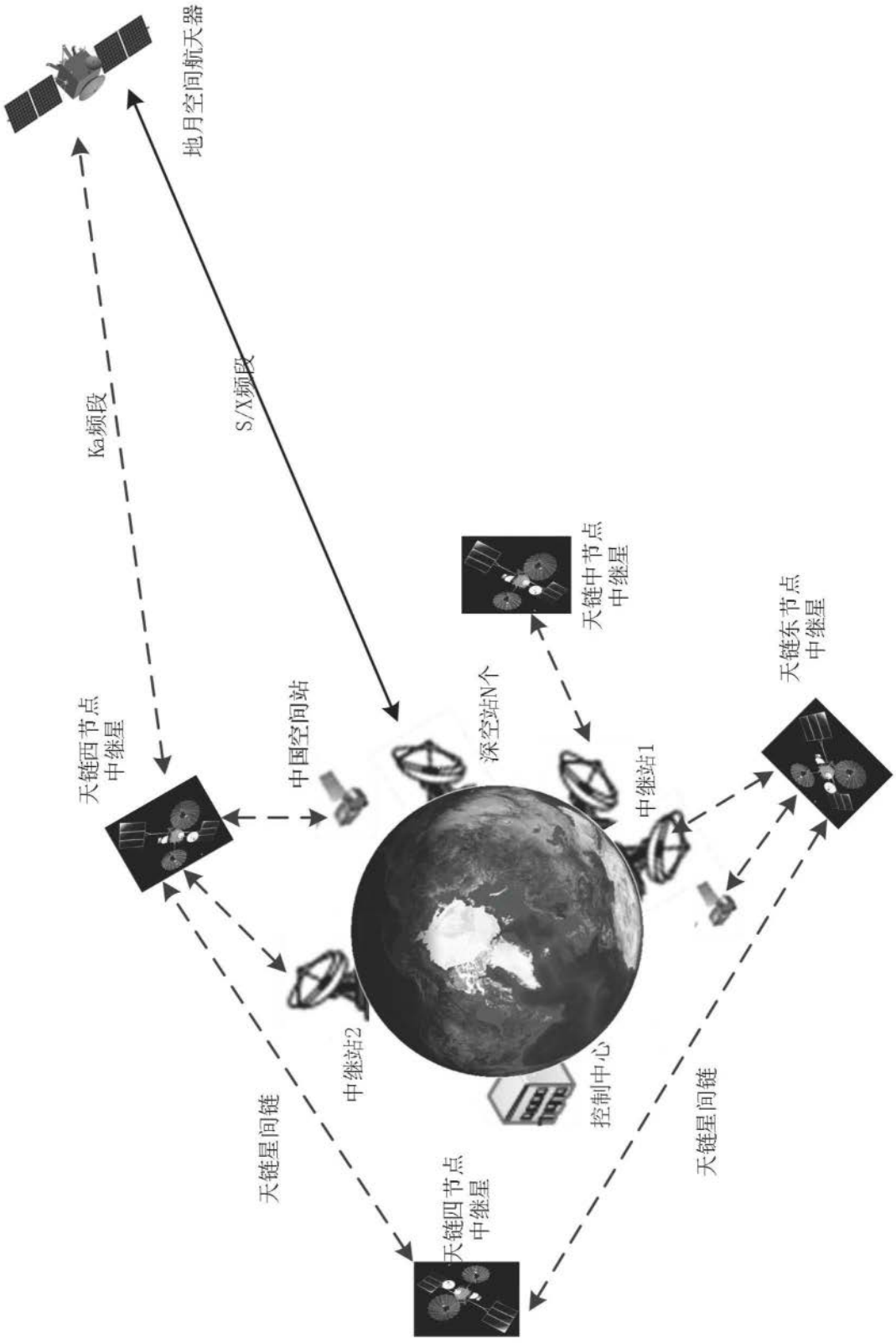

地月空间航天器
Ka频段
S/X频段
天链西节点
中继星
中国空间站
深空站N个
天链中节点
中继星
天链东节点
中继星
中继站1
中继站2
控制中心
天链星间链
天链星间链
天链四节点
中继星

图5