



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113985906 A

(43) 申请公布日 2022. 01. 28

(21) 申请号 202111260135.8

(22) 申请日 2021.10.28

(71) 申请人 上海航天测控通信研究所
地址 201109 上海市闵行区中春路1777号

(72) 发明人 曾媛 陈俊 陆文斌 周昊苏
李义龙

(74) 专利代理机构 上海汉声知识产权代理有限公司 31236

代理人 胡晶

(51) Int. Cl.
G05D 1/08 (2006.01)

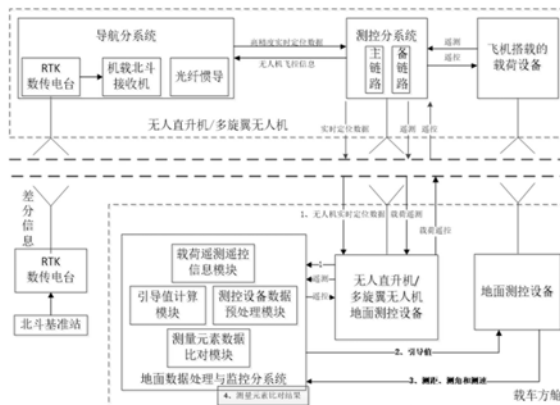
权利要求书2页 说明书10页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于无人机平台的车载机动式标校系统及方法

(57) 摘要

本发明公开基于无人机平台的车载机动式标校系统,用于搭载机载任务载荷分系统的无人机平台,使用GNSS差分定位系统可获取高精度定位数据。用于无人机飞行控制以及任务载荷遥测遥控信息传输的无人机测控分系统。用于配合地面测控设备得到无人机位置的机载任务载荷分系统。用于进行零值标定和精度鉴定的数据处理与监控分系统。用于提供无人机平台、无人机测控分系统、机载任务载荷分系统和数据处理与监控分系统的承载载体车分系统。针对不同飞机平台和各种任务载荷统一接口设计,简便快捷、覆盖全面,实现地面设备精度鉴定的常态化。实时载波相位差分定位,满足地面各类设备精度鉴定要求,实时自动化测量以及事后更高精度鉴定结果,使用简单易操作。



1. 一种基于无人机平台的车载机动式标校系统,其特征在于,包括:

无人机分系统、机载任务载荷分系统、数据处理与监控分系统和载车分系统;

所述无人机分系统包括无人机平台和无人机测控分系统,所述无人机平台用于搭载所述机载任务载荷分系统,通过采用实时载波相位差分定位技术获取高精度定位数据,所述无人机测控分系统用于实现所述无人机平台及所述机载任务载荷的遥控遥测信息传输;

所述机载任务载荷分系统用于配合待校准的地面测控设备测量无人机位置信息得到地面测量数据;

所述数据处理与监控分系统用于分别接收所述高精度定位数据和地面测控设备的测量数据,通过数据统计比对,对地面测控设备进行零值标定、精度鉴定以及动态性能检测;

所述载车分系统用于提供所述无人机分系统、所述机载任务载荷分系统和所述数据处理与监控分系统的承载体。

2. 根据权利要求1所述的基于无人机平台的车载机动式标校系统,其特征在于,所述无人机平台包括无人直升机平台和多旋翼无人机平台;所述无人机测控分系统包括无人直升机测控分系统和多旋翼无人机测控分系统,所述无人机测控分系统的选择与所述无人机平台的选择相对应;

根据待校准的地面测控设备选择所述无人直升机平台或所述多旋翼无人机平台。

3. 根据权利要求1所述的基于无人机平台的车载机动式标校系统,其特征在于,所述机载任务载荷分系统包括测控通信载荷、雷达载荷和光电载荷;

所述测控通信载荷包括3台测控应答机,覆盖S、C、X和Ka频段,任意一台所述测控通信载荷单机集成了应答机、校零变频器以及信标机三种功能,同时任意一台单机集成包括标准TT&C、相干扩频、非相干扩频、测控数传一体化、高低速数传、PCM-FM、扩跳频测控多种体制,用于根据各类地面测控设备需求实现若干种工作模式;

所述雷达载荷包括雷达脉冲应答机和雷达目标模拟器,用于配合地面雷达设备测量所述无人机搭载的雷达载荷位置;

所述光电载荷包括具备长波红外、中波红外、短波红、可见光光源和紫外波段光源模拟功能的光学信号模拟源,所述光电载荷可以远程实现改变光谱段和功率,配合地面望远镜用于其跟踪测试。

4. 根据权利要求1所述的基于无人机平台的车载机动式标校系统,其特征在于,数据处理与监控分系统包括数据处理模块和监控模块;

所述数据处理模块,用于将无人机传输过来的所述高精度定位数据与待校准的地面测控设备的地面测量数据进行数据预处理,继而统计比对,针对待校准的地面测控设备进行零值标定、精度鉴定或者动态性能检测;

所述监控模块用于对所述机载任务载荷的工作模式和对应的参数、状态进行控制和监视,同时对所述无人机分系统以及所述数据处理与监控分系统进行监控;

所述数据处理与监控分系统用于实现待校准的地面统一测控设备、地面雷达设备以及地面光电设备的零值标定、测量元素精度鉴定以及动态性能测试功能,并将上述功能集成统一界面,具备参数监视、试验参数实时显示、数据自动化处理及分析、试验结果自动评估等功能,并能够与待校准的地面测控设备的交换中心以及地面控制站进行信息交互。

5. 根据权利要求1所述的基于无人机平台的车载机动式标校系统,其特征在于,所述载

车分系统包括载车、方舱和供电设备；

所述方舱用于提供所述无人机分系统、所述机载任务载荷分系统和所述数据处理与监控分系统的承载体；

所述载车用于使所述车载机动式标校系统转场与运输；

所述供电设备用于使所述车载机动式标校系统提供电力支持。

6. 一种基于无人机平台的车载机动式标校方法,应用如权利要求1至5任意一项所述的基于无人机平台的车载机动式标校系统,其特征在于,能实现对地面各测控设备进行零值标定,包括如下步骤

S1:根据待校准的地面测控设备,选择无人机类型,以及设置于所述无人机上的载荷和相对应的工作模式；

S2:建立无人机载体坐标系,在所述无人机载体坐标系下确定所述载荷位置；

S3:设置北斗基准站于高程点,并获取所述高程点的位置信息；

S4:沿预设航路飞行,通过机载北斗接收机接收所述北斗基准站的差分信息并进行实时载波相位差分定位获得无人机位置信息,同时通过光纤惯导获得无人机姿态角；

S5:基于所述无人机位置信息、所述无人机姿态角、机载载荷位置信息、地面测控站位置信息等,得到测站系下的机载载荷的位置信息,定义为引导值；

S6:待校准的地面测控设备基于所述引导值对无人机机载任务载荷进行捕获和追踪,从而得到测距、测角和测速等各所述地面测量数据；

S7:将所述引导值和所述地面测量数据进行比对计算,得到待校准的地面测控设备的距离零值、方位角零值和俯仰角零值。

7. 根据权利要求6所述的基于无人机平台的车载机动式标校方法,其特征在于,还包括步骤S8

S8:将所述机载北斗接收机和所述北斗基准站的原始测量数据进行解算,得到无人机的更高精度位置信息,基于所述更高精度位置信息和所述地面测量数据进行比对计算,得到高精度的待校准的地面测控设备的所述距离零值、所述方位角零值和所述俯仰角零值。

8. 根据权利要求5所述的基于无人机平台的车载机动式标校方法,其特征在于,所述步骤S6后还包括以下步骤

S9:基于所述引导值和所述地面测量数据进行时间对齐并进行比对,得到待校准的地面测控设备的随机误差、系统误差和总误差；

S10:将所述机载北斗接收机和所述北斗基准站的原始测量数据进行解算,得到无人机的更高精度位置信息,基于所述高精度位置信息和所述地面测量数据进行比对,得到高精度的待校准的地面测控设备的所述随机误差、所述系统误差和所述总误差。

一种基于无人机平台的车载机动式标校系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于航天测控设备精度检测领域,尤其涉及一种基于无人机平台的车载机动式标校系统及方法。

背景技术

[0002] 新研制或经改造的航天测控设备在投入试验任务前,能否达到航天测控应用要求是首要问题,因此,要经过调试、联调和对接,然后进行静态指标测试,零值和其它系统误差的标定、校准、调试工作。这时,该测控设备已基本具备了对目标跟踪测量的条件,但还不能直接用来执行测控任务,因为设备的动态跟踪性能,设备测量元素达到的精度还没有得到验证。因此必须对这些设备进行标校,以考核设备的技术性能,分析和鉴定它们是否满足测量精度设计指标,以找出影响测控设备误差的原因。

[0003] 航天测控设备的精度鉴定,是确保和提高航天器轨道测量精度的基础,对航天试验具有重要的作用和意义。传统的精度鉴定方法一般采用有塔标校,有塔标校是指利用经过精确大地测量的标校塔进行标校,通过在标校塔上架设标校设备,测控设备天线对准塔上标校设备的方式进行标校。这种方法受制于工程基建建设,即使满足远场条件,但仰角较低,容易受周边环境干扰,造成标校误差。另一类常用方法是无塔标校方法,无塔标校是不利用标校塔完成各设备标校的方法,一般有采用天线副面架设标校设备、射电星、卫星等方式实现。使用标校卫星需要发射标校卫星,同时保证该标校卫星能精确提供其在空间运行轨道或状态参数能力,且成本较高。无塔标校法另一种使用最多的方法是以飞机为跟踪测控目标的鉴定方法,简称飞机校飞。飞机校飞就是用飞机携带合作目标,按照预先设计的航路飞行,利用一种比测控设备精度更高的定位系统作为比较标准,与被鉴定的测控设备同时跟踪飞机,按照被鉴定测控设备的测量元素比较两者测量结果,同时,通过对被鉴定设备跟踪参数的分析及测量元素的数据处理,评价其动态跟踪性能和测量精度。利用大型飞机校飞的方法存在试验任务周期长,人力和物力耗费大,组织实施复杂等问题,因此,目前很少使用飞机校飞作为航天测控设备经常性的测量精度鉴定方法。

发明内容

[0004] 本发明的技术目的是提供一种基于无人机平台的车载机动式标校系统及方法,以解决测控设备精度鉴定复杂以及使用场景存在局限性的技术问题。

[0005] 为解决上述问题,本发明的技术方案为:一种基于无人机平台的车载机动式标校系统包括:

[0006] 无人机分系统、机载任务载荷分系统、数据处理与监控分系统和载车分系统。

[0007] 无人机分系统包括无人机平台和无人机测控分系统,无人机平台用于搭载机载任务载荷分系统,通过采用实时载波相位差分定位技术获取高精度定位数据,无人机测控分系统用于实现无人机平台及机载任务载荷的遥控遥测信息传输。

[0008] 机载任务载荷分系统用于配合待校准的地面测控设备测量无人机位置信息得到

地面测量数据。

[0009] 数据处理与监控分系统用于分别接收高精度定位数据和地面测控设备的地面测量数据,通过数据统计比对,对地面测控设备进行零值标定、精度鉴定以及动态性能检测。

[0010] 载车分系统用于提供无人机分系统、机载任务载荷分系统和数据处理与监控分系统的承载体。

[0011] 具体地,无人机平台包括无人直升机平台和多旋翼无人机平台。无人机测控分系统包括无人直升机测控分系统和多旋翼无人机测控分系统,无人机测控分系统的选择与无人机平台的选择相对应。

[0012] 根据待校准的地面测控设备选择无人直升机平台或多旋翼无人机平台。

[0013] 其中,机载任务载荷分系统包括测控通信载荷、雷达载荷和光电载荷。

[0014] 测控通信载荷包括3台测控应答机,覆盖S、C、X和Ka频段,任意一台测控通信载荷的单机集成了应答机、校零变频器以及信标机三种功能,同时任意一台单机集成包括标准TT&C、相干扩频、非相干扩频、测控数传一体化、高低速数传、PCM-FM、扩跳频测控多种体制,用于根据各类地面测控设备需求实现若干种工作模式。

[0015] 雷达载荷包括雷达脉冲应答机和雷达目标模拟器,用于配合地面雷达设备测量无人机搭载的雷达载荷位置。

[0016] 光电载荷包括具备长波红外、中波红外、短波红、可见光光源和紫外波段光源模拟功能的光学信号模拟源,光电载荷可以远程实现改变光谱段和功率,配合地面望远镜用于其跟踪测试。

[0017] 具体地,数据处理与监控分系统包括数据处理模块和监控模块。

[0018] 数据处理模块,用于将无人机传输过来的高精度定位数据与待校准的地面测控设备的地面测量数据进行数据预处理,继而统计比对,针对待校准的地面测控设备进行零值标定、精度鉴定或者动态性能检测。

[0019] 监控模块用于对机载任务载荷的工作模式和对应的参数、状态进行控制和监视,同时对无人机分系统以及数据处理与监控分系统进行监控。

[0020] 数据处理与监控分系统实现待校准的地面统一测控设备、地面雷达设备以及地面光电设备的零值标定、测量元素精度鉴定以及动态性能测试等功能,并将上述功能集成统一界面,具备参数监视、试验参数实时显示、数据自动化处理及分析、试验结果自动评估等功能,并能够与待校准的地面测控设备的交换中心以及地面控制站进行信息交互。

[0021] 具体地,载车分系统包括载车、方舱和供电设备。

[0022] 方舱用于提供无人机分系统、机载任务载荷分系统和数据处理与监控分系统的承载体。

[0023] 载车用于使车载机动式标校系统转场与运输。

[0024] 供电设备用于使车载机动式标校系统提供电力支持。

[0025] 一种基于无人机平台的车载机动式标校方法,应用如上述任意一项的基于无人机平台的车载机动式标校系统,能实现对地面各测控设备进行零值标定,包括如下步骤

[0026] S1:根据待校准的地面测控设备,选择无人机类型,以及设置于无人机上的载荷和相对应的工作模式。

[0027] S2:建立无人机载体坐标系,在无人机载体坐标系下确定载荷位置。

- [0028] S3:设置北斗基准站于高程点,并获取高程点的位置信息。
- [0029] S4:沿预设航路飞行,通过机载北斗接收机接收北斗基准站的差分信息并进行实时载波相位差分定位获得无人机位置信息,同时通过光纤惯导获得无人机姿态角。
- [0030] S5:基于无人机位置信息、无人机姿态角、机载载荷位置信息、地面测控站位置信息等,得到测站系下的机载载荷的位置信息,定义为引导值。
- [0031] S6:待校准的地面测控设备基于引导值对无人机机载任务载荷进行捕获和追踪,从而得到测距、测角和测速等各地面测量数据。
- [0032] S7:将引导值和地面测量数据进行比对计算,得到待校准的地面测控设备的距离零值、方位角零值和俯仰角零值。
- [0033] 进一步优选地,还包括步骤S8
- [0034] S8:将机载北斗接收机和北斗基准站的原始测量数据进行解算,得到无人机的更高精度位置信息,基于更高精度位置信息和地面测量数据进行比对计算,得到高精度的待校准的地面测控设备的距离零值、方位角零值和俯仰角零值。
- [0035] 进一步优选地,步骤S6后还包括以下步骤
- [0036] S9:基于引导值和地面测量数据进行时间对齐并进行比对,得到待校准的地面测控设备的随机误差、系统误差和总误差。
- [0037] S10:将机载北斗接收机和北斗基准站的原始测量数据进行解算,得到无人机的更高精度位置信息,基于高精度位置信息和地面测量数据进行比对,得到高精度的待校准的地面测控设备的随机误差、系统误差和总误差。
- [0038] 本发明由于采用以上技术方案,使其与现有技术相比具有以下优点和积极效果:
- [0039] (1)本发明中包括测控通信设备、雷达设备和光电设备等,针对不同飞机平台和各种任务载荷统一接口设计,并配置各种工作模式和任务载荷搭载模式,具有简便快捷、覆盖全面等优点,为地面各类设备标校提供了有力保障,可实现地面设备精度鉴定的常态化;
- [0040] (2)本发明中使用了实时载波相位差分定位,并通过数据处理获得更高精度的无人机位置信息,具有较高的测量精度,满足地面各类设备精度鉴定要求;
- [0041] (3)本发明能根据地面设备类型遍历并固化所有工作模式,根据精度鉴定原理,通过数据处理软件针对地面设备测量元素进行数据预处理,使用定位系统中的高精度软件对GNSS定位数据进行数据预处理,然后进行坐标转换和跟踪位置不一致修正后实现各测量元素精度鉴定,实现了实时自动化测量以及事后更高精度鉴定结果,无需相关背景专业人士也可以完成计算工作以及精度鉴定结果处理,并生成报告。

附图说明

- [0042] 通过阅读下文优选实施方式的详细描述,各种其他的优点和益处对于本领域普通技术人员将变得清楚明了。附图仅用于示出优选实施方式的目的,而并不认为是对本发明的限制。
- [0043] 图1为本发明的一种数据处理与监控软件框图示意图;
- [0044] 图2为本发明的一种基于无人机平台的车载机动式标校系统的流程框图;
- [0045] 图3为本发明的一种基于无人机平台的车载机动式标校系统的数据处理流程框

图；

[0046] 图4为本发明的一种基于无人机平台的车载机动式标校系统的组成框图。

具体实施方式

[0047] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对附图说明本发明的具体实施方式。显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图，并获得其他的实施方式。

[0048] 为使图面简洁，各图中只示意性地表示出了与本发明相关的部分，它们并不代表其作为产品的实际结构。另外，以使图面简洁便于理解，在有些图中具有相同结构或功能的部件，仅示意性地绘示了其中的一个，或仅标出了其中的一个。在本文中，“一个”不仅表示“仅此一个”，也可以表示“多于一个”的情形。

[0049] 以下结合附图和具体实施例对本发明提出的一种一种基于无人机平台的车载机动式标校系统及方法作进一步详细说明。根据下面说明和权利要求书，本发明的优点和特征将更清楚。

[0050] 实施例1

[0051] 参看图1，本实施例提供一种基于无人机平台的车载机动式标校系统，针对新建的地面各类测控系统或者经改造的地面各类测控系统进行零值标定和精度鉴定，确定该测控系统测距和测角零值，以及确定该测控设备测距、测速和测角精度，本实施不仅针对地面测控通信系统进行零值标定和精度鉴定，也能对地面雷达系统和光学设备进行零值标定和精度鉴定。同时，本实施例能根据地面各设备需求在无人机平台上搭载合作载荷，根据要求进行飞行，从而检验地面各设备动态性能指标。本实施例不仅使用方便，试验任务周期短，组织实施简单易行，且功能全面包括。

[0052] 参看图1，具体地，在本实施例中，由无人机分系统、机载任务载荷分系统、数据处理与监控分系统和载车分系统组成，现对各分系统进行详细说明。

[0053] 首先是，无人机分系统包括无人机平台和无人机测控分系统，无人机平台又可分为无人直升机平台和多旋翼无人机平台，相对应的无人机测控分系统也可以分为无人直升机测控分系统和多旋翼无人机测控分系统。从硬件层面来说无人直升机平台为无人直升机及其搭载的相关存储和实施软件的介质，多旋翼无人机平台为多旋翼无人机及其搭载的相关存储和实施软件的介质。从软件层面来说，两者的介质内部均设置相对应的定位软件，即集成了使用GPS、GLONASS、BDS和Galileo多系统多频点全球导航定位系统GNSS，还具有实时载波相位差分定位(RTK)。无人直升机和多旋翼无人机可通过光纤惯导和集成的GNSS、RTK获得无人机高精度定位信息。

[0054] 其实现原理如下，在对无人机进行高精度定位前需要在地面的高程点放置基准站(北斗基准站)，无人机的机载北斗接收机接收该基准站的差分信息，进行实时载波相位差分定位，获得无人机高精度定位信息，同时，通过光纤惯导获取无人机姿态角。

[0055] 现对无人机平台的选择进行说明，多旋翼无人机为小型无人机，其载重最大为20Kg，续航时间在30分钟左右。相较之下，无人直升机为大型无人机，其最大载重可达50Kg以上，且续航时间超过5小时。当机载的载荷种类多、频段多，为了保证试验遍历、简单，优化

系统应用模式,结合搭载的载荷特点,使用载重和续航时间长的无人直升机可同时挂载多种载荷,固定挂载模式和工作模式,根据地面测控设备(即待校准的测控设备)状态,通过地面端数据处理与监控软件遥控切换对应的工作载荷以及载荷的工作体制、功能、频段和其它参数等,从而使得无人直升机飞行一次航程中完成多种试验,起到优化系统试验设计。

[0056] 根据小型多旋翼无人机小巧和方便展开使用等特点,适用于不同任务载荷统一设计连接件和快拆固定模块,同时任务载荷高度集成化、小型化和低功耗化,结合任务载荷特点,多旋翼无人机可同时挂载两台任务载荷单机,固定挂载模式和工作模式,根据地面测控设备更换任务载荷,其安装和拆卸使用简单易行的插拔方式,能方便迅速展开各项试验。

[0057] 由于两种无人机测控分系统本质相同,因此只需进行概括说明即可。无人机测控分系统包括地面控制站、机载测控链路和便携式测控站。

[0058] 地面控制站包括无人机测控单元和地面链路单元,主要用于实现无人机平台和机载任务载荷分系统测控数据的处理与分发。地面控制站设置于载车的方舱内,因此无人机测控分系统可理解为连通无人机分系统与载车中地面数据处理与监控分系统。

[0059] 机载测控链路由L+U频段主备测控链路组成,用于配合地面控制站实现对无人机平台和机载任务载荷分系统的遥测和遥控。上述的地面链路单元也可以算作机载测控链路中的一路。

[0060] 便携式测控站包括便携式工控机、无人机测控设备及链路设备组成,主要用于无人机的日常训练、状态检测,以及在地面测控站难以到达的区域执行短距离无人机飞行任务。

[0061] 在本实施例中,机载任务载荷分系统用于配合待校准的地面测控设备测量无人机机载任务载荷位置信息得到地面测量数据。其包括测控通信载荷、雷达载荷和光电载荷等多种模拟载荷,作为地面的统一测控设备、地面雷达设备以及地面光电设备的合作目标配合地面测控设备测量无人机机载任务载荷位置信息以进行零值标定和精度鉴定。由于载荷种类多,且同种类载荷有多台单机,同时需要在多旋翼无人机或无人直升机两个平台上挂载,从整系统接口统一设计出发,本实施例对各载荷单机接口进行优化设计,实现同类载荷在不同飞机平台上统一电源接口、数据接口以及机械接口,优化通信协议设计,优化系统总体设计,统一软件和界面设计,在搭载和操作上简单,便捷、可靠。

[0062] 具体地测控通信载荷采用多体制、多功能和多频段集成设计,满足单机小型化和低功耗的要求。测控通信载荷一台单机内集成多个功能,包括应答机、校零变频器和信标机等功能,支持校飞试验前和校飞试验过程中通过数据处理与监控软件(数据处理与监控分系统中)的界面进行指令切换。同时,测控通信载荷一台单机内集成多个体制,包括标准TT&C、相干扩频、非相干扩频、测控数传一体化、高低速数传、PCM-FM、扩跳频测控,支持校飞试验前和校飞试验过程中通过数据处理与监控软件的界面进行指令切换。本实施例中,测控通信载荷设计了3台标校应答机,覆盖S、C、X和Ka频段,根据地面测控设备要求支持13个要求的收发频段。测控通信载荷的单机安装接口设计一致,单机和天线安装接口设计一致,可降低系统操作难度,同时提高后续模式的扩展性。测控通信载荷分系统通过集成化设计,三台单机根据地面测控设备的需求遍历实现几十种工作模式,满足目前地面各类测控设备在不同体制下零值标定和鉴定试验需求。

[0063] 雷达载荷包括雷达脉冲应答机和雷达目标模拟器,作为配合地面雷达设备工作的

合作目标。在本实施例中,需要对雷达载荷单机安装接口以及天线安装接口设计优化,和整系统接口统一设计考虑,以此降低系统操作难度。

[0064] 光电载荷能模拟长波红外、中波红外、短波红外可见光及紫外波段光源的功能,并能够实现在线改变发光谱段和功率,结合无人机提供一个位置准确的明亮可捕获目标用于望远镜的跟踪测试,以及包括能记录试验实况景象的摄像机,对单机设计中单机安装接口优化,和整系统接口统一设计,以此降低系统操作难度。

[0065] 参看图1和图2,数据处理与监控分系统用于分别接收高精度定位数据和地面测量数据,通过数据比对进行零值标定和精度鉴定。从硬件上来说,本分系统由工控机和交换机组成,从软件层面来说通过数据处理与监控软件实现。该软件包括客户端和服务端,服务端与地面各测控设备的数据交换中心、无人机的地面控制站相连,并相互交互数据。客户端又可分为车载客户端和远程客户端,车载客户端部署在载车分系统的计算机中,远程客户端部署在监控大厅,同时连接到该软件的服务端。车载客户端和远程客户端具有相同的功能,但只有一端具有控制权限,车载端具有主控权限,可以通过权限切换将控制权限移交至远程客户端。

[0066] 该软件对无人机以及无人机上的载荷回送的测试数据进行综合数据处理,完成测量任务规划,实时监测各节点工作状态。标校时,基于高精度定位数据和地面被鉴定测控设备的测量数据进行比对处理,给出被鉴定的测控通信设备、雷达设备、光学设备等的鉴定结果。将距离零值标定、测量元素精度鉴定值以及各设备动态性能指标测试集成于同一界面,具备参数监视、试验参数实时显示、数据自动处理及分析、试验结果自动评估等功能。其中,数据处理与监控分系统中主要监控对载荷的工作模式、频率、码参数、加去调、衰减等控制和状态监视,也可以对各系统之间或内部的数据链路、地面控制站等进行监控。此外,还能在综合显示试验过程中的飞行、周边实时视频影像以及试验进展情况,将上述信息回传后方监控大厅,形成最终的试验评估报告。

[0067] 载车分系统包括载车、方舱和供电设备(油机)等,载车主要功能是提供本实施的统一承载体,方便整体的转场和运输,方舱则承载数据处理与监控分系统的工控机和交换机等硬件,承载无人直升机平台、无人直升机测控分系统、多旋翼无人机平台和多旋翼无人机测控分系统,承载机载任务载荷分系统中各单机等。

[0068] 从整体上来看,本实施例利用无人机平台搭载小型化的测控通信载荷、雷达载荷、光电载荷等模拟设备和GNSS-RTK测量设备,以无人机作为跟踪目标,按预先设计航路飞行,被鉴定地面测控设备跟踪无人机获得各测量元素:距离(R)、方位角(A)、俯仰角(E)、运动速度(V)。同时,将一台GNSS差分基准站架设在大地高程控制点,利用差分基准站和无人机上RTK设备精确地测量出无人机的位置、速度数据作为标准,经无人机测控链路下发至载车上的数据处理与监控分系统,进行数据记录、目标航迹监控显示和位置实时引导。

[0069] 任务中和任务后,基准站和RTK测量数据经误差修正、平滑和坐标变换等数据预处理,转换成对被鉴定地面测控设备坐标系下的距离、方位角和俯仰角、运动速度,即能作为引导值引导地面被鉴定地面测控设备跟上无人机,并作为相对真值,在时间序列上与测控设备跟踪无人机获得测量数据进行差分比对,并估计出测量数据的统计误差,以此估算地面测控装备的测量精度。

[0070] 该标校系统可以针对地面测控通信设备、雷达设备以及光电设备进行各设备零值

标定试验,各设备测量元素精度鉴定试验以及针对各设备需求完成动态性能检测试验,系统覆盖全面,且操作简单易实施,同时,整系统各硬件平台和接口实现统一集成化设计,整系统具备可移动式特点。

[0071] 实施例2

[0072] 参看图2,本实施例提供一种基于实施例1的基于无人机平台的车载机动式标校方法,该装置采用如实施例1中任意一项要求的基于无人机平台的车载机动式标校系统。

[0073] 一种基于无人机平台的车载机动式标校方法,包括如下步骤

[0074] 在步骤S1为准备阶段,基于地面需要标定或精度鉴定的测控设备确定无人机飞行轨迹以及需要搭载的载荷和工作模式,飞行轨迹具体基于地面测控设备性能确定,比如跟踪俯仰角、天线波束角等。如果是针对测控设备进行零值标定试验则选择应答机校零变频器模式,并选择合适的无人机类型。

[0075] 接着,在步骤S2中,建立无人机载体坐标系,在无人机载体坐标系下确定载荷位置,该位置信息使用WGS-84坐标系。还需要检查各载荷和载车方舱内设备通电情况。

[0076] 然后,在步骤S3中,将北斗基准设在高程点,同时,获取高程点的精确位置信息。在数据处理与监控软件软件界面输入系统参数,包括如下:地面被标校设备站址、任务载荷发射天线在飞机载体坐标系下的坐标、气象参数、地面被标校设备误差修正参数等。

[0077] 步骤S4开始试验,使无人机沿预设航路飞行,通过机载北斗接收机接收北斗基准站发送的差分信息并进行实时载波相位差分定位获得无人机位置信息,同时通过光纤惯导获得无人机姿态角。其位置信息和姿态角为WGS-84坐标系下无人机北斗天线实时的经纬高、偏航角、俯仰角和滚动角。

[0078] 进而在步骤S5中,数据处理与监控软件基于无人机位置信息和无人机姿态角以及步骤S3设置的参数,针对机载北斗实时定位数据进行坐标转换和跟踪点不一致修正,转换为以地面测控设备为中心的测量坐标系下的距离、方位角、俯仰角和速度,将该信息定义为引导值,同时,发送引导值至地面测控设备,引导地面设备对无人机搭载载荷进行捕获跟踪。

[0079] 具体地,由于无人机实时下传的定位信息是北斗接收机的位置,而地面测控设备测量的是其合目标任务载荷天线位置,两者测量的不是空间同一点的位置和速度,因此需要进行跟踪目标位置不一致修正,将两者统一到同一坐标系下。首先,将无人机搭载的任务载荷在飞机载体坐标系中的坐标转换到机载地平系,再从机载地平系转换到地心坐标系,由合作目标中心在地心系中的位置可得其在以地面测控设备为中心的测量坐标系下的坐标。飞行中无人机的姿态和位置是不断变化的,修正过程中还需飞机的姿态角,包括:偏航角(K)、俯仰角(P)和滚动角(R),偏航角K为 X_0 轴与正北的顺时针旋转角度,俯仰角(P)机舱高为正,滚动角(R)左高为正,具体不一致修正如下:

[0080] S51将合作目标在飞机载体坐标系转换至机载地平系。其过程可描述为:将合作目标在飞机载体坐标系上坐标随着三个坐标平面 X_0OY_0 、 X_0OZ_0 、 Y_0OZ_0 分别绕 OZ_0 轴、 OY_0 轴、 OX_0 轴逆时针旋转-P(俯仰角)、K(偏航角)、-R(滚动角)度的过程。因此合作目标在飞机载体坐标系中的坐标可通过下式转换:

[0081] 其中,为合作目标在机载地平系中的坐标,为合作目标在飞机载体坐标系中的坐标,为旋转矩阵。

[0082] S52, 然后, 将合作目标在机载地平系中的坐标转换至WGS-84坐标系。

$$[0083] \begin{bmatrix} X_D \\ Y_D \\ Z_D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{p,GNSS} \\ Y_{p,GNSS} \\ Z_{p,GNSS} \end{bmatrix} + \mathbf{R}_z(90^\circ - L_p) \cdot \mathbf{R}_x(-B_p) \cdot \mathbf{R}_y(90^\circ) \begin{bmatrix} X_F \\ Y_F \\ Z_F \end{bmatrix}$$

[0084] 其中, $[X_D \ Y_D \ Z_D]^T$ 为合作目标在地心系中的坐标, L_p 和 B_p 为机载地平系原点 (北斗接收天线相位中心) 在WGS-84坐标系下的大地坐标, 即大地经纬度。 $[X_{p,GNSS} \ Y_{p,GNSS} \ Z_{p,GNSS}]^T$ 为机载地平系原点在WGS-84坐标系下的直角坐标。从机载地平系到W84坐标系的转换除了三个二维坐标平面的旋转之外, 还需平移。平移量取决于机载地平系原点的地心直角坐标; 各个平面旋转的角度由机载地平系原点所在的经纬度大小决定。

[0085] S53将机载合作目标的坐标由WGS-84地心系转换至测站系

$$[0086] \begin{bmatrix} X_C \\ Y_C \\ Z_C \end{bmatrix} = \mathbf{R}_y(-90^\circ) \cdot \mathbf{R}_x(B_B) \cdot \mathbf{R}_z[-(90^\circ - L_B)] \begin{bmatrix} X_D - X_B \\ Y_D - Y_B \\ Z_D - Z_B \end{bmatrix}$$

[0087] 其中 $[X_C \ Y_C \ Z_C]^T$ 为合作目标在测站系中的坐标, L_B 和 B_B 为被鉴定设备三轴中心点的大地经度和纬度, $[X_B \ Y_B \ Z_B]^T$ 为被鉴定设备三轴中心的地心系坐标。

[0088] 一般测控设备测得的是目标以设备中心为原点的测站系下的球坐标 (R, E, A), 在结果比对之前, 需将 (XC, YC, ZC) 转换为 (RC, EC, AC) 即可与测量设备实测数据进行比对。转换关系如下:

$$[0089] R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2 + Z_C^2}$$

$$[0090] E_C = \tan^{-1} \left[\frac{Y_C}{\sqrt{X_C^2 + Z_C^2}} \right]$$

$$[0091] A_C = \begin{cases} \tan^{-1} \left(\frac{Z_C}{X_C} \right) & X_C > 0 \text{ 且 } Z_C \geq 0 \\ \pi + \tan^{-1} \left(\frac{Z_C}{X_C} \right) & X_C < 0 \\ 2\pi + \tan^{-1} \left(\frac{Z_C}{X_C} \right) & X_C < 0 \text{ 且 } Z_C > 0 \end{cases}$$

[0092] 系统数据处理软件实时接收无人机下传的高精度定位信息, 根据无人机下传的实时定位信息根据上述步骤进行跟踪目标不一致修正后得到合作目标在测站系下的R、A和E, 即引导值, 会在系统软件界面显示, 并实时发送给地面测控设备。

[0093] 在步骤S6中, 地面设备根据引导值对无人机搭载的载荷进行捕获、跟踪, 地面测控设备和任务载荷进行信息交互, 从而实现对接在无人机下的任务载荷实现测距、测速和测角等, 并实时把各测量元素传送给数据处理与监控软件。

[0094] 进一步地, 在步骤S7中, 数据处理与监控软件针对地面测控设备传过来的测量元素进行数据预处理, 首先进行合理性检验, 然后进行系统误差修正, 根据地面测控设备类型

确定其系统误差修正模型,系统误差主要包括:大盘不水平度、方位俯仰不正交误差、方位零位(零值标定时此值设置为0)、俯仰零位(零值标定时此值设置为0)、光机轴偏差、光电轴偏差、重力下垂误差等,最后进行大气折射修正,根据无人机飞行高度、飞行气象参数和标准的大气折射模型进行修正。对预处理后的测量元素与引导值进行比较计算。针对距离零值标定进入步骤S8。

[0095] 在步骤S8中,根据引导值得到标准的距离值,同时已知任务载荷距离零值,使用地面测控设备的测距值与引导值比后再减去设备的距离零值后,使用最小二乘法或者差量变分法进行处理后得到的便是该设备距离零值。同理,对俯仰角和方位角的零值标定。

[0096] 较优地,待无人机飞行结束后,将机载北斗接收机从导航卫星获取的原始测量数据和北斗基准站的原始测量数据一起导入Waypoint软件,进行无人机位置的更高精度输出,使用此更高精度的定位信息与地面测控设备的测量信息进行比较,且计算零值的方法同上,从而获得更精准的地面测控设备的距离零值、方位角零值和俯仰角零值,并存储,为精度鉴定试验作为系统误差参数输入。

[0097] 参看图3,在步骤S9进行精度鉴定,数据处理与监控软件将经过数据预处理的无人机下传的高精度定位数据和地面测控设备经过预处理的测量数据进行实时比对,获得各测量元素初步的随机误差、系统误差和总误差。

[0098] 测量数据预处理主要包括:信息复原、系统误差修正、合理性检验、时间修正、大气折射修正,无人机高精度定位数据预处理主要包括时间对齐、坐标系转换和跟踪点不一致修正。测量数据精度鉴定内容主要包括随机误差统计和系统误差统计。

[0099] 数据预处理过程中测控设备的测量元素是经由设备进行信息复原和系统误差修正后输出的测量元素,且不同地面测控设备其系统误差模型不一致,在设备交付的时候会进行标定系统误差。系统误差主要包括:大盘不水平度、方位俯仰不正交误差、方位零位、俯仰零位、光机轴偏差、光电轴偏差、重力下垂误差等,但是不局限于上述系统误差。大气折射误差根据系统软件界面输入的气象参数以及基于电波折射指数经验变化公式在数据处理与监控软件中计算测量值(距离和俯仰角)的电波折射误差。

[0100] 无人机GNSS高精度定位数据的数据预处理包括坐标系转换和跟踪目标不一致修正,具体参考上面的步骤。以实际测量数据序列观测时间为准,运用拉格朗日两点或三点插值法,将高采样率的无人机高精度定位数据的插值到实测数据系列观测时间。最后将比较标准数据和地面设备测量数据即被鉴定数据进行统计计算和综合分析,可采用三种方法进行统计分析:最小二乘拟合残差法、直接做差法和变量差分法,但是不局限于上述三种方法。

[0101] 较优地,待无人机飞行结束后,数据处理与监控软件将机载北斗接收机的原始测量数据和北斗基准站的原始测量数据通过精密星历进行高精计算获取更高精度的无人机定位信息,将更高精度定位数据和经过数据预处理的地面设备测量数据进行比对,获得地面测控设备各测量元素随机误差、系统误差和总误差,从而标定地面测控设备的测量精度。

[0102] 另外,在整个校飞试验中,根据实验需求和工作模式通过上行遥控信息配置任务载荷各种参数,同时,任务载荷各状态的遥测信息通过无人机无线链路传递给地面,实时显示在软件界面上以确定任务载荷工作状态和工作模式。

[0103] 较优地,还包括对地面测控设备进行动态性能检测,具体如下

[0104] 首先在步骤A1中,根据地面测控设备类型和试验规划确定飞机平台以及需要搭载的任务载荷,根据该设备动态性能验证试验需求进行航路规划。

[0105] 接着,在步骤A2中,飞机平台搭载任务载荷,在规划的航路下进行飞行,在性能检验试验中,标校系统完成引导值输入到地面测控设备引导地面测控设备捕获跟踪无人机(具体步骤参考上面精度鉴定试验流程),根据试验需要记录地面测控设备的测量元素信息,根据试验需要针对地面测控设备测量元素与引导值进行比对。

[0106] 然后,在步骤A3中,任务载荷和地面测控设备进行信息交互,通过信息的交互验证地面测控设备各种性能,地面设备显示出该性能参数。

[0107] 进而,在步骤A4中,保存整个飞行过程中北斗定位数据和地面测控设备传过来的测量元素数据,并实时显示任务载荷遥测状态信息,并根据地面设备试验需求发送遥控信息到任务载荷。

[0108] 最后在步骤A5中,地面测控设备各种动态性能试验检测数据来源于测控设备本身,数据处理与监控软件可以扩展接口实现动态性能数据的可视化。

[0109] 上面结合附图对本发明的实施方式作了详细说明,但是本发明并不限于上述实施方式。即使对本发明作出各种变化,倘若这些变化属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则仍落入在本发明的保护范围之内。

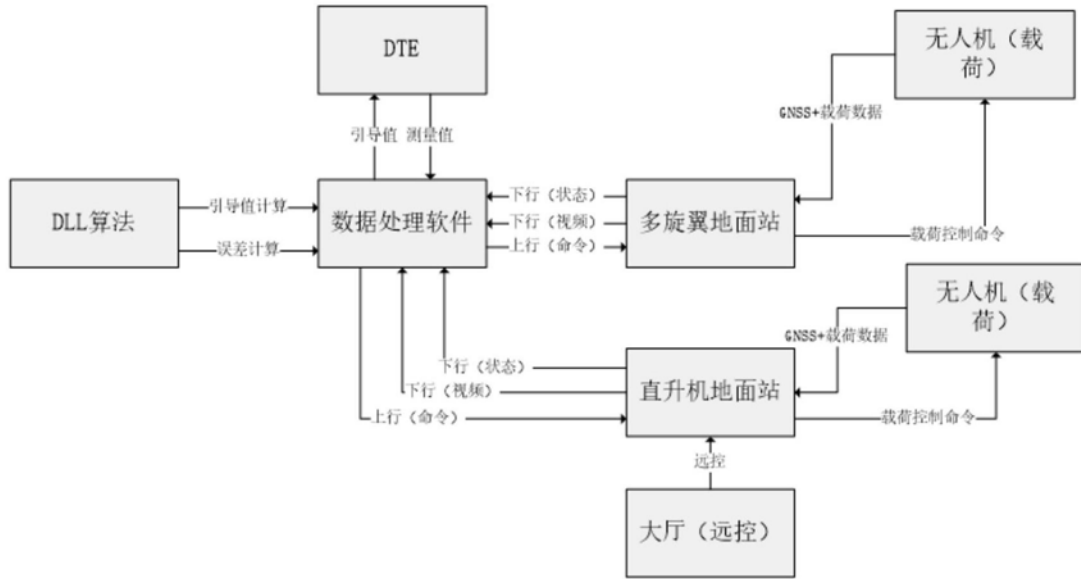


图1

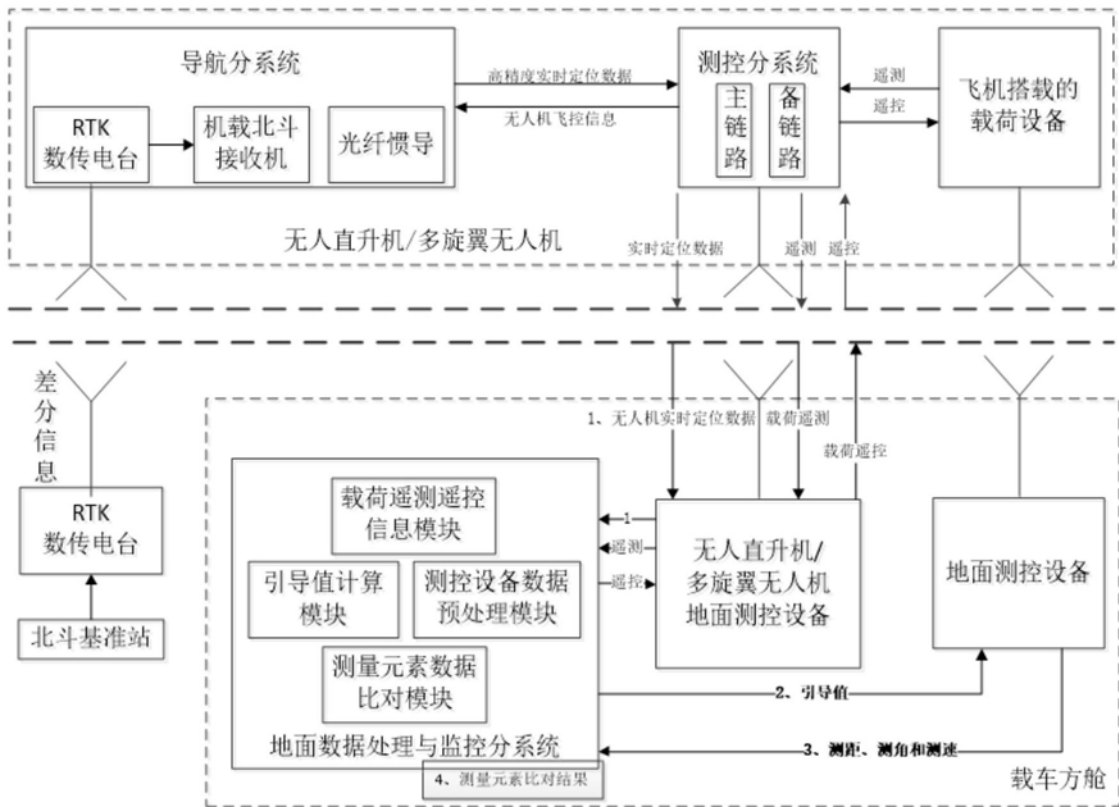


图2

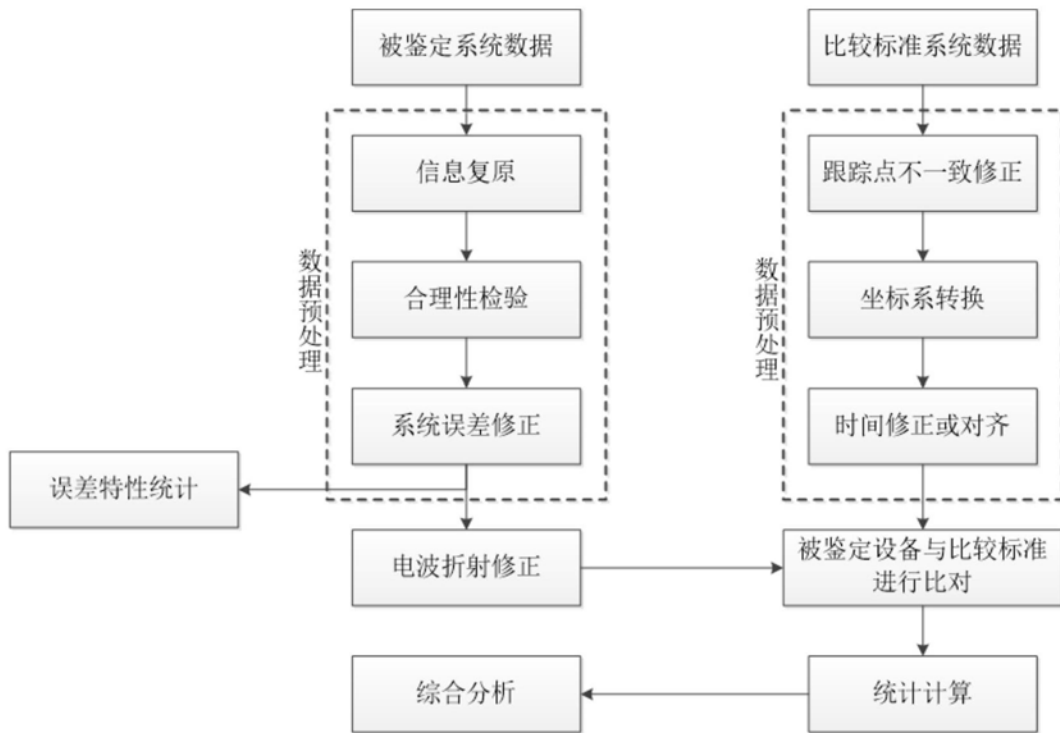


图3

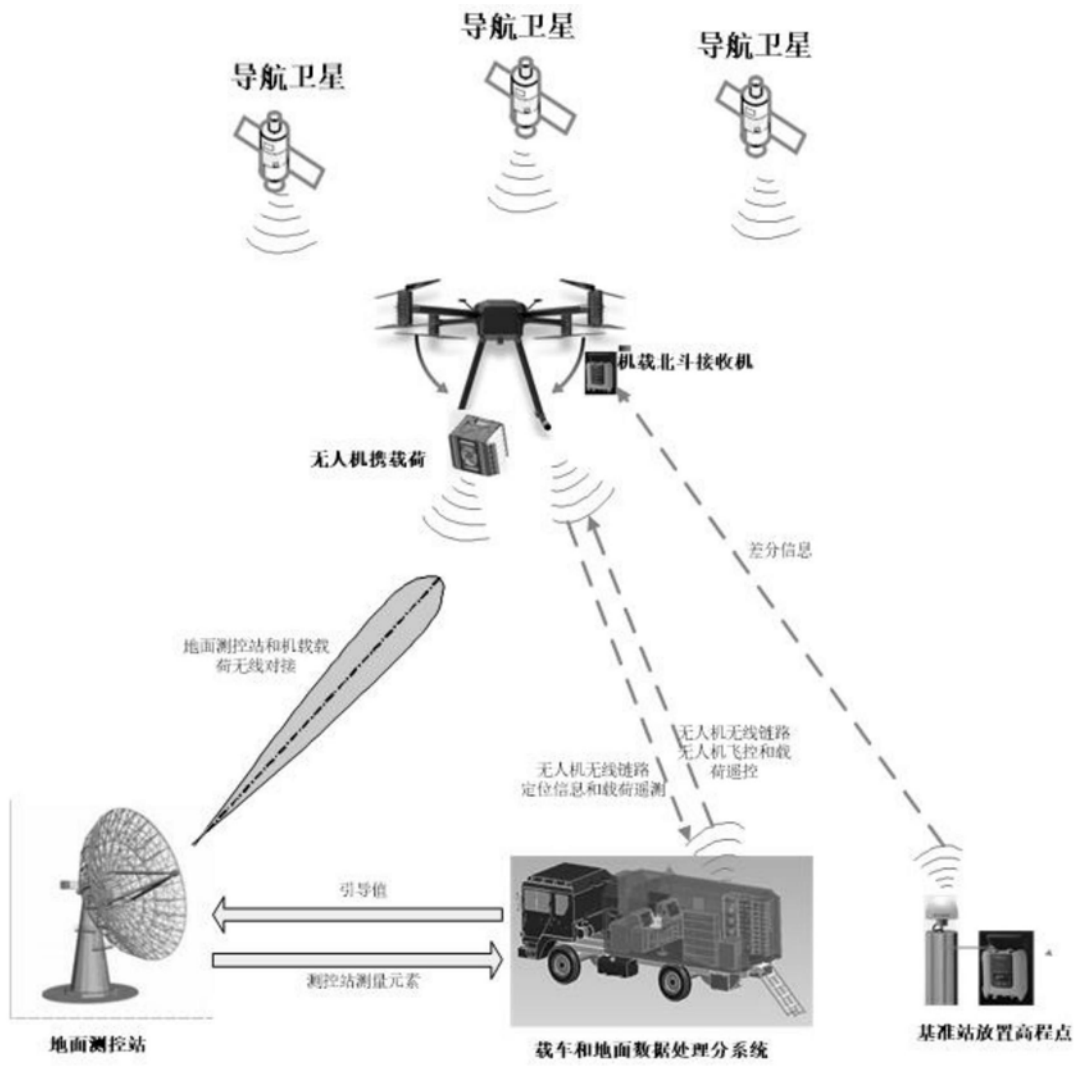


图4