

QJ

中华人民共和国航天行业标准

FL 1600

QJ 20130—2012

GEO 卫星任务后的处置

Disposal for post-mission of satellites at geosynchronous altitude

2013—01—04 发布

2013—05—01 实施

国家国防科技工业局 发布

前 言

本标准由中国航天科技集团公司提出。

本标准由中国航天标准化研究所归口。

本标准起草单位：中国航天科技集团公司第五研究院通信卫星事业部、八院509所、中国航天标准化研究所。

本标准主要起草人：经姚翔、刘建功、徐春风、李绿萍。

GEO 卫星任务后的处置

1 范围

本标准规定了GEO卫星任务后处置及应急处置的设计内容和对剩余推进剂需求、任务后处置轨道、离轨操作、储能部件处理的技术要求。

本标准适用于GEO卫星任务后的处置实施。其他地球同步轨道卫星可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包含勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GJB 421A—1997 卫星术语

GJB 1702—1993 航天器轨道术语

QJ 3221—2005 空间碎片减缓要求

QJ 20132—2012 空间碎片术语

3 术语和定义

GJB 421A—1997、GJB 1702—1993、QJ 3221—2005、QJ 20132—2012确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

处置阶段 **disposal phase**

从卫星任务结束起，直至已采取措施减少了其对其他空间系统造成的危险后止。

3.2

任务后处置 **post-mission disposal**

对任务结束后的卫星按照空间碎片减缓要求而采取的再入、离轨、变轨、钝化等措施。

3.3

地球静止轨道 **geostationary earth orbit (GEO)**

倾角为 0° ，偏心率为零，轨道周期等于地球自转周期的卫星轨道。轨道的高度接近于35786km。

3.4

GEO 区域 **GEO region**

地球静止轨道径向 $\pm 40\text{km}$ ，纬度方向 $\pm 0.1^\circ$ 的区域。由于各种摄动因素的影响，卫星将会逐渐偏离地球静止轨道，需通过位置保持，将其控制在GEO区域内。

3.5

GEO 保护区域 **GEO protected region**

地球静止轨道径向 $\pm 200\text{km}$ ，纬度方向 $\pm 15^\circ$ 构成的扇形球壳区域，见图1。该区域对在轨卫星安全保证而言是被保护区域，以保证该GEO区域的未来安全与可持续利用。

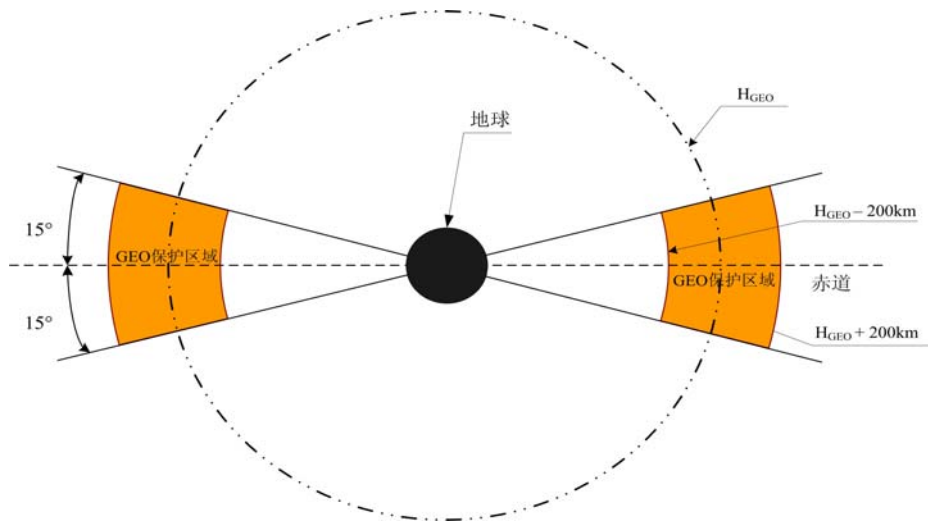


图 1 GEO 保护区

3.6

钝化 passivation

消除或释放任务结束后的空间系统中存贮的、可能引发爆炸解体的能源的措施。这些措施包括将贮箱中的剩余推进剂和高压气体耗尽或排空，将蓄电池中的荷电消除、动量轮停转以及火工品的安全化处理等。

3.7

储能部件 stored energy devices

空间系统内部的可释放能量的部件。常用储能部件有：推进剂的贮箱、储存气体的高压气瓶、储能电池组、高速旋转的飞轮等。

4 一般要求

4.1 概述

在规划和管理运行GEO卫星时，从任务需求分析阶段开始就应明确任务后处置的要求，分阶段编制处置方案细化文件。编制的处置方案细化文件主要包括：任务后处置计划，应急处置计划。

4.2 任务后处置计划

任务后处置计划由用户与研制方共同协商确定，计划内容主要应包括：

- a) 卫星任务结束的判据；
- b) 启动处置卫星的时机和条件；
- c) 完成任务后处置卫星所应具备的能力及相关系统状态；
- d) 弃置轨道的设计；
- e) 轨道处置所需要的最少推进剂的预计；
- f) 卫星上储能部件的处理需求及方法；
- g) 轨道机动程序；
- h) 轨道机动结束后储能部件处置的操作程序；
- i) 星上其他设备状态设置。

4.3 应急处置计划

应进行应急处置设计以应对卫星因意外造成提前结束任务的情况，应急处置的设计内容主要包括：

- a) 应急处置的启动条件；
- b) 完成应急处置卫星所应具备最低配置状态；
- c) 如果在应急情况下已无法达到符合相关要求的弃置轨道，则应进行弃置轨道及机动策略的重新选择，使得最后的弃置轨道尽可能少地对 GEO 区域造成影响；
- d) 轨道机动程序；
- e) 轨道机动结束后储能部件的紧急处理程序；
- f) 星上其他设备状态设置。

4.4 处置报告

卫星处置结束后，应编写任务后处置报告，报告主要包括以下内容：

- a) 卫星任务后处置的过程描述；
- b) 卫星的离轨时间；
- c) 卫星的离轨后历元时刻轨道；
- d) 卫星设备的关断状态；
- e) 卫星的供电状态（包括蓄电池状态）；
- f) 卫星液体推进剂排空情况；
- g) 卫星活动部件的状态；
- h) 卫星其他高压容器或储能部件的状态；
- i) 卫星下行信号的关闭。

5 处置程序

5.1 离轨

5.1.1 任务后处置轨道要求

完成飞行任务的卫星应机动到离开GEO保护区，以免干扰仍在GEO上工作的空间系统。在考虑所有轨道摄动因素后，变轨结束后近地点高度的最小增加值按公式（1）计算，同时应保证偏心率不大于0.003。

$$\Delta H = 235 + (1000 \cdot C_R A/m) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

ΔH ——变轨结束后近地点高度的最小增加值，单位为千米（km）；

C_R ——太阳辐射压力系数（典型值在1和2之间）；

A/m ——卫星最大受晒面积与干质量之比，单位为平方米每千克（ m^2/kg ）；

235——GEO 保护区上限高度值（200km）与考虑日、月和地球引力摄动下最大下降高度值（35km）之和，单位为千米（km）。

5.1.2 剩余推进剂的最小需求量

卫星任务结束时应预留足够的用于任务后处置的推进剂，其中应考虑剩余推进剂估计精度的影响，剩余推进剂一般应最少能提供卫星10m/s速度增量。

5.1.3 任务后离轨机动策略的制定

5.1.3.1 卫星任务结束后应进行轨道机动，以进入弃置轨道，应制定轨道机动的策略及操作计划。一般采用每半个轨道周期抬高一次近地点高度的策略，每次离轨机动宜在赤经 90° 或 270° 附近进行。考虑到贮箱剩余推进剂的估计精度，为确保离轨控制安全和可靠，每次应控制速度增量的大小，其值不应过大。

5.1.3.2 卫星剩余推进剂量预计可满足提供 10m/s 速度增量，第一次点火控制速度增量为 5m/s ，半个轨道周期后进行第二次机动控制速度增量为 5m/s ，此时近地点已抬高 275km 且偏心率约为 0 。后续再进行推进剂排空。

5.1.3.3 卫星剩余推进剂量预计不能满足提供 10m/s 速度增量，第一次点火控制量按预估剩余推进剂的一半进行点火，半个轨道周期后进行第二次机动控制量为其余一半的预估剩余推进剂量。若还有剩余推进剂，则按少量多次机动方式，每次点火控制速度增量为 2m/s 继续进行每半个轨道周期一次的近地点抬高，直至推进剂耗尽。

5.1.3.4 离轨机动期间，卫星不应超出地面测控站的观测范围。

5.1.4 弃置轨道稳定性的检验

对于正常完成离轨操作的卫星不需要进行本项工作，因为其近地点高度满足公式（1）且偏心率不大于 0.003 ，这已保证卫星 100 年内不再进入 GEO 保护区。但对于采用应急处置计划完成的离轨或离轨后不能满足 5.1.1 要求的情况，需要对卫星轨道进行 100 年的轨道外推计算，以评估其对 GEO 区域的影响。

5.2 钝化

为降低离轨处置或应急处置结束后因意外解体对其他航天器构成的风险，存储能量的所有能量源，在离轨结束时，均应钝化处理。实施程序应仔细设计，以免带来操作过程中的风险。需处理的能量源如下：

- a) 剩余推进剂和其他流体都应通过耗尽燃烧或泄放尽可能排空，以免因过压或化学反应造成意外解体，对剩余推进剂实施排空需要进行进一步的轨道机动，可以通过进行轨道法向的机动来完成，也可以通过轨道切向控制来完成，但须考虑推进剂剩余量的不确定性与弃置轨道初始偏心率不大于 0.003 的关系；
- b) 蓄电池应完成放电或其他钝化操作，以防止解体；
- c) 任务后处置结束时，蓄电池充电线路应断开；
- d) 高压容器中流体介质应排放到能确保不会发生爆炸、解体的程度；
- e) 应使飞轮和动量轮停转；
- f) 对其他形式的储能部件进行评估，并采取适当的减缓措施。

5.3 下行信号的关闭

卫星处置结束后应对下行信号实施关闭，包括有效载荷与遥测，以免干扰其他系统的正常工作。

5.4 操作流程

5.4.1 预计的剩余推进剂量满足 10m/s 速度增量

结合 5.1.3.2 剩余推进剂亮预计可满足 10m/s 的情况，处置流程（见图 2）如下：

- a) 第一次点火控制速度增量按 5m/s 实施，测轨，半个轨道周期后进行第二次机动控制速度增量为 5m/s ，测轨；
- b) 将控制系统的控制模式切换至非轮控方式，关闭动量轮等活动部件；

- c) 第三次点火控制量按剩余推进剂的一半进行点火，抬高轨道，测轨；半个轨道周期后进行第四次机动，控制速度增量为其余的一半剩余推进剂量，抬高轨道，测轨；
- d) 采用轨道法向控制将推进剂耗尽；
- e) 步骤 5.4.1d) 实施过程中出现姿态失控（推进剂耗尽）时，应及时发送关闭载荷、蓄电池放电、蓄电池充电线路断开等指令。

5.4.2 预计的剩余推进剂量不满足 10m/s 速度增量

结合5.1.3.3剩余推进剂量预计不能满足10m/s的情况，处置流程（见图3）如下：

- a) 第一次点火控制量按最小剩余推进剂的一半进行点火，测轨，半个轨道周期后进行第二次机动控制量为其余的一半最小剩余推进剂量，测轨；
- b) 将控制系统的控制模式切换至非轮控方式，关闭动量轮等活动部件；
- c) 按每次点火控制速度增量 ΔV 为 2 m/s 继续进行每半个轨道周期一次的近地点抬高，测轨；直至满足离轨要求；
- d) 采用轨道法向控制将推进剂耗尽；
- e) 步骤 5.4.2 c)、d) 实施过程中出现姿态失控（推进剂耗尽）时，应及时发送关闭载荷、蓄电池放电、蓄电池充电线路断开等指令。

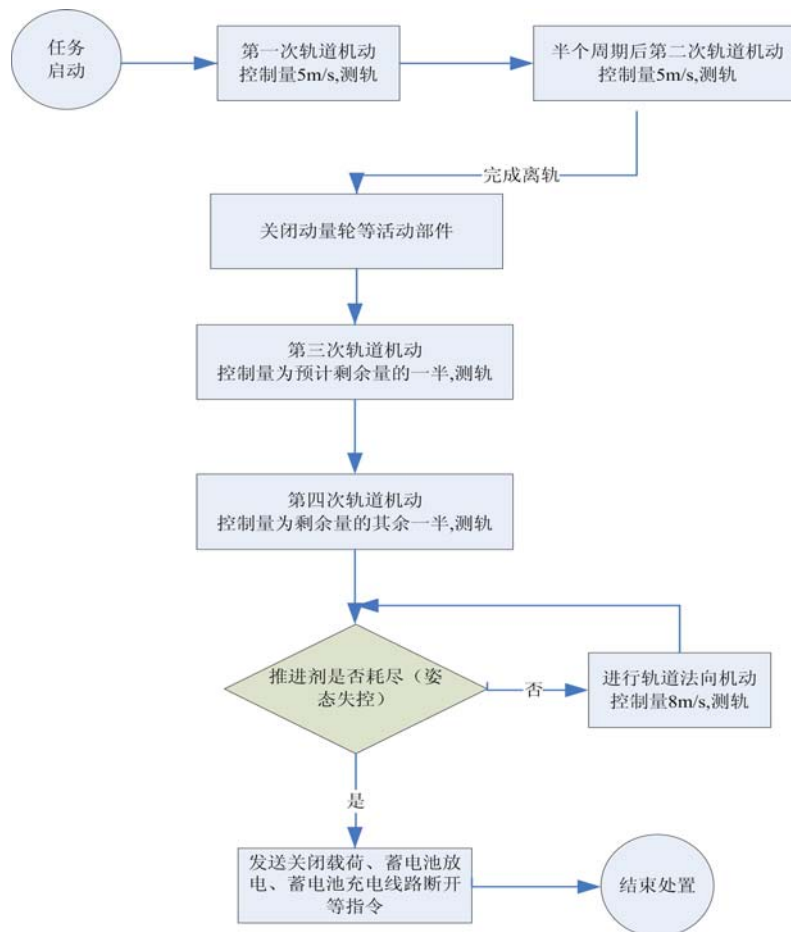


图 2 GEO 卫星任务后处置流程 A

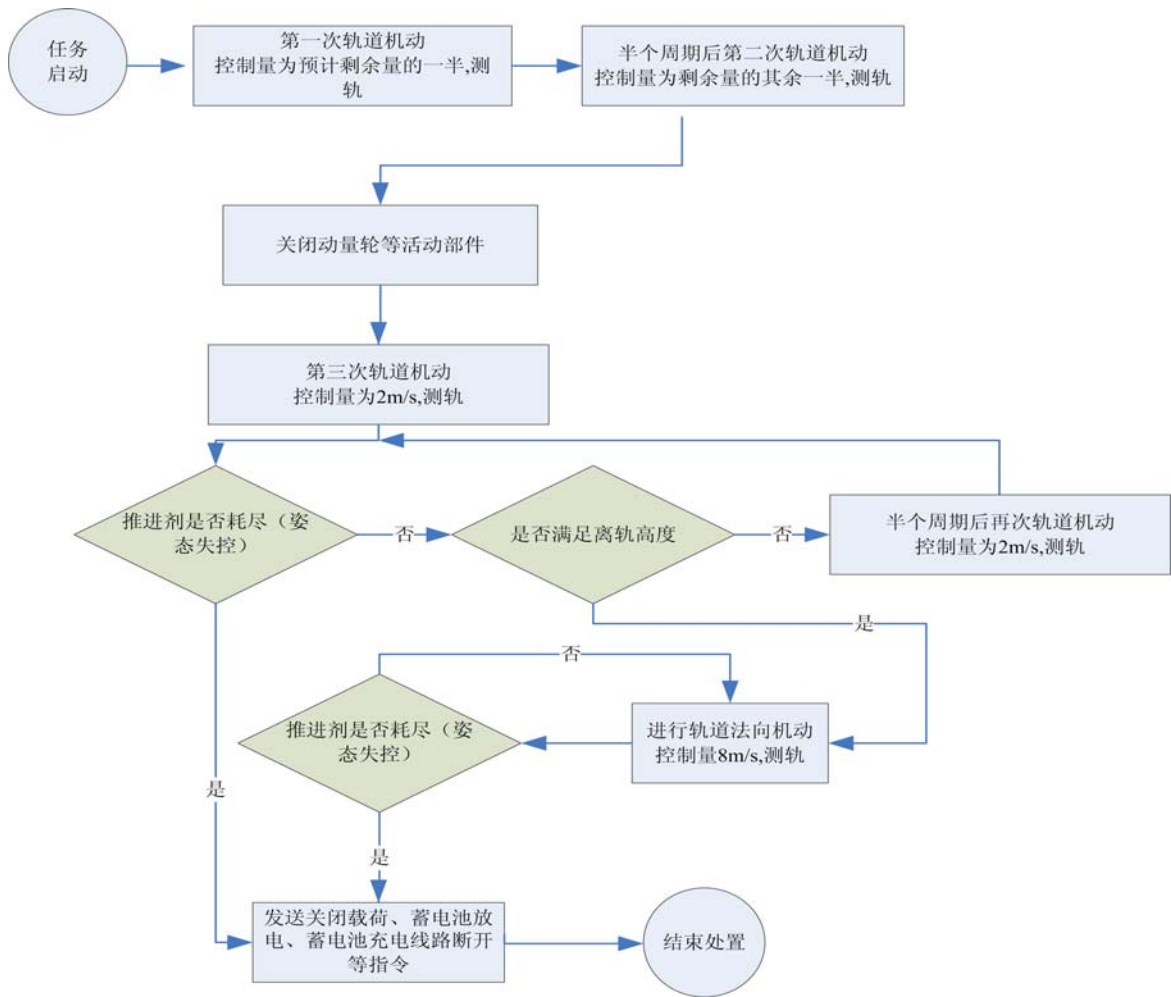


图 3 GEO 卫星任务后处置流程 B

中华人民共和国航天行业标准

GEO 卫星任务后的处置

QJ 20130—2012

*

中国航天标准化研究所出版

北京市丰台区小屯路 89 号

邮政编码：100071

中国航天标准化研究所

印务发行部印刷、发行

版权专有 不得翻印

*

2013 年 5 月出版

定价：10 元