

Hohmann 转移释放绳系卫星的方法研究¹⁾

顾晓勤 谭朝阳

(河北师范大学机械系, 石家庄 050031)

摘要 借助 Hohmann 轨道转移的思想, 研究一种绳系卫星释放方法并进行动力学分析. 从轨道方程和 Kepler 方程导出轨道转移条件. 由数值计算对此方法加以说明.

关键词 绳系卫星, 动力学, Hohmann 转移

1 引言

用柔索将两个航天器联系起来, 各自沿不同半径的轨道运动的系统称绳系卫星系统 (TSS). 它不仅可用于大气层测量、电动力学实验、提供微重力环境, 还可将负载送入新轨道或卫星回收等. 广泛的用途引起众多学者对其释放、静止工作及回收阶段动力学进行研究^[1-2]. 对释放、回收等阶段提出了绳张力控制、速度控制、推力主动控制等技术, 以及空间机械臂辅助运动对系统进行镇定^[3]等. 本文讨论绳系卫星释放方法并进行动力学分析, 运用 Hohmann 转移轨道的思想释放子星. 结合轨道方程、Kepler 方程和几何约束条件算出轨道转移时作用于子星的冲量值, 以及释放过程绳索控制电机运动规律. 文中附有算例.

2 释放方案及动力学分析

设 O_e 为地心, 讨论绳系卫星用转移轨道方法将子星送入比母星更高的轨道 C_s (图 1). 视母星 V 、子星 S 为 2 个质点, 质量分别为 M 、 m ($M \gg m$), 用长绳联结 (可超过 100 km). 释放前子星在母星体内, 系统质心沿半径为 R_v 的圆轨道 C_v 运动. 按照 Hohmann 轨道转移的思想, 本文提出图 1 所示方案. 即系统在 P 点时子星沿 C_v 的切线方向受到冲量 P_s , 使其沿 C_e 椭圆轨道运动, 当子星到达远地点 A 时, 母星沿 C_v 运动到 B 点, 这时再给子星沿 C_s 切线方向一冲量 P_s , 使其沿 C_s 圆轨道运动. 子星初入 C_s 时与地心、母星不共线. 由图 2 所示受力图可以看出, 母星、子星各受到万有引力 F 、离心力 G 和绳索拉力 T 作用, 微弱的绳拉力在轨道切线方向分量使子星略微加速并使轨道升高, 使母星轨道略微下降. 最终实际存在的阻尼使终了状态

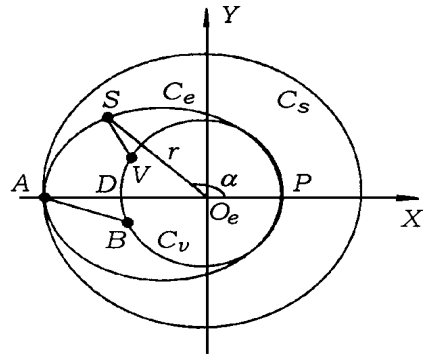


图 1 绳系卫星释放方案

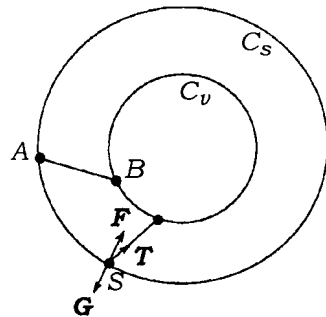


图 2 子星受力图

为“子星 - 绳 - 母星 - 地心”在一条直线上.

由万有引力、离心力平衡条件可得到系统在释放前在 C_v 轨道运动速度

$$v_v = \sqrt{\mu/R_v}$$

为使母星 V 和子星 S 作同步稳态运动, 要求各自沿半径为 C_v 、 C_s 的圆轨道运动角速度相同, 设释放终了绳长 $L(t_f)$, 则子星速度

$$V_s = \left[1 + \frac{L(t_f)}{R_v} \right] \sqrt{\frac{\mu}{R_v}} \quad (1)_s$$

忽略 M 与 m 之间微弱的万有引力和绳索质量, 稳态运动中万有引力 F 、绳索张力 T 与离心惯性力 G 的平衡条件为

1) 国家自然科学基金, 河北省博士科研基金资助项目.

本文于 1998 - 01 - 08 收到.

$$\left. \begin{aligned} M \frac{v_v^2}{R_v} &= \frac{\mu M}{R_v^2} + T \\ m \frac{v_s^2}{R_s} &= \frac{\mu m}{R_s^2} \end{aligned} \right\}$$

纏

圆轨

角速

徑

纒

$$\left. \frac{AD}{2R_v} \right\}$$

www.cnki.net

纒

每

}

}

}

}

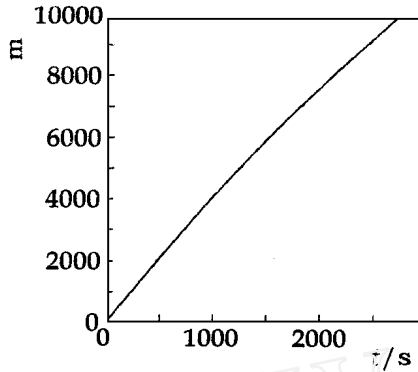


图 5 绳长控制规律

律如图 5 所示.

4 结 论

本文提出的方法由于沿子星速度方向施加冲量,使得绳系卫星在释放技术上方便可靠.利用 Hohmann 轨道转移的方法,具有节省能量的优点,数值模拟计算表明方法的有效性.

参 考 文 献

- 1 Vigneron F R et al. Comparison of analytical modeling of OEDIPUS tethers with data from tethere laboratory. *J Guidance, Control, & Dynamics*, 1997, 20(3): 471 ~ 478

- 2 Hironori A et al. Nonlinear dynamics of the tethered satellite systems in the station keeping phase. *J Guidance, Control, & Dynamics*, 1997, 20(2): 403 ~ 406
- 3 Sadigh M J et al. Stabilizing tethered satellite systems using space manipulators. *Int Conf Intelligent Robot & Systems*. 1994, 1546 ~ 1553 Munich, Germany
- 4 刘延柱. 航天器姿态动力学. 北京:国防工业出版社,1995. 13 ~ 37

THE DEPLOYMENT OF TETHERED SUBSATELLITE WITH HOHMANN TRANSFER

GU Xiaoqin TAN Zhaoyang

(Department of Mechanics, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050031, China)

Abstract The new strategy for the deployment of tethered satellite is presented, which is similar to the idea of Hohmann transfer. The dynamics is studied, and the transfer condition is derived from the orbital equations and Kepler's equation. At last, a numerical example is given.

Key words tethered satellite, dynamics, Hohmann transfer

高速喷流下的柔性旋转火箭发射系统瞬态响应

朱怀亮

曹丛咏

(上海大学理学院, 上海 200072) (南京理工大学机械学院, 南京 210094)

陈荣康

(同济大学, 上海 200092)

摘要 对于柔性旋转火箭发射系统,考虑高速燃气喷流作用下的系统耦合振动.建立发射系统动力学模型,数值计算发射管流场结构,确定系统瞬态响应和燃气流冲击对火箭发射姿态的影响,更加真实地模拟柔性旋转火箭的发射动力学环境.

关键词 柔性火箭,燃气喷流,发射系统,瞬态响应

1 引 言

火箭发射过程中,经喷管喷出的高温、高速燃气流具有复杂的波系结构,加剧了火箭与发射装置之间的耦合振动,是影响火箭射击密集度的一个重要因素.但是由于问题的复杂性,一般的发射动力学模型大都只涉及离轨后的火箭燃气喷流对发射装置的冲击效应,这种效应仅对此后发射的火箭弹的飞行姿态产生

本文于 1997 - 12 - 25 收到.