

## A. 运载火箭发射过程中的数学问题

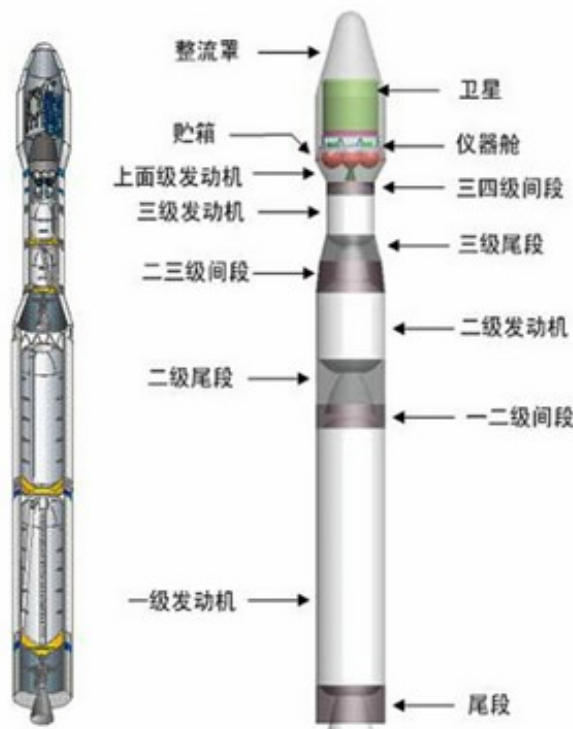
长征十一号运载火箭是四级固体运载火箭，火箭全长约20.8米，总重量约57.7吨，箭体最大直径2米，具有1.6米、2米两种直径整流罩构型，起飞推力120吨。长征十一号运载火箭可满足不同任务载荷、不同轨道的多样化发射需求。它主要用于将中小型航天器以“一箭一星”或“一箭多星”的模式发送至1000千米以下、不同倾角的近地轨道（LEO）及太阳同步轨道（SSO），具有较强的任务适应性。700千米太阳同步轨道运载能力可以达到350千克，低轨运载能力可达700千克。

长征十一号全箭由一子级、二子级、三子级、上面级和卫星整流罩等箭体结构及箭上的推进系统、控制系统、遥测系统与姿态控制系统等组成。芯一级使用一台固体发动机，推进剂为HTPB，总长8.5米，推进剂质量35吨，质量比为0.88，比冲为248秒，120吨推力工作时间为71秒。长征十一号飞行时序表可参考表1。试建立数学模型，研究长征十一号火箭发射过程中的如下问题：

1. 基于动量守恒原理，建立一二级分离前火箭系统的速度模型；利用长征十一号的总体设计参数和一级设计参数，计算一二级分离时火箭系统的瞬时速度。
2. 建立四级火箭从起飞到星箭分离时的速度模型。为将400千克的航天器送上太阳同步轨道，在其他参数的合理范围内，研究长征十一号运载火箭在星箭分离时轨道高度及瞬时速度。
3. 火箭的运载能力与轨道高度相关，请通过数学模型讨论两者之间的关系。
4. 发动机装药质量比是重要的设定参数，其范围一般为0.88至0.92。结合第（2）问建立的模型，讨论火箭的运载能力与发动机装药比例的关系。

指令	典型飞行时序（秒）
起飞	0
一二级分离	71
二三级分离	139
抛整流罩	151
三四级分离	210
星箭分离	765

飞行时序表



火箭结构示意图

## B. 基于智能手机传感器的人体行为识别研究

近年来，人们对智能交互、健康监护以及智慧医疗等方面的需求日益迫切，应用也越来越广泛。因此，人体行为识别就变得越来越重要。目前，智能手机已经成为我们生活中不可或缺的物品，基于智能手机自身配备的三轴加速度传感器和陀螺仪传感器采集人体运动的加速度和角速度等相关信息，开发基于智能手机的智慧医疗、智能交互等成为研究的热点。例如：开发运动检测的应用插件，计算卡路里消耗，给出健身提示；识别病人的行为信息，开展康复辅助；开发基于手机的危险行为检测和报警系统。

附件给出了30名19-48岁志愿者的试验行为数据。在试验中，所有志愿者在腰部佩戴智能手机做十二组动作。动作包括三种动态活动（步行、下楼和上楼）和三种静态姿势（站立、坐、卧）。试验还进行了三种静态姿势之间的转变，包括：站着转换为坐着，坐着转换为站着，坐着转换为躺着，躺着转换为坐着，站着转换为躺着，躺着转换为站着。

试验采集到的信息包括30个志愿者的行为类别信息、三轴（X, Y, Z轴）加速度和角速度信息。这些信息包含试验序号、志愿者编号、行为编号、数据记录开始点、结束时间点。对信息进行去噪和加窗分割处理后得到10929行数据信息，再随机的分为训练数据和测试数据。训练数据

`X_train.csv` 中包含了样本的行为数据，包含7767行、561列，是基于三轴加速度和角速度原始数据提取的特征信息，包括每一轴数据的均值（mean）、标准差（std）、绝对中位差（mad）、最大值、最小值、信号幅值面积（sma）、四分位距、熵、相关系数、偏斜度、峰度、向量夹角等共561个特征信息（具体见 `文件特征说明.doc` 或者 `X_train.csv` 第一行）。`y_train.csv` 则给出了样本的行为类别：1、步行；2、上楼；3、下楼；4、坐着；5、站着；6、躺着；7、站着转换为坐着；8、坐着转换为站着；9、坐着转换为躺着；10、躺着转换为坐着；11、站着转换为躺着；12、躺着转换为站着。与之对应，测试数据 `X_test.csv` 和 `y_test.csv` 则给出了3162行、561列样本的行为数据以及对应的行为类别。

试建立数学模型，解决以下问题：

1. 针对附件所给出的7767行、561列的观测特征信息（`X_train.csv`）及其对应的行为类别信息（`y_train.csv`），分析不同行为类别下特征的差异，确定显著影响行为类别结果的几个特征；结合适当的分析和检验，说明所选取特征的合理性。
2. 结合附件数据（`X_train.csv`，`y_train.csv`；`X_test.csv`，`y_test.csv`），针对三种动态活动（步行、下楼和上楼）和三种静态姿势（站立、坐、卧）共6种行为类别，构建基于特征信息的人体行为识别模型，并评估特征选择、参数调优等对识别结果的影响。
3. 在（2）基础上加入静态姿势转换的6种行为类别，重新构建基于特征信息的人体行为识别模型，并评估特征选择、参数调优等对判别结果的影响；判断哪些人体行为识别误判率较高，并分析其原因；尝试构建改进的人体行为识别模型以提高智能识别效果，并给出模型结果及评价。
4. 如果智能手机佩戴位置发生改变，例如拿在手中，上述所构建的模型及其选出的关键特征是否依然适用？讨论选择的特征有效性是否发生变化，是否可以扩充其他的特征来提高分类准确率？