



中华人民共和国国家标准

GB/T 29077—2024

代替 GB/T 29077—2012

火箭界面飞行环境遥测数据处理要求

Launch-vehicle-to-spacecraft flight environments telemetry data
processing requirement

2024-05-28 发布

2024-09-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 飞行环境参数类型	1
4.1 准静态载荷	1
4.2 低频振动	1
4.3 高频振动	1
4.4 声学噪声	1
4.5 冲击	1
4.6 稳态压力	2
4.7 热	2
5 测量参数范围及测量要求	2
5.1 测量参数范围	2
5.2 测量要求	2
6 数据处理和方法	4
6.1 数据预处理程序	4
6.2 数据处理要求	4
6.3 输出数据格式	5



前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 29077—2012《火箭界面飞行环境遥测数据处理要求》，与 GB/T 29077—2012 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了准静态载荷、低频振动、高频振动、声学噪声、冲击环境类型的频率范围及表征形式（见4.1、4.2、4.3、4.4和4.5）；
- b) 更改了过载、低频振动、高频振动、声学噪声、冲击加速度、稳态压力和温度的测量参数数量和测点位置要求（见5.2.1.1、5.2.1.2、5.2.1.3、5.2.1.4、5.2.1.5、5.2.1.6和5.2.1.7，2012年版的5.2.1.1、5.2.1.2、5.2.1.3、5.2.1.4、5.2.1.5、5.2.1.6和5.2.1.7）；
- c) 增加了测量参数的量程选择（见5.2.2）；
- d) 将“频率范围和最小采样频率”更改为“采样频率与滤波要求”（见5.2.3，2012年版的5.2.3）；
- e) 增加了对时间历程遥测数据的检查的具体方法描述（见6.1.1）；
- f) 更改了随机信号伪信号的判断依据（见6.1.3.2，2012年版的6.1.3.2）；
- g) 更改了低频振动、高频振动、声学噪声及冲击加速度的数据处理要求（见6.2.2、6.2.3、6.2.4和6.2.5，2012年版的6.2.2、6.2.3、6.2.4和6.2.5）；
- h) 将“交付数据格式”更改为“输出数据格式”（见6.3，2012年版的6.3）；
- i) 删除了“交付形式”（见2012年版的6.3.1）；
- j) 更改了过载、低频振动、高频振动、声学噪声、冲击加速度、稳态压力和温度的数据输出格式（见6.3.1、6.3.2、6.3.3、6.3.4、6.3.5、6.3.6和6.3.7，2012年版的6.3.2、6.3.3、6.3.4、6.3.5、6.3.6、6.3.7和6.3.8）；
- k) 删除了飞行环境结果分析报告章节（见2012年版的第7章）。

本文件由全国宇航技术及其应用标准化技术委员会（SAC/TC 425）提出并归口。

本文件起草单位：北京宇航系统工程研究所、上海宇航系统工程研究所、中国西安卫星测控中心、中国航天标准化研究所。

本文件主要起草人：姜人伟、祁峰、曾耀祥、袁赫、王榴、王明杰、刘晖、高艺航、阚镭、王丹、毛玉明、胡迪科、秦少飞、王佳、徐岩。

本文件于2012年首次发布，本次为第一次修订。

火箭界面飞行环境遥测数据处理要求

1 范围

本文件规定了运载火箭（以下简称“火箭”）上升段飞行过程中火箭界面飞行环境参数类型、测量参数范围及测量要求、数据处理和方法等要求。

本文件适用于火箭界面飞行环境遥测数据处理和分析。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 32455 运载火箭术语

3 术语和定义

GB/T 32455 界定的术语和定义适用于本文件。

4 飞行环境参数类型

4.1 准静态载荷

准静态载荷是除重力外所有加在火箭上的外力载荷。频率范围为 10 Hz 以内，一般用加速度表征。

4.2 低频振动

低频振动主要是火箭在点火和关机过程中由发动机脉动推力产生的结构响应，或者在跨音速飞行段由气体脉动压力产生的结构响应，或者在级间分离过程中产生的瞬态载荷。频率范围为 2 Hz~100 Hz，一般用加速度表征。

4.3 高频振动

高频振动主要是由火箭发动机喷流噪声和气动噪声产生的结构响应。高频振动在起飞段、上升段、跨音速段达到最大。频率范围为 10 Hz~2 000 Hz，一般用加速度的功率谱密度表征。

4.4 声学噪声

声学噪声主要是由火箭发动机噪声和气动噪声产生的声压。整流罩内噪声在起飞段、上升段、跨音速段达到最大。频率范围（中心频率）为 25 Hz~10 000 Hz，一般用声压级表征。

4.5 冲击

冲击环境主要是由整流罩分离、级间分离、火箭分离等分离动作产生的瞬态响应。频率范围为 100 Hz~10 000 Hz，一般用加速度表征。

4.6 稳态压力

稳态压力包括火箭外部和火箭内部的瞬时压力。火箭上升过程中，由于泄压导致整流罩内部气体压力逐渐降低。整流罩内部压力和飞行弹道、整流罩形状、泄压口形状等因素有关。

4.7 热

飞行热环境依赖于气动加热、上面级发动机羽流、太阳辐射、地球反照、地球红外辐射和宇宙空间低温环境。

5 测量参数范围及测量要求

5.1 测量参数范围

测量参数范围应由火箭方和卫星方协调确定。除额外要求外，应包含下列测量参数并提供相应测量结果：

- a) 过载；
- b) 低频振动；
- c) 高频振动；
- d) 声学噪声；
- e) 冲击加速度；
- f) 稳态压力；
- g) 温度。

5.2 测量要求

5.2.1 测量参数数量和测点位置

5.2.1.1 过载

过载参数数量和测点位置要求如下：

- a) 应至少布置1个三向过载参数测点，并明确测量的方向，一般为火箭坐标系轴、法、横三方向；
- b) 过载参数测点应布置在靠近星箭界面且能够反映星箭界面过载环境的典型位置处，宜布置在框架或桁条等结构刚度较大的位置。

5.2.1.2 低频振动

低频振动参数数量和测点位置要求如下：

- a) 应至少布置1个三向低频振动参数测点，并明确低频振动参数的方向，一般为火箭坐标系纵、法、横三方向；
- b) 低频振动参数测点应布置在靠近星箭界面且能够反映星箭界面低频振动环境的典型位置处，宜布置在框架或桁条等结构刚度较大的位置。

5.2.1.3 高频振动

高频振动参数数量和测点位置要求如下：

- a) 应至少布置1个三向高频振动参数测点，并明确高频振动参数的方向，一般为火箭坐标系纵、法、横三方向；
- b) 高频振动参数测点应布置在靠近星箭界面且能够反映星箭界面高频振动环境的典型位置处，宜布置在框架或桁条等结构刚度较大的位置。

5.2.1.4 声学噪声

声学噪声参数数量和测点位置要求如下：

- a) 应至少布置1个声学噪声参数测点，声学噪声参数为单向测量，一般为垂直整流罩壁面指向火箭中心轴线；
- b) 声学噪声参数测点应布置于整流罩内具有代表性声场的位置，一般选取整流罩上对应的空间空旷、遮挡较少位置。

5.2.1.5 冲击加速度

冲击加速度参数数量和测点位置要求如下：

- a) 应至少布置1个两向冲击加速度参数测点，并明确冲击加速度参数的方向，应包含冲击最大方向，一般为火箭坐标系的轴、径两方向；
- b) 冲击加速度参数测点应布置在靠近星箭界面且能够反映星箭界面冲击环境的典型位置处，并尽量布置在框架或桁条等结构刚度较大的位置。

5.2.1.6 稳态压力

应至少布置1个内压测点，安装于卫星支架上可反映起飞到抛罩、抛罩后到星箭分离时的压力环境的位置。

5.2.1.7 温度

至少布置2个温度测点，1个测点测量整流罩内空间温度，1个测点测量星箭界面温度，测量星箭界面的温度测点选择贴壁安装，条件不允许时，应靠近星箭界面。

5.2.2 测量参数的量程选择

测量参数的量程由火箭方根据以往飞行遥测结果或理论预示结果确定，既要保证测量精度，又不应出现限幅现象。具体如下：

- a) 过载参数、低频振动参数、高频振动参数、声学噪声参数及冲击加速度参数的传感器量程宜为最大估计值的+3 dB左右；
- b) 稳态压力参数的传感器量程宜为0 Pa~101 325 Pa，温度参数的传感器量程宜为-60 ℃~200 ℃。

5.2.3 采样频率与滤波要求

采样频率与滤波要求如下。

- a) 过载参数的采样率应不小于30 Hz。过载参数在采样之前应先进行10 Hz以内的低通滤波，抑制频率混叠。
- b) 低频振动参数的采样率宜不小于512 Hz，如采集系统满足不了，则应不小于300 Hz。低频振动参数在采样之前应先进行2 Hz~100 Hz的带通滤波，抑制频率混叠。
- c) 高频振动参数的采样率应不小于5 120 Hz。高频振动参数在采样之前应先进行10 Hz~2 000 Hz的带通滤波，抑制频率混叠。
- d) 声学噪声参数的采样率应不小于25 600 Hz。声学噪声参数在采样之前应先进行20 Hz~10 000 Hz的带通滤波，抑制频率混叠。
- e) 冲击加速度参数的采样率宜不小于51 200 Hz，如采集系统满足不了，则应不小于25 600 Hz。冲击加速度参数在采样之前应先进行100 Hz~10 000 Hz的带通滤波，抑制频率混叠。
- f) 稳态压力的采样率应不小于20 Hz。

g) 温度的采样率应不小于20 Hz。

6 数据处理和方法

6.1 数据预处理程序

6.1.1 数据质量检查

时间历程遥测数据需要检查数据质量，通过目视检查所测信号的时间历程，辨识信号的基本特征，并将其与测量时已知的物理事件相关联，以验证该信号的基本特征与产生该信号的物理时间机理的一致性。若时间历程信号与参数物理过程实质不一致，该参数可视为无效。遥测故障段需要标识出来，并且不予处理。

6.1.2 过载、稳态压力和温度

因为过载、稳态压力和温度随时间变化缓慢，某一时刻信号的突然增大或减小应视为干扰信号，应被剔除或根据相邻时刻信号的大小为该时刻信号做适当处理。

6.1.3 低频振动、高频振动、声学噪声和冲击加速度

6.1.3.1 数据质量鉴定

通过时间历程曲线检查数据质量。通过信号振幅变化情况是否合理判断信号是否正常。

6.1.3.2 伪信号识别

随机信号在某一时刻其概率密度值出现超过平均值 ± 3 倍标准差时称其为伪信号，应被剔除或根据其相邻时刻信号的大小对伪信号做适当处理。

6.1.3.3 趋势项去除

在对低频振动、高频振动、声学噪声和冲击参数进行快速傅里叶变换（FFT）分析或冲击响应（SRS）分析时对应去除不应有的趋势项。

6.1.3.4 中心化处理

低频振动、高频振动、声学噪声参数当其平均值不为零时，应进行中心化处理。

6.2 数据处理要求

6.2.1 过载

过载数据应包含起飞到星箭分离时刻的时间历程数据。

6.2.2 低频振动

低频振动参数处理要求如下：

- a) 应包含起飞到星箭分离时刻的时间历程数据；
- b) 应将典型工况数据处理成傅里叶谱和放大因子 Q 为10或20的冲击响应谱；
- c) 数据处理长度一般选取1帧，每帧数据长度至少为1 024点；
- d) 发射任务剖面中需要分析的典型工况一般包括：起飞、跨音速至最大动压段、发动机启动及关机、结构分离和其他振动较大时段。

6.2.3 高频振动

高频振动参数处理要求如下：

- a) 应包含起飞到星箭分离时刻的时间历程数据；
- b) 应将典型工况数据处理成傅里叶谱和功率谱密度；
- c) 数据处理长度一般选取8帧~16帧，每帧数据长度至少为1 024点；
- d) 发射任务剖面中需要分析的典型工况一般包括：起飞、跨音速至最大动压段、发动机平稳工作段和其他振动较大时段。

6.2.4 声学噪声

声学噪声参数处理要求如下：

- a) 应包含点火起飞到整流罩分离时刻的时间历程数据；
- b) 应将典型工况数据处理成1/3或其他倍频程声压谱；
- c) 数据处理长度一般选取16帧，每帧数据长度至少为2 048点；
- d) 发射任务剖面中需要分析的典型工况一般包括：点火起飞、跨音速至最大动压段。

6.2.5 冲击加速度

冲击参数处理要求如下：

- a) 应包含典型分离过程的时间历程数据；
- b) 应将典型分离过程数据处理成放大因子 Q 为10的1/12或其他倍频程冲击响应谱；
- c) 数据处理长度应覆盖整个分离过程，选取信号起始点应接近零幅值，截止点的量级应不大于最大量级的10%；
- d) 发射任务剖面中需要分析的典型工况一般包括：级间分离、整流罩分离及星箭分离等典型分离过程。

6.2.6 稳态压力

应包含从火箭起飞到星箭分离时刻的时间历程数据。

6.2.7 温度

温度数据应包含从火箭起飞到星箭分离时刻的时间历程数据。

6.3 输出数据格式

6.3.1 过载

过载参数数据输出格式要求如下：

- a) 应包括时间历程数据文件；
- b) 数据文件第一列为时间、单位为秒（s），第二列为对应过载、以重力加速度计（ g ）。

6.3.2 低频振动

低频振动参数数据输出格式要求如下：

- a) 应包括时间历程、傅里叶谱和冲击响应谱处理结果的数据文件；
- b) 时间历程数据文件第一列为时间、单位为秒（s），第二列为对应加速度、以重力加速度计（ g ）；
- c) 傅里叶谱和冲击响应谱处理结果数据文件第一列为频率、单位为赫兹（Hz），第二列为对应加速度谱值、以重力加速度计（ g ）。

6.3.3 高频振动

高频振动参数数据输出格式要求如下。

- a) 应包括时间历程、傅里叶谱和功率谱密度处理结果的数据文件。
- b) 时间历程数据文件第一列为时间、单位为秒 (s)，第二列为对应加速度、以重力加速度计 (g)。
- c) 傅里叶谱处理结果数据文件第一列为频率、单位为赫兹 (Hz)，第二列为对应加速度谱值、以重力加速度计 (g)。功率谱密度处理结果数据文件第一列为频率、单位为赫兹 (Hz)，第二列为对应加速度功率谱密度值、以重力加速度计 (g)，单位为 (g^2/Hz)。

6.3.4 声学噪声

声学噪声参数数据输出格式要求如下：

- a) 应包括时间历程、1/3或其他倍频程声压谱处理结果的数据文件；
- b) 时间历程数据文件第一列为时间、单位为秒 (s)，第二列为对应声压、单位为帕 (Pa)；
- c) 声压谱处理结果数据文件第一列为频率、单位为赫兹 (Hz)，第二列为对应声压级、单位为分贝 (dB)。

6.3.5 冲击加速度

冲击加速度参数数据输出格式要求如下：

- a) 应包括时间历程、1/12或其他倍频程冲击响应谱处理结果的数据文件；
- b) 时间历程数据文件第一列为时间、单位为秒 (s)，第二列为对应加速度、以重力加速度计 (g)；
- c) 冲击响应谱处理结果数据文件第一列为频率、单位为赫兹 (Hz)，第二列为对应加速度谱值、以重力加速度计 (g)。

6.3.6 稳态压力

稳态压力参数数据输出格式要求如下：

- a) 应包括时间历程数据文件；
- b) 数据文件第一列为时间、单位为秒 (s)，第二列为对应稳态压力值、单位为帕 (Pa)。

6.3.7 温度

温度参数数据输出格式要求如下：

- a) 应包括时间历程数据文件；
- b) 数据文件第一列为时间、单位为秒 (s)，第二列为对应温度值、单位为摄氏度 ($^{\circ}C$)。

