

基于多因子组合判别的数字量帧通用解析方法

舒传华, 王竞克, 范亚辉
(太原卫星发射中心技术部 太原 030013)

摘要: 随着航天任务型号的不断改进, 箭上各系统单机输出数字量数据的现象越来越普遍, 且数字量数据帧结构也越来越复杂多样, 在各型号之间差异也较大, 这给遥测数据处理带来了巨大挑战。若各型号各种帧结构数字量数据均对应一种解析方法, 那么软件需要经常做适应性修改, 造成软件维护工作量大且容易出错。针对这种情况, 在充分梳理总结以往各型号任务中复杂帧结构数字量数据的特点和对应解析方法的基础上, 提出了基于数字量帧结构中多个因子作为综合判据的普适性的解析方法, 称为“通用解析方法”, 其中分析了各因子对数据帧解析的作用, 讨论了块头、步长等重要因子的设计和判别, 给出了通用实现过程。方法已多次应用于航天任务中, 效果良好。

关键词: 数字量数据; 数字量数据帧结构; 多因子组合; 通用解析方法

中图分类号: V557+.3; TN915.04

文献标志码: A

文章编号: 2095-1000(2023)05-0041-07

DOI: 10.12347/j.ycyk.20230416001

引用格式: 舒传华, 王竞克, 范亚辉. 基于多因子组合判别的数字量帧通用解析方法[J]. 遥测遥控, 2023, 44(5): 41-47.

The general parsing method for digital data frames based on multiple-factor combination

SHU Chuanhua, WANG Jingke, FAN Yahui

(The Technology Department of Taiyuan Satellite Launch Center, Taiyuan 030013, China)

Abstract: With the improvement of space product models, it's more and more general to output digital data from system single machine, and frame structures of digital data are various and different between space products. So it brings huge challenge for the telemetry data processing to process all kinds of digital data frames. If the parsing method for digital data frames is non-uniform, data processing software needs constant adaptable modification, which causes big software maintenance and mistakes easily. In view of this situation, based on summarizing the characteristics of the pre-exist digital data frame structures and the corresponding processing methods, the paper proposes the general parsing method for digital data frames based on multiple-factor combination, which analyzes the use of each factor for parsing digital data frames, and discusses the design and judging of block head and step factors, and puts forward general fulfil process. The method has been used in data processing in space tasks and has received perfect effect.

Keywords: Digital data; Frame structure of digital data; Multiple-factor combination; General parsing method

Citation: SHU Chuanhua, WANG Jingke, FAN Yahui. The general parsing method for digital data frames based on multiple-factor combination[J]. Journal of Telemetry, Tracking and Command, 2023, 44(5): 41-47.

引 言

数字量数据^[1-3]是航天飞行器遥测系统数据^[1-5]的重要组成部分, 通常包括测量系统^[5]、控制系统^[6]、外安系统^[7]、动力系统^[8]等箭上某些单机计算过程中的一些整字信息、单机的控制信息、单机工作状态信息以及单机的测量信息等, 比如箭机数字量参数、配电控制器数据参数、加表脉冲量

参数、外安各单机的工作状态参数、发动机控制参数、卫星导航接收机的定位参数^[9]等。随着航天任务型号的不断改进, 箭上各系统对应的各单机独自输出数字量数据的现象越来越普遍, 且数字量数据对应的帧结构也越来越复杂多样。

针对数字量参数原码对应遥测全帧^[10,11]中固定波道位置的数据处理比较简单, 反之与对应的波道位置无确定关系的数字量参数处理比较困难,

将这类数字量参数对应的数据结构称之为复杂帧结构。复杂帧结构的数字量参数原码在分路数据(也称为数字量数据)^[12]中以数据帧/包格式存放,各参数原码数据、位置、数据类型等信息只与具体帧格式对应,与分路数据的波道位置不存在任何对应关系。处理该类数字量参数时需要先从数字量数据中解析出数据帧,然后再按帧格式提取各参数原码后进行解算。其中,一种复杂帧结构的数字量数据中可能包含一种数据帧,也可能包含多种数据帧;另外,数据帧格式多种多样,有的是专用的协议格式,有的只是一种复杂组成约定;最后,各类数据帧大小各异,有的是一个全帧中的数字量数据包含多个数据帧,有的可能需要多个全帧中的数字量数据才能拼出一个数据帧。

因此,需要处理上述各种各样的复杂帧结构数字量数据,且各类航天任务型号间数字量数据具体帧结构总存在差异,这给遥测数据处理带来了巨大挑战。若各类航天任务中各种数字量帧结构解析均对应各自的一种处理方法,那么需要经常对数据处理软件进行适应性修改,造成软件维护工作量大且容易出错的不利影响,同时也不适应现在任务准备需求。针对这种情况,在充分梳理总结以往各型号任务中数字量数据复杂帧结构的特点和对应处理方法的基础上,将各类型号任务各种复杂帧结构数字量解析方法中使用的因子进行整合和提炼,归纳了数字量数据解析常用的因子组合序列,并逐一分析了各因子在帧结构解析中的作用,提出了利用帧结构特点中多个因子作为综合判据的通用性的解析方法,称之为数字量数据的通用解析方法。方法中,判别因子的使用可根据帧结构特点进行选择,也可根据数据结果质量要求进行增减。最后,介绍了几种常用的由不同解析因子组合的具体解析方法。

1 数字量数据复杂帧结构的特点分析

复杂块结构的数字量参数原码在数字量数据中以数据帧/包格式存放的,一种数字量数据中可能包含一种数据帧,也可能包含多种数据帧,下面给出几种常见的数字量数据帧格式。

1.1 几种常见的数字量数据帧格式

表1对应数字量数据帧结构格式一。该类数字量数据中只包含一种数据帧。帧结构中提供了帧头同步码、CRC校验码信息,数据体长度固定。

表1 数字量数据帧结构格式一

Table 1 No.1 format of digital data frames

序号	含义	内容	字节数
1	帧头同步码	XXH	X1(可能>1)
2	数据体 DATA	—	N(确定值)
3	CRC 校验码	—	X3(可能>1)

表2对应数字量数据帧结构格式二。该类数字量数据中只包含一种数据帧。结构中提供了帧头同步码、和校验码、帧尾同步码信息,数据体长度固定。

表2 数字量数据帧结构格式二

Table 2 No.2 format of digital data frames

序号	含义	内容	字节数
1	帧头同步码	XXH	X1(可能>1)
2	数据体 DATA	—	N(确定值)
3	和校验码	—	X3(可能>1)
4	帧尾同步码	YYH	X4(可能>1)

表3对应数字量数据帧结构格式三。该类数字量数据中包含多种数据帧,每种数据按帧传输,即每帧数字量数据仅为多种数据帧中的一种。具体解算某种数据帧时,利用帧类型标识识别。结构中提供了帧头同步码、帧类型标识、数据体长度信息。其中,数据体长度与帧类型对应,可能存在某些类型帧的数据体长度不确定的现象,可能提供了长度的变化范围,只能利用每帧数据才能获取该帧数据体的实际长度。

表3 数字量数据帧结构格式三

Table 3 No.3 format of digital data frames

序号	含义	内容	字节数
1	帧头同步码	XXH	X1(可能>1)
2	其他信息 1	—	X2(可能>1)
3	帧类型标识	—	X3(可能>1)
4	其他信息 2	—	X4(可能>1)
5	数据体长度	—	X5(可能>1)
6	数据体 DATA	—	N(长度确定帧、不确定帧均存在)

表4对应数字量数据帧结构格式四。该类数字量数据中包含多种数据帧,每种数据按帧传输,即每帧数字量数据仅为其中的一种。具体解算某种数据帧时,利用帧类型标识识别。结构中提供了帧头同步码、帧类型标识、数据体长度、CRC

校验码、帧尾同步码信息。其中,数据体长度与帧类型对应,可能存在某些类型帧的数据体长度不确定的现象,可能提供了长度的变化范围,只能利用每帧数据才能获取该帧数据体的实际长度。

表4 数字量数据帧结构格式四
Table 4 No.4 format of digital data frames

序号	含义	内容	字节数
1	帧头同步码	XXH	X1(可能>1)
2	其他信息	—	X2(可能>1)
3	帧类型标识	—	X3(可能>1)
4	数据体长度	—	X4(可能>1)
5	数据体 DATA	—	N(长度确定帧、不确定帧均存在)
6	CRC 校验码	—	X6(>1)
7	帧尾同步码	YYH	X7(可能>1)

表5对应数字量数据帧结构格式五。该类数字量数据中包含多种数据帧,每种数据按帧传输,即每帧数字量数据仅为其中的一种。具体解算某数据帧时,利用帧类型标识识别。结构中提供了帧头同步码、帧类型标识、CRC 校验码、帧尾信息。其中,数据体长度与帧类型对应,各种数据体长度确定。另外,需注意注释说明,即在数据体 DATA、CRC 校验码中若存在帧头同步码 XXH 时,该字节数据必须发两次,但各种数据体长度不包含重发的字节数据。

表5 数字量数据帧结构格式五
Table 5 No.5 format of digital data frames

序号	含义	内容	字节数
1	帧头同步码	XXH	1
2	帧类型标识	—	X2(可能>1)
3	数据体 DATA	—	N(不考虑重发码时, 各种帧数据长度确定)
4	CRC 校验码	—	X4(>1)
5	帧尾字节 1	XXH(同帧头)	1
6	帧尾字节 2	YYH	1

注:在数据体 DATA、CRC 校验码中若存在帧头同步码 XXH 时,该字节数据必须发两次。

表6对应数字量数据帧结构格式六。该类数字量数据中包含一种数据帧。结构中提供了帧头同步码、和校验码、数据区长度、帧尾同步码信息。

其中,数据体长度不确定,提供了长度的变化范围,只能利用每帧数据才能获取该帧数据体的长度。另外,需注意注释说明,即在数据体 DATA 中若存在帧尾同步码时,在对应数据前面插入一个特定转义字符,数据区长度包含了转义字符;另外需关注此结构中数据区长度位置在数据体 DATA 后面,后续会发现这对帧结构解析有一定影响。

表6 数字量数据帧结构格式六
Table 6 No.6 format of digital data frames

序号	含义	内容	字节数
1	帧头同步码	XXH	X1(可能>1)
2	数据体 DATA	—	N(不确定值)
3	填充字节等	—	X3(可能>1)
4	和校验码	—	X4(可能>1)
5	数据区长度	—	X5(可能>1)
6	帧尾同步码	YYH	X6(可能>1)

注:在数据体 DATA 中若存在帧尾同步码数据时,在对应数据前面插入一个特定转义字符。

1.2 基于数字量帧格式特点的多因子对数据帧解析的影响

对上述六种常见的数字量数据帧格式进行梳理。

① 数字量数据帧格式中总的信息可归纳为帧头同步码、帧尾同步码、数据体长度、校验码、帧类型标识以及特殊规则。依据数据体长度可获取数据帧总长度信息,再根据数字量数据的分路波道数量及遥测子帧周期^[10],可获取数据帧所占据的时间,即数字量帧中最后一个原码对应的分路时间与第一个原码对应的分路时间差。因此,数据帧长度以及数据帧所占据的时间也是数据帧格式中的重要信息因子。

② 数字量数据中有的只包含一种类型的数据帧,有的包含多种类型的数据帧。不论一种类型还是多种,各类型数据均按帧传输,即每帧数字量数据仅为其中的一种类型数据帧;其中上述格式一、格式二、格式六均只对应一种类型的数据帧,格式三、格式四、格式五均对应多种类型的数据帧。

③ 格式一、格式二、格式五中数据体长度确定,格式六中数据体长度不确定,格式三、格式四均含有数据体长度确定帧和数据体长度不确定

帧。数据体长度确定性与否直接决定了数据帧块长以及数据帧块对应的时间的确定性, 当数据体长度不确定时, 只能通过具体每帧数据才能获得数据体实际长度, 从而获取数据帧长度以及数据帧所占据的时间, 常称之为内置数据帧块长和对应的内置数据帧块时间。

④ 格式三、格式四、格式六均含有数据体长度不确定的帧, 其中格式三、格式四中数据体长度信息在数据体数据前面, 靠近帧头同步码, 而格式六中数据体长度信息在数据体数据后面, 靠近帧尾同步码。针对数据体长度不确定的帧, 需关注数据体长度相对数据体数据的前后位置信息。

⑤ 格式一、格式二、格式三、格式四、格式六都有帧头同步码、数据体长度信息, 格式三没有帧尾码、校验码, 格式五有帧头同步码、没有数据体长度信息, 格式一、格式二、格式三、格式四没有特殊规则。

⑥ 格式三、格式四、格式六包含其他信息或填充字节, 其中可能存在固定码, 即帧结构中可能存在相对帧头同步码或帧尾同步码位置固定的固定码。

通过梳理总结以往各型号任务中数字量复杂帧结构解析方法, 再结合对数字量数据帧结构的统一认识, 可将复杂帧结构数字量数据解析的常用因子归纳为: 块头(帧头同步码)、块长(数据帧总长度)、块尾(帧尾同步码)、块时间(数据帧所占据的时间)、块校验、固定码、数据块长的最大值以及特殊规则等。

帧结构解析的最简单模型可设计为块头+块尾+块长, 在不考虑实时数据丢帧或乱码的情况下, 通过这三个因子即可解析出一个长度和头尾均满足帧结构的数据块。实际应用中, 数据丢帧或乱码的情况是客观存在的, 数据处理时必须判别这些情况。下面分析各因子在帧解析中的作用。

① 块头(帧头同步码): 在数据解析时, 块头可看作数据帧的起始标识, 当遍历数据遇到块头时, 需通过后续数据进一步确认块头的真实性。真实性判别主要源于考虑到该块头可能不是真实数据帧的开始, 而恰巧是其他的数据。事实上, 在帧结构设计时已考虑到此问题, 将块头长度设计为 4 字节或更长, 或将块头设计为特殊的码, 以尽量

避免帧头同步码在数据体中出现。

② 块长(数据帧总长度)+块尾(帧尾同步码): 当数据体长度确定, 即对应的块长确定时, 当搜到块头后, 以块长为搜索步长直接获取块尾位置数据, 若与块尾匹配, 则已获得长度和头尾均满足的数据帧; 当数据体长度不确定时, 若数据体长度信息在数据体前面, 如格式三、格式四, 针对这种情况, 需将块头进行扩展, 块头需包括数据体长度信息, 当遍历数据搜索块头时, 只能对数据进行不完全匹配, 即只对帧头同步码等确定信息进行匹配, 当不完全匹配获取扩展的块头后, 从块头中提取数据体长度信息, 从而获取块长信息, 再作为步长进行搜索判断; 当数据体长度不确定时, 若数据体长度信息在数据体后面, 如格式六, 需要使用数据块长的最大值, 当遍历数据搜索出块头时, 在后续块长的最大值范围内, 遍历可能存在的块尾, 首次检验到的块尾和数据体长度均匹配上的即为长度和头尾均满足的数据帧。

③ 块长(数据帧总长度)+块时间(数据帧块所占据的时间): 当帧格式没有块尾(帧尾同步码)时, 块头、数据体长度、块长的处理同上述帧结构解析②, 此时无法用块尾做匹配, 改用数据块占用的时间范围进行数据帧是否合理(连续的, 中间不丢帧)的判别, 若块时间在特定的范围内则判定该数据帧是合理的, 这里不再怀疑块头的可信性。

④ 块时间(数据帧所占据的时间): 当获得长度和头尾均满足的数据帧后, 可利用块时间判定数据帧数据的连续性, 防止数据帧为中间丢帧后数据形成的。

⑤ 块校验、固定码: 当获得长度和头尾均满足的数据帧后, 可利用块校验码或固定码判定数据帧的乱码情况, 进而提高数据帧的数据质量, 防止从数据帧中解算的参数存在散点。其中, 固定码使用较方便, 只能在一定程度上检验数据的质量, 并不能保证不会出现散点; 校验码使用较复杂, 尤其是 CRC 校验, 但是通过校验的数据质量确实很高, 杜绝了散点的可能性, 但是也会造成因为个别不重要散点而丢掉整个数据帧的情况。

⑥ 格式五的特殊规则: 即在数据体 DATA、CRC 校验码中若存在帧头同步码数据时, 该字节

数据必须发两次。通过帧格式可知,在帧中数据体 DATA、CRC 校验码以外的其他数据中,不会出现连续两次特殊字节的数据,所以在处理具有该特殊规则的数字量数据时,需从数据中先搜索连续特殊字节(2 个)的数据,逐一删除重发的特殊字节数据。相当于先消除特殊规则的影响,然后再用上述的块头+块长+块尾+块时间(可选)+块校验(可选)进行解析。

⑦ 格式六的特殊规则:依据帧结构解析②中针对当数据体长度不确定时,若数据体长度信息在数据体后面的情况处理,先获取长度和头尾均满足的数据帧,再在数据体 DATA 中遍历搜索可能插入的转义字符并进行删除即可。其中,插入转义字符的好处是为了区分帧尾和数据体 DATA 中可能出现的帧尾码的数据。剔除转义后,仍可使用固定码(可选)或块时间(可选)或块校验(可选)进行数据块质量的进一步判别。

2 通用解析方法实现

根据第 1.2 节关于多因子对数字量帧解析的影响分析,结合多次任务中对数字量数据进行帧解析的实践经验总结,提出了数字量帧通用解析方法。为了获取长度和头尾均满足帧结构的数据帧经常使用六个因子:块头、块长、块尾、块时间、数据块长的最大值以及特殊规则;对数据帧进行质量控制经常使用三个因子:块时间、块校验、固定码。通用数据帧解析方法思路一致,只是在各因子使用上存在差异,通用方法实现过程如图 1 所示,具体流程如下。

① 实时收到各次数字量数据后,分别获取本次的数据原码及对应的时间序列,在其头部拼接上上次解析后保留的数据原码和时间。

② 针对本次更新后的数据原码,逐字节搜索块头,其中块头的确定需要注意以下情况:

针对某些特殊规则,且对应帧格式中没有数据体长度因子,比如格式五中的重复码,需要在搜块头前先去重码,否则影响对块头、块长的判别。

如上 1.2 节所述,当数据体长度不确定时,且数据体长度信息在数据体前面时,需将块头进行扩展,使用扩展后的块头且使用不完全匹配法确定块头;其他情况可直接用帧头同步码当作块头。

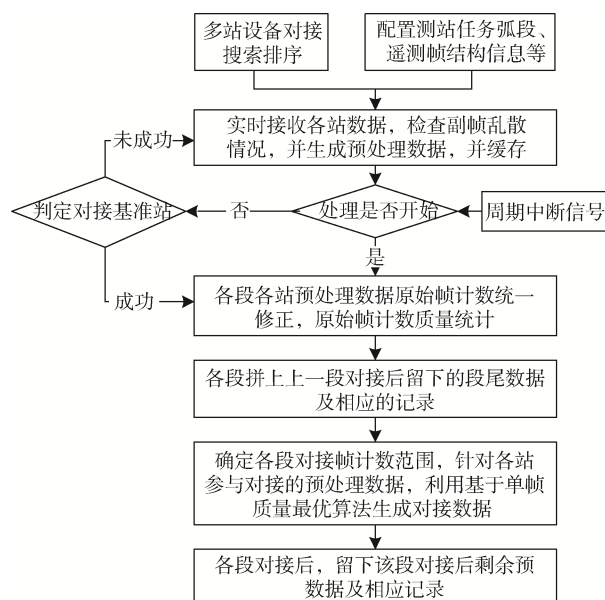


图 1 数字量帧通用解析方法流程

Fig. 1 The flow chart of the general parsing method for digital data frames

当到块尾处仍未找到块头时,留下尾部大小为(块头长-1)的原码数据及对应时间,更新到数据原码缓存及时间缓存,跳出本次帧解析。

③ 搜索到块头后,针对数据体长度状况,分以下几种情况确定搜索步长(即数据块长)。

针对确定的数据体长度,数据块长也确定,块长即为搜索步长;

针对上述数据体长度不确定时,且数据体长度信息在数据体前面的状况,在上一步①搜到的扩展块头中利用数据体长度位置、数据类型及附加长度信息,获取该帧的数据体长,据此获取内置块长即搜索步长;

针对上述数据体长度不确定时,且数据体长度信息在数据体后面的状况,需要使用数据块长的最大值,以此为搜索步长,此时数据块长的最大值也称为内置块长度极值。

④ 当找到块头并确定步长后,分以下几种情况判别块尾:

若为确定块长,搜索步长即为确定块长:利用步长特性,先判数据原码缓存是否包含块头后的步长大小数据:若包含,直接用步长获取块尾,再判断块尾匹配性,若匹配,即获取了长度和头尾均满足的数据帧;若块尾不匹配,继续遍历新的块头;若缓存数据不包含步长大小的数据,留下从块头开始的原码数据及对应时间,跳出本次

帧解析;

若为内置块长, 处理同确定步长;

若为内置块长度极值, 搜索步长为长度极值: 利用步长特性, 先判数据原码缓存是否包含块头后的步长大小数据: 若包含, 在块头后的步长范围内, 遍历可能存在的块尾, 首次检验块尾和数据体长度均匹配的即为长度和头尾均满足的数据帧; 若块尾未找到, 继续遍历新的块头; 若缓存数据不包含步长大小的数据, 处理同固定步长, 即留下从块头开始的原码数据及对应时间, 更新到数据原码缓存及时间缓存, 跳出本次解析。

⑤ 当找到长度和头尾均满足的数据帧后, 可根据帧格式特点, 或根据对数据质量的需求, 选择使用块时间或块校验或固定码来进一步检验数据帧质量, 当满足需求时才对数据帧进行后续参数处理, 否则直接回到②, 继续重新搜索新的块头。

从上述的方法设计可看出, 无论利用何种因子组合进行帧解析, 方法设计思路一致, 扩展性好; 动态缓存全局变量大小可控, 最大为块长-1, 这是通过留尾策略实现的, 其中留尾只针对两种情况, 一种情况为当到数据尾处仍未找到块头时, 另一种情况为找到块头, 但后续数据不满足数据块长条件时; 尽量使用搜索步长, 避免逐字节搜索, 方法运行效率高; 最后, 方法设计中统一了确定块长、内置块长(格式中不确定数据体长度信息在数据体前面)、内置块长极值(格式中不确定数据体长度信息在数据体后面)这三种情况下的步长处理和留尾策略, 实现了方法的通用性。

3 可行性分析

该方法已多次应用于航天任务遥测数据处理中, 已合理、准确地完成了上述格式下的数字量数据帧解析, 应用效果良好。在使用该方法时, 根据解析因子组合具体形成了多个方法实例, 各方法实例设计思路一致, 在新增具体因子时, 方法设计不用改变, 只需增加判决条件即可。具体各个方法实例使用, 可依据其名称来区分, 通过方法实例名称识别具体方法使用的因子, 解析因子信息可通过统一配置获取, 配置信息包括块头、块尾、固定长度、固定时间范围、数据体长度位

置、数据体类型及附加长度、分路主波道个数及子帧周期、和校验、CRC 校验、校验码位置及数据类型、CRC 校验多项式、固定码位置及码值、重复码、转义字符等。

针对格式一, 可用两种具体方法: 通用帧解析_块头+固定长度+固定时间范围、通用帧解析_块头+固定长度+CRC 校验。

针对格式二, 可用两种具体方法: 通用帧解析_块头+块尾+固定长度+(固定时间范围)、通用帧解析_块头+块尾+固定长度+(和校验), 其中加括号因子表示可选项, 可用可不用, 根据对数据质量的需求进行选择, 下同。

针对格式三, 数据体长度确定的帧数据解析可用通用帧解析_块头+固定长度+固定时间范围; 不确定时, 若只需解算数据体中前端部分确定的数据时, 也可用通用帧解析_块头+固定长度+固定时间范围算法, 否则可用通用帧解析_不完全匹配块头+内置块长度+内置时间范围。

针对格式四, 数据体长度确定的帧的数据解析可用通用帧解析_不完全匹配块头+块尾+固定长度+(固定时间范围)+(CRC 校验); 不确定时, 可用通用帧解析_不完全匹配块头+块尾+内置块长度+(内置时间范围)+(CRC 校验)。

针对格式五, 可用通用帧解析_块头+块尾+固定长度+重复码+(固定时间范围)+(CRC 校验)。

针对格式六, 可用通用帧解析_块头+块尾+内置块长度极值+转义字符+(内置时间范围)+(和校验)。

4 结束语

本文通过分析常见的数字量帧结构特点, 归纳总结了数字量帧解析常用的因子, 讨论了块头、步长、块时间等重要因子的设计和判别, 并给出了通用实现方法。该方法已多次应用于航天任务中, 适应性强、灵活性高、复用率高、稳健性好、可靠性高, 对其它新型复杂帧结构数字量数据处理具有很强借鉴意义, 能有效缩短任务软件准备周期, 提高任务准备效率。

参考文献

- [1] 陈以恩.《遥测数据处理》[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.
- [2] 刘蕴才.《遥测遥控系统》[M]. 北京: 国防工业出版社,

- 2000.
- [3] 杨延军.《靶场数据处理技术》[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008.
- [4] 李邦复.《遥测系统》[M]. 北京: 宇航出版社, 1997.
- [5] 邵发声.《运载火箭遥测系统》[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.
- [6] 穆山.《运载火箭控制系统》[M]. 北京: 国防工业出版社, 2003.
- [7] 李孟祥.《运载火箭外测与安全系统》[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.
- [8] 陈新华.《运载火箭推进系统》[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.
- [9] 张守信.《GPS 卫星测量定位理论与应用》[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1996.
- [10] 中国人民解放军总装备部. 遥测数据处理[S]. 北京: 总装备部军标出版发行部, 2004.
- [11] 舒传华, 孙喜, 崔峻峰, 等. 基于单帧质量最优的遥测多站数据自动对接方法[J]. 遥测遥控, 2014, 35(6): 50-55.
- SHU Chuanhua, SUN Xi, CUI Junfeng, et al. The method for connecting telemetry data streams automatically based on each top-quality frame[J]. Journal of Telemetry, Tracking and Command, 2014, 35(6): 50-55.
- [12] 舒传华, 王竞克, 唐海波, 等. 基于遥测全帧的延时数据弥补方法研究与应用[J]. 遥测遥控, 2016, 37(4): 14-19.
- SHU Chuanhua, WANG Jingke, TANG Haibo, et al. Research and application of the remedy method using delay data based on telemetry frame[J]. Journal of Telemetry, Tracking and Command, 2016, 37(4): 14-19.
- [作者简介]
- 舒传华 1981 年生, 硕士, 工程师。
- 王竞克 1983 年生, 硕士, 工程师。
- 范亚辉 1982 年生, 学士, 工程师。
- (本文编辑: 杨秀丽)