|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 描写  底图登记号  描校  旧底登记号  软盘编号  CAD |  | 密别 |  | | | |
|  |
| 阶段 |  |  |  |  |
|  |
|  |  | | | | |

|  |
| --- |
|  |
|  |
|  |

会 签

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
|  |
|  |  |  |
|  |
|  | **编 写** |  |
|  |
|  | **校 对** |  |
|  |
| **审 核** |  |
| **标 审** |  |
| **批 准** |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 共 | 0 | 页 第 1 页 |

**五 〇 八 所**

目 录

[1. 说明 3](#_Toc21031622)

[2. 参考文件 3](#_Toc21031623)

[3. 内部CAN总线网络结构及工作参数 3](#_Toc21031624)

[4. 内部CAN总线数据格式约定 5](#_Toc21031625)

[4.1 主体视频电子单元内部CAN总线数据格式定义 5](#_Toc21031626)

[4.1.1 主体视频电子单元遥控指令及应答格式 5](#_Toc21031627)

[4.1.2 主体视频电子单元遥测轮询序列及遥测参数 15](#_Toc21031628)

[4.2 机构控制单元内部CAN总线数据格式定义 20](#_Toc21031629)

[4.2.1 机构控制电路遥控指令及应答格式 20](#_Toc21031630)

[4.2.2 机构控制单元遥测轮询序列及遥测参数 23](#_Toc21031631)

[4.3 总线广播格式定义 26](#_Toc21031632)

[4.3.1 内部总线广播内容说明 26](#_Toc21031633)

[4.3.2 辅助数据广播 27](#_Toc21031634)

[4.3.3 内部CAN总线复位广播 28](#_Toc21031635)

[5. 附录1：内部CAN总线通信的基本要求 28](#_Toc21031636)

[5.1 数据帧格式说明 28](#_Toc21031637)

[5.1.1 数据帧标识符 29](#_Toc21031638)

[5.1.2 远程发送请求RTR 31](#_Toc21031639)

[5.1.3 数据长度码DLC 31](#_Toc21031640)

[5.1.4 数据场格式 31](#_Toc21031641)

[5.1.5 数据包格式 32](#_Toc21031642)

[5.2 通信节点工作模式 33](#_Toc21031643)

[5.3 数据传送规程 33](#_Toc21031644)

[5.3.1 轮询过程 33](#_Toc21031645)

[5.3.2 选择过程 33](#_Toc21031646)

[5.3.3 广播过程 34](#_Toc21031647)

[5.4 时间要求 34](#_Toc21031648)

[5.5 总线的选择 34](#_Toc21031649)

[5.6 软件设计 34](#_Toc21031650)

[5.6.1 SJA1000 初始化流程 34](#_Toc21031651)

[5.6.2 发送功能的设计 34](#_Toc21031652)

[5.6.3 接收功能的设计 35](#_Toc21031653)

[5.6.4 应答功能的设计 35](#_Toc21031654)

[5.6.5 遥测设计 36](#_Toc21031655)

[5.6.6 可靠性安全性设计 37](#_Toc21031656)

[6. 附录2：整星广播数据格式要求 37](#_Toc21031657)

[6.1 星务整星对时广播数据格式 37](#_Toc21031658)

[6.2 GNSS整秒对时广播 38](#_Toc21031659)

[6.3 GNSS定位广播数据格式 39](#_Toc21031660)

[6.4 姿控陀螺和姿态广播数据格式 40](#_Toc21031661)

[6.5 姿控星敏广播数据格式 49](#_Toc21031662)

1. **说明**

HY-3A采用CAN总线作为内部各单机之间进行数据传输的内部二级总线，CAN总线是综合电子与其它单机设备进行通信的链路。

HY-3ACAN总线网络使用A，B双总线通信，通信方式采用主从通信方式，综合电子是内部内部二级总线的主节点。

**对于由多个字节组成的数据，如果不特别说明均为高字节在前、低字节在后。**

本协议规定了HY-3A内部二级CAN总线的基本协议和数据约定。要求各通信节点严格遵循本通信协议，以保证信息的正确传输。

1. **带成像仪内部CAN总线网络结构及工作参数**

内部CAN总线网络采用双冗余的总线型网络结构，包括A、B两条CAN总线。内部CAN总线的主节点为综合电子，即上位机，其余电子学单机（主体视频电子单元、机构控制电路）为从节点，即下位机。

A，B总线使用规则：默认内部CAN总线由A总线工作，当综合电子收到星务总线指令“A/B总线切换”指令或综合电子内部CAN总线自主切换时，主体视频电子单元和机构控制电路的内部CAN总线能够自适应完成切换。



图 1 HY-3ACAN 总线接口连接方式

每个CAN总线通信节点选用J30JHP系列9ZK插座，总线插座接点分配见表1。

表1 内部CAN总线插座接点分配

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 接点号 | 信号名称 | 点数 |
| 2，3 | 内部CAN总线A正(A\_CANH) | 2 |
| 4，5 | 内部CAN总线A负(A\_CANL) | 2 |
| 6，7 | 内部CAN总线B正(B\_CANH) | 2 |
| 8，9 | 内部CAN总线B负(B\_CANL) | 2 |
| 1 | 机壳地 | 1 |
| 注：双绞线应按2与4点、3与5点、6与8点、7与9点进行双绞。 | | |

表2 内部CAN总线主要技术指标

|  |  |
| --- | --- |
| 波特率： | 500Kbps±0.5% |
| 总线最大长度： | 60m |
| 同步方式： | 异步传输 |
| 物理层： | 综合电子、主体视频电子单元、机构控制符合CAN2.0A技术规范 |
| 链路层： | 综合电子、主体视频电子单元、机构控制符合CAN2.0A技术规范 |
| 传输基本单位： | 数据帧，一帧最多传送8个字节 |
| 差错控制方式： | CRC校验 |
| 振荡器： | 石英晶体振荡器容差最大值小于0.1% |
| CAN总线控制器： | SJA1000（PHILIPS） |
| CAN总线接口芯片： | PCA82C250（PHILIPS） |
| 数据传送过程： | 应答和自主方式 |

表3 内部CAN总线站地址定义

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 单机名称 | **终端类型BC/RT** | 站地址 | 站地址屏蔽字 | 站地址标识 |
| 综合电子单元 | BC | 00H（000000B） |  | 00H |
| 主体视频电子单元 | RT | 11H（010001B） |  | 11H |
| 机构控制单元 | RT | 12H（010010B） |  | 12H |

GPS整秒时间广播地址：2FH（101111B）

其它卫星辅助数据广播地址：3FH（111111B）

辅助数据广播地址：3FH（111111B）

内部CAN总线广播地址：1FH（011111B）

1. **内部CAN总线数据格式约定**

4.1 主体视频电子单元内部CAN总线数据格式定义

4.1.1 主体视频电子单元遥控指令及应答格式

表4主体视频电子单元遥控指令格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **仲裁场、控制场** | | **数据场** | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **ID10～ID3+**  **ID2～ID0+RTR+DLC** | |
| 1 | 51H | 08H | T  20H | W0  11H | W1  XXH | W2  XXH | W3  XXH | W4  XXH | W5  XXH | SUM |

注：T：标识（数据类型（指令）+站地址标识）20H

W0：从节点（接收）站地址标识11H

W1：指令标识

表5主体视频电子单元遥控指令应答格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **仲裁场、控制场** | | **数据场** | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **ID10～ID3+**  **ID2～ID0+RTR+DLC** | |
| 1 | 51H | 48H | T  11H | W0  FFH | W1  20H | W2  FFH | W3  20H | W4  FFH | W5  20H | SUM |

注：T：标识（数据类型（指令应答）+站地址标识）11H

W0：固定值FFH

W1：对应指令T (20H)

W2、W4和W3、W5分别是W0和W1的重复

表6 主体视频电子单元接收遥控指令和接收辅助数据表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 仲裁场、控制场 | | | | | | 有效数据场 | | | | | | | | 说明 |
| 1 | | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |  |
| 优先级ID10～ID9 | 站地址ID8～ID3 | 帧类型ID2～ID1 | 帧格式ID0 | RTR | DLC |
| **主体视频电子单元接收综合电子的遥控指令数据格式** | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | 51H（01010001） | | 08H（00001000） | | | | T | W0 | W1 | W2 | W3 | W4 | W5 | SUM |  |
| **→** | 51H（01010001） | | 08H（00001000） | | | | 20H | 二级总线站地址标识 | W1：指令标识码  W2、W3、W4、W5：指令参数 | | | | | SUM | W0对应一级总线W0，转发二级总线时由综合电子转换为二级总线相应节点的站地址标识。  W1~W3基本完全对应一级总线W1~W3，除了积分时间设置，GNSS整秒对时广播，以及任意参数测试指令。 |
|  | 51H（01010001） | | 08H（00001000） | | | | 20H | 11H | 01H | W2 | W3 | 填充  AAH | 填充  AAH | SUM | 综合电子将卫星辅助数据中积分时间提取，按照该格式发给主体视频电子单元。  全色谱段的积分时间范围为：0.6ms~1.2ms 对应16进制的设置范围：[0H，0753H] 调整步长0.32us  W2是积分时间的高字节，W3为积分时间的低字节。其余无效。  **注: W1重新编入01H值。** |
|  | 51H（01010001） | | 08H（00001000） | | | | 20H | 11H | 03H | 01H | 32H/  61H/  86H/  A4H/  BBH | 填充  AAH | 填充  AAH | SUM | **九个谱段对应的五档增益参数设置指令**  W2字节的01H/02H/03H/04H/05H/06H/07H/08H/09H  分别代表谱段：B1/B2/B3/B4/B5/B6/B7/B8/B9  W3字节的  32H：对应增益档位1  61H：对应增益档位2  86H：对应增益档位3  A4H：对应增益档位4  BBH：对应增益档位5  增益设置档位对应的实际增益代码设置数值（暂定）。 |
| 02H |
| 03H |
| 04H |
| 05H |
| 06H |
| 07H |
| 08H |
| 09H |
|  | 51H（01010000） | | 08H（00001000） | | | | 20H | 11H | 04H | 01H | 01H/  02H/  03H/  04H/  05H/  06H/  07H/  08H | 填充  AAH | 填充  AAH | SUM | **九个谱段对应的级数设置指令**  W2字节的01H/02H/03H/04H/05H/06H/07H/08H/09H  分别代表谱段：B1/B2/B3/B4/B5/B6/B7/B8/B9  W3字节的  01H/02H/03H/04H/05H/06H/07H/08H分别代表B9谱段的8个积分级数档位。  01H/02H/03H/04H/05H/06H/07H分别代表B1~B8谱段的7个积分级数档位。  级数定义详见表7所示 |
| 02H |
| 03H |
| 04H |
| 05H |
| 06H |
| 07H |
| 08H |
| 09H |
|  | 51H（01010001） | | 08H（00001000） | | | | 20H | 11H | 05H | 00H/  0CH/  30H/  3CH/  C0H/  CCH/  F0H/  FCH | AAH | 填充  AAH | 填充  AAH | SUM | **算法开关指令设置指令**  W2字节代表暗像元，一致性，钳位开关的组合指令，共有以下8种组合：00H/0CH/30H/3CH/C0H/CCH/F0H/FCH  其余无效（默认全开，W2参数为FCH） |
|  | 51H（01010001） | | 08H（00001000） | | | | 20H | 11H | 06H | 01H | 00H  ~FFH | 填充  AAH | 填充  AAH | SUM | **数字增益K系数设置指令**  W2字节的01H/02H/03H/04H/05H/06H/07H/08H/09H  分别代表谱段：B1/B2/B3/B4/B5/B6/B7/B8/B9  W3代表K参数，其范围为00H~FFH  初始默认K系数为00H |
| 02H |
| 03H |
| 04H |
| 05H |
| 06H |
| 07H |
| 08H |
| 09H |
|  | 51H（01010001） | | 08H（00001000） | | | | 20H | 11H | 07H | 01H | 00H  ~FFH | 填充  AAH | 填充  AAH | SUM | **数字偏置B系数设置指令**  W2字节的01H/02H/03H/04H/05H/06H/07H/08H/09H  分别代表谱段：B1/B2/B3/B4/B5/B6/B7/B8/B9  W3代表B参考，其范围为00H~FFH  初始默认B系数为00H |
| 02H |
| 03H |
| 04H |
| 05H |
| 06H |
| 07H |
| 08H |
| 09H |
|  | 51H（01010001） | | 08H（00001000） | | | | 20H | 11H | 08H | 0FH | AAH | 填充  AAH | 填充  AAH | SUM | **数传主份输出接口开指令 （默认开）**  ①执行主份2711输出EN使能  ②执行备份2711输出EN不使能 |
|  | F0H | AAH | 填充  AAH | 填充  AAH | SUM | **数传备份输出接口开指令**  ①执行备份2711输出EN使能  ②执行主份2711输出EN不使能 |
|  | 00H | AAH | 填充  AAH | 填充  AAH | SUM | **数传主份和备份输出接口关闭指令**  ①执行主份2711输出EN不使能  ②执行备份2711输出EN不使能 |
|  | 51H（01010001） | | 08H（00001000） | | | | 20H | 11H | BCH | 11H | AAH | 填充  AAH | 填充  AAH | SUM | **任意指令1：面阵模式开** |
|  | 51H（01010001） | | 08H（00001000） | | | | 20H | 11H | BCH | 00H | AAH | 填充  AAH | 填充  AAH | SUM | **任意指令2：面阵模式关** |
|  | 51H（01010001） | | 08H（00001000） | | | | 20H | 11H | BDH | 00H  ~FFH | 00H  ~FFH | 填充  AAH | 填充  AAH | SUM | **任意指令3：面阵积分时间设置**  W2和W3分别是面阵积分时间参数高字节和低字节。 |
|  | 51H（01010001） | | 08H（00001000） | | | | 20H | 11H | 03H | 01H | 00H  ~FFH | 填充  AAH | 填充  AAH | SUM | **任意指令4：增益参数宽范围设置**  W2字节的01H/02H/03H/04H/05H/06H/07H/08H/09H  分别代表谱段：B1/B2/B3/B4/B5/B6/B7/B8/B9  W3表示增益设置数值范围00H~FFH。 |
| 02H |
| 03H |
| 04H |
| 05H |
| 06H |
| 07H |
| 08H |
| 09H |
|  | 51H（01010001） | | 08H（00001000） | | | | 20H | 11H | BXH | XXH | XXH | 填充  AAH | 填充  AAH | SUM | **预留其他任意指令** |
| **主体视频电子单元响应综合电子的指令应答数据格式** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **←** | 51H（01010001） | | 48H（00001000） | | | | 11H | FFH | 20H | FFH | 20H | FFH | 20H | SUM | **主体视频电子单元指令应答** |
| **主体视频电子单元指令接收综合电子转发的卫星类辅助数据格式** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **→** | BFH（10,111111） | | 48H（010,0,1000） | | | | A0H | W0 | W1 | W2 | W3 | W4 | W5 | SUM | **1、卫星平台时间广播数据**；  2、内容定义详见第6章附录2 |
| **→** | 2FH（00,101111） | | 08H（000,0,1000） | | | | 80H | W0 | W1 | W2 | W3 | W4 | W5 | SUM | **1、GNSS整秒对时广播数据；**  2、内容定义详见第6章附录2  **3、主体视频电子单元提取GNSS整秒对时广播数据中W0\W1\W2\W3字节作为整秒时刻。**  **4、优先级最高** |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | I  00H | L  2EH | T  A0H | W0 | W1 | W2 | W3 | W4 | **GNSS定位广播数据格式**  1、W41~W45为综合电子填充00H数据；  2、数传辅助数据中打入的GNSS定位广播只有41个字节数据，即W0~W40。  3、内容定义详见第6章附录2。 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 01H | W5 | W6 | W7 | W8 | W9 | W10 | W11 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 02H | W12 | W13 | W14 | W15 | W16 | W17 | W18 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 03H | W19 | W20 | W21 | W22 | W23 | W24 | W25 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 04H | W26 | W27 | W28 | W29 | W30 | W31 | W32 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 05H | W33 | W34 | W35 | W36 | W37 | W38 | W39 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 06H | W40 | W41  00H | W42  00H | W43  00H | W44  00H | 45W  00H | SUM |
| **→** | BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | I  00H | L  E4H | T  A0H | W0 | W1 | W2 | W3 | W4 | **姿控陀螺和姿态广播数据格式**  1、W224~W227为综合电子填充00H数据；  2、数传辅助数据中打入的姿控陀螺和姿态广播广播只有224个字节数据，即W0~W223。  3、内容定义详见第6章附录2。 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 01H | W5 | W6 | W7 | W8 | W9 | W10 | W11 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 02H | W12 | W13 | W14 | W15 | W16 | W17 | W18 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 03H | W19 | W20 | W21 | W22 | W23 | W24 | W25 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 04H | W26 | W27 | W28 | W29 | W30 | W31 | W32 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 05H | W33 | W34 | W35 | W36 | W37 | W38 | W39 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 06H | W40 | W41 | W42 | W43 | W44 | W45 | W46 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 07H | W47 | W48 | W49 | W50 | W51 | W52 | W53 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 08H | W54 | W55 | W56 | W57 | W58 | W59 | W60 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 09H | W61 | W62 | W63 | W64 | W65 | W66 | W67 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 0AH | W68 | W69 | W70 | W71 | W72 | W73 | W74 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 0BH | W75 | W76 | W77 | W78 | W79 | W80 | W81 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 0CH | W82 | W83 | W84 | W85 | W86 | W87 | W88 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 0DH | W89 | W90 | W91 | W92 | W93 | W94 | W95 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 0EH | W96 | W97 | W98 | W99 | W100 | W101 | W102 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 0FH | W103 | W104 | W105 | W106 | W107 | W108 | W109 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 10H | W110 | W111 | W112 | W113 | W114 | W115 | W116 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 11H | W117 | W118 | W119 | W120 | W121 | W122 | W123 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 12H | W124 | W125 | W126 | W127 | W128 | W129 | W130 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 13H | W131 | W132 | W133 | W134 | W135 | W136 | W137 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 14H | W138 | W139 | W140 | W141 | W142 | W143 | W144 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 15H | W145 | W146 | W147 | W148 | W149 | W150 | W151 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 16H | W152 | W153 | W154 | W155 | W156 | W157 | W158 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 17H | W159 | W160 | W161 | W162 | W163 | W164 | W165 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 18H | W166 | W167 | W168 | W169 | W170 | W171 | W172 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 19H | W173 | W174 | W175 | W176 | W177 | W178 | W179 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 1AH | W180 | W181 | W182 | W183 | W184 | W185 | W186 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 1BH | W187 | W188 | W189 | W190 | W191 | W192 | W193 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 1CH | W194 | W195 | W196 | W197 | W198 | W199 | W200 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 1DH | W201 | W202 | W203 | W204 | W205 | W206 | W207 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 1EH | W208 | W209 | W210 | W211 | W212 | W213 | W214 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 1FH | W215 | W216 | W217 | W218 | W219 | W220 | W221 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 20H | W222 | W223 | W224 | W225 | W226 | W227 | SUM |
| **→** | BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | I  00H | L  F9H | T  A0H | W0 | W1 | W2 | W3 | W4 | **姿控星敏广播数据格式**  1、W248为综合电子填充00H数据；  2、数传辅助数据中打入的姿控陀螺和姿态广播只有248个字节数据，即W0~W247。  3、内容定义详见第6章节附录2。 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 01H | W5 | W6 | W7 | W8 | W9 | W10 | W11 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 02H | W12 | W13 | W14 | W15 | W16 | W17 | W18 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 03H | W19 | W20 | W21 | W22 | W23 | W24 | W25 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 04H | W26 | W27 | W28 | W29 | W30 | W31 | W32 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 05H | W33 | W34 | W35 | W36 | W37 | W38 | W39 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 06H | W40 | W41 | W42 | W43 | W44 | W45 | W46 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 07H | W47 | W48 | W49 | W50 | W51 | W52 | W53 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 08H | W54 | W55 | W56 | W57 | W58 | W59 | W60 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 09H | W61 | W62 | W63 | W64 | W65 | W66 | W67 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 0AH | W68 | W69 | W70 | W71 | W72 | W73 | W74 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 0BH | W75 | W76 | W77 | W78 | W79 | W80 | W81 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 0CH | W82 | W83 | W84 | W85 | W86 | W87 | W88 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 0DH | W89 | W90 | W91 | W92 | W93 | W94 | W95 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 0EH | W96 | W97 | W98 | W99 | W100 | W101 | W102 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 0FH | W103 | W104 | W105 | W106 | W107 | W108 | W109 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 10H | W110 | W111 | W112 | W113 | W114 | W115 | W116 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 11H | W117 | W118 | W119 | W120 | W121 | W122 | W123 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 12H | W124 | W125 | W126 | W127 | W128 | W129 | W130 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 13H | W131 | W132 | W133 | W134 | W135 | W136 | W137 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 14H | W138 | W139 | W140 | W141 | W142 | W143 | W144 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 15H | W145 | W146 | W147 | W148 | W149 | W150 | W151 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 16H | W152 | W153 | W154 | W155 | W156 | W157 | W158 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 17H | W159 | W160 | W161 | W162 | W163 | W164 | W165 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 18H | W166 | W167 | W168 | W169 | W170 | W171 | W172 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 19H | W173 | W174 | W175 | W176 | W177 | W178 | W179 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 1AH | W180 | W181 | W182 | W183 | W184 | W185 | W186 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 1BH | W187 | W188 | W189 | W190 | W191 | W192 | W193 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 1CH | W194 | W195 | W196 | W197 | W198 | W199 | W200 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 1DH | W201 | W202 | W203 | W204 | W205 | W206 | W207 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 1EH | W208 | W209 | W210 | W211 | W212 | W213 | W214 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 1FH | W215 | W216 | W217 | W218 | W219 | W220 | W221 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 20H | W222 | W223 | W224 | W225 | W226 | W227 | W228 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 21H | W229 | W230 | W231 | W232 | W233 | W234 | W235 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 22H | W236 | W237 | W238 | W239 | W240 | W241 | W242 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 23H | W243 | W244 | W245 | W246 | W247 | W248 | SUM |
| **主体视频电子单元指令接收综合电子转发的成像仪类辅助数据格式** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **→** | BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | I  00H | L  12H | T  **60**H | W0 | W1 | W2 | W3 | W4 | **成像仪辅助数据广播**  具体内容定义详见4.3.3章节。 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 01H | W5 | W6 | W7 | W8 | W9 | W10 | W11 |
| BFH（10,111111） | | 68H（011,0,1000） | | | | 02H | W12 | W13 | W14 | W15 | W16 | W17 | SUM |
| **主体视频电子单元指令接收综合电子发送的内部CAN总线复位广播数据格式** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **→** | 9FH（10,011111） | | C8H（110,0,1000） | | | | T  E0H | 40H | 5AH | 00H | 00H | 00H | 00H | SUM | **内部CAN总线复位广播**  5AH：总线A复位  5BH：总线B复位  具体内容定义详见4.3.4章节。 |
| 5BH |

表7 级数定义表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **W3** | | | | | | | | | |
| 数值范围：01H~08H，具体含义如下： | | | | | | | | | |
| 数值 | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 |
| **01H** | 8级 | 6级 | 4级 | 4级 | 4级 | 4级 | 2级 | 2级 | 8级 |
| **02H** | 12级 | 12级 | 8级 | 8级 | 6级 | 6级 | 4级 | 4级 | 16级 |
| **03H** | 20级 | 24级 | 16级 | 16级 | 12级 | 12级 | 8级 | 8级 | 24级 |
| **04H** | 36级 | 32级 | 24级 | 24级 | 18级 | 18级 | 12级 | 12级 | 32级 |
| **05H** | 60级 | 42级 | 32级 | 32级 | 24级 | 24级 | 18级 | 18级 | 48级 |
| **06H** | 96级 | 56级 | 42级 | 42级 | 36级 | 36级 | 24级 | 24级 | 64级 |
| **07H** | 144级 | 72级 | 60级 | 60级 | 48级 | 48级 | 36级 | 36级 | 88级 |
| **08H** | 无效 | 无效 | 无效 | 无效 | 无效 | 无效 | 无效 | 无效 | 128级 |

备注：主体视频电子单元收到命令后不会立即执行，会等待一定时间后再执行，在这时间内可能会收到多条命令，如果同样的命令在这一段时间内来了多次，主体视频电子单元应缓存命令并顺序执行。

4.1.2 主体视频电子单元遥测轮询序列及遥测参数

综合电子通过内部CAN总线向主体视频电子单元发送遥测轮询控制序列。主体视频电子单元收到遥测轮询控制序列后，向CAN总线发送遥测参数。

主体视频电子单元遥测轮询周期：0.25s（暂定）。遥测轮询格式定义如下：

表8主体视频电子单元遥测轮询序列格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **仲裁场、控制场** | | **数据场** | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **ID10～ID3+**  **ID2～ID0+RTR+DLC** | |
| 1 | 91H | 08H | T  00H | W0  10H | W1  01H | W2  10H | W3  01H | W4  10H | W5  01H | SUM |

注：T：标识（数据类型（轮询）+站地址标识）00H

W0：固定值10H

W1：索要的遥测类型为01H（第1类遥测）；

W2、W4和W3、W5分别是W0和W1的重复。

主体视频电子单元遥测参数格式定义如下：

表9 主体视频电子单元遥测返回格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **仲裁场、控制场** | | **数据场** | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **ID10～ID3+**  **ID2～ID0+RTR+DLC** | |
| 1 | 91H | 68H | I  00H | L  27H | T  31H | W0 | W1 | W2 | W3 | W4 |
| 2 | 91H | 68H | 01H | W5 | W6 | W7 | W8 | W9 | W10 | W11 |
| 3 | 91H | 68H | 02H | W12 | W13 | W14 | W15 | W16 | W17 | W18 |
| 4 | 91H | 68H | 03H | W19 | W20 | W21 | W22 | W23 | W24 | W25 |
| 5 | 91H | 68H | 04H | W26 | W27 | W28 | W29 | W30 | W31 | W32 |
| 6 | 91H | 68H | 05H | W33 | W34 | W35 | W36 | W37 | W38 | SUM |

注：I：帧序号00~05H

L：有效数据长度27H（39）字节

T：标识（数据类型+站地址标识）31H

表10 主体视频电子单元遥测数据定义

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 数据场字节 | 遥测名称 | 遥测判据/说明 | | | 备注 |
|  | 遥测标识头 | 01H | | |  |
|  | 主体视频电子单元CAN总线格式错误指令计数 | 对接收的所有总线数据（遥控指令、遥测轮询指令、广播等）进行格式校验，格式校验包括数据包长度Length、Title、SUM的校验 | | | 00H~FFH循环计数 |
|  | 主体视频电子单元最新接收总线命令标识 | 00H | 上电未收到指令 | |  |
| 01H | 积分时间设置 | |
| 03H | 增益设置 | |
| 04H | TDI级数设置 | |
| 05H | 算法开关设置 | |
| 06H | 数字增益K系数设置 | |
| 07H | 数字偏置B系数设置 | |
| 08H | 数传接口开关设置 | |
| BCH | 面阵开关设置 | |
| BDH | 面阵积分时间设置 | |
| BXH | 内部预留测试指令 | |
|  | 主体视频电子单元正确指令计数 | 格式校验正确后，对数据域内容进行判断计数 | | | 00~FFH，循环计数 |
|  | 主体视频电子单元错误指令计数 | 格式校验正确后，对数据域内容进行判断计数 | | | 00~FFH，循环计数 |
|  | B1谱段级数 | 11H：表示8档级数 | | |  |
| 12H：表示12档级数 | | |  |
| 13H：表示20档级数 | | |  |
| 14H：表示36档级数 | | |  |
| 15H：表示60档级数 | | |  |
| 16H：表示90档级数 | | |  |
| 17H：表示144档级数 | | |  |
|  | B2谱段级数 | 21H：表示6档级数 | | |  |
| 22H：表示12档级数 | | |  |
| 23H：表示24档级数 | | |  |
| 24H：表示32档级数 | | |  |
| 25H：表示42档级数 | | |  |
| 26H：表示56档级数 | | |  |
| 27H：表示72档级数 | | |  |
|  | B3谱段级数 | 31H：表示4档级数 | | |  |
| 32H：表示8档级数 | | |  |
| 33H：表示16档级数 | | |  |
| 34H：表示24档级数 | | |  |
| 35H：表示32档级数 | | |  |
| 36H：表示42档级数 | | |  |
| 37H：表示60档级数 | | |  |
|  | B4谱段级数 | 41H：表示4档级数 | | |  |
| 42H：表示8档级数 | | |  |
| 43H：表示16档级数 | | |  |
| 44H：表示24档级数 | | |  |
| 45H：表示32档级数 | | |  |
| 46H：表示42档级数 | | |  |
| 47H：表示60档级数 | | |  |
|  | B5谱段级数 | 51H：表示4档级数 | | |  |
| 52H：表示6档级数 | | |  |
| 53H：表示12档级数 | | |  |
| 54H：表示18档级数 | | |  |
| 55H：表示24档级数 | | |  |
| 56H：表示36档级数 | | |  |
| 57H：表示48档级数 | | |  |
|  | B6谱段级数 | 61H：表示4档级数 | | |  |
| 62H：表示6档级数 | | |  |
| 63H：表示12档级数 | | |  |
| 64H：表示18档级数 | | |  |
| 65H：表示24档级数 | | |  |
| 66H：表示36档级数 | | |  |
| 67H：表示48档级数 | | |  |
|  | B7谱段级数 | 71H：表示2档级数 | | |  |
| 72H：表示4档级数 | | |  |
| 73H：表示8档级数 | | |  |
| 74H：表示12档级数 | | |  |
| 75H：表示18档级数 | | |  |
| 76H：表示24档级数 | | |  |
| 77H：表示36档级数 | | |  |
|  | B8谱段级数 | 81H：表示2档级数 | | |  |
| 82H：表示4档级数 | | |  |
| 83H：表示8档级数 | | |  |
| 84H：表示12档级数 | | |  |
| 85H：表示18档级数 | | |  |
| 86H：表示24档级数 | | |  |
| 87H：表示36档级数 | | |  |
|  | B9谱段级数 | 91H：表示8档级数 | | |  |
| 92H：表示16档级数 | | |  |
| 93H：表示24档级数 | | |  |
| 94H：表示32档级数 | | |  |
| 95H：表示48档级数 | | |  |
| 96H：表示64档级数 | | |  |
| 97H：表示88档级数 | | |  |
| 98H：表示128档级数 | | |  |
|  | P谱段积分时间  （高字节） | 00H~07H | | | 积分时间范围  0000H~ 0753H |
|  | P谱段积分时间  （低字节） | 00H~FFH | | |
|  | B谱段积分时间  （高字节） | 00H~1DH | | | 积分时间范围  0000H~1D4CH |
|  | B谱段积分时间  （低字节） | 00H~FFH | | |
|  | B1谱段实际增益 | 00H~FFH | | |  |
|  | B2谱段实际增益 | 00H~FFH | | |  |
|  | B3谱段实际增益 | 00H~FFH | | |  |
|  | B4谱段实际增益 | 00H~FFH | | |  |
|  | B5谱段实际增益 | 00H~FFH | | |  |
|  | B6谱段实际增益 | 00H~FFH | | |  |
|  | B7谱段实际增益 | 00H~FFH | | |  |
|  | B8谱段实际增益 | 00H~FFH | | |  |
|  | B9谱段实际增益 | 00H~FFH | | |  |
|  | 视频电路工作状态 | D7 | | 备用（+1V遥测） | 1：有 0：无 |
| D6 | | 备用（+2V遥测） | 1：有 0：无 |
| D5 | | 备用（+2V5遥测） | 1：有 0：无 |
| D4 | | 备用（+3V3遥测） | 1：有 0：无 |
| D3 | | 备用（主时钟遥测） | 1：有 0：无 |
| D2 | | 备用 | 0：正常 1：不正常 |
| D1 | | 备用 | 0：正常 1：不正常 |
| D0 | | 备用 | 0：正常 1：不正常 |
|  | 视频数传工作状态 | D7 | | 数传时钟P主 | 1：有 0：无 |
| D6 | | 数传数据P主 | 1：有 0：无 |
| D5 | | 数传时钟B主 | 1：是 0：否 |
| D4 | | 数传数据B主 | 1：是 0：否 |
| D3 | | 数传时钟P备 | 1：是 0：否 |
| D2 | | 数传数据P备 | 1：有 0：无 |
| D1 | | 数传时钟B备 | 1：有 0：无 |
| D0 | | 数传数据B备 | 1：有 0：无 |
|  | 算法开关执行状态 | D7 | | 暗像元校正 | 11：校正开 00：校正关 |
| D6 | |
| D5 | | 一致性校正 | 11：校正开 00：校正关 |
| D4 | |
| D3 | | 箝位校正 | 11：校正开 00：校正关 |
| D2 | |
| D1 | | 备用 | 0：正常 1：不正常 |
| D0 | | 备用 | 0：正常 1：不正常 |
|  | 主体视频电子单元内部CAN总线状态 | D7：总线选择状态 | | | 0：A总线，1：B总线 |
| D6：总线开通选择状态 | | | 0：总线开通，1：总线关闭 |
| D5：总线中断使能状态 | | | 1：允许，0：禁止 |
| D4~D0：预留，填充’0’ | | |  |
|  | 主体视频电子单元内部CAN总线复位计数 | D7~D4：CAN总线A硬复位计数 | | | 0H~FH循环计数 |
| D3~D0；CAN总线B硬复位计数 | | | 0H~FH循环计数 |
|  | 主体视频电子单元内部CAN总线重新初始化计数 | 00H~FFH循环计数，对CAN总线的软件初始化计次（硬复位时也会进行软件初始化，但此处不计硬复位引起的总线软件初始化，主要计电路自身通过监测到总线状态异常而进行的软件初始化） | | | 00~FFH循环计数 |
|  | 遥测填充 | 填充00H | | | 00H |
|  | 遥测填充 | 填充00H | | | 00H |
|  | 遥测填充 | 填充00H | | | 00H |
|  | 遥测填充 | 填充00H | | | 00H |
|  | 遥测填充 | 填充00H | | | 00H |
|  | 遥测填充 | 填充00H | | | 00H |

4.2 机构控制单元内部CAN总线数据格式定义

4.2.1 机构控制电路遥控指令及应答格式

表11 机构控制电路遥控指令格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **仲裁场、控制场** | | **数据场** | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **ID10～ID3+**  **ID2～ID0+RTR+DLC** | |
| 1 | 52H | 08H | T  20H | W0  12H | W1  XXH | W2  XXH | W3  XXH | W4  XXH | W5  XXH | SUM |

注：T：标识（数据类型（指令）+站地址标识）20H

W0：从节点（接收）站地址标识12H

W1：指令标识

表12 机构控制电路遥控指令应答格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **仲裁场、控制场** | | **数据场** | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **ID10～ID3+**  **ID2～ID0+RTR+DLC** | |
| 1 | 52H | 48H | T  12H | W0  FFH | W1  20H | W2  FFH | W3  20H | W4  FFH | W5  20H | SUM |

注：T：标识（数据类型（指令应答）+站地址标识）12H

W0：固定值FFH

W1：对应指令T (20H)

W2、W4和W3、W5分别是W0和W1的重复

表13 机构控制电路遥控指令数据约定

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 仲裁场、控制场 | | | | | | 有效数据场 | | | | | | | | 说明 |
| 1 | | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |  |
| 优先级ID10～ID9 | 站地址ID8～ID3 | 帧类型ID2～ID1 | 帧格式ID0 | RTR | DLC |
| **主体机构控制单元接收综合电子的遥控指令数据格式** | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | 52H（01010010） | | 08H（00001000） | | | | T | W0 | W1 | W2 | W3 | W4 | W5 | SUM |  |
| **→** | 52H（01010010） | | 08H（00001000） | | | | 20H | 二级总线站地址标识 | W1：指令标识码  W2、W3、W4、W5：指令参数 | | | | | SUM | W0对应一级总线W0，转发二级总线时由综合电子转换为二级总线相应节点的站地址标识。  W1~W3完全对应一级总线W1~W3 |
| 1 | 52H（01010010） | | 08H（00001000） | | | | 20H | 12H | 17H | W2 | W3 | 填充  AAH | 填充  AAH | SUM | **摆镜控制指令**  W2和W3定义详见表 |
| 2 | 52H（01010010） | | 08H（00001000） | | | | 20H | 12H | 18H | W2 | W3 | 填充  AAH | 填充  AAH | SUM | **调焦控制指令**  W2表示调焦方向55H：正转AAH：反转  其余无效  W3表示调焦步数  范围01H~FFH：调焦步数 |
| 3 | 52H（01010010） | | 08H（00001000） | | | | 20H | 12H | CXH | W2 | W3 | 填充  AAH | 填充  AAH | SUM | **机构控制内部测试指令** |
| **主体机构控制单元接收综合电子发送的内部CAN总线复位广播数据格式** | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 9FH（10,011111） | | C8H（110,0,1000） | | | | T  E0H | 40H | 5AH | 00H | 00H | 00H | 00H | SUM | **内部CAN总线复位广播**  5AH：总线A复位  5BH：总线B复位  具体内容定义详见4.3.4章节。 |
| 5BH |

表14 摆镜控制指令 W2和W3详细说明

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | D7～D0字节W2 | | | | D7～D0字节W3 |
| 定义 | D7D6D5 | D4D3 | D2D1 | D0 | D7～D0 |
| 001：闭环  011：开环 | 01：表示正向及0°角度位置  10：表示负向角度位置 | 01：1档位转速  10：2档位转速  11：3档位转速 | 对地成像角度分档区  000H~14EH（30°）  000H~16EH（32.94°） | |
| 010：开环寻零 | 01：表示正向寻零位置  10：表示负向角度位置 | 填充010101010 | |
| 1、闭环：指与编码器遥测数值形成闭环控制，开环：不受编码器遥测限制；  2、星下点角度确定为绝对0°；  3、成像角度范围是±30°，分辨率是0.09度，分成±334档。  4、对地成像角度摆动极限范围是±33°。 | | | | |

表15 摆镜控制指令 W2和W3应用枚举表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工作模式 | | | | | 速度选择 | | 对地成像角度分档区 | | | | | | | | | 指令说明 |
| D7～D0字节W2 | | | | | | | | D7～D0字节W3 | | | | | | | |  |
| D15 | D14 | D13 | D12 | D11 | D10 | D9 | D8 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |  |
| 001 01 | | | | | 01：1档 | | 000H~14EH （0~334档）  每一档是0.09° | | | | | | | | | 闭环**0 ~ +30°**以内角度调整，速度可选择3档。 |
| 10：2档 | |
| 11：3档 | |
| 001 10 | | | | | 01：1档 | | 000H~14EH （0~334档）  每一档是0.09° | | | | | | | | | 闭环**0 ~ -30°**以内角度调整，速度可选择3档。 |
| 10：2档 | |
| 11：3档 | |
| 010 01 | | | | | 01：1档 | | 010101010 | | | | | | | | | 正向寻零位置指令，速度可选择3档。 |
| 10：2档 | |
| 11：3档 | |
| 010 10 | | | | | 01：1档 | | 010101010 | | | | | | | | | 负向寻零位置指令，速度可选择3档。 |
| 10：2档 | |
| 11：3档 | |
| 011 01 | | | | | 01：1档 | | 000H~14EH （0~334档）  每一档是0.09° | | | | | | | | | 开环**0 ~ +30°**以内角度调整，速度可选择3档。 |
| 10：2档 | |
| 11：3档 | |
| 011 10 | | | | | 01：1档 | | 000H~14EH （0~334档）  每一档是0.09° | | | | | | | | | 开环**0 ~ -30°**以内角度调整，速度可选择3档。 |
| 10：2档 | |
| 11：3档 | |

4.2.2 机构控制单元遥测轮询序列及遥测参数

综合电子通过内部CAN总线向机构控制电路发送遥测轮询控制序列。机构控制电路收到遥测轮询控制序列后，向CAN总线发送遥测参数。

机构控制电路遥测轮询周期：0.25s（暂定）。遥测轮询格式定义如下：

表16 机构控制电路遥测轮询序列格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **仲裁场、控制场** | | **数据场** | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **ID10～ID3+**  **ID2～ID0+RTR+DLC** | |
| 1 | 92H | 08H | T  00H | W0  10H | W1  01H | W2  10H | W3  01H | W4  10H | W5  01H | SUM |

注：T：标识（数据类型（轮询）+站地址标识）00H

W0：固定值10H

W1：索要的遥测类型为01H（第1类遥测）；

W2、W4和W3、W5分别是W0和W1的重复。

机构控制电路遥测参数格式定义如下：

表17 机构控制电路内部总线遥测返回格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **仲裁场、控制场** | | **数据场** | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **ID10～ID3+**  **ID2～ID0+RTR+DLC** | |
| 1 | 92H | 68H | I  00H | L  12H | T  32H | W0 | W1 | W2 | W3 | W4 |
| 2 | 92H | 68H | 01H | W5 | W6 | W7 | W8 | W9 | W10 | W11 |
| 3 | 92H | 68H | 02H | W12 | W13 | W14 | W15 | W16 | W17 | SUM |

I：帧序号00~02H

L：有效数据长度12H（18）字节

T：标识（数据类型+站地址标识）：32H

表18 机构控制电路内部总线遥测数据约定

| **数据场字节** | **遥测名称** | **遥测判据/说明** | |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 遥测标识 | 02H | |
|  | 机构控制单元内部CAN总线格式错误指令计数 | 对机构接收的所有内部CAN总线数据（遥控指令、遥测轮询指令等）进行格式校验，格式校验包括数据包长度Length、Title、SUM的校验；  00~FFH，循环计数 | |
|  | 机构控制单元最新接收总线命令标识 | 00H：上电未收到指令；  17H：摆镜控制控制；  18H：调焦控制控制。 | |
|  | 机构控制单元正确指令计数 | 格式校验正确后，对数据域内容进行判断正确并执行的指令计数；00~FFH，循环计数。 | |
|  | 机构控制单元错误指令计数 | 格式校验正确后，对数据域内容进行判断错误的指令计数；00~FFH，循环计数。 | |
|  | 摆镜控制总计次 | 接收到一次摆镜控制指令，增加一次计数;  00~FFH循环计数。 | |
|  | 摆镜角度遥测值字节1  （高字节） | 摆镜编码器角度遥测数值（最高字节/次高字节/低字节）  ①机构单元断电前，综合电子把的最终摆镜角度遥测数值存储在MRAM中；  ②综合电子每次上电调用存储在MRAM中数值（机构处于未上电状态时）；  ③机构上电后，综合电子定时读取机构控制单元上传的编码器数值。 | |
|  | 摆镜角度遥测值字节2  （次高字节） |
|  | 摆镜角度遥测值字节3  （低字节） |
|  | 当前摆镜电机转动步数  （高字节） | 执行完成后更新，可表示之前执行的摆镜指令为哪种形式  ①控制器机构控制单元在开环模式下反馈当前摆镜电机执行的转动步数，2个字节。其中，高字节的最高2比特位标识摆镜控制的极性方向。   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | Bit15 | Bit 14 | Bit13~ Bit0 | 备注 | | 0 | 1 | XXXX | 表示正极性（正向） | | 1 | 0 | 表示负极性（负向） | | 极性（对地成像正负角度的定义）约定：按照整星坐标系右手定则，摆镜绕X轴正转为正，也就是镜头指向整星的-Y方向为正。 | | | |   ②控制器机构控制单元在闭环模式下，反馈55AA。即：“当前摆镜电机转动步数（高字节）”，即W9反馈固定数值55H；“当前摆镜电机转动步数（高字节）”，即W10反馈固定数值AAH。  ③控制器机构控制单元在开环寻零模式下，反馈固定数值55CC。即：“当前摆镜电机转动步数（高字节）”反馈固定数值55H；“当前摆镜电机转动步数（低字节）”反馈固定数值CCH。  ④上电后机构控制未收到摆镜控制指令时，反馈0000H。 | |
|  | 当前摆镜电机转动步数  （低字节） |
|  | 调焦控制总计次 | 接收到一次调焦控制指令，增加一次计数；  00~FFH循环计数。 | |
|  | 机构控制单元电机状态遥测 | D7 | D7D6：11表示摆镜电机运行。  D7D6：00表示摆镜电机停止，标志已经完成本次摆镜控制指令。 |
| D6 |
| D5 | D5D4：11表示调焦电机运行  D5D4：00表示调焦电机停止，标志已经完成本次调焦控制指令。 |
| D4 |
| D3 | D3D2：11表示摆镜电机运行异常，超时未到位。  D3D2：00表示摆镜电机运行正常。 |
| D2 |
| D1 | 备用，00 表示正常。 |
| D0 |
|  | 机构控制单元监测状态遥测 | D7 | D7D6：11表示摆镜霍尔1在位  D7D6：00表示摆镜霍尔1不在位 |
| D6 |
| D5 | D5D4：11表示摆镜霍尔2在位  D5D4：00表示摆镜霍尔2不在位 |
| D4 |
| D3 | D3D2：11表示码盘角度超限，异常。  D3D2：00表示码盘角度正常。 |
| D2 |
| D1 | 备用，00 表示正常。 |
| D0 |
|  | 机构控制单元内部二级总线状态 | D7：总线选择状态:：0：A总线，1：B总线  D6：总线开通选择状态：0：总线开通，1：总线关闭  D5：总线中断使能状态：1：允许，0：禁止  D4~D0：预留，填充0 | |
|  | 机构控制单元内部CAN总线复位计数 | D7~D4：A总线硬复位计数。0H~FH，循环计数 | |
| D3~D0：B总线硬复位计数。0H~FH，循环计数 | |
|  | 机构控制单元内部CAN总线重新初始化计数 | 00H~FFH循环计数，对CAN总线的软件初始化计次（硬复位时也会进行软件初始化，但此处不计硬复位引起的总线软件初始化，主要计电路自身通过监测到总线状态异常而进行的软件初始化） | |
|  | 备用遥测 | 备用，填充00H | |

4.3 总线广播格式定义

4.3.1 内部总线广播内容说明

系统内部总线广播如下：

表19 分系统内部总线广播统计

| **序号** | **广播数据名称** | **有效数据** | **内容说明** | **广播周期** | **数据源** | **接收方** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 星务整星对时广播数据  6字节 | W0~W5 | 综合电子转发“星务整星对时广播数据”至主体视频电子单元 | 1秒 | 星务中心计算机 | 主体视频电子单元 |
|  | GNSS整秒对时广播数据  5字节 | W0~W4 | 综合电子转发“GNSS整秒对时广播数据”至主体视频电子单元 | 1秒 | GNSS接收机 | 主体视频电子单元 |
|  | GNSS定位广播数据  41字节 | W0~W40 | 综合电子转发“GNSS定位广播数据”至主体视频电子单元 | 1秒 | GNSS接收机 | 主体视频电子单元 |
|  | 姿控陀螺和姿态广播数据  224字节 | W0~W223 | 综合电子转发“姿控陀螺和姿态广播数据”至主体视频电子单元 | 1秒 | 姿控CCU | 主体视频电子单元 |
|  | 姿控星敏广播数据  248字节 | W0~W247 | 综合电子转发“姿控星敏广播数据”至主体视频电子单元 | 1秒 | 姿控CCU | 主体视频电子单元 |
|  | 成像仪辅助数据 | W0~W15 | 发送的辅助数据至主体视频电子单元 | **500毫秒**  **（暂定）** | 综合电子 | 主体视频电子单元 |
|  | CAN总线复位广播 | W0~W5 | 发送总线复位广播 | 按需 | 综合电子 | ①主体视频电子单元  ②机构控制电路 |

其中，星务整星对时广播数据由A、B总线交替广播，每秒广播1次。

其中，GNSS整秒对时广播数据、GNSS定位广播数据、姿控星敏广播数据、姿控陀螺和姿态广播数据平均每秒广播1次，由A总线或B总线进行广播，非交替广播，但可通过星务主机进行A/B总线切换。

7种广播中，星务整星对时广播和GNSS整秒对时广播为自主广播，但星务时间广播数据帧一定是在一次总线正常通信结束后发起，不会出现该广播插入其它正在通信的数据帧之间的情况，而GNSS整秒对时广播会有此种情况，接收广播的下位机要适应此情况，其他5种广播为非自主广播。7种广播中**GNSS整秒对时广播具有最高的优先级**。

4.3.2 卫星辅助数据广播

综合电子转发的卫星辅助数据有524字节，详细定义见第6章节。

* 星务整星对时广播数据6字节
* GNSS整秒对时广播5字节
* GNSS定位广播数据41字节
* 姿控陀螺和姿态广播数据224字节
* 姿控星敏广播数据248字节

4.3.3 成像仪辅助数据广播

综合电子转发的成像仪辅助数据共18字节，主体视频电子单元接收辅助数据并打包到图像数据中。辅助数据广播周期500ms（暂定），辅助数据广播格式定义如下：

表20 辅助数据广播格式定义

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **仲裁场、控制场** | | **数据场** | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **ID10～ID3+**  **ID2～ID0+RTR+DLC** | |
| 1 | BFH | 68H | I  00H | L  12H | T  **60**H | W0 | W1 | W2 | W3 | W4 |
| 2 | BFH | 68H | 01H | W5 | W6 | W7 | W8 | W9 | W10 | W11 |
| 3 | BFH | 68H | 02H | W12 | W13 | W14 | W15 | W16 | W17 | SUM |

注：I：帧序号00~02H

L: 有效数据长度12H（18）字节

T：标识（数据类型（成像仪辅助数据+站地址标识）60H

表21 辅助数据定义

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 字节序号 | 参数名称 | 字节数 | 参数说明 | 范围 |
|  | W0 | 接收积分时间HB | 1 | 接收到的积分时间高字节 | 00H~07H |
|  | W1 | 接收积分时间LB | 1 | 接收到的积分时间低字节 | 00H~FFH |
|  | W2 | B1名义增益 | 1 | B1谱段增益设置档位 | 11H~15H |
|  | W3 | B2名义增益 | 1 | B2谱段增益设置档位 | 21H~25H |
|  | W4 | B3名义增益 | 1 | B3谱段增益设置档位 | 31H~35H |
|  | W5 | B4名义增益 | 1 | B4谱段增益设置档位 | 41H~45H |
|  | W6 | B5名义增益 | 1 | B5谱段增益设置档位 | 51H~55H |
|  | W7 | B6名义增益 | 1 | B6谱段增益设置档位 | 61H~65H |
|  | W8 | B7名义增益 | 1 | B7谱段增益设置档位 | 71H~75H |
|  | W9 | B8名义增益 | 1 | B8谱段增益设置档位 | 81H~85H |
|  | W10 | B9名义增益 | 1 | B9谱段增益设置档位 | 91H~95H |
|  | W11 | 摆镜控制总计次 | 1 | 摆镜控制指令执行计数 | 00H~FFH |
|  | W12 | 摆镜遥测值字节1（高字节） | 1 | 编码器角度遥测数值高字节 | 00H~FFH |
|  | W13 | 摆镜遥测值字节2（次高字节） | 1 | 编码器角度遥测数值次高字节 | 00H~FFH |
|  | W14 | 摆镜遥测值字节3（低字节） | 1 | 编码器角度遥测数值低字节 | 00H~FFH |
|  | W15 | 当前摆镜电机转动步数（高字节） | 1 | ①开环模式下反馈当前摆镜电机执行的转动步数，其中，高字节的最高2比特位标识摆镜控制的极性方向；  ②在闭环模式下，反馈固定数值55AA。  ③在开环寻零模式下，反馈固定数值55CC。 | 00H~FFH |
|  | W16 | 当前摆镜电机转动步数（低字节） | 1 | 00H~FFH |
|  | W17 | 调焦控制总计次 | 1 | 调焦控制指令执行计数 | 00H~FFH |

4.3.4 内部CAN总线复位广播

当CAN总线通信异常时，每个节点可通过该复位广播指令控制CAN总线控制器实现硬件复位。

内部CAN总线复位广播格式定义如下：

表22辅助数据广播格式定义

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **仲裁场、控制场** | | **数据场** | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **ID10～ID3+**  **ID2～ID0+RTR+DLC** | |
| 1 | 9FH | C8H | T  E0H | W0 | W1 | W2 | W3 | W4 | W5 | W6 |
| 40H | 5AH：总线A复位  5BH：总线B复位 | 00H | 00H | 00H | 00H | SUM |

注：T：标识（数据类型（指令）+站地址标识）E0H

W0：40H

W1：5AH对A总线进行硬复位，重新初始化总线

5BH对B总线进行硬复位，重新初始化总线

其它无效

W4~W5：00H

1. **附录1：内部CAN总线通信的基本要求**

5.1 数据帧格式说明

CAN 总线帧格式分为数据帧和远程帧，本协议总线通信中只使用数据帧。、

在数据链路层，数据帧由七个不同的位场组成：帧起始、仲裁场、控制场、数据场、CRC 场、应答场和帧结束。数据场长度可为0。格式如所示。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 帧间空间 | 数据帧 | | | | | | | | | 帧间空间 |
|  |  | 标识符 | RTR | r1r0 | DLC |  |  |  |  |  |
|  | 帧起始 | 仲裁场 | | 控制场 | | 数据场  (0~8字节) | CRC场 | 应答场 | 帧结束 |  |

图 2 数据帧格式

1. 帧起始：标志数据帧和远程帧的起始，它由单个显性位组成；
2. 仲裁场：由标识符和RTR（远程发送请求）组成。

标识符的长度为11位ID10~ID0，其中最高7位（ID10~ID4）必须不是全“隐性”。

RTR位在数据帧中为“显性”。

仲裁场决定了数据帧传输的优先级，较高优先级的标识符具有较低的二进制值。

1. 控制场：由6位组成，包括2位保留位r1r0和4位数据长度码DLC3~DLC0，数据长度码DLC3~DLC0指示数据场的字节数0~8。
2. 数据场：可以包括0~8个字节，每个字节包括8位，其中首先发送最高有效位。
3. CRC场：是包括帧起始、仲裁场、控制场、数据场（如果有）的循环冗余校验码，生成多项式为（模2运算）：

X15+X14+X10+ X8+X7+X4+X3+1

1. 应答场：发送节点在应答场中，送出两个隐性位，所有接收到匹配CRC系列的节点，以显性位改写发送器的隐性位送出一个应答；
2. 帧结束：每个数据帧由7个隐性位构成的标志系列界定。

5.1.1 数据帧标识符

把11Bits数据帧标识符分成3部分，如下表所示。

表23 数据帧标识符的组成

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标识符 | | |
| ID10~ID9 | ID8~ ID3 | ID2~ID0 |
| 2bit | 6bit | 3bit |
| PRI  优先级 | ADDR  站地址 | TYPE  帧类型 |

5.1.1.1 数据优先级PRI

数据优先级PRI由ID10~ID9组成，和站地址ADDR一起决定了数据总线仲裁的优先级，根据实时性要求不同数据包选择不同的优先级，如下表所示。

数据优先级PRI只决定数据的优先级，而不决定站地址和数据包类型，在一次发送数据包过程中数据优先级PRI不变。

表24各类数据默认优先级PRI

| **序号** | **优先级PRI**  **ID10~ID9** | **优先级级别** | |
| --- | --- | --- | --- |
| **主机发送的数据** | **下位机发送的数据** |
| 0 | 0H（00B） | GNSS整秒时刻数据广播 | (保留) |
| 1 | 1H（01B） | 遥控指令；指令块、数据块； | 指令应答、数据块应答 |
| 2 | 2H（10B） | 轮询控制；其它卫星广播（星务整星对时数据广播、GNSS定位广播、姿控星敏广播数据、姿控陀螺广播数据、姿控姿态广播、上注数据块广播）、辅助数据广播、内部CAN总线复位广播 | 遥测参数 |
| 3 | 3H（11B） | (保留) | (保留) |

对于实时性要求高的数据采用高优先级发送。

5.1.1.2 CAN总线站地址ADDR

站地址ADDR表示数据帧的目的地或数据源：

1. 主节点发送时表示目的地（从节点、广播节点）；
2. 从节点向主节点发送数据表示数据源（即从节点）；
3. 站地址2FH、3FH用于广播的目的地址，默认所有节点都接收此站地址的广播；
4. 各通信节点应根据站地址设置屏蔽字，只接收与本通信节点有关的数据，包括广播数据。

表25内部二级CAN总线站地址定义

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 单机名称 | **终端类型BC/RT** | 站地址 | 站地址屏蔽字 | 站地址标识 |
| 综合电子单元 | BC | 00H（000000B） |  | 00H |
| 机构控制单元 | RT | 11H（010001B） |  | 11H |
| 主体视频电子单元 | RT | 12H（010010B） |  | 12H |

GNSS整秒时间广播地址：2FH（101111B）

其它卫星辅助数据广播地址：3FH（111111B）

辅助数据广播地址：3FH（111111B）

内部CAN总线广播地址：1FH（011111B）

5.1.1.3 数据帧类型TYPE

数据帧类型TYPE由ID2~ID0组成，表示数据包中数据帧的结构类型和通信节点之间的关系，如下表所示。

表26 数据帧类型TYPE说明

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **位序** | **意义** | **说明** | |
| ID2 ID1 | 帧类型辅助识别，用于识别不同节点发出的数据帧 | 控制序列及选择 | 广播 |
| 00B：主节点发送数据 | 00B： GNSS整秒时刻数据广播 |
| 01B：从节点向主节点发送数据 | 01B：其它卫星辅助数据、辅助数据 |
| 10B：(保留) | 10B：上注数据块 |
| 11B：(保留) | 11B： CAN总线复位广播 |
| ID0 | 帧格式 | 0：单帧 1：多帧 | |

对于单帧格式，数据场长度可以为0~8字节。对于多帧格式按帧顺序依次传送，起始帧和中继帧的数据场长度为8字节，结束帧的数据场长度小于或等于8字节。

5.1.2 远程发送请求RTR

远程发送请求RTR统一规定为0。

5.1.3 数据长度码DLC

数据长度码DLC3~DLC0指示数据场的字节数，值域范围：0~8。

5.1.4 数据场格式

表27 数据帧格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 数据  序号 | | 位 序 | | | | | | | | | |
| 7 | 6 | 5 | | 4 | 3 | 2 | | 1 | 0 |
| 描述符 | 1 | PRI | | ADDR | | | | | | | |
| 2 | TYPE | | | | RTR | DLC | | | | |
| 数据场 | 3 | （单帧）  TITLE | | | （多帧起始帧）  INDEX | | | | （多帧中继帧）  INDEX | | |
| 4 | W0 | | | Length | | | | Wi | | |
| 5 | W1 | | | TITLE | | | | Wi+1 | | |
| 6 | W2 | | | W0 | | | | W i+2 | | |
| 7 | W3 | | | W1 | | | | W i+3 | | |
| 8 | W4 | | | W2 | | | | W i+4 | | |
| 9 | W5 | | | W3 | | | | W i+5 | | |
| 10 | W6 | | | W4 | | | | W i+6 | | |

传送数据场说明：

1. 对于单帧数据，数据场全为数据；
2. 对于多帧数据，起始帧数据场长度为8字节，第一个字节为帧序0，第二字节为数据包有效数据的长度（字节数），其他为数据；
3. 对于多帧数据中继帧数据场长度为8字节，第一个字节为帧序，其他为数据。
4. 对于多帧数据结束帧数据场长度小于或等于8字节，第一个字节为帧序，其他为数据为了形成结束帧，结束帧可能只包含一个字节的帧序号，而不包含数据包数据。

5.1.5 数据包格式

5.1.5.1 数据包分类

内部二级CAN总线网络上传输的数据包是一组完整的数据，分为信息数据包和轮询控制序列两种，信息数据包可以分成一个或几个数据帧进行发送，控制序列只包括一个数据帧。

信息数据包按照其功能属性分为：内部遥控指令、内部遥测数据和内部总线广播。其中：内部遥控指令包括指令内容和指令应答，为单帧；内部遥测数据和内部总线广播可根据需要使用单帧或多帧。

5.1.5.2 数据格式及包标识TITLE

信息数据包长度小于等于8个字节时按单帧方式传送，大于8个字节需要分成几个数据帧按多帧方式在网络上传送，必须严格按数据帧顺序传送。

对于由多个字节组成的数据，如果不特别说明均为高字节在前、低字节在后。

信息数据包格式如下表所示。

表28 信息数据包格式

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **内容** |
| 0 | TITLE信息数据包标识 |
| 1 | 有效数据  W0~ W(n-1) |
| 2 |
| … |
| … |
| N-2 |
| N-1 |
| N |
| N+1 | SUM，校验字  TITLE~ W(n-1)的单字节累加和的低字节 |

数据包标识TITLE（T）分成高3比特和低5比特两部分：

1. 高3比特表示数据类型，对于不同通信节点发送的数据意义不同，如下表所示。
2. 低5比特表示数据源，即数据发出节点，同中的站地址标识低5比特。

表29 TITLE信息数据包标识高3比特——数据类型

| **序号** | **高3比特** | **从节点发送的意义** | **主节点发送的意义** |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 0H（000B） | 指令应答、数据块应答 | 轮询（00H） |
| 2 | 1H（001B） | 第1类遥测参数 | 指令（20H） |
| 3 | 2H（010B） | 第2类遥测参数 | 数据块（40H） |
| 4 | 3H（011B） | 第3类遥测参数 | **辅助数据广播** |
| 5 | 4H（100B） | 第4类遥测参数 | GNSS整秒时刻数据广播 |
| 6 | 5H（101B） | 第5类遥测参数 | 卫星其它辅助数据广播 |
| 7 | 6H（110B） | 第6类遥测参数 | 上注数据块广播 |
| 8 | 7H（111B） | 第7类遥测参数 | 内部CAN总线复位广播 |

5.1.5.3 帧序号INDEX（I）

多帧帧序号INDEX（I）从0开始，顺序递增；单帧无帧序号。

5.1.5.4 有效数据长度LENGTH（L）

有效数据长度L为有效数据W0~W(n-1)的字节数，有效数据长度包括填充的00H在内，但不包括包标识T、校验字SUM、多帧的帧序号I和有效数据长度L自身。

5.1.5.5 有效数据W0~W(n-1)

有效数据W0~W(n-1)。

5.1.5.6 校验字SUM

信息数据包校验字SUM，为包标识T、有效数据W0~W(n-1)按字节累加和的低字节。

5.2 通信节点工作模式

通信节点有以下两种工作模式：

a) 空闲等待模式：通信节点可以接收与本节点站地址匹配的数据。

b) 发送模式：通信节点正在向CAN总线发送数据。

5.3 数据传送规程

5.3.1 轮询过程

轮询过程是综合电子发送通信控制序列，被选择的从节点收到后，向综合电子发送信息数据包。综合电子接收返回数据后，本次轮询过程结束。

5.3.2 选择过程

选择过程是综合电子向从节点发送信息数据包，从节点接收数据并检查正确后发送应答控制序列，综合电子收到应答控制序列后，本次选择过程结束。

5.3.3 广播过程

综合电子发送广播数据，其他所有通信节点均可以接收，收到数据后不需要回答。

5.4 时间要求

1. 一个信息数据包中数据帧之间的时间空隙，需满足不小于50μs，且平均不大于0.6ms。



图3 多帧数据帧之间的时间间隙

1. 主节点发送数据结束到从节点开始发送数据的时间间隙为应答转换时间。应答转换时间0.2ms～2ms。如应答超时，则视为通信失败，进入恢复规程。

5.5 总线的选择

从节点使用的总线由主节点控制，通信时从节点应答使用的总线与主节点发送数据使用的总线相同。综合电子发送数据使用的总线由指令控制或按特定规则选择。

从节点的应答操作使用的总线与主节点发送数据使用的总线相同；同一包数据只使用一条总线发送。

5.6 软件设计

5.6.1 SJA1000 初始化流程

SJA1000 的初始化流程分为如下几个步骤：

a） 设置 SJA1000 进入复位模式；

b） 对 SJA1000 的各寄存器进行初始化设置；

c） 设置 SJA1000 进入正常模式。

在a）和c）步骤中，应对设置后SJA1000 是否成功进入复位或正常模式进行判断，若没有设置成功则应重复进行设置。同时，应进行超时判断，若超时则退出判断的过程。

5.6.2 发送功能的设计

CAN 总线各通信节点发送数据的格式应满足应用层协议的要求。对于发送的多帧数据，帧间隔时间应不小于50μs，且平均不大于0.6ms。帧间隔时间的定义如下图所示。在多帧数据发送的过程中，应注意对数据的保护，避免出现发送过程中数据被更改的情况。

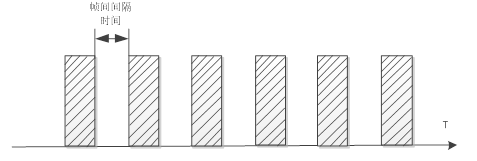


图 4 多帧数据帧的帧间隔时间

5.6.3 接收功能的设计

各从节点的A、B 总线应时刻处于等待接收的状态。接收数据后，应对接收数据的格式正确性进行校验，校验的内容应包括TITLE、Length、累加和SUM等。对于校验正确的数据，进行存储和处理，对于校验不正确的数据应丢弃，等待下一次接收。

数据格式正确性的判断要求如下：

1. 各下位机必须通过帧格式中ID0(单帧多帧标志)、DLC、Length判断接收到数据包长度是否正确；
2. 各下位机在接收数据时，必须判断TITLE是否符合星务与各下位机的数据约定；
3. 数据包SUM校验字是TITLE~ DATAn的单字节累加和的低字节，各下位机在接收与自己站地址一样的数据包的同时，要将TITLE~DATAn逐字节累加，并将结果与SUM校验字比对判断是否正确；

各通信节点推荐分别独立设置A、B 总线的接收缓冲区、接收指针及其他总线状态量，避免两条总线之间的互相干扰的可能。同时，接收缓冲区采取防溢出措施，避免总线异常时，对软件造成灾难性影响。

各通信节点应优化CAN 总线接收程序的设计，确保能够正确接收、处理帧间隔时间满足不小于50μs，且平均不大于0.6ms的多帧数据。

5.6.4 应答功能的设计

CAN 总线通信节点需要应答的操作主要包括：

a) 轮询－应答过程：在收到轮询控制序列后，发送相应的遥测数据；

b) 选择－应答过程：在收到数据指令或数据块后，发送相应的应答控制序列；

各通信节点发送的应答数据的格式和内容应满足应用层协议的规定，发送应答数据使用的总线应与接收数据使用的总线相同。

各通信节点应合理设计CAN 总线接收及处理程序，以确保应答转发时间满足0.2ms～2ms。应答转换时间的定义如下图所示。

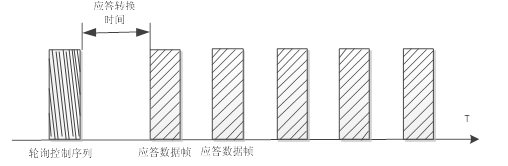


图 5 轮询－应答过程的应答转换时间

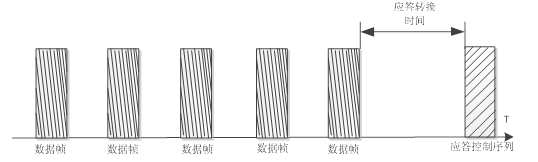


图 6 选择－应答过程的应答转换时间

5.6.5 遥测设计

与CAN 总线工作状态相关的遥测量主要包括：

a) 总线选择状态：用于显示当前用于“轮询－应答”过程和“选择－应答”过程的通信总线是 A总线还是B 总线，占用1 比特，“0”为A 总线，“1”为B 总线；

b) 总线数据格式校验：对所有收到的数据（包括遥控指令、遥测轮询指令、广播等）进行数据格式正确判断。如果通过判断，发现数据包格式错误，则“总线数据格式错误计数”加1。

c) 遥控指令（不包含遥测轮询及广播）计数：用于对各从节点接收到的遥控指令进行计数，占用1 字节。若收到格式校验正确且数据域内容正确的指令，“正确指令计数”加1；若收到格式正确但数据域内容错误的指令，“错误指令计数”加1；若收到格式正确、数据域内容正确并且执行的指令，“正确指令计数”加1。

d)上注数据块计数：主体视频电子单元对收到的上注数据包进行计数，如果数据包格式校验正确，则“正确接收数据块计数”加1，如果数据包格式校验错误，则“错误接收数据块计数”加1。

e)总线关闭状态：用于显示未使用总线的开通或关闭的状态，占用 1 比特，“0”为总线开通，“1”为总线关闭；

f) 总线中断使能状态：用于显示未使用CAN 总线接收中断的使能状态，占用1 比特，“1”为允许，“0”为禁止；

g) 异常信息反馈：用于显示总线接收数据异常的具体描述。例如：累加和错误标志、长度错误标志、TITLE 错误标志等，各占用1 比特，“0”为正常，“1”为异常。

各通信节点应设计a）、b）项要求的遥测量，应根据具体情况决定是否设计c）、d）、e）项要求的遥测量。

5.6.6 可靠性安全性设计

要求每个通信节点必须采取措施保证不对总线产生干扰和具备抵抗总线干扰的能力，同时具备在严重干扰情况下能够自动恢复的功能。每个通信节点需针对CAN总线采取以下措施：

1. 建议分别独立设置A、B总线的接收数据区、接收指针及其他总线状态量，避免两条总线之间的互相干扰的可能；
2. CAN总线接收缓冲区采取防溢出措施，避免总线异常时，对软件造成的灾难性影响；
3. 总线自动恢复，如果两条总线均停止接收（中断关闭或SJA1000 处于离线状态）大于4 秒，此时对两条总线的SJA1000 重新初始化，并打开接收中断；
4. 如果连续 100s未接收到符合通信协议的正确数据，此时需要重新初始化两条总线的SJA1000总线控制器。
5. 主节点对双冗余 CAN 总线进行监测，发现某个从节点异常大于规定时间，则自动将该节点切换到另一总线进行通信；
6. 主节点在发送从节点数据指令时，如果第一次通信未收到正确应答，应重复发送一次，如果仍未收到正确应答，则切换总线再重复发送一次。
7. 各通信节点应对各自的CAN 总线占用率进行分析，具备一定余量。

各通信节点应对CAN 总线工作时序进行分析，确保设备在总线通信正常的情况下，以及在数据错误、通信等待超时等异常情况下仍能正常工作。

1. **附录2：整星广播数据格式要求**

6.1 星务整星对时广播数据格式

星务整星对时广播数据包有效长度为6字节(高字节在前，低字节在后)，星务整星对时广播数据包中的时间为星务中心计算机开始发送数据包的当前星上时刻。星务时间广播数据包中发送的是卫星平台时间系统的时间。具体内容如表30所示。

表30 星务时间广播数据包内容

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 内容 | 说明 |
| 1 | W0 | 单位：秒 |
| 2 | W1 |
| 3 | W2 |
| 4 | W3 |
| 5 | W4 | 单位：毫秒 |
| 6 | W5 |

星务时间广播广播格式如表31所示。

表31 星务时间广播广播格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 帧序号 | 仲裁场、控制场 | | 有效数据场 | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| **ID10～ID3+**  **ID2～ID0+RTR+DLC** | |
| 1 | BFH | 48H | T  A0H | W0 | W1 | W2 | W3 | W4 | W5 | SUM |

6.2 GNSS整秒对时广播

GNSS整秒对时广播周期：1s，数据格式定义如下：

GNSS整秒对时广播数据长度为5字节。GNSS整秒对时数据包中发送的是高精度时间系统时间，时间基准为UTC时。数据内容如表32所示，数据格式如下表33所示。

表32 GNSS整秒对时广播数据内容

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **字节序号** | **数据含义** | **字节数** | **类型** | **量化**  **单位** | **说明** |
|  | W0 | UTC累计秒 | 4 | 无符号二进制整型 | s | UTC时，自UTC格林威治时间2009年1月1日0时0分0秒（跳秒后为零时）起UTC整秒的累加值，无效数据填全A |
| W1 |
| W2 |
| W3 |
|  | W4 | 定位标记与总线状态 | 1 | 无符号二进制整型 | -- | D7～D4：当前使用的总线：  0x7: A总线  0xC：B总线 |
| 无符号二进制整型 | -- | D3～D0：定位标记：  0x7：定位  0xC：非定位 |
|  | W5 | 00H | 1 |  |  | 综合电子填充00H |

表33 GNSS整秒对时广播数据格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 帧序号 | 仲裁场、控制场 | | 有效数据场 | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| **ID10～ID3+**  **ID2～ID0+RTR+DLC** | |
| 1 | 2FH | 08H | T  80H | W0 | W1 | W2 | W3 | W4 | W5  00H | SUM |

6.3 GNSS定位广播数据格式

GNSS定位广播数据长度为41字节，综合电子填充00H至第41字节~第46字节，GNSS定位广播数据内容和格式如下所示。

表34 GNSS定位广播数据

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **字节序号** | **数据含义** | **字节数** | **类型** | **量化单位** | **备注** |
|  | W0~W3 | 绝对定位时间整秒 | 4 | 无符号整数 | 秒 | UTC累计秒，以格林威治时间2009年1月1日0时0分0秒（跳秒后为零时）作为时间起点，无效数据填全A。 |
|  | W4~W7 | 卫星位置X方向 | 4 | 二进制补码 | 0.1米 | 1）WGS-84坐标系，定轨滤波有效时，输出定轨滤波结果；  2）定位模块定位并且滤波无效时，或定轨数据输出禁止时，输出通道板定位结果；  3）外推时间小于100分钟时输出定轨模块外推结果；  4）通道板首次定位（调整秒）之前，或定轨模块外推100分钟后，位置速度数据无效。  5）无效数据填全A。 |
|  | W8~W11 | 卫星位置Y方向 | 4 | 二进制补码 | 0.1米 |
|  | W12~W15 | 卫星位置Z方向 | 4 | 二进制补码 | 0.1米 |
|  | W16~W19 | 卫星速度X方向 | 4 | 二进制补码 | 0.001米/秒 |
|  | W20~W23 | 卫星速度Y方向 | 4 | 二进制补码 | 0.001米/秒 |
|  | W24~W27 | 卫星速度Z方向 | 4 | 二进制补码 | 0.001米/秒 |
|  | W28~W29 | 数据标识 | 2 | 无符号二进制数 | / | D15：数据来源标识；0：基带模块1，1：基带模块2；  D14～D12：数据状态状态  101b：绝对定位数据；011b：定轨滤波数据；  110b：轨道板外推数据；其它：数据无效；  D11～D8：可用星数；  D7～D6：工作模式  01b：单GPS模式；10b：单BD2模式；  11b：组合模式；  D5~D4：定轨输出使能标记  11b：定轨数据输出允许；10b：定轨数据输出禁止；  D3~D0：解算状态  0000b：未解算；0101b：单GPS解算；  0110b：单BD2解算；1001b：GPS/BD2组合解算；  注：W28为高字节（D15....D8）；W29为低字节（D7...D0） |
|  | W30~W31 | 积分时间代码 | 2 | 二进制补码 | / | 中心视场积分时间代码。无效数据填全A。 |
|  | W32~W34 | 摄影点速高比 | 4 | 无符号二进制数 | / | 速高比算法计算得到的摄影点速高比 |
|  | W39~W40 | 海岸带摆镜角度 | 2 | 二进制补码 | / |  |
|  | W41~W45 |  | 5 |  |  | 综合电子填充00H |

表35 GNSS定位广播格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 帧序号 | 仲裁场、控制场 | | 有效数据场 | | | | | | | | 说明 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |  |
| **ID10～ID3+**  **ID2～ID0+RTR+DLC** | |
|  | BFH | 68H | I  00H | L  2EH | T  A0H | W0 | W1 | W2 | W3 | W4 |  |
|  | BFH | 68H | 01H | W5 | W6 | W7 | W8 | W9 | W10 | W11 |  |
|  | BFH | 68H | 02H | W12 | W13 | W14 | W15 | W16 | W17 | W18 |  |
|  | BFH | 68H | 03H | W19 | W20 | W21 | W22 | W23 | W24 | W25 |  |
|  | BFH | 68H | 04H | W26 | W27 | W28 | W29 | W30 | W31 | W32 |  |
|  | BFH | 68H | 05H | W33 | W34 | W35 | W36 | W37 | W38 | W39 |  |
|  | BFH | 68H | 06H | W40 | W41  00H | W42  00H | W43  00H | W44  00H | W45  00H | SUM |  |

6.4 姿控陀螺和姿态广播数据格式

姿控陀螺和姿态广播共224字节，综合电子填充00H至第W224~第W227字节，姿控陀螺和姿态广播数据内容如表36所示，格式如表37所示。

表36 姿控陀螺和姿态广播数据内容

| 序号 | 字节序号 | 参数名称 | 字节数 | 类型 | 当量 | 范围 | 备注 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | W0~W3 | 第一次姿控星时整秒数 | 4 | 原码 | 1s |  | 星时为UTC时间。 |
| 2 | W4~W7 | 第一次姿控星时非整秒数 | 4 | 原码 | 10μs | 0~1000000μs | 姿控星时非整秒时 |
| 3 | W8~W11 | 第一次卫星相对惯性空间角速度在本体系的分量 | 4 | 补码 | 0.00001º/s | -2º/s～+2º/s |  |
| 4 | W12~W15 | 第一次卫星相对惯性空间角速度在本体系的分量 | 4 | 补码 | 0.00001º/s | -2º/s～+2º/s |  |
| 5 | W16~W19 | 第一次卫星相对惯性空间角速度在本体系的分量 | 4 | 补码 | 0.00001º/s | -2º/s～+2º/s |  |
| 6 | W20~W23 | 第一次滚动角度估值 | 4 | 补码 | 0.00005º | -180º~+180º |  |
| 7 | 25~28 | 第一次俯仰角度估值 | 4 | 补码 | 0.00005º | -180º~+180º |  |
| 8 | 29~32 | 第一次偏航角度估值 | 4 | 补码 | 0.00005º | -180º~+180º |  |
| 9 | 33,34 | 第一次滚动角速度估值 | 2 | 补码 | 0.00001º/s | -0.2º/s~+0.2º/s |  |
| 10 | 35,36 | 第一次俯仰角速度估值 | 2 | 补码 | 0.00001º/s | -0.2º/s~+0.2º/s |  |
| 11 | 37,38 | 第一次偏航角速度估值 | 2 | 补码 | 0.00001º/s | -0.2º/s~+0.2º/s |  |
| 12 | 39~42 | 第一次姿控姿态四元数q0 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 13 | 43~46 | 第一次姿控姿态四元数q1 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 14 | 47~50 | 第一次姿控姿态四元数q2 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 15 | 51~54 | 第一次姿控姿态四元数q3 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 16 | 55 | 第一次定姿方式 | 1 | 原码 | 原码 | 实时 | D7：定姿方式：0表示非星敏感器定姿，1表示星敏感器定姿。  D6：非星敏感器定姿状态(非星敏感器定姿时有效)，0表示仅红外定姿，1表示红外和数字太阳定姿；  D5：1：星敏感器C参加姿态修正；0：星敏感器C不参加姿态修正；  D4：1：星敏感器B参加姿态修正；0：星敏感器B不参加姿态修正。  D3：1：星敏感器A参加姿态修正；0：星敏感器A不参加姿态修正。  D2：0：星敏31标量符号为正；1：为负；  D1：0：星敏21标量符号为正；1：为负；  D0：0：星敏11标量符号为正；1：为负； |
| 17 | 56 | 第一次地面摄影点太阳高度角 | 1 | 原码 | 1 º | 0~+90º | D7：姿控转序：1：按照1-3-2 转序控制；0：按照3-1-2 转序控制。  D6~D0：地面摄影点太阳高度角，范围：0°~  90°，当量：1° |
| 18 | 57~60 | 第二次姿控星时整秒数 | 4 | 原码 | 1s |  | 星时为UTC时间。 |
| 19 | 61~64 | 第二次姿控星时非整秒数 | 4 | 原码 | 10μs | 0~1000000μs | 姿控星时非整秒时 |
| 20 | 65~68 | 第二次卫星相对惯性空间角速度在本体系的分量 | 4 | 补码 | 0.00001º/s | -2º/s～+2º/s |  |
| 21 | 69~72 | 第二次卫星相对惯性空间角速度在本体系的分量 | 4 | 补码 | 0.00001º/s | -2º/s～+2º/s |  |
| 22 | 73~76 | 第二次卫星相对惯性空间角速度在本体系的分量 | 4 | 补码 | 0.00001º/s | -2º/s～+2º/s |  |
| 23 | 77~80 | 第二次滚动角度估值 | 4 | 补码 | 0.00005º | -180º~+180º |  |
| 24 | 81~84 | 第二次俯仰角度估值 | 4 | 补码 | 0.00005º | -180º~+180º |  |
| 25 | 85~88 | 第二次偏航角度估值 | 4 | 补码 | 0.00005º | -180º~+180º |  |
| 26 | 89,90 | 第二次滚动角速度估值 | 2 | 补码 | 0.00001º/s | -0.2º/s~+0.2º/s |  |
| 27 | 91,92 | 第二次俯仰角速度估值 | 2 | 补码 | 0.00001º/s | -0.2º/s~+0.2º/s |  |
| 28 | 93,94 | 第二次偏航角速度估值 | 2 | 补码 | 0.00001º/s | -0.2º/s~+0.2º/s |  |
| 29 | 95~98 | 第二次姿控姿态四元数q0 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 30 | 99~102 | 第二次姿控姿态四元数q1 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 31 | 103~106 | 第二次姿控姿态四元数q2 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 32 | 107~110 | 第二次姿控姿态四元数q3 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 33 | 111 | 第二次定姿方式 | 1 | 原码 | 原码 | 实时 | D7：定姿方式：0表示非星敏感器定姿，1表示星敏感器定姿。  D6：非星敏感器定姿状态(非星敏感器定姿时有效)，0表示仅红外定姿，1表示红外和数字太阳定姿；  D5：1：星敏感器C参加姿态修正；0：星敏感器C不参加姿态修正；  D4：1：星敏感器B参加姿态修正；0：星敏感器B不参加姿态修正。  D3：1：星敏感器A参加姿态修正；0：星敏感器A不参加姿态修正。  D2：0：星敏32标量符号为正；1：为负；  D1：0：星敏22标量符号为正；1：为负；  D0：0：星敏12标量符号为正；1：为负； |
| 34 | 112 | 第二次地面摄影点太阳高度角 | 1 | 原码 | 1 º | 0~+90º | D7：姿控转序：1：按照1-3-2 转序控制；0：按照3-1-2 转序控制。  D6~D0：地面摄影点太阳高度角，范围：0°~  90°，当量：1° |
| 35 | 113~116 | 第三次姿控星时整秒数 | 4 | 原码 | 1s |  | 星时为UTC时间。 |
| 36 | 117~120 | 第三次姿控星时非整秒数 | 4 | 原码 | 10μs | 0~1000000μs | 姿控星时非整秒时 |
| 37 | 121~124 | 第三次卫星相对惯性空间角速度在本体系的分量 | 4 | 补码 | 0.00001º/s | -2º/s～+2º/s |  |
| 38 | 125~128 | 第三次卫星相对惯性空间角速度在本体系的分量 | 4 | 补码 | 0.00001º/s | -2º/s～+2º/s |  |
| 39 | 129~132 | 第三次卫星相对惯性空间角速度在本体系的分量 | 4 | 补码 | 0.00001º/s | -2º/s～+2º/s |  |
| 40 | 133~136 | 第三次滚动角度估值 | 4 | 补码 | 0.00005º | -180º~+180º |  |
| 41 | 137~140 | 第三次俯仰角度估值 | 4 | 补码 | 0.00005º | -180º~+180º |  |
| 42 | 141~144 | 第三次偏航角度估值 | 4 | 补码 | 0.00005º | -180º~+180º |  |
| 43 | 145,146 | 第三次滚动角速度估值 | 2 | 补码 | 0.00001º/s | -0.2º/s~+0.2º/s |  |
| 44 | 147,148 | 第三次俯仰角速度估值 | 2 | 补码 | 0.00001º/s | -0.2º/s~+0.2º/s |  |
| 45 | 149,150 | 第三次偏航角速度估值 | 2 | 补码 | 0.00001º/s | -0.2º/s~+0.2º/s |  |
| 46 | 151~154 | 第三次姿控姿态四元数q0 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 47 | 155~158 | 第三次姿控姿态四元数q1 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 48 | 159~162 | 第三次姿控姿态四元数q2 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 49 | 163~166 | 第三次姿控姿态四元数q3 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 50 | 167 | 第三次定姿方式 | 1 | 原码 | 原码 | 实时 | D7：定姿方式：0表示非星敏感器定姿，1表示星敏感器定姿。  D6：非星敏感器定姿状态(非星敏感器定姿时有效)，0表示仅红外定姿，1表示红外和数字太阳定姿；  D5：1：星敏感器C参加姿态修正；0：星敏感器C不参加姿态修正；  D4：1：星敏感器B参加姿态修正；0：星敏感器B不参加姿态修正。  D3：1：星敏感器A参加姿态修正；0：星敏感器A不参加姿态修正。  D2：0：星敏33标量符号为正；1：为负；  D1：0：星敏23标量符号为正；1：为负；  D0：0：星敏13标量符号为正；1：为负； |
| 51 | 168 | 第三次地面摄影点太阳高度角 | 1 | 原码 | 1 º | 0~+90º | D7：姿控转序：1：按照1-3-2 转序控制；0：按照3-1-2 转序控制。  D6~D0：地面摄影点太阳高度角，范围：0°~  90°，当量：1° |
| 52 | 169~172 | 第四次姿控星时整秒数 | 4 | 原码 | 1s |  | 星时为UTC时间。 |
| 53 | 173~176 | 第四次姿控星时非整秒数 | 4 | 原码 | 10μs | 0~1000000μs | 姿控星时非整秒时 |
| 54 | 177~180 | 第四次卫星相对惯性空间角速度在本体系的分量 | 4 | 补码 | 0.00001º/s | -2º/s～+2º/s |  |
| 55 | 181~184 | 第四次卫星相对惯性空间角速度在本体系的分量 | 4 | 补码 | 0.00001º/s | -2º/s～+2º/s |  |
| 56 | 185~188 | 第四次卫星相对惯性空间角速度在本体系的分量 | 4 | 补码 | 0.00001º/s | -2º/s～+2º/s |  |
| 57 | 189~192 | 第四次滚动角度估值 | 4 | 补码 | 0.00005º | -180º~+180º |  |
| 58 | 193~196 | 第四次俯仰角度估值 | 4 | 补码 | 0.00005º | -180º~+180º |  |
| 59 | 197~200 | 第四次偏航角度估值 | 4 | 补码 | 0.00005º | -180º~+180º |  |
| 60 | 201,202 | 第四次滚动角速度估值 | 2 | 补码 | 0.00001º/s | -0.2º/s~+0.2º/s |  |
| 61 | 203,204 | 第四次俯仰角速度估值 | 2 | 补码 | 0.00001º/s | -0.2º/s~+0.2º/s |  |
| 62 | 205,206 | 第四次偏航角速度估值 | 2 | 补码 | 0.00001º/s | -0.2º/s~+0.2º/s |  |
| 63 | 207~210 | 第四次姿控姿态四元数q0 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 64 | 211~214 | 第四次姿控姿态四元数q1 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 65 | 215~218 | 第四次姿控姿态四元数q2 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 66 | 219~222 | 第四次姿控姿态四元数q3 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 67 | W222 | 第四次定姿方式 | 1 | 原码 | 原码 | 实时 | D7：定姿方式：0表示非星敏感器定姿，1表示星敏感器定姿。  D6：非星敏感器定姿状态(非星敏感器定姿时有效)，0表示仅红外定姿，1表示红外和数字太阳定姿；  D5：1：星敏感器C参加姿态修正；0：星敏感器C不参加姿态修正；  D4：1：星敏感器B参加姿态修正；0：星敏感器B不参加姿态修正。  D3：1：星敏感器A参加姿态修正；0：星敏感器A不参加姿态修正。  D2：0：星敏34标量符号为正；1：为负；  D1：0：星敏24标量符号为正；1：为负；  D0：0：星敏14标量符号为正；1：为负； |
| 68 | W223 | 第四次地面摄影点太阳高度角 | 1 | 原码 | 1 º | 0~+90º | D7：姿控转序：1：按照1-3-2 转序控制；0：按照3-1-2 转序控制。  D6~D0：地面摄影点太阳高度角，范围：0°~  90°，当量：1° |
| 69 | W224~W227 | 00H |  |  |  |  | 综合电子填充00H |

表37 姿控陀螺和姿态广播数据格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 帧序号 | 仲裁场、控制场 | | 有效数据场 | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| **ID10～ID3+**  **ID2～ID0+RTR+DLC** | |
|  | BFH | 68H | I  00H | L  19H | T  A0H | W0 | W1 | W2 | W3 | W4 |
|  | BFH | 68H | 01H | W5 | W6 | W7 | W8 | W9 | W10 | W11 |
|  | BFH | 68H | 02H | W12 | W13 | W14 | W15 | W16 | W17 | W18 |
|  | BFH | 68H | 03H | W19 | W20 | W21 | W22 | W23 | W24 | W25 |
|  | BFH | 68H | 04H | W26 | W27 | W28 | W29 | W30 | W31 | W32 |
|  | BFH | 68H | 05H | W33 | W34 | W35 | W36 | W37 | W38 | W39 |
|  | BFH | 68H | 06H | W40 | W41 | W42 | W43 | W44 | W45 | W46 |
|  | BFH | 68H | 07H | W47 | W48 | W49 | W50 | W51 | W52 | W53 |
|  | BFH | 68H | 08H | W54 | W55 | W56 | W57 | W58 | W59 | W60 |
|  | BFH | 68H | 09H | W61 | W62 | W63 | W64 | W65 | W66 | W67 |
|  | BFH | 68H | 0AH | W68 | W69 | W70 | W71 | W72 | W73 | W74 |
|  | BFH | 68H | 0BH | W75 | W76 | W77 | W78 | W79 | W80 | W81 |
|  | BFH | 68H | 0CH | W82 | W83 | W84 | W85 | W86 | W87 | W88 |
|  | BFH | 68H | 0DH | W89 | W90 | W91 | W92 | W93 | W94 | W95 |
|  | BFH | 68H | 0EH | W96 | W97 | W98 | W99 | W100 | W101 | W102 |
|  | BFH | 68H | 0FH | W103 | W104 | W105 | W106 | W107 | W108 | W109 |
|  | BFH | 68H | 10H | W110 | W111 | W112 | W113 | W114 | W115 | W116 |
|  | BFH | 68H | 11H | W117 | W118 | W119 | W120 | W121 | W122 | W123 |
|  | BFH | 68H | 12H | W124 | W125 | W126 | W127 | W128 | W129 | W130 |
|  | BFH | 68H | 13H | W131 | W132 | W133 | W134 | W135 | W136 | W137 |
|  | BFH | 68H | 14H | W138 | W139 | W140 | W141 | W142 | W143 | W144 |
|  | BFH | 68H | 15H | W145 | W146 | W147 | W148 | W149 | W150 | W151 |
|  | BFH | 68H | 16H | W152 | W153 | W154 | W155 | W156 | W157 | W158 |
|  | BFH | 68H | 17H | W159 | W160 | W161 | W162 | W163 | W164 | W165 |
|  | BFH | 68H | 18H | W166 | W167 | W168 | W169 | W170 | W171 | W172 |
|  | BFH | 68H | 19H | W173 | W174 | W175 | W176 | W177 | W178 | W179 |
|  | BFH | 68H | 1AH | W180 | W181 | W182 | W183 | W184 | W185 | W186 |
|  | BFH | 68H | 1BH | W187 | W188 | W189 | W190 | W191 | W192 | W193 |
|  | BFH | 68H | 1CH | W194 | W195 | W196 | W197 | W198 | W199 | W200 |
|  | BFH | 68H | 1DH | W201 | W202 | W203 | W204 | W205 | W206 | W207 |
|  | BFH | 68H | 1EH | W208 | W209 | W210 | W211 | W212 | W213 | W214 |
|  | BFH | 68H | 1FH | W215 | W216 | W217 | W218 | W219 | W220 | W221 |
|  | BFH | 68H | 20H | W222 | W223 | W224 | W225 | W226 | W227 | SUM |

6.5 姿控星敏广播数据格式

姿控星敏广播共248字节，综合电子填入00H至第W248字节，姿控星敏广播内容如表38所示，数据格式如表39所示。

表38姿控星敏广播内容

| **序号** | **字节序号** | **参数名称** | **字节数** | **类型** | **当量** | **范围** | **备注** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | W0~W3 | 第一次星敏感器1数据产生的姿控星时整秒数 | 4 | 原码 | 1s |  | 星时为UTC时间。 |
| 2 | W4~W7 | 第一次星敏感器1数据产生的姿控星时非整秒数 | 4 | 原码 | 10μs | 0~1000000μs | 星敏产生的非整秒值 |
| 3 | 9~12 | 第一次星敏感器1的姿态四元数q1 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 4 | 13~16 | 第一次星敏感器1的姿态四元数q2 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 5 | 17~20 | 第一次星敏感器1的姿态四元数q3 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 6 | 21~24 | 第一次星敏感器2数据产生的姿控星时整秒数 | 4 | 原码 | 1s |  | 星时为UTC时间。 |
| 7 | 25~28 | 第一次星敏感器2数据产生的姿控星时非整秒数 | 4 | 原码 | 10μs | 0~1000000μs | 星敏产生的非整秒值 |
| 8 | 29~32 | 第一次星敏感器2的姿态四元数q1 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 9 | 33~36 | 第一次星敏感器2的姿态四元数q2 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 10 | 37~40 | 第一次星敏感器2的姿态四元数q3 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 11 | 41~44 | 第一次星敏感器3数据产生的姿控星时整秒数 | 4 | 原码 | 1s |  | 星时为UTC时间。 |
| 12 | 45~48 | 第一次星敏感器3数据产生的姿控星时非整秒数 | 4 | 原码 | 10μs | 0~1000000μs | 星敏产生的非整秒值 |
| 13 | 49~52 | 第一次星敏感器3的姿态四元数q1 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 14 | 53~56 | 第一次星敏感器3的姿态四元数q2 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 15 | 57~60 | 第一次星敏感器3的姿态四元数q3 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 16 | 61 | 第一次星敏数据有效状态信息和通信状态信息 | 1 | 原码 | 原码 | 实时 | D7：星敏感器3数据有效位：0为有效，1为无效  D6：星敏感器2数据有效位：0为有效，1为无效  D5：星敏感器1数据有效位：0为有效，1为无效  D4：星敏感器3本次通信状态：0为成功，1为失败  D3：星敏感器2本次通信状态：0为成功，1为失败  D2：星敏感器1本次通信状态：0为成功，1为失败  D1：0（备用）  D0：姿控转序：1：按照1-3-2 转序控制；0：按照3-1-2 转序控制。 |
| 17 | 62 | 第一次定姿方式 | 1 | 原码 | 原码 | 实时 | D7：定姿方式：0表示非星敏感器定姿，1表示星敏感器定姿。  D6：非星敏感器定姿状态(非星敏感器定姿时有效)，0表示仅红外定姿，1表示红外和数字太阳定姿；  D5：1：星敏感器C参加姿态修正；0：星敏感器C不参加姿态修正；  D4：1：星敏感器B参加姿态修正；0：星敏感器B不参加姿态修正。  D3：1：星敏感器A参加姿态修正；0：星敏感器A不参加姿态修正。  D2：0：星敏31标量符号为正；1：为负；  D1：0：星敏21标量符号为正；1：为负；  D0：0：星敏11标量符号为正；1：为负； |
| 18 | 63~66 | 第二次星敏感器1数据产生的姿控星时整秒数 | 4 | 原码 | 1s |  | 星时为UTC时间。 |
| 19 | 67~70 | 第二次星敏感器1数据产生的姿控星时非整秒数 | 4 | 原码 | 10μs | 0~1000000μs | 星敏产生的非整秒值 |
| 20 | 71~74 | 第二次星敏感器1的姿态四元数q1 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 21 | 75~78 | 第二次星敏感器1的姿态四元数q2 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 22 | 79~82 | 第二次星敏感器1的姿态四元数q3 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 23 | 83~86 | 第二次星敏感器2数据产生的姿控星时整秒数 | 4 | 原码 | 1s |  | 星时为UTC时间。 |
| 24 | 87~90 | 第二次星敏感器2数据产生的姿控星时非整秒数 | 4 | 原码 | 10μs | 0~1000000μs | 星敏产生的非整秒值 |
| 25 | 91~94 | 第二次星敏感器2的姿态四元数q1 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 26 | 95~98 | 第二次星敏感器2的姿态四元数q2 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 27 | 99~102 | 第二次星敏感器2的姿态四元数q3 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 28 | 103~106 | 第二次星敏感器3数据产生的姿控星时整秒数 | 4 | 原码 | 1s |  | 星时为UTC时间。 |
| 29 | 107~110 | 第二次星敏感器3数据产生的姿控星时非整秒数 | 4 | 原码 | 10μs | 0~1000000μs | 星敏产生的非整秒值 |
| 30 | 111~114 | 第二次星敏感器3的姿态四元数q1 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 31 | 115~118 | 第二次星敏感器3的姿态四元数q2 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 32 | 119~122 | 第二次星敏感器3的姿态四元数q3 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 33 | 123 | 第二次星敏数据有效状态信息和通信状态信息 | 1 | 1字节，原码 | 原码 | 实时 | D7：星敏感器3数据有效位：0为有效，1为无效  D6：星敏感器2数据有效位：0为有效，1为无效  D5：星敏感器1数据有效位：0为有效，1为无效  D4：星敏感器3本次通信状态：0为成功，1为失败  D3：星敏感器2本次通信状态：0为成功，1为失败  D2：星敏感器1本次通信状态：0为成功，1为失败  D1：0（备用）  D0：姿控转序：1：按照1-3-2 转序控制；0：按照3-1-2 转序控制。 |
| 34 | 124 | 第二次定姿方式 | 1 | 原码，1字节 | 原码 | 实时 | D7：定姿方式：0表示非星敏感器定姿，1表示星敏感器定姿。  D6：非星敏感器定姿状态(非星敏感器定姿时有效)，0表示仅红外定姿，1表示红外和数字太阳定姿；  D5：1：星敏感器C参加姿态修正；0：星敏感器C不参加姿态修正；  D4：1：星敏感器B参加姿态修正；0：星敏感器B不参加姿态修正。  D3：1：星敏感器A参加姿态修正；0：星敏感器A不参加姿态修正。  D2：0：星敏32标量符号为正；1：为负；  D1：0：星敏22标量符号为正；1：为负；  D0：0：星敏12标量符号为正；1：为负； |
| 35 | 125~128 | 第三次星敏感器1数据产生的姿控星时整秒数 | 4 | 原码 | 1s |  | 星时为UTC时间。 |
| 36 | 129~132 | 第三次星敏感器1数据产生的姿控星时非整秒数 | 4 | 原码 | 10μs | 0~1000000μs | 星敏产生的非整秒值 |
| 37 | 133~136 | 第三次星敏感器1的姿态四元数q1 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 38 | 137~140 | 第三次星敏感器1的姿态四元数q2 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 39 | 141~144 | 第三次星敏感器1的姿态四元数q3 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 40 | 145~148 | 第三次星敏感器2数据产生的姿控星时整秒数 | 4 | 原码 | 1s |  | 星时为UTC时间。 |
| 41 | 149~152 | 第三次星敏感器2数据产生的姿控星时非整秒数 | 4 | 原码 | 10μs | 0~1000000μs | 星敏产生的非整秒值 |
| 42 | 153~156 | 第三次星敏感器2的姿态四元数q1 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 43 | 157~160 | 第三次星敏感器2的姿态四元数q2 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 44 | 161~164 | 第三次星敏感器2的姿态四元数q3 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 45 | 165~168 | 第三次星敏感器3数据产生的姿控星时整秒数 | 4 | 原码 | 1s |  | 星时为UTC时间。 |
| 46 | 169~172 | 第三次星敏感器3数据产生的姿控星时非整秒数 | 4 | 原码 | 10μs | 0~1000000μs | 星敏产生的非整秒值 |
| 47 | 173~176 | 第三次星敏感器3的姿态四元数q1 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 48 | 177~180 | 第三次星敏感器3的姿态四元数q2 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 49 | 181~184 | 第三次星敏感器3的姿态四元数q3 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 50 | 185 | 第三次星敏数据有效状态信息和通信状态信息 | 1 | 1字节，原码 | 原码 | 实时 | D7：星敏感器3数据有效位：0为有效，1为无效  D6：星敏感器2数据有效位：0为有效，1为无效  D5：星敏感器1数据有效位：0为有效，1为无效  D4：星敏感器3本次通信状态：0为成功，1为失败  D3：星敏感器2本次通信状态：0为成功，1为失败  D2：星敏感器1本次通信状态：0为成功，1为失败  D1：0（备用）  D0：姿控转序：1：按照1-3-2 转序控制；0：按照3-1-2 转序控制。 |
| 51 | 186 | 第三次定姿方式 | 1 | 原码，1字节 | 原码 | 实时 | D7：定姿方式：0表示非星敏感器定姿，1表示星敏感器定姿。  D6：非星敏感器定姿状态(非星敏感器定姿时有效)，0表示仅红外定姿，1表示红外和数字太阳定姿；  D5：1：星敏感器C参加姿态修正；0：星敏感器C不参加姿态修正；  D4：1：星敏感器B参加姿态修正；0：星敏感器B不参加姿态修正。  D3：1：星敏感器A参加姿态修正；0：星敏感器A不参加姿态修正。  D2：0：星敏33标量符号为正；1：为负；  D1：0：星敏23标量符号为正；1：为负；  D0：0：星敏13标量符号为正；1：为负； |
| 52 | 187~190 | 第四次星敏感器1数据产生的姿控星时整秒数 | 4 | 原码 | 1s |  | 星时为UTC时间。 |
| 53 | 191~194 | 第四次星敏感器1数据产生的姿控星时非整秒数 | 4 | 原码 | 10μs | 0~1000000μs | 星敏产生的非整秒值 |
| 54 | 195~198 | 第四次星敏感器1的姿态四元数q1 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 55 | 199~202 | 第四次星敏感器1的姿态四元数q2 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 56 | 203~206 | 第四次星敏感器1的姿态四元数q3 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 57 | 207~210 | 第四次星敏感器2数据产生的姿控星时整秒数 | 4 | 原码 | 1s |  | 星时为UTC时间。 |
| 58 | 211~214 | 第四次星敏感器2数据产生的姿控星时非整秒数 | 4 | 原码 | 10μs | 0~1000000μs | 星敏产生的非整秒值 |
| 59 | 215~218 | 第四次星敏感器2的姿态四元数q1 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 60 | 219~222 | 第四次星敏感器2的姿态四元数q2 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 61 | 223~226 | 第四次星敏感器2的姿态四元数q3 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 62 | 227~230 | 第四次星敏感器3数据产生的姿控星时整秒数 | 4 | 原码 | 1s |  | 星时为UTC时间。 |
| 63 | 231~234 | 第四次星敏感器3数据产生的姿控星时非整秒数 | 4 | 原码 | 10μs | 0~1000000μs | 星敏产生的非整秒值 |
| 64 | 235~238 | 第四次星敏感器3的姿态四元数q1 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 65 | 239~242 | 第四次星敏感器3的姿态四元数q2 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 66 | 243~246 | 第四次星敏感器3的姿态四元数q3 | 4 | 原码 | 原码 |  | 最高位为符号位，0为正，1为负。 |
| 67 | 247 | 第四次星敏数据有效状态信息和通信状态信息 | 1 | 原码 | 原码 | 实时 | D7：星敏感器3数据有效位：0为有效，1为无效  D6：星敏感器2数据有效位：0为有效，1为无效  D5：星敏感器1数据有效位：0为有效，1为无效  D4：星敏感器3本次通信状态：0为成功，1为失败  D3：星敏感器2本次通信状态：0为成功，1为失败  D2：星敏感器1本次通信状态：0为成功，1为失败  D1：0（备用）  D0：姿控转序：1：按照1-3-2 转序控制；0：按照3-1-2 转序控制。 |
| 68 | W247 | 第四次定姿方式 | 1 | 原码 | 原码 | 实时 | D7：定姿方式：0表示非星敏感器定姿，1表示星敏感器定姿。  D6：非星敏感器定姿状态(非星敏感器定姿时有效)，0表示仅红外定姿，1表示红外和数字太阳定姿；  D5：1：星敏感器C参加姿态修正；0：星敏感器C不参加姿态修正；  D4：1：星敏感器B参加姿态修正；0：星敏感器B不参加姿态修正。  D3：1：星敏感器A参加姿态修正；0：星敏感器A不参加姿态修正。  D2：0：星敏34标量符号为正；1：为负；  D1：0：星敏24标量符号为正；1：为负；  D0：0：星敏14标量符号为正；1：为负； |
| 69 | W248 | 00H |  |  |  |  | 综合电子填入00H |

表39 姿控星敏广播数据格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 帧序号 | 仲裁场、控制场 | | 有效数据场 | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| **ID10～ID3+**  **ID2～ID0+RTR+DLC** | |
|  | BFH | 68H | I  00H | L  EBH | T  A0H | W0 | W1 | W2 | W3 | W4 |
|  | BFH | 68H | 01H | W5 | W6 | W7 | W8 | W9 | W10 | W11 |
|  | BFH | 68H | 02H | W12 | W13 | W14 | W15 | W16 | W17 | W18 |
|  | BFH | 68H | 03H | W19 | W20 | W21 | W22 | W23 | W24 | W25 |
|  | BFH | 68H | 04H | W26 | W27 | W28 | W29 | W30 | W31 | W32 |
|  | BFH | 68H | 05H | W33 | W34 | W35 | W36 | W37 | W38 | W39 |
|  | BFH | 68H | 06H | W40 | W41 | W42 | W43 | W44 | W45 | W46 |
|  | BFH | 68H | 07H | W47 | W48 | W49 | W50 | W51 | W52 | W53 |
|  | BFH | 68H | 08H | W54 | W55 | W56 | W57 | W58 | W59 | W60 |
|  | BFH | 68H | 09H | W61 | W62 | W63 | W64 | W65 | W66 | W67 |
|  | BFH | 68H | 0AH | W68 | W69 | W70 | W71 | W72 | W73 | W74 |
|  | BFH | 68H | 0BH | W75 | W76 | W77 | W78 | W79 | W80 | W81 |
|  | BFH | 68H | 0CH | W82 | W83 | W84 | W85 | W86 | W87 | W88 |
|  | BFH | 68H | 0DH | W89 | W90 | W91 | W92 | W93 | W94 | W95 |
|  | BFH | 68H | 0EH | W96 | W97 | W98 | W99 | W100 | W101 | W102 |
|  | BFH | 68H | 0FH | W103 | W104 | W105 | W106 | W107 | W108 | W109 |
|  | BFH | 68H | 10H | W110 | W111 | W112 | W113 | W114 | W115 | W116 |
|  | BFH | 68H | 11H | W117 | W118 | W119 | W120 | W121 | W122 | W123 |
|  | BFH | 68H | 12H | W124 | W125 | W126 | W127 | W128 | W129 | W130 |
|  | BFH | 68H | 13H | W131 | W132 | W133 | W134 | W135 | W136 | W137 |
|  | BFH | 68H | 14H | W138 | W139 | W140 | W141 | W142 | W143 | W144 |
|  | BFH | 68H | 15H | W145 | W146 | W147 | W148 | W149 | W150 | W151 |
|  | BFH | 68H | 16H | W152 | W153 | W154 | W155 | W156 | W157 | W158 |
|  | BFH | 68H | 17H | W159 | W160 | W161 | W162 | W163 | W164 | W165 |
|  | BFH | 68H | 18H | W166 | W167 | W168 | W169 | W170 | W171 | W172 |
|  | BFH | 68H | 19H | W173 | W174 | W175 | W176 | W177 | W178 | W179 |
|  | BFH | 68H | 1AH | W180 | W181 | W182 | W183 | W184 | W185 | W186 |
|  | BFH | 68H | 1BH | W187 | W188 | W189 | W190 | W191 | W192 | W193 |
|  | BFH | 68H | 1CH | W194 | W195 | W196 | W197 | W198 | W199 | W200 |
|  | BFH | 68H | 1DH | W201 | W202 | W203 | W204 | W205 | W206 | W207 |
|  | BFH | 68H | 1EH | W208 | W209 | W210 | W211 | W212 | W213 | W214 |
|  | BFH | 68H | 1FH | W215 | W216 | W217 | W218 | W219 | W220 | W221 |
|  | BFH | 68H | 20H | W222 | W223 | W224 | W225 | W226 | W227 | W228 |
|  | BFH | 68H | 21H | W229 | W230 | W231 | W232 | W233 | W234 | W235 |
|  | BFH | 68H | 22H | W236 | W237 | W238 | W239 | W240 | W241 | W242 |
|  | BFH | 68H | 23H | W243 | W244 | W245 | W246 | W247 | W248  00H | SUM |