

# 北斗卫星导航系统

# 空间信号接口控制文件

星基增强服务信号BDSBAS-B1C（1.0版）



中国卫星导航系统管理办公室

二〇二〇年七月



## 目 录

1	声明	1
2	文件范畴	2
3	BDSBAS 单频服务概述	3
3.1	空间星座	3
3.2	坐标系统	3
3.3	时间系统	3
4	信号特性	4
4.1	载波频率	4
4.2	信号杂散	4
4.3	调制方式	4
4.4	载波相位噪声	4
4.5	信号频谱	4
4.6	多普勒频移	4
4.7	载波频率稳定度	4
4.8	极化方式	4
4.9	码/载波频率一致性	5
4.10	信号落地功率	5
4.11	相关损耗	5
4.12	最大码相位偏差	5
4.13	信号编码	5
5	电文结构	6
5.1	电文编码方式	6
5.2	电文分类	6
5.3	电文编排	7
5.3.1	电文 0	7
5.3.2	电文 1	7
5.3.3	电文 2-5	8

5.3.4	电文 6	10
5.3.5	电文 7	10
5.3.6	电文 9	12
5.3.7	电文 10	13
5.3.8	电文 12	14
5.3.9	电文 17	15
5.3.10	电文 18	17
5.3.11	电文 24	18
5.3.12	电文 25	19
5.3.13	电文 26	21
5.3.14	电文 28	28
5.3.15	电文 62	29
5.3.16	电文 63	29
5.4	降效参数	30
5.4.1	快慢变改正数降效参数	30
5.4.2	电离层改正数降效参数	33
6	缩略语	34

## 图目录

图 5-1	二分之一卷积编码	6
图 5-2	BDSBAS-B1C 频点电文格式	7
图 5-3	电文 1	7
图 5-4	PRN 掩码、PRN 号和 PRN 掩码序号之间的关系示例	8
图 5-5	电文 2-5	8
图 5-6	电文 6	10
图 5-7	电文 7	11
图 5-8	电文 9	12
图 5-9	电文 10	13
图 5-10	电文 12	14
图 5-11	电文 17	15
图 5-12	电文 18	17
图 5-13	电离层格网带定义	18
图 5-14	电文 24	18
图 5-15	速度编码为 0 时的电文 25	19
图 5-16	速度编码为 1 时的电文 25	19
图 5-17	电文 26	21
图 5-18	电离层改正数处理流程	23
图 5-19	电离层穿刺点示意图	23
图 5-20	格网点选取示意图	25
图 5-21	4 个格网点与穿刺点分布示意图	26
图 5-22	3 个格网点与穿刺点分布示意图	27
图 5-23	电文 28	28
图 5-24	快慢变改正数降效参数处理流程	31

## 表目录

表 4-1	BDSBAS-B1C 信号编码	5
表 5-1	BDSBAS-B1C 频点播发电文类型	6
表 5-2	PRN 号分配	8
表 5-3	UDREI 与 UDRE 转换表	9
表 5-4	UDRE 降效因子索引与 UDRE 降效因子之间的转换关系	11
表 5-5	电文 9 参数	12
表 5-6	电文 10 降效参数	13
表 5-7	电文 12 参数	14
表 5-8	UTC 参考时间提供机构标识	14
表 5-9	电文 17 参数	15
表 5-10	8 比特健康标识定义	16
表 5-11	服务提供商标识定义	16
表 5-12	电离层格网带 0-8	17
表 5-13	电离层格网带 9-10	17
表 5-14	速度编码为 0 时的 106 比特数据定义	20
表 5-15	速度编码为 1 时的 106 比特数据定义	20
表 5-16	电文 26 参数	22
表 5-17	GIVEI 与 GIVE 间的转换关系	22
表 5-18	电文 28 参数	28

## 1 声明

中国卫星导航系统管理办公室负责北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件（以下简称 ICD）的编制、修订、发布和维护等工作，并保留本文件的最终解释权。

## 2 文件范畴

北斗卫星导航系统简称北斗系统（BDS），分为北斗一号、北斗二号和北斗三号三个建设发展阶段。

北斗星基增强系统（BDSBAS）是北斗系统的重要组成部分，分别通过 BDSBAS-B1C 和 BDSBAS-B2a 增强信号，向中国及周边地区用户提供符合国际民航组织（ICAO）标准的单频（SF）服务和双频多星座（DFMC）服务。

本文件定义了 BDSBAS 单频服务 BDSBAS-B1C 增强信号的相关内容。本文件参考和依据国际民航组织发布的《国际民用航空公约》附件 10《航空电信》第 I 卷关于星基增强系统（SBAS）的标准和建议措施（SARPs）制定。



### 3 BDSBAS 单频服务概述

#### 3.1 空间星座

BDSBAS 的空间星座由 3 颗播发增强信号的北斗三号地球静止轨道 (GEO) 卫星构成, GEO 卫星轨道高度 35786 千米, 分别定点于东经 80 度、110.5 度和 140 度, 对应的伪随机噪声 (PRN) 码分别为 144、143 和 130。

#### 3.2 坐标系统

BDSBAS 坐标基准为 WGS-84。

#### 3.3 时间系统

北斗卫星导航系统的时间系统为北斗时 (BDT), BDSBAS 的单频服务网络时 ( $SNT = BDT + 14$  秒) 与 GPS 时 (GPST) 的同步精度保持在 50 纳秒之内 ( $|SNT - GPST| \leq 50$  纳秒)。

## 4 信号特性

### 4.1 载波频率

载波频率：1575.42MHz。

### 4.2 信号杂散

信号杂散功率比未调制载波功率至少低 40dB。

### 4.3 调制方式

增强信息符号以 500 sps 的速度通过模 2 和的方式叠加到 1023 比特的 PRN 码上，再通过二进制相移键控（BPSK）以 1.023Mcps 的速率调制到载波上。

### 4.4 载波相位噪声

未调制的载波相位噪声谱密度应使 10Hz 单边噪声带宽锁相环的跟踪精度（均方根）达到 0.1 弧度。

### 4.5 信号频谱

信号中心频率为 1575.42MHz，信号播发带宽至少为 2.2MHz。95%的播发功率应在以信号频率为中心的 $\pm 12$ MHz 信号带宽中。

### 4.6 多普勒频移

BDS GEO 卫星多普勒频移不超过 40m/s（在 1575.42MHz 频点约 210Hz）。

### 4.7 载波频率稳定度

除去电离层和多普勒影响，进入用户接收机天线的载波频率短期（10 秒以内）稳定度（艾伦方差均方根）优于  $5 \times 10^{-11}$ 。

### 4.8 极化方式

BDS GEO 卫星播发信号的极化方式为右旋圆极化（RHCP），卫星天线轴向 $\pm 9.1^\circ$  夹角范围内椭圆率不超过 2dB。

#### 4.9 码/载波频率一致性

短期（10 秒之内）情况下，码/载波频率差异小于  $5 \times 10^{-11}$  ( $1\sigma$ )；长期（100 秒之内）情况下，码相位通过乘以码元数量 1540 转换为载波周期的变化，其与广播的载波相位变化之间的差异在一个载波周期内 ( $1\sigma$ )。

#### 4.10 信号落地功率

在 BDS GEO 卫星观测仰角  $5^\circ$  以上无遮挡的地面区域，在天线与 BDSBAS-B1C 信号传播方向正交的情况下，3dBi 线性极化天线端口接收到的信号落地功率在 -161dBW 到 -153dBW 范围内。

#### 4.11 相关损耗

由 BDS GEO 卫星载荷的调制和滤波导致的相关损耗不超过 1dB。

#### 4.12 最大码相位偏差

BDSBAS-B1C 信号的最大未修正码相位与等效 SNT 之间的偏差不超过  $2^{-20}$  秒。

#### 4.13 信号编码

BDSBAS-B1C 信号编码相关的 PRN 号、G2 延迟和初始 G2 状态参数如表 4-1 所示：

表 4-1 BDSBAS-B1C 信号编码

PRN 码	G2 延迟 (码片)	初始 G2 状态 (八进制)	码片前 10 位 (八进制)
130	355	0341	1436
143	307	1312	0465
144	127	1060	0717

## 5 电文结构

### 5.1 电文编码方式

电文数据的播发速率为 250 bps，利用前向纠错（FEC）码进行编码，该 FEC 的实现方式为二分之一卷积编码（如图 5-1 所示），输出数据的速率为 500 sps。

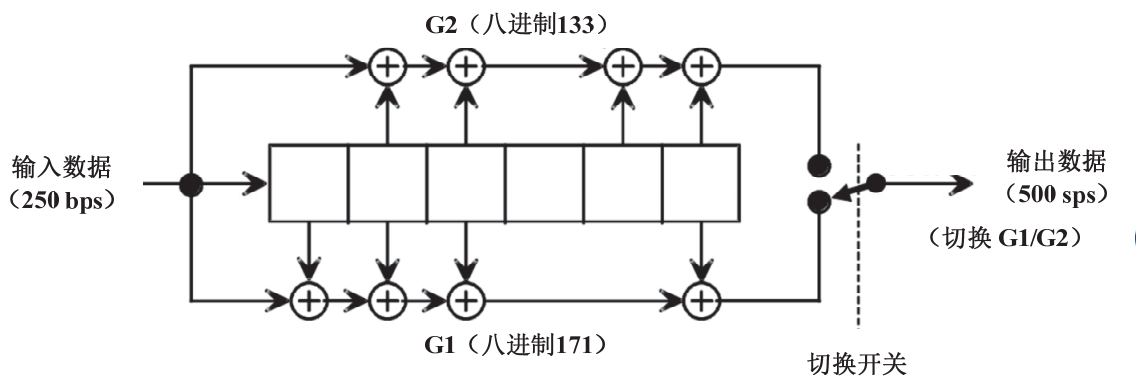


图 5-1 二分之一卷积编码

### 5.2 电文分类

BDSBAS-B1C 频点播发的电文类型如表 5-1 所示：

表 5-1 BDSBAS-B1C 频点播发电文类型

电文类型	电文内容
0	系统测试
1	PRN 掩码
2-5	快变改正数
6	完好性信息
7	快变改正数降效因子
9	GEO 卫星星历
10	降效参数
12	SNT 与 UTC 偏差
17	GEO 卫星历书
18	电离层格网掩码
24	混合改正数
25	慢变改正数
26	电离层延迟改正数
28	卫星时钟/星历协方差矩阵
62	内部测试信息
63	空白信息

### 5.3 电文编排

BDSBAS-B1C 频点上播发的每种类型电文均为 250 比特，播发时间为 1 秒。其中，最高 8 比特为导引信息，接下来的 6 比特为电文类型标识，最低 24 比特为循环冗余校验位 (CRC)，其余 212 比特为数据域，电文格式如图 5-2 所示：



图 5-2 BDSBAS-B1C 频点电文格式

#### 5.3.1 电文 0

电文 0 为系统测试电文，在 BDSBAS 系统测试时播发，主要用于提示用户不要将 BDSBAS-B1C 增强信息用于生命安全服务，用户在收到电文 0 后将至少停止使用该信号用于生命安全服务 1 分钟。

#### 5.3.2 电文 1

电文 1 利用 210 比特来播发 PRN 掩码，电文格式如图 5-3 所示：

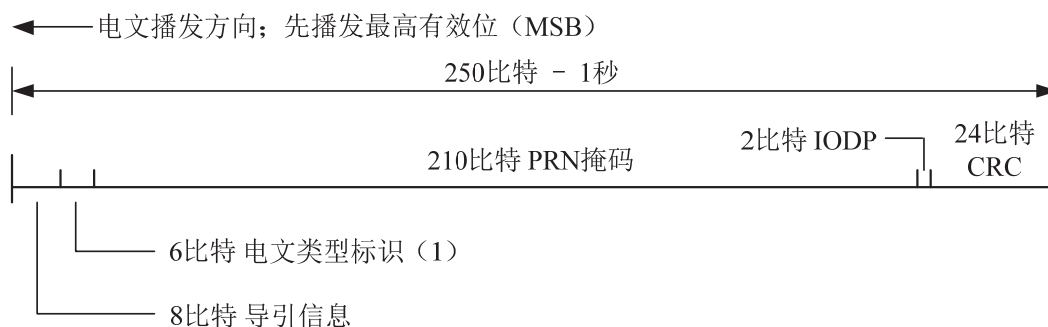


图 5-3 电文 1

210 比特的数据存储区能够保存 210 个 PRN 号对应的 PRN 掩码。PRN 掩码为 0，表示该 PRN 号对应的卫星未被系统监测；PRN 掩码为 1，表示该 PRN 号对应的卫星被系统监测到。PRN 掩码为 1 的 PRN 号的顺序为 PRN 掩码序号，该 PRN 掩码序号为其他电文卫星相关信息的存储位置提供索引。PRN 掩码、PRN 号和 PRN 掩码序号之间的关系示例如图 5-4 所示：

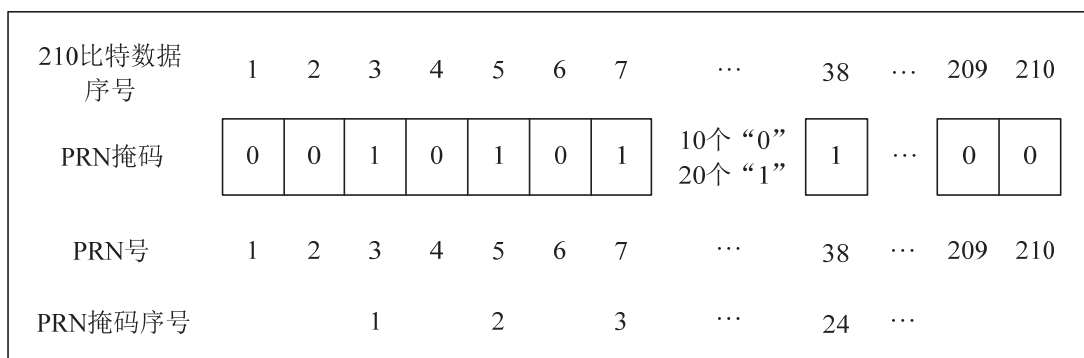


图 5-4 PRN 掩码、PRN 号和 PRN 掩码序号之间的关系示例

210 个 PRN 号的分配如表 5-2 所示：

表 5-2 PRN 号分配

PRN 号段	PRN 号分配
1-37	GPS 卫星
38-61	GLONASS 卫星
62-119	预留
120-158	SBAS 卫星
159-210	预留

PRN 掩码变化是由 IODP（取值在 0-3 之间）控制的。相同的 IODP 会出现在电文 2-5、7、24、25、28 中。如果电文 2-5、7、24、25、28 的 IODP 与电文 1 的 IODP 不一致，用户将不能使用这些电文信息，直到收到 IODP 匹配的电文。如果电文 1 的 IODP 发生变化，用户设备在收到新 IODP 对应电文之前，将继续使用旧的 IODP 对应的电文。

### 5.3.3 电文 2-5

电文 2-5 主要用于播发卫星的快变改正数，电文格式如图 5-5 所示：



图 5-5 电文 2-5

电文 2-5 中包括 2 比特的 IODF<sub>j</sub> (j 表示对应的电文, 即 j=2 至 5), 其作用是与电文 6 中的完好性信息进行关联。在无完好性告警时, IODF 取值为 0、1、2, 改正信息每发生变化一次, IODF 顺次变化一次。当有一颗或多颗卫星发生告警时, IODF<sub>j</sub> 取值为 3。电文 2-5 中的 IODP 值应与电文 1 保持一致。

电文 2 中的快变改正数和用户差分距离误差索引 (UDREI) 是电文 1 PRN 掩码为 1 的前 13 颗卫星所对应的数据; 电文 3 为电文 1 PRN 掩码为 1 的第 14-26 颗卫星所对应的数据; 电文 4 为 PRN 掩码序号为 27 至 39 的卫星所对应的数据; 电文 5 为 PRN 掩码序号为 40 至 51 的卫星所对应的数据。电文 2-5 中, 一颗卫星的所对应的数据共计 16 比特 (12 比特的快变正数和 4 比特的 UDREI)。4 比特的 UDREI 与 UDRE 之间的转换关系是固定的, 如表 5-3 所示:

表 5-3 UDREI 与 UDRE 转换表

UDREI	UDRE (m)	$\sigma^2_{UDRE} (m^2)$
0	0.75	0.0520
1	1.0	0.0924
2	1.25	0.1444
3	1.75	0.2830
4	2.25	0.4678
5	3.0	0.8315
6	3.75	1.2992
7	4.5	1.8709
8	5.25	2.5465
9	6.0	3.3260
10	7.5	5.1968
11	15.0	20.7870
12	50.0	230.9661
13	150.0	2078.695
14	未被监测	未被监测
15	不可用	不可用

12 比特快变改正数的分辨率为 0.125 米, 有效范围为-256.000 米到 255.875 米, 若超过则不可用 (UDREI=15)。快变改正数的参考时刻 ( $t_{of}$ ) 是历元 SNT 秒的开始时间, 它与 GEO 卫星传送第一个比特信息块的时间相一致。

用户基于电文播发的快变改正数信息  $PRC(t_{of})$ , 利用公式 (5-1) 可以推算出当前时刻对应的快变改正数  $PRC(t)$  :

$$PRC(t) = PRC(t_{of}) + RRC(t_{of}) \times (t - t_{of}) \quad (5-1)$$

如果  $ai \neq 0$  (由电文 7 播发), 则

$$RRC(t_{of}) = \frac{PRC_{current} - PRC_{previous}}{\Delta t} \quad (5-2)$$

式中,  $PRC_{current}$  为最新接收到的快变改正数 (由电文 2-5、24 播发);  $PRC_{previous}$  为  $PRC_{current}$  之前接收到的快变改正数 (由电文 2-5、24 播发);  $\Delta t = (t_{of} - t_{of,previous})$ ;  $t_{of}$  为  $PRC_{current}$  的参考时刻;  $t_{of,previous}$  为  $PRC_{previous}$  的参考时刻。

如果  $ai = 0$  (由电文 7 播发), 则  $RRC(t_{of}) = 0$ 。

然后将  $t$  时刻的快变改正数  $PRC(t)$  叠加到伪距观测量上, 如公式 (5-3) 所示:

$$PR_{corrected}(t) = PR_{measured}(t) + PRC(t) \quad (5-3)$$

其中,  $PR_{measured}(t)$  为  $t$  时刻的伪距观测量,  $PR_{corrected}(t)$  为快变改正数修正后的伪距观测量。

### 5.3.4 电文 6

电文 6 主要用于播发完好性信息 (用户差分距离误差 UDRE, 不包括格网电离层垂直误差 GIVE), 电文格式如图 5-6 所示。电文 6 包含 4 个 2 比特的 IODF, 分别与电文 2-5 相对应, 剩下数据段中的 204 比特用于储存 51 颗卫星的 UDREI, 4 比特的 UDREI 与 UDRE 之间的转换关系如表 5-3 所示。例如,  $IODF_3 = 1$ , 则电文 6 中的 14-26 号卫星的完好性信息对应于  $IODF=1$  的电文 3 中的快变改正数。

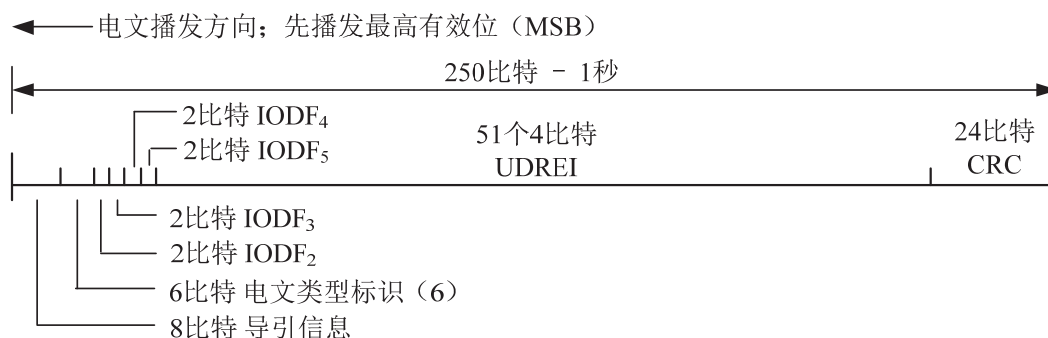


图 5-6 电文 6

### 5.3.5 电文 7

电文 7 主要用于播发与快变改正数相关的降效因子, 电文格式如图 5-7 所示:



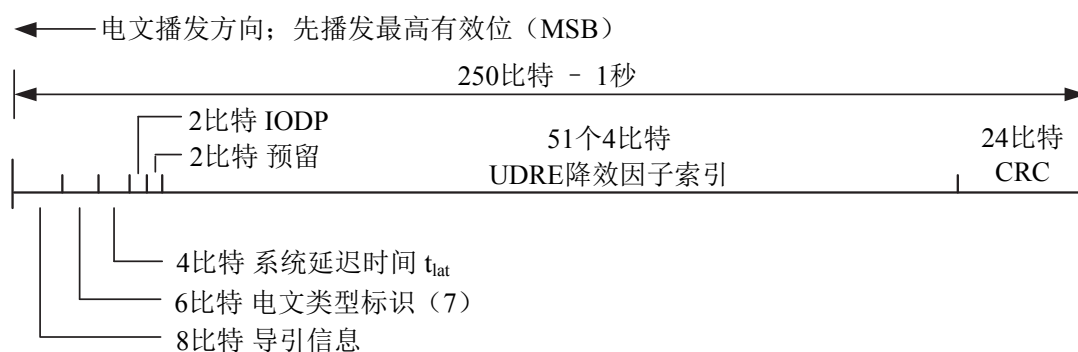


图 5-7 电文 7

电文 7 的主要作用是让用户在没有及时收到最新的快变改正数和完好性信息时，仍然可以利用旧的快变改正数和完好性信息对当前精度和完好性进行估计。电文 7 中的 IODP 值与电文 1 的保持一致，UDRE 降效因子索引对应的卫星由电文 1 的 PRN 掩码序号决定。表 5-4 给出了 UDRE 降效因子索引与 UDRE 降效因子之间的转换关系，同时也给出了用户对快变改正数信息在不同航段下的超时间隔。快变改正数信息的超时间隔是从快变改正数信息接收结束开始计算的。

表 5-4 UDRE 降效因子索引与 UDRE 降效因子之间的转换关系

UDRE 降效因子索引	UDRE 降效因子 ( $m/s^2$ )	快变改正数有效时间 ( $I_{fc}$ ) (s) 适用于航路到 LNAV 进近	快变改正数有效时间 ( $I_{fc}$ ) (s) 适用于 LNAV/VNAV, LPV, LP 进近	快变改正数最大更新间隔 (s)
0	0.00000	180	120	60
1	0.00005	180	120	60
2	0.00009	153	102	51
3	0.00012	135	90	45
4	0.00015	135	90	45
5	0.00020	117	78	39
6	0.00030	99	66	33
7	0.00045	81	54	27
8	0.00060	63	42	21
9	0.00090	45	30	15
10	0.00150	45	30	15
11	0.00210	27	18	9
12	0.00270	27	18	9
13	0.00330	27	18	9
14	0.00460	18	12	6
15	0.00580	18	12	6

### 5.3.6 电文 9

电文 9 主要用于播发 GEO 卫星在地心地固 (ECEF) 坐标系下的位置、速度和加速度, 以及卫星时钟和频率偏移。同时还包括可用时间  $t_0$  以及表明 GEO 测距信号状况的精度信息 (URA)。  $a_{Gf0}$  和  $a_{Gf1}$  为相对于 BDSBAS SNT 的钟差和钟漂。电文格式和电文参数分别如图 5-8 和表 5-5 所示。

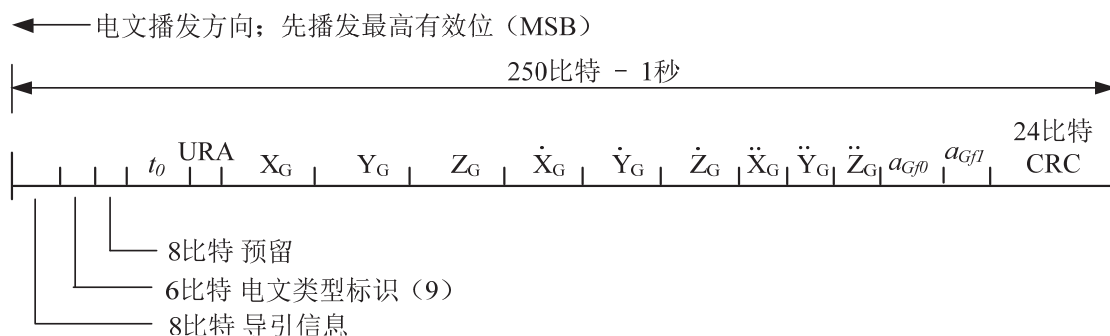


图 5-8 电文 9

表 5-5 电文 9 参数

参数	比特数	比例因子	有效范围	单位
预留	8	--	--	--
$t_0$	13	16	0-86384	s
URA	4	--	--	无量纲
$X_G$ (ECEF)	30	0.08	$\pm 42,949,673$	m
$Y_G$ (ECEF)	30	0.08	$\pm 42,949,673$	m
$Z_G$ (ECEF)	25	0.4	$\pm 6,710,886.4$	m
$X_G$ 的变化率	17	0.000625	$\pm 40.96$	m/s
$Y_G$ 的变化率	17	0.000625	$\pm 40.96$	m/s
$Z_G$ 的变化率	18	0.004	$\pm 524.288$	m/s
$X_G$ 的加速度	10	0.0000125	$\pm 0.0064$	$m/s^2$
$Y_G$ 的加速度	10	0.0000125	$\pm 0.0064$	$m/s^2$
$Z_G$ 的加速度	10	0.0000625	$\pm 0.032$	$m/s^2$
$a_{Gf0}$	12	$2^{-31}$	$\pm 0.9537 \times 10^{-6}$	s
$a_{Gf1}$	8	$2^{-40}$	$\pm 1.1642 \times 10^{-10}$	s/s

利用电文 9 中的信息, 通过公式 (5-4) 和 (5-5) 计算 GEO 卫星  $t$  时刻的位置。

$$t = t_G - \Delta t_G = t_G - [a_{Gf0} + a_{Gf1}(t_G - t_0)] \quad (5-4)$$

$$\begin{bmatrix} X_{GK} \\ Y_{GK} \\ Z_{GK} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_G \\ Y_G \\ Z_G \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dot{X}_G \\ \dot{Y}_G \\ \dot{Z}_G \end{bmatrix} (t-t_0) + \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \ddot{X}_G \\ \ddot{Y}_G \\ \ddot{Z}_G \end{bmatrix} (t-t_0)^2 \quad (5-5)$$

其中， $t_G$  为 GEO 播发该电文的时间； $t_0$  为地面段生成电文 9 中信息的参考时间； $[X_{GK} \ Y_{GK} \ Z_{GK}]^T$  为时刻  $t$  时的 GEO 卫星位置； $[X_G \ Y_G \ Z_G]^T$  为时刻  $t_0$  时的 GEO 卫星位置； $[\dot{X}_G \ \dot{Y}_G \ \dot{Z}_G]^T$  为时刻  $t_0$  时的 GEO 卫星位置变化率； $[\ddot{X}_G \ \ddot{Y}_G \ \ddot{Z}_G]^T$  为时刻  $t_0$  时的 GEO 卫星位置变化加速度。 $a_{Gf0}$  和  $a_{Gf1}$  为钟差和钟漂参数。

### 5.3.7 电文 10

电文 10 主要用于播发降效参数，电文格式和 210 比特的信息内容分别如图 5-9 和表 5-6 所示：

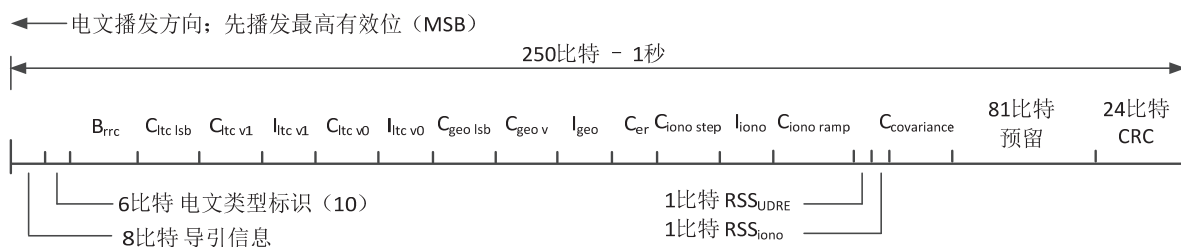


图 5-9 电文 10

表 5-6 电文 10 降效参数

参数	比特数	比例因子	有效范围	单位
B <sub>rrc</sub>	10	0.002	0-2.046	m
C <sub>ltc_lsb</sub>	10	0.002	0-2.046	m
C <sub>ltc_v1</sub>	10	0.00005	0-0.05115	m/s
I <sub>ltc_v1</sub>	9	1	0-511	s
C <sub>ltc_v0</sub>	10	0.002	0-2.046	m
I <sub>ltc_v0</sub>	9	1	0-511	s
C <sub>geo_lsb</sub>	10	0.0005	0-0.5115	m
C <sub>geo_v</sub>	10	0.00005	0-0.05115	m/s
I <sub>geo</sub>	9	1	0-511	s
C <sub>er</sub>	6	0.5	0-31.5	m
C <sub>iono_step</sub>	10	0.001	0-1.023	m
I <sub>iono</sub>	9	1	0-511	s
C <sub>iono_ramp</sub>	10	0.000005	0-0.005115	m/s
RSS <sub>UDRE</sub>	1	--	0-1	无量纲
RSS <sub>iono</sub>	1	--	0-1	无量纲
C <sub>covariance</sub>	7	0.1	0-12.7	无量纲
预留	81	--	--	--

### 5.3.8 电文 12

电文 12 主要用于播发 BDSBAS SNT 与 UTC 之间的偏差。电文 12 的主要组成部分是 8 比特的导引信息，6 比特的电文类型标识，然后是 104 比特的 UTC 参数，3 比特的 UTC 参考时间提供机构标识，接下来的 20 比特是电文信息开始的 GPS 周内秒 (TOW)，以及 10 比特的 GPS 周计数 (WN)，最后的 75 比特为预留。电文格式和 210 比特的信息内容分别如图 5-10 和表 5-7 所示：

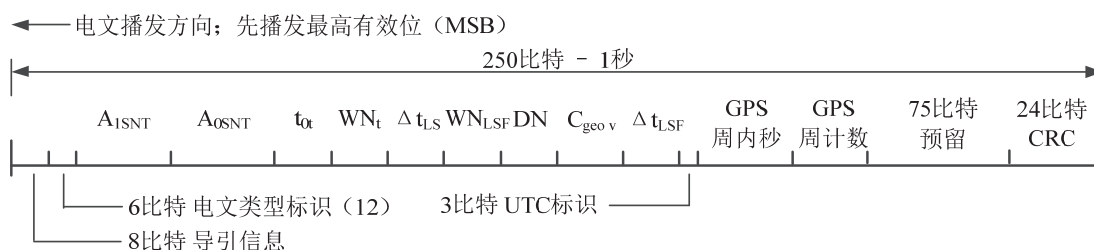


图 5-10 电文 12

表 5-7 电文 12 参数

参数	比特数	比例因子	有效范围	单位
$A_{1SNT}$	24	$2^{-50}$	$\pm 7.45 \times 10^{-9}$	s/s
$A_{0SNT}$	32	$2^{-30}$	$\pm 1$	s
$t_{0t}$	8	$2^{12}$	0-602,112	s
$WN_t$	8	1	0-255	week
$\Delta t_{LS}$	8	1	$\pm 128$	s
$WN_{LSF}$	8	1	0-255	week
DN	8	1	1-7	day
$\Delta t_{LSF}$	8	1	$\pm 128$	s
UTC 标识	3	--	--	无量纲
TOW	20	1	0-604,799	s
WN	10	1	0-1023	week

表 5-8 UTC 参考时间提供机构标识

UTC 标识	UTC 参考时间提供机构
0	日本信息与通信技术研究所 (National Institute of Information and Communications Technology, NICT)
1	美国国家标准与技术研究所 (National Institute of Standards and Technology, NIST)
2	美国海军天文台 (U. S. Naval Observatory, USNO)
3	国际测量局 (International Bureau of Weights and Measures, BIPM)

UTC 标识	UTC 参考时间提供机构
4	欧洲实验室 (European Laboratory) 待定
5	中国科学院国家授时中心 (National Time Service Center Chinese Academy of Sciences, NTSC)
6	待定
7	UTC 不可用

利用电文 12 中的信息，通过公式 (5-6) 解算 SNT 与 UTC 之间的偏差。

$$\Delta t_{UTC} = \Delta t_{LS} + A_{0,SNT} + A_{1,SNT} [t - t_{0t} + 604800(WN - WN_t)] \quad (5-6)$$

式中， $WN_t$  和  $t_{0t}$  分别为地面段生成电文 12 信息时的周计数和周内秒； $WN$  和  $t$  分别为当前时刻对应的周计数和周内秒； $A_{0,SNT}$  和  $A_{1,SNT}$  为时钟参数， $\Delta t_{LS}$  为闰秒引起的偏差。

### 5.3.9 电文 17

电文 17 主要播发 GEO 卫星的历书信息（在 ECEF 坐标系中的位置信息）、健康标识等，电文格式和电文参数分别如图 5-11 和表 5-9 所示。当 PRN 为 0 时，表明该 GEO 历书信息不可用。

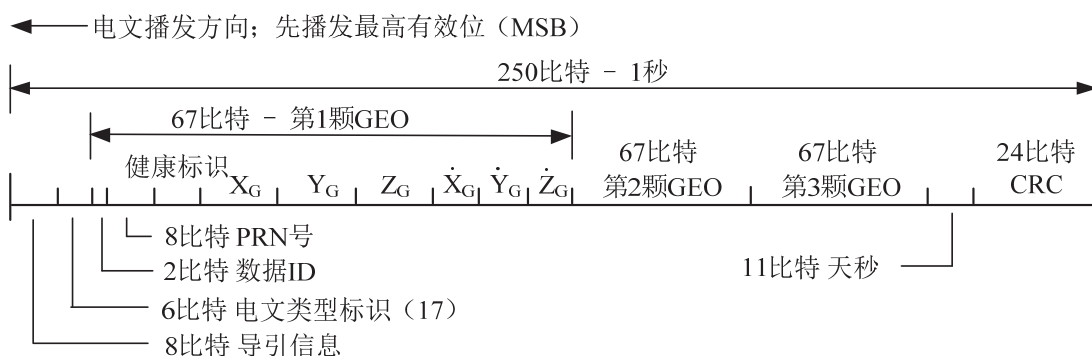


图 5-11 电文 17

表 5-9 电文 17 参数

参数	比特数	比例因子	有效范围	单位
每颗卫星	67	--	--	--
数据 ID	2	1	0-3	无量纲
PRN	8	1	0-210	无量纲
健康标识 (参见表 5-10)	8	--	--	--
$X_G$ (ECEF)	15	2,600	$\pm 42,595,800$	m
$Y_G$ (ECEF)	15	2,600	$\pm 42,595,800$	m
$Z_G$ (ECEF)	9	26,000	$\pm 6,630,000$	m
$X_G$ 的变化率	3	10	$\pm 40$	m/s

参数	比特数	比例因子	有效范围	单位
$Y_G$ 的变化率	3	10	$\pm 40$	m/s
$Z_G$ 的变化率	4	60	$\pm 480$	m/s
$t_0$ (天秒)	11	64	0-86,336	s

表 5-10 8 比特健康标识定义

比特位 (LSB)	含义	该位为 0	该位为 1
0	能否作为测距源	能	不能
1	是否提供时钟改正数信息	提供	不提供
2	是否提供完好性信息	提供	不提供 (播发电文 0 或所有卫星均为未被监测)
3	预留	--	--
4-7	服务提供商标识 (参见表 5-11)	--	--

表 5-11 服务提供商标识定义

ID	服务提供商
0	WAAS
1	EGNOS
2	MSAS
3	GAGAN
4	SDCM
5	BDSBAS
6	KASS
7	A-SBAS
8	SPAN
9-13	未分配
14-15	预留

利用电文 17 中的信息，通过公式 (5-7) 解算 GEO 卫星位置。

$$\begin{bmatrix} X_{GK} \\ Y_{GK} \\ Z_{GK} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_G \\ Y_G \\ Z_G \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dot{X}_G \\ \dot{Y}_G \\ \dot{Z}_G \end{bmatrix} (t - t_0) \quad (5-7)$$

式中， $t_0$  为地面段生成电文 17 中该颗 GEO 卫星位置信息的参考时间； $[X_{GK} \ Y_{GK} \ Z_{GK}]^T$  为时刻  $t$  时的 GEO 卫星位置； $[X_G \ Y_G \ Z_G]^T$  为时刻  $t_0$  时的 GEO 卫星位置； $[\dot{X}_G \ \dot{Y}_G \ \dot{Z}_G]^T$  为时刻  $t_0$  时的 GEO 卫星位置变化率。

### 5.3.10 电文 18

电文 18 主要用于播发电离层格网掩码信息，电文格式如图 5-12 所示。



图 5-12 电文 18

世界范围内的电离层格网点被分配到 11 个电离层格网带中，其中 0-8 带是墨卡托投影下的竖直带（如表 5-12 所示），9-10 是水平带（如表 5-13 所示），共计 2192 个格网点，这些网点的经纬度信息需要预先存储到用户接收机中。格网带中对应电离层格网点的掩码为 1，表明该格网点有效，其对应的电离层延迟信息将在电文 26 中播发；如果电离层格网点掩码为 0，表明该格网点不可用。用户接收机仅使用掩码为 1 的电离层格网点参与运算。

表 5-12 电离层格网带 0-8

纬度 (度)	纬度差 (度)	经度差 (度)
N85	10	90
N75 至 N65	10	10
S55 至 N55	5	5
S75 至 S65	10	10
S85	10	90

表 5-13 电离层格网带 9-10

纬度 (度)	纬度差 (度)	经度差 (度)
N85	10	30
N75 至 N65	5	10
N60	5	5
S60	5	5
S75 至 S65	5	10
S85	10	30

在 0-7 带，格网点号从 1 到 201，在第 8 带格网点号从 1 到 200，在 9 和 10 带，格网点号从 1 到 192。在 0 到 8 带格网点的排列是从西南角开始按照从南到北，从西到东的顺序，在 9 和 10 带，格网的顺序为从西到东，按行到极点。

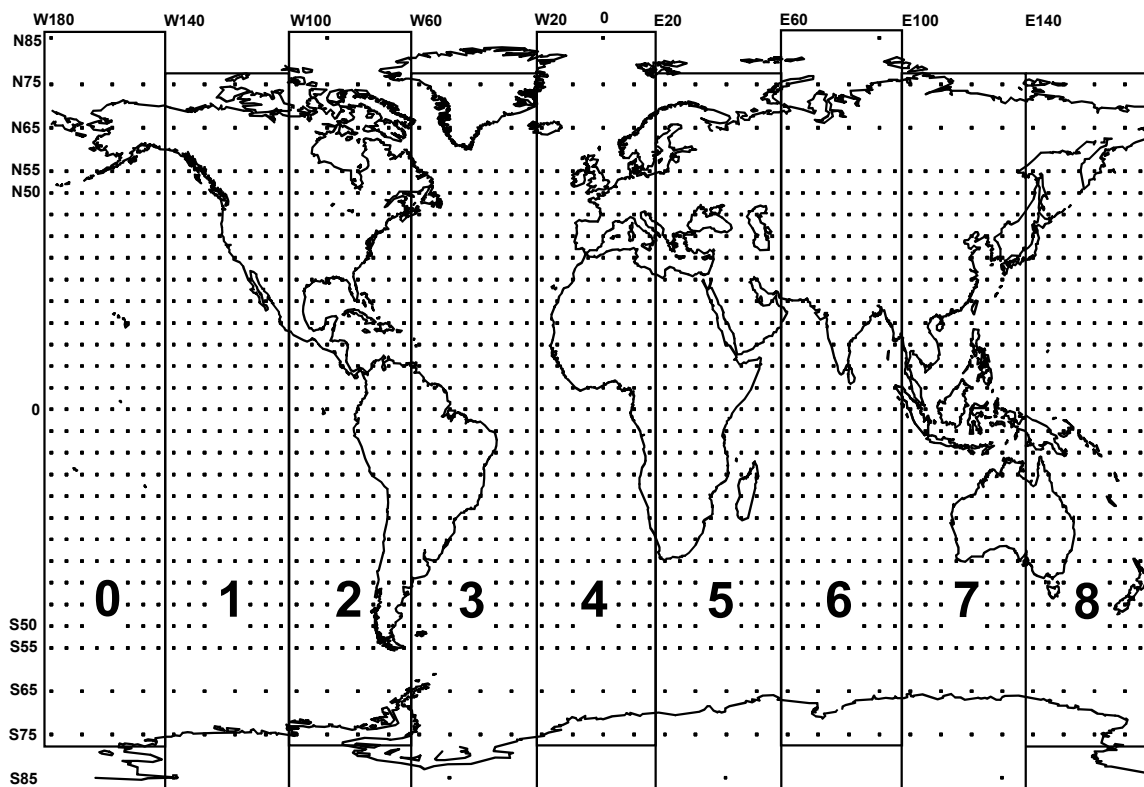


图 5-13 电离层格网带定义

### 5.3.11 电文 24

电文 24 主要用于播发快慢变混合改正数信息，电文格式如图 5-14 所示。

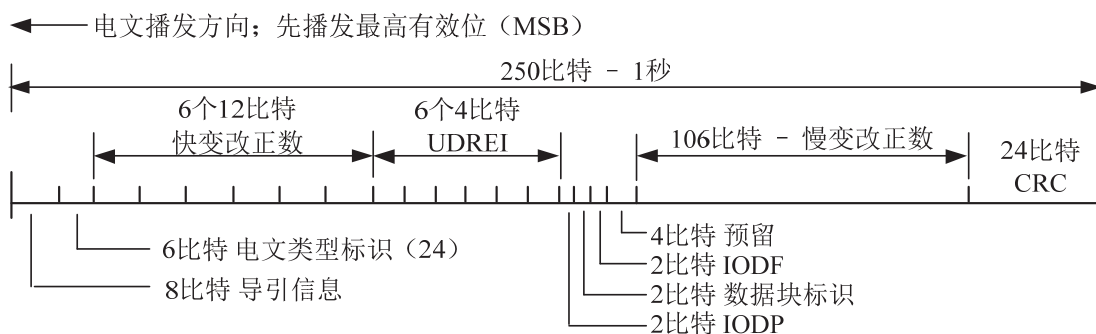


图 5-14 电文 24

前半部分电文是根据 PRN 掩码序列排列的 6 组快变改正数据，接着是 2 比特的 IODP，2 比特的数据块标识，2 比特的 IODF，最后是 4 比特的预留，共 106 比特。数



据块标识 (0, 1, 2, 3) 分别表示电文 24 是否包含电文 2、电文 3、电文 4 或电文 5 的快变改正数。后 106 比特的数据区域存储的是慢变改正数信息，构成与电文 25 (一半电文内容) 的相同。

### 5.3.12 电文 25

电文 25 主要用于播发与卫星轨道和时钟有关的慢变改正数信息。电文 25 的 212 比特的数据存储区域，分为两个 106 比特的数据区域，这两部分的定义一致，下面主要介绍前一个 106 比特数据区域的定义。106 比特数据区域的第一比特为速度编码，根据速度编码的不同，后 105 比特数据区域的定义也不相同，分别如图 5-15 和图 5-16 所示。电文 25 可以包含 1、2、3 或 4 颗卫星的慢变改正数，这取决于每半个电文的速度编码以及有多少颗卫星被修正。

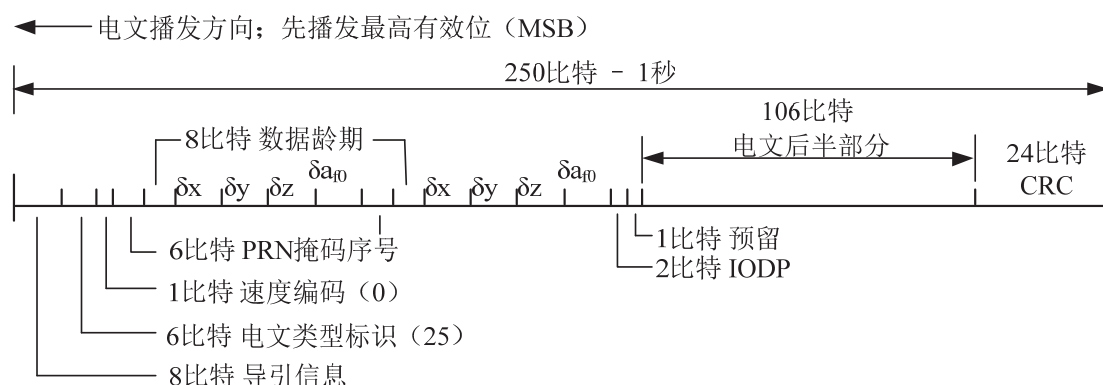


图 5-15 速度编码为 0 时的电文 25

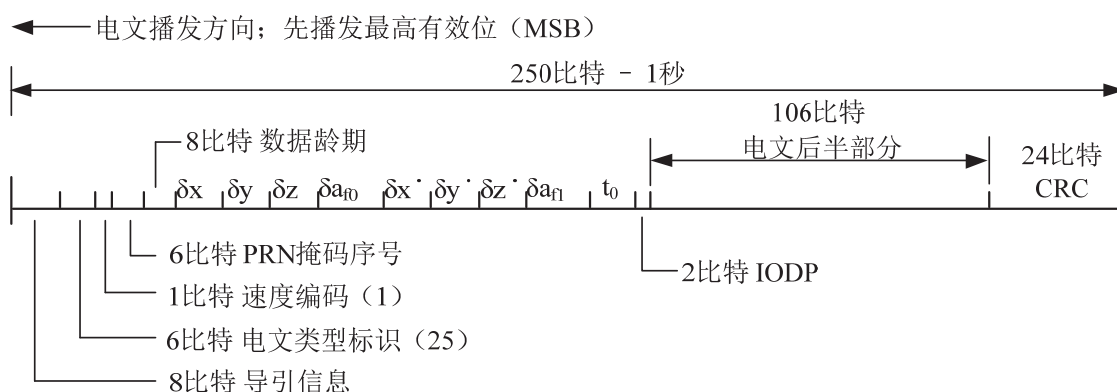


图 5-16 速度编码为 1 时的电文 25

当速度编码为 0 时，电文 25 的前半部分能够存储两颗卫星的位置改正和钟差改正，不包含速度改正和钟漂。106 比特数据的详细描述如表 5-14 所示。

表 5-14 速度编码为 0 时的 106 比特数据定义

参数	比特数	比例因子	有效范围	单位
速度编码=0	1	1	--	无量纲
PRN 掩码序号	6	1	0-51	无量纲
数据龄期	8	1	0-255	无量纲
$\delta x$ (ECEF)	9	0.125	$\pm 32$	m
$\delta y$ (ECEF)	9	0.125	$\pm 32$	m
$\delta z$ (ECEF)	9	0.125	$\pm 32$	m
$\delta a_{j0}$	10	$2^{-31}$	$\pm 2^{-22}$	s
PRN 掩码序号	6	1	0-51	无量纲
数据龄期	8	1	0-255	无量纲
$\delta x$ (ECEF)	9	0.125	$\pm 32$	m
$\delta y$ (ECEF)	9	0.125	$\pm 32$	m
$\delta z$ (ECEF)	9	0.125	$\pm 32$	m
$\delta a_{j0}$	10	$2^{-31}$	$\pm 2^{-22}$	s
IODP	2	1	0-3	无量纲
预留	1	--	--	--

当速度掩码为 1 时，电文 25 的前半部分能够存储一颗卫星的位置改正、速度改正、钟差改正和钟漂改正数据。106 比特数据的详细描述如表 5-15 所示。

表 5-15 速度编码为 1 时的 106 比特数据定义

参数	比特数	比例因子	有效范围	单位
速度编码=1	1	1	--	无量纲
PRN 掩码序号	6	1	0-51	无量纲
数据龄期	8	1	0-255	无量纲
$\delta x$ (ECEF)	11	0.125	$\pm 128$	m
$\delta y$ (ECEF)	11	0.125	$\pm 128$	m
$\delta z$ (ECEF)	11	0.125	$\pm 128$	m
$\delta a_{j0}$	11	$2^{-31}$	$\pm 2^{-21}$	s
$\delta x$ 的变率 (ECEF)	8	$2^{-11}$	$\pm 0.0625$	m/s
$\delta y$ 的变率 (ECEF)	8	$2^{-11}$	$\pm 0.0625$	m/s
$\delta z$ 的变率 (ECEF)	8	$2^{-11}$	$\pm 0.0625$	m/s
$\delta a_{j1}$	8	$2^{-39}$	$\pm 2^{-32}$	s/s

参数	比特数	比例因子	有效范围	单位
参考时刻 $t_0$ (天秒)	13	16	0-86384	s
IODP	2	1	0-3	无量纲

t时刻的卫星时钟慢变改正数通过式(5-8)计算:

$$\delta\Delta t_{SV}(t) = \delta a_{f_0} + \delta a_{f_1}(t - t_0) + \delta a_{f_{G0}} \quad (5-8)$$

式中,  $\delta a_{f_0}$  为时钟偏差;  $\delta a_{f_1}$  为钟漂 (如果速度编码为 0, 该值为 0);  $t_0$  为改正数参考时刻;  $\delta a_{f_{G0}}$  为 GLONASS 卫星改正参数, 在电文 12 中播发, 针对非 GLONASS 卫星, 该值为 0。

t时刻的卫星星历慢变改正数通过式(5-9)计算 (坐标系 WGS-84 ECEF):

$$\begin{bmatrix} \delta x_k \\ \delta y_k \\ \delta z_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta x \\ \delta y \\ \delta z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \delta \dot{x} \\ \delta \dot{y} \\ \delta \dot{z} \end{bmatrix} (t - t_0) \quad (5-9)$$

当速度标识为 0 时, 式(5-9)中的速度分量为 0。

### 5.3.13 电文 26

电文 26 主要用于播发电离层格网点 (IGP) 上的电离层垂直延迟和 GIVEI 信息, 电文格式如图 5-17 所示。

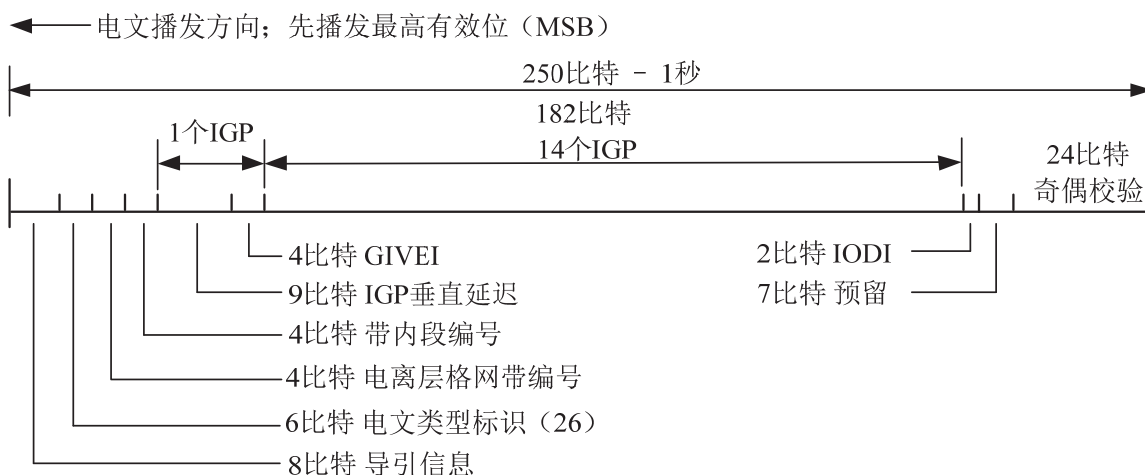


图 5-17 电文 26

电文 26 电离层延迟信息包含一个电离层格网带编号和带内段编号, 这里个编号用来标识对应的 IGP, 然后就是连续的数据段, 能够播发 15 个 IGP 上的垂直延迟和 GIVEI。具体数据格式如表 5-16 所示:

表 5-16 电文 26 参数

参数	Bit 数	比例因子	有效范围	单位
电离层格网带编号	4	1	0-10	无量纲
带内段编号	4	1	0-13	无量纲
每个格网点 (15 个)	13	--	--	--
垂直延迟	9	0.125	0-63.875	m
GIVEI	4	1	0-15	无量纲
IODI	2	1	0-3	无量纲
预留	7	--	--	--

9 比特的 IGP 垂直延迟的分辨率是 0.125 米，有效范围为 0-63.750 米。如果垂直延迟=“11111111”，表示该格网点上的信息不可用。GIVEI 与 GIVE 间的转换关系如表 5-17 所示。

表 5-17 GIVEI 与 GIVE 间的转换关系

GIVEI	GIVE (m)	$\sigma^2_{GIVE} (m^2)$
0	0.3	0.0084
1	0.6	0.0333
2	0.9	0.0749
3	1.2	0.1331
4	1.5	0.2079
5	1.8	0.2994
6	2.1	0.4075
7	2.4	0.5322
8	2.7	0.6735
9	3.0	0.8315
10	3.6	1.1974
11	4.5	1.8709
12	6.0	3.3260
13	15.0	20.7870
14	45.0	187.0826
15	未被监测	未被监测

电离层改正数处理流程如图 5-18 所示。

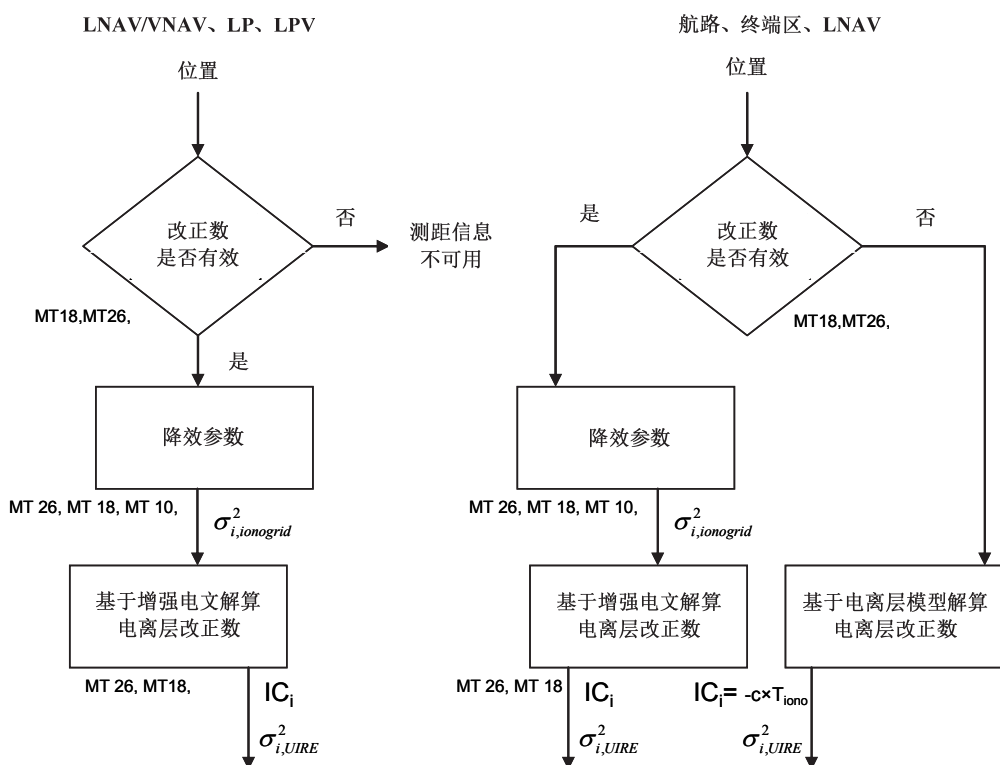


图 5-18 电离层改正数处理流程

### 5.3.13.1 穿刺点经纬度解算

首先计算穿刺点纬度  $\phi_{pp}$  (单位: 弧度), 公式如 (5-10) 和 (5-11) 所示:

$$\phi_{pp} = \sin^{-1}(\sin \phi_u \cos \psi_{pp} + \cos \phi_u \sin \psi_{pp} \cos A) \quad (5-10)$$

$$\psi_{pp} = \frac{\pi}{2} - E - \sin^{-1}\left(\frac{R_e}{R_e + h_l} \cos E\right) \quad (5-11)$$

式中,  $\psi_{pp}$  为地球中心角 (单位: 弧度);  $A$  为方位角;  $E$  为高度角;  $R_e$  为近似地球半径, 计算中取 6378.1363 km;  $h_l$  为最大电子密度层的近似高度, 计算中取 350 km。

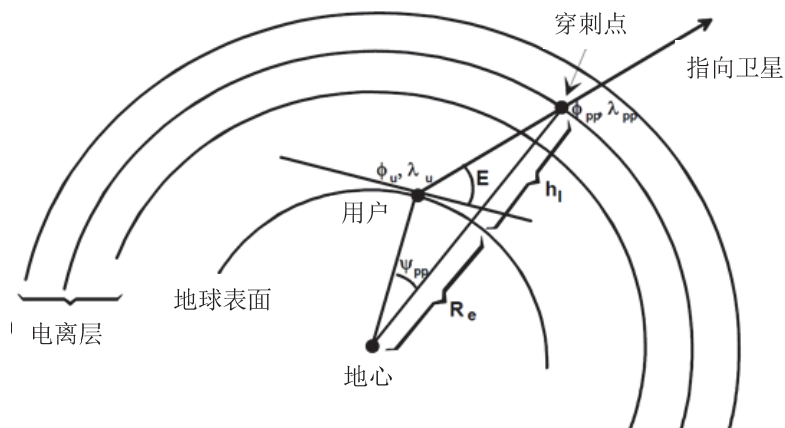


图 5-19 电离层穿刺点示意图

穿刺点经度 $\lambda_{pp}$ （单位：弧度）的计算公式如（5-12）和（5-13）所示：

（1）当 $\phi_u > 70^\circ$ 且 $\tan \psi_{pp} \cos A > \tan(\pi/2 - \phi_u)$ 或者 $\phi_u < -70^\circ$ 且 $\tan \psi_{pp} \cos(A + \pi) > \tan(\pi/2 + \phi_u)$ 时， $\lambda_{pp}$ 为：

$$\lambda_{pp} = \lambda_u + \pi - \sin^{-1} \left( \frac{\sin \psi_{pp} \sin A}{\cos \phi_{pp}} \right) \quad (5-12)$$

（2）其他情况下， $\lambda_{pp}$ 为：

$$\lambda_{pp} = \lambda_u + \sin^{-1} \left( \frac{\sin \psi_{pp} \sin A}{\cos \phi_{pp}} \right) \quad (5-13)$$

### 5.3.13.2 格网点选择

计算完穿刺点经纬度后，用户需要根据接收到的电文 18 确定使用的电离层格网点。电离层格网点的选择与穿刺点所在的纬度有关，选取策略如下：

（1）穿刺点位于南北纬 $60^\circ$ 之间

➤ 如果穿刺点的周围有 4 个格网点构成 $5^\circ \times 5^\circ$ 的四边形区域且对应的 IGP 掩码为 1 时，则选取这 4 个格网点，否则采用下面的选择；

➤ 如果穿刺点的周围有 3 个格网点构成 $5^\circ \times 5^\circ$ 的三角形区域且对应的 IGP 掩码为 1 时，则选取这 3 个格网点，否则采用下面的选择；

➤ 如果穿刺点的周围有 4 个格网点构成 $10^\circ \times 10^\circ$ 的四边形区域且对应的 IGP 掩码为 1 时，则选取这 4 个格网点，否则采用下面的选择；

➤ 如果穿刺点的周围有 3 个格网点构成 $10^\circ \times 10^\circ$ 的三角形区域且对应的 IGP 掩码为 1 时，则选取这 3 个格网点，否则认为电离层改正数不可用。

（2）穿刺点位于北纬 $60^\circ \sim 75^\circ$ 之间或者南纬 $60^\circ \sim 75^\circ$ 之间

➤ 如果穿刺点的周围有 4 个格网点构成 $5^\circ$ （纬度） $\times 10^\circ$ （经度）的四边形区域且对应的 IGP 掩码为 1 时，则选取这 4 个格网点，否则采用下面的选择；

➤ 如果穿刺点的周围有 3 个格网点构成 $5^\circ$ （纬度） $\times 10^\circ$ （经度）的三角形区域且对应的 IGP 掩码为 1 时，则选取这 3 个格网点，否则采用下面的选择；

➤ 如果穿刺点的周围有 4 个格网点构成 $10^\circ \times 10^\circ$ 的四边形区域且对应的 IGP 掩码为 1 时，则选取这 4 个格网点，否则采用下面的选择；

➤ 如果穿刺点的周围有 3 个格网点构成 $10^\circ \times 10^\circ$ 的三角形区域且对应的 IGP 掩码为 1 时，则选取这 3 个格网点，否则认为电离层改正数不可用。

(3) 穿刺点位于北纬75°~85°之间或者南纬75°~85°之间

➤ 如果两个最近的格网点位于75°，两个最近的格网点位于85°（使用带 9 或 10 的话，经度相距30°，否则相距90°）且对应的 IGP 掩码为 1 时，通过线性内插得到虚拟格网点构建出10°×10°的四边形区域，则选取这四个格网点（虚拟格网点），否则认为电离层改正数不可用。

(4) 穿刺点位于北纬85°

➤ 如果四个格网点位于北纬85°，西经180°、西经90°、0°、东经90°，且对应的 IGP 掩码为 1 时，则选取这四个格网点，否则认为电离层改正数不可用。

(5) 穿刺点位于南纬85°

➤ 如果四个格网点位于南纬85°，西经140°、西经50°、东经40°、东经130°，且对应的 IGP 掩码为 1 时，则选取这四个格网点，否则认为电离层改正数不可用。

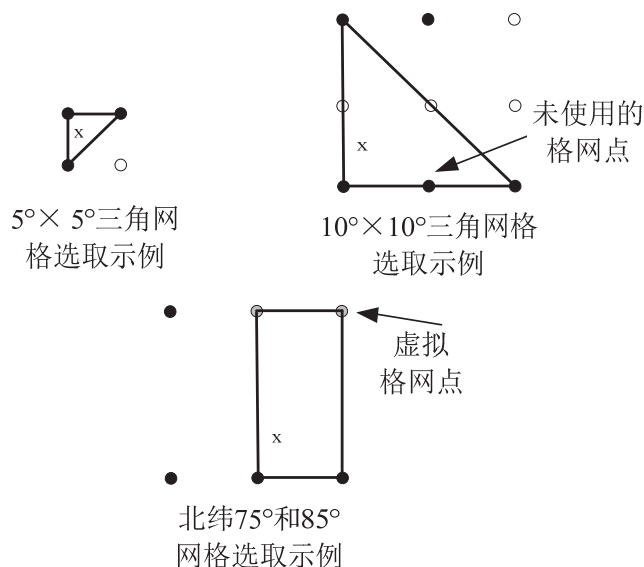


图 5-20 格网点选取示意图

### 5.3.13.3 穿刺点电离层垂直延迟解算

由于增强电文播发的是格网点处的电离层垂直延迟，用户需要利用周围的格网点来计算穿刺点处的电离层延迟。

(1) 周边 4 个格网点

如果在穿刺点周围选取了 4 个格网点，则穿刺点处的电离层垂直延迟  $\tau_{vpp}(\phi_{pp}, \lambda_{pp})$  计算公式如 (5-14) 所示：

$$\tau_{vpp}(\phi_{pp}, \lambda_{pp}) = \sum_{i=1}^4 W_i(x_{pp}, y_{pp}) \tau_{vi} \quad (5-14)$$

式中， $\phi_{pp}$  和  $\lambda_{pp}$  分别为穿刺点的纬度和经度； $\tau_{vi}$  为格网点处的电离层垂直延迟； $W_i(x_{pp}, y_{pp})$  为格网点的权重函数。

$$W_1(x_{pp}, y_{pp}) = x_{pp}y_{pp} \quad (5-15)$$

$$W_2(x_{pp}, y_{pp}) = (1-x_{pp})y_{pp} \quad (5-16)$$

$$W_3(x_{pp}, y_{pp}) = (1-x_{pp})(1-y_{pp}) \quad (5-17)$$

$$W_4(x_{pp}, y_{pp}) = x_{pp}(1-y_{pp}) \quad (5-18)$$

$$\Delta\lambda_{pp} = \lambda_{pp} - \lambda_1 \quad (5-19)$$

$$\Delta\phi_{pp} = \phi_{pp} - \phi_1 \quad (5-20)$$

格网点与穿刺点分布如图 5-21 所示：

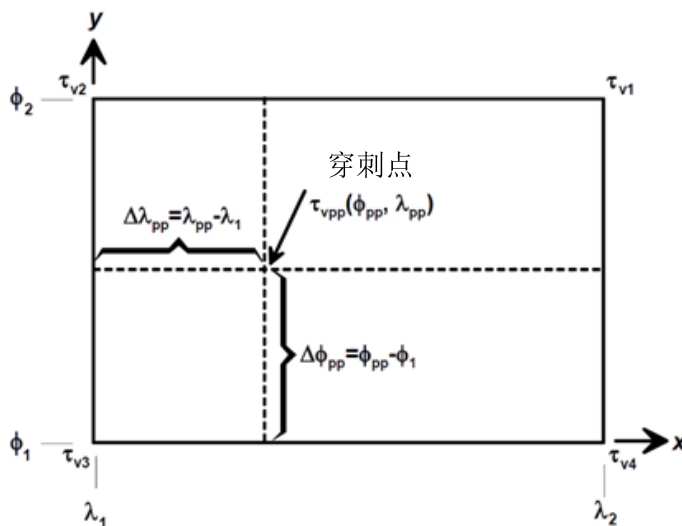


图 5-21 4 个格网点与穿刺点分布示意图

如果穿刺点位于北纬 $85^\circ$ 和南纬 $85^\circ$ 之间， $x_{pp}$ 和 $y_{pp}$ 计算公式如 (5-21) 和 (5-22) 所示：

$$x_{pp} = \frac{\Delta\lambda_{pp}}{\lambda_2 - \lambda_1} \quad (5-21)$$

$$y_{pp} = \frac{\Delta\phi_{pp}}{\phi_2 - \phi_1} \quad (5-22)$$

式中， $\lambda_1$  为穿刺点西边格网点的经度； $\lambda_2$  为穿刺点东边格网点的经度； $\phi_1$  为穿刺点南边格网点的纬度； $\phi_2$  为穿刺点北边格网点的纬度。

如果位于北纬 $85^\circ$ 以北或南纬 $85^\circ$ 以南， $x_{pp}$ 和 $y_{pp}$ 计算公式如 (5-23) 和 (5-24) 所示：

$$y_{pp} = \frac{|\phi_{pp}| - 85^\circ}{10^\circ} \quad (5-23)$$



$$x_{pp} = \frac{\lambda_{pp} - \lambda_3}{90^\circ} (1 - 2y_{pp}) + y_{pp} \quad (5-24)$$

式中， $\lambda_1$ 为穿刺点东边第二个格网点的经度； $\lambda_2$ 为穿刺点西边第二个格网点的经度； $\lambda_3$ 为穿刺点西边第一个格网点的经度； $\lambda_4$ 为穿刺点东边第一个格网点的经度。

用户利用格网点的 $\sigma_{n,ionogrid}^2$ 计算穿刺点处的 $\sigma_{UIVE}^2$ ，公式如（5-25）所示：

$$\sigma_{UIVE}^2 = \sum_{n=1}^4 W_n(x_{pp}, y_{pp}) \sigma_{n,ionogrid}^2 \quad (5-25)$$

### (2) 周边 3 个格网点

如果在穿刺点周围选取了 3 个格网点且位于北纬75°和南纬75°之间，则穿刺点处的电离层垂直延迟 $\tau_{vpp}(\phi_{pp}, \lambda_{pp})$ 计算公式如（5-26）所示：

$$\tau_{vpp}(\phi_{pp}, \lambda_{pp}) = \sum_{i=1}^3 W_i(x_{pp}, y_{pp}) \tau_{vi} \quad (5-26)$$

式中， $\phi_{pp}$ 和 $\lambda_{pp}$ 分别为穿刺点的纬度和经度； $\tau_{vi}$ 为格网点处的电离层垂直延迟； $W_i(x_{pp}, y_{pp})$ 为格网点的权重函数。

$$W_1(x_{pp}, y_{pp}) = y_{pp} \quad (5-27)$$

$$W_2(x_{pp}, y_{pp}) = 1 - x_{pp} - y_{pp} \quad (5-28)$$

$$W_3(x_{pp}, y_{pp}) = x_{pp} \quad (5-29)$$

格网点与穿刺点分布如图 5-22 所示：

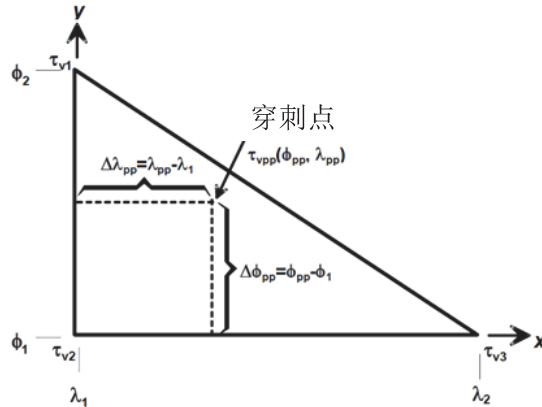


图 5-22 3 个格网点与穿刺点分布示意图

用户利用格网点的 $\sigma_{n,ionogrid}^2$ 计算穿刺点处的 $\sigma_{UIVE}^2$ ，公式如（5-30）所示：

$$\sigma_{UIVE}^2 = \sum_{n=1}^3 W_n(x_{pp}, y_{pp}) \sigma_{n,ionogrid}^2 \quad (5-30)$$

### 5.3.13.4 穿刺点电离层改正数解算

穿刺点处的电离层改正数 $IC_i$ 计算公式如（5-31）所示：

$$IC_i = -\tau_{spp}(\phi_{pp}, \lambda_{pp}) = -F_{pp} \cdot \tau_{vpp}(\phi_{pp}, \lambda_{pp}) \quad (5-31)$$

式中， $\tau_{spp}(\phi_{pp}, \lambda_{pp})$ 为穿刺点处电离层倾斜延迟， $F_{pp}$ 为倾斜因子。

$$F_{pp} = \left[ 1 - \left( \frac{R_e \cos E}{R_e + h_l} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5-32)$$

穿刺点处的 $\sigma_{UIRE}^2$ 为：

$$\sigma_{UIRE}^2 = F_{pp}^2 \cdot \sigma_{UIVE}^2 \quad (5-33)$$

### 5.3.14 电文 28

电文 28 主要用于播发与卫星轨道和时钟改正数相关的协方差矩阵信息，电文格式和电文参数分别如图 5-23 和表 5-18 所示。电文 28 中的 IODP 值与电文 1 中的一致，PRN 掩码序号由电文 1 决定。

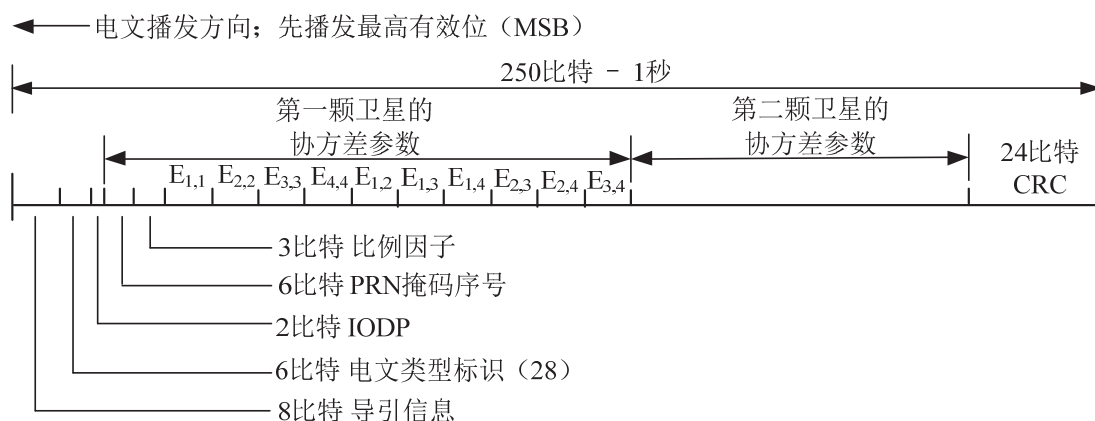


图 5-23 电文 28

表 5-18 电文 28 参数

参数	比特数	比例因子	有效范围	单位
IODP	2	1	0-3	无量纲
PRN 掩码序号	6	1	0-51	无量纲
比例指数	3	1	0-7	无量纲
E <sub>1,1</sub>	9	1	0-511	无量纲
E <sub>2,2</sub>	9	1	0-511	无量纲
E <sub>3,3</sub>	9	1	0-511	无量纲
E <sub>4,4</sub>	9	1	0-511	无量纲
E <sub>1,2</sub>	10	1	±512	无量纲
E <sub>1,3</sub>	10	1	±512	无量纲
E <sub>1,4</sub>	10	1	±512	无量纲
E <sub>2,3</sub>	10	1	±512	无量纲
E <sub>2,4</sub>	10	1	±512	无量纲

参数	比特数	比例因子	有效范围	单位
E <sub>3,4</sub>	10	1	±512	无量纲
PRN 掩码序号	6	1	0-51	无量纲
比例指数	3	1	0-7	无量纲
E <sub>1,1</sub>	9	1	0-511	无量纲
E <sub>2,2</sub>	9	1	0-511	无量纲
E <sub>3,3</sub>	9	1	0-511	无量纲
E <sub>4,4</sub>	9	1	0-511	无量纲
E <sub>1,2</sub>	10	1	±512	无量纲
E <sub>1,3</sub>	10	1	±512	无量纲
E <sub>1,4</sub>	10	1	±512	无量纲
E <sub>2,3</sub>	10	1	±512	无量纲
E <sub>2,4</sub>	10	1	±512	无量纲
E <sub>3,4</sub>	10	1	±512	无量纲

首先利用电文 28 中的信息计算上三角矩阵  $R$ ：

$$R = SF \cdot E \quad (5-34)$$

$$\text{式中, } SF = 2^{(\text{scale exponent}-5)}, \quad E = \begin{bmatrix} E_{1,1} & E_{1,2} & E_{1,3} & E_{1,4} \\ 0 & E_{2,2} & E_{2,3} & E_{2,4} \\ 0 & 0 & E_{3,3} & E_{3,4} \\ 0 & 0 & 0 & E_{4,4} \end{bmatrix}。$$

再利用矩阵  $R$  计算协方差矩阵  $C$ ：

$$C = R^T \cdot R \quad (5-35)$$

则 UDRE 降效参数  $\delta UDRE$  为：

$$\delta UDRE = \sqrt{I^T \cdot C \cdot I} + \varepsilon_c \quad (5-36)$$

式中,  $I$  为卫星到用户的 4 维方向矢量 (前三维是单位方向矢量, 第四维是 1);  
 $\varepsilon_c = C_{\text{covariance}} \cdot SF$ ,  $C_{\text{covariance}}$  由电文 10 播发, 如果电文 10 中的  $C_{\text{covariance}}$  无效, 则该值为 0。

### 5.3.15 电文 62

电文 62 主要用于内部测试。

### 5.3.16 电文 63

电文 63 为空电文, 主要用于填补播发空隙, 如果当前整秒没有可播发的电文, 则播发电文 63。

## 5.4 降效参数

### 5.4.1 快慢变改正数降效参数

快慢变降效参数计算如公式 (5-37) 所示:

$$\sigma_{flt}^2 = \begin{cases} \left( \sigma_{UDRE} \cdot \delta UDRE + \varepsilon_{fc} + \varepsilon_{rrc} + \varepsilon_{lrc} + \varepsilon_{er} \right)^2, & RSS_{UDRE} = 0 \\ \left( \sigma_{UDRE} \cdot \delta UDRE \right)^2 + \varepsilon_{fc}^2 + \varepsilon_{rrc}^2 + \varepsilon_{lrc}^2 + \varepsilon_{er}^2, & RSS_{UDRE} = 1 \end{cases} \quad (5-37)$$

式中,  $RSS_{UDRE}$  由电文 10 播发;  $\sigma_{UDRE}$  由电文 2-6、24 播发;  $\delta UDRE$  由电文 28 播发参数计算;  $\varepsilon_{fc}$  为快变改正降效参数;  $\varepsilon_{rrc}$  为距离变化改正降效参数;  $\varepsilon_{lrc}$  为慢变改正降效参数;  $\varepsilon_{er}$  为适用于航路至 LNAV 的降效参数。

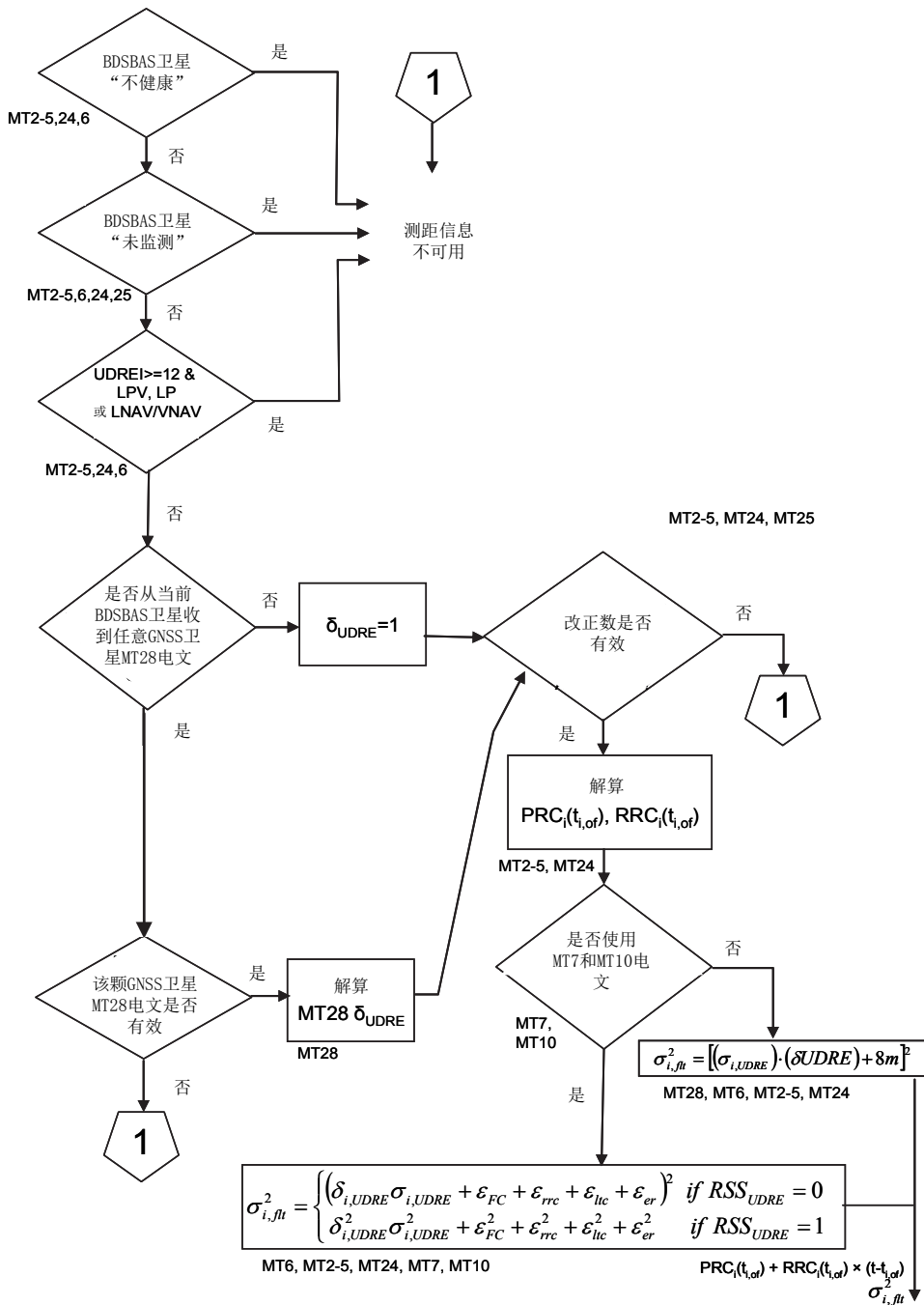


图 5-24 快慢变改正数降效参数处理流程

#### 5.4.1.1 快变改正降效参数

快变改正降效参数计算公式如 (5-38) 所示:

$$\varepsilon_{fc} = a(t - t_u + t_{lat})^2 / 2 \quad (5-38)$$

式中,  $a$  为快变改正数降效因子, 由电文 7 播发。  $t$  为当前时刻。  $t_u$  为快变改正数的参考时间, 如果使用的 UDREI 是由电文 2-5、24 播发的, 则  $t_u$  为快变改正数的参考

时间；如果 UDREI 是由电文 6 播发并且 IODF=3，则  $t_u$  也为快变改正数的参考时间；如果 IODF≠3，则  $t_u$  为 GEO 播发电文 6 第一比特的时间。 $t_{lat}$  为系统延迟时间，由电文 7 播发。

#### 5.4.1.2 距离变化改正降效参数

如果电文 7 播发的  $ai_i=0$ ，则  $\varepsilon_{rrc}=0$ 。否则， $\varepsilon_{rrc}$  将分为两种情况进行计算。

(1) 当前最新的 IODF 和前一个 IODF 都不为 3

$$\varepsilon_{rrc} = \begin{cases} 0 & , |IODF_{current} - IODF_{previous}|_3 = 1 \\ \left( \frac{aI_{fc,j}}{4} + \frac{B_{rrc}}{\Delta t} \right) (t - t_{of}) & , |IODF_{current} - IODF_{previous}|_3 \neq 1 \end{cases} \quad (5-39)$$

(2) 当前最新的 IODF 和前一个 IODF 至少有一个为 3

$$\varepsilon_{rrc} = \begin{cases} 0 & , |\Delta t - I_{fc,j} / 2|_2 = 0 \\ \left( \frac{a|\Delta t - I_{fc,j} / 2|}{2} + \frac{B_{rrc}}{\Delta t} \right) (t - t_{of}) & , |\Delta t - I_{fc,j} / 2|_2 \neq 0 \end{cases} \quad (5-40)$$

计算过程中使用的参数有： $a$ （即  $ai_i$ ）为快变改正数的降效因子，由电文 7 播发； $t$  为当前时刻； $I_{fc,j}$  为电文 2-5 或 24 的最短超时间隔，根据电文 7 播发的  $ai_i$  来推算。 $B_{rrc}$  由电文 10 播发； $IODF_{current}$  为最新接收的快变改正数信息中的 IODF； $IODF_{previous}$  为在收到最新信息之前收到的快变改正数信息中的 IODF； $t_{of}$  为最新接收的快变改正数信息的参考时间； $t_{of,previous}$  为收到最新信息之前收到的快变改正数信息的参考时间； $\Delta t = t_{of} - t_{of,previous}$ 。

#### 5.4.1.3 慢变改正降效参数

与慢变改正相关的降效参数根据电文中是否同时包含偏差和偏差变化量，分为两种情况（1）电文 24 或电文 25 中速度模式标识为 1；（2）电文 24 或电文 25 中速度模式标识为 0。

(1) 速度模式标识为 1

$$\varepsilon_{lrc} = \begin{cases} 0 & , t_0 < t < t_0 + I_{lrc\_vl} \\ C_{lrc\_lsb} + C_{lrc\_vl} \max(0, t_0 - t, t - t_0 - I_{lrc\_vl}) & , \text{其它} \end{cases} \quad (5-41)$$

式中， $t$  为当前时刻； $t_0$  为长期改正数的参考时间，由电文 25 播发； $I_{lrc\_vl}$  为更新间隔，由电文 10 播发； $C_{lrc\_lsb}$  由电文 10 播发； $C_{lrc\_vl}$  由电文 10 播发。

(2) 速度模式标识为 0

$$\varepsilon_{lrc} = C_{lrc\_v0} \left\lfloor \frac{t - t_{lrc}}{I_{lrc\_v0}} \right\rfloor \quad (5-42)$$

式中,  $t$  为当前时刻;  $t_{lrc}$  为 GEO 播发长期改正数电文第一比特的时间;  $I_{lrc\_v0}$  为最小更新闻隔, 由电文 10 播发;  $C_{lrc\_v0}$  由电文 10 播发;  $\lfloor x \rfloor$  表示向下取整。

(3) GEO 卫星导航信息降效参数

$$\varepsilon_{lrc} = \begin{cases} 0 & , t_0 < t < t_0 + I_{geo} \\ C_{geo\_lsb} + C_{geo\_v} \max(0, t_0 - t, t - t_0 - I_{geo}) & , \text{其它} \end{cases} \quad (5-43)$$

式中,  $t$  为当前时刻;  $t_0$  为 GEO 卫星导航信息的参考时间;  $I_{geo}$  为 GEO 卫星导航信息的更新闻隔, 由电文 10 播发;  $C_{geo\_lsb}$  由电文 10 播发;  $C_{geo\_v}$  由电文 10 播发。

#### 5.4.1.4 适用于航路至 LNAV 的降效参数

在 LNAV/VNAV, LP, LPV 等飞行阶段, 如果快变改正数或慢变改正数超时, 但未超出航路至 LNAV 的时间限制, 需要适用于航路至 LNAV 的降效参数。

适用于航路至 LNAV 的降效参数  $\varepsilon_{er}$  的计算公式如 (5-44) 所示:

$$\varepsilon_{er} = \begin{cases} 0 & , (\text{LNAV / VNAV, LP, LPV}) \text{模式下快变和慢变改正数都没超时} \\ C_{er} & , (\text{LNAV / VNAV, LP, LPV}) \text{模式下快变改正数或慢变改正数超时} \end{cases} \quad (5-44)$$

式中,  $C_{er}$  由电文 10 播发。

#### 5.4.2 电离层改正数降效参数

通过电离层改正数修正后的降效参数 (残差方差) 通过式 (5-45) 和 (5-46) 计算:

$$\sigma_{ionogrid}^2 = \begin{cases} (\sigma_{GIVE} + \varepsilon_{iono})^2 & , RSS_{iono} = 0 \\ \sigma_{GIVE}^2 + \varepsilon_{iono}^2 & , RSS_{iono} \neq 0 \end{cases} \quad (5-45)$$

$$\varepsilon_{iono} = C_{iono\_step} \left\lfloor \frac{t - t_{iono}}{I_{iono}} \right\rfloor + C_{iono\_ramp} (t - t_{iono}) \quad (5-46)$$

式中,  $RSS_{iono}$  由电文 10 播发;  $\sigma_{GIVE}$  由电文 26 播发;  $t$  为当前时刻;  $t_{iono}$  为 GEO 卫星播发第一比特电离层改正数信息的时间;  $C_{iono\_step}$  由电文 10 播发;  $C_{iono\_ramp}$  由电文 10 播发;  $I_{iono}$  为电离层改正数信息的最小更新闻隔, 由电文 10 播发;  $\lfloor x \rfloor$  表示向下取整。

## 6 缩略语

A-SBAS	非洲星基增强系统 (African SBAS)
BDS	北斗卫星导航系统 (BeiDou Navigation Satellite System)
BDSBAS	北斗星基增强系统 (BeiDou Satellite Based Augmentation System)
BDT	北斗时 (BeiDou Navigation Satellite System Time)
BIPM	国际计量局 (International Bureau of Weights and Measures)
BPSK	二进制相移键控 (Binary Phase Shift Keying)
CRC	循环冗余校验 (Cyclic Redundancy Check)
DFMC	双频多星座 (Dual-Frequency Multi-Constellation)
ECEF	地心地固坐标系 (Earth Centered Earth Fixed)
EGNOS	欧洲地球同步导航重叠系统 (European Geostationary Navigation Overlay System)
FEC	前向纠错 (Forward Error Correction)
GAGAN	印度 GPS 辅助型地球同步轨道增强系统 (GPS Aided GEO Augmented Navigation system)
GEO	地球静止轨道 (Geostationary Earth Orbit)
GIVE	格网电离层垂直误差 (Grid Ionospheric Vertical Error)
GIVEI	格网电离层垂直误差索引 (Grid Ionospheric Vertical Error Indicator)
GLONASS	格洛纳斯卫星导航系统 (Global Navigation Satellite System)
GPS	全球定位系统 (Global Positioning System)
GPST	GPS 时 (GPS Time)
ICAO	国际民航组织 (International Civil Aviation Organization)
ICD	接口控制文件 (Interface Control Document)
IGP	电离层网格点 (Ionospheric Grid Point)
IODF	快变改正数数据版本号 (Issue of Data Fast correction)
IODP	掩码版本号 (Issue of Data, PRN mask)
KASS	韩国增强卫星系统 (Korean Augmentation Satellite System)
LSB	最低有效位 (Least Significant Bit)
LNAV	侧向导航 (Lateral NAVigation)
LP	导航信标性能 (Localizer Performance)



LPV	垂直导航信标性能 (Localizer Performance with Vertical guidance)
MSAS	日本多功能星基增强系统 (MTSAT Satellite-based Augmentation System)
MSB	最高有效位 (Most Significant Bit)
NICT	日本信息与通信技术研究所以 (National Institute of Information and Communications Technology)
NIST	美国国家标准与技术研究所 (National Institute of Standards and Technology)
NTSC	国家授时中心 (National Time Service Center)
PRN	伪随机噪声码 (Pseudo Random Noise)
SARPs	标准和建议措施 (Standards And Recommended Practices)
SBAS	星基增强系统 (Satellite Based Augmentation System)
SDCM	俄罗斯差分改正与监测系统 (System of Differential Correction and Monitoring)
SF	单频 (Single Frequency)
SIS	空间信号 (Signal-In-Space)
SNT	SBAS 网络时 (SBAS Network Time)
SPAN	澳大利亚及新西兰南部定位增强网络 (Southern Positioning Augmentation Network)
TOW	周内秒 (Time Of Week)
UDRE	用户差分测距误差 (User Differential Range Error)
UDREI	用户差分测距误差索引 (User Differential Range Error Indicator)
URA	用户距离精度 (User Range Accuracy)
USNO	美国海军天文台 (U. S. Naval Observatory)
UTC	协调世界时 (Universal Time Coordinated)
VNAV	垂直导航 (Vertical NAVigation)
WAAS	美国广域增强系统 (Wide Area Augmentation System)
WGS-84	世界测地系统 84 (World Geodetic System 84)
WN	整周计数 (Week Number)