

前 言

全球定位系统(GPS)是当代世界上最先进的定位导航系统,它是一种全球、全天候、实时连续、高精度、多功能的卫星定位导航系统。差分全球定位系统(DGPS)是以某已知点作为基准点,基准点的GPS接收机连续接收GPS信号,并与已知的位置进行比较,确定当时误差的伪距修正值,将这些修正值通过无线电台播发,用户接收修正值来校正GPS信号,提高定位精度。它不仅能在所有重要港口及近港水域向航海人员提供高精度的导航服务,同时还在飞机、车辆导航定位,空港、城市交通管制、船舶交通管理、海洋物探与航道测量等诸多领域得到了广泛应用。在国外,如欧美沿海,现已建成数十座差分全球定位系统,专门用户的DGPS则更普遍。国内也已建成几座小服务范围的系统,当前正在沿海建设DGPS网和各种专用系统,发展非常迅速。

为了规范DGPS的发展,保证该技术的正常使用,有关国际组织相继制定了DGPS的技术规范,如海运事业无线电技术委员会(RTCM)104委员会推荐的《DGPS数据格式》标准、国际电信联盟无线电通信部门(ITU-RM)823建议《利用航海无线电信标为全球导航卫星系统(GNSS)发射差分信号的技术特征》和国际航标协会(IALA)《关于全球差分卫星导航系统规划的通函》等等。在这种形势下,为保证DGPS技术在我国的使用和健康发展,促进其更好地与国际接轨,特制定本标准。在标准的制定过程中,充分考虑到国内的实际情况,并结合了以往工作的经验,以确保标准的切实可行性。

本标准由中华人民共和国交通部提出。

本标准由全国导航设备标准化技术委员会归口。

本标准由交通部上海船舶运输科学研究所负责起草。

本标准主要起草人:杨秉曦、尤秉章、尤琨玲。

中华人民共和国国家标准

差分全球定位系统(DGPS)技术要求

GB/T 17424—1998

Technical requirements of differential global positioning system

1 范围

本标准规定了差分全球定位系统(DGPS)的一般要求,播发的电文内容与信号格式,发射特性、接收机性能要求等。

本标准适用于水上 DGPS 播发台和 DGPS 接收台的设计、研制和使用,对其他 DGPS 播发业务也适用。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修改,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 15527—1995 船用全球定位系统(GPS)接收机通用技术条件

国际电信联盟无线电通信部门(ITU-RM)823 建议 利用航海无线电标为全球导航卫星系统(GNSS)发射差分信号的技术特征

海运事业无线电技术委员会推荐的 RTCM-SC104(2.1 版)建议 DGPS 数据格式

国际航标协会(IALA) 关于全球差分卫星导航系统规划的通函

3 外语缩写

3.1 DGPS

differential global positioning system, 差分全球定位系统。

3.2 HDOP

horizontal dilution of precision, 水平位置精度系数。

3.3 PRC

pseudo range corrections, 伪距修正值。

3.4 RRC

range-rate corrections, 距离变化率修正值。

3.5 SA

selective availability, 选择可用性。

3.6 UDRE

user differential range error, 用户差分距离误差。

3.7 WGS-84

world geodetic system, 全球大地坐标系。

4 一般要求

4.1 DGPS 的组成

DGPS 由差分数据播发台、DGPS 接收台和导航卫星构成。

4.1.1 差分数据播发台最少要求设 1 座基准台和 1 座无线电发射台,宜再设 1 座监测台。较完善的系统设 2 个以上的基准台和发射台,并有控制中心构成交叉覆盖的 DGPS 网。

4.1.2 DGPS 接收台由 1 台 GPS 接收机,1 台差分数据接收机及各自的天线组成,也可配置微型计算机、打印机及其他显示终端设备。

4.2 DGPS 播发台台址选择原则

DGPS 播发台台址选择按下列原则:

- a) 地理位置:播发台的地理位置应该设在 DGPS 服务范围的中心,最好是设在主要服务区域的附近;
- b) 地形条件:台址地势应高,以增加天线的有效高度,提高有效通信距离;
- c) 电磁环境:台址附近的工、科、医电磁干扰或其他通信、导航无线电设备的干扰应小,自然环境的噪声应小;基准台 GPS 接收机应避免多径干扰;
- d) 监测台宜设在行政管理部门所在地的值班室,并能对基准台遥控遥测;
- e) 台址选择应综合考虑上述原则,应尽可能利用原有的站址、房屋、铁塔、电源、生活设施和管理人员,同时尽可能选择生活、交通条件均方便的站址。

4.3 基准台 GPS 接收机技术要求

接收频率: L1 1575.42 MHz;
 接收通道数: 不少于 6 通道,使用能连续跟踪 10 颗以上卫星的多通道连续接收机;
 跟踪方式: C/A 码相位跟踪和载波相位辅助跟踪;
 接收灵敏度: -135 dBm;
 工作方式: 差分工作方式;
 卫星识别: 0~37;
 定位算法: 视界卫星;
 卫星掩角: $7^{\circ}30''$;
 电离层改正: 不改正;
 天线高度: 固定高度;
 位置: 固定位置;
 识别号: 三位数;
 数据延时: 播发伪距修正值的延迟时间可调;
 日历状态电文: 根据变化输出;
 星历数据电文: 根据变化输出。

4.4 DGPS 主要技术要求

4.4.1 DGPS 在覆盖范围内的定位误差应小于 10 m(2 drms)。

4.4.2 系统向用户提供差分信息的更新间隔 1~5 s。

4.4.3 DGPS 宜采用全球大地坐标系 WGS-84,并发布 WGS-84 与 1954 北京坐标系(BJS-54)之间的转换值。

4.4.4 DGPS 应采用北京时间。

4.4.5 DGPS 应公布该系统的服务范围,各区域的定位精度。

4.4.6 DGPS 建成后,应公布差分全球定位系统台站表,见表 1。

标称距离可以根据实际场强测定确定,也可根据计算出的覆盖图给出,计算方法可用国际航标协会

(IALA)规划方式计算。

表 1 差分全球定位系统台站表

国家：中国

差分全球定位系统台站表

发布日期： 年 月

台站名标	识别码		地理位置 (经纬度)	标称距离 ¹⁾	距离 ²⁾	运行日期	播发电 文类型	频率	波特率	说明
	基准台	发射台		(信号强度) 20 μV/m km	(信号强度) 20 μV/m km					

1) 本表所给出的标称距离表示差分全球定位系统可靠工作距离。
2) 在无线电噪声良好的条件下,性能优良、安装适宜的接收机可获得本表所给信号强度为 20 μV/m 时的距离。

5 电文内容与信号格式

电文格式采用海运事业无线电技术委员会 RTCM-SC104(2.1 版)建议的《DGPS 数据格式》标准和国际电信联盟无线电通信部门(ITU-RM)823 建议《利用航海无线电信标为全球导航卫星系统(GNSS)发射差分信号的技术特征》的相关规定。

5.1 通用电文格式

5.1.1 每帧电文由若干个 30 bit 的字组成,每帧必须由两个标准电文字头开始。因此,每帧含有 N+2 个字,N 个字为电文数据,通用电文的格式见图 1,其中电文数据可由多种类型的电文组合而成。

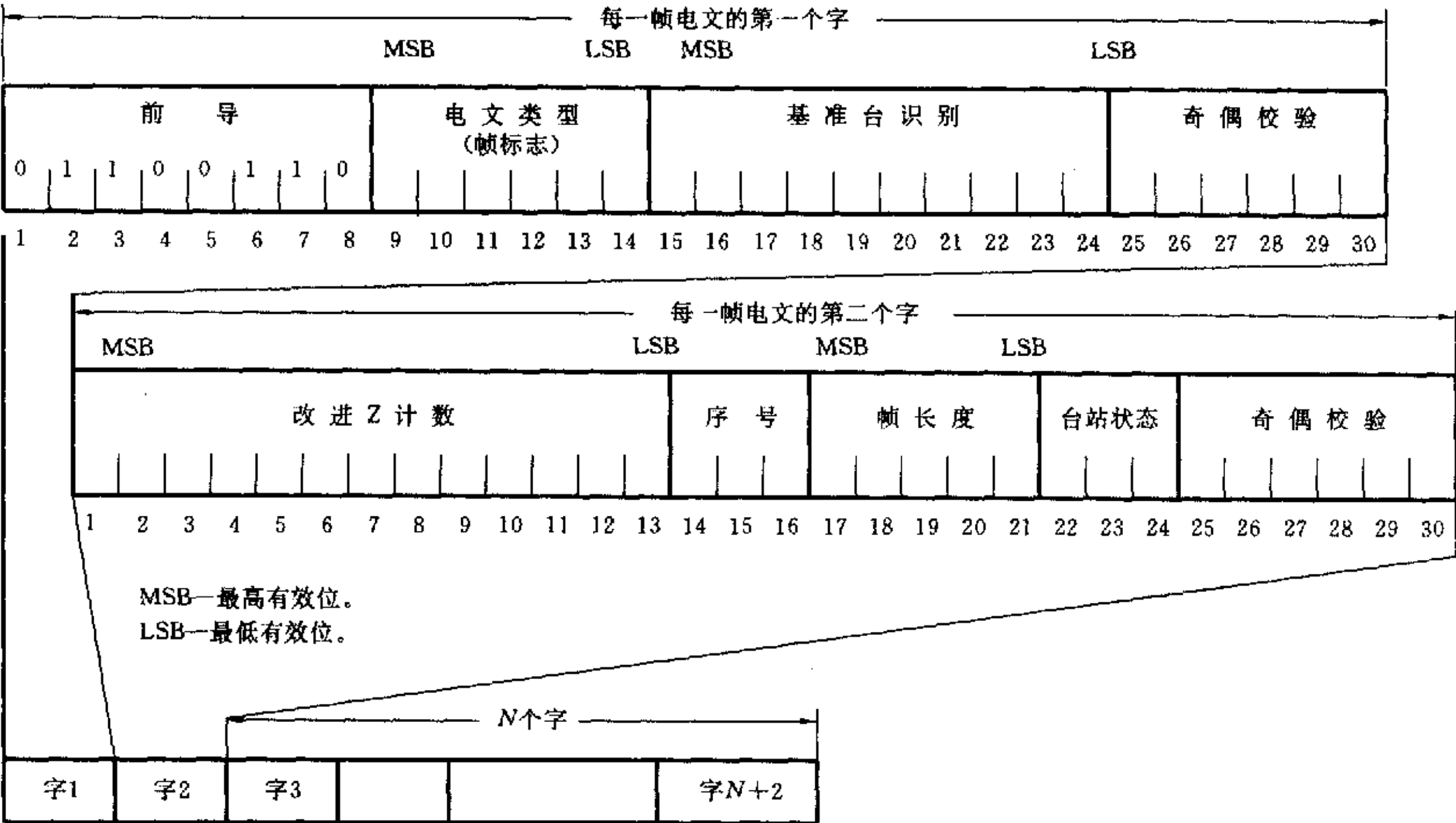


图 1 通用电文格式

5.1.2 每帧电文的长度随电文类型而不同,也随基准台可见范围内的卫星数量而改变,其数值在 0~31 之间。

5.1.3 电文字头的两个字包含下列内容:

a) 字 1:

固定的前导序文	8 bit
电文类型识别标志	6 bit
基准台识别标志	10 bit
奇偶校验	6 bit

b) 字 2:

改进的 Z 计数定时数据	13 bit
序号	3 bit
电文帧长度: $N+2$	5 bit
台站工作状态	3 bit
奇偶校验	6 bit

5.1.4 改进的 Z 计数取自原 GPS 卫星电文中,它可将分辨率从 6 s 改进到 0.6 s 的等级,其范围仅为 1 h。

5.1.5 接收机帧同步是用递增序号来检验电文帧同步,以后由帧长度数来确定帧的起始位置。

5.1.6 电文类型由电文字头中字 1 的第 9~14 bit 表示。DGPS 电文类型共有 16 种电文可以使用,其中 11 种已作了定义,另外保留了两种用于特殊用途。各种类型电文,见表 2。

表 2 电文类型

类 型 号	电 文 类 型	类 型 号	电 文 类 型
1	差分修正	9	高速率差分修正
2	Δ 差分修正	10	P 码差分修正(保留)
3	基准台参数	11	C/A 码 L_1 、 L_2 差分校正(保留)
4	载波相位	12	工作状态
5	星座状态	13	未定义
6	空帧	14	未定义
7	信标台历书	15	未定义
8	伪卫星星历	16	专用电文
注:电文类型的选取根据各自的需要而定,RTCM SC104(2.1 版)选定播发 DGPS 的数据的电文类型宜为 1、3、5、6、7、9 或 16。			

5.1.7 DGPS 基准台工作状态用字 2 中的第 22~24 bit 表示,其真值与所表示的台站状态见表 3 所示。

表 3 电文字头台站状态

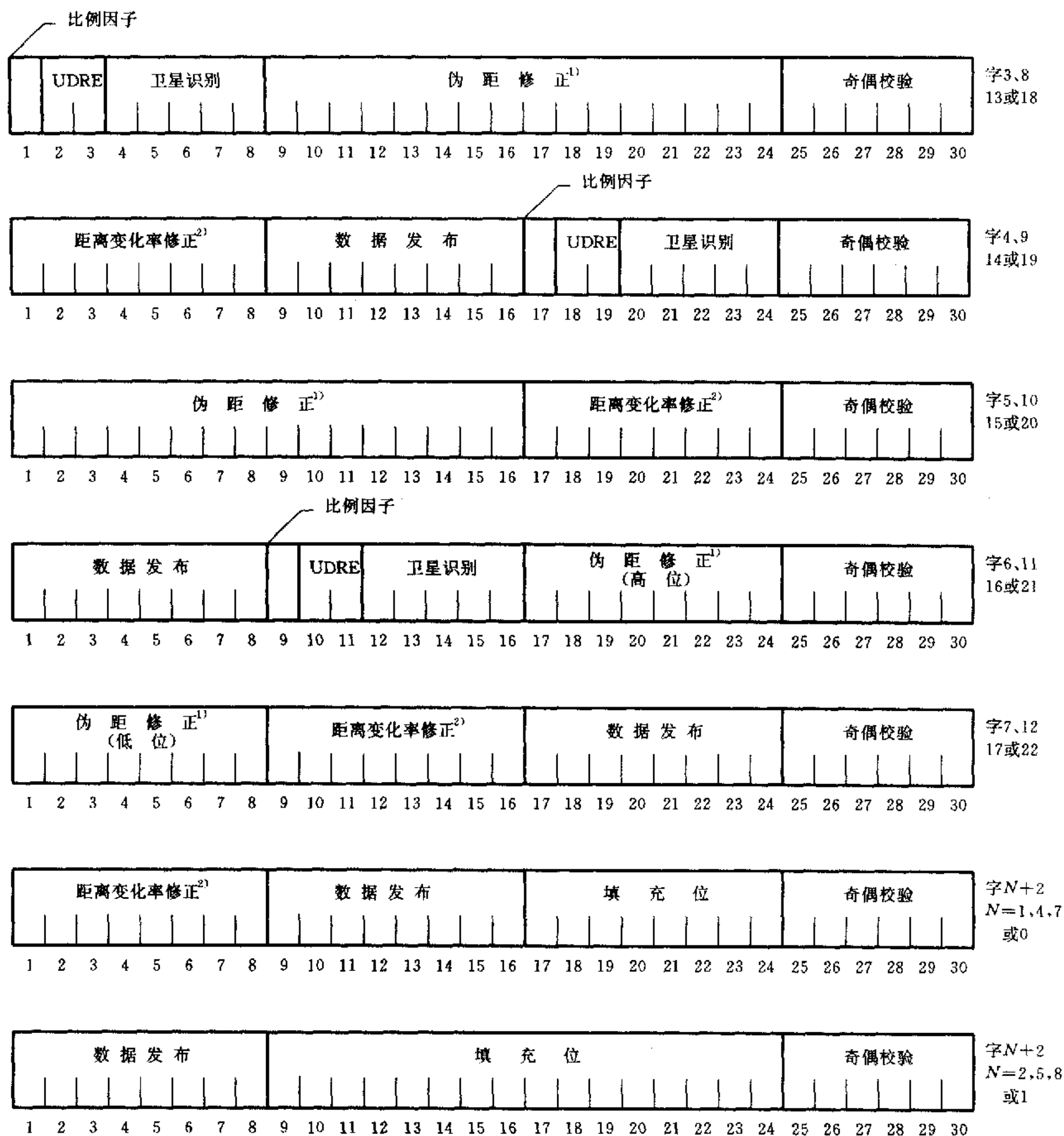
真 值	表 示 含 意
111	不正常广播
110	不受监测广播
101	UDRE 和比例因子=0.10
100	UDRE 和比例因子=0.20
011	UDRE 和比例因子=0.30
010	UDRE 和比例因子=0.50
001	UDRE 和比例因子=0.75
000	UDRE 和比例因子=1.00

5.2 电文类型 1

电文类型 1 播发伪距和距离变化率的修正值, 又称差分修正电文, 是主要的电文。在无选择可用性 (SA) 以后只用此类型电文。

5.2.1 电文类型 1 的格式

电文类型 1 格式, 见图 2。



1) 二进制数 1000 0000 0000 0000 表示出现错误, 用户设备应立即停止使用该卫星。

2) 二进制数 1000 0000 表示出现错误, 用户设备应立即停止使用该卫星。

图 2 电文类型 1 的格式

5.2.2 电文类型 1 的内容

电文类型 1 内容,见表 4。

5.2.3 电文类型 1 的差分修正计算

用电文类型 1 的参数对由接收机测得的卫星伪距差分修正计算如下:

$$PR(t) = PR_m(t) + PR_0 + (dPR_0/dt)(t - t_0)$$

式中: $PR_m(t)$ —— t 时刻测得的伪距, m;

PR_0 —— t_0 时刻的伪距修正值, 为 16 bit 的数;

dPR_0/dt ——距离变化率修正值, 为 8 bit 的数;

t_0 ——字头电文里字 2 中的 13 bit 的改进的 Z 计数。

5.2.4 卫星工作状态

卫星工作状况由比例因子和用户差分距离误差构成的 3 bit 数表示, 见表 5。

表 4 电文类型 1 的内容

参 数	比特数	比例因子和单位	范 围
伪距修正 ¹⁾	16	0.02~0.64 m	$\pm 655.36 \sim \pm 20\,971.52^{2)}$
距离变化率修正 ¹⁾	8	0.002~0.064 m/s	$\pm 0.256 \sim \pm 8.192^{2)}$
卫星识别	5	$1 \times N_s$	$1 \sim 32^{3)}$
比例因子和 UDRE	3	—	8 种状态
数据发布	8		
填充(0 或 1 交替)	8 或 16		
奇偶校验	$6 \times N_s$		
1) 2 的补码; 2) 比例因子随 UDRE 变化; 3) 全 0 表示 32。			

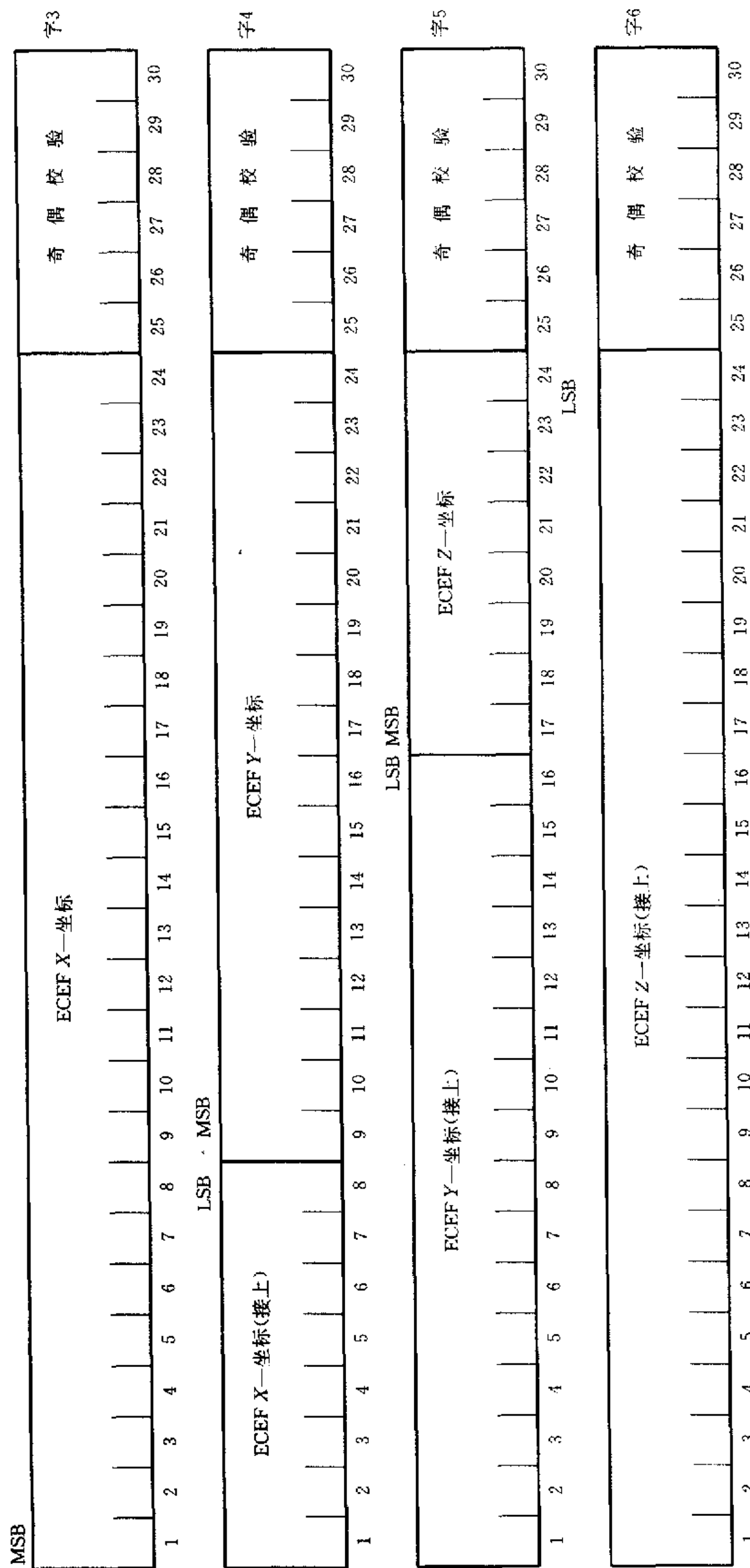
表 5 比例因子和 UDRE

真 值	含 义
111	未用
110	详见电文类型 5
101	1σ 差分误差值 > 8 m
100	1σ 差分误差值 > 4 m
011	1σ 差分误差值 > 2 m
010	1σ 差分误差值 > 1 m
011	1σ 差分误差值 > 0.5 m
011	1σ 差分误差值 < 0.5 m

5.3 电文类型 3

电文类型 3 用于播发基准台的辅助信息, 又称基准台参数电文, 是具有固定长度的电文。

电文类型 3 的格式, 见图 3。



ECEF 是 GPS 基准台坐标,宜采用 WGS-84 或北京 1954 坐标系,并提供厘米级的分辨率。

MSB—最高有效位。

LSB—最低有效位。

图 3 电文类型 3 的格式

5.4 电文类型 5

电文类型 5 播发在基准台所能观测到的卫星工作状态和即将进入基准台可见范围内的下一颗卫星的估计状态,又称为星座工作状态电文。

电文内容应有:

- a) 卫星识别;
- b) 数据状态:由 GPS 卫星电文提供的 8 位历书状态中的最高 3 位有效位为状态字;
- c) 载波噪声密度比(C/N_0)是正被跟踪的卫星的载波信号值(或强度)与噪声估计值之比;
- d) 卫星状态标志:指示卫星健康使能、有新的导航数据和卫星丢失的告警;
- e) 卫星工作不正常的时间。

电文类型 5 的格式见图 4。

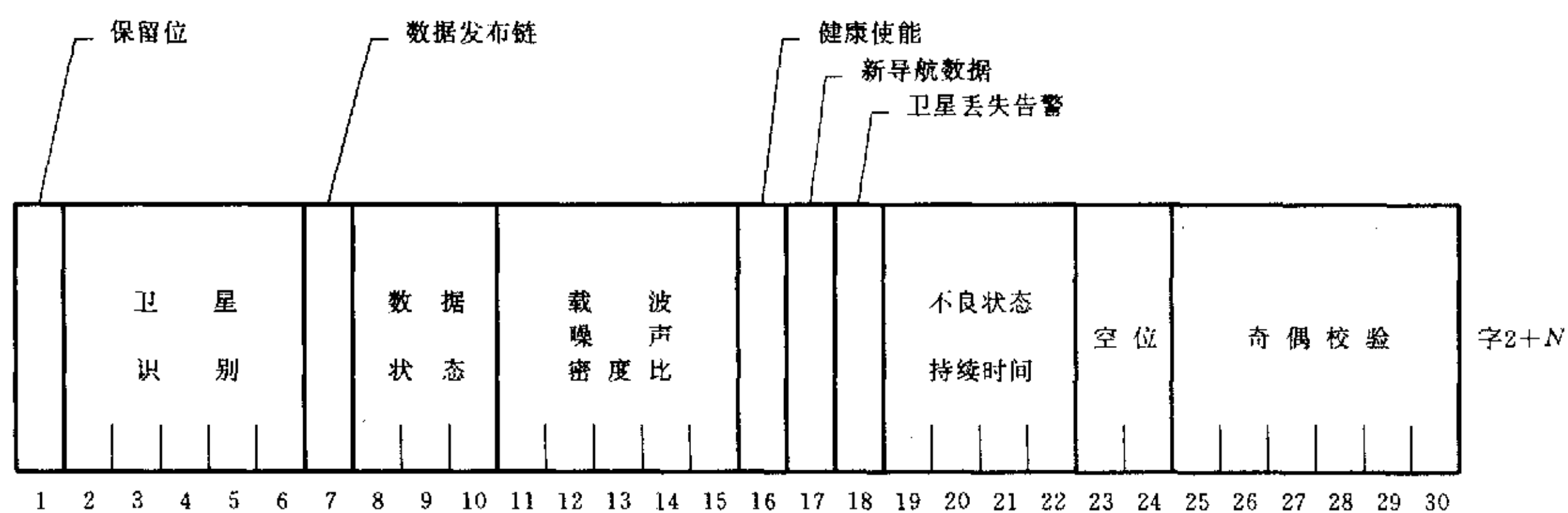


图 4 电文类型 5 的格式

5.5 电文类型 6

电文类型 6 不含参数。当基准台没有其他电文发送时,或者为了使电文与某指定码元同步时,发射电文类型 6。

电文类型 6 必须有通用电文中的电文字头的两个字。电文数字 N 为 0 或 1,取决于电文同步过程中需要的字为偶或是奇数个,如果 $N=1$,其余的 24 bit 由交替的 1 和 0 填满。奇偶照常校验。

5.6 电文类型 7

电文类型 7 发射两座或相邻几座无线电信标发射台网的位置、频率、工作范围及状况信息,又称信标历书电文。

电文类型 7 的格式见图 5。

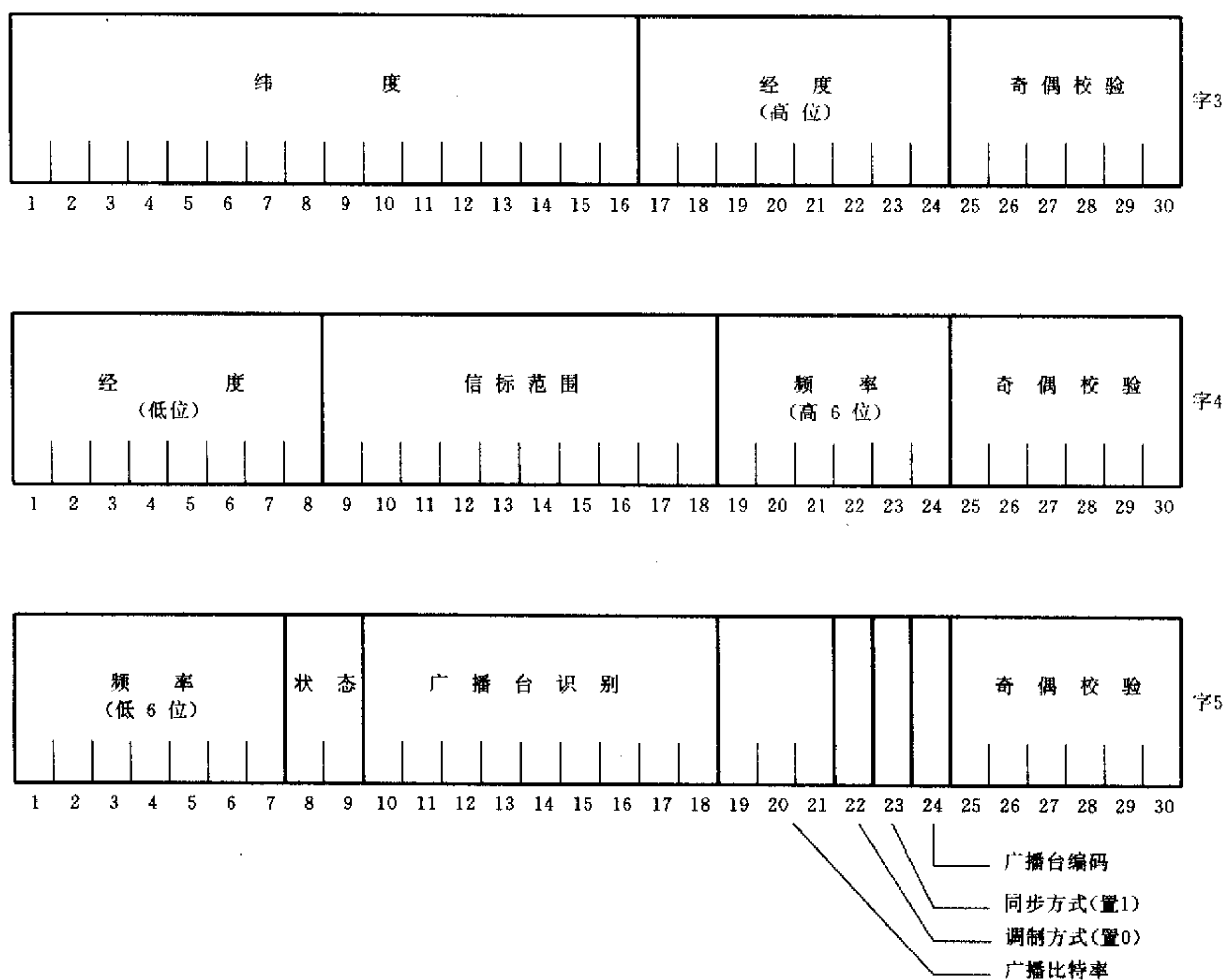


图5 电文类型7的格式

5.7 电文类型9

电文类型9是用于高速率播发卫星的伪距修正值和伪距变化率修正值的专用电文,称为高速率差分修正电文。

电文类型9的内容和格式与电文类型1相同。

5.7.1 电文类型9—3

电文类型9—3的每一帧播发三颗卫星的修正值,传输速度是200 bit/s,或100 bit/s。

5.7.2 电文类型9—1

电文类型9—1的每一帧播发一颗卫星的修正值,传输速率是50 bit/s,又称“单星电文”。

5.8 电文类型16

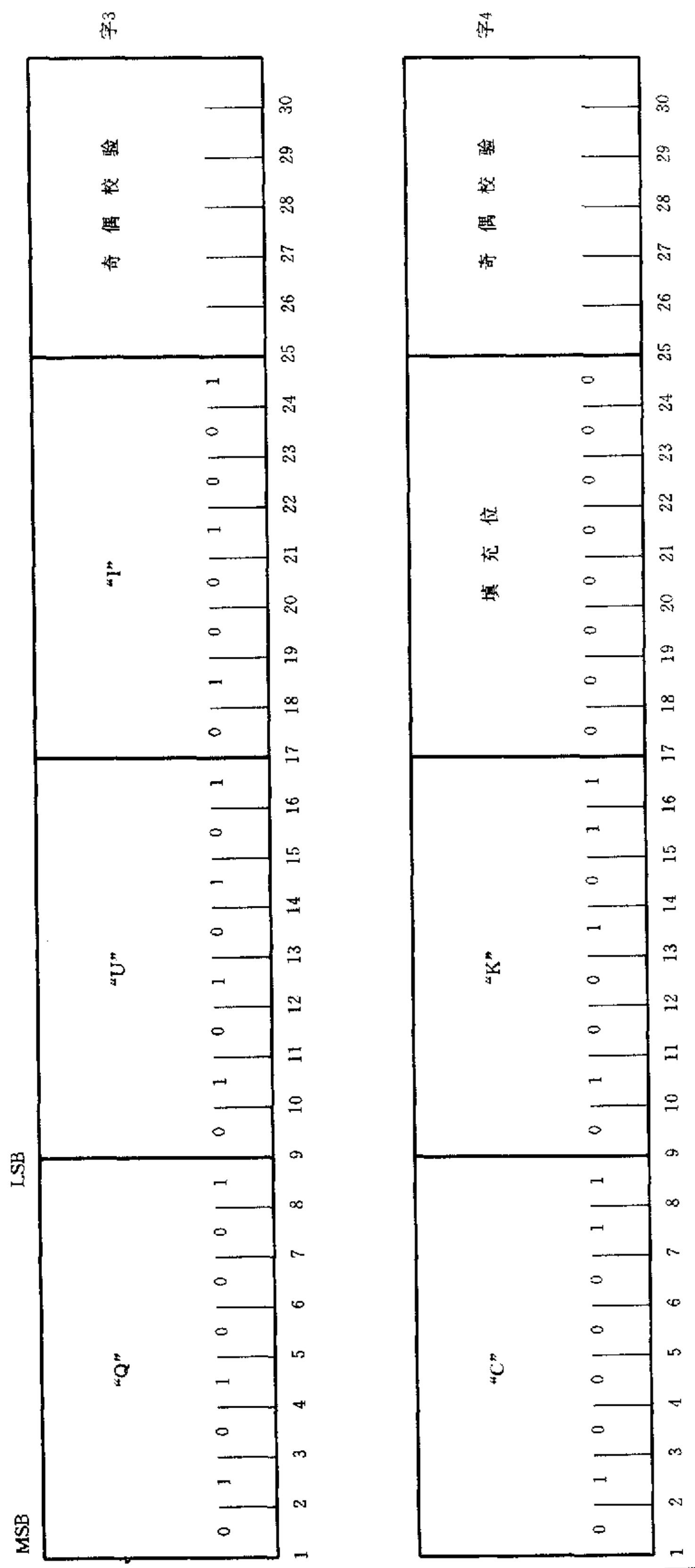
电文类型16播发本站 DGPS 业务工作状态的信息,也播发相邻 DGPS 区域 DGPS 服务中断信息。

5.8.1 电文类型16的格式

电文类型16的格式见图6所示,它表示播发“QUICK”的方法。

5.8.2 电文类型16用的文种

电文类型16用英文广播,也可用本国文种,但必须使用ASCⅡ码,可打印。



MSB——最高有效位。

LSB——最低有效位。

图 6 电文类型 16 的格式

6 电文编制与播发

6.1 主要电文类型

6.1.1 播发电文类型

电文类型 1 或 9 是播发伪距修正值的电文,是随时播发的主要电文,宜播发电文类型 9,在选择可用性关闭后,可用电文类型 1。

6.1.2 电文类型 9 的编制

被播发的所有卫星的修正值编排为 3 颗卫星一组,不足 3 颗星的修正值编入另一组电文中。

6.1.3 播发更新间隔

电文类型 1 或 9 的播发更新间隔在 1~5 s。

6.1.4 电文应连续、同步播发,最高有效位先播发。

6.2 电文类型 3 播发

每半小时播发 1 次。

6.3 电文类型 5 播发

通知用户,一颗以前被导航电文认可不能使用的卫星,现在可用于 DGPS 导航了,在整点第 5 min 发射该电文,以后每 15 min 播发 1 次。

6.4 电文类型 7 播发

每隔 10 min 播发 1 次。

6.5 电文类型 16 播发

只要认为有必要时就可播发。但是,在播发电文类型 3、5、7 之前后 90 s 内不得播发,电文类型 16 的播发时间间隔不得小于 3 min。

7 航海无线电信标 DGPS 发射特性

7.1 工作频率

DGPS 使用航海无线电信标用 283.5~325.0 kHz 的频率发射。无线电信标用主载波(F_1 ,在整数频点上)播发指向标信号,用副载波(F_1+500 Hz)播发 DGPS 修正值和辅助信息。

7.2 频率容差

载波的频率精度保持在 ± 6 ppm 之间(例如:315 kHz 的频率误差为 ± 2 Hz)。

7.3 相位噪声

频率偏移 10 Hz 时,每一频段的单边带相位噪声应低于 -80 dB/Hz。

7.4 杂散输出

杂散输出应低于 -60 dB。

7.5 同步类型

电文以同步方式播发。

7.6 伪距修正值(PRC)延迟时间

播发修正值的平均延迟时间应小于 0.25 s。

7.7 调制方式

采用最小频移键控(MSK)调制,是一种连续的相位、频移键控(CPFSK)调制。在 1 bit 时间内,载波相位相对前 1 bit 相移滞后 90° ,表示逻辑 0;超前 90° ,表示逻辑 1。

7.8 发射类别

发射类别为调相单信道数据传输(G1D)。

7.9 传送速率

200 bit/s、100 bit/s、和 50 bit/s,以传送电文类型而定。

7.10 频率保护比

接收 DGPS 的频率保护比,见表 6。

表 6 频率保护比

频 率 间 隔 kHz	保 护 比 dB	
有 用 信 号	DGPS (G1D)	DGPS (G1D)
干 扰 信 号	RB (A1A)	DGPS (G1D)
0	15	15
0.5	25	-22
1.0	-45	-36
1.5	-50	-42
2.0	-55	-47

7.11 最小场强

DGPS 信号最小场强为 $75 \mu\text{V/m}$ 。

7.12 台站识别码

DGPS 播发采用两类识别码:

基准台识别码用来表示获得修正值的位置,编入所有发射电文的电文字头。我国的基准台识别码为 600~659;

发射台识别码用来表示发射修正值的台站,编入电文类型 7。我国的发射台识别码为 600~629。

7.13 告警

7.13.1 故障告警

基准台故障、在播发的数据里缺少修正值数据,或者没有任何电文播发,可以播发电文类型 6,指示该信标台不能使用,或播发单音频信号。

7.13.2 停机告警

发射台停机,由邻近信标台播发电文类型 16 告知用户。

7.13.3 超出保护极限告警

超出保护极限必须给用户告警,报警时间是检测出超越保护极限的极限值到用户设备收到广播告警的时间,见表 7。

表 7 报警时间

传 输 速 率 bit/s	报 警 时 间 s
200	2
100	4
50	8

7.13.4 伪距有误告警

某颗卫星伪距修正值有误差,必须给用户告警,告警是把伪距修正值(第 9~24 bit)置成二进制数 1000 0000 0000 0000 或把第 17~24 bit 置成 1000 0000。

7.13.5 未监测告警

监测站未监测时必须给用户告警,报警是在电文字头台站状态的三位中置码为 110。

7.14 可利用率

7.14.1 播发可利用率

播发可利用率是在一个月的时间内,在额定输出功率,发射良好的伪距修正值的时间所占的百分

比。播发可利用率应为 99.5% 以上。

7.14.2 信号可利用率

在船舶交通管理海域,可增加辅助监视,或被多个信标发射台的信号覆盖,信号可利用率大于播发可利用率。信号可利用率应为 99.7% 以上。

7.14.3 用户可利用率

用户可利用率是在覆盖范围内,可利用 DGPS 的时间比率。因受大气噪声、用户设备影响,暂不作具体规定。

8 高频与甚高频无线电台发射特性

8.1 工作频段

高频段宜选 1.6~3.5 MHz,可用双频发射的频率分集方法。

甚高频段宜选

92~110 MHz
132~150 MHz
215~245 MHz
450~470 MHz
929~932 MHz

宜选用数据传输频道。不宜用水上移动业务的无线电话 156~174 MHz 频段播发差分数据。

宜用广播电台调频副载波播发差分数据。

8.2 无线电发射机的射频输出功率不应该超过已满足覆盖区域的技术条件和当地环境条件所提出的要求。

8.3 调制方式

音频 MSK 调制,二进制码元信息调制到:

逻辑 1: $1\,200\text{ Hz} \pm 1\% \times 1\,200\text{ Hz}$ 或其他低频率;

逻辑 0: $1\,800\text{ Hz} \pm 1\% \times 1\,800\text{ Hz}$ 或其他高频率。

8.4 传送速率

高频: 100 bit/s;

甚高频: 1 200 bit/s。

8.5 功耗与散热

更新间隔 1 s 时,发射机应为连续工作状态。

一般无线电话通信机,更新间隔宜 3~5 s,不宜 1 s。

8.6 调频广播副载波播发 DGPS 差分数据,对差分修正值进行编码、限带等信号变换,将处理的信号频谱移到 57 kHz 副载波附近,在调频基带信号器中与调频立体声调制信号合成为调频基带信号,利用广播电台原有的调频发射机和发射天线播发调频信号。

8.7 调频广播副载波播发 DGPS 差分数据,宜采用电文类型 9 或 1 的内容和格式。不宜采用调频广播副载波数据广播系统编码,若用数据广播系统编码,可以补位将信号变换,变成符合传输要求的差分修正值信号。

8.8 调频广播副载波发射特性

副载波频率: 57 kHz

副载波频偏: 4 kHz

调制方式: 2 PSK

数据速率: 1 187.5 bit/s

时钟频率: 1 187.5 Hz

9 DGPS 接收台

9.1 DGPS 接收机的技术指标

DGPS 接收机应满足 GB/T 15527 的规定。

接收频率: L1 1575.42 MHz

接收灵敏度: -135 dBm

接收通道: ≥ 6

跟踪方式: C/A 码相位跟踪和载波相位辅助跟踪

工作方式: 差分工作方式

坐标系: 全球大地坐标系 WGS-84, 1954 北京坐标系, 或当地城市坐标系

9.2 DGPS 接收机的差分功能

9.2.1 采用符合 RS232C 标准接口电平的 RTCM SC 104(2.1 版)格式的输入接口或者具有 DGPS 工作能力的差分数据接收机。

9.2.2 对由于电磁干扰、多径效应、水平位置精度系数(HDOP)过大、伪距修正值(PRC)等待时间太长等致使 UDRE 值产生的变化,应具有位置的可信度的显示。

9.2.3 接收机在差分模式工作时,应具有差分模式的显示,丢失差分工作后,转为一般定位显示。

9.3 信标差分数据接收机

9.3.1 技术要求

工作频段: 283.5~325.0 kHz

频率步距取 100 Hz

灵敏度: $5 \mu\text{V/m}$

选择性: 60 dB

动态范围: 100 dB

频率稳定度: 100×10^{-6}

传输速率: 25、50、100 和 200 bit/s

9.3.2 信标差分数据接收机接收频率应自动选择、扫描接收最佳工作信标台。

9.3.3 信标差分数据接收机具有工作状态显示,信号锁定。

9.3.4 信标差分数据接收机可具备数据输出接口,用个人计算机显示信噪比、信号场强、数据的字错率。

9.4 高频、甚高频段差分数据接收机

9.4.1 无专用差分数据接收机时,一般使用具有收发功能的无线电话通信机替代,数据信号由音频输出,解调出差分数据。电性能要求与通信机相同。

9.4.2 高频可用双频工作,频率分集接收。

9.4.3 调频副载波差分数据接收机

由调频广播接收机、解调器、75 kHz 同步恢复器、解码器组成。