

DOI:10.19651/j.cnki.emt.2005505

IRIG-B 码编码与时间解析显示机制分析与研究

刘洪源

(中国卫星海上测控部 江阴 214431)

摘要: 针对不同解码显示机制的跨整 10 年过程时间显示异常问题,分析研究了 IRIG-B 时间码编码规则和时间解析机制。重点通过跨整 10 年的时间段时间跳变试验对问题剖析,结合不同解码显示机制原理,使用比对方法,得出年信息显示跳变现象,是解码显示机制与现有时间信息编码机制不协调的结论。通过多组时间跳变试验验证了分析的正确性。结果表明,根据不同终端对时间解析显示需求的不同,研究并选择最佳的时间解析显示机制,对判读时间信息显示是否正确具有重要意义。

关键词: IRIG-B;码元;时间信息;跳时

中图分类号: TN919.5 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.5

Analysis and research on IRIG-B coding and time resolution display mechanism

Liu Hongyuan

(China Satellite Maritime Tracking and Control Department, Jiangyin 214431, China)

Abstract: In view of the abnormality of the inter-ten-year process time of different decoding display mechanisms, the paper analyzes and studies the IRIG-B timecode coding rules and time resolution mechanisms. Focusing on the analysis of the problem through the time-hopping test spanned the whole ten years, combined with the principle of different decoding display mechanism, using the matching method, the annual information display jump phenomenon is the conclusion that the decoding display mechanism is not in harmony with the existing time information coding mechanism. The correctness of the analysis was verified by multiple sets of time-hopping tests. The results show that it is of great significance to study and select the best time resolution display mechanism according to the different requirements of different terminals for time resolution display.

Keywords: IRIG-B; code element; time information; jumping time

0 引言

测量船时间统一系统(简称站时统)为全船航天试验设备提供标准时间信息和标准频率信号。站时统时间编码规则采用 2008 年发布的《2991A-2008 B 时间码接口终端通用规范》^[1],目前采用单秒解析显示机制的时统终端较少,且跨整 10 年时间显示次数有限,年信息解析不完全的现象更少,因此国内对此现象研究分析的更加有限。

通过跨整 10 年时间跳变试验,提出采用对比试验结果的方法,达到分析时间显示异常的目的,验证了分析研究的正确性,对掌握站时统输出时间的正确性,确保测量船航天试验设备的时间准确、统一具有重要现实意义。同时,该研究对于优化时间信息解析显示方案,提高时间信息传输和显示的稳定性具有借鉴意义。

1 时间信息码元编码机制

1.1 时间码简介

IRIG(inter range instrumentation group)时间码标准有二大类。一类是并行时间码,传输距离较近,且是二进制,因此应用性不强。另一类是串行时间码,共有 6 种格式,即 IRIG-A、B、D、E、G、H,它们的区别是时间码的帧速率不同^[2],各种格式的参数如表 1 所示。

我国于 20 世纪 80 年代引入 IRIG-B 时间码,采用 IRIG-B 时间码作为与用户终端设备接口的时间信号标准,其中 2008 年发布的《2991A-2008 B 时间码接口终端通用规范》代替 2991-1997,主要增加了闰秒修正标志和年的信息^[3]。站时统目前使用的是 2008 年发布的 IRIG-B 格式时间码。

收稿日期:2020-12-08

• 86 •

表 1 IRIG 串行时间码格式参数

格式	时帧周期	码元速率	二进制信息位数	时间信息
IRIG-D	1 h	1 个/m	16	天、时
IRIG-H	1 m	1 个/s	23	天、时、分
IRIG-E	10 s	10 个/s	26	天、时、分、10 秒
IRIG-B	1 s	100 个/s	30	天、时、分、秒
IRIG-A	0.1 s	1 000 个/s	34	天、时、分、秒、0.1 秒
IRIG-G	0.01 s	10 000 个/s	38	天、时、分、秒、0.1 秒、0.01 秒

1.2 IRIG-B 时间码

由于 IRIG-B 格式时间码(以下简称 B 码)的帧频为每秒一帧,最贴近日常使用习惯,而且传输也较容易。因此在 IRIG 六种串行时间码格式中,应用最为广泛的是 B 码。B 码的波形如图 1 所示。

1) 码元识别

时间格式里的每一个脉冲称为码元。码元的准时参考点是其脉冲的前沿。

IRIG-B 码时帧周期是每帧一秒,每秒包含 100 个码元。每个码元占有的时间是 10 ms。码元有 3 种基本类

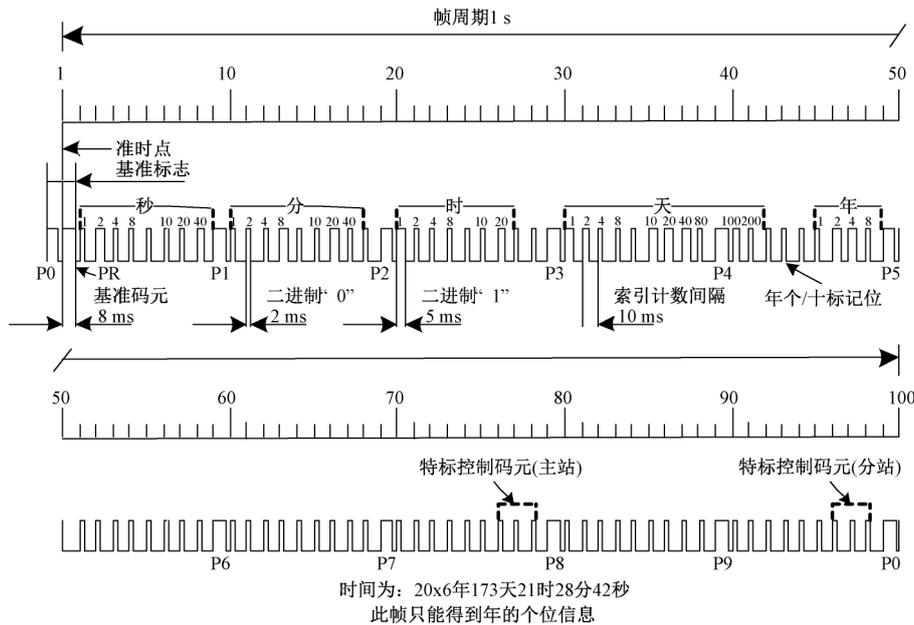


图 1 B 码波形图

型,即位置识别、高电平和低电平 3 种码元。位置识别码元脉冲宽度为 8 ms,高电平和低电平码元脉冲宽度分别为 5、2 ms。

IRIG-B 码规定,第 1 个零码元为位置识别码元,记作 PR。在 0~99 的 100 个码元中,每 10 个码元的最后一个也为位置识别码元,分别依次记作 P1,P2,...,P9,P0,加上 PR 共 11 个位置识别码元。第 1 个与最后一个位置码元相连,是换帧的标志,即秒起始标记。

2) 时间编码

采用二十进制时间码(BCD),共占用 30 位码元,其中天占用 10 位,时占用 6 位,分占用 7 位,秒占用 7 位^[4]。码元的时间信息顺序依次为秒、分、时、天、年,低位在前,位置在 P0~P5 之间。在 B 码中,脉冲宽度 5 ms 的码元代表二进制“1”,脉冲宽度 2 ms 的码元代表二进制“0”。具体编码规则如表 2 所示。

其中,年的个位和十位的 BCD 编码交替出现在索引计数的 45~48 位,年的个位与偶数秒出现在同一帧内。当年的标志位为“1”时表示十位,标志位为“0”时表示个位。

表 2 时间编码规则

时间信息	十进制制位	十进制值域	索引计数	备注
秒	个位	0~60	1~4	十进制“60”为正闰秒时使用
	十位		6~8	
分	个位	0~59	10~13	
	十位		15~17	
时	个位	0~23	20~23	
	十位		25~26	
天	个位	1~366	30~33	
	十位		35~38	
	百位		40~41	
年	个/十标志位	二进制 0 或 1	43 45~48	0 表示个位, 1 表示十位
	个位 十位	0~99		表示 2000~2099 年
闰秒标志	/	/	27~28	“01”为正闰秒 “10”为负闰秒

3) 闰秒标志

闰秒标志用于控制 B 码接口终端进行闰秒调整, 闰秒标志码元为索引计数第 27、28 位所对应的两个码元^[5]。当 B 码传输的 UTC 时间需要闰秒调整时, 正闰秒编码为“01”; 负闰秒编码为“10”。

4) 控制字段

在国内通用格式中, IRIG-B 码的控制字段在后 50 位^[6]。P5~P8 之间的码元, 第 50~52 位为分站站址码元, 第 76~78 位为主站特标控制码元, 其余为时延修正码元。P8~P0 之间的码元, 除 96~98 位为分站特标控制码元外, 其余码元留作用户使用。

2 时间解析显示机制

针对不同终端对时间显示的需求不同, 主要有两种时间解析显示机制, 即多秒解析和单秒解析。每种解析显示机制都有其优点, 但也存在相应的缺陷, 使用哪种解析显示机制, 要结合对时间显示的实时性和稳定性的需求来决定。

2.1 多秒解析显示机制

多秒解析显示机制解析 n 个连续的 B 码, 通过比较解出的 n 个 ($n \geq 2$) B 码时间的连续性和正确性, 最终输出显示给用户终端。该机制显示的时间信息具有高稳定性和容错能力, 解析比较连续的 B 码数量 n 值越大, 其容错能力越强。但是其缺点也很明显, 时间信息的实时性和异常时反应灵敏度越弱, 即时间出错时, 显示滞后的时间越长^[7]。

站时统的“系统时间”为当前产生器的时间, 采用多秒解析显示机制, 通过解析连续 3 s B 码时间, 对这些时间信息进行记忆、比较和判读, 从而输出连续稳定的时间信息。若连续的 3 s 时间中, 有其中 1 s 时间信息异常, “系统时间”不会产生跳变, 该机制提高了“系统时间”的稳定性, 具备容错功能。若连续的 3 s 时间中, 有其中 2 s 时间信息异常, “系统时间”会出错, 但是出错的时间会滞后 3 s, 实时性较差^[8]。出错滞后的时间与 n 相关, n 越大, 出错滞后时间越长。

2.2 单秒解析显示机制

单秒解析显示机制解析 1 个 B 码, 将时间信息实时输出并显示给用户终端。该机制显示的时间信息具有实时性, 能第一时间显示出时间信息的正确与否, 但是其缺点是稳定性差、无容错能力^[9]。因为采用解析每 1 个独立秒码元的显示机制, 如果时间信息出错, 站时统监控软件“B 码时间”会第一时间显示异常, 显示的实时性高, 便于实时了解设备状态。

站时统监控软件的“B 码时间”为系统的输出时间, 采用单秒解析显示机制, 通过解析单个 B 码时间, 将解析出的时间信息直接显示出来, 供实时监视使用。“B 码时间”从产生器产生 B 码到终端解码后显示出来, 解码到显示过

程耗时 1 s。为保持显示时间信息与当前 B 码时间信息一致, 显示终端解析当前 B 码时间信息加 1 后, 显示的即为当前时间^[10]。

3 B 时间码显示分析

站时统使用的 B 码采用 2008 年发布的《2991A-2008 B 时间码接口终端通用规范》中的 IRIG-B 格式时间码进行编码^[11]。现结合联调过程中, 在跨整 10 年时间段出现的问题进行分析, 并通过跳时试验, 验证分析的正确性。

3.1 时间码显示分析

1) 站时统时间到达 2020 年 1 月 1 日 00 时 00 分 00 秒时, “B 码时间”显示为 2020 年 01 月 01 日 00 时 00 分 00 秒, 时间显示正确。此时终端显示软件是用 2019 年 12 月 31 日 23 时 59 分 59 秒的码元信息解码再加 1 s, 通过时间自然计数规则得出跨年时间。由于没有对该秒码元的“年”信息进行解读判断, 故不存在“年”信息显示异常现象。

2) 站时统时间到达 2020 年 1 月 1 日 00 时 00 分 01 秒时, “B 码时间”显示为 2010 年 01 月 01 日 00 时 00 分 01 秒, 时间显示错误。此时终端显示软件使用 2020 年 01 月 01 日 00 时 00 分 00 秒的码元信息, 如式(1)所示。

$$822222222822222222282222222228522222222822222222228 \quad (1)$$

根据时间计数规则, 此时默认为新的一年开始, “年”信息为空白, 系统需要连续读取两秒的时间信息码元, 方能得到完整的“年”信息。如式(1)所示, 第 43 位码元是“年”的“个/十”信息标志位, 为“2”时表示“年”的“个位”信息位, 信息由第 45~48 位(粗体)得到, 故“年”的“个位”信息位“0”。由于没有“十位”信息, 继续沿用前一秒的“十位”信息“5222”, 如式(2)中粗体:

$$8522525258522525252855222252285252225528525252228 \quad (2)$$

再转化为十进制为“1”。故显示的“年”信息为“2010”。

3) 站时统时间到达 2020 年 1 月 1 日 00 时 00 分 02 秒时, “B 码时间”显示为 2020 年 01 月 01 日 00 时 00 分 02 秒, 时间显示正确。此时终端显示软件是用 2020 年 01 月 01 日 00 时 00 分 01 秒的码元信息, 如(3)所示。

$$8522222228222222222822222222285222222228222252228 \quad (3)$$

第 43 位码元为“5”时表示“年”的“十位”信息位, 信息由第 45~48 位(粗体)得到“十位”信息为“2”。“年”的“个位”信息位沿用前一秒的“0”, 故显示的“年”信息为“2020”。

除测量船中心机时码终端外, 站时统及各时码终端均为同一生产厂家研制生产, 其时间码解析显示机制相同, 均采用单秒解析显示机制, 均存在 B 码时间“跨 10 年”显示异常现象。通过理论分析结论与实际一致, 由此可断定, B 时间码“跨 10 年”显示异常现象, 原因在于时码终端

对 B 时间码中日期的解析显示机制与 2008 年颁布的 IRIG-B 码格式规范不协调所致^[12]。

3.2 试验验证

1) 采用以 GPS 为主用定时手段的站时统为时间信号源, 进行多个跨整 10 年时段跳时试验, 如 2010 年 12 月 31 日 23 时 59 分至 2011 年 1 月 1 日 00 时 01 分时间段。

本试验需重点关注在单秒解析显示机制下, 跨整 10 年过程 B 码码元中年信息的解析显示^[13]。同时用多秒解析显示机制的终端时间显示作对比, 验证解码显示机制与现有时间信息编码机制不协调的结论。分别采集“系统时间”、“B 码时间”、A 用户终端、B 用户终端和 C 用户终端的时间码元, 并对时间显示进行记录与判断, 试验结果如表 3 所示, 其中“无跳变”用“0”表示, “有跳变”用“1”表示。

表 3 跨整 10 年时间有无跳变试验结果

跨整 10 年年份	系统 时间	B 码 时间	A 终端	B 终端	C 终端
2009 年	0	1	0	0	1
2029 年	0	1	0	0	1
2039 年	0	1	0	0	1
2049 年	0	1	0	0	1

其中“B 码时间”、C 用户终端采用单秒解析显示机制, 其他均采用多秒解析显示机制, 如表 4 所示, 用“0”表示对应关系“否”、“1”表示对应关系“是”。

表 4 单秒/多秒解析显示机制对应关系

解析显示 机制	系统 时间	B 码 时间	A 终端	B 终端	C 终端
单秒	0	1	0	0	1
多秒	1	0	1	1	0

通过试验证明, 跨整 10 年过程产生时间跳变的终端均采用单秒解析显示机制, 这个结论与现实故障和理论分析一致。

2) 采用以北斗为主用定时手段的站时统为时间信号源, 进行多个跨整 10 年时段跳时试验, 其他试验条件均与上面相同。试验结果如表 5 所示, 其中“无跳变”用“0”表示, “有跳变”用“1”表示。

表 5 跨整 10 年时间有无跳变试验结果

跨整 10 年年份	系统 时间	B 码 时间	A 终端	B 终端	C 终端
2009 年	0	1	0	0	1
2029 年	0	1	0	0	1
2039 年	0	1	0	0	1
2049 年	0	1	0	0	1

通过试验证明, 结论与上面一致, 表明跨整 10 年时间跳变与定时参考源无关。

3) 进行多个普通“跨年”(如 2020 年 12 月 31 日 23 时 59 分至 2021 年 1 月 1 日 00 时 01 分过程)时段跳时试验, 无时间跳变, 试验结果如表 6 所示, 其中“无跳变”用“0”表示, “有跳变”用“1”表示。

表 6 普通跨年时间有无跳变试验结果

普通跨年 跳时试验	系统 时间	B 码 时间	A 终端	B 终端	C 终端
2020 年	0	0	0	0	0
2021 年	0	0	0	0	0
2022 年	0	0	0	0	0
2023 年	0	0	0	0	0
2024 年	0	0	0	0	0
2025 年	0	0	0	0	0
2026 年	0	0	0	0	0

通过试验证明, 无论采用何种(单秒/多秒)解析显示机制, 普通跨年均不存在时间跳变现象。

4 结 论

通过分析当前使用的 IRIG-B 码格式规范, “年”信息需要连续 2 s 才能完整正确的判读出来。重点对单秒/多秒解析显示机制进行阐述, 结合实际现象, 深入分析研究了时间跳变的原因, 通过多组试验验证了分析的正确性。因此得出在跨“整 10 年”显示中, 采用单秒解析显示机制的终端存在“年”信息跳变现象不可避免。B 时间码“跨年”显示异常, 原因在于 B 时间码解析显示机制与 2008 年颁布的 IRIG-B 码格式规范不协调^[14]。由于不同用户终端对 B 时间码的显示要求不同, 因此没有绝对的最优解码显示机制, 这需要根据具体情况选择相对最优的解码显示机制, 从而达到时间信息显示的准实时性和连续稳定性的最佳组合^[15]。本文的分析与研究, 为不同时间解析显示要求的时统终端, 提供了时间应用的重要参考, 具有广泛的实用性和现实意义。

参考文献

- [1] 韩志凤, 刘建业, 李荣冰, 等. 北斗弱信号跟踪相干积分算法设计[J]. 控制与决策, 2018, 33(7): 1282-1286.
- [2] 胡汉武, 赵峙岳. 一种基于北斗授时的跳频同步实现方法[J]. 国外电子测量技术, 2013, 32(8): 10-13.
- [3] 高力为, 宋克柱. GPS 时钟同步的分布式地球物理探测系统设计[J]. 电子测量技术, 2017, 40(1): 105-109.
- [4] 朱江森, 宋文峰, 高原, 等. 基于改进型 BP 神经网络的氢原子钟钟差预测[J]. 仪器仪表学报, 2016, 37(2): 454-460.
- [5] 胡梅, 李晓宇, 陈建云. 采样噪声对北斗全球信号测距

- 误差的影响分析[J]. 仪器仪表学报, 2019, 40(9): 180-188.
- [6] 冯胜民, 陈娟花, 曹占山, 等. 基于 FPGA 和 TDC-GP2 的钟差测量系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(1): 63-68.
- [7] 李亚胜, 尚杨. 基于 SOPC 的高精度时间间隔测量仪设计[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(3): 62-67.
- [8] 冯胜民, 陈娟花, 王国林, 等. 基于 FPGA 的 IRIG-B 码产生器设计与实现[J]. 电子测量技术, 2015, 38(5): 67-71.
- [9] 李盘文, 高志远. 基于 FPGA 的 IRIG-B(DC) 解码编码器设计[J]. 电子测量技术, 2016, 39(6): 107-110.
- [10] 张贵军. 基于 FPGA 和数字法的 IRIG-B(AC) 码解码设计[J]. 电子器件, 2017, 40(4): 856-861.
- [11] 陈瑞琼, 刘娅, 李孝辉. 基于卫星共视的远程时间频率校准系统[J]. 电子测量与仪器学报, 2016, 30(1): 38-44.
- [12] 郝帅, 洪海丽, 任宇飞. 基于 FPGA 的 IRIG-B(DC) 码编码与解码器设计[J]. 国外电子测量技术, 2012, 31(8): 64-67.
- [13] 于焯, 黄默, 杨斌, 等. 一种高精度导航卫星钟差中长期预报方法[J]. 仪器仪表学报, 2019, 40(9): 36-43.
- [14] 谭述森, 李琳. 北斗系统导航定位报告体制与工程技术[J]. 导航定位学报, 2013, 1(3): 1-9.
- [15] 唐斌, 李金龙, 申俊飞, 等. 闰秒过程中部分北斗授时时钟显示错误分析[J]. 导航定位学报, 2017(3): 72-76.

作者简介

刘洪源, 工学学士, 工程师, 主要研究方向为网络通信、时间统一技术等。

E-mail: SDLHY123@163.com