



北斗系统与应用出版工程
“十二五”国家重点图书出版规划项目
国家出版基金项目

应用篇

北斗授时 技术及其应用

◎ 吴海涛 李 变 武建锋 何在民 高玉平 著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

北斗系统与应用出版工程

“十二五”国家重点图书出版规划项目

国家出版基金项目

北斗授时技术及其应用

吴海涛 李 变 武建锋 何在民 高玉平 著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以北斗卫星导航系统为重点,较为详细、全面地介绍了卫星导航系统的授时技术及其应用情况。全书共5章,分别介绍了授时技术的发展情况、卫星导航系统时间产生的基本原理与方法、北斗授时原理与方法、GNSS授时接收机技术以及北斗授时技术应用等内容。本书内容基本覆盖了卫星导航系统授时技术所涉及的知识和成果,既介绍基本知识,也介绍了最新研究和应用成果。

本书可供从事卫星导航的工程技术人员与科研人员阅读,也可供时间频率领域的研究生参阅。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

北斗授时技术及其应用 / 吴海涛等著. —北京: 电子工业出版社, 2016.4

北斗系统与应用出版工程

ISBN 978-7-121-28518-9

I. ①北… II. ①吴… III. ①卫星导航—全球定位系统—时间服务 IV. ①P228.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第069440号

策划编辑: 宋 梅

责任编辑: 宋 梅

印 刷: 三河市双峰印刷装订有限公司

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 720×1000 1/16 印张: 13.75 字数: 285千字

版 次: 2016年4月第1版

印 次: 2016年4月第1次印刷

印 数: 3000册 定价: 58.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888,88258888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: mariams@phei.com.cn。

北斗系统与应用出版工程

指导委员会

主 任

孙家栋：中国科学院院士，两弹一星功勋奖章获得者

副主任

张履谦：中国工程院院士

刘经南：中国工程院院士

沈荣骏：中国工程院院士

杨元喜：中国科学院院士

杨小牛：中国工程院院士

谭述森：中国工程院院士，北斗卫星导航系统副总设计师

杨长风：北斗卫星导航系统总设计师

李祖洪：北斗卫星导航系统副总设计师

夏国洪：原中国航天科工集团公司总经理，党组书记，科技委主任

张荣久：中国卫星导航定位协会会长

委 员（以下按姓氏汉语拼音排列）

敖 然 陈少洋 刁石京 高晓滨 李忠宝 刘九如 柳其许 苗前军
冉承其 宋起柱 于春全 赵 坚

编审委员会

主 任

曹 冲

副主任（以下按姓氏汉语拼音排列）

郭树人 景贵飞 李冬航 陆明泉 施 闯 王传臣 王飞雪 王俊峰
王 莉 魏永刚 夏 青 肖雄兵 杨强文 郁文贤 张代平 赵丽松
周建华

委 员（以下按姓氏汉语拼音排列）

鲍志雄 蔡 毅 陈涤非 陈洪卿 陈向东 高玉平 韩云霞 何在民
华 军 金永新 李 变 李成钢 鲁 郁 潘高峰 蒲小兵 施许立
王李军 吴才聪 吴海涛 武建锋 夏建中 夏林元 熊 立 姚 铮
俞能杰 苑严伟 郑瑞锋

秘书组成员（以下按姓氏汉语拼音排列）

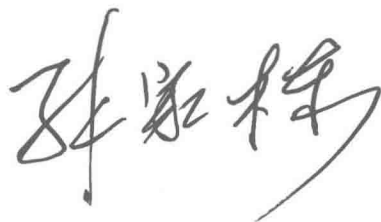
来春丽 宋 梅

策划编辑

宋 梅

总 序

“北斗系统与应用出版工程”丛书，能作为国家出版工程推进，是件很好的事情，我表示热烈的祝贺，欣然作序予以鼓励支持。北斗系统不仅是项充满活力的新兴技术，而且是国家重要的时空信息基础设施，同时由于它与其他技术和产业的多重关联性和融合性，故成为现代智能信息产业集群体的重大技术支持系统和具有巨大带动力的时代产业发展引擎，与国家安全、国民经济和社会民生密切相关，与两个“中国梦”密切相关，能够服务全中国和全世界。北斗系统的建设和运营，给国家和社会的兴邦强国、行业 and 企业的建功立业、团队和个人的著书立说与创新创业创造精神的大发挥、大发展，提供了百年难遇的良好机会。“北斗系统与应用出版工程”丛书，也承载着同样的使命，它所包括的内容包括系统、技术和应用三个方面，这种选择非常符合实际需要，很全面，且顾及了眼前和长远，而且应用方面所占的分量相当大。我建议在应用的服务领域要多下点功夫，这是北斗系统和时空信息服务体系的关键。在当今的条件下，推进这个出版工程，具有明显的现实意义和长远价值。为此，我在这里要强调三点：一是一定要把国内外 GNSS 领域的成功经验和教训，进行系统总结，作为良好的参考；二是应该将我们在系统建设中的实践，上升为理论与模式，进一步推进我们的工作与事业；三是在上面两点的基础上，我们要有所前进，有所创造，在理论、实践、产业和体系化发展推进上有所突破，逐步走向世界的前列，真正把这一出版工程，做成北斗系统伟大工程的一个不可分割的组成部分，反过来对于系统工程发挥指导促进作用，发挥其 GNSS 里程碑效应和效能。



2015 年 12 月

前 言

时间是表征物质运动的基本物理量，是现代信息社会的基本要素，是目前所有物理量及物理常数中测量精度最高的物理量。时间包含时刻和时间间隔两个方面，用于记录事件发生的时刻和持续的时间。时间频率信号可以通过电磁波来传播，标准时间频率信号可作为实用信息（如导航、定位等）的传递载体，直接服务于用户。国际上有统一的国际标准时间——协调世界时（UTC）和国际原子时（TAI）。一个国家也必须有统一的标准时间，用以规范和制约各类社会活动，以保证国家、社会运转的有序性和安全性。授时就是将标准时间信号（信息）传递给用户，是统一时间应用的基础。

高精度授时技术及其应用，特别是导航卫星系统的授时应用，随着信息化时代的到来越来越重要。授时应用范围已经渗透到从基础研究领域（天文学、地球动力学、物理学等）到工程技术领域（信息传递、深空跟踪、空间旅行、导航定位、武器实验、地震监测、计量测试等），还关系到国计民生的国家诸多重要部门和领域（交通运输、电力输配、金融证券、邮电通信等）的方方面面，几乎无所不在，成为我国科技、经济、军事和社会进步的重要支撑。

根据作者多年的授时技术相关研究成果以及卫星导航系统授时应用的积累，本书对卫星导航系统，主要是北斗系统中的授时技术要素进行了详尽分析，系统介绍了卫星导航系统中时间产生、传播、接收以及应用的原理、方法和技术，论述了卫星导航系统中各部分的时间频率特性和时间频率技术。在编写过程中，在介绍基础知识的同时，也注重国际最新进展和最新应用成果。

全书共 5 章。

第 1 章简要介绍了现代授时手段和技术发展简史，然后介绍了卫星导航系统的发展历程以及世界主要卫星导航系统的简要情况，重点介绍了卫星导航系统的授时能力和北斗卫星导航系统的基本情况。

第 2 章主要介绍了 GNSS/北斗系统时间以及 GNSS/北斗时间系统的组成与功能，详细阐述了 GPS 与我国北斗卫星导航系统时间产生的基本原理和方法，并对 GNSS 系统之间时间的兼容互操作作了简要分析。

第 3 章详细论述了 GNSS/北斗授时原理，重点介绍了 GNSS 单向授时、北斗 RDSS 单向授时、北斗 RDSS 双向授时的原理；针对 GNSS 授时单星、多星的情况，给出了详细的钟差计算模型；结合我国北斗卫星导航系统的特点，分析了北斗 RDSS 单向授时、北斗 RDSS 双向授时的计算模型；最后，全面分析了 GNSS/北斗定时的主要误差，并给出了相应的误差改正方法。

第 4 章详细介绍了 GNSS/北斗信号的捕获与跟踪原理及方法，介绍了导航数据

的位同步、帧同步，并对接收机时间的产生及时延标定进行了论述。

第 5 章重点介绍了北斗卫星导航系统授时在通信、电力、交通、金融、地震监测、矿业、广电等行业的应用，以及在国防建设、科学研究、可信时间认证等领域的应用。

本书由吴海涛、李变、武建锋、何在民、高玉平著，其中，吴海涛负责第 5 章，高玉平负责第 1 章，李变负责第 2 章，武建锋负责第 3 章，何在民负责第 4 章。吴海涛对全书内容进行了统稿。

在本书编写过程中，得到卢晓春研究员、李孝辉研究员、胡永辉研究员的大力支持，陈洪卿、张鹏飞、王平利、吕宏春、陈菲、徐健等人参与了本书的编写工作，郭伟副研究员为本书编写提供了在广电和可信时间戳方面的应用技术资料，在此表示感谢。同时感谢电子工业出版社宋梅编审为本书编写提供的大力支持。

由于作者水平有限，其中难免存在一些疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

作 者

2016 年 1 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 现代授时技术的发展	2
1.1.1 授时技术概述	2
1.1.2 BPM 短波授时	4
1.1.3 BPL 长波授时	7
1.1.4 BPC 低频时码授时	11
1.1.5 广播电视授时	15
1.1.6 计算机网络授时	18
1.1.7 电话授时	20
1.2 卫星导航系统及其授时	22
1.2.1 子午仪卫星导航系统	22
1.2.2 从 GPS 到 GNSS	23
1.2.3 卫星导航系统的授时能力	24
1.3 北斗卫星导航系统	25
参考文献	27
第 2 章 GNSS 时间系统	29
2.1 GNSS 系统时间	30
2.2 GNSS 时间系统的组成及其功能	30
2.2.1 GNSS 时间系统的组成	30
2.2.2 GNSS 时间系统的特点	32
2.2.3 GNSS 时间系统的功能	33
2.2.4 原子钟在卫星导航系统中的作用	34
2.3 GPS 时间系统	35
2.3.1 GPS 时间系统的构成	35
2.3.2 GPS 系统时间的产生	36
2.3.3 GPS 系统时间的溯源	38
2.4 北斗卫星导航时间系统	39
2.4.1 BD 时间系统的组成	39
2.4.2 BD 系统时间的产生	40
2.4.3 BD 系统时间的溯源	41
2.5 GNSS 系统时间互操作	41

2.5.1 GNSS 系统时间与 UTC 的关系	42
2.5.2 GNSS 系统间的时间转换	43
2.5.3 系统时差的确定及特性分析	44
参考文献	47
第 3 章 GNSS 授时原理与方法	49
3.1 GNSS 授时原理	50
3.1.1 RNSS 单向授时原理	50
3.1.2 北斗 RDSS 单向授时原理	51
3.1.3 北斗 RDSS 双向授时原理	53
3.2 GNSS 授时方法	55
3.2.1 RNSS 单向授时方法	55
3.2.2 北斗 RDSS 单向授时方法	59
3.2.3 北斗 RDSS 双向授时方法	60
3.3 GNSS 授时主要误差及修正	61
3.3.1 电离层时延	62
3.3.2 对流层时延	65
3.3.3 多路径误差	69
3.3.4 地球自转改正	71
3.3.5 相对论效应	72
3.3.6 卫星钟差	73
3.3.7 卫星星历误差	74
3.3.8 与接收机相关的误差	76
3.4 GNSS 授时精度	78
3.4.1 RNSS 单向授时精度	78
3.4.2 北斗 RDSS 单向授时精度	79
3.4.3 北斗 RDSS 双向授时精度	81
参考文献	81
第 4 章 北斗/GNSS 接收机定时技术	85
4.1 北斗/GNSS 授时接收机基本框架	86
4.2 GNSS 信号捕获	87
4.2.1 搜索方式	88
4.2.2 信号捕获算法	90
4.2.3 信号检测	96
4.3 GNSS 信号跟踪	101

4.3.1	信号跟踪原理	101
4.3.2	载波跟踪环路	102
4.3.3	码跟踪环路	109
4.4	导航数据同步	112
4.4.1	导航数据位同步	112
4.4.2	NH 译码	113
4.4.3	导航数据帧同步	114
4.4.4	BCH 译码与解交织	115
4.5	伪距测量	117
4.5.1	卫星信号发射时刻	118
4.5.2	卫星信号接收时刻	120
4.6	定时接收机时间的产生	121
4.6.1	接收机钟差计算	121
4.6.2	接收机钟差模型的建立	124
4.6.3	1PPS 信号的实时控制	125
4.7	定时接收机时延标定	130
4.7.1	时延的分类	130
4.7.2	常用的时延测量仪器和方法	131
4.7.3	定时接收机通道整体时延相对标定方法	136
4.7.4	定时接收机通道整体时延绝对标定方法	137
	参考文献	139
第 5 章	北斗/GNSS 授时技术的应用	141
5.1	北斗/GNSS 授时在通信中的应用	142
5.1.1	通信行业应用需求与技术要求	142
5.1.2	通信行业北斗授时应用技术	143
5.1.3	相关标准	146
5.1.4	通信行业应用情况	151
5.2	北斗/GNSS 授时在电力系统中的授时应用	152
5.2.1	电力应用需求	153
5.2.2	电力时间同步网架构	162
5.2.3	基本式时间同步系统	163
5.2.4	北斗/GNSS 电力时钟技术要求	165
5.2.5	时间同步信号、接口及其时间同步准确度	171
5.2.6	电网卫星定时与时间同步检测	171
5.3	北斗/GNSS 授时在交通系统中的应用	172

5.3.1 GNSS 授时技术在城市交通中的应用	173
5.3.2 北斗/GNSS 授时技术在铁路交通中的应用	175
5.3.3 北斗/GNSS 授时技术在公路交通中的应用	179
5.4 银行金融系统中的授时应用	182
5.5 地震监测系统中的授时应用	187
5.6 矿业系统中的授时应用	189
5.7 北斗/GNSS 授时在广电系统中的应用	190
5.8 北斗/GNSS 授时与可信时间认证	192
5.9 北斗/GNSS 授时在科学研究中的应用	195
5.10 北斗/GNSS 授时在国防建设中的应用	197
5.10.1 靶场授时应用	198
5.10.2 人防系统应用	200
5.11 北斗授时应用展望	201
参考文献	202
缩略语	205

第 1 章

绪 论

本章要点

- 现代授时技术的发展
- 卫星导航系统及其授时
- 北斗卫星导航系统



1.1 现代授时技术的发展

1.1.1 授时技术概述

时间是表征物质运动的物理量，也是目前所有物理量及物理常数中测量精度最高的物理量。它也是现代信息社会的基本要素。时间包含时刻和时间间隔两种含义，用于记录事件发生的时刻及其持续时间。表征时间（频率）的信号可以通过电磁波来传播。标准时间频率信号可以作为实用信息（如导航、定位、信息反演等）的传递载体，直接服务于用户。国际上有统一的标准时间——协调世界时（UTC）和国际原子时（TAI）。一个国家也必须有统一的标准时间，用以规范、制约各种社会活动，以保证社会运转的有序性和安全性。

授时就是将标准时间信号（信息）传递给用户，是时间同步应用的关键。从历史上看，通信是授时的基础，可以说，有一种通信手段，就可能对应有一种授时手段。20 世纪以来，对应于低频电报、短波通信、微波中继通信、广播、电视、卫星等技术，先后出现低频时码授时、长波（导航）授时、短波授时、电视授时、卫星授时、电话授时、计算机网络协议授时等多种授时手段。目前中国科学院国家授时中心（CNTSC）开展的授时服务有低频时码授时（BPC）、长波授时（BPL）、短波授时（BPM）、电话授时、计算机网络协议（NTP）授时等，如图 1.1 所示。在国际电信联盟（ITU）1997 年发布的 Rec.ITU-R TF.1011-1《Systems, Techniques and Services for Time and Frequency Transfer》——《传递时间频率的系统、技术、业务》建议书中对各种授时技术的准确度进行了评估，如表 1.1 所示。在不同的时间频率实际应

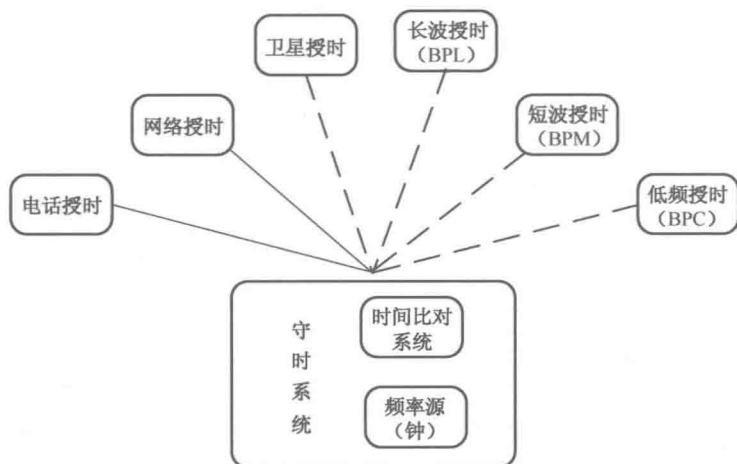


图 1.1 目前国家授时中心开展的授时服务

用中，不仅要选择最佳的时间频率传输系统或技术，还必须考虑可用性、可靠性、运行操作的自动化程度、使用方便程度以及成本等因素。目前，全世界已经有许多不同的授时系统、技术和业务，被用以满足各种用户对时间和频率的多种业务需求。

表 1.1 传递时间/频率的系统、技术及其业务参数

传 递 手 段	时间准确度 (UTC)	典型的频率 传输性能	覆 盖 范 围	可 用 性	使用方 便程度	系 统 实 例	备 注
短 波 广 播	1~10 ms	$10^{-6} \sim 10^{-8}$ (全天)	全 球	持 续 的 取决于用 户位置	取决于 要求的 准确度	中国 BPM 台	准确度取决于距 离、时间段、接收 机校准等
低 频 广 播	1 ms	$10^{-10} \sim 10^{-11}$	地 区	持 续 的	自 动	中国 BPC 台, 德国 DCF77 等	取决于离源的距 离和传播模式
低频导航 (脉冲)	1 μ s	10^{-12}	地 区	持 续 的	自 动	中国 BPL 长河二号 罗兰-C	覆盖北半球 / 基 于接收地波的稳 定度 / 准确度
电视广播 地面链路	10 ns (共 视)	$10^{-12} \sim 10^{-14}$ (>1 天)	本 地	取决于本 地 TV 广播 时间	自 动	中国 CCTV	需要校准才能 定时
导航卫星 广播方式	50~500 ns	$10^{-10} \sim 10^{-12}$	全 球	持 续 的	自 动	北斗 GPS Galileo GLONASS	需要 1 天平均才满 足频率传输的特 定要求
导航卫星 共视方式	5~20 ns	$10^{-13} \sim 10^{-15}$ (1~50 d)	世界各大 洲之间	持 续 的	自动数据 采集, 要有 后处理	北斗 GPS Galileo GLONASS	最精确的时间同 步, 广泛使用, $\leq 8\,000$ km
气象卫星 广播	100 μ s	不推荐用于 频率传输	卫星的 星下区	持 续 的	自 动	美国 GOES	卫星星食时 不能服务
同步 广播卫星	20 μ s	5×10^{-10}	卫星 覆盖区	持 续 的	自 动	印度 INSAT	卫星星食时 不能服务
双向通信 卫星	1~10 ns (双 向)	$10^{-14} \sim 10^{-15}$	卫星 覆盖区	根据比对 时 间 表	自动数据 采集, 要有 后处理	中德、中日、 美欧亚已成 网络	当前最准确的 时间比对手段
光 纤	10~50 ps	$10^{-16} \sim 10^{-17}$	本地 ≤ 50 km	持 续 的	自 动	专用于 时间频率 传输	电缆环境要恒温 (埋地下 1.5 m 处)
	100 ns	$10^{-13} \sim 10^{-14}$ (>1 d)	远距离 2 000 km	持 续 的	自 动	数字同步网 (SDH)	数字通信系统 的一部分

续表

传递手段	时间准确度 (UTC)	典型的频率 传输性能	覆盖范围	可用性	使用方便程度	系统实例	备注
电话 时间编码 (双工)	1~10 ms	10^{-8} (>1 d)	电话 覆盖区	持续的	自动	中国 NTSC 欧美日	计算机软件具有此功能, 双工电话线同路径
微波链路	1~10 ns	$10^{-14} \sim 10^{-15}$	本地	持续的	自动	中国 美国 欧盟各国	对大气和多径较敏感, 要双工才准确和稳定
同轴电缆	1~10 ns	$10^{-14} \sim 10^{-15}$	本地	持续的	自动		对电压驻波比、温度、湿度和气压敏感

1.1.2 BPM 短波授时

1. 概述

短波授时是短波通信的特殊应用, 即利用频率范围为 3~30 MHz 的短波无线电信号发播标准时间和标准频率信号。由于其覆盖范围广、发射与接收设备简单、价格低廉、使用方便, 并且具有战时顽存性等不可替代的特点, 因此短波授时至今仍被许多国家所采用, 国际电信联盟规定, 用于短波授时的频率和带宽分别为 2.5 MHz±5 kHz、5 MHz±5 kHz、10 MHz±5 kHz、15 MHz±10 kHz、20 MHz±10 kHz 和 25 MHz±10 kHz。因此, 依靠电离层反射传播的天波成为了短波授时信号的主要传播方式。

早在 1910 年, 法国和德国先后利用短波无线电台发播时间信号, 开创了利用短波无线电信号授时的新纪元。世界各国相继建立了短波授时台, 开展了短波授时服务。经过多年应用研究, 其授时精度达到了毫秒量级。我国的 BPM 短波授时台由中国科学院国家授时中心(原中国科学院陕西天文台)于 1970 年建成试播, 1981 年经国务院批准, 正式承担我国短波授时服务, 呼号 BPM。1995 年实施第一次技术升级改造, 采用固态发射机替换电子管发射机; 2014 年开始进行第二次技术升级改造, 采用副载波进行数据调制, 增加时码数据发播功能。

2. 主要技术特征

BPM 短波授时系统主要由溯源于 UTC (NTSC) 的守时系统、基准传递系统、时频监控系统、发射控制系统、发射系统等部分组成, 其组成结构如图 1.2 所示。

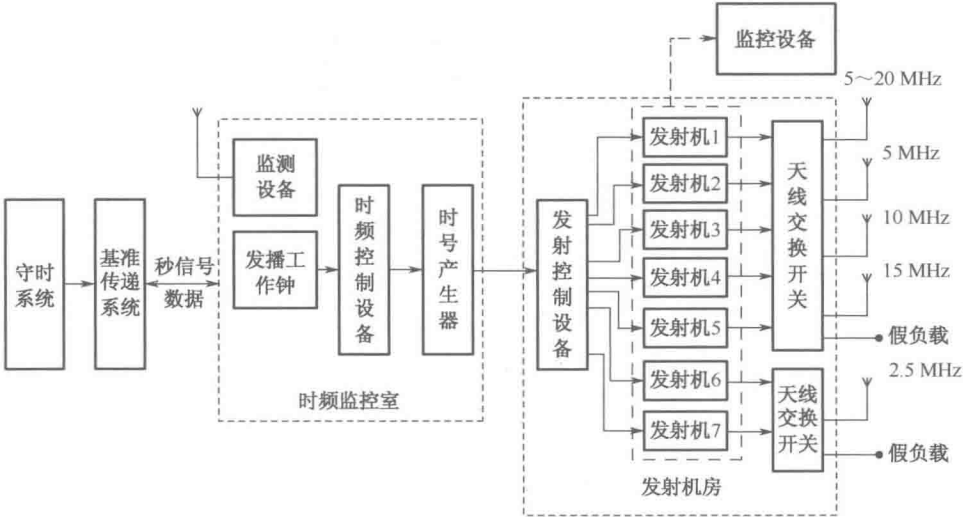


图 1.2 短波授时系统组成

BPM 短波授时系统采用标准频率发播，每天各个载波的发播时刻安排如下：

发射频率（MHz）	UTC 时间	北京时间
2.5	07:00~01:00	15:00~09:00
5	00:00~24:00	00:00~24:00
10	00:00~24:00	00:00~24:00
15	01:00~09:00	09:00~17:00

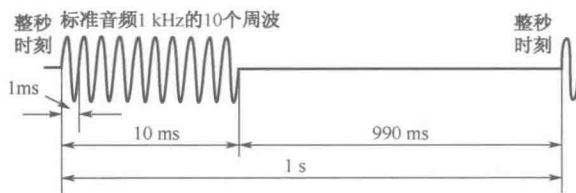
接收工作频率的选用随太阳活动程度和季节、昼夜不同而有所变化，但在每一瞬间都有两个以上载波频率在工作，保证 24 小时的连续发播，覆盖全国陆地和海洋。BPM 授时信号以 1 小时为周期重复发播 UTC、UT1 时号以及载波、发播台 ID 识别信号。

(1) BPM 呼号

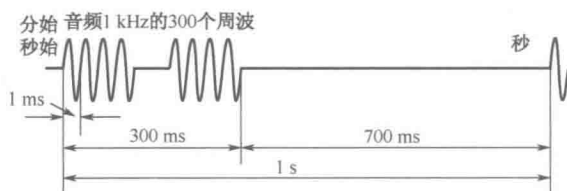
BPM 短波授时系统在每小时的 29~30 m，59~60 m 时段发播 BPM 呼号，其中前 40 s 为莫尔斯电码：— · · — · — —，后 20 s 为女声汉语普通话广播：BPM 标准时间标准频率发播台。

(2) UTC 时号

BPM 短波授时发播 UTC 时号，UTC 时号的秒信号为标准音频 1 kHz 调制的 10 个周波，长 10 ms，第一个周波的起点为整秒参考点；UTC 时号的整分信号为 1 kHz 调制的 300 个周波，长 300 ms，第一个周波的起点为整分参考点，信号波形如图 1.3 所示。



(a) BPM时号的UTC秒信号



(b) BPM时号的UTC整分信号

图 1.3 BPM 信号格式

经国际电信联盟 ITU-R 认可, BPM 发播的 UTC 时号比 UTC (NTSC) 时刻固定超前 20 ms。在发播 UTC 时号的同时, 参照 Rec.ITU-R TF.583-5 建议书, 在 125 Hz 副载波上用 BCD 码发送包含有年、月、日、时、分、秒、UT1 改正值和闰秒预告信息的时间编码, 为用户提供完整的时间信息, 方便应用。

(3) UT1 时号

BPM 短波授时还直接发播 UT1 时号, 按 UT1 预报值发播。其秒信号是标准音频 1 kHz 调制的 100 个周波, 长 100 ms, 第一个周波起点为 UT1 整秒的参考点; 整分信号为 1 kHz 调制的 300 个周波, 长 300 ms。

3. 授时精度与服务范围

BPM 短波授时系统的主要性能指标如下:

- ① UTC 发播时刻准确度优于 $\pm 50 \mu\text{s}$ 。
- ② 载频信号准确度优于 1×10^{-12} 。
- ③ UT1 时号的发播时刻与 UT1 预报时刻的偏差在 $\pm 300 \mu\text{s}$ 内。
- ④ 天线辐射功率大于 10 kW。
- ⑤ 信号覆盖半径为 0~3 000 km。

4. 接收与应用

利用短波时号可以进行远距离时间频率校准, 接收设备是短波接收机。原则上讲, 市场上出售的有短波波段的收音机都可以收听短波时号。在信号弱信噪比差的环境, 需要用专用对时或校频的高性能的短波接收机并按使用规范架设接收天线接收时号。国家授时中心研制的 NT100 型 BPM 短波自动校时标准钟如图 1.4 所示。