

ICS 27.100

F 21

备案号: 26340-2009

**DL**

# 中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1100.1 — 2009

---

## 电力系统的时间同步系统 第 1 部分: 技术规范

Time synchronism systems of power system  
Part 1: Technical specifications

2009-07-22 发布

2009-12-01 实施

---

中华人民共和国国家能源局 发布

## 目 次

前言 .....	II
引言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 时间同步网和时间同步系统 .....	3
5 时间同步装置 .....	5
6 时间信号传输介质 .....	13
附录 A (规范性附录) 电力系统常用设备和系统对时间同步准确度的要求 .....	15
附录 B (规范性附录) IRIG-B 码元定义及波形 .....	16
附录 C (规范性附录) 主备式时间同步系统的工作方式 .....	19

## 前 言

DL/T 1100—2009 标准由以下两部分组成：

——第 1 部分：技术规范；

——第 2 部分：检测规范。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C 是规范性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国电力系统管理及其信息交换标准化技术委员会归口并解释。

本标准主要起草单位：华东电网有限公司。

本标准参加编写单位：国电华北电力设计院工程有限公司、华东电力试验研究院、武汉中元华电科技有限公司、江苏电力调度通信中心、南京南瑞集团公司、国家电力调度通信中心、中国科学院国家授时中心、北京四方继保自动化股份有限公司、山东科汇电气股份有限公司、中国电力科学研究院、北京波行电力技术开发有限公司、许继开普电器检测研究所、江苏省电力设计院、江苏省电力试验研究院、南方电网有限公司。

本标准主要起草人：杨国庆、张道农、赵海生、邓志刚、吴玉林、周健、于跃海、朱纘震、胡炯、胡永辉、岑宗浩、南贵林、李京、李刚、张立培、贺春、潘勇伟、陆天健、陈飞、周捷、赵曼勇、石俊杰、舒治淮、王永福、朱书扬、徐春雷、霍雪松、李澄、黄伟。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化中心（北京市宣武区白广路二条一号，100761）。

## 引 言

本标准是根据电力系统时间同步系统的有关规定，结合近期及远期电力系统对时间同步系统的要求编制的。

电力系统的快速发展，对时间同步的要求日益迫切，需要准确、安全、可靠的时钟源，为电力系统各类运行设备提供精确的时间基准。本系列标准的目的是为我国电网的各级调度机构、发电厂、变电站、集控中心等提供统一的时间基准，以满足各种系统（例如调度自动化系统、能量管理系统、生产信息管理系统、监控系统）和设备〔例如继电保护装置、智能电子设备、事件顺序记录（SOE）、厂站自动控制设备、安全稳定控制装置、故障录波器〕对时间同步的要求，确保实时数据采集时间一致性，提高线路故障测距、相量和功角动态监测、机组和电网参数校验的准确性，从而提高电网事故分析和稳定控制的水平，提高电网运行效率和可靠性，适应我国大电网互联、特高压输电的发展需要，同时也规范了时间同步系统与授时设备或系统的互联、不同厂家时间同步装置间的互联以及时间同步系统组网和运行模式。

本部分标准规定了电力系统时间同步系统的统一接口（包括物理接口、数据接口）、系统组成、准确度等，其目的是实现时间同步系统与授时设备互联，以及不同厂家时间同步装置间的互联，电力系统时间同步系统组网。

# 电力系统的时间同步系统 第1部分：技术规范

## 1 范围

本标准提出了电力系统时间同步系统的基本组成、配置及组网的一般原则，规定了电力系统时间同步系统的术语、定义、功能、要求，以及时间信号传输介质的应用条件。

本标准适用于各级电网的调度机构、发电厂、变电站、集控中心中所用的时间同步系统。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可以使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 2423.3—2006 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 Cab：恒定湿热试验（idt IEC 60068-2-78: 2001）

GB/T 6107—2000 使用串行二进制数据交换的数据终端设备和数据电路终接设备之间的接口（idt EIA/TIA-232-E）

GB/T 11014—1989 平衡电压数字接口电路的电气特性（eqv EIA RS-422A）

GB/T 11287—2000 电气继电器 第21部分：量度继电器和保护装置的振动、冲击、碰撞和地震试验 第一篇：振动试验（正弦）（idt IEC 60255-21-1: 1988）

GB/T 13729—2002 远动终端设备

GB/T 14537—1993 量度继电器和保护装置的冲击与碰撞试验（idt IEC 60255-21-2: 1988）

GB/T 17626.2—1998 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验（idt IEC 61000-4-2: 1995）

GB/T 17626.3—1998 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验（idt IEC 61000-4-3: 1995）

GB/T 17626.4—1998 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验（idt IEC 61000-4-4: 1995）

GB/T 17626.5—1999 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验（idt IEC 61000-4-5: 1995）

GB/T 17626.8—1998 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验（idt IEC 61000-4-8: 1993）

GB/T 17626.9—1998 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验（idt IEC 61000-4-9: 1993）

GB/T 17626.10—1998 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验（idt IEC 61000-4-10: 1993）

GB/T 17626.12—1998 电磁兼容 试验和测量技术 振荡波抗扰度试验（idt IEC 61000-4-12: 1995）

GB/T 19391—2003 全球定位系统（GPS）术语及定义

国家电力监管委员会令第5号 电力二次系统安全防护规定

ANSI/TUA/EIA 485-A-1998 Electrical Characteristics of Generators and Receivers for Use in Balanced Digital Multipoint Systems

IEEE C37.118-2005 IEEE Standard for Synchrophasors for Power Systems

IRIG Standard 200 IRIG Serial Time Code Formats

RFC 1305 Network Time Protocol (Version 3) Specification, Implementation and Analysis

RFC 2030 Simple Network Time Protocol (SNTP), Version 4 for IPv4, IPv6 and OSI

### 3 术语和定义

#### 3.1

**协调世界时 universal time coordinated, UTC**

以世界时作为时间初始基准,以原子时作为时间单元(s)基础的标准时间。

GB/T 19391—2003 5.3

#### 3.2

**北京时间 Beijing standard time, BST**

我国的标准时间。

注:北京时间为东八时区的标准区时,比UTC早8h整,即 $BST = UTC + 8h$ 。本标准中的标准时间,除特殊注明者外,均为北京时间。

#### 3.3

**无线时间基准信号 radio time reference signal**

以无线通信方式传播的时间基准信号。

#### 3.4

**有线时间基准信号 wired time reference signal**

以有线通信方式传播的时间基准信号。

#### 3.5

**时间同步系统 time synchronization system**

能接收外部时间基准信号,并按照要求的时间准确度向外输出时间同步信号和时间信息的系统。

注:时间同步系统通常由主时钟、若干从时钟、时间信号传输介质组成。

#### 3.6

**时间同步网 time synchronization network**

由安装在不同地点的时间同步系统组成的网络。

#### 3.7

**时间同步装置 time synchronization device**

时间同步装置又称时钟装置,包括主时钟和从时钟。

#### 3.8

**主时钟 master clock**

能同时接收至少两种外部时间基准信号(其中一种应为无线时间基准信号),具有内部时间基准(晶振或原子频标),按照要求的时间准确度向外输出时间同步信号和时间信息的装置。

#### 3.9

**从时钟 slave clock**

能同时接收主时钟通过有线传输方式发送的至少两路时间同步信号,具有内部时间基准(晶振或原子频标),按照要求的时间准确度向外输出时间同步信号和时间信息的装置。

#### 3.10

**时间报文 time message**

包含时间信息和报头、报尾等标志信息的字符串。

#### 3.11

**秒脉冲 1 pulse per second, 1PPS**

一种时间基准信号,每秒一个脉冲。

#### 3.12

**分脉冲 1 pulse per minute, 1PPM**

一种时间基准信号,每分钟一个脉冲。

## 3.13

**时脉冲 1 pulse per hour, 1PPH**

一种时间基准信号，每小时一个脉冲。

## 3.14

**时间准确度 time accuracy**

时钟装置输出的时间与标准时间（如北京时间）的一致性程度。

## 3.15

**时间同步准确度 time synchronization accuracy**

经时间同步后，被授时时钟输出的时间与授时时钟输出的时间的一致性程度。

## 3.16

**IRIG-B 码 inter-range instrumentation group-B, IRIG-B**

一种串行时间交换码。

## 3.17

**网络时间协议 network time protocol, NTP**

一种通过网络服务于计算机时钟的同步时间协议。

## 4 时间同步网和时间同步系统

### 4.1 时间同步网的组成

电力系统时间同步网由设在各级电网的调度机构、变电站（发电厂）等的时间同步系统组成。在满足技术要求的条件下，网内的时间同步系统可通过通信网络接收上一级时间同步系统发出的有线时间基准信号，也能对下一级时间同步系统提供有线时间基准信号，从而实现全网范围内有关设备的时间同步。时间同步网的组成见图 1。

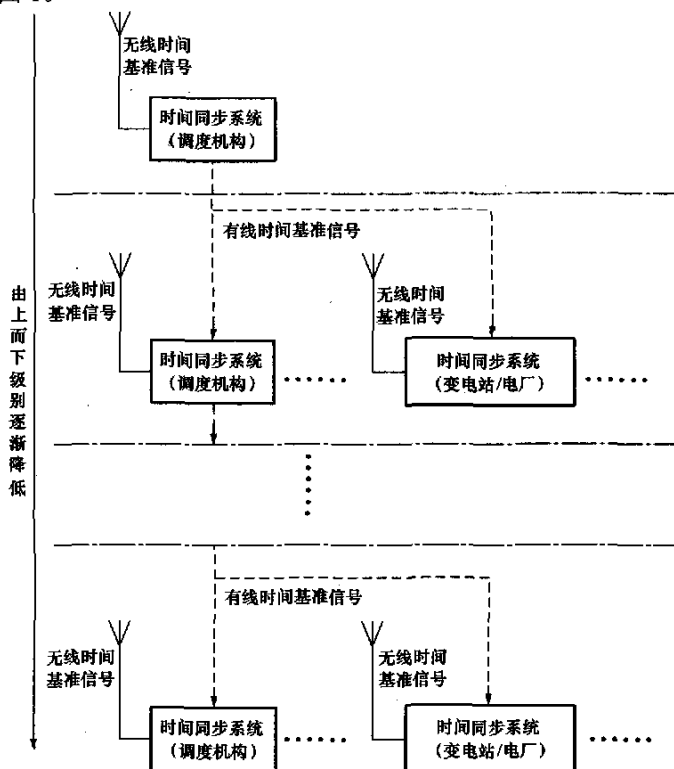


图 1 时间同步网的组成

在满足技术要求的前提下，网内不同时间同步系统之间的有线时间基准信号宜采用现有通信网络传递，以完成时间信息交换。

## 4.2 时间同步系统的组成

时间同步系统有多种组成方式，其典型形式有基本式、主从式、主备式三种。

### 4.2.1 基本式时间同步系统的组成

基本式时间同步系统由一台主时钟和信号传输介质组成，用以为被授时设备或系统定时，见图 2。根据需和技术要求，主时钟可设接收上一级时间同步系统下发的有线时间基准信号的接口。

### 4.2.2 主从式时间同步系统的组成

主从式时间同步系统由一台主时钟、多台从时钟和信号传输介质组成，用以为被授时设备或系统定时，见图 3。根据实际需要和技术要求，主时钟可设用以接收上一级时间同步系统下发的有线时间基准信号的接口。

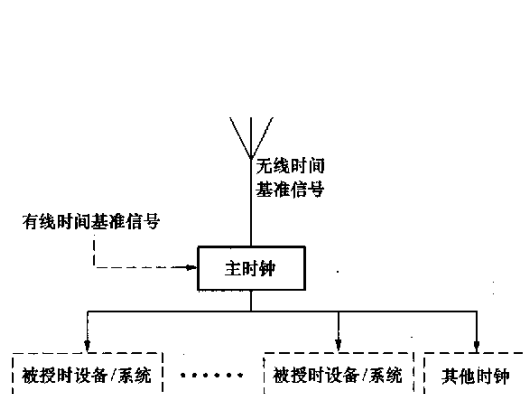


图 2 基本式时间同步系统的组成

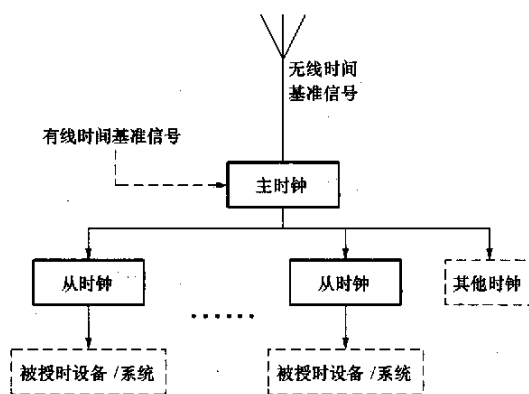


图 3 主从式时间同步系统的组成

### 4.2.3 主备式时间同步系统的组成

主备式时间同步系统由两台主时钟、多台从时钟和信号传输介质组成，为被授时设备或系统定时，见图 4。根据实际需要和技术要求，主时钟可留有接口，用来接收上一级时间同步系统下发的有线时间基准信号。

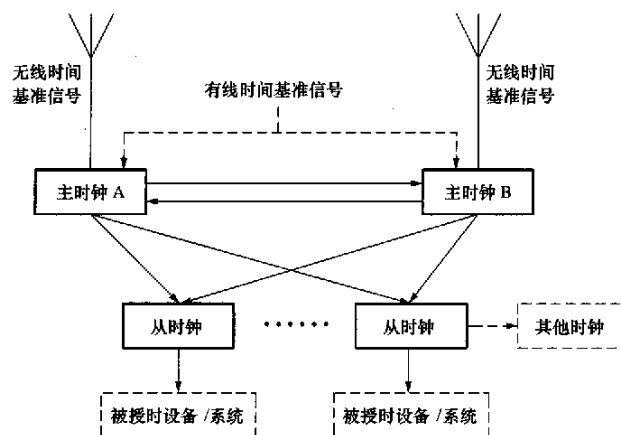


图 4 主备式时间同步系统的组成

## 4.3 时间同步系统的配置

各级调度机构应配置一套时间同步系统，时间同步系统宜采用主备式。



发电厂或变电站应配置一套时间同步系统，大型发电厂、500kV 变电站及有条件的场合宜采用主备式时间同步系统，以提高时间同步系统的可靠性。

主备式时间同步系统应使用附录 C 推荐的工作方式。

如采用两路无线授时基准信号，宜选用不同的授时源。例如，同时采用北斗卫星导航系统和全球定位系统。

当时间同步系统通过以太网接口为不同安全防护等级的系统提供时间基准信号时，应符合国家电力监管委员会令第 5 号《电力二次系统安全防护规定》。

#### 4.4 时间同步系统的运行方式

时间同步系统有独立运行和组网运行两种运行方式。

##### a) 独立运行方式。

时间同步系统不接入时间同步网，独立运行。

##### b) 组网运行方式。

时间同步系统接入时间同步网，除接收无线时间基准信号之外，还接收上一级时间同步系统下发的有线时间基准信号。两类时间基准信号输入都有效时，无线时间基准信号作为系统的优先授时源；在无线时间基准信号异常时，以有线时间基准信号作为系统的授时源。

### 5 时间同步装置

#### 5.1 时间同步装置的基本组成

时间同步装置主要由接收单元、时钟单元和输出单元三部分组成，见图 5。

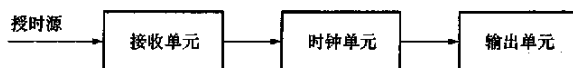


图 5 时间同步装置的基本组成

##### 5.1.1 接收单元

时间同步装置的接收单元以接收的无线或有线时间基准信号作为外部时间基准。

主时钟的接收单元由天线、馈线、低噪声放大器（可选）、防雷保护器（可选）和接收器等组成。

从时钟的接收单元由输入接口和时间编码（如 IRIG-B 码）的解码器组成。

主时钟的接收单元能同时接收至少两种外部时间基准信号，其中一种应为无线时间基准信号。

从时钟的接收单元只接收两种或一种两路有线时间基准信号，这些时间基准信号互为热后备。

##### 5.1.2 时钟单元

接收单元接收到外部时间基准信号后，时钟单元按优先顺序选择外部时间基准信号作同步源，将时钟牵引入跟踪锁定状态，并补偿传输延时。这时，时钟受外部时间基准信号的控制，并输出与其同步的时间同步信号和时间信息。

如接收单元失去外部时间基准信号，则时钟进入守时保持状态。这时，时钟仍能保持一定的时间准确度，并输出时间同步信号和时间信息。外部时间基准信号恢复后，时钟单元自动结束守时保持状态，并被外部时间基准信号牵引入跟踪锁定状态，牵引时间应小于 0.5s。

在牵引过程中，时钟单元仍能输出正确的时间同步信号和时间信息。这些时间同步信号应不出错，时间信息应无错码，脉冲码应不多发或少发。

时钟单元的频率源可根据时间准确度的要求，选用温度补偿石英晶体振荡器、恒温控制晶体振荡器或原子频标等。

##### 5.1.3 输出单元

输出单元输出各类时间同步信号和时间信息、状态信号和告警信号，也可以显示时间、状态和告警

信息。输出的时间同步信号应符合 5.4 的规定。

## 5.2 时间同步装置的功能要求

时间同步装置的功能要求如下：

- a) 主时钟可输出脉冲信号、IRIG-B 码、串行口时间报文和网络时间报文等。
- b) 从时钟作为主时钟的扩展输出装置，可以单独输出一种时间同步信号，也可同时输出多种时间同步信号。
- c) 应输出用于检测的 1PPS 脉冲信号（TTL 电平）。
- d) 在失去外部时间基准信号时具备守时功能。
- e) 具有输入传输延时补偿功能。
- f) 如果输出 NTP 或 SNTP 时间同步信号，不同网络接口之间应实现物理隔离。
- g) 输出信号之间应互相电气隔离，装置的电源输入和所有输出不应与装置内部弱电回路有电气联系。
- h) 具有自复位能力；时间同步装置复位时应不输出时间同步信号，复位后应能恢复正常工作。
- i) 面板上应有下列信息显示：
  - 电源状态指示；
  - 时钟同步信号输出指示灯（正常：1PPS 同步闪烁；故障：熄灭或常亮）；
  - 外部时间基准信号状态指示；
  - 当前使用的时间基准信号；
  - 年、月、日、时、分、秒（北京时间）；
  - 故障信息。
- j) 应有下列告警接点输出：
  - 电源中断告警；
  - 故障状态告警。

时间同步装置还可选配电网频率测量和电钟时差累计等其他功能。

## 5.3 时间同步装置的性能要求

### 5.3.1 环境条件

- a) 工作环境条件。
  - 环境温度： $-5^{\circ}\text{C} \sim +45^{\circ}\text{C}$ ；
  - 相对湿度：5%~95%（装置内部应无凝露，也不结冰）；
  - 大气压力：66kPa~108kPa；
  - 其他应符合 GB/T 13729—2002 中 3.1.2 的要求。
- b) 贮存、运输极限环境温度。

贮存、运输环境温度极限值为 $-25^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ ，在不施加任何激励量的条件下，装置应不出现不可逆变化。温度恢复正常后，装置的性能应仍符合本部分中的有关要求。

### 5.3.2 电源

- a) 交流电源。
  - 电压：220V，允许偏差为 $-20\% \sim +15\%$ ；
  - 频率：50Hz，允许偏差为 $\pm 5\%$ ；
  - 交流电源波形为正弦波，谐波含量小于 5%。
- b) 直流电源。
  - 电压：220V、110V、48V，允许偏差为 $-20\% \sim +15\%$ ；
  - 直流电源电压纹波系数小于 5%。

- c) 供电方式。  
宜采用双电源供电。

### 5.3.3 绝缘性能

- a) 绝缘电阻。  
除非另有规定,考核绝缘性能的大气条件应符合 5.3.1.a) 的要求;  
用电压等级为 500V 的绝缘电阻表测量各回路之间的绝缘电阻,应符合下述规定:  
——所有导电回路与地(或与地有良好接触的金属框架)间的绝缘电阻应不小于  $20\text{M}\Omega$ ;  
——无电气联系的各导电回路间的绝缘电阻应不小于  $20\text{M}\Omega$ 。
- b) 介质强度试验。  
应符合 GB/T 13729—2002 中 3.6.2 的规定。

### 5.3.4 耐湿热性能

装置应能承受 GB/T 2423.3—2006 规定的恒定湿热试验:温度  $+40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度  $93\% \pm 3\%$ ,试验持续时间 48h。在试验结束前 2h 内,测量各导电回路与外露非带电部位及外壳之间、无电气联系各回路之间的绝缘电阻,应不小于  $1.5\text{M}\Omega$ 。

### 5.3.5 机械性能

- a) 振动(正弦)。  
——振动响应:装置应能承受 GB/T 11287—2000 中 3.2.1 规定的严酷等级为 1 级的振动响应试验,试验期间及试验后的装置性能符合该标准中 5.1 规定的要求。  
——振动耐久:装置应能承受 GB/T 11287—2000 中 3.2.2 规定的严酷等级为 1 级的振动耐久试验,试验期间及试验后的装置性能符合该标准中 5.2 规定的要求。
- b) 冲击。  
——冲击响应:装置应能承受 GB/T 14537—1993 中 4.2.1 规定的严酷等级为 1 级的冲击响应试验,试验期间及试验后的装置性能符合该标准中 5.1 规定的要求。  
——冲击耐久:装置应能承受 GB/T 14537—1993 中 4.2.2 规定的严酷等级为 1 级的冲击耐久试验,试验期间及试验后的装置性能符合该标准中 5.2 规定的要求。
- c) 碰撞。  
——装置应能承受 GB/T 14537—1993 中 4.3 规定的严酷等级为 1 级的碰撞试验,试验期间及试验后的装置性能符合该标准中 5.2 规定的要求。

### 5.3.6 电磁兼容性

- a) 静电放电抗扰度。  
装置应能承受 GB/T 17626.2—1998 中规定的严酷等级为 III 级或 IV 级静电放电试验,在技术规范内,性能正常。
- b) 射频电磁场辐射抗扰度。  
装置应能承受 GB/T 17626.3—1998 中规定的严酷等级为 III 级或 IV 级射频电磁场辐射试验,在技术规范内,性能正常。
- c) 电快速瞬变脉冲群抗扰度。  
装置应能承受 GB/T 17626.4—1998 中规定的严酷等级为 III 级或 IV 级电快速瞬变脉冲群试验,在技术规范内,性能正常。
- d) 浪涌(冲击)抗扰度。  
装置应能承受 GB/T 17626.5—1998 中规定的试验等级为 III 级或 IV 级浪涌(冲击)试验,在技术规范内,性能正常。
- e) 工频磁场抗扰度。  
装置应能承受 GB/T 17626.8—1998 中规定的试验等级为 III 级或 IV 级工频磁场试验,在技术规

范内,性能正常。

f) 脉冲磁场抗扰度。

装置能承受 GB/T 17626.9—1998 中规定的试验等级为Ⅲ级或Ⅳ级脉冲磁场试验,在技术规范内,性能正常。

g) 阻尼振荡磁场抗扰度。

装置应能承受 GB/T 17626.10—1998 中规定的试验等级为Ⅲ级或Ⅳ级阻尼振荡磁场试验,在技术规范内,性能正常。

h) 振荡波抗扰度。

装置应能承受 GB/T 17626.12—1998 中规定的严酷等级为Ⅲ级或Ⅳ级振荡波试验,在技术规范内,性能正常。

#### 5.4 时间同步输出信号

时间同步输出信号有脉冲信号、IRIG-B 码、串行口时间报文、网络时间报文等。

##### 5.4.1 脉冲信号

脉冲信号有 1PPS、1PPM、1PPH 或可编程脉冲信号等。其输出方式有 TTL 电平、静态空接点、RS-422、RS-485 和光纤等。技术参数如下:

a) 脉冲宽度。

10ms~200ms。

b) TTL 电平。

——准时沿: 上升沿, 上升时间 $\leq 100\text{ns}$ ;

——上升沿的时间准确度: 优于  $1\mu\text{s}$ 。

c) 静态空接点。

静态空接点与 TTL 电平信号的对应关系为接点闭合对应 TTL 电平的高电平,接点打开对应 TTL 电平的低电平,接点由打开到闭合的跳变对应准时沿。

——准时沿: 上升沿, 上升时间 $\leq 1\mu\text{s}$ ;

——上升沿的时间准确度: 优于  $3\mu\text{s}$ ;

——隔离方式: 光电隔离;

——输出方式: 集电极开路;

——允许  $U_{ce}$  工作电压: 220V DC;

——允许  $I_{ce}$  工作电流: 20mA。

d) RS-422, RS-485。

——准时沿: 上升沿, 上升时间 $\leq 100\text{ns}$ ;

——上升沿的时间准确度: 优于  $1\mu\text{s}$ 。

e) 光纤。

使用光纤传导时,亮对应高电平,灭对应低电平,由灭转亮的跳变对应准时沿。

——秒准时沿: 上升沿, 上升时间 $\leq 100\text{ns}$ ;

——上升沿的时间准确度: 优于  $1\mu\text{s}$ 。

##### 5.4.2 IRIG-B 码

IRIG-B 码应符合 IRIG Standard 200-04 的规定,并含有年份和时间信号质量信息(参照 IEEE C 37.118—2005),其时间为北京时间,见附录 B。

##### 5.4.2.1 IRIG-B (DC) 码

a) 每秒 1 帧,包含 100 个码元,每个码元 10ms。

b) 脉冲上升时间:  $\leq 100\text{ns}$ 。

c) 抖动时间:  $\leq 200\text{ns}$ 。

- d) 秒准时沿的时间准确度： 优于 1μs。
- e) 接口类型： TTL 电平、RS-422、RS-485 或光纤。
- f) 使用光纤传导时，灯亮对应高电平，灯灭对应低电平，由灭转亮的跳变对应准时沿。
- g) 采用 IRIG-B000 格式。

5.4.2.2 IRIG-B（AC）码

- a) 载波频率： 1kHz。
- b) 频率抖动： ≤载波频率的 1%。
- c) 信号幅值（峰峰值）： 高幅值为 3V~12V 可调，典型值为 10V；低幅值符合 3:1~6:1 调制比要求，典型调制比为 3:1。
- d) 输出阻抗： 600Ω，变压器隔离输出。
- e) 秒准时点的时间准确度： 优于 20μs。
- f) 采用 IRIG-B120 格式。

5.4.3 串行口时间报文

5.4.3.1 串行口参数

波特率为 1200bit/s、2400bit/s、4800bit/s、9600bit/s、19 200bit/s 可选，缺省值为 9600bit/s。

数据位 8 位，停止位 1 位，偶校验。

5.4.3.2 串行口时间报文格式

报文发送时刻，每秒输出 1 帧。帧头为 #，与秒脉冲（1PPS）的前沿对齐，偏差小于 5ms，波形见图 6，串行口标准时间报文格式见表 1。

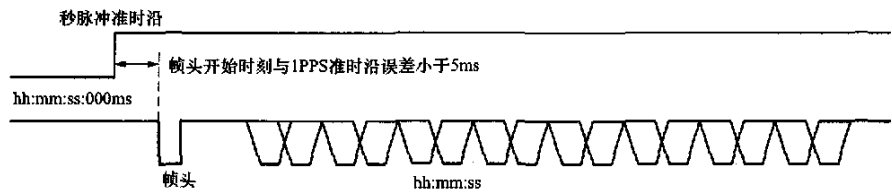


图 6 串口通信波形

表 1 串行口标准时间报文格式

字节序号	含 义	内 容	取值范围
1	帧头	<#>	'#'
2	状态标志 1	用下列 4 个 bit 合成的 16 进制数对应的 ASCII 码值： Bit 3：保留=0； Bit 2：保留=0； Bit 1：闰秒预告（LSP）：在闰秒来临前 59s 置 1，在闰秒到来后的 00s 置 0； Bit 0：闰秒标志（LS）：0：正闰秒，1：负闰秒	'0'~'9' 'A'~'F'
3	状态标志 2	用下列 4 个 bit 合成的 16 进制数对应的 ASCII 码值： Bit 3：夏令时预告（DSP）：在夏令时切换前 59s 置 1； Bit 2：夏令时标志（DST）：在夏令时期间置 1； Bit 1：半小时时区偏移：0：不增加，1：时间偏移值额外增加 0.5hr； Bit 0：时区偏移值符号位：0：+，1：—	'0'~'9' 'A'~'F'
4	状态标志 3	用下列 4 个 bit 合成的 16 进制数对应的 ASCII 码值： Bits 3~0：时区偏移值（hr）：串口报文时间与 UTC 时间的差值，报文时间减时间偏移（带符号）等于 UTC 时间（时间偏移在夏时制期间会发生变化）	'0'~'9' 'A'~'F'

表 1 (续)

字节序号	含 义	内 容	取值范围
5	状态标志 4	用下列 4 个 bit 合成的 16 进制数对应的 ASCII 码值: Bits 03~00: 时间质量: 0x0: 正常工作状态, 时钟同步正常 0x1: 时钟同步异常, 时间准确度 优于 1ns 0x2: 时钟同步异常, 时间准确度 优于 10ns 0x3: 时钟同步异常, 时间准确度 优于 100ns 0x4: 时钟同步异常, 时间准确度 优于 1μs 0x5: 时钟同步异常, 时间准确度 优于 10μs 0x6: 时钟同步异常, 时间准确度 优于 100μs 0x7: 时钟同步异常, 时间准确度 优于 1ms 0x8: 时钟同步异常, 时间准确度 优于 10ms 0x9: 时钟同步异常, 时间准确度 优于 100ms 0xA: 时钟同步异常, 时间准确度 优于 1s 0xB: 时钟同步异常, 时间准确度 优于 10s 0xF: 时钟严重故障, 时间信息不可信	'0'~'9' 'A'~'F'
6	年千位	ASCII 码值	'2'
7	年百位	ASCII 码值	'0'
8	年十位	ASCII 码值	'0'~'9'
9	年个位	ASCII 码值	'0'~'9'
10	月十位	ASCII 码值	'0'~'1'
11	月个位	ASCII 码值	'0'~'9'
12	日十位	ASCII 码值	'0'~'3'
13	日个位	ASCII 码值	'0'~'9'
14	时十位	ASCII 码值	'0'~'2'
15	时个位	ASCII 码值	'0'~'9'
16	分十位	ASCII 码值	'0'~'5'
17	分个位	ASCII 码值	'0'~'9'
18	秒十位	ASCII 码值	'0'~'6'
19	秒个位	ASCII 码值	'0'~'9'
20	校验字节高位	从“状态标志 1”直到“日个位”逐字节异或的结果(即: 异或校验), 将校验字节的十六进制数高位和低位分别使用 ASCII 码值表示	'0'~'9'
21	校验字节低位		'A'~'F'
22	结束标志	CR	0DH
23	结束标志	LF	0AH

#### 5.4.3.3 串行口接口

##### a) RS-232C。

——电气特性符合 GB/T 6107—2000;

——连接器为 9 针 D 型小型阳插座, 9 针插座针的编号和定义见表 2。

##### b) RS-422。

见 GB/T 11014—1989。

表 2 9 针 D 型阳插座 9 针编号和定义

针 的 编 号	RS-232C 信号
1	空
2	数据接收 RXD
3	数据发送 TXD
4	空
5	信号地 GND
6~9	空

- c) RS-485。  
见 ANSI/TUA/EIA 485-A-1998。
- d) 光纤。  
使用光纤传导时，亮对应高电平，灭对应低电平。

5.4.4 网络时间同步

- a) 工作模式：客户端/服务器。
- b) 网络接口：电缆接口或光缆接口。
- c) 支持以下协议：
  - RFC 1305 (NTP);
  - RFC 2030 (SNTP)。
- d) 时钟处于跟踪锁定状态时，其时间准确度应满足表 3 的要求。

表 3 工作在客户端模式下时钟准确度要求

局域网	优于 10ms
广域网	优于 500ms

5.4.5 时间同步信号、接口类型与时间同步准确度的对照

为保证时间同步的准确度及信号传输的质量，被授时设备或系统可按表 4 选用不同信号接口。  
时间同步准确度要求优于 1μs 时，传输电缆长度应控制在 15m 之内。

表 4 时间同步信号、接口类型与时间同步准确度的对照

时间同步准确度 \ 接口类型	光纤	RS-422, RS-485	静态空接点	TTL	AC	RS-232C
时间同步信号						
1PPS	1μs	1μs	3μs	1μs	—	—
1PPM	1μs	1μs	3μs	1μs	—	—
1 PPH	1μs	1μs	3μs	1μs	—	—
串口时间报文	~10ms	~10ms	—	—	—	~10ms
IRIG-B (DC)	1μs	1μs	—	1μs	—	—
IRIG-B (AC)	—	—	—	—	20μs	—

5.5 守时性能

在守时保持状态下的时间准确度应优于 0.92μs/min (55μs/h)。

5.6 接收器和天线

- a) 接收器。

- 接收灵敏度: 捕获<-160dBW, 跟踪 <-163dBW;
- 捕获时间: 热启动时<2min;  
冷启动时<20min;
- 时间准确度: 优于 1μs (1PPS, 相对于 UTC)。
- b) 接收天线。
  - 灵敏度: ≤-163dBW;
  - 工作温度范围: -40℃~+70℃;
  - 允许最大相对湿度: 100%, 结露。

5.7 电网频率测量 (可选)

- a) 测量对象: 220V AC (电网电压);
- b) 测量有效范围: 45.000Hz~55.000Hz (5 位科学记数, 小数点后 3 位);
- c) 测量分辨率: 0.001Hz (用于 EMS 发电自动控制、频率按秒考核等);
- d) 测量周期: 1s。
- e) 电网频率和电钟时间串口报文格式及相关内容见表 5。

表 5 带频率描述的串口时间报文格式

字节序号	含 义	内 容	取值范围
1	帧头	<%>	'%'
2	状态标志 1	用下列 4 个 bit 合成的 16 进制数对应的 ASCII 码值: Bit 3: 保留=0; Bit 2: 保留=0; Bit 1: 闰秒预告 (LSP): 在闰秒来临前 59s 置 1, 在闰秒到来后的 00s 置 0; Bit 0: 闰秒标志 (LS): 0: 正闰秒, 1: 负闰秒	'0'~'9' 'A'~'F'
3	状态标志 2	用下列 4 个 bit 合成的 16 进制数对应的 ASCII 码值: Bit 3: 夏令时预告 (DSP): 在夏令时切换前 59s 置 1; Bit 2: 夏令时标志 (DST): 在夏令时期间置 1; Bit 1: 半小时时区偏移: 0: 不增加, 1: 时间偏移值额外增加 0.5hr; Bit 0: 时区偏移值符号位: 0: +, 1: -	'0'~'9' 'A'~'F'
4	状态标志 3	用下列 4 个 bit 合成的 16 进制数对应的 ASCII 码值: Bits 3-0: 时区偏移值 (hr): 串口报文时间与 UTC 时间的差值, 报文时间减时间偏移 (带符号) 等于 UTC 时间 (时间偏移在夏时制期间会发生变化)	'0'~'9' 'A'~'F'
5	状态标志 4	用下列 4 个 bit 合成的 16 进制数对应的 ASCII 码值: Bits 03-00: 时间质量: 0x0: 正常工作状态, 时钟同步正常 0x1: 时钟同步异常, 时间准确度 优于 1ns 0x2: 时钟同步异常, 时间准确度 优于 10ns 0x3: 时钟同步异常, 时间准确度 优于 100ns 0x4: 时钟同步异常, 时间准确度 优于 1μs 0x5: 时钟同步异常, 时间准确度 优于 10μs 0x6: 时钟同步异常, 时间准确度 优于 100μs 0x7: 时钟同步异常, 时间准确度 优于 1ms 0x8: 时钟同步异常, 时间准确度 优于 10ms 0x9: 时钟同步异常, 时间准确度 优于 100ms 0xA: 时钟同步异常, 时间准确度 优于 1s 0xB: 时钟同步异常, 时间准确度 优于 10s 0xF: 时钟严重故障, 时间信息不可信	'0'~'9' 'A'~'F'



表 5 (续)

字节序号	含 义	内 容	取值范围
6	年千位	ASCII 码值	'2'
7	年百位	ASCII 码值	'0'
8	年十位	ASCII 码值	'0'~'9'
9	年个位	ASCII 码值	'0'~'9'
10	月十位	ASCII 码值	'0'~'1'
11	月个位	ASCII 码值	'0'~'9'
12	日十位	ASCII 码值	'0'~'3'
13	日个位	ASCII 码值	'0'~'9'
14	时十位	ASCII 码值	'0'~'2'
15	时个位	ASCII 码值	'0'~'9'
16	分十位	ASCII 码值	'0'~'5'
17	分个位	ASCII 码值	'0'~'9'
18	秒十位	ASCII 码值	'0'~'6'
19	秒个位	ASCII 码值	'0'~'9'
20	频率头	<*>	'*'
21	工频的十位	ASCII 码值	'4'~'6'
22	工频的个位	ASCII 码值	'0'~'9'
23	工频的小数第 1 位	ASCII 码值	'0'~'9'
24	工频的小数第 2 位	ASCII 码值	'0'~'9'
25	工频的小数第 3 位	ASCII 码值	'0'~'9'
26	工频的小数第 4 位	ASCII 码值	'0'~'9'
27	电钟时间时的十位	ASCII 码值	'0'~'2'
28	电钟时间时的个位	ASCII 码值	'0'~'9'
29	电钟时间分的十位	ASCII 码值	'0'~'5'
30	电钟时间分的个位	ASCII 码值	'0'~'9'
31	电钟时间秒的十位	ASCII 码值	'0'~'5'
32	电钟时间秒的个位	ASCII 码值	'0'~'9'
33	校验字节高位	从“状态标志 1”直到“电钟周波时间秒个位”逐字节异或的结果（即：异或校验），将校验字节的十六进制数高位和低位分别使用 ASCII 码值表示	'0'~'9'
34	校验字节低位		'A'~'F'
35	结束标志	CR	0DH
36	结束标志	LF	0AH

## 6 时间信号传输介质

时间信号传输介质应保证时间同步装置发出的时间信号传输到被授时设备/系统时,能满足它们对时间信号质量的要求,一般可在下列几种传输介质中选用。

a) 同轴电缆。

用于室内高质量地传输 TTL 电平时间信号，如 1PPS、1PPM、1PPH、IRIG-B (DC) 码 TTL 电平信号，传输距离不长于 15m。

b) 屏蔽控制电缆。

可用于以下场合：

——传输 RS-232C 串行口时间报文，传输距离不长于 15m；

——传输静态空接点脉冲信号，传输距离不长于 150m；

——传输 RS-422, RS-485, IRIG-B (DC) 码信号，传输距离不长于 150m。

c) 音频通信电缆。

用于传输 IRIG-B (AC) 码信号，传输距离不长于 1km。

d) 光纤。

用于远距离传输各种时间信号和需要高准确度对时的场合。

主、从时钟之间的传输宜使用光纤。同屏的主、从时钟之间可不使用光纤。

e) 双绞线。

用于传输网络时间报文，传输距离不长于 100m。

**附 录 A**  
**(规范性附录)**

**电力系统常用设备和系统对时间同步准确度的要求**

电力系统的常用设备和系统对时间同步准确度的要求见表 A.1。

**表 A.1 电力系统常用设备和系统对时间同步准确度的要求**

电力系统常用设备或系统	时间同步准确度	推荐使用的的时间同步信号
线路行波故障测距装置	优于 1 $\mu$ s	IRIG-B 或 1PPS+串口对时报文
同步相量测量装置	优于 1 $\mu$ s	IRIG-B 或 1PPS+串口对时报文
雷电定位系统	优于 1 $\mu$ s	IRIG-B 或 1PPS+串口对时报文
故障录波器	优于 1ms	IRIG-B 或 1PPS/1PPM+串口对时报文
事件顺序记录装置	优于 1ms	IRIG-B 或 1PPS/1PPM+串口对时报文
电气测控单元、远方终端、保护测控一体化装置	优于 1ms	IRIG-B 或 1PPS/1PPM+串口对时报文
微机保护装置	优于 10ms	IRIG-B 或 1PPS/1PPM+串口对时报文
安全自动装置	优于 10ms	IRIG-B 或 1PPS/1PPM+串口对时报文
配电网终端装置、配电网自动化系统	优于 10ms	串口对时报文
电能量采集装置	优于 1s	网络对时 NTP 或串口对时报文
负荷/用电监控终端装置	优于 1s	网络对时 NTP 或串口对时报文
电气设备在线状态检测终端装置或自动记录仪	优于 1s	网络对时 NTP 或串口对时报文
集控中心/调度机构数字显示时钟	优于 1s	网络对时 NTP 或串口对时报文
火电厂、水电厂、变电站计算机监控系统主站	优于 1s	网络对时 NTP 或串口对时报文
电能量计费、保护信息管理、电力市场技术支持等系统的主站	优于 1s	网络对时 NTP 或串口对时报文
负荷监控、用电管理系统主站	优于 1s	网络对时 NTP 或串口对时报文
配电网自动化/管理系统主站	优于 1s	网络对时 NTP 或串口对时报文
调度生产和企业管理系统	优于 1s	网络对时 NTP 或串口对时报文
电子挂钟	优于 1s	串口对时报文或网络对时 NTP

## 附录 B

(规范性附录)

## IRIG-B 码码元定义及波形

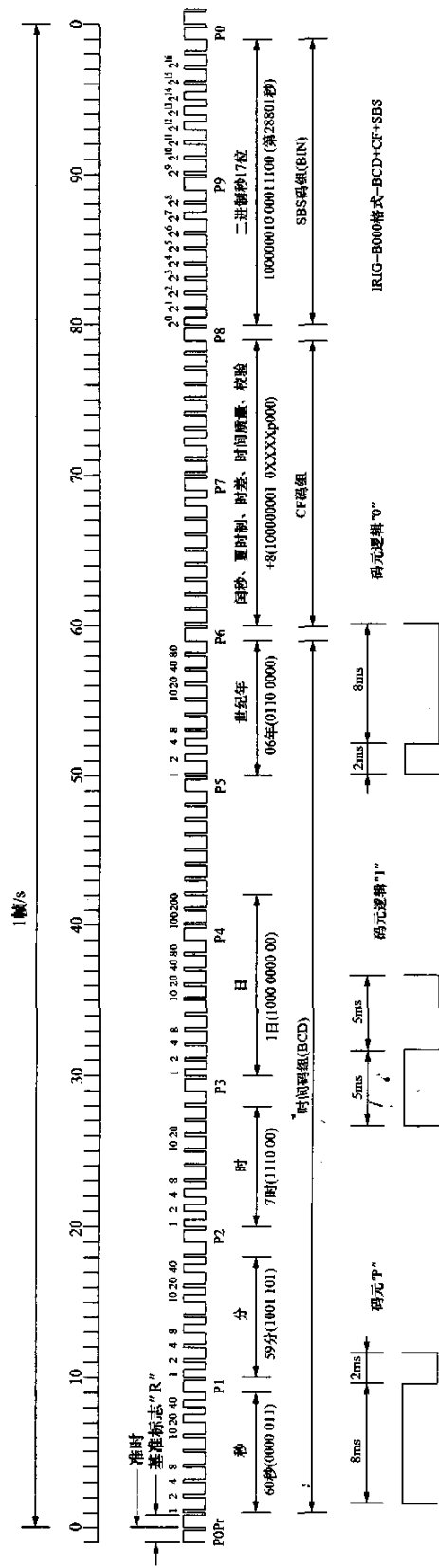
IRIG-B 码码元定义见表 B.1，波形见图 B.1。IRIG-B 码中的时间为北京时间。

表 B.1 IRIG-B 码码元定义

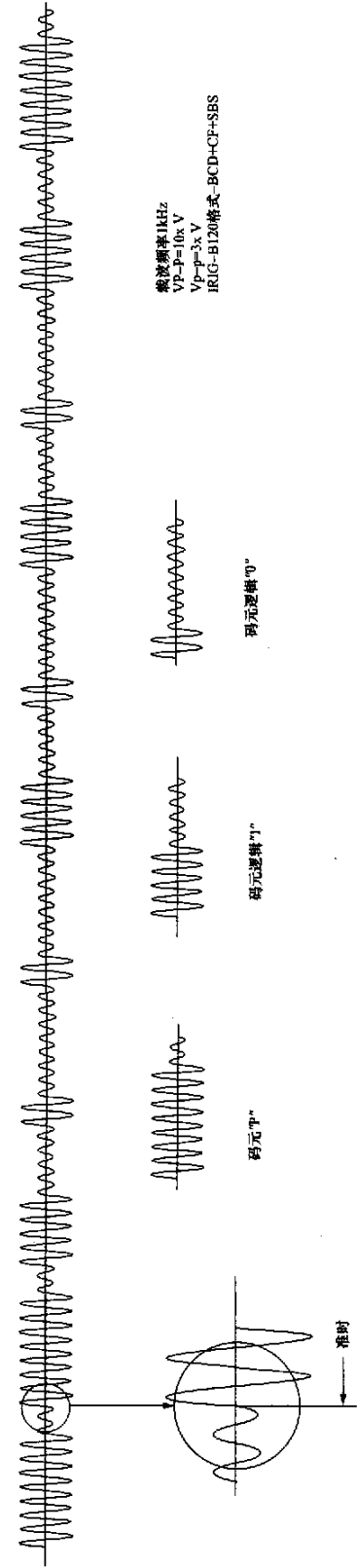
码元序号	定 义	说 明
0	Pr	基准码元
1~4	秒个位，BCD 码，低位在前	
5	索引位	置“0”
6~8	秒十位，BCD 码，低位在前	
9	P1	位置识别标志#1
10~13	分个位，BCD 码，低位在前	
14	索引位	置“0”
15~17	分十位，BCD 码，低位在前	
18	索引位	置“0”
19	P2	位置识别标志#2
20~23	时个位，BCD 码，低位在前	
24	索引位	置“0”
25、26	时十位，BCD 码，低位在前	
27、28	索引位	置“0”
29	P3	位置识别标志#3
30~33	日个位，BCD 码，低位在前	
34	索引位	置“0”
35~38	日十位，BCD 码，低位在前	
39	P4	位置识别标志#4
40、41	日百位，BCD 码，低位在前	
42~48	索引位	置“0”
49	P5	位置识别标志#5
50~53	年个位，BCD 码，低位在前	
54	索引位	置“0”
55~58	年十位，BCD 码，低位在前	
59	P6	位置识别标志#6

表 B.1 (续)

码元序号	定 义	说 明
60	闰秒预告 (LSP)	在闰秒来临前 1s~59s 置“1”，在闰秒到来后的 00s 置“0”
61	闰秒 (LS) 标志	“0”：正闰秒，“1”：负闰秒
62	夏时制预告 (DSP)	在夏时制切换前 1s~59s 置“1”
63	夏时制 (DST) 标志	在夏时制期间置“1”
64	时间偏移符号位	“0”：+，“1”：-
65~68	时间偏移 (小时)，二进制，低位在前	时间偏移=IRIG-B 时间-UTC 时间 (时间偏移在夏时制期间会发生变化)
69	P7	位置识别标志#7
70	时间偏移 (0.5h)	“0”：不增加时间偏移量 “1”：时间偏移量额外增加 0.5h
71~74	时间质量，二进制，低位在前	0x0: 正常工作状态，时钟同步正常 0x1: 时钟同步异常，时间准确度优于 1ns 0x2: 时钟同步异常，时间准确度优于 10ns 0x3: 时钟同步异常，时间准确度优于 100ns 0x4: 时钟同步异常，时间准确度优于 1μs 0x5: 时钟同步异常，时间准确度优于 10μs 0x6: 时钟同步异常，时间准确度优于 100μs 0x7: 时钟同步异常，时间准确度优于 1ms 0x8: 时钟同步异常，时间准确度优于 10ms 0x9: 时钟同步异常，时间准确度优于 100ms 0xA: 时钟同步异常，时间准确度优于 1s 0xB: 时钟同步异常，时间准确度优于 10s 0xF: 时钟严重故障，时间信息不可信赖
75	校验位	从“秒个位”至“时间质量”按位 (数据位) 进行奇校验的结果
76~78	保留	置“0”
79	P8	位置识别标志#8
80~88, 90~97	一天中的秒数 (SBS)，二进制，低位在前	
89	P9	位置识别标志#9
98	索引位	置“0”
99	P0	位置识别标志#0



IRIG-B000码波形图[对应于北京时间(UTC+8)2006年1月1日7时59分60秒(闰秒时)]  
(依据IRIG-B STAND 200-04和IEEE Std C37.118-2003条款)



IRIG-B120码部分波形图(对应于59s)

图 B.1 IRIG-B 码的波形图

附 录 C  
(规范性附录)

主备式时间同步系统的工作方式

在不接收上一级时间同步系统下发的有线时间基准信号时，建议主备式时间同步系统采用如下工作方式：

C.1 主时钟的工作方式

设主时钟的三路输入分别是无线时间基准信号（简称为 A 基准信号）、另一台主时钟发来的有线时间基准信号（简称为 B 基准信号）及上一级时间同步系统下发的有线时间基准信号（简称为 C 基准信号），主时钟应采用表 C.1 所示的工作方式。

表 C.1 主时钟的工作方式

A 基准信号	B 基准信号	C 基准信号	输出信号的同步方式	输出信号的时间质量标识	时钟告警
正常	正常	正常	与 A 时间基准信号同步	同步正常	无
正常	正常	异常	与 A 时间基准信号同步	同步正常	有
正常	异常	任意	与 A 时间基准信号同步	同步正常	有
异常	正常	任意	与 B 时间基准信号同步	同步异常	有
异常	异常	正常	与 C 时间基准信号同步	同步正常	有
异常	异常	异常	守时	同步异常	有

注：表中的“正常”指时间信号能被正确接收，且同步状态标识为正常；“异常”指“正常”之外的所有状态。

C.2 从时钟的工作方式

设从时钟的两路输入分别是来自主时钟 A 发送的有线时间基准信号（简称为 A 基准信号）和主时钟 B 发送的有线时间基准信号（简称为 B 基准信号），从时钟应采用表 C.2 所示的工作方式。

表 C.2 从时钟的工作方式

A 基准信号	B 基准信号	输出信号的同步方式	输出信号的时间质量标识	时钟告警
正常	正常	与 A 时间基准信号同步	同步正常	无
正常	异常	与 A 时间基准信号同步	同步正常	有
异常	正常	与 B 时间基准信号同步	同步正常	有
秒准时沿接收正常 同步状态异常	秒准时沿接收正常 同步状态异常	与 A 时间基准信号同步	同步异常	有
秒准时沿接收正常 同步状态异常	秒准时沿接收异常	与 A 时间基准信号同步	同步异常	有
秒准时沿接收异常	秒准时沿接收正常 同步状态异常	与 B 时间基准信号同步	同步异常	有
秒准时沿接收异常	秒准时沿接收异常	守时	同步异常	有

注：表中的“正常”指时间信号能被正确接收，且同步状态标识为正常；“异常”指“正常”以外的所有状态；“同步状态异常”指时间信号的同步状态标识为异常；“秒准时沿接收正常”指时间信号的秒准时沿能被正确接收；“秒准时沿接收异常”指时间信号的秒准时沿不能被正确接收。

C.3 输出时间同步信号的条件

时间同步装置输出时间同步信号的条件见表 C.3。

表 C.3 输出时间同步信号的条件

装置状态	是否输出时间同步信号	装置状态说明
初始化状态	否	装置通电后正在进行初始化，还未与外部时间基准信号同步
跟踪锁定状态	是	装置正与至少一路外部时间基准信号同步
守时保持状态	是	装置原先处于跟踪锁定状态，工作过程中与所有外部时间基准信号失去同步
异常状态	否	装置自检异常或运行过程中出现软、硬件故障



ICS 27.100

F 21

备案号: 42609-2014

**DL**

# 中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1100.2 — 2013

---

## 电力系统的时间同步系统

### 第 2 部分: 基于局域网的精确时间同步

Time synchronism systems of power system  
Part 2: Precision time synchronization based on LAN

2013-11-28 发布

2014-04-01 实施

国家能源局 发布

## 目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 精确网络时间同步系统	2
5.1 概述	2
5.2 系统承载网络	2
5.3 系统组成	2
5.4 典型网络结构	2
5.5 应用缺省设置	3
6 PTP 设备	4
6.1 PTP 设备运行模式	4
6.2 接口	4
6.3 功能要求	4
6.4 性能要求	6
7 管理功能	6
附录 A (规范性附录) PTP 两步时钟和延时测量模型	8
附录 B (规范性附录) PTP 端口状态	9
附录 C (资料性附录) 时间同步系统应用示意图	10

## 前 言

DL/T 1100 电力系统的时间同步系统包括以下部分：

——第 1 部分：技术规范；

——第 2 部分：基于局域网的精确时间同步。

本部分依据 GB/T 25931—2010、IEC 61850-90-4 的描述，根据电力系统变电站和发电厂内对时间同步系统的具体需求，给出了基于局域网的电力系统的精确时间同步系统的典型结构和应用缺省设置，并根据电力通信网络环境状况和使用习惯，增加了对精确时间同步系统的接口、性能和功能的要求。

本部分由中国电力企业联合会标准化中心提出。

本部分由全国电力系统管理及其信息交换标准化技术委员会归口并解释。

本部分起草单位：国网电力科学研究院、华北电力设计院工程有限公司、中国电力科学研究院、武汉中元华电科技股份有限公司、国家电力调度控制中心、成都可为科技发展有限公司、华东电网有限公司、国网重庆市电力公司、郑州威科姆科技股份有限公司、山东科汇电气有限公司、武汉凯默电气有限公司、积成电子股份有限公司、北京四方继保自动化股份有限公司、上海远景数字信息技术有限公司、江苏金智科技股份有限公司、江苏省电力科学研究院、湖北省电力公司电力试验研究院、吉林省电力调度通信中心、中国科学院国家授时中心、上海泰坦通信工程有限公司、北京华力创通科技股份有限公司、北斗天汇（北京）科技有限公司。

本部分主要起草人：黄鑫、张道农、刘洋、张坤、于跃海、南贵林、杨孟娟、何迎利、潘勇伟、刘孝先、李波、徐鑫、邓星星、袁文广、胡啸、黄兵、陆天健、吴杰、袁宇波、陈宏、杨松、胡永辉、邱祖雄、谢月新、李芹、张立培、邓志刚、杨玉清、董言涛、吴淑琴。

本部分 2013 年首次发布。

本部分在执行过程中的意见和建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

# 电力系统的时间同步系统

## 第2部分：基于局域网的精确时间同步

### 1 范围

本部分规定了基于局域网的电力系统精确时间同步系统典型结构、设备接口、功能和性能。  
本部分适用于在电力系统变电站和发电厂内使用的精确时间同步系统。

### 2 规范性引用文件

下列文件对本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。  
凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 25931—2010 网络测量和控制系统的精确时钟同步协议（IEC 61588: 2009, IDT）

DL/T 1100.1—2009 电力系统的时间同步系统 第1部分：技术规范

IEC 9314-3—1990 信息处理系统 光纤排列数据接口（FDDI） 第3部分：物理层介质依附关系  
[Information processing systems-Fibre distributed Data Interface (FDDI) -Part 3: Physical Layer Medium Dependent (PMD)]

IEC 61850-90-4 变电站通信网络和系统 第90-4部分：网络工程导则（Communication Networks and Systems in Substations Part 90-4: Network Engineering Guidelines）

IEEE 802.1AB 站点和媒体访问控制互连性探索（Local and metropolitan area networks-station and Media Access Control Connectivity Discovery）

IEEE 802.3—2008 信息技术 系统间通信和信息交换 局域网和城域网特定要求 第3部分：CSMA/CD 接入方式和物理层规范 [Information technology telecommunications and information exchange between systems local and metropolitan area networks specific requirements Part 3: Carrier sense multiple access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications]

IEEE C37.238 IEEE 1588 精确时间协议在电力系统的应用（IEEE 1588™ Precision Time Protocol in Power System Applications）

### 3 术语和定义

GB/T 25931—2010 和 DL/T 1100.1—2009 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

#### **PTP 主时钟 PTP Master Clock**

PTP 主时钟是在主时钟基础上增加了 PTP 时间同步报文和时间信息传输功能。能够同时接收至少两路外部时间基准信号，具有内部时间基准（晶振或原子频标），按照要求的时间准确度向外输出 PTP 时间同步信号和时间信息的设备。

#### 3.2

#### **PTP 从时钟 PTP Slave Clock**

能接收 PTP 主时钟时间同步报文，具有内部时间基准（晶振或原子频标），按照要求的时间准确度向外输出时间同步信号和时间信息的设备。

## 4 缩略语

BMC	Best Master Clock	最佳主时钟
GPS	Global Positioning System	全球定位系统
MAC	Media Access Control	媒体访问控制
NTP	Network Time Protocol	网络时间协议
OC	Ordinary Clock	普通时钟
P2P	Peer to Peer	点到点
PPS	Pulse Per Second	秒脉冲
PTP	Precision Time Protocol	精确时间协议
TC	Transparent Clock	透明时钟
TLV	Type, Length, Value (根据 IEEE Std 802.1AB)	类型、长度、值
UTC	Coordinated Universal Time	协调世界时
VLAN	Virtual Local Area Network	虚拟局域网

## 5 精确网络时间同步系统

## 5.1 概述

基于局域网的精确时间同步系统（以下简称时间同步系统）由 PTP 主时钟、网络交换设备、PTP 从时钟和其他被授时设备组成，时间同步系统应用见附录 C。

系统的时间同步依靠 PTP 报文完成，PTP 报文包含事件报文和通用报文，其中事件报文是计时的报文，在时间戳发送和接收时产生，并需要设备物理层硬件支持，其中延时测量模型见附录 A。

## 5.2 系统承载网络

承载 PTP 系统的网络应满足下列条件：

- 传输 PTP 协议的网络在逻辑上不应有环网存在。
- 与 PTP 主时钟相连的网络交换设备端口应使用单独 VLAN。
- 网络组件（如交换机）将引入时间抖动和偏差，若未被纠正将可能降低对时时间准确性。若有可能，该网络组件应被 PTP 透明时钟替代。
- 传输网络产生的双向不对称延时应小于 25ns。

## 5.3 系统组成

## 5.3.1 分类

时间同步系统常用有基本式和主备式两种。

## 5.3.2 基本式

如图 1 所示，PTP 主时钟接收北斗/GPS 卫星同步基准或有线时间基准信号，通过网络交换设备，向下一级时间同步系统或 PTP 被授时设备提供时间基准信号。



图 1 基本式时间同步系统组成

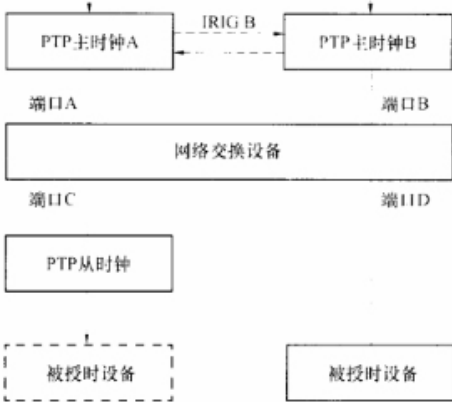
## 5.3.3 主备式

如图 2 所示，时间同步系统中，宜配置两台主时钟，“主时钟 A”和“主时钟 B”互为热备，同时接收上一级的有线或无线时间基准信号。

## 5.4 典型网络结构

时间同步系统组网方式宜从图 3、图 4 两种方式中选取。

上一级有线或北斗-GPS卫星同步基准信号      上一级有线或北斗-GPS卫星同步基准信号



注：实线框表示支持精确时间协议的设备，虚线框表示不支持精确时间协议的设备。

图 2 主备式时间同步系统组成

逻辑组网方式 A 如图 3 所示，变电站和发电厂内配置两个互备主时钟。主备时钟的切换，由主时钟通过 BMC 算法来完成，从时钟需识别切换过程，确定使用的路径时延与工作的时钟路径一致性。

逻辑组网方式 B 如图 4 所示，变电站和发电厂内已配置主时钟，但主时钟不具备提供 PTP 信息的情况，则可通过输出 IRIG-B 到具备 OC 主模式的 PTP 服务器，实现网络授时功能。

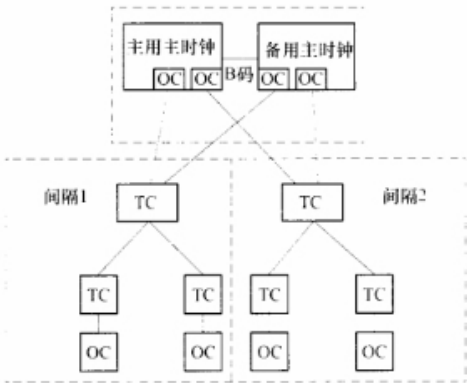


图 3 逻辑组网方式 A

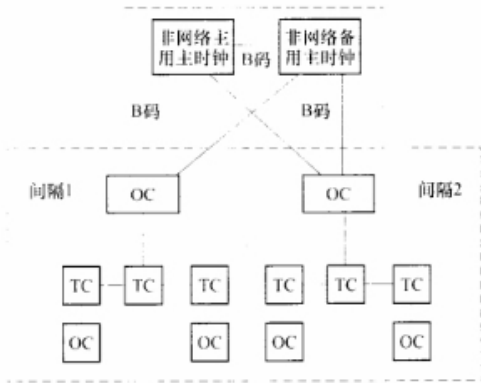


图 4 逻辑组网方式 B

5.5 应用缺省设置

时间同步系统应用缺省设置应符合 IEC 61850-90-4 和 IEEE C37.238，具体要求见表 1。

表 1 应用缺省设置

序号	参数	缺省设置	参 考
1	同步工作模式	支持对等延时机制（P2P）	GB/T 25931—2010 中 11.4
		支持 IEEE 802.3/Ethernet 传输方式	GB/T 25931—2010 中附录 F
		至少支持 2 步法传输方式	

表 1（续）

序号	参数	缺省设置	参 考
1	同步工作模式	支持组播传输方式	
		时钟域默认为 0	
2	同步报文发送时间	Announce 报文周期: 1s	
		Announce 接收超时时间: 8s	
		Sync 报文周期: 1s	
		Pdelay 报文周期: 1s	
3	时间参考系	报文涉及的时间格式采用 UTC 时间	
4	MAC 地址	除 Pdelay 机制以外的所有报文类型: 01-1B-19-00-00-00 Pdelay 机制的报文类型: 01-80-C2-00-00-0E	
5	优先级	主时钟（优先级 1: 128; 优先级 2: 128） 从时钟: 255	

6 PTP 设备

6.1 PTP 设备运行模式

PTP 设备应配置为以下模式，设备端口状态见附录 B:

- a) PTP 主时钟。运行于 MASTER 模式的 OC。
- b) PTP 从时钟。运行于 SLAVE 模式的 OC。
- c) 网络交换设备。支持 peer-to-peer 模式的 TC。

6.2 接口

6.2.1 电接口

应支持 100/1000 BASE-T 接口，符合 IEEE 802.3—2008 的规定，电接口应配有屏蔽层。

6.2.2 光接口

100BASE-FX 接口应符合 IEC 9314-3—1990 的规定，GE 接口应符合 IEEE 802.3—2008 的规定。GE 接口可以是 1000BASE-LX、1000BASE-SX、1000BASE-ZX 接口中的一种或多种。

6.3 功能要求

6.3.1 PTP 主时钟功能要求

- a) 应输出用于检测的 TTL 电平 1PPS 脉冲信号。
- b) 具备守时功能。
- c) 各 OC 应实现物理隔离，各接口应采用独立 MAC 地址。
- d) 应准确响应链路延迟请求。
- e) 应具备数据集比较算法，选择最佳主时钟源；应具备状态决定算法，决定自身端口状态。
- f) 具备 BMC 算法，最佳主时钟源确定后，非最佳主时钟源时钟端口不应发送 Announce 报文。
- g) 具备自复位功能，复位过程中不输出授时报文。
- h) 时间不可用时不输出授时报文。
- i) 正确处理异常报文，允许设备进入守时状态：
  - 具有 sequenceID 检查机制，丢弃 sequenceID 不连续或错误报文；
  - 具有重放保护机制，丢弃重放的报文；
  - 具有 CRC 校验机制，丢弃 CRC 错误报文；

——具有事件报文发送频率检测机制，丢弃大于 2 倍缺省值的事件报文。

- j) 应显示以下信息：
- 电源状态指示；
  - 对时模式，如 TWO-STEP；
  - 链路延时工作模式，如 P2P；
  - 时间同步信号输出指示；
  - 外部时间基准信号状态指示；
  - 年、月、日、时、分、秒（北京时间）；
  - PTP 时钟运行状态，如 INITIALIZING；
  - 时钟基准信息，如北斗；
  - 最佳主时钟 MAC 地址；
  - 本地 MAC 地址；
  - 告警信息：如 PTP 授时异常。

### 6.3.2 网络交换设备功能要求

- a) 宜输出用于检测的 TTL 电平 1PPS 脉冲信号。
- b) 应准确填充驻留时间修正域。
- c) 应正确计算和修正链路延迟。
- d) 宜显示以下信息：
  - 电源状态指示；
  - 对时模式，如 TWO-STEP；
  - PTP 工作模式，如 TC；
  - 链路延时工作模式：P2P；
  - 最佳主时钟 MAC 地址。

### 6.3.3 PTP 从时钟功能要求

- a) 应输出用于检测的 TTL 电平 1PPS 脉冲信号。
- b) 具备守时功能。
- c) 时延补偿功能，补偿范围 $\pm 100\mu\text{s}$ ，步长 $\leq 100\text{ns}$ 。
- d) 宜具备 BMC 算法，宜具备数据集比较算法，选择最佳主时钟源；宜具备状态决定算法，决定自身端口状态。
- e) 从时钟端口不应发送除 Pdelay\_req 报文外的其他事件报文。
- f) 应正确计算和修正驻留时间修正域。
- g) 应正确计算和修正链路延迟。
- h) 应具备自复位功能，复位过程中不输出授时报文。
- i) 正确处理异常报文，允许设备进入守时状态：
  - 具有 sequenceID 检查机制，丢弃 sequenceID 不连续或错误报文；
  - 具有重放保护机制，丢弃重放的报文；
  - 具有 CRC 校验机制，丢弃 CRC 错误报文；
  - 具有事件报文发送频率检测机制，丢弃大于 2 倍缺省值的事件报文。
- j) 应显示以下信息：
  - 电源状态指示；
  - 对时模式，如 TWO-STEP；
  - 链路延时工作模式，如 P2P；
  - 年、月、日、时、分、秒（北京时间）；



- PTP 时钟运行状态，如 INITIALIZING；
- 最佳主时钟 MAC 地址；
- 时间偏差；
- 链路延时；
- 修正域（可选）；
- 告警信息，如 PTP 同步异常。

6.4 性能要求

PTP 设备应满足以下性能要求：

- a) 时间准确度：优于 1μs。
- b) 抖动时间范围：≤200ns。
- c) 当网络风暴、丢帧、乱序帧、复制帧等网络异常发生时，设备对时性能不应受到影响，允许设备进入守时状态。网络异常状态下的对时状态见表 2。

表 2 网络异常状态下的对时状态

网络异常分类	等级	要求	等级	要求
单播流量	≤90%	跟踪状态，对时正确	>90%	跟踪状态，对时正确或处于守时状态
网络风暴	≤60%		>60%	
丢帧	≤5%		>5%	
乱序帧	≤1%		>1%	
复制帧	≤1%		>1%	

- d) PTP 时间同步设备应根据数据集比较算法选择最佳主时钟源，根据状态决定算法决定自身端口状态；最佳主时钟源选定后，其他时钟端口不允许发送 Announce 报文；BMC 状态切换时间应满足：
  - 当活动主时钟断开，时钟从静默状态到活动状态切换时间宜小于 10s；
  - 当活动主时钟状态改变，时钟从静默状态到活动状态切换时间宜小于 10s；
  - 当出现更高等级时钟时，当前活动时钟从活动状态到静默状态切换时间宜小于 10s。

7 管理功能

时间同步系统宜实现管理功能，管理信息参照 GB/T 25931—2010 中 15 章和 IEEE C37.238—2011 中 5.5 条，其中 timeSource 枚举见表 3。

表 3 timeSource 枚举

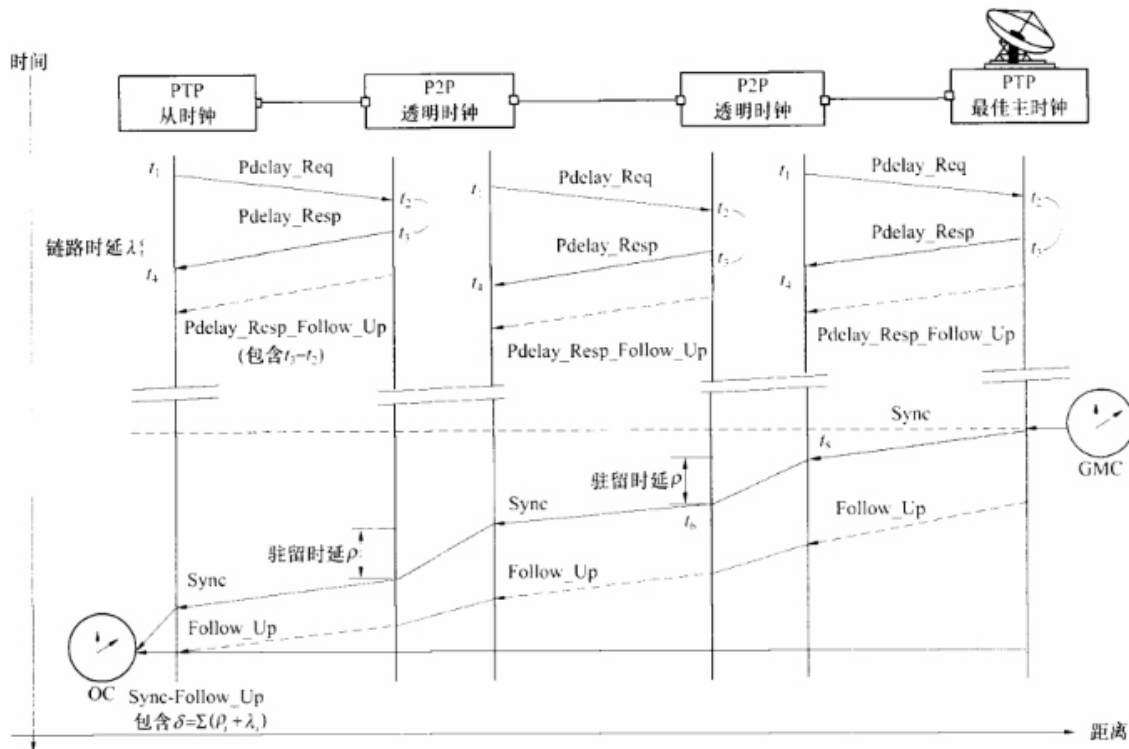
值（十六进制）	timeSource	描 述
10	ATOMIC_CLOCK	基于原子共振产生频率，并已按国际标准对频率和时间（如果使用 PTP 时标）进行校准的任何设备，或直接连接到此类设备的设备
20	GPS	同步到人造卫星系统（全球卫星定位系统 GPS）的任何设备，人造卫星系统按照国际标准分发时间和频率
30	TERRESTRIAL_RADIO	通过任何电波配时系统同步的任何设备，电波配时系统按照国际标准分发时间和频率
40	PTP	同步到位于域外部的基于 PTP 的时间源的任何设备
50	NTP	通过 NTP 或简单网络时间协议（SNTP）与服务器同步的任何设备，服务器按照国际标准分发时间和频率

表 3 (续)

值 (十六进制)	timeSource	描 述
60	HAND_SET	基于观测的国家标准时间源, 通过人机接口将其时间设定到声明时钟精度范围内的设备
90	OTHER	没有被其他覆盖的其他时间和/或频率源
A0	INTERNAL_OSCILIATOR	其频率不是基于原子共振也不按国际标准进行校准, 且其时间是基于自由运行振荡器 (其历元在任意或未知模式下确定) 的任何设备
F0	BD	同步到人造卫星系统 (北斗卫星导航系统 BD) 的任何设备, 人造卫星系统按照国际标准分发时间和频率

附录 A  
(规范性附录)  
PTP 两步时钟和延时测量模型

PTP 两步时钟和延时测量模型参见图 A.1。



$\delta$ —从最佳主时钟到从时钟的路径上所产生的驻留时延和链路时延的总和；  
 $\lambda$ —链路时延；  
 $\rho$ —驻留时延；  
 $t_1$ —端口发送 Pdelay\_Req 报文时产生的时间戳；  
 $t_2$ —端口接收到 Pdelay\_Req 报文时产生的时间戳；  
 $t_3$ —端口发送 Pdelay\_Resp 报文时产生的时间戳；  
 $t_4$ —端口接收到 Pdelay\_Resp 报文时产生的时间戳；  
 $t_5$ —透明时钟端口接收到 Sync 报文时产生的时间戳；  
 $t_6$ —透明时钟端口转发出 Sync 报文时产生的时间戳

图 A.1 PTP 两步时钟和延时测量模型

**附录 B**  
(规范性附录)  
**PTP 端口状态**

PTP 端口状态定义见表 B.1。

**表 B.1 PTP 端口状态定义**

PTP 端口状态	描 述
<b>INITIALIZING</b> (初始化)	当端口状态处于 INITIALIZING 状态时, 端口初始化其数据集、硬件和通信设备; 时钟端口不应向其通信路径发送任何 PTP 报文; 若边界时钟有一个端口处于 INITIALIZING 状态, 则其所有端口都应处于 INITIALIZING 状态
<b>FAULTY</b> (故障)	表示协议的故障状态; 当端口处于该状态时, 除了响应另一管理信息要求的管理报文外, 端口不应向其通信路径上发送任何 PTP 报文; 边界时钟的一个故障端口不应影响到其他端口; 若处于该状态的端口的故障行为不能限制在故障端口, 则所有端口都应处于 FAULTY 状态
<b>DISABLED</b> (不可用)	处于该状态的端口不应向其通信路径上发送任何 PTP 报文; 在边界时钟, 该端口的行为不应影响边界时钟任何其他端口的行为。除管理报文外, 处于该状态的端口应丢弃所有接收到 PTP 报文
<b>LISTENING</b> (监听)	处于该状态的端口等待 announceReceiptTimeout 超时, 或者等待接收来自主时钟的 Announce 报文; 该状态的目的是保证时钟有序地增加到一个域; 处于该状态的端口, 除 Pdelay_Req、Pdelay_Resp、Pdelay_Resp_Follow_Up、信令报文或另一管理信息要求响应的管理报文外, 不应向其通信路径发送任何 PTP 报文
<b>PRE_MASTER</b> (预备主时钟)	处于该状态的端口的行为与 MASTER 状态一样, 除了不发送 Pdelay_Req、Pdelay_Resp、Pdelay_Resp_Follow_Up、信令报文或管理报文等
<b>MASTER</b> (主时钟)	处于该状态的端口按主时钟端口行为动作
<b>PASSIVE</b> (非激活)	处于该状态的端口, 除 Pdelay_Req、Pdelay_Resp、Pdelay_Resp_Follow_Up、信令报文或另一管理信息要求响应的管理报文外, 不应向其通信路径发送任何报文
<b>UNCALIBRATED</b> (未标定)	处于该状态的端口在域中检测到一个或多个主时钟端口, 且已选择了合适的主时钟, 正准备同步到所选的主时钟端口; 此状态为暂态过程, 以便初始化同步动作, 在选定新主时钟端口时进行数据集更新, 以及实现其他的特定行为
<b>SLAVE</b> (从时钟)	处于该状态的端口同步到所选的主时钟端口

附 录 C  
(资料性附录)  
时间同步系统应用示意图

时间同步系统应用示意图如图 C.1 所示。

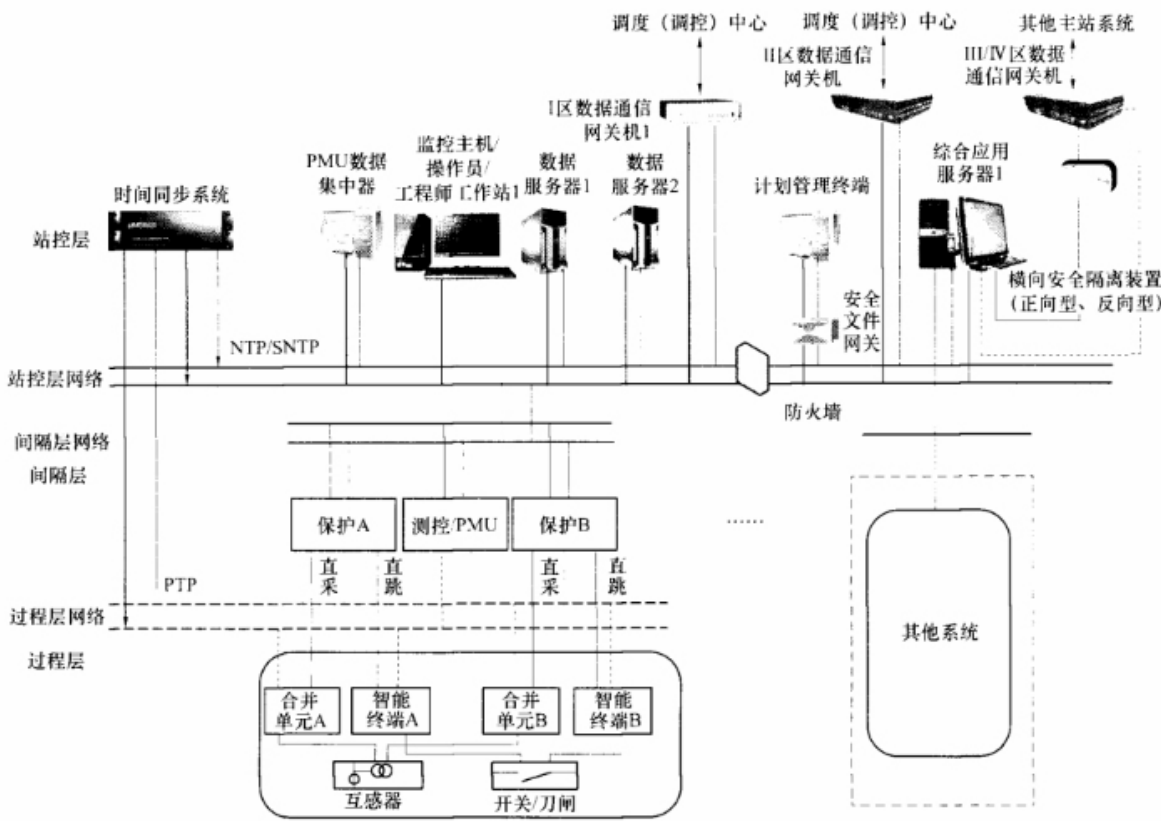


图 C.1 时间同步系统应用示意图