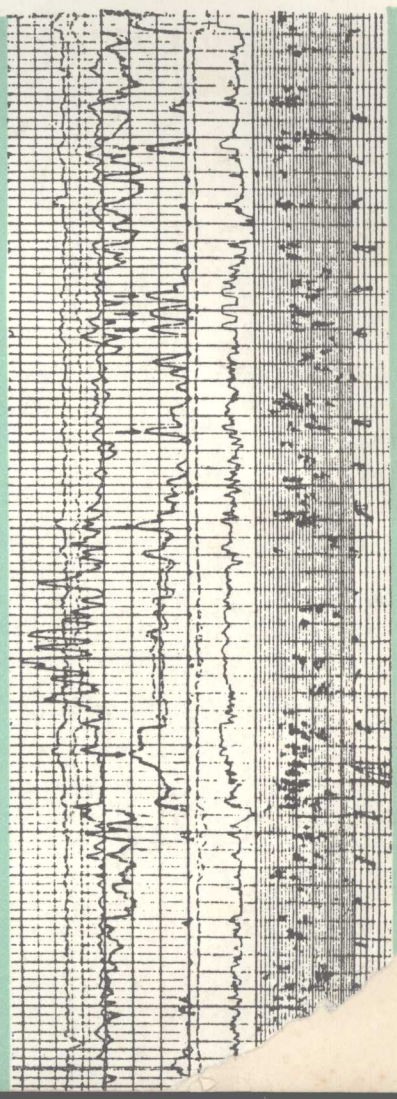
测井培训丛书

电缆通信系统



石油工业出版社

测井培训丛书

电缆通信系统

胡 澍 编译　　陈球理 校

江苏工业学院图书馆
藏书章

石油工业出版社

内 容 提 要

《电缆通信系统》一书，系统介绍了电缆通信的功能，技术特征，设备结构、信道、电路图与接口模块，介绍了测试设备。该书可作为测井操作、维修、现场测井解释人员的培训教材，也可作为测井技术人员及大专院校测井专业师生参考用书。

*　　*　　*

本书由胡澍译，陈球理校　屈建石审。

测井培训丛书

电缆通信系统

胡　澍 编译　陈球理 校

*

石油工业出版社出版发行

（北京安定门外外馆东后街甲36号）

北京顺义燕华营印刷厂排版

*

787×1092毫米16开本7¼印张176千字 印1—2,560

1986年6月北京第1版 1986年6月北京第1次印刷

书号：15037·2678 定价：1.35元

内 部 发 行

出版者的话

为了做到在引进国外测井仪器的同时，要注意消化、吸收和掌握国外先进的测井技术，提高我国石油测井技术人员的技术水平，我们出版了《测井培训丛书》。该丛书主要根据斯伦贝谢公司CSU数控测井系列编译的，包括有：

数控测井
声波测井
感应测井
双侧向测井
微球形聚焦测井
电磁波传播测井
高分辨率地层倾角测井
补偿中子测井
自然伽马与自然伽马能谱测井
岩性密度测井
电缆通信系统
核测井仪器模块
重复式电缆地层测试器
打捞技术

《测井培训丛书》每一分册的内容一般分为两部分，第一部分是操作、维修和现场解释人员必须具备的知识，介绍了测井方法原理，测量技术，仪器的基本框图，结构和技术特性，操作与维修须知，刻度与环境校正，质量控制与资料解释。第二部分是需要更深入了解的知识，主要介绍了测井方法的理论基础，详细框图以及需要详细说明的关键技术问题。因此该丛书可做为数控测井操作与维修技术人员、资料解释与技术管理人员的培训教材，也可做为测井技术人员及大专院校测井专业师生的参考书。

在《测井培训丛书》的编译出版过程中，石油部地质勘探司做了大量的组织工作；石油部科学技术情报研究所、华东石油学院承担了编译工作；大庆石油管理局测井公司、中原石油勘探局测井公司给予了大力支持和帮助，四川石油管理局井下作业处、华北石油管理局测井公司，大港石油管理局测井公司、江汉石油管理局测井公司、江汉石油管理局测井研究所、江汉石油学院物探系、辽河石油勘探局测井公司、西安石油勘探仪器总厂也给予了积极的支持和帮助，在此一并表示感谢。

目 录

第一章 电缆通信系统概述……（1）
第一节 遥测技术介绍……（1）
第二节 电缆通信系统（CCS）概述……（5）
2.1. 一般功能……（7）
2.2. CCC-AB主要特性……（9）
2.3. 井下设备结构……（9）
2.4. CCS地面设备……（11）
2.5. 电缆信号……（15）
2.6. 通信控制电路CCC-B……（15）
第二章 电缆通信系统的信道、电路与接口……（19）
第一节 命令、数据和调制格式……（19）
1.1. 方框图……（19）
1.2. 命令信道……（19）
1.3. 数据信道（向上信息）……（21）
第二节 井下遥测总线……（25）
2.1. 概述……（25）
2.2. 井下仪器状态……（26）
2.3. 下行信号……（28）
2.4 向上时钟线——向上数据通行线……（31）
第三节 通信控制电路CCC-AB……（34）
3.1. 下行信道……（34）
3.2. 上行通信信道……（45）
3.3. 辅助功能部件……（58）
第四节 通信控制电路（CCC-B）……（62）
4.1. 数据与命令格式……（63）
4.2. 下行信道……（65）
4.3. 上行通信信道……（69）
第五节 计算机辅助单元CAU……（74）
5.1. CAU下行信道……（74）
5.2. CAU上行信道……（81）
第六节 电缆接口模块CIM-B……（86）
6.1. 井下仪器模块初始化……（87）
6 2. 电缆接口模块CIM-B的地址译码……（90）
6.3. 控制寄存器……（90）
6.4. 状态寄存器……（95）

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

6.5. 手动接通 ……（95）
6.6. 手动断开 ……（95）
6.7. 直流电源控制 ……（95）
6.8. 发送模式 ……（101）
第七节 测试设备 ……（102）
7.1. CCS检查模块CCM-A/AB ……（102）
7.2. 测试盒 ……（103）

第一章　电缆通信系统概述

第一节　遥测技术介绍

过去，由井下仪器获取的数据送到地面设备记录，每种测井仪器各使用专门的遥测方法。大多数遥测技术已应用于测井，如直流传输、幅度调制、频率调制、脉冲计数、数字技术等，由于大多数测井仪所要求的数据传输率较低，并且在设计阶段只考虑有限数目井下仪器的组合，所以当初，测井中使用的遥测技术多种多样是可能的。

今天，井下仪的串接正变得越来越复杂，所以要求遥测系统有更大的组合能力，以便在同一时刻把大量信息传输到地面。CSU是所有测井仪器的统一的地面数字系统。这种特点就导致要求有一个统一的传输系统，这个系统的主要特征是：

（1）双向高速数据传输，唯一受限制的是现有的7芯电缆的传输能力。

（2）遥测高度可靠，所有井下仪都可使用，并要由CSU驱动。

（3）井下仪器易于组合。

电缆通信系统用如下方法来适应这些要求：

（1）使用数字遥测技术，它根据分时多路传输原理，通常称为脉冲编码调制PCM遥测技术。应用这种技术所具有的数据传输率在上行数据线上是80000位/秒。

这种遥测技术的特点是：

a.抗干扰能力强。

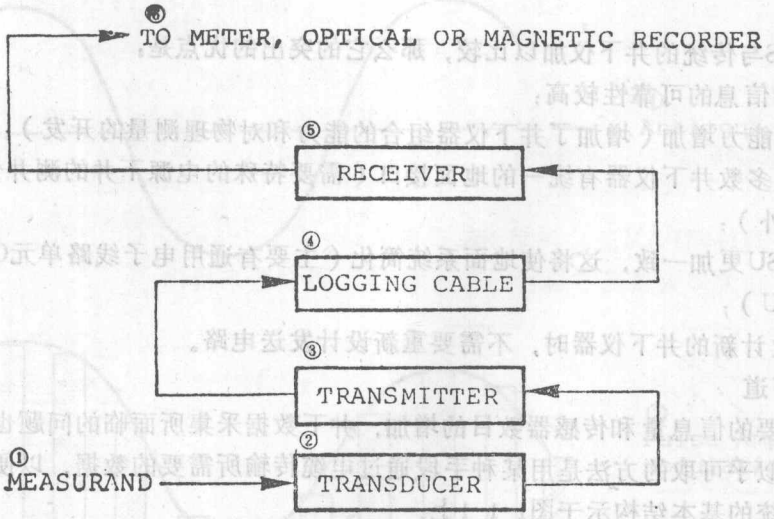


图1-1-1　基本遥测系统

①被测量的物理量；②传感器；③发送器；④测井电缆；⑤接收器；⑥至测量仪、监视器、磁带机

b.具有用校验码检测错误的能力。

（2）完全双向使用方式（上行和下行的遥测信号可同时出现在电缆上），即允许在地面仪和井下仪之间同时上下传递信息。

（3）在井下应用计算机体系结构，在遥测编码键筒和井下仪器之间安排了三条串行总线（类似于计算机体系结构），每一个井下仪可看作是CSU的外部设备（通过传输系统）。

被测物理量要转换成电信号，以便在发送器里它可以进行幅度、相位或频率调制。

在地面，调谐到发送信号频率的接收器接收和解调信号，然后输出数据，进行显示和记录。

图1-1-1所示的系统严格限制仅仅一个通道（数据源）可以被监控。为了得到更多的信息通道，存在两种选择：

（1）使用更多的遥测传输信道；

（2）采取公用一根普通传输信道的方式。

虽然第二种方法有许多可行的方案满足上述要求，但详细描述它们不属于本教材的范围，这里只对CCS所选择的系统进行更多的描述。

1）时分多路传输

因为在通信中带宽是很重要的（用我们现在的7芯电缆），所以选用了一种称之为时分多路传输的方法（TDM）。

CCS的功能可分为两大部分：

（1）使用相应的调制解调器时在测井电缆上的传输功能：这些功能可能被井下仪器的设计者忽略，因为他们十分清楚系统的水平（唯一的为设计者知道的参数是数据传输速率限制）。

（2）系统功能，它规定CSU与井下仪器（包括可看作是井下仪器的遥测编码键筒）之间的交换规约。

CCS是所有使用7芯电缆的新的井下仪器的统一的遥测系统。它被设计成仅仅只能与CSU配合工作。

如果把CCS与传统的井下仪加以比较，那么它的突出的优点是：

（1）传输信息的可靠性较高；

（2）适应能力增加（增加了井下仪器组合的能力和对物理测量的开发）；

（3）对大多数井下仪器有统一的地面接口（需要特殊的电源下井的测井仪，例如双侧向测井仪则除外）；

（4）与CSU更加一致，这将使地面系统简化（主要有通用电子线路单元GEU和井下仪器接口单元TIU）；

（5）在设计新的井下仪器时，不需要重新设计发送电路。

2）遥测信道

随着所需要的信息量和传感器数目的增加，井下数据采集所面临的问题也随之增加了。处理这个问题似乎可取的方法是用某种手段通过电缆传输所需要的数据，以便能在地面恢复信息。这个系统的基本结构示于图1-1-1上。

信息理论告诉我们，要得到精确的数据并没有必要连续地监视信号。图1-1-2示出了时分多路传输TDM的基本原理。所有道都使用相同的频谱段，但不在同一时刻。每个道中的信号由转换开关顺序采样。当所有道都已采样完后，采样序列又从第一道重新开始。因此，对

一个特定道的采样与其他道在时间上是间隔开的。

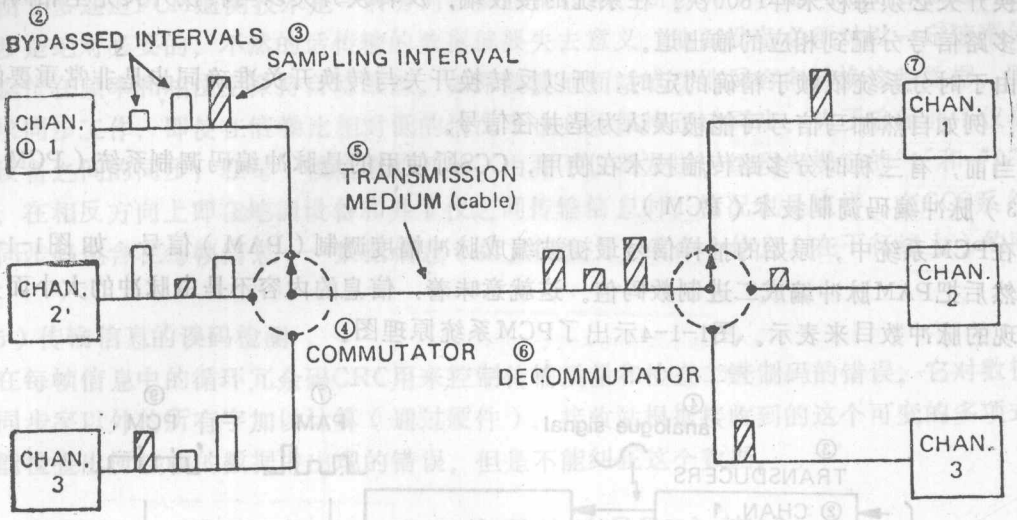


图1-1-2　简化的时分多路传输系统（TDM）

①第1道；②分路间隔；③采样区间；④转换开关；⑤传输线（电缆）；⑥反转换开关；⑦第一道

由于在时分多路传输系统中没有一个道是连续被监视的，所以采样速度必须足够快，以便该道的信号幅度在两次采样之间变化不致太大。在理想情况下由理论研究指出，如果采样速率至少是所采信号最高频率分量的两倍，则不会丢失信息。然而这个采样速率是以理想的滤波器特性为依据的，这样的滤波器特性实际上不可能实现的。为了在不使电路复杂的情况下又不丢失原有信号里的所有信息，实际的遥测系统使用的采样速率要比这高得多。一个典型的遥测系统的采样速率大约是信号最高频率分量的5倍。例如，如果一个实际道的信号最高

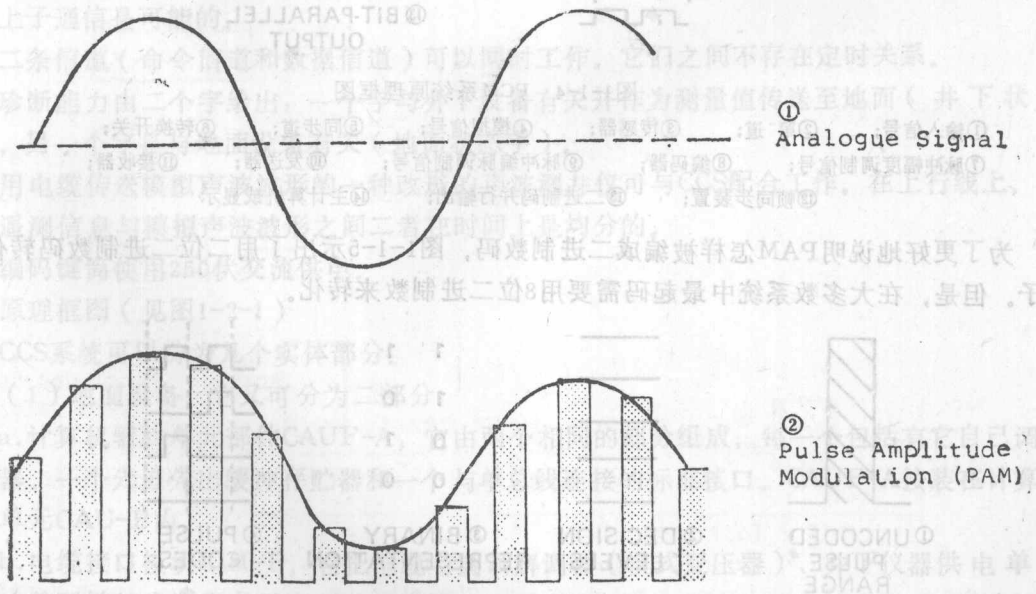


图1-1-3

①模拟信号；　②脉冲幅度调制信号

频率分量是40Hz，那么对该道采样大约是每秒200次。若在一个系统里这样的道有8个，则多路转换开关必须每秒采样1600次。在系统的接收端，反转换开关以与转换开关完全相同的频率把多路信号分配到相应的输出道。

由于时分系统依赖于精确的定时，所以反转换开关与转换开关准确同步是非常重要的。否则，例如自然伽马信号可能被误认为是井径信号。

当前，有三种时分多路传输技术在使用，CCS所使用的是脉冲编码调制系统（PCM）。

3）脉冲编码调制技术（PCM）

在PCM系统中，原始的抽样信号最初被编成脉冲幅度调制（PAM）信号，如图1-1-3所示。然后把PAM脉冲编成二进制数码值。这就意味着：信息的内容不是由脉冲的大小而是由所呈现的脉冲数目来表示。图1-1-4示出了PCM系统原理图。

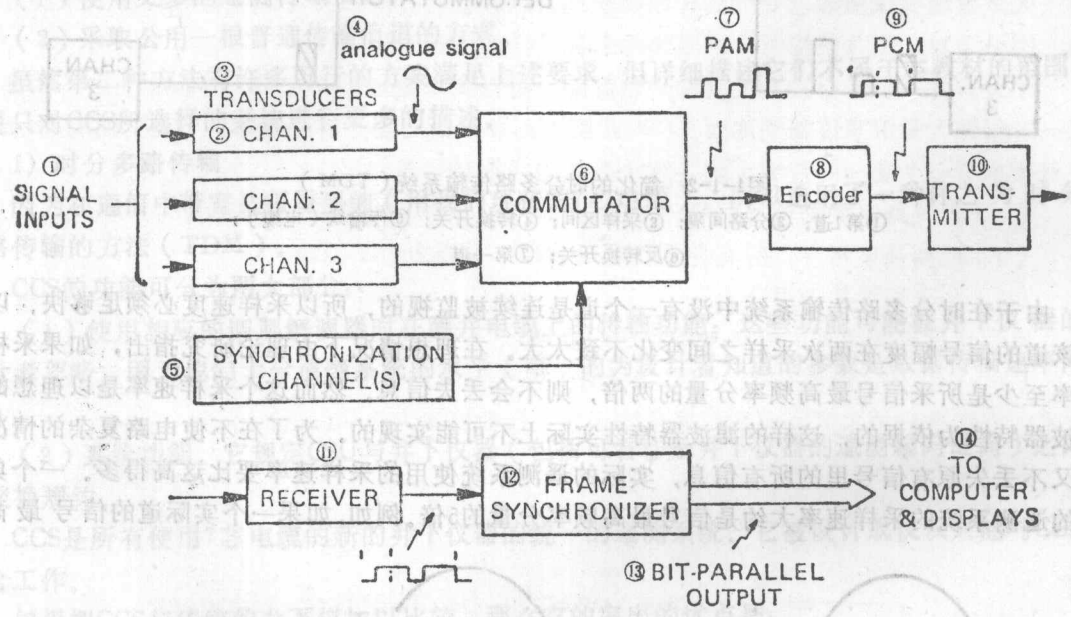


图1-1-4　PCM系统原理框图

①输入信号；　②第1道；　③传感器；　④模拟信号；　⑤同步道；　⑥转换开关；
⑦脉冲幅度调制信号；　⑧编码器；　⑨脉冲编脉调制信号；　⑩发送器；　⑪接收器；
⑫帧同步装置；　⑬二进制码并行输出；　⑭主计算机或显示

为了更好地说明PAM怎样被编成二进制数码，图1-1-5示出了用二位二进制数码转化的例子。但是，在大多数系统中最起码需要用8位二进制数来转化。

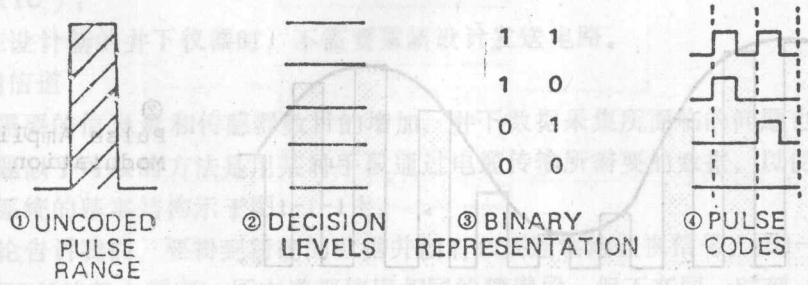


图1-1-5　PCM编码示意图

①未编码的脉冲幅度；　②电平分段；　③用二进制数表示；　④编码脉冲

4）同步

由于多通道PCM遥测技术是一种分时多路传输技术，所以井下仪器与地面仪器之间的时间同步是绝对必要的，不然的话传输的数据就要失去意义。地面设备必须对以一定速率传输的数据位在频率和相位上保持自动跟踪。如果要使地面站成功地反方向转换这些数据，则必须要求同步工作，即使在信噪比相对低的情况下也必须保持正确同步。为了确保井下仪器和地面设备之间的同步，在每一帧信息的开始，由井下仪器发送一组预先规定的"1"和"0"的组合。在相反方向上即在地面设备和井下仪之间传输信息时，情况也是这样。在CCS系统中这个同步码包含在每帧信息——数据信息（在上行线上）或命令信息（在下行线上）的同步字里。

5）传输信息的误码检测

在每帧信息中的循环冗余码CRC用来控制传输质量和检查二进制码的错误。它对数据流中除同步字以外的所有字加以计算（通过硬件）。接收站根据接收到的这个可变的多项式函数，能检查出所接收的数据中出现的错误，但是不能纠正这个数据。

第二节　电缆通信系统（CCS）概述

电缆通信系统借助由普通7芯测井电缆构成的二个数字遥测传输信道，可以允许在井中进行连续测量。它由CSU来驱动。

在工作开始时，一个信道（T2模式）用来传送CSU给井下仪器的命令，以便规定每种井下仪器的线路连接。根据请求，在测井操作期间这些控制指令可以存在也可以不存在。它们可以是周期的，也可以不是。通过专用地址可以识别每种井下仪（它作为计算机的外设）。

第二个信道T5模式用来把测量信息传输到CSU。这些测量数据是以周期性脉冲串出现的（叫帧），它由60Hz电源来同步。每支井下仪器在每一帧至少传送一个数据。在井下仪器这一级上子通信是可能的。

二条信道（命令信道和数据信道）可以同时工作。它们之间不存在定时关系。

珍断能力由二个字给出：一个字与井下设备有关并作为测量值传送至地面（井下状态字），另一个字是与地面设备有关（地面状态字）。

用电缆传送模拟声波波形的一种改进的声波测井仪可与CCS配合工作。在上行线上，在数字遥测信息与模拟声波波形之间二者在时间上是均分的。

编码键筒使用250伏交流供电。

原理框图（见图1-2-1）

CCS系统可以分为几个实体部分：

（1）地面设备，它又可分为二部分：

a.计算机辅助单元部件CAUF-A，它由两个相同的部分组成，每一个包括有它自己调制解调器、一个先进先出缓冲存贮器和一个与单总线连接的标准接口。CAUF-A按装在计算机辅助单元CAU-B内。

b.电缆接口模块CIM-B，它把电缆与调制解调器（模式变压器）、井下仪器供电单元TPU（编码键筒电源和专用电源）相连接。

（2）电缆，地面设备与井下仪器之间的连接导线。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

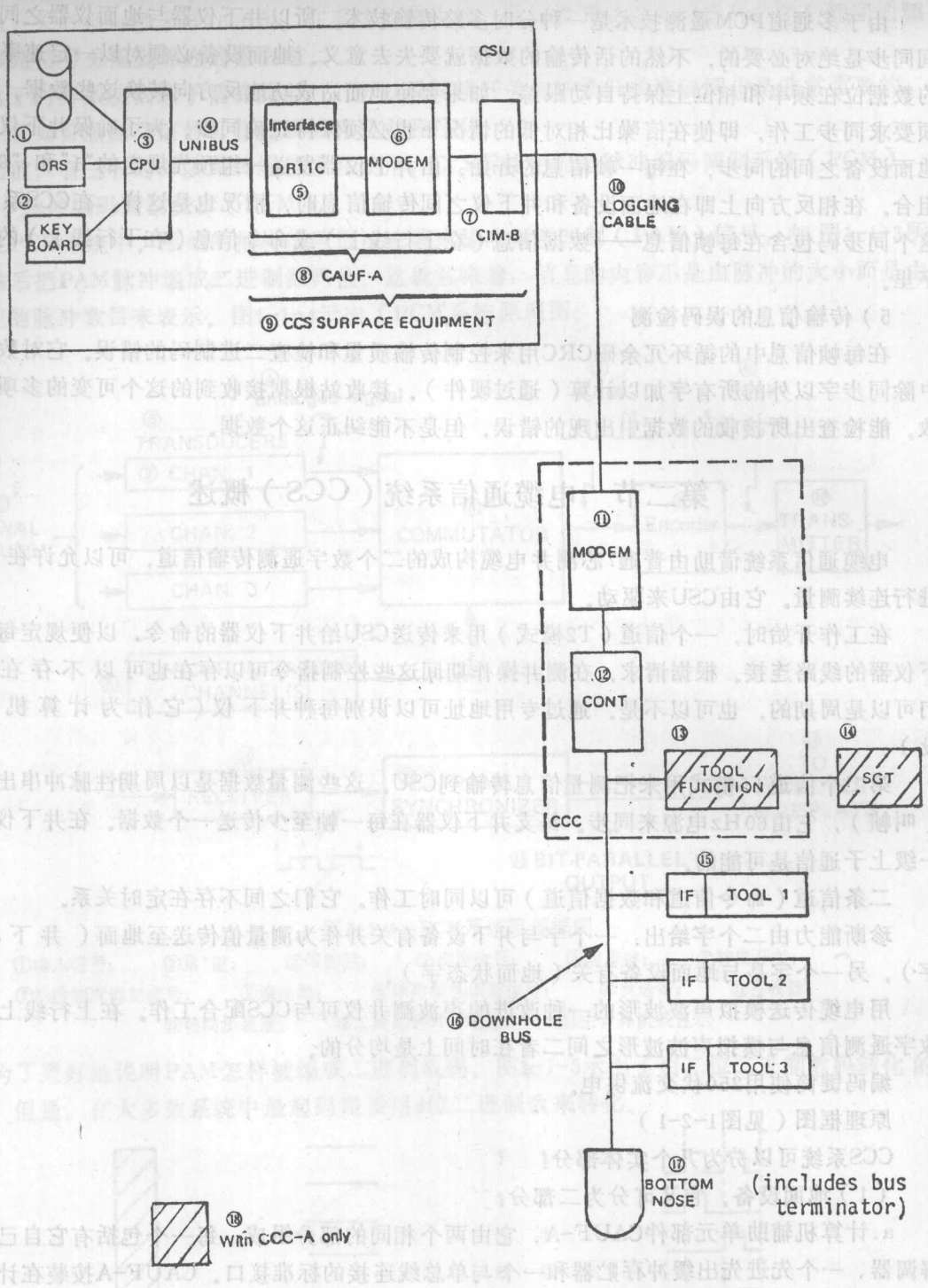


图1-2-1 CCS原理框图

①光学记录系统；②键盘；③中央处理机；④单总线；⑤接口；⑥⑪调制解调器；⑦电缆接口模块；⑧计算机辅助单元；⑨CCS地面设备；⑩测井电缆；⑫控制器；⑬井下仪器功能块；⑭自然伽马测井仪；⑮第一支井下仪器；⑯井下总线；⑰底部端头（包括总线终端连接器）；⑱仅与CCC-A连用；⑲井下仪接口

（3）通信控制电路CCC-A和它的外壳，它由调制解调器、驱动井下总线的控制器、一些井下仪器功能块（电缆头电压，温度，自然伽马接口）以及电源组成。

（4）或者通信控制电路CCC-B及其外壳，它由调制解调器、控制器、电源组成。

（5）井下总线，它允许CCC与井下仪交换数据。井下仪器总线由3根导线和一根返回导线组成，它是连接CCC与专门组合的井下仪器的唯一通信媒介。

（6）每个井下仪内的井下总线接口，它把每个井下仪器产生和接收的并行数字数据转换成串行形式，这对于在井下总线上传输是很必要的。

2.1 一般功能

打开电源，遥测系统立即运转。这意味着，例如在使用CCC-AB时，每16.6ms即1/60秒就有一帧含固定字数的数据传送至地面。这个字数与专门的井下仪器组合所要求的字数并不匹配。在这种情况下，CPU并不及时去采集来自井下组合仪器的数据。

第一步由CPU发出的命令所提供的服务表建立井下仪器组合。

这些命令将启动：

CCC-AB或 CCC-B；

每个井下仪；

CCS的地面设备。

然后系统开始工作，正常情况下的操作：

刻度；

测井；

测井后刻度；

其他。

如果在这些阶段中因某种原因必须向下发送命令时，在不影响上行信道工作的情况下，这样做是可以的，（只是在给定阶段内由井下仪器产生的信息长度不能改变；如果需要改变，就要停止对数据采集）。

2.1.1 向下信息（图1-2-2）

从地面发出的指令在下行线上的数据传输率是20千位/秒。

从地面送到井下的所有指令都是46位。因此每条指令的持续时间是2.3ms。所有指令都由以下几部分组成：

7位同步字；

16位用户定义字（U.D.W.）；

16位基本指令字（B.T.W.）；

7位控制字（C.R.C.C.）。

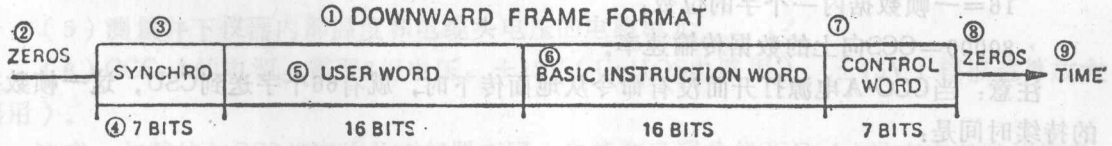


图1-2-2 地面指令结构

①向下的帧格式；②⑧零；③同步；④7位；⑤用户字；⑥基本指令字；⑦控制字；⑨时间轴

同步字最先发送，控制字最后发送。

同步字用来给井下调制解调器的接收器指示一个指令的开始。

控制字用来在井下检测被传输的指令流中的错误。

只有用户定义字和基本指令字给井下仪器带来有用的信息。

当地面没有指令要发送时，在下行线（T2）上发送的是一连串的0。

2.1.2 向上信息（图1-2-3）。

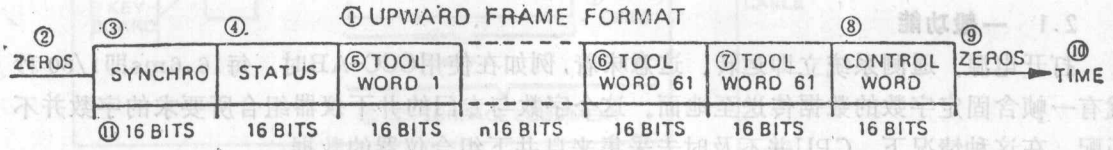


图1-2-3

①向上的帧格式；②⑨零；③同步字；④状态字；⑤井下仪器字1；⑥⑦井下仪器字61；⑧控制字；⑩时间轴；⑪16位

井下设备的测量数据或者响应信号在上行线上的数据传输速率是80千位/秒。

向上传输信道还能传送如下信号：

（1）仅仅是数字调制信号，或者；

（2）数字调制信号和模拟信号（当井下有声波测井仪时）。

当没有数据要送到地面时，数字调制波是一连串的0。

送到地面的任何一帧数字数据是由P×16位字组成，即：

（1）一个同步字；

（2）一个状态字；

（3）（P-3）个数据字；

（4）一个控制字。

同步字给地面调制解调器的接收器指示一帧数据的开始。

控制字由地面设备来检查所传输的数据流中的错误。

状态字传送关于井下遥测编码键筒状态的一般信息。

只有井下仪器数据字从1到（p-3）才携带井下仪器的实际数据。

正常情况下CCC-A的一帧数字数据的最长持续时间是：

$$\frac{64\times16\times1000}{80000}=12.8\text{ms}$$

式中 64＝CCC-A向上传输的一帧数据内最大字数；

16＝一帧数据内一个字的位数；

80000＝CCS向上的数据传输速率。

注意：当CCC-A电源打开而没有命令从地面传下时，就有66个字送到CSU，这一帧数据的持续时间是：

$$\frac{66\times1000\times16}{80000}=13.2\text{ms}$$

在这种情况下地面硬件不能识别井下控制字。为此，地面必须送一指令至CCC-A，请求把一帧的响应时间缩短到适当的16位字长的字数，以使得地面设备能检测出控制字。

2.2 CCC-AB主要特性

（1）完全的双向工作方式（每条信道彼此独立工作）；

（2）上行信道80000位/秒，下行信道20000位/秒；

（3）自由的同步操作方式（上行信道的每帧遥测数据由60Hz电源频率过零启动）；

（4）字长：16位；

（5）帧长：64个字（包括同步字，井下状态字，控制字）；

（6）调制类型：4相位键控Q-PSK（上行信道）双相位（下行信道）；

（7）编码键筒电源：交流250V；

（8）工作温度：最高200°C；

（9）电缆工作长度：

a.聚四氟乙烯电缆可长达10000米（一端温度为200°C）

b.橡胶电缆可长达10000米（整个电缆温为25°C）；

c.橡胶电缆可长达7500米（一端温度为175°C）；

（10）CCC-AB长9英尺；

（11）CCC-B长6英尺。

2.3 井下设备结构

（1）相位键控PSK调制器，接收来自各种井下仪器和CCC-AB（井下仪功能块部分）的不归0制 NRZ-L 形式的数据。它把这些数据转换成可以在测井电缆上传输的适当形式（4相位键控Q-PSK），并加上帧同步字和控制字。

（2）监视CCS井下总线的控制器，它有以下几个功能：

a.控制器传送或不传送来自接收器的指令至井下仪器总线，这取决于在接收的信息中是否存在传输错误。

b.它驱动向上传输的数据。

c.它把来自地面的数据送至CCC-AB的通用接口，并执行从这个接口返回的命令（主要是定时，有声波/没有声波和帧的长度）。

d.它产生井下状态字。

（3）通用接口，选择只寄存到CCC-AB的命令，并闩锁它们，这些命令的一部分由控制器和调制解调器使用，其余的用于选择由CCC-AB产生的测量数据。

（4）数据获取部分由以下几部分组成：

a.电缆头电压和温度的模数转换器ADC。

b.伽马射线脉冲计数器。

c.多路转换开关，在任何给定时间内选择送至通用接口的CCC-AB测量值。

（5）测量井下仪器内部温度和电缆头电压的电路单元。

（6）CCC-A的电源：需要3组电压：+12V（C-MOS电路用），±15V（模拟运算放大器用）。

注意：与其他与CCS兼容的井下仪器不同，自然伽马测井仪SGE-AA没有它自己的接口，它使用在CCC-AB内部的接口。

图1-2-5为CCC-A框图（原文缺图1-2-4，译者注）。

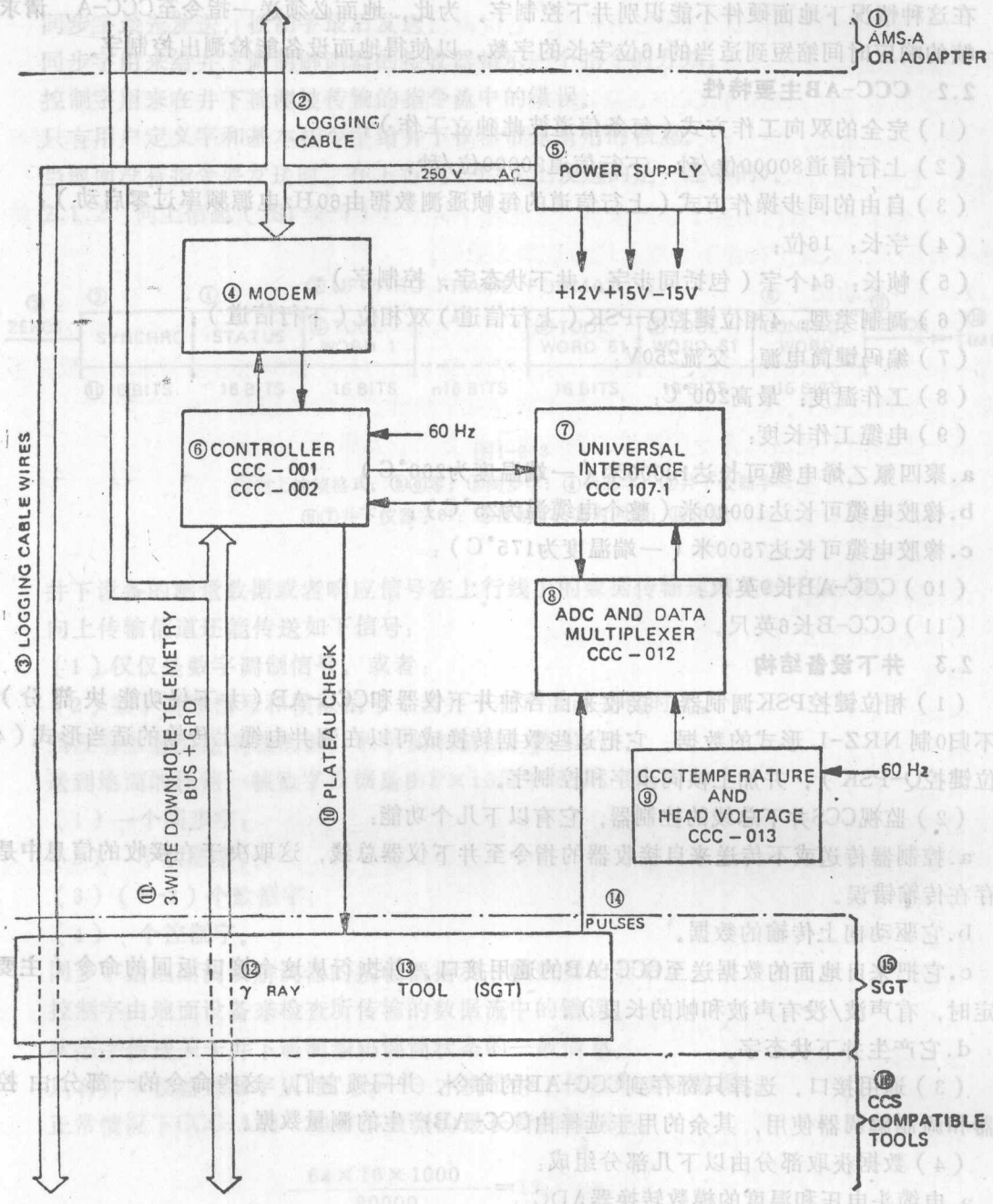


图1-2-5 CCC-A框图

①辅助监视备件或转换器；②测井电缆；③测井电缆线；④调制解调器；⑤电源；⑥控制器；⑦通用接口；⑧模数转换器和数据转换开关；⑨温度和电缆头电压；⑩坪检查；⑪3芯井下遥测总线＋地；⑫伽马射线；⑬自然伽马井下仪；⑭脉冲；⑮自然伽马井下仪；⑯与CCS兼容的井下仪

2.3.1 井下设备流程图

图1-2-6、1-2-7所示的流程图概括了当接收一个向下的命令和向上传送一帧数据时，整个CCC-A所起的不同作用。

2.3.2 CCC-AB的实体描述

（1）长9英尺；

（2）重176磅；

（3）外壳型号：ECH-KQ；

（4）工作温度：最高200°C；

（5）耐压：20000磅/英寸^2；

（6）3个托架：

托架1：电源：

a）CCC 009

b）TB4

c）大功率晶体管和散热片

托架 2：EMR 调制解调器：

a）井下X发射器

b）井下接收器

c）Q PSK 调制器

d）双相位信息位同步

e）TB02＋TB06

f）大功率晶体管和散热片

托架3：逻辑部分，主要有：

a）通用接口CCC107

b）控制器CCC001/002

c）模数转换器和数据转换开关CCC 012

d）温度和电缆头电压测量CCC 013

2.4 CCS地面设备

CCS地面设备包括：

（1）计算机辅助单元部件CAUF-A，它位于计算机辅助单元CAU-B内。它是一个包括有地面CCS调制解调器和单总线接口（DR-11C）的两套相同的CCS接口。

（2）电缆接口模块CIM-B，位于井下仪接口单元TIU内。这个模块提供一个在测井电缆和CCS地面调制解调器、井下仪供电单元TPU、通用电子线路单元GEU之间的接口。

（3）当必要的时候，附加的井下仪模块用于需要双侧向测井电流的情况，双侧向电流模块LCM给深双侧向LLD提供所必须的35Hz电源。

（4）通信检查模块CCM，与诊断软件一起可以对CIM-B、CAUF-A进行检查。

2.4.1 框图

图1-2-8示出了CCS地面设备的框图。CAUF-A是由两个完全相同的插板组成的双备分装置，每一半与单总线连接，并由中央处理机CPU驱动。

通过激励位于CAU内的T杆开关使开关从一个接口转到其他接口，同时CPU调换。

CAUF-A的每个CCS接口都由以下部分组成：

（1）一个单总线接口和联接调制解调器与计算机的输入/输出寄存器（DR-11C）。

（2）一个发送器和一个接收二个16位并行字和产生串行双相调制命令信号的双相调制器。同步字和控制字（两者字长都是16位）被加到串行的命令流中。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com