

12.1 CD盘上的物理格式

12.1.1 激光唱盘标准——红皮书(Red Book)

Red Book是Philips和Sony公司为CD-DA(Compact Disc Digital Audio)定义的标准,也就是我们常说的激光唱盘标准。这个标准是整个CD工业的最基本的标准,所有其他的CD标准都是在这个标准的基础上制定的。

1. CD盘上的音乐节目是如何组织的

通常,激光唱盘上的有许多首歌曲,一首歌曲安排在一个光道上。一条光道由许多节(section)组成,一节由98帧(frame)组成。帧是激光唱盘上存放声音数据的基本单元,它的结构如图12-02所示。

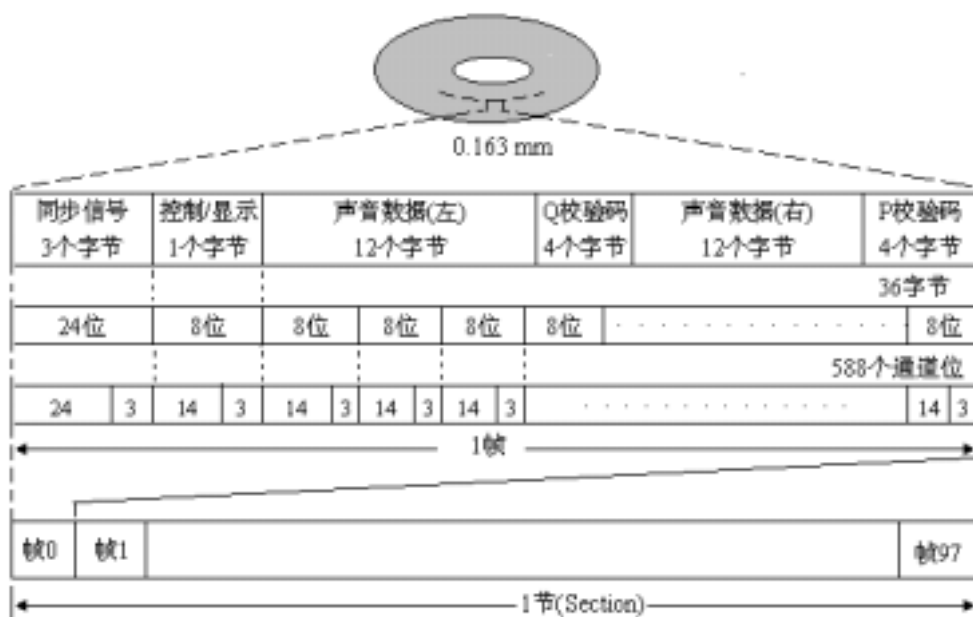


图12-02 激光唱盘声音数据的基本结构

(1) 同步(SYNC)

每帧的开头都有24位同步位。这24位同步位不经EFM调制,本身就是通道码。具体的码字是
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0
任何数据经EFM调制后都不会出现与同步码字相同的码。

(2) 子码(Subcode)

每帧都有这样的一字节。在CD-DA中称为子码/控制和显示(subcode/control and display);在CD-ROM中称为控制字节(Control Bytes)。这字节的内容主要提供盘地址信息。

(3) 声音数据(Audio Data)

在CD-DA中,立体声有两个通道,每次采样有2个16位的样本,左右通道的每个16位数据分别组成2个8位字节,6次采样共24字节组成一帧。

CD盘上的98帧组成一个扇区(sector)。光道(track)上1个扇区有3234字节,即
2352个声音数据 + 2 × 392个EDC/ECC字节 + 98个控制字节 = 3234字节

它的结构如下：

3234字节			
用户数据	第二层EDC/ECC	第一层EDC/ECC	控制字节
2352 = 98 × (2 × 12)字节	392个字	392个字	98字节

前面已经介绍，激光唱盘上声音数据的采样频率为44.1 kHz，每次对左右声音通道各取一个16位的样本，因此1秒钟的声音数据率就为

$$44.1 \times 1\,000 \times 2 \times (16 \div 2) = 176\,400 \text{ 字节/秒}$$

由于1帧存放24字节的的声音数据，所以1秒钟所需要的帧数为

$$176\,400 \div 24 = 7\,350 \text{ 帧/秒}$$

98帧构成1节，也可以说成1个扇区，所以1秒钟所需要的扇区数为

$$7\,350 \div 98 = 75 \text{ 扇区/秒}$$

记住这些最基本的参数，对理解整个CD系列和DVD系列的数据结构是非常有帮助的。

(4) P, Q错误校验码

由于CD-DA盘的原始误码率较高(约 10^{-4})，须要采用纠错能力很强的交叉交插里德/索洛蒙码(Cross-Interleaved Reed-Solomon Code, CIRC)进行纠错。因此，每帧有 2×4 字节的错误校正码分别放在中间和末端，称为Q校验码和P校验码，P校验是由(32, 28)RS码生成的校验码；Q校验是由(28, 24)RS码生成的校验码。有关错误校正的介绍，请看[8]。

(5) 一帧数据的通道位数

见表12-01。

表12-01 一帧数据的通道位数

编号	字段名称	通道位数	合计
(1)	同步位(SYNC)	24+3	27
(2)	子码(Subcode)	1 × (14+3)	17
(3)	数据(Data)	12 × (14+3)	204
(4)	Q校验码	4 × (14+3)	68
(5)	数据(Data)	12 × (14+3)	204
(6)	P校验码	4 × (14+3)	68
合计			588

(6) 激光唱盘的光道

在CD-DA中的物理光道是螺旋形，因此可以说一片CD-DA盘只有一条物理光道。而这里所指的CD-DA光道应该理解成逻辑光道比较合适。一条CD-DA光道有多个扇区组成，扇区的数目可多可少，而光道的长度可长可短，通常一首歌就组织成一条光道。

2. CD-DA的通道：P-W

CD-DA中定义了一个控制字节(Control Bytes)，或者叫做子码(Subcode)。如前所述，一帧有一个8位的控制字节，98帧组成8个子通道，分别命名为P、Q、R、S、T、U、V和W子通道。一条

光道上所有扇区的子通道组成CD-DA的P、Q、...、W通道。98个控制字节(98 × 8位)组成8个子通道的结构如下：

8位							
P子通道 (b8)	Q子通道 (b7)	R子通道 (b6)	S子通道 (b5)	T子通道 (b4)	U子通道 (b3)	V子通道 (b2)	W子通道 (b1)

98字节的b8组成P子通道，98字节的b7组成Q子通道，依此类推。通道P含有一个标志，它用来告诉CD播放机光道上的声音数据从什么地方开始；通道Q包含有运行时间信息，CD播放机使用这个通道中的时间信息来显示播放音乐节目的时间。Q通道的98位的数据排列成如下的形式：

98位				
2位	4位	4位	72位	16位

其中，

- 2位：控制字节的部分同步位
- 4位：控制标志，定义这条光道上的数据类型
- 4位：说明后面72位数据的标志
- 72位：Q通道的数据。在盘的导入区(Lead In)，含有盘的内容表TOC (Table Of Contents)；在其余的盘区，含有当前的播放时间
- 16位：CRC (Cyclic Redundancy Code)用于错误检测，CRC没有错误校正功能

3. CD-G(CD + Graphics)是什么

Red Book不仅定义了如何把声音数据放到CD盘上，而且还定义了一种把静态图像数据放到CD盘上的方法。如果把图像数据放到通道R~W，这种盘通常就称为CD+G盘，简称为CD-G盘。在目前的国内市场上，使用R~W通道的CD节目不多，能播放这种盘的CD播放机也不多。CD-G节目在普通的CD播放机上播放时，音乐节目可以照常欣赏，仅仅是没有图像而已。如果使用能播放CD-G节目的VCD播放机，在播放CD-G盘时要和电视机连接才能同时有音乐和图像。

12.1.2 CD-ROM标准——黄皮书(Yellow Book)

Yellow Book是Philips和Sony公司为CD-ROM(Compact Disc-Read Only Memory)定义的标准，CD工业从此进入了第二个阶段。Yellow Book在Red Book的基础上增加了两种类型的光道，加上Red Book的CD-DA光道之后，CD-ROM共有三种类型的光道：

CD-DA光道，用于存储声音数据。

CD-ROM Mode 1，用于存储计算机数据。

CD-ROM Mode 2，用于存储声音数据、静态图像或电视图像数据。

Yellow Book和Red Book相比，它们的主要差别是Red Book中2352字节的用户数据作了重新定义，解决了把CD用作计算机存储器中的两个问题，一个是计算机的寻址问题，另一个是误码率的问题，CD-ROM标准使用了一部分用户数据当作错误校正码，也就是增加了一层错误检测和错误校正，使CD盘的误码率下降到 10^{-12} 以下。

1. CD-ROM Mode 1

CD-ROM Mode 1把Red Book中的2352字节的用户数据重新定义为：

2352字节					
同步字节	扇区地址	用户数据	EDC	未用	ECC
12字节	4字节	2048字节	4字节	8字节	276字节

其中,

• 同步字节:	12字节, 用于同步。
• 扇区地址 (Header):	4字节, 定义该扇区的地址。
• 用户数据:	2048字节, 用于存放用户数据。
• EDC:	4字节, 用于错误检测。如果检测结果无差错, 就不执行这一层的错误校正。
• 未用:	8字节。
• ECC:	276字节, 错误检测和校正码。

CD-ROM的扇区地址与磁盘的扇区地址不同。磁盘的扇区地址是用C-H-S (柱面号-磁头号-扇区号)地址系统来表示, 而CD-ROM是用计时系统中的分、秒, 以及特地为CD-ROM规定的分秒(1/75秒)来表示。CD-ROM用户数据区的地址结构如下:

4字节的扇区地址称为HEADER			
分(MIN)	秒(SEC)	分秒(FRAC)	方式(Mode)
1字节	1字节	1字节	1字节
0~74	0~59	0~74	01

2. CD-ROM Mode 2

CD-ROM Mode 2把Red Book中的2352字节的用户数据重新定义为:

2352字节			
同步字节	扇区地址	用户数据	
12字节	4字节	2336字节	

CD-ROM Mode 2与CD-ROM Mode 1相比, 存储的用户数据多14%, 但是由于没有错误检测和错误校正码, 因此在这种方式中, 用户数据的误码率比Mode 1中的误码率要高。在Mode 2的扇区地址中, 方式(Mode)字节域中的值设置成02。

3. 混合方式(Mixed Mode)

当CD既含有CD-ROM光道又含有CD-DA光道时, 这种方式称为混合方式, 使用这种方式的盘叫做

混合方式盘(Mixed Mode Disc)。通常,这种盘的第一条光道是CD-ROM Mode 1光道,其余的光道是CD-DA光道。这种盘上的CD-DA光道可以在普通的CD播放机上播放。

12.1.3 CD-ROM/XA

CD的第三个标准叫做CD-ROM/XA(CD-ROM Extended Architecture)标准,这是由Phillips、Microsoft和Sony公司发布的。CD-ROM/XA标准是Yellow Book标准的扩充,这个标准定义了一种新型光道:CD-ROM/XA光道。连同前面Red Book标准和Yellow Book标准定义的光道,共有4种光道:

CD-DA,用于存储声音数据。

CD-ROM Mode 1,用于存储计算机数据。

CD-ROM Mode 2,用于存储压缩的声音数据、静态图像或电视图像数据。

CD-ROM Mode 2, XA格式,用于存放计算机数据、压缩的声音数据、静态图像或电视图像数据。

CD-ROM/XA在Red book和Yellow Book标准的基础上,对CD-ROM Mode 2作了扩充,定义了两种新的扇区方式。:

CD-ROM Mode 2, XA Format, Form 1:用于存储计算机数据。

CD-ROM Mode 2, XA Format, Form 2:用于存储压缩的声音、静态图像或电视图像数据。

定义了这两种扇区方式之后,CD-ROM/XA就允许把计算机数据、声音、静态图像或电视图像数据放在同一条光道上,计算机数据按Form 1的格式存放,而声音、静态图像或电视图像数据按Form 2的格式存放。这样一来,就可以根据多媒体的信息把计算机数据、声音数据、图像数据或电视图像数据交错存放在同一条光道上。

1. CD-ROM/XA Mode 2 Form 1

CD-ROM/XA Mode 2 Form 1把Red Book中的2352个用户数据字节重新定义为:

CD-ROM/XA Mode 2 Form 1: 2352字节					
同步字节	扇区地址	Form 1	用户数据	EDC	ECC
12字节	4字节	8字节	2048字节	4字节	276字节

在2352字节中,

- 同步字节: 12字节。
- 扇区地址 (Header): 4字节,用于计算机寻找盘上的数据。
- 类型 1 (Form 1, Sub-Header): 8字节,用于指示Form 1。
- 用户数据: 2048字节。
- EDC: 4字节,用于错误检测。
- ECC: 276字节,用于错误校正。

2. CD-ROM/XA Mode 2 Form 2

CD-ROM/XA Mode 2 Form 2把Red Book中的2352个用户数据字节重新定义为：

CD-ROM/XA Mode 2 Form 2 : 2352字节				
同步字节	扇区地址	Form 2	用户数据	EDC
12字节	4字节	8字节	2324字节	4字节

2324字节中，

- 同步字节：12字节。
- 扇区地址 (Header)：4字节，用于计算机寻找盘上的数据。
- 数据类型 2 (Form 2, Sub-Header)：8字节，用于指示Form 2。
- 用户数据：2048字节。

3. CD-ROM/XA中的声音

CD-ROM/XA中的声音质量不是CD-DA的质量，放在CD-ROM/XA Mode 2 Form 2中的声音数据必需进行压缩，这样才能腾出空间来存放同步、扇区地址和数据类型信息。CD-ROM/XA的声音采用ADPCM(adaptive differential/delta pulse code modulation)算法进行压缩，它定义的声音有Level B和Level C两个等级。与CD-DA的声音相比，如果用一片存放74分钟的CD盘来存放CD-ROM/XA的声音，那么这两种声音最长的播放时间如表12-02所示。

表12-02 CD-ROM/XA中的声音播放时间

声音等级	播放时(小时)	样本大小(位)	采样速率(kHz)
CD-DA	1.25	16	44.1
Level B	5 (立体声)	4	37.8
	10(单道声)	4	37.8
Level C	10(立体声)	4	18.9
	20(单道声)	4	18.9

12.1.4 CD-I标准——绿皮书(Green Book)

Green Book是Philips和Sony公司为CD-I(Compact Disc Interactive)定义的标准，它的扇区格式和CD-ROM/XA的扇区格式相同。

CD-I Mode 2 Form 1 : 2352字节					
同步字节	扇区地址	Form 1	用户数据	EDC	ECC
12字节	4字节	8字节	2048字节	4字节	276字节

CD-I Mode 2 Form 2 : 2352字节				
同步字节	扇区地址	Form 2	用户数据	EDC
12字节	4字节	8字节	2324字节	4字节

Green Book标准允许计算机数据、压缩的声音数据和图像数据交错放在同一条CD-I光道上。CD-I光道没有在TOC中显示,目的是不要用激光唱盘播放机去播放CD-I盘。Green Book标准规定使用专用的操作系统,称为光盘实时操作系统CD-RTOS(Compact Disc-Real-Time Operating System)。它是一个多任务实时响应的操作系统,支持各种算术和I/O协处理器,是设备独立且由中断驱动的系统,具有支持多级树形结构的文件目录等功能。

12.1.5 CD-I Ready格式

使用CD-I Ready格式的CD盘称为CD-I Ready盘,它是一种有附加特性的标准激光唱盘。这种盘既可以在标准的激光唱盘播放机上播放,又可以在CD-I播放机上播放。当CD-I Ready盘在CD-I播放机上播放时,这种附加特性就可以显示出来。

Red Book标准允许把索引点(index points)放在光道上,这就允许用户跳转到光道上的指定点。激光唱盘通常只使用两个索引点:#0和#1,前者用来标识一条光道的起点,后者用来标识声音在这条光道上的起点,这两个索引点在盘上第一条光道(第一首歌)的前面,它们之间通常有2~3秒的间隔。CD-I Ready盘把这两个索引点之间的间隔增加到182秒,这样就可以存放诸如歌曲名、解说词、作者、演员等图文信息。普通的激光唱机播放CD-I Ready盘时不管这个地方的信息,而只播放音乐节目。用CD-I播放机播放CD-I Ready盘时,首先把这间隔中的CD-I信息读到CD-I播放机的RAM中,并显示在电视机屏幕上,然后播放音乐。

12.1.6 CD-Bridge盘

CD-Bridge规格定义了一种把附加信息加到CD-ROM/XA光道上的一种方法,目的是让这种光盘能够在CD-I播放机上播放。这样一来,CD-Bridge光盘就既可以在CD-I播放机上播放,又可以在计算机上播放,而且还可以在Kodak公司的Photo CD播放机上播放。CD-Bridge盘上的光道都采用Mode 2的扇区结构,不使用Mode 1的扇区结构。声音光道则要跟在数据光道的后面。

CD-Bridge盘的扇区结构与CD-ROM/XA和CD-I的扇区结构一致。

CD-Bridge Mode 2 Form 1 : 2352字节					
同步字节	扇区地址	Form 1	用户数据	EDC	ECC
12字节	4字节	8字节	2048字节	4字节	276字节

CD-Bridge Mode 2 Form 2 : 2352字节				
同步字节	扇区地址	Form 2	用户数据	EDC
12字节	4字节	8字节	2324字节	4字节

12.1.7 可录CD盘标准——橙皮书(Orange Book)

Orange Book是另一种CD光盘的标准,这种CD盘叫做可录CD-R(compact disk recordable)盘,它允许用户把自己创作的影视节目或者多媒体文件写到盘上。可录CD盘分为以下两类:

CD-MO (compact disk-magneto optical)盘,这是一种采用磁记录原理利用激光读写数据的盘,称为磁光盘。用户可以把数据写到MO盘上,盘上的数据可以抹掉,抹掉后又重新可以重写。

CD-WO(compact disk-write once)盘,这种盘又写成CD-R盘,用户可以把数据写到盘上,但是数据一旦写入,就不能把写入的数据抹掉。

因此,Orange Book标准分成两个部分:Orange Book Part 1和Orange Book Part 2。 Part 1描述CD-MO, Part 2描述CD-WO。整个结构如图12-03所示。

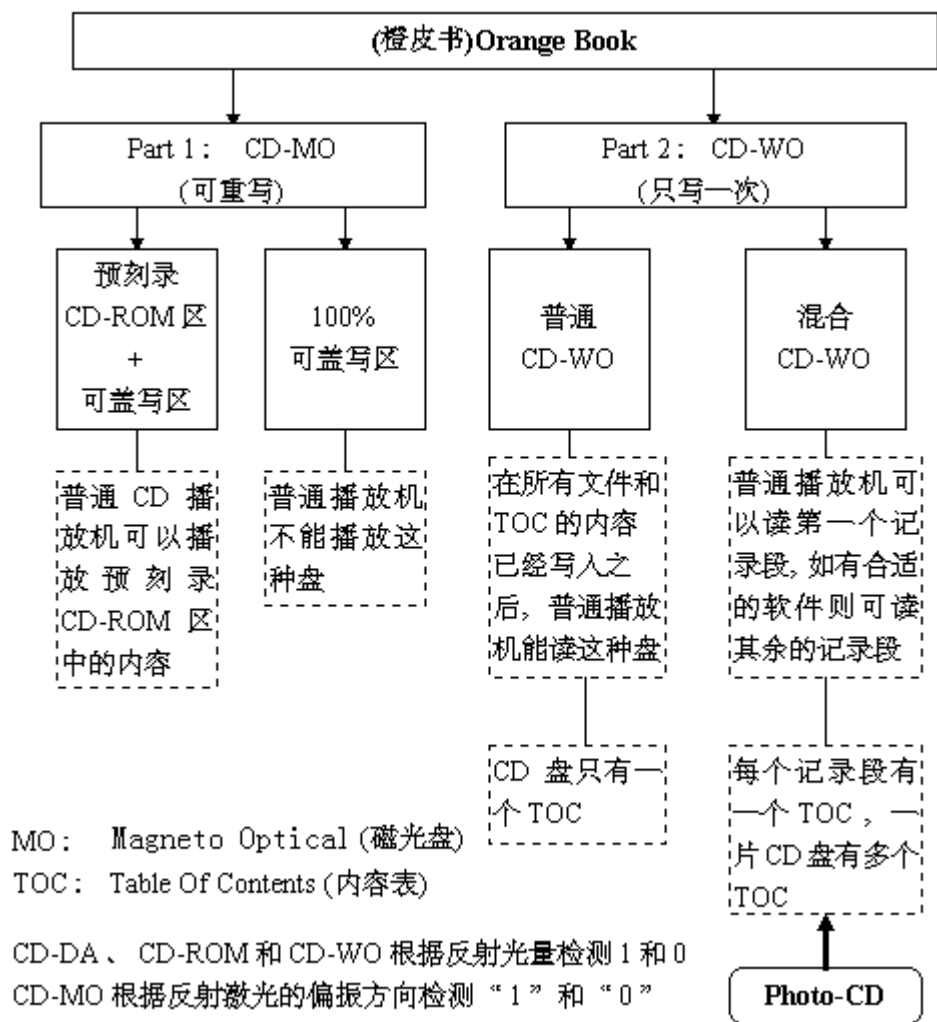


图12-03 橙皮书(Orange Book Standard)概貌 (引自Jim Fricks盘片制造公司)

1. Orange Book Part 1 (CD-MO盘)

Orange Book Part 1标准描述CD-MO盘上的两个区：

Optional Pre-Mastered Area(可选预刻录区)，这个区域的信息是按照Red Book、Yellow Book或Green Book标准预先刻制在盘上的，是一个只读区域。

Recordable User Area(用户可重写的记录区)，普通的CD播放机或者VCD播放机不能读这个区域的数据，这是因为CD唱片和VCD盘与磁光盘采用的记录原理不同。

2. Orange Book Part 2 (CD-WO盘)

Orange Book Part 2标准定义可写一次的CD-WO盘。这种盘在出厂时就已经在盘上刻录有槽，称为预刻槽，也就是物理光道的位置已经确定，是一片空白盘。用户把多媒体文件写到盘上之后，就把内容表(Table Of Contents, TOC)写到盘上。在写入TOC之前，这种盘只能在专用的播放机上读；在TOC写入之后，这种盘就可以在普通的播放机上播放。

Orange Book Part 2标准还定义了另一种CD-WO盘，叫做Hybrid Disc(混合盘)。这种盘含有两种类型的记录区域：

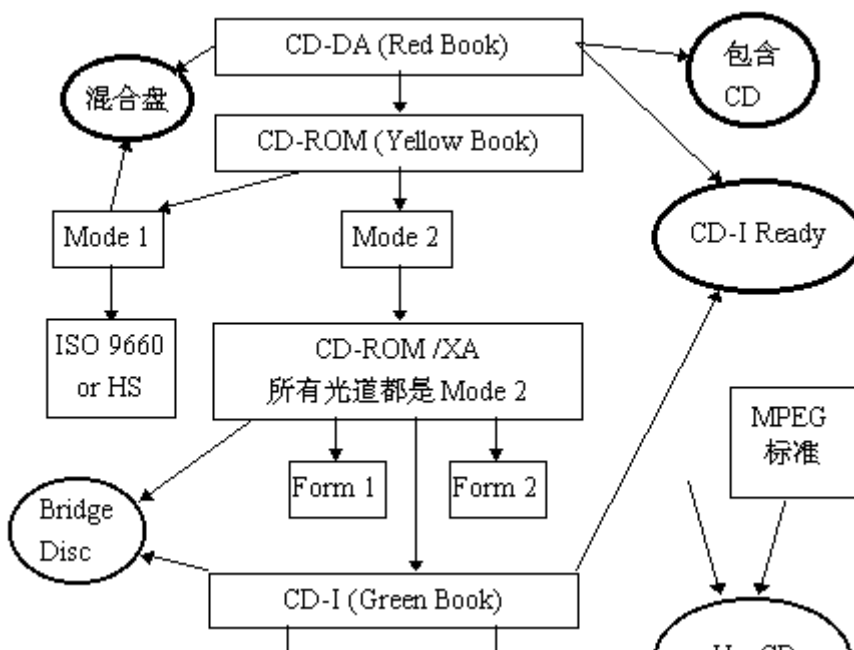
Pre-recorded Area(预记录区)，这个区域的信息是按照Red Book、Yellow Book或Green Book标准预先记录在盘上的，是一个只读区域。

Recordable Area(可记录区)。这个区可以把物理光道分成好几个记录段(multi-session)。每段由3个区域组成：导入区(Lead In)、信息区(Information)和导出区(Lead Out)，每一段要在导入区写入TOC。

Hybrid Disc(混合盘)的结构如下表所示：

第 1 段				第 n 段		
导入区 (Lead In)	信息区 (Information)	导出区 (Lead Out)	导入区 (Lead In)	信息区 (Information)	导出区 (Lead Out)

CD标准的整个概貌可以用图12-04来表示。



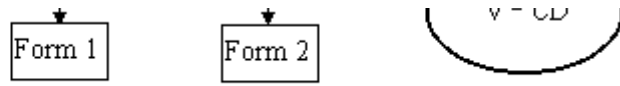


图12-04 CD标准之间的关系