



DIGITAL COMPACT CASSETTE

新一代數碼錄音機DCC



新一代數碼錄音機 DCC

賀玉生編著

萬里機構・萬里書店出版

編輯：博 田

新一代數碼錄音機 DCC

編著者

賀玉生

出版者

萬里機構・萬里書店

香港北角英皇道499號北角工業大廈18字樓

電話總機：564 7511

發行者

萬里機構營業部

香港北角英皇道499號北角工業大廈18字樓

承印者

美雅印刷製本有限公司

九龍觀塘榮業街6號海濱工業大廈4樓B1

出版日期

一九九三年十二月版

版權所有・不准翻印

ISBN 962-14-0774-5

前 言

在1963年開發卡式錄音帶制式的飛利浦公司原計劃在1992年5月推出一種類似於日本人發明的數碼錄音機DAT的機種，稱為DCC系統；後來提前在1991年1月美國拉斯維加斯冬季消費電子產品展覽會（CES）上公布了這一系統的部份內容和展出了試製品。對音響愛好者來說，DCC最大的特色在於它仍能重放原有的音樂節目卡式帶軟件以及過去自己錄製的卡式帶。

當初DAT中還有一個使用固定磁頭的方案，稱為S-DAT。DAT在統一規格時將旋轉磁頭方式R-DAT定為標準方式，將S-DAT定為第二標準。原因是該方案雖結構簡便，但以當時的技術水平來說尚難實現商品化。經過整整五年，S-DAT終於化身為DCC面市，而且由於時移世易，不會再受版權問題的阻撓，故能夠一鳴驚人，迅速走上普及的道路。以此而論，S-DAT可說是後來居上。因為其中被捧為新一代錄放方式的R-DAT為了進入普及階段仍不得不走硬件先行開路的艱苦道路。

飛利浦與松下正是抓住這一有利時機，合作推出S-DAT方式的DCC系統的。就S-DAT方式本身而論，雅瑪哈公司的專業用八軌錄音機早已實用化了，但作為家庭用產品，飛利浦方案則屬首創，它的出現對於近期顯得停滯不前的音響世界無疑是一次較大的衝擊。

DCC與當年的S-DAT並非完全一樣。最大的差別是日本人提出S-DAT時根本沒有考慮過要與模擬系統C卡式帶取得某種兼容性。

S-DAT方案中的磁帶寬度是3.8mm，為了實現數碼錄音，必須在這種磁帶上的每一邊記錄22條磁跡，即每一條磁跡寬度還不到100 μ m（比頭髮絲稍粗些），技術難度極高。DCC則擺脫了這一束縛，讓磁帶每邊只記錄9條磁跡，將記錄寬度加大到195 μ m，因此對磁頭製造工藝帶來了很大的方便。

既然DCC磁帶只用9條磁跡來作數碼錄音，它的容量勢必不足以記錄全部的音頻信號。況且9條磁跡中只有8條是用來記錄音頻信號的，第9條磁跡要用來控制錄放和指示等輔助數據。不僅如此，傳送容量中有一半還要用於誤碼訂正。這樣七折八扣後，與CD相比，DCC的實際記錄容量只有它的 $\frac{1}{4}$ 。那麼，怎樣才能靠這一點點的信息量來確保與CD的音質不相伯仲呢？這個很有趣味的問題，從本書可找到答案。

DCC是英文“數碼小型卡式”的縮寫。而傳統的小型錄音系統則簡稱為C卡式，由於它所採取的是模擬方式，故亦有人爲了從名稱上與DCC對照而稱之爲ACC系統。

C卡式系統誕生時，連飛利浦公司自己也沒有想到這種媒介後來會用於音樂重放，因此在設計時把行帶速度定得比較低，但求能在記者採訪之類的用途上使用方便。因此隨着人們對音質要求的日益提高，C卡式系統更顯得落後了。但此時C卡式業已普及，所以任何一種新制式誕生，如果不能與舊制式取得某種兼容性以保證銜接，就很難大展鴻圖。

據飛利浦公司聲稱，至今已出售了約五億部各種的卡式錄音機，音樂帶在最近一年中發行了6.4億盒。若按西方世界的家庭計算，平均每個家庭有三部卡式機，50~60盒音樂帶。現在，卡式錄音帶的年產量已接近30億盒，其中約有四成是節目帶。雖然這一統計未必正確，但至少應該可以說在發達國家或地區業已達到飽和。另一數據是具備卡式錄音功能的音響設備中有75%是耳筒立體聲和汽車音響之類的重放專用機。錄音機基本上只用來製作一些由便攜式機種和個人音響器材重放的節目帶。這也是使該公司決心推出這種以重放爲新的系統的主要原因。

實際上DCC是由飛利浦與松下聯合研製的數碼錄音系統。當初的計劃並非像DAT那樣要取代CD，而是希望它逐漸替代傳統方式而成為家庭錄音系統的新主流，恰如CD機在取代LP唱機後成為唱機主流那樣。

過去，音響世界有一條原則，就是信息量第一，高級音響器材在設計時都務求減少信息量的損失。但DCC在設計構思上不照此原則而取得了成功，並證實過去的做法有“勞民傷財”的浪費。

DCC採用的新技術主要是利用聽覺閾特性和掩蔽效應這兩個辦法，因此不妨稱之爲“擇優收錄”。

DCC採用的數碼壓縮技術，正確名稱是“精密自適應子帶編碼（PASC）”。它所取得的音質可與CD相媲美，具有108dB的動態範圍，其總諧波失真係數在0.003%以下（重放時），聲道分隔度在92dB以上。而且由於採用了誤差修正處理，可避免磁帶污損引起的音質下降。其數碼控制及子碼標誌使選曲大為簡捷。DCC機有磁頭反轉功能，故亦可實現雙面編程放音。歸納起來DCC的主要優點如下：

1. 與CD的音質相同，但更易使用，結構簡單，通用性高。
2. 與CD相同，具有世界統一規格。
3. 能播放世界流行的模擬C卡式帶。
4. 可作高速翻錄，從而降低音樂節目帶製作成本。
5. 具有和CD水準相同的誤碼糾正能力。
6. 有文字功能，可在電視機上顯示節目帶的曲目、標題、時間、歌詞、作品或藝術家介紹等。

由此可見，DCC是結合C卡式和數碼技術這兩種新老錄音技術的混血兒。正因為它所用的卡式系統以卡式錄音機為基礎，磁帶的尺寸和重量都幾乎與經歷了三十年的卡式錄音帶完全一樣，有45、60、75、90、120分鐘四種規格的磁帶，與傳統卡式系統保持半兼容性，即在DCC機上可放傳統磁帶，但不能在傳統卡式機上放DCC帶。故這種兼容性亦稱為降級兼容性。DCC具備這種兼容性可消除人們購買時的猶豫，加速普及。而DCC節目帶由於受到各大軟件商的支持，在1992年內就推出了500種音樂帶，故不會像DAT那樣出現缺乏軟件支持的尷尬局面。

松下雖然在1991年日本音響器材展上已陳列出一批DCC試製品，從隨身聽、汽車機到台式機，應有盡有，但直至1992年的秋天才有正式的產品面市，隨即在當年冬季向香港推出樂聲牌的同型號第一部機RS-DC10。飛利浦的第一個產品型號為DCC900，其定價比松下機約低一千元。外型設計幾乎與松下機一模一樣。

本書是第一本介紹DCC的中文書，讀者對象以一般用戶和音響愛好者為主，故此把比較深奧的技術問題放在第四章，並力求作深入淺出的說明。

除了DCC之外，還有由新力公司幾乎在同時推出的MD（迷你碟）

系統也採用了數碼壓縮技術，但具體方法與DCC有所不同。而且DCC以磁帶作為記錄媒介，MD則以光磁碟作為記錄媒介。DCC可將訊息量壓縮到只有原來的 $\frac{1}{4}$ ，而MD則可以壓縮到原來的 $\frac{1}{2}$ ；音質與CD基本上相同。本書的第六章主要是介紹這種MD。

一些不太了解LP但經常玩CD的年輕人會有這樣的對話：“據說CD變小後也能錄音了”，“是在什麼時候開始的？”，“1993年春季”。目前像這樣對MD完全理解錯誤的人相信為數不少。因此有關DCC及MD的壓縮技術和兩者差別，本書也作了簡單扼要的介紹。

新力還推出一種微型卡式帶數碼錄音機，稱為NT系統。可使用60、90、120分鐘三種郵票大小的磁帶和一種專用的清潔帶。關於這一新秀，也在第六章的最後一節中介紹。

VHS錄影制式的開山祖師JVC也完成了S-VHS的伴音數碼化，並已有多家公司推出了正式產品。S-VHS數碼錄音是作為錄影機的一項新功能誕生的。其特色是使數碼錄音既可以與錄影結合起來，又能獨立使用，而且與傳統錄影機有單向兼容性。這種單向兼容性優於DCC，因為它另有常規伴音可在普通錄影機上播放。在技術規格上，這種數碼錄音系統與DAT相同，只是特地迴避了其中的44.1kHz模式這一CD敏感禁地，從而可以不受SCMS（連續翻錄管制系統）的局限。它與Hi Fi伴音同錄在磁帶的深層上，而靠高頻偏磁保證與Hi Fi伴音之間互不干擾。最近JVC又發表了適合家庭用高解像度電視的W-VHS制式錄影機新技術；W-VHS除了能以兩條磁跡錄放1125行的掃描線之外，由於其PCM數碼伴音磁跡獨立，當然亦可作獨立的數碼錄音和後期配音。本書的主旨是講音響系統的數碼壓縮技術，所以對這兩者，僅在此處略為一提。

今後，DCC、MD、NT三者與CD展開角逐數碼音響世界盟主的情況會日趨激烈，不管怎樣，競爭的結果，必然導至更佳產品的出現，這對音響愛好者來說，無疑是件好事。

目次

前 言	1
第一章 DCC的誕生	9
一. DCC及MD的問世	9
1. 發售日期姍姍來遲(10)	2. DAT仍獨樹一幟(12)
二. 爲何要進行數碼處理?	13
1. 模擬方式(13)	2. 數碼處理的優點及其特色(15)
三. 如何進行數碼化	16
1. 數碼化的方法(16)	3. 關於誤差的修正(21)
2. 數碼化與音質的關係(18)	
四. 數位壓縮	22
第二章 DCC和MD的基礎技術	23
一. 數碼信號的壓縮技術	23
1. 爲什麼要壓縮數碼信號?(24)	2. 對音頻信號中的哪一部份進行壓縮?(24)
二. 數碼信號的調制	31
1. NRZ(Non Return to Zero)方式(31)	3. EFM(Eight to Fourteen Modulation=8-14調制)方式(33)
2. MF(Modified Frequency Modulation=改良型調頻)方式(32)	4. 8-10變換方式(33)
	5. 音頻信號壓縮編碼方式的現狀(35)
第三章 DCC的特色	37
一. DCC的特點和研製背景	37
1. DCC的研製背景(37)	3. DCC開拓了新的音響天地(40)
2. 即將發售內容豐富的音樂帶(40)	

二、DCC卡式帶的特點	42
1. 卡式結構(42)	3. 磁帶(47)
2. 塑料盒(外殼)(45)	4. 記錄圖形的實際狀態(48)
三、DCC文字資料功能	49
1. 文字資料的種類(49)	4. 顯示應用例(53)
2. 文字資料的顯示(49)	5. 用戶自己可記錄文字資料
3. 文字數據的格式(51)	(53)
第四章 DCC的技術奧秘	54
一、DCC的信號處理方式“PASC”	54
1. 如何擬定DCC的規格?(54)	3. PASC制式(65)
2. PASC的信號處理(55)	
二、量化bit數和動態範圍、S/N的關係	66
三、DCC用的薄膜磁頭	67
四、錯誤校正	71
1. 錄音時誤碼的添加(72)	2. 重放時的錯誤檢測和校正
	(73)
第五章 DCC的硬件和軟件	75
一、菲利浦DCC900錄音座	75
1. DCC900的總體結構(76)	5. D/A變換器與A/D變換器
2. PASC處理—驅動信號處理	的外圍電路(87)
(78)	6. 卡式盒結構及機械伺服系
3. 前端處理—磁頭(80)	統(91)
4. 數碼聲音接口(DAI、I/O)	7. DCC900的功能(93)
部份(84)	8. 什麼是SCMS?(98)
二、DCC軟件的製作	100
1. 軟件是怎樣生產出來的(100)	3. DCC軟件的現狀(109)
2. 版權問題如何處理?(108)	
三、DCC與MD特性比較	109
1. 特性比較(110)	3. 操作性能(113)
2. 音質比較(112)	
第六章 DCC與新力MD系統的技術比較	115
一、MD與DCC的不同特點	115
1. 首批MD機(117)	2. DCC93新機種(119)

二. 壓縮技術.....	120
1. 數碼壓縮方案的基本方法 (120)	2. DCC捨棄多餘的信息(121) 3. 電信號的波形合成(123)
三. MD中所謂的壓縮實際上是頻譜記錄	126
1. 頻譜記錄法(126)	3. 根據量化噪聲進行數據壓 縮(128)
2. ARTAC的頻帶分割(127)	4. 時間劃分因信號而異(130)
四. MD的錄放原理	131
1. MD的錄放方式(131)	2. MD的信號流程(133)
六. 郵票大小的卡式帶數碼錄音機.....	135
1. 一盒郵票大小的卡式帶可 作雙面錄音兩小時(135)	3. 一節筆芯鹼性電池可連續 錄音七小時(136)
2. 新開發的“非循跡”和 “非上帶”方式(136)	

第一章

DCC 的誕生

一. DCC及MD的問世

無線電廣播技術始於模擬音響方式，因此其中用作錄音媒介的唱碟，在CD問世前的近一百年間，一直都是採用模擬音響技術的。以《瑪麗的小羔羊》一曲而聞名於世的愛迪生蠟管留聲機，發明於1878年，而CD上市則在1982年。

表1匯集了從模擬音響方式到數碼音響方式的演變過程及各階段所採用的媒介和音響機器。

1992年是作為家庭用數碼音響媒介的CD面世十周年。恰巧就在這一具有紀念意義的1992年，正式誕生了這種運用最新技術的新型數碼音響系統DCC和MD。DCC是“Digital Compact Cassette”的縮寫，即數碼小型卡式。MD是“Mini Disk”的縮寫，即微型唱碟，亦稱為迷你碟，正式名稱是磁光碟，MO（Magneto Optical）的誕生更早，在80年代已有，MD僅屬於MO中的一種，專用於家庭錄音。MO當時的研製目的是用作大容量的電腦存儲媒介；MO有3.5吋（8.9厘米）和5.25吋（13厘米）兩種，擁有500M Byte到1G Byte的容量，隨機存取速度不亞於硬碟，但可以像軟碟一樣隨身攜帶。MO已被廣泛用於文件保存、傳真、照片及錄影圖像處理等方面。

上述兩種新型數碼音響系統，與流行至今的數碼音響媒介CD或DAT比較，技術上有什麼不同，有什麼優點呢？這是音響愛好者關心的問題。

飛利浦和松下聯合研製的DCC以磁帶作為記錄媒介，而新力獨家研製的MD則以光磁碟作為記錄媒介，兩者均屬於最新的數碼壓縮音響系統。有關MD的技術概要，本書將在第六章介紹。本章將對此類數碼

表1 音響媒介的發展歷史

1877年	托馬斯·愛迪生(美)錫箔圓筒留聲機(世界最早)
1878年	托馬斯·愛迪生(美)蠟管留聲機
1888年	埃米爾·伯利納(美)蟲膠製唱碟(每面一曲的SP唱碟的原型)
1898年	瓦爾德馬·波爾森(丹麥)發明磁性錄音機
1931年	RCA VICTOR公司(美)33 $\frac{1}{3}$ 轉密紋LP唱碟研製成功
1937年	A·H里布斯(英)試驗成功音頻信號數碼化
1948年	CBS哥倫比亞公司(美)密紋LP唱碟上市
1950年	新力(日本)第一台開捲式磁帶錄音機上市
1958年	RCA VICTOR公司(美)立體聲唱碟上市 (兩個月後,日本JVC公司的同類產品上市)
1965年	卡式磁帶錄音機上市 (荷蘭飛利浦公司,並於1966年實現立體聲化)
1965年	由太空船瑪麗娜4號傳送PCM照片
1969年	NHK發表使用磁帶的數碼錄音機
1972年	日本哥倫比亞公司開發專業用PCM錄音機
1977年	新力發售PCM-1
1982年	CD上市
1984年	NHK衛星廣播(試播)開始(數碼伴音)
1987年	DAT上市
1992年	CS廣播開始(數碼伴音)
1992年	DCC與MD上市

錄音媒介誕生的來龍去脈及它們的所用的數碼壓縮技術作綜合性的介紹。

1. 發售日期姍姍來遲

衆所周知,在1991年10月日本東京第40屆音響和電子產品展覽會上就已經公開展示了精美的DCC機,作為下一代音響產品,很令人注目。飛利浦公司曾聲稱,將於1992年春正式投入市場,實際上卻是一再推遲。

菲利浦和松下電器終於在1992年9月拿出了硬件，從10月份開始軟件才陸續出台。

爲什麼把發售日期拖到那麼遲？據說是因爲軟件版權金額沒有很好的解決，不過，據廠家聲稱，最主要原因是爲了提高公衆的認識度，需要有大約半年的宣傳時間。在4至6月份，不只是日本，全世界凡是與音響有關的雜誌及出版物都在進行DCC產品介紹和公開演示。後來，廠家好像在商品流通以及培養推銷人員，維修人員方面下了很大氣力。當然同時也在反復進行軟件編輯機的試驗運行工作。

另一個原因，也許是最重要的原因，就是在這種新的媒介商品化時，應當充分搞好商品所要求的各項指標（軟件和硬件），絕不允許出現任何差錯。銷售固然重要，但如果故障層出不窮，DCC就要名聲掃地，到那個時候，本來應當能迅速普及的也會變成難以普及了。

DCC帶除了外殼外，還有許多其他零件，因此生產成本比過去的模擬卡式帶較高。

很可能正是因爲上述原因，DCC到1992年9月份才開始在日本面市。

MD也是經過了頭尾三年的孕育。撇開全面的改善不談，三年後重整旗鼓的MD系統與初次展出時相比，最受人注目的是改良了存儲器的容量。

MD的光學唱頭讀取數據的速率和CD機一樣，也是1.4M bit/s。但MD的ATRAC解碼器所接受的是壓縮數據，故其數據傳輸率僅須 $\frac{1}{4}$ ，即292k bit/s。這就意味着能以更高的速率從唱碟上讀取數據，因此如果利用半導體存儲器DRAM作爲緩衝器，使存儲器內一直保持着某一數量的數據，便可以控制數據的讀出。在遇到外界的影響時，即使暫時無法從唱碟上讀取數據亦無妨，此時只要把存儲器中預先記憶的數據轉入ATRAC解碼器，便能保證數據的傳送不會中斷，從而使輸出的聲音保持連貫性。

原來使用1M bit的存儲器，約可獲得3秒的緩衝時間，經改良後使用4M bit，約可獲得12秒的緩衝時間。延長這一段時間是爲了保證MD機在任何嚴酷使用條件下都不會產生聲音中斷的現象，便於攜帶或在汽車中使用時即使唱頭受震動跳槽也不會影響聲音的連續性。MD系統的

這一招就像“水庫”那樣平時保持着一定的存水量以備不時之需，一旦遇到唱頭飛離唱碟，聲音中斷，提前保存的信號便會自動補上，使樂曲得以一氣呵成。不言而喻，只要唱頭能在12秒鐘內復位，樂曲就不會因信號失落而中斷。這種抗震能力已比原先展出樣機中使用1MB記憶體DRAM時的3秒鐘強得多了。它使得MD機可以像傳統的Walkman機那樣放在衣袋中，即使遇到振動也照唱如儀。從表演防震存儲器時可以看出，在10秒鐘內取出唱碟，然後再裝進去，聲音並不中斷，照樣進行演奏。

以DCC和MD比較，如果說DCC的主要優點是與傳統卡式錄音相同而具有繼往開來的銜接性，那麼MD的主要優點就可以說是具有和CD系統一樣的隨機搜曲方便性。使用過電腦的人士都知道電腦在磁碟上找尋資料的高速度是多麼驚人，那是須要捲來捲去的磁帶所望塵莫及的。

2. DAT仍獨樹一幟

衆所週知，日本是DAT（數碼錄音機）的先行者，1987年就有了正式產品，而且爲了能普及到一般家庭，各廠家都傾注了不少的心血，但菲利浦對此卻表現得毫無興趣。因爲他們一直對DCC系統情有獨鍾。

目前DAT已廣泛用於專業部門，數碼錄音機採取16 bit線性、取樣頻率48kHz，性能極其優越，而且使用方便。

已有了DAT菲利浦仍堅持搞DCC，是有其道理的。主要目標是希望也能重放現有的模擬卡式錄音帶（ACC），即力求生產一種與傳統機種具有降級兼容性的數碼錄音機。也就是說，飛利浦對已有的音樂磁帶十分重視，希望新系統仍能重放千家萬戶手頭已有的傳統卡式錄音帶，只是在新錄音時要用DCC帶。

採取這種兩制的方針可令廣大消費者在DCC甫一面世即願意購買，並期待ACC能直接跨越到未來的全數碼化時代。

當前全世界錄音帶年需求量爲30億盒以上，錄放機也形成了一億多台的生產能力。要正視這一現實，並且考慮到數碼化能夠使這一市場進一步擴大，力求DCC與傳統機種具有兼容性自是順理成章之舉。

但是，日本廠家一向有一種什麼都想幹的性格，因此估計他們將來會生產一種不具重放ACC功能的DCC專用機來代替部份DAT，大概也不會落空吧。

下面就試分析一下DAT和DCC在數碼磁帶錄音系統中可能採取兩制共存的基礎。

DAT是採用16 bit線性量化的優良PCM錄音系統。DCC則可以說是一種採用bit壓縮技術音質幾乎達到與DAT或CD並駕齊驅水準的簡易型PCM錄音系統。

因此，在生產廠家的心目中，把DAT放在專業用高級音響設備的地位上，而將DCC視為一般音響設備，專門用於普及。

在DAT中使用的也是固定磁頭，但像錄影機那樣的旋轉磁頭業已成為現時專業界的主流，只是目前沒有適合立體聲耳筒機的機芯，DCC才不得不用固定磁頭，不過將來是有可能實現小型化的。

這樣看來，廠家並非把DCC與DAT對立起來，而是力求使兩者互相補充，長期共存。

此外，因為DCC可加進文字信息，故接上適配器後與電視顯示器共同組成的卡拉OK也將是很受歡迎的。

二、為何要進行數碼處理？

這一問題，想必許多讀者已有所瞭解。但考慮到初次接觸數碼音響的讀者，在這裡仍就數碼的基礎概念作一說明，以便於理解後面各章節的內容。

1. 模擬方式

聲音主要是通過空氣及水等媒介的疏密振動而傳遞的。將這種振動轉為電信號的主要器件便是咪高峯（話筒）。只要用示波器觀看咪高峯的輸出信號，便能發現聲音是一種連續變化的波動。如圖1（a）所示，這種變為電流或電壓形式的波動，它的振幅和原來的聲波一樣，也是連

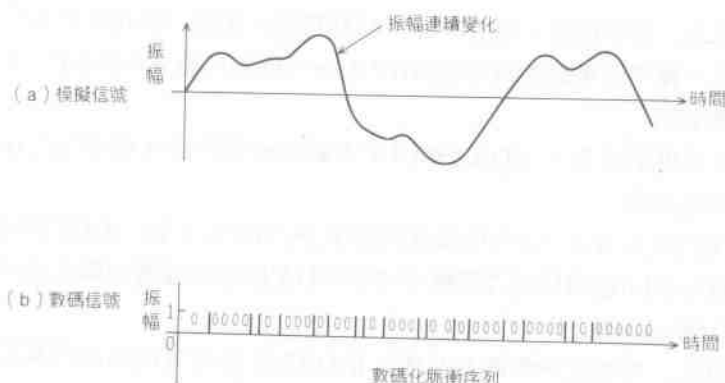


圖1 模擬信號與數碼信號

續不斷地變化着的，即具有所謂的“模擬”性質。這便是我們日常遇到的模擬信號。

將這種模擬信號按其原有形態刻入一張塑料圓盤的槽內，便可以製造出LP唱碟（密紋唱片）等錄音媒介；而把這種模擬信號直接變成磁性的強弱變化再記錄到磁帶上時，便是普通模擬卡式帶錄音媒介。

可見，所謂模擬方式，就是在處理過程中始終模仿原來信號形式的一種方式。模擬的英文是“Analogue”，這個詞本身就有類似、相似等含義。

模擬方式最主要的優點就是它的形態變換極其簡單。即是說無論以哪一種方法把振幅不斷變化着的模擬信號變換成其他形式（如聲槽的振幅、磁性的強弱等），變換前後的信號變化，仍始終保持着——對應的關係。

然而，模擬信號方式也存在着一個致命的弱點，就是在採用模擬方式傳送、接收信號的過程中，或者在記錄、重放的過程中，都會發生信號失落現象，而且一旦附上噪聲，就很難將這種不束之客驅除。噪聲會如圖2所示那樣附在原信號上，使它變成了新的“信號”。從這一意義上說，也可以認為產生了失真。說得誇張一點，所記錄下來的內容如果是