[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01V 1/22 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03800655.3

[45] 授权公告日 2006 年 8 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 1268938C

[22] 申请日 2003.3.12 [21] 申请号 03800655.3

[30] 优先权

[32] 2002.3.12 [33] US [31] 10/095,799

[86] 国际申请 PCT/US2003/007464 2003.3.12

[87] 国际公布 WO2003/079039 英 2003.9.25

[85] 进入国家阶段日期 2004.1.12

[71] 专利权人 舍塞尔公司

地址 美国德克萨斯州

[72] 发明人 P·巴利格特 L·钱 P·库克

审查员 杨永康

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 程天正 罗 朋

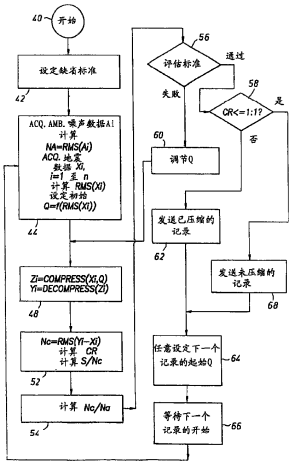
权利要求书 4 页 说明书 10 页 附图 3 页

[54] 发明名称

将可变压缩比用作背景噪声的函数对地震采集进行数据管理

[57] 摘要

一种地震数据采集单元，包括：数据采集与数字化器，数据采集与数字化器用于接收模拟地震信号并将该信号数字化。数据采集与数字化器在环境噪声还未被地震信号掩蔽时，在数据采集与记录信号中的某个点上获取环境噪声信号。所述数据采集单元还包括数据压缩器，用于接收来自数据采集与数字化器的数字化信号，并且最好利用有损压缩算法来压缩该数字化数据。最后，数据采集单元包括数据遥测与转发设备，用于接收已压缩的数据并将该已压缩数据发送到中央单元。所述数据采集单元最好包括数据解压缩器。所述数据解压缩器获取来自数据压缩器的数据，并对该数据进行解压缩。接着，将已解压缩的数据与原始数字化数据进行比较，来确定压缩过程所导致的噪声量。将所述压缩噪声同环境噪声相比较，并且如果压缩噪声超过预定义标准，那么就调节数据压缩器中的压缩比，以得到更低程度的压缩。重复所述过程，直到压缩噪声量相对于环境噪声而言是满意的为止。



1.一种地震数据采集系统，包括:

a. 多个数据采集与数字化器电路，用于接收来自多个地震传感器的模拟地震数据，并且将所述地震数据数字化;

b. 数据压缩器，用于接收来自多个数据采集与数字化器电路的每一个的数据，并且压缩所述数字化的地震数据;

c.用于评估来自所述数据压缩器的压缩生成的噪声和压缩比的装置;

d.用于根据所述用于评估压缩生成的噪声的装置来调节在所述数据压缩器中压缩数据的量的装置; 以及

e. 数据遥测与转发器电路，用于接收来自数据压缩器的已压缩的数据，并且将所述已压缩的数据发送到中央单元。

2.如权利要求 1 所述的地震数据采集系统，其中所述中央单元适合于对所述已压缩的数据进行解压缩。

3.如权利要求 1 所述的地震数据采集系统，其中所述数据压缩器是已编程的微处理器。

4.如权利要求 1 所述的地震数据采集系统，还包括: 环境噪声检测器，用于检测来自于地震传感器的环境信号噪声级。

5.如权利要求 4 所述的地震数据采集系统，其中所述地震传感器在地震记录周期期间接收来自源的地震数据，并且在地震记录周期前的噪声记录周期期间接收环境噪声。

6.如权利要求 4 所述的地震数据采集系统，其中所述地震传感器在地震记录周期期间接收来自地震源的地震数据，并且在地震记录周期后的噪声记录周期期间接收环境噪声。

7.如权利要求 4 所述的地震数据采集系统，其中所述地震传感器在记录周期期间接收来自地震源的地震数据，并且接收环境噪声。

8.如权利要求 1 所述的地震数据采集系统，还包括: 数据解压缩器，用于对来自于数据压缩器的数据进行解压缩，以产生解压缩信号。

9.如权利要求 1 所述的地震数据采集系统，其中所述用于评估来自所述数据压缩器的压缩生成的噪声和压缩比的装置根据解压缩的信号与数字化的地震数据之差来确定所述压缩噪声。

10.如权利要求 9 所述的地震数据采集系统，其中所述数据采集与

数字化器电路测量环境噪声，并且还包括压缩比调节部件，用于改变数据压缩器的压缩比，从而以变动的压缩量来压缩数字化的地震信号，直到压缩噪声处于或者低于已测定环境噪声的规定分数。

11. 如权利要求 10 所述的地震数据采集系统，其中在将已压缩的数据发送到中央单元前，所述数据压缩器的压缩比被改变一次或多次。

12. 如权利要求 10 所述的地震数据采集系统，其中所述压缩比在相继记录上被改变，以便收敛到期望的压缩比上。

13. 如权利要求 9 所述的地震数据采集系统，还包括：用于以变动的压缩比来迭代地压缩数字化的地震信号直到压缩比处于或者低于用户规定的绝对级为止的装置。

14. 如权利要求 13 所述的地震数据采集系统，其中在将已压缩的数据发送到中央单元之前先执行一次或多次迭代。

15. 如权利要求 13 所述的地震数据采集系统，其中所述压缩比的迭代是在相继记录上执行的，以便收敛到期望的压缩比上。

16. 如权利要求 9 所述的地震数据采集系统，还包括：用于以变动的压缩比来迭代地压缩所述信号直到在期望的时间里数据量小到足以进行传输为止的装置。

17. 如权利要求 16 所述的地震数据采集系统，其中一次或多次迭代是在将已压缩的数据发送到中央单元之前执行的。

18. 如权利要求 16 所述的地震数据采集系统，其中所述压缩比的迭代是在相继记录上执行的，以便收敛到期望的压缩比上。

19. 如权利要求 9 所述的地震数据采集系统，还包括：压缩比调节部件，用于改变数据压缩器的压缩比，从而以变动的压缩量来压缩数字化的地震信号，直到地震信号对压缩噪声的比等于或大于预定值为止。

20. 如权利要求 9 所述的地震数据采集系统，其中所述数据采集与数字化器电路测量环境噪声，并且进一步包括压缩比调节部件，用于改变数据压缩器的压缩比，从而以变动的压缩量来压缩数字化的地震信号，直到压缩噪声小于环境噪声的预定分数，或者地震信号对压缩噪声的比等于或大于预定值，或者压缩噪声小于预定绝对值为止。

21. 如权利要求 1 所述的地震数据采集系统，其中将所述已压缩的

数据经导线发送到中央单元。

22.如权利要求1所述的地震数据采集系统，其中将所述已压缩的数据经光纤发送到中央单元。

23.如权利要求1所述的地震数据采集系统，其中将所述已压缩的数据通过无线电信号发送到中央单元。

24.如权利要求1所述的地震数据采集系统，其中所述已压缩的数据被记录在海量存储设备上，并且被物理取回并装载到中央单元上。

25.如权利要求1所述的地震数据采集系统，还包括：用于将来自于多个数据采集与数字化器电路中每一个的数据分段成时间段的装置，并且其中所述数据压缩器适合于在一个时间段中采用一个压缩比来压缩数据，而在另一个时间段采用不同于上述压缩比的压缩比来压缩所述数据。

26.一种获取地震数据的方法，包括以下步骤：

a．在信号采集与数字化设备中接收模拟地震信号；

b．在所述信号采集与数字化设备中数字化所述模拟地震信号，从而产生数字地震信号；

c．压缩所述数字地震信号；

d.在发送之前对所述压缩的数字地震信号进行解压缩，以便评估由压缩步骤所生成的压缩噪声；

e.根据步骤d的评估结果来调节在步骤c中压缩数据的量；以及

f．将已压缩的数字地震信号发送到中央单元。

27.如权利要求26所述的方法，还包括如下步骤：在中央单元中对已压缩的数字震信号进行解压缩。

28.如权利要求26所述的方法，其中压缩所述数字地震信号的步骤由已编程的微处理器加以执行。

29.如权利要求26所述的方法，还包括如下步骤：在所述信号采集与数字化设备中检测环境噪声级。

30.如权利要求29所述的方法，还包括以下步骤：

a．对已压缩的数字地震信号进行解压缩；

b．确定在压缩所述数字地震信号过程中所产生的噪声量；

c．将所述环境噪声级与在压缩所述数字地震信号过程中所产生的噪声量进行比较；以及

d. 在压缩所述数字地震数据过程中，调节压缩比，直到在压缩所述数字地震信号过程中所产生的噪声量相对于所述环境噪声低于预定标准为止。

将可变压缩比用作背景噪声的函数对地震采集进行数据管理

发明领域

本发明总体上涉及地震勘探领域，更具体而言涉及一种获取陆地系统中的地震数据、压缩所述数据并将该数据发送到中央接收站的系统与方法。

发明背景

现代地震技术包括：利用在距离上、以有规律的间隔(通常为几公里)隔开放置的数据采集设备。数据采集（acquisition）设备采集如下地震信号，所述地震信号由一个或多个适当的接收器（水听器或地震检波器）响应地震源传送到地面中并由底层土壤间断性所反射回来的振动加以拾取。将接收器采集的信号进行采样、数字化，并且在将数据发送到中央控制与记录设备或站前，将所述信号存储在存储器中。

通过公共电缆或者适于对控制与测试信号以及累计的地震数据两者进行传输的其它装置，可将数据采集设备连接到中央控制与记录站。中央站有序地询问各种数据采集设备，且作出响应，数据采集设备将累计的数据发送到中央站。

例如，在第 4398271 号美国专利中描述了这种系统。不同的采集设备都可以通过短波链路连接于中央站。继而，它们中的每一个都与无线电设备相关联。将所采集的数据实时发送到中央站，并且这对于所有采集设备是同时进行的。这就需要使用大量不同频率的宽带或窄带短波传输通道，且由此而需要上述短波传输通道的具备可用性。

对由采集设备采集的数据的传输，也可以按顺序进行，这些采集设备中的每一个都依次将其自身的数据直接地或者经过其它中间采集设备或中继元件发送到中央实验室。继而，使用记录装置将所采集的数据存储一段时间，所述时间是将其连续传送到中央站所需要的时间。例如，在第 4583206 号美国专利中描述了短波链路地震数据传输系统。

随着解译三维地震数据的新方法不断普及，管理不断变大的数据量同采集与处理比起来变得至关重要。然而，地震数据的解译及使用，

需要更快且不连续地随机访问巨大的数据量。此外，定量解译导致不断地需要振幅的全 32 位分辨率（resolution of amplitude），而不是在大多数当前解译系统中一直使用的 8 或 16 位表示。

在管理这些数据的过程中，地震数据压缩可以作为重要的工具，但是根据定义得到的“有损”数据压缩技术，将误差引入到恢复或重构的图像中。实际上，当利用目前可用的有损小波变换数据压缩算法时，就出现了关于图像定义的几个问题。然而，小波压缩比目前普遍使用的截断压缩引入更少的噪声。对需要随机访问的小块数据进行压缩，导致了数据当中的伪像，而为了在数据采集与解译系统中的最大化使用，就必须消除这种伪像。

在地震采集、传输、存储以及处理领域，在过去几年就已经建议应用基于小波变换的数据压缩了。大多数这类应用都涉及到建立有损压缩算法的有效性，在对先前已压缩数据执行地震处理的时候尤其如此。大多数这种应用都被专门用于预堆积数据集，其中数据量过大以致于数据压缩益处将成为最重要的。现在人们逐渐承认：如果对压缩噪声的效果进行仔细分析，那么在大多数这些应用中，小波变换或者类似的噪声数据压缩算法可能是非常有用的。目前，正在研发诊断标准，以允许在许多领域中的使用压缩，并且充分相信：压缩噪声将不以很明显的方式来降低数据质量。

虽然这些概念在性质上看起来可能是理论性的，但是当将这些概念应用到采集地震数据的运用系统上时，它们就变得愈加重要。如前所述，在典型的现代地震采集系统中，不论是陆地区、海洋区还是地慢过渡带，许多采集单元均分布在感兴趣的区域上。将每个采集单元附接到一个或多个传感器上。每个采集单元皆能测量在称为记录的一段周期上传感器信号，并对测量结果进行采样从而创建数据记录。使中央控制与记录设备或站间的记录协调一致，以便与能源的活动同步发生，其中在本公开内容中可把所述中央控制与记录设备或站称为中央单元。结果所得到的地下回波就是期望的地震数据。继而，采集单元利用它们内置的遥测能力，在之后的某个时间将数据发送到中央单元。中央单元可将数据发送到档案存储器磁带、本地预处理系统的任意组合中，或是经由某个卫星遥感技术发送到远程部门。

对于现有技术的分布式数字地震数据遥测系统的情形而言，针对

通道总数、转发器间的距离、系统总长、功率消耗、设备重量、总数据吞吐量以及数据可靠性，权衡遥测带宽。这些因素中的每一个依次判定地震勘测的效率及成本。例如，更高带宽增加了通道总数，所述通道可以按地震拍摄（shot）或记录之间的指定时间长度进行传输。更高带宽增加了能在系统线段上连续工作的通道的数量。

在另一方面，更高带宽通常减少了转发器间所允许的距离，因而在系统当中就需要更多的转发器。一般而言，更高带宽除了必须为它们中的许多个供以电力外，还增加了转发器所需的电力。更大的电力消耗需要更多、更巨大的电源或线规，而这些将会使设备更低效运转。这个因素还影响了转发器与电源间的距离。另外，由于增长的电力需要，更换电池或电源或是给电池或电力源再充电，增加了服务的精力且因此增加了成本。

除了考虑对系统结构的需求以外，更高带宽增加了引入到地震数据中的误差的数量及频率，并由此增加了对这类误差进行检测及校正的计算负载以及附加带宽开销。降低带宽需求，在没有危及到数据的有用信息含量的同时，还会使地震勘测的成本降低。降低带宽需求的一种方法就是：利用数据压缩。

数据压缩减少了传送相同信息所需的数据总量。在数字数据处理领域众所周知的是：对于无损及有损数据压缩而言，存在着许多种解决方案。可以对诸如文件之类的数据块运行压缩过程，以将其缩减成适于存储或传输的更小块。逆向过程——解压缩，将数据块返回到其原始形式，以便能够操纵它。无损压缩确保已恢复的数字数据是原始数据的确切表示，但在数据缩减能力上却受到限制。将这类数据用于数据文件，诸如计算机程序、财务记录、字处理及其它类似的应用程序，在所述数据文件中不会改变任一位也不会丢失确切含义。在另一方面，有损数据压缩对处于已压缩状态下的数据产生大得多的缩减，但是恢复后的数据将不再是原始数据的确切表示。这对于如下数据很有用，所述数据的最终目的是成为诸如声音或视觉记录之类的图形表示的模拟，在其中保持关键的可听或可视特征就保留了重要的音频或视频含量。地震数据就属于这类数据。

利用有损压缩，特殊参数进入到压缩过程中。将这个参数称为“Q”，它是用于有损压缩的阈值及比例系数。这个参数 Q 与压缩系数

或压缩比（原始数据量降低多少）、以及数据损失量有关。增大Q就会增大压缩比。对于使用有损数据压缩的系统而言，压缩比决定了误差量，即引入压缩/解压缩过程中的噪声。增大压缩比也会增大压缩噪声。另外，如前所述，在确定的数据采集与传输系统中，环境噪声的引入是无法更改的事实。重要的就是：引入到压缩过程中的噪声或是压缩噪声，相对于环境噪声应该要足够小，对所述环境噪声存在很少控制或者几乎没有任何控制。作为选择，必须要将所述噪声保持得比在系统中主要感兴趣的信号小得多。

因此，在地震数据采集系统中，仍然存在对有效的、可实施的数据压缩系统的需要，在数据压缩系统中可以改变或调节压缩噪声，以便使压缩噪声相对于环境噪声要小些，和/或比主要感兴趣的的信号要小得多。

发明内容

本发明通过在数据采集单元内提供可调的数据压缩单元来解决本领域的这一需要。所述数据采集单元包括：数据采集与数字化器部件，其接收模拟地震信号并将所述信号数字化。所述数据采集与数字化器部件在环境噪声还未被地震信号屏蔽时，在数据采集与记录周期中的某个点上获取环境噪声信号。所述数据采集单元进一步包括：数据压缩器，用于接收来自数据采集与数字化器部件的数字化信号，并且最好利用有损压缩算法来压缩所述数字化数据。最后，所述数据采集单元包括：数据遥测与转发设备，用于接收已压缩的数据，并将所述已压缩数据发送到中央单元。

在优选实施例中，所述数据采集单元包括数据解压缩器。所述数据解压缩器从数据压缩器取得数据，并对所述数据进行解压缩。接着，将已解压缩的数据与原始数字化数据相比较，来确定压缩过程所导致的噪声量。将所述压缩噪声与环境噪声相比较，并且如果压缩噪声超过预定义标准，那么就调节数据压缩器中的Q，以得到更低程度的压缩。重复所述过程，直到压缩噪声量相对于环境噪声而言是满意的为止。如这里所使用的，当将术语“预定义标准”应用于压缩噪声时，指的是许多预定客观量度中的任意一个，比如压缩噪声对环境噪声的绝对比、诸如微伏之类的压缩噪声的绝对量度、信噪比、绝对压缩比等等。

对地震数据采集领域中的技术人员而言：通过对下列详细说明连同附图的考察，本发明的这些及其它特征是显而易见的。

附图简述

图 1 是典型地震采集系统的示意性框图。

图 2 是本发明的带数据压缩的地震采集单元的示意性框图。

图 3 是地震采集单元的优选实施例的示意性框图，其中所述地震采集单元包括作为背景噪声的函数的可变压缩比。

图 4 是由图 3 中所描绘的系统来执行的本发明方法的逻辑流程图。

优选实施例的详细说明

图 1 举例说明了典型的地震采集系统 10。在这种典型系统中，信号采集是利用多个采集单元 12 来实现的。所述采集单元 12 分布在许多平方公里上，并且通过布线电缆或无线电遥测技术而连接。在采集单元 12 中，A/D 转换电路 14 经数据采集线路 16，采样来自大量传感器（未图示）的地震信号数据。

来自于每个 A/D 转换电路 14 的数字数据被传递到数据传输与转发器电路 18 上，所述数据传输与转发器电路经由遥测线路 20、按指定比特率将数据发送到中央单元 22。所述遥测线路可以是已安装好的电缆或导线或是光纤，或者经由无线电信号。另外，所述数据可被记录在海量存储设备中，且继而被物理地取回并且被下载到中央单元 22。

中央单元 22 接收来自各种地震采集单元 12 的所有数据，并将所述数据写入到磁带式档案存储器 24 中。平行于数据遥测通路但从中央单元向外延伸的命令线 26，允许采集单元中的记录与采样被同步，并且按照需要，允许采集单元被检测和配置。

图 2 描绘了依照本发明的采集单元 12'。将数据压缩电路 30、最好是微处理器添加到位于信号采集与数字化器 14 和数据传输与转发器电路 18 之间的采集单元。所述数据压缩器最好是获取数字化的数据记录并降低该数据量的有损数据压缩处理器。

如前所述，在地震采集领域中的数据压缩是公知的。然而，有损压缩迄今为止尚未被广泛使用在地震数据采集系统的应用中，这是因为无法正确预测压缩效果，并且更具体而言，不能够保证所述压缩效果不会大量损坏数据。因此，为了限制并使人们得知压缩的效果，如

图 3 中所示，本发明添加了许多功能及过程（这些功能及过程可以在微处理器或硬件中所包括的软件或者在硬件中加以实现）。

在本发明的优选实施例中，环境噪声检测器与存储器 32 测量来自于数据采集与数字化器 14 的传感器信号。如果连续地监视声学信号，那么刚好在开始记录之前所获取的声学信号的采样就刚好包含所存在的传感器及环境噪声。地震系统环境噪声可包括：风噪声或波噪声、关于流水、运输船、交通等的流动噪声。作为选择，在记录开始以后并且在源能量到达以前即时获取的采样（所谓的“初至”），也可被视为环境噪声。在这个情况下可利用的时间，取决于到源的距离。初至测量的优点在于：可以响应记录的开始而非连续地、或者响应具有某个所需的预开始信号，来测量环境噪声。由于源能量随时间会迅速地逐渐消失，因而对于环境噪声测量定时的第三种可选方案将要用到一些样本，比方说地震记录的最后 0.5 秒钟，以作为环境噪声的表示。第四种可选方案将要继续采样附加时间周期，比方说记录结束后的 0.5 秒钟，并且将此数据用作环境噪声的表示。最后，在能量源拍摄当时没有被启动时，就可以取用伪记录。这个最后可选方案假定：当将要生成地震数据时，环境噪声在整个周期上几乎不改变。

每当获得上述环境噪声，都可以通过诸如在数学与统计科学中众所周知的 RMS 均值法之类的方式，来将环境噪声样本归约为一噪声数字。将这个环境噪声数字存储在环境噪声检测器与存储器 32 中，供后续处理使用。

解压缩部件 34 包括：与用于恢复最终数据的那个函数完全一致的解压缩函数，其中所述最终数据用于记录或供在地震处理器中心或中央单元中使用。压缩噪声检测器 36 在压缩前获取来自数据采集与数字化器 14 的记录，并且获取在由数据压缩器 30 压缩之后并由解压缩过程 36 解压缩之后的记录。通过求被压缩-解压缩的数据与原始数据之差，来计算压缩噪声。完成上述的优选方式是：两个组中的样本逐个相减，接着取差分组中的 AC RMS 平均值。

为了地震数据起见，用户一般必须处理噪声——尤其是周围环境噪声以及仪器噪声，所述仪器噪声通常小于环境噪声。地震数据处理长期对抗于这种噪声，并且产生通过像地震处理的实践者所熟悉的 NMO 校正、堆叠及过滤之类的方式来消除噪声的处理过程。由于人们众所

周知的是，有损压缩将噪声添加到信号中，因此就有可能预测可归因于压缩过程的噪声增长量。通过添加 RMS 数的基于算术的过程，就有可能预测例如：白噪声背景噪声振幅的四分之一（25％）将向总噪声添加 3％。

因此，如果把压缩噪声限制阈值设定在存储于环境噪声检测器与存储器 32 中的环境噪声的 25％，那么就能证明总噪声级由于压缩仅仅被提升了 3％。如果单是环境噪声没有超过允许噪声值，那么这就是一个不可能超过通常供地震勘测使用的允许值的量。

由此，本发明的采集单元具有一压缩比调节器 38。所述压缩比调节器 38 迭代地地调节或调谐数据压缩器 30 中的 Q 以得到最大压缩比，所述最大压缩比会使压缩噪声数字成为已存储的环境噪声数字的所需分数。适当地调谐的压缩比将最大化压缩（更小的记录、更少的传输时间），同时还将压缩噪声保持到如下的值，所述值将不会对总的采集噪声产生不利影响。所述优选实施例包括足够快速的压缩/解压缩过程，以使得能够在传输数据之前执行多次迭代。这在不实用且不理想的情况下，可选方法为：利用在记录 N 或记录 N+1 后所确定的“最佳”压缩比，来更慢地接近最佳压缩比并且每一记录迭代一次。这要假定环境噪声级和数据特性两者都是缓慢变化的，并且假定将忍受由于供地震数据使用的堆叠（平均）过程而造成的稍高噪声的一个或多个记录。

作为选择，采用绝对值项的规定噪声阈值（微伏或微巴）是由最终用户来规定的，并且反复地调谐压缩比，来获得不超过所述噪声阈值的最高压缩比。实际上，使用关于噪声阈值的容限（如 10％）来防止过多的迭代次数——以便当其足够接近于所需阈值时可以停止该迭代过程。

可能存在这样的点，在该点确定了符合信噪比或绝对噪声的可实现的压缩比太小，且因此而无法实现满意的压缩。在此情况下，将压缩比设定为 1:1 而不压缩发生，并且就如在常规采集系统中那样将未压缩的数据发送出去。可以在数据首部提供装置（means），以表明压缩是启用还是禁止。地震采集系统典型地具有提供这类反馈的某种类型的数据首部。

在优选实施例中，将补偿解压缩函数嵌入到中央单元 22 中，以便

数据处于其正常的、未压缩的形式，以待存储在工业标准地震领域档案存储器磁带上。也有可能以所述数据的压缩形式对其进行存储或再发送，并且当为了节省存储空间或再传输（如卫星）带宽而从所述档案存储器磁带上移除该数据或者在下一点接收该数据时，提供了解压缩过程。这将要求在普通处理软件中实现解压缩算法。

在图 4 中，图解式地示出了刚才所描述的过程的逻辑流程。虽然是以软件的术语撰写了以下优选实施例的说明，但是本发明也可以整个地或者部分的包括在硬件组件当中。本发明的方法起始于步骤 40 中的开始函数。首先，步骤 42 加载数据压缩器 30 中的初始或缺省标准组，来初始化系统。接下来，在步骤 44 中，通过数据采集与数字化器部件 14 来获取数据记录。这个数据记录包括：所获取的环境噪声数据（A_i），利用所述环境噪声数据计算环境噪声的 RMS 值（$Na = RMS(A_i)$）。尽管按顺序示意性地示出了如下步骤，但是，如前所述，可以便利地在循环的任意一点执行获取环境噪声级的步骤，在所述循环中环境噪声将不会被地震信号所屏蔽。

如图 4 所示，步骤 44 还包括获取地震数据 X_i，其中 $i = 1$ 至 n。依据数据的采集来计算该数据的 RMS 值，如 RMS（X）所示。接着，可将 Q 的初始值设定为地震数据的 RMS 值的函数，$Q = f(RMS(X_i))$。如这里所使用的，将术语“Q”定义为压缩函数的阈值和比例系数。最好将初始 Q 设定在踪迹（trace）、或者踪迹的某个子集的 RMS 值的某一百分比上，例如 1 秒钟。作为选择，Q 的初始值可被选择为来自于紧接着前述的记录中的值。

在步骤 48 中，在数据压缩器 30 中以在步骤 42 中初始设定的压缩比，来对在步骤 44 中所获取的数据进行压缩。此数据压缩得出一组数据 $Zi = COMPRESS(X_i, Q)$。接着，在解压缩部件 34 中对这个已压缩的数据进行解压缩，得出一组数据 $Yi = DECOMPRESS(Z)$。在步骤 52 中，压缩噪声检测器 36 确定引入到数据压缩步骤 48 中的压缩噪声级 N。同样是在步骤 52 中，计算压缩比 CR、以及信号对压缩噪声比 S/N_c。在步骤 54 中，计算压缩噪声对环境噪声的比。如前所述，在步骤 54 中计算压缩效果的另一客观量度，而不计算压缩噪声对环境噪声的比率。

接下来，在步骤 56 中，作出关于在步骤 54 所执行的计算是否满

足压缩噪声引入的标准的评估，而所述标准则取决于用户可选的目标。步骤 56 的目的是为了确定所选的目标是否被满足。例如，对特定的应用而言，用户可以确定带宽是临界的限制参数，并且由此可以选择专门的压缩比作为目标。作为选择，用户可以选择其它的噪声相关值或压缩相关值，比如压缩噪声（Nc）、压缩噪声对环境噪声的比率（Nc/Na）、信号对压缩噪声的比率（S/Nc），或这些标准的组合。

如果所选的标准满足目标，那么就在步骤 58 中作出关于压缩比是否小于或等于 1 的判定。在步骤 68 中，如果是小于或等于 1，那么就由数据遥测与转发器单元 18 将地震数据作为未压缩的记录来发送。在步骤 62 中，如果压缩比大于 1，表明已经达到了某一压缩，那么就将地震数据作为压缩的记录来发送。不论是发送作为压缩的数据还是作为未压缩的数据，在步骤 64 中，数据压缩器 30 接着都会为下一个记录设置初始的压缩比目标，并且系统为下一个时间间断（timebreak）信号作好准备，所述时间间断（timebreak）信号表明新数据采集循环的开始。步骤 64 可任意将起始 Q 设定成上个数据集的 Q。

返回步骤 56，如果不符合用户所选的标准，那么就在步骤 60 中上、下调节所述 Q。如果压缩比不太小，那么压缩比调节单元 38 递增地调节数据压缩器 30 中的压缩比，并且过程继续进行压缩/解压缩步骤 48。最好是，如果需要增加压缩噪声或增加压缩比，则就在步骤 42 中按照大于 1 且在初始缺省值中是固定的系数来增大 Q。否则，通过除以相同系数来降低 Q。

应当回想到：为了节省时间和计算，对满意的压缩噪声的判定可以每个记录周期仅仅执行一次，而且每个周期也进行一次压缩比调节。因此，总之，本发明包括：组合地震数据和环境噪声数据，压缩地震数据（借此产生压缩噪声），根据用户定义的标准、与噪声相比较来评估已压缩的数据的质量，以及如有需要，则相应调节地震数据的压缩。注意到：按步骤 48、52、54、56 和 60 这样定义了一个循环。刚刚所述的系统及方法以用于调节 Q 的这样一种方式定义所述循环，所述 Q 又会影响压缩比及压缩噪声。更高的 Q 产生更高的压缩比及更高的压缩噪声。

所定义的 Q 以迭代的方式来加以调节。可将所述 Q 调节到达到希望的带宽降低所需的期望的绝对压缩比例如像 20:1 或 15:1，但是在

这个情况下，噪声不受控制。所需目标可以由期望的信号对压缩噪声的比率加以定义，以便使得所接收的信号大于因所用的选定系数而引入的压缩噪声。接下来，可以调节所述 Q 来提供规定的、绝对压缩噪声数字。压缩噪声必须要小于这个绝对值，例如像 4μV，由经验可知这是合乎需要的。或者，用户可以确定所需目标就是压缩噪声对环境噪声的比率，例如 25%，从而使得压缩噪声基本上不对环境噪声作出任何贡献。最后，本发明的另一个特征是这些目标的组合，以便可以使用前述目标的任意组合。例如，用户可确定可以压缩地震数据，来实现信号对压缩噪声的比率大于预定值，或者实现压缩噪声对环境噪声的比率小于另一预定值。这个特征提供关于如下踪迹的优点，所述踪迹包括大部分噪声和非常少的信号，此处所述信号对压缩噪声的目标可能难以满足。

还应当注意到：利用数字形式的地震及噪声数据，就非常容易“分段（sector）”，或者在时间上划分数据记录。因此，根据记录的逐时（time-wise）分段来改变所述 Q，以便将一个 Q 值用在信号强度高的数据记录的分段中，而将不同 Q 值用在信号强度低的其它分段中。本发明的这个特征提供所述优点，原因在于：由于在记录中信号特性随时间而变，因而用于指定部分的最佳 Q 当被用在整个踪迹上时可能不给出最佳的表现。例如，非常大量的信号可能存在于（离开浅层的反射）前两个分段中，而地震数据在其它分段中可能会被噪声屏蔽。

在一个记录帧内，前述循环可按选定次数重复进行。本发明的这个特征具有每一次都能满足已定义标准的优点。由于可以假定（要经受验证）数据特性从一个记录到另一记录没有很大变化，因而在对 Q 作出一次调节的情况下，所述系统还可在相继记录上迭代进行。保存迭代后的 Q 以供在后续记录中使用。记录可能不符合关于一个记录的标准，但将在下几个记录（shots）达到所述标准。如果计算资源和时间资源受限，且数据必须立即可用来分析，那么这就是最佳的。

在前述说明书中，对本发明的原理、优选实施例及操作模式作了描述。不应把本发明视为对所公开的具体形式的限制，因为这些内容都被视为是说明性的而非限制性的。此外，在不背离本发明精神的情况下，地震数据采集系统领域或类似领域当中的技术人员可以作出变形和改变。

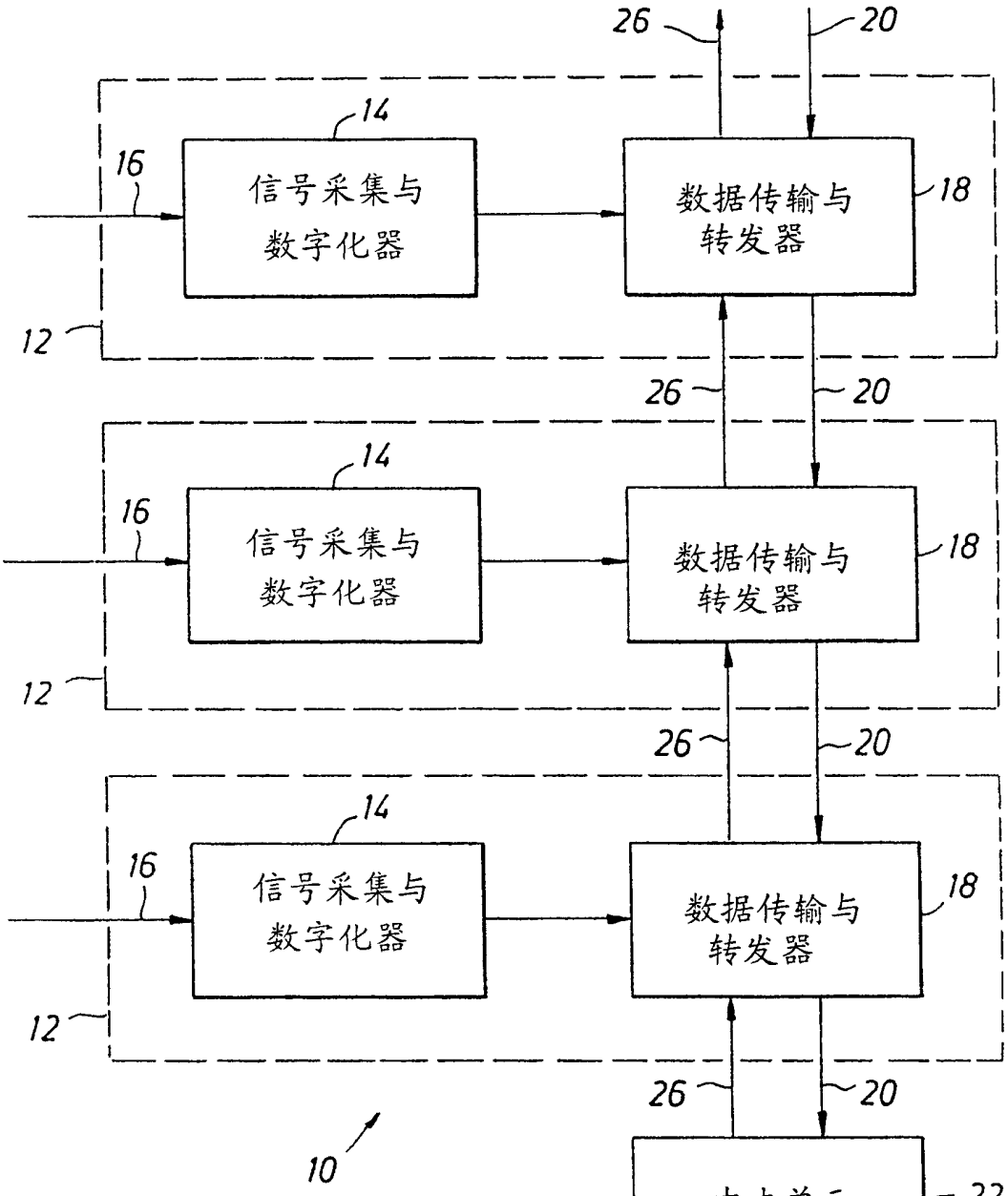

26
20
14
16
信号采集与
数字化器
数据传输与
转发器
18
12
26
20
14
16
信号采集与
数字化器
数据传输与
转发器
18
12
26
20
14
16
信号采集与
数字化器
数据传输与
转发器
18
12
26
20
10
中央单元
22
磁带式档案
存储器
24

图 1

（现有技术）

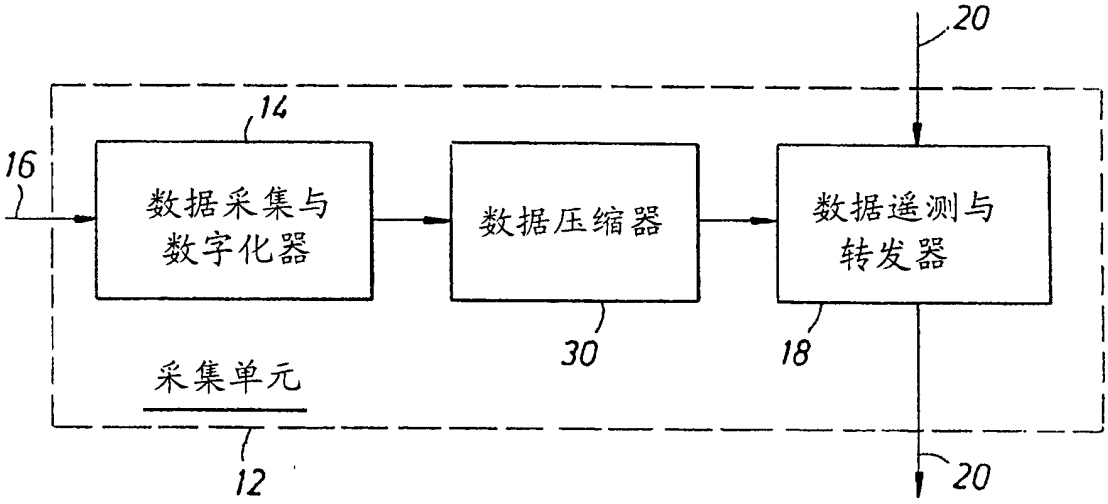

20
14
16
数据采集与
数字化器
数据压缩器
数据遥测与
转发器
30
18
采集单元
12
20

图 2

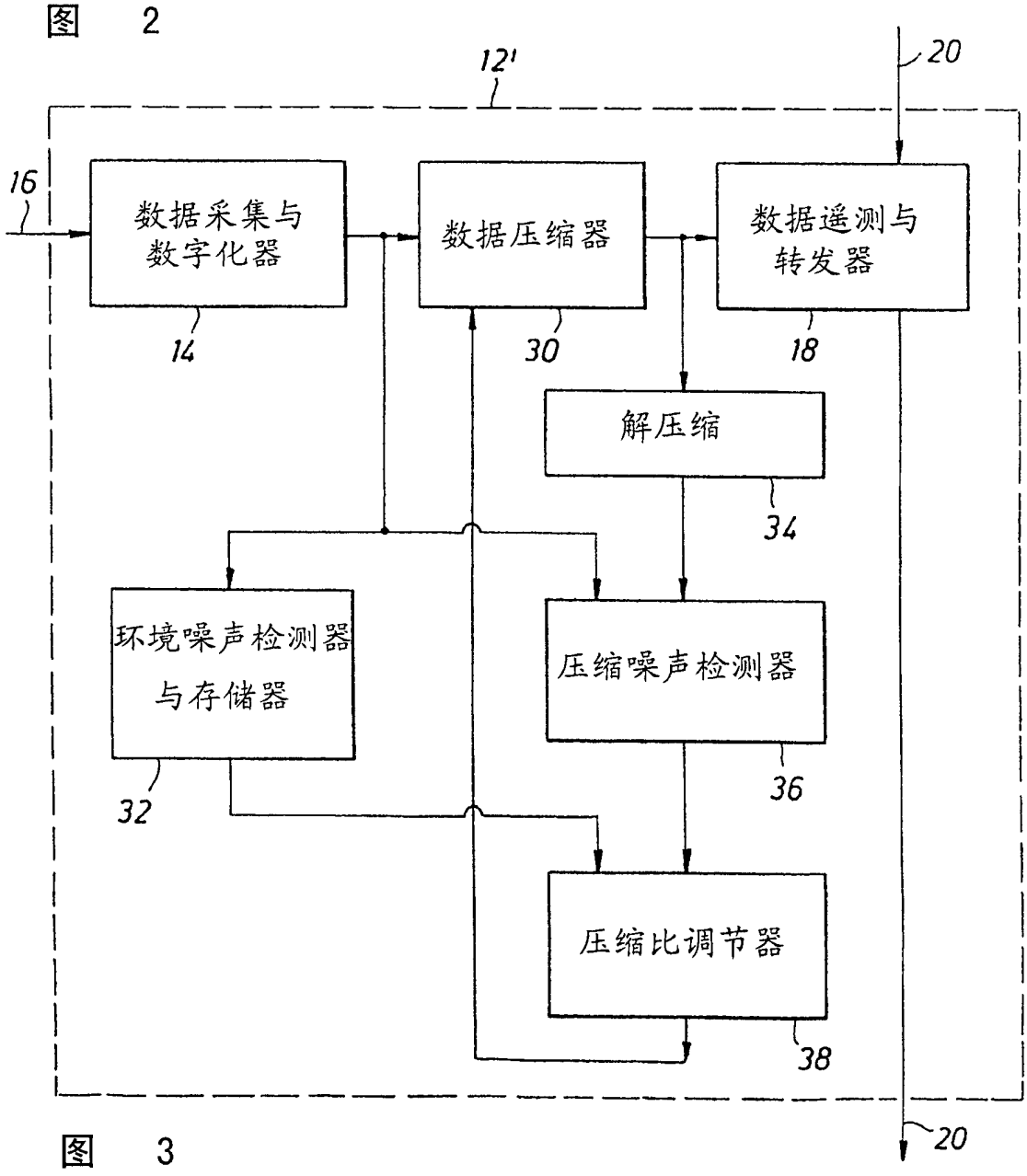

12'
20
16
数据采集与
数字化器
数据压缩器
数据遥测与
转发器
14
30
18
解压缩
34
环境噪声检测器
与存储器
压缩噪声检测器
32
36
压缩比调节器
38
20

图 3

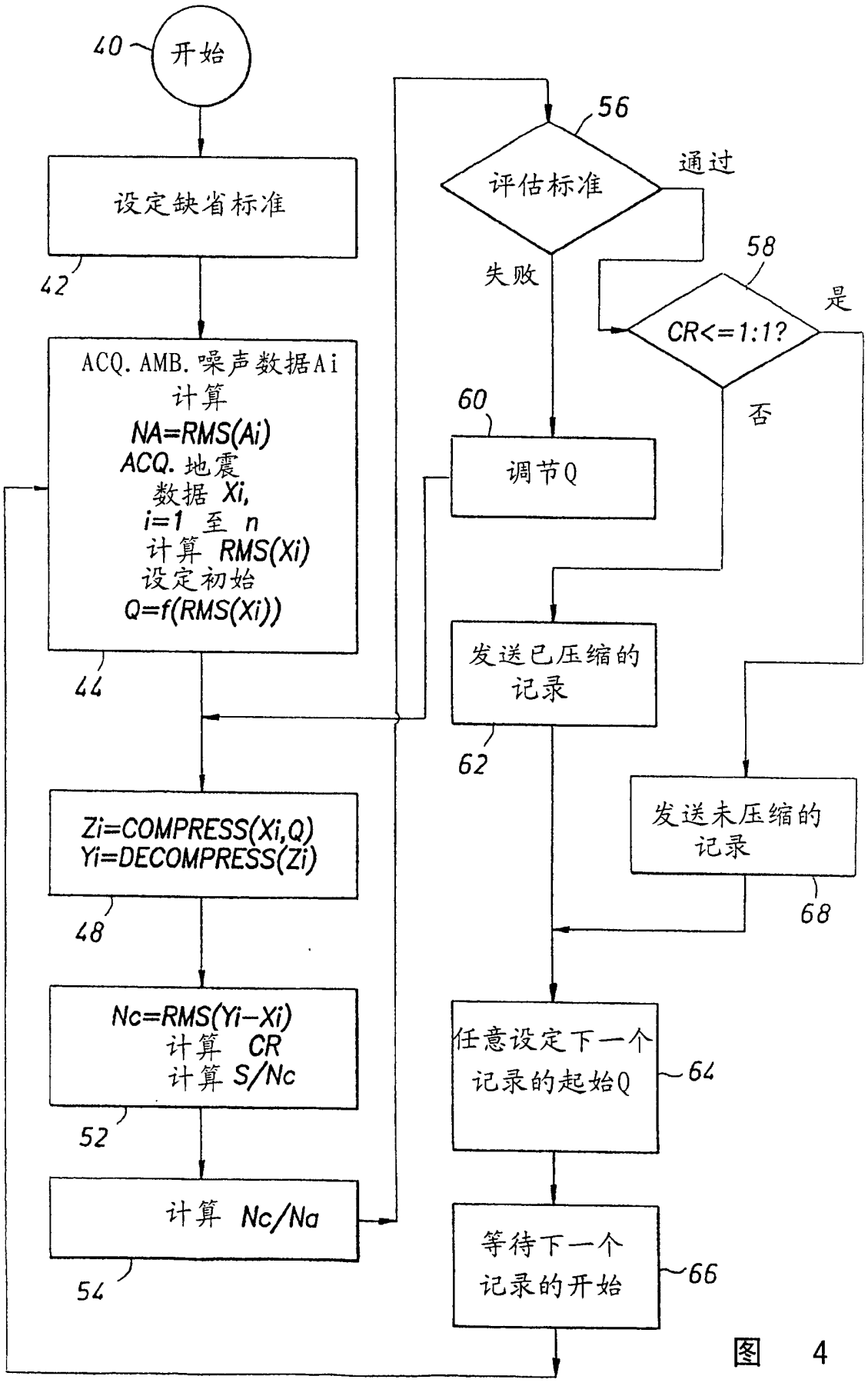

40
开始
设定缺省标准
42
ACQ. AMB. 噪声数据Ai
计算
NA=RMS(Ai)
ACQ. 地震
数据 Xi,
i=1 至 n
计算 RMS(Xi)
设定初始
Q=f(RMS(Xi))
44
Zi=COMPRESS(Xi,Q)
Yi=DECOMPRESS(Zi)
48
Nc=RMS(Yi-Xi)
计算 CR
计算 S/Nc
52
计算 Nc/Na
54
56
评估标准
通过
失败
58
CR<=1:1?
是
否
60
调节Q
发送已压缩的
记录
62
发送未压缩的
记录
68
任意设定下一个
记录的起始Q
64
等待下一个
记录的开始
66

图 4