

地球物理资料数字处理

〔加〕 R. O. 林赛思 编

石油工业出版社

地球物理资料数字处理

〔加〕 R.O.林赛思 编

秦 政 译 马恩泽 校

石 油 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书是加拿大勘探地球物理学家协会的一本进修教程。主要内容是从物理概念上系统地论述地震勘探的数字处理技术。为避免严格的数学推导,对一些先进的技术只作了定性的描述。内容浅显、易懂,并附有一定数量的插图。

本书可供石油勘探地球物理人员、地质工作者阅读,也可供有关院校师生参考。

ROY O. LINDSETH

DIGITAL PROCESSING OF GEOPHYSICAL DATA

Canadian Society of Exploration Geophysicists 1978年10月

*

地球物理资料数字处理

[加] R.O.林赛思 编

秦 政 译 马恩泽 校

*

石油工业出版社出版

(北京安定门外外馆东后街甲36号)

妙峰山印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 16开本 12¹/₄印张 5插页 286千字 印1—4,800

1984年4月北京第1版 1984年4月北京第1次印刷

书号: 15037·2462 定价: 1.50元

前 言

本书原是根据加拿大勘探地球物理学家协会在1967年举办的数字处理基础讨论班的记录稿整理而成的。1968年扩充作为勘探地球物理学家协会进修计划的一本教程。几年以后,这些记录稿再经修改和补充,包括了许多新的数字处理技术内容。随着地球物理勘探技术的迅速发展,要适应这种技术状态,增强相应的知识就成为一个急待解决的问题了。

目前,在数字处理的进展中,基本资料的改善日趋稳定,研究工作的重点,日益向解释方面发展。地层技术用于展现油、气圈闭是前所未有的。许多新的彩色显示技术,以另一维标量用于标示资料的图象。所有这些技术措施,在于提高寻找石油和天然气的能力,以弥补尚未发现的油、气蕴藏量的日益递减。在过去十年里,已找到世界上一些特大油田,由此可以看出勘探工作者的知识根底和熟练的勘探技能。

这本记录稿的修订本,力求统一有关地球物理数字处理的新、老资料,并尽力做到使这些处理过程的物理解释浅显、易懂。了解输入与输出之间的因果关系,以更好地理解处理结果为什么往往不一致,并利于掌握对给定的原始资料如何选择处理方法和处理参数。

为了避免严格的数学推导,对一些先进的技术只作定性描述。对于专门从事石油勘探的工作者,只根据这本涉及范围广泛仅12小时的讲稿,要想深入地理解数字处理的全部内容显然是不适宜的。幸好,有许多非常好的、论述全面的文献,可供阅读。查阅这些文献,特别是一些专门资料,对于深入理解数字处理是有益的。为了加强基础,对要想了解一般基础的读者,建议先阅读罗伯逊-茄特尔读本。R.E.Sheriff主编的勘探地球物理百科全书,对通常使用的专门名词作了明确的定义和评述。Bracewell的著作“傅里叶变换及其应用”是了解傅里叶变换的一本好书。Y.W.Lee所著的“通信统计理论”对该领域进行了全面的论述。

绪 言

在石油勘探中，地质工作者和地球物理人员有着同一目标，共同为寻找地下形成的油气圈闭的多孔隙储集层的地质异常而努力。通常单靠勘测的作用是不够的，地质工作者和地球物理人员，还必须相信钻井的验证作用，从而满怀信心地发现新的油气藏。

地质工作者和地球物理人员，虽然有同一兴趣和共同的目标，但他们往往使用不同的手段致力于各自的工作。不同专业人员所发挥的技能经常是完全不同的，这主要是每一种方法作为解释依据的基础资料本来是不一样的。

现今多数的勘探方法是基于采用一些间接的测量形式，另外的如遥测。地下地质的研究也不是直接观察岩石，而往往是通过少量的岩心和岩样分析由测井资料得到的。

作大面积的测量，地震方法可能是资料的唯一来源。地震测量并不需要事先在地下钻探深井，它几乎成为地下勘探唯一有效的手段，因而地球物理人员越来越多地注意依靠地震反射法测量作为他们工作资料的主要来源。测量地下剖面某些特殊反射层，通过比较反射时间的这种技术，并不能完全用作绘制地震构造图，因为要有良好的效果，反射层就必须是连续的。因此，地球物理工作者及其资料处理人员，力求在整个探区内获得连续而又清晰的反射层。这样，就可以绘制出完整的构造图以及表示层段厚度变化的等厚图。如果界面间断，作不出构造图，就不可能展现一个完整的勘探远景。所有这些情况，往往引起地球物理工作者产生地层是完整的这样一个概念，而忽视了在任何盆地内的沉积条件石大区域内很少不变化的这一地质事实。

地质工作者利用基于地下有地质高点的剖面 and 现有井的测井资料广泛地进行研究。根据层段的厚度和其他指标制作各种图件，这在很高的程度上能成功地说明沉积条件和沉积当时的地形情况。地质人员可以用岩心和岩样鉴定岩性，也可以利用一组测井曲线来推断岩性，并且有一定的精度。根据这些工作，常常能成功地做出有关沉积盆地的演变以及圈定地下剖面所发生的相变地带的某些结论。显然，这些地区对油气的聚集是有利的。

多数的基础地质资料，是根据相当精确的各种测量数据提供的。钻井和测井的精度可以准到1英尺内（但不是经常如此），如今对于厚度只有2—3英尺的净产油层，就足够引起人们的兴趣。

地球物理工作者几乎全部基于测量地震反射波的传播时间。地下各种岩石波速的变化，能导致改变反射波的传播时间，对于地质工作者，这可能与用一个弹性夹层作测量的情形相似。地球物理工作者，则要求精度高达1毫秒，这只不过是一个可疑的假定，如果是这样，那末1毫秒可以代表地下1英尺的距离，完全超过地质人员希望发现的孔隙性有明显变化的一些薄层单元的厚度。

列举各种方法在使用手段和技术上的这些差异，可能就更多一些。比较的论点只是说明每一个专业所依据的资料来源在性质上的差异，而导致同一问题采用完全不同的处理方法。有一个明显的自然趋势，即地质工作者和地球物理人员把他们的工作重点放在不同的事物上。另一个同样明显的趋势，是按方法、仪器、资料和使用前提分成截然不同的两大

类。然而，通过生产实践发现，勘探中使用的各种方法，几乎都是有价值的，而且所有的方法相互配合，能获得最有效的勘探成果。如果不认识和抵制产生分裂的自然力量，那末最后的结果可能使互相补充的学科分离，而造成认识上的失败。

所有的勘探人员，不论受专业的何种训练，其勘探目标应该是绝对一致的。要勘测和解释含有储集层的圈闭，在可能情况下，要预告储集层内流体的性质。在这种意义上，并不限制在是否存在远景的地区进行勘探，也不限制在用作评价受经济条件和物理条件的约束是否值得勘探的这些重要问题。在这里勘探不仅包含着有发展的勘探，而且也包含着纯粹是初期的野猫勘探。

了解各种方法的局限性以及它们在资料方面的效果是很重要的。为此目的，需要分析应用的手段及如何使用它们，以便决定采用最好的技术、最好的手段以及完善的方法进行工作。

在下面的章节中，我们打算围绕若干与勘探有关的一些原理建立一个统一的理论。使地质学与地球物理学之间没有根本的差异，而获得一个有益的和实用的勘探体系，直接有助于提高勘探效果。

目 录

绪 言	
第一章 波的基本理论	1
第二章 基本原理	16
第三章 地震资料采集	35
第四章 叠加	55
第五章 频率滤波	61
第六章 反褶积	70
第七章 可控震源	93
第八章 速度分析	104
第九章 特殊应用	123
第十章 多道运算——二维滤波	131
第十一章 自动偏移	154
第十二章 合成声波测井	168
参考文献	182

第一章 波的基本理论

地质工作者和地球物理人员，有同一勘探目的，共同为寻找和解释地下的剖面而努力。他们可以测量地下剖面不同的各种物理性质，但同一剖面终归是一样的。

他们所作的一些测量，比起其它测量可能关系更密切一些。例如，地质工作者最常用的声波测井，是测量声波透过地下剖面的传播时间。地震反射方法，基本上也是作类似的测量，即测定反射波到达地面的累计时间。为了确定相互关系，需要用某种分析方法，来比较不同测量方法的成果。以便将一种方法测得的资料用另一种方法表示出来，或者纯粹用地质术语来表示。确定沉积层的来源和堆积，寻找由此而生的油气聚集和圈闭，这毕竟是地质学，而不是地球物理学。

描述盆地的地质沉积学，通常是建立在某种模式或研究特殊剖面如何形成的概念上。对于无知的观察者，在他们看来，沉积岩心只不过是不同岩石类型完全随机的层序。的确，地震信号的一种反褶积型式，也是假定沉积剖面为完全的随机系列。实际上这是不正确的。因大多数沉积剖面是沉积旋回的结果。

另外一种极端情形，即许多地球物理工作者，尽管他们都懂得这些知识，却往往根据具有连续反射界面的厚层单元的块状层序来模拟沉积剖面。地震的标志是用来建立一组构造图和等厚图，然后根据主要地质特征作出地质解释。这种解释，主要限于地质构造，几乎忽略了沉积过程总体的结果。

为了彻底了解沉积性质，要求对整个沉积剖面几乎要作连续的地层分析。包括鉴别岩性，圈定地层界线，以便确定整个剖面在每一发展阶段最可能存在的情况。

通常认为，在任何沉积剖面的发展过程中，沉积旋回现象起主要作用。长周期和短周期的沉积旋回和有关现象，即使不是在所有的剖面，至少在多数剖面中可以经常观测到。这样的过程是连续的。现今地球表面上任何一点，只不过表示沉积过程从开始延续到现在的情况，并将无限地延续到将来。

影响沉积旋回的现象，也许沿海岸线看来是最明显的。只要海岸线存在，波浪的反复作用就连续不断。沿小湖轻微浸蚀的波浪，往往是短周期的。大而长周期的波浪，则冲击着面临海洋的海岸。

波浪的边缘，随着潮汐的作用将从海岸的高处移向低处。不管可能产生任何其它的情况，海浪总是每日进退两次。一种总合效应的观测表明，较长周期的潮汐旋回，被振荡周期短得多的波浪作用所上漂或调制。

扩大这种认识，包括大量产生几乎相同周期的其它旋回现象是比较容易的。月球运转周期影响潮汐，地球围绕太阳运行造成季节变化，这些都可能导致沉积速率的变化。

太阳的黑子按周期变动，它影响降雨量和沉积作用。并继续影响冰川的周期，主要是地质年代，进一步可能影响大陆漂移的周期。所有这些变化，直接影响到沉积量和沉积类型的改变。这种结果的层序，是任一特殊时刻存在的所有条件特定组合的一个历史记录。即使某些条件在整个历史中似乎只发生过一次，例如地球自身的存在，只不过是发生在我

们不可能测量这样长的时间周期的序列中的一个旋回。

表示几个沉积旋回过程总和的柱状剖面的基本模型，由于能适合已知条件，而被广泛地采用。幸好，一个特殊领域的信号理论，谐波分析，还能适合这种系列的测量、研究和分析。现在让我们来详细考查这种理论在地质学和地球物理学中的实际应用。

1.1 傅里叶变换

任何连续而稳定的周期现象，可以用正弦波或余弦波来表示。每个周期可以用两个术语描述：振幅和波长。振幅是每个周期内高于或低于某个中间基线的峰值。波长是一个完整周期内从一个峰值到另一个峰值间的距离。如果波长用时间量度，则称之为振动周期。周期通常以频率表示。例如，普通家用电流的频率为每秒50赫兹或60赫兹。这种周期现象，在时间上可以是无限连续的。为了便于分析，通常我们只取一定的时间间隔进行量度。

如果用一个连续的余弦波来描述振动，则只根据定义的振幅和频率来构造一个任意时间长度的周期波动是可能的。

对于截取的一段时间间隔，为了进行精确地描述，必须进一步定义这个周期成分的特征，即确定这个序列在周期上开始之点。在某个任意参考线上，周期成分的相位角是规定了的，通常是定在信号序列开始之点。为了描述每一个频率分量，用频率、振幅和相位三个坐标来确定这个分量。如果这个周期序列是已知的，或确信它是无限连续的，那末，有限时间长度的取样，就足以可靠地保证它的解释可以推延到将来。

这里提出信息论另一个有意义的论点，它与取样中的信息量有关。所测的样品必须足够长，以便能可靠地测定振幅和频率。所取样品的时间长度，限制了确定能够可靠测定的最低频率成分。

复杂的信号是由若干基本波形的叠合组成的。每一个分量，有固定的振幅和频率，并在某一限定的相角开始振动。一个给定的连续信号，只不过是若干简单周期分量的合成。这个事实考查起来并不明显。即使相当少量的不同频率分量的合成，也能产生相当复杂的信号。并且每一分量的性质，在合成信号中可能是很模糊的。

例如，一个基频和一个两倍于基频的谐波叠加，能够产生形态与两个分量都不同的信号（图1.1a）。改变这两个分量的振幅，立即就影响到输出信号的形态（图1.1b）。

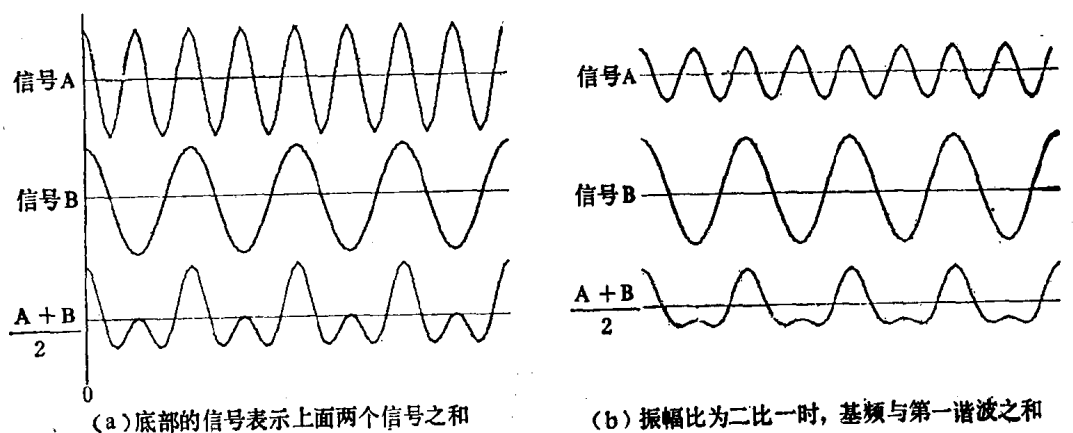


图 1.1

更多的频率叠加，会产生更复杂的信号。在一定的时间间隔内，表示两个、四个、八个

周期的频率的总和，自身也是周期性的。在该时间间隔内，输出的波形重复两次(图1.2a)。如果频率是每秒2、4、8周(或者更正确地说是2、4、8赫兹)，则合成信号的时间长度为半秒周期。在这个最短时间内，所有的分量将完成一个或更多的完整周期。这就揭示出这样一个事实，从若干周期分量的总和中输出的波形，自身也是周期性的。周期的间隔是所有相邻分量的波长相除取偶数。

如果有这样一些频率求和，比如说，6、7、8赫兹(图1.2b)三种频率相加，仅仅在一秒内是周期性的。在这个最短时间内，所有的分量完成整数周期。这三种分量的合成，与一段地震记录道的形态是相似的。叠加大量的频率并改变分量的振幅，可以得到更为复杂的信号。

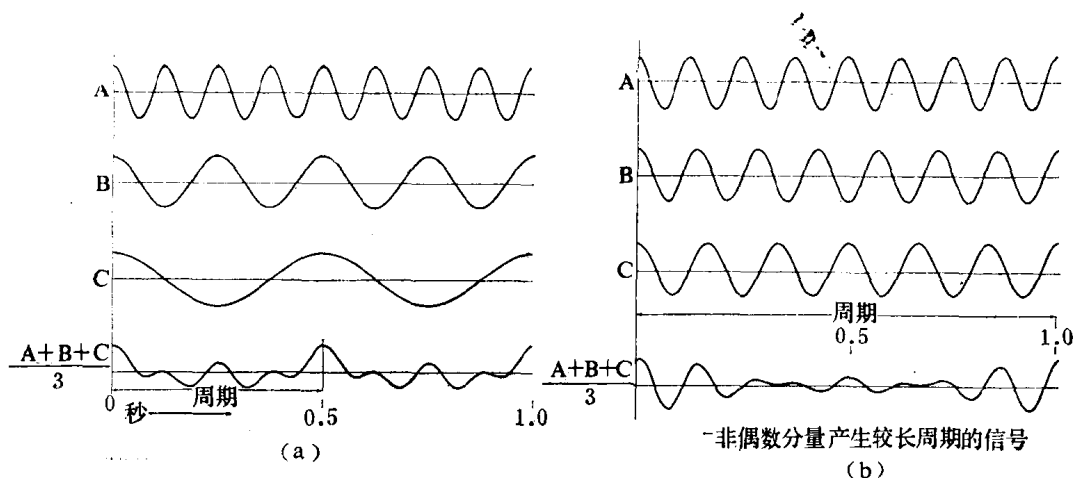


图 1.2 简单信号的合成

除了信号分量的振幅和频率改变外，每个分量的相位也可能变化。任何合成信号，在分量的相位出现微小的变化时，就会引起合成信号形态的变化(图1.3)。可以注意，不论相位如何变化，都不改变信号的周期性(图1.3和图1.4)。信号的特征(比如说峰值)，似乎发生了时移，但特征间的相对时差(周期性)是不会发生移动的。改变地震记录分量的相位，可以改变反射时间，这是同一地区不同地震测量引起闭合差的由来。单位脉冲响应的相位移，是形成典型地震反射具有不对称形态的原因。

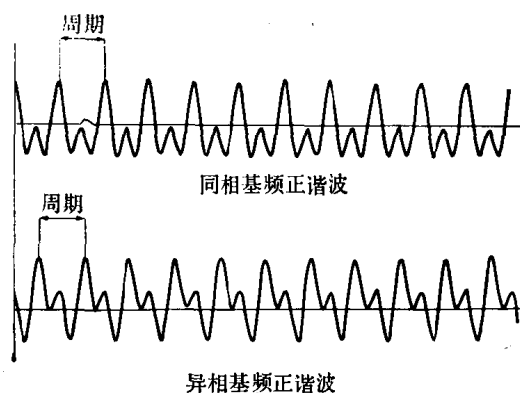


图 1.3 相位移的影响

少量频率分量之和，产生一个与地震信号相似的信号。事实上，任何连续信号可以近似地由一组具有特定振幅和相位关系的单个频率分量简单合成。例如，图1.5复制了一条完整测井曲线的一部分。一组频率分量之和，与测井道十分近似，但精细度低于原始测井曲线。因为测井曲线的正常频率，要比用于近似的最高频率分量100赫兹高得多，这个频率范围内的间隔分布也是不均匀的。再插入一些频率分量，就有可能得到与测井曲线更加近似的结果。构组曲线需要直流分量，但这里没有表示出来。信号的信息通常在零轴左右

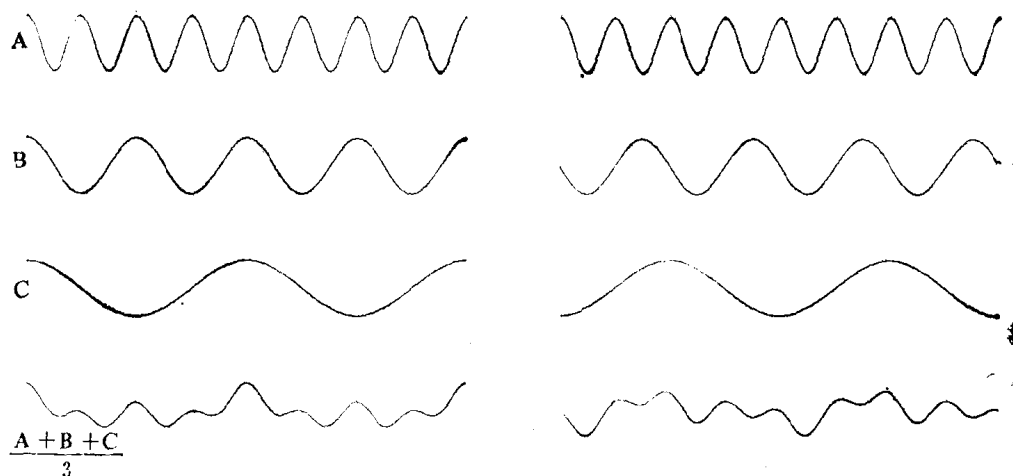


图 1.4 相同频率不同相位关系的合成产生不同形态的输出信号

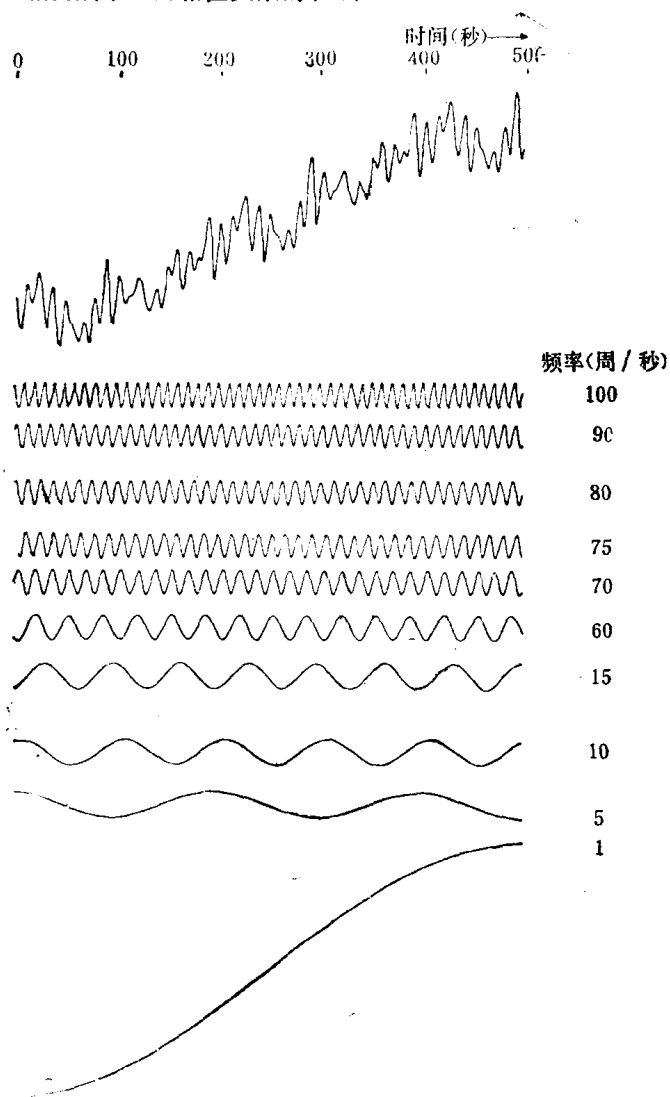


图 1.5 傅里叶变换的表示

摆动，而测井道上所有的值却都是正的。

图1.6提供了一个很好的例子，图的顶部所记录的是一个未经处理的野外地震道，它的下面是组合成该地震信号道的各单频分量。

每一个频率分量，具有固定的象野外记录道上所存在的振幅（为了便于在图上表现，

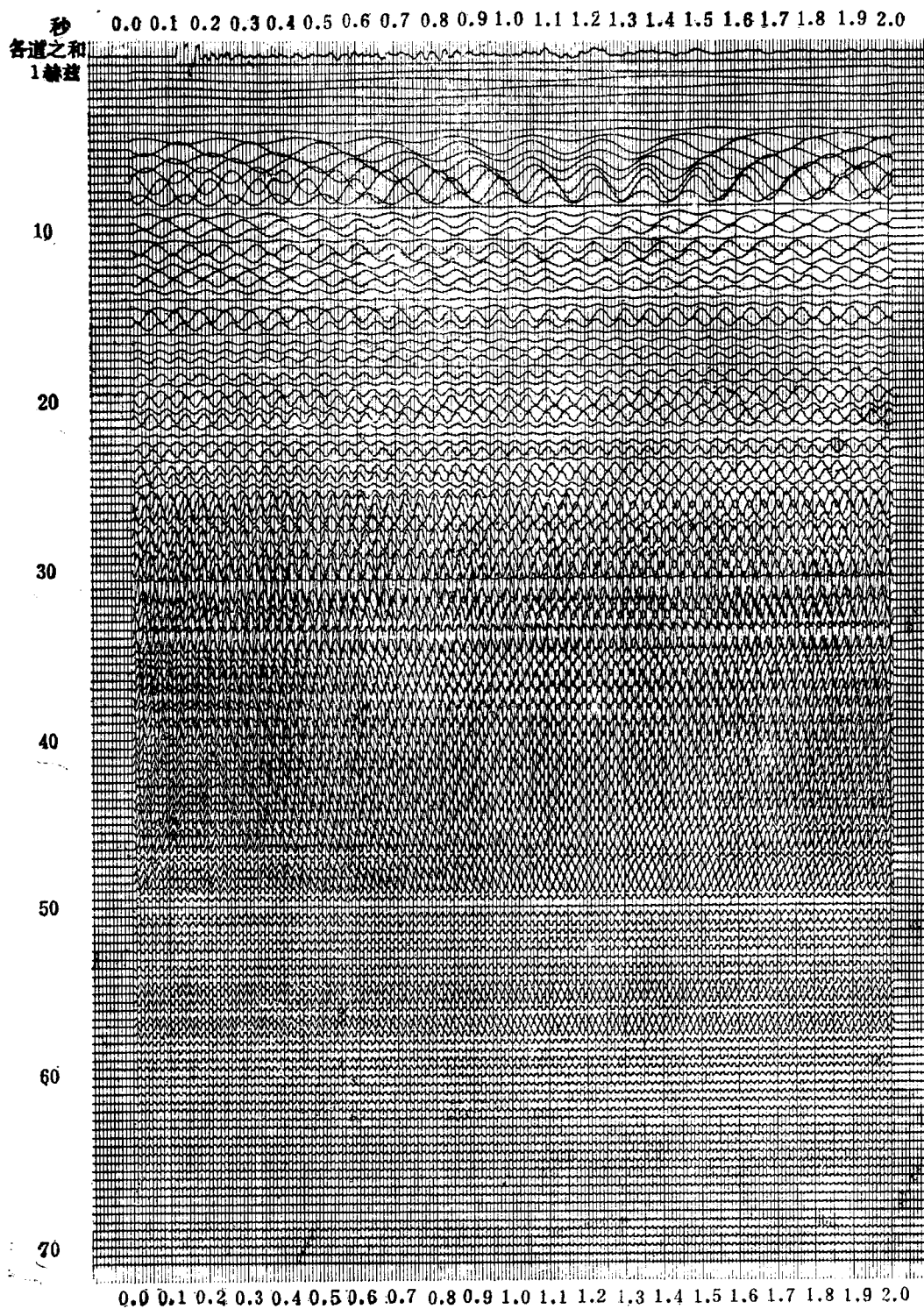


图 1.6 傅里叶变换的表示方法

所有的振幅都按比例扩大了一个常量)，各分量在时间零点的参考线上也各有自身的起始相位。

当所有的单个频率分量相加时，表示结果的振幅和相位关系，将等于顶部所显示的单个信号道。

包含在已知信号中的频率范围是完全确定了的，每一频率由振幅和相位来描述，从而形成这信号的傅里叶变换。这是信号在频率中的描述。傅里叶变换的这种运算是完全可逆的。变换的每一端可以相互转换，同一信号的时间域描述和频率域描述是已知的一对变换。

从图1.6所示的复合图象中，可以观测到一些有意义的结果。除少数分量外，30赫兹附近的频率振幅最强，30赫兹以上的频率分量振幅逐渐减弱。30赫兹以下的频率分量振幅迅速下降，下降的速率是不规则的。这种频率响应代表了许多地区地震信号的特征，同时也说明大地对地震能量所产生的自然响应的频带是相当窄的。还应该注意，缺乏5赫兹以下的低频，即使这种地震道是富含低频的（可能包含噪声）。这也可能是由于野外滤波或检波器的特性响应造成的。相应于这个地区的反射系数的频谱，是从0至少延展到250赫兹。

地震信号的有限带宽，简化了一些处理运算。但缺失高频却严重地限制了薄层的分辨力。

在图1.6上，5和10赫兹之间的能量带，具有相当高的振幅，这说明了另一个普遍的问题，低频成分有可能含有大量的噪声，常常比地震记录上其余的频率具有更多的能量。如果仪器的动态范围是有限的，则信号必定减弱到仪器动态范围之内的一个水平。要是出现这种情况，很弱的信号成分，特别是高频分量，很可能丢失。

在野外用模拟滤波消除低频是保证不压制弱信号的一种方法。另一方面，地震信号本来已经受到频带的严格限制，这个事实促使仪器要尽可能用宽带来记录信号。现今一个较好的解决方法是，趋向于使用地震加速器而不用地震检波器。加速器响应对于高频部分是增强的，而地震检波器在高频部分的响应通常是平直的。使用反褶积能够对响应做必要的校正。利用数学处理比用野外滤波更易选择和消除不需要的频率。重要的是增加仪器的频带宽度，扩大仪器的动态范围，使其能够记录到所有可以被利用的频率。然而，记录的带宽大于信号的频带宽度是没有意义的。超出信号频带所记录的一切能量将是噪声。

显然，频率分量的振幅水平，实质上是可变的。某些频率分量以近于零的振幅出现，而相邻分量的振幅却又相当高。这些频率与振幅的关系，形成一个象时间域记录道特性含义一样的“特性”图象谱。

傅里叶变换常常包含一些相互关系是似而非的难题。例如，随着反射时间的增加，地震信号的高频分量不断损失，就是一个值得注意的现象。然而，在具体变换时，所有频率分量的振幅是恒定不变的。问题就在相位关系上。在信号的长度上，每一频率分量的振幅是不变的。比如在记录道1.2秒附近的低频波，是在一些低频分量同相时出现的。在别处，特别是在浅层，同样的低频分量因反相而相互抵销。另一方面，在记录的前部，高频分量因同相而占优势，但随着深度增加，相位相异，其和则逐渐减弱。

上述变换，只是记录道一个相当粗略的近似，可由它确定地震道还是相当精确的。所考查的频率范围仅仅是从1到70赫兹，频率增量近于半赫兹。窄带频率或大步长频率求

和，也可以求得一个可以辨认的地震道，但解释精度要低。傅里叶变换是一种拟合曲线的常规型式，在一定限度内，随着系数数量增多，拟合的精度也随之增高。

在考查的信号上，能够看到与选择时间零点的参考点有关的另一种奇异现象。在这个野外记录道的实例中，时间零点的参考点就是时间的起始点。在这个短时间间隔内，大约130毫秒，在起爆和收到最近检波器的初至波之间，地震信号消失。这段时间间隔，可以从地震道的振幅为零得到证实。然而，参考同一零点，在同一时间间隔内，各种频率分量却以不变的振幅摆动。另外，就相位关系而言，在这个地区的初至波到达之前，所有的频率分量正好抵销为零。如果由于某种原因，总和中的某些频率被滤波而消失，则其总和将不再为零。这时，从零点到初至波到达之间，将有一些残存的振动。这是从频谱中滤掉频率分量的带通滤波常见的效应。带通滤波可以滤掉噪音，它也可能有一些边界影响，因为总和中还残存少量的频率分量。

用图象形式的表示方法，可以清楚地说明变换的性质。但从另一面看来，它的实用性是不大的。更为简便的方法，是利用频率的振幅作图（图1.7）。振幅谱只是表示傅里叶变换的一个部分。整个傅里叶变换应包括一个作为频率函数的振幅谱（图1.8a），（在这个例子中，为了强调相互关系，用振幅的平方或功率作图），和一个包含在信号中的描述频率成分的相位谱（图1.8b）。两种谱一起才提供了描述信号总的频率域。而同一信号，也可以表示为振幅是时间的函数，用时间域进行描述。

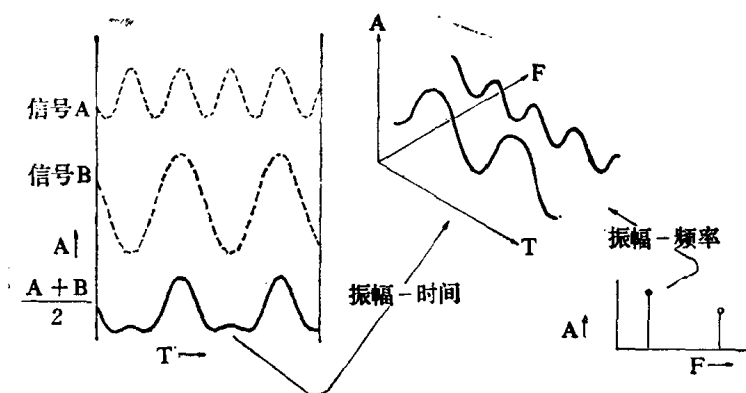
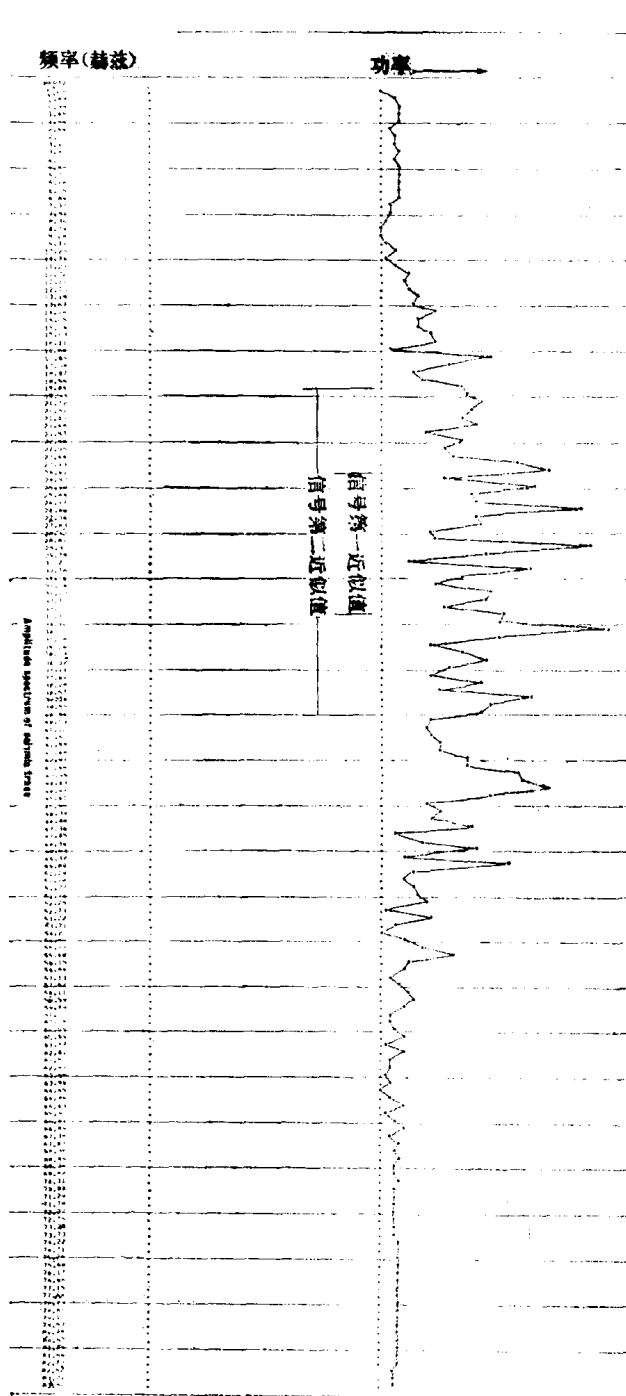


图 1.7

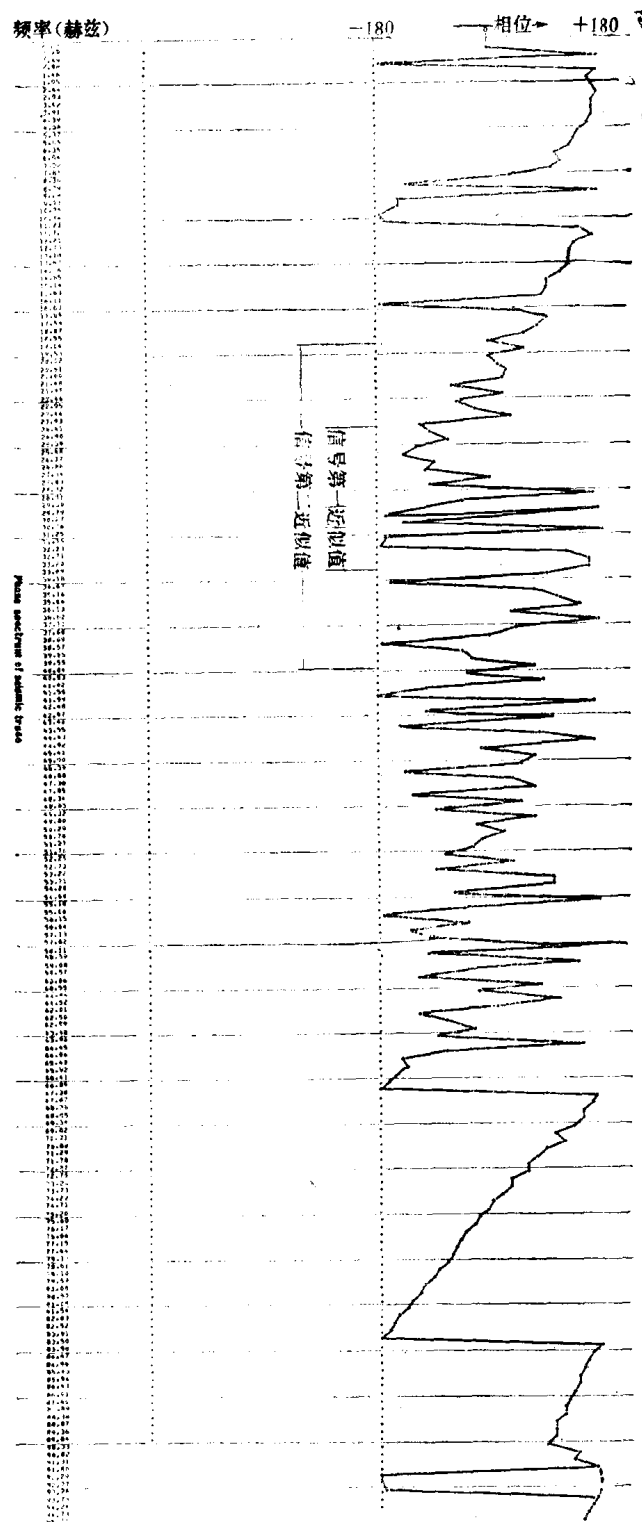
分解信号是其分量的能力，因而是分析和运算时的有力工具。傅里叶变换完全是线性的，任何信号表现为时间域或频率域都是同等正确的。一个域内的运算与另一个域的运算是对应的。然而，实际上有些运算在一个域内比另一个域内容易实现，也比较容易理解。重要的是要彻底弄清存在于变换之间的关系。这种关系常常是不清楚的，也未必总是周全地考虑到所有原因的。

可以注意，在地震道的变换中，振幅和相位的一个值，且只有一个值，能确定一个频率分量。事实上，每个频率分量，可以根据长度等于振幅、以相位角为方向的单一矢量来表示。完全可以想象，所记录的一个信号，其中可以包含不只一个震源所产生的含有相同频率的若干分量。例如，一个记录道，可以包含地震能量的信息、风的噪声、交流电干扰和随机噪音，而这些都可能有共同的频率成分。

地震记录受很多震源的影响，可以按下述方式说明，选取两个具有相同频率与相同相



(a) 地震道的振幅谱



(b) 地震道的相位谱

图 1.8

位的一样的能源，如果两个信号求和，其结果与能源信号的频率和相位是一致的，但其振幅增加一倍。将记录规格化，就会得到与输入一样地输出（图1.9a）。

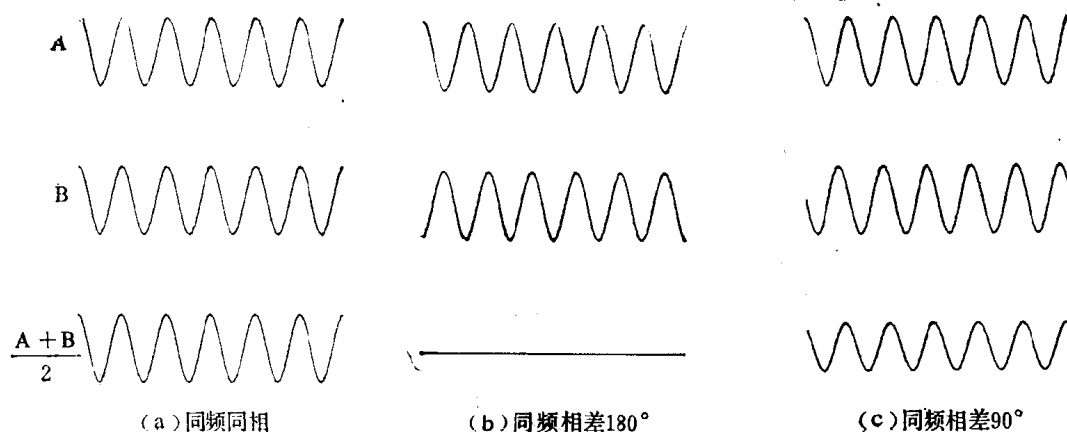


图 1.9 同样的频率在不同相位关系求和可以等于一个单波

如果其中一个源信号相位差 180° ，例如，原来的信号相对于另一个信号滞后半个周期，即两个信号的数值相等但极性相反。当两个信号相加时，所得的振幅为零(图1.9b)。

这两个例子代表两个同频分量之间相位关系的极端情形：或是完全同相，或是完全反相，任何其它情形必定介于两者之间。

如果一个信号的相位，相对另一个同频信号的相位产生相位移，若两者的振幅相等，则求和的结果，输出道的相位将是两个输入道相位的平均，输出道的振幅显然稍小于两个相同道同相振幅之和(图1.9c)。合成的振幅值，可以用矢量运算确定。每一个频率分量，可以认为是长度等于振幅、方向与相角相应的一个矢量。两个矢量求和，将给出输出频率分量的振幅和相位，而频率仍然保持不变(图1.10)。对于任何数量的同频分量，照此类推，可以象矢量一样求和，得到一个按傅里叶分析所确定的、有合成振幅和相位的单一成分。通常，振幅谱和相位谱对于确定所考查的信号来源和性质是没有或很少有帮助的，也无助于确定相对的信噪比。它的最终结果，只是对测定信号的频率分量作出了应有的贡献。

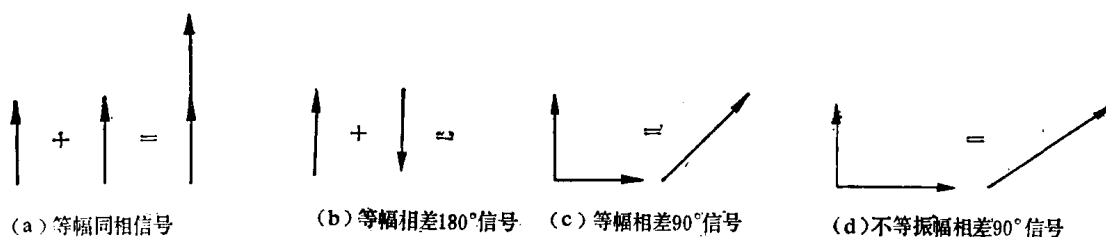


图 1.10 信号分量的叠加或求和可以按矢量加法计算

整个傅里叶变换，可以用一个以频率轴为起源的一系列空间矢量加以解释说明(图1.11)。相位移则引起变换绕轴旋转。有效系数可以象表示频率矢量的正弦分量和余弦分量的复数对一样进行计算。其中，余弦分量是实数项，而正弦分量是虚数项。

傅里叶积分并不新颖，它用于广泛领域中的问题已经有150多年。题目的广泛和应用领域之广阔，使得傅里叶变换的理论研究更加综合，但也极为复杂。正如尔·布雷赛威尔(R. Bracewell)博士在他的著作“傅里叶变换及其应用”一书中所指出的，使用傅里叶

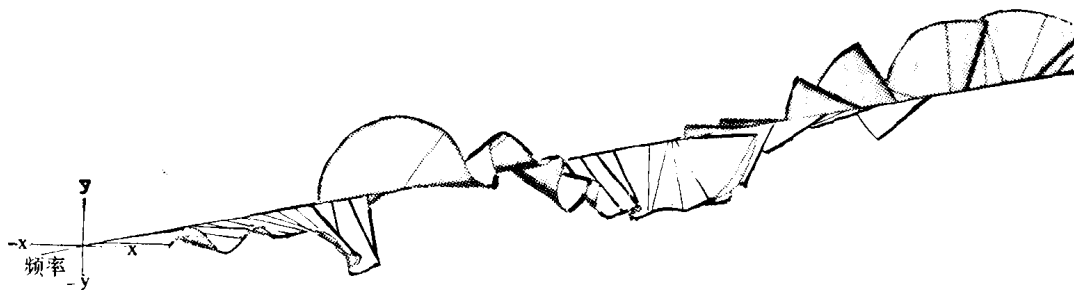


图 1.11 傅里叶变换的空间表示

级数的特殊数学困难通常是与非物理情况下的极端性质有关的。

以脉冲为例，数学定义脉冲是在一个延续无限短的时间周期上存在一个振幅无限大的信号。然而，为了实用的目的，用测量能力所及的精度来近似一个脉冲也是可以的。数学处理的数学精度限度，通常是受参数和野外设备的控制预先规定了的。采样率和记录长度直接固定了频率的范围和采样频率的增量。而放大器和记录设备决定了观测振幅的精度和量程。

类似地，对于大多数的应用，可以用简单的数学表达式来代替没有物理可能性的繁琐函数。可以认为，石油勘探所用的地震信号的特殊情况具有特殊应用。地震信号的低频带限的性质，使得处理限于比较简单的情形。与用低阶多项式准确地描述简单的曲面相类似。因此，对于多数更困难和更复杂的现象就无法使用。

从一个域到另一个域转换资料的能力是非常有用的。因为它提供了定量分析和比较某些相关信号的方法。可以相当精确地测量各种信号的每一频率分量的振幅和相位。因此，确定两个信号之间可能存在的差异的正确性质，常常是十分容易的。用控制的方法，消除或改变信号的特殊成分并有选择的修饰信号也是有可能的。确定信号通过一个已知过程所产生的变化，是另一种实际应用。

熟悉傅里叶变换和频率域运算的真正好处，在于能进一步地了解信号处理过程中的方法和关系。在进行域的变换时，并不需要进行实际的数值运算，参照变换域的等价关系，就可以查清各种运算的对应情况。

1.2 普遍关系

振幅谱和较小范围的相位谱对于分析过程是很有用的。在一定条件下，时间域的信号，特别是与其它信号相加时，在时间域内确定这个信号可能是困难的，但在频率域内可能是清楚的。因此，应该记住时间域与频率域的一些基本关系，同时要理解它的作用和意义。

在振幅谱上，利用具有振幅和频率的一个点，可以标定一个正弦波。这个分量可以用高度等于与振幅成比例的垂直线段来表示（图1.12a）。

在时间域内，一个单一尖脉冲含有所有的频率（图1.12b）。这个变换的振幅谱，是一条平行底边连续的直线。它表示在整个频率范围内，每一个频率分量有相同的振幅。附带指出，这种性质的谱，称为白噪音谱。这个术语是从可见光谱推译而来的。可见光谱的每一频率分量的振幅是相同的，看起来就象白光一样。