

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: 23320081153316

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

反射波同相轴梯度拾取方法研究

Methods for Picking Gradients of Seismic Reflection Events

黄 忠

指导教师姓名: 张 建 中 教 授

专 业 名 称: 信 号 与 信 息 处 理

论文提交日期: 2011 年 月

论文答辩时间: 2011 年 月

学位授予日期: 2011 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2011 年 月

反射波同相轴梯度拾取方法研究

黄忠

指导老师:

张建中

教授

厦门大学

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘要

在地震信号处理中, 反射波同相轴的走时和梯度是需要使用的测量数据。特别是近几年来, 利用同相轴梯度进行反射成像成为一个研究热点。这样, 从地震信号中检测同相轴梯度, 便是基于同相轴梯度的地震信号处理不可或缺的环节。本文对地震反射同相轴梯度的计算机自动检测(拾取)方法进行了研究, 主要研究内容和取得的成果为:

(1) 实现了基于线性倾斜叠加原理的激发点和接收点上的梯度拾取方法, 对该方法中的有关参数的选取进行了分析和总结。

(2) 研究了共激发点道集、共接收点道集、共中心点道集和共偏移距道集反射同相轴梯度之间的定量关系, 从而可以把在共中心点道集和共偏移距道集上拾取的共中心点上和偏移距上的反射同相轴梯度值, 换算成激发点和接收点上的梯度值。

(3) 根据当反射同相轴曲率较大时, 基于线性倾斜叠加原理拾取梯度值的精度不高的情况, 提出了基于沿曲线叠加的同相轴拾取方法。在具体拾取时, 根据不同道集内同相轴变化特征, 采用直线叠加和曲线叠加的混合方法, 即在共偏移距道集沿直线叠加拾取梯度, 在共中心点道集沿二次曲线叠加拾取梯度, 再把共中心点上和偏移距上的梯度值, 转化成激发点和接收点上的梯度值。

(4) 提出了基于 Curvelet 变换的自动拾取反射同相轴梯度的新方法。把地震数据转化成图像, 利用 Curvelet 变换检测图像边缘, 即同相轴, 进而计算出同相轴的梯度, 达到自动检测同相轴梯度的目的。

(5) 用理论合成的地震信号和模拟数据对上述方法进行了应用和比较, 结果表明, 基于沿曲线叠加的梯度拾取方法优于沿直线叠加的拾取方法, 基于 Curvelet 变换的拾取方法优于沿直线或沿曲线叠加的拾取方法。

关键字: 反射波同相轴; 梯度拾取; 倾斜叠加; Curvelet 变换

Abstract

In seismic signal processing, the traveltimes and gradients in reflection events are required to use the measurement data. Especially in recent years, the use of the gradient with the reflection events reflective imaging has become a research hotspot. Thus, to detect seismic signals from the reflection events gradient, that is, the gradient-based reflection events integral part of seismic signal processing. This gradient of seismic reflection events computer to automatically detect (pickup) method is studied, the main contents and the results achieved are:

(1) Implementation of the principle based on linear slant stack to receive the excitation point and pick up points on the gradient method, the method of selection of the parameters were analyzed and summarized.

(2) Researched the total excitation point gather of receiver point gathers, common midpoint gathers and common-offset reflection events gradient set of quantitative relationships between, which can be set in the CMP and common Offset gathers were picked up by the center and offset on the reflection events of reflection on the gradient value, converted into excitation point and receiving point on the gradient.

(3) According to the reflection events curvature when the reflection is large, the principle based on linear slant stack values pick up the precision gradient is not high, raised along the curve superimposed on the phase axis picking method. In specific pick up time, depending on the reflection events gathers variation, by linear superposition and the superposition of the hybrid approach curve, that is set in the common offset stack picked up along the straight line gradient, set in the CMP stack along the quadratic curve Pick gradient, then the center of the total of the gradient and offset values into excitation point and receiving point on the gradient.

(4) Proposed based on automatic pick Curvelet transform gradient reflection events of the new method. The seismic data into images, using Curvelet transform to

detect image edge, the phase axis, then calculate the gradient with the reflection events, to automatically detect the purpose of reflection events gradient.

(5) With a theoretical synthesis of seismic signals and analog data in the application of these methods and compare the results show that the superposition of the gradient along the curve along the line picking up the superposition method is better than picking method, based on Curvelet transform method is better than picking up along the Superposition of a line or pick up along the curve method

Key Words: Reflection Events Data; Gradient Picking; Slant Stack; Curvelet transform

目 录

摘 要.....	I
Abstract.....	II
目 录.....	IV
Contents	VI
第一章 绪论	1
1.1 本文研究意义	1
1.2 研究现状	1
1.3 主要研究内容	2
1.4 取得的主要成果	3
第二章 基于倾斜叠加原理的梯度拾取方法及质量控制.....	4
2.1 走时梯度的含义	4
2.2 倾斜叠加原理	5
2.3 基于倾斜叠加的梯度自动拾取	6
2.4 梯度拾取的质量控制	7
2.5 梯度拾取的实现及实验结果	9
第三章 反射波同相轴梯度的多域拾取方法.....	16
3.1 引言	16
3.2 基于二次曲线叠加的同相轴梯度拾取方法	16
3.3 反射波同相轴梯度的多域拾取	17
3.4 理论模型和地震记录合成	18
3.5 实验和分析	21

3.5.1 共偏移距和共中心点域梯度理论值与拾取值比较.....	21
3.5.2 炮点和共接收上梯度理论值与多域拾取值的比较.....	23
第四章 基于 Curvelet 变换的同相轴梯度拾取.....	31
4.1 引言.....	31
4.2 Curvelet 变换简介.....	32
4.2.1 第一代 Curvelet 变换.....	33
4.2.1.1 基本理论.....	33
4.2.1.2 实现过程.....	35
4.2.2 第二代 Curvelet 变换.....	35
4.2.2.1 连续 Curvelet 变换.....	35
4.2.2.2 离散 Curvelet 变换.....	37
4.2.2.3 实现方法.....	38
4.3 基于 Curvelet 变换的同相轴梯度的拾取方法.....	39
4.3.1 离散 Curvelet 变换的例子.....	39
4.3.2 利用 Curvelet 去噪.....	42
4.3.3 基于 Curvelet 变换对同相轴梯度的拾取方法.....	44
4.3.4 实验例子.....	45
第五章 总结与展望.....	55
参 考 文 献.....	56
攻读学位期间发表的学术论文.....	59
致 谢.....	60

Contents

Chapter 1 Preface	1
1.1 Significance of This Research.....	1
1.2 The Development of The Research	2
1.3 Main Contents.....	3
1.4 Main Results	4
Chapter 2 The Methods of Gradient Picking Base on Slant Stack and Quality Control.....	4
2.1 The Meaning of The Travel Time and Gradient.....	5
2.2 The Principle of Slant Stack	6
2.3 Gradient Picking Base on Slant Stack	7
2.4 The Gradient Picking and Its Quality Control.....	9
2.5 Gradient Picked up and Its Experimental Results.....	16
Chapter 3 The Methods of Picking Gradient in Four Domains in Reflection Events.....	16
3.1 Introduction	16
3.2 The Method of Gradient Picking in Reflection Events Based on Conic Stack	17
3.3 The Methods of Picking Gradient in Four Domains in Reflection Events..	18
3.4 Theoretical Models and Synthetic Seismograms	21
3.5 Experiment and Analysis	21
3.5.1 The Theoretical Value Compared With Experimental Value in Common Offset and Common Midpoint	22
3.5.2 The Theoretical Value Compared With Experimental Value in Common	

Shot and Common Receive.....	31
Chapter 4 Picking Up The Gradient in Reflection Events Based on Curvelet Transform	31
4.1 Introduction	32
4.2 About CCurvelet Transformation.....	33
4.2.1 The First Generation of Curvelet Transform	33
4.2.1.1 Basic Theoretical.....	35
4.2.1.2 Implementation Process	35
4.2.2 The Second Generation of Curvelet Transform.....	35
4.2.2.1 The Continuous of Curvelet Transform.....	37
4.2.2.2 The Discrete of Curvelet Transform.....	37
4.2.2.3 Implementation	38
4.3 The Methods of Gradient Picking in Reflection Events Based on Curvelet Transform.....	39
4.3.1 The Example of Discrete Transform.....	39
4.3.2 Using Curvelet Transform To Denoising.....	42
4.3.3 The Methods of The Gradient Picking in Reflection Events Based on Curvelet Transform	44
4.3.4 Experimental Examples	45
Chapter 5 Summary and Outlook.....	55
References.....	56
Papers Published.....	59
Acknowledgement.....	60

厦门大学博硕士学位论文摘要库

第一章 绪论

本论文选题源于国家自然科学基金项目“起伏地表有限频率反射波斜率层析成像研究(41074077)”。

1.1 本文研究意义

地震道集上,局部相关同相轴在某道上的切线斜率,即为该道上走时在空间坐标方向的梯度,代表该道对应的慢度水平分量或射线参数。鉴于斜率比走时包含更多的地震波运动学信息,利用斜率属性进行地震资料处理和分析,便成为一个新的研究热点。例如, Billette 和 Lambaré 等(1998, 2003)把叠前炮点、接收点的斜率和双程走时作为观测数据,提出的一种斜率层析成像方法,带动了使用斜率数据进行层析反演建立速度模型的研究热潮。在基于斜率的地震信号处理方法及其应用中,斜率的拾取是不可或缺的环节,而且斜率数据的精度极大地影响着它们的效果。目前,人们主要利用倾斜叠加原理拾取同相轴斜率,这种方法简单,还可以压制随机噪声的影响,对同相轴线性变化时的效果较好,但当同相轴曲率较大时,拾取斜率的精度就很低。因此,研究适于较大曲率同相轴斜率的拾取方法具有重要使用价值。

1.2 研究现状

自上个世纪五六十年代,前苏联Riabinkin教授主持研究了利用走时梯度信息的“控制方向接收法”(Controlled Directional Reception, CDR),在俄国的石油勘探中得到了应用,并引起了美国人的重视^[11]。CDR方法是基于叠前地震数据的自动拾取(Riabinkin. et al. 1962)这种拾取的目的就是为了获得反射波的相关参数,其中一个参数是旅行时,另一个是走时梯度。后来,斯坦福大学的Sword重新深入研究并验证了该方法。1998年法国的Billette等对CDR方法进行改进,利用反射走时及梯度估算宏观速度模型,他们把这种方法称作立体层析成像。特别是,九十年代末以来, Billette和Lambaré等(1998, 2003)把叠前炮点、接收点的斜率和双程走时作为观测数据,提出的一种斜率层析成像方法—Stereotomography, 带动了使用斜率数据进行层析反演建立速度模型的研究热

潮。鉴于斜率比走时包含更多的地震波运动学信息，利用斜率属性进行地震资料处理和分析，便成为一个新的研究热点。Hua等(2003, 2005)利用炮点上的斜率获取射线角，提出了效率高的偏移方法；Fomel (2007)和Cooke等(2009)应用斜率进行独立于速度模型的时间偏移成像；杜婧等(2009)研究了基于斜率的VSP波场分离。在这些方法及其应用中，斜率的拾取是不可或缺的环节，而且斜率数据的精度极大地影响着它们的效果。目前拾取斜率主要有两类方法，一类是平面波分解技术^[52](plane-wave destructors)[Fomel, 2007; Schleicher, 2009], 另一类是倾斜叠加技术[Lambaré等, 2004]。平面波分解是基于地震数据中的每一道都是一个局部平面波假设，其拾取的斜率不仅准确度高，而且具有压制噪声的效果，但需要花费较长的拾取时间^[53]。而倾斜叠加是基于线性的Radon 变换(又称 $\tau-p$ 变换)，在一定范围的同相轴下，它具有拾取准确度高，能有效的压制噪声，耗时相对较短的优点。但是当反射波同相轴也往往出现大曲率的特征，应用传统的线性Radon变换(倾斜叠加)对同相轴梯度的拾取的精度较低。因此，随着地震信号处理对梯度数据的使用领域的不断扩大，同相轴梯度的自动拾取应该朝着高精度，高效率的方向发展。

1.3 主要研究内容

本论文所研究的是国家自然科学基金项目“起伏地表有限频率反射波斜率层析成像研究”的部分内容。鉴于反射波同相轴的走时和梯度在地震信号处理中的作用, 本文对地震反射同相轴梯度的计算机自动检测(拾取)方法进行了研究, 主要研究内容有:

(1) 实现了利用线性倾斜叠加原理在激发点和接收点道集拾取梯度的方法, 研究了反射波同相轴走时和梯度拾取中的质量控制参数选取问题。

(2)研究了共激发点道集、共接收点道集、共中心点道集和共偏移距道集反射同相轴梯度之间的定量关系, 以及共中心点道集和共偏移距道集反射同相轴梯度的拾取。

(3) 研究了基于二次曲线叠加的同相轴梯度拾取方法。

(4) 研究了 Curvelet 变换的基本原理及其相关性质。

(5)研究了利用 Curvelet 变换进行地震数据去噪和自动拾取反射同相轴梯

度的方法。

(6) 有关计算机程序的设计、编写和调试以及有关实验和分析。

1.4 取得的主要成果

围绕着上述研究内容，进行了有关的理论方法研究、软件研制、模型试验、实际资料应用，较好地完成了设计任务。取得的主要成果有：

(1) 实现了基于线性倾斜叠加原理的激发点和接收点上的梯度拾取方法，给出了对自动化拾取结果进行质量控制的有关参数选取的一般性规律。

(2) 提出了基于二次曲线叠加的同相轴梯度拾取方法。

(3) 建立了共激发点道集、共接收点道集和共中心点道集、共偏移距道集上拾取的反射同相轴梯度值之间的换算关系，实现了不同道集拾取的梯度值之间的相互转换。

(4) 提出了直线叠加和曲线叠加的混合多域梯度拾取方法，即在共偏移距道集沿直线叠加拾取梯度，在共中心点道集沿二次曲线叠加拾取梯度，再把共中心点上和偏移距上的梯度值，转化成激发点和接收点上的梯度值，提高了同相轴梯度的精度。

(5) 提出了基于 Curvelet 变换的自动拾取反射同相轴梯度的方法。

(6) 用理论合成的地震信号和模拟数据对上述方法进行了应用和比较，结果表明，基于沿曲线叠加的梯度拾取方法优于沿直线叠加的拾取方法，基于 Curvelet 变换的拾取方法优于沿直线或沿曲线叠加的拾取方法。

第二章 基于倾斜叠加原理的梯度拾取方法及质量控制

2.1 走时梯度的含义

根据波的运动学理论，慢度矢量是走时对空间位置的梯度。慢度矢量的模是波在该点传播速度大小的倒数。波的传播既可以用波前表示，也可以用慢度矢量的轨迹来表示。慢度矢量的轨迹即就是射线。在空间的每一点，慢度矢量与波前正交，如图2.1所示。

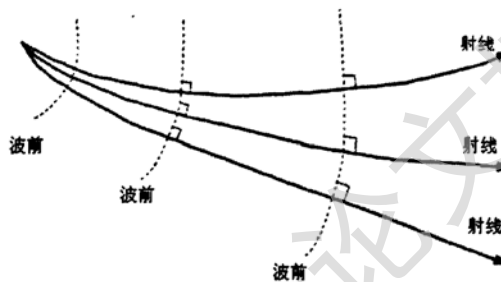
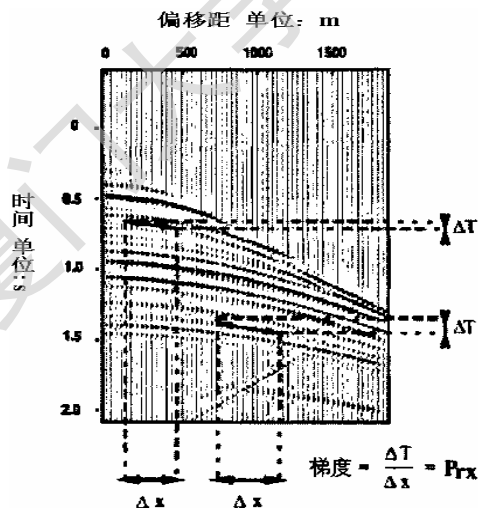
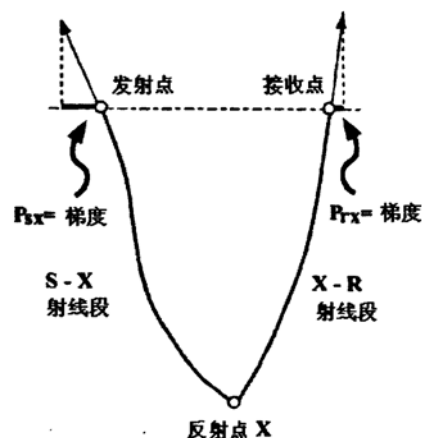


图 2.1 射线轨迹与波前关系图

慢度矢量可以由它的模和它在某一方向的投影决定。由于它的模是射线传播轨迹上速度值的倒数，这样，当速度已知时，慢度矢量可以由它在水平方向上的投影，即慢度的水平分量来决定。在二维的情况下，地表水平方向上的慢度分量，就是走时的梯度。图2.2(b)给出了从炮点到接收点的射线及梯度。



(a) 道集上的梯度



(b) 射线上的梯度

图 2.2 梯度在道集和射线上表示

在地震道集上可以看出一些与炮点和接收点对应的相关同相轴。若道集上的同相轴在 (x, t) 坐标系中的位置用函数 $t=f(x)$ 表示，那么，曲线 $t=f(x)$ 在某点的

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库