多波多分量地震勘探规范

Multi-Wave Multi-Component Seismic Exploration General Standard

(征求意见稿)





团 体 标 准

T/CGS XXX—2021

多波多分量地震勘探规范

Multi-Wave Multi-Component Seismic Exploration General Standard

(征求意见稿)





团 体 标 准GROUPSTANDARD团 体 标 准GROUPSTANDARD

T/CAS XXXX—20XX

**目录**

[前言 1](#_Toc81469777)

[1 范围 1](#_Toc81469778)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc81469779)

[3 术语和一般规定（备注：术语的精简等最后正文确定后根据查找功能最后再更新） 2](#_Toc81469780)

[**3.1术语** 2](#_Toc81469781)

[**3.2一般规定** 23](#_Toc81469782)

[4多分量地震数据采集 25](#_Toc81469783)

[4.1 资料收集 25](#_Toc81469784)

[4.1.1 基础资料收集 25](#_Toc81469785)

[4.1.2 工区调查 25](#_Toc81469786)

[4.2 采集参数设计 26](#_Toc81469787)

[4.2.1 采集参数论证 26](#_Toc81469788)

[4.2.2 观测系统设计 26](#_Toc81469789)

[4.2.3 激发因素 28](#_Toc81469790)

[4.2.4接收因素 28](#_Toc81469791)

[4.2.5 仪器因素 29](#_Toc81469792)

[4.3 近地表速度调查 29](#_Toc81469793)

[4.4 采集试验 30](#_Toc81469794)

[4.4.1 试验方案 31](#_Toc81469795)

[4.4.2 试验点线位置选择 31](#_Toc81469796)

[4.4.3 影响因素分析 31](#_Toc81469797)

[4.4.4 试验结论 32](#_Toc81469798)

[4.5 采集技术设计书编写 32](#_Toc81469799)

[4.6 健康、安全、环保要求 32](#_Toc81469800)

[4.7 施工前准备工作要求 32](#_Toc81469801)

[4.8 测量成果 33](#_Toc81469802)

[4.9 震源信号激发 33](#_Toc81469803)

[4.10 检波器信号接收 34](#_Toc81469804)

[4.11 磁带(磁盘)及班报 34](#_Toc81469805)

[4.11.1 资料完整性检查 34](#_Toc81469806)

[4.11.2 数据属性标识 35](#_Toc81469807)

[4.11.3 其它要求 35](#_Toc81469808)

[4.12 采集数据质量评价 35](#_Toc81469809)

[4.12.1 现场施工评价 35](#_Toc81469810)

[4.12.2 空炮率 36](#_Toc81469811)

[4.12.3 现场数据处理 36](#_Toc81469812)

[4.13 多分量地震数据采集验收及资料交付 37](#_Toc81469813)

[5多波多分量地震数据处理 38](#_Toc81469814)

[5.1 资料收集与数据检查 38](#_Toc81469815)

[5.2明确处理目标 38](#_Toc81469816)

[5.3 数据试验处理 38](#_Toc81469817)

[5.3.1 试验数据选择 38](#_Toc81469818)

[5.3.2 处理参数及流程试验 38](#_Toc81469819)

[5.4 纵波数据处理 39](#_Toc81469820)

[5.5 横波震源数据处理 39](#_Toc81469821)

[5.6 转换波数据处理 39](#_Toc81469822)

[5.6.1数据预处理 39](#_Toc81469823)

[5.6.2水平分量旋转 40](#_Toc81469824)

[5.6.3振幅补偿 40](#_Toc81469825)

[5.6.4叠前去噪处理 40](#_Toc81469826)

[5.6.5叠前矢量波场分离 41](#_Toc81469827)

[5.6.6一致性振幅补偿 41](#_Toc81469828)

[5.6.7静校正 41](#_Toc81469829)

[5.6.8反褶积（含Q补偿） 42](#_Toc81469830)

[5.6.9共转换点道集抽取 42](#_Toc81469831)

[5.6.10叠加速度分析 42](#_Toc81469832)

[5.6.11共转换点道集动校正与叠加 43](#_Toc81469833)

[5.6.12 方位各向异性校正 43](#_Toc81469834)

[5.6.13 高维插值 43](#_Toc81469835)

[5.6.14 偏移速度与各向异性参数建模 43](#_Toc81469836)

[5.6.15叠前时间偏移 44](#_Toc81469837)

[5.6.16叠前深度偏移 44](#_Toc81469838)

[5.6.17叠前偏移成果道集 45](#_Toc81469839)

[5.6.18处理成果与质量评价 46](#_Toc81469840)

[5.6.19处理成果资料归档 46](#_Toc81469841)

[6 多波地震数据解释与反演 48](#_Toc81469842)

[6.1 资料收集与检查 48](#_Toc81469843)

[**6.1.1资料收集** 48](#_Toc81469844)

[**6.1.2数据检查** 48](#_Toc81469845)

[6.2 多波地震地质层位标定 49](#_Toc81469846)

[**6.2.1纯波地震地质层位标定** 49](#_Toc81469847)

[**6.2.2 多波联合地震地质层位标定** 49](#_Toc81469848)

[6.3 地震反射层层位命名 50](#_Toc81469849)

[6.4 多波地震数据解释 51](#_Toc81469850)

[**6.4.1 先验资料分析** 51](#_Toc81469851)

[**6.4.2多波联合构造解释** 51](#_Toc81469852)

[**6.4.3 构造成图** 51](#_Toc81469853)

[**6.4.4多波属性解释** 51](#_Toc81469854)

[**6.4.5 多波联合反演与综合解释** 52](#_Toc81469855)

[**6.4.6 裂缝发育预测** 53](#_Toc81469856)

[6.5 成果资料归档 53](#_Toc81469857)

[附　录　A （资料性）：小折射、三分量微测井仪器班报格式 55](#_Toc81469858)

[附　录　B （资料性）：地震仪器班报格式 57](#_Toc81469859)

[附录C 海底地震仪器（OBS）班报格式 63](#_Toc81469861)

[附录D 海洋气枪震源班报格式 66](#_Toc81469862)

[**附录E 条文说明** 68](#_Toc81469863)

# 前言

本标准依据GB/T 1.1-2020、 T/CAS 1.1—2017《团体标准的结构和编写指南》的有关要求编写。

本标准由中国地球物理学会提出。

本标准起草单位：

（1）牵头单位：中国地质大学（北京）

（2）参编单位：中海油勘探开发研究总院有限公司

中国石油大学（北京）

中海油田服务股份有限公司

中石化勘探开发研究院

中国海洋大学

中国石化西南油气分公司

电子科技大学

北京派特森科技股份有限公司

——（参编单位名单处于变动调整中，需根据各单位反馈意见罗列）。

本标准主要起草人：王赟、王祥春、芦俊、杜向东、张云鹏、薛东川、张峰、薛爱民、周滨、王征、张鹏、谢涛、董水利、刘韬、谢飞、魏巍、何兵寿、徐天吉、文雪康、马昭军

（参编专家名单处于变动调整中，需根据各单位和专家反馈意见罗列）。

本标准为首次制定。

本版本先不修改编排格式和英文。

**多波多分量地震勘探规范**

# 1 范围

本文件规定了多波多分量地震勘探1二维和三维地震数据采集、多波多分量地震数据处理、多波地震数据解释与反演的技术术语、流程、技术要求和质量规范；规范涵盖了陆地地面或海底海床（水域）2数据采集、数据处理、数据解释与多波联合反演的主要技术内容，强调不同于常规纵波地震勘探的关键技术内容；以油气田、煤田、天然气水合物、金属矿、浅层工程物探等不同领域采用多波多分量地震技术的共性、关键性内容为主，而不强调不同领域应用时的细节和特殊情况；适用于陆地与海洋等水域、油气与煤田、工程与非煤固体矿产资源勘探采用多波多分量地震技术的领域；但不包括井中接收或井中激发的VSP或逆VSP技术。

# 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。其中：

GB 6722-2014 爆破安全规程

GB 12950-1991 地震勘探爆炸安全规程

GB/T 33583-2017 陆上石油地震勘探资料采集技术规程

GB/T 33685-2017 陆上地震勘探数据处理技术规程

GB/T 33684-2017 地震勘探资料解释技术规程

SY/T 5933-2008 地震反射层地震地质层位代号确定原则

GB/T 12763.8-2007 海洋调查规范第8部分—海洋地质地球物理调查

Q/HS 10015-2019 海上拖缆三维地震资料采集设计规范

Q/HS 1039-2020 海底电缆三维地震资料采集设计规范

SY/T 7003-2014 海底电缆地震勘探数据处理技术规程

SY/T 6156-2017 气枪震源使用技术规范

GB 16625-1996 地震勘探电雷管

Q/SY 01017-2018 地震岩石物理分析技术规范

是本技术规范编制时直接引用和参考文本，同时参阅了下述的技术标准：

DZ/T 0300-2017 煤田地震勘探规范

NB/T 14011-2016 页岩气地震资料处理解释和预测技术规范

NB/T10002-2014 煤层气地震勘探规范

Q/HS 1086-2018 空气枪震源设计指南

Q/HS1039-2020 海底电缆三维地震资料采集设计规范

SY/T 10020-2018 海上拖缆地震勘探数据处理技术规程

SY/T 5171-2011 陆上石油物探测量规范

SY/T 5314-2011 陆上石油地震勘探资料采集技术规范

SY/T 5331-2016 石油地震勘探解释图件要素规范

SY/T 5453-2008 地震数据交换记录格式

SY/T 5481-2009 地震勘探资料解释技术规程

SY/T 5928-2016 地震勘探资料归档规范

SY/T 6246-1996 可控震源使用与维护

SY/T 6276-2014 石油天然气工业健康、安全与环境管理体系

SY/T 6749-2009 陆上多波多分量地震资料解释技术规范

SY/T10017-2017 海底电缆地震资料采集技术规范

SY/T5331-2016 石油地震勘探解释图件要素规范

# 3 术语和一般规定（备注：术语的精简等最后正文确定后根据查找功能最后再更新）

**3.1术语**

下列术语定义适用于本规范。

**地震各向异性**(**seismic anisotropy,ANI)**

地震波属性（速度、振幅、频率、相位、衰减系数等）随着传播方向的变化而变化的特性，包括速度各向异性、品质因子各向异性等，一般情况下指速度各向异性。

Seismic attribute varies with wave propagating direction, such as velocity anisotropy, quality factor anisotropy etc, generally referring to the velocity anisotropy.

**各向同性（isotropy, ISO）**

不论测定的方向如何，地球介质的物理性质都维持恒定性。

No matter how the determination direction changes, the physical properties of matter remain constant

**横向各向同性（transverse isotropy, TI）**

介质在平行于某一平面的所有方向上都具有相同的物理性质，而在垂直于该平面的方向上的物理性质随着方向变化，称该介质具有横向各向同性。

The medium has the same physical properties in all directions parallel to a plane, and the physical properties in the direction perpendicular to the plane change with the direction, which is called transverse isotropicmedium.

**具有垂直对称轴的横向各向同性（transverse isotropy with a vertical symmetric axis, VTI）**

VTI是横向各向同性（transverse isotropy, TI）的一种特例。当横向各向同性介质的对称轴垂直时，该介质为VTI介质。

VTIis a special case of transverse isotropy.When the symmetry axis of the transverse isotropic medium is vertical, this medium is called VTI medium.

**具有水平对称轴的横向各向同性（transverse isotropy with a horizontal symmetric axis, HTI）**

HTI是横向各向同性（transverse isotropy, TI）的一种特例。当横向各向同性介质的对称轴水平时，该介质为HTI介质。

HTIis a special case of transverse isotropy.When the symmetry axis of the transverse isotropic medium is horizontal, this medium is called HTI medium.

**具有倾斜对称轴的横向各向同性（transverse isotropy with a tilt symmetric axis, TTI）**

TTI是横向各向同性（transverse isotropy, TI）的一种更一般情况，当横向各向同性介质的对称轴倾斜时，该介质为TTI介质；但倾角分别为90°和0°时，该类型介质退化为VTI和HTI介质。

TTIis a special case of transverse isotropy. When the symmetry axis of the transverse isotropic medium is tilt, this medium is called TTI medium.

**方位各向异性(azimuthal anisotropy)**

地震波属性（传播时间、速度、振幅、衰减等）随着观测方位角的变化而发生变化的特性，包括速度方位各向异性、衰减方位各向异性、振幅方位各向异性等，一般情况下指速度方位各向异性。

Seismic attribute(including propagation time, velocity, amplitude, attenuation, etc.) varies with observation azimuths,such as velocity azimuthal anisotropy, attenuation azimuthal anisotropy, amplitude azimuthal anisotropy, and etc, generally referring to velocity azimuthal anisotropy.

**扩容各向异性（extensive dilatancy anisotropy, EDA）**

由于受到构造应力场的作用，岩石中形成定向排列的裂缝隙，若它们充满流体等填充物，地震波在裂隙岩石中的传播相当于在均匀弹性各向异性固体中的传播，则称此裂隙岩石具有等效各向异性。把这种具有流体等充填物的择优取向裂隙称为广泛扩容各向异性, 也称为泛张各向异性。

Due to the effect of tectonic stress field, fractures, fissures and pores with preferred orientation are formed in rocks. If they are filled with gas or fluid and other fillers, the propagation of seismic wave in fractured rock is equivalent to that in homogeneous elastic anisotropic solid, it is called that fractured rock has equivalent anisotropy. The preferred orientation fracture with gas or fluid fillings is called extensive dilatancy anisotropy.

**正交各向异性（orthorhombic anisotropy, OA）**

正交各向异性介质有三个相互正交的对称面，独立的弹性系数为9个，是由具有垂直对称轴的周期性薄互层各向异性（图1a）和具有水平对称轴的扩容各向异性（图1b）组合而成；也可以理解为VTI+HTI介质的叠合。OA介质（图1c）的刚度系数矩阵为

Orthorhombic anisotropy has three mutually orthogonal planes of symmetry and including 9 independent elastic coefficients.It is the combination of periodic thin layer with vertical symmetry axis (Fig.1a) andextensive dilatancy anisotropy with a horizontal axis of symmetry (Fig.1b). The related stiffnesscoefficient matrix of OA medium (Fig.1c) is given by

.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| (a) PTL | (b) EDA | (c) PTL+EDA |

图1三种常见的各向异性介质（张中杰，2003）

Fig. 1 Three common anisotropic media

**单斜介质（monoclinic anisotropy, MONO）**

一般指在各向同性背景中，当发育两组斜交的垂直裂隙时，介质表现出等效的单斜各向异性。这种介质具有一个水平对称面，刚度矩阵由13个独立参数构成：

该概念可以扩展至VTI背景或者发育多组斜交垂直裂隙的情况。

Generally, in isotropic background, when two groups of oblique vertical fractures are developed, the medium will show equivalent monoclinic anisotropy. The medium has a horizontal symmetry plane, which stiffness coefficientmatrix is:

.

This concept can be extended to the VTI background or the development of multiple groups of oblique vertical fractures.

**弹性波(elastic wave)**

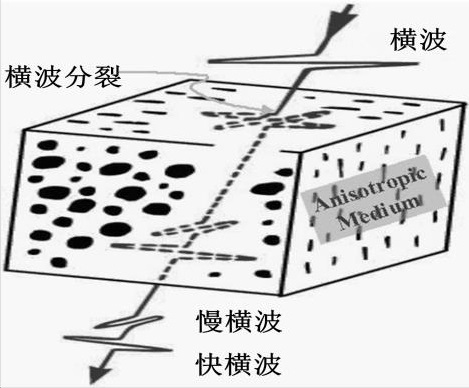
弹性波是应力波的一种，即扰动或外力作用引起的应力和应变在[弹性介质](https://baike.baidu.com/item/%E5%BC%B9%E6%80%A7%E4%BB%8B%E8%B4%A8)中传递的形式。在地球介质弹性近似的条件下，地震波可近似看作弹性波，在地球内部激发和传播的弹性波主要分为体波（纵波和横波）以及表面波（Rayleigh波、Love波、Stoneley波和Scholte波）。

Elastic wave is a kind of stress wave, which is a wave propagated by the elastic deformation of a medium. Under the condition of elastic approximation of the earth's medium, seismic waves can be approximated as elastic waves, which can be dividedinto body waves (P- and S-waves ) and surface waves (Rayleigh, Love and Stoneleywaves).

**横波分裂(shear wave splitting, shear wave birefringence)**

又称横波双折射。横波在各向异性介质中沿相同的射线方向分裂成两个偏振方向与传播速度均不同的波，即快横波和慢横波，快横波偏振方向平行于裂缝走向，慢横波偏振方向垂直于裂缝走向。

Also known as shear wave birefringence. In anisotropic medium, shear wave splits into two waves with different polarization directions and velocities along the same ray direction, namely fast S-wave and slow S-wave. The polarization of fast S-wave is parallel to the fracture strike, and the polarization of slow S-wave is perpendicular to the fracture strike.



各向异性介质横波分裂示意图（Li, et al, 1996）

**Thomsen参数（Thomsen parameter）**

Thomsen等效介质理论中用于替代弹性系数来描述速度各向异性的参数，包括,和:

Thomsen-type dimensionless anisotropic parameters are used to describe the velocity anisotropy in Thomsen's theory, such as the parameters,, and :



**纵波（P-wave，primary wave，compressional wave）**

一种体波，其质点的振动方向与波的传播方向平行，一般又称为胀缩波，简称P波，当考虑固体和流体的相互作用时（双相介质理论中应用），一般又把固体骨架中传播的纵波称为快纵波，也称第一类纵波；而把孔隙中固体骨架与流体由于波至引起差异性位移和形变所产生的纵波称为慢纵波，用qP表示，以示二者的区别，有时也称为第二类纵波。

A wave vibrating in the direction of propagation, generally called primary wave, or P-wave.

**横波（S-wave，shear wave，transverse wave）**

一种体波，其质点的振动方向与波的传播方向垂直，分为偏振方向垂直于射线平面的横波（SH横波）和偏振方向位于射线平面内的横波（SV横波），一般也称为剪切波，简称S波。

A wave vibrating at right angles to the direction of its propagation, generally called shear wave, or S-wave.

**P-SV转换波（P-SV converted wave）**

由入射纵波（P波）在阻抗差界面上反射或透射转换而产生的横波(SV波)，横波的振动方向在入射平面内，称为P-SV转换波。

Because of the reflection or transmission on the impedance interface, P- wave is converted to S-wave, which vibrates in the plane, is called P-SV converted wave.

**SV-P转换波（SV-P converted wave）**

由入射横波（SV波）在阻抗差界面上反射或透射，发生波型转换而产生的纵波(P波)，称为SV-P转换波。

Because of the reflection or transmission on the impedance interface,SV-wave is converted to primary wave, which is called SV-P converted wave.

**同类波（Same mode wave）**

反射波与入射波模式相同，如PP波、SVSV波、SHSH波。

Awave can be called same mode wave when the wave modes of its incidence and reflection are same.

**平动与旋转分量（translational and rotational components）**

弹性固体受到外力作用时，其受力运动和变形可用其中任一线体元（或质点）的位移和变形来表示；外力做功除了表现为该质点或线体元的动能或位（势）能，还部分转化为线元的变形耗能。其中变形主要表现为两种形式，一种是质点的线性平移运动，一种是质点的旋转运动，如图所示。在三维正交笛卡尔坐标系中，把记录线性平移运动的分量称为平动分量，把记录旋转运动的分量称为旋转分量。非特殊说明，本文件中的多分量、三分量、六分量、九分量等均指平动分量。

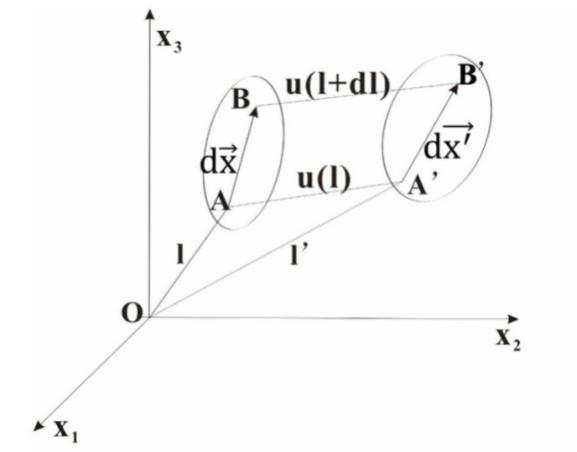


图 弹性体位移与形变示意（胡德绥，1989）

**多波多分量地震勘探（multi-wave &multi-component(MWMC) seismic exploration）**

由纵波和或横波震源激发，多分量检波器接收的地震勘探方法，最多可接收九个分量的数据。陆地三分量（3C）勘探一般指采用单一纵波或横波源激发、三分量检波器接收的地震勘探方法；陆地六分量（6C）勘探指采用两种激发源联合激发（纵波震源和横波震源）和三分量检波器接收的地震勘探方法；陆地九分量（9C）勘探指采用三种激发源分别激发（纵波震源和相互垂直的两个方向的横波震源）和三分量检波器接收的地震勘探方法；而海洋四分量（4C）勘探指的是采用纵波源激发，在海底使用三分量陆检和水听器（压力分量）进行接收的勘探方法，包括OBC/OBN/OBS三种检波类型；海洋两分量拖缆则是指采用纵波源激发，在海底电缆上利用单分量陆检Z和水听器（压力分量）进行接收的勘探方法。

The seismic exploration method,which usesP-wave or S-wave sources and three-component geophones during seismic wave acquisition, and canreceive up to nine components of seismic signals.Three-component (3C) seismic exploration generally refers to the seismic exploration method that uses onlyP-wave or S-wave sourcesfor the excitation and three-component geophonesfor the acquisition.Six-component (6C) seismicexplorationrefers to the seismic exploration method that uses two kinds of sources (P-wave source and S-wave source) for the excitationand three-component geophones for the acquisition.Nine-component (9C) seismicexploration refers to the seismic exploration method that uses three kinds of excitation sources (P-wave source and S-wave sources in two directions perpendicular to each other)for the excitation jointly and three-component geophones for the acquisition.

**三分量地震数据（three-component(3C)seismic data）**

通常指X、Y和Z三个分量的地震数据。其中，Z分量垂直地表方向，X分量沿测线方向（三维的inline方向），Y分量垂直测线方向（三维的crossline方向）。本文件中未特指的地方，三分量均指三个平动分量，而非三个旋转分量，下同。

Generally,Z-componentpoints to the direction vertical to surface, X-component points to the line direction(or Inline direction in a 3D survery), and Y-component points the direction vertical to the line (or crossline direction in a 3D survey). If no special instructionsin this document，three-components refer to three translational components instead ofthree rotation components.

**标量地震（Scalar seismic）**

地震波场是矢量场，为示区别，把基于声波方程，只考虑纵波和单分量Z上记录的地震波场的地震技术称为标量地震，它不考虑地震波的空间偏振特性。

Seismic wave propagation is a vector field. For emphasis and difference, we call the seismics which only studys the single-component Z and is based on the sonic wave equations as scalar seismic exploration.In fact theacoustic field is also a vector. Generallyin scalar seismic exploration the anisotropy of medium and the spatial polarizationcharacteristics of seismic wave are not considered.

**矢量地震（Vectorseismic）**

矢量地震勘探是以多分量检波器接收的矢量波场为基础的地震勘探，更有利于研究地震各向异性；采用三分量或者六分量检波器接收地震波，震源可以为纵波震源或者横波震源，数据处理与解释充分考虑地震波的空间偏振特性；它以实际空间中传播的波矢作为主要研究对象，而非该波矢在某一坐标轴上的投影，因此需要一系列新的矢量技术的支撑，例如矢量波场分离、矢量偏移、矢量波场反演等。

Vector seismic exploration is the seismic exploration based on seismic anisotropy theory. Three or six component geophones are used to receive seismic waves. The source can be P-wave or S-wave source. Data processing and interpretation fully consider the spatial polarization characteristics of seismic waves. Key technologies include vector wave field separation, vector migration, vector wave field inversion.

**偏振（极化）（Polarization）**

质点的振动方向。体波是线性极化波，瑞雷面波或地滚波是椭圆极化波。

Polarization refers to the vibration direction of the mass point. Body wave is linearlypolarized, andRayleigh wave or ground roll is elliptical polarized.

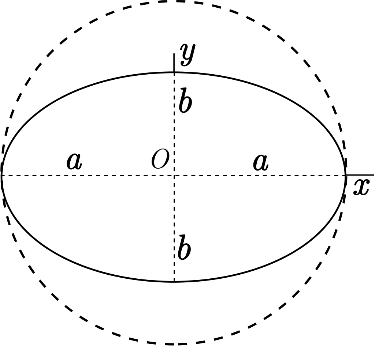
**椭圆率（****Ellipticity）**

椭圆率是指一个圆或球体沿着直径分别形成椭圆或旋转椭球(椭球体)的压缩量；一般还称之为椭圆度或扁率，通常用符号表示。它由产生的椭圆或椭球的长短半轴差的相对变化率表示，即（其中a 是椭圆的长半轴，b是椭圆的短半轴）。在地震学中，椭圆率一般指极化椭圆的椭圆率或者是地震波速度与旅行时的椭圆各向异性程度。

Ellipticity refers to the compression of a circle or sphere forming an ellipse or rotating ellipsoid (ellipsoid) along the diameter, respectively. Other term used is oblateness. The usual notation for flattening isand its definition in terms of the semi-axes of the resulting ellipse or ellipsoid is

.

In seismology, ellipticity generally refers to the ellipticity of polarization ellipse or the degree of elliptic anisotropy of seismic wave velocity and travel time.



椭圆扁率示意图（参考文献）

A circle of radius  compressed to an ellipse

**频散（Frequency dispersion）**

由于地震波的各频率组分传播速度不同，导致其传播过程中波形在时空域发生变化，能量分布也随之改变的现象。

Due to the different velocity of each frequencycomponent of the seismic wave, the waveform changes in space, and the energy distribution also changes.

**纵波品质因子（P-wavequalityfactor，QP）**

纵波品质因子Qp，表示纵波在一个周期内振幅能量与传播过程中耗散能量的比值，它表示岩石对于纵波的吸收衰减作用，是岩石的一种固有特性。

The P-wave quality factor (QP)is the ratio of the amplitude energy of P-wave in a period to the dissipated energy in the process of propagation. It represents the absorption and attenuation of P-wave by rock, which is an inherent characteristic of rock.

**横波品质因子（S-wavequalityfactor，QS）**

横波品质因子Qs，表示横波在一个周期内振幅能量与传播过程中耗散能量的比值，它表示岩石对于横波的吸收衰减作用，是岩石的一种固有特性。

S-wave quality factor(QS)is the ratio of the amplitude energy of S-wave in a period to the dissipated energy in the process of propagation. It represents the absorption and attenuation of S-wave by rock, which is an inherent characteristic of rock.

**转换波等效品质因子（PS-waveequivalent quality factor, QPS）**

转换波等效品质因子Qps，表示岩石对于下行纵波和上行横波的吸收衰减的等效综合作用，表达式为（Wang et al，2006）

ThePS-wave effective quality factor QPS,which represents the equivalent synthesis of the absorption attenuation of the downward P-wave and the upward S-wave. The expression is .

**矢端图（极化曲线）（Hodogram）**

矢端图是质点运动轨迹图，也称为极化曲线图，反映地震波的极化特性。

Hodogramis a particle trajectory diagram, also known as polarization curve, which reflects the polarization characteristics of seismic waves.

**Bond变换（Bondtransformation）**

一种不使用全张量符号而将坐标系变换应用于刚度或柔度张量的技术。

A technique for applying coordinate frame rotations or symmetry operations to stiffness or compliance tensors without using full tensor notation.

**三分量检波器（three component geophone）**

可接收同一物理点上相互正交的三个分量地震信号的传感器。通常是一个垂直分量和两个互相垂直的水平分量，分别对应三维正交笛卡尔坐标系的Z、X、Y轴方向。但也存在一种三分量斜交54.7度的斜三分量检波器。本文件中若非特别说明，三分量检波器是指正交三分量检波器，而不是斜交三分量。

A sensor that can receive three-component seismic signals orthogonal to each other on the same physical point. Usually there is a vertical component and two mutually perpendicular horizontal components, respectively corresponding to the ZXY axis direction of the three-dimensional orthogonal Cartesian coordinate system. But there is also an oblique three-component detector with a three-component oblique angle of 54.7 degrees. Unless otherwise specified in this document, the three-component detector refers to a quadrature three-component detector, not an oblique three-component detector.

**海底地震仪 （Ocean Bottom Seismometer, 简称OBS）**

选用声学水听器、速度/加速度检波器封装于耐压舱中放置于水底，可用于记录天然地震和人工地震等地震波，特别是转换横波等信息的PXYZ四分量地震观测设备。

Ocean Bottom Seismometeris a kind of seismographer which can be used to record seismic waves, such as natural earthquakes and artificial vibrations, especially converted shear waves in the water floor with 4 components.

**海底节点地震仪 （Ocean Bottom Node, 简称OBN）**

选用声学水听器、速度/加速度检波器封装放置于水底，可用于记录人工地震等地震波，特别是转换横波等信息的PXYZ四分量地震观测设备。

Ocean Bottom Node is a kind of seismographer which can be used to recordseismic wavesexcited by active sources, especially converted shear waves in the water floor with 4 components.

**海底拖缆 （Ocean Bottom Cable, 简称OBC）**

选用声学水听器、速度/加速度检波器封装放置于水底，可用于记录人工地震源地震波， 特别是转换横波等信息的PXYZ四分量地震观测设备；其中包括一种特殊的海底拖缆，只记录了PZ两个分量的地震数据，一般称为双检（dual-sensor）海底拖缆，适用于滩浅海地震勘探。

Ocean Bottom Cable is a kind of seismographer which can be used to record active seismic waves , especially converted shear waves in the water floor with 4 components; When only P and Z-component recorded , it is refered as dual-sensor OBC which is used in shallow water.

**横波径向分量（ radial component of shear wave，R-component）**

在炮点、检波点连线方向所在铅锤面内偏振的横波分量，简称R分量。

The shear wave component in the direction connecting the shot point and the detector point is referred to as the R-component.

**横波切向分量（transverse component of shear wave，T-component）**

在垂直于炮点、检波点连线方向铅锤面的平面内偏振的横波分量，简称T分量。

The horizontal shear wave component perpendicular to the line connecting the shot point and the detector point is referred to as the T-component.

**水平分量旋转（Horizontal component rotation）**

一种坐标系水平旋转技术，用于将X、Y分量旋转至R、T分量。

A horizontal rotation technique of a coordinate system, whichcan rotate the X-component to the R-component and the Y-component to the T-component.

**接收窗口（Receivingwindow）**

在纵波源激发多分量检波器接收的转换波勘探中，为保障同时接收到足够强的PP和PS反射波，需要兼顾二者不同的AVO特征、且尽量规避面波记录窗口而设置一个恰当的偏移距范围，该偏移距范围称为多波接收窗口（芦俊，等，2006）。

The offset range of the received seismic wave.

**G因子（Gfactor）**

为量化转换波勘探中最佳接收窗口的选择，定义**G因子=**PP波与PS波的反射系数绝对值的比，用来评价PS波与PP波的反射能量对比（芦俊，等，2006）。

The ratio of the absolute value of the reflection coefficients of PP-wave to PS-wave.

**方位角（Azimuth）**

方位角是球坐标系下的角度测量。从观测者(原点)到目标点的矢量垂直投影到参考平面上；投影矢量与参考矢量在参考平面上的夹角称为方位角。

An azimuth is an angular measurement in a spherical coordinate system. The vector from an observer (origin) to a point of interest is projected perpendicularly onto a reference plane; the angle between the projected vector and a reference vector on the reference plane is called the azimuth.

**横纵比（Aspect ratio）**

三维地震勘探中，横向最大炮检距和纵向最大炮检距的比值，最大值为1；一般把横纵比大于0.5的观测系统称为宽方位采集。

In 3D seismic exploration, the aspect ratio of longitudinal line to transverse line.

**极性（Polarity）**

一般指SEG格式规定，波形起跳向下，记录数值是负，为负极性；波形起跳向上，记录数值是正，为正极性。在多分量地震勘探中，炮检点位置与反射界面关系决定了水平分量的极性正负，一般要做极性校正。

Generally, SEG format stipulates that when the wave form takes off downward, the recorded value is negative, which means negative polarity; when the wave form takes off upward, the recorded value is positive, which means positive polarity.

**宽方位（Wide azimuth）**

宽方位是指地震采集三维排列的横纵比大于0.5，宽方位地震勘探可以获得较完整的地震波场信息，提高断层、各向异性及岩性的识别能力。

Wide azimuth means that the length ratio of transverse line to longitudinal line in a three-dimensional acquisition geometry is greater than 0.5. Wide azimuth seismic exploration can obtain more complete seismic wavefield information and improve theidentification ability of fault and lithology.

**高密度（High density）**

高密度是指小面元地震采集，同时覆盖次数大幅度增加，即单位面积内面元数量增加以及单个面元内炮检对的加密，它有利于地质体的横向分辨率和纵向分辨率的提高。

High density refers to small panel seismic acquisition, while the folds increase significantly, which is conducive to improve horizontal and vertical resolution of geological bodies.

**观测坐标系（Observation coordinate system）**

三分量地震采集时由检波器的三分量的指向组成的正交坐标系；一般指Z-X-Y坐标系，且满足右手定则，其中Z轴竖直向下，X轴沿着测线方向，Y轴与测线方向垂直。一次三分量地震采集中，观测坐标系一般是固定不变的。

From an observer's position on the Earth, one can define a coordinate system based on the horizon circle and the compass directions.

**自然坐标系（Natural coordinate system）**

在三分量地震勘探中，自然坐标系一般指为描述固体介质的物理属性各向异性而定义的坐标系。例如，为描述裂缝各向异性介质，一般指由裂缝方位、与裂缝方位正交方向以及与二者组成的平面法线组成的坐标系，可表示为**n-S1**-**S2**坐标系，此处**n**表示平面的外法线方向，**S1**、**S2**分别指快慢横波的偏振方向。

The natural coordinate system is another way of representing direction. It is based on the relative motion of the object of interest, rather than a fixed coordinate plane like height (x,y,z,t) or isobaric (x,y,p,t) coordinates.

**投影（Projection）**

质点偏振的一部分。质点是在三维空间偏振的，检波器的一个分量只能接收三维偏振的部分投影。

Part of the particle polarization. The particle is polarized in three-dimensional space, and one component of the detector can only receive partial projection of three-dimensional polarization.

**纵横波垂向速度比（vertical velocity ratio of P-wave to S-wave）**

纵横波在垂向上的速度比，可以用相同垂向传播路径上横波的旅行时与纵波旅行时的比值换算。

The velocity ratio of P-toS-waves in vertical direction, which can be converted by the ratio of the travel time of S-wave to the that of P-wave on the same vertical propagation path.

**纵横波层速度比****（interval velocity ratio of P-wave to S-wave）**

同一地层，纵波层速度和横波层速度的比值。

Thevelocity ratio of P-wave to S-wave in the same stratum.

**波场分离（Wave separation）**

非垂直入射的地震波在反射界面上会同时发生反射、透射以及波型转换，水平分量与垂直分量都会接收纵波与横波的部分偏振投影，即发生波型混叠现象。把同一分量上不同类型的波分离出来称为波场分离；同一类型不同传播方向的波的分离称为波场分解，例如VSP勘探中的上下行波分离。

Non-perpendicularly incident seismic waves will be reflected, transmitted and waveform converted at the same time on the reflective interface. All horizontal and vertical components can receive the partial polarization projection of the P- and S-waves, that is, wave mode leakage occurs. The process of suppressing wave mode leakage and separation of different wave modes on the same component or the upper and lower traveling waves is called wave separation.

**矢量合成（Vectorsynthesis）**

地震波的偏振在三分量检波器的每个分量上都有投影，将同一类型地震波在不同分量上的投影提取出来，合成为具有真振幅与三维空间偏振方向的波矢量的过程称为矢量合成。

The polarization of seismic wave is projected on each component of the three-component geophone. Extractingthe projection of the same wave mode on different components and synthesizing into a wave vector with true amplitude and three-dimensional polarization direction is called vector synthesis.

**非双曲（Nonhyperbolic）**

非双曲指的是地震波的时距曲线并非双曲线，其原因有偏深比较大、各向异性、地层的垂向非均匀性、射线路径不对称等。

Nonhyperbolic refers to the time-distance curve of seismic wave is not hyperbolic, the reasons are large offset to depth ratio, anisotropy, vertical inhomogeneity of strata, asymmetry of ray path and so on.

**极性校正（Polarity correction）**

将极性发生异常反转的地震道进行校正，即为极性校正。检波器的水平分量在接收非法向反射的横波或者转换波时，会存在极性相反的情况，需要进行极性的一致性校正。

Correction of seismic traces with abnormal polarity reversal, that is, polarity correction. When the horizontal component of the geophone receives the non-normal reflected shear wave or converted wave, there will be the opposite polarity, so the consistency polarity correction is needed.

**波场旋转（wavefield rotation）**

将地震波场从一个坐标系旋转至另一个坐标系称为波场旋转，如Z-X-Y坐标系至Z-R-T坐标系或者P-S1-S2坐标系。

The seismic wavefield is rotated from one coordinate system to another, such as Z-X-Y coordinate system to Z-R-T coordinate system or P-S1-S2 coordinate system.

**双基准面**

海底电缆地震采集时，海面放炮，海底接收，炮点和接收点位于不同的基准面上。

**共转换点（Common conversion point,CCP）**

在转换波勘探时，由于入射和反射波型的转换造成射线路径的非对称性，从而使得反射点（或转换点）并不是传统意义上纵波勘探的中心点；因此把入射P波转换为S波或入射S波转换为P波，界面上发生波型转换的点称为转换点。共转换点道集是指位于同一面元中的所有转换点所对应的地震数据组成的道集。

When the incident P-wave is converted into S-wave or the incident S-wave is converted into P-wave, the point of wave-mode conversion on the interface is the conversion point.The common conversion point gather refers to the dataset composed of seismic data corresponding to the conversion point located in the same bin.

**转换点渐进线（asymptotic conversion point, ACP）**

由于转换波勘探中转换点随偏移距和深度比（简称偏深比）和纵横波速度比变化，造成抽取共转换点道集是一个相对复杂的计算，不利于转换波处理效率的提高。由转换点计算公式可知，当地层埋深越浅或偏移距越大，转换点越偏离源检中心点；而当偏移距越小或地层埋深越大，转换点越靠近中心点；从浅至深，从小偏移距到大偏移距，当假设速度比固定时转换点变化轨迹可用一条渐近线逼近，我们把这条渐近线称之为转换点渐近线（ACP）。实际地震勘探工区的速度比并不恒定，因此抽取ACP道集的转换波处理方法是一种简单的近似方法，且在浅层效果较差。

ACP is the asymptote of the PS-wave conversion point. When the ratio of offset to depth of the conversion point gradually becomes smaller, the trajectory of the conversion point gradually approaches this line.

**C波（Converted wave）**

发生类型转换的地震波称为转换波，这种波的上下行波路径不对称，为简化转换波的表述，我们假设存在一个等效的C波，它具有对称的射线路径，但走时与转换波相同，因此也对应一个假想的等效速度*V*c。

Mode converted seismic wave is called converted wave.

**等效偏移距（Equivalent offset）**

在成像道集生成过程中，地震记录中原始的炮点与检波点坐标以及偏移距信息无法被保留。根据成像算法需要给成像道集设置虚拟的偏移距称为等效偏移距。

In the process of imaging gather generation, the original shot and receiver coordinates and offset of seismic record can not be retained. According to the imaging method, the virtual offset is often set to the imaging gather, which is called equivalent offset.

**OVT（偏移距矢量片, offset vector tile）**

OVT是十字排列道集的自然延伸，是十字排列道集内的一个数据子集。在十字排列中按照炮线距和检波线距等距离划分得到许多小矩形，则每一个小矩形就是一个OVT炮检距矢量片。

OVT is a natural extension of the cross-spread gathers, and is a subset of data in the cross-spread gathers. In the cross arrangement, many small rectangles are divided into equal distances according to the shot line distance and the geophone line distance, and each small rectangle is an OVT offset vector tilt.

**蜗牛道集（Snailgather）**

受各向异性的影响，OVT道集偏移后的OVG（offset vector gather）道集随着偏移距的台阶状增大，方位角360度一次的循环，同相轴会发生抖动。即在不同偏移距段上，随着方位角的循环往复，同相轴扭曲呈规律性变化，形成蜗牛道集。

Affected by anisotropy, the offset vector gather (OVG) after the offset of the OVT gather increases with offset, and once the azimuth angle is 360 degrees, the event will jitter. That is, at different offset distances, as the azimuth angles cyclically, the gather distortion changes regularly, called snail gather.

**方位各向异性校正（Azimuth anisotropy correction）**

受方位各向异性影响，转换波能量和旅行时会随着方位的变化而发生变化。获得各向异性信息，并消除地下各向异性影响的处理称为各向异性校正；而将这种不同方位角所引起的各向异性响应消除的过程称为方位各向异性校正。

Affected by azimuth anisotropy information, the converted wave amplitude energy will change with the change of azimuth. The process of obtaining anisotropy information and eliminating the influence of underground anisotropy is called anisotropy correction.

**矢量偏移（Vector migration）**

矢量偏移基于地震波的矢量特征，并非单一分量或单一的波独立偏移，而是矢量场参与偏移，可以对矢量分离后的波场进行偏移；也可以对分离前的三分量数据进行偏移，在偏移的过程中实现波场分离和偏移归位。

Vector migration is basedon the characteristics of the wave vector characteristics. It is notthe independent migrationfor a single component or single wave mode, but migration considering wave vector characteristics. Vector migration can be performed after wave mode separation, or the separation of wave modes and return of diffraction are realized during vector migration.

**层位匹配（Horizonmatch）**

纵波剖面和转换波剖面存在各自的***T***0双程旅行时，进行多波联合解释时，需要将同一地质层位在纵波与转换波剖面上的同相轴进行时间和相位的匹配以便于后续的层位和构造解释、反演等，且要保证匹配后的纵波和转换波各自保持原有的动力学特征。

To time corresponding to PP- and PS-wave profiles is separately. For multi-wave interpretation, it is necessary to match the PP- and PS-wave seismic horizons from the same geological horizon for the joint interpretation.

**地震属性（Seismic attribute）**

从叠前、叠后地震数据中提取出来的运动学、动力学和统计学等地震特征值。

The kinematic, dynamic and statistical seismic attributesare mathematically extracted from pre-stack and post-stack seismic data.

**地震属性技术（Seismic attribute technology）**

用于提取、显示、分析和评价地震属性的一类技术，可以利用地震属性进行目的层构造、岩性、流体、裂缝隙等的解释和预测。

A type of technology used to extract, display, analyze and evaluate seismic attributes. The seismic attributes can be used to interpret and invert the structure, lithology, fluid and fractures of the target formation.

**速度比（velocity ratio）**

地震体波可分为地震纵波（P波）和地震横波（S波）两种类型，它们的速度分别为

Seismic body waves can be divided into two types: seismic longitudinal waves (P-waves) and seismic transverse waves (S-waves). Their velocities are respectively，



式中：λ、μ分别为拉梅常数和剪切模量，ρ为介质密度。则纵横波速度比为，

where, *λ* and *μ* are lame constants and *ρ* is the density of medium. The velocity ratio of P-wave to S-wave is

****

纵横波速度比是区分岩性、预测油气、研究地层各向异性等的重要参数。

The velocity ratio of P-wave to S-wave is an important parameter for predicting oil and gas and studying anisotropyformation.

**泊松比（Poisson's ratio）**

弹性体在外力作用下产生纵向伸长的同时，横向上产生压缩，横向与纵向形变量的比值即为泊松比。设有一圆柱形弹性体，原来的直径和长度分别为*D*和*L*，在外力作用下，直径和长度的变化量分别为△*D*和△*L*。泊松比定义为弹性体的直径变化率与长度变化率之比，用*σ*表示，则：

Under the action of external force, the elastic body produces longitudinal elongation and transverse compression. There is a cylindrical elastic body. The original diameter and length are *D* and *L* respectively. Under the action of external force, the changes of diameter and length are △*D* and △L respectively. Poisson's ratio is defined as the ratio of the change rate of the diameter to the change rate of the length of the elastic body, expressed by σ, then



泊松比是表示物体的几何形变的系数。岩石和固体矿物的泊松比都小于0.5。泊松比值最低的是高孔隙度的含气砂岩，*σ*=0.05~0.06；泊松比最大的是软泥，σ=0.45或更大。对于大多数岩石来讲，泊松比的平均值为0.25。泊松比也可以用纵横波速度值来表示，如下

Poisson's ratio is a coefficient representing the geometric deformation of an object. The Poisson's ratio of rocks and minerals are less than 0.5. The lowest Poisson's ratio is a certain type of sandstone, *σ*=0.05~0.06; the largest Poisson's ratio is soft mud, *σ*=0.45 or greater. For most rocks, the average Poisson's ratio is 0.25. Poisson's ratio can also be expressed by the value of the P-wave and S-wave velocity, then



泊松比是预测岩性、物性和预测油气水的重要参数。

Poisson's ratio can reflect the underground lithology macroscopically, and it is another essential parameter for predicting lithology and oil and gas.

**柔度比（或弱度比）（Compliance ratio or weakness ratio）**

柔度比（*r*）是体积变形柔度（*JaV*）和剪切变形柔度（*JaS*）的比值。

The compliance ratio (*r*) is the ratio of volume deformation compliance (*JaV*) to shear deformation compliance (*JaS*).



**横波分裂时差（Timedelayof split shear wave）**

横波分裂发生后，快横波平行于裂隙系统的主方向（走向）传播，慢横波垂直裂隙系统的主方向传播，快、慢横波到达的时差正比于裂隙的发育密度。快、慢横波时差能够反映地下裂隙密度和介质物性等信息。

When shear wave splits into a fast shear wave and a slow shear wave, the fast S-wave propagates parallel to the main direction of the fracture system, while the slow S-wave propagates perpendicular to the main direction of the fracture system. Time delay of split shear wave can reflect the information of underground fracture density and medium physical properties.

**快横波的偏振方位（裂缝的方位）（Fast shear wave polarization azimuth or fracture azimuth）**

快横波的偏振方向垂直裂缝走向，慢横波的偏振方向平行于裂缝走向。

Fast shear wave polarizes along the fracture azimuth, and slow shear wave polarizes perpendicular to the fracture azimuth.

**3.2一般规定**

**本规范的重点：**除非特殊说明，在勘探地震的数据采集、处理、解释三个主要的技术流程中，本规范只强调多波多分量地震数据采集、处理、解释环节与传统纵波地震技术不同的内容和特殊的技术要求，相同的内容以本规范编写中所参照的相关企业、行业和国标为准。

**多分量：**若无特别声明，本规范中的多分量在陆域是指正交笛卡尔坐标系下的XYZ三方向地震传感器所记录的三个平动分量；且若无特别声明，一般是指速度分量。在水域，多分量是传统水听器分量与陆域三分量的组合，一般称之为四分量；此规范中的多分量均指平动分量，不包括旋转分量。

**多波：**若无特别声明，本规范中的多波是指反射P波和反射PS波，一般情况下反射PS波是指SV型的反射转换横波；特殊情况下，该PS波泛指分裂产生的快慢横波，一般记为PS1和PS2波。

**检波器：**由于地震采集装备种类多样，且具有不同应用场景的使用条件，从而使得本规范中交叉出现检波器、地震仪、节点仪等不同的命名方式；鉴于不同领域和行业应用习惯，本规范不对该术语进行统一；但需要明确的是，三分量检波器、四分量检波器、三分量地震仪或节点仪均是指感应、记录地震动信号的传感设备，而不考虑它们感应振动模式、数传和供电方式等的差异。

**数据与资料：**在传统的地震技术领域，资料泛指地震采集的数据、野外班报、野外踏勘的调研报告，以及搜集来的各种地质、测井等信息材料。在本规范中，由于多分量地震涉及多个分量的海量数据，处理成果包括各种中间与最终的数据体，为示区别，规定多分量地震采集、处理和解释反演形成的各种初始、中间和最终数据体使用数据这一个概念，而把辅助的各种班报、气象数据、地质信息等统筹为资料。

**纯波：**纯波是指反射地震学中同类型的入射和反射波，例如PP或SS；本规范中，若无特殊说明，鉴于横波震源的应用较少，纯波是指入射和反射的PP波。

**转换波：**转换波是指反射地震学中波阻抗差界面处产生与入射波类型不同的反射波，例如PS或SP；本规范中，若无特殊说明，鉴于横波震源的应用较少，转换波是指入射P波产生的反射PS波。

**裂缝隙：**地质上，从微观的角度，将裂缝与裂隙统称为裂缝隙，一般是指介质或应力、位移不连续而产生的一定张开度的缝隙；可用两个参数来描述裂缝隙，一个是两个裂隙面的垂直距离——张开度，一个是裂隙的延展长度；为简化，一般使用椭圆的扁率（椭圆长轴与短轴的比值），即裂隙的长度与开度的比值来表述；但有些情况下还需要考虑裂缝隙中充填物的类型。但在地震学科中，由于地震波长是随频率变化的，一般把把不连续面宽度远小于地震波长的称为裂缝隙；显然，这是一个相对的概念，例如对于高频波的断裂或断层，对于低频波则可以近似为裂缝隙；因此，科学的定义，或量化的定义，可以把不连续面宽度与地震波长的比值作为衡量的指标，小于10%的可称为裂缝隙，即裂缝隙是一个相对的应力场不连续空间分布的概念。

**工区：**工作区域的简称，特指地震勘探野外采集数据施工时的覆盖区域，合同约定或特殊情况下指满覆盖区域。

# 4多分量地震数据采集

## 4.1 资料收集

### 4.1.1 基础资料收集

采集工区历史前期资料收集内容主要应包括：

（1）地质资料，即工区背景地质资料、地理信息、主要目的层沉积与构造特征、地应力、钻测井资料、开发井网与开发信息，或者煤矿、金属矿等地下巷道揭露信息；

（2）工区以往的常规纵波或多波多分量地震勘探成果和综合报告等；

（3）陆地勘探的工区近地表纵横波微测井、近地表结构及纵横波速度等资料，并对工区可能的噪声干扰源进行踏勘和分析；水域勘探需要收集探测水域的高精度浅剖、声呐或多波束水底地形资料及水体分层水速、温度与盐度、气象、涌浪、通行船只等资料；

（4）GB/T 33583-2017、GB/T 12763.8-2007和Q/HS 10015-2019中相关的地震采集资料收集的要求。

### 4.1.2 工区调查

（1）工区地表勘查。应对工区进行实地踏勘调查，陆地勘探需要了解近地表岩性、纵波和横波速度、厚度等信息，评估激发条件及接收条件；水域勘探需对设计的作业水域开展现场调查，了解水域的自然环境、潮汐水流、渔业活动，水下障碍物情况，如输油管线、通信光缆、水下构筑物等资料，编写工区调查报告；

（2）多波多分量采集可行性分析。需分析多波多分量地震勘探应满足的条件、解决地质目标的能力、预期的效果、耗资预算、施工可行性及可能存在的风险等，论证多波多分量地震勘探的可行性；

（3）任务目标确定。需论证确定多分量地震勘探观测系统、部署方案、技术要求、地理位置、勘探面积、工作量、施工期限、地震数据采集要求、地震数据处理要求和地震数据解释目标；

（4）水域勘探时需要评估水上作业时的风险及正常施工的可能性与可行性；重点对水深和水底地形起伏、水面障碍物和水下障碍物情况，结合船装水平进行评估，以确定采用双检海底电缆、OBC、OBN或OBS观测方式。

## 4.2 采集参数设计

### 4.2.1 采集参数论证

多波多分量采集参数设计的基本原则：

（1）多波多分量采集设计需进行波场模拟实验，主要利用通用多波模拟软件进行PP和PS波的模拟与分析，重点是不同波型的最佳接收窗口和目的层的反射特征，以提供排列长度、最大/最小偏移距和空间采样间隔、记录长度等参数的设计方案；

（2）在综合分析纵波、横波、转换波传播路径特点并明确技术目标及勘探重点的基础上，确定多波多分量数据采集参数；

（3）设计论证观测系统时，应对纵、横波共中心点（CMP）面元和转换波共转换点（CCP）面元属性进行分析，使炮检距、覆盖次数、炮检方位等属性均匀分布；

（4）在利用纵波源、三分量检波器进行采集时，要充分考虑PP波、PS波接收时窗与面波时窗的关系，通过数值模拟与最佳接收时窗G因子分析，在保障P波采集质量的基础上，应兼顾接收到足够强的PS波，同时应尽量避开面波时窗；

（5）水域多波多分量采集施工时，应充分考虑到OBS和OBN的不可移动性，以及OBC的拖曳重量和震源沉放深度等参数，或者错时激发的施工特点，对炮检距、覆盖次数、炮检方位等属性进行单独模拟；OBC采集时还要充分考虑船体的转弯半径、排列长度和宽度等因素。

### 4.2.2 观测系统设计

***4.2.2.1 二维观测系统设计***

主要包括道距、覆盖次数、最小炮检距、最大炮检距、延长附加段长度等参数；设计时应遵循以下原则：

* 1. 道距选择应兼顾纵波和横波的要求，应主要以横波（包括转换横波）地震采集道距需求为主。道距选择应考虑偏移和叠前二维滤波时不出现空间假频，并综合考虑横向分辨率和信噪比；
  2. 最大炮检距的选择应大于等于目的层的埋深，并且应满足纵横波（包括转换波）速度分析精度的要求；
  3. 最大炮检距应满足AVO分析的要求，可分析目的层第一临界角范围内纵波、横波和转换波的反射系数随入射角变化的关系；
  4. 最大炮检距应满足主要目的层避开直达波、折射波干涉、面波以及有效压制多次波的要求；
  5. 最大炮检距选择应兼顾纵波和横波的要求，选两者之间较大的最大炮检距；但也要避免炮检距过大，超过了目的层第一和第二临界角的范围产生广角反射；
  6. 最小炮检距的选择应考虑最浅目的层的埋深和有效覆盖次数；
  7. 最小炮检距的选择应考虑避开由震源产生的强相干噪声；
  8. 覆盖次数应根据地质任务、试验或以往地震数据品质、多波多分量地震勘探的特点和经济效益等因素综合确定；在保障足够的信噪比和地质任务需求的条件下，兼顾纵波、横波（或者转换波）覆盖次数的均匀性，兼顾地震各向异性探测与覆盖次数之间的矛盾关系；在以各向异性和宽频带勘探为主要目标的前提下，覆盖次数不宜过高；但考虑到转换波能量弱、信噪比低的事实，覆盖次数也不宜过低；
  9. 设计测线长度指满覆盖的剖面长度，为了满足偏移处理需要，施工测线应延长附加段；
  10. 水域多波多分量采集施工时，考虑到深水OBS/OBN节点水底工作有时间限制，并且无法短时间滚动施工，应根据勘探目的和工区的大小，设计足够的站位数量和站位的排列方式、投放位置；
  11. 不同于传统的P波勘探，多波多分量地震勘探的二维测线方向不应垂直于构造方向，而以与探测构造的走向呈15°～75°或45°角为宜。

***4.2.2.2 三维观测系统设计***

遵循“充分性、对称性、均匀性”的设计原则，尽可能采用规则观测系统，主要参数为观测方向、面元大小、覆盖次数、覆盖密度、最大最小炮检距、接收线距、偏移孔径、横纵比等。

* 1. 观测方向的设计应考虑主测线观测方向应垂直构造走向；对于构造幅度较小，地下断裂不发育地区，观测方向应选择利于激发条件的方位；
  2. 面元大小应小于最大无空间采样假频的面元要求，防止偏移和叠前三维滤波时出现空间假频（混叠频率）；同时应满足空间采样率的要求，主频对应的一个波长内至少存在取2个采样点，要以横波速度作为计算参考速度；
  3. 最大炮检距与二维观测要求一致；
  4. 最小炮检距应使最浅目的层的覆盖次数达到能完成地质任务的要求，不大于最浅目的层埋深；
  5. 覆盖次数应根据研究的主要地质目标、地质任务要求、以往纵波地震数据品质和多波多分量地震勘探的特点等因素综合确定，主要目的层反射波和转换波有足够的信噪比；应保证横向有足够的覆盖次数，覆盖次数分布应相对均匀；覆盖次数应兼顾各向异性信息的保持；覆盖次数应保证炮检方位覆盖的均匀性；
  6. 接收线距应不大于垂直入射时目的层处的横波第一菲涅尔带半径，满足偏移剖面上不出现相干噪声；
  7. 观测系统横纵比应根据地质任务的要求、勘探环境、采集仪器设备和地震数据处理能力来选择；许可条件下应采用宽方位、单点高密度采集。

### 4.2.3 激发因素

* 1. 根据技术设计的要求对激发参数进行试验分析，综合选择最优激发参数；
  2. 陆上勘探采用炸药震源激发时，井深、药量参数的选择原则是应保证记录到足够的反射能量，同时具备较宽的频带；
  3. 陆上勘探组合爆炸方式由理论计算和试验确定，应最大限度地压制干扰，突出有效波；
  4. 陆上勘探采用可控震源时，对震源台数及组合形式、扫描方式、扫描频率、扫描长度、振动次数、驱动电平等参数的选择，要综合考虑对噪声的压制效果、工区地表条件及地层对有效波信号的吸收与衰减特征等因素，并进行充分试验；
  5. 水域勘探采用空气枪震源激发时，需要根据勘探目的、勘探海区水深情况、勘探目的层深度、鬼波压制、水底Scholte波能量等因素进行震源组合、激发参数设计模拟，震源容量、沉放深度、激发频率范围等能够满足勘探设计要求；
  6. 采用电火花等其他震源方式作为激发源时，在参照产品的技术指标的同时，应进行充分试验；
  7. 其它激发因素设计遵循GB/T 33583-2017和Q/HS 1039-2020中的有关规定。

### 4.2.4接收因素

* 1. 陆域采用三分量检波器或三分量节点地震仪接收矢量地震波场（一个垂直分量和两个相互垂直的水平分量）；水域勘探情况下同时接收压力分量，此时为四分量检波器或地震仪）；陆地同一工区应使用相同参数和类型的检波器；水陆连片或海上作业会出现不同类型仪器同时工作的情况，检波器采集信号值需要匹配。
  2. 宜采用小道距无组合的接收方式，以便于进行室内的灵活组合；仪器带道能力允许的情况下可采用室外十字交叉小道距布设接收装置，野外不组合，同时接入仪器车。
  3. 水域多波多分量采集接收检波器增益需要根据施工水域水深和选择激发震源容量大小情况进行选择；如果同一采集区域使用多种不同类型检波器，检波器增益需要相互匹配，以满足相同接收条件下采集接收信号能量的一致性。

### 4.2.5 仪器因素

地震仪器因素应遵循以下原则：

1. 根据采集方法、技术要求和地震地质条件等选择合适的多分量数据采集的地震仪器类型；
2. 根据勘查目的层、地震信号特征、仪器特点，经试验，合理选择地震仪器工作因素；
3. 记录长度应满足最深目的层反射信息准确记录，横波采集时一般记录长度不小于纵波采集记录长度的2.5倍；浅层地震勘探时极端情况下需要延长此倍数至4倍。

## 4.3 近地表速度调查

应以全面了解工区低、降速带的变化规律为原则，为纵波、横波表层速度建模及静校正计算提供可靠数据依据。

* + - 1. 采用炸药激发时，近地表低(降)速带调查工作应在钻井工序前完成；
      2. 采用多波多分量单井、双井、多井微测井以及浅层折射等方法，了解近地表结构信息；有条件的工区，尤其三维勘探应使用逆VSP的微测井方式进行不同方位的浅层速度结构调查；
      3. 在同一调查点进行纵波、横波联合调查，利用地层岩性和厚度、纵波和横波的波形、振幅、频率特征及表层速度进行联合解释分析，确定纵波、横波近地表速度模型；
      4. 近地表速度模型，包括地表高程、地震波传播速度和速度界面高程；
      5. 表层模型采用表层模型内插法、层析反演法、面波反演法、时深关系曲线法、模型约束初至折射法、层析反演法等方法建立；
      6. 应用近地表地质和地震、地球物理测井对近地表速度模型进行约束，使之最大程度的客观反映近地表变化规律；
      7. 微测井井中激发或接收点距遵循浅层小、深层大的原则，确保高速层有4个以上观测点。采用三分量微测井时应满足以下要求：

1. 施工前，对激发、接收系统进行延迟时测试，有随机延迟的仪器不得投入生产；
2. 配备重锤或专用激发器等，保证与仪器同步；
3. 配备激发器或接收器提升装置，确保井中激发或接收点位准确；
4. 沿铅直方向钻井，井筒平整，岩性录井准确，编绘岩性柱状图；
5. 井口应埋置三分量检波器；
6. 电缆下井前应检查深度标记有无错动，确保每次激发器或接收器沉放深度准确；
7. 确保激发器或接收器推靠装置工作正常，使激发器或接收器与井壁耦合良好；
8. 横波三分量微测井记录解释前进行X、Y分量旋转处理；
9. 三维勘探时应进行不同方位的微测井观测，以不小于3个圆环的walkaround方式采集数据，方位角分布间隔不得大于30°；
10. 逆VSP方式采集时要保证低速带、降速带内分布的炮点数不少于3个，且相邻炮点以不相互干扰为原则；
11. 其他与多波多分量勘探有关的近地表模型调查要求，按GB/T 33583-2017中的规定执行；
12. 计算和提供静校正量时，同一工区或相邻工区应采用统一的基准面和替换速度。

## 4.4 采集试验

正式开工生产前应进行采集试验，为确定最佳采集参数提供依据。试验前应根据地震数据采集技术设计要求编制试验方案，包括试验项目和内容、试验点、线（束）位置、要求及工作量。在多条试验线情况下，应使试验线具有不同的方位角以确定勘探目标是否存在方位各向异性及其强弱。

### 4.4.1 试验方案

试验目标要明确，针对性强，应依据采集试验进展和内容的差异性逐项下达。要尽可能了解勘查区内的地震地质条件和有效波、干扰波的发育情况，确定完成地质任务采用的基本工作方法与参数。

### 4.4.2 试验点线位置选择

试验点应选择在表层或深层有典型代表性的不同块段上；试验线（束）位置应选择在能确定全区采集参数的典型测线（束）上；三维勘探时同一个试验点应进行不同方位测线的试验，且试验线的方位角与主构造的夹角处于15°～75°之间；有条件情况下，应进行环状采集试验；考核试验点是对系统试验点结果的验证和补充，其位置选择应具有代表性；对采集质量有显著影响的施工因素应在不同点位或块段上重复试验，增加统计的有效性。

### 4.4.3 影响因素分析

试验结束后应及时进行数据处理和分析。根据试验点线、试验流程及因素、试验点和试验线段（束）的位置及条件、试验线（束）数据分析结果，确定合理的采集参数。分析时应采用单因素分析方法。

1. 根据多波微测井等近地表调查资料，分析低降速带的岩性、厚度、速度、潜水面（或高速层）深度等纵波和横波参数，分析近地表结构对纵波和横波的吸收衰减、虚反射、纵波和横波静校正等影响；
2. 结合已知资料分别作单炮、剖面的对比、统计及定量分析工作。通过频谱和分频扫描分析了解各目的层纵波、横波和转换波反射波的频率特征和优势频带；
3. 通过能量统计分析了解各目的层纵波、横波和转换波反射波的能量变化情况；
4. 选择相同位置纵、横波数据进行反射特征（振幅、频率、速度）对比分析；
5. 通过信噪比分析了解不同地震采集因素对浅、中、深层地震数据信噪比影响情况；
6. 通过纵、横波速度分析了解工区内纵、横波速度与速度比的变化情况。

### 4.4.4 试验结论

试验总结报告包括：试验目的、项目内容（参数）、工作量、试验点、线(线束)的位置、试验效果和结论、主要参数分析数据及图件、问题与建议。未经试验或试验结论不明确时，不得转入正式生产。

## 4.5 采集技术设计书编写

依据任务书、合同（协议）书及GB/T 33583-2017、GB/T 12763.8-2007和Q/HS 1039-2020规定编制。

## 4.6 健康、安全、环保要求

地震数据采集施工作业的健康、安全和环保工作依据合同（协议）要求和地球物理勘探行业相关规定执行。

## 4.7 施工前准备工作要求

地震采集作业单位应根据技术设计编制施工计划，按GB/T 33583-2017做好开工前的验收工作。准备工作主要包括：

1. 地震仪器（含采集站）月检或年检；
2. 纵波、横波可控震源振动性能测试与信号校准、一致性测试、极性测试和外接加速度表测试；
3. 横波可控震源激发方位测试；
4. 横波震源导航方位及定位准确度测试；
5. 三分量检波器定位仪校验和测试；
6. 检波器测试和系统极性测试，有条件情况下应进行三个分量的一致性测试和刻度；
7. 测量仪器的校验和检定；
8. 海上气枪震源的校验和测试；
9. 其他装备的检修和检验；
10. 人员、装备资源配备情况；
11. 质量管理要求；
12. HSE管理要求；
13. 其他地震勘探设备取得合格检测记录或检定合格后，方可投入试验与生产。

## 4.8 测量成果

测量作业按照设计要求执行。测量成果资料包括:

1. 控制测量成果资料；
2. 测线端点成果表和所有测线、测点实测成果表；
3. 测量技术总结；
4. 测区联测展点图；
5. 室内计算资料；
6. 精度统计表；
7. 野外观测记录；
8. 仪器检验资料；
9. 其他有关资料。

## 4.9 震源信号激发

震源激发应遵循以下要求：

1. 炸药震源安全执行GB 12950-1991、GB 6722-2014中的规定；炸药引爆采用专用的地震勘探电雷管，按GB 16625-1996中的规定执行；
2. 可控震源质量监控执行相关的可控震源质量监控指标要求；
3. 水域空气枪震源激发时，调查船船速保持恒定，速度为4～5 kn，航向应保持稳定，震源激发点与设计炮线偏离距离不大于炮点距的1/10，测线施工过程中震源总容量不得小于设计容量的90%；气枪同步误差≤时间采样间隔；
4. 激发点位置的偏移不应超过1/10道距或5m，且实测点位坐标；水域作业情况下不做此精度要求；
5. 横波可控震源施工时，应记录每台横波震源激发方位角，二维施工时与规定方位的误差不大于10°；组合激发时，应保持同一方向，方向误差不大于10°；在无法保持震源激发方位一致性的情况下，或保持该一致性将造成较大的成本投入，可忽略此项要求，但必须准确记录激发的方位角，误差不超过1°；
6. 横波激发极性遵循SEG技术标准委员会推荐使用的信号极性约定；
7. 气枪震源参照SY/T 6156-2017和Q/HS 1039-2020执行；
8. 其它激发要求按GB/T 33583-2017、GB/T 12763.8-2007中规定执行。

## 4.10 检波器信号接收

检波器使用前应检测符合相应地震仪器检测标准和三分量检波器定位仪。仪器操作员应对检波器各分量工作状态进行监控，及时更换工作不正常的三分量检波器。

1. 三分量检波器摆置时， X方向应与接收排列大号方向一致。采用三分量检波器校准仪定位X方向方位角，X分量方向与测线方向角度误差控制在±5°范围内；Z方向应保证竖直向下；陆域野外施工条件恶劣和水域情况下不做此项要求。
2. 三分量检波器埋置应与地表耦合良好，对地震仪器系统检测出的埋置异常道应及时进行整改；
3. 数据记录监视。采用实时质量监控软件对X、Y、Z分量进行现场质控（包括辅助道、能量、频率、信噪比、噪音等），监控数据品质变化情况；
4. 无法做到三分量检波器的方向摆置时须严格记录检波器的x分量方位角以及倾斜度；
5. 其它陆上多分量采集按GB/T 33583-2017的规定执行；
6. 水域多分量采集按Q/HS 1039-2020的规定执行。

## 4.11 磁带(磁盘)及班报

### 4.11.1 资料完整性检查

检查仪器组上交资料的完整性，包括线束号、首末文件号、文件个数、数据大小、电子班报和SPS文件；地震仪器班报应准确填写，字迹清晰无误，地震仪器班报格式见附录B。班报中应记录：

1. X、Y、Z分量的通道位置，水域还应记录P分量位置；
2. 工区的磁偏角；
3. 辅助道、空炮、废炮、空道信息；
4. 激发点移动、改变观测系统情况；
5. 海上作业时精确记录枪控激发TB信号的返回精确时间，时间精度≤0.1 ms（或不超过地震观测最小时间采样间隔的10%），用于时钟校准和地震数据的截取与格式转换；
6. 排列通过村庄、河流、沟坎、干扰源、特殊埋置条件；
7. 地震数据采集记录极性；
8. 水域勘探时除野外踏勘记录水面或水下固定的障碍物、管线和光缆等，还应对动态船装航行路线和时间以及气象、海浪等环境条件进行详细的记录；
9. 城市勘探中应有详细的工区内或附近主要交通干线、交通工具与人员流动情况记录和统计数据，必要情况下应形成单项调研报告；
10. 其他需特殊说明的信息。

### 4.11.2 数据属性标识

地震原始数据道头要准确标注X、Y、Z分量或P分量，存储介质上应有牢固的标签，标签的主要内容包括地区、施工队号、日期、测线（线束）号、存储介质编号、文件号、炮点桩号、空炮桩号、废炮文件号、仪器型号、记录格式、记录密度、激发震源类型等，应同地震仪器班报相吻合。

### 4.11.3 其它要求

磁带(磁盘)及班报的其它要求按GB/T 33583-2017、GB/T 12763.8-2007和Q/HS 1039-2020的规定执行。

## 4.12 采集数据质量评价

表层结构调查质量检查、小折射、微测井、地震采集记录现场质控和室内质量检查内容按GB/T 33583-2017和Q/HS 1039-2020中的规定执行。地震仪器系统、可控震源、气枪震源等的检测执行相应的技术标准。

### 4.12.1 现场施工评价

现场监视记录质量按合格、不合格二级评价。地震记录质量分级评价应参考地震数据采集实时监控软件处理评价的结果。三个分量中任一个分量出现下列缺陷之一，则为不合格记录：

1. 未按设计要求施工或测量成果精度不合格所生产的全部记录；
2. 连续无验证爆炸信号超过5炮，则从第6炮开始评为不合格记录；山地、黄土塬、沙漠区地震数据采集连续无验证爆炸信号超过10炮，则从第11炮开始评为不合格记录；
3. 激发系统不同步造成的二次初至或多次初至；
4. 工作不正常道数超过总道数的1/24（单条接收线工作不正常道数超过单线道数的1/12），或相邻不正常道数超过允许不正常道数的1/4（不包括测线（束）穿越工厂、城镇等无法规避的干扰严重区域，且采取有效措施仍无法控制的干扰所引起的不正常工作道数）；
5. 在现场处理时，发现磁带丢码严重或损坏，或测线号、激发点号、接收点号、文件号错误无法查对，重复文件号等无法补救错误；
6. 地震仪器系统、可控震源、气枪震源等设备未按规定期限、项目检查或检查的指标不合格，超过规定期限所获得的全部记录及在检查指标不合格期间所获的记录。

### 4.12.2 空炮率

一般地区单（束）条测线空炮率要求小于3%，工区总的空炮率小于1%；居民稠密区单（束）条测线空炮率小于5%，工区总的空炮率小于3%；连续空炮不致使覆盖次数降低1/5。

### 4.12.3 现场数据处理

现场处理员在开工前应了解工区的地质情况和地质任务，收集以往主要地震测线的叠加剖面和偏移剖面，了解主要目的层的波组特征、处理流程及主要处理参数。每条（束）线施工完成后，按现场处理流程对纵波、横波或转换波进行叠加处理。现场处理质控按GB/T 33583-2017的规定执行。多波多分量地震数据现场处理基本流程包括：

1. 数据解编,
2. 观测系统定义,
3. 同分量数据抽取分别形成原始XYZ道集文件,
4. 检波点方位与倾斜校正形成校正后的XYZ道集文件，
5. 进行三分量有效信号道的一致性检查，
6. 三分量波场旋转形成RTZ道集文件，
7. 显示单炮或部分道组成的单次剖面，对炮记录或剖面进行信噪比和频谱分析，
8. 高程校正，
9. 炮集线性动校正显示和分析，监视炮点和检波点位置是否准确，
10. 应用野外静校正，
11. 反褶积（可选），
12. 面波压制，
13. CMP或ACP(或CCP）道集抽取，
14. 叠加速度分析，
15. 动校正、初至切除，
16. 剩余静校正，
17. 叠加。

**注意4：**水域勘探时若采用了包括水听器的四分量检波器，第（3）步骤道集分选时应形成PXYZ四分量道集文件。

## 4.13 多分量地震数据采集验收及资料交付

多波多分量地震采集除按常规纵波采集规范、甲方的验收和合同规定要求交付采集数据外，还应该包括以下资料：

1. 横波表层结构调查资料及有关静校正成果，
2. 横波可控震源激发方位角数据，
3. 地震仪器记录的检波器倾斜角度数据，
4. X、Y分量生产记录及相关现场处理剖面。

# 5多波多分量地震数据处理

## 5.1 资料收集与数据检查

处理人员需要收集工区中的多波微测井近地表调查资料、全波列测井资料及三分量VSP数据。有关“基础资料”、“基础资料检查”和“资料处理准备工作”按照GB/T 33685-2017、GB/T 12763.8-2007和SY/T 7003-2014的规定执行。数据开始处理前，先检查验证震源激发类型(纵波源或横波源)和接收器分量类型(Z、X、Y或P分量)在数据道头中的标识。

## 5.2明确处理目标

1. 明确处理的目标波场类型，分同类波（纯波）与转换波进行处理；同类波包括PP波、SS波，转换波包括PS波、SP波等；
2. 同类波可以采用纵波处理方案，对于横波源同类波，处理中要考虑横波的偏振方向与纵波的不同，在源点两侧的检波点上会产生极性相反的水平分量投影；
3. 转换波处理主要考虑入射波与反射波射线路径的不对称，应与同类波协同处理；
4. 如果处理目标为构造成像，可以采用标量地震处理方法，即每个分量或者波场单独处理；如果处理目标为裂缝预测以及岩性与物性反演，应采用矢量地震处理方法，三分量协同处理，处理参数的选择应以保持地震波矢量特征不畸变为基本原则。

## 5.3 数据试验处理

### 5.3.1 试验数据选择

应选择有代表性的不少于2条二维测线或不少于2束三维线束（或块，当采用非滚动线束砖块式采集时），既包含反射波质量较好且波组连续、突出，又包含信噪比较低的线束进行试处理；工区面积较大且地质条件变化较大的地区，适当增加试验线束；观测数据线束较少时可不必受试验线束数量的限制。

### 5.3.2 处理参数及流程试验

处理流程及参数试验主要包括原始数据分析、静校正、叠前噪声压制、振幅补偿、反褶积、共中心点/转换点道集抽取、速度分析、动校正、切除、共中心点/转换点道集叠加、偏移速度场、偏移方法及参数、叠后滤波和增益等功能模块及其参数测试。应根据数据特点及合同要求选择综合效果最佳的处理模块、参数及处理流程；海洋数据处理需要同时考虑双基准面问题。

## 5.4 纵波数据处理

纵波地震数据处理技术要求按照GB/T 33685-2017、GB/T 12763.8-2007和SY/T 7003-2014中的规定执行，此时纵波地震数据并非简单的野外Z分量数据，而应是经过了波场分离的纯纵波数据。

## 5.5 横波震源数据处理

横波震源三分量数据处理基本要求包括：

1. 按照相同分量数据分别选排，并置相应的道头参数，检查数据道头和三分量有效道的一致性；
2. 对XX、XY、YX和YY分量数据进行水平分量旋转得到RR、RT、TR、TT分量数据；
3. 矢量波场分离：从九个分量上分离出P波、SV波、SH波偏振投影，并合成真实波矢量的纯PP波、RR、RT、TR和TT横波分量，横波分量除水平分量旋转、静校正、方位各向异性校正外，数据处理与常规纵波地震数据处理类似，处理技术要求可参照GB/T 33685-2017和SY/T 7003-2014中的规定执行；对于转换波，如PSV、PSH、SVP和SHP波，采用转换波处理流程；
4. 依据工区地质构造和地震数据特征，经试验对比，选择合理的横波静校正方法；注意此时针对纯波和转换波静校正接收点应采用不同的静校正量，源点均采用横波静校正量；
5. 应用野外静校正量时，应检查激发点、接收点的平面位置及高程等数据，绘制静校正量平面图，分析其变化趋势和异常静校正量值，编辑、平滑不合理的异常值；
6. 计算剩余静校正的时窗应选在反射波品质较好、构造相对简单的反射层段上，剩余静校正后的剖面质量应不低于剩余静校正前的剖面质量；
7. 进行方位各向异性校正时，应根据上覆地层缝隙与各向异性发育程度采用层剥离方法，由浅至深逐层进行。

## 5.6 转换波数据处理

### 5.6.1数据预处理

1. 按照相同分量数据分别选排，并置相应的道头参数，检查多分量数据（Z、X、Y或P分量）道头的一致性；
2. 检查各个分量数据有效道的一致性，炮点、检波点位置的一致性；
3. 检查水平分量（X和Y）检波器的实际接收方向和倾斜，必要情况下应进行重定位、定向和倾斜校正。

### 5.6.2水平分量旋转

三维多分量地震数据处理首先需要进行水平分量数据旋转处理：

1. 根椐野外采集观测系统，确定坐标系统指向，即坐标系统遵守右手系统准则；
2. 若X分量的方向不是接收线方向，先将X分量旋转到接收线方向，Y分量旋转到垂直接收线方向；
3. 将X、Y分量数据进行坐标旋转，得到R分量和T分量。通过对X分量负炮检距数据道反极性，实现二维地震数据的水平分量旋转；
4. 当野外采集装备采用了磁场定向功能时需要保证在数据进站解编前进行了地磁偏角的校正；或在道头字的固定字段提供磁偏角数据，在数据处理阶段进行磁偏角的校正。一般情况下工区位置的磁偏角度大于3°时，需要对转换波地震数据进行磁偏校正（某些三分量检波器上存在磁指南的定向仪，它利用地磁北极定向，以确定X分量的指向。所以，当工区存在磁偏角时，X定向就会有误差，需要校正。但某些三分量检波器无此功能）
5. 对比检查水平分量旋转前后的数据，R分量数据相对于X、Y分量的反射能量总体得到加强，相位一致，T分量数据相对于X、Y分量的反射能量总体得到减弱。

### 5.6.3振幅补偿

1. 多分量应进行相同参数的球面扩散振幅补偿。
2. 若采用矢量地震处理法，去噪之前应对三分量地震数据进行保持三分量振幅关系的一体化球面扩散部分振幅补偿。
3. 显示振幅补偿前后有代表性的单炮、叠加时间剖面，检查质控振幅补偿的效果。
4. 振幅补偿应采用多种技术联合使用，单个分量单炮道集内可采用真振幅补偿、球面扩散补偿等，道间、炮间能量不均衡应采用地表一致性振幅补偿技术。

### 5.6.4叠前去噪处理

1. 对叠前地震数据，应剔除数据中不正常的炮、道。数据信噪比较低时，应考虑对数据进行叠前去噪处理。根据噪声类型选用相应的去噪方法，并对比检查去噪效果；去噪后数据信噪比应有提高，去除的噪声数据中无明显有效信号。噪声压制过程中应保持有效波振幅能量在不同分量间的相对关系不变。
2. 三分量地震数据由于三个分量信噪比和噪声差异较大，一致性较差，原则上禁止使用频率域高低通或带通滤波的方法，除非能保证三分量上的有效波频谱特征不被破坏。
3. 三分量地震数据记录的是矢量地震信号，叠前去噪处理应尽使用保幅、保频、保AVO和矢量特征的去噪方法，三个分量同时处理，以三个分量间的振幅、相位、偏振矢端特征不畸变为准则。若无法做到矢量处理，应至少遵循如下原则：三分量数据单个分量分别处理时，处理前后的三分量振幅、相位相对关系不变，有效信号频谱基本保持不变。
4. 三分量叠前去噪处理禁止使用频率、波数域的滤波方法压制面波，除非能保证不损伤转换波的低频成分，且保证去噪前后的三分量能量比关系和偏振矢量方向未畸变。
5. 三分量地震数据叠前去噪处理后，不同于传统的PP波处理，应在频谱、F-K等分析的基础上，进一步提供三分量振幅比例、相位关系以及偏振的分析图件，以证明去噪的效果及其相对保幅和保矢量性。

### 5.6.5叠前矢量波场分离

1. 检查三个分量上是否存在波型泄露现象，即三个分量上均有同一模式波场的部分投影，则应考虑对三个分量上的P波、SV波、SH波进行矢量分离与纯波合成；
2. 若存在方位各向异性，应考虑对P波、S1波、S2波的矢量进行分离与合成。

### 5.6.6一致性振幅补偿

1. 对震源与检波器因素差异以及地表因素差异引发的振幅异常应进行三分量一致性振幅补偿。
2. 矢量波场分离前，三个分量应同时进行一致性球面扩散振幅补偿。
3. 矢量波场分离后，不同模式同类波与转换波应分别进行剩余球面扩散补偿。

### 5.6.7静校正

应依据工区地质构造和地震数据特征，试验对比不同静校正方法的效果，选择合理的转换波静校正处理方法；转换波静校正要注意由于射线路径的非对称性，同时需要横波和纵波速度；陆域横波微测井、浅层速度层析是有效的静校正方法，但应注意浅层纵横波速度比一般较大，尤其在非基岩裸露地区。总的原则是：应用静校正量后的叠加剖面反射同相轴的连续性应变好，且要注意如下事项：

1. 应用野外静校正量前，检查激发点、接收点的平面位置及高程等数据。绘制静校正量平面图，分析其变化趋势和异常静校正量值，编辑不合理的异常值：
2. 陆域非复杂大起伏地表条件，纯波和转换波静校正处理应采用相同的基准面；当纵波和横波无统一的基准面时以横波的基准面作为统一基准面；
3. 海域非浅海条件下，由于炮点与检波点存在较大的深度差，多波多分量处理应只做炮点静校正，不做检波点静校正；
4. 转换波炮点、接收点静校正分别应用波场模式相匹配的校正量；静校正后应保存并统计分析炮点校正量与检波点校正量的比例关系，这一比例关系同时反映了浅层的纵、横波速度的比例关系，是后续偏移速度建模的重要参考量；
5. 剩余静校正量的计算时窗应选在反射波品质较好、构造相对简单的反射层段上，剩余静校正后的剖面质量应不低于剩余静校正前的剖面质量；
6. 转换波的剩余静校正量的计算应分时窗进行。

### 5.6.8反褶积（含Q补偿）

1. 反褶积处理技术要求按照GB/T 33685-2017和SY/T 7003-2014中的规定执行。
2. 不同模式的横波应采用相同反褶积参数，确保反褶积后快慢横波的时差（相位）关系不被破坏。

### 5.6.9共转换点道集抽取

对比分析不同共转换点道集抽取方法的效果，选取合适的共转换点道集抽取方法；纵横波速度比改变时应重新抽取共转换点道集。

1. 初始数据分析和模块参数测试时可抽取ACP道集进行初叠试验，并根据叠加效果确定不同深度、不同偏移距、不同方位的速度比变化；
2. 正式数据处理时应使用时-空变速度比抽CCP道集方法，并输出速度比谱；
3. 当基准面起伏或地下反射目的层倾角大于5°时，应使用倾角CCP抽道集方法，并输出速度比谱。
4. 极其复杂的地表或地下构造条件时，应使用基于等效偏移距散射叠加的CCP抽道集方法，以满足叠加成像的需要。

### 5.6.10叠加速度分析

叠加速度分析一般应遵循以下原则：

1. 选择合理的速度分析点间隔，并根据地质构造情况合理增加速度分析点；
2. 通过试验选用合适的速度分析方法，进行纵横波速度比或转换波等效速度分析；当速度比和纵波速度未知时，应使用等效C波速度分析或基于等效偏移距的速度分析；
3. 对于低信噪比数据，结合常速度比和常速度扫描，确定纵横波速度比或转换波速度；
4. 显示纵横波速度比、转换波速度剖面、动校正后的CCP道集和叠加剖面，检查和修改纵横波速度比或转换波速度；
5. 纵横波速度比模型应使得纯波与转换波在在反射层位拉伸或者压缩匹配时，主要地震层位匹配良好，没有波型畸变现象；
6. 转换波速度分析应根据炮检距与深度的比值选择速度分析方法，当大炮检距深度比地震道同相轴校正不平时，应考虑进行非双曲速度分析、高阶项速度分析、地震各向异性速度分析或其它有效的速度分析方法。

### 5.6.11共转换点道集动校正与叠加

1. 转换波动校正时，应根据目的层段炮检距与深度比值、地层各向异性等特征选用相应的动校正方法；
2. 同时应依据叠加效果优选切除参数，在CCP道集上切除因动校正产生的拉伸畸变部分；
3. 当方位各向异性发育时，应在方位各向异性校正的基础上再进行动校正后的叠加。

### 5.6.12 方位各向异性校正

若输入道集数据存在方位各向异性现象，应对道集进行方位各向异性校正处理；若存在多层方位各向异性现象，应由上而下采用层剥离方法逐层分析转换波方位各向异性和校正处理。请芦俊补充几点必要的方位各向异性校正的步骤：

### 5.6.13 高维插值

变观严重或缺失道较多的情况下，应进行叠前的波场高维插值重建；在宽方位地震数据处理时更应如此；高维插值是同时对三个分量地震数据进行矢量波场重建，重建后的波场应与原波场具有一致的偏振特征。

### 5.6.14 偏移速度与各向异性参数建模

1. 采用成像道集的速度分析或者剩余曲率分析建立叠前时间偏移和深度偏移的多波速度场；有条件的情况下，可采用层位与井数据的约束建立精细的速度场；
2. 各向异性参数建模，综合利用各向异性动校和方位各向异性校正获得的各向异性参数建模；有条件情况下，应参考三分量VSP、岩石物理实验、横波偶极子测井提供的各向异性参数模型。

### 5.6.15叠前时间偏移

多波多分量地震数据的叠前时间偏移处理，按地下介质的速度各向异性发育程度，分别采用各向同性或各向异性的叠前时间偏移模块；当速度各向异性大于3%时，应在各向同性叠前时间偏移的基础上进行各向异性叠前时间偏移处理。叠前时间偏移处理基本原则：

1. 输入道集数据保持相对振幅关系，若噪声干扰严重，则需要进行叠前去噪处理；
2. 输入道集数据具有相对均匀的覆盖次数和炮检距分布，否则应考虑叠前插值处理；
3. 宽方位数据应采用OVT时间偏移处理，根据炮检方位分布的均匀性采用针对性的叠前道集插值处理；
4. 选取能够代表工区地质构造变化和控制速度场横向变化、具有代表性的目标线进行叠前时间偏移处理试验；
5. 选用合适的转换波叠前时间偏移速度分析方法建立最终叠前时间偏移速度模型；确定初始纵横波垂向速度比时，可参考测井资料和纵横波波组对比进行分析试验；
6. 根据地震数据构造特征选择偏移方法和偏移孔径、偏移倾角和反假频等偏移参数，保证工区内主要目的层最大倾角地层的归位；
7. 若采用矢量叠前时间偏移，输入的波场应该是叠前矢量分离得到的P波、SV波与SH波；若存在方位各向异性，则输入的波场是叠前矢量分离得到的P波、S1波与S2波；
8. 叠前时间偏移成果剖面上反射波、断面波应归位合理，断点清晰，绕射波收敛，无空间假频及影响地震数据解释的画弧现象；各向异性叠前时间偏移应具有高于各向同性的偏移精度。

### 5.6.16叠前深度偏移

多波多分量地震数据的叠前深度偏移处理，按地下介质的速度各向异性发育程度，分别采用各向同性或各向异性的叠前深度偏移模块；当速度各向异性大于3%时，应在各向同性叠前时间偏移的基础上进行各向异性叠前深度偏移处理。

叠前深度偏移处理要求主要包括以下内容：

1. 目标线试处理：选择能够代表工区地质构造变化和控制速度场横向变化的测线进行偏移处理试验；
2. 输入道集数据应保持相对振幅关系，若噪声干扰严重，则需要进行叠前去噪处理；
3. 输入道集数据具有相对均匀的覆盖次数和炮检距分布，必要时应考虑叠前插值处理；
4. 若采用OVT深度偏移，则需检查炮检方位分布的均匀性，并采用针对方位的叠前插值处理；
5. 选用合适的转换波叠前深度偏移速度分析方法建立纵横波深度域速度模型。以最终的纵波速度模型为基础，利用纵横波层速度比分析求取初始横波速度场；
6. 分析转换波共成像点道集速度谱，迭代修改横波速度模型，建立最终横波深度域速度模型。若有钻井资料信息，应用其对纵、横波速度建模进行约束；
7. 纵横波速度比模型应使得同类波与转换波在层位拉伸或者压缩匹配时，主要地震层位匹配良好，没有波形畸变现象；
8. 根据具体情况选择合适的偏移方法和偏移参数，以保证得到最好的深度偏移效果；
9. 若采用Kirchhoff矢量叠前深度偏移，输入的波场应该是叠前矢量分离得到的P波、SV波与SH波；若存在方位各向异性，则输入的波场是叠前矢量分离得到的P波、S1波与S2波；若采用弹性波逆时偏，则输入数据为预处理后、解耦前的XYZ分量炮集；
10. 叠前深度偏移成果剖面上反射波、断面波应归位合理，断点清晰，绕射波收敛，无空间假频及影响地震数据解释的画弧现象，地层的相对深度关系应与钻井资料一致；各向异性叠前深度偏移在构造的水平和垂向上应具有比各向同性偏移更准确的标定效果。

### 5.6.17叠前偏移成果道集

若需要提供叠前偏移成果道集用于数据存档、地震反演等，则可根据需要对数据做如下处理：

1. 用于叠前反演的偏移道集数据应当进行相对保持矢量振幅处理；
2. 对偏移道集进行去噪处理时，应选用能够保持相对振幅关系的噪声压制和提高信噪比技术；
3. 尽可能多地保留大炮检距转换波信息，以满足叠前反演要求；
4. 尽可能消除偏移拉伸或画弧效应，保证远偏移距的波形畸变较小；
5. 偏移道集在不同入射角的覆盖次数相对均匀，能够满足叠前反演的要求。

### 5.6.18处理成果与质量评价

多波多分量地震数据处理成果主要包括最终叠加速度场、偏移速度场、最终叠加、偏移纯波数据、叠前偏移道集数据、处理网格图或网格数据以及其他成果数据和相关资料等。处理报告应包括项目概况、地质任务和处理要求、完成处理工作量及起止日期、原始数据情况分析、处理流程及效果分析、存在的问题及建议。地震数据处理成果质量分为合格品和不合格品。成果合格品应满足以下要求：

1. 观测系统定义正确；
2. 野外静校正数据应用正确；
3. 速度谱解释正确，叠加及偏移速度场合理；
4. 道编辑正确、切除参数合理，叠加剖面达到最佳效果；
5. 偏移剖面有效波归位合理、绕射波收敛，无严重的画弧现象；
6. 各向异性偏移精度不低于各向同性偏移精度；
7. 选用的处理模块及处理流程合理；
8. 成果剖面标签符合GB/T 33685-2017的规定；
9. 达不到以上任意一条者为质量不合格；
10. 地震处理数据应进行定期备份，备份的内容包括不限于地震数据、中间成果库文件、速度数据等，备份的数据应保存在不同的物理磁盘或其他存储介质上。

### 5.6.19处理成果资料归档

按合同规定要求执行。在合同没有规定的情况下，多波多分量地震勘探应在常规纵波技术规范规定的归档成果之外，提交如下中间质控和最终成果资料：

（1）方位和倾斜校正后的多分量数据体，

（2）旋转后的RTZ三分量数据体，

（3）波场分离后的纯P波、PSV与PSH数据体，

（4）陆域和水域OBC勘探的基准面和浅层纵波与横波速度资料，检波点和源点静校正量数据，

（5）三个纯波的叠加与叠前时间偏移数据体，纵横波叠加速度和速度比数据，共成像点道集数据，

（6）各向异性偏移处理后的数据体与偏移速度、各向异性参数数据体，共成像点道集数据体，

（7）宽方位处理时的OVT道集，包括方位各向异性校正前后的数据体，五维插值前后的数据体，快慢波速度各向异性数据体，

（7）有条件或横向速度变化大的工区还应提交叠前深度偏移数据体，速度模型，各向异性偏移还需提供各向异性参数模型，共成像点道集数据体，

（8）水域勘探时应提交PZ叠加数据体。

# 6 多波地震数据解释与反演

本部分规定的是在常规纵波地震资料解释GB/T 33684-2017要求的基础上，需要重点强调的多波地震数据解释与反演技术要求。

## 6.1 资料收集与检查

**6.1.1资料收集**

相关的资料收集、整理、检查主要包括

1. 地表高程、基准面高程和低速带替换速度（纵波、横波）资料；
2. 测线的最大、最小线号、条数，线号增量及每条纵测线方向上最大、最小CMP（CCP）号、道号、增量，线间距、道间距，线道显示方向，大地坐标系等二维/三维工区测线坐标数据；
3. 地震数据的类型、记录格式、采样间隔、第一个采样点的时间（或深度）、记录长度和要加载的时间（或深度）范围；
4. 纵波、横波和转换波的叠加与偏移道集的纯波数据及成像成果数据；
5. 多波微测井及近地表调查资料，特别是横波低降速带资料、横波表层静校正数据、转换波数据极性处理方式；
6. 井位坐标、钻孔综合解释成果、测井曲线、全波列测井、岩芯、多分量VSP、岩石物理测试资料；
7. 地震数据处理形成的速度数据、地震测井、VSP数据及其他各种速度资料；
8. 收集工区内纵横波震源激发和三分量检波器接收的极性；
9. 可用于多波地震叠前反演的各种道集数据。

**6.1.2数据检查**

1. 根据上述收集的资料检查地震多波时间剖面的极性，并进行初步的时间闭合检查；
2. 在上述资料收集的基础上，多波层位与构造解释需要目的层有可以连续追踪的反射同相轴；
3. 利用多波进行岩性解释与流体识别要求数据满足如下条件；（1）地震数据经过了保幅或相对保幅处理；（2）目的层地震反射频带较宽，有效高频截对应的地震分辨率可识别最小目标地质体；（3）多波处理成果数据体至少包括PP与PSV波（或者SS波）；（4）若只有叠后多波数据，需明确平均入射角范围；（5）若有叠前道集数据，需对AVO响应的可靠性进行验证；
4. 利用多波预测裂缝需要具备如下数据：（1）叠后地震数据至少具备分方位的PP、PSV、PSH波（或者S波源的SP、SVSV、SVSH、SHSH、SHSV波）；（2）若是叠前道集，要求是分方位角道集。

## 6.2 多波地震地质层位标定

**6.2.1纯波地震地质层位标定**

纵波地震地质层位标定在SY/T 5933-2008要求的基础上，重点强调：

1. 工区内有已知地质钻探资料时，利用合成地震记录或VSP数据，并参考岩性柱状图、测井曲线等资料，结合过井地震时间剖面的波组特征逐井或选择典型井位进行纯波地震反射层地质层位标定；
2. 工区内无已知地质钻探资料时，利用区域反射波组特征进行纯波地震反射层地质层位标定。

**6.2.2 多波联合地震地质层位标定**

由于纯波与转换波反射特征的差异，纵波层位标定是多波解释的基础；但在纵波层位标定存在不确定性时，应采用纵波、横波、转换波联合标定的方式。一般的，多波联合层位标定应至少满足如下五条一致性原则之一：

（1）地质构造一致性原则：至少确保不同波的格架层的地质构造具有相似性；

（2）反射层深度和厚度一致性原则：不同波各自转换到深度域后，同一地质层位的深度与厚度是一致的；

（3）地层层序一致性原则：同一层序体不同波的内部反射特征可能存在差异，但层序体外部形态应是一致的；

（4）地震相特征一致性原则：同一地层不同波的地震相特征是一致的；

（5）微细异常结构特征一致性原则：同一小地质体、如小断层、褶曲、透镜体不同波的结构特征大体一致。

**纵波、横波、转换波联合地震地质层位标定方法包括：**

* 1. 反射特征和构造特征对比法：基于不同波反射特征和构造特征的一致性进行层位标定；

1. 深度域对比法：基于深度域内不同波的层位的一致性进行层位标定；
2. 全波合成记录对比法：基于不同波各自时间域的测井合成记录进行层位标定；
3. 三分量VSP过桥连接：基于三分量VSP不同波的桥式连接对叠前与叠后多波剖面进行层位标定；
4. 压缩横波与转换波剖面或拉伸纵波剖面对比法：将横波与转换波压缩至纵波旅行时进行层位标定；或将纵波剖面拉伸至横波或转换横波旅行时进行层位标定。

**多波层位标定时需要注意如下事项：**

1. 针对区域性格架层，用合成记录标定法检查纵波与转换波极性是否存在极性异常；
2. 转换波合成地震记录的极性应与转换波地震剖面的极性一致；地震子波的频谱特征应与待标定的转换波剖面的频谱特征基本一致；
3. 在有三分量VSP数据的条件下，将上行反射转换波VSP井旁成像剖面叠合在转换波地震剖面上，依据波组特征的相似性进行标定；在没有测井资料和多分量VSP数据的情况下，应结合区域地震地质信息，将转换波地震剖面与对应的纵波地震剖面进行对比，通过层位拉伸或压缩等方法进行动态层位匹配；
4. 鉴于转换波与纯波具有不同的反射同相轴，二者层位匹配禁止逐层标定对比，以区域性整合或不整合地质界面的同相轴一致性作为层位匹配的对比标志；
5. 若存在方位各向异性，应对矢量地震处理的纵波与分裂横波或者分裂转换波分别进行层位标定。

## 6.3 地震反射层层位命名

由于纯波和转换波反射特征的差异，纯波反射同相轴与转换波的反射同相轴并不存在一一对应的关系，因此，多波地震数据解释应采用与纵波地震数据解释相同的层位命名（SY/T 5933-2008）。但以下情况例外：

1. 在多波反射层位数量多、且对应性较好的情况下，联合解释需要区分不同波的反射层位时，建议以P、S、PS、SP分别表示PP与SS纯波反射和PS与SP转换波反射；
2. 当同一地质层位的不同类型波场的反射层位不能一一对应时，无法识别出该层位的波场不追踪层位，其命名空缺；
3. 合同中有规定的按合同要求执行。

## 6.4 多波地震数据解释

**6.4.1 先验资料分析**

1. 地质资料分析，了解工区地质构造背景、地层的沉积演化史等；
2. 岩石物理分析按照Q/SY 01017-2018规定的要求执行，确定工区内目标层段与岩性以及流体有关的先验信息，包括：不同参数之间的经验公式、不同参数的门槛值、不同属性的交绘图等；
3. VSP数据分析要提取不同波的层速度信息、Q值以及裂缝信息；
4. 根据钻孔动态资料分析，确定目的层变化情况。

**6.4.2多波联合构造解释**

1. 多波构造解释原则：

（1）多波联合构造解释应选择目标层段可识别出特征层位，且波组关系相对稳定、明确、成像质量相对较好的数据体作为解释的主要数据体，其它数据体的解释作为辅助；

（2）不同数据体的联合构造解释应至少满足前述的五个一致性原则之一。

1. 解释方法：

（1）无论以哪种波场的数据体为主进行构造解释，采用的解释方法、解释内容与成图均应按照GB/T 33684-2017规定执行；

（2）不同波场数据体解释的构造均应在PP波***T***0时间域或者深度域成图。

**6.4.3 构造成图**

1. 纵波数据构造解释按照合同要求和GB/T 33684-2017规定执行；
2. 原则上横波和转换波不用于单独构造解释，一般与P波解释结果对比进行；
3. 需要对横波和转换波数据进行构造解释和构造成图时，应对照纵波解释成果，且以纵波解释成果为基准；当天然气勘探存在气烟囱构造或破碎带，纵波层位难以连续追踪或没有反射层位时，应以横波或转换波的构造解释为基准；
4. 转换波和横波地震数据构造解释合理性应联合纵波解释成果，考虑构造形态、沉积厚度、地层层序、岩性特征等一致性原则评价其可靠性。

**6.4.4多波属性解释**

1. 一般情况下多波联合解释时应进行不同波型的层位匹配；
2. 多波地震属性分析包括：不同波型的振幅、频率、相位属性，以及各类波型的衍生属性，如振幅比、速度比、泊松比、弱度比、椭圆极化率等；
3. 沿层属性切片的提取应在测井合成记录的约束下，明确不同数据体同一地质层位对应的反射时间；根据不同数据体的子波频带宽度，设置不同的时窗大小；
4. 地震相解释应在多井沉积相的约束下，选择与测井相相关性最佳的属性体进行解释，其它波场的属性体为辅助；
5. 速度属性的提取应综合利用地震处理速度谱、不同波场的层间旅行时差、多分量VSP数据、全波列测井、录井及岩芯解释等资料，重点提取大套层速度比、泊松比、弱度比属性；
6. 岩性与流体解释应一体化进行，在测井资料与岩石物理先验信息约束下，综合分析不同波场的动力学特征以及各类速度场的衍生属性，联合沿层属性与多波剖面识别岩性界面与流体界面以及与之相关的真假亮点、平点、暗点。

**6.4.5 多波联合反演与综合解释**

1. 多波反演结果主要包括纵横波速度、密度以及衍生参数，如阻抗、LMR（λ、μ、ρ）参数等，各向异性反演可得到Thomsen各向异性参数等；
2. 多波联合反演应基于叠前道集进行，若只有叠后数据，则需统计平均入射角；
3. 利用多波地震数据开展联合反演，根据层位解释成果和地质任务要求选取合适的反演方法；
4. 反演之前应对同一层位的不同模式波场反射时间进行匹配，可用合成记录、VSP数据辅助；
5. AVO反演之前，应该进行多波AVO正演分析，分析不同目的层物性参数的AVO响应特征；并通过流体替换模型正演，分析目的层含不同性质流体时的多波地震响应特征；
6. AVA反演之前，应对AVO叠前道集从偏移距域转换为角度域，获得AVA道集，消除角度域覆盖的非均匀性导致的振幅异常；在合成记录或者VSP数据约束下，对AVA道集的振幅变化规律进行检查与校正；
7. 纵波的各类反演要求，按照Q/SY 1411规定的要求执行；
8. 多波叠前联合反演应通过引入横波或转换波地震数据作为约束，降低反演的多解性，提高反演结果的可靠性；在反演过程中要应用实测的横波信息，获得更为准确的岩石物理参数。
9. 综合利用多波地震数据、测井资料、钻井资料、正演模拟结果分析研究纵波、横波和转换波对同一地质体产生的地震响应特征，结合岩石物理参数分析其相似性或差异性的形成机制，指导目的层岩性和含流体性、裂缝及各向异性的解释。

**6.4.6 裂缝发育预测**

1. 若工区地层存在裂缝，应综合不同方位地震数据与速度、多分量VSP数据或者全波列测井资料确定裂缝是否导致横波分裂；对于存在横波分裂的地层，应解释快慢横波速度；对于多层含裂缝地层，应考虑采用剥层法预测目标层的裂缝发育；
2. 根据构造、钻孔、测井（偶极子测井或成像测井）、VSP等资料确定发育裂缝的地层、大致方位；
3. 根据初步估算的裂缝方位与测线方位，对裂缝方位估算的精度做定性分析；在绘制玫瑰图的基础上，分析中要特别注明裂缝方位与测线方位夹角在0°-15°以及75°-90°之间存在的误差较大；
4. 若基于宽方位3D3C地震数据进行叠前裂缝预测，可在同类波炮集或者CMP道集转换的OVT道集、转换波CCP道集转换的OVT道集上进行方位各向异性拟合；
5. 若三分量地震采集的方位宽度不够，可在转换波的共检波点道集的菲涅尔带叠加剖面上通过Alford旋转等方法分离快慢横波；若信噪比较高，可在叠前三分量单炮记录上通过仿射坐标系的旋转变换分离纵波与快慢横波；
6. 若存在多个地层的裂缝方位不一致，应采用层剥离法消除上覆地层方位各向异性对目的层的影响；
7. 若同一地层内发育多组裂缝，应考虑对各组裂缝的横波分裂波场进行分离；
8. 若同一地层内发育多尺度裂缝，应考虑横波分裂的频散特性，在频率域进行不同尺度裂缝的预测；
9. 应采用分裂快横波方位和快慢横波时差，综合地质、成像测井、横波偶极子测井、VSP结果预测裂缝发育带。

## 6.5 成果资料归档

按合同规定要求执行。在合同没有规定的情况下，多波地震解释反演应在常规纵波技术规范规定的归档成果之外，提交如下中间质控和最终成果资料：

（1）纵波拉伸至转换波旅行时或转换波压缩至纵波旅行时的匹配后的成果数据体、纵横波速度比体，以及各类属性数据体；

（2）目的层位快慢横波时差切片与快横波方位切片，包括时间域和频率域两个结果；

（3）多波联合反演后的纵横波速度、阻抗与密度和泊松比数据体。

2. （资料性）：小折射、三分量微测井仪器班报格式
   1. 小折射、三分量微测井仪器班报

地区 测线 队 年 月 日

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 仪器型号 |  | 检波器型号 | |  | 记录道数 |  | 记录  长度  ms |  | 采样间隔ms |  | 系统  延迟  ms |  | |
| 序号 | 桩号 | 炮次序号 | | | 磁盘  号 | 文件  号 | 偏移距  m | 激发深度  m | 药量  kg | 雷管  发 | 激发  岩性 | 记录评价 | 备注 |
|  |  | A |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | B |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | A |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | B |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | A |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | B |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | A |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | B |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | A |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | B |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 激发、接收相对位置示意图 | | | | | | | | | | | | | |

仪器操作员： 解释组长：

1. （资料性）：地震仪器班报格式
2. 1. 地震仪器班报封面格式

**年度　　　　　地区　　　测线（束）**

仪器班报

激发地震波类型

接收检波器类型

**（单位名称）**

　　　　年　　月　　日

* 1. 炸药震源地震仪器班报首页格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 仪器型号 | | | | | | | 测线（束）号 | | | | | | |
| 开工日期年月日 | | | | | | | 收工日期年月日 | | | | | | |
| 道距 m | | | | | 偏移距 m | | | | | 接收道数道 | | | |
| 观测系统 | | | | | | | 覆盖次数 | | | | | | |
| 检波器型号 | | | | | | | 检波器频率 Hz | | | | | | |
| 录制因素 | 记录长度 s | | | 采样间隔ms | | | | | | 前放增益 dB | | | |
| 记录格式 |  | | | | 记录类型 | | | | | |  | |
| 回放因素 | | 陷波 | | Hz | | 控制增益 | | | dB | | | 时间控制 | ms |
| 合计 | 生产记录 | | | 张 | | 合格 | | | 张 | | | 不合格 | 张 |
| 试验记录记录 | | | 张 | | 合格 | | | 张 | | | 不合格 | 张 |
| 完成工作量 | | km/km2 | | | | | 磁带 | | | 盘 | | |
| 消耗炸药 | | kg | | | | | 消耗雷管 | | | 发 | | |
| 注：采用遥测放炮时，注明有线遥测或无线遥测及单个采集站道数。 | | | | | | | | | | | | | |

* 1. 炸药震源地震仪器班报其余页格式

年 月 日 第 页

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 当日  炮号 | 磁带  盘号 | 文件  号 | 排列桩号 | 激发点  桩号 | 井深 m | | 组合井个数 | 岩性 | 药量  kg | 雷管发 | 评价 | | 备注 | |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  | |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  | |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  | |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  | |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  | |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  | |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  | |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  | |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  | |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  | |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  | |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  | |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  | |
| 今日共获盘炮 | | 生产记录（张） | | 张 | 合格 | | | 张 | | 不合格 | | 张 | |
| 试验记录 | | 张 | 合格 | | | 张 | | 不合格 | | 张 | |
| 完成工作量 | | | km/km2 | | | 共消耗炸药 | | kg | | 共消耗雷管 | | 发 | | |
| 操作员： | | | 解释员： | | | 开工：时分 | | | | 开工：时分 | | | | |

表B.4 可控震源地震仪器班报首页格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 仪器型号： | | | | | | | | 测线号（线束）： | | | | | |
| 开工日期：　　　　年　　月　　日 | | | | | | | | 收工日期：　　　　年　　月　　日 | | | | | |
| 道距：　　　　　　　　m | | | | | 偏移距：　　　　　　　　m | | | | | 接收道数：　　　　　　　　　　道 | | | |
| 观测系统： | | | | | | | | 覆盖次数： | | | | | |
| 检波器型号： | | | | | | | | 检波器频率：　　　　　　　　Hz | | | | | |
| 录制  因素 | 记录长度：　　　　　　　　s | | | | | 采样间隔：　　　　　　　　ms | | | | | | 前放增益：　　　　　　　　dB | |
| 记录格式 |  | | 记录类型 | | |  | | 仪器记录相位 | | | |  |
| 回放因素 | | 陷波 | | Hz | | | 控制增益 | | dB | | 时间控制 | | ms |
| 合计 | 生产记录 | | 张 | | | | 合格 | | 张 | | 不合格 | | 张 |
| 试验记录 | | 张 | | | | 合格 | | 张 | | 不合格 | | 张 |
| 完成工作量 | | km/km2 | | | | | | 磁带 | | 盘 | | |

|  |
| --- |
| 1. 采用遥测放炮时，注明有线遥测或无线遥测及单个采集站的道数。可控震源采用非线性扫描或模拟变频扫描时，分别注明陡度，组内子扫描频率范围。 |

表B.5 可控震源地震仪器班报其余页格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年　　月　　日 第 页 | | | | | | | | | | | | | | |
| 当日炮号 | 磁带  盘号 | 文件号 | 排列  桩号 | 震点  桩号 | 震源因素 | | | | | | | | 振动方位 ° | 评价 |
| 震源  台次 | 振动  次数 | 扫描  方式 | 扫描  长度  s | 起止  扫描  频率  Hz | 驱动  幅度  % | 组内距  m | 震源  组合  基距  m |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 今日共获盘炮 | | 生产记录 | | 张 | | | 合格 | 张 | | | 不合格 | | 张 | |
| 试验记录 | | 张 | | | 合格 | 张 | | | 不合格 | | 张 | |
| 完成工作量 | | | | km/km2 | | | | 操作员： | | | 解释员： | | | |
| 开工时分： | | | | | | | | 收工时分： | | | | | | |

**附录C 海底地震仪器（OBS）班报格式**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.1:OBS记录班报 | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | |
| 项目： 工区： 调查船： 海况： 日期： 年 月 日 | | | | | | | | | | | | | |
| 序号 | 球序列号 | 采样率 | 时间(GMT) | 投放站位 | 站位（经纬度） | 测距码 | 释放码1 | 释放码2 | 电压（V） | 舱压/温（度） | 延迟改正时间 | 熔断电压/流 | 备 注 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |
| 操作员： | |  | 组长： |  |  |  |  | 技术负责： | |  | 第页 共页 | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.2:OBS回收记录班报 | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | |
| 项目： 工区： 调查船： 海况： 日期： 年 月 日 | | | | | | | | | | | |
| 序号 | 站位号 | OBS名称 | 释放码 | 关闭码 | 释放时间 | 自动释放时间 | 回收时间 | 漂移钟差 | 罗盘均值 | 数据检查 | 备注 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 操作员： | |  | 仪器组长： | |  |  | 技术负责： |  | 第 页 共 页 | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.3:OBS测距班报 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 项目： 工区： 调查船： 海况： 日期： 年 月 日 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 序号 | 球序列号 | 测距码 | 站位号 | 探头深度(米) | 测距时间1 | 距离1（米） | 距离2（米） | 平均距离 | 测距时间2 | 距离1（米） | 距离2（米） | 平均距离 | 测距时间3 | 距离1（米） | 距离2（米） | 平均距离 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 操作员： 组长： 技术负责： 第 页 共 页 | | | | | | | | | | | | | | | | |

**附录D 海洋气枪震源班报格式**

表D气枪震源班报

年 月 日 第 页

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工区名称 |  | | | 震源船名称 | |  | | | |
| 测线名称 |  | | | 测线序号 | |  | | | |
| 导航系统 |  | | | 枪控系统 | |  | | | |
| 震源编号 |  | | | 子阵编号 | |  | | | |
| 子阵间距 |  | | | 气枪型号 | |  | | | |
|  | | | | | | | | | |
| 炮号 | 时间 | 炮点 | 容量 | 压力 | 枪深 | | 震源状态 | 海况 | 备注 |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |
| 操作员 | | | |  | | | | | |
|  | | | | | | | | | |

**附录E 条文说明**

**1.多波多分量地震勘探**

目前勘探地震领域主要应用的是单分量地震观测、纵波震源激发的地震技术。其中陆域单分量是指Z分量，水域是指水压分量，一般用P或H表示；纵波震源类型较多，陆域指主要产生纵波信号的爆炸源，锤击或落锤、井中电火花等垂向集中力源，水域一般指气枪、电火花、等离子体等主要产生水压变化的震源；此地震技术只研究纵波，一般又称为声波。本规范中的“多波多分量地震勘探”是指在勘探地震中，地震信号采集设备包括XYZ三方向的传感器，一般称之为三分量；水域中四分量是此三分量与压力分量的组合。鉴于横波震源应用相对较少，本规范中的震源依然为纵波震源；出现横波震源的情况单独说明。本规范中的多波是指除常规纵波外，还包括转换横波，是相对于单纯反射P波而言，还要兼顾反射转换S波，以及横波分裂产生的快慢横波。

**2. 海洋海域水域**

由于多波多分量地震勘探技术大量应用在海洋石油、地质调查和水合物勘探领域，因此本规范中大量参考了海洋领域的相关行业和企业标准。但由于陆域河湖、水库等水域地震勘探与海洋的相似性，为体现本规范的一般性指导意义，又不失其海域或海洋应用的广泛性，若不特指，本规范中的水域包括海洋，不论滩浅海和深海，水库、河流和湖泊，泛指在水体中采用坐底式多分量观测。

**3.多分量地震数据采集验收及资料交付**

多分量地震数据采集在陆域和水域有很大的区别，在工程物探和化石能源等不同领域和行业的应用也由于针对不同的目标和任务，采用了不同的观测设备而呈现很大的差异。因此，在本规范中，对于多分量地震数据采集和资料交付的规定，无法一一兼顾每一个不同行业应用，以及每一种不同仪器的差异而给出一个普遍适用的规定和要求；而重点强调对于多分量地震数据采集而言，在常规P波地震技术的基础上需要格外注意验收和资料交付的内容，其它具体的不同应用的具体规定应以项目合同约定和有关国家、行业、企业规范为参考。

**4.注意**

由于本规范是针对不同领域和行业应用的通用性技术，因此，在规定普遍性技术要求的基础上，存在一些特殊的情况需要单独补充说明。为使规范的不同行业领域适用性，在共性技术要求的同时，有必要补充说明特殊要求和注意事项的，本规范采用“**注意**”在正式条款后加以补充说明。

**中国地球物理学会团体标准《多波多分量地震勘探规范》**

**编制说明**

（征求意见稿）

**一、工作简况**

**1、 任务来源**

根据球会字发[2021]19号文“关于开展《多波多分量地震勘探技术标准》团体标准制订的通知”的要求，由中国地质大学（北京）负责制定团体标准《多波多分量地震勘探技术标准》（以下简称**标准**）,计划完成时间为2021年。由中国地球物理学会归口。

**2、 主要工作过程**

（1）计划下达前，主要分四个阶段的工作过程：

* 2020年底，由中国地质大学（北京）牵头，会同参编单位——中石油BGP，由王赟教授团队与BGP钱忠平首席科学家团队通过广泛的国内外调研，以陆地石油多波多分量地震勘探相关技术规范为参考，完成了标准草稿的起草工作；
* 2021年3月18日，经过两单位多位专家（包括王赟、芦俊、王祥春、钱忠平、李建峰、邓志文、杨军）的共同修改，形成了编制组内部征求意见稿；
* 2021年3月18-4月15日，将征求意见稿发放给除牵头单位和BGP外的参编单位专家，并根据各专家意见进行了修改完善，形成编制组对外征求意见稿；
* 2021年4月15日-5月21日，将编制组对外征求意见稿发放给非编制组单位和专家，征求修改意见，形成了提交给本标准第一次专家审查会的正式初稿。

（2）计划下达后，由中国地质大学（北京）担任主要编制工作，成立标准编制工作组（以下简称**编制组**），确定工作方案，提出进度安排；并完成了立项申请和标准编制项目协议书。编制组进一步对国内外技术的现状与发展情况进行了全面调研，同时广泛搜集和检索了国内外技术资料，并参考陆地、海洋、煤田等相关领域行业的地震勘探相关标准，经过大量的研究分析、资料查证工作，结合实际应用经验，全面地总结和归纳，于2021年7月下旬形成《多波多分量地震勘探技术标准》（**草案稿**），并提交给中国地球物理学会团体标准工作委员会（以下简称**标委会**），等候组织专家审议；

（3）2021年7月22日～7月24日，由中国地球物理学会标准化工作委员会组织召开了《多波多分量地震勘探技术标准》初稿评审会。来自产、学、研、用的11名专家对《多波多分量地震勘探技术标准》（初稿）逐条进行了细致、深入的讨论，并提出修改意见。会后编制组对与会专家提出的意见进行多次研讨和认真修改，于2021年8月31日形成了《多波多分量地震勘探规范》**征求意见稿**，报至标委会。

**二、标准编制原则和主要内容**

**1、标准编制原则**

1. 贯彻我国相关的法律法规和强制性国家标准，与我国现行标准协调一致。
2. 满足地球物理技术发展需求，提升标准技术水平，适应不同产业的发展需要。
3. 满足市场需要，保证产品质量，规范市场秩序。
4. 积极向国际标准靠拢，力求做到标准内容的先进性。
5. 根据国内不同领域、行业企业具体情况，力求做到标准的合理性、经济性与实用性。
6. 编写格式符合GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准文件的结构和起草规则》。
7. 标准的编制注重科学性、准确性，同时要在不违背原则的前提下，保留行业内已流行的某些提法。

**2、标准主要内容**

**2.1关于第3章（术语和一般规定）的说明：**

给定了与多分量地震数据采集、多波多分量地震数据处理以及多波地震数据解释与反演密切相关的关键理论概念和技术专用术语几十个。

（1）关于“术语”数量的说明

由于多波多分量地震勘探技术是一门新兴技术，国内外几无可参考的类似标准，因此大量的基本概念和术语需要在本部分给予定义；但鉴于数量不宜过大，对本部分只对重要的基础概念和出现频次高的技术术语进行了约定，且省略了已有标准中已有的定义和术语。

（2）关于“一般规定”的说明

随着技术的进步，一些关键术语的内涵发生了变化；或在不同的领域、行业，相同的术语理解和外延有所区别，为体现学会团体标准的广泛指导性，本部分对容易产生误解、或理解偏差的术语或专用名词进行从内涵到外延的重新定义，以体现不同领域与行业的共性与指导性。包括如下内容：

1. **本规范的重点：**除非特殊说明，在勘探地震的数据采集、处理、解释三个主要的技术环节中，本规范只强调多波多分量地震数据采集、处理、解释环节与传统纵波地震技术不同的内容和特殊的技术要求，相同的内容以本规范编写中所参照的相关企业、行业和国标为准。
2. **多分量：**若无特别声明，本规范中的多分量在陆域是指正交笛卡尔坐标系下的XYZ三方向地震传感器所记录的三个平动分量；且若无特别声明，一般是指速度分量或加速度分量。在水域，多分量是传统水听器分量与陆域三分量的组合，一般称之为四分量；此规范中的多分量均指平动分量，不包括旋转分量。
3. **多波：**若无特别声明，本规范中的多波是指反射P波和反射PS波，一般情况下反射PS波是指SV型的反射转换横波；特殊情况下，该PS波泛指分裂产生的快慢横波，一般记为PS1和PS2波。
4. **检波器：**由于地震采集装备种类多样，且具有不同应用场景的使用条件，从而使得本规范中交叉出现检波器、地震仪、节点仪等不同的命名方式；鉴于不同领域和行业应用习惯，本规范不对该术语进行统一；但需要明确的是，三分量检波器、四分量检波器、三分量地震仪或节点仪均是指感应、记录地震动信号的传感设备，而不考虑它们感应振动模式、数传和供电方式等的差异。
5. **数据与资料：**在传统的地震技术领域，资料泛指地震采集的数据、野外班报、野外踏勘的调研报告，以及搜集来的各种地质、测井等信息材料。在本规范中，由于多分量地震涉及多个分量的海量数据，处理成果包括各种中间与最终的数据体，为示区别，规定多分量地震采集、处理和解释反演形成的各种初始、中间和最终数据体使用数据这一个概念，而把辅助的各种班报、气象数据、地质信息等统筹为资料。
6. **纯波：**本规范中，纯波是指反射地震学中同类型的入射和反射波，纯纵波或纯横波，例如PP或SS；若无特殊说明，鉴于横波震源的应用较少，纯波是指入射和反射的PP波。
7. **转换波：**转换波是指反射地震学中波阻抗差界面处产生与入射波类型不同的反射波，例如PS或SP；本规范中，若无特殊说明，鉴于横波震源的应用较少，转换波是指入射P波产生的反射PS波。
8. **裂缝隙：**地质上，从微观的角度，将裂缝与裂隙统称为裂缝隙，一般是指介质或应力、位移不连续而产生的一定张开度的缝隙；可用两个参数来描述裂缝隙，一个是两个裂隙面的垂直距离——张开度，一个是裂隙的延展长度；为简化，一般使用椭圆的扁率（椭圆长轴与短轴的比值），即裂隙的长度与开度的比值来表述；但有些情况下还需要考虑裂缝隙中充填物的类型。但在地震学科中，由于地震波长是随频率变化的，一般把不连续面宽度远小于地震波长的称为裂缝隙；显然，这是一个相对的概念，例如对于高频波的断裂或断层，对于低频波则可以近似为裂缝隙；因此，科学的定义，或量化的定义，可以把不连续面宽度与地震波长的比值作为衡量的指标，小于10%的可称为裂缝隙，即裂缝隙是一个相对的应力场不连续空间分布的概念。
9. **工区：**工作区域的简称，特指地震勘探野外采集数据施工时的覆盖区域，合同约定或特殊情况下指满覆盖区域。

（3）关于“附录条文说明”的说明

由于标准要适用于陆地和水域，石油地震、煤田地震和工程地震等不同领域、不同行业的需求，而不同领域与行业对多波多分量地震技术具有不同的装备技术、采集技术和处理解释技术的特殊定义，为避免混淆，在此处重点体现不同领域行业的差异性，通过如下条文说明进行了规范。

1. **多波多分量地震勘探**

目前勘探地震领域主要应用的是单分量地震观测、纵波震源激发的地震技术。其中陆域单分量是指Z分量，水域是指水压分量，一般用P或H表示；纵波震源类型较多，陆域指主要产生纵波信号的爆炸源，锤击或落锤、井中电火花等垂向集中力源，水域一般指气枪、电火花、等离子体等主要产生水压变化的震源；此地震技术只研究纵波，一般又称为声波。本规范中的“多波多分量地震勘探”是指在勘探地震中，地震信号采集设备包括XYZ三方向的传感器，一般称之为三分量；水域中四分量是此三分量与压力分量的组合。鉴于横波震源应用相对较少，本规范中的震源依然为纵波震源；出现横波震源的情况单独说明。本规范中的多波是指除常规纵波外，还包括转换横波，是相对于单纯反射P波而言，还要兼顾反射转换S波，以及横波分裂产生的快慢横波。

1. **海洋海域水域**

由于多波多分量地震勘探技术大量应用在海洋石油、地质调查和水合物勘探领域，因此本规范中大量参考了海洋领域的相关行业和企业标准。但由于陆域河湖、水库等水域地震勘探与海洋的相似性，为体现本规范的一般性指导意义，又不失其海域或海洋应用的广泛性，若不特指，本规范中的水域包括海洋，不论滩浅海和深海，水库、河流和湖泊，泛指在水体中采用坐底式多分量观测。

1. **多分量地震数据采集验收及资料交付**

多分量地震数据采集在陆域和水域有很大的区别，在工程物探和化石能源等不同领域和行业的应用也由于针对不同的目标和任务，采用了不同的观测设备而呈现很大的差异。因此，在本规范中，对于多分量地震数据采集和资料交付的规定，无法一一兼顾每一个不同行业应用，以及每一种不同仪器的差异而给出一个普遍适用的规定和要求；而重点强调对于多分量地震数据采集而言，在常规P波地震技术的基础上需要格外注意验收和资料交付的内容，其它具体的不同应用的具体规定应以项目合同约定和有关国家、行业、企业规范为参考。

1. **注意**

由于本规范是针对不同领域和行业应用的通用性技术，因此，在规定普遍性技术要求的基础上，存在一些特殊的情况需要单独补充说明。为使规范的不同行业领域适用性，在共性技术要求的同时，有必要补充说明特殊要求和注意事项的，本规范采用“**注意**”在正式条款后加以补充说明。

**2.2关于第4章（多分量地震数据采集）的说明：**

由于陆域与水域多分量地震数据采集所需要的装备技术存在巨大差异，科学调查、城市物探等也各自有其特殊的技术需求和参数，因此，在本章我们依然采用了一般地震采集的技术流程，对资料收集、采集参数设计、近地表速度调查、采集试验、设计书编写、HSE要求、施工准备、测量、激发、接收、班报、质量评价和验收等共性的内容做了约定，并在其中不同技术环节就一些重要的技术要求和参数给出了规定，在兼顾共性的同时也一定程度上，按应用的广泛性进行了例外说明。

附录后所给的陆域和水域不同采集班报格式仅供参考。由于使用装备的差异，观测方式的差异，这些附录的班报只对应用相对广泛的陆地和海洋采集内容提供参照，而不具有不同领域、行业的强行推广作用。

**2.3关于第5章（多波多分量地震数据处理）的说明：**

（1）总体说明

为不失标准的指导性和实用性，该章总体上按照地震数据处理的流程对所有关键的环节进行了程式说明，但其中对不同于常规地震数据处理的内容进行重点阐述。具体如下介绍。

（2）关于重点/特殊处理技术的说明

1）增加了横波震源数据处理环节，以针对三分量可控震源出现并将广泛应用后所引发的数据处理问题进行特殊说明。

2）在常规P波处理的基础上，重点对纵波源的转换横波处理进行了详细的技术阐述和规定；增加了大量不同于已有规范的技术内容，包括水平分量旋转、矢量波场分离、矢量振幅校正和去噪、静校正、抽CCP道集和各向异性偏移。

**2.4 关于第6章（多波地震数据解释与反演）的说明：**

（1）总体说明

采用与常规地震数据解释相同的流程，本章首先按照地震数据解释的技术流程，对共性的技术程式和技术内容进行简单介绍，而重点阐述不同于常规纵波地震的解释技术要求，包括数据检查、层位标定、多波联合构造解释、多波属性解释、多波联合反演、裂缝解释等。

（2）关于重点/特殊解释反演技术的说明

在资料收集和数据检查环节，重点规定了除常规资料收集和进站数据检查外，特别强调要收集工区横波速度、地应力和裂缝隙的资料，并在数据检查时特别关注除P波外的PS波偏移成果数据，及其与P波成果数据的质量对比。

1. 在层位标定一节，重点介绍转换波的合成记录制作方法和层位标定方法，以及涉及的剖面压缩和拉伸技术；且特别强调，多波层位标定不能追求P波与PS波同相轴的一一对应。
2. 在构造解释一节，重点强调P波和PS波对于相同构造可能具有的不同的反映模式，例如气云构造，P波不成像，表现为杂乱反射；而PS波可清晰反映层位或断裂构造，不受含气性的影响。而且，对于小断层或断点的解释，重点产生了纵波与横波对比解释的优势，即横波对于横向非均匀性的敏感有利于微小构造的解释。因此，构造成图环节主要强调P波成图，在此基础上，增加PS波解释的小断层的叠合，规定了两种波的主次构造控制作用。
3. 而在属性解释环节，没有重复P波属性的三瞬参数等，重点对P波和PS波的联合属性参数，包括速度比、泊松比、振幅比、弱度比等一系列对比属性的利用进行技术规定。
4. 此外，增加两个新的内容：多波联合反演和综合解释，以及裂缝隙的预测。这是多波多分量地震技术的独有特色。利用多波联合反演，可以有效的降低地震反演的多解性，提高地震解释、反演精度和可靠性。利用横波在裂缝型地层中传播时产生双折射现象，分裂为快慢横波的特点，可以实现对裂缝隙的发育方位进行定量预测，对裂缝隙的发育密度进行相对定量的指示。

**3、解决的主要问题**

本标准为制订项目，充分纳入和反映了多波多分量地震的先进技术成果，保证标准的时效性，为该技术的推广应用提供技术支撑；对规范市场，指导生产，提高技术性能、安全可靠性及环保性能，更好地满足市场和使用需要，提升我国多波多分量地震技术水平具有十分重要的作用。本标准将对多分量地震数据的采集、多波多分量地震数据处理制造、多波地震数据的解释与反演起到更好的指导作用。

**三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果**

本标准的发布能规范多波多分量地震技术的发展，对促进我国多波多分量地震技术的健康发展起到积极作用，并尽快占领国际多波多分量地震技术的制高点。

二十一世纪是矢量地震技术大发展的世纪，多波多分量地震技术在工程物探、地质调查、煤田与油气勘探、城市物探、军事等等工程领域应用愈来愈广泛。标准实施以后，将为多波多分量地震技术的发展提供更加有力的规范保障。

**四、与国际、国外同类标准水平的对比情况**

自上世纪多波多分量地震技术初始的试验和研究攻关，及至目前的广泛应用，国内外不同行业、企业在多分量地震传感器的研发、多分量地震数据的处理和解释、反演等诸多技术环节展开了数十年的攻关，形成了相对成熟的硬件、软件技术积累，为该技术的进一步规模推广、应用奠定了良好的技术保障。但截至目前，作为一项新技术，国内外尚没有行业标准，而只有地球物理技术服务公司内部制定的技术规范和标准。因此，本标准的编写过程中

**（1）直接引用和参考文本包括：**

GB 6722-2014爆破安全规程

GB 12950-1991地震勘探爆炸安全规程

GB/T 33583-2017陆上石油地震勘探资料采集技术规程

GB/T 33685-2017陆上地震勘探数据处理技术规程

GB/T 33684-2017地震勘探资料解释技术规程

SY/T 5933-2008地震反射层地震地质层位代号确定原则

GB/T 12763.8-2007海洋调查规范第8部分—海洋地质地球物理调查

Q/HS 10015-2019 海上拖缆三维地震资料采集设计规范

Q/HS 1039-2020 海底电缆三维地震资料采集设计规范

SY/T 7003-2014 海底电缆地震勘探数据处理技术规程

SY/T 6156-2017气枪震源使用技术规范

GB 16625-1996地震勘探电雷管

Q/SY 01017-2018 地震岩石物理分析技术规范

**（2）同时参阅了下述的技术标准：**

DZ/T 0300-2017 煤田地震勘探规范

NB/T 14011-2016 页岩气地震资料处理解释和预测技术规范

NB/T10002-2014 煤层气地震勘探规范

Q/HS 1086-2018 空气枪震源设计指南

Q/HS1039-2020 海底电缆三维地震资料采集设计规范

SY/T 10020-2018 海上拖缆地震勘探数据处理技术规程

SY/T 5171-2020陆上石油物探测量规范

SY/T 5314-2011陆上石油地震勘探资料采集技术规范

SY/T 5331-2016石油地震勘探解释图件要素规范

SY/T 5453-2008地震数据交换记录格式

SY/T 5481-2009地震勘探资料解释技术规程

SY/T 5928-2016地震勘探资料归档规范

SY/T 6246-1996可控震源使用与维护

SY/T 6276-2014石油天然气工业健康、安全与环境管理体系

SY/T 6643-2013 陆上多波多分量地震资料采集技术规程

SY/T 6749-2009 陆上多波多分量地震资料解释技术规范

SY/T10017-2017 海底电缆地震资料采集技术规范

SY/T5331-2016 石油地震勘探解释图件要素规范

NB/T 14011-2016 页岩气地震资料处理解释和预测技术规范

**（3）本标准未采标；**

**（4）本标准达到了国际领先水平。**

**五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系**

本标准力求与其他现行国家标准的有关要求相协调，兼顾标准的可操作性和对产品要求的全面性。经分析，本标准与现行相关法律、法规、规章无不协调之处，且贯彻了我国的有关法律、法规和强制性国家标准，符合国标委《国家标准管理办法》等规章的规定。

本标准具有国际间领域通用性，兼容现有的纵波地震技术相关规范和标准；本规范不同于目前正在编订的行业或企业标准，以不同行业和企业采用的多波多分量地震采集、处理和解释中的共性技术要点为核心；不同行业或企业的技术规范或标准应是在此标准的基础上，针对具体行业应用和企业运行的更为具体、细化的标准，但不得违反本技术规范规定的内容。

**六、重大分歧意见的处理经过和依据**

本标准编制过程中无重大分歧意见。

**七、标准性质的建议说明**

建议本标准作为推荐性国际标准发布。

**八、贯彻国家标准的要求和措施建议**

建议本标准发布之日起6个月后实施。

**九、废止现行有关标准的建议**

本标准为新制定标准，无废止相关标准的建议。

**十、其他应予说明的事项**

无。

中国地球物理学会《多波多分量地震勘探规范》编制工作组

2021年10月21日

**中国地球物理学会团体标准《多波多分量地震勘探规范》征求意见稿**

**征求意见反馈表**

共 页 第 页 填表日期： 年 月 日

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 专家姓名  （请手签） | |  | 联系电话 |  |
| 工作单位 | |  | 电子邮箱 |  |
| 序号 | 章条号 | 意见内容 | | 理由 |
| 1 |  |  | |  |
| 2 |  |  | |  |
| 3 |  |  | |  |
| …… |  |  | |  |

注： 请务必于2021年12月2日前返回，如无意见，亦应复函说明。