

A·M·保格达诺夫 著

地震时距曲线解释

馬 在 田 譯

中国工业出版社

本书共分五章。主要論述了反射和折射界面的介质为均匀的、层状的及連續介质时的时距曲綫理論及解釋；討論了对任意形状的界面和所有类型时距曲綫的正、反演問題，并进行了求解和推証。

此外，作者在本书中还用較少的篇幅对层状介质的水平界面，或只对它們的纵向綫时距曲綫进行了求解。

本书适于从事地震勘探資料解釋方面的技術人員及地震勘探工程師使用，也可供石油及地質部門科學研究人員和院校師生參考。

А.И.Богданов

ТЕОРИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ГОДОГРАФОВ

根据苏联国立石油燃料科技书

籍出版社 (ГОСГОТЕХИЗДАТ Москва-1960) 翻譯

* * *

地震时距曲綫解釋

馬 在 田 譯

*

石油工业部編輯室編輯 (北京北郊六鋪炕石油工业部)

中国工业出版社出版 (北京东便門大街10号)

(北京市书刊出版事业許可證出字第110号)

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张 $9^{3/16}$ · 字数 238,000

1963年12月北京第一版·1963年12月北京第一次印刷

印数001—950·定价(10—7)1.55元

*

統一书号: 15165·2591(石油-155)

序 言

地震波时距曲线一詞，应理解为波由爆炸点至接收点的旅行時間 t 与接收点对爆炸点的座标二者之間的关系。

在地震时距曲线理論中，常常是把波源所在位置作为空間座标系 $OXYZ$ 的原点。

弹性波接收点的座标是在地面上，用座标 x, y, z 表示。为了使問題简化起見，一般认为接收点的 z 座标为零，即观测面为平面，而爆炸点在地面上。

如果我們不給座标 x 和 y 以任何限制，那么波的行走時間 t 与接收点座标 x 和 y 的解析关系，即 $t = f(x, y)$ ，就称为地震波面时距曲线。很显然，在直角坐标系 $Otxy$ 中，这个方程式可以用图解法表示为空間的某种面。面时距曲线与垂直 Ot 軸的平面的交线在 xOy 平面上的投影形成曲线族，这些曲线族称为面时距曲线的等时面。面时距曲线的等时面是地震波等时到达各点的几何位置。用等时面族或等时面图表示地震波面时距曲线，就象用等高线地形图表示地形一样。

在地震勘探工作中最普遍地是应用这样的观测系統，即观测点分布在通过爆炸点的直线 I—I 上或不通过爆炸点的直线 II—II 上，或者观测点分布在距爆炸点为 l 并以爆炸点 O 为中心的圆弧 III—III 上（图 1）。对这种剖面的观测系統來說，波的行走時間与接收点座标的关系可以用平面曲线的形式表示在平面上或展开在圆柱面的平面上。地震波接收点在其上分布并通过爆炸点的直线，称为纵向直线剖面。而与此相对应的时距曲线（或时距曲线系），称为这样或那样类型地震波的纵向曲线时距曲线。地震波在其上分布，然而不通过爆炸点的直线称为非纵直线剖面或横剖面，而对应它的时距曲线（或时距曲线組）称为地震波非纵曲线时距曲线或横时距曲线。在地面上地震波接收点分布成为以爆炸点

为中心的圆弧称为圆弧剖面，而对应它的时距曲线（或时距曲线组）称为地震波圆弧时距曲线。

很明显，纵向时距曲线，非纵时距曲线和圆弧时距曲线就是面时距曲线与垂直 XOY 平面的平面或圆柱面交线之轨迹。

当爆炸点在地面上，在井中接收地震波时（或者相反），地震波行走时间 t 与接收点深度 H 的关系称为垂直或钻井时距曲线。如果爆炸点设在所研究井之井口，那么就可以获得纵向垂直时距曲线。如果爆炸点对井口偏移了某个距离 x ，那么就得到非纵垂直时距曲线。

在时距曲线平面上可以表示出不只一个，而是同一类型波的几个时距曲线（具有不同 x 参数的非纵垂直时距曲线，或在不同井中观测的纵向垂直时距曲线）或不同类型波的几个时距曲线。

在时距曲线平面上同一类型和不同类型波的几种时距曲线的综合，可以帮助我们辨认不同的波，从而易于对资料的整理和解释。对不同类型的地震波时距曲线解释的目的就是要确定进行地震勘探工作地区内的地质剖面的速度特征和反射或折射界面的形态以及埋藏深度。根据相应剖面系统所测得不同类型波时距曲线的综合解释的结果，一般表示为能够说明所研究地区深部地质构造特点的地震剖面图和构造图（平面图，平面简图）。

波由爆炸点至接收点的行走时间与下列因素有关：1）它们之间的距离；2）反射和折射界面的上复介质中波的传播速度和构造特性；3）这些界面的位置和形状；4）折射界面的下伏介质中波的传播速度；5）传播波的类型。

反射和折射界面的上复和下伏岩石的速度特征和构造以及界面的形态都很不相同，在很多情况下是相当复杂的。

所研究地区沉积岩的剖面可以划分为许多具有不同厚度、不同弹性以及波的传播速度比较均匀的岩层。在这种情况下，研究时距曲线的性质是很困难的。因此，在地震勘探工作的理论和实际上常常将弹性波传播速度随深度变化的实际规律，用比较简单的、假定的变化规律代替，并且尽可能不使所研究界面的特点发生畸

变。常常把弹性性质差异不甚大、厚度为 H 的多层介质，不用 n 个厚度为 h_i 和速度为 v_i 的均匀岩层来表示，而是以厚度为 H 和速度为层状介质中弹性波的平均传播速度 $\bar{v}_H$ 的均匀介质来表示。厚度为 H 的多层介质的平均速度，应理解为在相同厚度的均匀介质中，波到达深度 H 的行走时间与波在多层介质中到达该深度所需时间相同，弹性波的传播速度。

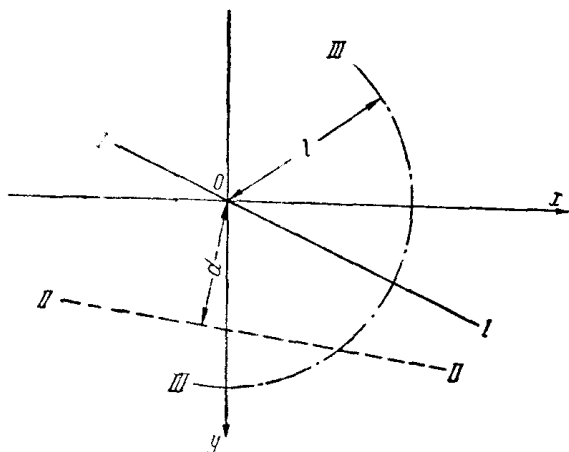


图 1 直线剖面
纵剖面 I—I，非纵剖面 II—II 和圆弧剖面
III—III

这样就有

$$\bar{v}_H = \frac{H}{t_H},$$

式中 H ——层状介质的厚度；

t_H ——弹性波经过厚度为 H 的层状介质的时间。

$\bar{v}_H$ 可由下式表示：

$$\begin{aligned} \bar{v}_H &= \frac{H}{t_H} = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{\frac{h_1}{v_1} + \frac{h_2}{v_2} + \dots + \frac{h_n}{v_n}} = \\ &= \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{v_i}}, \end{aligned} \quad (1)$$

式中 $h_1, h_2, \dots, h_n, t_1, t_2, \dots, t_n, v_1, v_2, \dots, v_n$ 分别为厚度为 H 的层状介质的 n 个均匀岩层中每个岩层的厚度，弹性波的行走时间和传播速度。

如果实际的层状介质的弹性纵波的传播速度差异很大，那么它可以视为由平均层速度区别很大（1.5—2倍以上）的不同厚度的有限个（2—4）岩层所组成的介质。

最后，差异不大的实际介质，当其中弹性波的传播速度随深度按照与实际相近似的一定规律而不断变化时（常常是增大），则可视为连续介质。

同样曾用过其它方法来近似地表示实际的介质，但没有像上述方法那样得到广泛应用。

前一个假设能够得出观测时距曲线最简单的解释方法，并且在分界面近水平时，可以得到可靠的解释精度。后两个假设既可提高小倾角的，也可提高大倾角界面解释的精度。但是实际解释过程比较复杂。

当界面为平面时，时距曲线方程式和它们的解释方法可以简化，而当界面为非平面时就要复杂得多。当界面为非平面时，对各种假设的复盖介质和不同类型波远还没有导出它们的时距曲线方程式。非平面界面的观测时距曲线的实用解释方法常常是假设它是平界面的时距曲线，因此是近似的。

在最后几章中讨论了反射波和折射波时距曲线的性质，并由此得到了所有三种近似实际介质的解释方法。同样，叙述了任意和一定曲面形状界面的一般解和特殊解。

对不同类型弹性纵波的时距曲线性质的研究，在书中给予了很大注意，因为现阶段地震勘探主要是依靠研究这些波的到达时间和时距曲线。上述结论也适用于横波。不同类型的转换波的时距曲线性质在此没有讨论。

目 录

序 言

第一章 在均匀复盖介质的条件下, 反射波时距曲线

的性质及其解释 1

第1节 直达波、面波和声波的时距曲线 1

第2节 任意形状分界面的反射波面时距曲线 4

第3节 曲面分界面的反射波纵向线时距曲线 8

第4节 平界面的反射波时距曲线 13

第5节 根据反射波观测面时距曲线, 求非平面反射面的产状要素 21

第6节 根据反射波时距曲线, 求平面反射面的产状要素和均匀复盖介质中波的传播速度 34

第7节 根据反射波相遇(正、反方向的)纵向线时距曲线, 求反射面的形态及其上复均匀介质的速度 v_1 54

第二章 当折射界面的上复和下伏介质皆为均匀的情况 下, 首波(折射波)时距曲线的性质及其解释 80

第1节 平面的折射波时距曲线 80

第2节 根据折射波时距曲线, 求折射平面的产状要素和弹性波在复盖介质及折射介质中的传播速度 102

第3节 整理非平面折射面折射波时距曲线的方法 128

第三章 在层状介质的情况下, 弹性波时距曲线及其解释 149

第1节 直达波时距曲线和垂直纵时距曲线 149

第2节 非纵垂直线时距曲线及等效速度 157

第3节 反射波纵时距曲线及其解释。有效速度 169

第4节 折射波纵时距曲线及其解释 188

第四章 在速度随深度连续增加的介质情况下, 弹性波时距曲线及其解释 202

第1节 地震射线方程式, 波沿射线的行走时间, 上复连续介质水平界面的透过波、反射波和折射波 ... 202

第2节	在速度按 $v_H = v_0(1 + \beta_n H)^{\frac{1}{n}}$ 的规律随深度增加的 介质中, 透过波、反射波和折射波的时距曲线方程式 ...	214
第3节	根据井中观测资料, 确定速度随深度的增长规律	225
第4节	根据透过波纵时距曲线确定速度随深度 增长的规律	233
第5节	当上复介质的速度按 $v_H = v_0(1 + \beta_n H)^{\frac{1}{n}}$ 规律随 深度增加的情况下, 反射和折射界面的绘制	236
第五章	在层状介质直线纵剖面上各类弹性纵波时 距曲线的相互位置	259
第1节	面波、声波、直达波、普通反射波和折射波时 距曲线的相互位置	259
第2节	多次反射波和反-折射波时距曲线和它们与 普通反射波、折射波时距曲线的相互位置	265
参考文献		284

第 一 章

在均匀复盖介质的条件下， 反射波时距曲线的性质及其解释

第 1 节 直达波、面波和声波的时距曲线

在地震勘探中直达波就是从爆炸源向各方向传播的、同时也沿地面传播的普通弹性体积纵波。

在地震勘探中面波就是瑞雷弹性波。它与弹性体积纵波不同，仅在地表附近的薄层中传播。

当爆炸的深度不够或爆炸源中水的封闭不良而激发时，放置在地面上的检波器就记录有从爆炸源沿近地面的空气传播的声波。

尽管直达波、面波和声波的物理性质和传播速度不同，但从时距曲线的性质来看是相同的，它们都是沿地面—空气分界面传播的。因此这些波的时距曲线应当有共同特点。同样很清楚，这些波的时距曲线不可能给出关于地面以下反射和折射界面产状要素的资料。

如果地面以上和以下的介质（空气和岩石）是均匀的，而声波或弹性波的速度为 v ，当爆炸点和接收点都在地平面上时，这些波从爆炸点至接收点的行走时间 t 等于两点间之距离 l 除上波沿此方向的传播速度。在爆炸点为原点的直角坐标系 $Oxyt$ 中（图 2），从爆炸点 O 到坐标为 x 和 y 的接收点 P 的直达波、面波和声波的行走时间可用下式表示

$$t = \frac{l}{v} = \frac{1}{v} \sqrt{x^2 + y^2}. \quad (I \cdot 1)$$

如果 P 点的坐标 x 和 y 不以任何限制，那么方程式 (I·1)

就是这些波的面时距曲线方程式。

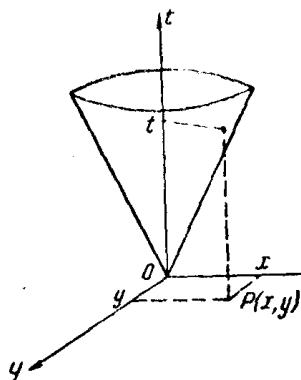


图 2 直达波、面波和声波的面时距曲线

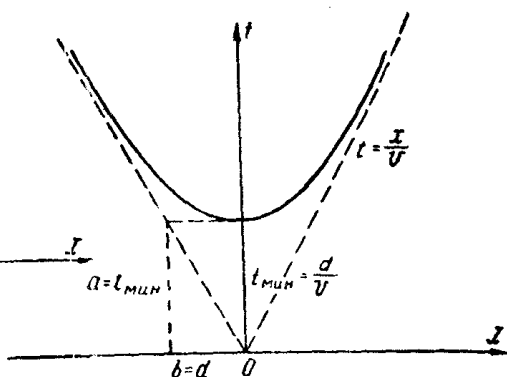


图 3 直达波、面波和声波的非纵线时距曲线

方程式 (I·1) 經平方后可以改写成圓錐面方程式：

$$\frac{x^2}{v^2} + \frac{y^2}{v^2} - t^2 = 0. \quad (\text{I} \cdot 2)$$

方程式 (I·2) 是以座标原点为頂, 以垂直軸 Ot 为轉軸的圓錐面的方程式, 它的母綫对水平軸傾角的正切等于 $\frac{1}{v}$ (图 2)。

这些类型波的面时距曲线的等时面方程式可从公式 (I·2) 中导出, 設 $t = T_1, T_2, T_3$ (某常数)。这时公式 (I·2) 可写为下式：

$$x^2 + y^2 = T_n^2 v^2 = l_n^2, \quad (\text{I} \cdot 3)$$

式中 $l_n = T_n v$ 。

方程式 (I·3) 是以原点为中心的同心圓族的方程式。

如果等时面的参数之差为常数值并且等于 $\Delta t = T_1 = T_2 - T_1 = \dots = T_n - T_{n-1}$, 那么等时面族的半径之差也是常数：

$$\Delta l = l_1 = l_2 - l_1 = \dots = l_n - l_{n-1} = v \Delta t.$$

这些类型波的纵向綫时距曲线在任意通过 Ot 軸的平面上为二直綫, 它們对横座标軸 (l 軸) 的傾角的正切等于 $1/v$ 。这一

点可直接根据公式 (I·2) 求出。如果假设纵剖面的方向是 Ox 轴的方向, 同时在該剖面上的各点的横坐标可能有不同符号, 那么纵时距曲线方程式可写为:

$$t = \pm \frac{x}{v}. \quad (\text{I} \cdot 4)$$

这些类型波的非纵綫时距曲线表现为双曲线。如果非纵剖面的方向与 Ox 轴平行, 而从原点到剖面的最短距离为 d (d 值称为剖面对爆炸点的偏移值), 那么在公式 (I·2) 中设 $y=d$ 即可得到双曲线型方程式

$$\frac{x^2}{v^2} + \frac{d^2}{v^2} - t^2 = 0,$$

或改写为

$$\frac{x^2}{d^2} - \frac{t^2}{\left(\frac{d}{v}\right)^2} = -1. \quad (\text{I} \cdot 5)$$

这个双曲线对称于 Ot 轴在切面上的投影 (图 3)。双曲线的实半轴 $a = \frac{d}{v} = t_{\text{min}}$, 而虚半轴 $b = d$ 。

双曲线的实半轴等于双曲线极小点的纵坐标值, 在地震勘探中用 t_{min} 表示。

从方程式 (I·5) 和图 3 可以得出, 双曲线的渐近线是二直线, 它们的方程式表示如下:

$$t = \pm \frac{x}{v}.$$

这样, 所讨论类型波的非纵綫时距曲线或横时距曲线的渐近线就是这些波的纵向綫时距曲线。

圆弧剖面各点的坐标值之间有如下关系式:

$$l = \sqrt{x^2 + y^2},$$

式中 l 是以原点为中心的圆弧剖面的半径。因此所讨论类型波圆

弧剖面的时距曲线方程式为 $t = \frac{l}{v}$ 。

从最后一个方程式中可以得出，这些波到达圆弧上任一点的时间是一个常数值（如果 v 是不变的），而与圆弧剖面各点座标无关。在展开平面上这些类型波的圆弧时距曲线为纵座标 $t = l/v$ 的直线。

根据所讨论类型波的观测等时面图、纵向线时距曲线、非纵和圆弧时距曲线，可以确定这些波在均匀介质中的传播速度（空气和岩石）。速度值很容易根据前面的公式导出为

$$v = \frac{l_n}{T_n} = \frac{\Delta l}{\Delta t} = \frac{l}{t} = \frac{d}{t_{\text{max}}}$$

第2节 任意形状分界面的反射波面时距曲线

假设地面为水平面，我们可以推导出反射波面时距曲线方程式。反射面的上复介质是均匀和各向同性的，弹性波在其中的传播速度为 v_1 。反射面 R 具有任意形状，而且在空间任意分布。

我们采用空间坐标系 $OXYZ$ ， OX 和 OY 轴分布在地面上，而 OZ 轴垂直向下。这个坐标系的原点设在地面上的爆炸源 O 点上。为了画出反射波面时距曲线再采用第二个空间坐标系 $OXYt$ ，它的原点和 OX ， OY 轴与前面的空间坐标系的相应轴重合，而 Ot 轴垂直向上（图4）。

设在选择的坐标系中，反射面 R 在空间中的位置和形状用

$$z' = f(x', y')$$

表示。在这里 x' 、 y' 和 z' 是反射面上任意点的座标。

取反射面 R 上任意点 S ，其座标为 x' 、 y' 和 z' ，求从原点射出的射线经 S 点反射后到达地面上 P 点的座标 x 和 y 。此外我们还要求出波沿 OSP 路程的行走时间 t 。求得的 x 、 y 和 t 值就给出这个已知界面的反射波面时距曲线上某一点的位置。

对各个 x' 、 y' 、 z' 值求得的座标为 x 、 y 和 t 的所有点的总合，即为这个界面的反射波面时距曲线。

为了用反射面上各点的坐标求面时距曲线各点的坐标，我们写出反射面上 S 点的切面 Q 的方程式。根据微分几何它表现为下式：

$$Z - z' = \frac{\partial z'}{\partial x'} (X - x') + \frac{\partial z'}{\partial y'} (Y - y'),$$

式中 X 、 Y 和 Z 是切面 Q 上各点的坐标。

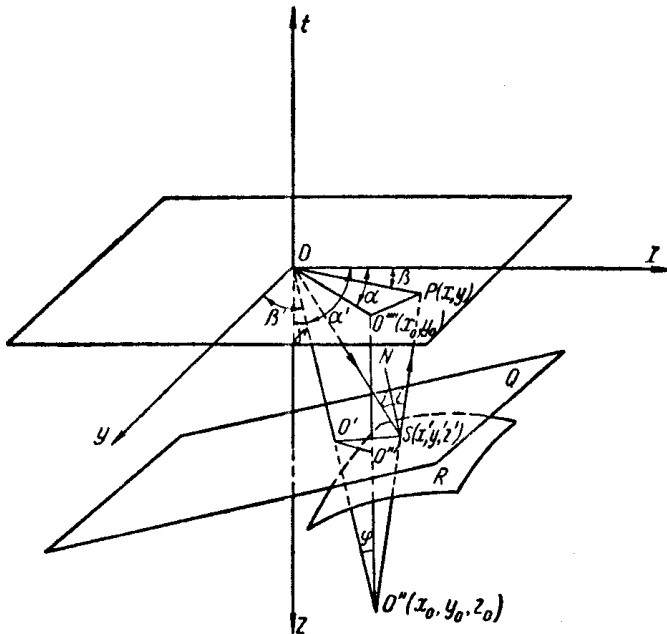


图 4 求证上复均匀介质曲面 R 的反射波面时距曲线方程式之图解

地震射线 OS 和 SP 都位于通过 OO' 线的同一平面上， OO' 线是由原点向切面所作的垂直线。 OS 和 SP 射线与反射点 S 的法线 SN 组成等角 i 。

在 OO' 直线的延长线上，取原点在切面中的镜像点 O'' 。 O'' 点之坐标用 x_0 、 y_0 和 z_0 表示。显然 O'' 点位于射线 OS 和 SP 的传播的平面上，并且是 SP 和 OO' 直线延长线的交点。此外 $O''S$

段等于 OS 段，这可由具有公共边 $O'S$ 和相等边 OO' ， $O'O''$ 的二直角三角形 $OO'S$ 和 $O''O'S$ 相等的条件推导出来。

因此，从爆炸点 O 出发经 S 点反射后到达 P 点的波的真实传播路程，当反射面 R 上的 S 点为任意位置时，可以用与其等长的直线段 $O''P$ 代替。换言之，从实爆炸点出发，经界面反射后达到地面的波的行程长度，等于假定在速度为 v_1 的介质中在 O'' 点激发，并由此点经直线传播至地面同一点波的行程长度。因此爆炸点在切面 Q 中的镜像点称为虚爆炸点。 O'' 点的这种特性可以用来导出反射波面时距曲线。从 O'' 点至 P 点波的行走时间，等于行程长度 $O''P$ 被波的传播速度 v_1 来除。从图4可得

$$t = \frac{O''P}{v_1} = \frac{1}{v_1} \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + z_0^2} \quad (I \cdot 6)$$

方程式(I·6)对反射面上任意点都成立。 x 、 y 、 x_0 、 y_0 和 z_0 值可以用 x' 、 y' 、 z' 表示。为此写出切面 Q 的垂直线 OO'' 的方程式为

$$\frac{X}{\frac{\partial z'}{\partial x'}} = \frac{Y}{\frac{\partial z'}{\partial y'}} = -Z,$$

式中 X 、 Y 和 Z 是直线 OO'' 上各点的座标。

联立解切面 Q 和直线 OO'' 的方程式可以求出它们相交点 O' 的座标。从上面的方程式得

$$X = -pZ,$$

$$Y = -qZ,$$

为了简便起见，在这里 $\frac{\partial z'}{\partial x'}$ 和 $\frac{\partial z'}{\partial y'}$ 分别用 p 和 q 表示。

把所得 X 、 Y 之值代入切面方程式中，得到

$$Z - z' = p(-pZ - x') + q(-qZ - y').$$

对 Z 解上式求得 O' 点的一个座标为

$$Z = \frac{z' - px' - qy'}{1 + p^2 + q^2} = C.$$

O' 点的另外两个座标, 可以将 Z 值代入 X 、 Y 公式中得出

$$X = -p \frac{z' - px' - qy'}{1 + p^2 + q^2} = -pC,$$

$$Y = -q \frac{z' - px' - qy'}{1 + p^2 + q^2} = -qC.$$

O'' 点的座标 x_0 、 y_0 和 z_0 等于 O' 点座标值的两倍。因此 $x_0 = -2pC$, $y_0 = -2qC$, $z_0 = 2C$ 。

經 S 点反射到地面的地震射綫的出射点 P 的座标 x 和 y 之值, 可用直綫 $O''P$ 与 $z=0$ 平面交点的座标来确定。

通过座标为 x_0 、 y_0 、 z_0 的 O'' 点和座标为 x' 、 y' 、 z' 的 S 点的直綫 $O''P$ 的方程可写为:

$$\frac{x-x'}{x_0-x'} = -\frac{y-y'}{y_0-y'} = \frac{z-z'}{z_0-z'},$$

在这里 x 、 y 、 z 是 $O''P$ 直綫上任意点之座标。

設在这个方程式中 $z=0$, 得到 P 点的 x 和 y 之值如下:

$$x = \frac{z_0 x' - x_0 z'}{z_0 - z'},$$

$$y = \frac{z_0 y' - y_0 z'}{z_0 - z'}.$$

在这个方程式中用已知的公式消去 x_0 、 y_0 、 z_0 后, x 和 y 可用下式表示:

$$x = \frac{2C(x' + pz')}{2C - z'} = 2 \frac{z' - px' - qy'}{z' - p(2x' + z') - q(2y' + z')} (x' + pz'),$$

$$y = \frac{2C(y' + qz')}{2C - z'} = 2 \frac{z' - px' - qy'}{z' - p(2x' + z') - q(2y' + z')} (y' + qz').$$

将得到的 x 、 y 和 x_0 、 y_0 、 z_0 之值代入反射波行走时间的公式中, 我們得到

$$\begin{aligned} t &= \frac{2C}{v_1(2C - z')} \sqrt{(2Cp + x')^2 + (2Cq + y')^2 + (2C - z')^2} = \\ &= \frac{2l}{v_1} \cdot \frac{z' - px' - qy'}{z' - p(2x' + z') - q(2y' + z')}, \end{aligned}$$

式中 $l = \sqrt{(x')^2 + (y')^2 + (z')^2}$ ，它是原点至反射点 S 的距离。

从已知 x 、 y 和 t 的表达式，对已知方程式为 $z' = f(x', y')$ 的反射面上具有任意 x' 、 y' 和 z' 值的各点，我们可以确定其反射波面时距曲线各点的座标。

在特殊情况下，当已知反射面的方程式为 $z' = f(x')$ ，而 z' 与 y' 无关时，上面所述方程式可以简化为：

$$\begin{aligned} p &= \frac{\partial z'}{\partial x'}, q = \frac{\partial z'}{\partial y'} = 0, C = \frac{z' - px'}{1 + p^2}, \\ y_0 &= 0, x_0 = \frac{2p(px' - z')}{1 + p^2}, z_0 = \frac{2(z' - px')}{1 + p^2}, \\ x &= \frac{z_0 x' - x_0 z'}{z_0 - z'} = \frac{2C(x' + pz')}{2C - z'}, y = \frac{z_0 y'}{z_0 - z'} = \frac{2Cy'}{2C - z'}, \\ t &= \frac{2C}{v_1(2C - z')} \sqrt{(2Cp + x')^2 + y'^2 + (2C - z')^2} = \\ &= \frac{2l}{v_1} \frac{z' - px'}{z' - p(2x' + z')}. \end{aligned}$$

沿垂直于反射面走向的 Ox 轴方向的剖面，其纵向线时距曲线可以根据上式导出更简单的公式，设其中 $y = y' = 0$ ，即得

$$\begin{aligned} x &= \frac{2C(x' + pz')}{2C - z'}, \\ t &= \frac{2C}{v_1(2C - z')} \sqrt{(2Cp + x')^2 + (2C - z')^2}. \end{aligned}$$

第3节 曲面分界面的反射波纵向线时距曲线

A.T. 爱依拉别疆^[1] 求証过具有不同曲率半径和不同符号的圆柱面的反射波纵向线时距曲线的显函数方程式。

求出的方程式是假设这些圆柱面的母线平行于地面，而剖面与母线走向相垂直。同样，也计算过当爆炸点与曲率中心在同一条垂直线上时，这些圆柱面的纵向线时距曲线。在这里，在通过测线的垂直面上，反射面为向上或向下凸出的圆弧形（图5）。

图5表示为曲界面的反射波综合时距曲线。其座标为 S/H 和

x/H , 在这里 S 是反射波的行程长度, H 是爆炸点下反射界面的埋藏深度, 而 x 是观测点至爆炸点的距离。 h_c/H 是各反射波时距曲线和界面的参数, 在这里 h_c 是反射界面曲率中心的纵坐标。 $R = \pm(H - h_c)$ 是爆炸点下深度为 H 的界面的曲率半径。当参数 h_c/H

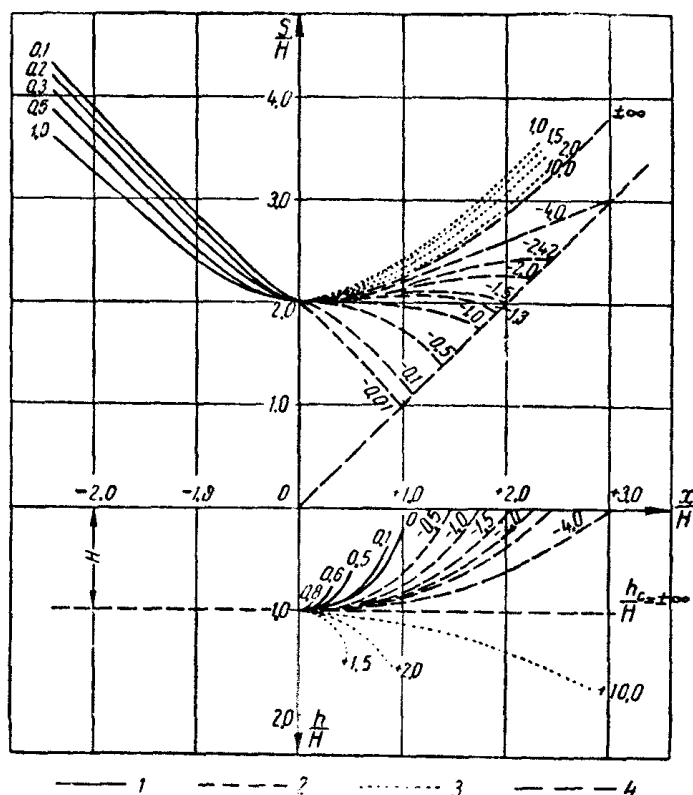


图 5 不同曲率半径的圆柱面的反射波综合时距曲线
(根据 A. T. 爱依拉别疆)

1—参数变化在 0 至 1, $R < H$ 的凹界面; 2—参数变化在 $-\infty$ 至 0, $R > H$ 的凹界面; 3—参数变化在 1.0 至 $+\infty$, $R < H$ 的凸界面; 4— $R > H$ 的凸界面的反射波追踪界限

为正值时, 界面的曲率中心在地面以下 (x/H 轴), 当它为负值时, 曲率中心在地面以上。中心点的坐标从坐标系的原点 x/H 、 h/H 算起。曲率中心点的横坐标为零, 就是说, 在所有讨论的情