

地球物理勘探专辑

第 1 輯

地震勘探

地质出版社

地球物理勘探專輯

第 1 輯

地 震 勘 探

地質出版社

1956 • 北 京

本專輯所收集的十五篇文章主要着重於論述地震勘探数据的解釋和推断。

在“各向異性介質中地震勘探数据的解釋”一文中討論了地震波傳播速度的各向異性的原因及它与地質結構的关系，以及如何設法靈活地求解各向異性介質的地震勘探的正演問題和各向異性的系数。第三、四、五篇文章重点地闡述了曲綫分界面在地震勘探中的影响及其时距曲綫的特性和解釋。另外还介紹了界面速度的測定和作圖、差異时距曲綫法的应用、平均速度的測定等。其次还有解釋折射波时距曲綫的若干問題的討論和敘述了在記錄反射时各型混波器的畸变影响。

本專輯可供从事地球物理勘探工作的技術人員及各地質院校的師生参考。

地球物理勘探專輯

第 1 輯

地 震 勘 探

150,000 字

出版者 地 質 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街3号

北京市書刊出版登記證出字第零伍零号

發行者 新 華 書 店

印刷者 北 京 市 印 刷 一 厂

北京西便門內南大道乙1号

編輯：顧燕庭 技術編輯：石 志 校對：白叔鈞

印數(京)1—5,800册 一九五六年八月北京第一版

定價(10)1.00元 一九五六年八月第一次印刷

開本31''×43'' $\frac{1}{32}$ 印張6 $\frac{1}{2}$ 插頁1

前 言

为了滿足讀者們在各种專業方面學習和參考的要求，我們分別編輯下列几种不定期出版的專輯：（1）地質專輯；（2）礦產專輯；（3）地球化学專輯；（4）地球物理勘探專輯；（5）水文地質專輯；（6）工程地質專輯；（7）鑽探專輯。

“地質知識”和“地質譯叢”兩種刊物自出版以來，都曾受到廣大讀者的歡迎，在傳播地質新知、交流先進經驗上無疑是起了很大的作用。但這兩種刊物都是綜合性的，便於讀者廣泛地多方面地吸收知識，而對於讀者在專業上的參考和鑽研則感不便。我們有見於此，參照了許多讀者的意見，按專業分別出版以上几种專輯。內容一方面有蘇聯和其他國家的論文，一方面也有本國的專門性著作。取材除了各种尚未發表的譯文和寫作以外，也選載一些過去在“地質譯叢”或“地質知識”上曾經刊登而比較有價值的材料。每輯除屬於一定的專業外，並儘可能圍繞一定的中心，說明一定的問題。這一類專輯的出版，相信定能給讀者們以很大的便利。

本專輯的主要對象是技術員以上的地質工作人員以及高等學校有關專業的師生。

最後希望讀者不斷提出改進意見，並源源供稿和推薦選題，以使本專輯更臻完善。

目 錄

苏联共产党第二十次代表大会和地球物理科学·····	(5)
各向異性介質中地震勘探数据的解釋····· И. И. 顧尔維奇	(9)
不变曲率的圓柱界面上反射波的时距曲綫····· Т. М. 阿依拉別疆	(29)
論根据反射波时距曲綫測定速度时分界面曲率的影响	
····· Н. Н. 波再列夫	(41)
曲綫分界面的反射波时距曲綫及其解釋	
····· В. Д. 扎維亞洛夫, Ю. В. 齐莫申	(52)
論折射波法中非縱測綫的应用····· И. И. 顧尔維奇	(68)
当存在垂直分界面时解釋橫折射波时距曲綫的若干問題	
····· А. М. 叶比娜齐耶娃	(80)
記錄反射时各型混波器的畸变影响····· И. И. 顧尔維奇	(92)
論根据地震数据測定界面速度和層速度的精确度	
····· А. М. 叶比娜齐耶娃	(107)
地震波界面速度圖的制作····· А. М. 叶比娜齐耶娃	(116)
計算有效速度的差異时距曲綫法····· О. К. 格洛托夫	(125)
折射波对比法中应用差異时距曲綫增添的可能性····· О. К. 格洛托夫	(133)
在不平地形和沒有低速帶觀測时的初至相遇时距曲綫的解釋方	
法····· М. Г. 什米特	(137)
在俄罗斯陸台碳酸沉積中同时应用反射波和折射波时距曲綫时	
平均速度的測定····· А. А. 尼古拉耶夫斯基	(157)
按反射波时距曲綫的三点計算平均速度····· В. Н. 罗德涅夫	(163)
在平均速度为未知的情况下用交点法構制反射面····· В. А. 伏依洛夫	(165)

苏联共产党第二十次代表大会和

地球物理科学

在苏联共产党的领导下，我国正进行着共产主义社会的建设。苏共在各次代表大会上经常对共产主义建设的过去阶段作出总结并且指出向前发展的远景。党的每一次代表大会都是具有伟大国内和国际意义的事件。因此全苏联人民始终以极大的注意力迎接着历次的苏共代表大会，讨论加速共产主义建设的可能性，揭露工作中的缺点，总结各生产部门及思想工作领域中的先进经验。

苏共第二十次代表大会是苏联共产党和全体苏联人民的建成共产主义的斗争史中最伟大的事件。

党的第十九次代表大会以后的三年多的时期，是我国在工业和科学技术发展方面取得巨大成绩的时期。在伏尔加河上——古比雪夫和斯大林格勒，在西伯利亚的河流上规模宏大的水电站的修建，世界上第一座原子能发电站的落成，大量新的机器及仪器的出产，到1955年5月1日第五个五年计划工业总产量的生产任务的提前完成——这一切都是苏联人民在为加强苏维埃国家的经济实力，为进一步把我国推向共产主义的斗争中所取得的辉煌胜利。

取得这些成就，在很大程度上是和社会主义建设中进一步运用科学这一点分不开的；其中应该提到的是在勘探矿产、预报天气及无线电通讯条件、防止建筑工程遭受自然灾害以及其他实际工作的领域内运用地球物理学的某些成就。

党的第十九次代表大会提出要改善科学研究所的工作和高等学校的科学工作，更全面地利用科学力量来解决发展国民经济中的最主要的问题、总结先进经验，保证科学发明得到广泛的实际应用。同时还提出了对学者们在研究一切知识领域内的理论问题上给以各方面的支持和帮助，并且加强科学和生产的联系。过去一段时期内，虽然在执行党的这些方针方面做了不少工作，但是，正如1955年苏共中央七

月全体會議上尼·亞·布尔加寧的报告和一些發言中所作的關於我國工業及科学技术發展的分析所指出的那樣，我們在把最重要的科学和技术的成就运用到生產中去这一方面，还存在着許許多多的缺点。

全体會議的決議說到，苏联科学院的各科学研究机关和各部門的科学研究所由於孤立地進行工作，因此它們的研究題目往往重复。高等学校为数众多的科学干部很少被引向發展新技术方面的各种問題的研究工作上去。

苏共中央七月全体會議認定活躍科学研究所、高等学校、設計局以及工厂实验室的工作的必要性，首先要把这些機構的注意力集中於解决在实现技术革新方面具有头等重要意义的任务。

地球物理科学在很多方面能够保証有效地解决党和政府在不久以前所作出的決議中提出的任务。地球物理研究的这样一些領域，如發展礦產的勘探方法，制定有科学根据的預报天气的方法，研究防止人类、工業建筑、住宅遭受自然災害的各种問題，如地震、火山噴發、暴風、海上風暴等都屬於这种自然災害，在这些方面的研究工作都具有重大的國民經濟的意义。大規模發展水电站和建筑巨大的工業工程迫切要求擴大工程地球物理学方面的研究工作，制定抗震建筑的方法以及使工業工程在各种自然力的作用之下保持坚固狀態的措施。

为了有計劃地發展地球物理的研究，要求这一科学領域內的各个科学研究機構的活动必須相互配合。現在在不少工業部中（地質保礦部，石油工業部，煤炭工業部，黑色冶金工業部，建筑工程部等）設有地球物理研究中心，如部的科学研究所、實驗室以及許多各加盟共和国的科学院。为了充分地利用苏联地球物理科学日益增長着的力量，必須加强科学工作的合作，特別是科学院的各研究所和各部門的研究機構之間的联系方面。應該指出，並未竭盡全力來更合理地运用本門科学的力量。有时有这样情况（特别是在研究地球物理勘探方法方面）科学院的研究所的工作在內容上与各部門機構的方法的研究没有什么区别。

正确估計國外地球物理研究的成就，特別在应用地球物理学去解决勘探和工程技术任务方面对進一步發展苏联地球物理学具有巨大的

意义。应用地球物理学在外國有着許多重要的成就，然而遺憾的是，在我們的雜誌上很少刊載這些國家內進行的新的研究、方法和儀器。正如蘇共中央七月全體會議所指出的，社會生產的利益要求研究和利用蘇聯和外國科學和技術的發明。

近年來在一系列的理論地球物理學的問題上，在我國進行的地球物理研究工作，比起外國地球物理學的成就來說有某些落后。这里首先要提到的是關於發展地球內部構造理論的問題，這方面牽涉到在超高压下物質的狀態問題、地磁場的起源問題、地球內層導電率的分配問題、地熱現象的問題、游離層中物理過程問題等。必須大大發展和改進解釋地震觀測結果的方法，這些觀測對研究地球內部構造大有幫助。

在介於地球物理學和地質學之間的範圍中提出的問題是很重要的。這種地質學的基本問題，如構造運動的原因、地殼構造變形的機械作用、火山現象的原因及機械作用等，只有利用地質學、地球物理學和物理學的綜合方法才能解決。在研究地震分區問題時，綜合應用地質學及地球物理學方法特別重要。但是我們的地質學家、地球物理學家及物理學家們在這方面的合作還是做得不夠的，比如說，比起美國來做得還少些。在這裡我們遇到了我們的科學落后於外國的危險。

在地球物理學的各個領域里，正確布置各種地球物理過程的模型（如形變及彈性波的傳播，因地球物理條件不同而不同的地球物理場的分布等）可能會有巨大的意義。可是這種研究地球物理現象的先進方法在我們的研究工作中卻很少推廣。

有關大區域內地球物理數據的綜合問題，也需要先行擬定進行這種綜合工作的理論前提。對磁場及重力場用新的地球物理方法進行綜合的結果，對地殼上部用新的地震法及電法研究的結果，將對闡明構造規律性上及礦產分布上具有重要的意義。

在發展地球物理學這一領域內的科學研究工作時，還應該考慮到，從前認為是彼此不相干的各種地球物理過程，現在看來是以一定方式彼此聯系着的。例如，地磁場的變化和離子層中的現象有聯系，而後者在一定程度上反映太陽上發生的物理過程；氣象現象和海洋上

的物理过程间的联系也是大家都知道的。因此，除了在許多研究所按各自的方向（大地物理研究所、海洋物理研究所、大气物理研究所）在地球物理领域内进行分别的研究外，还必须提出综合的研究，以阐明在地球各层圈内发生的各组的地球物理现象之间的联系。

1957年7月1日开始的国际地球物理年，将提供用各种方法进行大地物理学综合研究的巨大可能性。

大家知道，在国际地球物理年的研究计划里列入了大量的气象学、地磁学、极光、离子层、宇宙线、地震、重力、海洋、水文以及冰川学等各方面的观测；这些观测将在数百个观测站内，在四十多个国家里按统一的计划进行。差不多所有的苏联地球物理机构都要参加国际地球物理年的活动，实现观测计划。各研究所和观测站网的基本任务就是要光荣地完成国际地球物理年的专题计划；应该注意，苏联地球物理机构比起其他各国的地球物理研究机构要完成巨大得多的计划，这个计划包括了最广大的疆土，在这样辽阔的疆土内完成这个计划，可以在多方面帮助解决国际地球物理年计划中所提出的问题，并且不会辜负寄予苏联学者的希望。

苏联地球物理学者们和苏联的地球物理机构清楚地认识到，摆在他们面前的未解决的任务是多么巨大；他们将在对缺点展开深刻的批评和自我批评的基础上，努力发展我国的科学，进一步提高地球物理研究工作的水平，以满足理论和实践所提出的迅速增长的要求，并从认识地球的物理生命的领域中获得新的科学论据。

本文译自 Известия АН СССР сер. геофиз. №2, 1956.

張昌达译，顧燕庭校

各向異性介質中地震勘探数据的解釋

И. И. 顧尔維奇

本文討論地球物理勘探中地震波傳播速度的各向異性的原因問題，並且指出各向異性与地質結構的連系。用空間變換的方法導出可能將各向異性介質的地震勘探正演問題的解答歸結為這個問題對各向同性介質的解答的定理。利用這個定理求得，並且分析平面分界面情況下反射波和折射波的時距曲線，並且提出可以求解地震勘探反演問題的量版。指出在各向異性介質情況中解釋的各種方法，以及測定各向異性系数的方法。

在解釋地震勘探的觀測結果時，常常假設地震射綫是在均勻的各向同性介質中傳播。但是，真實的地震地質條件可能會與那個作為解釋基礎的理想的假設有巨大的偏差。因此，最近已經提出其他可以應用於速度在垂直方向或水平方向連續變化的解釋方法[1,2,3]。然而，這些情況遠沒有囊括全部在實際工作中所達到的可能條件。這樣，首先屬於這種條件的是速度各向異性的現象。

在1937年C.皮爾遜[4]順便指出：地震波傳播速度的各向異性乃是在不同彈性性質岩石的時常互相更替的薄的夾層情況中實驗確定的事實，並且作出在美國實踐中用以消除各向異性影響的量版。在消除各向異性影響的方法上迄今還沒有獲得任何比較詳盡的說明。

我們在本文中提出的任務是研究各向異性對在地震勘探中所得結果精確度的影響問題，以及計算這些影響的方法問題。

1. 各向異性的現象

當厚的地層中具有不同岩石的夾層，而且個別夾層的厚度與地層

总厚度比較起來是不很大的情况中，就遇到各向異性的現象。此时，在垂直和平行於層理方向的速度是彼此不同的。

实际上，我們討論由許多薄的、但是每个夾層都大於地震波長一半的夾層所組成的多層構造(圖 1)。如果在这些薄層中的速度不同，

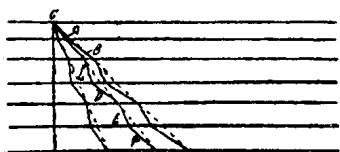


圖 1

則於兩個相鄰薄層的界面上，發生折射，並且，地震射綫沿折綫 $OABCDEF$ 行進。如果將振動檢波器放在構造的下边界面上，並且計算波沿 $OABCDEF$ 路程的旅行時，然後求波旅行的平均速度；認為波的路程是直綫的，我們就可以看出來，這個速度隨射綫出射角的增加而增加。正如從圖中所看出來的一樣，這種情況的發生是由於波在高速地層中穿過的路程的“比重”較波在低速地層中波程的“比重”增加。可以作相應的解析計算；我們因為這種計算的繁雜而將它省略。

這樣，在具有不同速度的夾層的互相更替情況中，振動傳播速度隨射綫出射角的增加而增大，因而與波的傳播方向有關。在這種情況中，我們就與速度的似各向異性有關。

如果介質是由比較薄的夾層組成(級次為波長之半)，則應該將這些夾層的總和作為一個整體來研究，並且計算所有塊狀岩的楊氏模數和泊松系數。看來這種層狀介質的參數與方向有關，這樣就可以確定：在這種情況下，振動的傳播速度將與傳播的方向有關，它和前一種情況一樣，隨射綫出射角的增加而加大。在這種情況下，我們與速度的純各向異性有關。

我們來求速度與振動傳播方向有關規律的數學公式。在普通各向同性介質中，速度的向徑時距曲綫為圓。在各向異性介質中，時距曲綫的形狀決定於速度在個別地層中的分配和地層的厚度。但是，可以表明：向徑時距曲綫為對稱於層理方向和垂直於層理方向的方向的閉合曲綫。此時，速度作單調地變化——從層理方向的最大值變到垂直方向的最小值。因此，由於與方向有關的速度變化的真正規律還不知道，可以將速度的向徑時距曲綫假定為橢圓以作為一級近似。

設 a_x ——沿層理的速度, a_y ——在垂直於層理方向的速度(a_x 和 a_y 的方向称为各向異性軸)。如果用 α 表示地震射綫方向和 a_y 軸中間的夾角(圖 2), 並且用 ξ, η 表示速度向量 $\vec{a}_\alpha$ 端点的坐标, 則我們求得关系式

$$\frac{\xi^2}{a_x^2} + \frac{\eta^2}{a_y^2} = 1,$$

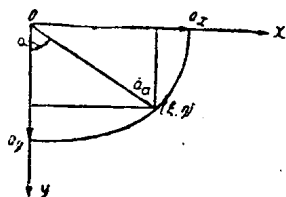


圖 2

而且

$$\xi = a_\alpha \sin \alpha, \quad \eta = a_\alpha \cos \alpha,$$

由此

$$a_\alpha^2 = \frac{a_x^2 a_y^2}{a_y^2 \sin^2 \alpha + a_x^2 \cos^2 \alpha}. \quad (1)$$

我們求得表示速度 a_α 与角度 α 的关系式。我們引入各向異性系数 k 的概念, 它決定於

$$k = \frac{a_x}{a_y}. \quad (2)$$

於是, 我們从前一式內求得

$$a_\alpha = \frac{a_x}{\sqrt{\sin^2 \alpha + k^2 \cos^2 \alpha}}. \quad (3)$$

各向異性系数 k 为表示介質各向異性程度的量。当 $k=1$ 时, 介質为各向同性的。正如皮尔遜 [4] 所指出來的, 在实际情况中 k 值在 1 和 1.4 中間变化。此外, 还指出: 在某些情况中各向異性系数随深度而变化, 一般地說, 随深度的增加而减小。

2. 各向異性介質与各向同性介質間的連系

在前一節中, 我們确定速度值与射綫傾角的关系为方程式 (3)。現在我們証明, 於各向異性存在的情况中, 地震勘探数据解釋的問題可以归結为這個問題對於各向同性介質的解答。

如果振动在某一点 O 激發, 則振动以由公式 (3) 确定的速度向各

个方向傳播，並且方程式

$$\frac{\xi^2}{a_x^2} + \frac{\eta^2}{a_y^2} = \text{const} \quad (4)$$

为这些振动的波面。

此时，空間的不同方向是不均等的，而且空間系統也好像受到畸变：为了經過綫段長度相等的路程，射綫根据綫段的方向而花費不同的時間。可以將空間变换成这样：使不同振动的不均等性消失，並且，振动的空間速度沿其方向可以認為是常数。此时，射綫从某一点 M 到另一点 N 所需要的时间，在这种空間內將和在未經变换的空間內一样。

我們按下列公式对这个各向異性空間 w 加以仿射变换：

$$\left. \begin{aligned} x' &= x, \\ y' &= ky, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

此处 x, y ——空間 w 內平行於各向異性軸的坐标； x', y' ——变换空間 v 的坐标。

假設空間 v 是各向同性的，而且其中地震波的速度等於 a_x ，我們証明：在空間 w 中兩点 $M(x_1, y_1)$ 和 $N(x_2, y_2)$ 中間的旅行时和空間 v 內這兩点的像 $M'(x'_1, y'_1)$ 和 $N'(x'_2, y'_2)$ 的旅行时是相等的。我們确定在介質 w 內的旅行时 τ_w 。我們有

$$\tau_w = \frac{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}{a_\beta},$$

此处 a_β ——振动从 M 点到 N 点的傳播速度。欲求速度 a_β 的值，我們确定 β 角，顯然

$$\text{tg } \beta = \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1},$$

由此，利用公式(3)，我們得

$$a_\beta = \frac{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + k^2(y_2 - y_1)^2}} a_x.$$

对時間 τ_w ，我們得表达式

$$\tau_w = \frac{1}{a_x} \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + k^2(y_2 - y_1)^2} . \quad (6)$$

現在我們計算在介質 v 中 M' 和 N' 兩點間射綫的旅行時 τ_v 。利用方程式(5)和(6)，我們立刻求得

$$\begin{aligned} \tau_v &= \frac{1}{a_x} \sqrt{(x'_2 - x'_1)^2 + (y'_2 - y'_1)^2} \\ &= \frac{1}{a_x} \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + k^2(y_2 - y_1)^2} = \tau_w. \end{aligned} \quad (7)$$

我們証明了在介質 w 和 v 的相應點之間的旅行時是相同的。這個結論很重要，並且可以構成下列基本定理：

在各向異性介質中，具有速度分配由公式(3)所確定的任一種波的時距曲綫方程式，等於利用變換(5)，從第一種介質中得到的各向同性介質 v 內的時距曲綫方程式。

這個定理是直接從關係式(7)中得到的。實際上，如果有振源為 O ，並且有某個具有臨時坐標 x, y 的可變點 B ，按公式(5)變換空間，我們就求得具有恒速 a_x 的各向同性介質。在這個各向同性介質中對可變點 $B'(x', y')$ 計算時距曲綫為 $t = f(x', y')$ ，利用方程式(5)和(7)，我們求得

$$t = f(x, ky) = F(x, y)$$

——各向異性介質的時距曲綫方程式。因此，所表述的定理可以用計算各向同性介質所應用的普通工具解答各向異性情況中的解釋問題。我們利用這個定理，對折射波法和反射波法勘探的基本情況推導時距曲綫方程式。

3. 反射波時距曲綫

我們對各向異性介質的特殊情況：當有平的地面 P 和平的反射面 Q ；它們之間的夾角設等於 ψ ， Q 面在 O 點下的法綫深度等於 H 時，求反射波的時距曲綫方程式。各向異性軸是這樣的： a_x 軸與地面 P 成 λ 角（圖3）。各向異性係數等於 k 。

我們使震源 O 在坐标原点，縱軸平行地指着大的各向異性軸，橫軸平行地指着小的各向異性軸。於是地面 P 的方程式將為

$$Y = sX, \quad (8)$$

此處 $s = \operatorname{tg} \lambda$ ，而反射面 Q 的方程式為

$$\bar{y} = -r\bar{x} - h, \quad (8')$$

此處 $r = \operatorname{tg}(\psi + \lambda)$ ， h ——面 Q 在橫軸上所截的綫段。

試求從 Q 反射到 P 面的波的時距曲綫。我們根據公式(5)變換空間。於是方程式(8)和(8')變為下列形式

$$\left. \begin{aligned} Y' &= ksX', \\ \bar{y}' &= kr\bar{x}' - kh \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

我們現在應該求出具有反射面 Q' 和地面 P 的各向同性介質 v 內的反射波時距曲綫方程式，這個方程式由公式(9)繪出。在圖4上表

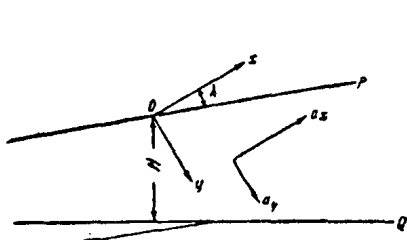


圖 3

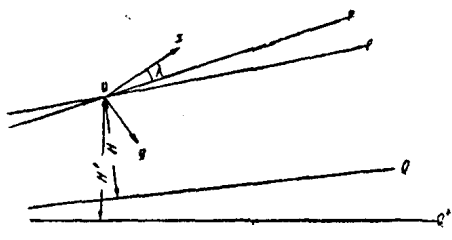


圖 4

示平面 P 、 Q 、 P' 和 Q' 的位置。用 Δ' 表示介質 v 內從震源 O 到振動接收點 D' 的距離，用 H' 表示 Q' 面上 O 點下的法綫深度，並且用 φ 表示面 Q' 和 P' 之間的夾角，我們就求得介質 v 中反射波時距曲綫方程式

$$\alpha_v^2 T^2 = 4H'^2 + \Delta'^2 - 4H'\Delta' \sin \varphi, \quad (10)$$

式中 T ——旅行時。

現在應該用真深度 H 、距離 $OD = \Delta$ 和傾角 ψ 代替得自式子中的值 H' 、 Δ' 和 φ 。為了簡便，我們利用圖5的結論便有

$$\Delta = \sqrt{X^2 + Y^2}, \quad \Delta' = \sqrt{X^2 + k^2 Y^2},$$

由此

$$\Delta' = \Delta \frac{\sqrt{X^2 + k^2 Y^2}}{\sqrt{X^2 + Y^2}} = \Delta \frac{\sqrt{1 + k^2 \operatorname{tg}^2 \lambda}}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \lambda}} \left(\text{因为 } \frac{Y}{X} = \operatorname{tg} \lambda \right),$$

或最后地

$$\Delta' = \Delta \sqrt{\cos^2 \lambda + k^2 \sin^2 \lambda}. \quad (11)$$

其次我們有

$$H' = \overline{OC'} \cos(\varphi + \lambda + \Delta\lambda), \text{ 此处 } \Delta\lambda = \angle DOD',$$

但是, 因为 $\overline{OC'} = k\overline{OC}$, 並且 $H = \overline{OC} \cos(\psi + \lambda)$, 則

$$H' = \frac{kH \cos(\varphi + \lambda + \Delta\lambda)}{\cos(\psi + \lambda)}. \quad (12)$$

我們企圖用 λ 表示 $\Delta\lambda$ 之值。我們有

$$\Delta\lambda = \angle D'Ox - \lambda, \quad \operatorname{tg}(\angle D'Ox) = \frac{kY}{X},$$

由此

$$\Delta\lambda = \operatorname{arctg} \frac{kY}{X} - \operatorname{arctg} \frac{Y}{X},$$

其次

$$\operatorname{tg} \Delta\lambda = \frac{(k-1)\operatorname{tg} \lambda}{1 + k\operatorname{tg}^2 \lambda}, \quad (13)$$

最后, 从圖 4 中得出:

$$r = \operatorname{tg}(\psi + \lambda), \quad kr = \operatorname{tg}(\varphi + \lambda + \Delta\lambda),$$

由此

$$\operatorname{tg}(\varphi + \lambda + \Delta\lambda) = k \operatorname{tg}(\psi + \lambda). \quad (13')$$

从方程式(13)將 $\operatorname{tg} \Delta\lambda$ 值代入(13'), 我們求得 ψ , φ 和 λ 間有下列关系式:

$$\frac{\operatorname{tg} \varphi + k \operatorname{tg} \lambda}{1 - k \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \lambda} = \frac{\operatorname{tg} \psi + \operatorname{tg} \lambda}{1 - \operatorname{tg} \psi \operatorname{tg} \lambda} \cdot k. \quad (14)$$

从(11)和(12)將值 H' 和 Δ' 代入方程式(10), 我們求得时距曲綫方程式如形式

$$c^2 \alpha_x^2 T^2 = 4(\mu H)^2 + \Delta^2 - 4(\mu H) \cdot \Delta \cdot \sin \varphi. \quad (15)$$

这里

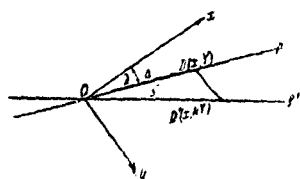


圖 5

$$\left. \begin{aligned} \nu &= \frac{1}{\sqrt{\cos^2 \lambda + k^2 \sin^2 \lambda}}, \\ \mu &= \frac{k \cos(\varphi + \lambda + \Delta \lambda)}{\cos(\psi + \lambda)}. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

方程式(15)、(13)和(14)一起确定由 λ 角所决定的各向异性轴任意位置情况中反射波的时距曲线方程式。不难看出关系式(15)为等边双曲线方程式。

我們討論某些可以由方程式(15)求得的特殊情况。

1. 對於各向异性轴平行於地面的情况 (圖 6), 我們有

$$\lambda = 0.$$

我們从方程式(14)求得

$$\operatorname{tg} \varphi = k \operatorname{tg} \psi, \quad (17)$$

其次

$$\mu = k \frac{\cos \varphi}{\cos \psi} = \frac{k}{\sqrt{\cos^2 \psi + k^2 \sin^2 \psi}} \equiv m, \quad \nu = 1.$$

时距曲线方程式具有下列形式

$$\alpha_x^2 T^2 = 4(mH)^2 + \Delta^2 - 4(mH) \cdot \Delta \cdot \sin \varphi. \quad (18)$$

关系式(18)一起和(17)确定着这种情况中的时距曲线方程式。

2. 如果各向异性轴平行於反射面 (圖 7), 則

$$\lambda = -\psi.$$

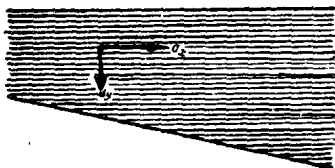


圖 6

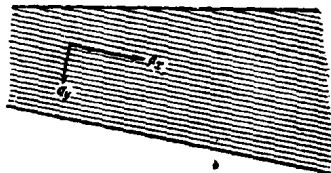


圖 7

我們从方程式(14)求得

$$\operatorname{tg} \varphi = k \operatorname{tg} \psi; \quad (17')$$

進一步我們有