

對比折射法

甘布爾采夫等著

地質出版社

國家圖書館

對比折射法

曾志華 著

香港中文大學

對比折射法

甘布爾采夫等 著

地質出版社

1955•北京

原書“Корреляционный метод преломленных волн”是蘇聯科學院地球物理研究所甘布爾采夫(Г. А. Гамбургер)、李茲尼欽柯(Ю. В. Ризниченко)、貝爾松(Н. С. Берзон)、耶皮納且娃(А. М. Епипатьева)、巴謝奇尼克(Н. П. Пасечник)、柯斯明斯卡婭(И. П. Косминская)、卡魯斯(Е. В. Карус)等著。係蘇聯科學院出版局1952年於莫斯科出版。書裡介紹的是地震勘探法的基本方法之一——對比折射法，該書敘述了對比折射法的物理基礎、儀器的特點、野外觀測方法和資料解釋方法、折射波的對比、各種時距曲線的解釋、折射波勘探的能力、折射波與其他方法的比較及其與地震反射法聯合使用的方法。

本書由燃料工業部石油管理總局徐海明同志譯出。可供地震勘探工程師參考，也可作為大學地球物理專業學生的教材。

書號0123 對 比 折 射 法 220千字

著 者	甘 布 爾 采 夫 等
譯 者	俞 壽 朋
出版者	地 質 出 版 社
	北京安定門外六鋪炕

北京中書刊出版業營業許可證出字第055號

發行者	新 華 書 店
印刷者	中國人民救濟總會北京市分會印刷廠
	北京廣安門內教子胡同甲三十二號

印數(京)	1—4000冊	一九五五年二月北京第一版
定價	21,500元	一九五五年二月第一次印刷
開本	31"×43" 1/25	9 3/4印張

目 錄

引 言

第一章 對比折射法的物理基礎

- §1. 折射波的波型 12
 率領波及其形成的機械作用。轉換折射波。非平面分界面的折射波。
 成層介質中的折射波型。相當於“被隔離”界面的折射波。
- §2. 折射波的強度 18
 折射波與反射波強度的比較。折射波強度隨距離的減弱。薄層情況。
 折射波非常強烈的衰減效應。與波速有關的折射波的強度。優勢折射波。
 折射波強度與折射面形狀特點間的關係。
- §3. 折射波的波形 22
 折射波的頻率。折射波波形隨距離的變化。初至時的地面位移的方向。
 互換點上的振動形狀。
- §4. 干涉現象 25
 表面波和聲波的干擾。折射波的互相干涉。

第二章 對比折射法的儀器

- §1. 對地震接收儀器的要求 28
- §2. 現代 $\Theta XO-1$ 型及 $CC-24-48$ 型地震站在用於對比折射
 法工作時必要的改裝 29
 A. 在 $\Theta XO-1$ 型地震站中的改裝：低頻特性的引用。放大器通頻帶向
 低頻方向的擴展。放大器放大因數的增高。B. 在 $CC-24-48$ 型地震站中
 的改裝：附加低頻特性的引入。放大器放大因數的增高。迅速控制地震站
 各部分工作的裝置。B. 為簡化野外觀察進行及改進野外獲得資料品質而
 對 $\Theta XO-1$ 及 $CC-24-48$ 型地震站的改裝。
- §3. 地震接收道標準靈敏度的引用 37
- §4. 無線電通訊及由無線電記爆炸瞬間 39
 無線電通訊。記爆炸瞬間。用電衝記錄記爆炸瞬間。用地震記錄上正

弦振動的突然停止或突然開始的記錄記爆炸瞬間。關於重複爆炸時爆炸瞬間的不符。

第三章 野外觀察方法

- §1. 測量方式..... 45
 路線測量。面積測量。
- §2. 基本的觀察系統..... 46
 縱剖面。非縱剖面。縱剖面與非縱剖面的聯合。
- §3. 縱剖面上的觀察系統..... 47
 完整的對比觀察系統。不完整的對比觀察系統。對比的觀察圖案的組成。一個分界面的完整的對比觀察系統的例子。追蹤一個分界面時的不完整的對比觀察系統。追蹤幾個分界面時的對比觀察系統。縱剖面的長度。檢波器間的距離。縱剖面的分佈。
- §4. 非縱剖面..... 56
 非縱剖面的分佈。非縱剖面的長度。檢波器間的距離。
- §5. 各種地震測量方式時的觀察系統..... 59
 路線測量。面積測量：1.用縱剖面網時的面積測量。2.用縱剖面和非縱剖面時的面積測量。3.用一個爆炸點的剖面系統時的面積測量。低速帶的探查。
- §6. 振動的激發條件..... 63
 井中爆炸。水中爆炸。坑中及地面上爆炸。空中爆炸。炸藥量。敲擊。
- §7. 檢波器的安置條件..... 69
 檢波器的安置方法。
- §8. 對比折射法工作時的濾波選擇..... 73
- §9. 對比折射法野外工作的技術特點..... 74

第四章 折射波的對比

- §1. 折射波的識別和對比的基本標準..... 76
 單折射波識別的標準。波的相位對比。折射波記錄的重複性。折射波連續追蹤間隔的長度。波的對比連結。折射波的置換。辨別波置換的標準。儀器靈敏度調節的各種形態下波置換的發現。單波為干涉波置換的發現。在幾個波同時記錄的區域不存在時單波為另一單波置換的發現。

- §2. 有干涉帶時波的對比 84
干涉帶根據干涉的波的強度比率分類。干涉的波有相等的振幅。干涉波之一是優勢波。干涉帶之前和其後所追蹤波的辨認。
- §3. 各種測量時波對比的特點 93
縱剖面或橫剖面測量時波的對比。面積測量時波的對比。
- §4. 初至波的對比 97
記作初至的波對比的優越性。衰減強烈時初至波的對比。衰減強烈時初至波視速度關係的各種情況。
- §5. 折射波記錄上起點的發現 102
有同一分界面的反射波和折射波時起點的發現。沒有同一分界面的反射波時起點的辨認。
- §6. 介質近於水平成層時波的對比 105
介質為水平成層時地震記錄的特性。介質為水平成層時折射波的干涉帶。單波的干涉和置換帶對爆炸點的位置。在縱剖面上觀察時折射波對比的特點。在橫剖面上觀察時折射波對比的特點。
- §7. 介質近於直立成層時波的對比 108
介質為直立成層時地震記錄的特點。在縱剖面上觀察時波對比的特點。在橫剖面上觀察時波對比的特點。
- §8. 在傾斜分界面與地層間不整合時波對比的特點 112
地震記錄的特性。波的置換及干涉帶的分佈。波的識別。對比各種觀察系統上所得地震記錄時角度不整合的發現。
- §9. 地層尖滅時波的對比 113
爆炸點位於尖滅地層上時記錄的特點。爆炸點位於地層消失處時記錄的特點。 $P_{121'}$, $P_{121'}$, 31 , $P_{1312'1}$ 型繞射波在記錄上發現的可能性。
- §10. 斷層情況下波的對比 116
爆炸點位於上投側時記錄的特點。爆炸點位於下投側時記錄的特點。由各種觀察系統上所得的記錄來發現斷層。
- §11. 折射波對比的技術 122

第五章 折射波縱時距曲線的解釋

- §1. 總論 124
原始數據。基本假定。基本解釋方法。

- §2. 對時距曲線的初步整理.....128
校正。波的辨別。時距系統的連結。複時距曲線及 $t_0(x)$ 線的構製。
- §3. 覆蓋介質中平均速度的確定.....132
平均速度 $\bar{V}$ 。已知 $V(z)$ 規律時，根據時間 t_0 求速度 $\bar{V}$ 及折射面的深度 $z = H_0$ 。由折射時距曲線起點求平均速度。由時距曲線交點求 $\bar{V}$ 。各種求 $\bar{V}$ 方法的比較。覆蓋介質中速度綜合數據的組成。
- §4. 用近似法構製剖面圖.....140
由差異時距曲線法求界面速度 V_r ：(a)反追逐時距曲線的情況。(6)追逐時距曲線的情況。由“ t_0 法”構製折射面：(a)求 $t_0(x)$ 線。(6)界面的構製。
- §5. 用時間場法構製剖面圖.....151
時間場的構製：(a)地層速度是常數的情況。(6)地層速度是變數的情況。剖面圖的構製：(a)反追逐時距曲線的解釋。(6)單個折射波時距曲線解釋的可能性。(b)在滑行情況下由單個時距曲線構製界面。(r)在穿透情況下由單個時距曲線構製界面。(д)追逐時距曲線的解釋。
- §6. 在地階情況下時距曲線的解釋.....163
解析計算：(a)確定地階在平面上的位置。(6)求階側的高度。用時間場法構製：(a)確定地階上稜的位置。(6)構製界面的上投及下投部分。(b)確定階側及地階下稜的位置。
- §7. 圖表資料的編製.....171
時距曲線的畫法，比例尺。剖面圖的畫法。

第六章 非縱時距曲線的解釋

- §1. 折射時距曲線解釋的空間問題.....173
解釋橫時距曲線與時距面的基本前提。對速度的假定。對爆炸點與觀察點(或區)間地帶中介質結構的假定。
- §2. 確定平面傾斜折射面的產狀要素.....175
單值解釋所必需的觀察系統。視速度倒數 $\frac{dt}{dx'_s}$ 與折射面傾角的關係。確定折射面的真傾角。確定折射面的走向和傾向。確定界面速度 V_r 。確定折射面的深度。
- §3. 速度 V_r 與 V_r 為常數時一個折射面情況下橫時距曲線的解釋.....179

確定橫剖面上各點的深度差。正常時距曲綫。正常時距曲綫的消去。確定射出帶中折射面的起伏。由橫時距曲綫確定深度的結果的表示方法。沿橫剖面構製剖面圖的方法。由橫時距曲綫確定的折射面各點的深度或高度畫上平面圖。確定偏移值 L 。選擇偏移值的方向。由橫剖面求傾角的精確度。由橫時距曲綫求界面速度。

- §4. 在平均速度隨深度變化時解釋橫時距曲綫……………186
- §5. 在多層恆速介質情況下解釋橫時距曲綫……………189
兩個分界面。多層介質。
- §6. 在恆速 V_1 及 V_2 時一個折射面情況下解釋等時綫圖……………192
構製等時綫圖。減去正常時距面。確定折射面的起伏。觀察面是水平面的情況下構製折射面等時綫圖。觀察面不是水平面。構製考慮偏移的等深綫圖。
- §7. 在多層恆速介質情況下解釋等時綫圖……………196
解釋相當於第二折射面的等時綫圖時必要的構製工作。構製 H_2 等厚圖（不考慮偏移）。構製第二折射面的等深綫圖（不考慮偏移）。構製等高綫圖（不考慮偏移）。構製偏移 L 的等值綫圖。在等高綫圖上進行偏移校正。構製考慮到偏移的折射面等深綫圖。

第七章 對比折射法的勘探能力

- §1. 探查結晶基岩……………199
勘探不大的深度和中深度。巨大深度的勘探。
- §2. 劃分沉積岩層……………201
深度範圍。所勘探地層的厚度。各地層中的速度關係。
- §3. 研究沉積岩中的構造……………203
1941—1943年的試驗工作。在砂泥質沉積中勘探構造。在碳酸鹽沉積和其他緻密岩石中勘探構造。勘探不太深的構造。勘探在岩性顯著分異的條件下的構造。
- §4. 勘探近於直立的分界面……………207
勘探地階和尖滅地層。勘探一系列陡傾斜地層。
- §5. 特殊條件下的勘探……………209
勘探小深度。海洋勘探的特點。地殼的深探測。

第八章 對比折射法與其他地震法的比較

§1. 對比折射法與初至法比較.....212

波的辨認和追蹤。初至的記錄。波的追蹤區。追蹤波的數目。觀察方法。接收距離。在與分界面相應的折射波不能記作初至波時分界面的研究。在振動強烈衰減的條件下研究介質結構。在界面速度由淺至深逐漸增加的條件下研究介質結構。

§2. 對比折射法與反射法比較.....220

頻率範圍。工作方法。振動激發條件。追蹤波的數目。波的追蹤區。確定速度剖面。探查深度。干擾的作用。研究薄層。研究反射不好的分界面。解決構造問題。

第九章 對比折射法與反射法聯合

§1. 兩種方法聯合應用的基礎.....226

反射和折射波的存在。波的辨認和追蹤方法。本法的勘探能力。

§2. 反射和折射波的混合對比.....227

§3. 聯合時距曲綫.....228

聯合時距系統。聯合和單一系統的比較。在得到聯合系統時反射法和折射法觀察工作量的比例。

§4. 提高解釋結果的準確性.....232

1. 確定傾角。2. 確定分界面的深度。

§5. 由沒有起點的聯合時距曲綫構製分界面.....238

§6. 聯合法的使用.....240

參考文獻

引 言

在地震勘探發展的第一階段，有實用價值的僅是折射法的最簡單形態——初至波法。這基本上是由於地震觀測的方法和技術水平低：在當時所得到的地震記錄上，除了初至波到達的時間外，大部分什麼都不能利用。對於在不均勻介質中彈性波傳播特點知識的貧乏也有着一定的意義。

反射法的發展標誌着地震觀測向新的比較完善的技術過渡。既然反射波從來也不在記錄上形成初至，因之必須在地震觀測紀錄技術上加以改善，以便保證解釋續至區內的地震記錄。在這方面，由於在地震勘探中施行了辨認和追蹤波的“對比”法，以及防止干擾波、首先是表面波和音頻空氣波的特殊方法，已經成功了。

與此相適應從根本上改造了地震觀測的儀器和方法：單個的檢波器已為多道的地震站所代替；對於檢波器、放大器和電流計就已經不僅要求有高的靈敏度，還需要有完全一定的頻率選擇性和嚴格一致的頻率及相位特性；為了更可靠地對比波，已經縮短了檢波器距；改進了振動的激發條件（在井中爆炸）。

在地震波記錄方法和技術上這些改進立刻產生出它的效果：反射法立刻在其他地球物理方法當中獲得了優越的地位，且幾乎完全替代了初至波法。後者主要在確定“風化帶”厚度時還採用，這是由於在反射波觀測中需要對風化帶進行校正的緣故。

反射法比初至波法佔有優勢是很明顯的了。但沒有任何根據把這一點與所紀錄下來的波的類型連繫起來，即認為折射波對於勘探目的不如反射波適用。這簡直就是把折射法繼續當作初至波法，因此就未能在折射波法中施行那些保證反射波法成功的改善。可以這樣想，如果折射波法不但記錄初至波，並且還記錄續至波的話，這個方法的效果就可能有顯著的提高。

反射法的創立，已給折射法在這樣擴大的解釋上準備基本的技術基礎，如果說記錄初至波，不去仿效記錄反射波的技術的話，那末爲了記錄折射波的續至相位，這樣的仿效就是十分適宜的。首先必須利用在續至區內辨認和追蹤波的對比原理，和適合該方法的地震觀測法和技術。這樣，應用反射法技術來武裝折射法的想法，就自然會產生出來了。

上述對照促使本文作者與蘇聯科學院理論地球物理研究所（現在的地球物理研究所）物理勘探法部分的工作組擔負起創立以記錄折射波的初至和續至爲基礎的折射法新形態的責任。爲了在新方法中強調辨認和追蹤波的對比原理的意義，這一形態已稱爲對比折射法（縮寫 КМПВ）。

最初幾年（1938—1940年）的試驗，已提供了極有希望的結果。在折射法中引用對比原理和與此相應的折射波記錄方法和技術上的措施，已經確定是可能而合理的。已經表現出，自初至法向對比折射法的過渡不僅導致準確度的提高，並擴展所解決任務的範圍。例如，用對比折射法，在已知條件下，可以研究“被隔離”地層，這在初至法來說原則上是不可能的。

在最初幾年，當已掌握反射法的技術時，對比折射法已在其巨大影響下發展。其後在勘探的一些理論和實際問題上，對比折射法已超過反射法。例如利用地震波動力學特點問題和相位對比的方法，在對比折射法中已研究得遠比反射法精細和完整。記錄上的動力學關係在對比折射法中不僅在進行對比時利用，而且還直接利用於做地質結論。有根據斷定，對比折射法在利用記錄的動力學特點中以及其他的一些成就，對於反射法也表現得有用的。

曾比較了對比折射法和反射法的勘探能力。發現了兩種方法各有其局部的相對優點和缺點，但整個說來兩種方法是不相上下的。應把它們看成不是對立的、而是互相輔助的方法，這兩種方法聯合應用可得出特別有成效的結果。

對比折射法的主要長處之一是：它可以可靠地確定折射層物理參數之一，即地震波沿它傳播的速度。知道了這個參數就大大幫助了構

製“地震剖面圖”及其地質解釋。

許多年來在蘇聯各地區對比折射法的方法研究和試驗生產的工作，已改進了儀器，製定了野外觀察及其結果的解釋方法，也研究了許多對方法發展有重要意義的彈性波物理問題。在勘探石油礦、煤礦、金屬礦時，使用對比折射法能解決大多數實際地質問題。對比折射法的其他一些應用範圍已擬定；其中，有根據認為，對比折射法在解決工程地質任務時，特別在進行與偉大的共產主義建設有關的勘查中，也是極有用的。

對比折射法已開始在工業中應用。今後預期會有更廣泛的發展。為此，產生了編寫對比折射法書籍的必要性。到現在還只有就各個問題在雜誌上所發表的論文，而說明的簡要性和論文的分散性很難讓人認識本法的全貌。現在提出的書是總結地球物理研究所現有的對比折射法資料的初次嘗試，並在此基礎上提供對本法的系統說明，它可用作進行野外工作和解釋其資料時的手冊。

對比折射法手冊主要供熟悉反射波法的地震勘探工程師之用。這就可以大大縮減手冊的本文，同時並可更完整地比較兩種方法的特點。

儘管手冊的作者們共同參加了整個方法的發展工作，但手冊本文的編寫是由作者按章分工的：甘布爾采夫寫引言和第一章，李滋尼欽柯寫第五章、第七章和第六章的§4，貝爾松寫第四章和第六章（除§4以外），耶皮納且娃寫第八章和第九章，柯斯明斯卡婭寫第三章的§1—5和§6（與巴謝奇尼克[И.П.Пасечник]合作），巴謝奇尼克寫第二章和第三章的§7，卡魯斯寫第三章的§8和§9。

第一章 對比折射法的物理基礎

對比折射法 (КМНБ) 是一種研究深度在數公尺至數公里間介質的地質構造的地震方法。在使用對比折射法時，可求得地震折射界面的深度和形狀、以及彈性波沿界面傳播的速度 (界面速度)。對比折射法所根據的波型是與折射法中舊的方式 (初至波法) 相同，但對比折射法的勘探方法及技術是接近於反射法。對比折射法的基本特點如下：

(1) 不同於初至波法，在對比折射法中不僅利用地震記錄上初至波的到達時間，而且還利用續至的各羣折射波的到達時間；

(2) 在對比折射法中，如同在反射法中一樣，在地震記錄上追蹤波的時候可利用波的相位對比原理；

(3) 在對比折射法中，如同在反射法中一樣，地震觀測系統的選擇照例應服從於獲得對比聯結的完整時距系統的要求；

(4) 在對比折射法中比在反射法中更廣泛地利用波的動力學特性 (強度、波形)，並且不僅可進行相位對比，也能直接將地震記錄上的動力學標誌與所研究的介質結構的特性聯繫起來；

(5) 根據對比折射法勘探的方法和技術提供了對比折射法與反射法有聯合應用的可能。

上述對比折射法的基本特點為實際地質介質中折射波的物理性質所決定。這些物理性質主要是由於多次分析野外試驗資料的結果所確定，這些資料是蘇聯科學院地球物理研究所許多年來在各種不同的地質條件下用對比折射法進行工作時所收集的。下面我們將討論到對於對比折射法的勘探方法和技術發展有一定意義的那些特點。

§ 1. 折射波的波型

率領波及其形成的機械作用 通常如在物理學中所理解的那種意

義上的折射波，在對比折射法（以及一般的地震勘探）中很少遇到。實際上，如果彈性振動的激發點和接收點都在地震界面的同側（這是地震勘探中常遇到的），則普通的折射波只有在折射界面成凸出的形狀時才能出現。僅在“井中地震”中振動的激發點和接收點才能分處在勘探界面的兩側，也只有這樣才有記錄這些波的適當的條件。

在地震學中那些通常稱為折射波的波，嚴格說來，是屬於繞射波的一種，也就是所謂的率領波（在舊的術語中或稱為明特羅普波）。下面我們仍保留折射波的名稱，只有在必須指出它不同於普通折射波或他種繞射波的個別情況下，我們才稱它為率領波。

率領波的物理解釋可用基本的形式表示。當炮彈以超音速飛行時所產生的率領波或彈道聲波，以及瓦維洛夫（С.И. Вавилов）和契連科夫（П.А. Черенков）所發現的電子在介質中以大於光速的速度運動時所觀察到的光的放射現象〔12〕，都可以作為地震中率領波的近似例子。

還有一個更近似的例子可在下列假想的試驗中發現〔19〕。我們假定在固體的均一彈性介質中，其一震源以超過介質中的縱波速度的速度而運動。這時在介質中就產生了“彈道”縱波和橫波，根據其形成的機械作用近似於地震中薄折射層的率領波。

實際上，如果在均一彈性介質中有一薄層，其中彈性波的傳播速度較周圍的介質為大，則沿着該層的振動顯然在周圍的介質中將引起同樣的“彈道”波或率領波的出現。由界面條件得到從層到介質有放射存在，因為彈性位移及應力在緊接這個分界面處，界面兩邊介質中的成分應該是相等的（位移及應力的連續性）。

圖1表示最簡單情況下所發生的波前，這時震源B就處在這一層中。位於層外某一點Π上的檢波器可以記錄率領波。現在我們交換接收點Π和震源B的位置，而保持適當的方向性。這時，由於互換原理〔13〕，我們發現，當波源在Π點時，在B點將存在與第一種情況下同樣的振動。這樣就可以說明彈性波不僅能從層傳遞到周圍的介質，而且能從介質傳遞到層。

綜合這些情況，我們可以得到率領波傳播的全部運動情況。然而

爲了這個目的，我們還要研究較簡單的情況，即分割二個半無限空間的一個界面的情況。我們假定震源處在地震波傳播速度較小的介質中。圖2表示在該情況下所得到的率領縱波、以及直達縱波和反射縱波的波前。有如根據應用幾何地震學定理的基本計算得出，在AA'段外，第二介質中的波前產生了自第一介質中的波前（直達波及反射波）的脫離（超越）現象。就是這個脫離引起了在第一介質中的額外的放射現象（即率領波），因爲不如此就違反了應力及位移連續的條件。在AA'段內，第一介質中直達波及反射波的波前與第二介質中折射波的波前相連接。這樣，在這一段上就不存在形成率領波的必要條件。由此可見，率領波僅在離激發點的距離超過 x_0 時才存在

$$x_0 = 2h \operatorname{tg} i_{12}, \quad (1)$$

此處 h 爲觀察綫與分界面間的距離，

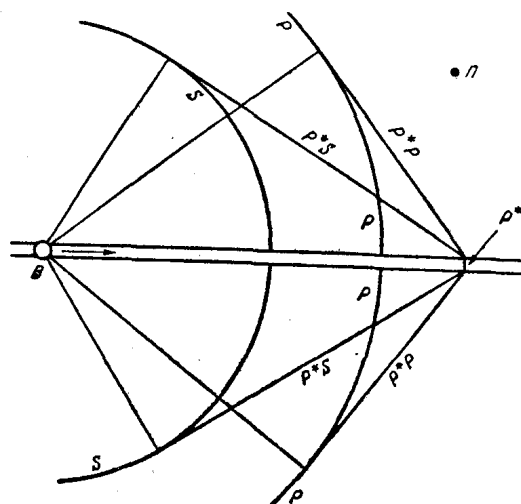


圖1. 薄層時的率領波。P*和P—薄層和上下介質中的縱波；S—介質中的橫波。S*S—薄層內的縱波在介質中引起的縱率領波；P*S薄層內縱波在介質內引起的橫率領波。

爲使圖面簡單，假定震源B不激發薄層內的橫波

$$i_{12} = \arcsin \frac{a_1}{a_2}, \quad (2)$$

a_1 及 a_2 爲地震縱波在上（ a_1 ）和下（ a_2 ）半無限空間中的速度。

我們稱 i_{12} 角爲臨界角，而不用顯然不適於物理實質現象的“全反射角”這個術語。

至於形成率領波，除了有 $a_2 > a_1$ 的條件外，還必須有產生球面波的震源——點源。當平面波投射到分界面上時，不能發生波前脫離的現象，因此也就不能產生率領波。

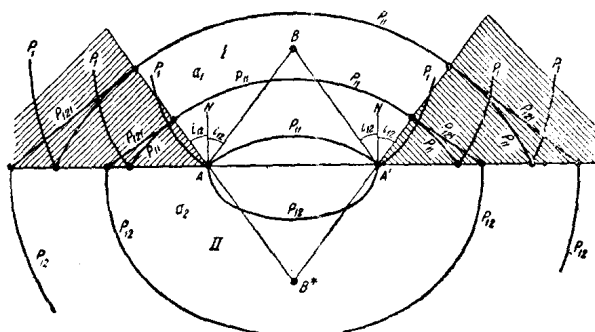


圖2. 分界面成平面時所形成的牽領波。 P_0 - 直達波 (介質 I 內); P_{11} - 反射波 (介質 I 內); P_{12} - 折射波 (介質 II 內); P_{121} - 牽領波 (介質 I 內); 劃斜綫的部分爲牽領波存在的區域; a_1 和 a_2 - 介質 I 和 II 中的波速; B - 波源; B^* - 波源的鏡影; N - 沿分界面的

法綫; 臨界角 $i_{12} = \arcsin \frac{a_1}{a_2}$

轉換折射波 在一個界面的情況下,除了純縱波 P_{121} 和純橫波 S_{121} 兩種折射波 (牽領波) 外,還可能有六種轉換折射波 (縱—橫折射波,即: $P_{12}S_1, P_1S_2P_1, S_1P_{21}, S_{12}P_1, S_1P_2S_1$ 和 P_1S_{21} [14])。現將八種波存在的運動學條件 (也就是根據幾何地震學的定理得出) 列於表1。

表1

波	型	存 在 條 件
$P_{121}, P_{12}S_1, S_1P_{21}$		$a_2 > a_1$
$P_1S_{21}, S_{12}P_1, P_1S_2P_1$		$b_2 > a_1$
$S_1P_2S_1$		$a_2 > b_1$
S_{121}		$b_2 > b_1$

a, b 分別爲縱波和橫波的速度

在每種具體情況下存在範圍的界限易由臨界角的大小以及震源對分界面的位置決定。

以後將詳細講到,上述各種波之間,純縱折射波 P_{121} ,在對比折射法勘探中有基本的意義。

非平面分界面的折射波 前面我們已研究了與平面分界面有關的