

# 关于地震勘探资料 的理论基础

# 第一节 地震剖面的形成及特点

## 一、地震记录的形成

### 地震子波:

震源产生的信号传播一段时间后，波形趋于稳定，我们称这时的地震波为地震子波。

爆炸时产生的尖脉冲，在爆炸点附近的介质中以冲击波的形式传播，当传播到一定的距离后，波形逐渐稳定，我们称这时的地震波为地震子波。

地震波在传播过程中，其振幅会因各种原因而衰减，但波形的变化是很小的，在一定的条件下，可以看成不变。

地震子波在向下传播的过程中，遇到波阻抗界面会发生反射和透射，最后，地震子波从地下各个反射面反射回来。

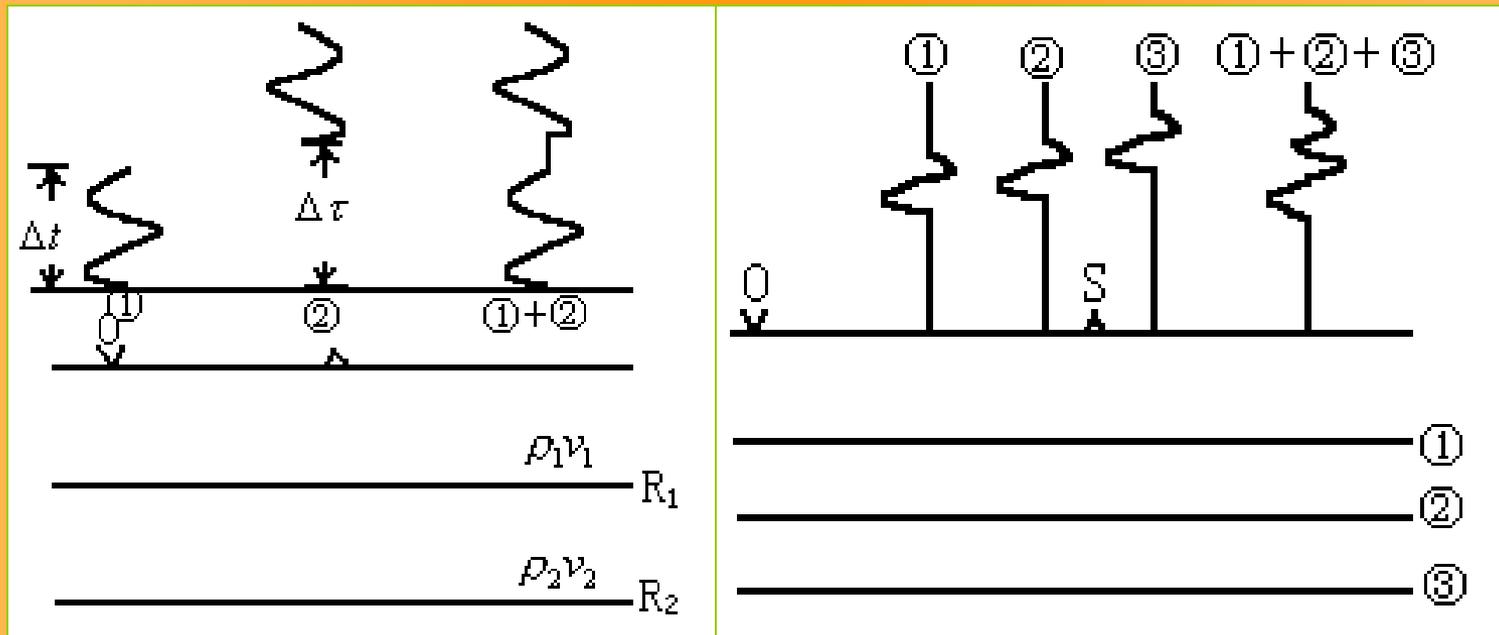
这些反射回来的子波在波形上，严格讲是有差别的，近似地可以认为一样，并且这些反射子波在振幅上有大有小（主要决定于反射界面的反射系数），极性有正有负（决定于子波反射系数的正负），到达时间有先有后（决定于界面的深度和波速）。

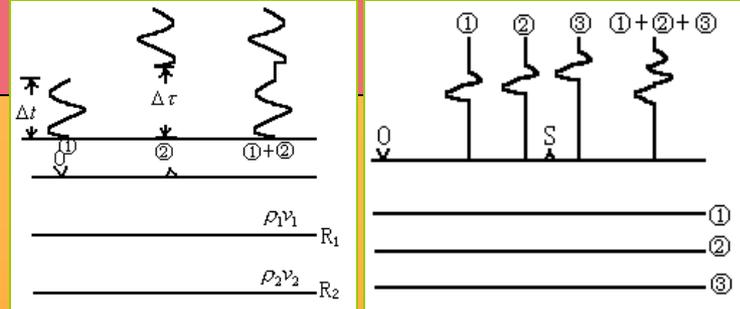
反射系数：

$$K_i = \frac{\rho_{i+1}v_{i+1} - \rho_i v_i}{\rho_{i+1}v_{i+1} + \rho_i v_i} = \frac{Z_{i+1} - Z_i}{Z_{i+1} + Z_i}$$

另外，地下地层的厚薄对于记录面貌的形成也有影响。设地震子波的延续时间为  $\Delta t$ ，穿出岩层的时间为  $\Delta \tau$ 。

如图：





① 岩层较厚,  $\Delta\tau > \Delta t$  同一接收点收到的来自界面R1和R2的两个反射面也可以分开。形成2个单波。保留着各自的波形特征。这种情况, 一般较少。

② 岩层较薄时,  $\Delta\tau < \Delta t$  来自相距很近的各个反射界面的地震反射子波, 到达地面一个地质点时, 相互迭加, 形成复波。

S点接收到的来自R1, R2, R3界面的地震子波, 相互迭加的结果, ①+②+③的复波。

它到此已分不出哪是R1上的波形，哪是R2上的波形，哪是R3上的波形。

### 说明：

地震记录上看到一个反射波组，并不是简单的等于一个反射波，即：并不是来自一个界面上的反射波，而是来自一组靠得很近的界面的许多地震反射子波迭加的结果。

在这一组靠得很近的界面中，必有起着主要作用的界面。那么，以某一个界面为主的一组靠得很近的界面，只要这些薄层的厚度和岩性一定的地段或地区是相对稳定的，则来自这组界面的许多地震反射子波的相互关系也是相对稳定的。

因而，它们的迭加结果——地震记录上的反射子波组，其波组特征（相位个数，哪个相位最强等），也一定具有某些相对稳定的性质。

这就是地震记录面貌形成的过程。

同时也说明了，地震记录上的波组与地下岩层之间既有联系又有差别的关系。

上述地震记录面貌形成的物理过程。（合成地质记录）

$X(t)=K(t)+R(t)$   $R(t)$ ：测井资料

## 二、地震剖面上的各种波形的识别

上面讲的是一道地震记录形成的机理，在实际工作中，用于解释的是“一张由许多地震道依次排列的地震剖面。”

不同的类型和传播特点的波的同相轴，在剖面上会表现出不同的特点。

这些特点，就是我们进行解释时，在地震剖面上识别各种波的依据。（外科中，在剖面识别各种波的工作中叫“波的对比”）

下面介绍一下各种在地震剖面上的特点

## 1、同相性：

由于同一反射波到达相邻很近的两个检波点的路程是很相近的，因而，同一反射波的相同的同相位，在相邻地震道上的到达时间也是相近的。因而，每道记录下来的振动图是相似的，所以同相轴应是一条圆滑的曲线，有一定的规律，相邻道的波形相似或渐变。（相干性）

## 2、振幅显著增强

由于野外采集和室内处理中，已采取了许多产增强信噪比的措施，所以在地震剖央上，反射有效波的能量一般都大于干扰背景的能量。所以反射波的能量较强。

## 3、波形特征（动力学特征）

同一反射波在相邻的地震道上的波形特征，主周期，相位数等是相似的。（由于震存所发出的地震子波基本相同，同一界面反射波传播路程相的这，传播过和中所经受的地层吸收等因素的影响也相近）。

## 4、时差变化的规律：( $\delta k$ )

地震剖面已经过了动校正和水平迭加，可以看作自激自收记录。在地震剖面上，一次反射波同相轴是直线；绕射波和多次波同相轴仍是弯曲的，直达波、折射波（在共山岭记录上是直线）的同相轴，动校正后变成了曲线。

这是在地震剖面上总值别波的类型的重要依据。

上述四个标志中，1，2两点用来识别，在地震剖面上是否有一个波出现。3，4两点可以帮助我们进一步识别波的类型特征。以及对交生这个波的界面的特点作出推断。

### 三、水平迭加时间剖面的形成及其特点

形成:

- 1、给定中心点，抽取该中心点道集。
- 2、动校正，使反射波时距曲线成直线。

3、水平迭加形成一道，放在中心点正下方。

目前，在资料中使用最多的最基本的仍然是水平迭加时间剖面（3D资料用经过3D偏移的3D数据体）

前面已经指出了水平迭加剖面的一些特点，下面把水平迭加剖面手工艺轧些特点小结一下。

经水平迭加后剖面，已相当于地面各点自己的自吸剖面。一般情况下（地层倾角小，构造简单），能直观地反映地下地质构造特征，同时也保留了各种地震波的现象和特点，为我们进行地质计算提供了直观的丰实的资料。

时间剖面并不是沿线铅垂向下的地质剖面。时间剖面与地质面之间有许多重要的差别。

## 特点:

①在测线上同一点，由钻井资料得到的地剖面上地层界面与时间剖面上的反射同相轴在数量上出现后置上看，常常不是一一对应。

另外，时间剖面的纵坐标是 $t_0$ ，不是深度，（ $v$ 随深度面变化）所以，时间剖面上的反射同相轴，所反映的界面形态有假象。要引入速度函数，把 $t_0$ 变换成 $h$ 后，才能与钻井剖面或测井曲线对比。

②时间剖面上的反射同相轴及波形本身都包含了地下地层的构造和岩性信息。

反射同相轴是与地下界面对应的，一个界面的反射特性又与界面两边的岩性有关。一个反射波并不是与一个层简单对应，而是与两个层有关。

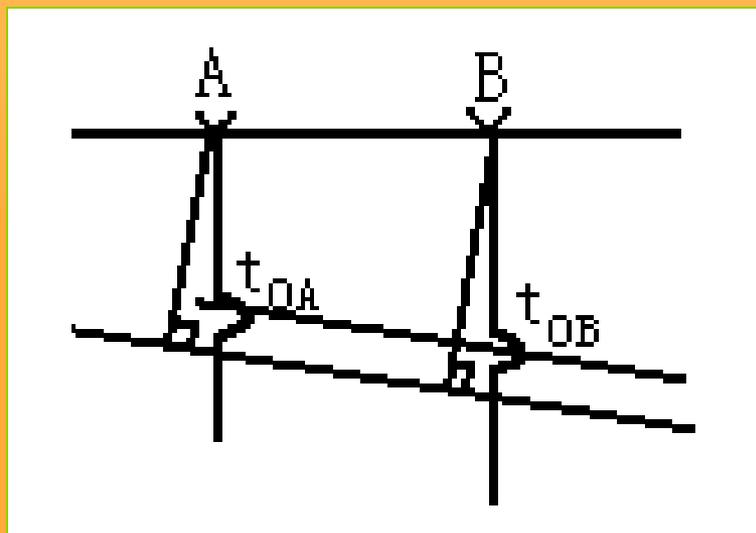
必须经过一些特殊的处理（波阻抗技术等），能把反射波包含的界面信息转换成为与“层”有关的信息。这时才能与地质和钻井资料更直接地对比。

③：水平迭加剖面上存在偏移现象。

### 偏移现象：

当界面倾斜时，水平迭加剖面上反射波的位置不与反射点的位置一致，反射点向上倾方向偏移，这种现象称为水平迭加剖面的偏移现象。

时间剖面，当界面倾斜时，时间剖面行列的来自倾斜反射层的法线反射时间，是放在记录点的正下方。



图(a):深度剖面, 3个水平界面, 2个倾斜界面;

图(b):在地面自激自收得到的时间剖面;

其中, 在地面0点的自激自收记录道上有5个反射, 在时间剖面上把这5个反射都显示在0点的正下方。

但实际上，从 (a) 可以看出， $A'$ 、 $B'$  两个反射波的反射点都不在O点正下方，而是沿界面上倾方向偏移了一段距离。

④ 在构造复杂的地区，在时间剖面上还会出现各种异常波，如法射波，凹界面的回转波等，它们的同相轴形态与地质剖面完全不同，不能直接用来用地质解释。（必须经过严格处理才能用来解释，恢复真实面貌）

## 第二节 地震绕射波和物理地震学

在第一章，对层状介质、均匀介质、连续介质反射界面为平面的情况，讨论了反射波的传播规律。

但是，把地层分界面看成是一些延伸很长的平滑的平面，只是对地下实际情况的一种很粗略的简化。

实际上地上地质构造往往是很复杂的，由于构造运动的结果，会产生断层、不整合、地层的绕曲褶皱等。

由于存在这些比较复杂的构造，地下的地层界面就可能发生中断、弯曲或变得起伏不平，当地下的地质构造除了产生次反射波外，还会出现一些与复杂构造有关的地震波，如断面反射波、绕射波、回转波等等。习惯上把它们称为异常波。

异常波的存在，一方面会与一次反射波发生干涉，使地震剖面的面貌复杂化，给波的对比和解释带来困难；另一方面，异常波是地下复杂的地质构造引起的，必须同地下复杂的构造有着某些联系——提供了利用它们来了解地下复杂构造的特点的可能。

干扰  
{ 可以利用帮助我们认识地下复杂构造的特点

## 异常波：

不管是要从剖面上把异常波造成的假象识别出来，还是进一步对它加以利用，都必须对它们产生的原因、传播规律以及在剖面上出现的特点进行研究。首先在这一节中讨论地震绕射波。

## 一、绕射波的产生

### 定义:

地震在传播过程中，如果遇到一些地层岩性的突变点，（断层的断棱，地层的尖灭点等）。这些突变点一会成为新震源，再次发出球面波，向四周传播。这种波在地震勘探中，称为绕射波。

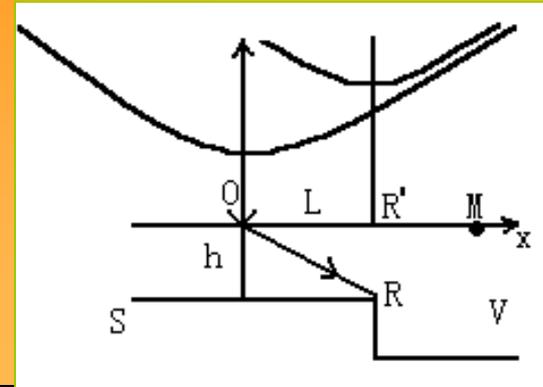


测线 $ox$ 垂直断棱， $o$ 点激发的地震入射到达绕点 $R$ ，然后，以 $R$ 为新震源产生绕射波，传播到地面测线上各点。

推导一下绕射波的曲线方程：

绕射波的整个传播时间分为两个部分，一部分为入射波从 $O$ 到 $R$ 所需的时间。

$$t_1 = \frac{OR}{v} = \frac{1}{v} \sqrt{l^2 + h^2}$$

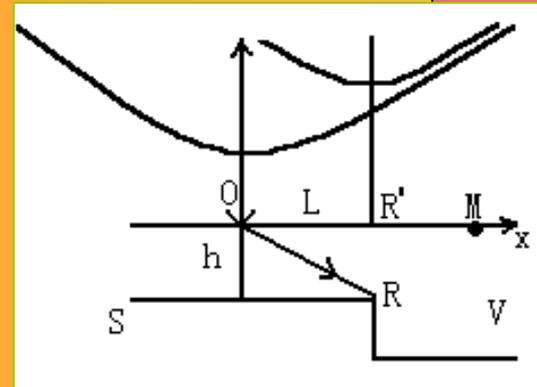


另一部分，R点产生的绕射波传播到测线上各点所需的时间

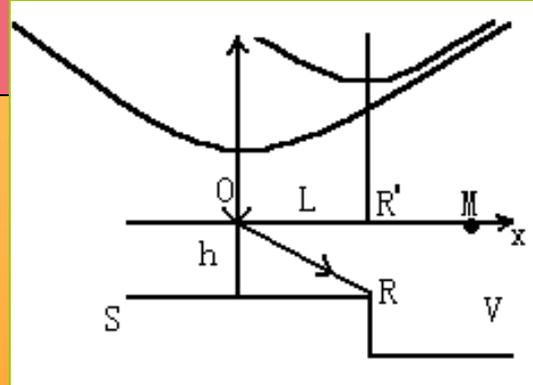
$$t_2 = \frac{Rm}{v} = \frac{1}{v} \sqrt{h^2 + (x-l)^2}$$

∴绕射波的整个传播时间为：

$$t = t_1 + t_2 = \frac{1}{v} \left( \sqrt{l^2 + h^2} + \sqrt{(x-l)^2 + h^2} \right)$$



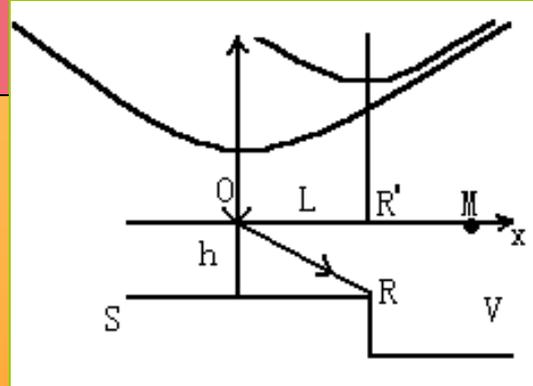
如图画出了O点激发，RS界面上的反射波时距曲线。



画出了O点激发，R点产生的绕射时距曲线。

通过分析，得到绕射波时距曲线特点。

1、是一条双曲线，R点产生的绕射波时距曲线与在R点激发。到此，深度为 $h/2$ 水平界面的反射波时距曲线，在形状上是一样的。（R为虚）



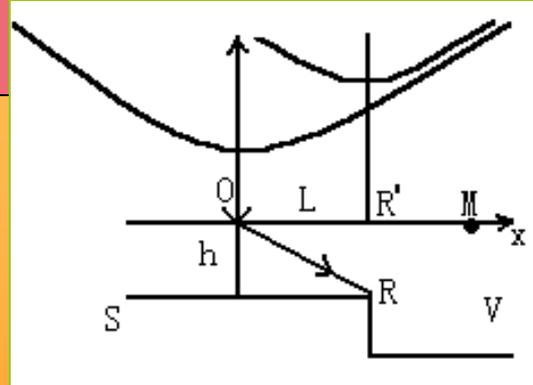
## 2、绕射波时距曲线极小点坐标

$(L, \frac{1}{v}(\sqrt{l^2 + h^2} + h))$ , 曲线的极小点在绕射点的正上方。

注意：激发点稳动，曲线极大点在测线上位置不变，绕射点正上方。但整条绕射波曲线沿t轴平稳，曲线形状保持不变。

3、两曲线在 $x=2L$ 外相切。绕射波时距曲线与同界面反射波时距曲线在 $x=2l$ 上相切。

**M点:  $R_m$  为反射波的最后一条射线。**



**同时RM又是在M点的一条绕射波射线。**

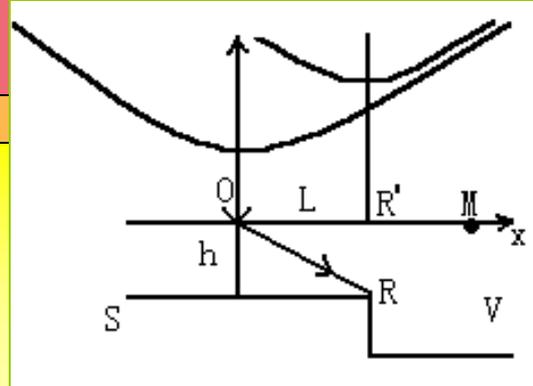
**可见，在M点，界面RS上的反射波，和R点的绕射波是同时到达的。**

**证明：两曲线在M点 ( $x=2L$ 处) 斜率相等**

$$\frac{d_{t反}}{d_x} \Big|_{x=2l} = \frac{1}{v} \frac{L}{\sqrt{l_2^2 + h^2}}$$

$$t_{\text{反}} = \frac{1}{v} \sqrt{x^2 + 4h^2}$$

$$\left. \frac{d_{t_{\text{反}}}}{d_x} \right|_{x=2L} = \frac{2L}{v\sqrt{4L^2 + 4h^2}} = \frac{1}{v} \frac{L}{\sqrt{L^2 + h^2}}$$



**∴在M点处两曲线斜率相等 ⇒ 在M点相切。**

**在测线上除M点以外的其它各点,  $t_{\text{绕}} > t_{\text{反}}$**

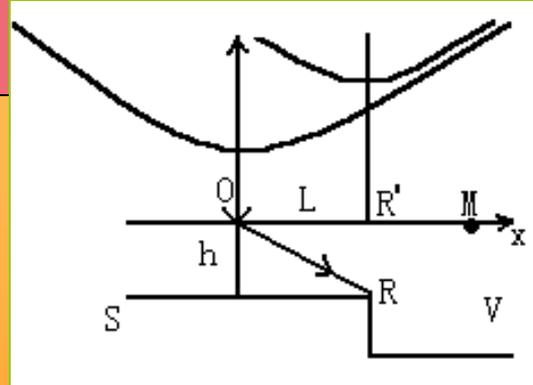
**O放炮, A点接收的反射波  $O^*A$  绕射波,**

$$\Rightarrow O \rightarrow R \rightarrow A = O^*R + RA > O^*A$$

整条绕射波时距曲线在反射波时距曲线的上方。

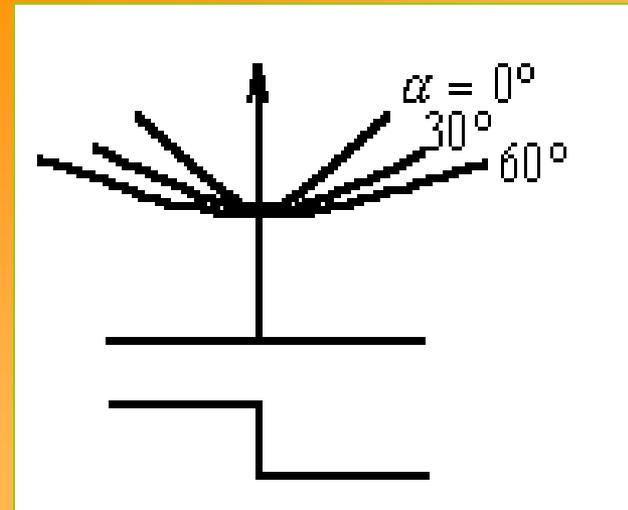
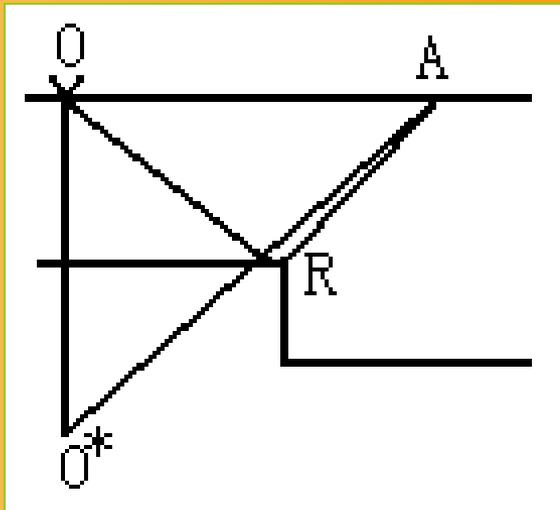
以上指出的绕射波时距特点，绕射波时距曲线与反射波时距曲线关系，对于我们在一张共炮点地震记录上识别绕射波是很有用的。

一般情况下，则线不一定与断棱垂直，这时绕射波特征曲线特点同。



测线方向与数据棱走向之间的夹角有关。

图：  $h=2000, v=2400$ , 下，不同  $\alpha$  角（测线与垂直断棱之间的夹角），所对应的绕射波时距曲线。



$\alpha$  越小，时距曲线弯曲程度越大。即：测线与断棱正交。（ $\alpha = 0$ ）绕射时距曲线最陡

温暖线与断棱平行（ $\alpha = 90^\circ$ ），绕射波时距曲线最缓。

### 三、水平迭加剖面上折射波的特点

讨论折射波等异常波的目的是要了解它们的特点，以便对它们进行压制，识别或利用。因此，讨论折射波在在水平迭加剖面上的特点最有实际意义。

## 思路:

进行水平迭加时，不管是反射波还是折射波，都按平界面反射波动校正公式进行校正，然后再进行共中心点迭加。

## 定量分析:

折射波按平其齐界面一次波动校正后剩余时差。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/576233203030010124>