

# 如果日本神戶大地震發生在台東…

## 國中組地球科學科第三名

高雄市立中正國民中學

作者：吳承翰、林冠廷、陳士榮、林存政

指導教師：蔡靜誼、曾鶯芳

### 一、研究動機

臺灣位於歐亞大陸板塊及菲律賓海洋板塊的交界，因此是個研究地震的好地點。在這篇報告裡，我們運用了地科上册第六章學到關於地震的基本知識，欲探索臺灣特殊地質狀況對臺灣東部地震傳播路徑的影響。

### 二、研究目的

採用中央氣象局發布之1993年7、8、9月地震季報，以及中研院地科所發布之臺灣地區強震資料，選取一些適當的地震，欲了解震波由臺灣東部行經中央山脈時有無改變及如何改變，並利用一些簡單的實驗作探討。

### 三、研究設備

水波槽	乙架
海綿	四條
白色壁報紙	乙張
透明塑膠桌墊	乙片
相同大小玻璃片	六片
電腦	乙部
攝影機	乙部
尺	乙支
滴定管	乙支

### 四、研究過程

#### (一)強震資料方面

- 1.分析同一地震之強震資料，在不同測站所接收到不同分量之最大加速值間繪出等值線後，找出中央山脈對同距離之岩層受力有無影響。
- 2.找出臺灣東區、山區、西區各區中，「震央到測站間距離」和不同的「加

速度分量」二者間的相關係數大小。

- 3.單純只考慮臺灣東區、山區及西區三區中任一區測站的資料，求出「震央到測站間距離」和不同的「加速度分量」二者間的相關係數不一定為負值。見表二至表六。

#### (二)地震資料方面

- 1.若將震波到達測站時間繪出的等值線可看成震波的波前，當其行經中央山脈時震波波前常變得較不彎曲，表其速度在遇到中央山脈時變慢。見圖四十七
- 2.計算各測站平均速度值和標準值的差值之後發現，除了1993年7月3日00：42的P波資料之外，其餘見圖六十七都可看見越接近震央此差值為越低的負值。
- 3.在臺灣中央山脈的南北的兩個頂點，波前常常由原來的圓形改變成不規則的分布狀態。

#### (三)水波槽實驗方面

- 1.當在水裡面的點波源進入到另一個不同深度的水域時會發生折射。
- 2.水波若由較深的水域進入較淺的水域時，其波前的弧度常常會由原來的圓形變得較不彎曲（見圖十三、十五）。推測此為較淺的水域會具較高的折射率所致。此結果和臺灣地區震波由臺灣東部進入山區，波前形狀的改變相似（見圖四十七至圖六十六），可印證中央山脈等山區應具較高的折射率。
- 3.當水波由較深的水域進入長條形鎮尺所造成的淺水域時，除了發生折射之外，還會在鎮尺另一邊的兩個端點處發生新的點波源，其所產生的波會與原來的的水波互相干涉。

### 三、實驗結果

#### (一)強震資料方面

- 1.不論臺灣東部或西部，同一地震在距震央相等距離的位置應具相同的加速度。但在強震資料的結果顯示，實際上並不像是以上所述的圓形，而是幾乎呈現南北狹長的橢圓分布。見圖三十二。
- 2.採用包含臺灣東區、山區及西區三區中至少兩區測站的資料，求出「震央到測站間距離」和不同的「加速度分量」二者間的相關係數全為負值。見表二、表三及表五。
- 3.單純只考慮臺灣東區、山區及西區三區中任一區測站的資料，求出「震央

到測站間距離」和不同的「加速度分量」二者間的相關係數不一定為負值。見表二至表六。

#### (二)地震資料方面

- 1.若將震波到達測站時間繪出的等值線可看成震波的波前，當其行經中央山脈時震波波前常變得較不彎曲，表其速度在遇到中央山脈時變慢。見圖四十七。
- 2.計算各測站平均速度值和標準值的差值之後發現，除了1993年7月3日00：42的P波資料之外，其餘見圖六十七都可看見越接近震央此差值為越低的負值。
- 3.在臺灣中央山脈的南北的兩個頂點，波前常常由原來的圓形改變成不規則的分布狀態。

#### (三)水波槽資料方面

- 1.當在水裡面的點波源進入到另一個不同深度的水域時會發生折射。
- 2.水波若由較深的水域進入較淺的水域時，其波前的弧度常常會由原來的圓形變得較不彎曲（見圖十三、十五、十七至圖二十九）。推測此為較淺的水域會具較高的折射率所致。此結果和臺灣地區震波由臺灣東部進入山區，波前形狀的改變相似（見上面圖四十七至圖六十六），可印證中央山脈等山區應具較高的折射率。
- 3.當水波由較深的水域進入長條形鎮尺所造成的淺水域時，除了發生折射之外，還會在鎮尺另一邊的兩個端點處發生新的點波源，其所產生的波會與原來的的水波互相干涉。

## 四、討 論

#### (一)強震資料方面

- 1.理論上，在距震央等距離的圓形波前上的任何一點，岩層受到震波能量而振動的力應該相等。經由強震資料所得之結果與上述理論有些差異，推測是由於南北走向的中央山脈所引起。當震波由臺灣東部傳到中央山脈時，可能因為山脈的褶皺或破碎帶易使震波的能量消散，造成原來以圓形對稱於震央分布的力（加速度）變成以南北狹長之橢圓形分布的形式。
- 2.大致上，距離震央越遠，受此地震能量所引起，使地層振動的力（加速度）應該越小，目前為止當採用包含東區、山區、西區三區中至少兩區以上的測站資料時，可以看到「距離」和「不同分量的加速度」兩種資料之間呈現了負相關，此項實際結果與理論相符合。但是若只有採用單獨一區的

資料，「距離」和「不同分量的加速度」的關係就沒有那麼一致的負相關性。此可能由於只採用單獨一區的測站資料時，在此區內的測站分布往往非常集中，使得求出的相關係數值會是一個局部小面積的結果，因此除非測站很分散，否則這些局部資料，應不能代表任何一區中的結果。

## (二)地震資料方面

- 1.震波在行經中央山脈時波前常變得較不彎曲，這種震波速度在遇到中央山脈變慢的結果，根源於臺灣東部和山區具有不同的折射率所致。並且經由其圓形的波前在進入中央山脈後變得較不彎曲的結果，將其和水波槽的實驗相對照，最後推測中央山脈應具有比臺灣東部更高的折射率。
- 2.整體來說，震波如果在同一介質中行進，理論上應具有固定的速度，因此將震波由震央到達所有測站的平均速度減掉一標準值所得之差值，應很接近0。但是在我們實際上的資料裏，此差值不但不接近0，並且離震央越近是越低的負值，離震央越遠偏相越高的正值，根據此結果，我們推測出一個地底下地層的速度模型：

當震波在地層間行進的速度隨深度越深而越大，此時距離震央越遠並且假設震波在要到達地面間，折射線還會很接近法線的情況，震波由測站到達震央的時間反而可能隨距離的增加而減少，此完全是因震波行經高速層所致。此和討論1的結果並不違背。（註1）。

註1：當距離的增加，如果趕不上震波所走的時間之增加，就可能發生本討論的結果，而當遇到中央山脈時，因為震波會較慢到達，因此使得距離增加，比較趕得上震波所走的時間之增加，因此值得注意的是不論任何一個討論所述結果，「震央至測站間的距離」和震波到達測站的時間仍是成正比的。

## (三)水波槽實驗方面

使用水波槽的實驗來模擬實際臺灣地震傳播的情形，主要根據「不同的水深可以表現不同的折射率」之原理，重點在「折射率」，因此雖然水波在不同深度的行進路線，和震波從地底下傳播的情形不同，但是因為我們只考慮在水中的水波以及在地底下的震波二者傳播時，任何一種波行經不同「折射率」的介質時會有何改變，並以此互相對照，因此雖然水波是在不同深度中傳播，震波是由地底下某一深度傳到地面上某一高度，二者有所不同，但是以二者互相對照仍是合理的。

## 五、結 論

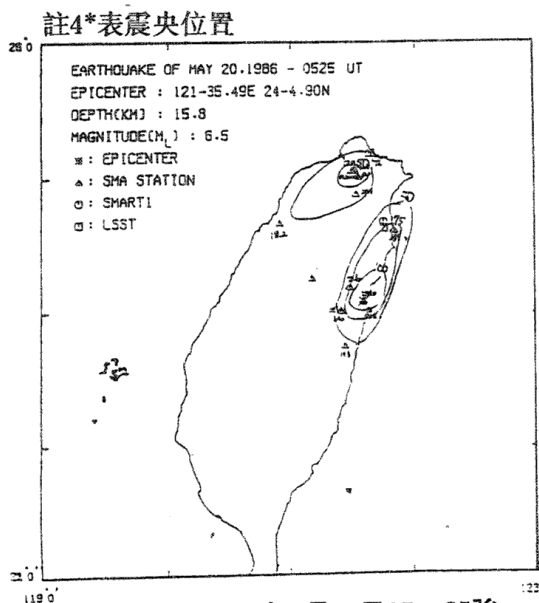
- 1.在我們所採用的強震資料裏，幾乎都可發現不論在台灣的東部或西部，同一個地震，加速度的等值線幾乎都呈現南北狹長的情形，也就是表面波傳播出來後，岩石受力的分布是南北較多東西較少。此種結果，根據我們推測，是中央山脈將東西方向靠近中央山脈的震波能量消散的原因。
- 2.在我們所採用的地震季報的資料裏，震源至測站的水平距離或最短距離，均幾乎和震波（不論P波或S波）到測站的時間呈現約0.9的正相關。
- 3.在1993年7月的資料裏，震波的波前傳播至中央山脈時幾乎都由圓弧變得較不彎曲。將上述等值線和水波槽的實驗，以及電腦程式所計算出來的圖相對照，發現中央山脈和東部台灣相比較應是具有較高折射率的地區。另外推測也由於此折射率較高，造成結論1中的表面波在靠近山脈區域容易散失。
- 4.在地震資料裡若將震波到達每個震站間的平均速度，可依一標準值將每個測站所求得的速度分成快慢二群。而根據離震央較近震波波速較偏慢的結果，推測是由於地下岩層隨深度越深，震波在其間行進速度越快的所造成。
- 5.經過前面的一番研究我們最有興趣的是，如果有一個像日本神戶地區一樣的地震發生於臺灣東邊的台東，在臺灣西邊的高雄情形如何？利用前面的資料我們推測會有以下的結果：首先就是從距離台東等距離的東西兩邊測站來說，高雄這個台灣西邊的測站因為高折射率中央山脈的關係，極可能比東部的測站晚收到震波，或許晚幾秒而已，但是就可能可以讓我們有多一分準備。另外由於加速度的分布是一個南北狹長的橢圓，所以極可能震波能量傳到高雄時，由於山脈使其消散的結果，造成在高雄的地層受到地震能量所引起的加速度（受力）大小，沒有同距離的其他台灣東邊地區測站所接收到的加速度值大。值得注意的是，在地震發生於東部台灣時，受惠的可能並不是整個西區台灣，因為在台灣最南北端，會出現許多的全反射等雜波再度干擾原就在行進的波，因此情況會較為複雜，因此除了這兩端，其他台灣西部地區的人可能要好好感謝這群山幫我們稍微將地震擋了一擋，所以如果像日本神戶那樣的大地震發生在台東，高雄可能可以比同距離的台灣東部城市少害怕一點、晚害怕一點，想起來這實在是令人高興的事！

## 六、參考資料

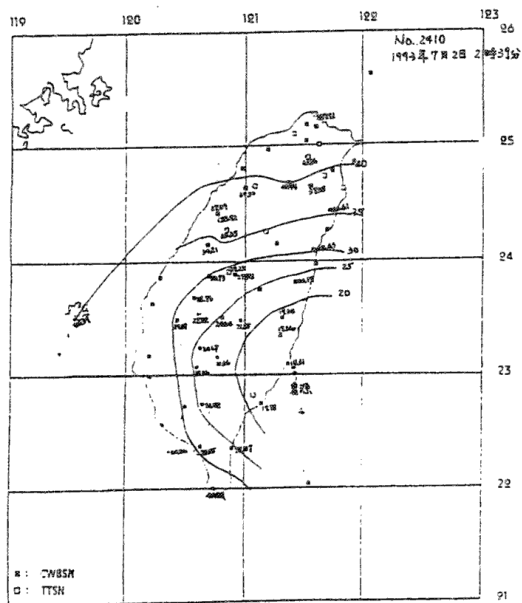
(一)李靜、黃文紀、葉永田，1989，臺灣地區強震資料(一)(二)(三)，中央研究院地球科學所。

(二)地震季報，中央研究院地球科學所及中央氣象局，1993年7、8、9月。

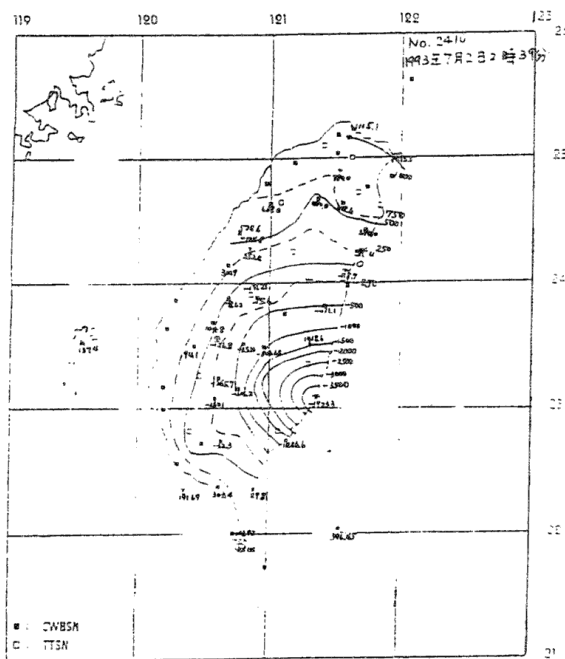
## 七、附圖、附表



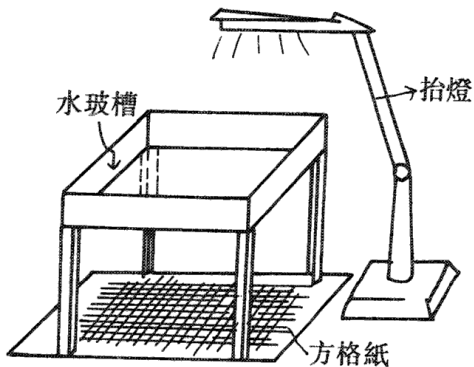
圖三十二 1986年5月20日05:25強震的L分量之等值線分布圖。



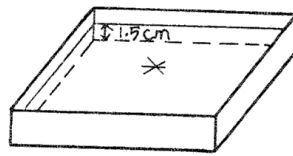
圖四十七 1993年7月02日02:39, P波初達時間之等值線圖。



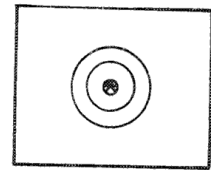
圖六十七 1993年7月02日02:39, △水平P之等值線圖。



圖一、水波槽實驗器材



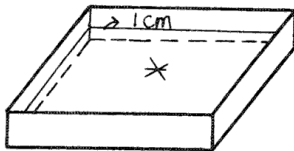
圖二、水波槽實驗  
(水深1.5cm)



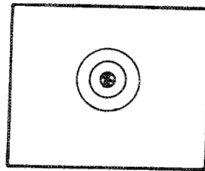
圖三、水波槽實驗結果  
(註2) (水深1.5cm)

水深1.5cm(對照圖二)	
	波長(cm)
第一次	8.4
第二次	9.2
第三次	7.9
平均	8.5

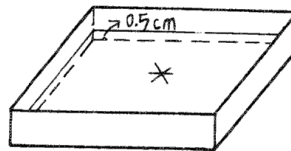
表二十七 不同深度之水波槽內水波長的改變



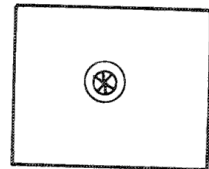
圖四、水波槽實驗  
(水深1cm)



圖五、水波槽實驗結果  
(水深1cm)



圖六、水波槽實驗  
(水深0.5cm)



圖七、水波槽實驗結果  
(水深0.5cm)

水深1.0cm(對照圖四)	
	波長(cm)
第一次	7.8
第二次	8.6
第三次	6.6
平均	7.1

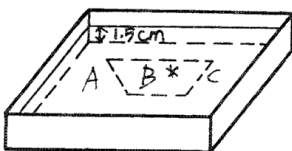
表二十八 不同深度之水波槽內水波長的改變

水深0.5cm(對照圖六)	
	波長(cm)
第一次	6.5
第二次	5.0
第三次	5.4
平均	5.6

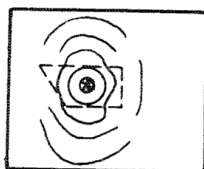
表二十九、不同深度之水波槽內，水波長的改變

註2\*：表示點波源位置

註3\*：此部分我們只大概描繪出波長長短的差別，沒有按比例尺，並且實際上應有7個波峰的。



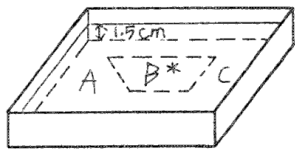
圖八、水波槽實驗  
(2片玻璃上)



圖九、水波槽實驗結果  
(2片玻璃上)

2片玻璃上(對照圖八)			
	A區波長(cm)	B區波長(cm)	C區波長(cm)
第一次	8.2	7.0	7.7
第二次	7.5	8.0	6.4
第三次	9.0	7.6	9.8
平均	8.2	7.5	8.0

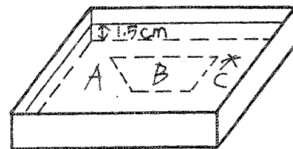
表三十、水在水波槽內不同深度處波長的改變情形



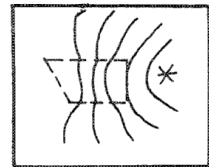
圖十、水波槽實驗  
(4片玻璃上)



圖十一、水波槽實驗結果  
(4片玻璃上)



圖十二、水波槽實驗  
(2片玻璃右)



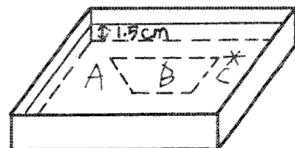
圖十三、水波槽實驗結果  
(2片玻璃右)

4片玻璃上(對照圖十)			
	A區波長(cm)	B區波長(cm)	C區波長(cm)
第一次	8.8	5.6	8.1
第二次	7.2	7.4	8.8
第三次	8.0	6.3	6.0
平均	8.0	6.4	7.6

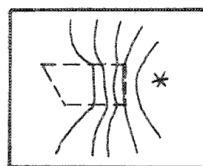
表三十、水在水波槽內不同深度處波長的改變情形

2片玻璃右(對照圖十二)			
	A區波長(cm)	B區波長(cm)	C區波長(cm)
第一次	7.5	8.9	8.0
第二次	7.3	6.8	8.8
第三次	9.5	6.2	8.1
平均	8.0	7.3	8.3

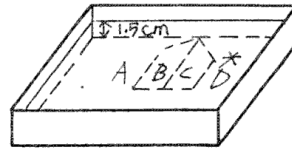
表三十一、水在水波槽內不同深度處波長改變的情形



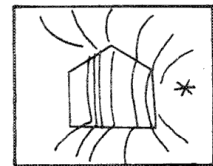
圖十四、水波槽實驗  
(4片玻璃右)



圖十五、水波槽實驗結果  
(4片玻璃右)



圖十六、水波槽實驗  
(4片玻璃, 2片玻璃右)



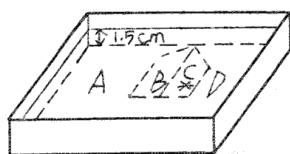
圖十七、水波槽實驗結果  
(4片玻璃, 2片玻璃右)

4片玻璃右(對照圖十四)			
	A區波長(cm)	B區波長(cm)	C區波長(cm)
第一次	8.8	6.5	7.3
第二次	7.5	6.8	8.5
第三次	8.6	5.5	7.0
平均	8.3	6.3	7.6

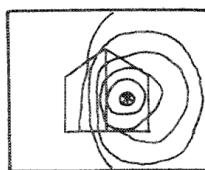
表三十二、水在水波槽內不同深度處波長改變的情形

4片玻璃, 2片玻璃右(對照圖十六)				
	A區波長(cm)	B區波長(cm)	C區波長(cm)	D區波長(cm)
第一次	不註	5.6	7.0	7.8
第二次	清 1.	7.2	5.8	10.0
第三次	楚	5.0	8.8	8.4
平均		5.9	7.2	8.6

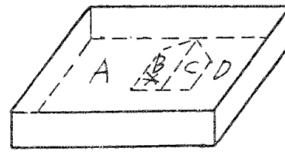
表三十三、水在水波槽內不同深度處波長改變的情形



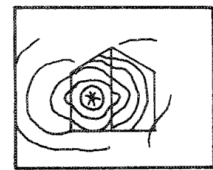
圖十八、水波槽實驗  
(4片玻璃, 2片玻璃上)



圖十九、水波槽實驗結果  
(4片玻璃, 2片玻璃上)



圖二十、水波槽實驗  
(4片玻璃上, 2片玻璃)



圖二十一、水波槽實驗結果  
(4片玻璃上, 2片玻璃)

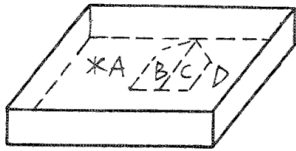
4片玻璃, 2片玻璃上(對照圖十八)				
	A區波長(cm)	B區波長(cm)	C區波長(cm)	D區波長(cm)
第一次	不	7.5	8.2	6.9
第二次	清	4.5	7.0	8.2
第三次	楚	5.9	8.3	9.3
平均		6.0	7.8	8.1

表三十四、水在水波槽內不同深度處波長改變的情形

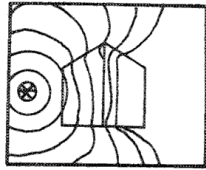
4片玻璃上, 2片玻璃(對照圖二十)				
	A區波長(cm)	B區波長(cm)	C區波長(cm)	D區波長(cm)
第一次	7.5	5.8	8.5	不
第二次	8.5	7.0	7.5	清
第三次	8.5	6.4	6.8	楚
平均	8.2	6.4	7.6	

表三十五、水在水波槽內不同深度處波長改變的情形

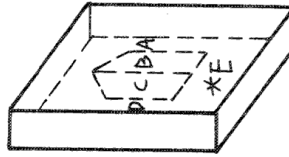




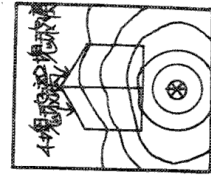
圖二十二、水波槽實驗  
(4片玻璃左, 2片玻璃)



圖二十三、水波槽實驗結果  
(4片玻璃左, 2片玻璃)



圖二十四、水波槽實驗  
(2片和4片玻璃旁)



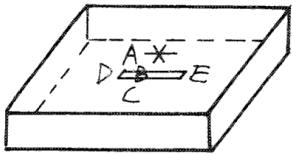
圖二十五、水波槽實驗  
結果(2片和  
4片玻璃旁)

4片玻璃左, 2片玻璃(對照圖二十二)				
	A區波長(cm)	B區波長(cm)	C區波長(cm)	D區波長(cm)
第一次	9.0	7.8	7.7	不
第二次	6.5	5.0	6.8	清
第三次	10.2	6.0	6.5	楚
平均	8.6	6.3	7.0	

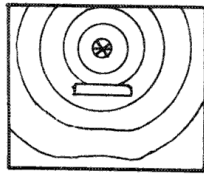
4片玻璃左, 2片玻璃(對照圖二十四)				
	A區波長(cm)	B區波長(cm)	C區波長(cm)	D區波長(cm)
第一次	9.0	7.8	7.7	不
第二次	6.5	5.0	6.8	清
第三次	10.2	6.0	6.5	楚
平均	8.6	6.3	7.0	

表三十六、水在水波槽內不同深度處波長改變的情形

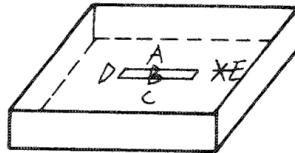
表三十六、水在水波槽內不同深度處波長改變的情形



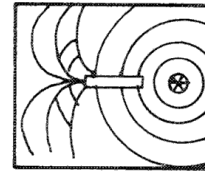
圖二十六、水波槽實驗結果  
(鎮尺長邊旁)



圖二十七、水波槽實驗結果  
(鎮尺長邊旁)



圖二十八、水波槽實驗  
(鎮尺短邊旁)



圖二十九、水波槽實驗  
結果(鎮尺短  
邊旁)

## 評語

- 1.以水波模擬地震波，雖然不確切，但有創意。
- 2.題目、構思可惜較為不切題，也顯得匆促。
- 3.但以國中程度而言，誠屬不易。